ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

Η ΠΛΗΜΜΥΡΑ ΤΟΥ 1953 ΣΤΗ ΒΟΡΕΙΑ ΘΑΛΑΣΣΑ ΚΑΙ ΟΙ ΑΛΛΑΓΕΣ ΠΟΥ ΕΠΕΦΕΡΕ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΓΓΛΙΑΣ ΚΑΙ ΟΛΛΑΝΔΙΑΣ

Πτυχιακή εργασία: Μαρία Γλυνού

Επιβλέπων καθηγητής: Καρύμπαλης Ευθύμιος

Αθήνα, Φεβρουάριος 2014

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

Η ΠΛΗΜΜΥΡΑ ΤΟΥ 1953 ΣΤΗ ΒΟΡΕΙΑ ΘΑΛΑΣΣΑ ΚΑΙ ΟΙ ΑΛΛΑΓΕΣ ΠΟΥ ΕΠΕΦΕΡΕ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΓΓΛΙΑΣ ΚΑΙ ΟΛΛΑΝΔΙΑΣ

Πτυχιακή εργασία: Μαρία Γλυνού

Επιβλέπων καθηγητής: Καρύμπαλης Ευθύμιος

Αθήνα, Φεβρουάριος 2014

Περιεχόμενα

Εισαγωγή 4
Περίληψη 6
Abstract 7

Ενότητα Α – Θεωρητική Προσέγγιση
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγικές Έννοιες 8
1.1 Εισαγωγικές έννοιες φυσικών καταστροφών 8
1.2 Πλημμύρες 10

Κεφάλαιο 2: Αιτίες Πλημμυρών 11
2.1 Παράγοντες που επιδρούν στις ποτάμιες πλημμύρες 11
2.1.1 Κλιματολογικοί παράγοντες 11
2.1.2 Λιθολογικοί και μορφολογικοί παράγοντες 12
2.1.3 Ανθρωπογενείς παράγοντες 13
2.2 Παράγοντες που επιδρούν στις παράκτιες πλημμύρες 14
2.2.1 Κύματα καταιγίδας 14
2.2.2 Παλίρροια 18

Κεφάλαιο 3: Το φαινόμενο των πλημμυρών 21
3.1 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις 21
3.1.1 Έδαφος 21
3.1.2 Διάβρωση 21
3.1.3 Υδροφόρος ορίζοντας 22
3.2 Οικονομικές επιπτώσεις 23
3.3 Επιπτώσεις στην υγεία 26
3.4 Χωρική Ανάλυση και συχνότητα πλημμυρών 28
3.4.1 Παγκόσμιο φαινόμενο 28
3.4.2 Ευρώπη 30
3.5 Τάσεις φαινομένου 31
3.5.1 Φαινόμενο του θερμοκηπίου 32
3.5.2 Πληθυσμιακή αύξηση και χωρική κατανομή 33

Κεφάλαιο 4: Αντιπλημμυρική Προστασία Παράκτιων Περιοχών 34
4.1 Γενικά 34
4.2 Τύποι προστασίας 35
4.3 Κατασκευαστικά έργα 37
4.4 Αστοχίες και αρνητικές επιδράσεις των έργων 39

Ενότητα Β – Μελέτη Περίπτωσης
Κεφάλαιο 5: Γεωγραφία Περιοχής Μελέτης 40
5.1 Βόρεια Θάλασσα 40
5.2 Αγγλία 43
5.3 Ολλανδία 44
5.3.1 Νέα εδάφη 45

Κεφάλαιο 6: Η καταιγίδα του 1953 46
6.1 Γενικά 46
6.2 Η πορεία της καταιγίδας 48
6.3 Ένταση των ανέμων 51
6.4 Ύψος κυμάτων 52

Κεφάλαιο 7: Η Περίπτωση της Αγγλίας 54
7.1 Η πλημμύρα του 1953 στην Αγγλία 54
7.1.1 Περιοχές που επλήγησαν 54
7.1.2 Αντιμετώπιση και αντιπλημμυρική προστασία 55
7.1.3 Καταστροφές στην αντιπλημμυρική προστασία 56
7.1.4 Ανθρώπινες απώλειες 57
7.1.5 Οικονομικές απώλειες 59
7.2 Αλλαγές στην αντιπλημμυρική προστασία 61
7.2.1 Επιτροπή Waverley 61
7.2.2 Έργα προστασίας στον Τάμεση 63
7.2.3 Κόστος 71

Κεφάλαιο 8: Η Περίπτωση της Ολλανδίας 72
8.1 Η πλημμύρα του 1952 στην Ολλανδία 72
8.1.1 Περιοχές που επλήγησαν 72

8.1.2 Αντιμετώπιση και αντιπλημμυρική προστασία 73
8.1.3 Καταστροφές στην αντιπλημμυρική προστασία 73
8.1.4 Ανθρώπινες απώλειες 74
8.1.5 Οικονομικές απώλειες 75
8.2 Αλλαγές στην αντιπλημμυρική προστασία 76
8.2.1 Το πρόγραμμα Δέλτα 76
8.2.2 Η νέα οργάνωση της προστασίας 77
8.2.3 Ενίσχυση υπάρχουσας προστασίας 78
8.2.4 Νέα κατασκευαστικά έργα 81
8.2.5 Κόστος 87

Κεφάλαιο 9: Συμπεράσματα 88
9.1 Θεωρητική προσέγγιση 88
9.2 Συγκριτική θεώρηση 89

Επίλογος 93
Βιβλιογραφία 94

Εισαγωγή

Ο τίτλος της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι «Η πλημμύρα του 1953 στη Βόρεια Θάλασσα και οι αλλαγές που επέφερε στην αντιπλημμυρική προστασία Αγγλίας και Ολλανδίας».

Ιδιαίτερα σημαντικές καταστροφές στην ιστορία των κρατών λειτουργούν (ή θα έπρεπε να λειτουργούν) ως αφετηρία για τον σχεδιασμό της έγκαιρης και αποτελεσματικής αντιμετώπισης των επιπτώσεων τους. Η επιστημονική προσέγγιση των αιτιών των καταστροφικών γεγονότων, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη της γνώσης γύρω από το φαινόμενο, την οργάνωση της αντιμετώπισής τους και τη λήψη των απαραίτητων μέτρων, είναι ο μόνος τρόπος να μειωθούν οι πιθανότητες μελλοντικών καταστροφών από ανάλογα γεγονότα.

Η εμπειρία που αποκτούν οι χώρες μετά από καταστροφικά γεγονότα, μπορεί να ξεπεράσει τα εθνικά σύνορα και να γίνει υπόδειγμα και για άλλα κράτη που αντιμετωπίζουν παρόμοια προβλήματα, ώστε να προετοιμαστούν κατάλληλα και να διαφυλάξουν τους πολίτες, τις υποδομές και ότι άλλο κρίνουν απαραίτητο. Η μελέτη επομένως των καταστροφών είναι παράγοντας καθοριστικής σημασίας για την απρόσκοπτη ανάπτυξη των κρατών και την ευημερία των πολιτών τους.

Οι πλημμύρες αποτελούν μια από τις συχνότερες φυσικές καταστροφές παγκοσμίως, με μεγάλες απώλειες τόσο στην οικονομία, όσο και σε ανθρώπινες ζωές. Μέσα από αυτό το πρίσμα, κρίθηκε σκόπιμο να μελετηθεί η πλημμύρα του 1953 και ο τρόπος με τον οποίο τα δύο κράτη αντέδρασαν και προσαρμόστηκαν στα νέα δεδομένα. Και οι δύο χώρες που μελετώνται είχαν μακρά εμπειρία καταστροφικών πλημμυρών, η καταστροφή όμως του 1953 και κυρίως η έκταση των ανθρώπινων απωλειών, τις οδήγησαν σε αλλαγή του τρόπου που αντιμετώπιζαν μέχρι τότε τις πλημμύρες. Πυροδότησε ένα νέο τρόπο σκέψης γύρω από την αντιπλημμυρική προστασία, με αποτέλεσμα η Ολλανδία αλλά και η Μητροπολιτική περιοχή του Λονδίνου, να είναι στις μέρες μας από τις πιο καλά οχυρωμένες περιοχές απέναντι στις πλημμύρες σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η εκπόνηση της παρούσας εργασίας βασίστηκε στην βιβλιογραφική έρευνα, τόσο του θεωρητικού πεδίου των πλημμυρών με σκοπό να γίνει κατανοητό το φαινόμενο, όσο και

στην συγκέντρωση και καταγραφή των στοιχείων των καταστροφών στις δύο χώρες με στόχο την ανάδειξη του σχεδιασμού και του τρόπου με τον οποίο οι κρατικές δομές αντιμετώπισαν το πρόβλημα.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της εργασίας κ. Καρύμπαλη, Αναπληρωτή Καθηγητή στο τμήμα Γεωγραφίας, για την υποστήριξη και τη βοήθεια που μου παρείχε για την ολοκλήρωση της εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω μέσα από την καρδιά μου τους γονείς μου, Στέλιο και Όλγα, και την αδερφή μου, Αγγελική για την στήριξη που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της πλημμύρας του 1953 στη Βόρεια Θάλασσα, οι επιπτώσεις της και οι αλλαγές, που αυτή επέφερε στην αντιπλημμυρική προστασία των δύο χωρών, που επηρέασε περισσότερο, την Αγγλία και την Ολλανδία.

Στο πρώτο μέρος της εργασίας, που αφορά την θεωρητική προσέγγιση του φαινομένου, γίνεται προσπάθεια κατανόησης των διεργασιών που δημιουργούν πλημμύρες, μέσα από τη μελέτη φυσικών, μετεωρολογικών και ωκεανολογικών φαινομένων. Μελετάται η συσχέτισή των πλημμυρών με το ανθρωπογενές περιβάλλον και οι τρόποι με τους οποίους οι οργανωμένες κοινωνίες προσπαθούν να προστατευτούν από τις αρνητικές συνέπειες τους.

Το δεύτερο μέρος της εργασίας αφορά την μελέτη περίπτωσης. Γίνεται σύντομη αναφορά στην γεωγραφία της Αγγλίας και της Ολλανδίας, αλλά και σε βασικά χαρακτηριστικά της Βόρειας Θάλασσας. Ακολουθεί η περιγραφή της πλημμύρας του 1953, με την ανάλυση των μετεωρολογικών και ωκεανολογικών χαρακτηριστικών της, τα οποία την κατέστησαν τόσο καταστρεπτική. Τέλος, στα τελευταία κεφάλαια, αναλύονται οι ενέργειες και οι πολιτικές που ακολούθησαν τα δύο κράτη και τα έργα που υλοποίησαν ώστε να προστατευτούν από παρόμοια γεγονότα στο μέλλον.

Abstract

The aim of this project is to study the events of the Great Flood of 1953 and its consequences in flood defense schemes and policies of the two most affected countries, England and the Netherlands.

The first part of the paper consists of several chapters on the theoretical approach of floods. This includes a brief analysis of their physical, meteorological and oceanographic aspects, as well as their consequences on the human and physical environment.

A case study follows in the second part of this paper. A brief description of the geography of England and the Netherlands is given, in addition to the analysis of certain characteristics of the North Sea. The Great Flood, its causes and its consequences are then discussed, while the lessons that were learnt and the policies that were adopted by the two nations in order to reduce future risks by floods are dealt with in the last two chapters.

Ενότητα Α

Θεωρητική Προσέγγιση

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγικές Έννοιες

1.1 Εισαγωγικές έννοιες φυσικών καταστροφών

Στην μελέτη των φυσικών καταστροφών, για την περιγραφή και κατανόηση των φαινομένων, χρησιμοποιούνται οι έννοιες της πιθανότητας (probability), της συχνότητας (frequency) και της περιόδου αναφοράς (return period). Η πρώτη έννοια αφορά την πιθανότητα εκδήλωσης ενός γεγονότος. Η συχνότητα περιγράφει τον αναμενόμενο αριθμό συμβάντων σε μία καθορισμένη χρονική περίοδο, ενώ η περίοδος αναφοράς μετρά τη μέση συχνότητα, στην οποία ένα συγκεκριμένο γεγονός αναμένεται να εκδηλωθεί.

Άλλες πιο σύνθετες έννοιες για την κατανόηση της επίδρασης των φυσικών καταστροφών είναι η τρωτότητα, η έκθεση και η διακινδύνευση. Τρωτότητα (vulnerability) είναι ο βαθμός στον οποίο ένα σύστημα, είναι ευάλωτο σε κάποιο συγκεκριμένο συμβάν. Η τρωτότητα εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά εκείνα του συστήματος που δημιουργούν προϋποθέσεις αρνητικής αντίδρασης στο φαινόμενο, με αποτέλεσμα να μην αντιμετωπίζεται αυτό με τρόπο που να αποφεύγονται ή τουλάχιστον να περιορίζονται στο ελάχιστο οι επιπτώσεις. Με τον δείκτη της τρωτότητας μπορεί να μετρηθεί πολύ μεγάλο εύρος παραγόντων, γεγονός που επιτρέπει διαφορετικές προσεγγίσεις και δυσκολεύει τον ακριβή, μονοσήμαντο ορισμό του. Με την τρωτότητα υπολογίζονται φυσικοί, κοινωνικοί, πολιτικοί, κατασκευαστικοί παράγοντες και ανάλογα με την περίπτωση και τους στόχους της εκάστοτε μελέτης λαμβάνονται υπόψη διαφορετικοί ορισμοί. Για παράδειγμα στην κατασκευαστική τρωτότητα μετριούνται στοιχεία όπως η ένταση του γεγονότος και η ικανότητα των κατασκευών να αντέξουν τις συγκεκριμένες συνθήκες, ενώ στην οικονομική τρωτότητα έμφαση δίνεται στην ικανότητα των κοινωνιών και των ατόμων να αντιμετωπίσουν τις επιπτώσεις των καταστροφών (Costa, 2012).

Η έκθεση (exposure) αναφέρεται στην παρουσία ανθρώπων, περιουσιών, υποδομών και γενικότερα οικονομικών και περιβαλλοντικών πόρων, που μπορούν να επηρεαστούν

αρνητικά από την εκδήλωση φυσικών καταστροφών (IPCC, 2007). Είναι απόρροια της χωρικής διάστασης και της κατάστασης του δομημένου περιβάλλοντος, σε σχέση με το πως ανταπεξέρχεται σε συγκεκριμένους περιβαλλοντικούς κινδύνους.

Η διακινδύνευση (risk) αφορά στο βαθμό των δυνητικών απωλειών λόγω έκθεσης σε φυσικές απειλές (Δελλαδέτσιμας, 2009). Είναι επομένως η ανάλυση της πιθανότητας εκδήλωσης μιας απειλής σε συνδυασμό με το πόσο ευάλωτη στην απειλή είναι η περιοχή σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Ακραία φαινόμενα δεν είναι απαραίτητο να οδηγήσουν σε καταστροφή. Βασικό στοιχείο των φυσικών καταστροφών είναι ότι έχουν αρνητικές επιδράσεις στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον. Ανθρώπινες ζωές, αγροτική γη, περιουσίες καθώς και υποδομές συγκαταλέγονται στις απώλειες. Ο όρος καλύπτει ένα μεγάλο εύρος γεγονότων, όπως πλημμύρες, πυρκαγιές, σεισμοί, ξηρασίες και μετεωρολογικά φαινόμενα. Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των περιβαλλοντικών συστημάτων, συχνά προκαλούν συνδυασμό φαινομένων, αυξάνοντας έτσι τις απώλειες. Παραδείγματος χάριν, οι σεισμοί κάτω από κατάλληλες συνθήκες μπορεί να προκαλέσουν τσουνάμι, ενώ οι καύσωνες ενδέχεται να οδηγήσουν σε ξηρασίες και πυρκαγιές.

1.2 Πλημμύρες

Η πλημμύρα είναι μία από τις πιο συχνές φυσικές καταστροφές. Ορίζεται ως η υπερχείλιση των υδάτων σε περιοχές που συνήθως δεν καλύπτονται από νερό. Αν και είναι φυσική διεργασία, η δράση του ανθρώπου επηρεάζει σε αρκετές περιπτώσεις την ένταση και την συχνότητα εμφάνισης των πλημμυρών, αυξάνοντας τον κίνδυνο που διατρέχουν οι περιοχές. Η διαμόρφωση του τοπίου, ώστε να εξυπηρετεί τις ανθρώπινες ανάγκες, με την αποψίλωση των δασών, τη δημιουργία φραγμάτων, τη δόμηση σε ρέματα και λοιπές επεμβάσεις, ενδέχεται να συμβάλει στη διατάραξη των υδρολογικών λεκανών και κατ' επέκταση στα χαρακτηριστικά των πλημμυρικών επεισοδίων. Παράλληλα με τις αλλαγές στο χώρο, τις τελευταίες δεκαετίες η χρήση ορυκτών καυσίμων, είναι πλέον κοινά αποδεκτό ότι οδηγεί σε διατάραξη των μετεωρολογικών παραμέτρων, όπως ανακατανομή της βροχόπτωσης και άνοδο των θερμοκρασιών, καθιστώντας απαραίτητη τη μελέτη της επίδρασή τους στη χώρο-χρονική κατανομή του φαινομένου.

Υπάρχουν πολλές κατηγοριοποιήσεις πλημμυρών ανάλογα με το είδος και την γενεσιουργό αιτία. Παρακάτω περιγράφονται οι δύο κυριότερες κατηγορίες, οι ποτάμιες και οι παράκτιες. Ποτάμιες πλημμύρες δημιουργούνται όταν η υδρολογική λεκάνη δεν μπορεί να ανταπεξέλθει στις αλλαγές της παροχής (δηλαδή το φορτίο νερού που δέχεται σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα) και οι παράκτιες δημιουργούνται λόγω πρόσκαιρης ανόδου της στάθμης της θάλασσας.

Κεφάλαιο 2: Αιτίες Πλημμυρών

2.1 Παράγοντες που επιδρούν στις ποτάμιες πλημμύρες

Οι ποτάμιες πλημμύρες σχετίζονται με τον κύκλο του νερού. Οι αλλαγές στην παροχή μπορεί να οφείλονται σε κλιματολογικούς, λιθολογικούς, μορφολογικούς παράγοντες, αλλά και στην διαρκώς αυξανόμενη ανθρώπινη παρέμβαση στις λεκάνες απορροής.

2.1.1 Κλιματολογικοί παράγοντες

Η αύξηση της πλημμυρικής παροχής μπορεί να οφείλεται σε αυξημένη βροχόπτωση σε μικρό χρονικό διάστημα ή σε έδαφος που είναι κορεσμένο εξαιτίας προηγούμενων βροχοπτώσεων. Το λιώσιμο στρώματος χιονιού μπορεί επίσης να συντελέσει σε πλημμύρα της περιοχής. Και οι τρεις αυτές περιπτώσεις, έχουν σαν συνέπεια την αλλαγή της παροχής στην κλίμακα του χρόνου.

Ισχυρές βροχοπτώσεις σε μικρό χρονικό διάστημα δημιουργούν πιέσεις στην λεκάνη απορροής με αποτέλεσμα την πιθανή αδυναμία της κοίτης του ποταμού να ανταπεξέλθει στην αυξημένη παροχή. Στην περίπτωση αυτή το νερό υπερβαίνει το επίπεδο της όχθης και πλημμυρίζει τις γύρω περιοχές.

Όπως είναι φανερό, η βροχή δεν είναι απαραίτητο να αποτεθεί στην περιοχή που τελικά θα πλημμυρίσει. Είναι πιθανό, ορεινές περιοχές να δεχτούν μεγάλη ποσότητα βροχής και λόγω του υδρογραφικού δικτύου και των μορφολογικών χαρακτηριστικών του τόπου, οι περιοχές που εν τέλει θα πλημμυρίσουν να βρίσκονται στα κατάντη του υδρογραφικού δικτύου. Αυτό συμβαίνει σε ποταμούς με μεγάλο μήκος, όπου η χρονική περίοδος ανάμεσα στην εκδήλωση του αιτίου (λιώσιμο πάγων ή βροχόπτωση) και στο τελικό αποτέλεσμα (πλημμύρα περιοχών) μπορεί να είναι από μέρες μέχρι και βδομάδες.

Ο Νείλος είναι παράδειγμα ποταμού που πλημμύριζε με τέτοιο τρόπο. Η βροχή πέφτει στα ορεινά της Αιθιοπίας. Η ένωση των κλάδων σε μια κοίτη γίνεται στα βορειότερα τμήματα του υδρογραφικού δικτύου. Η αυξημένη παροχή των κλάδων δημιουργούσε πλημμύρες σε

περιοχές που δεν είχαν δεχτεί βροχή, που ήταν ευεργετικές για τη γεωργική παραγωγή και την οικονομία της χώρας,. Με τη λειτουργία του φράγματος του Ασουάν το 1970 διακόπηκε ο ετήσιος κύκλος πλημμυρών και η παροχή νερού έχει ισοκατανεμηθεί στη διάρκεια του έτους.

Αρκετά καταστρεπτικός τύπος πλημμύρας, που εμφανίζεται με μεγάλη συχνότητα και στον ελλαδικό χώρο είναι ο τύπος της αιφνίδιας πλημμύρας (flash flood). Προκύπτει σε περιβάλλοντα με απότομες κλίσεις και σε αστικές περιοχές, μετά από ισχυρές βροχοπτώσεις. Η μειωμένη απορροφητική ικανότητα του εδάφους λόγω των ξαφνικών νεροποντών έχει ως αποτέλεσμα τα ύδατα να ρέουν με ταχύτητα και η μεγάλη επιφανειακή ροή να πλημμυρίζει εκτάσεις σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα.

2.1.2 Λιθολογικοί και μορφολογικοί παράγοντες

Για την εξέταση της ανταπόκρισης του εδάφους στην παροχή νερού, απαραίτητη είναι η μελέτη των λιθολογικών και των μορφολογικών παραγόντων, με την οποία δημιουργείται ένα πληρέστερο "προφίλ" της περιοχής.

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί ανταποκρίνονται στην παροχή νερού ανάλογα με την διαπερατότητά τους. Υπάρχουν τρεις κατηγορίες διαπερατότητας, οι διαπερατοί, οι ημιδιαπερατοί και οι αδιαπέρατοι σχηματισμοί. Πετρώματα, όπως ο ψαμμίτης, αφήνουν το νερό να περάσει μέσα από τους πόρους τους, έχουν δηλαδή αυξημένη διαπερατότητα. Αντίθετα, πετρώματα όπως το μάρμαρο και ο σχιστόλιθος, έχουν μειωμένη διαπερατότητα με αποτέλεσμα το έδαφος να μην μπορεί να ανταπεξέλθει στην αυξημένη παροχή κατά τη διάρκεια μιας νεροποντής. Εκτός από τη διαπερατότητα των πετρωμάτων, ο τεκτονισμός της περιοχής επιδρά στα χαρακτηριστικά των πλημμυρών, αφού τα ρήγματα επιτρέπουν στο νερό να διεισδύσει.

Η μορφολογία του εδάφους αφορά τις κλίσεις της περιοχής. Όσο μεγαλύτερη είναι η κλίση τόσο πιο γρήγορα ρέει το νερό σε περίπτωση έντονης βροχόπτωσης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα μικρότερο βαθμό διείσδυσης και μεγαλύτερη πιθανότητα πλημμύρας.

2.1.3 Ανθρωπογενείς παράγοντες

Μεγάλο μέρος των υδρολογικών λεκανών διαμορφώνεται από φυσικούς παράγοντες σε συνδυασμό με ανθρωπογενείς ενέργειες. Οι προσπάθειες για έλεγχο της παροχής του νερού τόσο χρονικά, όσο και χωρικά μέσω φραγμάτων, εμπεριέχει την πιθανότητα καταστροφής του φράγματος λόγω κατασκευαστικών αστοχιών ή ακραίων φυσικών συμβάντων. Αυτός ο τύπος πλημμύρας είναι οφείλεται στη θραύση του φράγματος (dam failure). Η διευθέτηση και ο έλεγχος της κοίτης του ποταμού (πχ με ευθυγράμμιση της πορείας του) μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγή του τρόπου απόκρισης των λεκανών απορροής.

Η δόμηση σε ευπαθείς περιοχές, η αποψίλωση δασικών εκτάσεων μέσω πυρκαγιών, καλλιεργειών ή υπερβόσκησης, οι επεμβάσεις στα συστήματα των υδρολογικών λεκανών (αποξήρανση λιμνών, περιορισμός ρεμάτων, στεγανοποίηση τμήματος ποταμών, δημιουργία φραγμάτων κλπ), η δόμηση/κάλυψη εκτάσεων με αδιαπέρατα υλικά, συντελούν στην εμφάνιση μεγαλύτερης έντασης και συχνότητας πλημμυρικών φαινομένων.

2.2 Παράγοντες που επιδρούν στις παράκτιες πλημμύρες

Στις παράκτιες πλημμύρες το νερό καλύπτει εκτάσεις, που υπό κανονικές συνθήκες, βρίσκονται πιο πάνω από την τοπική ανώτερη στάθμη της θάλασσας. Ιδιαίτερα επικίνδυνες να πλημμυρίσουν είναι περιοχές με χαμηλό υψόμετρο, χωρίς φυσικά ή ανθρωπογενή φράγματα. Αιτία αυτού του τύπου πλημμυρών είναι η υπέρβαση της αναμενόμενης ανώτατης στάθμης της θάλασσας, που οφείλεται σε ποικίλες γενεσιουργές αιτίες, με συνέπεια την υπερχείλιση. Συχνότερη αιτία είναι ο συνδυασμός της φάση της αστρονομικής παλίρροιας (βλέπε §2.2.2) με μετεωρολογικούς παράγοντες (καταιγίδες, βαρομετρικό χαμηλό) ο οποίος οδηγεί σε υψηλότερη από τη συνηθισμένη άνοδο της θάλασσας. Και σε αυτή την περίπτωση, όπως και στις παρόχθιες πλημμύρες, η μορφολογία είναι καθοριστική παράμετρος, για το εάν η άνοδος της στάθμης της θάλασσας θα οδηγήσει ή όχι σε πλημμύρα, καθώς και για την εξέλιξη και τις συνέπειες του φαινομένου.

Πιο σπάνια αιτία παράκτιας πλημμύρας, αλλά ιδιαίτερα καταστροφική είναι τα τσουνάμι. Ανάμεσα στις συχνότερες αιτίες δημιουργίας τσουνάμι περιλαμβάνονται οι υποθαλάσσιοι σεισμοί και υποθαλάσσιες κατολισθήσεις. Τα τσουνάμι έχουν μεγάλο μήκος κύματος και περιοδικότητα. Όταν πλησιάσουν παράκτιες περιοχές, στις οποίες το βάθος της θάλασσας μειώνεται, για να διατηρήσουν την ενέργεια που μεταφέρουν αυξάνεται το ύψος τους με αποτέλεσμα να εισχωρούν χιλιόμετρα στην ενδοχώρα σε χαμηλές περιοχές με μικρή κλίση.

Στα υποκεφάλαια που ακολουθούν αναλύονται βασικές έννοιες της ωκεανογραφίας και της μετεωρολογίας που σχετίζονται με τις παράκτιες πλημμύρες. Οι έννοιες που αναλύονται είναι τα κύματα καταιγίδας και οι παλίρροιες.

2.2.1 Κύματα καταιγίδας (Storm surge)

Τα κύματα καταιγίδας προκαλούνται από τις δυνάμεις που αναπτύσσονται λόγω συνδυασμού συγκεκριμένων μετεωρολογικών συνθηκών. Σε αντίθεση με τις παλίρροιες, οι οποίες έχουν περιοδικότητα που μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια, οι καιρικές συνθήκες είναι πολύ πιο ασταθείς. Ανάλογα με την εποχή και την περιοχή μπορεί να προβλεφθεί η δημιουργία καιρικών συστημάτων, τα οποία επηρεάζουν τις υδάτινες μάζες. Η πρόβλεψη της έντασης καθώς και της πορείας συγκεκριμένων φαινομένων όμως μπορεί να γίνει από

ώρες μέχρι μερικά 24ωρα πριν τα κύματα καταιγίδας πλησιάσουν τις παράκτιες περιοχές.

Ως κύμα καταιγίδας ορίζεται η ακραία ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης λόγω ισχυρών ανέμων και χαμηλής βαρομετρικής πίεσης. Παρακάτω δίνεται μια σύντομη περιγραφή των δύο παραγόντων:

Άνεμος και ανεμογενή κύματα

Ως άνεμος ορίζεται οποιαδήποτε κίνηση του αέρα σε σχέση με την επιφάνεια της Γης. Σημαντικότερα χαρακτηριστικά του είναι η διεύθυνση και η ένταση. Η μεταφορά της ενέργειας γίνεται από τον άνεμο στα κύματα και στη συνέχεια στην παράκτια ζώνη μέσω της θραύσης τους. Το μέγεθος των κυμάτων εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου, την απόσταση καθώς και την διάρκεια με την οποία φυσάει ο άνεμος.

Στις παράκτιες περιοχές, που κυριαρχούνται από την κυματική ενέργεια, τα κύματα ανέμου είναι αυτά που κυρίως διαμορφώνουν την ακτογραμμή (wave dominated coasts). Είναι δηλαδή, η πιο σημαντική διεργασία, με την οποία αποτίθενται τα ιζήματα και διαβρώνονται οι παράκτιες γεωμορφές. Σε περιοχές που οι παλίρροιες έχουν μεγάλο εύρος, οι διαδικασίες διάβρωσης και απόθεσης επηρεάζονται σε μικρότερο βαθμό από τα κύματα ανέμου και σε μεγαλύτερο από τα κύματα παλίρροιας (tide dominated coasts).

