



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΛΟΙΟΥ & ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ**  
**ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Κ. ΣΠΥΡΟΥ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

*Βελτιωμένη πιθανοθεωρητική διαδικασία  
υπολογισμού δείκτη εκροής πετρελαίου από  
δεξαμενόπλοιο με συνυπολογισμό του κόστους*

**Αυγερινός Ελευθέριος**



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΛΟΙΟΥ & ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ**  
**ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Κ. ΣΠΥΡΟΥ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

*Βελτιωμένη πιθανοθεωρητική διαδικασία  
υπολογισμού δείκτη εκροής πετρελαίου από  
δεξαμενόπλοιο με συνυπολογισμό του κόστους*

**Αυγερινός Ελευθέριος**

Αφιερώνεται στους γονείς μου και τη Βασιλική

# Ευχαριστίες

Ο συγγραφέας της παρακάτω διπλωματικής θεωρεί πολύ σημαντικό να ευχαριστήσει όλους όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της. Ευχαριστεί αρχικά τον επιβλέποντα καθηγητή Κ<sup>ο</sup> Κωνσταντίνο Σπύρου για τη βοήθεια του και τις εύστοχες παρατηρήσεις και διορθώσεις κατά τη διάρκεια της εργασίας αυτής.

Επίσης ευχαριστεί τον Κ<sup>ο</sup> Σπύρο Τζιαμτζή για την προσφορά του και την παροχή στατιστικών δεδομένων σχετικά με τις συγκρούσεις και προσαράξεις πλοίων.

Τέλος ευχαριστεί τους γονείς του, την αδερφή του και τη Βασιλική για την ηθική υποστήριξη που του προσέφεραν, και την υπομονή που έδειξαν.

# Πίνακας Περιεχομένων

Πίνακας περιεχομένων.....	1
Ευχαριστίες.....	3
<b>1. Εισαγωγή.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Δεξαμενόπλοια και ρύπανση.....</b>	<b>6</b>
2.1 Γενικά περί δεξαμενοπλοίων.....	6
2.2 Η αρχή του προβλήματος.....	7
2.3 Γενικά και ιστορικά στοιχεία.....	9
2.4 Αιτίες ρύπανσης από δεξαμενόπλοια.....	12
2.5 Τρόποι πρόληψης και αντιμετώπισης της ρύπανσης.....	13
<b>3. Θεωρητικό υπόβαθρο μεθοδολογιών.....</b>	<b>15</b>
3.1 Πιθανοθεωρητική Μέθοδος.....	17
3.2 Κόστος εκροής πετρελαίου.....	25
3.2.1 Συντελεστές κόστους Πετρελαιοκηλίδων.....	26
3.2.2 Παρουσίαση Μοντέλου Υπολογισμού κόστους εκροών.....	34
3.2.3 Διαδικασία υπολογισμού δείκτη διακινδύνευσης A.....	46
<b>4. Αναλυτικοί υπολογισμοί.....</b>	<b>47</b>
4.1 Εφαρμογή πιθανοθεωρητικής μεθόδου.....	47
4.2 Εφαρμογή μοντέλου κόστους εκροών.....	55
4.3 Υπολογισμός δείκτη διακινδύνευσης A.....	59
<b>5. Αποτελέσματα μεθόδων.....</b>	<b>64</b>
5.1 Worldwide analysis of marine oil spill cleanup cost factors.....	64
5.1.1 Μεταβολή του κόστους σύμφωνα με την έκταση της πετρελαιοκηλίδας.....	64
5.1.2 Μεταβολή του κόστους σύμφωνα με την απόσταση από την ακτή.....	71
5.1.3 Μεταβολή του κόστους σύμφωνα με τη μέθοδο αποκατάστασης.....	84
5.2 Γενικά σχόλια.....	97
<b>6. Βιβλιογραφία-πηγές.....</b>	<b>98</b>

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ**

<b>A</b>	<b>Συμπεράσματα των στατιστικών στοιχείων εξέλιξης των ατυχημάτων εκροής πετρελαίου.....</b>	<b>99</b>
<b>B</b>	<b>Ιστορικά ατυχήματα δεξαμενοπλοίων.....</b>	<b>105</b>
<b>Γ</b>	<b>Oil Marpol 73/78 και OPA 90.....</b>	<b>110</b>
<b>Δ</b>	<b>Πιθανότητες εκροής και ποσότητες χαμένου πετρελαίου.....</b>	<b>119</b>
<b>E</b>	<b>Modeling oil response and damage costs .....</b>	<b>157</b>
<b>Z</b>	<b>Υπολογισμοί κόστους και δείκτη διακινδύνευσης.....</b>	<b>177</b>

# **1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Από τα πολύ παλιά χρόνια, ένας παράγοντας ο οποίος καθόριζε σε μεγάλο βαθμό την συνεχώς αυξανόμενη ποιότητα ζωής, ήταν οι θαλάσσιες μεταφορές. Το ξεκίνημα αυτών χρονολογείται από τότε που τα πρώτα πλοία άρχισαν να κάνουν μικρά ταξίδια, με τις ελλείψεις βεβαίως να κυριαρχούν. Τότε η πλειοψηφία των θαλάσσιων κατασκευών είχε σα στόχο την επίτευξη μεγάλων μεγεθών και υψηλών επιδόσεων, χωρίς να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή και σε άλλα σημαντικά ζητήματα, που αφορούσαν την ανθρώπινη ζωή και το περιβάλλον. Οι συνεχώς αυξανόμενες κοινωνικές, πολιτικές και κυρίως οικονομικές απαιτήσεις, ήταν και είναι, οι αιτίες που σήμερα ζούμε σε μια παγκοσμιοποιημένη και σύγχρονη κοινωνία, στην οποία κύριος στόχος είναι η αναβάθμιση της ποιότητας της ανθρώπινης ζωής. Έτσι λοιπόν, για την επίτευξη του τελευταίου, κάθε είδους κατασκευή, θαλάσσια και μη, πρέπει να σχεδιάζεται με γνώμονα την διασφάλιση της ανθρώπινης ζωής, το μέτρο, την οικονομία και την προστασία του περιβάλλοντος. Με την πάροδο του χρόνου η ραγδαία τεχνολογική και οικονομική ανάπτυξη (κυρίως τις τελευταίες δεκαετίες) οδήγησε αναπόφευκτα σε μεγαλύτερες απαιτήσεις σε διάφορα προϊόντα. Ένα από αυτά είναι το πετρέλαιο, το οποίο μαζί με τα παράγωγα του, αποτελεί ίσως το πιο σημαντικό αγαθό στην αναβάθμιση της καθημερινής μας ζωής. Καθώς λοιπόν αυξάνονταν οι ανάγκες σε πετρέλαιο, ήταν αναμενόμενη και η διεύρυνση του κλάδου των μέσων μεταφοράς αυτού, των δεξαμενοπλοίων. Τόσο τα μεγέθη, όσο και ο αριθμός των τελευταίων αυξάνονταν συνεχώς, καταλήγοντας σήμερα στην δημιουργία ενός πολύ μεγάλου στόλου που προσφέρει τη μέγιστη εξυπηρέτηση.

Θα λέγαμε όμως ότι όλη αυτή η ραγδαία εξέλιξη ήταν λογικό να μην λειτουργήσει μόνο θετικά, αλλά να παρουσιάσει και αρνητικές συνέπειες. Όταν αναφερόμαστε στις τελευταίες επικεντρώνουμε το ενδιαφέρον μας στην ρύπανση της θάλασσας και των ακτών, καθώς και το οποιοδήποτε κόστος. Είναι αρκετά πολύπλοκο να καταλάβει κάποιος τι καταστροφές

μπορεί να προκαλέσει ένα απλό ρήγμα στην πλευρά ή στον πυθμένα ενός δεξαμενοπλοίου. Το τελευταίο θα μας απασχολήσει σε όλη την πορεία της διπλωματικής. Θα προσπαθήσουμε να αναπτύξουμε τα παραπάνω, ξεκινώντας από την εφαρμογή της πιθανοθεωρητικής μεθόδου αξιολόγησης δεξαμενοπλοίων, ως προς την εκροή πετρελαίου σε περίπτωση ατυχήματος. Μέσω της διαδικασίας αυτής, η οποία περιλαμβάνει πλευρικό ρήγμα και ρήγμα στον πυθμένα, θα καταλήξουμε στην πιθανότητα εκροής πετρελαίου, καθώς και τη ποσότητα αυτού, που προκύπτουν στην εκάστοτε περίπτωση ρήγματος. Στη συνέχεια θα επιδιώξουμε να εκπληρώσουμε τον αιώτερο σκοπό αυτής της εργασίας, που δεν είναι άλλος από την εκτίμηση του κόστους. Το παραπάνω δεν είναι τόσο απλό, καθώς είναι αρκετά εκτενής η πολυπλοκότητα και η συνεργασία των διαφόρων παραγόντων που επηρεάζουν και συνθέτουν την κάθε περίπτωση εκροής. Με τη βοήθεια ενός μοντέλου λοιπόν θα εκτιμήσουμε το εκάστοτε κόστος, με στόχο να καταλήξουμε σε ένα είδος δείκτη διακινδύνευσης, ο οποίος μελλοντικά θα είναι σε θέση να μας δώσει αρκετά στοιχεία σχετικά με το μέγεθος του κόστους, σε περίπτωση ατυχήματος σε κάποια περιοχή. Είναι αναμενόμενο όμως σε έναν τομέα που είναι σε αρχικό στάδιο, όπως αυτός του κόστους εκροών, να γίνουν διαφόρων ειδών απλουστεύσεις και εκτιμήσεις, οι οποίες πιθανότατα θα μας οδηγήσουν σε ανακριβή αποτελέσματα.



## **2 Δεξαμενόπλοια και Ρύπανση**

### **2.1 Γενικά περί Δεξαμενοπλοίων**

Μια μεγάλη κατηγορία πλοίων που αναφέραμε παραπάνω και θα μας απασχολήσουν σε όλη την πορεία αυτής της διπλωματικής είναι τα δεξαμενόπλοια (Tankers) που κατατάσσονται στα πλοία εκτοπίσματος, ως προς τη μελέτη. Το πρώτο δεξαμενόπλοιο έκανε την παρουσία του στα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα και μετέφερε κηροζίνη. Όμως, η όλο και αυξανόμενη κυκλοφορία των αυτοκινήτων οδήγησε σε μεγαλύτερες απαιτήσεις σε πετρέλαιο, με αποτέλεσμα να αρχίσει σταδιακά η μαζικότερη διακίνηση του, μέσω θαλάσσης. Κατά τη διάρκεια του β παγκοσμίου πολέμου το πρότυπο των πετρελαιοφόρων ήταν το T2 με 16.400 t DWT. Στη συνέχεια κατασκευάζονταν όλο και μεγαλύτερα πλοία τέτοιου τύπου, με το πρώτο 100.000 t DWT να κυκλοφορεί το 1959, ενώ το 1961 γίνονται οι πρώτες παραγγελίες για 200.000 t DWT. Με την πάροδο των χρόνων λοιπόν, και τις συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες σε όλο και μεγαλύτερες ποσότητες πετρελαίου, φτάσαμε σήμερα να έχουμε ένα πολύ μεγάλο αριθμό δεξαμενοπλοίων, τα οποία κυκλοφορούν στις θάλασσες όλου του κόσμου και διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες.

**Πίνακας 2.1.1:** Υποκατηγορίες Δεξαμενοπλοίων

<b>Χαρακτηρισμός Tanker</b>	<b>Μεταφορική Ικανότητα (DWT)</b>
Product, Chemical Carriers	(3.000-30.000) t
Handy Size Carrier (HS)	(30.000-70.000) t
Large Crude Oil Carrier (LCC)	(70.000-175.000) t
Very Large Crude Oil Carrier (VLCC)	(175.000-300.000) t
Ultra Large Crude Oil Carrier (ULCC)	>300.000 t

**Πηγή:** Μελέτη Πλοίου, Τόμος β [Δ.4.γ]

Τα κύρια προϊόντα μεταφοράς των εν λόγω πλοίων είναι αργό πετρέλαιο και παράγωγα πετρελαίου, καθώς και χημικά προϊόντα, πίσσα, κρασιά και μερικές φορές σιτηρά. Η φόρτωση τους γίνεται μέσω δικτύου σωληνώσεων και αντλιών ξηράς και η εκφόρτωση τους με τη χρήση αντλιών τους σκάφους και δικτύου σωληνώσεων. Συνήθως οι ταχύτητες που κινούνται πλοία τέτοιου τύπου είναι 13-17 kn, με ισχύ πρόωσης (Δήζελ ή Ατμοστρόβιλο) 2.000-65000 HP, και συνήθως 1 έλικα.

Από την περιγραφή των παραπάνω είναι φανερό ότι η χρήση και η κυκλοφορία των δεξαμενοπλοίων στις περισσότερες θάλασσες, είναι εκπληκτικά λειτουργική και εξυπηρετική, αφού με αυτόν τον τρόπο παρέχεται σε όλες τις χώρες ένα από τα πιο χρήσιμα υλικά, το πετρέλαιο. Το τελευταίο χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές και διευκολύνει κατά πολύ τη ζωή μας. Τι γίνεται όμως όταν αυτό το προϊόν και τα παράγωγα του είναι σε θέση να απειλήσουν και να θέσουν σε κίνδυνο το θαλάσσιο περιβάλλον και όχι μόνο; Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί αν κάποιο δεξαμενόπλοιο, λόγω προσάραξης, σύγκρουσης (τουλάχιστον τις συγκεκριμένες περιπτώσεις ,εξετάζουμε στην παρούσα διπλωματική), ή για κάποιο άλλο λόγο υποστεί ρήγμα στον πυθμένα ή στην πλευρά, και οδηγηθούμε αναπόφευκτα σε εκροή πετρελαίου.

## ***2.2 Η Αρχή του Προβλήματος***

Η ανακάλυψη του πετρελαίου έγινε περίπου το 1861, και από εκεί και πέρα ξεκίνησε η θαλάσσια μεταφορά του σε βαρέλια, για ένα χρονικό διάστημα στο οποίο δεν είχαν σχεδιαστεί ακόμα τα πρώτα δεξαμενόπλοια. Η κατασκευή του πρώτου Tanker, το 1886, σήμανε και το ξεκίνημα της χύδην μετακίνησης του πετρελαίου, με την απόλυτη εκμετάλλευση της γάστρας του σκάφους. Έτσι λοιπόν σε ένα διάστημα 25 ετών βλέπουμε ότι αλλάζει εντελώς η νοοτροπία της μεταφοράς του συγκεκριμένου φορτίου, αφού από το 1886 και μετά έχουμε μεγαλύτερη ασφάλεια για το φορτίο, το πλοίο και το πλήρωμα και γενικά αρχίζει σταδιακά να αναβαθμίζεται ο τομέας των Tankers. Στον πίνακα 2.2.1 δείχνουμε αυτήν ακριβώς τη διαφορά στη μεταφορά πετρελαίου, ανάμεσα στις δύο χρονικές περιόδους.

**Πίνακας 2.2.1: Εξέλιξη στη Μεταφορά Πετρελαίου**

<b>Μεταφορά σε Βαρέλια (1861-1886)</b>	<b>Μεταφορά σε Δεξαμενές (1886 και μετά)</b>
Ρωγμές που οδηγούν σε Πυρκαγιά	Μικρότερη πιθανότητα πυρκαγιάς
Συχνά Χαμένο Φορτίο	Απώλεια Φορτίου Μόνο σε περίπτωση Ρωγμής του Πλοίου
Δύσκολη Φορτοεκφόρτωση	Ευκολότερη Φορτοεκφόρτωση
Χρονοβόρα Φορτοεκφόρτωση	Γρηγορότερη Φορτοεκφόρτωση
Μικρή Μεταφορική Ικανότητα	Δυνατότητα για Μεγαλύτερη Μεταφορική Ικανότητα

**Πηγή:** Διπλωματική Εργασία Γεωργίου Αδ. Ψαρρού [2.1]

Εκτός όμως από τις δύο περιόδους που διακρίνουμε στον τρόπο μεταφοράς του φορτίου, το ίδιο μπορούμε να κάνουμε και με το μέγεθος της μεταφορικής ικανότητας. Συγκεκριμένα ξεχωρίζουμε την εποχή πριν και κατά τη διάρκεια του Β παγκοσμίου πολέμου, όπου η χωρητικότητα των μεγαλύτερων δεξαμενοπλοίων έφτανε μέχρι τους 25.000 t, και την εποχή μετά από αυτόν, όπου δημιουργήθηκε ένα παγκόσμιο δίκτυο μεταφοράς πετρελαίου, το οποίο αποσκοπούσε στη διακίνηση μεγαλύτερων ποσοτήτων και σε μικρότερο χρονικό διάστημα. Με την πάροδο του χρόνου και ενώ οι απαιτήσεις αυξάνονταν συνεχώς, έχουμε φτάσει σήμερα σε ένα σημείο όπου κυκλοφορούν και Tankers με DWT=550.000 t (ULCC). Ο παραπάνω εκσυγχρονισμός όμως είναι που μερικές φορές ευχόμαστε να μην είχε ξεκινήσει ποτέ, καθώς ένα από τα ULCC να υποστεί ρωγμή και να δημιουργήσει πετρελαιοκηλίδα, μπορεί να οδηγήσει, κάτω από τις κατάλληλες συνθήκες, σε πολύ άσχημες συνέπειες στο θαλάσσιο περιβάλλον και στο θαλάσσιο βίο.

Σύμφωνα με τα παραπάνω λοιπόν είναι εύκολο να συμπεράνουμε ότι, ναι μεν είναι απαραίτητες οι μαζικές μεταφορές του πετρελαίου από όλο και περισσότερα δεξαμενόπλοια, αφετέρου δε, αυξάνονται οι πιθανότητες να έχουμε κάποιο ατύχημα που θα έχει άσχημα αποτελέσματα για το θαλάσσιο περιβάλλον, και κατ' επέκταση για τον άνθρωπο.

### **2.3 Γενικά και Ιστορικά Στοιχεία**

Σε ένα μεγάλο ταξίδι είναι πολλοί οι παράγοντες που καθορίζουν το πόσο καλό και χωρίς απρόοπτα θα είναι αυτό. Τέτοιοι παράγοντες μπορεί να είναι ανθρώπινα ή μηχανικά λάθη, και από εκεί και πέρα συμμετέχουν οι καιρικές συνθήκες, η θαλάσσια περιοχή στην οποία βρίσκεται το πλοίο και άλλα, στα οποία θα αναφερθούμε αργότερα. Δυστυχώς η επίδραση του καιρού δε μπορεί να εξαλειφθεί για προφανείς λόγους. Από εκεί και πέρα στόχος όλων, και κύριο ζήτημα μελέτης από πολλούς ειδικούς, είναι το κατά πόσο μπορούν να μειωθούν όλοι αυτοί οι παράγοντες που μπορούν να οδηγήσουν σε ατύχημα, καθώς και οι καλύτεροι δυνατοί τρόποι με τους οποίους μπορούν να αντιμετωπιστούν οι συνέπειες του τελευταίου. Όταν αναφερόμαστε γενικά σε ατύχημα δεξαμενοπλοίου, το πρώτο πράγμα που μας έρχεται στο μυαλό μετά από τις ανθρώπινες ζωές, είναι το αν υπήρξε εκροή πετρελαίου. Στη συνέχεια ένα τέτοιο γεγονός αναλύεται σε πολλά περισσότερα από τα οποία εξαρτάται το μέγεθος της καταστροφής. Κάποια από αυτά είναι η ποσότητα του χαμένου πετρελαίου, η απόσταση του πλοίου τη στιγμή του ατυχήματος από την εκάστοτε ακτή, και όσον αφορά το πλοίο αυτό καθ' αυτό, η ευστάθεια του μετά από τη βλάβη. Το τελευταίο δε θα μας απασχολήσει ιδιαίτερα καθώς θα επικεντρώσουμε το ενδιαφέρον μας περισσότερο στην εκροή και τις συνέπειες της.

Ακόμη σημαντικό ρόλο παίζει και ο τρόπος με τον οποίο προέκυψε το ατύχημα. Αν έχουμε σύγκρουση δεξαμενοπλοίων τότε το πιο πιθανό είναι να δημιουργηθεί έκρηξη, οπότε η μόλυνση της θάλασσας θα είναι μηδαμινή ή τουλάχιστον πολύ μικρή. Από την άλλη πολύ χειρότερα είναι τα αποτελέσματα στην περίπτωση της προσάραξης, όπου αν το σχίσμο είναι αρκετά βαθύ, η εκροή μπορεί να θεωρείται σίγουρη. Όπως είπαμε και παραπάνω οι συνέπειες γίνονται ακόμα πιο καταστροφικές όταν το ατύχημα (κυρίως προσάραξη) πραγματοποιείται κοντά σε ακτή, οπότε μετά θα ζητηθούν σίγουρα αποζημιώσεις και οπωσδήποτε καθαρισμός. Στον πίνακα 2.3.1 παρουσιάζονται τα σημαντικότερα ατυχήματα δεξαμενοπλοίων, οι θαλάσσιες περιοχές που έγιναν και η χαμένη, εις βάρος του περιβάλλοντος, ποσότητα πετρελαίου. Ακόμη θα παρουσιάσουμε σε πίνακα και τον αριθμό των

πετρελαιοκηλίδων (μικρές και μεγάλες) ανά έτος, καθώς και τη συνολική χαμένη ποσότητα φορτίου.

Με βάση αυτά τα στοιχεία θα οδηγηθούμε σε κάποια στατιστικά συμπεράσματα σχετικά με την εξέλιξη των ατυχημάτων εκροής πετρελαίου, τα οποία παρουσιάζονται στο παράρτημα Α. Επίσης θα επιλέξουμε κάποιες από τις πιο μεγάλες και καταστροφικές για το περιβάλλον πετρελαιοκηλίδες, και θα περιγράψουμε τον τρόπο που συνέβησαν στο παράρτημα Β.

**Πίνακας 2.3.1: Μεγάλα Ατυχήματα Tankers**

<b>Όνομα Πλοίου</b>	<b>Έτος</b>	<b>Θαλάσσια Περιοχή</b>	<b>Ποσότητα Εκροής Πετρελαίου</b>
Exxon Valdez	1989	Prince William Sound, Alaska, USA	37.000
Wafra	1971	off Cape Agulhas, South Africa	40.000
Metula	1974	Magellan Straits, Chile	50.000
Assimi	1983	55 n.m off Muscat, Oman	53.000
Katina P.	1992	off Maputo, Mozambique	72.000
Sea Empress	1996	Milford Haven, UK	72.000
Aegean Sea	1992	La Coruna, Spain	74.000
Khark 5	1989	120 n.m off Atlantic Coast of Morocco	80.000
Braer	1993	Shetland Islands, UK	85.000
Jacob Maersk	1975	Oporto, Portugal	88.000
Independenta	1979	Bosphorus, Turkey	95.000
Hawaiian Patriot	1977	300 n.m off Honolulu	95.000
Urquiola	1976	La Coruna, Spain	100.000
Torrey Canyon	1967	Scilly Isles, UK	119.000
Odyssey	1988	700 n.m off Nova Scotia, Canada	132.000
Haven	1991	Genoa, Italy	144.000
Amoco Cadiz	1978	off Brittany, France	223.000
Castilo De Belver	1983	off Saldanha Bay, South Africa	252.000
ABT Summer	1991	700 n.m off Angola	260.000
Atlantic Empress	1979	off Tobago, West Indies	276.000

**Πηγή:** Διπλωματική Εργασία Γεωργίου Αδ. Ψαρρού [2.2.1]

**Πίνακας 2.3.2:** Αριθμός και Ποσότητα Εκροής Ατυχημάτων  
Δεξαμενοπλοίων

Έτος	Αριθμός Πετρελαιοκηλίδων με:		Συνολικά ανά Έτος	
	Ποσότητα Εκροής (7-700) t	Ποσότητα Εκροής (>700) t	Αριθμός Πετρελαιοκηλίδων	Ποσότητα Εκροής (t)
1970	6	29	35	301.000
1971	18	14	32	167.000
1972	49	24	73	311.000
1973	25	32	57	166.000
1974	91	26	117	169.000
1975	97	19	116	342.000
1976	67	25	92	369.000
1977	65	16	81	298.000
1978	54	23	77	395.000
1979	59	34	93	608.000
1980	51	13	64	103.000
1981	49	6	55	44.000
1982	44	3	47	11.000
1983	52	11	63	384.000
1984	25	8	33	28.000
1985	29	8	37	88.000
1986	25	7	32	19.000
1987	27	10	37	30.000
1988	11	10	21	198.000
1989	32	13	45	178.000
1990	50	13	63	61.000
1991	27	8	35	435.000
1992	31	9	40	162.000
1993	30	11	41	144.000
1994	27	7	34	105.000
1995	20	3	23	9.000
1996	20	3	23	79.000
1997	27	10	37	67.000
1998	22	4	26	10.000
1999	19	5	24	29.000
2000	18	3	21	12.000
2001	16	3	19	8.000

**Πηγή:** Διπλωματική Εργασία Γεωργίου Αδ. Ψαρρού [2.2.2]

## 2.4 Αιτίες Ρύπανσης από Δεξαμενόπλοια

Όπως είδαμε και σε κάποιες περιπτώσεις παραπάνω η ρύπανση του περιβάλλοντος από το πετρέλαιο των δεξαμενοπλοίων μπορεί να οφείλεται σε διάφορους παράγοντες. Οι παράγοντες αυτοί χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τις λειτουργικές διαδικασίες (operations), που περιλαμβάνουν λάθη κατά την φορτοεκφόρτωση ή τον εφοδιασμό με καύσιμα, και τα ατυχήματα (accidents), που περιλαμβάνουν συγκρούσεις πλοίων, προσαράξεις, κατασκευαστικές αστοχίες ή πυρκαγιές και εκρήξεις. Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε αναλυτικά πόσες εκροές είχαμε εξαιτίας κάθε ενός παράγοντα με αυτές των κάτω των 7 t να είναι σχεδόν πάντα οι πολυπληθέστερες.

**Πίνακας 2.4.1:** Αιτίες ρύπανσης από Tankers

<b>Αιτίες Εκροής Πετρελαίου</b>	<b>&lt;7 t</b>	<b>(7-700) t</b>	<b>&gt;700 t</b>	<b>Σύνολο</b>
<b>1) Λειτουργικές Διαδικασίες</b>				
Φόρτωση/Εκφόρτωση	2767	299	17	3083
Εφοδιασμός με Καύσιμα	541	25	0	566
Άλλες Διαδικασίες	1167	47	0	1214
<b>2) Ατυχήματα</b>				
Συγκρούσεις	163	254	87	504
Προσαράξεις	222	200	106	528
Κατασκευαστικές Αστοχίες	562	77	43	682
Πυρκαγιές, Εκρήξεις	150	16	19	185
<b>3) Άλλα</b>	2221	165	37	2423
<b>Σύνολο</b>	<b>7793</b>	<b>1083</b>	<b>309</b>	<b>9185</b>

Πηγή: Διπλωματική Εργασία Γεωργίου Αδ. Ψαρρού [2.2.3]

## **2.5 Τρόποι Πρόληψης και Αντιμετώπισης της Ρύπανσης**

Τα μέτρα που μπορούν να ληφθούν έναντι περιβαλλοντικών καταστροφών από δεξαμενόπλοια κατηγοριοποιούνται σε ενεργητικές και παθητικές μεθόδους ασφαλείας.

Οι ενεργητικές μέθοδοι είναι αυτές οι οποίες εφαρμόζονται για την πρόληψη του ατυχήματος. Πρωτεργάτης αυτής της ομάδας είναι η μέθοδος load on top, κατά την οποία τα μίγματα νερού-πετρελαίου μεταφέρονται σε δεξαμενή καταλοίπων (slop tank) και κατά τη διάρκεια του ταξιδιού διαχωρίζονται λόγω βαρύτητας. Στο λιμάνι φόρτωσης το νερό αντλείται και πάνω από το ήδη υπάρχον πετρέλαιο προστίθεται το νέο. Άλλες μέθοδοι αυτής της κατηγορίας είναι ο καθαρισμός των δεξαμενών με χρήση του φορτίου (Crude Oil Washing, COW), η αδρανοποίηση αυτών από τα καυσαέρια του λέβητα ώστε να αποφευχθούν πιθανές εκρήξεις (Inert Gas System, IGS), καθώς και τα προγράμματα εκπαίδευσης των πληρωμάτων.

Αντίθετα οι παθητικές μέθοδοι είναι εκείνες οι οποίες χρησιμοποιούνται αφού συμβεί το ατύχημα με στόχο να ελαχιστοποιηθούν όσο γίνεται οι καταστροφικές συνέπειες. Βασική μέθοδος είναι οι ενέργειες που μπορούν να γίνουν από το πλήρωμα και από τις αρμόδιες αρχές (Shipboard Oil Pollution Emergency Plan, Salvage and Rescue Operations). Επίσης μετά από ένα ατύχημα είναι απαραίτητο να εξεταστούν από τους ειδικούς διαφορετικοί τρόποι σχεδίασης. Για παράδειγμα η μείωση των διαστάσεων των δεξαμενών ή η χρήση διπυθμένων και διπλών τοιχωμάτων, ίσως μερικές φορές βελτιώνει την αποτελεσματικότητα των δεξαμενοπλοίων ως προς τη ρύπανση, πράγμα το οποίο δεν είναι ποτέ απόλυτο.

Από εκεί και πέρα όταν ήδη έχει γίνει το ατύχημα και έχουμε εκροή, υπάρχουν κάποιες μέθοδοι για τον καθαρισμό του θαλάσσιου περιβάλλοντος:

- Αναχαίτιση και Αποκατάσταση: Συνήθως είναι το πρώτο μέτρο που εφαρμόζεται στη προσπάθεια καθαρισμού μιας θαλάσσιας περιοχής από εκροή πετρελαίου. Μεγάλοι πλαστικοί πλωτήρες ή ελαστικά φράγματα (γνωστά ως μπούμες) τοποθετούνται γύρω από την



ρυπασμένη περιοχή, παίζοντας έτσι το ρόλο του διαφράγματος, που σε πρώτη φάση θα συγκρατήσει το χαμένο πετρέλαιο εντός αυτής της περιοχής. Στη συνέχεια το πετρέλαιο αυτό μπορεί να αποσυρθεί από εκεί με διάφορες αντλίες-κουτάλες (Vacuum Skimmers), μέσω των οποίων μεταφέρεται σε νέες δεξαμενές. Αν όμως ο καιρός δεν τα επιτρέπει αυτά τότε χρησιμοποιούνται ειδικοί πλωτοί τροχοί και αντλίες, που μεταφέρουν το πετρέλαιο.

- Χημικά Διαλυτικά: Τέτοιες ουσίες χρησιμοποιούνται όταν θέλουμε ένα μεγάλο στρώμα πετρελαίου να το διασπάσουμε σε εκατομμύρια μικρές σφαίρες πετρελαίου. Οι μικρές αυτές σφαίρες (μόρια) μπορούν πιο εύκολα να διασκορπιστούν και να μεταφερθούν προς τα έξω συγκριτικά με μια συνεχή πετρελαιοκηλίδα. Σε σχέση λοιπόν με την άντληση του πετρελαίου, με τα χημικά γίνεται προσπάθεια να μοιραστούν κατά κάποιο τρόπο οι συνέπειες της εκροής.
- Βιολογικές Αντιδράσεις: Θα λέγαμε ότι μια μέθοδος καθαρισμού του θαλάσσιου περιβάλλοντος είναι και μέσω της χρήσης μικροβίων και λιπασμάτων. Συνήθως χρησιμοποιείται όταν το πετρέλαιο εκροής βρίσκεται κοντά σε ακτή, παρά όταν η επηρεασμένη περιοχή είναι σε ανοιχτά νερά (όπως έγινε και μετά το ατύχημα του Exxon Valdez).
- Χρήση Ανάφλεξης: Είναι η τελευταία μέθοδος καθαρισμού της ρυπασμένης περιοχής, η οποία εφαρμόζεται πολύ σπάνια. Χαρακτηριστικό της είναι ότι όπως και τα χημικά, εξαπλώνει τη ρύπανση, παρά να την απομακρύνει από το φυσικό περιβάλλον.

Σε επόμενο κεφάλαιο θα δούμε αναλυτικά πως μπορούμε να κοστολογήσουμε την εφαρμογή των παραπάνω μεθόδων σε διάφορες περιπτώσεις εκροής. Αρχικά όμως πρέπει να αναπτύξουμε τη μεθοδολογία που θα μας δώσει τις πιθανότητες εκροής ενός πλοίου, καθώς και τις χαμένες ποσότητες πετρελαίου, βήματα τα οποία θα αποτελέσουν το σκαλοπάτι για την εκπλήρωση του στόχου μας.

# **3 Θεωρητικό Υπόβαθρο**

## **Μεθοδολογιών**

### *Εισαγωγή*

Όπως είπαμε παραπάνω η μεταφορά του πετρελαίου μέσω θαλάσσης είναι πολύ σημαντική για την αναβάθμιση της ποιότητας της ζωής μας. Πρέπει όμως να λάβουμε υπόψη τις αρνητικές συνέπειες και την απειλή προς το περιβάλλον, που μπορεί να συνεπάγεται η διακίνηση τόσων πολλών τόνων πετρελαίου.

Αυτή την απειλή πρώτο αναγνώρισε και αποφάσισε να ξεκινήσει να ερευνά το εθνικό συμβούλιο για την πρόληψη της ρύπανσης της θάλασσας από το πετρέλαιο (International Convention for Prevention of Pollution of the Sea by Oil, OILPOL), το οποίο συγκλήθηκε πρώτη φορά το 1954. Η κυβέρνηση του Ηνωμένου Βασιλείου ήταν εκείνη που οργάνωσε το συνέδριο και προβλεπόταν να αναλάβει όλη την ευθύνη αυτού ο IMO, όταν θα ξεκινούσε να λειτουργεί. Αργότερα, που τέθηκε σε εφαρμογή στις 26 Ιουλίου του 1958 ο IMO (International Maritime Organization), τότε ουσιαστικά άρχισε να διευθύνει και την OILPOL. Το πρώτο έργο της OILPOL ήταν να δημιουργήσει προστατευόμενες περιοχές που εκτείνονταν 50 μίλια από τις ακτές, καθώς και να κάνει υποχρεωτική την απόρριψη μιγμάτων πετρελαίου- νερού και καταλοίπων των δεξαμενών, σε ειδικές εγκαταστάσεις στα λιμάνια.

Το πρώτο γεγονός που οδήγησε σε αναγκαστικές αλλαγές ήταν το ατύχημα του Torrey Canyon το 1967, το οποίο απέδειξε ότι υπήρχαν κενά στους κανονισμούς. Ο IMO αποφάσισε να συγκαλέσει νέο συνέδριο στις 2 Νοεμβρίου του 1973 από όπου προέκυψε και η Διεθνής Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από τα Πλοία (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, MARPOL 1973). Εντωμεταξύ ο IMO το 1971 πρόσθεσε στις βασικές αρχές της OILPOL ουσιώδεις τροποποιήσεις, οι οποίες αφορούσαν την οριοθέτηση των διαστάσεων για τις δεξαμενές φορτίου όλων των Tankers, των οποίων οι παραγγελίες είχαν γίνει μετά το 1972.

Τη δεκαετία του 70 είχαμε αρκετά μεγάλα ατυχήματα, όπως δείξαμε και στο κεφάλαιο 2. Αυτό έγινε η αιτία να συγκληθεί νέο συνέδριο το 1978, του

οποίου οι αποφάσεις επηρέαζαν και άλλαζαν κάποια πράγματα στο πρωτόκολλο του 1978, της σύμβασης για την Ασφάλεια της Ζωής στη Θάλασσα, του 1974 (1974 Convention on the Safety of Life at Sea, 1978 SOLAS Protocol) και στο πρωτόκολλο του 1978 της σύμβασης MARPOL. Όλες αυτές οι αλλαγές συγχωνεύτηκαν σαν μέτρα σε ένα πρωτόκολλο, αυτό της 17 Φεβρουαρίου του 1978, το οποίο απορρόφησε κατά κάποιο τρόπο την προηγούμενη σύμβαση και έτσι προέκυψε η MARPOL 73/78 που τέθηκε σε εφαρμογή από τις 2 Οκτωβρίου του 1983.

Η τελευταία περιέχει έξι ενδιαφέροντα παραρτήματα για την ασφάλεια έναντι ρύπανσης στις θάλασσες (πάρτημα Γ). Το κομμάτι που θα μελετήσουμε και θα εφαρμόσουμε εμείς παρακάτω είναι το 19.5 (η νέα έκδοση του 13F(5)), το οποίο περιέχει όλη τη διαδικασία υπολογισμού των πιθανοτήτων εκροής, των χαμένων ποσοτήτων πετρελαίου, των παραμέτρων εκροής και του συντελεστή αποφυγής ρύπανσης E.

### 3.1 Πιθανοθεωρητική Μέθοδος

Συνοπτικά η διαδικασία περιλαμβάνει:

1. Μελέτη του σκάφους σύμφωνα με τις απαιτήσεις του παραρτήματος I της MARPOL και προσδιορισμός της κατάστασης πλήρους φορτίου.
2. Διαδοχική εξέταση και τελική σύνθεση των περιπτώσεων βλάβης. Με χρήση των συναρτήσεων κατανομής πυκνότητας πιθανότητας που δίνονται παρακάτω σε μορφή διαγραμμάτων, προσδιορίζονται οι πιθανότητες να υποστούν βλάβη διάφοροι συνδυασμοί διαμερισμάτων του.
3. Υπολογισμός της τελικής θέσης ισορροπίας για κάθε περίπτωση ρήγματος στην πλευρά ή στον πυθμένα (απαραίτητο να γίνει στο τελικό στάδιο της σχεδίασης στο Ναυπηγείο).
4. Υπολογισμός της ποσότητας εκροής πετρελαίου που προκύπτει για κάθε περίπτωση βλάβης. Διεξάγονται χωριστοί υπολογισμοί για πλευρικό ρήγμα και για ρήγμα στον πυθμένα λαμβάνοντας υπόψη παλίρροια (πτώση στάθμης θάλασσας με το πλοίο σε σταθερό ύψος λόγω προσάραξης) 0, 2, και 4.5 μέτρα. Για τα πλευρικά ρήγματα γίνεται η υπόθεση ότι όλο το πετρέλαιο που ευρίσκεται στο χώρο που επηρεάζεται από τη συγκεκριμένη βλάβη, εκρέει προς τη θάλασσα. Για τα ρήγματα στον πυθμένα εφαρμόζεται η αρχή της υδροστατικής ισορροπίας.
5. Υπολογισμός των παραμέτρων εκροής πετρελαίου. Οι συσσωρευμένες πιθανότητες που αντιστοιχούν σε κάθε επίπεδο εκροής προσδιορίζονται τόσο για πλευρική σύγκρουση, όσο και για προσάραξη με τις τρεις περιπτώσεις παλίρροιας.
6. Με κατάλληλο συνδυασμό των αποτελεσμάτων των υπολογισμών του προηγούμενου βήματος προσδιορίζεται ο *Συντελεστής Αποφυγής Ρύπανσης* (Pollution Prevention Index) E. Η μελετώμενη εναλλακτική σχεδίαση είναι ικανοποιητική αν  $E \geq 1$ .

Πρέπει να σημειώσουμε ότι το 3<sup>ο</sup> βήμα της παραπάνω διαδικασίας δε θα πραγματοποιηθεί αναλυτικά, καθώς στην εν λόγω διπλωματική δεν επικεντρώνεται το ενδιαφέρον στην τελική κατάσταση ισορροπίας του σκάφους αλλά στην *ποσότητα εκροής πετρελαίου*, καθώς και στις *συνέπειες* που έχει κάθε μια από τις περιπτώσεις βλάβης.

## ΒΗΜΑ 1<sup>ο</sup>: Σχεδιαστικά στοιχεία σκάφους

Στο πρώτο βήμα της διαδικασίας θα φροντίσουμε να αποκτήσουμε όσο το δυνατό μεγαλύτερη οικειότητα με το πλοίο πάνω στο οποίο θα γίνει η εφαρμογή. Έτσι λοιπόν θα παρουσιάσουμε σε ένα πίνακα όλα τις κύριες διαστάσεις και στοιχεία που χρειάζονται, καθώς καλό θα ήταν να δείξουμε και κάποιο σκαρίφημα, ώστε να φαίνονται πολύ καθαρά οι δεξαμενές και τα όρια τους.

## ΒΗΜΑ 2<sup>ο</sup>: Προσδιορισμός της κατάστασης πλήρους φορτίου

Σε αυτό το βήμα θα δώσουμε αναλυτικά τις χωρητικότητες σε πετρέλαιο κάθε μιας από τις δεξαμενές στον χώρο φορτίου, έτσι ώστε στην περίπτωση του πλευρικού ρήγματος να βρίσκουμε αμέσως την ποσότητα εκροής (αφού όπως είπαμε εκρέει προς τη θάλασσα όλη η ποσότητα πετρελαίου που περιέχεται στις αντίστοιχες υπό βλάβη δεξαμενές). Στην περίπτωση της προσάραξης θα παίξει σημαντικό ρόλο, εκτός από τις δεξαμενές που έχουν χτυπηθεί, και η πτώση της εξωτερικής στάθμης λόγω παλίρροιας. Ακόμη χρήσιμο θα ήταν να προσθέσουμε και μια συνολική εικόνα για την Full Load Departure κατάσταση και το πώς αναλύεται το εκτόπισμα στις επιμέρους ομάδες βαρών

## ΒΗΜΑ 3<sup>ο</sup>: Σύνθεση εξεταζόμενων καταστάσεων βλάβης

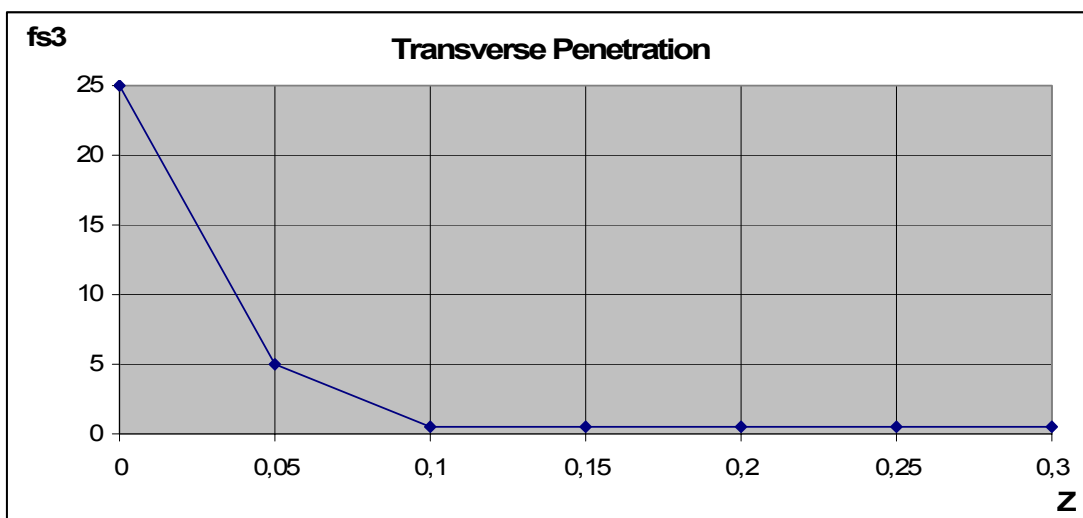
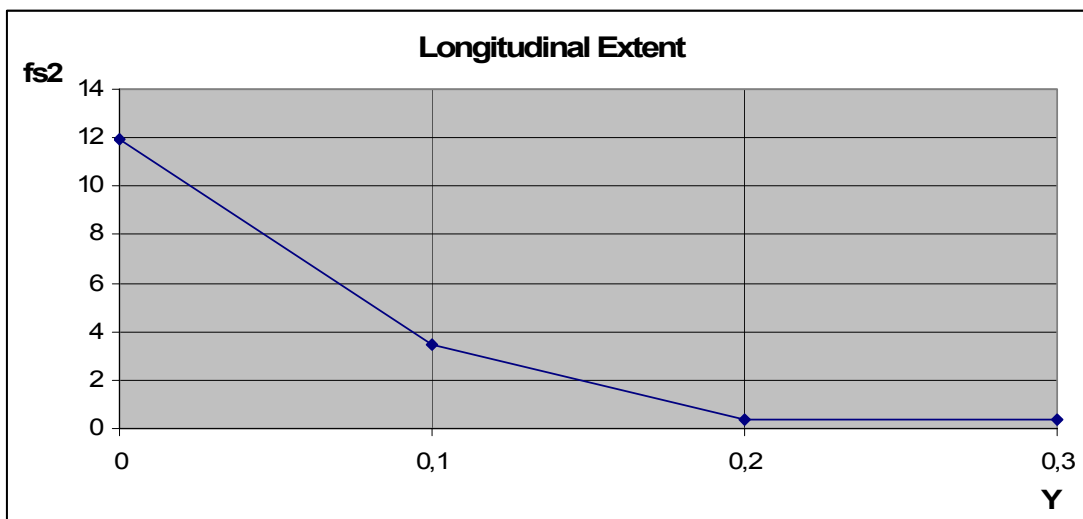
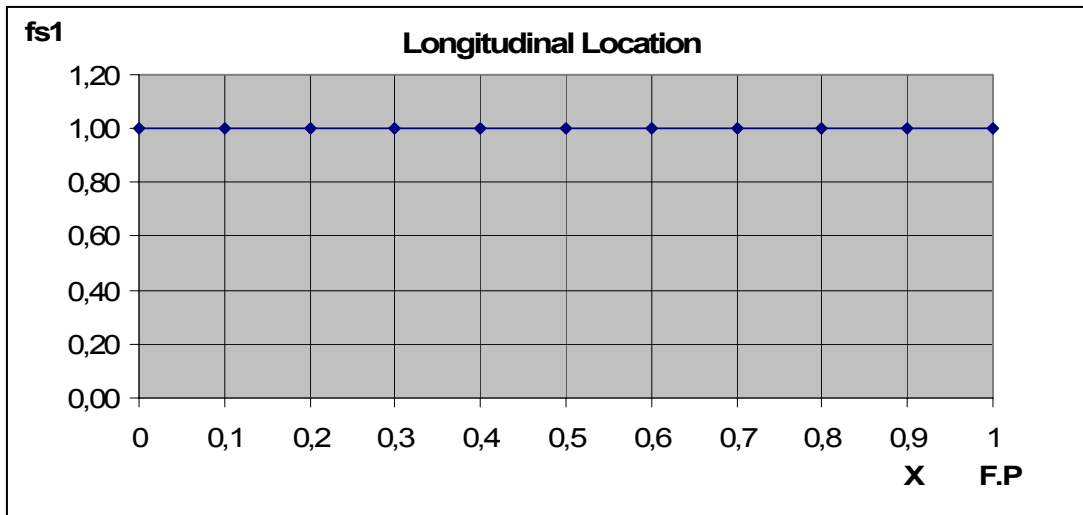
Στα παρακάτω σχήματα δίνονται οι συναρτήσεις πυκνότητας πιθανότητας που προσδιορίζουν τα γενικά χαρακτηριστικά πλευρικού ρήγματος, καθώς και οι αντίστοιχες για τις περιπτώσεις που έχουμε ρήγμα στον πυθμένα. Συγκεκριμένα δίνονται οι εξής συναρτήσεις:

### *Πλευρικό Ρήγμα:*

1. Διαμήκης θέση ρήγματος (fs1)
2. Διαμήκης έκταση ρήγματος (fs2)
3. Εγκάρσια εισχώρηση ρήγματος (fs3)

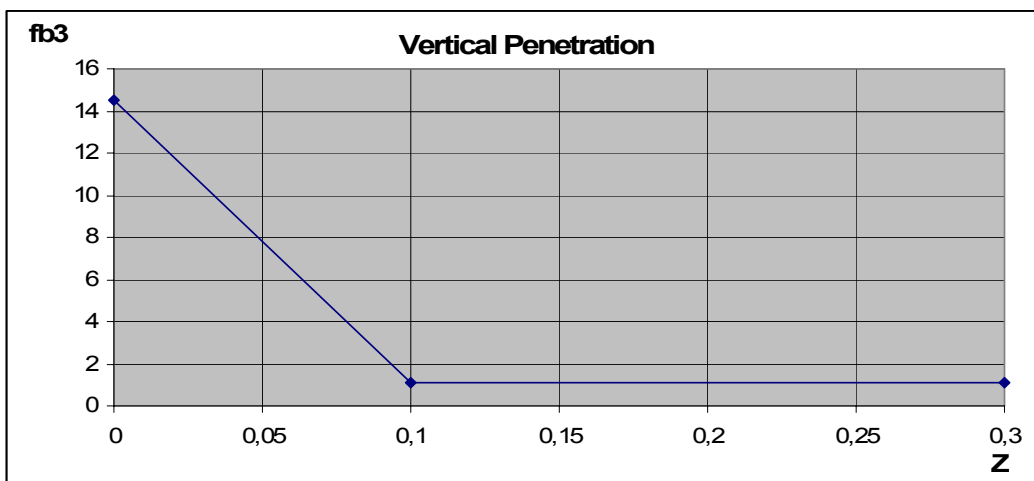
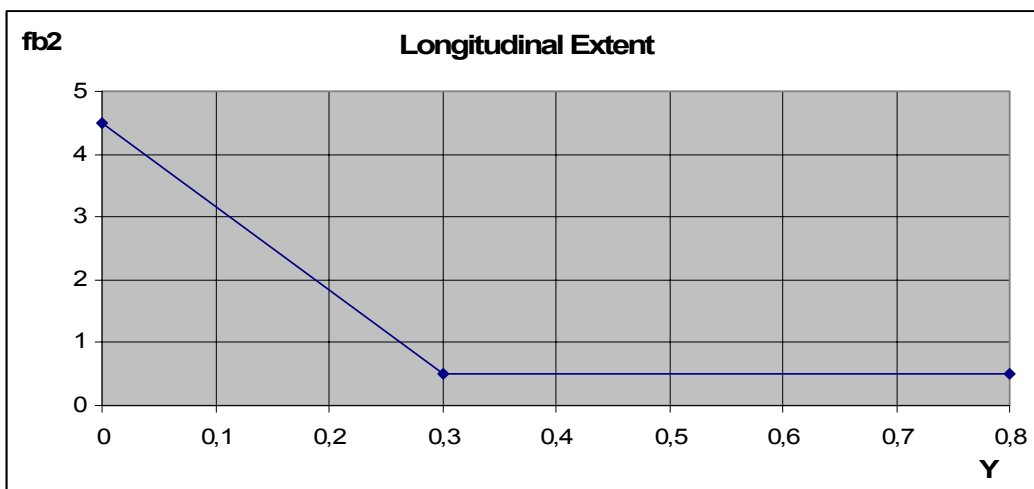
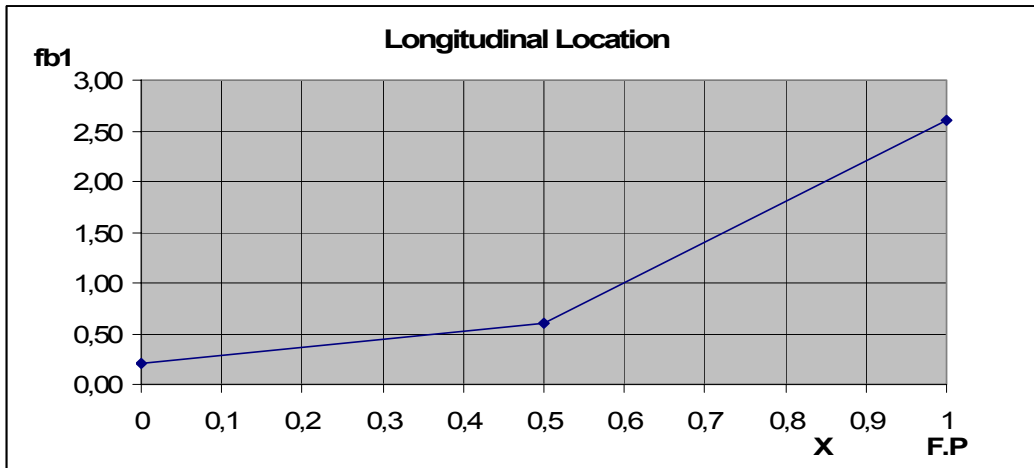
### *Ρήγμα Στον Πυθμένα:*

1. Διαμήκης θέση ρήγματος (fb1)
2. Διαμήκης έκταση ρήγματος (fb2)
3. Κατακόρυφη εισχώρηση ρήγματος (fb3)



**Διάγραμμα 3.1.1:** Συναρτήσεις πυκνότητας πιθανότητας για πλευρικό ρήγμα λόγω σύγκρουσης:

Άνω: Θέσης κατά το διάμηκες  
 Μέση: Διαμήκουσ έκτασης  
 Κάτω: Εγκάρσιασ εισχώρησης



**Διάγραμμα 3.1.2:** Συναρτήσεις πυκνότητας πιθανότητας ρήγματος στον πυθμένα λόγω προσάραξης:

Άνω: Θέσης κατά το διάμηκες  
 Μέση: Διαμήκους έκτασης  
 Κάτω: Κατακόρυφης εισχώρησης

Είναι σημαντικό να πούμε ότι εκτός των παραπάνω συναρτήσεων, η διαδικασία της MARPOL παρέχει διαγράμματα και για κάποιες της της είναι η κατακόρυφη έκταση και θέση (fs4 και fs5 αντίστοιχα) για την περίπτωση του πλευρικού ρήγματος, και η εγκάρσια έκταση και θέση (fb4 και fb5 αντίστοιχα) στην περίπτωση του ρήγματος στον πυθμένα. Ο λόγος που δεν της συμπεριλαμβάνουμε στην μελέτη της είναι ότι, στο πλευρικό ρήγμα δε της αφορά σε ποιο σημείο του κοίλου είναι το κέντρο του ρήγματος και πόσο είναι το ύψος του, αφού θεωρούμε ότι σε οποιοδήποτε σημείο να χτυπηθεί το τοίχωμα (ανάλογα με την εισχώρηση), θα έχουμε εκροή της της αντίστοιχης ποσότητας πετρελαίου. Ομοίως και της περιπτώσεις που έχουμε ρήγμα στον πυθμένα, δε παίζει σημαντικό ρόλο η εγκάρσια θέση και έκταση του ρήγματος, αφού θεωρούμε ότι κάθε φορά η διαμήκης φρακτή έχει υποστεί βλάβη, και από εκεί και πέρα εξετάζουμε την επίδραση της στάθμης της θάλασσας (με τη βοήθεια της υδροστατικής ισορροπίας).

### 1. Πλευρικό Ρήγμα Λόγω Σύγκρουσης:

Όπως παρατηρούμε από τις εν λόγω συναρτήσεις, το βήμα προχώρησης στην συνάρτηση της διαμήκους θέσης είναι 0.1L, στις διαμήκους έκτασης 0.1L θεωρώντας σα μέγιστη έκταση την 0.3L, ενώ στις εγκάρσιας εισχώρησης 0.05B θεωρώντας σα μέγιστη έκταση κατά πλάτος τη 0.3B. Επομένως θα έχουμε 10 περιπτώσεις διαμήκους θέσης, 3 διαμήκους έκτασης και 6 εγκάρσιας εισχώρησης. Άρα ο συνδυασμός όλων αυτών αναλυτικά θα μας δώσει:

$$10 \times 3 \times 6 = 180$$

διαφορετικές περιπτώσεις. Τα ρήγματα εξετάζονται σαν ορθογωνικά κουτιά. Κάθε ρήγμα θεωρείται ότι προκαλεί ανάλογα με τις διαστάσεις του βλάβη σε 1 ή περισσότερα διαμερίσματα του πλοίου. Στην ανάπτυξη της διαδικασίας, οι πιθανότητες που θα αντιστοιχούν σε ρήγματα τα οποία προκαλούν βλάβη στα ίδια διαμερίσματα, θα αθροίζονται και θα εκλαμβάνονται σα μια περίπτωση βλάβης.

### 2. Ρήγμα Στον Πυθμένα Λόγω Προσάραξης:

Ομοίως και εδώ το ρήγμα θεωρείται ορθογωνικό κουτί με το βήμα προχώρησης στην συνάρτηση τις διαμήκους θέσης να είναι 0.1L, στις διαμήκους έκτασης 0.1L θεωρώντας σα μέγιστη έκταση την 0.8L, ενώ στις εγκάρσιας εισχώρησης 0.05D θεωρώντας σα μέγιστη έκταση κατά ύψος τη 0.3D. Επομένως θα έχουμε 10 περιπτώσεις διαμήκους θέσης, 8 διαμήκους έκτασης και 6 κατακόρυφης εισχώρησης. Άρα ο συνδυασμός όλων αυτών αναλυτικά θα τις δώσει:

$$10 \times 8 \times 6 = 480$$

διαφορετικές περιπτώσεις. Αφού και στην περίπτωση τις προσάραξης υπολογίσουμε αναλυτικά την κάθε πιθανότητα, στη συνέχεια θα κάνουμε ομαδοποίηση των πιθανοτήτων των βλαβών που αναφέρονται στα ίδια



διαμερίσματα, τις και παραπάνω, ώστε να δούμε σε ποιες περιπτώσεις έχουμε εκροή, και τι μεγέθους είναι.

Σε αυτό το σημείο σημειώνουμε ότι οι πιθανότητες ρήγματος σε κάθε διαμέρισμα, ή ομάδα διαμερισμάτων, θα παρουσιαστούν μαζί με τις ποσότητες πετρελαίου που εκρέουν σε κάθε περίπτωση, στο παράρτημα Δ.

#### ΒΗΜΑ 4<sup>ο</sup>: Υπολογισμός τις θέσης ισορροπίας για κάθε περίπτωση βλάβης

Ο εν λόγω υπολογισμός απαιτείται μόνο στο τελικό στάδιο σχεδίασης στο Ναυπηγείο σύμφωνα με τη παράγραφο 5.1.5.10 τις οδηγίας του IMO. Ούτως η άλλως στη συγκεκριμένη διπλωματική, δεν επικεντρώνουμε το ενδιαφέρον τις στην κατάσταση του σκάφους μετά την εκάστοτε βλάβη.

#### ΒΗΜΑ 5<sup>ο</sup>: Υπολογισμός εκροής πετρελαίου για τις ομάδες διαμερισμάτων

##### 1. Πλευρικό Ρήγμα Λόγω Σύγκρουσης:

Σε περίπτωση βλάβης ενός ή περισσότερων διαμερισμάτων λόγω πλευρικού ρήγματος, θεωρείται ότι όλο το φορτίο εκρέει προς τη θάλασσα. Έτσι για παράδειγμα αν ένα ρήγμα λόγω σύγκρουσης στη δεξιά πλευρά του πλοίου εκτείνεται από τη δεξαμενή C.O.T NO7 (συμπεριλαμβανομένου και του Slop Tank) μέχρι την δεξαμενή C.O.T NO5, η ποσότητα εκροής θα είναι το άθροισμα των ποσοτήτων πετρελαίου των δεξαμενών 5, 6, 7 (στην πραγματικότητα οι μισές τιμές αφού η διαμήκης φραχτή δε θεωρούμε ότι έχει τρωθεί):

##### 2. Ρήγμα στον Πυθμένα λόγω Προσάραξης:

Στις περιπτώσεις που έχουμε ρήγματα στον πυθμένα, θα πρέπει να εκτελεστεί υπολογισμός ισορροπίας πιέσεων εσωτερικά και εξωτερικά του ρήγματος. Για υπολογισμούς στο στάδιο της αρχικής σχεδίασης μπορεί να γίνει η υπόθεση ότι υπάρχει μηδενική διαγωγή και μηδενική εγκάρσια κλίση. Επίσης υποθέτουμε μια υπερπίεση 0,05 bar λόγω της ύπαρξης αδρανούς αερίου πάνω από το φορτίο. Οι χώροι του διπυθμένου θεωρείται ότι συγκεντρώνουν κάποιο μέρος του φορτίου που διαφεύγει από τη δεξαμενή φορτίου από πάνω. Οι χώροι αυτοί εκτιμάται ότι έχουν κατακλυστεί από μίγμα νερού/πετρελαίου με περιεκτικότητα 50-50% κατ' όγκο (στην κατάσταση τελικής ισορροπίας). Παρόλαυτα δε γίνεται καμία υπόθεση για το πώς διανέμεται το πετρέλαιο και το νερό μέσα στους χώρους αυτούς.

Με βάση τα παραπάνω εκτελούνται υπολογισμοί για τρεις υποπεριπτώσεις:

- Χωρίς πτώση της εξωτερικής στάθμης της θάλασσας.
- Με πτώση της στάθμης κατά 2 μέτρα λόγω παλίρροιας.
- Με πτώση της στάθμης κατά 4,5 μέτρα λόγω παλίρροιας.

Η ποσότητα του πετρελαίου που εκρέει σε κάθε περίπτωση θα υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο που προκύπτει από εφαρμογή της αρχής της υδροστατικής ισορροπίας:

$$Z_c \cdot \rho_c \cdot g + 100 \cdot \delta(p) = Z_s \cdot \rho_s \cdot g \quad (1)$$

Όπου:

- $Z_c$  είναι το ύψος του εναπομείναντος πετρελαίου στη δεξαμενή φορτίου που έχει υποστεί βλάβη (m).
- $\rho_c$  είναι η πυκνότητα του πετρελαίου (εδώ λαμβάνεται  $0,9 \text{ t/m}^3$ ).
- $g$  είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας ( $9,81 \text{ m/sec}^2$ ).
- $\delta(p)$  είναι η ρυθμισμένη πίεση ανοίγματος βαλβίδων στις δεξαμενές φορτίου (λαμβάνεται η τιμή  $0,05 \text{ bar}$ ).
- $Z_s$  είναι η εξωτερική πίεση στο ύψος του διπυθμένου (m).
- $\rho_s$  είναι η πυκνότητα του θαλασσινού νερού ( $1,025 \text{ t/m}^3$ ).

#### ΒΗΜΑ 6<sup>ο</sup>: Υπολογισμός των παραμέτρων εκροής πετρελαίου

Αφού λοιπόν εκτελέσουμε τους υπολογισμούς για όλους τους πιθανούς συνδυασμούς διαμερισμάτων, και ταξινομήσουμε σωστά τις ομάδες αυτών, είμαστε έτοιμοι να υπολογίσουμε τις παραμέτρους εκροής πετρελαίου:

#### Πιθανότητα Μηδενικής Εκροής (Probability Of Zero Oil Outflow) $P_0$ :

Αυτή η παράμετρος δίνει τη συσσωρευμένη πιθανότητα που καλύπτει όλες τις περιπτώσεις ρηγμάτων για τα οποία δε προκύπτει εκροή:

$$P_0 = \sum_{i=1}^n P_i \cdot K_i$$

Όπου:

$i$  = το εκάστοτε διαμέρισμα ή συνδυασμός διαμερισμάτων που βρίσκονται υπό μελέτη

$P_i$  = η πιθανότητα βλάβης του κάθε διαμερίσματος ή συνδυασμού διαμερισμάτων

$K_i$  = 0 αν η βλάβη του αντίστοιχου διαμερίσματος ή συνδυασμού διαμερισμάτων προκαλεί εκροή και 1 αν δεν έχουμε εκροή.

#### Παράμετρος Μέσης Εκροής (Mean Oil Outflow Parameter) $O_M$ :

Αυτή η παράμετρος αντιπροσωπεύει το ζυγισμένο μέσο όρο όλων των περιπτώσεων και υπολογίζεται με πρόσθεση όλων των γινομένων κάθε περίπτωσης βλάβης επί την υπολογισμένη εκροή που της αντιστοιχεί:

$$O_M = \sum_{i=1}^n \frac{P_i \cdot O_i}{C}$$

Όπου:

$P_i$  = η πιθανότητα βλάβης του κάθε διαμερίσματος ή συνδυασμού διαμερισμάτων

$O_i$  = η ποσότητα της εκροής (m<sup>3</sup>) από τα διαμερίσματα που έχουν υποστεί τη βλάβη (i)

$C$  = Συνολική ποσότητα (m<sup>3</sup>) του χώρου φορτίου στο 98% της χωρητικότητας

### Παράμετρος Ακραίας Εκροής (Extreme Oil Outflow Parameter) $O_E$ :

Αυτή η παράμετρος αντιπροσωπεύει το ζυγισμένο μέσο όρο εκείνων αποκλειστικά των περιπτώσεων βλάβης που εμπίπτουν στην περιοχή συσσωρευμένης πιθανότητας μεταξύ 0,9 και 1,0. Η τιμή της υπολογίζεται ως εξής: Πρώτα υπολογίζονται τα γινόμενα των συσσωρευμένων πιθανοτήτων που είναι μεταξύ 0,9 και 1,0 επί τις αντίστοιχες εκροές. Ακολούθως τα γινόμενα αυτά αθροίζονται και το αποτέλεσμα πολλαπλασιάζεται επί 10:

$$O_E = 10 \cdot \left( \sum \frac{P_{ie} \cdot O_{ie}}{C} \right)$$

Όπου ο δείκτης  $ie$  υπάρχει για να δηλώνει τις περιπτώσεις που έχουμε ακραία εκροή.

