

Μάθημα: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ

3^η Διάλεξη : Διαχείριση Διακινδύνευσης Πλημμύρας σε συνθήκες κλιματικής αλλαγής

Καθηγητής **Φώτιος Π. Μάρης**

1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

2. ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗΣ

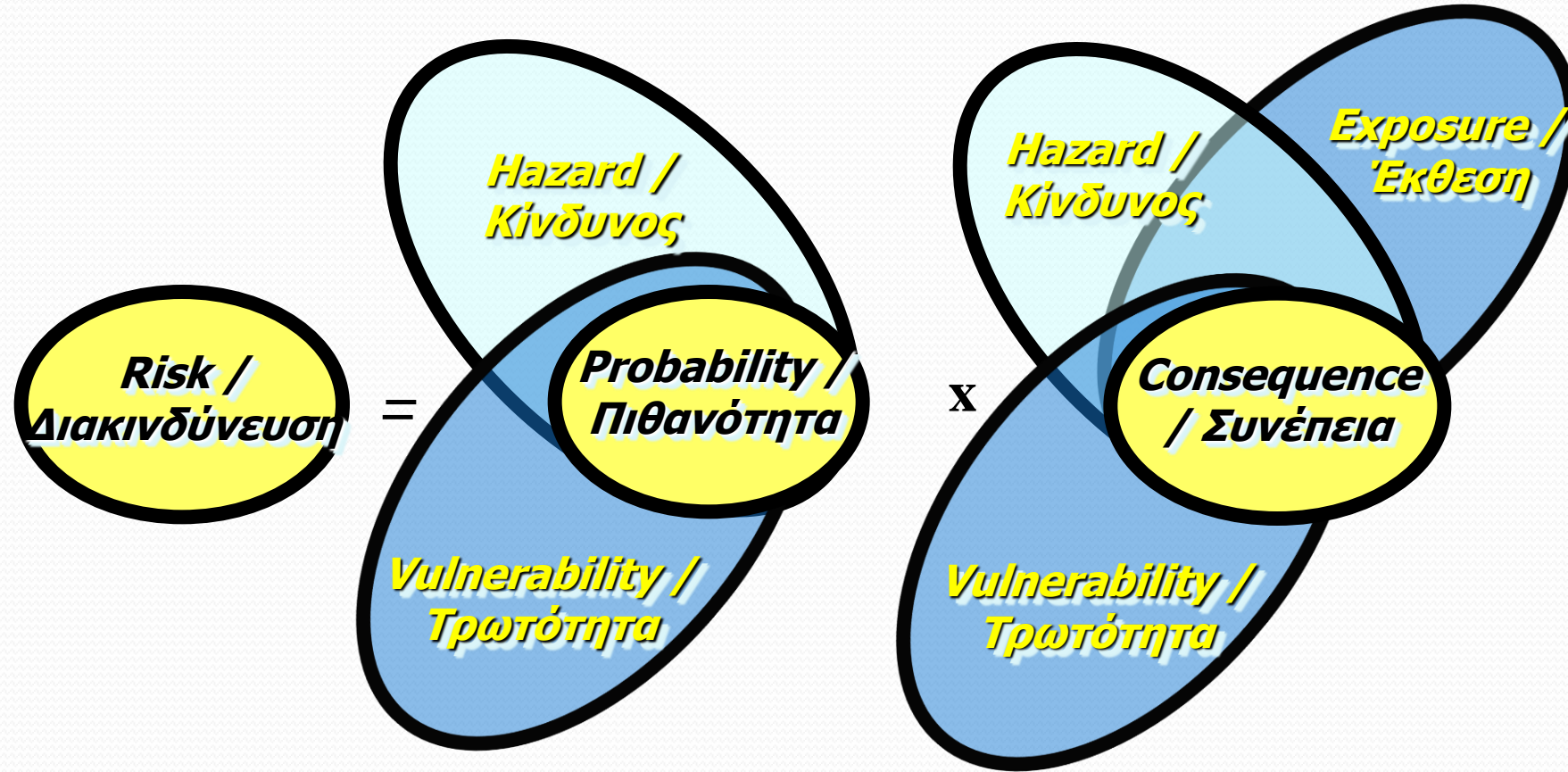
3. Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

4. ΚΑΛΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ

5. Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Διακινδύνευση (Ρίσκο) και Κίνδυνος



□ Distinction between the words "**hazard**" and "**risk**".

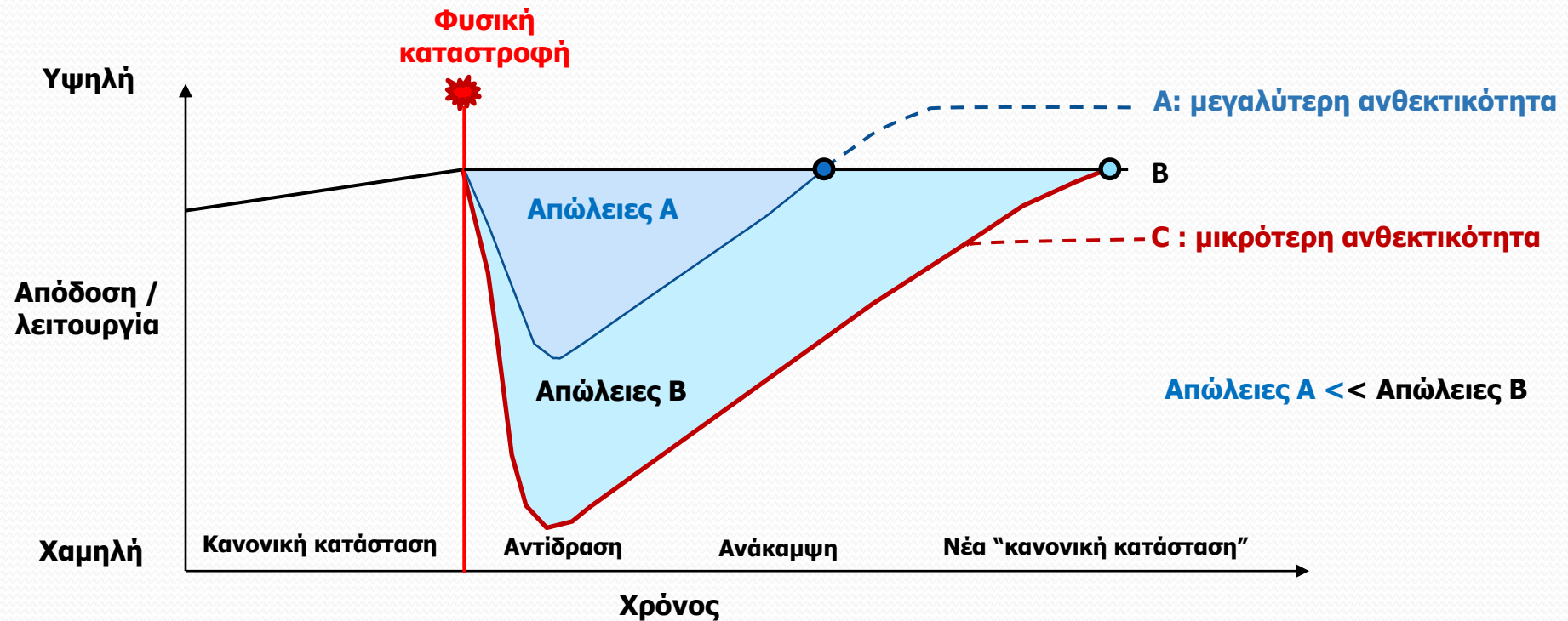
ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗ (ΡΙΣΚΟ)

$$\text{RISK} = (\text{probability} / \text{πιθανότητα}) \times (\text{consequence} / \text{συνέπεια})$$

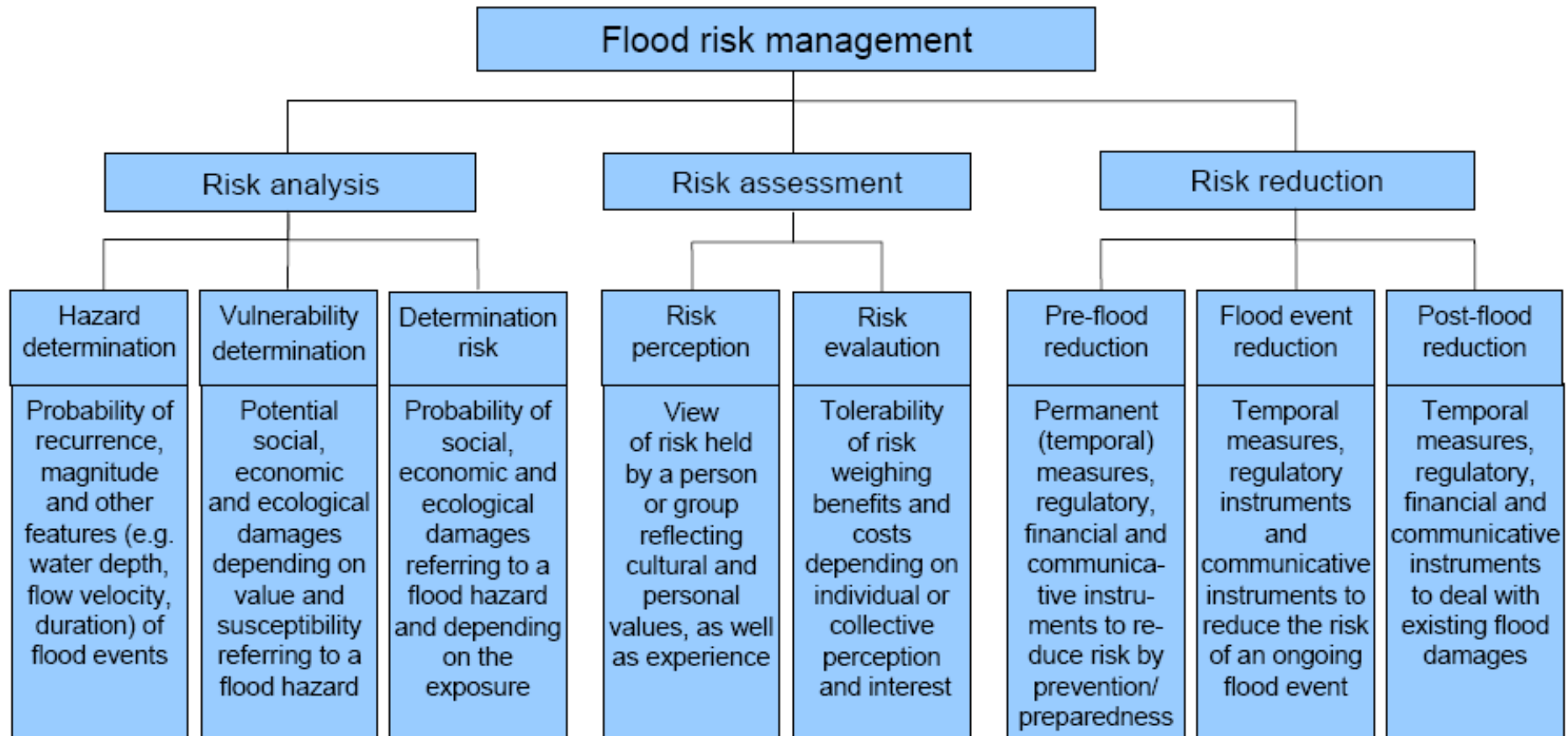
- Μπορεί να προκύψει μεγάλος κίνδυνος επειδή υπάρχει μεγάλη πιθανότητα πλημμύρας (ας πούμε κάθε χειμώνα) με μόνο μέτριες συνέπειες.
- Ένας μεγάλος κίνδυνος μπορεί να προκύψει επειδή υπάρχει πολύ μικρή πιθανότητα πλημμύρας - όπως 1/1000 ανά έτος - αλλά με υψηλές συνέπειες.
- Ωστόσο, κατά την αντίληψη των ανθρώπων, οι συνέπειες των γεγονότων δεν είναι μόνο πιο εύκολο να κατανοηθούν, αλλά και πιο σημαντικές από την πιθανότητά τους. Συνεπώς, σε ότι αφορά τις συνέπειες δίδεται περισσότερο βάρος στην κρίση του κινδύνου. Αυτό σημαίνει ότι οι απλοί άνθρωποι κρίνουν 100 θανάτους με πιθανότητα 1/100 ανά έτος ως χειρότερο από ένα θάνατο κάθε χρόνο.

Επανατακτικότητα η ανθεκτικότητα (resilience)

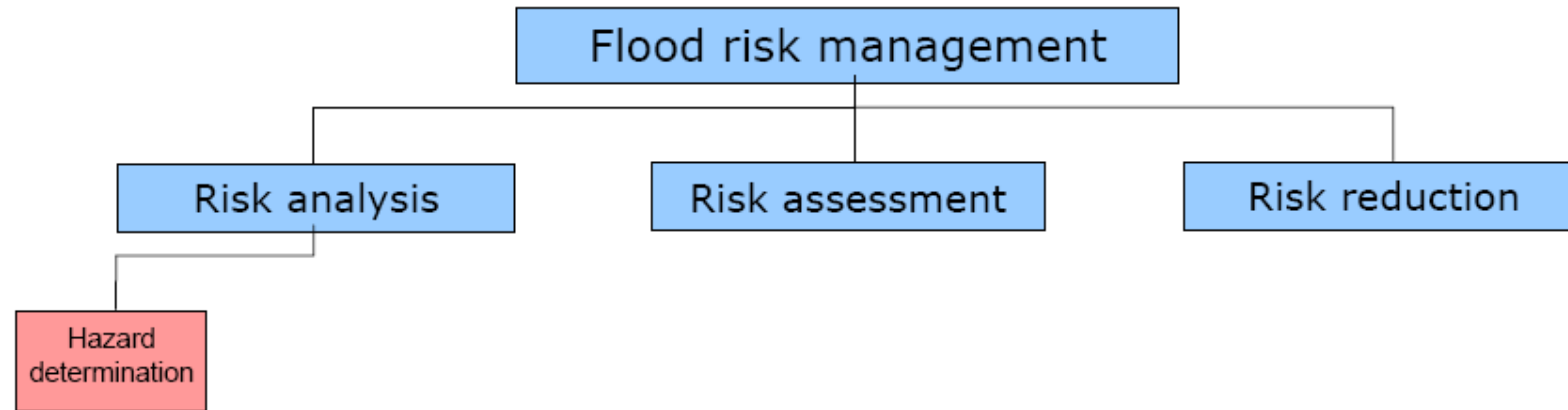
Η ικανότητα του κάθε εκτιθέμενου στοιχείου (κτίρια, υποδομές), καθώς και της κοινωνίας (πληθυσμός) και διοίκησης (Χώρα, Περιφέρεια, Δήμος), να αντισταθούν στον κίνδυνο (μειωμένες απώλειες) και να ανακάμψουν σε σύντομο χρονικό διάστημα.



2. ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΠΛΑΙΣΙΟ Διαχείρισης Διακινδύνευσης Πλημμύρας (Flood Risk Management)



Διαχείριση Διακινδύνευσης Πλημμύρας



Κίνδυνος πλημμύρας

Ένα φυσικό γεγονός, φαινόμενο, η ανθρώπινη δραστηριότητα που ενδεχόμενα μπορεί να προκαλέσει ζημιά. Ένας κίνδυνος δεν προκαλεί αναγκαστικά ζημιά (FLOODsite, 2005)



Προσδιορισμός κινδύνου

Ποσοτικοποίηση της πιθανότητας Εμφάνισης, μεγέθους και άλλων χαρακτηριστικών της πλημμύρας (Υδρο-μετεωρολογική προσομοίωση)

Πιθανότητα Εμφάνισης Πλημμύρας – Πιθανότητα Αστοχίας Έργων Προστασίας

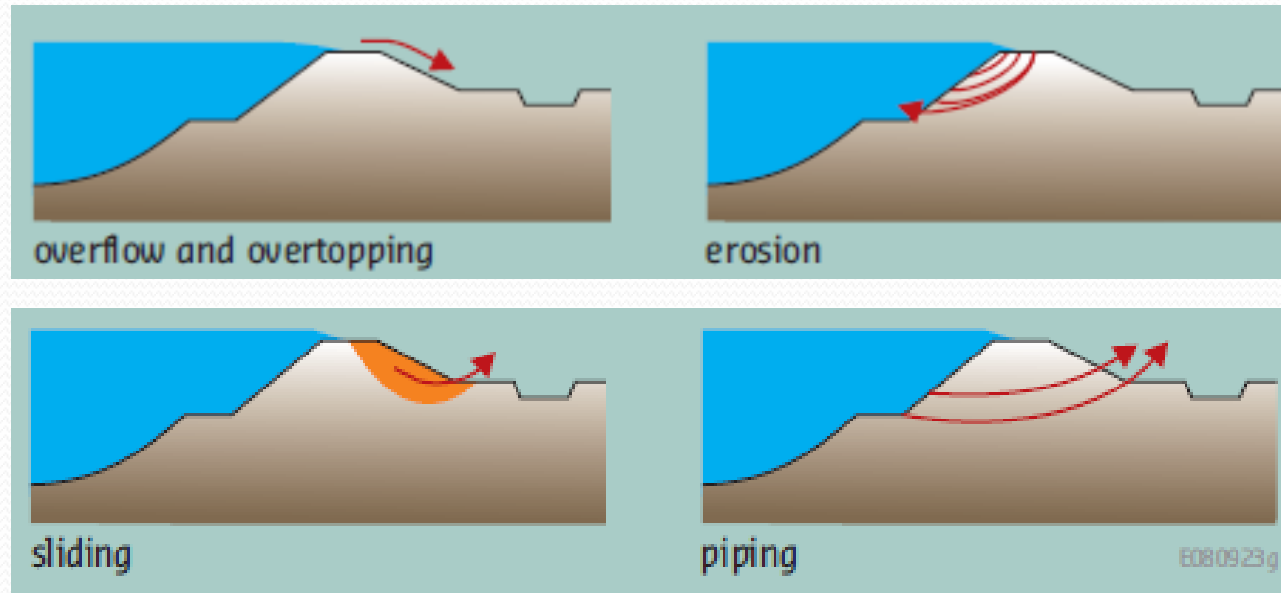
❖ Πολλές περιοχές προστατεύονται από πλημμύρες από επιχώματα και άλλες αμυντικές δυνάμεις. Η πιθανότητα πλημμύρας σε τέτοιες περιοχές είναι πιο δύσκολο να προσδιοριστεί, καθώς είναι επίσης συνάρτηση της πιθανότητας αποτυχίας των αμυντικών (επιχώματα, φράγματα, θαλάσσια τείχη, συστήματα αμμόλοφων κ.λπ.).



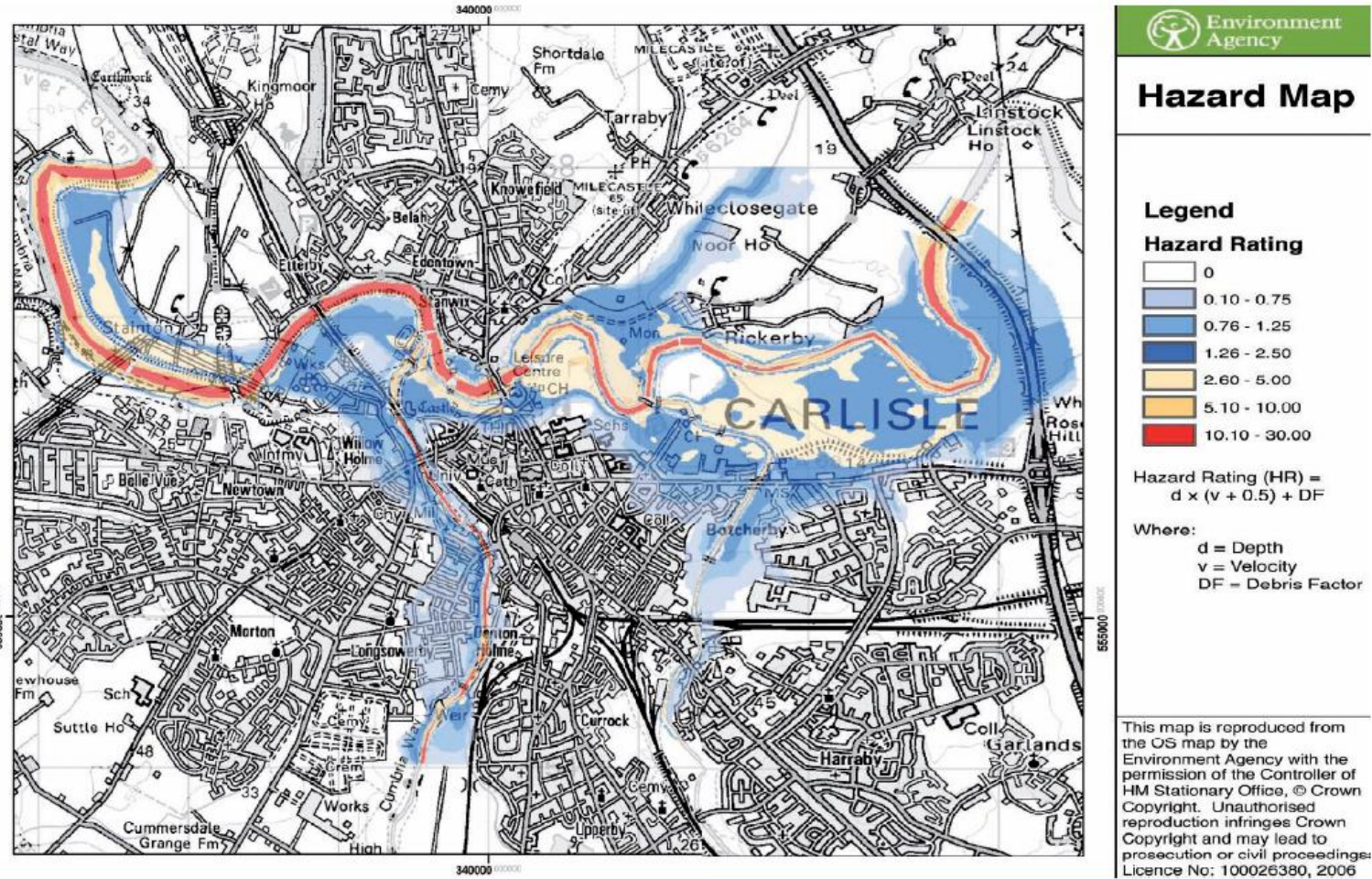
❖ Για να συμβούν πλημμύρες, πρέπει πρώτα να υπάρχει ένα επικίνδυνο επίπεδο πλημμύρας και, στη συνέχεια, δεύτερον, μια αποτυχία της άμυνας. Η πιθανότητα πλημμύρας πίσω από την άμυνα είναι συνάρτηση και των δύο πιθανοτήτων.

Αξιοπιστία και Αντοχή έναντι διαφόρων αστοχιών

❖ Για να υπολογίσουμε αυτές τις πιθανότητες πρέπει να γνωρίζουμε για την αξιοπιστία (αντίσταση μείον τη φόρτωση) και την ισχύ των αμυντικών για διάφορες λειτουργίες αστοχίας.



Χάρτης Κινδύνου

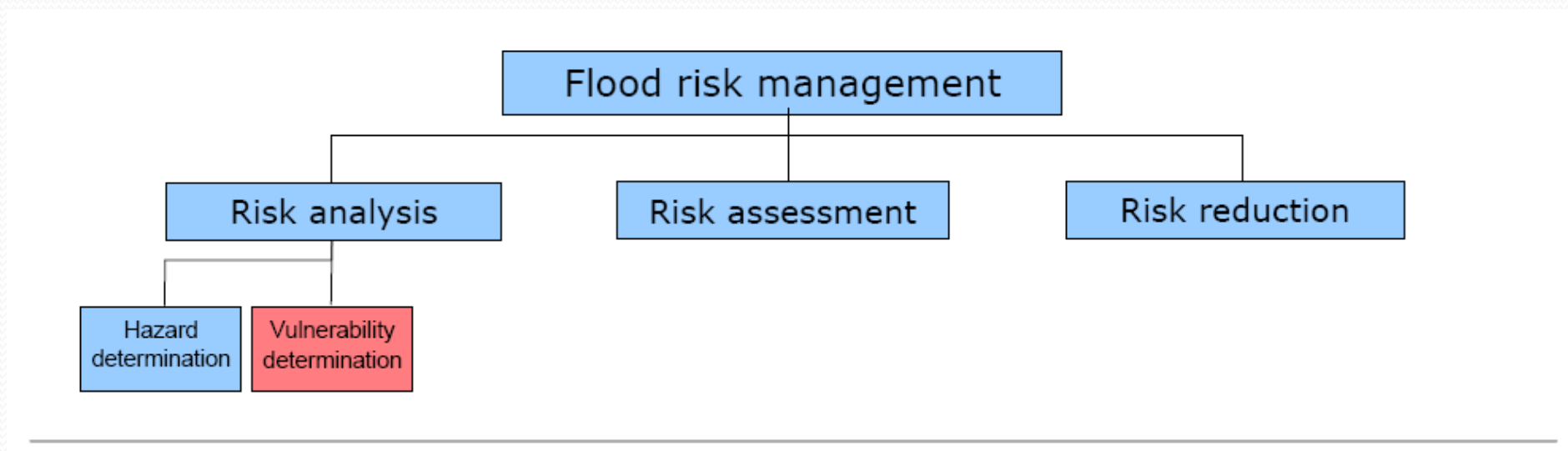


Βάθος Ποής

Ταχύτητα Ποής

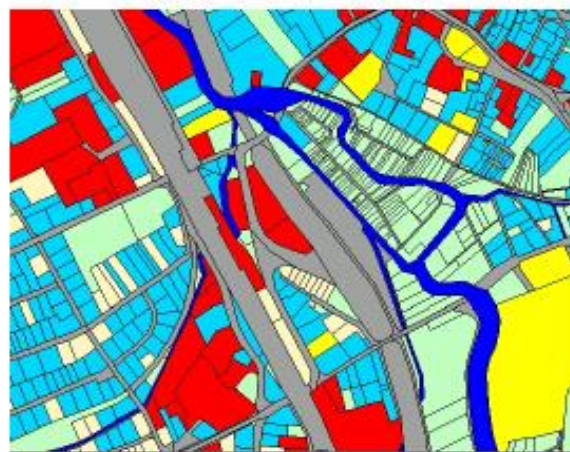
Debris Factor

Hazard Rating



Τρωτότητα πλημμύρας

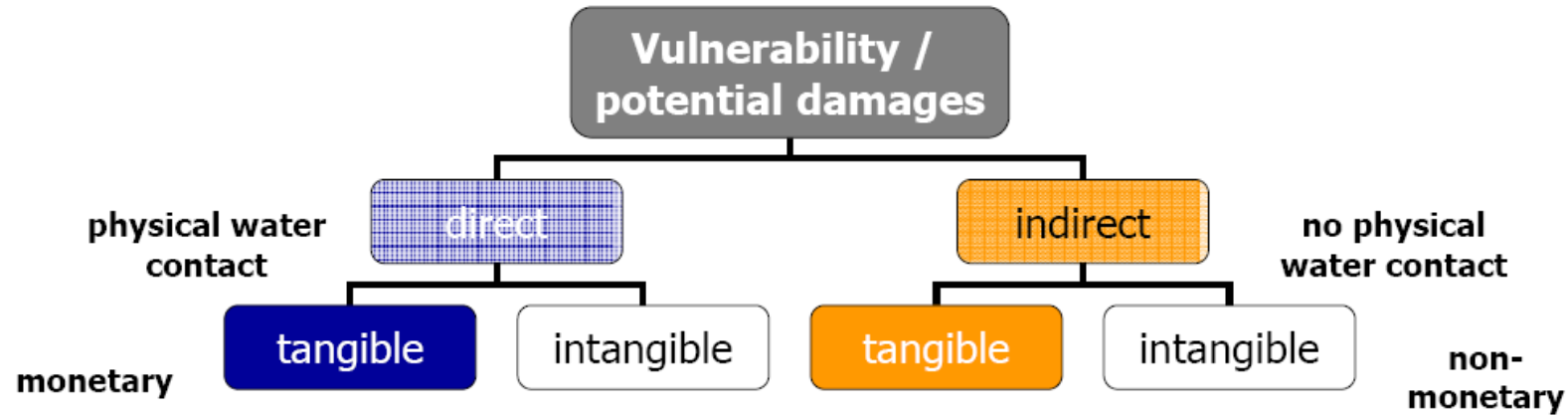
Χαρακτηριστικό ενός συστήματος που περιγράφει το ενδεχόμενο να υποστεί ζημιές (βλάβες). Μπορεί να ορισθεί σαν ο συνδυασμός ευπάθειας και τιμής (αξίας).



