

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Μαμάση Ν., για την κατανόηση και τη συνεισφορά του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Την Αφροδίτη Ντίτορα για την υποστήριξη και τη βοήθειά της στη διάρθρωση και μορφοποίηση της διπλωματικής.

Την οικογένειά μου και τους φίλους μου και ιδιαίτερα τους Χριστιάνα, Σίσσυ, Δημήτρη Χ., Δημήτρη Κ., Μανώλη Β., Μανώλη Μ., Γιάννη Β., Γιώργο, Βάνια και Βασίλη για τη συμπαράστασή τους.

Τέλος, τους συμφοιτητές μου στο ΔΠΜΣ «Περιβάλλον και Ανάπτυξη» με τους οποίους περάσαμε μια ιδιαίτερη χρονιά προσπαθώντας να συνεργαστούμε και να γνωριστούμε. Εύχομαι καλή τύχη στις προσπάθειές σας από εδώ και πέρα.

Θεουλάκης Κώστας

Ιούνιος, 2010

1	Περιεχόμενα	
	Περίληψη	1
	Abstract	4
2	Εισαγωγή	6
3	Ορολογία	8
3.1	Βασικές έννοιες	8
3.2	Η ερμηνεία των βασικών εννοιών στο ζήτημα των φυσικών καταστροφών	9
3.2.1	Τρωτότητα (vulnerability).....	9
3.2.2	Έκθεση (Exposure)	12
3.2.3	Οι έννοιες Hazard και Risk	12
3.2.4	Κίνδυνος (Hazard)	13
3.2.5	Σχέση μεταξύ κινδύνου και διακινδύνευσης (επικινδυνότητας), τρωτότητας και έκθεσης	14
3.2.6	Χάρτες κινδύνων πλημμύρας και χάρτες διακινδύνευσης πλημμύρας	16
4	Η Οδηγία για τις πλημμύρες	18
4.1	Γενικά για την Οδηγία.....	18
4.2	Ιστορικό	19
4.3	Βασικά στάδια εφαρμογής της Οδηγίας	20
4.4	Αποσπάσματα από την Οδηγία.....	20
4.5	Οι αρχές στις οποίες βασίζεται η Οδηγία.....	23
4.6	Πώς μεταφράζονται οι παραπάνω αρχές στην περίπτωση της διαχείρισης των πλημμύρων.....	24
5	Βιβλιογραφική επισκόπηση πάνω στις εφαρμογές δημιουργίας χαρτών κινδύνου πλημμύρας και χαρτών διακινδύνευσης πλημμύρας	28
5.1	Διασυνοριακή επικοινωνία των κρατών μελών	28
5.2	Πώς καθορίζεται ο κίνδυνος στην περίπτωση των χαρτών πλημμύρας. Περιπτώσεις εφαρμογής της οδηγίας από τις διαφορετικές χώρες.	30
5.3	Καθορισμός της διακινδύνευσης στην περίπτωση των χαρτών πλημμύρας. Περιπτώσεις εφαρμογής της Οδηγίας από τις διάφορες χώρες.	36
5.4	Το περιεχόμενο των χαρτών.....	37
5.5	Η περίπτωση της Ολλανδίας	43
5.6	Η περίπτωση της Σουηδίας	51
5.7	Η περίπτωση της Ισπανίας	54
5.8	Η περίπτωση της Ιταλίας	65
5.9	Η περίπτωση της Φινλανδίας	68
5.10	Η περίπτωση της Πολωνίας	70
6	Υδραυλική προσομοίωση και ΓΣΠ	76
6.1	Στοιχεία Υδρολογίας.....	76
6.2	Υδρολογική ανάλυση σε ένα ΓΣΠ	79
7	Υδραυλική Προσομοίωση με χρήση ΓΣΠ. Μεθοδολογία	82
8	Εφαρμογή για τμήμα του ποταμού Αχέροντα	86
8.1	Η περιοχή μελέτης	86
8.2	Η υδρολογική λεκάνη του ποταμού Αχέροντα	90
8.3	Βήματα διαδικασίας.....	91
8.4	Σύνθεση χαρτών πλημμυρικής κατάκλυσης.....	105
9	Χαρτογραφική απόδοση χαρτών πλημμύρας	106

10	Σύνθεση χαρτών πλημμύρας. Χρήση διαφόρων χαρτογραφικών στοιχείων από τις περιπτώσεις εφαρμογών των χωρών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και σύνθεση χάρτη	116
11	Τελικοί χάρτες. Ανάλυση.....	119
	Βιβλιογραφία.....	126
	Διαδικτυακές αναφορές.....	128
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	129

Περίληψη

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία έχει σαν στόχο την εκπόνηση χαρτών πλημμυρικού κινδύνου και χαρτών πλημμυρικής διακινδύνευσης βάση των επιταγών της Οδηγίας 2007/60 της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα ύδατα.

Έγινε διερεύνηση των εφαρμογών της Οδηγίας 2007/60 από τα κράτη-μέλη, τυποποίηση ενός μεθοδολογικού πλαισίου προσομοίωσης πλημμύρας μέσω της αξιοποίησης των υπολογιστικών δυνατοτήτων λογισμικών επεξεργασίας και οπτικοποίησης της υδρολογικής, υδραυλικής και γεωγραφικής πληροφορίας και τελικά εκπόνηση χαρτών πλημμυρικού κινδύνου και χαρτών πλημμυρικής διακινδύνευσης, με υιοθέτηση επιλεγμένων στοιχείων από το πλήθος των ήδη παραχθέντων από τα κράτη-μέλη χαρτών.

Η ορολογία, τόσο η αγγλική όσο και η μετάφρασή της στα ελληνικά, αποτέλεσε το πρώτο εμπόδιο στην κατανόηση του κειμένου της Οδηγίας. Για το λόγο αυτό, στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας έγινε μια προσπάθεια ανάλυσης των κύριων εννοιών που χρησιμοποιούνται από την Οδηγία, ενώ ακολούθησε ερμηνεία των βασικών αρχών που διέπουν το κείμενο της Οδηγίας και εύρεση του τρόπου με τον οποίο βρίσκουν εφαρμογή στο θέμα του πλημμυρικού κινδύνου.

Τα παραδείγματα εφαρμογών της Οδηγίας που εξετάστηκαν προέρχονται κυρίως από το εγχειρίδιο της EXCIMAP. Πρόκειται για μια ομάδα ανταλλαγής πληροφορίας πάνω στην εκπόνηση των χαρτών πλημμύρας. Δημιουργήθηκε λίγο μετά την έκδοση της Οδηγίας 2007/60 για τα ύδατα, όταν οι υπεύθυνοι για τα νερά στις διάφορες ευρωπαϊκές χώρες συνειδητοποίησαν ότι δεν αποτελεί σωστή εφαρμογή της Οδηγίας η εκπόνηση χαρτών πλημμύρας ανεξάρτητα από το κάθε κράτος μέλος. Ειδικά στις περιπτώσεις διασυνοριακών ποταμών, οι διάφοροι χάρτες που είχαν δημιουργηθεί δεν μπορούσαν να συνδυαστούν λόγω της διαφοράς ακρίβειας, δεδομένων και παραγόμενης πληροφορίας. Έτσι προέκυψε η ανάγκη μιας κοινής πλατφόρμας που να ικανοποιεί τις βασικές προϋποθέσεις της Οδηγίας, την οποία εξυπηρετεί η δημιουργία της EXCIMAP.

Η υδρολογική προσομοίωση της πλημμύρας βασίστηκε στο λογισμικό της Υδρολογικής Υπηρεσίας του Αμερικανικού στρατού HEC-RAS και η εμφάνιση της πλημμύρας σε ένα ΣΓΠ

έγινε μέσω του λογισμικού HEC-GeoRAS το οποίο συνεργάζεται με το λογισμικό ArcGIS της ESRI.

Συνοπτικά η μεθοδολογία εκπόνησης χαρτών κινδύνου πλημμύρας και χαρτών διακινδύνευσης πλημμύρας αποτελείται από τα παρακάτω στάδια:

- Συλλογή και επεξεργασία πρωτογενών δεδομένων (Ψηφιακό μοντέλο εδάφους, χάρτες χρήσεων γης και τύπων εδάφους, υδρολογική πληροφορία κλπ)
- Ανάλυση επιλεχθέντος φυσικού υδατορεύματος για την οριοθέτηση στοιχείων γεωμετρίας (Ανάλυση σε περιβάλλον HEC-GeoRAS)
- Υδραυλική μονοδιάστατη προσομοίωση του φυσικού υδατορεύματος σε συνθήκες μόνιμης ροής (Ανάλυση σε περιβάλλον HEC-RAS)
- Αξιοποίηση των στοιχείων της προσομοίωσης για τη δημιουργία των γεωμετρικών αρχείων των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης (Ανάλυση σε περιβάλλον HEC-GeoRAS)
- Ψηφιακή χαρτογράφηση των πλημμυρικών κατακλύσεων

Η περιοχή μελέτης που επιλέχθηκε είναι τμήμα του ποταμού Αχέροντα, μήκους 15 km, το οποίο ξεκινάει λίγο πριν το χωριό Γλυκή, στα σύνορα του Νομού Πρεβέζης και του Νομού Θεσπρωτίας και καταλήγει κοντά στο χωριό Καστρί. Για την περιοχή αποκτήθηκαν ως πρωτογενή δεδομένα το ψηφιακό μοντέλο υψομέτρων, οι χρήσεις γης του Corine Land Cover, ενώ αποδόθηκαν τιμές του υδρολογικού καθεστώτος για να γίνει αναπαράσταση ακραίων συμβάντων πλημμύρας. Στόχος της εργασίας δεν ήταν η ακριβής υδρολογική μελέτη της περιοχής αλλά η διερεύνηση των πλημμυρικών κατακλύσεων για διάφορα πλημμυρικά επεισόδια και η τυποποίηση παραγωγής χαρτών κινδύνου πλημμύρας και χαρτών διακινδύνευσης πλημμύρας κατά τις επιταγές της Οδηγίας 2007/60 της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα ύδατα.

Υδρολογική προσομοίωση έγινε για συνθήκες μόνιμης ροή και για τις παρακάτω τιμές πλημμυρικών αιχμών: 200 m³/sec, 1000 m³/sec, 10.000 m³/sec, 20.000 m³/sec, 40.000 m³/sec.

Το εξαχθέν αποτέλεσμα των προσομοιώσεων ήταν ο υπολογισμός της πιεζομετρικής επιφάνειας για κάθε περίοδο επαναφοράς και η εν συνεχεία αντιπαραβολή της με το ψηφιακό μοντέλο εδάφους για τον προσδιορισμό των βαθών του νερού. Στη συνέχεια αξιοποιήθηκαν τα αποτελέσματα της υδραυλικής προσομοίωσης του λογισμικού HEC-RAS και των γεωμετρικών

αρχείων έκτασης πλημμύρας και βαθών πλημμύρας που παρήχθησαν, από το λογισμικό HEC-GeoRAS για επεξεργασία σε ένα ΓΣΠ (ArcGIS).

Στο τελικό στάδιο της εργασίας έπρεπε να αξιοποιηθεί η γνώση από τη βιβλιογραφική έρευνα πάνω στις εφαρμογές της Οδηγίας από τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, να συνδυαστεί με τα παραγόμενα αποτελέσματα των λογισμικών που χρησιμοποιήθηκαν και να παραχθούν χάρτες πλημμυρικού κινδύνου και χάρτες πλημμυρικής διακινδύνευσης, που ικανοποιούν τις βασικές προϋποθέσεις της Οδηγίας 2007/60, όπως έχουμε κληθεί να πραγματοποιήσουμε ως χώρα με χρονικό ορίζοντα το έτος 2013.

Οι χάρτες που δημιουργήθηκαν έγιναν κυρίως κατά το πρότυπο των φινλανδικών χαρτών πλημμύρας. Ελλείπει άλλων δεδομένων, ως τοπογραφικό υπόβαθρο του χάρτη πλημμύρας επιλέχθηκε εικόνα από το google earth στην οποία έγινε γεωγραφική αναφορά. Η χρήση δορυφορικής εικόνας δίνει στο χάρτη απειρία ποιοτικής πληροφορίας και εξυπηρετεί πλήρως τους σκοπούς ενός χάρτη πλημμύρας. Στη συνέχεια, ακολουθώντας το παράδειγμα των πολωνικών χαρτών, έγινε η αντίστροφη διαδικασία όπου μετά από κατάλληλη μετατροπή των αρχείων ΓΣΠ, έγινε εξαγωγή των αποτελεσμάτων προσομοίωσης πλημμύρας στο διαδραστικό περιβάλλον του google earth όπου και αξιοποιήθηκαν όλα τα εργαλεία για επισκόπηση των περιοχών που επηρεάζει η πλημμύρα. Η δυνατότητα για μεγέθυνση, η εκμετάλλευση πολλών επιπέδων πληροφορίας, η προσβασιμότητα του διαδικτύου, η ύπαρξη συνδέσμων με απειρία πληροφορίας για την περιοχή και η χρήση μεγάλης ακρίβειας δορυφορικής εικόνας, καθιστούν το google earth ένα ελκυστικό εργαλείο επισκόπησης των αποτελεσμάτων, εάν υπάρχει κατάλληλη γνώση του επιπέδου λεπτομέρειας στο οποίο δύναται να γίνει ανάλυση.

Συμπερασματικά, η εργασία ακολουθεί πιστά της κατευθύνσεις της Οδηγίας 2007/60 για τα Ύδατα, και παράγει πλήρεις χάρτες κινδύνου και διακινδύνευσης πλημμύρας στα πρότυπα που τίθενται από αυτή. Δίνει ένα παράδειγμα των χαρτών που θα κληθεί η χώρα να δημιουργήσει, βάση του Νόμου που έγινε σαν αποτέλεσμα της Οδηγίας και μπαίνει σε εφαρμογή την περίοδο που πραγματοποιείται και η παρούσα εργασία.

Abstract

The thesis aims at the production flood hazard maps and flood risk maps based on the EU directive 2007/60/EC on the assessment and management of flood risks. The first chapter deals with the basic terms used in the directive, the Greek translation of the directive and the confusion of these terms when describing the flood.

The second is an attempt to clarify the basic principles of the European Environmental Committee that the directive is grounded on and how these principles are applied in flood risk assessment and management.

An internet research was conducted on the produced flood maps from the members of the European Union and the way each state applied the basic instructions of the directive. The main source of these maps was Excimap's "Atlas of flood maps". The best examples were selected and combined in an attempt to produce a complete flood hazard map and a complete flood risk map as the directive requires.

For the flood inundation, a 1-D flood simulation program was used (HEC-RAS) combined with HEC-GeoRAS which is a software that enables the use of GIS (ArcGIS) for the preparation of the input file for HEC-RAS and also the presentation of the output files of HEC-RAS. The methodology of the whole process is presented in a step by step process.

Flood mapping methodology. Basic steps.

- River mapping, through the use of HEC-GeoRAS for the determination of the river geometry
- Hydraulic open channel flow simulation in steady flow conditions, through the use of HEC-RAS, for the computation of piezometric surface and energy gradients
- Exportation of simulation results to HEC-GeoRAS for the digital mapping of water surface and floodplain delineation for each return period.
- Creation of flood hazard maps and flood risk maps based on the EU directive 2007/60/EC, using ArcGIS.

Case study

A part of Aheron river in Preveza, Greece was used as a case study. The length of the selected part is 15 km. The collected raw data consisted of the digital elevation model, the rivers stream centerline as well as the land use (and soil type) maps. The purpose of this dissertation is not a precise hydrologic study, but the determination of the basin response to several flood episodes, the standardization of the procedure and the production of complete flood hazard and flood risk maps through the application of the requirements of the EU directive 2007/60/EC and the selected examples from the internet research.

Hydraulic simulation

The hydraulic simulation of 15 km along Aheron river was designed and run for five return periods through the use of HEC-RAS, with the collaboration of HEC-GeoRAS, an add-in to ArcGIS. A geo-database was created with the geometric characteristics of the river (stream centerline, bank lengths, cross-sections, land use, flow paths).

Then the the river was simulated in steady flow conditions and the relevant boundary conditions. The energy balance equation was used between consecutive cross-sections to calculate the piezometric depth for each cross section. The five return periods were randomly selected with the last one representing the worst case scenario (flow of 40.000 m³/sec).

Digital mapping

Digital mapping is done after implementing the flood simulation results through the use of HEC-GeoRAS. HEC-GeoRAS produces a grid surface which depicts the water depths in the whole area of the river basin for each of the five return periods. Finland's example of flood mapping was adopted mainly, where visual information was clear and a reference table with the basic technical details of the flood simulation and a disclaimer is used for clarifying the intended use of the map. As topographic background a satellite image from google earth was used after acquiring a geographic reference. Finally, following Poland's example, the results were transferred to google earths interface where the use of the tools for viewing, analyzing and acquiring further information through the internet overcome the uses of a static map, provided there is an awareness of the limitation of the flood simulation accuracy compared to the fine detail of the satellite image of google earth.

2 Εισαγωγή

Από τη δεκαετία του '90 (που ονομάστηκε δεκαετία για τις φυσικές καταστροφές σε παγκόσμιο επίπεδο), η γνώση μας και η μελέτη για τους κινδύνους έχουν αναπτυχθεί ραγδαία, δυστυχώς όμως όχι τόσο ραγδαία όσο η ικανότητά μας να μειώνουμε τις επιπτώσεις των φυσικών καταστροφών (Smith, 1990). Συνεπώς, ο θάνατος και οι ζημιές από μεγάλες καταστροφές συνεχίζουν να αυξάνονται. Και είναι φανερό, στην αρχή της τρίτης χιλιετίας, ότι υπάρχει η συνειδητοποίηση πως οι περιβαλλοντικοί κίνδυνοι όχι μόνο υπάρχουν παράλληλα με τις αλλαγές σε παγκόσμιο επίπεδο αλλά είναι αναπόσπαστο κομμάτι αυτών των αλλαγών. Όντως, πολλές από τις τάσεις που παρατηρούνται σήμερα - εξάντληση των διαθεσίμων, παγκοσμιοποίηση, στήριξη στην τεχνολογία - συνεισφέρουν στην αύξηση των καταστροφών που έχουν αντίκτυπο στους ανθρώπους και στο περιβάλλον στο οποίο ζουν σε διεθνές επίπεδο, χωρίς αυτό να έχει καμία σχέση με το επίπεδο ανάπτυξης στο οποίο βρίσκεται κάθε χώρα. Όλοι είναι αποδέκτες των φυσικών κινδύνων ασχέτως με το βαθμό της οικονομικής ή οποιασδήποτε άλλης ανάπτυξης έχουν επιτύχει.

Παράλληλα με τη συνειδητοποίηση της αδυναμίας αντίδρασης σε μια φυσική καταστροφή, την ίδια δεκαετία, υπήρξε μια στροφή προς την υιοθέτηση προληπτικής συμπεριφοράς απέναντι σε πιθανά προβλήματα. Η επιστημονική έρευνα απέδειξε ότι το κόστος υιοθέτησης προληπτικής στάσης σε θέματα που αφορούν στο άτομο ή τον οργανισμό, είναι υποπολλαπλάσιο του κόστους αντίδρασης μετά την εμφάνιση του προβλήματος. Η προληπτική συμπεριφορά υιοθετήθηκε πρώτα με επιτυχία από επιχειρήσεις στον ιδιωτικό τομέα και στη συνέχεια εξαπλώθηκε σε δημόσιους οργανισμούς, υπηρεσίες και παγκόσμιες οργανώσεις.

Στην προσπάθειά της η Ε.Ε να αντιμετωπίσει το αυξανόμενο πρόβλημα των πλημμυρών τα τελευταία χρόνια, δείχνει να υιοθετεί προληπτική συμπεριφορά. Στο κείμενο της Οδηγίας 2007/60 που έχει εκδόσει ειδικά για την περίπτωση των πλημμυρών, υπάρχουν αρκετές επισημάνσεις πάνω στην αλλαγή τακτικής από μετριασμό των επιπτώσεων συμβάντων πλημμύρας (συμβολή της Οδηγίας 2000/60 της Ε.Ε) στη μείωση του κινδύνου πλημμύρας.

«Η νέα προσέγγιση στην αντιπλημμυρική προστασία των παραρεμάτων περιοχών, που προτείνεται με την Οδηγία 2007/60, στηρίζεται στη διαχείριση της πλημμυρικής διακινδύνευσης. Με βάση το επίπεδο διακινδύνευσης, που καθορίζεται από την πιθανότητα αλλά και το

διακύβευμα, οι αποφάσεις για λήψη μέτρων και έργων αντιπλημμυρικής προστασίας (ή άλλων έργων στη λεκάνη απορροής που επηρεάζουν τη διακινδύνευση) γίνεται με ορθολογικά κριτήρια. Εντούτοις η εφαρμογή τέτοιων μεθοδολογιών σε ένα μεγάλο αριθμό λεκανών και εκτάσεων που κινδυνεύουν (ή θα κινδυνεύσουν) από πλημμύρες είναι ιδιαίτερα απαιτητική σε χαρτογραφικά υπόβαθρα μεγάλης ακρίβειας καθώς και σε απογραφικές διαδικασίες που αφορούν τους κατοίκους, τις οικονομικές δραστηριότητες, τις χρήσεις γης και την κατάσταση του περιβάλλοντος» (Πηγή: Τσακίρης Π., 2009). Χρονικός ορίζοντας της όλης διαδικασίας εκπόνησης χαρτών πλημμύρας κατά τις επιταγές της Οδηγίας είναι το έτος 2013. Η χώρα μας, υστερεί έναντι των βόρειων και άλλων χωρών της Ευρώπης που έχουν ήδη αναλάβει δράση και κινδυνεύει να μείνει πίσω στις διαδικασίες που επιβάλλουν οι Οδηγίες με τις ανάλογες αναμενόμενες ή μη αναμενόμενες συνέπειες.

Ο Νόμος ο οποίος θα δώσει το έναυσμα για την εκπόνηση επιστημονικών μελετών με προδιαγραφές που ικανοποιούν την Οδηγία 2007/60 βρίσκεται σε διαδικασία ολοκλήρωσης σήμερα στην Ελλάδα. Αυτό που θα κληθούν να πραγματοποιήσουν οι αρμόδιοι μελετητές είναι να προσαρμοστούν στην Οδηγία και να καταλήξουν στο τελικό προϊόν. Το τοπίο όμως γύρω από την εφαρμογή της Οδηγίας είναι θολό γιατί η Οδηγία δίνει μόνο κάποιες ελάχιστες προϋποθέσεις και γενικές κατευθύνσεις. Οι εφαρμογές της Οδηγίας από τα κράτη-μέλη της Ε.Ε είναι πολλές και δεν υπάρχει μια κοινή, ξεκάθαρη πλατφόρμα.

Η συγκεκριμένη εργασία δεν αποτελεί πλήρη υδρολογική μελέτη της περιοχής. Είναι διερευνητική και πρόκειται για μια προσπάθεια εφαρμογής της Οδηγίας και παραγωγή του τελικού προϊόντος που είναι οι χάρτες κινδύνου πλημμύρας και διακινδύνευσης πλημμύρας οι οποίοι θα πρέπει να έχουν ολοκληρωθεί από όλα τα κράτη-μέλη μέχρι το έτος 2013.

3 Ορολογία

3.1 Βασικές έννοιες

Κρίνεται σημαντικό να γίνει αποσαφήνιση των εννοιών που θα χρησιμοποιηθούν στη συγκεκριμένη εργασία και μια αντιστοίχιση με τις έννοιες στα αγγλικά που χρησιμοποιούνται στην Οδηγία για τα νερά 2000/60 όπως και στην Οδηγία 2007/60 που ακολούθησε. Ο λόγος είναι ότι οι διάφορες έννοιες χρησιμοποιούνται με διαφορετικό τρόπο από τις διάφορες πηγές, γεγονός το οποίο είναι δυνατό να προκαλέσει σύγχυση. Οι έννοιες οι οποίες εμφανίζονται στη συγκεκριμένη εργασία και οι οποίες θα πρέπει να διασαφηνισθούν είναι οι εξής: «*Hazard*», «*Risk*», «*Flood hazard map*», «*Flood risk map*».

Οι αντίστοιχοι όροι στα Ελληνικά που θα χρησιμοποιηθούν και θα ταυτιστούν με τις παραπάνω έννοιες είναι οι: «*Κίνδυνος*», «*Διακινδύνευση ή Επικινδυνότητα*», «*Χάρτης κινδύνου πλημμύρας*», «*Χάρτης διακινδύνευσης/επικινδυνότητας πλημμύρας*».

Οι έννοιες που καλούμαστε να κατανοήσουμε λοιπόν σαν βάση για τη μετέπειτα μελέτη είναι οι: hazard, risk, και επιπρόσθετα vulnerability/sensitivity, exposure και στα ελληνικά οι έννοιες κίνδυνος, επικινδυνότητα, διακινδύνευση, τρωτότητα, έκθεση. Ο ορισμός των συγκεκριμένων εννοιών περιγράφεται αναλυτικά στη συνέχεια.

Κίνδυνος (ο): 1. Το αρνητικό ενδεχόμενο, πιθανότητα να συμβεί κάτι κακό 2. Οτιδήποτε (πράξη κατάσταση συμπεριφορά κλπ) μπορεί να προκαλέσει καταστροφή, να επιφέρει απώλειες και φθορές ή μπορεί να φέρει σε επικίνδυνη θέση (κάποιον ή κάτι) 3. Το κακό που απειλεί τη ζωή, την αρτιμέλεια, την υγεία, την προσωπικότητα ή την περιουσία (κάποιου) 4. η διακινδύνευση

Διακινδυνεύω ρ.: θέτω σε κίνδυνο, εκθέτω σε κίνδυνο (ΣΥΝ. διακυβεύω, ρισκάρω, ριψοκινδυνεύω)

Επικινδυνότητα (η): το να είναι κανείς επικίνδυνος (επικίνδυνος, -η, -ο: αυτός που εγκυμονεί κινδύνους, που χαρακτηρίζεται από κίνδυνο)

Έκθεση: η κατάσταση στην οποία (κάποιος ή κάτι) εκτίθεται, μένει ακάλυπτος ή απροστάτευτος (μπροστά σε κάτι)

Τρωτός -ή, -ό: 1. αυτός που είναι δυνατόν να πληγωθεί εύκολα 2. αυτός που μπορεί εύκολα να πάθει (κάτι επιβλαβές)

(Πηγή: Λεξικό Μπαμπινιώτη Γ.)

Hazard: 1. A thing likely to cause injury, loss, etc. 2. Risk or likelihood of injury, loss, etc

Risk: 1. The possibility about misfortune or loss 2. A person or thing considered as a potential hazard

Vulnerable: 1. capable of being physically or emotionally wounded or hurt 2. Liable or exposed to attack

Exposure: The act or the condition of being exposed (exposed: without shelter from the elements)

(Πηγή: Collins English Dictionary)

3.2 Η ερμηνεία των βασικών εννοιών στο ζήτημα των φυσικών καταστροφών

Στη συνέχεια καλούμαστε να εξειδικεύσουμε στο πώς ερμηνεύονται οι παραπάνω έννοιες στο πεδίο των φυσικών καταστροφών και πιο συγκεκριμένα πώς οι Οδηγίες 2000/60 και 2007/60 χρησιμοποιούν αυτές τις έννοιες. Στη βιβλιογραφική έρευνα που έγινε εντοπίστηκαν οι παρακάτω ορισμοί.

3.2.1 Τρωτότητα (vulnerability)

Σύμφωνα με τους Blaikie et al. (1994) τρωτότητα σημαίνει «το να είναι μια μονάδα ή ένα σύστημα επιδεκτικό ή επιρρεπές σε ζημία, τραυματισμό ή άλλου είδους απώλειες». Εστιάζοντας στην κοινωνική πλευρά της έννοιας, «η τρωτότητα εκφράζεται από τα χαρακτηριστικά ενός ατόμου ή μιας κοινωνικής ομάδας που επηρεάζουν δυσμενώς τη δυνατότητά τους να προλαμβάνουν, να αντιμετωπίζουν, να αντιστέκονται και να επανακάμπτουν από τα αποτελέσματα ενός φυσικού κινδύνου».

Η τρωτότητα στο χώρο των καταστροφών συνδέεται με τη φυσική έκθεση σε ένα καταστροφικό γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα κάποιας μορφής απώλειες. Συνδυάζεται όμως και με την

ανθρώπινη δυνατότητα/αδυναμία να αντιστέκεται, να προετοιμάζεται και να ανακάμπτει από το ίδιο γεγονός (Dalziell & McManus, 2004).

Η τρωτότητα (vulnerability) αντιπροσωπεύει τη δυνατότητα αντίστασης στον κίνδυνο ή τη δυνατότητα προστασίας των στοιχείων του συστήματος έναντι του συγκεκριμένου κινδύνου (Τσακίρης Π., 2009). Η τρωτότητα είναι εξ' ορισμού πολύπλοκη έννοια και πρόκειται για ένα δυναμικό μέγεθος. Κυριαρχούν στην τρωτότητα τα στοιχεία του χώρου και του χρόνου έτσι ώστε διαφορετικές όψεις τρωτότητας να δίνονται για κάθε συνδυασμό των στοιχείων αυτών. Στην επιστημονική κοινότητα υπάρχει σαφής διαχωρισμός μεταξύ φυσικής και κοινωνικο-οικονομικής τρωτότητας. Η φυσική τρωτότητα παράγει κοινωνικο-οικονομική τρωτότητα, και συμβαίνει σαφώς και το αντίστροφο.

Για παράδειγμα, μια ομάδα ατόμων χαμηλού εισοδήματος εγκαθίσταται σε επισφαλή εδάφη (π.χ. κοντά σε μια κατολίσθηση) λόγω χαμηλού κόστους και αυτόματα αποκτούν τρωτότητα με οικονομικές διαστάσεις (που προκύπτουν από ενδεχόμενες υλικές απώλειες στις οικίες τους). Το παράδειγμα λειτουργεί και αντίστροφα αφού το χαμηλό εισόδημα τους οδήγησε στη συγκεκριμένη περιοχή, άρα η έμμεση τρωτότητα που έφεραν λόγω οικονομικής ένδειας παράγαγε φυσική τρωτότητα (Βικάτου Α., 2007).

Όσον αφορά στην περίπτωση της πλημμύρας, η τρωτότητα μιας περιοχής συνδέεται άμεσα με τη μορφολογική αστάθεια, λόγω εξέλιξης της μορφολογίας του συστήματος και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Είναι ιδιαίτερα υψηλή σε κατοικημένες περιοχές γιατί οι επιπτώσεις από την επικρατούσα αστάθεια στην περιοχή έχουν ως επακόλουθο αποτέλεσμα κοινωνικοοικονομικές ζημιές όπως απώλεια ζωής, ιδιοκτησίας ή υπηρεσιών.

Σχετικά με τις παρόχθιες ζώνες, είναι γεγονός πως αποτελούσαν πάντα σταθερό πόλο έλξης για δόμηση και ανάπτυξη. Έτσι στις περιοχές κατά μήκος ενός ποταμού, υπάρχει κατασκευαστικό ενδιαφέρον όχι πάντοτε με τις αγρότερες των προθέσεων. Πολλές είναι οι βιοτεχνικές/βιομηχανικές μονάδες που χρησιμοποιούν την εγγύτητα με το κοντινό ρέμα για να απορρίψουν με τον πιο «οικονομικό» τρόπο τα λύματά τους. Αυτή η εγγύτητα εξ' αρχής συνιστά απειλή πλημμύρας για οποιαδήποτε κατασκευή γιατί τα ποτάμια παρουσιάζουν μια περιοδικότητα στο φαινόμενο της πλημμύρας, ορίζοντας μια πλημμυρική πεδιάδα. Η θέση κατασκευών μέσα στο πλημμυρικό πεδίο αποτελεί παράγοντα έκθεσης και παράγει άμεσα τρωτότητα.

Η κατάσταση είναι δυσχερέστερη στα αστικά κέντρα, όπου τα φυσικά ρέματα έχουν διευθετηθεί και συχνά εξαφανιστεί και είναι δύσκολο να εντοπιστεί η πλημμυρική πεδιάδα. Είναι σύνηθες φαινόμενο στις ελληνικές πόλεις να καταπατούνται τα ρέματα και έτσι να διαταράσσεται η μορφή του υδρογραφικού δικτύου και να επιβαρύνονται με μεγαλύτερες ποσότητες νερού συγκεκριμένοι κλάδοι, υπερβαίνοντας την παροχευτικότητά τους. Τότε μια απλή νεροποντή αρκεί για να πλημμυρίσουν τα βεβαρημένα ρέματα. Στη χώρα μας κρίθηκε από το Συμβούλιο της Επικρατείας ότι πριν από κάθε πολεοδομική διαρρύθμιση σε χώρους όπου υπάρχουν ρέματα πρέπει να διενεργείται η αποτύπωσή τους και ο καθορισμός της οριογραμμής τους. Η έκταση που καταλαμβάνουν τα ρέματα δεν πρέπει να είναι διαθέσιμη προς οικοδόμηση γιατί μόνο έτσι εξασφαλίζεται η λειτουργία τους ως μέσα απορροής των υδάτων και ως φυσικοί αεραγωγοί.

Ιδιαίτερα για την Αττική, ο καθορισμός της οριογραμμής γίνεται με Προεδρικό Διάταγμα (ΠΔ). Για παράδειγμα, υπάρχει το ΠΔ346/2002 της Ζώνης Προστασίας του Κηφισού για συνολική έκταση 12.000 στρεμμάτων. Με αυτό καθορίστηκαν οι χρήσεις γης και οριοθετήθηκε η ζώνη προστασίας. Ανάλογα ΠΔ είναι αυτά για τα ρέματα Πεντέλης-Χαλανδρίου, Πικροδάφνης, κλπ. (Βικάτου Α., 2007). Τα αυθαίρετα κτίσματα που βρίσκονται στις περιοχές των ρεμάτων κρίνονται κατεδαφιστέα. Βέβαια στο θέμα αυτό υπάρχουν πάντα καθυστερήσεις αφού από τη στιγμή που θα εντοπιστεί ένα αυθαίρετο κτίσμα σε ένα ρέμα και συνταχθεί πρωτόκολλο κατεδάφισης, μπορεί να χρειαστούν και 10 χρόνια μέχρι να τελεσιδικήσει το θέμα (www.kathimerini.gr).

Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν και οι φυσικοί παράγοντες που διαμορφώνουν την εκδήλωση μιας πλημμύρας. Η βροχόπτωση και τα χαρακτηριστικά της όπως η χωρική και χρονική της κατανομή και όγκος του νερού αποτελούν σημαντικές ενδείξεις κινδύνου. Ομοίως ενδείξεις αποτελούν το μέγεθος και το σχήμα της λεκάνης απορροής, οι κλίσεις των πρανών της λεκάνης, ο τύπος του εδάφους όσον αφορά στα χαρακτηριστικά της κατείσδυσης και απορρόφησης του νερού, ο τύπος και το ποσοστό της εδαφοκάλυψης (είδος φυτών) της ευρύτερης περιοχής (GTZ, 2004).

Τέλος, η ύπαρξη και η επιτυχία (ή αποτυχία) γειτονικών αντιπλημμυρικών έργων πρέπει να συνυπολογιστούν ως παράγοντες τρωτότητας. Είναι γεγονός πως επιτυχή έργα αντιπλημμυρικής προστασίας σε βάθος χρόνου καθίστανται ανεπαρκή λόγω των αυξανόμενων αυθαιρεσιών στις περιοχές των ρεμάτων που προσπαθούν να προστατεύσουν. (Πηγή: Βικάτου Α., 2007)

3.2.2 Έκθεση (Exposure)

Η έκθεση είναι προϊόν της φυσικής θέσης και των χαρακτηριστικών του κτισμένου και φυσικού περιβάλλοντος. Ο παράγοντας της έκθεσης μπορεί να μειωθεί με επενδύσεις μετριασμού των κινδύνων, που πραγματοποιούνται από άτομα ή ομάδες ατόμων (Pelling, 2003).

Η έκθεση ενός στοιχείου ενός συστήματος (π.χ. μιας ιδιοκτησίας) στον κίνδυνο πλημμύρας οφείλεται κυρίως στη θέση του στοιχείου στο χώρο, δηλαδή της απόστασης από την πηγή του κινδύνου (στην περίπτωση μας την απόσταση από το ρέμα) και του υψομέτρου σε σχέση πάντα με την πηγή κινδύνου. Είναι προφανές ότι η έκθεση εξαρτάται επίσης από το μέγεθος της πλημμύρας αλλά και από τα τυχόν προστατευτικά μέτρα που έχουμε λάβει. Η έκθεση στον κίνδυνο της πλημμύρας αποτελεί επίσης παράμετρο που μπορεί να διαφοροποιήσει τις επιπτώσεις. Για παράδειγμα για την αποφυγή θανάτων και τεράστιων ζημιών σε περιοχή κατάντη ενός φράγματος μπορεί ως εναλλακτική λύση να εξετάζεται η μετεγκατάσταση των κατοίκων σε υψηλότερα υψόμετρα ώστε να μην εκτίθενται στον κίνδυνο κατάκλυσης από ενδεχόμενη θραύση του φράγματος (Πηγή: Τσακίρης Π., 2009).

3.2.3 Οι έννοιες Hazard και Risk

Στη βιβλιογραφική έρευνα που έγινε, εντοπίστηκε το πρόβλημα της διαφορετικής χρήσης των εννοιών που υπάρχουν στην Οδηγία. Για την κάθε εργασία γινόταν διαφορετικά η μετάφραση της κάθε λέξης και συνεπώς διαφορετική ερμηνεία δινόταν κάθε φορά στη μεταφρασμένη λέξη. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχει ασάφεια μεταξύ των όρων *hazard* και *risk* ακόμα και στα αγγλικά λεξικά. Η ασάφεια αυτή μεταφέρεται αντίστοιχα στις έννοιες κίνδυνος και επικινδυνότητα (ή ίσως διακινδύνευση) που θα χρησιμοποιηθούν για να μεταφράσουν τις λέξεις αυτές.

Από τους ορισμούς έγκυρων λεξικών, όπως παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 1, γίνεται εμφανής η σύγχυση μεταξύ των δυο εννοιών. Πρέπει λοιπόν να εξετάσουμε το πώς η Οδηγία χρησιμοποιεί αυτές τις έννοιες για να εξηγήσει διεργασίες που αφορούν σε ένα φυσικό περιβαλλοντικό κίνδυνο, τις πλημμύρες και να καταλήξουμε στην ορολογία που θα χρησιμοποιηθεί σε αυτή εδώ τη διπλωματική εργασία. Η επιστημονική κοινότητα λοιπόν όταν αναφέρεται σε φυσικές καταστροφές χρησιμοποιεί τους εξής ορισμούς:

Risk

«Risk is defined as the expected losses (of lives, persons injured, property damaged, and economic activity disrupted) due to a particular hazard for a given area and reference period. Based on mathematical calculations, risk is the product of hazard and vulnerability» (Πηγή: Weiguo Jiang et al.)

"Διακινδύνευση (risk) πλημμύρας": ο συνδυασμός της πιθανότητας να λάβει χώρα πλημμύρα και των δυνητικών αρνητικών συνεπειών για την ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά και τις οικονομικές δραστηριότητες, που συνδέονται μ' αυτή την πλημμύρα (Πηγή: Οδηγία 2007/60/EK).

Hazard

Natural Hazards: "those elements of the physical environment, harmful to man and caused by forces extraneous to him" (Πηγή: Burton, I. et al., 1978).

" the hazard can be defined as a potential threat to humans and their welfare" (Smith, 1996)

3.2.4 Κίνδυνος (Hazard)

Με μια γενική θεώρηση ο φυσικός κίνδυνος (hazard) είναι μια απειλή σε ένα σύστημα που περιλαμβάνει στοιχεία (elements) όπως ο άνθρωπος, οι περιουσίες, οι υποδομές, οι οικονομικές δραστηριότητες, το περιβάλλον και τα μνημεία πολιτιστικής κληρονομιάς. Ο κίνδυνος εκδηλώνεται με μεταβαλλόμενη ένταση στο χώρο και στο χρόνο με αποτέλεσμα να απειλεί με διαφορετική ένταση κάθε σύστημα και κάθε στοιχείο που μελετάμε. (Τσακίρης Π.) Γενικά ο κίνδυνος σχετίζεται με την πιθανότητα να συμβεί ένα ακραίο γεγονός που μπορεί να προκαλέσει καταστροφή συγκεκριμένης έντασης, σε συγκεκριμένο χώρο και χρόνο (GTZ, 2004).

Ως γεωμορφολογικός κίνδυνος ορίζεται ως ο κίνδυνος που προέρχεται από οποιαδήποτε αλλαγή μιας γεωμορφής ή ενός γεωμορφικού συστήματος και έχει επιπτώσεις στη σταθερότητα μιας περιοχής με άμεσες και δυσμενείς κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη διαβίωση (Schumm, 1988). Η έννοια του κινδύνου στη γεωμορφολογία είναι άμεσα συνδεδεμένη με την αστάθεια των γεωμορφών. Είναι επομένως σκόπιμο να καθορισθεί η έννοια της αστάθειας και συγκεκριμένα σε ένα ποταμοχειμάρριο σύστημα. Ως εκ τούτου κάθε σύστημα που δε βρίσκεται σε ισορροπία με το φυσικό περιβάλλον και τείνει να αποκαταστήσει μια νέα ισορροπία εξαιτίας των αλλαγών που υπέστη, βρίσκεται σε αστάθεια.

Κατά τους Panizza & Piacente, (1978), η αστάθεια προσδιορίζεται, αφ' ενός με την ανάλυση των αιτιών που την προκαλούν, αν δηλαδή αυτά είναι φυσικά, ανθρωπογενή ή και τα δυο και αφ' εταίρου με τη μελέτη των αποτελεσμάτων και συνεπειών της. Μεταξύ των φυσικών αιτιών που ευνοούν την αστάθεια, θα μπορούσαν να αναφερθούν οι: γεωλογικές, υδρογεωλογικές, υδραυλικές, τοπογραφικές, κλιματολογικές αιτίες, καθώς και αιτίες που σχετίζονται με τη φυτοκάλυψη και τα δάση. Ωστόσο δεν μπορεί κανείς να αγνοήσει και τα αίτια που συνδέονται άμεσα με τις ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως είναι η καλλιέργεια, τα τεχνικά έργα, και οι άλλες δραστηριότητες, δεδομένου ότι όλα αυτά έχουν επίπτωση στο φυσικό περιβάλλον (πχ αλλαγή της ρευματικής αύλακος λόγω απόρριψης μάζων, αποβλήτων και της οικοπεδοποίησης της).

3.2.5 Σχέση μεταξύ κινδύνου και διακινδύνευσης (επικινδυνότητας), τρωτότητας και έκθεσης

Όπως η τρωτότητα αναφέρεται σε συγκεκριμένο κίνδυνο (πχ μια περιοχή μπορεί να είναι τρωτή σε σεισμό αλλά όχι σε πλημμύρα), έτσι και ο κίνδυνος, ως παράγωγο της, αντιστοιχεί κάθε φορά σε συγκεκριμένη μορφή απειλής (hazard) (Βικάτου Α., 2007).

«Η κατανόηση αυτής της προσέγγισης μπορεί να παρουσιασθεί απλά με τη μορφή ενός παραδείγματος. Ας θεωρήσουμε τον κίνδυνο που προέρχεται από την έκθεση των ανθρώπων στον ήλιο που μπορεί να τους προκαλέσει βλάβες στην υγεία τους. Ας θεωρήσουμε ότι το σύστημα μας είναι μια οικογένεια που πάει για μπάνιο μένοντας κάποιες ώρες κάτω από μια ομπρέλα που τους προστατεύει από τον κίνδυνο που είναι οι ακτίνες του ηλίου. Ο κίνδυνος εκδηλώνεται με διαφορετική ένταση κατά τις διάφορες ώρες της ημέρας. Το πρωί η ένταση είναι μικρότερη ενώ το μεσημέρι η ένταση μεγαλώνει, δηλαδή ο κίνδυνος μεγαλώνει. Η ομπρέλα αποτελεί το μέσο προστασίας για την οικογένεια που όμως δέχεται ένα ποσό ακτίνων έστω και από ανάκλαση στις γύρω επιφάνειες. Η προστασία που προσφέρει η ομπρέλα μειώνει δραστικά την ένταση του κινδύνου που δέχεται η οικογένεια συνεπώς μειώνει την τρωτότητα του συστήματος. Ο κίνδυνος που διαπερνά αυτή την προστασία και απειλεί τελικά την οικογένεια είναι η διακινδύνευση. Είναι προφανές ότι η διακινδύνευση κάθε στοιχείου του συστήματος είναι διαφορετική και οφείλεται και στη διαφορετική δυνατότητα αντίστασης ή στην ευαισθησία κάθε οργανισμού στις συγκεκριμένες συνθήκες. Για παράδειγμα, τα μικρά παιδιά είναι πιο ευαίσθητα από ότι οι ενήλικες κατά την

έκθεσή τους στις ακτίνες του ήλιου. Συμπερασματικά, στην τρωτότητα κάθε μέλους του συστήματος κρίσιμο ρόλο διαδραματίζουν το «φίλτρο» ή τα έργα προστασίας αλλά και η ευαισθησία των ίδιων των μελών που τα καθιστά πιο ευάλωτα στις δυσμενείς για αυτά επιπτώσεις» (Τσακίρης Π., 2009).

Μία περισσότερο συνοπτική άποψη παρατίθεται στη συνέχεια: «Οι κίνδυνοι (*Hazards*) είναι ακραία φαινόμενα, τα οποία μπορεί να δημιουργήσουν διακινδύνευση (*risk*), και ενδεχομένως να αποτελέσουν καταστροφές, εάν τα στοιχεία που εκτίθενται (*exposure*) στον κίνδυνο είναι τρωτά (*vulnerability*) (Dao H., Peduzzi P., 2004)».

Μετά από τη βιβλιογραφική έρευνα που έγινε, κρίθηκε καλύτερο να ακολουθηθεί η προτεινόμενη ορολογία που έγινε από τον Καθηγητή Γ. Τσακίρη στην εργασία του "Συστημική Προσέγγιση στην Ανάλυση των Φυσικών Κινδύνων και των Φυσικών Καταστροφών". Ο λόγος ήταν ότι η συγκεκριμένη εργασία ήταν η μόνη που εντοπίστηκε στο πλαίσιο της βιβλιογραφικής έρευνας της παρούσας εργασίας στην οποία γινόταν αντιστοίχιση και πρόταση των κατάλληλων εννοιών της Οδηγίας για τα νερά από την Ε.Ε.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα χρησιμοποιηθεί ο όρος «κίνδυνος» ως μετάφραση του όρου «*hazard*» και ο όρος «διακινδύνευση» ως μετάφραση του όρου «*risk*». Αποφεύγουμε να χρησιμοποιήσουμε τον όρο «επικινδυνότητα» γιατί κατά τη γνώμη μας υστερεί έναντι του όρου «διακινδύνευση» στο να περιγράψει αυτό που επιθυμούμε όταν αναφερόμαστε στην αγγλική λέξη «*risk*» στο θέμα των φυσικών καταστροφών. Τέλος, για τους υπόλοιπους όρους ισχύει ότι εμφανίζεται στη μεσαία στήλη του πίνακα που ακολουθεί και αποτελεί την πρόταση του κ. Τσακίρη στη μετάφραση της ορολογίας της Οδηγίας 2000/60.

Πίνακας 3.1: Προτεινόμενη ορολογία στους όρους της οδηγίας 2007/60 για τα νερά (Πηγή: Τσακίρης Γ.)

Όρος στην Οδηγία	Προτεινόμενος δόκιμος όρος	Δόκιμος όρος στην αγγλική γλώσσα
Επικινδυνότητα	Κίνδυνος	Hazard
Κίνδυνος	Διακινδύνευση	Risk
Κίνδυνος	Τρωτότητα	Vulnerability
Κίνδυνος πλημμύρας	Διακινδύνευση πλημμύρας	Flood risk
Χάρτης επικινδυνότητας πλημμύρας	Χάρτης κινδύνου πλημμύρας	Flood hazard map
Χάρτης κινδύνου πλημμύρας	Χάρτης διακινδύνευσης πλημμύρας	Flood risk map
Διαχείριση κινδύνου πλημμύρας	Διαχείριση διακινδύνευσης πλημμύρας	Flood risk management
Σχέδια διαχείρισης κινδύνου πλημμύρας	Σχέδια διαχείρισης διακινδύνευσης πλημμύρας	Flood risk plans
Πλημμυρικές περιοχές	Πεδίο πλημμυρών	Floodplains
Περίοδος επαναληπτικότητας	Περίοδος επαναφοράς	Return period

3.2.6 Χάρτες κινδύνων πλημμύρας και χάρτες διακινδύνευσης πλημμύρας

Καταλήγουμε τέλος στο προϊόν της συγκεκριμένης εργασίας που είναι οι χάρτες που θα δημιουργηθούν με σκοπό να ικανοποιούν τις προϋποθέσεις της Οδηγίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα νερά. Η Ευρωπαϊκή Ένωση στους ορισμούς που δίνει στην ιστοσελίδα της για τις πλημμύρες αναφέρει:

Flood hazard map

is a map, showing the extent and expected water depths/levels of an area flooded in three scenarios, a low probability scenario or extreme events, in a medium probability scenario (at least with a return period of 100 years) and if appropriate a high probability scenario.

(Πηγή: http://ec.europa.eu/environment/water/flood_risk/flood_atlas/index.htm)

Flood risk map

is a map, shall also be prepared for the areas flooded under these scenarios showing potential population, economic activities and the environment at potential risk from flooding, and other

information that Member States may find useful to include, for instance other sources of pollution.

(Πηγή: http://ec.europa.eu/environment/water/flood_risk/flood_atlas/index.htm)

Έτσι όταν αναφερόμαστε σε ένα **χάρτη κινδύνου πλημμύρας**, μιλάμε για ένα χάρτη που θα αναπαριστά την πλημμύρα (τον κίνδυνο). Θα έχει σαν πληροφορία για την έκταση στο έδαφος που θα καλύψει η πλημμύρα και για τα βάθη, στην περιοχή που θα καλυφθεί από νερό (για μια ή περισσότερες περιόδους επαναφοράς).

Όταν αναφερόμαστε σε ένα **χάρτη διακινδύνευσης πλημμύρας**, πρόκειται για χάρτη ο οποίος θα αναδεικνύει τι διακυβεύεται (σε κοινωνικοοικονομικό, φυσικό επίπεδο) στην περίπτωση του κινδύνου (στην περίπτωση της πλημμύρας). Περιλαμβάνει στοιχεία όπως ο πληθυσμός στην περιοχή ενδιαφέροντος, οι οικονομικές δραστηριότητες, το φυσικό περιβάλλον στην περιοχή και άλλες πληροφορίες κυρίως όσον αφορά στα φυσικά και ανθρώπινα διαθέσιμα της περιοχής που εξετάζεται.

Περισσότερα στοιχεία για τον τρόπο που υπολογίζουν τον κίνδυνο και τη διακινδύνευση οι διάφορες χώρες-μέλη της Ε.Ε. και τα τοποθετούν σε ένα χάρτη, δίνονται στο 5^ο Κεφάλαιο (Κεφ. 5.2, 5.3).

Ως **χάρτη πλημμύρας** θα αναγνωρίζουμε οποιονδήποτε χάρτη περιέχει τουλάχιστον ένα από τα χαρακτηριστικά του κινδύνου μιας πλημμύρας (πιθανότητας πλημμύρας, έκταση, βάθη, κίνδυνο, διακινδύνευση, σχέδια διαφυγής – εκκένωσης μιας περιοχής). Γενικότερα, οποιονδήποτε χάρτη αναπαριστά πληροφορίες σχετικά με μια πλημμύρα και σχετίζεται με κάποιο τρόπο με την Οδηγία 2007/60.

Η Οδηγία 2000/60 για τα νερά περιγράφει ποιες είναι οι απαιτήσεις της Ε.Ε. για το θέμα των πλημμύρων και τι πρέπει να περιγράφουν οι χάρτες που θα δημιουργηθούν. Στην πράξη όμως υπάρχει πληθώρα εφαρμογών της Οδηγίας και τα αποτελέσματα διαφέρουν από χώρα σε χώρα. Στο κεφάλαιο 4 που ακολουθεί γίνεται μια ανάλυση του κειμένου της Οδηγίας, ενώ στο 5ο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι πιο σημαντικές προσπάθειες που έχουν γίνει από χώρες-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης με στόχο τη δημιουργία χαρτών κινδύνου και διακινδύνευσης πλημμύρας.

4 Η Οδηγία για τις πλημμύρες

4.1 Γενικά για την Οδηγία

Επειδή κατά τη βιβλιογραφική έρευνα έγινε αντιληπτό ότι υπάρχουν ήδη πολλές εργασίες και αναφορές πάνω στο τι πραγματεύεται και απαιτεί η Οδηγία για τα νερά, αποφασίστηκε στο παρόν κεφάλαιο να γίνει μια απόπειρα εξέτασης της Οδηγίας από μια διαφορετική οπτική. Αρχικά έγινε αναφορά στα βασικά σημεία της Οδηγίας και στη συνέχεια, η μελέτη επικεντρώθηκε στις κεντρικές ιδέες και τις αρχές που διέπουν το κείμενο της Οδηγίας και σε μία προσπάθεια εντοπισμού αυτού που οδήγησε την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στο να συντάξει την Οδηγία αυτή στηριζόμενη στις συγκεκριμένες βασικές αρχές. Αυτό γίνεται γιατί το επιθυμητό αποτέλεσμα της Οδηγίας είναι η μετουσίωση των αρχών πάνω στις οποίες στηρίζεται, σε δράση και σε συγκεκριμένα αποτελέσματα. Οι χάρτες πλημμυρικού κινδύνου και πλημμυρικής διακινδύνευσης αποτελούν τη μετουσίωση των αρχών της Ε.Ε που διέπουν την Οδηγία σε δράση και σε συγκεκριμένα αποτελέσματα και είναι το τελικό προϊόν.