Χρήσιμη κλίμακα για την κατανόηση της σχέσης ανέμου και κυμάτων είναι η εμπειρική κλίμακα Beaufort. Η κλίμακα έχει 12 κατηγορίες και κάθε βαθμός της κλίμακας αντιστοιχεί (περίπου) σε ταχύτητα ανέμου 4 κόμβων. Η κλίμακα ορίζεται ως εξής:

Μποφόρ	Χαρακτηρισμός ανέμ	Χαρακτηρισμός θάλασσας
0	Άπνοια (νηνεμία)	Γαλήνια
1	Σχεδόν άπνοια	Ρυτιδούμενη
2	Πολύ ασθενής	Ήρεμη
3	Ασθενής	Λίγο ταραγμένη
4	Σχεδόν μέτριος	Λίγο ταραγμένη ως ταραγμένη
5	Μέτριος	Ταραγμένη
6	Ισχυρός	Κυματώδης
7	Σφοδρός	Κυματώδης έως πολύ κυματώδης
8	Θυελλώδης	Πολύ κυματώδης έως τρικυμιώδης
9	Πολύ Θυελλώδης	Τρικυμιώδης
10	Θύελλα	Πολύ τρικυμιώδης
11	Σφοδρή θύελλα	Εξαιρετικά τρικυμιώδης
12	Τυφώνας	Μαινόμενη

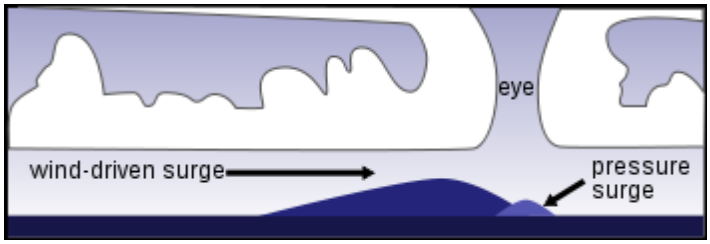
Πίνακας 1: Η κλίμακα Μποφόρ

Ατμοσφαιρική πίεση

Σύμφωνα με τους νόμους της φυσικής, κάθε επιφάνεια της Γης δέχεται τη δύναμη του βάρους της υπερκείμενης αέριας στήλης. Η δύναμη αυτή ονομάζεται ατμοσφαιρική πίεση και αφορά την κατακόρυφη δύναμη, που ασκείται και πάνω στη στήλη (επιφάνεια) του νερού. Η ανταπόκριση της επιφάνειας της θάλασσας στις αλλαγές της ατμοσφαιρικής πίεσης είναι άμεση. Για κάθε 1 millibar (περίπου 0,1kPa) πτώσης της ατμοσφαιρικής πίεσης η υδάτινη μάζα ανυψώνεται κατά 1cm (Davidson-Arnott, 2009).

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι δύο αυτές συνιστώσες ανεβάζουν τοπικά το επίπεδο της θάλασσας. Καθώς η ανυψωμένη υδάτινη μάζα πλησιάζει την παράκτια ζώνη, η μείωση του βάθους του βυθού, αυξάνει περαιτέρω το ύψος των κυμάτων. Με παρόμοια διαδικασία, όταν η υδάτινη μάζα πλησιάζει κλειστές θάλασσες και κόλπους, ανυψώνεται καθώς αλληλεπιδρά με την τοπογραφία της περιοχής. Αυτοί οι παράγοντες μπορεί να έχουν

καταστρεπτικές συνέπειες για παράκτιες περιοχές με χαμηλό υψόμετρο και μικρές κλίσεις. Τέλος, ο συγχρονισμός, όπως προαναφέραμε, του φαινομένου των κυμάτων καταιγίδας με την πλημμυρίδα ενισχύει τα κύματα, φαινόμενο που στην διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται και ως storm tide. Για να μην υπάρχει σύγχυση στο ποσοστό της επίδρασης της παλίρροιας με αυτό της επίδρασης των κυμάτων καταιγίδας, για τον υπολογισμό του ύψους των κυμάτων αφαιρείται το ύψος της πλημμυρίδας, που θα αναμενόταν. Στη συνέχεια το ύψος των κυμάτων αντιπροσωπεύει το καθαρό μέγεθος επίδρασης της καταιγίδας (Davidson-Arnott, 2009).



Εικόνα 1 : Απεικόνιση της επίδρασης του ανέμου και της ατμοσφαιρικής πίεσης στην ανύψωση της θάλασσας.

Η ύπαρξη κυμάτων καταιγίδας είναι ικανή αλλά όχι αναγκαία συνθήκη για την δημιουργία παράκτιας πλημμύρας. Αν συνδυαστεί με παλίρροια τετραγωνισμών (βλέπε §2.2.2) τότε οι επιπτώσεις του φαινομένου θα ελαττωθούν. Υπάρχει επίσης και η περίπτωση του αρνητικού κύματος καταιγίδας (negative storm surge) όταν η θάλασσα απομακρύνεται από την ακτή και η στάθμη της γίνεται αφύσικα χαμηλή (Web 1). Παρότι σε αυτή την περίπτωση δεν υπάρχει καταστροφή λόγω πλημμύρας, μπορεί να υπάρξουν αρνητικές επιπτώσεις, όπως προβλήματα στην ναυσιπλοΐα και εξάπλωση της περιβαλλοντικής μόλυνσης.

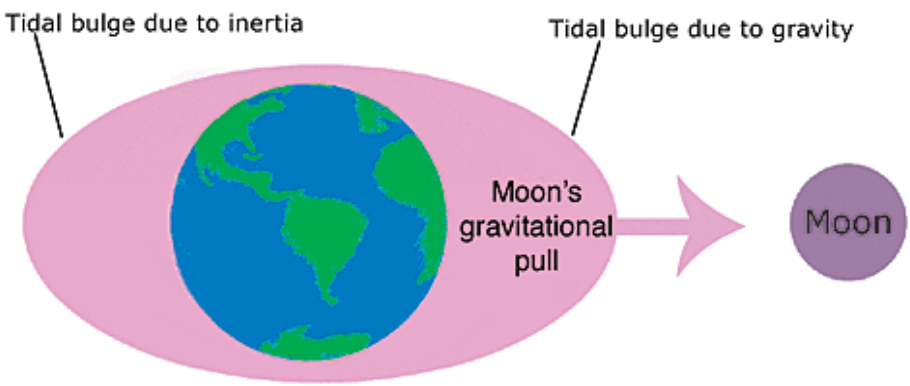
Παραδείγματα καταστροφικών πλημμυρών την τελευταία δεκαετία εξαιτίας κυμάτων καταιγίδας είναι στην Νέα Ορλεάνη το 2005 από τον τυφώνα Katrina, στην Νέα Υόρκη το 2012 από τον τυφώνα Sandy και στις Φιλιππίνες το 2013 εξαιτίας του τυφώνα Haiyan.

2.2.2 Παλίρροια

Σύμφωνα με τον νόμο της βαρύτητας του Νεύτωνα, δύο σώματα αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, έλκοντας το ένα το άλλο με δύναμη που ορίζεται από τον τύπο $f=(gm_1m_2)/r^2$, όπου g η παγκόσμια βαρυτική σταθερά, m οι μάζες των δύο σωμάτων και r η απόσταση μεταξύ τους.

Η Γη, ακολουθώντας τον πιο πάνω νόμο, επηρεάζεται από την βαρυτική έλξη της Σελήνης και του Ήλιου. Λόγω της εγγύτητας Γης και Σελήνης, η δύναμη που επιδρά στη Γη λόγω της Σελήνης είναι διπλάσια σε σχέση με αυτή από τον Ήλιο, παρά το μέγεθός του. Η παλίρροια ορίζεται ως η περιοδική ταλάντωση των υδάτινων μαζών εξαιτίας των αστρονομικών φαινομένων που περιγράψαμε. Ποικίλες παράμετροι μεταβάλουν τα χαρακτηριστικά των παλιρροιών, αλλά οι μεταβλητές είναι γνωστές, άρα είναι δυνατός ο υπολογισμός του φαινομένου. Είναι δηλαδή προβλέψιμο φαινόμενο. Το υψηλότερο επίπεδο που φτάνει η ταλάντωση κατά τη διάρκεια μιας μέρας ονομάζεται πλημμυρίδα και το χαμηλότερο άμπωτη. Πλημμυρίδα παρατηρείται στις θαλάσσιες μάζες της Γης που βρίσκονται προς τη μεριά της Σελήνης λόγω των ελκτικών δυνάμεων που αυτή εξασκεί πάνω τους.

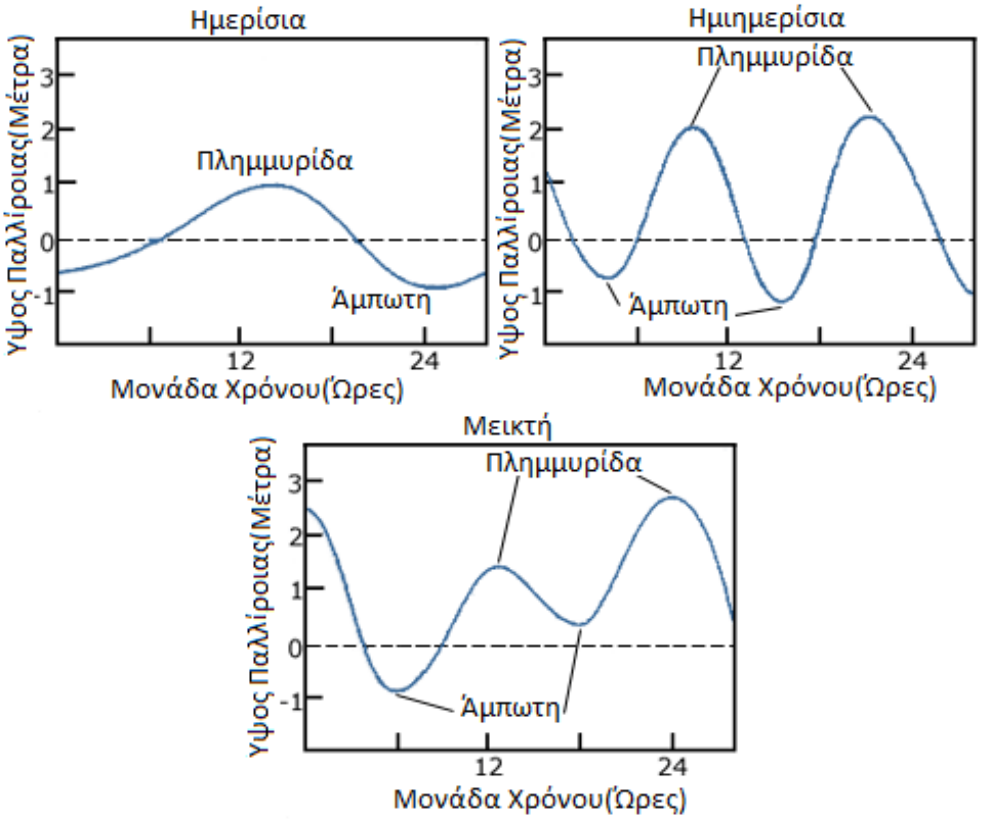
Εικόνα 2 : Αναπαράσταση του μηχανισμού δημιουργίας παλιρροιών εξαιτίας της Σελήνης.



Κατά τον Robin Davidson-Arnott τρία είναι τα σημεία κλειδιά για την κατανόηση των παλιρροιών:

1) Ο αριθμός των κύκλων της παλίρροιας κατά τη διάρκεια μιας μέρας. Στις περισσότερες περιοχές, αναπτύσσονται δύο ανυψώσεις και καθιζήσεις των υδάτων στη διάρκεια μιας μέρας, που αποτελούν τις λεγόμενες ημι-ημερίσιες παλίρροιες. Λόγω διαφορών στην

μορφολογία της περιοχής, στις αλληλεπιδράσεις των κυμάτων και σε άλλους παράγοντες, υπάρχουν περιοχές στις οποίες δημιουργείται μόνο μια πλημμυρίδα και άμπωτη (ημερίσιες παλίρροιες) ή ακόμα και συνδυασμός των δύο πρώτων τύπων (μεικτές παλίρροιες).



Εικόνα 3: Οι διαφορετικές φάσεις σε τρεις τύπους παλίρροιας (ημερίσια, ημιημερίσια και μεικτή).

2) Οι αλλαγές στο ύψος της παλίρροιας κατά τη διάρκεια δύο εβδομάδων. Καθώς η Σελήνη περιστρέφεται γύρω από τη Γη, και το σύστημα Γη-Σελήνη περιστρέφεται γύρω από τον Ήλιο, η σχετική θέση των τριών σωμάτων αλλάζει, με αποτέλεσμα την ενίσχυση ή την μείωση της έντασης των παλιρροιών. Όταν τα τρία σώματα βρίσκονται σε ευθεία γραμμή, η πλημμυρίδα παρουσιάζει υψηλότερη και η άμπωτη χαμηλότερη τιμή από το μέσο ύψος παλίρροιας. Αυτό το ζεύγος παλίρροιας ονομάζεται παλίρροια συζυγιών. Αντίθετα, όταν τα τρία σώματα βρίσκονται σε ορθή γωνία έχουμε χαμηλότερη πλημμυρίδα και υψηλότερη άμπωτη από τη μέση τιμή, δηλαδή παλίρροια τετραγωνισμών.

3) Η διαφορά μεταξύ πλημμυρίδας και άμπωτης, η οποία ονομάζεται εύρος. Το εύρος κυμαίνεται από λίγα εκατοστά (πχ. σε κλειστούς θαλάσσιους κόλπους) μέχρι πάνω από 10 μέτρα (πχ. Bay of Fundy, Καναδάς) και είναι σημαντικό στοιχείο για την περιγραφή της έκτασης της παράκτιας ζώνης.

Η κλίμακα του Davies αφορά την κατάταξη των παράκτιων περιοχών ανάλογα με το μέγιστο εύρος παλίρροιας που παρουσιάζουν. Ο Davies κατέληξε σε 3 τύπους, τις μικροπαλιρροιακές με εύρος λιγότερο από 2 μέτρα, τις μεσοπαλιρροιακές με εύρος μεταξύ 2-4 μέτρων και τις μακροπαλιρροιακές με εύρος παλιρροιών μεγαλύτερο από 4 μέτρα.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η παλίρροια είναι ένα περιοδικό φαινόμενο του οποίου τα χαρακτηριστικά μπορούν να υπολογιστούν με μεγάλη ακρίβεια, αρκεί να αναλυθούν επαρκώς οι επιμέρους πολύπλοκες μεταβλητές που τα επηρεάζουν. Τέτοιοι παράγοντες είναι οι σχετικές θέσης Γης, Σελήνης και Ήλιου και η μορφολογία της περιοχής. Στις παραμέτρους που επηρεάζουν την αλλαγή των χαρακτηριστικών της παλίρροιας προστίθεται και η αλλαγή στο επίπεδο της τροχιάς της Σελήνης ως προς τη Γη. Το επίπεδο αυτό δεν είναι παράλληλο με το επίπεδο του Ισημερινού, αλλά αποκλίνει κατά τη διάρκεια του σεληνιακού μήνα μεταξύ 18,29μοίρες-28,58μοίρες.

Κεφάλαιο 3: Το Φαινόμενο των Πλημμυρών

3.1 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

3.1.1 Εδάφος

Σε αντίθεση με τις ποτάμιες πλημμύρες, οι οποίες μπορεί να έχουν θετική επίδραση στα εδάφη με την τροφοδότηση και τον εμπλουτισμό τους, οι παράκτιες πλημμύρες έχουν αρνητικές συνέπειες. Αιτία είναι η πολύ υψηλή περιεκτικότητα των υδάτων σε αλάτι, το οποίο καταστρέφει τα φυτά που δεν είναι ανθεκτικά. Ο εμποτισμός των εδαφών με θαλασσινά στοιχεία, μπορεί να τα αδρανοποιήσει για πολλά χρόνια και να τα καταστήσει ακατάλληλα για καλλιέργειες.

3.1.2 Διάβρωση

Οι ακτές αποτελούν σημείο συνάντησης των ωκεάνιων, μετεωρολογικών και χερσαίων διεργασιών. Η μεταφορά ενέργειας με την μορφή κυμάτων (ανέμου, παλίρροιας) είναι η κύρια αιτία διαμόρφωσης των παράκτιων περιοχών, καθώς επιδρά στις διεργασίες της διάβρωσης, της απόθεσης και της μεταφοράς ιζήματος. Η πιο έντονη κυματική δραστηριότητα σε όλους τους ωκεανούς είναι αποτέλεσμα της κυκλογένεσης στα δυτικά περιθώρια των ωκεανών (Schwartz, 2005).

Η διάβρωση εξαιτίας των κυμάτων εξαρτάται από δύο βασικούς παράγοντες. Πρώτον, τη μορφολογία της ακτογραμμής, που περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά της που αλλάζουν την πορεία και την ένταση των κυμάτων (περιλαμβάνεται και η υποθαλάσσια τοπογραφία). Δεύτερον, το κυματικό περιβάλλον της ακτογραμμής που αφορά τα χαρακτηριστικά των κυμάτων τα οποία περιλαμβάνουν το ύψος και την συχνότητα των κυμάτων (Καρύμπαλης, 2007).

Όπως είναι φανερό, οι συχνές παράκτιες πλημμύρες ή τα μεμονωμένα περιστατικά μεγάλης έντασης μπορούν να διαμορφώσουν και να αλλάξουν την ακτογραμμή σε σύντομο χρονικό

διάστημα. Σε παγκόσμια κλίμακα το πρόβλημα της διάβρωσης και της απώλειας των παράκτιων περιοχών γίνεται όλο και πιο επιτακτικό καθώς η άνοδος της στάθμης της θάλασσας αλλάζει την ευαίσθητη ισορροπία προσφοράς και απομάκρυνσης ιζήματος στις ακτές. Χαρακτηριστικό είναι ότι σχεδόν το 70% των αμμωδών παραλιών υποχωρεί παγκοσμίως (Schwartz, 2005).

Η συχνές παράκτιες πλημμύρες ή τα έντονα πλημμυρικά γεγονότα επιδεινώνουν τους ρυθμούς διάβρωσης με δύο τρόπους:

- Άμεσα: με την απομάκρυνση ή μετακίνηση ιζήματος κατά τη διάρκεια του συμβάντος.
- Έμμεσα: με την καταστροφή της φυσικής ή της ανθρωπογενούς προστασίας, όπως για παράδειγμα την καταστροφή των αμμωδών θινών (sand dunes).

3.1.3 Υδροφόρος ορίζοντας

Η υπεράντληση υδάτων για γεωργικές, βιομηχανικές και αστικές χρήσεις, μπορεί να χαμηλώσει τον υδροφόρο ορίζοντα. Σε αυτή την περίπτωση, μία έντονη πλημμύρα που θα εισχωρήσει στην ενδοχώρα, μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα την μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα και την αχρήστευσή του για καλλιέργειες ή πόσιμο νερό.

3.2 Οικονομικές επιπτώσεις

Από την αρχαιότητα μέχρι και τις μέρες μας, η διαβίωση κοντά σε ποτάμια και θάλασσες παραμένει ευρέως διαδεδομένη γιατί προσφέρει πληθώρα ωφελειών. Υπάρχουν πολλοί λόγοι που οι άνθρωποι επιλέγουν για την δημιουργία οικισμών και πόλεων περιοχές που συχνά είναι ευπρόσβλητες σε πλημμύρες. Ένας από τους κυριότερους είναι ότι τα περιβάλλοντα αυτά αποτελούν την σημαντικότερη πηγή εισοδήματος για το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού παγκοσμίως, με δραστηριότητες που σχετίζονται με την αλιεία και τις καλλιέργειες. Η μεταφορά ανθρώπων και προϊόντων μέσω καναλιών και λιμανιών αποτελεί διαδεδομένο τρόπο γρήγορης επικοινωνίας μεταξύ περιοχών για χιλιετίες. Ενώ τις τελευταίες δεκαετίες, η ανάπτυξη του τουρισμού δίνει νέα ώθηση στην οικοδομική δραστηριότητα σε υπάρχουσες οικιστικές εγκαταστάσεις ή νέες περιοχές που είναι ευπαθείς σε πλημμύρες (Diley, 2005).

Οι επενδύσεις και οι επιχειρήσεις που βρίσκονται σε πλημμυρικά πεδία και παράκτιες περιοχές επιρρεπείς σε πλημμύρες, θεωρούνται κερδοφόρες καθώς εκεί έχουν αναπτυχθεί μεγάλες μητροπολιτικές περιοχές οι οποίες προσφέρουν εξειδικευμένο ανθρώπινο δυναμικό και ταυτόχρονα προσφέρουν τα συγκριτικά πλεονεκτήματα μιας διευρυμένης αγοράς (UNISDR, 2013).

Η συγκέντρωση δραστηριοτήτων σε περιοχές ευπρόσβλητες από πλημμύρες όμως αυξάνει την έκθεση και την διακινδύνευση. Όπως είναι φανερό η ραγδαία αύξηση της έκθεσης που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια έχει πολλαπλασιάσει και τον κίνδυνο των δυνητικών απωλειών από τις καταστροφές.

Από άποψη οικονομικών απωλειών των επιχειρήσεων διακρίνονται τέσσερις κατηγορίες (Εικόνα 4):

- Οι άμεσες οικονομικές απώλειες: αφορούν τη μερική ή πλήρη καταστροφή των υποδομών, την απώλεια του στοκ των επιχειρήσεων, των πρώτων υλών ή/και του εξοπλισμού κλπ.
- Οι έμμεσες οικονομικές απώλειες: αφορούν ζημιές που προκύπτουν στις επιχειρήσεις από τη διακοπή του κύκλου εργασιών.
- Οι ευρύτερες επιπτώσεις: σχετίζονται με τις απώλειες από την αύξηση του κόστους

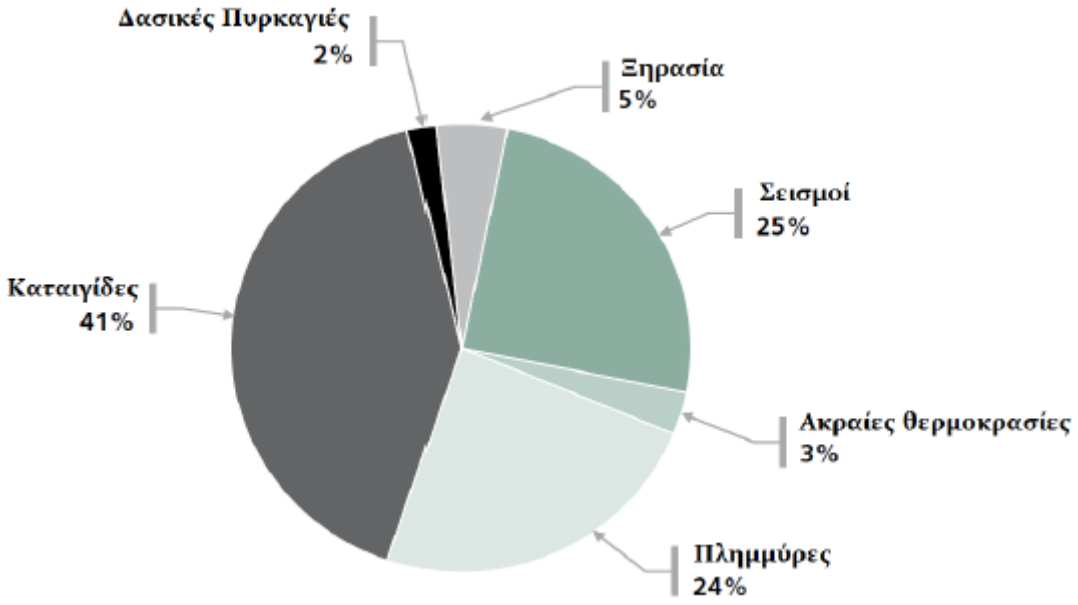
του ασφαλίστρου για τις επιχειρήσεις, την απώλεια των πελατών από ανταγωνιστικές εταιρίες και την μείωση της τιμής των μετοχών της εταιρίας.

- Οι μακροοικονομικές επιπτώσεις: οι απώλειες που περιγράφηκαν παραπάνω μπορούν να έχουν μεγαλύτερη ακτίνα επιρροής από τις περιοχές που επλήγησαν, όπως για παράδειγμα μέσω της διακοπής της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Εικόνα 4: Οι οικονομικές απώλειες των επιχειρήσεων

Οι πιο ανεπτυγμένες οικονομίες είναι σε θέση να απορροφήσουν τα κόστη των επιπτώσεων. Αντίθετα οι λιγότερο αναπτυγμένες οικονομίες δυσκολεύονται να ανταπεξέλθουν στις αρνητικές συνέπειες των καταστροφών. Στα στατιστικά στοιχεία των οικονομιών των περιοχών που επλήγησαν από φυσικές καταστροφές, καταγράφεται σαφώς το αρνητικό αντίκτυπο τους στο πραγματικό ΑΕΠ. Κατά μέσο όρο, οι σοβαρότερες φυσικές καταστροφές μειώνουν το πραγματικό ΑΕΠ κατά 0.6% ποσοστό που φτάνει το 1% σε λιγότερο αναπτυγμένες οικονομίες (Laframboise, 2012), αντικατοπτρίζοντας τη μεγαλύτερη επίδραση που επιφέρουν στις ευάλωτες οικονομίες.

Παγκοσμίως, οι οικονομικές απώλειες εξαιτίας πλημμυρών είναι αρκετά υψηλές. Την περίοδο 1970-2009 οι πλημμύρες αποτελούσαν την τρίτη σημαντικότερη φυσική καταστροφή από άποψη κόστους, μετά τις καταιγίδες και τους σεισμούς. Το κόστος έφτανε το 24% των συνολικών απωλειών εξαιτίας φυσικών καταστροφών (Εικόνα 5).



Εικόνα 5: Ποσοστό των οικονομικών απωλειών ανά τύπο καταστροφής (1970-2009).

3.3 Επιπτώσεις στην υγεία

Οι επιπτώσεις ενός πλημμυρικού γεγονότος στην υγεία του πληθυσμού είναι αποτέλεσμα συνδυασμού των χαρακτηριστικών του και της κοινωνικής, οικονομικής και ηλικιακής τρωτότητας. Το επίπεδο της υγείας του πληθυσμού πριν από το συμβάν θα πρέπει να συνυπολογίζεται.

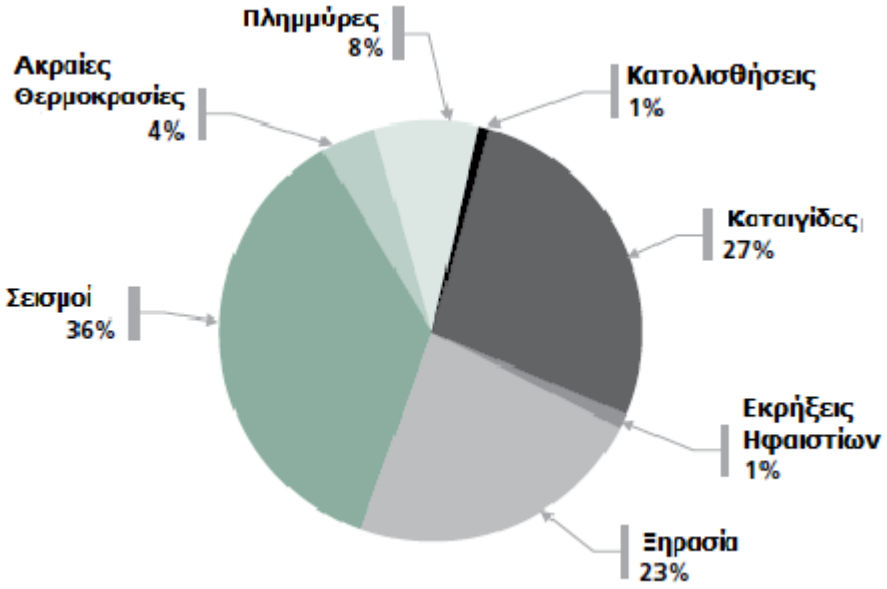
Το μεγαλύτερο ποσοστό θνησιμότητας είναι εξαιτίας πνιγμών, ενώ ακολουθούν οι θάνατοι από υποθερμία, καρδιακές προσβολές και ατυχήματα. Παρόλο που οι αριθμοί των θυμάτων ανάμεσα στις ανεπτυγμένες και τις αναπτυσσόμενες χώρες δεν είναι συγκρίσιμοι, τα ποσοστά που αφορούν τους θανάτους από πνιγμούς σε σχέση με τις υπόλοιπες αιτίες είναι ανάλογα (Jakubicka , 2010). Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία από το 1970 έως το 2009, το 8% των θανάτων λόγω φυσικών καταστροφών ήταν από πλημμύρες (Εικόνα 6).

