



ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ: ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΗΛΙΔΑΣ- ΑΙΤΙΕΣ
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ, ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ, ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΚΑΙ
ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗΣ**

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΣΥΡΙΓΟΣ ΛΕΥΤΕΡΗΣ Α.Μ:6019

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΝΙΚΟΣ ΣΑΚΚΑΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ

ΜΑΪΟΣ, 2019

Περιεχόμενα	
Περίληψη	5
Abstract	6
Εισαγωγή	7
Κεφάλαιο 1^ο	11
Η δημιουργία μιας πετρελαιοκηλίδας	11
1.1 Εισαγωγή.....	11
1.2 Οι διάφοροι τύποι πετρελαιοειδών.....	12
1.2.1 Εισαγωγή.....	12
1.2.2 Η χημική σύσταση.....	12
1.2.3 Οι ιδιότητες των προϊόντων πετρελαίου.....	13
1.2.4 Η ταξινόμηση που γίνεται	14
1.3 Οι λόγοι της επιλογής της λεκάνης της Μεσογείου	15
1.4 Ο σχεδιασμός έκτακτης ανάγκης.....	17
Κεφάλαιο 2^ο	21
Οι μέθοδοι επέμβασης για καθαρισμό των πετρελαιοκηλίδων	21
2.1 Εισαγωγή.....	21
2.2 Η φυσική εξομάλυνση.....	21
2.3 Οι δράσεις περιορισμού και περισυλλογής	22
2.3.1 Εισαγωγή.....	22
2.3.2 Οι φυσικο-μηχανικές μέθοδοι	22
2.3.3 Η insitu καύση.....	31
2.3.4 Η χρήση χημικών ουσιών διασκορπισμού	31
2.3.5 Η σύγκριση μεταξύ των μεθόδων.....	34
2.4 Οι επεμβάσεις καθαρισμού	35
2.4.1 Εισαγωγή.....	35
2.4.2 Ο χειρονακτικός καθαρισμός	36
2.4.3 Η ανασκαφή και απομάκρυνση των πετρωμάτων	37
2.4.4 Η έκπλυση με υδροβολή.....	38
2.4.5 Η βιολογική αναδόμηση.....	39
2.4.6 Η χρήση μεθόδων αναρρόφησης της πετρελαιοκηλίδας (oilspillsucking).....	41
2.4.7 Η αξιολόγηση των μεθόδων	45
Κεφάλαιο 3^ο	47
Τα μοντέλα πρόγνωσης & παρακολούθησης για τις πετρελαιοκηλίδες	47

3.1	Εισαγωγή.....	47
3.2	Η παρακολούθηση με την τηλεπισκόπηση.....	47
3.3	Τα μοντέλα πρόγνωσης.....	50
3.4	Το μοντέλο πρόβλεψης MOTHY.....	53
3.5	Το μοντέλο πρόβλεψης MEDSLIK.....	55
3.6	Το μοντέλο πρόβλεψης MEDSLIK-II.....	59
3.7	Το μοντέλο πρόβλεψης POSEIDON-OSM.....	61
	Κεφάλαιο 4^ο	64
	Επιλογή περιπτώσεων δημιουργίας πετρελαιοκηλίδων	64
4.1	Η προσάραξη του SeaEmpress.....	64
4.1.1	Το συμβάν.....	64
4.1.2	Οι άμεσες συνέπειες.....	65
4.1.3	Οι εργασίες καθαρισμού.....	67
4.1.4	Οι μακροπρόθεσμες συνέπειες.....	69
4.2	Η φωτιά στο Castillo de Bellver.....	70
4.2.1	Το ιστορικό.....	70
4.2.2	Οι προβληματισμοί.....	71
4.2.3	Οι συνέπειες.....	71
4.3	Το ναύαγιο του AmocoCadiz.....	72
4.3.1	Το ιστορικό.....	72
4.3.2	Τα προβλήματα που δημιουργήθηκαν.....	73
4.3.3	Οι ενέργειες που έγιναν.....	75
4.3.4	Οι επιπτώσεις από το ναύαγιο.....	76
4.4	Η προσάραξη του δεξαμενόπλοιου Erika.....	77
4.4.1	Το ιστορικό.....	77
4.4.2	Η εξέλιξη του συμβάντος.....	79
4.4.3	Οι ενέργειες που έγιναν.....	80
4.4.4	Οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις.....	84
4.5	Η προσάραξη του ExxonValdez.....	85
4.5.1	Το ιστορικό.....	85
4.5.2	Οι ενέργειες αντιμετώπισης.....	86
4.5.3	Οι συνέπειες.....	88
4.6	Το ναύαγιο του KHARK 5.....	90
4.6.1	Το ιστορικό.....	90

4.6.2	Ενέργειες και παρατηρήσεις.....	91
4.6.3	Οι συνέπειες για το περιβάλλον	92
4.6.4	Γενικές παρατηρήσεις	92
4.7	Η έκρηξη στο IRENESSERENADE	93
4.7.1	Το ιστορικό.....	93
4.7.2	Η ρύπανση που προκλήθηκε	94
4.7.3	Οι εργασίες καθαρισμού.....	95
4.8	Ο εμβολισμός του CSLVirginia	96
4.8.1	Το ιστορικό.....	97
4.8.2	Οι εργασίες ανάκτησης του πετρελαίου	99
4.8.3	Η ρύπανση στη περιοχή.....	100
4.9	Η έκρηξη στο MT-HAVEN	101
4.9.1	Το ιστορικό.....	101
4.9.2	Οι ενέργειες περισυλλογής και καθαρισμού	102
4.9.3	Οι συνέπειες	102
	Κεφάλαιο 5^ο	103
	Η εφαρμογή της πολυκριτηριακής ανάλυσης	103
5.1	Εισαγωγή.....	103
5.2	Τα στοιχεία του δείγματος.....	105
5.3	Η επιλογή των κριτηρίων	106
5.4	Η βαθμολόγηση των κριτηρίων.....	109
	Κεφάλαιο 6^ο	111
	Η ανάλυση των αποτελεσμάτων	111
6.1	Η σοβαρότητα του συμβάντος.....	111
6.2	Η εκτίμηση του βαθμού δυσκολίας.....	112
6.3	Ο υπολογισμός του βαθμού αποτελεσματικότητας.....	114
6.4	Η αξιολόγηση των ευρημάτων	115
	Κεφάλαιο 7^ο	117
	Συμπεράσματα	117
	Η βιβλιογραφική έρευνα	120
	Ελληνική βιβλιογραφία	120
	Ξένηβιβλιογραφία	120
	Στο Διαδίκτυο.....	124
	Παραρτήματα	125

Περίληψη

Ανάλογα με τη προέλευση και τα συμφέροντα που εξυπηρετούν, άτομα και οργανισμοί προσπαθούν να αναπτύξουν τρόπους για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Ενώ όμως οι ναυτικοί, οι τεχνικοί, οι επιστήμονες και οι ερευνητές επικεντρώνονται στο πως θα αντιμετωπίσουν τεχνικά ελαττώματα και ανθρώπινα σφάλματα και πως θα περιορίσουν τις συνέπειες τους, οι κυβερνήσεις των παράκτιων κρατών προσπαθούν να αναπτύξουν τρόπους για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος μέσω της παρακολούθησης και της άμεσης αντίδρασης. Ησύγχρονη έννοια της "άμεσης αντίδρασης" ή όπως είναι σήμερα γνωστή με τίτλο "παρέμβαση αντιμετώπισης μιας πετρελαιοκηλίδας", είναι ένας συνδυασμός πρώτης αντίδρασης πριν από τη διαρροή και ταχείας απόκρισης αμέσως μετά τη διαρροή. Με άλλα λόγια, οι κυβερνήσεις εξετάζουν προηγμένους τρόπους αντιμετώπισης των πετρελαιοκηλίδων, οι οποίοι υπερβαίνουν την έννοια της απλής αντίδρασης στην εμφάνιση της πετρελαιοκηλίδας.

Ακόμη και σε περιοχές που μέχρι σήμερα δεν σημειώθηκε σοβαρό περιστατικό θαλάσσιων πετρελαιοκηλίδων, τα ατυχήματα με διαρροές πετρελαίου στη θάλασσα θεωρούνται αναπόφευκτα περιστατικά και ο κίνδυνος να συμβεί κάτι στο εγγύς μέλλον δεν μπορεί να αποκλειστεί. Τα προηγούμενα απρόοπτα περιστατικά μας έχουν διδάξει ότι ένα ατύχημα βύθισης ενός πλοίου και, η διαρροή πετρελαίου από αυτό, είναι ένα γεγονός που παραμένει πάντοτε πιθανό να συμβεί. Όλες οι χώρες επομένως χρειάζεται να επανεξετάσουν τα υπάρχοντα σχέδια δράσης τους και να εξετάσουν ένα λειτουργικό και αποτελεσματικό σχέδιο παρέμβασης σύμφωνα με τις τελευταίες εξελίξεις και μεθόδους απορρύπανσης που υπάρχουν ώστε να μεγιστοποιήσουν την αποτελεσματικότητα των δράσεων τους. Για να συμβεί όμως αυτό χρειάζεται να εξετασθούν οι πληροφορίες, οι εκτιμήσεις και οι πρακτικές από προηγούμενες περιπτώσεις αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδων σε σημαντικά ατυχήματα πλοίων να αξιολογηθούν και να εκτιμηθούν οι τελικοί κίνδυνοι και τα προβλήματα που υπάρχουν καθώς και το κόστος αντιμετώπισης ή ελαχιστοποίησης τους.

Η εργασία στηρίζεται στη μελέτη εννέα ναυτικών συμβάντων όπου δημιουργήθηκαν διαρροές πετρελαίου και αξιολογεί, με την εφαρμογή της πολυκριτηριακής μεθόδου, τη σοβαρότητα που έχει η εμφάνιση τους καθώς και την αποτελεσματικότητα της αντιμετώπισης τους, κυρίως σε θέματα περιβάλλοντος.

Έχοντας τα συμπεράσματα από τη μελέτη που έγινε και έχοντας πληροφόρηση για το επίπεδο που βρίσκονται σήμερα οι τεχνικές παρατήρησης και πρόβλεψης διαμορφώνουμε μια εικόνα για το πόσο ασφαλής μπορεί να είναι σήμερα η Μεσόγειος ως προς τη πιθανότητα εμφάνισης πετρελαιοκηλίδων και ποιές πρέπει να είναι οι προτεραιότητες των χωρών που βρίσκονται σε αυτήν για την αποτελεσματική αντιμετώπιση τους.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: πετρελαιοκηλίδα, θαλάσσια ρύπανση, μέτρα απορρύπανσης, μέθοδοι συλλογής, θαλάσσια ζωή, ακτογραμμές.

Abstract

Depending on the origin and the interests they serve, individuals and organizations are trying to develop ways to protect the marine environment and aquatic life. But while seafarers, technicians, scientists and researchers are focusing on how to deal with technical defects and human errors and how to mitigate the consequences of an accident, coastal state authorities are trying to develop ways to protect the marine environment by monitoring and regulations for an immediate reaction. The exact meaning of "immediate reaction," or as it is now commonly known as an "oil spill prevention and intervention", is a combination of a first reaction after the incident and before oil leakages and a rapid response immediately when oil spills start to spread around. In other words, governments are looking for advanced ways to tackle oil spillages, which go beyond the notion of a simple reaction to the appearance of the oil spill. The best approach is to develop an equilibrated plan of prevision and reaction together.

Even in areas where, so far, there wasn't any serious incident of oil spillage, accidents involving oil spills at sea are inevitable and the potential risk in the immediate future can not be ruled out. Many previous incidents were unintentional and therefore

unexpected. They have taught us that an accident of sinking a ship and the oil leakages from a ship is a fact that is still likely to happen. All countries therefore need to

- develop new more complete prevision models to survey the seas
- review their existing action plans and,
- prepare a workable and effective intervention plan in line with the latest developments and de-pollution methods available to maximize the effectiveness of their actions.

To achieve all three issues successfully, however, is necessary to examine the information, assessments and practices of the most important previous oil spills in major shipwrecks and assess the ultimate risks and problems, as well as the costs of dealing with or minimizing them.

This study is based on the selected information for nine naval incidents where oil spills were developed. With the use of the method of multicriteria analysis evaluates the severity of their occurrence and the effectiveness of their treatment, especially as far it concerns the environmental conditions and damages.

The findings of this study were linked with the information on the current level of observation and forecasting techniques, and this combined action provides us with a picture of how safe the Mediterranean sea can be today regarding the likelihood of oil spills and what should be the priorities of the countries, who are close to it, for their effective treatment.

KEY WORDS: oil spill, marine pollution, decontamination measures, collection methods, marine life, coastlines.

Εισαγωγή

Είναι αναμφισβήτητο ότι οι θαλάσσιες μεταφορές είναι απαραίτητες για το διεθνές εμπόριο. Καθώς η παγκόσμια οικονομία και το εμπόριο συνεχίζουν να μεγαθύνονται, σημαντικό ρόλο στην αύξηση αυτή έχουν οι θαλάσσιες μεταφορές. Τα είδη των εμπορευμάτων που μεταφέρονται από τις θαλάσσιες μεταφορές είναι αναρίθμητα. Το πετρέλαιο είναι ένα από τα εμπορεύματα που μεταφέρονται κυρίως δια θαλάσσης και κατέχει υψηλή θέση μεταξύ των προϊόντων όχι μόνο λόγω των ποσοτήτων που

διακινούνται αλλά και λόγω της σημασίας του. Χωρίς πετρέλαιο, ο παγκόσμιος ενεργειακός εφοδιασμός αναμένεται να εξασθενήσει σημαντικά και, σε αυτή την περίπτωση, η συνεχής μεγέθυνση της παγκόσμιας οικονομίας μπορεί να χάσει τη δυναμική της.

Ακριβώς εξαιτίας αυτής της ευελιξίας και της σημασίας στη χρήση του πετρελαίου, όπως επίσης και της γεωγραφικής ιδιαιτερότητας που αυτό έχει, εφόσον συνήθως αλλού παράγεται και άλλου καταναλώνεται, η προσφορά πετρελαίου τους τελευταίους αιώνες έχει δημιουργήσει μεγάλη κινητικότητα στη διεθνή αγορά. Έχει όμως διαπιστωθεί ότι, σε κάποιες περιπτώσεις, η μεταφορά πετρελαίου μέσω δεξαμενόπλοιων δεν γίνεται πάντοτε όπως αναμένεται. Παρόλο που οι τυχαίες διαρροές πετρελαίου και η δημιουργία πετρελαιοκηλίδων, από περιστατικά όπως το TorreyCanyon, το AmocoCadiz και το ExxonValdez θεωρούνται σπάνια σε σύγκριση με άλλα είδη ρύπανσης από πλοία, τα περιστατικά αυτά έχουν καταδείξει την ανάγκη για ένα ολοκληρωμένο και διεθνές σχέδιο έκτακτης ανάγκης που θα περιλαμβάνει τη παρακολούθηση, τη πρόβλεψη της εξέλιξης και την καταπολέμηση των επιβλαβών επιπτώσεων της ρύπανσης από πετρέλαιο, την ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης για τη πιθανότητα δημιουργίας πετρελαιοκηλίδων και της εξάπλωσης τους, καθώς και τη δημιουργία νέων μεθόδων και νέου πιο αποτελεσματικού εξοπλισμού για την αντιμετώπιση της. Προς τη κατεύθυνση αυτή άλλωστε πιέζουν και όλες οι παράκτιες περιοχές και οι χώρες που κάθε φορά επηρεάζονται από τη δημιουργία μιας πετρελαιοκηλίδας, ενισχύοντας τη προσοχή της παγκόσμιας κοινής γνώμης στα προβλήματα και τις βραχυπρόθεσμες αλλά και τις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις που δημιουργούν οι πετρελαιοκηλίδες. Κάθε νέο συμβάν υψηλής ρύπανσης γίνεται ο καταλύτης για την αρχή μιας σειράς διαβουλεύσεων με στόχο μια νέα αυστηρότερη ρυθμιστική πολιτική στο θέμα της ρύπανσης από διαρροές.

Παρόλο που οι έρευνες δείχνουν ότι τα περιστατικά δημιουργίας πετρελαιοκηλίδων διαρκώς μειώνονται, ακόμη και οι τυχαίες διαρροές που συμβαίνουν, ως μέρος του ευρύτερου καθεστώτος της ρύπανσης των θαλασσών, είναι σημαντικές και δεν μπορεί, σε καμία περίπτωση, να παραβλεφθεί η επίδραση τους στο περιβάλλον και την οικονομία των παρακτίων κρατών. Ενώ όμως οι διαρροές από τη λειτουργία των σκαφών μπορούν να ρυθμιστούν με αυστηρούς νόμους και κανονισμούς, η δημιουργία μιας πετρελαιοκηλίδας, λόγω του απρόβλεπτου χαρακτήρα της, δεν μπορεί να ρυθμιστεί πλήρως από αυστηρές πολιτικές. Επιπλέον, σε σύγκριση με τις διαρροές

κατά τον πλου των σκαφών, η ποσότητα πετρελαίου που χύνεται στη θάλασσα από ένα μόνο ατύχημα μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερη από το σύνολο μιας σειράς λειτουργικών διαρροών που συνδυάζονται και επίσης μπορεί να είναι και πολύ πιο καταστροφική. Συνεπώς, οι ερευνητές που ασχολούνται με το θέμα της δημιουργίας πετρελαιοκηλίδων αναζητούν αναλυτικά με ποιο τρόπο θα βοηθήσουν τον ναυτιλιακό κλάδο να μειώσει τον αριθμό, τον όγκο και τις συνέπειες των τυχαίων πετρελαιοκηλίδων.

Η έννοια της ρύπανσης των υδάτων εξαιτίας μιας πετρελαιοκηλίδας μπορεί να αφορά τόσο τις θάλασσες όσο και τα εσωτερικά ύδατα, όπως είναι οι λίμνες και τα ποτάμια και δεν πρόκειται βέβαια μόνο για ρυπάνσεις εξαιτίας ατυχημάτων σε πλοία. Εξάλλου, οι μεγαλύτερες σε έκταση και συνέπειες ρυπάνσεις δεν οφείλονταν σε συμβάντα που έγιναν σε πλοία που βρίσκονταν στη θάλασσα. Για καθαρά πρακτικούς λόγους όμως οι αναφορές που γίνονται στην εργασία αυτή αφορούν μόνο θαλάσσια ατυχήματα.

Οι θαλάσσιες μεταφορές πετρελαίου περικλείουν πολλούς κινδύνους, ένας από τους οποίους είναι και ο κίνδυνος της ρύπανσης των θαλασσών από τη διαρροή πετρελαίου. Όμως πετρελαιοειδή είναι και τα καύσιμα των πλοίων και σε περίπτωση ατυχήματος η διαρροή των καυσίμων είναι επίσης σημαντική καθώς η ποσότητα τους στο πλοίο είναι μεγάλη, αρκετές εκατοντάδες τόνοι, κυρίως καύσιμο bunker. Σε αυτή τη περίπτωση η ζημιά που προκαλείται στο περιβάλλον μπορεί να είναι όχι μόνο πολύ σημαντική αλλά και ανεπανόρθωτη με τη φυσικοχημική σύσταση που έχει το πετρέλαιο και τις επιδράσεις που δέχονται τα έμβια όντα και οι θαλάσσιοι οργανισμοί που προσβάλλονται (Wake, 2004). Η έννοια της πετρελαιοκηλίδας μπορεί να αφορά τόσο τις θάλασσες όσο και τα εσωτερικά ύδατα, όπως οι λίμνες και τα ποτάμια. Για το λόγο αυτό, στη περίπτωση που συμβαίνει ένα ατύχημα και δημιουργείται μια πετρελαιοκηλίδα για την αντιμετώπιση της χρειάζεται να εφαρμόζονται κάθε φορά οι πιο αποτελεσματικές μέθοδοι απορρύπανσης, ώστε να περιορισθούν οι συνέπειες που προκαλούνται. Στις περισσότερες περιπτώσεις η επιλογή της πιο κατάλληλης μεθόδου επέμβασης συνιστά μια πραγματική πρόκληση, καθώς υπάρχει πληθώρα παραγόντων που έχουν μια σημαντική συνεισφορά στη διαμόρφωση της επέμβασης καθώς και στο μέγεθος των συνεπειών που δημιουργεί η κάθε επέμβαση. Οι παράγοντες αυτοί μπορεί να είναι η ευαισθησία του περιβάλλοντος και των οργανισμών, που είναι δέκτες των συνεπειών, στη περιοχή του ατυχήματος, οι κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν,

η μορφή και το μέγεθος της διαρροής ως και η σύνθεση του πετρελαίου που διέρρευσε (Fingas, 2013).

Καθώς πολλές από τις συνέπειες της δημιουργίας μιας πετρελαιοκηλίδας μπορεί να είναι αρκετά σοβαρές χρειάζεται πολλές φορές να καθορίσουμε μια σειρά δράσεων βάζοντας σε προτεραιότητα εκείνες που κρίνονται ως οι πιο κατάλληλες και αποτελεσματικές για το συγκεκριμένο ατύχημα. Η εργασία έχει για στόχο τη κατανόηση, την επεξεργασία και την ανάλυση των πληροφοριών που είναι διαθέσιμες από επεμβάσεις σε παλαιότερες περιπτώσεις παρόμοιων ατυχημάτων ώστε να δημιουργηθεί μια μεθοδολογία για την αξιολόγηση των προοπτικών αλλά και των κινδύνων που παρουσιάζει κάθε είδος επέμβασης. Με τον τρόπο αυτό θα διαμορφωθεί η δυνατότητα να επιλέγεται σε κάθε περίπτωση η μέθοδος επέμβασης που ταιριάζει καλύτερα στις υπάρχουσες συνθήκες.

Η εργασία αποτελείται από πέντε μεγάλες ενότητες και καθεμία από αυτές στοχεύει να καλύψει κάποιες συγκεκριμένες ανάγκες.

Στο πρώτο κεφάλαιο της πρώτης ενότητας παρουσιάζονται τα βασικά είδη πετρελαιοειδών, οι ιδιότητες τους και οι επιπτώσεις που υπάρχουν σε περίπτωση διαρροής τους στη θάλασσα. Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι επεμβατικές μέθοδοι που ακολουθούνται προκειμένου να παρεμποδισθεί η επέκταση της ρύπανσης, να επισημανθούν οι θύλακες ρύπανσης που έχουν δημιουργηθεί και να γίνει ο καθαρισμός τους.

Στη δεύτερη ενότητα γίνεται μια ανασκόπηση της εξέλιξης των μεθόδων παρακολούθησης της εξέλιξης της ρύπανσης που υπάρχουν και μια αναφορά στη σκοπιμότητα που υπάρχει για να βελτιωθούν όχι μόνο οι μέθοδοι αντιμετώπισης αλλά και οι μέθοδοι πρόγνωσης αλλά και πρόβλεψης της εξέλιξης που θα έχει μια πετρελαιοκηλίδα.

Στη τρίτη ενότητα αναφέρονται συγκεκριμένα παραδείγματα μοντέλων πρόγνωσης που αφορούν τη περιοχή της Μεσογείου αλλά έχουν παράλληλα σημασία καθώς αναφέρουν την αναγκαία πληροφόρηση και τα στοιχεία που απαιτούνται για να είναι τα μοντέλα αυτά αποτελεσματικά, οπουδήποτε και αν εφαρμοσθούν.

Στην τέταρτη ενότητα παρουσιάζονται εννιά περιπτώσεις ατυχημάτων και περιγράφονται αναλυτικά οι επεμβατικές μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν. Σε κάθε συμβάν περιγράφονται οι περιβαλλοντικές και οικονομικές συνέπειες των

επεμβατικών μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν, οι συνέπειες που δημιούργησε η ίδια η διαρροή και οι συνέπειες που συνέχισαν να υπάρχουν μέχρι τη πλήρη αποκατάσταση της ζημιάς που έγινε.

Στην πέμπτη ενότητα, ακολουθεί μια πολυκριτηριακή ανάλυση με στόχο να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα και η αποδοτικότητα των μεθόδων που ακολουθήθηκαν σε κάθε ατύχημα βάσει προεπιλεγμένων κριτηρίων. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων μας επιτρέπει τον εντοπισμό των ατελειών και των αδυναμιών της κάθε μεθόδου, που σε συνδυασμό με την αναφορά και παρουσίαση των σύγχρονων τεχνολογικών εξελίξεων στους συγκεκριμένους τομείς, δημιουργεί μια πλατφόρμα για την βελτιωμένη αντιμετώπιση παρόμοιων συμβάντων στο μέλλον.

Στο τελευταίο μέρος της εργασίας γίνεται μια σύνθεση των όσων αναφέρθηκαν προηγουμένως με στόχο τη ταξινόμηση τους κάτω από την αυξημένη βοήθεια που πλέον τα διάφορα μοντέλα πρόγνωσης παρέχουν και τα συμπεράσματα που προκύπτουν για τη περιοχή της Μεσογείου.

Κεφάλαιο 1^ο

Η δημιουργία μιας πετρελαιοκηλίδας

1.1 Εισαγωγή

Η Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος (EPA) στις Ηνωμένες Πολιτείες καθορίζει ότι η επιλογή της μεθόδου επέμβασης για την αντιμετώπιση μιας πετρελαιοκηλίδας που δημιουργήθηκε επιβάλλει την λεπτομερή ανάλυση της συμπεριφοράς του πετρελαίου ή των προϊόντων του, τις συνθήκες του περιβάλλοντος και του χώρου όπου δημιουργήθηκε η πετρελαιοκηλίδα και τη καταγραφή όλων των επιπτώσεων που μπορεί να υπάρχουν στα διάφορα οικοσυστήματα τόσο από το ίδιο το συμβάν όσο και από τον τρόπο που αυτό αντιμετωπίστηκε (EPA, 2013). Ως εκ τούτου στην ενότητα αυτή εξετάζονται σε βάθος τόσο τα κύρια χαρακτηριστικά που έχουν τα διάφορα

προϊόντα πετρελαίου όσο και, οι κίνδυνοι και οι επιπτώσεις για το περιβάλλον και την οικονομία των γειτονικών κρατών από τη δημιουργία πετρελαιοκηλίδων.

1.2 Οι διάφοροι τύποι πετρελαιοειδών

1.2.1 Εισαγωγή

Αν και υπάρχουν πολλές μορφές που τα προϊόντα πετρελαίου παρουσιάζονται στην αγορά, δύο είναι οι βασικές κατηγορίες που μπορούν να ταξινομηθούν: το βαρύ ή ακάθαρτο μαζούτ (crudeoil) και τα ραφιναρισμένα προϊόντα που προέρχονται από την επεξεργασία στα διυλιστήρια ή είναι προϊόντα καταλυτικής επεξεργασίας (παράρτημα Α'). Στη πρώτη κατηγορία πάλι υπάρχει μια υποκατηγορία, η κατηγορία του HFO που είναι το καύσιμο της πλειοψηφίας των πλοίων και το οποίο έχει πολύ άσχημες συνέπειες για το θαλάσσιο περιβάλλον.

Από τον πίνακα του παραρτήματος φαίνεται ότι ενώ τα πρώτα έχουν μαύρο χρώμα, είναι παχύρευστα και δεν περιέχουν παρά μόνο μικρή αναλογία ελαφρών υδρογονανθράκων, τα προϊόντα της δεύτερης κατηγορίας έχουν πιο ανοικτά χρώματα, ρέουν εύκολα και είναι πλούσια σε ελαφρείς υδρογονάνθρακες. Οι διάφοροι υπολογισμοί ανεβάζουν τον αριθμό των προϊόντων που ανήκουν στη πρώτη κατηγορία σε πάνω από 100 τα οποία διαφοροποιούνται ανάλογα με τη προέλευση τους, τη σύσταση τους, και τη χημική τους μορφή (Firgas, 2013).

1.2.2 Η χημική σύσταση

Ο κάθε τύπος πετρελαίου είναι σε μεγάλο βαθμό ένα μίγμα υδρογονανθράκων με διαφορετικές συνθέσεις, μοριακές διακλαδώσεις και δομές. Η σύνθεση, η ποσότητα και η δομή του κάθε υδρογονάνθρακα έχει συμμετοχή στη μορφή, τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά του κάθε τύπου πετρελαίου. Ως εκ τούτου η κατάταξη των μοριακών ενώσεων που σχηματίζουν οι ενώσεις υδρογονανθράκων σε ομάδες μέσα στο πετρέλαιο μπορεί να οδηγήσει στη πρόβλεψη πολλών από τις συνέπειες που θα έχει η εμφάνιση μιας πετρελαιοκηλίδας στους τριγύρω οργανισμούς. Τα αλκάνια για παράδειγμα είναι κορεσμένοι υδρογονάνθρακες ενώ τα αλκένια είναι ακόρεστοι υδρογονάνθρακες και οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες είναι υδρογονάνθρακες στο μόριο των οποίων υπάρχει τουλάχιστον ένας βενζοϊκός δακτύλιος. Μ' ένα βενζοϊκό δακτύλιο έχουμε ενώσεις όπως το βενζόλιο, το τολουένιο, και το ξυλένιο, ενώ με δύο ή περισσότερους δακτυλίους βενζολίου υπάρχουν διάφορες μορφές πολυκυκλικών αρωματικών ενώσεων (HAP). Οι πολυκυκλικές αρωματικές ενώσεις μπορεί να

αποτελούν μέχρι και το 60% του συνολικού αριθμού ενώσεων στο πετρέλαιο. Τέλος, οι πολικές ενώσεις που υπάρχουν ενώ επιτρέπουν, λόγω της διηλεκτρικής σταθεράς τους τη σύνδεση με άλλες ενώσεις που έχουν για παράδειγμα στα μόρια τους θείο, άζωτο και οξυγόνο ενεργούν διαφορετικά από εκείνες που δεν είναι πολικές ως προς τη διαλυτότητα τους σε διάφορους διαλύτες (Fattal, 2008). Όμως και ανάμεσα στις πολικές ενώσεις οι ρητίνες, είναι σταθερές ενώσεις μικρού μεγέθους, ενώ τα ασφαλτένια είναι ενώσεις μεγάλου μεγέθους με αυξημένη τοξικότητα (Ζελελίδης, 2013).

1.2.3 Οι ιδιότητες των προϊόντων πετρελαίου

Οι ιδιότητες που ενδιαφέρουν για να ερμηνεύσουν τη συμπεριφορά των πετρελαιοειδών μέσα στο υδάτινο περιβάλλον είναι το ιξώδες, η πυκνότητα, η επιφανειακή τάση, η διαλυτότητα και το σημείο έναυσης των ατμών (flashpoint).

Το ιξώδες εκφράζει την αντίσταση στη ροή ενός υγρού, δηλαδή ένα υγρό με χαμηλό ιξώδες εξαπλώνεται εύκολα, σε αντίθεση με ένα υγρό με μεγάλο ιξώδες. Χρειάζεται να σημειώσουμε όμως ότι οι χαμηλές θερμοκρασίες αυξάνουν το ιξώδες ενός υγρού, ενώ το ίδιο συμβαίνει και με τις μεταβολές στη σύνθεση των υδρογονανθράκων. Ως εκ τούτου για να έχει η επεμβατική μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί τα βέλτιστα αποτελέσματα έχει μεγάλη σημασία να είναι συμβατή με το ιξώδες της κηλίδας που δημιουργήθηκε.

Η επιφανειακή τάση των πετρελαιοειδών εκφράζει την έλξη μεταξύ των μορίων που βρίσκονται στην επιφάνεια της κηλίδας και της υδάτινης επιφάνειας (EPA, 2013). Αν το προϊόν πετρελαίου έχει χαμηλή επιφανειακή τάση εξαπλώνεται στην υδάτινη επιφάνεια πιο εύκολα. Καθώς η επιφανειακή τάση μειώνεται όταν αυξάνει η θερμοκρασία τα προϊόντα πετρελαίου εξαπλώνονται πιο εύκολα στα θερμά κλίματα από ότι σε κρύες θάλασσες.

Η EPA, στις ενημερώσεις της αναφέρει ότι το ιξώδες και η επιφανειακή τάση είναι δύο ιδιότητες που χρειάζεται κάθε φορά να συνεκτιμώνται για να υπολογισθεί η ικανότητα της πετρελαιοκηλίδας να απλώνεται πάνω στο νερό.

Η ειδική πυκνότητα μιας χημικής ένωσης συγκρίνει τη πυκνότητα που έχει η ένωση αυτή σε σχέση με τη πυκνότητα νερού στους 15° C. Η τιμή της επιτρέπει το προσδιορισμό του αν το υγρό ρέει ή επιπλέει καθώς για όλα τα πετρελαιοειδή η πυκνότητα τους είναι μικρότερη εκείνης του θαλάσσιου νερού. Στις οδηγίες που έχουν

εκδοθεί από την EPA αναφέρεται ότι μόνο κάποια πετρέλαια βαρέως τύπου, όπως το bunker που χρησιμοποιούν τα πλοία μπορούν να ρέουν και επομένως οι κηλίδες που δημιουργούνται να μετακινούνται.

Η διαλυτότητα των πετρελαιοειδών εκφράζει τη ποσότητα από τους υδρογονάνθρακες που μπορεί να διαλυθεί εντός του νερού, χωρίς να αλλοιώνεται η δυνατότητα απορρόφησης του διαλύματος από τους υδάτινους οργανισμούς. Ο προβληματισμός που υπάρχει αφορά το γεγονός ότι πολλές ενώσεις που περιέχονται στα πετρελαιοειδή ενώ είναι υδατοδιαλυτές μπορεί να είναι εξαιρετικά τοξικές σε μεγάλες συγκεντρώσεις για τον υδάτινο κόσμο (Ζελελίδης, 2013). Σε κάθε περίπτωση όμως, θεωρείται ότι οι επιπτώσεις από τις διαλυμένες στο νερό ενώσεις είναι μικρότερη από τις επιπτώσεις που προκαλεί η απευθείας επαφή με τις ενώσεις αυτές. (NOAA, 2012)

Το flashpoint αναφέρεται στη πιο χαμηλή θερμοκρασία στην οποία μπορεί να υπάρξει ανάφλεξη των ατμών που εκπέμπονται από μια ποσότητα πετρελαιοειδών (Fingas, 2013). Υπάρχει μεγάλη διακύμανση του flashpoint των ενώσεων που περιέχονται στα πετρελαιοειδή και πολλές από τις ενώσεις αυτές θεωρούνται πρακτικά άκαυστες, ιδιαίτερα αν δεν υπάρχουν μεταβολές στη σύνθεση της πετρελαιοκηλίδας. Για παράδειγμα οι τύποι των ελαφρών καυσίμων, όπως το diesel, που περιέχουν διάφορες πτητικές ενώσεις διατηρούν την ιδιότητα να είναι άκαυστες μέχρις ότου εξατμισθούν οι πτητικές ενώσεις. Το χαρακτηριστικό αυτό χρειάζεται να αξιολογείται κατάλληλα προτού αποφασισθούν κάποιες επεμβατικές μέθοδοι.

Σε γενικές γραμμές η EPA θεωρεί ότι το ιξώδες, η επιφανειακή τάση και η πυκνότητα είναι οι τρεις θεμελιώδεις φυσικές ιδιότητες που επηρεάζουν την ικανότητα που έχουν τα πετρελαιοειδή να εξαπλώνονται πάνω στο νερό (EPA, 2013e). Φαίνεται ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των τριών αυτών ιδιοτήτων, και ιδιαίτερα μεταξύ της επιφανειακής τάσης και του ιξώδους που επηρεάζουν συνδυασμένα τόσο την εξάπλωση όσο και το ρυθμό εξάπλωσης μιας πετρελαιοκηλίδας (Fingas, 2013).

1.2.4 Η ταξινόμηση που γίνεται

Η συνήθης ταξινόμηση των προϊόντων πετρελαίου βασίζεται στη γεωγραφική τους προέλευση, αν και αυτή η κατάταξη δεν ενημερώνει για τις ιδιότητες που έχουν ή την τοξικότητα τους στο περιβάλλον που είναι και οι δύο καθοριστικές για την επιλογή των μεθόδων επέμβασης για την αντιμετώπιση μιας πετρελαιοκηλίδας. Για το λόγο

αυτό δημιουργήθηκαν και άλλοι τρόποι κατάταξης, όπως αυτός που προτάθηκε από κάποια επιστημονικά ιδρύματα μεταξύ των οποίων και η NOAA¹ και το Cedre².

1.3 Οι λόγοι της επιλογής της λεκάνης της Μεσογείου

Από τις τελευταίες εξελίξεις προκύπτει ότι η λεκάνη της Μεσογείου και μάλιστα το Ανατολικό κυρίως κομμάτι της, παρουσιάζει υψηλό κίνδυνο όσον αφορά τη ρύπανση από πετρέλαιο, καθιστώντας τη χρήση των μοντέλων πετρελαιοκηλίδας ζωτικής σημασίας για την περιοχή. Υπάρχουν διάφοροι λόγοι για τον αυξημένο κίνδυνο που παρατηρείται στην περιοχή αυτή.

Πρώτος λόγος είναι το άνοιγμα της 2^{ης} διώρυγας του Σουέζ που μεγάλωσε εκρηκτικά τη συχνότητα διέλευσης των μεγάλων πλοίων μέσα από αυτήν. Πρόσφατες μελέτες εκτιμούν αύξηση της παγκόσμιας θαλάσσιας κυκλοφορίας κατά 16% έως το 2020, με εκτιμώμενη αύξηση 28% στη Μεσόγειο Θάλασσα χωρίς να μπορεί να εκτιμηθεί με ακρίβεια η επιρροή από τον νέο “δρόμο του μεταξιού” που ξεκίνησε να υλοποιεί η Κίνα. Μια τέτοια πυκνή θαλάσσια κίνηση θα οδηγήσει σε αυξανόμενους κινδύνους ατυχημάτων, ιδιαίτερα σε γνωστά σημεία κορεσμού της κυκλοφορίας, όπως το κανάλι του Σουέζ στην Ανατολική Μεσόγειο, το στενό της Σικελίας στη Κεντρική Μεσόγειο και το Στενό του Γιβραλτάρ στη Δυτική Μεσόγειο.

Δεύτερον, η μέση ηλικία των πλοίων που καταπλέουν στα λιμάνια της περιοχής (Λεμεσός, Αλεξάνδρεια, Βαλέτα και Μερσίνα) είναι μεγαλύτερη από 20 χρόνια, σε σύγκριση με τη μέση ηλικία 14 χρόνων των πλοίων στα λιμάνια Algeciras, Augusta, Βαρκελώνη, Γένοβα, Fos και Γιβραλτάρ. Λόγω της συσχέτισης μεταξύ της ηλικίας του πλοίου και του κινδύνου ατυχημάτων, η κυκλοφορία παλαιότερων δεξαμενόπλοιων στην Ανατολική Μεσόγειο ενδεχομένως εκθέτει την περιοχή αυτή σε μεγαλύτερο κίνδυνο να συμβεί ρύπανσης που θα σχετίζεται με κάποιο ατύχημα.

Τρίτον υπάρχουν σημαντικές περιφερειακές εξελίξεις που περιλαμβάνουν:

- την κατασκευή του πετρελαϊκού τερματικού σταθμού στο Βασιλικό στην Κύπρο, που είναι ο πρώτος τερματικός σταθμός στην Ανατολική Μεσόγειο. Ο τερματικός σταθμός περιλαμβάνει σήμερα 28 δεξαμενές με συνολική

¹ NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration, ένα αμερικανικό επιστημονικό τμήμα στο Υπουργείο Εμπορίου των ΗΠΑ, το οποίο επικεντρώνεται στη παρακολούθηση των συνθηκών που επικρατούν στους ωκεανούς, στις μεγάλες θαλάσσιες διαδρομές και στην ατμόσφαιρα.

² Cedre : υπηρεσία παρακολούθησης και καταγραφής θαλασσιών προβλημάτων σε θέματα περιβάλλοντος και κοινωνικής ζωής.

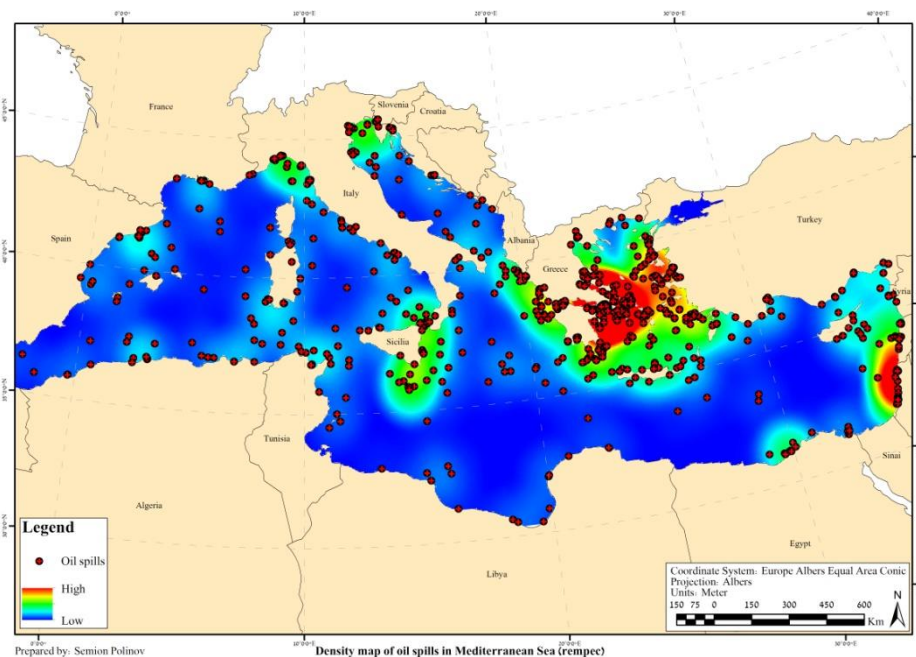
χωρητικότητα 544.000 m³ ενώ υπάρχει σχέδιο επέκτασης του μέχρι 850.000 m³

- το εύρημα του πεδίου Zohr στα θαλάσσια ύδατα της Αιγύπτου, προσθέτοντας τα δικά του πετρελαϊκά φορτία στην ήδη αναπτυσσόμενη παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου στην ανοικτή θάλασσα του Ισραήλ και την ανακάλυψη νέων πεδίων υδρογονανθράκων στα ύδατα της Κύπρου, Αιγύπτου και Ισραήλ.

Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση των δραστηριοτήτων μεταφοράς πετρελαίου και φυσικού αερίου και την κατασκευή νέων πετρελαιοαγωγών και αγωγών φυσικού αερίου στην Ανατολική Μεσόγειο, καθιστώντας την ανάγκη για την ύπαρξη ενός μοντέλου παρακολούθησης πετρελαιοκηλίδας ακόμη πιο σημαντική για την παρακολούθηση των πετρελαιοκηλίδων και τον μετριασμό τους.

Την τελευταία δεκαετία, καταγράφηκαν μόνο επτά (7) σοβαρά θαλάσσια ατυχήματα, αλλά εντοπίστηκαν, μέσω δορυφορικών συστημάτων παρατήρησης, πάνω από 1000 πιθανές πετρελαιοκηλίδες στη περιοχή αυτή της λεκάνης της Μεσογείου.

Στην εικόνα που ακολουθεί εμφανίζονται όλα τα συμβάντα στη Μεσόγειο για τα τελευταία 40 χρόνια έτσι όπως εμφανίζονται στην REMPEC. Η βάση δεδομένων REMPEC ασχολείται αποκλειστικά με συμβάντα που προκάλεσαν ή ενδέχεται να προκαλέσουν θαλάσσια ρύπανση στη Μεσόγειο Θάλασσα μεταξύ 1977-2017.



Εικόνα 1.1 χάρτης με τα συμβάντα ρύπανσης στη Μεσόγειο (πηγή: REMPEC)

1.4 Ο σχεδιασμός έκτακτης ανάγκης

Ο σχεδιασμός έκτακτης ανάγκης για την αντιμετώπιση διαρροών πετρελαίου και δημιουργία πετρελαιοκηλίδων στη θάλασσα πρέπει να αρχίζει με τον σαφή καθορισμό του εύρους του χώρου και των ενεργειών που πρέπει να περιλαμβάνονται στο περιεχόμενο του σχεδιασμού. Αυτό σημαίνει στην πράξη ότι όλοι όσοι εμπλέκονται με την αντιμετώπιση τέτοιων προβλημάτων διαφέρουν σημαντικά όσον αφορά το εύρος των επιχειρησιακών δραστηριοτήτων τους, τις περιβαλλοντικές ανησυχίες που χρειάζεται να έχουν, τις ρυθμιστικές απαιτήσεις που τους ζητούνται και τους συνακόλουθους κινδύνους πετρελαιοκηλίδας που συνεπάγονται οι δραστηριότητες τους.

Με αυτό το πνεύμα, έχει πλέον διεθνώς αναπτυχθεί και καθιερωθεί μια τριπλή δομή δράσεων που επιτρέπει σε όσους εμπλέκονται στον σχεδιασμό έκτακτης ανάγκης να κατανοήσουν πόσο αποτελεσματική θα είναι η αντίδραση σε οποιαδήποτε πετρελαιοκηλίδα, είτε πρόκειται για μικρές λειτουργικές διαρροές ή σε μια πολύ χειρότερη διαρροή πετρελαίου στη θάλασσα ή στην ξηρά. Η δομή προσφέρει επίσης ένα μηχανισμό για τον προσδιορισμό του τρόπου με τον οποίο οι επιμέρους δράσεις της επέμβασης θα κατανεμηθούν αποτελεσματικά στο μέτωπο στο οποίο η πετρελαιοκηλίδα είναι ενεργή.

Οι τρεις πτυχές της δομής που έχει καθιερωθεί είναι:

Οι δυνατότητες αντιμετώπισης της Βαθμίδας 1 αφορούν τα τοπικά και ίδια μέσα του φορέα εκμετάλλευσης που χρησιμοποιούνται για τον περιορισμό των διαρροών που βρίσκονται μέσα ή κοντά στην εγκατάσταση του ίδιου του φορέα. Η διαθεσιμότητα των πόρων παρέχει επίσης μια αρχική αντιμετώπιση των διαρροών που ενδεχομένως κλιμακώνεται πέρα από το μέγεθος των αρχικών δράσεων και δυνατοτήτων που προσδιορίζονται από την Βαθμίδα 1.

Οι δυνατότητες αντιμετώπισης της Βαθμίδας 2 αφορούν πρόσθετα, κοινά, εθνικά ή περιφερειακά μέσα που είναι απαραίτητα για την ολοκλήρωση μιας αντιμετώπισης βαθμίδας 1 ή για την υποστήριξη μιας κλιμακούμενης αντίδρασης. Η ικανότητα αντιμετώπισης βαθμίδας 2 περιλαμβάνει μια ευρύτερη επιλογή εξοπλισμού και πληροφόρησης από ειδικούς κατάλληλη για μια σειρά στρατηγικών επιλογών τρόπων αντιμετώπισης.

Οι δυνατότητες αντιμετώπισης στη Βαθμίδα 3 στηρίζονται σε πόρους που είναι διαθέσιμοι σε διεθνές επίπεδο, και στο σύνολο τους πρόκειται για μέσα που συμπληρώνουν εκείνους των δύο πρώτων βαθμίδων. Η αντιμετώπιση στη βαθμίδα 3 περιλαμβάνει τους διεθνείς πόρους που είναι απαραίτητοι για την απορρύπανση πετρελαιοκηλίδων που απαιτούν συνδυασμένες δράσεις εξαιτίας της μεγάλης κλίμακας των συμβάντων, της πολυπλοκότητας ή / και των πιθανών επιπτώσεων.

Αφού επιλεγούν διάφορα σενάρια εξάλειψης των πετρελαιοκηλίδων, το πρόβλημα μετατοπίζεται στην ανάπτυξη κατάλληλων στρατηγικών δράσης, δηλαδή σε διαθέσιμες και βιώσιμες τεχνικές απόκρισης που μετριάζουν επαρκώς τις επιπτώσεις και τους κινδύνους κάθε σεναρίου. Οι υπεύθυνοι του σχεδιασμού δράσεων θα πρέπει συνεπώς να εξετάσουν πώς, σε κάθε σενάριο, με την πάροδο του χρόνου μπορούν να αναπτυχθούν οι διάφορες ενέργειες αντιμετώπισης και πώς μπορεί ενδεχομένως να χρειαστεί κάποια προσαρμογή της στρατηγικής καθώς βρίσκεται ακόμη σε εξέλιξη η ρύπανση της θάλασσας. Η στρατηγική που θα υιοθετηθεί πρέπει να επικεντρωθεί σε σαφείς και εφικτούς στόχους, καθορίζοντας πρώτα το σύνολο των στόχων απόκρισης για το κάθε σενάριο σχεδιασμού που επιλέχθηκε, ποιά θα είναι δηλαδή τα τελικά αποτελέσματα που αναμένονται. Ωστόσο, οι στόχοι αυτοί, που είναι σε μεγάλο βαθμό κοινοί σε όλα τα σενάρια διαρροής, είναι:

- η προστασία της υγείας και της ασφάλειας των ατόμων που συμμετέχουν στην αντιμετώπιση και του πληθυσμού στη περιοχή
- ο έλεγχος της πηγής της διαρροής
- η ανάκτηση του πετρελαίου που διέρρευσε
- η μεγιστοποίηση της προστασίας των ευαίσθητων περιοχών
- η ελαχιστοποίηση των ζημιών που δημιουργεί η πετρελαιοκηλίδα στους περιβαλλοντικούς και κοινωνικοοικονομικούς πόρους.