Προσδιορισμός τρωτότητας

Ποσοτικοποίηση και αξιολόγηση των ενδεχόμενων κοινωνικών, οικονομικών και οικολογικών ζημιών του πλημμυρικού κινδύνου.

Τρωτότητα και Ζημιές



e.g.:

- buildings
- infrastructure
- crop, cattle
- capital goods
- consumer goods
- ...

- life
- health
- environment
- unique goods
- art and cultural goods
- ...

- production losses (in and outside inundation area)
- market disturbances
- loss of time
- ...

- reduced competitiveness
- migration
- increased vulnerability of economic actors
- ...

Ζημιές-Απώλειες λόγω Πλημμυρών

Άμεσες Ζημιές

Losses resulting from direct contact with flood water, to buildings and infrastructure

Έμμεσες Ζημιές

Losses resulting from the event but not from its direct impact, for example, transport disruption, business losses that can't be made up, losses of family income etc.

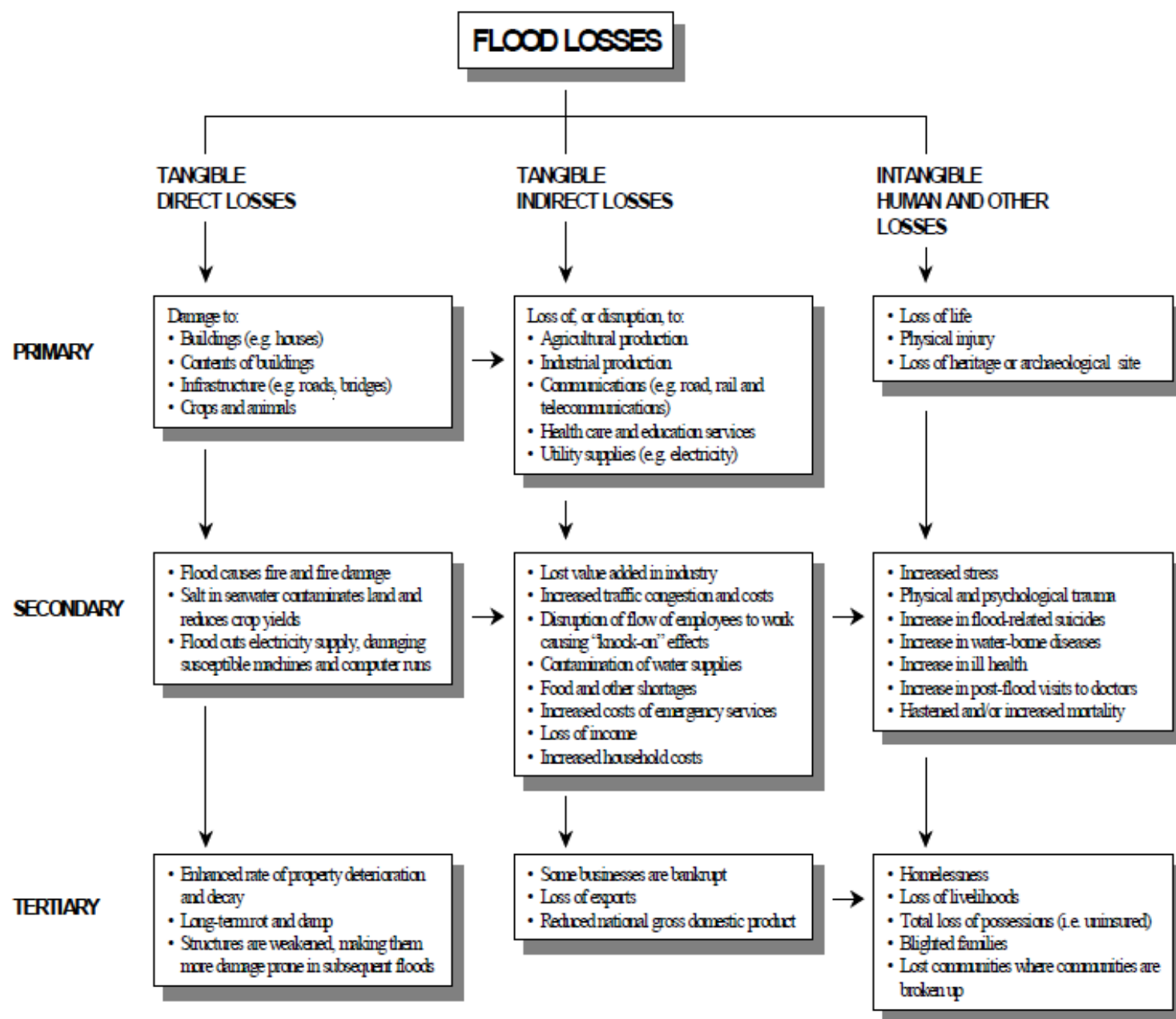
In both loss categories, there are two clear sub-categories of loss:

Μετρήσιμες (Tangible)

Loss of things that have a monetary (replacement) value, for example, buildings, livestock, infrastructure etc.

Μη-Μετρήσιμες

Loss of things that cannot be bought and sold, for example, lives and injuries, heritage items, memorabilia etc.



Κατηγοριοποίηση Ζημιών

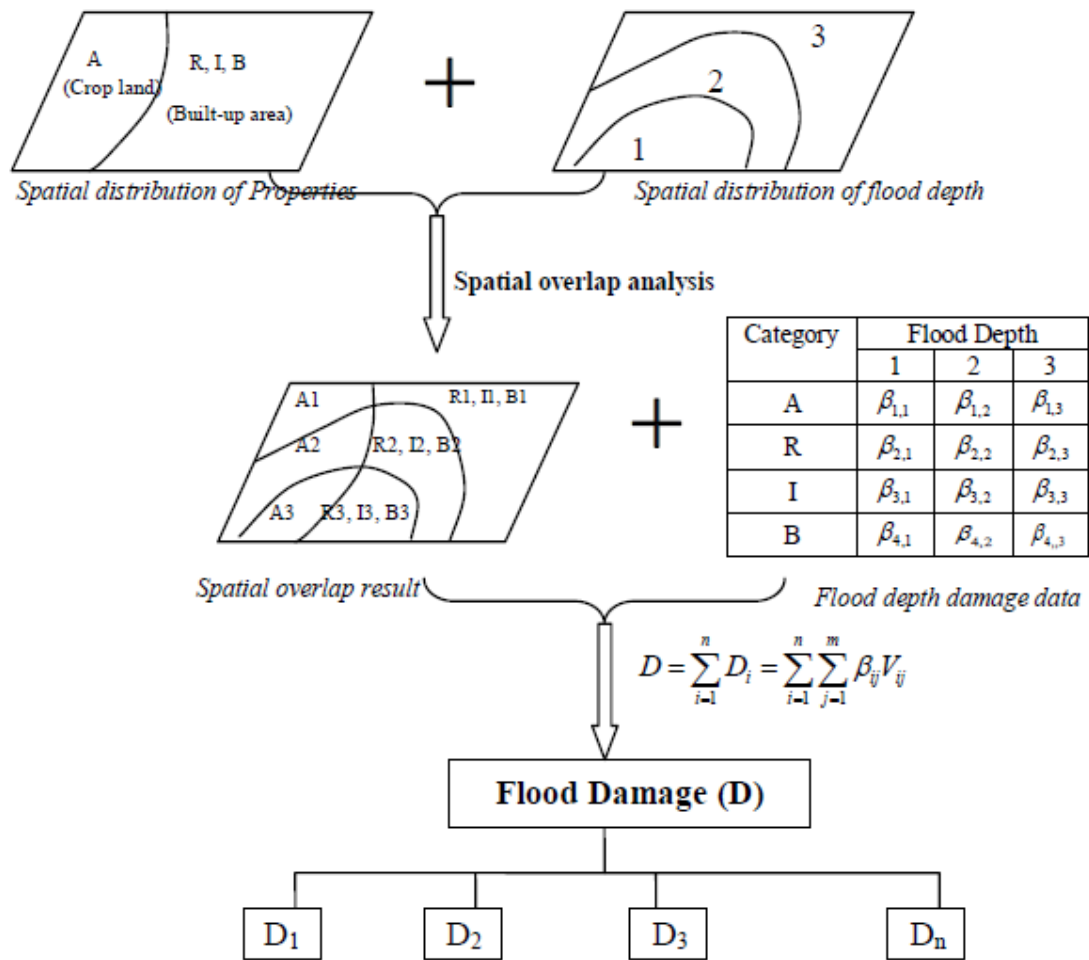
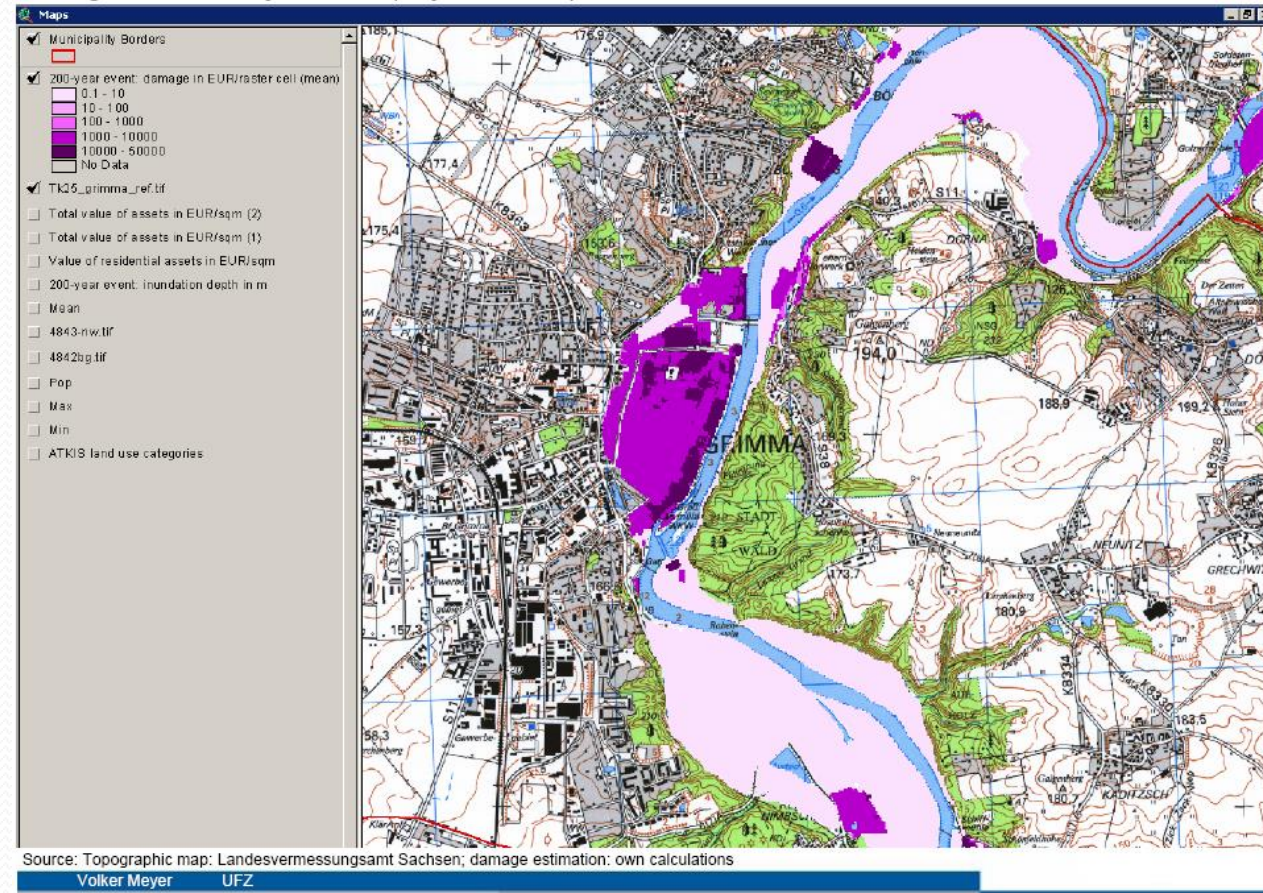
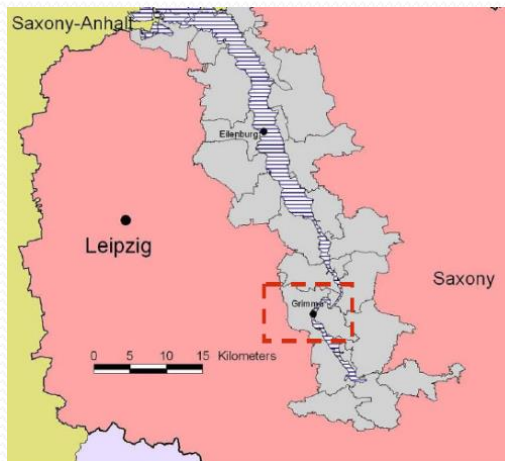


Fig. 6-1 Flow diagram for flood damage assessment model

Note: A=Agriculture output; B=Residential property; I=Industry assets; B=Business assets; D_i =flood damage in category i ; β_{ij} , V_{ij} =Loss rate, assets in category i under depth j , respectively.

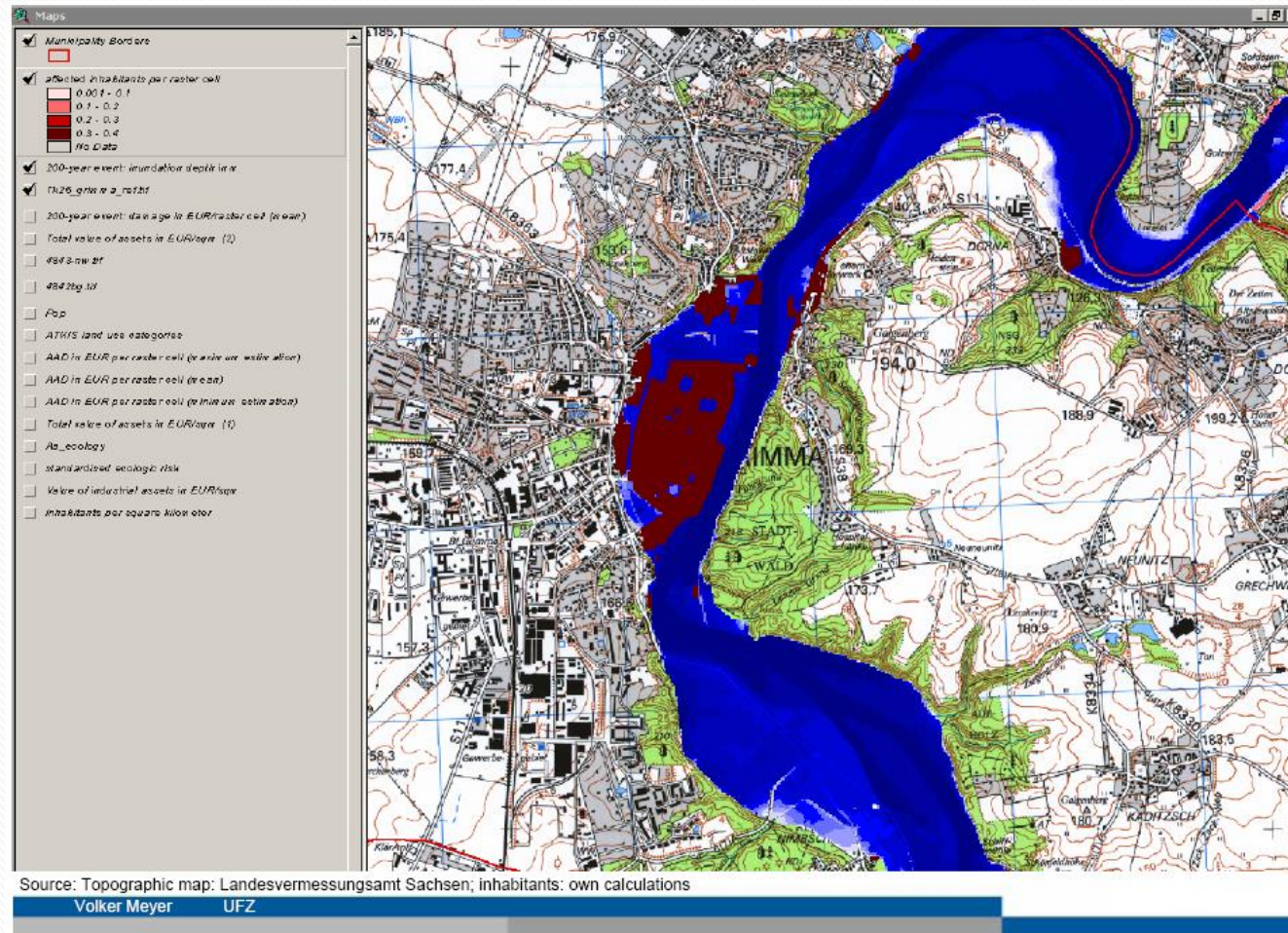
Μεθοδολογία Εκτίμησης Ζημιών-Απωλειών λόγω Πλημμύρας

Χάρτης Ζημιών

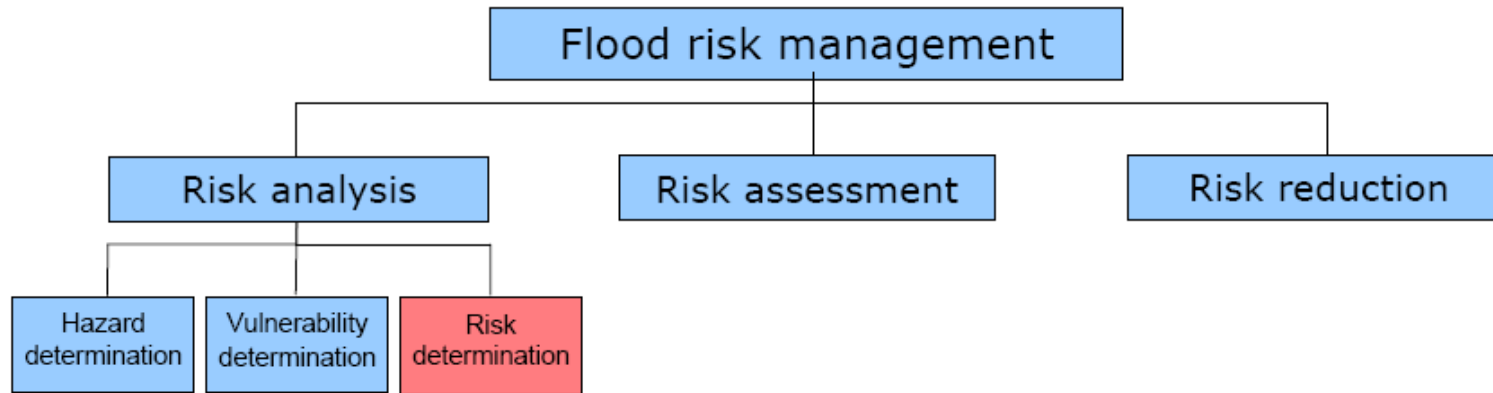


Damages for a 200-year flood event in the city of Grimma, Germany (Meyer, 2007)

Χάρτης με τον πληθυσμό που επηρεάζεται από την πλημμύρα

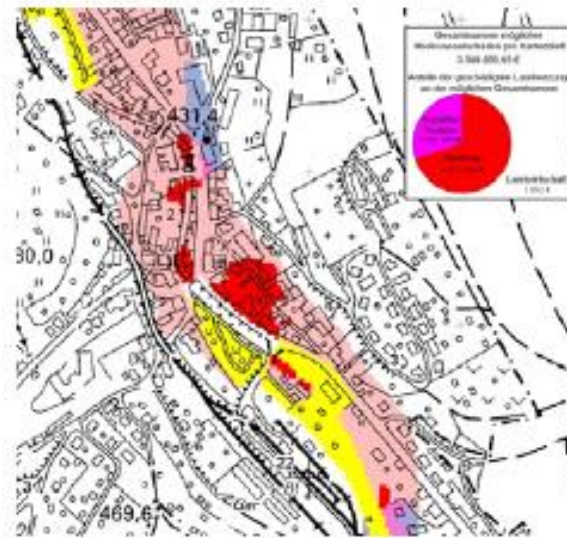


Affected population, 200-year event in city of Grimma, Germany (Meyer, 2007)



Διακινδύνευση πλημμύρας

Είναι συνάρτηση της έκθεσης στον κίνδυνο και της τρωτότητας (Plate, 2001, FLOODsite, 2005)



Προσδιορισμός διακινδύνευσης

Μεθοδολογία για τον προσδιορισμό της φύσης και της έκτασης της διακινδύνευσης πλημμύρας ως πιθανότητα κοινωνικών, οικονομικών και οικολογικών ζημιών από μία πλημμύρα (Χαρτης διακινδύνευσης)

Αναμενόμενη Διακινδύνευση

□ *Η διακινδύνευση* έχει μια διάσταση πιθανολογική και μια διάσταση συνεπειών.

Το παραπάνω μπορεί να αναπαρασταθεί είτε με ένα διάγραμμα πιθανότητας εμφάνισης κινδύνου και συνεπειών που καλείται *διάγραμμα έντασης-συχνότητας εμφάνισης* ή εκτιμώντας τις *μέσες ετήσιες συνέπειες*.

□ Οι *μέσες ετήσιες συνέπειες* αντιστοιχούν

στις Αναμενόμενες Ετήσιες Ζημιές (Expected Annual Damage (EAD))

στον Αναμενόμενο Ετήσιο Αριθμό Πληγέντων Ατόμων (Expected Annual Number of Affected Persons),

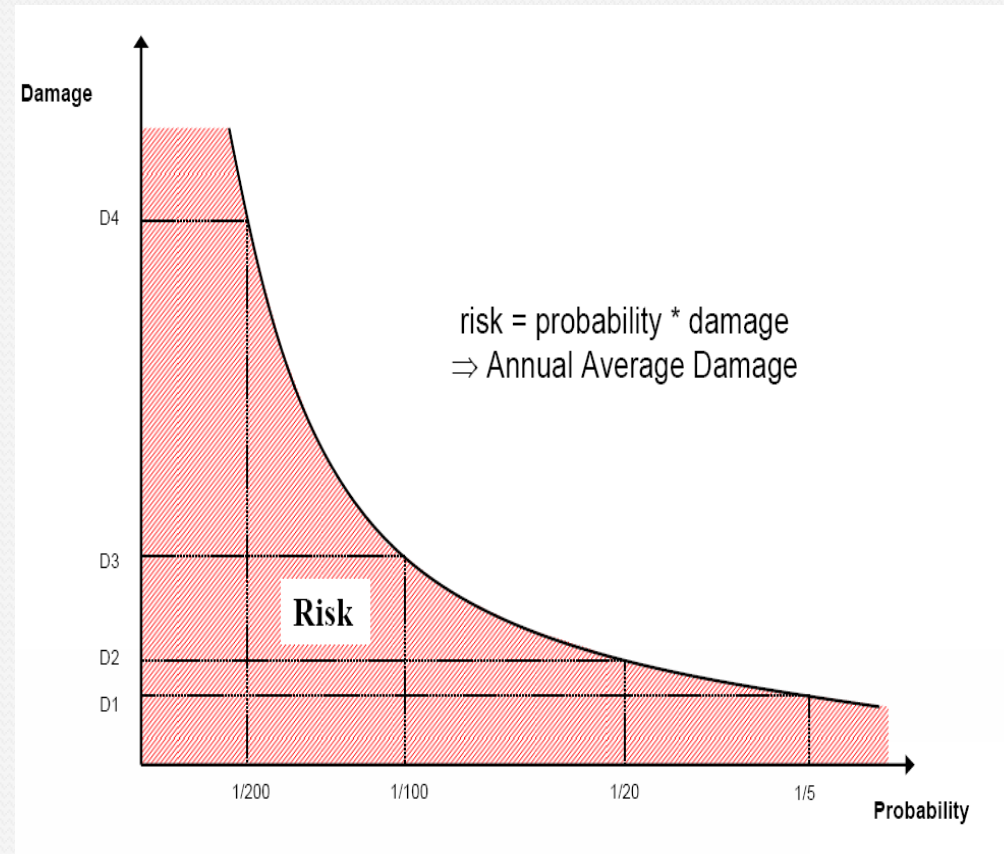
και στον Αναμενόμενο Ετήσιο Αριθμό Θανάτων (Expected Annual Number of Fatalities (EAN)).

□ *Η ολοκληρωμένη διακινδύνευση* σε μια θέση εκτιμάται από όλα τα γεγονότα πλημμυρών που μπορούν να συμβούν σε αυτή, και όχι μόνο από ένα ακραίο γεγονός.

