



Μ.Σ.

Πλημμυρικός κίνδυνος, τρωτότητα
και διακινδύνευση-διαχείριση

Department of Civil Engineering, School of Engineering, Democritus University of Thrace, Greece

Μ.Σπηλιώτης



Διακινδύνευση πλημμυρικών φαινομένων

Καταστροφές

- Η καταστροφή δεν ταυτίζεται με το φαινόμενο ή το συμβάν που αποτελεί το έναυσμά της
- **Η καταστροφή προκαλείται όταν η εκδήλωση ενός επικίνδυνου συμβάντος ή φαινομένου συνυπάρξει με συνθήκες ευπάθειας και τρωτότητας της κοινωνίας καθώς και με την ανεπαρκή ικανότητα αυτής να μετριάσει τις ενδεχόμενες επιπτώσεις και να ανακάμψει από αυτές**
- Οι θεμελιώδεις αιτίες που υποθάλλουν μια καταστροφή υποβόσκουν πολύ πριν αυτή συμβεί και, κατά κανόνα, συνεχίζουν και μετά από αυτήν να καλλιεργούν τις συνθήκες για μια νέα καταστροφή
- Ο όρος φυσική καταστροφή (natural disaster) χρησιμοποιείται συνήθως προκειμένου να αναφερθούμε σε μια καταστροφή, **έναυσμα της οποίας είναι ένα ακραίο φυσικό φαινόμενο ή κίνδυνος** (Kelman, 2010)