### ΒΗΜΑ 7<sup>ο</sup>: Υπολογισμός του συντελεστή αποφυγής ρύπανσης E

Τελευταίο βήμα της διαδικασίας είναι να εξετάσουμε κατά πόσο η κατασκευή και η διαμερισματοποίηση του πλοίου μας ικανοποιεί τις απαιτήσεις του κανονισμού 19 της MARPOL περί ασφάλειας. Για να πραγματοποιηθεί αυτό πρέπει να υπάρχει ισοδυναμία με το δεξαμενόπλοιο αναφοράς, κάτι το οποίο εξασφαλίζεται αν ο συντελεστής αποφυγής ρύπανσης είναι ίσος ή μεγαλύτερος του 1.

Ο συντελεστής E υπολογίζεται από τη σχέση:

$$E = \frac{0,5 \cdot P_O}{P_{OR}} + \frac{0,4 \cdot (0,01 + O_{MR})}{0,01 + O_M} + \frac{0,1 \cdot (0,025 + O_{ER})}{0,025 + O_E}$$

όπου  $P_{OR}$ ,  $O_{MR}$  και  $O_{ER}$  είναι οι αντίστοιχες τιμές των παραμέτρων  $P_O$ ,  $O_M$ ,  $O_E$  του πλοίου αναφοράς του IMO.

## **3.2 Κόστος Εκροής Πετρελαίου**

### *Εισαγωγή*

Στη μέχρι τώρα πορεία της συγκεκριμένης διπλωματικής, θα λέγαμε ότι εστιάσαμε ουσιωδώς στο πιθανοθεωρητικό κομμάτι, από το οποίο στο επόμενο κεφάλαιο θα γίνουν οι υπολογισμοί των πιθανοτήτων βλάβης του πλοίου με βάση τη διαδικασία της MARPOL, σε περιπτώσεις πλευρικού ρήγματος ή ρήγματος στον πυθμένα, καθώς και των ποσοτήτων εκροής πετρελαίου σε κάθε μια από αυτές. Βέβαια σε όλη αυτή τη διαδικασία δεν αναφερθήκαμε καθόλου στο πεδίο δράσης του εν λόγω πλοίου (δηλαδή σε ποιες περιοχές θα πλεύσει) και συνεπώς δεν έχουμε συμπεριλάβει πουθενά τις πιθανότητες εύρεσης και σύγκρουσης (ή προσάραξης) του πλοίου σε κάποια θαλάσσια τοποθεσία. Προς το παρόν θα κρατήσουμε αυτό το σημαντικό μέρος για το τέλος και θα περάσουμε στο στόχο όλης αυτής της διπλωματικής, το κόστος εκροής.

Το κόστος εκροών δεξαμενοπλοίων παρουσιάζει τα τελευταία χρόνια εξαιρετικό ενδιαφέρον. Οι λόγοι ύπαρξης ενός τέτοιου ενδιαφέροντος είναι πολυδιάστατοι και περιλαμβάνουν ακαδημαϊκές μελέτες, προγράμματα πρόληψης και αντιμετώπισης τέτοιων περιπτώσεων, καθώς και εκτιμήσεις επάρκειας των ασφαλιστικών μέτρων και των κανονισμών αποζημίωσης. Η τελευταία αιτία έρχεται στην επιφάνεια μόνο μετά από σημαντικές εκροές, οι οποίες είναι ικανές να τραβήξουν την προσοχή των πολιτικών, των υπεύθυνων ρυθμιστικών διατάξεων και των μέσων μαζικής ενημέρωσης, λόγω του υψηλού τους κόστους. Μια ανάλογη περίπτωση ήταν αυτή του ατυχήματος του ERIKA το 1999, μετά το οποίο τα αρμόδια όργανα πρότειναν κάποιες κινήσεις σκοπεύοντας στη βελτίωση των διεθνών διατάξεων αποζημίωσης. Το τελευταίο επετεύχθη με δύο συνέδρια το 1992, το Civil Liability Convention (CLC) και το Fund Convention.

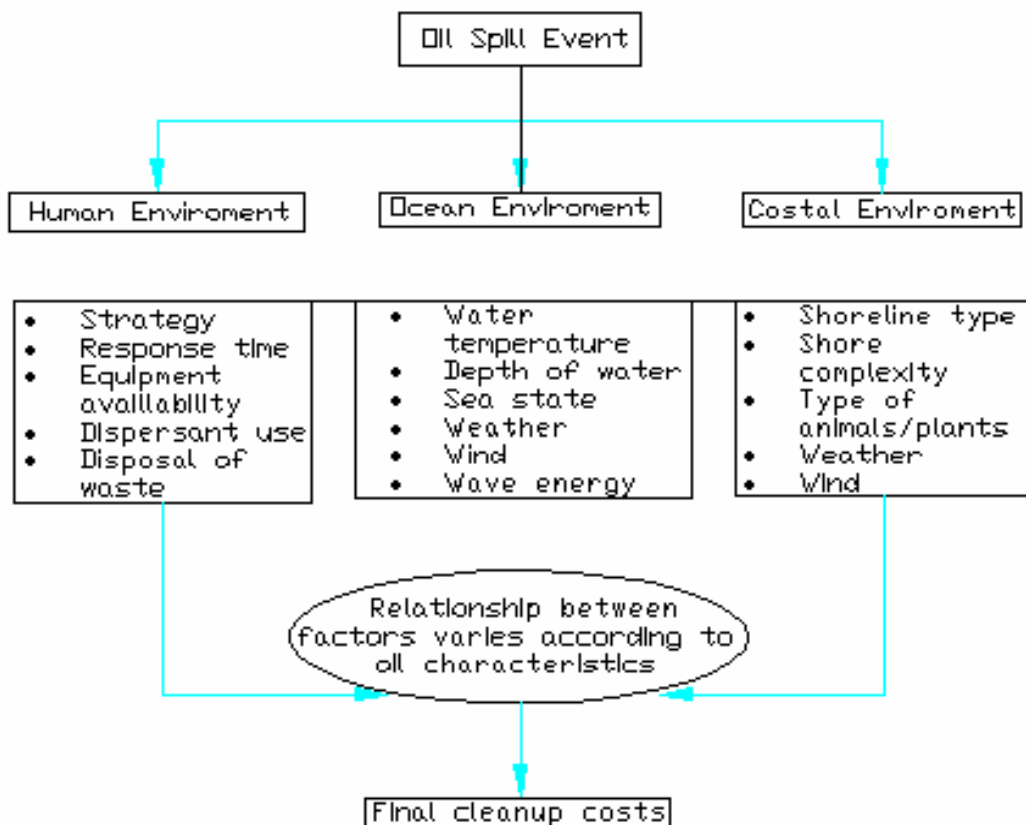
Έτσι λοιπόν με στόχο να παράγει μια τεκμηριωμένη μελέτη μερικών από τις παραπάνω προτάσεις, η P&I Clubs δημιούργησε μια εκτεταμένη έκθεση η οποία περιελάμβανε τις εκροές 360 δεξαμενοπλοίων στην Αμερική για την περίοδο 1990-1999. Με βάση την εξέταση όλων αυτών των περιπτώσεων θα μπορούσαμε στη συνέχεια να ξεχωρίσουμε ποιοι παράγοντες παίζουν σημαντικό ρόλο σε μια εκροή, και πως επιδρά στο κόστος η συνδυασμένη δράση αυτών.

Παρακάτω θα κάνουμε μια προσπάθεια να κατηγοριοποιήσουμε τους παράγοντες μιας εκροής, και να εξετάσουμε πως επιδρά ο καθένας στο κόστος αυτής. Όλη αυτή η μελέτη βέβαια θα γίνει και παρακάτω στην πράξη, καθώς θα εφαρμόσουμε κάποια μαθηματικά μοντέλα κόστους.

### 3.2.1 Συντελεστές Κόστους Πετρελαιοκηλίδων

Οι κυριότεροι συντελεστές οι οποίοι επηρεάζουν το κόστος των εκροών πετρελαίου δίνονται παρακάτω. Στη συνέχεια σε ένα πιο κατατοπιστικό διάγραμμα παρουσιάζουμε μια κατηγοριοποίηση αυτών, η οποία θα μας βοηθήσει να αναλύσουμε και να κατανοήσουμε περισσότερο κάποια εκροή:

- Τύπος Πετρελαίου
- Φυσικά, βιολογικά και οικονομικά χαρακτηριστικά της τοποθεσίας όπου συνέβη η εκροή
- Καιρικές συνθήκες και κατάσταση θάλασσας
- Ποσότητα εκροής και ποσοστό σε σχέση με τον συνολικό όγκο φορτίου του πλοίου
- Περίοδος του χρόνου κατά την οποία έγινε το ατύχημα
- Αποδοτικότητα των λειτουργιών καθαρισμού



## Τύπος Πετρελαίου

Σε γενικές γραμμές, ελαφρά διυλισμένα προϊόντα πετρελαίου όπως η βενζίνη και το πετρέλαιο Diesel, καθώς και ελαφρά ακατέργαστα προϊόντα πετρελαίου, δεν παραμένουν στην επιφάνεια της θάλασσας για σημαντικό χρονικό διάστημα και αυτό οφείλεται στην γρήγορη εξάτμιση των πτητικών στοιχείων και στην απουσία των αρνητικών παραγόντων, που διασκορπίζονται φυσικά, ιδιαίτερα όταν η θάλασσα είναι ταραγμένη. Αυτό αποδείχτηκε με το περιστατικό του BRAER τον Ιανουάριο του 1993. Ο συνδυασμός του ελαφρού αργού πετρελαίου και των άσχημων καιρικών συνθηκών είχαν σαν αποτέλεσμα το συνολικό φορτίο των 85.000 t να διασκορπιστεί φυσικά, προκαλώντας μηδαμινή ρύπανση στις ακτές, ακόμα και όταν το δεξαμενόπλοιο ήταν πολύ κοντά στην ακτή. Στη συγκεκριμένη περίπτωση το κόστος ήταν πάρα πολύ χαμηλό, ιδιαίτερα αν σκεφτεί κανείς τη μεγάλη ποσότητα πετρελαίου που χάθηκε στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Από την άλλη πλευρά έχουμε τα βαριά προϊόντα πετρελαίου και τα βαριά καύσιμα. Αυτά τα είδη παραμένουν στην επιφάνεια της θάλασσας για μεγάλο χρονικό διάστημα και αυτό συμβαίνει εξαιτίας της μεγάλης τους αναλογίας σε μη πτητικά στοιχεία, καθώς και του υψηλού ιξώδους. Τέτοια είδη πετρελαίου έχουν τη δυνατότητα να ταξιδεύουν για μεγάλες αποστάσεις από την περιοχή της εκροής, με συνέπεια οι διαδικασίες καθαρισμού να δυσκολεύουν πολύ, καθώς και το κόστος τους αυξάνεται αρκετά. Αυτό αποδεικνύεται από δύο ατυχήματα του παρελθόντος, των Erika και Nakhodka (20.000 t και 17.500 t αντίστοιχα), κατά τα οποία οι ποσότητες εκροής μπορεί να ήταν σχετικά μικρές, αλλά οι καιρικές συνθήκες σε συνδυασμό με το είδος του πετρελαίου, εμπόδισαν τις λειτουργίες αποκατάστασης, επιτρέποντας έτσι στο πετρέλαιο να εξαπλωθεί σε μια μεγάλη θαλάσσια περιοχή, οδηγώντας σε εκτεταμένη παραθαλάσσια ρύπανση.

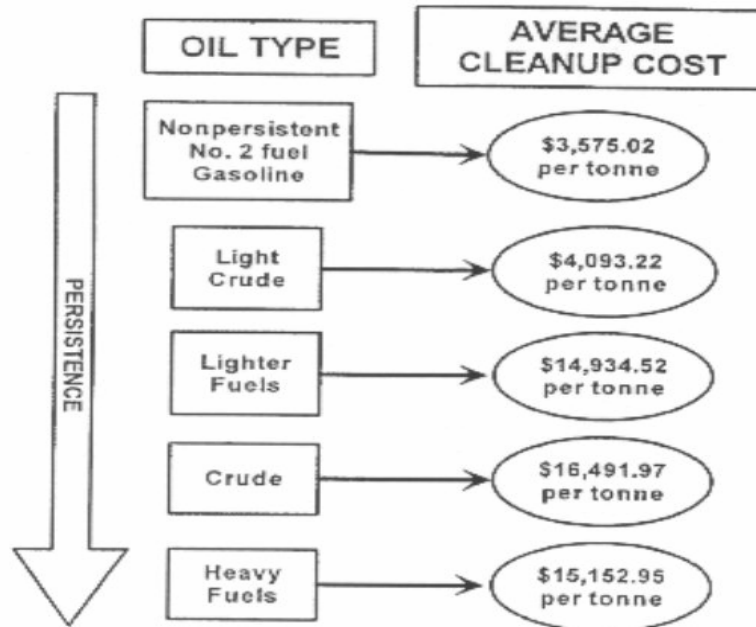
Επίσης ο τύπος του πετρελαίου είναι αυτός που θα καθορίσει τη φύση της βλάβης. Τα ελαφρά προϊόντα πετρελαίου μπορούν να προκαλέσουν πυρκαγιά και στη συνέχεια έκρηξη αν η εκροή γίνει σε περιορισμένη θαλάσσια περιοχή. Ακόμη τέτοια πετρέλαια τείνουν πολύ περισσότερο να γίνουν τοξικά από τα βαρύτερα, πράγμα που είναι πιθανό να οδηγήσει σε καταστροφές θαλάσσιων φυτών και ζώων. Τέλος είναι πολύ σημαντικό το γεγονός ότι μπορεί να προκαλέσουν δυσκολία στην εύρεση των ιχθών φαγώσιμων ειδών και άλλων προϊόντων της θάλασσας. Όλες αυτές οι συνέπειες όμως, συνήθως δεν έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής αφού τα τοξικά στοιχεία (στην περίπτωση των ελαφρών πετρελαίων) εξατμίζονται πολύ γρήγορα.

Από την άλλη πλευρά τα βαριά ακατέργαστα προϊόντα και καύσιμα πετρελαίου μπορεί να έχουν χαμηλή τοξικότητα, αλλά είναι ικανά να αποτελέσουν σοβαρή απειλή για θαλάσσια πουλιά και γενικώς την άγρια πανίδα των ακτών. Επίσης θα επηρεασθούν από την ρύπανση, η ηπιότητα των πληγωμένων περιοχών, ο εξοπλισμός της αλιείας και οι δραστηριότητες των υδατοκαλλιεργειών, μερικές φορές σε πολύ μεγάλες εκτάσεις. Μεγαλύτερα προβλήματα μπορούν να προκύψουν αν η ήδη υψηλή πυκνότητα του βαρέως πετρελαίου αυξηθεί επιπλέον (για παράδειγμα εξαιτίας της ενσωμάτωσης του ιζήματος στα παράλια).

Μεταξύ της βενζίνης και των βαρέων προϊόντων πετρελαίου υπάρχουν και άλλα ενδιάμεσα ακατέργαστα παράγωγα και διυλισμένα προϊόντα τα οποία μεταφέρονται από δεξαμενόπλοια και χρησιμοποιούνται σε ποικιλία μηχανών. Οι συνέπειες που μπορούν να έχουν όλα αυτά σε περίπτωση

ατυχήματος, καθώς και οι απαιτήσεις των καθαρισμών, ποικίλουν έντονα με αποτέλεσμα να μεταβάλλεται και το κόστος του κάθε περιστατικού.

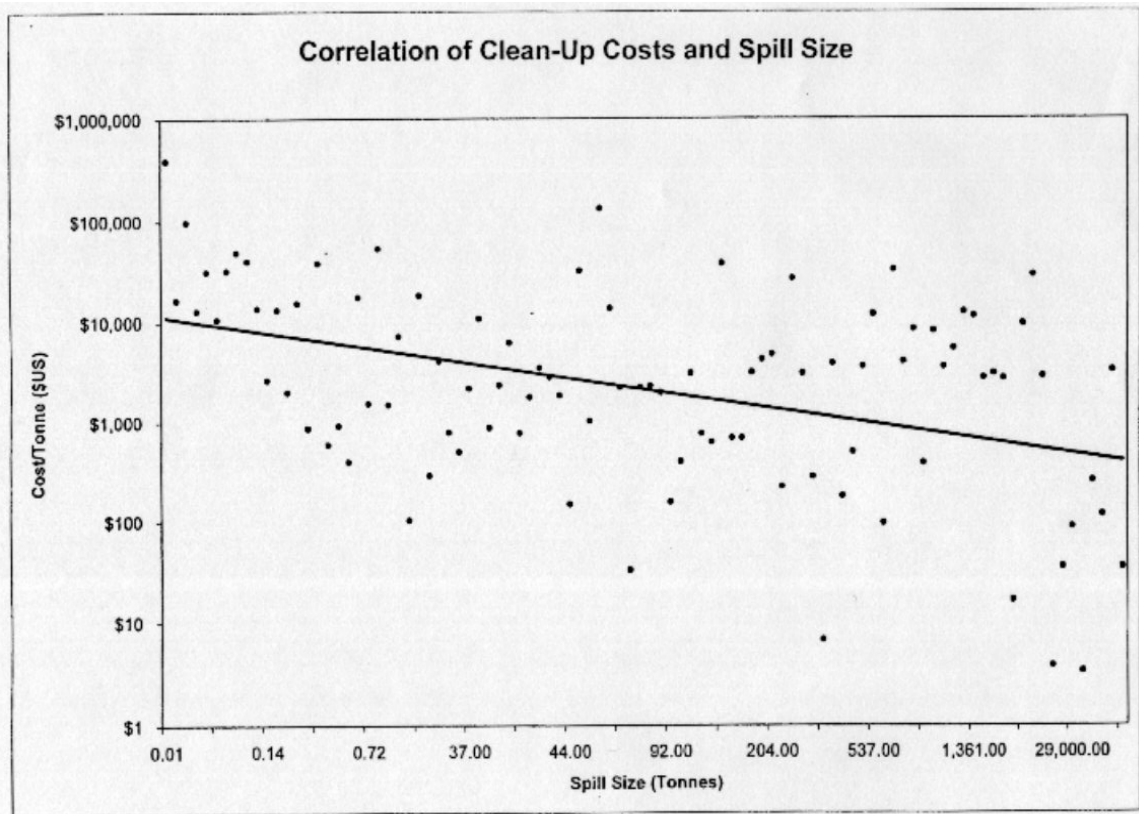
Όλα τα παραπάνω συσσωρεύονται και επιβεβαιώνονται σε γενικές γραμμές και από έρευνα της OSIR Oil Spill Database, η οποία με βάση την ανάλυση δεδομένων κατέληξε στα παρακάτω κόστη για τους διάφορους τύπους πετρελαίου:



Μέσο κόστος αποκατάστασης εξαρτώμενο από τον τύπο πετρελαίου και την παραμονή του στο νερό, σύμφωνα με ανάλυση στατιστικών εκροών της OSIR International Oil Spill Database (in 1997 U.S. \$).

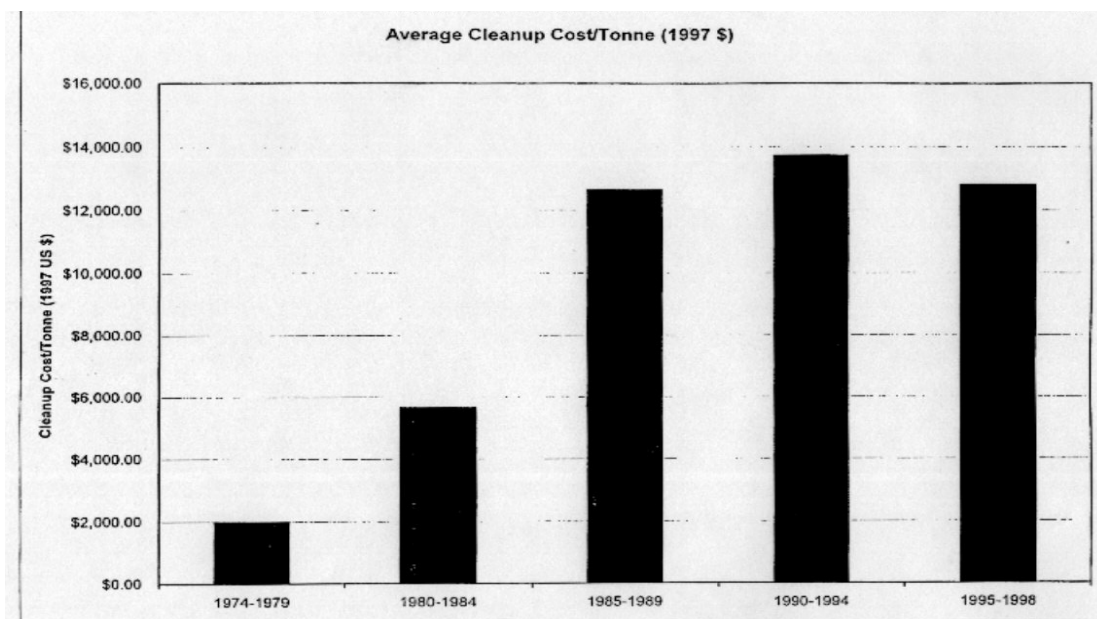
### Ποσότητα Εκροής

Η ποσότητα εκροής είναι σίγουρα ένας πολύ σημαντικός παράγοντας στον καθορισμό του κόστους. Αν δε συμπεριλάβουμε την επίδραση των άλλων συντελεστών, μια εκροή 100.000 t θα προκαλέσει μεγαλύτερη ρύπανση και θα απαιτήσει μια πιο εκτεταμένη διαδικασία αποκατάστασης, από μια εκροή 10.000 t. Όμως η σχέση αυτή ανάμεσα στο μέγεθος εκροής και τις συνέπειες **δεν είναι αύξουσα γραμμική**. Αυτό αποδείχθηκε από την Etkin (1999), η οποία έδειξε ότι το κόστος καθαρισμού ανά τόνο μειώνεται σημαντικά όσο αυξάνεται η ποσότητα του χαμένου πετρελαίου. Επομένως το σχετικό κόστος του καθαρισμού είναι αρκετά μεγαλύτερο για μικρές εκροές συγκριτικά με τις μεγαλύτερες (χωρίς αυτό να είναι απόλυτο για όλες τις περιπτώσεις εκροής). Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται και στο παρακάτω διάγραμμα που προέκυψε από ανάλυση της OSIR:



Συσχέτιση του κόστους αποκατάστασης ανά τόνο και της ποσότητας εκροής (in 1997 U.S. \$), σύμφωνα με ανάλυση στατιστικών εκροών της OSIR International Oil Spill Database.

Θα ήταν αξιοσημείωτο να αναφέρουμε ότι από την ίδια έρευνα προέκυψε συνεχής αύξηση του κόστους αποκατάστασης ανά μονάδα τόνου, για τα έτη 1974-1994, με μια μικρή μείωση τις χρονιές 1995-1998, όπως φαίνεται παρακάτω:



Μέσο κόστος αποκατάστασης ανά τόνο σε διαστήματα 5 ετών (in 1997 U.S. \$), σύμφωνα με ανάλυση στατιστικών εκροών της OSIR International Oil Spill Database.



### Δομή της Πετρελαιοκηλίδας

Μαζί με την συνολική ποσότητα εκροής, σημαντικό ρόλο παίζει και η γενική εικόνα (δομή) του πετρελαίου. Για παράδειγμα, οι λειτουργίες καθαρισμού που απαιτούνται για την αποκατάσταση, εξαιτίας μιας μεγάλης εκροής, μπορεί να είναι στην αρχή απλές, αλλά μετά από μερικές εβδομάδες να είναι πολύπλοκες και να χρειάζονται επιπλέον χρόνο. Κλασικό παράδειγμα είναι το ατύχημα του *Betelgeuse*, ένα Tanker στο οποίο έγινε έκρηξη και βυθίστηκε σε ένα σταθμό νοτιοδυτικά της Ιρλανδίας το 1979. Εξαιτίας της συνεχόμενης (ασταμάτητης) εκροής από τις διάφορες δεξαμενές του πλοίου, ήταν απαραίτητο να γίνει μια εκτενέστατη λειτουργία καθαρισμού, η οποία θα περιελάμβανε περισυλλογή του πετρελαίου και χημική διάσπαση στη θάλασσα, διαδικασίες οι οποίες συνεχίστηκαν για 21 μήνες.

Αν αναλογιστεί κανείς ότι η ποσότητα του χαμένου πετρελαίου ήταν μόλις 1.500 t, και οι προσπάθειες που χρειάστηκαν για την αποκατάσταση των βλαβών διήρκεσαν 21 μήνες (με πολύ μεγάλο κόστος), τότε για άλλη μια φορά αποδεικνύεται ότι οι μικρές πετρελαιοκηλίδες μπορεί να γίνουν αρκετά πιο επικίνδυνες από τις μεγαλύτερες.

### Τοποθεσία της Εκροής

Η θαλάσσια περιοχή στην οποία λαμβάνει μέρος ένα ατύχημα ενός Tanker κατέχει αξιόλογο ρόλο στο συνολικό κόστος για την αντιμετώπιση του περιστατικού, από τη στιγμή που αυτή θα καθορίσει τις απαιτήσεις για τις λειτουργίες καθαρισμού, καθώς και τον βαθμό των βλαβών στο περιβάλλον και στην οικονομία των πλουτοπαραγωγικών πηγών. Όλα τα είδη πετρελαίου αν παραμείνουν για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα στη θάλασσα εξανεμίζονται με φυσικές διαδικασίες. Όταν η εκροή σε ένα δεξαμενόπλοιο πραγματοποιηθεί μακριά από τις ακτές, η κυρίως αντίδραση θα είναι η παρακολούθηση της πορείας του πετρελαίου από τον αέρα, έτσι ώστε να καθίσταται δυνατό να ελέγχεται αν πράγματι οι προβλέψεις των ειδικών, με βάση τις συγκεκριμένες συγκυρίες (καιρικές συνθήκες κ.λ.π) επαληθεύονται. Σε αυτή την περίπτωση το κόστος της αποκατάστασης και έρευνας είναι ικανοποιητικά χαμηλό, ακόμα και αν χαθεί εξ' ολοκλήρου το φορτίο ενός VLCC (Very Large Crude Oil Carrier). Το παραπάνω γίνεται κατανοητό αν σκεφτούμε ότι τα τρία μεγαλύτερα ατυχήματα δεξαμενοπλοίων που έχουν συμβεί ποτέ (μερικά από τα οποία περιγράψαμε σε προηγούμενη παράγραφο), το *Atlantic Empress* (276.000 t), το *Castilo De Belver* (252.000 t) και το *ABT Summer* (260.000 t), είχαν πολύ μικρό κόστος καθαρισμού και αποκατάστασης λόγω της μακρινής απόστασης των σημαντικών ποσοτήτων πετρελαίου από τις παραθαλάσσιες περιοχές. Όλα αυτά έρχονται σε αντίθεση βέβαια με το περιστατικό του *Amoco Cadiz* (223.000 t), του οποίου σημαντικές ποσότητες πετρελαίου έφθασαν στα παράλια της Γαλλίας με αποτέλεσμα να υπάρξουν τεράστιες συνέπειες στην αλιεία, στον τουρισμό και στις υπόλοιπες ευαίσθητες πλουτοπαραγωγικές πηγές. Το κόστος φυσικά ήταν πολύ μεγαλύτερο.

### Φυσικά χαρακτηριστικά:

Τα φυσικά χαρακτηριστικά που επικρατούν στην τοποθεσία της εκροής όπως οι επικρατούντες άνεμοι, εύρος παλίρροιας, βάθος νερού, καθώς και η απόσταση από την ξηρά, παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο ώστε να είναι δυνατό να εφαρμοστούν οι διαδικασίες καθαρισμού, για να είναι επιτυχημένη η αποκατάσταση. Ακόμη θα καθορίσουν εν μέρει την έκταση της ρύπανσης των ακτών, συντελεστής υψίστης σημασίας στο συνολικό κόστος. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι τα μεγάλα οικονομικά ποσά που δαπανήθηκαν για την αποκατάσταση των ατυχημάτων των Erika και Nakhodka οφείλονταν στις μεγάλες εκτάσεις της ρύπανσης στα παράλια των περιοχών που έπληξαν (περίπου 400 km και πάνω από 1.000 km αντίστοιχα), αποτελέσματα τα οποία προήλθαν από την διαρκή φυσική παραμονή του πετρελαίου στο νερό και την εξάπλωση του από την περιοχή του γεγονότος.

Ακόμη, η ευπάθεια των διαφόρων τύπων ακτών, ο βαθμός στον οποίο έχουν την ικανότητα του αυτό-καθαρισμού, η δυνατότητα αποδοχής της δύσκολης αποστολής του καθαρισμού (προσιτότητα στην περιοχή), καθώς και η διάθεση του κατάλληλου ειδικευμένου εργατικού δυναμικού και άλλοι πολλοί παράγοντες, παίζουν σημαντικό ρόλο στον καθορισμό του κόστους.

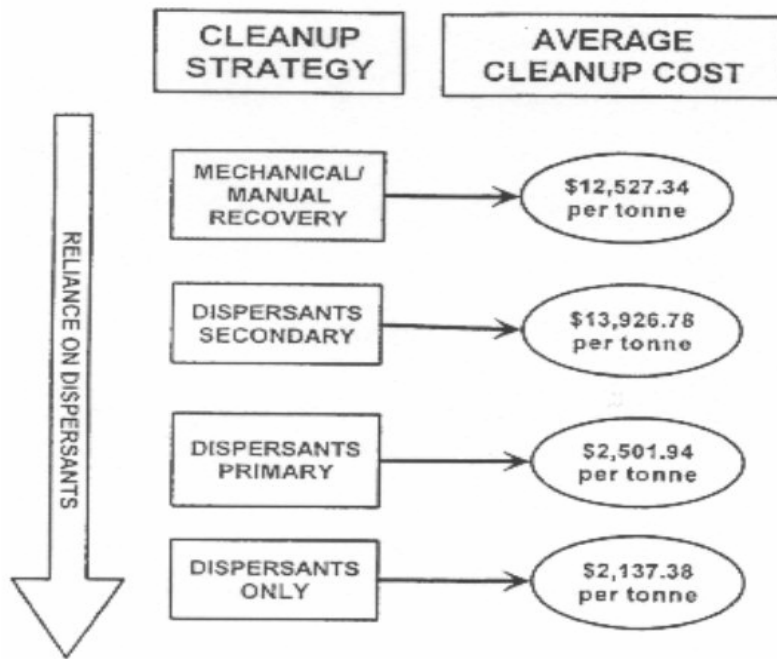
### Κοινωνικά-οικονομικά χαρακτηριστικά:

Οι κοινωνικοί, οικονομικοί παράγοντες και πόροι διαφέρουν ανάμεσα στις διάφορες χώρες. Μερικές περιοχές έχουν πολύ μεγάλη προσφορά στην αλιεία, στις υδατοκαλλιέργειες, στον τουρισμό καθώς και σε άλλες δραστηριότητες. Ακόμη οι διαφορές ανάμεσα σε όλους αυτούς τους πόρους, από εποχή σε εποχή, μεταβάλλουν τις απαιτήσεις για την οικονομική αποκατάσταση μετά από μια πετρελαιοκηλίδα σε κάποια περιοχή, ανάλογα με την περίοδο.

### Διαδικασία Αποκατάστασης

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, υπάρχουν κάποιες περιπτώσεις εκροών πετρελαίου κατά τις οποίες το χαμένο πετρέλαιο εξανεμίζεται με φυσικές διαδικασίες, χωρίς να απαιτείται η παρέμβαση των ειδικών. Αντίθετα σε περιπτώσεις όπου οι συγκυρίες είναι ξεχωριστές και το πετρέλαιο δε μπορεί να απομακρυνθεί όπως παραπάνω, πρέπει να εφαρμοστεί η κατάλληλη μέθοδος, ώστε το κόστος για το περιβάλλον να είναι το μικρότερο δυνατό. Δηλαδή σε κάθε περίπτωση εξετάζονται όλες οι καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή, η απόσταση της πετρελαιοκηλίδας από τις ακτές, η έκταση της ρύπανσης κ.λ.π, και με βάση αυτά επιλέγεται η μέθοδος που θα ακολουθηθεί (χρήση διαλυτικού, ανάφλεξη, μηχανικές διαδικασίες κ.λ.π).

Αποτελέσματα ερευνών της OSIR Oil Spill Database έδειξαν ότι τα δευτερεύοντα διαλυτικά και οι μηχανικές διαδικασίες αποκατάστασης είναι οι πιο ακριβές μέθοδοι:

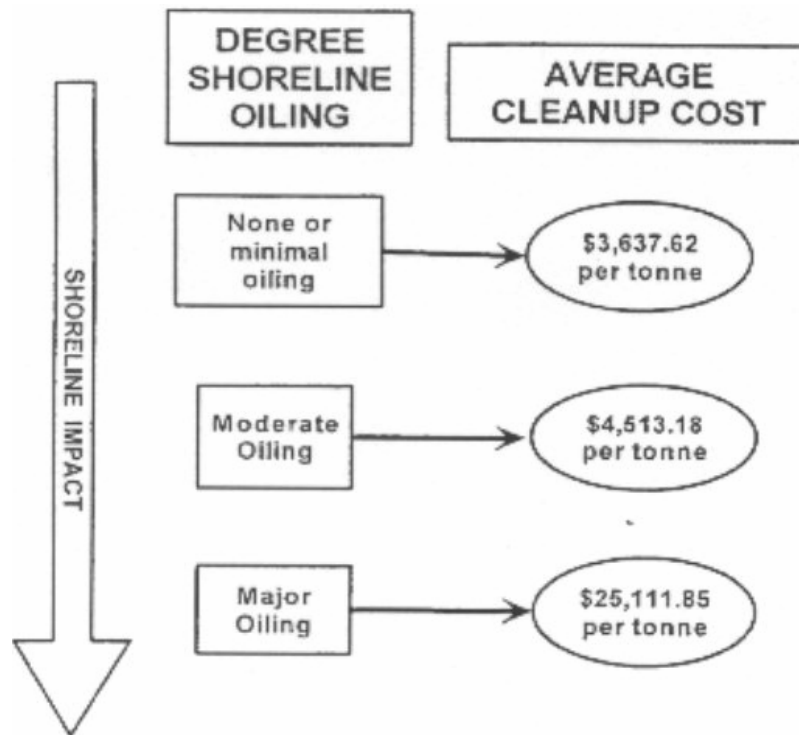


Μέσο κόστος αποκατάστασης εξαρτώμενο από τη μέθοδο καθαρισμού (in 1997 U.S. \$), σύμφωνα με ανάλυση στατιστικών εκροών της OSIR International Oil Spill Database.

#### Κόστος ρύπανσης και Αλόστωση από την ακτή:

Μια τέτοια σύγκριση ποτέ δε μπορεί να είναι απόλυτη και αυτό γιατί εξαρτάται από τις εκάστοτε περιπτώσεις που εξετάζουμε. Ένας λόγος όπου μπορεί να δικαιολογεί ότι το κόστος της shoreline ρύπανσης (κοντά στις ακτές) ίσως είναι πιο υψηλό σε γενικές γραμμές από το αντίστοιχο της offshore, είναι ότι στην πρώτη περίπτωση οι απαιτήσεις σε ακριβό εξοπλισμό, βοηθητικά πλοία, αεροσκάφη, εκπαιδευμένους χειριστές κ.λ.π προϋποθέτουν μεγαλύτερο προϋπολογισμό από ότι στην πρώτη.

Από την άλλη όμως δεν είναι και λίγες οι φορές όπου το κόστος κάποιας εκροής κοντά στην ακτή είναι αρκετά χαμηλότερο από το αντίστοιχο μακριά από αυτή. Άλλωστε δεν είναι τυχαίο το αποτέλεσμα μιας έρευνας, βασισμένης σε μια ανάλυση δεδομένων της OSIR International Oil Spill Database, το οποίο δείχνει:



Μέσο κόστος αποκατάστασης εξαρτώμενο από την επίδραση στις ακτές (in 1997 U.S. \$), σύμφωνα με ανάλυση στατιστικών εκροών της OSIR International Oil Spill Database.

Είναι απαραίτητο να τονίσουμε ότι όλοι οι παραπάνω παράγοντες θα εξεταστούν ένας προς έναν πιο αναλυτικά, και κυρίως πρακτικά, στην εφαρμογή των μοντέλων για τον υπολογισμό του κόστους, από τα οποία θα συμπεράνουμε κατά πόσο επιβεβαιώνονται και στην περίπτωση μας τα προηγούμενα στατιστικά.

#### Αποδοτικότητα των Λειτουργιών Καθαρισμού

Λογικό είναι αρκετή προσπάθεια και χρήματα να αφιερώνονται σε διαδικασίες με τις οποίες αντιμετωπίζονται εκροές πετρελαίου στις θάλασσες, έτσι ώστε να αποφευχθεί η ρύπανση των παραθαλάσσιων περιοχών καθώς και η δημόσια κατακραυγή.

Όπως ήδη αναφέρθηκε σε μερικές περιπτώσεις εκροών έχουμε εξανέμιση του πετρελαίου με αποτέλεσμα να μην υπάρχει σημαντική απειλή για τις ακτές. Σε άλλες περιπτώσεις όμως που πιθανότατα παίζει ρόλο ο καιρός και άλλες συνθήκες μπορεί να υπάρχει κίνδυνος. Πολλές φορές είναι δύσκολο να παρθεί η απόφαση αν θα πρέπει να γίνει επέμβαση από ειδικούς για να ξεκινήσουν οι διαδικασίες καθαρισμού ή όχι. Αυτό αποτελεί ιδιαίτερο πρόβλημα όταν υπάρχει περαιτέρω πίεση από πολιτικούς, μέσα μαζικής ενημέρωσης καθώς και την κοινή γνώμη. Σε αυτά έρχονται να προστεθούν τα όρια λειτουργίας που θέτουν οι άνεμοι στα συστήματα περισυλλογής και αναχαιτίσης του πετρελαίου, κύματα και ρεύματα, καθώς και η αυστηρά μειούμενη δραστηριότητα των χημικών διαλυτικών (έχουν αναφερθεί παραπάνω) σε πετρέλαια υψηλού ιξώδους και σε μείγματα νερού-πετρελαίου. Η ανταπόκριση σε τέτοιες καταστάσεις μπορεί να οδηγήσει σε υψηλά κόστη καθαρισμού με μηδαμινά κέρδη.

Είναι λογικό όμως να υπάρχουν και οι εξαιρέσεις όπως η εκροή των 2.500 t βαρέως πετρελαίου από το Tanker Baltic Carrier, η οποία απέδειξε ότι μπορεί να έχουμε επιτυχημένα αποτελέσματα, όταν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές και οι λειτουργίες για την περιβαλλοντική αποκατάσταση είναι καλώς σχεδιασμένες. Στη συγκεκριμένη περίπτωση περίπου το 1/3 του φορτίου που χάθηκε (900 t) περιουλλέχθηκε από 12 σκάφη από τρεις διαφορετικές χώρες. Το τελευταίο μείωσε και εμπόδισε κατά μένα μεγάλο βαθμό την έκταση της παραθαλάσσιας ρύπανσης.

### Τερματισμός της διαδικασίας καθαρισμού

Όλες οι διαδικασίες και λειτουργίες καθαρισμού των ακτών και της θάλασσας πρέπει να αξιολογούνται και να επανεξετάζονται ώστε να εξασφαλίζεται κάθε φορά ότι αυτές αποτελούν τις κατάλληλες, καθώς οι συνθήκες μεταβάλλονται. Οποιαδήποτε λειτουργία αποδεικνύεται ότι δεν είναι δραστική πρέπει άμεσα να σταματά η εφαρμογή της, αφού είναι πολύ πιθανό να προκληθούν στο περιβάλλον και στις πλουτοπαραγωγικές πηγές πρόσθετες, μη αποδεκτές βλάβες.

### *3.2.2 Παρουσίαση Μοντέλου Υπολογισμού Κόστους Εκροών*

#### *Worldwide Analysis of Marine Oil Spill Cleanup Cost Factors*

Η μελέτη που θα παρουσιάσουμε παρακάτω αναλύει το κόστος αποκατάστασης (μόνο τη διαδικασία του clean-up) με βάση την τοποθεσία του ατυχήματος, την γειτνίαση με την αντίστοιχη ακτή (ή λιμάνι), την ποσότητα του χαμένου πετρελαίου, τον τύπο του τελευταίου, την έκταση της εκροής και τη μέθοδο αποκατάστασης, ώστε να καταλήξουμε στο πόσο καθένας από αυτούς επιδρά στο ανά μονάδα κόστος.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν ποικίλουν στις διάφορες χώρες, κάτι που ήταν αναμενόμενο αφού υπάρχει πολιτισμική ποικιλία από χώρα σε χώρα καθώς επίσης διαφέρουν οι κοινωνικό-οικονομικοί συντελεστές και το εργατικό κόστος. Επίσης η τοποθεσία, ο τύπος πετρελαίου και το μέγεθος της εκροής έχουν τη δική τους βαρύτητα στο συνολικό κόστος. Σε γενικές γραμμές οι εκροές κοντά σε ακτές ή μέσα σε λιμάνια κοστίζουν 4-5 φορές περισσότερο (όσον αφορά το clean-up) από τις αντίστοιχες μακριά από αυτές, ενώ η αντίδραση απέναντι σε μια εκροή βαρέως καυσίμου είναι περίπου 10 φορές πιο δαπανηρή από την αντίστοιχη απέναντι σε μια εκροή ελαφριού ακατέργαστου και Diesel καυσίμου. Τέλος μπορεί πετρελαιοκηλίδες κάτω των 30 τόνων να είναι 10 φορές πιο ακριβές ανά μονάδα κόστους από άλλες 300 τόνων. Βεβαίως πρέπει να πούμε ότι τα τελευταία συμπεράσματα δεν είναι απόλυτα, καθώς κάθε εκροή διαφέρει από τις υπόλοιπες και έχει τα δικά της χαρακτηριστικά.

Στη συνέχεια λοιπόν θα παρουσιάσουμε ένα μοντέλο υπολογισμού του κόστους καθαρισμού το οποίο προέκυψε από διάφορους τύπους εκροών. Τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται σε αυτό, και δίνονται κυρίως στο παράρτημα Ε, είναι στατιστικά δεδομένα κόστους που έχουν ληφθεί από 300 εκροές σε 40 έθνη.

## Εισαγωγή στη μεθοδολογία

Μια προσέγγιση στο ζήτημα του προσδιορισμού του κόστους καθαρισμού σε παρούσες ή μέλλουσες εκροές, θα μπορούσε να βασιστεί στην μέχρι τώρα πείρα η οποία έχει αποκτηθεί από ιστορικά δεδομένα κόστους προηγούμενων εκροών. Τα τελευταία βασίζονται στην ανάλυση του κόστους σε όλους εκείνους του παράγοντες που αναφέραμε παραπάνω. Αυτό που έλειπε λοιπόν ήταν ένας κατάλληλος αλγόριθμος ο οποίος θα συνέδεε μεταξύ τους όλα αυτά τα στοιχεία, και θα μας βοηθούσε να υπολογίσουμε το εν λόγω κόστος μιας εκροής.

Η ξεχωριστή ανάλυση και τα δεδομένα που θα δώσουμε στη συνέχεια για καθέναν από τους παράγοντες θα έχουν να κάνουν αποκλειστικά με τον συγκεκριμένο κάθε φορά, αφού μεταξύ τους συσχετίζονται στο τέλος. Για παράδειγμα, στα κόστη των εκροών επιδρά σημαντικά ο τύπος πετρελαίου, ανεξάρτητα (στο συγκεκριμένο μοντέλο) όμως από τη μεθοδολογία καθαρισμού που χρησιμοποιείται, παρόλο που το είδος του καυσίμου στην πραγματικότητα επηρεάζει σημαντικά τη στρατηγική που θα ακολουθηθεί και τη μέριμνα που θα ληφθεί, τα οποία με τη σειρά τους καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από την περιοχή του ατυχήματος. Οπότε από την πλευρά αυτή καταλαβαίνουμε ότι στην πράξη θα δεχτούμε αρκετές απλουστεύσεις.

Για να ξεκινήσουμε το στήσιμο του μοντέλου θα δούμε λίγο αναλυτικά πως επηρεάζεται το κόστος από την αλλαγή των διαφόρων συντελεστών, αλλαγές οι οποίες θα επιβεβαιωθούν αργότερα στο πρακτικό μέρος.

## Τύπος Πετρελαίου

Δε χρειάζεται να επεκταθούμε περισσότερο στην επίδραση του τύπου του πετρελαίου, καθώς εξηγήσαμε και παραπάνω τις διαφορές μεταξύ των ελαφριών και των βαρέων παραγώγων, τα υπέρ και τα κατά του καθενός. Κρίνουμε σημαντικό όμως να αναφέρουμε ότι σε εκροές καυσίμων τα οποία είναι πιο επίμονα στην παραμονή τους στο θαλασσινό νερό απαιτούνται πιο εκλεπτυσμένες στρατηγικές, οι οποίες μπορεί να περιλαμβάνουν εφαρμογή διαλυτικών ουσιών (χημικές ουσίες που διατηρούν τη ρευστότητα του υγρού στο οποίο προστίθενται) όταν αυτό είναι απαραίτητο και επιτρέπεται από τη νομοθεσία, ή μηχανικές και χειροκίνητες διαδικασίες. Στηριζόμενοι στην τοποθεσία του ατυχήματος και στον βαθμό επίδρασης του πετρελαίου στις κοντινές ακτές, συνήθως οι εκροές των ανυποχώρητων καυσίμων απαιτούν τις πιο δαπανηρές λειτουργίες αποκατάστασης. Μάλιστα σε τέτοιου είδους εκροές μπορεί να χρειαστούν επίπονες και μεγάλης διάρκειας διαδικασίες (κοντά στις ακτές), αν οι μηχανικές λειτουργίες ή η εφαρμογή των διαλυτικών στα ανοικτά των ακτών δεν είναι αποτελεσματικές.

<b>Πίνακας 3.2.2.1. Ανά μονάδα τόνου κόστος αποκατάστασης σύμφωνα με τον τύπο πετρελαίου (1999 US\$)</b>			
<b>Oil Type</b>	<b>US Spills</b>	<b>Non-US Spills</b>	<b>All Spills</b>
<b>No. 2 diesel fuel</b>	\$3.607,38/tonne	\$1.699,32/tonne	\$2.307,90/tonne
<b>Light crude</b>	\$3.131,08/tonne	\$4.554,06/tonne	\$4.265,94/tonne
<b>No. 4 fuel</b>	--	\$23.893,38/tonne	\$23.893,38/tonne
<b>No. 5 fuel</b>	\$8.693,58/tonne	\$24.272,64/tonne	\$23.190,72/tonne
<b>Crude</b>	\$14.520,66/tonne	\$3.963,12/tonne	\$7.250,04/tonne
<b>Heavy crude</b>	\$21.091,56/tonne	\$6.447,42/tonne	\$8.540,70/tonne
<b>No. 6 fuel</b>	\$18.066,30/tonne	\$16.275,84/tonne	\$16.952,04/tonne

**Πηγή:** *Dagmar Schmidt Etkin Environmental Research, 2000*

### Έκταση Εκροής

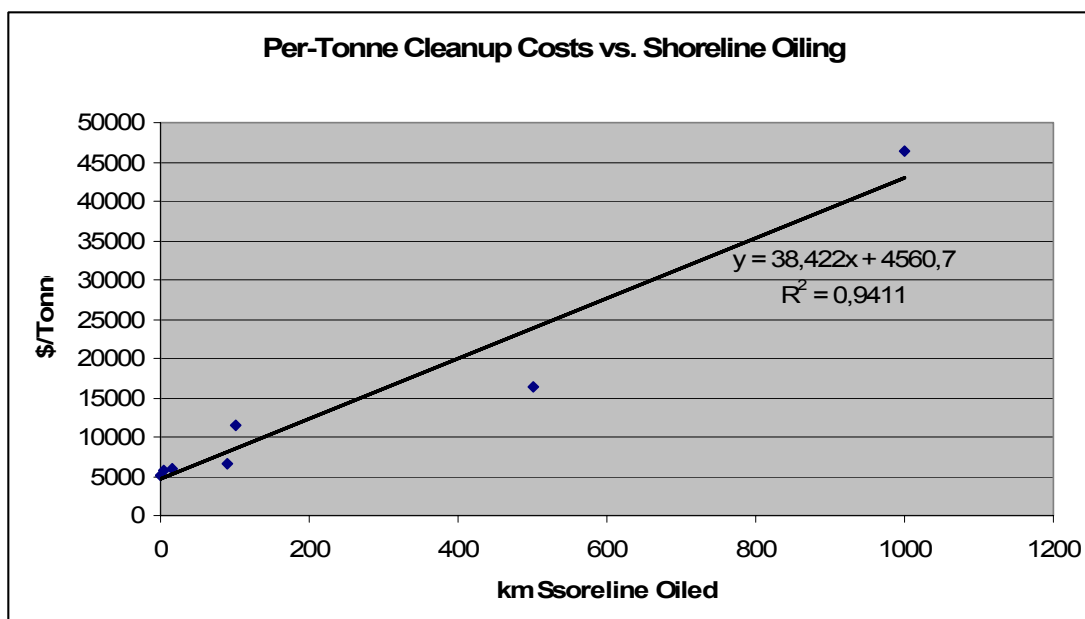
Στον πίνακα 3.2.2.2 φαίνεται ποια είναι η σχέση του κόστους με την έκταση των ακτών που έχουν πληγεί. Το κόστος αυτό είναι ο μέσος όρος από όλα τα επιμέρους κόστη (κόστος καθαρισμού ακτών, κόστος καθαρισμού κοντά στις ακτές, κόστος καθαρισμού στα ανοικτά αυτών των περιοχών) και δεν αφορά αποκλειστικά την αποκατάσταση των παραλιών. Αυτό εξηγεί το γεγονός ότι εκροές κατά τις οποίες η έκταση της ακτής που έχει ρυπανθεί είναι μηδαμινή, εξακολουθούν να έχουν κάποιο κόστος (το οποίο οφείλεται στην αποκατάσταση μακριά από την ακτή, την επιτήρηση κλπ).

Παρατηρούμε ότι στον πίνακα δίνονται στατιστικά στοιχεία για πληγείσα έκταση μέχρι 500 km, αφού περιπτώσεις στις οποίες αυτή ξεπερνιέται είναι πολύ σπάνιες. Για παράδειγμα στο ατύχημα του Exxon Valdez είχε ρυπανθεί με πετρέλαιο μια περιοχή 1200 km, με αποτέλεσμα το κόστος clean-up να υπερβεί τα 93.568 \$/ton.

<b>Πίνακας 3.2.2.2. Ανά μονάδα τόνου κόστος αποκατάστασης σύμφωνα με το βαθμό ρύπανσης της ακτής (1999 US \$)</b>			
<b>Shoreline Length Oiled (km)</b>	<b>US Spills</b>	<b>Non-US Spills</b>	<b>All Spills</b>
<b>0-1</b>	\$2.644,11/tonne	\$5.530,66/tonne	\$5.086,00/tonne
<b>2-5</b>	\$5.991,33/tonne	\$6.150,37/tonne	\$5.793,00/tonne
<b>8-15</b>	\$10.540,42/tonne	\$6.304,60/tonne	\$5.876,00/tonne
<b>20-90</b>	\$15.164,62/tonne	\$6.863,19/tonne	\$6.612,00/tonne
<b>100</b>	\$27.303,53/tonne	\$9.061,36/tonne	\$11.398,00/tonne
<b>500</b>	\$51.962,94/tonne	\$10.404,21/tonne	\$16.443,00/tonne

**Πηγή:** *Dagmar Schmidt Etkin Environmental Research, 2000*





### Τοποθεσία Εκροής

Ο βαθμός ρύπανσης μιας ακτής εξαιτίας μιας εκροής σχετίζεται με τον τύπο πετρελαίου (για παράδειγμα τα μη διαρκή πετρέλαια εξατμίζονται πριν επιδράσουν αρνητικά στην ακτή), τον άνεμο και τις συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή και μπορεί να οδηγήσουν το πετρέλαιο μακριά από την παραλία ή προς αυτή.

Έτσι λοιπόν έγινε ένας διαχωρισμός των ατυχημάτων σε εκείνα που γίνονται μέσα στο λιμάνι, εκείνα που γίνονται κοντά σε ακτή (μέχρι 5 km απόσταση από αυτή) και εκείνα μακριά από τις παραλίες. Η κατηγοριοποίηση αυτή φαίνεται στον πίνακα 3.2.3.3. Είναι λογικό το γεγονός ότι εκροές που συμβαίνουν μέσα στο λιμάνι ή κοντά σε παραλίες είναι πιο δαπανηρές από άλλες που γίνονται σε ανοιχτή θάλασσα.

<b>Πίνακας 3.2.2.3. Ανά μονάδα τόνου κόστος αποκατάστασης σύμφωνα με την απόσταση από ακτή-λιμάνι (1999 US \$)</b>			
<b>Location</b>	<b>US Spills</b>	<b>Non-US Spills</b>	<b>All Spills</b>
<b>In-Port</b>	\$34089,30/tonne	\$12983,04/tonne	\$19674,25/tonne
<b>Nearshore</b>	\$25066,44/tonne	\$17931,06/tonne	\$22442,69/tonne
<b>Offshore</b>	\$6873,72/tonne	\$8570,10/tonne	\$8292,94/tonne

**Πηγή:** Dagmar Schmidt Etkin Environmental Research, 2000

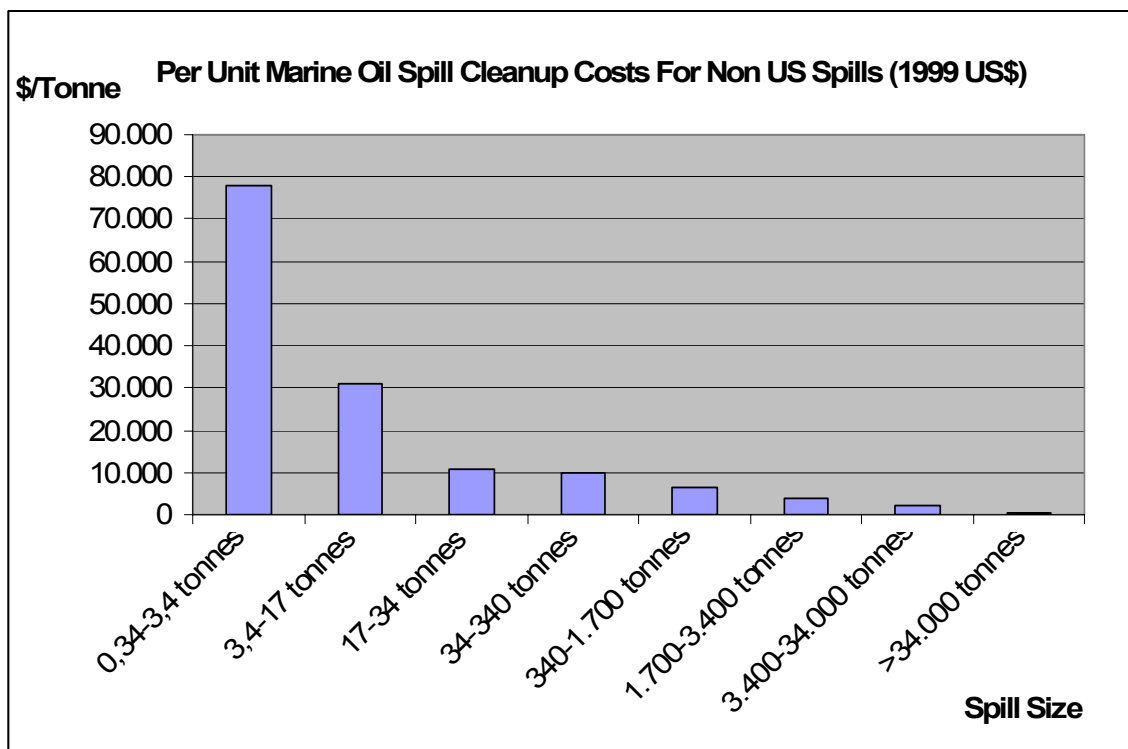
### Ποσότητα Εκροής

Μια ανάλυση από 96 ατυχήματα εκροών (Etkin, 1999b) έδειξε ότι το κόστος αποκατάστασης ανά μονάδα κόστους συνδέεται αντίστροφα με την ποσότητα της εκροής. Επιπλέον με αυτή τη συσχέτιση ασχολήθηκε και ο Monnier (1994). Ο τελευταίος βρήκε ότι εκροές κάτω των 10 τόνων είχαν μέσο όρο κόστους \$345.000/tonne, ενώ οι αντίστοιχες άνω των 50 τόνων οδηγούσαν σε κόστος με μέσο όρο \$12.000/tonne.

Είναι σαφές από όλους τους πίνακες και διαγράμματα του παραρτήματος Ε ότι η ποσότητα του πετρελαίου που θα χαθεί σε ένα ατύχημα θα επηρεάσει τόσο τη διοικητική μέριμνα των λειτουργιών για την αποκατάσταση των βλαβών, όσο και την τελική κατάσταση της περιοχής. Πολλές φορές η πρώτη ερώτηση που γίνεται από τους ειδικούς είναι "πόσο πετρέλαιο χάθηκε". Δεν είναι απολύτως σωστό αυτό, αφού η τοποθεσία και ο τύπος του πετρελαίου αποτελούν τους συντελεστές κλειδιά οι οποίοι σε συνεργασία με την ποσότητα, θα καθορίσουν το ύψος της ζημιάς.

<b>Πίνακας 3.2.2.4. Ανά μονάδα τόνου κόστος αποκατάστασης σύμφωνα με την ποσότητα εκροής (Non-US Spills, 1999 US \$)</b>		
<b>Spill Size</b>	<b>US \$/tonne</b>	<b>US \$/liter</b>
<b>0,34-3,4 tonnes 379-3.785 liters</b>	\$77.896,33/tonne	\$70,00/liter
<b>3,4-17 tonnes 3.785-18.925 liters</b>	\$31.035,34/tonne	\$27,89/liter
<b>17-34 tonnes 18.925-37.850 liters</b>	\$10.687,65/tonne	\$9,60/liter
<b>34-340 tonnes 37.850-378.500 liters</b>	\$9.757,86/tonne	\$8,77/liter
<b>340-1.700 tonnes 378.500-1.892.500 liters</b>	\$6.390,95/tonne	\$5,74/liter
<b>1.700-3.400 tonnes 1.892.500-3.785.000 liters</b>	\$3.686,74/tonne	\$3,31/liter
<b>3.400-34.000 tonnes 3.785.000-37.850.000 liters</b>	\$2.367,69/tonne	\$2,13/liter
<b>&gt;34.000 tonnes &gt;37.850.000 liters</b>	\$357,56/tonne	\$0,32/liter

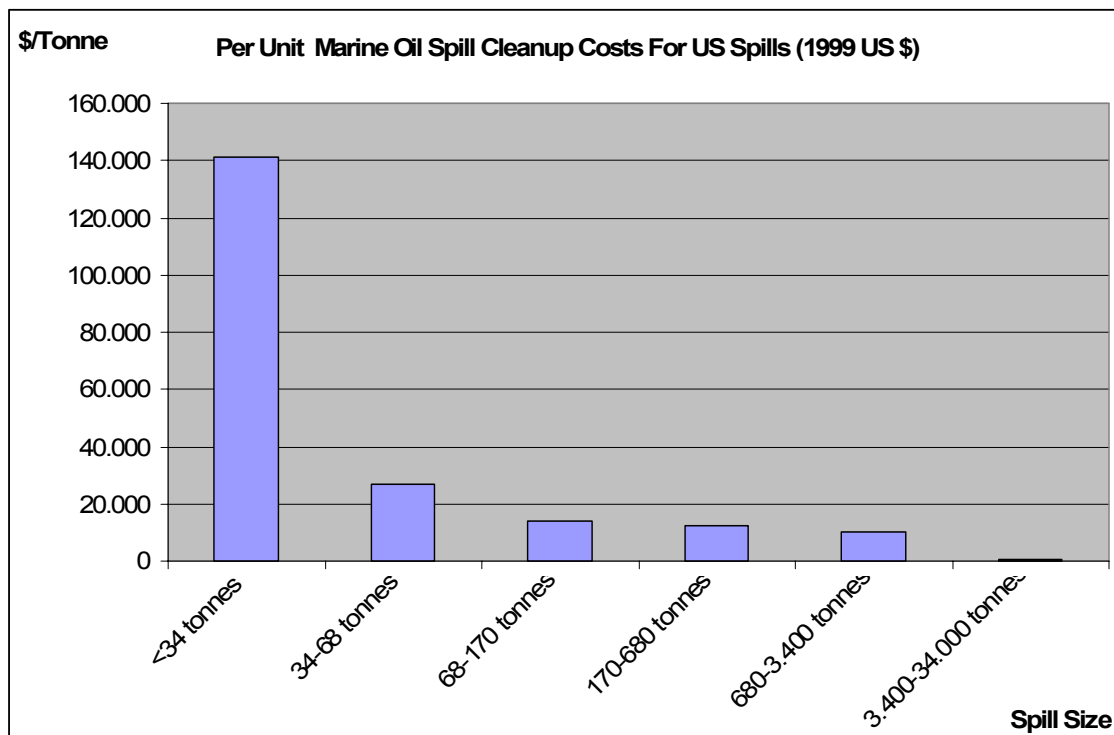
**Πηγή:** Dagmar Schmidt Etkin Environmental Research, 2000



**Πίνακας 3.2.2.5. Ανά μονάδα τόνου κόστος αποκατάστασης σύμφωνα με την ποσότητα εκροής (US Spills, 1999 US \$)**

Spill Size	US \$/tonne	US \$/liter
<34 tonnes <37.850 liters	\$141.466,34/tonne	\$127,13/liter
34-68 tonnes 37.850-75.700 liters	\$26.804,75/tonne	\$24,09/liter
68-170 tonnes 75.700-189.250 liters	\$13.854,58/tonne	\$12,45/liter
170-680 tonnes 189.250-757.000 liters	\$12.101,04/tonne	\$10,87/liter
680-3.400 tonnes 757.000-3.875.000 liters	\$10.038,64/tonne	\$9,02/liter
3.400-34.000 tonnes 3.785.000-37.850.000 liters	\$772,20/tonne	\$0,69/liter

**Πηγή:** Dagmar Schmidt Etkin Environmental Research, 2000



### Μέθοδος Αποκατάστασης

Σχεδόν σε κάθε εκροή το πιο πολυδάπανο μέρος είναι η διαδικασία αποκατάστασης που θα ακολουθηθεί για τον καθαρισμό στις ακτές. Γενικώς είναι το σημείο της συνολικής διαδικασίας κατά το οποίο καταναλώνεται ο περισσότερος χρόνος και πραγματοποιείται η πιο σκληρή δουλειά. Σκοπός αυτού είναι να μειωθεί όσο γίνεται η επιρροή του πετρελαίου στις παραλίες που έχουν πληγεί, χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες διαδικασίες.

Έχοντας επίγνωση μιας ενδεχόμενης οικολογικής καταστροφής, εξαιτίας της πιθανής δράσης κάποιας "επιθετικής" μεθόδου καθαρισμού στις παραλίες, όπως χρήση ζεστού νερού ή εφαρμογή βαρέων μηχανισμών, οι υπεύθυνοι αποκατάστασης άρχισαν να κινούνται προς άλλες στρατηγικές πιο χειροκίνητες, και σε πολλές περιπτώσεις προς τον φυσικό καθαρισμό των ρύπων. Η χρήση διαλυτικών έχει αποδειχθεί ότι σε γενικές γραμμές μειώνει το συνολικό κόστος, πράγμα το οποίο φαίνεται και από τον πίνακα 3.2.3.7. Το τελευταίο είναι δυνατόν να ελαττωθεί αν μειώσουμε κατά κάποιο τρόπο το εργατικό κόστος (χρησιμοποιώντας μικρότερο πλήθος εργατικό δυναμικό και για λιγότερο χρόνο), ή το συνολικό κόστος εξοπλισμού, που μπορεί να προκύπτει από διαδικασίες μηχανικής αναχίτισης (με τη χρήση διαλυτικών).