Οι τραυματισμοί κατά τη διάρκεια της πλημμύρας είναι επίσης συχνοί. Ακόμα, απειλή για την δημόσια υγεία αποτελεί η πιθανότητα εξάπλωσης μεταδιδόμενων μολυσματικών ασθενειών, όπως η μαλάρια. Το τελευταίο αφορά κυρίως περιοχές στις οποίες το κλίμα σε συνδυασμό με το χαμηλό επίπεδο της υγειονομικής οργάνωσης και φροντίδας, διευκολύνει τη διάδοση ασθενειών, όπως για παράδειγμα σε πυκνοκατοικημένες περιοχές με θερμό και υγρό κλίμα και έλλειψη υγειονομικών μέσων.

Οι περισσότερες αναπτυγμένες χώρες, με συντονισμένα μέτρα έχουν καταφέρει να μειώσουν την θνησιμότητα και τους τραυματισμούς από πλημμυρικά φαινόμενα. Παρά το γεγονός αυτό, παρατηρείται και στο εσωτερικό των ανεπτυγμένων χωρών διαφορετική αντιμετώπιση. Οι διαφορές εντοπίζονται ανάμεσα σε περιοχές που προσελκύουν τα πιο εύπορα κοινωνικά στρώματα, όπου κατά γενική ομολογία είναι καλύτερα προστατευμένες, σε σύγκριση με αυτές που προσελκύουν τις λιγότερο εύπορες κοινωνικές ομάδες.

Στις αναπτυσσόμενες χώρες, ο συνδυασμός της αύξησης του πληθυσμού με την αδυναμία των χωρών λόγω οικονομικών, οργανωτικών ή άλλων παραγόντων να επιβάλλουν ολοκληρωμένα προγράμματα διαχείρισης φυσικών καταστροφών έχει οδηγήσει σε μεγάλο ποσοστό ανθρώπινων απωλειών.

Στις περισσότερες φυσικές καταστροφές, η σωστή προετοιμασία και η εφαρμογή μέτρων πρόληψης και αντιμετώπισης μειώνει δραστικά τους θανάτους και τους τραυματισμούς.



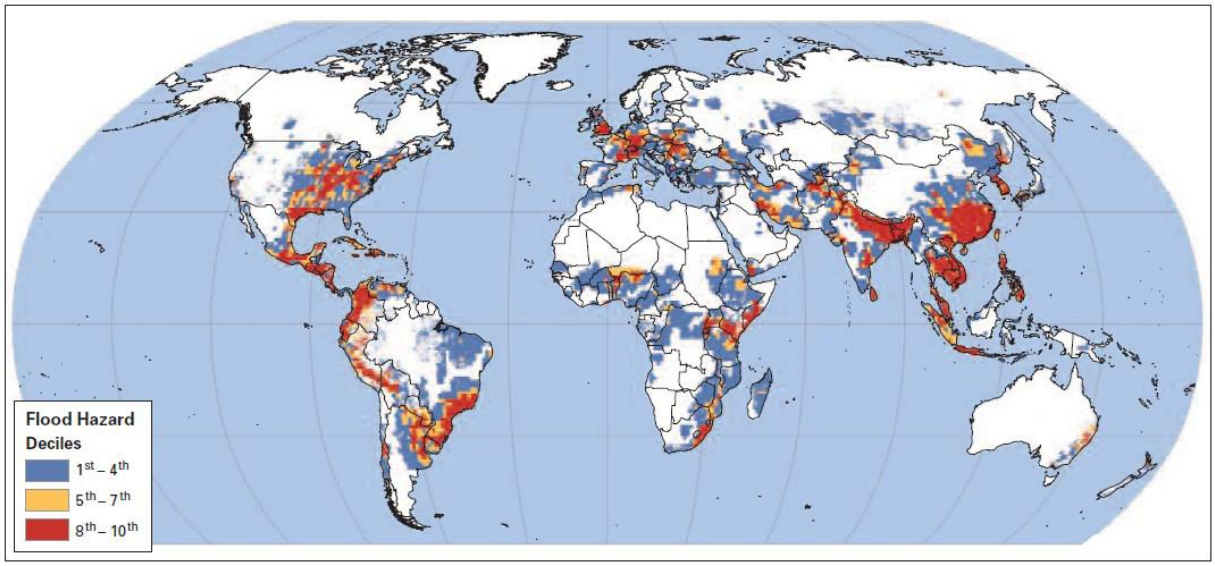
Εικόνα 6: Ποσοστό θανάτων ανά τύπο καταστροφών (1970-2009)

3.4 Χωρική ανάλυση και συχνότητα πλημμυρών

3.4.1 Παγκόσμιο φαινόμενο

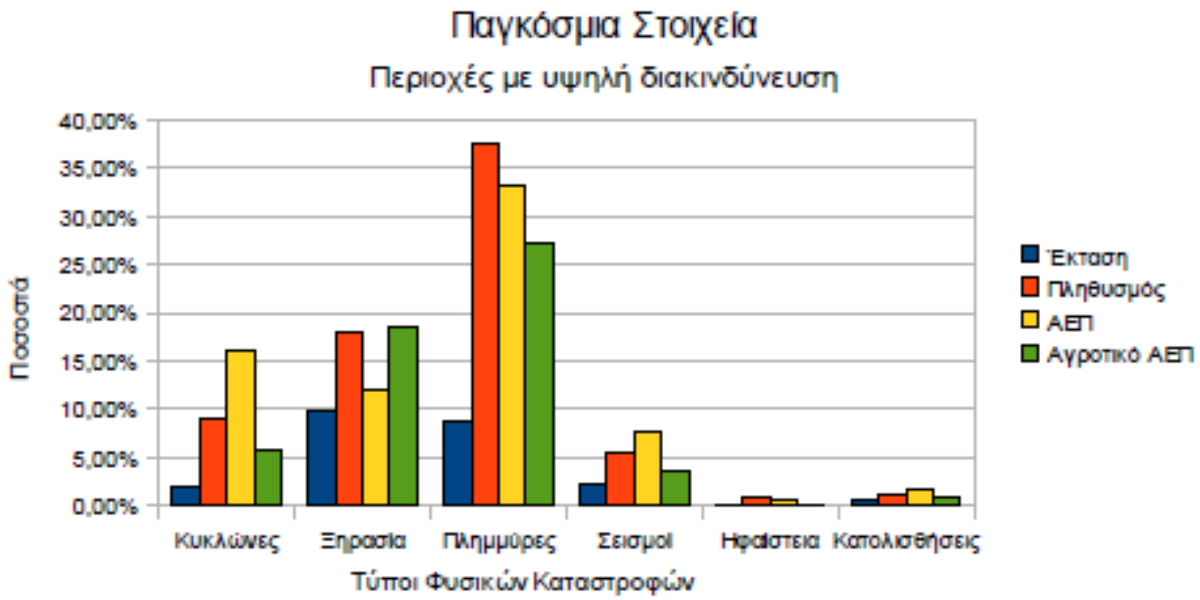
Σε παγκόσμια κλίμακα, οι πλημμύρες (παράκτιες και παρόχθιες) είναι οι πιο συχνές φυσικές καταστροφές με μεγάλες απώλειες τόσο σε ανθρώπινες ζωές, όσο και σε υποδομές. Την περίοδο 1980-2010 ο οργανισμός CRED (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters) κατέγραψε 3.119 πλημμύρες, οι οποίες είχαν πάνω από 200.000 θανάτους, ενώ επηρεάστηκαν περισσότεροι από 2,8 δισεκατομμύρια άνθρωποι (Jakubicka, 2010). Τα κριτήρια για την καταγραφή των πλημμυρικών συμβάντων που θέτει ο οργανισμός CRED είναι το πλημμυρικό γεγονός να έχει ως συνέπεια τουλάχιστον ένα από τα παρακάτω αποτελέσματα (Web 2):

- 10 ή παραπάνω νεκρούς
- 100 ή παραπάνω ανθρώπους που επηρεάστηκαν
- κήρυξη κατάστασης εκτάκτου ανάγκης
- κάλεσμα για βοήθεια από τη διεθνή κοινότητα



Εικόνα 7: Χάρτης της παγκόσμιας κατανομής των πλημμυρών ανάλογα με την συχνότητα εμφάνισής περιστατικών.

Στον παραπάνω χάρτη σημειώνονται οι περιοχές που πλήττονται από πλημμύρες, ανεξαρτήτως τύπου. Οι περιοχές που επηρεάζονται ξεπερνούν το 1/3 της στεριάς, στο οποίο ζει περίπου το 82% του πληθυσμού (Diley, 2005). Ο διαχωρισμός έγινε σε τρεις χρωματικές κλίμακες, κόκκινο για τις περιοχές με μεγάλη συχνότητα, πορτοκαλί για μεσαία συχνότητα και μπλε για τις περιοχές με τη λιγότερη συχνότητα. Με κόκκινο εντοπίζονται ιδιαίτερα πυκνοκατοικημένες περιοχές όπως η βορειοανατολική Ινδία, το Μπαγκλαντές, η κεντρική Ευρώπη και η νοτιοανατολική Κίνα.



Πίνακας 2: Περιοχές με υψηλή διακινδύνευση και η έκθεση ανάλογα με τον τύπο των πόρων και την φυσική καταστροφή.

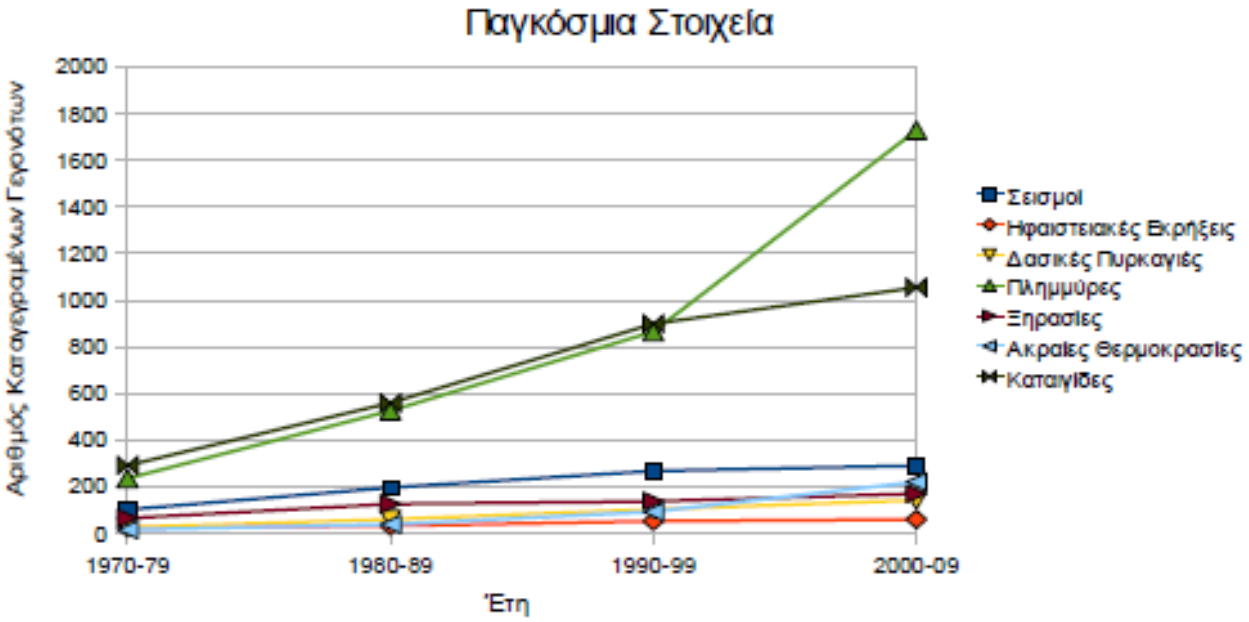
Στο παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζονται τα παγκόσμια ποσοστά των περιοχών με υψηλή διακινδύνευση. Οι περιοχές αυτές παρουσιάζουν υψηλό δείκτη επικινδυνότητας σε μια ή περισσότερες φυσικές καταστροφές, πχ. σε κυκλώνες και σε ηφαιστειακές εκρήξεις. Σχετικά με τις πλημμύρες, τα στοιχεία του πίνακα αντιπροσωπεύουν τις περιοχές που έχουν κόκκινο χρώμα στον παραπάνω χάρτη (Εικόνα 7). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει το γεγονός ότι ενώ οι εκτάσεις με υψηλό πλημμυρικό κίνδυνο αποτελούν μόλις το 9% της στεριάς, αντιπροσωπεύουν το 38% του πληθυσμού, το 33% του ΑΕΠ και το 27% του αγροτικού ΑΕΠ.

3.4.2 Ευρώπη

Στην Ευρώπη, τη δεκαετία 2000-2010 περίπου 1.000 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους από πλημμύρες και περισσότεροι από 3 εκατομμύρια επηρεάστηκαν από αυτές.

Παρότι πολλές μεγάλες ευρωπαϊκές πόλεις βρίσκονται σε περιοχές ευάλωτες σε πλημμύρες, τόσο παρόχθιες, όσο και παράκτιες και η πληθυσμιακή πυκνότητα τους είναι αρκετά υψηλή, οι θάνατοι είναι σχετικά περιορισμένοι. Σε αντίθεση με την θνησιμότητα, οι οικονομικές απώλειες είναι αρκετά μεγάλες. Παραδείγματα ευρωπαϊκών πόλεων που παρουσιάζουν υψηλή επικινδυνότητα σε πλημμύρες είναι το Λονδίνο, η Βενετία και το Παρίσι.

3.5 Τάσεις φαινομένου



Πίνακας 3: Διαχρονική καταγραφή φυσικών καταστροφών.

Η συχνότητα και η σφοδρότητα των πλημμυρικών φαινομένων σχετίζονται άμεσα με δύο σημαντικούς παράγοντες:

- Ο πρώτος παράγοντας αφορά το φαινόμενο καθεαυτό, δηλαδή τα μετεωρολογικά και ωκεανολογικά στοιχεία εκείνα που μπορεί να επιδράσουν στα φυσικά χαρακτηριστικά των καταιγίδων, των βροχοπτώσεων, της στάθμης της θάλασσας, των κυμάτων καταιγίδας κλπ.
- Ο δεύτερος παράγοντας αφορά την σχέση των πληθυσμών με το φαινόμενο, δηλαδή την έκθεση και την τρωτότητα στις πλημμύρες. Η γνώση της χωρικής κατανομής των πληθυσμιακών συγκεντρώσεων, των δημογραφικών προβολών καθώς και της κινητικότητας των πληθυσμών, είναι απαραίτητη για τον εντοπισμό των πληθυσμών εκείνων, που μπορεί να πληγούν, καθώς και των δυνητικών απωλειών τους.

Σύντομη ανάλυση των δύο παραγόντων που αναφέρθηκαν γίνεται στα επόμενα υποκεφάλαια.

Από την ανάλυση των μέχρι τώρα δεδομένων, μπορούμε να πούμε με βεβαιότητα ότι τα προβλήματα θα συνεχίσουν να υφίστανται και να αυξάνονται εξαιτίας άμεσων ανθρώπινων ενεργειών.

3.5.1 Φαινόμενο του θερμοκηπίου

Είναι πλέον ευρέως παραδεκτό από την επιστημονική κοινότητα ότι δραστηριότητες του ανθρώπου, όπως πχ. η χρήση ορυκτών καυσίμων, αυξάνει τα αέρια του θερμοκηπίου (διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο κλπ), με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη. Κατά τη διάρκεια του εικοστού αιώνα η παγκόσμια θερμοκρασία ανέβηκε κατά 0.6 βαθμούς Κελσίου, ενώ η στάθμη της θάλασσας ανεβαίνει κάθε χρόνο. Μεταξύ 1993 και 2003, η μέση άνοδος της στάθμης της θάλασσας ήταν 3,1mm (IPCC, 2007). Βεβαίως, είναι απαραίτητο να αναφερθεί, ότι η αλλαγή της τοπικής στάθμης της θάλασσας σε σχέση με την ξηρά μπορεί να διαφέρει αρκετά σε σχέση με την παγκόσμια μέση στάθμη θάλασσας, αφού οι αλλαγές της πρώτης μπορεί να οφείλονται στην κατανομή του νερού στους ωκεανούς ή στον ευστατισμό. Ο συσχετισμός της υπερθέρμανσης του πλανήτη και του πλήθους των παραμέτρων των συστημάτων (μετεωρολογικών, ωκεανολογικών κλπ) που μπορούν να την επηρεάσουν είναι μια πολύπλοκη και συνεχής διαδικασία.

Τέσσερις είναι οι επικρατέστεροι λόγοι ανόδου της στάθμης της θάλασσας εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής: η διόγκωση των υδάτων λόγω θέρμανσης, το λιώσιμο των παγετώνων και των παγόβουνων, το λιώσιμο των πάγων της Ανταρκτικής και το λιώσιμο των πάγων της Γροιλανδίας (Haslett, 2008).

Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας θα μπορούσε να έχει μεγάλο εύρος επιπτώσεων όπως:

- Καταστροφή υποδομών.
- Προβλήματα στην ανταπόκριση της αντιπλημμυρικής προστασίας (τόσο φυσικής όσο και ανθρωπογενούς).
- Διατάραξη των οικοσυστημάτων της παράκτιας ζώνης.
- Προβλήματα σε φυσικούς πόρους, όπως στα υπόγεια ύδατα και στις καλλιεργήσιμες εκτάσεις.

Η αλλαγή στο κλίμα της Γης, θεωρείται ότι μπορεί να επιφέρει και αλλαγές στην συχνότητα και την ένταση ακραίων καιρικών φαινομένων, αν και ο βαθμός και ο τρόπος που σχετίζονται τα δύο φαινόμενα είναι ακόμα υπό συζήτηση.

3.5.2 Πληθυσμιακή αύξηση και χωρική κατανομή

Η επιλογή για κατοικία και ανάπτυξη δραστηριοτήτων κοντά σε ποτάμια ή ακτές, σε συνδυασμό με την ραγδαία αύξηση του πληθυσμού τις τελευταίες δεκαετίες, μεγαλώνει τις πιέσεις και την σοβαρότητα των πλημμυρικών συμβάντων με αύξηση τόσο των θυμάτων όσο και των ζημιών που προξενούν. Κατά τη διάρκεια της περιόδου 1970-2010 ο πληθυσμός της Γης αυξήθηκε κατά 87% (από 3,7δις έφτασε τα 6,9δις) πολλαπλασιάζοντας ταυτόχρονα τον πληθυσμό που κινδυνεύει από πλημμύρες.

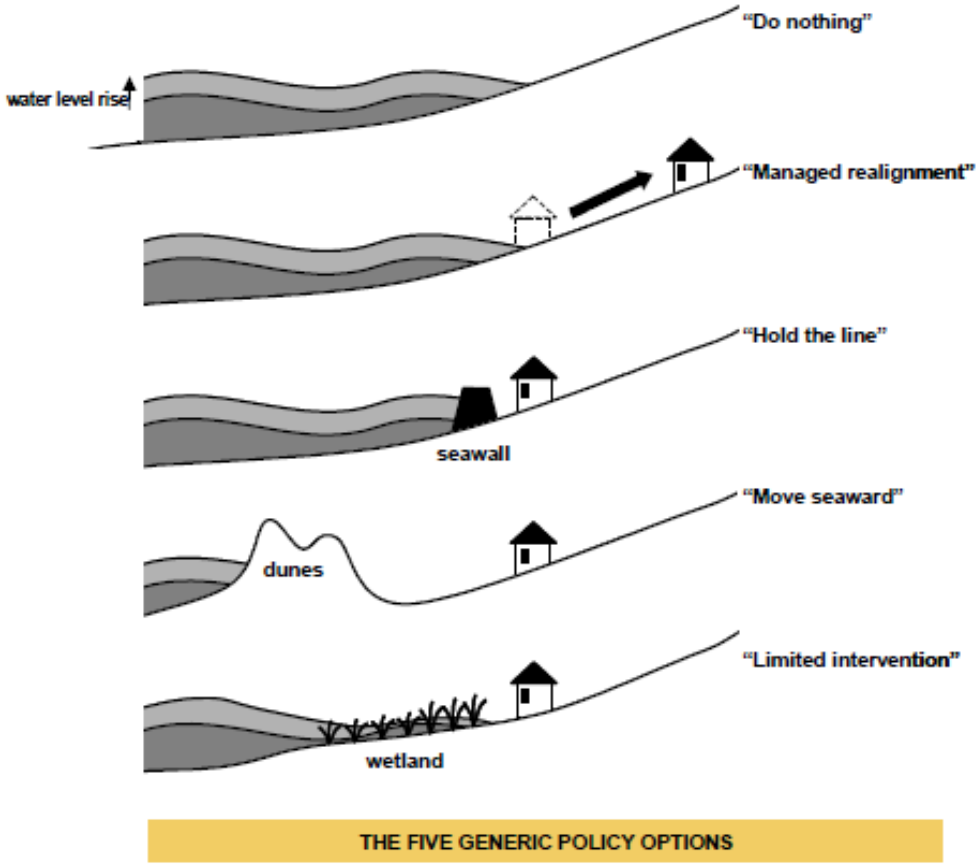
Στην Ευρώπη ο ρυθμός ανάπτυξης στις παράκτιες περιοχές είναι αρκετά υψηλός (European Environment Agency, 2006). Οι χρήσεις γης στην παράκτια ζώνη συχνά είναι συγκρουόμενες και περιλαμβάνουν βιομηχανικές και τουριστικές εγκαταστάσεις, δίκτυα μεταφορών και περιοχές κατοικίας. Όλες αυτές οι δραστηριότητες προσελκύουν νέους πληθυσμούς στις ήδη έντονα αστικοποιημένες παράκτιες περιοχές. Η τάση της εσωτερικής μετανάστευσης των πληθυσμών προς τα παράλια με ταυτόχρονη εγκατάλειψη της ενδοχώρας δημιουργεί νέες προκλήσεις για την διαχείριση της παράκτιας ζώνης. Χαρακτηριστικό είναι ότι ήδη στην Ευρώπη το 1/3 του πληθυσμού υπολογίζεται ότι διαμένει σε απόσταση 50χλμ από την ακτή. Σε χώρες όπως η Αγγλία και η Ολλανδία το αντίστοιχο ποσοστό φτάνει το 75% του συνολικού πληθυσμού.

Κεφάλαιο 4: Αντιπλημμυρική προστασία παράκτιων περιοχών

4.1 Γενικά

Το φαινόμενο της πλημμύρας είναι μια φυσική διεργασία η οποία δεν μπορεί να σταματήσει να υφίσταται, αλλά η χρήση κατάλληλων πρακτικών μειώνει τις αρνητικές επιπτώσεις που μπορεί να έχει. Η αντιπλημμυρική προστασία περιλαμβάνει όλες τις μεθόδους με τις οποίες προστατεύονται ανθρώπινες ζωές, καλλιεργήσιμες εκτάσεις, υποδομές κλπ. Η προστασία της ακτογραμμής μπορεί να χωριστεί σε δύο υποκατηγορίες, την προστασία απέναντι σε πλημμυρικά γεγονότα (κύματα καταιγίδας ή τσουνάμι) και την προστασία απέναντι στην απώλεια μέρους της ακτογραμμής λόγω διάβρωσης. Τα τεχνικά έργα που υλοποιούνται για την επίλυση των δύο παραπάνω προβλημάτων (δηλαδή διάβρωση και πλημμύρα) είναι διαφορετικά, όμως υπάρχουν περιπτώσεις όπου η κατασκευή ενός έργου για την επίλυση του ενός προβλήματος βοηθάει και στην προστασία από το άλλο.

4.2 Τύποι προστασίας



Εικόνα 8 : Οι πέντε γενικές ομάδες πολιτικής για την προστασία παράκτιων περιοχών.

Στο Eurosion Project (2004) της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, περιλαμβάνονται πέντε γενικές πολιτικές για την προστασία των παράκτιων περιοχών (Εικόνα 8):

- Η πολιτική της μη παρέμβασης (do nothing): στην οποία δεν υλοποιείται κανένα έργο για την προστασία της παράκτιας ζώνης.
- Η πολιτική της επανευθυγράμμισης (managed realignment): με την οποία δημιουργείται νέα σειρά γραμμών προστασίας και τα νέα αντιπλημμυρικά έργα χωροθετούνται προς την ενδοχώρα.
- Η πολιτική της διατήρησης του ορίου (hold the line): με την οποία ενισχύεται η υπάρχουσα γραμμή προστασίας.
- Η πολιτική της επέκτασης προς τη θάλασσα (move seaward): με την οποία γίνεται επανασχεδιασμός της γραμμής προστασίας, η οποία μετακινείται προς την θάλασσα με

στόχο την δημιουργία νέων εδαφών.

- Η πολιτική της περιορισμένης παρέμβασης (limited intervention): με την οποία ο σχεδιασμός λαμβάνει υπόψη τις φυσικές διεργασίες, ώστε να υπάρχει προστασία από τις διαδικασίες διάβρωσης και τις πλημμύρες, αλλά ταυτόχρονα να επιτρέπεται στις φυσικές διεργασίες να διαμορφώνουν την ακτογραμμή.

Στην πολιτική της διατήρησης του ορίου, ανήκουν τα κατασκευαστικά έργα που δεν αφήνουν την ακτογραμμή να διαμορφωθεί μέσω των φυσικών διαδικασιών με αποτέλεσμα την αδρανοποίηση της ακτογραμμής. Οι υπόλοιπες τέσσερις κατηγορίες μπορεί να θεωρηθούν ήπιες μορφές προστασίας (soft defences). Η ήπια προστασία της ακτογραμμής περιλαμβάνει πρακτικές που χρησιμοποιούν τις γνώσεις που υπάρχουν γύρω από τη λειτουργία των φυσικών συστημάτων για την προστασία των ακτογραμμών. Τα συστήματα αυτά παρουσιάζουν μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα. Μέχρι το τέλος του Β' Παγκόσμιου Πολέμου τα έργα για την προστασία της παράκτιας ζώνης ήταν κυρίως τεχνικά έργα. Όμως κατά τις επόμενες δεκαετίες, η βελτίωση της γνώσης των φυσικών διεργασιών και της αλληλεπίδρασης των συστημάτων οδήγησε σε στροφή προς τη χρήση ήπιων μέτρων, όπου αυτό είναι εφικτό.

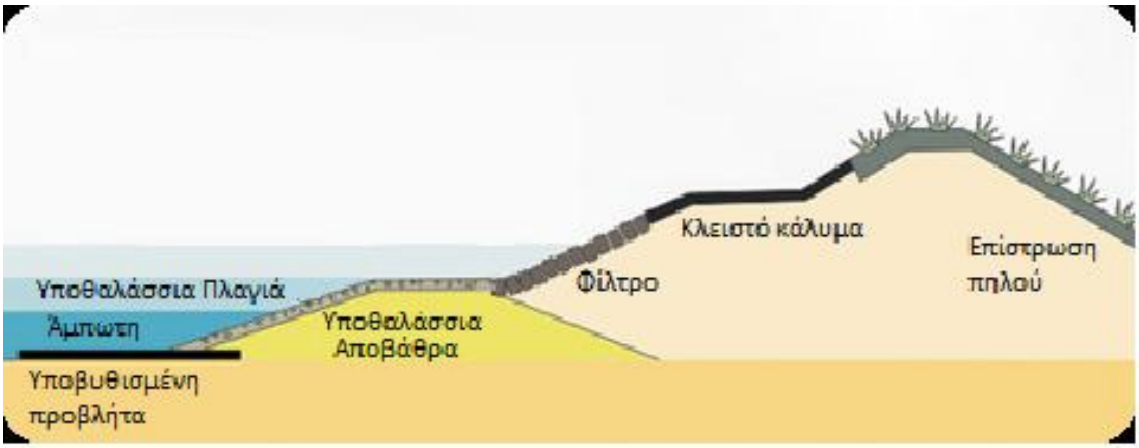
4.3 Κατασκευαστικά έργα

Το κατασκευαστικό μέρος της παράκτιας προστασίας αποτελείται συνήθως από τρεις διακριτές κατασκευές. Τα φράγματα, τα αναχώματα και τους κυματοθραύστες.

Φράγματα (Flood Barrier)

Τα φράγματα προστατεύουν τις εκβολές των ποταμών και τις περιοχές εκατέρωθεν αυτών από τις παράκτιες πλημμύρες. Υπάρχουν δύο είδη φραγμάτων για προστασία από τις πλημμύρες. Τα ανοιχτά φράγματα (barrier) τα οποία τίθενται σε λειτουργία και κλείνουν μόνο σε περίπτωση πλημμύρας της περιοχής. Η κατασκευή τους είναι πιο ακριβή από, αλλά έχουν συγκριτικά πλεονεκτήματα όπως η μη διακοπή της ναυτιλίας και η προστασία των οικοσυστημάτων που εξαρτώνται από το θαλασσινό νερό. Τα κλειστά (dam) αποκόπτουν τελείως τη ροή της θάλασσας και δημιουργούν ένα τελείως διαφορετικό προφίλ στην περιοχή, με εξαιρετικά αρνητικές συνέπειες στο περιβάλλον και τα οικοσυστήματα. Στα θετικά συγκαταλέγονται η φθηνότερη κατασκευή και η ευκολότερη συντήρηση των έργων.

Αναχώματα (dikes)



Εικόνα 9 : Τομή τεχνητού αναχώματος.