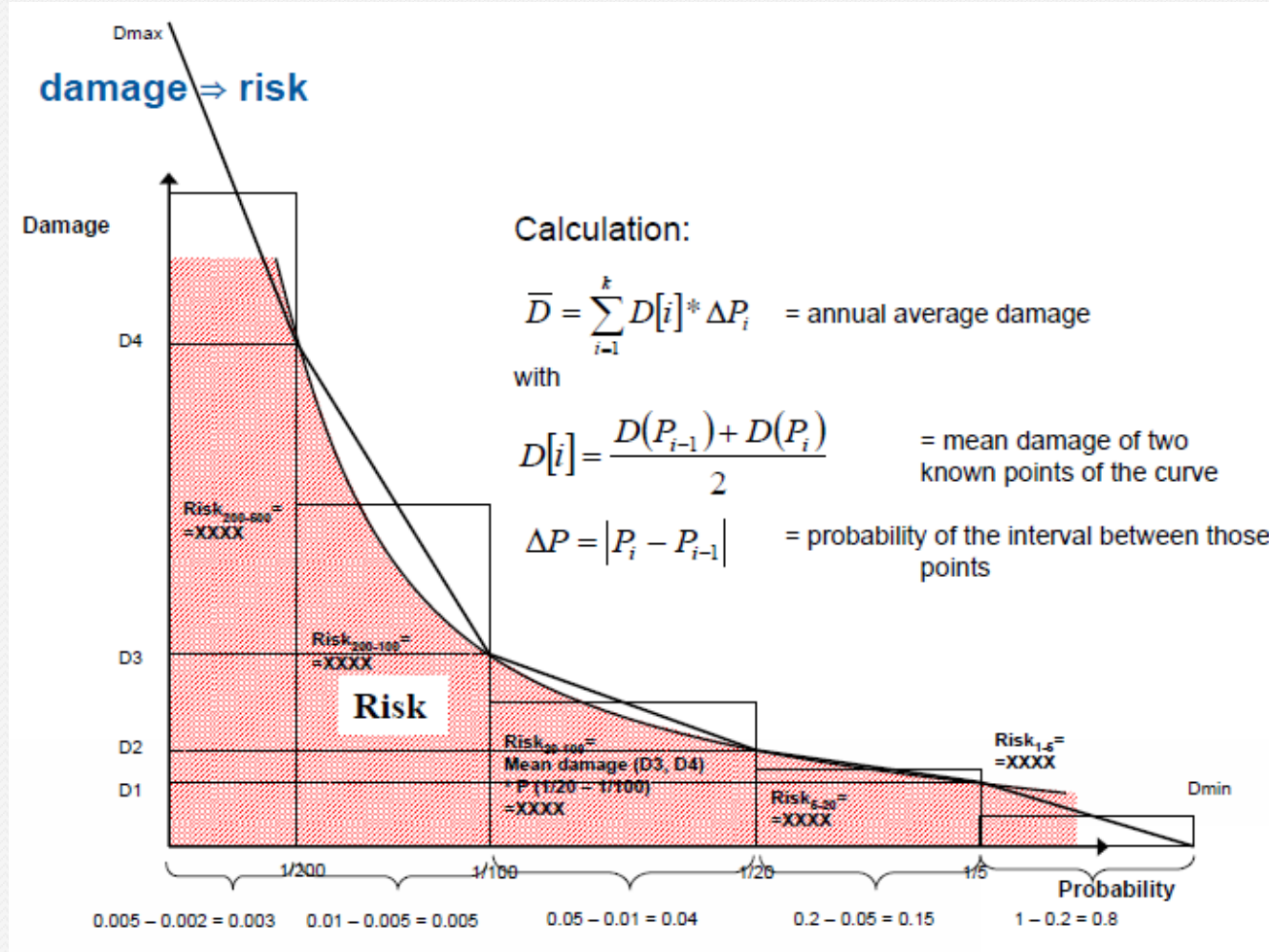
Αναμενόμενη Διακινδύνευση

Η ολοκληρωμένη διακινδύνευση μπορεί να αναπαρασταθεί από ένα διάγραμμα ζημιών (ή άλλων συνεπειών) με την πιθανότητα εμφάνισης γεγονότων πλημμύρας (*διάγραμμα έντασης-συχνότητας εμφάνισης*).

Οι μέσες ετήσιες ζημιές (AAD) υπολογίζονται από το εμβαδό του διαγράμματος κάτω από την καμπύλη, που μπορεί να εκτιμηθεί με ακρίβεια ως το ολοκλήρωμα της καμπύλης πιθανότητας-συνεπειών ή μπορεί να εκτιμηθεί από το άθροισμα αντιπροσωπευτικών γεγονότων πλημμύρας.



Αναμενόμενη Διακινδύνευση



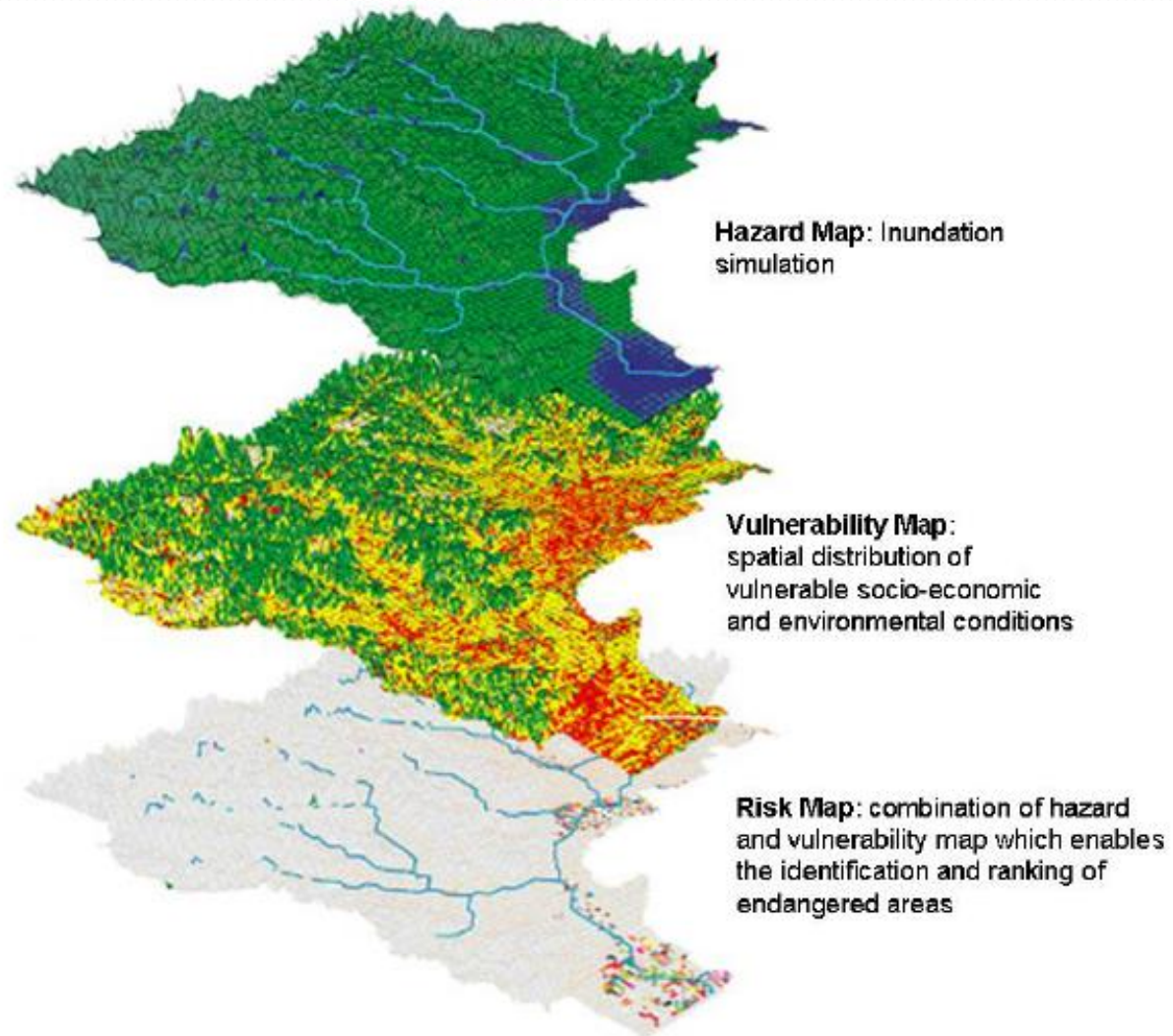
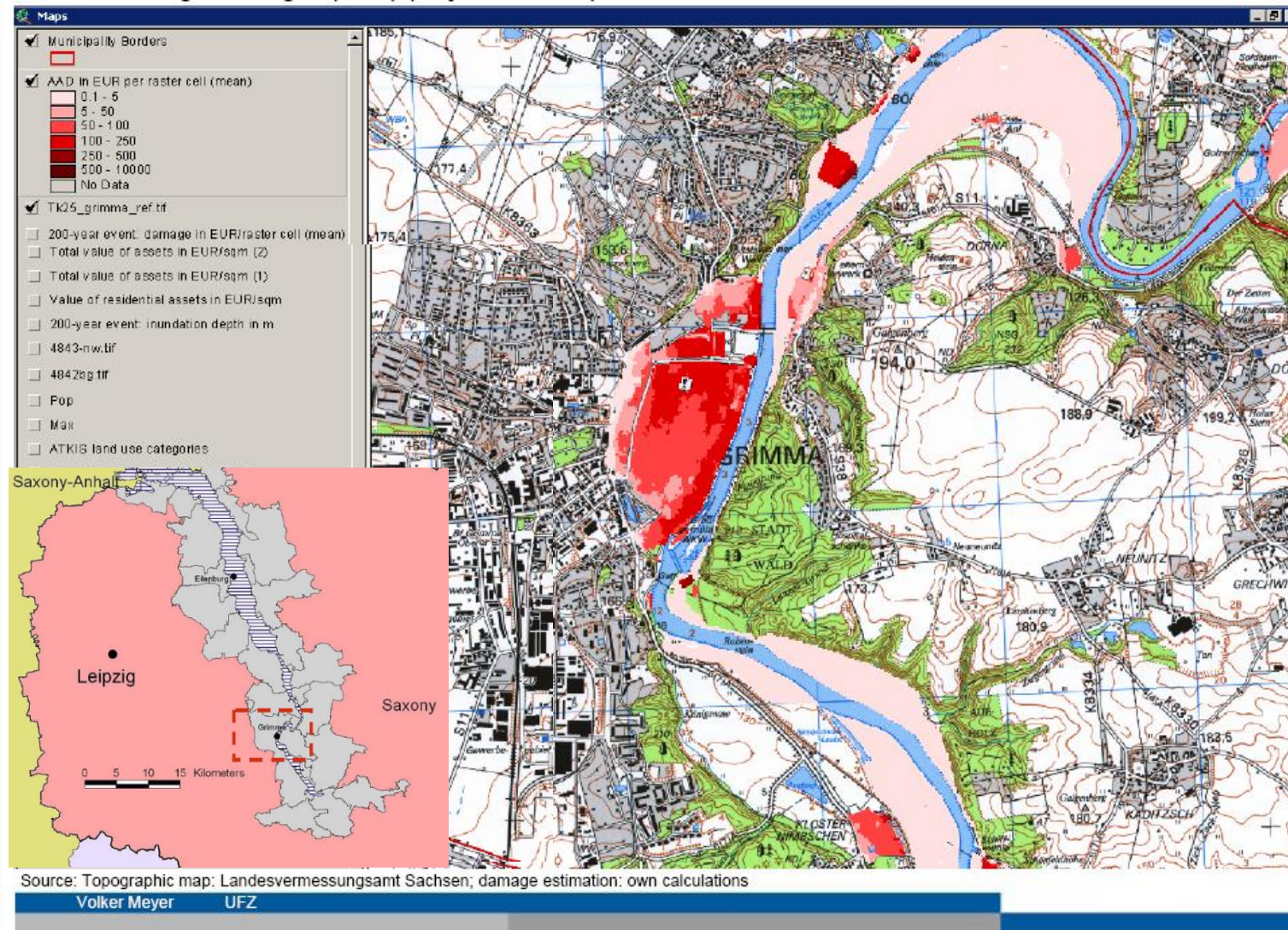


Figure 8: Risk map with a geographical information system (GIS) (adapted from ADRC [15])

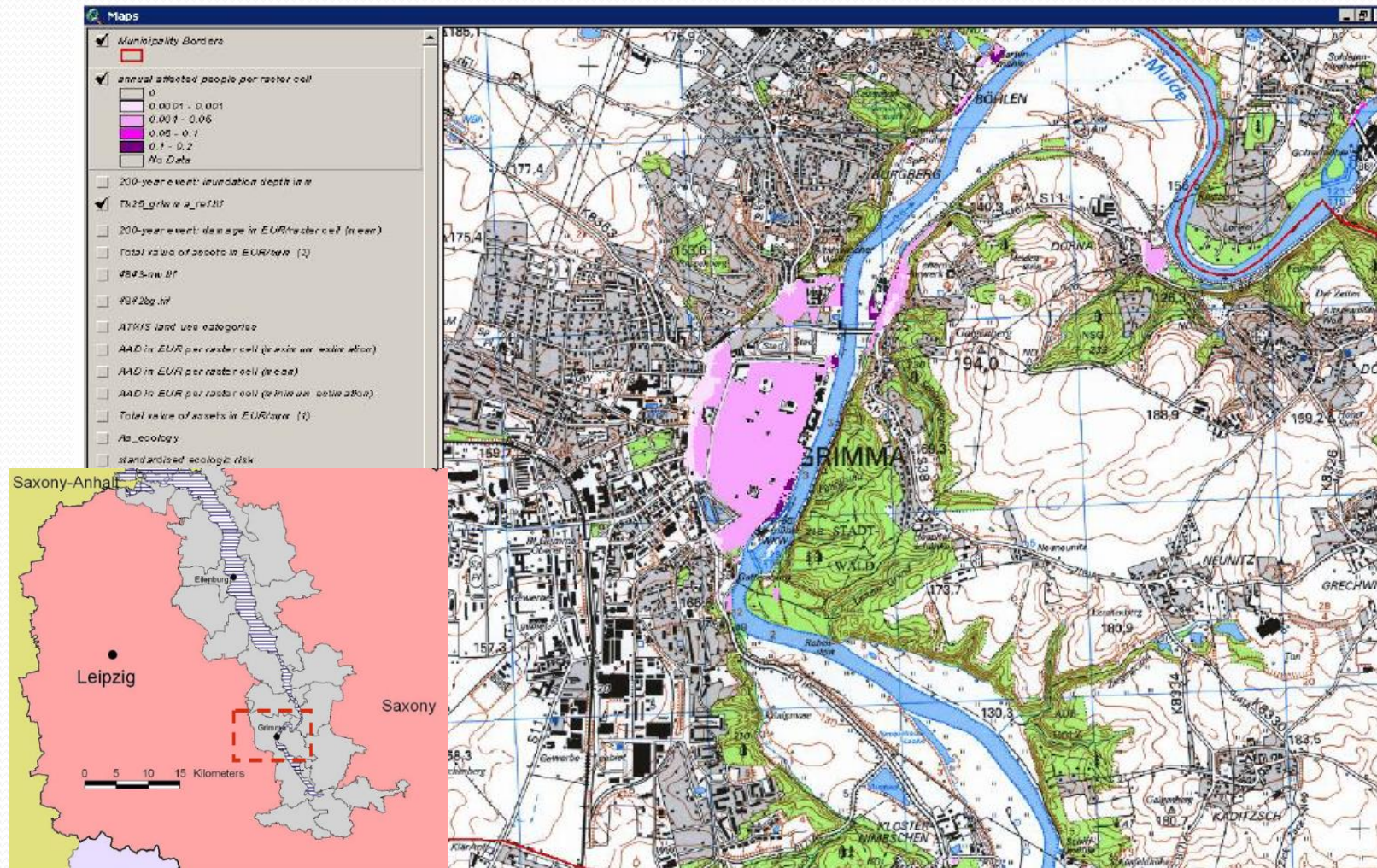
Χάρτης Κινδύνου

Χάρτης Τρωτότητας

Χάρτης Διακινδύνευσης



Mean annual damages in the city of Grimma, Germany: mean estimation (Meyer, 2007)

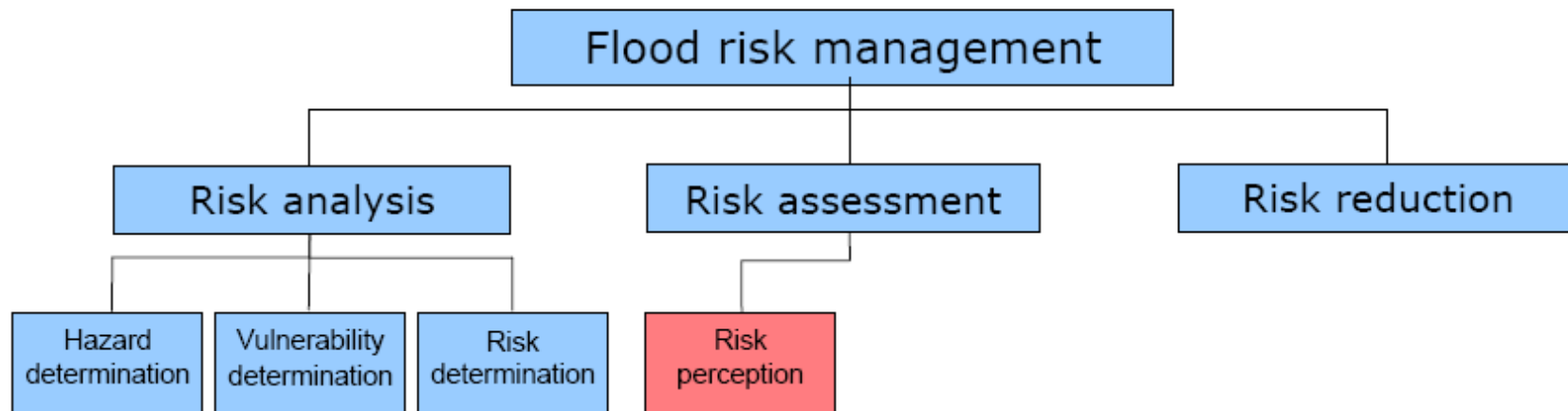


Source: Topographic map: Landesvermessungsamt Sachsen; inhabitants: own calculations

Volker Meyer UFZ

Annual affected population in the city of Grimma, Germany (Meyer, 2007)

Μέσος Ετήσιος Πληθυσμός επηρεαζόμενος από την Πλημμύρα



Αντίληψη διακινδύνευσης (Perception)

Άποψη που έχει ένας πολίτης ή ομάδα πολιτών για τη διακινδύνευση με βάση προσωπικές αξίες, κουλτούρες και εμπειρία



Διερεύνηση για την αντίληψη διακινδύνευσης

Αναζήτηση πληροφοριών για την άποψη που έχει ένας πολίτης ή ομάδες για τη διακινδύνευση (π.χ. συνεντεύξεις, ερωτηματολόγια)

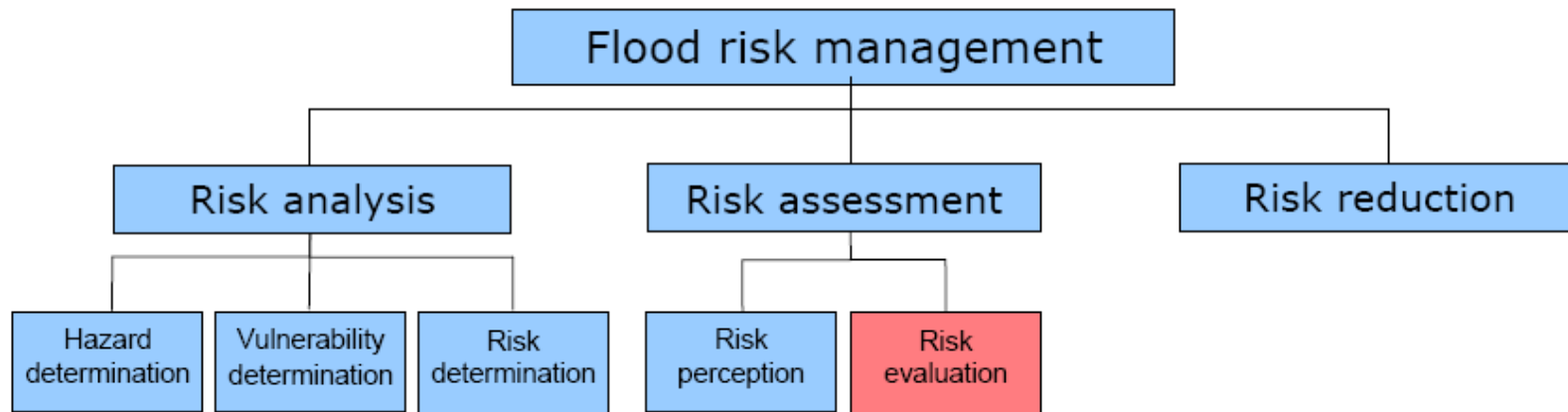
Ανεκτή Διακινδύνευση

□ Για την εκτίμηση της **ανεκτής διακινδύνευσης**, είναι αναγκαίο να εκφραστεί η διακινδύνευση πλημμύρας σε όρους συναφείς από:

- Την οπτική των πολιτών
- Την οπτική των *φορέων διαχείρισης*.

❖ ***Η ανεκτικότητα των πολιτών είναι συνάρτηση των παρακάτω:***

- ✓ Της αντίληψης και της κατανόησης του πιθανού ρίσκου πλημμύρας και των άλλων ρίσκων που αυτοί αντιμετωπίζουν.
- ✓ Των ωφελειών και του κόστους στις κοινωνίες που πλήττονται από πλημμυρικά γεγονότα.
- ✓ Της ικανότητας των ατόμων και των κοινωνιών να περιορίσουν τις συνέπειες των πλημμυρών και να επανακάμψουν
- ✓ Του βαθμού που οι πλημμύρες αντιμετωπίζονται ως φυσική αναπόφευκτη καταστροφή ή αδράνεια/σφάλμα κάποιου(ων).



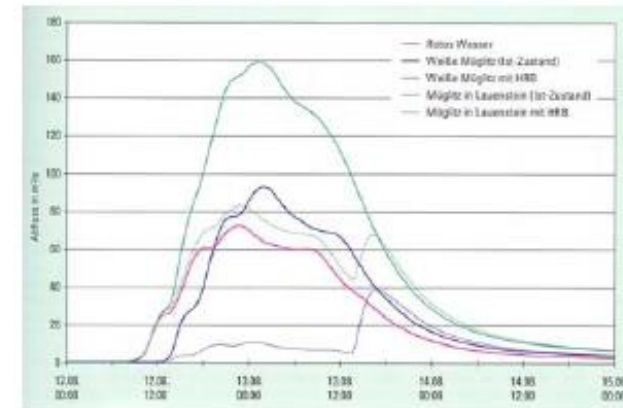
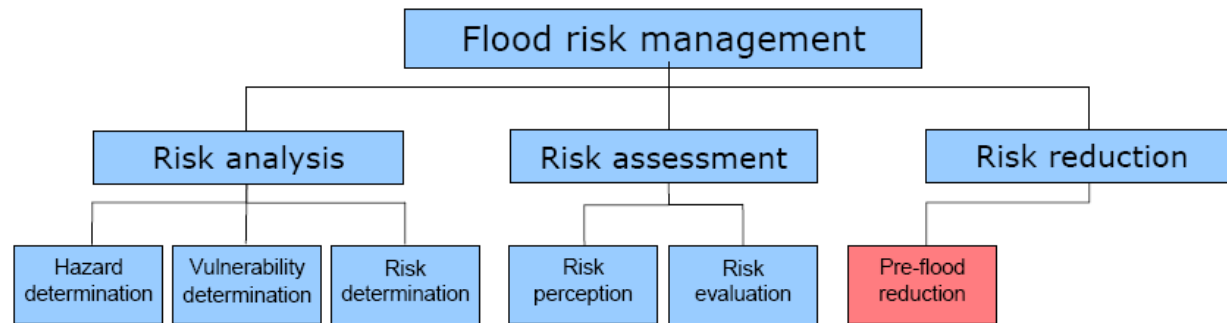
Ανεκτός Κίνδυνος Πλημμύρας

Επίπεδο κινδύνου πλημμύρας που είναι ανεκτό για ένα άτομο ή ομάδα (υπεύθυνος λήψης αποφάσεων).



Αξιολόγηση Διακινδύνευσης

Μέθοδοι για την αξιολόγηση της ανεκτικότητας ενός συγκεκριμένου οφέλους και του κόστους στάθμισης του κινδύνου ανάλογα με την ατομική ή συλλογική αντίληψη και ενδιαφέρον (π.χ. CBA, MCA).