Εκτός από τις μεθόδους που προαναφέραμε υπάρχει και αυτή της ανάφλεξης του πετρελαίου (in-site burning). Η τελευταία είναι αρκετά επιθυμητή από την πλευρά του κόστους αλλά δεν προτιμάται εξαιτίας των μεγάλων κινδύνων για ρύπανση της ατμόσφαιρας. Οι Allen και Ferek διαπίστωσαν ότι μέθοδοι κατά τις οποίες γίνεται χρήση ανάφλεξης κόστιζαν κατά μέσο όρο \$162,29-\$402,34/tonne φλεγόμενου πετρελαίου, σε αντίθεση με άλλες που γίνεται εφαρμογή διαλυτικών και είχαν κόστος \$402,34-804,68/tonne διαλυόμενου πετρελαίου, ή μηχανικές διεργασίες που οδηγούσαν σε κόστη \$804,68-\$1.207,02/tonne. Ο κύριος λόγος που δεν

εφαρμόζεται η μέθοδος της ανάφλεξης είναι ο αυξημένος κίνδυνος που υπάρχει για εκπομπή πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων, οι οποίοι συνοδεύουν την ανάφλεξη του πετρελαίου.

<b>Πίνακας 3.2.2.6. Ανά μονάδα τόνου κόστος αποκατάστασης σύμφωνα με την τεχνική (1999 US \$)</b>		
<b>Cleanup Technique</b>	<b>Mean Cost/Tonne</b>	<b>Mean Cost/Liter</b>
<b>Dispersants only</b>	\$2.184,40/tonne	\$1,96/liter
<b>Dispersants Primary method</b>	\$2.556,98/tonne	\$2,30/liter
<b>Dispersant Secondary/tertiary method</b>	\$14.233,17/tonne	\$12,79/liter
<b>Other methods only (No dispersants)</b>	\$12.802,94/tonne	\$11,51/liter

**Πηγή:** *Dagmar Schmidt Etkin Environmental Research, 2000*

<b>Πίνακας 3.2.2.7. Ανά μονάδα τόνου κόστος αποκατάστασης σύμφωνα με την πρωτεύουσα μέθοδο (1999 US \$)</b>		
<b>Primary Method</b>	<b>US \$/tonne</b>	<b>US \$/liter</b>
<b>Manual</b>	\$23.403,45/tonne	\$21,03/liter
<b>Mechanical</b>	\$9.611,97/tonne	\$8,64/liter
<b>Dispersants</b>	\$5.633,78/tonne	\$5,06/liter
<b><i>In Situ</i>Burning</b>	\$3.127,87/tonne	\$2,81/liter
<b>Natural</b>	\$1.286,00/tonne	\$1,15/liter

**Πηγή:** *Dagmar Schmidt Etkin Environmental Research, 2000*

<b>Πίνακας 3.2.2.8. Δραστηκότητα των μεθόδων</b>	
<b>Method</b>	<b>Reported Field Effectiveness</b>
<b>Dispersants</b>	80-90%
<b><i>In-Situ</i>Burning</b>	90-98%
<b>Mechanical Containment and Recovery</b>	10-20%
<b>Natural Cleansing</b>	Up to 90% (under right conditions)
<b>Manual Removal</b>	Varies

**Πηγή:** *Dagmar Schmidt Etkin Environmental Research, 2000*

### Επίδραση Τοποθεσίας

Μερικές φορές ίσως ο πιο σημαντικός παράγοντας σε μια εκροή, είναι η τοποθεσία. Στον πίνακα 3.2.2.9 δίνεται μια σύνοψη του κόστους ανάλογα με το έθνος και την περιοχή που συμβαίνει ένα ατύχημα. Τα κόστη που δίνονται έχουν να κάνουν αποκλειστικά και μόνο με τις διαδικασίες καθαρισμού και αποκατάστασης, και δεν εμπεριέχουν άλλα κόστη τα οποία μπορεί να βασίζονται στους κρατικούς και διεθνείς υποχρεωτικούς κανονισμούς. Όπως ήταν αναμενόμενο οι πετρελαιοκηλίδες που έλαβαν χώρο σε περιοχές της Αμερικής ήταν από τις πιο δαπανηρές. Ακόμη και οι αντίστοιχες της Ασίας είχαν πολύ μεγάλο κόστος.

Έτσι λοιπόν διαθέτουμε μια συνολική εικόνα σχετικά με το πώς μεταβάλλεται το κόστος από περιοχή σε περιοχή, έχοντας βασιστεί σε υπολογισμούς κατά προσέγγιση, χρησιμοποιώντας ιστορικά δεδομένα. Σε γενικές γραμμές, εκροές οι οποίες συμβαίνουν σε πολύ αναπτυγμένα κράτη, με υψηλό εργατικό κόστος, πολύπλοκους κανονισμούς όσον αφορά τις μεθόδους αποκατάστασης και υψηλά πρότυπα για την προστασία του περιβάλλοντος, παρουσιάζουν και το υψηλότερο κόστος.

<b>Πίνακας 3.2.2.9. Ανά μονάδα τόνου κόστος αποκατάστασης σύμφωνα με το έθνος (1999 US \$)</b>		
<b>Nation/Region</b>	<b>US\$/liter</b>	<b>US\$/tonne</b>
<b>North America</b>		
Canada	\$5,85	\$6.508,14
United States	\$23,02	\$25.614,63
<i>Average</i>	\$17,81	\$19.814,63
<b>Latin America</b>		
Argentina	\$2,08	\$2.316,61
Brazil	\$5,03	\$5.600,72
Chile	\$0,82	\$910,42
Mexico	\$0,76	\$850,32
St. Kitts/Nevis	\$2,77	\$3.085,81
Uruguay	\$3,03	\$3.368,25
Venezuela	\$10,62	\$1.817,83
<i>Average</i>	\$2,75	\$3.055,76
<b>Africa</b>		
Egypt	\$3,98	\$4.428,90
Morocco	\$8,69	\$9.675,07
Mozambique	<\$0,01	\$6,09
Nigeria	\$1,59	\$1.766,75
South Africa	\$2,62	\$2.917,54
<i>Average</i>	\$2,84	\$3.163,93
<b>Europe</b>		
Denmark	\$10,05	\$11.180,41
Estonia	\$6,13	\$6.820,62

Finland	\$1,90	\$2.115,29
France	\$2,07	\$2.301,58
Germany	\$9,62	\$10.702,67
Greece	\$7,67	\$8.530,29
Ireland	\$4,32	\$4.807,49
Italy	\$5,88	\$6.541,19
Latvia	\$8,28	\$9.212,35
Lithuania	\$0,07	\$78,12
Netherlands	\$5,98	\$6.655,37
Norway	\$20,77	\$23.118,08
Spain	\$0,39	\$438,68
Sweden	\$14,06	\$15.642,36
UK	\$2,77	\$3.082,80
Yugoslavia	\$1,36	\$1.541,40
<i>Average</i>	\$9,71	\$10.807,83
<b>South Pacific</b>		
Australia	\$5,38	\$5.991,33
New Zealand	\$2,51	\$2.791,35
<i>Average</i>	\$5,12	\$5.698,88
<b>Middle East</b>		
Israel	\$2,08	\$2.313,60
United Arab Emirates	\$0,57	\$636,99
<i>Average</i>	\$0,95	\$1.057,50
<b>Asia</b>		
Hong Kong	\$4,00	\$4.452,94
Japan	\$31,11	\$34.619,92
Malaysia	\$68,93	\$76.589,29
Philippines	\$0,61	\$676,51
Singapore	\$0,35	\$390,61
South Korea	\$11,52	\$12.814,96
<i>Average</i>	\$24,71	\$27.495,83

**Πηγή:** Dagmar Schmidt Etkin Environmental Research, 2000

<b>Πίνακας 3.2.2.10. Συντελεστές κόστους αποκατάστασης</b>	
<b>Cost Factor</b>	<b>Modifier</b>
<b>Oil Type</b>	
No. 2 fuel (diesel)	0,18
Light crude	0,32
No. 4 fuel	1,82
No. 5 fuel	1,82
Crude	0,55
Heavy crude	0,65
No. 6 fuel	0,71
<b>Spill Size</b>	
< 34 tonnes	2,00
34-340 tonnes	0,65
340-1.700 tonnes	0,27
1.700-3.400 tonnes	0,15
3.400-34.000 tonnes	0,05
>34.000 tonnes	0,01
<b>Location Type</b>	
Nearshore	1,46
In-Port	1,28
Offshore	0,46
<b>Primary Cleanup Method</b>	
Dispersants	0,46
<i>In-Situ</i> Burning	0,25
Mechanical	0,92
Manual	1,89
Natural Cleansing	0,10
<b>Shoreline Oiling</b>	
0-1 km	0,47
2-5 km	0,54
8-15 km	0,54
20-90 km	0,61
100 km	1,06
500 km	1,53

**Πηγή:** *Dagmar Schmidt Etkin Environmental Research, 2000*

Εκτός από το παραπάνω μοντέλο του οποίου η εφαρμογή γίνεται στο επόμενο κεφάλαιο, παρουσιάζουμε πιο συνοπτικά ένα ακόμη στο παράρτημα Ε, το οποίο όμως δεν είναι τόσο αναλυτικό όπως αυτό που χρησιμοποιούμε και για τον υπολογισμό του δείκτη διακινδύνευσης.



### 3.2.3 Διαδικασία Υπολογισμού Δείκτη Διακινδύνευσης A

Σε αυτό το σημείο έχουμε αναπτύξει θεωρητικώς, όσο το δυνατό ακριβέστερα με τα στοιχεία που έχουμε, το κόστος που θα έχει κάθε μια περίπτωση εκροής. Αυτό που θα επιδιώξουμε στη συνέχεια, είναι η εκτίμηση κάποιου συντελεστή διακινδύνευσης A, ο οποίος θα περιλαμβάνει την πιθανότητα πραγματοποίησης του ατυχήματος της εκροής σε συνδυασμό με τις συνέπειες αυτού. Κάνοντας πράξη τα παραπάνω ο δείκτης A θα πρέπει να υπολογίζεται από:

$$A = \sum P \cdot C$$

όπου η πιθανότητα P θα είναι το γινόμενο της πιθανότητας σύγκρουσης του δεξαμενοπλοίου ( $P_{\text{Collision}}$  or  $P_{\text{Grounding}}$ ) επί την πιθανότητα εκροής ( $P_{\text{Outflow}}$ ), δεδομένης της σύγκρουσης. Η πιθανότητα σύγκρουσης βέβαια είναι κάτι πολύ σχετικό, καθώς εξαρτάται και από την περιοχή στην οποία πλέει το πλοίο. Εμείς όμως εδώ πέρα δε θα μελετήσουμε τόσο αναλυτικά αυτή την πιθανότητα, και θα χρησιμοποιήσουμε μια γενική πιθανότητα σύγκρουσης για όλα τα πλοία. Όσον αφορά την πιθανότητα εκροής, δεδομένου του ατυχήματος, έχουμε όλους τους αναλυτικούς υπολογισμούς στο παράρτημα Δ. Προς στιγμήν ο παράγοντας C θα δίνεται από τον υπολογισμό του κόστους σε δολάρια. Έτσι θα υπολογίσουμε ένα δείκτη ο οποίος θα έχει μονάδες κόστους, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι θα είναι καθαρό κόστος. Επομένως με βάση τα παραπάνω θα έχουμε:

$$A = \sum P_{\text{Collision}} \cdot P_{\text{Outflow}} \cdot C \quad (\text{Collision})$$

$$A = \sum P_{\text{Grounding}} \cdot P_{\text{Outflow}} \cdot C \quad (\text{Grounding})$$

με τα  $P_{\text{Collision}}$  και  $P_{\text{Grounding}}$  να είναι σταθερά μεγέθη.

Ο παραπάνω τύπος θα εφαρμοστεί για όλες τις περιπτώσεις εκροής. Στη συνέχεια θα βρούμε τα εν λόγω αθροίσματα για την περίπτωση πλευρικού ρήγματος και όλες τις περιπτώσεις προσάραξης (0 m, 2 m, 4,5 m παλίρροια), και θα τα συνδυάσουμε μεταξύ τους με τα αντίστοιχα ποσοστά, ώστε να έχουμε ένα δείκτη διακινδύνευσης A για κάθε περίπτωση έκτασης (0-1 km, 2-5 km, 8-15 km, 20-90 km, 100 km και 500 km) και κάθε περίπτωση απόστασης από την ακτή (Nearshore, In port, Offshore). Τέλος σύμφωνα με τη δική μας κρίση θα θεωρήσουμε κάποιες αναλογίες για τις κατηγορίες έκτασης και απόστασης από την ακτή, με σκοπό να καταλήξουμε σε ένα μόνο δείκτη διακινδύνευσης A.

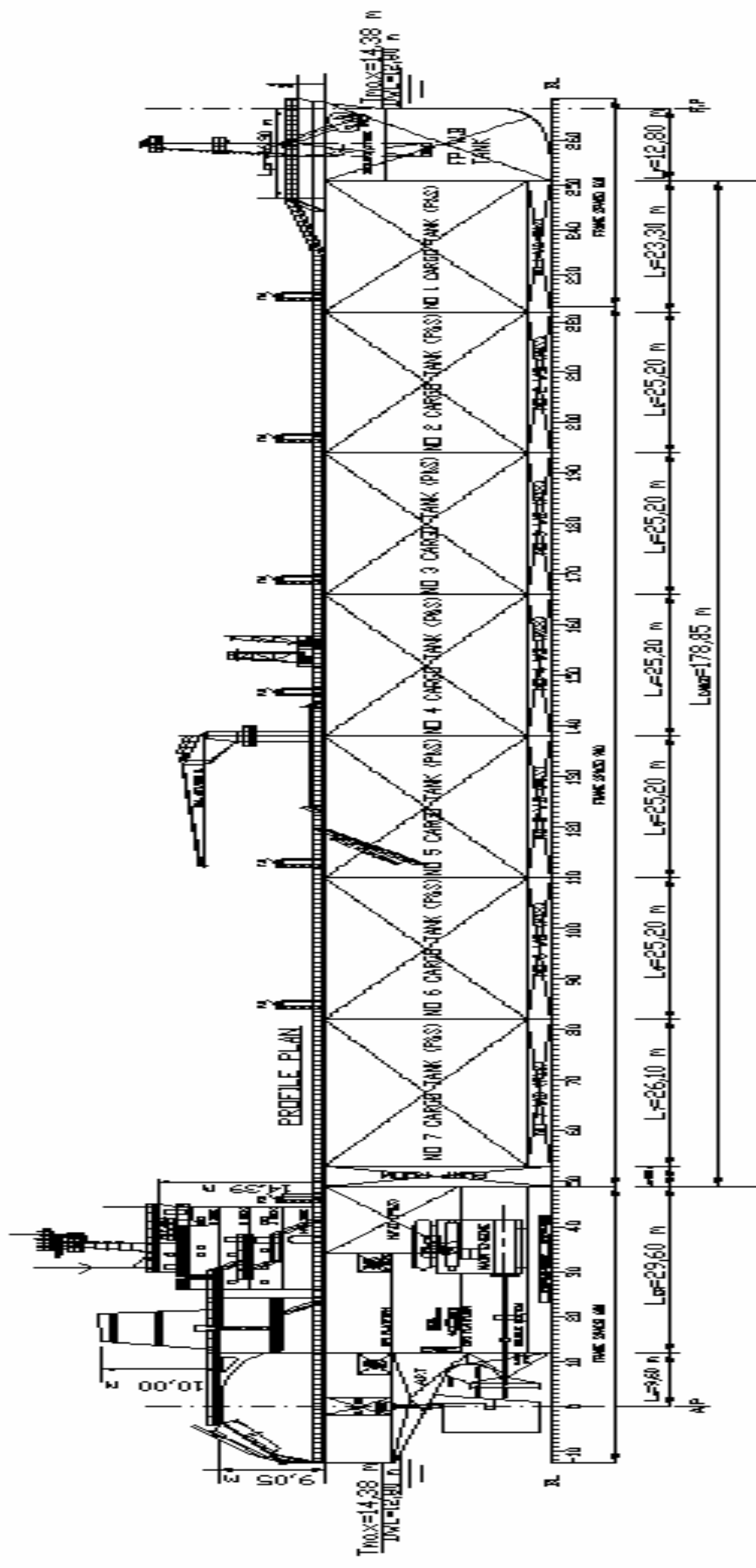
# 4 Υπολογισμοί Πιθανοθεωρητικής Μεθόδου και Κόστους Εκροών

## **4.1 Εφαρμογή Πιθανοθεωρητικής Μεθόδου**

ΒΗΜΑ 1<sup>ο</sup>: Σχεδιαστικά στοιχεία σκάφους

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται συγκεντρωτικά στοιχεία του δεξαμενοπλοίου ΕΚΙ και ένα σκαρίφημα (το υπό μελέτη πλοίο στο θέμα σχεδίασης πλοίου Ι).

<b>Συγκεντρωτικός Πίνακας</b>		
	Μονάδες	
L <sub>BP</sub>	m	231,00
B	m	32,20
D	m	19,22
T <sub>d</sub>	m	12,80
T <sub>Γ.Φ</sub>	m	14,38
C <sub>B</sub>	-	0,839
C <sub>M</sub>	-	0,991
C <sub>P</sub>	-	0,847
DWT	ton	68.026
L.S	ton	14.140
Δ	ton	82.166
V <sub>CARGO</sub>	m <sup>3</sup>	81.327,6
V <sub>SB</sub>	m <sup>3</sup>	26.064,4
L <sub>CARGO</sub>	m	178,85
B <sub>CARGO</sub>	m	28,20
D <sub>CARGO</sub>	m	17,22
W <sub>double hull</sub>	m	2,00
h <sub>double bottom</sub>	m	2,00
L <sub>A</sub>	m	9,60
L <sub>F</sub>	m	12,80
L <sub>ER</sub>	m	29,60



ΒΗΜΑ 2<sup>ο</sup>: Προσδιορισμός της κατάστασης πλήρους φορτίου

	compartment	location (frames)	volume 100% (cub.m)	volume 98% (cub.m)
CARGO TANKS	NO.1 CARGO TANK (P)	222-251	4506,89	4416,75
	NO.1 CARGO TANK (S)	222-251	4506,89	4416,75
	NO.2 CARGO TANK (P)	194-222	5990,09	5870,29
	NO.2 CARGO TANK (S)	194-222	5990,09	5870,29
	NO.3 CARGO TANK (P)	166-194	5990,09	5870,29
	NO.3 CARGO TANK (S)	166-194	5990,09	5870,29
	NO.4 CARGO TANK (P)	138-166	5990,09	5870,29
	NO.4 CARGO TANK (S)	138-166	5990,09	5870,29
	NO.5 CARGO TANK (P)	110-138	5990,09	5870,29
	NO.5 CARGO TANK (S)	110-138	5990,09	5870,29
	NO.6 CARGO TANK (P)	82-110	5990,09	5870,29
	NO.6 CARGO TANK (S)	82-110	5990,09	5870,29
	NO.7 CARGO TANK (P)	54-82	6503,28	6373,21
	NO.7 CARGO TANK (S)	54-82	6503,28	6373,21
SLOP TANKS	SLOP TANK (P)	49-54	533,06	522,39
	SLOP TANK (S)	49-54	533,06	522,39
<b>TOTAL CARGO AND SLOP TANKS</b>			<b>82987,35</b>	<b>81327,60</b>

	category	item	weight (t)	KG (m)	LCG <sub>A,P</sub> (m)
L.S	<b>Light Ship</b>	<b>Light Ship</b>	<b>14140,02</b>	<b>10,66</b>	<b>104,84</b>
DWT	consumables	F.O	1380,06	13,72	32,76
		D.O	159,33	10,24	22,00
		L.O	55,20	1,93	25,98
		F.W	180,84	14,98	7,60
		provisions	9,25	20,88	25,32
		TOTAL <sub>consum.</sub>	1784,68	13,21	29,00
	crew + constants	crew	3,92	24,39	34,60
		constants	10,00	16,96	92,06
		TOTAL <sub>cr.+const.</sub>	13,92	19,05	75,89
	payload	cargo oil	66227,10	10,63	126,68
	<b>DWT</b>	<b>DWT</b>	<b>68025,69</b>	<b>10,70</b>	<b>124,10</b>
Δ	<b>Δ</b>	<b>Δ</b>	<b>82165,71</b>	<b>10,70</b>	<b>120,79</b>

### ΒΗΜΑ 3<sup>ο</sup>: Σύνθεση εξεταζόμενων καταστάσεων βλάβης

Όπως αναλύσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, το σύνολο των διαφορετικών περιπτώσεων στην περίπτωση του πλευρικού ρήγματος θα είναι:

$$\boxed{10 \times 3 \times 6 = 180}$$

ενώ στην περίπτωση του ρήγματος στον πυθμένα λόγω προσάραξης θα είναι:

$$\boxed{10 \times 8 \times 6 = 480}$$

### ΒΗΜΑ 4<sup>ο</sup>: Υπολογισμός της θέσης ισορροπίας για κάθε περίπτωση βλάβης

Είπαμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο ότι δε θα ασχοληθούμε με την θέση ισορροπίας του πλοίου μετά από κάθε περίπτωση βλάβης, αφού θα επικεντρωθούμε στην ποσότητα εκροής και στις συνέπειες αυτής.

### ΒΗΜΑ 5<sup>ο</sup>: Υπολογισμός εκροής πετρελαίου για τις ομάδες διαμερισμάτων

#### 1. Πλευρικό Ρήγμα λόγω Σύγκρουσης

Εφαρμόζοντας ότι είπαμε στο θεωρητικό κομμάτι του προηγούμενου κεφαλαίου, στην περίπτωση πλευρικού ρήγματος των δεξαμενών 5, 6, 7 και S.T, η ποσότητα του χαμένου πετρελαίου θα είναι:

$$\begin{aligned} V_{\text{ΕΚΡΟΗΣ}} &= V_{S.T} + V_{C.07(s)} + V_{C.06(s)} + V_{C.05(s)} = 522,39 + 6373,21 + 5870,29 + 5870,29 \Rightarrow \\ &\Rightarrow V_{\text{ΕΚΡΟΗΣ}} = 18636,2 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Με το ίδιο σκεπτικό υπολογίζουμε την εκροή του πετρελαίου σε κάθε μια από τις περιπτώσεις βλάβης.

#### 2. Ρήγμα στον Πυθμένα λόγω Προσάραξης:

Αναφέραμε στη θεωρία ότι τρεις περιπτώσεις πτώσης εξωτερικής στάθμης και αυτές εφαρμόζονται παρακάτω για ρήγμα στον πυθμένα της δεξαμενής 7.

#### 2α) Πτώση Εξωτερικής Στάθμης = 0 m

Η σχέση που παίζει πολύ σημαντικό ρόλο σε αυτό το βήμα είναι η:

$$Z_C \cdot \rho_C \cdot g + 100 \cdot \delta(p) = Z_S \cdot \rho_S \cdot g \quad (1)$$

Με βάση τις πληροφορίες της θεωρίας τα μεγέθη της σχέσης (1) θα έχουν τις εξής τιμές αναλυτικά:

$Z_C = \text{Ζητούμενο}$   
 $\rho_C = 0,9 \text{ t/m}^3$   
 $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$   
 $\delta(p) = 0,05 \text{ bar}$   
 $Z_S = T - h_{DB} = 12,8 - 2 = 10,8 \text{ m}$   
 $\rho_S = 1,025 \text{ t/m}^3$

Άρα με αντικατάσταση στη σχέση (1) θα έχουμε:

$$Z_C \cdot \rho_C \cdot g + 100 \cdot \delta(p) = Z_S \cdot \rho_S \cdot g \Rightarrow Z_C = \frac{Z_S \cdot \rho_S \cdot g - 100 \cdot \delta(p)}{\rho_C \cdot g} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Z_C = \frac{10,8 \cdot 1,025 \cdot 9,81 - 100 \cdot 0,05}{0,9 \cdot 9,81} \Rightarrow Z_C = 11,73 \text{ m}$$

Άρα η απώλεια ύψους πετρελαίου θα είναι:

$$h = 0,98 \cdot h_C - Z_C = 0,98 \cdot (D - h_{DB}) - Z_C = 0,98 \cdot (19,22 - 2) - 11,73 \Rightarrow h = 5,14 \text{ m}$$

Αν για παράδειγμα θεωρήσουμε ότι έχουμε εκροή μόνο από την δεξαμενή C.O.T NO 7 και το S.T τότε ο αντίστοιχος όγκος φορτίου θα είναι:

$$V = h \cdot l \cdot b \cdot 0,99 = 5,14 \cdot 29,7 \cdot 28,2 \cdot 0,99 \Rightarrow V = 4263,5 \text{ m}^3$$

Ο συνολικός όγκος  $V_{w0}$  πετρελαίου και νερού στις δεξαμενές έρματος θα είναι:

$$V_{w0} = 2 \cdot \left( \frac{B}{2} \cdot h_{DB} + Z_{w0} \cdot 2 \right) \cdot l \cdot 0,95 \Rightarrow V_{w0} = 2 \cdot (16,1 \cdot 2 + 11,27 \cdot 2) \cdot 29,7 \cdot 0,95 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{w0} = 3088,6 \text{ m}^3 \quad \text{όπου } Z_{w0} = 0,5 \cdot (Z_C + Z_S) = 0,5 \cdot (11,73 + 10,8) = 11,27 \text{ m}$$

Αν υποθέσουμε ότι το 50% του όγκου αυτού καταλαμβάνεται από πετρέλαιο, τότε ο συνολικός όγκος εκροής από τη δεξαμενή C.O.T NO 7 και το S.T θα είναι:

$$V_{\text{ΕΚΡΟΗΣ}(COT7)} = V - 0,5 \cdot V_{w0} = 4263,5 - 0,5 \cdot 3088,6 = 2719,2 \text{ m}^3$$

## 2β) Πτώση Εξωτερικής Στάθμης = 2 m

Με βάση τις παραπάνω πληροφορίες τα μεγέθη της σχέσης (1) θα έχουν τις εξής τιμές αναλυτικά:

$Z_C = \text{Ζητούμενο}$   
 $\rho_C = 0,9 \text{ t/m}^3$   
 $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$   
 $\delta(p) = 0,05 \text{ bar}$   
 $Z_S = T - h_{DB} = (12,8 - 2) - 2 = 8,8 \text{ m}$   
 $\rho_S = 1,025 \text{ t/m}^3$

Άρα με αντικατάσταση στη σχέση (1) θα έχουμε:

$$Z_C \cdot \rho_C \cdot g + 100 \cdot \delta(p) = Z_S \cdot \rho_S \cdot g \Rightarrow Z_C = \frac{Z_S \cdot \rho_S \cdot g - 100 \cdot \delta(p)}{\rho_C \cdot g} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow Z_C = \frac{8,8 \cdot 1,025 \cdot 9,81 - 100 \cdot 0,05}{0,9 \cdot 9,81} \Rightarrow Z_C = 9,46 \text{ m}$$

Άρα η απώλεια ύψους πετρελαίου θα είναι:

$$h = 0,98 \cdot h_C - Z_C = 0,98 \cdot (D - h_{DB}) - Z_C = 0,98 \cdot (19,22 - 2) - 9,46 \Rightarrow h = 7,42 \text{ m}$$

Αν για παράδειγμα θεωρήσουμε ότι έχουμε εκροή μόνο από την δεξαμενή C.O.T NO 7 και το S.T, τότε ο αντίστοιχος όγκος φορτίου θα είναι:

$$V = h \cdot l \cdot b \cdot 0,99 = 7,42 \cdot 29,7 \cdot 28,2 \cdot 0,99 \Rightarrow V = 6152 \text{ m}^3$$

Ο συνολικός όγκος  $V_{w0}$  πετρελαίου και νερού στις δεξαμενές έρματος θα είναι:

$$V_{w0} = 2 \cdot \left( \frac{B}{2} \cdot h_{DB} + Z_{w0} \cdot 2 \right) \cdot l \cdot 0,95 \Rightarrow V_{w0} = 2 \cdot (16,1 \cdot 2 + 9,13 \cdot 2) \cdot 29,7 \cdot 0,95 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow V_{w0} = 2847,2 \text{ m}^3 \quad \text{όπου } Z_{w0} = 0,5 \cdot (Z_C + Z_S) = 0,5 \cdot (9,46 + 8,8) = 9,13 \text{ m}$$

Αν υποθέσουμε ότι το 50% του όγκου αυτού καταλαμβάνεται από πετρέλαιο, τότε ο συνολικός όγκος εκροής από τη δεξαμενή C.O.T NO 7 και το S.T θα είναι:

$$V_{\text{ΕΚΡΟΗΣ(COT7)}} = V - 0,5 \cdot V_{w0} = 6152 - 0,5 \cdot 2847,2 = 4728,5 \text{ m}^3$$

## 2γ) Πτώση Εξωτερικής Στάθμης = 4.5 m

Με βάση τις παραπάνω πληροφορίες τα μεγέθη της σχέσης (1) θα έχουν τις εξής τιμές αναλυτικά:

$$Z_C = \text{Ζητούμενο}$$
$$\rho_C = 0,9 \text{ t/m}^3$$
$$g = 9,81 \text{ m/sec}^2$$
$$\delta(p) = 0,05 \text{ bar}$$
$$Z_S = T - h_{DB} = (12,8 - 4,5) - 2 = 6,3 \text{ m}$$
$$\rho_S = 1,025 \text{ t/m}^3$$

Άρα με αντικατάσταση στη σχέση (1) θα έχουμε:

$$Z_C \cdot \rho_C \cdot g + 100 \cdot \delta(p) = Z_S \cdot \rho_S \cdot g \Rightarrow Z_C = \frac{Z_S \cdot \rho_S \cdot g - 100 \cdot \delta(p)}{\rho_C \cdot g} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Z_C = \frac{6,3 \cdot 1,025 \cdot 9,81 - 100 \cdot 0,05}{0,9 \cdot 9,81} \Rightarrow Z_C = 6,61 \text{ m}$$

Άρα η απώλεια ύψους πετρελαίου θα είναι:

$$h = 0,98 \cdot h_C - Z_C = 0,98 \cdot (D - h_{DB}) - Z_C = 0,98 \cdot (19,22 - 2) - 6,61 \Rightarrow h = 10,27 \text{ m}$$

Αν για παράδειγμα θεωρήσουμε ότι έχουμε εκροή μόνο από την δεξαμενή C.O.T NO 7 και S.T, τότε ο αντίστοιχος όγκος φορτίου θα είναι:

$$V = h \cdot l \cdot b \cdot 0,99 = 10,27 \cdot 29,7 \cdot 28,2 \cdot 0,99 \Rightarrow V = 8513 \text{ m}^3$$

Ο συνολικός όγκος  $V_{w0}$  πετρελαίου και νερού στις δεξαμενές έρματος θα είναι:

$$V_{w0} = 2 \cdot \left( \frac{B}{2} \cdot h_{DB} + Z_{w0} \cdot 2 \right) \cdot l \cdot 0,95 \Rightarrow V_{w0} = 2 \cdot (16,1 \cdot 2 + 6,45 \cdot 2) \cdot 29,7 \cdot 0,95 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{w0} = 2545,8 \text{ m}^3 \quad \text{όπου } Z_{w0} = 0,5 \cdot (Z_C + Z_S) = 0,5 \cdot (6,61 + 6,3) = 6,45 \text{ m}$$

Αν υποθέσουμε ότι το 50% του όγκου αυτού καταλαμβάνεται από πετρέλαιο, τότε ο συνολικός όγκος εκροής από τη δεξαμενή C.O.T NO 7 και το S.T θα είναι:

$$V_{\text{ΕΚΡΟΗΣ}(COT7)} = V - 0,5 \cdot V_{w0} = 8513 - 0,5 \cdot 2545,5 = 7240,2 \text{ m}^3$$

Ομοίως με την παραπάνω διαδικασία, εκτελούμε τους ίδιους υπολογισμούς και για τους υπόλοιπους συνδυασμούς διαμερισμάτων του σκάφους, καταλήγοντας έτσι στη συνολική ποσότητα εκροής σε κάθε περίπτωση. Για πρακτικούς λόγους παραπάνω δείξαμε την πορεία των υπολογισμών για μια μόνο περίπτωση ρήγματος. Όλες οι ποσότητες εκροής και οι πιθανότητες τους παρουσιάζονται στο παράρτημα Δ.

#### ΒΗΜΑ 6<sup>ο</sup>: Υπολογισμός των παραμέτρων εκροής πετρελαίου

Επομένως έχοντας εκτελέσει τους παραπάνω υπολογισμούς για όλες τις περιπτώσεις ρηγμάτων, έχουμε όλες τις ποσότητες χαμένου πετρελαίου οι οποίες θα μας βοηθήσουν να υπολογίσουμε τις διάφορες παραμέτρους της εκροής, και στη συνέχεια το συντελεστή αποφυγής ρύπανσης

Πρόκειται για τη πιθανότητα μηδενικής εκροής  $P_0$ , την παράμετρο μέσης εκροής  $O_M$ , και την παράμετρο ακραίας εκροής  $O_E$ , συντελεστές των οποίων οι ερμηνείες δόθηκαν παραπάνω.

Οι παράμετροι εκροής πετρελαίου που αντιστοιχούν σε ρήγμα πυθμένα με πτώση στάθμης θάλασσας 0, 2 και 4.5 μέτρα συνδυάζονται με συντελεστές βαρύτητας 0.4, 0.5 και 0.1. Οι ομάδες ρηγμάτων πλευράς και πυθμένα



συνδυάζονται με συντελεστές βαρύτητας 0.4 και 0.6 αντίστοιχα. Με βάση λοιπόν τους παραπάνω υπολογισμούς και τον συνδυασμό των διαφόρων συντελεστών προκύπτουν οι παρακάτω πίνακες, με τους οποίους καταλήγουμε σε τρεις τελικές τιμές για τους εν λόγω συντελεστές.

<b>BOTTOM DAMAGE</b>	40%	50%	10%	COMBINED
	0,0 m tide	2,0 m tide	4,5 m tide	
PROBABILITY OF ZERO OUTFLOW $P_0$	0,78334	0,78334	0,78334	<b>0,78334</b>
MEAN OUTFLOW $m^3$	1205,67	2.096,61	3.210,28	<b>1.851,60</b>
EXTREME OUTFLOW $m^3$	8.110,86	14.104,40	21.596,33	<b>12.456,18</b>

	C	$\Sigma P_i \cdot O_i$	$O_M$	$\Sigma P_{ie} \cdot O_{ie} \cdot 10$	$O_E$
SIDE DAMAGE	81.327,6	1.989,34	0,02446	12.348,06	0,15183
BOTTOM DAMAGE (0 m tide)	81.327,6	1.205,67	0,01482	8.110,86	0,09973
BOTTOM DAMAGE (2 m tide)	81.327,6	2.096,61	0,02578	14.104,40	0,17343
BOTTOM DAMAGE (4,5 m tide)	81.327,6	3.210,28	0,03947	21.596,33	0,26555

<b>COMBINED SIDE AND BOTTOM DAMAGE</b>	40%	60%	COMBINED
	SIDE DAMAGE	BOTTOM DAMAGE	
<b>PROBABILITY OF ZERO OUTFLOW <math>P_0</math></b>	0,77322	0,78334	<b>0,77929</b>
<b>MEAN OUTFLOW <math>m^3</math></b>	1.989,34	1.851,60	<b>1.906,69</b>
<b>EXTREME OUTFLOW <math>m^3</math></b>	12348,06	12456,18	<b>12.412,93</b>
<b>MEAN OUTFLOW PARAMETER <math>O_M</math></b>	0,02446	0,02277	<b>0,02344</b>
<b>EXTREME OUTFLOW PARAMETER <math>O_E</math></b>	0,15183	0,15316	<b>0,15263</b>

### Υπολογισμός Συντελεστή αποφυγής ρύπανσης E

Από τους κανονισμούς της MARPOL έχουμε για τα πλοία αναφοράς δεδομένες τιμές για του παραπάνω συντελεστές για διάφορες τιμές μεταφορικής ικανότητας DWT. Έτσι λοιπόν με γραμμική παρεμβολή θα βρούμε τις τιμές που αντιστοιχούν στο δικό μας DWT:

Deaweight	P <sub>OR</sub>	O <sub>MR</sub>	O <sub>ER</sub>
60.000	0,81	0,014	0,104
150.000	0,79	0,016	0,113
<b>68.026</b>	<b>0,8082</b>	<b>0,0142</b>	<b>0,1048</b>

Τώρα λοιπόν με τη χρήση όλων των παραπάνω μπορούμε να υπολογίσουμε τον συντελεστή αποφυγής ρύπανσης:

$$E = \frac{0,5 \cdot P_O}{P_{OR}} + \frac{0,4 \cdot (0,01 + O_{MR})}{0,01 + O_M} + \frac{0,1 \cdot (0,025 + O_{ER})}{0,025 + O_E} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow E = \frac{0,5 \cdot 0,77929}{0,8082} + \frac{0,4 \cdot (0,01 + 0,0142)}{0,01 + 0,02344} + \frac{0,1 \cdot (0,025 + 0,1048)}{0,025 + 0,15263} \Rightarrow$$

$$\boxed{E=0,84436}$$

### Σχόλια για το συντελεστή αποφυγής ρύπανσης E

Παρατηρούμε λοιπόν ότι η τιμή του συντελεστή αποφυγής ρύπανσης είναι μικρότερη του 1, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι η σχεδίαση του πλοίου δεν είναι αρκετά ικανοποιητική ως προς τη ρύπανση. Θα μπορούσαμε να δώσουμε εναλλακτικές σχεδιάσεις του σκάφους (αλλαγή της θέσης των φρακτών, αύξηση των διαμερισμάτων στο χώρο φορτίου) οι οποίες θα οδηγούσαν σε μεγαλύτερη ασφάλεια, αλλά στην παρούσα εργασία θα δεχτούμε αυτή τη σχεδίαση, με σκοπό να υπολογίσουμε στις διάφορες περιπτώσεις εκροής τα αντίστοιχα κόστη, καθώς και να εξετάσουμε πως επιδρούν οι διάφοροι παράγοντες στη μεταβολή αυτών.

## 4.2 Εφαρμογή Μοντέλου Κόστους Εκροών

### *Worldwide Analysis of Marine Oil Spill Cleanup Cost Factors*

#### Διαδικασία Υπολογισμού Κόστους

Πριν ξεκινήσουμε τους υπολογισμούς πρέπει να αναφέρουμε ότι οι ποσότητες πετρελαίου, στους σχετικούς πίνακες, εμφανίζονται σε τόνους. Οπότε είναι απαραίτητη η έκθεση των παρακάτω στοιχείων. Επίσης πρέπει να σημειώσουμε ότι οι παρακάτω υπολογισμοί γίνονται και πάλι για την περίπτωση πλευρικού ρήγματος στα διαμερίσματα 5, 6, 7 και Slop Tank.

	compartment	location (frames)	S.G	volume (cub.m) 98%	weight (t)
<b>CARGO TANKS</b>	NO.1 CARGO TANK (P)	222-251	0,814	4.416,752	3.596,672
	NO.1 CARGO TANK (S)	222-251	0,814	4.416,752	3.596,672
	NO.2 CARGO TANK (P)	194-222	0,814	5.870,288	4.780,322
	NO.2 CARGO TANK (S)	194-222	0,814	5.870,288	4.780,322
	NO.3 CARGO TANK (P)	166-194	0,814	5.870,288	4.780,322
	NO.3 CARGO TANK (S)	166-194	0,814	5.870,288	4.780,322
	NO.4 CARGO TANK (P)	138-166	0,814	5.870,288	4.780,322
	NO.4 CARGO TANK (S)	138-166	0,814	5.870,288	4.780,322
	NO.5 CARGO TANK (P)	110-138	0,814	5.870,288	4.780,322
	NO.5 CARGO TANK (S)	110-138	0,814	5.870,288	4.780,322
	NO.6 CARGO TANK (P)	82-110	0,814	5.870,288	4.780,322
	NO.6 CARGO TANK (S)	82-110	0,814	5.870,288	4.780,322
	NO.7 CARGO TANK (P)	54-82	0,814	6.373,214	5.189,867
	NO.7 CARGO TANK (S)	54-82	0,814	6.373,214	5.189,867
<b>SLOP TANKS</b>	SLOP TANK (P)	49-54	0,814	522,395	425,399
	SLOP TANK (S)	49-54	0,814	522,395	425,399
				<b>81327,603</b>	<b>66227,100</b>

Λαβαίνοντας υπόψη όλα δεδομένα (στατιστικά) που δίνονται στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο, προκύπτουν κάποιοι συντελεστές ("μετατροπείς"), οι οποίοι συμμετέχουν στον υπολογισμό του κόστους clean-up μιας εκροής. Με τη χρήση λοιπόν των παραπάνω μπορούμε να δώσουμε έναν απλό αλγόριθμο ο οποίος θα ακολουθεί την παρακάτω διαδικασία:

$$C_{ui} = C_{li} \cdot t_i \cdot O_i \cdot m_i \cdot s_i$$

$$\text{and } C_{li} = r_i \cdot l_i \cdot C_n$$

$$\text{and } C_{ei} = C_{ui} \cdot A_i$$

όπου

$C_{ui}$ = Ανά μονάδα κόστος αποκατάστασης για κάθε περίπτωση, $i$
$C_{li}$ = Ανά μονάδα κόστος για κάθε περίπτωση, $i$
$C_n$ = Γενικό ανά μονάδα κόστος στο αντίστοιχο έθνος, $n$
$C_{ei}$ = Συνολικό κόστος για κάθε περίπτωση, $i$
$t_i$ = Συντελεστής τύπου πετρελαίου για κάθε περίπτωση, $i$
$O_i$ = Συντελεστής βαθμού ρύπανσης της ακτής για κάθε περίπτωση, $i$
$m_i$ = Συντελεστής μεθόδου αποκατάστασης για κάθε περίπτωση, $i$
$s_i$ = Συντελεστής ποσότητας εκροής για κάθε περίπτωση, $i$
$r_i$ = Συντελεστής τοποθεσίας εκροής για κάθε περίπτωση, $i$
$l_i$ = Τοπικός συντελεστής της εκάστοτε περιοχής για κάθε περίπτωση, $i$
$A_i$ = Ποσότητα εκροής για κάθε περίπτωση, $i$

Για να εφαρμόσουμε την παραπάνω φόρμουλα είναι πολύ σημαντικό να κατανοήσουμε τον πίνακα 3.2.2.10 ο οποίος προκύπτει από όλα τα στατιστικά προηγούμενα δεδομένα (πίνακες 3.2.2.1-3.2.2.8), και πάνω σε αυτόν θα βασιστούμε για να εκτιμήσουμε τις τιμές όλων των παραπάνω συντελεστών. Θα ξεκινήσουμε με την τιμή του  $C_n$ , ο οποίος, για την Ελλάδα, μπορεί να βρεθεί από τον πίνακα 3.2.2.9:

$$C_n = 8.530,29 \text{ \$/gal}$$

Στη συνέχεια για τον συντελεστή  $r_i$  επιλέγουμε σαν τοποθεσία εκροής κοντά σε ακτή (Nearshore). Έτσι από τον πίνακα 3.2.2.10 έχουμε:

$$r_i = 1,46$$

Για την εκτίμηση του συντελεστή  $l_i$  πρέπει να αναφέρουμε ότι δεν παρέχονται αρκετές πληροφορίες από τα στατιστικά του μοντέλου, γι' αυτό θα επιλέξουμε μια ουδέτερη τιμή του:

$$l_i = 1,00$$

Επομένως τώρα είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε το κόστος:

$$C_{li} = r_i \cdot l_i \cdot C_n = 1,46 \cdot 1 \cdot 8530,29 \Rightarrow$$

$$\boxed{C_{li} = 12.454 \text{ \$/ton}}$$

Επόμενος συντελεστής είναι ο  $t_i$ , ο οποίος έχει να κάνει με τον τύπο του πετρελαίου. Έτσι λοιπόν για Crude Oil, από τον 3.2.2.10, θα έχουμε:

$$t_i = 0,55$$

Ο συντελεστής  $O_i$  σχετίζεται με την έκταση της πετρελαιοκηλίδας, και εμείς επιλέγοντας έκταση 500 km, από τον πίνακα 3.2.2.10 θα έχουμε:

$$O_i=1,53$$

Ακόμη πρέπει να εκτιμήσουμε και τους συντελεστές  $m_i$ ,  $s_i$ , οι οποίοι σχετίζονται με τη μέθοδο της αποκατάστασης που χρησιμοποιείται και τη ποσότητα του πετρελαίου αντίστοιχα. Σα μέθοδο έχουμε επιλέξει τις μηχανικές διαδικασίες:

$$m_i=0,92$$

$$s_i=0,05$$

Τώρα θα υπολογίσουμε το κόστος:

$$C_{ui} = C_{li} \cdot t_i \cdot o_i \cdot m_i \cdot s_i = \left( 12.454 \frac{\$}{ton} \right) \cdot 0,55 \cdot 1,53 \cdot 0,05 \cdot 0,92 \Rightarrow$$

$$\boxed{C_{ui}=482,09 \text{ \$/ton}}$$

Τέλος υπολογίζουμε το συνολικό κόστος αποκατάστασης:

$$C_{ei} = C_{ui} \cdot A = \left( 482,09 \frac{\$}{ton} \right) \cdot 15175,91 \text{ ton} \Rightarrow$$

$$\boxed{C_{ei}=7.316.163,08 \text{ \$}}$$

Ομοίως με παραπάνω συνεχίζουμε τους υπολογισμούς και για τις υπόλοιπες περιπτώσεις εκροής, λόγω πλευρικής σύγκρουσης αλλά και λόγω προσάραξης. Το σύνολο των αποτελεσμάτων δίνεται στο παράρτημα Ζ, μόνο όμως για έκταση 500 km και απόσταση πολύ κοντινή στην ακτή (Nearshore), καθώς η έκθεση όλων των υπολογισμών με τις μεταβολές όλων των παραγόντων είναι αρκετά εκτενής. Η εκτέλεση τους όμως ήταν απαραίτητη ώστε να έχουμε τη δυνατότητα να κάνουμε τα συγκριτικά διαγράμματα, τα οποία παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 5.

Οι εφαρμογές τόσο του παραπάνω μοντέλου, όσο και αυτού που παρουσιάζεται στο παράρτημα Ε, συνεχίζονται με παρόμοιο τρόπο αλλάζοντας κάθε φορά τους κατάλληλους συντελεστές.

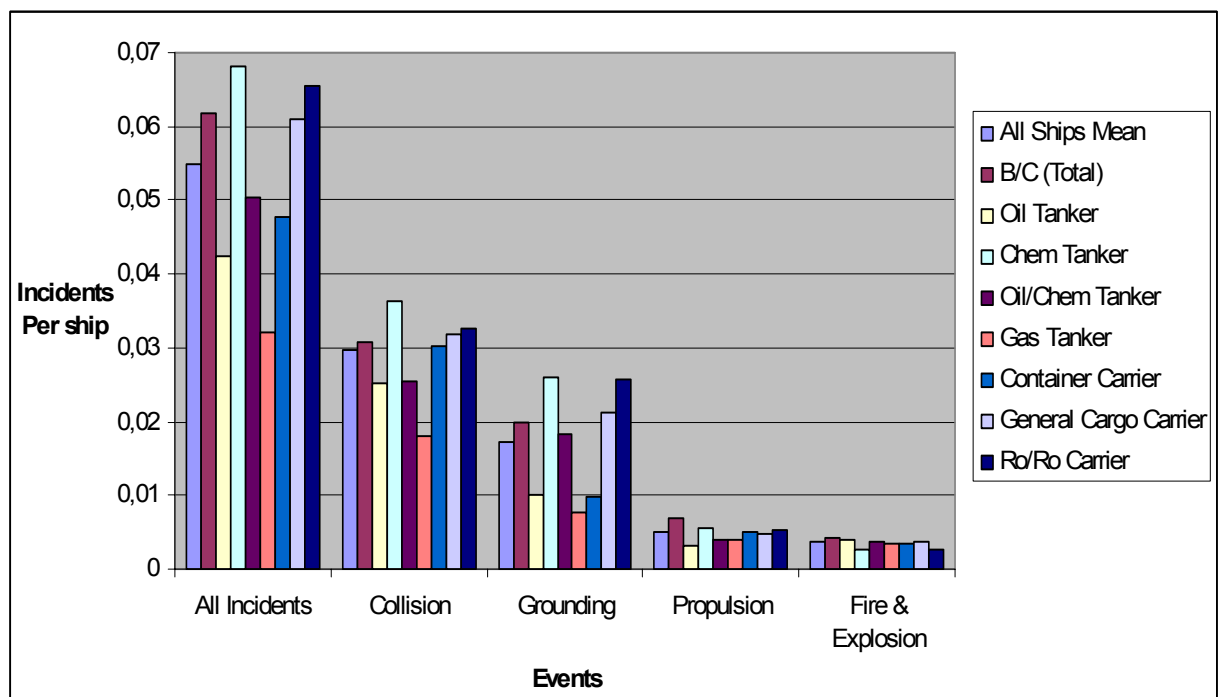
### 4.3 Υπολογισμός Δείκτη Διακινδύνευσης A

Όπως είπαμε και στο θεωρητικό κομμάτι στο κεφάλαιο τρία ο δείκτης διακινδύνευσης θα δίνεται από:

$$A = \sum P \cdot C$$

Η πιθανότητα σύγκρουσης ή προσάραξης ( $P_{\text{Collision}}$  or  $P_{\text{Grounding}}$ ) που κρύβεται μέσα στο P θα δίνεται από γενικά στατιστικά στοιχεία ατυχημάτων πλοίων, τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω, και θα είναι σταθερή σε κάθε περίπτωση πλευρικού ρήγματος, και αντίστοιχα ρήγματος από προσάραξη.

*Comparison of Accident Rates Per Ship Type*



**Πηγή:** *Formal Safety Assessment, London, UK*

Στη συνέχεια θα εφαρμόσουμε όλα τα παραπάνω για την περίπτωση πλευρικού ρήγματος στα διαμερίσματα 5, 6, 7 και Slop Tank, χρησιμοποιώντας σαν κόστος αυτό που προέκυψε από τους υπολογισμούς του κυρίως μοντέλου ( $C=7.316.163,08$  \$).

Ο δείκτης A θα δίνεται από:

$$A = P_{\text{Collision}} \cdot P_{\text{Outflow}} \cdot C$$

Όπου

$P_{Collision}=0,0296$ , όπως φαίνεται από το παραπάνω ραβδόγραμμα για σύγκρουση οποιουδήποτε τύπου πλοίου (All Ships Mean),  
 $P_{Outflow}=0,00571$ , όπως φαίνεται από τους υπολογισμούς εκροής πετρελαίου στο παράρτημα Δ για εκροή από τα διαμερίσματα 5, 6, 7 και Slop Tank

Επομένως ο δείκτης A υπολογίζεται ως εξής:

$$A = P_{Collision} \cdot P_{Outflow} \cdot C = 0,0296 \cdot 0,00571 \cdot 7.316.163,08 \Rightarrow \boxed{A=1.236,6 \$}$$

Ταυτόχρονα υπολογίζουμε αντίστοιχα τους υπόλοιπους δείκτες όλων των περιπτώσεων εκροής, τόσο για πλευρικό ρήγμα όσο και για τις τρεις περιπτώσεις ρήγματος από προσάραξη, όπως φαίνεται στο παράρτημα Z. Εδώ τονίζουμε ότι και στο τελευταίο παράρτημα διατίθεται ένα δείγμα υπολογισμών, καθώς η έκταση στο σύνολο τους είναι πολύ μεγάλη. Στη συνέχεια αθροίζουμε όλους τους δείκτες που αντιπροσωπεύουν το πλευρικό ρήγμα, καθώς και τους αντίστοιχους για ρήγμα λόγω προσάραξης, σε κάθε κατηγορία έκτασης. Έτσι προκύπτει για έκταση πετρελαιοκηλίδας 500 km ο παρακάτω πίνακας:

Υπολογισμός Δείκτη A (500 km)					A (\$) =
NEARSHORE	Side Damage (40%)	Side Damage	-	9.246,69	17.943,31
	Bottom Damage (60%)	Bottom Damage 0 m (40%)	4.002,19	8.696,61	
		Bottom Damage 2 m (50%)	8.384,90		
		Bottom Damage 4,5 m (10%)	2.107,27		
Υπολογισμός Δείκτη A					A (\$) =
IN PORT	Side Damage (40%)	Side Damage	-	8.106,69	15.731,12
	Bottom Damage (60%)	Bottom Damage 0 m (40%)	3.508,77	7.624,43	
		Bottom Damage 2 m (50%)	7.351,14		
		Bottom Damage 4,5 m (10%)	1.847,47		
Υπολογισμός Δείκτη A					A (\$) =
OFFSHORE	Side Damage (40%)	Side Damage	-	2.913,34	5.653,37
	Bottom Damage (60%)	Bottom Damage 0 m (40%)	1.260,96	2.740,03	
		Bottom Damage 2 m (50%)	2.641,82		
		Bottom Damage 4,5 m (10%)	663,93		
				<b>A<sub>TOTAL</sub> =</b>	<b>15.608,22</b>

Θεωρώντας ότι είναι πιο πιθανό να συμβεί ένα ατύχημα πλευρικού ρήγματος κοντά στα λιμάνια και τις ακτές, και θέλοντας να βγάλουμε ένα συνολικό δείκτη για έκταση 500 km, θα δώσουμε μια βαρύτητα 10% στα offshore ατυχήματα, και από 50% και 40% στα in port και nearshore αντίστοιχα. Οπότε ο συνολικός δείκτης A θα είναι:

$$A_{500} = 0,4 \cdot A_{Nearshore} + 0,5 \cdot A_{In Port} + 0,1 \cdot A_{Offshore} = 0,4 \cdot 17943,31 + 0,5 \cdot 15731,12 + 0,1 \cdot 5653,37 \Rightarrow$$

$$\boxed{A_{500}=15.608,22 \$}$$

Λειτουργώντας με τον ίδιο τρόπο και στις υπόλοιπες κατηγορίες εκτάσεων, έχουμε τους εξής πίνακες:

Υπολογισμός Δείκτη A (0-1 km)					A (\$) =
NEARSHORE	Side Damage (40%)	Side Damage	-	2.840,49	5.512,00
	Bottom Damage (60%)	Bottom Damage 0 m (40%)	1.229,43	2.671,51	
		Bottom Damage 2 m (50%)	2.575,75		
		Bottom Damage 4,5 m (10%)	647,33		
Υπολογισμός Δείκτη A					A (\$) =
IN PORT	Side Damage (40%)	Side Damage	-	2.490,29	4.832,43
	Bottom Damage (60%)	Bottom Damage 0 m (40%)	1.077,86	2.342,14	
		Bottom Damage 2 m (50%)	2.258,19		
		Bottom Damage 4,5 m (10%)	567,52		
Υπολογισμός Δείκτη A					A (\$) =
OFFSHORE	Side Damage (40%)	Side Damage	-	894,95	1.736,66
	Bottom Damage (60%)	Bottom Damage 0 m (40%)	387,35	841,71	
		Bottom Damage 2 m (50%)	811,54		
		Bottom Damage 4,5 m (10%)	203,95		
				<b>A<sub>TOTAL</sub> =</b>	<b>4.794,68</b>

Υπολογισμός Δείκτη A (2-5 km)					A (\$) =
NEARSHORE	Side Damage (40%)	Side Damage	-	3.263,54	6.332,93
	Bottom Damage (60%)	Bottom Damage 0 m (40%)	1.412,54	3.069,39	
		Bottom Damage 2 m (50%)	2.959,37		
		Bottom Damage 4,5 m (10%)	743,74		
Υπολογισμός Δείκτη A					A (\$) =
IN PORT	Side Damage (40%)	Side Damage	-	2.861,18	5.552,16
	Bottom Damage (60%)	Bottom Damage 0 m (40%)	1.238,39	2.690,97	
		Bottom Damage 2 m (50%)	2.594,52		
		Bottom Damage 4,5 m (10%)	652,05		
Υπολογισμός Δείκτη A					A (\$) =
OFFSHORE	Side Damage (40%)	Side Damage	-	1.028,24	1.995,31
	Bottom Damage (60%)	Bottom Damage 0 m (40%)	445,05	967,07	
		Bottom Damage 2 m (50%)	932,41		
		Bottom Damage 4,5 m (10%)	234,33		
				<b>A<sub>TOTAL</sub> =</b>	<b>5.508,78</b>



Υπολογισμός Δείκτη A (8-15 km)					A (\$) =
NEARSHORE	Side Damage (40%)	Side Damage	-	3.263,54	6.332,93
	Bottom Damage (60%)	Bottom Damage 0 m (40%)	1.412,54	3.069,39	
		Bottom Damage 2 m (50%)	2.959,37		
		Bottom Damage 4,5 m (10%)	743,74		
Υπολογισμός Δείκτη A					A (\$) =
IN PORT	Side Damage (40%)	Side Damage	-	2.861,18	5.552,16
	Bottom Damage (60%)	Bottom Damage 0 m (40%)	1.238,39	2.690,97	
		Bottom Damage 2 m (50%)	2.594,52		
		Bottom Damage 4,5 m (10%)	652,05		
Υπολογισμός Δείκτη A					A (\$) =
OFFSHORE	Side Damage (40%)	Side Damage	-	1.028,24	1.995,31
	Bottom Damage (60%)	Bottom Damage 0 m (40%)	445,05	967,07	
		Bottom Damage 2 m (50%)	932,41		
		Bottom Damage 4,5 m (10%)	234,33		
				<b>A<sub>TOTAL</sub> =</b>	<b>5.508,78</b>

Υπολογισμός Δείκτη A (20-90 km)					A (\$) =
NEARSHORE	Side Damage (40%)	Side Damage	-	3.686,59	7.153,87
	Bottom Damage (60%)	Bottom Damage 0 m (40%)	1.595,64	3.467,28	
		Bottom Damage 2 m (50%)	3.343,00		
		Bottom Damage 4,5 m (10%)	840,15		
Υπολογισμός Δείκτη A					A (\$) =
IN PORT	Side Damage (40%)	Side Damage	-	3.232,08	6.271,88
	Bottom Damage (60%)	Bottom Damage 0 m (40%)	1.398,92	3.039,80	
		Bottom Damage 2 m (50%)	2.930,85		
		Bottom Damage 4,5 m (10%)	736,57		
Υπολογισμός Δείκτη A					A (\$) =
OFFSHORE	Side Damage (40%)	Side Damage	-	1.161,53	2.253,96
	Bottom Damage (60%)	Bottom Damage 0 m (40%)	502,74	1.092,43	
		Bottom Damage 2 m (50%)	1.053,27		
		Bottom Damage 4,5 m (10%)	264,71		
				<b>A<sub>TOTAL</sub> =</b>	<b>6.222,88</b>

Υπολογισμός Δείκτη A (100 km)					A (\$) =
NEARSHORE	Side Damage (40%)	Side Damage	-	6.406,21	12.431,31
	Bottom Damage (60%)	Bottom Damage 0 m (40%)	2.772,76	6.025,10	
		Bottom Damage 2 m (50%)	5.809,14		
		Bottom Damage 4,5 m (10%)	1.459,94		
Υπολογισμός Δείκτη A					A (\$) =
IN PORT	Side Damage (40%)	Side Damage	-	5.616,40	10.898,68
	Bottom Damage (60%)	Bottom Damage 0 m (40%)	2.430,91	5.282,28	
		Bottom Damage 2 m (50%)	5.092,95		
		Bottom Damage 4,5 m (10%)	1.279,95		
Υπολογισμός Δείκτη A					A (\$) =
OFFSHORE	Side Damage (40%)	Side Damage	-	2.018,39	3.916,71
	Bottom Damage (60%)	Bottom Damage 0 m (40%)	873,61	1.898,32	
		Bottom Damage 2 m (50%)	1.830,28		
		Bottom Damage 4,5 m (10%)	459,98		
				<b>A<sub>TOTAL</sub> =</b>	<b>1.0813,54</b>

Τέλος αποσκοπώντας στο να βρούμε ένα συνολικό δείκτη, θεωρούμε ότι το μεγαλύτερο πλήθος πετρελαιοκηλίδων έχουν έκταση 0-1 km, και όσο θα αυξάνεται αυτή, θα μειώνεται το ποσοστό συμμετοχής στον τελικό δείκτη. Έτσι θα ξεκινήσουμε με ένα 30% για την 0-1 km, στη συνέχεια ένα 22% για τη 2-5 km, 18% για 8-15 km, 15% για την 20-90 km, 10% για τα 100 km και 5% για τα 500 km. Άρα ο τελικός δείκτης διακινδύνευσης θα είναι:

$$A = 0,30 \cdot A_{0-1} + 0,22 \cdot A_{2-5} + 0,18 \cdot A_{8-15} + 0,15 \cdot A_{20-90} + 0,10 \cdot A_{100} + 0,05 \cdot A_{500} =$$

$$= 0,30 \cdot 4795 + 0,25 \cdot 5509 + 0,20 \cdot 5509 + 0,15 \cdot 6223 + 0,10 \cdot 10813 + 0,05 \cdot 15608 \Rightarrow$$

$$\boxed{A = 6.234 \$}$$

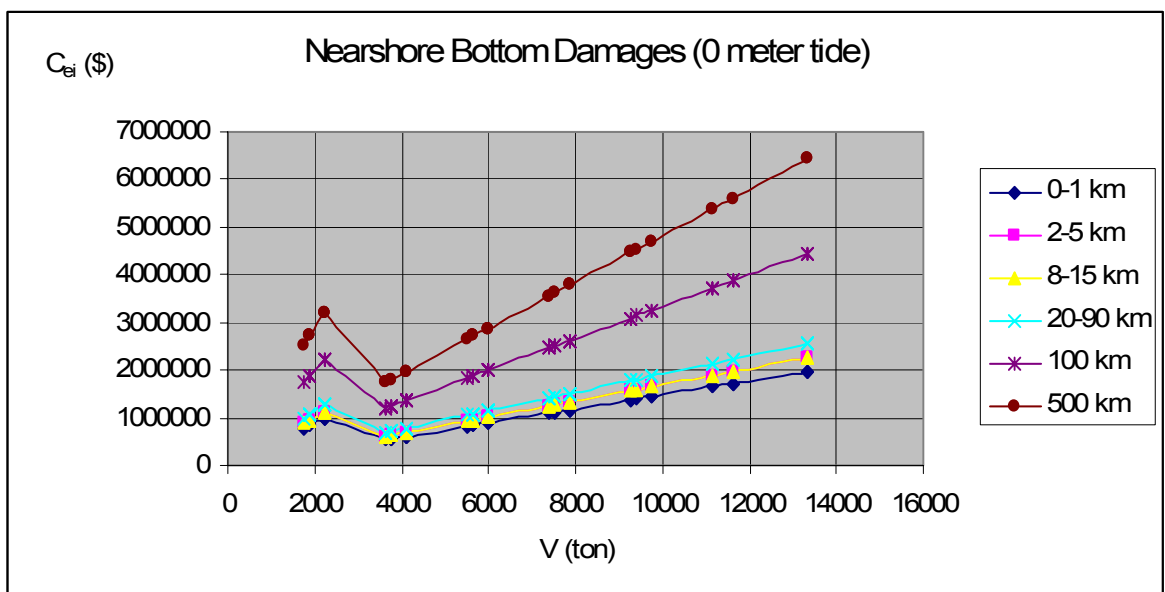
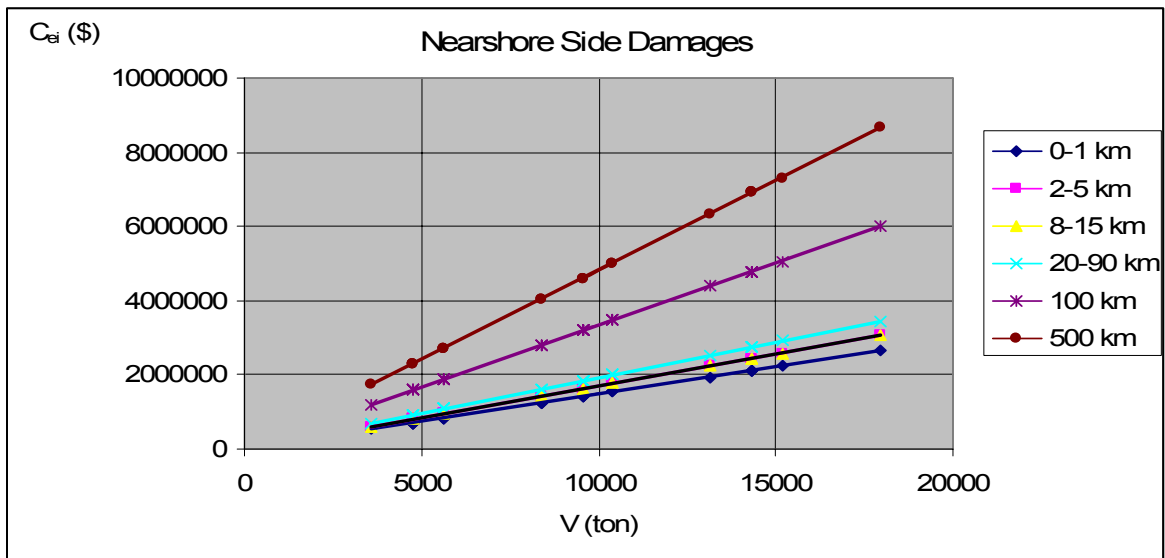
Σε πρώτη φάση είναι λογικό να αναρωτηθούμε τι ακριβώς σημαίνει αυτό το αποτέλεσμα, που προέκυψε μέσα από μια τόσο μεγάλη διαδικασία. Για να μπορέσουμε να εκφραστούμε με σιγουριά και να πούμε ότι το συγκεκριμένο πλοίο είναι ασφαλές, έναντι μεγάλου κόστους ρύπανσης, σε κάποια συγκεκριμένη περιοχή, πρέπει να συγκρίνουμε τη δικιά μας μελέτη με τα γενικώς αποδεκτά επίπεδα ασφάλειας, τα οποία δεν είναι διαθέσιμα. Τα τελευταία δεν προκύπτουν τόσο απλά όσο η διαδικασία που περιγράψαμε παραπάνω. Είναι απαραίτητο να υπολογιστούν οι ίδιοι δείκτες όλων των πλοίων, με σκοπό να προκύψει κάτι σα μέσο όρος, και μετά να γίνει η σύγκριση. Σημαντικό ρόλο παίζουν επίσης και οι πολιτισμικές και κοινωνικές πεποιθήσεις των διαφόρων περιοχών, οι οποίες από μόνες τους βάζουν κάποια όρια στα επίπεδα ασφάλειας και διακινδύνευσης έναντι της ρύπανσης. Τα παραπάνω είναι αρκετά πολύπλοκα και απαιτούν περαιτέρω μελέτη, η οποία σίγουρα θα μπορούσε να βελτιώσει τα αποτελέσματα μας.