Οι κυριότερες νομοθετικές πράξεις της Κοινοτικής περιβαλλοντικής επιτροπής είναι:

Οι κανονισμοί (regulations): Υποχρεωτικοί προς όλα τα μέρη τους, εφαρμόζονται άμεσα προς όλα τα κράτη μέλη.

Οι αποφάσεις (decisions): Υποχρεωτικές προς όλα τα μέρη τους, δεσμεύουν εκείνους στους οποίους απευθύνονται.

Οδηγίες (directives): δεσμεύουν τα κράτη μέλη ως προς τα αποτελέσματα που πρέπει να επιτευχθούν, προϋποθέτουν μεταφορά στα εθνικά νομοθετικά πλαίσια των κρατών-μελών, ενώ αφήνουν περιθώρια επιλογής σε ότι αφορά τον τύπο και τα μέσα εφαρμογής (Πηγή: UN, «Transboundary Flood Risk Management: Experiences from the UNECE Region», 2009).

Η Οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις πλημμύρες (Οδηγία 2007/60) μπήκε σε εφαρμογή το Νοέμβριο του 2007. Η Οδηγία αποτελεί συμπλήρωμα της Οδηγίας πλαισίου 2000/60 και έχει στόχο τη μείωση της πλημμυρικής διακινδύνευσης στις χώρες μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η Οδηγία αναφέρεται σε όλα τα είδη πλημμύρων (ποταμών, λιμνών, απότομων πλημμύρων, αστικών και παράκτιων πλημμύρων) και απαιτεί από τις χώρες μέλη να αντιμετωπίσουν το θέμα των πλημμύρων με τη μεθοδολογία της εκτίμησης της πλημμυρικής διακινδύνευσης και της διαχείρισης της.

«Η Οδηγία αναφέρεται στην σχέση Κινδύνου-Τρωτότητας-Διακινδύνευσης με ένα ορθολογικό τρόπο που καταλήγει στην αξιολόγηση του πραγματικού κινδύνου δηλαδή της διακινδύνευσης και τελικά τη διαχείρισή του με οργανωμένα εκ των προτέρων σχέδια. Δηλαδή η Οδηγία προτρέπει τις χώρες μέλη να αξιολογήσουν τις επιπτώσεις για τα διάφορα σενάρια κινδύνου να αναδείξουν τις περιοχές που κινδυνεύουν περισσότερο (είτε από πλευράς πιθανότητας είτε από την πλευρά διακυβεύματος) και να εκπονήσουν σχέδια προληπτικού σχεδιασμού ώστε να περιορισθούν οι απώλειες και οι πάσης φύσεως ζημιές» (Πηγή: Τσακίρης Π., 2009).

4.2 Ιστορικό

Κύρια αιτία της ανάληψης πρωτοβουλίας από την Ευρωπαϊκή Ένωση για τις πλημμύρες αποτελούν οι καταστροφικές πλημμύρες στο διάστημα 1998-2002. Κατά το διάστημα 1998-2004 στην Ευρώπη σημειώθηκαν περί τις 100 σοβαρές καταστροφικές πλημμύρες (περιλαμβανομένων και των καταστροφικών στον Δούναβη και τον Έλβα το καλοκαίρι του 2002). Οι πλημμύρες αυτές έχουν κοστίσει στην Ευρώπη 700 ανθρώπινες ζωές, μισό εκατομμύριο άστεγους και περί τα 25 δις ευρώ.

Αντιδρώντας στις πλημμύρες του 2002 η Επιτροπή εξέδωσε το 2004 ανακοίνωση σχετικά με τη διαχείριση του κινδύνου πλημμυρών για την βελτίωση της προστασίας από τις πλημμύρες, στην οποία επισημάνθηκε η ανάγκη να θεσπισθεί κοινοτική νομοθεσία για τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας.

Αυτό που βοήθησε στην προώθηση για ψήφιση της νέας Οδηγίας ήταν η έξαρση σε ένταση και συχνότητα των πλημμυρών στην Ευρώπη τα τελευταία χρόνια. Κατά την περίοδο 2003 μέχρι 2007 συνέβησαν στην Ευρώπη 120 ακόμη μεγάλες πλημμύρες προκαλώντας τον θάνατο 345 ανθρώπων και οικονομικές ζημιές 12 δις ευρώ. Αυτό που κατανοήθηκε στην Ευρώπη είναι ότι οι μεγάλες πλημμύρες είναι συχνότερες και πιο καταστροφικές. Με τις αναμενόμενες κλιματικές αλλαγές εκτιμάται ότι οι συνθήκες θα γίνουν ακόμα δυσμενέστερες με περισσότερες πλημμύρες και ακόμα μεγαλύτερες καταστροφές (Πηγή: ΙΣΤΑΜΕ, 2006).

4.3 Βασικά στάδια εφαρμογής της Οδηγίας

Η εφαρμογή της Οδηγίας θα γίνει σε τρία στάδια:

1. Το προκαταρκτικό, το οποίο περιλαμβάνει την εκτίμηση των περιοχών που είναι εκτεθειμένες στον πλημμυρικό κίνδυνο, σε ποιες περιοχές δηλαδή υπάρχει ή θα υπάρξει κίνδυνος πλημμύρας (μέχρι το 2011).
2. Στις περιοχές που έχουν εντοπιστεί, δημιουργία χαρτών κινδύνου και διακινδύνευσης. Στις περιοχές αυτές θα πρέπει να γίνει αποτύπωση του ανάγλυφου, απογραφή των κατοίκων, των οικονομικών δραστηριοτήτων και καταγραφή των συνθηκών περιβάλλοντος που βρίσκονται σε δυνητικό κίνδυνο. Οι χάρτες κινδύνου θα δείχνουν την περιοχή που κατακλύζεται και τα πιθανά βάθη κατάκλυσης. Οι χάρτες διακινδύνευσης αναφέρονται (σύμφωνα με την Οδηγία) στις οικονομικές και άλλες ζημιές από τις πλημμύρες (μέχρι το 2013).
3. Δημιουργία Σχεδίων Διαχείρισης της Διακινδύνευσης που θα έχουν σαν στόχο τη μείωση της διακινδύνευσης βασιζόμενοι στην πρόληψη και την προετοιμασία, όπως αναφέρει χαρακτηριστικά η Οδηγία (μέχρι το 2015).

Τα βήματα αυτά πρέπει να επαναλαμβάνονται κάθε 6 έτη, συγχρονισμένα με τα βήματα της Οδηγίας 2000/60 με αρχή το έτος 2009. Το αμέσως επόμενο έτος πρέπει να έχουν οριστεί οι Αρχές που θα υλοποιήσουν την Οδηγία (Τσακίρης Π., 2009).

4.4 Αποσπάσματα από την Οδηγία

Από την Οδηγία 2007/60/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2007 για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας παραθέτουμε τα ακόλουθα αποσπάσματα στα οποία είτε αναφέρονται άμεσα, είτε έμμεσα, οι αρχές που συνθέτουν την Οδηγία:

(4) Η οδηγία λοιπόν, 2000/60/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 23ης Οκτωβρίου 2000, για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων επιβάλλει την ανάπτυξη σχεδίων διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού για κάθε περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού, με στόχο την επίτευξη καλής οικολογικής και χημικής κατάστασης,

και συμβάλλει στον μετριασμό των επιπτώσεων των συμβάντων πλημμύρας. Ωστόσο, η μείωση του κινδύνου πλημμύρας δεν είναι ένας από τους κύριους στόχους της εν λόγω Οδηγίας, ούτε λαμβάνονται υπόψη μελλοντικές αλλαγές στους κινδύνους πλημμύρας, ως αποτέλεσμα της αλλαγής του κλίματος.

(5) Η ανακοίνωση της Επιτροπής, της 12ης Ιουλίου 2004, προς το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, το Συμβούλιο, την Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή και την Επιτροπή των Περιφερειών με τίτλο "Διαχείριση του κινδύνου πλημμυρών - Πλημμύρες: πρόληψη, προστασία και μετριασμός των επιπτώσεών τους" περιγράφει την ανάλυση και την προσέγγιση της Επιτροπής όσον αφορά τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας σε επίπεδο Κοινότητας και επισημαίνει ότι η ανάληψη συντονισμένης δράσης σε επίπεδο Κοινότητας θα μπορούσε να προσφέρει αξιοσημείωτη προστιθέμενη αξία και να βελτιώσει το συνολικό επίπεδο της προστασίας από τις πλημμύρες.

(6) Επιπλέον του συντονισμού μεταξύ κρατών μελών, η αποτελεσματική πρόληψη και ο μετριασμός των πλημμυρών απαιτούν συνεργασία με τρίτες χώρες.

... διεθνείς αρχές της διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας.

(8) Στο πλαίσιο του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 2012/2002 του Συμβουλίου, της 11ης Νοεμβρίου 2002, για την ίδρυση του Ταμείου Αλληλεγγύης της Ευρωπαϊκής Ένωσης [6], είναι δυνατή η ταχεία παροχή χρηματοοικονομικής αρωγής σε περίπτωση μείζονος καταστροφής, ώστε να εξασφαλίζεται βοήθεια σε ανθρώπους, φυσικές ζώνες, περιοχές και χώρες που έχουν πληγεί για να επιστρέψουν σε κατά το δυνατόν ομαλές συνθήκες. Ωστόσο, το Ταμείο μπορεί να παρέμβει μόνον εφόσον πρόκειται για επιχειρήσεις αντιμετώπισης κατεπειγόντων περιστατικών και όχι για τα στάδια που προηγούνται εκτάκτων καταστάσεων.

(9) Στις αναπτυξιακές πολιτικές που αφορούν τα ύδατα και τις χρήσεις γης, τα κράτη μέλη και η Κοινότητα θα πρέπει να εξετάζουν τις πιθανές επιπτώσεις που μπορούν να έχουν οι πολιτικές αυτές στους κινδύνους και στη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας.

(12) Προκειμένου να εξασφαλισθεί αποτελεσματικό μέσο ενημέρωσης καθώς και πολύτιμη βάση για τον καθορισμό των προτεραιοτήτων και τη λήψη περαιτέρω τεχνικών, οικονομικών και πολιτικών αποφάσεων σχετικά με τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας, είναι απαραίτητο να προβλεφθεί η καθιέρωση χαρτών επικινδυνότητας πλημμύρας και χαρτών κινδύνων πλημμύρας στους οποίους να εμφανίζονται οι δυνητικές αρνητικές συνέπειες που συνδέονται με διαφορετικά

σενάρια πλημμύρας καθώς και πληροφορίες σχετικά με ενδεχόμενες πηγές περιβαλλοντικής ρύπανσης, ως συνέπεια πλημμύρας. Στο πλαίσιο αυτό, τα κράτη μέλη θα πρέπει να επανεκτιμήσουν τις δραστηριότητες που έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση των κινδύνων πλημμύρας.

(13) ...Ειδικότερα, τα κράτη μέλη θα πρέπει να απέχουν από τη λήψη μέτρων ή την ανάληψη δράσεων οι οποίες αυξάνουν σημαντικά τον κίνδυνο πλημμύρας σε άλλα κράτη μέλη, εκτός εάν τα μέτρα αυτά έχουν συντονισθεί και έχει εξευρεθεί συμπεφωνημένη λύση μεταξύ των ενδιαφερομένων κρατών μελών.

(14) Τα σχέδια διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας θα πρέπει να εστιάζονται στην πρόληψη, στην προστασία και στην ετοιμότητα...

(15) Η αρχή της αλληλεγγύης. Υπό το πρίσμα της εν λόγω αρχής, τα κράτη μέλη θα πρέπει να ενθαρρύνονται να επιδιώκουν τον δίκαιο επιμερισμό των αρμοδιοτήτων, όταν ορισμένα μέτρα αποφασίζονται από κοινού προς όφελος όλων, όσον αφορά τη διαχείριση του κινδύνου πλημμύρας κατά μήκος των υδατορευμάτων.

(17) Η ανάπτυξη σχεδίων διαχείρισης των λεκανών απορροής ποταμού, στο πλαίσιο της οδηγίας 2000/60/EK, και σχεδίων διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας, στο πλαίσιο της παρούσας οδηγίας, αποτελούν στοιχεία της ολοκληρωμένης διαχείρισης της λεκάνης απορροής ποταμών. Ως εκ τούτου, οι δύο διαδικασίες θα πρέπει να αξιοποιούν αμοιβαία τη δυνατότητα κοινών συνεργιών και κοινού οφέλους, έχοντας υπόψη τους περιβαλλοντικούς στόχους της οδηγίας 2000/60/EK, για να εξασφαλίζεται η αποτελεσματική και εύλογη χρήση των πόρων, αναγνωρίζοντας παράλληλα ότι οι αρμόδιες αρχές και οι μονάδες διαχείρισης ενδέχεται να είναι διαφορετικές στο πλαίσιο της παρούσας οδηγίας και της οδηγίας 2000/60/EK.

(18) Τα κράτη μέλη θα πρέπει να βασίζονται τις αξιολογήσεις, τους χάρτες και τα σχέδια σε κατάλληλες "βέλτιστες πρακτικές" και "βέλτιστες διαθέσιμες τεχνολογίες" που δεν συνεπάγονται υπερβολικό κόστος στον τομέα της διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας.

(23) Δεδομένου ότι ο στόχος της παρούσας οδηγίας, ήτοι ο καθορισμός πλαισίου μέτρων για τη μείωση των κινδύνων επέλευσης ζημιών λόγω πλημμύρας, δεν μπορεί να επιτευχθεί επαρκώς από τα κράτη μέλη και μπορεί, συνεπώς, να επιτευχθεί καλύτερα σε κοινοτικό επίπεδο, η Κοινότητα μπορεί να λάβει μέτρα σύμφωνα με την αρχή της επικουρικότητας του άρθρου 5 της συνθήκης.

Σύμφωνα με την αρχή της αναλογικότητας του ιδίου άρθρου, η παρούσα οδηγία δεν υπερβαίνει τα αναγκαία όρια για την επίτευξη του στόχου αυτού.

(24) Σύμφωνα με τις αρχές της αναλογικότητας και της επικουρικότητας και το πρωτόκολλο σχετικά με την εφαρμογή των αρχών της επικουρικότητας και αναλογικότητας, το οποίο επισυνάπτεται στη συνθήκη, και ενόψει των υφισταμένων ικανοτήτων των κρατών μελών, θα πρέπει να παραχωρείται σημαντική ευελιξία στο τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ιδίως όσον αφορά την οργάνωση και την ευθύνη των αρχών.

4.5 Οι αρχές στις οποίες βασίζεται η Οδηγία

Η Ευρωπαϊκή επιτροπή στο κείμενό της για τις πλημμύρες σε διεθνικό επίπεδο υιοθετεί τις εξής βασικές αρχές που τις ονομάζει Αρχές Διαχείρισης Διακινδύνευσης πλημμύρας:

1. Διαχείριση σε επίπεδο λεκάνης

2. Η Αρχή της αλληλεγγύης (solidarity principle): Τα μέλη μιας ομάδας πρέπει να λαμβάνουν υπόψιν, όταν κάνουν κάτι, το συμφέρον τόσο των υπολοίπων μελών όσο και της ομάδας συνολικά.

3. Η Αρχή της βιώσιμης ανάπτυξης (Sustainability principle): «[Η βιώσιμη ανάπτυξη] είναι η ανάπτυξη που ανταποκρίνεται στις ανάγκες του παρόντος χωρίς να θέτει σε κίνδυνο τη δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να μπορούν να ικανοποιήσουν τις δικές τους ανάγκες» (Gro Harlem Brundtland).

4. Η αρχή της Δημόσιας Συμμετοχής (Public participation principle): Εκείνοι οι οποίοι επηρεάζονται από μια απόφαση έχουν το δικαίωμα να συμμετέχουν στη διαδικασία λήψης απόφασης. (wikipedia)

5. Αρχή της Αναλογικότητας - (Proportionality principle): Σύμφωνα με την αρχή αυτή η έκταση της εκάστοτε δράσης και η αντίστοιχη επένδυση προσπαθειών και πόρων θα πρέπει να αντιστοιχεί στον επιδιωκόμενο στόχο. Για παράδειγμα, για ένα μέτρο που έχει ως στόχο την καταστολή της ρύπανσης κατά 2% δεν είναι λογικό να επενδυθεί το 50% του προϋπολογισμού. Η αρχή της αναλογικότητας βασίζεται σε λογικές και ηθικές αρχές. (<http://www.mio-ecsde.org/epeaek09/dictionary.html>)

6. Αρχή της επικουρικότητας (Subsidiarity principle): Σύμφωνα με αυτή τα διαχειριστικά μέτρα πρέπει να λαμβάνονται στο χαμηλότερο κατάλληλο επίπεδο λήψης αποφάσεων. Σύμφωνα με την αρχή αυτή η Ευρωπαϊκή Ένωση αναλαμβάνει δράση, στους τομείς που δεν υπάγονται στην αποκλειστική της αρμοδιότητα, μόνον εφόσον η δράση της θα είναι πιο αποτελεσματική από αντίστοιχα μέτρα εθνικής, περιφερειακής ή τοπικής εμβέλειας (<http://www.mio-ecsde.org/epeaek09/dictionary.html>).

4.6 Πώς μεταφράζονται οι παραπάνω αρχές στην περίπτωση της διαχείρισης των πλημμύρων

Για τις πλημμύρες συγκεκριμένα αυτές οι αρχές μεταφράζονται ως εξής:

Η Αρχή της αλληλεγγύης (solidarity principle): «Υπό το πρίσμα της εν λόγω αρχής, τα κράτη μέλη θα πρέπει να ενθαρρύνονται να επιδιώκουν τον δίκαιο επιμερισμό των αρμοδιοτήτων, όταν ορισμένα μέτρα αποφασίζονται από κοινού προς όφελος όλων, όσον αφορά τη διαχείριση του κινδύνου πλημμύρας κατά μήκος των υδατορευμάτων» (Πηγή: Οδηγία 2007/60/EK).

Τα μέτρα προστασίας από τις πλημμύρες δεν θα πρέπει να υπονομεύουν την ικανότητα άλλων ανάντη ή κατάντη περιφερειών ή κρατών μελών να επιτύχουν το επίπεδο προστασίας που θεωρούν κατάλληλο. Η ενδεδειγμένη στρατηγική συνίσταται σε μια τρίπτυχη προσέγγιση: συγκράτηση, αποθήκευση και αποστράγγιση.

Η Αρχή της βιώσιμης ανάπτυξης: Στο πλαίσιο της διαχείρισης πλημμυρών οι αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης συμπεριλαμβάνουν τόσο την liveliness και την ασφάλεια μεταξύ διαφορετικών πληθυσμιακών ομάδων όσο και τη βιωσιμότητα των οικοσυστημάτων και των λειτουργιών του πεδίου πλημμύρας.

Η αρχή της Συμμετοχής: Ενεργή συμμετοχή του κοινού στην ανάπτυξη και την εφαρμογή των στρατηγικών και σχεδίων διαχείρισης του νερού.

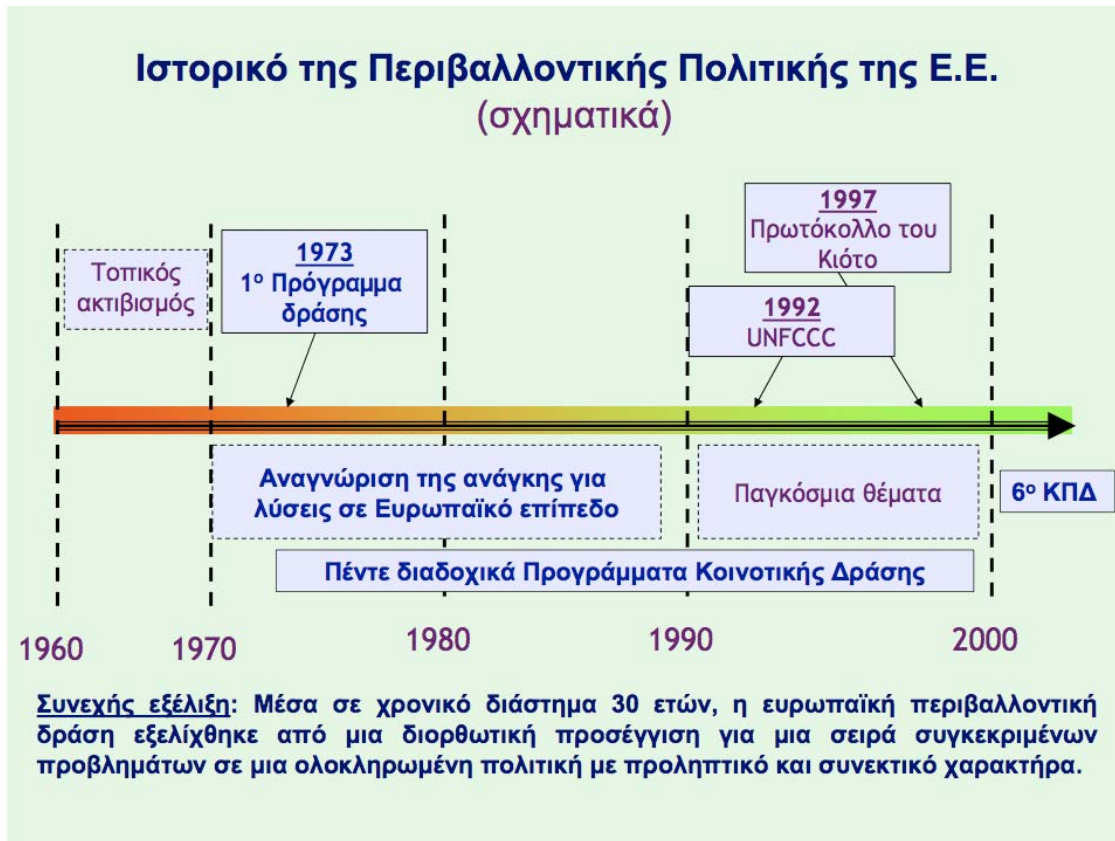
Διαχείριση σε επίπεδο λεκάνης: Η διαχείριση του νερού πρέπει να βασίζεται σε επίπεδο λεκάνης και όχι σε διοικητικά όρια ή σε όρια χώρας, αντιμετωπίζοντας έτσι συνολικά το σύστημα του ποταμού, από την πηγή στην εκβολή.

«The best way to protect and manage water is by close international co-operation between all the countries within the river basin – bringing together all interests upstream and downstream.»
«All countries of the European Union are using a river basin approach for water management since the adoption of the EU Water Framework Directive.»

Αρχή της Επικουρικότητας: Θα πρέπει να παραχωρείται σημαντική ευελιξία στο τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ιδίως όσον αφορά την οργάνωση και την ευθύνη των αρχών.

Για παράδειγμα για την κατασκευή ενός φράγματος στο Νέστο ο διαχειριστικός σχεδιασμός αφορά σε όλη τη λεκάνη απορροής, σε διακρατικό επίπεδο. Για την κατανομή της χρήσης των νερών απαιτείται η συναπόφαση των κυβερνήσεων όλων των χωρών στις οποίες βρίσκεται η λεκάνη απορροής του ποταμού. Στην κατάρτιση και την εφαρμογή των διαχειριστικών σχεδίων εμπλέκονται επίσης οι επιμέρους περιφέρειες που βρίσκονται στη λεκάνη απορροής του ποταμού. Πάντως, πρέπει να υπάρχει ένα κεντρικό διαχειριστικό σχέδιο που να πηγάζει από την κοινοτική-εθνική νομοθεσία (π.χ. βλ. Water Framework Directive στην ΕΕ) και στη συνέχεια να εκπονούνται μικρότερα διαχειριστικά σχέδια για κάθε λεκάνη απορροής (βλ. Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων - IWRM) προσαρμοσμένα στις ανάγκες των επιμέρους περιοχών στα οποία τον κύριο λόγο θα έχουν, λόγω εμπειρίας οι περιφερειακές αρχές.

Αρχή της πρόληψης (Prevention principle): Σύμφωνα με την αρχή αυτή λαμβάνονται δράσεις για την προστασία του περιβάλλοντος σε πρώιμο στάδιο. Δηλαδή, πριν δημιουργηθούν περιβαλλοντικές ζημιές λαμβάνονται μέτρα για την αποτροπή τους. Υιοθετεί την αντίληψη ότι: η πρόληψη είναι καλύτερη από την αποκατάσταση.



Σχήμα 4.1: Σχηματική παρουσίαση της ιστορικής εξέλιξης της περιβαλλοντικής πολιτικής της Ε.Ε.
(Πηγή: Χειμαριώτης Κ., 2000)

Η προληπτική συμπεριφορά, συμπεριλαμβάνει τον προσδιορισμό νέων πιθανών προβλημάτων, την εύρεση νέων λύσεων, την ουσιαστική ηγεσία σε ένα αβέβαιο μέλλον, την ανάλυση του παρελθόντος και τη δημιουργία του μέλλοντος. Η προληπτική συμπεριφορά για να έχει αποτέλεσμα δεν απαιτεί έναν άνθρωπο μόνο του να την εφαρμόζει ασταμάτητα. Αντίθετα, αυτό που απαιτείται είναι μια ώθηση προς μια βελτίωση του επιπέδου προληπτικής συμπεριφοράς στο σύνολο των ατόμων που ζουν σε ένα οργανισμό ή σε ένα περιβάλλον, για να αρχίσουν να γίνονται πραγματικές θετικές αλλαγές.

«Measures for flood control have been reactive rather than proactive» (Transboundary flood risk management, United Nations Economic Commission for Europe)

“Great strides have been made in the last 70 years in the mapping, modelling and monitoring of hazards. This suggests that proactive rather than reactive management of environmental hazards is potentially possible” (Faulkner H. and Ball D., 2007).

Στην περιβαλλοντική πολιτική της Ε.Ε., η αρχή της πρόληψης, έχει συμπληρωθεί τα τελευταία χρόνια με την **αρχή της προφύλαξης**, η οποία είχε εισαχθεί κατ’ αρχήν ως πρόσθετος στόχος στο 5ο ευρωπαϊκό πρόγραμμα δράσης για το περιβάλλον, στη δεκαετία του ’90. Η αρχή της προφύλαξης ορίζει ότι, *όταν μια δραστηριότητα δημιουργεί απειλές στο περιβάλλον ή στην ανθρώπινη υγεία, πρέπει να λαμβάνονται προφυλακτικά μέτρα, ακόμα και αν η σχέση αιτίας-αποτελέσματος δεν έχει πλήρως βεβαιωθεί επιστημονικά*. Σύμφωνα με ορισμένη προσέγγιση, τα μέτρα πρέπει να λαμβάνονται όταν οι απειλούμενες βλάβες είναι σοβαρές και μη αναστρέψιμες.

5 Βιβλιογραφική επισκόπηση πάνω στις εφαρμογές δημιουργίας χαρτών κινδύνου πλημμύρας και χαρτών διακινδύνευσης πλημμύρας

5.1 Διασυνοριακή επικοινωνία των κρατών μελών

Ο τρόπος με τον οποίο θα προσδιοριστεί ο κίνδυνος (και η διακινδύνευση) και στη συνέχεια θα παρουσιαστεί στους χάρτες αφήνεται στην ευχέρεια των χωρών και στο πώς ερμηνεύει η κάθε μια τις επιταγές της Οδηγίας. Δεν υπάρχει ένα συγκεκριμένο μοντέλο παρουσίασης της διακινδύνευσης, όπως και δεν υπάρχει για οποιοδήποτε παράγωγο έχει να κάνει με την Οδηγία. Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή του κεφαλαίου, η Οδηγία αφήνει ελεύθερα τα κράτη μέλη όσον αφορά στον τρόπο εφαρμογής της.

Το αποτέλεσμα είναι η ύπαρξη πληθώρας διαφορετικών δεδομένων, χαρτών και μεθόδων. Αυτό όμως δημιουργεί σύγχυση στην κατανόηση των χαρτών (ερμηνεία, ακρίβεια των αποτελεσμάτων κλπ). Ο κάθε χάρτης έχει γίνει με διαφορετικά δεδομένα άλλης ακρίβειας, με άλλο τρόπο παρουσίασης, με διαφορετική μέθοδο υδραυλικών υπολογισμών, σε άλλη κλίμακα και διαφορετικό σκοπό. Ειδικά σε περιπτώσεις ποταμών που περνούν μέσα από διαφορετικές χώρες, δεν υπάρχει ταύτιση σε καμία παράμετρο του χάρτη και δεν μπορούν να εξαχθούν έγκυρα συμπεράσματα όσον αφορά στην πλημμύρα (δεν τηρείται η αρχή της διαχείρισης σε επίπεδο λεκάνης και η αρχή της επικουρικότητας που επικαλείται η Οδηγία).

Για τους παραπάνω λόγους έχει δημιουργηθεί ένα δίκτυο ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των χωρών μελών με το όνομα EXCIMAP (European exchange circle on flood mapping), που έχει σαν στόχο να συγκεντρώνει από τις χώρες μέλη περιπτώσεις εφαρμογών της Οδηγίας και μέσα από τις διαφορετικές εφαρμογές να δημιουργήσει μια κοινή πλατφόρμα δημιουργίας των χαρτών την οποία θα μπορούν να συμβουλευτούν οι ενδιαφερόμενοι. Δημιουργείται έτσι μια κοινή βάση για εργασία και κατανόηση του συγκεκριμένου θέματος.

Ο σκοπός του εγχειριδίου της EXCIMAP είναι να χρησιμοποιηθεί σαν τεχνικό εργαλείο στους ενδιαφερόμενους και να παρουσιάσει παραδείγματα από όλη την Ευρώπη. Πιο συγκεκριμένα:

1. Εξυπηρετεί στην κατανόηση των προϋποθέσεων για χαρτογράφηση πλημμύρας, όπως αυτές δίνονται στο άρθρο 6 της οδηγίας
2. Προτείνει μεθόδους και προσεγγίσεις που είναι διαθέσιμες

3. Παρουσιάζει παραδείγματα χαρτών πλημμύρας που είναι διαθέσιμοι και χρησιμοποιούνται από κράτη μέλη.

Τα υδάτινα διαθέσιμα εντός της Ευρώπης συνήθως υπάρχουν σε περισσότερες από μία ευρωπαϊκές χώρες. Οι μεγάλοι ποταμοί στην Ευρώπη συνήθως διασχίζουν τα εθνικά σύνορα. Η χαρτογράφηση πλημμύρων στις περιοχές των συνόρων είναι μια δύσκολη διαδικασία λόγω διαφόρων τεχνικών, νομικών, θεσμικών και επικοινωνιακών προβλημάτων. Για το λόγο αυτό πρέπει να υπάρχει διασυνοριακή και πολυμερής συνεργασία. Έχουν δημιουργηθεί επιτροπές, ομάδες και συγκεκριμένα έργα τα οποία αποβλέπουν στη δημιουργία χαρτών διαμήκους των συνόρων. Αυτά είναι (μέχρι το 2006) τα:

- ELLA
- CPDR
- Safecoast
- FRaME
- FLAPP
- ICPR
- TIMIS

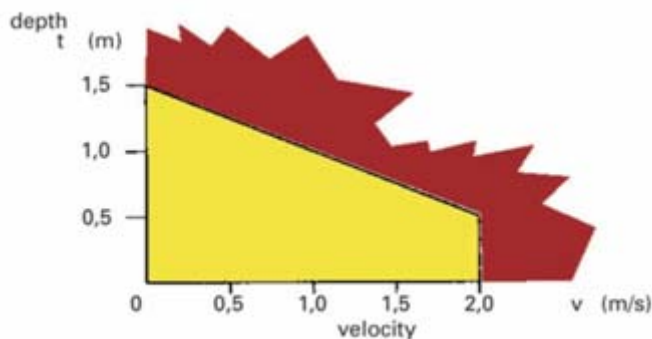
Πιλοτικές μελέτες γίνονται στις παρακάτω περιπτώσεις:

- Scheldt (B, F, NL)
- Moselle-Sarre (D, F, Lux)
- Marne (France)
- Shannon (Ireland)
- Ribble (England)
- ØOdense (Denmark)
- Oulujoki (Finland)
- Suldalsvassdraget (Norway)
- Guadiana (Portugal)
- Júcar (Spain)
- Pinios (Greece)
- Cecina (Italy)
- Tevere (Italy)
- Somes (Hungary, Romania)
- Neisse (CZ, D, PL)

5.2 Πώς καθορίζεται ο κίνδυνος στην περίπτωση των χαρτών πλημμύρας. Περιπτώσεις εφαρμογής της οδηγίας από τις διαφορετικές χώρες.

Αυστρία

Οι παράμετροι που καθορίζουν τον κίνδυνο του φαινομένου της πλημμύρας είναι τα βάθη πλημμύρας και η ταχύτητα ροής (flow velocity). Ο κίνδυνος πλημμύρας θα προκύψει από το συνδυασμό αυτών των παραγόντων όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 5.1. Δύο διαφορετικά επίπεδα κινδύνου έχουν δημιουργηθεί και εμφανίζονται με κίτρινο (μέτριος κίνδυνος) και κόκκινο (εξαιρετικός κίνδυνος).



Διάγραμμα 5.1: Προσδιορισμός επιπέδου κινδύνου πλημμύρας (Αυστρία) (Πηγή: EXCIMAP)

Βέλγιο (Wallonia)

Στην περίπτωση της Wallonia ο κίνδυνος προκύπτει από

- α. Τη συχνότητα εμφάνισης
- β. Το εύρος και τα βάθη της πλημμύρας.

Η συχνότητα εμφάνισης υπολογίζεται με στατιστικά μοντέλα στα οποία εισάγονται ιστορικά δεδομένα, με μετρήσεις στο πεδίο ή με μοντέλα πρόβλεψης. Τα βάθη και η έκταση της πλημμύρας καθορίζονται επίσης από υδρολογικά μοντέλα.

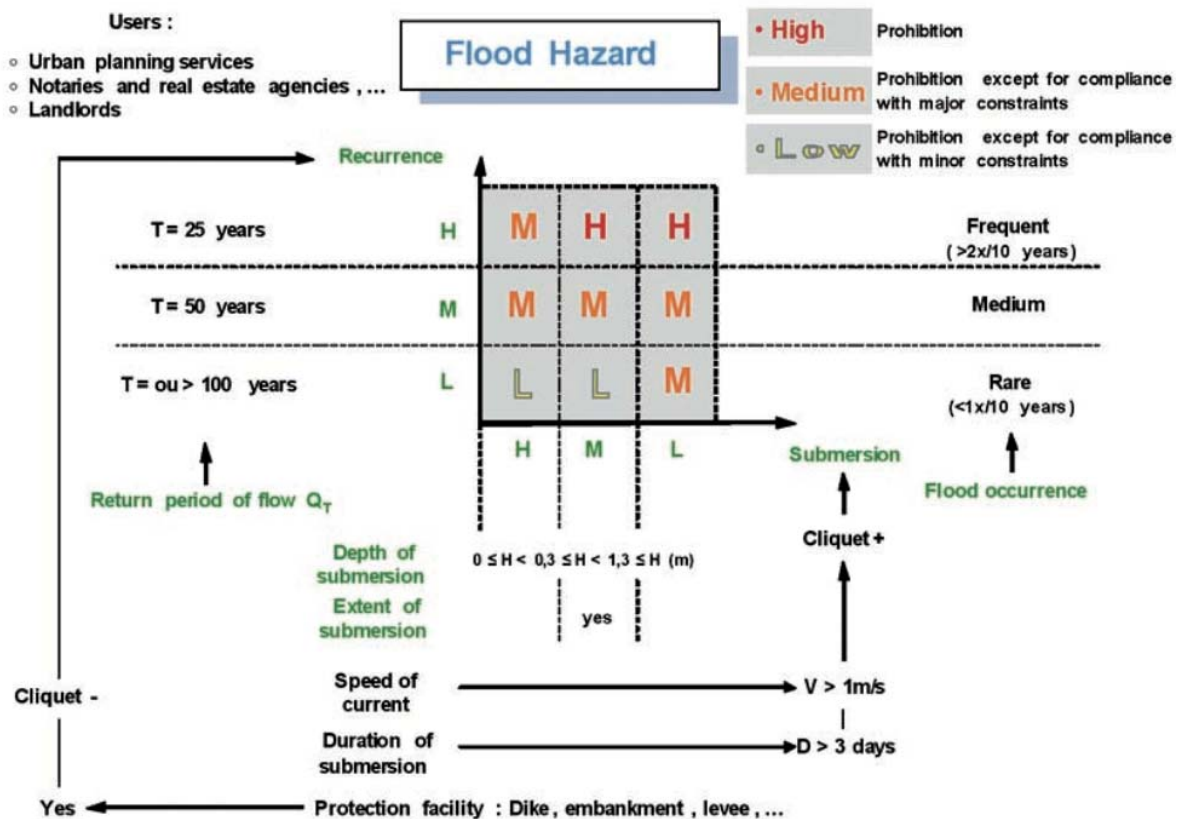
Στο Διάγραμμα 5.2 που ακολουθεί φαίνεται πώς προκύπτει ο κίνδυνος. Είναι φανερό ότι μικρή περίοδος επαναφοράς με μεγάλη έκταση πλημμύρας ή μεγάλα βάθη αντιστοιχεί σε μεγάλο

βαθμό κινδύνου. Αντίθετα μεγάλη περίοδος επαναφοράς και μικρή έκταση ισοδυναμεί με μικρότερο κίνδυνο.

Έχει δημιουργηθεί ένα πρόγραμμα το οποίο υπολογίζει τον κίνδυνο σε κάθε περίπτωση. Στο πρόγραμμα αυτό έχουν προστεθεί τα εξής στοιχεία:

- Χρόνος εξάπλωσης πλημμύρας (speed of current)
- Διάρκεια της πλημμύρας
- Ύπαρξη αντιπλημμυρικών έργων

Τα παραπάνω λειτουργούν επιβαρυντικά ή όχι σε μια πλημμύρα και ανάλογα προσθέτουν ή αφαιρούν στο βαθμό του κινδύνου.



Διάγραμμα 5.2: Καθορισμός του κινδύνου πλημμύρας. Εφαρμογή στην Wallonia (Πηγή: EXCIMAP)

Τα αποτελέσματα αφορούν στις υπηρεσίες χωρικού σχεδιασμού, τους ιδιοκτήτες γης κ.α. Οι περιοχές του διαγράμματος που εμφανίζονται ως υψηλού κινδύνου είναι απαγορευτικές για ανάπτυξη. Οι περιοχές ενδιάμεσου κινδύνου θεωρούνται και αυτές απαγορευτικές με εξαιρέσεις

που υπακούουν σε περιορισμούς. Σε περιοχές μικρού κινδύνου, υπάρχει πάλι απαγόρευση και εξαίρεση εφόσον τηρηθούν μικροί περιορισμοί.

Ελβετία

Για το καθορισμό του κινδύνου, οι Ελβετοί χρησιμοποιούν το συνδυασμό

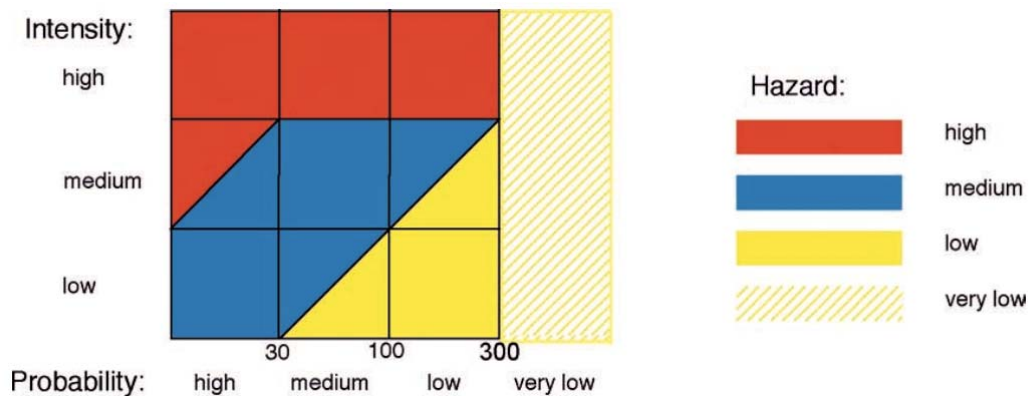
- Πιθανότητας εμφάνισης
- Ένταση (καθορίζεται από ταχύτητα ροής ή/και τα βάθη)

Ο τρόπος καθορισμού του κινδύνου είναι αυτός που αναπαριστάται στο Σχήμα 5.1. Υπάρχουν τα δεδομένα βάθους h , ταχύτητας v (m/s), συγκεκριμένης απορροής (m^3/s) και διάβρωσης της όχθης του ποταμού (m). Με βάση το συγκεκριμένο πίνακα καθορίζεται η ένταση του φαινομένου (πλημμύρα).

The criteria used for the definition of flood hazard are given in detail in the following table.

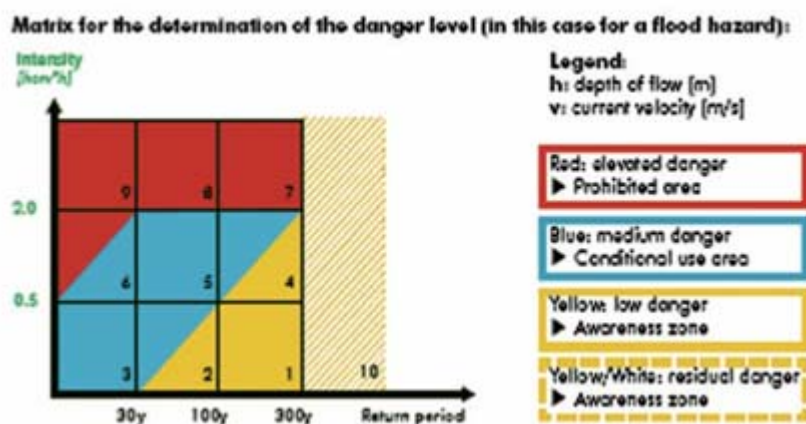
Process	low intensity	medium intensity	high intensity
Debris flow	--	$D < 1$ m	$D > 1$ m
		and $v < 1$ m/s	and $v > 1$ m/s
Static flooding	$h < 0.5$ m	$0.5 < h < 2$ m	$h > 2$ m
Dynamic flooding	$q < 0.5$ m ³ /s	$0.5 < q < 2$ m ³ /s	$q > 2$ m ³ /s
Bank erosion	$t < 0.5$ m	$0.5 < t < 2$ m	$t > 2$ m

D = thickness of debris front
 v = flow velocity (flood or debris flow)
 h = flow depth
 q = specific discharge (m³/s/m) = $h \times v$
 t = extent of lateral erosion



Σχήμα 5.1: Τρόπος καθορισμού του κινδύνου (Πηγή: EXCIMAP)

Τέλος, ο βαθμός του κινδύνου προκύπτει από το παρακάτω διάγραμμα πιθανότητας - έντασης πλημμύρας όπου με κόκκινο χρώμα εμφανίζεται μεγάλος κίνδυνος, με μπλε μέτριος, με κίτρινο μικρός κίνδυνος και με διαγράμμιση πολύ μικρός κίνδυνος. Από το διάγραμμα αυτό μπορεί να εξαχθεί πληροφορία για το βαθμό κινδύνου αντιστοιχώντας κάθε περιοχή σε ένα αριθμό, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 5.3: Διάγραμμα πιθανότητας – έντασης πλημμύρας που καθορίζει το βαθμό κινδύνου (Ελβετία) (Πηγή: EXCIMAP)

Η ερμηνεία των διάφορων βαθμών κινδύνου περιγράφεται αναλυτικά αμέσως παρακάτω:

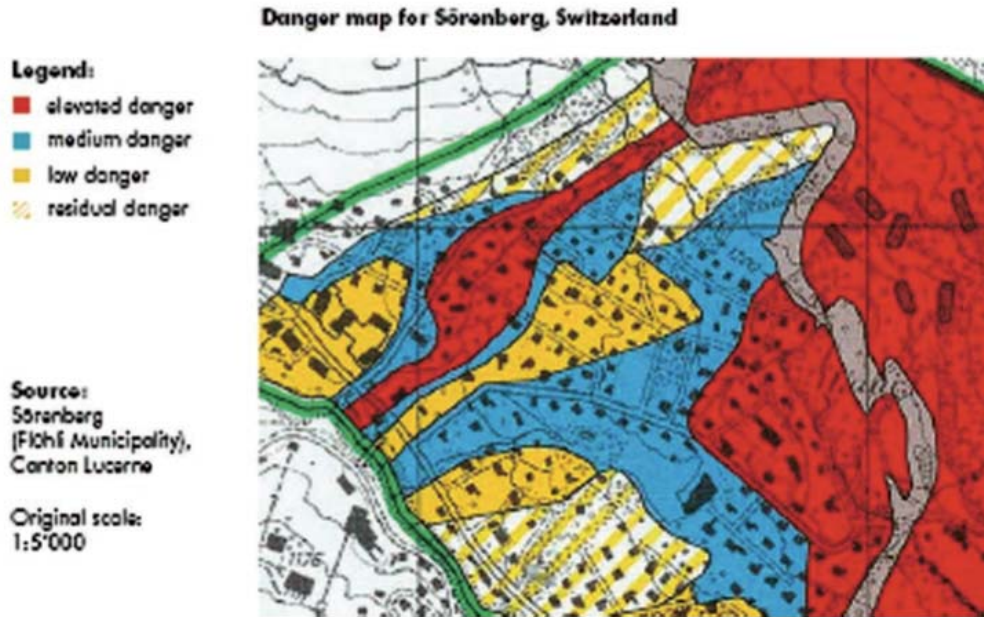
Κόκκινο: Υψηλός κίνδυνος. Η κόκκινη ζώνη καθορίζει μια περιοχή απαγόρευσης (απαγορεύεται η ανάπτυξη στην εν λόγω περιοχή).

Μπλε: Μέτριος κίνδυνος. Περιοχή περιορισμού, όπου με την κατάλληλη παρέμβαση μπορούν να περιοριστούν οι ζημιές.

Κίτρινο: Χαμηλός κίνδυνος. Περιοχή συναγερμού όπου οι άνθρωποι που διαμένουν εκεί ενημερώνονται για τον πιθανό κίνδυνο.

Διαγράμμιση με κίτρινο-άσπρο: Περιοχές ελάχιστου κινδύνου. Περιοχές συναγερμού που αναδεικνύουν πολύ μικρό όμως κίνδυνο.

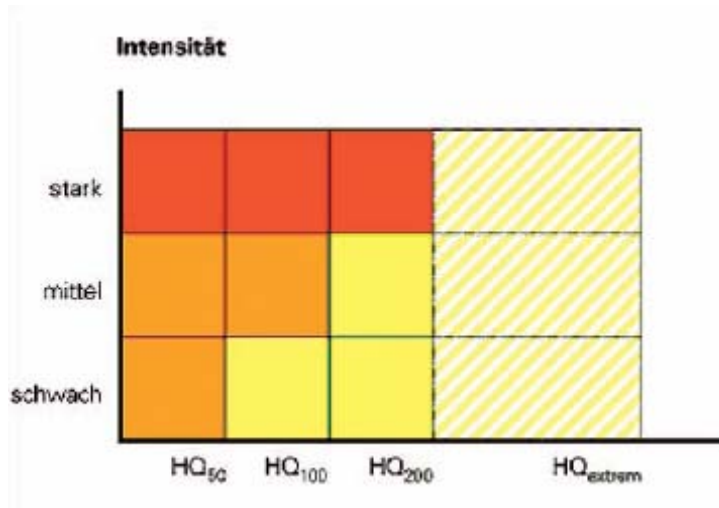
Από το παραπάνω διάγραμμα δημιουργείται ο χάρτης κινδύνου πλημμύρας (Εικόνα 5.1).



Εικόνα 5.1: Χάρτης κινδύνου πλημμύρας για μια περιοχή (Πηγή: EXCIMAP)

Γερμανία (Rheinland-Pfalz)

Ομοίως στη Γερμανία, στην πόλη Rheinland-Pfalz, χρησιμοποιήθηκε η ίδια μέθοδος με την Ελβετία για τον προσδιορισμό του βαθμού κινδύνου και έχει δημιουργηθεί το διάγραμμα έντασης – πιθανότητας πλημμύρας (Διάγραμμα 5.4). Η ένταση και εδώ είναι ένα μέγεθος που προκύπτει από την ταχύτητα ροής και τα βάθη της πλημμύρας.



Διάγραμμα 5.4: Διάγραμμα έντασης – πιθανότητας πλημμύρας (Γερμανία) (Πηγή: EXCIMAP)

Ο κίνδυνος προκύπτει από συχνά φαινόμενα μεγάλης έντασης (κόκκινες περιοχές). Βαθμιαία φτάνουμε σε αμελητέο κίνδυνο που προκύπτει από φαινόμενα σπάνια ή/και μικρής έντασης. Ένα γεγονός πολύ μικρής πιθανότητας εμφάνισης (μια φορά στα 10000 χρόνια) δεν αποτελεί κίνδυνο, όπως δεν αποτελεί κίνδυνο μιας αμελητέας έντασης απορροή.

Αγγλία και Ουαλία

Η Αγγλία παρουσιάζεται ως η πλέον ενεργή χώρα στην παραγωγή χαρτών πλημμύρας. Ο χάρτης πλημμύρας αποτελεί τον κύριο χάρτη που χρησιμοποιεί το Υπουργείο Περιβάλλοντος για να αφυπνίσει υπηρεσίες χωρικού σχεδιασμού, ανάπτυξης, διαχείρισης κρίσεων κλπ σχετικά με την πιθανότητα πλημμύρας και τα πιθανά κόστη.

Οι Άγγλοι έχουν φτάσει στη διατύπωση του κινδύνου μέσω ενός πειραματικού τύπου ο οποίος έχει σαν παραμέτρους το βάθος της πλημμύρας στην εκάστοτε περιοχή την ταχύτητα ροής και έναν συντελεστή για τα φερτά υλικά ($HR = d \times (v + 0.5) + DF$). Φυσικά ένας χάρτης με όλη την πληροφορία και τους παραπάνω υπολογισμούς θα ήταν χρήσιμος μόνο σε έναν ειδικό. Μια πιο απλουστευμένη αλλά και πιο εύχρηστη μορφή αυτού του τύπου, την οποία προτείνει το εγχειρίδιο της Excimap, παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.1: Υπολογισμών μεγέθους κινδύνου πλημμύρας (Αγγλία) (Πηγή: EXCIMAP)

$d \times (v + 0.5)$	Μέγεθος κινδύνου πλημμύρας	Περιγραφή
<0.75	χαμηλός	Προσοχή: "Ζώνη πλημμύρας με χαμηλό τρέχον νερό ή βαθύ στάσιμο νερό"
0.75-1.25	μέσος	"Κίνδυνος: Ζώνη πλημμύρας με μεγάλα βάθη ή μεγάλες ταχύτητες ροής"
1.25-2.5	σημαντικός	"Κίνδυνος: Ζώνη πλημμύρας με βαθιά μεγάλης ταχύτητας νερά"
>2.5	ακραίος	"Ακραίος Κίνδυνος: Ζώνη πλημμύρας με βαθιά μεγάλης ταχύτητας νερά"

Οι περιγραφές στον παραπάνω πίνακα που έχουν αντιστοιχισθεί στο βαθμό κινδύνου επιδέχονται περαιτέρω ανάλυση. Εάν κάποιος θέλει να εντοπίσει οδούς διαφυγής σε επείγουσα

ανάγκη τότε είναι χρήσιμος ο πίνακας. Στην περίπτωση όμως εντοπισμού θέσεως ασφαλούς προς δόμηση απαιτείται πιο λεπτομερής κατηγοριοποίηση του κινδύνου.

5.3 Καθορισμός της διακινδύνευσης στην περίπτωση των χαρτών πλημμύρας. Περιπτώσεις εφαρμογής της Οδηγίας από τις διάφορες χώρες.

Η έννοια της διακινδύνευσης αποτελεί σημαντική έννοια στην Οδηγία. Όλες οι αναφορές και οι κατευθύνσεις της οδηγίας στρέφονται στον προσδιορισμό της διακινδύνευσης για τις διάφορες περιοχές που εκτίθενται σε κίνδυνο. Η διακινδύνευση αφού καθοριστεί, θα δώσει τις προτεραιότητες για ανάληψη δράσης. Επειδή όπως αναφέρεται και στην Οδηγία δε γίνεται να αντιμετωπιστούν τυφλά όλες οι περιπτώσεις πιθανής πλημμύρας, λόγω οικονομικών περιορισμών, χρησιμοποιείται η έννοια της διακινδύνευσης για να τεθούν προτεραιότητες στην ανάληψη δράσης. Η περιοχή με τη μεγαλύτερη διακινδύνευση θα δεχθεί παρεμβάσεις πρώτη από όλες τις άλλες (risk based approach). Έτσι θα υπάρχει, όπως αναφέρει και το άρθρο 18 της Οδηγίας, βέλτιστη διαχείριση των πόρων, και αποφυγή υπερβολικού κόστους.

Ακολουθεί ο τρόπος με τον οποίο αντιμετωπίζεται η έννοια της διακινδύνευσης στην περίπτωση του κινδύνου πλημμύρας από διαφορετικές χώρες.

Ιταλία

Δυο παράμετροι συνυπολογίζονται για τον καθορισμό της διακινδύνευσης:

- Η ευαισθησία (τρωτότητα) και
- η πιθανότητα εμφάνισης.

Τέσσερα επίπεδα διακινδύνευσης ορίζονται βάση του συνδυασμού των παραπάνω. Και στα τέσσερα επίπεδα η ευαισθησία είναι μεγάλη και αλλάζει η περίοδος επαναφοράς (ή πιθανότητα εμφάνισης). Από συνδυασμό πληροφορίας του χάρτη κινδύνου και ενός χάρτη τρωτότητας προκύπτει ο χάρτης διακινδύνευσης (Κεφ. 5- Χάρτες 5.26, 5.27, 5.28, 5.29).