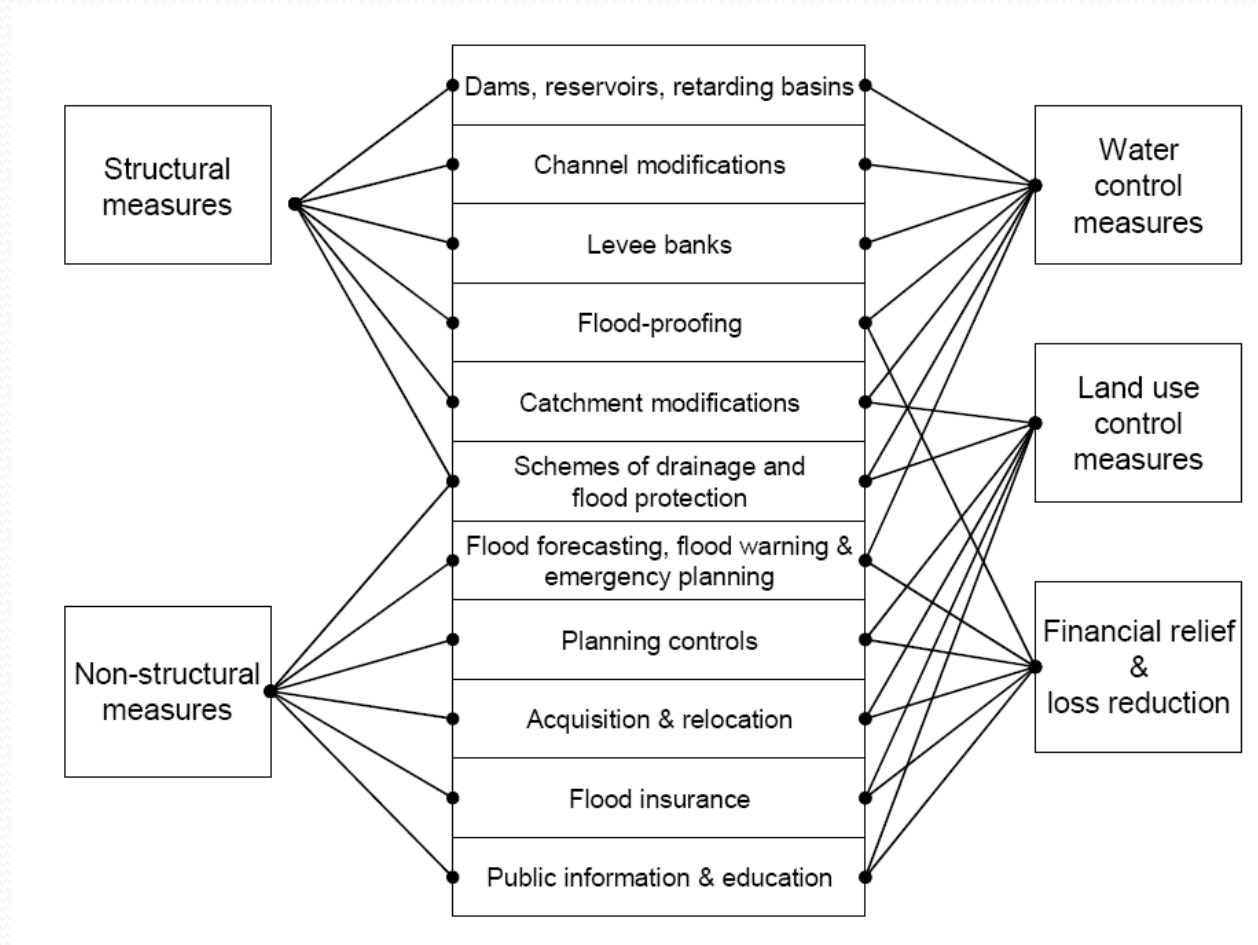
Μείωση διακινδύνευσης πριν την πλημμύρα

Μόνιμα και προσωρινά μέτρα όπως επίσης και κανονιστικά, οικονομικά και επικοινωνιακά εργαλεία για προετοιμασία και πρόληψη της πλημμύρας με σκοπό την μείωση της διακινδύνευσης

Προσομοίωση και αξιολόγηση της μείωσης διακινδύνευσης πριν την πλημμύρα

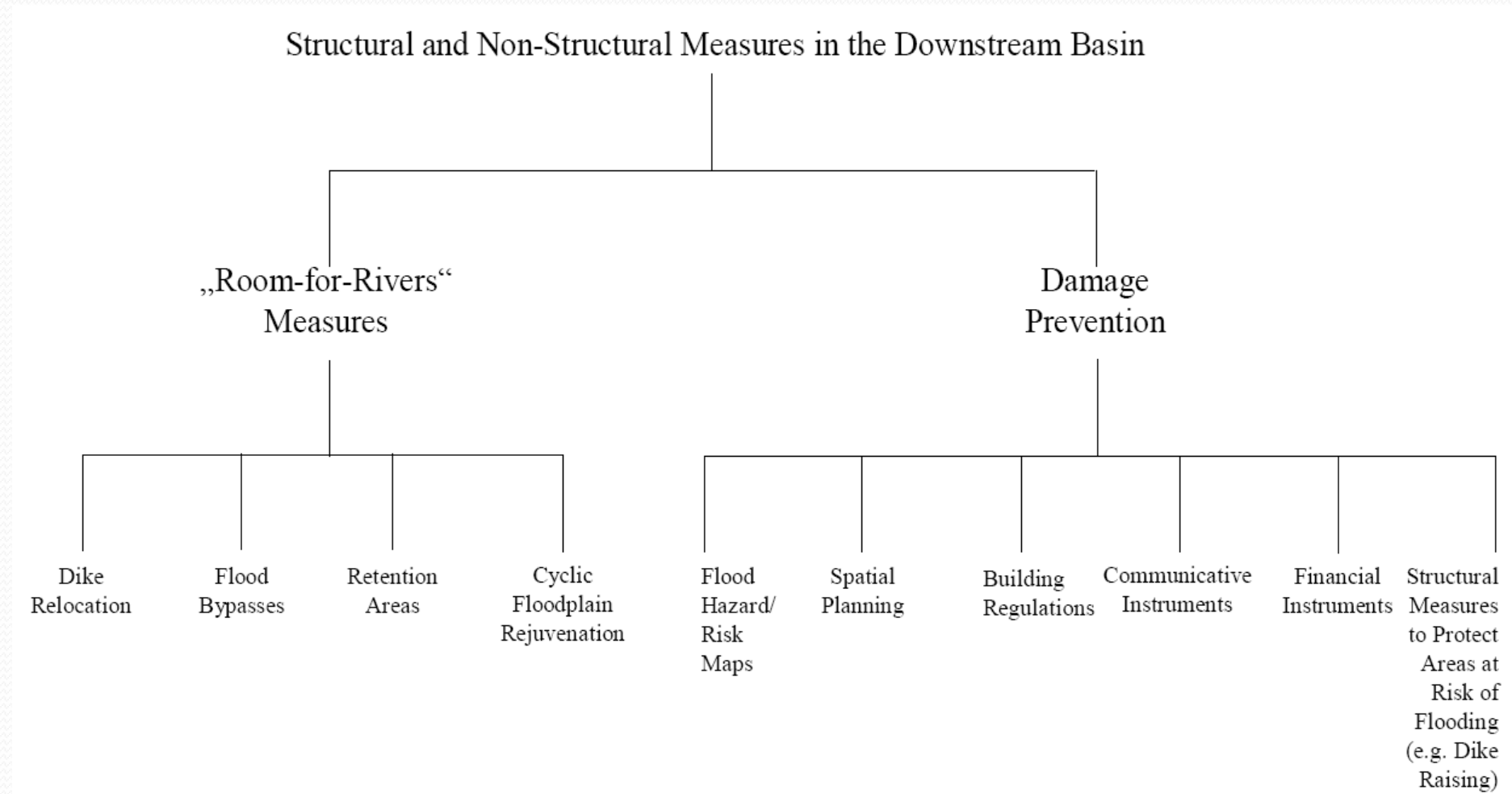
Ex-ante ανάλυση διακινδύνευσης για τον προσδιορισμό των επιδράσεων και της απόδοσης των προτεινόμενων μέτρων

Περιορισμός Διακινδύνευσης



Δομικά και μη-δομικά μέτρα (Penning-Rowsell & Peerbolte, 1994)

Περιορισμός Διακινδύνευσης



Δομικά και μη-δομικά μέτρα σε κατάντη λεκάνη απορροής (Hooijer et al. 2004)

Περιορισμός Διακινδύνευσης

❖ *Μέτρα (measures) περιορισμού της διακινδύνευσης :*

Φυσικές παρεμβάσεις στο περιβάλλον, που ασκούν άμεση δράση λόγω της ύπαρξής τους. Εφαρμόζονται από τους αρμόδιους φορείς διαχείρισης της διακινδύνευσης πλημμύρας.

✓ Τα μέτρα περιορισμού της διακινδύνευσης περιλαμβάνουν όλα τα είδη των μόνιμων κατασκευών π.χ. παράκτια έργα και έργα ορεινής και αστικής υδρολογίας, όπως φράγματα, παράκτιοι τοίχοι, αναχώματα κ.τ.λ.

✓ Τις τελευταίες δεκαετίες τα μη-δομικά μέτρα (ήπια μέτρα) έχουν κερδίσει έδαφος. Σε αυτά περιλαμβάνονται οι διαχειριστικές πρακτικές για την ενίσχυση της συγκράτησης νερού στη λεκάνη απορροής, ο έλεγχος διάβρωσης εδάφους με την αναδάσωση, η αποκατάσταση των ποταμών, οι προσωρινές κατασκευές προστασίας κ.α.

Περιορισμός Διακινδύνευσης

❖ Η μεγαλύτερη ποικιλία μέτρων περιορισμού της διακινδύνευσης εφαρμόζεται σε **ποτάμια** όπου ο όγκος του νερού παραμένει πεπερασμένος.

✓ **Ταμιευτήρες (reservoirs)** που χρησιμοποιούνται για τη συγκράτηση νερού στα ανάντη μιας λεκάνης απορροής.



✓ **Πόλντερ συγκράτησης νερού (retention polders)** κατά μήκος των ποταμών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προσωρινή αποθήκευση νερού σε περίπτωση που παρατηρείται υπέρβαση μιας κρίσιμης απορροής, ενώ εξυπηρετεί όλους σκοπούς (π.χ. γεωργία) το μεγαλύτερο μέρος του έτους.



Περιορισμός Διακινδύνευσης

✓ *Διευθέτηση ποταμών* που εφαρμόζεται για την αύξηση της χωρητικότητας και της φέρουσας ικανότητας των ποταμών, που συνεπάγεται χαμηλότερα επίπεδα πλημμυρικής στάθμης νερού. Η διευθέτηση ποταμών περιλαμβάνει την ευθυγράμμιση, τη διαπλάτυνση, τη εμπάθυνση της διατομής των ποταμών και άλλα μέτρα.



✓ *Δημιουργία αναχωμάτων και τοίχων προστασίας* κατά μήκος των ποταμών, στις εκβολές τους και κατά μήκος των ακτών για να προστατεύσουν τις περιοχές που είναι επιρρεπείς σε συχνές πλημμύρες. Απαιτούν συντήρηση / παρακολούθηση κατά τη διάρκεια πλημμυρικών γεγονότων και παρουσιάζουν συχνές αστοχίες.



❖ Υπάρχουν περισσότερο φιλικά στο περιβάλλον δομικά μέτρα προστασίας:

✓ Μέτρα διασφάλισης *‘Χώρου για τα ποτάμια’* (*‘Room for rivers’*) που περιλαμβάνουν τη μετακίνηση εμποδίων και κατασκευών από περιοχές επιρρεπείς σε πλημμύρες, μείωση των υψομέτρου των περιοχών αυτών ή κατασκευή καναλιών παράκαμψης (bypass channels) ή των λεγόμενων *‘πράσινων ποταμών’*.

✓ Προσωρινές κατασκευές

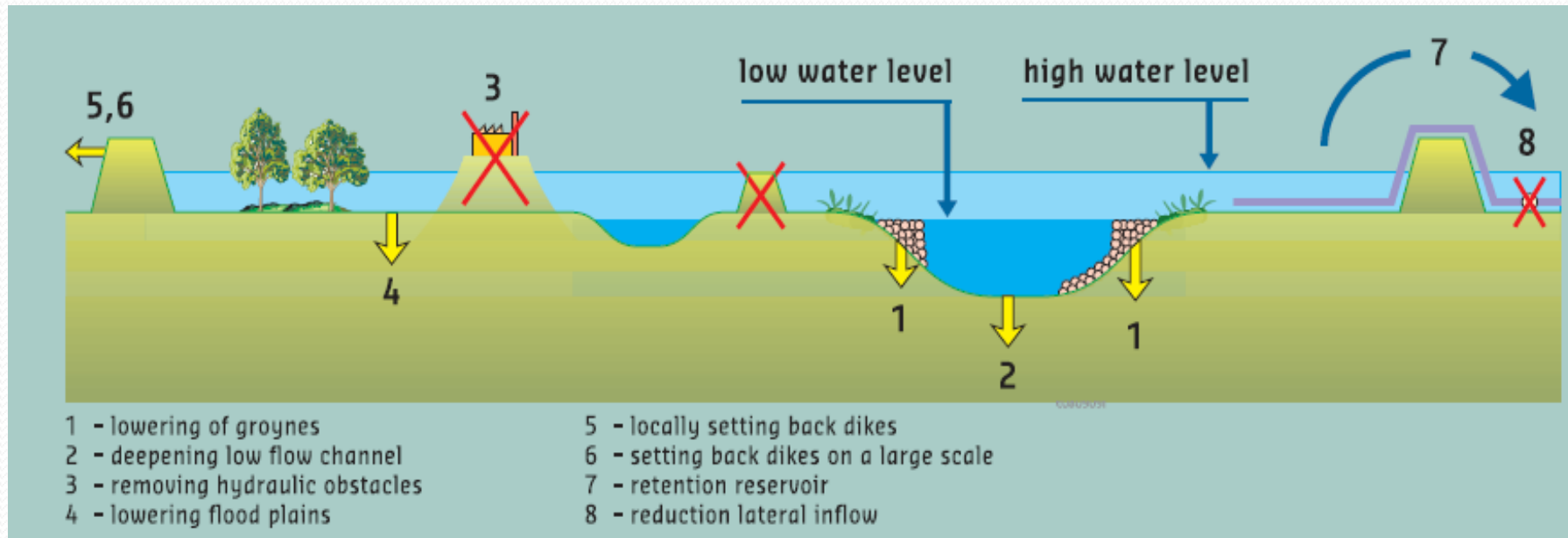
❖ Μη-δομικά ή ήπια μέτρα προστασίας:

✓ Προγράμματα αναδάσωσης σε λεκάνες απορροής

✓ Προσαρμογή της γεωργικής πρακτικής ώστε να περιοριστούν οι ποσότητες της απορροής.

✓ Κοπή δέντρων και βυθοκόρηση καναλιών/ποταμών για την ενίσχυση της φέρουσας ικανότητας των ποταμών.

Περιορισμός Διακινδύνευσης



Μέτρα εξασφάλισης 'Χώρου για τα ποτάμια'

Περιορισμός Διακινδύνευσης

❖ Μέτρα που αποσκοπούν στον περιορισμό των επιπτώσεων των πλημμυρών, περιορίζοντας την έκθεση ή την τρωτότητα των αποδεκτών:

➤ **Αναχώματα που επιτρέπουν την υπερπήδηση και αστοχούν ελεγχόμενα** που μπορούν να διασφαλίσουν τη βαθμιαία και προβλέψιμη υπερπήδησή τους όταν υπάρχει υπέρβαση της στάθμης σχεδιασμού τους, περιορίζοντας την ταχύτητα έναρξης του πλημμυρικού γεγονότος και τον εισερχόμενο πλημμυρικό όγκο. Οι αναμενόμενες ζημιές περιορίζονται σημαντικά λόγω της μειωμένης εισροής νερού.

➤ **Διαμερισματοποίηση μεγαλύτερων πόλντερ σε μικρότερες μονάδες (*compartmentalization of large polders into smaller ones*)** που περιορίζει σημαντικά την περιοχή που πλημμυρίζει.

➤ **Μετακίνηση των ευαίσθητων αγαθών σε ανώτερους ορόφους, ή μακριά από την περιοχή πλημμύρας.**

Περιορισμός Διακινδύνευσης

❖ *Μέτρα που αποσκοπούν στον περιορισμό των επιπτώσεων των πλημμυρών, περιορίζοντας την έκθεση ή την τρωτότητα των αποδεκτών:*

➤ *Βέλτιστη χωροθέτηση κατοικιών, βιομηχανίας και υπηρεσιών εκτός της ζώνης πλημμύρας (εκτός της ζώνης οριοθέτησης) των ποταμών.*

➤ *Αδιαβροχοποίηση (flood proofing) που μπορεί να γίνει από τους πολίτες προκειμένου να μειωθεί η έκθεση των κτιρίων σε πλημμύρες ή η ευαισθησία τους σε καταστροφές από τις πλημμύρες. Μπορεί να περιλαμβάνει τη στεγανοποίηση ανοιγμάτων, στεγανοποίηση τοίχων ή τη χρήση υδατοστεγανού υλικού κατασκευής. Εάν τα μέτρα αδιαβροχοποίησης εφαρμοστούν σωστά και κατ' εξακολούθηση, μπορούν να συνεισφέρουν σημαντικά στη μείωση των ζημιών στα κτίρια, για στάθμη πλημμύρας μέχρι κάποια όρια.*

Περιορισμός Διακινδύνευσης

❖ *Μέσα άσκησης πολιτικής (policy instruments) :*

Δεν είναι άμεσες φυσικές παρεμβάσεις στο περιβάλλον, αλλά μάλλον μέσα επηρεασμού των πράξεων των μερών που συνδιαμορφώνουν τη διακινδύνευση πλημμύρας. Π.χ. δράσεις ενημέρωσης για την πληροφόρηση των κατοίκων, ασφαλιστικά τέλη ή δεσμευτικές ρυθμίσεις προκειμένου οι τοπικοί αρμόδιοι φορείς να λάβουν υπόψη τη διακινδύνευση πλημμύρας.

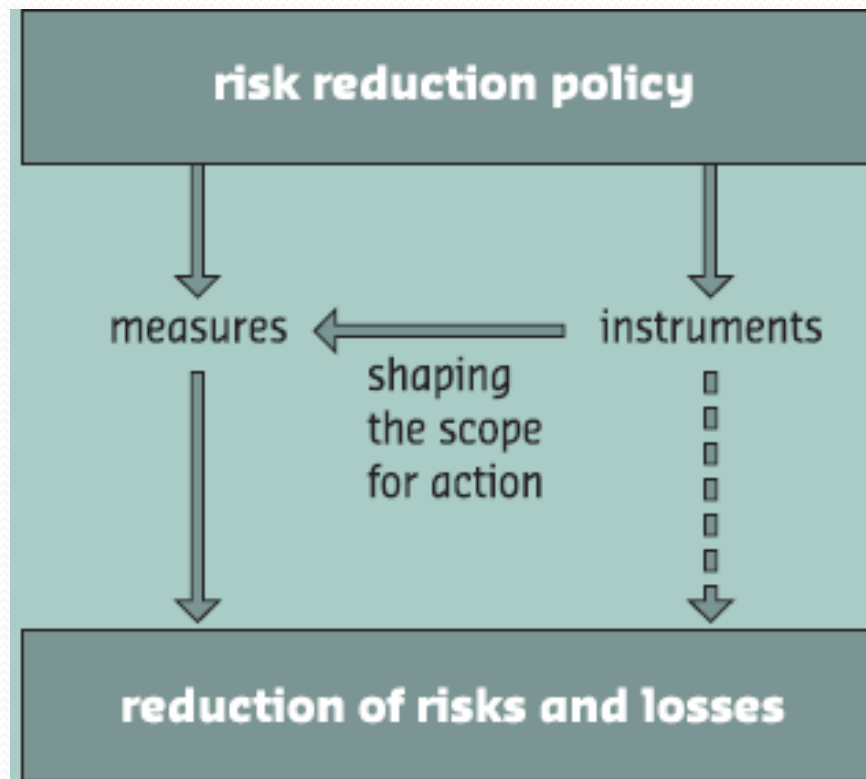
✓ Διακρίνονται τρεις κατηγορίες μέσων άσκησης πολιτικής:

- **Επικοινωνιακά :** *Ενισχύουν την εγρήγορση και την ετοιμότητα του πληθυσμού*
- **Οικονομικά:** *Μπορούν να επηρεάσουν τις επενδύσεις του πληθυσμού ή να ενθαρρύνουν τα μέτρα προστασίας της ιδιοκτησίας.*
- **Δεσμευτικές ρυθμίσεις:** *Επιτρέπουν ή απαγορεύουν ορισμένες δράσεις (π.χ. μεταβολές στις χρήσεις γης)*

Περιορισμός Διακινδύνευσης

Μέσα άσκησης πολιτικής:

- Ενισχύουν την εφαρμογή των μέτρων από τους αρμόδιους φορείς.
- Επηρεάζουν τη συμπεριφορά των εμπλεκόμενων μερών, συμπεριλαμβάνοντας και την εφαρμογή των μέτρων από αυτούς.

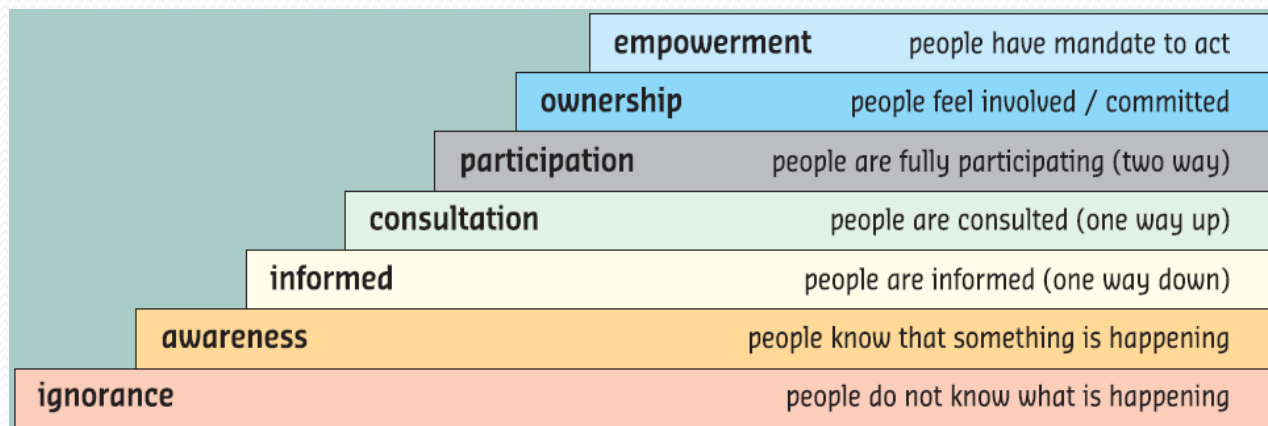


Σχέση μεταξύ μέτρων και μέσων άσκησης πολιτικής

Περιορισμός Διακινδύνευσης

Επικοινωνιακά μέσα:

- ✓Χάρτες κινδύνου πλημμύρας που παρουσιάζουν την έκταση πλημμύρας, τη συχνότητα εμφάνισης πλημμύρας, το βάθος πλημμύρας κ.τ.λ.
- ✓Φυλλάδια ή οδηγοί που περιέχουν πληροφορίες για τις ενέργειες που πρέπει να γίνουν, τότε πρέπει να γίνουν και τη βέλτιστη αντίδραση.
- ✓Εκδηλώσεις κ.α.



**Επτά επίπεδα
εμπλοκής των
ενδιαφερομένων
φορέων.**

Περιορισμός Διακινδύνευσης

Οικονομικά μέσα:

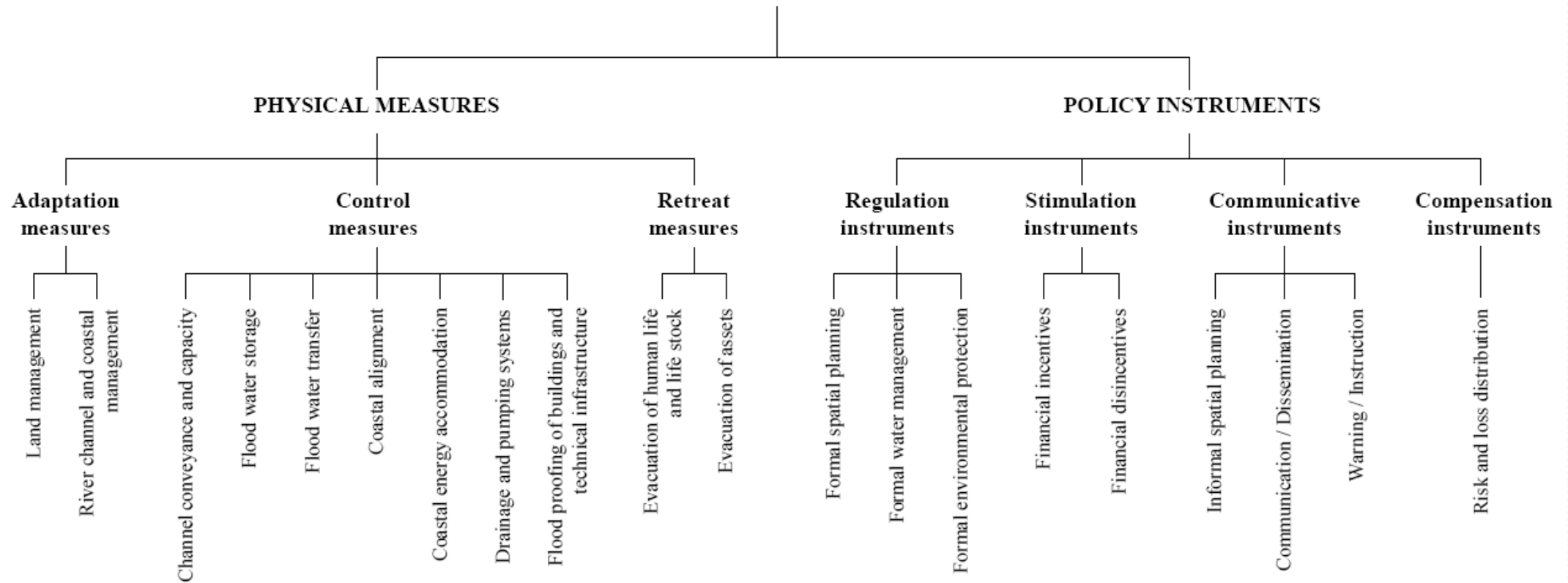
- ✓ Οικονομική ενίσχυση παρέχοντας οικονομικές ελαφρύνσεις ή μειώσεις στη φορολογία για δεδομένες συμπεριφορές.
- ✓ Οικονομικές επιβαρύνσεις με πρόστιμα για συγκεκριμένες δράσεις.
- ✓ Ασφάλιση ιδιοκτησιών

Δεσμευτικές ρυθμίσεις:

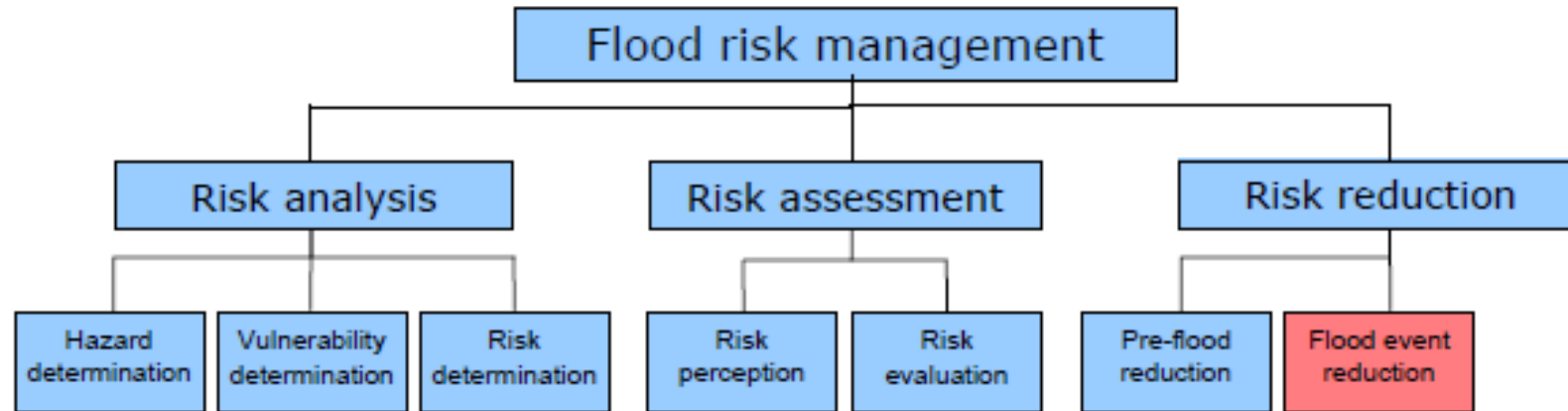
- ✓ Περιβαλλοντικές ρυθμίσεις (π.χ. προστασία της παράκτιας ζώνης)
- ✓ Οριοθέτηση ζωνών πλημμύρας με ρυθμίσεις για τις καλλιέργειες, τις χρήσεις γης κ.α.
- ✓ Ρυθμίσεις για την κατασκευή κτιρίων, τις τεχνικές εγκαταστάσεις κ.τ.λ.
- ✓ Ρυθμίσεις για την έγκαιρη εκκένωση.

