

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**«Διαχείριση Περιβαλλοντικού Κινδύνου από μεταφορές
καυσίμων:**

**Σχέδιο έκτακτης ανάγκης για την αντιμετώπιση περιστατικών ρύπανσης
: επιλογή σημείων εγκατάστασης σταθμών παρακολούθησης»**



Ονοματεπώνυμο: Σταματιάδη Θεοδώρα

Επιβλέπων Καθηγητής : κ. Καλογεράκης Νικόλαος

ΧΑΝΙΑ, 2008

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έγινε με αφορμή την εγκατάσταση σταθμών παρακολούθησης στις ακτές του Λακωνικού Κόλπου, με στόχο την παρακολούθηση της θαλάσσιας περιοχής για ενδεχόμενη πετρελαϊκή ρύπανση. Η εργασία σκοπεύει να προτείνει πιθανές θέσεις εγκατάστασης των σταθμών αυτών, οι οποίοι θα μπορούν να ελέγχουν το ευρύτερο θαλάσσιο χώρο του Λακωνικού Κόλπου και να προβλέπουν σε περίπτωση που υπάρχει ρύπανση, κυρίως πετρελαϊκή λόγω της έντονης κυκλοφορίας πετρελαιοφόρων στην περιοχή, αν αυτή φτάσει στις ακτές ή όχι και αν ναι σε πόσο χρόνο.

Παράλληλα η εργασία κάνει αναφορά στις αιτίες δημιουργίας μιας πετρελαιοκηλίδας, στις συνέπειες που αυτή προκαλεί και στους τρόπους αντιμετώπισής της, ενώ δεν παραλείπει να προτείνει και πιθανό σχέδιο έκτακτης ανάγκης, πάντα υπό το πρίσμα των *θαλάσσιων μεταφορών*.

Τέλος γίνεται περιγραφή κάποιων από τα πιο σύγχρονα συστήματα παρακολούθησης που υπάρχουν σήμερα σε λειτουργία και που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και στο πρόβλημα που θέτει η παρούσα εργασία.

ABSTRACT

The present thesis was written on the occasion of the installation of surveillance stations in the coasts of Laconic Bay, aiming at the follow-up of marine region for potential oil pollution. This thesis intends to propose appropriate positions or places at the Laconic Bay for the installation of surveillance stations, that might check the wider marine space of the Bay and forecast in the case of pollution, mainly oil pollution due to the intense traffic of oil-tankers in the region, if this reaches in the coasts or no and if yes in how much time.

At the same time the thesis refers to the causes of oil slick creation, to its consequences and to its confrontation ways, while it does not omit to propose an emergency plan, under the prism of marine transports.

Finally some of the most modern systems of surveillance that exist today in use , are described. The same systems could be used for the confrontation of the problems that are reported by the present work.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της μεταπτυχιακής μου διατριβής για το μεταπτυχιακό δίπλωμα ειδίκευσης «Υγειονομική και Περιβαλλοντική μηχανική», υπό την επίβλεψη και καθοδήγηση του καθηγητή του τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης, κ. Καλογεράκη Νικόλαο.

Για την επιτυχή ολοκλήρωση της εργασίας θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον καθηγητή κ. Καλογεράκη, για την επιλογή του θέματος, την καθοδήγηση και την άριστη συνεργασία που είχαμε, καθώς και στο Σύνδεσμο Εμπορίας Πετρελαιοειδών Ελλάδος, που ενίσχυσε την προσπάθειά μου με μια υποτροφία.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	- 5 -
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ, ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	- 7 -
ΣΚΟΠΟΣ	- 10 -
ΛΕΞΕΙΣ -ΚΛΕΙΔΙΑ.....	- 10 -
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	- 11 -
ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ.....	- 12 -
1. Διαχείριση Περιβαλλοντικού Κινδύνου.....	- 14 -
1.1 Τι είναι περιβαλλοντικός κίνδυνος.....	- 14 -
1.2 Πως γίνεται η διαχείρισή του.....	- 14 -
1.3 Μέχρι σήμερα διαχείριση περιβαλλοντικών κινδύνων από μεταφορά καυσίμων στην Μεσόγειο.....	- 27 -
2. Ασφάλεια θαλάσσιων μεταφορών καυσίμων.....	- 28 -
2.1 Ατυχήματα που συμβαίνουν στην Ελλάδα (στατιστικά στοιχεία)-	35 -
2.2 Στατιστικά στοιχεία ρύπανσης Ανατολικής Μεσογείου και Λακωνικού Κόλπου.	- 36 -
2.3 Λόγοι ατυχημάτων	- 40 -
2.4 Συνέπειες ατυχημάτων	- 46 -
2.5 Ασφαλείς Θαλάσσιες Μεταφορές	- 49 -
2.6 Η φύση του πετρελαίου (τι συμβαίνει όταν πέσει στην θάλασσα)-	53 -
3. Υπάρχοντα Συστήματα Παρακολούθησης.....	- 65 -
3.1 Oil Spill Model (OSM) και Ecological Model (ERSEM)	- 65 -
3.2 Σύστημα παρακολούθησης στο πλαίσιο του LIFE-NATURA	- 73 -
3.3 Σύστημα εντοπισμού πετρελαιοκηλίδων χρησιμοποιώντας τεχνικές φθορισμού [70].....	- 75 -
3.4 Μέθοδος και μηχανισμός για παρακολούθηση και μέτρηση των πετρελαιοκηλίδων στο νερό.[25]	- 77 -
4. Σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ [65]	- 79 -
4.1 Σκοπός συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ.....	- 80 -
4.2 Τα μέρη του συστήματος.....	- 81 -
4.3 Εφαρμογές του ΠΟΣΕΙΔΩΝ.....	- 88 -
4.4 Λειτουργία Συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ	- 89 -
5. Λακωνικός Κόλπος	- 101 -
5.1 Γεωγραφικά Δεδομένα- Χαρακτηριστικά περιοχής.....	- 101 -
6. Διαχειριστικό Σχέδιο Κινδύνου για το Λακωνικό Κόλπο.....	- 104 -
6.1 Μέτρηση- εγκατάσταση σταθμών μέτρησης.....	- 106 -
6.1.1 Επιλογή περιοχής εγκατάστασης -κριτήρια	- 106 -
6.1.2 Εξοπλισμός.....	- 108 -
6.1.3 Χαρακτηριστικά εγκατάστασης	- 109 -
6.2 Επεξεργασία δεδομένων σταθμών μέτρησης	- 111 -
6.3 Δράσεις αντιμετώπισης κινδύνου	- 112 -
6.3.1 Εντοπισμός πετρελαιοκηλίδας.....	- 117 -
6.3.2 Περιορισμός και ανάκτηση της πετρελαιοκηλίδας.....	- 119 -
6.3.3 Καταπολέμηση της πετρελαιοκηλίδας	- 123 -
6.3.3.1 Διασκορπιστικά.....	- 123 -

6.3.3.2	Εναλλακτικές Τεχνικές αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδας	- 128
-		
6.3.3.2.1	Επι τόπου καύση	- 128 -
6.3.3.2.2	Βιοεξυγίανση	- 130 -
6.3.4	Καθαρισμός ακτών	- 133 -
7	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	- 143 -
8	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	- 144 -
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α΄	- 148 -
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β΄	- 152 -
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ΄	- 155 -

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ, ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΩΝ

Πίνακας 2.1 :	Πετρελαιοκηλίδες από δεξαμενόπλοια στα διεθνή ύδατα.....	30
Πίνακας 2.2 :	Οι 20 μεγαλύτερες πετρελαιοκηλίδες από το 1967.....	32
Πίνακας 2.3.1 :	Πιθανές αιτίες ατυχήματος σε δεξαμενές αποθήκευσης.....	40
Πίνακας 2.3.2 :	Αιτίες δημιουργίας πετρελαιοκηλίδων το διάστημα 1974-2006...	44
Πίνακας 2.6.1 :	Χημική Σύσταση και φυσικές ιδιότητες αντιπροσωπευτικών αργών πετρελαίων.....	57
Πίνακας 6.3.1 :	Μέθοδοι αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδων	116
Πίνακας 6.3.1.1:	Χαρακτηριστικά πετρελαίου.....	119
Εικόνα 2.1	Τοποθεσίες 20 μεγαλύτερων πετρελαιοκηλίδων.....	34
Εικόνα 2.4.1 :	Συνέπειες πετρελαιοκηλίδας.....	48
Εικόνα 2.6.1 :	Αντιπροσωπευτικές οργανικές ενώσεις που συναντώνται στο αργό πετρέλαιο.....	55
Εικόνα 2.6.2 :	Οι κύριες διαδικασίες γήρανσης του πετρελαίου που πέφτει στην θάλασσα.....	59
Εικόνα 2.6.3 :	Μια μέση πετρελαιοκηλίδα πάνω στο νερό.....	64
Εικόνα 4.4.1 :	Χάρτης Ελλάδας που δείχνει τις υπό μελέτη περιοχές.....	93
Εικόνα 4.4.2 :	Σημεία ύπαρξης πίσσας πάνω από την Κρήτη και κάτω από το Λακωνικό Κόλπο.....	94
Εικόνα 4.4.3 :	Αποτελέσματα προσομοίωσης RPTM μοντέλου.....	95
Εικόνα 4.4.4 :	Αποτελέσματα προσομοίωσης.....	97
Εικόνα 4.4.5 :	Αποτελέσματα προσομοίωσης.....	98
Εικόνα 4.4.6 :	Αποτελέσματα προσομοίωσης.....	99
Εικόνα 5.1.1 :	Ακρωτήρια Μαλέα και Ταίναρο.....	102
Εικόνα 5.1.2 :	Ευρώτας.....	103
Εικόνα 6.1.2.1 :	Σταθμός Μέτρησης προγράμματος LIFE-NATURA.....	109
Εικόνα 6.3.3.2.2.1	Τεχνικές Αντιμετώπισης Πετρελαιοκηλίδων.....	133
Σχήμα 2.1 :	Αριθμός πετρελαιοκηλίδων πάνω από 700 τόνους.....	30
Σχήμα 2.2 :	Ποσότητες πετρελαίου που διαρρέουν στο θαλάσσιο περιβάλλον ύστερα από ατύχημα.....	32
Σχήμα 2.2.1 :	Πηγές ρύπανσης ελληνικών θαλασσών έτους 2006.....	37
Σχήμα 2.2.2 :	Είδος ρυπογόνου ουσίας σε εντοπισθέντα περιστατικά έτους 2006.....	37
Σχήμα 2.2.3 :	Κύριες εισαγωγές πετρελαίου στο θαλάσσιο περιβάλλον.....	38
Σχήμα 2.3.1 :	Αιτίες δημιουργίας πετρελαιοκηλίδων μικρότερων από 7 τόνους στο διάστημα 1974-2006.....	44
Σχήμα 2.3.2 :	Αιτίες δημιουργία πετρελαιοκηλίδων από 7-700 τόνους το διάστημα 1974-2006.....	45
Σχήμα 2.3.3 :	Αιτίες δημιουργίας πετρελαιοκηλίδων μεγαλύτερων από 700	45

	τόνους το διάστημα 1974-2006.....	
Σχήμα 3.1.1 :	Αποτελέσματα προσομοίωσης στο κόλπο του Ναυαρίνου.....	68
Σχήμα 3.1.2 :	Εξάπλωση του κέντρου βάρους πετρελαιοκηλίδας στο κόλπο του Ναυαρίνου.....	68
Σχήμα 3.1.3 :	Η εξέλιξη των διεργασιών της εξάτμισης, της γαλακτοποίησης και της ποσότητας της πετρελαιοκηλίδας.....	69
Σχήμα 3.1.4 :	Θερμοκρασία επιφάνεια και αλατότητα (x) τιμές πεδίου (-) τιμές προσομοίωσης.	71
Σχήμα 3.1.5 :	Φωσφορικό άλας, νιτρικό άλας, αμμώνιο, εστέρας πυριτικού οξέος (x) τιμές πεδίου (-) τιμές προσομοίωσης.....	72
Σχήμα 3.2.1 :	Σταθμός Μέτρησης.....	73
Σχήμα 4.4.1 :	Σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ.....	89

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

- ☑ **POM Model** = Princeton Ocean Model = υδροδυναμικό μοντέλο
- ☑ **OSM Model** = Oil Spill Model = μοντέλο διάδοσης πετρελαίου
- ☑ **PPTM Model** = Poseidon Pollutants Transport Model
- ☑ **ERSM Model** = European Regional Seas Ecosystem Model
- ☑ **EMSA**= European Maritime Safety Agency =Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Ασφάλειας Ναυσιπλοΐας
- ☑ **IMO** = International Maritime Organization= Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός.
- ☑ **UNEP** = United Nations Environmental Program = Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών .
- ☑ **STCW** =Standards of Training, Certification and Watchkeeping=Διεθνής Σύμβαση για την Εκπαίδευση, την Πιστοποίηση και την Εκτέλεση Φυλακών των Ναυτικών του IMO
- ☑ **ISPS**= International Ship and Port Facility Security Code=Διεθνής Κώδικας για την ασφάλεια των πλοίων και των λιμενικών εγκαταστάσεων.
- ☑ **EIA** = Environmental Impact Assessment = Εκτίμηση Περιβαλλοντικής επίπτωσης
- ☑ **IPIECA** = International Petroleum Industry Environmental Conservation Association = Διεθνής Οργανισμός Βιομηχανίας Πετρελαίου και Συντήρησης Περιβάλλοντος.
- ☑ **ITOPF** = International Tanker Owners Pollution Federation Limited = Διεθνής Ομοσπονδία Ιδιοκτητών Βυτιοφόρων.
- ☑ **ΔΠΘΠ** = Διεύθυνση Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος
- ☑ **ΕΚΣΕΔ** = Ενιαίο Κέντρο Συντονισμού Έρευνας και Διάσωσης
- ☑ **REMPEC** = Regional Marine Pollution Emergency Center = Περιφερειακό Κέντρο Έκτακτης Παρέμβασης για την Ρύπανση
- ☑ **MEDA** = Πρόγραμμα μεταρρύθμισης οικονομικών και κοινωνικών δομών των Μεσογειακών Χωρών με σκοπό να μειώσουν τα αποτελέσματα της οικονομικής ανάπτυξης στον κοινωνικό και περιβαλλοντικό τομέα.
- ☑ **MOIG** = Mediterranean Oil Industry Group = Ένωση Πετρελαϊκής Βιομηχανίας Μεσογείου

ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της εργασίας είναι να αναφερθεί στην σωστή διαχείριση περιβαλλοντικού κινδύνου από θαλάσσιες μεταφορές, καθώς και να προτείνει στο πλαίσιο ενός στρατηγικού σχεδίου έκτακτης ανάγκης αντιμετώπισης περιστατικών πετρελαϊκής ρύπανσης, την τοποθέτηση σταθμών παρακολούθησης και ελέγχου, οι οποίοι θα βοηθήσουν στην έγκαιρη αντιμετώπιση του κινδύνου.

ΛΕΞΕΙΣ -ΚΛΕΙΔΙΑ

- ☑ Διαχείριση Περιβαλλοντικού Κινδύνου,
- ☑ Μεταφορές Καυσίμων,
- ☑ Λακωνικός Κόλπος,
- ☑ Σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ,
- ☑ Σταθμοί παρακολούθησης,
- ☑ Πετρελαιοκηλίδες,
- ☑ Σχέδιο αντιμετώπισης περιβαλλοντικού κινδύνου.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι μεταφορές εν γένει και κυρίως καυσίμων αποτελούν ένα από τους σημαντικότερους τομείς μιας οικονομίας. Η αξία που έχουν τα καύσιμα στην καθημερινή μας ζωή και στο περιβάλλον είναι τέτοια που από μόνη της προσδίδει σημαντικότητα στις μεταφορές τους.

Η παρούσα εργασία ασχολείται με τις θαλάσσιες μεταφορές καυσίμων και την διαχείριση περιβαλλοντικού κινδύνου που ίσως προκύψει από αυτές.

Στόχος της είναι να υποδείξει ασφαλείς τρόπους μεταφορών, καθώς και σχέδιο έκτακτης ανάγκης για την αντιμετώπιση περιστατικών ρύπανσης, αλλά και να προτείνει δράσεις σε περίπτωση που κατά την μεταφορά συμβεί κάποιο ατύχημα και πετρέλαιο χυθεί στην θάλασσα.

Με αφορμή την πρόταση για ένα σχέδιο προστασίας του Λακωνικού Κόλπου από πετρελαϊκή ρύπανση, η εργασία προτείνει σύστημα ελέγχου και πρόβλεψης κίνησης μιας πετρελαιοκηλίδας, αλλά και δράσεις σε περίπτωση που το πετρέλαιο φτάσει τις ακτές του Λακωνικού Κόλπου.

Έτσι στο **κεφάλαιο 1** δίνουμε τον ορισμό του περιβαλλοντικού κινδύνου και παραθέτουμε παραδείγματα περιβαλλοντικών κινδύνων από μεταφορά καυσίμων στην Ελλάδα και τον κόσμο.

Στο **κεφάλαιο 2** παραθέτουμε κάποια στατιστικά στοιχεία ρύπανσης της Μεσογείου και του Λακωνικού Κόλπου και αναλύουμε τις αιτίες πρόκλησης ατυχήματος και δημιουργίας πετρελαιοκηλίδας.

Ακολουθεί το **κεφάλαιο 3** όπου αναλύουμε τον τρόπο λειτουργίας κάποιων από τα υπάρχοντα συστήματα παρακολούθησης, πρόβλεψης και εντοπισμού πετρελαιοκηλίδων.

Το **κεφάλαιο 4** το αφιερώνουμε στο Σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ και τις εφαρμογές του. Το σύστημα είναι ένα από τα πιο τεχνολογικά αναπτυγμένα συστήματα παρακολούθησης και πρόβλεψης που υπάρχουν στο κόσμο και είναι εγκατεστημένο στις ελληνικές θάλασσες.

Στο **κεφάλαιο 5** γίνεται μια σύντομη περιγραφή του Λακωνικού Κόλπου για να μπορέσει ο αναγνώστης να αντιληφθεί τον χώρο στον οποίο θα τοποθετηθούν οι σταθμοί παρακολούθησης.

Στο **κεφάλαιο 6** αναπτύσσουμε το διαχειριστικό σχέδιο κινδύνου για τον Λακωνικό Κόλπο. Κάνουμε αναφορά στους σταθμούς παρακολούθησης που θα τοποθετήσουμε, στο τρόπο επιλογής των θέσεων τοποθέτησης των σταθμών, στην λειτουργία των σταθμών και στις δράσεις αντιμετώπισης του κινδύνου.

ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Σήμερα το πετρέλαιο αποτελεί το σημαντικότερο ορυκτό για την παγκόσμια οικονομία, καθώς αποτελεί την κύρια πρωτογενή πηγή ενέργειας και την πρώτη ύλη από την οποία παράγεται ένας τεράστιος αριθμός προϊόντων (πλαστικά, φάρμακα, καλλυντικά, απορρυπαντικά, φιλμ, μαγνητοταινίες, εκρηκτικά κ.λπ.). Η ασφαλής μεταφορά του από τα σημεία παραγωγής σε όλο τον κόσμο είναι πρωτίστης σημασίας τόσο για την παγκόσμια οικονομία όσο και για το περιβάλλον. Λόγω της γεωγραφικής της θέσης, η Μεσόγειος Θάλασσα σηκώνει μεγάλο βάρος από την θαλάσσια μεταφορά των καυσίμων παγκοσμίως. Αν αναλογιστούμε πως οι θαλάσσιες μεταφορές καυσίμων αποτελούν πάνω από το 50 % των μεταφορών καυσίμων παγκοσμίως και ότι από την Μεσόγειο διέρχεται το 20% των θαλάσσιων μεταφορών, το οποίο μάλιστα αναμένεται να αυξηθεί μετά την κατασκευή του αγωγού Μπουργκάς- Αλεξανδρούπολη, τότε καταλαβαίνουμε την σπουδαιότητα της περιοχής αυτής. Όπως είναι αναμενόμενο σε μια υδάτινη επιφάνεια που αποτελεί το 1% της παγκόσμιας υδάτινης επιφάνειας, ελευθερώνονται κάθε χρόνο 0,5 έως 1 εκατομμύριο τόνοι πετρελαιοειδών, δημιουργώντας τεράστια προβλήματα στο περιβάλλον, καθώς και στην οικονομική και κοινωνική ζωή των παράκτιων χωρών. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε πως στις ελληνικές θάλασσες ελευθερώνονται ετησίως 100.000 τόνοι πετρελαιοειδών.

Η ασφαλής επομένως θαλάσσια μεταφορά καυσίμων και η σωστή διαχείριση του περιβαλλοντικού κινδύνου κρίνονται επιτακτική ανάγκη τόσο για την παγκόσμια κοινότητα όσο και για την χώρα μας, που αντιμετωπίζει άμεσα τα προβλήματα και τις συνέπειες πιθανών ατυχημάτων.

Στο παραπάνω πλαίσιο κινούνται ερευνητικές ομάδες καθώς και δημόσιοι και ιδιωτικοί φορείς, ώστε να μπορέσουν να παρακολουθήσουν και να προβλέψουν την κίνηση ρυπαντών και να επέμβουν πριν είναι πολύ αργά.

Σήμερα το σύστημα παρακολούθησης ΠΟΣΕΙΔΩΝ, αποτελεί εγγύηση για την περιοχή του Αιγαίου και του Ιονίου, και είναι πολύ σημαντικό το ότι έχει αναπτυχθεί και λειτουργεί στις ελληνικές θάλασσες. Το σύστημα αναπτύχθηκε από το Εθνικό Κέντρο Θαλασσών (ΕΚΘΕ) και τα Ελληνικά Συστήματα Πληροφορικής (ΕΛΣΥΠ), με χρηματοδότηση της Ευρωπαϊκής Ένωσης (85%) και του Υπουργείου Εθνικής Οικονομίας (15%). Από το 2000 υπάρχει στις ελληνικές θάλασσες και μας πληροφορεί για την κατάσταση των ελληνικών θαλασσών. Το ΠΟΣΕΙΔΩΝ συνδυάζει διάφορα καιρικά και θαλάσσια δεδομένα, που μετράνε οι 10 πλωτήρες του και προβλέπει τον καιρό, τον κυματισμό και την κυκλοφορία των ελληνικών θαλασσών, συμβάλλοντας στην έγκαιρη αντιμετώπιση περιστατικών θαλάσσιας ρύπανσης και στην αυξημένη ασφάλεια στις θαλάσσιες μεταφορές.

Στη χώρα μας, σήμερα, εκτός από το ΠΟΣΕΙΔΩΝ το εθνικό σχέδιο έκτακτης ανάγκης για την αντιμετώπιση ρύπανσης από Πετρέλαιο της Γενικής Γραμματείας Πολιτικής Προστασίας , http://www.civilprotection.gr/index_gr.php, του Υπουργείου Εσωτερικών σε συνεργασία με το Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας <http://www.yen.gr> , εγγυάται την έγκαιρη αντιμετώπιση περιστατικών ρύπανσης.

Εντούτοις παρά την εμπλοκή του Κράτους και την θέσπιση αρχών διαχείρισης κρίσης, αλλά και την συμμετοχή πολλών ερευνητικών ιδρυμάτων και ινστιτούτων, όπως το ΕΚΘΕ, καθώς και πολλών ιδιωτικών φορέων, τα ατυχήματα κατά την μεταφορά καυσίμων εξακολουθούν να συμβαίνουν και η αντιμετώπισή τους εξακολουθεί να μην είναι αποτελεσματική παρουσιάζοντας δείγματα έλλειψης οργάνωσης και συνεννόησης όλων των εμπλεκόμενων φορέων.

1. Διαχείριση Περιβαλλοντικού Κινδύνου

Η βασικότερη αρχή στην διαχείριση περιβαλλοντικού κινδύνου είναι «Απαγορεύεται η ρύπανση». Όλο το σύστημα διαχείρισης περιβαλλοντικού κινδύνου πρέπει να διαμορφώνεται βάσει της παραπάνω αρχής. Από εκεί και πέρα όλες οι υπόλοιπες αρχές στόχο έχουν την πρόληψη και την αποφυγή ατυχήματος και εν συνεχεία την έγκαιρη αντιμετώπισή του. Έτσι οι αρχές όπως :

1. Ο ρυπαίνων πληρώνει
 2. προτεραιότητα πρέπει να δίνεται στον να αποφύγουμε παρά να θεραπεύσουμε
 3. όλες οι δραστηριότητές μας πρέπει να γίνονται μέσα στα όρια ανοχής του περιβάλλοντος
 4. σε περίπτωση υποψίας κινδύνου, η έλλειψη επιστημονικών δεδομένων δεν δικαιολογεί την καθυστερημένη αντίδραση,
- κινούνται γύρω από τις διεθνείς συμφωνίες που στόχο έχουν την αποφυγή του κινδύνου. Τι εννοούμε όμως όταν αναφερόμαστε στην έννοια του κινδύνου και μάλιστα περιβαλλοντικού ;

1.1 Τι είναι περιβαλλοντικός κίνδυνος

Κίνδυνος είναι η πιθανότητα να συμβεί ένα τυχαίο γεγονός με αρνητικές συνέπειες [1]. Κατά την μεταφορά καυσίμων ο κίνδυνος αυξάνεται όταν οι καιρικές συνθήκες είναι άσχημες (χαμηλές θερμοκρασίες, μικρή ορατότητα, παγωμένα νερά, ισχυροί άνεμοι, ταραγμένη θάλασσα), το μεταφορικό μέσο δεν είναι καλά συντηρημένο, οι αποστάσεις που διανύονται μεγάλες και η κίνηση στις θάλασσες είναι αυξημένη.

1.2 Πως γίνεται η διαχείρισή του

Η διαχείριση περιβαλλοντικού κινδύνου συνεπάγεται την αντίληψή του, την ανάλυσή του και την προετοιμασία για την αντιμετώπισή του. Κάθε κίνδυνος διακρίνεται σε τρεις βαθμίδες. Στον χαμηλό, τον οποίον το κοινό εύκολα αποδέχεται, επειδή τα οφέλη αντισταθμίζουν τα μειονεκτήματα. Στον υψηλό, όπου ο κίνδυνος θα πρέπει να μειωθεί με οποιοδήποτε τίμημα και αν αυτό δεν είναι εφικτό τότε θα πρέπει να σταματήσουν οι ενέργειες που τον προκαλούν. Και τέλος στον ενδιάμεσο, όπου η απόφαση για την μείωση κινδύνου λαμβάνεται αφού αξιολογηθούν τα οφέλη και οι ζημιές που προκύπτουν από τις δραστηριότητες που προκαλούν τον κίνδυνο. Παραδοσιακά η διαχείριση κινδύνου περιλαμβάνει τρία βήματα- τον προσδιορισμό του κινδύνου, την αξιολόγηση του κινδύνου και την εφαρμογή λύσεων και σχεδίων για την αντιμετώπιση του κινδύνου.

Η αξιολόγηση κινδύνου αποτελείται από : αναγνώριση κινδύνου, ποσοτικοποίηση, εκτίμηση, αποδοχή, αποστροφή , έλεγχος, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα. [39]

Διαχείριση Κινδύνου				
Αξιολόγηση Κινδύνου				Έλεγχος Κινδύνου
Προσδιορισμός Κινδύνου		Αξιολόγηση Κινδύνου		
Αναγνώριση Κινδύνου	Εκτίμηση Κινδύνου	Αποδοχή Κινδύνου	Αποστροφή Κινδύνου	
αναγνώριση: - νέων κινδύνων - αλλαγές στις παραμέτρους κινδύνου	καθορισμός: - πιθανότητας να συμβεί - μέγεθος συνεπειών	ίδρυση: - αναφορών κινδύνου - risk referents	καθορισμός: - βαθμός μείωσης κινδύνου - βαθμός αποφυγής κινδύνου	εφαρμογή: - εργασίες προστασίας - μη δομημένα μέτρα

**Πηγή Roger Smook at the Risk Assessment and Management Congress
in Ogaki, Japan - September 1997**

Διαχείριση κινδύνου είναι η διαδικασία απόκρισης βασισμένη στην ανάλυση των διαφόρων πολιτικών ζητημάτων, όπως ο αποδεκτός κίνδυνος. Αξιολογώντας το κίνδυνο μέσα από ένα πολιτικό, κοινωνικό και οικονομικό πρίσμα, οι αρμόδιοι λαμβάνουν τις αποφάσεις διαχείρισης του κινδύνου. Τέτοιες αποφάσεις είναι συνήθως αμφισβητήσιμες από το ευρύ κοινό, γιατί αποτυγχάνουν να προσδιορίσουν τους κινδύνους που μπορούν να γίνουν αποδεκτοί από τον κόσμο.

Ως αξιολόγηση κινδύνου ορίζεται «Η ολική διαδικασία της αναγνώρισης, ποσοτικοποίησης, εκτίμησης, αποδοχής, αποστροφής και ελέγχου του κινδύνου». Η αξιολόγηση του κινδύνου ως διαδικασία περιλαμβάνει τον ορισμό του κινδύνου και την αποτίμηση του. Η διαχείριση του κινδύνου από την άλλη περιλαμβάνει την αξιολόγηση του κινδύνου και τον έλεγχο του.

Ο προσδιορισμός κινδύνου περιλαμβάνει τις διαδικασίες της αναγνώρισης και της εκτίμησης κινδύνου. Αναγνώριση κινδύνου είναι η διαδικασία της παρατήρησης και αναγνώρισης νέων παραμέτρων κινδύνου ή νέων δεσμών μεταξύ των υπάρχοντων παραμέτρων κινδύνων, ή της αντίληψης αλλαγής των μεγεθών των υπάρχοντων παραμέτρων των κινδύνων.

Ο κίνδυνος, σαν γενική έννοια περιλαμβάνει δυο κύρια χαρακτηριστικά : την πιθανότητα να συμβεί ένα μη επιθυμητό γεγονός και τις συνέπειες του γεγονότος. Συνεπώς η εκτίμηση κινδύνου είναι η διαδικασία της αξιολόγησης, ξεκινώντας από την πιθανότητα να συμβεί ένα γεγονός και τελειώνοντας στην σημαντικότητα των συνεπειών του γεγονότος.

Όσον αφορά στην αξιολόγηση του κινδύνου, αυτή είναι μια περίπλοκη διαδικασία ανάπτυξης αποδεκτών επιπέδων κινδύνου για το άτομο, την ομάδα και το κοινωνικό

σύνολο. Περιλαμβάνει τις διαδικασίες της αποδοχής του κινδύνου και της αποστροφής.

Η αποδοχή κινδύνου υποδηλώνει ότι αυτός που αναλαμβάνει το ρίσκο είναι πρόθυμος να αποδεχτεί κάποιους κινδύνους, αν δεν μπορεί να τους αποφύγει ή να τους ελέγξει, προκειμένου να κερδίσει κάτι ή να επωφεληθεί από κάτι. Το επίπεδο κινδύνου το οποίο είμαστε διατεθειμένοι να αποδεχτούμε, θεωρείται επίπεδο αναφοράς αποδοχής κινδύνου και βάσει αυτού ορίζουμε και συγκρίνουμε κάθε κίνδυνο. Αν ο κίνδυνος είναι κάτω από το επίπεδο αναφοράς, ο κίνδυνος κρίνεται αποδεχτός. Αν όμως κριθεί μη αποδεχτός και αποφευκτέος, πρέπει να παρθούν μέτρα και να γίνουν ενέργειες είτε για να ελεγχθεί είτε για να σταματήσουν οι δράσεις που τον προκαλούν. Η αντίληψη για το ποιος κίνδυνος τελικά θεωρείται αποδεκτός και ποιος όχι, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Για παράδειγμα ο κίνδυνος μπορεί να έχει άμεσες ή έμμεσες συνέπειες, μπορεί να επηρεάζει το μέσο άνθρωπο ή οικοσύστημα ή να επηρεάζει ιδιαίτερα ευαίσθητους ανθρώπους ή οικοσυστήματα, μπορεί να περιλαμβάνει ένα τρομερό ρίσκο ή ένα κοινό, μπορεί να συμβαίνει περιστασιακά ή σε συχνή βάση κ.ο.κ.

Η αποστροφή του κινδύνου αποτελεί κίνηση ελέγχου, η οποία γίνεται προκειμένου να αποφευχθεί ή να μειωθεί ο κίνδυνος ή να ρυθμιστούν οι ενέργειες ώστε να μειωθεί η ένταση ή η συχνότητα των μη επιθυμητών συμβάντων και να μειωθεί η τρωτότητα των ατόμων που εκτίθενται ή να αναπτυχθούν και να εφαρμοστούν διαδικασίες ελάφρυνσης και ανάκτησης και να θεοπιστούν σχέδια έκτακτης ανάγκης και αποζημίωσης λόγω απωλειών.

Στην περίπτωση επομένως που θέλουμε να αποστραφούμε τον κίνδυνο που προέκυψε, καταστρώνουμε εκ των προτέρων ένα σχέδιο έκτακτης ανάγκης [3].

Τα τελευταία χρόνια μοντέλα προσομοίωσης πετρελαιοκηλίδων χρησιμοποιούνται για να βοηθήσουν στην ανάπτυξη στρατηγικών αντιμετώπισης ενδεχόμενων πετρελαιοκηλίδων και στην κατάστροψη σχεδίου αντιμετώπισης σε περίπτωση ατυχήματος και κατά συνέπεια δημιουργίας πετρελαιοκηλίδας στη θάλασσα, κάνοντας εκτίμηση των κινδύνων και παρέχοντας μέτρα προστασίας [2].

Στόχος των σχεδίων αυτών είναι να διαχειριστούν όσο το δυνατό καλύτερα τον κίνδυνο που προκύπτει. Κοινώς να εκτιμήσουν και να ελέγξουν τον κίνδυνο. Τι εννοούμε όμως λέγοντας εκτίμηση και έλεγχο κινδύνου ;

(α) Εκτίμηση Κινδύνου, σημαίνει

1. Ο Εντοπισμός κινδύνου
2. Η Ανάλυση κινδύνου
3. Η Ιεράρχηση κινδύνου

(β) Έλεγχος κινδύνου , σημαίνει :

1. Σχεδιασμός διαχείρισης κινδύνου
2. Επίλυση κινδύνου
3. Παρακολούθηση κινδύνου

Το (β) προϋποθέτει το (α). Για να ελέγξουμε ένα κίνδυνο θα πρέπει να εκτιμήσουμε το μέγεθός του. Ας δούμε όμως αναλυτικότερα τι εννοούμε όταν λέμε να εκτιμήσουμε το μέγεθός του.

Καταρχήν να **εντοπίσουμε τον κίνδυνο**. Παρά τις διαφορές που παρουσιάζουν τα επιμέρους έργα, υπάρχουν κάποιοι κίνδυνοι που ελλοχεύουν στην πλειοψηφία των περιπτώσεων. Οι πιο σημαντικοί από αυτούς είναι :

☒ Περικοπές ποιότητας

- ✓ Τμήματα με πολλά σφάλματα απαιτούν περισσότερο έλεγχο, σχεδιασμό και υλοποίηση από όσο αναμενόταν.
- ✓ Απαράδεκτα χαμηλή ποιότητα απαιτεί περισσότερο έλεγχο, σχεδιασμό για να διορθωθεί από όσο αναμενόταν.
- ✓ Αυστηρές απαιτήσεις για συμβατότητα με υπάρχοντα συστήματα απαιτούν περισσότερους ελέγχους, σχεδιασμό και υλοποίηση.

☒ Ανεπαρκής σχεδιασμός

☒ Έργο που ξεπερνά τις τρέχουσες τεχνολογικές δυνατότητες

☒ Μη εφαρμογή των κανόνων ασφάλειας

☒ Εξωτερικοί παράγοντες

- ✓ Καιρικές συνθήκες

☒ Αδυναμίες του προσωπικού

- ✓ Η πρόσληψη προσωπικού απαιτεί περισσότερο χρόνο από όσο αναμενόταν.
- ✓ Απαραίτητες προεργασίες (π.χ., εκπαίδευση, ολοκλήρωση άλλων έργων) δεν ολοκληρώνονται στην ώρα τους.
- ✓ Κακές σχέσεις μεταξύ της ομάδας ανάπτυξης και της διοίκησης καθυστερούν τη λήψη και την υλοποίηση αποφάσεων.
- ✓ Έλλειψη κινήτρων και χαμηλό ηθικό μειώνουν την παραγωγικότητα.
- ✓ Έλλειψη απαραίτητης εξειδίκευσης αυξάνει τα σφάλματα και την επανάληψη εργασιών.
- ✓ Το προσωπικό χρειάζεται επιπλέον χρόνο για να εξοικειωθεί με εργαλεία ή περιβάλλοντα προγραμματισμού που δεν γνωρίζει.
- ✓ Το προσωπικό χρειάζεται επιπλέον χρόνο για να εξοικειωθεί με υλικό που δεν γνωρίζει.
- ✓ Τα μέλη της ομάδας δεν συνεργάζονται αποτελεσματικά.

- ✓ Συγκρούσεις μεταξύ των μελών της ομάδας οδηγούν σε προβλήματα επικοινωνίας, προβλήματα σχεδιασμού, προβλήματα διεπαφών και επιπλέον διορθωτική δουλειά.
- ✓ Δεν απομακρύνονται προβληματικά μέλη της ομάδας καταστρέφοντας τα κίνητρά της.
- ✓ Δεν μπορεί να βρεθεί προσωπικό με απαραίτητες για το έργο γνώσεις.
- ✓ Δεν υπάρχει επαρκές προσωπικό για το έργο.
- ✓ Ενέργειες δολιοφθοράς από τη διοίκηση του έργου οδηγούν σε ανεπαρκή σχεδιασμό.
- ✓ Ενέργειες δολιοφθοράς από το τεχνικό προσωπικό οδηγούν σε απώλεια εργασίας ή σε χαμηλής ποιότητας αποτέλεσμα που χρειάζεται να ξαναγίνει από την αρχή.

Στην συνέχεια και αφού εντοπίσουμε τον κίνδυνο, θα πρέπει να τον **αναλύσουμε**. Προκειμένου να αναλύσουμε τον κίνδυνο εργαζόμαστε με βάση την έκθεση κινδύνου. Έκθεση κινδύνου ορίζεται το γινόμενο της πιθανότητας πραγματοποίησης του κινδύνου επί το μέγεθος της ζημιάς. Η εκτίμηση της πιθανότητας του κινδύνου μπορεί να γίνει είτε από ειδικό είτε μέσω διαπραγμάτευσης .

Μόλις αναλύσουμε τον κίνδυνο προχωράμε στην **ιεράρχηση** του. Δηλαδή έχοντας τους πιθανούς κινδύνους και την έκθεσή τους , τους κατατάσσουμε ανάλογα με την έκθεση. Με αυτό τον τρόπο οι κίνδυνοι είναι ιεραρχημένοι έτσι ώστε να μπορούμε να επικεντρώσουμε την προσπάθειά μας στους πιο σοβαρούς όπως προκύπτει από την κατάταξή τους. Είναι λάθος να προσπαθήσουμε να ελέγξουμε εξίσου όλους τους πιθανούς κινδύνους.

Αφού ολοκληρώσουμε τα παραπάνω βήματα προχωράμε στην διαδικασία (β) και τον έλεγχο του κινδύνου. Για να ελέγξουμε οποιοδήποτε κίνδυνο θα πρέπει να σχεδιάσουμε την διαχείρισή του. Ένα **σχέδιο διαχείρισης κινδύνων** πρέπει να προβλέπει για κάθε κίνδυνο :

- 1 Περιγραφή του κινδύνου
- 2 Κάτω από ποιες συνθήκες μπορεί να πραγματοποιηθεί
- 3 Συνέπειες
- 4 Τρόπους παρακολούθησης του κινδύνου
- 5 Τρόπους επίλυσης του κινδύνου αν πραγματοποιηθεί
 - 5.1 ύπαρξη κατάλληλου εξοπλισμού αντιμετώπισης του κινδύνου, προσαρμοσμένου στις ιδιαιτερότητες της περιοχής (π.χ ύπαρξη πάγου, ισχυροί άνεμοι, ρεύματα, κλπ).
 - 5.2 ορισμό υπευθύνων και αντίστοιχων αρμοδιοτήτων,
 - 5.3 ύπαρξη γνωστού και απόλυτα κατανοητού από όλους τους εμπλεκόμενους σχεδίου

5.4 καλὰ εκπαιδευμένο προσωπικό.

6 Υπεύθυνους για την διαχείριση του κινδύνου.

Έτσι το σχέδιο διαχείρισης κινδύνων γίνεται ένα εργαλείο αντιμετώπισης και ίσως και **επίλυσης του κινδύνου**, όταν αυτός πραγματοποιηθεί. Εντούτοις μερικές γενικές μέθοδοι για την επίλυση των προβλημάτων που επιφέρει ένας κίνδυνος είναι οι εξής :

- 1 Αποφυγή του κινδύνου
- 2 Μεταφορά του κινδύνου
- 3 Απόκτηση τεχνογνωσίας για τον κίνδυνο
- 4 Απάλειψη της αιτίας του κινδύνου
- 5 Αποδοχή του κινδύνου
- 6 Δημοσιοποίηση του κινδύνου
- 7 Έλεγχος του κινδύνου
- 8 Μαθήματα από προηγούμενους κινδύνους

Τέλος για να ολοκληρωθεί η διαδικασία της διαχείρισης ενός κινδύνου και είτε έχει επιτευχθεί η επίλυσή του είτε όχι, απαραίτητη είναι **η παρακολούθησή του**. Ένας από τους αποτελεσματικότερους τρόπους παρακολούθησης κινδύνων είναι η κατάρτιση, ανά τακτά χρονικά συστήματα (π.χ. κάθε εβδομάδα) ενός πίνακα "Top-10" με τους δέκα σοβαρότερους κινδύνους, συν τον κίνδυνο που μόλις βγήκε από την κατάταξη. Ο πίνακας περιέχει για κάθε έναν από τους κινδύνους:

- ☒ Τη θέση του στην κατάταξη αυτήν την εβδομάδα
- ☒ Τη θέση του στην κατάταξη την προηγούμενη εβδομάδα
- ☒ Τις εβδομάδες που βρίσκεται στην κατάταξη
- ☒ Την πρόοδο προς την επίλυσή του



Ας επικεντρωθούμε όμως στο θέμα της διαχείρισης κινδύνου που μπορεί να προκύψει κατά την θαλάσσια μεταφορά καυσίμων.

Ο προσεκτικός σχεδιασμός αποτελεί βασική παράμετρο για κάθε πετυχημένη δράση , ιδιαίτερα αν πρόκειται για δράση έκτακτης ανάγκης. Η ανταπόκριση σε πετρελαιοκηλίδα που δημιουργήθηκε από κάποιο ατύχημα αποτελεί κλασική περίπτωση ενός τέτοιου σχεδιασμού. Στην περίπτωση ρύπανσης από πετρελαιοκηλίδα, επηρεάζονται πολλοί άνθρωποι και πολλές αρμόδιες υπηρεσίες και οργανισμοί πρέπει να αναλάβουν δράση και να τηρήσουν τα καθήκοντά τους, που στην περίπτωση αυτή είναι αρκετά και δεν εννοούμε μόνο τον καθαρισμό του πετρελαίου. Για παράδειγμα ένα περιστατικό με πετρελαιοφόρο μπορεί να

συνεπάγεται διαδικασίες διάσωσης και έρευνας για επιζώντες, μείωσης του φορτίου και γενικές ενέργειες διάσωσης των ανθρώπων του πετρελαιοφόρου, που φυσικά σε πρώτο χρόνο επικρατούν οποιοδήποτε άλλων ενεργειών καθαρισμού του πετρελαίου. Αυτό όμως δεν σημαίνει πως οι ανησυχίες μας για τις συνέπειες ενός τέτοιου περιστατικού στο περιβάλλον, την οικονομία (ψαράδες), την βιομηχανία της περιοχής και την δημόσια υγεία και ασφάλεια, παύουν να υφίστανται και δεν πρέπει να ληφθούν υπό όψη σε ένα σχέδιο έκτακτης ανάγκης. Σε μια επιχείρηση αντιμετώπισης ενός περιστατικού με πετρελαιοκηλίδα, σίγουρα θα υπάρξουν πολλά αντικρουόμενα συμφέροντα και όποια αδυναμία απόφασης, διαφωνίες και έλλειψη αποφασιστικότητας συνεπάγεται μη έγκαιρη ανταπόκριση και αναποτελεσματική επέμβαση, προβλήματα που μπορούν να αποφευχθούν και να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικότερα με την ύπαρξη ενός καλά προετοιμασμένου και δοκιμασμένου σχεδίου έκτακτης ανάγκης.

Τα σχέδια έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να στηρίζονται στην παρακάτω συλλογιστική.

Οι περισσότερες πετρελαιοκηλίδες είναι μικρές και μπορούν να αντιμετωπιστούν τοπικά (θεώρηση 1). Σε περίπτωση που δεν συμβαίνει η αρχική θεώρηση και οι πετρελαιοκηλίδες δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν τοπικά ή επηρεάζουν μια αρκετά μεγάλη περιοχή, τότε απαιτείται μια βελτιωμένη αλλά συμβατή απόκριση (θεώρηση 2). Η βάση ενός τέτοιου σχεδίου, που στηρίζεται στην παραπάνω συλλογιστική, είναι το τοπικό σχέδιο δράσης για μια συγκεκριμένη εγκατάσταση όπως λιμάνι, πλατφόρμα πετρελαίου, ακτογραμμή. Τα επιμέρους σχέδια τοπικής κλίμακας αποτελούν μέρος ενός μεγαλύτερου περιφερειακού ή και εθνικού σχεδίου (θεώρηση 3). Τα σχέδια εθνικής κλίμακας μπορούν με την σειρά τους να αποτελούν τμήμα ενός σχεδίου που εφαρμόζεται σε δύο ή περισσότερες γειτονικές χώρες.

Σε κάθε περίπτωση πάντως τα σχέδια έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να ακολουθούν την ίδια συλλογιστική, ανεξάρτητα αν πρόκειται για τοπικά, εθνικά ή διεθνή σχέδια, όπου το περιεχόμενο τους και το μέγεθός τους θα ποικίλει με το μέγεθος της περιοχής και το βαθμό του κινδύνου. Ομοιότητες στην δομή κάθε σχεδίου βοηθάνε στο να γίνονται τα σχέδια γρήγορα και εύκολα κατανοητά, να υπάρχει συμβατότητα και να γίνεται ομαλά η μετάβαση από το τοπικό στο εθνικό και το διεθνές επίπεδο κινητοποίησης.



Τα σχέδια έκτακτης ανάγκης σε περιπτώσεις ατυχήματος με πετρέλαιο διαχωρίζονται σε δυο διακριτά μέρη. Το πρώτο μέρος αποτελείται από ένα αρχείο που περιγράφει αναλυτικά την γενική στρατηγική, ενώ το δεύτερο μέρος αποτελείται από τις διαδικασίες που πρέπει να ακολουθηθούν σε περίπτωση πετρελαιοκηλίδας. Στο δεύτερο μέρος θα πρέπει να γίνεται και πιο αναλυτικός και λεπτομερής σχεδιασμός

και να υπάρχει διάκριση σε επιχειρήσεις αντιμετώπισης κινδύνου στη θάλασσα ή στην στεριά (π.χ σε πλατφόρμα εξόρυξης).

Η στρατηγική πρέπει να ορίζει την πολιτική, τις αρμοδιότητες και την λογική του σχεδίου δράσης, το οποίο ουσιαστικά είναι μια λίστα ελέγχου συγκεκριμένων βημάτων που πρέπει να ακολουθηθούν. Ένα σχέδιο πρέπει να αποτελεί μια ολοκληρωμένη ενότητα και δεν πρέπει να παραπέμπει σε άλλες δημοσιεύσεις, το οποίο επιφέρει καθυστέρηση. Η δομή του σχεδίου πρέπει να είναι τέτοια που να διευκολύνει την συνεχή ενημέρωση και να προβλέπει την απαρίθμηση και την χρονολόγηση των τροποποιήσεων.

Στρατηγική

Το κομμάτι του σχεδίου που ασχολείται με την στρατηγική θα πρέπει να καλύπτει οχτώ κύριες ομάδες : Εισαγωγή, Εκτίμηση Κινδύνου, Πόροι σε περίπτωση κινδύνου και προτεραιότητες για προστασία, Στρατηγικές ανταπόκρισης, Οργάνωση και διαχείριση, Εξοπλισμός, Ανθρώπινο δυναμικό και υπηρεσίες, Επικοινωνίες και έλεγχος, Εκπαίδευση, Άσκηση και διαδικασίες αναβάθμισης.

Στην εισαγωγή θα πρέπει να οριστούν οι αρχές και οι επικεφαλής για τον σχηματισμό και την εφαρμογή του σχεδίου.



Επίσης θα πρέπει να διευκρινιστεί η γεωγραφική κάλυψη στην οποία αφορά το σχέδιο και να γίνουν οι όποιες αναφορές και συσχετισμοί κρίνονται απαραίτητα σε άλλα σχέδια.

Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί η αναμενόμενη συχνότητα και το αναμενόμενο μέγεθος των πετρελαιοκηλίδων, καθώς και ο τύπος πετρελαίου. Ιστορικά δεδομένα από

πετρελαιοκηλίδες, όπου αυτά είναι διαθέσιμα, θα μπορούσαν να προσφέρουν μια ποσοτική εκτίμηση. Μια ομάδα από πιθανά σενάρια με πετρελαιοκηλίδες θα μπορούσε να αναπτυχθεί βασισμένη στην ανάλυση των πετρελαϊκών δραστηριοτήτων στην περιοχή και του είδους του πετρελαίου που μεταφέρεται ή χρησιμοποιείται στην περιοχή. Η πιθανή κίνηση και τελικά κατάληξη των πετρελαιοκηλίδων θα μπορούσε επίσης να μελετηθεί και να καταγραφεί. Τέλος δεδομένα όπως οι τύποι του πετρελαίου και των μετεωρολογικών και γεωγραφικών συνθηκών θα πρέπει να επισυνάπτονται σαν παραρτήματα στο τέλος κάθε σχεδίου. Ευαίσθητες οικολογικά περιοχές, ψαρότοποι, καλλιέργειες θαλάσσιων οργανισμών, θαλασσοπούλια και θηλαστικά καθώς και άλλοι πόροι που κινδυνεύουν από μια πετρελαιοκηλίδα θα πρέπει να προσδιορίζονται και να αναφέρονται ρητά. Επίσης από την στιγμή που δεν είναι δυνατό να παρέχουμε ίδια προστασία συγχρόνως σε όλους τους απειλούμενους, ευαίσθητους πόρους, θα πρέπει στο σχέδιο να διευκρινίζονται ρητά οι προτεραιότητες. Θα πρέπει να λαμβάνουμε υπό όψη μας τα

πρακτικά προβλήματα που ίσως αντιμετωπίσουμε καθώς και την οικονομική και περιβαλλοντική αξία κάθε επιμέρους απειλούμενου πόρου και την ευαισθησία του στην ρύπανση του πετρελαίου. Εποχιακές διακυμάνσεις , όπως για παράδειγμα παραλίες για αναπαραγωγή διαφόρων ζώων και οργανισμών, θα πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπό όψη. Πληροφορίες για την τοποθεσία και την ευαισθησία των πόρων της περιοχής καθώς και των προτεραιοτήτων για προστασία παρέχονται συχνά σε μορφή χαρτών, ως παραρτήματα επισυναπτόμενα στο σχέδιο έκτακτης ανάγκης .

Οι στρατηγικές καθαρισμού θα πρέπει να ορίζονται σε σχέση με το διακριτό κίνδυνο και τις προτεραιότητες ανταπόκρισης που έχουν συμφωνηθεί. Δεν πρέπει να ξεχνάμε τους περιορισμούς των επιμέρους τεχνικών ελέγχου μιας πετρελαιοκηλίδας και του διαθέσιμου εξοπλισμού, καθώς και του καταλληλότερου εξοπλισμού για τις αναμενόμενες καιρικές συνθήκες και το τύπο πετρελαίου. Οι στρατηγικές καθαρισμού των ακτών θα πρέπει να είναι προετοιμασμένες για την αντιμετώπιση ρύπανσης επί συγκεκριμένων ακτογραμμών. Θα πρέπει να έχουν προσδιοριστεί εκ των προτέρων με λεπτομέρεια χώροι προσωρινής αποθήκευσης απορριμμάτων και διαδρομές διάθεσης αυτών των απορριμμάτων. Χάρτες που επιδεικνύουν τις στρατηγικές και τους περιορισμούς τους, τα σημεία πρόσβασης και τους χώρους απόθεσης απορριμμάτων θα πρέπει να επισυνάπτονται.

Το περίγραμμα της επιχείρησης απόκρισης σε περίπτωση κινδύνου και οι αρμοδιότητες όσων πιθανώς εμπλακούν θα πρέπει να εκτίθενται λεπτομερώς. Προκειμένου να ελαχιστοποιήσουμε τα περιστατικά σύγχυσης χρειάζεται να οριστεί μια αρχή που θα έχει τον κεντρικό συντονισμό των επιχειρήσεων και την πλήρη ευθύνη των χειρισμών. Αυτό όμως δεν σημαίνει πως σε μια τέτοια επιχείρηση δεν θα



χρειαστεί να συνεργαστούν περισσότερες αρμόδιες αρχές και άρα θα πρέπει να περιγράφεται στο σχέδιο έκτακτης ανάγκης ο τρόπος συνεργασίας τους. Το μέγεθος της επιχείρησης απόκρισης θα εξαρτηθεί από την περιοχή που καλύπτεται στο σχέδιο , την σοβαρότητα της απειλής και την ευαισθησία των απειλούμενων πόρων. Οι σχετικές κυβερνητικές υπηρεσίες, σύμβουλοι και ειδικοί που εμπλέκονται θα πρέπει να προσαρτηθούν στο τελικό σχέδιο. Επίσης θα πρέπει να προσδιορίζονται οι τοποθεσίες του διαθέσιμου εξοπλισμού και οι διαδικασίες μετακίνησης του. Μια απογραφή του διαθέσιμου εξοπλισμού θα πρέπει να επισυνάπτεται. Πρόβλεψη για φαγητό, ρουχισμό, καταφύγια, ιατρικές εγκαταστάσεις και υπηρεσίες επιμελητείας θα πρέπει επίσης να περιγράφονται και να επισυνάπτονται. Η διαθεσιμότητα εφεδρικής υποστήριξης θα πρέπει επίσης να καταγράφεται, τόσο σε εθνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο. Στην τελευταία περίπτωση θα πρέπει επίσης να προβλεφθούν οι διαδικασίες πιθανής μετανάστευσης καθώς και οικονομικοί διακανονισμοί. Το

ανθρώπινο δυναμικό που απαιτείται για να ανταποκριθεί σε περίπτωση πετρελαιοκηλίδας πρέπει να εκτιμηθεί. Επιπρόσθετο ανθρώπινο δυναμικό μπορεί να απαιτηθεί σε μεγάλες πετρελαιοκηλίδες. Για αυτό εργολάβοι και πηγές εύρεσης ανθρώπινου δυναμικού θα πρέπει να επισυνάπτονται. Η ίδρυση ενός πλήρους εξοπλισμένου κέντρου επικοινωνίας θα πρέπει να έχει προσδιοριστεί εκ των προτέρων, ώστε να σιγουρέψουμε ότι η σωστή πληροφορία μεταφέρεται έγκαιρα και έγκυρα στα σωστά άτομα. Το κέντρο θα πρέπει να λειτουργεί σαν κεντρικός διαυλος για όλες τις πληροφορίες. Όταν οι επιχειρήσεις καθαρισμού διεξάγονται σε απομακρυσμένες περιοχές, φορητά κέντρα επικοινωνίας θα πρέπει να τοποθετούνται κοντά στην περιοχή των επιχειρήσεων. Θα πρέπει να παρέχονται πίνακες, χάρτες, αναφορές, εγχειρίδια, κλπ. Η ακριβής καταγραφή όλων των ενεργειών και διατήρηση κατάλληλων εγγράφων σχετικών με την χρήση του ανθρώπινου δυναμικού, του εξοπλισμού και των λοιπών υλικών καθώς και των δαπανών που γίνονται, είναι ζωτικής σημασίας για μελλοντικές αναφορές και πιθανές αποζημιώσεις.

Προγράμματα εκπαίδευσης θα πρέπει να αναπτυχθούν για όλα τα επίπεδα του προσωπικού απόκρισης. Ασκήσεις θα πρέπει να οργανώνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα, ώστε να εξασφαλίσουμε ότι το σχέδιο λειτουργεί σωστά και τα εμπλεκόμενα μέρη έχουν πλήρως οικειοποιηθεί με τις αρμοδιότητές τους και το περιεχόμενο του σχεδίου. Θα πρέπει να ελέγχεται η πραγματική διαθεσιμότητα και η απόδοση του εξοπλισμού. Μια πετρελαιοκηλίδα παρέχει την καλύτερη ευκαιρία για βελτίωση ενός σχεδίου έκτακτης ανάγκης. Αμέσως μετά των τέλος των επιχειρήσεων θα πρέπει να αναλύονται όλα τα γεγονότα και οι ενέργειες που γίνανε και αν χρειάζεται να αναμορφώνεται και να αναθεωρείται το σχέδιο έκτακτης ανάγκης βάσει των μαθημάτων που πήραμε από τις τελευταίες επιχειρήσεις.

Σχέδιο δράσης



Η διαδικασία δράσης μπορεί να χωριστεί σε 6 κύρια μέρη, ακολουθώντας σε γενικές γραμμές την χρονολογική σειρά πραγματοποίησης μιας πετρελαιοκηλίδας: Ειδοποίηση, Αξιολόγηση, Ανταπόκριση, Καθαρισμός, Επικοινωνία και Τερματισμός. Η πληροφορία που απαιτείται για την ειδοποίηση ενός ατυχήματος πρέπει να είναι λεπτομερής, παρέχοντας ενημέρωση για την ημερομηνία, την ώρα, την θέση, την πηγή του ατυχήματος, την αιτία, την ποσότητα και το είδος τους πετρελαίου, το μέγεθος της κηλίδας, κλπ. Επίσης θα πρέπει να παρέχεται η διαδικασία αξιολόγησης της σοβαρότητας του ατυχήματος. Τέλος ένα πρόγραμμα για την προειδοποίηση του προσωπικού αντιμετώπισης έκτακτης ανάγκης και των αρμόδιων αρχών, καθώς και μέθοδοι για τον προσδιορισμό της πορείας του ρυπαντή και διαδικασίες για αέρια και χερσαία παρακολούθηση, για

προσδιορισμό των απειλούμενων πηγών, και για επισήμανση περιοχών πιθανών να επηρεαστούν, θα πρέπει να περιλαμβάνονται.

Το σχέδιο δράσης θα πρέπει να επιτρέπει την εκτίμηση των διαφόρων επιλογών απόκρισης ανά περίπτωση κινδύνου. Διαδικασίες για την τοποθέτηση του ανθρώπινου δυναμικού και του εξοπλισμού σε κατάσταση αναμονής πριν την κινητοποίησή τους θα πρέπει να περιλαμβάνονται. Επίσης θα πρέπει να περιλαμβάνονται διαδικασίες για την ίδρυση ενός κέντρου ανταπόκρισης, για την μετακίνηση και την παράταξη του απαραίτητου εξοπλισμού και ανθρώπινου δυναμικού, για την οργάνωση υποστήριξης επιμελητείας, για την συνεχή αέρια παρακολούθηση και για την θεώρηση οποιαδήποτε διαθέσιμης επιλογής. Επιπρόσθετα, θα πρέπει να τοποθετηθεί ένα κέντρο εντολών κοντά στο χώρο του ατυχήματος. Τέλος διαδικασίες για το άνοιγμα διαύλων επικοινωνίας θα πρέπει να προσδιοριστούν με λεπτομέρεια.



Οδηγίες για το επίπεδο καθαρισμού που απαιτείται σε κάθε περιοχή θα πρέπει να δίνονται μαζί με τις διαδικασίες για την αποχώρηση του εξοπλισμού. Επίσης οδηγίες για την αποκατάσταση των χώρων που χρησιμοποιήθηκαν σαν προσωρινοί αποθηκευτικοί χώροι θα πρέπει να περιγράφονται. Λίστα με πληροφορίες που θα χρειαστούν για να διευκολύνουν μια αποτελεσματική και αποδοτική απόκριση θα πρέπει να περιλαμβάνετε σαν παράρτημα στο σχέδιο έκτακτης ανάγκης. Επίσης ενέργειες που θα πρέπει να προβλέπονται σε ένα σχέδιο δράσης είναι :

- 1) η ύπαρξη καταλόγου με τα στοιχεία του προσωπικού απόκρισης τόσο εντός όσο και εκτός γραφείου.
- 2) η ύπαρξη καταλόγου επαφών τρίτων προσώπων που θα πρέπει να ενημερωθούν σε ένα συμβάν , όπως αστυνομία, μέσα μαζικής ενημέρωσης, λουπές αρχές.
- 3) η ύπαρξη αρχικού εξοπλισμού απόκρισης- από κρατικούς και ιδιώτες εργολάβους και από την βιομηχανία πετρελαίου.
- 4) η ύπαρξη βοηθητικού εξοπλισμού ανταπόκρισης- βάρκες, ρυμουλκά, μαούνες, vacuum trucks, ελικόπτερα, αεροσκάφη, τρακτέρ, προστατευτικά ρούχα, εργαλεία, ραδιόφωνα, κλπ .
- 5) η ύπαρξη προμηθευτών υπηρεσιών επιμελητείας- προμηθευτές υγιεινής, για προμήθεια τροφίμων, μεταφορές, καθαριστήρια, στέγαση, κλπ
- 6) η ύπαρξη πηγών ανθρώπινου δυναμικού- τοπικές αρχές, στρατός, πυροσβεστική, εθελοντικές οργανώσεις, εργολάβοι, και λοιποί.
- 7) η ύπαρξη ειδικών και συμβούλων- προσωπικό με επισταμένη γνώση επί της ρύπανσης από πετρέλαιο, επί του τοπικού περιβάλλοντος των ακτογραμμών, επί της πανίδας και της χλωρίδας της περιοχής, επί των διαδικασιών ασφάλειας και επί άλλων κλάδων που πιθανώς να χρειαστούν στην διάρκεια των επιχειρήσεων αντιμετώπισης της πετρελαιοκηλίδας.

8) η ύπαρξη χαρτών ευαίσθητων περιοχών , οι οποίοι θα προσφέρουν λεπτομερείς πληροφορίες για τις οικολογικά ευαίσθητες και όχι μόνο περιοχές, όπως ψαρότοποι, καλλιέργειες θαλάσσιων οργανισμών, θαλασσοπούλια και θηλαστικά, καθώς και άλλους πόρους που μπορεί να απειλούνται. Η όποια εποχιακή ευαισθησία θα πρέπει να τονίζεται ιδιαίτερα.

9) η ύπαρξη χαρτών των ακτών, στους οποίους θα αναφέρονται οι προτεραιότητες σχετικά με τις περιοχές για προστασία, θα απεικονίζονται στρατηγικές και περιορισμοί, σημεία πρόσβασης, χώροι απορριμμάτων κλπ.