Ισπανία

Ο χάρτης διακινδύνευσης προκύπτει από συνδυασμό χαρτών κινδύνου πλημμύρας με τρωτότητα χρήσεων γης σε ένα σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών. Πέντε διαβαθμίσεις διακινδύνευσης

δημιουργήθηκαν, από πολύ μικρή έως πολύ μεγάλη (Κεφ. 5, Χάρτες 5.15, 5.16). Οι Ισπανοί πέρα από την τρωτότητα που προκύπτει από τη χρήση γης έχουν δημιουργήσει ένα δείκτη τρωτότητας ο οποίος προκύπτει από ένα συνδυασμό παραγόντων:

- Από την άμεση και έμμεση οικονομική τρωτότητα
- Από τις απώλειες σε ανθρώπινες ζωές (τρωτότητα λόγω πληθυσμού)
- Από τις ζημιές σε υπηρεσίες παροχής βοήθειας σε περίπτωση κινδύνου (τρωτότητα κοινότητας)
- Από τις πιθανές ζημιές σε αναγνωρισμένα πολιτιστικά μνημεία

Ελβετία

Στην Ελβετία δεν υπάρχουν διαθέσιμοι χάρτες διακινδύνευσης πλημμύρας. Υπάρχει όμως μια πρώτη απόπειρα με υπέρθεση των ζωνών πλημμυρικού κινδύνου με τις διάφορες χρήσεις γης (πιθανή ζημιά). Πρόκειται για ποιοτική ένδειξη διακινδύνευσης. Απλά χρησιμοποιείται η τοπογραφική πληροφορία (κατοικίες, δημόσιες υπηρεσίες, δίκτυα συγκοινωνιών κλπ).

5.4 Το περιεχόμενο των χαρτών

Τα παραδείγματα που θα ακολουθήσουν έχουν βρεθεί στην έκδοση της Excimap, με όνομα *Atlas of Flood Maps. Examples from 19 European countries, USA and Japan*.

Το περιεχόμενο των χαρτών μπορεί να αφορά:

- Έκταση πλημμύρας
- Πιθανότητας πλημμύρας, βαθών, εξέλιξης φαινομένου πλημμύρας
- Πιθανές ζημιές και απώλειες
- Διακινδύνευση πλημμύρας
- Κίνδυνο πλημμύρας
- Εκκένωση

Ακολουθεί περιγραφή του κάθε είδους χάρτη μαζί με επιλεγμένο το καλύτερο παράδειγμα από το σύνολο των περιπτώσεων του εγχειριδίου: *Atlas of Flood Maps*. Σε κάθε περίπτωση έχουν

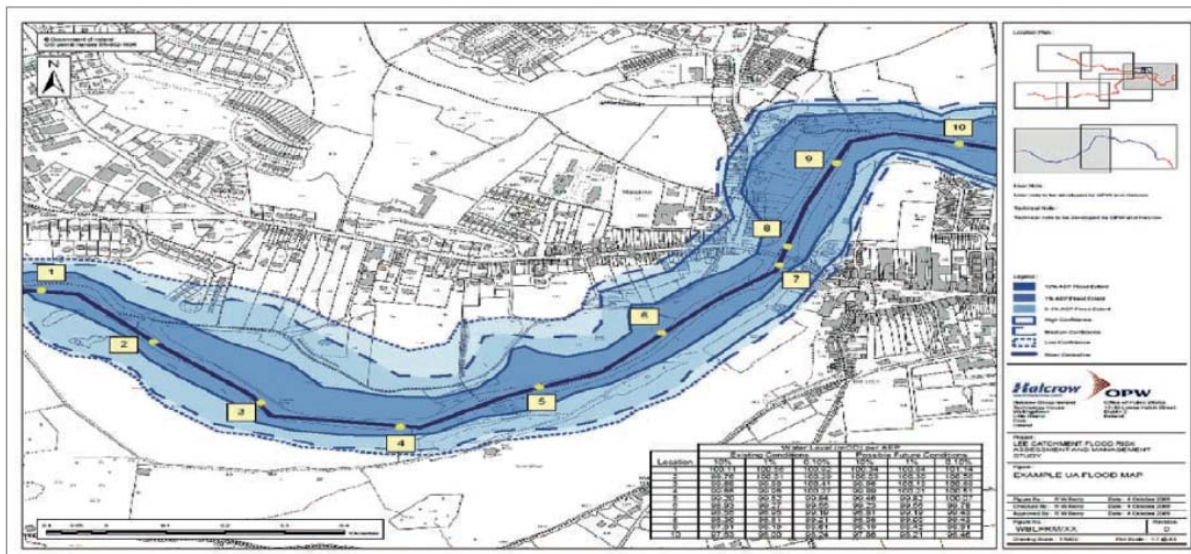
δημιουργηθεί οδηγίες από το σύνολο των εφαρμογών των χωρών μελών της Ε.Ε., που εξυπηρετούν τις αντίστοιχες απαιτήσεις της Οδηγίας 2007/60.

Έκταση πλημμύρας (flood extent)

Στο χάρτη έκτασης πλημμύρας η έκταση τις πιθανής πλημμύρας θα πρέπει να εμφανίζεται ως μια επιφάνεια που καλύπτει το τοπογραφικό υπόβαθρο της περιοχής για μια τιμή συχνότητας **flood level /frequency**. Θα πρέπει να συμπεριλαμβάνονται οι δρόμοι, οι σιδηρόδρομοι, τα σπίτια, τα όρια τω ιδιοκτησιών και τα υδάτινα σώματα από τα οποία προκύπτει η πλημμύρα.

Η έκταση της πλημμύρας θα πρέπει να αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη συχνότητα (πχ 1/10, 1/100/, 1000). Επιπρόσθετα, μπορεί να φαίνεται και η επίδραση των αντιπλημμυρικών έργων.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένα παράδειγμα χάρτη όπου φαίνεται η έκτασης της πλημμύρας (Χάρτης 5.1). Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, το οποίο αφορά σε περιοχή της Ιρλανδίας, υπάρχει το τοπογραφικό υπόβαθρο και με μικρή διαφάνεια παρουσιάζεται με μπλε χρώμα η υπολογισμένη έκταση που θα καταλάβει η πλημμύρα για διαφορετικές περιόδους επαναφοράς.



Χάρτης 5.1: Παράδειγμα χάρτη έκτασης πλημμύρας (Ιρλανδία)

Πιθανότητα εμφάνισης πλημμύρας, βάθη πλημμύρας, εξέλιξη πλημμύρας

Αν και στο χάρτη δεν είναι δυνατόν να φανεί, ενδείκνυται η χρήση διαστάσεων υδροδυναμικών μοντέλων για την παρουσίαση της διαδικασίας πλημμύρας σε real-time προσομοίωση. Στο χάρτη μπορούν απλά να φανούν τα διάφορα στάδια της εξάπλωσης της

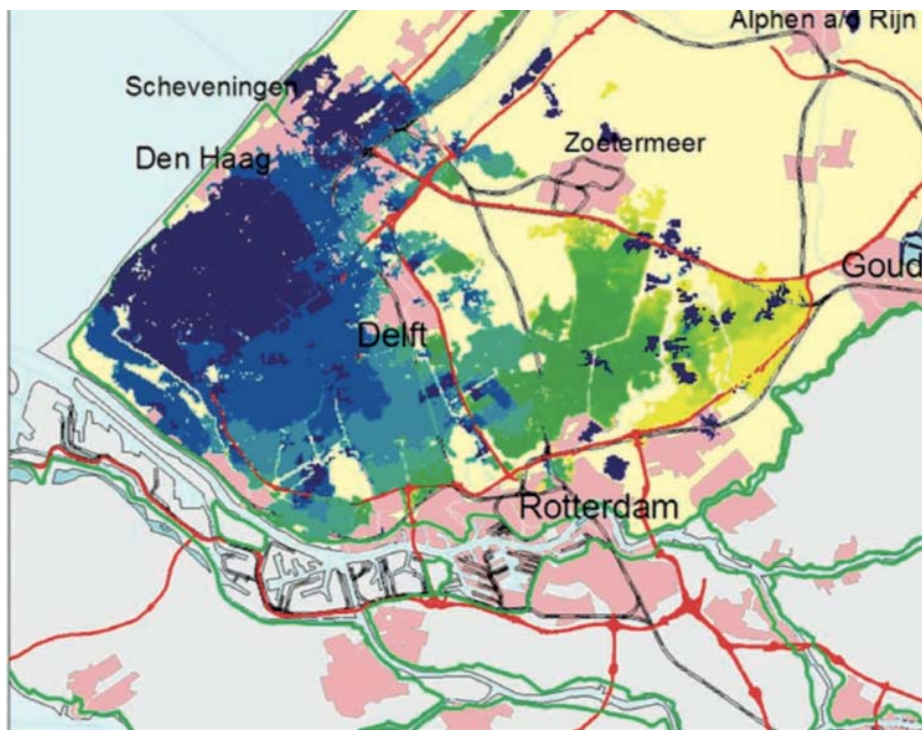
πλημμύρας. Όλα αυτά είναι εξαιρετικά χρήσιμα για την δημιουργία σχεδίων εκκένωσης. Τα μέγιστα πιθανά βάθη δείχνουν που θα έχει μεγαλύτερο αντίκτυπο η πλημμύρα και συνδυάζονται σαν πληροφορία με τα φυσικά ή ανθρώπινα διαθέσιμα στην περιοχή.

Όπως φαίνεται και στο τμήμα του χάρτη 5.2 που παρατίθεται στη συνέχεια, ο χάρτης βαθών εννοείται ότι εμφανίζει και την έκταση της πλημμύρας. Εδώ εμφανίζονται με διαφορετικές διαβαθμίσεις του μπλε τα διαφορετικά βάθη πλημμύρας. Η έκταση της πλημμύρας για τις διαφορετικούς περιόδους επαναφοράς (1/30, 1/100, 1/300) στο συγκεκριμένο παράδειγμα δε φαίνεται με χρωματισμένες επιφάνειες αλλά με γραμμικά σύμβολα. Τα βάθη που αναπαριστώνται με επιφάνειες διαφορετικού χρώματος αντιστοιχούν σε μια περίοδο επαναφοράς (1/100).



Χάρτης 5.2: Χάρτης βαθών πλημμύρας

Ακολουθεί τμήμα χάρτη στο οποίο φαίνεται η εξέλιξη μιας πλημμύρας στο χρόνο (Χάρτης 5.3). Το συγκεκριμένο παράδειγμα αφορά σε περιοχή της Ολλανδίας και εμφανίζονται με μπλε χρώμα οι πρώτες περιοχές που θα πλημμυρήσουν, ενώ με ανοιχτό πράσινο οι τελευταίες.



Χάρτης 5.3: Τμήμα χάρτη όπου απεικονίζεται η εξέλιξη μιας πλημμύρας στο χρόνο (περίπτωση Ολλανδίας) (Πηγή: EXCIMAP)

Πιθανές απώλειες

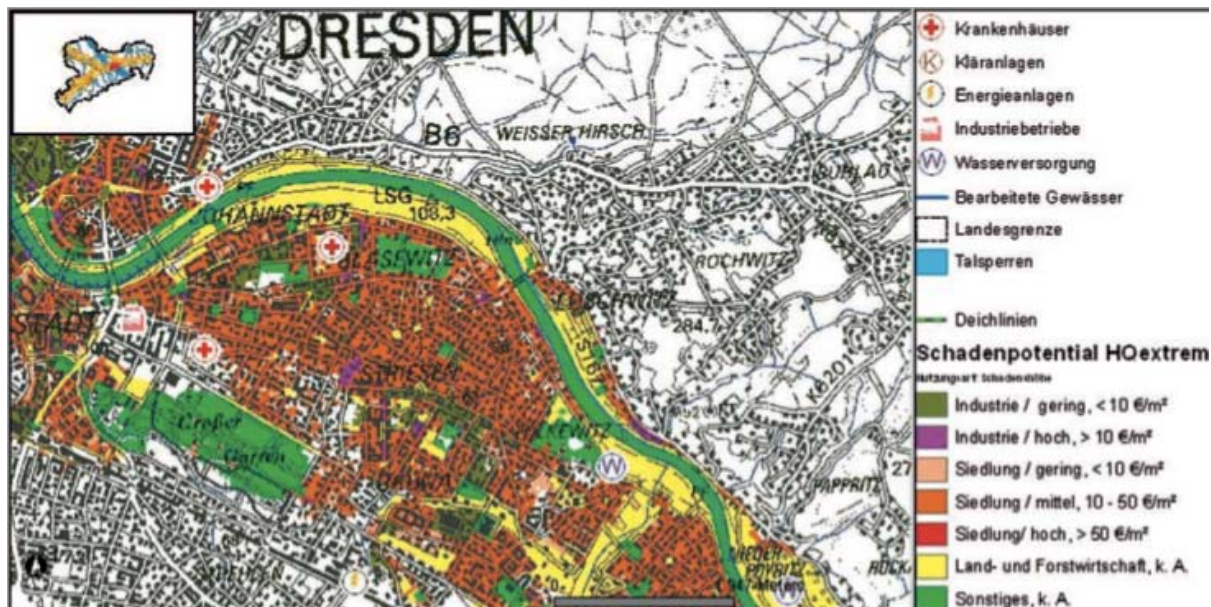
Οι πιθανές απώλειες εξαρτώνται από

- Τις χρήσεις γης
- Την αξία ακινήτων της περιοχής
- Τον πληθυσμό στην περιοχή

Εδώ συνδυάζεται και η πληροφορία από τα βάθη πλημμύρας και αποφασίζεται πχ η ζημιά σε μια υποδομή ανάλογα με το βάθος που θα έχει το νερό σε εκείνη την περιοχή σε περίπτωση πλημμύρας. Συνήθως δεν αρκεί μόνο ο χάρτης σε αυτή την περίπτωση γιατί αναφερόμαστε σε ευαίσθητα δεδομένα και απαιτείται και έγγραφη αναφορά για τα δεδομένα, τα μοντέλα και τις υποθέσεις που έγιναν.

Σχετική πληροφορία με το θέμα των απωλειών είναι υπηρεσίες ή οτιδήποτε άλλο μπορεί να προκαλέσει επιπλέον ζημιά (αποθήκες χημικών, κεντρικοί αυτοκινητόδρομοι, αεροδρόμια, υπηρεσίες, σταθμοί ηλεκτρικού ρεύματος). Τα προηγούμενα αναπαριστώνται με γραμμές ή σημεία και υπάρχουν στους χάρτες.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται χάρτης στον οποίο φαίνονται οι διαφορετικές χρήσεις γης οι οποίες θα επηρεαστούν από ένα υπολογισμένο φαινόμενο πλημμύρας σε μία περιοχή, καθεμία από τις οποίες αναπαριστάται με διαφορετικό χρώμα. Ο συγκεκριμένος χάρτης πρόκειται για ένα χάρτη απωλειών/καταστροφών (Χάρτης 5.4).



Χάρτης 5.4: Χάρτης απωλειών/ καταστροφών για μια συγκεκριμένη περιοχή

Κίνδυνος πλημμύρας (Flood Hazard)

Οι χάρτες κινδύνου πλημμύρας παρέχουν πληροφορία για τα δεδομένα μιας πλημμύρας που είναι σημαντικό να γνωρίζουμε (για να μπορέσουμε να προχωρήσουμε σε σχέδια εκκένωσης και επιχειρήσεις διάσωσης). Τέτοια δεδομένα είναι πχ η ταχύτητα ροής και τα βάθη πλημμύρας. Επειδή είναι απαραίτητη η περιγραφή σε μικρή κλίμακα, η πληροφορία παρέχεται σε ακριβείς χάρτες (1:2500).

Διακινδύνευση (Flood risk)

Η διακινδύνευση συχνά περιγράφεται ως πιθανότητα εμφάνισης x απωλειών. Ένας χάρτης διακινδύνευσης μπορεί να εμφανίσει τη διακινδύνευση πλημμύρας ως αναμενόμενη ετήσια ζημιά από πλημμύρες ή απώλειες ανά χαρτογραφική μονάδα, με δεδομένο πάντα το επίπεδο προστασίας που θα υιοθετηθεί. Πρόκειται για δυσνόητους για το κοινό χάρτες που δύσκολα δημοσιοποιούνται. Οι χάρτες διακινδύνευσης πλημμύρας περιέχουν συνδυασμό πληροφορίας

των προηγούμενων χαρτών και επιπρόσθετη πληροφορία που δε φαίνεται στο χάρτη. Για παράδειγμα θα συνδυαστεί η πληροφορία για τον κίνδυνο πλημμύρας μιας περιοχής, για την τρωτότητα (πχ εκτιμάται ξεχωριστά η απώλεια σε ζωές, σε εγκαταστάσεις και σε ικανότητα αντίδρασης εάν καταστραφούν κάποιες υπηρεσίες). Πέρα από αυτά θα υπάρχει και πληροφορία για πιθανές κατολισθήσεις, για δυσλειτουργίες στην απορροή, αρχείο με τα φυσικά και ανθρώπινα διαθέσιμα, δεδομένα για τα πολιτισμικά μνημεία που θα υπάρχουν στην περιοχή κλπ και όλη την υδρολογική πληροφορία που υπάρχει πίσω από τους χάρτες κινδύνου.

Οι μόνοι διαθέσιμοι επίσημοι χάρτες πλημμυρικής διακινδύνευσης που δείχνουν και πιθανές απώλειες είναι από τη Γερμανία (Rheinland-Pfalz, Sachsen). Ο λόγος είναι πιθανόν η ευαίσθητη φύση της πληροφορίας και η ευκολία στο να παρερμηνευτούν οι χάρτες αυτοί. Η Ιταλία, η Ισπανία και η Ελβετία έχουν επίσημους χάρτες ζωνών διακινδύνευσης που προκύπτουν από το συνδυασμό πιθανότητας πλημμύρας και ευαισθησία/τρωτότητα στην πλημμύρα των διαφορετικών χρήσεων γης. Χάρτες τρωτότητας έχουν δημιουργήσει η Αγγλία και η Ουαλία (κοινωνική τρωτότητα του πληθυσμού) και η Γερμανία για το Sachsen (τρωτές υπηρεσίες στη πλημμύρα, όπως π.χ νοσοκομεία).

Εκκένωση περιοχής (Evacuation maps)

Είναι χάρτες που παρέχουν πληροφορία στο κοινό για το τι πρέπει να γίνει σε περίπτωση πλημμύρας. Δρόμοι διαφυγής, διαδρομές και λεπτομερές οδικό δίκτυο. Πολλές φορές υπάρχουν και συμπληρωματικές οδηγίες επιβίωσης.

Συμπερασματικά στο συγκεκριμένο εγχειρίδιο χαρτών (Atlas of Flood Maps) επισημαίνεται ότι πρέπει να δοθεί προτεραιότητα στη χαρτογραφική πλευρά των χαρτών διακινδύνευσης. Πρέπει δηλαδή πριν φτάσουμε στο σημείο να υπολογίζουμε απώλειες από πιθανές πλημμύρες (διακινδύνευση), που είναι μια πολύπλοκη διαδικασία που εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, να έχουμε δημιουργήσει μια κοινή πλατφόρμα δημιουργίας χαρτών και να έχουμε ξεκαθαρίσει τις βασικές πληροφορίες που έχουμε στη διάθεσή μας. Αυτές τις πληροφορίες δηλαδή που παρουσιάζει ένας χάρτης κινδύνου πλημμύρας. Σκοπός και της παρούσας εργασίας είναι η δημιουργία ενός τέτοιου χάρτη.

Ακολουθούν επιλεγμένα παραδείγματα χαρτογράφησης πλημμύρων από το σύνολο των εφαρμογών σε 19 διαφορετικές χώρες της Ε.Ε. Αρχικά θα παρουσιαστεί η περίπτωση της Ολλανδίας που παρουσιάζει και πολλές περιπτώσεις πλημμύρας και που είναι η χώρα με το μεγαλύτερο ενδιαφέρον στο συγκεκριμένο ζήτημα. Η Ολλανδία πήρε την πρωτοβουλία της δημιουργίας ενός βιβλίου με χάρτες από κάθε χώρα που έχει ασχοληθεί με το ζήτημα των πλημμυρών μέσω των υπουργείων Μεταφορών, Δημοσίων Έργων και Διαχείρισης του Νερού. Αυτό το αρχείο χαρτών υπάρχει και στον ιστότοπο της Ε.Ε. για τις πλημμύρες με το όνομα **Atlas of Flood Maps**.

5.5 Η περίπτωση της Ολλανδίας

Το γνώρισμα της Ολλανδικής παράκτιας ζώνης (το χερσαίο τμήμα βρίσκεται σε πολλά σημεία κάτω από τη στάθμη της θάλασσας) την καθιστά ιδιαιτέρως ευάλωτη στις παράκτιες πλημμύρες και τη διάβρωση, που οφείλονται στις καταιγίδες και την ανύψωση της στάθμης της θάλασσας. Τα μέρη της χώρας τα οποία βρίσκονται κάτω από τη στάθμη της θάλασσας προστατεύονται ενάντια στις πλημμύρες από μια παράκτια αμυντική υποδομή που αποτελείται από φυσικές και τεχνητές μονάδες. Επί αιώνες, οι κάτοικοι της συγκεκριμένης περιοχής έδιναν μάχη ενάντια στις απειλές της θάλασσας. Για το λόγο αυτό, ανέκαθεν ασχολούνταν με εγγειοβελτιωτικά έργα, με κατασκευή αναχωμάτων και έργα ελέγχου της στάθμης του νερού (Karel Van der Mullen, 2001).

Η διαβίωση των ανθρώπων στην παράκτια ζώνη της Ολλανδίας διευκολύνθηκε με ένα από τα πιο εκτεταμένα παγκοσμίως συστήματα παράκτιας άμυνας όπου τα φράγματα και τα αναχώματα προστατεύουν σχεδόν τη μισή έκταση των 451 km (280 μίλια) της ακτογραμμής (Εικόνα 5.2). Από το 1990, η παράκτια πολιτική προβλέπει τη διαφύλαξη και προστασία της ακτογραμμής μέσω εμπλουτισμού με άμμο για την πρόληψη περαιτέρω απώλειας γης. Έως τώρα, αυτή η πολιτική υπήρξε επιτυχής. Ωστόσο, μελλοντικά, μπορεί να προκύψουν προβλήματα λόγω της ανύψωσης της θαλάσσιας στάθμης και της περαιτέρω αστικοποίησης της παράκτιας ζώνης.



Εικόνα 5.2: Περιοχή που περικλείεται από αναχώματα (Ολλανδία)

Με το πέρασμα του χρόνου, οι Ολλανδοί έγιναν γνωστοί για το αποκαλούμενο μοντέλο διαχείρισης "polder" (αποξήρανση εκτάσεων και προστασία με αναχώματα), το οποίο καθιστά αναγκαία την εκτενή διαβούλευση και ενεργή εμπλοκή όλων των σχετικών παραγόντων στη λήψη αποφάσεων και στο σύνολο της διαχείρισης.

Η Ολλανδία παρουσιάζεται επιρρεπής στην πλημμύρα στο 60% της επιφάνειάς της. Υπάρχουν 95 κυλινδρικά αναχώματα (dike-rings) που προστατεύουν τις περιοχές που κινδυνεύουν να πλημμυρήσουν από τη Βόρεια θάλασσα, από ποταμούς ή λίμνες. Οι πλημμύρες στην Ολλανδία, που έχει διαχωριστεί με βάση τις περιοχές αυτές θα προκύψουν από καταστροφή ή υπερχειλίση των επιχωμάτων ή άλλων αντιπλημμυρικών εργασιών. Αυτό σημαίνει ότι μια περιοχή μεγάλη σε έκταση μπορεί να πλημμυρήσει σε μικρό χρονικό διάστημα. Μόνο σχετικά μικρές μη προστατευόμενες περιοχές, έξω από τα αναχώματα συναντούν τη πλημμύρα όπως αυτή εκφράζεται από μια υπερχειλίση ποταμού.

Η Ολλανδία έχει δημιουργήσει επίσημους χάρτες εύρους πλημμύρας τους οποίους παρουσιάζει στο διαδίκτυο (www.risicokaart.nl). Επίσης υπάρχουν και διάφοροι άλλοι χάρτες πλημμύρας για διαχείριση κινδύνων. Βάση της οδηγίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης θα γίνει διαχωρισμός στους επιμέρους χάρτες που περιγράφουν το φαινόμενο της πλημμύρας.

Ο **χάρτης 5.5** που ακολουθεί δείχνει τα μέγιστα βάθη πλημμύρας για όλη την Ολλανδία, που μπορεί να προκύψουν μετά από υπερχειλίση επιχωμάτων χωρίς να υπολογίζεται μια περίοδος

επαναφοράς. Έτσι δεν μπορεί να υπολογισθεί σαν μια πραγματική πιθανή κατάσταση αλλά ως το χειρότερο σενάριο για κάθε περιοχή.

Ο **χάρτης 5.6** αναπαριστά τα βάθη για ένα συγκεκριμένο γεγονός: Μιας πλημμύρας που προκλήθηκε από καταιγίδα στη Βόρεια θάλασσα και αποτυχία των φυσικών επιχωμάτων στη συγκράτηση της υδάτινης μάζας. Με διαβαθμίσεις του μπλε αναπαριστούνται τα διάφορα βάθη.

Ο **χάρτης 5.7** αναπαριστά τις πιθανές ζημιές για ένα συγκεκριμένο γεγονός. Οι μέγιστες ζημιές δε συμπίπτουν απαραίτητα με τα μέγιστα βάθη. Φυσικά ζημιές υπάρχουν μόνο όπου υπάρχει και πλημμύρα αλλά εξαρτώνται από τους κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες της περιοχής παρά από το αναμενόμενα βάθη πλημμύρας.

Ο **χάρτης 5.8** δείχνει το χρόνο εμφάνισης του φαινομένου της πλημμύρας σε περίπτωση αποτυχίας ενός φράγματος στις ακτές της Ολλανδίας. Πρόκειται για σημαντική πληροφορία που θα χρησιμοποιηθεί στην δημιουργία σχεδίου εκκένωσης της περιοχής από οργανισμούς διαχείρισης κινδύνου.

Στον **χάρτη 5.9** έχουμε ένα παράδειγμα όπου το βάθος πλημμύρας εμφανίζεται σε συνάρτηση του ύψους του ανθρώπινου σώματος. Έτσι έχουμε την εξής αντιστοίχιση χρώματος-ύψους του ανθρώπινου σώματος:

Βαθύ μπλε: Στο ύψος του αστράγαλου.

Ανοιχτό μπλε: Στο ύψος του γονάτου.

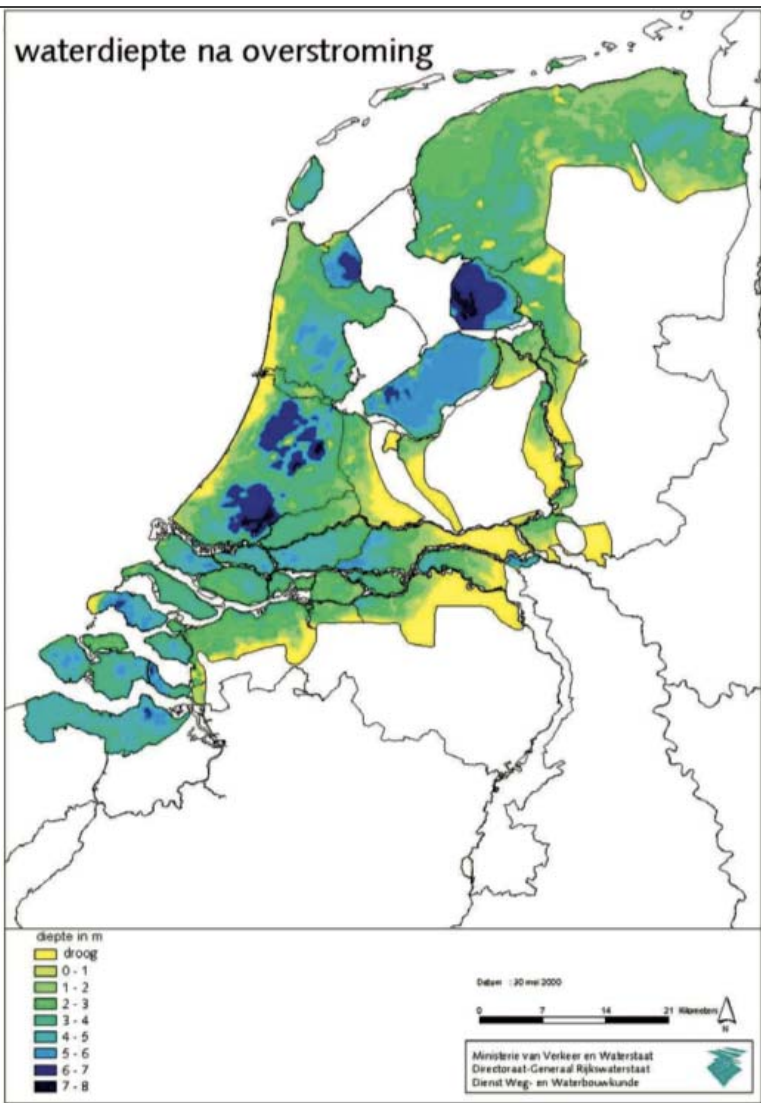
Ανοιχτό ροζ: Στο ύψος των μηρών.

Πορτοκαλί: Στο ύψος του κεφαλιού.

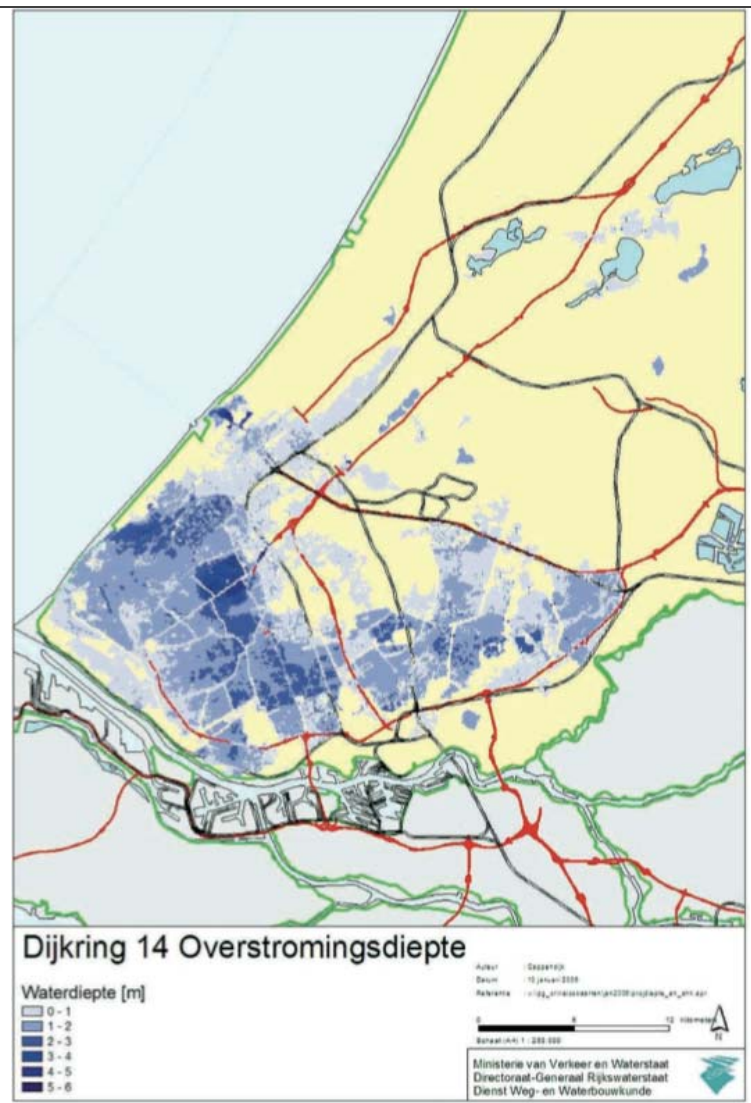
Κόκκινο: Καλύπτεται ένα ανθρώπινο σώμα.

Άλλο ένα παράδειγμα της πληροφορίας που μπορούμε να έχουμε από προσομοίωση πλημμύρας φαίνεται στην περιοχή Land of Maas en Waal στην Ολλανδία. Εδώ συνδυάζεται πληροφορία από δύο χάρτες. Ο πρώτος δείχνει το χρόνο άφιξης της πλημμύρας βάθους 0,50 μ. (χάρτης 5.10) και ο δεύτερος το ρυθμό ανύψωσης της στάθμης του νερού (χάρτης 5.11). Ο ρυθμός ανύψωσης του νερού έχει μεγάλη επίπτωση στο αριθμό των απωλειών, ειδικά για βάθη 0-1,5 m. Οι υψηλότερες τιμές του ρυθμού αύξησης εμφανίζονται κοντά στο σημείο όπου αποτυγχάνει το φράγμα (πράσινη κουκίδα). Ο συνδυασμός της πληροφορίας ενός τέτοιου χάρτη με ένα χάρτη

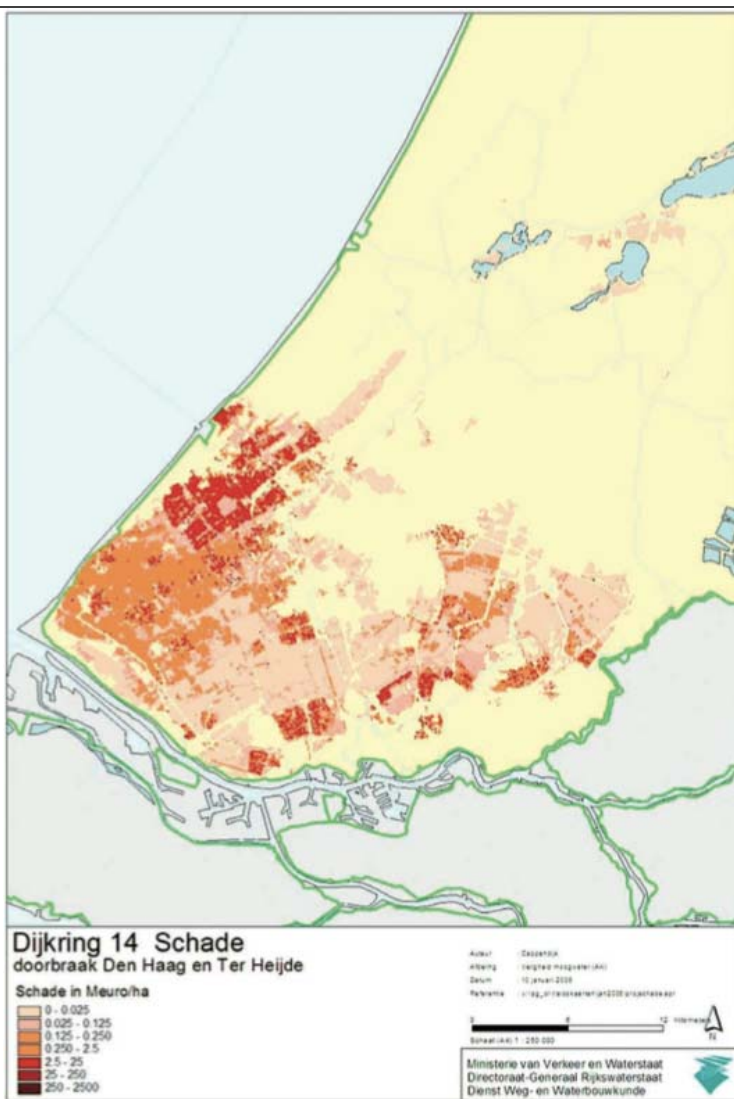
που δείχνει την πυκνότητα πληθυσμού και ενός χάρτη βαθών πλημμύρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να έχουμε μια εικόνα του πιθανού αριθμού απωλειών σε μια περιοχή ευάλωτη σε πλημμύρα.



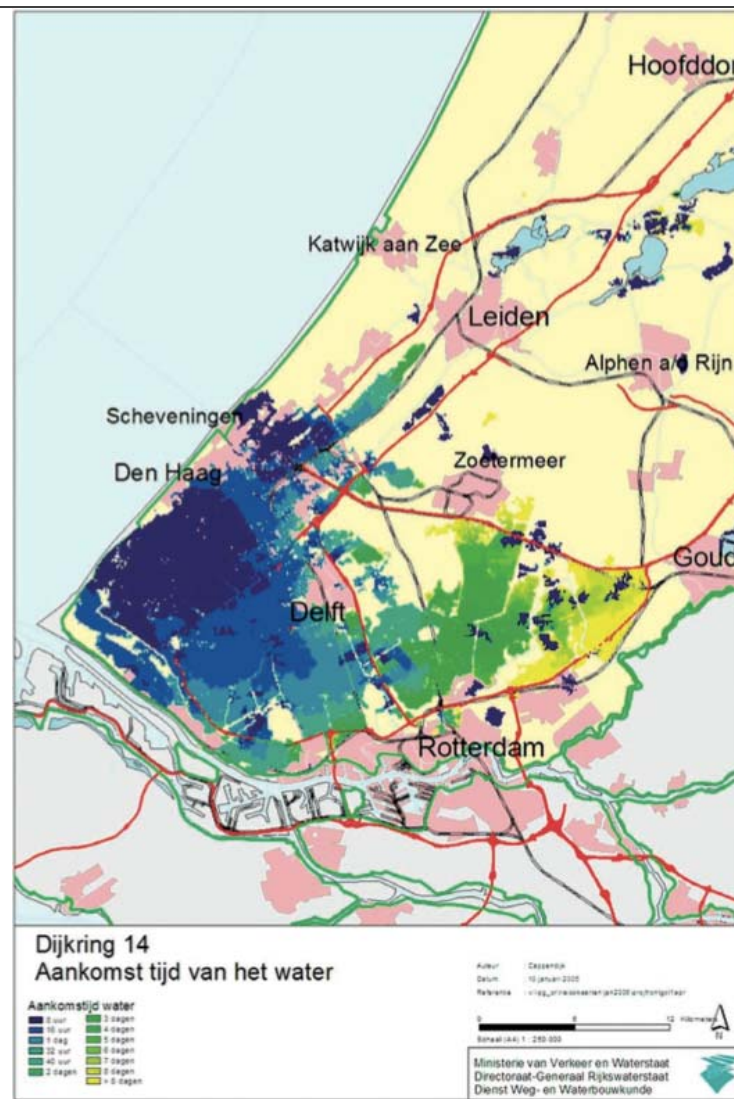
Χάρτης 5.5: Βάθη πλημμύρας σε όλο το εύρος της χώρας (Πηγή: EXCIMAP)



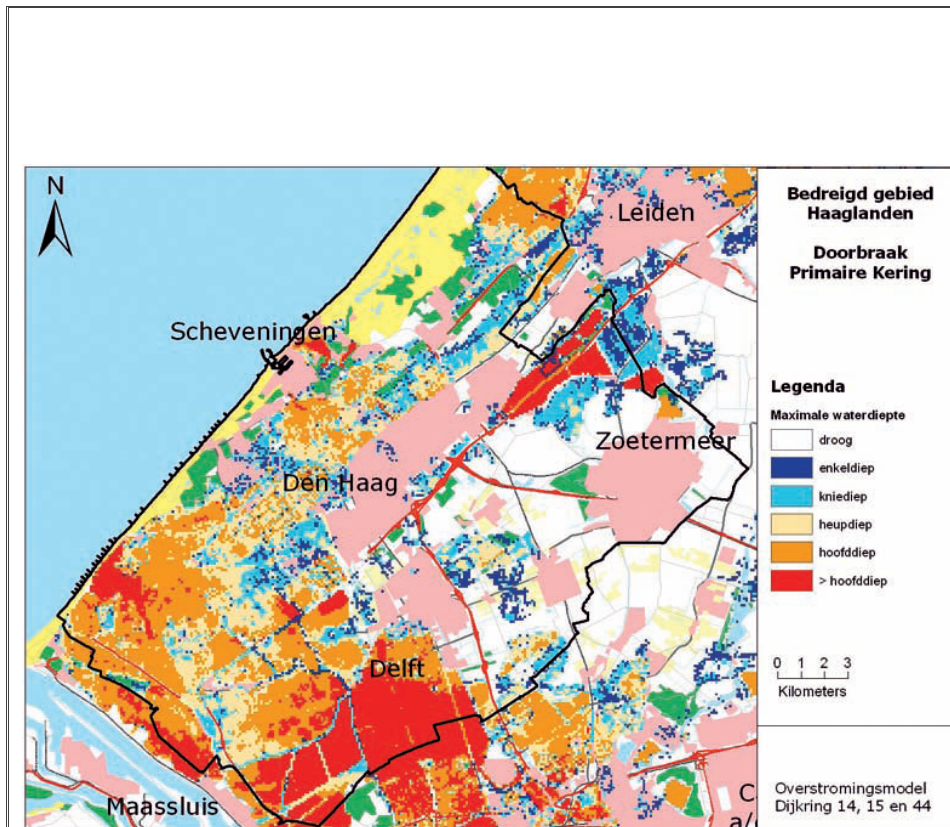
Χάρτης 5.6: Παράδειγμα μέγιστων βαθών πλημμύρας που έχουν προκληθεί από πραγματικό γεγονός πλημμύρας (Πηγή: EXCIMAP)



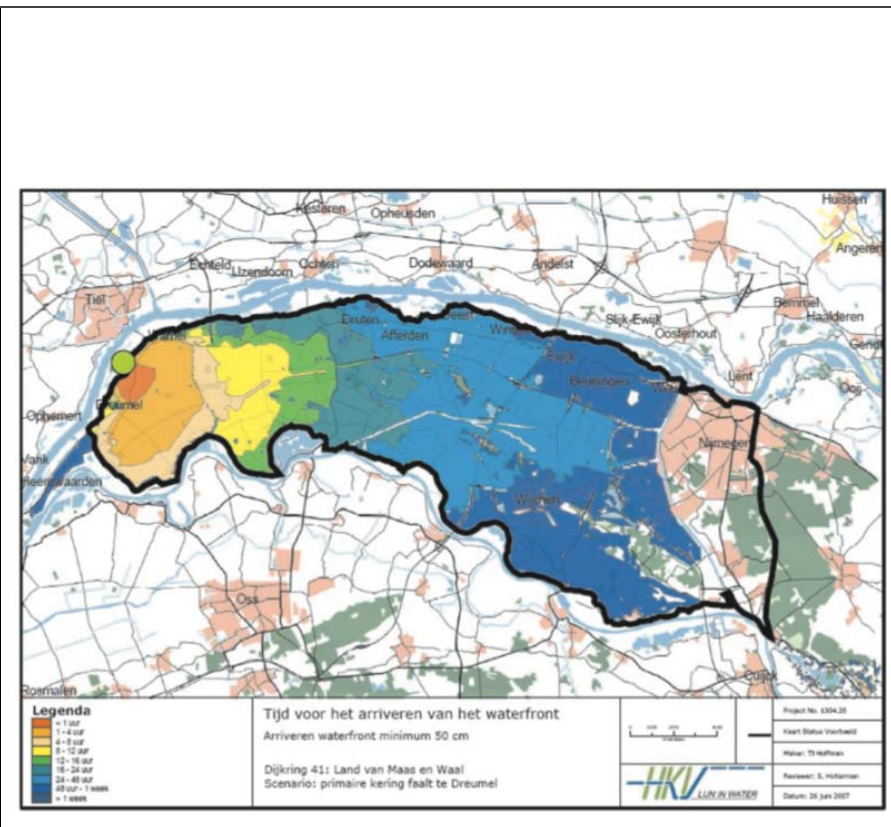
Χάρτης 5.7: Οι πιθανές καταστροφές του γεγονότος της πλημμύρας από τα Βόρεια παράλια της Ολλανδίας. (Πηγή: EXCIMAP)



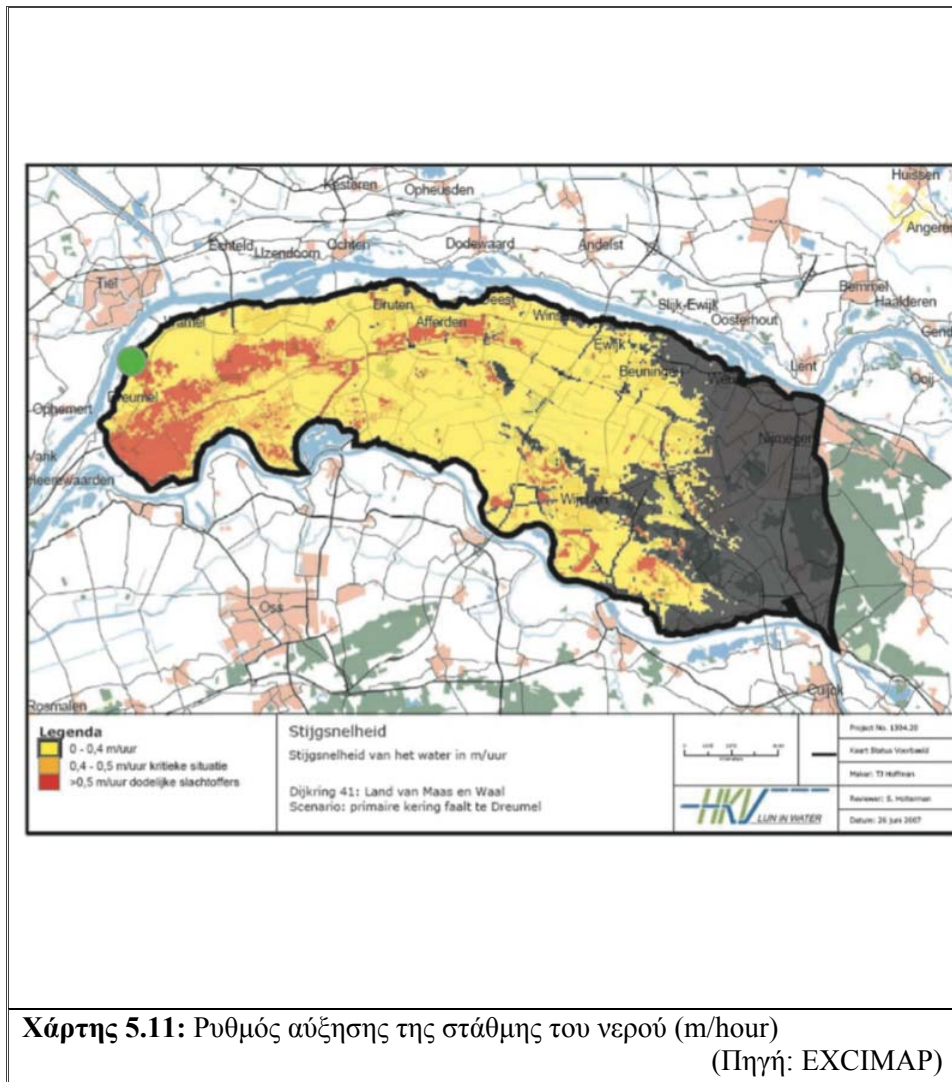
Χάρτης 5.8: Η εξέλιξη της πλημμύρας στο χρόνο για το ίδιο συμβάν (Πηγή: EXCIMAP)



Χάρτης 5.9: Χάρτης κινδύνου πλημμύρας με ένδειξη των αναμενόμενων βαθών βάσει του ανθρώπινου σώματος (Πηγή: EXCIMAP)



Χάρτης 5.10: Άφιξη του μετώπου της πλημμύρας (βάθος 50cm) στο χρόνο (Πηγή: EXCIMAP)



Χάρτης 5.11: Ρυθμός αύξησης της στάθμης του νερού (m/hour)
(Πηγή: EXCIMAP)

5.6 Η περίπτωση της Σουηδίας

Η Σουηδία αποτελεί παράδειγμα εργασίας σε τοπικό επίπεδο (μικροκλίμακα). Έχει επιλέξει την προσέγγιση από κάτω προς τα πάνω για να εξασφαλίσει ότι οι κίνδυνοι θα αντιμετωπίζονται βάσει των τοπικών διαθεσίμων. η εκτίμηση κινδύνου πρέπει να γίνει σε μικροκλίμακα καθώς ατυχήματα και καταστροφές εμφανίζονται τοπικά. Οι επιρροές μιας καταστροφής βέβαια μπορεί να είναι τοπικού έως και εθνικού επιπέδου. Έτσι η κεντρική ιδέα της Σουηδικής πολιτικής για τη διαχείριση κινδύνου είναι η *subsidiary principle*.

Το Υπουργείο Υπηρεσιών Διάσωσης (SRSA) έχει αναλάβει την πλήρη χαρτογράφηση του υδρολογικού δικτύου της Σουηδίας από το 1998. Στην πληθώρα χαρτών που παράγονται καλύπτονται και οι φυσικές πλημμύρες και δεν έχουν γίνει χάρτες για πλημμύρες που προκύπτουν για παράδειγμα από σπάσιμο φράγματος. Δίνεται σημασία στη προκαταρκτική εκτίμηση κινδύνου. Χρησιμοποιούνται καταγραφές για παλιότερα συμβάντα πλημμύρων.

Παραγωγή χαρτών

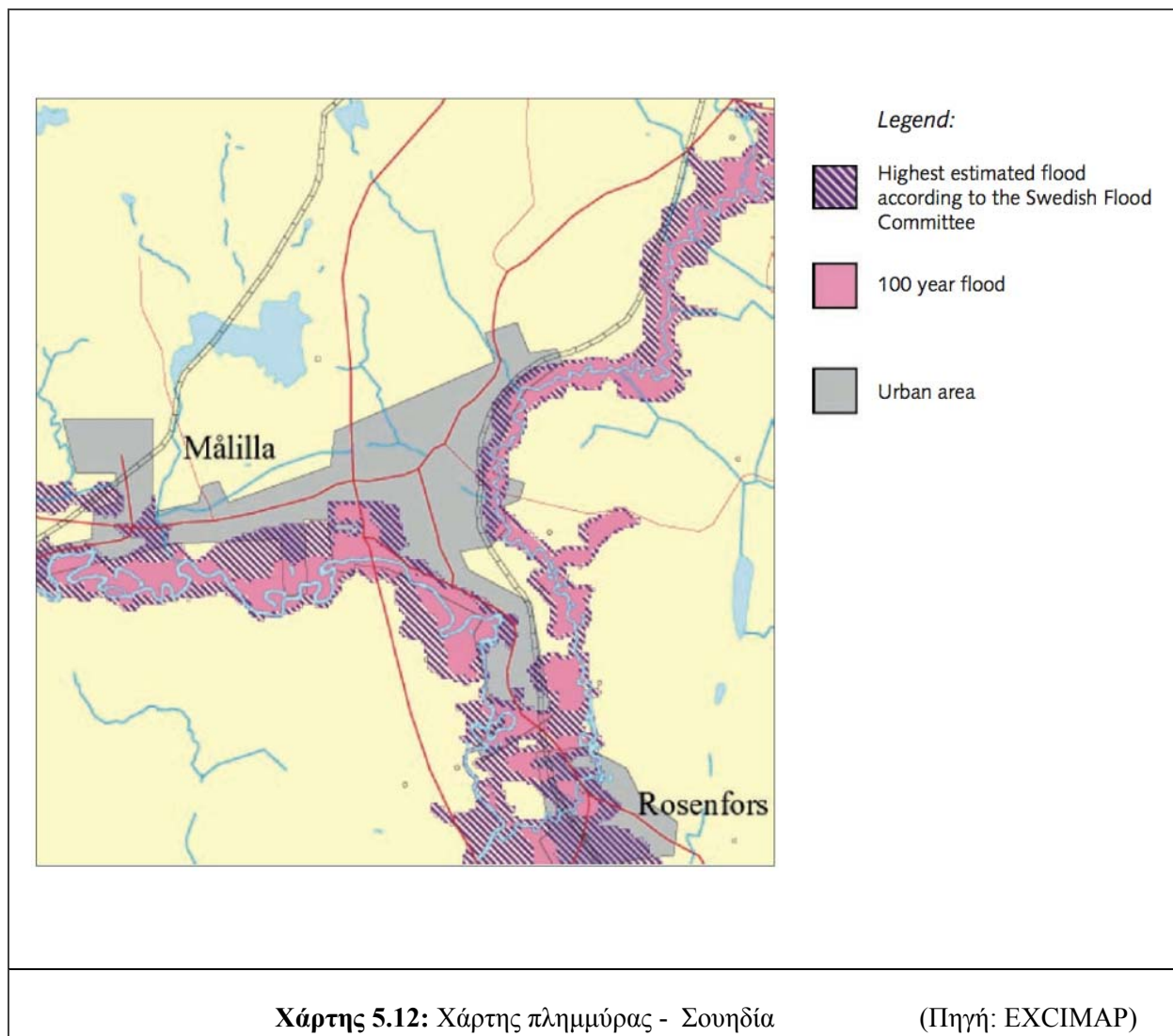
Χρησιμοποιούνται τρία στοιχεία:

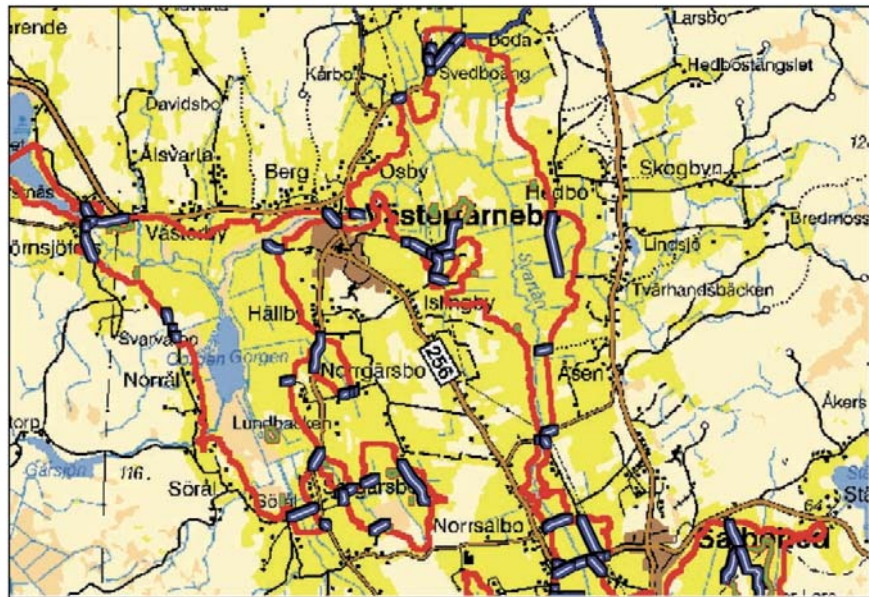
1. Υπολογισμός δυο ειδών πλημμύρας. Της πλημμύρας 100 χρόνων που υπολογίζεται από τη στατιστική επεξεργασία παρατηρήσεων *water flow* και της μέγιστης πλημμύρας που υπολογίζεται με βάση τις οδηγίες της επιτροπής για τις πλημμύρες της Σουηδίας. Στη δεύτερη περίπτωση δημιουργείται ένα υδρολογικό μοντέλο απορροής (**run-off**) που συνυπολογίζει τη χιονόπτωση, το λιώσιμο του χιονιού και τις συνθήκες της υγρασίας του εδάφους, τις πιθανές εκροές (**waterways**) και τις τυχόν φυσικές και μη αποθήκες νερού.
2. Υπολογισμός των βαθών των χειμάρρων κατά τη διάρκεια των δυο ειδών πλημμύρας. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ενός υδραυλικού μοντέλου.
3. Χαρτογράφηση των πλημμυρισμένων περιοχών κατά μήκος των χειμάρρων. Εδώ χρησιμοποιείται ένα ΣΓΠ. Υπολογίζονται τα βάθη κατά μήκος του χειμάρρου και με τη βοήθεια ενός τοπογραφικού υποβάθρου και ενός DEM βρίσκεται η περιοχή που θα πλημμυρίσει.