Measures and Instruments for Reducing Flood Risk

(Pre-flood Risk Management, Event Management)



Κατηγοριοποίηση μέτρων και μέσων άσκησης πολιτικής (Olfert & Schanze, 2006)



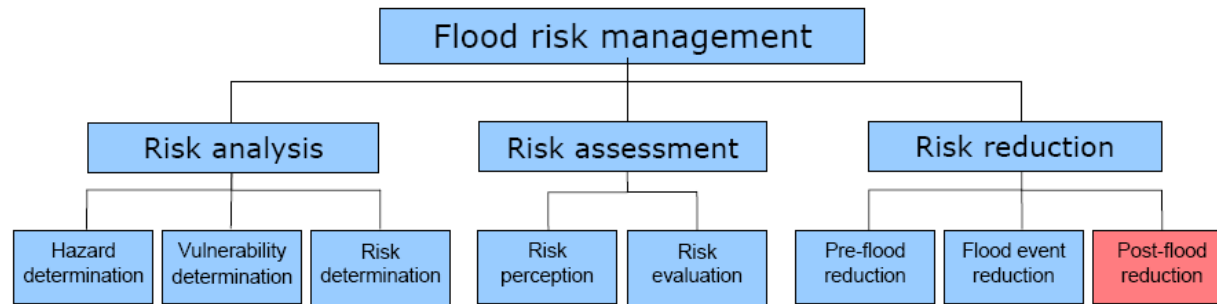
Μείωση κατά την διάρκεια της πλημμύρας

Μέτρα και κανονιστικά εργαλεία για την μείωση της διακινδύνευσης κατά την διάρκεια της πλημμύρας



Προσομοίωση και αξιολόγηση της μείωσης διακινδύνευσης κατά την διάρκεια της πλημμύρας

Ανάλυση διακινδύνευσης σε πραγματικό χρόνο για τον προσδιορισμό των επιδράσεων και της απόδοσης των προτεινόμενων μέτρων



Μείωση διακινδύνευσης μετά την πλημμύρα

Μέτρα και εργαλεία (κανονιστικά, οικονομικά, επικοινωνιακά) για την αντιμετώπιση των καταστροφών

Προσομοίωση και αξιολόγηση της μείωσης διακινδύνευσης μετά την πλημμύρα

Ανάλυση διακινδύνευσης σε πραγματικό χρόνο και ex-post για τον προσδιορισμό των επιδράσεων και της απόδοσης των προτεινόμενων μέτρων

3. Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΣΤΗ ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗ ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

- Εισάγει την έννοια της **μη-μονιμότητας**, δηλαδή της μεταβολής στο χρόνο στο πλαίσιο της διακινδύνευσης
- Εκτίμηση **μη-μόνιμων πιθανοτήτων πλημμύρας** με μεταβολή των πηγών της πλημμύρας π.χ. άνοδος της στάθμης της θάλασσας ή μεταβολή στο καθεστώς βροχόπτωσης ή **στο ίχνος** των καταιγίδων.



Άνοδος της στάθμης της θάλασσας θα αυξήσει την πιθανότητα αστοχίας παράκτιων τεχνικών έργων (κυματική υπερπήδηση ή ρηγματώση).



Αύξηση της βροχόπτωσης (αναμένεται στη Ν. Ευρώπη τη χειμερινή περίοδο) θα αυξήσει την πιθανότητα πλημμύρας σε θέσεις ποταμών, αλλά και την πιθανότητα αστοχίας αναχωμάτων.

- Εισάγει μεταβολές στη διαδρομή της διακινδύνευσης από την πηγή στους αποδέκτες π.χ. **μεταβολές στις χρήσεις γης**. Μεταβολές στη **σχέση βροχόπτωσης – απορροής** ή στη **σχέση στάθμης – παροχής**.



Αστικοποίηση που αυξάνει το ρυθμό και τον όγκο πλημμυρικής απορροής σε μικρές λεκάνες



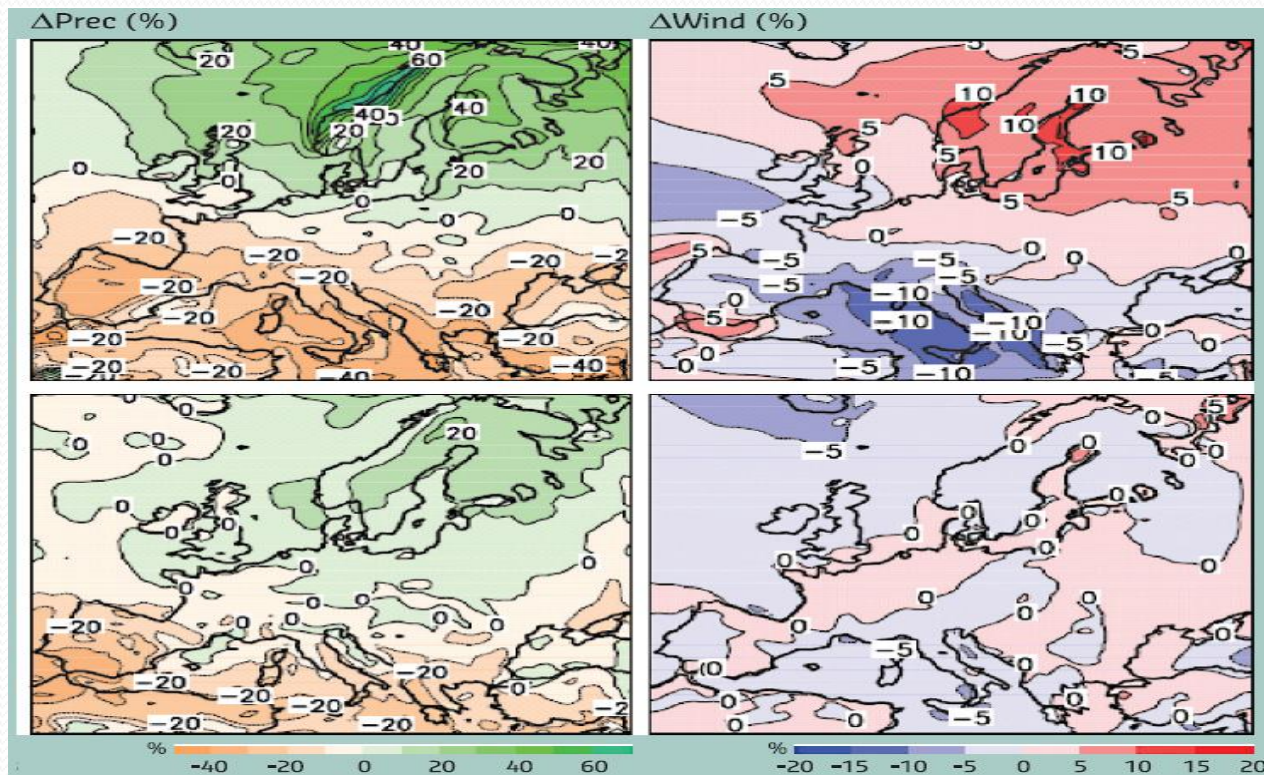
Αύξηση της φυτοκάλυψης υδατορέματος μειώνει την ταχύτητα πλημμύρας και προκαλεί ανάντη αύξηση πλημμυρικής στάθμης.

ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΣΤΗ ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗ ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Εισαγωγή **σεναρίων** που επιτρέπουν:

- **Μεταβολές στον κίνδυνο**

Μεταβολές στη βροχόπτωση, την εξάτμιση, την ένταση και τη συχνότητα των καταιγίδων στα ανάντη της λέκάνης απορροής που προκαλούν μεταβολές στην απορροή ή τη εδαφική υποχώρηση.



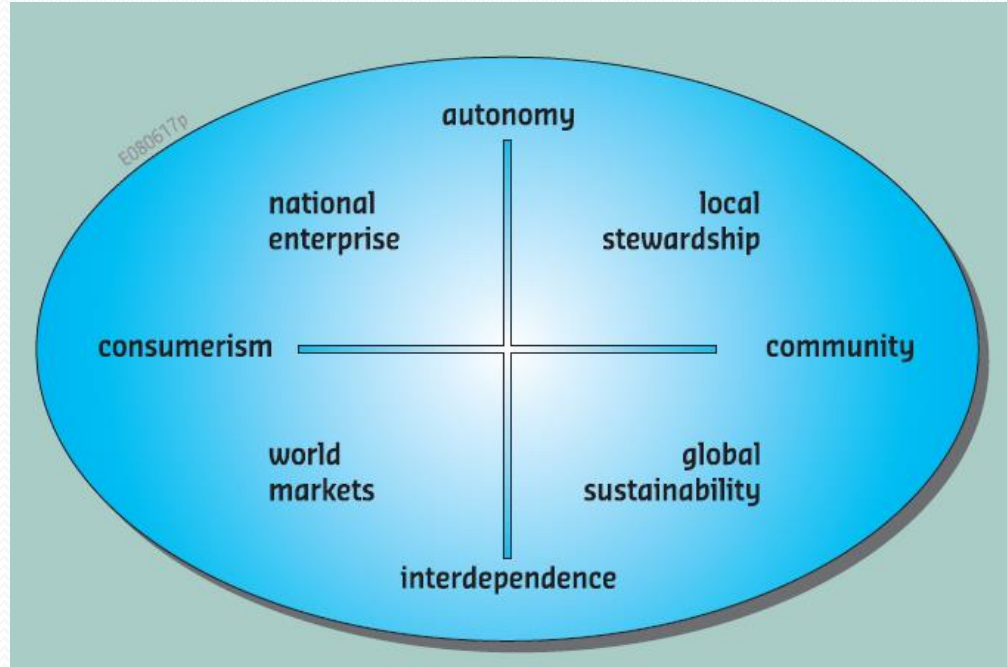
Προβλεπόμενες μεταβολές στο **ύψος βροχόπτωσης** και στην **ταχύτητα ανέμου** με βάση σενάριο κλιματικής αλλαγής από δύο διαφορετικά Περιοχικά Κλιματικά Μοντέλα (Regional Climate Models – RCMs).

ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΣΤΗ ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗ ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Εισαγωγή **σεναρίων** που επιτρέπουν:

- **Μεταβολές στην τρωτότητα της περιοχής κατάκλυσης**

Μεταβολές στον πληθυσμό, την οικονομική ανάπτυξη, τις χρήσεις γης



Τα 4 βασικά σενάρια του Οδηγού Προβλέψεων του ΗΒ (UK Foresight Futures Scenarios, 2002) σε σχέση με τους άξονες της διακυβέρνησης και του καταναλωτικού μοντέλου.

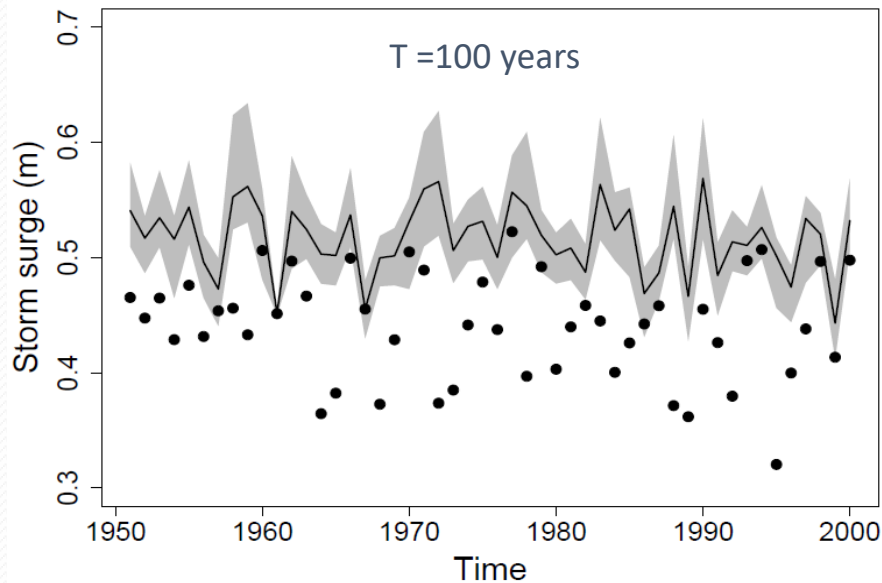
ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΣΤΗ ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗ ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

▪ Μεταβολές στην πιθανότητα πλημμύρας

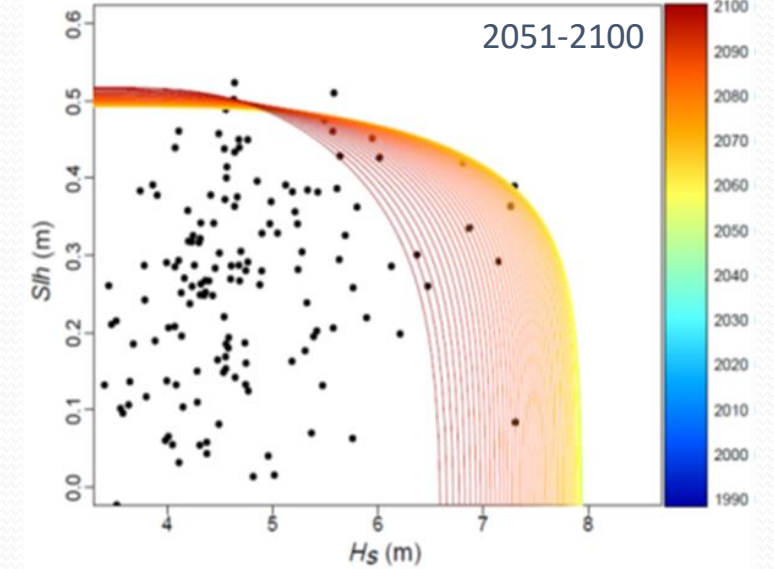
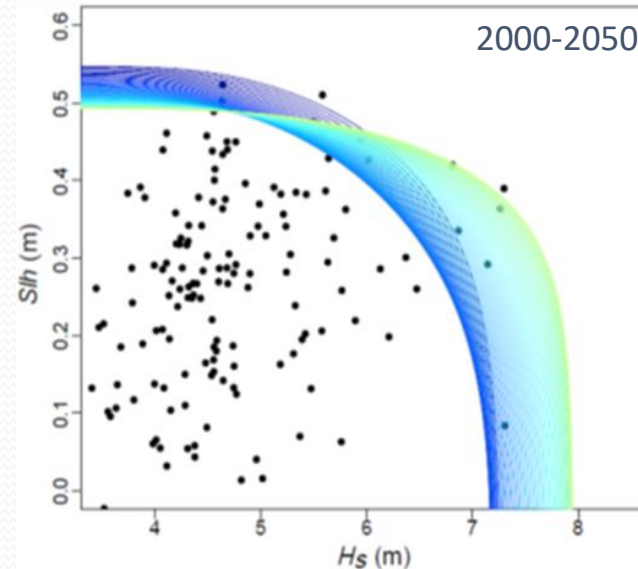
Χρήση προηγμένων μη-μόνιμων μεθόδων μονομεταβλητής και πολυμεταβλητής ανάλυσης ακραίων γεγονότων

✓ Μονομεταβλητή ανάλυση με χρήση συμμεταβλητών

✓ Πολυμεταβλητή ανάλυση με ενσωμάτωση μη-μονιμότητας στις περιθώριες ακραίες τιμές και στη συνάρτηση συσχέτισης.



Μη γραμμικό μοντέλο: GAMLSS
Συμμεταβλητές: πίεση και άνεμος



Διμεταβλητό μοντέλο: Σύζευξη Gumbel
Περιθώρια: Μη-μόνιμη GEV

▪ **Μεταβολές στην πιθανότητα πλημμύρας εντός του έτους.**

Χρήση προηγμένων μη-μόνιμων μεθόδων μονομεταβλητής ανάλυσης ακραίων γεγονότων για την ενσωμάτωση μεταβολών στον εποχικό κύκλο.

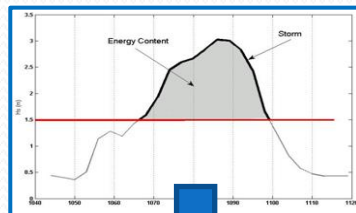


▪ Διαχωρισμός δείγματος σε 3 50ετίες (1950-2000, 2001-2050, 2051-2100)

▪ Μη-μόνιμη ανάλυση μηνιαίων μέγιστων τιμών.

▪ Εκτίμηση ετήσιων επιπέδων επαναφοράς ανά περίοδο μελέτης.

Μέγιστα μηνιαία H_s

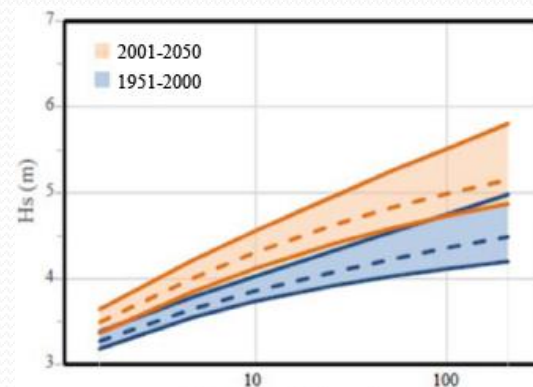


Ανάλυση ακραίων τιμών. Ενσωμάτωση του εποχικού κύκλου

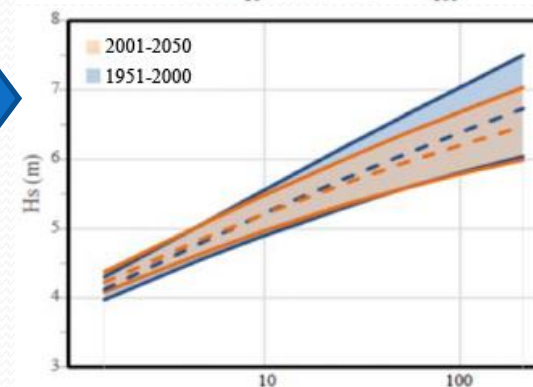
Δεδομένα ακτογραμμής, βυθομετρίας και ΨΜΕ

Υπολογισμός κυματικής αναρρίχησης

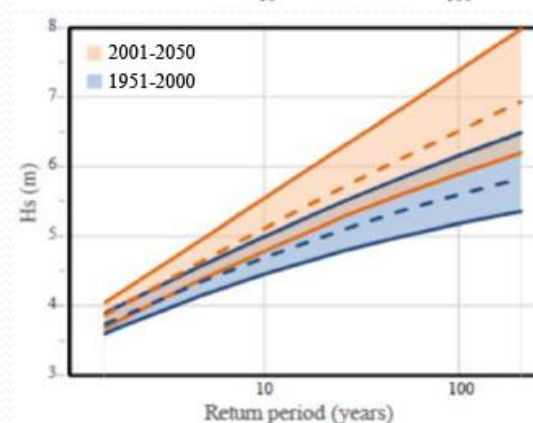
Εκτίμηση δείκτη τρωτότητας πλημμύρας



**Β. Αιγαίο -
Αλεξανδρούπολη**



**Ν. Αιγαίο -
Χανιά**



**Ιόνιο -
Κατάκολο**

ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΣΤΗ ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗ ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

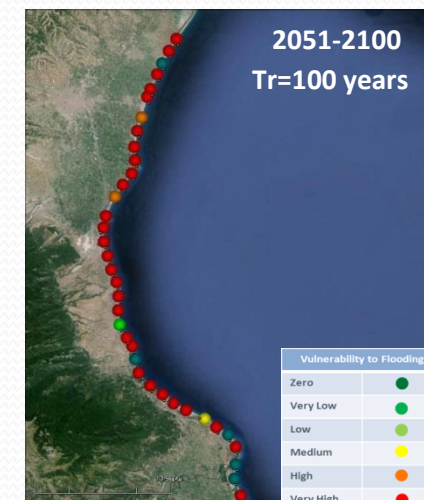
▪ **Μεταβολές στην πιθανότητα πλημμύρας.**

Χρήση προηγμένων μη-μόνιμων μεθόδων μονομεταβλητής ανάλυσης ακραίων γεγονότων για την ενσωμάτωση μεταβολών στον εποχικό κύκλο.



Εκτίμηση δεικτών τρωτότητας σε πλημμύρα

Δείκτης τρωτότητας σε πλημμύρα στην παράκτια περιοχή της Κατερίνης



ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΣΤΗ ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗ ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

▪ **Μεταβολές στην πιθανότητα πλημμύρας.**

Χρήση προηγμένων μη-μόνιμων μεθόδων μονομεταβλητής ανάλυσης ακραίων γεγονότων για την ενσωμάτωση μεταβολών στον εποχικό κύκλο.



Εκτίμηση δεικτών τρωτότητας σε πλημμύρα



Δείκτης τρωτότητας σε πλημμύρα στην παράκτια περιοχή των Χανίων.

| Vulnerability to Flooding | |
|---------------------------|---|
| Zero | ● |
| Very Low | ● |
| Low | ● |
| Medium | ● |
| High | ● |
| Very High | ● |



4. ΚΑΛΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ

- Hot Spot (Critical) Υποδομές
- Μέθοδοι Αδιαβροχοποίησης (Flood Proofing)
- Active and Passive Flood Proofing
- Resilient Technological Solutions
- Emergency Measures

HOTSPOT ΚΤΙΡΙΑ

Κτίρια Hotspot

Τα αστικά συστήματα περιέχουν περιουσιακά στοιχεία υψηλής αξίας, πολύπλοκα και αλληλοεξαρτώμενα δίκτυα υποδομής. Τα κτίρια hotspot ορίζονται ως βασικοί κόμβοι σε κρίσιμες υποδομές από τις οποίες εξαρτώνται οι αστικές περιοχές για τη λειτουργία τους. Τα κτίρια hotspot σε αυτά τα δίκτυα περιλαμβάνουν σταθμούς παραγωγής ενέργειας, σταθμούς επεξεργασίας νερού, κέντρα ελέγχου δημόσιων μεταφορών, σταθμούς επεξεργασίας λυμάτων, σταθμούς πυρόσβεσης, κόμβους επικοινωνίας, κέντρα διανομής τροφίμων και νοσοκομεία. Η διαθεσιμότητα και η λειτουργία κτιρίων hotspot είναι απαραίτητη για τη διαχείριση κρίσεων, για τη διατήρηση της καθημερινής ζωής όσο το δυνατόν πιο φυσιολογική κατά τη διάρκεια πλημμυρών και απαιτείται επίσης για γρήγορη και αποτελεσματική ανάκαμψη μετά από καταστροφές από πλημμύρες.

Table 5.1 Requirements of critical buildings

| | Ensure supplies for production | Access to site by workers | Ensure water and sanitation | Energy supply | Food supply | Ensure flood safety | Ensure waste collection | Indoor climate control | Connection to network vital to deliver critical function, inc. communications |
|-------------------------|--------------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------|-------------|---------------------|-------------------------|------------------------|---|
| Water treatment | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | | |
| Sewage treatment | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | | ✓ |
| Electricity substations | | ✓ | | ✓ | | ✓ | | | ✓ |
| Energy storage | ✓ | ✓ | | ✓ | | ✓ | | | |
| Hospitals | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| Fire stations | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ |
| Police stations | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ |
| Communications | | ✓ | | ✓ | | ✓ | | ✓ | |
| Food distribution | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| Financial centres | ✓ | ✓ | | ✓ | | ✓ | | | |
| Airports | ✓ | ✓ | | ✓ | | ✓ | | | |
| Bus stations | ✓ | ✓ | | | | ✓ | | | ✓ |
| Train stations | | ✓ | | ✓ | | ✓ | | | ✓ |
| Metro stations | | ✓ | | ✓ | | ✓ | | ✓ | ✓ |

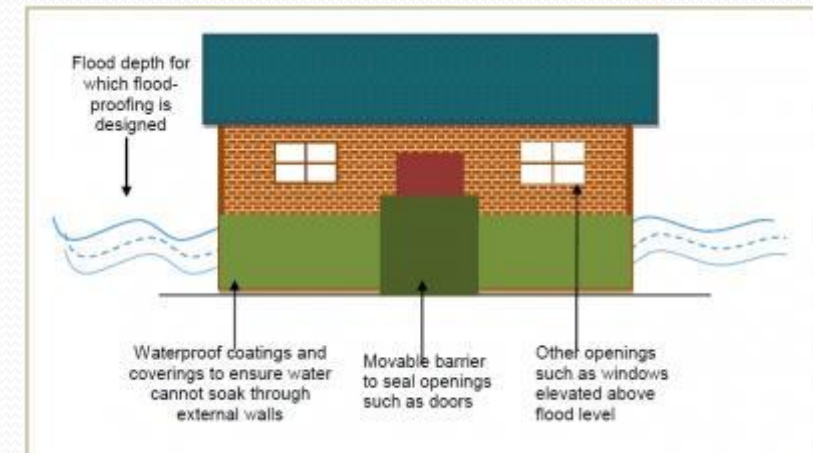
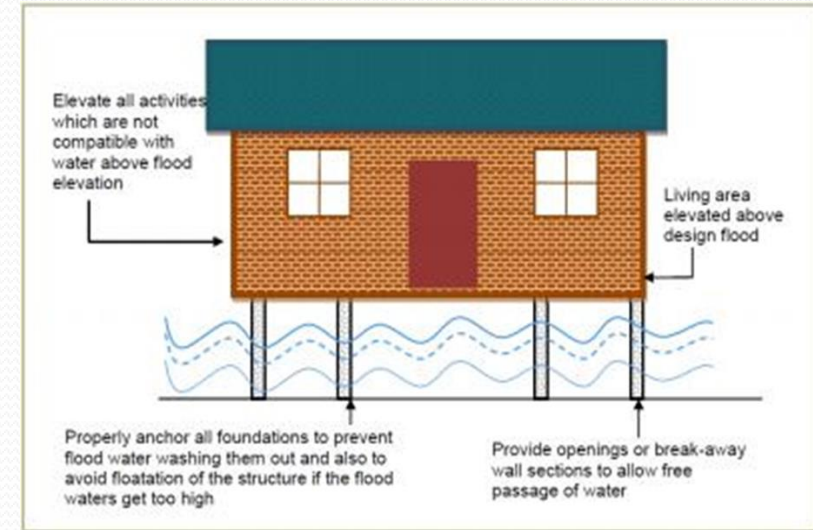
Μέθοδοι Αδιαβροχοποίησης (Flood proofing methods)

Τα μέτρα προστασίας από τις πλημμύρες εφαρμόζονται ευρέως όταν αναγνωρίζονται ευρέως δύο τύποι αντιπλημμυρικής προστασίας: υγρό και ξηρό.