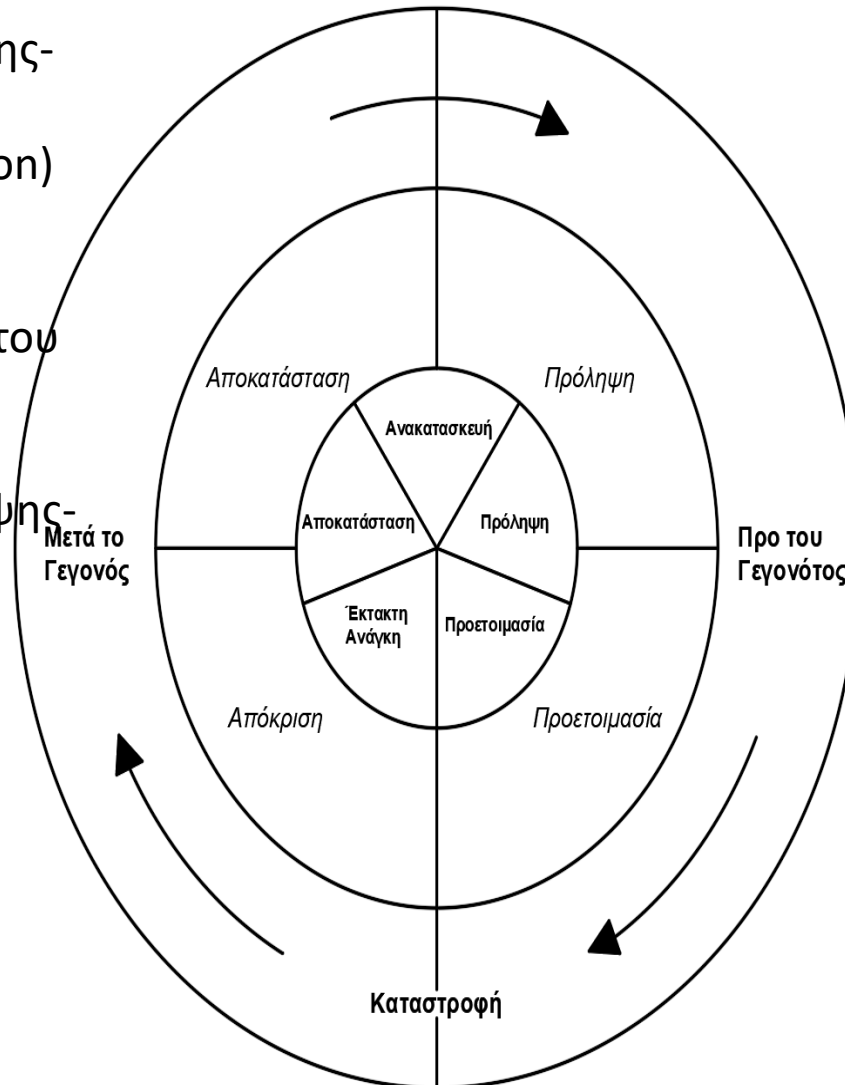
Φάσεις εκδήλωσης των καταστροφών



Καδόγλου 2020, διπλωματική

Ο κύκλος της καταστροφής, Alexander 2000

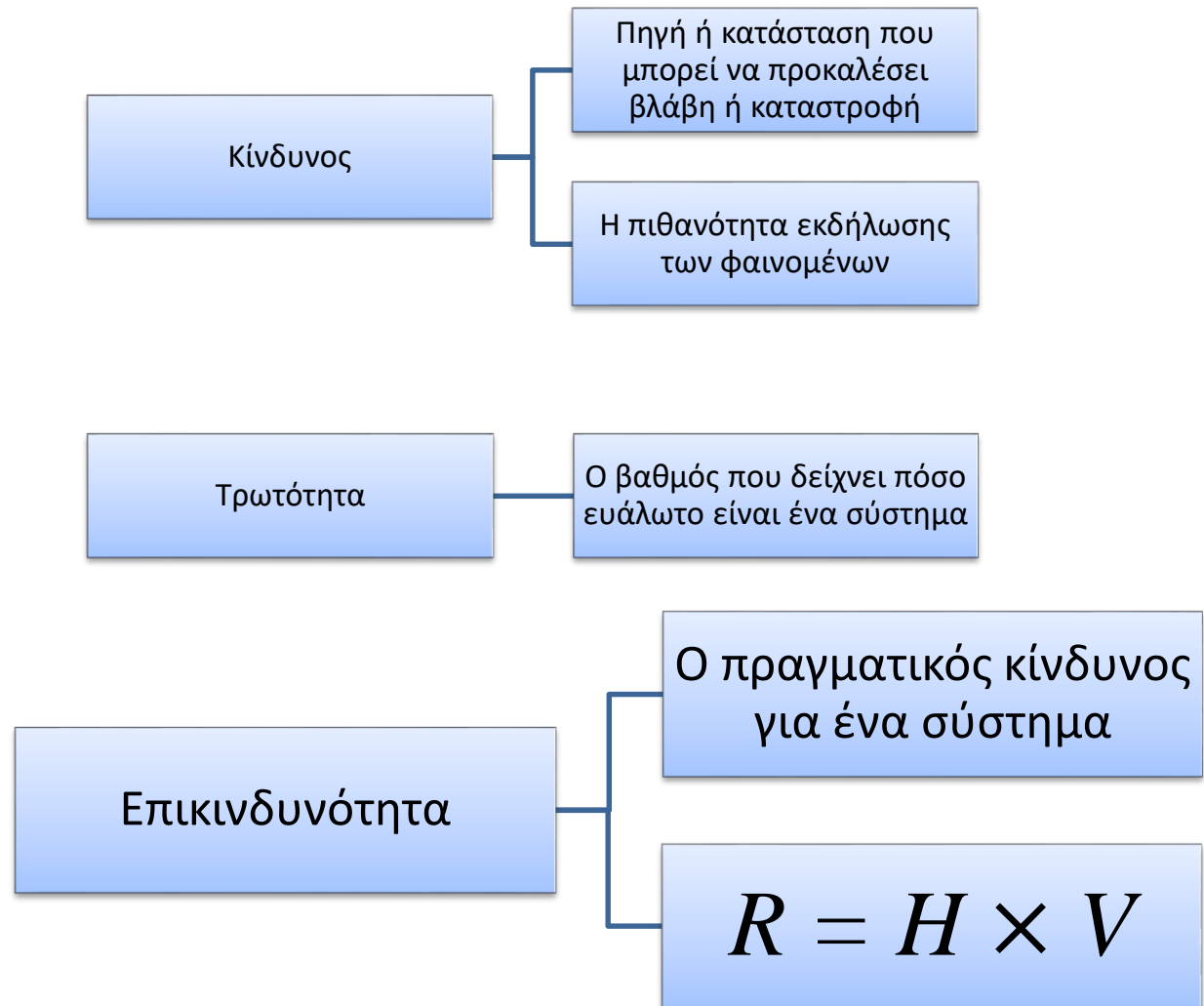
- Η φάση της πρόληψης-προστασίας (prevention-mitigation)
- Η φάση ετοιμότητας (preparedness)
- Η φάση εκδήλωσης του φαινομένου και απόκρισης
- Η περίοδος ανάκαμψης-ανασυγκρότησης



Η καταστροφή, δεν αποτελεί μια απόκλιση από τις κανονικές λειτουργίες των ανθρώπων και τις αποφάσεις που λαμβάνονται για αυτούς