Στην παραπάνω εικόνα (Εικόνα 9) παρουσιάζεται η τομή ενός τεχνητού θαλάσσιου αναχώματος το οποίο αποτελείται από δύο μέρη. Το πρώτο βρίσκεται πάνω από τη στάθμη της θάλασσας και το δεύτερο είναι υποθαλάσσιο. Το ύψος και το πλάτος του πρώτου είναι από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά του αναχώματος. Πρέπει να είναι υπολογισμένα ώστε να αντέχουν την κυματική ενέργεια κατά τη διάρκεια έντονων καιρικών φαινομένων, αλλά

και την ανύψωση της θάλασσας κατά τη διάρκεια αυτών. Δεν υπάρχει τρόπος το ανάχωμα να εμποδίζει πλήρως την εισχώρηση του θαλασσινού νερού προς την ενδοχώρα επομένως ο σχεδιασμός θα πρέπει να υπολογίζει πόσο νερό θα διαπερνά το ανάχωμα. Το αλμυρό νερό που εισβάλει στην στεριά δεν είναι επιθυμητό, γι αυτό είναι δυνατό να δημιουργηθεί μια τάφρος στο πίσω μέρος του αναχώματος ώστε να συγκεντρώνονται τα νερά που εισχωρούν προς την ξηρά και να μην επηρεάζεται η περιοχή πίσω από αυτή. Το υποθαλάσσιο μέρος του αναχώματος υποστηρίζει την κατασκευή και την προστατεύει από την διάβρωση εξαιτίας των κυμάτων και των θαλάσσιων ρευμάτων.

Κυματοθραύστες (Sea Walls)

Σκοπός των κυματοθραυστών είναι να προστατεύσουν περιοχές (κυρίως αστικές) από την επίδραση των κυμάτων και της παλίρροιας. Σε αντίθεση με τα αναχώματα τα οποία στο μεγαλύτερο μέρος τους αποτελούνται από χώμα, οι κυματοθραύστες κατασκευάζονται με πιο σκληρά υλικά, όπως ενισχυμένο σκυρόδεμα και ογκόλιθους.

4.4 Αστοχίες και αρνητικές επιδράσεις των έργων

Η κατασκευή ενός έργου μπορεί να μην ανταποκρίνεται όπως θα έπρεπε στην προστασία των περιοχών από τις πλημμύρες. Οι αστοχίες αφορούν τα τρία διαφορετικά στάδια του έργου:

- Το στάδιο της μελέτης:
  - Λάθος παραδοχές με βάση τις οποίες συντάσσεται η μελέτη (όπως, μικρότερη αντοχή του έργου από την απαιτούμενη στις ακραίες περιπτώσεις).
  - Λάθη στην εκπόνηση της μελέτης.
- Το στάδιο της κατασκευής:
  - Κακοτεχνίες στην κατασκευή.
- Το στάδιο της λειτουργίας:
  - Μη σωστή χρήση και συντήρηση του έργου.

Πέρα από τις αστοχίες, οι κατασκευές επηρεάζουν γενικότερα το περιβάλλον. Γι αυτό είναι απαραίτητο να γίνονται ενδελεχείς περιβαλλοντικές μελέτες και μελέτες κόστους – ωφέλειας που να λαμβάνουν υπόψη και το περιβαλλοντικό κόστος.

Ενότητα Β:

Μελέτη Περίπτωσης

Κεφάλαιο 5: Γεωγραφία Περιοχής Μελέτης

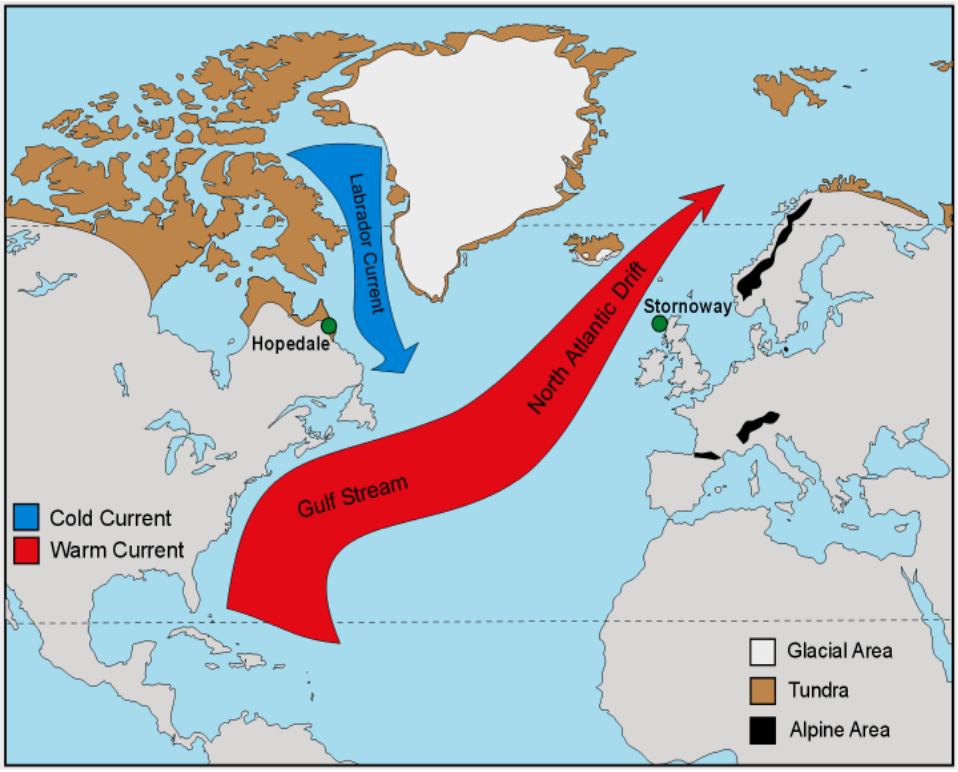
5.1 Βόρεια Θάλασσα

Η Βόρεια Θάλασσα βρέχει την βορειοδυτική Ευρώπη. Ανήκει στον Ατλαντικό Ωκεανό και οριοθετείται από τη Μεγάλη Βρετανία στα δυτικά, τη Νορβηγία, τη Σουηδία και τη Δανία στα ανατολικά και από τη Γερμανία, την Ολλανδία, το Βέλγιο και τη Γαλλία στα νότια. Καταλαμβάνει έκταση 750.000 τ χλμ, με μέσο βάθος τα 95 μέτρα και μέγιστο βάθος τα 700μ.

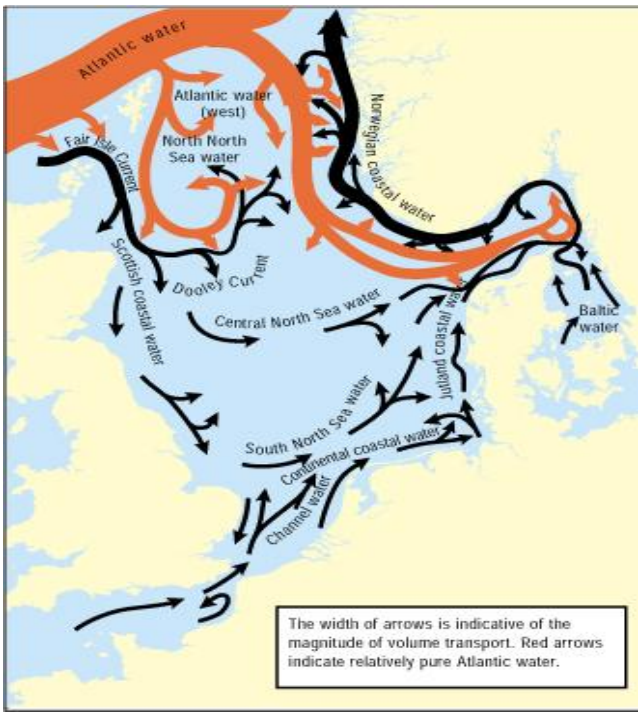
Το $^{1}/_{3}$ της παροχής σε γλυκό νερό που εκβάλει στη Βόρεια Θάλασσα προέρχεται από το λιώσιμο των πάγων στην Νορβηγία και τη Σουηδία, ενώ τα $^{2}/_{3}$ προέρχονται από την εκβολή μεγάλων ποταμών, όπως ο Έλβας, ο Ρήνος, ο Σηκουάνας και ο Τάμεσης (OSPAR Commission, 2000).

Το κλίμα της είναι ωκεάνιο, όπως απαντάται κυρίως στις δυτικές ακτές των ηπείρων και διαμορφώνεται από θαλάσσιες αέριες μάζες (Φλόκας, 1997). Το θαλάσσιο ρεύμα του Κόλπου διαμορφώνει το κλίμα της περιοχής, με τη μεταφορά θερμών υδάτων. Είναι η αιτία που οι θερμοκρασίες παραμένουν κοντά στους 0 βαθμούς Κελσίου ακόμα και το χειμώνα, τη στιγμή που σε αντίστοιχα γεωγραφικά μήκη, στις ανατολικές ακτές του Καναδά, το κλίμα είναι υποαρκτικό. Η πορεία του Ρεύματος του Κόλπου ξεκινάει από τον Κόλπο του Μεξικού και κατευθύνεται βόρεια και ανατολικά. Στην Βόρεια Θάλασσα εισχωρεί κυρίως από τα βόρεια σύνορά της (Σκωτία, Νορβηγία) και στη συνέχεια κατευθύνεται προς τα νότια με αριστερόστροφη κίνηση.

Το Ρεύμα του Κόλπου, λόγω της μεταφοράς θερμότητας, είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία συστημάτων με υψηλή ένταση ανέμων, υψηλή νεφοκάλυψη και βροχοπτώσεις.



Εικόνα 10 : Χάρτης της πορείας του Ρεύματος του Κόλπου στον Ατλαντικό Ωκεανό.



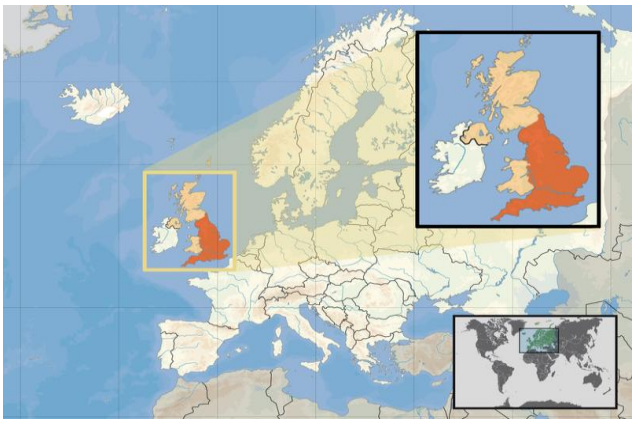
Εικόνα 11: Χάρτης της πορείας των ρευμάτων της Βόρειας Θάλασσας.

Οι παλίρροιες στη Βόρεια Θάλασσα είναι ημι-ημερίσιες με μεγάλο εύρος κατατάσσοντας

τις ακτές ως μεσοπαλιρροιακές ή μακροπαλιρροιακές, σύμφωνα με την κλίμακα του Davies. Η ισχυρή επίδραση των παλιρροιών, η οποία σχετίζεται και με το μικρό βάθος της θάλασσας, διαμορφώνει την παράκτια ζώνη και δημιουργεί περιβάλλοντα που κυριαρχούνται από την ενέργεια των παλιρροιών, σε αντίθεση με περιβάλλοντα που κυριαρχούνται από την κυματική ενέργεια. Έτσι μπορούμε να διακρίνουμε γεωμορφές όπως εκβολικά συστήματα με πεδία παλίρροιας από άμμο και ιλύ (Καρύμπαλης, 2007).

5.2 Αγγλία

Η Αγγλία βρίσκεται στην βορειοδυτική Ευρώπη. Αποτελεί μέρος της Μεγάλης Βρετανίας και μαζί με την Σκωτία την Ουαλία και την Βόρειο Ιρλανδία αποτελούν το Ηνωμένο Βασίλειο. Σύμφωνα με την απογραφή του 2011, η Αγγλία έχει πληθυσμό 53.012.456 και έκταση 130.395 τχλμ. Πρωτεύουσα της Αγγλίας αλλά και του Ηνωμένου Βασιλείου, είναι το Λονδίνο που αναπτύσσεται στις όχθες του ποταμού Τάμεση, ο οποίος εκβάλει στη Βόρεια Θάλασσα. Το κλίμα της χώρας είναι εύκρατο ωκεάνιο, με υγρά καλοκαίρια και χειμώνες και μικρό θερμοκρασιακό εύρος κατά τη διάρκεια του έτους.



Εικόνα 12 : Η Αγγλία σε σχέση με την Ευρώπη και το Ηνωμένο Βασίλειο.

Το ανάγλυφο της Αγγλίας είναι ήπιο. Το ψηλότερο βουνό της είναι το Scafell Pike με υψόμετρο τα 978μ. Η ακτογραμμή της Αγγλίας είναι περίπου 4.422χλμ. Οι παράκτιες περιοχές παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία γεωμορφών, από απότομους γκρεμούς μέχρι αμμώδεις παραλίες που εκτείνονται αρκετές δεκάδες μέτρα σε πλάτος.

5.3 Ολλανδία

Η Ολλανδία είναι χώρα της Δυτικής Ευρώπης. Συνορεύει με τη Γερμανία στα ανατολικά και το Βέλγιο στα νότια, ενώ στα βόρεια και βορειοανατολικά βρέχεται από τη Βόρεια Θάλασσα.

Ο πληθυσμός της Ολλανδίας είναι 16.663.831, σύμφωνα με την απογραφή του 2011, ενώ η έκταση της είναι 41.543τχλμ, με αποτέλεσμα η πληθυσμιακή πυκνότητα να είναι πολύ υψηλή. Πρωτεύουσα και πολυπληθέστερη πόλη είναι το Άμστερνταμ, το οποίο βρίσκεται στα βόρεια της χώρας και το διατρέχει ο ποταμός Άμστελ. Άλλοι σημαντικοί ποταμοί που διατρέχουν τη χώρα είναι ο Ρήνος, ο Μεύσης, ο Scheldt και ο Ems. Το κλίμα της Ολλανδίας

είναι εύκρατο ωκεάνιο.

Εικόνα 13 : Χάρτης της Ολλανδίας.

Το ανάγλυφο της χώρας είναι πολύ ήπιο. Όπως μαρτυρεί και το όνομά της (Nederland στα ολλανδικά σημαίνει Κάτω Χώρες) μέρος της βρίσκεται κάτω από τη μέση στάθμη της θάλασσας. Στα νότια της χώρας περιοχές φτάνουν μέχρι και τα 7 μέτρα κάτω από την μέση στάθμη της θάλασσας ενώ το ψηλότερο σημείο στο ευρωπαϊκό τμήμα του βασιλείου είναι μόλις 322μ.

5.3.1 Νέα εδάφη

Η Ολλανδία έχει μακρά παράδοση στην δημιουργία νέων εδαφών. Τα πρώτα θαλάσσια αναχώματα άρχισαν να κατασκευάζονται πριν 2000 χρόνια. Η κυρίαρχη χρήση τους ήταν η δημιουργία νέων εδαφών και η προστασία τους από τα υφάλμυρα νερά, ώστε να είναι κατάλληλα για καλλιέργειες. Η μακροχρόνια πείρα των Ολλανδών και τα έργα που είχαν κατασκευάσει ήταν ο κυρίαρχος παράγοντας της διαμόρφωσης του τοπίου. Παράδειγμα του τρόπου δημιουργίας νέων εδαφών είναι η ανάπτυξη του νησιού Texel στην Βόρεια Ολλανδία (Εικόνα 14).

Εικόνα 14: Διαχρονική εξέλιξη του νησιού Texel στη Βόρεια Θάλασσα.

Η επί σειρά ετών, η κατασκευή αναχωμάτων και κυματοθραυστών, προσέθετε νέα εδάφη, με τεράστια οφέλη στην γεωργία και κατ επέκταση στην οικονομία και στην αύξηση του πληθυσμού της χώρας. Παρά το ότι οι προσπάθειες εκατοντάδων χρόνων για την επέκταση εδαφών συντέλεσαν θετικά στην ανάπτυξη της Ολλανδίας, είναι ταυτόχρονα και ο κυρίαρχος λόγος που η χώρα διατρέχει τόσο μεγάλο πλημμυρικό κίνδυνο. Τεράστιες εκτάσεις στην Ολλανδία βρίσκονται κάτω από τη μέση στάθμη της θάλασσας και είναι ευάλωτες σε πλημμύρες.

Κεφάλαιο 6: Η καταιγίδα του 1953

6.1 Γενικά

Και στις δύο χώρες που εξετάζουμε, η πλημμύρα του 1953 ήταν η χειρότερη φυσική καταστροφή κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα. Παράλληλα, σε ολόκληρη την Ευρώπη αποτελεί την πλημμύρα με τα περισσότερα θύματα κατά τη διάρκεια της ίδιας περιόδου. Οι υψηλές απώλειες σε ανθρώπινες ζωές μπορούν να εξηγηθούν αν λάβουμε υπόψη μας την πλήρη εικόνα του συμβάντος.

Κατ' αρχάς, η ένταση της καταιγίδας σε συνδυασμό με την παλίρροια που βρισκόταν σε φάση συζυγίας, δημιούργησαν τον πρώτο παράγοντα που έθεσε σε κίνδυνο τόσο εκτεταμένες περιοχές. Δηλαδή, η θάλασσα εξαιτίας της αυξημένης της στάθμης μπόρεσε να εισχωρήσει πιο βαθιά στην ενδοχώρα.

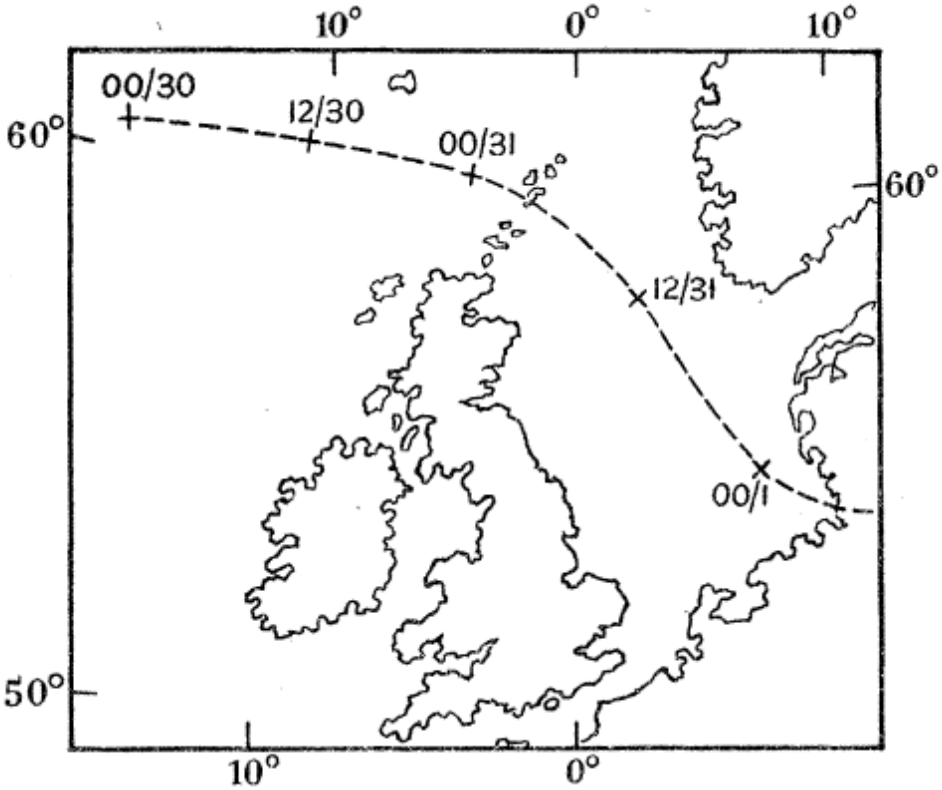
Επιπλέον, το γεγονός ότι το μέγιστο της καταιγίδας συνέβη αργά το απόγευμα και τις πρώτες πρωινές ώρες, δυσκόλεψε την έγκαιρη εκτίμηση της σοβαρότητας της κατάστασης και τις προσπάθειες διάσωσης σε αρκετές περιοχές, ενώ ταυτόχρονα οι πληθυσμοί που είχαν πληγεί δεν μπορούσαν εύκολα να προσδιορίσουν τις ασφαλείς περιοχές και να προφυλαχθούν πριν τα κύματα φτάσουν σε κοντινή απόσταση.

Τέλος, δεν θα πρέπει να παραβλέπουμε ότι η πλημμύρα έθεσε εκτός λειτουργίας τα τηλεφωνικά δίκτυα, γεγονός που είχε αρνητικές επιπτώσεις στις προσπάθειες διάσωσης και την κεντρική οργάνωση των επιχειρήσεων. Επίσης την εποχή εκείνη οι αρμόδιες υπηρεσίες δεν λειτουργούσαν το Σάββατο και την Κυριακή. Χαρακτηριστικό είναι ότι στην Αγγλία η κεντρική κυβέρνηση πληροφορήθηκε την Δευτέρα 2 Φεβρουαρίου το συμβάν (Baxter, 2005).

Για την καλύτερη κατανόηση των λόγων που η καταιγίδα του 1953 ήταν τόσο σφοδρή είναι απαραίτητη η ανάλυση της πορείας της και των μετεωρολογικών χαρακτηριστικών της. Λόγω των τεχνολογικών αδυναμιών της εποχής, η ακριβής ποσοτικοποίηση των στοιχείων βασίζεται στον συνδυασμό ποικίλων πηγών διαφορετικής προέλευσης. Πέρα από τις

επιστημονικές μετρήσεις της εποχής, σημαντικά στοιχεία παρείχαν τα πλοία που βρίσκονταν στην Βόρεια Θάλασσα κατά τη διάρκεια της καταιγίδας, οι μαρτυρίες κατοίκων και οι ενδείξεις για το μέγιστο ύψος που έφτασε ο όγκος του νερού εξαιτίας της εισβολής της θάλασσας στην ξηρά. Ιδιαίτερα σημαντικό κενό στην κατανόηση της πορείας και της προέλασης της καταιγίδας αποτελεί η έλλειψη δεδομένων από την ανοιχτή θάλασσα, καθιστώντας δύσκολη την δημιουργία μοντέλων προσομοίωσης της καταιγίδας (Wolf, 2005).

6.2 Η πορεία της καταιγίδας



Εικόνα 15 : Η πορεία της καταιγίδας.

Οι ισχυρότεροι άνεμοι της Βόρειας Θάλασσας κατά τους χειμερινούς μήνες, έρχονται από τα βόρεια και βορειοδυτικά. Τα κυκλωνικά συστήματα δημιουργούνται στα βόρεια και δυτικά των Βρετανικών νήσων. Η κίνηση τους καθώς εισέρχονται στην Βόρεια Θάλασσα γίνεται αριστερόστροφη, επηρεάζοντας τις περιοχές από τα δυτικά προς τα ανατολικά.

Η καταιγίδα του 1953 ακολούθησε την ίδια πορεία. Από τα πρώτα άρθρα τα οποία συγκεντρώνουν και αναλύουν τα μετεωρολογικά και ωκεανολογικά δεδομένα της καταιγίδας, είναι αυτό του Rossiter, που δημοσιεύτηκε στο επιστημονικό περιοδικό Philosophical Transactions of the Royal Society το 1954. Η συλλογή των δεδομένων έγινε από παλιρροιογράφους που είχαν τοποθετηθεί στις ακτές της Βρετανίας, της Ολλανδίας και της Γερμανίας. Σύμφωνα με το άρθρο του Rossiter (1954) η πορεία της καταιγίδας στην Βόρεια Θάλασσα περιγράφεται ως εξής:

- Στις 12:00 της 30ης Ιανουαρίου το κέντρο της καταιγίδας βρίσκεται νότια της Ισλανδίας και μέσα στη διάρκεια μιας μέρας φτάνει στα βόρεια της Σκωτίας.
- Στις 09:00 της 31ης Ιανουαρίου, το βαρομετρικό της καταιγίδας φτάνει το χαμηλότερο

σημείο, στα 968mb, και βρίσκεται ανάμεσα στην Σκωτία και τη Νορβηγία.

- Στις 12:00 έχει πια εισέλθει στην Βόρεια Θάλασσα, στα ανοιχτά των ακτών της Σκωτίας. Την ίδια ώρα αρχίζει να καταγράφεται άνοδος της Βόρειας Θάλασσας εξαιτίας των μετεωρολογικών συνθηκών.
- Στις 15:00, οι άνεμοι επηρεάζουν όλη την δυτική πλευρά της Βόρειας Θάλασσας, με επίκεντρο των περιοχών που πλήττονται την Σκωτία. Η άνοδος της στάθμης αρχίζει να αυξάνεται με γοργούς ρυθμούς και έχει ήδη ανυψωθεί κατά 30 εκατοστά.
- Στις 18:00, η κίνηση της προς νότο πορείας της ανυψωμένης μάζας νερού επιταχύνεται. Μεταξύ των περιοχών Northumberland (Αγγλία) και των νήσων East Frisian (Γερμανία) τα κύματα καταιγίδας φτάνουν τα 1,2 μέτρα. Την ίδια ώρα αρχίζει να γίνεται εμφανής η άνοδος του Τάμεση στην νοτιοανατολική Αγγλία και η πορεία των υδάτων στην Βόρεια θάλασσα αρχίζει να έχει αριστερόστροφη κατεύθυνση (κίνηση).
- Στις 21:00, οι κύριες αναταράξεις παρατηρούνται στο Norfolk στην Αγγλία και στην Ολλανδία, όπου τα κύματα καταιγίδας φτάνουν τα 2,4 μέτρα σε ύψος. Σε ορισμένες περιοχές έχει περάσει το μέγιστο ύψος κυμάτων παλίρροιας, όπως στις ακτές τις περιοχής Yorkshire στην Αγγλία, ενώ οι μόνες περιοχές που δεν έχουν επηρεαστεί από τους δυνατούς ανέμους είναι οι ακραίες ανατολικές περιοχές στα όρια της Βόρειας Θάλασσας. Η μέση ανύψωση της Βόρειας Θάλασσας έχει φτάσει το μέγιστο των 70 εκατοστών.
- Στις 00:00 την 1 Φεβρουαρίου, οι μεγαλύτερες αναταράξεις παρατηρούνται στον Τάμεση με θαλάσσιο ύψος τα 2.5 μέτρα και στις εκβολές του ποταμού Scheldt στη νότια Ολλανδία κοντά στα σύνορα με το Βέλγιο, όπου η στάθμη της θάλασσας φτάνει τα 3 μέτρα.
- Στις 03:00, ενώ οι μετεωρολογικές συνθήκες παραμένουν σταθερές για το μεγαλύτερο μέρος της ώρας σε σχέση με τις προηγούμενες μετρήσεις, η κίνηση των υδάτων προς τα βόρεια και ανατολικά (δηλαδή η αριστερόστροφη κίνηση των υδάτων στην Βόρεια Θάλασσα) γίνεται εντονότερη καθώς το σύστημα πλησιάζει τα στενά του Dover στην νοτιοανατολική Αγγλία. Αυτό έχει ως συνέπεια να χαμηλώσει λίγο η στάθμη της θάλασσας στον Τάμεση σε σχέση με το ύψος που είχε φτάσει τις προηγούμενες ώρες, ενώ αντίθετα στην Ολλανδία, οι θαλάσσιες αναταράξεις αρχίζουν να είναι σταδιακά πιο έντονες, φτάνοντας τα 3 μέτρα.
- Στις 06:00, τα κύματα καταιγίδας ύψους 3 μέτρων που παρατηρήθηκαν στο μεγαλύτερο μέρος των ακτών της Ολλανδίας, συνεχίζουν να υφίστανται αλλά εντοπίζονται μόνο στα Νησιά Δυτικής Φρισίας με σταδιακή μείωση της στάθμης της θάλασσας όσο απομακρυνόμαστε από αυτά. Ιδιαίτερα ψηλά είναι τα κύματα καταιγίδας στο Harlingen που

φτάνουν τα 3,4 μέτρα.