Η υγρή προστασία από τις πλημμύρες μειώνει τις ζημιές από τις πλημμύρες με τρεις τρόπους:

- (1) επιτρέποντας στα νερά πλημμύρας να εισέρχονται και να εξέρχονται εύκολα από μια κατασκευή προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η δομική ζημία
- (2) χρήση ανθεκτικών σε πλημμύρες υλικών και
- (3) αύξηση σημαντικών υπηρεσιών κοινής ωφέλειας.

Η στεγνή προστασία από τις πλημμύρες είναι η πρακτική να κατασκευάζεται ένα κτίριο στεγνό ή ουσιαστικά αδιαπέραστο από τα πλημμύρα μέχρι το αναμενόμενο ύψος πλημμύρας (FEMA, 2008)



Μέθοδοι Αδιαβροχοποίησης (Flood proofing methods)

Υγρή προστασία από πλημμύρες

Η υγρή αντισταβρωτική κατασκευή ή η στεγανή κατασκευή είναι μια μέθοδος οικοδόμησης που επιτρέπει την προσωρινή πλημμύρα των κάτω τμημάτων του κτιρίου.

Διαθροτικά μέτρα

- Σωστή αγκύρωση δομών έναντι ροών πλημμυρών
- Υλικά ανθεκτικά στις πλημμύρες κάτω από το αναμενόμενο βάθος πλημμύρας,
- Προστασία μηχανικού και βοηθητικού εξοπλισμού και
- Χρήση ανοιγμάτων ή αποσπασμένων τοίχων για να επιτρέπεται η διέλευση των υδάτων πλημμύρας χωρίς να προκαλείται μεγάλη δομική ζημία (FEMA, 2010)

Table 5.2 Flood resilience characteristics of finish materials
Source: CIRIA, 2006

| Material | Resilience characteristics* | | | Overall resilience performance |
|--|-----------------------------|----------------|--|--------------------------------|
| | Water penetration | Drying ability | Retention of pre-flood dimensions, integrity | |
| Timber board | | | | |
| OSB2, 11mm thick (Oriented Strand Board) | Medium | Poor | Poor | Poor |
| OSB3, 18mm thick (Oriented Strand Board) | Medium | Poor | Poor | Poor |
| Gypsum plaster board | | | | |
| Gypsum Plasterboard, 9mm thick | Poor | Not assessed | Poor | Poor |
| Mortars | | | | |
| Below DPC (Damp Proof Course) 1:3 (cement:sand) | Good | Good | Good | Good |
| Above DPC (Damp Proof Course) 1:6 (cement:sand) | Good | Good | Good | Good |

Table 5.3 Flood resilience characteristics of insulation materials
Source: CIRIA, 2006

| Material | Resilience characteristics* | | | Overall resilience performance |
|--------------------------|-----------------------------|----------------|--|--------------------------------|
| | Water penetration | Drying ability | Retention of pre-flood dimensions, integrity | |
| Cavity insulation | | | | |
| Mineral fibre | Poor | Poor | Poor | Poor |
| Blown-in | Poor | Poor | Poor | Poor |
| Rigid PU foam | Medium | Medium | Good | Medium |

*Resilience characteristics are related to the testing carried out and exclude aspects such as ability to withstand freeze/thaw cycles, cleanability and mould growth

Οι πίνακες 5.2 και 5.3 δείχνουν την ανθεκτικότητα ορισμένων υλικών φινιρίσματος και μονωτικών υλικών, αντίστοιχα, βάσει εργαστηριακών δοκιμών).

Μέθοδοι Αδιαβροχοποίησης (Flood proofing methods)

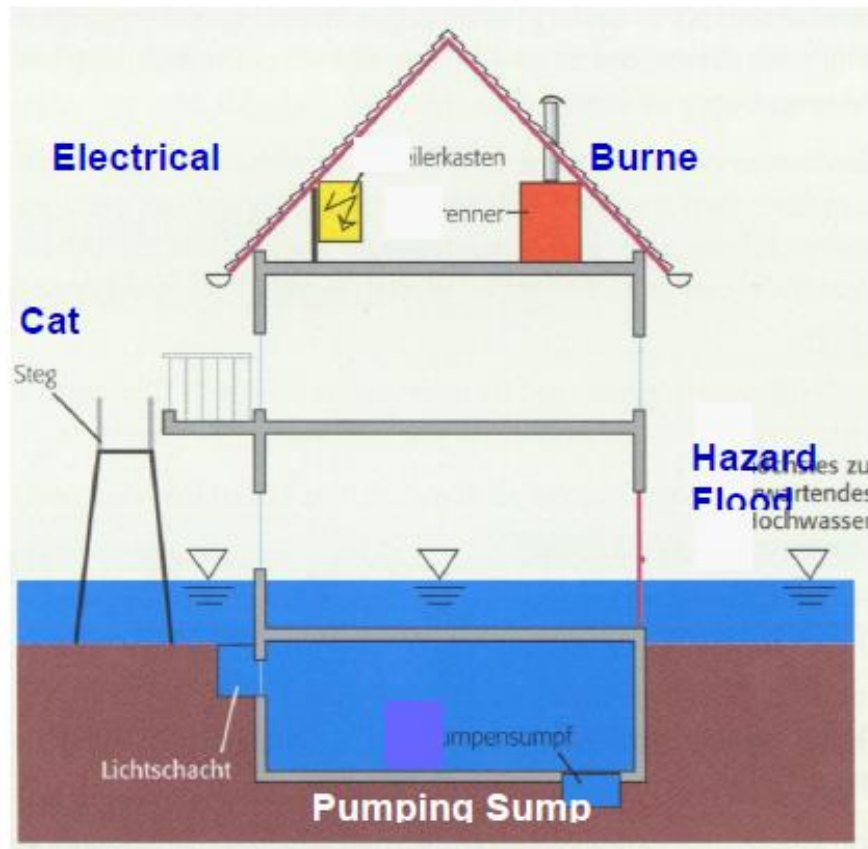
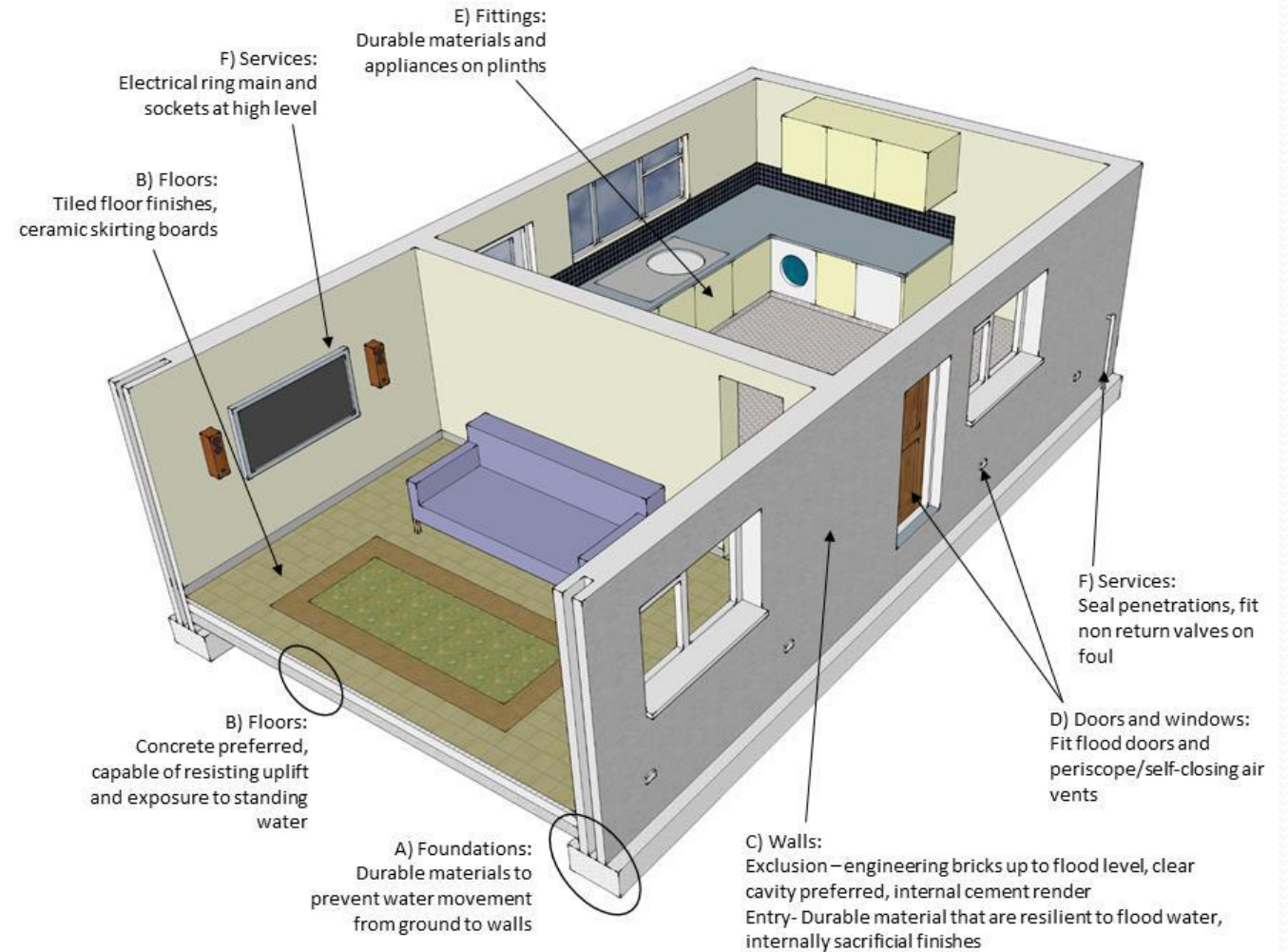


Figure 5.11 Schematic of wet proof method

Source: Pasche, 2008



Μέθοδοι Αδιαβροχοποίησης (Flood proofing methods)

Στεγανοποίηση από ξηρές πλημμύρες

Με στεγνές αντιδιαβρωτικές ή στεγνές κατασκευές, το νερό εμποδίζεται να εισέλθει στο κτίριο. Το κτίριο είναι αδιάβροχο με επεξεργασία των προσόψεων με επιστρώσεις, χρησιμοποιώντας ανθεκτικά υλικά ή κτίρια με χαμηλή διαπερατότητα.

Επιπλέον, τα δομικά υλικά πρέπει να έχουν καλή ικανότητα στεγνώματος και ακεραιότητα. Τα ανοίγματα στις προσόψεις μπορούν να κλείσουν με ασπίδες πλημμύρας, πάνελ ή πόρτες. Αυτά μπορούν να εγκατασταθούν προσωρινά ή να είναι μόνιμα χαρακτηριστικά, αλλά και στις δύο περιπτώσεις, η στεγάνωση είναι ένα ολοκληρωμένο μέρος του κτιρίου.

Μια εναλλακτική προσέγγιση είναι η ανέγερση προσωρινών φραγμών που βρίσκονται έξω και γύρω από το κτίριο, προκειμένου να αποφευχθεί η πρόσβαση των πλημμυρών.

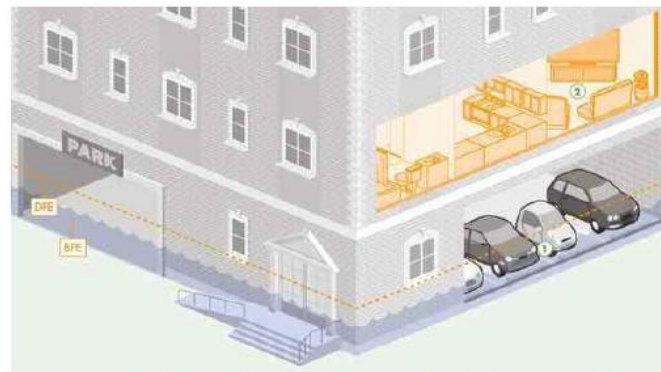
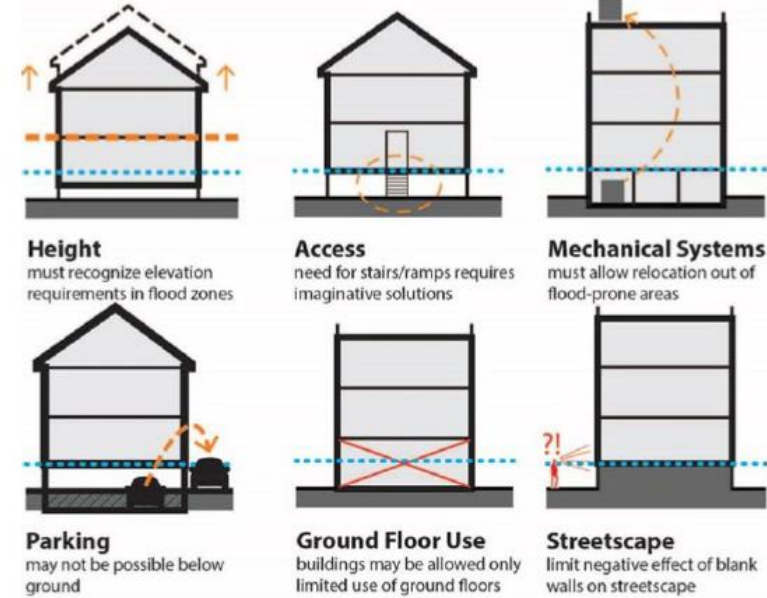


Figure 10. Example of dry-floodproofed building in a city.



Figure 5.12 Example of dry proofing Hamburg, Germany

Source: Pasche, 2008

Ενεργό / Προσωρινό (Active / Temporary)

Προσωρινά φράγματα πλημμύρας τοποθετούνται μόνο εάν αναμένεται πλημμύρα για ζημιά στα κτίρια. Μετά την πλημμύρα το φράγμα αφαιρείται ξανά. Τα προσωρινά εμπόδια μπορούν να προστατεύσουν κτίρια υψηλής αξίας, κόμβους υποδομής ή hotspots. Τα προσωρινά φράγματα κατασκευάζονται από ξύλο, χάλυβα, αλουμίνιο ή πλαστικά (Σχήμα 5.17).



Figure 5.17 Temporary barriers in Prague, Czech Republic
Source: VRV company, 2007

Παθητική / μόνιμη προστασία από πλημμύρες (Passive / Permanent flood proofing)

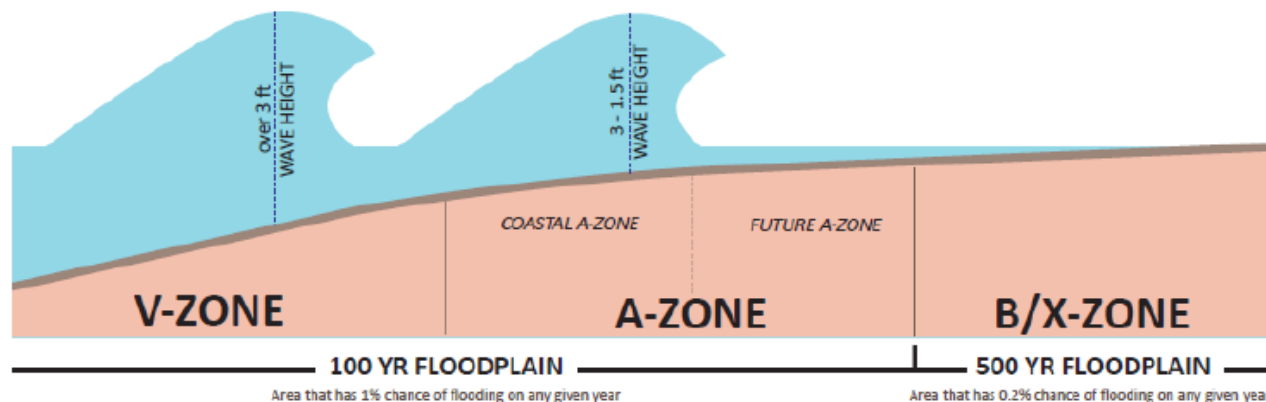
Τα μόνιμα φράγματα πλημμύρας που είναι ειδικά κατασκευασμένα για την προστασία ενός ή δύο κτιρίων είναι μια άλλη στρατηγική για την πρόληψη των πλημμυρών. Τα μόνιμα φράγματα πλημμύρας μπορεί να είναι είτε ένα ανάχωμα γύρω από το hotspot είτε μια ολοκληρωμένη άμυνα πλημμύρας στη γύρω περιοχή του hotspot, όπως τοίχοι, πύλες ή άλλες κατασκευές (Σχήμα 5.18).



Figure 5.18 Permanent flood gate Meppel, The Netherlands
Source: Floodbarrier.nl, 2011

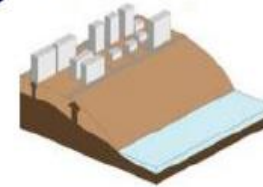
Παραδείγματα ανθεκτικών τεχνολογικών λύσεων (Examples of resilient technological solutions in cities)

Νέα Υόρκη: Η προσαρμογή ενός πυκνού, αστικού περιβάλλοντος της Νέας Υόρκης στον αυξημένο κίνδυνο πλημμύρας απαιτεί ένα ευρύτερο σύνολο στρατηγικών σχεδιασμού. Μετά το Sandy Hurricane που έλαβε χώρα το 2012 και ήταν μια σκληρή υπενθύμιση της σημασίας των ανθεκτικών στις πλημμύρες προδιαγραφών κατασκευής, οι παράκτιες περιοχές της πόλης επικεντρώνονται στον σχεδιασμό ανθεκτικότητας του κλίματος στην πόλη. Οι προτεινόμενες λύσεις ενσωματώνουν πολλαπλές ιδιότητες για την αντιμετώπιση της πλημμύρας και την πρόσβαση σε κτίρια. Η πόλη λειτουργεί εντός 3 μεγάλων πλημμυρικών ζωνών που καθορίζουν τις οικοδομικές απαιτήσεις και τεχνικές λύσεις για την άμυνα ενάντια στις πλημμύρες. Οι συγκεκριμένοι χαρακτηρισμοί ζώνης περιγράφουν την έκταση και τη σοβαρότητα του παράκτιου κινδύνου πλημμύρας.



Upland strategies:

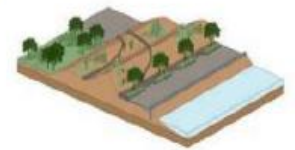
01 Elevation of Land and Streets



02 Floodwalls



03 Waterfront Parks



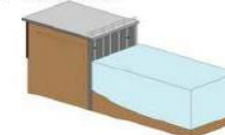
04 Strategic Retreat



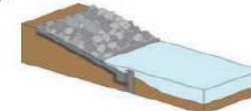
These are strategies that don't have direct impact on the water or the shoreline, but involve changes to areas inland of the shoreline.

Shoreline strategies:

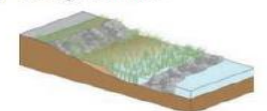
05 Bulkheads



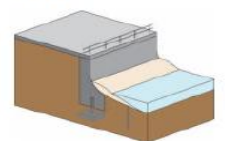
06 Revetments



07 Living Shorelines



08 Seawalls



09 Beaches and Dunes



10 Levees (or Dikes)



11 Multi-purpose Levees

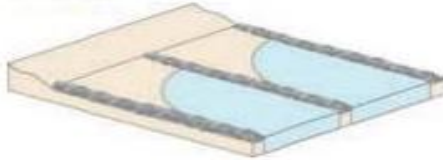


Coastline strategies are measures to reinforce the shoreline to protect from erosion, block storm surge, or attenuate waves. [BLOOMBERG, BURDEN 2013]

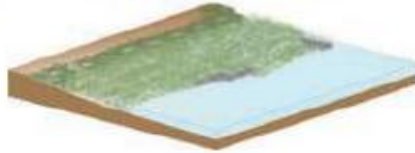
Παραδείγματα ανθεκτικών τεχνολογικών λύσεων (Examples of resilient technological solutions in cities)

In water strategies:

12 Groins



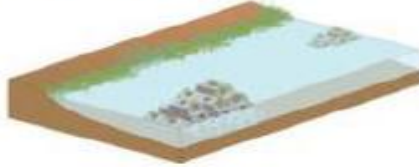
13 Constructed Wetlands



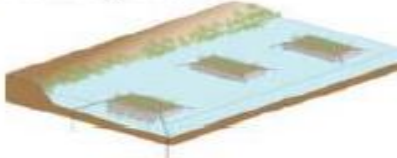
14 Breakwaters



15 Artificial Reefs



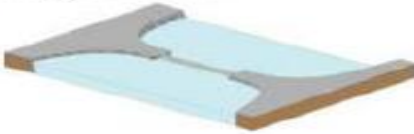
16 Floating Islands



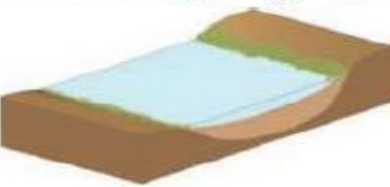
17 Constructed Breakwater Islands



18 Surge Barriers



19 Coastal Morphology Alteration



20 Polders



Figure 22. Resilient waterfront development in Williamsburg, Brooklyn located within V-zone.



Figure 23. Brooklyn's P.S. 261 before



Figure 24. Brooklyn's P.S. 261 after

Παραδείγματα ανθεκτικών τεχνολογικών λύσεων (Examples of resilient technological solutions in cities)

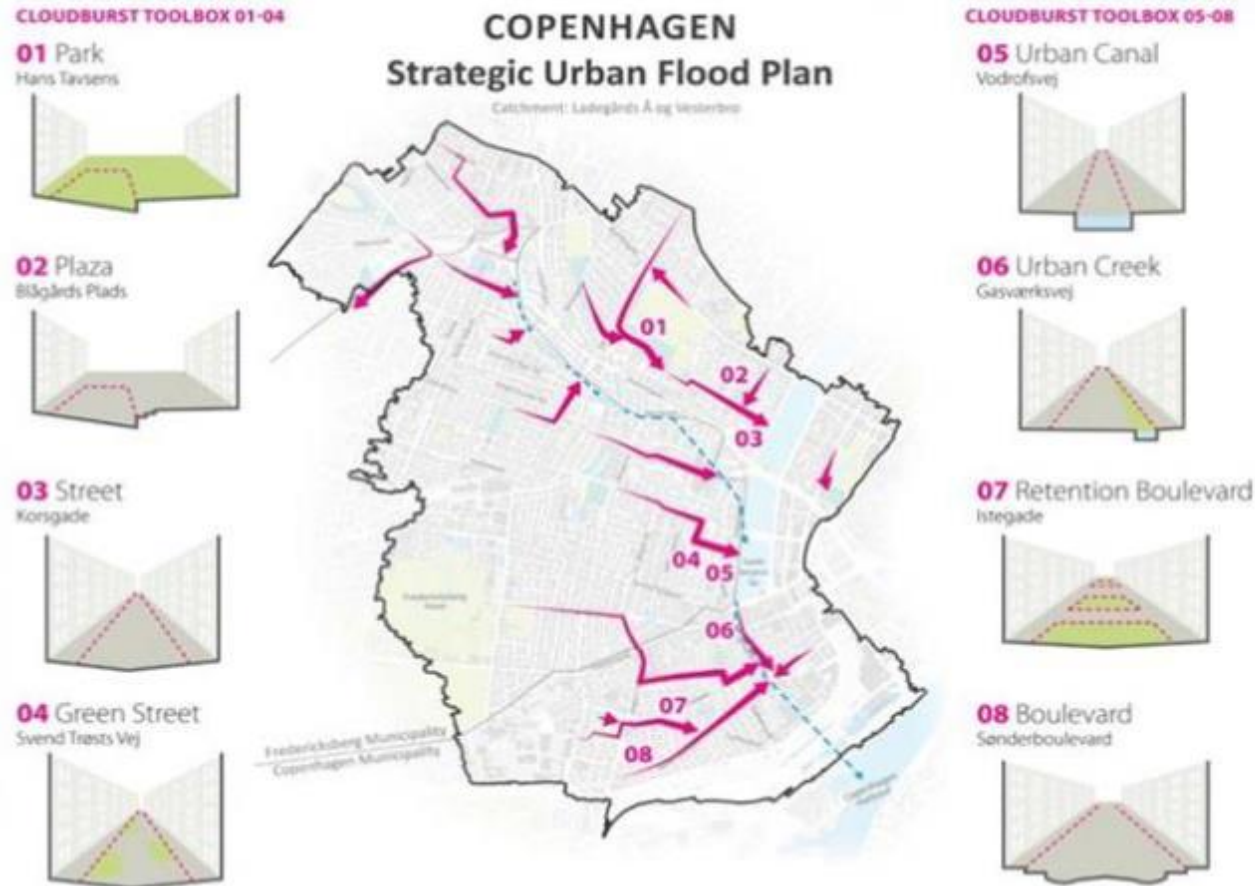


Figure 27. Copenhagen's plan to transform streets into water boulevards.



Figure 28. Tansinge Plads - square and a water retention basin, designed to hold back

Παραδείγματα ανθεκτικών τεχνολογικών λύσεων (Examples of resilient technological solutions in cities)



Figure 29. Water Square Benthemplein in Rotterdam. [GOOGLE GRAPHICS]

<https://www.youtube.com/watch?v=lviZpuoCTW8>



Figure 30. Benthemplein Square filled with water. [GOOGLE GRAPHICS]

Μέτρα έκτακτης ανάγκης- Έξυπνα καταφύγια (Emergency Measures- Smart shelters)

Διάφορα και διαφορετικά σχέδια μετριασμού έχουν εφαρμοστεί σε όλο τον κόσμο για τη μείωση των συνεπειών των πλημμυρών. Εκτός από τα διαρθρωτικά μέτρα, απαιτούνται επίσης **μέτρα έκτακτης ανάγκης**, όπως καταφύγια πλημμυρών, αμέσως και επειγόντως, όταν συμβαίνουν πλημμύρες, προκειμένου να παρασχεθεί ένας χώρος επιβίωσης για τα θύματα των πλημμυρών.