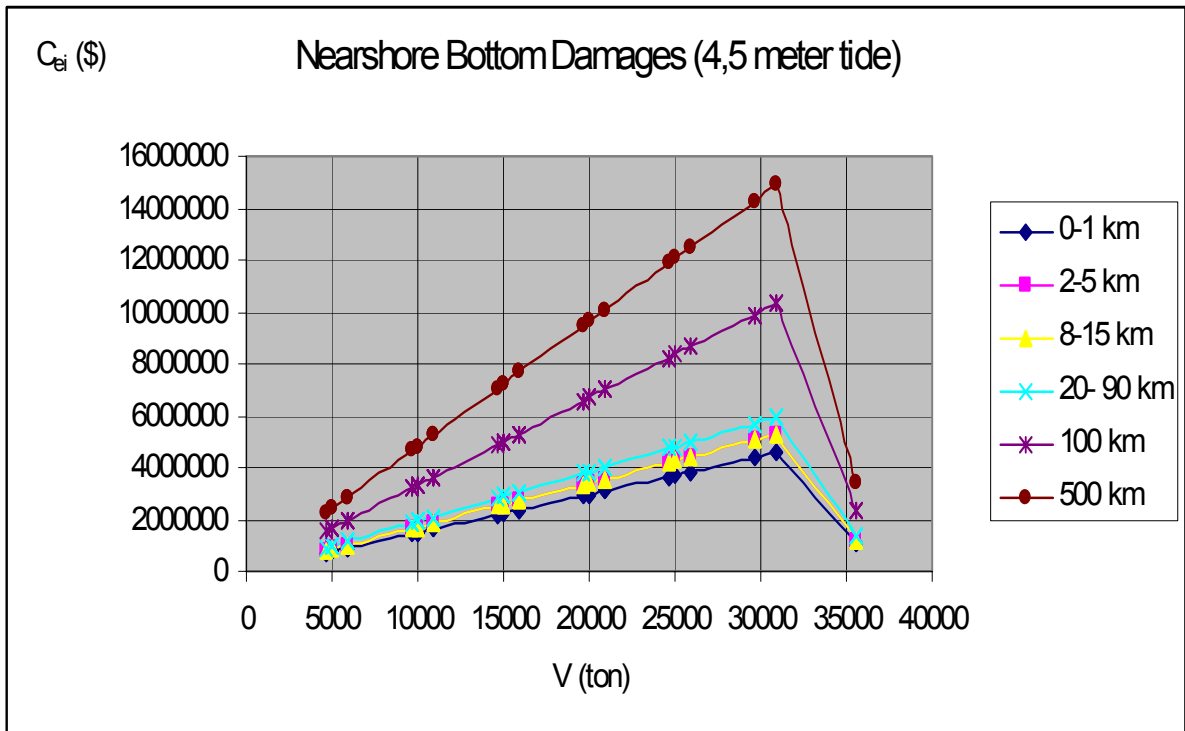
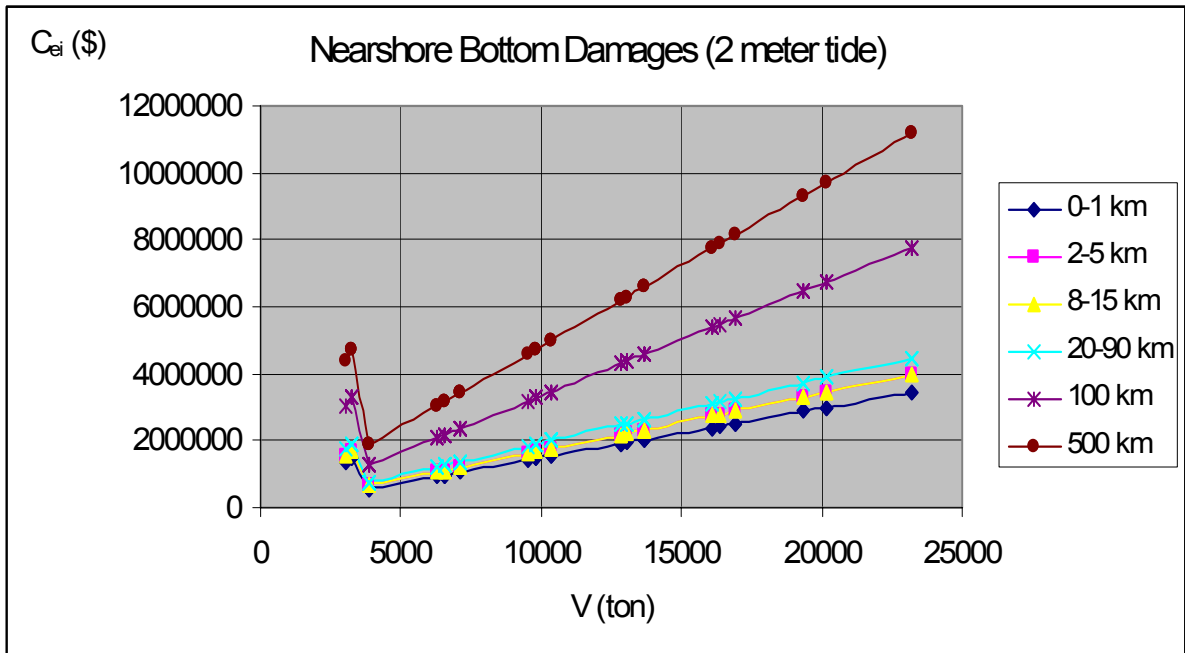
# 5 Αποτελέσματα Μεθόδων και Σχόλια

## 5.1 *Worldwide Analysis of Marine Oil Spill Cleanup Cost Factors*

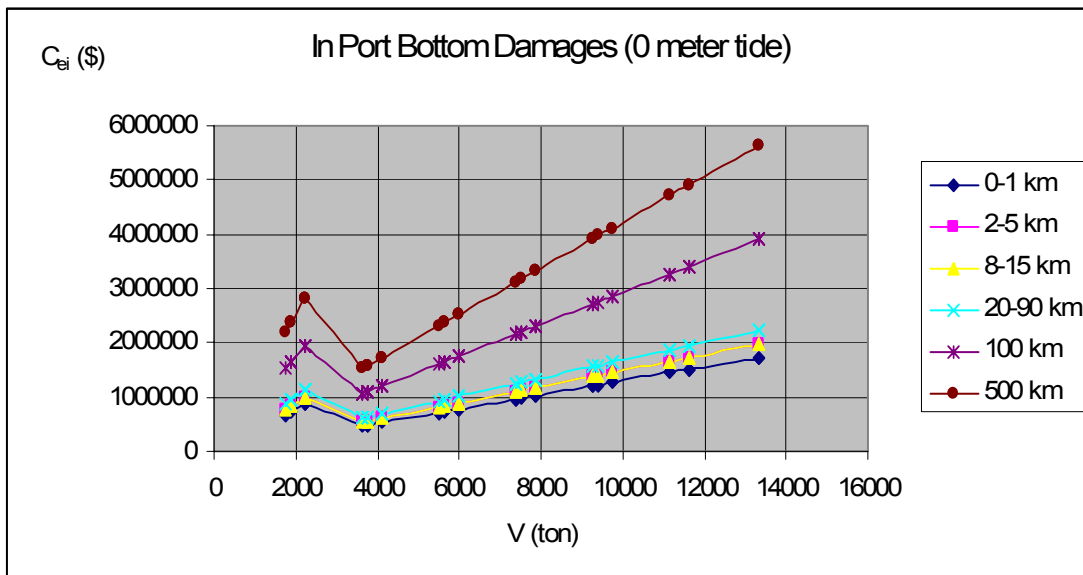
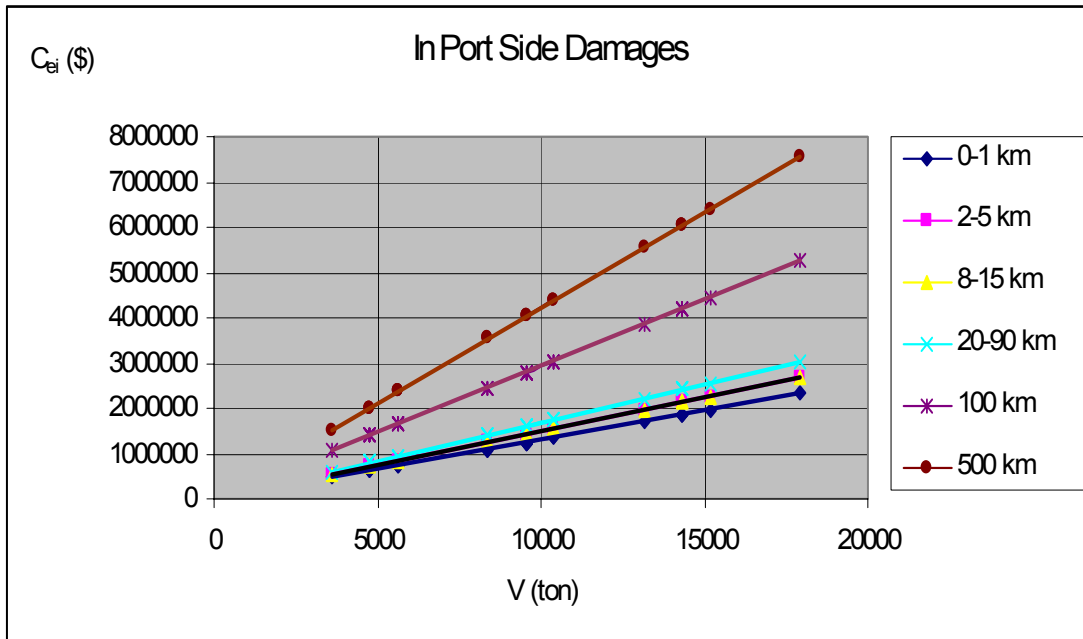
### 5.1.1 *Μεταβολή του Κόστους σύμφωνα με την Έκταση της Πετρελαιοκηλίδας*

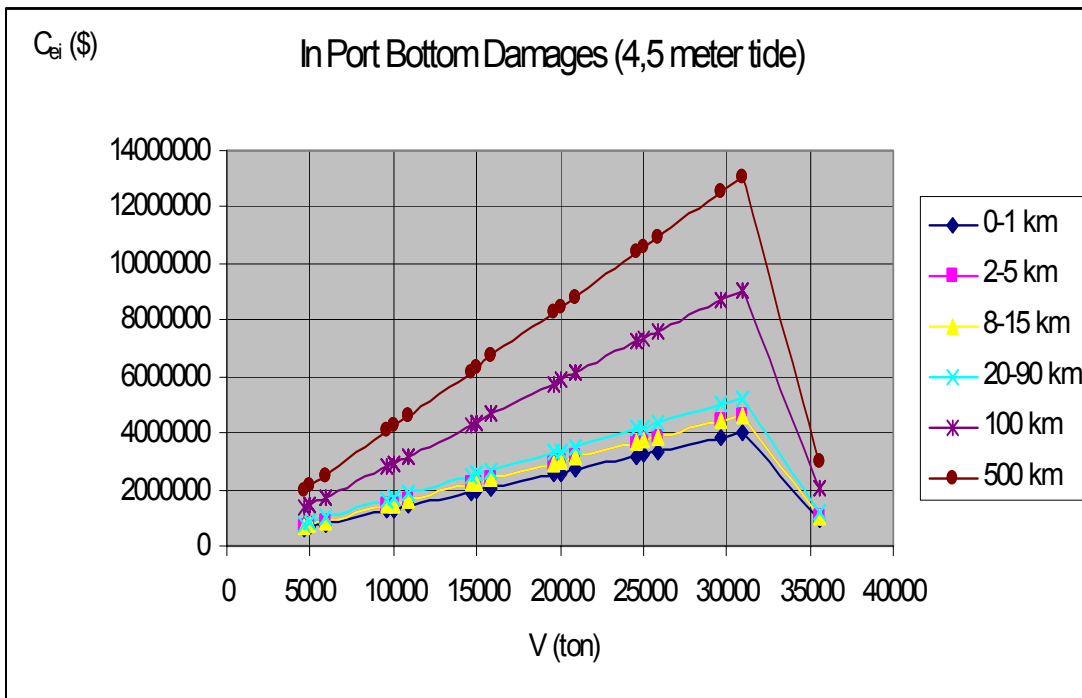
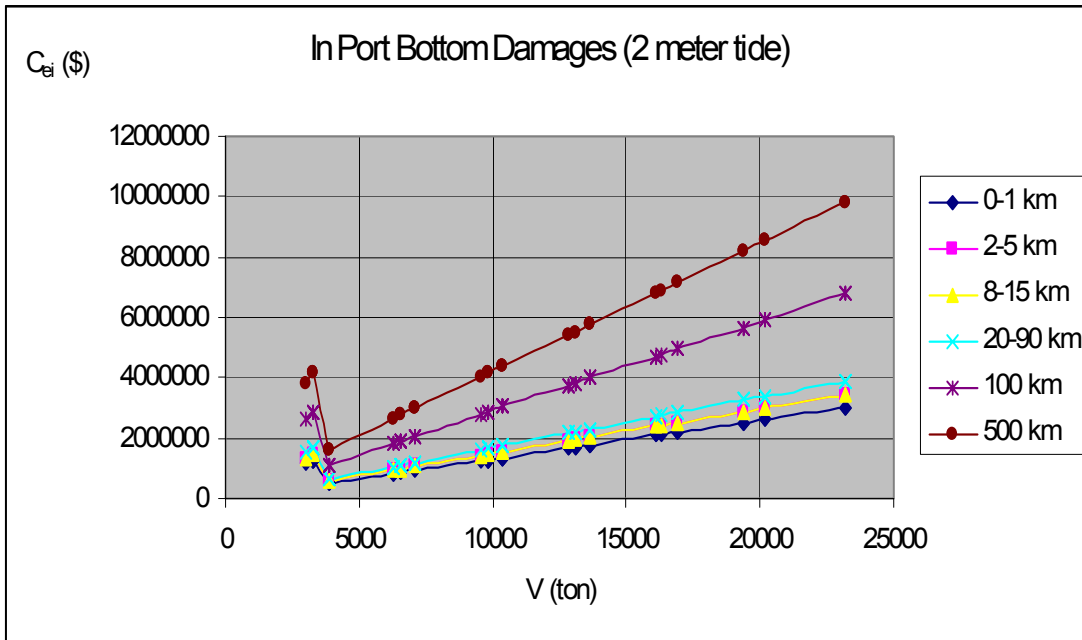
#### 1. *Nearshore*



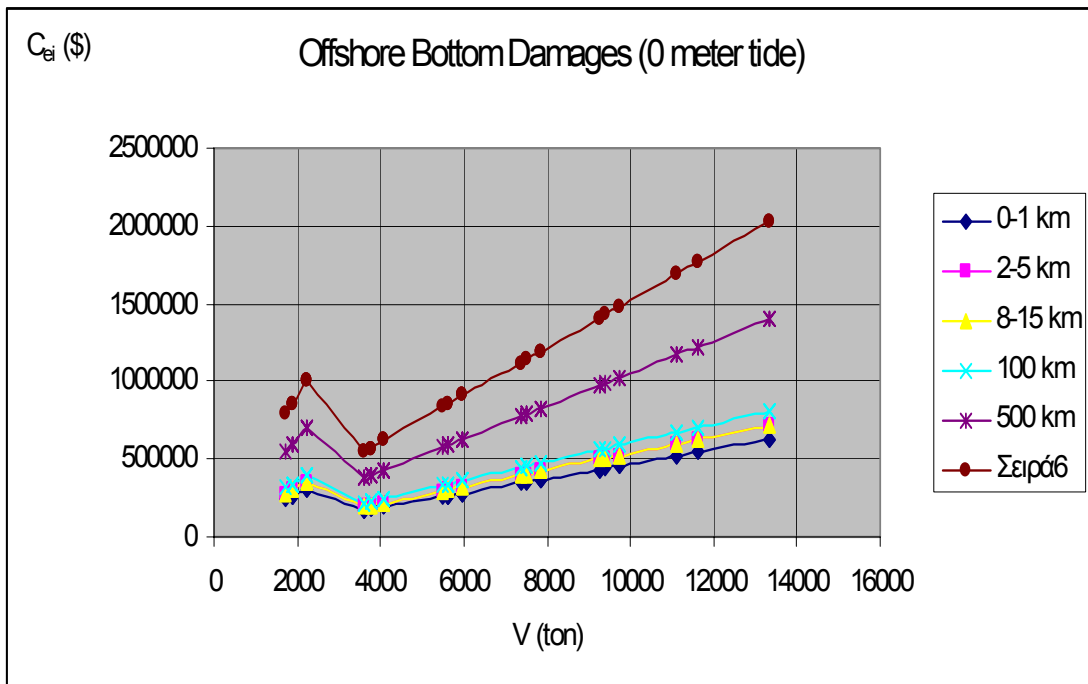
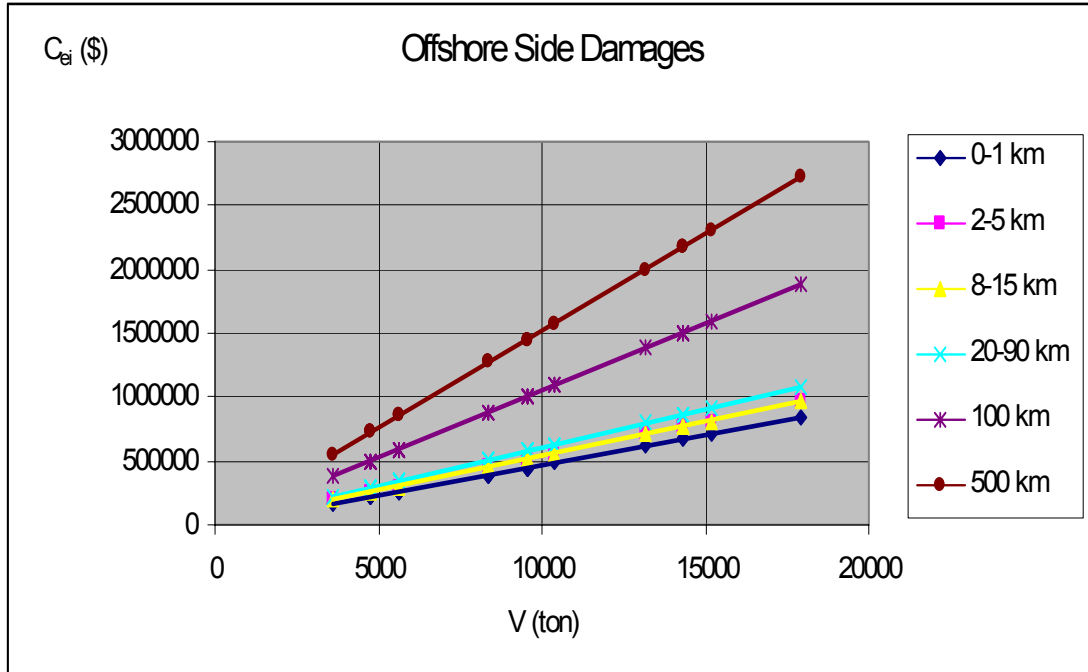


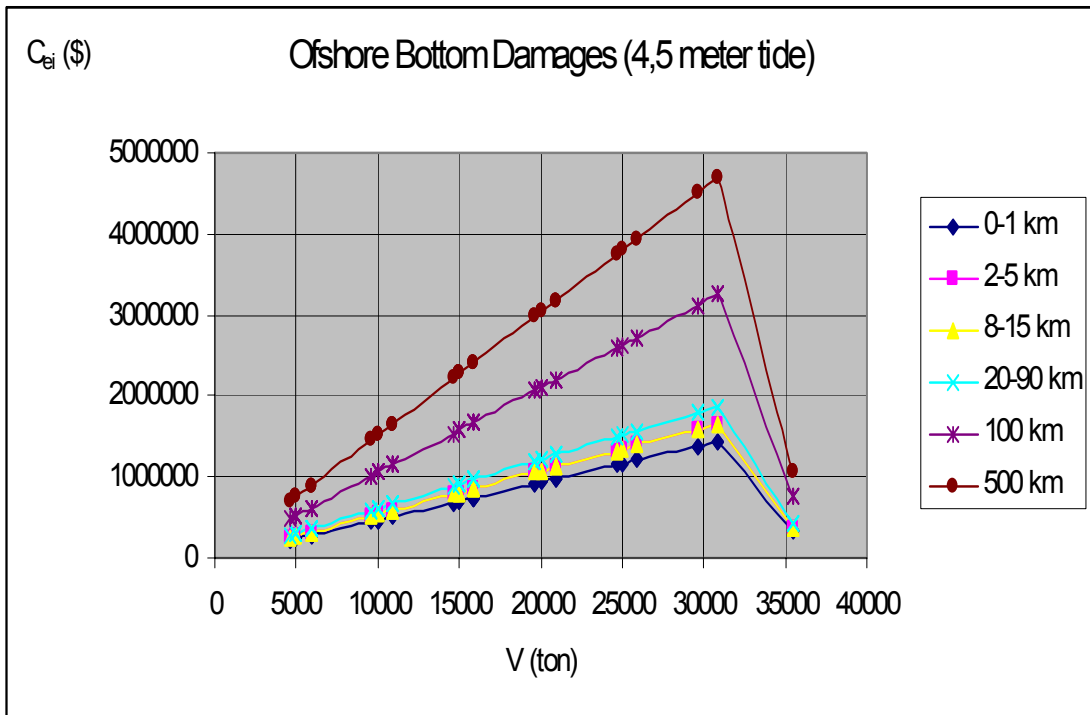
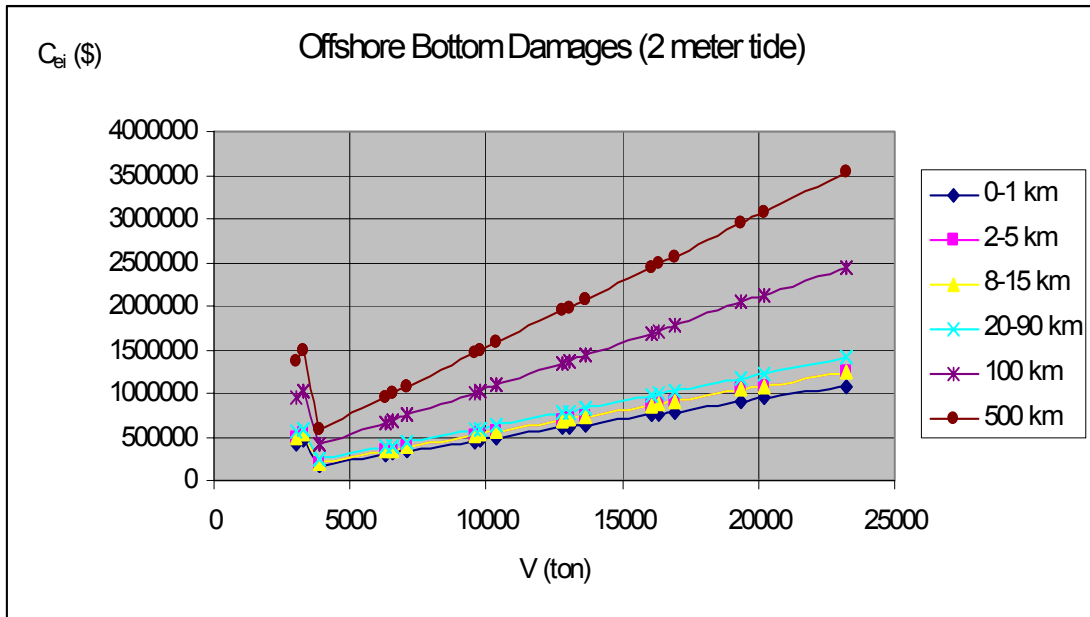
## 2. In Port





### 3. Offshore







## Σχόλια:

- Ξεκινώντας από την πορεία του κόστους στην περίπτωση πλευρικού ρήγματος λόγω σύγκρουσης, παρατηρούμε την αύξηση αυτού καθώς αυξάνεται η ποσότητα του χαμένου πετρελαίου. Αυτό δικαιολογείται από τη στιγμή που διατηρούμε σταθερές όλες τις υπόλοιπες συνθήκες του ατυχήματος (oil type modifier, cleanup methodology modifier, shoreline oiling modifier, regional location modifier), όπως περιγράφονται στο κεφάλαιο 3, και μεταβάλλουμε την ποσότητα του πετρελαίου.
- Όσον αφορά την περίπτωση του ρήγματος στον πυθμένα, οποιαδήποτε αυξομείωση συνδέεται άμεσα με τη μεταβολή του συντελεστή της ποσότητας εκροής si. Ο τελευταίος είναι αντιστρόφως ανάλογος με την αύξηση της ποσότητας του χαμένου πετρελαίου, όπως φαίνεται και στον πίνακα 3.2.2.10. Εδώ όμως πρέπει να σημειώσουμε ότι η μεταβολή του παραπάνω συντελεστή δεν είναι γραμμική αλλά για κάθε μια ομάδα ποσοτήτων πετρελαίου υπάρχει και μια αντίστοιχη τιμή:

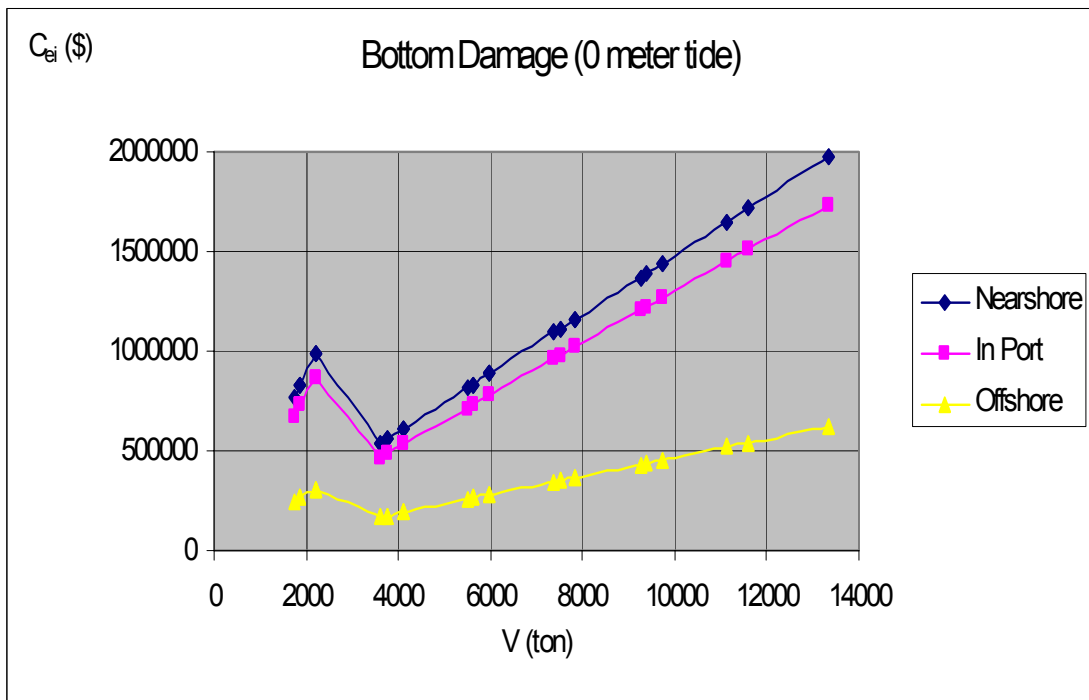
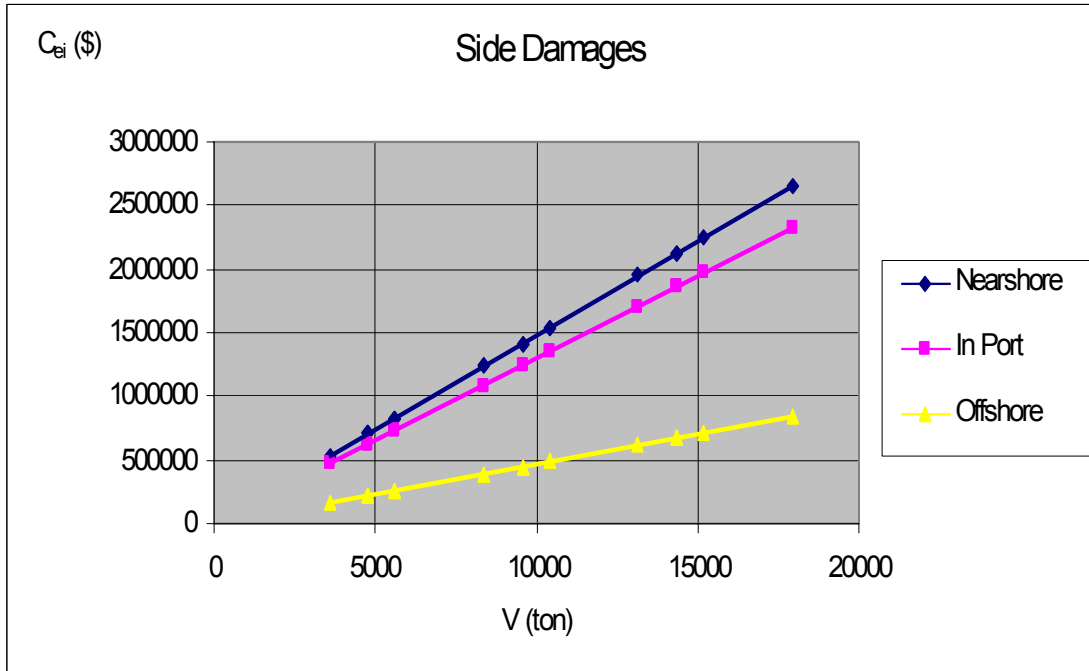
Spill Size	
< 34 tonnes	2,00
34-340 tonnes	0,65
340-1.700 tonnes	0,27
1.700-3.400 tonnes	0,15
3.400-34.000 tonnes	0,05
>34.000 tonnes	0,01

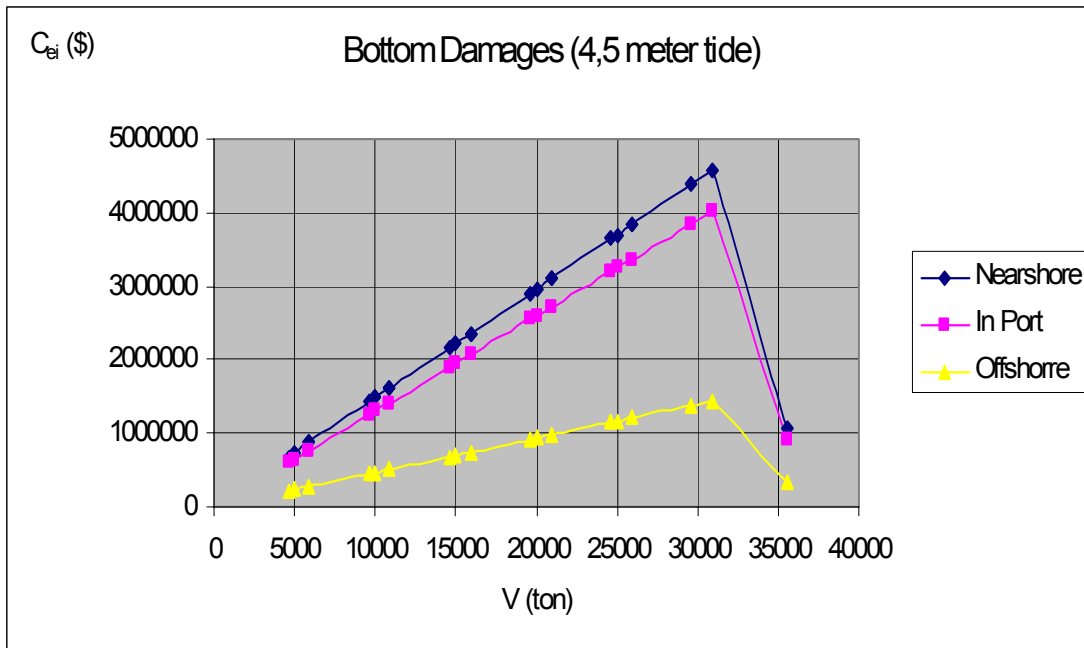
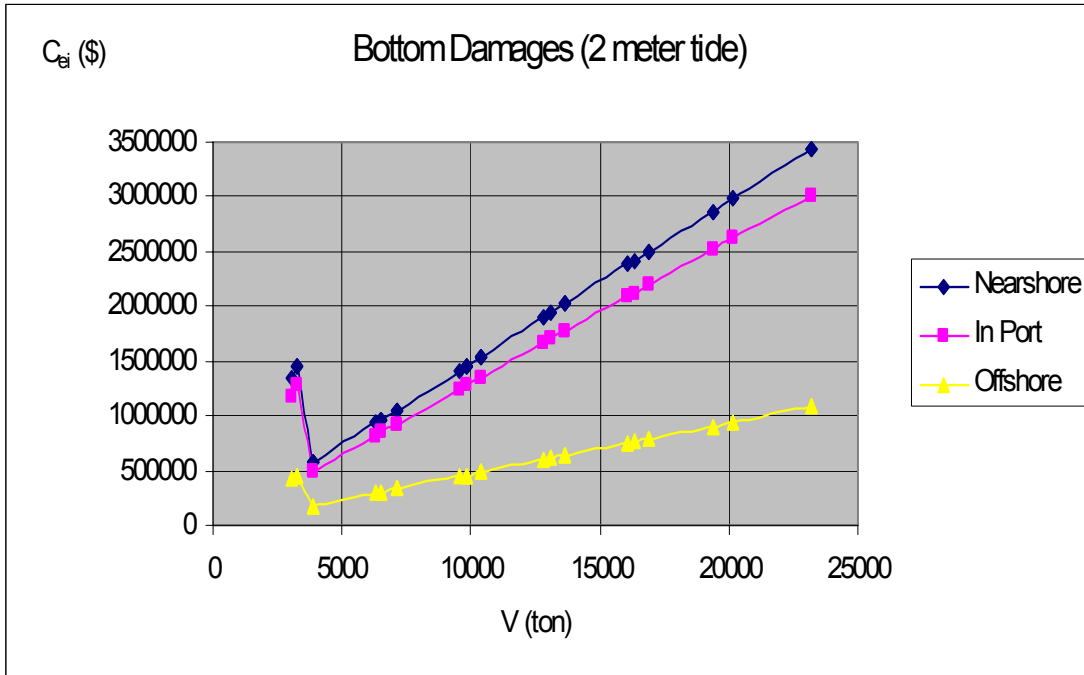
Έτσι μπορούμε να καταλάβουμε την παραπάνω αυξομείωση του κόστους στις περιπτώσεις παλίρροιας 0 και 2 μέτρων, καθώς και τη μεγάλη πτώση στην περίπτωση παλίρροιας 4,5 μέτρων.

- Τέλος πρέπει να αναφέρουμε ότι καθώς αυξάνεται η έκταση της πετρελαιοκηλίδας αυξάνεται και το κόστος των διαδικασιών για την αποκατάσταση της πληγείσας περιοχής. Το τελευταίο φαίνεται σε όλα τα παραπάνω διαγράμματα με τις καμπύλες των 500 km να είναι οι πιο υψηλές.

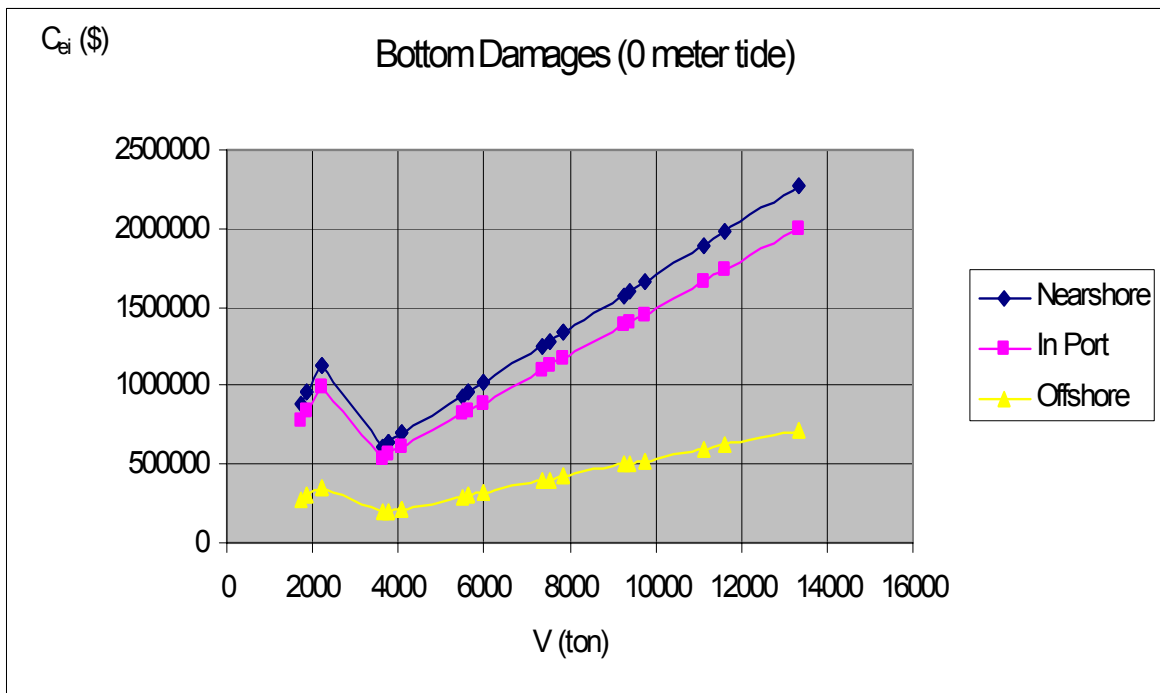
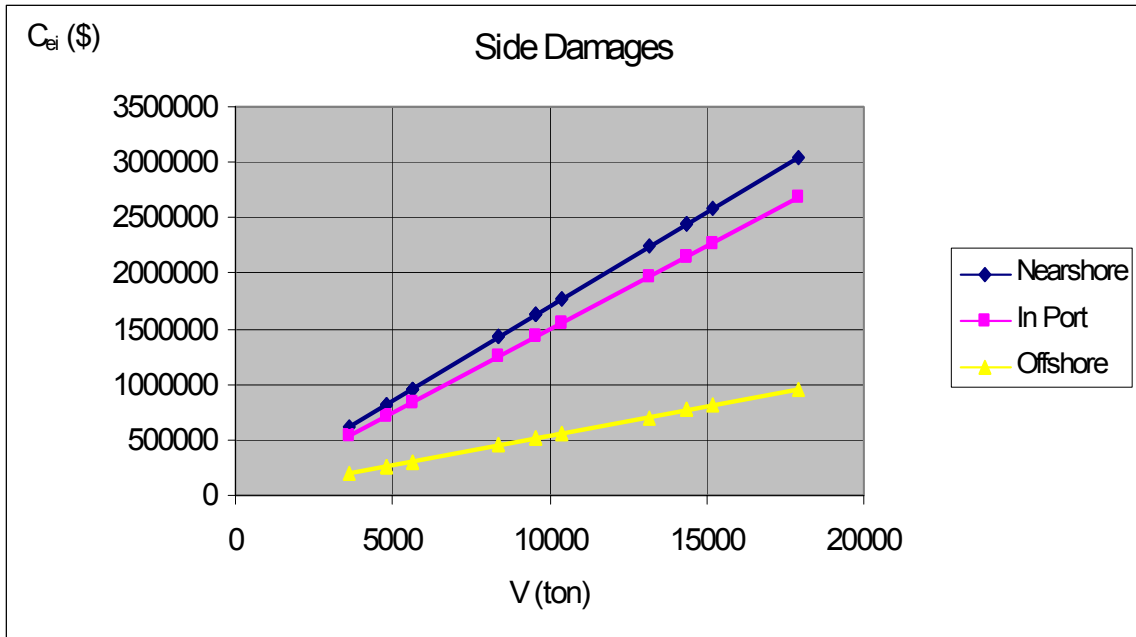
### 5.1.2 Μεταβολή του Κόστους σύμφωνα με την Απόσταση από την Ακτή

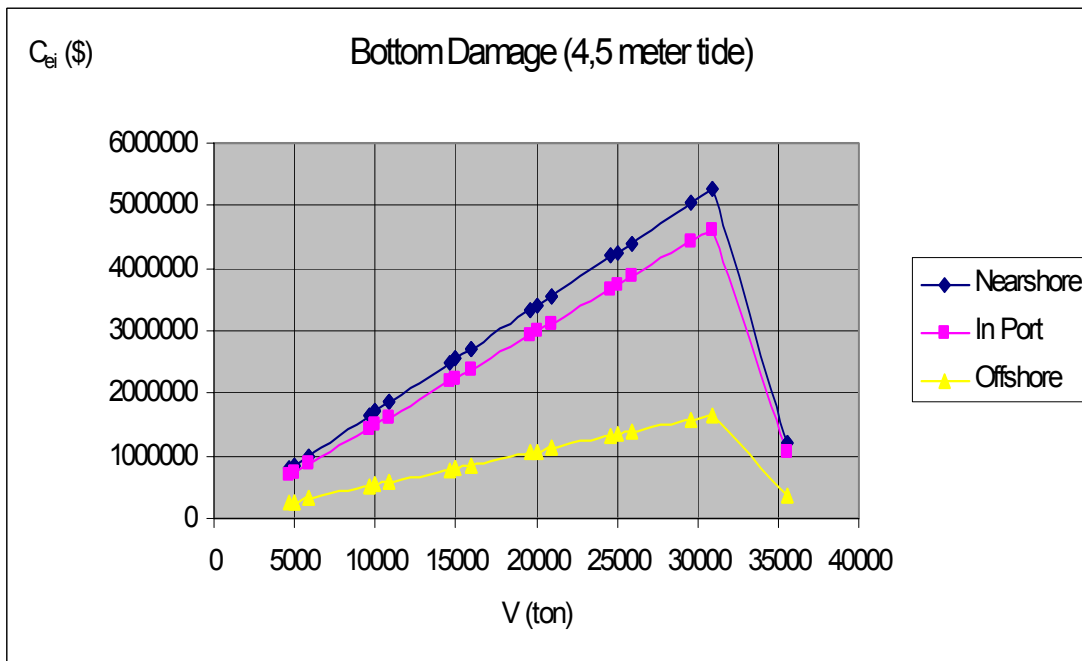
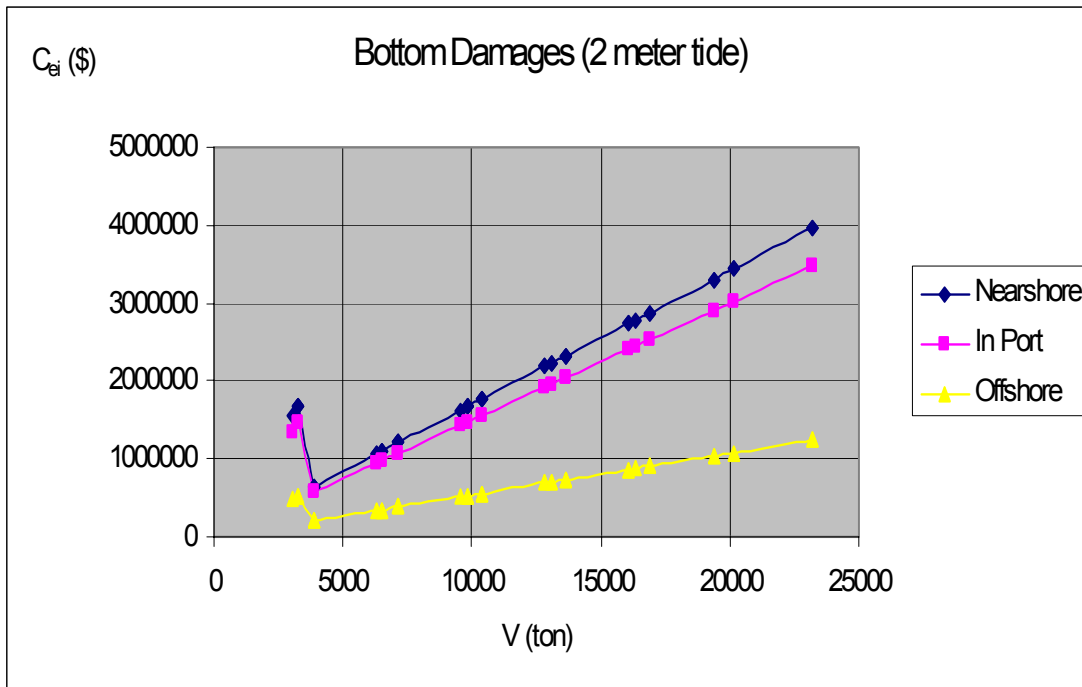
1. Έκταση Πετρελαιοκηλίδας 0-1 km (Διαδικασία Αποκατάστασης mechanical)



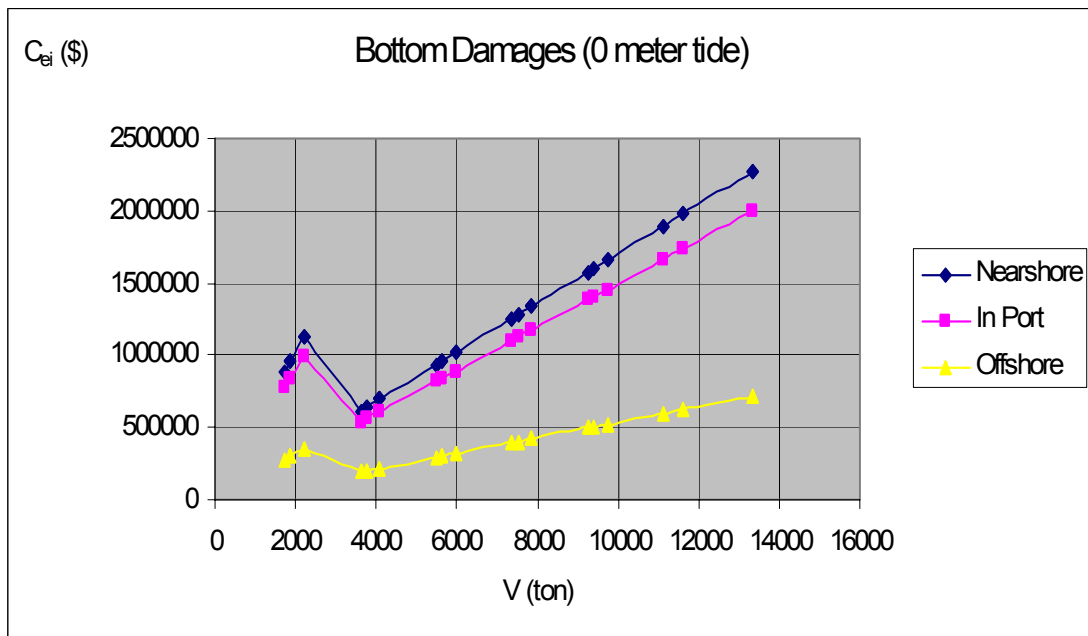
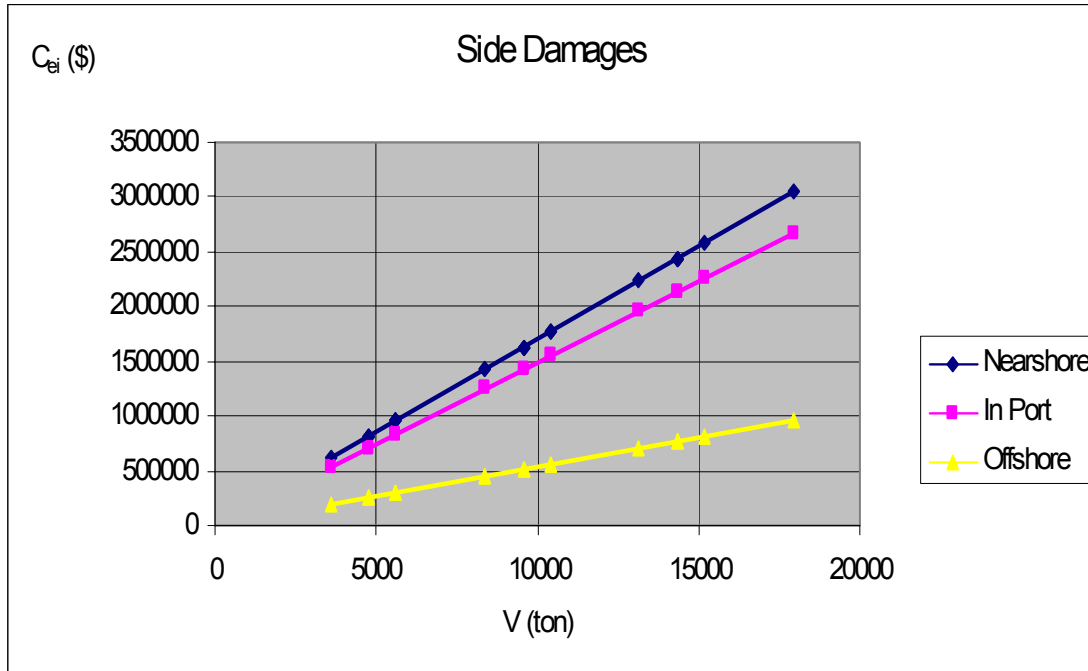


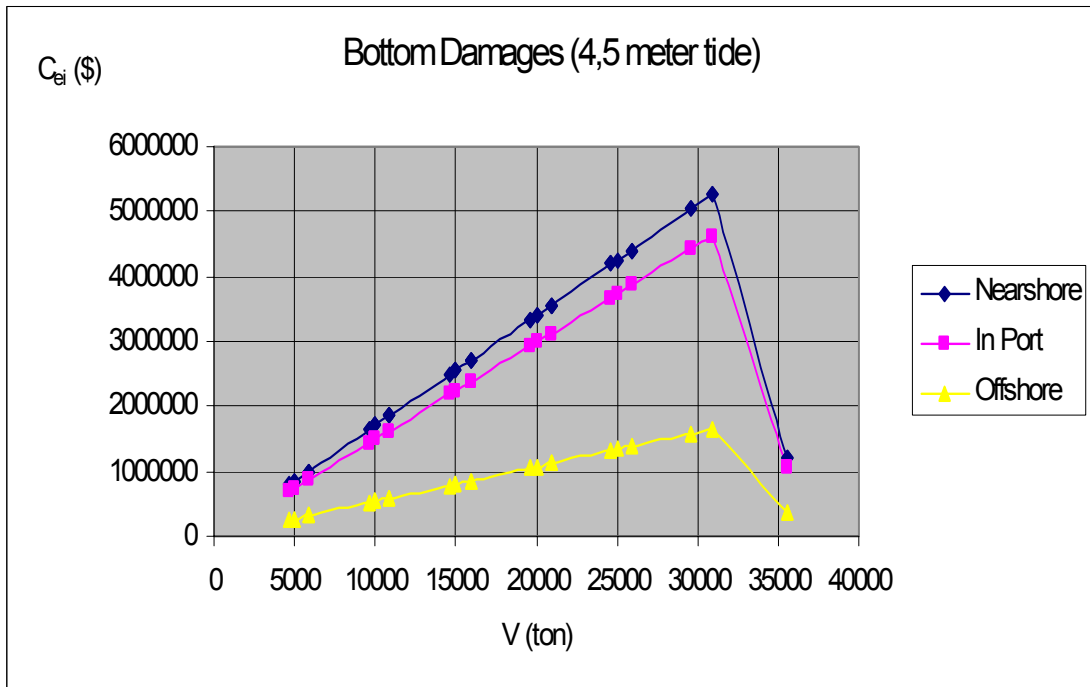
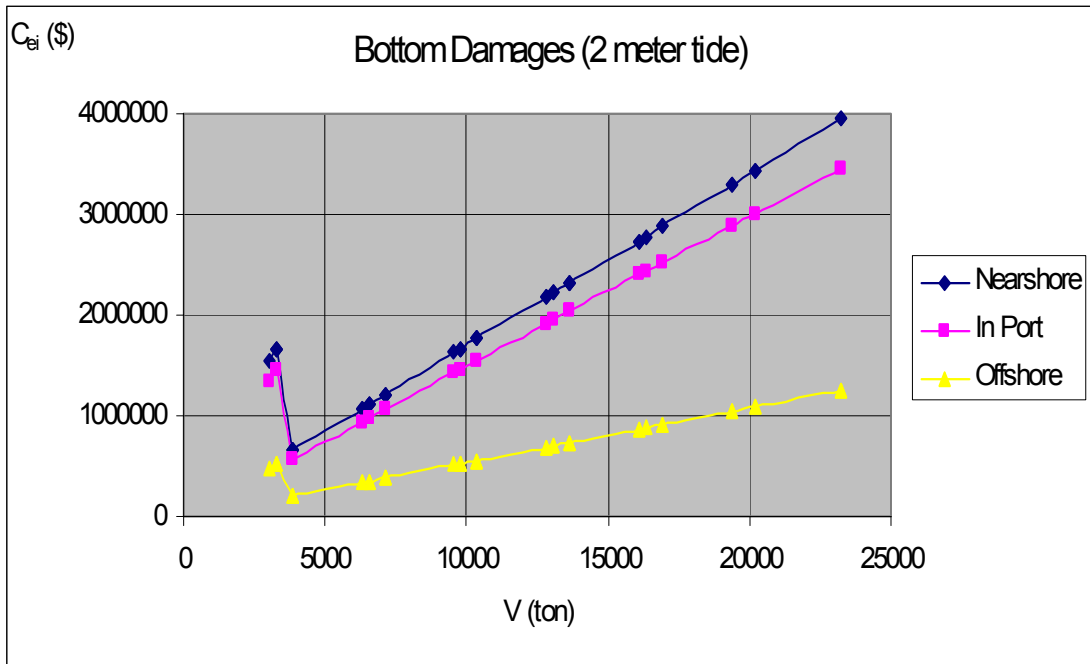
2. Έκταση Πετρελαιοκηλίδας 2-5 km (Διαδικασία Αποκατάστασης mechanical)



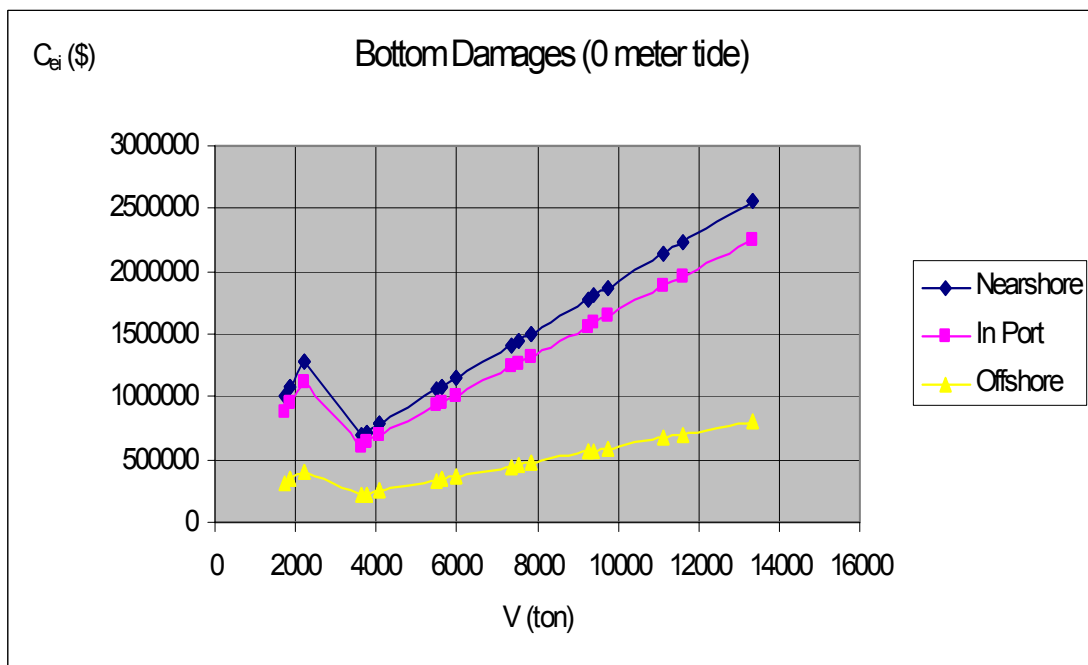
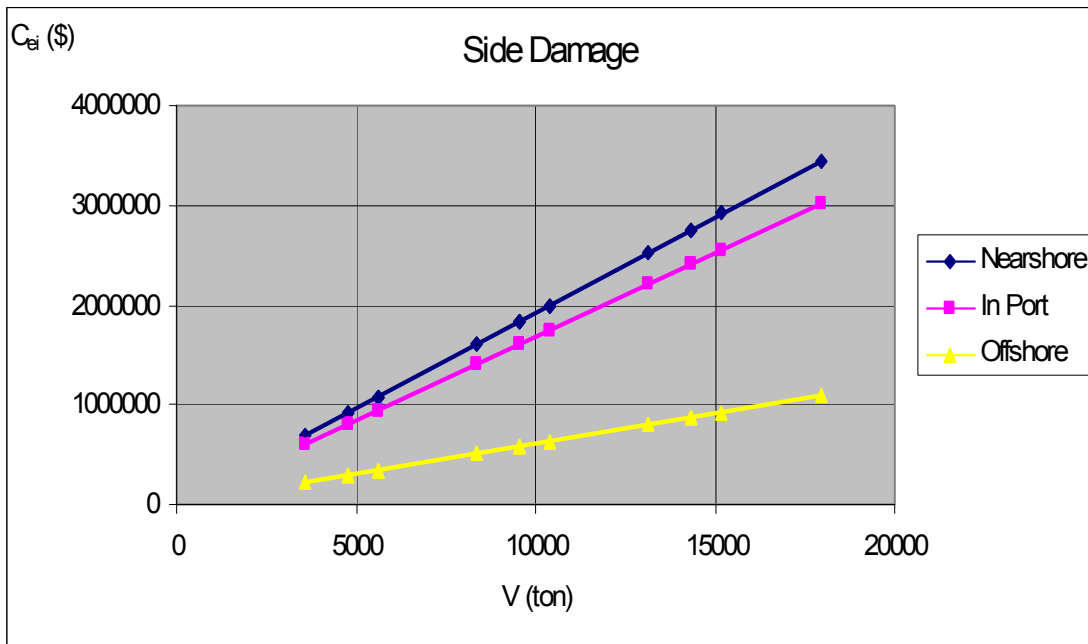


3. Έκταση Πετρελαιοκηλίδας 8-15 km (Διαδικασία Αποκατάστασης mechanical)

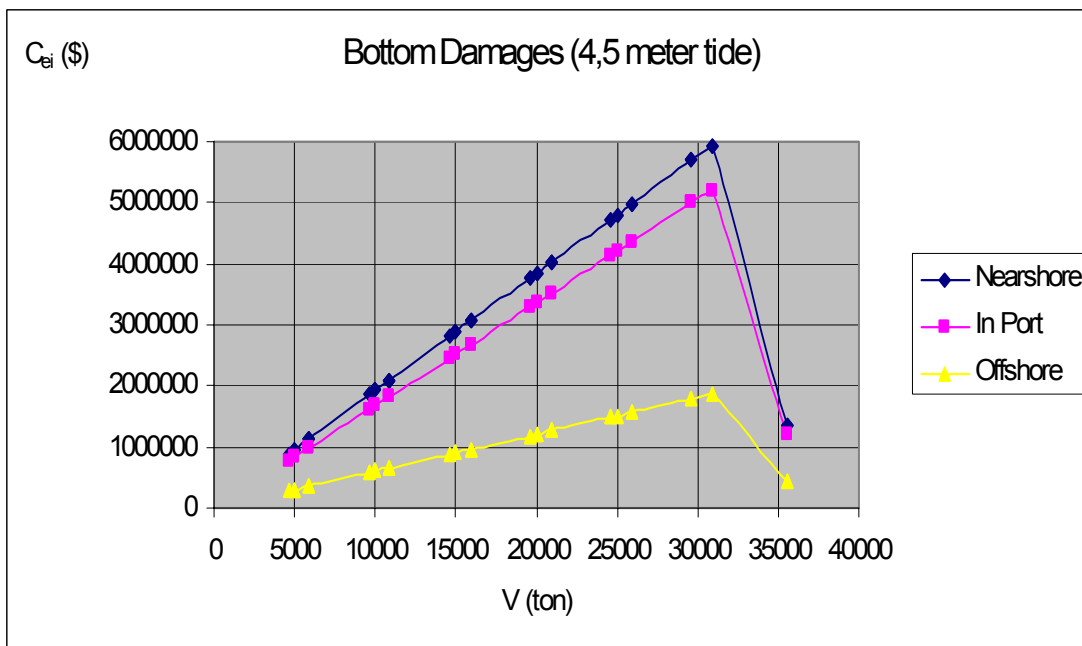
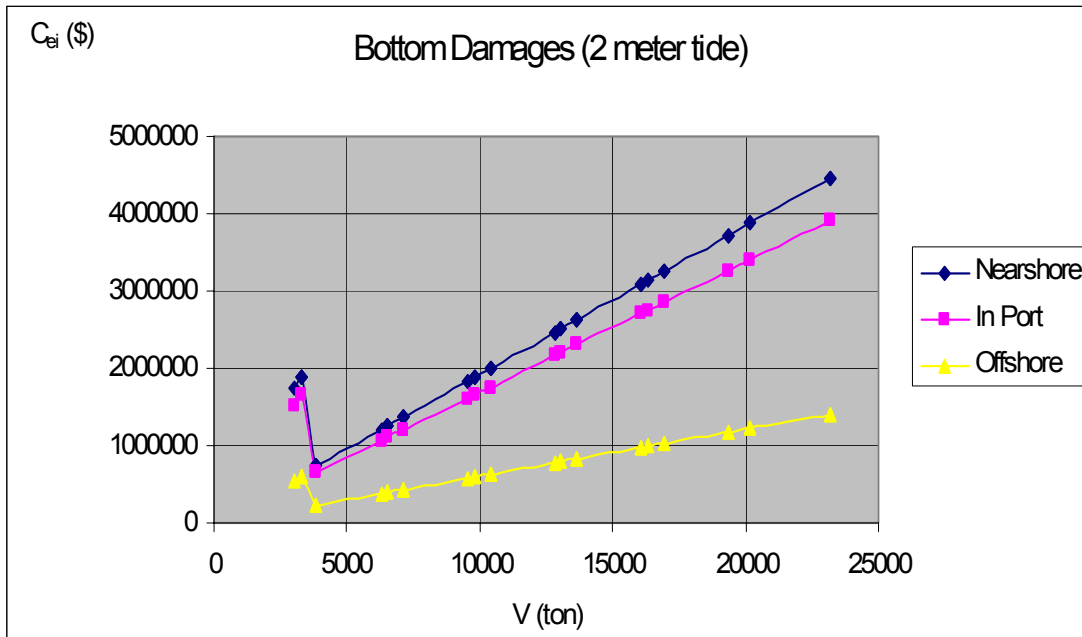