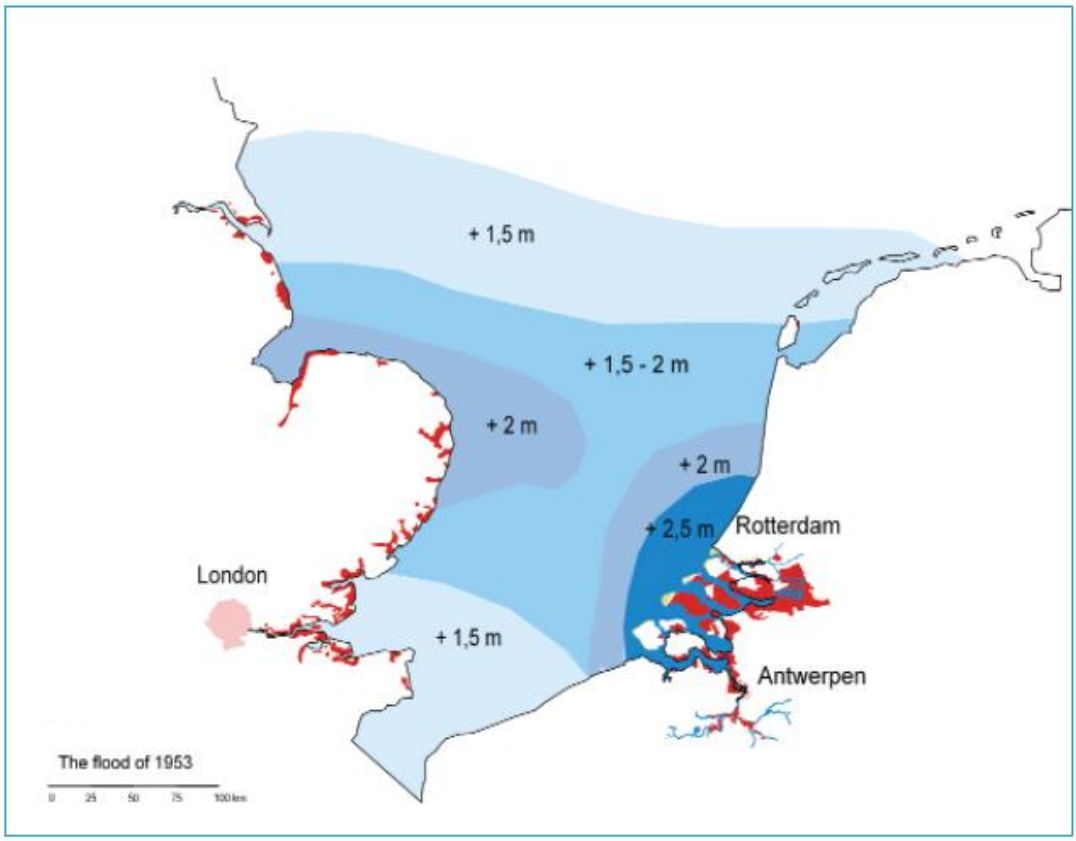
- Στις 09:00, η βόρεια πορεία του μετεωρολογικού συστήματος προκαλεί την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης στα Νησιά Βόρειας Φρισίας στην Γερμανία.
- Από τις 12:00, οι άνεμοι αρχίζουν να μειώνονται σε ένταση με αποτέλεσμα τη σταδιακή εξασθένιση του φαινομένου. Σε όλες τις περιοχές της Βόρειας Θάλασσας, συμπεριλαμβανομένων και των ακτών της Δανίας που ήταν οι τελευταίες που επηρεάστηκαν, έχει περάσει ήδη το μέγιστο των κυμάτων καταιγίδας κατά τη διάρκεια αυτών των δύο ημερών. Η μέση στάθμη της Βόρειας Θάλασσας αρχίζει να ελαττώνεται από τις 15:00 μέχρι σταδιακά να έρθει στα αναμενόμενα επίπεδα.

6.3 Ένταση ανέμων

Στο άρθρο των Wolf και Flather (2005), γίνεται σύγκριση των επί τόπου παρατηρήσεων με τα αποτελέσματα στατιστικών μοντέλων για την εύρεση της ταχύτητας του ανέμου και του μεγέθους των κυμάτων. Τα στοιχεία των επί τόπου παρατηρήσεων είναι από μετρήσεις τριών πλοίων, του Dowsing LV που βρισκόταν ανοιχτά του Immingham, του Smith's Knoll LV που βρισκόταν ανοιχτά του Great Yarmouth και του Galloper LV που βρισκόταν ανοιχτά του Felixstowe. Τις μετρήσεις αυτές τις συνέκριναν με δύο μοντέλα, το CS3 και το NCEP (National Center for Environmental Prediction). Παρότι οι ενδείξεις από τα πλοιάρια είναι μεμονωμένες και το πρόβλημα και των δύο μοντέλων παραμένει η έλλειψη στοιχείων του ανέμου στην ανοιχτή θάλασσα, παρατηρείται σχετική σύγκλιση ως προς την ώρα μέγιστης σφοδρότητας των ανέμων για την 31^{η} Ιανουαρίου, που είναι το βράδυ, με ανέμους που κυμαίνονται κοντά στα 90 χλμ/ω. Τις πρώτες πρωινές ώρες της 1^{ης} Φεβρουαρίου, η καταιγίδα βρισκόταν σε πλήρη εξέλιξη. Η κατεύθυνση της καταιγίδας ακολουθούσε αριστερόστροφη πορεία, δηλαδή προς τις ακτές της Ολλανδίας (Εικόνα 15). Η ταχύτητα των ανέμων άγγιξε τα 10 - 11 Beaufort, ήταν δηλαδή της τάξης των 95-115 χλμ/ω.

6.4 Ύψος κυμάτων

Σε αρκετές περιοχές το ύψος των κυμάτων ήταν το υψηλότερο που είχε ποτέ καταγραφεί. Σύμφωνα με την Βρετανική Μετεωρολογική Υπηρεσία (MET Office) σε περιοχές της Αγγλίας το ύψος το κυμάτων έφτασε μέχρι και τα 5,6 μέτρα πάνω από τη μέση στάθμη της θάλασσας (ανύψωση εξαιτίας της αθροιστικής επίδρασης της παλίρροιας και των κυμάτων καταιγίδας).



Εικόνα 16: Μέγιστο ύψος κυμάτων καταιγίδας και χαρτογράφηση των περιοχών που πλημμύρισαν.

Από μαρτυρίες στην περιοχή East Anglia την 31η Ιανουαρίου, νωρίτερα από την μέγιστη ένταση της καταιγίδας, οι κάτοικοι παρατήρησαν ότι ενώ η θάλασσα φαινόταν ήρεμη, δεν αναπτύχθηκε η άμπωτη και τα νερά φαινόταν να τα "κρατάει" ο άνεμος προς τη στεριά (Web 3). Εξήγηση του φαινομένου είναι ότι η επίδραση της ανύψωσης της θάλασσας λόγω κυμάτων καταιγίδας είχε αρχίσει και είχε σημαντική επίδραση, καθώς η ανύψωση φαινόταν να ακυρώνει το φαινόμενο της άμπωτης. Το βράδυ της 31^{ης} Ιανουαρίου και τις πρώτες ώρες της 1^{ης} Φεβρουαρίου όπως περιγράφηκε νωρίτερα, η ένταση των ανέμων είχε φτάσει το

ανώτατο επίπεδο. Αυτό το γεγονός σε συνδυασμό με τους δύο παράγοντες, οι οποίοι αναφέρονται στη συνέχεια, οδήγησαν σε μεγάλο ύψος κυμάτων.

Πρώτος παράγοντας ήταν το γεγονός ότι το μετεωρολογικό σύστημα που αναπτύχθηκε, λόγω της διάρκειας του, συνέπεσε με τρεις παλίρροιες. Οι παλίρροιες ήταν παλίρροιες συζυγιών, με πρώτη και σοβαρότερη στις 3:24 πμ GMT της 1^{ης} Φεβρουαρίου, λόγω της ταυτόχρονης μέγιστης έντασης της καταιγίδας και την δεύτερη το απόγευμα της 1^{ης} Φεβρουαρίου. Αυτή την ώρα το μετεωρολογικό σύστημα είχε εξασθενήσει κάπως στις ακτές της Βρετανίας και κατευθυνόταν στην ανατολική πλευρά της Βόρεια Θάλασσας, επηρεάζοντας περισσότερο την Ολλανδία, το Βέλγιο και τις δυτικές ακτές της Γερμανίας.

Δεύτερος παράγοντας είναι η μορφολογία της περιοχής. Η Βόρεια θάλασσα είναι ρηχή και "εμποδίζεται" από τη διέξοδο των στενών της Μάγχης στην νότια πλευρά, μεταξύ Αγγλίας και Γαλλίας. Τα χαρακτηριστικά της αυτά δημιουργούν προϋποθέσεις για την διατήρηση της ανυψωμένης μάζας. Δεν υπήρχε δηλαδή διέξοδος των υδάτων. Αυτός είναι ένας από τους λόγους που τα ρεύματα στην Βόρεια Θάλασσα κινούνται από βορρά προς νότο και στη συνέχεια αριστερόστροφα. Οι παράμετροι που περιγράφηκαν οδήγησαν στην ύπαρξη ύψους κυμάτων μεγαλύτερο από το αναμενόμενο.

Κεφάλαιο 7: Η Περίπτωση της Αγγλίας

7.1 Η πλημμύρα του 1953 στην Αγγλία

7.1.1 Περιοχές που επλήγησαν

Στον χάρτη που ακολουθεί (Εικόνα 17) παρουσιάζονται οι περιοχές της νοτιοανατολικής Αγγλίας που πλημμύρισαν το 1953. Οι οικισμοί που επλήγησαν ανήκουν σε πέντε ευρύτερες περιοχές (counties), το Lincolnshire, το Norfolk, το Suffolk, το Essex και το Kent.

Όλες αυτές οι περιοχές έχουν ιδιαίτερα χαμηλό υψόμετρο, αρκετά κάτω από το μέγιστο ύψος που έφτασε η στάθμη της θάλασσας από την επίδραση των κυμάτων καταιγίδας σε συνδυασμό με την παλίρροια συζυγιών.

Από τις περιοχές με τις πιο εκτεταμένες πλημμύρες είναι οι εκβολές του ποταμού Τάμεση (Thames Estuary). Στο Λονδίνο εκατέρωθεν του Τάμεση πλημμύρισαν μεγάλες εκτάσεις. Το πιο βαρύ πλήγμα δέχτηκαν οι περιοχές του Ανατολικού Λονδίνου προς τις εκβολές του ποταμού. Πολλές από τις πόλεις και τις κοινότητες που επλήγησαν βρίσκονταν σε εκβολές ποταμών, γεγονός που τις κατέστησε ιδιαίτερα ευάλωτες στην πλημμύρα. Παραδείγματα τέτοιων περιοχών είναι οι περιοχές King's Lynn στις εκβολές του ποταμού Ouse, Felixstowe και Harwick στις εκβολές των ποταμών Orwell και Stour, Canvey Island στις εκβολές του Τάμεση και Great Yarmouth στις εκβολές του ποταμού Yare.

Η ύπαρξη ποταμών αύξησε προς τα ενδότερα τις περιοχές που βρέθηκαν να είναι ευάλωτες, με αποτέλεσμα να υπάρχουν πλημμύρες αρκετά χιλιόμετρα μακριά από τις ακτές μέσω του συστήματος των ποταμών. Η θάλασσα μέσω των κυμάτων καταιγίδας είχε την δυνατότητα να εισχωρήσει ακόμα πιο βαθιά στην ενδοχώρα σε περιοχές που βρίσκονταν εκατέρωθεν των ποταμών. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση της πόλης του King's Lynn και των γύρω εκτάσεων, καθώς η πόλη βρίσκεται στις όχθες του ποταμού Ouse και περίπου 7 χλμ μακριά από την ακτή.

Εικόνα 17 : Χάρτης με τις περιοχές που πλημμύρισαν στην ΝΑ Αγγλία.

7.1.2 Αντιμετώπιση και αντιπλημμυρική προστασία

Η Βρετανία μετά το 1944 είχε στρέψει όλες τις δυνάμεις της στην ανασυγκρότηση της από τις καταστροφές και τις απώλειες που είχε υποστεί κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου.

Η πλημμύρα την βρήκε απροετοίμαστη, με στοιχειώδη αντιπλημμυρικά μέσα και χωρίς κρατική οργάνωση, η οποία θα μπορούσε αποτελεσματικά να αντιμετωπίσει το φαινόμενο με μέτρα κατά τη διάρκεια του συμβάντος.

Η μέρα και η ώρα που εκδηλώθηκε το φαινόμενο, η ταχύτητα με την οποία εξελίχθηκε, η αδυναμία πρόβλεψης του μεγέθους του και ενημέρωσης των κατοίκων είναι μερικοί από τους παράγοντες που οδήγησαν σε τόσο μεγάλες καταστροφές και αύξησαν τον αριθμό των θυμάτων.

Το κράτος επειδή δεν διέθετε την απαραίτητη οργάνωση και ανάλογα μέσα διάσωσης, αναγκάστηκε να επιστρατεύσει τον Βρετανικό και τον Αμερικάνικο στρατό (που βρισκόταν στην Βρετανία μετά το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου) για να βοηθήσει στις έρευνες για τον εντοπισμό επιζώντων και τη διάσωσή τους, καθώς και στη μεταφορά τροφίμων και πόσιμου νερού που αποτελούσε επείγουσα ανάγκη, για την επιβίωση των πλημμυροπαθών τις πρώτες μέρες μετά την πλημμύρα.

7.1.3 Καταστροφές στην αντιπλημμυρική προστασία

Τόσο η φυσική όσο και η υπάρχουσα τεχνητή αντιπλημμυρική προστασία δέχτηκαν μεγάλο πλήγμα από τα κύματα καταιγίδας. Τα έργα που είχαν κατασκευαστεί για την προστασία των παράκτιων περιοχών, όχι μόνο δεν ήταν σχεδιασμένα να αντέξουν σε τόσο υψηλά κύματα καταιγίδας, αλλά η συντήρησή και η ενίσχυση τους δεν είχε προχωρήσει όπως έπρεπε μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο αφού προτεραιότητα είχε δοθεί στη γενικότερη ανοικοδόμηση της χώρας.

Τα κύματα καταιγίδας κατέστρεψαν μεγάλο μέρος της παράκτιας προστασίας και πλημμύρισαν την ενδοχώρα, περνώντας μέσα από υποχωρήσεις των τεχνητών και φυσικών αναχωμάτων που δημιουργήθηκαν σε 2000 σημεία, με αποτέλεσμα να επηρεαστούν 1600 χλμ ακτογραμμής (Muir Wood, 2005).

Πιο συγκεκριμένα, στα εκβολικά συστήματα της περιοχής του Essex, με την εισβολή των υδάτων δημιουργήθηκαν 839 σημεία υποχώρησης (Lumbroso, 2011) και καταστράφηκε μεγάλο μέρος της αντιπλημμυρικής προστασίας.

Στο East End του Λονδίνου, ένα φράγμα που προστάτευε από τις πλημμύρες κατέρρευσε με αποτέλεσμα περίπου 640.000 κυβικά μέτρα νερού να κατακλύσουν την περιοχή West Ham και να πλημμυρίζουν πάνω από 1000 σπίτια (Web 4).

7.1.4 Ανθρώπινες απώλειες

Οι κάτοικοι που διασώθηκαν με την απομάκρυνσή τους από τις περιοχές που επλήγησαν ανέρχονται στις 32.000, ενώ οι καταγεγραμμένοι θάνατοι ήταν 307. Παρότι οι εκτάσεις που πλημμύρισαν ήταν μεγάλες, το 85% των θυμάτων εντοπίζεται σε δέκα μόλις περιοχές στην ακτογραμμή (Εικόνα 17). Τα περισσότερα σπίτια στις περιοχές αυτές ήταν προσωρινά καταλύματα, όπως ξύλινα προκατασκευασμένα μπανγκαλόου, τα οποία δεν προσέφεραν καμία προστασία από τα κύματα στους κατοίκους που διέμεναν σε αυτά (Baxter, 2005). Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το Jaywick το οποίο ήταν περιοχή μη μόνιμης, εξοχικής κατοικίας για τους Λονδρέζους, με προχείρως κατασκευασμένα σπίτια που υπέστησαν ολοκληρωτική καταστροφή.

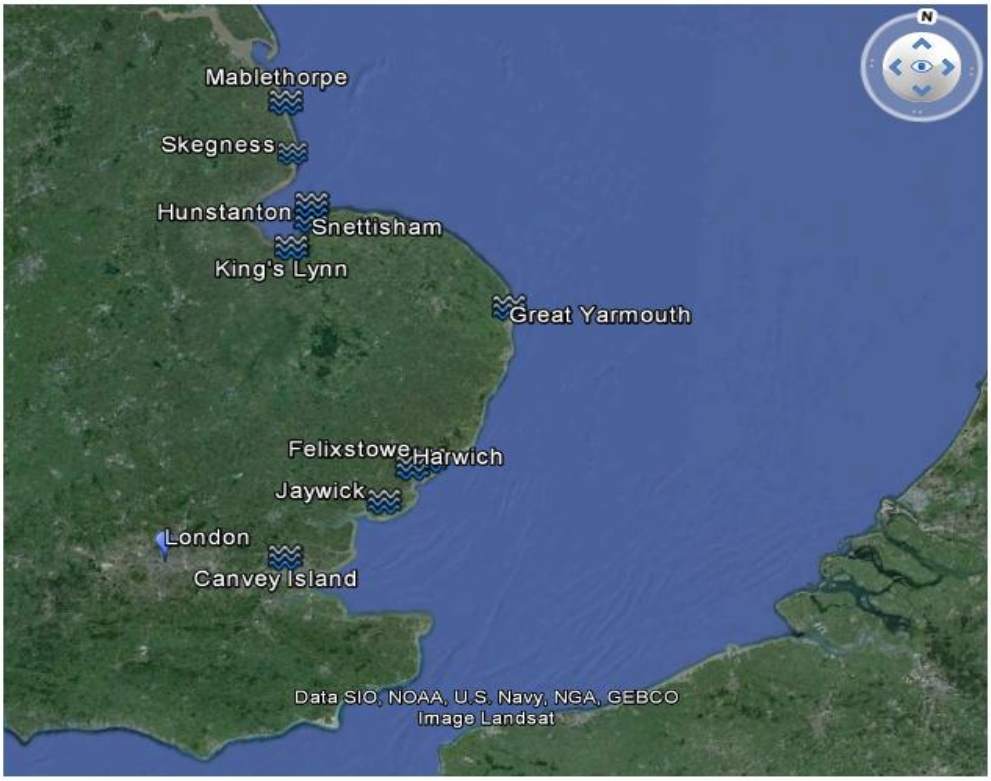
Αιτία θανάτου των κατοίκων των περιοχών που επλήγησαν δεν ήταν μόνο ο πνιγμός εξαιτίας των κυμάτων καταιγίδας, αλλά και δευτερογενείς παράγοντες, όπως η γρήγορη και βίαιη ροή του νερού, που παρέσυρε στο πέρασμά του δέντρα και κάθε είδους φερτά υλικά με αποτέλεσμα τον τραυματισμό των ανθρώπων, καθώς και η παρατεταμένη έκθεση των πλημμυροπαθών σε χαμηλές θερμοκρασίες (Baxter, 2005).

Από στοιχεία μελέτης δημογραφικών χαρακτηριστικών στις πλημμυρισμένες περιοχές οι κάτοικοι που επλήγησαν περισσότερο ήταν αυτοί που ανήκαν στα χαμηλότερα εισοδηματικά στρώματα και οι ηλικιωμένοι.

Στον πίνακα 4 καταγράφονται οι άμεσοι θάνατοι από την πλημμύρα (κατά προσέγγιση).

County	Περιοχές με τα περισσότερα θύματα	Αριθμός θυμάτων
Lincolnshi	• Mablethorpe – Sutton (16) • Skegness (20)	43
Norfolk	• King's Lynn (15) • Snettisham (25) • Hunstanton (32) • Great Yarmouth (10)	99
Suffolk	• Felixstowe (40)	40
Essex	• Harwich (8) • Jaywick (37) • Canvey Island (58)	118

Πίνακας 4 : Καταγραφή των θυμάτων στην Αγγλία.



Εικόνα 18 : Οι περιοχές με τα περισσότερα θύματα στην Αγγλία.

7.1.5 Οικονομικές απώλειες

Υπολογίζεται ότι το μήκος της ακτογραμμής που επηρεάστηκε από πλημμύρες στην Αγγλία ήταν 1000 μίλια (Web 5). Σε όλη αυτή την παραθαλάσσια έκταση, περίπου 1600 τετραγωνικά χιλιόμετρα γης κατακλύστηκαν με θαλασσινό νερό (Web 6). Οι αγροτικές εργασίες στις περιοχές αυτές διεκόπησαν καθώς δεν ήταν δυνατή η καλλιέργεια στα χωράφια για αρκετά χρόνια μετά λόγω της αλατότητας. Μεγάλο πλήγμα δέχτηκε και ο τομέας της κτηνοτροφίας, με την απώλεια 46.000 ζώων. Η διακοπή των αγροτικών εργασιών και οι απώλειες στο κτηνοτροφικό κεφάλαιο, όπως είναι αναμενόμενο, είχε σοβαρό οικονομικό και κοινωνικό αντίκτυπο για αρκετά χρόνια μετά.

Παράλληλα και ο τομέας της βιομηχανίας υπέστη μεγάλες ζημιές. Πάνω από 200 μεγάλες βιομηχανίες πλημμύρισαν και καταστράφηκε ολόκληρος ή μέρος του εξοπλισμού τους, του στοκ των προϊόντων τους, ενώ έπαθαν μικρές ή μεγάλες ζημιές οι εγκαταστάσεις τους. Ταυτόχρονα, κατά μήκος της ακτογραμμής χιλιάδες μικρότερες επιχειρήσεις υπέστησαν τεράστιες οικονομικές καταστροφές. Αποτέλεσμα των πιο πάνω επιπτώσεων ήταν η διατάραξη των τοπικών οικονομικών δραστηριοτήτων για μεγάλο χρονικό διάστημα, με σοβαρές επιπτώσεις και στην ευρύτερη περιοχή.

Στον οικιστικό τομέα, χιλιάδες σπίτια πλημμύρισαν (υπολογίζονται σε 24.000), αρκετά από τα οποία καταστράφηκαν ολοσχερώς. Τα περισσότερα σπίτια που καταστράφηκαν βρίσκονταν στις παράκτιες περιοχές και λειτουργούσαν ως εξοχικές κατοικίες ή ως φτηνά καταλύματα για οικογένειες με χαμηλά εισοδήματα.

Πέρα από τις ιδιωτικές περιουσίες, κοινωφελή δίκτυα και υποδομές υπέστησαν βλάβες ή τέθηκαν εκτός λειτουργίας κατά τη διάρκεια της πλημμύρας και έως ότου αποκατασταθούν τα προβλήματα. Δύο μεγάλοι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και μέρος του δικτύου υγραερίου σταμάτησαν να λειτουργούν και χρειάστηκαν επισκευές για να αποκατασταθεί η εύρυθμη επαναλειτουργία τους. Το δίκτυο υδροδότησης υπέστη επίσης ζημιές, ενώ η εισχώρηση θαλασσινού νερού στον υδροφόρο ορίζοντα, δημιούργησε πρόσθετα προβλήματα στην ποιότητα της υδροδότησης. Ιδιαίτερα επικίνδυνη για την εξάπλωση ασθενειών ήταν η διακοπή της λειτουργίας του αποχετευτικού δικτύου αφού σε πολλές περιοχές πλημμύρισε.

Κατά τη διάρκεια της πλημμύρας σε πολλά συγκοινωνιακά δίκτυα σταμάτησε η κυκλοφορία, καθώς οδικές οδοί και σιδηροδρομικές γραμμές είχαν κατακλυστεί από νερά, με αποτέλεσμα να διακοπεί η επικοινωνία μεταξύ των περιοχών και να γίνει πιο δύσκολο το έργο των σωστικών συνεργείων και των συνεργείων αποκατάστασης των βλαβών.

Το συνολικό κόστος των ζημιών από την πλημμύρα του 1953 έχει υπολογιστεί σε 5 δισεκατομμύρια λίρες (νομισματική αξία του 2013) (Web 7).

7.2 Αλλαγές στην αντιπλημμυρική προστασία

7.2.1 Επιτροπή Waverley

Η πολιτική ηγεσία του κράτους, αμέσως μετά την καταστροφή προχώρησε σε ενέργειες για την αποκατάσταση των πληγέντων. Σε ομιλία του, ο τότε πρωθυπουργός του Ηνωμένου Βασιλείου Winston Churchill, χαρακτήρισε το έργο της ανασυγκρότησης της ζωής στις περιοχές αυτές ζήτημα εθνικής ευθύνης. Τα πρώτα βήματα για την αποκατάσταση των ζημιών ήταν α) να συσταθεί ταμείο για την άμεση βοήθεια των πληγέντων και β) να συντονιστούν οι αρχές που ήταν επιφορτισμένες με το έργο της αξιολόγηση της κατάστασης που είχε διαμορφωθεί. Ταυτόχρονα, αναγνωρίστηκε η ανάγκη να μελετηθούν τα αίτια που οδήγησαν σε τόσο μεγάλες καταστροφές, με επιστημονικές μελέτες των μετεωρολογικών, ωκεανογραφικών δεδομένων και κάθε άλλου στοιχείου, που επηρεάζει τη σφοδρότητα, τη συχνότητα, αλλά και την καταστροφικότητα του φαινομένου, με στόχο την πρόταση σχεδίων για την προστασία από παρόμοια περιστατικά στο μέλλον.

Την ευθύνη για την διεκπεραίωση των μελετών ανέλαβε η επιτροπή Waverley (Waverley Committee on Coastal Flooding). Κύριοι στόχοι της ήταν :

- Η διερεύνηση των αιτιών της πλημμύρας του 1953 και η πιθανότητα επανάληψης ανάλογου συμβάντος.
- Ο σχεδιασμός των μέτρων αντιπλημμυρικής προστασίας, με εκτίμηση των κινδύνων (estimated risks) και υπολογισμό των αποτελεσμάτων σε συνδυασμό με το κόστος κατασκευής και συντήρησης των προστατευτικών έργων.
- Ο υπολογισμός των ωφελειών σε ανθρώπινες ζωές και οικονομικά μεγέθη, που μπορούν να προστατευθούν, εάν δημιουργηθούν νέα έργα αντιπλημμυρικής προστασίας στο μέλλον.
- Η αξιολόγηση των πρακτικών των διοικητικών και οικονομικών οργανισμών που έχουν την ευθύνη της συντήρησης και της ενίσχυσης της αντιπλημμυρικής προστασίας και οι σχετικές συστάσεις στους οργανισμούς αυτούς όπου κρίνεται απαραίτητο (Web 8).

Η επιτροπή προχώρησε με ταχύτατους ρυθμούς τις εργασίες της και σε διάστημα ενός

χρόνου δημοσιοποίησε το πόρισμά της. Η προσέγγιση που ακολουθήθηκε ήταν η σφαιρική ανάλυση του πολυπαραγοντικού προβλήματος και των μεθόδων προστασίας από τους κινδύνους. Οι προτάσεις της επιτροπής και η υλοποίησή τους είχε την ακόλουθη πορεία:

- Για το Λονδίνο, η επιτροπή πρότεινε να ανατεθεί σε κατασκευαστική εταιρία το έργο της προστασίας του Τάμεση από τις παράκτιες πλημμύρες. Η δημιουργία σταθερού φράγματος ήταν η πρώτη πρόταση της μελέτης που ανατέθηκε. Οι οικονομικές απώλειες όμως από την διακοπή της πλωτής σύνδεσης του Τάμεση με την Βόρεια Θάλασσα αντιστάθμιζαν το κόστος κατασκευής κινούμενου φράγματος, οπότε τελικά υλοποιήθηκε το δεύτερο. Στις αρμοδιότητες της επιτροπής εξάλλου τονίζεται η σημασία της ανάλυσης του κόστους και των ωφελειών των προτάσεων από οικονομική άποψη.
- Η επιτροπή πρότεινε την αύξηση των αρμοδιοτήτων των River Board ώστε να περιλαμβάνουν και την δυνατότητα κατασκευής προστατευτικών έργων για τις θαλάσσιες πλημμύρες (Kraus, 1996). Η πρόταση της επιτροπής Waverley υλοποιήθηκε με την Land Drainage Act του 1961.
- Η πρόταση για δημιουργία συστήματος προειδοποίησης κυμάτων καταιγίδας, υλοποιήθηκε με την ίδρυση της Υπηρεσίας Προειδοποίησης Κυμάτων Καταιγίδας (Storm Tide Warning Service). Σκοπός της υπηρεσίας ήταν η πρόβλεψη παράκτιων πλημμυρών. Η STWS αποτελούσε μέρος της Μετεωρολογικής Υπηρεσίας του Ηνωμένου Βασιλείου (Met Office). Στις μέρες μας η υπηρεσία έχει ενσωματωθεί στον οργανισμό UKCMF (UK Coastal Monitoring and Forecasting).
- Η επιτροπή πρότεινε τη βελτίωση της ωκεανογραφικής έρευνας μέσω του Δίκτυου Παλιρροιογράφων του Ηνωμένου Βασιλείου (UK Tide Gauge Network) και την χρηματοδότηση της από την Κεντρική Κυβέρνηση. Το δίκτυο αποτελείται από μια σειρά παλιρροιογράφων οι οποίοι συλλέγουν δεδομένα για τη στάθμη της θάλασσας σε τακτά χρονικά διαστήματα. Με τη συνεχή καταγραφή έχει δημιουργηθεί μια ολοκληρωμένη βάση δεδομένων η οποία χρησιμοποιείται σε επιστημονικές έρευνες και στην πρόβλεψη πλημμυρών. Πρέπει να σημειωθεί ότι από τη δεκαετία του 1920, το Ινστιτούτο Παλιρροιών του Λίβερπουλ (Liverpool Observatory and Tidal Institute) διεξήγαγε έρευνα για την πρόβλεψη των παλιρροιών. Παρότι η έρευνα αυτή είχε εθνική σημασία ακόμα και κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου για την πρόβλεψη των παλιρροιών, με τη δυνατότητα πρόβλεψης της παλίρροιας στα 2/3 των θαλασσών παγκοσμίως (Web 9) η Κεντρική Κυβέρνηση είχε αρνηθεί επανειλημμένως να την χρηματοδοτήσει, καθώς θεωρούσε ότι οι παλίρροιες και οι παράκτιες πλημμύρες ήταν θέματα τοπικής σημασίας και ευθύνης (Web 10). Η χρηματοδότηση επομένως του έργου του Ινστιτούτου γινόταν από ναυτιλιακές

εταιρίες, το Ναυτικό και την τοπική αυτοδιοίκηση (Web 11). Μετά την καταστροφή του 1953 η στάση της Κεντρικής Κυβέρνησης άλλαξε και χρηματοδότησε το Ινστιτούτο για τη δημιουργία συστήματος προειδοποίησης κυμάτων καταιγίδας. Έκτοτε το Δίκτυο Παλιρροιογράφων του Ηνωμένου Βασιλείου αποτελεί μέρος του οργανισμού Environment Agency και χρηματοδοτείται από αυτόν. Η κρατική ενίσχυση για την δημιουργία μοντέλων πρόγνωσης εξακολουθεί να υφίσταται μέχρι και σήμερα.