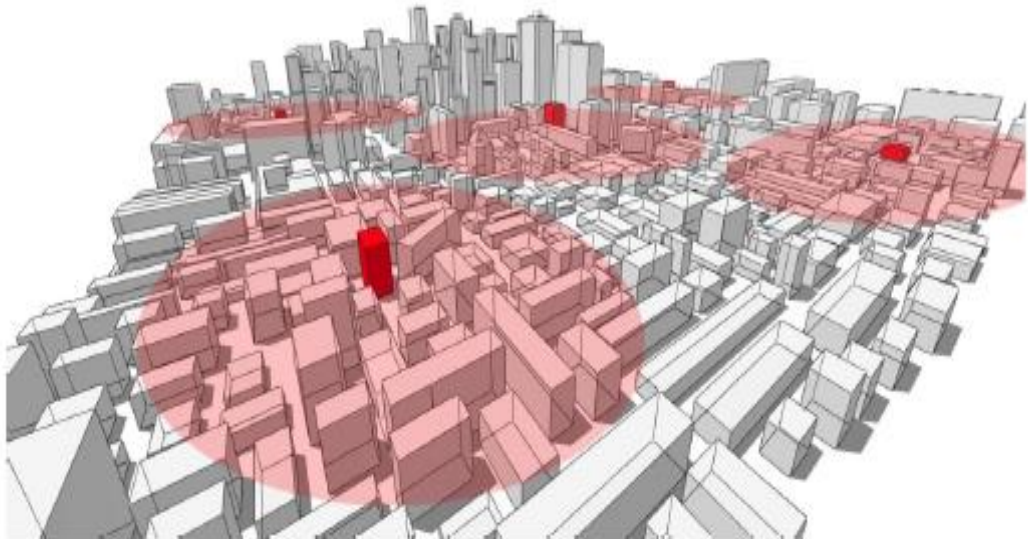


Figure 5.26 Multiple smaller smart shelters covering several smaller areas

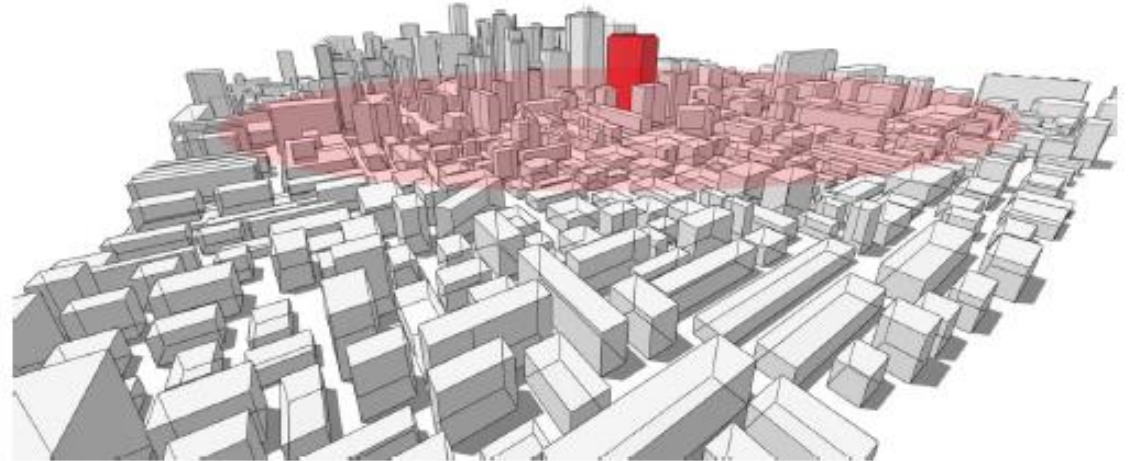


Figure 5.25 One large smart shelter covering a large area

Table 5.9 Usable floor space (in m²) for shelters

| Smart Shelter Capacity | | | | | | |
|--|--------|-----------------------|--------|----------------|-----------------|----------------|
| Smart Shelter building type | Cinema | | School | | Conference Hall | |
| Gross Floor Area | 5000 | m ² | 5000 | m ² | 5000 | m ² |
| Spatial Requirements + 10% | 500 | m ² | 500 | m ² | 500 | m ² |
| Total Gross Floor Area | 5500 | m ² | 5500 | m ² | 5500 | m ² |
| Useable net. Area (50% / 65% / 80%) | 2750 | m ² | 3575 | m ² | 4400 | m ² |
| Capacity short-term | 1,86 | m ² /pers. | 1478 | pers. | 1922 | pers. |
| Capacity long-term | 3,72 | m ² /pers. | 739 | pers. | 961 | pers. |

5. Κατάσταση στην Ελλάδα

ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας (GR10)

- Ανάλυση χαρακτηριστικών περιοχής και μηχανισμών πλημμύρας
- Όμβριες καμπύλες
- Έκθεση αυτοψιών
- Πλημμυρικά υδρογραφήματα
- Χάρτες Επικινδυνότητας Πλημμύρας
- Χάρτες Κινδύνου Πλημμύρας
- Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας



Ξεχωριστά για προστατευόμενες περιοχές

- Για άντληση ύδατος για ανθρώπινη κατανάλωση
- Ύδατα αναψυχής
- Περιοχές ευαίσθητες στην παρουσία θρεπτικών ουσιών
- Περιοχές προορισμένες για προστασία οικοτόπων ή ειδών



Μέτρα διαχείρισης κινδύνων



Πρόληψης
Προστασίας
Ετοιμότητας
Αποκατάστασης



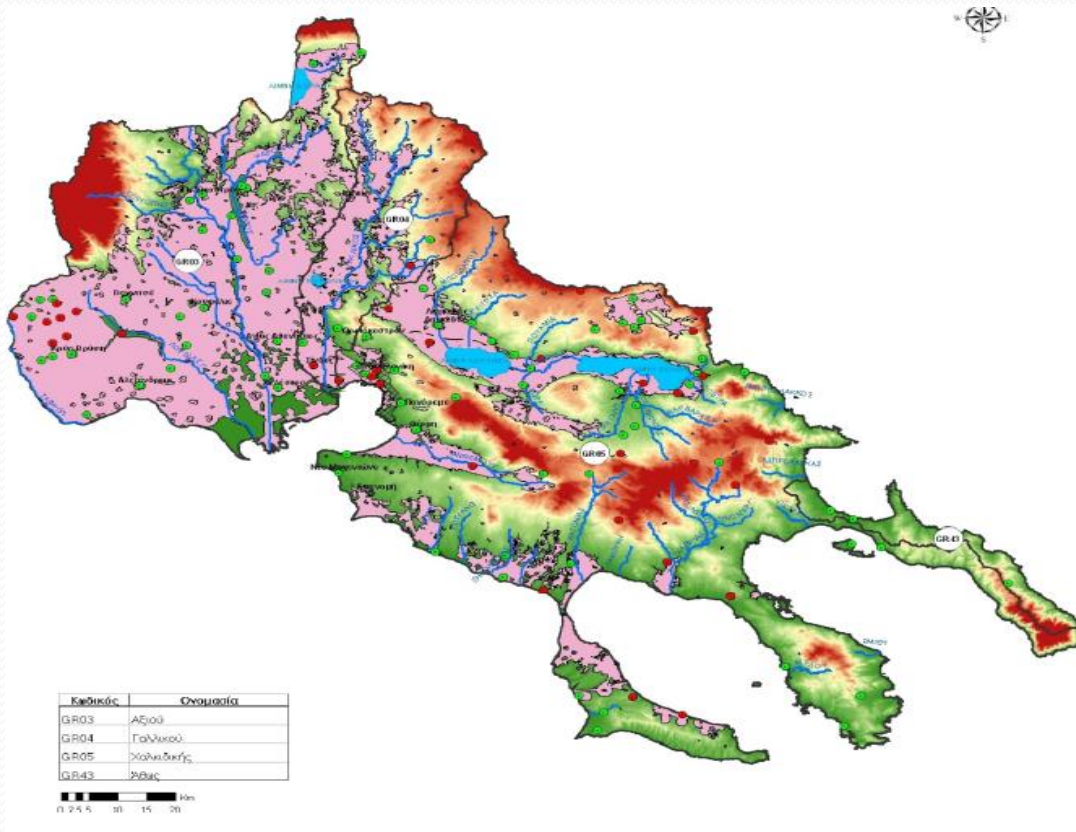
Σχέδιο δράσης για την εφαρμογή των μέτρων

5. Κατάσταση στην Ελλάδα

ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας (GR10)

Προκαταρκτική Αξιολόγηση κινδύνων Πλημμύρας (Preliminary Flood Risk Assessment, PFRA)

- Συλλογή δεδομένων ιστορικών πλημμυρών και κατάταξη γεγονότων



| Σημαντικότητα πλημμύρας | Ανθρώπινα θύματα | Αποζημίωση (€) | Έκταση (στρέμματα) |
|-------------------------|------------------|-----------------|--------------------|
| Χαμηλή | | < 50.000 | < 2.000 |
| Μέση | | 50.000-200.000 | 2.000-5.000 |
| Υψηλή | | 200.000-500.000 | 5.000-10.000 |
| Πολύ υψηλή | ≥ 1 | > 500.000 | > 10.000 |

Σημεία με πράσινο - θέσεις ιστορικών πλημμυρών
Σημεία με κόκκινο - θέσεις σημαντικών ιστορικών πλημμυρών

5. Κατάσταση στην Ελλάδα

ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας (GR10)

Προκαταρκτική Αξιολόγηση κινδύνων Πλημμύρας (Preliminary Flood Risk Assessment, PFRA)

- **Προσδιορισμός Ζωνών Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (ΖΔΥΚΠ) (Areas of Potential Significant Flood Risk, APSFR)**

ΖΔΥΚΠ είναι αυτές που **ικανοποιούν έναν τουλάχιστον από τους περιορισμούς:**

- βρίσκονται σε θέσεις προσχωματικών αποθέσεων
- βρίσκονται σε έδαφος με κλίση μικρότερη από 2%

και όπου είναι πιθανό να υπάρξουν αρνητικές συνέπειες:

- Πόλεις και οικισμοί
- Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες
- Γεωργικές εκτάσεις με σημαντική οικονομική αξία
- Παραγωγικές μονάδες που ενδέχεται να προκαλέσουν ρύπανση
- Προστατευόμενες περιοχές
- Μνημεία πολιτιστικής κληρονομιάς
- Υποδομές (οδικό, σιδηροδρομικό δίκτυο, λιμάνια, αεροδρόμια, νοσοκομεία, μεγάλα φράγματα)

5. Κατάσταση στην Ελλάδα

ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας (GR10)

Προκαταρκτική Αξιολόγηση κινδύνων Πλημμύρας (Preliminary Flood Risk Assessment, PFRA)

1. Μορφολογικός Χάρτης
2. Υδρολογικός Χάρτης
3. Χάρτης Αντιπλημμυρικών έργων & έργων ρύθμισης υδάτων
4. Γεωλογικός Χάρτης
5. Υδρολιθολογικός Χάρτης
6. Χάρτης Εδαφικών Τύπων
7. Χάρτης Χρήσεων γης
8. Χάρτης Κάλυψης

5. Κατάσταση στην Ελλάδα

ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας (GR10)

Μεθοδολογία Εκτίμησης Πλημμυρογραφημάτων για τις ΖΔΥΚΠ

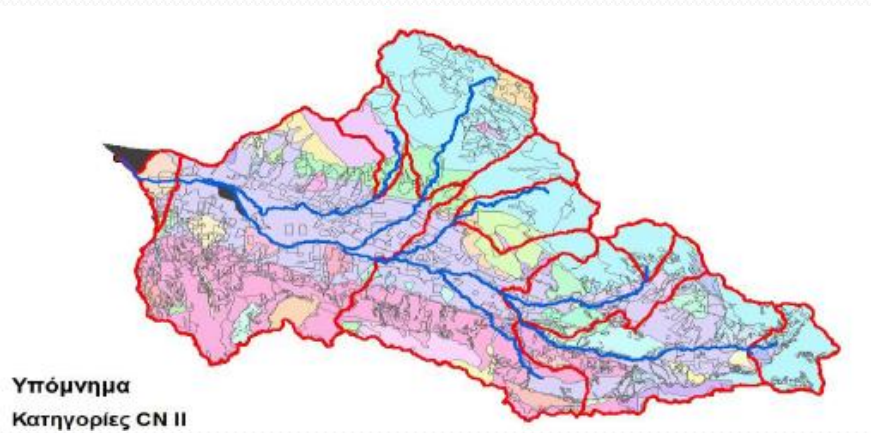
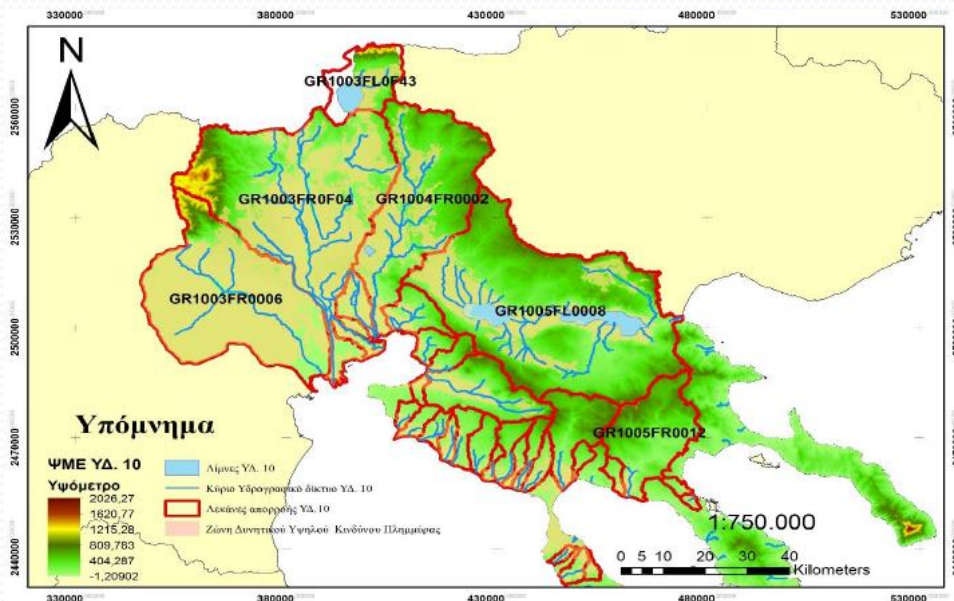
- Διαχωρισμός υδατικού διαμερίσματος σε υδρολογικές λεκάνες και υπολεκάνες.
 - Εξαγωγή μορφομετρικών, γεωμετρικών και υδρολογικών χαρακτηριστικών υπολεκανών.
- Εξαγωγή όμβριων καμπυλών στις ΖΔΥΚΠ
 - Επιφανειακή ολοκλήρωση σημειακών τιμών των σταθμών μέτρησης για εξαγωγή κάποιων συντελεστών.
 - Εκτίμηση 80% ορίων εμπιστοσύνης των όμβριων καμπυλών (δυσμενής, ευμενής κατάσταση)
- Κατάρτιση υετογραμμάτων σχεδιασμού (T=50, 100, 1000 έτη) μέσης, δυσμενούς και ευμενούς κατάστασης.
 - Μέθοδος εναλλασόμενων υψών & Μέθοδος δυσμενέστερης διάταξης.
- Εκτίμηση ωφέλιμης βροχής με τη μέθοδο SCS.
- Προσδιορισμός υδρογραφημάτων σχεδιασμού άμεσης απορροής με τη μέθοδο SCS.
- Διόδευση πλημμυρικού κύματος με το λογισμικό FLO-2D.

5. Κατάσταση στην Ελλάδα

ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας (GR10)

Μεθοδολογία Εκτίμησης Πλημμυρογραφημάτων για τις ΖΔΥΚΠ

Κύριες λεκάνες GR10



Υλοποιημένα Σενάρια

| Σενάριο | CN | Χρόνος υστέρησης | Υετόγραμμα | Χρονική κατανομή βροχής |
|--------------------|--------|------------------|------------------------|-------------------------|
| Μέσο_50 ετών | CN II | Μέσης κατάστασης | Παραμέτρων όμβριας | Alternative blocks |
| Δυσμενές_50 ετών | CN III | Δυσμ. Κατάστασης | Άνω όριο εμπιστοσύνης | Alternative blocks |
| Ευμενές_50 ετών | CN I | Ευμ. Κατάστασης | Κάτω όριο εμπιστοσύνης | Worst profile |
| Μέσο_100 ετών | CN II | Μέσης κατάστασης | Παραμέτρων όμβριας | Alternative blocks |
| Δυσμενές_100 ετών | CN III | Δυσμ. Κατάστασης | Άνω όριο εμπιστοσύνης | Alternative blocks |
| Ευμενές_100 ετών | CN I | Ευμ. Κατάστασης | Κάτω όριο εμπιστοσύνης | Worst profile |
| Μέσο_1000 ετών | CN II | Μέσης κατάστασης | Παραμέτρων όμβριας | Alternative blocks |
| Δυσμενές_1000 ετών | CN III | Δυσμ. Κατάστασης | Άνω όριο εμπιστοσύνης | Alternative blocks |
| Ευμενές_1000 ετών | CN I | Ευμ. Κατάστασης | Κάτω όριο εμπιστοσύνης | Worst profile |



33 υπολεκάνες

5. Κατάσταση στην Ελλάδα

ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας (GR10)

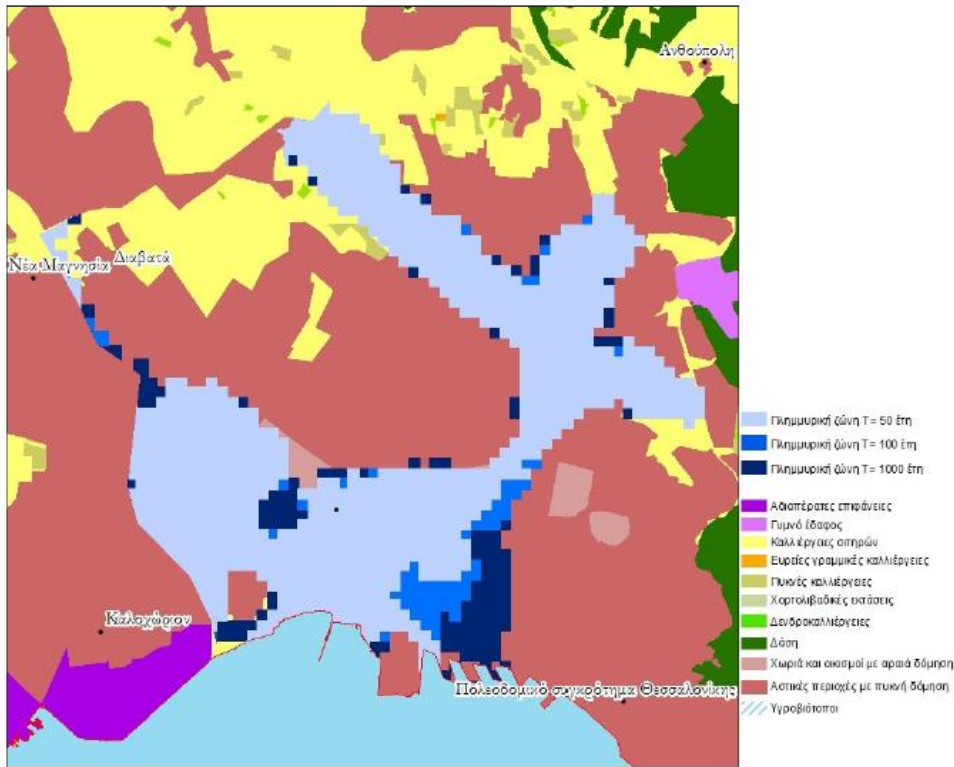
Προσομοίωση διόδευσης πλημμυρών για τις ΖΔΥΚΠ

- Προετοιμασία διδιάστατου τοπογραφικού υποβάθρου και δεδομένων διατομών ποταμών και τεχνικών.
- Επιλογή κατάλληλου μεγέθους καννάβου υδραυλικής προσομοίωσης με βάση το μέγεθος του πλημμυρικού πεδίου και τις φορτίσεις των πλημμυρογραφημάτων.
- Προετοιμασία και εισαγωγή πλημμυρογραφημάτων διαφόρων περιόδων επαναφοράς.
- Εισαγωγή συντελεστών τραχύτητας στο διδιάστατο πλημμυρικό πεδίο και στα μονοδιάστατα στοιχεία των ποταμών.
- Εκτέλεση υδραυλικών προσομοιώσεων με επιλογή των παραμέτρων του αριθμητικού σχήματος του υδραυλικού μοντέλου. Η εκτέλεση των προσομοιώσεων για κάθε περίοδο επαναφοράς έγινε για τα μέσα υδρογραφήματα και για μέσους συντελεστές τραχύτητας ενώ για σημαντικά ποτάμια έγινε για τρία σενάρια (ευμενές, μέσο, δυσμενές).

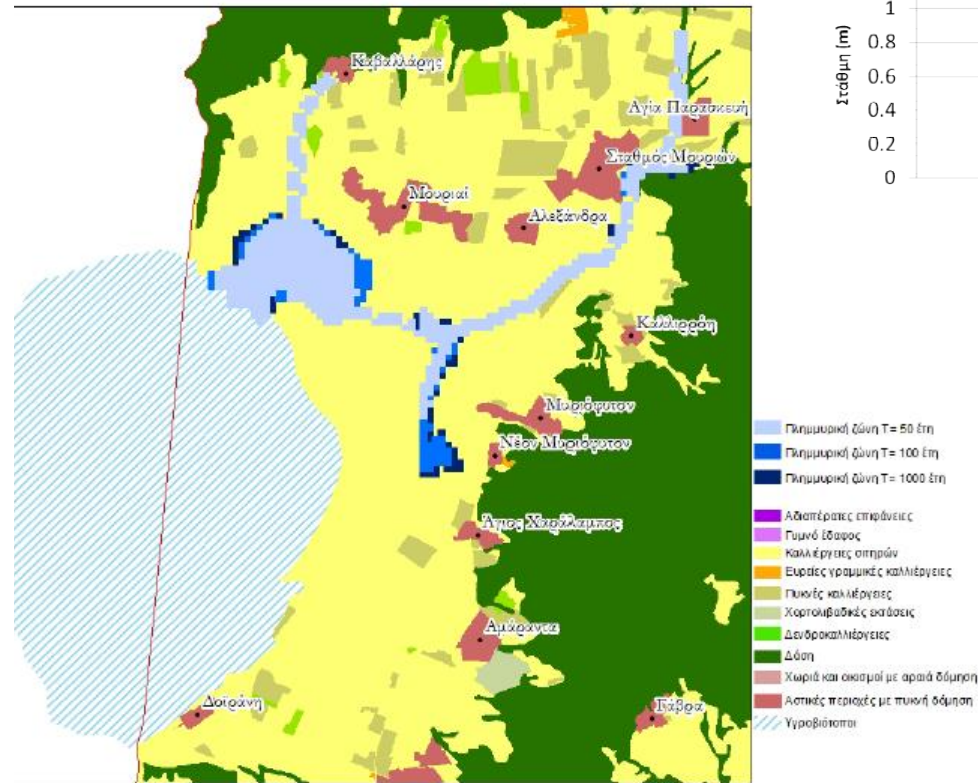
5. Κατάσταση στην Ελλάδα

ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας (GR10)

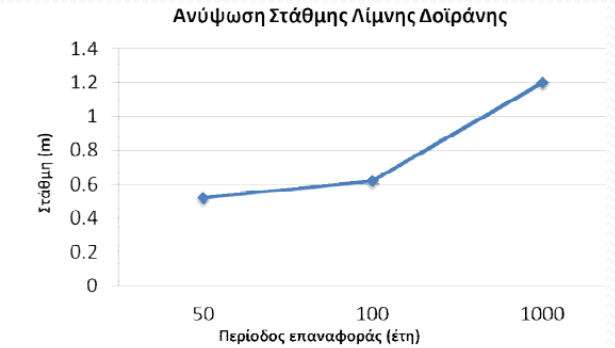
Προσομοίωση διόδευσης πλημμυρών για τις ΖΔΥΚΠ