10) η αναφορά σε τύπους πετρελαίου που πιθανό θα χρειαστεί να αντιμετωπίσουμε- λεπτομερής καταγραφή των χαρακτηριστικών τους, όπως επιμονή, κατάλληλες τεχνικές αντιμετώπισης, πιθανές επιδράσεις, κλπ .

Συνοψίζοντας, ένα αποτελεσματικό σχέδιο έκτακτης ανάγκης βοηθάει στο να υιοθετηθεί μια εκτελέσιμη και αποτελεσματική απόκριση, όταν το προσωπικό βρίσκεται αντιμέτωπο με μια έκτακτη κατάσταση.

Σε κάθε περίπτωση πάντως όσο καλά και να έχουμε οργανώσει ένα σχέδιο έκτακτης ανάγκης ποτέ δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι πως όλα θα δουλέψουν στην εντέλεια. Πάντα θα υπάρχουν περιπτώσεις τις οποίες μετά την λήξη της επιχείρησης θα πρέπει να αναλύουμε και τα αποτελέσματα της ανάλυσης να ενσωματώνουμε στο νέο σχέδιο έκτακτης ανάγκης. Εντούτοις 10 ερωτήσεις μας βοηθάνε να αξιολογήσουμε αρχικά την επάρκεια του σχεδίου μας.

1. έχει γίνει ρεαλιστική εκτίμηση της φύσης και του μεγέθους της πιθανής απειλής και των πόρων που βρίσκονται σε κίνδυνο, έχοντας στο μυαλό μας την πιθανή κίνηση μιας πετρελαιοκηλίδας ;
2. έχουν συμφωνηθεί οι προτεραιότητες για προστασία, λαμβάνοντας υπό όψη την ζωτικότητα διαφόρων μεθόδων προστασίας και καθαρισμού?
3. έχει συμφωνηθεί κάποια στρατηγική για προστασία και καθαρισμό των προσβληθέντων περιοχών και έχει αυτή γίνει ξεκάθαρη ?
4. έχει περιγραφεί ο απαραίτητος οργανισμός που θα συντονίσει το σχέδιο καθώς και οι ευθύνες όλων όσων εμπλέκονται έχουν γίνει ξεκάθαρες και κατανοητές?
5. είναι το επίπεδο του εξοπλισμού, του βοηθητικού υλικού και του ανθρώπινου δυναμικού επαρκές να χειριστεί το αναμενόμενο μέγεθος της εκάστοτε πετρελαιοκηλίδας? Αν όχι, έχουν οριστεί πόροι υποστήριξης και αν είναι απαραίτητο έχει οριστεί μηχανισμός για απελευθέρωση και είσοδο στην χώρα αυτών των πόρων υποστήριξης ?
6. έχουν προσδιοριστεί προσωρινοί χώροι αποθήκευσης και διαδρομές τελικής διάθεσης του συλλεγμένου πετρελαίου και των υπολειμμάτων ?
7. έχουν εξηγηθεί πλήρως οι αρχικές διαδικασίες αξιολόγησης καθώς και οι ρυθμίσεις για συνεχή έλεγχο της προόδου και της αποτελεσματικότητας των επιχειρήσεων καθαρισμού?

8. έχει περιγραφεί ο τρόπος αποτελεσματικής επικοινωνίας των μέσων που βρίσκονται στην στεριά, στον αέρα και στην θάλασσα ?
9. έχουν δοκιμαστεί όλες οι παράμετροι του σχεδίου χωρίς να υπάρξει κάποιο πρόβλημα?
10. είναι το σχέδιο συμβατό με τα σχέδια για γειτονικές περιοχές και για άλλες ενέργειες?

1.3 Μέχρι σήμερα διαχείριση περιβαλλοντικών κινδύνων από μεταφορά καυσίμων στην Μεσόγειο

Η Μεσόγειος θάλασσα είναι μια θάλασσα που βρέχει πολλές διαφορετικές χώρες. Διαφορετικές όχι μόνο στο πολίτευμα, αλλά και στο θρήσκευμα, την κουλτούρα, την περιβαλλοντική αντίληψη, την οικονομική ικανότητα και τις δυνατότητες ανάπτυξης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μην υπάρχει μια κοινή διαχείριση του κοινού κινδύνου, που λέγεται ρύπανση από πετρελαιοκηλίδα κατά την μεταφορά καυσίμων. Έτσι για παράδειγμα η Ιταλία και η Ελλάδα σαν μέλη της Ευρωπαϊκής ένωσης εδώ και πολύ καιρό ακολουθούν συγκεκριμένη στρατηγική όσον αφορά στο περιβάλλον και την ρύπανσή του. Η Σλοβενία, η Μάλτα και η Κύπρος σαν πρόσφατα μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, πρέπει να αναπροσαρμόσουν την στρατηγική τους. Η Κροατία και η Τουρκία σαν υποψήφιες χώρες προς ένταξη, ακολουθούν ακόμα εθνική στρατηγική, ίσως όχι καθόλα σύμφωνη με αυτή της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η Αίγυπτος, το Ισραήλ, ο Λίβανος, η Λιβύη και η Συρία είναι μέλη μόνο της Συμφωνίας της Βαρκελώνης. Όλοι αυτοί οι παράγοντες δεν βοηθάνε στην διαμόρφωση μιας κοινής πολιτικής και στρατηγικής για την αντιμετώπιση της ρύπανσης από πετρελαιοκηλίδες. Το επίπεδο της κυβερνητικής ετοιμότητας για την αντιμετώπιση του κινδύνου, ποικίλει ανάλογα την χώρα. Ήδη η δημιουργία των REMPEC, MEDA και MOIG προγραμμάτων, φανερώνουν την ανάγκη μιας κοινής πολιτικής και συνεργασίας [73]. Παρόλα αυτά η μεγάλη κίνηση πετρελαιοφόρων που υπάρχει στην ανατολική Μεσόγειο, λόγω της θέσης της (συνδετικός κρίκος ανάμεσα στα πετρέλαια της Ρωσίας και της Μέσης Ανατολής με την Δυτική Ευρώπη και την Αμερική), αυξάνει τον κίνδυνο ατυχημάτων, που σε συνδυασμό με τις δύσκολες καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή καθώς και το πλήθος των υγροτόπων και ευαίσθητων περιοχών, μετατρέπουν την διεθνή και κοινή συνεργασία των χωρών της Μεσογείου σε μονόδρομο. Μέχρι σήμερα η έλλειψη διμερών ή τριμερών Συμφωνιών συνεργασίας στο τομέα αυτό, επιβεβαιώνει την μη κοινή αντιμετώπιση στην διαχείριση του περιβαλλοντικού κινδύνου. Τέτοιες Συμφωνίες θα μπορούσαν να βελτιώσουν και να διευκολύνουν την ανταλλαγή γνώσης, εμπειριών και βοήθειας μεταξύ γειτονικών χωρών, να προωθήσουν τις κοινές πρακτικές αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδων και να βελτιώσουν την διαχείριση του περιβαλλοντικού κινδύνου.

2. Ασφάλεια θαλάσσιων μεταφορών καυσίμων

Η δημιουργία του πετρελαίου είναι μια διαδικασία που διαρκεί χιλιάδες χρόνια και επιτυγχάνεται μόνο όταν επικρατούν οι κατάλληλες συνθήκες. Αυτό συνεπάγεται πως δεν είναι όλο το υπέδαφος πλούσιο σε κοιτάσματα πετρελαίου παρά μόνο συγκεκριμένες περιοχές, συνήθως περιοχές με έντονη ηφαιστειακή δραστηριότητα.

Σήμερα το πετρέλαιο αποτελεί την νούμερο ένα πηγή ενέργειας του πλανήτη μας για αυτό και η μεταφορά από τα σημεία παραγωγής σε όλο τον κόσμο κρίνεται αναγκαία και απαραίτητη. Η μεταφορά του γίνεται με όλους του κλασικούς τρόπους μεταφοράς, στεριά, θάλασσα και αέρα.

Οι θαλάσσιες μεταφορές γίνονται είτε με υποθαλάσσιους αγωγούς πετρελαίου είτε με τεράστια πλοία, τα τάνκερς. Σήμερα ξέρουμε ότι το πετρέλαιο που αντλείται στην ξηρά σε ποσοστό πάνω από 50% παγκοσμίως μεταφέρεται με τάνκερς σε ποσότητες που υπερβαίνουν το 1 δισεκατομμύριο τόνους ετησίως.

Ο International Tanker Owners Pollution Federation Ltd ,συντομογραφία ΙΤΟΡΦ, διατηρεί από το 1974 μια βάση δεδομένων με δεδομένα για ατυχήματα που προκάλεσαν την δημιουργία πετρελαιοκηλίδας. Για ιστορικούς λόγους οι πετρελαιοκηλίδες χωρίζονται σε 3 κατηγορίες βάσει του μεγέθους τους (<7 τόνους, 7-700 τόνους, και > 700 τόνους). Μέχρι σήμερα ο ΙΤΟΡΦ έχει δεδομένα για 10.000 περιστατικά , η πλειοψηφία των οποίων (84%) εμπίπτουν στην πρώτη κατηγορία, κάτω από 7 τόνους. Τα δεδομένα του ΙΤΟΡΦ προέρχονται από δημοσιεύματα είτε του τύπου είτε ειδικών εκδόσεων, καθώς και από ιδιοκτήτες πλοίων που μεταφέρουν πετρέλαιο και τις ασφαλιστικές τους. Συνήθως ο τύπος αναφέρεται σε μεγάλα σε συνέπειες, έκταση και ποσότητα ατυχήματα, ενώ οι ιδιοκτήτες σε μικρές πετρελαιοκηλίδες που προκύπτουν από ατυχήματα κατά την λειτουργία μονάδων εξόρυξης και μεταφοράς. Αξίζει να αναφέρουμε ότι τα δεδομένα του ΙΤΟΡΦ αναφέρονται στο συνολικό πετρέλαιο(τόσο αυτό που διαφεύγει στο περιβάλλον όσο σε αυτό που παραμένει στο βυθισμένο πλοίο) [3].

Είναι φανερό από τον παρακάτω πίνακα ότι τα ατυχήματα με μεγάλες πετρελαιοκηλίδες είναι σχετικά λίγα και τα τελευταία χρόνια έχουν περιοριστεί στο ένα τρίτο αυτών της δεκαετίας του '70 [3].

Έτος	7-700 τόνοι	>700 τόνοι	Ποσότητα(τόνοι)
1970	6	29	330.000
1971	18	14	138.000
1972	48	27	297.000
1973	27	32	164.000
1974	89	28	175.000
1975	95	22	357.000
1976	67	26	364.000
1977	68	17	291.000
1978	58	23	386.000
1979	60	34	640.000
1970s			Total 3.142.000
1980	52	13	206.000
1981	54	7	48.000
1982	45	4	12.000
1983	52	13	384.000
1984	25	8	28.000
1985	31	8	85.000
1986	27	7	19.000
1987	27	10	30.000
1988	11	10	190.000
1989	32	13	174.000
1980s			Total 1.176.000
1990	51	14	61.000
1991	29	7	430.000
1992	31	10	172.000
1993	31	11	139.000
1994	26	9	130.000
1995	20	3	12.000
1996	20	3	80.000
1997	28	10	72.000
1998	25	5	13.000
1999	19	6	31.000
1990s			Total 1.140.000
2000	19	4	14.000
2001	16	3	8.000
2002	12	3	67.000

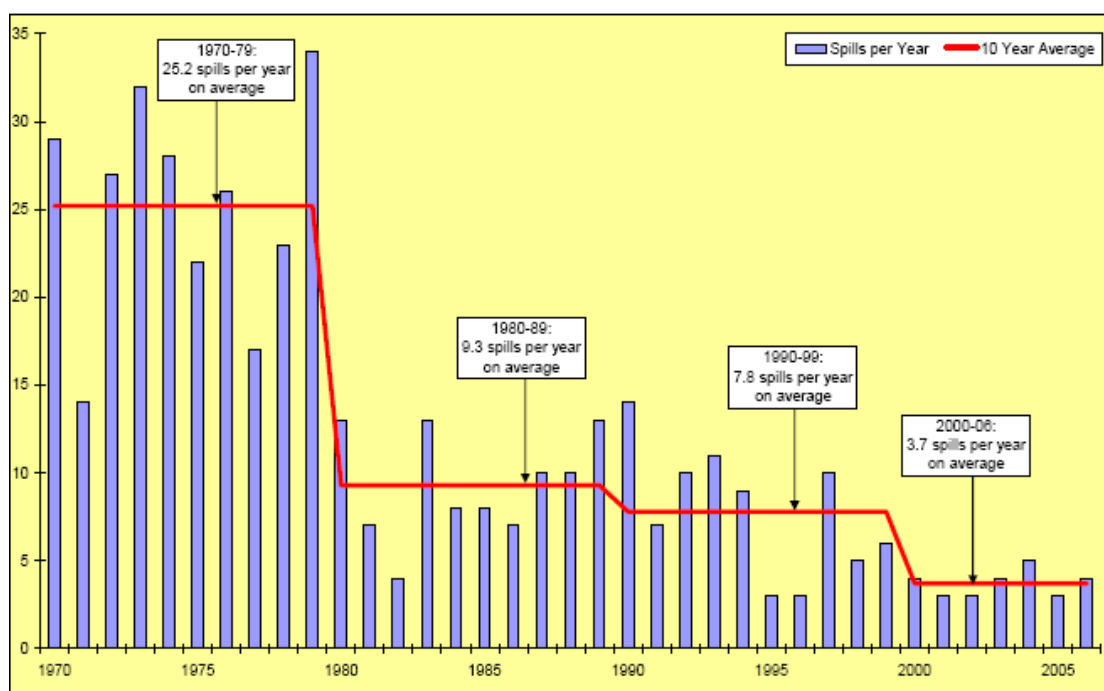
2003	14	4	42.000
2004	12	5	15.000
2005	21	3	17.000
2006	14	4	13.000

Πηγή ΙΤΟΡΡ

Πίνακας 2.1 : Πετρελαιοκηλίδες από δεξαμενόπλοια στα διεθνή ύδατα [4]

Είναι εντυπωσιακό ότι παρά το γεγονός ότι υπήρξαν 358 ατυχήματα που οδήγησαν σε δημιουργία πετρελαιοκηλίδας πάνω από 7 τόνους, σε διάστημα μιας δεκαετίας, 1990-1999, με συνολικό απολογισμό 1,138,000 τόνους πετρέλαιο, το 73% της «ζημιάς», δηλαδή 830,000 τόνοι από τους 1,138,000 τόνους πετρέλαιο, προκλήθηκε από 10 μόλις ατυχήματα. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε το ατύχημα με το ABT Summer το 1991, όπου διέρρευσαν 260,000 τόνοι [3].

Στο επόμενο σχήμα απεικονίζεται ο αριθμός των πετρελαιοκηλίδων ανά έτος, στις οποίες το πετρέλαιο που διέρρευσε και αυτό που παρέμεινε στο βυθισμένο πλοίο ήταν πάνω από 700 τόνους.

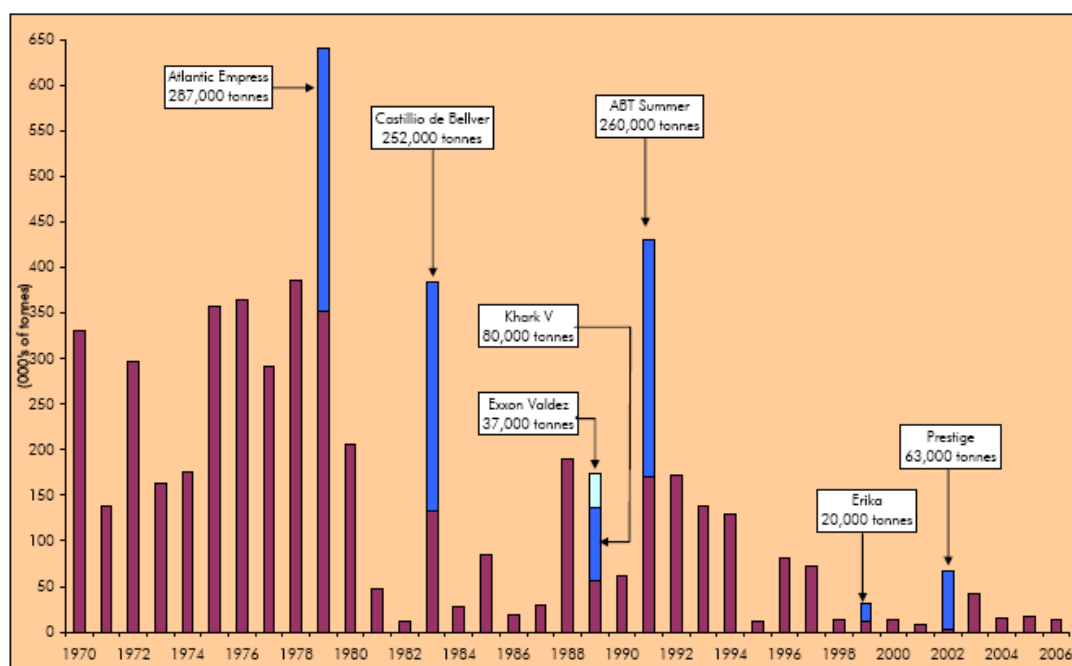


Πηγή ΙΤΟΡΡ

Σχήμα 2.1 Αριθμός πετρελαιοκηλίδων πάνω από 700 τόνους

Στο σχήμα 2.2 φαίνεται η ποσότητα πετρελαίου που διέρρευσε στην θάλασσα μετά από ατύχημα ανά χρονιά σε χρονικό διάστημα 36 χρόνων, από το 1970 έως και το

2006. Όπως φαίνεται στο σχήμα, χαρακτηριστικά είναι τα έτη 1979, 1983, 1989, 1991, 1999 και 2002, όπου συνέβησαν κάποια από τα μεγαλύτερα ατυχήματα στην ιστορία.



Πηγή ΙΤΟΡΡ

Σχήμα 2.2 Ποσότητες πετρελαίου που διαρρέουν στο θαλάσσιο περιβάλλον ύστερα από ατύχημα [3]

Στον επόμενο πίνακα φαίνονται τα μεγαλύτερα ατυχήματα από το 1967, ενώ στο χάρτη που ακολουθεί απεικονίζονται και οι περιοχές στις οποίες τα ατυχήματα αυτά συνέβησαν. Ένας αριθμός αυτών των ατυχημάτων, παρόλο το μέγεθός τους, δημιούργησαν μικρό ή καθόλου περιβαλλοντικό πρόβλημα, και αυτό γιατί η πετρελαιοκηλίδα δεν έφτασε στις ακτές. [3]

Θέση	Όνομα Πλοίου	έτος	Τοποθεσία	Ποσότητα (τόνους)
1	<i>Atlantic Empress</i>	1979	Off Tobago, West Indies	287,000
2	<i>ABT Summer</i>	1991	700 nautical miles off Angola	260,000
3	<i>Castillo de Bellver</i>	1983	Off Saldanha Bay, South Africa	252,000
4	<i>Amoco Cadiz</i>	1978	Off Brittany, France	223,000
5	<i>Haven</i>	1991	Genoa, Italy	144,000
6	<i>Odyssey</i>	1988	700 nautical miles off Nova Scotia, Canada	132,000
7	<i>Torrey Canyon</i>	1967	Scilly Isles, UK	119,000
8	<i>Sea Star</i>	1972	Gulf of Oman	115,000
9	<i>Irenes Serenade</i>	1980	Navarino Bay, Greece	100,000

10	<i>Urquiola</i>	1976	La Coruna, Spain	100,000
11	<i>Hawaiian Patriot</i>	1977	300 nautical miles off Honolulu	95,000
12	<i>Independenta</i>	1979	Bosphorus, Turkey	95,000
13	<i>Jakob Maersk</i>	1975	Oporto, Portugal	88,000
14	<i>Braer</i>	1993	Shetland Islands, UK	85,000
15	<i>Khark 5</i>	1989	120 nautical miles off Atlantic coast of Morocco	80,000
16	<i>Aegean Sea</i>	1992	La Coruna, Spain	74,000
17	<i>Sea Empress</i>	1996	Milford Haven, UK	72,000
18	<i>Katina P.</i>	1992	Off Maputo, Mozambique	72,000
19	<i>Nova</i>	1985	Off Kharg Island, Gulf of Iran	70,000
20	<i>Prestige</i>	2002	Off the Spanish coast	63,000

Πηγή ΙΤΟΡΡ

Πίνακας 2.2: οι 20 μεγαλύτερες πετρελαιοκηλίδες από το 1967

Όπως φαίνεται τόσο από τον πίνακα όσο και από τον επόμενο χάρτη πάρα πολλά από τα μεγάλα ατυχήματα έχουν συμβεί στην ευαίσθητη περιοχή της Μεσογείου, αλλά και κοντά σε αυτή. Κάτι τέτοιο βέβαια είναι αναμενόμενο, αφού από την Μεσόγειο περνάνε ετησίως 100.000.000 τόνοι πετρέλαιο, το 1/3 της παγκόσμιας παραγωγής πετρελαίου. Από αυτούς, κατά εκτίμηση 330.000 τόνοι αποβάλλονται σκόπιμα, ενώ από ατυχήματα καταλήγουν στην θάλασσα 1.000.000 τόνοι ετησίως. Οι πετρελαιοκηλίδες που προκύπτουν ξεβράζονται από τους ανέμους συχνά σε κατοικημένες μεσογειακές ακτές. Παρά την υψηλή ευαισθησία της Μεσογείου στα ατυχήματα με πετρελαιοκηλίδες, οι προσπάθειες αντιμετώπισης των διαρροών είναι ελάχιστες [4],[5].

Ένα δεύτερο συμπέρασμα είναι πως τα περισσότερα μεγάλα ατυχήματα έχουν γίνει την δεκαετία του 1970 και τα λιγότερα την νέα χιλιετήριδα. Και αυτό το συμπέρασμα όμως είναι αναμενόμενο μια και η τεχνολογία στην μεταφορά πετρελαίου είναι πιο αναπτυγμένη και τα μέτρα ασφαλείας πιο αυστηρά.

Ανάλυση περίπου 10.000 αρχείων της βάσης δεδομένων του ΙΤΟΡΡ σχετικά με πετρελαιοκηλίδες από πετρελαιοφόρα έδειξε ότι :

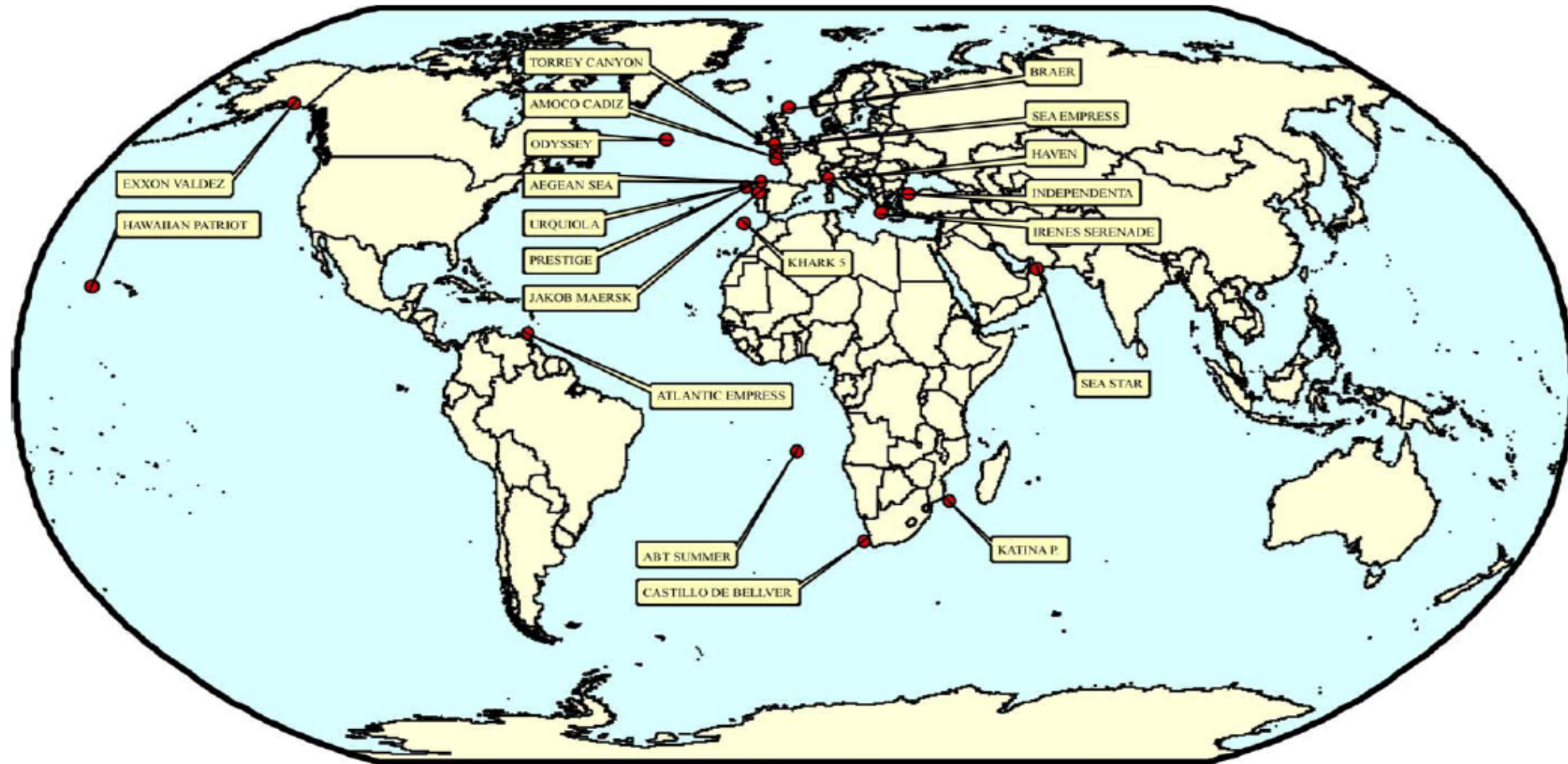
1. Πάνω από το 85% των πετρελαιοκηλίδων που προκλήθηκαν από πετρελαιοφόρα είχαν σαν αποτέλεσμα την απελευθέρωση λιγότερο από 7 τόνους πετρελαίου στην θάλασσα.
2. Οι περισσότερες πετρελαιοκηλίδες από πετρελαιοφόρα προκλήθηκαν κατά την διάρκεια διαδικασιών ρουτίνας όπως φόρτωση, εκφόρτωση, αποθήκευση, όσο αυτά βρίσκονταν στα λιμάνια ή σε σταθμούς πετρελαίου.
3. Πετρελαιοκηλίδες πάνω από 700 τόνους αφορούν ένα ποσοστό μικρότερο του 3% του αριθμού των πετρελαιοκηλίδων.

4. Πάνω από 62% όλων των πετρελαιοκηλίδων πάνω από 700 τόνους έχουν προέλθει είτε από σύγκρουση είτε από προσάραξη του πλοίου.

Δεδομένου της σχετικής αναποτελεσματικότητας των τεχνικών καταπολέμησης των πετρελαιοκηλίδων, η καταλληλότερη λύση για να εμποδίσουμε τους περιβαλλοντικούς και οικονομικούς κινδύνους, θα ήταν να εμποδίσουμε την δημιουργία της πετρελαιοκηλίδας.

Η ποσότητα του πετρελαίου που χάνεται σε μια πετρελαιοκηλίδα δεν είναι απαραίτητα και η μεγαλύτερη ζημιά. Για παράδειγμα το ατύχημα του πετρελαιοφόρου Ecxon Valdez στην Μεγάλη Βρετανία κατατάσσεται στην 34^η θέση λόγω ποσότητας πετρελαίου που χάθηκε, αλλά βρίσκεται στις πρώτες θέσεις των πιο σημαντικών και πολυδάπανων ατυχημάτων όλων των εποχών.

Εικόνα 2.1 : Τοποθεσίες 20 μεγαλύτερων πετρελαιοκηλίδων



2.1 Ατυχήματα που συμβαίνουν στην Ελλάδα (στατιστικά στοιχεία)

Λόγω της γεωγραφικής του θέσης το Αιγαίο αποτελεί πέρασμα και συνδετικός κρίκος 3 ηπείρων. Ετησίως διακινούνται πάνω από 100 εκατομμύρια τόνοι και μετά την κατασκευή του αγωγού Μπουργκάς- Αλεξανδρούπολη ο όγκος αυτός θα πολλαπλασιαστεί. Τα πιο πιθανά σημεία να συμβεί ατύχημα είναι είτε κατά την εξόρυξη, είτε κατά την μεταφορά είτε κατά την αποθήκευση. Στην Ελλάδα οι λιμενικές αρχές καταγράφουν ένα τουλάχιστον περιστατικό ρύπανσης κάθε ημέρα [6]. Η ρύπανση αυτή δεν προέρχεται μόνο από ατυχήματα. Σύμφωνα με μελέτη της Greenpeace, αυτά αποτελούν μικρό μόνο μέρος του προβλήματος. Το μεγαλύτερο πρόβλημα είναι η καθημερινή (ή λειτουργική) ρύπανση, που προκύπτει είτε από το ξέπλυμα των πετρελαιοφόρων είτε από απορρίψεις από διυλιστήρια ή καμένα ορυκτέλαια, με αποτέλεσμα η Μεσόγειος να επιβαρύνεται το χρόνο με 635.000 τόνους πετρελαιοειδών, διεκδικώντας το τίτλο της πιο ρυπασμένης με πετρελαιοειδή θάλασσας στον κόσμο, ενώ οι ελληνικές θάλασσες επιβαρύνονται με 100.000 τόνους πετρελαιοειδών ετησίως.

Παρακάτω αναφέρουμε τα μεγαλύτερα ατυχήματα που συνέβησαν στην Ελλάδα τα τελευταία τριάντα χρόνια[8].

Στις **2-3-1979** περίπου 12.000 τόνοι διαρρέουν στους Καλούς Λιμένες της **Κρήτης** από το πετρελαιοφόρο «Μεσσηνιακή Φροντίς». Ένα χρόνο αργότερα στις **23-2-1980** γίνεται έκρηξη στο τάνκερ *Irenes Serenade*. Τουλάχιστον 40.000 τόνοι πετρελαίου χύνονται στο **Αιγαίο**. Εφτά χρόνια μετά, στις **4-4-1987** το «*Rabigh Bay III*» μολύνει με περίπου 750 τόνους πετρελαίου τη θαλάσσια περιοχή του **Ασπρόπυργου**. Ούτε δυο χρόνια δεν έχουν περάσει, όταν στις **21-10-1988** τα επιβατηγά «*Jupiter*» και «*Adige*» συγκρούονται έξω από τον **Πειραιά**. Η διαρροή υπολογίζεται στους 500 με 1.000 τόνους. Είναι η σειρά του **κεντρικού αιγαίου** και στις **4-5-1992** πάνω από 1.700 τόνοι πετρελαίου από το «*Georgi Chernomorog*» μαυρίζουν την περιοχή. **9-10-1993** και η **Πύλος** μπαίνει στην λίστα με τις πληγέντες περιοχές. Περίπου 800 τόνοι πετρελαίου χύνονται στα ανοικτά της Πύλου από το τάνκερ «*Iliad*». Έχουμε φτάσει στο **1994**, όταν στις 1/10 το πλοίο «*La Guarda*» απελευθερώνει 400 με 800 τόνους πετρελαίου στον Κόλπο της **Ελευσίνας**. Επόμενη πόλη η Κόρινθος. Στις **8-8-1996** σημειώνεται διαρροή 300 με 500 τόνων πετρελαίου από το «*Kriti Sea*» στους **Αγίους Θεοδώρους Κορινθίας**. Νέα χιλιετία και τα ατυχήματα συνεχίζονται. Το ημερολόγιο δείχνει **01-09-2000** όταν περίπου 300 τόνοι πετρελαίου χύνονται στον **Ν. Ευβοϊκό** μετά από έκρηξη στο «*Eurobulker X*». Τελευταίο καταγεγραμμένο μεγάλο ατύχημα στις **5-4-2007**, όταν το κρουαζιερόπλοιο «*Σι Ντάιαμοντ*» βυθίζεται στις ακτές της **Σαντορίνης**. Υπολογίζεται ότι μετέφερε 450 τόνους πετρελαίου.

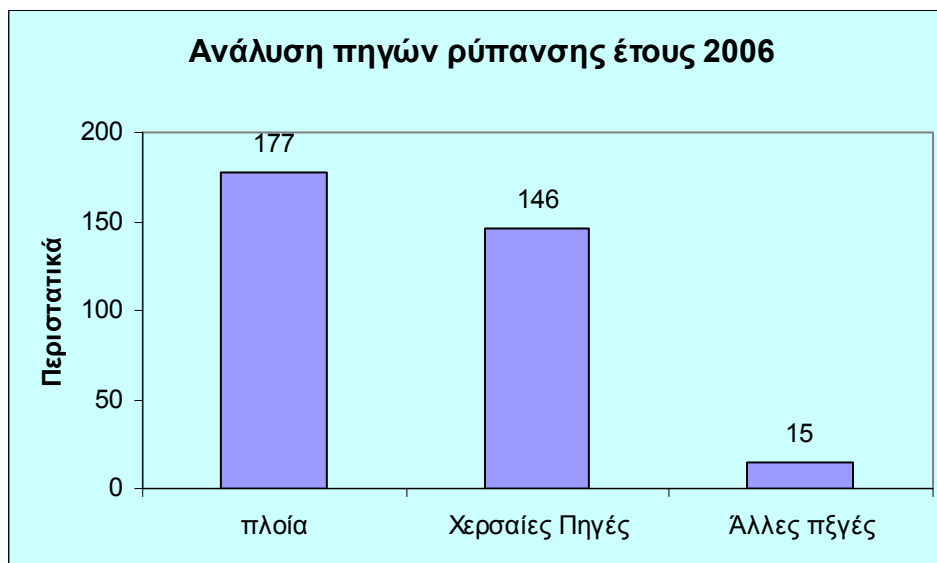
2.2 Στατιστικά στοιχεία ρύπανσης Ανατολικής Μεσογείου και Λακωνικού Κόλπου.

Για να ρυπανθεί μια θάλασσα από πετρέλαιο θα πρέπει ή να γίνεται εξόρυξη πετρελαίου στην ευρύτερη περιοχή ή να υπάρχουν αποθήκες και διυλιστήρια ή να γίνονται μεταφορές καυσίμων.

Ρύπανση κατά την αποθήκευση έχουμε στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται υποβρύχιες δεξαμενές για αποθήκευση πετρελαίου. Οι υποβρύχιες δεξαμενές είναι ένα απαραίτητο στοιχείο σε πολλές εγκαταστάσεις φόρτωσης. Χρησιμοποιούνται κυρίως όταν το πετρέλαιο φορτώνεται σε τάνκερς. Οι υποβρύχιες δεξαμενές έχουν χωρητικότητες μέχρι και 50.000 κυβικά μέτρα και κατασκευάζονται κοντά στα τερματικά φόρτωσης των πλοίων. Μερικές φορές χρησιμοποιούνται επίσης για τον σκοπό αυτό αγκυροβολημένα τάνκερς. Φυσικά υπάρχει σημαντικός κίνδυνος ζημιών σε αυτές τις δεξαμενές και απελευθέρωση του περιεχομένου τους στην θάλασσα, κυρίως κατά την διάρκεια της φόρτωσης των τάνκερ ή σε σοβαρές κακοκαιρίες. Δυστυχώς δεν υπάρχουν διαθέσιμα στατιστικά στοιχεία από ανάλογα ατυχήματα αλλά μετά την δημιουργία μιας πετρελαιοκηλίδας 1.200 τόνων αργού πετρελαίου το 1988 από μια υποβρύχια δεξαμενή στην Νότια Θάλασσα μετά από μια θύελλα, κάποιες χώρες εισήγαγαν απαγορεύσεις για τέτοιες κατασκευές κοντά στις ακτές [7].

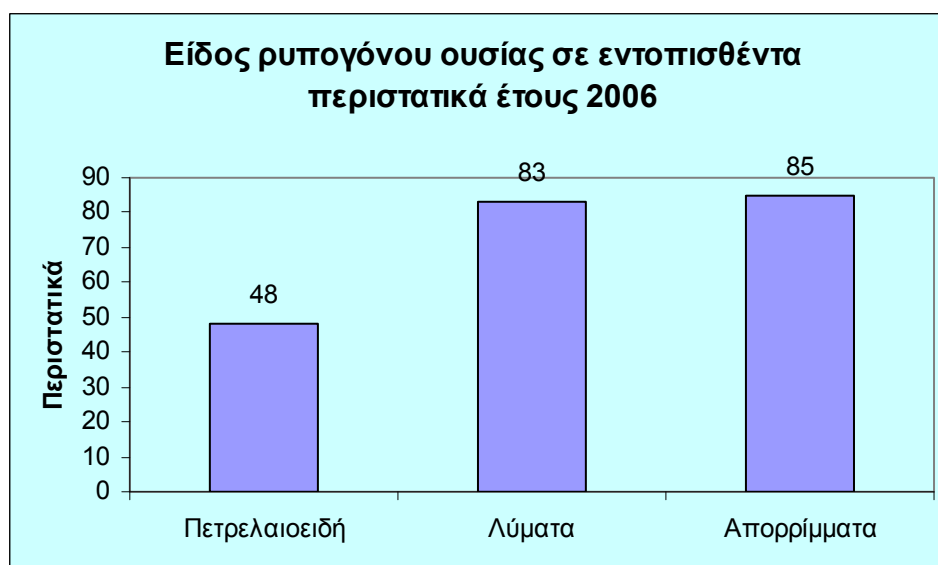
Ρύπανση όμως έχουμε και κατά την μεταφορά του πετρελαίου. Παγκοσμίως υπάρχουν πολύπλοκα και εκτενή συστήματα υποθαλάσσιων αγωγών που μεταφέρουν αργό πετρέλαιο και έχουν μήκος πολλών χιλιάδων χιλιομέτρων. Αυτοί οι αγωγοί είναι ανάμεσα στις κύριες αιτίες περιβαλλοντικού κινδύνου στις θαλάσσιες μεταφορές πετρελαίου. Οι αιτίες των καταστροφών και των ζημιών είναι διάφορες και μπορεί να είναι από ελαττώματα του υλικού, διάβρωση του σωλήνα, κακές κολλήσεις, καθίζηση του εδάφους, τεκτονικές μετακινήσεις του πυθμένα, αγκίστρωση από άγκυρες πλοίων και συγκρούσεις με πλοία. Στατιστικά δεδομένα δείχνουν ότι η μέση πιθανότητα να συμβούν ατυχήματα σε κάποιους υποθαλάσσιους αγωγούς είναι 0,093% και 0,064% στην Βόρεια Αμερική και την Ευρώπη αντίστοιχα. Ανάλογα με την αιτία και την φύση της ζημιάς (ρωγμές, ρήγμα κλπ) ένας υποθαλάσσιος αγωγός μπορεί να αποτελέσει πηγή μικρής αλλά μακροπρόθεσμης διαρροής ή μιας ξαφνικής εκτίναξης πετρελαίου κοντά στον πυθμένα. Πρέπει επίσης να συνυπολογίσουμε ότι σε πολλές περιπτώσεις οι διαρροές σε επίγειους αγωγούς μπορεί να αποδειχθούν επίσης επικίνδυνες για τα παράκτια οικοσυστήματα. Αυτό είναι πολύ πιθανό όταν συμβαίνουν ατυχήματα σε επίγειους αγωγούς κοντά σε μεγάλους ποταμούς ή στην λεκάνη απορροής τους. Κάθε ρύπανση από πετρέλαιο του ποταμού, αναπόφευκτα ρυπαίνει και την θαλάσσια περιοχή γύρω από την εκβολή του. Μια τέτοια περίπτωση συνέβη στα τέλη του 1994 στο Usinsk της Ρωσίας. Από ρήγμα ενός επίγειου αγωγού διέφυγαν 100.000 τόνοι αργού πετρελαίου

προκαλώντας βαριά ρύπανση στην λεκάνη του ποταμού Pechora[7]. Μεταφορά του πετρελαίου όμως δεν έχουμε μόνο με αγωγούς, αλλά κυρίως με πλοία. Σύμφωνα με τις ετήσιες αναφορές περιστατικών ρύπανσης του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας, τα πλοία είναι τα πιο ρυπογόνα μέσα μεταφοράς και παραδόξως το είδος της ρυπογόνου ουσίας δεν είναι τα πετρελαιοειδή, αλλά κυρίως τα λύματα με τα απορρίμματα. Εν τούτοις τα περιστατικά ρύπανσης με πετρελαιοειδή είναι τα πιο επικίνδυνα και χρήζουν μεγαλύτερης προσοχής, όπως φαίνεται και στα επόμενα σχήματα [24].



Πηγή ΥΕΝ

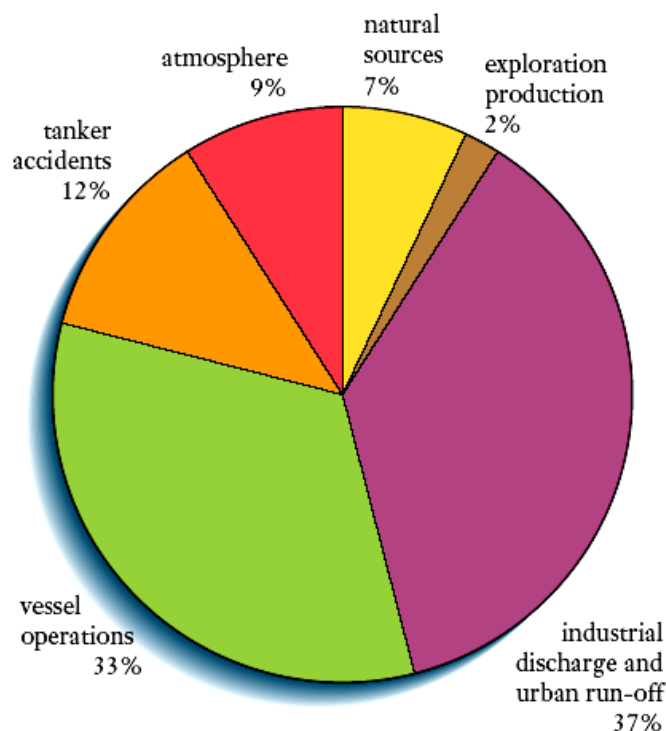
Σχήμα 2.2.1 πηγές ρύπανσης ελληνικών θαλασσών έτους 2006



Πηγή ΥΕΝ

Σχήμα 2.2.2 είδος ρυπογόνου ουσίας σε εντοπισθέντα περιστατικά έτους 2006

Στο επόμενο σχήμα συνοψίζουμε τους τρόπους εισαγωγής του πετρελαίου στο θαλάσσιο περιβάλλον.



Πηγή : IPIECA

Σχήμα 2.2.3 Κύριες εισαγωγές πετρελαίου στο θαλάσσιο περιβάλλον [54]

Αυτή την στιγμή η Μεσόγειος πληροί όλες τις παραπάνω προϋποθέσεις ρύπανσης και θεωρείται η πιο ρυπασμένη θάλασσα από πετρέλαιο από όλες τις υπόλοιπες θάλασσες. Παρόλο που δεν έχει συμβεί κάποιο μεγάλο ατύχημα, είναι τόσα πολλά τα μικρά ατυχήματα που το αποτέλεσμα είναι το ίδιο επικίνδυνο. Σύμφωνα με στοιχεία του 1998 η ετήσια θαλάσσια μεταφορά αργού και επεξεργασμένου πετρελαίου μέσω της Μεσογείου εκτιμάται στα 360 εκατομμύρια τόνους, αγγίζοντας περίπου το 20% της παγκόσμιας θαλάσσιας μεταφοράς καυσίμων [9]. Σαν αποτέλεσμα, μια ποσότητα 0,5 έως και 1 εκατομμυρίου τόνων πετρελαίου αποβάλλεται κάθε χρόνο στην θάλασσα της μεσογείου [10]. Το μισό από αυτό ελευθερώνεται από την στεριά και το άλλο μισό στην μέση της θάλασσας. Αν στα παραπάνω στοιχεία συνυπολογίσουμε και τον αγωγό Μπουργκάς- Αλεξανδρούπολης, καθώς και την ανακάλυψη αποθεμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου στο Αζερμπαϊτζάν, το Καζακστάν και το Τουρμεκιστάν, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η ποσότητα του πετρελαίου που διακινείται μέσω της θάλασσας της Μεσογείου είναι αρκετά μεγαλύτερη και αυξάνεται με γοργούς ρυθμούς.

Σύμφωνα με δεδομένα του IMO/UNEP από το 1983 έως και το 1998 πάνω από 55.000 τόνοι πετρελαίου έχουν χυθεί στην Μεσόγειο, ως αποτέλεσμα 242 ατυχημάτων. Την ίδια περίοδο πάνω από 12 μεγάλα ατυχήματα έχουν αναφερθεί στην περιοχή του Αιγαίου και του Ιονίου, ενώ πιο πρόσφατα μια επίμονη ρύπανση από πίσσα έχει

παρατηρηθεί κατά μήκος των βορειοδυτικών ακτών της Κρήτης [11]. Επιπρόσθετα η απόθεση πίσσας έχει αυξηθεί σε πολλές παραλιακές περιοχές του νότιο-δυτικού Αιγαίου και του νότιο-ανατολικού Ιονίου. Δηλαδή γύρω από την Πελοπόννησο και το κρητικό πέλαγος [12]. Δυστυχώς τα στατιστικά δεν είναι και τόσο ενθαρρυντικά μια και στην Μεσόγειο ελευθερώνεται το 1/5 περίπου της συνολικής ποσότητας πετρελαίου που ελευθερώνεται σε όλες τις θάλασσες. Αν αναλογιστούμε ότι η Μεσόγειος αποτελεί το 1% της παγκόσμιας υδάτινης επιφάνειας, τότε μπορούμε να αναλογιστούμε την κρισιμότητα του προβλήματος.

2.3 Λόγοι ατυχημάτων

Τα ατυχήματα είναι αναπόφευκτα σε όλων των ειδών τις μεταφορές όπως και σε αυτές του πετρελαίου. Το δυστύχημα είναι ότι ένα ατύχημα κατά την μεταφορά πετρελαίου έχει ιδιαίτερα σοβαρές και πολλές φορές δραματικές συνέπειες, λόγω της περιβαλλοντικής ρύπανσης που δημιουργείται.

Οι περισσότερες κηλίδες δημιουργούνται από πετρελαιοφόρα κατά τη διάρκεια επιχειρήσεων ρουτίνας όπως φόρτωση, εκφόρτωση, ξεφόρτωμα ή αποθήκευση καυσίμου οι οποίες συμβαίνουν συνήθως σε λιμάνια ή πετρελαϊκούς σταθμούς.

Σύμφωνα με την μελέτη των [James I.Chang και Cheng-Chung Lin](#) που δημοσιεύτηκε στο science direct τον Μάη του 2005, η πιο συχνή αιτία ατυχήματος σε δεξαμενές αποθήκευσης είναι οι κεραυνοί, ενώ ακολουθούν τα λάθη στην συντήρηση. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται όλες οι πιθανές αιτίες για μια περίοδο 40 χρόνων και ένα σύνολο ατυχημάτων 242.

έτος	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2003	Σύνολο
Κεραυνοί	4	10	19	37	10	80
Συντήρηση	1	5	9	12	5	32
Λάθη χειρισμού	1	5	6	8	9	29
Ελαττωματικός εξοπλισμός	3	1	5	7	3	19
Υπονόμευση	2	5	2	6	3	18
Ρήξη στην δεξαμενή	0	3	3	3	8	17
Διαρροές	0	3	2	5	5	15
Στατικός ηλεκτρισμός	2	1	2	2	5	12
	1	0	4	2	1	8
Φυσική καταστροφή	1	2	1	1	2	7
Ανεξέλεγκτη αντίδραση	2	1	0	2	0	5
Σύνολο	17	36	53	85	51	242

Πίνακας 2.3.1: πιθανές αιτίες ατυχήματος σε δεξαμενές αποθήκευσης.

Η νούμερο ένα αιτία ατυχήματος σε δεξαμενές αποθήκευσης καυσίμων είναι οι κεραυνοί. 80 στα 242 ατυχήματα, ποσοστό 33% προκλήθηκαν από κεραυνούς, ενώ 32

στα 242 ατυχήματα, ποσοστό 13%, συνέβησαν κατά την διάρκεια συντήρησης των δεξαμενών. Καθαρισμοί δεξαμενών, προσθήκη μονωτικού υλικού, έργα συντήρησης αγωγών είναι μερικές από τις αιτίες των παραπάνω 32 ατυχημάτων, όπως περιγράφονται στην μελέτη των James I. Chang και C. Lin. Χαρακτηριστικό είναι μάλιστα το ατύχημα που συνέβη στην Θεσσαλονίκη το 1986, όταν μια σπίθα από κομμένο δαυλό πυροδότησε τα αναθυμιάματα του καυσίμου στην 30 πόδια διάμετρο επί 30 πόδια ύψος δεξαμενή και προκάλεσε φωτιά που εξαπλώθηκε γρήγορα στη γύρω περιοχή και έκαιγε για 7 συνεχείς ημέρες οδηγώντας στην καταστροφή 10 από τις 12 δεξαμενές αργού πετρελαίου και το θάνατο 5 ανθρώπων.

Τρίτη αιτία ατυχήματος σε δεξαμενές είναι οι λάθος χειρισμοί, κοινώς τα ανθρώπινα λάθη. 29 στα 242 ατυχήματα, ποσοστό 12%, συνέβησαν από λάθος χειρισμούς. Και όταν λέμε λάθους χειρισμούς εννοούμε συνήθως υπερφόρτωση των δεξαμενών. Και όταν μια δεξαμενή που περιέχει εύφλεκτα υγρά γεμίζει παραπάνω από τις προδιαγραφές της, τότε η έκρηξη ή η εκδήλωση πυρκαγιάς είναι συνήθως αναπόφευκτη. Τα αναθυμιάματα που εκπέμπονται καθώς το πετρέλαιο εξατμίζεται μπορούν να πυροδοτηθούν ανά πάσα στιγμή από οτιδήποτε μπορεί να προκαλέσει σπίθα. Έτσι αναφέρθηκαν περιπτώσεις όπου υπήρξε πυροδότηση από ηλεκτρικούς διακόπτες ή την μηχανή κάποιου αυτοκινήτου σε λειτουργία. Το 1998 στην Ταϊβάν προκλήθηκε μεγάλο ατύχημα από απροσεξία των οδηγών, που μετέφεραν πετρέλαιο. Οι οδηγοί μετακίνησαν την δεξαμενή απρόσεκτα, η μάνικα αποσυνδέθηκε, απελευθερώθηκαν ατμοί, ξέσπασε φωτιά και έγινε έκρηξη. Το 1972 η βαλβίδα ενός σωλήνα σε ένα διυλιστήριο στην Βραζιλία ξεχάστηκε ανοιχτή, με αποτέλεσμα να καταστραφούν 21 δεξαμενές και ένα κτήριο με γραφεία. Όλα τα παραπάνω περιστατικά αποτελούν ατυχήματα που προήλθαν από την ανθρώπινη απροσεξία και θα μπορούσαν να είχαν αποφευχθεί.

Η τέταρτη αιτία ατυχήματος είναι ο ελαττωματικός εξοπλισμός. 19 στα 242 ατυχήματα προκλήθηκαν λόγω ελαττωματικού εξοπλισμού, δηλαδή ποσοστό 7,85%, όχι και τόσο ευκαταφρόνητο. Η δυσλειτουργία διαφόρων ηλεκτρονικών κυρίως οργάνων, που ελέγχουν μια δεξαμενή αποθήκευσης, έχει σαν αποτέλεσμα την πρόκληση ατυχήματος. Αν για παράδειγμα η μόνωση της οροφής της δεξαμενής δεν λειτουργεί, τότε είναι πολύ εύκολο ένας κεραυνός να προκαλέσει ανάφλεξη των εύφλεκτων ατμών του πετρελαίου. Το 1962 το κύριο σώμα μιας ιαπωνικής δεξαμενής πετρελαίου βυθίστηκε λόγω αποτυχίας των βαλβίδων διεξόδου. Η εκκενωμένη βαλβίδα πάγωσε και αδυνατούσε να κλείσει, με αποτέλεσμα οι ατμοί του πετρελαίου που απελευθερώθηκαν να προκαλέσουν μια τεράστια πυρκαγιά, η οποία σκότωσε 19 άτομα και κατέστρεψε 5 αποθήκες (March and McLennan, 1990). Παρόμοια παραδείγματα υπάρχουν πολλά στην παγκόσμια βιβλιογραφία, τα οποία μας τονίζουν την σημασία του καλού εξοπλισμού [52].

Η πέμπτη αιτία ατυχήματος, σύμφωνα πάντα με τον παραπάνω πίνακα, είναι η υπονόμηση. Υπονόμηση συνήθως συμβαίνει σε περίπτωση τρομοκρατικής επίθεσης ή σε στρατιωτικές επιχειρήσεις.

Το συμπέρασμα που προκύπτει από την παραπάνω μελέτη είναι ότι αρκετά από τα 242 ατυχήματα θα είχαν αποφευχθεί αν υπήρχε σωστή κατασκευή, συντήρηση και λειτουργία και αν εφαρμόζοταν πρόγραμμα ασφαλούς διαχείρισης.

Παρόλα αυτά, 92% των περιπτώσεων ατυχήματος σε δεξαμενές καυσίμων αφορά μικρού μεγέθους κηλίδες. Αντίθετα, μεγάλες κηλίδες προκαλούνται από ατυχήματα που αφορούν συγκρούσεις ή προσαράξεις πλοίων στα ρηχά. Δημιουργούνται δηλαδή κατά την μεταφορά των καυσίμων. Οι λόγοι αυτών των ατυχημάτων ποικίλουν. Πιο συνηθισμένες αιτίες είναι :

- ✓ η δυσλειτουργία του εξοπλισμού, που μπορεί να προκαλέσει διαρροές του φορτίου
- ✓ τα ανθρώπινα λάθη, όπως η προσάραξη των τάνκερ σε αβαθή νερά και/ή η σύγκρουση αυτών με άλλα πλοία που μπορούν να προκαλέσουν φωτιές και εκρήξεις του φορτίου
- ✓ τα έντονα φυσικά φαινόμενα (σεισμική δραστηριότητα, τυφώνες κλπ), που περιλαμβάνουν όλες τις προηγούμενες συνέπειες και
- ✓ η έλλειψη ισχυρού νομικού πλαισίου, που επιτρέπουν την μεταφορά καυσίμων χωρίς την λήψη μέτρων ισχυρών για την αποφυγή ατυχημάτων.

Χαρακτηριστικά αναφέρουμε το ατύχημα στο Shetland το 1978, όταν το τανκερ Esso Bernica παρουσίασε ρήγμα στα ύφαλα κατά την αγκυροβόληση με αποτέλεσμα 1.100 τόνοι αργού πετρελαίου να κατακλείσουν την παραλιακή ζώνη, προκαλώντας σοβαρές καταστροφές στο φυσικό περιβάλλον και τον τοπικό πληθυσμό. Ακόμα πιο καταστροφικό ήταν το ατύχημα που συνέβη το 1989 στα αβαθή νερά του πορθμού του Prince Williams στην Αλάσκα. Το πετρελαιοφόρο Exxon Valdez προσάραξε δημιουργώντας πετρελαιοκηλίδα 37.000 τόνων αργού πετρελαίου. Καθώς το πετρέλαιο απλώθηκε κατά μήκος της ακτής, κάλυψε ψάρια, φυτά και πουλιά, μετατρέποντας χιλιάδες μίλια αυτής της περιοχής σε περιοχή βιολογικής καταστροφής.

Αλλά ακόμα και όταν συμβεί το ατύχημα, η έκταση που θα λάβει εξαρτάται τόσο από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή όσο και από την άμεση κινητοποίηση των αρχών.

Γίνεται λοιπόν σαφές από τα παραπάνω ότι ατυχήματα συμβαίνουν τόσο στην ξηρά όσο και στις θαλάσσιες πλατφόρμες εξόρυξης πετρελαίου, τόσο στους σταθμούς εξόρυξης, όσο και κατά την μεταφορά του.

Στην παρούσα εργασία θα επικεντρωθούν στα ατυχήματα που συμβαίνουν κατά την θαλάσσια μεταφορά του πετρελαίου και θα μελετήσουμε την ασφάλεια αυτών των

μεταφορών, δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή στην περιοχή του νότιου αιγαίου, ανοιχτά του κόλπου της Λακωνίας, μια περιοχή με πολύ μεγάλη κίνηση.

Όπως ισχυρίζονται ακαδημαϊκοί και ειδικοί επιστήμονες τα ειδικά χαρακτηριστικά του Αιγαίου το καθιστούν μία από τις πιο επικίνδυνες θάλασσες στον κόσμο για το ενδεχόμενο ατυχήματος σε πετρελαιοφόρο πλοίο. Παρόλα αυτά δεν έχει ακόμα δημιουργηθεί ένα ισχυρό νομικό πλαίσιο για την θωράκισή του σε περίπτωση διαρροής πετρελαίου.

1. Οι αναρίθμητες βραχονησίδες και ύφαλοι που είναι διάσπαρτοι σε όλο το Αιγαίο δημιουργούν προβλήματα στις θαλάσσιες μεταφορές.
2. Οι ιδιαίτερες καιρικές συνθήκες, καθώς στο Αιγαίο αναπτύσσονται συχνά θυελλώδεις άνεμοι, που δημιουργούν θαλασσοταραχές και
3. Η υψηλή συχνότητα των θαλάσσιων δρομολογίων,

αυξάνουν στατιστικά τον κίνδυνο να συμβεί ατύχημα, ιδιαίτερα και μετά την λειτουργία του αγωγού Μπουργκάς- Αλεξανδρούπολη που θα αυξήσει την κίνηση και των αριθμό των πετρελαιοφόρων στο Αιγαίο [13].

Σύμφωνα με τα σημερινά στατιστικά στοιχεία πάνω από 100 εκατομμύρια τόνοι πετρελαίου σε ετήσια βάση διακινούνται μέσω των ελληνικών θαλασσών.

Πολλά ατυχήματα είναι ο συνδυασμός δράσεων και συνθηκών, το καθένα από τα οποία συνεισφέρει σε διαφορετικό βαθμό στο τελικό αποτέλεσμα, που είναι το ατύχημα. Η ανάλυση που ακολουθεί και συνοψίζεται στον παρακάτω πίνακα μελετά το ατύχημα, που καταλήγει σε πετρελαιοκηλίδα διάφορου μεγέθους, στη φάση του ξεκινήματος -κατηγορία "Accidents" ή στη φάση που υπάρχουν διαδικασίες σε λειτουργία κατά το ατύχημα- κατηγορία "Operations". Πετρελαιοκηλίδες για τις οποίες δεν υπάρχουν ή δεν είναι διαθέσιμες πληροφορίες ή η αιτία δημιουργίας τους δεν ήταν μια από αυτές που αναφέρονται, συμπεριλαμβάνονται στην κατηγορία «Λοιπές/ άγνωστες».

Όπως είναι λοιπόν φανερό από τον πίνακα :

- ☑ Οι περισσότερες πετρελαιοκηλίδες από τάνκερς προκύπτουν κατά την διάρκεια διαδικασιών ρουτίνας, όπως είναι η φόρτωση και η εκφόρτωση που συνήθως συμβαίνουν στα λιμάνια ή σε πλατφόρμες εξόρυξης πετρελαίου ;
- ☑ η πλειοψηφία αυτών των πετρελαιοκηλίδων «λειτουργίας» είναι μικρές, με το 91% αυτών να περιλαμβάνουν ποσότητες πετρελαίου λιγότερο από 7 τόνους;
- ☑ ατυχήματα που καταλήγουν στην δημιουργία πετρελαιοκηλίδας και συμβαίνουν από σύγκρουση πλοίων ή προσάραξη, αυξάνουν το πλήθος των μεγάλων πετρελαιοκηλίδων, με το 84% τουλάχιστον αυτών των πετρελαιοκηλίδων να περιλαμβάνει ποσότητες 700 τόνων [3].

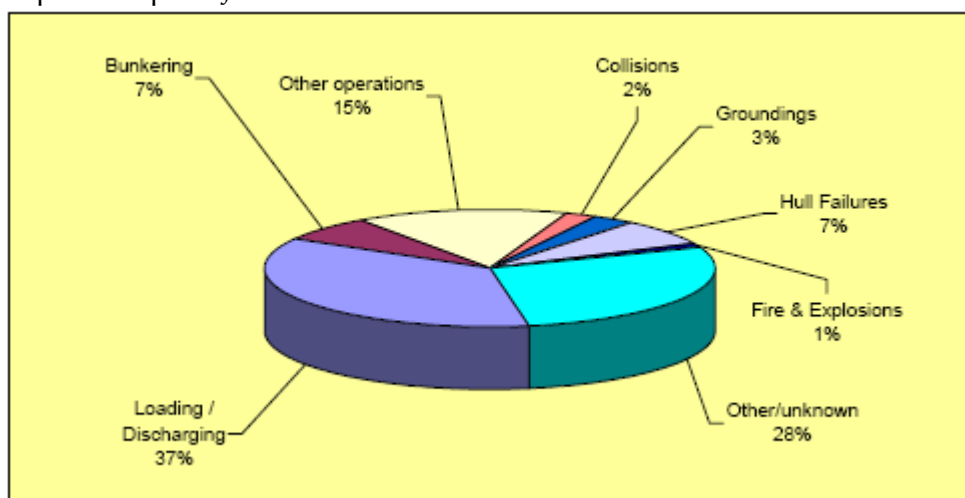
Από τα παραπάνω λοιπόν καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως αν και τα ατυχήματα που συμβαίνουν κατά την μεταφορά του πετρελαίου με τανκερς είναι σχεδόν τα μισά από αυτά που συμβαίνουν στους χώρους φόρτωσης και εκφόρτωσης του πετρελαίου, στην ουσία προκαλούν μεγαλύτερη ζημιά, αφού η ποσότητα του πετρελαίου που ελευθερώνεται είναι πολύ περισσότερη.