7.2.2 Έργα προστασίας στον Τάμεση

Το 1953 το Λονδίνο, είχε σημαντικά λιγότερες καταστροφές σε σύγκριση με άλλες πόλεις. Όμως η έκβαση και οι γενικότερες συνέπειες της πλημμύρας, έγειραν το ζήτημα της προστασίας της πρωτεύουσας. Ως η πολυπληθέστερη πόλη και κέντρο των οικονομικών δραστηριοτήτων του Ηνωμένου Βασιλείου, η προστασία της από της παράκτιες πλημμύρες υπήρξε θέμα καθοριστικής σημασίας. Σχεδόν 20 χρόνια μετά την πλημμύρα του 1953, ψηφίστηκε ο νόμος Thames Barrier and Flood Prevention Act (1972) για την έναρξη της κατασκευής των μέτρων προστασίας του Λονδίνου. Με την ολοκλήρωση των έργων, η Μητροπολιτική περιοχή του Λονδίνου έγινε η πιο καλά προστατευμένη περιοχή από πλημμύρες σε όλο το Ηνωμένο Βασίλειο.

Το φράγμα του Τάμεση (Thames Barrier)

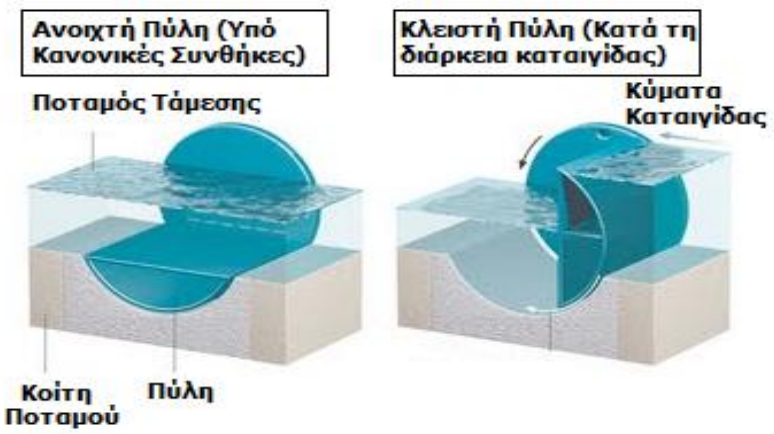
Το πιο φιλόδοξο κατασκευαστικό έργο, που αποφασίστηκε μετά το 1953 για την προστασία του Λονδίνου, ήταν η κατασκευή του φράγματος του Τάμεση. Ανάμεσα στις προτάσεις που εξετάστηκαν για την προστασία του Λονδίνου ήταν και η δημιουργία σταθερού φράγματος (Web 12), όμως κυριάρχησε η πρόταση της Επιτροπής Waverley για την κατασκευή φράγματος το οποίο επιτρέπει τη διέλευση των πλοίων και ταυτόχρονα προστατεύει τον Τάμεση σε περιπτώσεις ανόδου της θαλάσσιας στάθμης.

Η κατασκευή του κινούμενου φράγματος του Τάμεση ξεκίνησε το 1974 και ολοκληρώθηκε 8 χρόνια αργότερα, το 1982. Το γεγονός ότι εξακολουθεί να είναι το δεύτερο μεγαλύτερο κινούμενο φράγμα στον κόσμο, μετά από το φράγμα Oosterscheldekering, στην Ολλανδία (το οποίο επίσης κατασκευάστηκε μετά την πλημμύρα του 1953) υποδηλώνει τη σημασία του έργου και από κατασκευαστική σκοπιά.

Το φράγμα του Τάμεση βρίσκεται ανάμεσα στις περιοχές Greenwich και Newham του

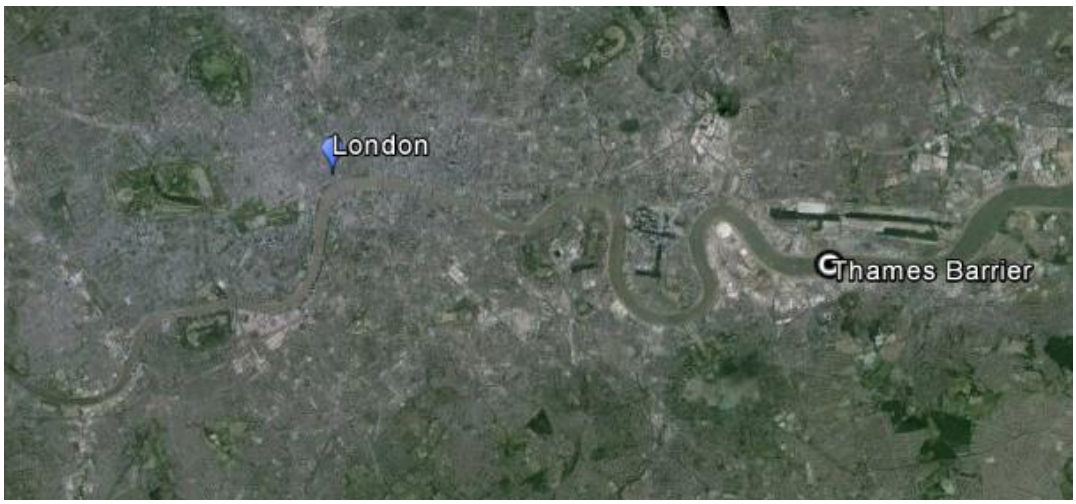
Λονδίνου. Το μήκος του είναι 520 μέτρα και προστατεύει 125τχλμ γης από πλημμύρες (Web 13). Το φράγμα αποτελείται από 10 ημικυκλικές ατσάλινες πύλες, οι οποίες κλείνουν με δύο διαφορετικούς τρόπους:

- Οι πύλες που βρίσκονται στις όχθες του ποταμού (3 στην βόρεια όχθη και 1 στην νότια) έχουν κατασκευαστεί με τρόπο τέτοιο ώστε να βρίσκονται μονίμως πάνω από την επιφάνεια του νερού και κλείνουν κατεβαίνοντας. Μέσα από αυτές τις πύλες δεν μπορούν να περάσουν πλοία.
- Οι υπόλοιπες κεντρικές πύλες (6 στον αριθμό) βρίσκονται μονίμως στον πυθμένα του ποταμού και μόλις κριθεί απαραίτητη η χρήση του φράγματος για προστασία του Τάμεση ανυψώνονται και διακόπτουν την ροή του νερού (Εικόνα 18). Η κάθε πύλη ζυγίζει 3.200 τόνους και μπορεί να αντέξει 90.000 τόνους νερού.



Εικόνα 19 : Ο μηχανισμός λειτουργίας των ανοιχτών πυλών του φράγματος του Τάμεση.

Εικόνα 20 : Φωτογραφία του Φράγματος του Τάμεση.

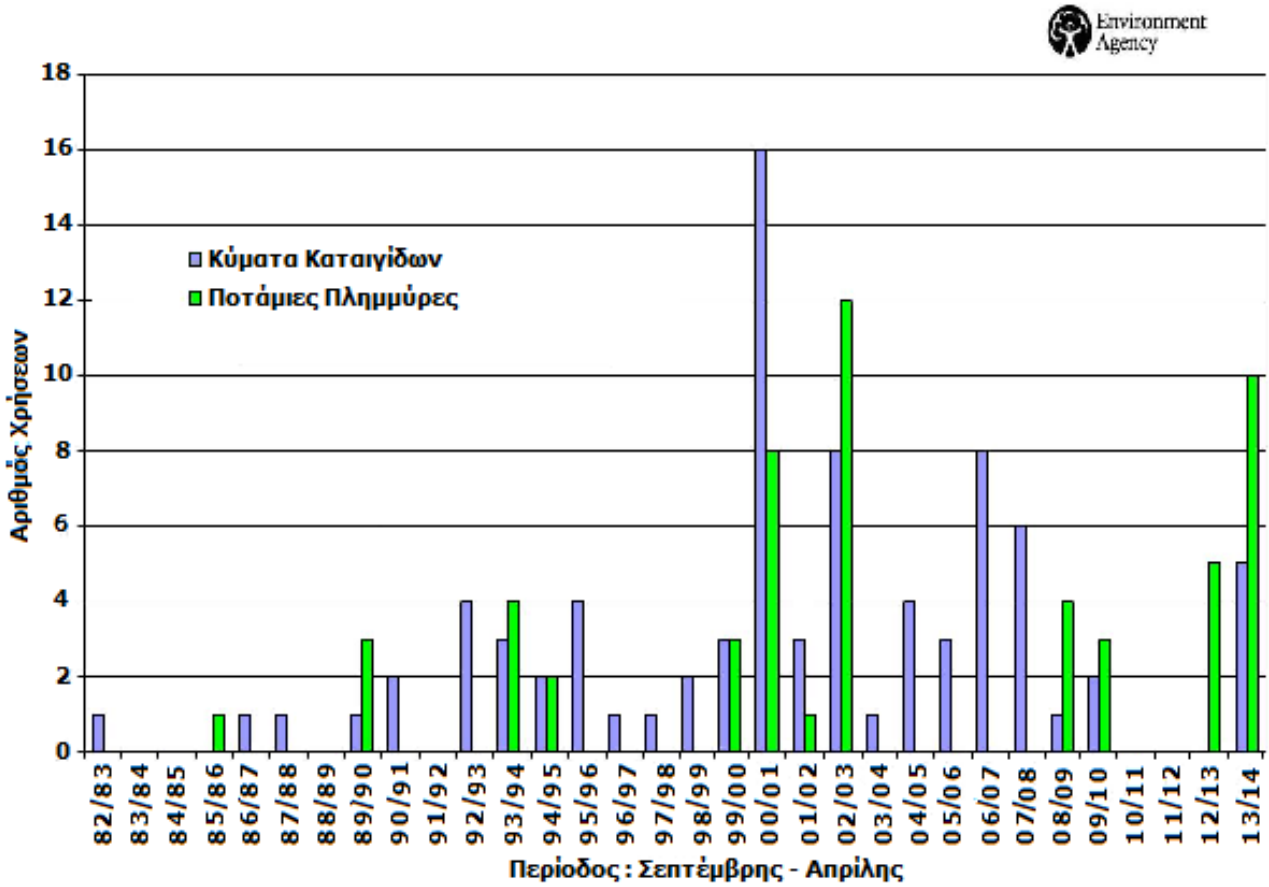


Εικόνα 21 : Το φράγμα του Τάμεση σε σχέση με το κέντρο της πόλης του Λονδίνου

Αν και η αρχική χρήση για την οποία δημιουργήθηκε το φράγμα του Τάμεση ήταν η προστασία του Λονδίνου από τη θάλασσα, από υψηλά κύματα καταιγίδας σε συνδυασμό με την επίδραση των παλιρροιών (παράκτια πλημμύρα), μπορεί να προστατεύσει και μέρος της πόλης (κυρίως το Δυτικό Λονδίνο) από ποτάμιες πλημμύρες εξαιτίας ισχυρών βροχοπτώσεων. Αυτό είναι εφικτό εαν κλείσει το φράγμα κατά τη διάρκεια της άμπωτης. Με αυτόν τον τρόπο, το επιπλέον νερό που θα συγκεντρωθεί λόγω βροχοπτώσεων μπορεί να

διοχετευτεί στην κοίτη του ποταμού χωρίς την προσθετική επίδραση της παλίρροιας.

Η εκτίμηση των συνθηκών για το κλείσιμο του φράγματος γίνεται από δύο οργανισμούς (το Storm Tide Forecasting Service και το Met Office) σε συνδυασμό με τις πληροφορίες που συγκεντρώνει το τμήμα παρακολούθησής που βρίσκεται στο φράγμα (Web 14) .



Εικόνα 22: Γράφημα με τις φορές που το φράγμα του Τάμεση έχει κλείσει (για ποτάμιες και παράκτιες πλημμύρες).

Σύμφωνα με τα στοιχεία που συνέλεξε ο οργανισμός Environment Agency (Εικόνα 22), από την έναρξη της λειτουργίας του και για λόγους προστασίας από τις πλημμύρες (δεν υπολογίζονται οι φορές που έκλεισε για εργασίες συντήρησης) το φράγμα έχει κλείσει 139 φορές. Στα 31 χρόνια λειτουργίας του μόνο 6 χρόνια δεν χρησιμοποιήθηκε. Στο 60% των περιπτώσεων που χρησιμοποιήθηκε ήταν για να προστατεύσει από πλημμύρες από την θάλασσα, ενώ στο υπόλοιπο 40% για να προστατεύσει το Λονδίνο από ποτάμιες πλημμύρες. Επομένως η προστασία που παρέχει από ποτάμιες πλημμύρες δεν είναι καθόλου ευκαταφρόνητη.

Άλλο ένα σημαντικό συμπέρασμα που εξάγεται από το γράφημα είναι η αύξηση της συχνότητας της χρήσης του φράγματος. Τη δεκαετία του 1980 έκλεισε μόνο 4 φορές, τη δεκαετία του 1990 έκλεισε 35 και από το 2000 μέχρι σήμερα έχει γίνει χρήση για περισσότερες από 100 φορές.

Το φράγμα έχει σχεδιαστεί να αντέχει σε σφοδρότητα καιρού που μπορεί να παρουσιαστεί με πιθανότητα 1 φορά στα 1000 χρόνια. Τα στοιχεία από τα νέα κλιματικά μοντέλα όμως, προβλέπουν αύξηση της στάθμης της θάλασσας και παράλληλα συχνότερα και πιο σφοδρά μετεωρολογικά γεγονότα. Ο παράγοντας αυτός σε συνδυασμό με το γεγονός ότι όσο συχνότερα χρησιμοποιείται το φράγμα τόσο μεγαλώνει η πιθανότητα να παρουσιαστεί βλάβη στο μηχανισμό του με αποτέλεσμα να μην μπορέσει να προστατεύσει επιτυχώς το Λονδίνο, οδήγησε στην πρόταση Thames Estuary 2100, που έχει σκοπό την προστασία των περιοχών στις εκβολές του Τάμεση για τον επόμενο αιώνα.

Μέσα στις προτάσεις του Thames Estuary 2100, περιλαμβάνονται και τα σημεία εκείνα που αφορούν το μέλλον του φράγματος του Τάμεση, τα οποία είναι τα εξής:

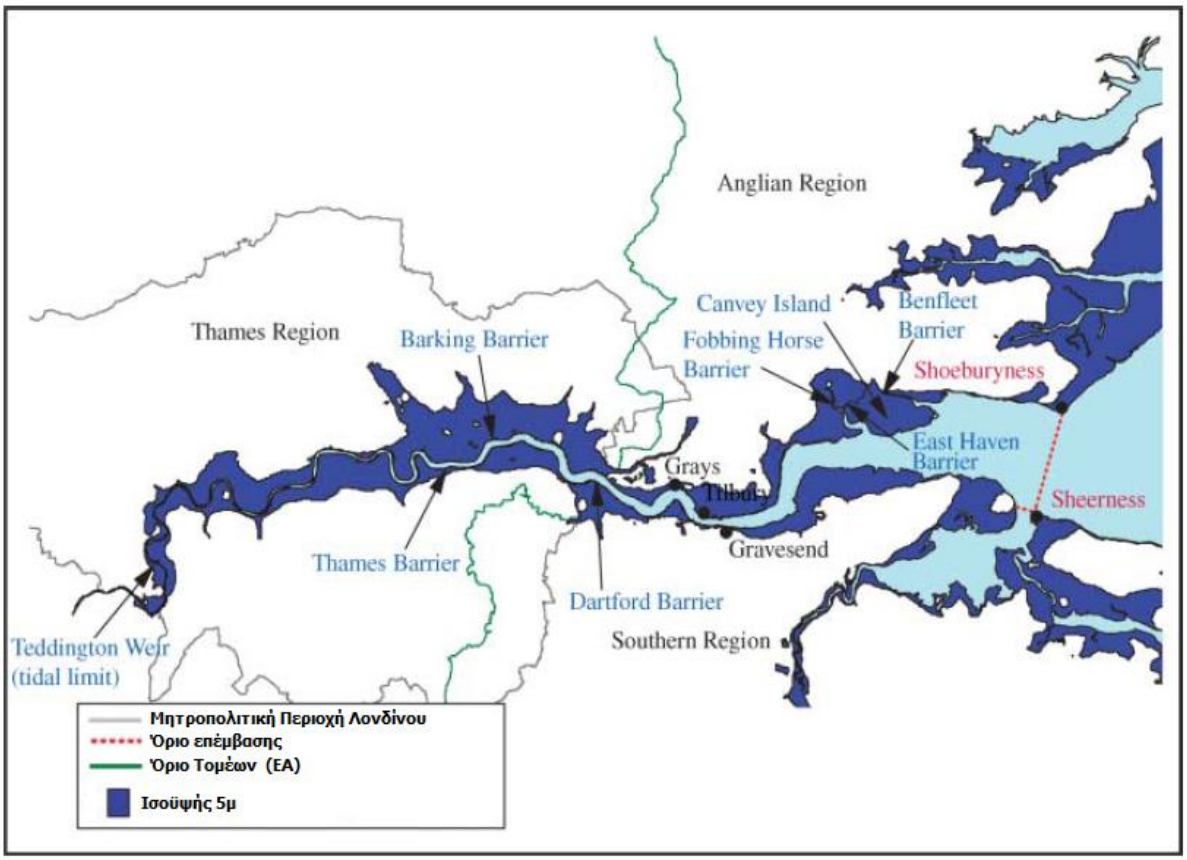
- Υπολογίζεται ότι το φράγμα θα είναι σε θέση να προσφέρει προστασία στην πόλη μέχρι τα επόμενα 50 χρόνια.
- Το φράγμα θα συνεχίζει να παρέχει στο Λονδίνο τα μεγαλύτερα στάνταρ προστασίας από πλημμύρες σε σύγκριση με την υπόλοιπη χώρα, αφού ο σχεδιασμός προέβλεπε άνοδο της στάθμης της θάλασσας 8mm και η τωρινή άνοδος έχει μετρηθεί σε 6mm.
- Τα έργα συντήρησης θα πρέπει να αυξηθούν ώστε να είναι σε θέση να παρέχει την απαιτούμενη προστασία, ελαχιστοποιώντας την πιθανότητα αποτυχίας.
- Απαραίτητο είναι να υλοποιηθούν έργα ώστε να μειώνουν την παροχή υδάτων σε περιπτώσεις μεγάλων καταιγίδων προς τις εκβολές του ποταμού.
- Εφαρμογή ορίου για τη μέγιστη χρήση του φράγματος στις 50 φορές το χρόνο.

Συμπληρωματικά έργα

Η παλίρροια επηρεάζει τον ποταμό Τάμεση μέχρι την περιοχή Teddington. Στην περιοχή αυτή έχει κατασκευαστεί από το 1810 ένα μικρό τεχνητό φράγμα ώστε να αποκόπτει την επίδραση της παλίρροιας στα ανάντη και να διευκολύνεται η ναυσιπλοΐα. Για την προστασία

από πλημμύρες (τόσο παράκτιες όσο και ποτάμιες) δρομολογήθηκαν έργα και στις περιοχές του Τάμεση πάνω από το φράγμα στο Teddington (δηλαδή, στο μέρος του ποταμού που δεν επηρεάζεται από τις παλίρροιες), αλλά και στο μέρος του Τάμεση από την περιοχή Teddington και προς τη θάλασσα (δηλαδή, τις περιοχές που επιδρά η παλίρροια). Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στα σημαντικότερα συμπληρωματικά έργα στις περιοχές που επιδρά η παλίρροια.

Για να λειτουργήσει αποτελεσματικά το φράγμα του Τάμεση, απαραίτητη ήταν η κατασκευή μιας σειράς μικρότερων, συμπληρωματικών φραγμάτων. Τα φράγματα ήταν τα εξής:



Εικόνα 23: Η προστασία του Τάμεση.

1. Φράγμα Τάμεση

2. Φράγμα Barking

3. Φράγμα Dartford

4. Φράγμα Fobbing Horse

5. Φράγμα East Creek

6. Φράγμα Banfleet

Εικόνα 24 : Φωτογραφίες φραγμάτων στον Τάμεση.

Barking Barrier

Το φράγμα Barking Barrier βρίσκεται στην συμβολή του ποταμού Roding με τον Τάμεση. Η κατασκευή του διήρκεσε 4 χρόνια και οι εργασίες ολοκληρώθηκαν το 1983, ένα χρόνο μετά την έναρξη της λειτουργίας του φράγματος του Τάμεση. Αποτελείται από μία ανοιχτή πύλη 39 μέτρων και 3 μικρότερες πύλες (περίπου 12 μέτρων) οι οποίες δεν είναι πλωτές.

Dartford Barrier

Βρίσκεται στην περιοχή Dartford, στην σύνδεση του ποταμού Darent με τον Τάμεση. Η λειτουργία του ξεκίνησε το 1981. Αποτελείται από δύο ατσάλινες πύλες, οι οποίες ζυγίζουν 160 τόνους η κάθε μία. Είναι ανοιχτές και μόνο όταν χρειάζεται η προστασία από κύματα καταιγίδας κατεβαίνουν και απομονώνουν τον ποταμό Darent από την επίδραση του Τάμεση.

Canvey Island: Το σύστημα προστασίας του νησιού, πέρα από το δίκτυο κυματοθραυστών, συμπληρώνουν 3 φράγματα:

- Το **Fobbing Horse Barrier.**
- Το **East Creek Barrier.**
- Το **Benfleet Flood Barrier.**

Όλα τα φράγματα είναι ανοιχτά ώστε να επιτρέπουν την επικοινωνία με τη θάλασσα και η κατασκευή τους ολοκληρώθηκε κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970.

Εκβολικό σύστημα του Τάμεση

Η προστασία των εκβολών του Τάμεση, πέρα από την κατασκευή του φράγματος, έπρεπε να συνοδεύεται από έργα για τις παρόχθιες περιοχές. Η παράκτια προστασία του Essex ενισχύθηκε, με ανύψωση των αναχωμάτων και κατασκευή φραγμάτων.

Στην περιοχή του Essex, το νησί Canvey δέχτηκε τεράστιο πλήγμα το 1953. Η προστασία του από μελλοντικές πλημμύρες ήταν επιτακτική. Το νησί βρίσκεται 1-2 μέτρα κάτω από τη μέση στάθμη της θάλασσας και η παλιά αντιπλημμυρική του προστασία είχε σχεδόν καταστραφεί το 1953. Για την προστασία του αποφασίστηκε η δημιουργία κυματοθραυστών 24 χιλιομέτρων. Η κατασκευή τους ολοκληρώθηκε το 1983 και έχει σχεδιαστεί να αντέχει ύψος κυμάτων που φτάνει σχεδόν τα 5 μέτρα.

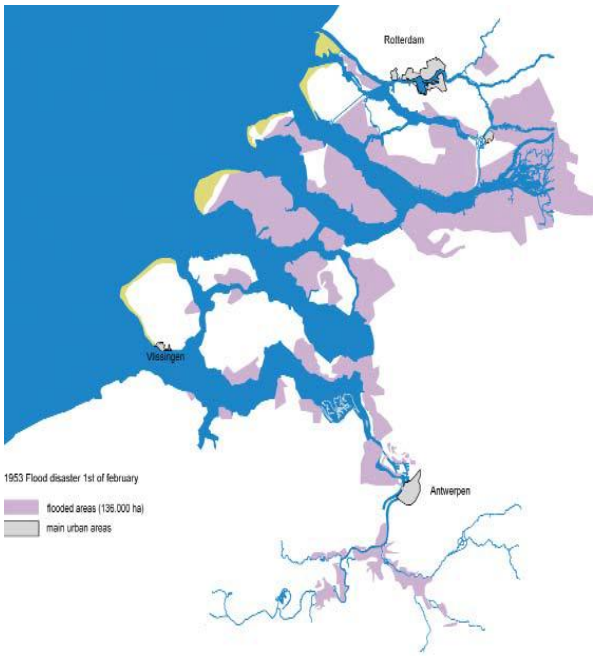
7.2.3 Κόστος

Το κόστος κατασκευής του φράγματος του Τάμεση και των συμπληρωματικών έργων στις εκβολές του ποταμού, ξεπέρασε κατά πολύ τις αρχικές προβλέψεις (περίπου κατά 75%) και κόστισε τελικά 1,6 δισεκατομμύρια λίρες (νομισματική αξία 2013). Το 80% του κόστους αφορούσε μόνο την κατασκευή του φράγματος του Τάμεση. Τα λειτουργικά του έξοδα και οι εργασίες συντήρησης υπολογίζονται στα 6 εκατομμύρια λίρες το χρόνο και για τη λειτουργία του φράγματος (κλείσιμο όλων των πυλών) απαιτούνται 16.000 λίρες ανά χρήση.

Κεφάλαιο 8: Η Περίπτωση της Ολλανδίας

8.1 Η πλημμύρα του 1953 στην Ολλανδία

8.1.1 Περιοχές που επλήγησαν



Εικόνα 25 : Χάρτης των νοτίων περιοχών της Ολλανδίας.

Εικόνα 26 : Χάρτης με τις περιοχές που πλημμύρισαν το 1953.

Οι περιοχές που επλήγησαν στην Ολλανδία βρίσκονται στο νότιο τμήμα της χώρας (Εικόνα 26). Πιο συγκεκριμένα αποτελούν μέρος τριών επαρχιών, της Ζηλανδίας, της Νότιας Ολλανδίας και της Βόρειας Βραβάντης. Η επαρχία της Ζηλανδίας περιλαμβάνει τις περιοχές του Δέλτα των ποταμών Ρήνου, Μεύση και Scheldt. Αντίστοιχα οι νότιες περιοχές της επαρχίας της Νοτίου Ολλανδίας αποτελούν μέρος του Δέλτα των ποταμών Ρήνου και Μεύση. Στο Δέλτα των ποταμών αυτών υπάρχουν πολλά νησιά που ήταν ιδιαίτερα ευπρόσβλητα από παράκτιες πλημμύρες. Τα νησιά Schouwen, Duiveland και Walcheren καλύφθηκαν σχεδόν εξολοκλήρου από τη θάλασσα. Και οι τρεις επαρχίες έχουν εξαιρετικά χαμηλό υψόμετρο, το οποίο σε πολλές περιπτώσεις είναι κάτω από τη μέση στάθμη της θάλασσας.

8.1.2 Αντιμετώπιση και αντιπλημμυρική προστασία

Για μία βδομάδα μετά την καταστροφή στην Ολλανδία, η χώρα βρισκόταν σε κατάσταση εκτάκτου ανάγκης. Πλήθος κρατών έστειλε βοήθεια, τόσο σε σωστικά συνεργεία κατά τη διάρκεια των ερευνών, όσο και χρηματική βοήθεια για την μετέπειτα αποκατάσταση. Ακόμα και κράτη που είχαν και τα ίδια πληγεί από την πλημμύρα, όπως η Αγγλία και το Βέλγιο συνέβαλαν στις προσπάθειες αυτές.

8.1.3 Καταστροφές στην αντιπλημμυρική προστασία

Μέχρι το 1953 η προστασία των χαμηλών περιοχών της Ολλανδίας από τις πλημμύρες γινόταν κατά κύριο λόγω με την ανύψωση και την ενίσχυση των φυσικών και τεχνητών αναχωμάτων. Η δύναμη των κυμάτων κατέστρεψε σε πολλά σημεία τα αναχώματα αυτά.

Στην επαρχία της Ζηλανδίας οι υποχωρήσεις που δημιουργήθηκαν στα αναχώματα είχαν μήκος 3.5 χιλιόμετρα, ενώ άλλα 38 χιλιόμετρα υπέστησαν καταστροφές. Στην επαρχία Νότια Ολλανδία, τα αναχώματα υποχώρησαν σε μήκος 1 χιλιόμετρου, ενώ στην επαρχία Νότια Βραβάντη ανοίγματα υπήρχαν σε μία απόσταση 6.7 χιλιομέτρων (Web 15).