Ο χάρτης 5.12: Χρησιμοποιούνται τόσο τυπωμένοι χάρτες όσο και επίπεδα πληροφορίας σε ΣΓΠ με δυνατότητα περεταιίρω επεξεργασίας. Η κύρια ιδέα είναι θα γίνει επίθεση των επιπέδων

πληροφορίας (σε κλίμακα 1:50000) όπου και θα φαίνεται που θα προκύψουν πλημμύρες και θα εντοπιστούν πιθανά προβλήματα πχ δρόμων, σιδηροδρομικών γραμμών, γεφυρών και κτιρίων που βρίσκονται εντός των πλημμυρισμένων ζωνών. Μπορεί επίσης να συνδυαστεί και επιπλέον πληροφορία όπως θέσεις όπου υπάρχει κίνδυνος κατολίσθησης, αριθμός κατοίκων, βιομηχανίες κλπ.

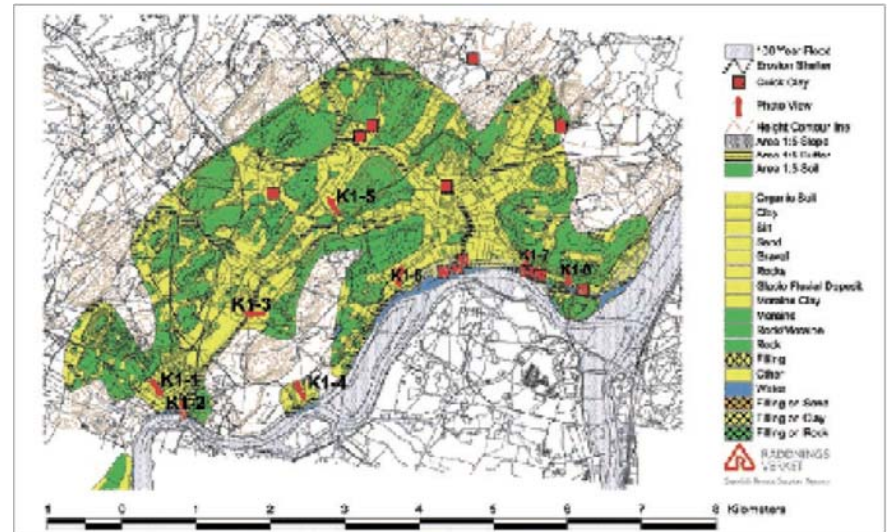
Οι **χάρτες 5.13 και 5.14** είναι παραδείγματα συνδυασμού πληροφορίας κινδύνου πλημμύρας και χρήσης γης. Ο πρώτος δείχνει του δρόμους που θα επηρεαστούν από την πλημμύρα, ενώ ο δεύτερος δείχνει την θέση όπου το έδαφος είναι ευαίσθητο σε μεγάλες ποσότητες νερού.





Χάρτης 5.13: Δρόμοι που κινδυνεύουν με καταστροφή σε περίπτωση πλημμύρας (κόκκινα τμήματα)

(Πηγή: EXCIMAP)



Χάρτης 5.14 Περιοχές διαφορετικών γεωλογικών περιοχών ανάλογα με την ευαισθησία σε πλημμύρα. Επίθεση με τον χάρτη έκτασης της πλημμύρας (Πηγή: EXCIMAP)

5.7 Η περίπτωση της Ισπανίας

Στην Ισπανία ακολουθούν διαφορετική πολιτική από ότι στις υπόλοιπες Ευρωπαϊκές χώρες. Οι μελέτες για τις πλημμύρες είναι ευθύνη των αντίστοιχων ομοσπονδιών για τον κάθε ποταμό ξεχωριστά.

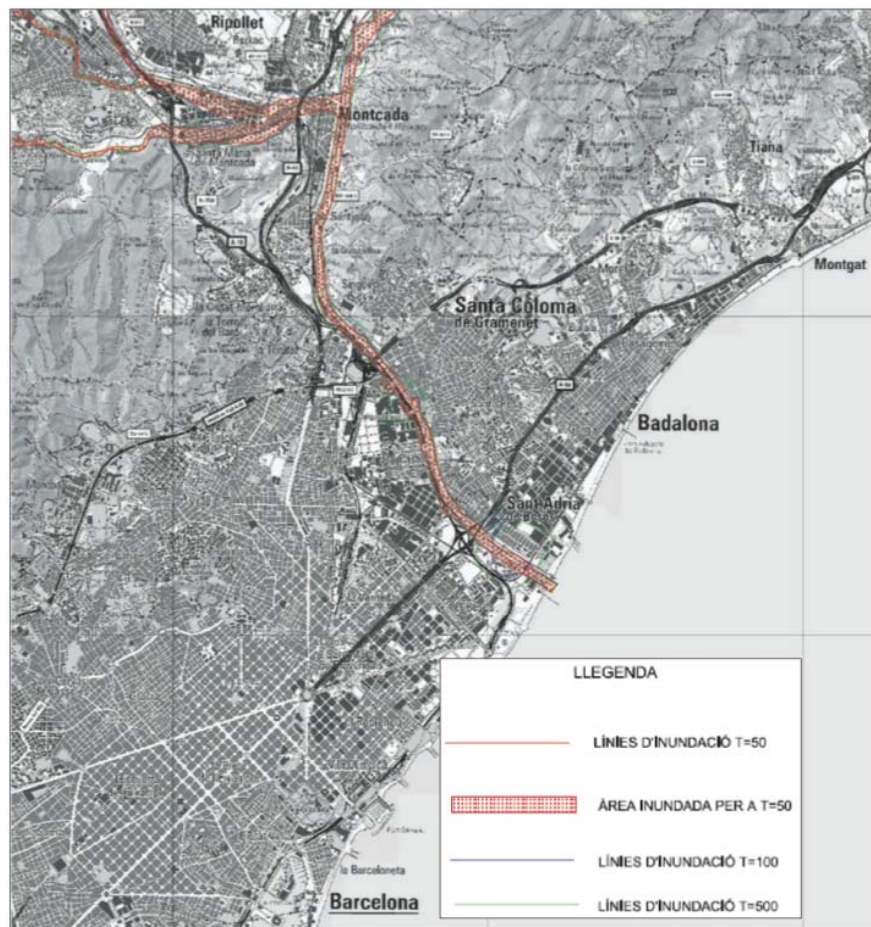
Ένα καλό παράδειγμα μελέτης πλημμύρας αποτελεί αυτό της Καταλονίας, όπου η κυβέρνηση μέσω του υπουργείου για τα νερά έχει προχωρήσει σε ένα διαχειριστικό σχέδιο για την περίπτωση πλημμύρας (Inuncat) στο οποίο όλες οι περιοχές πλημμύρας από ποταμούς της Καταλονίας έχουν ήδη εντοπιστεί.

Πιο συγκεκριμένα έχουν υπολογιστεί οι λεκάνες απορροής για τους κύριους ποταμούς εντός της Καταλονίας αλλά και για τον ποταμό Ebro που περνάει και από άλλες περιοχές. Οι παραπάνω μελέτες προσδιορίζουν τις πληγείσες περιοχές (**inundation areas**) για περιόδους επαναφοράς 1/50, 1/100, και 1/500 χρόνων (χάρτης 5.15) και αποτυπώνουν τις πιθανές πληγείσες περιοχές από γεωμορφολογικής άποψης. Επιπλέον, συμπεριλαμβάνεται μια βάση δεδομένων με τις κρίσιμες θέσεις οι οποίες στο παρελθόν έχουν επανειλημμένα αποδειχθεί προβληματικές.

Ο χάρτης 5.16 είναι ένα παράδειγμα χάρτη πλημμυρικού κινδύνου (**flood hazard map**) στο βόρειο τμήμα της Βαρκελώνης. Εμφανίζονται οι περιοχές μικρού, μεσαίου και μεγάλου κινδύνου με πράσινο, πορτοκαλί και κόκκινο χρώμα αντίστοιχα.

Τόσο οι **χάρτες έκτασης πλημμύρας** όσο και οι **χάρτες πλημμυρικού κινδύνου** υπάρχουν στο διαδίκτυο και μπορούν να αποθηκευτούν σε μορφή pdf.

Οι χάρτες αυτοί της Καταλονίας είναι πολύ ευδιάκριτοι.



Χάρτης 5.15: Χάρτης έκτασης πλημμύρας για την λεκάνη του ποταμού Besós (Βόρεια Βαρκελώνη) για τρεις περιόδους επαναφοράς.
(Πηγή: EXCIMAP)



Χάρτης 5.16: Χάρτης κινδύνου πλημμύρας για την λεκάνη του ποταμού Besós (Βόρεια Βαρκελώνη) για τρεις περιόδους επαναφοράς
(Πηγή: EXCIMAP)

Βόρεια Ισπανία

Στη βόρεια λεκάνη της Ισπανίας, έκτασης 38.384 km², 2.900.129 κάτοικοι εκμεταλλεύονται εντατικά τις λίγες επίπεδες εκτάσεις. Τα γεωγραφικά και γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής στην οποία συμπεριλαμβάνονται τα βουνά Cantabrian (Εικόνα 5.3), συνθέτουν ένα περιβάλλον όπου οι ποταμοί έχουν μεγάλες κλίσεις, με μικρού μήκους αλλά μεγάλου βάθους κανάλια και οι αποφορτίσεις τους είναι μεγάλες σε ποσότητα, ταχύτητα, διαβρωτική ισχύ, και ποσότητας φερτών υλικών. Άλλο ένα χαρακτηριστικό είναι η γρήγορη αντίδραση του ποτάμιου συστήματος μετά από μια βροχόπτωση.



Εικόνα 5.3: Όρη Cantabrian στην περιοχή της Βόρειας Ισπανίας

Η προσέγγιση που ακολουθείται σε αυτή την περίπτωση από τους Ισπανούς είναι να χωρίζεται το πεδίο πλημμύρας σε οριζόντιες ζώνες ανάλογα με τη συχνότητα πλημμύρας, με όρια τις όχθες και τους απότομους βράχους. Συμπληρωματικά χρησιμοποιείται πληροφορία από παλαιότερες καταγραφές πλημμύρας. Η συγκεκριμένη μέθοδος, βασίζεται σε πραγματικά συμβάντα πλημμύρας και είναι εξαιρετικά χρήσιμη σε ποτάμια συστήματα όπου οι ποταμοί είναι περιορισμένοι εντός των "τειχών" μιας κοιλάδας και το πεδίο πλημμύρας έχει ξεκάθαρο όριο.

Το πρώτο βήμα σε αυτή τη μέθοδο είναι ο καθορισμός της περιοχής μελέτης με αποτύπωση των ορίων των ποτάμιων συστημάτων καθώς και του καναλιού (χρησιμοποιούνται αεροφωτογραφίες). Με ανάλυση παλαιών φωτογραφιών ερμηνεύεται η "συμπεριφορά" του ποταμού στο πρόσφατο παρελθόν. Είναι απαραίτητο να κρατούνται πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά των ποτάμιων συστημάτων όπως το πλάτος του καναλιού, το ύψος της όχθης κλπ.

Η κύρια ιδέα είναι να χαρτογραφηθούν τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του εδάφους. Απαραίτητο εργαλείο είναι τα ΓΣΠ γιατί υπάρχει η δυνατότητα καταγραφής όλης της πληροφορίας για αναπαράσταση σε χάρτες πλημμύρας ή για να χρησιμοποιηθεί μετέπειτα σε σχέδια έκτακτης ανάγκης.

Τα ιστορικά δεδομένα για τις πλημμύρες αποκτούνται από καταγραφές σε παλαιότερα αρχεία και με συνεντεύξεις από τους κατοίκους των πληχθείσων περιοχών. Στη συνέχεια αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων, όπου συμπεριλαμβάνονται φωτογραφίες και βίντεο από πλημμύρες και από δεδομένα για τη ροή του ποταμού και τη βροχόπτωση τη δεδομένη χρονική περίοδο (Εικόνα 5.4).



Εικόνα 5.4: Πληροφορία αποκτημένη από αρχεία/ καταγραφές (1,3) και εργασία πεδίου (2,4) (Πηγή: EXCIMAP)

Σαν γεωμορφολογικές αποδείξεις ύπαρξης πλημμύρας θεωρούνται η διάβρωση ή η μετακίνηση γεωμορφών και άλλες ενδείξεις όπως:

- η πορεία του ποταμού,
- απότομες όχθες ή πλαγιές
- σημείο υπερχείλισης ποταμού που συνυπάρχει με πιθανή ύπαρξη διάβασης νερού μέσα από μια έκταση κ.α.

Όλες οι παράμετροι αναλύονται και αναζητούνται σημεία υπερχείλισης και η σχέση τους με τη μορφολογία του εδάφους. Επίσης διαφορετικές ζώνες του ποτάμιου συστήματος, βάση της γεωμορφολογικής ανάλυσης, ταυτίζονται με την κατάλληλη περίοδο επαναφοράς, βάση στοιχείων που προκύπτουν από την ιστορική ανάλυση (επιφάνεια που καλύφθηκε από την πλημμύρα, ταχύτητα, σημεία απορροής κλπ).

Τέλος όλη η πληροφορία χρησιμοποιείται για να δημιουργηθούν ζώνες (χάρτης 5.19). Στο συγκεκριμένο χάρτη εμφανίζονται οι παρακάτω ζώνες:

1η ζώνη (μωβ): Η πιο συχνή εμφάνιση πλημμύρας στο παρελθόν, τουλάχιστον μια φορά στα 10 χρόνια. Εμφανίζει και τις περισσότερες γεωμορφολογικές αποδείξεις πλημμύρας.

2η ζώνη (γαλάζιο): Βρίσκεται ψηλότερα από την 1η ζώνη και σχετίζεται με εμφάνιση πλημμύρας μια φορά στα 50 χρόνια.

3η ζώνη και 4η ζώνη (ανοιχτό και σκούρο πράσινο): Με συχνότητα εμφάνισης πλημμύρας μια φορά σε κάθε 100 και 500 χρόνια αντίστοιχα. Έχουν τις λιγότερες ενδείξεις εμφάνισης πλημμύρας και σε αυτές τις περιοχές υπάρχει και η εντονότερη ανθρώπινη δραστηριότητα.

Ο καθορισμός της διακινδύνευσης πλημμύρας του ποταμού, έχει γίνει με συνδυασμό χαρτογράφησης κινδύνου πλημμύρας και τρωτότητας των χρήσεων γης. Επιπρόσθετα, ο χάρτης κινδύνου παρέχει συμπληρωματικές πληροφορίες σχετικές με τον κίνδυνο από ποτάμια ρεύματα, δυσλειτουργίες άρδευσης κ.α.

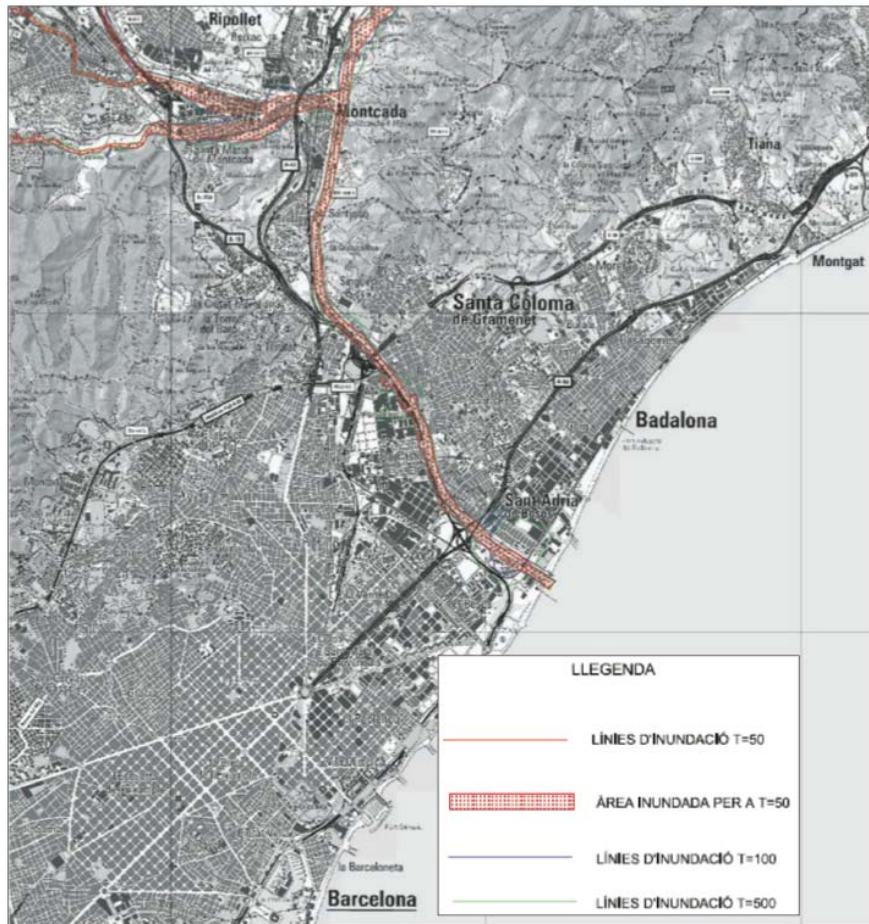
Οι χάρτες τρωτότητας δείχνουν διαφορετικές τάξεις που καθορίζονται από τη διαφορετική χρήση γης και από την άμεση και έμμεση οικονομική τρωτότητα (direct and indirect economic vulnerability, VED και VEI), την απώλεια ζωής (population vulnerability, PV), τη μείωση της δυνατότητας αντίδρασης και διακοπή υπηρεσιών (community vulnerability, VC) και επιπλέον την πιθανή καταστροφή μνημείων που προστατεύονται.

Τρωτότητα και χαρτογράφηση πλημμυρών συνδυάζονται σε ένα ΣΓΠ, ώστε να προκύψουν διαφορετικές κατηγορίες πλημμυρικού κινδύνου (flood risk): Πολύ χαμηλός, χαμηλός, μέσος, υψηλός, και πολύ υψηλός. Η κλίμακα στην οποία παρουσιάζονται τα παραπάνω είναι 1:5000.



Εικόνα 5.5: Ενδείξεις ύπαρξης διαφορετικών συχνοτήτων πλημμυρών (Πηγή: EXCIMAP)

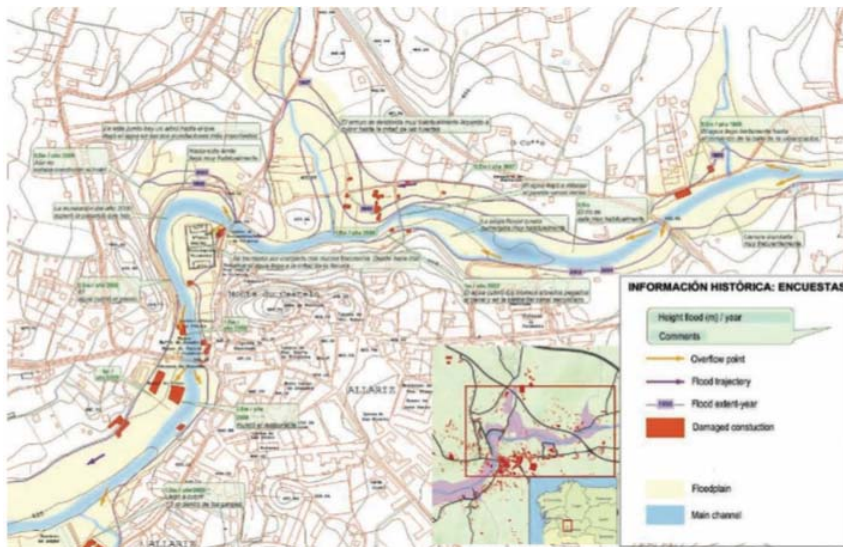
- 1 και 2: Αποθέσεις από πλημμύρα
- 3: Μικροτοπογραφία της περιοχής πλημμύρα
- 4: crevasse και σημείο υπερχείλισης
- 5: Απότομη όχθη (λοφίσκος)



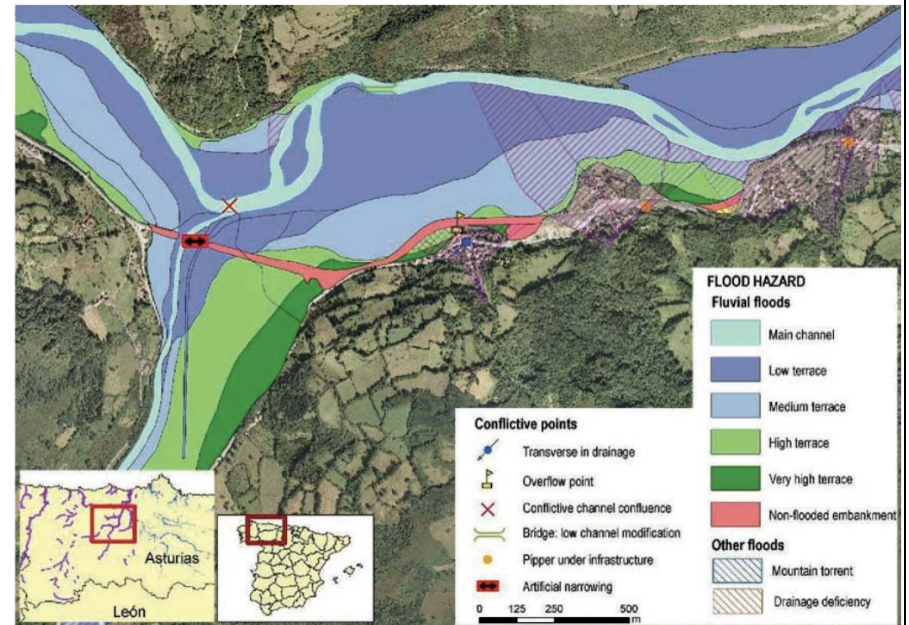
Χάρτης 5.17: Χάρτης έκτασης πλημμύρας για τη λεκάνη του ποταμού Besós (Βόρεια Βαρκελώνη) για τρεις περιόδους επαναφοράς.
(Πηγή: EXCIMAP)



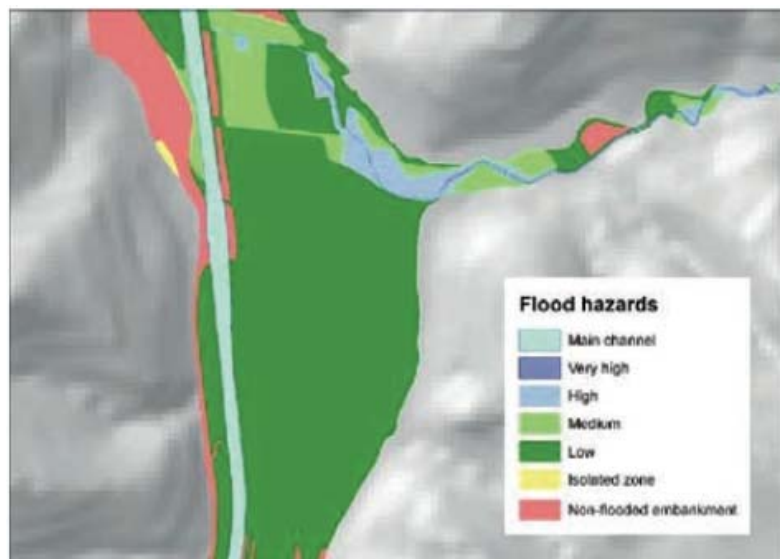
Χάρτης 5.18: Χάρτης κινδύνου πλημμύρας για τη λεκάνη του ποταμού Besós (Βόρεια Βαρκελώνη) για τρεις περιόδους επαναφοράς
(Πηγή: EXCIMAP)



Χάρτης 5.19: Παράδειγμα ενός χάρτη που δείχνει ένα πλημμυρικό συμβάν σε τμήμα του ποταμού Αρνοία (Γαλικία, Βορειοδυτική Ισπανία) (Πηγή: EXCIMAP)

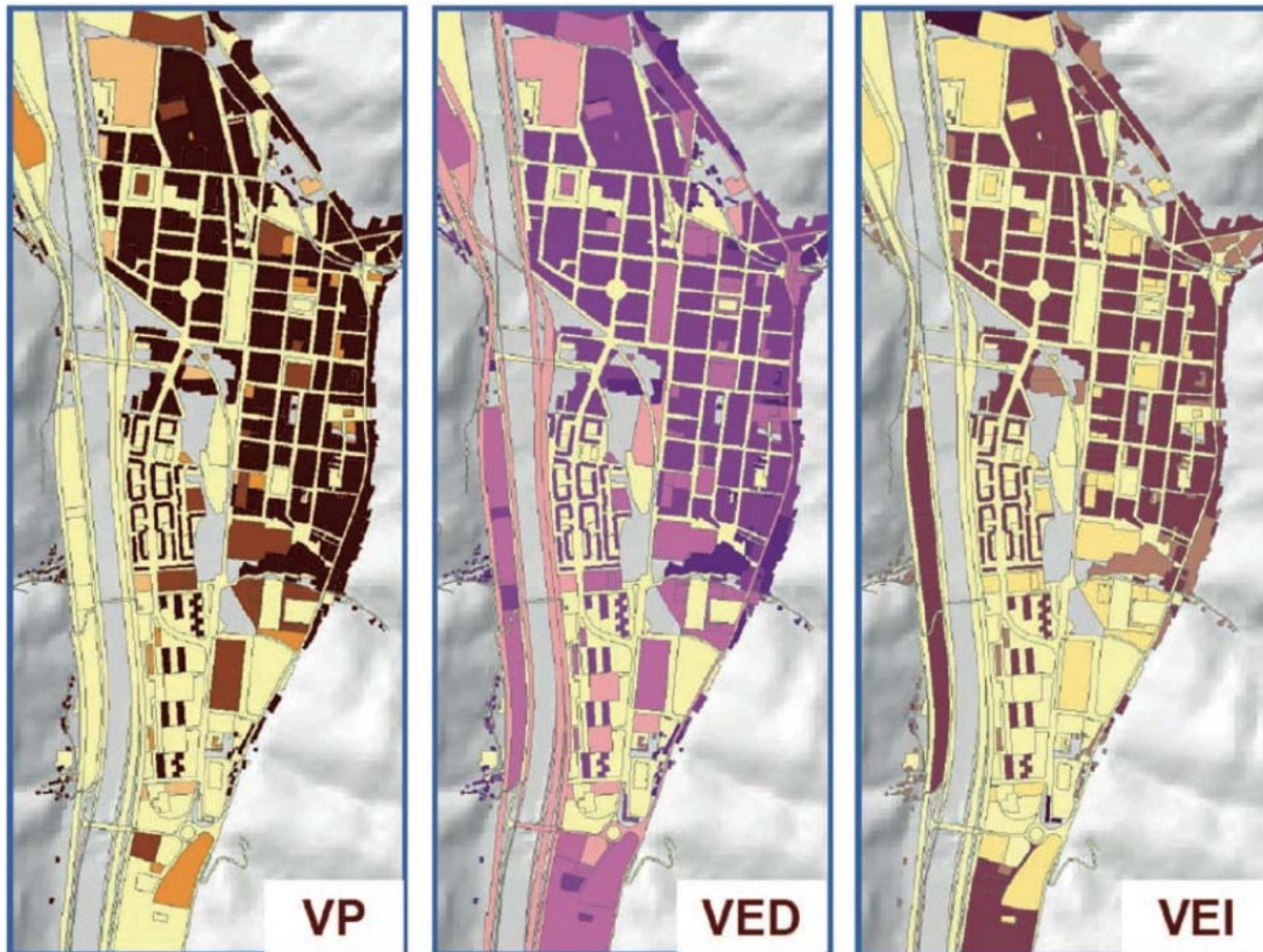


Χάρτης 5.20: Παράδειγμα δημιουργίας ζωνών του πεδίου πλημμύρας floodplain σε τμήμα του ποταμού Narcea (Asturias, Βορειοδυτική Ισπανία). (Πηγή: EXCIMAP)



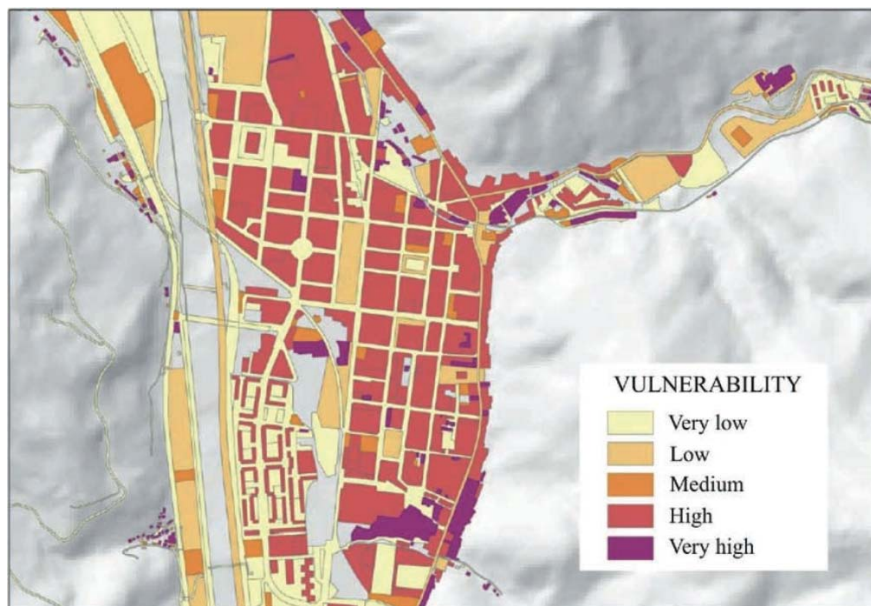
Χάρτης 5.21: Χάρτης διαβαθμίσεων κινδύνου πλημμύρας
(Πηγή: EXCIMAP)

Χάρτης 5.22 (δεξιά): Χάρτης χρήσεων γης του πεδίου πλημμύρας του ποταμού Caudal στο τμήμα στο οποίο περνάει μέσα από την πόλη Mieres (ΒΔ Ισπανία)
(Πηγή: EXCIMAP)

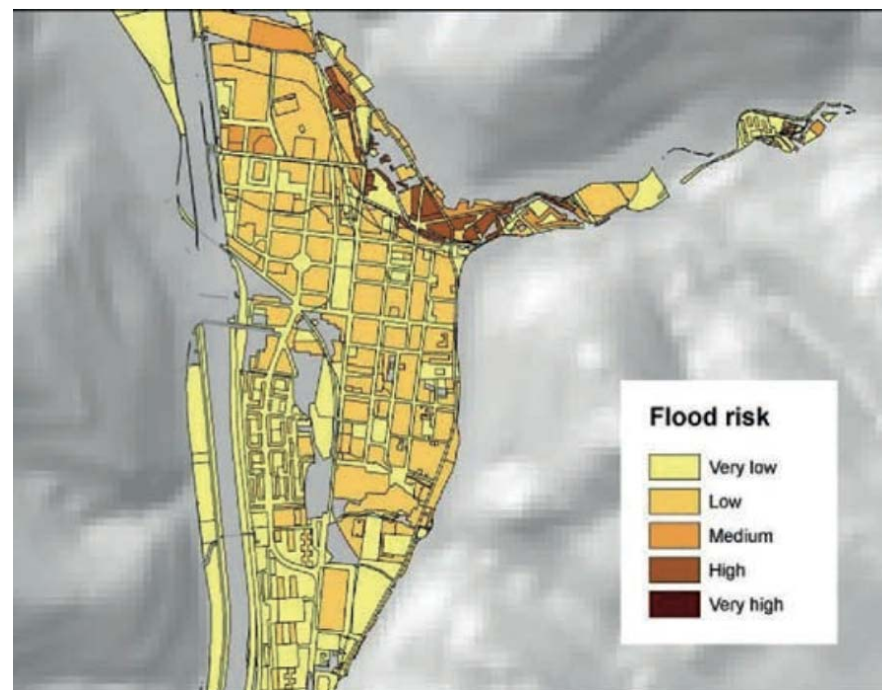


Χάρτες 5.23-5.24-5.25: Διαφορετικά είδη τρωτότητας

(Πηγή: EXCIMAP)



Χάρτη 5.26: Χάρτης τρωτότητας του πεδίου πλημμύρας του ποταμού Caudal, πόλη Mieres (ΒΔ Ισπανία) που χρησιμοποιείται για εκτίμηση της διακινδύνευσης. (Πηγή: EXCIMAP)



Χάρτης 5.27: Χάρτης διακινδύνευσης πλημμύρας. Πεδίο πλημμύρας του ποταμού Caudal στο τμήμα του που περνάει μέσα από την πόλη Mieres (Asturias, ΒΔ Ισπανία) (Πηγή: EXCIMAP)

5.8 Η περίπτωση της Ιταλίας

Οι χάρτες έκτασης πλημμύρας που δημιουργήθηκαν από ιταλικές υπηρεσίες δείχνουν ταυτόχρονα την έκταση της πλημμύρας για περιόδους επαναφοράς 1/50, 1/200, 1/500 και τρία επίπεδα κινδύνου (R2, R3, R4). Ο παράγοντας κινδύνου R υπολογίζεται από δυο παραμέτρους: την ευαισθησία και την πιθανότητα.

Αυτό που κάνει την διαφορά στους ιταλικούς χάρτες διακινδύνευσης πλημμύρας το οποίο είναι άξιο αναφοράς, είναι ότι συνυπολογίζεται και η μελλοντική αστική ανάπτυξη. Αυτό συμβαίνει ως εξής: Επίπεδα πληροφορίας αστικού σχεδιασμού βρίσκονται σε επίθεση με επίπεδα των χρήσεων γης.

Με αυτό τον τρόπο δημιουργούνται τα εξής 4 επίπεδα κινδύνου:

R1: Χαμηλή ευαισθησία (sensitivity). Μικρή πιθανότητα απώλειας ζωής

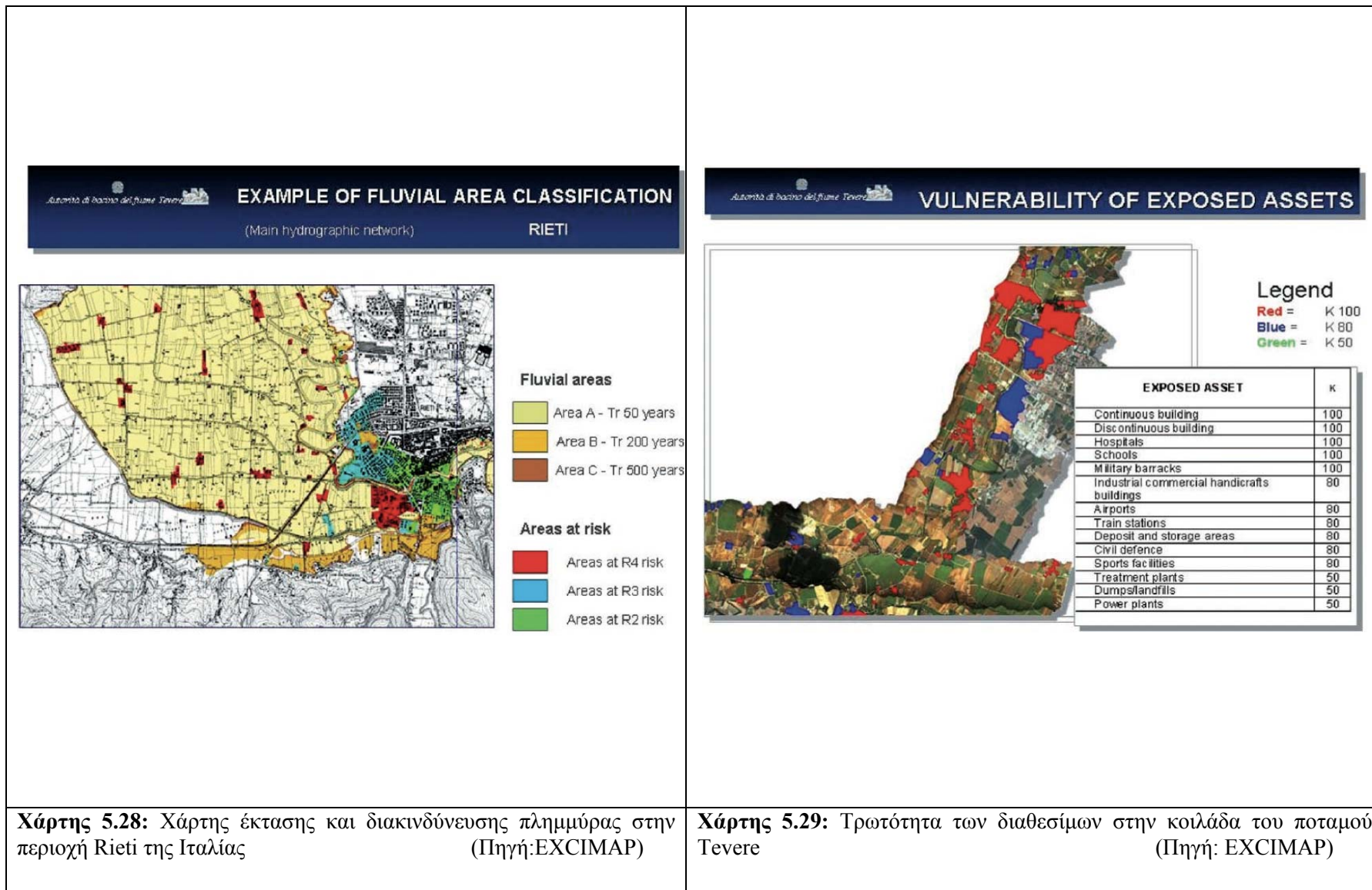
R2: Υψηλή ευαισθησία και περίοδος επαναφοράς 1/50

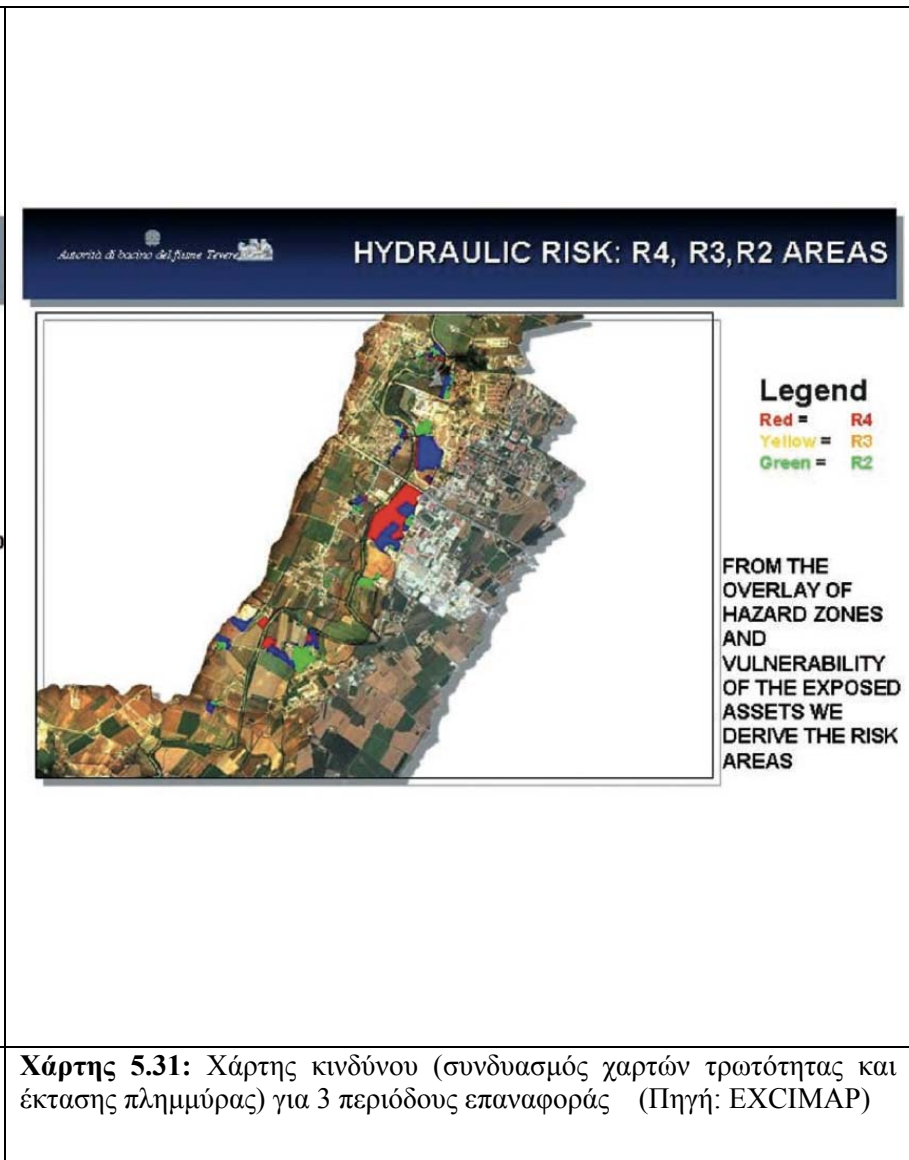
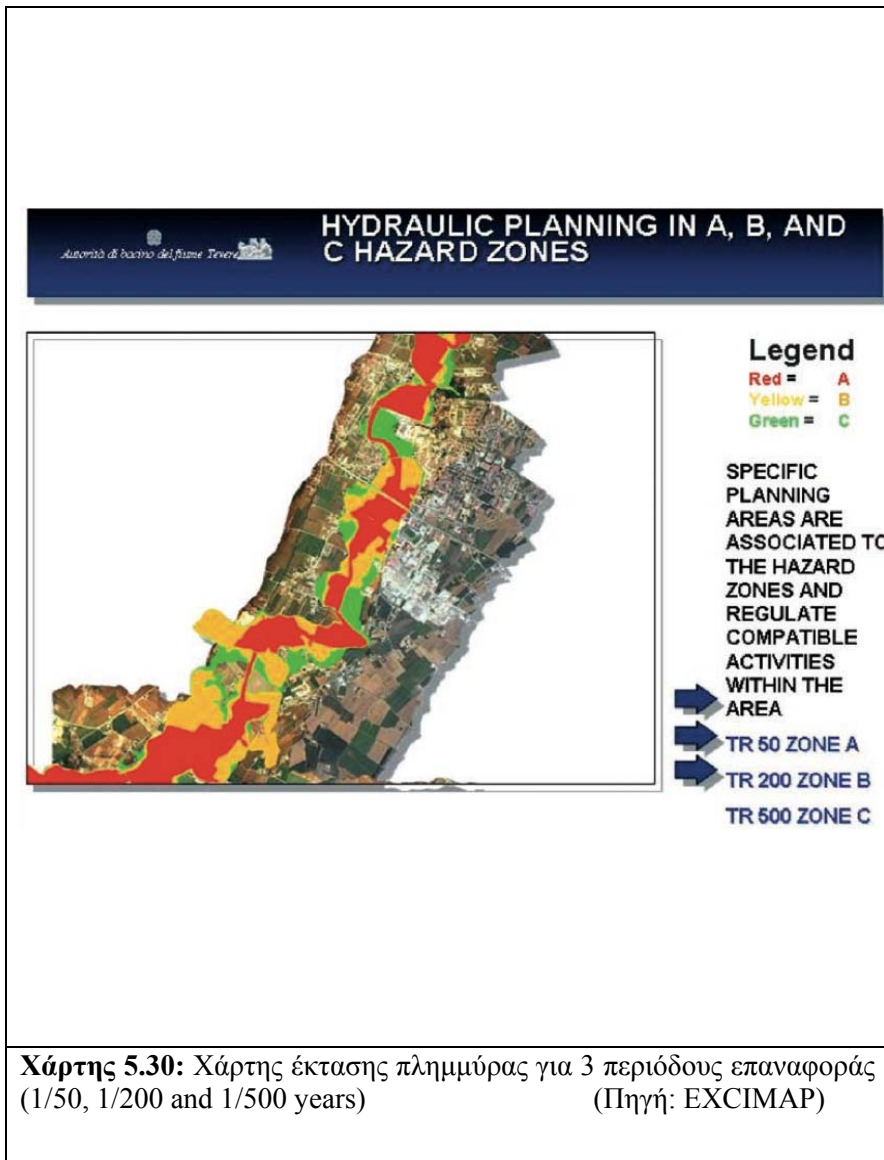
R3: Υψηλή ευαισθησία και περίοδος επαναφοράς 1/50-1/200

R4: Υψηλή ευαισθησία και περίοδος επαναφοράς 1/200-1/500

Οι Ιταλοί φτάνουν στον χάρτη κινδύνου πλημμύρας ακολουθώντας τα εξής στάδια:

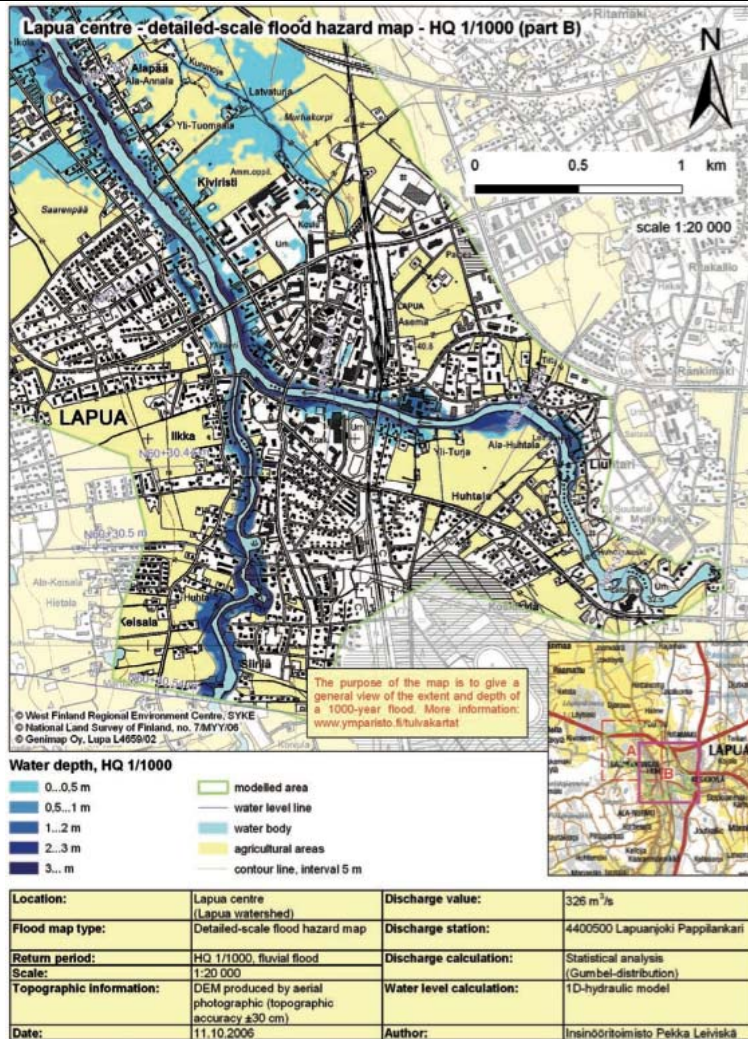
1. Δημιουργείται ο χάρτης τρωτότητας/ευαισθησίας για τα διαθέσιμα της περιοχής (κτίρια, ΧΥΤΑ), όπως φαίνεται στο χάρτη 5.29 (με κόκκινο οι πιο ευάλωτες περιοχές)
2. Δημιουργείται ο χάρτης έκτασης πλημμύρας για τρεις περιόδους επαναφοράς (με κόκκινο εμφανίζεται η πλημμύρα με την μέγιστη πιθανότητα εμφάνισης που θα εμφανίσει τα μεγαλύτερα βάθη και ταχύτητες ροής)
3. Ο συνδυασμός των δυο παραπάνω χαρτών δίνει το χάρτη κινδύνου πλημμύρας. Ο μεγαλύτερος κίνδυνος εμφανίζεται με κόκκινο χρώμα



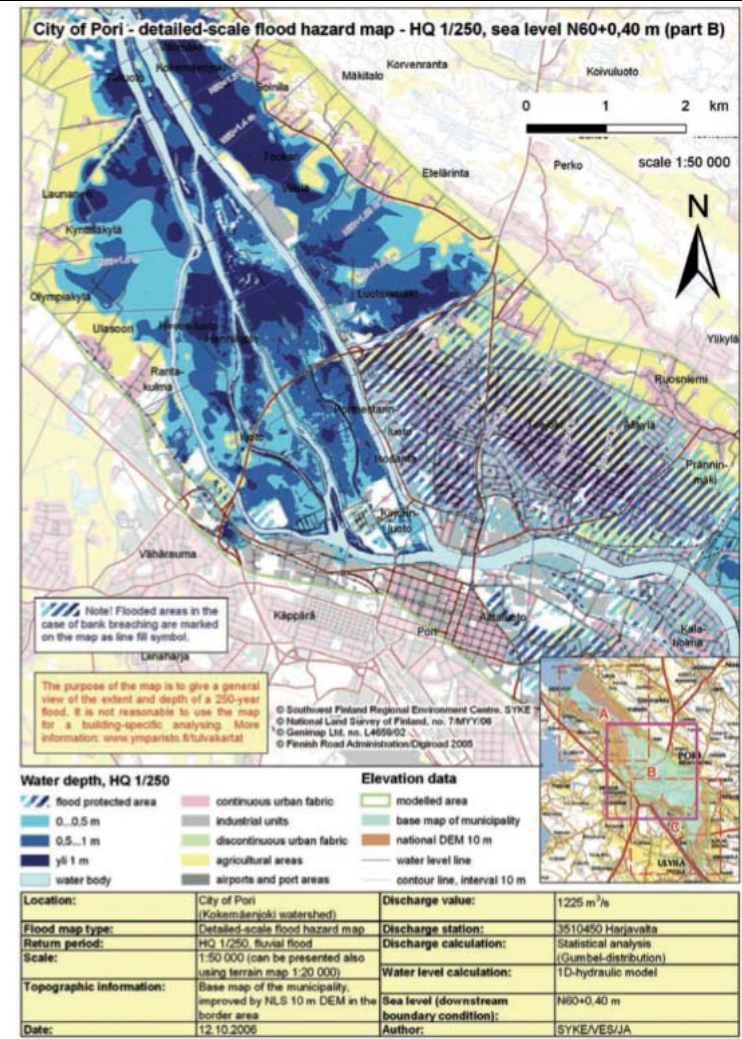


5.9 Η περίπτωση της Φινλανδίας

Η περίπτωση της Φινλανδίας παρουσιάζεται λόγω των εξαιρετικών χαρτών που έχουν παραχθεί. Οι χάρτες πλημμύρας της Φινλανδίας είναι μεταξύ των πληρέστερων και πιο ξεκάθαρων που μπορεί να βρεθούν. Οι χάρτες εύρους πλημμύρας παρέχουν στο υπόμνημα επιπρόσθετες πληροφορίες όπως η ανάλυση συχνότητας βάση της κατανομής Gumbel. Τα βάθη έχουν υπολογιστεί με μονοδιάστατο υδροδυναμικό μοντέλο. Τέτοιου είδους πληροφορία σπάνια δίνεται σε χάρτες πλημμύρας και είναι σπάνιο να βρει κανείς πληροφορία τεχνικής φύσεως σε συνοδευτικά έγγραφα.