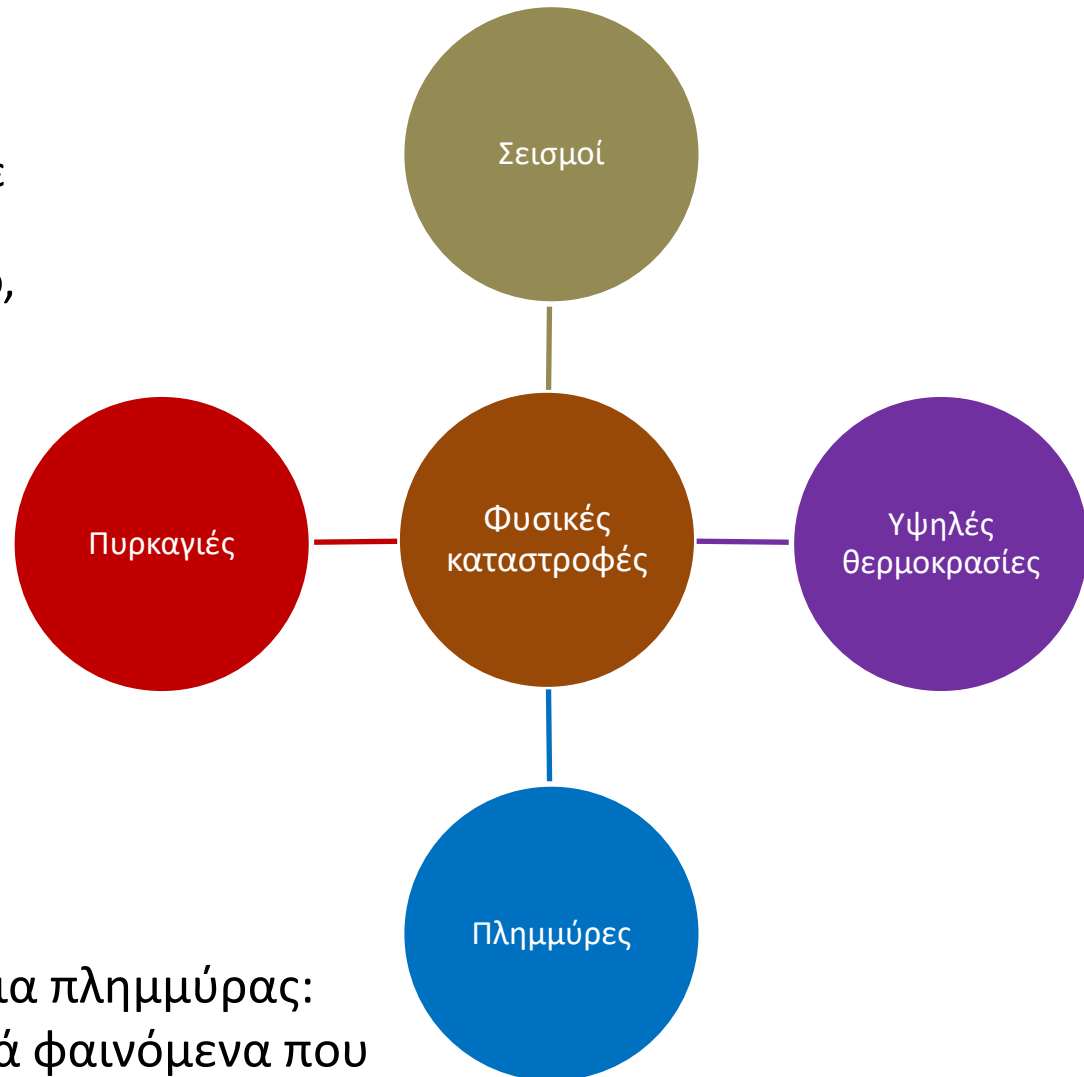
Η σύγχρονη αντίληψη για την αντιμετώπιση των φυσικών καταστροφών