	<7 Tonnes	7-700 Tonnes	>700 Tonnes	Total
OPERATIONS				
Loading / Discharging	2821	332	30	3183
Bunkering	548	26	0	574
Other operations	1178	56	1	1235
ACCIDENTS				
Collisions	173	296	97	566
Groundings	235	222	118	575
Hull Failures	576	90	43	709
Fire & Explosions	88	15	30	133
Other/unknown	2181	148	24	2353
TOTAL	7800	1185	343	9328

Πηγή ΙΤΟΡΡ

Πίνακας 2.3.2 Αιτίες δημιουργίας πετρελαιοκηλίδων το διάστημα 1974-2006 [3]

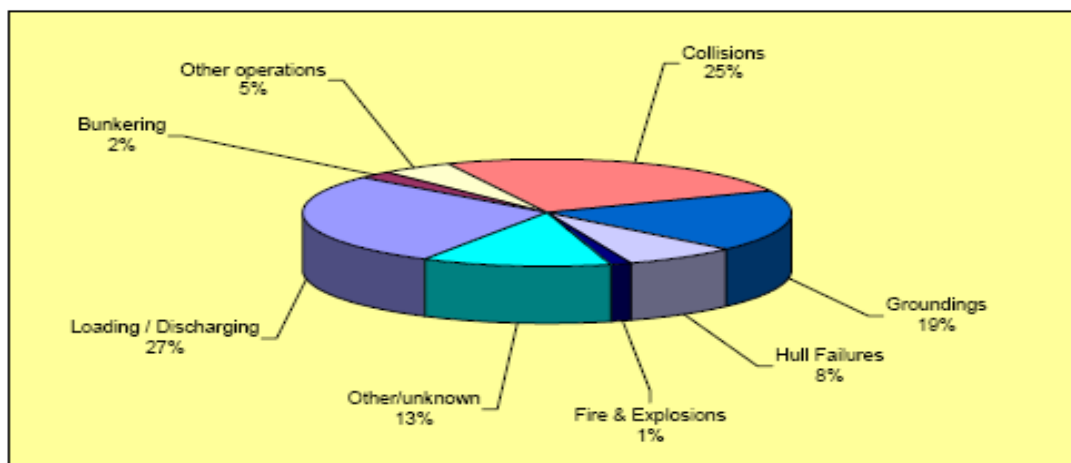
Τα σχήματα που ακολουθούν απεικονίζουν γραφικά τα συμπεράσματα του πίνακα 2.3.2. Έτσι στο σχήμα 2.3.1 απεικονίζονται οι αιτίες δημιουργίας πετρελαιοκηλίδας μικρότερης από 7 τόνους στο χρονικό διάστημα 1974-2006. Το σχήμα επιβεβαιώνει την παραπάνω ανάλυση, ότι η φόρτωση και η εκφόρτωση καυσίμου στα λιμάνια και στις πλατφόρμες πετρελαίου είναι η βασικότερη αιτία δημιουργίας πετρελαιοκηλίδας.



Πηγή ΙΤΟΡΡ

Σχήμα 2.3.1 Αιτίες δημιουργίας πετρελαιοκηλίδων μικρότερων από 7 τόνους στο διάστημα 1974-2006 [3]

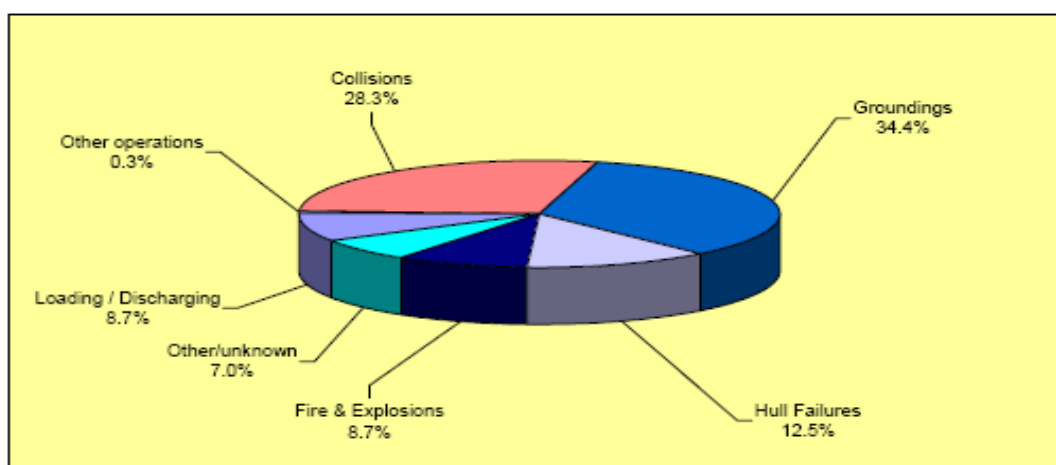
Το επόμενο σχήμα απεικονίζει τις σημαντικότερες αιτίες δημιουργίας πετρελαιοκηλίδας από 7-700 τόνους πάλι στο χρονικό διάστημα 1974-2006. Και εδώ η σημαντικότερη αιτία δημιουργίας πετρελαιοκηλίδας είναι η φόρτωση και η εκφόρτωση καυσίμου. Πολύ κοντά όμως ακολουθούν η σύγκρουση πετρελαιοφόρων κατά την μεταφορά και η προσάραξη του πλοίου.



Πηγή ΙΤΟΡΡ

Σχήμα 2.3.2 Αιτίες δημιουργία πετρελαιοκηλίδων από 7-700 τόνους το διάστημα 1974-2006 [3]

Τέλος στο τελευταίο σχήμα απεικονίζονται οι σημαντικότερες αιτίες δημιουργίας πετρελαιοκηλίδας μεγαλύτερων από 700 τόνους στο χρονικό διάστημα 1974-2006. Τώρα η σημαντικότερη αιτία είναι η προσάραξη του τάνκερ και ακολουθεί η σύγκρουση των πλοίων. Συμπεραίνουμε επομένως πως η μεταφορά πετρελαίου πρέπει να γίνεται λαμβάνοντας υπό όψη όλα τα απαραίτητα μέτρα ασφαλείας, μια και ένα πιθανό ατύχημα έχει τραγικές συνέπειες για το περιβάλλον και την οικονομία.



Πηγή ΙΤΟΡΡ

Σχήμα 2.3.3 Αιτίες δημιουργίας πετρελαιοκηλίδων μεγαλύτερων από 700 τόνους το διάστημα 1974-2006 [3]

2.4 Συνέπειες ατυχημάτων

Σύμφωνα με στοιχεία διεθνών περιβαλλοντικών οργανώσεων το ένα τοις χιλίοις της ποσότητας του πετρελαίου που μεταφέρεται μέσω θαλασσών παγκοσμίως, καταλήγει στη θάλασσα. Αν υποθέσουμε ότι η ποσότητα του μεταφερόμενου πετρελαίου είναι πάνω από 20 δις. τόνους, τότε καταλήγουν στην θάλασσα 20 εκατομμύρια τόνοι πετρελαίου. Οι συνέπειες μια τέτοιας υπόθεσης είναι καταστροφικές, ιδιαίτερα αν η διαρροή γίνεται κοντά σε ακτές. Ένα μεγάλο πετρελαϊκό θαλάσσιο ατύχημα νεκρώνει την ευρύτερη θαλάσσια περιοχή και αυτό γιατί το μαζούτ κατακάθεται στο βυθό της θάλασσας και τον καταστρέφει. Εκτός όμως από την φυσική καταστροφή, οι συνέπειες για την οικονομία της χώρας είναι εξίσου καταστροφικές. Τελικά ποια θα είναι η συμπεριφορά του πετρελαίου όταν καταλήγει στην θάλασσα και ποιες συνέπειες θα έχει εξαρτάται από το τύπο του πετρελαίου, τις καιρικές συνθήκες και την κατάσταση της θάλασσας κατά το ατύχημα και τα φυσικά, βιολογικά και κοινωνικο-οικονομικά χαρακτηριστικά της περιοχής που έλαβε χώρα το ατύχημα. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε ένα υποθετικό παράδειγμα: Ας υποθέσουμε λοιπόν ότι ένα δεξαμενόπλοιο με 85.000 τόνους πετρελαίου προσαράζει κάπου στις Κυκλάδες στην αρχή της τουριστικής περιόδου. Χρησιμοποιώντας εμπειρικά μοντέλα από προηγούμενα ατυχήματα αντίστοιχης έκτασης προκύπτει πως μια τέτοια ποσότητα πετρελαίου θα μπορούσε να καλύψει μια θαλάσσια έκταση 5 εκατομμυρίων στρεμμάτων και να ρυπάνει ακτές μήκους 225 χιλιομέτρων. Ένα τέτοιο ατύχημα και μάλιστα στην αρχή της τουριστικής περιόδου θα σήμαινε καθίζηση του τουρισμού, όχι μόνο στις Κυκλάδες, αλλά σε όλο το Αιγαίο και την Ελλάδα και βεβαίως όχι μόνο για μια χρονιά. Ο τουρισμός αποφέρει στην ελληνική οικονομία πάνω από 4 δις. δολάρια ετησίως. Αν προσθέσουμε και τις οικονομικές ζημιές στην αλιεία και τα έξοδα καθαρισμού των ακτών από το πετρέλαιο, τότε δεν είναι υπερβολή να πούμε πως το οικονομικό και μόνο κόστος από μια τέτοια πετρελαιοκηλίδα θα μπορούσε υπό δυσμενείς συνθήκες να φθάσει το ένα τρισεκατομμύριο δραχμές! Τόσες ήταν οι ετήσιες εισροές του "πακέτου Ντελór" στη χώρα μας!

Οι ασφαλιστικές εταιρίες θα κάλυπταν ένα μικρό μόνο μέρος του κόστους αυτού, αφού στην Ελλάδα δεν ισχύει η αρχή της "απεριόριστης αντικειμενικής ευθύνης", υπάρχει δηλαδή ένα όριο για αποζημιώσεις. Το επιπλέον κόστος θα κληθεί να το καλύψει η κοινωνία, δηλαδή όλοι μας[6].

Συνεπώς οι επιπτώσεις που προκύπτουν από μία πετρελαιοκηλίδα επηρεάζουν τις παράκτιες δραστηριότητες (ρύπανση παράκτιων τουριστικών περιοχών), είναι βιολογικής σημασίας (φυσική ασφυξία για ζώντες οργανισμούς) και κοινωνικής υφής (καταστροφή ψαρότοπων και θαλασσοκαλλιέργιών).

Για αυτό η καλύτερη αντιμετώπιση τους είναι πάντα η πρόληψη τους. Πρέπει να υφίσταται σχεδιασμός με αναγνώριση ευαίσθητων περιοχών και καθορισμού προτεραιοτήτων για προστασία. Κατά τη διάρκεια μιας κηλίδας, το μόνο που μπορεί να γίνει είναι περιορισμός της δουλειάς [15].

Για να μπορέσουμε να προσδιορίσουμε καλύτερα τις συνέπειες που έχει μια πετρελαιοκηλίδα, αλλά και να προσδιορίσουμε τις τεχνικές αντιμετώπισης της, διακρίνουμε το πετρέλαιο σε δύο κατηγορίες. Το επίμονο και το μη επίμονο.

Το μη επίμονο πετρέλαιο περιλαμβάνει ελαφρά κατεργασμένα προϊόντα, όπως είναι το ντίζελ και ενδεχομένως και κάποια είδη ελαφρού αργού πετρελαίου με συστατικά πολύ πτητικά και χαμηλό ιξώδες. Τέτοιου είδους πετρέλαιο, επειδή εξατμίζεται εύκολα και διασκορπίζεται εύκολα, δεν μένει για πολύ ώρα στην επιφάνεια της θάλασσας και απαιτούνται περιορισμένες τεχνικές καθαρισμού. Ωστόσο ενέχει σημαντικούς κινδύνους τόσο για την πρόκληση πυρκαγιάς και έκρηξης, όσο και για την δημιουργία προβλημάτων στην δημόσια υγεία. Μπορεί να προκαλέσει σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις τόσο λόγω της υψηλής συγκέντρωσης τοξικών, όσο κυρίως και λόγω του ότι τα τοξικά αυτά εξατμίζονται γρήγορα. Οι συνέπειες του όμως περιορίζονται σε τοπικά γεωγραφικά όρια.

Από την άλλη μεριά είναι τα επίμονα πετρέλαια. Τα πετρέλαια αυτά σχηματίζουν γαλακτώματα στην επιφάνεια της θάλασσας και διαλύονται πολύ δύσκολα. Έχουν υψηλό ιξώδες και μικρή συγκέντρωση πτητικών. Μπορούν και ταξιδεύουν μεγάλες αποστάσεις χωρίς να διασπώνται, μολύνοντας τις ακτές σε μεγάλες αποστάσεις και βλάπτοντας το φυσικό περιβάλλον. Σαν συνέπεια των παραπάνω χαρακτηριστικών ο καθαρισμός τέτοιου είδους πετρελαίου μπορεί να είναι μια δύσκολη επιχείρηση και να εκτείνεται σε πολλές περιοχές.

Συνοψίζοντας ,λοιπόν, οι επιπτώσεις μιας πετρελαιοκηλίδας συγκεντρώνονται σε :

1. φυσική και χημική μετάλλαξη των ντόπιων οργανισμών,
2. Πρόκληση ασφυξίας στην χλωρίδα και την πανίδα της περιοχής,
3. θανάσιμες ή σχεδόν θανάσιμες τοξικές επιπτώσεις στην χλωρίδα και την πανίδα της περιοχής
4. βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες αλλαγές στις βιολογικές κοινότητες, οι οποίες προκύπτουν από την επίδραση του πετρελαίου σε σημαντικούς για την εξέλιξη οργανισμούς.
5. μόλυνση των φαγώσιμων ειδών, κυρίως ψαριών και οστρακοειδών.
6. αχρηστία ευαίσθητων περιοχών όπως οι αμμώδεις παραλίες
7. ζημιές στην φήμη της περιοχής, στο τουρισμό και τα προϊόντα της θάλασσας
8. προσωρινή διακοπή των βιομηχανικών εργασιών που απαιτούν την χρήση καθαρού θαλασσινού νερού.

Δεν πρέπει τέλος να συσχετίζουμε την ποσότητα του πετρελαίου που ελευθερώνεται στην θάλασσα με το μέγεθος των συνεπειών.

Οι παρακάτω εικόνες δείχνουν τις καταστροφικές συνέπειες που μπορεί να έχει μια πετρελαιοκηλίδα στο περιβάλλον.



Εικόνα 2.4.1 Συνέπειες πετρελαιοκηλίδας [55]

2.5 Ασφαλείς Θαλάσσιες Μεταφορές

Σύμφωνα με την EMSA, www.emsa.europa.eu, για να πετύχουμε ασφαλείς θαλάσσιες μεταφορές θα πρέπει να εφαρμοστούν 8 προληπτικά μέτρα. Πρώτα από όλα θα πρέπει να υπάρχει βελτίωση του ελέγχου κατασκευής και συντήρησης των πλοίων. Για να διασφαλιστεί ότι τα πλοία κατασκευάζονται και συντηρούνται σύμφωνα με τις πιο πρόσφατες απαιτήσεις ασφαλείας, πρέπει να εγκρίνεται ο σχεδιασμός, η κατασκευή και η συντήρησή τους και να τηρούνται οι διαδικασίες επιθεώρησης και πιστοποίησης. Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός καταρτίζει διεθνή πρότυπα για την ασφάλεια των πλοίων. Πρόσφατα, σημειώθηκε σημαντική πρόοδος στο πεδίο των προτύπων για δεξαμενόπλοια διπλού τοιχώματος, συμπεριλαμβανομένης της ασφαλούς συντήρησής τους, καθώς και στο σχεδιασμό των φορτηγών πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου. [53]. Δεύτερον θα πρέπει να γίνονται πιο αποτελεσματικές και ενδεδειγμένες επιθεωρήσεις. Κάθε κράτος μέλος πρέπει να ελέγχει τουλάχιστον το 25 % των πλοίων που καταπλέουν στους λιμένες του ετησίως, σύμφωνα με την οδηγία 95/21 της ΕΕ. Όταν το σύστημα ελέγχου του κράτους λιμένα διαπιστώνει σοβαρές ελλείψεις σε ένα αλλοδαπό πλοίο που επισκέπτεται το λιμένα, πρέπει να πραγματοποιούνται οι αναγκαίες επισκευές και το κράτος λιμένα έχει το δικαίωμα να απαγορεύει τον απόπλου του πλοίου έως την ολοκλήρωσή τους. Εάν ένα πλοίο τεθεί υπό κράτηση επανειλημμένα εντός μιας ορισμένης χρονικής περιόδου, μπορεί να απαγορευθεί η πρόσβασή του σε όλους τους κοινοτικούς λιμένες έως ότου ο πλοιοκτήτης αποδείξει ότι το πλοίο βρίσκεται σε ασφαλή κατάσταση (η επονομαζόμενη διάταξη άρνησης εισόδου σε κοινοτικό λιμένα).



**Εκτεταμένη διάβρωση σε δομικά στοιχεία
ορισμένων σκαφών**

Τρίτον η παρακολούθηση της κυκλοφορίας χρήζει βελτίωσης. Η μεγάλη κίνηση που παρατηρείτε στα ευρωπαϊκά ύδατα καθώς και τα διαφορετικά συστήματα παρακολούθησης αυτής της κίνησης από τα επιμέρους κράτη, οδήγησε στην ανάγκη ανάπτυξης ενός κοινού συστήματος διαχείρισης της κυκλοφορίας των πλοίων. Έτσι δημιουργήθηκε το SafeSeaNet για την εναρμόνιση του τρόπου ανταλλαγής των δεδομένων που αφορούν τη ναυτιλία. Το SafeSeaNet συνδέει έναν μεγάλο αριθμό ναυτικών αρχών ανά την Ευρώπη, κάθε μία από τις οποίες διαθέτει το δικό της πληροφοριακό σύστημα και δικούς της τρόπους αποθήκευσης δεδομένων και πρόσβασης σε αυτά. Το σύστημα δικτυώνει αυτές τις διαφορετικές βάσεις δεδομένων

και παρακολουθεί τις πληροφορίες μέσω ενός κεντρικού ευρετηριακού συστήματος. Οι εξουσιοδοτημένοι χρήστες αποκτούν πρόσβαση στα δεδομένα μέσω της υποβολής αιτήματος (χρησιμοποιώντας τυποποιημένο μορφότυπο), το οποίο χρησιμοποιείται από το κεντρικό ευρετηριακό σύστημα για τον εντοπισμό και την ανάσυρση των δεδομένων από τον οικείο πάροχο. Τα δεδομένα αποστέλλονται στη συνέχεια στο πρόσωπο που υπέβαλε το αίτημα. Το σύστημα είναι ευέλικτο και φιλικό προς το χρήστη, είναι διαθέσιμο σε εικοσιτετράωρη βάση και παρέχει ταχεία απάντηση σε κάθε αίτημα παροχής πληροφοριών [53].



Χώρες του SafeSeaNet



**Κέντρο Ελέγχου VTS (υπηρεσίες
θαλάσσιας κυκλοφορίας)**

Τέταρτον θα πρέπει να υπάρχει κατάλληλη εκπαίδευση των ναυτικών. Υπολογίζεται ότι σε ποσοστό 80 % περίπου τα θαλάσσια ατυχήματα οφείλονται σε ανθρώπινο λάθος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η λήψη λανθασμένων αποφάσεων από τα πρόσωπα που βρίσκονται στη γέφυρα του πλοίου, ιδίως υπό δύσκολες συνθήκες ναυσιπλοΐας ή/και καιρικές συνθήκες. Εναλλακτικά, μπορεί να αποτελούν απόρροια μηχανικών ή άλλων βλαβών του εξοπλισμού που συνοδεύονται από ανικανότητα του πληρώματος να αντιμετωπίσει αποτελεσματικά την κατάσταση. Είναι λοιπόν εξαιρετικά σημαντικό οι ναυτικοί να εκπαιδεύονται σύμφωνα με τις υψηλότερες προδιαγραφές, αν λάβουμε μάλιστα υπόψη μας ότι το 75% των ναυτικών που επανδρώνουν πλοία νηολογημένα στην Ευρωπαϊκή Ένωση είναι πολίτες εκτός ευρωπαϊκής ένωσης και έχουν εκπαιδευτεί σε διαφορετικές σχολές. Οι εμπειρογνώμονες της EMSA ανά πενταετία διενεργούν αξιολόγηση του εκπαιδευτικού συστήματος κάθε χώρας εκτός ΕΕ που παρέχει εκπαίδευση σε ναυτικούς οι οποίοι εργάζονται σε πλοία νηολογημένα στην ΕΕ [53].

Πέμπτον θα πρέπει να υπάρχει σχέδιο καταπολέμησης της ρύπανσης. Η αύξηση του αριθμού και του μεγέθους των δεξαμενόπλοιων αναμένεται να συμβάλει στα μελλοντικά επίπεδα κινδύνου. Υπενθυμίζεται ότι μόνο για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων των καταστροφών του Erika και του Prestige δαπανήθηκαν περισσότερα από 1 δισ. ευρώ. Οι σοβαρές οικονομικές και οικολογικές επιπτώσεις μιας μεγάλης πετρελαιοκηλίδας που προκαλεί ένα δεξαμενόπλοιο μπορούν να περιοριστούν σε σημαντικό βαθμό εάν το πετρέλαιο περισυλλεγεί από τη θάλασσα προτού εκβραστεί

στις ακτές. Ωστόσο, από την καταστροφή του Prestige το 2002 κατέστη σαφές ότι η Ευρώπη δεν διαθέτει αρκετά πλοία απορρύπανσης που να έχουν τη δυνατότητα να αντιμετωπίσουν αποτελεσματικά μεγάλες πετρελαιοκηλίδες.

Η EMSA είναι επίσης αρμόδια για την υποστήριξη της επιτήρησης της ρύπανσης, καθώς υπάρχει ανάγκη για ένα επιχειρησιακό σύστημα σε επίπεδο ΕΕ για τον εντοπισμό πετρελαιοκηλίδων με τη χρήση δορυφορικών εικόνων. Μεσομακροπρόθεσμα ένα τέτοιο σύστημα αναμένεται να διευκολύνει τον εντοπισμό και τη σύλληψη όσων ευθύνονται για τη ρύπανση των παράκτιων υδάτων της ΕΕ [53].



Μεγάλες πετρελαιοκηλίδες που προκλήθηκαν από δεξαμενόπλοια μετά το 1984 (με κίτρινο κύκλο => 10.000 τόνοι)

Έκτον τα ατυχήματα πρέπει να μας διδάσκουν. Τα κράτη μέλη της ΕΕ εδώ και πολλά χρόνια προβαίνουν στη διερεύνηση των ατυχημάτων αλλά, έως τώρα, οι προσεγγίσεις που υιοθετούν ποικίλλουν σημαντικά ανά την Ένωση. Λαμβάνοντας αυτό υπόψη είναι σαφές ότι, για να βελτιωθεί η κατάσταση, στόχος πρέπει να είναι η απόκτηση ενός συνεκτικού συστήματος υψηλής ποιότητας το οποίο θα έχει τη δυνατότητα διερεύνησης όλων των ατυχημάτων και συμβάντων και θα παρέχει ευρεία πρόσβαση στα αποτελέσματα. Σύμφωνα με τον ιδρυτικό της κανονισμό [κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1406/2002], η EMSA είναι υπεύθυνη για την ανάπτυξη μιας τέτοιας κοινής διαδικασίας για τη διερεύνηση ατυχημάτων η οποία θα χρησιμοποιείται σε όλα τα κράτη μέλη.



Το Prestige βυθίζεται

Έβδομο θα πρέπει να υπάρξει αποτελεσματικότερη διαχείριση των αποβλήτων των πλοίων. Σήμερα τα πλοία έχουν δυο τρόπους να απορρίψουν τα απόβλητα και/ ή τα κατάλοιπα του φορτίου τους. Είτε σε λιμενικές εγκαταστάσεις είτε στην θάλασσα. Στην πράξη ακολουθούν και τους δυο τρόπους, πράγμα που συνεπάγεται μεγάλες περιβαλλοντικές συνέπειες, ιδίως για θάλασσες ημίκλειστες, όπως αυτές της Μεσογείου, της Βαλτικής και της Μάυρης. Γίνεται λοιπόν φανερό πως θα πρέπει να διασφαλιστεί ότι η εκφόρτωση αυτών των αποβλήτων θα πρέπει να γίνεται σε κατάλληλες λιμενικές εγκαταστάσεις. Για το λόγο αυτό η Ευρωπαϊκή Ένωση εξέδωσε το 2000 την οδηγία 2000/59/ΕΚ, η οποία σε συνδυασμό με την σύμβαση Marpol για την θαλάσσια ρύπανση στόχο έχει τη σημαντική μείωση των παράνομων απορρίψεων στη θάλασσα. Η οδηγία αναθέτει στα κράτη μέλη την εξασφάλιση της ύπαρξης επαρκών εγκαταστάσεων υποδοχής αποβλήτων στους λιμένες τους, αλλά συνάμα τους παρέχει υψηλό βαθμό ελευθερίας ώστε να παρέχουν τις εγκαταστάσεις αυτές με τον πλέον ενδεδειγμένο τρόπο.

Όγδοο θα πρέπει να βελτιωθεί η ασφάλεια των πλοίων. Μετά την 11^η Σεπτεμβρίου 2001 και τις τρομοκρατικές επιθέσεις στην Νέας Υόρκη, την Μαδρίτη και το Λονδίνο, καταβάλλονται τεράστιες προσπάθειες για τη δημιουργία ενός ασφαλέστερου ναυτιλιακού περιβάλλοντος. Αποτέλεσμα των προσπαθειών αυτών ήταν η θέσπιση νομοθεσίας και η εφαρμογή του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 725/2004. Βασικός σκοπός του κανονισμού είναι η μεταφορά των απαιτήσεων του διεθνούς κώδικα για την ασφάλεια των πλοίων και των λιμενικών εγκαταστάσεων (ISPS) στο κοινοτικό δίκαιο.

2.6 Η φύση του πετρελαίου (τι συμβαίνει όταν πέσει στην θάλασσα)

Το Πετρέλαιο στα λατινικά είναι **Petroleum** , το οποίο προέρχεται από την ελληνική λέξη ([Greek](#) πέτρα (petra) - + έλαιον (oleum) - oil). Είναι υγρό που προκύπτει με φυσικές διαδικασίες και βρίσκεται σε σχηματισμούς μέσα στην γη.

Αργό Πετρέλαιο ονομάζουμε το πετρέλαιο που βρίσκουμε στο φλοιό της γης.

Το αργό πετρέλαιο είναι ένα μίγμα από υδρογονάνθρακες [hydrocarbons](#) - , κυρίως αλκάνια ([alkanes](#)) διαφόρων μηκών, οι οποίοι βρίσκονται σε αυτό από αέρια έως και στερεή μορφή. Το σύνηθες μέγεθος των αλκανίων κυμαίνεται από C_5H_{12} έως $C_{18}H_{38}$. Οποιοδήποτε υδρογονάνθρακες με κοντύτερη αλυσίδα θεωρούνται φυσικά αέρια [natural gas](#) ή φυσικά αέρια υγρά [natural gas liquids](#), ενώ υδρογονάνθρακες με μακρύτερη αλυσίδα είναι περισσότερο στερεής μορφής, ενώ οι υδρογονάνθρακες με τις μακρύτερες αλυσίδες αποτελούν το κάρβουνο- [coal](#). Τα **αλκάνια** ή **κορεσμένοι υδρογονάνθρακες** ή **παραφίνες** θεωρούνται οι πιο απλές οργανικές ενώσεις. Ο χημικός τύπος των ενώσεων της [ομόλογης σειράς](#) των κορεσμένων υδρογονανθράκων ανάλογα με τον αριθμό των ατόμων άνθρακα (n) που περιέχουν δίνεται από τον γενικό συντακτικό τύπο C_nH_{2n+2} . Έτσι το απλούστερο δυνατό μέλος της σειράς είναι το [μεθάνιο](#) (CH_4) και το αμέσως επόμενο το [αιθάνιο](#) (C_2H_6). Τα κανονικά αλκάνια είναι οι ευκολότερα βιο-διασπώμενοι υδρογονάνθρακες. Χαρακτηριστικά προβλήματα είναι ότι (1) οι $C_5 - C_{10}$ δρουν ανασταλτικά σε μικροοργανισμούς που τους διασπούν σε υψηλές συγκεντρώσεις διότι δημιουργούν προβλήματα στις κυτταρικές μεμβράνες (είναι ισχυροί διαλύτες) και (2) οι $C_{20} - C_{40}$ είναι υδρόφοβοι «στερεοί» γνωστοί ως κεριά και χαρακτηρίζονται από την πολύ μικρή τους διαλυτότητα που μειώνει σημαντικά τον συνολικό ρυθμό βιοαποδόμησης.

Άλλα συστατικά του πετρελαίου είναι τα κυκλοεξάνια (ναφθένια) , οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες, οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες, τα ασφαλένια και οι ρητίνες και σε μικρότερες ποσότητες οξυγονούχες, αζωτούχες και θειούχες ενώσεις.

Οι κορεσμένοι υδρογονάνθρακες στους οποίους τα άτομα άνθρακα σχηματίζουν δακτύλιο ονομάζονται [κυκλοαλκάνια](#) και έχουν γενικό τύπο C_nH_{2n} .

Αρωματικοί υδρογονάνθρακες είναι οι υδρογονάνθρακες που σχηματίζουν κλειστούς δακτύλιους.

Τα αμερικάνικα πετρέλαια αποτελούνται βασικά από κορεσμένους υδρογονάνθρακες ενώ τα ρώσικα από κυκλικούς. Ιδιοτυπία παρουσιάζουν τα πετρέλαια της Ινδονησίας τα οποία περιέχουν ακόρεστους υδρογονάνθρακες και αρωματικούς, σε ποσοστό 40%.

Το αργό πετρέλαιο δεν έχει πάντα την ίδια εμφάνιση-εξαρτάται από ποιο μέρος προέρχεται και τις συνθήκες κάτω από τις οποίες δημιουργήθηκε. Κάποιες φορές είναι άχρωμο, κάποιες άλλες μαύρο. Συνήθως όμως μοιάζει με λεπτό καφέ σιρόπι (αν και μπορεί κάποιες φορές να κιτρινίζει ή να πρασινίζει). Μπορεί επίσης να βρεθεί σε ημιστέρεη μορφή αναμειγμένο με άμμο, όπως το [Athabasca oil sands](#) στο [Canada](#), όπου αναφέρεται ως ακατέργαστη άσφαλτος (crude [bitumen](#)).

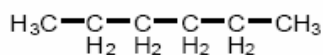
Δεν είναι όμως μόνο η εμφάνιση του πετρελαίου που αλλάζει. Ανάλογα την πηγή προέλευσής τους κάποια είδη πετρελαίου έχουν μεγάλο ποσοστό από τους πολύτιμους «ελαφριούς» υδρογονάνθρακες, ενώ κάποια άλλα είδη έχουν περισσότερους «βαριούς» υδρογονάνθρακες.

Όταν το αργό πετρέλαιο([crude oil](#)) βγαίνει από την πετρελαιοπηγή (ειδικά υποθαλάσσια πετρελαιοπηγή- [well](#)), είναι συνήθως αναμειγμένο με αέρια , νερό και άμμο. Περιέχει συνήθως και μη μεταλλικά στοιχεία όπως θείο- [sulfur](#), οξυγόνο- [oxygen](#), και άζωτο- [nitrogen](#).^[1] Το ακάθαρτο υγρό πετρέλαιο, όπως το παίρνουμε από τις πετρελαιοπηγές έχει ειδικό βάρος 0,79 - 0,94. Σήμερα είναι μάλλον βέβαιο ότι το πετρέλαιο σχηματίστηκε σε άλλα σημεία από αυτά που βρίσκεται . Γίνεται δεκτό δηλ. ότι το πετρέλαιο μεταναστεύει μέσα από τα πετρώματα, ωσότου συναντήσει στεγανές συνθήκες, όπου εγκλωβίζεται[16].

Η σύνθετη φυσική δομή του πετρελαίου καθιστά σημαντικές τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που μπορούν να προκύψουν από μία πετρελαιοκηλίδα. Το πετρέλαιο είναι ένα πολύπλοκο μίγμα υδρογονανθράκων και μη υδρογονανθράκων που σχηματίζονται από τη μερική αποσύνθεση βιογενούς ύλης. Η αργή διασπαστική διαδικασία, γνωστή ως διαγέννεση, παράγει μια ποικιλία υδρογονανθράκων και σχετικών συμπλόκων σημαντικά διαφορετικών από τη δομή που συναντάται στην αρχική βιομάζα. Το πετρέλαιο εμπεριέχει και συστατικά οξείας ή χρόνιας τοξικότητας. Το βενζόλιο και τα ναφθαλένια θεωρούνται ως οι πιο τοξικές και άφθονες ενώσεις κατά τη διάρκεια των αρχικών φάσεων πετρελαϊκών διαρροών ή κηλίδων. Το μεγαλύτερο πρόβλημα στη συνέχεια είναι οι πολυκυρηνικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAHs) υψηλού μοριακού βάρους. Πολλές, μάλιστα, από αυτές τις ουσίες, συμπεριλαμβανομένης τουλάχιστον μίας γνωστής ένωσης υπεύθυνης για ανθρώπινη καρκινογένεση, του βενζο-α-πυρενίου, έχουν αναγνωριστεί ως μεταλλαξιογονικές.

Στο επόμενο σχήμα βλέπουμε αντιπροσωπευτικές οργανικές ενώσεις που συναντώνται στο αργό πετρέλαιο.

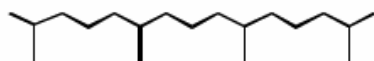
SATURATES



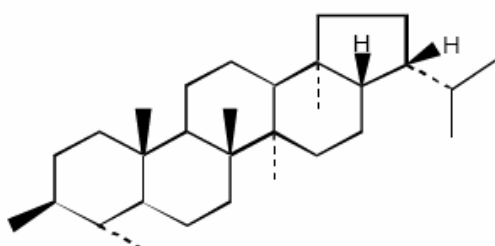
n-hexane



n-heptadecane (n-C₁₇H₃₆)

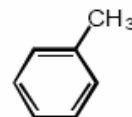


pristane (C₁₉H₄₀)

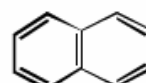


17α(H),21β(H)-hopane

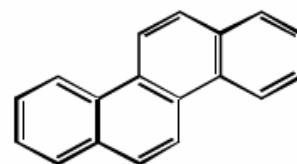
AROMATICS



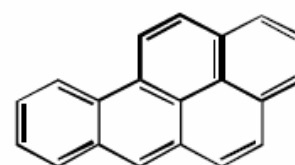
toluene



naphthalene



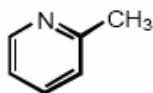
chrysene



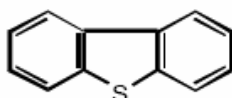
benzo[a]pyrene

RESINS

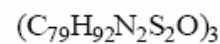
2-methylpyridine



dibenzo-
thiophene



ASPHALTENES



Εικόνα 2.6.1 Αντιπροσωπευτικές οργανικές ενώσεις που συναντώνται στο αργό πετρέλαιο [4]

Συνεπώς για να μπορέσουμε να κατανοήσουμε την συμπεριφορά μιας πετρελαιοκηλίδας και άρα να επιλέξουμε την κατάλληλη τεχνική αντιμετώπισης της,

θα πρέπει προηγουμένα να γνωρίζουμε τις φυσικές και χημικές ιδιότητες των συστατικών του πετρελαίου. Η σύνθεση και οι ιδιότητες των διάφορων πετρελαϊκών υδρογονανθράκων πετρελαίου έχουν περιγραφεί λεπτομερώς. Επίσης σε μεγάλες βάσεις δεδομένων ιδιοτήτων πετρελαίου, όπως αυτή του Environment Canada www.etcentre.org/spills , στο διαδίκτυο, περιέχονται πληροφορίες για πάνω από 400 είδη πετρελαίων [61], [62].

Έτσι σημαντικές φυσικές ιδιότητες που επηρεάζουν την συμπεριφορά του πετρελαίου είναι : (i) Η Πυκνότητα, (ii) το Ιξώδες, (iii) το σημείο ροής, (iv) η διαλυτότητα στο νερό, (v) το σημείο ανάφλεξης, (vi) η πίεση ατμού, (vii) η επιφανειακή τάση, (viii) η προσκόλληση.

Η **πυκνότητα** συνήθως εκφράζεται είτε μέσω της ειδικής πυκνότητας (specific gravity) είτε μέσω της πυκνότητας του American Petroleum Institute. Η ειδική πυκνότητα είναι ο λόγος της μάζας μιας ουσίας στην μάζα του ισοδύναμου όγκου του νερού σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία. Από την άλλη η πυκνότητα API ορίζει αυθαίρετα μια τιμή 10 για το καθαρό νερό στους 10 °C. Η πυκνότητα API μπορεί να υπολογιστεί από την ειδική πυκνότητα χρησιμοποιώντας τον τύπο :

$$APIGravity(o) = \frac{141.5}{SpecificGravity(16^{\circ}C / 60^{\circ}F)} - 131.5$$

Τα πετρέλαια με μικρές πυκνότητες ή χαμηλές ειδικές πυκνότητες έχουν υψηλές API πυκνότητες. Το αργό πετρέλαιο έχει ειδική πυκνότητα με εύρος από 0,79 έως 1,00 (ισοδύναμες API πυκνότητες από 10 έως 48) [63]. Η πυκνότητα πετρελαίου είναι ένας σημαντικός δείκτης της σύνθεσης πετρελαίου που χρησιμοποιείται συχνά για να προβλέψει τη τύχη του στο νερό [4].

Το **ιξώδες** είναι η ιδιότητα ενός ρευστού που περιγράφει πώς αντιστέκεται σε μια αλλαγή στη μορφή ή τη μετακίνηση. Όσο χαμηλότερο ιξώδες έχει ένα ρευστό, τόσο ευκολότερα ρέει. Το ιξώδες του πετρελαίου συσχετίζεται με τη σύνθεση του πετρελαίου και την θερμοκρασία περιβάλλοντος. Είναι ένας σημαντικός δείκτης του ρυθμού εξάπλωσης της πετρελαιοκηλίδας [4].

Το **σημείο ροής** (Pour point) ενός πετρελαίου είναι η θερμοκρασία στην οποία γίνεται ημιστερεό ή σταματά να ρέει. Το σημείο ροής του αργού πετρελαίου κυμαίνεται από -57 °C έως 32 °C. Είναι ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό όσων αφορά στην τύχη του πετρελαίου και στις στρατηγικές καθαρισμού [4].

Η **διαλυτότητα** του πετρελαίου στο νερό είναι εξαιρετικά χαμηλή και εξαρτάται από τη χημική σύνθεση του εν λόγω πετρελαϊκού υδρογονάνθρακα και τη θερμοκρασία. Τα πιο διαλυτά τμήματα πετρελαίου είναι οι χαμηλού μοριακού βάρους αρωματικές ουσίες όπως το βενζόλιο, το τολουόλιο και το ξυλόλιο. Αυτή η ιδιότητα είναι σημαντική όσον αφορά τη τύχη του πετρελαίου, την τοξικότητα του πετρελαίου και τις τεχνικές καθαρισμού [4].

Όσο αφορά τις χημικές ιδιότητες του πετρελαίου ήδη έχουμε κάνει αναφορά στην αρχή της παραγράφου στην σύσταση του πετρελαίου. Σύμφωνα με αυτά τα

συστατικά του πετρελαίου μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες : (i) Κορεσμένοι υδρογονάνθρακες, (ii) αρωματικοί υδρογονάνθρακες, (iii) ρητίνες, (iv) ασφαλτένια.

Στον πίνακα που ακολουθεί μπορούμε να διακρίνουμε την χημική σύνθεση και τα φυσικά χαρακτηριστικά διάφορων αργών πετρελαίων.

Χαρακτηριστικό ή Συστατικό	Prudhoe Bay	South Louisiana	Kuwait
API gravity (20 °C)	27.8	34.5	31.4
Θείο (wt%)	0.94	0.25	2.44
Άζωτο(wt%)	0.23	0.69	0.14
Νικέλιο(ppm)	10	2.2	7.7
Βανάδιο (ppm)	20	1.9	28
Κλάσμα Νάφθας (wt%) a	23.2	18.6	28
Κορεσμένες Ενώσεις	19.9	16.5	20.3
Αρωματικές Ενώσεις	3.2	2.1	2.4
Ρητίνες & Ασφαλτένια	-	-	-
Κλάσμα υψηλού βρασμού (wt%)b	76.8	81.4	77.3
Κορεσμένες Ενώσεις	47.7	56.3	34
Αρωματικές Ενώσεις	25	16.5	21.9
Ρητίνες & Ασφαλτένια	4.1	8.6	21.4
a	Κλάσμα που βράζει από 20 έως 205 οC		
b	Κλάσμα που βράζει πάνω από 205 οC		

Πίνακας 2.6.1 Χημική Σύσταση και φυσικές ιδιότητες αντιπροσωπευτικών αργών πετρελαίων [4]

Όπως έχει αποδείξει η εμπειρία αν το πετρέλαιο χυθεί στην θάλασσα μπορούμε να ανακτήσουμε μόνο ένα μικρό μέρος του (που σπάνια ξεπερνά το 15-20% της ποσότητας που διαρρέει)

Από το 100% της ποσότητας που έχει χυθεί περίπου 30% έχει εξατμισθεί, 20% περίπου έχει ξεβρασθεί στις ακτές και 50% περίπου έχει μετατραπεί σε ελαιώδες γαλάκτωμα (oil water emulsion) που βρίσκεται στη θάλασσα.

Όταν το πετρέλαιο ελευθερώνεται στην επιφάνεια της θάλασσας εξαπλώνεται πολύ γρήγορα. Ο αριθμός των ατόμων άνθρακα σε κάθε μόριο στα διάφορα κλάσματα πετρελαίου προσδιορίζει σε μεγάλο βαθμό την τύχη του πετρελαίου σε μια πετρελαιοκηλίδα. Μετά από λίγες ώρες η πετρελαιοκηλίδα αρχίζει να σπάει και να

σχηματίζει στενές λουρίδες οι οποίες αρχίζουν να κινούνται με την κατεύθυνση του ανέμου. Μέσα σε λίγο χρόνο θα έχει εξαπλωθεί σε πολύ μεγάλη περιοχή, αρκετών ναυτικών μιλίων, και θα διαφέρει κατά πολύ στο πάχος από λωρίδα σε λωρίδα. Όσο η πετρελαιοκηλίδα εξαπλώνεται, κινείται και διασπάται, υπόκειται φυσική και χημική μεταβολή. Η μεταβολή αυτή περιλαμβάνει :

1. μετακίνηση και διασπορά της πετρελαιοκηλίδας λόγω των ανέμων και των θαλάσσιων ρευμάτων
2. εξάτμιση των πτητικών συστατικών
3. διάλυση
4. γαλακτοποίηση (διασπορά μικρών σταγόνων στο νερό)
5. ιζηματοποίηση
6. ψεκασμός στον αέρα
7. χημική οξείδωση (chemical oxidation).

Συγχρόνως με τις φυσικές και χημικές μεταβολές λαμβάνουν χώρα και βιολογικές διαδικασίες, οι οποίες λειτουργούν πιο αποτελεσματικά αφού έχουν ξεκινήσει οι φυσικές μεταβολές. Οι βιολογικές διεργασίες περιλαμβάνουν :

8. αποδόμηση του πετρελαίου από μικροοργανισμούς και λήψη από μεγαλύτερους οργανισμούς,

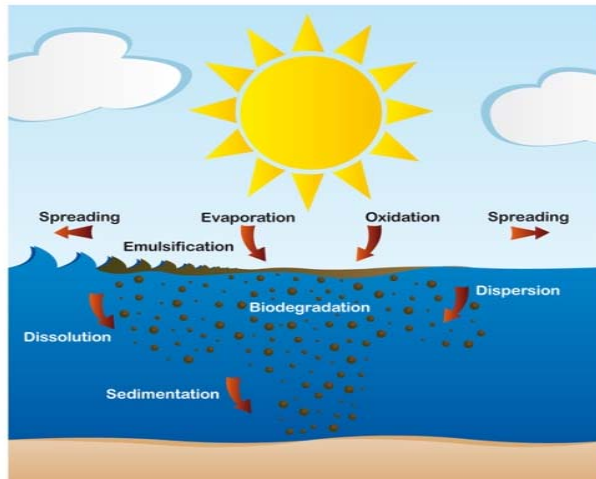
Οι συνεχείς φυσικές και χημικές διεργασίες αλλάζουν συνέχεια την σύσταση της πετρελαιοκηλίδας. Πετρέλαια που αποτελούνται από ελαφρύτερα κλάσματα είναι πιο τοξικά ,αφού διασκορπίζονται γρηγορότερα ακολουθώντας τα θαλάσσια ρεύματα και σχηματίζοντας μια λεπτή μεμβράνη (0.1mm) στην επιφάνεια.

Επίσης υπόκεινται σε πιο γρήγορη εξάτμιση σε σύγκριση με τα βαρύτερα κλάσματα που έχουν την τάση να σχηματίζουν μπάλες από πίσσα, οι οποίες παρασύρονται από τα ρεύματα μέχρις ότου να φτάσουν στην ακτή ή να αποδομηθούν από τους μικροοργανισμούς και να βουλιάξουν στο βυθό της θάλασσας[17].

Οι περισσότερες από τις διαδικασίες αποσύνθεσης , όπως η εξάτμιση (evaporation), η διασπορά(dispersion), η διάλυση (dissolution) και η καθίζηση (sedimentation), οδηγούν στην εξαφάνιση του πετρελαίου από την επιφάνεια της θάλασσας, ενώ κάποιες άλλες, όπως ο σχηματισμός γαλακτώματος, το λεγόμενο μους και τα συνοδευτικά του αυξάνουν το ιξώδες και άρα την αντίστασή του. Η ταχύτητα με την οποία θα λάβουν χώρα οι παραπάνω διεργασίες και σε ποιο βαθμό η κάθε μία εξαρτάται από παράγοντες όπως η ποσότητα και ο τύπος του πετρελαίου, οι κακές καιρικές συνθήκες και οι συνθήκες που επικρατούν στην θάλασσα και αν το πετρέλαιο παραμένει στην θάλασσα ή ξεβγάζεται στην παραλία. Τελικά το θαλάσσιο

τοπίο αφομοιώνει το πετρέλαιο που ελευθερώνεται μέσω της μακρόχρονης διαδικασίας της βιοαποδόμησης.

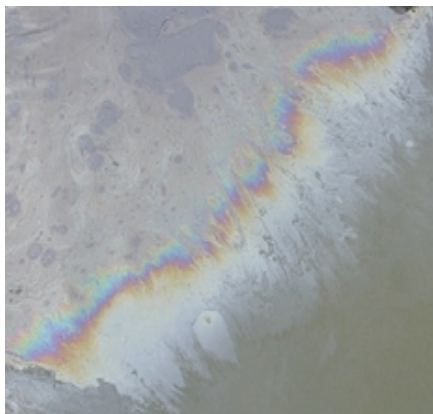
Στην επόμενη εικόνα παρουσιάζονται οι 8 κύριες διαδικασίες αποσύνθεσης του πετρελαίου, όταν αυτό βρεθεί στην επιφάνεια της θάλασσας.



Εικόνα 2.6.2 :Οι κύριες διαδικασίες γήρανσης του πετρελαίου που πέφτει στην θάλασσα

Ας δούμε όμως τι ακριβώς συμβαίνει με κάθε μια από τις παραπάνω διαδικασίες.

Εξάπλωση (Spreading)



Με το που πέφτει το πετρέλαιο στην θάλασσα, αρχίζει να διαχέεται πάνω στην επιφάνεια της, αρχικά σαν μια μάζα, υπό τον όρο ότι το σημείο ροής του πετρελαίου είναι χαμηλότερο από την θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η ταχύτητα που διαχέεται η πετρελαιοκηλίδα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το ιξώδες του πετρελαίου. Πετρέλαιο με χαμηλό ιξώδες κινείται γρηγορότερα από πετρέλαιο με υψηλό ιξώδες. Η διάδοση του πετρελαίου είναι σπάνια ομοιόμορφη σε όλη τη μάζα της πετρελαιοκηλίδας και υπάρχουν πολλές διακυμάνσεις στο πάχος της πετρελαιοκηλίδας. Μετά από κάποιες ώρες η πετρελαιοκηλίδα θα αρχίσει να σπάει σε μικρότερες μάζες και λόγω των ανέμων, του κυματισμού και των στροβιλισμών του νερού, οι μάζες αυτές θα αρχίσουν να κινούνται παράλληλα με την κατεύθυνση του ανέμου. Ο βαθμός στον οποίο η πετρελαιοκηλίδα διαδίδεται προσδιορίζεται από τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες όπως η θερμοκρασία, τα θαλάσσια επιφανειακά ρεύματα, παλιρροιακά ρεύματα και την ταχύτητα του ανέμου. Όσο πιο άγριες είναι οι καιρικές συνθήκες που επικρατούν, τόσο πιο έντονη είναι η διάδοση και η διάσπαση της πετρελαιοκηλίδας σε μικρότερες μάζες.

Εξάτμιση (Evaporation)

Τα ελαφρύτερα συστατικά του πετρελαίου εξατμίζονται μέσα σε λίγες ώρες από την απελευθέρωση της πετρελαιοκηλίδας. Το πόσο γρήγορα θα εξατμιστούν και πόσα συστατικά θα εξατμιστούν εξαρτάται από την πτητικότητα του πετρελαίου. Πετρέλαιο που αποτελείται κυρίως από ελαφρυά και πτητικά συστατικά εξατμίζεται περισσότερο από πετρέλαιο που αποτελείται από βαρύτερα συστατικά. Για παράδειγμα το πετρέλαιο, η κηροζίνη και το ντίζελ θα εξατμιστούν σχεδόν ολοκληρωτικά μέσα σε λίγες μέρες από την στιγμή που θα ελευθερωθούν στην θάλασσα. Γενικά, σε ήπιες συνθήκες η εξάτμιση και εφόσον το σημείο βρασμού είναι χαμηλότερο από 200°C θα ολοκληρωθεί μέσα στις πρώτες 24 ώρες. Επίσης η διάχυση του πετρελαίου βοηθάει στην εξάτμιση των ελαφρύτερων συστατικών του γιατί αυξάνεται η επιφάνεια της κηλίδας. Τέλος παραγμένες θάλασσες, ισχυροί άνεμοι και υψηλές θερμοκρασίες, συντελούν στο βαθμό εξάτμισης. Τα πτητικά συστατικά αποτελούν το 20-50% των περισσότερων αργών πετρελαίων. Συνεπώς η εξάτμιση επηρεάζει σημαντικά τις φυσικές ιδιότητες της πετρελαιοκηλίδας (π.χ αυξάνεται η πυκνότητα και το ιξώδες)[63],[64]

Διασπορά (Dispersion)

Τα κύματα και οι δίνες που δημιουργούνται στην επιφάνεια της θάλασσας μπορούν να προκαλέσουν μερικό ή ολικό κομματίασμα της πετρελαιοκηλίδας σε επιμέρους τμήματα ή σταγόνες διαφορετικών μεγεθών. Κάποιες από τις μικρότερες σταγόνες θα παραμείνουν αιωρούμενες στο νερό, ενώ οι μεγαλύτερες θα έχουν την τάση να επανέλθουν στην επιφάνεια όπου θα ενωθούν με άλλες σταγόνες για να επαναδημιουργήσουν τμήμα της πετρελαιοκηλίδας ή θα «απλωθούν» για να δημιουργήσουν ένα λεπτό στρώμα. Το πετρέλαιο που παραμένει αιωρούμενο «απλώνεται» σε μεγαλύτερη επιφάνεια από ότι πριν συμβεί η διασπορά. Το γεγονός αυτό βοηθάει άλλες φυσικές διεργασίες να λάβουν χώρα, όπως η διάλυση, η βιοαποδόμηση και η ιζηματοποίηση. Η ταχύτητα με την οποία η πετρελαιοκηλίδα θα διασκορπιστεί εξαρτάται από την φύση του πετρελαίου και την κατάσταση της θάλασσας. Όσο μεγαλύτερο ποσοστό από ελαφρυά κλάσματα υπάρχουν με χαμηλό ιξώδες και η θάλασσα είναι αγριεμένη, τόσο πιο γρήγορα η πετρελαιοκηλίδα διασκορπίζεται.

Σημειώστε ότι η προσθήκη χημικών διαλυτικών [chemical dispersants](#) επιταχύνει τη φυσική διεργασία του διασκορπισμού [18].

Γαλακτοποίηση (Emulsification)

Το γαλάκτωμα σχηματίζεται όταν δυο υγρά συνδυάζονται με το ένα να καταλήγει αιωρούμενο μέσα στο άλλο. Όταν μιλάμε για γαλακτοποίηση του πετρελαίου, εννοούμε την διαδικασία κατά την οποία σταγόνες θαλάσσιου νερού υπάρχουν και αιωρούνται μέσα στο μάζα του πετρελαίου. Αυτό συμβαίνει λόγω της αναταραχής που υπάρχει στην θαλάσσια επιφάνεια λόγω κυρίως των καιρικών συνθηκών. Το γαλάκτωμα που δημιουργείται έχει συνήθως μεγαλύτερο ιξώδες και άρα μεγαλύτερη αντίσταση από το αρχικό πετρέλαιο και συχνά προσδιορίζεται ως σοκολατένιο μους λόγω της εμφάνισής του. Ο σχηματισμός αυτού του γαλακτώματος συντελεί στην αύξηση δύο με τρεις φορές του όγκου της ρύπανσης μια και επιβραδύνει και καθυστερεί άλλες διεργασίες που θα συντελούσαν στην διάλυση του πετρελαίου.



Πετρέλαιο που περιέχει asphaltene περισσότερα από 0.5% έχει την τάση να σχηματίζει σταθερά γαλακτώματα που παραμένουν αρκετούς μήνες αφού η πετρελαιοκηλίδα ελευθερώθηκε. Σε αντίθεση πετρέλαια που περιέχουν μικρά ποσοστά asphaltenes είναι λιγότερο πιθανό να γαλακτοποιηθούν και περισσότερο πιθανό να διασκορπιστούν. Το γαλάκτωμα μπορεί να διαχωριστεί σε πετρέλαιο και νερό ξανά όταν θερμανθεί από τις ακτίνες του ήλιου υπό κανονικές συνθήκες ή όταν φτάσει στην ακτογραμμή.

Διάλυση (Dissolution)

Τα συστατικά του πετρελαίου που είναι διαλυτά στο νερό μπορούν να διαλυθούν σε αυτό όταν η πετρελαιοκηλίδα ελευθερωθεί στην θάλασσα. Κάτι τέτοιο εξαρτάται από την σύνθεση και την κατάσταση του πετρελαίου και συμβαίνει ταχύτερα όταν το πετρέλαιο είναι καλά διασκορπισμένο στο νερό. Τα συστατικά του πετρελαίου που είναι πιο διαλυτά στο θαλασσινό νερό είναι οι ελαφριοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες, όπως τα βενζένια (benzene) και τα τολουένια (toluene). Αυτά τα συστατικά είναι επίσης τα πρώτα που εξατμίζονται, μια διαδικασία που είναι 10-100 φορές ταχύτερη από αυτή της διάλυσης. Στα πετρέλαια που περιέχεται μόνο ένας μικρός αριθμός τέτοιων συστατικών η διαδικασία της διάλυσης δεν είναι και τόσο σημαντική.

Οξειδωση (Oxidation)

Το πετρέλαιο αντιδρά χημικά με το οξυγόνο και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα είτε να αποδομείται σε διαλυτά προϊόντα είτε να σχηματίζει σταθερά προϊόντα που καλούνται πίσσα. Η όλη διαδικασία της αντίδρασης ενισχύεται από τον ήλιο και η έκταση στην οποία λαμβάνει χώρα εξαρτάται από το τύπο του πετρελαίου και τον τρόπο με τον οποίο αυτό εκτίθεται στον ήλιο. Παρόλα αυτά η όλη διαδικασία είναι

πολύ αργή και ακόμα και αν υπάρχει μεγάλη ηλιοφάνεια λεπτά στρώματα πετρελαίου μετασχηματίζονται σε διαλυτά προϊόντα σε ποσοστό 0.1% την ημέρα. Από την άλλη η δημιουργία της πίσσας προκαλείται από την οξείδωση παχύ στρώματος με υψηλό ιξώδες ή πετρελαίου που έχει ήδη αρχίσει να γίνεται γαλάκτωμα. Η δημιουργία της πίσσας έχει σαν αποτέλεσμα τον σχηματισμό ενός προστατευτικού επικαλυπτικού στρώματος από βαριά συστατικά που ενισχύουν την ύπαρξη της πετρελαιοκηλίδας. Τα κομμάτια πίσσας που ξεβράζονται συνήθως στις ακτές και αποτελούνται από ένα σκληρό κάλυμμα ενώ στο εσωτερικό τους υπάρχει ένα λιγότερο διαβρωμένο υλικό, είναι τυπικά παραδείγματα της παραπάνω διαδικασίας.

Ιζηματοποίηση (Sedimentation/Sinking)

Κάποια βαριά προϊόντα διύλισης έχουν πυκνότητα μεγαλύτερη της μονάδας και άρα είναι βαρύτερα του φρέσκου ή του αλμυρού νερού. Ωστόσο το θαλασσινό νερό έχει μια πυκνότητα περίπου 1,025 και πολύ λίγα είδη πετρελαίου είναι αρκετά πυκνά ή έχουν «γεράσει» τόσο πολύ, ώστε να έχουν πυκνότητα μεγαλύτερη του θαλασσινού



νερού και άρα να καθιζάνουν σε θαλάσσιο περιβάλλον. Η καθίζηση συνήθως δημιουργείται λόγω του ότι κομμάτια οργανικού υλικού ή κατακάθια κολλάνε πάνω στο πετρέλαιο και σχηματίζουν σύμπλοκα με μεγάλη πυκνότητα. Τα ρηχά νερά συχνά περιέχουν αιωρούμενα στερεά που είναι ότι πρέπει για να συντελέσουν στην δημιουργία συνθηκών ιζήματος.

Το πετρέλαιο που φθάνει σε αμμόδης παραλίες αναμιγνύεται με άμμο και άλλα κατακάθια. Αν αυτό το μίγμα για κάποιο λόγο ξαναγυρίσει από την παραλία στην θάλασσα, μπορεί να καθιζάνει. Κομμάτια πετρελαίου μπορούν επίσης να καθιζάνουν σε περίπτωση που η πετρελαιοκηλίδα πιάσει φωτιά. Τα υπολείμματα της καύσης μπορεί να καθιζάνουν.

Βιοαποδόμηση (Biodegradation)

Το θαλάσσιο νερό περιέχει μια σειρά από μικροοργανισμούς, οι οποίοι μπορούν εν μέρει ή πλήρως να αποδομήσουν το πετρέλαιο σε διαλυτά στο νερό συστατικά και τελικά σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Καθένας από αυτούς τους μικροοργανισμούς έχει και συγκεκριμένη ειδικευση σε συγκεκριμένους υδρογονάνθρακες ή άλλα συστατικά του πετρελαίου. Παρόλα αυτά κάποια συστατικά του πετρελαίου αντιστέκονται σε μια τέτοια επίθεση και μπορεί οι μικροοργανισμοί να μην μπορέσουν τελικά να τα αποδομήσουν.

Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της αποδόμησης είναι :

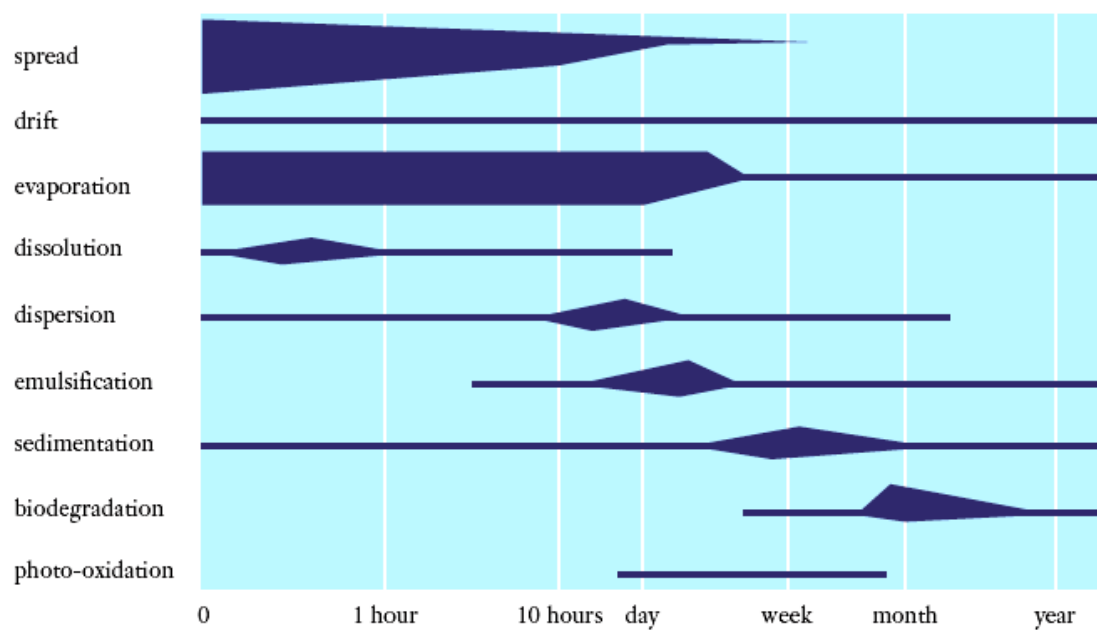
1. το επίπεδο των θρεπτικών (άζωτο και φώσφορο) στο νερό,
2. η θερμοκρασία και
3. η ποσότητα του οξυγόνου. Επειδή η βιοαποδόμηση απαιτεί οξυγόνο για να επιτευχθεί η όλη διαδικασία μπορεί να λάβει χώρα στην διεπαφή νερού και πετρελαίου, μια και στο εσωτερικό του πετρελαίου δεν υπάρχει οξυγόνο.

Η δημιουργία σταγονιδίων , είτε με φυσικές είτε με χημικές μεθόδους διασποράς, αυξάνει την επιφάνεια στην οποία «απλώνεται» το πετρέλαιο και άρα αυξάνει και την επιφάνεια που είναι διαθέσιμη στους μικροοργανισμούς για βιοαποδόμηση.

Συνδυασμένες διεργασίες (Combined processes)

Οι διαδικασίες της διάδοσης, της εξάτμισης, της διασποράς, της γαλακτοποίησης και της διάλυσης είναι πιο σημαντικές στις αρχικές φάσεις δημιουργίας της πετρελαιοκηλίδας. Αντίστοιχα οι διαδικασίες της οξείδωσης, της ιζηματοποίησης και της βιοαποδόμησης είναι πιο σημαντικές στις επόμενες φάσεις και ορίζουν την τελική μοίρα του πετρελαίου. Για να κατανοήσουμε όμως πόσο διαφορετικά τα πετρέλαια συμπεριφέρονται με το χρόνο και ενώ βρίσκονται σε θαλάσσιο περιβάλλον, θα πρέπει να ξέρουμε πως αλληλεπιδρά ο κάθε τύπος πετρελαίου με τις διαδικασίες γήρανσης, που προαναφέραμε. Για να προβλέψουμε αυτή την συμπεριφορά, έχουν αναπτυχθεί απλά μοντέλα [models](#), βασισμένα στον ιδιαίτερο τύπο κάθε πετρελαίου. Σύμφωνα με αυτά τα μοντέλα, το πετρέλαιο ταξινομείται σε ομάδες ανάλογα με την πυκνότητά του- γενικά πετρέλαια με χαμηλή πυκνότητα θα έχουν μικρότερη αντίσταση. Ωστόσο κάποια φαινομενικά ελαφριά πετρέλαια συμπεριφέρονται περισσότερο σαν βαριά πετρέλαια, λόγω της ύπαρξης αδιάβροχων σημείων-κεριών. Αν και τα απλά μοντέλα δεν μπορούν να προβλέψουν με μεγάλη ακρίβεια τις αλλαγές που υφίσταται το πετρέλαιο όταν πέφτει στην θάλασσα, μπορούν να δώσουν στοιχεία για το αν τελικά το πετρέλαιο θα διαλυθεί από μόνο του ή θα φτάσει στις ακτές. Μια τέτοια πληροφορία μπορεί να αποδειχτεί υπέρ πολύτιμη, αφού μπορεί να χρησιμοποιηθεί από ειδικούς στην αντιμετώπιση πετρελαιοκηλίδας, ώστε να αποφασιστεί η αποτελεσματικότερη μέθοδος καταπολέμησής της και κατά πόσο αυτή η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί άμεσα . Για περισσότερες πληροφορίες ,δείτε το [Technical Information Paper No.2: Fate of Marine Oil Spills](#) (PDF 473 KB)

Στην επόμενη εικόνα συνοψίζονται οι κύριες διαδικασίες γήρανσης του πετρελαίου, οι οποίες περιγράφηκαν παραπάνω.