Ο εντοπισμός ευαίσθητων πόρων και χώρων προστασίας που έχουν προτεραιότητα, όπως καθορίζεται από τη χαρτογράφηση ευαισθησίας, παρέχει τις ειδικές για τον κάθε τύπο πληροφορίες οι οποίες κατευθύνουν τις συζητήσεις για τη προετοιμασία της επέμβασης (NEBA)³. Βάσει των συζητήσεων αυτών αναπτύσσονται οι στρατηγικές αντιμετώπισης που ανταποκρίνονται καλύτερα στους στόχους της προστασίας των ευαίσθητων περιοχών και της ελαχιστοποίησης ζημιών. Αυτό σημαίνει ότι τα

³NEBA: Net Environmental Benefit Analysis

πολύπλοκα σενάρια μπορεί να απαιτούν στρατηγικές αντιμετώπισης που συνίστανται σε διάφορους συνδυασμούς μεθόδων, σε διαφορετικά επίπεδα.

Αυτό σημαίνει ότι σενάρια που είναι πιο πολύπλοκα μπορεί να απαιτούν μία ή περισσότερες στρατηγικές που συνίστανται σε διάφορους συνδυασμούς τεχνικών σε διαφορετικά επίπεδα, πιθανώς σε διαφορετικές τοποθεσίες ή για διαφορετική εποχικότητα. Για παράδειγμα, ένα σενάριο αντιμετώπισης που μπορεί να συμβεί σε συνθήκες ανοικτών νερών τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι, πιθανόν να απαιτεί πολλαπλές στρατηγικές, καθώς οι τεχνικές άμβλυνσης των συνεπειών, που επιλέγονται, μπορεί να αλλάζουν λόγω των εποχιακών συνθηκών.

Μόλις βρεθούν, για κάθε σενάριο, οι πιο αποτελεσματικές και εφικτές τεχνικές απόκρισης, χρειάζεται να διεξαχθεί η NEBA με τη συμμετοχή όλων των φορέων για να προσδιοριστεί ποιά από αυτές τις τεχνικές θα έχει το μεγαλύτερο καθαρό περιβαλλοντικό όφελος. Η εφαρμογή μιας διαδικασίας NEBA παρέχει ένα μέσο για την επιλογή των καλύτερων ενεργειών αντιμετώπισης που ελαχιστοποιούν τις πιθανές επιπτώσεις στους ανθρώπους και το περιβάλλον. Από την άλλη, παρέχει ένα χρήσιμο πλαίσιο δράσεων για την επίτευξη ενός σχεδιασμού αντιμετώπισης στηριγμένου σε επιστημονικές βάσεις και βοηθάει στην επίτευξη συναίνεσης των ενδιαφερομένων πριν και μακριά από την συναισθηματική ατμόσφαιρα που επικρατεί κατά τη διάρκεια της εμφάνισης της διαρροής. Η NEBA χρησιμοποιεί πληροφορίες που αφορούν το συγκεκριμένο σενάριο, συμπεριλαμβανομένων των δεδομένων σχετικά με τους περιβαλλοντικούς και κοινωνικοοικονομικούς πόρους που εντοπίστηκαν στη διαδικασία της χαρτογράφησης ευαισθησίας, ή την εμπειρία από προηγούμενες διαρροές και την επιστημονική αξιολόγηση της περιβαλλοντικής και κοινωνικής επίδρασης που έχει προκύψει από τη χρήση ορισμένων τεχνικών απόκρισης σε συγκεκριμένες τοποθεσίες. Η διαδικασία NEBA σταθμίζει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα, ή, τις αντισταθμίσεις των διαθέσιμων τεχνικών έτσι ώστε να μπορεί να διαμορφωθεί μια αποτελεσματική αντιμετώπιση του φαινομένου για να επιτευχθεί το μέγιστο συνολικό όφελος για το περιβάλλον (Alvesetal., 2016). Η επίτευξη συναίνεσης αποτελεί σημαντικό μέρος της διαδικασίας καθώς κατά τη διάρκεια της δημιουργούνται συγκρούσεις και για να είναι αποτελεσματική η συζήτηση θα πρέπει πάντοτε να λαμβάνει υπόψη τις διάφορες προτεραιότητες των ενδιαφερομένων και τις δικαιολογημένες ανησυχίες που ενδέχεται να προκύψουν σε κάθε τοποθεσία.

Η φυσική ανάκαμψη, δηλαδή η επαναφορά χωρίς να υπάρξει ανάγκη για ανθρώπινη παρέμβαση, χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς έναντι της οποίας αξιολογούνται όλες οι προτεινόμενες δράσεις απόκρισης. Για παράδειγμα, αν η χρήση εντατικών τεχνικών καθαρισμού στις απομακρυσμένες ακτές δεν πρόκειται να αποφέρει σημαντικά κοινωνικοοικονομικά οφέλη, ή, αν η εφαρμογή της επιδεινώνει τις οικολογικές ζημιές που προκύπτουν, πρέπει να αμφισβητηθεί η χρησιμότητα της εφαρμογής της έστω και αν είναι υψηλή η αποτελεσματικότητά της. Οι εκτιμήσεις αυτές θα πρέπει επομένως να λαμβάνουν υπόψη τις ανάγκες της οικονομίας, της αναψυχής, της άγριας φύσης της ακτογραμμής, την ασφάλεια του κοινού και όσων συμμετέχουν, καθώς και τη δυνατότητα απομάκρυνσης του χύδην πετρελαίου και τον περιορισμό της περαιτέρω εξάπλωσης της ρύπανσης.

Μέσω της χρήσης της NEBA, τα ενδιαφερόμενα μέρη στον σχεδιασμό αντιμετώπισης έκτακτων περιστατικών λόγω της πετρελαιοκηλίδας, θα πρέπει να είναι σε θέση να κατανοήσουν τους λόγους για τους οποίους συμπεριλαμβάνονται ή αποκλείονται ορισμένες επιλογές δράσης στη στρατηγική αντιμετώπισης. Αν, για παράδειγμα, απαιτείται κανονιστική έγκριση για μια συγκεκριμένη τεχνική, όπως η εφαρμογή διάθεση μέσω διασκορπισμού, η συζήτηση στη NEBA παρέχει την ευκαιρία για την διαμόρφωση, την αξιολόγηση και την έγκριση της τεχνικής αντιμετώπισης παρόμοιων διαρροών που ταιριάζουν με τα σενάρια σχεδιασμού. Σε όλες όμως τις περιπτώσεις ρύπανσης λόγω της πετρελαιοκηλίδας όσοι συμμετέχουν σε αυτές πρέπει να επαληθεύουν ότι οι υποθέσεις που αναφέρονται και εξετάζονται στη NEBA και οι εγκρίσεις που δόθηκαν εξακολουθούν να ισχύουν (Alvesetal., 2016).

Κεφάλαιο 2^ο

Οι μέθοδοι επέμβασης για καθαρισμό των πετρελαιοκηλίδων

2.1 Εισαγωγή

Σύμφωνα με την IPIECA⁴ κάθε επέμβαση που γίνεται για την αντιμετώπιση των πετρελαιοκηλίδων έχει ως στόχο την ελάττωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και να επιταχύνει την αναδόμηση του οικοσυστήματος που ρυπάνθηκε με τρόπο συμπληρωματικό με τη δράση της φύσης (IPIECA, 2001). Σε κάθε επέμβαση διακρίνονται τρεις φάσεις: η προσπάθεια περιορισμού, η διαδικασία περισυλλογής της ποσότητας και ο καθαρισμός των περιοχών που ρυπάνθηκαν. Οι φάσεις του περιορισμού και της περισυλλογής γίνονται παράλληλα στον τόπο της διαρροής ενώ η φάση του καθαρισμού απλώνεται σε όλες τις περιοχές που ρυπάνθηκαν από τη διαρροή. Πολλές φορές υπάρχει και η φάση της αναδόμησης του οικοσυστήματος που γίνεται παράλληλα με τις άλλες φάσεις.

Καθώς υπάρχουν πάρα πολλές μέθοδοι επέμβασης και μέσα σε αυτή την εργασία δεν μπορούν να περιγραφούν όλες επικεντρωθήκαμε και περιγράψουμε τις πιο βασικές ή τουλάχιστον αυτές που στις περιπτώσεις που εξετάστηκαν εφαρμόστηκαν πάνω από μια φορά.

Ξεκινάμε τη περιγραφή από τη φυσική αποκατάσταση καθώς, όπως είναι λογικό, εμφανίζεται να επιδιώκεται συστηματικά κάθε φορά που εμφανίζεται το πρόβλημα (Cedre, 2007). Στη συνέχεια περιγράφονται οι μέθοδοι επέμβασης και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που ενδεχομένως προκύπτουν από την εφαρμογή τους, έτσι ώστε να συνεκτιμηθούν οφέλη και επιπτώσεις από την εφαρμογή τους.

2.2 Η φυσική εξομάλυνση

Η φυσική εξομάλυνση υπάρχει όταν δεν υπάρχει καμιά ανθρώπινη επέμβαση και οι μόνες δράσεις που επικρατούν είναι οι φυσικές και χημικές δράσεις του περιβάλλοντος. Η απουσία της ανθρώπινης επέμβασης ακυρώνει κάθε πρόσθετη επιβάρυνση του οικοσυστήματος και για το λόγο αυτό προτείνεται σε περιπτώσεις ευαίσθητων οικοσυστημάτων ή περιπτώσεις μικρής ρύπανσης (Frigas, 2013). Στη

⁴ IPIECA: International Petroleum Industry Environmental Conservation Association

περίπτωση αυτή, η απορρύπανση μπορεί να διαρκέσει για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, ίσως και πολλά χρόνια και υπάρχει ενδεχόμενο να παρατηρηθούν διάσπαρτα δευτερογενή φαινόμενα επιδράσεων στα οικοσυστήματα (τοξικότητα, αλλοιώσεις πληθυσμών και γενετικές μεταλλάξεις) χωρίς όμως να υπάρχει γενικευμένος κίνδυνος (Lemaire, 2010).

2.3 Οι δράσεις περιορισμού και περισυλλογής

2.3.1 Εισαγωγή

Η συνδυασμένη εφαρμογή τους μέσα από μια αλληλουχία επεμβάσεων βελτιώνει την αποτελεσματικότητα των δράσεων και ελαχιστοποιεί τις επιπτώσεις της ρύπανσης. Οι ενέργειες περιορισμού έχουν για στόχο να περιορίσουν τη διάδοση της πετρελαιοκηλίδας ή να την κατευθύνουν σε συγκεκριμένη κατεύθυνση ώστε να είναι πιο εύκολη η περισυλλογή της ποσότητας που διέρρευσε. Ταυτόχρονα, η αλλαγή κατεύθυνσης της πετρελαιοκηλίδας έχει για στόχο να την απομακρύνει από τυχόν ευαίσθητες περιοχές ή θαλάσσιους πληθυσμούς ώστε να περιοριστούν οι τυχόν συνέπειες (ITOPF, 2012).

Αν και η αποτελεσματικότητα των δράσεων υπολογίζεται βάσει της ποσότητας πετρελαίου που περισυλλέγεται από την επιφάνεια ή την υδάτινη στήλη στη περιοχή της διαρροής είναι λογικό να συνεκτιμάται, τις περισσότερες φορές υποκειμενικά η περιβαλλοντική επιβάρυνση που τελικά δημιουργείται (Lemaire, 2010).

Αναφέρονται τρεις κυρίως μέθοδοι επέμβασης για τον περιορισμό της ρύπανσης από μια πετρελαιοκηλίδα: η περισυλλογή με φυσικο-μηχανικό τρόπο, η χρήση ουσιών διασκορπισμού και η επιτόπια καύση του πετρελαίου που διέρρευσε (Bocard, 2006).

2.3.2 Οι φυσικο-μηχανικές μέθοδοι

Η μέθοδος της επιφανειακής σάρωσης (skimming), η δημιουργία κενού αναρρόφησης και η χρήση εξεδρών (estacades) και επιπλεόντων φραγμάτων (booms) είναι οι πιο συνήθεις φυσικο-μηχανικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη περισυλλογή των ποσοτήτων υδρογονανθράκων που διέρρευσαν.

Η εγκατάσταση **φραγμάτων περισυλλογής** γίνεται για τον έλεγχο της εξάπλωσης της πετρελαιοκηλίδας για να μειωθεί η πιθανότητα ρύπανσης των ακτών, καθώς και η συγκέντρωση του πετρελαίου με τη δημιουργία επιφανειακών στρωμάτων πετρελαίου μεγαλύτερου πάχους, διευκολύνοντας με τον τρόπο αυτό την ανάκτηση. Επιπλέον,

μπορούν να χρησιμοποιηθούν φράγματα για την εκτροπή των πετρελαιοκηλίδων στις επιθυμητές κατευθύνσεις όπου θα είναι πιο εύκολο να αφαιρεθούν από την επιφάνεια του νερού. Κάθε φράγμα βρίσκεται σταθερά στη θέση που τοποθετήθηκε καθώς είναι αγκυρωμένο με το μήκος της γραμμής αγκύρωσης να είναι ίσο με τουλάχιστον 3 φορές το βάθος του νερού, ή και περισσότερο αν είναι απαραίτητο. Αυτό σημαίνει ότι αν η ρύπανση συμβεί σε θάλασσες με μεγάλα βάθη θα υπάρχει πρόβλημα να στηθούν κατάλληλα φράγματα.



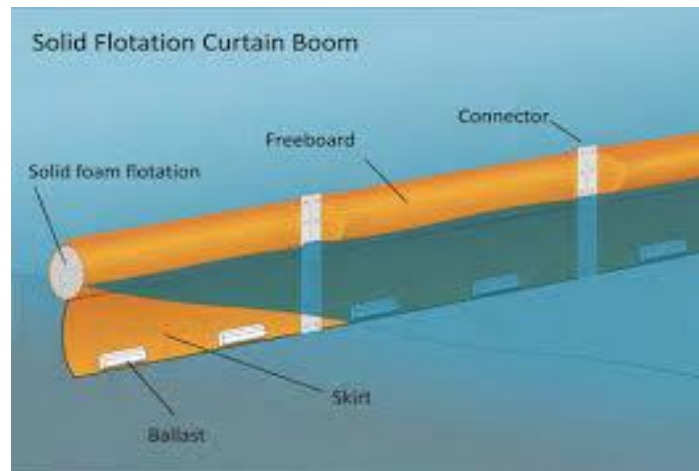
Εικόνα 2.1 φράγμα τοποθετημένο για τον περιορισμό της θαλάσσιας ρύπανσης (πηγή: www.spillpro.com.au)

Όλοι οι τύποι φραγμάτων επηρεάζονται σημαντικά από τις συνθήκες που επικρατούν στη θάλασσα. Όσο μεγαλύτερος είναι ο κυματισμός, τόσο λιγότερο αποτελεσματικά γίνονται τα φράγματα.

Τα φράγματα μπορούν να χωριστούν σε διάφορους βασικούς τύπους (Schultze, 2000):

Τα επίπεδα φράγματα που έχουν μεγάλο ύψος και μία επίπεδη διάταξη επίπλευσης, χαρακτηριστικά που τους καθιστούν λιγότερο αποτελεσματικούς σε τρικυμισμένες θάλασσες όπου τα κύματα ή οι θυελλώδεις άνεμοι μπορεί να προκαλέσουν ακόμη και την ανατροπή τους.

Τα σφαιρικά φράγματα ή τα φράγματα τύπου κουρτίνας έχουν μια κυκλική διάταξη επίπλευσης και στη συνέχεια της μια ξεχωριστή έδραση. (skirt) (ως εικόνα)



Εικόνα 2.2 η παρουσίαση ενός σφαιρικού φράγματος (πηγή: ITOPF, 2012)

Συμπεριφέρονται ικανοποιητικά σε κυματισμό, αλλά είναι πιο δύσκολο να καθαριστούν και να αποθηκευτούν από τα επίπεδα φράγματα.

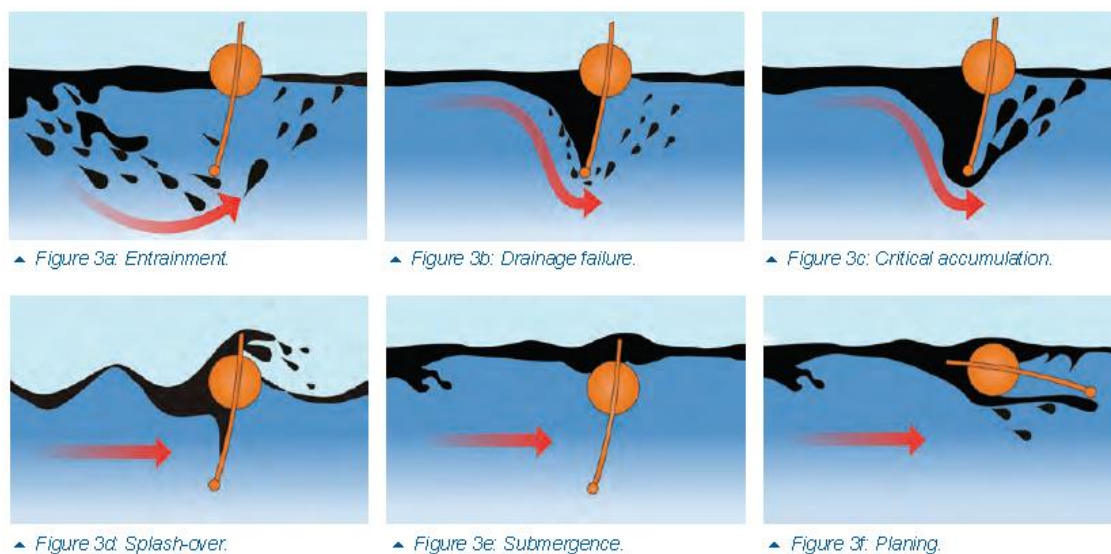
Τα μη άκαμπτα ή φουσκωτά φράγματα έρχονται σε πολλά σχήματα και γεμίζουν με διαφορετικά μέσα, όπως αφρό ή αέρα. Αυτά είναι εύκολο να καθαριστούν και να αποθηκευτούν, και έχουν καλή απόδοση σε τρικυμισμένες θάλασσες. Ωστόσο, τείνουν να θεωρούνται ακριβές λύσεις, και πιο περίπλοκες για να χρησιμοποιηθούν, ενώ καταστρέφονται (ξεφουσκώνουν ή τρυπάνε) εύκολα (ITOPF, 2012).

Ως προς το σκοπό της εγκατάστασης τους διακρίνουμε τρεις βασικούς τύπους φραγμάτων: τα φράγματα συγκράτησης, τα φράγματα εκτροπής και τα φράγματα αποτροπής (www.nantucket-ma.gov).

Η τοποθέτηση ενός φράγματος συγκράτησης γίνεται συνήθως αμέσως μετά το ατύχημα όσο πιο κοντά στο σημείο διαρροής γίνεται, ελαχιστοποιώντας έτσι τη διάδοση και τις επιπτώσεις στο περιβάλλον. Συνήθως το συνολικό μήκος του φράγματος είναι τρεις φορές το μέγεθος της ακτίνας που ορίζεται από το πλοίο και το άκρο της κηλίδας μπορεί να είναι η έκρηξη (Schultze, 2000).

Ο στόχος της τοποθέτησης ενός φράγματος εκτροπής είναι να ανακατευθύνει το χυμένο στη θάλασσα πετρέλαιο από μια θέση ή κατεύθυνση ροής σε μια άλλη συγκεκριμένη τοποθεσία για ανάκτηση.

Τα φράγματα πρέπει να είναι επαρκώς ευέλικτα ώστε να ακολουθούν τη κίνηση των κυμάτων αλλά αρκετά άκαμπτο για να συγκρατήσει όσο το δυνατόν περισσότερο πετρέλαιο. Μερικοί τύποι φραγμάτων έχουν μια κακή συμπεριφορά σε κυματισμούς καθώς είτε το πάνω μέρος του φράγματος βυθίζεται μέσα στο νερό, ή η έδραση οδηγείται ανάμεσα στις κορυφές των κυμάτων. Και στις δύο περιπτώσεις το πετρέλαιο που συγκεντρώνεται διαφεύγει. Μέχρι σήμερα τα περισσότερα από τα φράγματα που υπάρχουν δεν μπορούν να συγκρατήσουν το πετρέλαιο που μαζεύεται, αν υπάρχουν άνεμοι με ταχύτητες μεγαλύτερες των 0,5 m/s (1 κόμβος) που φυσάνε σε ορθή γωνία με το φράγμα. Στην πράξη, η ταχύτητα του ανέμου για να υπάρξει διαφυγή του πετρελαίου για τα περισσότερα φράγματα είναι περίπου 0,35 m/s (0,7 κόμβους) ανεξάρτητα από το βάθος της φούστας-έδρασης του φράγματος. Το πώς διαφεύγει το πετρέλαιο και η σχέση του ρυθμού διαφυγής του με τη ταχύτητα του νερού εξαρτώνται από τον τύπο του πετρελαίου που χύθηκε και τη σχεδίαση του φράγματος. Οι διάφορες περιπτώσεις εμφανίζονται στην εικόνα.



Εικόνα 2.3 οι διάφορες περιπτώσεις διαρροής πετρελαίου μέσα από φράγμα (πηγή: ITOFF, 2012)

Τα χαμηλού ιξώδους πετρελαιοειδή διαφεύγουν σε μικρότερους ρυθμούς από ό,τι τα πετρελαιοειδή με μεγαλύτερο ιξώδες. Αυτά τα πετρελαιοειδή, όταν υπάρχει θαλασσοταραχή, χάνουν εύκολα κάποια σταγονίδια από το κάτω μέρος της πετρελαιοκηλίδας και τα σωματίδια αυτά παρασύρονται κάτω από το φράγμα (περίπτωση 3a).

Τα πετρέλαια με χαμηλό ιξώδες είναι επίσης επιρρεπή σε αυτό που ονομάζεται «αποτυχία αποστράγγισης» (Σχήμα 3b), όπου τα υψηλά ρεύματα προκαλούν σπάσιμο και απομάκρυνση των σταγονιδίων από το στρώμα πετρελαίου που σχηματίζεται

κόντρα στο φράγμα και πέρασμα τους κάτω από την κουρτίνα. Τα μεγαλύτερου ιξώδους πετρέλαια έχουν λιγότερες πιθανότητες να παρασυρθούν με το νερό και ως εκ τούτου σχηματίζουν παχύτερα στρώματα πετρελαιοκηλίδας κόντρα στο φράγμα. Σε κάποιο κρίσιμο πάχος συσσώρευσης, τα σταγονίδια του πετρελαίου καθώς είναι πιο χαλαρά συνδεδεμένα διαφεύγουν κάτω από το φράγμα (σχήμα 3c) (ITOPF, 2012).

Ο άνεμος και τα κύματα μπορούν να δημιουργήσουν μια κίνηση του νερού μεγαλύτερη από την ταχύτητα διαφυγής, και αυτό προκαλεί εκτόξευση περιεχομένου πετρελαίου (σχήμα 3d). Πολύ υψηλά ρεύματα μπορεί να προκαλέσουν βύθιση του βραχίονα, ιδιαίτερα αν υπάρχει ανεπαρκής πλευστότητα (Σχήμα 3e), ή δημιουργούν πλανάρισμα που επιτρέπει στο πετρέλαιο να ρέει αβίαστα (Σχήμα 3f) (ITOPF, 2012).

Το συνολικό μέγεθος αλλά και το μήκος των επιμέρους τμημάτων του φράγματος είναι σημαντικά και πρέπει κάθε φορά να υπολογίζονται ανάλογα με τα δεδομένα. Το βέλτιστο μέγεθος ενός φράγματος είναι σε μεγάλο βαθμό συνδεδεμένο με τη θαλάσσια κατάσταση στη περιοχή στην οποία πρόκειται να χρησιμοποιηθεί. Σαν γενικός κανόνας, φαίνεται ότι πρώτα χρειάζεται να επιλεγεί το ελάχιστο ύψος του πάνω τμήματος του φράγματος ώστε να αποφευχθεί η διασπορά των σταγονιδίων σε μεγαλύτερη απόσταση. Το βάθος της φούστας πρέπει να είναι περίπου το ίδιο με το ύψος του φράγματος. Τα μικρότερα τμήματα του φράγματος είναι πιο εύκολα στο χειρισμό τους αλλά όλα τα πλεονεκτήματα που υπάρχουν πρέπει να σταθμίζονται καθώς η παρουσία πολυάριθμων συνδέσμων δημιουργεί πολλά νεκρά σημεία και επομένως ανάγκη για τοποθέτηση περισσότερων μέτρων φραγμάτων (AdriaticTrainingCenter, 2015).

Είναι συχνά καλύτερο τα φράγματα, αντί να τοποθετούνται για να γίνει μια προσπάθεια συγκράτησης, να χρησιμοποιούνται για να εκτρέπεται το πετρέλαιο σε σχετικά πιο εύκολες στη πρόσβαση τους περιοχές όπου μπορεί εύκολα να ανακτηθεί. Όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί, είναι εφικτό να απομακρύνεται η πετρελαιοκηλίδα που επιπλέει ακόμη και σε δυνατό αέρα ταχύτητας μέχρι 1,5 m/s (3 κόμβοι), όταν υπάρχει ένα φράγμα συγκράτησης τοποθετημένο σε γωνία με τη ροή. Ακολουθώντας αυτή την αρχή, κάθε οικολογικά ευαίσθητη περιοχή μπορεί να προστατευτεί με τη τοποθέτηση ενός φράγματος εκτροπής το οποίο όχι απλά θα συγκρατήσει τη πετρελαιοκηλίδα αλλά και θα την εκτρέψει σε άλλη κατεύθυνση.

Current Strength		Max. Angle
(knots)	(m/s)	(degrees)
0.7	0.35	90
1.0	0.5	45
1.5	0.75	28
2.0	1.0	20
2.5	1.25	16
3.0	1.5	13

Για περιστατικά διαρροής πετρελαίου μεγάλης κλίμακας, η ανάκτηση πετρελαίου που έχει χυθεί στη θάλασσα γίνεται με τη χρησιμοποίηση των φραγμάτων σε συνδυασμό με κατάλληλα σχεδιασμένα εξαρτήματα που αφαιρούν το πετρέλαιο από την επιφάνεια της θάλασσας και το μεταφέρουν σε ένα άλλο μέσο αποθήκευσης (skimming).



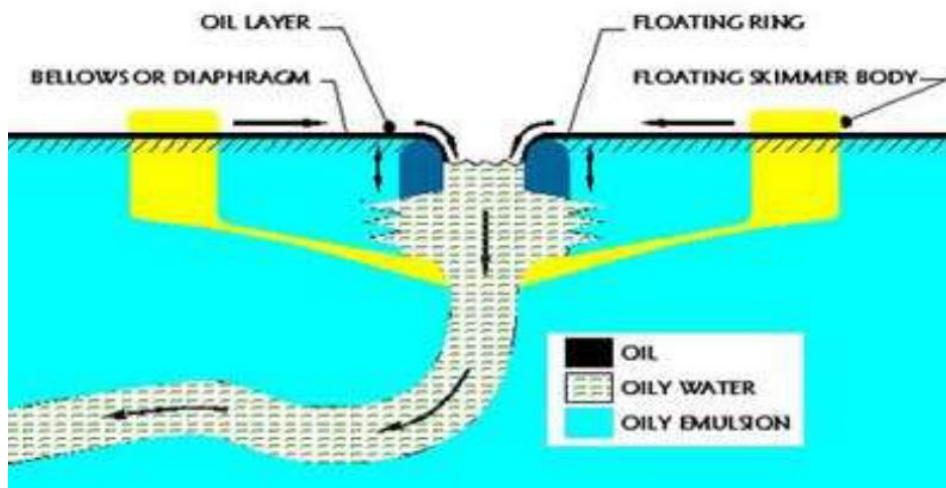
Εικόνα 2.4 η συγκράτηση πετρελαίου που διέρρευσε με φράγματα (πηγή: NOAA)

Το skimming είναι μια διαδικασία που αφαιρεί το πετρέλαιο από την επιφάνεια της θάλασσας πριν φτάσει σε ευαίσθητες περιοχές κατά μήκος μιας ακτογραμμής. Συνήθως, εγκαθίσταται, στηριγμένο σε μια εξέδρα και ένα πλωτό σκάφος, ένα μη απορροφητικό φράγμα, μέσα στο οποίο συγκεντρώνεται το πετρέλαιο το οποίο στη συνέχεια συλλέγεται με τη βοήθεια ενός "skimmer".



Εικόνα 2.5 η εγκατάσταση ενός skimmer μέσα στο φράγμα (πηγή: U.S. CoastalGuard)

Ο "skimmer" μπορεί να είναι, στην απλή μορφή του, ένας μηχανικά περιφερόμενος βραχίονας (μπούμα) σαν τσουγκράνα αλλά όμως σήμερα έχουν αναπτυχθεί διάφοροι τύποι "skimmer" πολύ πιο εξελιγμένοι. Όλοι όμως λειτουργούν βασισμένοι στην ίδια αρχή, αφαιρώντας από την επιφάνεια του νερού το στρώμα πετρελαίου, καθώς το προσελκύουν στις επιφάνειες τους, και συγκεντρώνοντας το σε πλωτές δεξαμενές ή κασέτες συλλογής. Οι "skimmers" για να είναι αποδοτικοί χρειάζονται μεγάλο πάχος της πετρελαιοκηλίδας, αρκετά ήρεμη επιφάνεια της θάλασσας και να υπάρχει φώς για να μπορούν να κατευθύνονται αποτελεσματικά (NOAA, 2015).



Εικόνα 2.6 η αρχή λειτουργίας ενός weir skimmer (πηγή: www.elastec.com)

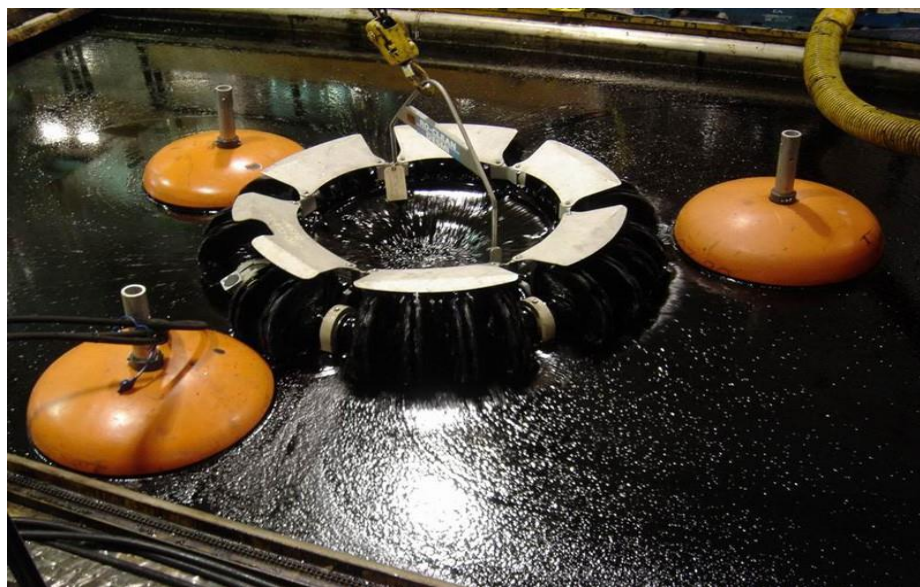
Υπάρχουν τρεις τύποι skimmers:

Η αρχή λειτουργίας των **skimmers τύπου φράγματος** (weirskimmers) φαίνεται στη προηγούμενη εικόνα. Λειτουργούν επιτρέποντας στο πετρέλαιο που επιπλέει στην επιφάνεια του νερού να ρέει πάνω από ένα φράγμα το ύψος του οποίου είναι αυτόματα ρυθμιζόμενο. Το πετρέλαιο λοιπόν που συλλέγεται, μεταφέρεται στους χώρους αποθήκευσης μέσω μιας αντλίας αναρρόφησης.



Εικόνα 2.7 η πλήρης εικόνα ενός weirskimmer (πηγή: www.cleanupoil.com)

Οι οειλαίόφιλοι skimmers λειτουργούν με τη χρήση ενός περιστρεφόμενου στοιχείου όπως ένα τύμπανο, ή μια ταινία στα οποία προσκολλάται το πετρέλαιο. Στη συνέχεια το πετρέλαιο μαζεύεται από την επιφάνεια του τυμπάνου και συγκεντρώνεται. Οι οειλαίόφιλοι skimmers διακρίνονται όχι από τον τρόπο λειτουργίας τους αλλά από τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή του πετρελαίου. Αυτά μπορεί να είναι βούρτσες, σχοινιά, δίσκοι ή τύμπανα τα οποία έχουν υποστεί επεξεργασία ώστε να προσκολλάται σε αυτά το πετρέλαιο. Οι πιο συνήθεις στη χρήση τους είναι οι skimmers με βούρτσα (Prem, 2013). Υπάρχουν δύο κύριες διαμορφώσεις για τις βούρτσες: οι skimmers βούρτσας, όπου οι βούρτσες είναι τοποθετημένες γύρω από την περίμετρο ενός τυμπάνου, και οι skimmers βούρτσας αλυσίδας, στα οποία οι βούρτσες είναι τοποθετημένες σε πολλούς συνεχόμενους βρόγχους αλυσίδων (www.environmental-expert.com). Σε κάθε περίπτωση, οι βούρτσες περιστρέφονται μέσω της διεπαφής λαδιού / νερού, παίρνοντας λάδι και λίγο νερό. Το ανακτημένο πετρέλαιο, στη συνέχεια, απομακρύνεται με κτένισμα της βούρτσας και μεταφέρεται στα σημεία αποθήκευσης.



Εικόνα 2.8 η εικόνα ενός ελαιόφιλουSkimmer τύπου βούρτσας (πηγή: www.cleanupoil.com)

Οι ελαιόφιλοι skimmers είναι πολύ αποτελεσματικοί και δεν μεταφέρουν καθόλου ποσότητες νερού ακόμη και όταν δεν υπάρχει πια πετρέλαιο.

Η τελευταία κατηγορία είναι η μη-ελαιόφιλοι skimmers που χρησιμοποιούνται για να διαχωρίσουν το πετρέλαιο από το νερό. Για αυτούς το διακριτικό τους σημείο είναι το εξάρτημα που χρησιμοποιείται για να πραγματοποιηθεί ο διαχωρισμός. Ένας μεταλλικός δίσκος, ιμάντας ή τύμπανο χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου ένα ελαιόφιλο εξάρτημα δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί, αλλά οι περιπτώσεις αυτές είναι σπάνιες όπως σε ένα καυτό αλκαλικό υδατικό σύστημα πλύσης. Μπορούν να απενεργοποιηθούν κάθε φορά που δεν υπάρχει πετρέλαιο για να διαχωριστεί, ελαχιστοποιώντας την ποσότητα νερού που συλλέγεται. Σε περίπτωση που υπάρχει μεγάλο στρώμα πετρελαίου, οι μη-ελαιόφιλοι skimmers είναι σχεδόν εξίσου αποτελεσματικοί με τους ελαιόφιλους (Prem, 2013).

Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον, που συνδέονται με αυτή τη μέθοδο επέμβασης είναι δυνατόν να είναι αμελητέες αν οι επεμβάσεις γίνουν με τρόπο τέτοιο που οι ενοχλήσεις ή οι φυσικές μεταβολές που προκαλούνται στο οικοσύστημα ελαχιστοποιηθούν, αν το θαλασσινό νερό επιστρέφει ελεγχόμενα και αν δεν μεταφέρεται η ρύπανση προς το κάτω μέρος της υδάτινης στήλης (Cedre, 2007).

2.3.3 Η insitu καύση

Η **επί τόπου καύση** είναι η διαδικασία καύσης πετρελαιοκηλίδων στη περιοχή όπου βρίσκονται. Στο αρχικό στάδιο, όπως και στο skimming, δύο βάρκες συχνά ρυμουλκούν ένα πυράντοχο φράγμα συγκέντρωσης για να συγκεντρώσουν αρκετό πετρέλαιο πριν αρχίσει η καύση.



Εικόνα 2.9 η επιτόπου καύση συγκεντρωμένου πετρελαίου που διέρρευσε (πηγή: NOAA)

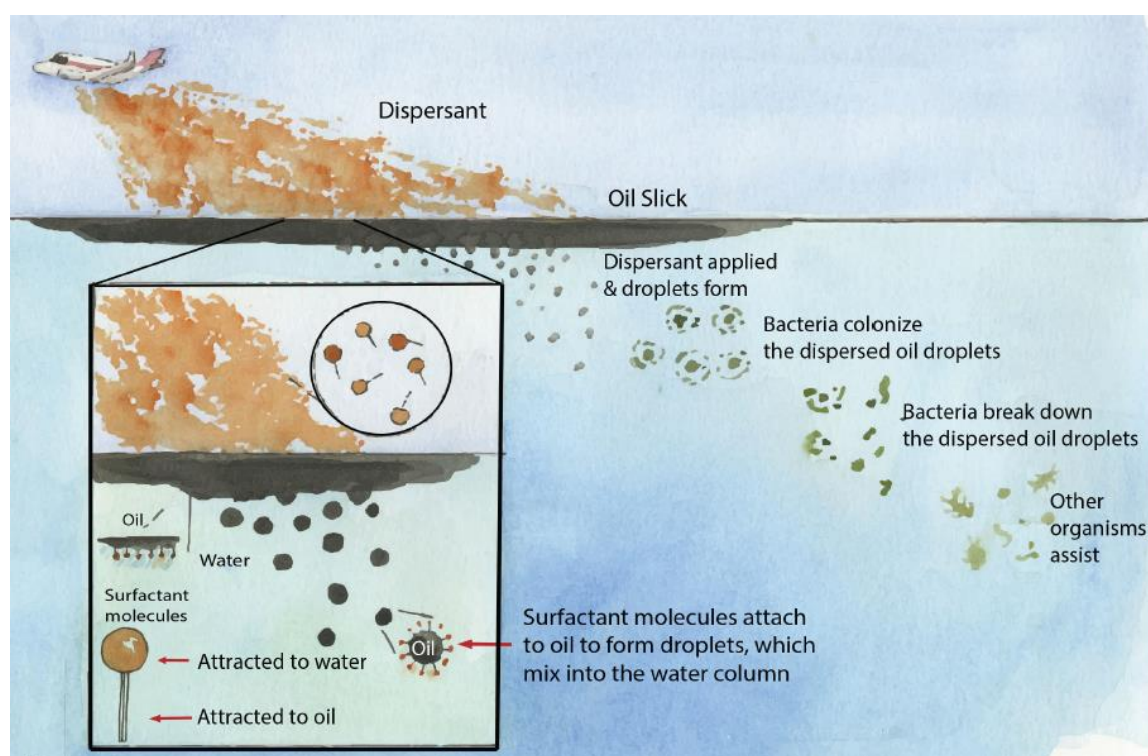
Η επιτόπου καύση χρειάζεται ιδανικές συνθήκες για να έχει επιτυχία. Οι συνθήκες αυτές είναι το φως της ημέρας χωρίς ή με ήπιους ανέμους προς την ανοικτή θάλασσα και ήσυχες θάλασσες. Η επιτυχία της καύσης εξαρτάται από τη δημιουργία ενός στρώματος ελαίου που έχει ένα ικανό πάχος από πολλά στρώματα πετρελαίου και είναι αρκετά παχύρρευστο ώστε να διατηρεί μια συνεχή καύση. Οποιαδήποτε λειτουργία καύσης περιλαμβάνει προσεκτική παρακολούθηση του αέρα για να εξασφαλιστεί ότι ο καπνός ή τα υπολείμματα που προκύπτουν από το κάψιμο δεν επηρεάζουν αρνητικά τους ανθρώπους ή το περιβάλλον.

Στο παράρτημα Η' παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά για τα διάφορα είδη φορτίων πετρελαίου ως προς τη δυνατότητα που έχουν να καούν.

2.3.4 Η χρήση χημικών ουσιών διασκορπισμού

Η **χρήση χημικών μέσω διασκορπισμού** γίνεται συνήθως με ρίψη από ένα μικρό αεροπλάνο ή ένα ειδικά εξοπλισμένο σκάφος και ο στόχος είναι να διασπασθεί η πετρελαιοκηλίδα, σε όσο το δυνατόν μικρότερα σταγονίδια, επιτρέποντάς τα στη συνέχεια να αναμειχθούν πιο εύκολα μέσα στη στήλη νερού.

Οι χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται περιέχουν μόρια που έχουν ένα άκρο που προσελκύεται από το νερό (επιφανειοενεργό) και ένα άκρο που προσελκύεται από το πετρέλαιο. Όταν η ουσία διασκορπισμού ψεκάζεται πάνω στην πετρελαιοκηλίδα τα μόρια προσκολλώνται στο πετρέλαιο και ταυτόχρονα διαλύονται στο νερό, επιτρέποντας την πετρελαιοκηλίδα να διαλυθεί σε μικρότερα σταγονίδια. Αυτά τα μικρότερα σταγονίδια στη συνέχεια αναμειγνύονται στη στήλη νερού όπου και βιοαποδομούνται ή κατακερματίζονται, σε λιγότερο επιβλαβείς ενώσεις, από μικρόβια και άλλους μύκητες. (Grahametal., 2016)



Εικόνα 2.10 η δράση των χημικών ουσιών διασκορπισμού στη πετρελαιοκηλίδα (πηγή: SeaGrand.com)

Ωστόσο, η χρήση ουσιών διασκορπισμού έχει τα μειονεκτήματά της, δημιουργώντας πιθανές επιπτώσεις στη θαλάσσια ζωή που υπάρχει στη στήλη ύδατος και στο θαλασσινό νερό γενικότερα. Εξαιτίας αυτού του μειονεκτήματος, η απόφαση για χημική διασπορά του πετρελαίου μέσα στη στήλη του νερού δεν γίνεται ποτέ χωρίς προηγούμενη σκέψη και είναι συχνά η τελευταία σκέψη όταν πολύ λίγο πετρέλαιο έχει παραμείνει στην επιφάνεια, αλλά αν συνέχιζε να παραμένει, θα μπορούσε να επηρεάσει τα πτηνά και την άγρια φύση στην επιφάνεια του ωκεανού ενώ θα υπήρχε παράλληλα κίνδυνος να παρασυρθεί προς ευαίσθητα παράκτια οικοσυστήματα, όπως παραλίες, υγράτοπους και εκβολές ποταμών.

Ιδανικές συνθήκες για τη χημική διασπορά είναι το φως της ημέρας με ήπιους ανέμους και θάλασσες χωρίς ή με λίγο κυματισμό. Η χημική διασπορά δεν γίνεται ποτέ κοντά στην ακτή, σε ρηχά νερά, κοντά σε παράκτιες κοινότητες ή όταν υπάρχει η δυνατότητα για τους ανέμους να μεταφέρουν τις χημικές ουσίες μακριά από τον επιδιωκόμενο στόχο.

Η φυσική διασπορά μπορεί και συμβαίνει όταν τα κύματα στην επιφάνεια του ωκεανού έχουν μεγάλη ένταση και αρκετή στροβιλώδη ενέργεια ώστε να επιτρέψουν το επιφανειακό πετρέλαιο να αναμειχθεί στη στήλη νερού. Η εφαρμογή χημικών διασκορπιστικών έρχεται για να επιταχύνει αυτή τη διαδικασία όταν υπάρχει μια επικείμενη άμεση απειλή που σχετίζεται με την παραμονή του πετρελαίου στην επιφάνεια και τα φράγματα δεν είναι ικανά να κρατήσουν το πετρέλαιο συγκεντρωμένο.

Αν και οι ουσίες διασκορπισμού που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι πολύ λιγότερο επιβλαβείς για το περιβάλλον από ό,τι ήταν τα σαφώς πιο τοξικά προϊόντα που χρησιμοποιήθηκαν τη δεκαετία του 70, εξακολουθούν να περιέχουν χημικές ουσίες που μπορεί να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην υδρόβια ζωή (Wise, 2011).

Στις ΗΠΑ η ΕΡΑ προβληματιζόταν για μεγάλο διάστημα αν οι ουσίες διασκορπισμού μπορούσαν να βλάψουν την υδρόβια ζωή και έτσι, τον Μάιο του 2010, με αφορμή το ατύχημα στο κόλπο του Μεξικού ξεκίνησε ανεξάρτητες έρευνες σχετικές με το θέμα αυτό που ολοκληρώθηκαν το 2013. Τα βασικά σημεία της μελέτης αυτής παρατίθενται στη συνέχεια (Coolbaugh&McElroy, 2013).

Η ΕΡΑ των ΗΠΑ εξέτασε οκτώ εγκεκριμένες ουσίες διασποράς, συμπεριλαμβανομένου του Corexit 9500Α που χρησιμοποιήθηκε στο κόλπο του Μεξικού, σε δύο υδρόβια είδη: το mysid ένα είδος τοπικής μικρής γαρίδας, και το silverside, ένα ψάρι του οποίου ο βιότοπος είναι τα παράκτια ύδατα του Κόλπου του Μεξικού.

Οι εργαστηριακές εξετάσεις που έγιναν εξέτασαν την οξεία τοξικότητα των ουσιών διασκορπισμού. Με τον όρο οξεία τοξικότητα αναφερόμαστε στις ανεπιθύμητες (αρνητικές) επιδράσεις όταν ένας οργανισμός εκτίθεται σε μία ή περισσότερες δόσεις μιας ουσίας σε μικρό χρονικό διάστημα (συχνά, μικρότερο από 72 ώρες). Ο προσδιορισμός της οξείας τοξικότητας σε μια ουσία μπορεί να βοηθήσει τους επιστήμονες να καθορίσουν με ακρίβεια τη θανατηφόρο συγκέντρωση της αλλά δεν

βοηθάει τους επιστήμονες να κατανοήσουν τις επιπτώσεις που έχει η ουσία στην αναπαραγωγή, ή στην ανάπτυξη ενός οργανισμού. Τα εργαστηριακά πειράματα έδειξαν ότι καμία από τις ουσίες διασκορπισμού, όταν ελέγχεται μόνη της, δεν ήταν πιο τοξική για τις γαρίδες ή τα ψάρια από το πετρέλαιο. Από τις 8 ουσίες διασκορπισμού το Corexit 9500A της Nalco, που χρησιμοποιήθηκε στον Κόλπο του Μεξικού, και το JD-2000 ήταν τα λιγότερο τοξικά στα ψάρια από όλες τις άλλες ουσίες διασκορπισμού που ελέγχθηκαν (Coolbaugh&McElroy, 2013).

Η ΕΡΑ στις ΗΠΑ ανησυχούσε επίσης για το πώς ανακατεύονται πετρέλαιο και ουσίες διασκορπισμού και αν το μείγμα επηρεάζει την υδρόβια ζωή. Οι μελέτες έδειξαν ότι το Corexit 9500A, όταν αναμιχθεί με πετρέλαιο, έχει παρόμοια τοξικότητα με τα άλλα επτά.

Όλες οι ουσίες διασκορπισμού, εκτός από το Nokomis 3-AA, όταν αναμιγνύονταν με το πετρέλαιο, είχαν ίδια τοξικότητα στις γαρίδες με τη τοξικότητα που είχε το πετρέλαιο σκέτο (Coolbaugh&McElroy, 2013).

Το 2010, η ΕΡΑ των ΗΠΑ συνέλεξε δείγματα αέρα από την ακτή της Λουιζιάνας για τέσσερις ημέρες μετά την εναέρια εφαρμογή των ουσιών διασκορπισμού στο ατύχημα στον Κόλπο του Μεξικού και προχώρησε σε μετρήσεις των συγκεντρώσεων 2-βουτοξυαιθανόλης και προπυλενογλυκόλης, με στόχο να φανούν τυχόν επιδράσεις από τον ψεκασμό με ουσίες διασκορπισμού στον αέρα της περιοχής. Τα δείγματα πάρθηκαν 30 λεπτά μετά την εφαρμογή διασποράς και δεν βρέθηκε καμία χημική ουσία σε μετρήσιμες ποσότητες (Grahametal., 2016).

Η έκταση της βλάβης που προκαλούν οι ουσίες διασκορπισμού του διαρρέυσαντος πετρελαίου σε συνδυασμό με την ύπαρξη καταλοίπων πετρελαίου, πάνω στην υδρόβια ζωή συνεχίζει να είναι ακόμα και σήμερα υπό συζήτηση.