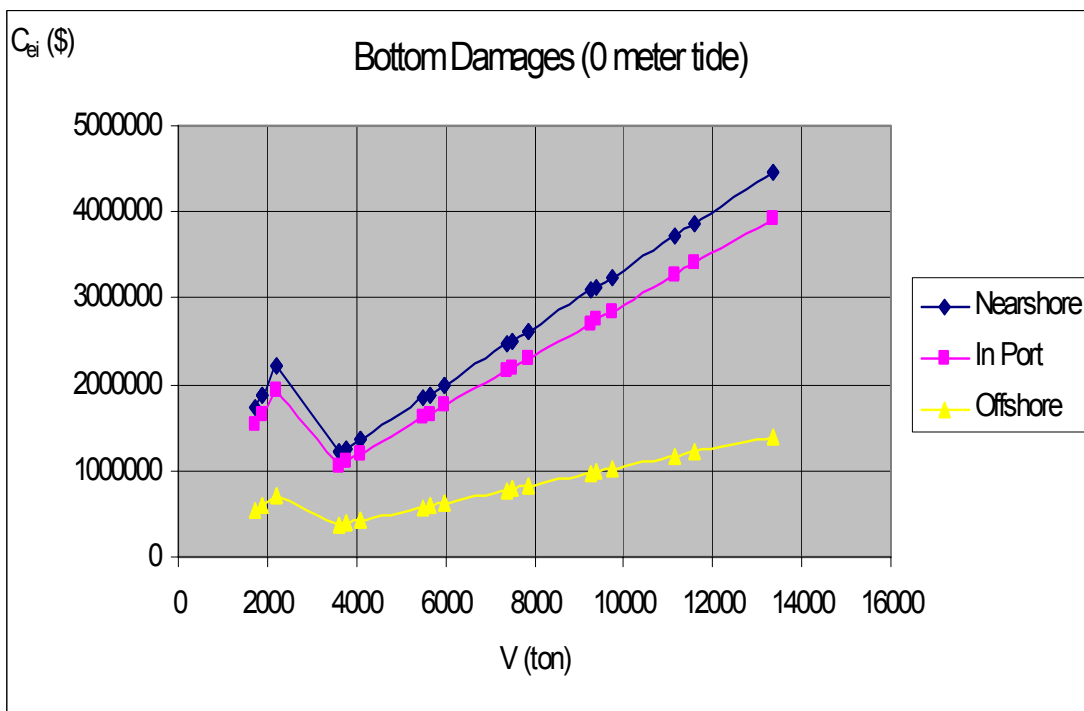
4. Έκταση Πετρελαιοκηλίδας 20-90 km (Διαδικασία Αποκατάστασης mechanical)

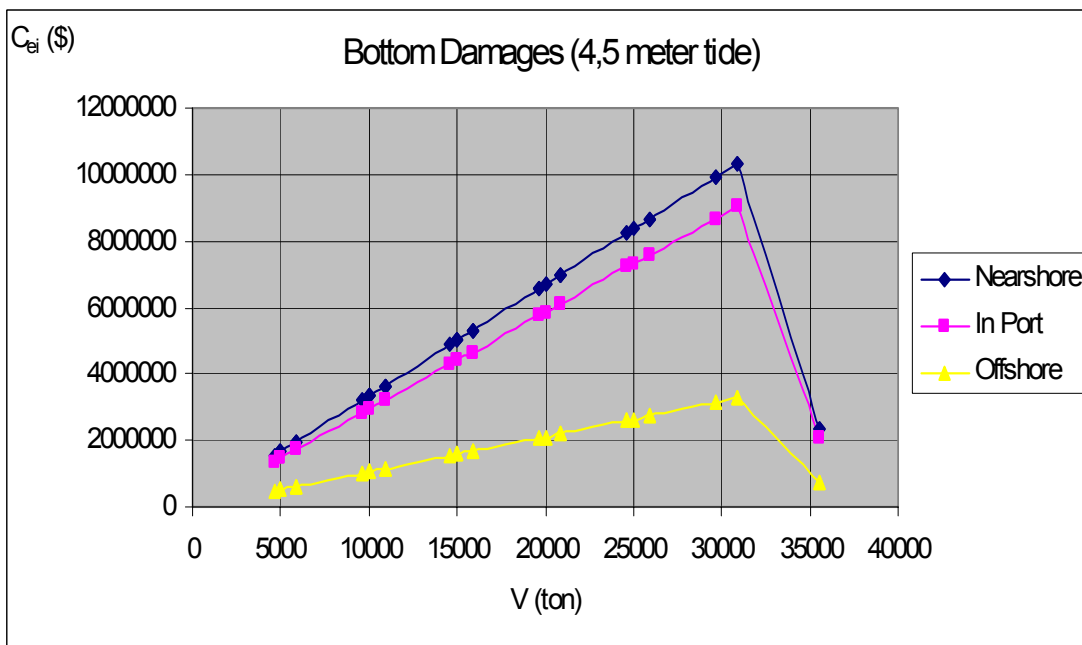
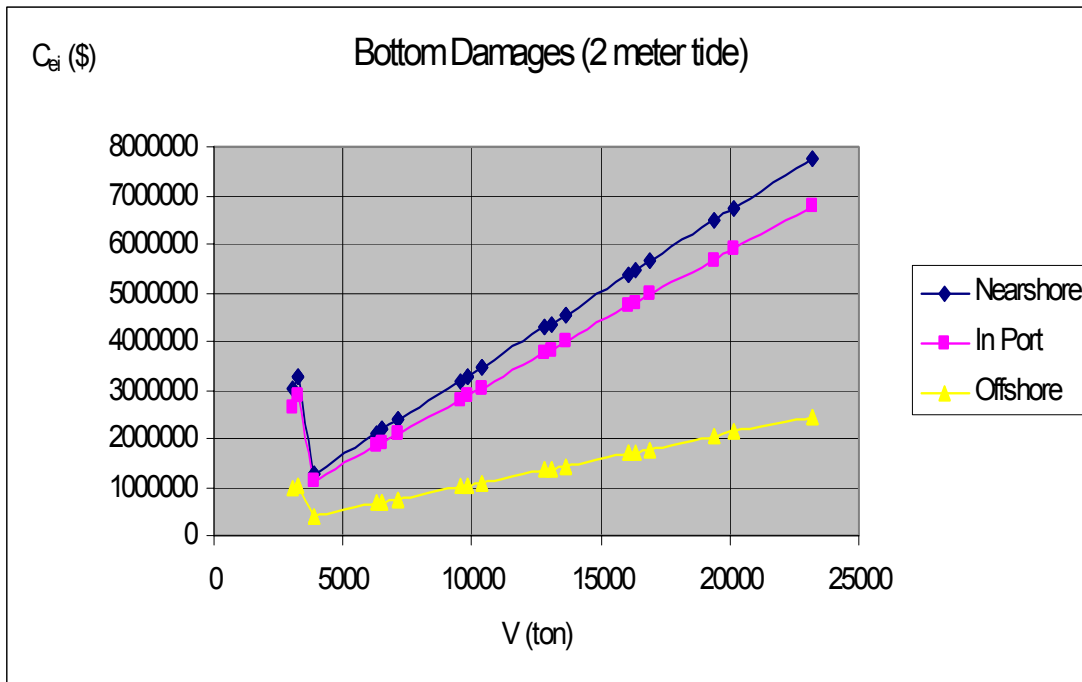




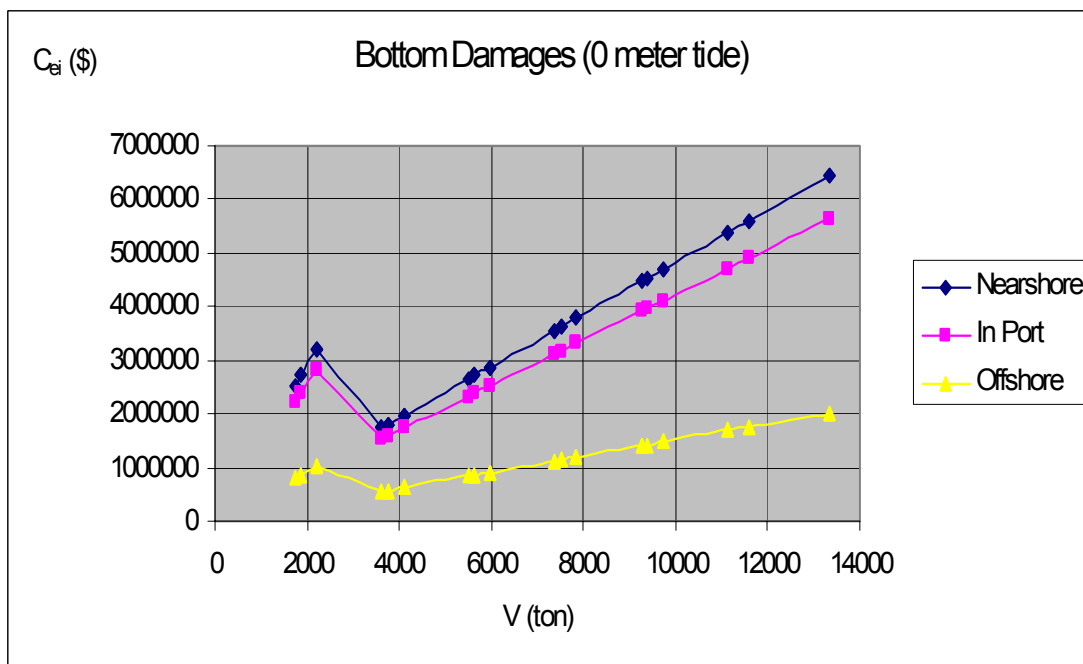
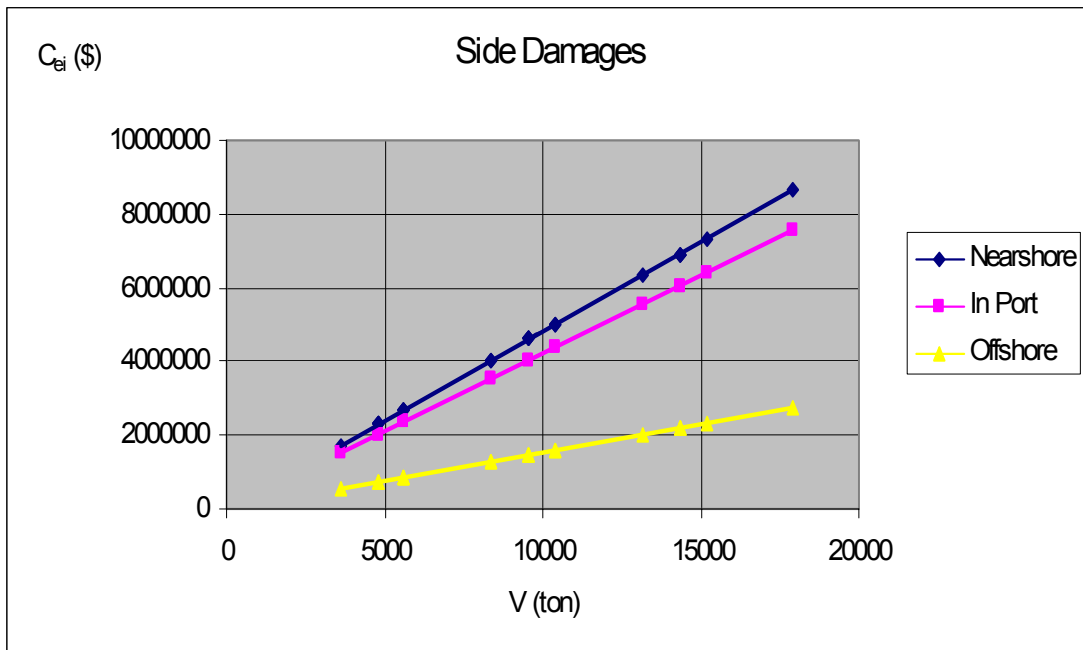


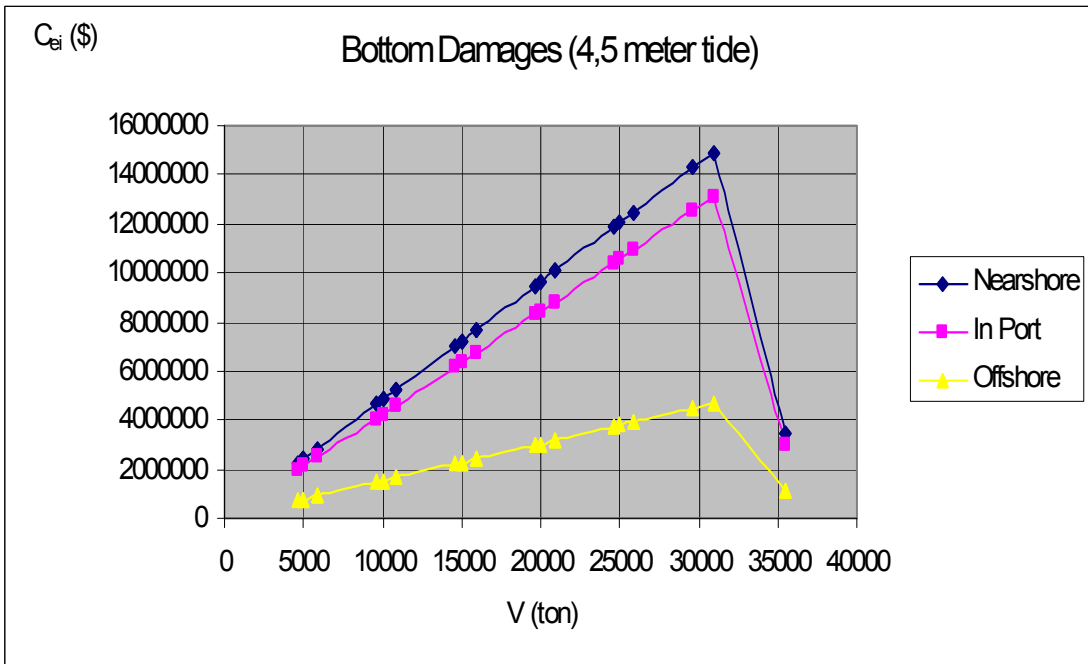
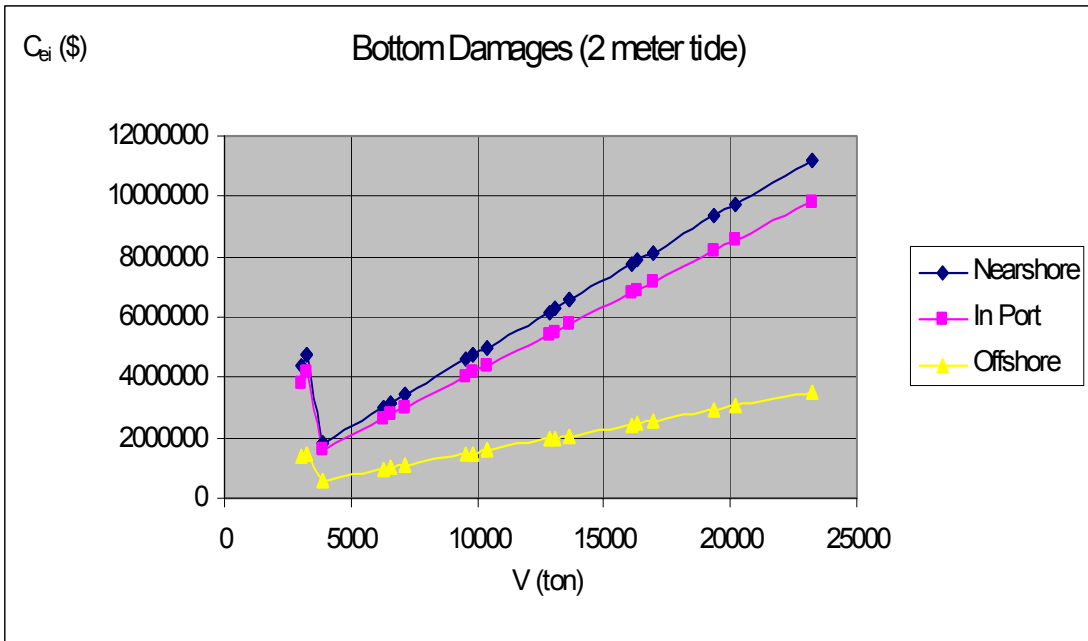
5. Έκταση Πετρελαιοκηλίδας 100 km (Διαδικασία Αποκατάστασης mechanical)





6. Έκταση Πετρελαιοκηλίδας 500 km (Διαδικασία Αποκατάστασης mechanical)



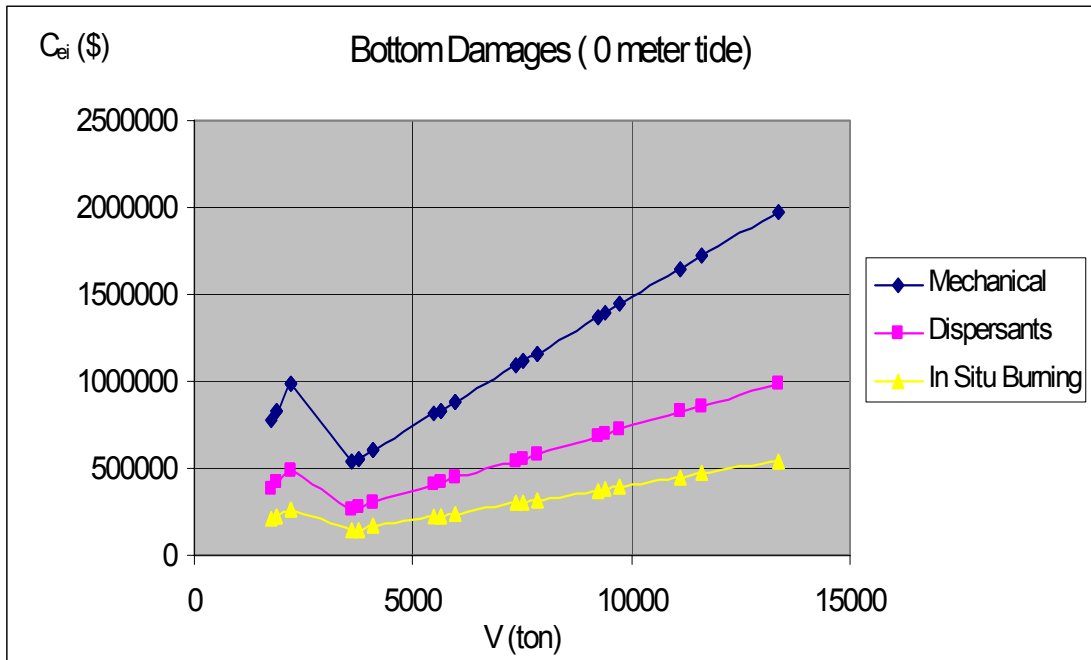


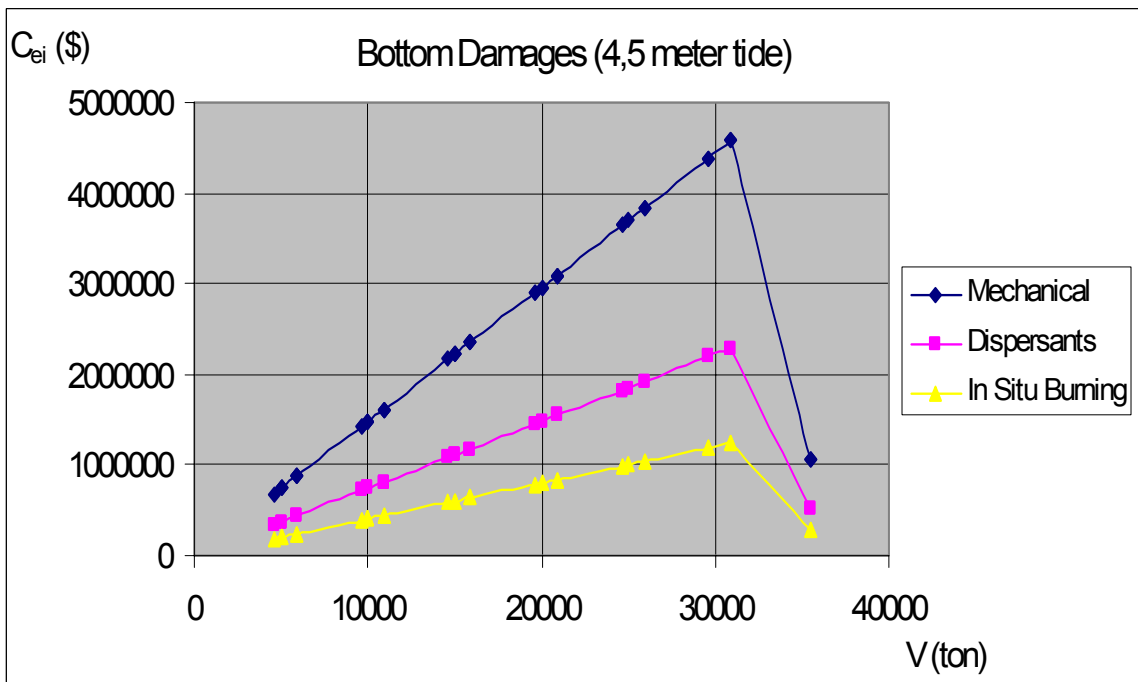
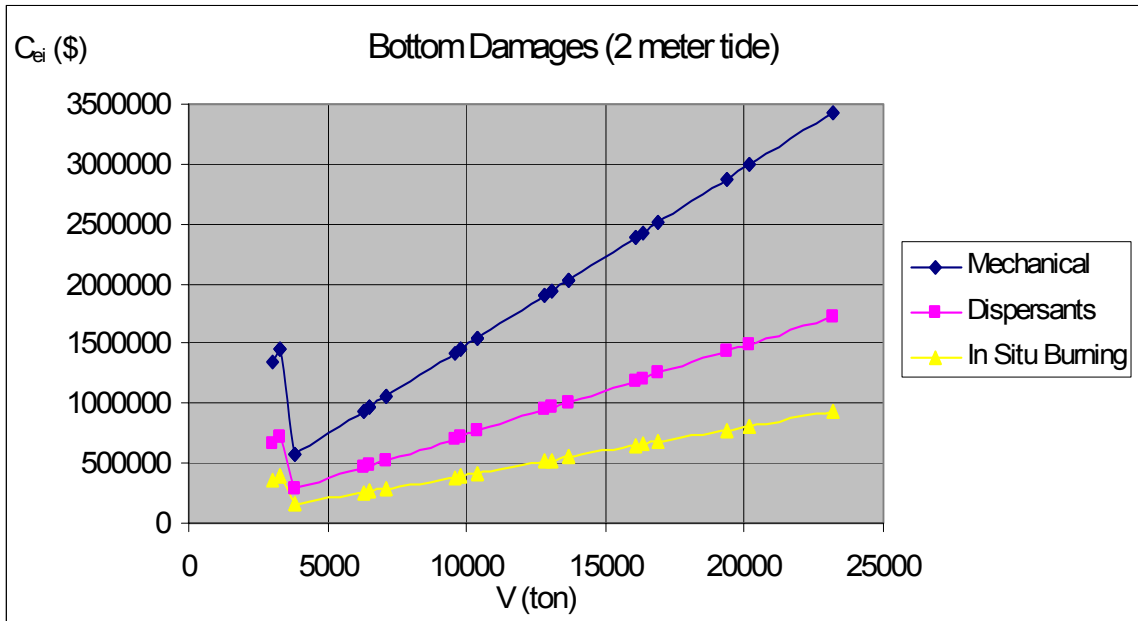
## Σχόλια:

- Ομοίως με παραπάνω βλέπουμε ότι με αύξηση της ποσότητας πετρελαίου αυξάνεται και πάλι το κόστος, όσον αφορά το πλευρικό ρήγμα. Στις περιπτώσεις του ρήγματος στον πυθμένα έχουμε την ανάλογη αυξομείωση στο ανά μονάδα βάρους κόστος, όπως αυτή δηλώνεται από το μοντέλο μας με βάση τον πίνακα 3.2.2.10, με αποτέλεσμα να προκύπτουν τα παραπάνω διαγράμματα. Σε όλα τα παραπάνω εξακολουθούμε να διατηρούμε τους υπόλοιπους παράγοντες σταθερούς (όλους τους συντελεστές που δηλώσαμε πιο πάνω).
- Σε όλες τις περιπτώσεις είναι φανερό ότι τα ατυχήματα που λαμβάνουν χώρο κοντά σε ακτές είναι πιο δαπανηρά, αφού οι παράγοντες του κόστους είναι πιο υψηλοί από τους αντίστοιχους κοντά σε λιμάνι ή σε ανοικτή θάλασσα. Έτσι προκύπτει ότι η καμπύλη του κόστους Nearshore είναι πιο ψηλά από την In Port, η οποία με τη σειρά της ξεπερνά την Offshore. Μάλιστα το κόστος των Offshore διαδικασιών είναι κατά πολύ χαμηλότερο των άλλων δύο.

### 5.1.3 Μεταβολή του Κόστους σύμφωνα με τη Μέθοδο Αποκατάστασης

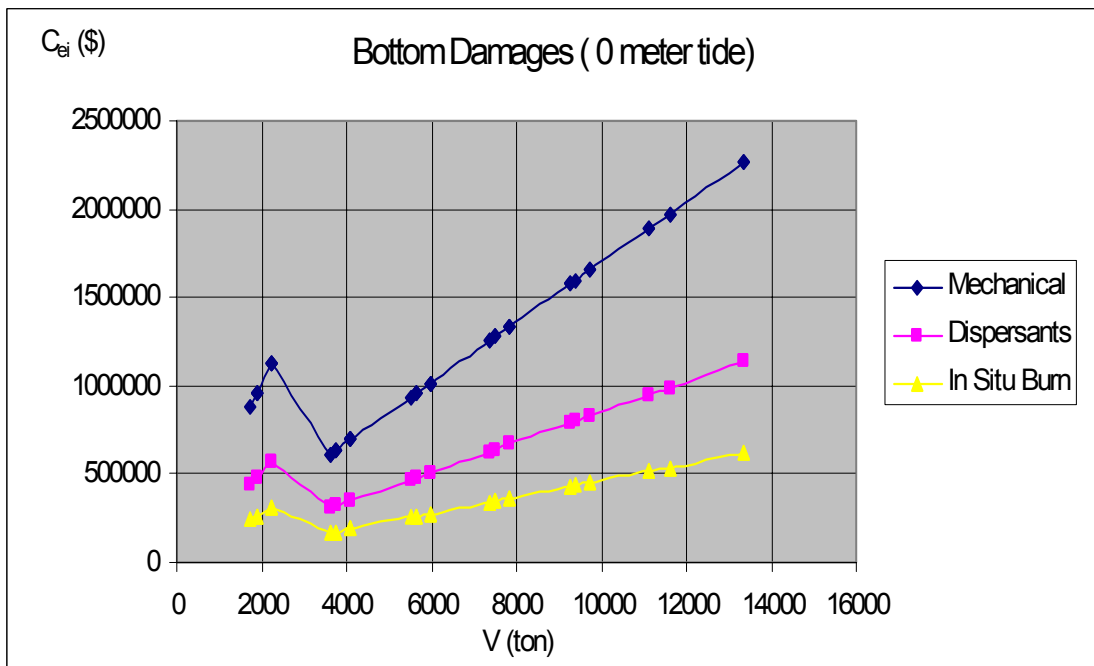
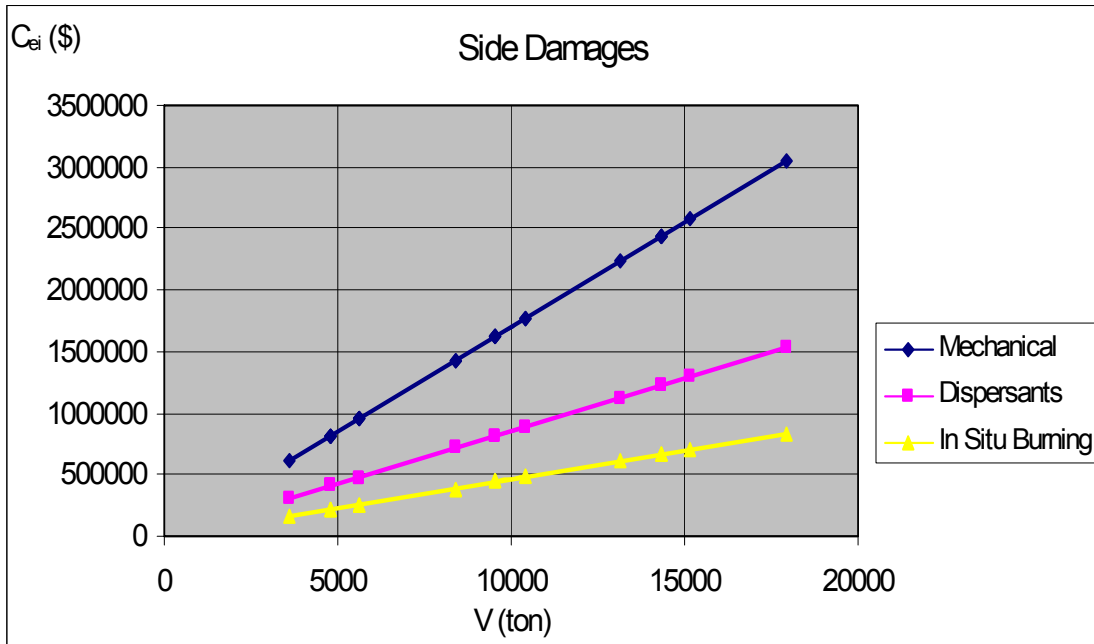
1. Έκταση Πετρελαιοκηλίδας 0-1 km (Απόσταση από την Ακτή Nearshore)

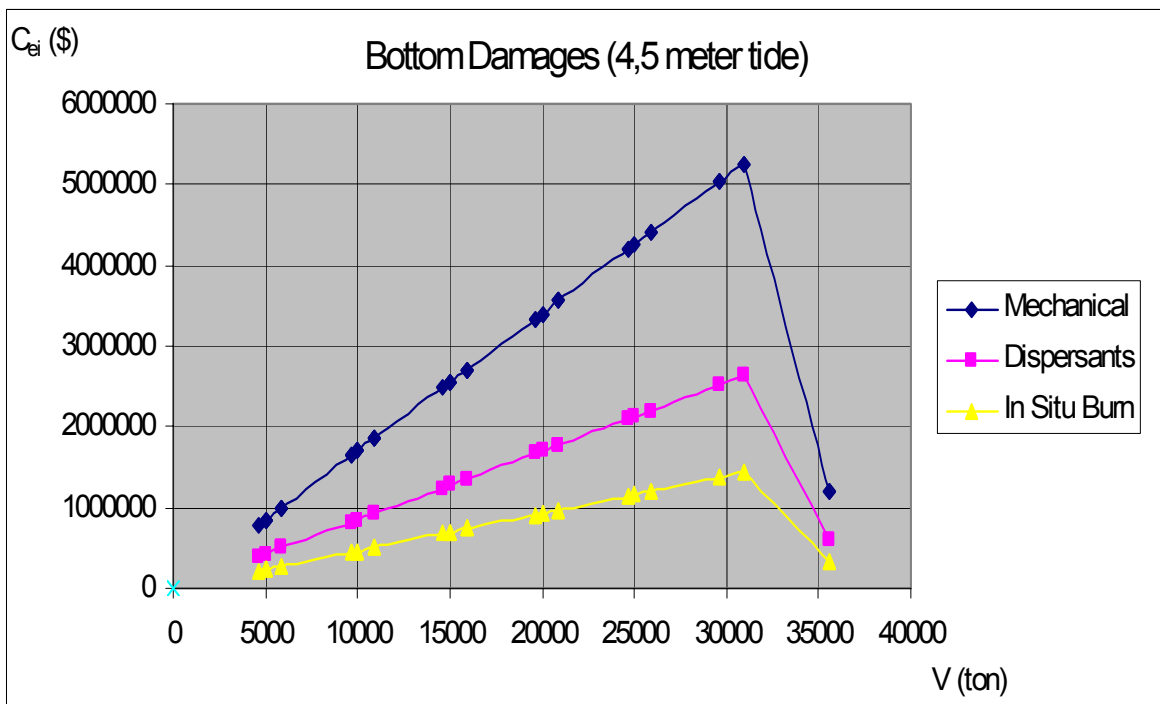
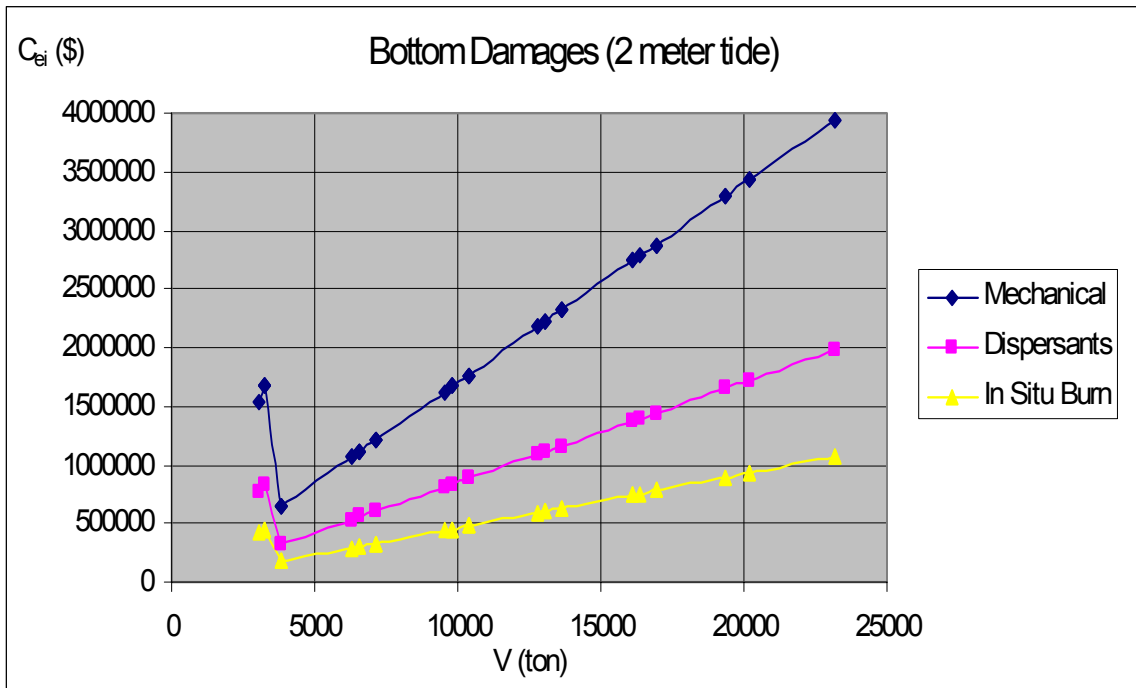




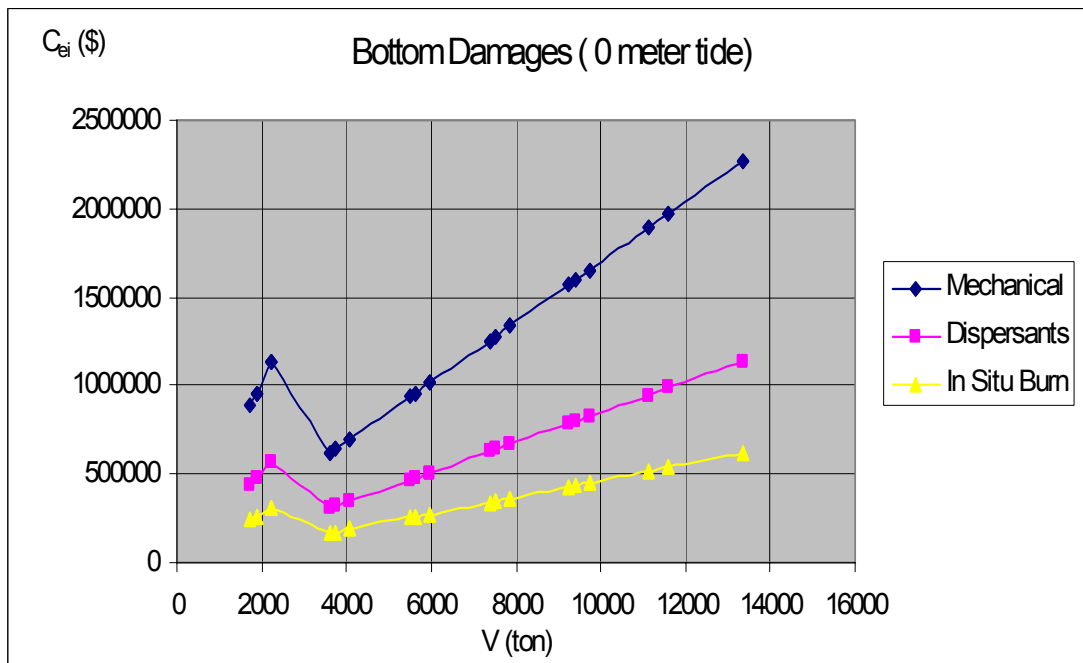
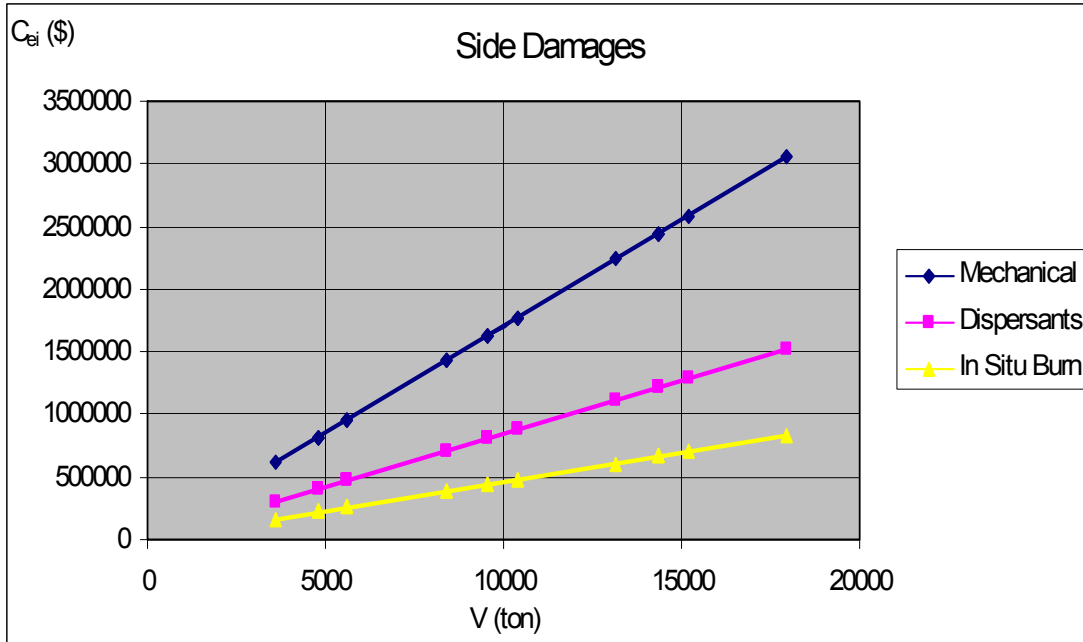


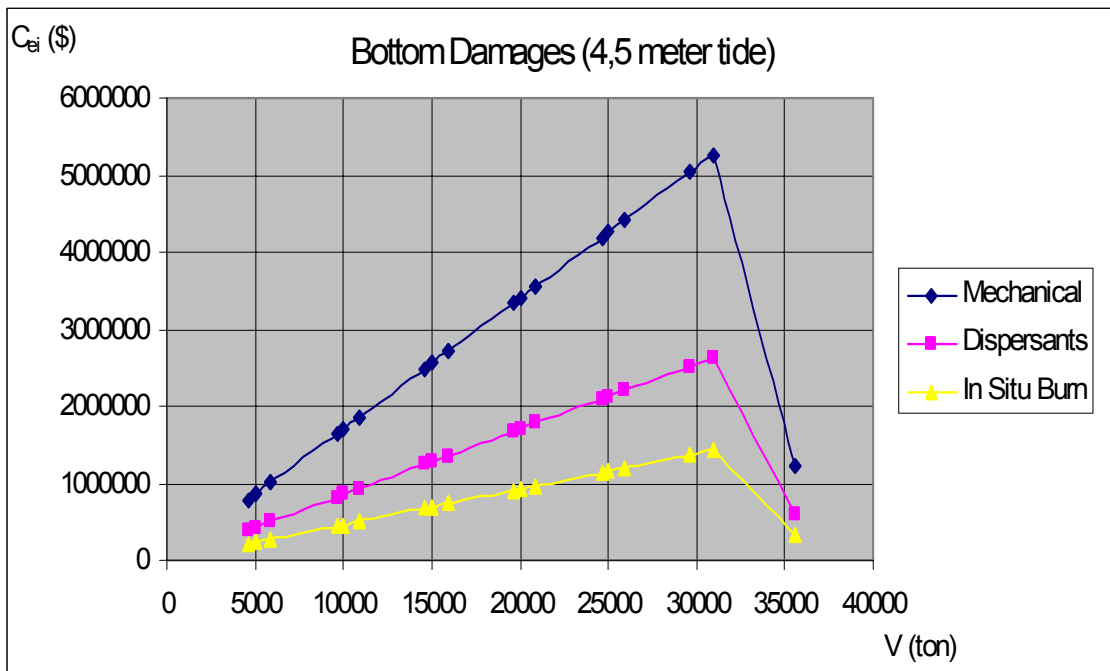
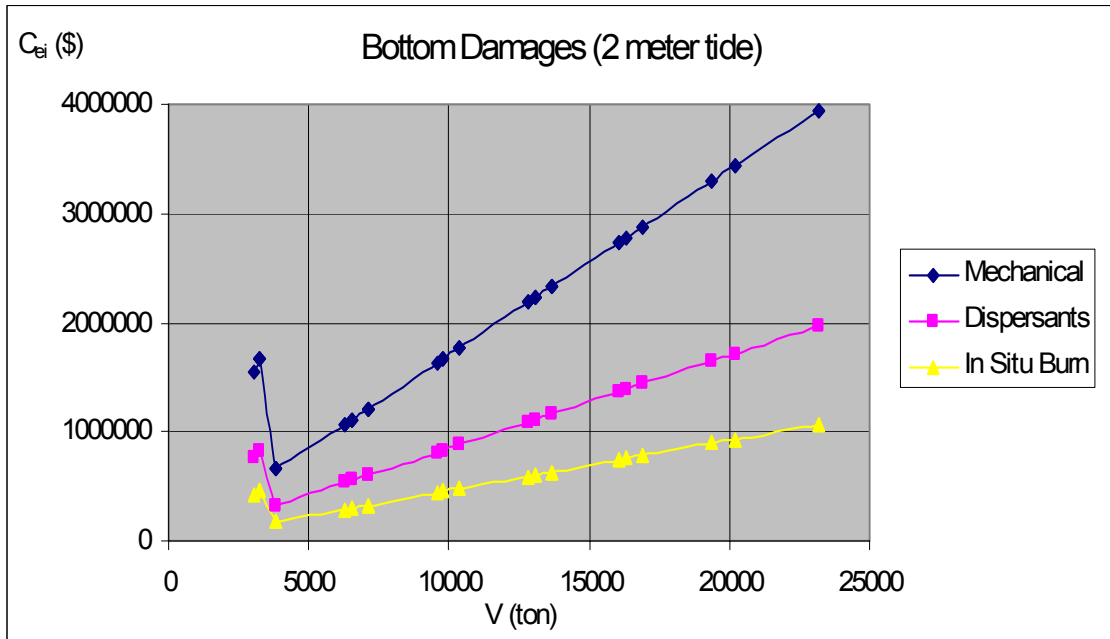
2. Έκταση Πετρελαιοκηλίδας 2-5 km (Απόσταση από την Ακτή  
Nearshore)



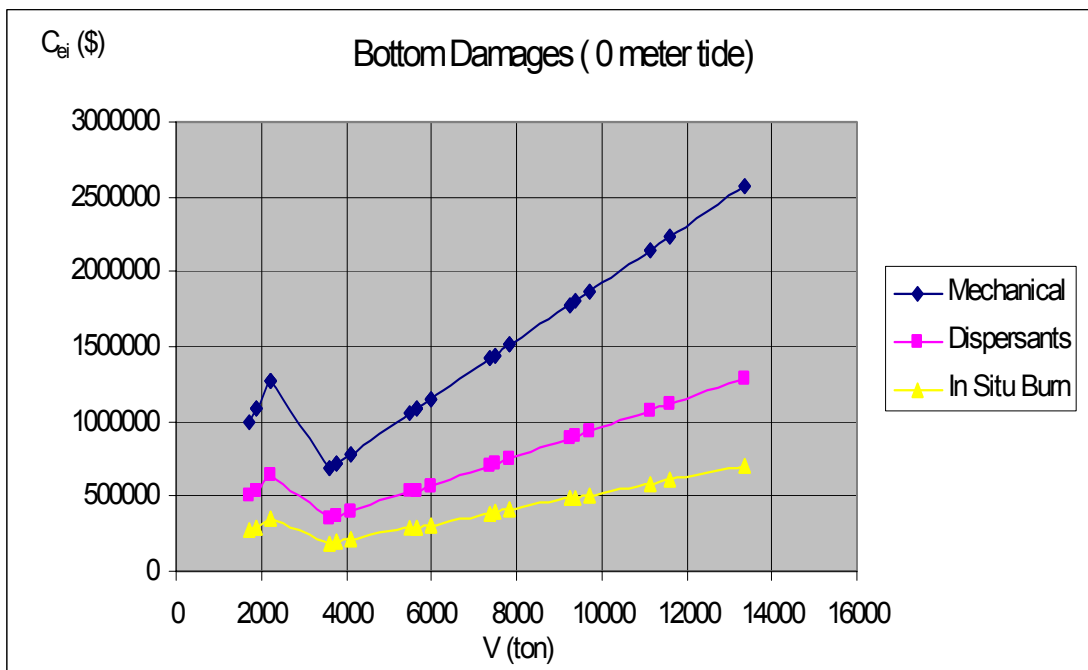
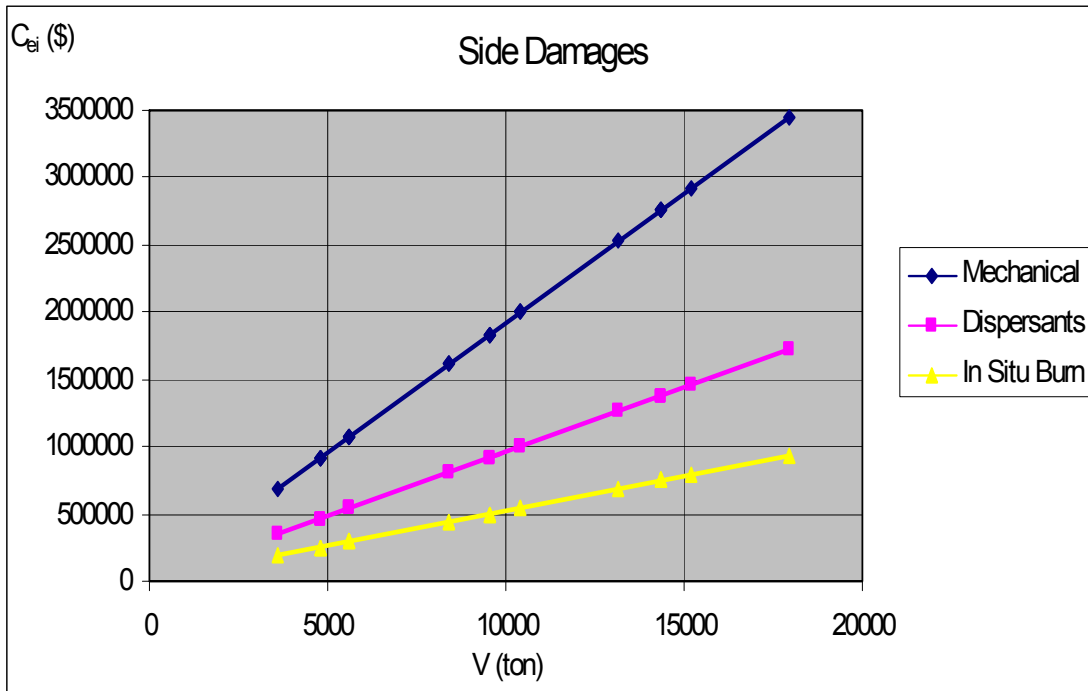


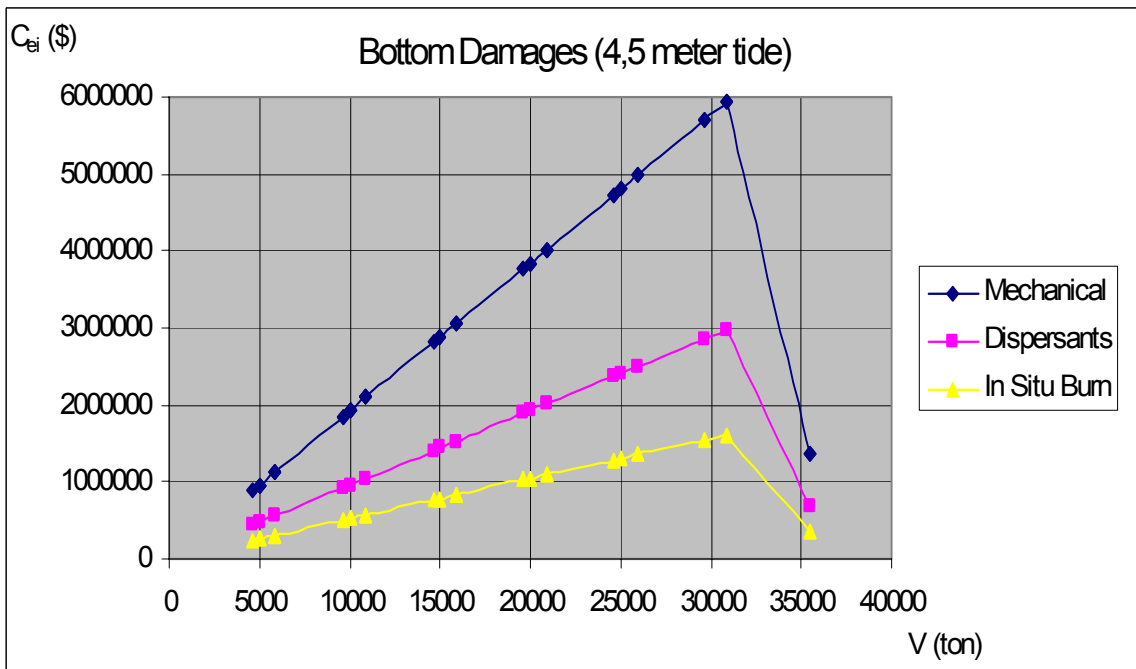
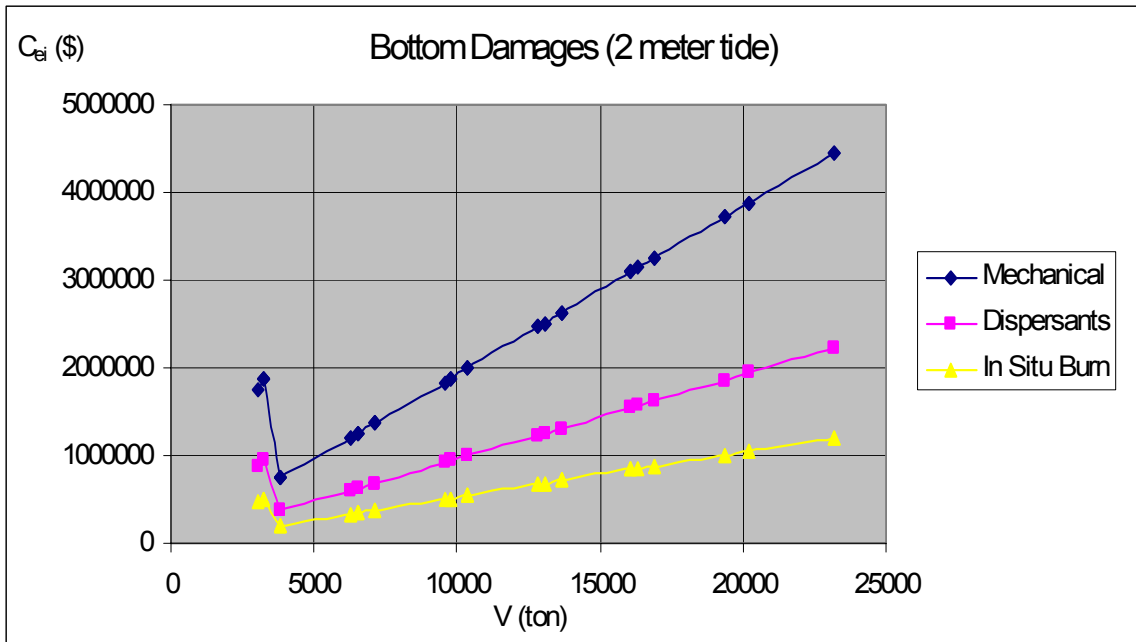
3. Έκταση Πετρελαιοκηλίδας 8-15 km (Απόσταση από την Ακτή Nearshore)



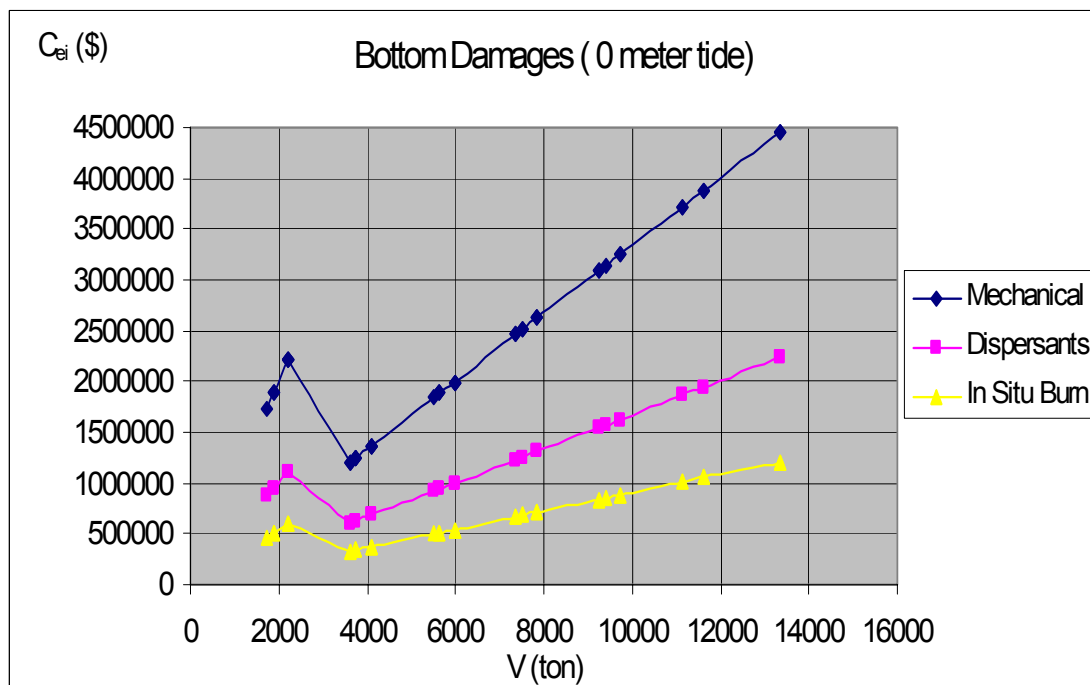
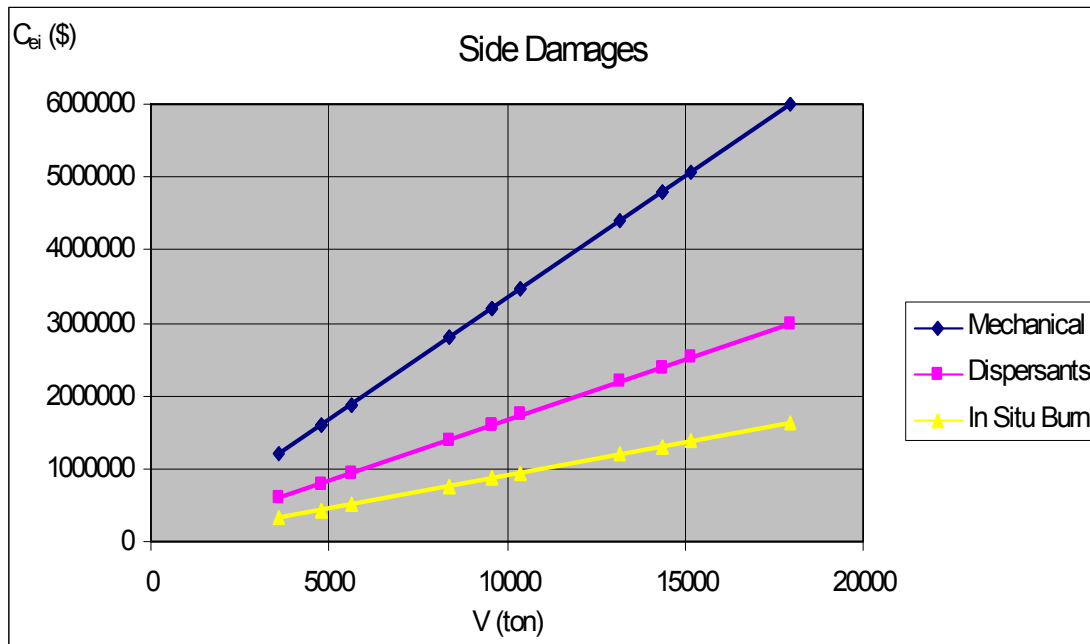


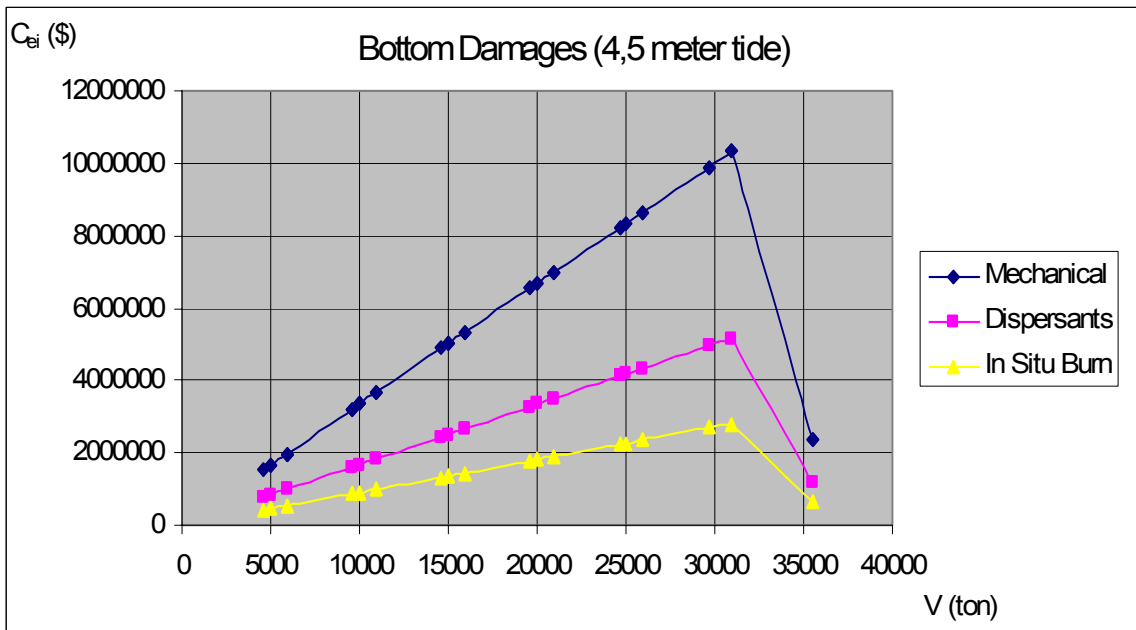
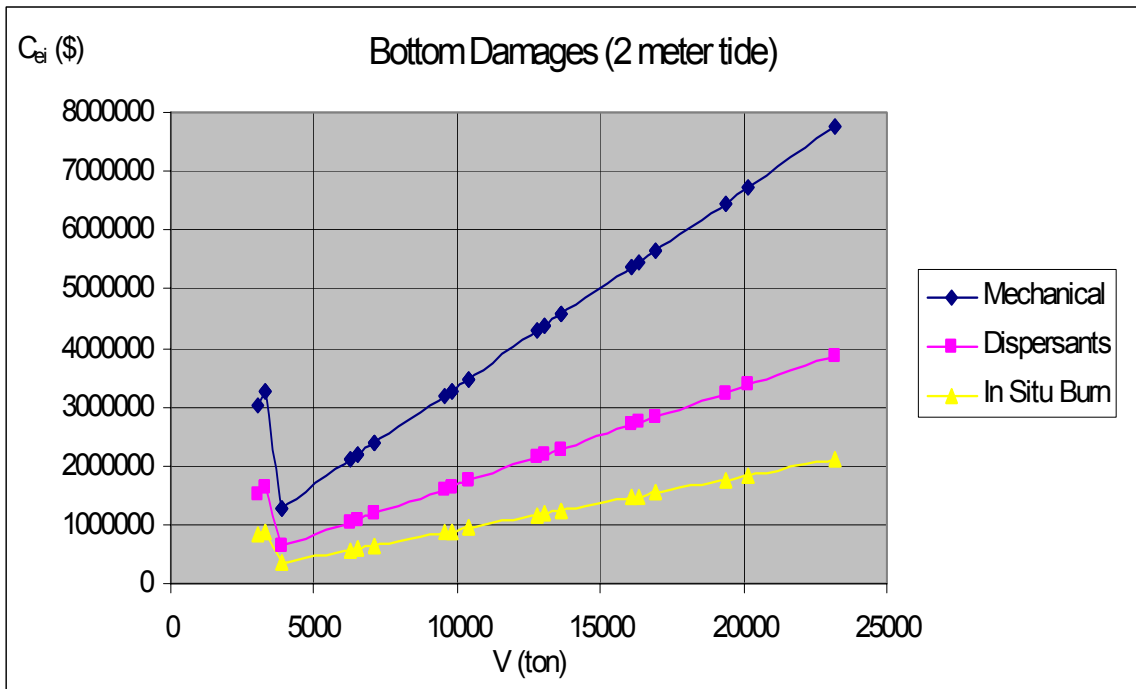
4. Έκταση Πετρελαιοκηλίδας 20-90 km (Απόσταση από την Ακτή Nearshore)