Εικόνα 2.6.3 : Μια μέση πετρελαιοκηλίδα πάνω στο νερό θα ακολουθήσει ένα συγκεκριμένο σχέδιο. Το μήκος της γραμμής δείχνει την διάρκεια του κάθε σταδίου και το πάχος της γραμμής δείχνει την πιο κρίσιμη φάση κάθε σταδίου.

3. Υπάρχοντα Συστήματα Παρακολούθησης

Τα διάφορα μοντέλα προσομοίωσης των πετρελαιοκηλίδων που έχουν αναπτυχθεί χρησιμοποιούνται ως εργαλεία εκτίμησης ή αντιμετώπισης του κινδύνου και των επιπτώσεων στις φυσικές πηγές από υπάρχουσες ή πιθανές πετρελαιοκηλίδες και συγχρόνως βοηθάνε το προσωπικό έκτακτης ανάγκης να διαμορφώσει την στρατηγική αντιμετώπισης των.

Τα μοντέλα προσομοίωσης λαμβάνουν υπό όψης τους τις κυριότερες φυσικές διαδικασίες και προσομοιώνουν αποτελεσματικά την κίνηση, την διάδοση και την γήρανση των επιπλεόντων χημικών. Τέτοιου είδους μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε σαν εργαλεία πρόβλεψης, ώστε να μπορούν οι ομάδες έκτακτης ανάγκης να διαχειριστούν την κρίση σε πραγματικό χρόνο είτε σαν συστήματα σε *hind cast mode* ικανά να βρουν τα ίχνη της πηγής της πετρελαιοκηλίδας [68],[69].

Η εξέλιξη αυτών των μοντέλων έχει μεγάλη ιστορία. Η πρώτη γενιά των μοντέλων ήταν περιορισμένη στην τροχιά των στερεών κομματιών, τα οποία μετακινούνταν υπό την επίδραση των ρευμάτων και των ανέμων. Η πρόβλεψη της κίνησης και η διάδοση της πετρελαιοκηλίδας στηριζόταν στο ισοζύγιο των φυσικών δυνάμεων που ασκούσαν πάνω σε αυτές, χωρίς να λαμβάνονται υπό όψη οι χημικές διεργασίες που συνέβαιναν, παρότι είχαν σημαντικό ρόλο. Τα τελευταίας γενιάς μοντέλα παρουσιάζονται από το “Progress Report to EEC Div. XI/B/1” των Volckaert και Tombroff [12], [20].

3.1 Oil Spill Model (OSM) και Ecological Model (ERSEM)

Στην μελέτη του [Petihaki G](#) παρουσιάζεται το Oil Spill Model (OSM). Το OSM μοντέλο, όπως και πολλά άλλα, στηρίζεται στο μοντέλο PARCEL και είναι ικανό να προβλέψει την κίνηση, την διάδοση και την γήρανση πετρελαιοκηλίδων σε τρεις διαστάσεις[17].

Σύμφωνα με το Parcel model το πετρέλαιο αναπαρίσταται από ένα μεγάλο αριθμό πακέτων. Κάθε πακέτο αντιπροσωπεύει μια ομάδα από σταγονίδια πετρελαίου όμοιου μεγέθους και σύνθεσης. Όλη η μάζα του πετρελαίου αναπαρίσταται με πακέτα, τα οποία χαρακτηρίζονται από εξελισσόμενες φυσικοχημικές ιδιότητες και μπορεί να αντιπροσωπεύουν στην πραγματικότητα πολλά κυβικά πετρελαίου που καταλαμβάνουν ένα αξιοσημείωτο χώρο στην επιφάνεια της θάλασσας [21]. Οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται για να αποδώσουν τις φυσικοχημικές ιδιότητες κάθε πακέτου είναι οι καρτεσιανές συντεταγμένες, ο αρχικός όγκος, η πυκνότητα και η διάμετρος των σταγόνων.

Οι διεργασίες της αρχικής εξάπλωσης, που κυριαρχούνται από την αδρανειακή βαρύτητα, την ταχύτητα και τις επιφανειακές δυνάμεις, περιγράφονται

ικανοποιητικά από το νόμο του Fay. Στις περιπτώσεις των στιγμιαίων κηλίδων η εφαρμογή του νόμου του Fay δίνει μια αναλυτική λύση για την εξέλιξη της ακτίνας εξάπλωσης και του πάχους της πετρελαιοκηλίδας με το χρόνο, σαν συνάρτηση της μάζας και άλλων φυσικών ιδιοτήτων της πετρελαιοκηλίδας[22]. Παρόλο που η εφαρμογή του νόμου του Fay σε καθένα από τα πακέτα χωριστά μπορεί να οδηγήσει σε αποκλίσεις, ο τρόπος που δείχνει να εξαπλώνεται ακτινικά η κηλίδα, θυμίζει μορφολογικά το αποτέλεσμα ισοτροπικής ενιαίας διάχυσης, επιτρέποντας την προσομοίωση της πετρελαιοκηλίδας με ένα κυκλικό σχήμα με οριζόντια ομοιόμορφη ακτινική διάχυση κατά την διάρκεια μηχανικής διάδοσης. Μια μη στιγμιαία πετρελαιοκηλίδα προσομοιώνεται θεωρώντας ένα συγκεκριμένο αριθμό πακέτων να απελευθερώνεται στο σημείο του ατυχήματος.

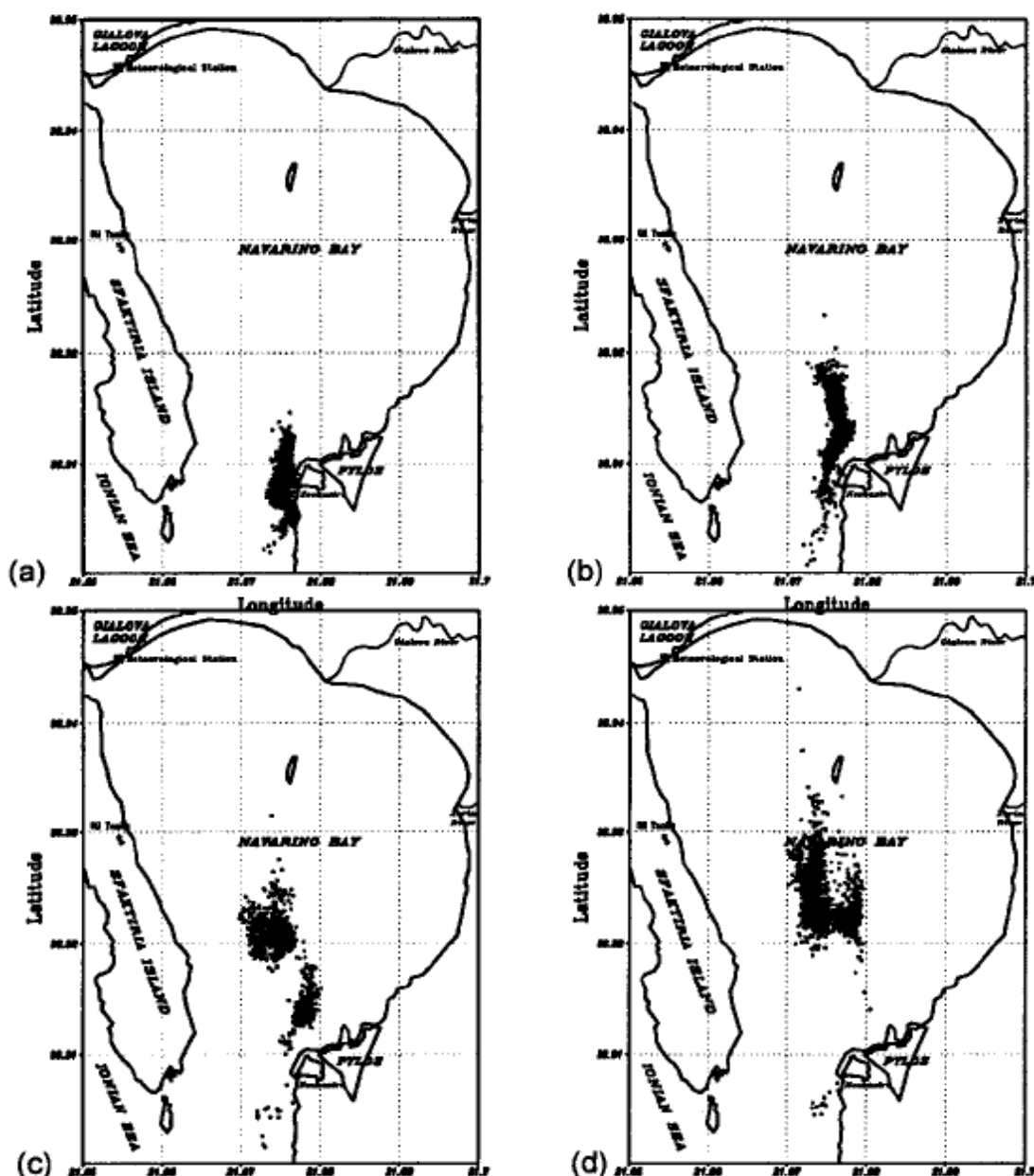
Στην ίδια εργασία περιγράφεται και το ERSEM μοντέλο. Το ERSEM μοντέλο αναπτύχθηκε για τις βόρειες θάλασσες και είναι ένα generic biomass μοντέλο, που αποτελείται από τρεις κύριες αλληλεπιδρόμενες μονάδες. Την φυσική μονάδα, την πελαγική και την ωκεάνια. Η φυσική μονάδα αποτελείται από την μονοδιάστατη έκδοση του Princeton Ocean μοντέλου. Η πελαγική και η ωκεάνια μονάδα αποτελούνται από ένα σετ από διαφορετικές εξισώσεις που περιγράφουν τις διακυμάνσεις του άνθρακα και των θρεπτικών. Σταθερές μεταβλητές έχουν επιλεγεί ούτως ώστε να κρατηθεί το μοντέλο σχετικά απλό χωρίς όμως να παραληφθεί οποιαδήποτε παράμετρος μπορεί να επηρεάσει σημαντικά το ενεργειακό ισοζύγιο του συστήματος. Το ERSEM χρησιμοποιεί μια συναρτησιακή προσέγγιση για να περιγράψει το οικοσύστημα όπου η χλωρίδα και η πανίδα ταξινομούνται ανάλογα το διατροφικό επίπεδο [17].

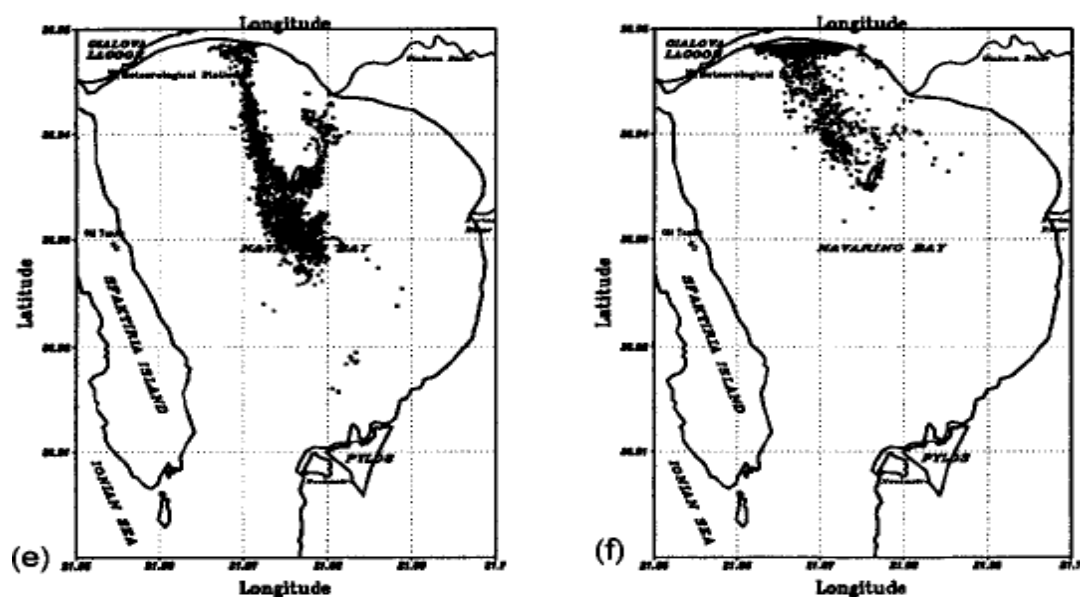
Το παραπάνω μοντέλο εφαρμόστηκε στην περιοχή του κόλπου του Ναυαρίνου και στην λιμνοθάλασσα της Gialova, όπου τα τελευταία χρόνια έχουν συμβεί πολλά ατυχήματα με πετρελαιοφόρα πλοία. Το μεγαλύτερο όμως συνέβη 24 Φεβρουαρίου 1980 όταν το ελληνικό πετρελαιοφόρο «Irenese Serenade» βυθίστηκε νότια του νησιού Σφακτηρία, με αποτέλεσμα 5,8 εκατομμύρια γαλόνια αργού πετρελαίου να βρεθούν στην θάλασσα. Το τελευταίο ατύχημα στην περιοχή συνέβη στις 09 Οκτώβρη 1993 όταν το ελληνικό πετρελαιοφόρο «Ilias» βγήκε στα αβαθή νότια της Σφακτηρίας, με αποτέλεσμα 74.000 γαλόνια αργού πετρελαίου να βρεθούν στην θάλασσα. Η περιοχή είναι υψηλής επικινδυνότητας μιας και την επισκέπτονται πολλά πετρελαιοφόρα και φορτηγά πλοία, τα οποία έρχονται από ή προς την Αδριατική. Στην περιοχή υπάρχει και η λιμνοθάλασσα της Gialova, με ιδιαίτερο οικοσύστημα και πλούσια πανίδα και χλωρίδα.

Στην περιοχή αυτή προσομοίωσαν οι G. Petihakis et al, 2001 στην εργασία τους τις συνθήκες του ατυχήματος με το πετρελαιοφόρο Ilias. 5.000 πακέτα προσομοίωσαν 74.000 γαλόνια αργού πετρελαίου, τα οποία χύθηκαν ακαριαία στην θαλάσσια

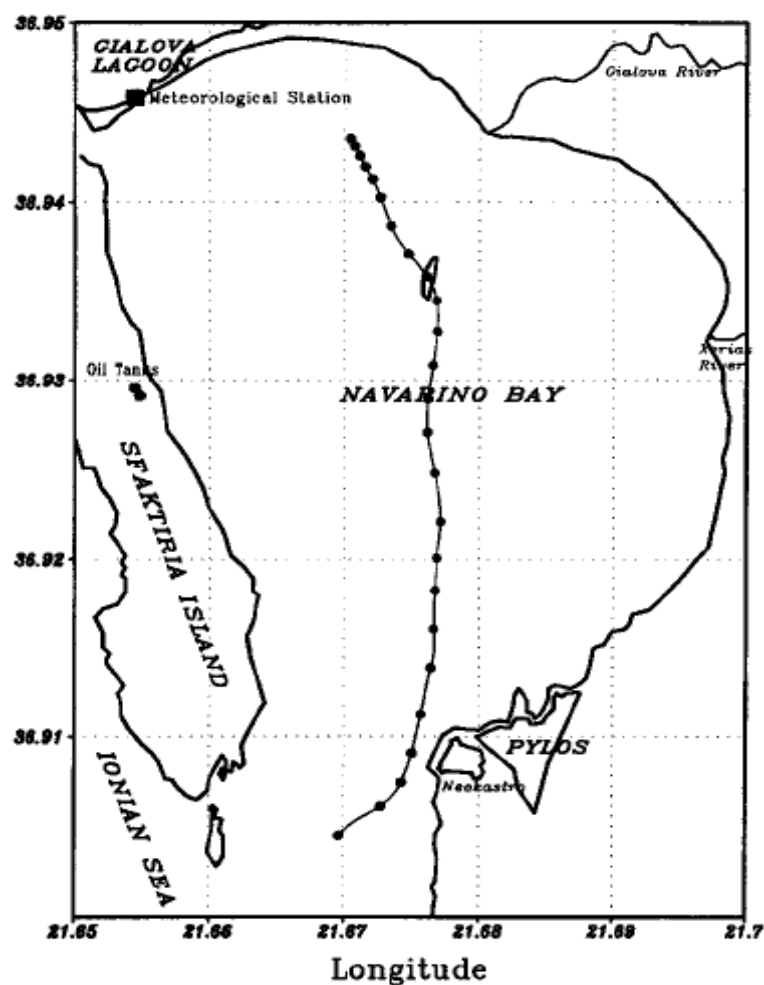
επιφάνεια. Την ώρα του ατυχήματος ο άνεμος ήταν νοτιοανατολικός με ταχύτητα 12 κόμβους.

Το σχήμα 3.1.1 δείχνει τα αποτελέσματα της προσομοίωσης μετά από 2,4,6,9,16 και 24 ώρες. Μετά από 2 ώρες η κηλίδα έφτασε τις ακτές του Νεόκαστρου και πετρέλαιο κόλλησε στην παραλία (σχήμα 3.1.1 (α)), ενώ 4 ώρες μετά την προσομοίωση η κηλίδα απέκτησε μακρόστενο σχήμα και έφτασε μπροστά από την Πύλο (σχήμα 3.1.1 (b)). Η κηλίδα άρχισε να χωρίζεται σε δύο μέρη και μετά από 6 ώρες ακολουθούσε δύο διαφορετικά μονοπάτια (σχήμα 3.1.1(c)). Γενικά η κηλίδα μετακινήθηκε προς τα βόρεια του κόλπου και μετά από 9 ώρες επανενώθηκαν τα δύο μέρη της (σχήμα 3.1.1 (d)). Τελικά μετά από 16 ώρες η κηλίδα ακολουθώντας δυο διαφορετικές διαδρομές έφτασε στα βόρεια του κόλπου του Ναυαρίνου, όπου ένα μεγάλο μέρος της είχε ήδη συσσωρευτεί ανοιχτά της λιμνοθάλασσας της Γιάλονα (σχήμα 3.1.1 (e)). Στο σχήμα 3.1.1 (e) φαίνεται η εξάπλωση των επιφανειακών μορίων του πετρελαίου και η εναπόθεσή τους στην παραλία. Η εξέλιξη του κέντρου βάρους της πετρελαιοκηλίδας σε χρονικά διαστήματα της 1 ώρας φαίνεται στο σχήμα 3.1.2



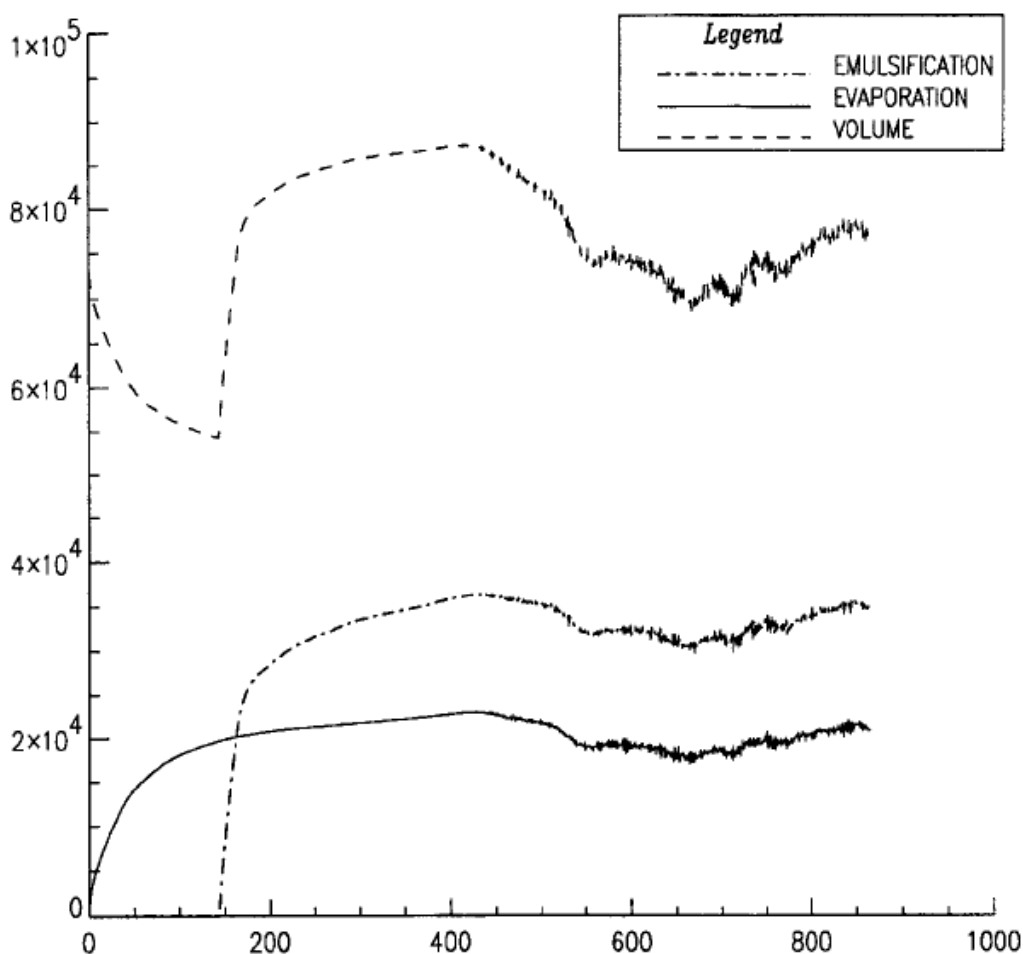


Σχήμα 3.1.1 Αποτελέσματα προσομοίωσης στο κόλπο του Ναυαρίνου



Σχήμα 3.1.2 εξάπλωση του κέντρου βάρους πετρελαιοκηλίδας στο κόλπο του Ναυαρίνου

Οι διεργασίες της εξάτμισης, της γαλακτοποίησης και η συνολική ποσότητα των σωματιδίων πετρελαίου στο νερό σε συνάρτηση με το χρόνο φαίνονται στο σχήμα 3.1.3



Σχήμα 3.1.3 Η εξέλιξη των διεργασιών της εξάτμισης, της γαλακτοποίησης και της ποσότητας της πετρελαιοκηλίδας.

Παρατηρούμε ότι η αρχική ποσότητα της πετρελαιοκηλίδας μειώνεται από 74.000 γαλόνια σε 54.000 γαλόνια λόγω της εξάτμισης. Όταν όμως η διεργασία της γαλακτοποίησης αρχίζει να λαμβάνει χώρα, 4 ώρες μετά το ατύχημα, τότε η ποσότητα του πετρελαίου αρχίζει να αυξάνεται, φθάνοντας στην μέγιστη τιμή της στην 15^η ώρα και παραμένει με μικρές διακυμάνσεις σε αυτή την τιμή μέχρι το τέλος της προσομοίωσης. Η ποσότητα που εξατμίζεται συνεχίζει να αυξάνει με μικρούς ρυθμούς και τελικά φτάνει στα 24.000 γαλόνια στο τέλος της προσομοίωσης. Προς το τέλος της προσομοίωσης, μετά την 16^η ώρα, και τα 3 παραπάνω διαγράμματα (της εξάτμισης, της γαλακτοποίησης και της ποσότητας του πετρελαίου) φαίνεται να έχουν κάτι σαν θόρυβο. Αυτή η απεικόνιση στην πραγματικότητα δημιουργείται από τα μόρια πετρελαίου που κόλλησαν στην άμμο και για κάποιο λόγο επέστρεψαν στην θάλασσα 30 λεπτά αργότερα.

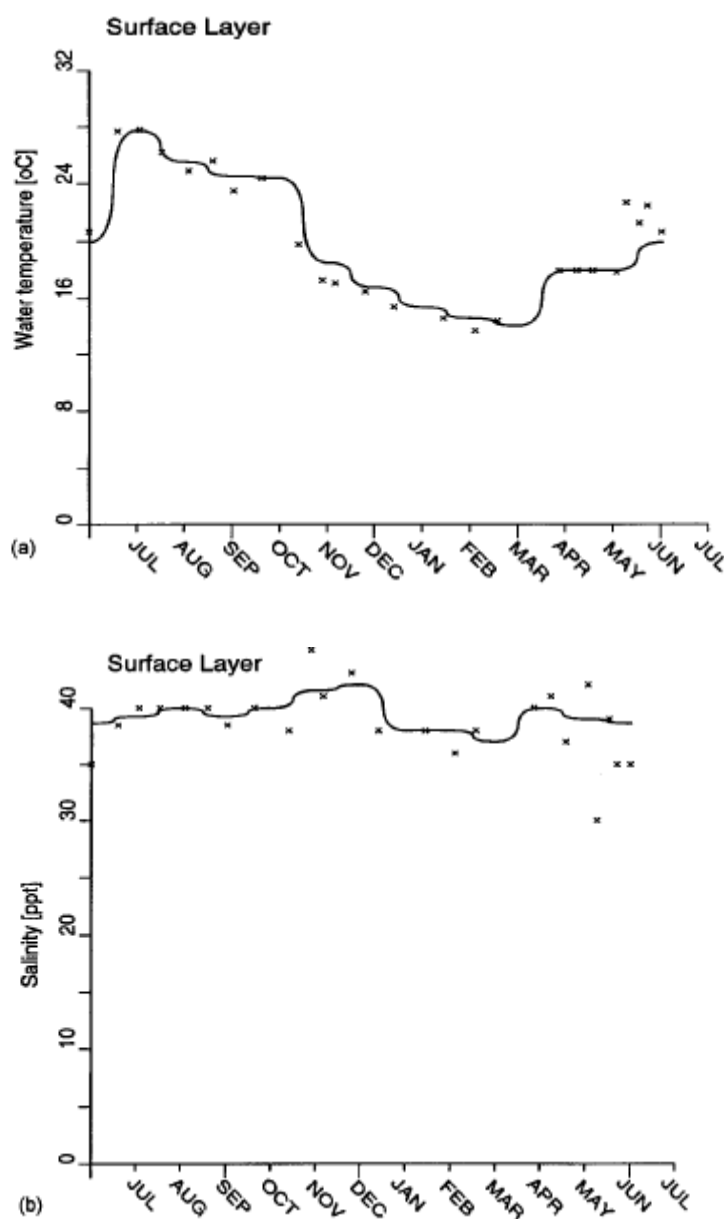
Εκτός από την προσομοίωση η ομάδα του Petihakis et al., 2001, δοκίμασε το μοντέλο ERSEM που περιγράψαμε παραπάνω και στην πραγματικότητα, ώστε να μπορέσει στο τέλος να αξιολογήσουν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.

Λόγω το ότι οι ωκεάνιες διαδικασίες είναι αργές και απαιτούν πολύ χρόνο προσαρμογής, τρέξανε το μοντέλο για 10 χρόνια. Τα δεδομένα από το πεδίο φαίνονται στα παρακάτω διαγράμματα δίπλα σε αυτά που έδωσε η προσομοίωση του τελευταίου χρόνου.

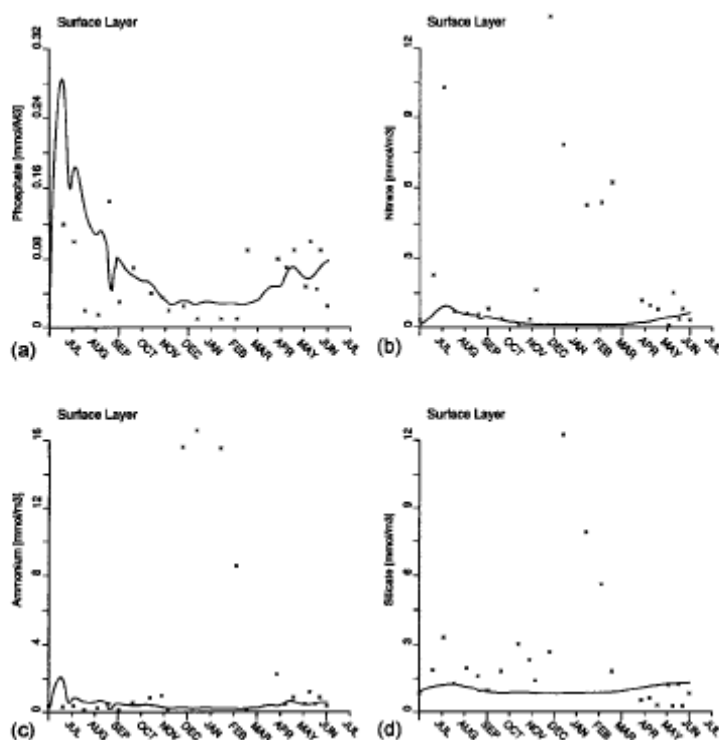
Σε αυτά παρατηρούμε ότι :

1. τα δεδομένα από το πεδίο σχετικά με την θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας παρουσιάζουν μια εποχικότητα με τιμές που κυμαίνονται από 14 °C κατά την διάρκεια του χειμώνα μέχρι 28 °C κατά την διάρκεια του Ιουλίου (σχήμα 4.4.11 (a)).
2. τα δεδομένα από το πεδίο σχετικά με την αλατότητα στην επιφάνεια της θάλασσας φαίνεται να έχουν μεγαλύτερες διακυμάνσεις. Κυμαίνονται από 30ppt κατά την διάρκεια του Μαΐου μέχρι 45ppt κατά την διάρκεια του Οκτωβρίου (σχήμα 4.4.11 (b)). Η μεγάλη διακύμανση στην αλατότητα που μετρήσαμε στο πεδίο δείχνει ότι οι παραλιακοί σταθμοί μέτρησης μπορεί να επηρεάζονται από την γειτονική λιμνοθάλασσα.
3. Οι τιμές του φωσφόρου στο πεδίο είναι σε συμφωνία με αυτές της προσομοίωσης και κυμαίνονται από 0.28mmol/m³ τον Ιούλιο σε 0.02 mmol/m³ το χειμώνα (σχήμα 4.4.12 (a)). Αυτές οι τιμές είναι τυπικές για τα oligotroφικά οικοσυστήματα της Ανατολικής Μεσογείου, τα οποία λειτουργούν κάτω από περιορισμένο φώσφορο για μεγάλο χρονικό διάστημα μέσα στο χρόνο. Το μέγιστο που φαίνεται στο σχήμα να δημιουργείται τον Ιούλιο συμπίπτει με τις μέγιστες τιμές της λιμνοθάλασσας Gialova, που οφείλονται στη επαναλιθοποίηση οργανικής ύλης που μεταφέρθηκε στην παραλιακή περιοχή, αλλά και στην λιμνοθάλασσα από φυτοπλαγκτόν που βρισκόταν σε απόσταση από την παραλία και στην απελευθέρωση φωσφόρου από ιζήματα που δημιουργήθηκαν σε συνθήκες έλλειψης οξυγόνου.
4. Το διάστημα των τιμών των νιτρικών που μετρήθηκαν ήταν πολύ μεγάλο ξεκινώντας από 01.mmol/m³ και φτάνοντας και μέχρι 13.5mmol/m³. Οι τιμές των νιτρικών στην ανατολική Μεσόγειο κυμαίνονται συνήθως από 0.2-0.9mmol/m³ , φθάνοντας τα 4-5mmol/m³ κάτω από τα 100m. Υψηλές τιμές νιτρικών σε παραθαλάσσιες περιοχές συνδέονται συνήθως με την ρύψη βιομηχανικών, αγροτικών και οικιακών λυμάτων. Στην περίπτωση μας όμως οι υψηλές τιμές νιτρικών που βρέθηκαν στον κόλπο του Ναυαρίνου συμπίπτουν με τις αντίστοιχες υψηλές τιμές που βρέθηκαν στην λιμνοθάλασσα της Gialova κατά την διάρκεια του χειμώνα , οδηγώντας μας στο συμπέρασμα ότι θρεπτικά που

εμπλουτίζουν την λιμνοθάλασσα από τα γειτονικά χωράφια, εξάγονται στο κόλπο του Ναυαρίνου, επηρεάζοντας την παραλιακή ζώνη (σχήμα 4.4.13).



Σχήμα 3.1.4 Θερμοκρασία επιφάνεια και αλατότητα (x) τιμές πεδίου (-) τιμές προσομοίωσης.

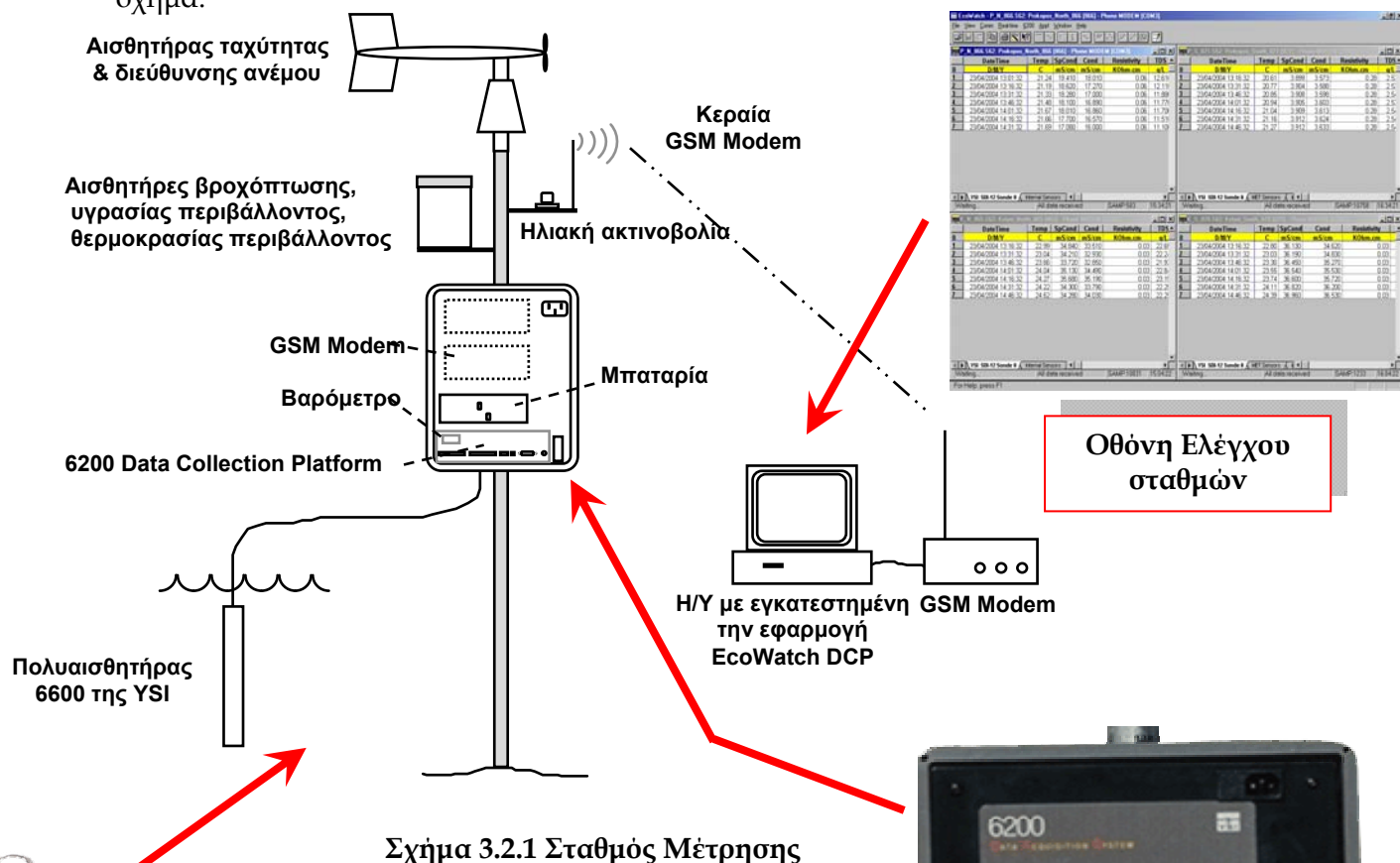


Σχήμα 3.1.5 φωσφορικό άλας, νιτρικό άλας, αμμώνιο, εστέρας πυριτικού οξέος (x) τιμές πεδίου (-) τιμές προσομοίωσης.

Την περίοδο 1994-1996, στο πλαίσιο εργασίας από την IMBC, συγκεντρώθηκε ένας σημαντικός αριθμός δεδομένων πάνω σε ένα αριθμό φυσικοχημικών και βιολογικών παραμέτρων στο νερό, τόσο για το κόλπο του Ναυαρίνου, όσο και για την λιμνοθάλασσα Gialona. Τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν χρησιμοποιήθηκαν στο POM μοντέλο. Τα δεδομένα περιελάμβαναν μετεωρολογικά στοιχεία καθώς και στοιχεία θερμοκρασίας και αλατότητας της περιοχής. Το σύνολο των μετεωρολογικών δεδομένων αποκτήθηκαν ύστερα από την τοποθέτηση ενός AANDERAA αυτόματου μετεωρολογικού σταθμού στην περιοχή, ο οποίος παρείχε δεδομένα για μετεωρολογικές παραμέτρους όπως θερμοκρασία αέρος, κατεύθυνση και ταχύτητα ανέμου, διάρκεια ηλιοφάνειας, βροχόπτωση, υγρασία και διακόμανση θερμότητας σε καθημερινή βάση για μια περίοδο από τον Απρίλιο 1995 μέχρι τον Ιούνιο του 1996 [23]. Δεδομένα από το πεδίο, τα οποία πάρθηκαν από έναν παράκτιο σταθμό στο βόρειο τμήμα του κόλπου του Ναυαρίνου, δίπλα στην λιμνοθάλασσα Gialona, χρησιμοποιήθηκαν για την εφαρμογή του οικολογικού μοντέλου. Οι μετρήσεις αυτού του σταθμού θεωρούνται τυπικές του παράκτιου οικοσυστήματος και χρησιμοποιούνται αρκετά συχνά, σαν σημείο αναφοράς για τις μετρήσεις που αφορούν την λιμνοθάλασσα της Gialona. Συγκεκριμένα, δυο φορές το μήνα μετριοούνται οι τιμές της θερμοκρασίας επιφανείας, της αλατότητας, του διαλυμένου οξυγόνου, της χλωροφύλλης-α και των θρεπτικών.

3.2 Σύστημα παρακολούθησης στο πλαίσιο του LIFE-NATURA

Ένα άλλο σύστημα παρακολούθησης είναι αυτό που χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος LIFE-NATURA, Προστασία και διαχείριση Στροφυλιάς-Κοτυχίου. Οι σταθμοί μέτρησης που χρησιμοποιήθηκαν φαίνονται στο επόμενο σχήμα.



Πολυαισθητήρας

Ο αισθητήρας μετράει :

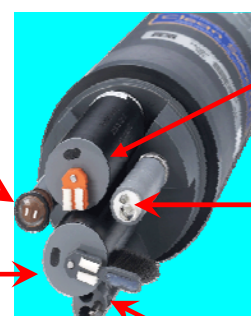
1. στάθμη / βάθος
2. θερμοκρασία νερού
3. pH
4. αγωγιμότητα
5. διαλυμένο οξυγόνο
6. θολότητα
7. χλωροφύλλη
8. ειδική αγωγιμότητα
9. αλατότητα
10. ειδική αντίσταση
11. διαλυμένα στερεά



Σύστημα Τηλεμετρίας

Διαλυμένο Οξυγόνο

Θολότητα



Χλωροφύλλη

pH - ORP

Θερμοκρασία - Αγωγιμότητα

Το λογισμικό δίνει την δυνατότητα για

- ✓ αυτόματη αναγνώριση του μετρητικού εξοπλισμού (Auto Configuration, Plug and Play)
- ✓ Ασύρματη πρόσβαση και έλεγχο των σταθμών μέτρησης
- ✓ Αυτόματη μεταφορά μετρήσεων στο σταθμό βάσης .
- ✓ Συναρμολόγηση, ρύθμιση, λειτουργία και συντήρηση χωρίς απαίτηση τεχνικής υποστήριξης από εξειδικευμένους τεχνικούς,
- ✓ Υποστήριξη απεριόριστων σταθμών μέτρησης.



Το παραπάνω σύστημα που αποτελείται όπως φαίνεται και στην εικόνα από ένα σταθμό μέτρησης και ένα σταθμό επεξεργασίας αποτελεσμάτων, μπορεί να μετράει σε πραγματικό χρόνο την ταχύτητα και την διεύθυνση του ανέμου, την υγρασία και την θερμοκρασία του περιβάλλοντος, την ηλιακή ακτινοβολία, την θερμοκρασία του νερού, το pH, την αγωγιμότητα, το διαλυμένο οξυγόνο, την θολότητα, την χλωροφύλλη, την ειδική αγωγιμότητα, την αλατότητα, την ειδική αντίσταση, τα διαλυμένα στερεά, το βάθος και άλλες παραμέτρους και να στέλνει τα αποτελέσματα σε ένα σταθμό επεξεργασίας, ο οποίος χρησιμοποιεί τα στοιχεία αυτά σαν είσοδο και βασισμένος σε προγράμματα προσομοίωσης και πρόβλεψης, προβλέπει την κίνηση των ρύπων. Ένα παρόμοιο, αλλά πιο εξελιγμένο, βελτιωμένο και σε μεγαλύτερη κλίμακα σύστημα, είναι και το Σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ, το οποίο θα περιγραφεί παρακάτω.

3.3 Σύστημα εντοπισμού πετρελαιοκηλίδων χρησιμοποιώντας τεχνικές φθορισμού [70].

Το συγκεκριμένο σύστημα χρησιμοποιεί ένα αισθητήρα εντοπισμού πετρελαιοκηλίδων βάσει τεχνικών φθορισμού. Μια πηγή υπεριώδους φωτισμού είναι τοποθετημένη γύρω από μια οπτική στήλη, με την οποία μπορούμε να ανιχνεύσουμε τα διάφορα μήκη κύματος των φθορισμένων υδρογονανθράκων ή άλλων ουσιών που έχουμε συλλέξει. Η πηγή του υπεριώδους φωτισμού διατηρείται σε ένα σταθερό επίπεδο και ειδικές τεχνικές υιοθετούνται για να αφαιρέσουν τον οπτικό θόρυβο από τα διάφορα ανιχνευθέντα μήκη κύματος. Ένας ειδικός πλωτήρας χρησιμοποιείται, στο εσωτερικό του οποίου τοποθετούμε τον αισθητήρα. Ο πλωτήρας έχει ανοίγματα που επιτρέπουν στο επιφανειακό νερό να περνάει από μέσα, ενώ προστατεύουν τον αισθητήρα από τις αναταραχές που δημιουργούν ο άνεμος και οι κυματισμοί. Ο πλωτήρας έχει χαμηλό κέντρο βάρους, κάτω από την επιφάνεια του νερού, ενώ το τμήμα που καλύπτεται από το νερό μειώνει τις απότομες κινήσεις και παρέχει μια σταθερή βάση για την ανίχνευση των φθορίζοντων ουσιών.

Η λειτουργία του εν λόγω συστήματος περιγράφεται παρακάτω :

Το σύστημα με την βοήθεια ενός αισθητήρα φασματοσκοπίας φθορισμού μπορεί όχι απλά να ανιχνεύσει χημικά και πετρέλαιο, αλλά και να τα χαρακτηρίσει. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας μια λάμπα υπεριώδους φωτισμού, η οποία φωτίζει την περιοχή που θέλουμε να εξετάσουμε με φως το οποίο εκ των προτέρων εκπέμπει σε συγκεκριμένο μήκος κύματος. Στην συνέχεια χρησιμοποιούνται οπτικά φίλτρα για να συλλέξουν τα προεπιλεγμένα μήκη κύματος που προκύπτουν από οποιαδήποτε φθορίζουσα ουσία στην υπό εξέταση περιοχή και το φιλτραρισμένο φως ανιχνεύεται για να παράγει ηλεκτρικά σήματα των οποίων το πλάτος αντιπροσωπεύει το μέγεθος των ανιχνευθέντων φθορίζοντων ουσιών. Ένας ανιχνευτής χρησιμοποιείται για να παράγει σήμα που θα αντιπροσωπεύει την θερμοκρασία του αερίου μέσα στην υπεριώδη λάμπα. Αυτό το σήμα εν συνεχεία συγκρίνεται με ένα επίπεδο αναφοράς για να παραχθεί το σήμα λάθους, ώστε να προσδιοριστεί αν το αέριο μέσα στην λάμπα βρίσκεται στην κατάλληλη θερμοκρασία. Στην συνέχεια με βάση το σήμα λάθους ρυθμίζουμε την ισχύ στην υπεριώδη λάμπα, ώστε να μειωθεί η απόκλιση στο ελάχιστο.

Με ένα ακριβή έλεγχο του επιπέδου έντασης της διέγερσης του μήκους κύματος, τα επίπεδα έντασης που προκύπτουν από τους διάφορους ανιχνευτές, μπορούν να χρησιμοποιηθούν με αξιοπιστία στον προσδιορισμό της ύπαρξης φθορίζοντος πετρελαίου και να κάνουν δυνατό τον προσδιορισμό του τύπου λαδιού που ανιχνεύτηκε.

Ένας αισθητήρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί με αξιοπιστία σε μια ευρεία γκάμα συνθηκών περιβάλλοντος, όπως κατά την διάρκεια της ημέρας ή της νύχτας και παρουσία πηγών νυχτερινού φωτός, οι οποίες παράγουν μεγάλα ποσά UV φωτός και με διάφορες συνθήκες πίσω διασκορπιστικού φωτός (back scattering conditions) και

παρουσία φυσιολογικού υπόβαθρου φθορισμού από την υδάτινη πανίδα και χλωρίδα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί από ένα μέρος του συστήματος, το οποίο παράγει από τα επιλεγμένα φθορίζοντα μήκη κύματος, σήματα που αντιπροσωπεύουν το πίσω επίπεδο του περιβαλλοντικού θορύβου του φωτός. Αυτό το πίσω επίπεδο αφαιρείται στην συνέχεια από το φθορίζον μήκος κύματος που έχει ανιχνευθεί για να έχουμε μια καθαρή ένδειξη της κατάστασης της επιφάνειας που παρακολουθείται. Σε περίπτωση ύπαρξης πετρελαιοκηλίδας, θα ανιχνευόταν αλλαγή στην φθορίζουσα συμπεριφορά της επιφάνειας που παρακολουθούμε και θα σήμαινε συναγερμός.

Με την δημιουργία των σημάτων, τα οποία είναι χαρακτηριστικά του επιπέδου του θορύβου στο βάθος, ένας αισθητήρας σε συνδυασμό με το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί επωφελώς στην μεταφορά διαφόρων ειδών πετρελαίου μέσω ενός κοινού καναλιού σε διάφορες εξόδους. Ο ίδιος αισθητήρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προστατέψει τις μηχανές, ώστε να μην χρησιμοποιηθεί λανθασμένο καύσιμο, κάτι που θα είχε καταστροφικές συνέπειες στην λειτουργία τους. Και στις δυο περιπτώσεις ο αισθητήρας χρησιμοποιείται για να ελέγξει το κανάλι από το οποίο περνάει το καύσιμο. Ο αισθητήρας αντιλαμβάνεται τι είδους καύσιμο περνάει από το κανάλι και ειδοποιεί τον διαχειριστή που είναι τοποθετημένος στην έξοδο του καναλιού να αλλάξει τις ρυθμίσεις της βαλβίδας. Με τον αισθητήρα της ανακάλυψης που περιγράφουμε, μπορούν όχι μόνο να ανιχνευθούν υλικά που έχουν ποτιστεί με φθορίζοντα υλικά, αλλά να προσδιοριστούν και το είδος των ουσιών. Ατομικοί αισθητήρες μπορούν να προσαρμοστούν εξ αποστάσεως με διαφορετικές ομάδες κριτηρίων που ταιριάζουν σε διαφορετικές συνθήκες. Οι αισθητήρες μπορεί να είναι φορητά, ανεξάρτητα μηχανήματα.

Το σύστημα ανίχνευσης αποτελείται από έναν πλωτήρα. Ο πλωτήρας έχει μια κοιλότητα, μέσα στην οποία τοποθετούμε τον αισθητήρα. Γύρω από τον πλωτήρα υπάρχει κατασκευή επίπλευσης. Η κατασκευή του πλωτήρα έχει παράθυρα, τα οποία εκτείνονται κάτω από την επιφάνεια του νερού, ώστε να επιτρέπουν στο νερό να μπαίνει στο άνοιγμα ελεύθερα. Το όλο σύστημα καταφέρνει και παρέχει σταθερότητα στον αισθητήρα, ώστε το νερό να περνάει από την κοιλότητα χωρίς να καταστρέφει την ικανότητα του αισθητήρα να ανιχνεύσει την πετρελαιοκηλίδα στην επιφάνεια της θάλασσας κάτω από διάφορες καιρικές συνθήκες.

Τα παράθυρα και τα τοιχώματα του πλωτήρα είναι έτσι σχηματισμένα, ώστε να εξομαλύνουν περιστασιακούς κυματισμούς και να διατηρούν το νερό στο εσωτερικό σε ηρεμία. Επίσης τα παράθυρα είναι έτσι κατασκευασμένα, ώστε να εμποδίζουν τις παρεμβάσεις του φωτός από τον ήλιο και τα νυχτερινά φώτα και να επιτρέψουν στον αισθητήρα μετρητή φθορίζοντος φάσματος να δώσει μια αξιόπιστη ανίχνευση του πετρελαίου ή άλλων χημικών κηλίδων.

Συνεπώς στόχος του συστήματος αυτού είναι με την βοήθεια ενός αισθητήρα μέτρησης φθορίζοντος φάσματος να ανιχνεύει ουσίες όπως πετρέλαιο. Με τον

αισθητήρα αυτό μπορούν να ανιχνευθούν φθορίζοντα υλικά, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως υλικά πρόσμιξης και στην συνέχεια να ανιχνευθούν και να προσδιοριστούν. Επίσης στόχος του συστήματος είναι να ανιχνεύονται και να αναγνωρίζονται πετρέλαια διαφορετικού τύπου και να χρησιμοποιούνται οι πληροφορίες αυτές σε βιομηχανικές διαδικασίες, όπως η προστασία του εξοπλισμού και ο έλεγχος σωληνώσεων.

3.4 Μέθοδος και μηχανισμός για παρακολούθηση και μέτρηση των πετρελαιοκηλίδων στο νερό.[25]

Ο παραπάνω μηχανισμός αποτελείται από έναν αισθητήρα, ο οποίος συνδυάζει ένα ραντάρ και τουλάχιστον ένα ραδιόμετρο μικροκυμάτων. Τα δεδομένα που συλλέγει ο αισθητήρας μεταδίδονται σε ένα σταθμό ελέγχου. Η μετάδοση μεταξύ του αισθητήρα και του σταθμού ελέγχου, γίνεται κατά προτίμηση σε επίπεδο εικονοστοιχείων (pixels). Στην συνέχεια ο σταθμός ελέγχου επεξεργάζεται τα δεδομένα που λαμβάνει και τα μεταδίδει στον τελικό χρήστη, κατά προτίμηση, μέσω διαδικτύου. Το όλο σύστημα υπάρχει σε συγκεκριμένες offshore κατασκευές, αλλά και onshore.

Ο μηχανισμός στόχο έχει να ανιχνεύει πετρελαιοκηλίδες, όντας τοποθετημένος σε μια σταθερή πλατφόρμα. Το σύστημα ανίχνευσης αποτελείται από ένα αισθητήρα εντοπισμού πετρελαιοκηλίδας, εντοιχισμένου στη σταθερή πλατφόρμα. Ο αισθητήρας έχει ένα μετρητή μικροκυμάτων και τουλάχιστον άλλον ένα απομακρυσμένο αισθητήρα. Ένας αναλυτής δεδομένων είναι ρυθμισμένος να δέχεται δεδομένα από τον μετρητή μικροκυμάτων και τουλάχιστον τον απομακρυσμένο αισθητήρα. Ο αναλυτής δεδομένων παράγει ένα σήμα εξόδου ενδεικτικό της ύπαρξης ή όχι πετρελαιοκηλίδας, ανάλογα με τα δεδομένα που δέχτηκε από τον μετρητή μικροκυμάτων και τον απομακρυσμένο αισθητήρα.

Ένα άλλο κομμάτι του συστήματος αναφέρεται στη μέθοδο προσδιορισμού της ύπαρξης πετρελαιοκηλίδας. Η μέθοδος συνίσταται στην τηλε παρακολούθηση της θαλάσσιας επιφάνειας μιας τοποθεσίας Α και μιας τοποθεσίας Β, για την πιθανή ύπαρξη πετρελαιοκηλίδας. Η παρακολούθηση αυτή έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία μιας σειράς δεδομένων. Τα δεδομένα της τοποθεσίας Α μεταδίδονται σε έναν δέκτη στην τοποθεσία Β και εν συνεχεία μαζί με τα δεδομένα της τοποθεσίας Β μεταφέρονται σε ένα σταθμό ελέγχου.

Το ίδιο σύστημα χρησιμοποιείται και για την ανίχνευση πετρελαιοκηλίδας σε παραθαλάσσια τοποθεσία. Σύμφωνα με την μέθοδο, μια συσκευή μέτρησης μικροκυμάτων (microwave radiometer) MWR, η οποία είναι εντοιχισμένη σε μια σταθερή παραθαλάσσια πλατφόρμα, λαμβάνει τα πρώτα δεδομένα ανίχνευσης, ενώ την ίδια ώρα τουλάχιστον ένας επιπρόσθετος αισθητήρας εντοιχισμένος και αυτός στην σταθερή παραθαλάσσια πλατφόρμα, λαμβάνει τα δεύτερα δεδομένα

ανίχνευσης. Οι δύο αυτές σειρές δεδομένων συνδυάζονται για να σχηματίσουν συνδυασμένα δεδομένα ανίχνευσης.

Σε αντιστοιχία με πριν στο σύστημα ενσωματώνεται και το σύστημα προσδιορισμού της παρουσίας μιας πετρελαιοκηλίδας. Το σύστημα αποτελείται από μια οθόνη σε μια σταθερή παραθαλάσσια τοποθεσία για την τηλεπαρακολούθηση της θαλάσσιας επιφάνειας της εν λόγω τοποθεσίας. Στην οθόνη παράγονται μια σειρά δεδομένων παρακολούθησης. Μια δεύτερη οθόνη τοποθετείται σε μια δεύτερη σταθερή παραθαλάσσια τοποθεσία για την τηλεπαρακολούθηση της θαλάσσιας επιφάνειας της δεύτερης τοποθεσίας. Και η δεύτερη οθόνη παράγει μια σειρά δεδομένων παρακολούθησης. Ένας αναμεταδότης στην πρώτη τοποθεσία δέχεται τα δεδομένα της οθόνης και τα μεταδίδει στην δεύτερη τοποθεσία. Ένας δέκτης στην δεύτερη τοποθεσία λαμβάνει τα δεδομένα αυτά και με την βοήθεια ενός δεύτερου αναμεταδότη στην δεύτερη τοποθεσία τα δεδομένα τόσο της πρώτης όσο και της δεύτερης τοποθεσίας μεταδίδονται σε ένα σταθμό ελέγχου. Η σύγκριση των δυο διαφορετικών σειρών δεδομένων μας βοηθάει να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ύπαρξης ή μη πετρελαιοκηλίδας.

Τέλος το σύστημα χρησιμοποιείται και για ανίχνευση πετρελαιοκηλίδας από πλατφόρμα τοποθετημένη σε πλοίο. Ο ανιχνευτής αποτελείται από έναν αισθητήρα ανίχνευσης πετρελαιοκηλίδας εντοιχισμένο στην πλατφόρμα του πλοίου. Η μονάδα του αισθητήρα αποτελείται από ένα ραδιόμετρο μικροκυμάτων (microwave radiometer) MWR και ένα τουλάχιστον επιπρόσθετο αισθητήρα πετρελαίου εξ αποστάσεως. Μια μονάδα ανάλυσης δεδομένων λαμβάνει δεδομένα από το ραδιόμετρο και τον εξ αποστάσεως αισθητήρα. Η μονάδα ανάλυσης παράγει ένα σήμα εξόδου, ενδεικτικό των δεδομένων εισόδου.

Σε αντιστοιχία με πριν στο σύστημα ενσωματώνεται και το σύστημα ανίχνευσης πετρελαιοκηλίδων για ανιχνευτές τοποθετημένους σε πλοία. Η μέθοδος συνίσταται στην παρακολούθηση μια επιφάνειας νερού από το πλοίο χρησιμοποιώντας αισθητήρα μικροκυματικού ραδιομέτρου (microwave radiometer) MWR και τουλάχιστον ένα επιπρόσθετο αισθητήρα ανίχνευσης πετρελαίου εξ αποστάσεως. Ανάλογα με τα δεδομένα που συλλέγουν οι αισθητήρες από την επιφάνεια του νερού αντιλαμβάνομαστε την ύπαρξη πετρελαίου.

4. Σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ [65]

Το σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ είναι ένα λειτουργικό σύστημα παρακολούθησης, πρόβλεψης και πληροφοριών για τις συνθήκες που επικρατούν στο θαλάσσιο περιβάλλον των ελληνικών θαλασσών και αποτελεί ένα μοναδικό εργαλείο για τον εθνικό σχεδιασμό με στόχο τη διαχείριση και προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος της χώρας. [26].

Το Εθνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών έχει τη δυνατότητα μέσα από το σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ, να εντοπίζει, και να ενημερώνει έγκαιρα και έγκυρα για το ύψος του κύματος, την ταχύτητα και τη διεύθυνση του ανέμου και για τα ρεύματα στη θάλασσα, καθώς και για άλλες παραμέτρους, απαραίτητες για το σχεδιασμό και την εφαρμογή σχεδίου αντιμετώπισης εκτάκτων περιστατικών ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος και όχι μόνο.

Με την εγκατάσταση ενός δικτύου 10 πλωτών ωκεανογραφικών μετρητικών σταθμών (buoys) και τη δημιουργία ενός ειδικού επιχειρησιακού κέντρου για την πρόγνωση και επεξεργασία των δεδομένων, ο ΠΟΣΕΙΔΩΝ αποτελεί μια πρωτοποριακή υποδομή για τα Ευρωπαϊκά δεδομένα.

Κάθε ένας από τους μετρητικούς σταθμούς είναι εξοπλισμένος με μετεωρολογικούς και ωκεανογραφικούς αισθητήρες οι οποίοι μετράνε και καταγράφουν τις φυσικές, βιολογικές και χημικές παραμέτρους των Ελληνικών θαλασσών, όπως την ταχύτητα και την κατεύθυνση του ανέμου, την ατμοσφαιρική πίεση, την θερμοκρασία του αέρα, την ταχύτητα και την κατεύθυνση των ρευμάτων, την θερμοκρασία του νερού, την αλατότητα, το διαλυμένο οξυγόνο, την χλωροφύλλη α, την ακτινοβολία και διάφορες παραμέτρους των κυμάτων. Στη συνέχεια τα δεδομένα αυτά συγκεντρώνονται και μεταδίδονται κάθε 3 ώρες, μέσω INMARSAT-C δορυφόρου και GSM τηλεφώνου στο Επιχειρησιακό Κέντρο όπου τροφοδοτούν μοντέλα πρόγνωσης τελευταίας γενιάς. Τα αριθμητικά μοντέλα παρέχουν με την σειρά τους προβλέψεις για τις επόμενες 72 ώρες. Το ατμοσφαιρικό μοντέλο παρέχει υψηλής ανάλυσης προβλέψεις για όλη την Μεσόγειο θάλασσα και τη θάλασσα του Αιγαίου [12].

Σύμφωνα με τον διευθυντή του Ινστιτούτου Ωκεανογραφίας του ΕΚΘΕ Δρ. Γεώργιος Χρόνης, «το σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ είναι το μοναδικό ολοκληρωμένο δίκτυο παρακολούθησης στον χώρο της Μεσογείου. Οι δέκα πλωτοί μετρητικοί σταθμοί του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ μεταδίδουν ανά τρεις ώρες πληροφορίες για τις μετεωρολογικές και κυματικές συνθήκες στο Αιγαίο πέλαγος, καθώς και δεδομένα ρευμάτων και ποιότητας του θαλασσινού νερού. Μια ιδιαίτερα σημαντική συνιστώσα του συστήματος είναι η δυνατότητά του να παρέχει αξιόπιστη τριήμερη πρόγνωση για την κατάσταση των ελληνικών θαλασσών».

Αυτή τη στιγμή υπάρχουν εγκατεστημένα στο κεντρικό υπερ-υπολογιστικό σύστημα του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ τρία αριθμητικά μοντέλα υψηλής ανάλυσης, τα οποία εκτελούνται καθημερινά και παρέχουν πρόγνωση για τις καιρικές συνθήκες, τον κυματισμό, καθώς και το πεδίο ρευμάτων στο Αιγαίο Πέλαγος. Η πρόγνωση αυτή είναι εξαιρετικά χρήσιμη όχι μόνο για του ιστιοπλόους και τους ψαράδες, αλλά και για τα κάθε λογής πλοία που διαπλέουν το Αιγαίο, μια γεωγραφικά πολύπλοκη περιοχή που είναι γνωστή για τις ξαφνικές και εξαιρετικά επικίνδυνες αλλαγές καιρού».

Μία από τις εφαρμογές του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ είναι και η πρόγνωση της κίνησης πετρελαιοκηλίδων ή άλλων επιπλεόντων αντικειμένων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η πρόσφατη αναζήτηση των τριών τουριστριών που χάθηκαν από την περιοχή της Κορώνης. Οι ερευνητές του ΕΚΘΕ, θέλοντας να αξιολογήσουν την προγνωστική ικανότητα των μοντέλων τους, έκαναν προσομοίωση της κίνησης του πλεούμενου που παρασύρθηκε από τα θαλάσσια ρεύματα για πάνω από 18 ώρες. Τα αποτελέσματα ήταν ιδιαίτερα ενθαρρυντικά, καθώς το μοντέλο κατάφερε να προβλέψει με ακρίβεια την περιοχή που κατέληξε το πλωτό .