2.3.5 Η σύγκριση μεταξύ των μεθόδων

Όλες οι φυσικο-μηχανικές μέθοδοι έχουν έναν κοινό παράγοντα που η απουσία του περιορίζει την αποτελεσματικότητά τους: το φως της ημέρας, ή πιο συγκεκριμένα, την ορατότητα. Το να μπορεί να διακρίνει κάποιος τη ρύπανση μέσα στην απεραντοσύνη του ωκεανού, είναι πολύ σημαντικό για να μπορεί να την απομακρύνει. Αυτό σημαίνει ότι οι μέθοδοι αυτές καθίστανται αναποτελεσματικές τη νύχτα, ορισμένες εποχές, ή σε περιοχές όπου το παρατεταμένο σκοτάδι, η ομίχλη ή τα σύννεφα είναι ο κανόνας.

	Φώς ημέρας	Άνεμοι	Καιρικές συνθήκες, ρεύματα	Χαμηλή θερμοκρασία	Κοντά στις ακτές
Skimming	Ναι	έως 4 Beaufort	δεν επηρεάζεται ιδιαίτερα	Ναι	Ναι
In situ καύση	Ναι	έως 4 Beaufort	δεν επηρεάζεται ιδιαίτερα	Ναι	Όχι
Διασκορπισμ ός	Ναι	έως 2 Beaufort	δεν εφαρμόζεται	Ναι	Όχι

Οι τρικυμισμένες θάλασσες μπορεί να είναι απαγορευτικές για το διασκορπισμό και την καύση, καθώς αυτές οι μέθοδοι βασίζονται σε ήρεμες συνθήκες τόσο για να μπορέσουν τα φράγματα συλλογής να μαζέψουν τη ποσότητα που διέρρευσε σε μια καθορισμένη περιοχή, όσο και για λόγους ασφαλείας. Οι υψηλοί άνεμοι συχνά αποκλείουν την καύση και την εναέρια ρίψη ουσιών διασποράς ως επεμβατικές επιλογές (Charmanetal., 2007).

Παρόλο που οι φυσικο-μηχανικές μέθοδοι αποδίδουν καλύτερα κάτω από ορισμένες, ιδανικές συνθήκες, τις περισσότερες φορές χρησιμοποιούνται έστω και αν οι συνθήκες που επικρατούν δεν είναι οι κατάλληλες καθώς υπάρχει πειστική ανάγκη (περίπτωση ExxonValdez) ή μεταβάλλονται οι συνθήκες κατά τη διάρκεια των προσπαθειών απομάκρυνσης μιας πετρελαιοκηλίδας. Επιπλέον, η αποτελεσματικότητά τους εξαρτάται και από άλλους παράγοντες όπως ο τύπος ή η κατάσταση του πετρελαίου που διέρρευσε ή το περιβάλλον στο οποίο διέρρευσε (π.χ. ύπαρξη πάγων ή θαλάσσιων ρευμάτων).

Η συνεχής ανάπτυξη εναλλακτικών μεθόδων απόκρισης και τεχνολογιών και η βελτίωση του υπάρχοντος εξοπλισμού για τις ήδη υπάρχουσες μεθόδους είναι ζωτικής σημασίας για την αντιμετώπιση των πετρελαιοκηλίδων σε γεωγραφικές περιοχές ή στις συνθήκες που οι παραδοσιακές μέθοδοι δεν μπορούν να είναι αποτελεσματικές.

2.4 Οι επεμβάσεις καθαρισμού

2.4.1 Εισαγωγή

Οι επεμβάσεις καθαρισμού επιβάλλονται για να προστατευθούν οι ακτές, οι παραλίες, οι βραχώδεις θαλάσσιες περιοχές, καθώς και οι εκβολές ποταμών και τα τυχόν έλη. Οι εργασίες καθαρισμού είναι ανεξάρτητες των εργασιών περιορισμού της ρύπανσης ή της περισυλλογής του πετρελαίου που χύθηκε στη θάλασσα. Καθώς πολλές φορές οι

εργασίες καθαρισμού μπορεί να προκαλέσουν βλάβη στο οικοσύστημα, χρειάζεται οι αποφάσεις, για την ανάγκη καθαρισμού και με ποιά μέθοδο αυτός θα γίνει, να λαμβάνονται με τη δέουσα προσοχή, αφού εξετασθούν πρώτα αναλυτικά η ευαισθησία του οικοσυστήματος, οι κοινωνικοί, οικονομικοί, αισθητικοί και οικολογικοί παράγοντες (Bocard, 2006). Η επιλογή των καταλληλότερων τεχνικών καθαρισμού απαιτεί παράλληλα μια ταχεία αξιολόγηση του βαθμού και του τύπου της ρύπανσης, μαζί με το μήκος, τη φύση και τη προσβασιμότητα της πληγείσας ακτογραμμής. Επισημαίνεται όμως ότι η ταχύτητα της επέμβασης και η μικρή διάρκεια της εκτέλεσης των εργασιών καθαρισμού είναι παράγοντες που επίσης συνεκτιμώνται στην επιλογή της μεθόδου επέμβασης. Ο στόχος είναι η απομάκρυνση από όσο το δυνατόν μεγαλύτερες ποσότητες πετρελαιοειδών στο μικρότερο δυνατό διάστημα διότι αν το πετρέλαιο αρχίσει να αλλοιώνεται είναι πολύ πιο δύσκολο να απομακρυνθεί (NOAA, 2015). Αν αυτό δεν είναι συμβατό με τις περιβαλλοντικές δεσμεύσεις πρέπει να επιτευχθεί ισορροπία μεταξύ όλων των πιθανών απαιτήσεων, ώστε να βρεθεί μια απάντηση ικανοποιητική στο σύνολό της για κάθε περιοχή ξεχωριστά (ITOPF, 2014).

Ένας βασικός τρόπος καθαρισμού είναι η χρήση φυσικο-μηχανικών μεθόδων και μηχανικών μέσων. Σε αυτές τις περιπτώσεις το κρίσιμο σημείο είναι η επιλογή του εξοπλισμού ώστε να είναι συμβατός με τα χαρακτηριστικά της περιοχής που ρυπάνθηκε, δηλαδή την ευαισθησία και την πρόσβαση που υπάρχει. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι ασήμαντες αν οι ενέργειες καθαρισμού δεν επιβαρύνουν τη φυσική ισορροπία. Αντίθετα, οι επεμβάσεις που αφαιρούν εδάφη από τις ακτές ή τις όχθες μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα διάβρωσης (NOAA etAIP, 1994).

2.4.2 Ο χειρονακτικός καθαρισμός

Ο χειρονακτικός καθαρισμός περιλαμβάνει την αφαίρεση των ρυπασμένων με πετρελαιοειδή εδαφών και φυτών, καθώς και όλων των στερεών υπολειμμάτων που φθάνουν στις ακτές και τις παραλίες με τα χέρια, τα φτυάρια και τσουγκράνες. Χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή να μην αφαιρείται το ριζικό σύστημα των φυτών και στο υπέργειο τμήμα των φυτών επιτρέπεται το κούρεμα, για να αφαιρεθούν τα ρυπασμένα με ίχνη πετρελαιοειδών τμήματα, μόνο στα φυτά εκείνα που το επιτρέπουν.



Εικόνα 2.11 ο χειρονακτικός καθαρισμός μιας παραλίας (πηγή: www.phys.org)

Οι εργασίες καθαρισμού χρειάζονται λοιπόν προσοχή και πρέπει να γίνονται κάτω από την επίβλεψη ατόμων με σχετικές γνώσεις, κάτι που όμως είναι δύσκολο να γίνει εφόσον κάτω από την ασφυκτική πίεση των αναγκών χρησιμοποιούνται εθελοντές και στρατιώτες που δεν έχουν καμιά εμπειρία σε αυτά τα θέματα. Ένας άλλος υπαρκτός κίνδυνος είναι να ποδοπατηθούν ευαίσθητα είδη και να ξεριζωθούν από τα μετακινούμενα οχήματα και εξοπλισμό. Για τη πανίδα στη περιοχή υπάρχει επίσης ο κίνδυνος ο θόρυβος που δημιουργείται να την τρομάξει και να την διώξει ή να την αναγκάσει να αλλάξει συνήθειες. Τέλος υπάρχει ο κίνδυνος της δημιουργίας νέας ρύπανσης από τα σκουπίδια που δημιουργούνται με τις επεμβάσεις και τα οχήματα που κυκλοφορούν. Τέλος, έχει ιδιαίτερη σημασία ο τρόπος διάθεσης των ρυπασμένων εδαφών (Cedre, 2007).

2.4.3 Η ανασκαφή και απομάκρυνση των πετρωμάτων

Το πετρέλαιο που διέρρευσε μπορεί να βυθιστεί μέσα σε υπόστρωμα (άμμο, βότσαλο, βότσαλα κ.λπ.) με φυσική διήθηση, ή με ταφή κάτω από καθαρό ιζήμα που αποτίθεται από την παλιρροιακή κίνηση ή μετά από καταιγίδες. Μπορεί επίσης να είναι αποτέλεσμα δραστηριοτήτων καθαρισμού (surfwashing). Σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να υπάρχει οργανωμένη μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων ρυπασμένου εδάφους στις άκρες της ακτογραμμής ώστε να υποβοηθηθεί ο καθαρισμός τους με το ξέπλυμα τους από τα κύματα και τον σχηματισμό συσσωματωμάτων πετρελαίου-αργίλου. Η ενέργεια που προέρχεται από τα κύματα βοηθάει την συνεχή ανάδευση και τη τριβή μεταξύ των σωματιδίων του ιζήματος και οδηγεί επομένως την απελευθέρωση του

πετρελαίου μέσα στο υπόστρωμα και τη διάσπαση του σε σταγονίδια που σταθεροποιούνται από τα συσσωματώματα πετρελαίου-αργίλου, διασπείρονται σε μεγάλες αποστάσεις και οδηγούνται εύκολα σε εξάτμιση, διαλυτοποίηση και βιοαποδόμηση (ITOF, 2014). Η χρήση του κατάλληλου μηχανικού εξοπλισμού για το σπάσιμο των μεγάλων κομματιών, που έχουν ρυπανθεί από το πετρέλαιο, σε μικρότερα που προσφέρουν μεγαλύτερη ειδική επιφάνεια ώστε να επιταχυνθεί ο ρυθμός καθαρισμού τους.

Η επικινδυνότητα της μεθόδου αυτής είναι ότι μπορεί να διαλυτοποιηθούν τοξικοί υδρογονάνθρακες, που θα μεταφερθούν στη συνέχεια σε άλλες περιοχές, μέσα από τη στήλη νερού, ενώ ο κίνδυνος να ρυπανθούν νέες περιοχές που είχαν καθαριστεί προηγουμένως είναι επίσης υπαρκτός.

2.4.4 Η έκπλυση με υδροβολή

Ο καταιονισμός (flushing) νερού χαμηλής πίεσης και η έκπλυση των ρυπασμένων περιοχών αποτελεί μερικές φορές ένα αποτελεσματικό τρόπο για την απομάκρυνση του πετρελαίου που έχει ρυπάνει την ακτογραμμή πίσω στη θάλασσα και τη διαλυτοποίηση του σε μικρότερα σταγονίδια τα οποία μπορούν στη συνέχεια να συλλεχθούν με κατάλληλα φράγματα (Street, 2011).



Εικόνα 2.12 οι προσπάθειες καθαρισμού με καταιονισμό νερού (πηγή: www.blogfishx.blogspot.com)

Πραγματικά, οι ροές νερού μετατοπίζουν ή ξεκολλάνε τις κρούστες και τις επικαθίσεις πετρελαίου που βρίσκονται στα βράχια ή τις παραλίες και τις μεταφέρουν σε άλλες θέσεις που μπορεί να είναι πιο προσιτές.

Η χρήση ζεστού νερού υψηλής πίεσης συνιστάται σε περιπτώσεις που το πετρέλαιο έχει παραμείνει για καιρό και έχει αλλοιωθεί αποκτώντας και ένα μεγαλύτερο ιξώδες. Εφαρμόζεται σε καταστάσεις όπου δεν υπάρχουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις, πράγμα που σημαίνει ότι δεν θα επηρεασθεί το οικοσύστημα.

Η μέθοδος της υδροβολής με ζεστό νερό υψηλής πίεσης συνήθως εξαλείφει οποιαδήποτε υπόλοιπα φυτά και ζώα που γλύτωσαν από τη ρύπανση με το πετρέλαιο και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται σπάνια.

Η μέθοδος αυτή μπορεί επίσης να σπρώξει το πετρέλαιο βαθύτερα μέσα στα βράχια, καθιστώντας την περιβαλλοντική ανάκαμψη της ακτογραμμής πιο αργή και με μεγαλύτερη διάρκεια από την αναμενόμενη. (Street, 2011)

Καθώς το περιβάλλον είναι πάντα επιρρεπές στο στρες, αυτή η μέθοδος μπορεί να διαταράξει τον φυσικό βίοτοπο της ακτογραμμής ιδιαίτερα αν ο καταιονισμός νερού συνεχισθεί για πολύ μεγάλο διάστημα (Brannonetal., 2012).

2.4.5 Η βιολογική αναδόμηση

Η διαδικασία βιοαποκατάστασης, καθορίζεται από τη χρήση μικροοργανισμών, λόγω των ποικίλων μεταβολικών δυνατοτήτων που αυτοί έχουν, για την απενεργοποίηση ή την απομάκρυνση ρύπων που έχουν δημιουργηθεί και επαναφορά στη προηγούμενη κατάσταση. Είναι μια από τις νεώτερες μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την διάλυση πετρελαιοκηλίδων και είναι μια εξελισσόμενη μέθοδος για την απομάκρυνση και υποβάθμιση πολλών περιβαλλοντικών ρύπων ειδικότερα των προϊόντων της βιομηχανίας πετρελαίου. Ένα επιπλέονπλεονέκτημα της βιοαποκατάστασης θεωρείται ότι αυτή η μέθοδος είναι μη επεμβατική και σχετικά οικονομικά αποδοτική (Leahy&Colwell, 1990). Η βιοαποικοδόμηση από φυσικούς πληθυσμούς μικροοργανισμών αποτελεί έναν από τους πρωταρχικούς μηχανισμούς μέσω των οποίων μπορεί κάποιος να απομακρύνει ρυπογόνες ουσίες όπως το πετρέλαιο και άλλους υδρογονάνθρακες από το περιβάλλον σε οποιοδήποτε μέσον και να βρίσκονται.

Η μικροβιακή βιοαποικοδόμηση, από φυσικούς πληθυσμούς μικροοργανισμών, αποτελεί έναν από τους πρωταρχικούς μηχανισμούς που έχει αποδειχθεί ότι είναι αποτελεσματικός ως διαδικασία για την αποκατάσταση περιοχών που έχουν υποστεί ρύπανση από πετρελαιοειδή. Τα δύο στάδια της βιοαποικοδόμησης είναι: η αναζήτηση μικροοργανισμών κατάλληλων για την αποικοδόμηση των υδρογονανθράκων και η

βελτιστοποίηση των συνθηκών που προάγουν τη βιοαποικοδόμηση (DasandChadran, 2011).

Η επιτυχία της βιοαποκατάστασης των πετρελαιοκηλίδων εξαρτάται από την ικανότητά τους να δημιουργούν και να διατηρούν τις συνθήκες εκείνες που ευνοούν τους αυξημένους ρυθμούς βιοαποικοδόμησης του πετρελαίου στο ρυπασμένο περιβάλλον. Μια καθοριστική απαίτηση είναι η παρουσία μικροοργανισμών με τις κατάλληλες μεταβολικές ικανότητες. Αν αυτοί οι μικροοργανισμοί είναι παρόντες, τότε οι βέλτιστοι ρυθμοί ανάπτυξης τους και επομένως και οι ρυθμοί βιοαποικοδόμησης των υδρογονανθράκων μπορεί να διατηρηθεί με την εξασφάλιση επαρκών συγκεντρώσεων των θρεπτικών ουσιών και οξυγόνου και ότι υπάρχει ένα pH μεταξύ 6 και 9. Τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του πετρελαίου και της επιφάνειας της θάλασσας είναι επίσης καθοριστικοί παράγοντες της επιτυχίας της βιοανάδρασης.

Μεταξύ των φυσικών παραγόντων, η θερμοκρασία παίζει σημαντικό ρόλο στη βιοαποικοδόμηση των υδρογονανθράκων επηρεάζοντας άμεσα τη χημεία των ρύπων καθώς και επηρεάζοντας τη φυσιολογία και την ποικιλομορφία της μικροβιακής χλωρίδας (Atlas, 1975). Καθώς σε χαμηλές θερμοκρασίες το ιξώδες του πετρελαίου αυξάνει, ενώ η πτητικότητα των τοξικών υδρογονανθράκων χαμηλού μοριακού βάρους μειώνεται, η έναρξη της βιοαποικοδόμησης καθυστερεί. Επίσης, καθώς η θερμοκρασία επηρεάζει τη διαλυτότητα των υδρογονανθράκων, ο ρυθμός βιοαποικοδόμησης μειώνεται γενικά με τη μείωση της θερμοκρασίας με τους μέγιστους ρυθμούς βιοαποικοδόμησης να συναντώνται για θερμοκρασίες θαλάσσιου νερού 15° έως 20° C.

Στη διαδικασία της βιοαποδόμησης οι δύο κύριες προσεγγίσεις για τη διάλυση της πετρελαιοκηλίδας είναι:

- bioaugmentation, στην οποία γνωστά βακτηρίδια, που είναι ενεργά στη βιοαποδόμηση, προστίθενται για τη συμπλήρωση του υπάρχοντος πληθυσμού και,
- biostimulation, στην οποία η ανάπτυξη των αυτοχθόνων βακτηριδίων αποικοδόμησης των πετρελαιοειδών διεγείρεται από την προσθήκη θρεπτικών ουσιών ή άλλων παραγόντων υποβοηθητικών της ανάπτυξης κυττάρων.

Η ευκολία μικροβιακής αποικοδόμησης των υδρογονανθράκων μπορεί γενικά να περιγραφεί ως εξής: γραμμικά αλκάνια>διακλαδισμένα αλκάνια> μικρές αρωματικές ενώσεις > κυκλικά αλκάνια. Ορισμένες ενώσεις, όπως οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες υψηλού μοριακού βάρους δεν μπορούν καθόλου να αποικοδομηθούν(DasandChadran, 2011).

Οι υδρογονάνθρακες στο περιβάλλον υποβάλλονται σε βιοαποικοδόμηση κυρίως από βακτήρια, ζύμες και μύκητες. Η γνωστή μέχρι σήμερα αποτελεσματικότητα της βιοαποικοδόμησης κυμαίνεται από 6% έως 82% για τους μύκητες εδάφους, 0,13% έως 50% για τα βακτηρίδια του εδάφους και 0,003% έως 100% για τα θαλάσσια βακτήρια. Πολλοί επιστήμονες αναφέρουν ότι απαιτούνται μικτοί πληθυσμοί για την αποικοδόμηση σύνθετων μιγμάτων υδρογονανθράκων, όπως τα φορτία που μεταφέρονται με πλοία (Atlas, 1992).

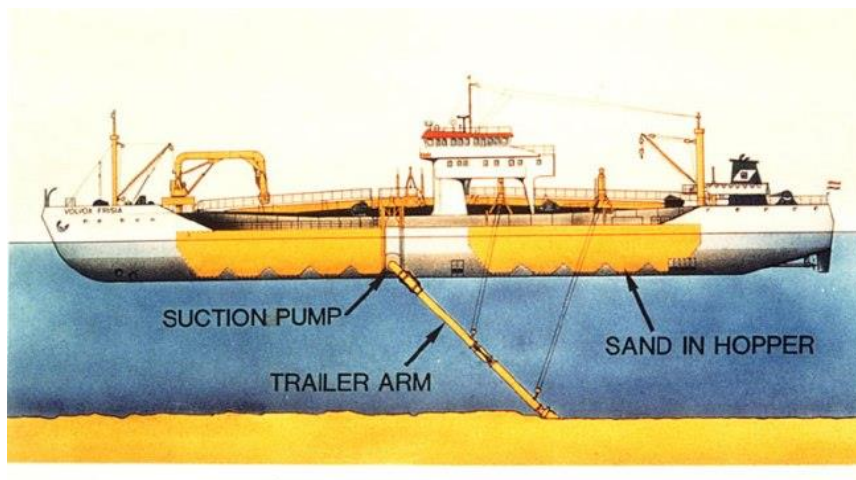
Τα βακτήρια είναι οι πιο δραστικοί παράγοντες στην αποικοδόμηση του πετρελαίου και λειτουργούν ως πρωτογενείς αποικοδομητές χυμένου πετρελαίου στο περιβάλλον καθώς πολλά βακτήρια τροφοδοτούνται αποκλειστικά με υδρογονάνθρακες. Αν και τα φύκια και τα πρωτόζωα είναι σημαντικά μέλη της μικροβιακής κοινότητας τόσο στα υδρόβια όσο και στα χερσαία οικοσυστήματα, δεν έχει μελετηθεί αρκετά η συμμετοχή τους στη βιοαποικοδόμηση των υδρογονανθράκων.

2.4.6 Η χρήση μεθόδων αναρρόφησης της πετρελαιοκηλίδας (oilspillsucking)

Μια γρήγορη μέθοδος, που όμως οδηγεί σε σημαντική απομάκρυνση μιας ποσότητας υδρογονανθράκων που διέρρευσαν στη θάλασσα, είναι η αναρρόφηση τους με διάφορους τρόπους. Περιγράφουμε στη συνέχεια κάποιους από τους πιο σύγχρονους τρόπους καθαρισμού με αναρρόφηση.

2.4.6.1 Οι βυθοκόροι αναρρόφησης

Όλο και συχνότερα χρησιμοποιούνται, για αυτή τη μέθοδο περιορισμού μιας πετρελαιοκηλίδας, ειδικά διαμορφωμένα πλοία με αναρροφητικό εξοπλισμό, τα λεγόμενα trailingsuctionhopperdredger (εικόνα 2.13).



Εικόνα 2.13 η φωτογραφία ενός σκάφους με εξοπλισμό αναρρόφησης (πηγή: www.oceanandairtechnology.wordpress.com)

Ένας βυθοκόρος με αναρρόφηση είναι ένα αυτοπροωθούμενο πλοίο, ειδικά διαμορφωμένο, το οποίο γεμίζει τα αμπάρια του κατά τη διάρκεια της βυθοκόρησης με όγκους ύδατος ανάμικτου με υλικά, ακολουθώντας μια προκαθορισμένη διαδρομή. Στο τέλος της διαδρομής εκφορτώνει το περιεχόμενο των αμπαριών του αποστέλλοντας το με πνευματική μεταφορά σε συγκεκριμένους χώρους. Η πιο συχνή χρήση του είναι η εκβάθυνση θαλασσιών περασμάτων ή η μεταφορά άμμου για τη διαμόρφωση παραλιών. Μια παραλλαγή της χρήσης του είναι η αναρρόφηση μεγάλων ποσοτήτων θαλάσσιου νερού στο οποίο επιπλέουν κηλίδες πετρελαίου. Καθώς όμως χρειάζεται να έχει μεγάλο ενεργό χώρο για να είναι αποτελεσματική η χρησιμοποίησή του, χρησιμοποιείται κυρίως σε ανοιχτά νερά θαλασσών και ωκεανούς.

Συνήθως το σύνολο των αμπαριών των βυθοκόρων έχει σχήμα συμβατικού πλοίου (στην εικόνα 2.13 ο κίτρινος όγκος) και τα σκάφη αυτά είναι εξαιρετικά αξιόπλοα, και είναι εξοπλισμένα με σωλήνες αναρρόφησης μονής ή διπλής (μία σε κάθε πλευρά του σκάφους). Το υλικό απορροφάται διαμέσου των σωλήνων αναρρόφησης με μία ή περισσότερες αντλίες και αδειάζει στα αμπάρια. Η δυναμικότητα μιας βυθοκόρου καθορίζεται από τη χωρητικότητα του κάθε αμπαριού. Αυτή μπορεί να κυμαίνεται από μερικές εκατοντάδες κυβικά μέτρα σε πάνω από 40.000 m³ - όλο και μεγαλύτερα σκάφη έχουν κατασκευαστεί τα τελευταία χρόνια για να επιτρέψουν την οικονομική μεταφορά του βυθοκορούμενου υλικού, ειδικά όταν πρόκειται για έργα ανάκτησης με μεγάλη συμμετοχή υδάτινων όγκων.

Αν ο ρόλος της βυθοκόρου είναι η απομάκρυνση υλικών από την επιφάνεια του βυθού ο σωλήνας φθάνει μέχρι τον βυθό. Αν όμως ο ρόλος της βυθοκόρου είναι να

απομακρύνει τις διαρροές υδατανθράκων, τότε αλλάζει η μορφή του σωλήνα, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιείται σε μικρά βάθη ανάλογα με το πάχος της πετρελαιοκηλίδας. Ο σωλήνας αναρρόφησης, ανάλογα με τη χρήση του, έχει επομένως και το κατάλληλο ενεργό μήκος και τερματίζεται σε μια κεφαλή ολίσθησης, η οποία συνήθως ενσωματώνει ένα σύστημα εκτόξευσης νερού, ή κάποια ειδικά διαμορφωμένα πετρώγια ή δόντια ή άλλα μέσα απομάκρυνσης του συμπιεσμένου υλικού που φθάνει σε αυτόν (φύκια, υλικά από το πλοίο, πέτρες από τον βυθό). Ο ρόλος της κεφαλής ολίσθησης είναι να επιτρέπει στο υλικό του βυθού, ή στους υδάτινους όγκους, να ρέουν μέσα από την είσοδο αναρρόφησης όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικά.

2.4.6.2 Τα ειδικά οχήματα κενού



Εικόνα 2.14 η εικόνα από ένα όχημα κενού για το καθαρισμό ρυπασμένων επιφανειών (πηγή: www.spillpro.com.au)

Πρόκειται για οχήματα που έχουν μια αντλία κενού και μια ανοξειδωτή δεξαμενή αποθήκευσης χωρητικότητας 10-15 m³. Η συλλογή του ρυπασμένου υλικού, άμμος, πετρέλαιο και νερό ανάμικτα, στη δεξαμενή με τη δημιουργία σε αυτή ενός κενού αέρα και η αποστράγγιση του θαλάσσιου νερού με την εφαρμογή πεπιεσμένου αέρα μέσα στη δεξαμενή πραγματοποιείται με τη χρήση μιας αντλίας κενού της τάξης του 1 bar.

Μια παραλλαγή του οχήματος κενού είναι ένα μεταφερόμενο σύστημα κενού το οποίο μπορεί να φορτώνεται σε βάρκες και μικρά σκάφη ώστε να μπορεί να προσεγγίζει περιοχές που δεν είναι προσεγγίσιμες και δεν μπορεί επομένως να πάει ένα όχημα κενού.



Εικόνα 2.15 η φωτογραφία από το σύστημα κενού Minivac II Portable για δράσεις σε απόκρουμες περιοχές (πηγή: www.spillpro.com.au)

Καθώς δεν έχει δικιά του δεξαμενή αποθήκευσης, για να έχει μεγάλη ευελιξία στις κινήσεις του χρειάζεται να συνοδεύεται από τον απαραίτητο εξοπλισμό αποθήκευσης (βυτίο, ή βαρέλια).

Τα συστήματα κενού δεν είναι πολύ καλά στην ανάκτηση των διαρροών πετρελαίου σε ανοικτές θάλασσες καθώς αναρροφούνται μεγάλοι όγκοι θαλάσσιου νερού και μικρή ποσότητα πετρελαίου και για να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητά τους χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με την εγκατάσταση ενός skimmer.

2.4.6.3 Το σύστημα μηχανικού καθαρισμού εν κενώ

Ο καθαρισμός του πετρελαίου από την ακτογραμμή συνήθως συνεπάγεται είτε την απορρόφηση του πετρελαίου από ένα κατάλληλο απορροφητικό υλικό (φελλό, τάλκη ή τύρφη) ή την έκπλυση του με νερό υπό πίεση. Το υλικό που αφαιρείται δεν μπορεί να ανακτηθεί εύκολα καθώς στη πρώτη περίπτωση χρειάζεται πολλαπλάσιος χρόνος για τη διαλογή πετρωμάτων και πετρελαίου, ενώ στη δεύτερη περίπτωση το πετρέλαιο που απομακρύνεται συνήθως χάνεται πίσω στη θάλασσα.

Για να αυτοματοποιηθούν αυτές οι επίπονες εργασίες, αναπτύχθηκε στη Νορβηγία ένα νέο είδος ηλεκτρικής σκούπας κενού που ονομάζεται MOSE (Μηχανικό Σύστημα Καθαρισμού Διαρροών Πετρελαίου).



Εικόνα 2.16 η MOSE στο έργο καθαρισμού (πηγή: www.newatlas.com)

Πρόκειται για μια συσκευή κενού που στέλνει με πίεση πάνω στις ρυπασμένες με πετρέλαιο επιφάνειες κάποιο απορροφητικό υλικό (φελλό, τάλκη, τύρφη).

Αφού το μηχάνημα ψεκάσει το απορροφητικό υλικό πάνω στη ρυπασμένη επιφάνεια οι περιστρεφόμενες βούρτσες ξεκινάνε να περιστρέφονται απλώνοντας με πίεση το απορροφητικό υλικό πάνω στο πετρέλαιο. Μόλις επιτευχθεί η πλήρης ανάμειξη, η κατεύθυνση των περιστρεφόμενων βουρτσών αναστρέφεται και το υλικό αναρροφάται με τη χρήση φορητής αντλίας κενού ενώ τα πετρώματα καθαρίζονται ταυτόχρονα. Το αναμειγμένο υλικό ξεχωρίζεται με φυγοκέντριση και το πετρέλαιο μπορεί να περισυλλεγεί. Η μέθοδος καθαρισμού με το σύστημα κενού MOSE είναι τέσσερις φορές πιο αποτελεσματική στον καθαρισμό μετά από διαρροές πετρελαίου από τις συμβατικές τεχνικές(Quick, 2010).

2.4.7 Η αξιολόγηση των μεθόδων

Υπάρχουν δύο κατηγορίες στις οποίες ανήκουν οι μέθοδοι καθαρισμού της ρύπανσης που προκαλείται από μια πετρελαιοκηλίδα. Αυτές οι κατηγορίες είναι ο μη επιθετικός καθαρισμός και ο επιθετικός καθαρισμός.

Ο μη επιθετικός καθαρισμός περιλαμβάνει μεθόδους όπως η απομάκρυνση με δημιουργία κενού, η φυσική απομάκρυνση με τη χρήση μηχανημάτων ρυπασμένων με πετρέλαιο αντικειμένων και εδαφών από τις ακτές, η χειρονακτική απομάκρυνση του

χυμένου πετρελαίου και η συγκέντρωση του σε βαρέλια ή σακούλες, η χρήση απορροφητικών υλικών όπως το άχυρο για την απορρόφηση του πετρελαίου, η έκπλυση με κρύο νερό χαμηλής πίεσης και τέλος η χρήση της βιοαποδόμησης για την μείωση του πετρελαίου προσθέτοντας πετρελαιοφάγους οργανισμούς (Walter, 2014).

Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν οι μέθοδοι επιθετικής απομάκρυνσης. Σε αυτήν περιλαμβάνονται μέθοδοι όπως: μετεγκατάσταση των ρυπασμένων ιζημάτων χρησιμοποιώντας φορητά, μπουλντόζες και βαριά μηχανήματα που προκαλούν διατάραξη της φυσικής ακτογραμμής, η χρήση του ζεστού νερού που ψεκάζεται με υψηλή πίεση για την αφαίρεση του λαδιού, και ο χημικός καθαρισμός (Walter, 2014).

Οι μέθοδοι επέμβασης για καθαρισμό της πετρελαιοκηλίδας διαφέρουν κατά μήκος των ακτών λόγω του τεράστιου αριθμού μεταβλητών που επηρεάζουν την κατεύθυνση και τον προορισμό της πετρελαιοκηλίδας.

Όταν επομένως υπάρχει η ανάγκη να ληφθεί μια απόφαση ως προς το ποια μέθοδος πρέπει να χρησιμοποιηθεί χρειάζεται να εξετασθούν πολλοί παράγοντες, όπως για παράδειγμα η ασφαλής εργασία ανθρώπων μάλλον ανεκπαιδευτων, η προσβασιμότητα στις ακτές, η διαθεσιμότητα του εξοπλισμού επέμβασης, το διάστημα που βρίσκεται το πετρέλαιο στην ακτογραμμή. Παράλληλα συνεκτιμώνται και άλλοι παράγοντες, όπως ενδεικτικά οι κυματικές και παλιρροιακές προβλέψεις, πόσο βαθύ είναι το νερό και τέλος ποιά είναι η φυσική κατάσταση των στρώσεων πετρελαίου κατά τη στιγμή της επέμβασης.

Κεφάλαιο 3^ο

Τα μοντέλα πρόγνωσης & παρακολούθησης για τις πετρελαιοκηλίδες

3.1 Εισαγωγή

Οι πετρελαιοκηλίδες είναι επιβλαβείς για τη θαλάσσια ζωή, καθώς βλάπτουν το φυσικό περιβάλλον των χερσαίων φυτών και ζώων και των ανθρώπων. Οι μεγαλύτερες σε όγκο διαρροές είναι εκείνες που συμβαίνουν στις εγκαταστάσεις εξόρυξης και μεταφοράς πετρελαίου ως αποτέλεσμα φυσικών καταστροφών ή εχθρικών ενεργειών. Οι περισσότερες σε αριθμό διαρροές πετρελαίου είναι αποτέλεσμα των πλοίων που αδειάζουν τις δεξαμενές τους πριν ή μετά την είσοδο τους στα λιμάνια. Μεγάλες διαρροές πετρελαίου έχουμε και ως αποτέλεσμα της φωτιάς, ή άλλης ζημιάς, σε πετρελαιοφόρα ή των συγκρούσεων ενός σκάφους με έναν ύφαλο ή άλλο σκάφος. Αυτές οι διαρροές προκαλούν περιβαλλοντικές ζημιές σε τεράστιες περιοχές είναι επομένως απαραίτητη η τακτική παρακολούθηση των θαλάσσιων λωρίδων και των παράκτιων περιοχών για τον έγκαιρο εντοπισμό τους και την επιβολή των νόμων με τη τιμωρία των δραστών για τη θαλάσσια ρύπανση. Εξίσου όμως είναι απαραίτητη η πρόβλεψη της πορείας που θα ακολουθήσει η κάθε πετρελαιοκηλίδα καθώς οι εργασίες για την αντιμετώπιση της απαιτούν χρόνο και καλή προετοιμασία. Στη περίπτωση αυτή χρειάζεται να προσδιοριστούν διάφοροι παράγοντες που αφορούν τη πετρελαιοκηλίδα, όπως:

- Η αρχική θέση της
- Ο όγκος και η έκταση της διαρροής
- Η κατεύθυνση και η ταχύτητα με την οποία κινείται
- Η κατεύθυνση των ανέμων, των ρευμάτων και των κυμάτων για την πρόβλεψη των μεταγενέστερων κινήσεων της.

3.2 Η παρακολούθηση με την τηλεπισκόπηση

Η τηλεπισκόπηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εύρεση και την παρακολούθηση των διαρροών σε μια περιοχή. Έχει το πλεονέκτημα ότι είναι σε θέση να παρακολουθεί τα γεγονότα σε απομακρυσμένες και συχνά απρόσιτες περιοχές. Για παράδειγμα, οι πετρελαιοκηλίδες από ένα σπασμένο αγωγό μπορεί να περάσουν

απαρατήρητες για ένα χρονικό διάστημα λόγω της αβεβαιότητας στον εντοπισμό του ακριβούς σημείου της διαρροής και περιορισμένη εικόνα σχετικά με την έκταση της διαρροής. Η τηλεπισκόπηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εύρεση και την παρακολούθηση των ροών.

Για τις διαρροές σε ανοικτές θάλασσες, η τηλεπισκόπηση μπορεί να παρέχει πληροφορίες σχετικά με την ταχύτητα και την κατεύθυνση της κίνησης της πετρελαιοκηλίδας μέσα από την αρχή των πολυχρονικών εικόνων⁵. Τα αποτελέσματα της τηλεπισκόπησης μπορούν επίσης να ενσωματωθούν σε μοντέλα μετακίνησης και να διευκολύνουν τον προγραμματισμό των προσπαθειών ελέγχου και καθαρισμού. Τα συστήματα τηλεπισκόπησης που χρησιμοποιούνται είναι: υπέρυθρα βίντεο και αεροφωτογραφίες, εικόνες θερμικής υπέρυθρης ακτινοβολίας, αερομεταφερόμενα φθοριόμετρα, οπτικές δορυφορικές εικόνες και εικόνες αεροναυτικών και δορυφορικών SAR. Οι αισθητήρες SAR πλεονεκτούν απέναντι στους οπτικούς αισθητήρες επειδή μπορούν να έχουν εικόνες τη νύχτα και τις νεφελώδεις ημέρες.

Οι βασικές απαιτήσεις από τη μέθοδο της τηλεπισκόπησης είναι η απόκτηση συχνών εικόνων και η άμεση αποστολή τους για επεξεργασία και αξιολόγηση της δυναμικής του φαινομένου της διαρροής. Για την ταυτοποίηση της διαρροής είναι πιθανό να απαιτούνται αισθητήρες υψηλής ανάλυσης, αν και η εκτεταμένη κάλυψη τις περισσότερες φορές αρκεί για την παρακολούθηση και την αρχική ανίχνευση. Οι αερομεταφερόμενοι αισθητήρες έχουν το πλεονέκτημα των εύκολων αλλαγών των θέσεων για κάλυψη, καθώς είναι διαθέσιμοι σε κάθε ζήτηση, αλλά έχουν υψηλό κόστος. Επιπλέον, καθώς οι διαρροές συμβαίνουν συχνά κατά τη διάρκεια σκληρών καιρικών συνθηκών, η εναέρια επιτήρηση παρεμποδίζεται από τον καιρό.

Η πετρελαιοκηλίδα με πάχος μεγαλύτερο από περίπου 10 μm , απορροφά το φως στην ορατή περιοχή και εκπέμπει εκ νέου ένα μέρος αυτού στο υπέρυθρο φάσμα, κυρίως στα μήκη κύματος 8-14 μm . Το πετρέλαιο, κάτω από την επίδραση του φωτός θα εκπέμπει υπέρυθρη ακτινοβολία καθώς το πετρέλαιο παρουσιάζει μεγαλύτερη εκπομπή υπέρυθρου από το νερό και επομένως εμφανίζεται, σε υπέρυθρες εικόνες, η παχύρρευστη πετρελαιοκηλίδα αρκετά πιο θερμή σε σύγκριση με το περιβάλλον νερό, τα ενδιάμεσα σε πάχος στρώματα του πετρελαίου εμφανίζονται "δροσερά", και δεν υπάρχει διαφορά για τα πολύ λεπτότερα στρώματα πετρελαίου. Τα πάχη μετάβασης δεν

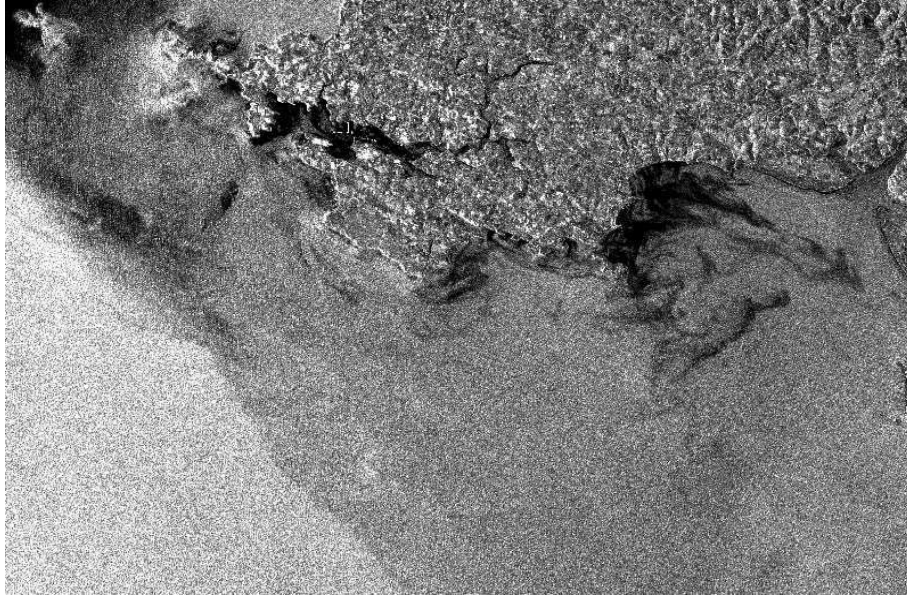
⁵ οι πολυχρονικές εικόνες είναι πολλαπλές εικόνες του ίδιου θέματος που αποκτήθηκαν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές.

είναι γνωστά με ακρίβεια, αλλά οι ενδείξεις δείχνουν ότι η διαφορά μεταξύ των "κρύων" και "θερμών" στρωμάτων βρίσκεται μεταξύ 50 και 150 μm με το ελάχιστο ανιχνεύσιμο πάχος στρώματος να είναι στην περιοχή των 10-70 μm (Fingas&Brown, 2014).

Τα φθοριόμετρα ανίχνευσης ρυπαντών με λέιζερ είναι οι καλύτεροι αισθητήρες για την ανίχνευση διαρροών πετρελαίου. Μπορούν να αναγνωρίσουν το πετρέλαιο στις όχθες, στο χιόνι και στον πάγο. Μπορούν επίσης να προσδιορίσουν τον τύπο του πετρελαίου που έχει διαρρεύσει. Ωστόσο, αυτοί οι αισθητήρες απαιτούν κατάλληλες μετεωρολογικές συνθήκες χωρίς νέφος για την ανίχνευση διαρροών.

Το **φθοριόμετρο λέιζερ** χρησιμοποιεί το φαινόμενο ότι οι αρωματικές ενώσεις του πετρελαίου αλληλεπιδρούν με την υπεριώδη ακτινοβολία και απορροφούν την ενέργεια του φωτός απελευθερώνοντας την επιπλέον ενέργεια ως ορατό φως. Η απορρόφηση και τα μήκη κύματος εκπομπών είναι μοναδικά για το κάθε είδος πετρελαίου. Άλλες ουσίες στο νερό, όπως για παράδειγμα η χλωροφύλλη ή η κυτταρίνη, φθορίζουν σε διακριτά μήκη κύματος δίνοντας έτσι στη κάθε εικόνα από μια ρύπανση θάλασσας από το πετρέλαιο μοναδική υπογραφή. Οι αισθητήρες φθορισμού λέιζερ είναι πολύ χρήσιμοι αισθητήρες για την επισκόπηση πετρελαιοκηλίδων καθώς προσφέρουν μια μοναδική μέθοδο διάκρισης ανάμεσα στα ρυπασμένα και τα μη ρυπασμένα φύκια καθώς και στην ανίχνευση του πετρελαίου στις ακτές. Διάφοροι τύποι πετρελαίου έχουν ξεχωριστές εντάσεις φθορισμού και φασματικές ιδιότητες, με αποτέλεσμα τη δυνατότητα διαφοροποίησης των διαφόρων κατηγοριών πετρελαίου (Brown, 2017).

Οι **αισθητήρες SAR (Synthetic Aperture Radar)** μπορούν να δημιουργήσουν μια απεικόνιση των κηλίδων πετρελαίου από την τοπική επίδραση λόγω της επικάλυψης των κυμάτων Bragg με το πετρέλαιο. Οι κηλίδες είναι ορατές σε μια εικόνα ραντάρ ως κυκλικές ή καμπυλόγραμμες επιφάνειες σε πιο σκούρο τόνο από την επιφάνεια του ωκεανού. Η ανίχνευση μιας διαρροής εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ταχύτητα του ανέμου. Σε ταχύτητες άνω των 10 m / s η κηλίδα θα είναι κατακερματισμένη και διασκορπισμένη, καθιστώντας δύσκολο τον εντοπισμό της.



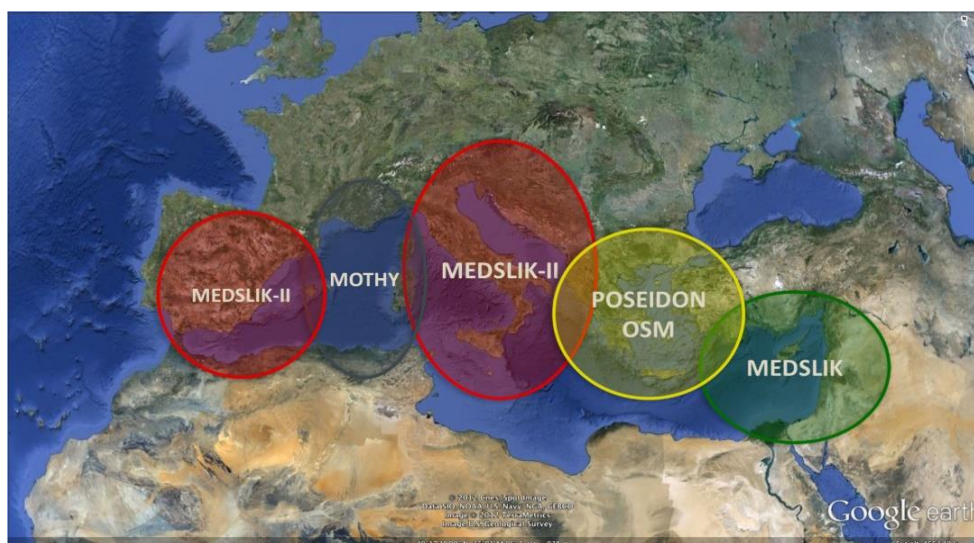
Εικόνα 3.1 η απεικόνιση μιας πετρελαιοκηλίδας από το ναύαγιο του SeaEmpress (πηγή: RADARSAT)

Στην εικόνα φαίνονται τα όρια της πετρελαιοκηλίδας. Οι σκούρες αποχρώσεις στην ανοικτή θάλασσα αντιπροσωπεύουν περιοχές όπου υπάρχει πετρέλαιο ενώ οι περιοχές με πιο ανοικτού χρώματος αποχρώσεις είναι περιοχές στις οποίες έχει ψεκαστεί μια ουσία διασποράς πάνω στον υδροφόρο ορίζοντα για την προώθηση της γαλακτωματοποίησης του πετρελαίου. Τέλος η ανοικτή απόχρωση επιφάνεια είναι η επιφάνεια του ωκεανού. Το πετρέλαιο που επιπλέει στην επιφάνεια του νερού καλύπτει τις διακυμάνσεις των κυμάτων του ωκεανού, δημιουργώντας μια ομαλότερη επιφάνεια από το περιβάλλον νερό. Αυτή η λεία επιφάνεια εμφανίζεται σκοτεινή σε μια εικόνα ραντάρ. Όταν το λάδι αρχίζει να γαλακτωματοποιείται, τα τριχοειδή κύματα αρχίζουν και εμφανίζονται ξανά και τα όρια του πετρελαίου φαίνονται πιο καθαρά. Η έκταση, η θέση και η διασπορά της πετρελαιοκηλίδας μπορούν να προσδιοριστούν χρησιμοποιώντας τέτοιες εικόνες.

Το τελευταίο διάστημα έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται οι ζώνες εγγύς υπέρυθρων (NIR) με μήκος κύματος 0,75-1,4 μm , για τον έλεγχο των πετρελαιοδιαρροών. Οι ζώνες NIR ενσωματώθηκαν στους δορυφόρους MODIS και MERIS καθώς επίσης τοποθετήθηκαν και οι αερομεταφερόμενες συσκευές AVIRIS για να παρακολουθούν και να ανιχνεύουν τις τυχόν υπάρχουσες διαρροές.

3.3 Τα μοντέλα πρόγνωσης

Τα μοντέλα πρόγνωσης πετρελαιοκηλίδων συνιστούν ουσιώδες εργαλείο στον προγραμματισμό επεμβάσεων έκτακτης ανάγκης καθώς και στην προετοιμασία αποτελεσματικών στρατηγικών αντιμετώπισης για την αντιμετώπιση των επικίνδυνων πετρελαιοκηλίδων που δημιουργούνται από ατυχήματα στη θάλασσα. Αυτά τα μοντέλα βασίζονται στην ικανότητα πρόβλεψης των μετεωρολογικών και υδροδυναμικών συνθηκών που επικρατούν στη θάλασσα μέσω της χρήσης αριθμητικών μοντέλων ατμοσφαιρικής, κυματικής και υδροδυναμικής σε συνδυασμό με πληροφορίες σχετικά με την τοποθεσία, το ρυθμό, τη φύση και τα χαρακτηριστικά μιας πετρελαιοκηλίδας. Ο συνδυασμός που προκύπτει χρησιμοποιείται για να παρέχει εκ των προτέρων κάποιες πληροφορίες σχετικά με τη μορφή και την τροχιά που θα ακολουθήσει η πετρελαιοκηλίδα. Τα μοντέλα αυτά, αν και απαιτούν αρκετά μεγάλη υπολογιστική ισχύ, η οποία σήμερα είναι εφικτό να υπάρχει, μπορούν να αυτοματοποιηθούν και να λειτουργήσουν σε επιχειρησιακό τρόπο για να παρέχουν πληροφόρηση 24 ώρες το 24ωρο στις υπηρεσίες πολιτικής προστασίας, την ακτοφυλακή και τις ναυτιλιακές αρχές για ταχεία επέμβαση για αντιμετώπιση διαρροών πετρελαίου στη θάλασσα, τον έλεγχο και τον περιορισμό των επιπτώσεων και των ζημιών στην ακτή και τη προστασία βασικών πόρων και δομών.