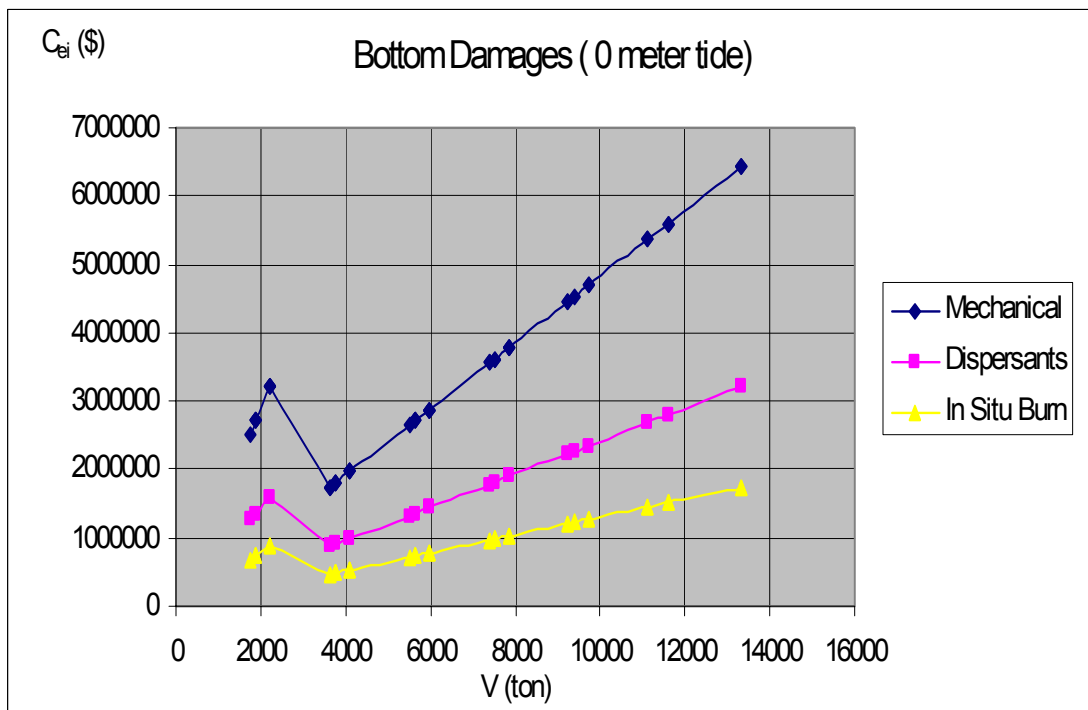
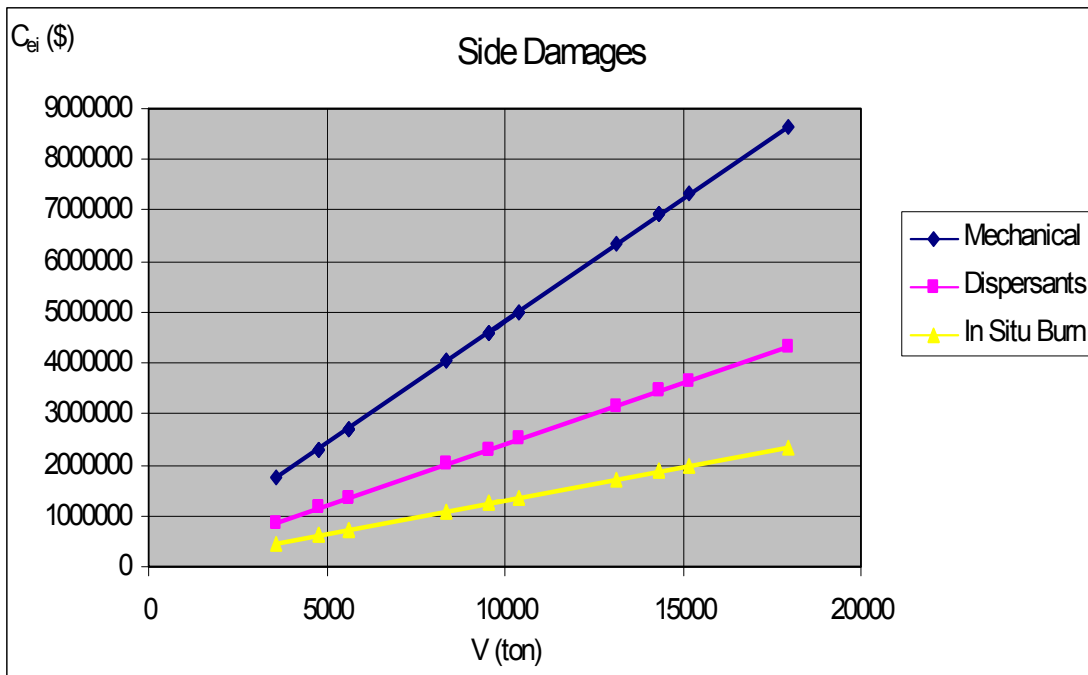
5. Έκταση Πετρελαιοκηλίδας 100 km (Απόσταση από την Ακτή Nearshore)

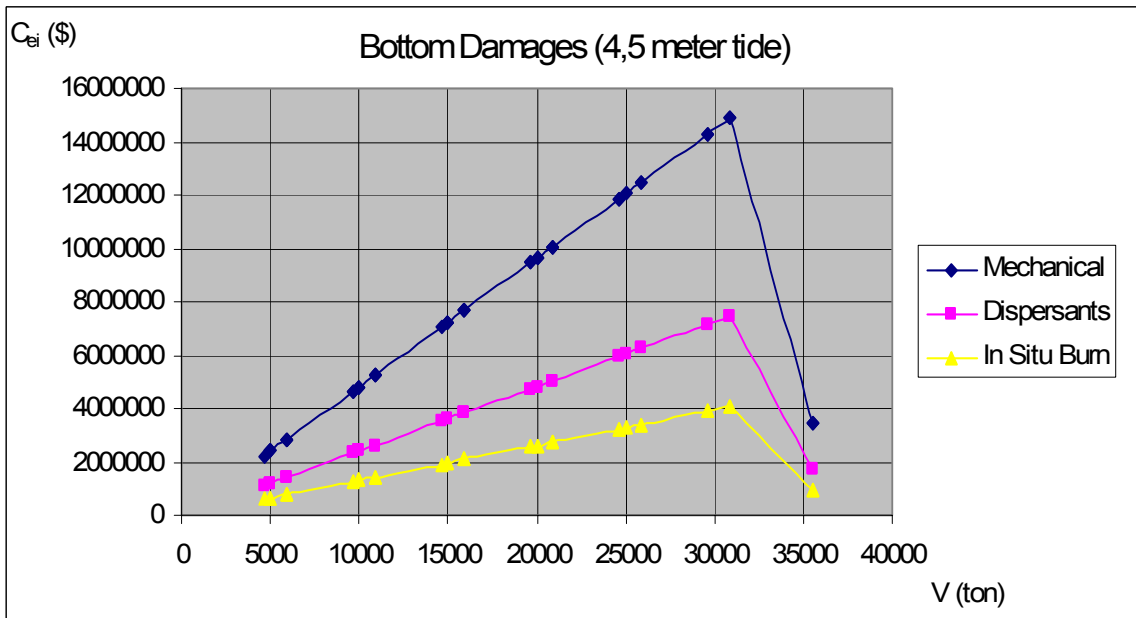
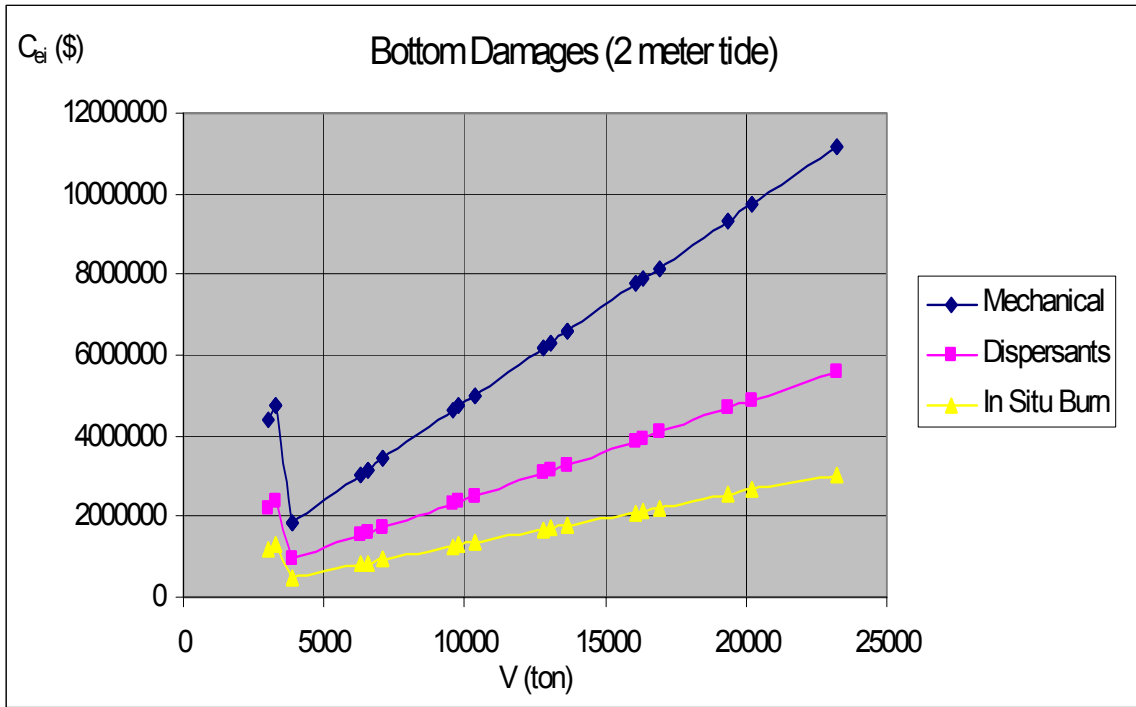






6. Έκταση Πετρελαιοκηλίδας 500 km (Απόσταση από την Ακτή Nearshore)





## Σχόλια:

- Ομοίως με παραπάνω, με την αύξηση της ποσότητας πετρελαίου αυξάνεται και το κόστος, για την περίπτωση του πλευρικού ρήγματος. Στις περιπτώσεις ρήγματος στον πυθμένα όπως και πριν, έχουμε μεταβολή του κόστους ανάλογα με το συντελεστή  $s_i$  (πίνακας 3.2.2.10), όπως περιγράψαμε παραπάνω.
- Στον ίδιο πίνακα βλέπουμε με ποιο τρόπο μεταβάλλεται ο συντελεστής cleanup methodology modifier:

<b>Primary Cleanup Method</b>	
Dispersants	0,46
<i>In-Situ</i> Burning	0,25
Mechanical	0,92
Manual	1,89
Natural Cleansing	0,10

Έτσι λοιπόν δικαιολογείται το ότι η καμπύλη mechanical βρίσκεται πιο ψηλά από την αντίστοιχη των Dispersants, η οποία με τη σειρά της είναι πιο υψηλά από τη διαδικασία In Situ Burning.

## 5.2 Γενικά Σχόλια

Θα μπορούσαμε να πούμε ότι στο σημείο που έχουμε φτάσει τώρα έχουμε μια πλήρη εικόνα για το πώς συμπεριφέρονται τα δύο μοντέλα (εφόσον έχουμε μελετήσει και τα παραρτήματα E, Z) στη μεταβολή του κόστους μιας εκροής. Παραπάνω σχολιάσαμε τις καμπύλες που προέκυψαν από τους υπολογισμούς του κύριου μοντέλου μας, ενώ από το παράρτημα E έχουμε μια σαφή εικόνα για το επιπλέον μοντέλο. Αυτό που δεν κάναμε ήταν να συγκρίνουμε τα διαγράμματα του ενός με τα διαγράμματα του άλλου. Δυστυχώς το τελευταίο δε γίνεται να το πραγματοποιήσουμε σε ένα ενιαίο, καθώς όπως παρατηρήσαμε οι διαφορές που προκύπτουν στις τιμές του κόστους είναι πολύ μεγάλες. Με τη δική μας κρίση ένας λόγος που συμβαίνει αυτό είναι ότι στο 2<sup>ο</sup> μοντέλο (Modeling Oil Response and Damages Costs) δε χρησιμοποιείται τόσο μεγάλο πλήθος συντελεστών που να σχετίζονται με την έκταση της ρύπανσης, την απόσταση από την ακτή, τον τύπο του πετρελαίου και την ποσότητα αυτού. Αντιθέτως στο 1<sup>ο</sup> (Worldwide Analysis of Marine Oil Spill Cleanup Cost Factors) μπαίνουν στους υπολογισμούς όλοι οι παραπάνω συντελεστές, και κατά συνέπεια μειώνεται και το κόστος. Επίσης θα λέγαμε ότι το 2<sup>ο</sup> εστιάζει κυρίως στη μέθοδο αποκατάστασης της ρύπανσης και κατά πόσο επιτυχημένη μπορεί να είναι αυτή. Για παράδειγμα φαίνεται από τον πίνακα E.1, καθώς και από τα παραπάνω διαγράμματα, ότι όσο αυξάνεται η ποσότητα του πετρελαίου που απομακρύνεται από την πληγείσα περιοχή, τόσο μειώνεται και το κόστος (ανά μονάδα όγκου) της διαδικασίας αποκατάστασης. Η μεγαλύτερη ποσότητα προς απομάκρυνση που αναφέρεται για μηχανικές διαδικασίες είναι 50% (στο μοντέλο του παραρτήματος E). Στο 1<sup>ο</sup> δε γίνεται αναφορά στο ποσοστό του πετρελαίου που απομακρύνεται, και ίσως εννοείται αρκετά μεγαλύτερη από το 50%, γι' αυτό και προκύπτει κατά πολύ μικρότερο το κόστος.

# **6** Βιβλιογραφία-Αρθογραφία

1. Σημειώσεις μαθήματος “Μελέτη και Εξοπλισμός Πλοίου ΙΙ”, Μέρος β.
2. Σημειώσεις μαθήματος “Μελέτη Πλοίου”, τόμος Α.
3. Διπλωματική Εργασία Γεώργιου Αδ. Ψαρρού “Μελέτη και αξιολόγηση της μεθόδου υπολογισμού εκροής πετρελαίου σε περίπτωση ατυχήματος σύγκρουσης ή προσάραξης κατά MARPOL 73/78 (I) 13F”, Μάρτιος 2003.
4. Αυγερινός Ελευθέριος, “Θέμα Μελέτης και Σχεδίασης Πλοίου Ι”, Δεκέμβριος 2007.
5. M Arita, H. Adachi, K. Matsuoka, K. Ueda, S. Yamagishi, “On the policy to prevent marine oil pollution due to tanker accident”, MARIENV '95, SNAJ, Japan, pp 352-359.
6. International Maritime Organization (IMO), “Marpol 73/78, Consolidated Edition 1997”, IMO Publication, London 1997.
7. International Maritime Organization (IMO), “Tanker Safety: The work of the International Maritime Organization”, London, March 1996.
8. Dagmar Schmidt Etkin, “Modelling oil spill response and damage costs”, NY, USA, 2004.
9. Dagmar Schmidt Etkin, “Worldwide analysis of marine oil spill cleanup cost factors”, Massachusetts, USA, June 2000.
10. International Maritime Organization (IMO), “Preventing marine pollution, the environmental threat”, London, March 1998.
11. I.C. White and F.C. Molloy, The International Tanker Owners Pollution Federation Limited, “Factors that determine the cost of oil spills”, 2003.

**Παράρτημα Α:**  
*Συμπεράσματα των Στατιστικών Στοιχείων Εξέλιξης των  
Ατυχημάτων Εκροής Πετρελαίου*

**Πίνακας 2.3.1: Μεγάλα Ατυχήματα Tankers**

<b>Όνομα Πλοίου</b>	<b>Έτος</b>	<b>Θαλάσσια Περιοχή</b>	<b>Ποσότητα Εκροής Πετρελαίου (t)</b>
Exxon Valdez	1989	Prince William Sound, Alaska, USA	37.000
Wafra	1971	off Cape Agulhas, South Africa	40.000
Metula	1974	Magellan Straits, Chile	50.000
Assimi	1983	55 n.m off Muscat, Oman	53.000
Katina P.	1992	off Maputo, Mozambique	72.000
Sea Empress	1996	Milford Haven, UK	72.000
Aegean Sea	1992	La Coruna, Spain	74.000
Khark 5	1989	120 n.m off Atlantic Coast of Morocco	80.000
Braer	1993	Shetland Islands, UK	85.000
Jacob Maersk	1975	Oporto, Portugal	88.000
Independenta	1979	Bosphorus, Turkey	95.000
Hawaiian Patriot	1977	300 n.m off Honolulu	95.000
Urquiola	1976	La Coruna, Spain	100.000
Torrey Canyon	1967	Scilly Isles, UK	119.000
Odyssey	1988	700 n.m off Nova Scotia, Canada	132.000
Haven	1991	Genoa, Italy	144.000
Amoco Cadiz	1978	off Brittany, France	223.000
Castilo De Belver	1983	off Saldanha Bay, South Africa	252.000
ABT Summer	1991	700 n.m off Angola	260.000
Atlantic Empress	1979	off Tobago, West Indies	276.000

**Πηγή:** Διπλωματική Εργασία Γεωργίου Αδ. Ψαρρού [2.2.1]

**Πίνακας 2.3.2:** Αριθμός και Ποσότητα Εκροής Ατυχημάτων  
Δεξαμενοπλοίων

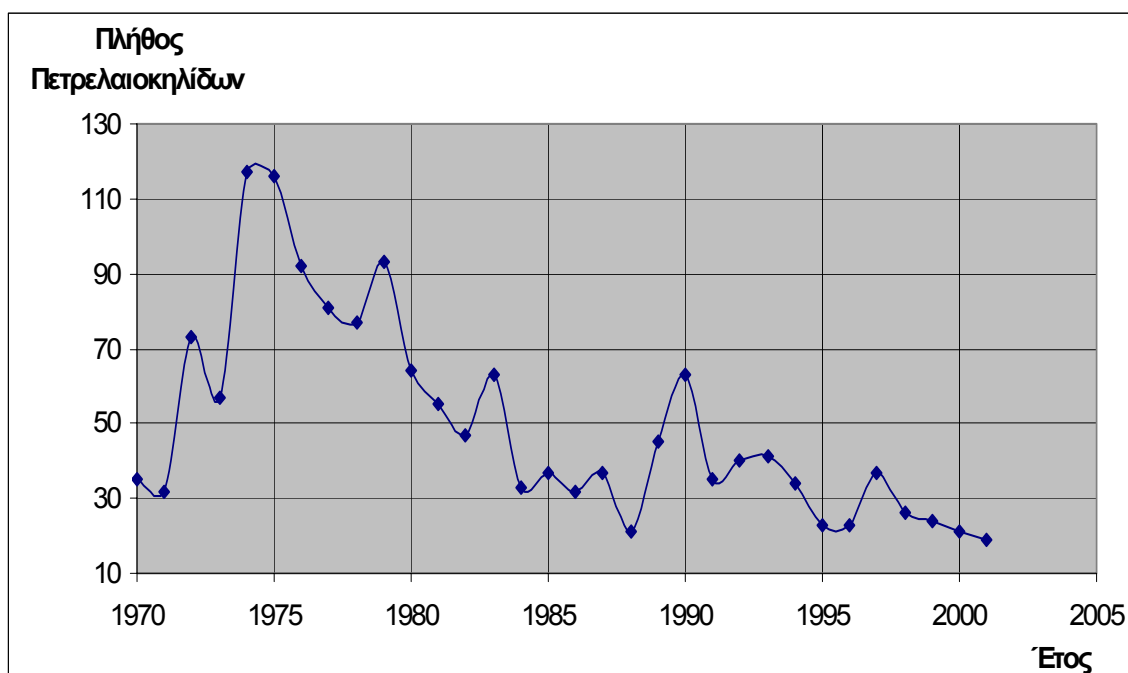
Έτος	Αριθμός Πετρελαιοκηλίδων με:		Συνολικά ανά Έτος	
	Ποσότητα Εκροής (7-700) t	Ποσότητα Εκροής (>700) t	Αριθμός Πετρελαιοκηλίδων	Ποσότητα Εκροής (t)
1970	6	29	35	301.000
1971	18	14	32	167.000
1972	49	24	73	311.000
1973	25	32	57	166.000
1974	91	26	117	169.000
1975	97	19	116	342.000
1976	67	25	92	369.000
1977	65	16	81	298.000
1978	54	23	77	395.000
1979	59	34	93	608.000
1980	51	13	64	103.000
1981	49	6	55	44.000
1982	44	3	47	11.000
1983	52	11	63	384.000
1984	25	8	33	28.000
1985	29	8	37	88.000
1986	25	7	32	19.000
1987	27	10	37	30.000
1988	11	10	21	198.000
1989	32	13	45	178.000
1990	50	13	63	61.000
1991	27	8	35	435.000
1992	31	9	40	162.000
1993	30	11	41	144.000
1994	27	7	34	105.000
1995	20	3	23	9.000
1996	20	3	23	79.000
1997	27	10	37	67.000
1998	22	4	26	10.000
1999	19	5	24	29.000
2000	18	3	21	12.000
2001	16	3	19	8.000

**Πηγή:** Διπλωματική Εργασία Γεωργίου Αδ. Ψαρρού [2.2.2]

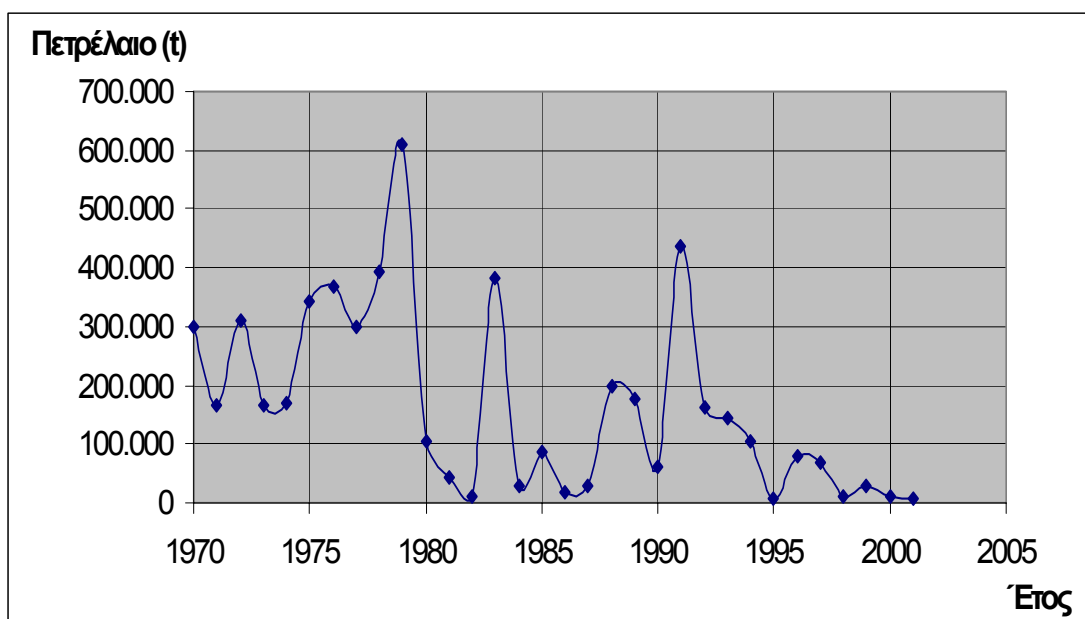


Βλέποντας με μια γρήγορη ματιά τους δύο πίνακες, παρατηρούμε, ότι οποιαδήποτε χρονιά μπορεί να υπήρξαν είτε μικρές είτε μεγάλες πετρελαιοκηλίδες. Χαρακτηριστικό είναι ότι αν κάποια χρονιά είχαμε σχετικά μικρές χαμένες ποσότητες φορτίου από Tankers, ένα ατύχημα αρκετά μεγάλου πλοίου, ήταν ικανό να ανατέψει τα δεδομένα του συγκεκριμένου έτους, αφού θα αυξανόταν η συνολική ποσότητα εκροής. Για να το κατανοήσουμε καλύτερα αυτό θα κάνουμε δύο διαγράμματα που θα μας δείχνουν τη χρονική εξέλιξη του χαμένου πετρελαίου από το 1970 μέχρι το 2001, καθώς και πως μεταβάλλεται το συνολικό πλήθος πετρελαιοκηλίδων από έτος σε έτος.

**Διάγραμμα 2.3.1:** Αριθμός Πετρελαιοκηλίδων ανά Έτος



**Διάγραμμα 2.3.2:** Συνολικό Πετρέλαιο Εκροής ανά Έτος



Από το διάγραμμα 2.3.2, σε συνδυασμό με τον πίνακα 2.3.1, παρατηρούμε ότι οι τρεις μεγάλες κορυφές του διαγράμματος (1979, 1983, 1991) συμπίπτουν με τις χρονιές εκείνες από τον πίνακα, στις οποίες είχαμε τα μεγαλύτερα ατυχήματα (Atlantic Empress, ABT Summer, Castilo De Belver). Συνεπώς καταλαβαίνουμε ότι, ενώ τις παραπάνω χρονιές το πλήθος των πετρελαιοκηλίδων δεν ήταν ιδιαίτερα αυξημένο (εκτός του 1979), ή καλύτερα αυτές άνω των 700 t (όπως φαίνεται από τον πίνακα 2.3.2 και το διάγραμμα 2.3.1), αυτά τα τρία ατυχήματα έχουν σημαδέψει πολύ αρνητικά αυτές τις περιόδους και αν δεν υπήρχαν θα ήταν διαφορετικά τα πορίσματα μας. Για παράδειγμα το 1979 η συνολική ποσότητα εκροής ήταν 608.000 t, εκ των οποίων οι 276.000 t προέρχονταν μόνο από το ατύχημα του Atlantic Empress.

Ακόμη ένα σημαντικό και ταυτόχρονα ενθαρρυντικό συμπέρασμα είναι η σύγκριση της συνολικής χαμένης ποσότητας τη δεκαετία του 1970 με αυτή του 1990.

**Πίνακας 2.3.3: Πετρέλαιο Εκροής τη Δεκαετία του 70**

<b>Έτος</b>	<b>Ποσότητα Εκροής (t)</b>
1970	301.000
1971	167.000
1972	311.000
1973	166.000
1974	169.000
1975	342.000
1976	369.000
1977	298.000
1978	395.000
1979	608.000
<b>Συνολικό Πετρέλαιο Εκροής =</b>	<b>312.600</b>

**Πίνακας 2.3.4: Πετρέλαιο Εκροής τη Δεκαετία του 90**

<b>Έτος</b>	<b>Ποσότητα Εκροής (t)</b>
1990	61.000
1991	435.000
1992	162.000
1993	144.000
1994	105.000
1995	9.000
1996	79.000
1997	67.000
1998	10.000
1999	29.000
<b>Συνολικό Πετρέλαιο Εκροής =</b>	<b>110.100</b>

Από τους πίνακες 2.3.3 και 2.3.4 καταλαβαίνουμε ότι η συνολική ποσότητα εκροής πετρελαίου τη δεκαετία του 90 ήταν περίπου το 1/3 της αντίστοιχης ποσότητας τη δεκαετία του 70, πράγμα το οποίο είναι πολύ αισιόδοξο για το μέλλον.

***Παράρτημα Β:***  
*Ιστορικά Ατυχήματα Δεξαμενοπλοίων*

### Atlantic Empress

Ήταν 19 Ιουλίου του 1979 όταν δύο μεγάλα Tankers (VLCC'S), το Atlantic Empress και το Aegean Captain, συγκρούστηκαν μεταξύ τους στην καραϊβική θάλασσα. Το Atlantic Empress και η πλώρη του Aegean Captain τυλίχτηκαν στις φλόγες με άμεσο αποτέλεσμα το θάνατο 26 μελών του πληρώματος του πρώτου.

Από την άλλη, το πλήρωμα του Aegean κατάφερε να ελέγξει τη φωτιά. Στη συνέχεια ρυμουλκήθηκε με προορισμό το Trinidad and Tobacco, χάνοντας μικρές ποσότητες πετρελαίου. Επίσης ένα ρυμουλκό ακολουθούσε και ψέκαζε τη θάλασσα με κάποια χημική ουσία, η οποία έχει τη δυνατότητα να διατηρεί τη ρευστότητα του υγρού στο οποίο προστίθεται. Όταν το πλοίο έφτασε στο Curacao μεταφέρθηκε το φορτίο σε άλλα πλοία.

Τα εναπομείναντα κομμάτια του Atlantic συνέχισαν να καίγονται ασταμάτητα στη μέση μιας πετρελαιοκηλίδας και εξαφανίστηκαν μέσα σε ένα σύννεφο μαύρου καπνού. Στις 3 Αυγούστου του ίδιου έτους στην επιφάνεια της θάλασσας ήταν ορατή μόνο η ύπαρξη πετρελαίου, αφού έφταναν 15 ημέρες για να καθαρίσει το τοπίο από τα συντρίμια του πλοίου. Από εκεί και πέρα δύο ρυμουλκά παρακολουθούσαν στενά την πορεία του πετρελαίου στη θάλασσα, το οποίο ήταν ορατό στην επιφάνεια μέχρι τις 9 Αυγούστου, χωρίς όμως να έχει φτάσει στην ακτή. Επομένως μπορεί να είχαμε σημαντική ρύπανση του θαλάσσιου περιβάλλοντος, αλλά από την άλλη ήταν πολύ σημαντικό που δεν προσβλήθηκε και η ακτή, γιατί οι συνέπειες θα ήταν πολύ χειρότερες. Η συνολική απώλεια των 276.000 t πετρελαίου από αυτή την σύγκρουση παραμένει και ρεκόρ στα ατυχήματα των δεξαμενοπλοίων.

### Exxon Valdez

Το ατύχημα του Tanker Exxon Valdez το 1989 ευθύνεται για μια από τις χειρότερες περιβαλλοντικές καταστροφές που έχουν γίνει ποτέ. Ήταν 24 Μαρτίου όταν το Valdez προσάραξε στον πορθμό του Prince William της Αλάσκας με αποτέλεσμα να χαθούν 250.000 βαρέλια, αριθμός ισοδύναμος με περισσότερα από 10.000.000 γαλόνια πετρελαίου.

Οι επιστήμονες και οι εθελοντές δεν ήταν προετοιμασμένοι για αυτό που αντιμετώπισαν όταν κατέφθασαν στο σημείο της πετρελαιοκηλίδας. Παντού υπήρχαν νεκρά ψάρια, σκυλόψαρα και τα πτηνά είχαν καλυφθεί με πετρέλαιο. 3.000 σκυλόψαρα, 250.000 θαλάσσια πουλιά, 300 φώκιες, 250 αετοί και 22 όρκες χάθηκαν μέσα σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Από εκεί και πέρα ήταν δύσκολο να γίνει υπολογισμός όλων των ψαριών και μικρών θαλάσσιων οργανισμών που απέθαναν εξαιτίας του πολύ μεγάλου αριθμού τους.



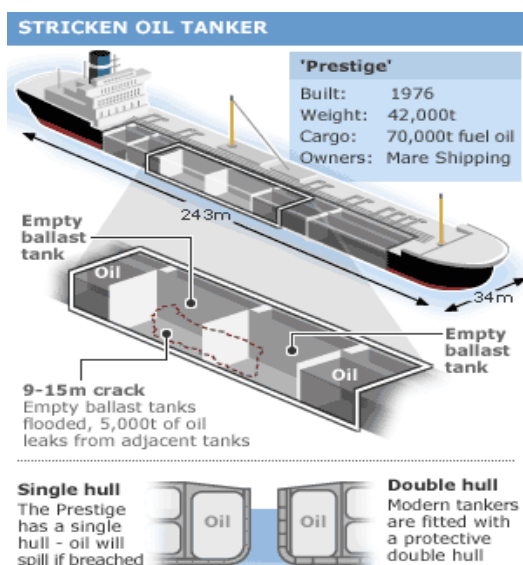
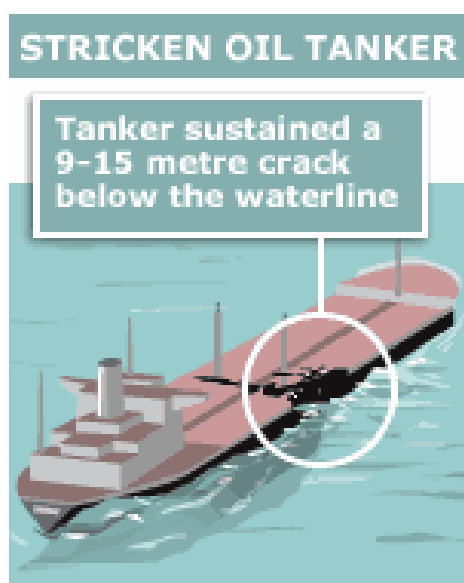
Πέρα όμως από τις άμεσες συνέπειες στο περιβάλλον υπήρξαν και οι οικονομικές, για τις οποίες σπαταλήθηκαν 2 δισεκατομμύρια δολάρια με σκοπό τον καθαρισμό του πορθμού του William Sound. Τα μισά από αυτά τα χρήματα δόθηκαν από την εταιρία της Exxon, στην οποία άνηκε το Valdez. Ο καθαρισμός δεν είχε ολοκληρωθεί ακόμη το 1992.



Για μεγαλύτερη υποστήριξη ορίστηκε ένα συμβούλιο το οποίο θα συνεργαζόταν με τους επιστήμονες ώστε να αποκατασταθεί η συγκεκριμένη περιοχή και να βοηθηθούν τα ζώα που ζούσαν εκεί. Έχουν γίνει πολλές προσπάθειες και η κατάσταση έχει βελτιωθεί, χωρίς όμως ακόμη να έχει επιστρέψει το οικοσύστημα στην φυσιολογική του κατάσταση.

### Prestige

Το Tanker Prestige το οποίο ανήκε σε Έλληνες αλλά κυκλοφορούσε με σημαία από τις Μπαχάμες, ξεκίνησε από τη Λετονία εφοδιασμένο με 77.000 t βαρύ πετρέλαιο και στις 19 Νοεμβρίου 2002 έπεσε σε μεγάλη καταιγίδα 150 μίλια βορειοδυτικά της Ισπανίας, όπου και κόπηκε σε δύο κομμάτια (όπως φαίνεται παραστατικά στις παρακάτω εικόνες) με αποτέλεσμα να βυθιστεί αμέσως.



Το πλοίο είχε υποστεί ρήγμα 15 μέτρα στο πλάι, με συνέπεια να μην έχει τη δυνατότητα να προχωρήσει με δική του ισχύ ώστε να πάει σε κάποιο λιμάνι και να γίνει μεταφορά του πετρελαίου. Σχεδόν αμέσως χάθηκαν 20.000 γαλόνια τα οποία απείλησαν σοβαρά τις περιοχές ψαρέματος της βορειοδυτικής ακτής της χώρας. Τελικά περισσότερα από 800.000 γαλόνια επιβάρυναν το περιβάλλον με συνέπειες παρόμοιες με των παραπάνω. Ο

Έλληνας καπετάνιος του Prestige, Απόστολος Μαγκούρας, φυλακίστηκε κατηγορούμενος για πρόκληση βλάβης στο περιβάλλον και απειθαρχία στις αρχές. Τελικώς, το αποτέλεσμα όλων των παραπάνω ήταν η κατάληξη του Prestige όπως φαίνεται παρακάτω





## ***Παράρτημα Γ:***

*OILPOL, MARPOL 73/78 και OPA 90*

## ***Γ.1 Σύμβαση Marpol***

Τη σημερινή εποχή η MARPOL που έχει σαν μεγάλο και κύριο στόχο την ελαχιστοποίηση της ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος, κατηγοριοποιείται σε έξι κεφάλαια-παραρτήματα:

- *Παράρτημα 1:* Κανονισμοί για πρόληψη της ρύπανσης από πετρέλαιο (Annex 1: Regulations for the Prevention of Pollution by Oil). Τέθηκε σε εφαρμογή στις 2 Οκτωβρίου του 1983.
- *Παράρτημα 2:* Κανονισμοί για έλεγχο της ρύπανσης από δηλητηριώδεις ρευστές ουσίες σε χύδην μορφή (Annex 2: Regulations for the Control of Pollution by Noxious Liquid Substances in Bulk). Τέθηκε σε εφαρμογή στις 2 Οκτωβρίου του 1983.
- *Παράρτημα 3:* Πρόληψη της ρύπανσης από βλαβερές ουσίες οι οποίες μεταφέρονται στη θάλασσα σε συσκευασμένη μορφή (Annex 3: Prevention of Pollution by Harmful Substances Carried by Sea in Packaged Form). Τέθηκε σε εφαρμογή την 1 Ιουλίου του 1992.
- *Παράρτημα 4:* Πρόληψη της ρύπανσης από λύματα των πλοίων (Annex 4: Prevention of Pollution by Sewage from Ships). Δεν έχει τεθεί ακόμη σε εφαρμογή.
- *Παράρτημα 5:* Πρόληψη της ρύπανσης από απορρίμματα των πλοίων (Annex 5: Prevention of Pollution by Garbage from Ships). Τέθηκε σε εφαρμογή στις 31 Δεκεμβρίου του 1988.
- *Παράρτημα 6:* Πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης των πλοίων (Annex 6: Prevention of Air Pollution from Ships). Δεν έχει τεθεί ακόμη σε εφαρμογή

### Γ.1.1 Κανονισμός 19 της MARPOL

Ο κανονισμός 19 μαζί με τον 20 παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον από τη MARPOL. Τέθηκαν σε εφαρμογή τον Ιούλιο του 1993 και αναφέρονται στην εσωτερική διαρρύθμιση των δεξαμενών (τύποι Double Hull και Mid-Deck). Ο 19 αναφέρεται σε νεότευκτα πλοία άνω των 600 t DWT ενώ ο 20 σε υπάρχοντα δεξαμενόπλοια αργού πετρελαίου άνω των 20.000 t DWT και σε Product Carriers άνω των 30.000 t DWT.

#### Δεξαμενόπλοια με $DWT \geq 5.000 t$

1. Πλευρικές Δεξαμενές: Κάθε νέο δεξαμενόπλοιο αυτής της κατηγορίας πρέπει να διαθέτει πλευρικές δεξαμενές οι οποίες εκτείνονται καθ' όλο το ύψος του βυθίσματος της πλευράς του πλοίου, ή από το διπύθμενο μέχρι το ανώτατο κατάστρωμα. Το πλάτος τους  $w$  δεν πρέπει να είναι λιγότερο από το μικρότερο των:

$$w = \left( 0,5 + \frac{DWT}{20.000} \right) m \quad \text{και} \quad w = 2,0 m$$

Το ελάχιστο επιτρεπόμενο πλάτος είναι 1,0 m.

2. Διπύθμενα: Ύψος  $h$  όχι λιγότερο από το μικρότερο των:

$$h = \left( \frac{B}{15} \right) m \quad \text{και} \quad h = 2,0 m$$

Το ελάχιστο επιτρεπόμενο ύψος διπυθμένου είναι 1,0 m.

3. Περιοχή Καμπυλότητας: Αν οι αποστάσεις  $h$  και  $w$  είναι διαφορετικές, τότε θα πρέπει να χρησιμοποιείται η απόσταση  $w$  σε ύψη μεγαλύτερα του  $1,5h$  πάνω από τη Baseline.

4. Συνολική Χωρητικότητα Δεξαμενών Έρματος: Για δεξαμενόπλοια αργού πετρελαίου άνω των 20.000 t και δεξαμενόπλοια προϊόντων πετρελαίου άνω των 30.000 t, η συνολική χωρητικότητα των πλευρικών δεξαμενών, των χώρων διπυθμένου, καθώς και των δεξαμενών forepeak και afterpeak δεν πρέπει να είναι μικρότερη από τη χωρητικότητα των δεξαμενών διαχωρισμένου έρματος (Segregated Water Ballast) που απαιτείται για την ικανοποίηση των παρακάτω τριών απαιτήσεων (του κανονισμού 19) που αναφέρονται στην κατάσταση ερματισμού:

- Το βύθισμα στο μέσο δεν πρέπει να είναι ποτέ μικρότερο από  $d_m=2,0 + 0,02L$ .
- Η μέγιστη πρυμναία διαγωγή δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0,015L.
- Σε οποιαδήποτε κατάσταση φόρτωσης και σε οποιαδήποτε φάση ταξιδιού η έλικά πρέπει να είναι βυθισμένη.

Η κατανομή των πλευρικών δεξαμενών και των διπυθμένων πρέπει να είναι ομοιόμορφη, με παράλληλη διάταξη προς τις δεξαμενές φορτίου. Αν απαιτείται επιπλέον ποσότητα διαχωρισμένου έρματος για μείωση διαμήκων καμπτικών τάσεων, επίτευξης διαγωγής κλπ, μπορούν να τοποθετηθούν δεξαμενές σε οποιοδήποτε σημείο του πλοίου.

Όσον αφορά τις σωληνώσεις του δικτύου έρματος, εξαερισμού και μέτρησης των δεξαμενών έρματος, δεν πρέπει να διέρχονται μέσα από δεξαμενές φορτίου και αντίστροφα.

5. Άλλες Απαιτήσεις για τα Διπύθμενα: Διπύθμενα όπως τα παραπάνω δεν απαιτούνται αν η σχεδίαση του δεξαμενοπλοίου είναι τέτοια ώστε η πίεση που ασκείται στο έλασμα του πυθμένα λόγω φορτίου και αερίων δεν υπερβαίνει την εξωτερική υδροστατική πίεση που εκφράζεται με την εξής σχέση:

$$f \cdot h_c \cdot \rho_c \cdot g + 100 \cdot \delta(p) \leq d_n \cdot \rho_s \cdot g$$

Όπου:

f: αδιάστατος συντελεστής ασφαλείας ίσος με 1,1

$h_c$ : το ύψος του φορτίου σε επαφή με το έλασμα του πυθμένα (m)

$\rho_c$ : η πυκνότητα του φορτίου ( $t/m^3$ )

g: επιτάχυνση της βαρύτητας ( $=9,81 \text{ m/sec}^2$ )

$\delta(p)$ : η μέγιστη ρυθμισμένη πίεση βαλβίδων υπερπίεσης στις δεξαμενές φορτίου (bar)

$d_n$ : το ελάχιστο βύθισμα λειτουργίας

$\rho_c$ : η πυκνότητα του θαλασσινού νερού ( $t/m^3$ )

Αν είναι απαραίτητη οποιαδήποτε οριζόντια υποδιαίρεση για να ικανοποιηθεί αυτή η απαίτηση, πρέπει να τοποθετείται σε ύψος όχι λιγότερο από  $B/6$  ή 6 m (όποιο είναι μικρότερο), αλλά όχι και περισσότερο από  $0,6D$  πάνω από τη Baseline. Για ύψος πάνω από αυτή μικρότερο του  $1,5h$ , το όριο της δεξαμενής φορτίου μπορεί να τελειώνει και κάθετα προς το έλασμα του πυθμένα.

6. Ισοδυναμία Εναλλακτικών Σχεδιαστικών Λύσεων: Άλλες μέθοδοι σχεδίασης και κατασκευής δεξαμενοπλοίων που εξασφαλίζουν τουλάχιστον το ίδιο επίπεδο προστασίας του περιβάλλοντος σε περίπτωση σύγκρουσης ή προσάραξης (όσον αφορά την προστασία από την εκροή πετρελαίου) με αυτό που προδιαγράφεται στον κανονισμό 19, μπορούν να εγκριθούν σαν ισοδύναμες λύσεις, μέσω εφαρμογής της οδηγίας IMO, στην οποία περιγράφεται η μεθοδολογία εξέτασης αυτών των εναλλακτικών λύσεων.

7. Κριτήριο Ευστάθειας έναντι Βλάβης λόγω Διάτρησης Πυθμένα (Raking Damage): Για τον κανονισμό 28.2.1-28.2.5 που περιγράφει τις απαιτήσεις ευστάθειας δεξαμενοπλοίων μετά από βλάβη, ισχύουν και τα παρακάτω, μόνο για Tankers με  $DWT \geq 20.000 \text{ t}$ :

### Διαμήκης Έκταση της Βλάβης:

- Άνω των 75.000 t DWT η διαμήκης εξέταση της βλάβης λαμβάνεται ίση με 0,6L μετρούμενη από την προωαία κάθετο.
- Κάτω των 75.000 t DWT η παραπάνω έκταση της βλάβης επιλέγεται ίση με 0,4L (και πάλι από την προωαία κάθετο).

### Εγκάρσια Έκταση της Βλάβης

- Και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις η εγκάρσια έκταση βλάβης είναι B/3 οπουδήποτε στον πυθμένα.

### Κατακόρυφη Έκταση της Βλάβης

- Μόνο διάτρηση του εξωτερικού ελάσματος της γάστρας

8. Άλλες Απαιτήσεις: Δεν επιτρέπεται να μεταφέρεται πετρέλαιο αποθηκευμένο σε χώρο μπροστά από την προωαία φρακτή.

### Ειδικές Απαιτήσεις για Δεξαμενόπλοια με $DWT \leq 5.000 t$

1. Διπύθμενα: Τα πλοία αυτά πρέπει να διαθέτουν, κατ' ελάχιστο, διπύθμενα ή χώρους που έχουν τόσο ύψος ώστε να ικανοποιείται η παρακάτω σχέση:

$$h = \left( \frac{B}{15} \right) m \text{ με ελάχιστη τιμή } h = 0,76 m$$

Στην περιοχή καμπυλότητας το όριο της δεξαμενής φορτίου πρέπει να είναι παράλληλο προς τη γραμμή του επίπεδου πυθμένα της μέσης τομής.

2. Πλευρικά Τοιχώματα: Η χωρητικότητα κάθε δεξαμενής δε μπορεί να υπερβαίνει τα 700 m<sup>3</sup> αν υπάρχουν πλευρικές δεξαμενές με πλάτος τουλάχιστον:

$$w = \left( 0,4 + \frac{2,4 \cdot DWT}{20.000} \right) m \text{ με ελάχιστη τιμή } w = 0,76 m$$

## Γ.2 Κανονισμός OPA 90

Η προσάραξη του Exxon Valdez στις 23 Μαρτίου 1989 στον πορθμό του Prince William της Αλάσκας είχε σαν συνέπεια τη μεγάλη περιβαλλοντική καταστροφή για το οικοσύστημα της περιοχής, καθώς και την ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης, των οποίων απόρροια ήταν η υιοθέτηση και εφαρμογή του κανονισμού U.S Oil Pollution Act of 1990 (OPA 90), στις 18 Αυγούστου του 1990. Στόχος του κανονισμού ήταν η όσο το δυνατόν μείωση τέτοιων ατυχημάτων με την εφαρμογή προληπτικών μέτρων, όπως αλλαγές στη σχεδίαση και λειτουργία των δεξαμενοπλοίων καθώς και μείωση των συνεπειών των πετρελαιοκηλίδων με συντονισμένες ενέργειες των αρμόδιων αρχών. Σε συγκεκριμένα σημεία του κανονισμού διευκρινίζεται ποια πλοία μπορούν να κινούνται στα χωρικά ύδατα των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (Η.Π.Α) μεταφέροντας πετρέλαιο, καθώς επίσης καθιερώνονται αυστηρότερα πρότυπα πιστοποίησης κι επιθεώρησης πλοίων. Τέλος ο κανονισμός αυτός δεν αναφέρεται μόνο στα ατυχήματα των δεξαμενοπλοίων, αλλά αποτελεί μια περιεκτική αναφορά θεσπισμένων νομοθεσιών καλύπτοντας έτσι τα υπάρχοντα κενά τους.

Ο κανονισμός OPA περιλαμβάνει εννέα κεφάλαια:

- *Κεφάλαιο 1*: Ευθύνες και αποζημιώσεις για ρύπανση από πετρέλαιο (Oil Pollution Liability and Compensation). Στο κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνονται οι ορισμοί που χρησιμοποιούνται στον κανονισμό, καταστρώνεται σχέδιο ευθύνης κι αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδων, προσφέρεται βοήθεια από το Ίδρυμα Υπευθυνότητας Πετρελαιοκηλίδων (Oil Spill Liability Trust Fund) και οριοθετούνται οι απατήσεις των διεκδικήσεων.

- *Κεφάλαιο 2:* Προσαρμοσμένες τροποποιήσεις (Conforming Amendments). Στο κεφάλαιο αυτό γίνονται προσαρμοσμένες τροποποιήσεις στις προηγούμενες νομοθεσίες Clean Water Act, High Seas Act, Deepwater Port Act and Outer Continental Shelf Lands Act.
- *Κεφάλαιο 3:* Διεθνής πρόληψη της ρύπανσης από πετρέλαιο και αναθεώρηση (International Oil Pollution Prevention and Removal). Στο κεφάλαιο αυτό εκφράζεται η άποψη του συνεδρίου για συμμετοχή σε διεθνείς επιτροπές πρόληψης της ρύπανσης και προτείνει την έναρξη συζητήσεων με τον Καναδά για προστασία των περιοχών Great Lakes, Lake Champlain και Puget Sound.
- *Κεφάλαιο 4:* Πρόληψη και αναθεώρηση (Prevention and Removal). Το κεφάλαιο αυτό αναφέρεται στην έκδοση πιστοποιητικών με αυστηρότερα κριτήρια, αναβάθμιση προτύπων πλοήγησης και ναυσιπλοΐας, ενημέρωση των πληρωμάτων και καθιέρωση των δεξαμενοπλοίων διπλών τοιχωμάτων στα χωρικά ύδατα των Η.Π.Α. Οι ομοσπονδιακές επιτροπές αναθεωρούν το εθνικό σύστημα αντιμετώπισης εκτάκτων αναγκών, ενώ η κυβέρνηση έχει το δικαίωμα επιβολής αυστηρότερων ποινικών και οικονομικών κυρώσεων.
- *Κεφάλαιο 5:* Προληπτικές οδηγίες για το Prince William Sound (Prince William Sound Provisions). Στο κεφάλαιο αυτό περιέχονται προληπτικές οδηγίες για την περιοχή Prince William Sound ώστε να αποφευχθούν παρόμοιες μελλοντικές πετρελαιοκηλίδες.
- *Κεφάλαιο 6:* Στο κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνονται γενικές οδηγίες (Miscellaneous).
- *Κεφάλαιο 7:* Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται τα χαρακτηριστικά ενός ερευνητικού προγράμματος που αφορά τη ρύπανση από πετρέλαιο (Oil Pollution Research and Development Program).



- *Κεφάλαιο 8:* Στο κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνονται οδηγίες για τον αγωγό πετρελαίου της Αλάσκας και πρόληψη της ρύπανσης στην ευρύτερη περιοχή (Trans-Alaska Pipeline System).
- *Κεφάλαιο 9:* Με το κεφάλαιο αυτό τα ιδρύματα ρύπανσης που προϋπήρχαν, μεταφέρονται στο Ίδρυμα Υπευθυνότητας Πετρελαιοκηλίδων το οποίο ίδρυσε ο κανονισμός (Amendments to Oil Spill Liability Trust Fund, etc).

***Παράρτημα Δ:***  
*Πιθανότητες Εκροής και Ποσότητες Χαμένου Πετρελαίου*

1. *Περίπτωση Πλευρικού Ρήγματος (Σύγκρουση με άλλο πλοίο)*

<b>Longitudinal Location (step=0,1L)</b>						
	min	max	midpoint	midpoint	PROBABILITY	
X <sub>1</sub>	0,0L	0,1L	0,05L	11,55	0,10000	
X <sub>2</sub>	0,1L	0,2L	0,15L	34,65	0,10000	
X <sub>3</sub>	0,2L	0,3L	0,25L	57,75	0,10000	
X <sub>4</sub>	0,3L	0,4L	0,35L	80,85	0,10000	
X <sub>5</sub>	0,4L	0,5L	0,45L	103,95	0,10000	
X <sub>6</sub>	0,5L	0,6L	0,55L	127,05	0,10000	
X <sub>7</sub>	0,6L	0,7L	0,65L	150,15	0,10000	
X <sub>8</sub>	0,7L	0,8L	0,75L	173,25	0,10000	
X <sub>9</sub>	0,8L	0,9L	0,85L	196,35	0,10000	
X <sub>10</sub>	0,9L	1,0L	0,95L	219,45	0,10000	
					SUM=	1,00000

<b>Longitudinal Extent (step=0,1L)</b>						
	min	max	midpoint	midpoint	PROBABILITY	
Y <sub>1</sub>	0,0L	0,1L	0,05L	11,55	0,77250	
Y <sub>2</sub>	0,1L	0,2L	0,15L	34,65	0,19250	
Y <sub>3</sub>	0,2L	0,3L	0,25L	57,75	0,03500	
					SUM=	1,00000

<b>Transverse Penetration (step=0,05L)</b>						
	min	max	midpoint	midpoint	PROBABILITY	
Z <sub>1</sub>	0,0B	0,05B	0,025B	0,805	0,74900	
Z <sub>2</sub>	0,05B	0,10B	0,075B	2,415	0,13900	
Z <sub>3</sub>	0,10B	0,15B	0,125B	4,025	0,02800	
Z <sub>4</sub>	0,15B	0,20B	0,175B	5,635	0,02800	
Z <sub>5</sub>	0,20B	0,25B	0,225B	7,245	0,02800	
Z <sub>6</sub>	0,25B	0,30B	0,275B	8,855	0,02800	
					SUM=	1,00000

<b>SIDE DAMAGE</b>				
<b>COMPARMENT GROUPINGS</b>		<b>OIL OUTFLOW</b>	<b>PROBABILITY</b>	<b>CUMULATIVE PROBABILITY</b>
1)	A.P+E.R	0,00	0,09650	0,09650
2)	A.P+E.R+WB7	0,00	0,00524	0,10174
3)	E.R+WB7	0,00	0,07228	0,17402
4)	E.R+WB7+WB6	0,00	0,00262	0,17664
5)	WB7	0,00	0,05786	0,23450
6)	WB7+WB6	0,00	0,01442	0,24892
7)	WB7+WB6+WB5	0,00	0,01704	0,26596
8)	WB6	0,00	0,05786	0,32382
9)	WB6+WB5+WB4	0,00	0,01704	0,34086
10)	WB5	0,00	0,05786	0,39872
11)	WB5+WB4	0,00	0,01442	0,41314
12)	WB5+WB4+WB3	0,00	0,00262	0,41576
13)	WB4	0,00	0,05786	0,47362
14)	WB4+WB3	0,00	0,07228	0,54590
15)	WB4+WB3+WB2	0,00	0,00262	0,54852
16)	WB4+WB3+WB2+WB1	0,00	0,00262	0,55114
17)	WB3+WB2	0,00	0,07228	0,62342
18)	WB3+WB2+WB1+F.P	0,00	0,00262	0,62604
19)	WB2+WB1	0,00	0,07228	0,69832
20)	WB2+WB1+F.P	0,00	0,00262	0,70094
21)	WB1+F.P	0,00	0,07228	0,77322
22)	WB1+CO1+F.P	4416,75	0,02422	0,79744

23)	WB6+CO6	5870,29	0,01939	0,81683
24)	WB5+CO5	5870,29	0,01939	0,83622
25)	WB4+CO4	5870,29	0,01939	0,85561
26)	A.P+E.R+CO7+WB7	6895,61	0,00176	0,85737
27)	E.R+CO7+WB7	6895,61	0,02422	0,88159
28)	WB7+CO7	6895,61	0,01939	0,90098
29)	WB2+WB1+CO2+CO1	10287,04	0,02422	0,92520
30)	WB2+WB1+CO2+CO1+F.P	10287,04	0,00088	0,92608
31)	WB5+WB4+CO5+CO4	11740,58	0,00483	0,93091
32)	WB4+WB3+CO4+CO3	11740,58	0,02422	0,95513
33)	WB3+WB2+CO3+CO2	11740,58	0,02422	0,97936
34)	E.R+WB7+WB6+CO7+CO6	12765,90	0,00088	0,98023
35)	WB7+WB6+CO7+CO6	12765,90	0,00483	0,98507
36)	WB3+WB2+WB1+CO3+ CO2+CO1+F.P	16157,33	0,00088	0,98594
37)	WB6+WB5+WB4+CO6+ CO5+CO4	17610,86	0,00571	0,99165
38)	WB5+WB4+WB3+CO5+ CO4+CO3	17610,86	0,00088	0,99253
39)	WB4+WB3+WB2+CO4+ CO3+CO2	17610,86	0,00088	0,99341
40)	WB7+WB6+WB5+CO7+ CO6+CO5	18636,18	0,00571	0,99912
41)	WB4+WB3+WB2+WB1+CO4+ CO3+CO2+CO1	22027,62	0,00088	1,00000
		<b>TOTAL=</b>	<b>1,00000</b>	

<b>SIDE DAMAGE</b>				
<b>COMPARMENT GROUPINGS</b>		<b>MEAN OIL OUTFLOW</b>	<b>PROBABILITY (P<sub>ie</sub>)</b>	<b>EXTREME OUTFLOW</b>
1)	A.P+E.R	0,00		
2)	A.P+E.R+WB7	0,00		
3)	E.R+WB7	0,00		
4)	E.R+WB7+WB6	0,00		
5)	WB7	0,00		
6)	WB7+WB6	0,00		
7)	WB7+WB6+WB5	0,00		
8)	WB6	0,00		
9)	WB6+WB5+WB4	0,00		
10)	WB5	0,00		
11)	WB5+WB4	0,00		
12)	WB5+WB4+WB3	0,00		
13)	WB4	0,00		
14)	WB4+WB3	0,00		
15)	WB4+WB3+WB2	0,00		
16)	WB4+WB3+WB2+WB1	0,00		
17)	WB3+WB2	0,00		
18)	WB3+WB2+WB1+F.P	0,00		
19)	WB2+WB1	0,00		
20)	WB2+WB1+F.P	0,00		
21)	WB1+F.P	0,00		
22)	WB1+CO1+F.P	106,98		

23)	WB6+CO6	113,82		
24)	WB5+CO5	113,82		
25)	WB4+CO4	113,82		
26)	A.P+E.R+CO7+WB7	12,12		
27)	E.R+CO7+WB7	167,02		
28)	WB7+CO7	133,70	0,00098	67,61
29)	WB2+WB1+CO2+CO1	249,17	0,02422	2491,68
30)	WB2+WB1+CO2+CO1+F.P	9,04	0,00088	90,37
31)	WB5+WB4+CO5+CO4	56,73	0,00483	567,28
32)	WB4+WB3+CO4+CO3	284,37	0,02422	2843,74
33)	WB3+WB2+CO3+CO2	284,37	0,02422	2843,74
34)	E.R+WB7+WB6+CO7+CO6	11,21	0,00088	112,15
35)	WB7+WB6+CO7+CO6	61,68	0,00483	616,82
36)	WB3+WB2+WB1+CO3+ CO2+CO1+F.P	14,19	0,00088	141,94
37)	WB6+WB5+WB4+ CO6+CO5+CO4	100,56	0,00571	1005,62
38)	WB5+WB4+WB3+ CO5+CO4+CO3	15,47	0,00088	154,71
39)	WB4+WB3+WB2+ CO4+CO3+CO2	15,47	0,00088	154,71
40)	WB7+WB6+WB5+ CO7+CO6+CO5	106,42	0,00571	1064,17
41)	WB4+WB3+WB2+WB1+ CO4+CO3+CO2+CO1	19,35	0,00088	193,51
		<b>1989,34</b>	<b>0,10000</b>	<b>12348,06</b>

2. *Περίπτωση Ρήγματος στον Πυθμένα (0 meter tide)*

<b>Longitudinal Location (step=0,1L)</b>						
	min	max	midpoint	midpoint	PROBABILITY	
X <sub>1</sub>	0,0L	0,1L	0,05L	11,55	0,10000	
X <sub>2</sub>	0,1L	0,2L	0,15L	34,65	0,10000	
X <sub>3</sub>	0,2L	0,3L	0,25L	57,75	0,10000	
X <sub>4</sub>	0,3L	0,4L	0,35L	80,85	0,10000	
X <sub>5</sub>	0,4L	0,5L	0,45L	103,95	0,10000	
X <sub>6</sub>	0,5L	0,6L	0,55L	127,05	0,10000	
X <sub>7</sub>	0,6L	0,7L	0,65L	150,15	0,10000	
X <sub>8</sub>	0,7L	0,8L	0,75L	173,25	0,10000	
X <sub>9</sub>	0,8L	0,9L	0,85L	196,35	0,10000	
X <sub>10</sub>	0,9L	1,0L	0,95L	219,45	0,10000	
					SUM=	1,00000

<b>Longitudinal Extent (step=0,1L)</b>						
	min	max	midpoint	midpoint	PROBABILITY	
Y <sub>1</sub>	0,0L	0,1L	0,05L	11,55	0,38330	
Y <sub>2</sub>	0,1L	0,2L	0,15L	34,65	0,25000	
Y <sub>3</sub>	0,2L	0,3L	0,25L	57,75	0,11670	
Y <sub>4</sub>	0,3L	0,4L	0,35L	80,85	0,05000	
Y <sub>5</sub>	0,4L	0,5L	0,45L	103,95	0,05000	
Y <sub>6</sub>	0,5L	0,6L	0,55L	127,05	0,05000	
Y <sub>7</sub>	0,6L	0,7L	0,65L	150,15	0,05000	
Y <sub>8</sub>	0,7L	0,8L	0,75L	173,25	0,05000	
					SUM=	1,00000

<b>Transverse Penetration (step=0,05L)</b>						
	min	max	midpoint	midpoint	PROBABILITY	
Z <sub>1</sub>	0,0D	0,05D	0,025D	0,48055	0,55750	
Z <sub>2</sub>	0,05D	0,10D	0,075D	1,44165	0,22250	
Z <sub>3</sub>	0,10D	0,15D	0,125D	2,40275	0,05500	
Z <sub>4</sub>	0,15D	0,20D	0,175D	3,36385	0,05500	
Z <sub>5</sub>	0,20D	0,25D	0,225D	4,32495	0,05500	
Z <sub>6</sub>	0,25D	0,30D	0,275D	5,28605	0,05500	
					SUM=	1,00000



**BOTTOM DAMAGE (0 METER TIDE)**

	<b>COMPARMENT GROUPINGS</b>	<b>OIL OUTFLOW</b>	<b>PROBABILITY</b>	<b>CUMULATIVE PROBABILITY</b>
1)	AP+ER	0,00	0,01520	0,01520
2)	A.P+E.R+WB7(P,S)	0,00	0,00697	0,02217
3)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)	0,00	0,00437	0,02654
4)	E.R+WB7(P,S)	0,00	0,01581	0,04234
5)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)	0,00	0,00499	0,04734
6)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)	0,00	0,00593	0,05326
7)	WB7(P,S)	0,00	0,01196	0,06522
8)	WB7(P,S)+WB6(P,S)	0,00	0,00780	0,07302
9)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)	0,00	0,00364	0,07666
10)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)	0,00	0,00156	0,07822
11)	WB6(P,S)	0,00	0,01435	0,09257
12)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)	0,00	0,01373	0,10630
13)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)	0,00	0,00406	0,11036
14)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)	0,00	0,00374	0,11410
15)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)	0,00	0,00374	0,11785
16)	WB5(P,S)	0,00	0,01674	0,13459
17)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)	0,00	0,01602	0,15061
18)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)	0,00	0,00437	0,15498
19)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00	0,00437	0,15934
20)	WB4(P,S)	0,00	0,02392	0,18326
21)	WB5(P,S)+WB4(P,S)	0,00	0,01560	0,19886
22)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)	0,00	0,00728	0,20614
23)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)	0,00	0,00312	0,20926
24)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00	0,00312	0,21238
25)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00	0,00312	0,21550
26)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)	0,00	0,00624	0,22174

27)	WB4(P,S)+WB3(P,S)	0,00	0,05928	0,28102
28)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00	0,01092	0,29194
29)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00	0,00468	0,29662
30)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)	0,00	0,00468	0,30130
31)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)	0,00	0,00468	0,30598
32)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P	0,00	0,01092	0,31690
33)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P	0,00	0,00468	0,32158
34)	WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00	0,07904	0,40062
35)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)	0,00	0,02080	0,42142
36)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P	0,00	0,04836	0,46978
37)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P	0,00	0,02028	0,49006
38)	WB2(P,S)+WB1(P,S)	0,00	0,09879	0,58886
39)	WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P	0,00	0,04473	0,63358
40)	WB1(P,S)+F.P	0,00	0,11855	0,75214
41)	WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P	0,00	0,03121	<b>0,78334</b>
42)	WB1(P,S)+F.P+CO1	2133,23	0,03344	0,81678
43)	WB6(P,S)+CO6	2307,19	0,00405	0,82083
44)	WB5(P,S)+CO5	2307,19	0,00472	0,82555
45)	WB4(P,S)+CO4	2307,19	0,00675	0,83230
46)	A.P+E.R+WB7(P,S)+CO7	2719,18	0,00197	0,83426
47)	E.R+WB7(P,S)+CO7	2719,18	0,00446	0,83872
48)	WB7(P,S)+CO7	2719,18	0,00337	0,84210
49)	WB2(P,S)+WB1(P,S)+CO2+CO1	4440,42	0,02787	0,86996
50)	WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P+CO1+CO2	4440,42	0,00880	0,87876
51)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+CO5+CO4	4614,37	0,00440	0,88316