Το Σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ σε πλήρη λειτουργία προσφέρει:

- ✓ άμεση (on-line) και έγκυρη πληροφόρηση
- ✓ αξιόπιστη πρόγνωση
- ✓ προστασία του θαλάσσιου οικοσυστήματος
- ✓ ενίσχυση της θαλάσσιας έρευνας

4.1 Σκοπός συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ

Ο σκοπός του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ είναι η παραγωγή μιας σειράς από δεδομένα και προϊόντα επεξεργασίας που αποτελούν τη βάση για την παροχή υπηρεσιών και πληροφοριών στους χρήστες. Με άλλα λόγια το σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ μας δίνει την δυνατότητα να έχουμε:

- ✓ Πρωτογενή **δεδομένα σε πραγματικό χρόνο** (on-line). Τα δεδομένα αυτά περιλαμβάνουν το σύνολο των πληροφοριών που προέρχονται από τους πλωτούς μετρητικούς σταθμούς
- ✓ **Ιστορικά στοιχεία** και χρονοσειρές δεδομένων, στοιχεία που προέρχονται από ανασύνθεση, στατιστικές αναλύσεις
- ✓ **Πρόγνωση** της κατάστασης των Ελληνικών θαλασσών για το επόμενο 24-ωρο, και μακροχρόνιες επιχειρησιακές προβλέψεις.

4.2 Τα μέρη του συστήματος

Το Σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ αποτελείται από τα παρακάτω κύρια μέρη :

- ✓ Δίκτυο πλωτών μετρητικών σταθμών
- ✓ Τηλεπικοινωνιακά συστήματα μεταφοράς δεδομένων
- ✓ Επιχειρησιακό κέντρο με αριθμητικά μοντέλα πρόγνωσης

Δίκτυο Πλωτών μετρητικών σταθμών

Οι πλωτοί μετρητικοί σταθμοί είναι εξοπλισμένοι με αισθητήρες καταγραφής των ακόλουθων παραμέτρων:

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ		
Θερμοκρασία αέρα (°C)	Ατμοσφαιρική πίεση (mbars)	Ταχύτητα ανέμου (m/sec)
Διεύθυνση ανέμου (μοίρες)		



ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ			
Θερμοκρασία επιφάνειας θάλασσας (°C)	Ύψος κύματος (m)	Περίοδος κύματος (sec)	Διεύθυνση κύματος (μοίρες)
Διεύθυνση ρεύματος (μοίρες)	Επιφανειακή ταχύτητα κύματος ρεύματος (cm/sec)	Θερμοκρασία σε βάθος 50m (°C)	Επιφανειακή θερμοκρασία (°C)
Διεύθυνση ρεύματος (μοίρες)	Απορρόφηση φωτεινότητας	Αλατότητα σε βάθος 50m (ppt)	Επιφανειακή αλατότητα (ppt)

ΛΟΙΠΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ			
Επιφανειακό διαλυμένο οξυγόνο	Επιφανειακή ραδιενεργό ακτινοβολία	χλωροφύλλη	Θρεπτικά στοιχεία

Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα Μεταφοράς Δεδομένων

Οι πλωτοί μετρητικοί σταθμοί επικοινωνούν με το Επιχειρησιακό Κέντρο του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ για την αποστολή των παρατηρήσεων / δεδομένων χρησιμοποιώντας τρία τηλεπικοινωνιακά συστήματα:

1. Δορυφορικό INMARSAT-C
2. Ραδιοκυμάτων UHF
3. Κινητής Τηλεφωνίας GSM



Επιχειρησιακό Κέντρο

Το Επιχειρησιακό Κέντρο του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ περιλαμβάνει τον παρακάτω εξοπλισμό:

1. Υπολογιστική Υποδομή

- ✓ Υπολογιστικό σύστημα υψηλής απόδοσης (SGI-ORIGIN 2000) με 8 μονάδες παράλληλης επεξεργασίας και επαρκή υπολογιστική ισχύ για την ολοκλήρωση των αριθμητικών μοντέλων πρόγνωσης.
- ✓ Σταθμοί εργασίας τόσο σε περιβάλλον UNIX όσο και MS Windows για την επεξεργασία και παρουσίαση των αποτελεσμάτων.



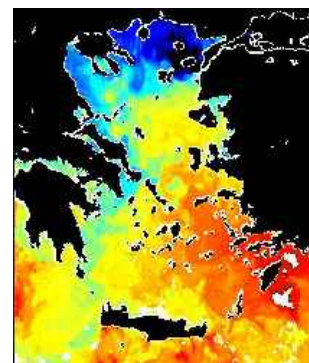
2. Λογισμικό

- ✓ Διαχείριση βάσης δεδομένων ORACLE για την αποθήκευση και διαχείριση των δεδομένων.
- ✓ Λογισμικό στατιστικής επεξεργασίας και ανάλυσης των δεδομένων.
- ✓ Λογισμικό παρουσίασης τόσο των αποτελεσμάτων της στατιστικής επεξεργασίας όσο και των προγνωστικών μοντέλων.
- ✓ Γεωγραφικό Σύστημα Αναφοράς (GIS) για την παρακολούθηση της λειτουργίας του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ σε πραγματικό χρόνο.

3. Τα Αριθμητικά Μοντέλα Πρόγνωσης είναι τα ακόλουθα

- ✓ **Ατμοσφαιρικής κατάστασης**

Το σύστημα ατμοσφαιρικής πρόγνωσης που περιλαμβάνεται στο πρόγραμμα ΠΟΣΕΙΔΩΝ, έχει σχεδιαστεί και αναπτυχθεί έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιχειρησιακά τόσο από ερευνητικά ινστιτούτα όσο και από ιδιωτικές εταιρείες. Το σύστημα αυτό μπορεί να εγκατασταθεί χωρίς ιδιαίτερες δυσκολίες



και να χρησιμοποιηθεί σε όλα τα γνωστά υπολογιστικά περιβάλλοντα.

Η κύρια συνιστώσα του παραπάνω συστήματος είναι το μοντέλο καιρικής πρόγνωσης ETA. Το μοντέλο αυτό αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο του Βελιγραδίου και στην Γιουγκοσλαβική Μετεωρολογική Υπηρεσία, με κύριο στόχο να μπορεί να εφαρμοστεί σε περιοχές με απότομη ορογραφία. Η ανάπτυξη του συνεχίστηκε στο Εθνικό Κέντρο Περιβαλλοντικών Προγνώσεων (NCEP) στην Washington των ΗΠΑ. Το ατμοσφαιρικό σύστημα πρόγνωσης του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ έχει σχεδιαστεί να λειτουργεί αυτόματα σε υπολογιστές με λειτουργικό σύστημα UNIX. Το όλο σύστημα αποτελείται από τις ακόλουθες τρεις συνιστώσες :

- ✓ λήψη και προ-επεξεργασία των δεδομένων
- ✓ το αριθμητικό μοντέλο ETA
- ✓ γραφική αναπαράσταση και επεξεργασία των αποτελεσμάτων

Το αριθμητικό μοντέλο ETA είναι ένα ατμοσφαιρικό μοντέλο μέσης κλίμακας με προηγμένη διαχείριση των δυναμικών και φυσικών παραμετροποιήσεων που απαιτούνται. Οι περισσότερες από τις συνιστώσες του μοντέλου είναι σχεδιασμένες έτσι ώστε να μπορούν να περιγράψουν όσο το δυνατόν καλύτερα τις πιθανές ατμοσφαιρικές διεργασίες σε μικρή κλίμακα και κατά συνέπεια τα σχετιζόμενα έντονα καιρικά φαινόμενα όπως : ισχυρές βροχές, μέτωπα καταγίδας, αμμοθύελλες, κυκλοφορία σε περιοχές με έντονη ορογραφία κλπ.

Για τις ανάγκες του Συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ, το ατμοσφαιρικό μοντέλο εφαρμόζεται καθημερινά δύο φορές σε διαφορετικές περιοχές : Πρώτα στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου με χαμηλότερη ανάλυση και στη συνέχεια στην Ανατολική Μεσόγειο με υψηλότερη ανάλυση.

Χαρακτηριστικά μοντέλου

Πλέγμα Χαμηλότερης ανάλυσης	Πλέγμα υψηλότερης ανάλυσης
Περιοχή εφαρμογής : 24.2Δ έως 51.8Α, 12.9Β έως 53.4Β	Περιοχή εφαρμογής : 2.6Α έως 38.4Α, 27.4Β έως 49.5Β
Οριζόντια ανάλυση : 0.24° (~23km)	Οριζόντια ανάλυση : 0.10° (~10km)
Σημεία επίλυσης στο οριζόντιο επίπεδο (X-Y) : 107x157	Σημεία επίλυσης στο οριζόντιο επίπεδο (X-Y) : 121x213
Βήμα χρόνου : 90sec	Βήμα χρόνου : 36sec
Αριθμός κατακορύφων επιπέδων : 32	Αριθμός κατακορύφων επιπέδων : 32
Προέλευση των αρχικών και οριακών συνθηκών : NCEP σε 10 ισοβαρικά επίπεδα	Προέλευση των αρχικών και οριακών συνθηκών : αποτελέσματα μοντέλου χαμηλότερης ανάλυσης σε 22 ισοβαρικά επίπεδα
Απαιτήση σε μνήμη (RAM) : ~208 MB	Απαιτήση σε μνήμη (RAM) : ~250 MB

Το μοντέλο αναπτύχθηκε από το Τομέα Φυσικής Εφαρμογών του Πανεπιστημίου Αθηνών, υπό την επίβλεψη του καθηγητή Γεώργιου Κάλλου.

Ένα δεύτερο αριθμητικό μοντέλο που χρησιμοποιείται στο επιχειρησιακό κέντρο του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ για την επεξεργασία των δεδομένων είναι το επόμενο.

✓ Κυματισμών ανοιχτής θάλασσας και επιφανειακής διασποράς επιπλεόντων ρυπαντών

Η ερευνητική ομάδα του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και η επιστημονική ομάδα που συνεργάζεται με αυτό, συμμετέχουν στο σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ με την ανάπτυξη των παρακάτω αριθμητικών μοντέλων :

1. Πρόγνωσης του κυματισμού ανοιχτής θάλασσας, με την χρησιμοποίηση τόσο των επιχειρησιακών εφαρμογών των υπολοίπων αριθμητικών μοντέλων του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ (σύζευξη με το ατμοσφαιρικό μοντέλο πρόγνωσης καθώς και με το υδροδυναμικό μοντέλο πρόγνωσης της θαλάσσιας κυκλοφορίας) όσο και την ενσωμάτωση των κυματικών μετρήσεων πεδίου (data assimilation).
2. Διασποράς των επιπλεόντων ρυπαντών με εστίαση στην μοντελοποίηση των πετρελαιοκηλίδων.

Ο στόχος του μοντέλου κυματισμού ανοιχτής θάλασσας είναι η αξιοποίηση και η επέκταση της πληροφορίας που συλλέγεται τοπικά από τους κατευθυντικούς κυματογράφους που είναι ενσωματωμένοι στους πλωτούς μετρητικούς σταθμούς του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ, σε όλα τα κομβικά σημεία ενός προεπιλεγμένου πλέγματος (διάστασης 1/12 της μοίρας) στο Αιγαίο πέλαγος. Η πληροφορία που παράγεται από το μοντέλο περιλαμβάνει το φάσμα του κύματος καθώς και όλες τις επιχειρησιακές παραμέτρους όπως το σημαντικό ύψος κύματος, την κύρια διεύθυνση καθώς και την μέση περίοδο του κυματισμού. Το μοντέλο χρησιμοποιεί τις πληροφορίες του ατμοσφαιρικού μοντέλου για την ρεαλιστικότερη περιγραφή των μηχανισμών δημιουργίας του κύματος και τις πληροφορίες του υδροδυναμικού μοντέλου κυκλοφορίας για τον υπολογισμό της διάθλασης των κυματισμών από τα θαλάσσια ρεύματα. Τελικά, το μοντέλο παράγει προγνωστικά αποτελέσματα για την κατάσταση των ελληνικών θαλασσών για τις επόμενες 48 ώρες.

Η διαδικασία της αφομοίωσης των δεδομένων έχει ως στόχο την ενσωμάτωση στο επιχειρησιακό μοντέλο των μετρήσεων σχετικά με το φάσμα του κύματος που θα μεταδίδονται σε τακτά χρονικά διαστήματα από τους πλωτούς μετρητικούς σταθμούς του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ. Για τον σκοπό αυτό, θα χρησιμοποιηθούν τα κατάλληλα σχήματα μαθηματικής παρεμβολής με στόχο την διόρθωση του προβλεπόμενου ύψους κύματος στην αρχή της επόμενης περιόδου πρόγνωσης. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει και την κατάλληλη προσαρμογή του πεδίου ανέμου.

Το μοντέλο διασποράς των ρυπαντών έχει ως στόχο την πρόγνωση της μεταφοράς (τριδιάστατη μεταφορά, διάχυση και βιο-χημική μετατροπή) και των σχετιζομένων διεργασιών (όπως η ιζηματογένεση και η εναπόθεση στην ακτή) των επιλεόντων ρύπων που εισάγονται στο θαλάσσιο περιβάλλον. Το μοντέλο χρησιμοποιεί τις πληροφορίες από τα προγνωστικά μοντέλα κυματισμού και θαλάσσιας κυκλοφορίας και παράγει ποσοτική πληροφορία σχετικά με τον ρυπαντή. Ένας από τους συγκεκριμένους στόχους του μοντέλου είναι και η πρόβλεψη της χωρο-χρονικής εξάπλωσης των πετρελαιοκηλίδων.

Το μοντέλο αναπτύχθηκε από το τμήμα υδραυλικής και περιβαλλοντικής μηχανικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης υπό την επίβλεψη του καθηγητή Χ. Κουτίτα.

Ένα τέταρτο μοντέλο που χρησιμοποιείται στο επιχειρησιακό κέντρο του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ είναι αυτό της θαλάσσιας δυναμικής κυκλοφορίας.

✓ Θαλάσσιας δυναμικής κυκλοφορίας

Το αριθμητικό μοντέλο

Το Ωκεανογραφικό μοντέλο του Πανεπιστημίου του Princeton (POM) είναι ένα υδροδυναμικό αριθμητικό μοντέλο το οποίο αναπτύχθηκε από τους Blumberg και Mellor (1987). Έχει εφαρμοστεί από αρκετούς επιστήμονες σε όλο τον κόσμο τόσο σε παράκτιες εφαρμογές όσο και σε μελέτες ανοιχτής θάλασσας. Το POM είναι ένα τριδιάστατο μοντέλο πρωτογενών εξισώσεων που χρησιμοποιεί σ-συντεταγμένες και έχει την δυνατότητα να προσομοιάζει τις ταλαντώσεις της ελεύθερης επιφάνειας, χρησιμοποιώντας διαφορετικό βήμα χρόνου για την επίλυση των ολοκληρωμένων κατά βάθος εξισώσεων και των πλήρων τριαδιάστατων εξισώσεων.

Οι προγνωστικές παράμετροι του μοντέλου είναι οι τρεις συνιστώσες της ταχύτητας, η θερμοκρασία, η αλατότητα, η τυρβώδης κινητική ενέργεια και η τυρβώδης μακροκλίμακα. Οι δύο τελευταίες παράμετροι αποτελούν μέρος του συστήματος κλεισίματος της τύρβης, το οποίο προσφέρει ρεαλιστική παραμετροποίηση της κατακόρυφης ανάμιξης. Το σχήμα αυτό, γνωστό και ως σχήμα Mellor-Yamada, αποτελεί ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα του μοντέλου και ενσωματώθηκε στον κώδικα από τον G.Mellor ο οποίος σχεδίασε και ανέπτυξε το POM. Σήμερα, το σχήμα αυτό χρησιμοποιείται ευρέως τόσο σε θαλάσσια όσο και σε ατμοσφαιρικά αριθμητικά μοντέλα.

Η ανύψωση της ελεύθερης επιφάνειας υπολογίζεται επίσης προγνωστικά και με αυτό τον τρόπο τόσο οι παλίρροιες όσο και οι θαλάσσιες καταιγίδες που συνήθως αποτελούν σημαντικά φαινόμενα στις παράκτιες περιοχές μπορούν να προσομοιωθούν. Ο υπολογισμός της ανύψωσης της ελεύθερης επιφάνειας συνήθως δεν περιλαμβάνεται σε άλλα θαλάσσια μοντέλα (μοντέλα πακτωμένης επιφάνειας),

καθώς απαιτεί μικρά βήματα χρόνου ολοκλήρωσης, εξαιτίας του περιορισμού που εισάγει το CFL.

Η τάση του ανέμου, οι θερμικές ροές και οι ροές νερού αποτελούν τις επιφανειακές οριακές συνθήκες του μοντέλου. Οι ροές αυτές μπορούν είτε να εισαχθούν απευθείας στο μοντέλο είτε να υπολογιστούν κατά την διάρκεια της ολοκλήρωσης με την χρήση ενός αλληλοενεργού σχήματος. Η τελευταία αυτή προσέγγιση αποτελεί μια σύγχρονη τεχνική η οποία αναπτύχθηκε την τελευταία δεκαετία, βοηθούμενη από την ανάπτυξη των υπολογιστικών συστημάτων, η οποία κατέστησε δυνατή την παραγωγή αξιόπιστων προγνωστικών και διαγνωστικών ατμοσφαιρικών αποτελεσμάτων. Αυτός ο αλληλοενεργός τρόπος υπολογισμού των ροών, επιτρέπει την προσομοίωση του μηχανισμού ανάδρασης, οποίος παίζει σημαντικό ρόλο στις ανταλλαγές θάλασσας - ατμόσφαιρας.

Η εφαρμογή στην περιοχή του Αιγαίου

Η εφαρμογή του Ωκεανογραφικού μοντέλου του Πανεπιστημίου του Princeton (POM) στην περιοχή του Αιγαίου πραγματοποιείται σε πλέγμα υψηλής ανάλυσης το οποίο έχει την δυνατότητα να αναπαράγει την δυναμική μέσης κλίμακας (eddy dynamics, 5-10 Km στην οριζόντια διάσταση και 20-30 επίπεδα κατακόρυφης ανάλυσης). Η εφαρμογή αυτή αποτελεί μια εξέλιξη του αριθμητικού μοντέλου του Αιγαίου το οποίο αναπτύχθηκε από την ομάδα Φυσικής Ωκεανογραφίας τα τελευταία χρόνια. Το μοντέλο έχει ήδη αξιολογηθεί επαρκώς ως προς την δυνατότητα του στην προσομοίωση της εποχικής μεταβλητότητας, στοιχείο αρκετά σημαντικό, αν αναλογιστούμε την έντονη εποχικότητα που παρουσιάζει η θάλασσα του Αιγαίου. Κλιματολογικά καθώς και υπερετήσια αριθμητικά πειράματα έδειξαν ότι η περιοχή του Νοτίου Αιγαίου αποτελεί τμήμα της γενικής κυκλοφορίας της Ανατολικής Μεσογείου, στενά συνδεδεμένη με την Θάλασσα της Λεβαντίνης (μέσω της επίδρασης του ρεύματος της Μικράς Ασίας).

Το μοντέλο αναπτύχθηκε από την ομάδα Φυσικής Ωκεανογραφίας του τομέα Φυσικής Εφαρμογών του Πανεπιστημίου Αθηνών, υπό την επίβλεψη του καθηγητή Α. Λασκαράτου.

Τέλος το τελευταίο μοντέλο που χρησιμοποιείται στο επιχειρησιακό κέντρο του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ είναι αυτό των κυματισμών στην παράκτια ζώνη.

✓ **Κυματισμών στην παράκτια ζώνη**

Το Εργαστήριο Ναυπηγικής και Θαλάσσιας Υδροδυναμικής του ΕΜΠ συμμετέχει στο πρόγραμμα ΠΟΣΕΙΔΩΝ με την βελτίωση και εφαρμογή του μοντέλου πρόγνωσης παράκτιων κυματισμών του ΕΜΠ στις παράκτιες περιοχές της Ελλάδας.

Τα χαρακτηριστικά και οι δυνατότητες του αριθμητικού μοντέλου του ΕΜΠ είναι :

1. Η πρόγνωση των κυματισμών σε παράκτιες περιοχές της Ελλάδας, περιλαμβανομένης και της επίδρασης της γενικής κυκλοφορίας.
2. Το μοντέλο του ΕΜΠ μπορεί να περιγράψει το τρισδιάστατο κυματικό πεδίο σε παράκτιες περιοχές και να καλύψει μια περιοχή με ακτογραμμή 10 χιλιομέτρων, με οριζόντια διακριτοποίηση μεταξύ 10-100 μέτρων. Το μοντέλο μπορεί να περιγράψει αξιόπιστα την διάδοση του κύματος από τα όρια της ανοιχτής θάλασσας προς την ακτή, χωρίς τους περιορισμούς σχετικά με την κλίση του βυθού και λαμβάνοντας υπόψη την υπάρχουσα δυναμική κυκλοφορία. Όλα τα κυματικά φαινόμενα (διάθλαση, ανάκλαση, περίθλαση) προσομοιάζονται πλήρως.
3. Το μοντέλο του ΕΜΠ σε ενδιάμεσα και ρηχά νερά θα χρησιμοποιήσει ως δεδομένα εισόδου : (i) τα αποτελέσματα του μοντέλου πρόγνωσης κυματισμού ανοιχτής θάλασσας και (ii) τα αποτελέσματα του υδροδυναμικού μοντέλου θαλάσσιας κυκλοφορίας. Τα δεδομένα εισόδου θα χρησιμοποιηθούν απευθείας και χωρίς επιπλέον μετατροπές. Πιο συγκεκριμένα, το μοντέλο του ΕΜΠ χρειάζεται ως δεδομένα εισόδου:

- ✓ περιγραφή της ακτογραμμής και της βαθυμετρίας της περιοχής εφαρμογής
- ✓ τα χαρακτηριστικά του κυματισμού στο όριο της ανοιχτής θάλασσας
- ✓ τα χαρακτηριστικά της δυναμικής κυκλοφορίας της ευρύτερης περιοχής

Τα παραπάνω δεδομένα θα χρησιμοποιηθούν από τα αντίστοιχα σχετικά μοντέλα του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ.

4. Το μοντέλο του ΕΜΠ υπολογίζει την ανύψωση της ελεύθερης επιφάνειας, την πίεση και την κατανομή της ταχύτητας στον βυθό καθώς και μια σειρά από χρήσιμες πληροφορίες που μπορούν να αξιοποιηθούν για περαιτέρω έρευνα της μορφοδυναμικής της παράκτιας ζώνης. Πιο συγκεκριμένα, στα αποτελέσματα του μοντέλου θα περιλαμβάνονται τουλάχιστον τα παρακάτω :
- ✓ επιφανειακή κατανομή του σημαντικού ύψους κύματος και η μέση περίοδος του κύματος στην περιοχή εφαρμογής.
 - ✓ η πίεση και η κατανομή της ταχύτητας στο βυθό.

Όπως ήδη προ αναφέραμε το συγκεκριμένο μοντέλο αναπτύχθηκε από το τμήμα Ναυπηγικής και Θαλάσσιας Μηχανικής του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, υπό την επίβλεψη του καθηγητή Γ. Αθανασούλη.

4.3 Εφαρμογές του ΠΟΣΕΙΔΩΝ

Τα προϊόντα που παράγει το σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ αποτελούν ένα απαραίτητο εργαλείο για τους σύγχρονους οργανισμούς και επιχειρήσεις που έχουν σαν αντικείμενο ή χώρο δράσης τη θάλασσα. Το εύρος των εφαρμογών στις οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα αποτελέσματα του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ είναι τεράστιο. Ορισμένοι τομείς όπου τα προϊόντα του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ μπορούν να βρουν εφαρμογή είναι:

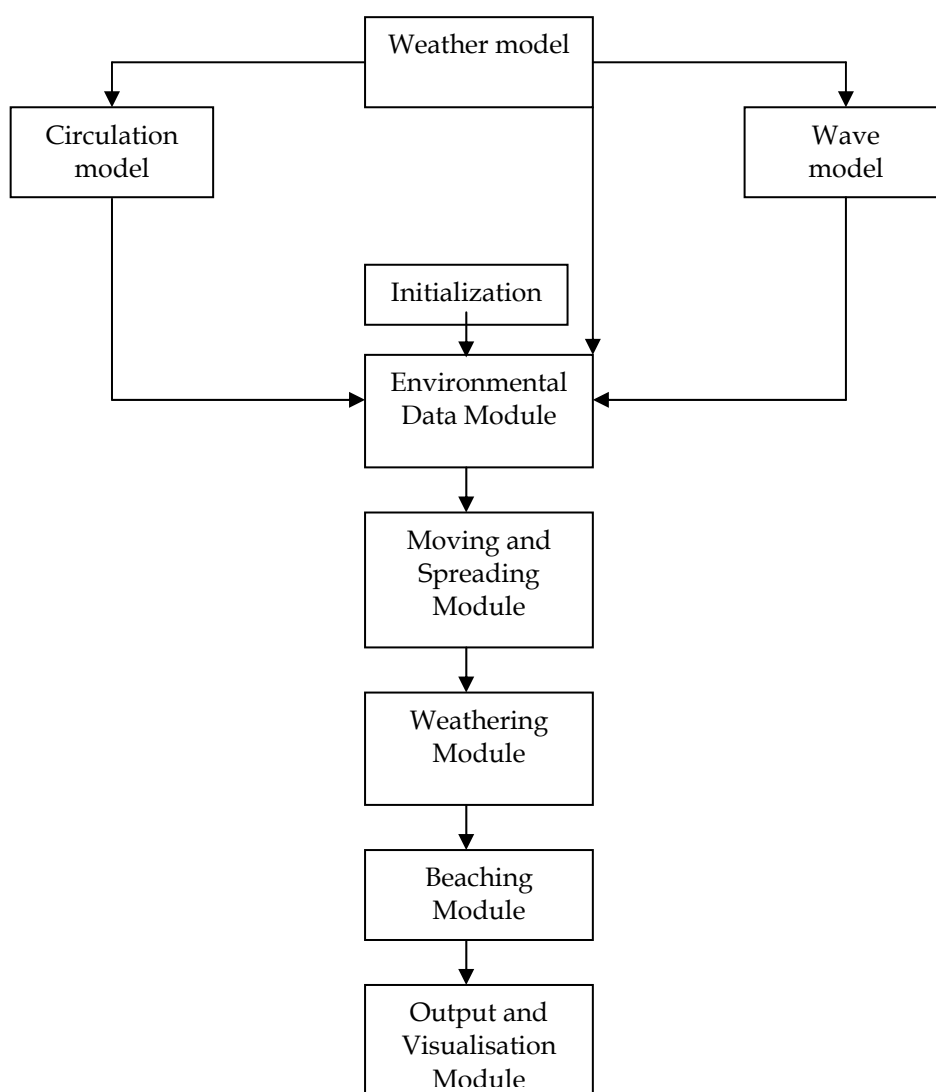
- ✓ Κρατικοί φορείς αρμόδιοι για την προστασία και διαχείριση του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Τέτοιοι φορείς είναι Υπουργεία, Οργανισμοί Λιμένων και Οργανισμοί Ύδρευσης και Αποχέτευσης
- ✓ Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης
- ✓ Επιχειρήσεις σχετικές με τη θάλασσα. Για παράδειγμα, ναυτιλιακές εταιρείες, ναυπηγεία, παράκτιες βιομηχανίες, τουριστικές επιχειρήσεις, ιχθυοκαλλιέργειες
- ✓ Φορείς αθλητικών και ναυταθλητικών διοργανώσεων, όπως Αθήνα 2004, ναυτικοί και καταδυτικοί όμιλοι
- ✓ Ερευνητικά κέντρα και πανεπιστήμια
- ✓ Διεθνείς οργανισμοί για τη μελέτη και την προστασία του περιβάλλοντος: UNEP/MAP, IOC, GOOS, MedWet
- ✓ **αυξημένη ασφάλεια στις θαλάσσιες μεταφορές**
- ✓ **έγκαιρη αντιμετώπιση περιστατικών θαλάσσιας ρύπανσης**
- ✓ τουριστική ανάπτυξη
- ✓ μεγιστοποίηση της παραγωγικότητας των ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων
- ✓ διαχείριση και προστασία της παράκτιας ζώνης
- ✓ ορθολογικός σχεδιασμός λιμενικών και θαλασσιών έργων
- ✓ ενίσχυση της επιστημονικής έρευνας - εισαγωγή τεχνολογίας

4.4 Λειτουργία Συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ

Στην παρούσα παράγραφο θα παρουσιάσουμε το μοντέλο πρόβλεψης της κίνησης των ρυπαντών, που χρησιμοποιεί το ΠΟΣΕΙΔΩΝ, αλλά και το ERSEM, το οποίο είχαμε την δυνατότητα να το ελέγξουμε και σε πραγματικές συνθήκες στο κόλπο του Ναυαρίνου.

PPTM Model

Όπως ήδη έχουμε αναφέρει πέντε είναι τα αριθμητικά μοντέλα πρόβλεψης, που χρησιμοποιεί το ΠΟΣΕΙΔΩΝ. Το κέντρο διαχείρισης συγκεντρώνει δεδομένα από τα μοντέλα αυτά και δημιουργεί ποσοτικές πληροφορίες σχετικά με τον υπό εξέταση ρυπαντή (στην περίπτωση μας το πετρέλαιο). Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζεται σχηματικά η ως άνω περιγραφή.



Σχήμα 4.4.1 Σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ

Οι πληροφορίες που παράγονται από το μοντέλο κυματισμού αποτελούνται από το φάσμα του κύματος και το ύψος του κύματος, την κατεύθυνση και την περίοδο. Το εν λόγω μοντέλο δέχεται πληροφορίες από το μοντέλο πρόβλεψης του ανέμου επιφανείας. Επιπροσθέτως το μοντέλο κυματισμού συνδέεται και με το ωκεανο-υδροδυναμικό μοντέλο πρόβλεψης, για να μπορέσει να λάβει υπόψη του και τα ρεύματα που επιφέρουν διάθλαση στην διάδοση των κυμάτων. Το υδροδυναμικό μοντέλο που χρησιμοποιείται είναι το Princeton ocean model (POM).

Το PPTM μοντέλο έχει βασιστεί στην λογική του Parcel μοντέλου, το οποίο έχει ήδη περιγραφεί στην ενότητα 3.1. Σύμφωνα με το Parcel model το πετρέλαιο αναπαρίσταται από ένα μεγάλο αριθμό πακέτων. Κάθε πακέτο αντιπροσωπεύει μια ομάδα από σταγονίδια πετρελαίου όμοιου μεγέθους και σύνθεσης. Όλη η μάζα του πετρελαίου αναπαρίσταται με πακέτα, τα οποία χαρακτηρίζονται από εξελισσόμενες φυσικοχημικές ιδιότητες και μπορεί να αντιπροσωπεύουν στην πραγματικότητα πολλά κυβικά πετρελαίου που καταλαμβάνουν ένα αξιοσημείωτο χώρο στην επιφάνεια της θάλασσας [21]. Οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται για να αποδώσουν τις φυσικοχημικές ιδιότητες κάθε πακέτου είναι οι καρτεσιανές συντεταγμένες, ο αρχικός όγκος, η πυκνότητα και η διάμετρος των σταγόνων. Το PPTM και το OSM μοντέλο χρησιμοποιεί στην κάθετη διάσταση καρτεσιανό σύστημα αναφοράς, ενώ το POM σίγμα συντεταγμένες και το υδροδυναμικό μοντέλο γκαουσιανές.

Οι διεργασίες της αρχικής εξάπλωσης, που κυριαρχούνται από την αδρανιακή βαρύτητα, την ταχύτητα και τις επιφανειακές δυνάμεις, περιγράφονται ικανοποιητικά από το νόμο του Fay. Στις περιπτώσεις των στιγμιαίων κηλίδων η εφαρμογή του νόμου του Fay δίνει μια αναλυτική λύση για την εξέλιξη της ακτίνας εξάπλωσης και του πάχους της πετρελαιοκηλίδας με το χρόνο, σαν συνάρτηση της μάζας και άλλων φυσικών ιδιοτήτων της πετρελαιοκηλίδας[22]. Παρόλο που η εφαρμογή του νόμου του Fay σε καθένα από τα πακέτα χωριστά μπορεί να οδηγήσει σε αποκλίσεις, ο τρόπος που δείχνει να εξαπλώνεται ακτινικά η κηλίδα, θυμίζει μορφολογικά το αποτέλεσμα ισοτροπικής ενιαίας διάχυσης, επιτρέποντας την προσομοίωση της πετρελαιοκηλίδας με ένα κυκλικό σχήμα με οριζόντια ομοιόμορφη ακτινική διάχυση κατά την διάρκεια μηχανικής διάδοσης. Μια μη στιγμιαία πετρελαιοκηλίδα προσομοιώνεται θεωρώντας ένα συγκεκριμένο αριθμό πακέτων να απελευθερώνεται στο σημείο του ατυχήματος.

Το PPTM μοντέλο λαμβάνει υπό όψη του ορισμένες από της φυσικοχημικές και βιολογικές διεργασίες που υφίσταται το πετρέλαιο από την στιγμή που πέφτει στην θάλασσα. Παρακάτω περιγράφουμε κάποιες από αυτές τις διεργασίες και τον τρόπο με τον οποίο το μοντέλο τις λαμβάνει υπό όψη του.

Οριζόντια και κάθετη διάχυση

Δύο πολύ σημαντικές διαδικασίες, που οφείλονται στην τυρβώδη φύση των ρευμάτων, είναι η οριζόντια και η κάθετη διάχυση. Ο συντελεστής της κάθετης στροβιλιζουσας διάχυσης εξαρτάται από δύο παραμέτρους, την παράμετρο του κύματος και αυτή του ρεύματος. Για την παράμετρο του ρεύματος, χρησιμοποιούμε το Mellor-Yamada 2.5 τυρβώδες κλειστό μοντέλο [29] για τον υπολογισμό της κάθετης διάχυσης των σωματιδίων πετρελαίου που υπάρχουν στη στήλη νερού. Ο συντελεστής της κάθετης ανάμιξης ορίζεται ως

$$K_{vel} = lqS_{vel}$$

όπου S_{vel} είναι ένας παράγοντας σταθερότητας, που είναι συνάρτηση του αριθμού Richardson και εξαρτάται από την ικανοποίηση.

Η κλίμακα του τυρβώδους μήκους ($q^2/1$) και η τυρβώδης κινητική ενέργεια ($q^2/2$), μπορούν να προσδιοριστούν σαν λύσεις δύο προγνωστικών εξισώσεων. Ο παράγοντας που προσδιορίζει το κύμα μεταβάλλεται εκθετικά από την ελεύθερη επιφάνεια μέχρι το όριο των $z = -L/2$, όπου L είναι το μήκος κύματος [71].

$$K_w = 0.028 \frac{H_s^2}{T_s} \exp(4\pi/L)z$$

K_w είναι ο συντελεστής της κάθετης διάχυσης λόγω των κυμάτων (m^2s^{-1}), H_s είναι το ύψος του κύματος (m), T_s είναι η περίοδος κύματος (s) και z είναι το βάθος (m). Ο συντελεστής οριζόντιας διάχυσης A_s υπολογίζεται σύμφωνα με [72] και επίσης προσδιορίζεται από το υδροδυναμικό μοντέλο.

$$d = \sqrt{6Ddt} (2[R]_0^1 - 1)$$

Όπου $[R]_0^1$ αντιπροσωπεύει ένα τυχαίο αριθμό μεταξύ 0 και 1 και dt είναι το χρονικό βήμα. Το D θα μπορούσε να είναι είτε $K_{vel}+K_w$ είτε A_s για να περιγράψει την κάθετη ή την οριζόντια διάχυση. Το συνδυαστικό φαινόμενο του βάθους, όπου ποικίλει η οριζόντια και κάθετη διασπορά, περιγράφει την επιμήκυνση και την διασπορά της πετρελαιοκηλίδας. Οι παραπάνω διαδικασίες καταλήγουν στην επιμήκυνση της πετρελαιοκηλίδας, έχοντας ένα παχύ κομμάτι στην κεφαλή και μια ουρά από σωματίδια, τα οποία διασκορπίζονται κάθετα κατά μήκος ενός συγκεκριμένου βάθους [17].

Εξάτμιση

Η εξάτμιση είναι μια διαδικασία που επηρεάζει κυρίως τα μικρότερα κλάσματα των υδρογονανθράκων και μπορεί να συντελέσει στην 20-40% (ανάλογα με το τύπο του πετρελαίου) μεταφορά της πετρελαιοκηλίδας από την επιφάνεια της θάλασσας στην

ατμόσφαιρα. Οι πιο πτητικοί υδρογονάνθρακες (όσο πιο λίγα άτομα άνθρακα υπάρχουν, τόσο πιο πτητικός είναι ένας υδρογονάνθρακας), εξατμίζονται πολύ γρήγορα, συνήθως μέσα σε μια μέρα, αλλά αρκετές φορές και μέσα σε λίγα λεπτά. Ο ρυθμός εξατμίσωσης εξαρτάται από την θαλάσσια επιφάνεια, το πάχος, την πίεση ατμών, την ταχύτητα ανέμου, την θερμοκρασία, τον συντελεστή μεταφοράς μάζας, που με την σειρά τους εξαρτώνται από τη σύνθεση του πετρελαίου [27].

Στο παρόν μοντέλο, θεωρούμε πως το πετρέλαιο αποτελείται από μίγμα υδρογονανθράκων με διάφορες πυκνότητες και τα βαρύτερα κλάσματα, τα οποία μπορούν να υποστούν εξατμισμό είναι προκαθορισμένα. Ελέγχεται εάν τα υπό εξέταση πακέτα είναι στην επιφάνεια και υπολογίζεται το πάχος της πετρελαιοκηλίδας στην παρακείμενη από το πακέτο περιοχή. Στην συνέχεια υπολογίζεται η διαφορά της ποσότητας που εξατμίστηκε την παρούσα στιγμή από την συνολική ποσότητα που εξατμίστηκε. [12]

Γαλακτοποίηση

Η γαλακτοποίηση είναι μια διαδικασία που ξεκινάει μετά από ένα προκαθορισμένο χρόνο από την στιγμή που δημιουργείται η πετρελαιοκηλίδα και οδηγεί στο σχηματισμό ενός γαλακτώματος, σαν μους σοκολάτα, που έχει την τάση να παραμείνει στην επιφάνεια της θάλασσας, σαν παχύ στρώμα. Παράγοντες που επηρεάζουν την διαδικασία της γαλακτοποίησης είναι η ταχύτητα του ανέμου, τα χαρακτηριστικά των κυμάτων, η σύσταση του πετρελαίου που δημιουργήσε την πετρελαιοκηλίδα, ο βαθμός διάβρωσης του πετρελαίου, η θερμοκρασία περιβάλλοντος, το πάχος της κηλίδας και ο χρόνος [22].

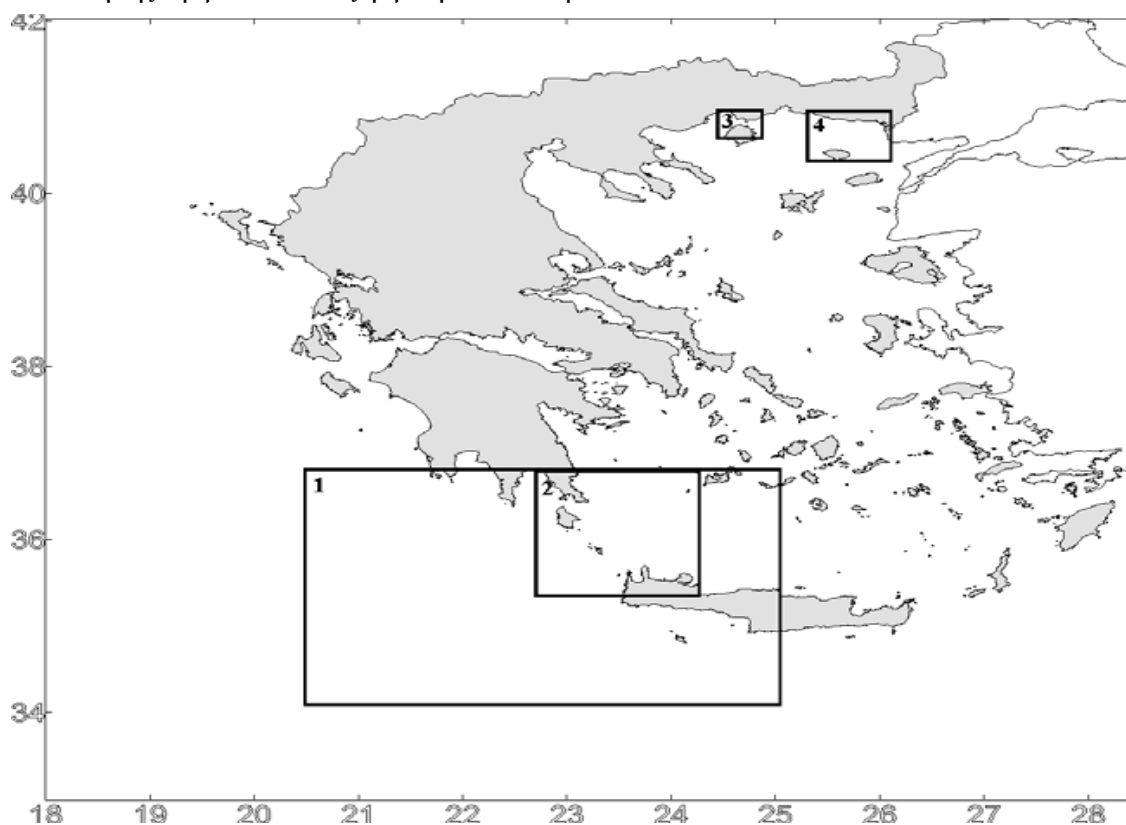
Στο παρόν μοντέλο η γαλακτοποίηση αφορά τα κλάσματα υδρογονανθράκων με ειδική βαρύτητα μεγαλύτερη από μια προκαθορισμένη κρίσιμη τιμή. Η διαδικασία της γαλακτοποίησης λαμβάνει χώρα μετά από ένα χρονικό διάστημα μεγαλύτερο από 4 ώρες από την στιγμή που γίνεται το ατύχημα, όταν επικρατούν κύματα με ύψος μεγαλύτερο από 0.028 mm, και για πάχος πετρελαιοκηλίδας που φτάνει τοπικά τουλάχιστον την κριτική τιμή των 0.75 mm [28].

Ιζηματοποίηση

Το πετρέλαιο συμπεριφέρεται με διαφορετικό τρόπο όταν έρχεται σε επαφή με διαφορετικού τύπου ακτογραμμές. Αυτή η διαφορετική συμπεριφορά μπορεί να περιγραφεί από μια μηχανική διαδικασία, που ονομάζεται «beaching» και η οποία δείχνει πως επηρεάζεται η χωρική εξέλιξη της πετρελαιοκηλίδας σε παραλιακά νερά, προσδιορίζοντας το χρόνο που η συγκεκριμένη ποσότητα πετρελαίου παραμένει σε συγκεκριμένου τύπου ακτογραμμή. Οι μικρότεροι χρόνοι σημειώνονται σε βραχώδεις ακτογραμμές, ενώ οι μεγαλύτεροι σε βαλτώδη και αβαθή νερά. Η

ιζηματοποίηση συμβαίνει όταν το ειδικό βάρος του πετρελαίου αυξάνει πάνω από αυτό του θαλασσινού νερού. Εξάλλου πολλές είναι οι διαδικασίες που μπορούν να συντελέσουν στην αύξηση της πυκνότητας της κηλίδας, όπως η διάβρωση (εξάτμιση, διάλυση και γαλακτοποίηση) , η απορρόφηση ζωοπλαγκτού, η προσκόλληση ή η απορρόφηση φθαρμένου ή απόβλητου υλικού, η ενσωμάτωση στην κηλίδα υλικού από τις ακτές, κλπ. Στο OSM μοντέλο , η διαδικασία της ιζηματοποίησης εκφράζεται ως παγίδευση σωματιδίων που καταλήγουν στο βυθό. Αυτά τα σωματίδια αποκλείονται από τους υπολογισμούς που ακολουθούν.

Σύμφωνα με την εργασία των [Pollani Annika, Triantafyllou George, Petihakis George, Nittis Konstantinos, Dounas Costas and Christoforos Koutitas](#), το PPTM μοντέλο ελέγχθηκε σε 4 διαφορετικές περιπτώσεις για να ιχνηλατηθεί η κίνηση και η εξάπλωση μιας υποθετικής πετρελαιοκηλίδας, να προβλεφθεί το μονοπάτι που θα ακολουθήσουν τα πακέτα πετρελαίου και να περιγραφούν οι πιθανές συνέπειες στις ακτές. Οι περιοχές που εξετάστηκαν, όπως φαίνονται στο επόμενο σχήμα, ήταν (1) στο νότιο Ιόνιο, σε μια περιοχή που στο παρελθόν επιτρεπόταν η απόθεση πετρελαϊκών αποβλήτων, (2) στα Κύθηρα, μια περιοχή που χαρακτηρίζεται από μεγάλη κίνηση πλοίων, λόγω του ότι μέσω της περιοχής αυτής συνδέεται το Αιγαίο και η Μαύρη Θάλασσα με την δυτική περιοχή της Μεσογείου, (3) στο βόρειο Αιγαίο, στις πλατφόρμες πετρελαίου της Θάσου, και τέλος (4) στο λιμάνι της Αλεξανδρούπολης, μια περιοχή που αναμένεται να γίνει σημαντικός σταθμός διακίνησης αργού και επεξεργασμένου πετρελαίου.

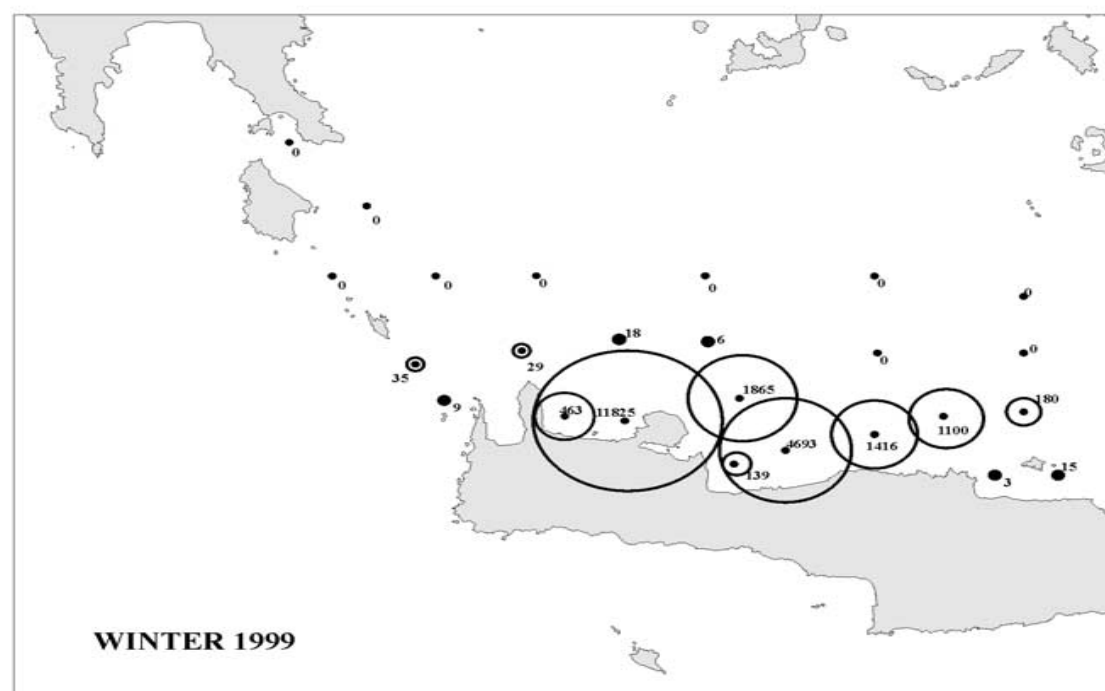
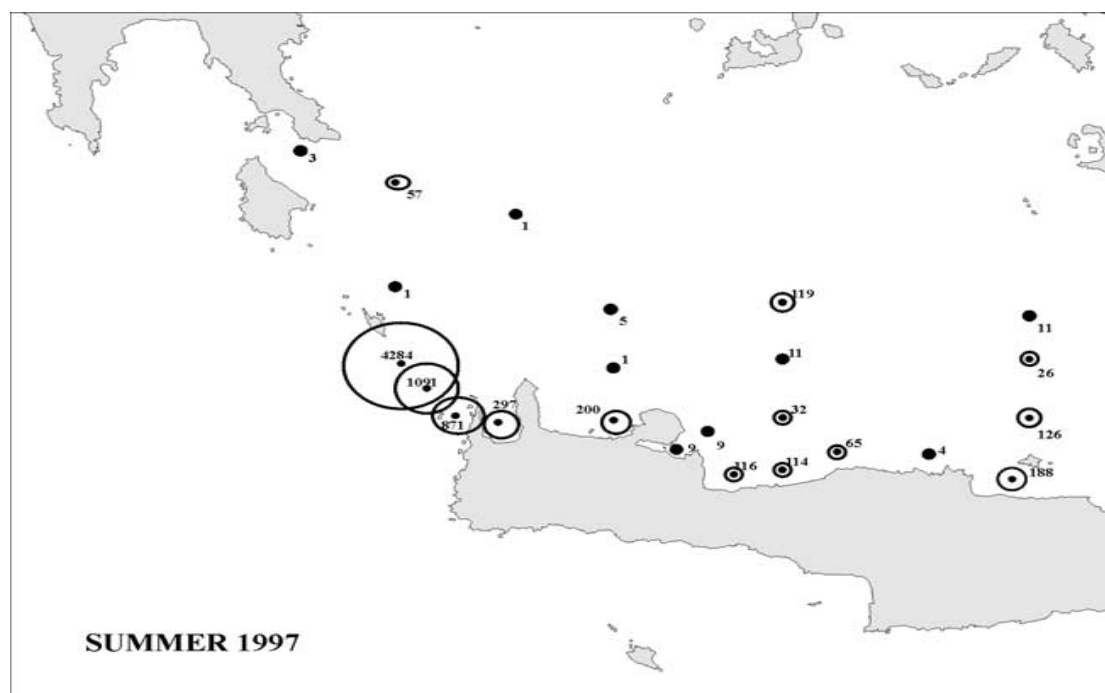


Εικόνα 4.4.1 Χάρτης Ελλάδας που δείχνει τις υπό μελέτη περιοχές.

Τα αποτελέσματα της εφαρμογής του μοντέλου στις τέσσερις παραπάνω περιοχές φαίνονται παρακάτω :

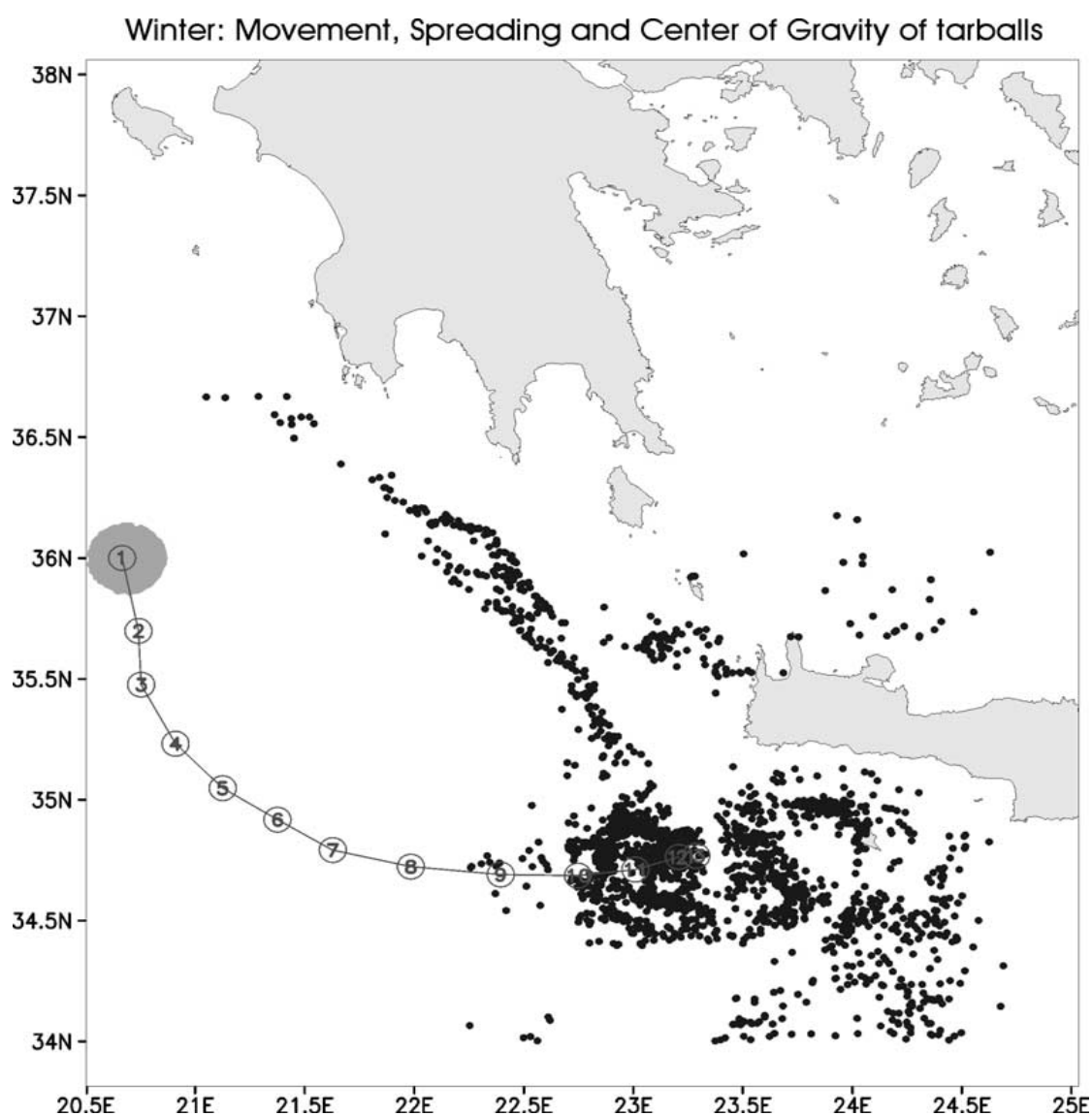
Περιοχή 1- Νότιο Ιόνιο

Σύμφωνα με το Kornilios et al. (1998) σημαντικές ποσότητες πίσσας εμφανίζονται κάθε χρόνο στις βορειοδυτικές ακτές της Κρήτης, ιδιαίτερα κατά την χειμερινή περίοδο, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 4.4.2 σημεία ύπαρξης πίσσας πάνω από την Κρήτη και κάτω από το Λακωνικό Κόλπο

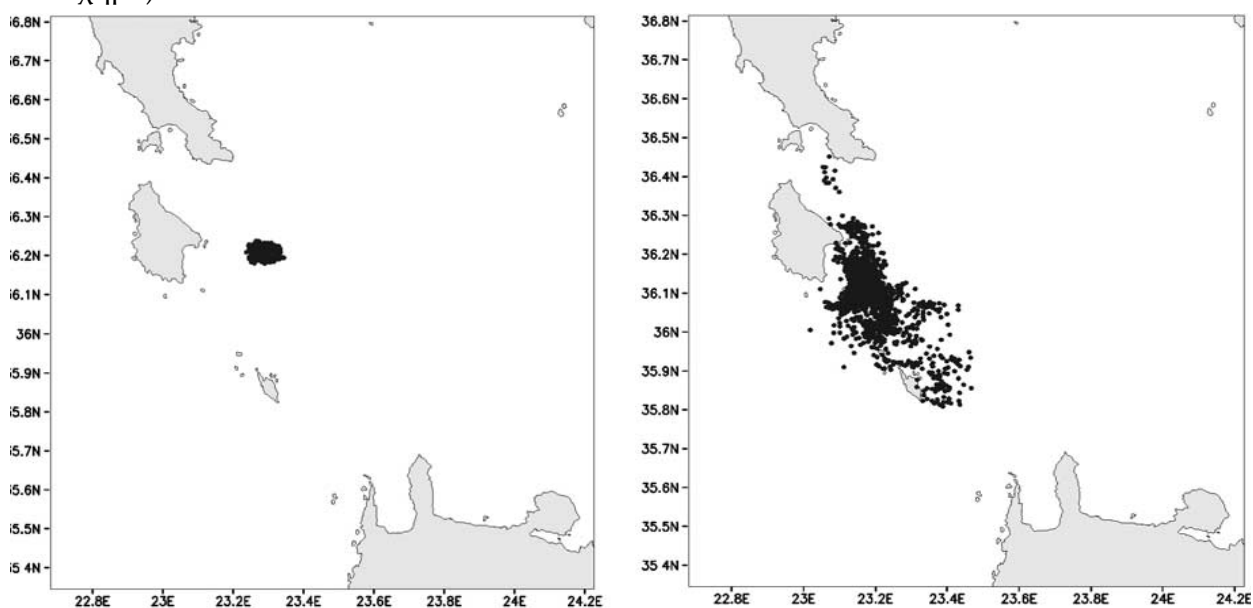
Προκειμένου να ελεγχθεί η αξιοπιστία του PPTM μοντέλου και να βρούμε πιθανές διαδρομές που εξηγούν την ύπαρξη πίσσας στις ακτές της Κρήτης, μελετήθηκε η υπόθεση ότι κομμάτια πίσσας ήταν αρχικά τοποθετημένα ανάμεσα στην Κρήτη και την Σικελία. Το PPTM μοντέλο έτρεξε για 50 ημέρες, προσπαθώντας να ιχνηλατήσει την κίνηση και την εξάπλωση 3000 κομματιών πίσσας και χρησιμοποιώντας πραγματικά δεδομένα του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ για συγκεκριμένη περίοδο. Το επόμενο σχήμα δείχνει τα πλωτά κομμάτια πίσσας στην αρχή της προσομοίωσης και μετά από 50 ημέρες, όπως και την τροχιά του στατιστικού κέντρου βάρους απεικονιζόμενου κάθε 4 ημέρες. Παρατηρούμε ότι μεγάλος αριθμός των πακέτων έφθασαν τελικά στις βορειοδυτικές ακτές της Κρήτης. Η μεγαλύτερη μάζα των ρυπαντών κινήθηκε νότια προς το Λιβυκό πέλαγος, ενώ μια σημαντική ποσότητα κινήθηκε προς τις νότιες ακτές της Πελοποννήσου. Κάτι τέτοιο συμφωνεί και με την εργασία των Kornilios et al. (1998) και Dounas et al. (1999).

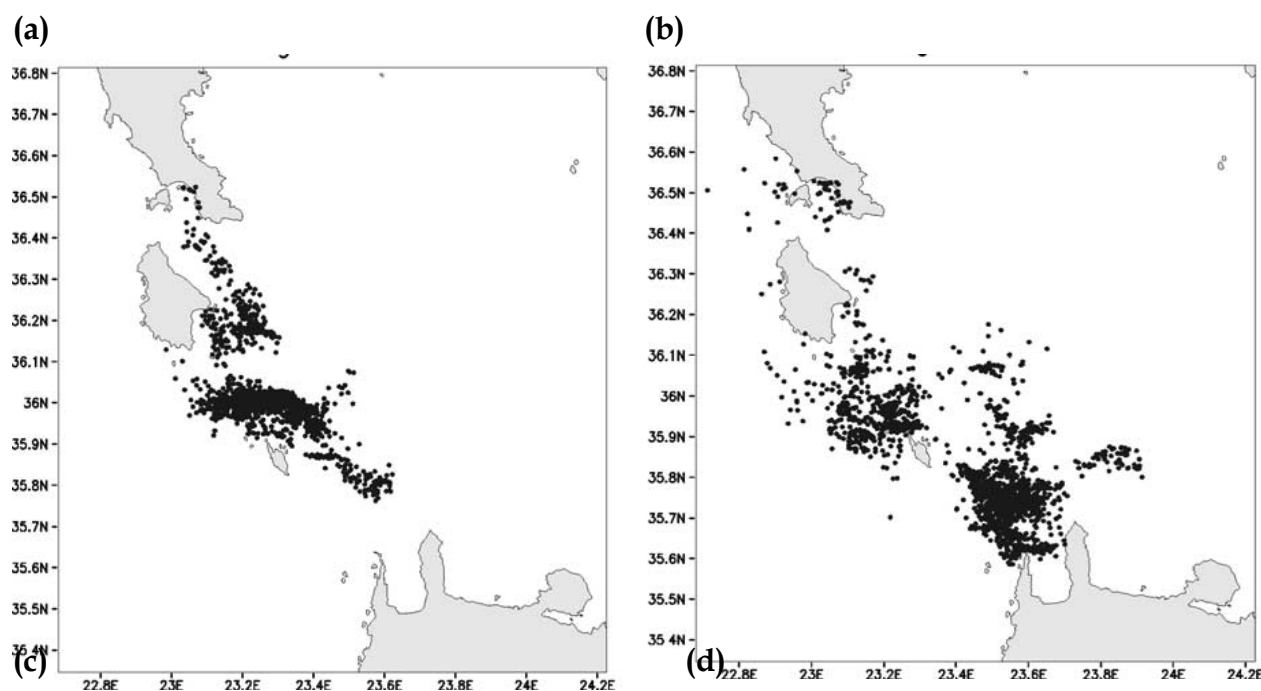


Εικόνα 4.4.3 Αποτελέσματα προσομοίωσης PPTM μοντέλου.