Εικόνα 3.2 τα μοντέλα πρόγνωσης για τη περιοχή της Μεσογείου (πηγή: www.medess4ms.eu)

Όπως φαίνεται στην εικόνα για τη περιοχή της Μεσογείου έχουν εγκατασταθεί και ενεργοποιούνται πέντε κύρια μοντέλα, των οποίων οι περιοχές ευθύνης και η εμβέλεια διακρίνονται στην εικόνα. Τα μοντέλα αυτά είναι τα MOTHY, MEDSLIK, POSEIDONOSM και MEDSLIK-II.

Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει προσπάθειες για να δημιουργηθεί μια στρατηγική για την αντιμετώπιση των πετρελαιοκηλίδων που δημιουργούνται στη λεκάνη της Μεσογείου. Η στρατηγική αυτή, με την ονομασία MEDESS-4MS (Mediterranean decisions support system for marine safety) ξεκίνησε τον Φεβρουάριο του 2012, είναι αφιερωμένη στην ενίσχυση της ασφάλειας στη θάλασσα με τον περιορισμό των κινδύνων και των επιπτώσεων που προκαλούνται από τις πετρελαιοκηλίδες. Το MEDESS-4MS αξιοποιεί τα υφιστάμενα πανευρωπαϊκά σχέδια πρόληψης και περιλαμβάνει όλες τις πρόσφατες σημαντικές εξελίξεις που έχουν γίνει στον τομέα της ωκεανογραφίας για την περιοχή της Μεσογείου. Το MEDESS-4MS στοχεύει στην υλοποίηση ενός ολοκληρωμένου λειτουργικού συστήματος πολλαπλών μοντέλων πρόβλεψης αλλά και εκτίμησης της εξέλιξης των πετρελαιοκηλίδων στη Μεσόγειο, συλλέγοντας και αναλύοντας τα στοιχεία που έχουν εντοπισθεί στον ωκεανό καθώς και όλα τα δεδομένα σχετικά με την κίνηση πλοίων, τις λειτουργίες πλοίων και τη χαρτογράφηση ευαισθησίας για τη κάθε περιοχή. Αυτά τα δεδομένα θα τροφοδοτούν οργανωμένα συστήματα παρακολούθησης και πρόβλεψης πετρελαιοκηλίδων, παρέχοντας έτσι ένα ανεκτίμητο εργαλείο για την έγκαιρη ανίχνευση και τον αποτελεσματικό έλεγχο της πετρελαιοκηλίδας όταν ακόμη αυτή βρίσκεται στα αρχικά της στάδια.

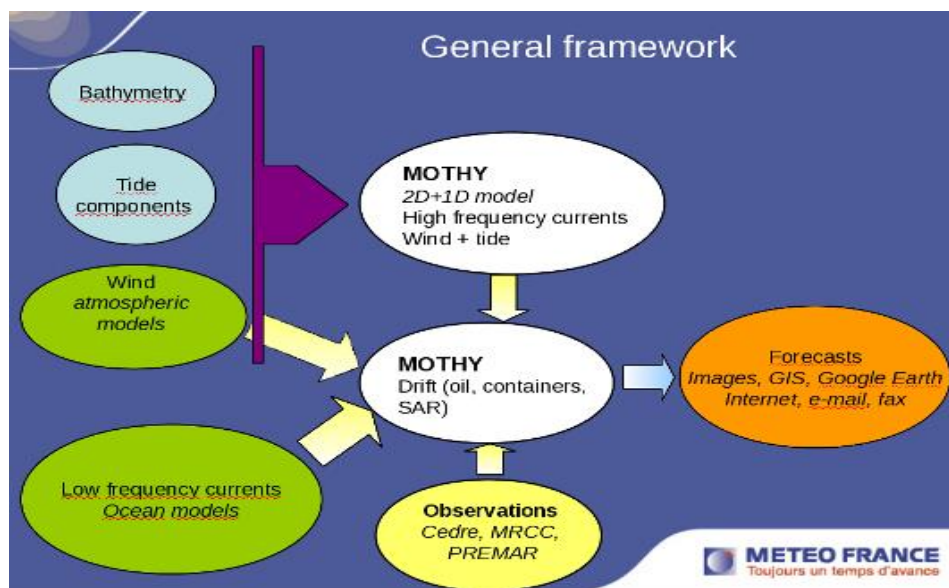
Κατά τη διάρκεια του MEDESS-4MS, τα ολοκληρωμένα συστήματα πρόγνωσης πετρελαιοκηλίδων (MOTHY, MEDSLIK, MEDSLIK-II, POSEIDON-OSM) στη Μεσόγειο, που περιγράφονται στις επόμενες παραγράφους, θα διασυνδεθούν σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα πολλαπλών μοντέλων πρόγνωσης πετρελαιοκηλίδων (www.medess4ms.eu/oil-spill-models). Θα αναπτυχθεί επίσης ένα κοινό σύστημα ανταλλαγής δεδομένων, το οποίο θα παρέχει τη σύνδεση μεταξύ των απαραίτητων πληροφοριών, που θα βρίσκονται εγκατεστημένες σε ένα Ενιαίο Χώρο Αποθήκευσης Στοιχείων (Network Data Repository, NDR), που διατίθενται από τα διάφορα επιμέρους συστήματα ελέγχου πετρελαιοκηλίδας, όπως είναι οι πληροφορίες για τον καιρό και τα περιβαλλοντικά δεδομένα, τις παρατηρήσεις από τις διάφορες υπηρεσίες ελέγχου και πρόβλεψης των ωκεανών, και τα δεδομένα από συμπληρωματικούς πόρους, όπως το AIS⁶ ή το VTMS⁷.

⁶AIS (Automatic Identification Systems): συστήματα αυτόματου προσδιορισμού ταυτότητας πλοίων

⁷VTMS (Vessel Traffic Management Information System): σύστημα το οποίο επιτρέπει την ολική επιτήρηση του Αιγαίου σε πραγματικό χρόνο

3.4 Το μοντέλο πρόβλεψης MOTHY

Το μοντέλο MOTHY (ModèleOcéanique deTransport d' Hydrocarbures) είναι ένα 3D μοντέλο υπολογισμού παρασυρόμενων ρύπων, που αναπτύχθηκε και διαχειρίζεται η υπηρεσία Météo-France. Το MOTHY Η MOTIA περιλαμβάνει την υδροδυναμική μοντελοποίηση για τις παράκτιες περιοχές των ωκεανών σε συνδυασμό με την, σε πραγματικό χρόνο, κινηματική ατμοσφαιρικών συστημάτων βάσει δυνάμεων που προέρχονται από ένα παγκόσμιο μετεωρολογικό μοντέλο. Οι ρύποι μπορεί να είναι πετρέλαιο ή άλλα επιπλέοντα αντικείμενα.



Εικόνα 3.3 η φιλοσοφία εφαρμογής του MOTHY (πηγή: www.meteorologie.eu.org)

Η περιοχή που ελέγχεται με το μοντέλο MOTHY είναι η λεκάνη της Μεσογείου και η περιοχή της Μαύρης Θάλασσας.

Ξεκίνησε την εφαρμογή του από το 1994 και χρησιμοποιήθηκε ευρέως κατά τις κρίσεις που προέκυψαν από τα ναυάγια του Erika (Δεκέμβριος 1999) και του Prestige (Νοέμβριος 2002) στον Βισκαϊκό Κόλπο. Το σύστημα ενεργοποιείται περίπου 800 φορές το χρόνο για πραγματικές διαρροές ή για επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης με μέσο χρόνο απόκρισης 30 λεπτά. Η αναζήτηση αντικειμένων ή ανθρώπων αποτελεί το 80% των περιπτώσεων.

Το ρεύμα στο μικτό στρώμα νερού-πετρελαίου υπολογίζεται με τη χρήση ενός συνδυασμού μοντέλου για ρηχά νερά που οδηγείται από τον άνεμο και την ατμοσφαιρική πίεση σε συνδυασμό με ένα μοντέλο ανάλυσης τυρβώδους ροής έτσι ώστε να αντιπροσωπεύεται το φαινόμενο της κίνησης των κυμάτων που είναι ένας

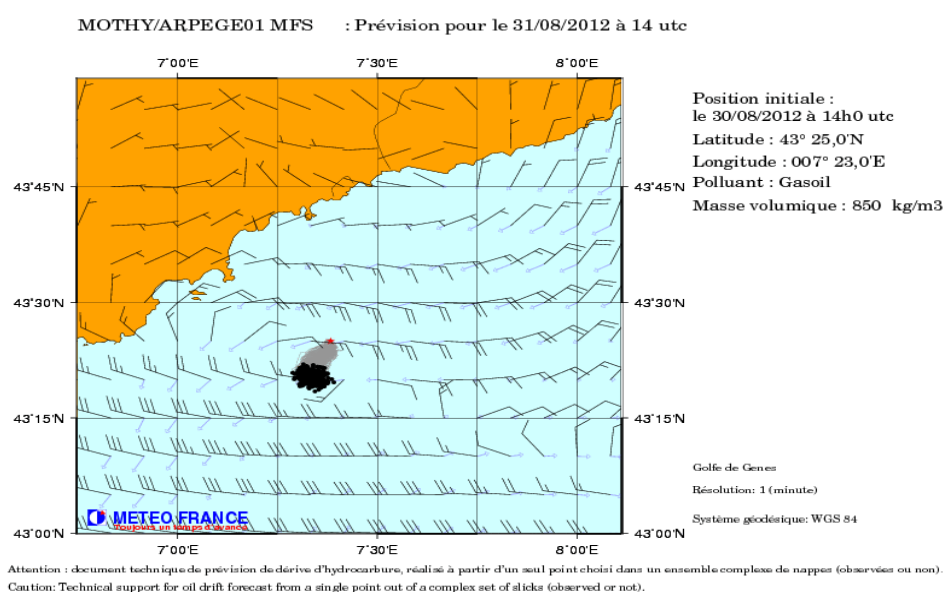
συνδυασμός ενός κατακόρυφου διατμητικού ρεύματος και ενός ρεύματος υποβάθρου που παρέχεται από ένα μοντέλο περιγραφής ωκεάνιων κινήσεων (MERCATOR⁸ ή MFS). Ένα συνεχές προφίλ από την επιφάνεια προς τα κάτω περιγράφει τη στήλη νερού.

Το σύστημα MOTHY αποτελείται από τέσσερις ενότητες:

- μια ενότητα εγκατάστασης για να καθορισθεί ο τομέας, οι κύριες παράμετροι του μοντέλου, οι ατμοσφαιρικές και οι ωκεάνιες δυνάμεις, η περιγραφή των ρύπων
- μια μονάδα λειτουργίας που εκτελεί την προσομοίωση
- μια οπτική διεπαφή για την προβολή των αποτελεσμάτων
- μια διεπαφή εκπομπής για την αποστολή των αποτελεσμάτων (διατίθενται διάφορες μορφές) στον τελικό χρήστη (ιστότοπος, ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, φαξ)

Η πρόβλεψη εκτείνεται, για τις περισσότερες περιπτώσεις, σε 2 ή 3 ημέρες, αλλά υπάρχουν τύποι που επιτρέπουν να είναι διαθέσιμες προβλέψεις 10 ημερών. Η MOTHY προβλέπει το μέγεθος ρύπου, τις συντεταγμένες θέσης του (Lat, Lon), και τη θέση του στη στήλη νερού (επιφάνεια, πυθμένας ή μέσα στη στήλη).

Στη συνέχεια εμφανίζεται η εικόνα που έχει η πρόγνωση για μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

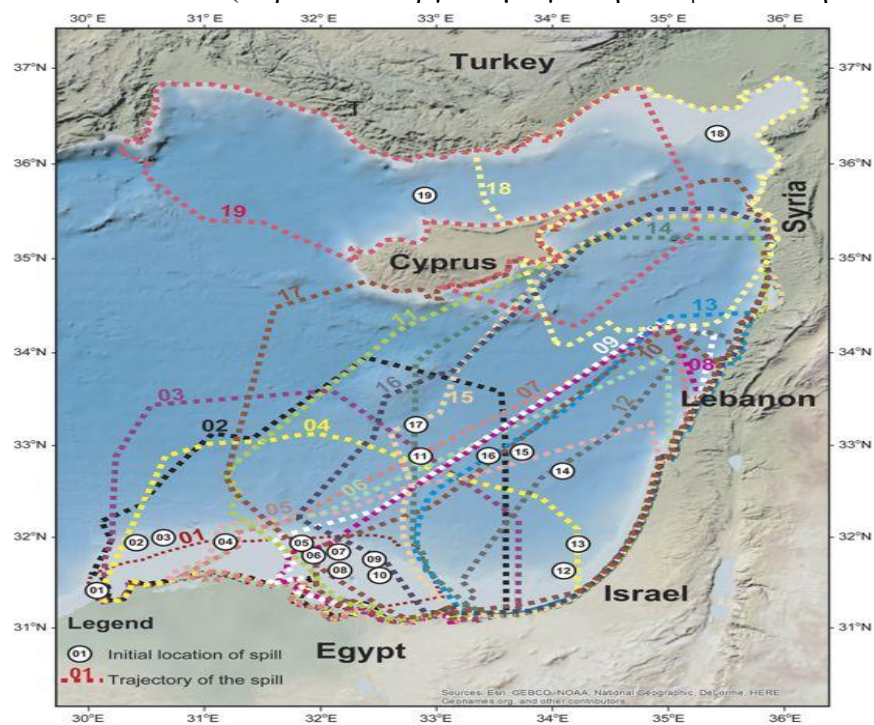


⁸Mercator είναι μια οργάνωση που προσφέρει υπηρεσίες σε θέματα θαλασσίων μελετών και ιδιαίτερα σε θέματα που αφορούν ωκεανούς

Εικόνα 3.4 η εμφάνιση μιας πρόγνωσης στο σύστημα MOTHY (πηγή: www.medess4ms.eu)

3.5 Το μοντέλο πρόβλεψης MEDSLIK

Το MEDSLIK είναι ένα καλά σχεδιασμένο 3D μοντέλο πρόβλεψης χαρακτηριστικών πετρελαιοκηλίδων που προβλέπει τη μεταφορά, και την τύχη των πετρελαιοκηλίδων καθώς και τις καιρικές συνθήκες που θα επικρατούν μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή και χρησιμοποιείται από διάφορες υπηρεσίες πρόληψης θαλασσίων καταστροφών και ιδρύματα γύρω από τη Μεσόγειο, τη Μαύρη Θάλασσα και υποβοηθητικά σε παγκόσμια κλίμακα. Το MEDSLIK χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία για την αντιμετώπιση του προβλήματος ρύπανσης από πετρελαιοκηλίδες στο Λίβανο, το καλοκαίρι του 2006, το οποίο θεωρείται το μεγαλύτερο μέχρι σήμερα πρόβλημα ρύπανσης πετρελαιοκηλίδας στην Ανατολική Μεσόγειο. Το MEDSLIK χρησιμοποιήθηκε επίσης λειτουργικά για την αντιμετώπιση πραγματικών ατυχημάτων πετρελαιοκηλίδας και για την ανάδειξη της ετοιμότητας για τον προγραμματισμό έκτακτης ανάγκης στο πλαίσιο πιλοτικών εργασιών με το REMPEC⁹-περιφερειακό κέντρο αντιμετώπισης έκτακτης ανάγκης για τη θαλάσσια ρύπανση στη Μεσόγειο Θάλασσα και τον EMSA¹⁰ (Ευρωπαϊκό Οργανισμό για την Ασφάλεια στη Θάλασσα).



⁹REMPEC:Regional Marine Pollution Emergency Response Centre

¹⁰EMSA: European Maritime Safety Agency

Εικόνα 3.5 χάρτης όπου διακρίνονται τόσο οι θέσεις ρύπανσης όσο και οι τροχιές που κάθε μια από αυτές θα ακολουθήσει μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο (πηγή: www.nature.com)

Επιπλέον, το MEDSLIK χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό πλωτών αντικειμένων και χρησιμοποιείται από τα κέντρα λειτουργίας έρευνας και διάσωσης στη Μεσόγειο¹¹.

Το μοντέλο πετρελαιοκηλίδας MEDSLIK προβλέπει τη μετακίνηση και την πορεία που θα έχει μια πετρελαιοκηλίδα.

Το μοντέλο MEDSLIK χρησιμοποιεί τα ατμοσφαιρικά, κινηματικά και υδροδυναμικά δεδομένα που προέρχονται από άλλα προγνωστικά μοντέλα σε συνδυασμό με τις πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά της πετρελαιοκηλίδας, τη φύση και τα χαρακτηριστικά του πετρελαίου, την ημερομηνία και την ώρα που χύθηκε το πετρέλαιο στη θάλασσα, τον ρυθμό διαρροής και τη διάρκεια του ολικού αδειάσματος. Όλα αυτά τα δεδομένα βρίσκονται στη βάση δεδομένων REMPEC για 240 διαφορετικά χαρακτηριστικά για τύπους πετρελαίου επιλεγμένους βάσει του αριθμού τους API. Ταυτόχρονα, λαμβάνονται υπ' όψιν ο άνεμος, η 3D απεικόνιση των ρευμάτων, η μορφή των κυμάτων, η παραμόρφωση Stoke¹² της πετρελαιοκηλίδας από τα κύματα ο παράγοντας μετακίνησης του ανέμου και η γωνία κλίσης του η οριζόντια διάχυση, που μπορεί να εκτιμηθεί μέσα από τα υδροδυναμικά προγνωστικά μοντέλα, η κατακόρυφη διάχυση, το βάθος του ανώτερου μεικτού στρώματος και η κατακόρυφη μεταβολή πυκνότητας του θαλασσινού νερού σε περίπτωση πετρελαιοκηλίδας κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας.

Το μοντέλο MEDSLIK στους υπολογισμούς του ενσωματώνει την εξάτμιση, τη γαλακτωματοποίηση, τις αλλαγές ιξώδους, τη διασπορά κατά μήκος της στήλης νερού, την προσκόλληση στερεών στις ακτές. Η μεταφορά της επιφανειακής κηλίδας διέπεται από ρεύματα, κύματα (υπολογισμένα σύμφωνα με το μοντέλο μεταφοράς Stoke) και αιολική ενέργεια, ενώ η διάχυσή της διαμορφώνεται από μοντέλο τυχαίας βάδισης (μέθοδος MonteCarlo).

Για να εφαρμοσθούν όμως όλοι οι φυσικοί νόμοι που διέπουν το φαινόμενο χρειάζεται να γίνουν και κάποιες φυσικές παραδοχές που βρίσκονται ενσωματωμένες στο μοντέλο. Μια από αυτές τις παραδοχές είναι για παράδειγμα η παραδοχή ότι το λάδι

¹¹ Χρησιμοποιήθηκε επιβηθητικά και για τον εντοπισμό κομματιών από το εξαφανισμένο Boeing στη Μαλαισία.

¹² η παραμόρφωση Stokes κατευθύνει τη κίνηση ενός αντικειμένου μέσα σε μια κίνηση των κυμάτων.

μπορεί να διασκορπιστεί στη στήλη νερού με δράση κύματος, αλλά το διεσπαρμένο έλαιο μετακινείται μόνο κάτω από την επίδραση ρευμάτων. Μια άλλη παραδοχή είναι ότι το πετρέλαιο θεωρείται ότι αποτελείται από ένα ελαφρά εξατμιζόμενο συστατικό και από ένα βαρύ μη εξατμιζόμενο συστατικό. Επίσης προσομοιώνεται η γαλακτωματοποίηση και οι μεταβολές του ιξώδους του ελαίου υπολογίζονται σύμφωνα με τις ποσότητες γαλακτωματοποίησης και εξάτμισης των δύο αυτών συστατικών του πετρελαίου. Ο ρύπος διαιρείται σε μεγάλο αριθμό λαγκρανικών κομματιών¹³ ίσου μεγέθους τα οποία σε κάθε βήμα του χρόνου, υφίστανται ταυτόχρονα μια μετατόπιση και μια διάχυση. Η μηχανική εξάπλωση της αρχικής κηλίδας προσδιορίζεται βάσει επιλογής κάποιων από τις τυχαίες διαδικασίες που περιλαμβάνονται στο μοντέλο, όπως ο ρυθμός εξάτμισης των ελαφρύτερων κλασμάτων ελαίου και η ανάμειξη της στήλης νερού κατόπιν της επίδρασης των κυμάτων και τη γαλακτωματοποίηση (Xieetal., 2007). Η αλλαγή του ιξώδους του λαδιού και η απορρόφηση από παραλιακή ακτογραμμή υπολογίζονται επιλέγοντας τον ανάλογο τον παράκτιο τύπο.

Το MEDSLIK καλύπτει τη Μεσόγειο Θάλασσα, την Μέση Ανατολή, τη Μαύρη Θάλασσα και τη Βαλτική, αλλά μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε οποιαδήποτε περιοχή στον κόσμο, εφόσον του παρέχονται τα κατάλληλα αρχεία με στοιχεία χαρτών, περιγραφής βυθού, μετεωρολογικών συνθηκών, και στρατηγικών πρόβλεψης.

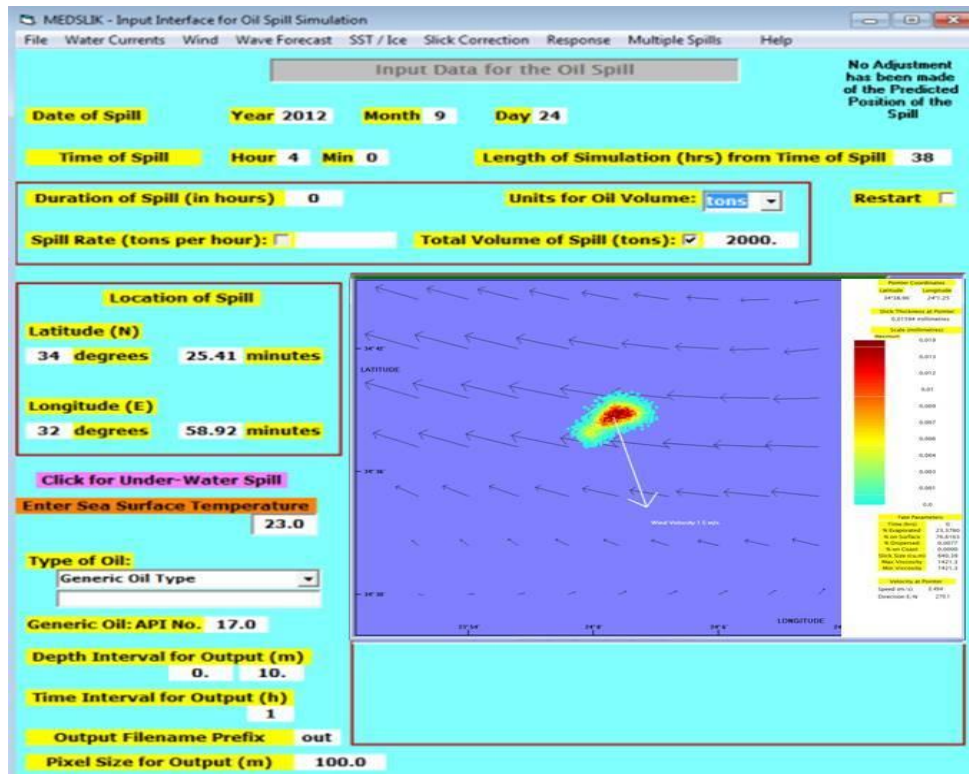
Το MEDSLIK χρησιμοποιείται από πολλούς οργανισμούς σε ολόκληρη τη Μεσόγειο (Κύπρος, Ιταλία, Ισραήλ, Μάλτα, Ισπανία) και αποτελεί τον πυρήνα του Μεσογειακού Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων για την Ασφάλεια στη Θάλασσα (www.medess4ms.eu) στη Μεσόγειο, ένα όργανο αποφάσεων το οποίο ενσωματώνεται στα περιφερειακά, υποπεριφερειακά και παράκτια λειτουργικά δεδομένα ωκεανογραφικών προβλέψεων (Zodiatisetal., 2012b).

Το MEDSLIK αποτελείται από τέσσερις ενότητες:

- μια ενότητα εγκατάστασης τόσο για την πλατφόρμα του μοντέλου όσο και των παραμέτρων που το διαμορφώνουν
- μια οπτική διεπαφή για την εισαγωγή των δεδομένων για τις διάφορες διαρροές
- μια μονάδα λειτουργίας που εκτελεί την προσομοίωση, και

¹³ Ένα μικρό κομμάτι ρευστού, αναγνωρίσιμο σε όλη τη διάρκεια της κίνησης του στο χώρο και τον χρόνο.

- μια οπτική διεπαφή για την προβολή των αποτελεσμάτων που δίνει το μοντέλο και των οποίων μια εικόνα είναι η ακόλουθη.



Εικόνα 3.6 η έξοδος των αποτελεσμάτων από το μοντέλο πρόβλεψης MEDSLIK (πηγή: www.medess4ms.eu)

Στην εικόνα φαίνεται καθαρά με τα διάφορα χρώματα, η μεταβολή της πυκνότητας της πετρελαιοκηλίδας.

Κάποιες πρόσθετες δυνατότητες που έχει το μοντέλο ανίχνευσης πετρελαιοκηλίδας MEDSLIK είναι η αυτόματη σύνδεση με τις ανιχνεύσεις SAR του CSN¹⁴ του EMSA¹⁵, και η χρήση εικόνων ESA. Άλλα χαρακτηριστικά του MEDSLIK είναι: περιλαμβάνει μια ενσωματωμένη βάση δεδομένων (από την REMPEC) με περισσότερους από 220 τύπους πετρελαίου που είναι οι πιο συνηθισμένες στις μεταφορές πετρελαϊκών φορτίων στη Μεσόγειο Θάλασσα.

- επιτρέπει την ενσωμάτωση παρατηρήσεων, επιτόπιων ή εναέριων για τη διόρθωση των αρχικών προβλέψεων της πετρελαιοκηλίδας.

¹⁴CSN: CleanSeaNet service υπηρεσία της EMSA για τη παρακολούθηση της κατάστασης στους θαλάσσιους χώρους

¹⁵EMSA: European Maritime Safety Agency

- μπορεί να εξετάζει διάφορα σενάρια για την επίδραση της ανάπτυξης των κηλίδων του πετρελαίου κάτω από την επίδραση διαφόρων σεναρίων επανάκτησης
- λαμβάνει υπόψη του συνεχείς ή στιγμιαίες διαρροές πετρελαίου στη πορεία μέχρι την επέμβαση ύστερα από τη μετακίνηση των πλοίων, διαρροές οι οποίες συγχωνεύονται με την αρχική και μπορούν πλέον να διαμορφώνονται μαζί.
- έχει ενσωματωμένο ένα απλό GIS σύστημα που επιτρέπει την ενσωμάτωση πληροφορίες για τη θέση διαφόρων πόρων τόσο παράκτιων όσο και σε ανοικτές θάλασσες.

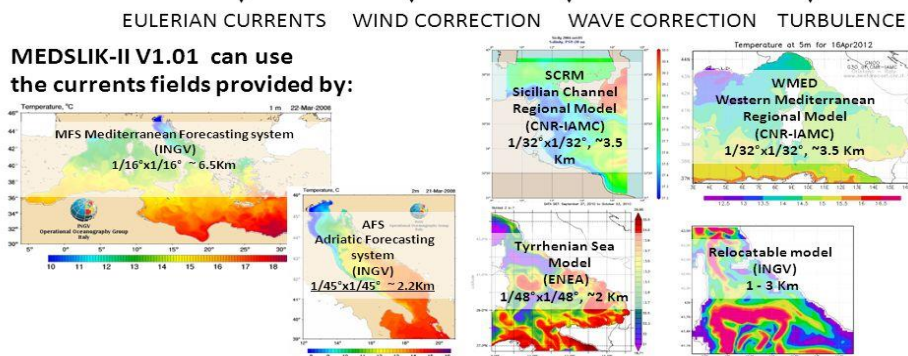
Η διάρκεια της πρόβλεψης κυμαίνεται από λίγες ώρες έως και 3 εβδομάδες, αλλά υπάρχει επιλογή επανεκκίνησης, και επομένως η διάρκεια των προβλέψεων μπορεί τελικά να παραταθεί για μεγαλύτερο διάστημα.

3.6 Το μοντέλο πρόβλεψης MEDSLIK-II

Το μοντέλο MEDSLIK-II, το οποίο είναι εγκατεστημένο στο INGV στην Μπολόνια (Ιταλία), έχει σχεδιαστεί για να προβλέπει τη μετακίνηση και τη αλλοίωση της μορφής μιας πετρελαιοκηλίδας, χρησιμοποιώντας μια Lagrangian απεικόνιση της πετρελαιοκηλίδας. Προσομοιώνει τη μεταφορά της επιφανειακής κηλίδας καθώς αυτή καθορίζεται από τα ρεύματα νερού και από τον άνεμο σε ολόκληρη τη Μεσόγειο Θάλασσα. Το μοντέλο υπολογίζει επίσης ότι σταγονίδια πετρελαίου διασκορπίζονται επίσης από φαινόμενα στροβιλώδους διακύμανσης τα οποία παραμετροποιούνται με ένα πρόγραμμα τυχαίων περιόδων πορείας. Εκτός όμως από τις γεωγραφικές και διαχυτικές μετατοπίσεις, τα σωματίδια πετρελαιοκηλίδας αλλάζουν θέση λόγω της ύπαρξης διαφόρων φυσικών και χημικών διεργασιών που μετασχηματίζουν το λάδι (εξάτμιση, γαλακτωματοποίηση, διασπορά στη στήλη νερού, προσκόλληση στις ακτές). Η μορφή του μοντέλου MEDSLIK-II είναι

INPUT data: ocean models

$$d\mathbf{x}(t) = [\mathbf{U}_C(\mathbf{x}, t) + \mathbf{U}_W(\mathbf{x}, t) + \mathbf{U}_S(\mathbf{x}, t)]dt + d\mathbf{x}'(t)$$



Εικόνα 3.7 η μορφή του μοντέλου MEDSLIK-II (πηγή: M.Perkins,2015)

Το MEDSLIK-II επιτυγχάνει να έχει μια υψηλής πιστότητας αναπαράσταση των ρευμάτων υψηλής συχνότητας και των πεδίων αιολικής ενέργειας μέσα από τα μεταβλητά στοιχεία ενός Lagrangian μοντέλου τροχιάς, ή την εισαγωγή της ταχύτητας μετατόπισης Stokes και τη σύζευξη της με τα δεδομένα τηλεπισκόπησης.

Το MEDSLIK-II απαιτεί ως εισροή πληροφορίες για την πετρελαιοκηλίδα, τα υπάρχοντα αιολικά πεδία, τη θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας και τα τρισδιάστατα θαλάσσια ρεύματα. Το MEDSLIK-II μπορεί να χρησιμοποιήσει ατμοσφαιρικά αιολικά και ωκεανογραφικά πεδία (δηλ. στοιχεία για ρεύματα, θερμοκρασίες) από διάφορες πηγές. Οι πληροφορίες για την πετρελαιοκηλίδα που απαιτούνται για τον προσδιορισμό μιας διαρροής είναι: η θέση, ο χρόνος και η περιοχή της διαρροής, καθώς και ο χρόνος που πέρασε από την έναρξη της διαρροής. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να παρέχονται στο MEDSLIK-II μέσω των δορυφορικών συστημάτων παρακολούθησης που είναι τα ίδια με αυτά που υπάρχουν και για το MEDSLIK.

Το MEDSLIK-II δημιουργεί ως τελικό αποτέλεσμα τις μεταβολές των χαρακτηριστικών της πετρελαιοκηλίδας και τη θέση της κάθε ώρα και για κάποιες ημέρες (συνήθως δύο εβδομάδες) καθώς και πρόβλεψη για το πότε η πετρελαιοκηλίδα θα φθάσει στην ακτή. Μπορούν επιπλέον να υπολογισθούν, ο όγκος του πετρελαίου που χύθηκε στη θάλασσα, το ποσοστό εξάτμισης του πετρελαίου, το ποσοστό

πετρελαίου στην επιφάνεια, το ποσοστό πετρελαίου στην ακτή, το ιξώδες γαλακτώματος πετρελαίου-νερού, η διαμόρφωση της πυκνότητας πετρελαίου, το κλάσμα του νερού που περιέχεται στο γαλάκτωμα ελαίου-νερού.

Τα αρχεία δεδομένων εξόδου είναι αρχεία μορφής ASCII με ιστορικό μέχρι 3 ημέρες, ανάλογα με τις απαιτήσεις εφαρμογής του τελικού χρήστη. Το μοντέλο περιλαμβάνει μια ενσωματωμένη βάση δεδομένων (από REMPEC) για πάνω από 220 τύπους πετρελαίου που είναι οι πιο κοινοί στη Μεσόγειο και τη Μαύρη Θάλασσα.

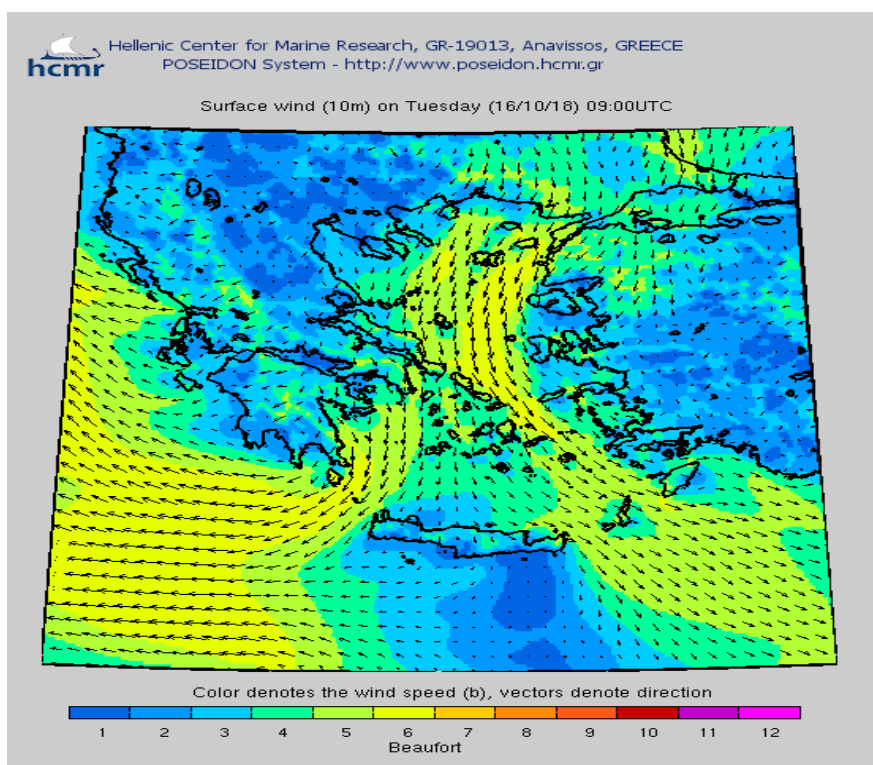
Το μοντέλο πρόβλεψης πετρελαιοκηλίδων MEDSLIK-II χρησιμοποιεί για βαθμονόμηση του δορυφορικά δεδομένα, στοιχεία από επιφανειακούς drifters, και επί τόπου δεδομένα για διάφορες μεσογειακές περιοχές. Το μοντέλο έχει χρησιμοποιηθεί για να παρέχει έγκαιρη ενημέρωση σχετικά με την εξέλιξη της πρόβλεψης πετρελαιοκηλίδας κατά τη διάρκεια αρκετών περιπτώσεων έκτακτης ανάγκης στη Μεσόγειο Θάλασσα (κρίση ρύπανσης από πετρέλαιο στον Λιβάνου το 2006, Adriyatik το 2008, CostaConcordia το 2012).

3.7 Το μοντέλο πρόβλεψης POSEIDON-OSM

Το μοντέλο υπολογισμών πετρελαιοκηλίδας POSEIDON έχει υλοποιηθεί από το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε) και λειτουργεί επιχειρησιακά για το Αιγαίο και το Ιόνιο Πέλαγος. Πρόκειται για ένα πλήρως τρισδιάστατο μοντέλο υπολογισμού πετρελαιοκηλίδας που είναι ικανό να προσομοιώνει την κίνηση, την εξάπλωση και τη γήρανση των σωματιδίων πετρελαίου στον 3-D χώρο. Η συνολική μάζα της πετρελαιοκηλίδας αντιπροσωπεύεται από μεγάλο αριθμό σωματιδίων, τα λεγόμενα parcels, καθένα από τα οποία αντιπροσωπεύει μια ομάδα σταγονιδίων ελαίου με το ίδιο μέγεθος και την ίδια σύνθεση.

Η μετακίνηση της πετρελαιοκηλίδας περιγράφεται από δύο τμήματα, το τμήμα που βρίσκεται σε κυκλοφορία κυκλοφορίας και το τμήμα κυμάτων που δημιουργείται λόγω της αιολικής ενέργειας. Η οριζόντια μετατόπιση μεγάλου αριθμού parcels και η κατακόρυφη μεταφορά του λαδιού υπολογίζονται χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα της εφαρμογής ενός ωκεανογραφικού μοντέλου. Η καθαρή ταχύτητα που προκαλείται από τα γραμμικά κύματα (μετατόπιση Stokes) υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την έξοδο ενός κυματοειδούς μοντέλου.

Οι οριζόντιοι και κατακόρυφοι συντελεστές ανάμειξης του υδροδυναμικού μοντέλου χρησιμοποιούνται για τους υπολογισμούς οριζόντιας και κατακόρυφης διάχυσης, ενώ η κατακόρυφη ανάλυση του μοντέλου ταιριάζει πλήρως με τη σχετική ανάλυση του υδροδυναμικού μοντέλου. Το POSEIDON-OSM είναι επίσης ικανό να προσομοιώνει διάφορες διεργασίες του μετασχηματισμού των πετρελαιοκηλίδων στο θαλάσσιο περιβάλλον όπως η εξάτμιση, η γαλακτωματοποίηση, η αμμοβολή και η καθίζηση. Οι προβλεπόμενες μεταβλητές εξόδου του μοντέλου περιέχουν τη θέση κάθε σωματιδίου πετρελαίου στη θάλασσα (μήκος, πλάτος και βάθος), ο εξατμισμένος όγκος του αρχικού πετρελαίου, ο γαλακτωματοποιημένος όγκος, ο όγκος πετρελαίου που θα εξαχθεί στην παραλία και ο όγκος του πετρελαίου που θα φθάσει στον βυθό. Η διάρκεια πρόβλεψης εκτείνεται από λίγες ώρες έως τη διαθεσιμότητα των απαιτούμενων δεδομένων υπολογισμού (συνήθως 5 ημέρες).



Εικόνα 3.8 η έξοδος αποτελεσμάτων από το σύστημα POSEIDON (πηγή: www.poseidon.hcmr.gr)

Το POSEIDON OSM είναι μια ολοκληρωμένη ενότητα του λειτουργικού ωκεανογραφικού συστήματος POSEIDON που έχει υλοποιηθεί και λειτουργεί από το 2000 στην Ελληνική θάλασσα. Το μοντέλο αναπτύχθηκε περαιτέρω και αναβαθμίστηκε κατά τη διάρκεια των έργων ROSES και MARCOAST της ESA. Ο POSEIDON OSM αποτελούσε το εργαλείο πρόβλεψης της ολοκληρωμένης υπηρεσίας

ελέγχου ρύπανσης από πετρελαιοκηλίδες MARCOAST, η οποία είχε εφαρμοσθεί επιχειρησιακά στο Αιγαίο κατά τη διάρκεια τριών ετών (2006-2008). Αυτή η υπηρεσία έλεγε την ενσωμάτωση των διεργασιών ανίχνευσης πετρελαιοκηλίδας που παρείχαν οι δορυφορικές εικόνες SAR μαζί με την πρόβλεψη της εξέλιξης της πετρελαιοκηλίδας που παρείχε το σύστημα ελέγχου πετρελαιοκηλίδων HCMR. Ο βασικός χρήστης αυτής της υπηρεσίας ήταν η Διεύθυνση Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPD) του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας, η οποία είναι υπεύθυνη για την εποπτεία των ελληνικών θαλασσών. Ο χρήστης ελάμβανε σχεδόν σε πραγματικό χρόνο (σε μία ώρα μετά τη δορυφορική αποτύπωση) ολοκληρωμένες πληροφορίες σχετικά με τον εντοπισμό των πετρελαιοκηλίδων και τις σχετικές προβλέψεις στο Αιγαίο μέσω ενός αποκλειστικού ιστότοπου (www.poseidon.hcmr.gr).

Η πιθανή αύξηση της ναυτιλιακής κίνησης και οι πρόσφατες ανακαλύψεις μεγάλων πεδίων φυσικού αερίου στην παράκτια περιοχή μεταξύ του Ισραήλ, της Αιγύπτου και της Κύπρου θα αυξήσουν τον κίνδυνο πετρελαιοκηλίδας και, συνεπώς, θα απαιτήσουν την εφαρμογή τόσο εθνικών όσο και διεθνών σχεδίων αντιμετώπισης έκτακτης ανάγκης για την καταπολέμηση των πετρελαιοκηλίδων. Με τη προοπτική αυτή, και με τη προϋπόθεση της άμεσης ανταλλαγής στοιχείων και αποτελεσμάτων μεταξύ τους, η ύπαρξη τόσων μοντέλων πρόβλεψης, θωρακίζει την Μεσόγειο από τις συνέπειες τέτοιας μορφής ατυχημάτων.

Κεφάλαιο 4^ο

Επιλογή περιπτώσεων δημιουργίας πετρελαιοκηλίδων

4.1 Η προσάραξη του SeaEmpress



Εικόνα 4.1 η πετρελαιοκηλίδα που δημιουργήθηκε από το SeaEmpress (πηγή: WalesOnline)

4.1.1 Το συμβάν

Το SeaEmpress βρισκόταν στο δρόμο προς το διυλιστήριο της Texaco στο Milford Haven για να αδειάσει το φορτίο του, περίπου 140.000 τόνους αργού πετρελαίου. Την 15^η Φεβρουαρίου 1996 γύρω στις 8 μ.μ., το δεξαμενόπλοιο κτύπησε στα βράχια με αποτέλεσμα να τρυπήσουν αρκετά αμπάρια του πλοίου και μια πετρελαιοκηλίδα πάνω από 1.000 τόνους εμφανίστηκε άμεσα.

Το πλοίο, στην αρχή βρέθηκε “καθισμένο” στα αβαθή του κόλπου αλλά γρήγορα κατευθύνθηκε ακυβέρνητο προς το ακρωτήρι της Αγ. Άννας και προσάραξε τελικά στο Mill Bay. Τα ρυμουλκά σκάφη κατόρθωσαν να επαναφέρουν το δεξαμενόπλοιο και να το “καθίσουν” σε ομαλά νερά νότια του Blockhouse Point με το πλοίο να είναι γερμένο με κλίση 18 μοιρών προς την δεξιά πλευρά.

Την Παρασκευή, στις 16 Φεβρουαρίου, άρχισε η προετοιμασία για να μεταφερθεί το καύσιμο στο δεξαμενόπλοιο Star Bergen. Με τη βοήθεια δύο ενισχυμένων ρυμουλκών

η γωνία κλίσης του πλοίου μειώθηκε και το πλοίο ετοιμάστηκε για να ξεκινήσει η μετάγγιση του πετρελαίου.

Την επόμενη μέρα, προβλέπονταν καταιγίδες και δυνατοί άνεμοι και ο πιλότος του ρυμουλκού ζήτησε να βγάλει το πλοίο στα ανοικτά κάτι που δεν έγινε αποδεκτό από τις αρχές. Οι ισχυροί άνεμοι έκοψαν τα σχοινιά των ρυμουλκών με τα οποία κρατούσαν δεμένο το δεξαμενόπλοιο και το πλοίο προσάραξε για μια ακόμη φορά στις ξέρες του ακρωτηρίου της Αγ. Άννας. Αρχισαν τότε να δημιουργούνται μεγάλες διαρροές πετρελαίου και ο κίνδυνος έκρηξης ήταν υπαρκτός και για το λόγο αυτό το ρωσικό πλήρωμα και οι εργάτες διάσωσης απομακρύνθηκαν από το πλοίο. Την Κυριακή 18 έφθασε ένα από τα μεγαλύτερα ρυμουλκά στον κόσμο, το Κινέζικο DeYue που κατάφερε να ρυμουλκήσει ξανά το πλοίο στην αρχική θέση του. Το ίδιο βράδυ όμως έχασε έναν από τους συνδέσμους του και αναχώρησε αφού αντικαταστάθηκε από το AnglianDuke. Καθώς ο καιρός επιδεινώθηκε, το SeaEmpress έσπασε πάλι τα σχοινιά και παρασύρθηκε για να προσαράξει πάλι για τρίτη φορά.

Την επόμενη μέρα η κατάσταση λόγω καιρού ήταν πιο δύσκολη, καθώς το σκάφος κρατήθηκε από έναν αιχμηρό βράχο που είχε διεισδύσει στα ύφαλα του πλοίου και μόνο την Τετάρτη ένας στόλος 12 ρυμουλκών κατάφερε να ρυμουλκήσει το σκάφος στα ήρεμα νερά ενός παρατημένου προβλήτα. Μέχρι τότε, από το πλοίο είχαν διαρρεύσει στη θάλασσα 65.000 τόνοι πετρελαίου. Καθώς οι προετοιμασίες για την επέμβαση άντλησης του υπόλοιπου πετρελαίου δεν ολοκληρώθηκαν μέχρι το Σάββατο η ποσότητα της διαρροής έφθασε τους 72.000 τόνους αργού πετρελαίου. Μετά το τέλος της άντλησης το SeaEmpress έφυγε από το MilfordHaven και έφτασε στις 2 Απριλίου σε μια ναυπηγοεπισκευαστική δεξαμενή στο Μπέλφαστ.

4.1.2 Οι άμεσες συνέπειες

Οι συνέπειες για το περιβάλλον ήταν πολύ σοβαρές καθώς υπήρχαν πολλοί παράγοντες που συνέβαλαν σε αυτό.

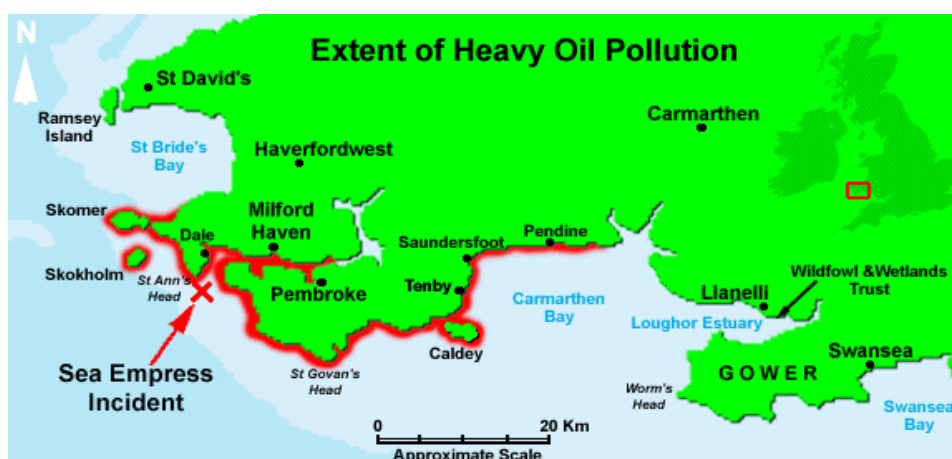
Ο τύπος του πετρελαίου που μετέφερε το SeaEmpress έπαιξε σημαντικό ρόλο. Το φορτίο ήταν τύπου FortiesBlend πετρέλαιο από τη Βόρεια Θάλασσα που έχει μεγάλη τάση εξάτμισης και το ένα τρίτο υποτίθεται ότι έπρεπε να εξατμισθεί από την επιφάνεια της θάλασσας μέσα στο πρώτο 24ωρο μετά τη διαρροή. Αυτός ο τύπος πετρελαίου συνδυάζεται πολύ γρήγορα με το νερό και σχηματίζεται ένα λεγόμενο

"μους" ή γαλάκτωμα (70% νερό και 30% έλαιο), το οποίο έχει περισσότερες από τρεις φορές τον όγκο του αρχικά καθαρού αδιάλυτου πετρελαίου.