52)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+CO4+CO3	4614,37	0,01672	0,89988
53)	WB3(P,S)+WB2(P,S)+CO3+CO2	4614,37	0,02229	0,92217
54)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+CO7+CO6	5026,37	0,00123	0,92341
55)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+CO7+CO6	5026,37	0,00103	0,92443
56)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+CO7+CO6	5026,37	0,00220	0,92663
57)	WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P+ CO3+CO2+CO1	6747,60	0,01261	0,93925
58)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+ CO6+CO5+CO4	6921,56	0,00452	0,94377
59)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+ CO5+CO4+CO3	6921,56	0,00205	0,94582
60)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+ CO4+CO3+CO2	6921,56	0,00308	0,94890
61)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+CO7+CO6+CO5	7333,56	0,00141	0,95031
62)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+CO7+CO6+CO5	7333,56	0,00044	0,95075
63)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+ CO7+CO6+CO5	7333,56	0,00387	0,95462
64)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)+ CO4+CO3+CO2+CO1	9054,79	0,00587	0,96049
65)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P+ CO4+CO3+CO2+CO1	9054,79	0,01364	0,97413
66)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+CO6+CO5+CO4+CO3	9228,74	0,00088	0,97501
67)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+ CO5+CO4+CO3+CO2	9228,74	0,00132	0,97633
68)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+ WB4(P,S)+CO7+CO6+CO5+CO4	9640,74	0,00167	0,97800
69)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ CO7+CO6+CO5+CO4	9640,74	0,00106	0,97906
70)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ CO7+CO6+CO5+CO4	9640,74	0,00114	0,98020

71)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+CO5+CO4+CO3+CO2+CO1	11361,98	0,00132	0,98152
72)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+ F.P+CO5+CO4+CO3+CO2+CO1	11361,98	0,00572	0,98724
73)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ CO6+CO5+CO4+CO3+CO2	11535,93	0,00088	0,98812
74)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ CO7+CO6+CO5+CO4+CO3	11947,93	0,00106	0,98918
75)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ CO7+CO6+CO5+CO4+CO3	11947,93	0,00123	0,99041
76)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+ CO6+CO5+CO4+CO3+CO2+CO1	13669,16	0,00132	0,99173
77)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P+ CO6+CO5+CO4+CO3+CO2+CO1	13669,16	0,00308	0,99481
78)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ CO7+CO6+CO5+CO4+CO3+CO2	14255,11	0,00123	0,99604
79)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ CO7+CO6+CO5+CO4+CO3+CO2	14255,11	0,00088	0,99692
80)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+CO7+ CO6+CO5+ CO4+CO3+CO2+CO1	16388,34	0,00176	0,99868
81)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)+ F.P+CO7+ CO6+CO5+CO4+CO3+CO2+CO1	16388,34	0,00132	1,00000
		TOTAL=	1,00000	

<b>BOTOM DAMAGE (0 meter tide)</b>				
<b>COMPARMENT GROUPINGS</b>		<b>MEAN OIL OUTFLOW</b>	<b>PROBABILITY (P<sub>ie</sub>)</b>	<b>EXTREME OUTFLOW</b>
1)	AP+ER	0,00		
2)	A.P+E.R+WB7(P,S)	0,00		
3)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)	0,00		
4)	E.R+WB7(P,S)	0,00		
5)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)	0,00		
6)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)	0,00		
7)	WB7(P,S)	0,00		
8)	WB7(P,S)+WB6(P,S)	0,00		
9)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)	0,00		
10)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)	0,00		
11)	WB6(P,S)	0,00		
12)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)	0,00		
13)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)	0,00		
14)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)	0,00		
15)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)	0,00		
16)	WB5(P,S)	0,00		
17)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)	0,00		
18)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)	0,00		
19)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00		
20)	WB4(P,S)	0,00		
21)	WB5(P,S)+WB4(P,S)	0,00		
22)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)	0,00		
23)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)	0,00		
24)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00		

25)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00		
26)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)	0,00		
27)	WB4(P,S)+WB3(P,S)	0,00		
28)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00		
29)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00		
30)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)	0,00		
31)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)	0,00		
32)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P	0,00		
33)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P	0,00		
34)	WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00		
35)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)	0,00		
36)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P	0,00		
37)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P	0,00		
38)	WB2(P,S)+WB1(P,S)	0,00		
39)	WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P	0,00		
40)	WB1(P,S)+F.P	0,00		
41)	WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P	0,00		
42)	WB1(P,S)+F.P+CO1	71,33		
43)	WB6(P,S)+CO6	9,34		
44)	WB5(P,S)+CO5	10,90		
45)	WB4(P,S)+CO4	15,56		
46)	A.P+E.R+WB7(P,S)+CO7	5,35		
47)	E.R+WB7(P,S)+CO7	12,12		

48)	WB7(P,S)+CO7	9,17		
49)	WB2(P,S)+WB1(P,S)+ CO2+CO1	123,73		
50)	WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P+ CO1+CO2	39,08		
51)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ CO5+CO4	20,30		
52)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ CO4+CO3	77,15		
53)	WB3(P,S)+WB2(P,S)+ CO3+CO2	102,86	0,02217	1023,17
54)	A.P+E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+CO7+CO6	6,19	0,00123	61,92
55)	E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+CO7+CO6	5,16	0,00103	51,62
56)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ CO7+CO6	11,06	0,00220	110,58
57)	WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+ F.P+CO3+CO2+CO1	85,12	0,01261	851,20
58)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+CO6+ CO5+CO4	31,27	0,00452	312,70
59)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+CO5+ CO4+CO3	14,22	0,00205	142,16
60)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+ CO4+CO3+CO2	21,32	0,00308	213,24
61)	A.P+E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+WB5(P,S)+ CO7+CO6+CO5	10,33	0,00141	103,26
62)	E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+WB5(P,S)+ CO7+CO6+CO5	3,23	0,00044	32,27
63)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+CO7+ CO6+CO5	28,40	0,00387	283,98
64)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+ WB1(P,S)+CO4+ CO3+CO2+CO1	53,13	0,00587	531,32
65)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P+ CO4+CO3+ CO2+CO1	123,51	0,01364	1235,07
66)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ CO6+CO5+ CO4+CO3	8,12	0,00088	81,21

67)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+ WB2(P,S)+CO5+ CO4+CO3+CO2	12,18	0,00132	121,82
68)	A.P+E.R+WB7(P,S ) +WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ CO7+CO6+CO5+CO4	16,12	0,00167	161,19
69)	E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ CO7+CO6 +CO5+CO4	10,18	0,00106	101,81
70)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+ WB4(P,S)+CO7+CO6+ CO5+CO4	11,03	0,00114	110,29
71)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+ CO5+CO4+ CO3+CO2+CO1	15,00	0,00132	149,98
72)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+ F.P+CO5+CO4+ CO3+CO2+CO1	64,99	0,00572	649,90
73)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ CO6+CO5+ CO4+CO3+CO2	10,15	0,00088	101,52
74)	A.P+E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+CO7+ CO6+CO5+CO4+CO3	12,62	0,00106	126,17
75)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ CO7+CO6+CO5+ CO4+CO3	14,72	0,00123	147,20
76)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+CO6+ CO5+CO4+CO3+ CO2+CO1	18,04	0,00132	180,43
77)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P+ CO6+CO5+ CO4+CO3+ CO2+CO1	42,10	0,00308	421,01
78)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+CO7+ CO6+CO5+	17,56	0,00123	175,62



	CO4+CO3+CO2			
79)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ CO7+CO6+CO5+ CO4+CO3+CO2	12,54	0,00088	125,44
80)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+CO7+ CO6+CO5+ CO4+CO3+ CO2+CO1	28,84	0,00176	288,43
81)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P+ CO7+CO6+CO5+ CO4+CO3+ CO2+CO1	21,63	0,00132	216,33
		<b>1205,67</b>	<b>0,10000</b>	<b>8110,86</b>

3. *Περίπτωση Ρήγματος στον Πυθμένα (2 meter tide)*

<b>Longitudinal Location (step=0,1L)</b>						
	min	max	midpoint	midpoint	PROBABILITY	
X <sub>1</sub>	0,0L	0,1L	0,05L	11,55	0,10000	
X <sub>2</sub>	0,1L	0,2L	0,15L	34,65	0,10000	
X <sub>3</sub>	0,2L	0,3L	0,25L	57,75	0,10000	
X <sub>4</sub>	0,3L	0,4L	0,35L	80,85	0,10000	
X <sub>5</sub>	0,4L	0,5L	0,45L	103,95	0,10000	
X <sub>6</sub>	0,5L	0,6L	0,55L	127,05	0,10000	
X <sub>7</sub>	0,6L	0,7L	0,65L	150,15	0,10000	
X <sub>8</sub>	0,7L	0,8L	0,75L	173,25	0,10000	
X <sub>9</sub>	0,8L	0,9L	0,85L	196,35	0,10000	
X <sub>10</sub>	0,9L	1,0L	0,95L	219,45	0,10000	
					SUM=	1,00000

<b>Longitudinal Extent (step=0,1L)</b>						
	min	max	midpoint	midpoint	PROBABILITY	
Y <sub>1</sub>	0,0L	0,1L	0,05L	11,55	0,38330	
Y <sub>2</sub>	0,1L	0,2L	0,15L	34,65	0,25000	
Y <sub>3</sub>	0,2L	0,3L	0,25L	57,75	0,11670	
Y <sub>4</sub>	0,3L	0,4L	0,35L	80,85	0,05000	
Y <sub>5</sub>	0,4L	0,5L	0,45L	103,95	0,05000	
Y <sub>6</sub>	0,5L	0,6L	0,55L	127,05	0,05000	
Y <sub>7</sub>	0,6L	0,7L	0,65L	150,15	0,05000	
Y <sub>8</sub>	0,7L	0,8L	0,75L	173,25	0,05000	
					SUM=	1,00000

<b>Transverse Penetration (step=0,05L)</b>						
	min	max	midpoint	midpoint	PROBABILITY	
Z <sub>1</sub>	0,0D	0,05D	0,025D	0,48055	0,55750	
Z <sub>2</sub>	0,05D	0,10D	0,075D	1,44165	0,22250	
Z <sub>3</sub>	0,10D	0,15D	0,125D	2,40275	0,05500	
Z <sub>4</sub>	0,15D	0,20D	0,175D	3,36385	0,05500	
Z <sub>5</sub>	0,20D	0,25D	0,225D	4,32495	0,05500	
Z <sub>6</sub>	0,25D	0,30D	0,275D	5,28605	0,05500	
					SUM=	1,00000

**BOTTOM DAMAGE (2 METER TIDE)**

COMPARMENT GROUPINGS		OIL OUTFLOW	PROBABILITY	CUMULATIVE PROBABILITY
1)	AP+ER	0,00	0,01520	0,01520
2)	A.P+E.R+WB7(P,S)	0,00	0,00697	0,02217
3)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)	0,00	0,00437	0,02654
4)	E.R+WB7(P,S)	0,00	0,01581	0,04234
5)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)	0,00	0,00499	0,04734
6)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)	0,00	0,00593	0,05326
7)	WB7(P,S)	0,00	0,01196	0,06522
8)	WB7(P,S)+WB6(P,S)	0,00	0,00780	0,07302
9)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)	0,00	0,00364	0,07666
10)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)	0,00	0,00156	0,07822
11)	WB6(P,S)	0,00	0,01435	0,09257
12)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)	0,00	0,01373	0,10630
13)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)	0,00	0,00406	0,11036
14)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)	0,00	0,00374	0,11410
15)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)	0,00	0,00374	0,11785
16)	WB5(P,S)	0,00	0,01674	0,13459
17)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)	0,00	0,01602	0,15061
18)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)	0,00	0,00437	0,15498
19)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00	0,00437	0,15934
20)	WB4(P,S)	0,00	0,02392	0,18326
21)	WB5(P,S)+WB4(P,S)	0,00	0,01560	0,19886
22)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)	0,00	0,00728	0,20614
23)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)	0,00	0,00312	0,20926
24)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00	0,00312	0,21238

25)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)	0,00	0,00312	0,21550
26)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)	0,00	0,00624	0,22174
27)	WB4(P,S)+WB3(P,S)	0,00	0,05928	0,28102
28)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00	0,01092	0,29194
29)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00	0,00468	0,29662
30)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)	0,00	0,00468	0,30130
31)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)	0,00	0,00468	0,30598
32)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P	0,00	0,01092	0,31690
33)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P	0,00	0,00468	0,32158
34)	WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00	0,07904	0,40062
35)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)	0,00	0,02080	0,42142
36)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P	0,00	0,04836	0,46978
37)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P	0,00	0,02028	0,49006
38)	WB2(P,S)+WB1(P,S)	0,00	0,09879	0,58886
39)	WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P	0,00	0,04473	0,63358
40)	WB1(P,S)+F.P	0,00	0,11855	0,75214
41)	WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P	0,00	0,03121	<b>0,78334</b>
42)	WB1(P,S)+F.P+CO1	3709,59	0,03344	0,81678
43)	WB6(P,S)+CO6	4012,09	0,00405	0,82083
44)	WB5(P,S)+CO5	4012,09	0,00472	0,82555
45)	WB4(P,S)+CO4	4012,09	0,00675	0,83230
46)	A.P+E.R+WB7(P,S)+CO7	4728,53	0,00197	0,83426
47)	E.R+WB7(P,S)+CO7	4728,53	0,00446	0,83872

48)	WB7(P,S)+CO7	4728,53	0,00337	0,84210
49)	WB2(P,S)+WB1(P,S)+ CO2+CO1	7721,68	0,02787	0,86996
50)	WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P+ CO1+CO2	7721,68	0,00880	0,87876
51)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ CO5+CO4	8024,18	0,00440	0,88316
52)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ CO4+CO3	8024,18	0,01672	0,89988
53)	WB3(P,S)+WB2(P,S)+ CO3+CO2	8024,18	0,02229	0,92217
54)	A.P+E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+ CO7+CO6	8740,62	0,00123	0,92341
55)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+ CO7+CO6	8740,62	0,00103	0,92443
56)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ CO7+CO6	8740,62	0,00220	0,92663
57)	WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+ F.P+CO3+ CO2+CO1	11733,77	0,01261	0,93925
58)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+ CO6+CO5+CO4	12036,27	0,00452	0,94377
59)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+CO5+ CO4+CO3	12036,27	0,00205	0,94582
60)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+CO4+ CO3+CO2	12036,27	0,00308	0,94890
61)	A.P+E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+WB5(P,S)+ CO7+ CO6+CO5	12752,71	0,00141	0,95031
62)	E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+ WB5(P,S)+CO7+ CO6+CO5	12752,71	0,00044	0,95075
63)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+CO7+ CO6+CO5	12752,71	0,00387	0,95462
64)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+ CO4+CO3+ CO2+CO1	15745,86	0,00587	0,96049
65)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P+ CO4+CO3+ CO2+CO1	15745,86	0,01364	0,97413

66)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+ WB3(P,S)+CO6+ CO5+CO4+ CO3	16048,36	0,00088	0,97501
67)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ CO5+CO4+ CO3+CO2	16048,36	0,00132	0,97633
68)	A.P+E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ CO7+CO6+ CO5+CO4	16764,80	0,00167	0,97800
69)	E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+ WB5(P,S)+ WB4(P,S)+ CO7+CO6+ CO5+CO4	16764,80	0,00106	0,97906
70)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ CO7+CO6+ CO5+CO4	16764,80	0,00114	0,98020
71)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+ CO5+CO4+ CO3+CO2+ CO1	19757,95	0,00132	0,98152
72)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P+CO5+ CO4+CO3+ CO2+CO1	19757,95	0,00572	0,98724
73)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ CO6+CO5+ CO4+CO3+CO2	20060,45	0,00088	0,98812
74)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+CO7+ CO6+CO5+ CO4+CO3	20776,89	0,00106	0,98918
75)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ CO7+CO6+ CO5+CO4+CO3	20776,89	0,00123	0,99041
76)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+CO6+ CO5+CO4+ CO3+CO2+CO1	23770,04	0,00132	0,99173

77)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P+CO6+ CO5+CO4+CO3+ CO2+CO1	23770,04	0,00308	0,99481
78)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+CO7+ CO6+CO5+ CO4+ CO3+CO2	24788,98	0,00123	0,99604
79)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+CO7+ CO6+CO5+ CO4+CO3+CO2	24788,98	0,00088	0,99692
80)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+ CO7+CO6+CO5+ CO4+CO3+ CO2+CO1	28498,57	0,00176	0,99868
81)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+ F.P+CO7+ CO6+CO5+ CO4+CO3+ CO2+CO1	28498,57	0,00132	1,00000
		<b>TOTAL</b>	<b>1,00000</b>	

**BOTTOM DAMAGE (2 meter tide)**

COMPARMENT GROUPINGS		MEAN OIL OUTFLOW	PROBABILITY (P <sub>ie</sub> )	EXTREME OUTFLOW
1)	AP+ER	0,00		
2)	A.P+E.R+WB7(P,S)	0,00		
3)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)	0,00		
4)	E.R+WB7(P,S)	0,00		
5)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)	0,00		
6)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)	0,00		
7)	WB7(P,S)	0,00		
8)	WB7(P,S)+WB6(P,S)	0,00		
9)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)	0,00		
10)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)	0,00		
11)	WB6(P,S)	0,00		
12)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)	0,00		
13)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)	0,00		
14)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)	0,00		
15)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)	0,00		
16)	WB5(P,S)	0,00		
17)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)	0,00		
18)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)	0,00		
19)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00		
20)	WB4(P,S)	0,00		
21)	WB5(P,S)+WB4(P,S)	0,00		
22)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)	0,00		
23)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)	0,00		
24)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00		
25)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00		



26)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)	0,00		
27)	WB4(P,S)+WB3(P,S)	0,00		
28)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00		
29)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00		
30)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)	0,00		
31)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)	0,00		
32)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P	0,00		
33)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P	0,00		
34)	WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00		
35)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)	0,00		
36)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P	0,00		
37)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P	0,00		
38)	WB2(P,S)+WB1(P,S)	0,00		
39)	WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P	0,00		
40)	WB1(P,S)+F.P	0,00		
41)	WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P	0,00		
42)	WB1(P,S)+F.P+CO1	124,04		
43)	WB6(P,S)+CO6	16,24		
44)	WB5(P,S)+CO5	18,95		
45)	WB4(P,S)+CO4	27,07		
46)	A.P+E.R+WB7(P,S)+CO7	9,30		
47)	E.R+WB7(P,S)+CO7	21,08		
48)	WB7(P,S)+CO7	15,95		
49)	WB2(P,S)+WB1(P,S)+ CO2+CO1	215,17		
50)	WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P+ CO1+CO2	67,96		

51)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ CO5+CO4	35,31		
52)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ CO4+CO3	134,16		
53)	WB3(P,S)+WB2(P,S)+ CO3+CO2	178,88	0,02217	1779,24
54)	A.P+E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+ CO7+CO6	10,77	0,00123	107,68
55)	E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+CO7+CO6	8,98	0,00103	89,76
56)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ CO7+CO6	19,23	0,00220	192,29
57)	WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+ F.P+CO3+ CO2+CO1	148,02	0,01261	1480,19
58)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+CO6+ CO5+CO4	54,38	0,00452	543,77
59)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+CO5+ CO4+CO3	24,72	0,00205	247,22
60)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+CO4+ CO3+CO2	37,08	0,00308	370,82
61)	A.P+E.R+ WB7(P,S)+ WB6(P,S)+WB5(P,S)+ CO7+ CO6+CO5	17,96	0,00141	179,56
62)	E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+WB5(P,S)+ CO7+ CO6+CO5	5,61	0,00044	56,11
63)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+CO7+ CO6+CO5	49,38	0,00387	493,83
64)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+ CO4+CO3+ CO2+CO1	92,39	0,00587	923,94
65)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+ F.P+CO4+ CO3+CO2+ CO1	214,77	0,01364	2147,74
66)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ CO6+CO5+ CO4+CO3	14,12	0,00088	141,23
67)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ CO5+CO4+ CO3+CO2	21,18	0,00132	211,84

68)	A.P+E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+ WB5(P,S)+ WB4(P,S)+CO7+ CO6+CO5+ CO4	28,03	0,00167	280,31
69)	E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+ WB5(P,S)+ WB4(P,S)+CO7+ CO6+CO5+ CO4	17,70	0,00106	177,04
70)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+ WB4(P,S)+ CO7+CO6+ CO5+CO4	19,18	0,00114	191,79
71)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+ WB2(P,S)+ WB1(P,S)+CO5+ CO4+CO3+ CO2+CO1	26,08	0,00132	260,80
72)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P+ CO5+CO4+ CO3+CO2+ CO1	113,02	0,00572	1130,15
73)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+ CO6+CO5+ CO4+CO3+CO2	17,65	0,00088	176,53
74)	A.P+E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ CO7+CO6+CO5+ CO4+CO3	21,94	0,00106	219,40
75)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+CO7+ CO6+CO5+ CO4+CO3	25,60	0,00123	255,97
76)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+ CO6+CO5+ CO4+CO3+ CO2+CO1	31,38	0,00132	313,76
77)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+ F.P+CO6+CO5+ CO4+CO3+ CO2+CO1	73,21	0,00308	732,12

78)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+ WB4(P,S)+ WB3(P,S)+ WB2(P,S)+ CO7+CO6+ CO5+ CO4+CO3+ CO2	30,54	0,00123	305,40
79)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+CO7+ CO6+CO5+ CO4+CO3+ CO2	21,81	0,00088	218,14
80)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+ CO7+ CO6+CO5+ CO4+ CO3+CO2+CO1	50,16	0,00176	501,57
81)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+ F.P+CO7+ CO6+CO5+CO4+ CO3+ CO2+CO1	37,62	0,00132	376,18
		<b>2096,61</b>	<b>0,10000</b>	<b>14104,40</b>

4. *Περίπτωση Ρήγματος στον Πυθμένα (4,5 meter tide)*

<b>Longitudinal Location (step=0,1L)</b>					
	min	max	midpoint	midpoint	PROBABILITY
X <sub>1</sub>	0,0L	0,1L	0,05L	11,55	0,10000
X <sub>2</sub>	0,1L	0,2L	0,15L	34,65	0,10000
X <sub>3</sub>	0,2L	0,3L	0,25L	57,75	0,10000
X <sub>4</sub>	0,3L	0,4L	0,35L	80,85	0,10000
X <sub>5</sub>	0,4L	0,5L	0,45L	103,95	0,10000
X <sub>6</sub>	0,5L	0,6L	0,55L	127,05	0,10000
X <sub>7</sub>	0,6L	0,7L	0,65L	150,15	0,10000
X <sub>8</sub>	0,7L	0,8L	0,75L	173,25	0,10000
X <sub>9</sub>	0,8L	0,9L	0,85L	196,35	0,10000
X <sub>10</sub>	0,9L	1,0L	0,95L	219,45	0,10000
SUM=					1,00000

<b>Longitudinal Extent (step=0,1L)</b>					
	min	max	midpoint	midpoint	PROBABILITY
Y <sub>1</sub>	0,0L	0,1L	0,05L	11,55	0,38330
Y <sub>2</sub>	0,1L	0,2L	0,15L	34,65	0,25000
Y <sub>3</sub>	0,2L	0,3L	0,25L	57,75	0,11670
Y <sub>4</sub>	0,3L	0,4L	0,35L	80,85	0,05000
Y <sub>5</sub>	0,4L	0,5L	0,45L	103,95	0,05000
Y <sub>6</sub>	0,5L	0,6L	0,55L	127,05	0,05000
Y <sub>7</sub>	0,6L	0,7L	0,65L	150,15	0,05000
Y <sub>8</sub>	0,7L	0,8L	0,75L	173,25	0,05000
SUM=					1,00000

<b>Transverse Penetration (step=0,05L)</b>					
	min	max	midpoint	midpoint	PROBABILITY
Z <sub>1</sub>	0,0D	0,05D	0,025D	0,48055	0,55750
Z <sub>2</sub>	0,05D	0,10D	0,075D	1,44165	0,22250
Z <sub>3</sub>	0,10D	0,15D	0,125D	2,40275	0,05500
Z <sub>4</sub>	0,15D	0,20D	0,175D	3,36385	0,05500
Z <sub>5</sub>	0,20D	0,25D	0,225D	4,32495	0,05500
Z <sub>6</sub>	0,25D	0,30D	0,275D	5,28605	0,05500
SUM=					1,00000

<b>BOTTOM DAMAGE (4,5 METER TIDE)</b>				
<b>COMPARMENT GROUPINGS</b>		<b>OIL OUTFLOW</b>	<b>PROBABILITY</b>	<b>CUMULATIVE PROBABILITY</b>
1)	AP+ER	0,00	0,01520	0,01520
2)	A.P+E.R+WB7(P,S)	0,00	0,00697	0,02217
3)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)	0,00	0,00437	0,02654
4)	E.R+WB7(P,S)	0,00	0,01581	0,04234
5)	A.P+E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+WB5(P,S)	0,00	0,00499	0,04734
6)	A.P+E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)	0,00	0,00593	0,05326
7)	WB7(P,S)	0,00	0,01196	0,06522
8)	WB7(P,S)+WB6(P,S)	0,00	0,00780	0,07302
9)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)	0,00	0,00364	0,07666
10)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)	0,00	0,00156	0,07822
11)	WB6(P,S)	0,00	0,01435	0,09257
12)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)	0,00	0,01373	0,10630
13)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)	0,00	0,00406	0,11036
14)	E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)	0,00	0,00374	0,11410
15)	A.P+E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)	0,00	0,00374	0,11785
16)	WB5(P,S)	0,00	0,01674	0,13459
17)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)	0,00	0,01602	0,15061
18)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)	0,00	0,00437	0,15498
19)	E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)	0,00	0,00437	0,15934
20)	WB4(P,S)	0,00	0,02392	0,18326
21)	WB5(P,S)+WB4(P,S)	0,00	0,01560	0,19886
22)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)	0,00	0,00728	0,20614
23)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)	0,00	0,00312	0,20926
24)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)	0,00	0,00312	0,21238
25)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00	0,00312	0,21550

26)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)	0,00	0,00624	0,22174
27)	WB4(P,S)+WB3(P,S)	0,00	0,05928	0,28102
28)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)	0,00	0,01092	0,29194
29)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00	0,00468	0,29662
30)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)	0,00	0,00468	0,30130
31)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)	0,00	0,00468	0,30598
32)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P	0,00	0,01092	0,31690
33)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P	0,00	0,00468	0,32158
34)	WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00	0,07904	0,40062
35)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)	0,00	0,02080	0,42142
36)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P	0,00	0,04836	0,46978
37)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P	0,00	0,02028	0,49006
38)	WB2(P,S)+WB1(P,S)	0,00	0,09879	0,58886
39)	WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P	0,00	0,04473	0,63358
40)	WB1(P,S)+F.P	0,00	0,11855	0,75214
41)	WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P	0,00	0,03121	0,78334
42)	WB1(P,S)+F.P+CO1	5680,04	0,03344	0,81678
43)	WB6(P,S)+CO6	6143,22	0,00405	0,82083
44)	WB5(P,S)+CO5	6143,22	0,00472	0,82555
45)	WB4(P,S)+CO4	6143,22	0,00675	0,83230
46)	A.P+E.R+WB7(P,S)+CO7	7240,22	0,00197	0,83426
47)	E.R+WB7(P,S)+CO7	7240,22	0,00446	0,83872
48)	WB7(P,S)+CO7	7240,22	0,00337	0,84210
49)	WB2(P,S)+WB1(P,S)+ CO2+CO1	11823,26	0,02787	0,86996
50)	WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P+ CO1+CO2	11823,26	0,00880	0,87876
51)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ CO5+CO4	12286,44	0,00440	0,88316

52)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ CO4+CO3	12286,44	0,01672	0,89988
53)	WB3(P,S)+WB2(P,S)+ CO3+CO2	12286,44	0,02229	0,92217
54)	A.P+E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+ CO7+CO6	13383,44	0,00123	0,92341
55)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+ CO7+CO6	13383,44	0,00103	0,92443
56)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ CO7+CO6	13383,44	0,00220	0,92663
57)	WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P+ CO3+CO2+CO1	17966,48	0,01261	0,93925
58)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+CO6+ CO5+CO4	18429,65	0,00452	0,94377
59)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+CO5+ CO4+CO3	18429,65	0,00205	0,94582
60)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+ CO4+CO3+ CO2	18429,65	0,00308	0,94890
61)	A.P+E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+ WB5(P,S)+ CO7+CO6+ CO5	19526,66	0,00141	0,95031
62)	E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+ WB5(P,S)+CO7+ CO6+CO5	19526,66	0,00044	0,95075
63)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+CO7+ CO6+CO5	19526,66	0,00387	0,95462
64)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+ CO4+CO3+ CO2+CO1	24109,69	0,00587	0,96049
65)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+ F.P+CO4+ CO3+CO2+ CO1	24109,69	0,01364	0,97413
66)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ CO6+CO5+ CO4+CO3	24572,87	0,00088	0,97501
67)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ CO5+CO4+ CO3+CO2	24572,87	0,00132	0,97633



68)	A.P+E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+CO7+ CO6+CO5+ CO4	25669,88	0,00167	0,97800
69)	E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ CO7+CO6+ CO5+CO4	25669,88	0,00106	0,97906
70)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ CO7+CO6+ CO5+CO4	25669,88	0,00114	0,98020
71)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+CO5+ CO4+CO3+ CO2+CO1	30252,91	0,00132	0,98152
72)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+ F.P+CO5+CO4+ CO3+CO2+CO1	30252,91	0,00572	0,98724
73)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+CO6+ CO5+CO4+ CO3+CO2	30716,09	0,00088	0,98812
74)	A.P+E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+ WB3(P,S)+CO7+ CO6+CO5+ CO4+CO3	31813,09	0,00106	0,98918
75)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+ WB4(P,S)+ WB3(P,S)+CO7+ CO6+CO5+ CO4+CO3	31813,09	0,00123	0,99041
76)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+CO6+ CO5+CO4+ CO3+CO2+CO1	36396,13	0,00132	0,99173
77)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P+CO6+ CO5+CO4+CO3+ CO2+CO1	36396,13	0,00308	0,99481
78)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+ WB2(P,S)+CO7+ CO6+CO5+CO4+ CO3+CO2	37956,31	0,00123	0,99604

79)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+ WB2(P,S)+ CO7+CO6+CO5+ CO4+CO3+CO2	37956,31	0,00088	0,99692
80)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+CO7+ CO6+CO5+ CO4+CO3+ CO2+CO1	43636,35	0,00176	0,99868
81)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P+ CO7+CO6+CO5+ CO4+CO3+ CO2+CO1	43636,35	0,00132	1,00000
		<b>TOTAL</b>	<b>1,00000</b>	

<b>BOTTOM DAMAGE (4,5 meter tide)</b>				
<b>COMPARMENT GROUPINGS</b>		<b>MEAN OIL OUTFLOW</b>	<b>PROBABILITY (P<sub>ie</sub>)</b>	<b>EXTREME OUTFLOW</b>
1)	AP+ER	0,00		
2)	A.P+E.R+WB7(P,S)	0,00		
3)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)	0,00		
4)	E.R+WB7(P,S)	0,00		
5)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)	0,00		
6)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)	0,00		
7)	WB7(P,S)	0,00		
8)	WB7(P,S)+WB6(P,S)	0,00		
9)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)	0,00		
10)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)	0,00		
11)	WB6(P,S)	0,00		
12)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)	0,00		
13)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)	0,00		
14)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)	0,00		
15)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)	0,00		
16)	WB5(P,S)	0,00		
17)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)	0,00		
18)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)	0,00		
19)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00		
20)	WB4(P,S)	0,00		
21)	WB5(P,S)+WB4(P,S)	0,00		
22)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)	0,00		
23)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)	0,00		
24)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00		
25)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00		

26)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)	0,00		
27)	WB4(P,S)+WB3(P,S)	0,00		
28)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)	0,00		
29)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00		
30)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)	0,00		
31)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)	0,00		
32)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P	0,00		
33)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P	0,00		
34)	WB3(P,S)+WB2(P,S)	0,00		
35)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)	0,00		
36)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P	0,00		
37)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P	0,00		
38)	WB2(P,S)+WB1(P,S)	0,00		
39)	WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P	0,00		
40)	WB1(P,S)+F.P	0,00		
41)	WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P	0,00		
42)	WB1(P,S)+F.P+CO1	189,93		
43)	WB6(P,S)+CO6	24,87		
44)	WB5(P,S)+CO5	29,01		
45)	WB4(P,S)+CO4	41,44		
46)	A.P+E.R+WB7(P,S)+CO7	14,23		
47)	E.R+WB7(P,S)+CO7	32,28		
48)	WB7(P,S)+CO7	24,42		
49)	WB2(P,S)+WB1(P,S)+ CO2+CO1	329,46		
50)	WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P+ CO1+CO2	104,07		

51)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ CO5+CO4	54,06		
52)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ CO4+CO3	205,42		
53)	WB3(P,S)+WB2(P,S)+ CO3+CO2	273,89	0,02217	2724,33
54)	A.P+E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+CO7+CO6	16,49	0,00123	164,88
55)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+ CO7+CO6	13,74	0,00103	137,44
56)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ CO7+CO6	29,44	0,00220	294,44
57)	WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P+ CO3+CO2+CO1	226,64	0,01261	2266,43
58)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+CO6+ CO5+CO4	83,26	0,00452	832,60
59)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+CO5+ CO4+CO3	37,85	0,00205	378,53
60)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+CO4+ CO3+CO2	56,78	0,00308	567,80
61)	A.P+E.R+ WB7(P,S)+ WB6(P,S)+ WB5(P,S)+ CO7+CO6+CO5	27,49	0,00141	274,94
62)	E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+ WB5(P,S)+CO7+ CO6+CO5	8,59	0,00044	85,92
63)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+CO7+ CO6+CO5	75,61	0,00387	756,14
64)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+ CO4+CO3+ CO2+CO1	141,47	0,00587	1414,72
65)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+ F.P+CO4+CO3+ CO2+CO1	328,86	0,01364	3288,56
66)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ CO6+CO5+CO4+CO3	21,62	0,00088	216,24
67)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ CO5+CO4+ CO3+CO2	32,44	0,00132	324,36

68)	A.P+E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+ WB5(P,S)+ WB4(P,S)+CO7+ CO6+CO5+CO4	42,92	0,00167	429,20
69)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ CO7+CO6+ CO5+CO4	27,11	0,00106	271,07
70)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+ WB4(P,S)+CO7+ CO6+CO5+CO4	29,37	0,00114	293,66
71)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+CO5+ CO4+CO3+ CO2+CO1	39,93	0,00132	399,34
72)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P+CO5+ CO4+CO3+ CO2+CO1	173,05	0,00572	1730,47
73)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+CO6+ CO5+CO4+ CO3+CO2	27,03	0,00088	270,30
74)	A.P+E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ CO7+CO6+ CO5+CO4+CO3	33,59	0,00106	335,95
75)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+CO7+ CO6+CO5+ CO4+CO3	39,19	0,00123	391,94
76)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+ WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+ CO6+CO5+CO4+ CO3+CO2+CO1	48,04	0,00132	480,43
77)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+ WB1(P,S)+F.P+ CO6+CO5+CO4+ CO3+CO2+CO1	112,10	0,00308	1121,00
78)	E.R+WB7(P,S)+ WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ CO7+CO6+CO5+ CO4+CO3+CO2	46,76	0,00123	467,62

79)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+WB2(P,S)+ CO7+CO6+CO5+ CO4+CO3+CO2	33,40	0,00088	334,02
80)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+ WB4(P,S)+WB3(P,S)+ WB2(P,S)+ WB1(P,S)+CO7+ CO6+CO5+CO4+ CO3+CO2+CO1	76,80	0,00176	768,00
81)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+ WB5(P,S)+WB4(P,S)+ WB3(P,S)+ WB2(P,S)+WB1(P,S)+ F.P+CO7+ CO6+CO5+ CO4+CO3+ CO2+CO1	57,60	0,00132	576,00
		<b>3210,28</b>	<b>0,10000</b>	<b>21596,33</b>

***Παράρτημα Ε:***  
*Modeling Oil Response and Damage Costs*



## *Εισαγωγή*

Το μοντέλο BOSCEM (Basic Oil Spill Cost Estimation Model) σχεδιάστηκε για να προσφέρει ένα πρόγραμμα (Environmental Protection Agency Oil Program) το οποίο θα ήταν η βάση για τον υπολογισμό του κόστους μιας εκροής. Το κόστος αυτό θα περιλαμβάνει τόσο τη χρηματοδότηση των διαδικασιών για την αποκατάσταση των βλαβών, όσο και το περιβαλλοντικό, κοινωνικό και οικονομικό κόστος για μια συγκεκριμένη πληγείσα περιοχή.

Αν εξετάσουμε πιο αναλυτικά τις δυνατότητες αυτής της προσπάθειας, θα δούμε ότι το συγκεκριμένο πρόγραμμα για να καταλήξει σε ένα τελικό κόστος για κάποια περίπτωση εκροής, συμπεριλαμβάνει στους υπολογισμούς διάφορους συντελεστές, οι οποίοι μεταβάλλονται από εκροή σε εκροή. Οι συντελεστές αυτοί, οι οποίοι αναφέρθηκαν εκτενέστατα και παραπάνω, είναι η ποσότητα εκροής, ο τύπος πετρελαίου, η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε και η δραστηριότητα της, η κοινωνική και οικονομική αξία της εκάστοτε τοποθεσίας, καθώς και η ευαισθησία του φυσικού περιβάλλοντος. Εξετάζοντας σε κάθε περίπτωση εκροής την επίδραση αυτών των παραγόντων, εξασφαλίζουμε μεγαλύτερη ακρίβεια στο τελικό αποτέλεσμα, αν και αδυναμίες οι οποίες μπορεί να προέρχονται από ελλιπείς πληροφορίες, πάντοτε θα υπάρχουν.

### *Εισαγωγή στη Μεθοδολογία*

Το μοντέλο EPA BOSCEM το οποίο θα εφαρμόσουμε παρακάτω, προέκυψε σα μια μετατροπή του μοντέλου ERC BOSCEM, το οποίο είχε δημιουργηθεί με τη βοήθεια μιας εκτεταμένης ανάλυσης. Η ανάλυση αυτή περιείχε στατιστικά δεδομένα κόστους σχετικά με τη διαδικασία αποκατάστασης, τη περιβαλλοντική και την πολιτισμική καταστροφή από παλαιότερες εκροές. Για να ξεκινήσει σωστά η διαδικασία υπολογισμών πρέπει να συγκεκριμενοποιήσουμε τον τύπο του πετρελαίου καθώς και τη μέθοδο που θα εφαρμοστεί για την αποκατάσταση (clean-up) των βλαβών. Από εκεί και πέρα θα παίξουν σημαντικό ρόλο και οι υπόλοιποι "μετατροπείς" κόστους οι οποίοι βασίζονται στην ευαισθησία της τοποθεσίας, τόσο ως προς την κοινωνική και πολιτισμική της αξία, όσο και ως προς την ευπάθεια της συγκεκριμένης θάλασσας, αλλά και την κατάσταση της χλωρίδας και της πανίδας.

Για την εφαρμογή λοιπόν του μοντέλου EPA BOSCEM απαιτούνται τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

1. Καθορισμός της ποσότητας εκροής πετρελαίου (σε γαλόνια),
2. Καθορισμός του τύπου πετρελαίου με βάση τους πίνακες 1-3,
3. Καθορισμός της πρωταρχικής διαδικασίας που ακολουθείται για την αποκατάσταση των βλαβών, με βάση τον πίνακα 1,
4. Καθορισμός της τοποθεσίας που γίνεται η εκροή, όπως φαίνεται στον πίνακα 4,
5. Καθορισμός της κοινωνικής, οικονομικής και πολιτιστικής αξίας της περιοχής με βάση τον πίνακα 5,
6. Καθορισμός της κατηγορίας του νερού ανάλογα με το πόσο ευάλωτο είναι, όπως φαίνεται στον πίνακα 7,
7. Καθορισμός της κατηγορίας της ευαισθησίας της χλωρίδας και της πανίδας με βάση τον πίνακα 8.

Πρέπει να σημειώσουμε ότι αν για κάποιο από τα παραπάνω χαρακτηριστικά δεν έχουμε τις πληροφορίες για την ακριβή τιμή του, θα χρησιμοποιείται μια εξ' ορισμού τιμή η οποία είναι σημειωμένη.

Κατά τη διάρκεια των υπολογισμών όταν χρησιμοποιούμε τους συντελεστές μετατροπής (modifiers), μπορεί να συναντήσουμε κάποια κατάσταση εκροής κατά την οποία ένα μέρος της πέφτει σε μια κατηγορία και ένα άλλο κάπου αλλού. Σε αυτήν την περίπτωση υπολογίζουμε τη σχετική αναλογία της εκροής (με βάση την ποσότητα ή την έκταση αυτής) σε κάθε μια από αυτές και βγάζουμε ένα συνδυασμό που προκύπτει από τους βαθμούς βαρύτητας των δύο. Για παράδειγμα εάν σε μια πληγείσα περιοχή το 70% των νερών ανήκει στη βιομηχανική κατηγορία και το υπόλοιπο 30% στην άγρια φύση, τότε ο "ρυθμιστής" της ευπάθειας του νερού (freshwater modifier) θα υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\begin{aligned} \text{freshwater vulnerability modifier} &= 0,7 \cdot (\text{industrial}) + 0,3 \cdot (\text{wildlife}) = \\ &= 0,7 \cdot 0,4 + 0,3 \cdot 1,7 = 0,79 \end{aligned}$$

Με βάση λοιπόν όλα τα παραπάνω μπορούμε να καταλάβουμε πως είναι δυνατός ο υπολογισμός του συνολικού κόστους μιας εκροής. Στο παράρτημα Ε δίνονται όλοι οι πίνακες οι οποίοι είναι απαραίτητοι για τον υπολογισμό του κάθε επιμέρους κόστους.

Όλα τα στατιστικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για την απεικόνιση του εκάστοτε μετατροπέα, προέκυψαν από 42.680 περιπτώσεις εκροής μεταξύ των ετών 1980 και 2002. Σε αυτή την περίοδο των 23 ετών, συνολικά δαπανήθηκαν 63,2 δισεκατομμύρια δολάρια και, κατά μέσο όρο 2,7 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως. Το τελευταίο ποσό είναι σχεδόν ισοδύναμο με το αντίστοιχο που δαπανήθηκε λόγω του ατυχήματος του Exxon Valdez.

Πριν ξεκινήσει η εφαρμογή του μοντέλου στην πράξη, πρέπει να παρατηρήσουμε ότι κάθε εκροή είναι ένα μοναδικό γεγονός του οποίου οι συνθήκες είναι αποκλειστικές, και μόνο για τη συγκεκριμένη περίπτωση. Κανενός μοντέλου ή λεπτομερής ανάλυση δε μπορεί να αποφέρει, ή καλύτερα να προβλέψει, ένα ακριβές αποτέλεσμα. Αυτό που εμείς μπορούμε να κάνουμε είναι να συνθέσουμε, με τη βοήθεια της έκθεσης αυτής, όσο το δυνατό καλύτερα τους παράγοντες που επιδρούν σε μια εκροή, ώστε να προσεγγίσουμε όσο περισσότερο μπορούμε ένα πραγματικό αποτέλεσμα.

Τα αποτελέσματα που θα προκύψουν από την παραπάνω διαδικασία μπορεί να μην είναι απολύτως αξιόπιστα, και αυτό γιατί αν κοιτάξουμε όλη την έκθεση του μοντέλου αναλυτικά θα δούμε ότι δε λαμβάνεται υπόψη ούτε η έκταση της εκροής, ούτε η απόσταση από κάποιο λιμάνι ή ακτή. Επίσης δε γίνεται περαιτέρω αναφορά στην εκάστοτε πληγείσα περιοχή. Όμως αν χρησιμοποιηθούν κατάλληλα στο μέλλον είναι δυνατό να βγάλουμε πολύ χρήσιμα συμπεράσματα στον τομέα υπολογισμού του κόστους εκροής.

Πίνακες Μοντέλου

Πίνακας Ε.1: Ανά γαλόνι κόστος αποκατάστασης (Applied in EPA BOSCEM)

Oil Type	Volume (gallons)	Mechanical				Dispersants		In-Situ Burn	
		0%	10%	20%	50%	Low	High	50%	80%
Light Fuels	<500	\$100	\$85	\$70	\$57	\$36	\$25	\$26	\$13
	500 – 1,000	\$98	\$83	\$68	\$55	\$35	\$24	\$25	\$12
	1,000 – 10,000	\$97	\$82	\$67	\$54	\$34	\$23	\$24	\$11
	10,000 – 100,000	\$87	\$72	\$59	\$41	\$26	\$18	\$18	\$9
	100,000 – 1,000,000	\$74	\$62	\$49	\$26	\$17	\$10	\$10	\$5
	>1,000,000	\$31	\$26	\$17	\$12	\$11	\$6	\$7	\$3
Heavy Oils	<500	\$440	\$386	\$335	\$310	\$140	\$89	\$125	\$64
	500 – 1,000	\$438	\$385	\$334	\$309	\$139	\$88	\$124	\$63
	1,000 – 10,000	\$436	\$384	\$333	\$308	\$138	\$87	\$123	\$62
	10,000 – 100,000	\$410	\$359	\$308	\$267	\$103	\$62	\$103	\$51
	100,000 – 1,000,000	\$179	\$154	\$128	\$103	\$59	\$54	\$72	\$41
	>1,000,000	\$87	\$77	\$67	\$36	\$53	\$49	\$56	\$26
Crude Oil	<500	\$220	\$199	\$189	\$153	\$85	\$53	\$75	\$48
	500 – 1,000	\$218	\$197	\$187	\$151	\$84	\$52	\$74	\$47
	1,000 – 10,000	\$215	\$195	\$185	\$149	\$82	\$51	\$72	\$46
	10,000 – 100,000	\$195	\$185	\$174	\$138	\$74	\$31	\$62	\$31
	100,000 – 1,000,000	\$123	\$118	\$113	\$92	\$49	\$29	\$36	\$16
	>1,000,000	\$92	\$82	\$76	\$64	\$58	\$13	\$22	\$11
Volatile Distillates	<500	--	\$103	--	--	--	--	--	--
	500 – 1,000	--	\$102	--	--	--	--	--	--
	1,000 – 10,000	--	\$100	--	--	--	--	--	--
	10,000 – 100,000	--	\$55	--	--	--	--	--	--
	100,000 – 1,000,000	--	\$23	--	--	--	--	--	--
	>1,000,000	--	\$7	--	--	--	--	--	--

Πηγή: Etkin, *Damage Cost Modeling*, 2004

<b>Πίνακας Ε.2: Ανά γαλόνι κοινωνικό-Οικονομικό κόστος αποκατάστασης (For Use in EPA BOSCEM)</b>			
<b>Oil Type</b>	<b>Volume (gallons)</b>	<b>Base Cost (\$/gallon)</b>	
		<b>Socioeconomic</b>	<b>Environmental</b>
<b>Volatile Distillates</b>	<b>&lt;500</b>	\$65	\$48
	<b>500 – 1,000</b>	\$265	\$45
	<b>1,000 – 10,000</b>	\$400	\$35
	<b>10,000 – 100,000</b>	\$180	\$30
	<b>100,000 – 1,000,000</b>	\$90	\$15
	<b>&gt;1,000,000</b>	\$70	\$10
<b>Light Fuels</b>	<b>&lt;500</b>	\$80	\$85
	<b>500 – 1,000</b>	\$330	\$80
	<b>1,000 – 10,000</b>	\$500	\$70
	<b>10,000 – 100,000</b>	\$200	\$65
	<b>100,000 – 1,000,000</b>	\$100	\$30
	<b>&gt;1,000,000</b>	\$90	\$25
<b>Heavy Oils</b>	<b>&lt;500</b>	\$150	\$95
	<b>500 – 1,000</b>	\$600	\$90
	<b>1,000 – 10,000</b>	\$900	\$85
	<b>10,000 – 100,000</b>	\$500	\$75
	<b>100,000 – 1,000,000</b>	\$200	\$40
	<b>&gt;1,000,000</b>	\$175	\$35
<b>Crudes</b>	<b>&lt;500</b>	\$50	\$90
	<b>500 – 1,000</b>	\$200	\$87
	<b>1,000 – 10,000</b>	\$300	\$80
	<b>10,000 – 100,000</b>	\$140	\$73
	<b>100,000 – 1,000,000</b>	\$70	\$35
	<b>&gt;1,000,000</b>	\$60	\$30

**Πηγή:** Etkin, *Damage Cost Modeling*, 2004

Πίνακας Ε.3: Ανά γαλόνι περιβαλλοντικό κόστος αποκατάστασης (For Use in EPA BOSCEM)		
Oil Type	Volume (gallons)	Base Environmental Cost (\$/gallon)
Volatile Distillates	<500	\$48
	500 – 1,000	\$45
	1,000 – 10,000	\$35
	10,000 – 100,000	\$30
	100,000 – 1,000,000	\$15
	>1,000,000	\$10
Light Fuels	<500	\$85
	500 – 1,000	\$80
	1,000 – 10,000	\$70
	10,000 – 100,000	\$65
	100,000 – 1,000,000	\$30
	>1,000,000	\$25
Heavy Oils	<500	\$95
	500 – 1,000	\$90
	1,000 – 10,000	\$85
	10,000 – 100,000	\$75
	100,000 – 1,000,000	\$40
	>1,000,000	\$35
Crudes	<500	\$90
	500 – 1,000	\$87
	1,000 – 10,000	\$80
	10,000 – 100,000	\$73
	100,000 – 1,000,000	\$35
	>1,000,000	\$30

Πηγή: Etkin, *Damage Cost Modeling*, 2004

Πίνακας Ε.4: Συντελεστές τοποθεσίας (EPA BOSCEM)	
Category	Cost Modifier Value
Open Water/Shore	1.0
Soil/Sand	0.6
Pavement/Rock	0.5
Wetland	1.6
Mudflat	1.4
Grassland	0.7
Forest	0.8
Taiga	0.9
Tundra	1.3

Πηγή: Etkin, *Damage Cost Modeling*, 2004

Πίνακας Ε.5: Συντελεστής κοινωνικό-οικονομικής και πολιτισμικής ιεραρχίας (EPA BOSCEM)			
Value Rank	Spill Impact Site(s) Description	Examples	Cost Modifier Value
<b>Extreme</b>	Predominated by areas with high socioeconomic value that may potentially experience a large degree of <i>long-term</i> <sup>2</sup> impact if oiled.	Subsistence/ commercial fishing, aquaculture areas	2.0
<b>Very High</b>	Predominated by areas with high socioeconomic value that may potentially experience some <i>long-term</i> <sup>2</sup> impact if oiled.	National park/reserves for ecotourism/nature viewing; historic areas	1.7
<b>High</b>	Predominated by areas with medium socioeconomic value that may potentially experience some <i>long-term</i> <sup>2</sup> impact if oiled.	Recreational areas, sport fishing, farm/ranchland	1.0
<b>Moderate</b>	Predominated by areas with medium socioeconomic value that may potentially experience <i>short-term</i> <sup>2</sup> impact if oiling occurs.	Residential areas; urban/suburban parks; roadsides	<b>0.7</b>
<b>Minimal</b>	Predominated by areas with a small amount of socioeconomic value that may potentially experience <i>short-term</i> <sup>2</sup> impact if oiled.	Light industrial areas; commercial zones; urban areas	0.3
<b>None</b>	Predominated by areas already moderately to highly polluted or contaminated or of little socioeconomic or cultural import that would experience little short- or long-term impact if oiled.	Heavy industrial areas; designated dump sites	0.1

Πηγή: Etkin, *Damage Cost Modeling*, 2004

Πίνακας Ε.6: Συντελεστής δραστηκότητας της μεθοδολογίας		
Response Method	Oil Removal Effectiveness	Adjustment Factor
Mechanical Recovery	0%	1.15
	10%	1.00
	20%	0.85
	50%	0.55
Dispersants	Light Oils/Crude/Light Fuels Low (40%)	0.45
	Heavy Oils Low (35%)	0.40
	Light Oils/Crude/Light Fuels High (80%)	0.25
	Heavy Oils High (70%)	0.35
In Situ Burning	50%	0.55
	80%	0.25

Πηγή: Etkin, *Damage Cost Modeling*, 2004

Πίνακας Ε.7: Συντελεστής ευπάθειας του νερού σύμφωνα με τη κατηγορία του (EPA BOSCEM)	
Category	Cost Modifier Value
Wildlife Use	1.7
Drinking	1.6
Recreation	1.0
Industrial	0.4
Tributaries to Drinking/Recreation	1.2
Non-Specific	0.9

Πηγή: Etkin, *Damage Cost Modeling*, 2004

Πίνακας Ε.8: Συντελεστής ευαισθησίας της χλωρίδας και της πανίδας σύμφωνα με την κατηγορία της περιοχής (EPA BOSCEM)	
Category	Cost Modifier Value
Urban/Industrial	0.4
Roadside/Suburb	0.7
River/Stream*	1.5
Wetland	4.0
Agricultural	2.2
Dry Grassland	0.5
Lake/Pond	3.8
Estuary	1.2
Forest	2.9
Taiga	3.0
Tundra	2.5
Other Sensitive	3.2

Πηγή: Etkin, *Damage Cost Modeling*, 2004

### Διαδικασία Υπολογισμού Κόστους

1. Για να υπολογίσουμε το κόστος της διαδικασίας αποκατάστασης, πολλαπλασιάζουμε το κύριο κόστος ανά γαλόνι, το οποίο βασίζεται στον τύπο, τη ποσότητα του πετρελαίου και τη μεθοδολογία της αποκατάστασης (πίνακες E.1-E.2), με τον αντίστοιχο συντελεστή μετατροπής (πίνακας E.6) και την ποσότητα εκροής (σε γαλόνια):

$$\text{Per Gallon Re sponse Cost} \times \text{Medium Modifier} \times \text{Spill Amount} = \text{Total Re sponse Cost}$$

2. Επόμενος στόχος μας είναι να υπολογίσουμε το κοινωνικό-οικονομικό κόστος, πολλαπλασιάζοντας το κύριο κοινωνικό-οικονομικό κόστος ανά γαλόνι, το οποίο βασίζεται στον τύπο και τη ποσότητα του πετρελαίου (πίνακας E.2), με τον κατάλληλο κοινωνικό-οικονομικό συντελεστή μετατροπής (πίνακας E.5) και την ποσότητα εκροής:

$$\text{Per Gallon Socioeconomic Cost} \times \text{Socioeconomic Cost Modifier} \times \text{Spill Amount} = \\ = \text{Total Socioeconomic Damage Cost}$$

3. Τέλος υπολογίζουμε το κόστος των περιβαλλοντικών καταστροφών, πολλαπλασιάζοντας το κύριο περιβαλλοντικό κόστος ανά γαλόνι, το οποίο βασίζεται στον τύπο και την ποσότητα του πετρελαίου (πίνακας E.3), με το μετατροπέα ευπάθειας του νερού, στον οποίο προστίθεται και ο μετατροπέας ευαισθησίας της χλωρίδας και της πανίδας (πίνακες E.7 και E.8), πολλαπλασιασμένοι με το 0,5, και όλο αυτό επί την ποσότητα εκροής:

$$\text{Per Gallon Environmental Cost} \times 0,5 \times (\text{Freshwater Modifier} + \text{Wildlife Modifier}) \times \\ \times \text{Spill Amount} = \text{Total Environmental Damage Cost}$$

Στο τέλος της διαδικασίας υπολογισμών μπορούμε να προσθέσουμε τα επιμέρους κόστη και να προκύψει ένα τελικό κόστος:

$$\text{Total Re sponse Cost} + \\ + \text{Total Socioeconomic Damage Cost} + \\ + \text{Total Environmental Damage Cost} = \text{Total Damage Cost}$$

Για να δούμε πως πραγματοποιούνται οι παραπάνω υπολογισμοί θα πάρουμε για παράδειγμα την περίπτωση πλευρικού ρήγματος στα διαμερίσματα 5, 6, 7 και Slop Tank. Η ποσότητα πετρελαίου που χάνεται θα είναι:

$$V_{TOTAL} = V_{S.T} + V_7 + V_6 + V_5 = 522,40 + 6373,21 + 5870,29 + 5870,29 = 18636,18 \text{ m}^3 = \\ = 18636,18 \cdot 264,172 \text{ gal} \Rightarrow$$

$$\boxed{V_{TOTAL} = 4.923.159,15 \text{ gal}}$$



Θα εξετάσουμε την περίπτωση εκροής Crude Oil πετρελαίου, οπότε από τον πίνακα E.1. για μηχανικές διαδικασίες αποκατάστασης (0%) και για ποσότητα πετρελαίου 4.923.159,15 gal ( $V > 1.000.000$  gal) έχουμε:

$$\text{Per Gallon Response Cost} = 92 \text{ \$/gal}$$

Στη συνέχεια από τον πίνακα E.6 για mechanical 0% έχουμε:

$$\text{Medium Modifier} = 1,15$$

Με βάση όλα τα παραπάνω λοιπόν θα καταλήξουμε σε ένα κόστος αποκατάστασης το οποίο θα είναι:

$$1. \text{ Total Response Cost} = (4.923.159,15 \text{ gal}) \cdot \left( 92 \frac{\$}{\text{gal}} \right) \cdot 1,15 \Rightarrow$$

$$\boxed{\text{Total Response Cost} = 520.870.238 \$}$$

Στη συνέχεια θα πρέπει να υπολογίσουμε το κοινωνικό-οικονομικό κόστος όπως περιγράφεται παραπάνω. Έτσι λοιπόν για πλευρικό ρήγμα και την ποσότητα πετρελαίου που είπαμε παραπάνω, από τον πίνακα E.2 έχουμε:

$$\text{Per Gallon Socioeconomic Cost} = 60 \text{ \$/gal}$$

Ακόμη από τον πίνακα E.5 επιλέγουμε τον συντελεστή:

$$\text{Socioeconomic Cost Modifier} = 0,7$$

Έτσι το συνολικό κοινωνικό-οικονομικό κόστος θα είναι:

$$2. \text{ Total Socioeconomic Cost} = (4.923.159,15 \text{ gal}) \cdot \left( 60 \frac{\$}{\text{gal}} \right) \cdot 0,7 \Rightarrow$$

$$\boxed{\text{Total Socioeconomic Cost} = 206.772.684 \$}$$

Με τον ίδιο τρόπο θα υπολογίσουμε και το περιβαλλοντικό κόστος:

$$\text{Per Gallon Environmental Cost} = 30 \text{ \$/gal}$$

Από τους πίνακες E.7 και E.8 έχουμε:

$$\text{Freshwater Modifier} + \text{Wildlife Modifier} = 0,9 + 1,5 = 2,4$$

Άρα το συνολικό περιβαλλοντικό κόστος θα είναι:

$$3. \text{ Total Environmental Cost} = (4.923.159,15 \text{ gal}) \cdot \left( 30 \frac{\$}{\text{gal}} \right) \cdot 0,5(0,9 + 1,5) \Rightarrow$$

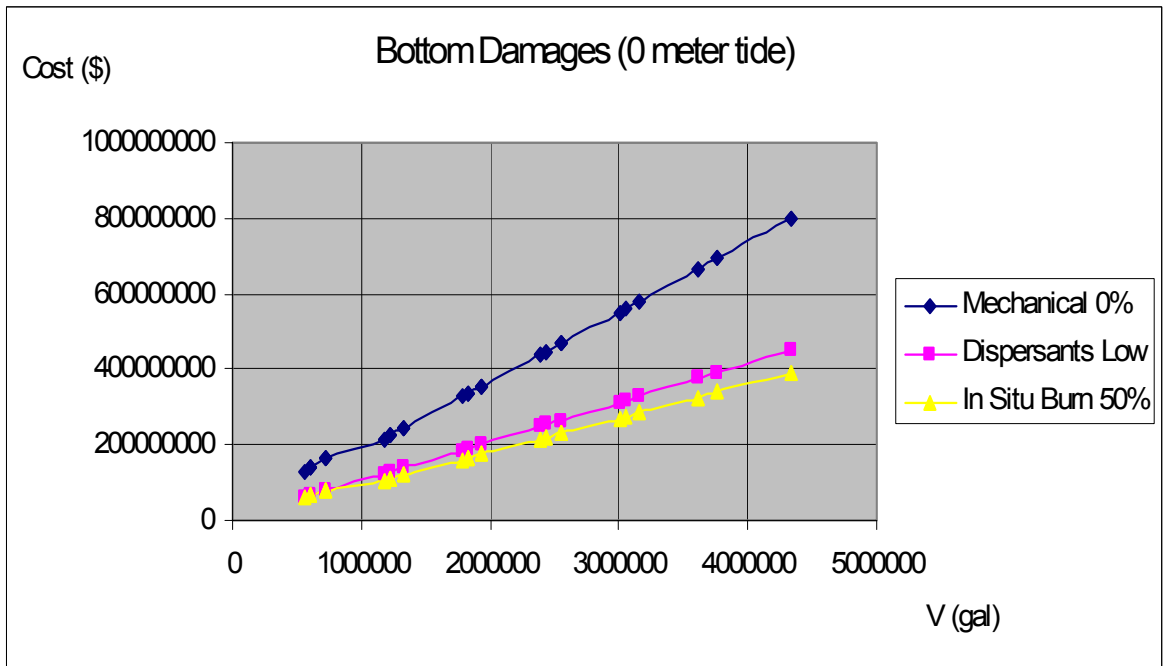
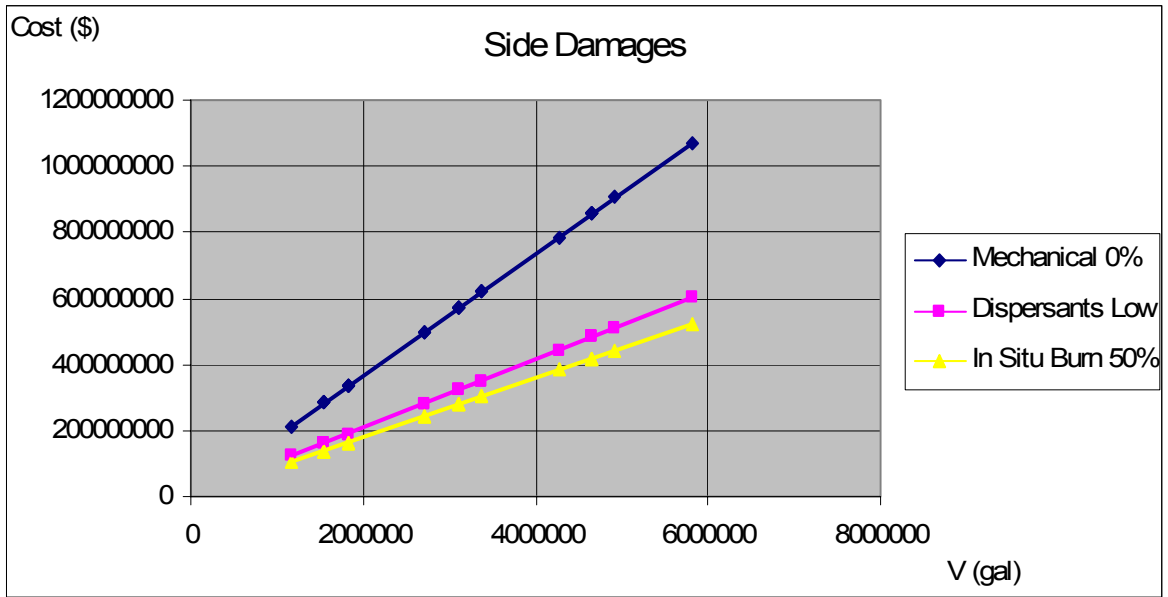
**Total Environmental Cost=177.233.729 \$**

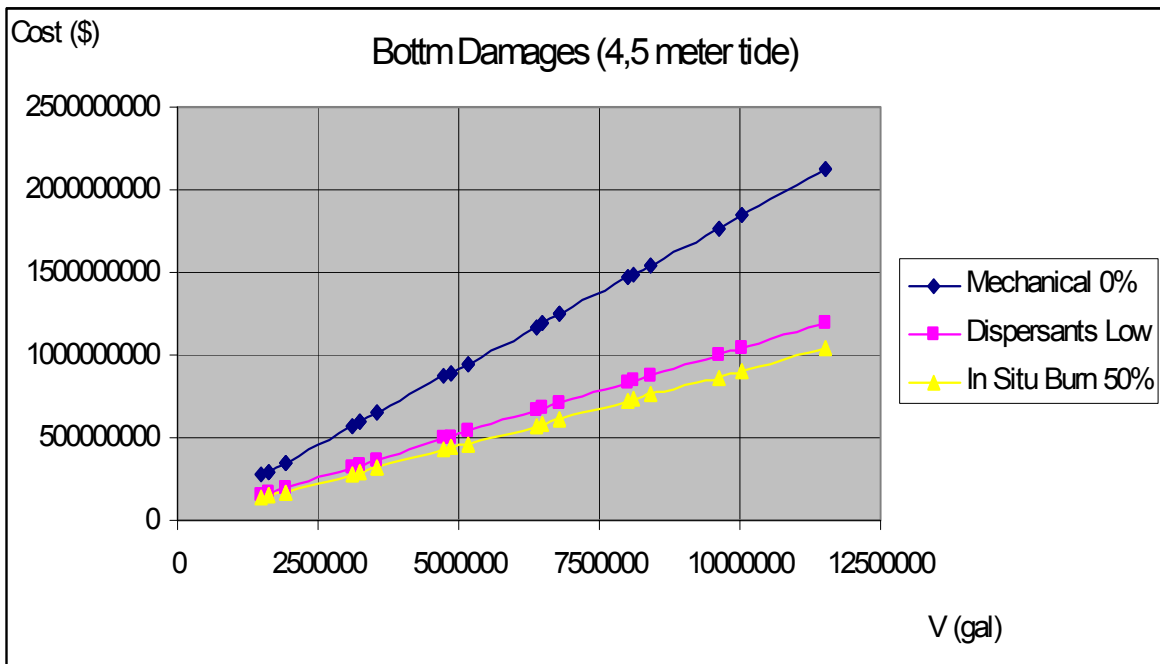
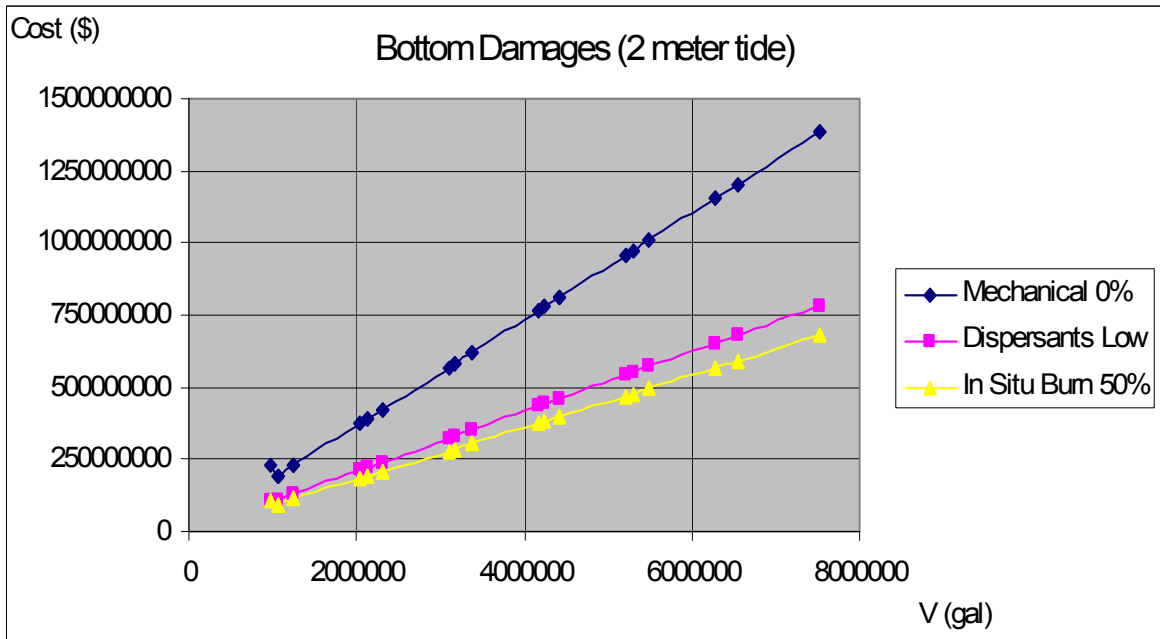
Επομένως με βάση τα παραπάνω το συνολικό κόστος της συγκεκριμένης εκροής θα είναι:

$$Total Cost = 520.870.238 + 206.772.684 + 177.233.729 \Rightarrow$$

**Total Cost=904.876.652 \$**

Με τον ίδιο τρόπο υπολογίζουμε τα κόστη τόσο για τις υπόλοιπες περιπτώσεις πλευρικού ρήγματος, όσο και για τις περιπτώσεις εκροής λόγω προσάραξης. Επειδή οι υπολογισμοί είναι εκτενέστατοι και οι πίνακες πολυάριθμοι, θα δώσουμε ένα δείγμα αυτών (για πλευρικό ρήγμα) στο παράρτημα Ζ, απλώς για να δείξουμε την παραπάνω διαδικασία πιο οργανωμένη και μοντελοποιημένη. Παρακάτω θα δώσουμε μερικά από τα διαγράμματα που προκύπτουν, ώστε να έχουμε μια συνολική εικόνα του μοντέλου.