Περιοχή 2- Κύθηρα

Η δεύτερη τοποθεσία που εφαρμόσαμε το μοντέλο του PPTM ήταν κοντά στα στενά των Κυθήρων. Σε αυτή την περίπτωση μελετήθηκε η απόθεση πετρελαίου στις ακτές της βορειοδυτικής Κρήτης κατά την διάρκεια του καλοκαιριού. Μια πετρελαιοκηλίδα από 3.000 πακέτα αργού πετρελαίου, που αντιπροσωπεύουν μια συνολική ποσότητα 10.000 τόνων ελευθερώθηκε ακαριαία στην παραπάνω θαλάσσια περιοχή. Θεωρήσαμε ότι η απελευθέρωση έγινε μετά από ατύχημα και η ημερομηνία ήταν 17 Ιουλίου, περίοδος και μεγάλης τουριστικής κίνησης. Σύμφωνα με τα δεδομένα καιρού που έδινε το ΠΟΣΕΙΔΩΝ, εκείνη την ημέρα ο άνεμος φυσούσε από βορειοδυτικός με ταχύτητα 3.5 μποφόρ. Αρχικά η πετρελαιοκηλίδα ήταν τοποθετημένη σε γεωγραφικό μήκος $23^{\circ}.31$ E και γεωγραφικό πλάτος $36^{\circ}.19$ N. Η προσομοίωση έτρεξε για 6 μέρες και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μετά από 48 ώρες η πετρελαιοκηλίδα έφτασε στις ακτές των Κυθήρων και άρχισε να χωρίζεται σε 2 μέρη. Το ένα μέρος ακολούθησε μια βόρεια κατεύθυνση και το άλλο μια νότια. Στις επόμενες 6 ώρες οι νοτιοανατολικές ακτές της Πελοποννήσου και οι βόρειες ακτές των Αντικυθήρων είχαν επηρεαστεί (σχήμα 4.4.4 (b)). Μετά από 72 ώρες το νότιο τμήμα της πετρελαιοκηλίδας άρχισε να έχει ένα επιμηκυμένο σχήμα ακολουθώντας μια πορεία από δυτικά προς ανατολικά, ενώ τα μισά από τα πακέτα που είχαν προσαράξει στις ακτές γύρισαν πίσω στην θάλασσα (σχήμα 4.4.4 (c)). 24 ώρες αργότερα, το νότιο τμήμα της πετρελαιοκηλίδας διαχωρίστηκε ξανά, με το ένα τμήμα να κινείται προς δυτικά των Αντικυθήρων και το άλλο, το πυκνότερο, μπήκε στο Κρητικό πέλαγος. Στις επόμενες 12 ώρες το δυτικό τμήμα των Αντικυθήρων και των Κυθήρων, όπως και οι βορειοδυτικές ακτές της Κρήτης ήταν σοβαρά επηρεασμένες (σχήμα 4.4.4 (d)). Τελικά 150 ώρες μετά το ατύχημα, η περιοχή που επηρεάστηκε περισσότερο ήταν η ακτή Φαλάσαρνα στο βορειοδυτικό τμήμα της Κρήτης, ενώ η κύρια μάζα του πετρελαίου απομακρυνόταν από τις βόρειες ακτές της Κρήτης, ακολουθώντας μια πορεία από τα δυτικά προς τα ανατολικά (δεν φαίνεται στο σχήμα).





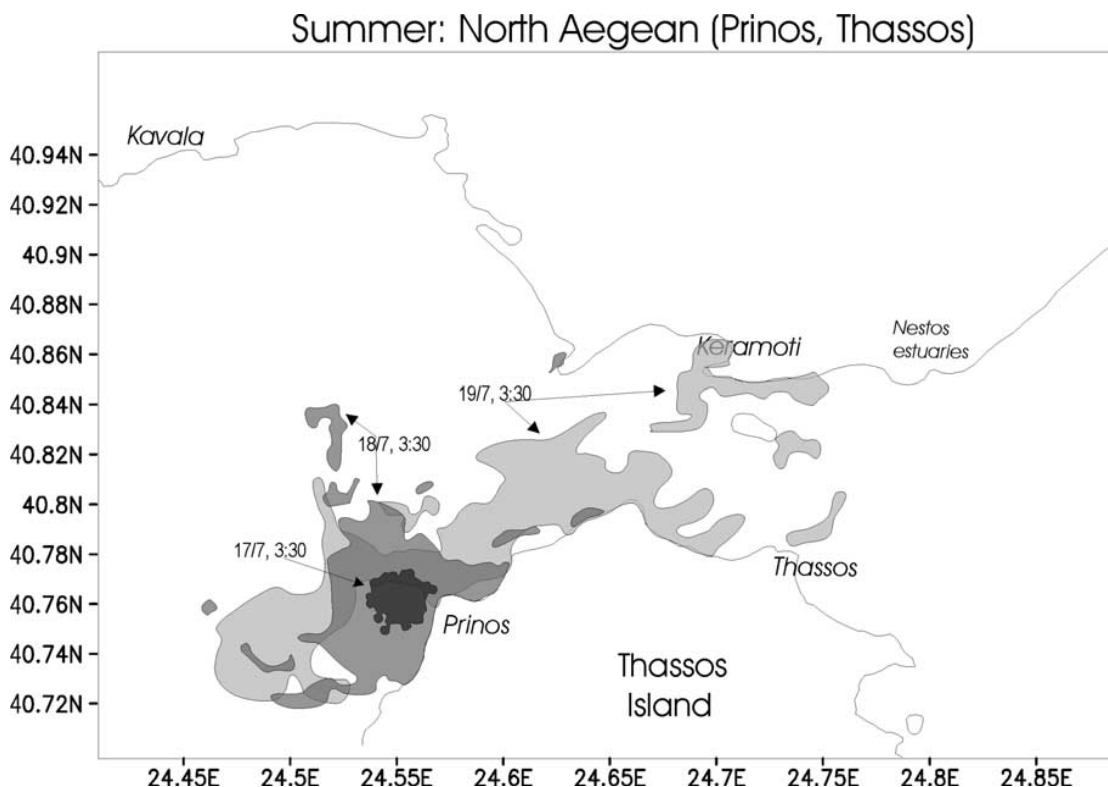
Εικόνα 4.4.4 Αποτελέσματα προσομοίωσης

Περιοχή 3- Θάσος

Η τρίτη τοποθεσία που μελετήθηκε ήταν μια περιοχή μεγάλης περιβαλλοντικής σημασίας. Αναφερόμαστε στο κόλπο της Καβάλας στο βόρειο Αιγαίο, ο οποίος χαρακτηρίζεται από εδάφη με μεγάλη υγρασία και έντονες θαλάσσιες δραστηριότητες. Οι εγκαταστάσεις εξόρυξης του Πρίνου, που βρίσκονται στην περιοχή είναι αυτή την στιγμή η μόνη εθνική πηγή αργού πετρελαίου. Στο παρόν πείραμα δόθηκε έμφαση στην κίνηση και στην εξάπλωση του πετρελαίου σε περίπτωση διαρροής από υποθαλάσσιο αγωγό μεταφοράς πετρελαίου σε βάθος 30 m και για 24 ώρες. Η προσομοίωση έλαβε χώρα για 78 ώρες, χρησιμοποιώντας δεδομένα από το σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ, με στόχο να προλάβουμε ή να εμποδίσουμε οποιαδήποτε πιθανή περιβαλλοντική επίδραση στην περιοχή εξαιτίας της διαρροής. Την στιγμή του ατυχήματος η ημερομηνία ήταν 17 Ιουλίου, ο άνεμος φυσούσε βορειοδυτικός και τοπικά δυτικός με ένταση 2.5 μποφόρ.

Στο σχήμα 4.4.5 βλέπουμε την προσομοιωμένη εξάπλωση της πετρελαιοκηλίδας μετά μισή ώρα από το ατύχημα και μετά 24 ώρες όταν πια η βορειοδυτική ακτή της Θάσου άρχισε να ρυπαίνεται, προσφέροντας την τελευταία ευκαιρία στην ομάδα διαχείρισης του κινδύνου να ανταποκριθεί αποτελεσματικά και να εμποδίσει περαιτέρω περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Μετά 48 ώρες η πετρελαιοκηλίδα εξαπλώθηκε κατά μήκος των βορείων ακτών του νησιού και μεταξύ την 60 και την 72 ώρα από την στιγμή του ατυχήματος έφτασε στην ηπειρωτική χώρα, επηρεάζοντας την περιοχή της Κεραμωτής και τις εκβολές του ποταμού Νέστου, περιοχές υψηλής περιβαλλοντικής αξίας, που προστατεύονται από την συμφωνία του Ramsar (σχήμα 4.4.5).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μοντέλου ένα σχέδιο έκτακτης ανάγκης θα έπρεπε να μπει σε εφαρμογή σε λιγότερο από 24 ώρες από την στιγμή του ατυχήματος, αλλιώς οι επιπτώσεις στην κοινωνικό, οικονομική και περιβαλλοντική ζωή του τόπου θα ήταν αξιοσημείωτες.



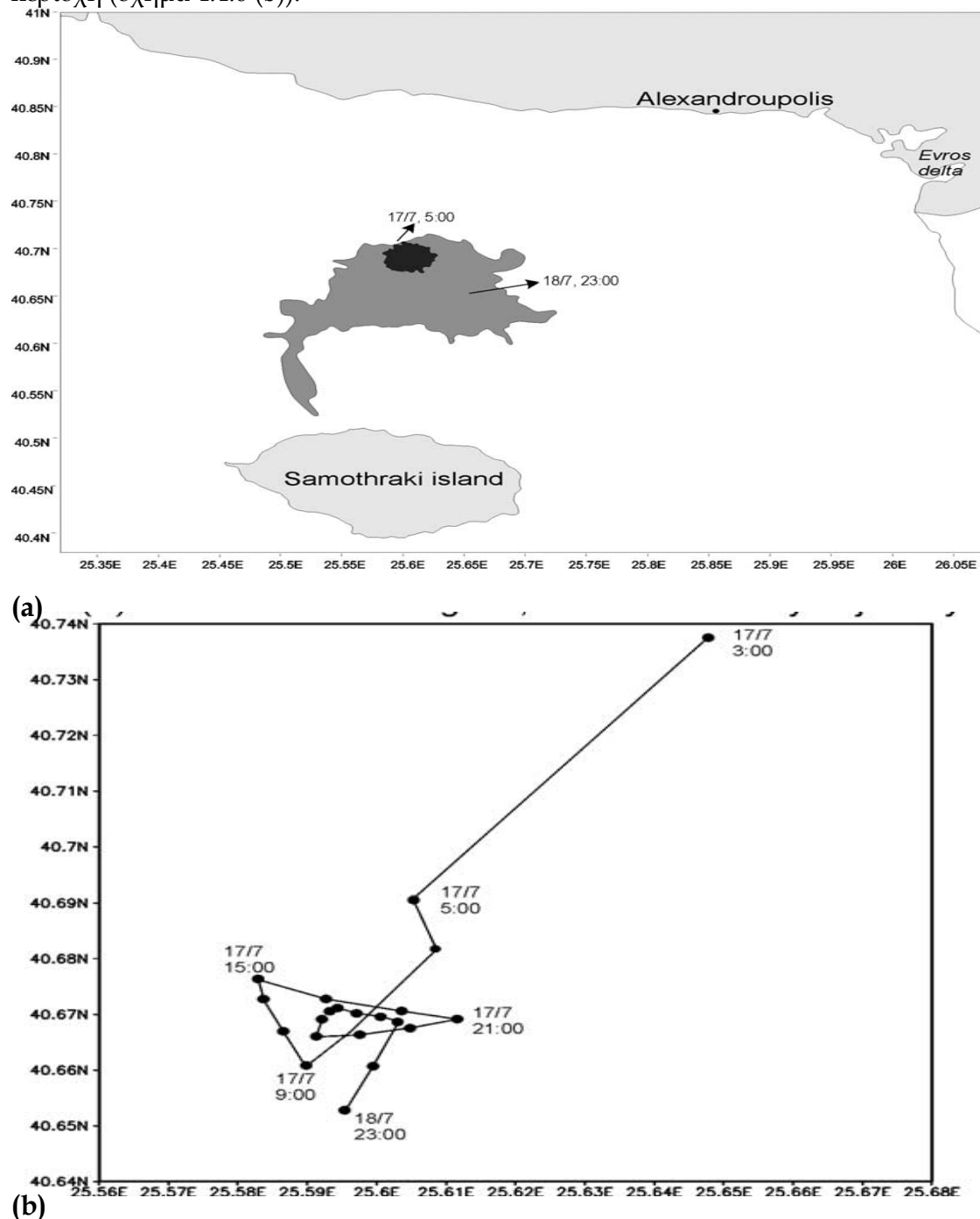
Εικόνα 4.4.5 Αποτελέσματα προσομοίωσης

Περιοχή 4- Λιμάνι Αλεξανδρούπολης

Η τέταρτη και τελευταία περιοχή προσομοίωσης ήταν το θρακικό πέλαγος και το πείραμα πραγματοποιήθηκε μετά την ανακοίνωση συνεργασίας των κυβερνήσεων της Ελλάδας, της Βουλγαρίας και της Ρωσίας για την κατασκευή και την λειτουργία ενός αγωγού που θα μπορούσε δυνητικά να παρέχει μια εναλλακτική διαδρομή για την εξαγωγή του πετρελαίου της Κασπίας θάλασσας. Ο αγωγός αυτός θα έχει μήκος 300 χιλιόμετρα και θα ξεκινάει από το Μπουργκάς, στις βουλγαρικές ακτές, μέχρι την Αλεξανδρούπολη, στο βόρειο Αιγαίο, έχοντας μια δυνατότητα μεταφοράς 35Mt αργού πετρελαίου ετησίως. Το πείραμα αναφέρεται σε ένα πιθανό ατύχημα με πλοίο, δημιουργώντας μια πετρελαιοκηλίδα 50.000 τόνων αργού πετρελαίου ή 10.000 πακέτα πετρελαίου. Το ατύχημα λαμβάνει χώρα την 7 Ιουλίου σε θέση με γεωγραφικό μήκος $25^{\circ}.65^{\circ}\text{E}$ και γεωγραφικό πλάτος $40^{\circ}.75^{\circ}\text{N}$.

Η συνολική προσομοίωση έτρεξε για 44 ώρες, παρέχοντας αποτελέσματα κάθε 2 ώρες. Το σχήμα 4.4.6 (a) απεικονίζει την διασπορά των πακέτων, όπως προβλέφθηκε από

το μοντέλο 2 ώρες μετά την έναρξη του πειράματος και στο τέλος της προσομοίωσης. Το μοντέλο προβλέπει ότι τα πακέτα δεν θα χτυπήσουν καμιά από τις ακτές του βόρειου Αιγαίου και θα κινηθούν αργά νότια, παραμένοντας σε ομάδα. Είναι αξιοσημείωτο ότι κατά την διάρκεια των 6 πρώτων ωρών (τοποθεσίες 1-4, σχήμα 4.4.6 (b)) το πετρέλαιο κινείται υπό την επίδραση των επιφανειακών ρευμάτων, αλλά αμέσως μετά ο αέρας σταματάει, έχοντας σαν αποτέλεσμα την δημιουργία αδρανειακών ρευμάτων. Η σπειροειδής κίνηση του στατιστικού κέντρου βάρους μπορεί να οφείλεται στα αδρανειακά ρεύματα που εμφανίζονται συχνά σε αυτή την περιοχή (σχήμα 4.4.6 (b)).



Εικόνα 4.4.6 Αποτελέσματα προσομοίωσης

Εκτός από το PPTM μοντέλο, υπάρχουν και άλλα μοντέλα όπως το Oil Spill Model (OSM), το οποίο βασίζεται στο Parcel μοντέλο και περιγράφεται από την εργασία των G.I Petihakis et al., 2001 , το Princeton Ocean Model (POM) και το European Regional Seas Ecosystem Model (ERSEM).

Συμπερασματικά θα μπορούσαμε να πούμε πως η περιοχή της Μεσογείου, που περιλαμβάνει τις ευρύτερες περιοχές του Αιγαίου πελάγους και του Ιονίου πελάγους χαρακτηρίζεται από υπερβολικά περίπλοκες γεωμορφολογικά ακτές, που εκτίθενται σε ευμετάβλητες χωρικές και χρονικές καιρικές και υδροδυναμικές συνθήκες. Επιπλέον από την προαναφερθείσα περιοχή διέρχεται το 20% της παγκόσμιας πλωτής μεταφοράς πετρελαίου, κάτι που ανάγει την περιοχή σε περιοχή υψηλού κινδύνου τόσο ως προς την πιθανότητα να συμβεί κάποιο ατύχημα, όσο και από τις περιορισμένες δυνατότητες αποτελεσματικής αντιμετώπισης των συνεπειών του ατυχήματος λόγω μορφολογίας. Λαμβάνοντας υπό όψη, ότι η κίνηση μιας πετρελαιοκηλίδας σε ένα ευμετάβλητο περιβάλλον εξαρτάται κατά πολύ από τα τοπικά καιρικά και υδροδυναμικά συστήματα, η δυνατότητα του ΠΟΣΕΙΔΩΝ να παρέχει καιρικά, υδροδυναμικά και κυματικά δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, προσφέρει μια μοναδική ευκαιρία για την αποτελεσματική χρήση των μοντέλων πρόβλεψης κίνησης των ρυπαντών. Την ευκαιρία αυτή θα μπορούσε να εκμεταλλευτεί η κρατική μηχανή και να συμπεριλάβει τα μοντέλα πρόβλεψης στο Εθνικό Σχέδιο Έκτακτης Ανάγκης ως συμπλήρωμα στις ήδη υπάρχουσες τεχνικές καταπολέμησης μιας πετρελαιοκηλίδας. Το πλεονέκτημα των παραπάνω μοντέλων είναι ότι προβλέπουν μια κατάσταση, προσφέροντας έτσι στις αρχές την δυνατότητα του έγκαιρου σχεδιασμού και της άμεσης απόκρισης σε περίπτωση ατυχήματος και άρα της ελαχιστοποίησης των περιβαλλοντικών συνεπειών και όχι της εκ των υστέρων προσπάθειας καταπολέμησης της ρύπανσης. Τα μοντέλα αυτά συνδυάζουν τις κυριότερες φυσικές διεργασίες και προσομοιώνουν αποτελεσματικά την κίνηση, την εξάπλωση και την γήρανση των πλωτών ρυπαντών. Τέτοια μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για να προβλέψουν την διαδρομή, την οριζόντια έκταση, το ισοζύγιο μάζας, βοηθώντας έτσι στην διαχείριση πιθανού κινδύνου και στην έγκαιρη αντιμετώπισή του σε πραγματικό χρόνο είτε σε Hind cast , ώστε να ιχνηλατήσουν την πηγή της κηλίδας [17].

5. Λακωνικός Κόλπος

Στη Ν. Πελοπόννησο απαντούν ο Μεσσηνιακός και ο Λακωνικός κόλπος, οι οποίοι εισχωρούν βαθιά στο έδαφος και δημιουργούν τρεις χερσονήσους: τη Μεσσηνιακή, που καταλήγει στο ακρωτήριο Ακρίτας, τη Λακωνική, που καταλήγει στο ακρωτήριο Ταίναρο (το νοτιότερο άκρο της Πελοποννήσου) και την χερσόνησο της Επιδαύρου Λιμηράς, που φθάνει ως το ακρωτήριο Μαλέας. Οι πλευρές των δύο παραπάνω κόλπων είναι γεμάτες από κολπίσκους και μικρά ακρωτήρια.

5.1 Γεωγραφικά Δεδομένα- Χαρακτηριστικά περιοχής

Στα νότια του ηπειρωτικού τμήματος της Ελλάδας βρίσκεται η χερσόνησος της Πελοποννήσου, η μεγαλύτερη χερσόνησος της χώρας. Η Πελοπόννησος έχει έκταση 21.439 χλμ και πληθυσμό 1.086.935 κατοίκους [31].

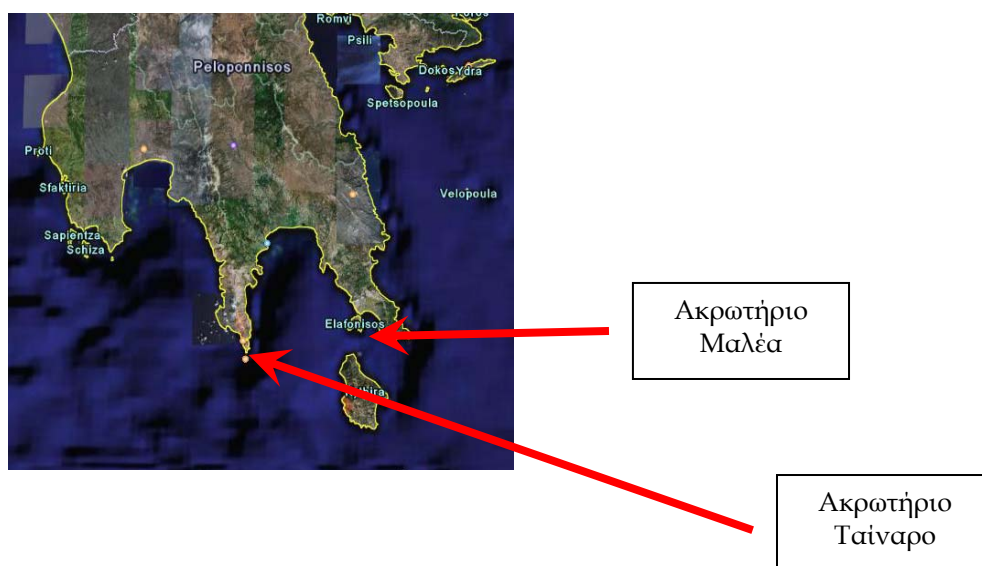
Ενας από τους 7 νομούς της Πελοποννήσου είναι η Λακωνία. Η Λακωνία είναι η νοτιότερη ηπειρωτική εσχάτια της Ευρώπης. Βρέχεται από το Αιγαίο Πέλαγος (Μυρτώο Πέλαγος), το Μεσσηνιακό κόλπο και το Λακωνικό κόλπο. Έχει δύο κύριες οροσειρές, του Ταϋγέτου (2.407 μέτρα) και του Πάρνωνα (1.961 μέτρα). Ανάμεσα τους βρίσκεται η κοιλάδα του ποταμού Ευρώτα, και η πρωτεύουσα του νομού, Σπάρτη. Συνορεύει στα βόρεια με το νομό Αρκαδίας, και στα δυτικά με το νομό Μεσσηνίας. Έχει έκταση 3.636 τ. χλμ./km² και πληθυσμό 99.637 κάτοικοι.



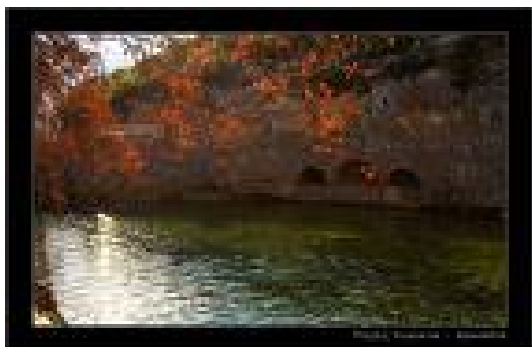
Κύριο χαρακτηριστικό του ανάγλυφου του νομού Λακωνίας είναι η ρηξιγενής λεκάνη που σχηματίζεται μεταξύ των οροσειρών του Πάρνωνα στα ανατολικά και του Ταϋγέτου στα δυτικά, οι οποίες, σχεδόν παράλληλες, με νοτιοανατολική κατεύθυνση, απολήγουν χαμηλώνοντας στα ακρωτήρια Μαλέα και Ταίναρο, τα νοτιότερα σημεία της ηπειρωτικής Ευρώπης.



Εικόνα 5.1.1 Ακρωτήρια Μαλέα και Ταΐναρο



Ο Ταΰγετος (ψηλότερη κορυφή: Προφήτης Ηλίας 2.407 μ.), που αποτελεί το όριο με τη Μεσσηνία, ενώ στην ανατολική πλευρά του πέφτει απότομα στον Λακωνικό κόλπο, στα δυτικά σχηματίζει μια στενή, άνυδρη και χωρίς βλάστηση παραλιακή λωρίδα ασβεστολιθικής σύστασης, της οποίας τα νερά φαίνεται πως αποχετεύονται στον Μεσσηνιακό κόλπο με υπόγειους καρστικούς σχηματισμούς. Ο Πάρνωνας σχηματίζει τα βορειοανατολικά όρια του νομού και εκεί βρίσκονται και οι ψηλότερες κορυφές του· προχωρώντας στα νότια χαμηλώνει βαθμιαία, για να καταλήξει στον Μαλέα. Στενή σαν κοιλάδα στην αρχή, η πεδιάδα της Σπάρτης, που σχηματίζεται ανάμεσα στις δύο οροσειρές, πλαταίνει στα νότια, για να καταλήξει στην προσχωσιγενή πεδιάδα Έλους Τρινάσου. Πολύ μικρότερες πεδινές περιοχές εμφανίζονται επίσης στην περιοχή Μολάων, στον Ασωπό, στη Νεάπολη και στο Γύθειο. Μοναδικός ποταμός του νομού Λακωνίας είναι ο Ευρώτας, ο οποίος αποχετεύει ολόκληρη την πεδιάδα της Λακωνίας.



Εικόνα 5.1.2 Ευρώτας

Η ακτή του νομού χαρακτηρίζεται από τον βαθύ Λακωνικό κόλπο, που σχηματίζεται από τα ακρωτήρια Ταίναρο και Μαλέας. Ο κόλπος αυτός, ρηχός και βαλτώδης στον μυχό του εξαιτίας των προσχώσεων του Ευρώτα, εμφανίζει μικρές κολπώσεις (όρμοι Κολοκυθιάς και Σκουταρίου στο Ταίναρο· Ξυλής και Νεάπολης στον Μαλέα). Στην είσοδο του κόλπου, κοντά στο ακρωτήριο Μαλέας, βρίσκεται η νήσος Ελαφώνησος. Στην ανατολική ακτή σχηματίζεται ο ανοιχτός κόλπος της Επιδαύρου Λιμηράς. Η δυτική ακτή (Μεσσηνιακός κόλπος) παρουσιάζεται περισσότερο διαμελισμένη με πλήθος όρμων (Λιμενίου, Διρού, Σπαθάρι, Λαγκαδάκι, Μεζάπου και Γερολιμένα).

Μεσογειακό, με ήπιους χειμώνες στα πεδινά, το κλίμα του νομού Λακωνίας γίνεται δριμύ στα ορεινά. Η μέση θερμοκρασία της Σπάρτης τον Ιανουάριο είναι 8,8°C και τον Ιούλιο 27,0°C. Οι βροχοπτώσεις παραμένουν σε χαμηλά επίπεδα στην παράκτια ζώνη, αλλά γίνονται περισσότερες προς τα βόρεια. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχών στη Σπάρτη φτάνει τα 817 χιλιοστά και στο Γύθειο τα 534 χιλιοστά[30].

6. Διαχειριστικό Σχέδιο Κινδύνου για το Λακωνικό Κόλπο

Ο βυθός των ελληνικών θαλασσών, σύμφωνα με τις μελέτες των ωκεανογραφικών ινστιτούτων και των υδρογραφικών υπηρεσιών, εμφανίζεται ανώμαλος και παρουσιάζει υποβρύχιες οροσειρές, κοιλάδες, πεδιάδες, βαθιά ανοίγματα, ύφαλους και σκοπέλους κ.ά. Τα αίτια γι' αυτή τη διαμόρφωση οφείλονται κυρίως στους ποταμούς, που συνεχώς μεταφέρουν και συσσωρεύουν στο βυθό διάφορες ύλες, στα ηφαίστεια που δημιουργούν υφάλους και νησιά και σε διάφορους άλλους παράγοντες.

Αυτή η πολυπλοκότητα και ιδιομορφία του ελληνικού βυθού επηρεάζει την εκδήλωση των καιρικών και φυσικών φαινομένων. Έτσι το φαινόμενο της παλίρροιας αν και είναι σπάνιο σε ολόκληρη τη Μεσόγειο, στην Ελλάδα παρατηρείται σε πολλά στενά και διαύλους. Βέβαια το φαινόμενο αυτό δεν είναι τόσο αισθητό στην Ελλάδα, όσο είναι στα παράλια του Ατλαντικού, όπου η θάλασσα ανεβαίνει και κατεβαίνει 14 περίπου μέτρα. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας λέγεται πλημμυρίδα (ή πλήμμη) και η κάθοδος της στάθμης λέγεται αμπώτιδα (ή ρηχία). Η πλημμυρίδα και η αμπώτιδα μαζί, αποτελούν το φαινόμενο της παλίρροιας, η οποία οφείλεται κυρίως στην έλξη που ασκεί η Σελήνη πάνω στη γη και κατά δεύτερο λόγο στην έλξη του ήλιου.

Το κυριότερο από τα σημεία στα οποία εκδηλώνεται το φαινόμενο της παλίρροιας στη χώρα μας, είναι ο πορθμός του Ευρίπου. Από τη γέφυρα που υπάρχει εκεί μπορεί κανείς να παρακολουθήσει άνετα το φαινόμενο. Το ρεύμα της θάλασσας αλλάζει πορεία κατά κανονικά διαστήματα. Με το νέο φεγγάρι και την πανσέληνο η αλλαγή γίνεται κάθε 6 ώρες και 15 λεπτά. Στο ενδιάμεσο διάστημα όμως η αλλαγή πορείας του ρεύματος κυμαίνεται από 1 φορά ως 4 φορές το 24ωρο. Πολλές φορές οι αλλαγές, στο ενδιάμεσο διάστημα, φτάνουν τις 12 και κάποτε τις 14 φορές. Το ρεύμα είναι ισχυρότατο, και ικανό να πετάξει στην ακτή το καράβι που θα πλέει αντίθετα στη φορά του. Η ταχύτητα του ρεύματος είναι κατά μέσο όρο 3-5 μίλια την ώρα.

Άλλα σημεία, στα οποία παρατηρείται το φαινόμενο της παλίρροιας είναι στη διώρυγα της Κορίνθου, με μεγαλύτερη ταχύτητα του ρεύματος 2 - 2 1/2 μίλια, στα λιμάνια του Πειραιά και Θεσσαλονίκης, στο στενό της Λευκάδας, με ταχύτητα ρεύματος 0,5 - 1,5 μίλι, στο στενό της Πρέβεζας με ρεύμα μεγαλύτερης ταχύτητας 3,5 μίλια, στον πορθμό του Ρίου - Αντιρρίου, στο Ναύσταθμο και στη Μύκονο.

Εκτός του φαινομένου της παλίρροιας στις ελληνικές θάλασσες παρουσιάζονται και ισχυρά θαλάσσια ρεύματα. Οι μετατοπίσεις μεγάλων μαζών θαλάσσιων νερών από μία περιοχή σε μία άλλη, ονομάζονται ρεύματα. Αυτά οφείλονται σε διάφορους παράγοντες, όπως στις κινήσεις της ατμόσφαιρας, στη διαφορά αλμυρότητας, η οποία υπάρχει μεταξύ δύο θαλάσσιων περιοχών κ.ά.

Στην Ελλάδα υπάρχει ένα μεγάλο ρεύμα που σχηματίζεται στο Αιγαίο με διεύθυνση από Β. προς Ν. και που προέρχεται από τον Ελλήσποντο. Κατά τη διαδρομή του επιδρά στο κλίμα των ανατολικών ακτών, της ηπειρωτικής Ελλάδας και το καθιστά ψυχρό και ξηρό. Γίνεται αντιληπτό πιο αισθητά στα καράβια, στο κανάλι του Κάβο - Ντόρο και στο κανάλι Μυκόνου - Ικαρίας. Ένα άλλο επίσης μεγάλο ρεύμα υπάρχει και στο Ιόνιο πέλαγος από τα Β. προς τα Ν. Προέρχεται από τη Μεσόγειο θάλασσα και είναι θερμό. Κάτω από την Κρήτη το ρεύμα αυτό χωρίζεται σε δύο τμήματα, από τα οποία το ένα προχωρεί προς το Αιγαίο και το άλλο στο Ιόνιο πέλαγος.

Μεγάλα τοπικά θαλάσσια ρεύματα είναι δυνατό να δημιουργηθούν και κατά τη διάρκεια μεγάλων σεισμικών δονήσεων. Τα ρεύματα αυτά μπορούν να σαρώσουν ακόμα και πολιτείες, και το κύμα τους φτάνει τα 4 μ., όπως έγινε το 1956 στην Κάλυμνο.

Τέλος οι ελληνικές θάλασσες περιέχουν αλάτι (χλωριούχο νάτριο) κατά μέσο όρο 3,8%. Η περιεκτικότητα αυτή μεταβάλλεται, ανάλογα με τις θαλάσσιες περιοχές. Έτσι, στο νότιο Αιγαίο, η αλμυρότητα είναι μεγαλύτερη, γιατί εδώ δε χύνονται ποτάμια για να αραιώσουν την αλμυρότητα με τα γλυκά νερά τους. Αντίθετα, στο βόρειο Αιγαίο, λόγω των εκβολών σ' αυτό πολλών ποταμών, η περιεκτικότητα των νερών σε αλάτι είναι μικρή. Η θερμοκρασία των νερών των θαλασσών, σε βάθος κάτω από 400 μ. είναι πάντα γύρω στους 13° C. Στην επιφάνεια τα νερά έχουν θερμοκρασία, ανάλογα με την εποχή, μεγαλύτερη από 22°C ως 23° C και μικρότερη από 12°C ως 14°C[30], ενώ το χρώμα τους είναι γαλάζιο με μεγάλη διαφάνεια κυρίως λόγω του γαλάζιου ουρανού και του γεγονότος ότι δεν υπάρχουν μεγάλες ποσότητες στερεών ουσιών, όπως πλαγκτόν, χώμα, σκόνη, που αιωρούνται συνήθως μέσα στο νερό.

Όλα επομένως τα παραπάνω φαινόμενα και οι ιδιομορφίες του ελληνικού τοπίου επηρεάζουν την κίνηση ενός ρυπαντή όταν αυτός βρεθεί στην επιφάνεια της θάλασσας. Στις ενότητες που προηγήθηκαν αλλά και σε αυτές που θα ακολουθήσουν λαμβάνουμε υπό όψη μας τις ιδιαιτερότητες αυτές, ώστε να μπορέσουμε να προσδιορίσουμε την καλύτερη θέση για την τοποθέτηση σταθμών μέτρησης και παρακολούθησης στο Λακωνικό Κόλπο.

6.1 Μέτρηση- εγκατάσταση σταθμών μέτρησης

Προκειμένου να εγκαταστήσουμε σταθμούς μέτρησης θα πρέπει να λάβουμε υπό όψη μας κάποιες παραμέτρους. Έτσι εκτός της τεχνοοικονομικής μελέτης που πρέπει να γίνει και που θα πρέπει να περιλαμβάνει το κόστος κατασκευής και συντήρησης της εγκατάστασης, μελέτη για το υλικό κατασκευής, όγκο, μέγεθος, τεχνικά χαρακτηριστικά σταθμών κλπ, θα πρέπει από τις κατάλληλες θέσεις να διαλέξουμε αυτές που:

1. έχουν εύκολη πρόσβαση, αλλά προστατεύονται από την προσέγγιση μη εξουσιοδοτημένων ατόμων
2. είναι ασφαλείς από βανδαλισμούς
3. υπάρχουν οι κατάλληλες τεχνικές υποδομές (π.χ παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, τηλεφωνικής γραμμής κλπ)
4. παρέχουν στοιχεία αντιπροσωπευτικά για την περιοχή

Στην παρούσα εργασία θα προσπαθήσουμε να προσδιορίσουμε 3 αντιπροσωπευτικά σημεία στην ευρύτερη περιοχή του λακωνικού κόλπου προκειμένου, να εγκαταστήσουμε τους σταθμούς μέτρησης.

6.1.1 Επιλογή περιοχής εγκατάστασης -κριτήρια

Το πιο δύσκολο κομμάτι κατά την εγκατάσταση σταθμών παρακολούθησης είναι ο εντοπισμός των καταλληλότερων σημείων. Τα σημεία αυτά μπορούν να μας υπαγορεύονται άμεσα, π.χ πρέπει να εγκατασταθεί ένας σταθμός παρακολούθησης στο σημείο τάδε, είτε έμμεσα, όταν για παράδειγμα θέλουμε να μετρήσουμε στην ευρύτερη περιοχή. Σε κάθε περίπτωση πάντως ο προσδιορισμός του ακριβούς σημείου εγκατάστασης του σταθμού εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Καταρχήν εξαρτάται από το τι δεδομένα θέλουμε να πάρουμε, από πόσους σταθμούς θέλουμε ή πρέπει να εγκαταστήσουμε προκειμένου να πάρουμε τα δεδομένα αυτά, από το κόστος εγκατάστασης των σταθμών, από την πρόσβαση στην περιοχή, από την δυνατότητα εγκατάστασης σταθμών στην περιοχή (π.χ μπορεί να είναι περιοχή τουριστικής εκμετάλλευσης), κ.α

Προκειμένου επομένως να προσδιορίσουμε τα σημεία εγκατάστασης των σταθμών αρχικά κάνουμε μια **έρευνα αρχείου** και στην συνέχεια μια **έρευνα πεδίου**. Στην έρευνα αρχείου λαμβάνουμε υπό όψη μας όλες εκείνες τις παραμέτρους, που θα μας δώσουν μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα της περιοχής και των δυνατοτήτων που υπάρχουν για εγκατάσταση των σταθμών, τόσο από τεχνικής απόψεως όσο και από άποψης κόστους. Θα πρέπει για παράδειγμα να δούμε τα τοπογραφικά σχέδια της περιοχής, να επικοινωνήσουμε με τους Δήμους ή τις Κοινότητες και τους αντίστοιχους αρμόδιους φορείς (ιδιωτικούς ή/και δημόσιους), ώστε να είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε την τοπολογία της περιοχής, την πρόσβαση, την χρησιμότητα του χώρου (τουριστική περιοχή, κλπ), την ασφάλεια, ή εάν υπάρχουν υποδομές (ρεύμα, κλπ). Στην συνέχεια θα πρέπει να αναλύσουμε το τι θέλουμε να μετρήσουμε και άρα ποια τεχνολογία θα χρησιμοποιήσουμε για να πάρουμε τις συγκεκριμένες

μετρήσεις. Είναι διαθέσιμη η συγκεκριμένη τεχνολογία ; μας δίνει την δυνατότητα να μετρήσουμε τα δεδομένα που θέλουμε ; και άλλα παρόμοια ερωτήματα. Αφού λοιπόν κάνουμε την όποια θεωρητική προσέγγιση και είμαστε έτοιμοι για την εγκατάσταση προχωράμε στην έρευνα πεδίου. Στην έρευνα πεδίου, τοποθετούμε τους σταθμούς στα σημεία που προσδιορίσαμε από την έρευνα αρχείου και εφαρμόζουμε την μέθοδο δοκιμής και σφάλματος (trial and error). Παίρνουμε δηλαδή δεδομένα για κάποιο χρονικό διάστημα από το σημείο εγκατάστασης, αναλύουμε τα δεδομένα αυτά, τροφοδοτούμε με τα δεδομένα τα μοντέλα πρόγνωσης και πρόβλεψης που υπάρχουν στο κέντρο διαχείρισης και αξιολογούμε τα αποτελέσματα των μοντέλων. Η δοκιμή αρχικά γίνεται θεωρητικά, χωρίς δηλαδή να υπάρχει κάποιος ρυπαντής στην ευρύτερη περιοχή του Κόλπου, ενώ στην συνέχεια μπορεί να γίνει και πρακτικά, δημιουργώντας κάποια πιθανά σενάρια, βάσει της πληροφορίας για την κίνηση των πλοίων και την ύπαρξη ρυπαντικού φορτίου στην περιοχή, που μπορούμε να πάρουμε τόσο από το Λιμενικό Σώμα, όσο και από τα αντίστοιχα αρμόδια υπουργεία. Στην συνέχεια και αφού δημιουργήσουμε τα υποθετικά σενάρια, ρίχνουμε υλικό στην θαλάσσια περιοχή, με αντίστοιχα χαρακτηριστικά του πιθανού ρυπαντή και λαμβάνοντας τα δεδομένα που δίνουν οι σταθμοί μέτρησης για τις καιρικές συνθήκες και την κατάσταση της θάλασσας (τα δεδομένα που θα μετρήσουν οι σταθμοί έχουν ήδη αναφερθεί αναλυτικά σε προηγούμενα κεφάλαια), προσομοιώνουμε την κίνηση του ρυπαντή και προβλέπουμε αν αυτός κινηθεί προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση και σε πόσο χρόνο θα διανύσει πόση απόσταση. Στην συνέχεια συγκρίνουμε τα αποτελέσματα της προσομοίωσης με την πραγματικότητα και έτσι ελέγχουμε την αξιοπιστία τόσο των μοντέλων μας όσο και των δεδομένων που μέτρησαν οι σταθμοί παρακολούθησης.

Συνεχίζουμε την ίδια μέθοδο μέχρι να μπορέσουμε να βρούμε την θέση, στην οποία τα αποτελέσματα της προσομοίωσης είναι πιο κοντά στην πραγματικότητα.

Η όλη παραπάνω διαδικασία είναι φυσικά μια χρονοβόρος διαδικασία και απαιτείται σωστός χειρισμός και σωστή ανάγνωση των αποτελεσμάτων, ώστε να εξοικονομηθεί χρόνος και κόπος και οι θέσεις που θα επιλεγθούν να είναι όντως οι πιο αντιπροσωπευτικές.

Αν στην παρούσα εργασία θεωρήσουμε ότι το κόστος της κατασκευής δεν είναι περιοριστικός παράγοντας και ότι δεν υπάρχει κανένας άλλος περιορισμός σχετικά με την κατασκευή, τότε μπορούμε να προχωρήσουμε στην επιλογή των θέσεων που θα τοποθετήσουμε τους σταθμούς. Όπως ήδη αναφέραμε τα σημεία αυτά πρέπει να δίνουν αντιπροσωπευτικά στοιχεία για την περιοχή. Αφού δεν υπάρχει κάτι συγκεκριμένο να μετρήσουμε, όπως για παράδειγμα η συγκέντρωση των θρεπτικών στην κατάληξη του Ευρώτα, αλλά μας αρκεί να παίρνουμε δείγματα από την θάλασσα και τον αέρα και να υπολογίζουμε συγκεκριμένες παραμέτρους όπως αυτές που υπολογίζουν τα μοντέλα του υπολογιστικού κέντρου του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ, τότε δυνητικά θα μπορούσαμε να τοποθετήσουμε τους σταθμούς σε οποιοδήποτε σημείο.

Μια πρόταση είναι να τοποθετηθούν οι 3 σταθμοί σε διάταξη τριγώνου, με τις δυο κορυφές στα ακρωτήρια Ταίναρο και Μαλέα αντίστοιχα και την τρίτη στην καρδιά του λακωνικού κόλπου εκεί που καταλήγει ο Ευρώτας. Το πλεονέκτημα μια τέτοιας διάταξης είναι ότι οι σταθμοί θα μπορούν να συλλέγουν δεδομένα και από την γύρω ευρύτερη περιοχή, που όπως έχουμε ήδη αναφέρει είναι αρκετά ευαίσθητη λόγω της αυξημένης κίνησης πλοίων. Έτσι ο σταθμός στο ακρωτήριο Μαλέα θα μπορεί να ελέγχει και την ευαίσθητη περιοχή του Κρητικού πελάγους και να ειδοποιεί έγκαιρα για πιθανή πετρελαιοκηλίδα. Αντίστοιχα ο μετρητικός σταθμός στο ακρωτήριο Ταίναρο θα μπορεί να ελέγχει την ευαίσθητη περιοχή του Ιονίου πελάγους και να παρέχει κάλυψη για την ευρύτερη περιοχή. Ο τρίτος σταθμός θα τοποθετηθεί στο δέλτα του ποταμού Ευρώτα. Σίγουρα ο σταθμός αυτός θα δίνει στοιχεία διαφοροποιημένα σε σχέση με τους άλλους δυο, μια και τα γλυκά νερά του Ευρώτα επηρεάζουν την αλατότητα της περιοχής, ή η ύπαρξη του κόλπου περιορίζει το κυματισμό και τα επιφανειακά ρεύματα ή ακόμα η ύπαρξη του ποταμού διαφοροποιεί τα υπόγεια ρεύματα της περιοχής. Σαφώς επηρεάζονται όλοι οι παράμετροι που μετράνε οι μετρητικοί σταθμοί του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ και όχι μόνο αυτές που προαναφέραμε. Η ύπαρξη του τρίτου σταθμού στο δέλτα του ποταμού θα μπορέσει να μας προειδοποιήσει για ενδεχόμενη ρύπανση που απειλεί τις ακτές του κόλπου και δεν προέρχεται από την θάλασσα και κάποιο ατύχημα κατά την μεταφορά, αλλά από το ίδιο το ποτάμι.

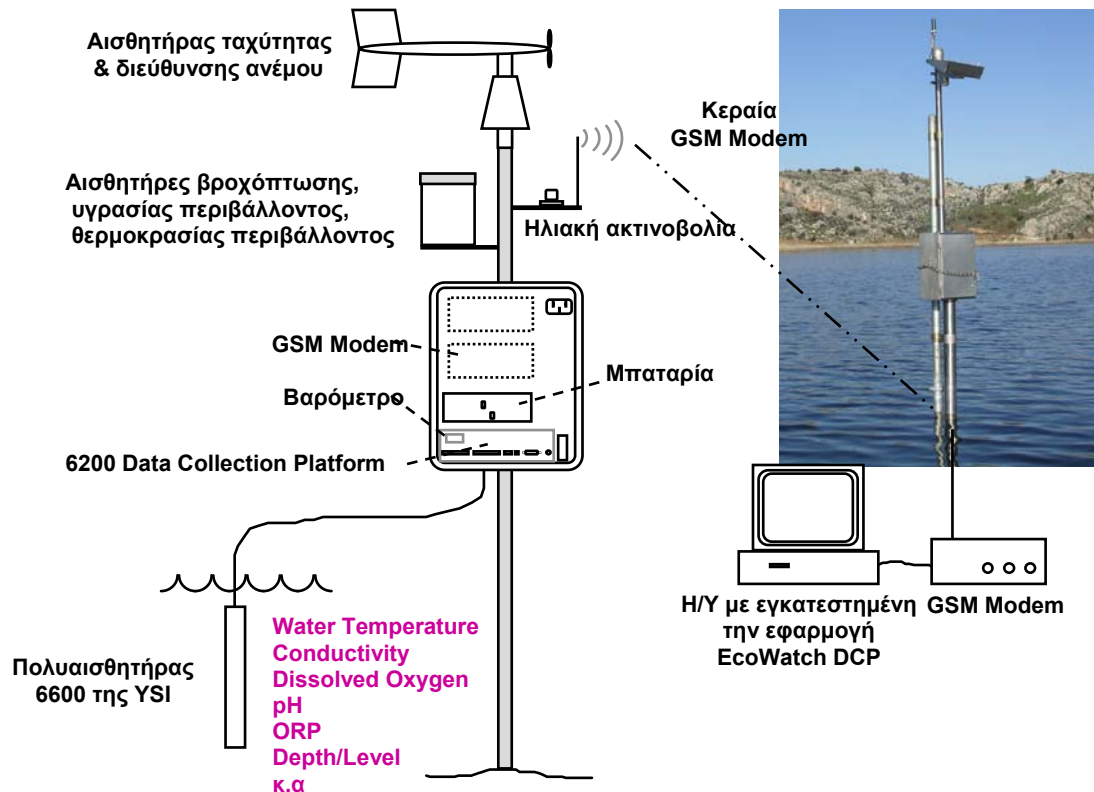
Εξάλλου μην ξεχνάμε ότι οι σταθμοί θα είναι πλωτοί και θα μπορούν να μεταφέρονται σε διαφορετικά σημεία, παράμετρος που μας βοηθάει να δοκιμάσουμε διάφορες θέσεις και τελικά να προσδιορίσουμε την καλύτερη.

Στην συνέχεια της εργασίας θα στηριχτούμε στην υπόθεση ότι οι μετρητικοί σταθμοί θα τοποθετηθούν σύμφωνα με την προαναφερθείσα πρόταση. Η ανάλυση που θα ακολουθηθεί αφορά τον εξοπλισμό και τα χαρακτηριστικά της εγκατάστασης.

6.1.2 Εξοπλισμός

Ο εξοπλισμός που θα χρησιμοποιήσουμε είναι αντίστοιχος του εξοπλισμού που χρησιμοποιεί το Σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ. Μια εναλλακτική λύση θα μπορούσε να ήταν οι σταθμοί μέτρησης που εγκαταστάθηκαν στα πλαίσια του προγράμματος LIFE-NATURA, Προστασία και διαχείριση Στροφυλιάς-Κοτυχίου. Σε κάθε περίπτωση πάντως, στόχος είναι η τοποθέτηση 2 ή 3 πλωτήρων, οι οποίοι θα έχουν την δυνατότητα να μετράνε θερμοκρασία και υγρασία αέρα, ατμοσφαιρική πίεση, ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου, θερμοκρασία επιφάνειας θάλασσας, ύψος, περίοδος και διεύθυνση κύματος, ταχύτητα και διεύθυνση ρεύματος, θερμοκρασία σε βάθη 50μ, επιφανειακή θερμοκρασία, απορρόφηση φωτεινότητας, αλατότητα σε βάθη 50μ, επιφανειακή αλατότητα, επιφανειακό διαλυμένο οξυγόνο, επιφανειακή ραδιενεργό ακτινοβολία, χλωροφύλλη και θρεπτικά στοιχεία, ηλιακή ακτινοβολία, βροχοπτώση.

Στο επόμενο σχήμα φαίνεται ένας σταθμός μέτρησης, από αυτούς που χρησιμοποιήθηκαν στο πρόγραμμα LIFE-NATURA, Προστασία και διαχείριση Στροφυλιάς-Κοτυχίου, ενώ στα πλαίσια του ίδιου προγράμματος γίνονται και προτάσεις για συγκεκριμένο εξοπλισμό [51].



Εικόνα 6.1.2.1 Σταθμός μέτρησης προγράμματος LIFE-NATURA

6.1.3 Χαρακτηριστικά εγκατάστασης

Εκτός από τους σταθμούς μέτρησης και τον εξοπλισμό που αυτοί φέρουν, μια τέτοια εγκατάσταση αποτελείται και από το τηλεπικοινωνιακό σύστημα μεταφοράς δεδομένων και από το κέντρο διαχείρισης δεδομένων.

Όσον αφορά στα τηλεπικοινωνιακά συστήματα μεταφοράς δεδομένων προτείνουμε αυτά να είναι ίδια με αυτά που χρησιμοποιεί και το σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ. Δηλαδή είτε Δορυφορικός τρόπος επικοινωνίας είτε Ραδιοκύματα UHF είτε Κινητή Τηλεφωνία GSM.

Τέλος και όσον αφορά στο κέντρο διαχείρισης δεδομένων, προτείνουμε αυτό είτε να είναι το ίδιο με το κέντρο διαχείρισης του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ για εξοικονόμηση κόστους είτε να φτιαχτεί μια μικρογραφία του κέντρου διαχείρισης του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ στον νομό Λακωνίας, το οποίο να δέχεται και να επεξεργάζεται τα δεδομένα των

πλωτήρων και να βγάξει τα πρώτα αποτελέσματα. Το κέντρο θα πρέπει να βρίσκεται σε αστική περιοχή ή κοντά σε αυτή, ώστε να εξασφαλίζεται ότι θα παρέχονται όλες οι υποδομές που απαιτούνται για να λειτουργήσει. Πρόταση δική μας είναι να μην κατασκευαστεί ξεχωριστό κέντρο διαχείρισης στην Λακωνία, αλλά να παραχωρηθεί χώρος και φυσικός και στους εξυπηρετητές (servers) του κέντρου διαχείρισης του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ, το οποίο βρίσκεται στην Ανάβυσσο, στο νομό Αττικής, αποκλειστικά και μόνο για την διαχείριση των πλωτήρων του Λακωνικού Κόλπου. Έτσι και κόστος θα εξοικονομηθεί και οι δυνατότητες που προσφέρονται από το πλήρως εξοπλισμένο κέντρο του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ είναι πολύ μεγαλύτερες από ότι ένα οποιοδήποτε άλλο μικρότερο κέντρο. Ο εξοπλισμός του κέντρου διαχείρισης του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ και τα τεχνικά χαρακτηριστικά έχουν ήδη αναφερθεί στο αντίστοιχο κεφάλαιο. Για περισσότερες και αναλυτικότερες πληροφορίες τόσο η ιστοσελίδα όσο και οι επιστήμονες του ΠΟΣΕΙΔΩΝ είναι διαθέσιμοι.

6.2 Επεξεργασία δεδομένων σταθμών μέτρησης

Τα δεδομένα που θα λαμβάνονται από τους σταθμούς μέτρησης και σύμφωνα με τα όσα ήδη έχουμε αναφέρει θα είναι:

- 1) θερμοκρασία και υγρασία αέρα,
- 2) ατμοσφαιρική πίεση,
- 3) ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου,
- 4) θερμοκρασία επιφάνειας θάλασσας,
- 5) ύψος, περίοδος και διεύθυνση κύματος,
- 6) ταχύτητα και διεύθυνση ρεύματος,
- 7) θερμοκρασία σε βάθη 50μ,
- 8) επιφανειακή θερμοκρασία,
- 9) απορρόφηση φωτεινότητας,
- 10) αλατότητα σε βάθη 50μ, επιφανειακή αλατότητα,
- 11) επιφανειακό διαλυμένο οξυγόνο,
- 12) επιφανειακή ραδιενεργό ακτινοβολία,
- 13) χλωροφύλλη και
- 14) θρεπτικά στοιχεία, ηλιακή ακτινοβολία, βροχόπτωση

θα μεταδίδονται με κάποιο από τα τρία συστήματα τηλεπικοινωνιακής μετάδοσης στο κέντρο διαχείρισης. Εκεί θα χρησιμοποιούνται σαν παράμετροι εισόδου στα μοντέλα πρόβλεψης, το αποτέλεσμα των οποίων θα δίνει την πιθανή πορεία του ρυπαντή. Ο τρόπος επεξεργασίας των δεδομένων των σταθμών μέτρησης από τα



μοντέλα πρόβλεψης του κέντρου διαχείρισης είναι ο ίδιος με τον τρόπο επεξεργασίας των δεδομένων των πλωτήρων του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ. Περισσότερες λεπτομέρειες για το πώς λειτουργούν τα μοντέλα πρόβλεψης και σε ποιες μαθηματικές εξισώσεις στηρίζονται μπορούν να αναζητηθούν στην διεθνή βιβλιογραφία.

6.3 Δράσεις αντιμετώπισης κινδύνου

Είναι σαφές πως η καλύτερη αντιμετώπιση κινδύνου είναι η πρόληψη.

Η εκ των προτέρων σωστή διαχείριση των μέσων μιας ενέργειας εξασφαλίζει μέχρι ένα ικανοποιητικό βαθμό την αποφυγή ατυχήματος και επομένως την ανάγκη αντιμετώπισης του κινδύνου που προκύπτει από το ατύχημα. Συγκεκριμένα η καλύτερη αντιμετώπιση του κινδύνου που προκύπτει από ατυχήματα κατά την μεταφορά καυσίμων είναι η μείωση των ατυχημάτων. Τι συμβαίνει όμως στην περίπτωση που το ατύχημα είναι αναπόφευκτο και συνεπώς ο κίνδυνος υπαρκτός ; Σε τέτοιες περιπτώσεις υπάρχει ένα εθνικό σχέδιο έκτακτης ανάγκης που καθορίζει τις ενέργειες που πρέπει να δρομολογηθούν από συγκεκριμένους φορείς και σε ορισμένο χρόνο προκειμένου την έγκαιρη αντιμετώπιση του περιβαλλοντικού κινδύνου. Την δομή ενός τέτοιου σχεδίου είδαμε αναλυτικά στο κεφάλαιο 1.

Στην Ελλάδα το Εθνικό Σχέδιο Έκτακτης Ανάγκης καθορίζει ότι αρμόδιος φορέας για την αντιμετώπιση της ρύπανσης της θάλασσας και των ακτών από πετρέλαιο και άλλες ρυπαντικές ουσίες είναι η αρμόδια Διεύθυνση (ΔΠΘΠ) του υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας, η οποία στελεχώνεται από Αξιωματικούς του Λιμενικού Σώματος και Πολιτικό Προσωπικό. Σε μικρά περιστατικά, η καταπολέμηση συντονίζεται από την τοπική Λιμενική Αρχή. [32].

Αντικειμενικός σκοπός του Εθνικού Σχεδίου Πρόληψης και Καταπολέμησης της Ρύπανσης, είναι η προετοιμασία και η οργάνωση όλων των απαραίτητων ενεργειών, καθώς και ο καθορισμός του τρόπου ενεργοποίησης των εμπλεκόμενων Κρατικών και Ιδιωτικών Φορέων σε όλη την Ελληνική Επικράτεια, ώστε σε περίπτωση περιστατικού ρύπανσης ή άμεσου κινδύνου πρόκλησης ρύπανσης της θάλασσας ή των ακτών, να αναληφθούν έγκαιρα και συντονισμένα οι απαραίτητες ενέργειες για την εξουδετέρωση των δυσμενών επιπτώσεων στο θαλάσσιο περιβάλλον και την προστασία των συμφερόντων των κατοίκων και του κοινωνικού συνόλου.

Η επίτευξη των στόχων αυτών διασφαλίζεται με τις παρακάτω δραστηριότητες:

Πρόληψη της ρύπανσης που επιτυγχάνεται με:

1. Τη διενέργεια προληπτικών ελέγχων και επιθεωρήσεων των χερσαίων εγκαταστάσεων ανά την επικράτεια (βιομηχανίες, ναυπηγεία, διυλιστήρια κ.λ.π.) σε συνεργασία με τις αρμόδιες Νομαρχιακές Υπηρεσίες.
2. Τη διενέργεια ελέγχων ή επιθεωρήσεων των πλοίων (Ελληνικών ή υπό ξένη σημαία) που διαπλέουν τις ελληνικές θάλασσες και καταπλέουν στα λιμάνια μας.
3. Την εκπαίδευση του προσωπικού των κεντρικών Υπηρεσιών του Υ.Ε.Ν και των Λιμενικών Αρχών, αλλά και των χερσαίων εγκαταστάσεων, ώστε να μπορούν να

αντιμετωπίζουν έγκαιρα, συντονισμένα και αποτελεσματικά οποιοδήποτε περιστατικό ρύπανσης.

4. Την εκτέλεση ασκήσεων, ώστε να ελέγχεται η ετοιμότητα του προσωπικού και η εκπαίδευση τους στη χρήση των μέσων καταπολέμησης.
5. Την κατάρτιση και εφαρμογή Τοπικού Σχεδίου Πρόληψης και Καταπολέμησης της Ρύπανσης, σε κάθε Λιμενική Αρχή, στο οποίο να λαμβάνονται υπόψη οι τοπικές συνθήκες, οι περιβαλλοντικά ευαίσθητες περιοχές και οι δραστηριότητες που αναπτύσσονται στην περιοχή.
6. Την κατασκευή και λειτουργία ευκολιών υποδοχής για την παραλαβή των κάθε είδους απορριμμάτων και καταλοίπων των πλοίων, σε όλα τα λιμάνια της Χώρας.
7. Την συνεχή προσπάθεια εκσυγχρονισμού των διατιθέμενων μέσων και υλικών καταπολέμησης της ρύπανσης [32].

Προστασία των ευαίσθητων περιοχών και των προστατευομένων θαλάσσιων ειδών:

Έχουν ληφθεί κατάλληλα νομοθετικά μέτρα για το χαρακτηρισμό και την προστασία των θαλάσσιων περιοχών στις οποίες διαβιούν, αναπαράγονται ή καταφεύγουν σπάνια θαλάσσια είδη (π.χ. φώκια *Monachus Monachus*, χελώνα *Caretta Caretta*), ή των περιοχών που αποτελούν σημαντικούς υγροβιότοπους αναπαραγωγής ή καταφύγια ζωικών ειδών [32].

Διαμόρφωση κοινής γνώμης:

Η διαμόρφωση μιας «νέας», φιλικής προς το περιβάλλον, άποψης της κοινής γνώμης και η ευαισθητοποίηση των νέων, ώστε να υιοθετηθεί μια «συμπεριφορά σεβασμού» απέναντι στο θαλάσσιο περιβάλλον και να επιτευχθεί η συνειδητή συμμετοχή όλων στη προσπάθεια διαφύλαξης και προστασίας [32].

Άμεση καταπολέμηση των περιστατικών που επιτυγχάνεται με:

1. Την άμεση ενεργοποίηση και εφαρμογή του υφιστάμενου Τοπικού ή Εθνικού Σχεδίου Έκτακτης Ανάγκης και την εκμετάλλευση όλων των διατιθέμενων μέσων και εξοπλισμού.
2. Την χρήση επιστημονικών και "φιλικών" προς το περιβάλλον μεθόδων καταπολέμησης της ρύπανσης της θάλασσας και των ακτών [32].

Σήμερα έχουν ιδρυθεί Περιφερειακοί Σταθμοί Καταπολέμησης Ρύπανσης (ΠΣΚΡ) στα περισσότερα λιμάνια της χώρας. Οι σταθμοί αυτοί υπάγονται διοικητικά στις Λιμενικές Αρχές, στελεχώνονται με εκπαιδευμένο προσωπικό, είναι εφοδιασμένοι με τα κατάλληλα μέσα και υλικά, ώστε να είναι δυνατή η άμεση επέμβαση και αντιμετώπιση ενός περιστατικού ρύπανσης της θάλασσας δεδομένου ότι ο χρόνος αποτελεί κρίσιμο παράγοντα. Η Λιμενική Αρχή μπορεί να χρησιμοποιεί και να

συντονίζει μέσα και υλικά που ανήκουν σε εγκαταστάσεις ξηράς, σε πλοία ή σε ιδιωτικές εταιρείες καταπολέμησης ρύπανσης. Σε περιπτώσεις πετρελαιοκηλίδων που προκαλούνται από άγνωστο υπαίτιο, οι εργασίες απορρύπανσης της θάλασσας αναλαμβάνονται από τις Λιμενικές Αρχές, ενώ ο καθορισμός της ακτογραμμής πραγματοποιείται από την Πρωτοβάθμια Τοπική Αυτοδιοίκηση.

Το Εθνικό Σχέδιο Έκτακτης Ανάγκης καθορίζει ότι η μηχανική ανάκτηση πετρελαίου είναι η πρωταρχική μέθοδος αντιμετώπισης σε παράκτιες περιοχές. Η χρήση χημικών διασποράς επιτρέπεται μόνο στην ανοιχτή θάλασσα εκτός περικλειστών και ευαίσθητων θαλάσσιων περιοχών, όταν η μηχανική ανάκτηση πετρελαίου είναι αδύνατη λόγω των επικρατουσών καιρικών συνθηκών. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο προϊόντα εγκεκριμένα από το Γενικό Χημείο του Κράτους και Εθνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών. Τα στερεοποιημένα πετρελαιοειδή και τα επιπλέοντα απορρίματα διατίθενται σε εγκεκριμένους χερσαίους χώρους.

Αμέσως μόλις εντοπισθεί ρύπανση με πετρέλαιο στις Ελληνικές Θάλασσες και ακτές γίνονται τα παρακάτω βήματα :

1. Κινητοποιούνται από τη Λιμενική αρχή σε συνεργασία με την ΔΠΘΠ ή το ΕΚΣΕΔ τα κατάλληλα μέσα επιτήρησης για τη συλλογή πληροφοριών και την αξιολόγηση της κατάστασης.
2. Ανάλογα με τη σοβαρότητα του περιστατικού ο Τοπικός Συντονιστής (Λιμενάρχης) ενεργοποιεί το Τοπικό Σχέδιο Καταπολέμησης της Ρύπανσης.
3. Αν το περιστατικό είναι σοβαρό, ο Τοπικός Συντονιστής μπορεί να χρησιμοποιήσει το προσωπικό και τον εξοπλισμό που ανήκουν σε εταιρείες πετρελαιοειδών και ιδιωτικές εταιρείες απορρύπανσης.