Χάρτης 5.32: Χάρτης κινδύνου πλημμύρας του κέντρου της πόλης Lapua για συμβάν πλημμύρας 11000 χρόνων (Πηγή: EXCIMAP)

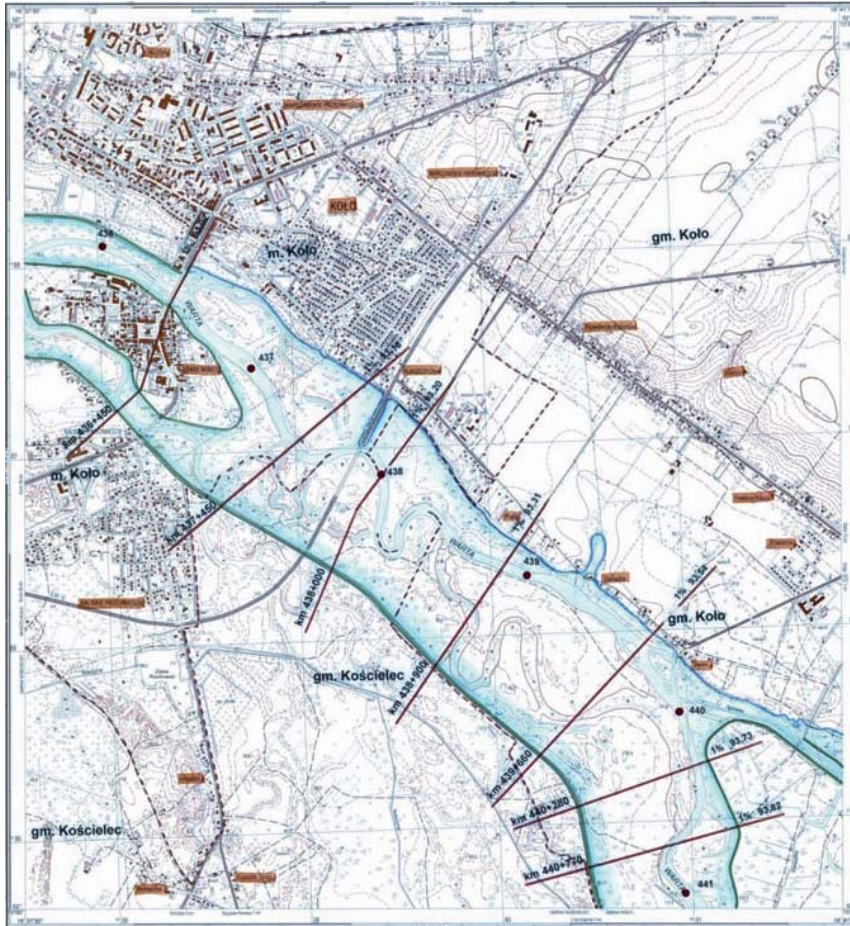


Χάρτης 5.33: Χάρτης κινδύνου πλημμύρας της πόλης Pori (Βάθη για γεγονός πλημμύρας 1250 χρόνων). (Πηγή: EXCIMAP)

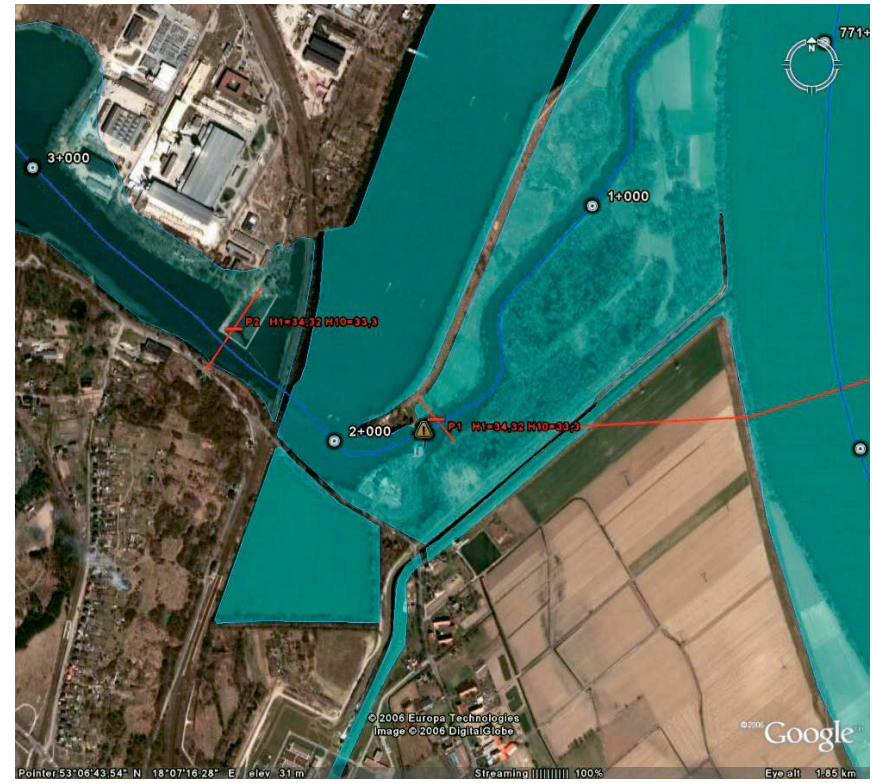
5.10 Η περίπτωση της Πολωνίας

Ο χάρτης 5.33 θα μπορούσε να είναι πιο σαφής εάν αντί για γραμμές χρησιμοποιούνταν επιφάνειες διαφορετικού χρώματος ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς.

Ο χάρτης 5.35 δείχνει πόσο περισσότερη πληροφορία μπορεί να εξαχθεί με τη χρήση μιας δορυφορικής εικόνας. Επίσης είναι ξεκάθαρη η περιοχή που επηρεάζεται από μια πλημμύρα. Ο συγκεκριμένος χάρτης είναι μια καλή περίπτωση παροχής πληροφοριών στον μη ειδικό. Οι Πολωνοί μαζί με τις εικόνες του google earth που χρησιμοποίησαν παρέχουν ένα έγγραφο το οποίο αναφέρει τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς από τη χρήση του περιβάλλοντος του google earth για τη δημιουργία διαδραστικού χάρτη πλημμύρας.



Χάρτης 5.34: «Παραδοσιακός» χάρτης έκτασης πλημμύρας (Πολωνία)
(Πηγή: EXCIMAP)



Χάρτης 5.35: Λεπτομέρεια χάρτη έκτασης πλημμύρας στο google earth (Πολωνία)
(Πηγή: EXCIMAP)

Πίνακας 5.1 Συγκεντρωτικός πίνακας εφαρμογών της οδηγίας (Επιλεγμένα παραδείγματα)

ΧΩΡΑ	ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ ΠΟΥ ΑΝΑΠΑΡΙΣΤΑΤΑΙ	ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗΣ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
Ολλανδία	Βάθη πλημμύρας		Από το βάθος του νερού. Υπολογισμός κινδύνου βάση του ύψους του ανθρώπινου σώματος		Δεν υπάρχει συγκεκριμένη-η περίοδος επαναφοράς. Υπολογίζεται το χειρότερο σενάριο πλημμύρας. Διαβάθμιση του κινδύνου ανάλογα με το που αντιστοιχεί το βάθος του νερού σε ένα μέσο ανθρώπινο σώμα.
	Πιθανές καταστροφές				
	Χρονική εξέλιξη πλημμύρας				
	Χάρτης κινδύνου πλημμύρας				
	Θέση του μετώπου της πλημμύρας βάθους 50cm στο χρόνο				
Ρυθμός άφιξης της στάθμης του νερού (m/hour)					
Σουηδία	Έκταση πλημμύρας	T=100, και μέγιστη αναμενόμενη πλημμύρα			
	Πιθανές καταστροφές του οδικού δικτύου				
	Ευαισθησία γεωλογικών περιοχών στα όρια της πλημμύρας				
Ισπανία (Βαρκελώνη)	Έκταση πλημμύρας	T= 50, 100, 500	Αναπαρίσταται με την έκταση της πλημμύρας	Προκύπτει από την πιθανότητα της πλημμύρας (Μικρή περίοδος επαναφοράς-μεγάλη πιθανότητα-μεγάλη διακινδύνευση)	Χρήση ιστορικών στοιχείων (Επικίνδυνες θέσεις). Ο προσδιορισμός της διακινδύνευσης από την πιθανότητα εμφάνισης δεν συναντάται σε άλλη χώρα.
	Χάρτης κινδύνου πλημμύρας				
Βόρεια Ισπανία	Ζώνες πλημμύρας (έκτασης) του παρελθόντος	T= 10,50,100	Αναπαρίσταται με την έκταση της πλημμύρας	Συνδυασμός χαρτών κινδύνου και τρωτότητας	Δημιουργία χαρτών πλημμυρικών συμβάντων του παρελθόντος. Χρήση αεροφωτογραφιών για
	Χάρτης Τρωτότητας				

	Χάρτης διακινδύνευσης πλημμύρας	Κλίμακα 1:5000			<p>καθορισμό της έκτασης πλημμύρας του παρελθόντος από την μορφολογία του εδάφους. Συνδυασμός με ιστορικά στοιχεία και συνεντεύξεις με τους κατοίκους.</p> <p>Υπολογισμός της τρωτότητας': Συνδυασμός των χρήσεων γης με έναν συντελεστή που προκύπτει από</p> <p>A. Τις οικονομικές απώλειες B. Τις ανθρώπινες απώλειες Γ. Την ζημιά σε κρίσιμες υπηρεσίες που μπορούν να βοηθήσουν σε περιπτώσεις ανάγκης Δ. Την πιθανή ζημιά σε προστατευόμενα μνημεία</p> <p>Συνδυασμός χάρτη τρωτότητας με χάρτη κινδύνου δίνει τον χάρτη διακινδύνευσης</p>
Ιταλία	Χάρτης έκτασης πλημμύρας	T= 50, 200, 500			
	Χάρτης διακινδύνευσης πλημμύρας			Συνδυασμός τρωτότητας και πιθανότητας εμφάνισης. Υπέρθεση χρήσεων γης με χάρτη έκτασης πλημμύρας	Συνδυασμός και της διαδικασίας σχεδιασμού με τον χάρτη διακινδύνευσης. Υπέρθεση ενός χάρτη ανάπτυξης της περιοχής για μελλοντικό υπολογισμό χωροθετήσεων.
Φιλανδία	Χάρτης κινδύνου πλημμύρας	Κλίμακες 1:20.000 και 1:50.000 T=1000 και 250	Προκύπτει από τα βάθη πλημμύρας		Αξιολογούνται από το εγχειρίδιο EXCIMAP ως ένα από τα πλέον ολοκληρωμένα και ξεκάθαρα παραδείγματα.

Πολωνία	Χάρτης έκτασης πλημμύρας				Υπέρθεση της πλημμύρας στο google earth. Διαδραστικοί χάρτες.	
Βέλγιο (Wallonia)	Χάρτης κινδύνου πλημμύρας	T= 25,50,100	Υπολογίζεται από τις παρακάτω παραμέτρους: Περίοδος επαναφοράς, βάθος, έκταση, ταχύτητα ρεύματος, διάρκεια εμφάνισης πλημμύρας, ύπαρξη αντιπλημμυρικού έργου		Χρησιμοποιείται πρόγραμμα στον υπολογιστή το οποίο υπολογίζει το βαθμό κινδύνου χρησιμοποιώντας τις διαθέσιμες παραμέτρους. Χρησιμοποιείται κάρναβος υπολογισμού κινδύνου.	
Αυστρία	Χάρτης έκτασης πλημμύρας	Κλίμακα 1:10000 εως 1:50000 T= 30, 100, 200			Ύπαρξη διαδραστικών χαρτών στο διαδίκτυο. Χρησιμοποιείται δήλωση αποποίησης ευθυνών. Υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής της ταχυδρομικής διεύθυνσης του σπιτιού του χρήστη και εύρεση της πιθανότητας πλημμύρας στην περιοχή που διαμένει.	
Αγγλία	Χάρτης έκτασης πλημμύρας	Κλίμακα 1:20.000 T= 100, 200, 1000			Ο τύπος που υπολογίζει τον βαθμό κινδύνου είναι: $d \times (v + 0.5)$ όπου d= βάθος v= ταχύτητα DF= παράγοντας για τα φερτά υλικά	
	Περιοχές που επωφελούνται από αντιπλημμυρικά έργα					
	Χάρτης κινδύνου πλημμύρας		Διαβάθμιση βάση της πιθανότητας εμφάνισης της πλημμύρας. Διαβάθμιση βάση ενός τύπου υπολογισμού του κινδύνου			
	Χάρτης κοινωνικής τρωτότητας					

					καλύφθει από νερό στο χειρότερο σενάριο πλημμύρας. Χρησιμοποιείται ένας δείκτης με όνομα δείκτης κοινωνικής τρωτότητας (Social Flood Vulnerability Index - SFVI) που προκύπτει από τον αριθμό των πληγέντων και την κοινωνική τους θέση.
Γερμανία (Rheinland-Pfalz)	Χάρτης κινδύνου πλημμύρας	T= 50, 100, 200			Χρησιμοποιείται κάρναβος υπολογισμού κινδύνου. Παράμετροι κινδύνου: - Ένταση (βάθη και ταχύτητα ροής) - Πιθανότητα εμφάνισης
Ελβετία	Χάρτης κινδύνου πλημμύρας Χάρτης βαθών πλημμύρας Χάρτης με τις ζώνες κινδύνου	T= 30, 100, 300			Χρησιμοποιείται κάρναβος υπολογισμού κινδύνου. - Ένταση (βάθη, ταχύτητα ροής, πάχη φερτών υλικών, τοπική απορροή, μήκος διάβρωσης της όχθης) - Πιθανότητα εμφάνισης

6 Υδραυλική προσομοίωση και ΓΣΠ

6.1 Στοιχεία Υδρολογίας

Υδρογραφικό δίκτυο

Ένα σύνολο επιφανειακών ρευμάτων νερού (ποταμών, χειμάρρων κλπ), που συνδέονται μεταξύ τους με καθορισμένο τρόπο και δημιουργούν συγκεκριμένους τύπους απορροής, καλείται υδρογραφικό δίκτυο.

Η δημιουργία του υδρογραφικού δικτύου είναι μια διαδικασία, η οποία ξεκινά από το κύριο ρέμα, συνεχίζεται με τη δημιουργία παραπόταμων, κλάδων οι οποίοι συνενώνονται, διευρύνοντάς το, ώσπου τελικά να ολοκληρωθεί αυτό που ονομάζεται υδρογραφικό δίκτυο, στην πλήρη του μορφή (Εικόνα 6.1). Όλο αυτό το «περιβάλλον» που περικλείει το υδρογραφικό δίκτυο και το διακρίνει από κάποιο άλλο παρόμοιο μιας άλλης κατατεταγμένης γεωγραφικής περιοχής θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως λεκάνη απορροής.



Εικόνα 6.1: Σχηματική απεικόνιση υδρογραφικού δικτύου (Πηγή:

http://postgrasrv.hydro.ntua.gr/gr/edmaterial/education/danos/panagiotidis/inland_waters.pdf)

Η μελέτη του υδρογραφικού δικτύου αλλά και των χαρακτηριστικών μετρητικών στοιχείων της λεκάνης του (εμβαδό, ποσότητα νερού, κλίση, πανίδα, χλωρίδα, χρήσεις γης), είναι χρήσιμη για την πρόβλεψη κυρίως σχεδιασμού έργων υδροδότησης και προστασίας από πλημμύρες. Χρειάζεται λοιπόν για την αποτροπή τέτοιων φαινομένων, να είναι γνωστά τα μορφομετρικά

χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής ενός υδρογραφικού δικτύου, σε συνδυασμό με τις υπάρχουσες χρήσεις γης μιας περιοχής και άλλων γεωμορφολογικών παραγόντων.

Ένα υδρογραφικό δίκτυο αποτελείται από το κεντρικό ρέμα και τις διάφορες διακλαδώσεις. Η τοπογραφική διαμόρφωση μιας περιοχής καθορίζει και την κατεύθυνση ροής του υδρογραφικού δικτύου δημιουργώντας διαφορετικές λεκάνες απορροής-συγκέντρωσης του νερού. Η γραμμή που καθορίζει σε ποια λεκάνη απορροής θα κυλήσει κάθε σταγόνα βροχής, ονομάζεται υδροκρίτης.

Κατάταξη υδρογραφικού δικτύου

Οι Horton (1945) και Strahler (1964) διέκριναν σε κλάδους 1^{ης} τάξης τους κλάδους που βρίσκονται ψηλότερα γιατί με το να βρίσκονται ψηλότερα δεν δέχονται νερό από κάποιον άλλο κλάδο. Στη συνέχεια 2 κλάδοι 1^{ης} τάξης που συνενώνονται δημιουργούν ένα κλάδο 2^{ης} τάξης. Ομοίως 2 κλάδοι 2^{ης} τάξης που συνενώνονται οδηγούν σε κλάδο 4^{ης} τάξης. Η συμβολή ενός κλάδου πχ 1^{ης} τάξης σε ένα κλάδο 2^{ης} τάξης δεν αλλάζει την ταξινόμηση του δεύτερου που παραμένει κλάδος 2^{ης} τάξης.

Λεκάνη απορροής

Κάθε υδρογραφικό δίκτυο διαθέτει μια λεκάνη συλλογής και απομάκρυνσης του νερού, η οποία συνήθως είναι μια επιφάνεια εδάφους που περιβάλλεται από υψώματα. Η λεκάνη αυτή λέγεται λεκάνη απορροής ή αποστράγγισης.

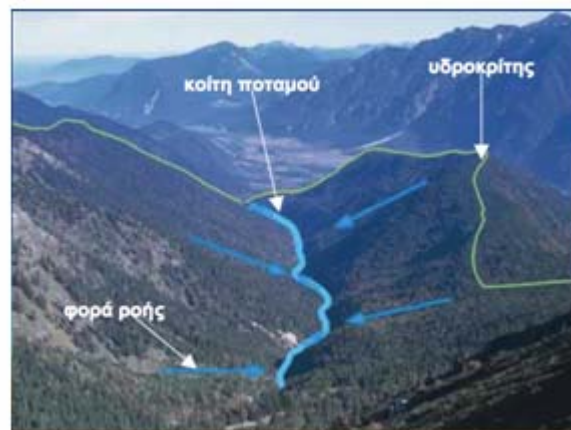
Μια λεκάνη απορροής έχουν εύρος από λίγα km² έως κάποιες εκατοντάδες km². Αυτή η περιοχή είναι ο χώρος ο οποίος αποστραγγίζει το υδρογραφικό δίκτυο (λόγω της τοπογραφίας της) το οποίο δημιουργείται από τις κατακριμνήσεις. Η λεκάνη απορροής διαχωρίζεται από την όμορή της με μια νοητή γραμμή που ονομάζεται υδροκρίτης. Στην Εικόνα 6.2 που ακολουθεί, παρουσιάζεται ενδεικτικά η λεκάνη απορροής του ποταμού Αμαζονίου, η οποία πρόκειται για μία από τις μεγαλύτερες λεκάνες απορροής σε παγκόσμιο επίπεδο.



Εικόνα 6.2: Η λεκάνη απορροής του Αμαζονίου (Πηγή: http://el.wiktionary.org/wiki/λεκάνη_απορροής)

Υδροκρίτης

Κατά την αντίθετη διεύθυνση, οι επιφάνειες του τοπογραφικού ανάγλυφου είναι ανηφορικές. Στα όρια δυο γειτονικών λεκανών απορροής η γραμμή συνάντησης των ανηφορικών επιφανειών, στην οποία διαχωρίζονται τα νερά που θα καταλήξουν στη μια ή στην άλλη λεκάνη, λέγεται γραμμή διαχωρισμού των νερών ή υδροκρίτης (http://postgrasrv.hydro.ntua.gr/gr/edmaterial/education/danos/panagiotidis/inland_waters.pdf). Τόσο ο υδροκρίτης, όσο και η φορά ροής των υδάτων και η κοίτη ποταμού, παρουσιάζονται σχηματικά στην Εικόνα 6.3 που παρατίθεται αμέσως παρακάτω.



Εικόνα 6.3: Σχηματική απεικόνιση υδροκρίτη (Πηγή: http://www.metal.ntua.gr/uploads/3124/9a_YDROGRAFIKO_DIKTYO.pdf)

Αποστραγγιστικό δίκτυο

Η περιοχή πάνω στην οποία πέφτει το νερό και το δίκτυο μέσω του οποίου ταξιδεύει μέχρι μια έξοδο ονομάζεται σύστημα αποστράγγισης.

Επιφανειακή απορροή

Με τον όρο επιφανειακή απορροή εννοούμε τη ροή του νερού, υπό την επίδραση της βαρύτητας, κατά μήκος των φυσικών υδατορευμάτων. Από τεχνολογικής οπτικής, η επιφανειακή απορροή ενδιαφέρει περισσότερο από κάθε άλλη συνιστώσα του υδρολογικού κύκλου, τόσο γιατί δίνει το μεγαλύτερο μέρος των εκμεταλλεύσιμων υδατικών πόρων, όσο και γιατί δημιουργεί σημαντικούς φυσικούς κινδύνους στην περίπτωση των πλημμυρών.

6.2 Υδρολογική ανάλυση σε ένα ΓΣΠ

Περιλαμβάνει την ψηφιοποίηση και την αυτόματη εξαγωγή των φυσικών χαρακτηριστικών μιας επιφάνειας (λεκάνη απορροής, υδροκρίτης, υδρολογικό δίκτυο, αποστραγγιστικό σύστημα). Το στάδιο αυτό προηγείται του αντικειμένου της εργασίας και για αυτό δεν θα αναφερθούμε διεξοδικά σε αυτό.

Ψηφιδωτά (raster)

Στην υδρολογία συνήθως εργαζόμαστε με raster (grids) δεδομένα. Τα ψηφιδωτά δεδομένα χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή του υδροκρίτη, των κλίσεων του εδάφους και του υδρογραφικού δικτύου. Χρησιμοποιούνται τα ψηφιακά μοντέλα ανάγλυφου (DTM) και τα ψηφιακά μοντέλα υψομέτρου (DEM) τα οποία είναι κατάλληλα δομημένα αρχεία υπολογιστή που περιέχουν υψομετρική πληροφορία. Η διαφορά των δυο κατηγοριών μοντέλων είναι ότι στα δεύτερα οι θέσεις των γνωστών υψομέτρων είναι τυχαίες, ενώ στα πρώτα αποτελούν κόμβους ενός ορθογωνικού καννάβου.

Στην τελική παρουσίαση ένα ψηφιακό μοντέλο εδάφους είναι εκείνο που θα συνδυαστεί με τα αποτελέσματα ενός μονοδιάστατου μοντέλου πλημμύρας για τα βάθη της πλημμύρας και θα αφαιρέσει την επιφάνεια της πλημμύρας στα σημεία όπου το τοπογραφικό ανάγλυφο δεν καλύπτεται από νερό.

Γενικότερα όπως έχει αποδείξει η έρευνα των Cook και Merwade, όσο καλύτερη ανάλυση έχει το Ψηφιακό μοντέλο εδάφους τόσο μικρότερο θα εμφανιστεί το εύρος της πλημμύρας.

Κλίμακα δεδομένων

Οι υδρολόγοι πρέπει βάση της τοπογραφίας της περιοχής να καθορίσουν την κλίμακα στην οποία θα αναπαραστήσουν τις υδρολογικές διεργασίες. Τα δεδομένα συλλέγονται σε μια αρχική κλίμακα και ανάλυση. Αυτή η κλίμακα στην περίπτωση της μοντελοποίησης υδρολογικών δεδομένων πρέπει να επαρκεί για να δείχνει με ακρίβεια τις μικρές (στην ακρίβεια που είναι επιθυμητή) παραλλαγές στην κλίση του εδάφους.

Η κλίμακα στην οποία θα γίνει η μετέπειτα επεξεργασία δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη από ότι αυτή των αρχικών δεδομένων. Ανάλογα με το τι επιθυμούμε να μοντελοποιήσουμε επιλέγουμε και την αντίστοιχη κλίμακα δεδομένων (πχ η λεκάνη απορροής δε χρειάζεται μεγάλης λεπτομέρειας δεδομένα).

Πρέπει να επιλεγεί η κλίμακα που παρέχει την απαραίτητη ακρίβεια δεδομένων αλλά και να μην είναι υπερβολικά μεγάλη γιατί τότε προκύπτει θέμα υπολογιστικής δύναμης καθώς μεγάλη πυκνότητα δεδομένων μπορεί να παρέχει ικανοποιητική ακρίβεια αλλά να προκαλεί προβλήματα κατά την επεξεργασία.

Συνήθως ένα ψηφιακό μοντέλο υψομέτρων γύρω στα 30 m θα δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα όσον αφορά στην κλίση του εδάφους.

Προεπεξεργασία δεδομένων

Στο πλαίσιο της παρούσης εργασίας αφοσιωθήκαμε σε ένα συγκεκριμένο τμήμα της εργασίας μοντελοποίησης της υδρολογικής διαδικασίας, αυτό της παραγωγής χαρτών κινδύνου και διακινδύνευσης, το οποίο αποτελεί και το τελευταίο στάδιο της μοντελοποίησης και σχετίζεται στο μεγαλύτερο ποσοστό του με εργαλεία ΓΣΠ. Τα στάδια που προηγούνται αυτού είναι επιγραμματικά τα ακόλουθα:

α. Ανακατάταξη DEM

Ανακατάταξη των κελιών του καννάβου του ψηφιακού μοντέλου εδάφους κατά μήκος των ρεμάτων, με σκοπό να διορθωθούν λανθασμένα ή ελλιπή υψόμετρα. Η λειτουργία αυτή είναι

απαραίτητη, καθώς στο αρχικό μοντέλο εδάφους πιθανότατα υπάρχουν ελλιπή δεδομένα αποτύπωσης της υψομετρίας κατά μήκος των ρεμάτων, κάτι το οποίο μπορεί να διορθωθεί με την αξιοποίηση του ψηφιοποιημένου υδρογραφικού δικτύου (Merwade 2008).

β. Πλήρωση υφέσεων (fill sinks)

Κατά τη δημιουργία του ΨΜΕ προκύπτουν ψευδή βυθίσματα στο ανάγλυφο. Τα βυθίσματα αυτά πρέπει να διορθωθούν, ώστε να μην υπάρχουν μικρά τμήματα της λεκάνης, όπου το νερό εγκλωβίζεται, παρακωλύοντας την υδρολογική ανάλυση (Γκικόκας Α., 2010).

γ. Υπολογισμός κατεύθυνσης ροής (Flow direction)

Χρησιμοποιώντας το διορθωμένο ΨΜΕ γίνεται ο προσδιορισμός της λεκάνης απορροής και του υδρολογικού δικτύου που βρίσκονται εντός της περιοχής. Για να γίνει αυτό θα πρέπει αρχικά να προσδιοριστεί ο κάρναβος με τις διευθύνσεις απορροής.

δ. Υπολογισμός συσσώρευσης ροής (Flow Accumulation) για κάθε κελί

Η συγκεντρωτική ροή για κάθε φατνίο του καννάβου ισούται με το άθροισμα των γειτονικών φατνίων, που απορρέουν σε αυτό. Το βήμα αυτό καθορίζει τον αριθμό των ανάντη κελιών, που αποστραγγίζονται σε ένα συγκεκριμένο κελί.

ε. Υπολογισμός της κλίσης κατά μήκος της κύριας κατεύθυνσης της κλίσης

στ. Χάραξη καναλιών ρεμάτων, όρια υδροκρίτη, υπολεκανών

ζ. Μετατροπή raster δεδομένων σε vector

7 Υδραυλική Προσομοίωση με χρήση ΓΣΠ. Μεθοδολογία

Αντικείμενο της εργασίας και περιγραφή της μεθοδολογίας

Το αντικείμενο της παρούσης εργασίας αφορά την εφαρμογή ενός τμήματος του μεθοδολογικού πλαισίου που έχει να κάνει με μια ολοκληρωμένη διαδικασία για την εκπόνηση χαρτών πλημμυρικής κατάκλυσης μέσω της αξιοποίησης υδρολογικών και υδραυλικών δεδομένων και την ενσωμάτωση αυτών σε υπολογιστικό περιβάλλον λογισμικών επεξεργασίας γεωγραφικής και υδρολογικής πληροφορίας. Το τμήμα εκείνο στο οποίο θα γίνει εφαρμογή στην παρούσα εργασία είναι εκείνο που εκμεταλλεύεται τα αποτελέσματα της υδρολογικής προσομοίωσης για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων σε ένα περιβάλλον GIS.

Τα υδρολογικά μοντέλα, που παρουσιάζονται, έχουν αναπτυχθεί από το σώμα μηχανικών του Αμερικανικού Στρατού (Hydrologic engineering centre) και συνεργάζονται με το ευρέως διαδεδομένο σύστημα γεωγραφικής πληροφορίας ARC- Map της ESRI. Ως περιοχή μελέτης, επελέγη ο Νόμος Πρέβεζας και ειδικότερα η λεκάνη απορροής του ποταμού Αχέροντα. Ωστόσο, πρωταρχικός στόχος της εργασίας δεν είναι τόσο η εφαρμογή σε μια συγκεκριμένη περιοχή, αλλά η βήμα προς βήμα ανάλυση όλων των απαραίτητων υπολογιστικών διεργασιών για την εκπόνηση χαρτών πλημμύρας.

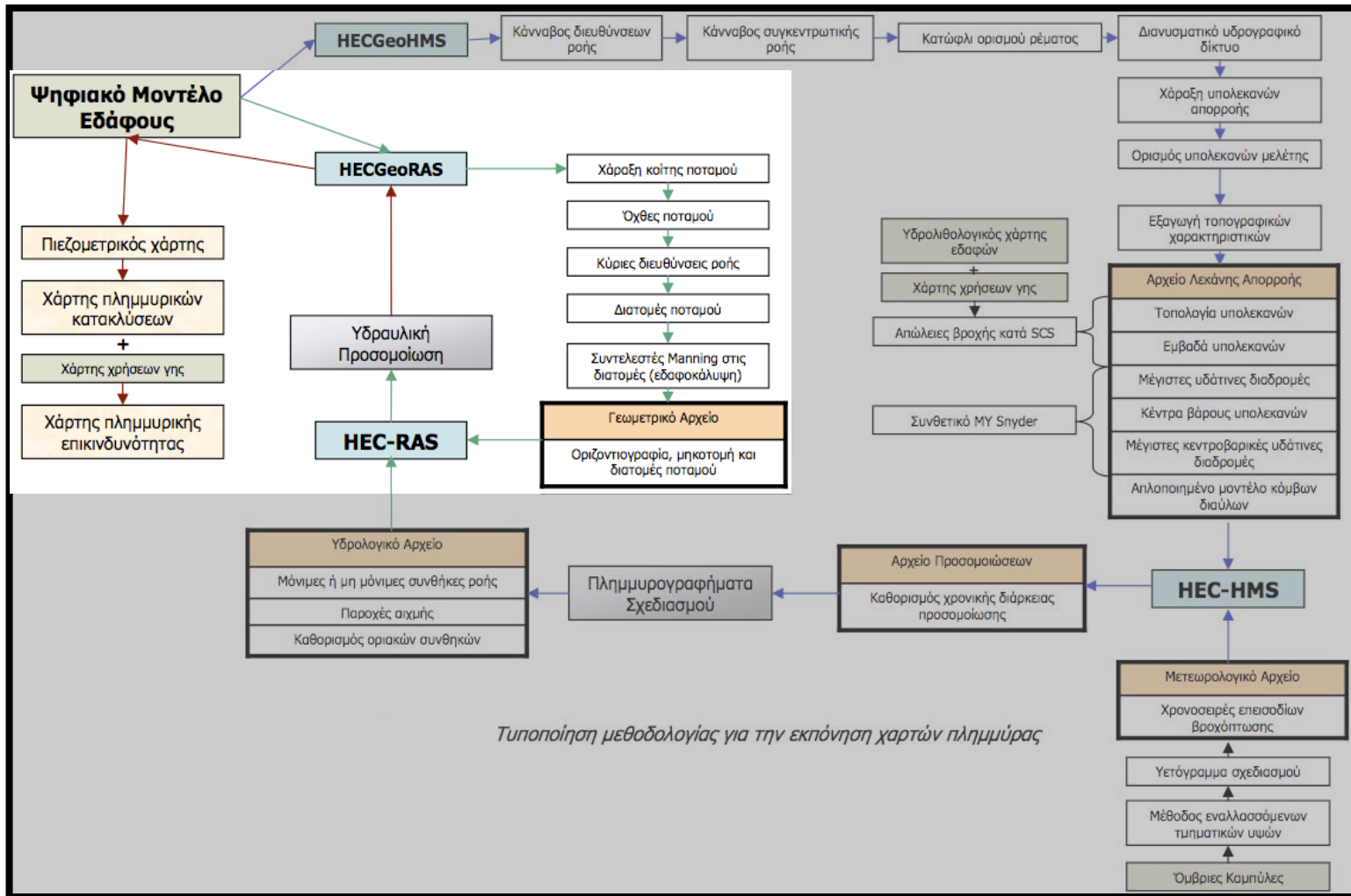
Στο σχήμα φαίνεται η διαδικασία της δημιουργίας χαρτών πλημμύρας μέσω των εργαλείων της Υδρολογικής υπηρεσίας του Αμερικανικού στρατού (HEC) στο σύνολό της. Συνοπτικά η παραπάνω διαδικασία αναλύεται σε τέσσερα στάδια

- Επεξεργασία γεωγραφικής πληροφορίας σε δεδομένο ψηφιακό μοντέλο εδάφους της περιοχής μελέτης – οριοθέτηση βασικών στοιχείων γεωμετρίας και τοπολογίας των λεκανών απορροής και του υδρογραφικού δικτύου (Ανάλυση σε περιβάλλον HEC-GeoHMS)
- Υπολογισμός της υδρολογικής απόκρισης της υπό μελέτη λεκάνης και εξαγωγή υδρογραφημάτων (Ανάλυση σε περιβάλλον HEC-HMS)
- Ανάλυση επιλεχθέντος φυσικού υδατορεύματος για την οριοθέτηση στοιχείων γεωμετρίας (Ανάλυση σε περιβάλλον HEC-GeoRAS)

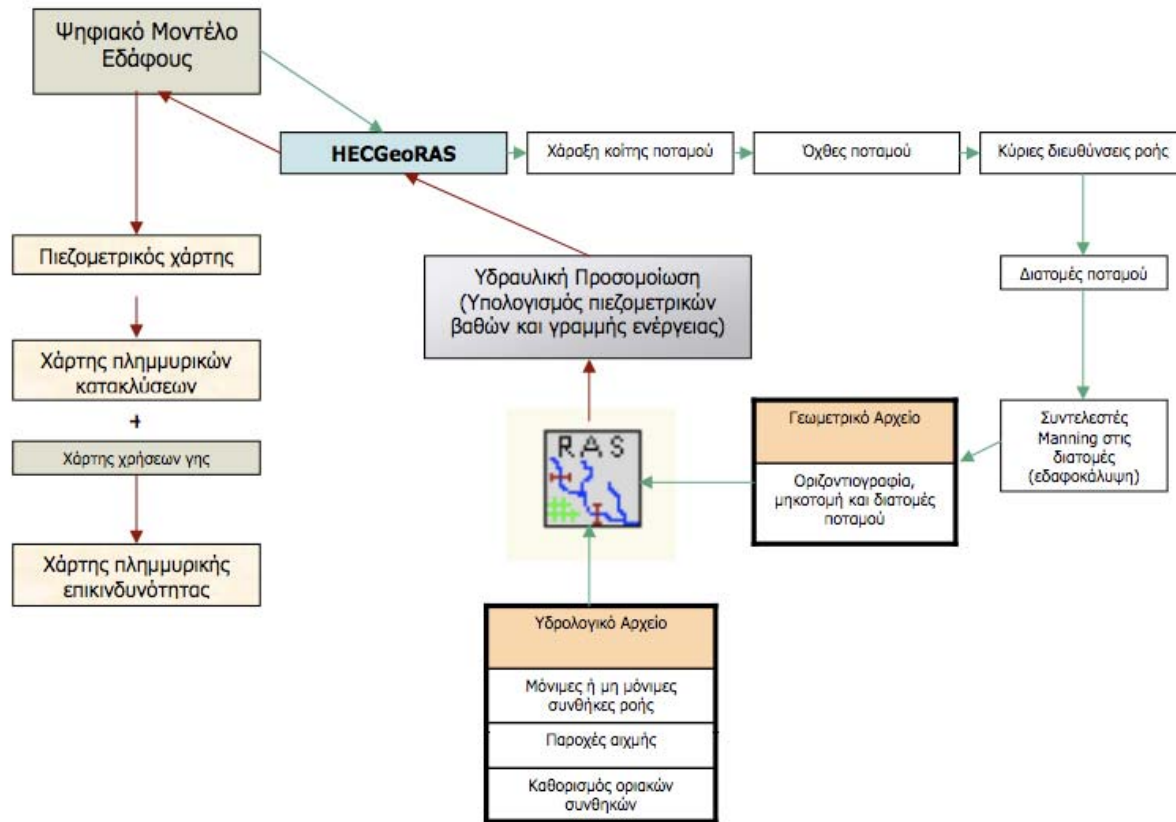
- Υδραυλική μονοδιάστατη προσομοίωση του φυσικού υδατορεύματος σε συνθήκες μόνιμης ροής (Ανάλυση σε περιβάλλον HEC-RAS)
- Αξιοποίηση των στοιχείων της προσομοίωσης για τη δημιουργία των χαρτών πλημμυρικής κατάκλυσης της λεκάνης (Ανάλυση σε περιβάλλον HEC-GeoRAS)

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι τα τρία τελευταία στάδια όπου γίνεται χρήση των εργαλείων HEC-GeoRAS και HEC-RAS εναλλάξ. Συνοπτικά, η μεθοδολογία για την περίπτωση εφαρμογής που αφορά την εργασία, δομήθηκε ως εξής:

- Συλλογή και επεξεργασία πρωτογενών δεδομένων (Ψηφιακό μοντέλο εδάφους, χάρτες χρήσεων γης και τύπων εδάφους, υδρολογική πληροφορία κλπ)
- Υδρολογική προσομοίωση λεκάνης για την εκτίμηση των καταιγίδων και πλημμυρών σχεδιασμού για έναν αριθμό περιόδων επαναφοράς
- Ψηφιακή χαρτογράφηση των πλημμυρικών κατακλύσεων



Διάγραμμα 7.1: Η διαδικασία εκπόνησης χαρτών πλημμυρικού κινδύνου και πλημμυρικής διακινδύνευσης (Γκιόκας, 2009). Το επιλεγμένο τμήμα είναι το αντικείμενο της παρούσας εργασίας

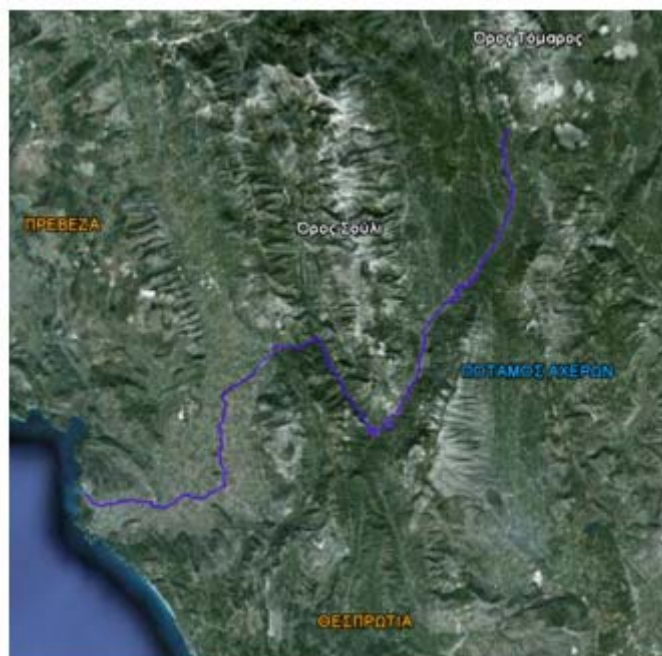


Διάγραμμα 7.2: Διαδικασία εκτέλεσης υδραυλικής προσομοίωσης μέσω HEC-RAS (Γκιόκας, 2009)

8 Εφαρμογή για τμήμα του ποταμού Αχέροντα

8.1 Η περιοχή μελέτης

Ο Αχέρων Ποταμός (*άχος=λύπη, Αχέρων = χωρίς χαρά, ποταμός της λύπης*) γνωστός και ως Μαυροπόταμος, Φαναριώτικος ή Καμαριώτικο ποτάμι, είναι από τους πλέον διάσημους παγκοσμίως, όχι τόσο για το μέγεθός του αλλά λόγω του μεταφυσικού περιεχομένου των μυθολογικών πληροφοριών που έμμεσα τον αφορούν.



Εικόνα 8.1: Ο ποταμός Αχέρων

Ο Αχέρων (Εικόνα 8.1) είναι ποταμός της περιφέρειας Ηπείρου και γεωγραφικά εκτείνεται σε τρεις νομούς της Ελλάδας, τον Ν.Πρέβεζας, Ν.Ιωαννίνων και Ν.Θεσπρωτίας. Οι πηγές του βρίσκονται στο Νομό Ιωαννίνων, στο όρος Τόμαρος, σε υψόμετρο 1600 m και κοντά στο χωριό Γλυκή. Εκβάλλει στο Ιόνιο Πέλαγος, στο χωριό Αμμουδιά (τέως Σπλάντζα) του Νομού Πρεβέζης, όπου σχηματίζει Δέλτα από το οποίο διαμορφώνονται τα δύο κύρια έλη της περιοχής, το έλος της Σπλάντζας και της Βαλανιδορράχης. Τροφοδοτικά, ο Αχέρων δέχεται τα νερά του Πυριφλεγέθοντα, του Κωκκυτού, και του Βωβού ποταμού. Το μεγαλύτερο τμήμα του Αχέροντα ανήκει στο Νομό Πρέβεζας. Οι παραπόταμοί του εκπορεύονται από τους Νομούς Θεσπρωτίας και Ιωαννίνων. Σε μια μεγάλη διαδρομή (που συνθέτει εν μέρη και την περιοχή μελέτης)

αποτελεί το φυσικό όριο μεταξύ του Ν.Πρέβεζας - Ν.Θεσπρωτίας και Ν.Πρέβεζας - Ν.Ιωαννίνων (<http://www.lakkasouliou.gr>). Το μήκος του ανέρχεται στα 52 km ενώ από τα νερά του αρδεύονται περίπου 85.000 στρέμματα., εκ των οποίων 28.000 βρίσκονται στο Νομό Θεσπρωτίας και 57.000 στο Νομό Πρεβέζης. (Πηγή: <http://el.wikipedia.org/wiki/Αχέρων>).

Ο Αχέροντας συνιστά περιοχή ιδιαίτερου κάλλους και πηγή σημαντικών πληροφοριών και γνώσεων στον τομέα της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης. Τόσο τα Στενά και οι Εκβολές του Αχέροντα όσο και η ευρύτερη περιοχή ανήκουν στο Ευρωπαϊκό Δίκτυο Προστατευόμενων περιοχών Natura 2000 (κωδικός GR2140001).

Συγκεκριμένα, στην περιοχή υπάρχουν 699 είδη χλωρίδας εκ των οποίων τα 449 συναντώνται στο Δέλτα και τα 250 στα Στενά, ενώ στην περιοχή του Δέλτα υπάρχουν 19 τύποι οικοτόπων. Ιδιαίτερα σημαντικές περιοχές υγρότοπων αποτελούν επίσης το έλος της Αμμουδιάς και το έλος της Βαλανιδοράχης ενώ σημαντικός είναι και ο αριθμός των σπάνιων ειδών πανίδας της περιοχής. Αξιοσημείωτη στην κατηγορία των ψαριών είναι η ύπαρξη του γοβιού, ο οποίος συναντάται μόνο στον Αχέροντα (<http://el.wikipedia.org/wiki/Αχέρων>).

Όπως κάθε ποταμός, ο Αχέρων έχει το κύριο τμήμα του και τους παραποτάμους. Το κύριο τμήμα του Αχέροντα για πρακτικούς και εκπαιδευτικούς λόγους ταξινομήθηκε το έτος 1992 σε έξι τμήματα από τον Χαράλαμπο Γκούβα, επικεφαλής της ομάδας που διέσχισε για πρώτη φορά τη μυθική χαράδρα του (Γκούβας Χαράλαμπος: «Αχέρων Ποταμός», εφημερίδα Τοπική Φωνή, Ιούλιος 1992, και "Ελευθεροτυπία" 1994). Ακόμα και ο χάρτης της Γεωγραφικής υπηρεσίας στρατού είναι ανεπαρκής σε πληροφορίες για τον Αχέροντα, δεδομένου ότι χρονολογείται από το 1972 και έκτοτε έγιναν πολλές κατασκευαστικές αλλαγές, ιδίως δρόμοι και αρδευτικά κανάλια (<http://el.wikipedia.org/wiki/Αχέρων>).

Τα έξι τμήματα του Αχέροντα, κατά την ταξινόμηση του 1992 κατά Χαράλαμπο Γκούβα, περιγράφονται κατωτέρω:

- 1ο τμήμα (Α): Τροφοδοτικό (ορεινό τμήμα),
- 2ο τμήμα (Β): Αρχικό τμήμα,
- 3ο τμήμα (Γ): Μυθολογικό τμήμα: «Στενά του Αχέροντα», ή «Χαράδρα του Αχέροντα» ή τουριστικές «Πύλες του Άδη»,

- 4ο τμήμα (Δ): Ιστορικό τμήμα: «Σκάλα Τζαβέλαινας»,
- 5ο τμήμα (Ε): Αρδευτικό τμήμα με τον λόφο Ξυλόκαστρο και το «Νεκρομαντείο του Αχέροντα»,
- 6ο τμήμα (ΣΤ): Τουριστικό Τμήμα: «Εκβολές Αχέροντα», ή «Δέλτα του Αχέροντα» ή «Δάσος της Περσεφόνης».

Το πρώτο τμήμα του Αχέροντα

Τροφοδοτικό τμήμα, Ορεινός Αχέρων: Πρόκειται για το ορεινό κομμάτι του ποταμού, αποτελούμενο από δύο παραπόταμους - χείμαρρους, με λιγοστό νερό το καλοκαίρι αλλά άφθονο το χειμώνα. Ο ένας παραπόταμος ξεκινά από τα Όρη Σουλίου (χωριά Καταμάχη, Ζωτικό, Μπεστιά, Σιστρούνι, κλπ), ο άλλος δε χείμαρρος από τη βάση του Όρους Τόμαρος (χωριά Λίπα, Αχλαδέα, Βαρυάδες, κλπ). Οι δύο παραπόταμοι ενώνονται στο χωριό Πολυστάφυλο (300 κάτοικοι) και δημιουργούν τον κύριο κορμό του Αχέροντα, με την ονομασία «Αρχικό Τμήμα». Το μήκος των δύο παραποτάμων δεν είναι ακριβώς γνωστό αλλά υπολογίζεται στα 7-10 km (http://el.wikipedia.org/wiki/Χαράδρα_του_Αχέροντα).

Το δεύτερο τμήμα του Αχέροντα («Αρχικό Τμήμα»)

Πρόκειται για το βασικό ορεινό τμήμα του Αχέροντα που ρέει μέσα σε μια κοιλάδα με την ονομασία «Λάκκα Σούλι», με όρια από το χωριό Πολυστάφυλο Πρέβεζας έως τη γέφυρα του χωριού Σερζιανά στα σύνορα Ν.Πρέβεζας και Ιωαννίνων. Η κοιλάδα «Λάκκα Σούλι» περιλαμβάνεται μεταξύ των ορεινών συγκροτημάτων «Όρη Σουλίου» και «Θεσπρωτικά Όρη». Το μήκος του «Αρχικού Τμήματος» του Αχέροντα είναι μεταξύ 12-15 km.

Το τρίτο τμήμα του Αχέροντα («Μυθολογικό Τμήμα», ή «Στενά του Αχέροντα», ή Τουριστικές «Πύλες του Άδη», ή «Χαράδρα του Αχέροντα»)

Υπάρχει έντονο ανάγλυφο στην περιοχή των Στενών του Αχέροντα, τραχύτητα των γύρω βουνών, πλούσια βλάστηση και ορμητικά νερά. Σε κάποιες πλευρές, ο ποταμός κυλά ορμητικά μέσα από κατακόρυφους και ψηλούς βράχους (αρκετές φορές το ύψος τους ξεπερνά τα 100 m, ενώ το πλάτος του ποταμού στα σημεία αυτά φτάνει τα 2 m). Σε μερικά πάλι σημεία, η επιφανειακή ροή του νερού είναι μικρότερη, κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Η «Χαράδρα του Αχέροντα» είναι το πλέον ενδιαφέρον, επιβλητικό αλλά και επικίνδυνο τμήμα

του Αχέροντα ποταμού. Αρχίζει από την τσιμεντένια γέφυρα των Σερζιανών και καταλήγει στους καταρράκτες στη γέφυρα της «Σκάλας Τζαβέλαινας», όπου χύνεται ο Ομηρικός ποταμός «Πυριφλεγέθων». Στο τμήμα αυτό του ποταμού υπάρχει ανταλλαγή μορφολογίας με σημεία που είναι για βάδιση και άλλα που έχουν βάθος πάνω από 3 m.

Το τέταρτο (4ο) τμήμα του Αχέροντα ποταμού («Ιστορικό Τμήμα»)

Το τμήμα αυτό αρχίζει από τη στροφή του ποταμού στην πέτρινη γέφυρα της «Σκάλας Τζαβέλαινας» και περνώντας από τις περιφημες «Πηγές του Αχέροντα» 2 km πριν τη Γλυκή, τελειώνει στη μεταλλική γέφυρα Belley της Γλυκής Θεσπρωτίας. Είναι το πιο γνωστό ίσως τμήμα του Αχέροντα και μάλιστα τα πρώτα 1-2 χιλιόμετά του τα έχουν βαδίσει χιλιάδες τουρίστες. Το συνολικό μήκος του τέταρτου τμήματος είναι περίπου 6 km.

Το Πέμπτο (5ο) Τμήμα του Αχέροντα Ποταμού («Αρδευτικό Τμήμα»)

Πρόκειται για το μεγαλύτερο τμήμα του ποταμού μήκους περίπου 12-14 km. Αρχίζει από τη Γλυκή Θεσπρωτίας και τελειώνει στη Γέφυρα Μεσοπόταμου Πρέβεζας στην Εθνική Οδό Πρέβεζας-Ηγουμενίτσας. Στο τέλος αυτού του Τμήματος ο Αχέρον δέχεται τα ήρεμα νερά δύο παραποτάμων του, του Κωκυτού (λίγο μετά το Νεκρομαντείο) και του Βωβού στη συνέχεια (εξ' ου και το όνομα της κοινότητας Βουβοπόταμος). Στην περιοχή αυτή έχουν γίνει πολλά αποστραγγιστικά αρδευτικά έργα και η γεωγραφία του ποταμού είναι περίπλοκη. Χαρακτηριστικό είναι ότι κάθε χρόνο ο Αχέρον πλημμυρίζει και η περιοχή της γέφυρας στο Καστρί αποκλείεται για 1-2 μέρες. Το έτος 2005 μετά το τραγικό ατύχημα πνιγμού ενός δασκάλου με το μικρό παιδί του (το ΙΧ τους παρασύρθηκε από τα νερά του ποταμού) η επίσημη πολιτεία επιτέλους χρηματοδότησε και κατασκεύασε τη γέφυρα Αχέροντα στο Καστρί. Το «Αρδευτικό Τμήμα» ήταν μέχρι προ 20 ετών πλήρως πλωτό, μάλιστα υπάρχουν στο Καστρί και μεταλλικοί κρίκοι προσδέσεως των πλοιαρίων, αλλά λόγω της ανεξέλεγκτης βλάστησης όχι μόνο δεν είναι πλωτό πλέον αλλά δεν προσφέρεται ούτε για καγιάκ ούτε για ράφτινγκ. Η ονομασία «Φανάρι» για τον ομώνυμο Δήμο, προφανώς προέρχεται από τα φανάρια που ήταν τοποθετημένα παραποταμώς παλαιά για να καθοδηγούνται τη νύκτα τα πλοιάρια.

Το έκτο (6ο) τμήμα του Αχέροντα Ποταμού («Τουριστικό Τμήμα», «Δέλτα Αχέροντα», «Πλωτό τμήμα», «Δάσος της Περσεφόνης»)

Πρόκειται για το τελευταίο τμήμα του ποταμού, πλωτό στο μεγαλύτερο τμήμα του αν εξαιρέσουμε αρκετά κλαδιά δένδρων που το φράσσουν κατά περιόδους - σε μια φαντασμαγορική διαδρομή ανάμεσα από δένδρα με αηδονοφωλιές (Δάσος της Περσεφόνης). Αρχίζει από τη γέφυρα Μεσοπόταμου στην Εθνική οδό Πρέβεζας - Ηγουμενίτσας και τελειώνει στις εκβολές του ποταμού στο γραφικό παραποτάμιο χωριό Αμμουδιά του Ιονίου Πελάγους. Έχει μήκος περίπου 4 km Το τμήμα αυτό είναι πλωτό τουλάχιστον στα τελικά 4 km (http://el.wikipedia.org/wiki/Χαράδρα_του_Αχέροντα).

Το πέμπτο και έκτο τμήμα του Αχέροντα ποταμού συνιστούν και την περιοχή μελέτης.

8.2 Η υδρολογική λεκάνη του ποταμού Αχέροντα

Η υδρολογική λεκάνη του Αχέροντα έχει συνολική επιφάνεια 795 km². Ο ποταμός Αχέροντας πηγάζει νότια του όρους Τόμαρου και δυτικά του όρους Σουλίου και εκβάλλει στο Ιόνιο Πέλαγος. Το συνολικό μήκος του ποταμού είναι 52 km. Στη μέση της διαδρομής του, στη Γλυκή η μέση παροχή ανέρχεται σε 125 m³/sec. Αποτελεί φυσικό σύνορο των νομών Πρέβεζας και Θεσπρωτίας αλλά κυρίως βρίσκεται στον πρώτο. Στη λεκάνη του ποταμού εμφανίζονται μια σειρά από καρστικές πηγές που εμφανίζονται στην κοίτη του ποταμού ή τους παραποτάμους του, οι οποίες παρουσιάζονται αναλυτικά μαζί με τις αντίστοιχες παροχές τους στον Πίνακα 8.1 που ακολουθεί.