Πριν την πλημμύρα του 1953, τις περιοχές του Δέλτα της Ολλανδίας προστάτευαν μόνο αναχώματα, επομένως η ύπαρξή τους και η αντοχή τους, ήταν η μόνη ελπίδα προφύλαξης από τα κύματα καταιγίδας. Με την κατάρρευσή τους, τεράστιες εκτάσεις καταστράφηκαν αφού το νερό εισχώρησε βαθιά στην ενδοχώρα. Στις πλημμυρισμένες περιοχές, τα αναχώματα δέχονταν ακόμα μεγαλύτερη πίεση από το νερό, που είχε εισχωρήσει στην ξηρά, γεγονός που αύξανε την πιθανότητα δημιουργίας νέων ανοιγμάτων. Το 45% του συνολικού μήκους των αναχωμάτων, που ανερχόταν σε 500χλμ, υπέστη καταστροφές σε περισσότερα από 500 διαφορετικά σημεία (Muir Wood, 2005). Λόγω του παλιρροϊκού κύκλου, στη φάση της άμπωτης τα νερά υποχώρησαν προς τη θάλασσα,. Αυτό έδωσε περιθώριο χρόνου, για πρόχειρη ενίσχυση των αναχωμάτων και επιχειρήσεις διάσωσης. Με τη δεύτερη παλίρροια, τα κύματα μπόρεσαν πιο εύκολα να διεισδύσουν στην ενδοχώρα. Τα αναχώματα που είχαν καταστραφεί δεν παρείχαν πλέον προστασία και αυτά που είχαν αντέξει είχαν καταπονηθεί από την πρώτη φάση της πλημμύρας και ήταν πιο εύκολο να υποχωρήσουν κατά τη δεύτερη φάση της.

Εικόνα 27 : Θραύση αναχώματος στο χωριό Den Bommel στην Νότια Ολλανδία.

8.1.4 Ανθρώπινες απώλειες

Η ανεπάρκεια της αντιπλημμυρικής προστασίας στην Ολλανδία αναδείχθηκε με τον πλέον τραγικό τρόπο. Σχεδόν 2.000 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους. Πιο συγκεκριμένα 1.836 άνθρωποι πέθαναν κατά τη διάρκεια της πλημμύρας και τουλάχιστον άλλοι 40 πέθαναν μετά. Επιπλέον περίπου 100.000 άνθρωποι εγκατέλειψαν την περιοχή κατοικίας τους (Gerritsen, 2005). Το σύνολο των θυμάτων εντοπίζεται σε τέσσερις επαρχίες της Ολλανδίας (Πίνακας 5).

Περιοχή	Θύματα
Βόρεια Ολλανδία	7
Νότια Ολλανδία	677
Ζηλανδία	846
Βόρεια Βραβάντη	247
Σύνολο	**1777**

Πίνακας 5 : Ο αριθμός των θυμάτων ανά περιοχή.

Αιτία Θανάτου	Αριθμός Θυμάτων	Ποσοστό
Ραγδαία άνοδος των υδάτων	1.030	60%
Υψηλές ταχύτητες ροής	264	15%
Άλλες αιτίες	432	25%
Σύνολο	**1.726**	**100%**

Πίνακας 6 : Αιτίες άμεσων θανάτων.

8.1.5 Οικονομικές απώλειες

Οι οικονομικές απώλειες από την πλημμύρα ήταν τεράστιες. Τα στοιχεία που συνέλεξε η ολλανδική κυβέρνηση για το μέγεθος των καταστροφών είναι ενδεικτικά της κατάστασης. Περίπου 5.000 τχλμ (Davis, 2008) γης πλημμύρισαν με αποτέλεσμα μεγάλο μέρος της καλλιεργήσιμης γης της νοτίου Ολλανδίας να κατακλυστεί από υφάλμυρο νερό και να μην μπορεί να χρησιμοποιηθεί για καλλιέργειες για αρκετά χρόνια αργότερα, μέχρι την αποκατάσταση του εδάφους. Σε αυτές τις εκτάσεις καταστράφηκαν 300 φάρμες και πνίγηκαν περίπου 200.000 ζώα, προκαλώντας μεγάλο πλήγμα και στον τομέα της κτηνοτροφίας.

Στον οικιστικό τομέα οι απώλειες ήταν εξίσου μεγάλες. Τα σπίτια που καταστράφηκαν ολοσχερώς ανέρχονται στα 3.000 και τουλάχιστον άλλα 40.000 υπέστησαν καταστροφές (Davis, 2008), ενώ σχεδόν 100.000 άνθρωποι έμειναν προσωρινά άστεγοι και αναγκάστηκαν να εγκαταλείψουν τις περιοχές που κατοικούσαν (Gerritsen, 2005). Το

συνολικό οικονομικό κόστος της πλημμύρας υπολογίζεται σε 1,5 δισεκατομμύριο Ολλανδικά φιορίνια (νομισματική αξία του 1953), ποσό το οποίο αντιπροσώπευε το 14% του εθνικού ακαθάριστου προϊόντος (NUWCReN, 2012).

8.2 Αλλαγές στην αντιπλημμυρική προστασία

8.2.1 Το πρόγραμμα Δέλτα

Το 1937 το Υπουργείο Δημοσίων Έργων της Ολλανδίας (Rijkswaterstaat), ανέδειξε την ανεπάρκεια της προστασίας μεγάλου τμήματος της χώρας απέναντι στις παράκτιες πλημμύρες. Για τον λόγο αυτό για την διασφάλιση των πυκνοκατοικημένων περιοχών στις εκβολές του Ρήνου, του Μεύση και του Scheldt, συνέταξε το Πλάνο Δέλτα (Delta Plan). Η ενδυνάμωση των παλαιών φραγμάτων και η κατασκευή νέων ήταν ο μόνος τρόπος για να εξασφαλιστούν αυτές οι περιοχές, παρότι οι δυσκολίες ήταν ιδιαίτερα μεγάλες. Το Πλάνο Δέλτα πρότεινε τη δημιουργία φραγμάτων και το κλείσιμο των εκβολών του Δέλτα, σχέδιο που ανακόπηκε από τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο και αργότερα από τα γεγονότα του 1953. Παρά τις διακοπές στην υλοποίηση του Πλάνου, το 1953 η αναγκαιότητα για μεγάλα κατασκευαστικά έργα ήταν πλέον αδιαμφισβήτητο γεγονός και η ιδέα της σύνδεσης της αντιπλημμυρικής προστασίας με την εθνική ασφάλεια είχε ωριμάσει. Αυτός ήταν και ο λόγος που μετά τις πλημμύρες του '53 μπόρεσαν πολύ γρήγορα να ξεκινήσουν κατασκευαστικά έργα χωρίς να δαπανηθεί πολύς χρόνος στο σχεδιασμό και την έρευνα.

Η πρώτη ενέργεια μετά τα γεγονότα του ’53 ήταν η σύσταση της Επιτροπής Δέλτα. Η Επιτροπή Δέλτα, η οποία αποτελούνταν από επιστήμονες και πολιτικούς, συστάθηκε στις 21 Φεβρουαρίου 1953, με σκοπό την αναθεώρηση του Πλάνου Δέλτα και την εξασφάλιση της υλοποίησης του. Το νέο Σχέδιο Δέλτα έδινε έμφαση σε δύο συγκεκριμένα σημεία στην αντιπλημμυρική προστασία της Ολλανδίας τα οποία ήταν τα εξής:

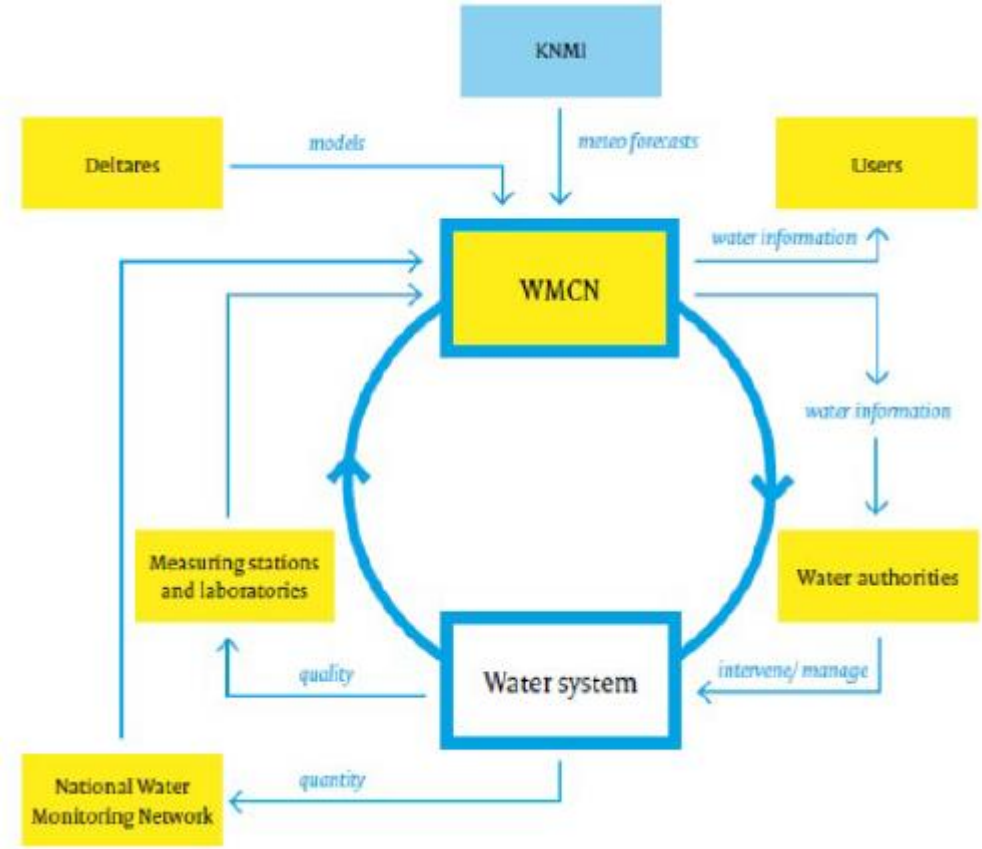
- Αποστράγγιση των περιοχών που πλημμυρίζουν συχνά και η ενίσχυση της προστασίας τους.
- Προστασία των εδαφών από τις αρνητικές επιδράσεις της εισχώρησης αλμυρού νερού.

8.2.2 Η νέα οργάνωση της προστασίας

Για την σωστότερη και πιο αποτελεσματική διαχείριση της αντιπλημμυρικής προστασίας, ήταν απαραίτητη η εκ νέου εξέταση των πρακτικών προειδοποίησης και πρόληψης. Ο νέος σχεδιασμός περιλαμβάνει τις εξής αλλαγές:

- Μετατροπή του συστήματος προειδοποίησης από υπηρεσία επί πληρωμή, σε δωρεάν υπηρεσία που παρέχεται σε όλους τους πολίτες από κρατικούς φορείς.

- Αρμόδιο για την έκδοση δελτίων πλημμυρών ορίστηκε το Κέντρο Διαχείρισης Υδάτων (WMCN), το οποίο ανήκει στο Υπουργείο Δημοσίων Έργων (Rijkswaterstaat) και βρίσκεται στην πόλη Lelystat, βόρεια του Άμστερνταμ. Οι ειδοποιήσεις εκδίδονται μετά από επικοινωνία του Κέντρου Διαχείρισης Υδάτων με το Βασιλικό Ολλανδικό Ινστιτούτο Μετεωρολογίας (KNMI) (Εικόνα 28).



Εικόνα 28 : Σχεδιάγραμμα της ροής πληροφοριών και της επικοινωνίας των αρμόδιων φορέων.

- Μείωση των αρμόδιων φορέων που είχαν υπό την ευθύνη τους τα αναχώματα. Όλη η έκταση της χώρας χωρίστηκε σε 95 περιοχές-δακτυλίους. Μέχρι το 1953, οι 95 αυτές

περιοχές διαχειρίζονταν από 2500 φορείς (Water Boards). Η πολυδιάσπαση αυτή δυσχέραινε την λήψη αποφάσεων, την επικοινωνία και την συντονισμένη διαχείριση της αντιπλημμυρικής προστασίας. Μέσω συγχωνεύσεων και σταδιακής μείωσης του αριθμού των οργανισμών, οι αρμόδιοι φορείς είναι πλέον μόνο 25 (Slomp, 2012).

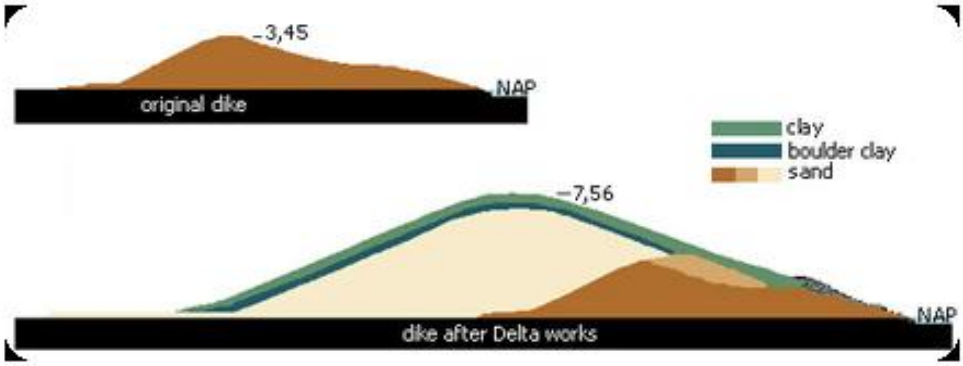
- Η μείωση των Water Boards αναγκαστικά επέφερε και αλλαγή του ιδιοκτησιακού καθεστώτος των περιοχών των αναχωμάτων-δακτυλίων (βλέπε §8.2.3), ώστε να επιτυγχάνεται καλύτερη διαχείριση. Πριν από το 1953 δεν υπήρχε περιορισμός στο ιδιοκτησιακό καθεστώς των αναχωμάτων και ιδιοκτήτες τους μπορεί να ήταν το Δημόσιο, οργανισμοί ή ιδιώτες. Μετά το 1953 αποφασίστηκε η εκχώρηση της ιδιοκτησίας αποκλειστικά στα Water Board, ώστε να υπάρχει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα.

8.2.3 Ενίσχυση υπάρχουσας προστασίας

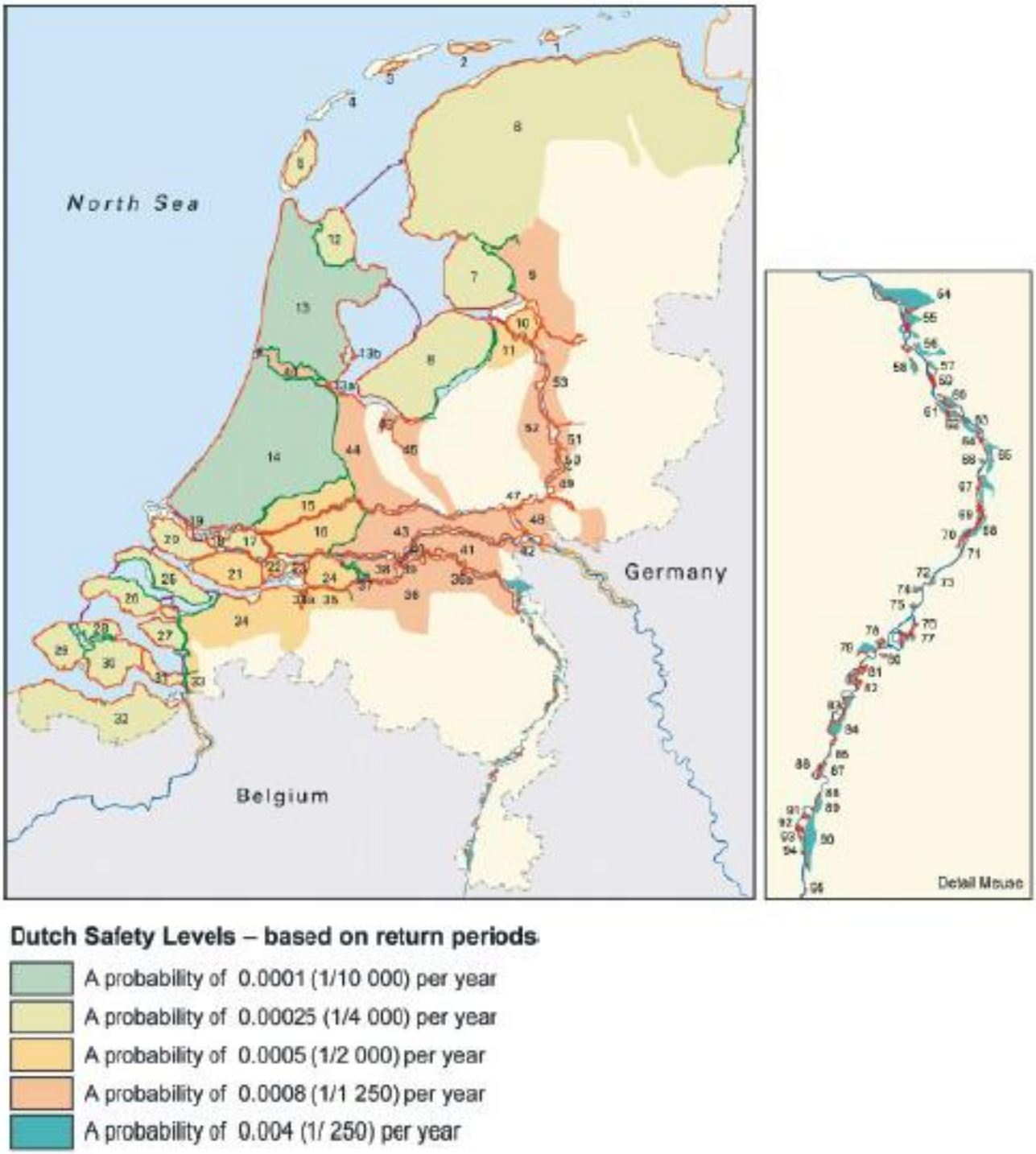
Το 55% των περιοχών της Ολλανδίας είναι κάτω από τη μέση στάθμη της θάλασσας. Η προστασία των περιοχών αυτών γίνεται με την ανύψωση αναχωμάτων. Επειδή ο κίνδυνος στις περιοχές του Δέλτα προέρχεται από όλες τις πλευρές (δηλαδή δεν υπάρχει μόνο ένα μέτωπο από το οποίο μπορεί να εισχωρήσει το νερό) τα αναχώματα παίρνουν τη μορφή δακτυλίου (dike-ring) ώστε να καλύπτουν όλα τα μέτωπα.

Παρά το γεγονός ότι μετά την πλημμύρα, δισεκατομμύρια ευρώ επενδύθηκαν για την κατασκευή νέων κινητών και σταθερών φραγμάτων (βλέπε §8.2.5), η ενίσχυση των υπαρχόντων αναχωμάτων κρίθηκε απαραίτητη. Τα θαλάσσια αναχώματα όλης της ακτογραμμής της Ολλανδίας ενισχύθηκαν σε ύψος και σε πλάτος, ώστε να αντέχουν σε μεγαλύτερες υδραυλικές καταπονήσεις, αλλά και να έχουν μικρότερη πιθανότητα αστοχίας και δημιουργίας ανοιγμάτων κατά τη διάρκεια πλημμύρας. Το ύψος Δέλτα (Delta Height) ορίστηκε ως το ύψος που θα έπρεπε να έχουν όλα τα αναχώματα (και στο Δέλτα της Ολλανδίας και στην Βόρεια Ολλανδία στην Θάλασσα Wadden) και έφτανε τα 7.65 μέτρα πάνω από τη μέση στάθμη της θάλασσας. Η νέα προσέγγιση στην ανύψωση των αναχωμάτων, που ακολούθησε η Ολλανδία δεν ήταν εμπειρική, όπως συνέβαινε μέχρι τότε. Το μέγιστο απαιτούμενο ύψος των αναχωμάτων σε κάθε περιοχή αποφασίστηκε μέσω επιστημονικής προσέγγισης του φαινομένου της πλημμύρας (αναμενόμενη συχνότητα φαινομένων, σφοδρότητα κλπ) σε συνδυασμό με την εξέταση της ανάλυσης κόστους-οφέλους των κατασκευών. Με την συγκεκριμένη μέθοδο έγινε εκτίμηση των δυνητικών

απωλειών από τις πλημμύρες, του κόστους της προστασίας και κατ' επέκταση ο υπολογισμός του οικονομικού οφέλους που θα προέκυπτε από τα έργα. Επειδή την εποχή εκείνη, δεν ήταν δυνατή η μελέτη του συνόλου της χώρας, αποφασίστηκε να εφαρμοστεί η μέθοδος μόνο στην περιοχή του αναχώματος – δακτυλίου 14 (Εικόνα 30) η οποία είναι από τις πιο σημαντικές και πυκνοκατοικημένες περιοχές της χώρας, καθώς σε αυτή βρίσκεται το Άμστερνταμ, η Ουτρέχτη και μέρος του Ρότερνταμ. Αφού υπολογίστηκε το αποδεκτό όριο ασφαλείας για την περιοχή αυτή (ορίστηκε πιθανότητα πλημμύρας 0,0001 ανά έτος), στη συνέχεια έγινε προσαρμογή του μοντέλου και για τις υπόλοιπες περιοχές της Ολλανδίας.



Εικόνα 29 : Το ύψος των αρχικών αναχωμάτων και η ενίσχυσή τους μετά την πλημμύρα του 1953.



Εικόνα 30 : Οι περιοχές δακτυλίων – αναχωμάτων και τα αντίστοιχα όρια ασφαλείας που έχουν οριστεί.

8.2.4 Νέα κατασκευαστικά έργα

Εικόνα 31 : Χάρτης του Σχεδίου Δέλτα.

Η νέα πολιτική της Ολλανδίας δεν ήταν η συνέχιση της δημιουργίας νέων εδαφών προς τη θάλασσα (βλέπε §5.3.1). Ο νέος κυρίαρχος στόχος ήταν πλέον η προστασία των υπαρχόντων εκτάσεων με αποτελεσματικότερα μέσα. Όπως και στην περίπτωση του Τάμεση, η επιλογή σταθερών φραγμάτων δεν ήταν η σωστή λύση για τις υδάτινες διόδους που ενώνουν το Rotterdam και την Αμβέρσα μεταξύ τους αλλά και με την Βόρεια Θάλασσα.

Παρότι το κόστος των έργων του Προγράμματος Δέλτα ανερχόταν σε αρκετά δισεκατομμύρια (ποσό που αυξήθηκε κατά τη διάρκεια των εργασιών), η εναλλακτική λύση για την προστασία (δηλαδή η προστασία αποκλειστικά με την ανύψωση και ενίσχυση των αναχωμάτων) ήταν πιο κοστοβόρα, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι η προστασία θα μπορούσε να αντικατασταθεί εξολοκλήρου από φράγματα.

Για την κατασκευή των σημαντικότερων φραγμάτων, απαραίτητη ήταν η κατασκευή μικρότερων ("δευτερευόντων") φραγμάτων τα οποία θα διέκοπταν τη ροή του νερού από τα ποτάμια καθιστώντας εφικτή την κατασκευή των φραγμάτων προς τη Βόρεια Θάλασσα, τα οποία παρείχαν την κύρια προστασία από παράκτιες πλημμύρες ενώ θα χρησίμευαν και για τον έλεγχο της αναλογίας αλμυρού – γλυκού νερού, ώστε να υπάρχει η λιγότερη δυνατή διαταραχή των οικοσυστημάτων.

Το Πρόγραμμα Δέλτα αποτελείται από 13 φράγματα (ανοιχτού και κλειστού τύπου) συνολικού μήκους 16.500χλμ, τα οποία μείωσαν την ακτογραμμή της Ολλανδίας κατά 700χλμ. Τα πιο σημαντικά, κατά ημερομηνία ολοκλήρωσης και έναρξης της λειτουργίας τους, η θέση των οποίων παρουσιάζεται στην Εικόνα 31, είναι τα ακόλουθα:

1. Φράγμα Hollandse Ijseel (1958)

2. Φράγμα Zandkreek (1960)

3. Φράγμα Veerse Gat (1961)

4. Φράγμα Grevelingen (1965)

5. Φράγμα Volkerak (1969)

6. Φράγμα Brouwers (1971)

Εικόνα 32 : Φράγματα που υλοποιήθηκαν με το πρόγραμμα Δέλτα.

1958 : Hollandse Ijseelkering

Φράγμα στον παραπόταμο του Ρήνου Hollandse Ijssel ο οποίος αποτελεί την υδάτινη αρτηρία που συνδέει το Ρότερνταμ με τη Βόρεια Θάλασσα. Επιλέχθηκε η κατασκευή ανοιχτού φράγματος για τη διατήρηση της επικοινωνίας και την προστασία μιας από τις χαμηλότερες και πιο πυκνοκατοικημένες περιοχές της Ολλανδίας. Τα φράγματα βρίσκονται μονίμως πάνω από το ποτάμι και σε περιόδους έκτακτης ανάγκης κατεβαίνουν. Για τη διέλευση μεγάλων πλοίων που δεν χωράνε να περάσουν κάτω από της πύλες έχει ανοιχτεί και ένα πέρασμα δίπλα στο φράγμα το οποίο έχει πύλες που κλείνουν παράλληλα.

1960 : Zandkreekdam

Το φράγμα ενώνει τα νησιά Zuid-Beveland και Noord-Beveland. Είναι κλειστό στο μεγαλύτερό μέρος του, με μία μικρή πύλη για την διέλευση πλοίων.

1961 : Veerse Gatdam

Το νερό ανάμεσα σε αυτό το φράγμα και στο Zandkreekdam έγινε σύντομα γλυκό και πλέον το υδάτινο σώμα είναι γνωστό ως Veerse Meer (η λίμνη Veerse). Το νερό της λίμνης χρησιμοποιείται για ύδρευση.

1965 : Grevelingendam

Τα έργα για την κατασκευή του φράγματος Grevelingendam ξεκίνησαν το 1958. Έχει μήκος 6 χιλιόμετρα. Ο κύριος σκοπός της κατασκευής του φράγματος δεν ήταν η προστασία από παράκτιες πλημμύρες, αλλά η διευκόλυνση της κατασκευής των φραγμάτων Haringvlietdam, Brouwersdam και Oosterscheldekering.

1969 : Volkerakdam

Το συγκεκριμένο φράγμα, όπως και το φράγμα του Grevelingen, κατασκευάστηκε για να κάνει εφικτή την κατασκευή των φραγμάτων Oosterschelde, Brouwers, Haringvliet. Η λειτουργία του χρησιμεύει στον διαχωρισμό των υδάτινων σωμάτων Hollandsch Diep και Haringvliet από το Volkerak. Το πρώτο μέρος της κατασκευής διαχωρίζει το Haringvliet με το Volkerak και αποτελεί σταθερό φράγμα. Το δεύτερο μέρος χωρίζει το Hollands Diep από το Volkerak, αλλά για να μην διακοπεί μια από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες υδάτινες οδούς (Ρότερνταμ – Αμβέρσα) κατασκευάστηκε ανοιχτό φράγμα. Ανάμεσα στο Haringvliet και το Hollands Diep κατασκευάστηκε γέφυρα για την οδική σύνδεση των περιοχών. Τέλος, το φράγμα εξυπηρετούσε ώστε να ελέγχεται η παροχή από τα ποτάμια προς την επαρχία Zeeland αλλά και να επιτρέπεται η παροχή γλυκού νερού προς το Haringvliet.

1971 : Brouwersdam

Βρίσκεται νότια του φράγματος Haringvlietdam. Το μήκος του είναι περίπου 6.5 χιλιόμετρα. Το φράγμα Brouwersdam διέκοψε την σύνδεση με τη Βόρεια Θάλασσα, δημιουργώντας την λίμνη Grevelingen, όπως συνέβη και με την λίμνη Veerse.

7. Φράγμα Haringvliet
(1971)

8. Φράγμα Oosterschelde
(1986)

9. Φράγμα Maeslant
(1997)

10. Φράγμα Hartel
(1997)

Εικόνα 33 : Φράγματα που υλοποιήθηκαν με το πρόγραμμα Δέλτα.

1971 : Haringvlietdam

Αποτελείται από σειρά πυλών (sluices). Το φράγμα κατασκευάστηκε με δυνατότητα να ανοίγουν οι πύλες του ώστε να εισέρχεται το θαλασσινό νερό μόνο σε περίπτωση ανάγκης σε περιόδους ιδιαίτερα χαμηλών θερμοκρασιών ώστε να μην παγώνουν τα νερά των ποταμών. Σε συνδυασμό με την προστασία που παρέχει από τις παράκτιες πλημμύρες, το

φράγμα Haringvliet ελέγχει και την παροχή από τον Ρήνο και τον Μεύση προς τη Βόρεια Θάλασσα. Σε περιπτώσεις αυξημένης παροχής λειτουργούν οι πύλες ώστε το νερό που υπερχειλίζει να ρέει προς τη θάλασσα και να αποφεύγεται η ποτάμια πλημμύρα. Ένα ακόμα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του φράγματος είναι η οικολογική του σημασία αφού με ειδικά τούνελ υπάρχει επικοινωνία των υδάτων από τις δύο πλευρές του φράγματος ακόμα και όταν αυτό είναι κλειστό, γεγονός που βοηθάει το οικοσύστημα της περιοχής.