Εικόνα 4.31 : Χάρτης πλημμυρικής κατάκλυσης - Ρέμα Δενδροποτάμου

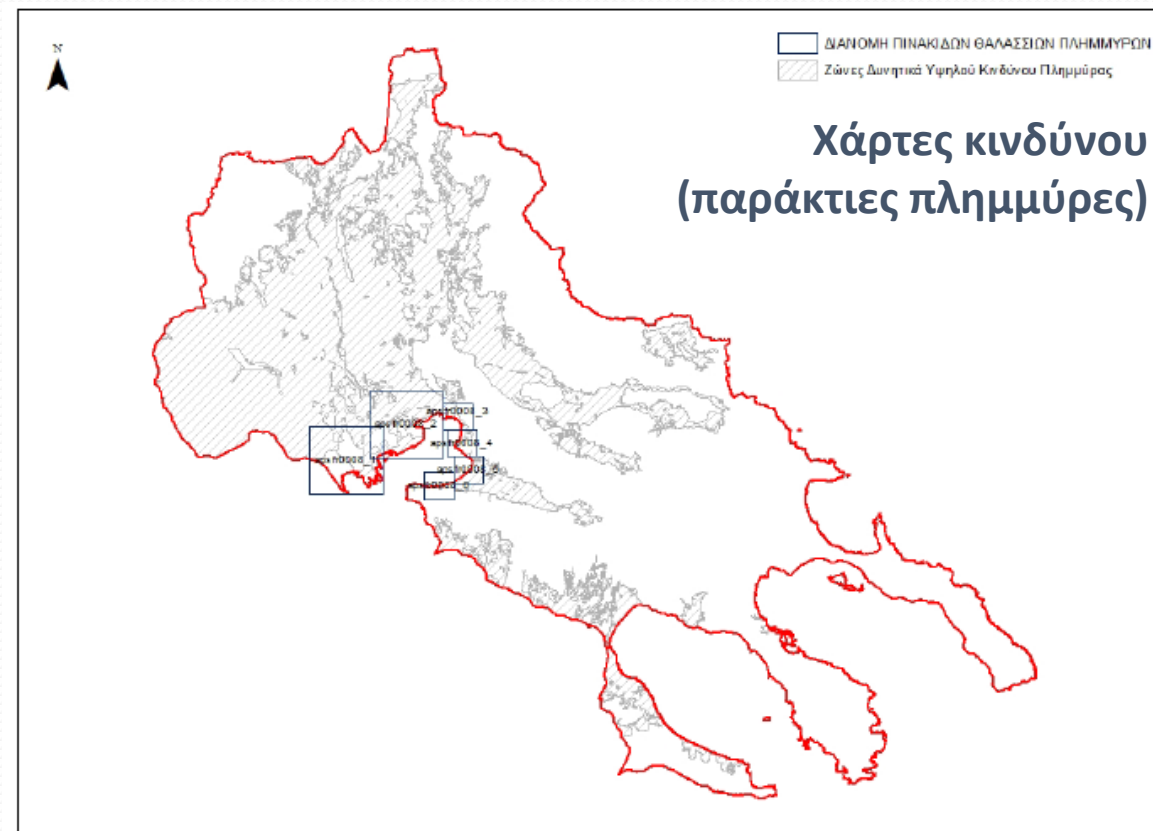


Εικόνα 4.28 : Χάρτης πλημμυρικής κατάκλυσης - Λίμνη Δοϊράνη



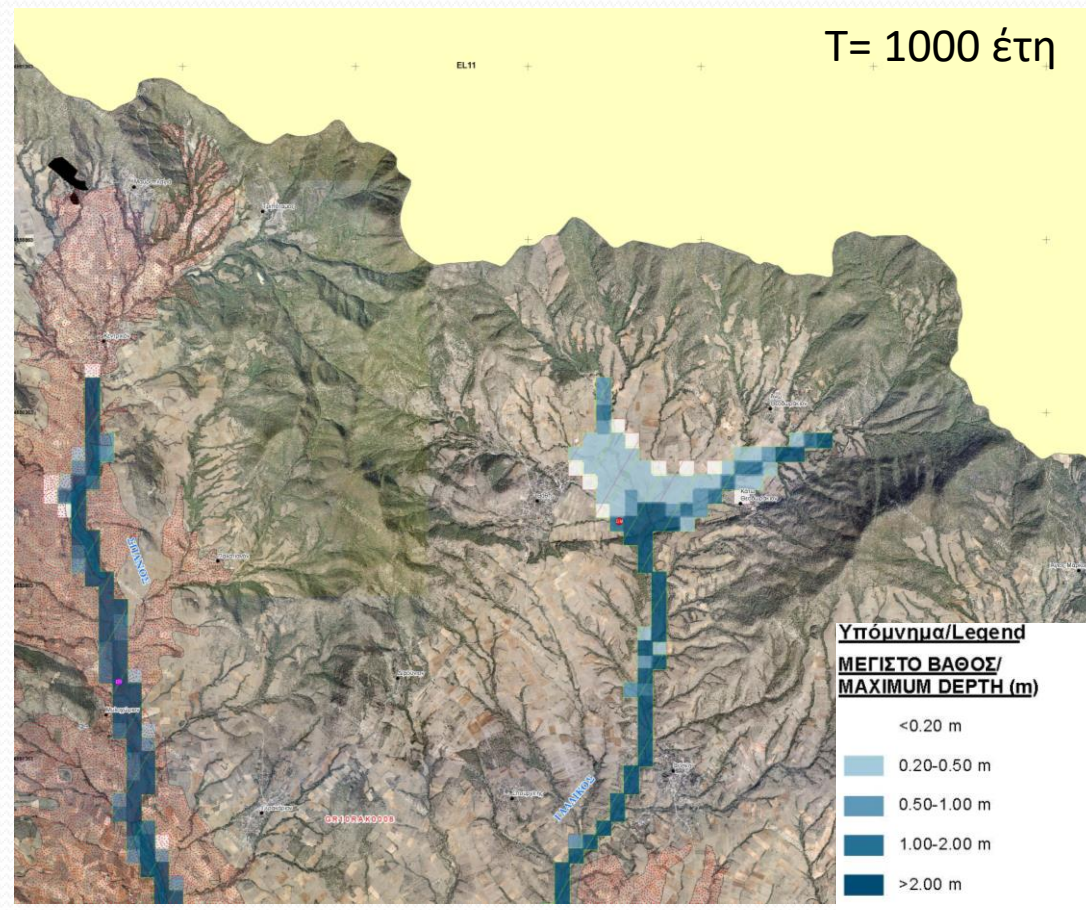
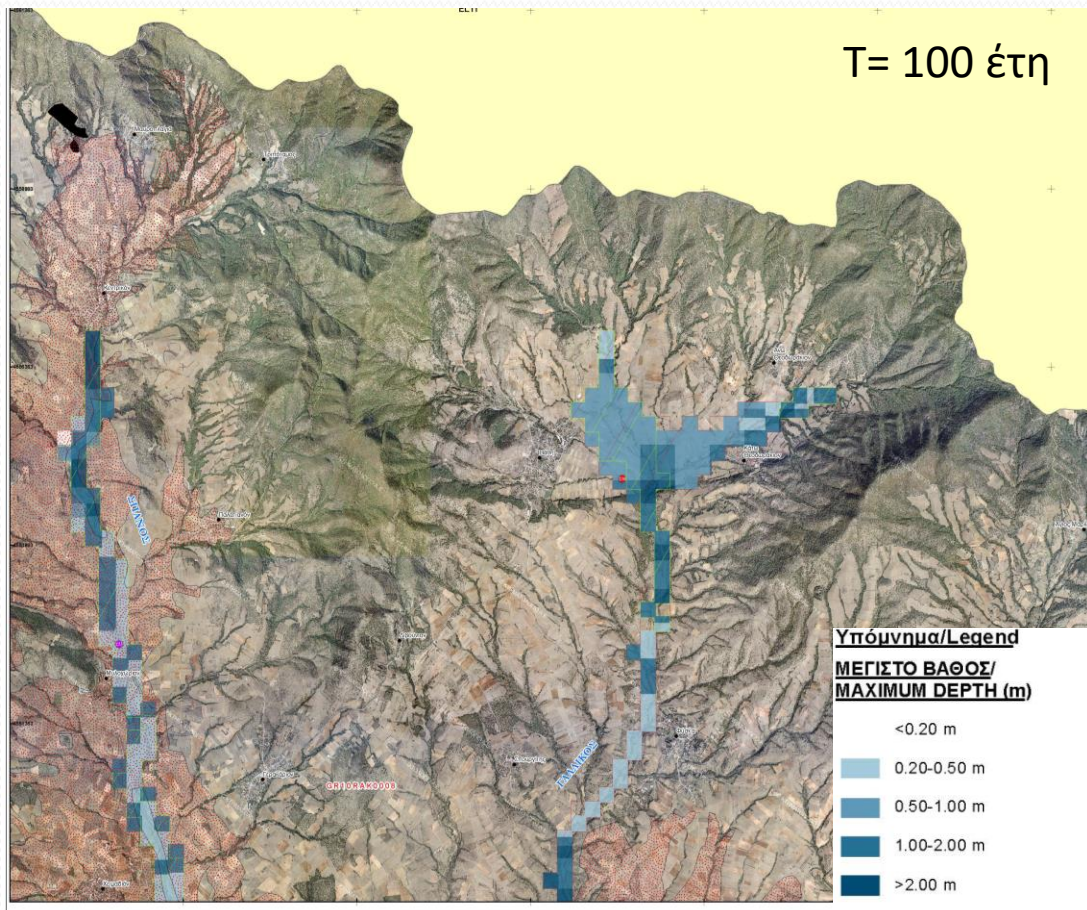
5. Κατάσταση στην Ελλάδα

ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας (GR10)



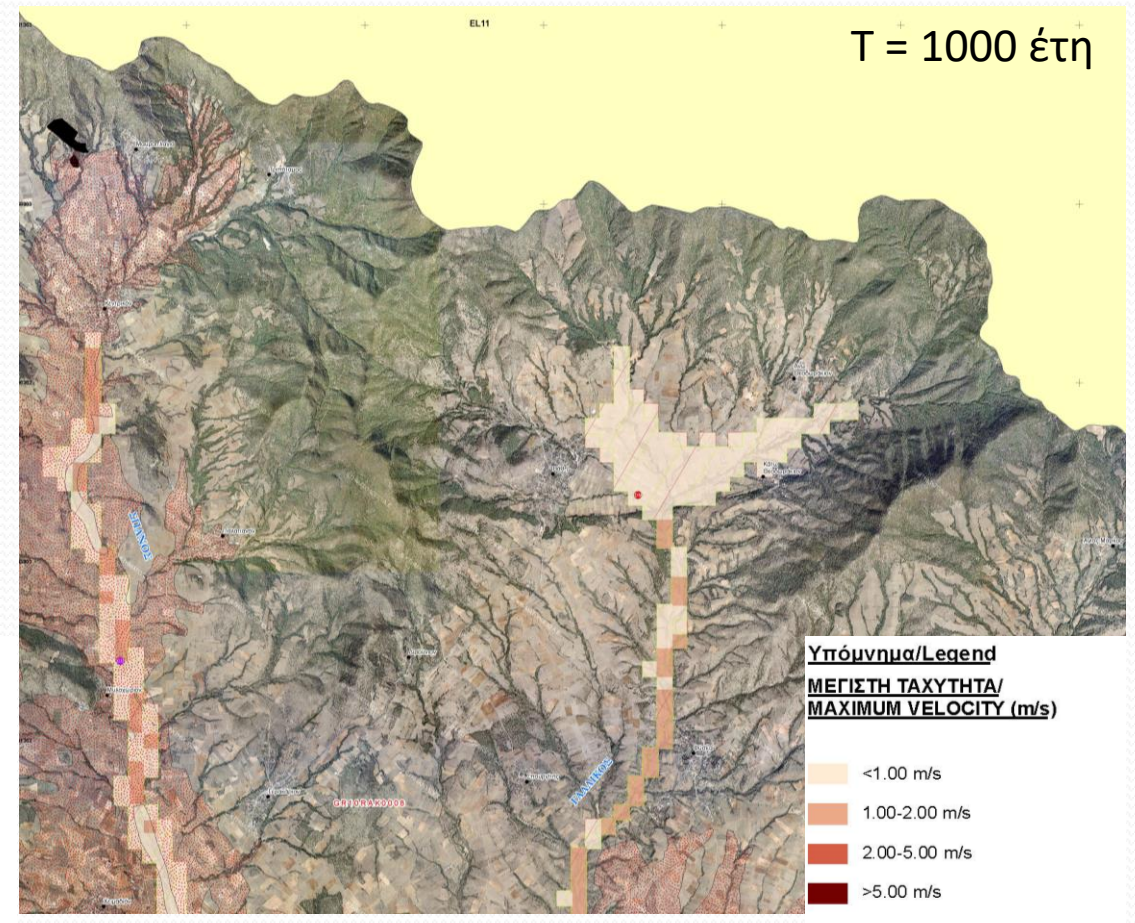
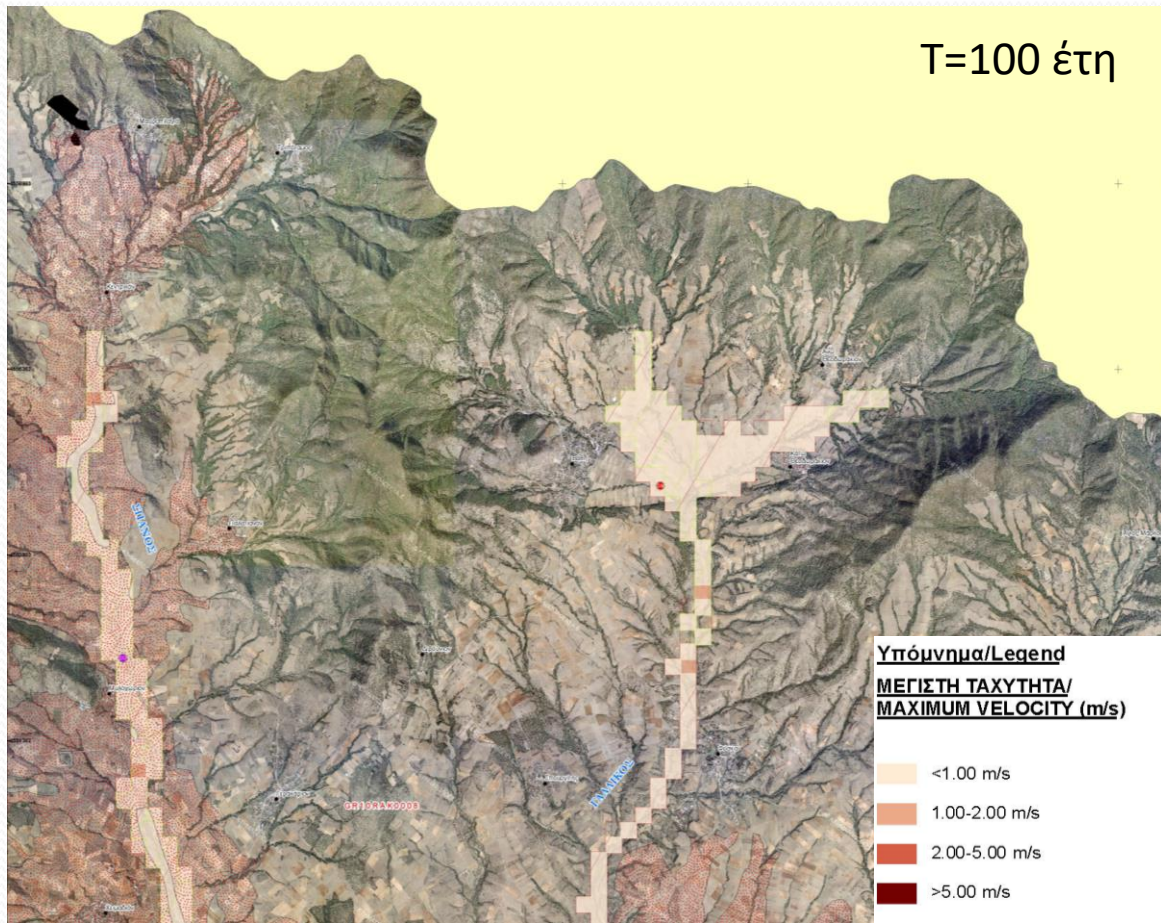
5. Κατάσταση στην Ελλάδα

ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας (GR10)



5. Κατάσταση στην Ελλάδα

ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας (GR10)



5. Κατάσταση στην Ελλάδα

ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας (GR10)

Αποτίμηση των επιπτώσεων από πλημμύρα περιόδου επαναφοράς T



5 κλάσεις επικινδυνότητας

- VL : very low (πολύ χαμηλός)
- L : low (χαμηλός)
- M : medium (μέτριος)
- H : high (υψηλός)
- VH : very high (πολύ υψηλό)

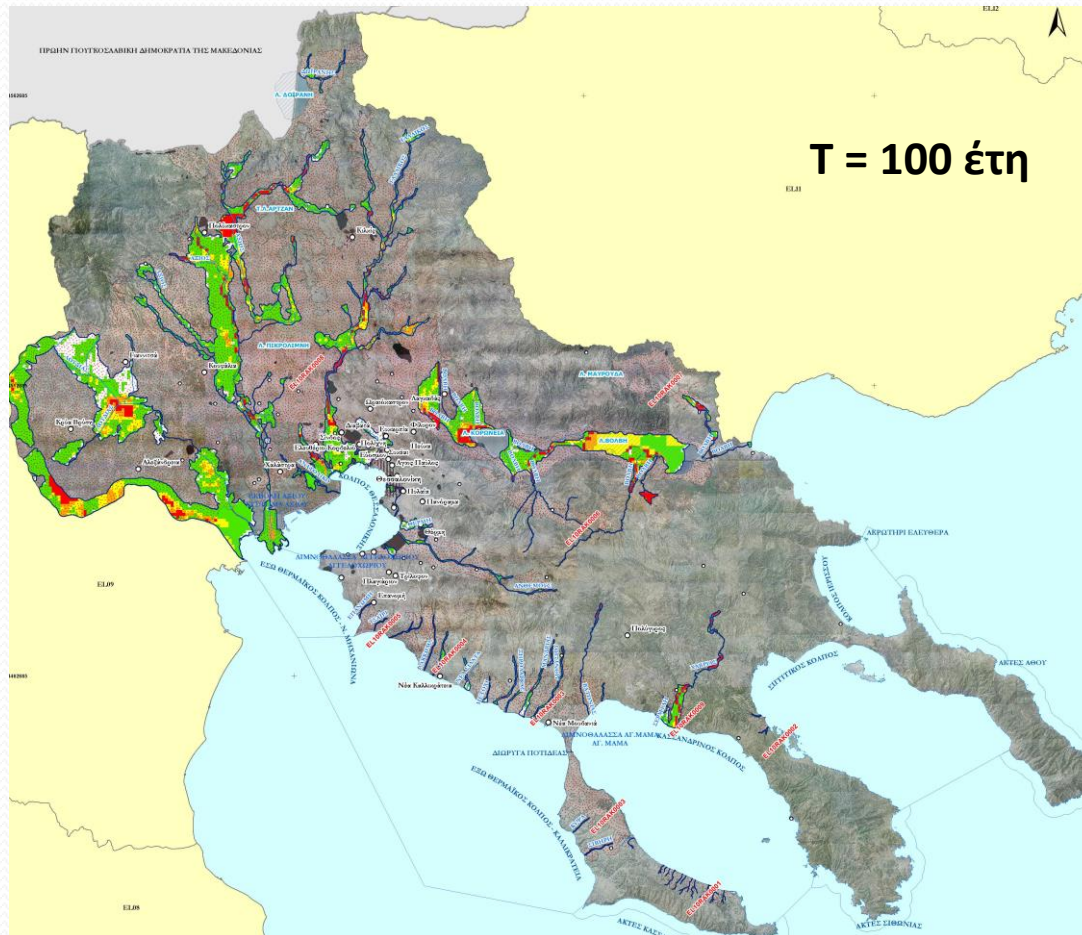
| ΒΑΘΟΣ d (m) | Ταχύτητα ροής v (m/sec) | | | |
|---------------|-------------------------|---------------|---------------|---------|
| | v < 0,5 | 0,5 < v < 2,0 | 2,0 < v < 4,0 | v > 4,0 |
| d < 0,2 | VL | VL | VL | L |
| 0,2 < d < 0,5 | L | L | M | M |
| 0,5 < d < 1,0 | L | M | H | H |
| 1,0 < d < 1,5 | M | M | H | VH |
| 1,5 < d < 2 | H | H | VH | VH |
| d > 2 | VH | VH | VH | VH |



| Hazard Class | Score |
|-------------------|-------|
| VL - πολύ χαμηλός | 0,2 |
| L - χαμηλός | 0,4 |
| M - μέτριος | 0,6 |
| H - υψηλός | 0,8 |
| VH - πολύ υψηλός | 1 |

5. Κατάσταση στην Ελλάδα

ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας (GR10)



Χάρτης κινδύνου πλημμύρας

Υπόμνημα/Legend

Βαθμός επιρροής πλημμύρας T=100 έτη

- Πολύ χαμηλός
- Χαμηλός
- Μέτριος
- Υψηλός
- Πολύ υψηλός

Πόλεις/Οικισμοί

- 2000-5000
- >5000
- Ποτάμιες ροές
- Οριο πλημμύρας περιόδου επαναφοράς T=100 έτη
- ▨ Ζώνη Δινητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας

5. Κατάσταση στην Ελλάδα

ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας (GR10)

Εκτίμηση μέγιστων δυνητικών επιπτώσεων πλημμυρικών γεγονότων – Συλλογή στατιστικών στοιχείων

➔ 5 κλάσεις τρωτότητας

- πολύ χαμηλή : 50
- χαμηλή : 100
- μέτρια : 150
- σημαντική : 250
- πολύ σημαντική : 500

➔ Για την αποτίμηση της μέγιστης πιθανής επίπτωσης της πλημμύρας:

1. Επιπτώσεις στον πληθυσμό, $EκΑ^c$
2. Οικονομικές επιπτώσεις $EκΟ^c$ (σε επίπεδο εθνικής οικονομίας)
3. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις $EκΠε^c$
4. Επιπτώσεις στην πολιτιστική κληρονομία $EκΠο^c$

Για κάθε κατηγορία επίπτωσης οι δείκτες των επί μέρους: $EκΑ^c = \sum EκΑ_i^c$

Η συνολική έκθεση κάθε κελιού:

$$Eκ^c = EκΑ^c + EκΟ^c + EκΠε^c + EκΠο^c$$



| Πιθανή μέγιστη επίπτωση | Κατηγορία κινδύνου |
|-------------------------|--------------------|
| <50 | πολύ χαμηλός |
| 50-125 | χαμηλός |
| 125-200 | μέτριος |
| 200-400 | υψηλός |
| >400 | πολύ υψηλός |

5. Κατάσταση στην Ελλάδα

ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας (GR10)

Αποτίμηση του κινδύνου από πλημμύρα περιόδου επαναφοράς T

- ❑ Για κάθε κελί c και για κάθε κατηγορία επίπτωσης η επικινδυνότητα ορίζεται από τις επιμέρους επιπτώσεις και τους αντίστοιχους βαθμούς επιρροής:

$$E_{\pi A}(T)^c = \sum [E_{\kappa A_i}^c \times B_{A_i}(T)^c]$$

- ❑ Αθροίζονται, σε κάθε κελί c, οι επιπτώσεις:

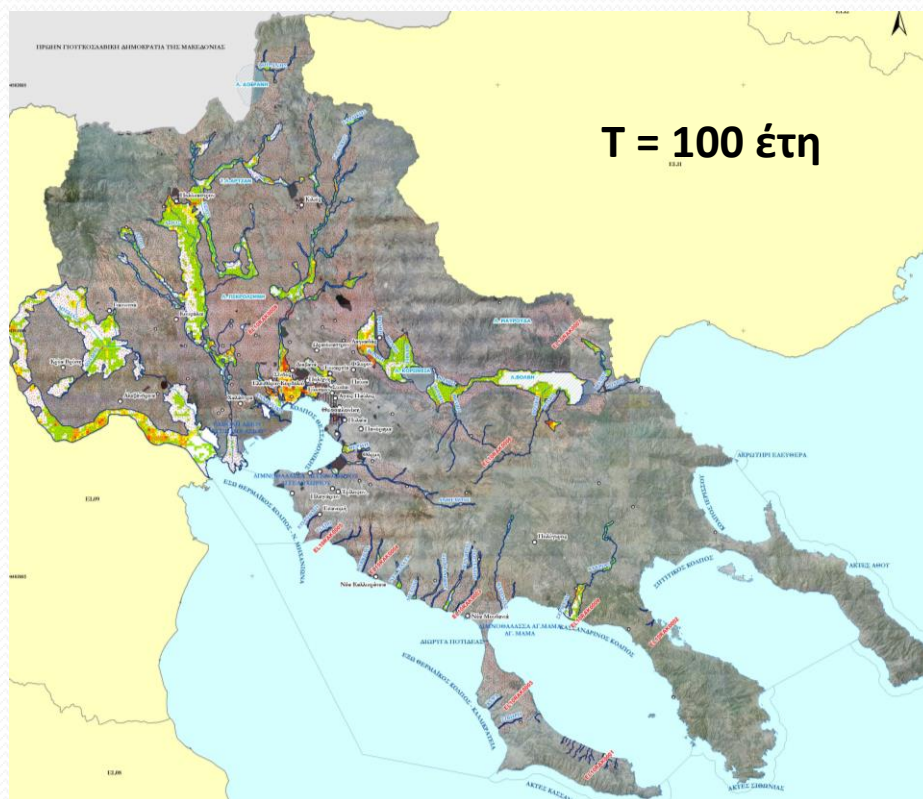
$$E_{\pi}(T)^c = E_{\pi A}(T)^c + E_{\pi O}(T)^c + E_{\pi \Pi \epsilon}(T)^c + E_{\pi \Pi o}(T)^c$$



| Πιθανή επίπτωση | Κατηγορία κινδύνου |
|-----------------|--------------------|
| <50 | πολύ χαμηλός |
| 50-125 | χαμηλός |
| 125-200 | μέτριος |
| 200-400 | υψηλός |
| >400 | πολύ υψηλός |

5. Κατάσταση στην Ελλάδα

ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας (GR10)



Χάρτης επικινδυνότητας πλημμύρας

Πόλεις/Οικισμοί

- 2000-5000
- >5000

□ Όριο πλημμύρας περιόδου επαναφοράς T=100 έτη

▨ Ζώνη Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας

Αποτίμηση επιπτώσεων πλημμύρας T=100 έτη

- Πολύ χαμηλός κίνδυνος
- Χαμηλός κίνδυνος
- Μέτριος κίνδυνος
- Υψηλός κίνδυνος
- Πολύ υψηλός κίνδυνος

5. Κατάσταση στην Ελλάδα

ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας (GR10)

Ελλείψεις στην εκτίμηση κινδύνου και επικινδυνότητας – Πιθανά σημεία που χρίζουν επανεξέτασης

- Η ανάλυση των τοπογραφικών υποβάθρων είναι αδρή με επιπτώσεις στην προσομοίωση σε κρίσιμα σημεία.

Τοπογραφικά υπόβαθρα του Κτηματολογίου Α.Ε. - DEM ανάλυσης 5x5 m². Στην ακτογραμμή των ΖΔΥΚΠ 1x1 m².

- Η λεπτομερής τοπογραφική αποτύπωση τεχνικών έργων και κατασκευών.
- Εκτίμηση του συντελεστή τραχύτητας Manning στις διάφορες θέσεις του ποταμού και της κλίσης του.

Χρήσεις γης από CORINE Land Cover 2000 και ilot του ΟΠΕΚΕΠΕ 2008.

- Εκτίμηση πλημμυρικών εισροών από λεκάνες κύριων ποταμών εκτός Ελληνικών συνόρων.
- Δεν έχει εκτιμηθεί η πιθανότητα αστοχίας των έργων προστασίας π.χ. περιμετρικών αναχωμάτων που αποτελεί τον κίνδυνο πλημμύρας.
- Δεν έχει συνεκτιμηθεί η κλιματική αλλαγή στις πηγές κινδύνου π.χ. στις όμβριες καμπύλες και στη διαδρομή του κινδύνου π.χ. μεταβολή στις χρήσεις γης.
- Δεν έχουν συνεκτιμηθεί οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στους αποδέκτες του κινδύνου π.χ. οικονομικές δραστηριότητες, υποδομές κ.τ.λ.

Συμπεράσματα και προτάσεις

- Είναι αναγκαία η ανάπτυξη και η κατανόηση ενός πλαισίου και των διαφόρων συνιστωσών του για την διαχείριση της διακινδύνευσης πλημμύρας. Το πλαίσιο αυτό θα πρέπει να υποστηριχθεί από κατάλληλους μηχανισμούς (κρατικούς και τοπικούς φορείς) για την ανάπτυξη και την εφαρμογή Διαχειριστικών Σχεδίων
- Η διακινδύνευση πλημμύρας (ειδικά σε δομημένο περιβάλλον) δεν είναι απλά μια πλημμύρα. Η διακινδύνευση είναι αποτέλεσμα ενός συνδυασμού παραμέτρων που περιλαμβάνει τον κίνδυνο, την έκθεση και την τρωτότητα. Η αναγνώριση αυτών των παραμέτρων διευκολύνει την κατανόηση της έννοιας της διακινδύνευσης και δείχνει ότι μόνο ο συνδυασμός φυσικών και ανθρώπινων παραγόντων δημιουργεί την διακινδύνευση
- Χωρίς δεδομένα που να δείχνουν ποιες περιοχές κινδυνεύουν δεν μπορούν να εφαρμοστούν μέτρα που να αντιμετωπίζουν με επιτυχία τον κίνδυνο.

Συμπεράσματα και προτάσεις

- Ο συνδυασμός μέτρων (Δομικά και μη δομικά, χωρικά και θεσμικά) μπορεί να οδηγήσει στην επιτυχή διαχείριση της πλημμυρικής διακινδύνευσης
- Η παρακολούθηση και αποτίμηση των εφαρμοζόμενων μέτρων αναδεικνύουν τις καλές πρακτικές και βοηθούν στην συνεχή βελτίωση των σχεδίων διαχείρισης
- Ο χωροταξικός σχεδιασμός που περιλαμβάνει και θέματα πλημμυρών αποτελεί την πλέον υποσχόμενη μακροπρόθεσμη στρατηγική για την επιτυχή διαχείριση της πλημμυρικής διακινδύνευσης.