Το πλοίο έχασε περίπου 72.000 τόνους από το φορτίο του και παράλληλα 360 τόνους βαρύ μαζούτ που ήταν τα καύσιμα του πλοίου. Αυτό το καύσιμο καθώς είναι υψηλού ιξώδους κάνει τη φυσική διαδικασία καθαρισμού και τον καθαρισμό των παράκτιων περιοχών πολύ πιο δύσκολη, καθώς δεν διασκορπίζεται πολύ εύκολα και συνεπώς παραμένει στοπεριβάλλον για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα.

Στην ακτογραμμή υπήρχαν πολλές βραχώδεις και απόκρυμνες πλαγιές από τις οποίες δεν ήταν εύκολο να αποκολληθεί το πετρέλαιο.

Ο άνεμος, που επικρατούσε στο πρώτο διάστημα εξάλλου, άλλαξε κατεύθυνση αρκετές φορές, έτσι η πετρελαιοκηλίδα εξαπλώθηκε σε πολλές διαφορετικές κατευθύνσεις.



Εικόνα 4.2 η περιοχή που ρυπάνθηκε τελικά από την πετρελαιοκηλίδα (πηγή: <http://www.seos-project.eu>)

Η ρύπανση στην ακτογραμμή εκτιμάται ότι επεκτάθηκε σε μήκος περίπου 200 χιλιομέτρων, και από αυτό το συνολικό μήκος το ήμισυ είχε ρυπανθεί υπερβολικά ενώ το ένα τρίτο είχε μια ελαφριά μόνο ρύπανση.

Τα αποτελέσματα που είχε η πετρελαιοκηλίδα για το περιβάλλον ήταν τρομακτικά καθώς υπήρχαν έντονες επιπτώσεις σε όλους τους τομείς. Η άγρια ζωή στη περιοχή υπέστη καταστροφικές απώλειες. Μέχρι τον Ιούνιο αναφέρθηκε ότι πάνω από 6.900πουλιά, τουλάχιστον 28 διαφορετικών ειδών, με τα φτερά τους γεμάτα πετρέλαιο, συλλέχθηκαν ζωντανά ή νεκρά. Τα δύο τρίτα από αυτά ήταν κοινές θαλάσσιες πάπιες και τα υπόλοιπα ήταν κυρίως θαλασσοπούλια και άλκες. Το άσχημο

είναι ότι το ναυάγιο συνέβη σε μια πολύ άσχημη περίοδο του έτους, όταν τα πουλιά επέστρεφαν στους τόπους αναπαραγωγής τους στην ξηρά, ειδικά στα νησιά Skomer και Skolkholm, που είναι φυσικά καταφύγια με μεγάλους πληθυσμούς πουλιών και χιλιάδες πουλιά επιστρέφουν σε αυτά για αναπαραγωγή κάθε χρόνο. Το ίδιο συνέβη και με τις φώκιες και τα δελφίνια που επηρεάστηκαν επίσης από το διαδεδομένο πετρέλαιο καθώς και τους αστερίες για κάποια είδη των οποίων οι ειδικοί φοβούνται ότι υπήρξε πλήρης εξαφάνιση. Επιπτώσεις από τη ρύπανση, υπήρχαν κυρίως στα ψάρια της περιοχής και ιδιαίτερα στα οστρακοειδή. Για το λόγο αυτό και υπήρξε απαγόρευση του ψαρέματος που επηρέασε την οικονομική ζωή της περιοχής. Η απαγόρευση άρχισε να αίρεται από τα μέσα Μαρτίου για να αρθεί τελείως την 21^η Μαΐου.

4.1.3 Οι εργασίες καθαρισμού

Μετά τη διαρροή ξεκίνησαν αμέσως έντονες εργασίες καθαρισμού και απομάκρυνσης του πετρελαίου. Είναι εντυπωσιακός ο αριθμός των εθελοντών που συμμετείχαν καθώς οι εργασίες ήταν βρώμικες, δύσκολες και η ατμόσφαιρα είχε μια δυσάρεστη μυρωδιά λόγω της μυρωδιάς του πετρελαίου.

Η αντίδραση των ανθρώπων που ζούσαν μέσα και γύρω από τη περιοχή όπου συνέβη το ναυάγιο για την καταστροφή ήταν, πρώτα από όλα, ένα μίγμα από θυμό και θλίψη καθώς έβλεπαν όλες τις παραλίες να είναι καλυμμένες με παχύ μαύρο πετρέλαιο.



Εικόνα 4.3 στην εικόνα φαίνεται η έκταση της ρύπανσης στις παραλίες του Pembrokeshire (πηγή: www.alamy.com)

Ο καθαρισμός, που ήταν απαραίτητος τόσο στη θάλασσα όσο και στις ακτές, περιλάμβανε έναν τεράστιο αριθμό ανθρώπων και οργανισμών που έπρεπε να συντονισθούν. Από τα στοιχεία που υπάρχουν φαίνεται ότι σχεδόν 900 άτομα συμμετείχαν κάθε μέρα στον καθαρισμό των ακτών περίπου για ένα μήνα μετά το συμβάν.

Τις πρώτες πέντε ημέρες μετά την καταστροφή, για την ανάκτηση του πετρελαίου χρησιμοποιήθηκαν δύο μικρά σκάφη που ανήκουν στο λιμενικό λιμάνι του Milford Haven. Από τις 21 Φεβρουαρίου, χρησιμοποιήθηκαν 4 μεγαλύτερα σκάφη ανάκτησης (δύο Γαλλικά και δύο Ολλανδικά), τα οποία ήταν σε θέση να ανακτήσουν περίπου 30 φορές μεγαλύτερες ποσότητες πετρελαίου.

Η χρήση ουσιών διασκορπισμού στη θάλασσα πριν αποφασισθεί αποτέλεσε αντικείμενο πολλών συζητήσεων. Οι κινήσεις του ανέμου και τα κύματα ή τα ρεύματα ήταν ικανά να διασπείρουν το πετρέλαιο με φυσικό τρόπο, αλλά οι χημικές ουσίες διασκορπισμού, αν και μπορούν να μειώσουν τη ζημιά που γίνεται στη θάλασσα, στις παραλίες και στην ακτογραμμή, αποτελούν κίνδυνο για τη ζωή κάτω από την επιφάνεια. Αποφασίσθηκε και ψεκάσθηκαν όμως από αεροσκάφη 445 τόνοι ουσιών διασκορπισμού διασποράς στην ελαιώδη επιφάνεια της θάλασσας, και επιπλέον οκτώ τόνοι ουσιών που κρίθηκαν αναγκαίο να διασκορπιστούν για να διαχωριστεί το πετρέλαιο από το νερό εκ των προτέρων και έτσι να αποσταθεροποιηθεί το γαλάκτωμα, οι οποίοι καθώς φάνηκε δεν έδωσαν τα αναμενόμενα αποτελέσματα.

Στην ακτογραμμή, οι παραλίες είχαν ρυπανθεί σε μήκος 200 χιλιομέτρων. Ο καθαρισμός στις παραλίες έγινε από δεκάδες ανθρώπους με φτυάρια και τσουγκράνες, ενώ παράλληλα, χρησιμοποιήθηκαν οχήματα αναρρόφησης εν κενώ για να συλλέξουν το ελαιώδες στρώμα στην επιφάνεια και μηχανήματα έκπλυσης χαμηλής πίεσης. Τα βότσαλα στις παραλίες καθαρίστηκαν είτε με τη μεταφορά τους σε σημεία όπου ξεπλένονταν από τα κύματα ή με τη τοποθέτησή τους σε μηχανήματα ανάδευσης (μπετονιέρες). Τοποθετήθηκαν βραχίονες για να κρατήσουν το πετρέλαιο να μην φτάσει στην ακτή, αλλά λόγω των μεγάλων κυμάτων αυτό δεν ήταν επιτυχημένο. Εν γένει, λίγες μόνο παραλίες δεν καθαρίστηκαν και έμειναν ανέγγιχτες, καθώς υπήρξε η εκτίμηση ότι θα μπορούσαν να αναρρώσουν με φυσικό τρόπο.

Εφαρμόζοντας όλες αυτές τις μεθόδους καθαρισμού και περισυλλογής της ποσότητας πετρελαίου που διέρρευσε, συγκεντρώθηκαν συνολικά 3000 τόνοι πετρελαίου έτσι θεωρούμε ότι περίπου το 90% του χαμένου φορτίου του SeaEmpress παραμένει κρυμμένο κάπου στο περιβάλλον της περιοχής. Μια απόδειξη της αλήθειας αυτής είναι ότι κατά τη διάρκεια τωνκαταιγίδων του Οκτωβρίου του 1996, δημοσιεύματα εφημερίδων ανέφεραν ότι πολλά υπολείμματα πετρελαίου από τη διαρροή είχαν και πάλιξεπλυθεί φθάνοντας στις παραλίες αφού αναδεύτηκαν από τον τυθμένα.

4.1.4 Οι μακροπρόθεσμες συνέπειες

Οι καταστροφικές συνέπειες που προέκυψαν από το όλο περιστατικό είναι διαδεδομένες σε όλους τους τομείς και δεν είναι εύκολο να γίνει η πλήρης αξιολόγηση τους. Φαίνεται ότι ένα μεγάλο κομμάτι της θαλάσσιας ζωής έχει επηρεασθεί σοβαρά από τις μικρότερες μορφές του, όπως τα μύδια, οι αστερίες και οι θαλάσσιες ανεμώνες έως τα μεγάλα θαλάσσια θηλαστικά, όπως οι φώκιες και τα δελφίνια. Η πανίδα σε βράχια κατά μήκος των ακτών είχε εντελώς εξολοθρευτεί. Η έρευνα του συμβουλίου της υπαίθρου για την Ουαλία δείχνει σαφώς ότι ο πληθυσμός των θαλάσσιων πτηνών,στη περιοχή, έχει μειωθεί σημαντικά.

Εκτιμάται ότι πάνω από 20.000 πουλιάπρέπει να έχουν πεθάνει, αλλά καθώς τα περισσότερα από αυτά πέθαναν στη θάλασσα, οι θάνατοι τους δεν έχουν καταγραφεί. Τα είδη που έχουν πληγεί περισσότερο είναι τα θαλασσοπούλια άλμπατρος, και κυρίως οι θαλασσοκόρακες και κορμοράνοι. Η έρευνα του αρμοδίου συμβουλίου της υπαίθρου για την Ουαλία το 2002 δείχνει σαφώς ότι ο πληθυσμός των θαλάσσιων πτηνών στην περιοχή έχει μειωθεί σημαντικά.

Η μόλυνση των ψαριών και των οστρακοειδών δεν ήταν μόνο μια περιβαλλοντική τραγωδία, αλλά επηρέασε άσχημα τον κλάδο της αλιείας στην περιοχή, έναν από τους κύριους κλάδους του Pembroke, καθώς οι ψαράδες έχασαν τη δουλειά τους, εφόσον απαγορεύτηκε η αλιεία για 4 μήνες.

Όμως και η γεωργία στην περιοχή υπέστη μεγάλες απώλειες καθώς τα χημικά μέσα διασποράς που χρησιμοποιήθηκαν στη θάλασσα για να αντιμετωπίσουν τη διαρροή πετρελαίου έχουν καταστρέψει περίπου 15 τετραγωνικά μίλια των καλλιεργειών, έτσι όπως ψεκάστηκαν από τα αεροσκάφη, ενώ ορισμένες γεωργικές εκτάσεις καλύφθηκαν επίσης με πετρέλαιο. Αυτό είχε παράπλευρα σοβαρά αποτελέσματα, καθώς το νερό σε

ορισμένα μέρη μολύνθηκε και προκάλεσε,περιορισμένα όμως, προβλήματα υγείας σε βοοειδή και πρόβατα.

Καθώς η περιοχή ήταν ένα παραθεριστικό θέρετρο, η ακμάζουσα τουριστική βιομηχανία του Pembrokeshire χτυπήθηκε πολύ άσχημα από την καταστροφή και όλοι σε αυτόν τον κλάδο ήταν τρομοκρατημένοι και φοβόταν για την επιβίωση τους καθώς έβλεπαν τη μετατροπή της περιοχής με τις όμορφες παραλίες σε μαύρες ελαιώδεις εκτάσεις. Ακόμη και σήμερα εμφανίζονται μικρές ελαιώδεις μάζες πετρελαίου μαζί με άμμο, δείγμα ότι 20 χρόνια μετά ο βυθός διατηρεί μέρος από το πετρέλαιο που χύθηκε με το ναυάγιο.

Το τελικό ερώτημα είναι πόσο υψηλό είναι τα συνολικά κόστος που προκύπτει από την καταστροφή του SeaEmpress. Οι τελικές εκτιμήσεις μιλάνε για £ 64 εκατομμύρια λίρες που θα πληρωθούν από τις ασφαλιστικές εταιρείες και το ΙΟΡΑ (Διεθνές Ταμείο Αποζημιώσεων για την Ρύπανση από το Πετρέλαιο).

Η διαδικασία καθαρισμού έχει υπολογιστεί ότι κόστισε μεταξύ £ 11 και £ 16 εκατομμυρίων, ενώ το ποσό των 34 έως 48 εκατομμυρίων λιρών πρέπει να καταβληθεί στους αλιείς και στον τουριστικό κλάδο.

4.2 Η φωτιά στο Castillo de Bellver



Εικόνα 4.4 το δεξαμενόπλοιο Castillo de Bellver στις φλόγες (πηγή: energyglobalnews.com)

4.2.1 Το ιστορικό

Στις 6 Αυγούστου 1983, το ισπανικό δεξαμενόπλοιο CastillodeBellverκατευθυνόταν στην Ισπανία από τον Περσικό Κόλπο όταν έπιασε φωτιά περίπου 70 μίλια βορειοδυτικά του Capetown της Νότιας Αφρικής και περίπου 80 χιλιόμετρα από το TableBay. Το δεξαμενόπλοιο μετέφερε 250.000 τόνους (περίπου 79 εκατομμύρια γαλόνια) ελαφρού αργού πετρελαίου. Το δεξαμενόπλοιο ήταν κατασκευής 1978,με διαστάσεις 334,1X 55,2X 20,4 και είχε βάρος 138822 grt. (www.wrecksite.eu)

Το πλοίο παρασύρθηκε από την ακτή και έσπασε στα δύο, δημιουργώντας μια πετρελαιοκηλίδα 50 έως 60 χιλιάδων τόνων ελαφρού αργού από το πετρέλαιο που διέρρευσε δημιουργώντας μια φλεγόμενη πετρελαιοκηλίδα. Η πρύμνη του CastillodeBellver κατέρρευσε και βυθίστηκε στις 7 Αυγούστου σε απόσταση 36 χλμ από την ακτή με 100.000 τόνους πετρελαίου να παραμένει στις δεξαμενές του. Η αρχική πετρελαιοκηλίδα που σχηματίστηκε είχε μήκος 32 χλμ. και πλάτος 4,8 χλμ.

Η πλώρη του σκάφους στη συνέχεια τραβήχτηκε μακριά από την ακτή και τελικά βυθίστηκε με εκρηκτικά. Από τα 36 μέλη του πληρώματος τα 33 σώθηκαν ενώ 3 παραμένουν επίσημα ως αγνοούμενοι. (wwwz.cedre.fr)

4.2.2 Οι προβληματισμοί

Η περιοχή των ατυχημάτων είναι μια ευαίσθητη από οικολογική και οικονομική άποψη περιοχή, καθώς φιλοξενεί μια πλούσια χλωρίδα και πανίδα. Είναι επίσης χώρος παραμονής για ένα μεγάλο πληθυσμό θαλάσσιων πτηνών και ιδιαίτερα της γκανέτας που συγκεντρώνεται στη περιοχή κατά τη περίοδο της αναπαραγωγής της. Περίπου 1500 γκανέτες βρέθηκαν βουτηγμένες στο πετρέλαιο σε ένα διπλανό νησί. Επιπλέον, το 50% των αστακών της Νότιας Αφρικής και των ψαριών που αλιεύονται προέρχεται από τη ζώνη αυτή, η οποία αποτελεί σημαντική περιοχή αναπαραγωγής για τα ψάρια.Επίσης, αρχικά υπήρχε ανησυχία για τη «μαύρη βροχή» των αερομεταφερόμενων σταγονιδίων πετρελαίου που έπεσαν κατά τη διάρκεια των πρώτων 24 ωρών του συμβάντος σε καλλιέργειες σιταριού και βοσκοτόπων προβάτων ανατολικά του ατυχήματος, αλλά τελικά δεν καταγράφηκε μακροπρόθεσμη βλάβη από αυτά τα υπολείμματα. Επίσης, οι επιπτώσεις τόσο στις πλούσιες αλιευτικές περιοχές όσο και στα ιχθυοποθέματα της περιοχής θεωρήθηκαναμελητέες.(wwwz.cedre.fr)

4.2.3 Οι συνέπειες

Παρ'όλα αυτά, οι παρατηρήσεις κατά τη διάρκεια της διαρροής και σε μεταγενέστερες έρευνες έδειξαν ότι η περιβαλλοντική ζημία ήταν ελάχιστη. Αυτό μπορεί να αποδοθεί

μόνο στην ευνοϊκή κατεύθυνση του ανέμου, η οποία ανάγκασε την πετρελαιοκηλίδα να κινηθεί στην ανοικτή θάλασσα και να παρασυρθεί από το ρεύμα Benguela, επιτρέποντας έτσι τη φυσική διασπορά της. Παραμένει πλέον μόνο κάποια ανησυχία για το πετρέλαιο που εξακολουθεί να είναι παγιδευμένο στο βυθισμένο τμήμα της πρύμνης.

4.3 Το ναυάγιο του AmocoCadiz



Εικόνα 4.5 η πετρελαιοκηλίδα που σχηματίστηκε κατά τη βύθιση του Amoco-Cadiz (πηγή: L'Express)

4.3.1 Το ιστορικό

Στις 16 Μαρτίου 1978, και περίπου στις 9:45 π.μ., το πλοίο VLCC Amoco-Cadiz χτυπήθηκε από ένα μεγάλο κύμα και το πηδάλιο του πετρελαιοφόρου ακινητοποιήθηκε. Στη περιοχή φυσούσαν άνεμοι έντασης τουλάχιστον 10 μποφόρ που δημιουργούσαν κύματα ύψους 15 μέτρων.

Το πλήρωμα διαπίστωσε ότι το σύστημα διεύθυνσης είχε βλάβη, προσπάθησε να επισκευάσει το πηδάλιο, αλλά η ζημιά ήταν πολύ σοβαρή και για το λόγο αυτό το Cadiz έστειλε σήμα έκτακτης ανάγκης σε άλλα σκάφη και λίγο αργότερα ζήτησε ρυμουλκό.

Μέχρι τις 11:30 π.μ., το γερμανικό ρυμουλκό Pacific έδωσε σήμα ότι πλησιάζει και έφτασε στη περιοχή μια ώρα αργότερα. Λόγω της μεγάλης θαλασσοταραχής,

χρειάστηκαν αρκετές ώρες για να μπορέσει το Pacificna ρυμουλκήσει το ακινητοποιημένο πλοίο. Μέχρι τις 2 μ.μ., η ρυμούλκα είχε συνδεθεί, αλλά η ρυμούλκα έσπασε λίγες ώρες αργότερα. Πραγματοποιήθηκαν αρκετές νέες προσπάθειες για να επανασυνδεθεί η ρυμούλκα και αυτό έγινε εφικτό λίγο πριν τις 9 μ.μ. Εν τω μεταξύ ωστόσο, οι ισχυροί άνεμοι είχαν σπρώξει το δεξαμενόπλοιο VLCC πιο κοντά στην ακτή και μέσα σε 10 λεπτά μετά τη σύνδεση της ρυμούλκας, το πλοίο ακυβέρνητο για ώρες χωρίς το πηδάλιο και την άγκυρα και εξαιτίας των ισχυρών ανέμων προσέκρουσε στους υφάλους από το PortsallBeach 30 χιλιόμετρα βορειοδυτικά του λιμανιού της Βρέστης.(www.shipwrecklog.com)

Η γάστρα του Cadiz έσπασε και ένα μεγάλο άνοιγμα δημιουργήθηκε κοντά στην πρύμνη με αποτέλεσμα να πλημμυρίσει το μηχανοστάσιο. Το σκάφος έπεσε για δεύτερη φορά πάνω στα βράχια λίγο αργότερα. Μετά το κτύπημα στα βράχιοι δεξαμενές άνοιξαν τελείως και όλο το πετρέλαιο άρχισε να χύνεται στον ωκεανό. Ο κυβερνήτης του Cadiz ζήτησε σχεδόν όλο το πλήρωμα εκτός από τον ίδιο και έναν ακόμη αξιωματικό να απομακρυνθεί από το σκάφος με ελικόπτερα που έστειλε το γαλλικό ναυτικό.

Τελικά, στις 9:39 μ.μ., το πλοίο βυθίστηκε σε απόσταση μικρότερη από δύο μίλια από την ακτή του Finistère στη Γαλλία. Το Amoco-Cadiz ήταν ένα δεξαμενόπλοιο με σημαία της Λιβερίας, που μετέφερε για λογαριασμό της αμερικανικής εταιρείας Standard 230000 τόνους μίγματος πετρελαίων (Αραβικό ελαφρύ και Ιρανικό ελαφρύ). Ήταν θέμα χρόνου να διαρρεύσει το φορτίο των 219797 τόνων μαζί με τους 4000 τόνους καύσιμα, προκαλώντας τη χειρότερη πετρελαιοκηλίδα στην Ευρώπη τον 20ο αιώνα. (Valo, 2018)

Το μίγμα πετρελαίων που μετέφερε το Amoco-Cadiz αποτελείτο από κορεσμένους υδρογονάνθρακες γύρω στο 50%, αρωματικούς, που είναι και οι πιο τοξικοί, κατά 25% και βαρέα κλάσματα πετρελαίου 4 έως 5%. (Gundlachetal., 1983)

4.3.2 Τα προβλήματα που δημιουργήθηκαν

Η σύνθεση του μίγματος πετρελαίων, οι μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούσαν, και η υδρομορφολογία με τα ρεύματα της περιοχής οδήγησαν σε τρομακτικές καταστάσεις καθώς πάνω από είκοσι χιλιάδες θαλάσσια πουλιά χάθηκαν και υπολογίζεται ότι το 30% της πανίδας και το 5% της θαλάσσιας χλωρίδας καταστράφηκαν σε επιφάνεια 1300 τετρ. χιλιομέτρων και ρυπάνθηκαν περισσότερα από 360 χιλιόμετρα ακτογραμμής (Valo, 2018). Όλες οι προσπάθειες που έγιναν στη συνέχεια επέτρεψαν τη συμπληρωματική συλλογή μόνο 20000 τόνων πετρελαίου.



Εικόνα 4.6 η εξέλιξη της πετρελαιοκηλίδας που σχηματίστηκε (πηγή: www.ouest-france.fr)

Ο έντονος κυματισμός της θάλασσας υποβοήθησε τον σχηματισμό αφρισμών με μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό (50 έως 80%) των οποίων το ιξώδες αύξανε σημαντικά με τον χρόνο (Bocard, 2006). Η εξάτμιση των ελαφρών κλασμάτων, περίπου το 30% του φορτίου (67000 τόνοι), οδήγησε στη μείωση της ποσότητας πετρελαίου που παρέμεινε στη θάλασσα αλλά η δημιουργία των αφρισμών είχε το αντίθετο αποτέλεσμα καθώς δημιούργησε έναν όγκο ρυπαντών 4 φορές μεγαλύτερο του αρχικού (Fattal, 2008).

Έχει υπολογισθεί ότι μια ποσότητα 30000 τόνων περίπου πετρελαίου αναμίχθηκε με τον υδάτινο όγκο του θαλάσσιου νερού και έφθασε στις ακτές. (Gundlachetal., 1983) Συνολικά, υπολογίζεται επίσης ότι το 28% της συνολικής ποσότητας που διέρρευσε, ήτοι μια ποσότητα 62000 τόνων, έφθασε στις ακτές τις πρώτες δύο εβδομάδες μετά το ναυάγιο, ενώ το 8% απορροφήθηκε από τον βυθό σε βάθος μέχρι 50 εκατ. (Bocard, 2006).

4.3.3 Οι ενέργειες που έγιναν

Στο συμβάν μπορούμε να διακρίνουμε 3 στάδια: τη φάση της εξέλιξης του, τη σταθεροποίηση της κατάστασης και τη φάση της απορρύπανσης. Στις δύο πρώτες εβδομάδες η πετρελαιοκηλίδα κάτω από την επίδραση των ανέμων που επικρατούσαν εξαπλώθηκε ανατολικά, ενώ στη συνέχεια στη φάση της σταθεροποίησης, οι άνεμοι άλλαξαν και η πετρελαιοκηλίδα μετατοπίστηκε προς τα δυτικά σε περιοχές που δεν είχαν ρυπανθεί στη πρώτη φάση.

Τελευταίο στάδιο είναι το στάδιο της απορρύπανσης στο οποίο διακρίνονται τρεις περίοδοι: η περίοδος της επέμβασης στη περιοχή του ναυαγίου, η περίοδος της παράκτιας επέμβασης και η επιχείρηση καθαρισμού.(BellieretMassart, 1979)

Η επέμβαση στη περιοχή του ναυαγίου περιλαμβάνει τη χρήση χημικών απορρύπανσης (3000 τόνοι ουσίες διασκορπισμού και 650 τόνοι ουσίες ιζηματοποίησης). Η εξάτμιση όμως των ελαφρών συστατικών του πετρελαίου, οδήγησε σε αύξηση του ιξώδους για την παραμένουσα μάζα με αποτέλεσμα να μη μπορούν τα χημικά να την διαπεράσουν για να έχουν αποτέλεσμα. Αντίθετα, η χρήση των μέσων διασκορπισμού επέτρεψε κάποιες ποσότητες πετρελαίου να διαλυθούν μέσα σε υδάτινες στήλες και να μην προχωρήσουν ώστε να ρυπάνουν τις ακτές, περιορίζοντας την ήδη εκτεταμένη ρύπανση της παράκτιας περιοχής (NOAA, 1978).

Στη παράκτια περιοχή έγιναν προσπάθειες, όσες ποσότητες πετρελαίου τελικά διέρρευσαν με κατεύθυνση προς τις ακτές, ποσότητες που παρά τις επεμβάσεις εξακολουθούσαν να είναι υπερβολικά υψηλές, να κατακρατηθούν με τη τοποθέτηση φραγμάτων και με φυσικοχημικές μεθόδους άντλησης. Οι ποσότητες φυκιών που υπήρχαν στο θαλάσσιο χώρο δημιούργησε δυσκολίες και οι προσπάθειες άντλησης σε κενό είχε δυσκολίες λόγω του χαμηλού ιξώδους του διαλύματος. Παρ' όλα αυτά με τις διάφορες επιχειρήσεις άντλησης συλλέχθηκαν περίπου 100000 τόνοι ανάμικτου διαλύματος μέσα στους οποίους διαχωρίστηκαν 20000 τόνοι πετρελαίου (BellieretMassart, 1979).

Οι επιχειρήσεις καθαρισμού ξεκίνησαν όταν πλέον δεν υπήρχαν διακριτές πετρελαιοκηλίδες και ήταν δύο ειδών: τοποθέτηση απορροφητικών υλικών και απομάκρυνση του συνόλου με φτυάρια και τσουγκράνες ή εργασίες εκσκαφής με μηχανήματα (Michel&Rutherford, 2013).

Αναφέρεται επίσης η αξιοποίηση μιας μεθόδου βιοδιάσπασης τόσο στα πετρώματα του βυθού όσο και μέσα στη θάλασσα σε βάθη μέχρι 80 μέτρα χωρίς όμως να μπορούν να γίνουν εκτιμήσεις για την αποτελεσματικότητά της. (Bocard, 2006)

4.3.4 Οι επιπτώσεις από το ναυάγιο

Πολλές έρευνες και μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί για τις τελικές επιπτώσεις του ναυαγίου, τόσο όσον αφορά τις επιπτώσεις από την διαφοροποίηση και τη βιοδιάσπαση του πετρελαίου, όσο και τις συνέπειες και την αντίδραση του οικοσυστήματος και την αποκατάσταση της βιοποικιλότητας (Bocard, 2006).

Οι μετρήσεις έδειξαν ότι ενώ ένα μήνα μετά το ναυάγιο η συγκέντρωση υδρογονανθράκων ήταν της τάξης χιλιάδων μικρογραμμαρίων ανά λίτρο, ένα χρόνο μετά η κατάσταση είχε μετριασθεί και σε πολλές περιοχές είχε πέσει κάτω από τα 30 $\mu\text{g}/\text{lt}$ που εξακολουθούσε όμως να είναι πάνω από το όριο της ρύπανσης που είναι 1 $\mu\text{g}/\text{lt}$ (Laubier, 1980). Εντοπίστηκαν όμως και περιοχές όπου οι συγκεντρώσεις έφθαναν πάνω από τα 1000 $\mu\text{g}/\text{lt}$. Η εμπειρία δείχνει ότι η συμπεριφορά των διαφόρων τύπων απέναντι στη ρύπανση φαίνεται και στον ακόλουθο πίνακα (Fattal, 2000)

περιοχή	ευαίσθητο ποίηση	Υδροδυναμική παρουσία	Χρόνος εξισορρόπησης
απόκρημνη βραχώδης ακτή	χαμηλή	υψηλή	2-6 χρόνια
Πλαζ	μέση	μέτρια	5-15 χρόνια
εκβολές ποταμών και έλη	υψηλή	αδύναμη	10-25 χρόνια

Οι έρευνες έδειξαν ότι στον θαλάσσιο χώρο το μέγεθος της ρύπανσης των διαφόρων στρωμάτων του βυθού είναι ο βασικός παράγοντας που καθορίζει την αποκατάσταση του βιότοπου των ειδών που υπήρχαν πριν το ναυάγιο. Ο λόγος είναι ότι η αποκατάσταση του βιότοπου δεν ξεκινάει πριν η συγκέντρωση σε υδρογονάνθρακες φθάσει σε χαμηλές τιμές, μικρότερες από 300 $\mu\text{g}/\text{lt}$ και για το λόγο αυτό θα χρειασθεί στις περισσότερες των περιπτώσεων μια περίοδος τουλάχιστον δέκα ετών (Bocard, 2006). Αυτός είναι και ο χρόνος που οι ειδικοί συμβουλεύουν ότι πρέπει να παρακολουθούνται οι συνέπειες από τη δημιουργία μιας πετρελαιοκηλίδας. (Dauvin, 1998)

4.4 Η προσάραξη του δεξαμενόπλοιου Erika



Εικόνα 4.7 το ναυάγιο του δεξαμενόπλοιου Erika (πηγή: pro.magnumphotos.com)

4.4.1 Το ιστορικό

Το δεξαμενόπλοιο Erika με σημαία Μάλτας, το οποίο μετέφερε περίπου 31.000 τόνους βαρύ μαζούτ ως φορτίο, βυθίστηκε την 12^η Δεκεμβρίου 1999, μέσα σε μια σφοδρή καταιγίδα με ανέμους άνω των 9 βαθμών της κλίμακας Beaufort, στον Βискаϊκό κόλπο, 75 χιλιόμετρα (45 μίλια) από τις ακτές της Βρετανίας τον Δεκέμβριο του 1999, μολύνοντας 400 χιλιόμετρα ακτογραμμής σε μία από τις χειρότερες περιβαλλοντικές καταστροφές της Γαλλίας. Το πλοίο, που είχε ηλικία 24 ετών, είχε ξεκινήσει από τη Δουνκέρκη με προορισμό το Λιβόρνο και μετέφερε περίπου 30.000 τόνους αργού πετρελαίου που χύθηκαν στη θάλασσα. Το σκάφος κόπηκε στα δύο και η μεν πλώρη βυθίστηκε στις 12 Δεκεμβρίου ενώ η πρύμνη βυθίστηκε την επόμενη μέρα. Με τη βύθιση μια ποσότητα μεταξύ 7 και 10 χιλιάδων τόνων χύθηκε αμέσως στη θάλασσα (ITOPF, 1999), ενώ στα κομμάτια που βυθίστηκαν βρίσκονταν ακόμη 6400 τόνοι στη πλώρη και 4700 τόνοι στη πρύμνη (Covicetal, 2013).

Το φορτίο πετρελαίου που μετέφερε το Erika, ήταν ένα μείγμα 10% ελαφρού μαζούτ, 30% βαρύ μαζούτ και 60% προϊόντα απόσταξης. Λόγω του γεγονότος ότι στους 10 ° C το ιξώδες είναι ίσο με 20.000 cSt και ότι το πετρέλαιο έπρεπε να θερμανθεί για να ρευστοποιηθεί δεν μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν, χημικές ουσίες διασκορπισμού για τον καθαρισμό αυτού του είδους φορτίου.

Η χημική σύνθεση του φορτίου και οι μεγάλες ποσότητες που περιείχε σε συστατικά όπως ρητίνες, ασφαλτένια και πολυκυκλικά αρωματικά συστατικά αποτελούν τους

κύριους λόγους χαμηλής βιοδιασπασιμότητας. Να σημειωθεί ότι μετά από 80 ημέρες παραμονή στη θάλασσα μετρήσεις έδειξαν ότι μόνο το 11% του πετρελαίου έχει υποστεί βιοαποδόμηση. Στη συνέχεια εμφανίζονται οι πίνακες με τα χαρακτηριστικά του φορτίου (Covicetal, 2013).

Table 1. Characteristics of heavy fuel oil N°6.

Source: Guyomarc'h, J, Merlin, F.: The Erika Oil Spill: Laboratory Studies Conducted to Assist Responders, IOSC 2001.

Characteristics	
Density	1,0025
Pure point	30 C
Viscosity	38cSt (1 000 C)
	555cSt (500 C)
	20.000cSt (1 00 C)
Sulphur	2,28 %
Vanadium	82,7 ppm
Nickel	45 ppm
Asphaltenes	3,78 %

Table 2. Chemical composition of oil.

Source: Guyomarc'h, J, Merlin, F.: The Erika Oil Spill: Laboratory Studies Conducted to Assist Responders, IOSC 2001.

Chemical composition of oil	
Saturated hydrocarbons	22 - 30 %
Aromatic hydrocarbons	42 - 50 %
Resins and asphaltenes	21 - 36 %

Εικόνα 4.8 τα χαρακτηριστικά του φορτίου που μετέφερε το Erika (πηγή: IOSC, 2001)

Μια από τις πρώτες προτεραιότητες ήταν η ανεύρεση των δύο κομματιών του ναυαγίου. Αφού αυτά εντοπίστηκαν χρησιμοποιώντας υποβρύχια ROW¹⁶(Τηλεχειριζόμενο όχημα), ξεκίνησε η διαδικασία ανάκτησης του φορτίου. Η γαλλική ναυτική διοίκηση στη Βρέστη ήταν υπεύθυνη για την αντιμετώπιση του συμβάντος στη θάλασσα σύμφωνα με το γαλλικό σχέδιο POLMAR.

Τα πλοία που συμμετείχαν στις εργασίες καθαρισμού είχαν επιλεγθεί λόγω των χαρακτηριστικών τους, του εξοπλισμού και του σχεδιασμού. Όλα έπρεπε να:

- είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν τις δυσμενείς καιρικές συνθήκες, όπως η θαλασσοταραχή και οι δυνατοί άνεμοι
- να είναι άμεσα και συνεχώς διαθέσιμα στη περιοχή καθαρισμού,
- να διαθέτουν επαρκή ικανότητα αποθήκευσης για το πετρέλαιο που συλλέγεται και
- να έχουν εξοπλισμό κατάλληλο για την άντληση και την εκφόρτωση του πετρελαίου που συλλέγεται.

¹⁶ROW είναι τηλεχειριζόμενο όχημα

Αν και τα πλοία έφθασαν στον τόπο του ατυχήματος στις 13 Δεκεμβρίου 1999 το απόγευμα, τα κύματα, που το ύψος τους υπερέβαινε τα 6 μέτρα εμπόδισαν κάθε δυνατή χρήση του εξοπλισμού συλλογής που διέθεταν.

Ως εκ τούτου η αποτελεσματική ανάκτηση του πετρελαίου που χύθηκε κατά το ατύχημα του δεξαμενόπλοιου Erika στο Λονδίνο εμποδίστηκε, τις πρώτες ημέρες μετά το ατύχημα, λόγω των κακών καιρικών συνθηκών που κράτησαν αρκετές εβδομάδες.

4.4.2 Η εξέλιξη του συμβάντος

Έρευνες που έγιναν με αεροπλάνα επιβεβαίωσαν ότι η πετρελαιοκηλίδα που σχηματίστηκε κατευθύνονταν ανατολικά με ταχύτητα 1,2 κόμβων. Νέες εναέριες έρευνες που διεξήχθησαν πάλι μετά από μερικές ημέρες επιβεβαίωσαν ότι η πετρελαιοκηλίδα έσπασε σε μια σειρά από μικρότερες, πάχους 5 έως 8 cm που συνέχισαν να επιπλέουν παράλληλα με την ακτογραμμή. Οιδυνοτοί άνεμοι και οι κακές συνθήκες στη θάλασσα συνεχίστηκαν σπάζοντας τις πετρελαιοκηλίδες σε πολλές μικρές οι οποίες είχαν μεγαλύτερη κινητικότητα προς διάφορες κατευθύνσεις και οι οποίες μόλις ηρέμησε η θάλασσα συνενώθηκαν και πάλι. (Covicetal, 2013)

Το συμπέρασμα είναι ότι τα σκάφη αντιμετώπισης βρέθηκαν έγκαιρα και κινητοποιήθηκαν μεν αμέσως, αλλά οι προσπάθειες απομάκρυνσης του πετρελαίου που διέρρευσε τελικά δεν είχαν επιτυχία εξαιτίας του κακού καιρού που επικρατούσε και του ευρέως διαδεδομένου κατακερματισμού της πετρελαιοκηλίδας. (Hansenetal., 2014)



Εικόνα 4.9 η περιοχή που επηρέασθηκε από το ναυάγιο του δεξαμενόπλοιου *Erika* (πηγή: *Wikipedia*)

Μέσα σε 15 ημέρες επεμβάσεων συλλέχθηκαν μόνο 1.100 τόνοι μείγματος πετρελαίου / νερού, κυρίως σε μια και μόνη περίοδο 24 ωρών όπου επικρατούσαν σχετικά ήρεμες καιρικές συνθήκες και μειωμένης τρικυμίας. Εκτιμάται ότι λιγότερο από το 3% του συνολικού όγκου διαρροής συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια των επεμβάσεων περιορισμού και συλλογής στη θαλάσσια περιοχή του ναυαγίου.

Λόγω της επίδρασης ισχυρών ανέμων και ρευμάτων, η πετρελαιοκηλίδα δεν προσέγγισε άμεσα την παράκτια περιοχή καθώς δεν ακολούθησε την αρχική πορεία της. Αφού μετακινήθηκε νοτιοανατολικά από το χώρο διαρροής προς τη La Rochelle, έπειτα γύρισε προς βορρά, και τελικά το πετρέλαιο άρχισε να συλλέγεται στην εκβολή του ποταμού Λίγηρα την 25^η Δεκεμβρίου 1999. Παράλληλα μια ασυνεχής πετρελαιοκηλίδα σχηματίστηκε καλύπτοντας πάνω από 400 χιλιόμετρα ακτογραμμής μεταξύ Finistère και Charente-Maritime. Λόγω της μεγάλης διάρκειας που το πετρέλαιο παρέμεινε στη θάλασσα, ένα μεγάλο μέρος του σχημάτισε ένα γαλάκτωμα νερού με πετρέλαιο το οποίο αύξησε σημαντικά τον όγκο και το ιξώδες της πετρελαιοκηλίδας.

4.4.3 Οι ενέργειες που έγιναν

Υπήρχαν μεγάλες διαφορές στο βαθμό ρύπανσης των διαφόρων ακτών σε όλη τη πληγείσα περιοχή. Οι πιο μολυσμένες περιοχές βρίσκονταν στο LoireAtlantique, στη βόρεια Vendée και στα παράκτια νησιά, κυρίως στο Bellelle. Αυτές οι περιοχές απαιτούσαν την απασχόληση σημαντικών πόρων για καθαρισμό, και την εκτέλεση ενός προγράμματος εργασιών αρχικά για την αφαίρεση του χύδην πετρελαίου, ακολουθούμενη από ένα παρατεταμένο και δύσκολο δευτερογενή καθαρισμό. Άλλες περιοχές (τμήματα του Finistère και Morbihan) είχαν λιγότερο εκτεταμένη ρύπανση με μόνο πολύ μικρές ποσότητες πετρελαίου. Στις περιοχές αυτές χρειαζόταν μόνο η απομάκρυνση των καταλοίπων.(ITOPF, 1999)



Εικόνα 4.10 ο εξοπλισμός TRANSREC 250 σε λειτουργία (πηγή: www.norwep.com)

Κατά τη προσπάθεια περιορισμού της εξάπλωσης της ρύπανσης σημαντικός ήταν ο ρόλος που είχε ο εξοπλισμός τύπου TRANSREC 250. Πρόκειται για ένα σύστημα συνδυασμένης ανάκτησης και μεταφοράς πετρελαίου με αυτόνομη λειτουργία, ανεξάρτητη το μέσου μεταφοράς του, που χρησιμοποιείται για την ανάκτηση πετρελαίου από ένα βυθισμένο πλοίο ή από επιφάνειες που βρίσκεται συσσωρευμένο. Είναι εξοπλισμένο με φορητές υδραυλικές αντλίες εκφόρτωσης από τον χώρο που έχει το φορτίο πετρελαίου και η ανάκτηση και αποθήκευση του γίνεται μέσω ενός συστήματος φραγμάτων συγκέντρωσης στον skimmer και μεταφοράς στη συνέχεια για αποθήκευση σε δίσκους ή κασέτες συλλογής. Οι δίσκοι χρησιμοποιούνται για την ανάκτηση λεπτών στρωμάτων πετρελαίου, ενώ η κασέτα χρησιμοποιείται για την ανάκτηση των πετρελαιοκηλίδων με μεγάλο ιξώδες. Η κεφαλή του skimmer είναι συνδεδεμένη με ένα βραχίονα κίνησης ανύψωσης του εύκαμπτου σωλήνα που

μεταφέρει το πετρέλαιο. Ο σωλήνας αυτός έχει διάμετρο 5 ιντσών και μήκος περίπου 80 μέτρων. Το σύστημα TRANSREC 250 έχει μέγιστη δυναμικότητα αναρρόφησης 400 m³ / ώρα. Στη περίπτωση του Erika, τα skimmers δεν ήταν ιδιαίτερα αποτελεσματικά λόγω του πάχους της πετρελαιοκηλίδας και των χαρακτηριστικών της. (30-50% περιεκτικότητα σε θαλασσινό νερό) (Hansen et al., 2014)

Μια περιοχή που ρυπάνθηκε έντονα ήταν οι αλυκές στο Pen Bron, της Croise. Αυτή η πολύ ευαίσθητη περιβαλλοντική περιοχή με εκτεταμένες αλυκές και μονάδες οστρακοκαλλιέργειας μολύνθηκε καθώς μια σημαντική ποσότητα πετρελαίου είχε ανακατευθεί με τον βυθό. Η ρύπανση χαρτογραφήθηκε και οι τεχνικές καθαρισμού μελετήθηκαν για να προσδιοριστεί η βέλτιστη τεχνική για την απομάκρυνση του πετρελαίου που βυθίστηκε και θάφτηκε καθώς στη περιοχή υπήρχαν ισχυρά παλιρροϊκά ρεύματα. Η απορρύπανση της περιοχής έγινε σε δύο στάδια (LeGuerrou et al., 2003):

Ιζήματα στην πιο μολυσμένη περιοχή (700 m²) συλλέχθηκαν μετά από μια μηχανική βυθοκόρηση με φτυάρια τοποθετημένα σε μια φορηγίδα και το ίζημα στάλθηκε, όπως θα δούμε στη συνέχεια, σε ένα χώρο διυλιστηρίου μαζί με τα απόβλητα από άλλες θέσεις.

Τα ιζήματα από τη γύρω περιοχή (10000 m²) αφαιρέθηκαν με υποβρύχια αντλία μεάντληση του ιζήματος - μίγματος πετρελαίου και θαλασσιού ύδατος και μεταφορά του διαλύματος σε μια λιμνοθάλασσα στην ξηρά, όπου το πετρέλαιο απομακρύνθηκε από το ίζημα με επίπλευση και απολίπανση ενώ το νερό διηθήθηκε πριν απελευθερωθεί στη περιοχή. Η παραμένουσα συγκέντρωση πετρελαίου στην άμμο παρακολουθήθηκε με χημική ανάλυση για να αποφασισθεί πώς θα διατεθεί καλύτερα. Ο καθαρισμός αυτός αφορούσε πάνω από 5.500 τόνους ιζήματος. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις ελαχιστοποιήθηκαν καθώς το 85% του ιζήματος προωθήθηκε ξανά με ασφάλεια πίσω στην περιοχή, αποφεύγοντας έτσι τον κίνδυνο διάβρωσης των ακτών.

Περισσότερα από 5.000 άτομα συμμετείχαν στις δύσκολες εργασίες καθαρισμού της ρύπανσης στη παράκτια περιοχή. Πολλοί από αυτούς ήταν εθελοντές που εντάχθηκαν στο πετρελαϊκό καθαρισμό αλλά η ένταξη τους προκάλεσε προβλήματα επειδή οι εθελοντές ήταν απροετοίμαστοι και δεν είχαν επαρκείς γνώσεις για τις διαδικασίες που έπρεπε να ακολουθηθούν.

Κατά τη διάρκεια των επεμβάσεων καθαρισμού στα 400 χλμ. ακτογραμμής, συλλέχθηκαν 190 έως 200 χιλιάδες τόνοι ελαιωδών αποβλήτων(10%) και άμμου(80%) και αποθηκεύθηκαν προσωρινά εγκαταστάσεις σε εκτάσεις γης κοντά σε παραλίες, ενώ στη συνέχεια η πετρελαϊκή εταιρεία Total συμφώνησε να παραλάβει όλα τα απόβλητα στο διυλιστήριο της στο Donges (55000 τόνοι) και σε τρεις ακόμη περιοχές Frossay(18000 τόνοι), Arceau 1 (73000 τόνοι) και Arceau 2 (54000 τόνοι). Το πρόβλημα που δημιουργήθηκε ήταν ότι το μείγμα των αποβλήτων χρειαζόταν διαλογή πριν από τη διάθεση καθώς ήταν ένα μείγμα από πετρέλαιο, άμμο, φύκια, πέτρες και βράχων και υπολειμμάτων από τα μέσα καθαρισμού. (www.drire.gouv.fr)

Ακολούθησε μια σειρά διαδικασιών διαλογής που περιγράφεται στο παράρτημα Γ' και το τελικό υλικό, μετά τη διαλογή διατέθηκε προς χρήση μόνο εφόσον πληρούσε τις εξής προδιαγραφές: μέγιστη συγκέντρωση υδρογονανθράκων 2,5 mg/gr, χρήση μέχρι 500 τόνους μόνον σε μη ευπαθείς περιοχές, δυνατότητα παρακολούθησης της διαχείρισης του υλικού. (www.drire.gouv.fr)

Το αποτέλεσμα της διαλογής ήταν

- 200838 τόνοι αδρανές προϊόν (κυρίως χονδρόκοκκη άμμος)
- 65591 τόνοι λάσπης (μείγμα νερού και λεπτόκοκκου υλικού που έχει απορροφήσει πετρέλαιο). Από τη ποσότητα αυτή το 69% διατέθηκε ως πρώτη ύλη στη τσιμεντοβιομηχανία, το 25% καταναλώθηκε σε ειδικές μελέτες και το 5% κάηκε σε ειδικούς αποτεφρωτήρες
- 49121 τόνοι ρευστοποιημένο καύσιμο (πετρέλαιο+ βενζόλιο) μεταφέρθηκε στο διυλιστήριο του Donges για επανάκτηση των υδρογονανθράκων
- 1491 τόνους γαλακτώματος πετρελαίου-νερού για περαιτέρω ειδική επεξεργασία

Τα τελικά αποτελέσματα της όλης διαδικασίας ήταν πολύ θετικά καθώς η περιεκτικότητα σε υδρογονάνθρακες στο αδρανές που ξεχώρισε δεν υπερέβαινε τα 0,5 mg/gr και δεν παρατηρήθηκε καμία ρύπανση στο έδαφος στις περιοχές που είχαν συγκεντρωθεί τα υπολείμματα της ρύπανσης. Το όλο κόστος της διαλογής έφθασε τα 72 εκατ. ευρώ. (www.drire.gouv.fr)

Το υψηλό ιξώδες του φορτίου κατέστησε αδύνατη τη χρήση διαφόρων άλλων μεθόδων καθαρισμού, όπως η χρήση ουσιών διασκορπισμού, με αποτέλεσμα για τις περισσότερες περιοχές η απορρύπανση με εργαλεία χειρός να παραμείνει η μόνη

κατάλληλη λύση. Ο τρόπος αυτός του καθαρισμού είχε επιτυχία στη συλλογή μεγάλου μεγέθους επιφανειακών καταλοίπων πετρελαίου που ήταν κολλημένα σε αμμώδεις παραλίες. Στις βραχώδεις ακτές χρησιμοποιήθηκε υδροβολή υψηλής πίεσης και διήθηση του υπολείμματος μέσα από δίκτυα. Το μεγάλο όμως πρόβλημα που παρουσιάστηκε είναι τα κατάλοιπα πετρελαίου που θάφτηκαν, λόγω των δυνατών ανέμων και των ρευμάτων που επικρατούσαν, 25 - 30 εκατοστά στην άμμο και τα οποία δυστυχώς, άρχισαν να επανεμφανίζονται σε πολλές περιοχές ρυπαίνοντας και πάλι κάποιες ήδη καθαρισμένες περιοχές. Για το λόγο αυτό παρά τις εκτεταμένες εργασίες καθαρισμού που πραγματοποιήθηκαν μέχρι και την άνοιξη του 2000, οι μετρήσεις έδειξαν ότι η συγκέντρωση υδρογονανθράκων, τόσο στο βόρειο όσο και στο νότιο τμήμα του Βискаϊκού Κόλπου, ξεπερνούσε κατά πολύ το επιτρεπτό όριο φθάνοντας κατά μέσο όρο τα 500 mg/g και για το λόγο αυτό αποφασίστηκε το κλείσιμο των αλυκών και των μονάδων οστρακοκαλλιέργειας. (Covicetal, 2013)

4.4.4 Οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις

Το 2000 η γαλλική κυβέρνηση οργάνωσε προγράμματα διάρκειας 3 χρόνων για μελέτες της επίδρασης των οικολογικών και οικοτοξικών επιπτώσεων από το ναυάγιο του Erika στη θαλάσσια ζωή και τη δημιουργία νέων εργαλείων παρακολούθησης της κατεύθυνσης των πετρελαιοκηλίδων και της ανασυγκρότησης των θαλασσών. (RITMER)¹⁷ (LeGuerroueetal., 2003)

Σχεδόν 74.000 πουλιά βρέθηκαν καλυμμένα με πετρέλαιο κατά μήκος της ακτής του Βискаϊκού Κόλπου, εκ των οποίων σχεδόν 42.000 ήταν νεκρά, καθιστώντας το ναυάγιο του Erika την μεγαλύτερη οικολογική καταστροφή για τα θαλάσσια πουλιά της Ευρώπης (www.safety4sea.com).