1986 : Oosterscheldekering

Αρχικά προβλεπόταν να κατασκευαστεί ως κλειστό φράγμα, το οποίο θα διέκοπτε την εισροή θαλασσινού νερού με αποτέλεσμα τη δημιουργία περιβάλλοντος παρόμοιου με τη λίμνη Veerse. Η κατασκευή κλειστού φράγματος είναι σαφώς πιο οικονομική λύση σε σύγκριση με τα ανοιχτά φράγματα. Παρόλα περιβαλλοντικοί και οικονομικοί λόγοι ανάγκασαν την επανεξέταση του σχεδίου το 1976 και την προσαρμογή του ώστε το φράγμα να παραμένει μονίμως ανοιχτό, εκτός από τις περιπτώσεις που κινδύνευε από πλημμύρες εξαιτίας ισχυρών καταιγίδων. Οι λόγοι που οδήγησαν στην κατασκευή ανοιχτού φράγματος είναι οι εξής:

- Περιβαλλοντικοί: το περιβάλλον στον Ανατολικό Schelde βασίζεται στην ύπαρξη θαλασσινού νερού. Η διακοπή παροχής του θα σήμαινε τεράστια περιβαλλοντική καταστροφή, αφού τα οικοσυστήματα που βασίζονταν σε αυτή θα σταματούσαν να υπάρχουν.
- Οικονομικοί: η αλλαγή του περιβάλλοντος θα έπληττε την οικονομική ζωή της περιοχής η οποία στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό στην αλιεία.

Το φράγμα του Oosterschelde, είναι το μεγαλύτερο ανοιχτό φράγμα στον κόσμο και αποτελείται από 62 ανοιχτές πύλες. Η κάθε πύλη έχει πλάτος 40 μέτρα. Μόνο για την κατασκευή του φράγματος του Oosterschelde το κόστος ανήλθε σε 2,5 δις ευρώ.

1983-1997 : Τα έργα που κατασκευάστηκαν στο διάστημα αυτό, είχαν κυρίαρχο σκοπό όχι την προστασία από τις πλημμύρες αλλά την επαναφορά της πρότερης ισορροπίας του θαλασσινού νερού και του νερού των ποταμών, όπως διαμορφωνόταν από την δράση των παλιρροιών και της ποτάμιας παροχής. Τα φράγματα αυτά είναι το **Markiezaatskade** (1983), το **Oesterdam** (1997), το **Philipsdam** (1997) και το **Bathse Spuisluis** (1997).

1997 : Maeslantkering

Κατασκευάστηκε στον Nieuwe Waterweg, για να προστατεύσει το λιμάνι και την πόλη του

Ρότερνταμ από καταιγίδες στη Βόρεια Θάλασσα. Η ανάγκη για συνεχόμενη κίνηση μεγάλων πλοίων οδήγησε στον πρωτοποριακό σχεδιασμό του φράγματος του Maeslant. Το φράγμα έπρεπε να μένει ανοιχτό. Εαν είχε σχεδιαστεί με συνεχόμενες πύλες, όπως το φράγμα του Oosterschelde, μπορεί να μην επέτρεπε σε πολύ μεγάλα εμπορικά πλοία να περάσουν. Λύση έδωσε ο σχεδιασμός του φράγματος ώστε οι πύλες να βρίσκονται συνέχεια στην ξηρά (στις όχθες) με τη δυνατότητα να κλείνουν σε περιπτώσεις ισχυρών καταιγίδων.

1997 : Hartelkering

Το φράγμα Hartel είναι ένα ανοιχτό φράγμα το οποίο προστατεύει την περιοχή Europort. Το κινητό τμήμα του φράγματος βρίσκεται 14 μέτρα πάνω από τη στάθμη της θάλασσας και κλείνει μετακινούμενο προς τα κάτω. Για τα πρώτα χρόνια της λειτουργίας του υπολογίστηκε ότι θα χρησιμοποιούνταν 1 ή 2 φορές τη δεκαετία, ενώ με την πάροδο του χρόνου σταδιακά θα αυξανόταν η συχνότητα χρήσης.

8.2.5 Κόστος

Όταν δρομολογήθηκαν οι εργασίες για την κατασκευή των φραγμάτων στα μέσα της δεκαετίας του ‘50, ο προϋπολογισμός των έργων ανερχόταν σε 600 εκατομμύρια ευρώ. Κατά τη διάρκεια των κατασκευών το κόστος αυξήθηκε κατά πολύ και οι εργασίες του Προγράμματος Δέλτα υπολογίστηκε ότι ανήλθαν σε 7 δισεκατομμύρια ευρώ (νομισματική αξία του 2013). Από τα χρήματα αυτά ένα σημαντικό ποσό χρηματοδότησε την έρευνα που απαιτούνταν για τη σωστή χωροθέτηση των φραγμάτων και την μελέτη αντοχής και προσαρμογής τους στις ιδιαίτερες ανάγκες της κάθε περιοχής. Το 1960 η Επιτροπή Δέλτα πρότεινε το 1% του ΑΕΠ (Slomp, 2012) να χρησιμοποιείται πάγια για την ενίσχυση και λειτουργία της αντιπλημμυρικής προστασίας στη χώρα, πρόταση που εφαρμόστηκε. Στις μέρες μας το συνολικό ποσό που επενδύεται στην αντιπλημμυρική προστασία της Ολλανδίας ανέρχεται σε 1 δις ευρώ ετησίως (Zevenbergen, 2013).

Κεφάλαιο 9: Συμπεράσματα

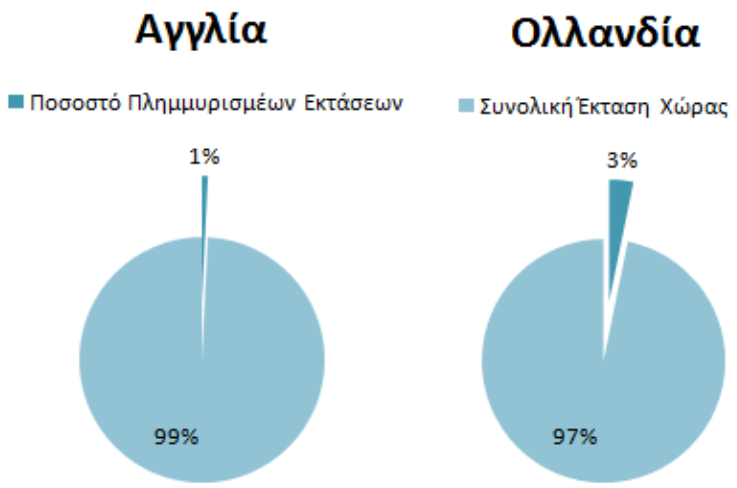
9.1 Θεωρητικής προσέγγισης

Στα συμπεράσματα που απορρέουν από την μελέτη του πρώτου θεωρητικού σκέλους της εργασίας περιλαμβάνεται η διαπίστωση της σοβαρότητας των επιπτώσεων των πλημμυρών παγκοσμίως, κυρίως σε οικονομικούς όρους. Τα οικονομικά οφέλη όμως από την διαβίωση των πληθυσμών και την ανάπτυξη επιχειρηματικών δράσεων σε περιοχές ευπαθείς σε πλημμύρες μέχρι και τις μέρες μας, είναι κατά πολύ μεγαλύτερα και αντισταθμίζουν τα κόστη των καταστροφών εξαιτίας των πλημμυρών. Εξακολουθεί επομένως να επιλέγεται ως κύριος τρόπος προστασίας από τις καταστροφές η κατασκευή τεχνικών έργων, όπως τα φράγματα. Έτσι οι περισσότερες χώρες αποφεύγουν πιο ριζοσπαστικές λύσεις, όπως την απαγόρευση δόμησης σε περιοχές υψηλής διακινδύνευσης. Οι μέθοδοι αυτοί στο μέλλον ίσως χρειαστεί να αναθεωρηθούν.

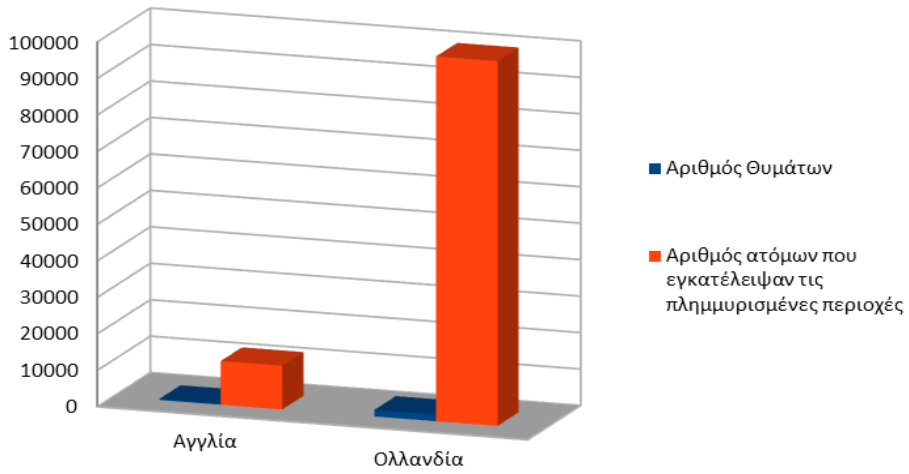
Οι προβλέψεις είναι δυσοίωνες, σε σχέση με την δημογραφική αύξηση, αλλά και τις επιπτώσεις της αύξησης των αερίων του θερμοκηπίου στον πλανήτη. Περισσότεροι άνθρωποι και η εντατικοποίηση της δόμησης στις ήδη έντονα αστικοποιημένες παράκτιες και παρόχθιες περιοχές, θα αυξήσουν την διακινδύνευση. Νέοι και πρωτοποριακοί τρόποι αντιμετώπισης θα χρειαστεί να εφαρμοστούν ώστε να προστατεύσουν άνθρωποι, περιουσίες αλλά και το περιβάλλον.

9.2 Σύγκριση των δύο χωρών

Η πλημμύρα του 1953 αποτελεί σταθμό στην αντιπλημμυρική προστασία της Αγγλίας και της Ολλανδίας. Οι επιπτώσεις και στις δύο χώρες ήταν τεράστιες, όμως συγκριτικά η Ολλανδία επλήγη περισσότερο εξαιτίας της μεγαλύτερης τρωτότητας της περιοχής του Δέλτα, αφού μεγαλύτερες εκτάσεις βρίσκονται κάτω από τη μέση στάθμη της θάλασσας.



Πίνακας 7 : Ποσοστό πλημμυρισμένων εκτάσεων.



Πίνακας 8 : Αριθμός θυμάτων και ατόμων που αναγκάστηκαν να εγκαταλείψουν τις πλημμυρισμένες περιοχές.

Στα παραπάνω σχεδιαγράμματα (Πίνακες 7, 8) είναι φανερή η διαφορά των επιπτώσεων από την πλημμύρα στις δύο χώρες. Στο πρώτο σχεδιάγραμμα απεικονίζεται η έκταση που πλημμύρισε σε σχέση με την συνολική έκταση κάθε χώρας. Στην Αγγλία αγγίζει το 1% της συνολικής έκτασης της χώρας, ενώ στην Ολλανδία το 3%. Στο δεύτερο σχεδιάγραμμα, γίνεται σύγκριση του αριθμού των θυμάτων και των ανθρώπων που αναγκάστηκαν να εγκαταλείψουν προσωρινά τις πλημμυρισμένες περιοχές. Από τη σύγκριση προκύπτει ότι δεκαπλάσιος αριθμός ατόμων αναγκάστηκαν να εγκαταλείψουν τις εστίες τους στην Ολλανδία από ότι στην Αγγλία.

Παρότι και οι δύο χώρες δέχτηκαν βαρύ πλήγμα, γίνεται φανερό ότι η Ολλανδία ήταν αυτή που επηρεάστηκε περισσότερο. Το γεγονός ότι δέχτηκε μεγαλύτερο πλήγμα, αλλά και το ότι διέτρεχε μεγαλύτερο κίνδυνο από μελλοντικά πλημμυρικά γεγονότα, αντικατοπτρίζεται στην πορεία που ακολούθησε σε σχέση με την αντιπλημμυρική της προστασία, ενώ αιτιολογεί εν μέρει και την διαφοροποίησή της σε σχέση με την πορεία που ακολούθησε η Αγγλία.

Η πλημμύρα του 1953 επέφερε αλλαγή της στρατηγικής και στις δύο χώρες, με την Αγγλία να ορίζει το ζήτημα των πλημμυρών ως ζήτημα εθνικής (και όχι μόνο τοπικής) σημασίας και με την Ολλανδία να αναδιοργανώνει τις προτεραιότητές της σε σχέση με τη γη, με στροφή της πολιτικής της από την δημιουργία νέων εδαφών στην προστασία των υπαρχόντων.

Ως γενική διαπίστωση, μπορούμε να πούμε ότι η Ολλανδία εξαιτίας της τρωτότητας της και της ιστορίας της στην αντιμετώπιση των πλημμυρών προπορευόταν της Αγγλίας. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρούμε ότι οι στόχοι της Επιτροπής Δέλτα στην Ολλανδία, σε σχέση με τις αρμοδιότητες της Επιτροπής Waverley στην Αγγλία, ήταν αρκετά πιο συγκεκριμένοι και προωθημένοι, αφού η αντιπλημμυρική προστασία στην Ολλανδία αντιμετωπιζόταν ήδη ως ζήτημα εθνικής σημασίας και είχε ξεκινήσει η υλοποίηση αντίστοιχου εθνικού σχεδίου πριν από το 1953 (Πλάνο Δέλτα).

Και οι δύο χώρες έστρεψαν την προσοχή τους στην επιστημονική μελέτη του φαινομένου μέσω της παρακολούθησης και της κατανόησης των αιτιών. Η Ολλανδίας όμως προπορευόταν σε αυτόν τον τομέα σε σχέση με την Αγγλία καθώς στήριζε την επιστημονική έρευνα για τα κύματα καταιγίδας και τις ποτάμιες και παράκτιες πλημμύρες πριν το 1953. Αντίθετα, η Αγγλία προχώρησε στην κρατική στήριξη και χρηματοδότηση της αντίστοιχης

έρευνας μετά την καταστροφή.

Απαραίτητη για την δημιουργία αποτελεσματικότερης μεθόδου διαχείρισης των πλημμυρών ήταν και η αναδιοργάνωση των αρμόδιων φορέων. Αυτό περιελάμβανε ένα πλήθος αλλαγών, όπως καλύτερη εσωτερική οργάνωση των φορέων, αποτελεσματικότερη επικοινωνία μεταξύ των συνεργαζόμενων οργανισμών, συντονισμένες ενέργειες ενημέρωσης και συνένωση οργανισμών με σκοπό την πιο αποτελεσματική λειτουργία και τη μείωση της γραφειοκρατίας ώστε να μην δημιουργούνται καθυστερήσεις. Όλες αυτές οι κινήσεις στόχο είχαν να μην υπάρχει αλληλοεπικάλυψη ή κατακερματισμός των ευθυνών και οι αρμοδιότητες του κάθε φορέα να είναι συγκεκριμένες. Σε αυτό τον τομέα το ολλανδικό μοντέλο είναι πιο αποτελεσματικό, καθώς οι αρμοδιότητες είναι ξεκάθαρα καθορισμένες. Αυτό επετεύχθη μέσω της συστηματικής συνένωσης των υπεύθυνων οργανισμών, με σκοπό τη συγκέντρωση των αρμοδιοτήτων σε λιγότερους φορείς και την αποφυγή της γραφειοκρατίας. Χαρακτηριστικό είναι ότι η Αγγλία ακόμα και στις μέρες μας διαθέτει μια αρκετά πιο κατακερματισμένη οργάνωση.

Στον κατασκευαστικό τομέα της αντιπλημμυρικής προστασίας και τα δύο κράτη προχώρησαν στην κατασκευή μεγάλων τεχνικών πολυλειτουργικών φραγμάτων, ώστε να λαμβάνουν υπόψη τις ιδιαίτερες ανάγκες της κάθε περιοχής, όπως για παράδειγμα τον συνδυασμό ανοιχτών φραγμάτων τα οποία διευκολύνουν την ναυσιπλοΐα. Η κατασκευή των φραγμάτων, η οποία αποτελεί και το στάδιο της αντιπλημμυρικής προστασίας με το μεγαλύτερο κόστος, μελετήθηκε με βάση επιστημονικές μεθόδους οι οποίες εφαρμόστηκαν για:

- Τον ορισμό των κριτηρίων χωροθέτησης των έργων, μέσω της μελέτης της διακινδύνευσης, ορίζοντας με αυτό τον τρόπο τις περιοχές που είχαν προτεραιότητα στην εφαρμογή μεγάλων κατασκευαστικών έργων.

- Τον ορισμό των προδιαγραφών και του ορίου ασφαλείας των έργων, τα οποία δεν καθορίστηκαν αυθαίρετα ή με βάση τις υψηλότερες μέχρι τότε πλημμύρες, αλλά συνεκτιμώντας τις μελλοντικές αλλαγές στο κλίμα και την άνοδο στη στάθμη της θάλασσας, καθώς και τη συχνότητα εμφάνισης των φαινομένων.

Τέλος, μπορούμε να συνοψίσουμε την σύγκριση των δύο χωρών αναφέροντας ότι το

μοντέλο που ακολούθησε η Αγγλία για την Μητροπολιτική περιοχή του Λονδίνου το εφάρμοσε Ολλανδία για όλη την περιοχή του Δέλτα.

Επίλογος

Ακόμα και 60 χρόνια μετά υπάρχει αναφορά στα γεγονότα του 1953. Είναι ημερομηνία σταθμός και γεγονός που θέτει τα όρια του τι θα πρέπει να αποφευχθεί. Δεν πρέπει να παραβλέψουμε την σημασία σε διεθνές επίπεδο των βημάτων που ακολούθησαν οι δύο χώρες για την προστασία από τις πλημμύρες. Η Μητροπολιτική περιοχή του Λονδίνου, καθώς και το σύνολο της Ολλανδίας, αποτελούν από τις πιο καλά προστατευμένες περιοχές.

Η Ολλανδία είναι η πλέον προηγμένη χώρα σε θέματα αντιπλημμυρικής προστασίας, αφού σε αυτή τη γνώση και τις πρακτικές οφείλει τη βιωσιμότητα της ως χωρική οντότητα. Σήμερα κυριαρχεί παγκοσμίως στον τομέα και θέτει τον πήχη για τα υπόλοιπα κράτη που αντιμετωπίζουν παρόμοια προβλήματα, λειτουργώντας ως παράδειγμα. Η επιτυχία της στρατηγικής του προγράμματος Δέλτα δημιούργησε τις προϋποθέσεις ώστε η Ολλανδία σήμερα να βρίσκεται σε θέση να εξάγει την τεχνογνωσία και την ολοκληρωμένη στρατηγική διαχείρισης που ακολουθεί, μέσω της συνεργασίας με κράτη που αντιμετωπίζουν παρόμοια προβλήματα. Το Πρόγραμμα Δέλτα χρησιμοποιείται ως πρότυπο και μέχρι στιγμής έχουν ξεκινήσει δύο ακόμα προγράμματα Δέλτα, το πρόγραμμα Bangladesh Delta Plan, μέσω της συνεργασίας της Ολλανδίας και του Μπαγκλαντές και το προγράμμα Δέλτα του Μεκόνγκ, μέσω της συνεργασίας της Ολλανδίας και του Βιετνάμ.

Ο κίνδυνος των πλημμυρών, όπως και ο κίνδυνος από τις υπόλοιπες φυσικές ή ανθρωπογενείς καταστροφές δεν μπορεί να εξαλειφθεί τελείως. Η πρόοδος στους τομείς της τεχνολογίας, της μηχανικής, η βελτίωση στους τομείς της διαχείρισης και της επίλυσης προβλημάτων μπορούν να δώσουν τα απαιτούμενα εργαλεία αντιμετώπισης. Ο κίνδυνος των φυσικών καταστροφών είναι πάντα παρών, όμως οι ενέργειες των κυβερνήσεων, των οργανισμών και των πολιτών μπορούν να τον μειώσουν δραστικά.

Βιβλιογραφία

Έντυπη

1. Δελλαδέτσιμας, Π.Δ. (2009) Οι Ασφαλείς Πόλεις. Αθήνα: Εξάντας. (Σελίδα 73)

2. Καρύμπαλης, Ε., (2007) Σημειώσεις Παράκτιας Γεωμορφολογίας, Αθήνα (Σελίδες 35,72)

3. Φλόκας, Απ. (1997) Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας. Β' εκδ. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη. (Σελίδα 331)

4. Baxter, P.J., (2005) The east coast Big Flood, 31 January-1 February 1953: a summary of the human disaster. *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 363(1831), 1293-1312.

5. Costa, L., Kropp, J.P. (2013) Linking components of vulnerability in theoretic frameworks and case studies. *Sustainability Science* 8(1)

6. Davidson-Arnott, R. (2009) Introduction to Coastal Processes and Geomorphology. Cambridge: Cambridge University Press. (Σελίδες 30,38,39)

7. Davis, L. (2008) Natural Disasters. USA: Facts on File, Inc.

8. Dilley, M. et al, Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis (Disaster Risk Management Series No. 6) (2005) Washington: The World Bank. (Σελίδες 35, 38)

9. European Environment Agency (2006) The Changing Faces of Europe's Coastal Areas. Denmark: EEA

10. Gerritsen, H., (2005) What happened in 1953? The Big Flood in the Netherlands in retrospect. *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 363(1831), 1271-1291.

11. Haslett, S. (2008) Coastal Systems. 2nd ed. Oxford: Routledge. (Σελίδα 148)

12. IPCC (2007) Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of WorkingGroup I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning,Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

13. Jakubicka, T., Vos, F., Phalkey, R., Marx, M., Guha-Sapir, D., (2010) Health Impacts of Floods in Europe. (Σελίδα 22)

14. Kraus, N.C., (1996) History and Heritage of Coastal Engineering: A Collection of Papers on the History of Coastal Engineering in Countries Hosting the International Coastal Engineering Conference 1950-1996. (Σελίδα 226).

15. Laframboise, N., Loko, B., (2012) Natural Disasters: Mitigating Impact, Managing Risks. Washington: International Monetary Fund. (Σελίδα 9)

16. Lumbroso, D.M., Vinet, F., (2011) A comparison of the causes, effects and aftermaths of the coastal flooding of England in 1953 and France in 2010. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 11. 2321-2333

17. Muir Wood, R., Drayton, M., Berger, A., Burgess, P., Wright, T., (2005) Catastrophe loss modelling of storm-surge flood risk in eastern England. *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 363, 917-930.

18. NUWCReN (2012) Flood preparedness in The Netherlands: a US perspective.

19. OSPAR Commission (2000) Quality Status Report 2000. London: OSPAR Commission (Σελίδα 32)

20. Rossiter, J.R., (1954) The North Sea storm surge of 31 January and 1 February 1953. *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 246, 371-400.

21. Schwartz, M.L. (2005) Encyclopedia of Coastal Science. Netherlands: Springer. (Σελίδες 409, 681)

22. Slomp, R. (2012) Flood Risk and Water Management in the Netherlands. Rijkswaterstaat Ministry of Infrastructure and the Environment. (Σελίδες 43, 51)

23. UNISDR (2013) From Shared Risk to Shared Value – The Business Case for Disaster Risk Reduction. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. Geneva, Switzerland: United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR). (Σελίδα 46)

24. Wolf, J., Flather, R.A., (2005) Modelling waves and surges during the 1953 storm. *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 363(1831), 1359-1375.

25. Zevenbergen, C., van Herk, S., Rijke, J., Kabat, P., Bloemen, P., Ashley, R., Speers, A., Gersonius, B., Veerbeek, W., (2013) *Taming global flood disasters. Lessons learned from Dutch experience. Natural Hazards 65: 1217-1225*

Διαδίκτυο (Web)

1. http://www.storm-surge.info/what-is-a-storm-surge
2. http://www.emdat.be/
3. http://www.deltawerken.com/The-Flood-of-1953/1523.html
4. https://www.london.gov.uk/mayor-assembly/mayor/london-resilience/london-prepared-blog/2013/01/remembering-the-1953-floods
5. http://www.bbc.co.uk/suffolk/dont_miss/floods/facts_figs/1953_facts.shtml
6. http://www.metoffice.gov.uk/news/in-depth/1953-east-coast-flood
7. https://www.london.gov.uk/mayor-assembly/mayor/london-resilience/london-prepared-

blog/2013/01/remembering-the-1953-floods

8. http://hansard.millbanksystems.com/lords/1953/mar/05/the-flood-disaster#S5LV0180P0_19530305_HOL_149

9. http://noc.ac.uk/about-us/history/proudman-oceanographic-laboratory

10. http://www.esrc.ac.uk/news-and-events/features-casestudies/features/24945/when-flooding-woke-the-nation.aspx

11. http://news.lancs.ac.uk/Mobile/News/Pages/Lessons-of-the-1953-East-Coast-flood-disaster-.aspx

12. http://www.environment-agency.gov.uk/homeandleisure/floods/117047.aspx

13. http://www.environment-agency.gov.uk/homeandleisure/floods/38353.aspx

14. http://www.environment-agency.gov.uk/research/library/publications/ 41065.aspx

15. http://www.deltawerken.com/Rescue-and-consequences/309.html

Πηγές Πινάκων

1. http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%BB%CE%AF%CE%BC%CE%B1%CE%BA%CE%B1_%CE%9C%CF%80%CE%BF%CF%86%CF%8C%CF%81

2. Dilley, M. et al, Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis (Disaster Risk Management Series No. 6) (2005) Washington: The World Bank. Επεξεργασία ιδίας.

3. http://www.imf.org/external/pubs/ft/survey/so/2012/new101012a.htm Επεξεργασία ιδίας.

4. http://www.ilankelman.org/disasterdeaths/1953DeathsUK.doc

5. http://www.deltawerken.com/Rescue-and-consequences/309.html

6. http://www.ilankelman.org/disasterdeaths/1953DeathsUK.doc

7. Στοιχεία από Baxter, P.J., (2005) και Davis, L. (2008). Επεξεργασία ιδίας.

8. Στοιχεία από Baxter, P.J., (2005) και Gerritsen, H. (2005). Επεξεργασία ιδίας.

Πηγές Εικόνων

Φωτογραφία εξωφύλλου:
http://www.theguardian.com/environment/gallery/2014/feb/12/flooded-britain-archive-images-from-1953-in-pictures

1. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Storm_surge_graphic.svg

2. http://oceanservice.noaa.gov/education/tutorial_tides/media/supp_tide03.html

3. http://oceanservice.noaa.gov/education/kits/tides/media/supp_tide07a.html

4. UNISDR (2013) From Shared Risk to Shared Value – The Business Case for Disaster Risk Reduction. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. Geneva, Switzerland: United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR). (Σελίδα 26)

5. Correa, E., (2011) Population at Risk of Disaster. Washington: The World Bank. (Σελίδα 7)

6. Correa, E., (2011) Population at Risk of Disaster. Washington: The World Bank. (Σελίδα 6)

7. Diley, M. et al , Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis (Disaster Risk Management Series No. 6) (2005) Washington: The World Bank. (Σελίδα 38)

8. Eurosion (2004) Living with coastal erosion in Europe: Sediment and Space for Sustainability A guide to coastal erosion management practices in Europe. (Σελίδα 91)

9. http://www.ecomare.nl/en/encyclopedia/man-and-the-environment/water-management/coastal-protection/sea-dikes/ Επεξεργασία ιδίας.

10. http://www.earthlyissues.com/gulfstream.htm

11. OSPAR Commission (2000) Quality Status Report 2000. London: OSPAR Commission

12. http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%BF:Europe_location_ENG2.png

13. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Netherlands_pol87.jpg

14. http://www.ecomare.nl/en/encyclopedia/man-and-the-environment/water-management/coastal-protection/sea-dikes/

15. Rossiter, J.R., (1954) The North Sea storm surge of 31 January and 1 February 1953. *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 246, 371-400.

16. Hopkins, L., (Ed.) (2012) Changing estuaries, changing views. Erasmus University Rotterdam, Radboud University Nijmegen. (Σελίδα 91)

17. http://www.environmentandsociety.org/arcadia/north-sea-flood-1953

18. Επεξεργασία ιδίας. Χρήση προγράμματος Google Earth.

19. http://arch100w3.blogspot.gr/2009/11/rolling-on-river.html

20. http://www.maritimejournal.com/news101/onboard-systems/navigation-and-communication/pla_upgrades_radio_network_and_training_capability

21. Επεξεργασία ιδίας. Χρήση προγράμματος Google Earth.

22. http://www.environmentagency.gov.uk/research/library/publications/41065.aspx

23. Lavery, S., Donovan, B., (2005) Flood risk management in the Thames Estuary looking ahead 100 years. *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 363(1831), 1455-1475.

24. Εικόνες 1-2: http://www.environment-agency.gov.uk/default.aspx , Εικόνα 3: http://www.geolocation.ws/v/P/25098270/dartford-flood-barrier/en , Εικόνες 4-6 : http://www.canveyisland.org/category_id__84.aspx

25. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Netherlands_Map.svg

26. Hopkins, L., (Ed.) (2012) Changing estuaries, changing views. Erasmus University Rotterdam, Radboud University Nijmegen. (Σελίδα 16)

27. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Watersnoodramp_1953_dijkdoorbraak_Den_Bommel.jpg

28. http://www.rijkswaterstaat.nl/

29. http://www.ecomare.nl/en/encyclopedia/man-and-the-environment/water-

management/coastal-protection/sea-dikes/

30. Slomp, R. (2012) Flood Risk and Water Management in the Netherlands. Rijkswaterstaat Ministry of Infrastructure and the Environment. (Σελίδα 39)

31. http://entoen.nu/watersnood/beeld-en-geluid/kaart-deltawerken

32. Εικόνες 1-5 : http://www.deltawerken.com/ , Εικόνα 6: http://www.brouwersdam-superspot.nl/

33. Εικόνα 7 : http://www.coastlearn.org/pp/caseholland.html , Εικόνες 8-10 : http://www.deltawerken.com/