4. Σε ιδιαίτερα σοβαρά περιστατικά, ο Τοπικός Συντονιστής μπορεί να ζητήσει από τη ΔΠΘΠ την αποστολή ενισχύσεων σε ανθρώπινο δυναμικό και εξοπλισμό, ενώ η σχεδίαση και ο συντονισμός των εργασιών καταπολέμησης σε αυτές τις περιπτώσεις αναλαμβάνεται από τον Εθνικό Συντονιστή (ΔΠΘΠ) με Κλιμάκιο που αποστέλλεται στην περιοχή.
5. Σε εξαιρετικά σοβαρά περιστατικά, ο Εθνικός Συντονιστής μπορεί να ζητήσει βοήθεια σε μέσα και εξοπλισμό από άλλες Μεσογειακές ή Ευρωπαϊκές χώρες μέσω του Περιφερειακού Κέντρου Καταπολέμησης της Ρύπανσης της Μεσογείου Θαλάσσης (REMPEC) ή της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EU) [32].

Παρακάτω κάνουμε εκτενή αναφορά στις μεθόδους καταπολέμησης μιας πετρελαιοκηλίδας.

Η απόφαση για την επιλογή της μεθόδου καταπολέμησης μιας πετρελαιοκηλίδας, εξαρτάται από συγκεκριμένους παράγοντες όπως :

1. την ποιότητα και το είδος της ρυπογόνου ουσίας
2. την απόσταση από τις ακτές και τον κίνδυνο προσβολής ευαίσθητων περιοχών
3. τις επικρατούσες και αναμενόμενες καιρικές συνθήκες
4. την διαθεσιμότητα εξοπλισμού καταπολέμησης
5. τον χρόνο εντοπισμού της ρύπανσης [32].

Η επέμβαση του ανθρώπου για την καταπολέμηση της ρύπανσης δεν είναι πάντα απαραίτητη. Αν το είδος του πετρελαίου είναι τέτοιο που μπορεί να διασκορπιστεί και να αποδομηθεί φυσικά, χωρίς να ρυπάνει τις ακτές και τα καταστρέψει την άγρια φύση, απλά η παρακολούθηση της φυσικής αποδόμησης ίσως να είναι αρκετή. Σε περιπτώσεις όμως που θα χρειαστεί να επέμβουμε οι κύριες μέθοδοι καταπολέμησης της ρύπανσης είναι :

1. ο εγκλωβισμός της κηλίδας, με πλωτά φράγματα και η περισυλλογή του πετρελαίου με μηχανικά μέσα
2. Η τοποθέτηση πλωτών φραγμάτων για την αποτροπή προσβολής ευαίσθητων θαλάσσιων περιοχών και ακτών.
3. η χρήση χημικών διασκορπιστικών ουσιών (ΧΔΟ)
4. Η μηχανική διασπορά της κηλίδας σε περιπτώσεις που δεν απαιτείται καταπολέμηση



5. η επί τόπου καύση της κηλίδας,
6. ο καθαρισμός της ρυπανθείσας ακτογραμμής με διάφορα μηχανικά ή χειρωνακτικά μέσα. [32]

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται οι μέθοδοι αντιμετώπισης των πετρελαιοκηλίδων :

Κατηγορία Μεθόδων Αντιμετώπισης	Τεχνολογία
Φυσικές Μέθοδοι	Φυσική Βιοεξυγίανση
Μη χημικές Μέθοδοι	Φράγματα (booms) Βραχίονες αναρρόφησης (skimmers) Ξέπλυμα (washing) Επί τόπια καύση (In-situ burning) Καθίζηση (Sediment relocation/Surf-washing) Tiling Χειρωνακτική απομάκρυνση (wiping) Μηχανική απομάκρυνση
Χημικές Μέθοδοι	Διαλύτες (dispersants) Σταθεροποιητές (solidifiers) Επιφανειακά χημικά (surface film chemicals) Demulsifiers

Πίνακας 6.3.1 Μέθοδοι αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδων [4]

Αναλυτικότερα :

Μία από τις πρώτες ενέργειες αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδας είναι η χρήση χημικών ουσιών διασποράς ή η χρήση φραγμάτων (booms) και skimmers προκειμένου να συγκρατήσουμε και να ανακτήσουμε το πετρέλαιο. Για να είναι όμως οι παραπάνω ενέργειες αποτελεσματικές θα πρέπει να επικρατούν οι κατάλληλες συνθήκες.

Ο τύπος του πετρελαίου και οι πιθανές επιπτώσεις που μπορεί να προκαλέσει η χρήση χημικών διασποράς μπορεί να αποκλείσει την χρήση χημικών. Για παράδειγμα η χρήση χημικών δεν είναι αποτελεσματική σε κοινά πετρέλαια που έχουν υψηλό ιξώδες , ενώ γρήγορα γίνεται αναποτελεσματική και σε ελαφρύτερα πετρέλαια εξαιτίας των φυσικών διεργασιών διάβρωσης ή το σχηματισμό γαλακτωμάτων που αυξάνουν πολύ γρήγορα το ιξώδες του πετρελαίου (συνήθως από μερικές ώρες μέχρι ένα δυο ημέρες). Επίσης η εφαρμογή χημικών διασποράς για την αντιμετώπιση μεγάλων ποσοτήτων πετρελαίου απαιτεί ειδικό εξοπλισμό και εκτεταμένη υλικοτεχνική υποστήριξη.



Όσο αφορά την τεχνική συγκράτησης και ανάκτησης του πετρελαίου με booms και skimmers, η αποτελεσματικότητά της εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην θάλασσα.

Λόγω των δυσκολιών της υλικοτεχνικής υποστήριξης στη συλλογή του πετρελαίου από την επιφάνεια της θάλασσας και την αποθήκευσή του πριν από την τελική διάθεσή στην γη, μια εναλλακτική προσέγγιση υπαγορεύει την συγκέντρωση του πετρελαίου σε ειδικά πυρίμαχα φράγματα με σκοπό την καύση του. Η συγκεκριμένη τεχνική συγκεντρώνει μικρές πιθανότητες να είναι βιώσιμη σε περιπτώσεις που η διαρροή είναι από πλοία, λόγω της δυσκολίας που συνεπάγεται η συλλογή και η διατήρηση επαρκούς πάχους πετρελαίου για καύση.

Συμπερασματικά λοιπόν μόνο ένα μικρό μέρος της διαρροής μπορεί να αντιμετωπιστεί στη θάλασσα και είναι σχεδόν αναπόφευκτο ότι το πετρέλαιο θα απειλήσει παράκτιους πόρους. Οι προτεραιότητες για την προστασία και την απορρύπανση θα πρέπει να συμφωνηθούν και να επιλεγθούν με προσοχή, ώστε να εξασφαλίσουμε ότι οι τεχνικές που θα χρησιμοποιηθούν δεν θα προκαλέσουν μεγαλύτερη ζημιά από ότι το ίδιο το πετρέλαιο.

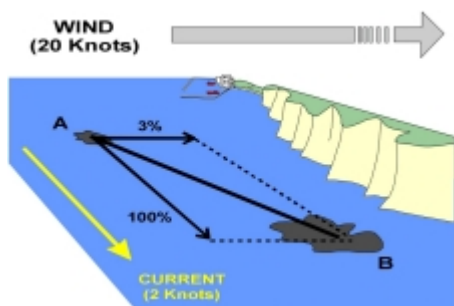
Παρακάτω αναφέρουμε ένα ολοκληρωμένο σχέδιο δράσης αντιμετώπισης μια πετρελαιοκηλίδας. Ένα τέτοιο σχέδιο θα πρέπει να περιλαμβάνει την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου εντοπισμού της πετρελαιοκηλίδας, την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου περιορισμού της διαρροής, την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου ανάκτησης ή διάλυσης της κηλίδας, ώστε να μην φτάσει αυτή στις ακτές, την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου επεξεργασίας και διάθεσης των υπολειμμάτων μετά την αντιμετώπιση της πετρελαιοκηλίδας και τέλος την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου επαναφοράς του φυσικού τοπίου στην πρότερη κατάστασή του.

6.3.1 Εντοπισμός πετρελαιοκηλίδας

Ο εντοπισμός μιας πετρελαιοκηλίδας μπορεί να γίνει είτε με αεροφωτογραφίες είτε με παρατήρηση. Οι αεροφωτογραφίες χρησιμοποιούνται για να αξιολογήσουν την θέση και την έκταση της ρύπανσης και να επαληθεύσουν τις προβλέψεις για την κίνηση της πετρελαιοκηλίδας στην θάλασσα. Η εναέρια επιτήρηση παρέχει πληροφορίες που διευκολύνουν την ανάπτυξη και τον έλεγχο των ενεργειών στην θάλασσα, την έγκαιρη προστασία των περιοχών που απειλούνται κατά μήκος των ακτών και την προετοιμασία των πόρων για τον καθαρισμό των ακτογραμμών. Η παρατήρηση μπορεί να γίνει είτε οπτικά είτε με την χρήση συστημάτων τηλεπισκόπησης. Το σύστημα τηλεπισκόπησης εντοπίζει χαρακτηριστικά της θαλάσσιας επιφάνειας όπως : το χρώμα, η ανάκλαση, η θερμοκρασία και η (τρικυμία). Το πετρέλαιο μπορεί να ανιχνευτεί στην επιφάνεια της θάλασσας όταν

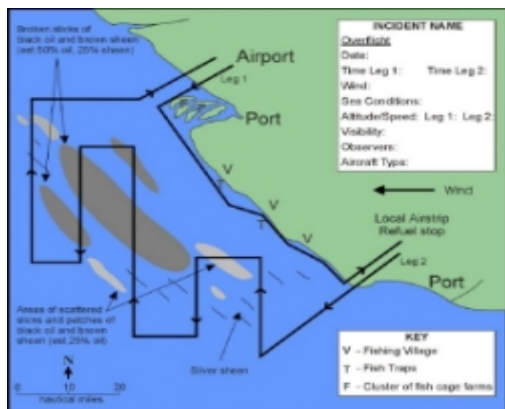
τροποποιείται ένα ή περισσότερα από τα παραπάνω χαρακτηριστικά. Συστήματα τηλεπισκόπησης μέσω δορυφόρου μπορούν επίσης να ανιχνεύσουν πετρέλαιο στο νερό. Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται είναι είτε οπτικοί και ανιχνεύουν στο ορατό φάσμα ή στην περιοχή των υπέρυθρων συχνοτήτων είτε χρησιμοποιούν ραντάρ. Αυτά τα συστήματα όμως απαιτούν καθαρό ουρανό και μέχρι σήμερα είναι περιορισμένη η χρήση τους.

Από την άλλη η οπτική παρατήρηση είναι η απλούστερη μέθοδος προσδιορισμού της θέσης και του μεγέθους της πετρελαιοκηλίδας.



Η θέση της πετρελαιοκηλίδας μπορεί να προβλεφθεί χρησιμοποιώντας δεδομένα του ανέμου και των ρευμάτων. Η κινούμενη πετρελαιοκηλίδα θα κινηθεί προς τον πνέοντα άνεμο στο 3% της ταχύτητας του ανέμου και στο 100% της ισχύος των επιφανειακών θαλάσσιων ρευμάτων. Κοντά στην ακτή η ισχύς και η

κατεύθυνση των παλιρροιακών ρευμάτων πρέπει να λαμβάνεται υπό όψη στην πρόβλεψη της κίνησης της πετρελαιοκηλίδας, ενώ σε ανοιχτή θάλασσα τα ωκεάνια ρεύματα υποσκελίζουν την παλιρροιακή κίνηση. Υπολογιστικά μοντέλα μπορούν να αναπαραστήσουν την πορεία μιας πετρελαιοκηλίδας, αλλά η ακρίβεια οποιασδήποτε μεθόδου εξαρτάται από την ποιότητα των υδρογραφικών δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν και την αξιοπιστία των προβλέψεων για την ταχύτητα και την κατεύθυνση του ανέμου.



Μια κινούμενη πετρελαιοκηλίδα έχει την τάση να επιμηκύνεται και να ευθυγραμμίζεται παράλληλα με την κατεύθυνση του ανέμου.



Σε κάθε περίπτωση πάντως θα πρέπει να προσέξουμε, ώστε να ερμηνεύσουμε σωστά τις πληροφορίες που μας δίνουν τόσο οι αεροφωτογραφίες, όσο και η οπτική παρατήρηση. Από τον αέρα είναι εξαιρετικά δύσκολο να διακρίνουμε αν οι σκιάσεις που δημιουργούνται στην θάλασσα προέρχονται από το πετρέλαιο ή από σκιές από σύννεφα, κυματισμούς,

διαφορές στο χρώμα του νερού σε δυο διπλανές μάζες, ιζήματα, απόβλητα και βιομηχανικά λύματα, επιπλέοντα φύκια, κοραλλιογενείς κ.α. Για το λόγο αυτό η ερμηνεία των αεροφωτογραφιών πρέπει να γίνεται από έμπειρους και ειδικούς. Αν μάλιστα καταφέρουμε να διακρίνουμε ότι οι σκιάσεις αφορούν όντως πετρελαιοκηλίδα, τότε μια σωστή εκτίμηση της ποσότητας του πετρελαίου που κινείται στην θάλασσα, θα αποτελέσει πυξίδα για τις ενέργειες αντιμετώπισης που θα ακολουθήσουν. Μια εκτίμηση του πάχους της πετρελαιοκηλίδας και αν πρόκειται για γαλακτώματα ή για παχύρευστο πετρέλαιο, όπως το αργό πετρέλαιο, σαφώς βοηθάει στην οργάνωση της επιχείρησης αντιμετώπισης. Εντούτοις είναι πολύ δύσκολο να προσδιοριστεί από τον αέρα το πάχος της πετρελαιοκηλίδας για τους λόγους που ήδη αναφέραμε. Παρόλα αυτά υπάρχουν κάποια χαρακτηριστικά του ίδιου του πετρελαίου που μας βοηθάνε να καταλάβουμε για τι πάχος μιλάμε. Στον επόμενο πίνακα συνοψίζονται τα χαρακτηριστικά αυτά [3].

Είδος Πετρελαίου	Εμφάνιση	Πάχος	Όγκος(m ³ /km ²)
Oil Sheen	Ασημί	>0.0001mm	0.1
Oil Sheen	Ιριδίζον	>0.0003mm	0.3
Αργό πετρέλαιο	Καφέ προς μαύρο	>0.1mm	100
Γαλακτώμα	Καφέ/πορτοκαλί	>1mm	1000

Πίνακας 6.3.1.1 Χαρακτηριστικά πετρελαίου

6.3.2 Περιορισμός και ανάκτηση της πετρελαιοκηλίδας

Η χρήση των πλωτών φραγμάτων για να συγκεντρώσουμε και να περιορίσουμε το πετρέλαιο που επιπλέει προτού αυτό ανακτηθεί από εξειδικευμένους βραχίονες-



skimmers, θεωρείται συχνά ως η ιδανική λύση σε μια πετρελαιοκηλίδα, διότι απομακρύνει το πετρέλαιο από το θαλάσσιο περιβάλλον. Δυστυχώς, η προσέγγιση αυτή πάσχει από μια σειρά βασικών προβλημάτων, όχι λιγότερο σημαντικό από τα οποία είναι το γεγονός ότι βρίσκεται σε άμεση αντίθεση προς την φυσική τάση του πετρελαίου να εξαπλώνεται, να

κατακερματίζεται και να διασπείρεται υπό την επίδραση του ανέμου, των κυμάτων και των ρευμάτων. Σε μη ήρεμες θάλασσες, μια μεγάλη πετρελαιοκηλίδα χαμηλού ιξώδους μπορεί να διασκορπιστεί σε πολλά τετραγωνικά χιλιόμετρα μέσα σε λίγες ώρες. Τα συστήματα ανάκτησης του πετρελαίου, όμως, έχουν συνήθως πλάτος βραχίονα λίγα μόνο μέτρα, ενώ κινιούνται με αργές ταχύτητες κατά την ανάκτηση του πετρελαίου. Έτσι, ακόμη και αν μπορούν να μπουν σε λειτουργία μέσα σε λίγες ώρες, δεν θα μπορέσουν να μαζέψουν παρά μόνο ένα κλάσμα της διασκορπισμένης κηλίδας. Αυτός είναι και ο κύριος λόγος γιατί ο περιορισμός και η συγκέντρωση του πετρελαίου στη θάλασσα σπάνια καταλήγει στην απομάκρυνση περισσότερων από ένα σχετικά μικρό ποσοστό της μεγάλης διαρροής, στην καλύτερη περίπτωση, μόνο 10-15% και συχνά λιγότερο.

Μια κοινή δυσκολία όταν θέτουμε σε λειτουργία τους βραχίονες και τα πλωτά φράγματα για να ανακτήσουμε το πετρέλαιο, είναι ο έλεγχος των κινήσεων και δραστηριοτήτων των σκαφών και η δυνατότητα κατεύθυνσής τους στο παχύ κομμάτι της κηλίδας. Αυτό μπορεί να ξεπεραστεί με την χρήση αεροσκαφών που είναι εξοπλισμένα με συστήματα επικοινωνίας αέρος- θαλάσσης. Γενικά, η συγκράτηση και η ανάκτηση πετρελαίου στην θάλασσα, απαιτεί εκτενή υλικοτεχνική στήριξη, η οποία δεν πρέπει να υποτιμάται.



Οι επιχειρήσεις ανάκτησης και συγκράτησης του πετρελαίου στη θάλασσα περιορίζονται από τις άσχημες καιρικές συνθήκες και την μη ήρεμη θάλασσα. Το να χειρίζεσαι υγρό, λιπαρό, ολισθηρό εξοπλισμό πάνω σε σκάφη που κινούνται είναι δύσκολο και μπορεί να θέσει σε κίνδυνο το προσωπικό. Η δράση των ανέμων, των ρευμάτων και των κυμάτων μειώνει σοβαρά

την ικανότητα των φραγμάτων να συγκρατήσουν το πετρέλαιο και των βραχιόνων να το ανακτήσουν. Στην πράξη, η πιο αποτελεσματική ανάκτηση πετρελαίου επιτυγχάνεται μόνο υπό συνθήκες ηρεμίας. Όταν επιχειρούμε κατά την συγκράτηση και ανάκτηση πετρελαίου είναι σημαντικό να επιλέξουμε εξοπλισμό, ο οποίος είναι κατάλληλος για τον τύπο του πετρελαίου και τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες και τη θάλασσα. Οι προσπάθειές μας θα πρέπει να στοχεύουν στις μεγάλες συγκεντρώσεις πετρελαίου και σε περιοχές, όπου η συλλογή θα μειώσει την πιθανότητα το πετρέλαιο να φτάσει ευαίσθητες περιοχές και πόρους. Όσο το πετρέλαιο διαβρώνεται λόγω καιρικών συνθηκών και αυξάνεται το ιξώδες του, οι τεχνικές και ο εξοπλισμός καθαρισμού θα πρέπει να αξιολογούνται εκ νέου και να τροποποιούνται.

Τα πλωτά φράγματα που χρησιμοποιούνται σε επιχειρήσεις μηχανικής συλλογής του πετρελαίου διαφέρουν σημαντικά στο σχεδιασμό τους, εντούτοις όλα χαρακτηρίζονται από κάποιες κοινά χαρακτηριστικά :

1. ελεύθερη επιφάνεια για να εμποδιστεί ή να περιοριστεί το splashover,
2. μεμβράνη κάτω από την επιφάνεια του φράγματος για να εμποδίσει το πετρέλαιο να αποδράσει,
3. σύστημα επίπλευσης με συσκευές αέρα ή υλικό που χρησιμοποιείται για τις σηματοδότες,
4. διαμήκεις σχοινί ή αλυσίδα για να συγκρατεί το φράγμα απέναντι στα ρεύματα, τον αέρα και τα κύματα και να το κρατάει σε όρθια θέση στο νερό.

Υπάρχουν μικρά και ελαφριά φράγματα για επιχειρήσεις σε μικρούς και στενούς χώρους, όπως είναι τα λιμάνια, αλλά και μεγάλα και ογκώδη, που για να τα χειριστεί



κανείς χρειάζεται ειδικά σχεδιασμένα πλοiάρια, για επιχειρήσεις σε ανοιχτή θάλασσα. Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό ενός φράγματος είναι η ποσότητα του πετρελαίου που μπορεί να περικυκλώσει, σε συνάρτηση με την ικανότητά του να κινηθεί στην θάλασσα. Θα πρέπει να μπορεί να συλλέξει όσο το δυνατό περισσότερο πετρέλαιο , λαμβάνοντας υπόψη την κίνηση των

κυμάτων. Σε αυτή την κατεύθυνση θα πρέπει να λάβουμε υπό όψη μας ότι κανένα πλωτό φράγμα δεν είναι ικανό να συγκρατήσει το πετρέλαιο, όταν υπάρχουν ρεύματα με ταχύτητα μεγαλύτερη των 0.7 κόμβων (0.35 μέτρων το δευτερόλεπτο) σε διεύθυνση κάθετη ως προς την διεύθυνση του φράγματος. Αυτή η παράμετρος περιορίζει την ταχύτητα με την οποία το φράγμα μπορεί να μαζέψει το πετρέλαιο σε λιγότερο από 0.5 κόμβους. Άλλα λοιπά χαρακτηριστικά ενός φράγματος είναι η δύναμη, η ταχύτητα και η ευκολία ανάπτυξης, η αξιοπιστία, το βάρος και το κόστος.

Είναι σημαντικό το φράγμα να είναι αρκετά σταθερό και κατάλληλο για την επιχείρηση που θα χρησιμοποιηθεί, αλλά και να αντέχει σε χειρισμούς από μη ειδικευμένα άτομα, μια και δεν είναι σίγουρο ότι το ειδικευμένο προσωπικό θα είναι διαθέσιμο την ώρα της επιχείρησης. Το φράγμα θα πρέπει να είναι αρκετά σταθερό, ώστε να μπορεί να υπερνικάει την αντίσταση του νερού και του αέρα την ώρα που επιχειρεί. Λόγω της δυσκολίας που υπάρχει ένα απλό πλοiάριο να μεταφέρει και να χειριστεί πλωτά φράγματα, έχουν κατασκευαστεί



ειδικά πλοiάρια για αυτή την δουλειά, τα οποία συνδυάζουν βραχίονες και συσκευές μηχανικής περισυλλογής του πετρελαίου καθώς και χώρους για αποθήκευση του πετρελαίου που θα συλλεχθεί. Τα περισσότερα από αυτά τα πλοiάρια είναι κατασκευασμένα να κινούνται σε ανοιχτές θάλασσες, καθώς δεν μπορούν να κινηθούν σε ρηχά νερά.

Αντίστοιχα όλοι οι βραχίονες συλλογής πετρελαίου- Skimmers, οι οποίοι χρησιμοποιούνται στην ανάκτηση του πετρελαίου από το νερό ενσωματώνουν ένα στοιχείο για την ανάκτηση του πετρελαίου και κάποια μορφή επίπλευσης. Επιπλέον,



μια αντλία κενού είναι αναγκαία για την μεταφορά του πετρελαίου και του νερού που ανακτάται σε αποθήκες. Επειδή τα skimmers επιπλέουν στην επιφάνεια του νερού, αντιμετωπίζουν πολλά από τα προβλήματα λειτουργίας που ισχύουν και για τα φράγματα, ιδίως αυτά που δημιουργούνται από τον άνεμο, τα κύματα και τα ρεύματα.

Τα απλούστερα skimmers είναι συσκευές αναρρόφησης, οι οποίες αφαιρούν πετρέλαιο από την επιφάνεια της θάλασσας, αν και αυτά τείνουν να μαζέψουν πολύ νερό. Πιο πολύπλοκες μονάδες στηρίζονται στην πρόσφυση του πετρελαίου στο μέταλλο ή σε πλαστικούς δίσκους, ή ελαιοφιλικούς ιμάντες. Υπάρχουν και συστήματα που δημιουργούν δίνες για να συγκεντρωθεί το πετρέλαιο.

Είναι σημαντικό να διαθέτουν επαρκή προσωρινές εγκαταστάσεις αποθήκευσης πετρελαίου. Οι εγκαταστάσεις αυτές πρέπει να είναι εύκολο να χειριστούν και εύκολο να αδειάσουν, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν επανειλημμένως. Όταν συγκεντρώνουμε στις δεξαμενές αποθήκευσης πετρέλαιο με υψηλό ιξώδες, μπορεί αυτό να χρειαστεί να θερμανθεί για να εκκενωθεί η δεξαμενή.

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή skimmers : 1) Η προβλεπόμενη χρήση, 2) οι αναμενόμενες συνθήκες λειτουργίας, 3) το μέγεθος, 4) η αρτιότητα, 5) η ευκολία λειτουργίας, χειρισμού και συντήρησης. Οι πιο σημαντικοί παράγοντες που πρέπει να εξεταστούν είναι το ιξώδες και οι ιδιότητες πρόσφυσης του διαχυθέντος πετρελαίου, καθώς και το ενδεχόμενο αλλαγής αυτών των ιδιοτήτων με το χρόνο. Είναι επίσης σημαντικό να αναγνωρίσουμε τις δυσκολίες που δημιουργούνται από επιπλέοντα συντρίμια, τόσο φυσικά (φύκια, δέντρα και κλαδιά) όσο και ανθρώπινα (πλαστικό, γυαλί, ξύλο). Θα πρέπει επίσης να παρέχεται συνεχής συντήρηση από εξειδικευμένο προσωπικό καθώς και ανταλλακτικά.

6.3.3 Καταπολέμηση της πετρελαιοκηλίδας

Όταν μιλάμε για καταπολέμηση μιας πετρελαιοκηλίδας δεν εννοούμε απαραίτητα την εξαφάνισή της. Καταπολέμηση μπορεί να σημαίνει περιορισμός της πετρελαιοκηλίδας και στην συνέχεια ανάκτησή της ή διάλυσή της.

6.3.3.1 Διασκορπιστικά

Ένας τρόπος διάλυση μιας πετρελαιοκηλίδας είναι με τη χρήση διασκορπιστικών. Τα διασκορπιστικά είναι μια ομάδα χημικών ουσιών που σχεδιάστηκαν για να ψεκάζονται σε πετρελαιοκηλίδες και να επιταχύνουν την διαδικασία της φυσικής διασποράς. Όταν χρησιμοποιούνται σωστά μπορεί όντως να είναι μια αποτελεσματική μέθοδος καταπολέμησης πετρελαιοκηλίδων. Μετά την εφαρμογή των διασκορπιστικών τα κύματα θα διασπάρουν την πετρελαιοκηλίδα σε μικρά σταγονίδια ελαίου, τα οποία είναι γρήγορα διαλυτά αλλά και βιοαποικοδομήσιμα από μικροοργανισμούς που απαντώνται στη φύση και στο θαλάσσιο περιβάλλον. Τα διασκορπιστικά μπορούν επίσης να καθυστερήσουν τον σχηματισμό γαλακτωμάτων. Σε συνεργασία με άλλες τεχνικές ανταπόκρισης, η απόφαση για την χρήση διασκορπιστικών πρέπει να εξετασθεί προσεκτικά και να λάβει υπό όψη της τα χαρακτηριστικά του πετρελαίου, τη θάλασσα και τις καιρικές συνθήκες, καθώς και περιβαλλοντικά θέματα [3].



Σημαντικά περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη μπορούν να επιτευχθούν, ιδίως όταν άλλες τεχνικές στη θάλασσα περιορίζονται από τις καιρικές συνθήκες ή τη διαθεσιμότητα των πόρων. Σε ορισμένες περιπτώσεις τα διασκορπιστικά μπορεί να είναι το μόνο μέσο γρήγορης καταπολέμησης σημαντικών ποσοτήτων πετρελαίου στην επιφάνεια της θάλασσας. Το κλειδί για την

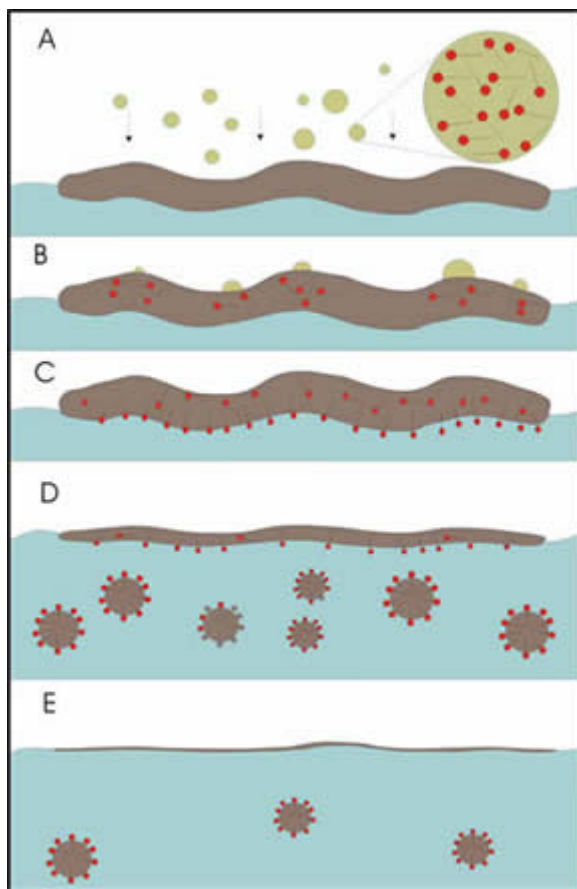
επιτυχημένη αντιμετώπιση της πετρελαιοκηλίδας, χρησιμοποιώντας χημικά διασκορπιστικά είναι η ικανότητα να πετύχουμε το πιο παχύ μέρος της κηλίδας μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα και πριν οι καιρικές συνθήκες ή η κατάσταση της θάλασσας καταστήσουν το πετρέλαιο μη διασκορπίσιμο. Ωστόσο όπως όλες οι τεχνικές ανταπόκρισης σε πετρελαιοκηλίδες, η χρήση τους έχει περιορισμούς και θα πρέπει να είναι προσεκτικά σχεδιασμένη και ελεγχόμενη [3].

Πως λειτουργούν τα χημικά διασποράς.

Η φυσική διασπορά μιας πετρελαιοκηλίδας συμβαίνει όταν τα κύματα και άλλες αναταραχές στην επιφάνεια της θάλασσας προκαλούν το σύνολο ή μέρος της

πετρελαιοκηλίδας να διασπαστεί σε σταγονίδια. Η προσθήκη των χημικών έχει ως στόχο την επιτάχυνση αυτής της φυσικής διαδικασίας.

Τα διασκορπιστικά αποτελούνται από δυο κύρια συστατικά στοιχεία: μια επιφανειοδραστική ουσία και ένα διαλύτη. Τα μόρια της επιφανειοδραστικής ουσίας αποτελούνται από δυο μέρη : ένα μέρος ελαιόφιλο (με ένα πόλο έλξης για το πετρέλαιο) και ένα πόλο υδρόφιλο (με ένα πόλο έλξης για το νερό). Όταν τα διασκορπιστικά ψεκάζονται σε μια πετρελαιοκηλίδα, ο διαλύτης θα μεταφέρει τις επιφανειοδραστικές ουσίες στην διεπιφάνεια νερού/πετρελαίου, όπου το ελαιόφιλο μέρος του μορίου της επιφανειοδραστικής ουσίας θα κινηθεί προς το πετρέλαιο και το υδρόφιλο προς το νερό με αποτέλεσμα να χαλαρώσει η έλξη των μορίων νερού-πετρελαίου και με την βοήθεια της δύναμης (ενέργειας) από τα κύματα να αρχίσει η κηλίδα να διασπάται σε σταγονίδια που απομακρύνονται. Τα σταγονίδια αυτά θα είναι διαφόρων μεγεθών και παρόλο που τα μεγαλύτερα θα ξανά ανέβουν στην επιφάνεια, κάποια θα παραμείνουν σε αιώρηση και θα αποδομηθούν από βακτήρια που απαντώνται στην φύση. Εάν η χρήση διασκορπιστικών ουσιών είναι πετυχημένη, ένα χαρακτηριστικό καφέ πέπλο θα εξαπλωθεί αργά κάτω από την επιφάνεια του νερού λίγα λεπτά μετά την θεραπεία [3].



- A) χημικά ψεκάζονται στην πετρελαιοκηλίδα
- B) Ο διαλύτης μεταφέρει την επιφανειοδραστική ουσία στο πετρέλαιο
- Γ) Η επιφανειοδραστική ουσία δρα στην διεπιφάνεια νερού-πετρελαίου και μειώνει την επιφανειακή τάση, επιτρέποντας Δ) μικρά σταγονίδια να ξεφύγουν από την κηλίδα
- E) Τα σταγονίδια διασκορπίζονται.

Εντούτοις, όπως όλες οι τεχνικές έτσι και η χρήση των διασκορπιστικών έχει κάποιους περιορισμούς. Έτσι για παράδειγμα τα διασκορπιστικά έχουν μικρή επίδραση στα πολύ παχύρευστα επιπλέοντα πετρέλαια καθώς έχουν την τάση να γλυστράνε από το πετρέλαιο στο νερό, προτού ο διαλύτης προλάβει να διεισδύσει στο πετρέλαιο. Σαν γενικό κανόνα θα μπορούσαμε να πούμε πως τα διασκορπιστικά είναι ικανά να διασκορπίσουν κυρίως πετρέλαιο που δεν



έχει αρχίσει να γαλακτοποιείται και να σχηματίζει μους και γενικά πετρέλαιο με ιζώδες λιγότερο από 2000 centistokes, το οποίο αντιστοιχεί σε καύσιμα στην θερμοκρασία των 10-20 °C. Δεν μπορούν να δράσουν σε πετρέλαιο που έχει ελάχιστη θερμοκρασία ροής κοντά ή πάνω από αυτή του περιβάλλοντος. Για συγκεκριμένο είδος πετρελαίου ο χρόνος μετά τον οποίο τα διασκορπιστικά παύουν να είναι αποδοτικά, εξαρτάται από παράγοντες όπως η κατάσταση της θάλασσας και η θερμοκρασία, πολύ σπάνια όμως είναι πάνω από δύο ημέρες. Ωστόσο τα ίδια διασκορπιστικά μπορεί να είναι πιο αποτελεσματικά στο ίδιο είδος πετρελαίου, αν αυτό είναι στη στεριά και όχι στην θάλασσα και αυτό γιατί επιμηκώνεται ο χρόνος που μένουν στην επιφάνεια του πετρελαίου με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται καλύτερη διείσδυση του διασκορπιστικού στο πετρέλαιο.

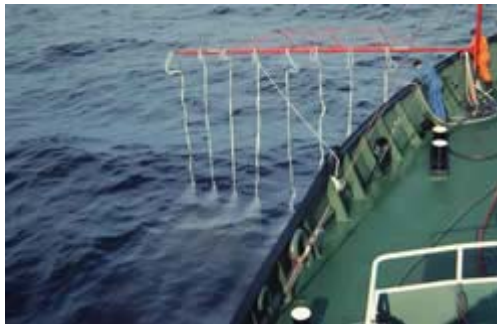
Συνήθως τα διασκορπιστικά τα ψεκάζουμε στην πετρελαιοκηλίδα με τους εξής τρόπους : είτε από σκάφη που φέρουν ειδικό εξοπλισμό , είτε από αέρα.

Τα μειονεκτήματα με την εφαρμογή των διασκορπιστικών είναι ότι δεν μπορούμε να πετύχουμε ομοιόμορφο ψεκασμό σε όλη την πετρελαιοκηλίδα, ότι δεν είμαστε σίγουροι ότι θα πέσει το μεγαλύτερο μέρος τους στο παχύ μέρος της πετρελαιοκηλίδας, και ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των χημικών που θα ψεкаστούν θα χαθεί στον αέρα πριν φτάσει στην πετρελαιοκηλίδα λόγω του αέρα που υπάρχει.

Παρόλα αυτά αν πρέπει να επιλέξουμε ανάμεσα στην μέθοδο με τη χρήση πλοίου ή αεροσκάφους, τότε το πλοίο παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα: είναι συνήθως άμεσα διαθέσιμο, εύκολο να φορτωθεί με τα διασκορπιστικά, κοστίζει λιγότερο από ότι η χρήση αεροσκάφους και μπορεί να εφαρμόσει τα χημικά με μεγαλύτερη ακρίβεια σε συγκεκριμένα σημεία της πετρελαιοκηλίδας. Ωστόσο και η μέθοδος με το πλοίο έχει περιορισμούς, ιδιαίτερα σε μεγάλες πετρελαιοκηλίδες που κατακερματίζονται ή σχηματίζουν στενές λωρίδες, αφού είναι αναπόφευκτο πως κάποια διασκορπιστικά θα πέσουν στο καθαρό νερό.

Από την άλλη μεριά ο αεροψεκασμός έχει τα πλεονεκτήματα της καλής ορατότητας της περιοχής, της υψηλής απόδοσης της επιχείρησης και της βέλτιστης χρήσης των διασκορπιστικών. Επιπλέον ο αεροψεκασμός μας επιτρέπει την χρήση χημικών σε σημεία πολύ πιο απομακρυσμένα από τις ακτές και σε σύντομο χρονικό διάστημα σε σχέση με την μέθοδο του πλοίου. Μόνο 3 είδη διασκορπιστικών είναι κατάλληλα για

αεροψεκασμό, καθώς δεν χρειάζονται περισσότερο ανακάτεμα από αυτό που προσφέρει η φυσική κίνηση της θάλασσας και μπορούν και είναι αποτελεσματικά και σε χαμηλές ποσότητες.



Σκάφος ψεκασμού



Αεροψεκασμός

Εφαρμογή ακτογραμμής

Τα διασκορπιστικά χρησιμοποιούνται κάποιες φορές και για να καθαρίσουν το πετρέλαιο από σκληρές επιφάνειες, όπως βράχοι, τοίχοι και άλλες ανθρώπινες κατασκευές. Ωστόσο είναι σημαντικό να μετακινήσουμε το μεγαλύτερο μέρος του πετρελαίου από τις παραπάνω κατασκευές με άλλες μεθόδους αρχικά και στην συνέχεια να εφαρμόσουμε τα διασκορπιστικά. Οι ακτές που υπόκεινται σε έντονους κυματισμούς συχνά καθαρίζονται από μόνες τους με φυσικές διαδικασίες και δεν πρέπει να ψεκάζονται με χημικά, εκτός αν υπάρχει άμεση ανάγκη απομάκρυνσης του πετρελαίου και αυτό γιατί τα διασκορπιστικά θα πρέπει να έχουν το χρόνο να διεισδύσουν στο πετρέλαιο προτού το νερό ξεπλύνει το πετρέλαιο από τα βράχια. Εξάλλου το διασκορπισμένο πετρέλαιο δεν μπορεί να συλλεχθεί για αυτό και η χρήση χημικών σε ακτές περιορίζεται μόνο σε ακτές με μικρή περιβαλλοντική αξία. Σήμερα προτιμούνται τα χημικά διασκορπιστικά με βάση τα εσπεριδοειδή, επειδή έχουν συνήθως χαμηλότερη επίδραση από τα παραδοσιακά χημικά [3].



Παρακολούθηση της αποτελεσματικότητας των διασκορπιστικών

Η δράση των διασκορπιστικών θα πρέπει να ελέγχεται διαρκώς και να τερματίζεται η χρήσης τους, όταν αυτά παύουν να είναι αποτελεσματικά. Η επιτυχημένη δράση των διασκορπιστικών θα δημιουργήσει ένα καφέ στρώμα ακριβώς κάτω από την θαλάσσια επιφάνεια. Παρόλα αυτά οι κακές καιρικές συνθήκες, ή η ύπαρξη ιζημάτων, η δημιουργία πετρελαιοκηλίδων από πετρέλαιο με ανοιχτό χρώμα ή τέλος το φως του ήλιου μπορούν να δώσουν λάθος εντύπωση και να νομίζουμε ότι τα χημικά δεν έχουν ακόμα επιδράσει. Ποτέ δεν πρέπει να ψεκάζουμε την νύχτα. Η

εμπειρία έχει δείξει ότι αν η χρήση χημικών είναι επιτυχημένη, θα υπάρξει αλλαγή στην εμφάνιση και την ποσότητα της κηλίδας, αμέσως μετά το ψεκασμό. Αυτή την αλλαγή θέλουμε να μπορούμε να την παρακολουθήσουμε. Φυσικά αν η χρήση των χημικών γίνει με μεγάλη καθυστέρηση και αρχίζει να σχηματίζεται γαλάκτωμα και η κηλίδα να διασκορπίζεται, τότε τα χημικά δεν θα είναι και τόσο αποτελεσματικά, όπως επίσης δεν θα είναι αποτελεσματικά αν οι καιρικές συνθήκες τους δεν επιτρέψουν να δράσουν στην κηλίδα και χαθούν στην θάλασσα.

Το Ultra-violet fluorimetry (UVF) χρησιμοποιείται κάποιες φορές για να μας δώσει δεδομένα σε «πραγματικό χρόνο» σχετικά με την συγκέντρωση του διασκορπισμένου πετρελαίου στο νερό κατά την διάρκεια της εφαρμογής των διασκορπιστικών.

Η απόκλιση στην συγκέντρωση των συστατικών φθορισμού μετριέται τουλάχιστον 1 μέτρο κάτω από την κηλίδα, χρησιμοποιώντας φθοριζόμετρο, το οποίο τοποθετείται πίσω από σκάφος δειγματοληψίας. Σε ανοιχτές θάλασσες η διασπορά προσδιορίζεται από την σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης του πετρελαίου που ανιχνεύθηκε από τον αισθητήρα συγκριτικά με αυτή που μετρήθηκε πριν την διασπορά. Ωστόσο, η UVF δεν παρέχει μια ποσοτική μέτρηση της ποσότητας του πετρελαίου που τελικά μετακινήθηκε από την επιφάνεια της θάλασσας και θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με οπτική παρακολούθηση, για να αποφασίσουμε αν μπορούμε να ανταποκριθούμε με αποτέλεσμα.

Η χρήση των χημικών έχει δημιουργήσει στο παρελθόν έντονες διαμάχες γιατί ουσιαστικά προσπαθούμε να καταπολεμήσουμε την μόλυνση ρίχνοντας στο νερό επιπρόσθετους ρυπαντές. Πολλά από τα πρώτα χημικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν έντονα τοξικά. Παρόλα αυτά η εξέλιξη της επιστήμης μας βοηθάει να φτιάχνουμε χημικά ισχυρά με χαμηλή τοξικότητα. Ωστόσο η γρήγορη διάλυση του διασκορπισμένου πετρελαίου, η εγγύτητα σε περιβαλλοντικά ευαίσθητες περιοχές, η κατεύθυνση των ρευμάτων και τα διαφορετικά βάθη των επιφανειακών νερών, είναι παράγοντες που θα πρέπει να λαμβάνονται υπό όψη όταν είναι να αποφασιστεί η χρήση των διασκορπιστικών.

Στην ανοιχτή θάλασσα, η συγκέντρωση του διαλυμένου πετρελαίου είναι απίθανο να παραμείνει υψηλή περισσότερο από μερικές ώρες μετά το ψεκασμό με χημικά και επομένως δεν λαμβάνουν χώρα σημαντικά βιολογικά φαινόμενα. Στα ρηχά νερά, κοντά στις ακτές, το διαλυμένο πετρέλαιο μπορεί να επιμένει με υψηλές συγκεντρώσεις ακόμα και μετά την χρήση χημικών. Ωστόσο η ελεγχόμενη εφαρμογή των χημικών μπορεί να είναι ωφέλιμη με την έννοια ότι μπορεί να αποφευχθεί ζημιά σε επικείμενες οικολογικά ευαίσθητες ακτογραμμές.

Η απόφαση για το αν τελικά θα χρησιμοποιήσουμε χημικά ή άλλη μέθοδο καταπολέμησης της πετρελαιοκηλίδας θα στηριχτεί στις προτεραιότητες που πρέπει να θέσουμε όσο αφορά την προστασία διαφορετικών πηγών, αλλά και στο κόστος

των χημικών. Το κέρδος που θα υπάρξει με την χρήση των χημικών και την καταπολέμηση της πετρελαιοκηλίδας πριν αυτή φτάσει στις ακτές και επηρεάσει τις αποικίες των θαλάσσιων οργανισμών και των πουλιών μπορεί να εξισορροπήσει τις αρνητικές συνέπειες που πιθανώς να έχουν τα χημικά στις αποικίες των ψαριών. Συγκεκριμένες πηγές όπως σημεία άντλησης νερού, εγκαταστάσεις θαλάσσιας καλλιέργειας, ή εκκολαπτήρια ψαριών είναι δύσκολο να προστατευθούν από το διασκορπισμένο πετρέλαιο και για αυτό η χρήση χημικών γίνεται απαγορευτική.

Περισσότερες πληροφορίες για την χρήση και την αποτελεσματικότητα των χημικών μπορεί κανείς να βρει στο παρακάτω σύνδεσμο [Technical Information Paper No. 4: The Use of Chemical Dispersants to Treat Oil Spills](#)

6.3.3.2 Εναλλακτικές Τεχνικές αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδας.

Η χρήση των φραγμάτων και των βραχιόνων- skimmers για την ανάκτηση του πετρελαίου και η χρήση των χημικών ουσιών για την ενίσχυση της φυσικής διασποράς είναι οι πιο καθιερωμένες μέθοδοι για την αντιμετώπιση των πετρελαιοκηλίδων. Ωστόσο μια σειρά από εναλλακτικές τεχνικές έχουν προωθηθεί τα τελευταία χρόνια ως συμπληρωματικά μέτρα. Οι τεχνικές αυτές περιλαμβάνουν την επιτόπια καύση (in situ) και την βιοεξυγίανση [3].

6.3.3.2.1 Επι τόπου καύση



Επί τόπου καύση είναι ο όρος που δίνεται στη διαδικασία της καύσης των πετρελαιοκηλίδων στη θάλασσα, σε ή κοντά στο τόπο διαρροής. Η καύση μπορεί να θεωρηθεί μια απλή μέθοδος που έχει την δυνατότητα να απομακρύνει μεγάλες ποσότητες πετρελαίου από την επιφάνεια της θάλασσας. Στην πραγματικότητα όμως υπάρχει μια σειρά από προβλήματα που περιορίζουν την βιωσιμότητα της εν λόγω τεχνικής. Αυτά τα προβλήματα αφορούν :

1) την ανάφλεξη του πετρελαίου,



Η απόφαση για το αν πρέπει να καεί ή όχι μια πετρελαιοκηλίδα στην θάλασσα είναι δύσκολη και συχνά αμφισβητείται ως λύση. Θέματα όπως η απόσταση του πετρελαίου από το κατεστραμμένο σκάφος ή από μια πυκνοκατοικημένη περιοχή, η πιθανή τοξικότητα του προκύπτοντος καπνού, η φύση του πετρελαίου, η πιθανότητα επιτυχίας της καύσης και

η τύχη των άκαυστων κατάλοιπων, απαιτούν προσοχή πριν επιχειρήσουμε την ανάφλεξη του πετρελαίου.

Ο χρόνος που απαιτείται για να τοποθετηθεί ο εξοπλισμός της ανάφλεξης, είναι αρκετός ώστε το πετρέλαιο να έχει υποστεί σημαντική διάβρωση από τις καιρικές συνθήκες. Το 25% κατά βάρος πολλών ελαφριών και μεσαίων συστατικών του αργού πετρελαίου μπορεί να έχει ήδη εξατμιστεί. Η απώλεια των ελαφρύτερων κλασμάτων δυσκολεύει την ανάφλεξη. Έτσι παρόλο που το πετρέλαιο θα μπορούσε να αναφλεχθεί εύκολα αν το επιχειρούσαμε μόλις είχε γίνει η διαρροή, όσο περνάει η ώρα τόσο πιο δύσκολο γίνεται να χρησιμοποιηθεί η τεχνική της καύσης. Δεν είναι όμως μόνο η απώλεια των ελαφρύτερων κλασμάτων που δυσχεραίνουν την ανάφλεξη. Ο σχηματισμός γαλακτωμάτων και ο κατακερματισμός της κηλίδας και η εξάπλωση της σε μια ευρύτερη περιοχή λόγω των θαλάσσιων ρευμάτων και των ανέμων εμποδίζουν επίσης την ανάφλεξη.

Για μια πετυχημένη επιτόπια καύση θα πρέπει το πετρέλαιο στην επιφάνεια της θάλασσας να έχει πάχος τουλάχιστον 2-3 χιλιοστά, για να εξισορροπήσει την ψύξη που προέρχεται από τον αέρα και την θάλασσα. Στην πράξη όμως, η πετρελαιοκηλίδα διασκορπίζεται σχετικά γρήγορα και ιδιαίτερα αν επικρατούν άσχημες καιρικές συνθήκες. Είναι επομένως δύσκολο μια διασκορπισμένη πετρελαιοκηλίδα να διατηρηθεί σε πάχος 2-3 χιλιοστών. Για να το πετύχουμε μπορούμε να εφαρμόσουμε κάποιες τεχνικές, όπως να βάλουμε πυρίμαχα πλωτά φράγματα, ή να αφήσουμε το πετρέλαιο να φτάσει στις ακτογραμμές, που αποτελούν φυσικό φράγμα και άλλες τεχνικές, που όμως είτε είναι δύσκολο εφαρμόσιμες είτε επικίνδυνες για το περιβάλλον.

Ύστερα οι άσχημες καιρικές συνθήκες και η κατάσταση της θάλασσας μπορούν να θέσουν σε κίνδυνο την επιτυχία της καύσης. Ο κυματισμός της θάλασσας μπορεί να σβήσει την φωτιά. Αλλά ακόμα και αν υποθέσουμε πως η φωτιά ανάβει, χρειάζεται αρκετά υψηλή θερμοκρασία για να διατηρηθεί. Όσο όμως πιο λεπτή γίνεται η πετρελαιοκηλίδα λόγω της διασποράς και της εξάτμισης των ελαφρύτερων κλασμάτων, η επίδραση της ψυχρής θάλασσας εξαφανίζει την φωτιά.

2) την δημιουργία μεγάλων ποσοτήτων καπνού.

Τεράστιες ποσότητες μαύρου καπνού μπορούν να παραχθούν από την επιτόπια καύση του πετρελαίου. Μετά από μια τυχαία πυρκαγιά στο πλοίο CASTILLO DE BELLVER (Νότια Αφρική, 1983), μαύρα σύννεφα καπνού, που δημιουργήθηκαν, είχαν ως αποτέλεσμα μια ελαιώδη βροχή, που έπεσε στις γεωργικές καλλιέργειες έως και 80 χιλιόμετρα μακριά, προσβάλλοντας τα ζώα, τα φυτά και τις καλλιέργειες. Ευτυχώς η βροχή ξέπλυνε λίγο αργότερα τις καλλιέργειες από την αιθάλη. Η ακούσια ανάφλεξη του φορτίου του AEGEAN SEA (Ισπανία, 1992), προκάλεσε πυκνά σύννεφα μαύρου καπνού, τα οποία απείλησαν την πόλη της ΛΑ ΚΟΡΟΥΝΙΑ

και οδήγησαν σε μαζική προσωρινή εκκένωση. Η μαύρη αιθάλη επικάλυψε τα πάντα και πολλά κτήρια έπρεπε να καθαριστούν.

Αν και τα δυο συμβάντα δεν είναι παραδείγματα μιας σκόπιμης επιτόπιας καύσης, σκιαγραφούν τις πιθανές επιπτώσεις από την καύση του πετρελαίου, όταν ο καπνός θα μεταφερθεί σε κατοικημένες περιοχές. Θέματα υγείας και ατμοσφαιρικής ρύπανσης θα μπορούσαν να αποδειχθούν σημαντικό εμπόδιο στην απόκτηση άδειας χρησιμοποίησης της συγκεκριμένης τεχνικής σε μια πραγματική πετρελαιοκηλίδα.

3) την διατήρηση της καύσης της κηλίδας, ,

4) το σχηματισμό και το πιθανώς βύθισμα του εξαιρετικά πυκνού και παχύρευστου υπολείμματος. Τα βυθισμένα υπολείμματα μπορούν να δηλητηριάσουν τα είδη που κατοικούν στο βυθό. Χαρακτηριστικά παραδείγματα πετρελαιοκηλίδων που μετά από την καύση δημιουργήθηκαν στερεά υπολείμματα, που βυθίστηκαν και προκάλεσαν έντονα περιβαλλοντικά προβλήματα, είναι οι πετρελαιοκηλίδες που δημιουργήθηκαν από το πλοίο BETELGEUSE (Ιρλανδία, 1979), HAVEN (Ιταλία, 1991) και HONAM JADE (Νότια Κορέα, 1983).

5) την ασφάλεια.

6.3.3.2.2 Βιοεξυγίανση

Το πετρέλαιο, όπως και πολλές φυσικές ουσίες, θα βιοαποικοδομηθούν μετά από μια χρονική περίοδο σε απλές ενώσεις όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το νερό και η βιομάζα. Βιοεξυγίανση είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια σειρά από διαδικασίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επιτάχυνση της φυσικής βιοαποικοδόμησης, δηλαδή των αλληλεπιδράσεων του πετρελαίου και των μικροοργανισμών υπό τις συνθήκες του επικρατούντος περιβάλλοντος [4]. Πιο συγκεκριμένα, [βιοδιέγερση](#) είναι η ενίσχυση των υπάρχοντων μικροοργανισμών με την εφαρμογή θρεπτικών συστατικών και [βιοενίσχυση](#) είναι η προσθήκη μικροοργανισμών ειδικά επιλεγμένων για να αποικοδομήσουν το πετρέλαιο. Για να μπορέσουμε να κατανοήσουμε την βιοεξυγίανση, θα χρειαστεί να καταλάβουμε πρώτα τις ιδιότητες του πετρελαίου, το εμπλεκόμενο περιβάλλον (π.χ θάλασσα), τους μηχανισμούς βιοδιάσπασης του πετρελαίου και τους παράγοντες που ελέγχουν το ρυθμό βιοδιάσπασης του [4].

Βιοδιέγερση

Η Βιοαποικοδόμηση είναι το αποτέλεσμα της οξείδωσης συγκεκριμένων συστατικών του διαχυθέντος πετρελαίου από μικρόβια, όπως βακτηρίδια, μύκητες, πρωτόζωα και μονοκύτταρα φύκια. Ο ρυθμός με τον οποίον συμβαίνει αυτή η φυσική διαδικασία, περιορίζεται από αρκετούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία και τα επίπεδα των μικροοργανισμών, των θρεπτικών συστατικών και του οξυγόνου που υπάρχουν στο άμεσο περιβάλλον. Άλλοι παράγοντες όπως η χημική σύνθεση και η διάβρωση λόγω

καιρικών συνθηκών που έχει συμβεί στο διαχυθέν πετρέλαιο είναι επίσης σημαντικοί.

Για να λειτουργήσουν αποτελεσματικά οι μικροοργανισμοί απαιτούν επαρκή επίπεδα άνθρακα, αζώτου και φωσφόρου. Η σχετική αναλογία αυτών των στοιχείων ορίζεται ως λόγος C:N:P. Όταν μια πετρελαιοκηλίδα παρουσιάζεται, τότε η ποσότητα άνθρακα που υπάρχει στο πετρέλαιο και είναι διαθέσιμη είναι τεράστια σε σχέση με τα αντίστοιχα επίπεδα αζώτου και φωσφόρου που είναι σε έλλειμμα. Η Βιοδιέργεση μέσω της εφαρμογής λιπασμάτων χρησιμοποιείται για να αποκατασταθεί η ισορροπία στο λόγο C:N:P και να ενισχυθεί το ποσοστό αποικοδόμησης λόγω της εγγύτητας μικροβιακής κοινότητας.

Βιοενίσχυση

Οι μικροοργανισμοί που αποικοδομούν το πετρέλαιο υπάρχουν ευρέως σε όλο τον κόσμο και στις παράκτιες περιοχές και σε ακτογραμμές παρακείμενες σε χρόνια ρυπασμένα ύδατα, όπως αυτά που δέχονται τα βιομηχανικά και τα ακατέργαστα λύματα. Στις περιοχές αυτές η προσθήκη μικροοργανισμών κατά πάσα πιθανότητα δεν είναι απαραίτητη.

Μερικά εμπορικά διαθέσιμα προϊόντα συνδυάζουν μικροοργανισμούς που αποικοδομούν το πετρέλαιο και θρεπτικά συστατικά. Η εφαρμογή τους σε μια πετρελαιοκηλίδα μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την εισαγωγή ξένων ειδών που οδηγούν σε ανησυχίες σχετικά με τις επιπτώσεις τους. Ωστόσο στις περισσότερες περιπτώσεις είναι πολύ πιθανό ότι οι ξένοι μικροοργανισμοί δεν θα μπορέσουν να ανταγωνιστούν αποτελεσματικά τα είδη που απαντώνται στην τοπική φύση.

Περιορισμοί της βιοεξυγίανσης [3]

Παρόλο που η ιδέα της βιοεξυγίανσης είναι ελκυστική, η πρακτική της εφαρμογή είναι περιορισμένη. Ειδικότερα, η βιοεξυγίανση δεν θα έπρεπε να χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση πετρελαιοκηλίδων στην επιφάνεια της θάλασσας δεδομένου ότι οποιαδήποτε υλικά προστίθενται είναι πιθανό να διαλύονται και να χάνονται γρήγορα από την κηλίδα πριν προλάβουν να δράσουν. Παρόλο που η βιοεξυγίανση μπορεί να βελτιώσει τον ρυθμό αποικοδόμησης των επιπλεόντων κηλίδων, η διαδικασία εξακολουθεί να είναι πολύ αργή, ώστε να αποτρέψουμε το μεγαλύτερο μέρος του πετρελαίου να φθάσει στις ακτές.

Η ενίσχυση της φυσικής βιοαποικοδόμησης είναι ίσως πιο χρήσιμη όταν η τεχνική της βιοεξυγίανσης χρησιμοποιείται για την εξυγίανση πετρελαιοκηλίδων στην γη και όχι στην θάλασσα. Σε αυτή την περίπτωση οι φυσικοί, χημικοί και βιολογικοί παράγοντες που επηρεάζουν την βιοεξυγίανση μπορούν να ελεγχθούν, ώστε να παρέχουν τις καλύτερες δυνατές συνθήκες για την βιοαποικοδόμηση. Η χρήση αυτής

της τεχνικής στις ακτογραμμές είναι ακόμη αμφιλεγόμενη, αφού σε θαλάσσιο περιβάλλον είναι αδύνατο να πετύχουμε το ίδιο επίπεδο ελέγχου όπως στην ξηρά.

Το οξυγόνο που απαιτείται για να προκύψει βιοαποικοδόμηση είναι διαθέσιμο μόνο στην διεπαφή πετρελαίου-νερού και όχι μέσα στο ίδιο το πετρέλαιο. Ως εκ τούτου, όταν η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται η ποσότητα του πετρελαίου, που αποικοδομείται θα είναι μεγαλύτερη αν το πετρέλαιο είναι διάσπαρτο στο νερό. Η βιοεξυγίανση επομένως, δεν είναι κατάλληλη για την απομάκρυνση μεγάλων ποσοτήτων πετρελαίου και θα πρέπει να εξετάζεται μόνο, όταν η συγκέντρωση του πετρελαίου είναι χαμηλή, σαν τελική τεχνική καθαρισμού. Πετρέλαιο, που έχει ρυπάνει την παραλία θα πρέπει να απομακρύνεται πριν ξεκινήσει η βιοεξυγίανση.

Σε κάθε περίπτωση, οι δυνατότητες της βιοεξυγίανσης είναι περιορισμένες καθώς ορισμένα πιο σύνθετα συστατικά του πετρελαίου μπορούν να παραμείνουν πλήρως ή μερικώς μη αποικοδομήσιμα. Για παράδειγμα οι ρητίνες και οι ασφαλτίνες βιοδιασπώνται πολύ αργά ή καθόλου.

Η βιοδιέγερση ή η βιοεξυγίανση σε ευαίσθητους βιότοπους, όπως αλυκές, μπορεί να προκαλέσει ανεπανόρθωτες φυσικές και βιολογικές βλάβες. Εκτεταμένη βιοδιέγερση μπορεί να τροποποιήσει τον φυσικό χαρακτήρα των περιοχών αυτών ανεπανόρθωτα, αλλοιώνοντας τη φυσική ισορροπία των ειδών και ενθαρρύνοντας την ανάπτυξη ξένων φυτικών ειδών. Τα προϊόντα της βιοεξυγίανσης θα πρέπει να εφαρμόζονται με προσοχή και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι ειδικά προσαρμοσμένες στο περιβάλλον και στο ρύπο κάθε ρυπασμένου χώρου.

Η επιτυχία της βιοεξυγίανσης έχει εκτιμηθεί στη γη, αλλά τα στοιχεία δεν έχουν δείξει ότι η βιοεξυγίανση λειτουργεί και για ρυπασμένες από πετρέλαιο ακτές. Παρόλα αυτά, είναι πιθανό η βιοεξυγίανση να μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο σε περιπτώσεις όπου τα επίπεδα των θρεπτικών ουσιών έχουν εξαντληθεί. Σε αυτό το χρονικό σημείο είναι πάρα πολλά τα ερωτήματα που παραμένουν αναπάντητα σχετικά με τη σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας καθώς και οι περιβαλλοντικές ανησυχίες για να μας επιτρέψουν συγκεκριμένα συμπεράσματα σχετικά με την βιωσιμότητα της συγκεκριμένης τεχνικής.

Παρόλο που η βιοεξυγίανση μπορεί να είναι ένα χρήσιμο εργαλείο, σίγουρα δεν είναι μια «μαγική λύση». Συχνά, η συγκέντρωση των υπολειμμάτων που απομένει, αφού έχει λάβει χώρα σημαντική βιοαποικοδόμηση, δηλαδή το «τελικό σημείο», είναι η ίδια είτε έχουν προστεθεί θρεπτικά ή μικροοργανισμοί είτε όχι. Η διαφορά είναι ότι μπορούμε να φτάσουμε στο τελικό σημείο γρηγορότερα. Ακόμα όμως και έτσι η χρονική κλίμακα της βιοεξυγίανσης είναι της τάξης των μηνών [3].

Στο επόμενο σχήμα μπορούμε να δούμε σχηματικά κάποιες από τις τεχνικές αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδων.



Εικόνα 6.3.3.2.1 Τεχνικές Αντιμετώπισης Πετρελαιοκηλίδων

6.3.4 Καθαρισμός ακτών



Δεδομένου των δυσκολιών καθαρισμού του πετρελαίου στη θάλασσα, πολλές πετρελαιοκηλίδες φθάνουν μέχρι τις ακτές και τις ρυπαίνουν. Το πετρέλαιο που θα φτάσει στις ακτές έχει τις μεγαλύτερες περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις. Επίσης καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την πολιτική και τη δημόσια αντίληψη για την έκταση του συμβάντος καθώς και τις

δαπάνες.

Είναι σημαντικό λοιπόν να ξεκινήσουμε αμέσως την αφαίρεση του πετρελαίου από τις ρυπασμένες ακτές, καθώς όσο ο χρόνος περνάει και διαβρώνεται θα επικαθήσει στους βράχους ή θα κατακαθίσει αναμειγμένο με ιζήματα. Ο καθαρισμός των ακτών είναι συνήθως απλή διαδικασία και δεν απαιτεί ειδικό εξοπλισμό. Η καλή οργάνωση και η διαχείριση συχνά αποτελούν το κλειδί για ένα καλό καθαρισμό. Αυσαντόνιστες προσπάθειες καθαρισμού συχνά έχουν ως αποτέλεσμα την αναποτελεσματική χρήση των πόρων και την διάθεση υπερβολικών ποσοτήτων αποβλήτων.