¹⁷RITMER:research and innovation on accidental marine pollution and their ecologic

4.5 Η προσάραξη του ExxonValdez



Εικόνα 4.11 η πετρελαιοκηλίδα που σχηματίστηκε μετά την προσάραξη του ExxonValdez (πηγή: WashingtonPost)

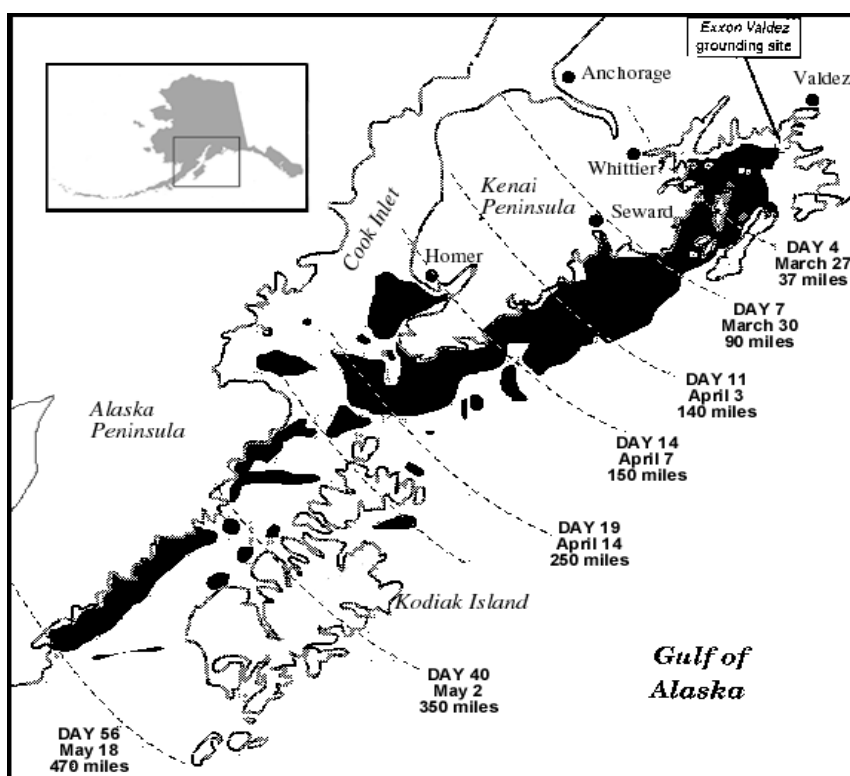
4.5.1 Το ιστορικό

Το πετρελαιοφόρο ExxonValdez έφυγε από το σταθμό TransAlaskaPipeline στο Valdez στις 9:12 μ.μ. στις 23 Μαρτίου 1989, μεταφέροντας 166793 τόνους (53 εκατομμύρια γαλόνια) πετρελαίου. Μια σειρά από ατυχείς συγκυρίες εκείνη τη νύχτα θα οδηγούσε σε μία από τις μεγαλύτερες ρυπάνσεις στη σύγχρονη θαλάσσια ιστορία.

Κάτω από τις εντολές του Captain Joseph L. Hazelwood, το ExxonValdez βγήκε έξω από τον συνήθη ναυτιλιακό διάδρομο που ακολουθούσαν τα πλοία, για να αποφύγει τα παγόβουνα. Σύμφωνα με την έκθεση της αρμόδιας Επιτροπής Ελέγχου Διαρροών της Αλάσκας, ο Hazelwood παραχώρησε τον έλεγχο του πηδαλίου στον τρίτο μηχανικό Gregory Cousins στις 11:53 περίπου και παράλληλα ο πλοηγός Harry Claar αντικαταστάθηκε από τον Robert Kagan.

Λίγο μετά τα μεσάνυχτα, ο Cousins, βλέποντας τον κίνδυνο, προσπάθησε να επιστρέψει στον κανονικό διάδρομο πλοήγησης, αλλά δεν μπόρεσε να γυρίσει το δεξαμενόπλοιο αρκετά γρήγορα. Το δεξαμενόπλοιο κτύπησε πάνω στον ύφαλο Bligh Reef στις 12:04 π.μ., διαπερνώντας τις 11 από τις 13 δεξαμενές πλήρεις φορτίου. Με το δεξαμενόπλοιο, προσαραγμένο πάνω στον ύφαλο, άρχισε η διαρροή εκατομμυρίων γαλονιών πετρελαίου στο Prince William Sound. Συνολικά **η συνολική ποσότητα που διέρρευσε υπολογίζεται σε 38500 τόνους πετρελαίου** τύπου

PrudhoeΑλάσκας(Cendre, 2013).Η ποσότητα που διέρρευσε δημιούργησε πετρελαιοκηλίδες σε μια επιφάνεια 7000 τετρ. χιλιομέτρων δημιουργώντας μια τεράστια περιβαλλοντική καταστροφή καθώς ρυπάνθηκαν περισσότερα από 2500 χιλιόμετρα ακτής.



Εικόνα 4.12 χάρτης με την εξάπλωση της πετρελαιοκηλίδας από το ναυάγιο του ExxonValdez (πηγή: 1993 StateOn –SceneCoordinator’sReport)

Μια θύελλα που συνέβη τρεις μέρες μετά το συμβάν ενόησε την ανάμειξη του πετρελαίου μέσα στις υδάτινες στήλες και τα θαλάσσια ρεύματα της περιοχής ενόησαν με την ανάδευση που προκαλούσαν την διατήρηση ενός υψηλού υδροδυναμικού των κηλίδων (Wiens, 2013). Υπολογίζεται ότι το 20-30% της διαρροής εξατμίσθηκε ενώ ένα ακόμη 20-25% διασκορπίσθηκε μέσα στις υδάτινες θαλάσσιες στήλες (Bocard, 2006).Το μεγαλύτερο μέρος από την υπόλοιπη ποσότητα που διέρρευσε έφθασε ως την παράκτια περιοχή και εκεί έχουν δημιουργηθεί οι μεγαλύτερες καταστροφές από τη ρύπανση (Houghtonetal, 1997).

4.5.2 Οι ενέργειες αντιμετώπισης

Ο καθαρισμός χρειάστηκε σχεδόν τέσσερα χρόνια για να ολοκληρωθεί, από την άνοιξη του 1989 μέχρι και το καλοκαίρι του 1992. Σε αυτόν έλαβαν μέρος, για τις

εργασίες καθαρισμού και υλικοτεχνικής υποστήριξης, συνολικά περισσότερα από 1.000 άτομα και 1.400 σκάφη, ενώ παράλληλα η συνολική επέμβαση είχε κόστος πάνω από δύο δισεκατομμύρια δολάρια. Οι τεχνικές απομάκρυνσης και καθαρισμού από το πετρέλαιο περιλάμβαναν: υδροβολή υψηλής πίεσης με ζεστό και κρύο νερό, καύση των πάνω στρωμάτων πετρελαιοκηλίδων, βελτίωση του ρυθμού αποκατάστασης με χρήση βιολογικών λιπασμάτων, χειροποίητη και μηχανική απομάκρυνση των ιζημάτων πετρελαίου και χρήση χημικών μέσων διασποράς.

Αμέσως μετά το συμβάν ξεκίνησαν οι εργασίες περιορισμού της ρύπανσης με την εγκατάσταση πάνω από 1500 χιλιομέτρων φραγμάτων συγκράτησης και πάνω από 60 μονάδες επιφανειακής συλλογής υδρογονανθράκων. Όμως η ανάδευση, λόγω των ρευμάτων, των πετρελαιοστρωμάτων καθώς και η διάχυση του γρήγορα περιόρισαν την αποτελεσματικότητα της επιφανειακής συλλογής και η ποσότητα πετρελαίου που συλλέχθηκε τελικά ήταν γύρω στις 3000 τόνους (ITOPF, 2013). Η εταιρεία Εχχοπξεκίνησε δοκιμαστικά τη καύση μιας ποσότητας πετρελαίου και συνέλεξε το καμένο υπόλειμμα καθώς και τη χρήση ενός νέου τύπου υλικού διασκορπισμού αλλά μια καταιγίδα στις 26 Μαρτίου αλλοίωσε την υφή της κηλίδας οδηγώντας σε αφρισμό και οι δύο μέθοδοι έγιναν πολύ λίγο αποτελεσματικές.

Δεδομένου ότι η φάση της συλλογής μεγάλων ποσοτήτων πετρελαίου ήταν αναποτελεσματική η φάση του καθαρισμού που ακολούθησε ήταν αναγκαστικά πιο πολύπλοκη και απαιτούσε καθαρισμούς μεγάλης κλίμακας. Καθώς δεν υπήρχε η δυνατότητα πρόσβασης παρά μόνο από τη θάλασσα χρησιμοποιήθηκε ένας μεγάλος αριθμός πλοίων σε όλη τη περίοδο της φάσης του καθαρισμού από τον Απρίλιο μέχρι τον Σεπτέμβριο του 1989 (NOAA, 1992). Όλη αυτή τη περίοδο εκτός από τους κλασσικούς τρόπους καθαρισμού με υδροβολή, και φτυάρισμα χρησιμοποιήθηκαν και η έκπλυση (flashing) και ο βιολογικός εμπλουτισμός (Wiens, 2013). Οι εργασίες καθαρισμού συνεχίστηκαν και τα επόμενα δύο χρόνια ύστερα από τις παρατηρήσεις για τη κατάσταση της παράκτιας περιοχής από μια εξειδικευμένη ομάδα αξιολόγησης (SCAT). Η ομάδα αυτή επισκέπτονταν τις ρυπασμένες περιοχές ώστε να έχει επαρκείς παρατηρήσεις για να οργανώνονται οι εργασίες καθαρισμού χωρίς να ενοχλείται η τοπική πανίδα στις κρίσιμες περιόδους, όπως η μεταναστευτική περίοδος ή η περίοδος αναπαραγωγής (NOAA, 1992).

Με το πέρασμα του χρόνου τα συνεργεία καθαρισμού αναγκάστηκαν σε πολλές περιπτώσεις να χρησιμοποιήσουν υδροβολή υψηλής πίεσης με ζεστό νερό για να

αυξηθεί η αποτελεσματικότητα της έκπλυσης. Αυτές όμως οι συνθήκες προκάλεσαν την ολική καταστροφή πολλών ειδών της πανίδας (π.χ. τα μύδια) και της χλωρίδας (π.χ. μικροφύκη) στις περιοχές αυτές (Wiens, 2013).

Σε αυτή τη φάση δοκιμάστηκε για πρώτη φορά η μέθοδος της βιολογικής ανάπλασης με τη προσθήκη βιολογικού λιπάσματος Customblen αρχικά σε μια ακτίνα 191 χιλιομέτρων στις ακτές Prince William Sound και στη συνέχεια σε 378 από τους 587 τομείς που καθαρίστηκαν μέσα στο 1990 (Fattal, 2008).

Λίγες μόνο ημέρες μετά το συμβάν η πετρελαιοκηλίδα έφθασε στις ακτές σε 4 περιοχές σε μια συνολική απόσταση τουλάχιστον 600 χιλιομέτρων (Micheletal., 2010). Η διαφορετική μορφολογία των περιοχών οδήγησε σε μια διαφοροποίηση του βαθμού προσβολής καθεμιάς από αυτές, όπως φαίνεται και στον πίνακα που ακολουθεί.

Περιοχή	Μέγεθος ρύπανσης	Ρυπανθείσα επιφάνεια (χλμ)
Prince William Sound	έντονη	141
	μέτρια	94
	ελαφρά	326
	πολύ ελαφρά	223
	Σύνολο	783
Kenai / Cook inlet	έντονη	79,5
	μέτρια	117,5
	ελαφρά	253,3
	πολύ ελαφρά	374,7
	Σύνολο	825
Kodiak / Shelikof	έντονη	26,4
	μέτρια	89,5
	ελαφρά	324,8
	πολύ ελαφρά	2686,2
	Σύνολο	3126,9

Εικόνα 4.13 τα αποτελέσματα για τη σοβαρότητα ρύπανσης των περιοχών (πηγή: Micheletal., 2010)

4.5.3 Οι συνέπειες

Σύμφωνα με μια πρόσφατη μελέτη, οι επιπτώσεις της πετρελαιοκηλίδας που δημιουργήθηκε ήταν πολύ μεγαλύτερες από τις αναμενόμενες και είχαν ως αποτέλεσμα τις μακροπρόθεσμες απώλειες πολλών ειδών της πανίδας και της χλωρίδας.

Οι επιπτώσεις αυτού του ατυχήματος επηρέασαν 90 είδη πανίδας, είτε λόγω της άμεσης επαφής τους με το πετρέλαιο, ή λόγω της έλλειψης δυνατότητας ανεύρεσης τροφής (Peterson et al., 2003). Οι αριθμοί θανάτων θαλάσσιων ζώων που ζούσαν στην περιοχή είναι εντυπωσιακοί. Καταγράφηκαν πάνω από 2.800 θάνατοι θαλάσσιων ενυδρίδων, 300 θάνατοι λιμναίων φωκιών, 900 θάνατοι φαλακραιτών ενώ πάνω από 250.000 θαλάσσια πουλιά βρέθηκαν ψόφια τις ημέρες που ακολούθησαν την καταστροφή (Graham, 2003). Σύμφωνα με μια πρόσφατη μελέτη, οι επιπτώσεις της πετρελαιοκηλίδας ήταν πολύ μεγαλύτερες από τις αναμενόμενες και είχαν ως αποτέλεσμα μακροπρόθεσμες απώλειες από διάφορα είδη ζώης.

Ο Charles H. Peterson του Πανεπιστημίου της Βόρειας Καρολίνας στο Chapel Hill και οι συνεργάτες του συνέταξαν και ανέλυσαν τα ευρήματα πολλών προηγούμενων μελετών. Τα αποτελέσματα, σύμφωνα με τον Peterson, έδειξαν ότι το πετρέλαιο έχει παραμείνει σε εκπληκτικά μεγάλες ποσότητες για χρόνια μετά τη διαρροή του Exxon Valdez σε υπόγειες δεξαμενές κάτω από χονδροειδή ενδιάμεσα ιζήματα. Η τοξικότητα παρέμεινε για μια δεκαετία και παρά τις προσπάθειες ακόμη και σήμερα υπάρχουν υπόλοιπα πετρελαίου στη περιοχή των οποίων ο ρυθμός ελάττωσης είναι πολύ χαμηλός (0-4% τον χρόνο) οπότε με αυτούς τους ρυθμούς θα χρειασθούν δεκαετίες για τον πλήρη καθαρισμό της περιοχής. (www.findingdulcinea.com)

Εν τω μεταξύ η έκθεση σε αυτό το πετρέλαιο, με τη σειρά του, προκαλεί επιπλέον θανάτους ζώων. Παρατηρήθηκε ότι ο σολομός, για παράδειγμα, είχε αυξημένη θνησιμότητα τουλάχιστον τέσσερα χρόνια μετά τη διαρροή, επειδή τα αυγά κατά την επώαση είχαν έρθει σε επαφή με το πετρέλαιο. Μεγαλύτερα θαλάσσια θηλαστικά και πάπιες, εν τω μεταξύ, υπέστησαν ασθένειες επειδή η τροφή τους μολύνθηκε. Οι υπάρχουσες εκτιμήσεις λένε ότι τα θαλάσσια ενδιαιτήματα όπως το πλαγκτόν, που επηρεάζονται από τη διαρροή, θα κάνουν ως και 30 χρόνια για να ανακάμψουν πλήρως.

Οι επιπτώσεις από τη διαρροή πετρελαίου του Exxon Valdez είναι στη πραγματικότητα δυσανάλογες με το φορτίο του πετρελαίου που διακινούσε ακόμη και με τη ποσότητα πετρελαίου που διέρρευσε στη θάλασσα, ακριβώς λόγω των ιδιαίτερων συνθηκών που επικρατούσαν και που μεγιστοποίησαν τις συνέπειες της διαρροής. Για λόγους σύγκρισης η ποσότητα που διέρρευσε από το ναυάγιο του Exxon Valdez είναι ίση με τη ποσότητα που διαρρέει σε ετήσια βάση από έναν ισοδύναμο πληθυσμό 50 εκατομμυρίων ατόμων στις ΗΠΑ, ή με άλλα λόγια κάθε χρόνο στις ΗΠΑ οι διαρροές

πετρελαίου είναι πενταπλάσιες σε ποσότητα από τη διαρροή του ExxonValdez.(Graham, 2003)

4.6 Το ναυάγιο του KHARK 5



Εικόνα 4.14 η φωτογραφία του βυθισμένου πλοίου (πηγή: ITOPF)

4.6.1 Το ιστορικό

Νωρίς το πρωί της 19ης Δεκεμβρίου 1989, το ιρανικό δεξαμενόπλοιο KHARK 5, που μετέφερε 280.000 τόνους (1714300 βαρέλια) ιρανικού βαρέως αργού πετρελαίου στα διυλιστήρια της Β.Ευρώπης, υπέστη ζημιές από μια καταιγίδα, εξερράγη και πήρε φωτιά περίπου 150 ναυτικά μίλια από τις ακτές του Μαρόκου, βορειοανατολικά των Καναρίων Νήσων. Το πλήρωμα διασώθηκε από ένα Ρώσικο πλοίο μεταφοράς εμπορευμάτων, το Sarny(<https://incidentnews.noaa.gov>).Καταστράφηκαν τέσσερις δεξαμενές φορτίου προκαλώντας διαρροή περίπου 70.000 τόνων (452400 βαρελιών) αργού πετρελαίου μέσα σε 12 ημέρες. Η φωτιά γρήγορα ετέθη υπό έλεγχο και την 1η Ιανουαρίου 1990 το σκάφος ρυμουλκήθηκε από την ακτή στον ανοικτό ωκεανό, καθώς τόσο η Ισπανία όσο και το Μαρόκο αρνήθηκαν την είσοδο του πλοίου στα ύδατά τους. Εδώ φάνηκε η ανάγκη να υπάρχουν καθορισμένα λιμάνια-καταφύγια και ζώνες ελλιμενισμού πλοίων σε κίνδυνο. Η εταιρεία διάσωσης SmitTak, επισκεύασε μια τρύπα διαστάσεων 60 X 90 πόδια στο σκάφος και, μετά από μερικές εβδομάδες κάτω από ρυμούλκηση, μεταφόρτωσε το υπόλοιπο πετρέλαιο σε άλλο δεξαμενόπλοιο (ITOPF, 1989). Η μεγάλη καθυστέρηση οφείλεται στη τρικυμισμένη επιφάνεια της θάλασσας με κύματα 8 μέτρων και τους θυελλώδεις ανέμους.

Όπως είπαμε, συνολικά, το φορτίο που μετέφερε το KHARK 5 ήταν 225.000 τόνους ιρανικού αργού πετρελαίου. Οι αρωματικές ενώσεις στη σύνθεση του πετρελαίου αποτελούσαν το ένα τρίτο αυτού του φορτίου. Για το λόγο αυτό και τα χαρακτηριστικά του φορτίου ήταν πυκνότητα API 31, ιξώδες 9,36 cst και σημείο στερεοποίησης -5° F. Αυτή η υψηλή αναλογία αρωματικών ευνοούσε την εξάτμιση του ποσοτήτων που διέρρευσαν στην ατμόσφαιρα και τη διασπορά τους στην υδάτινη μάζα με τη μορφή μικκυλίων, αποφεύγοντας έτσι τις βαριές οικολογικές επιπτώσεις.(wwz.cedre.fr)

4.6.2 Ενέργειες και παρατηρήσεις

Συγκριτικά λίγο μόνο πετρέλαιο έφτασε στην ακτογραμμή με μερικές πετρελαϊκές συμπαγείς μάζες και κάποια γαλακτώματα πετρελαίου-νερού σε μια μικρή έκταση, ένα περίπου χιλιόμετρο, της παραλίας νότια της Καζαμπλάνκα. Η μεγάλη ποσότητα από το πετρέλαιο που διέρρευσε πιστεύεται ότι κάηκε, εξατμίσθηκε ή διασκορπίσθηκε. Η πετρελαιοκηλίδα που δημιουργήθηκε ψεκάσθηκε από 14 αεροσκάφη και 7 πλοία, με χημικές ουσίες για τη διασπορά της περίπου δύο εβδομάδες μετά το αρχικό συμβάν. Ωστόσο, το αποτέλεσμα θεωρήθηκε ότι δεν ήταν το αναμενόμενο καθώς το πετρέλαιο αλλοιώθηκε αισθητά, κάτω από τις επικρατούσες συνθήκες, και μόνο του απλώθηκε σε μεγάλη κλίμακα. Ο καθαρισμός της ακτογραμμής της Καζαμπλάνκα πραγματοποιήθηκε με το χέρι χρησιμοποιώντας τσουγκράνες, φτυάρια και πλαστικές σακούλες.

Η παρακολούθηση της εξάπλωσης της πετρελαιοκηλίδας έγινε αεροπορικώς για μια περίοδο 2 μηνών. Στην αρχή, τις πρώτες δύο ημέρες, αναφέρθηκε ότι υπήρχε μια αργή ροή πετρελαίου από το πλοίο. Τις επόμενες μέρες φάνηκε ότι η πετρελαιοκηλίδα παραμένει στις ίδιες γενικές υπεράκτιες περιοχές με μια μικρή μετατόπιση νοτιοδυτικά. Μια μεγάλη κηλίδα, από την αρχική ποσότητα που διέρρευσε, εντοπίσθηκε σε ακτίνα 12 μιλίων από το Μαρόκο μέχρι τις 2 Ιανουαρίου. Στις 5 Ιανουαρίου, παρατηρήθηκαν σημαντικές ποσότητες πετρελαίου, αλλά ευρέως διάσπαρτες και κυρίως καλυμμένες με διάσπαρτους αφρούς διαστάσεων 90 επί 45 μέτρων. Η πλησιέστερη από αυτές ήταν 18 μίλια από τις ακτές, ενώ η πλειοψηφία τους ήταν στα 60-70 μίλια υπεράκτια. Υπολογίζεται ότι το 75 τοις εκατό του χυμένου πετρελαίου εξατμίσθηκε, διαλύθηκε με τη δράση των κυμάτων ή έχει διαλυθεί μέσα στη στήλη νερού.(sourceOSCH)

Οι διεργασίες διασποράς, καθαρισμού και ανάκτησης πετρελαίου απαιτούσαν την κινητοποίηση σημαντικών ανθρώπινων και υλικών πόρων και μέσων. Καθημερινές πτήσεις πάνω από την κηλίδα πραγματοποιήθηκαν για να παρακολουθηθεί η πορεία της πετρελαιοκηλίδας προς τις μαροκινές και τις ισπανικές ακτές. Η επέμβαση για την απομάκρυνση των πετρελαιοκηλίδων επιλέχθηκε να γίνει χρησιμοποιώντας διασκορπιστικό υλικό, αλλά σύντομα σταμάτησε καθώς αποδείχθηκε αναποτελεσματική λόγω του ότι το πετρέλαιο, λόγω των αρωματικών συστατικών του, δεν σχημάτισε επαρκώς πυκνή και συνεχή κηλίδα. (wwz.cedre.fr)

4.6.3 Οι συνέπειες για το περιβάλλον

Ταυτόχρονα με τις ενέργειες καθαρισμού ξεκίνησε και η παρακολούθηση των επιπτώσεων που είχε το συμβάν στην ενάλια ζωή καθώς η περιοχή είναι περιοχή αλιείας και οστρακόδερμων. Η περιοχή θεωρείται επίσης και ενδιάμεσος σταθμός για τα αποδημητικά πουλιά, χωρίς όμως να φανούν κάποιες σημαντικές παρενέργειες.

Δεν παρατηρήθηκαν όμως μεγάλες ρυπάνσεις με μάζες πετρελαίου στις ακτές του Μαρόκου, ούτε υπήρχαν νεκρά ζώα και πουλιά, οπότε παρέμεινε μόνο η απαγόρευση, για μια περίοδο, της αλιείας.

4.6.4 Γενικές παρατηρήσεις

Το KHARK 5, ανήκε στην Εθνική Ιρανική Εταιρεία Πετρελαίου και πιθανότατα δεν ήταν ένα υγιές πλοίο, καθώς είχε τρεις φορές υποστεί ζημιές στον Ιρανο-Ιρακινό πόλεμο. Οι Ιρανοί δεν κατόρθωσαν να αποκαταστήσουν τη συνέχεια του κελύφους του πλοίου, οπότε είναι πιθανή η διάβρωση της δεξαμενής έρματος. Από τις φωτογραφίες, οι οποίες δείχνουν ένα τεράστιο άνοιγμα στην πλευρά του πλοίου στην περιοχή του μέσου του σκάφους φαίνεται ότι η πρώτη έκρηξη έγινε στις δεξαμενές έρματος, όπου πιθανόν είχε δημιουργηθεί μια ρωγμή που μάζευε τους ατμούς υδρογονανθράκων. (www.c4tx.org)

4.7 Η έκρηξη στο IRENESSERENADE



Εικόνα4.15 από την έκρηξη στο IRENES SERENADE (πηγή: Πρώτο Θέμα)

4.7.1 Το ιστορικό

Το ελληνικό δεξαμενόπλοιο IRENES SERENADE, ιδιοκτησίας του ομίλου Τσάκος, ταξίδευε φορτωμένο με 102.660 τόνους (871428 βαρέλια) ιρακινού αργού πετρελαίου (KirkukBlend) από τη Συρία προς Τεργέστη, και προσέγγισε τον κόλπο του Ναυαρίνου προκειμένου να ανεφοδιασθεί με καύσιμα και τρόφιμα. Το πλοίο είχε κατασκευασθεί το 1965 στα ναυπηγεία SaintNazaire της Γαλλίας με το όνομα Aldebaran, είχε διαστάσεις 278.9 x 37.5 x 18.9 m, και εκτόπισμα 50904grt.(www.wrecksite.eu)

Το Σάββατο 23 Φεβρουαρίου 1980, γύρω στις 16:00 το απόγευμα, ενώ το σκάφος κατευθυνόταν προς το σημείο όπου θα αγκυροβολούσε ακούστηκαν εκρήξεις στο πρόστεγο του πλοίου και άρχισε η διαρροή του φορτίου στη θάλασσα. Η έκρηξη, όπως διαπιστώθηκε αργότερα, προκλήθηκε από σπινθήρα λόγω τριβής της άγκυρας, σε συνδυασμό με την ύπαρξη αερίων από το φορτίο στο υπόστεγο του πλοίου.

Μια πετρελαιοκηλίδα μήκους δύο μιλίων και πλάτους περίπου μισού μιλίου απλώθηκε αμέσως γύρω από το σκάφος και τόσο το δεξαμενόπλοιο όσο και όλη η επιφάνεια της θάλασσας στη τριγύρω περιοχή καίγονται για 14 ώρες μέχρι το επόμενο πρωί όταν το δεξαμενόπλοιο βούλιαξε τελικά κοντά στο νησί Σφακτηρία. (Τσακίρογλου, 2017)

Το πλοίο παραμένει ακόμη στο βυθόσε βάθος 50 μέτρων αλλά το κατάστρωμα του βρίσκεται σε βάθος, περίπου, 25 μέτρων και λόγω του μήκους του (282 μέτρα), αποτελεί το δεύτερο μεγαλύτερο επισκέψιμο ναυάγιο στον κόσμο.

Όλα τα μέλη του πληρώματος, εκτός από δύο διασώθηκαν. Τα μικρά αλιευτικά σκάφη και όλα τα αλιευτικά εργαλεία που βρίσκονταν στην προβλήτα καταστράφηκαν από τη φωτιά ενώ η φωτιά έκαψε και όλη τη πλαγιά του νησιού Σφακτηρία μέχρι ένα ύψος 30 μέτρων. Η εγκατάσταση ανεφοδιασμού πλοίων που βρισκόταν στο νησί υπέστη μεγάλες ζημιές εξαιτίας της φωτιάς.

Το ευτύχημα ήταν ότι κατά την ώρα των εκρήξεων φυσούσε λεβάντες, και η φωτιά περιορίστηκε στη Σφακτηρία. Καθώς το σύνηθες για τη περιοχή είναι ο βορειοδυτικός άνεμος στη περίπτωση αυτή η φωτιά θα έκαιγε και την πόλη της Πύλου.

4.7.2 Η ρύπανση που προκλήθηκε

Χιλιάδες τόνοι πετρελαίου παρατηρήθηκαν να επιπλέουν στον κόλπο και διαπιστώθηκε ότι αυτό το έλαιο ήταν το ιξώδες υπόλειμμα από τη φωτιά. Μια λιγότερο εκτεταμένη κηλίδα σχετικά καθαρού πετρελαίου παρατηρήθηκε στη περιοχή του ναυαγίου. Μια έρευνα που έγινε μόλις σταμάτησε η φωτιά, μία ημέρα μετά τη βύθιση, αποκάλυψε ότι όλες οι δεξαμενές με το φορτίο ήταν ανοικτές και ουσιαστικά δεν έμεινε φορτίο παρά μόνο σε απομονωμένες πτυχές και ως υπολείμματα που είχε απορροφήσει η επένδυση του σκάφους. Το μεγαλύτερο μέρος του πετρελαίου που διέρρεε ακόμη από το ναυάγιο προερχόταν από το μηχανοστάσιο και η ποσότητα αυτή εκτιμάται ότι είναι συνολικά περίπου 1000 τόνοι bunker(ITOPF, 1980).

Σημαντική ποσότητα πετρελαίου, με εκτιμώμενο όγκο 10-20.000 τόνων, παρατηρήθηκε στην ανοιχτή θάλασσα κατά τη διάρκεια της εναέριας επιτήρησης δύο ημέρες μετά τη βύθιση του σκάφους. Ελλείπει περαιτέρω παρατηρήσεων ή αναφορών, υποτίθεται ότι το χύδην πετρέλαιο διαλύθηκε στη θάλασσα και διαλύθηκε με φυσικές διεργασίες.

Υπολογίζεται ότι συνολικά 40.000 τόνοι πετρέλαιο κάηκαν, άλλοι 35.000 τόνοι διασκορπίστηκαν στη θάλασσα, ενώ ακόμη 25.000 τόνοι εξατμίστηκαν. Η ρύπανση από το πετρέλαιο που μετέφερε το IRENESSERENADE έφτασε σε απόσταση έως και 100 χιλιομέτρων από το σημείο του ναυαγίου. (Μακαρούνας, 2018).

Μέσα στον κόλπο του Ναυαρίνου, παρατηρήθηκαν διάσπαρτοι θύλακες γαλακτώματος πετρελαίου και νερού κατά μήκος των βραχωδών ακτών. Αρκετές

παραλίες με άμμο και βότσαλα γέμισαν από πετρέλαιο αναμεμειγμένο με μεγάλες ποσότητες φυκιών που εναποτέθηκαν στις παραλίες με τα κύματα. Μικρότερες ποσότητες διάχυτου πετρελαίου μεταφέρθηκαν έξω από τον κόλπο μέσα σε ένα διάστημα αρκετών εβδομάδων, οδηγώντας σε μόλυνση έως και 100 χιλιόμετρα αμμώδεις παραλίες.

Ο κόλπος του Ναυαρίνου βρίσκεται σε μια γραφική περιοχή με φυσικές ομορφιές και τόπο αρχαιολογικής και ιστορικής σημασίας. Οι πιθανές ζημιές στην τουριστική βιομηχανία θεωρήθηκαν ως το κύριο μέλημα των προσπαθειών απορρύπανσης και ως εκ τούτου οι πιο γνωστές τουριστικές παραλίες είχαν προτεραιότητα στις εργασίες καθαρισμού. Οι ζημιές στην τοπική αλιεία φαίνονταν να είναι λιγότερο σημαντικές, καθώς η αλιεία κατά μήκος της ακτής ήταν γενικά φτωχή και είχε μειωθεί τα τελευταία 20 χρόνια, ενώ και ο υποβρύχιος βυθός δεν ήταν πλούσιος σε ζωή.

4.7.3 Οι εργασίες καθαρισμού

Η διαδικασία καθαρισμού περιλάμβανε τη συλλογή του υπολείμματος του καμένου πετρελαίου, του γαλακτώματος πετρελαίου-νερού, καθώς και των νέων διαρροών καυσίμων του πλοίου. Οι δραστηριότητες καθαρισμού επικεντρώθηκαν σε προτεραιότητα στην απομάκρυνση του πετρελαίου από την επιφάνεια του νερού κοντά στο βυθισμένο ναυάγιο, την απομάκρυνση των υπολειμμάτων από τις βραχώδεις ακτές που είναι προσβάσιμες μόνο από τη θάλασσα και τις αμμώδεις παραλίες στις οποίες ήταν πιο εύκολη η πρόσβαση.(Hooke, 1997)

Αμέσως μετά το περιστατικό τοποθετήθηκαν πλωτά φράγματα προς το μέρος της Πύλου απομονώνοντας το ναυάγιο για να περιορίσουν την εξάπλωση του πετρελαίου, το οποίο στη συνέχεια ανακτήθηκε χρησιμοποιώντας απορροφητικά πλέγματα (skimmers). Χρησιμοποιήθηκε επίσης ένας βραχίονας σάρωσης επιφανείας, που αναπτύχθηκε από ένα παράκτιο δεξαμενόπλοιο, ώστε να γίνει η ανάκτηση του διαρρέυσαντος καυσίμου που συνέχισε να διαφεύγει από το ναυάγιο.(ITOPF, 1980)

Προστατευτικοί βραχίονες είχαν αναπτυχθεί επίσης στην είσοδο του λιμανιού της Πύλου. Ενώ κάποιοι από αυτούς άντεξαν, οι περισσότεροι δεν ήταν αρκετά ανθεκτικοί για να αντέξουν την ένταση του ανέμου και των κυμάτων και τη φθορά από την επαφή με τα βράχια. Το πετρέλαιο που κόλλησε πάνω στις βραχώδεις ακτές ήταν πολύ ιξώδες και γαλακτωματοποιήθηκε. Μικρά αλιευτικά σκάφη, το καθένα με μια ομάδα 4-6 ανδρών που χρησιμοποιούσαν μακριές λαβές, απασχολήθηκαν για να ανεβάσουν από

μέσα από το νερό το πετρέλαιο που είχε κατακαθίσει και να το βάλουν σε βαρέλια πετρελαίου τοποθετημένα στο κατάστρωμα.

Στις αμμώδεις παραλίες, το πετρέλαιο συλλέχθηκε με φτυάρια σε πλαστικές σακούλες ή βαρέλια πετρελαίου. Μόνο οι παραλίες που είχαν πρόσβαση στο δρόμο και ήταν επισκέψιμες από το κοινό καθαρίστηκαν. Πάνω από 50.000 σάκοι γεμίστηκαν, αν και το μεγαλύτερο μέρος από το υλικό που συλλέχθηκε ήταν άμμος. (www.hellenicshippingnews.com)

Ένα σοβαρό πρόβλημα που δημιουργήθηκε ήταν το θέμα της διάθεσης για τα βαρέλια και τις σακούλες που συσσωρεύτηκαν σε πολλά μέρη. Οι αρμόδιες αρχές αντιμετώπισαν δυσκολίες στον καθορισμό ενός τελικού χώρου διάθεσης και η διαδικασία καθαρισμού ήταν σε εξέλιξη για δύο εβδομάδες πριν συμφωνηθεί ότι τα απόβλητα θα μπορούσαν να μεταφερθούν σε ορυχείο στη Μεγαλόπολη, περίπου 100 χιλιόμετρα μακριά στην Κεντρική Πελοπόννησο. Έτσι, η μεταφορά του συλλεγόμενου υλικού ήταν τόσο παρατεταμένη όσο και δαπανηρή.

Οι δραστηριότητες καθαρισμού ήταν πιο έντονες κατά τη διάρκεια των πρώτων έξι εβδομάδων μετά το περιστατικό, με 17 σκάφη και 400 άτομα που συμμετείχαν στην περίοδο αιχμής. Μετά τα μέσα Απριλίου, όταν ολοκληρώθηκε η κύρια φάση καθαρισμού, οι περισσότερες μηχανικές συσκευές συλλογής πετρελαίου απομακρύνθηκαν από την περιοχή. Το φράγμα παρέμεινε και στη συνέχεια γύρω από το ναυάγιο και η Ακτοφυλακή διατηρούσε μια μικρή ομάδα ατόμων με τον κατάλληλο εξοπλισμό για να συλλέξει τις μικρές ποσότητες πετρελαίου που εξακολουθούσαν να κυκλοφορούν στον κόλπο του Ναυαρίνου. Η συνεχής διαρροή πετρελαίου από το ναυάγιο προκάλεσε την απόφαση της ελληνικής κυβέρνησης να χρησιμοποιήσει εκρηκτικά στο ναυάγιο για να απελευθερώσει το παγιδευμένο στο σκάφος πετρέλαιο. Η πράξη αυτή διεξήχθη σχεδόν ένα χρόνο μετά το περιστατικό με μέτρα που ελήφθησαν για την αντιμετώπιση του πετρελαίου που απελευθερώθηκε. Η μόλυνση της θάλασσας και των ακτών ήταν αμελητέα (Hooke, 1997).

4.8 Ο εμβολισμός του CSL Virginia



Εικόνα 4.16 η σύγκρουση των δύο πλοίων (πηγή: www.gcaptain.com)

4.8.1 Το ιστορικό

Το πρωί της 7ης Οκτωβρίου 2018, το Τυνησιακό οχηματαγωγό “Ulysse” συγκρούστηκε με το κυπριακό πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων “CSL Virginia”. Την ημέρα του ατυχήματος, το “Ulysse” εκτελούσε τη διαδρομή μεταξύ της Γένοβας και Rades που είναι λιμάνι της Τυνησίας. Όσον αφορά το πλοίο μεταφοράς Ε/Κ ήταν αγκυροβολημένο στη θάλασσα, περίπου 28 χλμ βόρεια του CapCorse. Η πλώρη του “Ulysse” συγκρούστηκε και διεμβόλισε τη δεξιά πλευρά του “CSL Virginia” προκαλώντας ένα ρήγμα αρκετών μέτρων στο πλευρό του πλοίου CSL, συμβάν που είχε σαν αποτέλεσμα τη διαρροή μεγάλης ποσότητας από τα καύσιμα του πλοίου.



Εικόνα 4.17 το ρήγμα στα πλευρά του πλοίου "CSL Virginia" (πηγή: wwz.cedre.fr)

Την ίδια ημέρα, η ρύπανση από τη διαρροή πετρελαίου έφθασε στα 25 χιλιόμετρα περίπου σχηματίζοντας 7 ξεχωριστά στρώματα. Ο καιρός ήταν ήπιος, φυσούσε μικρός άνεμος της τάξης των 4 Beaufort και δεν υπήρχαν μεγάλα κύματα και η ορατότητα ήταν καλή.

Το ρυμουλκό άμεσης επέμβασης RIAS¹⁸ AbeilleFlanders έφθασε στο σημείο της σύγκρουσης των δύο πλοίων το απόγευμα της 7ης Οκτωβρίου. Το σκάφος βοήθειας, υποστήριξης, και απορρύπανσης (BSAD¹⁹) "Jason" εξοπλισμένο με όλα τα μέσα επέμβασης και καθαρισμού έφθασε στο σημείο του συμβάντος το βράδυ της ίδιας ημέρας.

Την ίδια ημέρα, η συμφωνία RAMOGEPOL²⁰, η οποία συνδέει τη Γαλλία, το Μονακό και την Ιταλία (παράρτημα 4) σε περίπτωση θαλάσσιας ρύπανσης, ενεργοποιήθηκε από τον ναυτικό διοικητή της Μεσογείου και το βράδυ άρχισαν οι επιχειρήσεις ελέγχου της θαλάσσιας ρύπανσης.

Στις 8 Οκτωβρίου, έφτασαν στη ζώνη του συμβάντος (εκτός από την AbeilleFlandre και τον Jason):

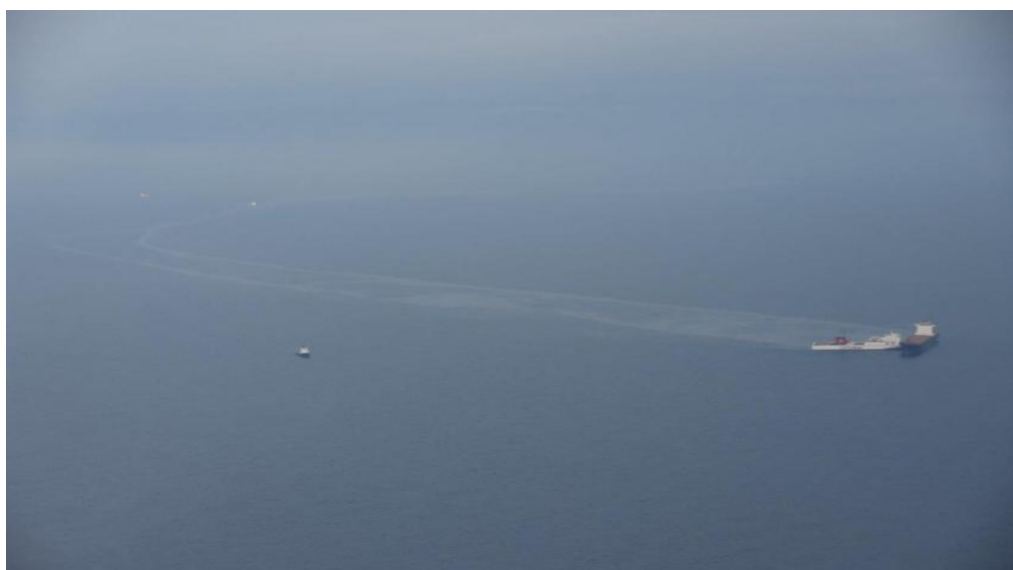
- Το σκάφος βοήθειας, υποστήριξης, και απορρύπανσης "Ailette" με μια ομάδα εμπειρογνομόνων της CEPOL
- Το πολυλειτουργικό ανοικτό σκάφος υποστήριξης NosTaurus που έχει τη δυνατότητα να δρά ως ρυμουλκό βαθέων υδάτων, χειρισμός αγκυρίων, σκάφος πυρόσβεσης, σκάφος για επέμβαση ανάκτησης πετρελαίου, και σκάφος διάσωσης.
- Το υπεράκτιο ιταλικό ρυμουλκό σκάφος Bonassola που ξεκίνησε από τη Γένοβα
- Το ρυμουλκό σκάφος Koral (Ιταλία) που ξεκίνησε από τη Σαρδηνία

Οι υπερπήσεις των αεροσκαφών στις 8 και 9 Οκτωβρίου επέτρεψαν να εντοπιστεί και να εκτιμηθεί η έκταση της ρύπανσης. Οι παρατηρήσεις έδειξαν μια "ασυνεχή κορδέλα μήκους 20 χιλιομέτρων και πλάτους αρκετών εκατοντάδων μέτρων".

¹⁸RugbyRescue, Assistance και RescueTug (RIAS)

¹⁹BSAD : Bâtiment d'Assistance, de Soutien et de Dépollution

²⁰RAMOGEPOL: σύμφωνο κοινής επέμβασης σε περιπτώσεις θαλάσσιας ρύπανσης



Εικόνα 4.18 η από αέρος εικόνα της θαλάσσιας ρύπανσης (πηγή:www.meretmarine.com)

Ο όγκος του καυσίμου κίνησης IFO (ενδιάμεσο καύσιμο λιγότερο παχύρρευστο από το βαρύ μαζούτ), που διέρρευσε στη θάλασσα δεν είχε γίνει ακόμη γνωστό με ακρίβεια. Η βέβαιη εκτίμηση που υπήρχε είναι ότι η διαρροή θα διαρκούσε αρκετές ημέρες και όταν η διαρροή αυτή σταματήσει μόνο τότε μπορούν να απομακρυνθούν τα δύο πλοία και ν' αρχίσει η ανάκτηση του καυσίμου.

4.8.2 Οι εργασίες ανάκτησης του πετρελαίου

Στις 9 Οκτωβρίου, το πλοίο Brezzamare που ανήκει στον EMSA (Ευρωπαϊκός Οργανισμός για την Ασφάλεια στη Θάλασσα) έρχεται για να ενισχύσει τις εργασίες αντιμετώπισης της ρύπανσης στη θάλασσα και αρχίζουν οι διαδικασίες αποκόλλησης των δύο πλοίων.

Στις 10 Οκτωβρίου, ανακτήθηκαν περίπου 150 m³ μείγματος υδρογονάνθρακα και θαλασσινού νερού και αποθηκεύτηκαν σε παρακείμενα πλοία.

Μέχρι τότε οι διαδικασίες απομάκρυνσης των δύο πλοίων ήταν ακόμα σε εξέλιξη. Μία αντιρρυπαντική ζώνη αναπτύχθηκε γύρω από τα δύο σκάφη ώστε να προλάβει τυχόν νέες διαρροές κατά την αποκόλληση.

Στις 11 Οκτωβρίου, οι εργασίες ανάκτησης ποσοτήτων πετρελαίου συνεχίστηκαν και το βράδυ το πλοίο "Ulysse" διαχωρίστηκε από το "CSL Virginia".

Στις 12 Οκτωβρίου, το πλοίο "Ulysse" αφού έλαβε τη συμφωνία του πλοιοκτήτη του για να πλεύσει, ξεκίνησε για να φθάσει σε ένα λιμάνι της Τυνησίας. Το "CSL

Virginia” παρέμεινε στην άγκυρα, περιβαλλόμενο από ένα αντιρρυπαντικό σύστημα για προστασία κατά της ρύπανσης. Ο ναυτικός διοικητής της Μεσογείου έδωσε εντολή σε όλα τα σκάφη που βρίσκονταν στη περιοχή να αρχίσουν την άντληση πετρελαιοειδών καθοδηγούμενα από εναέρια μέσα για την ταυτοποίηση των κηλίδων ρύπανσης.

Στις 13 Οκτωβρίου, η πετρελαιοκηλίδα που δημιουργήθηκε στη θάλασσα σταδιακά στράφηκε βόρεια. Όλες οι προσπάθειες επικεντρώθηκαν στην ανάκτηση των πετρελαιοειδών που βρίσκονταν πλησιέστερα στις ακτές. Οι ευνοϊκές καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν επέτρεψαν στις προσπάθειες απορρύπανσης να έχουν καλή αποτελεσματικότητα τόσο όσον αφορά την ανάκτηση των υδρογονανθράκων με άντληση ή την απομάκρυνση των συσσωματωμάτων που σχηματίζονται στη θάλασσα με δίκτυα.