Πίνακας 8.1: Καρστικές πηγές στη λεκάνη απορροής, την κοίτη και τους παραπόταμους του Αχέροντα
(Πηγή: <http://diocles.civil.duth.gr/links/home/database/ioanina/pr21ge.pdf>)

Πηγή	Παροχή m ³ /sec (καλοκαίρι '80)	Πηγή	Παροχή m ³ /sec (καλοκαίρι '80)
Γλυκή	1,23	Χόχλας	1,38
Στρούνι	0,14	Αμμουδιά	0,15
Αγ. Δονάτος	0,33	Μποστανιά	0,05
- Κρυσταλοπηγή	0,08	Αγ. Ιωάννης	0,60
- Αμπουλές	0,75	Πλαταριά	0,32
- Κορώνης	5,45		

Υδρολογικά στοιχεία της λεκάνης απορροής του ποταμού Αχέροντα

Έκταση: 795 km²

Συνολικό μήκος του ποταμού: 52 km

Μέση παροχή: 125 m³/sec (Θέση: περιοχή Γλυκή, μέσο της διαδρομής του ποταμού)

Μέγιστο υψόμετρο: 1615 m (Ορη Σουλίου)

Υψόμετρο εισόδου ποταμού: 320 m

Στοιχεία του τμήματος της περιοχής μελέτης

Απόσταση από το σημείο εισόδου του ποταμού: 30 km

Υψόμετρο εισόδου για το τμήμα του ποταμού της περιοχή μελέτης: 80 m

Μήκος τμήματος ποταμού στην περιοχή μελέτης: 14936 m

8.3 Βήματα διαδικασίας

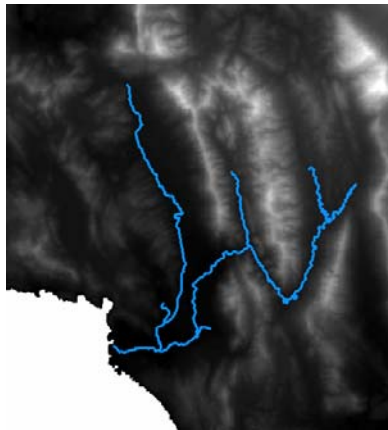
Απαραίτητα Δεδομένα

Για το στάδιο επεξεργασίας γεωγραφικών δεδομένων και εκπόνησης χαρτών πλημμυρικού κινδύνου και πλημμυρικής διακινδύνευσης είναι απαραίτητα:

1. Ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DTM), ή ψηφιακό μοντέλο υψομέτρων (DEM) της περιοχής. Στην περίπτωση μας χρησιμοποιήσαμε ένα ψηφιακό μοντέλο υψομέτρων ανάλυσης 25 m.
2. Η θέση του ποταμού σε αυτό το μοντέλο
3. Τα δεδομένα πλημμυρικής αιχμής που προκύπτουν από την υδρολογική ανάλυση (HEC-HMS)



Εικόνα 8.2: Το DEM που χρησιμοποιήθηκε και περιλαμβάνει την περιοχή μελέτης (Νομός Θεσπρωτίας και Κέρκυρας)



Εικόνα 8.3: Υδρογραφικό δίκτυο λεκάνης απορροής ποταμού Αχέροντα (με υπέρθεση στο DEM της περιοχής)

A. Δημιουργία Αρχείου Γεωμετρικών Δεδομένων

Η δημιουργία του γεωμετρικού αρχείου πραγματοποιείται μέσω της επέκτασης HEC-GeoRAS του ArcMap. Τα βήματα που συνθέτουν τη διαδικασία συνοψίζονται ως εξής:

- Παραγωγή ισοϋψών από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους
- Δημιουργία θεματικών επιπέδων
 - Κύρια γραμμή όχθες (προαιρετικό)
 - Κύριες διευθύνσεις ροής (προαιρετικό)
 - Διατομές (υποχρεωτικό)
 - Κατασκευές (προαιρετικό)
 - Περιοχές ανενεργού ροής (προαιρετικό)
 - Χρήσεις γης (προαιρετικό)
 - Αναχώματα (προαιρετικό)
 - Περιοχές αποθήκευσης νερού (προαιρετικό)
- Σύνθεση θεματικών επιπέδων και εξαγωγή γεωμετρικού αρχείου αιχμή ροής (υποχρεωτικό)

Παραγωγή ισοϋψών από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους

Από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους της περιοχής παράγονται ισοϋψείς καμπύλες ισοδιάστασης 5m από το πακέτο εντολών Spatial Analyst του ArcMap (βλ. σχήμα 4.1). Οι ισοϋψείς καμπύλες χρησιμεύουν στην καλύτερη εποπτεία των υψομετρικών διαφορών της περιοχής μελέτης για την ακριβέστερη χάραξη της κοίτης του ποταμού.

Δημιουργία θεματικών επιπέδων (RAS Layers)

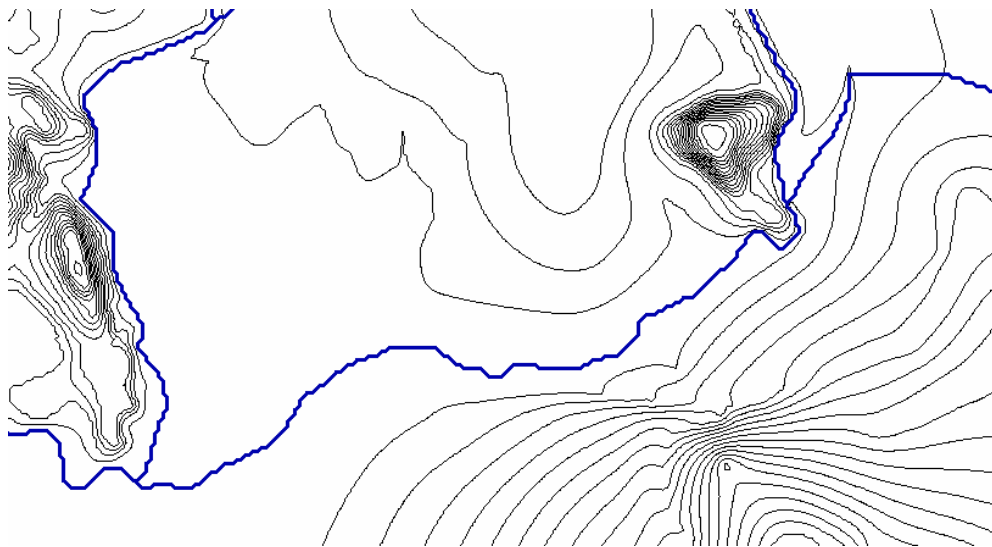
Τα RAS Layers είναι τα θεματικά επίπεδα που περιέχουν πληροφορίες και δεδομένα για τη γεωμετρία του ποταμού και της περιοχής μελέτης. Με την επιλογή RAS Geometry / Create RAS Layers δημιουργείται μια κενή βάση δεδομένων για το εκάστοτε θεματικό επίπεδο. Με το

εργαλείο (Edit tool) μπορεί να γίνει η πλήρης επεξεργασία της βάσης. Στην παρούσα εργασία δημιουργήθηκαν πέντε θεματικά επίπεδα:

- Κύρια γραμμή ροής ποταμού
- Όχθες ποταμού
- Κύριες διευθύνσεις ροής
- Διατομές ποταμού
- Χρήσεις γης

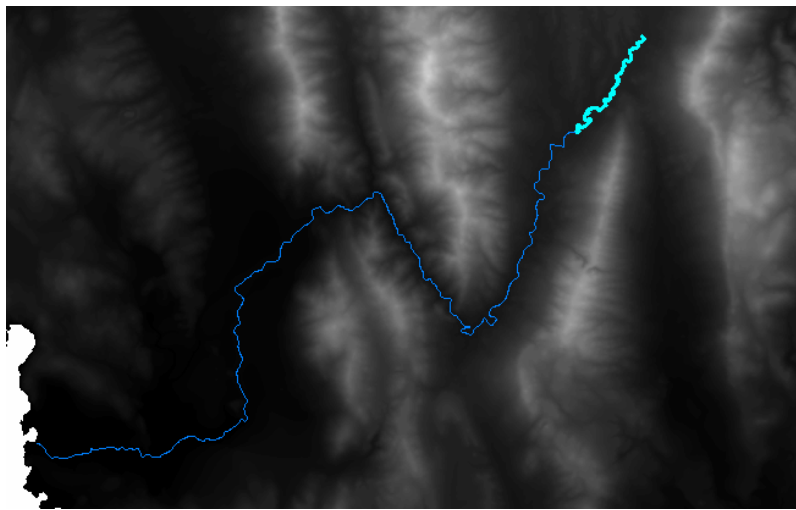
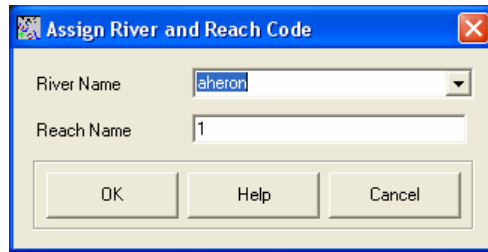
Κύρια γραμμή ροής ποταμού (Stream centerline)

Με βάση το παραχθέν υδρογραφικό δίκτυο του μοντέλου εδάφους ψηφιοποιείται η κύρια γραμμή ροής του υδατορέματος που ενδιαφέρει. Η ψηφιοποίηση γίνεται κατά τη φορά της ροής. Η ακριβής χάραξη της κοίτης είναι αρκετά δύσκολη και θα πρέπει να γίνουν αρκετές δοκιμές για το βέλτιστο αποτέλεσμα.



Σχήμα 8.1: Ισοϋψείς καμπύλες περιοχής μελέτης και γραμμή ροής ποταμού

Αφού ψηφιοποιηθεί η κύρια γραμμή ροής, θα πρέπει στη συνέχεια να ονομαστεί. Αυτό πραγματοποιείται με χρήση του εργαλείου (River Reach Id). Το παράθυρο που θα εμφανιστεί (Σχήμα 8.1) επιτρέπει την εισαγωγή του ονόματος του ποταμού και του αντίστοιχου τμήματός του.



Εικόνα 8.4: Παράθυρο εισαγωγής ονόματος και τμήματος ποταμού

Με την εκτέλεση της εντολής Ras Geometry / Stream Centerline Attribute / All υπολογίζονται τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Topology: Ελέγχει τη σύνδεση και τον προσανατολισμό των τμημάτων του υδρογραφικού δικτύου που έχει σχηματιστεί.
- Lengths/Stations: Υπολογίζει τα μήκη της κύριας γραμμής ροής για κάθε τμήμα και καθορίζει τη φορά της ροής.
- Elevations: Μετατρέπει τη δισδιάστατη γραμμή ροής σε τρισδιάστατη χρησιμοποιώντας το ψηφιακό μοντέλο εδάφους.

Όχθες (Bank Lines)

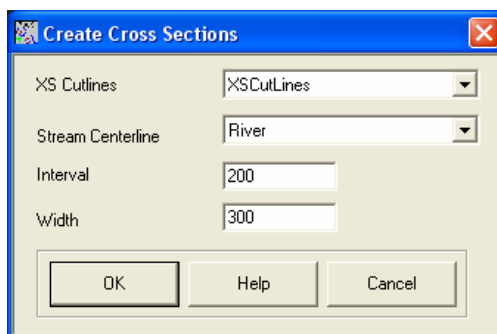
Οι όχθες του ποταμού είναι δύο πολυγωνικές γραμμές εκατέρωθεν της κύριας γραμμής του, οι οποίες διαχωρίζουν τη ροή εντός και εκτός της κοίτης του ποταμού. Αν και προαιρετική, η δημιουργία αυτού του θεματικού επιπέδου διευκολύνει τον μετέπειτα ορισμό των οχθών στο

HEC RAS. Οι κανόνες στους οποίους θα πρέπει να θεμελιώνεται η κατασκευή αυτών των γραμμών είναι οι ακόλουθοι :

- Ακριβώς δύο τέτοιες γραμμές πρέπει να τέμνουν κάθε διατομή.
- Ο προσανατολισμός τους δεν έχει σημασία.
- Οι γραμμές μπορεί να είναι συνεχείς ή διακοπτόμενες (π.χ. στην περιοχή της συμβολής).
- Για την ακριβή ψηφιοποίηση των οχθών είναι χρήσιμη και η αξιοποίηση του τρισδιάστατου μοντέλου εδάφους.

Διατομές (Cross-sectional cut lines)

Το θεματικό επίπεδο αυτό αφορά στην κατασκευή διατομών σε αντιπροσωπευτικές θέσεις του ποταμού. Οι διατομές αυτές πρέπει πάντα να σχεδιάζονται κάθετα στη ροή του ποταμού, από αριστερά προς δεξιά κοιτώντας προς τα κατάντη και να καλύπτουν όλη την περιοχή κατάκλυσης. Για να σχεδιαστούν οι διατομές όσο το δυνατόν πιο κάθετα στη ροή του ποταμού είναι επιθυμητό να έχουν ήδη κατασκευαστεί οι κύριες διευθύνσεις της ροής. Η κατασκευή του θεματικού αυτού επιπέδου ξεκινάει επιλέγοντας RAS Geometry / Create New Feature / XS Cut Lines. Στη συνέχεια, γίνεται η σχεδίαση των διατομών, μία προς μία, με τη χρήση του εργαλείου Edit Tool (από αριστερά προς δεξιά και κάθετα στη ροή). Εναλλακτικά, οι διατομές μπορούν να κατασκευαστούν αυτόματα όλες μαζί με εφαρμογή του εργαλείου Construct Cut Lines, όπου επιλέγεται από το χρήστη η απόσταση μεταξύ των διατομών καθώς και το μήκος τους (Εικόνα 8.2)



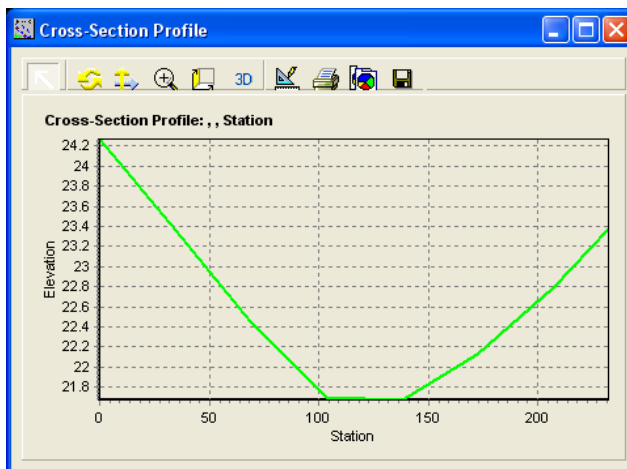
Εικόνα 8.5: Παράθυρο δημιουργίας διατομών

Η εκτέλεση της εντολής συνεπάγεται τη δημιουργία διατομών σε καθορισμένη απόσταση και με καθορισμένο πλάτος. Ωστόσο, γίνεται σαφές ότι υπάρχει η περίπτωση σύμπτωσης δύο ή και περισσότερων διατομών (Εικόνα 8.3 και Σχήμα 8.4), οπότε ο μελετητής καλείται να τροποποιήσει ή να σβήσει κάποια διατομή μέσω της εργαλειοθήκης editor.



Εικόνα 8.6: Μορφοποίηση διατομών

Η επισκόπηση της εκάστοτε διατομής γίνεται από το εργαλείο (XS Plot). Με το εργαλείο αυτό ο μελετητής κρίνει αν η διατομή επεκτείνεται σε υψηλότερα υψόμετρα, αποτυπώνοντας το πλήρες πλημμυρικό πεδίο σε αυτή τη θέση (Κακαβά 2008).



Σχήμα 8.2: Επισκόπηση διατομής της κοίτης του ποταμού Αχέροντα

Χρήσεις γης (Land uses)

Το θεματικό επίπεδο των χρήσεων γης αξιοποιείται στην εκτίμηση του συντελεστή Manning στη θέση κάθε διατομής. Ανάλογα λοιπόν με το πολύγωνο χρήσης γης εκτιμάται η αντίστοιχη τιμή n του Manning από πίνακες. Αρχικά, μέσω της επιλογής RAS Geometry -> create RAS layers ->

Land use area δημιουργείται το θεματικό επίπεδο των χρήσεων γης. Στο θεματικό αυτό επίπεδο επικολλούνται από το αρχικό layer των χρήσεων γης. Όσα πολύγωνα τέμνουν τις σχεδιασθείσες διατομές. Έτσι, δημιουργείται ένα layer που περιέχει μόνο τα πολύγωνα που χρειάζονται για την εκτίμηση του συντελεστή n στις περιοχές που εκτείνονται οι διατομές.



Σχήμα 8.3: Το θεματικό επίπεδο χρήσεων γης (Corine Land Cover 2000)

Εν συνεχεία - αποδίδοντας τιμές του συντελεστή n σε κάθε πολύγωνο αναλόγως της χρήσεως γης - καταρτίζεται πίνακας μέσω της εντολής RAS Geometry -> Manning N values -> Create LU Manning table (Πίνακας 8.4) και τέλος, εξάγονται οι τιμές που αφορούν κάθε διατομή σε νέο πίνακα μέσω της εντολής RAS Geometry -> Manning n' values -> Extract N values. Όπως γίνεται αντιληπτό, ακόμα και κατά μήκος της ίδιας διατομής μπορεί να απαντώνται διαφορετικοί συντελεστές Manning.

OBJECTID *	LUCode	N_Value
1	112	0.35
2	324	0.15
3	323	0.15
4	243	0.1
5	222	0.1
6	212	0.1

OBJECTID *	XSZDID	Fraction	N_Value
1	511	0	0.35
2	511	0.41462	0.1
3	511	0.70184	0.35
4	512	0	0.35
5	512	0.76068	0.1
6	512	0.94675	0.35
7	513	0	0.35
8	513	0.97312	0.1
9	514	0	0.35
10	515	0	0.35
11	516	0	0.35
12	517	0	0.35
13	518	0	0.35
14	518	0.07369	0.35
15	518	0.1175	0.35
16	518	0.93899	0.1
17	519	0	0.35
18	519	0.07823	0.35
19	519	0.13218	0.35
20	519	0.88164	0.1
21	519	0.96223	0.35
22	520	0	0.35

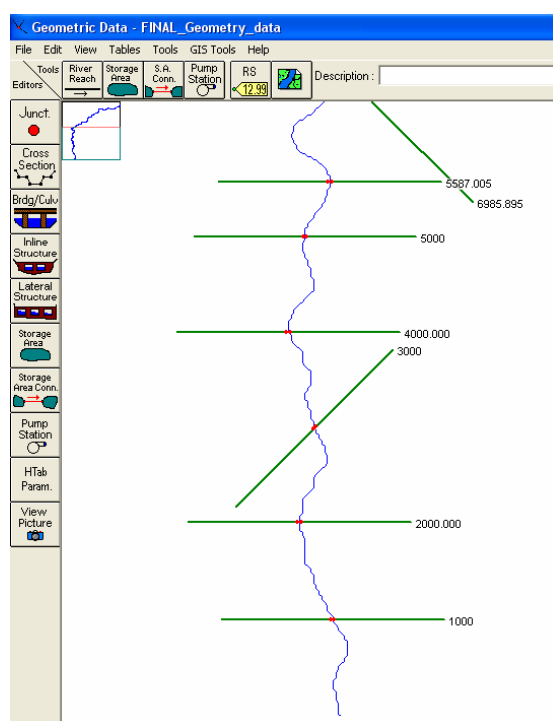
Σχήμα 8.4: Πίνακας αντιστοίχισης συντελεστή Manning ανα κατηγορία χρήσεων γής και πίνακας υπολογισμένων συντελεστών Manning κατα μήκος κάθε διατομής

B. Σύνθεση θεματικών επιπέδων και εξαγωγή στο HEC-RAS

Το τελικό βήμα για την παραγωγή του γεωμετρικού αρχείου εισόδου του προγράμματος HEC-RAS είναι η σύνθεση των δημιουργηθέντων θεματικών επιπέδων και του ψηφιακού μοντέλου εδάφους. Η σύνθεση γίνεται μέσω της εντολής RAS Geometry -> layer setup και η εξαγωγή του αρχείου γίνεται μέσω της εντολής RAS Geometry -> Extract GIS data.

A. Εισαγωγή γεωμετρικών δεδομένων

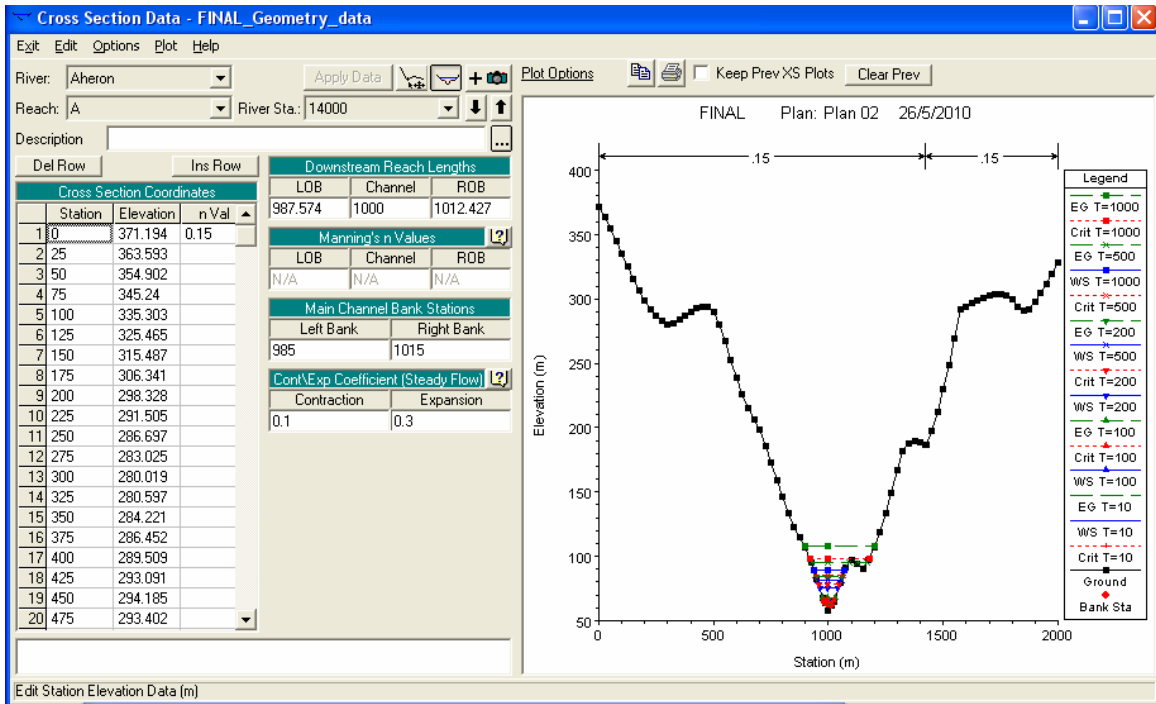
Η εισαγωγή των γεωμετρικών δεδομένων, που παρήχθησαν από το HEC- GeoRAS γίνεται μέσω της εντολής File -> Geometric Data από το κεντρικό παράθυρο του HEC RAS και στη συνέχεια File -> Import Geometry -> GIS Format (από το παράθυρο των γεωμετρικών στοιχείων).



Εικόνα 8.7: Απεικόνιση διατομών στο περιβάλλον του HEC RAS

Έπειτα, θα πρέπει να επεξεργαστούν τα γεωμετρικά δεδομένα των διατομών. Αυτό γίνεται με την εφαρμογή της εντολής (Edit Cross Section). Με αυτή την εντολή εμφανίζονται όλα τα χαρακτηριστικά μιας διατομής.

Ενδεικτικά, παρατίθεται στη συνέχεια παράδειγμα απεικόνισης μίας διατομής της κοίτης του ποταμού Αχέροντα, όπως εμφανίζεται στο περιβάλλον του HEC RAS μετά την εφαρμογή των απαιτούμενων εντολών (Εικόνα 8.5).



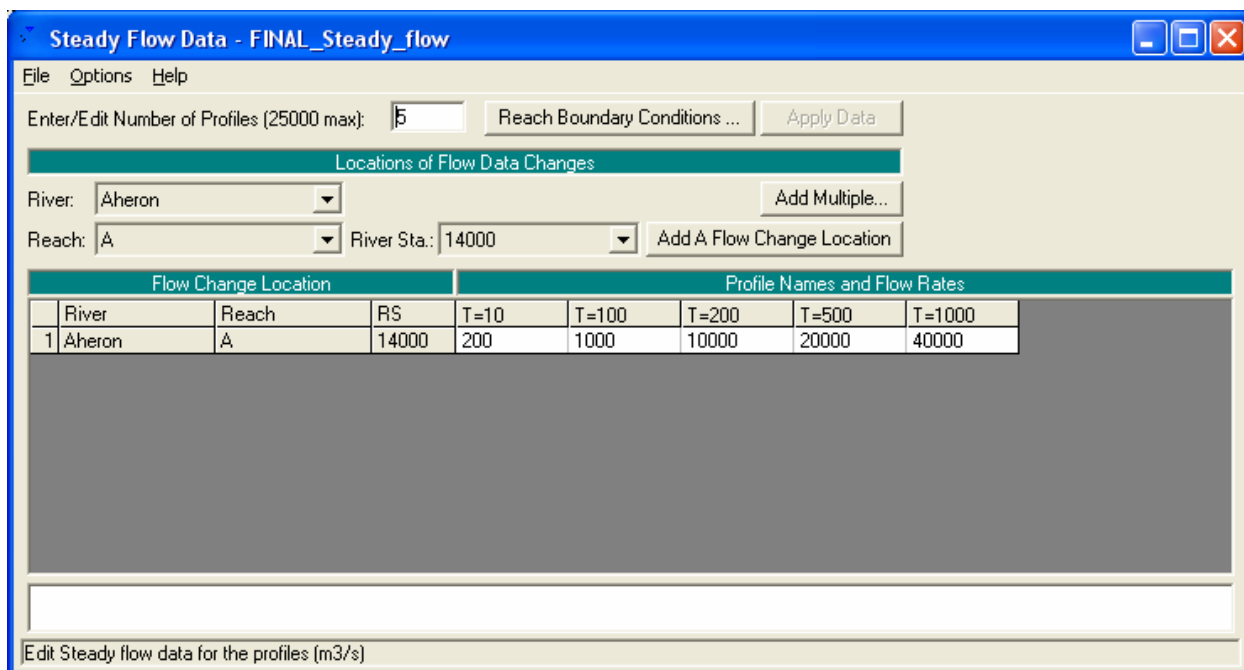
Εικόνα 8.8: Παράδειγμα απεικόνισης διατομής της κοίτης του ποταμού Αχέροντα

Στο παράθυρο αυτό ο χρήστης μπορεί να επεξεργαστεί τα ακόλουθα στοιχεία:

- River / Reach: Όνομα / τμήμα του ποταμού στο οποίο ανήκει η διατομή
- River Station: Κωδικός αριθμός της διατομής
- Cross Section Coordinates: Πίνακας με όλα τα σημεία της διατομής, την απόστασή τους από το αριστερό της άκρο (Station), και το αντίστοιχο υψόμετρό τους (Elevation)
- Downstream Reach Lengths: Αποστάσεις δυο διαδοχικών διατομών κατά μήκος των κύριων διευθύνσεων ροής
- Main Channel Bank Stations: Αποστάσεις της αριστερής και της δεξιάς όχθης από το αριστερό άκρο της διατομής (δεν έγινε υπολογισμός στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας)
- Cont / Exp Coefficients: Προεπιλεγμένες τιμές για τον υπολογισμό των συντελεστών τοπικών απωλειών σε συστολή και διαστολή αντίστοιχα.

B. Εισαγωγή υδρολογικών δεδομένων

Οι ρυθμίσεις της μόνιμης ροής εισάγονται στο HEC-RAS μέσω της εντολής Edit/Steady flow data, με την οποία εμφανίζεται το παράθυρο της Εικόνας 8.6 που ακολουθεί. Τα δεδομένα συνίστανται σε έναν αριθμό διαφορετικών προφίλ 7 για τα οποία εισάγονται οι αντίστοιχες πλημμυρικές αιχμές (στην πλέον ανάντη διατομή) 8 και οι οριακές συνθήκες. Οι ονομασίες των προφίλ επιλέγονται από το χρήστη μέσω της εντολής Edit/Profile names. Η δόμηση του υδρολογικού αρχείου γίνεται για κάθε τμήμα (Reach) του ποταμού ξεχωριστά, κάτι το οποίο δεν εφαρμόζεται στην παρούσα εργασία, όπου μελετάται ένα μοναδικό τμήμα του Αλφειού ποταμού.

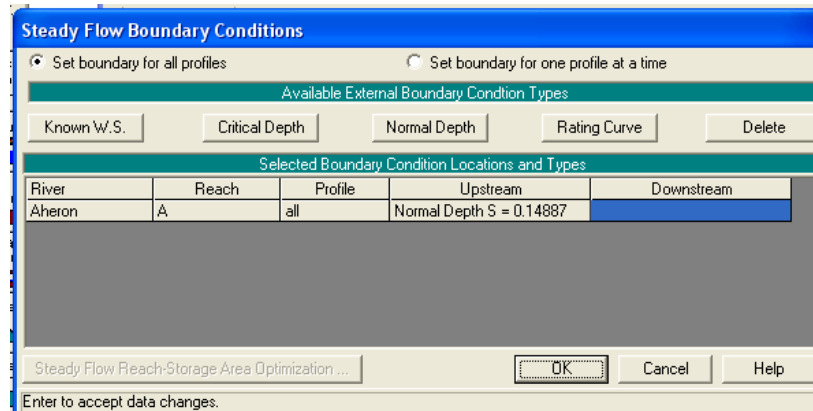


Εικόνα 8.9: Παράθυρο εισαγωγής συνθηκών μόνιμης ροής

Η ολοκλήρωση της εισαγωγής των υδρολογικών δεδομένων επιτυγχάνεται με τον ορισμό των οριακών συνθηκών του προβλήματος. Οι οριακές συνθήκες αποτελούν ουσιαστικά το σημείο έναρξης της βήμα προς βήμα ολοκλήρωσης για τον υπολογισμό των επιμέρους στοιχείων της εξίσωσης ενέργειας. Η θέση, όπου ορίζονται οι οριακές συνθήκες εξαρτάται από τη φύση του προβλήματος. Συνεπώς, για θεώρηση υπερκρίσιμης ροής, οι υπολογισμοί γίνονται από κατάντη προς ανάντη και η οριακή συνθήκη ορίζεται στην πλέον ανάντη θέση. Ανάλογα, στην περίπτωση της υποκρίσιμης ροής οι υπολογισμοί γίνονται από ανάντη προς κατάντη και τέλος στην περίπτωση μικτής ροής χρειάζεται ορισμός οριακής συνθήκης και στα δύο άκρα. Στην παρούσα

εργασία, λόγω των σχετικά έντονων κλίσεων εδάφους γίνεται η θεώρηση για ύπαρξη υπερκρίσιμης ροής (κάτι το οποίο επιβεβαιώθηκε αργότερα από τα αποτελέσματα) και συνεπώς χρειάζεται ο ορισμός οριακής συνθήκης στο πλέον ανάντη σημείο. Ο μελετητής έχει τη δυνατότητα να επιλέξει μια εκ των παρακάτω επιλογών:

- **Known Water Surface Elevation** (Γνωστό πιεζομετρικό φορτίο): Για αυτή την οριακή συνθήκη, ο χρήστης θα πρέπει να εισάγει ένα πιεζομετρικό φορτίο για κάθε προφίλ.
- **Critical Depth** (Κρίσιμο βάθος): Με αυτήν την επιλογή δε χρειάζεται καμία επιπλέον πληροφορία. Το πρόγραμμα υπολογίζει από μόνο του το κρίσιμο βάθος για κάθε προφίλ και το χρησιμοποιεί σαν οριακή συνθήκη.
- **Normal Depth** (Ομοιόμορφο βάθος): Εισάγεται η κλίση της γραμμής ενέργειας, για να υπολογιστεί κατόπιν το ομοιόμορφο βάθος για κάθε προφίλ. Όταν η κλίση αυτή δεν είναι γνωστή, ο χρήστης μπορεί να την προσεγγίσει είτε με χρήση της κλίσης της ελεύθερης επιφάνειας είτε με χρήση της κλίσης του πυθμένα (Bruner 2008b).
- **Rating Curve** (Καμπύλη στάθμης – παροχής): Μόλις επιλεγεί αυτή η οριακή συνθήκη εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο, στο οποίο ο χρήστης μπορεί να εισάγει ζεύγη τιμών στάθμης – παροχής. Από την καμπύλη αυτή το πρόγραμμα μπορεί με παρεμβολή να υπολογίσει το πιεζομετρικό φορτίο για την αντίστοιχη παροχή. Εξαιτίας της απουσίας στοιχείων υδρομέτρησης στην περιοχή επιλέγεται ως ανάντη οριακή συνθήκη, το ομοιόμορφο βάθος (Εικόνα 8.7), το οποίο προκύπτει από την κλίση του πυθμένα (πολύ καλή προσέγγιση της γραμμής ενέργειας – Bruner 2008b). Κατασκευάζεται λοιπόν, σε περιβάλλον ArcMap (εντολή *spatial analyst -> slope*), ο κάρναβος των κλίσεων εδάφους (βλ. χάρτη 3.2), από τον οποίο προκύπτει κλίση = 0,03667 στο ανάντη σημείο (Γκιόκας, Α., 2009).



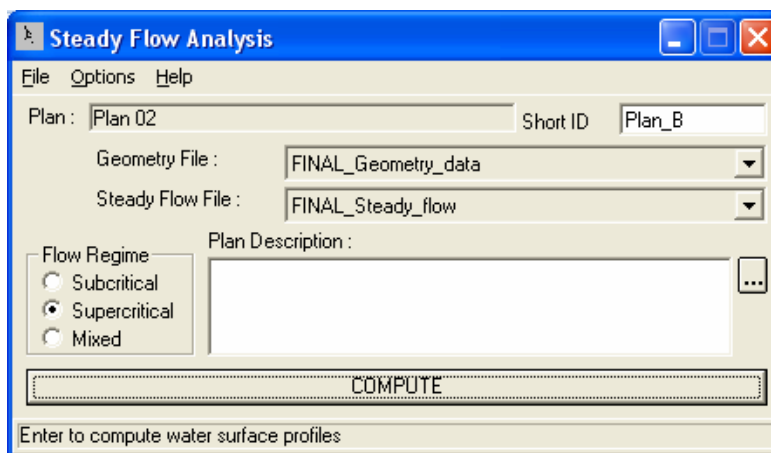
Εικόνα 8.10: Παράθυρο επιλογής οριακής συνθήκης

Γ. Ρύθμιση παραμέτρων και εκτέλεση υδραυλικών υπολογισμών

Η εκτέλεση των υδραυλικών υπολογισμών είναι το τελευταίο βήμα για την προσομοίωση σε περιβάλλον HEC-RAS. Η διεργασία πραγματοποιείται από την εντολή Run -> steady flow analysis, όπου ο χρήστης καθορίζει τα ακόλουθα στοιχεία:

- Ονομασία σχεδίου (Plan ID)
- Μήτρα γεωμετρικών δεδομένων (Geometry file)
- Μήτρα υδρολογικών δεδομένων μόνιμης ροής (Steady flow file)
- Είδος ροής (εδώ ισχύει η παραδοχή για υπερκρίσιμη ροή λόγω των έντονων κλίσεων εδάφους)

Για την ακριβέστερη προσομοίωση των πραγματικών συνθηκών ροής, θα πρέπει να ρυθμιστούν κάποιες παράμετροι του μοντέλου (Γκικόκας, Α., 2009).



Εικόνα 8.11: Ρύθμιση τελικών παραμέτρων υπολογισμού του μοντέλου

E. Εξαγωγή αποτελεσμάτων στο HEC-GeoRAS

Αφού ολοκληρωθούν οι υδραυλικοί υπολογισμοί δίδεται η δυνατότητα εξαγωγής των δεδομένων σε περιβάλλον HEC-GeoRAS με σκοπό τη σύνθεση χαρτών με τα πιεζομετρικά βάθη και τα πολύγωνα των πλημμυρικών κατακλύσεων. Η διεργασία εκτελείται από την εντολή File -> export GIS data, όπου ο χρήστης παράγει αρχείο τύπου «.sdf»¹⁰ με τα δεδομένα που τον ενδιαφέρουν. Η εισαγωγή των υδραυλικών δεδομένων στο HEC-GeoRAS συνοδεύεται απαραίτητα από τη συσχέτιση με το ψηφιακό μοντέλο εδάφους, στο οποίο άλλωστε έγιναν και οι αρχικοί υπολογισμοί. Στο παράθυρο εντολών RAS Mapping -> Layer setup ο χρήστης καθορίζει επίσης το μέγεθος του φατνίου στον κάρναβο με τα βάθη του νερού. Το κατάλληλο μέγεθος εξαρτάται από την ανάλυση του ΨΜΕ. Στην παρούσα εργασία το μέγεθος του φατνίου ορίστηκε ίσο με 34 μέτρα (όσο και το αντίστοιχο φατνίο του ΨΜΕ). Αφού συμπληρωθεί το παράθυρο Layer Setup με τις κατάλληλες ρυθμίσεις, επιλέγεται RAS Mapping -> Read RAS GIS Export File, ώστε να διαβαστεί ο φάκελος εξόδου. Με αυτή τη διαδικασία, το ψηφιακό μοντέλο εδάφους εισάγεται στο χάρτη και ταυτόχρονα ένα αντίγραφο του μετατρέπεται σε μορφή raster (με μέγεθος φατνίου αυτό που ορίστηκε προηγουμένως). Τέλος, δημιουργούνται δύο νέα θεματικά επίπεδα μέσα στη βάση δεδομένων, ένα για τις διατομές και ένα για τα όρια των κατακλύσεων.

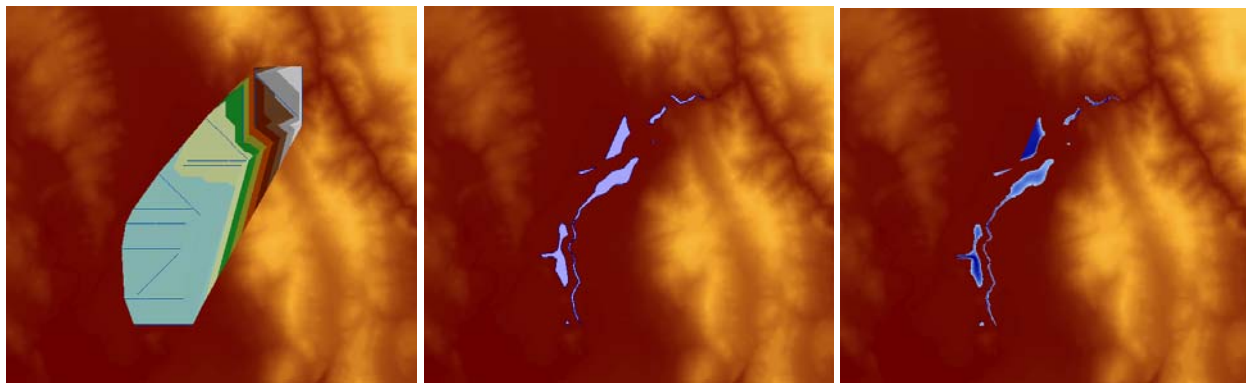
Z. Σύνθεση πιεζομετρικών χαρτών

Σε πρώτη φάση, κατασκευάζεται ένα τρισδιάστατο μοντέλο της υδάτινης επιφάνειας από τις διατομές και το πιεζομετρικό φορτίο σε κάθε διατομή. Με την εντολή RAS Mapping ->

Inundation Mapping -> Water Surface Generation δημιουργούνται οι πιεζομετρικές επιφάνειες για τα διάφορα πλημμυρικά επεισόδια και ονομάζονται με το πρόθεμα «t» και το όνομα του κάθε προφίλ (Γκιόκας, Α., 2009).

8.4 Σύνθεση χαρτών πλημμυρικής κατάκλυσης

Στο δεύτερο και τελευταίο βήμα, η πιεζομετρική επιφάνεια - που έχει παραχθεί από την προηγούμενη διαδικασία - συνδυάζεται με το ψηφιακό μοντέλο εδάφους. Σκοπός είναι ο υπολογισμός των ακριβών ορίων της κατάκλυσης και των βαθών του νερού για όλο το πλημμυρικό πεδίο. Με την εντολή RAS Mapping -> Inundation Mapping -> Floodplain delineation, υπολογίζεται το ψηφιακό μοντέλο της πιεζομετρικής επιφάνειας (Το αρχείο .sdf μετατρέπεται σε αναγνώσιμο από το HEC-GeoRAS αρχείο .xml με το εργαλείο «convert sdf to xml») και συγκρίνεται με το ψηφιακό μοντέλο εδάφους. Στα σημεία, όπου το υψόμετρο της πιεζομετρικής επιφάνειας είναι μεγαλύτερο από το υψόμετρο εδάφους υπολογίζεται η διαφορά των δύο υψομέτρων, η οποία αντιπροσωπεύει το αντίστοιχο βάθος του νερού στη θέση. Κατ' αυτόν τον τρόπο, δημιουργούνται αρχεία που περιέχουν τα βάθη του νερού για τα διάφορα πλημμυρικά επεισόδια και ονομάζονται με το πρόθεμα «d» και το όνομα του κάθε προφίλ. Παράλληλα, κατασκευάζονται πολύγωνα που περιέχουν τα ακριβή όρια της κατάκλυσης για το κάθε προφίλ, τα οποία ονομάζονται με το πρόθεμα «b» και το όνομα του αντίστοιχου προφίλ.



Σχήμα 8.5: Από αριστερά προς τα δεξιά: Πιεζομετρική επιφάνεια, έκταση πλημμύρας, βάθη πλημμύρας για περίοδο επαναφοράς T=100 έτη

9 Χαρτογραφική απόδοση χαρτών πλημμύρας

Η χαρτογράφηση λαμβάνει μέρος στη δεύτερη φάση υλοποίησης της οδηγίας. Το θέμα της παρουσίασης των χαρτών που απαιτεί η οδηγία προέκυψε γιατί οι πλημμύρες δεν είναι μόνο τοπικό ή εθνικό θέμα αλλά σε περιπτώσεις μεγάλων ποταμών και λεκανών απορροής, αποτελεί διεθνικό ζήτημα. Η ανάγκη για μια κοινή πλατφόρμα στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων, βάση της οποίας θα κινηθούν τα κράτη μέλη ήταν θέμα χρόνου να προκύψει. Οι Ευρωπαίοι υπεύθυνοι για τα νερά καθιέρωσαν λίγο μετά την ανακοίνωση της οδηγίας 2007/60 το Ευρωπαϊκό σύστημα ανταλλαγής πληροφοριών για τις πλημμύρες (European exchange circle on flood mapping - EXCIMAP). Το εγχειρίδιο EXCIMAP σε μια προσπάθεια να ακολουθήσει πιστά το έγγραφο 2007/60 προσηλώνεται στις ελάχιστες προαπαιτήσεις που θέτει η οδηγία για την παρουσίαση των πλημμυρών.

Η συλλογή των χαρτών πλημμύρας του EXCIMAP, είναι αποτέλεσμα της εργασίας του Ολλανδικού Υπουργείου Μεταφορών, δημοσίων έργων και διαχείρισης Υδατικών πόρων. Συμμετείχαν μέλη του EXCIMAP και της WL|Delft Hydraulics που έκανε την ανάλυση των χαρτών. Μετά την πρώτη έκδοση, έγινε επισκόπηση από την κάθε χώρα-δημιουργό του χάρτη και μετά ακολούθησε η τελική έκδοση.

Γενικές κατευθύνσεις

- Εύκολα αναγνώσιμοι κατανοητοί χάρτες
- Τοπογραφικό υπόβαθρο
- Προτίμηση ο χάρτης να καλύπτει μια συγκεκριμένη περιοχή, χωριό ή κοινότητα (μικροκλίμακα)

Χαρτογραφική απόδοση

Η χαρτογραφική απόδοση είναι σημαντική στην περίπτωση των χαρτών πλημμύρας. Πρέπει ένας χάρτης πλημμύρας να είναι κατανοητός σε αυτόν στον οποίο απευθύνεται.

Βασικά θέματα της παρουσίασης ενός χάρτη πλημμύρας

- Τίτλος: Συνοπτική περιγραφή του χάρτη συμπεριλαμβανομένου του περιεχόμενου και του

σκοπού. Στην περίπτωση των χαρτών πλημμύρας αυτό σημαίνει αναγραφή των πιθανοτήτων εμφάνισης ή των περιόδων επαναφοράς.

- Αναγραφή της υπηρεσίας που δημιούργησε το χάρτη με όλες τις πληροφορίες επικοινωνίας.
- Ημερομηνία έκδοσης
- Υπόμνημα
- Σκοπός της δημιουργίας και προβλεπόμενη χρήση του χάρτη
- Χρησιμοποιούμενη μέθοδος δημιουργίας του χάρτη
- Περιορισμοί του χάρτη ή/και εκτίμηση αβεβαιότητας (εάν υπάρχει)
- Disclaimer Για να επιβάλλει τους περιορισμούς, να παρέχει νομική προστασία στην εκδίδουσα αρχή σε περίπτωση μη σωστής χρήσης του χάρτη.
- Βοράς και κλίμακα

Μια διάκριση είναι ότι χάρτες που απευθύνονται στο ευρύ κοινό οφείλουν να είναι απλοί, επεξηγηματικοί και να περιλαμβάνουν ένα ξεκάθαρο υπόμνημα. Στόχος πρέπει να είναι να χρειάζεται η λιγότερη δυνατή επεξηγηματική πληροφορία. Χάρτες που απευθύνονται σε κυβερνήσεις ή τοπικές αρχές θα περιλαμβάνουν ειδικές λεπτομέρειες που θα είναι κατανοητές από επαγγελματίες (Μέθοδοι παραγωγής της πλημμύρας, περιορισμοί, αβεβαιότητες).

Μεταδεδομένα

Σε περίπτωση διάθεσης των χαρτών στο διαδίκτυο, ή σε μορφή ΓΣΠ τότε θα πρέπει να υπάρχουν μεταδεδομένα με τις πληροφορίες ημερομηνίας έκδοσης, έκδουσα αρχή κ.λ.π όπως και πληροφορίες απαραίτητες για δεδομένα ΓΣΠ όπως την προβολή, το σύστημα συντεταγμένων κλπ.

Φόντο στους χάρτες πλημμύρας

Συνήθως σαν υπόβαθρο σε ένα χάρτη πλημμύρας χρησιμοποιείται:

- η τοπογραφία της περιοχής,
- χάρτης με τις πόλεις,
- τους δρόμους,
- τα ποτάμια και τις λίμνες,
- τις χρήσεις γης
- Ορθοφωτοχάρτες

με σκοπό την γεωγραφική συσχέτιση του επεισοδίου της πλημμύρας. Το υπόβαθρο θα πρέπει να είναι στην κατάλληλη κλίμακα και να έχει τις κατάλληλες χρωματικές διαβαθμίσεις (συνήθως του γκριζου) για να μην συγχέεται με την πλημμύρα.

Σχετικά με τη χρήση εικόνας ως υπόβαθρο σε ένα χάρτη πλημμύρας τα τελευταία χρόνια το google earth έχει αποδειχθεί εύχρηστο εργαλείο καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί το περιβάλλον του για επισκόπηση των αποτελεσμάτων και να μπορεί ο κάθε χρήστης να εντοπίσει την περιοχή που τον ενδιαφέρει στην κλίμακα που τον εξυπηρετεί. Χαρακτηριστικό παράδειγμα οι πολωνικοί χάρτες πλημμύρας οι οποίοι παρουσιάζονται στο google earth και το υπόβαθρό τους είναι η μεγάλης ανάλυσης εικόνας του προγράμματος.

Εντοπισμός θέσης και πλοήγηση στους χάρτες.

Συνήθως μαζί με το κύριο θέμα του χάρτη πλημμύρας υπάρχει και ένα παράθυρο που αναπαριστά τη γεωγραφική σχέση της πλημμύρας. Αυτό μπορεί να είναι ένας χάρτης στην κατάλληλη κλίμακα ή ένα πλάνο με τις γύρω πόλεις, τοποθεσίες, δρόμους, ποταμούς κ.λ.π της ευρύτερης γεωγραφικής περιοχής (χώρα, περιφέρεια, λεκάνη).

Εάν πρόκειται για χάρτες που διατίθενται στο διαδίκτυο τότε θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα πλοήγησης στο χρήστη για να μπορέσει να βρει την περιοχή ενδιαφέροντός του.

Τέλος ένα σήμα του Βορά και η κλίμακα του χάρτη απαιτούνται για τη σωστή ερμηνεία. Η κλίμακα μπορεί να είναι γραπτή, σχηματική, ή να προκύπτει από τον κλίμακα του χάρτη εφόσον αναγράφεται η διάσταση του καννάβου.

Χρώματα και σύμβολα

Η χρήση ενός μόνο χρώματος γίνεται για αναπαράσταση μιας μόνο παραμέτρου της πλημμύρας όταν πρόκειται για τους πιο απλούς χάρτες πλημμύρας.

Η χρήση διαφορετικών χρωμάτων ή διαβαθμίσεων του ίδιου χρώματος μπορεί να γίνει για διαφορετικές παραμέτρους της πλημμύρας (όπως το εύρος πλημμύρας για διαφορετικές συχνότητες εμφάνισης, τα διαφορετικά βάθη για συγκεκριμένο εύρος πλημμύρας, ή οι διαβαθμίσεις κινδύνου ή διακινδύνευσης πλημμύρας) εντός του ίδιου χάρτη.

Επιλογή χρωμάτων

Η επιλογή του χρώματος γίνεται βάση κάποιων παραγόντων:

- Κοινωνικές προκαταλήψεις: Οι άνθρωποι έχουν μάθει να ερμηνεύουν την οπτική πληροφορία βάση του χρώματος. Για παράδειγμα το μπλε θα ερμηνευτεί ως πλημμύρα, οι διαβαθμίσεις του κόκκινου ως κίνδυνος και του πράσινου ως ασφάλεια. Για αποφυγή παρερμηνειών του χάρτη ενδείκνυται να ακολουθείται η παραπάνω κατεύθυνση.

- Η διαβάθμιση χρώματος θα ερμηνευτεί από ένα απλό παρατηρητή ως διαφορετικοί βαθμοί μιας παραμέτρου/ ενός φαινομένου. Η διαβάθμιση μπορεί να είναι διακριτή (ενδείκνυται στις περιπτώσεις διαφορετικών εκτάσεων πλημμύρας για διαφορετικές συχνότητες, ή διαφορετικές κατηγορίες βαθμών).

Η κατηγοριοποίηση καλό είναι να γίνεται βάση των συνεπειών. Δηλαδή κατηγορίες βαθμών έχουν διαφορετικές συνέπειες όσον αφορά την ασφάλεια, την ικανότητα των ανθρώπων να εκκενώσουν την περιοχή, ή τις οικονομικές ζημιές). Η συνεχής διαβάθμιση είναι συνήθως πιο δύσκολη για την εξαγωγή συμπερασμάτων από ένα απλό παρατηρητή του χάρτη.

- Καθαρότητα εικόνας. "Δυνατά" χρώματα πάνω από ένα έγχρωμο υπόβαθρο προτιμούνται. Προσοχή δίνεται στην αποφυγή υπερβολικά πολλών έντονων χρωμάτων γιατί τότε υπάρχει σύγχυση.

Αριθμητική αναπαράσταση του φαινομένου της πλημμύρας

Οι χάρτες πλημμύρας αναπαριστούν πληροφορία γραφικά. Αυτό μπορεί να συμπληρωθεί με αριθμητικά δεδομένα όπως τιμές στάθμης του νερού ή ροής είτε ως κείμενο πάνω στο χάρτη είτε στο υπόμνημα. Εάν πρόκειται για ένα χάρτη GIS διαθέσιμο στο διαδίκτυο η πληροφορία αυτή μπορεί να υπάρχει στους πίνακες περιγραφικής πληροφορίας.

Επιπρόσθετα στοιχεία

Χρήσιμο θα είναι να υπάρχει πληροφορία στο χάρτη για υπάρχοντα έργα αντιμετώπισης μιας πλημμύρας (θέση, είδος, κατάσταση, προδιαγραφές). Επίσης διαδρομές εκκένωσης, περιοχές καταφυγίου από την πλημμύρα, κατεύθυνση της ροής της πλημμύρας κ.α).

Είναι σημαντικό όταν χρειάζεται διασυνοριακή συνεργασία αυτή να γίνεται με στόχο ένα κοινά αποδεκτό αποτέλεσμα. Ειδική μνεία γίνεται για εμφάνιση των χαρτών και σε διάφορες γλώσσες με στόχο και τις μειονότητες οι οποίες επηρεάζονται από τον φαινόμενο της πλημμύρας.

Πιθανές ζημιές

Σχετικά με τον καθορισμό της πιθανής ζημιάς από πλημμύρα χρησιμοποιούνται δεδομένα όπως

- Χρήσεις γης
- Αξίες ακινήτων
- Πυκνότητα πληθυσμού

Όταν υπάρξει ικανοποιητική πληροφορία για τα παραπάνω, η πιθανή ζημιά μπορεί να υπολογιστεί σε επίπεδο κανναβικού στοιχείου (gridcell) σαν αποτέλεσμα διαφορετικών σεναρίων πλημμύρας και συναρτήσεων που συσχετίζουν τα βάθη του νερού με τη ζημιά σε κατασκευές και τις χρήσεις γης, όπως και τις ανθρώπινες απώλειες. Επειδή η πληροφορία για τα παραπάνω αφορά ανθρώπινες ζωές και ιδιοκτησίες, θα πρέπει να υπάρχει μαζί με το χάρτη συνοδευτική λεπτομερής τεχνική έκθεση.