Στρατηγική [3]



Ο καθαρισμός των ακτογραμμών πρέπει να διεξάγεται σύμφωνα με μια σαφή στρατηγική που λαμβάνει υπόψη της *τα χαρακτηριστικά του πετρελαίου, το επίπεδο της ρύπανσης και τις σχετικές περιβαλλοντικές και οικονομικές παραμέτρους διαφόρων περιοχών*. Πολλά από αυτά τα θέματα διευθετούνται καλύτερα κατά την προετοιμασία του σχεδίου έκτακτης ανάγκης για πετρελαιοκηλίδες. Επειδή η διαθεσιμότητα του εξοπλισμού και του εργατικού δυναμικού μπορεί να είναι περιορισμένη στα πρώιμα στάδια της διαρροής, είναι συχνά απαραίτητο να δοθεί προτεραιότητα σε ευαίσθητες περιοχές που μπορεί να οδηγήσουν σε συγκρούσεις

μεταξύ οικονομικών και περιβαλλοντικών συμφερόντων.

Η έννοια της εξισορρόπησης των περιβαλλοντικών ευαισθησιών και των κοινωνικο-οικονομικών παραγόντων (π.χ της αλιείας, του τουρισμού), προκειμένου να καθορίσουν τις πιο κατάλληλες τεχνικές και το επίπεδο του καθαρισμού (μερικές φορές αναφέρεται ως «καθαρό περιβαλλοντικό όφελος και οικονομική ανάλυση» ή NEEBA) είναι γνωστή και ευρύτερα αποδεκτή. Τέτοια ζητήματα ωστόσο συχνά δεν αντιμετωπίζονται επαρκώς σε σχέδια έκτακτης ανάγκης ή αγνοούνται από εκείνους που είναι επιφορτισμένοι με τις πραγματικές επιχειρήσεις. Ως αποτέλεσμα ο καθαρισμός των ακτογραμμών δεν διεξάγεται πάντα στο βαθμό φροντίδας και ελέγχου που απαιτείται. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι οι επιχειρήσεις παρατείνονται άσκοπα, ότι υπερβολικές ποσότητες πετρελαϊκού υλικού δημιουργούνται για διάθεση, ότι προκαλούνται πρόσθετες περιβαλλοντικές και οικονομικές ζημιές και ότι το κόστος του καθαρισμού και οι ζημιές τρίτων είναι υψηλότερα από ότι θα έπρεπε.

Ο καθαρισμός των ακτών συνήθως διεξάγεται σε στάδια, **αρχής γενομένης** με την απομάκρυνση των βαρύτερων συσσωματωμάτων του πετρελαίου. Το **δεύτερο στάδιο** καθαρισμού ιδανικά αρχίζει εφόσον έχουν απομακρυνθεί όλα τα βαριά συσσωματώματα. Το αν θα προβούμε στο δεύτερο στάδιο του καθαρισμού και σε τι βαθμό εξαρτάται από την χρήση της ακτογραμμής και τις οικονομικές και περιβαλλοντικές συνέπειες. Τα τελευταία ίχνη του πετρελαίου είναι συχνά δύσκολο και χρονοβόρο να απομακρυνθούν.

Πως διοργανώνουμε λοιπόν ένα σχέδιο καθαρισμού των ακτογραμμών? Καταρχήν όλες οι δραστηριότητες καθαρισμού θα πρέπει να αξιολογούνται συνεχώς για να εξασφαλιστεί ότι παραμένουν κατάλληλες ενόσω οι συνθήκες αλλάζουν. Μόλις οποιαδήποτε λειτουργία αποδειχθεί ότι είναι αναποτελεσματική και έχει περισσότερες πιθανότητες να προκαλέσει απaráδεκτες πρόσθετες ζημιές στους

περιβαλλοντικούς ή οικονομικούς πόρους ή αν το κόστος της υπερβαίνει κατά πολύ οποιαδήποτε πιθανά οφέλη, θα πρέπει να σταματάει. Υπάρχουν συχνά ισχυρές πιέσεις στους υπεύθυνους των επιχειρήσεων καθαρισμού. Έτσι σε ορισμένες περιπτώσεις αγνοείται η ακαταλληλότητα ορισμένων τεχνικών καθαρισμού των ακτογραμμών με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται όσο το δυνατό περισσότεροι πόροι σε μια προσπάθεια να πεισθούν οι πολιτικοί, τα μέσα μαζικής ενημέρωσης και η κοινή γνώμη ότι γίνεται ό,τι είναι δυνατό για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Έχοντας τα παραπάνω υπό όψη θα λέγαμε ότι ο καλύτερος τρόπος καθαρισμού είναι η πρόληψη. Αν καταφέρουμε να εμποδίσουμε το πετρέλαιο να φτάσει στις ακτές, τότε δεν χρειάζεται να μπούμε στην διαδικασία καθαρισμού. Για αυτό οι προσπάθειες καθαρισμού πρέπει πρώτα να κατευθυνθούν σε περιοχές που έχουν τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε κινούμενο πετρέλαιο, το οποίο θα μπορούσε να κινηθεί στις ακτές υπό την επίδραση των μεταβαλλόμενων ανέμων και ρευμάτων, έχοντας ως αποτέλεσμα μεγάλο μήκος ακτογραμμής να ρυπανθεί.

Όπως ήδη αναφέραμε θα μπορούσαμε να συγκεντρώσουμε και να αποτρέψουμε το πετρέλαιο να κινηθεί με την χρήση φραγμάτων και skimmers. Ωστόσο για να κινηθούν τα παραπάνω σωστικά μέσα χρειάζεται χώρος, που ίσως να μην υπάρχει σε απρόσιτες και απότομες περιοχές κατά μήκος μιας ακτογραμμής. Το πετρέλαιο που παγιδεύεται σε τέτοιες περιοχές μπορεί να λειτουργήσει ως πηγή ρύπανσης μη ρυπασμένων περιοχών.

Υπολείμματα πετρελαίου που έχουν φτάσει στις ακτές μπορεί να μαζέψουν ιζήματα και υλικά από τις ακτές και στην συνέχεια λόγω ανέμων και ρευμάτων να παρασυρθούν ξανά στα ανοιχτά. Η διαφορά είναι ότι τώρα τα υπολείμματα αυτά έχουν γίνει βαρύτερα από το νερό με αποτέλεσμα να βυθιστούν. Πρόσκαιρες καταιγίδες όμως μπορούν να μετακινήσουν τα βυθισμένα υπολείμματα και έτσι αυτά να ξανά ρυπάνουν τις καθαρές πλέον περιοχές.

Παραλίες με άμμο.

Το ακατέργαστο πετρέλαιο μπορεί να απομακρυνθεί εύκολα από τις αμμώδεις παραλίες, χρησιμοποιώντας ένα καλά οργανωμένο σύστημα εργατών και μηχανικών μέσων, όπως φορτηγά, που θα μεταφέρουν τα απόβλητα. Θα πρέπει όμως να είμαστε προσεχτικοί, ούτως ώστε να μην μετακινήσουμε μεγάλη ποσότητα άμμου ή να μην ανακατέψουμε το πετρέλαιο βαθιά μέσα στην άμμο. Σε αυτές τις περιπτώσεις τεχνικές όπως ξέπλυμα με θαλάσσιο νερό, που αφαιρεί το θαμμένο πετρέλαιο ή όργωμα για να ενθαρρύνουμε την αποδόμηση των τελευταίων ιχνών πετρελαίου, μπορούν να αποδεχτούν κατάλληλες.



Πετρώδεις ακτές



Ο καθαρισμός πετρωδών ακτογραμμών που βρίσκονται κοντά σε παραλίες, μόλους και μαρίνες είναι απλός. Το πετρέλαιο που είναι συγκεντρωμένο μπορεί να ανακτηθεί είτε με το χέρι είτε με την χρήση μονάδων κενού. Ξέπλυμα με νερό της θάλασσας σε χαμηλή πίεση μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για το καθαρισμό υπολειμμάτων πετρελαίου. Σε περίπτωση όμως που το πετρέλαιο εμμένει τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί με κάθε επιφύλαξη ζεστό νερό σε υψηλή πίεση. Καλό είναι βέβαια τέτοιες τεχνικές να αποφεύγονται γιατί καταστρέφουν τους μικροοργανισμούς που αναπτύσσονται στα βράχια. Μεγαλύτερα προβλήματα δημιουργούνται όταν το πετρέλαιο διεισδύει στα βράχια με αποτέλεσμα να μην μπορούμε να κάνουμε τίποτα άλλο από το να μετακινήσουμε το ρυπασμένο υλικό.

Πως ενεργούμε επομένως αν δεν καταφέρουμε να περιορίσουμε το πετρέλαιο και αυτό τελικά φτάσει στις ακτές ή σε μη προσβάσιμες περιοχές με κίνδυνο να δημιουργηθούν τα προβλήματα που ήδη αναφέραμε; Μια πολύ καλή λύση είναι η χρήση των απορροφητικών υλικών. Τα **απορροφητικά υλικά** μπορούν να αποβούν χρήσιμα στο καθαρισμό των ακτογραμμών. Για παράδειγμα μπορούν να βοηθήσουν στην επανάκτηση πετρελαίου σε υγρή μορφή, όπου η χρήση των μονάδων κενού και skimmers δεν είναι εφικτή ή μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να συγκρατήσουν το πετρέλαιο που ξεπλύθηκε από τους βράχους. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν



για το έλεγχο υπολειμμάτων πετρελαίου που επιπλέουν, αφού έχουν εκκληθεί, εκεί που άλλες τεχνικές δεν μπορούν να εφαρμοστούν ή είναι αναποτελεσματικές. Ωστόσο, υπήρξαν πολλές περιπτώσεις κατάχρησης απορροφητικών υλικών. Για παράδειγμα έχει παρατηρηθεί η ευρεία διασπορά προσροφητικών υλικών σε περιπτώσεις όπου οι απλούστερες τεχνικές της χειρονακτικής συλλογής ή της μονάδας κενού, θα ήταν καταλληλότερες και αποτελεσματικότερες. Η ανάκτηση των προσροφητικών υλικών μπορεί επίσης να είναι πιο δύσκολη από ότι η ανάκτηση του ίδιου του πετρελαίου. Για παράδειγμα η παρουσία των προσροφητικών υλικών μπορεί να φράξει τις αντλίες και τις συσκευές αναρρόφησης. Επίσης αυξάνουν τον όγκο των αποβλήτων, ενώ ορισμένα προσροφητικά υλικά απαιτούν ειδική επεξεργασία πριν την διάθεσή τους. Αυτοί οι παράγοντες είναι σημαντικοί για τον προσδιορισμό του συνολικού οφέλους που θα μπορούσε να προκύψει από την χρήση των απορροφητικών ουσιών.

Οργάνωση



Η αποτελεσματικότητα της αντίδρασης σε περίπτωση ρύπανσης εξαρτάται από την ποιότητα του σχεδίου έκτακτης ανάγκης και την οργάνωση & διαχείριση των επιχειρήσεων καθαρισμού. Ιδιαίτερα στην περίπτωση καθαρισμού ακτογραμμής λόγω της πιθανής ανάμειξης πολλών διαφορετικών φορέων, συμπεριλαμβανομένων των χωριστών κεντρικών, περιφερειακών και τοπικών κυβερνητικών αρχών, διαφόρων οργανισμών, λιμενικών αρχών, χειριστών τερματικών σταθμών, λοιπών ιδιωτικών εταιρειών, εργολάβων και ειδικών συμφερόντων ομάδων.

Αφού καταφέρουμε και καθαρίσουμε τις ακτογραμμές θα πρέπει να αποφασίσουμε τι θα κάνουμε με τα υπολείμματα του πετρελαίου. Συνήθως το πετρέλαιο που ανακτάται, είτε από την επιφάνεια της θάλασσας ή από την ακτή, είναι αναμειγμένο με μεγάλη ποσότητα νερού, υπολειμμάτων και υλικού παραλίας. Αυτό αυξάνει σημαντικά τον όγκο των πετρελαιοειδών απορριμμάτων που πρέπει να επεξεργαστούν και να διατεθούν.

Ιδανικά, το μεγαλύτερο μέρος του πετρελαίου που συλλέγεται θα πρέπει να επαναεπεξεργάζεται σε διυλιστήρια ή σε μονάδες ανακύκλωσης. Δυστυχώς αυτό δεν είναι συχνά δυνατό, καθώς το πετρέλαιο μπορεί να έχει διαβρωθεί ή αναμιχθεί με μπάζα και θαλασσινό νερό. Διάφορες μέθοδοι διάθεσης των πετρελαιοειδών αποβλήτων είναι διαθέσιμες, όπως άμεση διάθεση σε ελεγχόμενες χωματερές, χρήση σε εγγειοβελτιωτικά, οδοποιίας ή παρεμφερείς δραστηριότητες και η καταστροφή τους με καύση ή βιολογικές διεργασίες. Η επιλεγείσα μέθοδος διάθεσης θα εξαρτηθεί από πολλούς παράγοντες, όπως η ποσότητα και το είδος του πετρελαίου και των μπάζων που συγκεντρώθηκαν, η θέση της διαρροής, το πιθανό κόστος και περιβαλλοντικής, νομικής ή πρακτικής φύσεως περιορισμοί.

Αν για παράδειγμα το πετρέλαιο ανακτηθεί αμέσως αφού έχει διαχυθεί μπορεί να εξακολουθήσει να βρίσκεται σε υγρή κατάσταση και να μην έχει αναμιχθεί με άλλα στερεά υπολείμματα ή άλλου είδους ρύπανση. Στις περισσότερες περιπτώσεις ωστόσο το συλλεγμένο πετρέλαιο είναι πολύ παχύρευστο λόγω της διάβρωσης που έχει υποστεί και περιέχει μεγάλες ποσότητες νερού με την μορφή γαλακτωμάτων. Επίσης το πετρέλαιο στις ακτές είναι συνήθως αναμειγμένο με σημαντικές ποσότητες στερεών υλικών, όπως άμμος, ξύλο, πλαστικό ή φύκια ή έχει διαβρωθεί σε τέτοιο βαθμό ώστε έχει μετατραπεί σε πίσσα. Τρεις διαφορετικού τύπου πετρελαιοειδών απορριμμάτων μπορούμε να προσδιορίσουμε. Το υγρό πετρέλαιο, το πετρέλαιο που είναι αναμειγμένο με υλικά παραλίας σε μεγάλο βαθμό (άμμο, βότσαλα και χαλίκια) και τα πετρελαιοειδή υπολείμματα. Κάθε είδους απόβλητο απαιτεί διαφορετική μέθοδος επεξεργασίας και διάθεσης.

Σε κάθε περίπτωση πάντως το πρώτο πράγμα που θα πρέπει να ελέγξουμε μετά την ανάκτηση του πετρελαίου είναι αν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη ή χαμηλής ποιότητας καύσιμο. Για να συμβεί κάτι τέτοιο, θα πρέπει να πληρούνται αυστηρά κριτήρια. Γενικότερα, το πετρέλαιο θα πρέπει να μπορεί να αντληθεί(δηλαδή δεν πρέπει να είναι υπερβολικά παχύρρευστο), να περιέχει μικρή ποσότητα στερεών και να έχει μια σχετικά χαμηλή περιεκτικότητα σε αλάτι για την ελαχιστοποίηση της διάβρωσης.

Σε περίπτωση τέλος που το πετρέλαιο που ανακτάται είναι σε στερεή μορφή και κατά συνέπεια δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ούτε ως καύσιμο ούτε ως πρώτη ύλη τότε θα πρέπει να διατεθεί κάπου. Η διάθεση των στερεών αποβλήτων πετρελαίου ελέγχεται αυστηρά από την τοπική ή εθνική νομοθεσία και τους διεθνείς κανονισμούς. Η επιλογή κατάλληλης μεθόδου από αυτές που είναι τεχνικώς εφικτές, όπως συνοψίζονται παρακάτω, θα πρέπει να λάβει υπό όψη τυχόν ισχύοντες περιορισμούς, καθώς και το σχετικό κόστος.

Άμεση διάθεση

Αποθήκευση και προετοιμασία για διάθεση.

Στο μέτρο του δυνατού, τα διάφορα είδη των πετρελαιοειδών αποβλήτων θα πρέπει να συλλέγονται και να αποθηκεύονται χωριστά, καθώς κάθε είδος μπορεί να απαιτήσει την χρήση διαφορετικών μεθόδων διάθεσης. Μόλις το πετρέλαιο και τα λιπαρά υπολείμματα συλλεχθούν, θα πρέπει να αποθηκευτούν προσωρινά, ώσπου να αποφασιστεί ποια θα είναι η βέλτιστη διαδρομή διάθεσής τους και η καλύτερη μεταφορά τους. Σε μια μεγάλη



πετρελαιοκηλίδα η ποσότητα του υλικού που συλλέγεται μπορεί να υπερβαίνει την ικανότητα των τοπικών σημείων επεξεργασίας και διάθεσης. Σε αυτήν την περίπτωση ένας μεγαλύτερος χώρος προσωρινής διάθεσης είναι απαραίτητος, ώσπου να διατεθεί τελικά.

Πρέπει να καταβληθεί κάθε προσπάθεια προκειμένου να μειωθεί η ποσότητα του υλικού για την τελική διάθεση. Για παράδειγμα, υγρό πετρέλαιο που συλλέγεται από φορτηγά κενού είναι συνήθως αναμειγμένο με μεγάλες ποσότητες νερού. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, το πετρέλαιο και το νερό θα διαχωρίζονται σε δυο στρώσεις και έτσι το κάτω στρώμα νερού μπορεί να απομακρυνθεί. Ομοίως σε περίπτωση ρύπανσης από κομμάτια πίσσας, η καθαρή άμμος μπορεί να διαχωριστεί

με το κοσκίνισμα του υλικού που συλλέγεται. Η καθαρή άμμος μπορεί στην συνέχεια να επιστραφεί στην παραλία.

Η άμεση διάθεση πετρελαιοειδών στερεών αποβλήτων, αναμειγμένων με σκουπίδια, σε επιλεγμένες ενδεδειγμένες χωματερές, είναι η πιο συνηθισμένη μέθοδος άμεσης



διάθεσης, ωστόσο, σε ορισμένες χώρες (π.χ μέλη της ΕΕ) απαιτείται προεπεξεργασία των αποβλήτων πριν την τελική τους διάθεση. Οι σύγχρονες χωματερές περικλείουν αδιαπέραστες μεμβράνες για την συγκράτηση των διασταλλαγμάτων, αλλά αν θεωρήσουμε ότι τα πετρελαιοειδή στερεά απόβλητα αναμειγνύονται σωστά με τα υπόλοιπα απορρίμματα ο κίνδυνος

απόπλυσης πετρελαίου από την τοποθεσία είναι μικρή. Παρόλα αυτά σε περιοχές του κόσμου όπου οι εν λόγω προστασία δεν χρησιμοποιείται, θα πρέπει να βεβαιωνόμαστε ότι δεν θα υπάρξει ρύπανση των πλησιέστερων υπογείων και επιφανειακών υδάτων.

Όταν οι ακτές είναι ελαφρά ρυπασμένες με υπολείμματα πετρελαίου ή πίσσα, οι μικρές ποσότητες υλικών που θα συλλεχθούν μπορούν να θαφτούν και στο πίσω μέρος της παραλίας. Ωστόσο, αυτό επιτρέπεται μόνο όταν δεν υπάρχει κίνδυνος για την βλάστηση ή την αποκάλυψη του πετρελαίου από τον άνεμο ή άλλες δραστηριότητες.

Ένα άλλο σημείο που πρέπει να προσέχουμε είναι το θέμα της διάθεσης να αποτελεί μέρος του σχεδίου έκτακτης ανάγκης. Οι μεγάλες ποσότητες πετρελαίου που μπορούν να συλλεχθούν κατά την διάρκεια των επιχειρήσεων καθαρισμού μιας πετρελαιοκηλίδας μπορεί να αποτελέσουν μεγάλο πρόβλημα, αν το θέμα της διάθεσής τους δεν αντιμετωπιστεί με το κατάλληλο σχέδιο έκτακτης ανάγκης.

Το σχέδιο θα πρέπει να περιλαμβάνει λεπτομέρειες σχετικά με τις επιλογές διάθεσης που ισχύουν για την περιοχή που καλύπτεται από το σχέδιο. Θα πρέπει να δοθεί προτεραιότητα στην τοπική διάθεση, ώστε να ελαχιστοποιηθεί το κόστος και τα προβλήματα από την μεταφορά των αποβλήτων σε μεγάλες αποστάσεις. Παρόλα αυτά οι μέθοδοι διάθεσης που θα χρησιμοποιηθούν, θα εξαρτηθούν σε μεγάλο βαθμό από την ύπαρξη κατάλληλων εγκαταστάσεων παραλαβής και διάθεσης αποβλήτων και, όπου ενδείκνυται, από την τοπική διαθεσιμότητα των πρώτων υλών. Στην περίπτωση μεγάλης πετρελαιοκηλίδας είναι πιθανό να απαιτηθούν περισσότερες από μια τεχνικές διεκπεραίωσης των ποσοτήτων πετρελαίου.

Μεγάλες ποσότητες των αποβλήτων είναι πιθανό να συλλέγονται σχετικά γρήγορα κατά την διάρκεια καθαρισμού και οι χώροι αποθήκευσης να ξεχειλίζουν γρήγορα. Εφεδρικά σχέδια θα πρέπει συνεπώς να περιλαμβάνουν και την τοποθεσία προσωρινών τόπων ενδιάμεσης αποθήκευσης.

Σημεία που πρέπει να θυμόμαστε :

- ☑ Η διάθεση του πετρελαίου είναι μείζον θέμα, ιδίως μετά τον καθαρισμό των ακτογραμμών, όταν μεγάλες ποσότητες πετρελαίου και υπολειμμάτων συγκεντρώνονται.
- ☑ Εφεδρικά σχέδια για μεγάλες πετρελαιοκηλίδες πρέπει να περιλαμβάνουν λεπτομέρειες για όλες τις τεχνικές διάθεσης, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην περιοχή που καλύπτεται από το σχέδιο, συμπεριλαμβανομένων πληροφοριών για νομοθετικές απαιτήσεις.
- ☑ Οι χώροι και οι μέθοδοι που θα χρησιμοποιηθούν για την προσωρινή αποθήκευση τόσο των στερεών όσο και των υγρών αποβλήτων θα πρέπει να ταυτοποιηθούν ως ενδιάμεσοι χώροι μεταξύ της συλλογής των αποβλήτων από τις θάλασσες και τις ακτές και της τελικής διάθεσής τους.
- ☑ Η διάθεση του πετρελαίου και των πετρελαιοειδών αποβλήτων που ανακτούνται θα πρέπει να εξετάζεται ως λύση μόνο αφού όλες οι δυνατότητες επεξεργασίας για χρήσης τους ως καύσιμο ή ως πρώτη ύλη έχουν εξαντληθεί.
- ☑ Το κόστος της διάθεσης, συμπεριλαμβανομένου του κόστους της επεξεργασίας, του διαχωρισμού και της μεταφοράς, ενδέχεται να είναι υψηλό και αποτελεί ένα σημαντικό ποσοστό του συνολικού κόστους των επιχειρήσεων καθαρισμού.

Αποτέφρωση

Λίγο μετά την διαρροή, το πετρέλαιο είναι ένα εύφλεκτο υλικό. Ωστόσο μέσα σε λίγες ώρες στην θάλασσα χάνει οποιαδήποτε πτητικά συστατικά και απορροφά ένα μεγάλο ποσοστό νερού. Κατά συνέπεια η καύση του γίνεται πολύ δύσκολη. Η απευθείας καύση υπολειμμάτων πετρελαίου σε ανοιχτό χώρο δεν είναι μια συνηθισμένη μέθοδος διάθεσης, εξαιτίας του καπνού που προκύπτει. Όταν το πετρέλαιο καεί με μη ελεγμένες συνθήκες τείνει να εξαπλωθεί και να εισχωρήσει στο έδαφος. Επιπλέον, υπόλειμμα με μορφή πίσσας μπορεί να παραμείνει δεδομένου ότι είναι μάλλον απίθανο να επιτευχθεί πλήρης καύση.

Τα προβλήματα αυτά μπορούν να ξεπεραστούν με την βοήθεια ενός αποτεφρωτήρα, στον οποίο τοποθετούμε τα προς καύση απόβλητα και στον οποίο καταφέρνουμε να πετύχουμε υψηλή θερμοκρασία, απαραίτητη για πλήρη καύση με την καύση ενός βοηθητικού καυσίμου. Προσοχή μεγάλα κομμάτια συντριμμίων πρέπει να αφαιρούνται πριν την καύση.

Η δυνατότητα εφαρμογής και των δυο μεθόδων διάθεσης, άμεση διάθεση και αποτέφρωση, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την τοπική νομοθεσία και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Επιπλέον, το κόστος της αποτέφρωσης συχνά είναι σημαντικά υψηλότερο από άλλες τεχνικές διάθεσης, κάτι που πρέπει να ληφθεί υπό όψη.

Υλικά παραλίας που έχουν επικαλυφθεί από πετρέλαιο.

Αν και τα υλικά παραλίας που έχουν επικαλυφθεί από πετρέλαιο μπορούν να διατεθούν σε χωματερές ή να θαφτούν στο πίσω μέρος της παραλίας, υπάρχουν και άλλες μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την διάθεσή τους.

Σταθεροποίηση



Η σταθεροποίηση είναι μια μέθοδος που μπορεί μερικές φορές να χρησιμοποιηθεί σε άμμο που έχει πετρέλαιο. Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει την ανάμειξη της άμμου με μια ανόργανη ουσία, όπως είναι ασβέστης (οξείδιο του ασβεστίου) σε σκόνη για να σχηματίσουν ένα αδρανές προϊόν. Το πετρέλαιο δεσμεύεται από μικρά σωματίδια που εμποδίζουν την έκπλυση. Ωστόσο, η μέθοδος αυτή δεν είναι κατάλληλη εάν η άμμος είναι ανάμικτη με μεγάλες ποσότητες ξύλου, φυκιών ή λοιπών υλικών. Το σταθεροποιημένο υλικό μπορεί να απορριφθεί με λιγότερους περιορισμούς από ότι η ακατέργαστη άμμος με πετρέλαιο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εγγειοβελτιωτικά έργα ή παρόμοιες εφαρμογές.

Παρόλο που ο ασβέστης φαίνεται να είναι η καλύτερη δεσμευτική ουσία, θα μπορούσαν επίσης να χρησιμοποιηθούν υλικά όπως το τσιμέντο και η κονιορτοποιημένη τέφρα καυσίμου από θερμοηλεκτρικούς σταθμούς άνθρακα. Η αποτελεσματική χρήση αυτής της τεχνικής, ωστόσο, εξαρτάται από την ύπαρξη σταθεροποιητικού υλικού κοντά στην τοποθεσία της πετρελαιοκηλίδας, αλλά και από τον τρόπο που θα χειριστούμε τις ποσότητες του αδρανούς σταθεροποιημένου υλικού που παράγεται.

Βιοαποικοδόμηση

Το πετρέλαιο και τα πετρελαιοειδή απόβλητα διασπώνται με βιολογικές διεργασίες. Ο όρος «βιοεξυγίανση» χρησιμοποιείται για μεθόδους, οι οποίες επιχειρούν να επιταχύνουν αυτή την φυσική διαδικασία. Μια τέτοια τεχνική είναι το landfarming, σύμφωνα με την οποία το πετρέλαιο και τα υπολείμματά του, διασπείρονται σε μια έκταση γης. Η βιοαποικοδόμηση του πετρελαίου από μικροοργανισμούς γίνεται μόνο στην διεπαφή πετρελαίου-νερού, έτσι το πετρέλαιο θα πρέπει πρώτα να

αναμιχθεί με υγρό υπόστρωμα. Μπορεί να χρειαστούν μέχρι και τρία χρόνια, μέχρι το μεγαλύτερο μέρος του πετρελαίου αποικοδομηθεί, αν και η παραπάνω διάρκεια μπορεί να μειωθεί με την τεχνική του αερισμού και την εφαρμογή λιπασμάτων.

Η τεχνική του landfarming είναι πιο πιθανό να εφαρμοστεί σε σχετικά μικρές κηλίδες λόγω της μεγάλης έκτασης της γης που απαιτείται. Ιδανικά η γη που επιλέγεται θα πρέπει να είναι μικρής αξίας, να βρίσκεται πολύ μακριά από τα αποθέματα πόσιμου ύδατος και να μην είναι διαπερατή.

Αφού το πετρέλαιο έχει αποικοδομηθεί, το έδαφος θα πρέπει μετά να μπορεί να υποστηρίξει την ανάπτυξη μιας ποικιλίας φυτών και δέντρων, συμπεριλαμβανομένου και των αγρωστωδών.

Στην αγορά υπάρχει ένας αριθμός προϊόντων που περιέχουν μικροοργανισμούς για την αποικοδόμηση του πετρελαίου. Προσπάθειες όμως να χρησιμοποιηθούν τα προϊόντα αυτά σε πραγματικές καταστάσεις, έχουν στεφθεί με πολύ μικρή επιτυχία, κυρίως λόγω του γεγονότος ότι οι συγκεντρώσεις του πετρελαίου είναι πολύ υψηλές και είναι πολύ δύσκολο να διατηρηθούν τα επίπεδα των θρεπτικών στο επίπεδο που απαιτείται.

7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Ανακεφαλαιώνοντας λοιπόν τα όσα είδαμε στην παρούσα εργασία, μπορούμε να πούμε πως σε περιπτώσεις ατυχημάτων κατά την μεταφορά και όχι μόνο καυσίμων, οι συνέπειες, τόσο οικονομικές όσο και περιβαλλοντικές, είναι πολύ σημαντικές.

Η χρήση εργαλείων παρακολούθησης, όπως το ΠΟΣΕΙΔΩΝ, είναι πάρα πολύ σημαντική, αφού βοηθάει τις αρμόδιες αρχές να προλάβουν χειρότερες καταστάσεις και να εφαρμόσουν έγκαιρα το σχέδιο έκτακτης ανάγκης.

Σήμερα στην χώρα μας υπάρχουν 10 πλωτήρες διασκορπισμένοι σε διάφορα σημεία των ελληνικών θαλασσών, συνδεδεμένοι με το κέντρο διαχείρισης του ΠΟΣΕΙΔΩΝ, οι οποίοι στέλνουν δεδομένα για την κατάσταση των ελληνικών θαλασσών και βοηθάνε στην πρόβλεψη του καιρού και της κίνησης πιθανών ρυπαντών. Ένας από τους πλωτήρες αυτούς βρίσκεται στο Μεσσηνιακό Κόλπο. Σε επικοινωνία που είχαμε με τους επιστήμονες που χειρίζονται το ΠΟΣΕΙΔΩΝ ενημερωθήκαμε, πως αν υπάρξει ανάγκη για συγκεκριμένη έρευνα, ο συγκεκριμένος πλωτήρας μπορεί να μετακινηθεί στο Λακωνικό Κόλπο.

Προτείνουμε λοιπόν εκμεταλλευόμενοι την ανάλυση της παρούσας εργασίας να τοποθετηθεί ο πλωτήρας του ΠΟΣΕΙΔΩΝ σε 3 διαφορετικές θέσεις, στο κέντρο του κόλπου εκεί που καταλήγει ο Ευρώτας, κοντά στο ακρωτήριο Ταίναρο και κοντά στο ακρωτήριο Μαλέα και να γίνουν μια σειρά από πειραματικές μετρήσεις.

Μια άλλη πρόταση, η οποία όμως ανεβάζει το κόστος, είναι η κατασκευή 3 πλωτήρων σαν και αυτούς που χρησιμοποιήθηκαν στο πρόγραμμα LIFE-NATURA και η σύνδεσή τους με το κέντρο διαχείρισης του ΠΟΣΕΙΔΩΝ για την λήψη μετρήσεων.

Το ιδανικότερο βέβαια όλων θα ήταν να περιορίσουμε τα ατυχήματα και τις αιτίες δημιουργίας πετρελαιοκηλίδων, ώστε να μην χρειάζεται να καταφύγουμε σε συστήματα σαν το ΠΟΣΕΙΔΩΝ για να προλάβουμε χειρότερες καταστάσεις.

Σε όλη την παραπάνω εργασία αναπτύχθηκαν τόσο οι αιτίες όσο και τα αποτελέσματα των πετρελαιοκηλίδων, αλλά και τρόποι αντιμετώπισης του κινδύνου από τις πετρελαιοκηλίδες και δόθηκε ένα εκτεταμένο σχέδιο διαχείρισης κινδύνου που προκύπτει από τις μεταφορές καυσίμων. Παρατέθηκαν επίσης παραδείγματα και στατιστικά στοιχεία για ατυχήματα με πετρελαιοφόρα και προτάθηκαν τρόποι αντιμετώπισης τους. Τέλος έγινε αναλυτική αναφορά σε συστήματα παρακολούθησης των θαλασσών και πρόβλεψης κίνησης των ρυπαντών στη θάλασσα. Χρησιμοποιώντας μάλιστα τον Λακωνικό Κόλπο προτάθηκε συγκεκριμένο σχέδιο δράσης και αντιμετώπισης κινδύνου.

8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1]	Environmental Policy and Regulation for Oil Exploration and Shipping activities
[2]	Volckaert and Tombroff, 1989
[3]	International Tanker Owners Pollution Federation Ltd (2006). Oil tanker spills statistics 2006, http://www.itopf.com/stats.html
[4]	Μαρία Νικολοπούλου (2005). Ενισχυμένη Βιοδιέργεση Εγγενών Θαλάσσιων Μικροοργανισμών με τη Χρήση Λιπόφιλων Λιπασμάτων σε Συνδυασμό με Επιφανειοδραστικές Βιολογικές Ουσίες για Αποικοδόμηση Πετρελαιοκηλίδων, Μεταπτυχιακή Διατριβή,
[5]	National Academy of Sciences (1985). Oil in the Sea: Inputs, Fates and Effects, National Academy Press, Washington DC
[6]	Greenpeace, www.greenpeace.gr
[7]	Τριαντάφυλλος Μαματσόπουλος, Χημικός Μηχανικός- Οικονομολόγος
[8]	Ημερησία, 14/04/2007
[9]	IMO/ UNEP, 1998
[10]	Le Lourd, 1997
[11]	Kornilios et al., 1998
[12]	Pollani Annika, Triantafyllou George, Petihakis George, Nittis Konstantinos, Dounas Kostas, Christoforos Koutitas (2001) .The Poseidon operational tool for the prediction of floating pollutant transport, Marine Pollution Bulletin Vol.43, Nos. 7-12, pp. 270-278, Elsevier Science.
[13]	Καθηγητής του Πάντειου Πανεπιστημίου και διευθυντής του Ευρωπαϊκού Κέντρου Περιβαλλοντικής έρευνας και κατάρτισης.
[14]	James I.Chang και Cheng-Chung Lin (2005), «A Study of Storage tank accidents”, Science Direct, Vol 19, pp 51-59, Elsevier Science
[15]	Σωκράτης Ταπεινός
[16]	Σταματιάδη Θεοδώρα, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός & Μηχανικός Υπολογιστών, «Εξουγίανση εδαφών από αργό πετρέλαιο» (2007).
[17]	Petihakis George, Triantafyllou George, Koutitas Christoforos (2001). Prediction and Prevention of oil Contamination and monitoring of the benthic structure and related fisheries in connection with the pollution impact, Overseas Publishers Association.
[18]	Shetland Islands, United Kingdom, 1993
[19]	Technical Information Paper No.2: Fate of Marine Oil Spills
[20]	F. Volckaert, D. Tombroff (1989) Progress Report to EEC Div. XI/B/1.
[21]	Elliott, 1986 ; Johansen, 1985
[22]	Rasmussen, 1985
[23]	G.Petihakis, G. Triantafyllou, D. Koutsoubas, I. Allen, C. Doumas (1999).

	Modelling the annual cycles of nutrients and phytoplankton in a Mediterranean Lagoon (Gialova, Greece). Journal of Marine Environmental Research, 48(1), 37-58.
[24]	Ανάλυση Περιστατικών Ρύπανσης και αποφάσεων επιβολής κυρώσεων σε πίνακες και διαγράμματα, έτους 2006, Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας.
[25]	United States Patent, Moeller-Jensen
[26]	Soukissian et al. , 1999
[27]	Reed, 1992
[28]	Koutitas, 1991; Riemsdijk van Eldik et al., 1986
[29]	G. L. Mellor, T. Yamada (1982) Development of a turbulence closure model for Geophysical fluid problems. Review of Geophysics and Space Physics, 20, 8 51-875.
[30]	www.live-pedia.gr
[31]	Wikipedia, www.wikipedia.com
[32]	Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας, www.yen.gr , , Εθνικό Σχέδιο Έκτακτης Ανάγκης
[33]	International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MAROL 73/18, Annex 1)
[34]	Environmental Impact Assessment (EIA)
[35]	Environmental Policy and Regulation for oil exploration and shipping activities in the Barents Sea
[36]	Baker, J.M, Guzman, L., Bartlett, P.D., Little, D.I. and Wilson, C.M (1993). Long-term fate and effects of untreated thick oil deposits on salt marshes. Proceedings of the 1993 Oil Spill Conference, 395-399. API Publication No. 4580, American Petroleum Institute, Washington, DC
[37]	Guzman, L. and Campodonico, I. (1981). Studies after the Metula oil spill in the Straits of Magellan, Chile. In Proceedings of the Petromar '80 Conference. Monaco, 363-376. Graham and Trotman Ltd., London.
[38]	Owens, E.H., Robson, W. and Humphrey, B.(1987). Observations from a site visit to the Metula spill 12 years after. Spill Technology Newsletter 12, 83-96.
[39]	Summarized from "Assessing the Risk to Humans of Toxic Chemicals in the Great Lakes Ecosystem" Institute for Environmental Technology, Michigan State University
[40]	Roger Smook , the Risk Assessment and Management Congress in Ogaki, Japan - September 1997
[41]	American Institute of Biological Sciences (1978). The impact of the Argo Merchant spill. In Proceedings of the Conference on Assessment of Ecological Impacts of Oil Spills, 14-17 June 1978, Keystone, Colorado, USA, 137-195.

	American Institute of Biological Sciences, Arlington, Virginia, USA.
[42]	Center for Ocean Management Studies (1978). In the wake of the Argo Merchant. Proceedings of a Symposium, 11-13 January 1978. University of Rhode Island, USA. 181pp
[43]	National Research Council (1985). Oil in the sea-inputs, fates and effects. National Academy Press, Washington DC., 601 pp.
[44]	NOAA , Hazardous Materials and Response and Assessment Division (1992). Oil spill cases histories 1967-1991, summaries of significant US and international spills. National oceanic and Atmospheric Administration, Seattle, USA.
[45]	Baker, J.M. (1976). Ecological changes in Milford Haven during its history as an oil port. In Baker, J. M. (editor) Marie Ecology and Oil Pollution, 55-56. Applied Science Publishers on behalf of the Institute of Petroleum, London.
[46]	Dicks, B. and Hartley, J.P (1982). The effects of repeated small oil spillages and chronic discharges. Phil. Trans. Roy. Soc. Lond., B, 297, 285-307.
[47]	Blackman, R.A.A., Baker, J.M., Jelly, J. and Reynard, S. (1973). The Dona Marika oil spill. Marine Pollution Bulletin 4 (12), 181-183. Macmillan Journals. London.
[48]	Ekekwe, E. (1981). The Funiwa V oil well blow-out. In Thomopoulos, A.A. (editor) The Petroleum Industry and the Nigerian Environment, 64-68. Thomopoulos Environmental Pollution Consultants for the Nigerian National Petroleum Corporation.
[49]	Teas, H.J., Lasday, A.H., Luque, L.E., Morales, R.A., De Diego, M.E., and Baker, J.M. (1989). Mangrove restoration after the 1986 Refineria Panama oil spill. Proceedings of the 1989 Oil Spill Conference, 433-437. API Publication No. 4479. American Petroleum Institute, Washington DC.
[50]	IPIECA (1992). Biological impacts of oil pollution: coral reefs. IPIECA Report No. 3, International Petroleum Industry Environmental Conservation Association, London, 16 pp.
[51]	Πρόγραμμα LIFE-Nature : Προστασία και διαχείριση Στροφυλιάς-Κοτοχίου
[52]	Jame I. Chang and Cheng-Chung Lin. A study of storage tank accidents, Science direct, Elsevier, 2005.
[53]	Ασφαλέστερες και καθαρότερες θαλάσσιες μεταφορές στην Ευρωπαϊκή Ένωση, www.emsa.europa.eu
[54]	International Petroleum Industry Environmental Conservation Association (2000). A guide to contingency planning for oil spills on water, IPIECA REPORTS SERIES, vol 2, 2 nd edition.
[55]	Spies R.B ., Rice S.D., Wolfe D.A and Wright B.A. (1996). The effect of the Exxon Valdez oil spill on Alaskan coastal environment, Proceeding of the 1993 Exxon Valdez Oil Spill Symposium, American Fisheries Society, Bethesda, MD, pp1-16.
[56]	NOAA (1992). Shoreline Countermeasure Manual, National Oceanic & Atmospheric Administration, Seattle, Washington.
[57]	NOAA and API (1994). Options for Minimizing Environmental Impacts of Freshwater Spill Response, National Oceanic & Atmospheric Administration and

	American Petroleum Institute.
[58]	U.S. EPA (1999a). Understanding oil spills and oil spill response, EPA 540-K-99-007, Office of Emergency and Remedial Response, U.S. Environmental Protection Agency.
[59]	Doerffer, J.W. (1992). Oil Spill Response in the Marine Environment, Pergamon Press, Oxford, U.K.
[60]	Lessar R.R. and Demarco G. (2000). The significance of oil spill dispersants. Spill Science & Technology Bulletin, 6(1), 59-68.
[61]	Jokuty, P.,Whiticar, S.P., Wang, Z., Fingas, M.,Lambert, P.,Fieldhaouse, B., and Mullin, J. (2000). A Catalogue of Crude Oil and Oil Product Properties. Environmental Protection Service, Environmental Canada, Ottawa, ON. http://www.etcentre.org/spills/oil_intr.html .
[62]	Leahy,J.G.;Colwell, R.R (1990).Microbial Degradation of hydrocarbons in the environment. Microbial Reviews, 53(3), 305-315.
[63]	Clark, R.C. and Brown, D.W. (1977). Petroleum: properties and analysis in biotic and abiotic systems. In Malins (Ed) <i>Effects of Petroleum on Arctic and Subartic Environments and Organisms Vol. 1. Nature and Fate of Petroleum</i> . Academic Press, Inc., New York, 1-89.
[64]	Jordan, R.E. and Payne, J.R. (1980). <i>Fate and weathering of petroleum spills in the marine environment</i> . Ann Arbor Science Publishers, Inc. Ann Arbor, MI.
[65]	Σύστημα ΠΟΣΕΙΔΩΝ, http://www.poseidon.ncmr.gr/greek/
[66]	Θεσμικό Πλαίσιο για την ατμοσφαιρική και την θαλάσσια ρύπανση, ρόλοι & αρμοδιότητες, Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας, http://www.civilprotection.gr/index_gr.php
[67]	Σύνδεσμος Εταιρειών Εμπορίας Πετρελαιοειδών Ελλάδος, www.seepe.gr
[68]	J.A.Fay (1969) The spread of oil slicks on a calm sea. In : Oil on the sea. Hoult, D. P. (Ed.) Plenum Press, New York.
[69]	J.C. Huang (1983) A review of the state of the art of oil spill fate/behavior models. Proc. 1983 Oil Spill Conference. American Petroleum Institute, pp. 313-322.
[70]	United States Patent, Gram et al. Oil_Spill_detection_System
[71]	Johansen (1985) <i>Particle in fluid model simulation of oil drift and spread</i> . Oceanographic Center, SINTEF Group, Trondheim, Norway, 40pp.
[72]	C.G Koutitas (1988) <i>Mathematical models in coastal engineering</i> . London. Pentech Press, 156 pp.
[73]	<i>Oil Pollution Risk Assessment and preparedness in the east Mediterranean</i> , Dr. Natalia Martini and Admiral Roberto Partuno.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α΄

Στρατηγικές προστασίας

Δεδομένων των δυσκολιών που υπάρχουν στο καθαρισμό του πετρελαίου στην θάλασσα, το πετρέλαιο που διαχέεται συχνά απειλεί τους παράκτιους πόρους.



Ορισμένοι από αυτούς τους πόρους μπορούν να προστατευθούν με την χρήση φραγμάτων. Ύψιστη προτεραιότητα πρέπει να δοθεί στην προστασία των παράκτιων πόρων, που είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι σε περίπτωση πετρελαϊκής ρύπανσης. Τέτοιοι πόροι είναι : καλλιέργειες ψαριών και οστρακοειδών, ψυχαγωγικές δραστηριότητες που αντλούν νερό από την θάλασσα, π.χ μαρίνες, αποικίες πουλιών, κλπ. Ενώ ορισμένες τοποθεσίες

θα είναι σχετικά εύκολο να προστατευθούν, άλλες όπως βάλτοι και παραλίες είναι συχνά υπερβολικά εκτεταμένες για να μπορέσει να εφαρμοστεί η τεχνική αυτή.

Όταν οι συνθήκες το επιτρέπουν εναλλακτικές στρατηγικές προστασίας μπορούν να αποβούν αποτελεσματικές . Συγκεκριμένα :

Επανατοποθέτηση θαλάσσιων κλουβιών

Η ρυμούλκηση πλωτών και υποβρύχιων εγκαταστάσεων και του περιεχομένου τους, ώστε αυτά να απομακρυνθούν από το χώρο που απειλείται από την πετρελαιοκηλίδα, είναι εφικτή αν υπάρξει έγκαιρη και επαρκής προειδοποίηση. Τις περισσότερες όμως των περιπτώσεων μια τέτοια επιχείρηση λόγω της πολυπλοκότητάς της και της ευαισθησίας του περιεχομένου των εγκαταστάσεων, οδηγεί σε αποτυχία και καταστροφές του αποθέματος, εκτός και αν είναι άριστα οργανωμένη και σχεδιασμένη.

Μεταφορά αποθέματος



Όπου υπάρχουν σταθερές εγκαταστάσεις, ίσως είναι δυνατό να μετακινηθεί το απόθεμα. Η μετακίνηση πρέπει να γίνει υπό προϋποθέσεις και ενέχει το κίνδυνο θανάτου μέρους του αποθέματος.

Πρόωρη συγκομιδή

Η συγκομιδή ενός ποσοστού ή του συνόλου του αποθέματος, προτού αυτό επηρεαστεί από την πετρελαιοκηλίδα, είναι δυνατή αν το απόθεμα είναι σε εμπορεύσιμο μέγεθος.

Απομόνωση αποθέματος

Χερσαίες εγκαταστάσεις, οι οποίες προσλαμβάνουν νερό, μπορούν να κλείσουν την παροχή και να ανακυκλώνουν το ήδη υπάρχον νερό για σύντομες περιόδους. Προσοχή χρειάζεται ώστε το ανακυκλωμένο νερό να μην προκαλεί μεγαλύτερη βλάβη στο απόθεμα από ότι το ρυπασμένο με πετρέλαιο νερό.

Παύση τροφοδοσίας

Εφαρμόζουμε παύση τροφοδοσίας, ώστε τα ζώα να μην έρθουν σε φυσική επαφή με το πετρέλαιο στην επιφάνεια του νερού και επέλθει μόλυνση του αποθέματος μέσω των ζωοτροφών. Προσοχή, ώστε η παύση της τροφοδοσίας να μην προκαλέσει μεγαλύτερα προβλήματα από ότι το πετρέλαιο.

Απομάκρυνση κινούμενων μαρινών



Σε περιστατικά, όπου υπάρχει έγκαιρη και επαρκής ενημέρωση, είναι δυνατό να μετακινηθούν ολόκληρες εγκαταστάσεις στάθμευσης σκαφών αναψυχής, όπως μετακινούμενες μαρίνες, μαζί με τις πλωτές γέφυρες ελλιμενισμού και τα σκάφη αναψυχής. Παρά το γεγονός ότι μια τέτοια επιχείρηση μπορεί να κοστίζει αρκετά, είναι μερικές φορές το κόστος μικρότερο από το κόστος αποκατάστασης και καθαρισμού των εγκαταστάσεων, εάν αυτές ρυπανθούν από το πετρέλαιο.

Τεχνικές εκφοβισμού Πουλιών.



Μια πετρελαιοκηλίδα που θα φτάσει στις ακτές είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα πλήξει αποικίες και χώρους της τοπικής πανίδας και χλωρίδας, όπως είναι τα πουλιά. Προκειμένου να μειώσουμε τον αριθμό των πουλιών που θα μολυνθούν από το πετρέλαιο, χρησιμοποιούμε τεχνικές εκφοβισμού τους. Οι τεχνικές αυτές περιλαμβάνουν ηχητικούς (κόρνες και κανόνια) και οπτικούς (σημαδούρες που αναβοσβήνουν) τρόπους καθώς και τεχνικές αποκλεισμού με την βοήθεια δικτύων. Η αποτελεσματικότητα των παραπάνω τεχνικών εξαρτάται από την περιοχή που θέλουμε να προστατέψουμε, την φύση που υπάρχει στην περιοχή και το είδος των πουλιών που κινδυνεύουν. Η χρήση μικρών αεροσκαφών ή ελικοπτέρων, που πετάνε πάνω από την περιοχή, μπορεί να είναι επίσης αποτελεσματική, πρέπει όμως να προσέξουμε ώστε τα αεροσκάφη να πετάνε πάνω από τις αποικίες των πουλιών με τέτοια

κατεύθυνση, ώστε να τα απομακρύνουν από την πετρελαιοκηλίδα και να μην τα οδηγούν προς αυτή. Τέλος, σε κάθε περίπτωση, πρέπει να δοθεί προσοχή στους εθνικούς και τοπικούς κανονισμούς σχετικά με τον εκφοβισμό πουλιών.

Συμπέρασμα

Στις περισσότερες των περιπτώσεων είναι πολύ σημαντικό να εφαρμόζουμε τις τεχνικές προστασίας γρήγορα και χρησιμοποιώντας περιορισμένες πηγές από τις διαθέσιμες. Στα σχέδια έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να υπάρχει ρητώς και σαφώς καθορισμένο σε ποιες περιοχές θα δοθεί προτεραιότητα και ποιες τεχνικές θα εφαρμοστούν.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β΄

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΖΟΥΝ ΤΗΝ
ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΣΥΝΕΠΕΙΩΝ ΜΙΑΣ
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΗΛΙΔΑΣ

Οι κυριότεροι παράγοντες που προσδιορίζουν την σοβαρότητα των συνεπειών μιας πετρελαιοκηλίδας είναι :

Τύπος πετρελαίου.

Διαφορετικά είδη αργού πετρελαίου ποικίλουν σημαντικά στις φυσικές και χημικές τους ιδιότητες και στην τοξικότητά τους. Πειράματα σε φυτά και ζώα έδειξαν ότι διάφορα τοξικά φαινόμενα σχετίζονται με υδρογονάνθρακες που έχουν χαμηλό σημείο βρασμού(ιδιαίτερα αρωματικοί) επειδή αυτοί οι υδρογονάνθρακες μπορούν και διεισδύουν και καταστρέφουν τις κυτταρικές μεμβράνες. Οι μεγαλύτερες τοξικές επιπτώσεις προέρχονται από πετρελαιοκηλίδες από πετρέλαιο με ελαφριούς υδρογονάνθρακες. Η τοξικότητα του πετρελαίου μειώνεται όσο περνάει ο καιρός και αυτό γιατί οι ελαφριοί υδρογονάνθρακες που είναι και οι πιο τοξικοί έχουν εξατμιστεί. Έτσι όταν το πετρέλαιο φτάνει στις ακτές αμέσως μετά την διαρροή είναι πολύ πιο επικίνδυνο για την χλωρίδα και την πανίδα της περιοχής παρά όταν φτάσει αφού έχει περιπλανηθεί στην θάλασσα και έχει υποστεί φυσικές και χημικές μεταβολές. Σε αντίθεση με τα πετρέλαια που αποτελούνται από ελαφριά κλάσματα, τα πετρέλαια που αποτελούνται από υδρογονάνθρακες με μεγάλο μοριακό βάρος δεν διασκορπίζονται εύκολα, αλλά δημιουργούν στην επιφάνεια της θάλασσας γαλακτώματα και σκοτώνουν την χλωρίδα και την πανίδα της περιοχής λόγω ασφυξίας και όχι τοξικότητας.

Καιρικές συνθήκες και κατάσταση της θάλασσας

Οι υψηλές θερμοκρασίες και οι ισχυροί άνεμοι αυξάνουν την εξάτμιση του πετρελαίου, το οποίο οδηγεί στην μείωση της τοξικότητας του πετρελαίου που παραμένει στην θάλασσα. Η θερμοκρασία επηρεάζει το ιξώδες του πετρελαίου και άρα την ευκολία με την οποία μπορεί να διεισδύσει σε μεμβράνες και ιζήματα. Η θερμοκρασία μαζί με το οξυγόνο και τα θρεπτικά προσδιορίζουν το ρυθμό της μικροβιακής αποδόμησης του πετρελαίου που είναι και η τελική μοίρα του. Η κατάσταση της θάλασσας μπορεί είτε να βοηθήσει στην εξάτμιση του πετρελαίου είτε στην δημιουργία γαλακτώματος, ανάλογα το τύπο του πετρελαίου.

Φυσικά χαρακτηριστικά της περιοχής

Ευαίσθητες οικολογικά περιοχές χρειάζονται αυστηρότερα μέτρα πρόληψης και προστασίας. Επίσης περιοχές οικονομικής εκμετάλλευσης, όπως είναι οι παραλίες και οι χώροι αναψυχής χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής. Ανεξάρτητα όμως από τη χρήση της περιοχής, τα φυσικά χαρακτηριστικά της είναι αυτά που θα καθορίσουν τα την σοβαρότητα των συνεπειών μιας πετρελαιοκηλίδας και θα προσδιορίσουν τα μέτρα

προστασίας. Έτσι άλλα μέτρα λαμβάνονται σε πετρώδεις περιοχές, άλλα σε αμμώδεις παραλίες και άλλα σε ρηχά νερά, σε βάλτους κ.ο.κ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ΄

ΙΣΤΟΡΙΚΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ -ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

Metula

Το Metula εξόκειλε ανατολικά των στενών του Μαγγελάνου, στη Χιλή στις 09 Αυγούστου του 1974. Περίπου 47.000 τόνοι Αραβικού αργού πετρελαίου και 3.000 με 4.000 τόνοι καυσίμων υπολογίζεται ότι χάθηκαν. Μεγάλες ποσότητες γαλακτώματος δημιουργήθηκε στην αγριεμένη θάλασσα και το μεγαλύτερο τμήμα αυτού κατέληξε στις ακτές του νότιου Tierra del Fuego. Οι περισσότερες παραλίες από αυτές που επηρεάστηκαν ήταν τύπου μίγματος άμμου και πέτρας, αλλά επηρεάστηκαν και δύο μικρές εκβολές συμπεριλαμβανομένων βάλτων από αλάτι. Περίπου 4.000 πουλιά σκοτώθηκαν μεταξύ αυτών και πιγκουίνοι. Λόγω της remoteness της περιοχής δεν μπόρεσαν να εφαρμοστούν οι τεχνικές καθαρισμού με αποτέλεσμα η πετρελαιοκηλίδα να παραμείνει στην περιοχή και η περιοχή να μετατραπεί σε περιοχή μελέτης για τις μακροχρόνιες συνέπειες και την μοίρα μιας πετρελαιοκηλίδας. Ένα προστατευμένο έλος δέχτηκε μεγάλη ποσότητα γαλακτώματος και μετά από 19 χρόνια το πετρέλαιο ήταν ακόμα ορατό στην επιφάνεια του έλους και μάλιστα αρκετά φρέσκο κάτω από το επιφανειακό διαβρωμένο κομμάτι. Λίγα φυτά άρχισαν να δημιουργούνται στην περιοχή όπου το πάχος του πετρελαίου ξεπερνούσε τα 4 εκατοστά. Στις παραλίες παρέμεινε ένα πεζοδρόμιο από ασφαλτό, αλλά τα αποθέματα του πετρελαίου άρχισαν να διασπώνται σιγά σιγά και τελικά εξαφανίστηκαν μετά από κάποιους καιρούς [48],[49],[50].

Argo Merchant

Το Argo Merchant εξόκειλε στις ακτές της Μασσαχουσέτης στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής στις 15 Δεκέμβρη του 1976 και μέσα στους επόμενους μήνες διέρρευσε όλο του το πετρέλαιο (28.000 τόνοι επεξεργασμένο πετρέλαιο). Καταιγίδες διέλυσαν το σκάφος και κάθε προσπάθεια να μεταφερθεί το πετρέλαιο σε άλλα πλοία απέτυχε. Δοκιμάστηκε η επιτόπου καύση της πετρελαιοκηλίδας δύο φορές, αλλά και στις δύο φορές δεν μπόρεσε να διατηρηθεί η καύση. Οι δυνατοί άνεμοι και τα τεράστια κύματα δεν δίνανε περιθώρια για την εφαρμογή άλλων τεχνικών καθαρισμού.

Λόγω την κατεύθυνσης των ανέμων η πετρελαιοκηλίδα δεν έφτασε ποτέ στις ακτές και έτσι αποφεύχθηκαν χειρότερα προβλήματα. Το ατύχημα συνέβη σε μια εποχή που ευτυχώς υπήρχαν οι λιγότερο δυνατές συνέπειες για την θαλάσσια ζωή της περιοχής. Ήταν μια περίοδος χαμηλής αναπαραγωγής με λίγα αυγά. Κοντά στο ναυάγιο εμφανίστηκαν κάποια πουλιά σκεπασμένα με πετρέλαιο αλλά γενικό συμπέρασμα ήταν ότι η πετρελαιοκηλίδα τελικά είχε μικρές συνέπειες στην ζωή θαλάσσια και μη των ακτών της Νέας Αγγλίας. [41],[42],[43],[44].

Donna Marika

Το Donna Marika εξόκειλε στο κόλπο του Lindsay στις 5 Αυγούστου του 1973 και περίπου 3,000 τόνοι πετρελαίου χύθηκαν στην θάλασσα. Λόγω του ότι η κηλίδα δημιουργήθηκε σε μια ημί-κλειστη περιοχή και την εποχή εκείνη επικρατούσαν ισχυροί άνεμοι, δημιουργήθηκαν ασυνήθιστα ποσοστά γαλακτωμάτων πετρελαίου με το νερό που είχαν σαν αποτέλεσμα να εμποδίσουν τον ρυθμό εξάτμισης των ελαφρύτερων κλασμάτων πετρελαίου. Η συγκεκριμένη κηλίδα αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα ακραίας περίπτωσης, όπου ένα τοξικό ελαφρύ προϊόν έρχεται σε επαφή με την χλωρίδα και την πανίδα. Αποτέλεσμα αυτού ήταν ο θάνατος πολλών οστρακοειδών, η μαζική εξαφάνιση ασπόνδυλων από τις βραχώδεις ακτές και η εντυπωσιακή εξάπλωση πράσινων φυκιών. Οι διαδικασίες ανάκτησης βρίσκονταν σε πρόοδο μέχρι το 1979,[45],[46], [47].

Amoco Cadiz

Το Amoco Cadiz εξόκειλε στις ακτές της Βρετανίας στις 16 Μαρτίου του 1978. Πάνω από 2 εβδομάδες το φορτίο του πλοίου χυνόταν στην άγρια , λόγω καιρικών συνθηκών, θάλασσα της περιοχής. 223.000 τόνοι ελαφριού ιρανικού και αραβικού αργού πετρελαίου και 4.000 τόνοι καυσίμου ελευθερώθηκαν στην θάλασσα της Βρετανίας. Το μεγαλύτερο μέρος του πετρελαίου που ελευθερώθηκε σχημάτισε γρήγορα παχύρευστο γαλάκτωμα νερού σε πετρέλαιο, αυξάνοντας το μέγεθος των ρυπαντών κατά τέσσερις φορές. Μέχρι το τέλος του Απριλίου το πετρέλαιο και το σχηματισμένο γαλάκτωμα είχαν μολύνει 320 χιλιόμετρα ακτών και είχαν φτάσει μέχρι τα Channel Islands.

Προκειμένου να αντιμετωπιστεί η καταστροφή, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των χημικών διασποράς. Σχεδόν 3.000 τόνοι διασκορπιστικών χρησιμοποιήθηκαν, αλλά οι άσχημες καιρικές συνθήκες δεν επέτρεψαν την αποτελεσματική δράση τους. Χρησιμοποιώντας άλλες τεχνικές οι υπεύθυνοι αντιμετώπισης προσπάθησαν να καθιζάνουν κάποια ποσότητα πετρελαίου, ώστε να μεταφέρουν μέρος του προβλήματος στο βυθό της θάλασσας. Παρά τις προσπάθειες το πετρέλαιο έφτασε στις ακτές και ρύπανε από αμμώδεις παραλίες μέχρι βραχώδεις και αποβάθρες, μόλους, μαρίνες. Τα μέτρα αντιμετώπισης και καθαρισμού μεταφέρθηκαν στις ακτές και οι αρχές χρησιμοποίησαν 7.000 προσωπικό (κυρίως στρατιώτες) για να απομακρύνουν χειρωνακτικά το πετρέλαιο, ενώ το κομμάτι που είχε ανακατευτεί με την άμμο και η χειρωνακτική του απομάκρυνση ήταν δύσκολη, απομακρύνθηκε με την βοήθεια φορητών αναρρόφησης και γεωργικές μονάδες.

Τα αποτελέσματα του ατυχήματος ήταν να υπάρξει καταστροφή της θαλάσσιας ζωής της περιοχής, μια από τις μεγαλύτερες καταστροφές που έχει καταγραφεί μετά από

πετρελαιοκηλίδα. Μέχρι και 2 μήνες μετά το ατύχημα, σαλιγκάρια , αχινοί και λοιπά οστρακοειδή ξεβράζονταν νεκρά στις ακτές. 9.000 τόνοι οστρακοειδών καταστράφηκαν από το φόβο της μόλυνσης και πολλά είδη πουλιών μολύνθηκαν. Κάποια από τα είδη των πουλιών κατάφεραν να ανακάμψουν ένα χρόνο μετά, οι συνέπειες όμως του ατυχήματος και η μη δυνατότητα πλήρους καθαρισμού των ακτών συνετέλεσαν στο να είναι το Amoco Cadiz ανοιχτή πληγή για την περιοχή αρκετά χρόνια αργότερα.

Περισσότερες περιπτώσεις ατυχημάτων πετρελαιοφόρων και των συνεπειών τους μπορείτε να βρείτε στο “International Tanker Owners Pollution Federation Ltd 1999”.