Στις 14 Οκτωβρίου, η ανάκτηση ρύπανσης διευκολύνθηκε από τις πτήσεις των αεροσκαφών επιτήρησης. Έτσι, μια ομάδα από 12 πλοία κατάφερε να συγκεντρώσει περισσότερα από 1000 m³ του υδρογονάνθρακα / θαλασσινού νερού ενώ υπάρχει η εκτίμηση ότι εν τω μεταξύ περίπου το 30% του καυσίμου έχει εξατμιστεί ή έχει απορροφηθεί από το περιβάλλον. Ο αγώνας στη θάλασσα θα επικεντρωθεί τώρα στη διάνοιξη των σφαιριδίων υδρογονανθράκων που βρίσκονται πλησιέστερα στην ακτή.

Στις 15 Οκτωβρίου, η πρόγνωση του καιρού ήταν ιδιαίτερα δυσμενής, και μόνο το σκάφος “Jason” ήταν σε θέση να πραγματοποιήσει εργασίες απορρύπανσης στη θάλασσα.

Στις 16 Οκτωβρίου, η επιδείνωση των καιρικών συνθηκών ενισχύθηκε, και δεν ήταν δυνατή η διεξαγωγή εργασιών. Όλα τα σκάφη εκμεταλλεύτηκαν την ευκαιρία για να αναμορφώσουν τον εξοπλισμό ανάκτησης ρύπων, προκειμένου να ασκήσουν δραστηριότητες αλιείας με δίκτυα μόλις παρατηρηθεί ένας ήπιος καιρός.

4.8.3 Η ρύπανση στη περιοχή

Στις αρχές του απογεύματος παρατηρήθηκαν στις ακτές οι πρώτες αφίξεις υδρογονανθράκων, με τη μορφή σφαιριδίων και πολύ ιξώδεις πλάκες, σε μια περιοχή από το ακρωτήριο Lardier μέχρι τον κόλπο του Σαιν Τροπέζ. Οι παραλίες και οι βραχώδεις επιφάνειες επηρεάστηκαν αμέσως, ενώ συνολικά 16 χιλιόμετρα της παραλίας του Σαιν Τροπέζ ρυπάνθηκαν από τους 600 τόνους πετρελαίου που διέφυγαν τελικά.

Στις 4:45 μ.μ., της ίδιας ημέρας ο Νομάρχης τηςVareνεργοποίησε το σχέδιο POLMAR-Terreπου έχει για σκοπό τον συντονισμό των δραστηριοτήτων καθαρισμού των ακτών και την ίδρυση μιας ειδικής μονάδας κρίσης. Το πρόγραμμα αυτό διαθέτει επίσης υλικά που προορίζονται να προστατεύσουν την ακτογραμμή ή να την καθαρίσουν σε περίπτωση θαλάσσιας ρύπανσης. Τέτοια υλικά είναι για παράδειγμα, φράγματα, από κυλίνδρους φτιαγμένους από απορροφητικό υλικό και φορηγίδες ανάκτησης (ειδικά για την ανάκτηση καυσίμων στην επιφάνεια του νερού), εύκαμπτες δεξαμενές (πλωτές και χερσαίες), αντλίες, εξοπλισμός απόξεσης κλπ. για καθαρισμό παραλιών, καθαριστικά υψηλής πίεσης για την επεξεργασία πετρωμάτων, αποβάθρων, εμπορευματοκιβωτίων (οδικών / αεροπλάνων), μέσωσων επικοινωνίας.

4.9 Η έκρηξη στο MT-HAVEN



Εικόνα 4.19 η φωτιά στο δεξαμενόπλοιο MT-HAVEN (πηγή: blog.mares.com)

4.9.1 Το ιστορικό

Στις 11 Απριλίου 1991, το VLCC δεξαμενόπλοιο HAVEN,εκφόρτωνε τους 230.000 τόνους του αρχικού φορτίου του στην πλωτή πλατφόρμα Multedo.Έχοντας ακόμη ένα παραμένον φορτίο 144.000 τόνωνμε αργόιρανικό πετρέλαιο, υπέστη έκρηξη από ηλεκτρικό σπινθήρακατά τον καθαρισμό της κεντρικής δεξαμενής, ενώ ήταν αγκυροβολημένοστο λιμάνι της Γένοβας.

Η βασική αιτία της έκρηξης φαίνεται ότι ήταν η κακή κατάσταση επισκευής του πλοίου, καθώς το HAVENείχε οδηγηθεί στο scrap καθώς είχε δεχθεί πλήγμα από πυραύλους κατά τη διάρκεια του πολέμου Ιράν-Ιράκ, αλλά νηολογήθηκε εκ νέου καθώς είχε αγορασθεί από scrap. Η έκρηξη είχε ως αποτέλεσμα την απώλεια έξι μελών

πληρώματος, ενώ το σκάφος έσπασε σε τρία τμήματα με το ένα τμήμα να βυθίζεται άμεσα κοντά στο σημείο αγκίστρωσης. Το πλοίο κατευθύνθηκε ανεξέλεγκτα νοτιοδυτικά όπου βυθίστηκε το τμήμα του πλώρης. Το υπόλοιπο κυρίως τμήμα οδηγήθηκε προς το CapoArenzano, δυτικά της Γένοβας. Οι επιχειρήσεις πυρόσβεσης ξεκίνησαν αμέσως μετά τις αρχικές εκρήξεις, αλλά δεν μπόρεσαν να σβήσουν τη φωτιά στο πλοίο, με συνέπεια, το κύριο τμήμα του σκάφους να βυθιστεί περίπου 14,5 ναυτικά μίλια υπεράκτια στις 14 Απριλίου μετά από συνεχείς εκρήξεις (ITOPF, 1991).

Η ακριβής τύχη του φορτίου δεν είναι γνωστή. Ωστόσο, σύμφωνα με εκτιμήσεις, περίπου το ήμισυ του φορτίου κήκε κατά τη διάρκεια των εκρήξεων και των πυρκαγιών. Πάνω από 10.000 τόνοι πετρελαίου εκτιμήθηκε ότι χύθηκαν στη θάλασσα μετά τη πρώτη έκρηξη και πριν από το ναυάγιο του κύριου τμήματος. Μετά το ναυάγιο του κυρίως τμήματος οι διαρροές πετρελαίου συνεχίζονταν για ένα ολόκληρο χρόνο.

4.9.2 Οι ενέργειες περισυλλογής και καθαρισμού

Η αρχική αντιμετώπιση στη θάλασσα είχε ως αποτέλεσμα τη συλλογή περίπου 5.500m³ πετρελαίου. Σημαντικά μήκη προστατευτικών φραγμάτων αναπτύχθηκαν σε μια προσπάθεια να προστατευθεί η ακτογραμμή, και παρόλο που αρχικά η προσπάθεια φαινόταν να είχε επιτυχία, οι καταιγίδες έσπρωξαν όμως τελικά το πετρέλαιο στις παραλίες. Το πετρέλαιο που χύθηκε αρχικά εξαπλώθηκε ευρέως κατά μήκος των βόρειων ακτών της Λιγουρίας, με αποτέλεσμα τη μεγάλη μόλυνση της ιταλικής ακτογραμμής και σε μικρότερο βαθμό της γαλλικής ακτής και της ακτής του Μονακό.

Ο καθαρισμός των ακτών πραγματοποιήθηκε κυρίως από εθελοντές και στρατιωτικό προσωπικό και αφορούσε κυρίως την απομάκρυνση του πετρελαίου και των πετρελαϊκών καταλοίπων.

4.9.3 Οι συνέπειες

Το ατύχημα ήταν μακράν το μεγαλύτερο ατύχημα που έχει συμβεί στη Μεσόγειο, όχι μόνο επειδή η ποσότητα πετρελαίου που χύθηκε στη θάλασσα ήταν πολύ μεγάλη αλλά και λόγω της μεγάλης περιβαλλοντικής ζημιάς που προκάλεσε. Το συμβάν, εκτός από τις ακτές, προκάλεσε σοβαρή ρύπανση στα θαλάσσια νερά και τη ζωή σε αυτά, καθώς και στον βυθό της θάλασσας. Τουλάχιστον για την επόμενη δεκαετία, η αλιεία κατά μήκος της γαλλικής και της ιταλικής ακτής υπέστη σοβαρές περιβαλλοντικές ζημίες από τη ρύπανση. Επιπλέον, 45 εκατομμύρια γαλιόνια πετρελαίου διέρρευσαν στα

νεράτης Μεσογείου και οι επιπτώσεις από τα παραμένοντα κατάλοιπα της πετρελαιοκηλίδας εξακολούθησαν να εμφανίζονται και για τα επόμενα 12 χρόνια.



Εικόνα 4.20 το MT-HAVEN στο βυθό (πηγή: blog.mares.com)

Σήμερα το MT-HAVEN βρίσκεται σε βάθος 33μ έως 83μ. από την ακτή του Arenzano (Γένοβα) και είναι το μεγαλύτερο ναυάγιο της Ευρώπης στη θάλασσα.

Κεφάλαιο 5^ο

Η εφαρμογή της πολυκριτηριακής ανάλυσης

5.1 Εισαγωγή

Σε αυτή την ενότητα περιγράφονται οι μεθοδολογικές διαδικασίες που ακολουθήθηκαν κατά την διεξαγωγή αυτής της έρευνας, αναφέρονται δηλαδή οι μέθοδοι συλλογής των αποτελεσμάτων που χρησιμοποιήθηκαν και εξηγείται περαιτέρω ο τρόπος με τον οποίο τα αποτελέσματα αναλύθηκαν για την επίτευξη των δηλωμένων στόχων και του γενικού στόχου της έρευνας.

Η μελέτη σχεδιάστηκε με βάση την ερμηνευτική ή την ποιοτική ερευνητική μέθοδο, που ορίζεται ως κάθε είδους έρευνα που παράγει ευρήματα που δεν προέκυψαν μέσω στατιστικών διαδικασιών ή άλλων μέσων ποσοτικού προσδιορισμού. Με την έννοια δε του ποιοτικού και όχι του ποσοτικού προσδιορισμού εννοούμε ότι δεν υπάρχουν αριθμητικές μεταβλητές αλλά μόνο ποιοτικές, για παράδειγμα η τιμή 1 για τις

επιπτώσεις στη πανίδα μιας περιοχής δεν σημαίνει 1 αλλά τιμή επιπέδου 1 δηλαδή ανάλογες επιπτώσεις σε δύο περιοχές μπορεί να έχουν τη τιμή αλλά δεν σημαίνει ότι είναι ίδιες. Οι ποιοτικές μελέτες είναι εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την κατανόηση και τη περιγραφή του κόσμου της ανθρώπινης εμπειρίας.

Η βιβλιογραφική έρευνα που υποστηρίζει μια ποιοτική ερευνητική μέθοδο περιλαμβάνει αναφορές, έγγραφα, δημοσιεύσεις συνεδρίων και άλλες πηγές, κυρίως μέσα από το διαδίκτυο. Στη μελέτη αυτή, τα μέσα μετασχηματισμού, όπου συλλέγονται όλοι αυτοί οι πόροι, διερευνώνται για να συλλεχθούν και να αξιολογηθούν τα διδάγματα που δημιουργήθηκαν μέσω αυτών των εμπειριών, με τρόπο που θα διατηρήσει τις γνώσεις που αποκτήθηκαν μέσω αυτών των εμπειριών για τη βελτίωση του σχεδιασμού έκτακτης ανάγκης και της ανταπόκρισης σε έκτακτες ανάγκες εμφάνισης μιας πετρελαιοκηλίδας. Η μεθοδολογία αυτή καθορίζεται με τον όρο «ανάλυση περιεχομένου».

Η ανάλυση περιεχομένου ορίζεται ως μελέτη των καταγεγραμμένων ανθρώπινων επικοινωνιών, όπως βιβλία, ιστοσελίδες, αναφορές και νόμοι (Holsti, 1969, Babbie, 1975). Είναι μια τεχνική για τη δημιουργία, με αντικειμενικό και συστηματικό προσδιορισμό, συμπερασμάτων, βάσει συγκεκριμένων χαρακτηριστικών των αναφορών που εμφανίζονται μέσα από τις επιλεγμένες πηγές πληροφοριών.

Στο πλαίσιο αυτής της μελέτης επιλέγονται μελέτες περιπτώσεων χρησιμοποιώντας τη μέθοδο ανάλυσης περιεχομένου της συλλογής δεδομένων για να απαντηθεί το ερευνητικό ερώτημα που εκφράζει το σκοπό της εργασίας. Η κάθε περίπτωση στηρίζεται σε μια τελείως διαφορετική ποσότητα περιεχομένου. Για κάποιες υπάρχει πληθώρα πληροφόρησης, ίσως μερικές φορές υπερβολικά λεπτομερούς, ενώ σε άλλες υπάρχουν πιο συνοπτικές αναφορές. Σε όλες όμως τις περιπτώσεις δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι ένα κοινό χαρακτηριστικό της έρευνας περιπτώσεων είναι ότι δεν μπορεί κανείς να γενικεύσει από αυτήν. Μόνο μέσω δειγματοληψίας προσανατολισμένης στις επαναληψιμότητες των πληροφοριών μπορεί κανείς να φθάσει σε μελέτες περιπτώσεων που επιτρέπουν τη γενίκευση. (Maykut and Morehouse, 1994).

Υπάρχουν εν γένει, τρεις κατηγορίες συλλογής πληροφοριών που είναι: η περίπτωση που ξεφεύγει εντελώς από τον κανόνα, η τυπική περίπτωση που περιγράφει τον κανόνα και η κρίσιμη περίπτωση που ανατρέπει τον κανόνα δημιουργώντας νέα

στρατηγική. Κάθε κατηγορία προσθέτει και τη δική της οπτική στην ανάλυση και την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Για να δούμε τι σημαίνει αυτό ας αναφέρουμε ένα παράδειγμα. Χρησιμοποιήθηκαν ουσίες διασκορπισμού της πετρελαιοκηλίδας τόσο στη περίπτωση του ExxonValdezόσο και στο ναυάγιο του Erika. Τα αποτελέσματα δεν ήταν τα αναμενόμενα αλλά για διαφορετικούς, όπως είδαμε, λόγους. Το συμπέρασμα όμως ήταν ότι η χρήση ουσιών διασκορπισμού πρέπει να γίνεται σε ακραίες μόνο περιπτώσεις, αφού αποκλεισθούν οι περισσότερες από τις συμβατικές μεθόδους.

Η **πολυκριτηριακή μέθοδος ανάλυσης** στοχεύει στη σύγκριση διαφορετικών δράσεων, αποτελεσμάτων ή λύσεων, σύμφωνα με ποικίλα κριτήρια και πολιτικές. Η μέθοδος βασίζεται στην αξιολόγηση των ενεργειών μέσω της δημιουργίας, για κάθε μια από αυτές, ενός σταθμισμένου μέσου όρου αξιολόγησης.

5.2 Τα στοιχεία του δείγματος

Όπως προαναφέρθηκε επιλέξαμε στην εργασία να αναφερθούμε σε συμβάντα δημιουργίας πετρελαιοκηλίδων μετά από ατυχήματα σε πλοία που μετέφεραν φορτία υδρογονανθράκων και όχι σε πετρελαιοκηλίδες που δημιουργήθηκαν σε πλατφόρμες εξόρυξης πετρελαίου ή σε πετρελαιοαγωγούς μεταφοράς πετρελαίου, έστω και αν στις περιπτώσεις αυτές η ρύπανση είναι πολύ πιο μεγάλη τόσο σε μέγεθος όσο και σε συνέπειες. Ο βασικός λόγος για αυτό είναι ότι στα θαλάσσια συμβάντα η αξία της έγκαιρης ανίχνευσης και παρακολούθησης καθώς και ο καλός συντονισμός των εργασιών περιορισμού της ρύπανσης και καθαρισμού των ρυπασμένων περιοχών είναι δυσκολότερος καθώς εμπλέκονται πολλοί και διαφορετικοί παράγοντες.

Αν και η τάση είναι να μειώνονται με τη πάροδο του χρόνου τα θαλάσσια ατυχήματα που προκαλούν την εμφάνιση πετρελαιοκηλίδων και ρυπάνσεις (παράρτημα Z) οι πολύ σοβαρές συνέπειες που δημιουργούνται από ατυχήματα αυτού του είδους μας αναγκάζουν να αναζητάμε συνεχώς τη βελτιστοποίηση των μεθόδων πρόληψης και αντιμετώπισης.

Καθώς η Μεσόγειος αποτελεί μια κλειστή λεκάνη η οποία έχει μια μεγάλη πυκνότητα θαλάσσιων μεταφορών μας ενδιαφέρει ιδιαίτερα η αποτελεσματικότητα καθώς και οι συνέπειες από τις μεθόδους πρόληψης και απορρύπανσης που χρησιμοποιούνται στη περιοχή. Ο βασικός στόχος της εργασίας είναι να εμφανισθεί η βαρύτητα των συμβάντων σε συνάρτηση με την εφαρμογή των κατάλληλων μεθόδων.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται κάποιες επιλεγμένες περιπτώσεις ρύπανσης θαλασσών και αναλύονται ως προς την αποτελεσματικότητα τους οι επεμβάσεις που έγιναν και οι συνέπειες που δημιουργήθηκαν. Προκειμένου να υπάρξει μια όσο το δυνατόν πιο γενικευμένη εικόνα επιλέχθηκαν εννιά περιπτώσεις οι οποίες περιγράφηκαν αναλυτικά στο κεφάλαιο που προηγήθηκε. Από αυτές, οι πέντε αφορούσαν ανοικτές θάλασσες και οι άλλες τέσσερις αφορούσαν περιστατικά που συνέβησαν στη Μεσόγειο, που θεωρείται μια ιδιαίτερα κλειστή θάλασσα. Οι διαρροές που περιγράφηκαν μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους καθώς όλες συνέβησαν σε θαλάσσιο χώρο και επομένως αντιμετωπίστηκαν με τον ίδιο περίπου τρόπο. Μετά τη περιγραφή τους όλες οι περιπτώσεις έγιναν αντικείμενο μιας πολυκριτηριακής ανάλυσης με στόχο να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα των επεμβατικών μεθόδων, που κάθε φορά χρησιμοποιήθηκαν, και η σοβαρότητα των αποτελεσμάτων που προέκυψαν.

Οι διαθέσιμες πληροφορίες, ως προς τις ακριβείς λεπτομέρειες της κάθε περίπτωσης, κυρίως όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις κυμαίνονται τόσο όσον αφορά τον αριθμό τους αλλά κυρίως όσον αφορά την ακρίβεια τους. Καθώς υπάρχουν δράσεις που έγιναν τόσο από τις κυβερνήσεις, όσο και από μη κυβερνητικές ομάδες δεν υπάρχει για όλες εκτεταμένη πληροφόρηση. Έστω όμως και αν σε κάποιες περιπτώσεις βασικά στοιχεία δεν μπόρεσαν να βρεθούν, υπάρχει αρκετή πληροφόρηση ώστε να είναι δυνατή η εφαρμογή της πολυκριτηριακής μεθόδου, ενώ η ίδια η ανάλυση και η σχετική επεξεργασία των αποτελεσμάτων βοηθάει στην αύξηση της πληροφόρησης και επιτρέπει τη βελτιωμένη εφαρμογή των επεμβατικών μεθόδων σε μια παρόμοια περίπτωση που θα παρουσιασθεί στο μέλλον.

Ο εντοπισμός των ατελειών και των αδυναμιών της κάθε μεθόδου, σε συνδυασμό με την αναφορά και παρουσίαση των σύγχρονων τεχνολογικών εξελίξεων στους συγκεκριμένους τομείς, δημιουργεί μια πλατφόρμα για την βελτιωμένη αντιμετώπιση παρόμοιων συμβάντων στο μέλλον.

5.3 Η επιλογή των κριτηρίων

Στην εργασία, ένα συμβάν εμφάνισης μιας πετρελαιοκηλίδας μετά από ένα ατύχημα σε ένα πλοίο εξετάζεται από δύο πλευρές. Η πρώτη πλευρά αφορά τη σοβαρότητα που έχει ως προς την αντιμετώπιση, τις συνέπειες αλλά και το κόστος αντιμετώπισης της

πετρελαιοκηλίδας. Στη περίπτωση αυτή ως κριτήρια αξιολόγησης της σοβαρότητας επιλέχθηκαν:

Η ποσότητα και η σύνθεση του φορτίου που μεταφερόταν με το πλοίο. Η ποσότητα είναι σημαντική αλλά δεν είναι καθοριστική καθώς, για παράδειγμα, από τα συμβάντα που εξετάστηκαν οι συνέπειες από τη βύθιση του Erika που μετέφερε 30 χιλιάδες τόνους πετρελαίου ήταν πολλές φορές πιο σημαντικές από εκείνες του CastillodeBellver που μετέφερε 250 χιλιάδες τόνους φορτίου.

Όσον αφορά τη σύνθεση του φορτίου έχει σημασία καθώς, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενες ενότητες ανάλογα με την σύνθεση και τις φυσικές ιδιότητες του φορτίου εξελίσσονται και τα φαινόμενα εξάτμισης, στερεοποίησης, αναδόμησης και διασποράς της ποσότητας που διέρρευσε. Σαν επακόλουθο αλλάζει και η αποτελεσματικότητα των μεθόδων συλλογής και απορρύπανσης που χρησιμοποιούνται.

Η εγγύτητα κατοικημένων περιοχών ή τουριστικών παραλιών ή εγκαταστάσεων οικονομικού ενδιαφέροντος αποτελεί ακόμη ένα κριτήριο αξιολόγησης της σοβαρότητας των συνεπειών.

Οι μετεωρολογικές ιδιαιτερότητες της περιοχής όπου έγινε η διαρροή έχουν επίσης τη σημασία τους. Η ύπαρξη, ρευμάτων που μεταφέρουν επιλεκτικά τη διαρροή προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση, ανέμων που επίσης καθορίζουν τη πορεία της πετρελαιοκηλίδας, θερμοκρασιακών διαφορών που μεταβάλλουν τις ιδιότητες της πετρελαιοκηλίδας και κυμάτων που αναμιγνύουν τις διαρροές μέσα σε όλη την υδάτινη στήλη του θαλασσινού νερού καθορίζουν την αξία του κριτηρίου αυτού.

Το κόστος όλων των ενεργειών που αφορούν τόσο την απομάκρυνση όσο και τη διαχείριση των υπολοίπων του ναυαγίου, τις προσπάθειες περιορισμού της ρύπανσης και τις δραστηριότητες απορρύπανσης της περιοχής είναι ένα ακόμη κριτήριο αξιολόγησης.

Οι ιδιαιτερότητες για τα είδη ζωής που υπάρχουν μέσα στο θαλασσινό νερό είναι ένας ακόμη παράγοντας αξιολόγησης της σημαντικότητας ενός συμβάντος θαλάσσιας ρύπανσης. Με το κριτήριο αυτό αξιολογούνται οι συνέπειες όσον αφορά τη ρύπανση exante, δηλαδή δυνητικά εκ των προτέρων ενώ οι συνέπειες από τις δραστηριότητες που αναπτύχθηκαν αφορά τη συνέχεια της αξιολόγησης.

Τέλος ένα ακόμη κριτήριο είναι **η γεωμορφολογία της περιοχής**, κριτήριο που αναφέρουμε μόνο χάριν ολοκληρωτικής προσέγγισης καθώς δεν έχουμε επαρκή στοιχεία για να την αξιολογήσουμε.

Η δεύτερη πλευρά αφορά την αποτελεσματικότητα των μεθόδων αντιμετώπισης του συμβάντος. Η αποτελεσματικότητα των μεθόδων αντιμετώπισης ενός συμβάντος ρύπανσης των θαλασσιών περιοχών από μια πετρελαιοκηλίδα αξιολογήθηκε βάσει τεσσάρων κατηγοριών κριτηρίων: ανάκτηση, περιβαλλοντικές επιπτώσεις, μόνιμες επιπτώσεις, εξωτερικοί παράγοντες.

Στη κατηγορία της αποτελεσματικής αντιμετώπισης υπάρχουν:

το κριτήριο της περισυλλογής του πετρελαίου, της ποσότητας δηλαδή του πετρελαίου που περισυλλέγεται σε σχέση με το συνολικό πετρέλαιο που έχει διαρρεύσει στη θάλασσα

το κριτήριο της αποτροπής ρύπανσης των κρίσιμων περιοχών και των ακτών όπου υπάρχει συγκέντρωση ατόμων

το κριτήριο των ευκολιών στα logisticstων εργασιών διαχείρισης των προσπαθειών αντιμετώπισης της ρύπανσης. Με το κριτήριο αυτό αξιολογείται η δυνατότητα πρόσβασης, η επάρκεια των μέσων, η ύπαρξη διαδικασιών διαχείρισης της κρίσης, η διαχείριση των καταλοίπων, κ.α.

Στη κατηγορία των περιβαλλοντικών επιδράσεων μετά την εφαρμογή μιας μεθόδου επέμβασης περιλαμβάνονται:

η ύπαρξη υπολειμμάτων από τις διαρροές πετρελαίου στο περιβάλλον μετά το τέλος της επέμβασης

η έκταση και η βαρύτητα των άμεσων συνεπειών τις αμέσως επόμενες από το συμβάν ημέρες

η πυροδότηση μιας αλυσίδας γεγονότων (έμμεσες συνέπειες) που επηρεάζουν το τριγύρω περιβάλλον

οι επιπτώσεις, από την εφαρμογή της μεθόδου επέμβασης, στη ταχύτητα αποκατάστασης των συνεπειών στο περιβάλλον.

Για τις μόνιμες επιπτώσεις από τη ρύπανση υπάρχουν δύο βασικά κριτήρια που είναι η **ύπαρξη των αναγκαίων μηχανισμών παρακολούθησης και ελέγχου και η πληρότητα της εφαρμογής των μέσων αποκατάστασης** που έχουν επιλεγεί.

5.4 Η βαθμολόγηση των κριτηρίων

Για να αξιολογηθεί ένα συμβάν με βάση τα κριτήρια που επιλέχθηκαν ακολουθούμε την εξής διαδικασία. Είναι προφανές ότι ο βαθμός αξιολόγησης που δίνεται, είναι καθαρά υποκειμενικός και μπορεί ένας άλλος αξιολογητής να δώσει έναν διαφορετικό βαθμό.

Αξιολογούμε ξεχωριστά τη σοβαρότητα του συμβάντος και την αποτελεσματικότητα των επεμβάσεων. Για τα κριτήρια αξιολόγησης της σοβαρότητας έχουμε την ακόλουθη βαθμολόγηση:

Ποσότητα φορτίου που διέρρευσε: 0 = λιγότερο από 1500 τόνους, 1 = από 1500 έως 10000 τόνους, 2 = 10000 έως 35000 τόνους, 3 = 35000-90000 τόνους, 4 = περισσότεροι από 90000 τόνοι (συντελεστής βαρύτητας 0,75)

Σύνθεση φορτίου: προϊόντα διύλισης = 1, WTI crude oil = 2, crude oil = 3, 4 = bunker fuel, βασισμένη στη λογική της δυσκολίας εξάτμισης (συντελεστής βαρύτητας 0,5)

Η εγγύτητα με περιοχές που παρουσιάζουν κοινωνικό ή οικονομικό ενδιαφέρον: ανοικτή θάλασσα = 0, κοντά σε παράκτιες περιοχές = 1, κοντά σε παραλίες = 2, κοντά σε παράκτιες περιοχές με οικονομικό ενδιαφέρον = 3, σε κατοικημένες περιοχές και ακτές = 4 (συντελεστής βαρύτητας 1,0)

Οι μετεωρολογικές ιδιαιτερότητες βαθμολογούνται ως εξής: απουσία ιδιαίτερων φαινομένων = 0, αλλαγές καιρού = 1, ύπαρξη ρευμάτων = 2, τρικυμίες ή δύσβατες περιοχές = 3, συχνές καταιγίδες και θύελλες = 4 (συντελεστής βαρύτητας 0,5)

Το κόστος επέμβασης: στη περίπτωση αυτή δεν είναι εύκολο ούτε να υπολογισθούν τα συνολικά κόστη (για παράδειγμα ποιά είναι το κόστος για τους εθελοντές), ούτε είναι δυνατόν να γίνει σύγκριση καθώς τα συμβάντα είναι σε βάθος 50ετίας. Από τις περιγραφές των επεμβάσεων όμως αποδίδουμε το κόστος από εξωτερικούς παράγοντες (κόστος συνεργείων, αεροσκάφη, κόστος ουσιών, βοηθητικά πλοία) σε: μικρό κόστος = 0, αποδεκτό κόστος = 1, υψηλό κόστος = 2 (συντελεστής βαρύτητας 0,75)

Οι ιδιαιτερότητες στη πανίδα και τη χλωρίδα της περιοχής: δεν υπάρχει ενδιαφέρον = 0, επιβάρυνση της παράκτιας περιοχής = 1, σοβαρή επιβάρυνση των ακτογραμμών ή

του βυθού = 2, επιπτώσεις στη πανίδα ή/και τη χλωρίδα = 3, επιπτώσεις σε είδη που κινδυνεύουν με εξαφάνιση = 4 (συντελεστής βαρύτητας 1,0)

Όσον αφορά τη δεύτερη κατηγορία αξιολόγησης για κάθε περίπτωση δημιουργίας μιας ρυπογόνου πετρελαιοκηλίδας αποδίδεται σε κάθε μία από τις τρεις πρώτες κατηγορίες ένας βαθμός αξιολόγησης.

Καθώς κάθε περίπτωση δεν περιλαμβάνει τον ίδιο αριθμό μεθόδων επέμβασης ο βαθμός αξιολόγησης προκύπτει ως ο μέσος όρος της αποτελεσματικότητας όλων των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν έτσι ώστε να εκφράζεται η αποτελεσματικότητα της συνολικής επέμβασης.

Όταν τα αποτελέσματα δεν είναι αξιόλογα, δεν έχουν κανένα αποτέλεσμα ή δεν είναι μετρήσιμα δίνεται στο κριτήριο η τιμή ‘μηδέν’(0). Οι τιμές από 1 έως 5 αποδίδουν την θετική εικόνα των αποτελεσμάτων και από -1 έως -5 την αρνητική εικόνα τους.

Υπολογίζεται τελικά μια συνολική βαθμολογία, ως ο μέσος όρος των επιμέρους βαθμολογιών, σε κάθε κατηγορία.

Το ζεύγος τιμών (σημασία συμβάντος και αποτελεσματικότητα επέμβασης) είναι χαρακτηριστικό για το κάθε συμβάν.

Η σύγκριση που γίνεται μεταξύ των συμβάντων σε κλειστές θάλασσες, όπως η Μεσόγειος, και σε ανοικτές όπως οι υπόλοιπες τέσσερις περιπτώσεις δείχνει και τη σημασία που μπορεί να έχουν, για την αποτελεσματική αντιμετώπιση της ρύπανσης από τη πετρελαιοκηλίδα, κάποιες έγκαιρες προβλέψεις που μπορεί να γίνουν.

Η έγκαιρη πρόβλεψη είναι ένας κρίσιμος παράγοντας διότι ξέροντας η πετρελαιοκηλίδα που πάει μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τις βέλτιστες για τη περιοχή και το χρονικό διάστημα μεθόδους περιορισμού της πετρελαιοκηλίδας και απορρύπανσης αυξάνοντας την αποτελεσματικότητα τους και μειώνοντας το κόστος τους.

Κεφάλαιο 6^ο

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων

6.1 Η σοβαρότητα του συμβάντος

Όπως επισημάνθηκε στη προηγούμενη ενότητα η έρευνα είναι ποιοτική και όχι ποσοτική. Αυτό σημαίνει ότι, για παράδειγμα, μια διαφορά τελικών τιμών 1,3 με 2,5 δεν σημαίνει ότι η σοβαρότητα του συμβάντος είναι διπλάσια αλλά ότι η σοβαρότητα είναι τόσο διαφορετική που αλλάζει κλίμακα σημασίας.

Για τα συμβάντα που έγιναν σε ανοικτές θάλασσες διαμορφώνεται ο ακόλουθος πίνακας αποτελεσμάτων

Το συμβάν	Sea Empress		Castillo de Bellver		Amoco Cadiz		Erika		Exxon Valdez	
	Βαθμός	Σύνολο	Βαθμός	Σύνολο	Βαθμός	Σύνολο	Βαθμός	Σύνολο	Βαθμός	Σύνολο
Ποσότητα	4	3,0	4	3,0	4	3,0	2	1,5	2	1,5
Ποιότητα	3	1,5	2	1,0	2	1,0	3	1,5	2	1,0
Εγγύτητα	4	4,0	2	2,0	4	4,0	3	3,0	1	1,0
Μετεωρι/κές συνθήκες	1	0,5	2	1,0	3	1,5	2	1,0	4	2,0
Κόστος	2	1,5	0	0,0	2	1,5	3	2,25	4	3,0
Περιβάλλον	3	3,0	2	2,0	4	4,0	4	4,0	3	3,0
Μέση τιμή		2,25		1,44		2,52		2,12		1,92

Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι το ναυάγιο του AmocoCadiz είναι το σοβαρότερο από τα συμβάντα, ενώ όλα τα συμβάντα, εκτός από το CastillodeBellver βρίσκονται στο επίπεδο σοβαρότητας 2. Είναι εντυπωσιακό ότι το CastillodeBellver είναι το σκάφος που μετέφερε το μεγαλύτερο φορτίο πετρελαίου, αλλά ο συνδυασμός άλλων παραγόντων άμβλυνε πολύ τη σοβαρότητα του συμβάντος.

Στη περίπτωση τώρα των ατυχημάτων σε κλειστή λεκάνη, όπως αυτή της Μεσογείου, τα συμβάντα που επιλέχθηκαν είναι πιο ετερογενή από τη περίπτωση της ανοικτής θάλασσας, καθώς δεν ήταν εύκολο να βρεθούν αρκετά συμβάντα με όμοια χαρακτηριστικά. Έχουμε για παράδειγμα ένα σκάφος που δεν μετέφερε φορτίο πετρελαίου, δύο πετρελαιοφόρα σταθμευμένα μέσα σε λιμάνι και μόνο ένα στα ανοικτά. Με αυτές τις παρατηρήσεις διαμορφώνεται ο ακόλουθος πίνακας

Το συμβάν	Khark 5		Irenes Serenade		CSL Virginia		MT Haven	
	Βαθμός	Σύνολο	Βαθμός	Σύνολο	Βαθμός	Σύνολο	Βαθμός	Σύνολο
Ποσότητα	3	2,25	4	3,0	1	0,75	4	3,0
Ποιότητα	2	1,0	2	1,0	4	2,0	3	1,5
Εγγύτητα	1	1,0	4	4,0	4	4,0	4	4,0
Μετεωρολογικές συνθήκες	2	1,0	1	0,5	2	1,0	0	0,0
Κόστος	0	0,0	2	1,5	3	2,25	3	2,25
Περιβάλλον	1	1,0	1	1,0	1	1,0	2	2,0
Μέση τιμή		1,05		1,67		1,83		2,12

Από την παρατήρηση των τιμών του πίνακα φαίνεται ότι όλες οι περιπτώσεις βρίσκονται στο επίπεδο ένα με διακριτές διακυμάνσεις μεταξύ τους, ενώ παρουσιάζει ενδιαφέρον η παρατήρηση ότι το σκάφος που δεν μετέφερε φορτίο πετρελαίου βρίσκεται στη δεύτερη θέση από πλευράς σοβαρότητας συμβάντος. Αυτό συνέβη προφανώς καθώς από κακούς χειρισμούς διέρρευσαν τα καύσιμα του πλοίου και όλες οι έρευνες δείχνουν ότι η διαρροή του HFO έχει τις χειρότερες συνέπειες στο περιβάλλον.

Από τη σύγκριση των δύο πινάκων με τα αποτελέσματα φαίνεται ότι ένα συμβάν σε ανοικτές θάλασσες με τις αντίστοιχες προδιαγραφές φορτίου και σε ανάλογη θέση ως προς τις περιοχές υψηλού κοινωνικού και οικονομικού ενδιαφέροντος είναι μια κλίμακα πιο σοβαρό από ένα αντίστοιχο συμβάν σε κλειστή θάλασσα. Αυτό συμβαίνει γιατί οι αντιδράσεις είναι εν γένει πιο αργές, υπάρχει μεγαλύτερος επαπειλούμενος κίνδυνος για επιπτώσεις στη θαλάσσια πανίδα και χλωρίδα και το κόστος επέμβασης και αποκατάστασης είναι μεγαλύτερο λόγω περισσότερων φυσικών δυσκολιών. Βέβαια στη πραγματικότητα αυτό αντισταθμίζεται από τη μεγαλύτερη πιθανότητα που υπάρχει να βρεθεί ένα σκάφος, πλέοντας σε κλειστής λεκάνης θάλασσες, πλησιέστερα σε περιοχές που έχουν μεγαλύτερο οικονομικό και κοινωνικό ενδιαφέρον ή προστίθενται και άλλα προβλήματα ασφαλείας.

6.2 Η εκτίμηση του βαθμού δυσκολίας

Κατά την περιγραφή των περιπτώσεων που επιλέξαμε διαπιστώθηκε ότι σε κάθε περίπτωση υπήρχαν κάποιοι παράγοντες που είτε δυσκόλευαν, ή διευκόλυναν το έργο επέμβασης των υπευθύνων για την αντιμετώπιση του συμβάντος. Οι δυσκολίες δεν προέρχονταν πάντοτε από ένα παράγοντα, π.χ. η εμφάνιση καταγίδων αλλά μπορούσαν να προέρχονται από διαφορετικούς παράγοντες. Ενδεικτικά αναφέρουμε τη δυστοκία να βρεθεί μέσο απομάκρυνσης του Khark 5, το δυσπρόσιτο των περιοχών

που ναυάγησε το ExxonValdez και την ένταση της παλίρροιας στο ναυάγιο του SeaEmpress.

Για τον λόγο αυτό υπολογίσαμε ένα συντελεστή δυσκολίας έτσι ώστε με τη χρήση του να αναχθούν όλες οι επεμβάσεις σε ίδιες συνθήκες δυσκολίας.

Τα κριτήρια για τον προσδιορισμό του βαθμού δυσκολίας

I: Η ποσότητα και το είδος του φορτίου

II: Το δύσβατο της περιοχής

III: Ο βαθμός κινητοποίησης

IV: Η κατάσταση της θάλασσας (τρικυμία, ρεύματα)

V: Οι καιρικές συνθήκες

VI: Η ευαισθησία του οικοσυστήματος

VII: Η οικονομική αξία της περιοχής

Η παρουσία/απουσία ενός από τα κριτήρια έχει την τιμή 1, ενώ η απουσία/παρουσία του τη τιμή 0. Ενδιάμεσες καταστάσεις παίρνουν τη τιμή 0,5.

Ο συντελεστής δυσκολίας συνδέεται εν μέρει με τον συντελεστή σοβαρότητας καθώς περιλαμβάνει κάποιους κοινούς παράγοντες αλλά η αξιολόγηση που του γίνεται είναι διαφορετική.

Το Συμβάν	Ο Βαθμός Δυσκολίας							Σύνολο	Μ.Ο.
	I	II	III	IV	V	VI	VII		
Ο εμβολισμός του CSL Virginia	0	0	0	0	0,5	0	1	1,5	0,22
Η έκρηξη στο MT Haven	1	0	0,5	0,5	1	1	1	5,0	0,71
Το ναυάγιο του Kharq 5	1	0,5	1	1	0	0,5	0	4,0	0,57
Η έκρηξη στο Irenes	1	0	0	0,5	0	1	1	3,5	0,50
Το Castillo de Bellver	1	0	0,5	0	0	1	1	3,5	0,50
Το ναυάγιο του SeaEmpress	1	0	0,5	0,5	0,5	0,5	1	3,0	0,45
Το ναυάγιο του Amoco Cadiz	1	0,5	0	0,5	1	1	1	5,0	0,71

Η προσάραξη του Erika	0,5	0	0	1	1	1	1	4,5	0,64
Η προσάραξη του ExxonValdez	1	1	0	1	1	1	0,5	5,5	0,79

6.3Ο υπολογισμός του βαθμού αποτελεσματικότητας

Είναι προφανές ότι σε όλες τις περιπτώσεις που συμβαίνει να δημιουργείται μια κηλίδα ρύπανσης από μη ελεγχόμενη διαρροή πετρελαιοειδών ακολουθεί μια σειρά επεμβάσεων που έχουν για στόχο την ανάκτηση μέρους του φορτίου που διέρρευσε, τον περιορισμό της επέκτασης της πετρελαιοκηλίδας και τον καθαρισμό των ρυπασμένων περιοχών. Ανάλογα με τις επιμέρους συνθήκες όλες αυτές οι ενέργειες έχουν ένα βαθμό αποτελεσματικότητας που κυμαίνεται ανάλογα. Στο παράρτημα ΣΤ' εμφανίζονται οι πίνακες από τα 9 συμβάντα με τις επιμέρους ενέργειες και τον εκτιμώμενο βαθμό αποτελεσματικότητας. Κάθε μια από τις επεμβάσεις μπορεί να έχει σχέση με κάποια άλλη, ή να είναι ανεξάρτητη. Κάποιες από αυτές πάλι είναι απαραίτητες, ενώ κάποιες άλλες δεν είναι. Τέλος κάποιες επεμβάσεις εφαρμόζονται ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν, έχουν επομένως σχέση με τα αποτελέσματα της προηγούμενης ενότητας. Στην ανάλυση των αποτελεσμάτων θεωρήσαμε όλες τις μεταβλητές που υπεισέρχονται ως μη συσχετισμένες μεταξύ τους.

Στη συνέχεια παραθέτουμε τον τελικό πίνακα με το σύνολο των αποτελεσμάτων, από το φύλο excelόπου υπάρχουν όλα τα αποτελέσματα, μετά την επεξεργασία που τους έγινε.

	Ο ηρωολοιός του CSL Virginia	Η έκρηξη στο MT Haven	Το ναυάγιο του Kharg 5	Η έκρηξη στο Irenes Sereade	Το Sea Empress	Το Castillo de Bellver	Το ναυάγιο του Amoco Cadiz	Η προσάραξη του Erika	Η προσάραξη του Exxon Valdez	Μείση απόθ. τιμή μεθόδου	Μείση απόθ. τιμή μεθόδου									
Φράγματα	2	0,44	1,67	1,19	2,34	1,33	1,33	0,67	1,34	0,67	1,68	0,84	0,68	0,48	1,00	0,64	0,68	0,54	0,70	1,41
Ομοίως διασποράς	0	0,00	0,00	0,00	0,35	0,20	0,68	0,34	0,35	0,18	0,33	0,17	-1,00	-0,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,14
Καύση in situ	0	0,00	0,68	0,48	0,68	0,39	-1,00	-0,50	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,68	0,34	0,23	0,21
Εξάτμιση	1	0,22	1,00	0,71	1,33	0,76	1,33	0,67	0,67	0,34	0,68	0,34	0,00	0,00	0,33	0,21	0,00	0,00	0,46	0,91
Διάθεση κλειστών ανοδιών & συλλογής Skimmers	2,67	0,59	0,00	0,00	-1,00	-0,57	0,68	0,34	1,34	0,67	1,33	0,67	0,33	0,23	1,68	1,08	1,33	1,05	0,58	0,93
Αντάληξη εν κενώ	1,33	0,29	1,33	0,94	0,68	0,39	0,33	0,17	0,68	0,34	1,00	0,50	-1,33	-0,94	-0,33	-0,21	0,68	0,34	0,29	0,49
Δια χειρός	1	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	-1,00	-0,71	1,33	0,85	0,00	0,00	0,05	0,22
Με ακίνηση ιζημάτων	1,33	0,29	1,33	0,94	1,00	0,57	1,00	0,50	0	0,00	0,68	0,34	1,72	1,22	0,33	0,21	-1,00	-0,79	0,47	0,71
Κατασκευασμός κρούου νερού	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	-1,00	-0,71	1,68	1,08	0,00	0,00	0,05	0,17
Υδροβολή με ζεστό νερό Υ.Π. Βιοαποδόμηση	0,68	0,15	2,00	1,42	1,33	0,76	1,00	0,50	1,33	0,67	1,00	0,50	1,00	0,71	1,33	0,85	1,00	0,79	0,91	1,19
	0,68	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,33	-0,17	0	0,00	0,00	0,00	-1,68	-1,19	0,33	0,21	-0,33	-0,26	-0,18	-0,22
	0	0,00	1,00	0,71	0,00	0,00	1,33	0,67	1	0,50	1,33	0,67	0,00	0,00	1,00	0,64	1,33	1,05	0,60	1,17

Ας δούμε λίγο τα κύρια σημεία της επεξεργασίας αυτής

Σε κάθε συμβάν και για κάθε επέμβαση υπάρχει ένας συντελεστής (ο απλός συντελεστής) ο οποίος είναι ο μέσος όρος (M_j) των βαθμών αποτελεσματικότητας που είχε η επέμβαση σε κάθε μια από τις τρεις κατηγορίες που ενδιέφεραν.

Το γινόμενο P_j του M_j με τον συντελεστή δυσκολίας ανάγει όλα τα συμβάντα στον ίδιο βαθμό δυσκολίας. Πρόκειται για τον σταθμισμένο συντελεστή P_{jcor} της κάθε επέμβασης σε ένα συμβάν.

Για κάθε επέμβαση υπολογίζεται με τον τρόπο αυτό ο μέσος όρος P_{jtot} των σταθμισμένων συντελεστών από όλα τα συμβάντα.

Η σύγκριση των P_{jcor} και P_{jtot} μας δείχνει πόσο αποτελεσματική ήταν η συγκεκριμένη επέμβαση σε ένα συμβάν σε σχέση με τον μέσο όρο της αποτελεσματικότητας που είχε για όλα τα συμβάντα. Αν δηλαδή $P_{jcor} > P_{jtot}$ σημαίνει ότι στο συμβάν που εξετάζεται η συγκεκριμένη επέμβαση ήταν πιο αποτελεσματική από τον συνήθη μέσο όρο. Να σημειώσουμε και πάλι ότι η προσέγγιση είναι ποιοτική, δηλαδή τα μεγέθη ορίζουν μόνο μια σειρά κατάταξης και όχι μέγεθος.

Στον υπολογισμό του μέσου όρου χρειάστηκε να προσέξουμε τη συμμετοχή της τιμής 0. Η τιμή αυτή μπορεί να οφείλεται στο ότι στο συγκεκριμένο συμβάν δεν εφαρμόστηκε αυτό το είδος επέμβασης, και επομένως δεν υπολογίζεται για τον μέσο όρο. Μπορεί όμως να είναι και το αποτέλεσμα αντικρουόμενων αποτελεσμάτων που επομένως αλληλοαναιρούνται και στη περίπτωση αυτή μετράει κανονικά στον μέσο όρο.

6.4 Η αξιολόγηση των ευρημάτων

Το πρώτο αξιολογικό εύρημα είναι ότι μια διαρροή πετρελαίου από ένα ατύχημα πλοίου στη Μεσόγειο είναι πιο εύκολη στην αντιμετώπιση της από μια διαρροή που συμβαίνει σε ανοικτές θάλασσες. Ο μέσος όρος τιμών για τον συντελεστή δυσκολίας για τα συμβάντα στη Μεσόγειο είναι 0,50 έναντι 0,66 για τις περιπτώσεις σε ανοικτές θάλασσες.

Αυτή είναι μια λογική διαπίστωση καθώς πρόκειται για μια κλειστή λεκάνη χωρίς ακραία καιρικά φαινόμενα, πολλά από τα κράτη τριγύρω της είναι ανεπτυγμένα και έχουν δημιουργήσει ικανοποιητικές δομές υποστήριξης έκτακτων καταστάσεων, και επεμβάσεων.

Το δεύτερο εύρημα, που επιβεβαιώνει άμεσα και τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη βιβλιογραφική αναζήτηση είναι ότι οι επεμβατικές μέθοδοι ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες ως προς τα αποτελέσματα τους. Στην πρώτη κατηγορία, με τα πιο ικανοποιητικά αποτελέσματα, ανήκουν οι μέθοδοι εκείνες που θεωρούνται ως μη επιθετικές: ανάμεσα τους η τοποθέτηση κάθε τύπου φραγμάτων (0,78), ο καταιονισμός κρύου νερού για ξέπλυμα (0,71) και η βιοαποδόμηση του πετρελαίου (0,75). Στη δεύτερη ομάδα ανήκουν η εξάτμιση ποσοτήτων πετρελαίου (0,48), ο καθαρισμός με χειροκίνητη περισυλλογή και εργαλεία (0,41) και η χρήση διαφόρων σκαφών περισυλλογής (0,42). Στην ομάδα αυτή είναι εντυπωσιακό το εύρημα για την εξάτμιση που λογικά θα έπρεπε να ήταν στη πρώτη ομάδα με ένα συντελεστή πολύ μεγαλύτερο. Υπάρχουν δύο βασικοί λόγοι γιατί δεν συνέβη κάτι τέτοιο. Ο πρώτος λόγος είναι ότι σε πολλές από τις περιπτώσεις (στις 5 από τις 8) μεγάλες ποσότητες πετρελαίου βυθίστηκαν με το πλοίο και προκαλούσαν στη συνέχεια μια διαρκή δευτερογενή βλάβη στο οικοσύστημα. Ο δεύτερος λόγος είναι ότι εκτός από δύο περιπτώσεις σε όλες τις άλλες η διαρροή αφορούσε και αργό βαρύ πετρέλαιο ή bunker καύσιμο, δηλαδή πετρέλαια με μικρή αναλογία πτητικών ενώσεων (HFOs) των οποίων η επίδραση είναι εξόχως αρνητική.