Άλλη πληροφορία που οφείλει να υπάρχει για τις πιθανές ζημιές είναι η ύπαρξη κατασκευών που μπορούν σε περίπτωση πλημμύρας να ανεβάσουν σημαντικά το κόστος της ζημιάς:

- Αποθήκες χημικών
- Εθνικές οδοί
- Σιδηρόδρομοι
- Αεροδρόμια
- Υπηρεσίες ζωτικής σημασίας όπως υπηρεσίες ηλεκτρισμού, υπηρεσίες που μπορούν να βοηθήσουν στην αποστράγγιση του νερού (Πυροσβεστική, στρατός κλπ), υπηρεσίες παροχής πόσιμου νερού, νοσοκομεία κλπ)

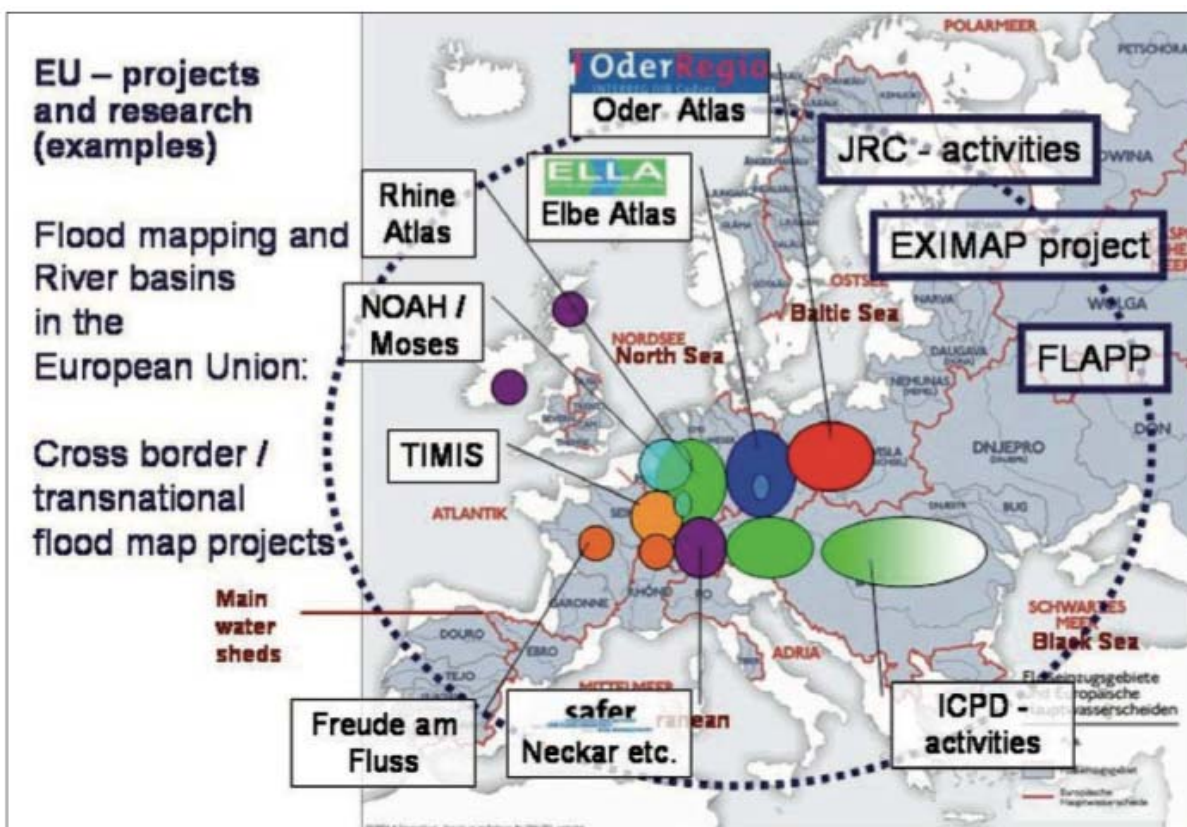
Η πληροφορία αυτή στο χάρτη μπορεί να είναι γραμμική ή σημειακή και να υπάρχει σε συνδυασμό με την εμφάνιση της πλημμύρας στο χάρτη.

Διακινδύνευση πλημμύρας

Η διακινδύνευση στο χάρτη μπορεί να παρουσιαστεί είτε ως αναμενόμενες απώλειες από πλημμύρα ανά χρόνο, είτε ως απώλειες σε επίπεδο στοιχείου καννάβου δεδομένου του επιπέδου προστασίας. Επίσης για διαφορετικά σενάρια πλημμύρας μπορεί να συνδυαστεί πληροφορία ανά κανναβικό στοιχείο της πιθανότητας πλημμύρας και της συνάρτησης πυκνότητας πληθυσμού με ανθρώπινη απώλεια και να υπάρχει πληροφορία διακινδύνευσης ανθρώπινης ζωής σε επίπεδο gridcell (δηλαδή ακόμα και σε ατομικό επίπεδο).

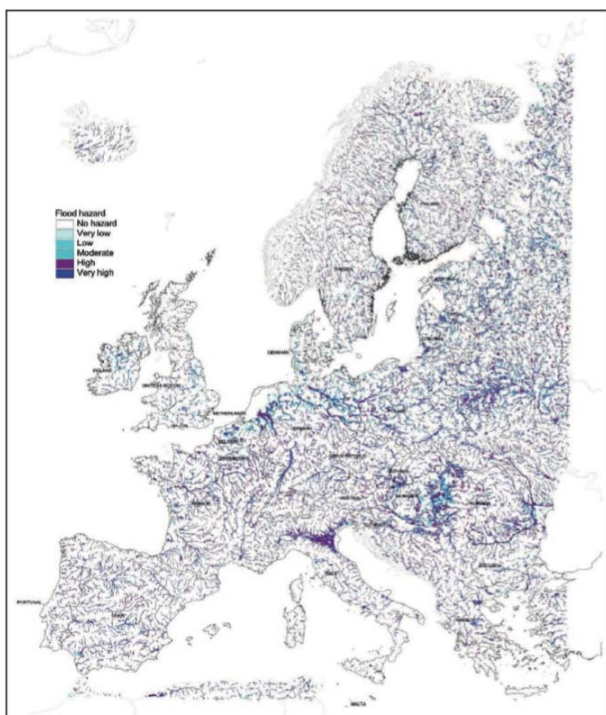
Αυτοί οι χάρτες είναι σπάνιοι και δεν διατίθενται στο κοινό. Επίσης είναι πολύ σύνθετοι και υπάρχει ο κίνδυνος της σύγχυσης εάν διατεθούν ελεύθερα (όπως π.χ. στο διαδίκτυο).

Στην Εικόνα 9.1 που ακολουθεί, παρουσιάζονται τα διάφορα προγράμματα χαρτογράφησης πλημμύρας που έτρεξαν σε διασυνοριακό επίπεδο μέχρι το έτος 2007.

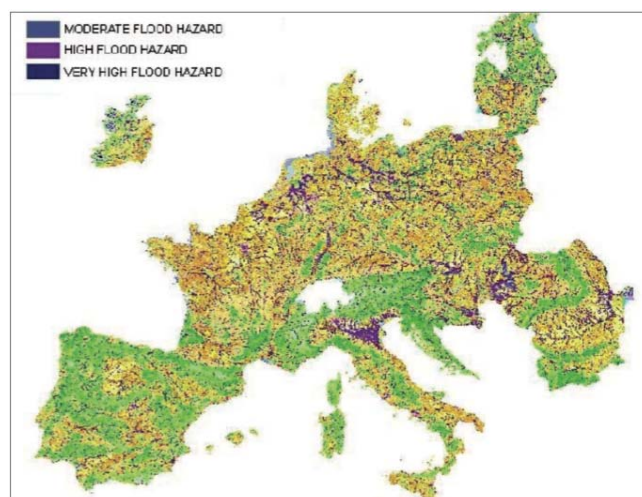


Εικόνα 9.1: Ευρωπαϊκά προγράμματα χαρτογράφησης πλημμύρας σε διασυνοριακό επίπεδο (έως το έτος 2007)

Η τάση για αστικοποίηση σε πολλές περιοχές στην Ευρώπη έχει οδηγήσει σε αυξημένο κίνδυνο πλημμύρας εκεί όπου εμφανίζεται μεγάλη συγκέντρωση πληθυσμού. Αυτό προκύπτει από την επίθεση του Corine 2000 πάνω στις περιοχές του Ευρωπαϊκού χάρτη κινδύνου πλημμύρας.



Χάρτης κινδύνου πλημμύρας της Ευρώπης (WDNH – JRC)
(Πηγή: EXCIMAP)



Χάρτης: Επίθεση Ευρωπαϊκού χάρτη κινδύνου πλημμύρας
και Corine Land Cover 2000.

(Πηγή: EXCIMAP)

Χρήση του λογισμικού google earth

Οι περιπτώσεις εφαρμογών διαδραστικών χαρτών πλημμύρας στο διαδίκτυο είναι αρκετές. Στα πλαίσια της εργασίας προσηλωθήκαμε στην επιφάνεια εργασίας του google earth. Κάθε άλλη περίπτωση απαιτεί προγραμματισμό, ανάπτυξη εφαρμογών και δημιουργία ενός νέου ιστότοπου. Η διαδικασία μετατροπής χαρτών πλημμύρας από ένα περιβάλλον ΓΣΠ στο google earth είναι μια σχετικά άμεση και απλή διαδικασία που έχει σαν αποτέλεσμα τα αρχεία της μορφής kmz και kml και ακριβή τοποθέτηση των δεδομένων στην εικόνα του google earth. Είναι ιδανική η αναπαράσταση του φαινομένου της πλημμύρας για κάποιον μη ειδικό λόγω της ευκολίας της χρήσης των εργαλείων και των διαδικτυακών τοποθεσιών που παρέχουν επιπλέον πληροφορίες.

Με τη χρήση του Google earth μπαίνουν σε εφαρμογή ταυτόχρονα οι παρακάτω αρχές που διέπουν το κείμενο της οδηγίας:

- Η αρχή της Δημόσιας Συμμετοχής (Public participation principle)

Η εύκολη και οικονομική χρήση του, σε συνδυασμό με την αναγνωρισιμότητα που έχει, κάνει το ευρύτερο κοινό να μπορεί να το χειριστεί χωρίς δυσκολία. Με αυτό τον τρόπο συμπεριλαμβάνονται στη διαδικασία λήψης απόφασης και εκείνοι που επηρεάζονται από αυτή, δεδομένου ότι θα μπορούν να ενημερωθούν ανά πάσα στιγμή μέσω του διαδικτύου και του google earth για την πιθανότητα πλημμύρας στην περιοχή τους.

- Η Αρχή της αλληλεγγύης (solidarity principle)

Εφόσον μια δημόσια υπηρεσία αναλάβει τη δημιουργία των χαρτών πλημμύρας η και τους διαθέσει στο διαδίκτυο μέσω του google earth, η προσβασιμότητα που θα αποκτήσουν αυτοί οι χάρτες από όλους όσους επηρεάζονται όπως οι γειτονικές περιοχές, περιφέρειες ή κράτη-μέλη θα επιτρέψει τη συμμετοχή στη λήψη αποφάσεων για ικανοποιητική προστασία από τις πλημμύρες όχι μόνο των άμεσα επηρεαζόμενων αλλά και εκείνων που πιθανόν επηρεαστούν (όπως να δεχθούν φόρτιση) από κάποιο αντιπλημμυρικό έργο.

- Η Αρχή της βιώσιμης ανάπτυξης

Οι επιπλέον πληροφορίες που παρέχονται (οικοσυστήματα, πληθυσμιακές ομάδες κ.λ.π) μπορούν να συνδυαστούν για μια ολοκληρωμένη εικόνα του πεδίου πλημμύρας.

Πλεονεκτήματα χρήσης του google earth:

- Πληροφορία που παρέχει μια δορυφορική εικόνα
- Ευκολία στη χρήση
- Ποσότητα πληροφορίας με τη χρήση συνδέσμων στο διαδίκτυο
- Εύκολη και γρήγορη η μετατροπή δεδομένων από μια γεωβάση του ArcGIS

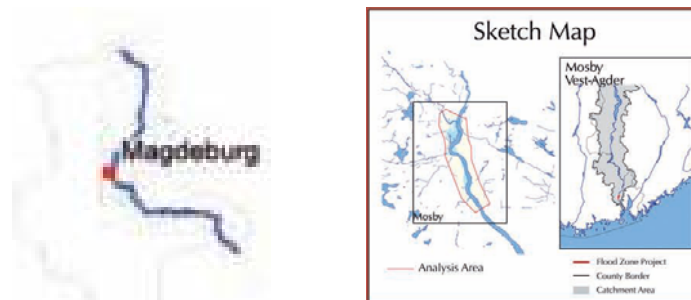
Μειονεκτήματα

- Χρειάζεται καλός επεξεργαστής για τον υπολογιστή
- Χρειάζεται καλή σύνδεση στο διαδίκτυο
- Κίνδυνος εσφαλμένης χρήσης των δεδομένων τα οποία μπορούν να αποθηκευτούν από το χρήστη (Ο χρήστης μπορεί να επέμβει και να αλλάξει τα δεδομένα στην οθόνη του αλλά δεν μπορεί να αλλάξει τη γεωβάση από όπου εμφανίζονται στο διαδίκτυο)
- Κίνδυνος παρερμηνείας των αποτελεσμάτων από τον απλό χρήστη
- Κίνδυνος ο χρήστης να κάνει μεγέθυνση της εικόνας στο επίπεδο του σπιτιού του ή της ιδιοκτησίας του και να θεωρήσει τη πληροφορία για την πλημμύρα σε αυτό το επίπεδο αξιόπιστη, πράγμα το οποίο είναι δυνατό να μην ισχύει.

10 Σύνθεση χαρτών πλημμύρας. Χρήση διαφόρων χαρτογραφικών στοιχείων από τις περιπτώσεις εφαρμογών των χωρών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και σύνθεση χάρτη

Έγινε επιλογή των στοιχείων που θα συνθέσουν το χάρτη της συγκεκριμένης εργασίας από το πλήθος περιπτώσεων εφαρμογής που συναντήθηκαν στο εγχειρίδιο της EXCIMAP.

Σχεδιάγραμμα της περιοχής που μελετάται με τα βασικότερα χαρακτηριστικά σημεία (π.χ. πόλεις, χωριά) στην περιοχή.



Σχήμα 10.1: Απόσπασμα χάρτη από τις περιοχές της Νορβηγίας και της Γερμανίας

Ο παραπάνω τρόπος αναπαράστασης χρησιμοποιείται από τους Γερμανούς (χάρτες πλημμύρας της πόλης Sachsen-Anhalt) και τους Νορβηγούς όπου με απλό τρόπο εμφανίζεται το τμήμα του ποταμού στο οποίο γίνεται η προσομοίωση.

Πίνακας πληροφοριών προσομοίωσης πλημμύρας

Από το παράδειγμα των Φινλανδικών χαρτών, επιλέχθηκε και παρουσιάζεται ο πίνακας που ακολουθεί (Πίνακας 10.1) στον οποίο περιγράφονται όλα τα στοιχεία του χάρτη και της υδρολογικής μελέτης.

Πίνακας 10.1: Συγκεντρωτική παρουσίαση των στοιχείων του χάρτη και της υδρολογικής μελέτης

Location:	Lapua centre (Lapua watershed)	Discharge value:	326 m ³ /s
Flood map type:	Detailed-scale flood hazard map	Discharge station:	4400500 Lapuanjoki Pappilankari
Return period:	HQ 1/1000, fluvial flood	Discharge calculation:	Statistical analysis (Gumbel-distribution)
Scale:	1:20 000	Water level calculation:	1D-hydraulic model
Topographic information:	DEM produced by aerial photographic (topographic accuracy ±30 cm)	Author:	Insinööritoimisto Pekka Leiviskä
Date:	11.10.2006		

Δήλωση αποποίησης ευθυνών

Οι Φιλανδοί πήραν και την πρωτοβουλία να έχουν σε εμφανές σημείο του χάρτη την δήλωση στην οποία αναφέρουν ότι δεν φέρουν καμία ευθύνη σε περίπτωση παρερμηνείας του χάρτη ή σε περίπτωση χρήσης του για σκοπούς πέρα από αυτούς που εξυπηρετεί. Η κίνηση αυτή θεωρήθηκε σωστή από τους υπεύθυνους του EXCIMAP. Η μόνη χώρα που χρησιμοποιεί νομική κάλυψη είναι η Αγγλία και μόνο για λόγους αντιγραφής και αναπαραγωγής του χάρτη. Ο λόγος όμως είναι ότι την εκπόνηση των χαρτών είχε αναλάβει ιδιωτική εταιρία η οποία είχε την εμπειρία να καλυφθεί νομικά. Οι Φιλανδοί είναι οι μόνοι που σε δημόσιο επίπεδο φρόντισαν να είναι και νομικά καλυμμένοι σχετικά με τη χρήση του χάρτη.

The purpose of the map is to give a general view of the extent and depth of a 1000-year flood. More information: www.ymparisto.fi/tulvakartat

The purpose of the map is to give a general view of the extent and depth of a 250-year flood. It is not reasonable to use the map for a building-specific analysing. More information: www.ymparisto.fi/tulvakartat

This Map is reproduced from the OS map by the Environment Agency with the permission of the Controller of HM Stationary Office, © Crown Copyright. Unauthorised reproduction infringes: Crown Copyright and may lead to prosecution or civil proceedings. Licence No: 100026380, 2006:

Σχήμα 10.2: Δηλώσεις αποποίησης ευθυνών όπως έχουν ληφθεί από φινλανδικούς και αγγλικούς χάρτες

Τοπογραφικό υπόβαθρο

Κατά το παράδειγμα των Πολωνών, που είναι οι μόνοι που χρησιμοποίησαν το Google Earth για παρουσίαση των χαρτών, πραγματοποιήθηκε στην περίπτωση των χαρτών η αντίστροφη διαδικασία. Δηλαδή, πρώτα χρησιμοποιήθηκε μια εικόνα από το Google Earth ως τοπογραφικό

υπόβαθρο. Η εικόνα αυτή αποθηκεύτηκε και στη συνέχεια έγινε γεωγραφική αναφορά της, έτσι ώστε να «συμπέσει» γεωγραφικά με τα αποτελέσματα του HEC-GeoRAS. Αυτό έδωσε τη δυνατότητα να γίνει επισκόπηση με φόντο ένα χάρτη μεγάλου όγκου πληροφορίας, όπως είναι μια δορυφορική εικόνα. Ακολούθησε επίθεση των επιπέδων πληροφορίας της πλημμύρας με την εικόνα του Google Earth σαν υπόβαθρο και έτσι ελλείπει άλλων τοπογραφικών δεδομένων είχαμε τη βέλτιστη δυνατή παρουσίαση του χάρτη πλημμύρας.

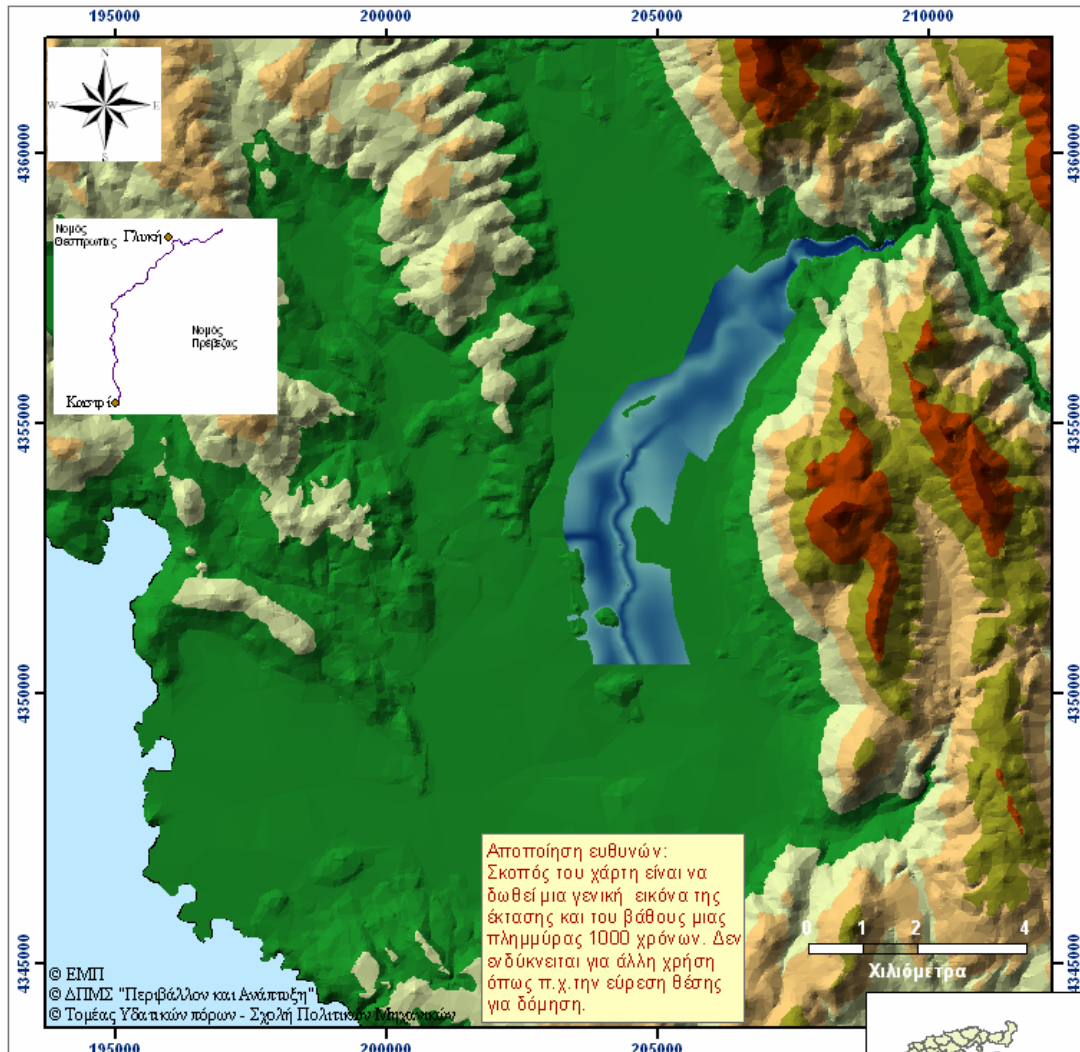
Στη συνέχεια έγινε και η αντίστροφη διαδικασία στην οποία μετατρέψαμε τα δεδομένα μας σε αρχεία που αναγνωρίζει το Google Earth και τα «ανεβάσαμε» στο Google Earth κατά το παράδειγμα των Πολωνών. Έτσι, όπως φαίνεται και στους διαδραστικούς πλέον χάρτες του Google Earth, ο απλός χρήστης μπορεί να κάνει επισκόπηση των πιθανών πλημμυρών και να εντοπίσει εάν κινδυνεύει από μια πλημμύρα. Ικανοποιείται η κατεύθυνση της Οδηγίας για κατανοητούς από όλους χάρτες πλημμύρας (δεδομένου ότι το Google earth χρησιμοποιείται ευρέως) που προκύπτει από την Αρχή της Δημόσιας Συμμετοχής. Γίνεται πράξη επίσης και η αρχή της επικουρικότητας που προβλέπει αποφάσεις σε μικροκλίμακα γιατί παρέχεται μέσω του Google Earth πρόσβαση σε όλους συμπεριλαμβανομένων και των τοπικών αυτοδιοικήσεων. Προσοχή πρέπει να δοθεί με κάποιο τρόπο στο επίπεδο λεπτομέρειας των χαρτών πλημμύρας που συνήθως είναι γύρω στα 25-30 m. Οπότε δεν μπορεί κάποιος να μελετήσει τα αποτελέσματα κάνοντας μεγέθυνση σε επίπεδο σπιτιού.

Γενική εικόνα των χαρτών

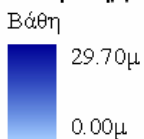
Η απόδοση των χαρτών πλημμύρας έγινε κατά το πρότυπο των Φινλανδών με τη διαφορά ότι το τοπογραφικό υπόβαθρο που χρησιμοποιήσαμε στην περίπτωση της παρούσας εργασίας είναι μια εικόνα του Google Earth.

11 Τελικοί χάρτες. Ανάλυση

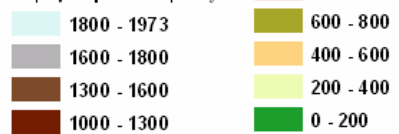
ΧΑΡΤΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΓΙΑ ΤΜΗΜΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΑΧΕΡΟΝΤΑ



Βάθη πλημμύρας, T=10.000



Υψόμετρα εδάφους



ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:	Νομός Πρέβεζας - Λεκάνη απορροής ποταμού Αχέρωντα. Περιοχή από το χωριό Γλυκή στο χωριό Καστρί. Μήκος τμήματος ποταμού 15 km.	ΤΙΜΗ ΠΑΡΟΧΗΣ:	40.000 m ³ /sec
ΕΙΔΟΣ ΧΑΡΤΗ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ:	Χάρτης κινδύνου πλημμύρας	ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ:	Σταθμός Αχέρωντα
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΙΧΑΦΟΡΑΣ:	T= 10.000	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ:	Στατιστική Ανάλυση με κατανομή Gumbel
ΚΑΙΜΑΚΑ:	1:100.000	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΘΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ:	Μονοδιάστατο μοντέλο προσομοίωσης πλημμύρας (1-D hydraulic model)
ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ:	ΨΜΑ (DEM) από ορθοφωτογράφη. (τοπογραφική ακρίβεια 25μ.)	ΑΡΧΗ ΕΚΔΟΣΗΣ:	Εθνικό Μετωόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ). Διπλωματική εργασία στα πλαίσια του ΔΠΜΣ "Περιβάλλον και Ανάπτυξη".
ΗΜΕΡΙΑ:	10/6/2010	ΣΥΓΚΡΑΦΕΑΣ:	Θεοδόσης Κωνσταντίνος

Στόχος του χάρτη: Ανάδειξη βαθών πλημμύρας, για περίοδο επαναφοράς 10000 χρόνια.

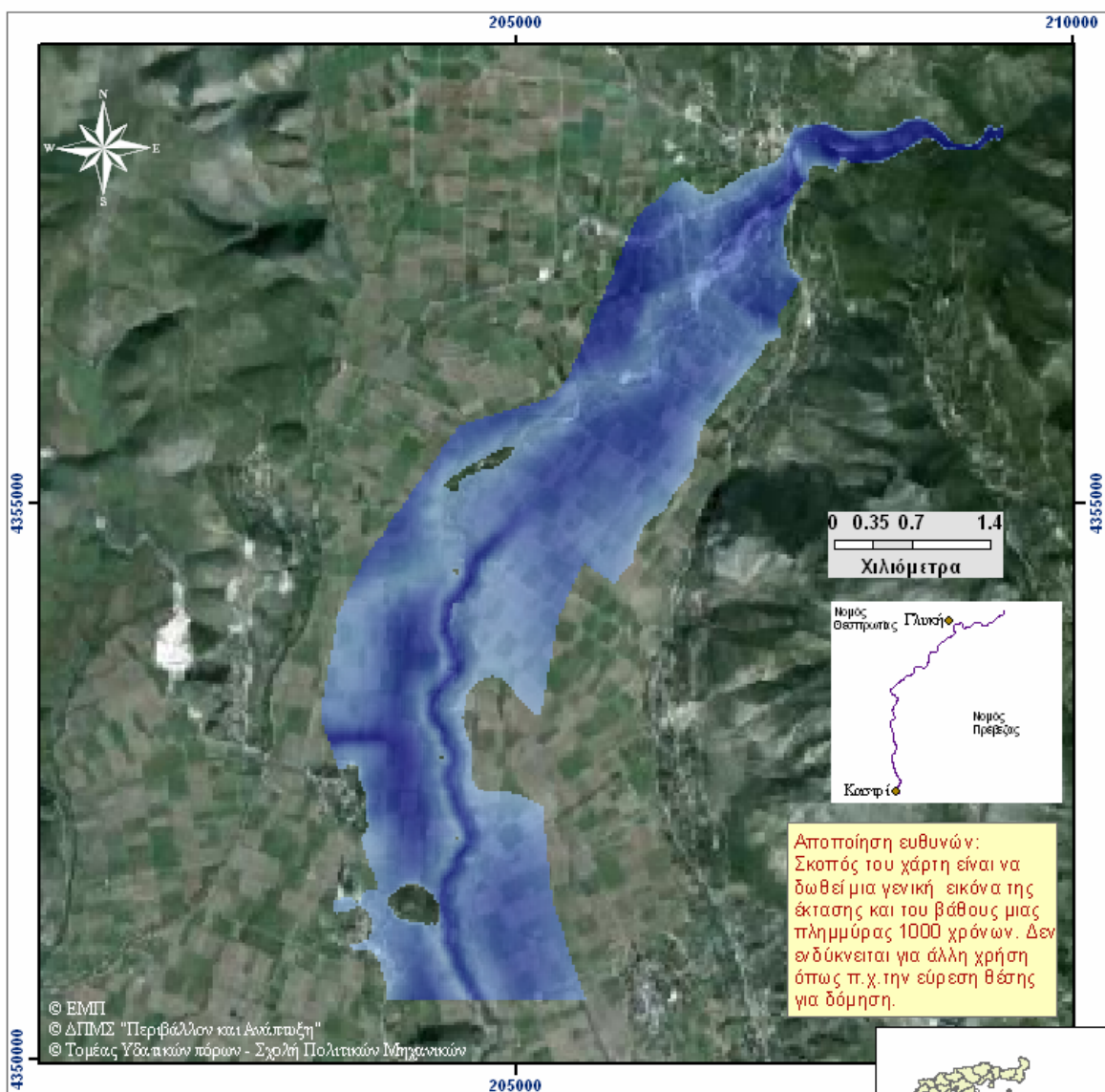
Τοπογραφικό υπόβαθρο: TIN της περιοχής.

Επιλογή κλίμακας αναπαράστασης: Επιλέγονται δυο κλίμακες για αναπαράσταση του φαινομένου. Η μία (1:5000) ανταποκρίνεται στις κατευθύνσεις του εγχειριδίου EXCIMAP για ένα χάρτη κινδύνου πλημμύρας (1:2000 με 1:5000), που προκύπτουν από την αρχή της επικουρικότητας (Κεφ. 4) που επικαλείται η οδηγία 2007/60 της Ε.Ε. για διαχείριση σε τοπικό επίπεδο. Η δεύτερη κλίμακα που χρησιμοποιείται αποσκοπεί στη αναπαράσταση του αναγλύφου της γύρω περιοχής και της θέσης εμφάνισης της πλημμύρας όπως και των διαφόρων βαθών της σε σχέση με την γύρω περιοχή.

Απευθύνεται: Στο ευρύτερο κοινό. Θα μπορούσε να μη χρησιμοποιηθεί ο περιγραφικός πίνακας.

Σχόλια: Το τοπογραφικό υπόβαθρο δείχνει το ανάγλυφο της περιοχής αλλά δεν αναδεικνύει κάποιο άλλο στοιχείο της περιοχής. Ο χάρτης ενδείκνυται κυρίως για αναπαράσταση του φαινομένου της πλημμύρας και του εύρους που καταλαμβάνει στο χώρο αλλά δεν αποτελεί έναν ολοκληρωμένο χάρτη κινδύνου πλημμύρας λόγω της απουσίας επιπλέον πληροφορίας του τοπογραφικού υπόβαθρου. Στο χάρτη έχουν προστεθεί όλα τα στοιχεία επιπλέον πληροφορίας που θα ενδιέφεραν έναν ειδικό τα οποία μπορούσαν να απαλειφθούν και να παρουσιαστεί ο χάρτης στο κοινό χωρίς επιπλέον λεπτομέρειες της υδρολογικής προσομοίωσης (χωρίς τον πίνακα των Φινλανδών).

ΧΑΡΤΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΓΙΑ ΤΜΗΜΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΑΧΕΡΟΝΤΑ



Βάθη πλημμύρας, T=10.000

Βάθη



ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:	Νομός Πρέβεζας. Λεκάνη απορροής ποταμού Αχέρωντα. Περιοχή από το χωριό Γλυκή στο χωριό Καστρί. Μήκος τμήματος ποταμού 15 km.	ΤΙΜΗ ΠΑΡΟΧΗΣ:	40.000 m ³ /sec
ΕΙΔΟΣ ΧΑΡΤΗ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ:	Χάρτης κινδύνου πλημμύρας	ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ:	Σταθμός Αχέρωντα
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ:	T= 10.000	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ:	Στατιστική Ανάλυση με κατανομή Gumbel
ΚΛΙΜΑΚΑ:	1:50.000	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΘΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ:	Μονοδιάστατο μοντέλο προσομοίωσης πλημμύρας (1-D hydraulic model)
ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ:	ΨΜΑ (DEM) από ορθοφωτογράφη. (τοπογραφική ακρίβεια 25μ.)	ΑΡΧΗ ΕΚΔΟΣΗΣ:	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ). Διπλωματική εργασία στα πλαίσια του ΔΠΜΣ "Περιβάλλον και Ανάπτυξη".
ΗΜ/ΝΙΑ:	10/6/2010	ΣΥΓΚΡΑΦΕΑΣ:	Θεοδώρας Κωνσταντίνος

Στόχος του χάρτη: Ανάδειξη του κινδύνου πλημμύρας, για περίοδο επαναφοράς 10000 χρόνια.

Τοπογραφικό υπόβαθρο: Δορυφορική εικόνα της περιοχής (Πηγή: Google Earth).

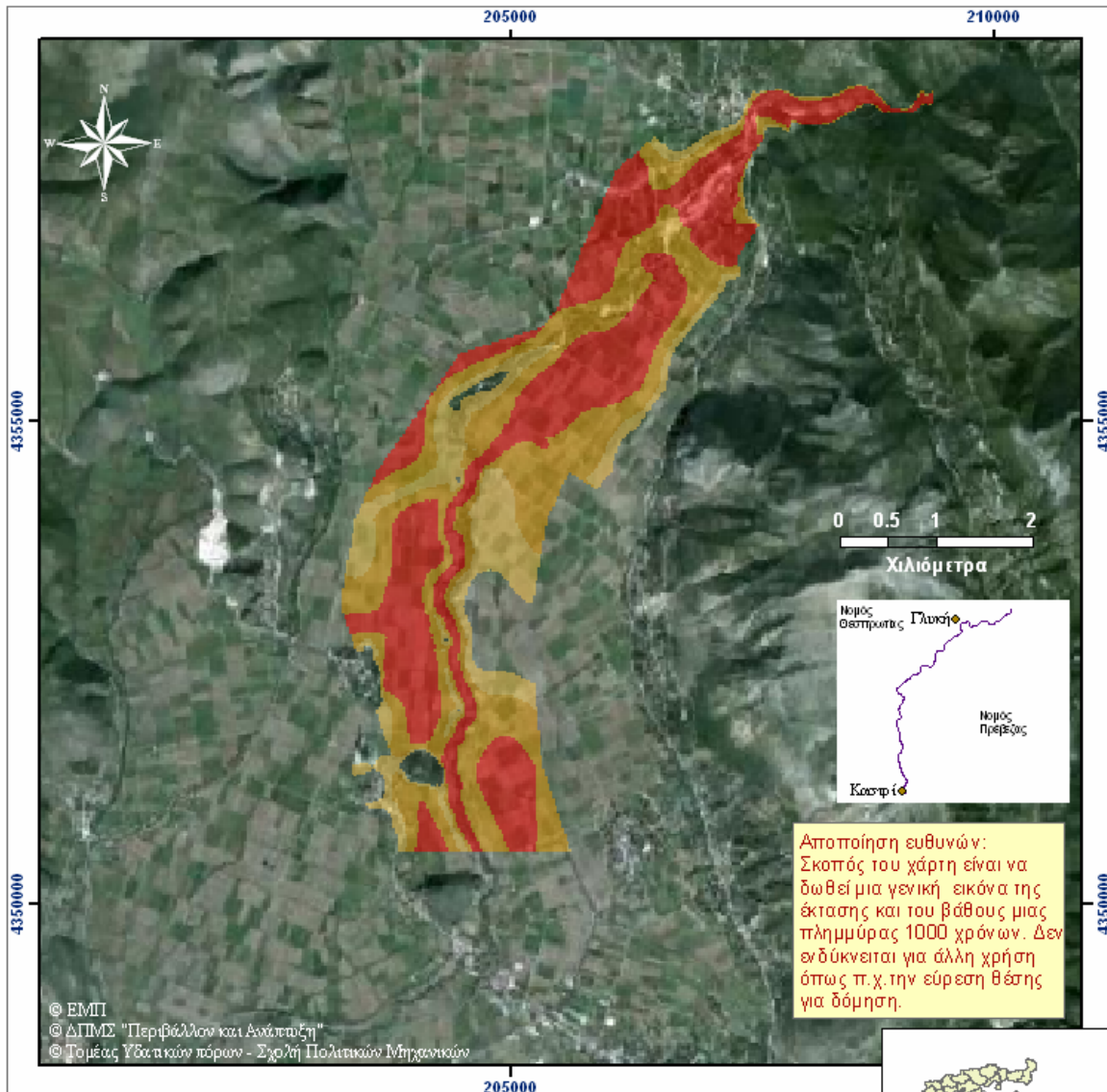
Επιλογή κλίμακας αναπαράστασης: 1:5000 στα πλαίσια των κατευθύνσεων του EXCIMAP και της Οδηγίας 2007/60 της Ε.Ε για τα νερά.

Σχόλια: Ο παραπάνω χάρτης αποτελεί έναν πλήρη χάρτη κινδύνου πλημμύρας βάσει των υπάρχοντων εφαρμογών της οδηγίας από το σύνολο των χωρών μελών της Ε.Ε.

- Έχει λεπτομερές τοπογραφικό υπόβαθρο (τη δορυφορική εικόνα όπου είναι εμφανής η μορφολογία του εδάφους, η ύπαρξη κατοικιών, οδικού δικτύου και άλλων πληροφοριών)
- Βρίσκεται σε κλίμακα εντός των προδιαγραφών που προκύπτουν από το EXCIMAP (1:5000)
- Παρουσιάζεται η έκταση και το βάθος της πλημμύρας
- Είναι ξεκάθαρο ποιές περιοχές πλήττονται από την πλημμύρα
- Γίνεται διάκριση των διαφορετικών χρήσεων γης που πλήττονται από την πλημμύρα
- Συνοδεύεται από περιγραφικό πίνακα με λεπτομέρειες της μελέτης προσομοίωσης

Απευθύνεται: Σε ειδικό και στο κοινό. Ο περιγραφικός πίνακας θα μπορούσε να απαλειφθεί για περισσότερη απλότητα σε περίπτωση που ο χάρτης προοριζόταν για δημόσια χρήση. Επίσης στην περίπτωση που απευθύνεται για χρήση από μια υπηρεσία καλό είναι να συνοδεύεται από μια τεχνική έκθεση που περιγράφει λεπτομερώς τους υδραυλικούς υπολογισμούς.

ΧΑΡΤΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ, ΠΟΤΑΜΟΣ ΑΧΕΡΟΝΤΑΣ



Επίπεδα κινδύνου για πλημύρα 10.000 χρόνων

- Μικρός
- Μέτριος
- Σημαντικός
- Ακραίος

ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:	Νομός Πρέβεζας. Λεκάνη απορροής ποταμού Αχέρωντα. Περιοχή από το χωριό Γλυκή στο χωριό Καστρί. Μήκος τμήματος ποταμού 15 km.	ΤΙΜΗ ΠΑΡΟΧΗΣ:	40.000 m ³ /sec
ΕΙΔΟΣ ΧΑΡΤΗ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ:	Χάρτης κινδύνου πλημμύρας	ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ:	Σταθμός Αχέρωντα
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ:	T= 10.000	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ:	Στατιστική Ανάλυση με κατανομή Gumbel
ΚΛΙΜΑΚΑ:	1:60.000	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΘΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ:	Μονοδιάστατο μοντέλο προσομοίωσης πλημμύρας (1-D hydraulic model)
ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ:	ΨΜΑ (DEM) από ορθοφωτογράμμι (τοπογραφική ακρίβεια 25μ.)	ΑΡΧΗ ΕΚΔΟΣΗΣ:	Εθνικό Μετεωρο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ). Διπλωματική εργασία στα πλαίσια του ΔΠΜΣ "Περιβάλλον και Ανάπτυξη".
ΗΜ/ΝΙΑ:	10/6/2010	ΣΥΓΚΡΑΦΕΑΣ:	Θεοδώρας Κωνσταντίνος

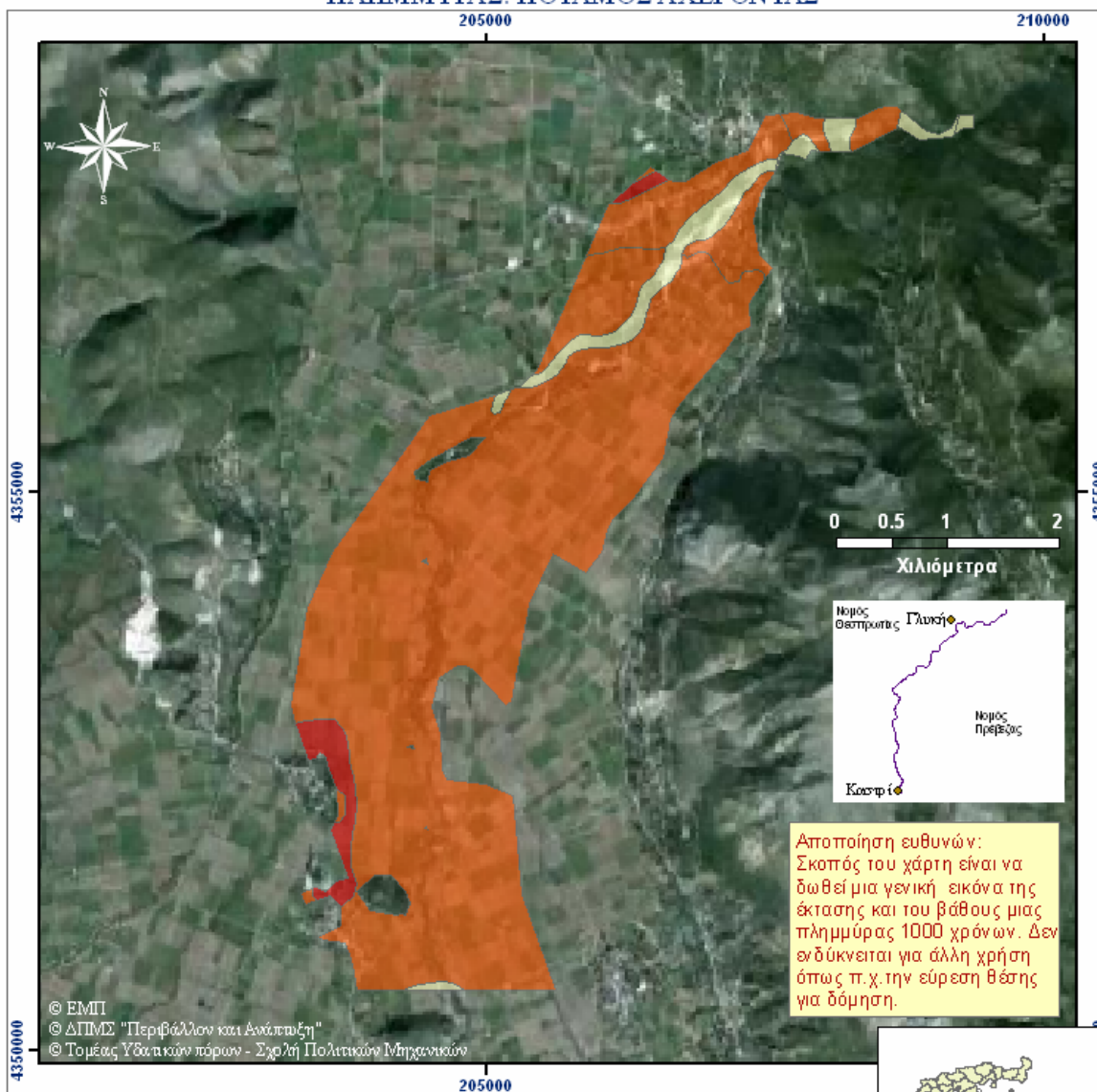
Στόχος του χάρτη: Ανάδειξη του κινδύνου πλημμύρας, για περίοδο επαναφοράς 10000 χρόνια.

Τοπογραφικό υπόβαθρο: Δορυφορική εικόνα της περιοχής (Πηγή: Google Earth).

Επιλογή κλίμακας αναπαράστασης: 1:5000 στα πλαίσια των κατευθύνσεων του EXCIMAP και της οδηγίας 2007/60 της Ε.Ε για τα νερά.

Σχόλια: Ο συγκεκριμένος χάρτης έγινε κατά το παράδειγμα των Άγγλων, Ελβετών, Γερμανών και Βέλγων οι οποίοι έδωσαν μια αριθμητική τιμή στον κίνδυνο, βάση κάποιων συγκεκριμένων παραμέτρων (Κεφ. 5.2). Εδώ ο χάρτης κρίνεται ελλιπής καθώς έχει χρησιμοποιηθεί μόνο το βάθος για μια περίοδο επαναφοράς ως παράγοντας καθορισμού του βαθμού κινδύνου. Ενώ υπάρχει ως παράμετρος κινδύνου μόνο του το βάθος δεν μπορεί να δώσει τις πιο επικίνδυνες περιοχές. Παρ' όλα αυτά ο χάρτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υπόδειγμα στην περίπτωση που υπάρχει περισσότερη πληροφορία για την πλημμύρα όπως ταχύτητα ροής, ταχύτητα φερτών υλικών και χρόνος παραμονής των νερών μετά την πλημμύρα. Εάν συνυπολογιστεί μαζί με το βάθος και την έκταση τουλάχιστον ακόμα ένας παράγοντας και ακολουθηθεί το παράδειγμα των ξένων χωρών στον προσδιορισμό του κινδύνου (Κεφ. 5.2) τότε θα έχουμε έναν πλήρη χάρτη με τις περιοχές του μεγαλύτερου κινδύνου.

ΧΑΡΤΗΣ ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗΣ/ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ
ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ. ΠΟΤΑΜΟΣ ΑΧΕΡΟΝΤΑΣ



ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗ/ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ
ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΠΛΗΜΜΥΡΑ 10.000 ΧΡΟΝΩΝ

- Χαμηλή
- Μέτρια
- Υψηλή

ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:	Νομός Πρέβεζας. Λεκάνη απορροής ποταμού Αχέρωντα. Περιοχή από το χωριό Γλυκή στο χωριό Καστρί. Μήκος τμήματος ποταμού 15 km.	ΤΙΜΗ ΠΑΡΟΧΗΣ:	40.000 m ³ /sec
ΕΙΔΟΣ ΧΑΡΤΗ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ:	Χάρτης κινδύνου πλημμύρας	ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ:	Σταθμός Αχέρωντα
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ:	T= 10.000	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ:	Στατιστική Ανάλυση με κατανομή Gumbel
ΚΑΙΜΑΚΑ:	1:50.000	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΘΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ:	Μονοδιάστατο μοντέλο προσομοίωσης πλημμύρας (1-D hydraulic model)
ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ:	ΨΜΑ (DEM) από ορθοφωτογράφη. (τοπογραφική ακρίβεια 25μ.)	ΑΡΧΗ ΕΚΔΟΣΗΣ:	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ). Διπλωματική εργασία στα πλαίσια του ΔΠΜΣ "Περιβάλλον και Ανάπτυξη".
ΗΜ/ΝΙΑ:	10/6/2010	ΣΥΓΚΡΑΦΕΑΣ:	Θεολάκης Κωνσταντίνος

Στόχος του χάρτη: Ανάδειξη της διακινδύνευσης πλημμύρας, για περίοδο επαναφοράς 10000 χρόνια.

Τοπογραφικό υπόβαθρο: Δορυφορική εικόνα της περιοχής (Πηγή: Google Earth)

Επιλογή κλίμακας αναπαράστασης: 1:5000 στα πλαίσια των κατευθύνσεων του EXCIMAP και της οδηγίας 2007/60 της Ε.Ε για τα νερά.

Σχόλιο: Εδώ ακολουθώντας το παράδειγμα των Ελβετών, έχει γίνει επίθεση της έκτασης της πλημμύρας με τις χρήσεις γης της περιοχής του Corine Land Cover. Βάση του ορισμού της διακινδύνευσης, σαν βαθμός διακινδύνευσης δόθηκε αυθαίρετα μεγαλύτερος στις κατοικημένες περιοχές και ακολούθησαν οι καλλιέργειες και τέλος οι δασικές εκτάσεις. Η ακρίβεια του Corine Land Cover κρίνεται ανεπαρκής για την περιγραφή της πραγματικότητας, καθώς η κλίμακα του Corine δεν επιτρέπει την ακριβή περιγραφή π.χ. μικρών χωριών. Η ακρίβεια του στοιχείου καννάβου της πλημμύρας (25 m από το DEM) θα έπρεπε να συνδυαστεί με την ανάλογη ακρίβεια δεδομένων χρήσεων γης (το Corine, έχει γίνει σε επίπεδο ανάλυσης 100 m) και να δώσει ρεαλιστικά αποτελέσματα. Επίσης, ένα ψηφιδωτό μοντέλο υψομέτρων με ανάλυση 25 m θα ήταν μη ρεαλιστικό να συνδυαστεί με πληροφορία τοπογραφικού υποβάθρου πολύ μικρότερη. Οπότε, ο χάρτης κρίνεται ότι αναπαριστά ρεαλιστικά τη διακινδύνευση, στο επίπεδο ανάλυσης του Corine Land Cover.

Συμπεράσματα

Το πλήθος εφαρμογών της οδηγίας σε συνδυασμό με την διαφορετική χρήση της ορολογίας που συνοδεύει τις φυσικές καταστροφές από κάθε κράτος-μέλος της Ε.Ε. καθιστά την δημιουργία χαρτών κινδύνου και χαρτών διακινδύνευσης πλημμύρας μια διερευνητική διαδικασία σήμερα.

Όσον αφορά τον υπολογισμό του κινδύνου, υπάρχουν χώρες που θεωρούν ότι τα βάθη και η έκταση προσδιορίζουν τον κίνδυνο μιας πλημμύρας. Άλλες συνυπολογίζουν την ταχύτητα ροής της πλημμύρας, τη ύπαρξη φερτών υλικών, τη διάρκεια εμφάνισης του φαινομένου, την ταχύτητα ανύψωσης της στάθμης του νερού και την διάρκεια παραμονής των νερών μετά την πλημμύρα (κάτι το οποίο δεν αναφέρει η οδηγία παρ' όλο που είναι γνωστό ότι μεγάλη διάρκεια παραμονής των νερών προκαλεί περισσότερες καταστροφές). Και τέλος, κάποιες μένουν μόνο στην πιθανότητα εμφάνισης του φαινομένου ως προσδιορισμό κινδύνου. Το Βέλγιο, η Γερμανία, η Ελβετία και η Αυστρία έχουν προχωρήσει ένα βήμα παρακάτω και έχουν δημιουργήσει ένα κάρναβο υπολογισμού του κινδύνου (Ικεφ 5.2), χωρίς όμως να δίνεται η διαδικασία με την οποία προέκυψε αυτός ο κάρναβος.

Τα ερωτήματα που προκύπτουν από όλες αυτές τις περιπτώσεις είναι εάν το βάθος π.χ. συνιστά κίνδυνο από μόνο του. Για έναν πεζό ή για ένα μέσο μεταφοράς ίσως αποτελεί κίνδυνο. Αλλά μόνο όταν υπάρχει σε περιοχή όπου υπάρχει συγκοινωνία. Εάν το βάθος εμφανίζεται σε ερημική τοποθεσία ή σε μια βραχώδη τοποθεσία τότε δεν μπορεί να χαρακτηριστεί η περιοχή αυτή ως επικίνδυνη. Επίσης υπάρχει μια μονοδιάστατη αντιμετώπιση στον υπολογισμό του κινδύνου. Υπολογίζεται κάθε φορά για μια πιθανότητα εμφάνισης, όπως φαίνεται ακόμα και από τον κάρναβο υπολογισμού που αποτελεί πιο λεπτομερή τρόπο ανάλυσης. Θα ήταν χρήσιμο να υπάρχει προσδιορισμός του βαθμού κινδύνου από το σύνολο των πιθανοτήτων εμφάνισης για την ίδια περιοχή. Τέλος θα πρέπει να ξεκαθαριστεί ο ρόλος που παίζει ο κάθε παράγοντας στη διαμόρφωση του κινδύνου.

Στο θέμα διακινδύνευσης η ασάφεια είναι ακόμα μεγαλύτερη. Δεν είναι σίγουρο εάν αρκούν οι χρήσεις γης μόνο για να προσδιοριστούν οι περιοχές που έχουν προτεραιότητα στην αντιμετώπιση του κινδύνου. Κάποιοι όπως οι Ιταλοί και οι Ισπανοί εισάγουν μαζί με τις χρήσεις

γης την έννοια της τρωτότητας των περιοχών απέναντι σε μια πλημμύρα, για να καθοριστεί η διακινδύνευση. Εάν υπάρχει αντιπλημμυρικό έργο στην περιοχή τότε η τρωτότητα μειώνεται. Εάν η πληθυσμιακή ομάδα παρουσιάζει ευαισθησία στο φαινόμενο της πλημμύρας (π.χ. αποτελείται κυρίως από άτομα μεγάλης ηλικίας ή από έλλειψη υπηρεσιών διάσωσης) τότε η τρωτότητα αυξάνεται. Όλα αυτά μπορούν να συνδυαστούν για να δώσουν την τελική εκτίμηση της διακινδύνευσης. Και αυτό που πρέπει να γίνει είναι μια ρεαλιστική προσέγγιση του τρόπου με τον οποίο θα καθοριστεί από ένα χάρτη η διακινδύνευση μια πιθανής πλημμύρας.