## Σχόλια:

- Στα παραπάνω διαγράμματα, σε πρώτη φάση, παρατηρούμε ότι με την αύξηση της ποσότητας του χαμένου πετρελαίου, αυξάνεται και το κόστος των συνολικών διαδικασιών που πρέπει να ακολουθηθούν για την αποκατάσταση των βλαβών από τη ρύπανση. Αυτό ήταν αναμενόμενο από τη στιγμή που στη περιγραφή του εν λόγω μοντέλου, μοναδικός παράγοντας που έπαιζε καθοριστικό ρόλο ήταν αυτός της ποσότητας του πετρελαίου:

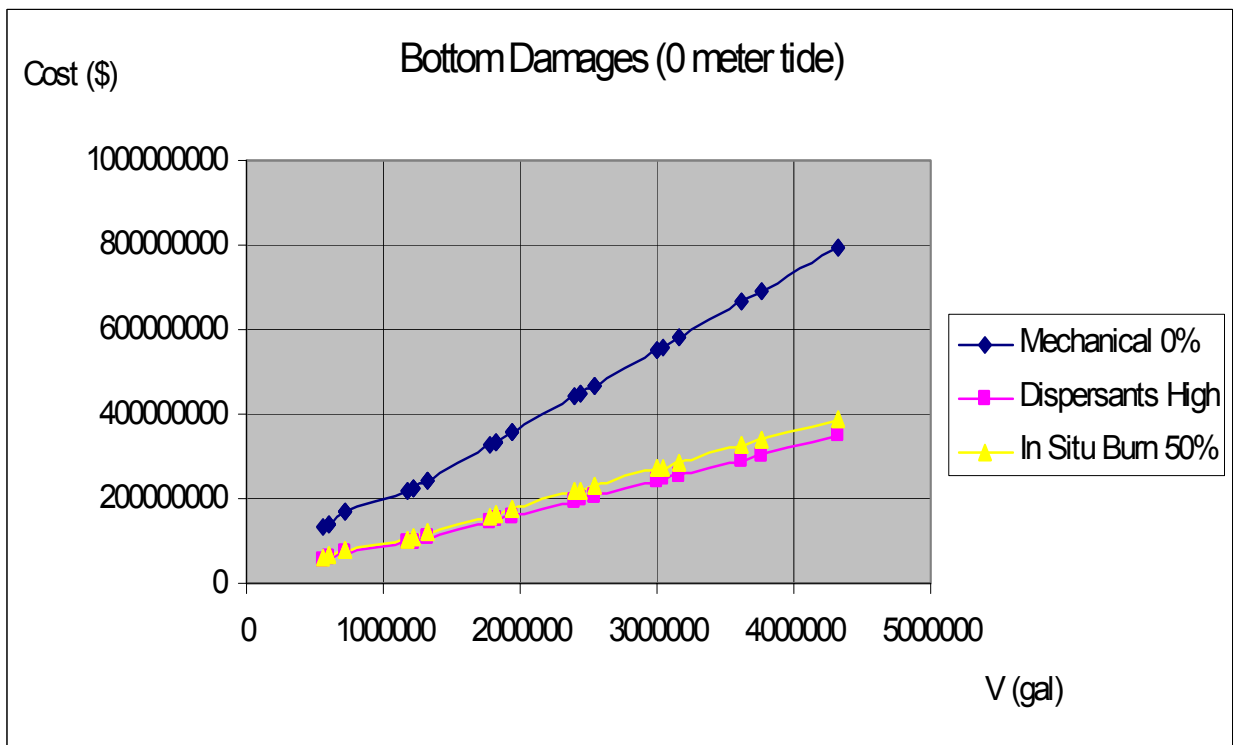
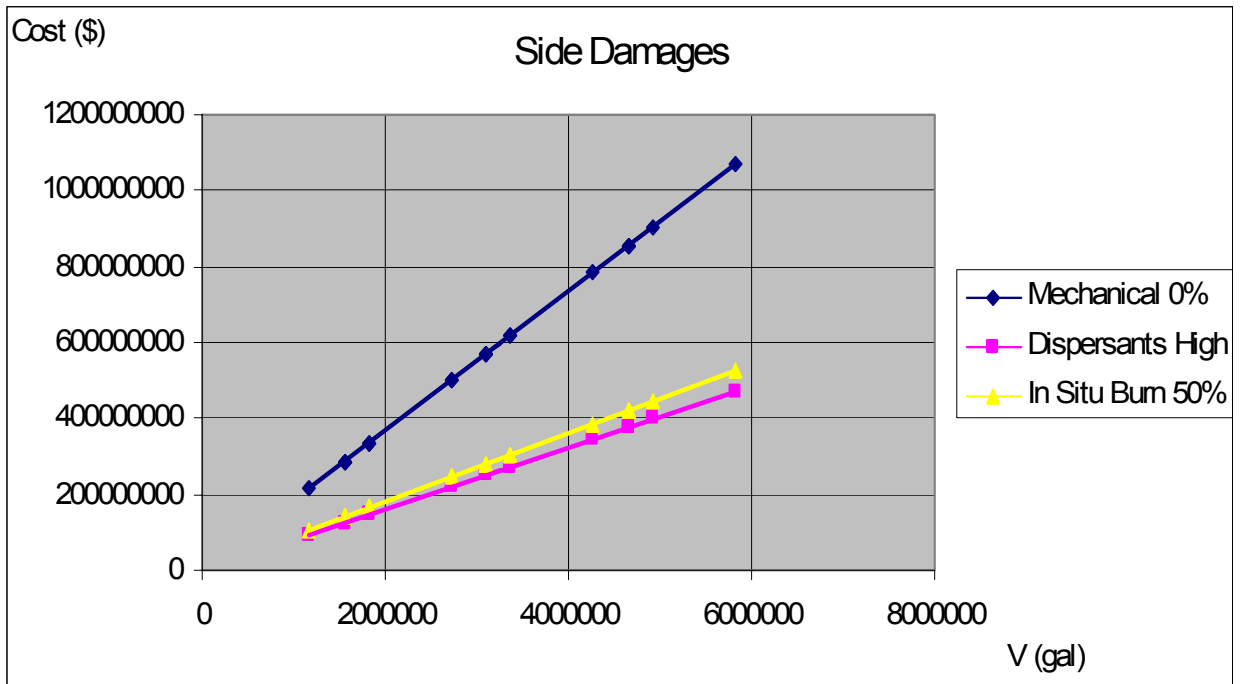
1)  $Per\ Gallon\ Response\ Cost \times Medium\ Modifier \times Spill\ Amount = Total\ Response\ Cost$

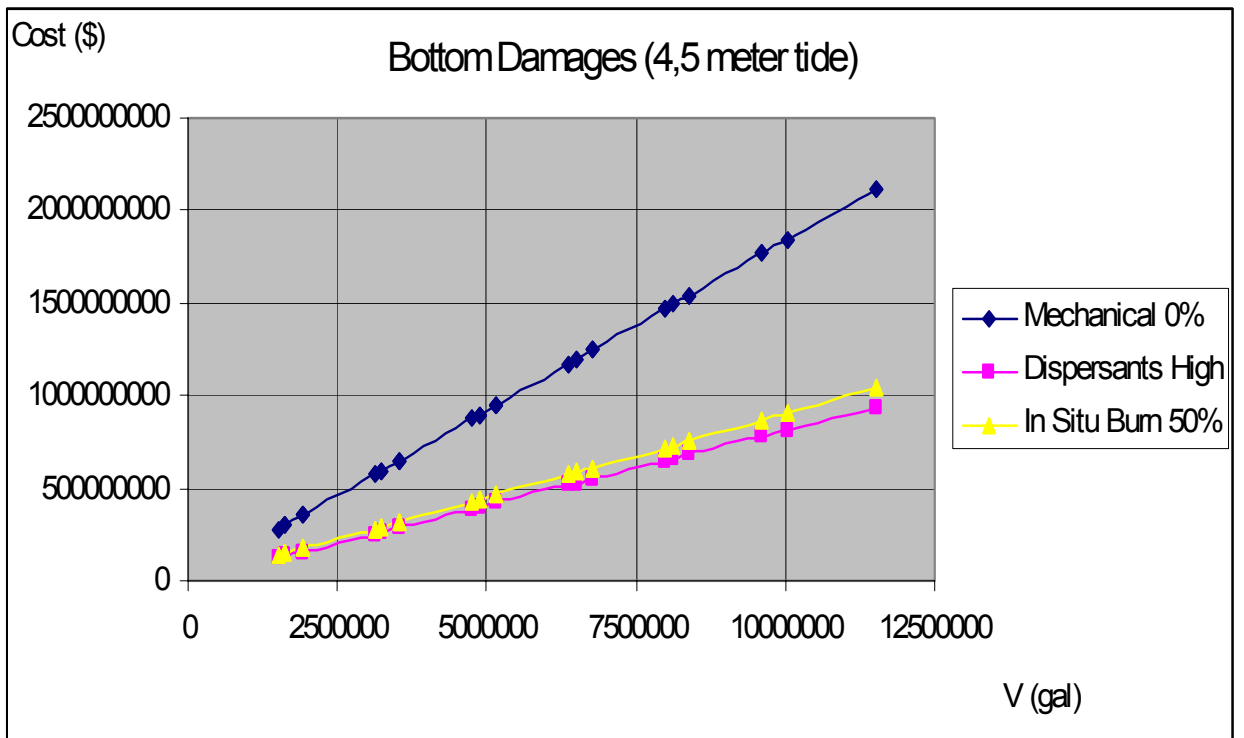
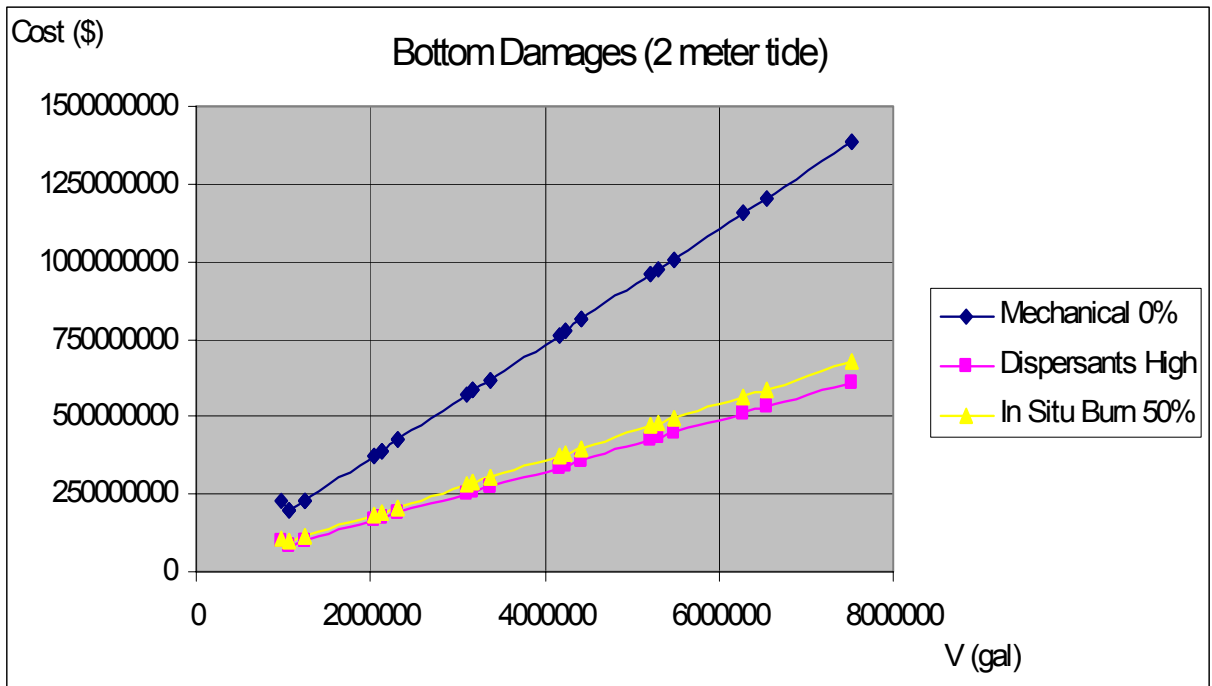
2)  $Per\ Gallon\ Socioeconomic\ Cost \times Socioeconomic\ Cost\ Modifier \times Spill\ Amount =$   
 $= Total\ Socioeconomic\ Damage\ Cost$

3)  $Per\ Gallon\ Environmental\ Cost \times 0,5 \times (Freshwater\ Modifier + Wildlife\ Modifier) \times$   
 $\times Spill\ Amount = Total\ Environmental\ Damage\ Cost$

Έτσι λοιπόν κρατώντας τις υπόλοιπες συνθήκες (κοινωνικούς, οικονομικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες) σταθερές, προκύπτουν οι παραπάνω καμπύλες.

- Στη σύγκριση των καμπυλών μεταξύ τους παρατηρούμε ότι η χρήση μηχανικών διαδικασιών (mechanical 0%) είναι πιο δαπανηρή από την εφαρμογή διαλυτικών ουσιών (Dispersants Low), οι οποίες με τη σειρά τους είναι πιο ακριβές από την εφαρμογή της μεθόδου της ανάφλεξης (In Situ Burn 50%). Αυτό επιβεβαιώνεται και από τις τιμές των αντίστοιχων συντελεστών στον πίνακα Ε.1.





## Σχόλια:

- Στα παραπάνω διαγράμματα, σε πρώτη φάση, παρατηρούμε ότι με την αύξηση της ποσότητας του χαμένου πετρελαίου, αυξάνεται και το κόστος των συνολικών διαδικασιών που πρέπει να ακολουθηθούν για την αποκατάσταση των βλαβών από τη ρύπανση. Αυτό ήταν αναμενόμενο από τη στιγμή που στη περιγραφή του εν λόγω μοντέλου, μοναδικός παράγοντας που έπαιζε καθοριστικό ρόλο ήταν αυτός της ποσότητας του πετρελαίου:

1)  $Per\ Gallon\ Response\ Cost \times Medium\ Modifier \times Spill\ Amount = Total\ Response\ Cost$

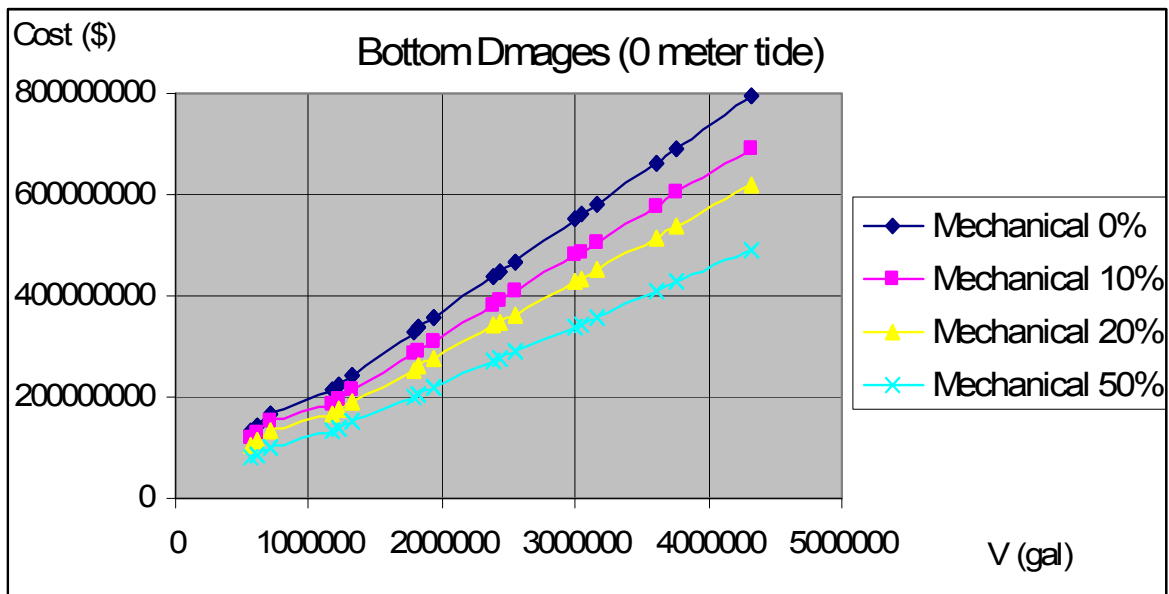
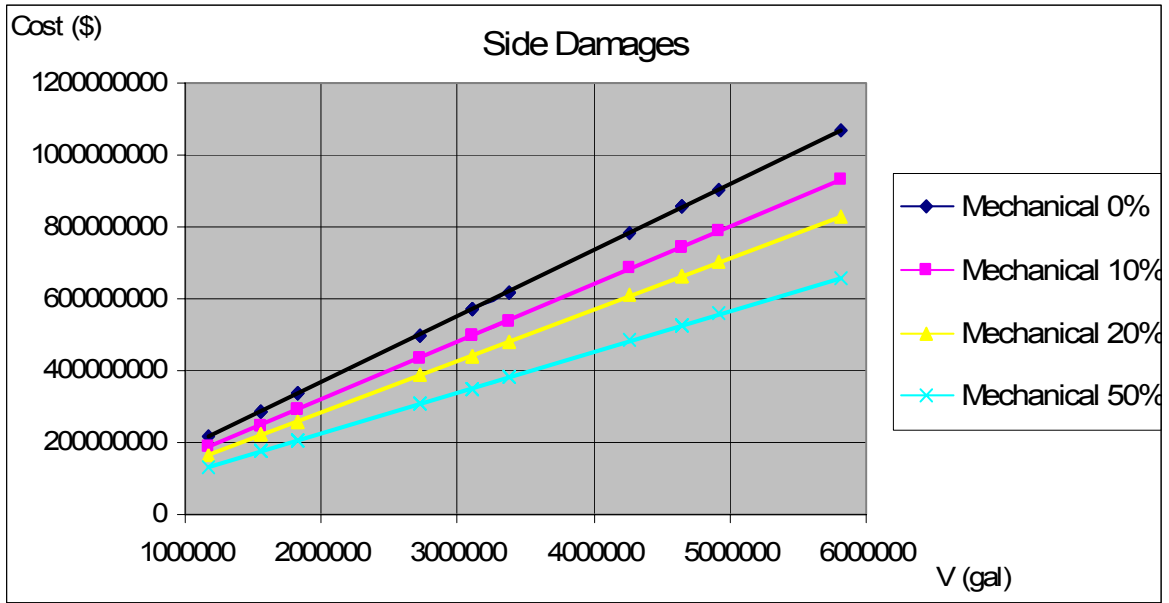
2)  $Per\ Gallon\ Socioeconomic\ Cost \times Socioeconomic\ Cost\ Modifier \times Spill\ Amount =$   
 $= Total\ Socioeconomic\ Damage\ Cost$

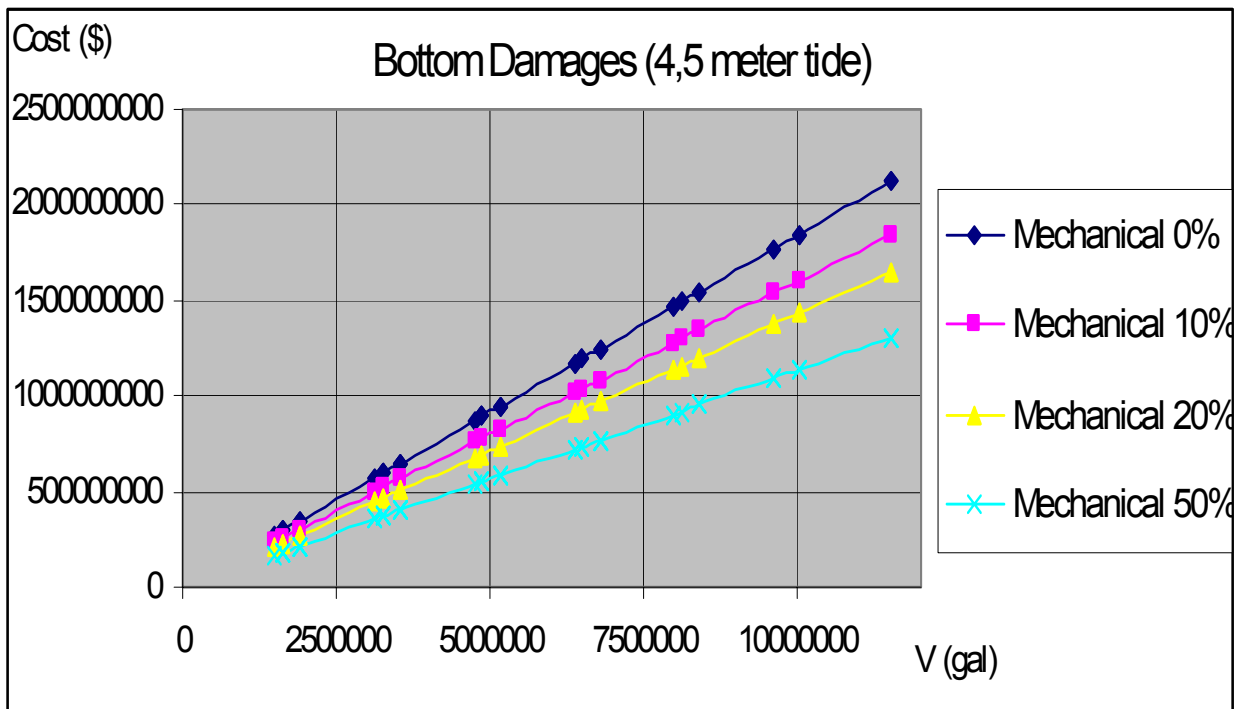
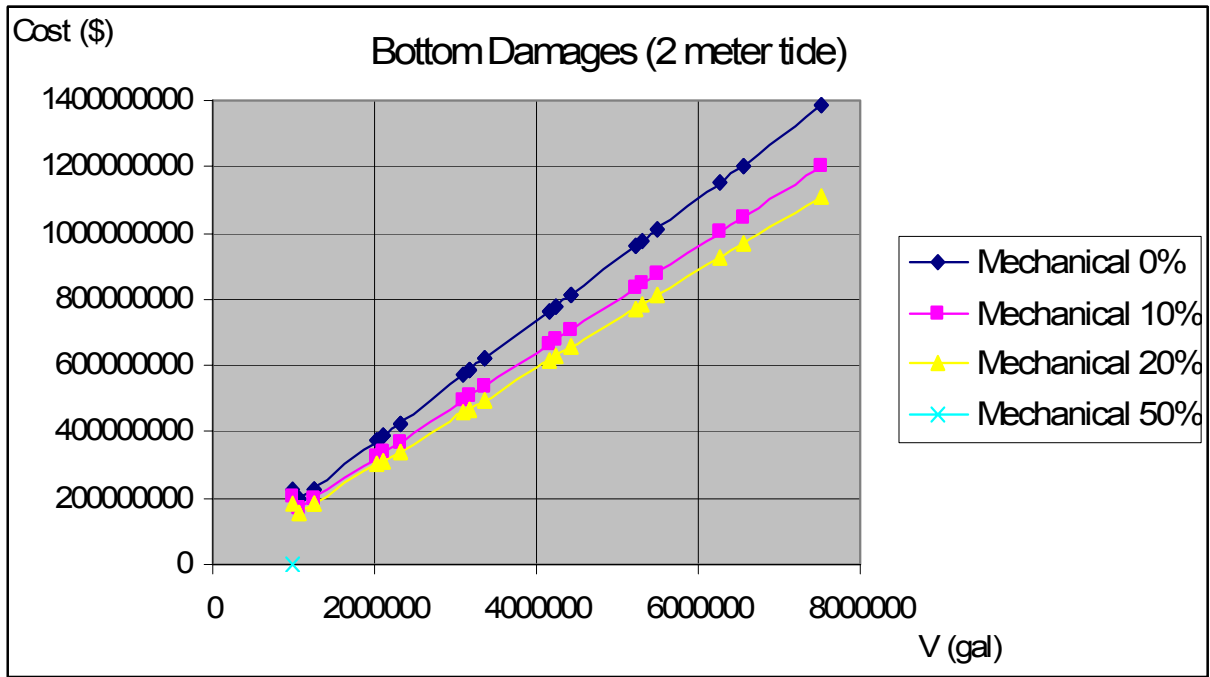
3)  $Per\ Gallon\ Environmental\ Cost \times 0,5 \times (Freshwater\ Modifier + Wildlife\ Modifier) \times$   
 $\times Spill\ Amount = Total\ Environmental\ Damage\ Cost$

Έτσι λοιπόν κρατώντας τις υπόλοιπες συνθήκες (κοινωνικούς, οικονομικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες) σταθερές, προκύπτουν οι παραπάνω καμπύλες.

- Στη σύγκριση των καμπυλών μεταξύ τους παρατηρούμε ότι η χρήση μηχανικών διαδικασιών (mechanical 0%) είναι πιο δαπανηρή από την εφαρμογή διαλυτικών ουσιών (Dispersants high), οι οποίες με τη σειρά τους είναι πιο ακριβές από την εφαρμογή της μεθόδου της ανάφλεξης (In Situ Burn 50%). Αυτό επιβεβαιώνεται και από τις τιμές των αντίστοιχων συντελεστών στον πίνακα Ε.1.







## Σχόλια:

- Στα παραπάνω διαγράμματα, σε πρώτη φάση, παρατηρούμε ότι με την αύξηση της ποσότητας του χαμένου πετρελαίου, αυξάνεται και το κόστος των συνολικών διαδικασιών που πρέπει να ακολουθηθούν για την αποκατάσταση των βλαβών από τη ρύπανση. Αυτό ήταν αναμενόμενο από τη στιγμή που στη περιγραφή του εν λόγω μοντέλου, μοναδικός παράγοντας που έπαιξε καθοριστικό ρόλο ήταν αυτός της ποσότητας του πετρελαίου:

1)  $Per\ Gallon\ Re\ sponse\ Cost \times Medium\ Modifier \times Spill\ Amount = Total\ Re\ sponse\ Cost$

2)  $Per\ Gallon\ Socioeconomic\ Cost \times Socioeconomic\ Cost\ Modifier \times Spill\ Amount =$   
 $= Total\ Socioeconomic\ Damage\ Cost$

3)  $Per\ Gallon\ Environmental\ Cost \times 0,5 \times (Freshwater\ Modifier + Wildlife\ Modifier) \times$   
 $Spill\ Amount = Total\ Environmental\ Damage\ Cost$

Έτσι λοιπόν κρατώντας τις υπόλοιπες συνθήκες (κοινωνικούς, οικονομικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες) σταθερές, προκύπτουν οι παραπάνω καμπύλες.

Στη σύγκριση των καμπυλών μεταξύ τους παρατηρούμε ότι η χρήση μηχανικών διαδικασιών (mechanical 0%) είναι πιο δαπανηρή από την αντίστοιχη mechanical 10% και αυτή με τη σειρά της από την mechanical 20% κ.ο.κ . Αυτό σημαίνει ότι όσο λιγότερη ποσότητα πετρελαίου απομακρύνεται από την περιοχή που έχει ρυπανθεί, τόσο πιο δαπανηρή θα είναι η όλη διαδικασία. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τις τιμές των αντίστοιχων συντελεστών στον πίνακα Ε.1.

***Παράρτημα Ζ:***  
*Υπολογισμοί Κόστους και Δείκτη Διακινδύνευσης*

## H.1 Modeling Oil Response and Damage Costs

### Mechanical 0%, Side Damage

COMPARTMENT GROUPINGS	SPILL AMOUNT (m <sup>3</sup> )	SPILL AMOUNT (gal)	RESPONSE COST (\$/gal)	COST MODIFIER VALUE	TOTAL RESPONSE COST (\$)
22) WB1+CO1+F.P	4416,75	1166782,49	92	1,15	123445587,64
23) WB6+CO6	5870,29	1550766,08	92	1,15	164071051,22
24) WB5+CO5	5870,29	1550766,08	92	1,15	164071051,22
25) WB4+CO4	5870,29	1550766,08	92	1,15	164071051,22
26) A.P+E.R+CO7+WB7	6895,61	1821626,99	92	1,15	192728136,01
27) E.R+CO7+WB7	6895,61	1821626,99	92	1,15	192728136,01
28) WB7+CO7	6895,61	1821626,99	92	1,15	192728136,01
29) WB2+WB1+CO2+CO1	10287,04	2717548,57	92	1,15	287516638,86
30) WB2+WB1+CO2+CO1+F.P	10287,04	2717548,57	92	1,15	287516638,86
31) WB5+WB4+CO5+CO4	11740,58	3101532,16	92	1,15	328142102,45
32) WB4+WB3+CO4+CO3	11740,58	3101532,16	92	1,15	328142102,45
33) WB3+WB2+CO3+CO2	11740,58	3101532,16	92	1,15	328142102,45
34) E.R+WB7+WB6+CO7+CO6	12765,90	3372393,07	92	1,15	366799187,23
35) WB7+WB6+CO7+CO6	12765,90	3372393,07	92	1,15	366799187,23
36) WB3+WB2+WB1+CO3+CO2+CO1+F.P	16157,33	4268314,65	92	1,15	451587690,09
37) WB6+WB5+WB4+CO6+CO5+CO4	17610,86	4652298,24	92	1,15	492213153,67
38) WB5+WB4+WB3+CO5+CO4+CO3	17610,86	4652298,24	92	1,15	492213153,67
39) WB4+WB3+WB2+CO4+CO3+CO2	17610,86	4652298,24	92	1,15	492213153,67
40) WB7+WB6+WB5+CO7+CO6+CO5	18636,18	4923159,15	92	1,15	520870238,46
41) WB4+WB3+WB2+WB1+CO4+CO3+CO2+CO1	22027,62	5819080,73	92	1,15	615668741,31

COMPARMENT GROUPINGS		SPILL AMOUNT (m3)	SPILL AMOUNT (gal)	SOCIOECONOMIC COST (\$/gal)	SOCIOECONOMIC COST MODIFIER	TOTAL SOCIOECONOMIC DAMAGE COST (\$)
22)	WB1+CO1+F.P	4416,7522	1166782,492	60	0,7	49004864,66
23)	WB6+CO6	5870,2882	1550766,08	60	0,7	65132175,34
24)	WB5+CO5	5870,2882	1550766,08	60	0,7	65132175,34
25)	WB4+CO4	5870,2882	1550766,08	60	0,7	65132175,34
26)	A.P+E.R+CO7+WB7	6895,6083	1821626,994	60	0,7	76508333,76
27)	E.R+CO7+WB7	6895,6083	1821626,994	60	0,7	76508333,76
28)	WB7+CO7	6895,6083	1821626,994	60	0,7	76508333,76
29)	WB2+WB1+CO2+CO1	10287,0404	2717548,571	60	0,7	114137040,00
30)	WB2+WB1+CO2+CO1+F.P	10287,0404	2717548,571	60	0,7	114137040,00
31)	WB5+WB4+CO5+CO4	11740,5764	3101532,159	60	0,7	130264360,69
32)	WB4+WB3+CO4+CO3	11740,5764	3101532,159	60	0,7	130264360,69
33)	WB3+WB2+CO3+CO2	11740,5764	3101532,159	60	0,7	130264360,69
34)	E.R+WB7+WB6+CO7+CO6	12765,8965	3372393,074	60	0,7	141640509,11
35)	WB7+WB6+CO7+CO6	12765,8965	3372393,074	60	0,7	141640509,11
36)	WB3+WB2+WB1+CO3+CO2+CO1+F.P	16157,3286	4268314,651	60	0,7	179269215,36
37)	WB6+WB5+WB4+CO6+CO5+CO4	17610,8646	4652298,239	60	0,7	195396526,03
38)	WB5+WB4+WB3+CO5+CO4+CO3	17610,8646	4652298,239	60	0,7	195396526,03
39)	WB4+WB3+WB2+CO4+CO3+CO2	17610,8646	4652298,239	60	0,7	195396526,03
40)	WB7+WB6+WB5+CO7+CO6+CO5	18636,1847	4923159,154	60	0,7	206772684,45
41)	WB4+WB3+WB2+WB1+CO4+CO3+CO2+CO1	22027,6168	5819080,731	60	0,7	244401390,69

	COMPARTMENT GROUPINGS	SPILL AMOUNT (gal)	ENVIRONMENTAL COST (\$/gal)	FRESH WATER MODIFIER	WILDLIFE MODIFIER	TOTAL MODIFIER	TOTAL ENVIRONMENTAL DAMAGE COST (\$)	TOTAL COST (\$)
22)	WB1+CO1+F.P	1166782,492	30	0.9	1.5	1.2	42004169,71	214454622,00
23)	WB6+CO6	1550766,08	30	0.9	1.5	1.2	56627578,87	286030805,44
24)	WB5+CO5	1550766,08	30	0.9	1.5	1.2	56627578,87	286030805,44
25)	WB4+CO4	1550766,08	30	0.9	1.5	1.2	56627578,87	286030805,44
26)	A.P+E.R+CO7+WB7	1821626,994	30	0.9	1.5	1.2	65578571,80	334815041,57
27)	E.R+CO7+WB7	1821626,994	30	0.9	1.5	1.2	65578571,80	334815041,57
28)	WB7+CO7	1821626,994	30	0.9	1.5	1.2	65578571,80	334815041,57
29)	WB2+WB1+CO2+CO1	2717548,571	30	0.9	1.5	1.2	97831748,57	499486427,44
30)	WB2+WB1+CO2+CO1+F.P	2717548,571	30	0.9	1.5	1.2	97831748,57	499486427,44
31)	WB5+WB4+CO5+CO4	3101532,159	30	0.9	1.5	1.2	111655157,73	570061610,87
32)	WB4+WB3+CO4+CO3	3101532,159	30	0.9	1.5	1.2	111655157,73	570061610,87
33)	WB3+WB2+CO3+CO2	3101532,159	30	0.9	1.5	1.2	111655157,73	570061610,87
34)	E.R+WB7+WB6+CO7+CO6	3372393,074	30	0.9	1.5	1.2	121406150,66	619845847,01
35)	WB7+WB6+CO7+CO6	3372393,074	30	0.9	1.5	1.2	121406150,66	619845847,01
36)	WB3+WB2+WB1+CO3+CO2+CO1+F.P	4268314,651	30	0.9	1.5	1.2	153669327,44	784516232,87
37)	WB6+WB5+WB4+CO6+CO5+CO4	4652298,239	30	0.9	1.5	1.2	167482736,60	855092416,31
38)	WB5+WB4+WB3+CO5+CO4+CO3	4652298,239	30	0.9	1.5	1.2	167482736,60	855092416,31
39)	WB4+WB3+WB2+CO4+CO3+CO2	4652298,239	30	0.9	1.5	1.2	167482736,60	855092416,31
40)	WB7+WB6+WB5+CO7+CO6+CO5	4923159,154	30	0.9	1.5	1.2	177233729,53	904876652,44
41)	WB4+WB3+WB2+WB1+CO4+CO3+CO2+CO1	5819080,731	30	0.9	1.5	1.2	209486906,31	1069547036,31

## H.2 Worldwide Analysis of Marine Oil Spill Cleanup Cost Factors

### Side Damage, Mechanical, Nearshore, 500 km

COMPARMENT GROUPINGS	SPILL AMOUNT (m <sup>3</sup> )	SPILL AMOUNT (ton)	r <sub>i</sub> (regional location modifier, nearshore)	l <sub>i</sub> (local location modifier)	C <sub>n</sub> (general cost, \$/ton, greece)	C <sub>ij</sub> (cost \$/ton spilled)	‡ (oil type modifier, crude oil)	o <sub>i</sub> (shoreline oiling modifier, 500 km)	m <sub>i</sub> (cleanup methodology modifier, mechanical)	s <sub>i</sub> (spill size modifier)	C <sub>ij</sub> (response cost \$/ton)	C <sub>ei</sub> (estimated total response cost, \$)
22) WB1+C01+F.P	4416,75	3596,67	1,46	1	8530,29	12454,22	0,55	1,53	0,92	0,05	482,09	1733921,40
23) WB6+C06	5870,29	4780,32	1,46	1	8530,29	12454,22	0,55	1,53	0,92	0,05	482,09	2304548,20
24) WB5+C05	5870,29	4780,32	1,46	1	8530,29	12454,22	0,55	1,53	0,92	0,05	482,09	2304548,20
25) WB4+C04	5870,29	4780,32	1,46	1	8530,29	12454,22	0,55	1,53	0,92	0,05	482,09	2304548,20
26) A.P+E.R+C07+WB7	6895,61	5615,27	1,46	1	8530,29	12454,22	0,55	1,53	0,92	0,05	482,09	2707066,69
27) E.R+C07+WB7	6895,61	5615,27	1,46	1	8530,29	12454,22	0,55	1,53	0,92	0,05	482,09	2707066,69
28) WB7+C07	6895,61	5615,27	1,46	1	8530,29	12454,22	0,55	1,53	0,92	0,05	482,09	2707066,69
29) WB2+WB1+C02+C01	10287,04	8376,99	1,46	1	8530,29	12454,22	0,55	1,53	0,92	0,05	482,09	4038469,59
30) WB2+WB1+C02+C01+F.P	10287,04	8376,99	1,46	1	8530,29	12454,22	0,55	1,53	0,92	0,05	482,09	4038469,59
31) WB5+WB4+C05+C04	11740,58	9560,64	1,46	1	8530,29	12454,22	0,55	1,53	0,92	0,05	482,09	4609096,39
32) WB4+WB3+C04+C03	11740,58	9560,64	1,46	1	8530,29	12454,22	0,55	1,53	0,92	0,05	482,09	4609096,39
33) WB3+WB2+C03+C02	11740,58	9560,64	1,46	1	8530,29	12454,22	0,55	1,53	0,92	0,05	482,09	4609096,39
34) E.R+WB7+WB6+C07+C06	12765,90	10395,59	1,46	1	8530,29	12454,22	0,55	1,53	0,92	0,05	482,09	5011614,89
35) WB7+WB6+C07+C06	12765,90	10395,59	1,46	1	8530,29	12454,22	0,55	1,53	0,92	0,05	482,09	5011614,89
36) WB3+WB2+WB1+C03+C02+C01+F.P	16157,33	13157,32	1,46	1	8530,29	12454,22	0,55	1,53	0,92	0,05	482,09	6343017,79
37) WB6+WB5+WB4+C06+C05+C04	17610,86	14340,97	1,46	1	8530,29	12454,22	0,55	1,53	0,92	0,05	482,09	6913644,59
38) WB5+WB4+WB3+C05+C04+C03	17610,86	14340,97	1,46	1	8530,29	12454,22	0,55	1,53	0,92	0,05	482,09	6913644,59
39) WB4+WB3+WB2+C04+C03+C02	17610,86	14340,97	1,46	1	8530,29	12454,22	0,55	1,53	0,92	0,05	482,09	6913644,59
40) WB7+WB6+WB5+C07+C06+C05	18636,18	15175,91	1,46	1	8530,29	12454,22	0,55	1,53	0,92	0,05	482,09	7316163,08
41) WB4+WB3+WB2+WB1+C04+C03+C02+C01	22027,62	17937,64	1,46	1	8530,29	12454,22	0,55	1,53	0,92	0,05	482,09	8647565,98



### Η.3 Υπολογισμοί Δείκτη Διακινδύνευσης

SIDE DAMAGE NEARSHORE 500 km						
COMPARTMENT GROUPINGS	SPILL AMOUNT (ton)	$P_{\text{explos}}$	$P_{\text{collision}}$	$P_{\text{total}}$	Cei (\$)	A (\$)
22) WB1+CO1+F.P	3696,67	0,02422	0,02960	0,00072	1733921,40	1243,15
23) WB6+CO6	4780,32	0,01939	0,02960	0,00057	2304548,20	1322,66
24) WB5+CO5	4780,32	0,01939	0,02960	0,00057	2304548,20	1322,66
25) WB4+CO4	4780,32	0,01939	0,02960	0,00057	2304548,20	1322,66
26) A.P+E.R+CO7+WB7	5615,27	0,00176	0,02960	0,00005	2707066,69	140,79
27) E.R+CO7+WB7	5615,27	0,02422	0,02960	0,00072	2707066,69	1940,86
28) WB7+CO7	5615,27	0,01939	0,02960	0,00057	2707066,69	1553,68
29) WB2+WB1+CO2+CO1	8376,99	0,02422	0,02960	0,00072	4038469,59	2895,41
30) WB2+WB1+CO2+CO1+F.P	8376,99	0,00088	0,02960	0,00003	4038469,59	105,01
31) WB5+WB4+CO5+CO4	9560,64	0,00483	0,02960	0,00014	4609096,39	669,19
32) WB4+WB3+CO4+CO3	9560,64	0,02422	0,02960	0,00072	4609096,39	3304,52
33) WB3+WB2+CO3+CO2	9560,64	0,02422	0,02960	0,00072	4609096,39	3304,52
34) E.R+WB7+WB6+CO7+CO6	10395,59	0,00088	0,02960	0,00003	5011614,89	130,32
35) WB7+WB6+CO7+CO6	10395,59	0,00483	0,02960	0,00014	5011614,89	716,76
36) WB3+WB2+WB1+CO3+CO2+CO1+F.P	13157,32	0,00088	0,02960	0,00003	6343017,79	164,94
37) WB6+WB5+WB4+CO6+CO5+CO4	14340,97	0,00571	0,02960	0,00017	6913644,59	1168,57
38) WB5+WB4+WB3+CO5+CO4+CO3	14340,97	0,00088	0,02960	0,00003	6913644,59	179,78
39) WB4+WB3+WB2+CO4+CO3+CO2	14340,97	0,00088	0,02960	0,00003	6913644,59	179,78
40) WB7+WB6+WB5+CO7+CO6+CO5	15175,91	0,00571	0,02960	0,00017	7316163,08	1236,60
41) WB4+WB3+WB2+WB1+CO4+CO3+CO2+CO1	17937,64	0,00088	0,02960	0,00003	8647565,98	224,87
					<b>A<sub>TOTAL</sub>=</b>	<b>23116,73</b>

BOTTOM DAMAGE (0 meter tide) NEARSHORE 500 km						
COMPARTMENT GROUPINGS	SPILL AMOUNT (ton)	P <sub>Outflow</sub>	P <sub>grounding</sub>	P <sub>total</sub>	Cei (\$)	A (\$)
42) WB1(P,S)+F.P+CO1	1737,14	0,03344	0,01730	0,00058	2512381,61	1453,37
43) WB6(P,S)+CO6	1878,80	0,00405	0,01730	0,00007	2717253,93	190,27
44) WB5(P,S)+CO5	1878,80	0,00472	0,01730	0,00008	2717253,93	221,99
45) WB4(P,S)+CO4	1878,80	0,00675	0,01730	0,00012	2717253,93	317,12
46) A.P+E.R+WB7(P,S)+CO7	2214,30	0,00197	0,01730	0,00003	3202477,84	108,91
47) E.R+WB7(P,S)+CO7	2214,30	0,00446	0,01730	0,00008	3202477,84	247,01
48) WB7(P,S)+CO7	2214,30	0,00337	0,01730	0,00006	3202477,84	186,88
49) WB2(P,S)+WB1(P,S)+CO2+CO1	3615,94	0,02787	0,01730	0,00048	1743211,85	840,36
50) WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P+CO1+CO2	3615,94	0,00880	0,01730	0,00015	1743211,85	265,44
51) WB5(P,S)+WB4(P,S)+CO5+CO4	3757,60	0,00440	0,01730	0,00008	1811502,62	137,89
52) WB4(P,S)+WB3(P,S)+CO4+CO3	3757,60	0,01672	0,01730	0,00029	1811502,62	523,96
53) WB3(P,S)+WB2(P,S)+CO3+CO2	3757,60	0,02229	0,01730	0,00039	1811502,62	698,61
54) A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+CO7+CO6	4093,10	0,00123	0,01730	0,00002	1973243,92	42,06
55) E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+CO7+CO6	4093,10	0,00103	0,01730	0,00002	1973243,92	35,06
56) WB7(P,S)+WB6(P,S)+CO7+CO6	4093,10	0,00220	0,01730	0,00004	1973243,92	75,10
57) WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P+CO3+CO2+CO1	5494,74	0,01261	0,01730	0,00022	2648963,15	578,10
58) WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+CO6+CO5+CO4	5636,40	0,00452	0,01730	0,00008	2717253,93	212,37
59) WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+CO5+CO4+CO3	5636,40	0,00205	0,01730	0,00004	2717253,93	96,55
60) WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+CO4+CO3+CO2	5636,40	0,00308	0,01730	0,00005	2717253,93	144,83
61) A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+CO7+CO6+CO5	5971,90	0,00141	0,01730	0,00002	2878995,23	70,13
62) E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+CO7+CO6+CO5	5971,90	0,00044	0,01730	0,00001	2878995,23	21,91

BOTTOM DAMAGE (0 meter tide) NEARSHORE 500 km									
COMPARTMENT GROUPINGS									
	COMPARTMENT GROUPINGS	SPILL AMOUNT (ton)	P <sub>Outflow</sub>	P <sub>Grounding</sub>	P <sub>Total</sub>	Cei (\$)	A (\$)		
63)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+C07+C06+C05	5971,90	0,00387	0,01730	0,00007	2878995,23	192,87		
64)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)+C04+C03+C02+C01	7373,54	0,00587	0,01730	0,00010	3554714,46	360,85		
65)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P+C04+C03+C02+C01	7373,54	0,01364	0,01730	0,00024	3554714,46	838,81		
66)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+C06+C05+C04+C03	7515,20	0,00088	0,01730	0,00002	3623005,24	55,16		
67)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+C05+C04+C03+C02	7515,20	0,00132	0,01730	0,00002	3623005,24	82,73		
68)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+C07+C06+C05+C04	7850,70	0,00167	0,01730	0,00003	3784746,54	109,48		
69)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+C07+C06+C05+C04	7850,70	0,00106	0,01730	0,00002	3784746,54	69,14		
70)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+C07+C06+C05+C04	7850,70	0,00114	0,01730	0,00002	3784746,54	74,90		
71)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)+C05+C04+C03+C02+C01	9252,34	0,00132	0,01730	0,00002	4460465,77	101,86		
72)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P+C05+C04+C03+C02+C01	9252,34	0,00572	0,01730	0,00010	4460465,77	441,39		
73)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+C06+C05+C04+C03+C02	9394,00	0,00088	0,01730	0,00002	4528756,55	68,95		
74)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+C07+C06+C05+C04+C03	9729,50	0,00106	0,01730	0,00002	4690497,85	85,69		
75)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+C07+C06+C05+C04+C03	9729,50	0,00123	0,01730	0,00002	4690497,85	99,97		
76)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)+C06+C05+C04+C03+C02+C01	11131,14	0,00132	0,01730	0,00002	5366217,08	122,54		
77)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P+C06+C05+C04+C03+C02+C01	11131,14	0,00308	0,01730	0,00005	5366217,08	285,93		
78)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+C07+C06+C05+C04+C03+C02	11608,30	0,00123	0,01730	0,00002	5596249,16	119,28		
79)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+C07+C06+C05+C04+C03+C02	11608,30	0,00088	0,01730	0,00002	5596249,16	85,20		
80)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)+C07+C06+C05+C04+C03+C02+C01	13345,44	0,00176	0,01730	0,00003	6433709,70	195,89		
81)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P+C07+C06+C05+C04+C03+C02+C01	13345,44	0,00132	0,01730	0,00002	6433709,70	146,92		
						<b>A<sub>TOTAL</sub>=</b>	<b>10005,47</b>		

BOTTOM DAMAGE (2 meter tide) NEARSHORE 500 km							
	COMPARTMENT GROUPINGS	SPILL AMOUNT (ton)	P <sub>Outflow</sub>	P <sub>grounding</sub>	P <sub>total</sub>	Cei (\$)	A (\$)
42)	WB1(P,S)+F,P+CO1	3020,81	0,03344	0,01730	0,00058	4368914,86	2527,34
43)	WB6(P,S)+CO6	3267,14	0,00405	0,01730	0,00007	4725178,31	330,88
44)	WB5(P,S)+CO5	3267,14	0,00472	0,01730	0,00008	4725178,31	386,02
45)	WB4(P,S)+CO4	3267,14	0,00675	0,01730	0,00012	4725178,31	551,46
46)	A,P+E,R+WB7(P,S)+CO7	3850,56	0,00197	0,01730	0,00003	1856320,05	63,13
47)	E,R+WB7(P,S)+CO7	3850,56	0,00446	0,01730	0,00008	1856320,05	143,18
48)	WB7(P,S)+CO7	3850,56	0,00337	0,01730	0,00006	1856320,05	108,32
49)	WB2(P,S)+WB1(P,S)+CO2+CO1	6287,96	0,02787	0,01730	0,00048	3031364,39	1461,32
50)	WB2(P,S)+WB1(P,S)+F,P+CO1+CO2	6287,96	0,00880	0,01730	0,00015	3031364,39	461,59
51)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+CO5+CO4	6534,29	0,00440	0,01730	0,00008	3150118,87	239,79
52)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+CO4+CO3	6534,29	0,01672	0,01730	0,00029	3150118,87	911,14
53)	WB3(P,S)+WB2(P,S)+CO3+CO2	6534,29	0,02229	0,01730	0,00039	3150118,87	1214,86
54)	A,P+E,R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+CO7+CO6	7117,71	0,00123	0,01730	0,00002	3431379,48	73,14
55)	E,R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+CO7+CO6	7117,71	0,00103	0,01730	0,00002	3431379,48	60,96
56)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+CO7+CO6	7117,71	0,00220	0,01730	0,00004	3431379,48	130,60
57)	WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)+F,P+CO3+CO2+CO1	9555,10	0,01261	0,01730	0,00022	4606423,82	1005,29
58)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+CO6+CO5+CO4	9801,43	0,00452	0,01730	0,00008	4725178,31	369,31
59)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+CO5+CO4+CO3	9801,43	0,00205	0,01730	0,00004	4725178,31	167,90
60)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+CO4+CO3+CO2	9801,43	0,00308	0,01730	0,00005	4725178,31	251,85
61)	A,P+E,R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+CO7+CO6+CO5	10384,85	0,00141	0,01730	0,00002	5006438,92	121,95
62)	E,R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+CO7+CO6+CO5	10384,85	0,00044	0,01730	0,00001	5006438,92	38,11

BOTTOM DAMAGE (2 meter tide) NEARSHORE 500 km									
COMPARTMENT GROUPINGS		SPILL AMOUNT (toth)	P <sub>outflow</sub>	P <sub>grounding</sub>	P <sub>total</sub>	Ceii (\$)	A (\$)		
63)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+CO7+CO6+CO5	10384,95	0,00387	0,01730	0,00007	5006438,92	335,39		
64)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)+CO4+CO3+CO2+CO1	12822,25	0,00587	0,01730	0,00010	6181483,26	627,50		
65)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P+CO4+CO3+CO2+CO1	12822,25	0,01364	0,01730	0,00024	6181483,26	1458,86		
66)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+CO6+CO5+CO4+CO3	13068,58	0,00088	0,01730	0,00002	6300237,74	95,91		
67)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+CO5+CO4+CO3+CO2	13068,58	0,00132	0,01730	0,00002	6300237,74	143,87		
68)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+CO7+CO6+CO5+CO4	13652,00	0,00167	0,01730	0,00003	6581498,35	190,37		
69)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+CO7+CO6+CO5+CO4	13652,00	0,00106	0,01730	0,00002	6581498,35	120,24		
70)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+CO7+CO6+CO5+CO4	13652,00	0,00114	0,01730	0,00002	6581498,35	130,26		
71)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)+CO5+CO4+CO3+CO2+CO1	16089,39	0,00132	0,01730	0,00002	7756542,69	177,13		
72)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P+CO5+CO4+CO3+CO2+CO1	16089,39	0,00572	0,01730	0,00010	7756542,69	767,56		
73)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+CO6+CO5+CO4+CO3+CO2	16335,72	0,00088	0,01730	0,00002	7875297,18	119,89		
74)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+CO7+CO6+CO5+CO4+CO3	16919,14	0,00106	0,01730	0,00002	8156557,79	149,01		
75)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+CO7+CO6+CO5+CO4+CO3	16919,14	0,00123	0,01730	0,00002	8156557,79	173,85		
76)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)+CO6+CO5+CO4+CO3+CO2+CO1	19356,53	0,00132	0,01730	0,00002	9331602,13	213,10		
77)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P+CO6+CO5+CO4+CO3+CO2+CO1	19356,53	0,00308	0,01730	0,00005	9331602,13	497,23		
78)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+CO7+CO6+CO5+CO4+CO3+CO2	20186,29	0,00123	0,01730	0,00002	9731617,22	207,42		
79)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+CO7+CO6+CO5+CO4+CO3+CO2	20186,29	0,00088	0,01730	0,00002	9731617,22	148,15		
80)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)+CO7+CO6+CO5+CO4+CO3+CO2+CO1	23207,10	0,00176	0,01730	0,00003	11187922,18	340,65		
81)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P+CO7+CO6+CO5+CO4+CO3+CO2+CO1	23207,10	0,00132	0,01730	0,00002	11187922,18	255,49		
						<b>A<sub>TOTAL</sub>=</b>	<b>16769,79</b>		

BOTTOM DAMAGE (4,5 meter tide) NEARSHORE 500 km							
	COMPARTMENT GROUPINGS	SPILL AMOUNT (ton)	P <sub>outflow</sub>	P <sub>grounding</sub>	P <sub>total</sub>	Cel (\$)	A (\$)
42)	WB1(P,S)+F.P+CO1	4625,40	0,03344	0,01730	0,00058	2229860,48	1289,93
43)	WB6(P,S)+CO6	5002,58	0,00405	0,01730	0,00007	2411694,59	168,88
44)	WB5(P,S)+CO5	5002,58	0,00472	0,01730	0,00008	2411694,59	197,02
45)	WB4(P,S)+CO4	5002,58	0,00675	0,01730	0,00012	2411694,59	281,46
46)	A.P+E.R+WB7(P,S)+CO7	5895,89	0,00197	0,01730	0,00003	2842354,34	96,66
47)	E.R+WB7(P,S)+CO7	5895,89	0,00446	0,01730	0,00008	2842354,34	219,23
48)	WB7(P,S)+CO7	5895,89	0,00337	0,01730	0,00006	2842354,34	165,86
49)	WB2(P,S)+WB1(P,S)+CO2+CO1	9627,97	0,02787	0,01730	0,00048	4641555,07	2237,54
50)	WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P+CO1+CO2	9627,97	0,00880	0,01730	0,00015	4641555,07	706,77
51)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+CO5+CO4	10005,15	0,00440	0,01730	0,00008	4823389,18	367,16
52)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+CO4+CO3	10005,15	0,01672	0,01730	0,00029	4823389,18	1395,12
53)	WB3(P,S)+WB2(P,S)+CO3+CO2	10005,15	0,02229	0,01730	0,00039	4823389,18	1860,16
54)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+CO7+CO6	10898,47	0,00123	0,01730	0,00002	5254048,93	111,98
55)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+CO7+CO6	10898,47	0,00103	0,01730	0,00002	5254048,93	93,35
56)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+CO7+CO6	10898,47	0,00220	0,01730	0,00004	5254048,93	199,97
57)	WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)+F.P+CO3+CO2+CO1	14630,55	0,01261	0,01730	0,00022	7053249,66	1539,27
58)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+CO6+CO5+CO4	15007,73	0,00452	0,01730	0,00008	7235083,78	565,47
59)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+CO5+CO4+CO3	15007,73	0,00205	0,01730	0,00004	7235083,78	257,08
60)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+CO4+CO3+CO2	15007,73	0,00308	0,01730	0,00005	7235083,78	385,62
61)	A.P+E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+CO7+CO6+CO5	15901,05	0,00141	0,01730	0,00002	7665743,52	186,73
62)	E.R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+CO7+CO6+CO5	15901,05	0,00044	0,01730	0,00001	7665743,52	58,35

BOTTOM DAMAGE (4.5 meter tide) NEARSHORE 500 km									
COMPARTMENT GROUPINGS		SPILL AMOUNT (ton)	P <sub>outrflow</sub>	P <sub>grounding</sub>	P <sub>Total</sub>	Cei (\$)	A (\$)		
63)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+CO7+CO6+CO5	15901,05	0,00387	0,01730	0,00007	7665743,52	513,54		
64)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)+CO4+CO3+CO2+CO1	19633,13	0,00587	0,01730	0,00010	9464944,25	960,82		
65)	WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)+F,P+CO4+CO3+CO2+CO1	19633,13	0,01364	0,01730	0,00024	9464944,25	2233,46		
66)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+CO6+CO5+CO4+CO3	20010,30	0,00088	0,01730	0,00002	9646778,37	146,86		
67)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+CO5+CO4+CO3+CO2	20010,30	0,00132	0,01730	0,00002	9646778,37	220,29		
68)	A,P+E,R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+CO7+CO6+CO5+CO4	20903,62	0,00167	0,01730	0,00003	10077438,12	291,50		
69)	E,R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+CO7+CO6+CO5+CO4	20903,62	0,00106	0,01730	0,00002	10077438,12	184,10		
70)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+CO7+CO6+CO5+CO4	20903,62	0,00114	0,01730	0,00002	10077438,12	199,44		
71)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)+CO5+CO4+CO3+CO2+CO1	24635,70	0,00132	0,01730	0,00002	11876638,84	271,21		
72)	WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)+F,P+CO5+CO4+CO3+CO2+CO1	24635,70	0,00572	0,01730	0,00010	11876638,84	1175,26		
73)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+CO6+CO5+CO4+CO3+CO2	25012,88	0,00088	0,01730	0,00002	12058472,96	183,58		
74)	A,P+E,R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+CO7+CO6+CO5+CO4+CO3	25906,20	0,00106	0,01730	0,00002	12489132,71	228,16		
75)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+CO7+CO6+CO5+CO4+CO3	25906,20	0,00123	0,01730	0,00002	12489132,71	266,19		
76)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)+CO6+CO5+CO4+CO3+CO2+CO1	29638,28	0,00132	0,01730	0,00002	14288333,44	326,29		
77)	WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)+F,P+CO6+CO5+CO4+CO3+CO2+CO1	29638,28	0,00308	0,01730	0,00005	14288333,44	761,34		
78)	E,R+WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+CO7+CO6+CO5+CO4+CO3+CO2	30908,77	0,00123	0,01730	0,00002	14900827,30	317,59		
79)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+CO7+CO6+CO5+CO4+CO3+CO2	30908,77	0,00088	0,01730	0,00002	14900827,30	226,85		
80)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+CO7+CO6+CO5+CO4+CO3+CO2+CO1	35534,17	0,00176	0,01730	0,00003	3426137,56	104,32		
81)	WB7(P,S)+WB6(P,S)+WB5(P,S)+WB4(P,S)+WB3(P,S)+WB2(P,S)+WB1(P,S)+F,P+CO7+CO6+CO5+CO4+CO3+CO2+CO1	35534,17	0,00132	0,01730	0,00002	3426137,56	78,24		
						<b>A<sub>TOTAL</sub>=</b>	<b>21072,69</b>		