Η τρίτη ομάδα μεθόδων επέμβασης περιλαμβάνει τις μεθόδους εκείνες που για διαφορετικούς μεταξύ τους λόγους δεν έχουν το επιθυμητό αποτέλεσμα. Μία από αυτές είναι η υδροβολή με ζεστό νερό υψηλής πίεσης, καθώς φαίνεται ότι έχει αρνητικά αποτελέσματα για το οικοσύστημα (-0,25) και η χρήση ουσιών διασκορπισμού (0,00) καθώς οι καιρικές συνθήκες δεν ευνοούν τα καλά αποτελέσματα, ενώ παράλληλα και οι συνέπειες των χημικών ουσιών στα διάφορα είδη ζωής είναι αμφιλεγόμενες.

Παραμένουν δύο μέθοδοι σε μια ενδιάμεση κατάσταση αποτελεσμάτων. Η καύση *insitu* (0,23) και το *skimming* (0,21). Η πρώτη μέθοδος θεωρείται αποτελεσματική, αλλά στις μισές από τις περιπτώσεις που εξετάστηκαν δημιουργήθηκαν εστίες φωτιάς πάνω στο πλοίο που κατανάλωσαν μέρος του φορτίου πριν διαρρεύσει. Η δεύτερη έχει χάσει ένα μέρος των θετικών αποτελεσμάτων προς όφελος των φραγμάτων, καθώς δεν είναι εύκολο να γίνει ο διαχωρισμός τους.

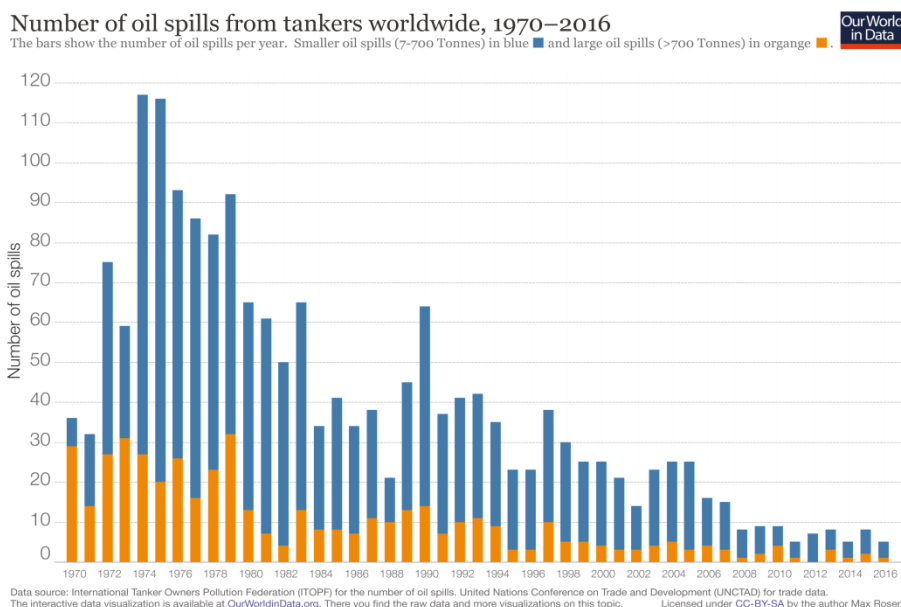
Ένα τρίτο εύρημα είναι ότι στα ατυχήματα που έγιναν στη Μεσόγειο τα αποτελέσματα από την επέμβαση των ανθρώπων για καθαρισμούς με τα χέρια ή με απλά εργαλεία είναι πολύ καλύτερα (μ.ο.= 1,16 έναντι μ.ο.= 0,81). Η βελτιωμένη απόδοση των

ανθρώπινων επεμβάσεων είναι αποτέλεσμα της καλύτερης οργάνωσης, υποδομής και προετοιμασίας που υπάρχει.

Κεφάλαιο 7^ο

Συμπεράσματα

Αναφέρθηκε σε προηγούμενες ενότητες ότι οι περιπτώσεις ρύπανσης από τη διαρροή πετρελαίου στη θάλασσα, ύστερα από ένα σημαντικό ναυτικό ατύχημα, αποτελούν ένα μικρό μέρος των συνολικών διαρροών πετρελαίου που συμβαίνουν κάθε χρόνο, ενώ και ο αριθμός τους χρόνο με τον χρόνο μειώνεται. Πράγματι, οι στατιστικές δείχνουν ότι τα θαλάσσια ατυχήματα που προκαλούν ρυπάνσεις και δημιουργία πετρελαιοκηλίδων συνεχώς μειώνονται.



Εικόνα 7.1 ο αριθμός των πετρελαιοκηλίδων τη περίοδο 1970-2016 (πηγή: ITOPF)

Θα υπάρχουν πάντοτε περιπτώσεις όμως που το ατύχημα δεν θα μπορέσει να αποφευχθεί και στη περίπτωση αυτή οι διάφορες χώρες θα πρέπει να είναι έτοιμες για να αντιμετωπίσουν το συμβάν. Σε διαρροές πετρελαιοειδών που συμβαίνουν σε ανοιχτές θάλασσες, οι κύριοι στόχοι για την αντιμετώπιση τους είναι:

- να αποφευχθεί η μεταφορά της ρύπανσης στις παρακείμενες παράκτιες περιοχές,
- να επανασυλλεχθεί όσο το δυνατόν περισσότερη ποσότητα από το πετρέλαιο που διέρρευσε

- να μειωθούν οι επιπτώσεις στη θαλάσσια ζωή, και
- να επιταχυνθεί η υποβάθμιση οποιουδήποτε μη ανακτηθέντος πετρελαιοειδούς.

Η αναζήτηση πληροφόρησης έδειξε ότι υπάρχει σήμερα μια πλειάδα μεθόδων που καλύπτει τις ανάγκες σε όλες τις παραπάνω κατηγορίες. Δεν είναι όλες το ίδιο αποτελεσματικές, ούτε μπορούν να εφαρμοσθούν κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες και για όλες τις περιπτώσεις. Επίσης, οι ιδιότητες που έχει το πετρέλαιο αλλάζουν και τη συμπεριφορά του όταν έχει διαρρεύσει και δημιουργήσει μια πετρελαιοκηλίδα. Οι μηχανισμοί που καθορίζουν τη φυσική διαμόρφωση του είναι συγκεκριμένοι και το μόνο που αλλάζει είναι η σχετική παρουσία τους. Σε όλες τις περιπτώσεις όμως, υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον και γίνονται έρευνες τόσο για την εξέλιξη των μεθόδων όσο και για τη πλήρη παρακολούθηση των μηχανισμών μετάλλαξης του πετρελαίου ώστε να βελτιωθούν τα αποτελέσματα που υπάρχουν.

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα επιβεβαίωσε την εικόνα σύμφωνα με την οποία διακρίνονται, από τον τρόπο εφαρμογής τους, τρεις ομάδες μεθόδων επέμβασης: οι μη επιθετικές, οι κατασταλτικές και οι επιθετικές. Οι πρώτες είναι εν γένει οι πιο εύκολες να εφαρμοσθούν και έχουν τα καλύτερα αποτελέσματα. Οι χώρες, και κυρίως αυτές που είναι οι πιο εκτεθειμένες στη πιθανότητα να συμβεί ένα θαλάσσιο ατύχημα, πρέπει να είναι έτοιμες να το αντιμετωπίσουν.

Τα αποτελέσματα της προσπάθειας για την αντιμετώπιση των πετρελαιοκηλίδων και των συνεπειών τους έρχονται να βελτιώσουν δύο κλάδοι την αποτελεσματικότητα των οποίων οι νεώτερες τεχνολογικές εξελίξεις έχουν αυξήσει πολύ. Πρόκειται για τους κλάδους της πρόγνωσης και της παρακολούθησης των πετρελαιοκηλίδων.

Η πρόγνωση της εξέλιξης μιας πετρελαιοκηλίδας γίνεται με τη δημιουργία ενός μοντέλου που τροφοδοτείται με τις κατάλληλες χρήσιμες πληροφορίες. Ο αριθμός των μεταβλητών (παραγόντων) που χρησιμοποιούνται και ο όγκος των πληροφοριών είναι τεράστιος και αν κάποιος ήθελε να δημιουργήσει ένα παγκόσμιο μοντέλο πρόγνωσης το πιο πιθανό είναι ότι, και αν ακόμη η υπολογιστική ισχύς των σύγχρονων υπολογιστών το επέτρεπε, το μοντέλο να μην είναι αποτελεσματικό καθώς κάποιες από τις τιμές των παραμέτρων θα ανέτρεπαν κάποιες άλλες. Για το λόγο αυτό και τα μοντέλα αναπτύχθηκαν τοπικά καλύπτοντας τις ανάγκες μια συγκεκριμένης περιοχής.

Η παρακολούθηση της πορείας που ακολουθεί η πετρελαιοκηλίδα γίνεται πλέον δορυφορικά με τηλεπισκόπηση και η εξέλιξη της τεχνολογίας στους τομείς αυτούς έχει

δώσει τη δυνατότητα της πρόβλεψης ακόμη και της εξέλιξης των φυσικών χαρακτηριστικών της πετρελαιοκηλίδας έτσι ώστε να προσαρμόζονται κατάλληλα οι μέθοδοι επέμβασης.

Στη περίπτωση της Μεσογείου η εμπειρία δείχνει ότι τα ναυτικά ατυχήματα με διαρροές πετρελαίου και σχηματισμό πετρελαιοκηλίδων συμβαίνουν και ενδεχομένως στο άμεσο μέλλον με την αύξηση της μεταφοράς πετρελαίου από τους θαλάσσιους δρόμους της να αυξηθεί η πιθανότητα να συμβούν. Παράλληλα όμως έχει αναπτυχθεί μια ομπρέλα προστασίας που συνιστάται σε ένα πλέγμα ρυθμιστικών αρχών, νομοθετημάτων κινητοποίησης, μοντέλων πρόβλεψης και μεθόδων ελέγχου και παρακολούθησης που περιορίζουν σημαντικά τις συνέπειες και τη σοβαρότητα ενός παρόμοιου συμβάντος. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων της πολυκριτηριακής μεθόδου μας επιβεβαιώνει τη λογική αυτής της άποψης. Όμως, καθώς οι συνέπειες δεν πρόκειται να γίνουν ποτέ αμελητέες, οι προσπάθειες και οι έρευνες στο τομέα της πρόγνωσης και της παρακολούθησης των πετρελαιοκηλίδων χρειάζεται όχι μόνο να συνεχισθούν αλλά και να ενισχυθούν κυρίως απέναντι στις χώρες εκείνες που δεν μπορούν εύκολα να βρουν τα μέσα για τις προχωρήσουν.

Η βιβλιογραφική έρευνα

Ελληνική βιβλιογραφία

Ζελελίδης, Αβραάμ; (2013), *Γεωλογία πετρελαίων*. Πανεπιστήμιο Πατρών, ανοικτά ακαδημαϊκά μαθήματα.

Μακαρούνας, Ηλίας, (2018), *Ναυτιλία και περιβάλλον*. Πτυχιακή εργασία, Ακαδημία Εμπορικού Ναυτικού Κρήτης, Χανιά, 2018.

Τσακίρογλου, Βασίλης, (2017), *Τα επτά χειρότερα ατυχήματα με πετρελαιοφόρα στον κόσμο*. Δημοσιεύθηκε την 22/09/2017 στην εφημερίδα ‘‘Το Πρώτο Θέμα’’ την και διαβάστηκε από <https://www.protothema.gr/environment/article/715717/ta-epta-heirottera-atuhimata-me-petrelaiofora-ston-kosmo/>

Ξένηβιβλιογραφία

Adriatic Training and Research Centre, (2015), Guidelines for selection of oil spill response equipment. Rijeka, August 2015

AlvesM. Tiago, KokkinouEleni, ZodiatisGeorge, RadhakristanHari, PanagiotakisKostas, (2016), *Multidisciplinary oil spill modeling to protect coastal communities and the environment of the Eastern Mediterranean Sea*. Scientific Reports,6 November 2016.

Atlas,R.M., (1975), *Effects of temperature and crude oil composition on petroleum biodegradation*.Journal of Applied Microbiology, vol. 30, no. 3

Atlas, R.M, (1992), *Petroleum microbiology*, in Encyclopedia of Microbiology, pp. 363–369, Academic Press, Baltimore, Md, USA, 1992.

Bertrand, Alain R., *Transport maritime et pollution accidentelle par le petrole*. Editions Technip, 2000.

Bocard, C., (2006), *Mareesnoires et sols pollutes par des hydrocarbures:enjeuxenvironnementaus et traitement des pollutions*. IFP Publications, Editions Technip, Paris

Brannon, E. L., Collins, K., Cronin, M. a., Moulton, L. L., Maki, a. L., & Parker, K. R., (2012), *Review of the Exxon Valdez Oil Spill Effects on Pink Salmon in Prince William Sound, Alaska*. *Reviews in Fisheries Science*, 20(1)

Brown, C.E. , (2017), *Laser fluorosensors*. In *Oil Spill Science and Technology*, 2nd ed.; Fingas, M., Ed.; Gulf Publishing Company: Cambridge, MA, USA, 2017; Chapter 7

Cedre, (2007), Principales techniques de nettoyage. In Cedre: <http://www.Cedre.fr/fr/lutte/lutte-terre/techn.php>

Coolbaugh, T., & McElroy, A. (2013). *Dispersant Efficacy and Effectiveness*. University of New Hampshire Coastal Response Research Center and Center for Spills in the Environment, 2013.

Covic, Ivan, Simunac. Anamarija, Veza, Jelena, Sliskovic, Merica, (2013), *Methods of Pollution Removal after Tanker “Erika” Accident*. *Transactions of Maritime Science*, 2013

Das, Nilanjana, Chadran, Preethy, (2011), *Microbial Degradation Of Petroleum Contaminants: an Overview*. *Biotechnology Research International*, vol. 2011

De Dominicis M., Pinardi N., Zodiatis G., and Lardner R., (2013), “*MEDSLIK-II, a Lagrangian marine surface oil spill model for short-term forecasting – Part 1: Theory*”, *Geoscientific Model Development*, 2013

Fattal, P; (2008), *Pollution des cotes par les hydrocarbures*. Presses Universitaires de Rennes, 2008.

Fingas, M; (2013), *The basics of oil spill cleanup*. CRC Press, Boca Raton , 3d ed.

Fingas, M.; Brown, C. (2014), *Review of oil spill remote sensing*. *Marine Pollution Bulletin*, 2014, 83

Graham, Larissa, Hale, Christine, et al., (2016), *Chemical Dispersants and their role in oil spill response*. Sea Grant program, white paper, 2011.

Graham, Sarah, (2003), *Environmental Effects of Exxon Valdez Spill Still Being Felt*. *Scientific American*, December, 2003.

Gundlach, E.R., Boehm, P.D., Marchand, M., Ward, D.M., Wolfe, D.A., (1983), *Fate of Amoco-Cadiz Oil*. *Science*, vol. 221, No 4606

- Hansen, Kurt, Johnson, Gregory, Fitzpatrick, Michele, (2014), *Sunken Oil Recovery System Recommendations*. Technical Report, διαβάστηκε από τη πλατφόρμα https://www.researchgate.net/publication/273715729_Sunken_Oil_Recovery_System_Recommendations
- Hess, Wilmont N., (1978), *The Amoco-Cadiz Oil spill*. U.S. Department of Commerce & U.S. Environmental Protection Agency, 1978
- Hooke, N. (1997), *Maritime casualties, 1963-1996*. 2nd edition, LLP Limited, London
- Issa, Nivine, Vempatti, Sreya, (2018), *Oil Spills in the Arabian Gulf: A Case Study and Environmental Review*.
- IOPF, (1980), *Irenes Serenade, Greece*, 1980. Διαβάστηκε από <https://www.itopf.org/in-action/case-studies/case-study/irenes-serenade-greece-1980/>
- IOPF, (2012), *Utilisation des barrages dans la lutte contre la pollution*. Διαβάστηκε από https://www.itopf.com/information%2Dservices/publications/French/documents/TIP3_FR_UseofBoomsinOilPollutionResponse.pdf
- IOPF, (2014), *Clean up of Oil from shorelines*. Διαβάστηκε από <https://www.itopf.org/knowledge-resources/documents-guides/document/tip-07-clean-up-of-oil-from-shorelines/>
- Le Guerroue, Pascal, Cariou, Gerard, Poupon, Emmanuelle, Merlin Francois, (2003), *Recovery of sunken and buried oil in costal water during the Erika spill*. International Oil Spill Conference Proceedings, volume 2003, issue 1, section II, April 2003.
- Lemaire, N, (2010), *Techniques de lutte en cas de deversement maritime d'hydrocarbures petroliers*. Institut des sciences de la mer, Universite du Quebec
- Martinelli, M., Luise, A., Tromellini, E., Sauer, T.C., Neff, J.M. and Douglas, G.S. (1995), *The M/C Haven oil spill: Environmental assessment of exposure pathways and resource injury*. IOSC Papers, 1995.
- Moldan, A.G., McGibbon, S., Jackson, L.F., Van Der Westhuizen, (1985), *Some aspects of the Castillo de Bellver oil spill*. Marine Pollution Bulletin 16(3)

NOAA et AIP, (1994)., Options for minimizing environmental impacts of freshwater spill response, (*online*) NOAA, Office of response and restoration;https://response.restoration.noaa.gov/sites/default/files/shoreline_countermeasures_freshwater.pdf

NOAA, (2012), *The toxicity of oil: what's the big deal?* , (*online*) NOAA, Office of response and restoration; <http://response.restoration.noaa.gov/about/media/toxicity-oil-what's-big-deal.html>

NOAA, (2015), *How Do Oil Spills out at Sea Typically Get Cleaned Up?* NOAA, Office of response and restoration;<https://response.restoration.noaa.gov/about/media/how-do-oil-spills-out-sea-typically-get-cleaned.html>

Prem, Kumar, (2013), Types of oil skimmers, ανέβηκεonline στην ιστοσελίδα Ezonearticles την 07 Ιουλίου 2013, διαβάστηκε από <http://ezinearticles.com/?Types-Of-Oil-Skimmers&id=7846054>

Schulze, Robert, (2000), *Oil spill response performance review of booms*. U.S. Minerals Management Service Project, 2000

Street, L. W., (2011), *Containment and Recovery Field Guide* A guide to containment and recovery operations at sea,

Valo, Martine, (2018), *L'« Amoco-Cadiz » : la pire marée noire survenue en Europe*. Ανέβηκε στην εφημερίδα Le Monde (ηλεκτρονική έκδοση) την 14 Μαρτίου 2018 και διαβάστηκε από https://www.lemonde.fr/pollution/article/2018/03/14/1-amoco-cadiz-la-pire-maree-noire-survenue-en-europe_5270646_1652666.html

Xie Hao, Yapa D. Poojitha, Nakata Kisaburo, (2007), *Modeling emulsification after an oil spill in the sea*. Journal of Marine Systems, Volume 68, Issues 3–4, December 2007.

Walter, Henry R., (2014), *Clean Up Techniques Used for Coastal Oil Spills: An Analysis of Spills Occurring in Santa Barbara, California, Prince William Sound, Alaska, the Sea Of Japan, and the Gulf Coast*. University of San Francisco Master's Projects and Capstones. 104.

Wise, J., (2011). *A review of the toxicity of chemical dispersants*. Review Environmental Health, 2011; 26(4)

Zodiatis, G. et.al. (2012). *Operational Decision Support System for Marine Safety dedicated to oil slicks predictions*. World Maritime Technology Conference, Saint-Petersburg, 29 May – 1 June

Zodiatis, G. et al. (2016). *Modeling oil spills in the Med-Sea as a mean of early response in cases of oil leakages*. EGU Gen. Ass. **18**, EGU2016

Στο Διαδίκτυο

<https://www.hellenicshippingnews.com/backgounder-the-tragedy-of-greek-tanker-irenes-serenade/>

<https://www.wrecksite.eu/wreck.aspx?98514>

<https://www.wrecksite.eu/wreck.aspx?101863>

<http://wwz.cedre.fr/en/Resources/Spills/Spills/Khark-5>

http://www.c4tx.org/ctx/job/cdb/precis.php5?key=19891219_001(CENTER FOR TANKSHIP EXCELLENCE)

<http://wwz.cedre.fr/en/Resources/Spills/Spills/Castillo-de-Bellver>

<http://www.findingdulcinea.com/news/on-this-day/March-April-08/On-this-Day--Exxon-Valdez-Captain-Acquitted-After-Oil-Spill-.html>

www.drire.gouv.fr

<https://safety4sea.com/cm-learn-from-the-past-erika-oil-spill-europes-environmental-disaster/#>

<https://www.nantucket-ma.gov/DocumentCenter/View/114/Oil-Pollution-Response-Policy?bidId=>

<https://www.cleanupoil.com/brush-skimmer/>

<https://www.itopf.org/in-action/case-studies/case-study/haven-italy-1991/>

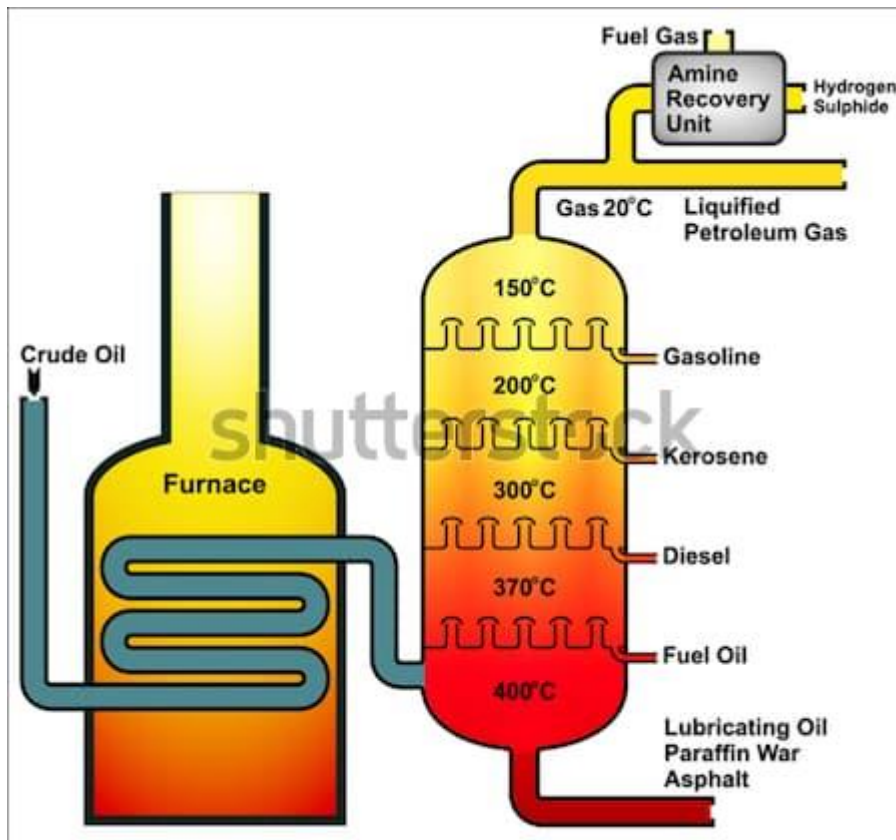
[https://en.wikipedia.org/wiki/Skimmer_\(machine\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Skimmer_(machine))

<https://www.environmental-expert.com/products/brush-skimmer-86883>

<http://www.epa.gov/bpspill/dispersant-air-sampling.html>

Παραρτήματα

Παράρτημα Α' οι διάφοροι τύποι προϊόντων πετρελαίου

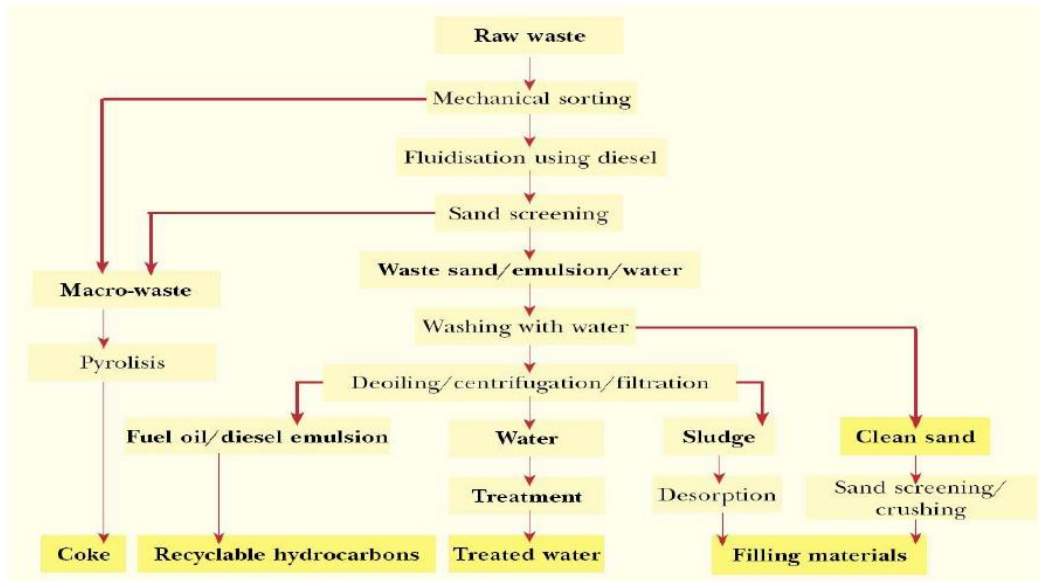


www.shutterstock.com • 277006853

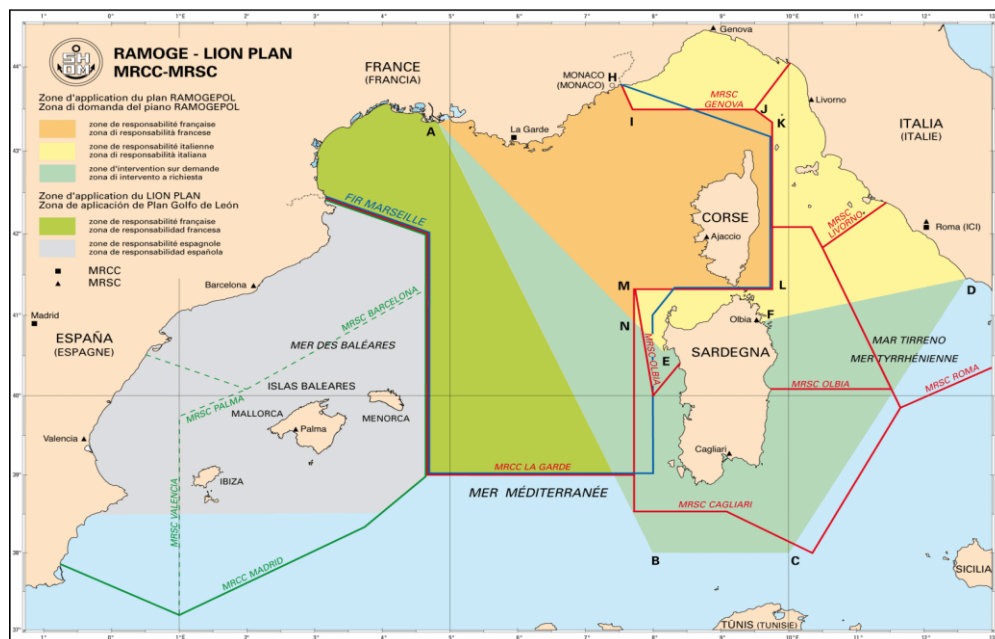
Παράρτημα Β' Τα κριτήρια αξιολόγησης των επεμβάσεων

Κατηγορία	Κριτήριο	Ορισμός	Η βαθμολογία της επέμβασης		
			Ανεπιθύμητες	Ουδέτερες	Επιθυμητές
Αποτελεσματικότητα μεθόδου	επανάκτηση	πετρέλαιο που επαναντλήθηκε προς τη συνολική ποσότητα που διέρρευσε	μικρή ποσότητα επανάκτησης πετρελαίου	Δεν υπάρχει εφαρμογή της μεθόδου, δεν υπάρχουν πληροφορίες, ή δεν υπάρχουν επιπτώσεις	υπάρχει μια ποσότητα επανακτηθέντος προϊόντος
	διαδικασίες εφαρμογής	αμεσότητα, ευκολία και διαδικασία επέμβασης	δυσκολίες εφαρμογής, αργή επέμβαση, όχι μεγάλη διάρκεια και υποστήριξη		Εύκολη και άμεση εφαρμογή με τη κατάλληλη υποστήριξη
	προστασία	% προστασία των χώρων από τη παρουσία ιχνών	απουσία ή ανεπαρκής προστασία		Επαρκής έως υποδειγματική προστασία
Περιβαλλοντικές επιπτώσεις	δυσκολία εξάλειψης	παραμονή στο χώρο	εμφανής έντονη και διαρκής παραμονή	Δεν υπάρχει εφαρμογή της μεθόδου, δεν υπάρχουν πληροφορίες, ή δεν υπάρχουν επιπτώσεις	Γρήγορη έως και άμεση εξάλειψη του φαινομένου
	άμεση επίπτωση	επίπτωση της επέμβασης	έντονη παρουσία των επιπτώσεων		Μικρή παρουσία άμεσων επιπτώσεων
	έμμεση επίπτωση	απαρχή σειράς επιπτώσεων	κλιμακωτές και αδιάκοπες εξελίξεις των φαινομένων		Αμελητέα παρουσία κλιμακούμενων επιπτώσεων
	βαθμός σοβαρότητας	η σοβαρότητα σε σχέση με την αποκατάσταση	Μεγάλη σοβαρότητα των συνεπειών στην οικονομική ζωή ή τη βιωσιμότητα		μικρή σοβαρότητα των επιπτώσεων
Τελικά αποτελέσματα	εφαρμογή	Η ευχέρεια μέτρησης των αποτελεσμάτων	Δυσκολίες στην εφαρμογή	Ευκολία παρατήρησης και μέτρησης επιπτώσεων	
	μέτρα αποκατάστασης	Η ευχέρεια εφαρμογής εναλλακτικών	Δυσκολίες στην επιλογή και την παρακολούθηση		Ευκολία

Παράρτημα Γ' η διαχείριση του συμβάντος στο Erika (πηγή: Cedre)



Παράρτημα Δ' Το σύμφωνο RAMOGEPOL



Παράρτημα Ε' Η σύγκριση μεταξύ των διαφόρων τύπων ελαιόφιλων και ελαιόφοβωνskimmers

Skimmer	Recovery rate	Oils	Sea state	Debris	Ancillaries	
Oleophilic	Disc	Dependent on number and size of discs. Tests show grooved discs can be highly effective.	Most effective in medium viscosity oils.	In low waves and current can be highly selective with little entrained water. However, can be swamped in choppy waters.	Can be clogged by debris.	Separate power pack, hydraulic and discharge hoses, pump and suitable storage required.
	Rope mop	Dependent on number and velocity of ropes. Generally low throughput.	Most effective in medium oils although can be effective in heavy oil.	Very little or no entrained water. Can operate in choppy waters.	Able to tolerate significant debris, ice and other obstructions.	Small units have built in power supply and storage. Larger units require separate ancillaries.
	Drum	Dependent on number and size of drums. Tests show grooved drums are more effective.	Most effective in medium viscosity oils.	In low waves and current can be highly selective with little entrained water. However, can be swamped in choppy waters.	Can be clogged by debris.	Separate power pack, hydraulic and discharge hoses, pump and suitable storage required.
	Brush	Throughput dependent on number and velocity of brushes. Generally mid-range.	Different brush sizes for light, medium and heavy oils.	Relatively little free or entrained water collected. Some designs can operate in choppy waters, others would be swamped in waves.	Effective in small debris but can be clogged by large debris.	Separate power pack, hydraulic and discharge hoses, pump and suitable storage required.
	Belt	Low to mid-range.	Most effective in medium to heavy oils.	Can be highly selective with little entrained water. Can operate in choppy waters.	Effective in small debris but can be clogged by large debris.	Can deliver oil directly to storage at the top of the belt. Ancillaries required to discharge from a vessel to shore.

Non-Oleophilic	Vacuum/suction	Dependent upon vacuum pump. Generally low to mid range	Most effective in light to medium oils.	Used in calm waters. Small waves will result in collection of excessive water. Addition of a weir more selective.	Can be clogged by debris.	Vacuum trucks and trailers are generally self-contained with necessary power supply, pump and storage.
	Weir	Dependent upon pump capacity, oil type etc. Can be significant.	Effective in light to heavy oils. Very heavy oils may not flow to the weir.	Can be highly selective in calm water with little entrained oil. Can be easily swamped with increase in entrained water.	Can be clogged by debris although some pumps can cope with small debris.	Separate power pack, hydraulic and discharge hoses, pump and storage. Some skimmers have built-in pumps.
	Belt	Low to medium.	Most effective in heavy oils.	Can be highly selective with little entrained water. Can operate in choppy waters.	Effective in small debris. Clogged by large debris.	As for oleophilic belt skimmer.
	Drum	Mid range.	Effective with heavy oils.	Can be highly selective in calm water with little entrained oil. However, can be swamped in waves.	As for weir skimmer.	As for weir skimmer.

Παράρτημα ΣΤ' Οι πίνακες με τις μετρήσεις αποτελεσματικότητας για κάθε συμβάν.

ΤΟ ΣΥΜΒΑΝ	Το ναύαγιο του Sea Empress			
	Αποτελεσματικότητα	Επιπτώσεις στο περιβάλλον	Διαδικασίες	Τελική βαθμολογία
Μέθοδοι εξάλειψης ή συγκέντρωσης				
Φράγματα	2,0	0,0	2,0	1,34
Ουσίες διασποράς	2,0	-3,0	2,0	0,35
Καύση in situ	0,0	0,0	0,0	0,0
Εξάτμιση	2,0	-2,0	2,0	0,67
Μέθοδοι άντλησης				
Διάθεση πλοίων συνοδείας & συλλογής	2,0	0,0	2,0	1,34
Skimmers	2,0	-1,0	1,0	0,68
Άντληση εν κενώ	0,0	0,0	0,0	0,0
Μέθοδοι καθαρισμού				
Δια χειρός	2,0	-2,0	0,0	0,00
Μετακίνηση ιζημάτων				0,0
Καταιονισμός κρύου νερού	2,0	0,0	2,0	1,33
Υδροβολή με ζεστό νερό Υ.Π.	0,0	0,0	0,0	0,0
Βιοαποδόμηση	2,0	-1,0	2,0	1,0

ΤΟ ΣΥΜΒΑΝ	Το ναύαγιο του Amoco Cadiz			
	Αποτελεσματικότητα	Επιπτώσεις στο περιβάλλον	Διαδικασίες	Τελική βαθμολογία
Μέθοδοι εξάλειψης ή συγκέντρωσης				
Φράγματα	1,0	-1,0	2,0	0,68
Ουσίες διασποράς	1,0	-4,0	0,0	-1,00
Καύση in situ	0,0	0,0	0,0	0,0
Εξάτμιση	0,0	0,0	0,0	0,0
Μέθοδοι άντλησης				
Διάθεση πλοίων συνοδείας & συλλογής	3,0	0,0	-2,0	0,33
Skimmers	0,0	-1,0	-3,0	-1,33
Άντληση εν κενώ	1,0	-2,0	-2,0	-1,00
Μέθοδοι καθαρισμού				
Δια χειρός	4,0	-2,0	3,0	1,72
Μετακίνηση ιζημάτων	1,0	-2,0	0,0	-1,00
Καταιονισμός κρύου νερού	2,0	0,0	1,0	1,00
Υδροβολή με ζεστό νερό Υ.Π.	1,0	-4,0	-2,0	-1,68
Βιοαποδόμηση	0,0	0,0	0,0	0,0

ΤΟ ΣΥΜΒΑΝ	Η πυρκαγιά στο Castillo de Bellver			
	Αποτελεσμα τικότητα	Επιπτώσεις στο περιβάλλον	Διαδικα σίες	Τελική βαθμολογία
Μέθοδοι εξάλειψης ή συγκέντρωσης				
Φράγματα	4,0	-1,0	2,0	1,68
Ουσίες διασποράς	2,0	-3,0	2,0	0,33
Καύση in situ	0,0	0,0	0,0	0,0
Εξάτμιση	2,0	0,0	0,0	0,68
Μέθοδοι άντλησης				
Διάθεση πλοίων συνοδείας & συλλογής	3,0	0,0	1,0	1,33
Skimmers	1,0	0,0	2,0	1,00
Άντληση εν κενώ	0,0	0,0	0,0	0,0
Μέθοδοι καθαρισμού				
Δια χειρός	1,0	0,0	1,0	0,68
Μετακίνηση ιζημάτων	0,0	0,0	0,0	0,0
Καταιονισμός κρύου νερού	2,0	-1,0	2,0	1,00
Υδροβολή με ζεστό νερό Υ.Π.	0,0	0,0	0,0	0,0
Βιοαποδόμηση	2,0	0,0	2,0	1,33

ΤΟ ΣΥΜΒΑΝ	Η προσάραξη του Erika			
	Αποτελεσματικότητα	Επιπτώσεις στο περιβάλλον	Διαδικασίες	Τελική βαθμολογία
Μέθοδοι εξάλειψης ή συγκέντρωσης				
Φράγματα	1,0	0,0	2,0	1,00
Ουσίες διασποράς	0,0	0,0	0,0	0,0
Καύση in situ				0,0
Εξάτμιση	1,0	0,0	0,0	0,33
Μέθοδοι άντλησης				
Διάθεση πλοίων συνοδείας & συλλογής	3,0	-1,0	2,0	1,68
Skimmers	0,0	-1,0	0,0	-0,33
Άντληση εν κενώ	2,0	-1,0	3,0	1,33
Μέθοδοι καθαρισμού				
Δια χειρός	1,0	-2,0	2,0	0,33
Μετακίνηση ιζημάτων	3,0	-2,0	4,0	1,68
Καταιονισμός κρύου νερού	2,0	0,0	2,0	1,33
Υδροβολή με ζεστό νερό Υ.Π.	2,0	-2,0	1,0	0,33
Βιοαποδόμηση	2,0	0,0	1,0	1,00

ΤΟ ΣΥΜΒΑΝ	Η προσάραξη του Exxon Valdez			
	Αποτελεσματικότητα	Επιπτώσεις στο περιβάλλον	Διαδικασίες	Τελική βαθμολογία
Μέθοδοι εξάλειψης ή συγκέντρωσης				
Φράγματα	1,0	0,0	1,0	0,68
Ουσίες διασποράς	0,0	0,0	0,0	0,0
Καύση in situ	2,0	-1,0	1,0	0,68
Εξάτμιση	2,0	-2,0	0,0	0,00
Μέθοδοι άντλησης				
Διάθεση πλοίων συνοδείας & συλλογής	3,0	-1,0	2,0	1,33
Skimmers	2,0	-1,0	1,0	0,68
Άντληση εν κενώ	0,0	0,0	0,0	0,0
Μέθοδοι καθαρισμού				
Δια χειρός	1,0	-2,0	-2,0	0,5*
Μετακίνηση ιζημάτων	1,0	-2,0	1,0	0,00
Καταιονισμός κρύου νερού	1,0	0,0	2,0	1,00
Υδροβολή με ζεστό νερό Υ.Π.	2,0	-3,0	0,0	-0,33
Βιοαποδόμηση	3,0	-1,0	2,0	1,33

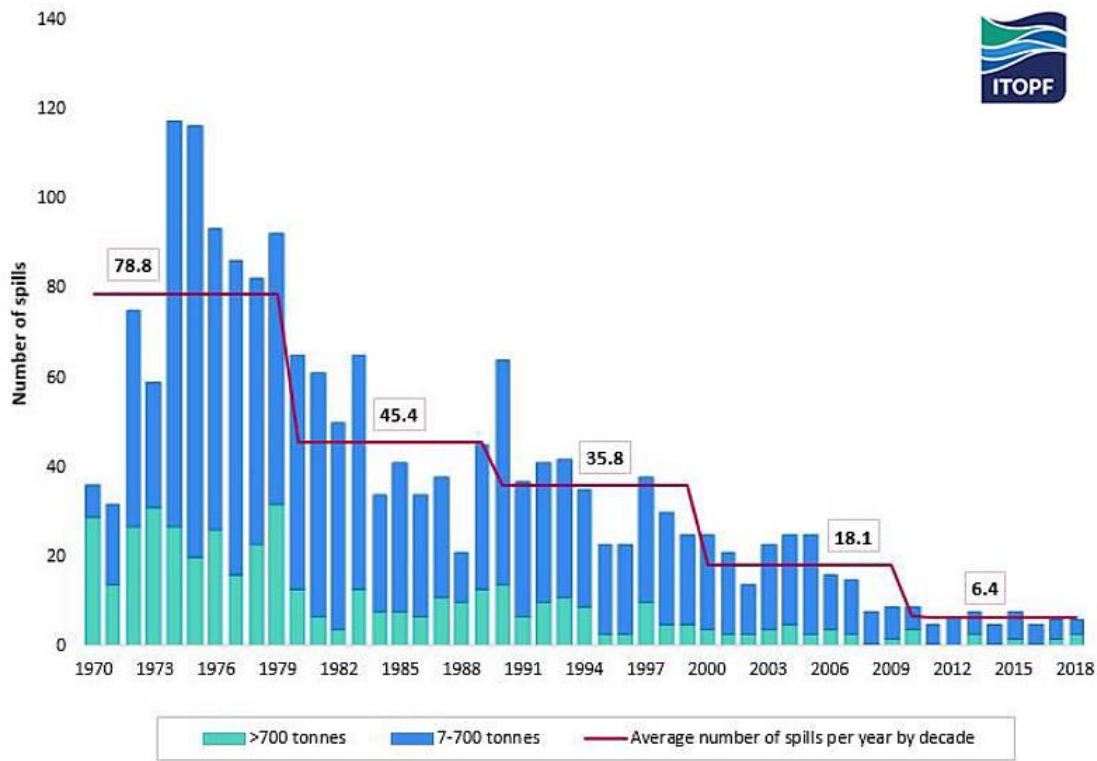
ΤΟ ΣΥΜΒΑΝ	η έκρηξη στο IRENES SERENADE			
	Αποτελεσματικότητα	Επιπτώσεις στο περιβάλλον	Διαδικασίες	Τελική βαθμολογία
Μέθοδοι εξάλειψης ή συγκέντρωσης				
Φράγματα	3,0	0,0	1,0	1,33
Ουσίες διασποράς	3,0	-2,0	1,0	0,68
Καύση in situ	1,0	-4,0	0,0	-1,0
Εξάτμιση	4,0	0,0	0,0	1,33
Μέθοδοι άντλησης				
Διάθεση πλοίων συνοδείας & συλλογής	2,0	0,0	0,0	0,68
Skimmers	1,0	-1,0	1,0	0,33
Άντληση εν κενώ	0,0	0,0	0,0	0,0
Μέθοδοι καθαρισμού				
Δια χειρός	3,0	-2,0	2,0	1,00
Μετακίνηση ιζημάτων	0,0	0,0	0,0	0,0
Καταιονισμός κρύου νερού	3,0	-1,0	1,0	1,00
Υδροβολή με ζεστό νερό Υ.Π.	2,0	-3,0	0,0	-0,33
Βιοαποδόμηση	3,0	-1,0	2,0	1,33

ΤΟ ΣΥΜΒΑΝ	Το ναυάγιο του KHARK 5			
	Αποτελεσματικότητα	Επιπτώσεις στο περιβάλλον	Διαδικασίες	Τελική βαθμολογία
Μέθοδοι εξάλειψης ή συγκέντρωσης				
Φράγματα	4,0	0,0	3,0	2,34
Ουσίες διασποράς	2,0	-3,0	2,0	0,35
Καύση in situ	4,0	-4,0	2,0	0,68
Εξάτμιση	4,0	0,0	0,0	1,33
Μέθοδοι άντλησης				
Διάθεση πλοίων συνοδείας & συλλογής	1,0	0,0	-4,0	-1,0
Skimmers	2,0	-1,0	1,0	0,68
Άντληση εν κενώ	0,0	0,0	0,0	0,0
Μέθοδοι καθαρισμού				
Δια χειρός	2,0	-1,0	2,0	1,0
Μετακίνηση ιζημάτων				0,0
Καταιονισμός κρύου νερού	3,0	0,0	1,0	1,33
Υδροβολή με ζεστό νερό Υ.Π.	0,0	0,0	0,0	0,0
Βιοαποδόμηση	0,0	0,0	0,0	0,0

ΤΟ ΣΥΜΒΑΝ	Ο εμβολισμός του CSL Virginia			
	Αποτέλεσμα τικότητα	Επιπτώσεις στο περιβάλλον	Διαδικα σίες	Τελική βαθμολογία
Μέθοδοι εξάλειψης ή συγκέντρωσης				
Φράγματα	3,0	0,0	3,0	2,00
Ουσίες διασποράς	0,0	0,0	0,0	0,0
Καύση in situ	0,0	0,0	0,0	0,0
Εξάτμιση	3,0	0,0	0,0	1,0
Μέθοδοι άντλησης				
Διάθεση πλοίων συνοδείας & συλλογής	4,0	0,0	4,0	2,67
Skimmers	2,0	0,0	2,0	1,33
Άντληση εν κενώ	2,0	0,0	1,0	1,00
Μέθοδοι καθαρισμού				
Δια χειρός	4,0	-3,0	3,0	1,33
Μετακίνηση ιζημάτων	2,0	-3,0	1,0	0,0
Καταιονισμός κρύου νερού	2,0	-2,0	2,0	0,68
Υδροβολή με ζεστό νερό Υ.Π.	3,0	-2,0	1,0	0,68
Βιοαποδόμηση	0,0	0,0	0,0	0,0

ΤΟ ΣΥΜΒΑΝ	η έκρηξη στο MT HAVEN			
	Αποτελεσματικότητα	Επιπτώσεις στο περιβάλλον	Διαδικασίες	Τελική βαθμολογία
Μέθοδοι εξάλειψης ή συγκέντρωσης				
Φράγματα	3,0	0,0	2,0	1,67
Ουσίες διασποράς	0,0	0,0	0,0	0,0
Καύση in situ	3,0	-1,0	0,0	0,68
Εξάτμιση	1,0	0,0	0,0	1,00
Μέθοδοι άντλησης				
Διάθεση πλοίων συνοδείας & συλλογής	0,0	0,0	0,0	0,0
Skimmers	2,0	0,0	2,0	1,33
Άντληση εν κενώ	0,0	0,0	0,0	0,0
Μέθοδοι καθαρισμού				
Δια χειρός	3,0	-2,0	3,0	1,33
Μετακίνηση ιζημάτων	0,0	0,0	0,0	0,0
Καταιονισμός κρύου νερού	4,0	0,0	2,0	2,00
Υδροβολή με ζεστό νερό Υ.Π.	0,0	0,0	0,0	0,0
Βιοαποδόμηση	2,0	-1,0	2,0	1,00

Παράρτημα Ζ' η εξέλιξη των συμβάντων εμφάνισης πετρελαιοκηλίδων



Παράρτημα Η' Οι ιδιότητες καύσης των τύπων πετρελαίου

Burning Properties of Various Fuels

Fuel	Burnability	Ease of Ignition	Flame Spread	Burning Rate* (mm/min)	Sootiness of Flame	Efficiency Range (%)
Gasoline	very high	very easy	very rapid through vapours	4	medium	95-99
Diesel Fuel	high	easy	moderate	3.5	very high	90-98
Light Crude	high	easy	moderate	3.5	high	85-98
Medium Crude	moderate	easy	moderate	3.5	medium	80-95
Heavy Crude	moderate	medium	moderate	3	medium	75-90
Weathered Crude	low	difficult, add primer	slow	2.8	low	50-90
Crude oil with ice	low	difficult, add primer	slow	2	medium	50-90
Heavy Fuel Oil	very low	difficult, add primer	slow	2.2	low	40-70
Waste Oil	low	difficult, add primer	slow	2	medium	30-60

* typical rates only — to get the rate in Litre/m²/hour multiply by 60

Ref: Dr Merv Fingas of Spill Science