Δεδομένης της ύπαρξης προθεσμίας για τη δημιουργία χαρτών πλημμύρας συγκεκριμένων προδιαγραφών μέχρι το 2013, θεωρούμε ότι η εργασία αυτή θα συμβάλει στην ταχύτερη κατανόηση των απαιτήσεων της οδηγίας της Ε.Ε. 2007/60 και σε μια πιο σαφή εικόνα των χαρτών που θα παραχθούν. Επίσης, η μεθοδολογία που παρουσιάζεται στην παρούσα μελέτη, θεωρούμε ότι είναι βασική στην κατανόηση του τρόπου εργασίας που θα οδηγήσει στην μοντελοποίηση μιας πλημμύρας. Φυσικά, μέχρι το 2013 τα λογισμικά θα έχουν τροποποιηθεί, και θα έχουν δημιουργηθεί νέα. Η φιλοσοφία όμως και ο τρόπος με τον οποίο θα παράγουν αποτελέσματα θα είναι σε γενικές γραμμές ο ίδιος.

Βιβλιογραφία

- Βικάτου Α. (2007). «Ένας οδηγός εκτίμησης τρωτότητας μικρομεσαίων επιχειρήσεων έναντι φυσικών κινδύνων»
- Γκιόκας Ε.-Α. (2009). «Κατάρτιση Μεθοδολογικού Πλαισίου για την Εκπόνηση Χαρτών Πλημμύρας. Εφαρμογή στον Νομό Αρκαδίας»
- Τσακίρης Γ. «Συστημική Προσέγγιση στην Ανάλυση των Φυσικών Κινδύνων και των Φυσικών Καταστροφών». Κέντρο Εκτίμησης Φυσικών Κινδύνων και Προληπτικού σχεδιασμού. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- Τσακίρης Π. (2009). «Εκτίμηση οικονομικών ζημιών από πλημμύρες. Μελέτη περίπτωσης: Διευθέτηση ρέματος Ραφήνας»
- Χειμαριώτης Κ. (2000). Οι Πολιτικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το Περιβάλλον
- Blaikie P. et al. (1994). At risk: natural hazards, people's vulnerability, and disasters. Routledge, London
- Burton, I., Robert W. Kates and Gilbert F. White (1978). «The Environment as Hazard». New York: Oxford University Press
- Cook A., Merwade V. (2009) «Effect of topographic data, geometric configuration and modeling approach on flood inundation mapping»
- Dao D., Peduzzi P. (2004). «Global evaluation of human risk and vulnerability to natural hazards». Enviro-info 2004. Sh@ring, Editions du Tricorne, Genève, isbn 282930275-3, vol. I, p.435-446.
- Dalziell & McManus (2004). Resilience, vulnerability and adaptive capacity: Implications for system performance. International Forum for Engineering Decision Making (IFED)
- Excimap (2007). Atlas of Flood Maps. Examples from 19 European countries, USA and Japan.
- Faulkner H., Ball D. (2007). «Environmental hazards and risk communication». Environmental Hazards 7 (2007) 71–78. Elsevier
- GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit)(2004). «Guidelines. Risk Analysis – a Basis for Disaster Risk Management»
- Pelling, M. (2003). The vulnerability of cities. Earthscan, London
- Smith, K. (1996). «Environmental Hazards, Assessing risk and reducing disaster». Routledge, London and New York

United Nations. Economic Commission For Europe (2009). «Transboundary Flood Risk Management: Experiences from the UNECE Region». Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes. United Nations Publication

Weiguo J. et al. (2008). «Risk assessment and validation of flood disaster based on fuzzy mathematics». Progress in Natural Science 19 (2009) 1419–1425. Elsevier

Διαδικτυακές αναφορές

ΙΣΤΑΜΕ. Ενημερωτικό Δελτίο, τεύχος 16, Βρυξέλλες, 18 Ιανουαρίου 2006, «Κοινωνία πράσινης ανάπτυξης»

<http://www.istame-apanandreu.gr/page/default.asp?id=1439&la=1>

Europa. Σύνοψη της νομοθεσίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης

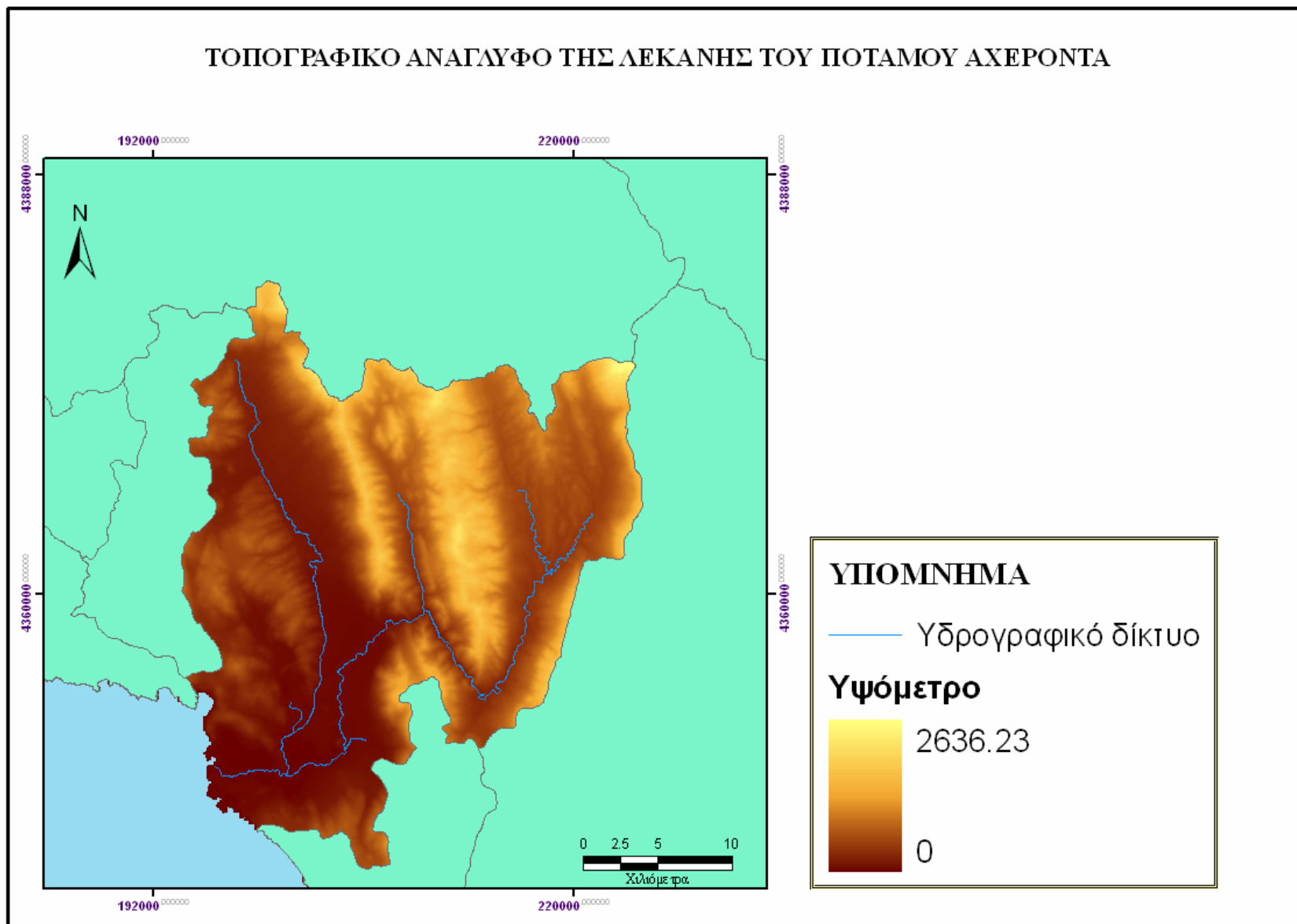
http://europa.eu/legislation_summaries/glossary/community_legal_instruments_el.htm

Περιβαλλοντική εκπαίδευση στις προστατευόμενες περιοχές υπο το πρίσμα της αειφορίας

www.mio-ecsde.org/epaek09/dictionary.html

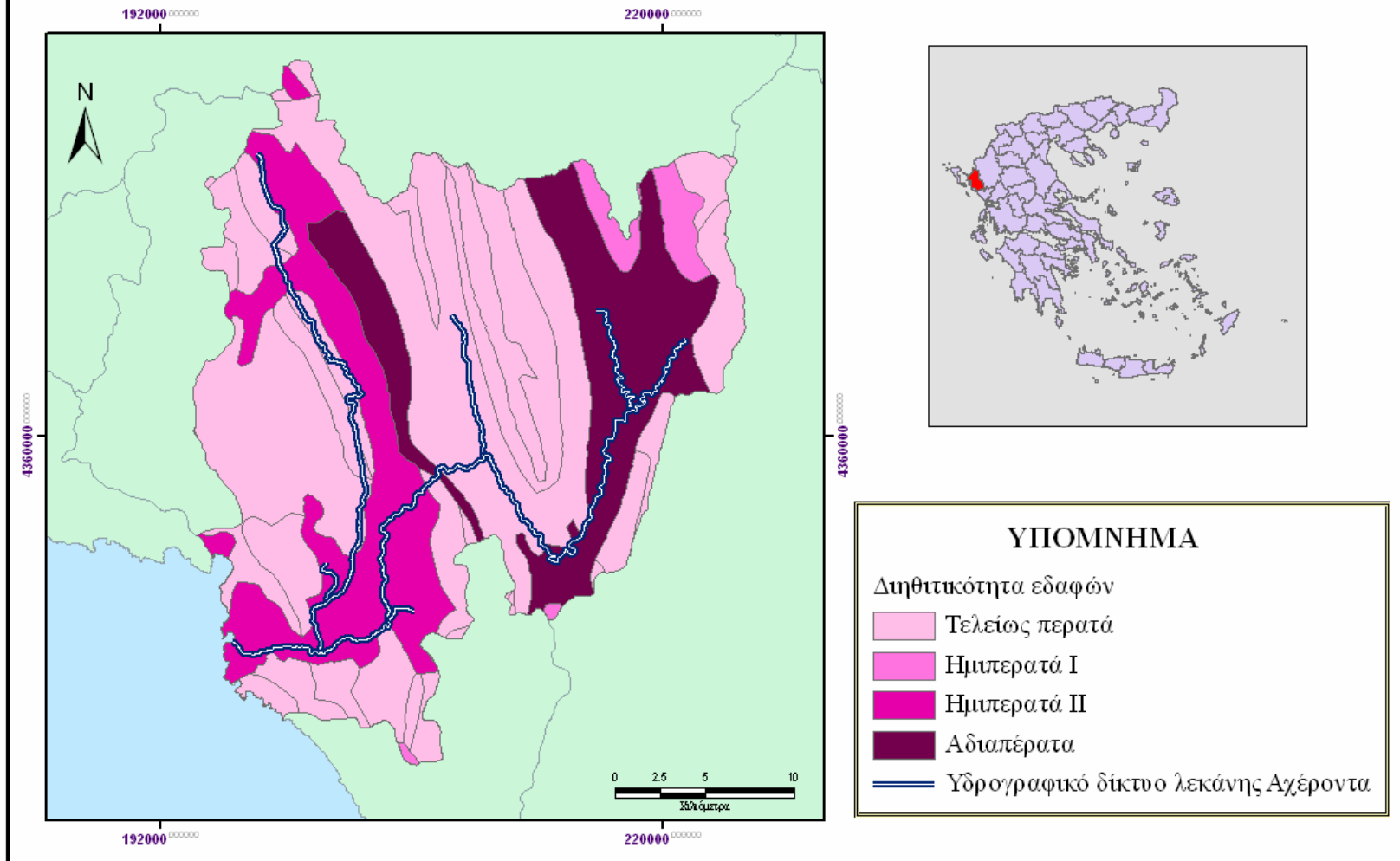
<http://diocles.civil.duth.gr/links/home/database/ioanina/pr21ge.pdf>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: ΧΑΡΤΕΣ



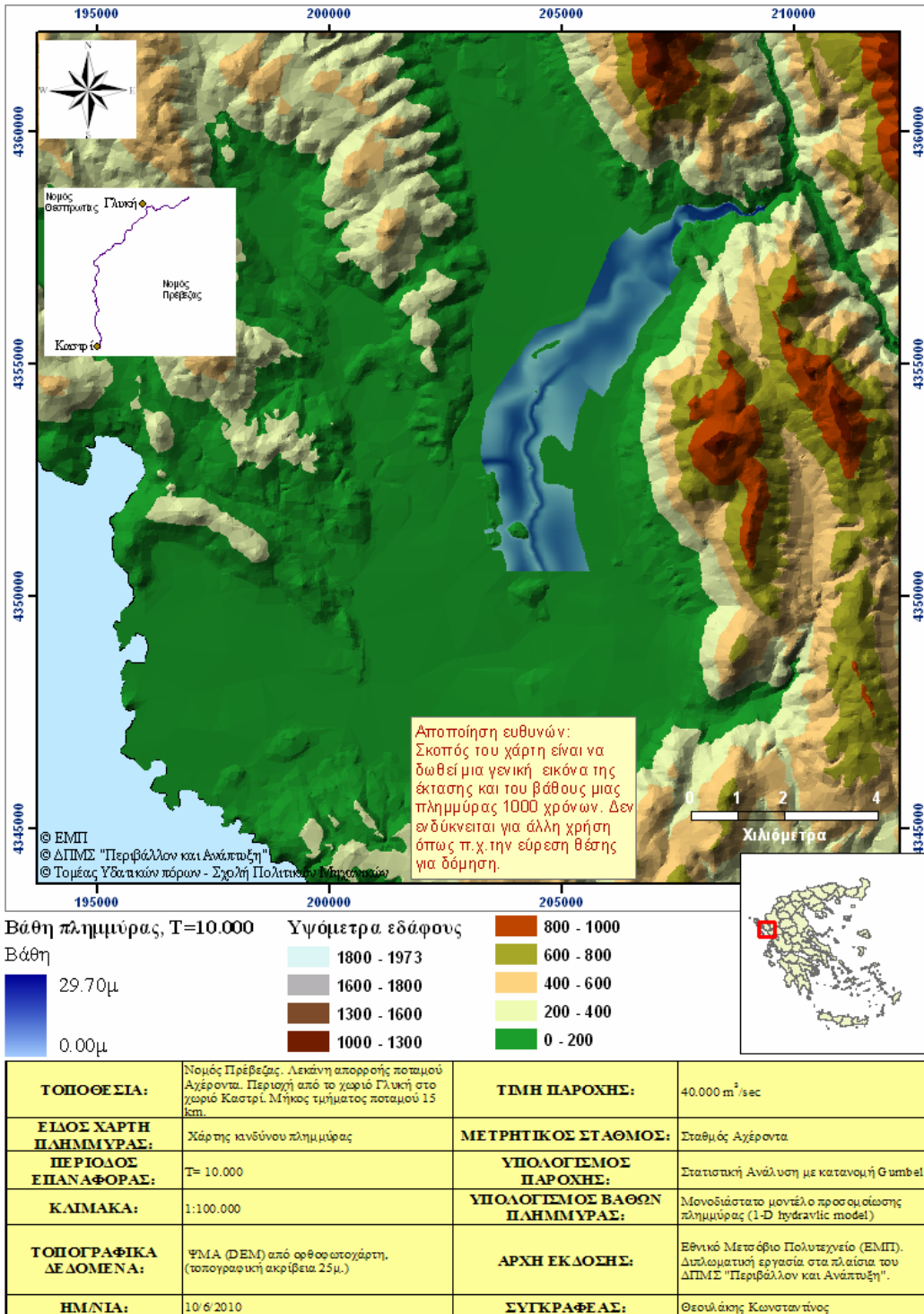
Χάρτης Π1: Τοπογραφικό ανάγλυφο της λεκάνης απορροής του ποταμού Αχέρωντα

ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ



Χάρτης Π2: Υδρολιθολογικός χάρτης περιοχής μελέτης

ΧΑΡΤΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΓΙΑ ΤΜΗΜΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΑΧΕΡΟΝΤΑ



Χάρτης Π3: Χάρτης έκτασης πλημμύρας για τμήμα του ποταμού Αχέροντα (T=10.000)

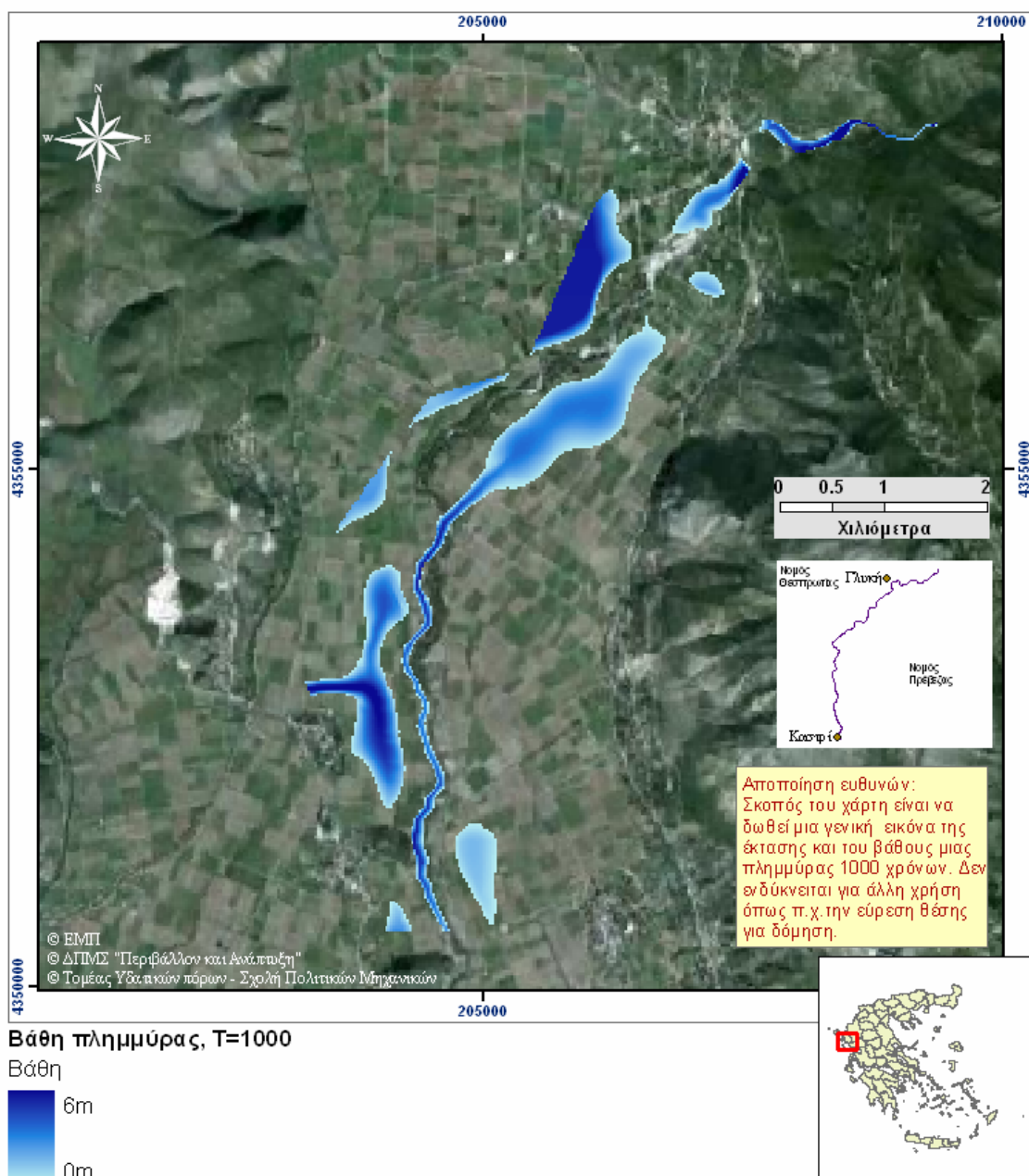
ΧΑΡΤΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΓΙΑ ΤΜΗΜΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΑΧΕΡΟΝΤΑ



ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:	Νομός Πρέβεζας. Λεκάνη απορροής ποταμού Αχέροντα. Περιοχή από το χωριό Γλυκή στο χωριό Καστρί. Μήκος τμήματος ποταμού 15 km.	ΤΙΜΗ ΠΑΡΟΧΗΣ:	200 m ³ /sec
ΕΙΔΟΣ ΧΑΡΤΗ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ:	Χάρτης κινδύνου πλημμύρας	ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ:	Σταθμός Αχέροντα
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ:	T= 100	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ:	Στατιστική Ανάλυση με κατανομή Gumbel
ΚΑΙΜΑΚΑ:	1:50.000	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΘΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ:	Μονοδιάστατο μοντέλο προσομοίωσης πλημμύρας (1-D hydraulic model)
ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ:	ΨΜΑ (DEM) από ορθοφωτογράφιση, (τοπογραφική ακρίβεια 25μ.)	ΑΡΧΗ ΕΚΔΟΣΗΣ:	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ). Διπλωματική εργασία στα πλαίσια του ΔΠΜΕ "Περιβάλλον και Ανάπτυξη".
ΗΜ/ΝΙΑ:	10/6/2010	ΣΥΓΚΡΑΦΕΑΣ:	Θεοδώρας Κωνσταντίνος

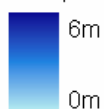
Χάρτης Π4: Χάρτης κινδύνου πλημμύρας για τμήμα του ποταμού Αχέροντα (T=100)

ΧΑΡΤΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΓΙΑ ΤΜΗΜΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΑΧΕΡΟΝΤΑ



Βάθη πλημμύρας, T=1000

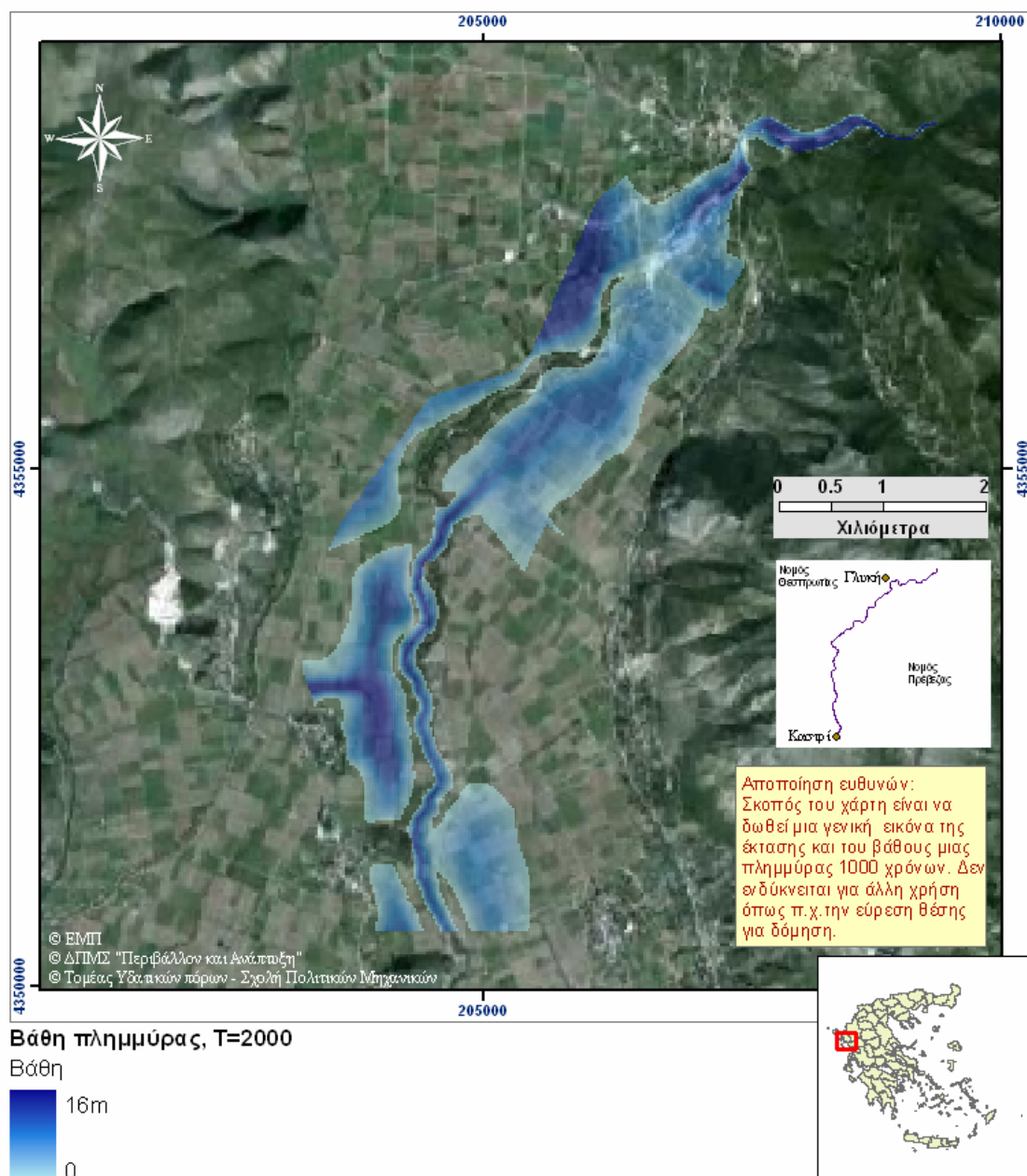
Βάθη



ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:	Νομός Πρέβεζας. Λεκάνη απορροής ποταμού Αχέροντα. Περιοχή από το χωριό Γλυκή στο χωριό Καστρί. Μήκος τμήματος ποταμού 15 km.	ΤΙΜΗ ΠΑΡΟΧΗΣ:	1000 m ³ /sec
ΕΙΔΟΣ ΧΑΡΤΗ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ:	Χάρτης κινδύνου πλημμύρας	ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ:	Σταθμός Αχέροντα
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΙΔΑΦΟΡΑΣ:	T= 1000	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ:	Στατιστική Ανάλυση με κατανομή Γουβέλ
ΚΑΙΜΑΚΑ:	1:50.000	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΘΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ:	Μονοδιάστατο μοντέλο προσομοίωσης πλημμύρας (1-D hydraulic model)
ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ:	ΨΜΑ (DEM) από ορθοφωτογράφη. (τοπογραφική ακρίβεια 25μ.)	ΑΡΧΗ ΕΚΔΟΣΗΣ:	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ). Διπλωματική εργασία στα πλαίσια του ΔΠΜΣ "Περιβάλλον και Ανάπτυξη".
ΗΜ/ΝΙΑ:	10/6/2010	ΣΥΓΚΡΑΦΕΑΣ:	Θεοδώρας Κωνσταντίνος

Χάρτης Π5: Χάρτης κινδύνου πλημμύρας για τμήμα του ποταμού Αχέροντα (T=1.000)

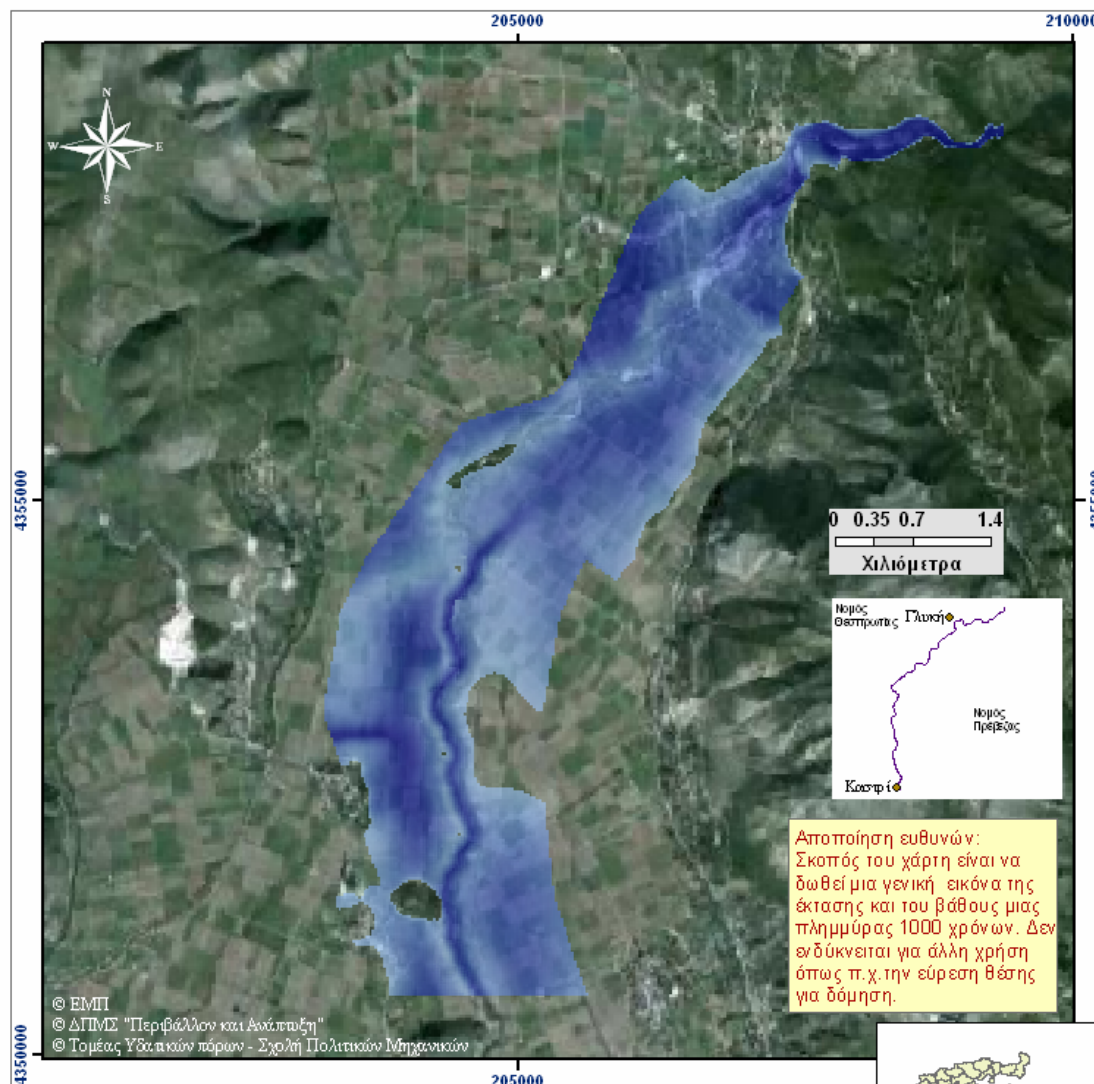
ΧΑΡΤΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΓΙΑ ΤΜΗΜΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΑΧΕΡΟΝΤΑ



ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:	Νομός Πρέβεζας. Λακάνη απορροής ποταμού Αχέροντα. Περίοχη από το χωριό Γλυκή στο χωριό Καστρί. Μήκος τμήματος ποταμού 15 km.	ΤΙΜΗ ΠΑΡΟΧΗΣ:	10.000 m ³ /sec
ΕΙΔΟΣ ΧΑΡΤΗ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ:	Χάρτης κινδύνου πλημμύρας	ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ:	Σταθμός Αχέροντα
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ:	T= 2000	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ:	Στατιστική Ανάλυση με κατανομή Gumbel
ΚΑΙΜΑΚΑ:	1:50.000	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΘΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ:	Μονοδιάστατο μοντέλο προσομοίωσης πλημμύρας (1-D hydraulic model)
ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ:	ΨΜΑ (DEM) από ορθοφωτοχάρτη, (τοπογραφική ακρίβεια 25μ.)	ΑΡΧΗ ΕΚΔΟΣΗΣ:	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ). Διπλωματική εργασία στα πλαίσια του ΔΠΜΣ "Περιβάλλον και Ανάπτυξη".
ΗΜ/ΝΙΑ:	10/6/2010	ΣΥΓΚΡΑΦΕΑΣ:	Θεοδώρας Κωνσταντίνος

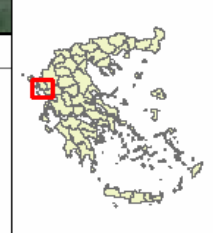
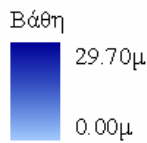
Χάρτης Π6: Χάρτης κινδύνου πλημμύρας για τμήμα του ποταμού Αχέροντα (T=2.000)

ΧΑΡΤΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΓΙΑ ΤΜΗΜΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΑΧΕΡΟΝΤΑ



Αποποίηση ευθυνών:
Σκοπός του χάρτη είναι να δώθει μια γενική εικόνα της έκτασης και του βάθους μιας πλημμύρας 1000 χρόνων. Δεν ενδύκνεται για άλλη χρήση όπως π.χ. την εύρεση θέσης για δόμηση.

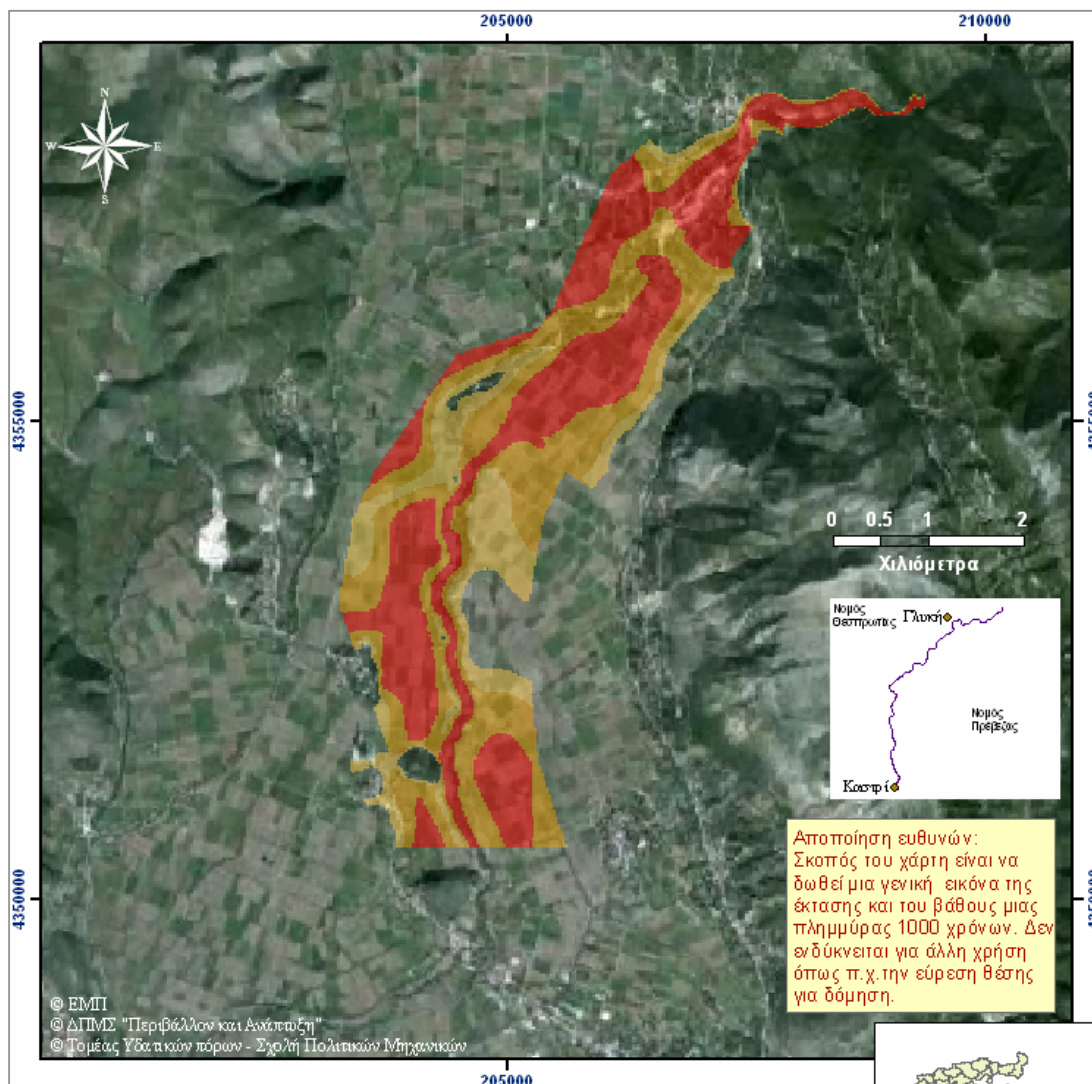
Βάθη πλημμύρας, T=10.000



ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:	Νομός Πρέβεζας. Λεκάνη απορροής ποταμού Αχέροντα. Περιοχή από το χωριό Γλυκή στο χωριό Καστρί. Μήκος τμήματος ποταμού 15 km.	ΤΙΜΗ ΠΑΡΟΧΗΣ:	40.000 m ³ /sec
ΕΙΔΟΣ ΧΑΡΤΗ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ:	Χάρτης κινδύνου πλημμύρας	ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ:	Σταθμός Αχέροντα
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ:	T= 10.000	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ:	Στατιστική Ανάλυση με κατανομή Gumbel
ΚΛΙΜΑΚΑ:	1:50.000	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΘΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ:	Μονοδιάστατο μοντέλο προσομοίωσης πλημμύρας (1-D hydraulic model)
ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ:	ΨΜΑ (DEM) από ορθοφωτοχάρτη. (τοπογραφική ακρίβεια 25μ.)	ΑΡΧΗ ΕΚΔΟΣΗΣ:	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ). Διπλωματική εργασία στα πλαίσια του ΔΠΜΣ "Περιβάλλον και Ανάπτυξη".
ΗΜ/ΝΙΑ:	10/6/2010	ΣΥΓΚΡΑΦΕΑΣ:	Θεοδώρας Κωνσταντίνος

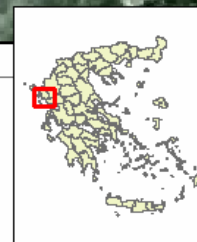
Χάρτης Π7: Χάρτης κινδύνου πλημμύρας για τμήμα του ποταμού Αχέροντα (T=10.000)

ΧΑΡΤΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ. ΠΟΤΑΜΟΣ ΑΧΕΡΟΝΤΑΣ



Επίπεδα κινδύνου για πλημμύρα 10.000 χρόνων

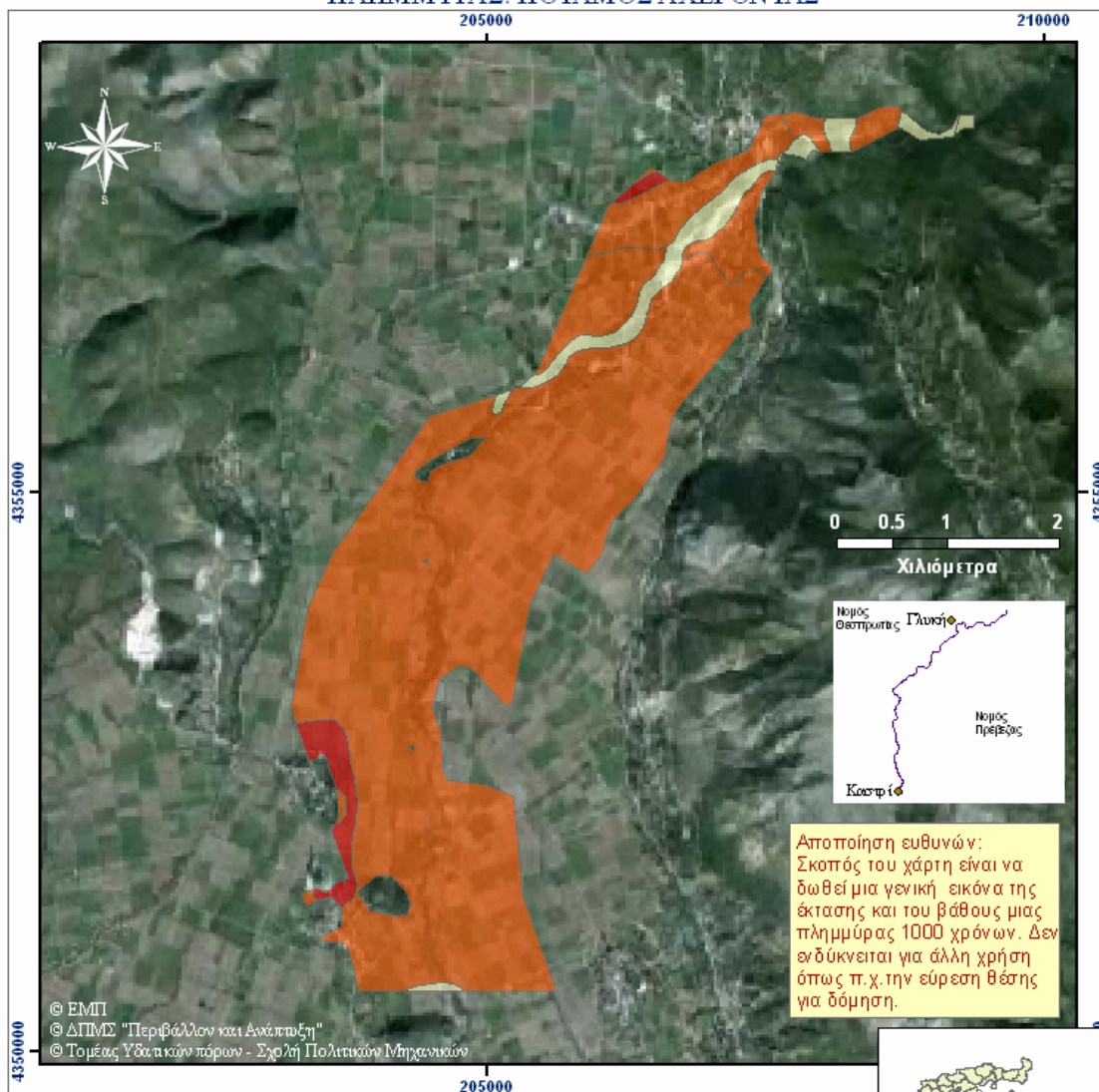
- Μικρός
- Μέτριος
- Σημαντικός
- Ακραίος



ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:	Νομός Πρέβεζας. Λεκάνη απορροής ποταμού Αχέροντα. Περιοχή από το χωριό Γλυκή στο χωριό Καστρέϊ. Μήκος τμήματος ποταμού 15 km.	ΤΙΜΗ ΠΑΡΟΧΗΣ:	40.000 m ³ /sec
ΕΙΔΟΣ ΧΑΡΤΗ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ:	Χάρτης κινδύνου πλημμύρας	ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ:	Σταθμός Αχέροντα
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ:	T= 10.000	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ:	Στατιστική Ανάλυση με κατανομή Gumbel
ΚΑΛΜΑΚΑ:	1:60.000	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΘΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ:	Μονοδιάστατο μοντέλο προσομοίωσης πλημμύρας (1-D hydraulic model)
ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ:	ΨΜΑ (DEM) από ορθοφωτογράφι, (τοπογραφική ακρίβεια 25μ.)	ΑΡΧΗ ΕΚΔΟΣΗΣ:	Εθνικό Μετεωρίο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ). Διπλωματική εργασία στα πλαίσια του ΔΠΜΣ "Περιβάλλον και Ανάπτυξη".
ΗΜ/ΝΙΑ:	10/6/2010	ΣΥΓΚΡΑΦΕΑΣ:	Θεοδώρας Κωνσταντίνος

Χάρτης Π8: Χάρτης κινδύνου πλημμύρας ποταμού Αχέροντα (T=10.000)

ΧΑΡΤΗΣ ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗΣ/ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ
ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ. ΠΟΤΑΜΟΣ ΑΧΕΡΟΝΤΑΣ



ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗ/ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ
ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΠΛΗΜΜΥΡΑ 10.000 ΧΡΟΝΩΝ

- Χαμηλή
- Μέτρια
- Υψηλή

ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:	Νομός Πρέβεζας. Λεκάνη απορροής ποταμού Αχέροντα. Περιοχή από το χωριό Γλυκή στο χωριό Καστρί. Μήκος τμήματος ποταμού 15 km.	ΤΙΜΗ ΠΑΡΟΧΗΣ:	40.000 m ³ /sec
ΕΙΔΟΣ ΧΑΡΤΗ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ:	Χάρτης κινδύνου πλημμύρας	ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ:	Σταθμός Αχέροντα
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ:	T= 10.000	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ:	Στατιστική Ανάλυση με κατανομή Gumbel
ΚΑΙΜΑΚΑ:	1:50.000	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΘΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ:	Μονοδιάστατο μοντέλο προσομοίωσης πλημμύρας (1-D υδρανέλις model)
ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ:	ΨΜΑ (DEM) από ορθοφωτοχάρτη. (τοπογραφική ακρίβεια 25μ.)	ΑΡΧΗ ΕΚΔΟΣΗΣ:	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ). Διπλωματική εργασία στα πλαίσια του ΔΠΜΣ "Περιβάλλον και Ανάπτυξη".
ΗΜ/ΝΙΑ:	10/6/2010	ΣΥΓΚΡΑΦΕΑΣ:	Θεοδώρας Κωνσταντίνος

Χάρτης Π9: Χάρτης διακινδύνευσης/ επικινδυνότητας πλημμύρας για τον ποταμό Αχέροντα (T=10.000)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΒΗΜΑΤΑ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΧΑΡΤΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

Α. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Β. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

Γ. ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

**A: ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ ArcGIS
ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ: GEORAS (ARCGIS 9).**

ΒΗΜΑΤΑ	ΔΕΔΟΜΕΝΑ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
Δημιουργία ισοϋψών, χάρτη κλίσεων εδαφών.	dem	Spatial Analyst→Surface Analysis→ Contour, Slope	Contour.shp Slope	Επιλέγεται ισοδιάσταση τέτοια ώστε να είναι δυνατή η όσο πιο ακριβής γίνεται χάραξη της κοίτης του ποταμού
Χάραξη κύριας γραμμής ροής ποταμού	Contour.shp Υδρολογικό δίκτυο περιοχής (shp)	RAS Geometry→ Create RAS Layers→ Stream centerline	Stream_centerline.shp	Συνδυάζεται υπάρχουσα πληροφορία των υδατορευμάτων της περιοχής
Εισαγωγή του ονόματος του ποταμού και του αντίστοιχου τμήματός του.	Stream_centerline.shp	River Reach Id		
Υπολογισμός τοπολογίας και γεωμετρικών χαρακτηριστικών της κύριας γραμμής ροής		RAS Geometry→Stream Centerline Attributes→All		Αποκτά τρισδιάστατη πληροφορία η κύρια γραμμή ροής

ΒΗΜΑΤΑ	ΔΕΔΟΜΕΝΑ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
Χάραξη όχθων ποταμού	dem Stream_centerline.shp	RAS Geometry→ Create RAS Layers→ Bank Lines	Bank_lines.shp	
Προσδιορισμός κύριων διευθύνσεων ροής	Stream_centerline.shp Bank_lines.shp	RAS Geometry→ Create RAS Layers→ Flow Path Centerlines	Flow_path_centerlines.shp	Ενώ παρουσιάζεται ως προαιρετικό βήμα στην πράξη είναι απαραίτητη διαδικασία για την ορθή εξαγωγή των δεδομένων μας σε ένα GIS αρχείο.
Δημιουργία αρχείου διατομών	Stream_centerline.shp	RAS Geometry→ Create RAS Layers→ XS Cut Lines	XS_Cut_Lines .shp	Υπάρχει η δυνατότητα αυτόματης δημιουργίας από το πρόγραμμα.
Αυτόματη δημιουργία διατομών	XS_Cut_Lines.shp	Construct Cut Lines		Ορίζεται ισοδιάσταση και πάχος
Διόρθωση των επικαλυπτόμενων διατομών		ArcGIS Editor		Σε περίπτωση δημιουργίας επιπλέον διατομών με το χέρι, οι διατομές οφείλουν να σχεδιάζονται από αριστερή όχθη σε δεξιά, κατά την κατεύθυνση ροής του ποταμού.
Υπολογισμός Τοπολογίας και γεωμετρικών χαρακτηριστικών των διατομών		RAS Geometry→ XS Cut Lines Attributes →All		Αποκτούν τρισδιάστατη πληροφορία οι διατομές
Δημιουργία αρχείου χρήσεων γης	Corine Land Cover (shp) Υδρολιθολογικός χάρτης (shp)	RAS Geometry→ Create RAS Layers→ Landuse Areas		Συνδυάζεται η πληροφορία για να παραχθούν οι κατηγορίες των εδαφών ανάλογα με τη διαπερατότητά τους.

ΒΗΜΑΤΑ	ΔΕΔΟΜΕΝΑ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
Δημιουργία πίνακα με την πληροφορία του συντελεστή Manning για κάθε χρήση γης.		RAS Geometry → Manning's n values → Create LU Manning table	LUManning.dbf	
Εξαγωγή των τιμών του συντελεστή Manning για κάθε διατομή.		RAS Geometry → Manning n' values → Extract N values	Manning.dbf	Κατά μήκος της ίδιας διατομής δύναται να συναντούνται διαφορετικοί συντελεστές Manning
Εισαγωγή των παραμέτρων του αρχείου που θα εξαχθεί από το HEC-GEORAS		RAS Geometry → layer setup		
Εξαγωγή του γεωμετρικού αρχείου που θα εισαχθεί στο HEC-RAS		RAS Geometry → Extract GIS data	GIS2RAS.sdf	

B: ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ
ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ: HEC-RAS

ΒΗΜΑΤΑ	ΔΕΔΟΜΕΝΑ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
Εισαγωγή γεωμετρικών δεδομένων	GIS2RAS.sdf	Edit/Enter geometric data Geometric data→ File →Import geometric data→GIS Format...		
Επεξεργασία γεωμετρικών δεδομένων διατομών		Geometric data Edit and/or create cross sections		Επεξεργασία των χαρακτηριστικών μιας διατομής (θέση όχθης, θέση κοίτης ποταμού κ.α.)
Εισαγωγή υδρολογικών δεδομένων		Edit→Steady flow data Steady flow data→Reach Boundary Conditions		Εισαγωγή πλημμυρικών αιχμών και οριακών συνθηκών
Εκτέλεση υδραυλικών υπολογισμών/προσομοίωση πλημμύρας		Run→Steady (Unsteady) Flow Analysis		Ρύθμιση παραμέτρων (γεωμετρικό αρχείο, αρχείο μόνιμης ή μη μόνιμης ροής, καθορισμός είδους ροής – υποκρίσιμη, υπερκρίσιμη, μικτή)

ΒΗΜΑΤΑ	ΔΕΔΟΜΕΝΑ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
Επισκόπηση προσομοίωσης πλημμύρας (διατομές)		Geometric data→ View Cross Sections		
Δημιουργία γεωμετρικού αρχείου εξόδου για επεξεργασία στο HEC-GEORAS		File→Export GIS Data	RASexport.sdf	

Γ. ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ: HEC-GEORAS

ΒΗΜΑΤΑ	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
Καθορισμός παραμέτρων του θεματικού αρχείου της πλημμύρας που θα σχηματιστεί.	RASexport.sdf	RAS Mapping→Layer Setup		Ορίζεται το αρχικό αρχείο dem και το μέγεθος του φατνίου του παραγόμενου raster αρχείου με την πληροφορία των βαθών πλημμύρας
Μετατροπή του αρχείου εξαγωγής από το HEC-RAS	RASexport.sdf	Import RAS SDF File	RASexport.xml	Το αρχείο sdf μετατρέπεται σε xml, μορφή που αναγνωρίζει το HEC-GEORAS
Εισαγωγή του αρχείου προσομοίωσης πλημμύρας από το HEC-RAS	RASexport.xml	RAS Mapping → Read RAS GIS Export File		
Δημιουργία πιεζομετρικών επιφανειών για τα διάφορα πλημμυρικά επεισόδια		RAS Mapping → Inundation Mapping → Water Surface Generation		
Υπολογισμός βαθών και εύρους πλημμύρας και δημιουργία των αντίστοιχων αρχείων για τα διάφορα πλημμυρικά επεισόδια.		RAS Mapping → Inundation Mapping → Floodplain Delineation Using Rasters (TINs)		
Απόδοση χαρτών πλημμύρας και πλημμυρικής διακινδύνευσης				

**ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ
ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ GOOGLE EARTH
ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ: ArcGIS 9.2**

ΒΗΜΑΤΑ	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
Άνοιγμα ενός νέου παραθύρου στο ArcGIS και ορισμός του συστήματος συντεταγμένων		Layer →properties→coordinate system→predefined→geographic coordinate systems→world→WGS84		Το google earth χρησιμοποιεί το WGS84
Μετασχηματισμός συστήματος συντεταγμένων των επεξεργασμένων αποτελεσμάτων πλημμυρικής κατάκλυσης	dp001 dp002 dp003 dp004 dp005 Hazard1 Hazard2 Risk	Add data Transformation→DGRS_GCS_87 to WGS84		Μετασχηματισμός από ΕΓΣΑ σε WGS84 και προβολή των δεδομένων στο δεύτερο.
Μετατροπή συστήματος συντεταγμένων	dp001 dp002 dp003 dp004 dp005 Hazard1 Hazard2 Risk	Workstation→Data Management tools→Raster→Project	dp001_project dp002_project dp003_project dp004_project dp005_project Hazard1_project Hazard2_project Risk_project	Ορίζουμε αρχικά και τελικά δεδομένα και το σύστημα συντεταγμένων στο οποίο είναι επιθυμητό να μεταβούμε (WGS84)
Αποθήκευση των raster αρχείων σε layer αρχεία	dp001_project dp002_project dp003_project dp004_project dp005_project Hazard1_project Hazard2_project Risk_project	δεξί πλήκτρο ποντικιού→ save as Layer File	dp001_project.lyr dp002_project.lyr dp003_project.lyr dp004_project.lyr dp005_project.lyr Hazard1_project.lyr Hazard2_project.lyr Risk_project.lyr	
Μετατροπή των αρχείων σε αρχεία kmz.	dp001_project.lyr dp002_project.lyr dp003_project.lyr dp004_project.lyr dp005_project.lyr Hazard1_project.lyr Hazard2_project.lyr Risk_project.lyr Hazard1 Hazard2 Risk	3D Analyst→Conversion→Layer to KML	dp001_project.kmz dp002_project.kmz dp003_project.kmz dp004_project.kmz dp005_project.kmz Hazard1_project.kmz Hazard2_project.kmz Risk_project.kmz Hazard1.kmz Hazard2.kmz Risk.kmz	Τα αρχεία τα αναγνωρίζει το google earth και επειδή βρίσκονται στο σωστό σύστημα συντεταγμένων εμφανίζονται στη σωστή γεωγραφική τους θέση.