- Κίνδυνος, H
- Τρωτότητα, V
- Επικινδυνότητα, R



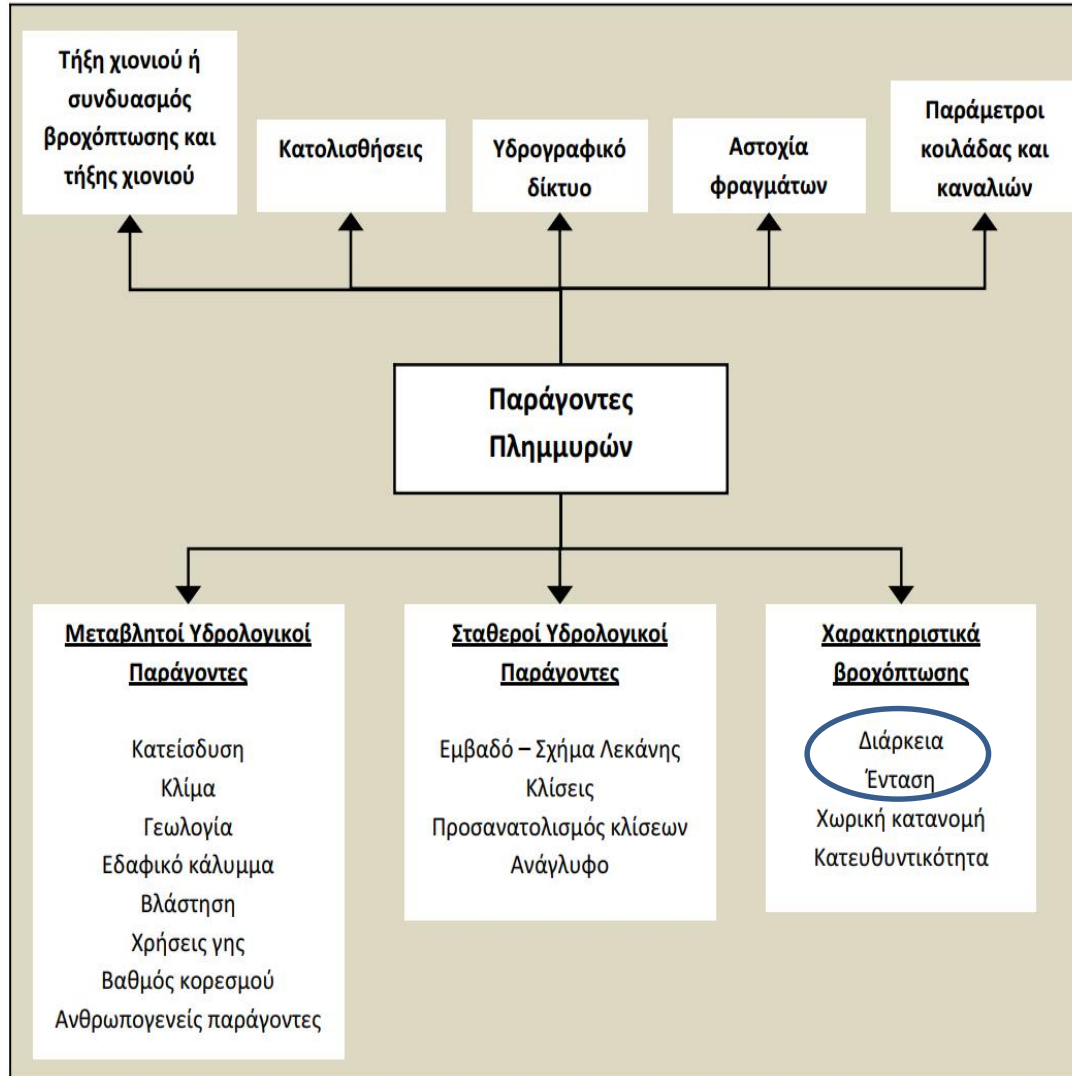
Φυσικές καταστροφές στην Ελλάδα και Πλημμύρες

- Οι φυσικές καταστροφές στον ελλαδικό χώρο αποτελούν τα συμβάντα με το μεγαλύτερο κόστος (κοινωνικό, περιβαλλοντικό, οικονομικό)
- 1980-2018: 156 θάνατοι σε 56 πλημμυρικά επεισόδια
- Οι υπόλοιπες φυσικές καταστροφές συμβάλλουν στη εκδήλωση πλημμύρων
- Κίνδυνος πλημμύρας
- Τρωτότητα έναντι πλημμύρας
- Πλημμυρική Επικινδυνότητα



- Αίτια πλημμύρας: Φυσικά φαινόμενα που δεν γίνεται να ελεγχθούν

Αίτια και παράγοντες Πλημμύρας



Επιπτώσεις πλημμύρας

Άμεσες
Επιπτώσεις

Θάνατος

Τραυματισμός

Εγκλωβισμός

Καταστροφές στα κτίρια

Καταστροφές στα μέσα μεταφοράς

Καταστροφές στα τεχνικά έργα

Καταστροφές στο οδικό δίκτυο

Καταστροφές στα συστήματα επικοινωνίας

καταστροφή γεωργικών εκτάσεων και
καλλιεργειών

διάβρωση εδαφών

Έμμεσες
Επιπτώσ
εις

μολύνσεις των υδάτινων
συστημάτων

πείνα και λοιμούς

μόνιμη ή παροδική
απομάκρυνση κατοίκων

πυρκαγιές λόγω
βραχυκυκλωμάτων στο
δίκτυο ηλεκτροδότησης
καταστροφή υγραθλών και
μείωση βιοποικιλότητας

- Σε πολλά μέρη του κόσμου, οι πλημμύρες αποτελούν φαινόμενα τα οποία συμβαίνουν σε ετήσια βάση και θεωρείται ότι έχουν πολλές θετικές πτυχές διότι συμβάλλουν στην γονιμότητα των εδάφους και κατά συνέπεια θεωρούνται ωφέλιμα (Moss & Monstadt, 2008).
- Ο αντίκτυπος των πλημμυρών στην γεωργία εξαρτάται κυρίως από τον κύκλο των καλλιεργειών, δηλαδή την φάση ανάπτυξής τους, αλλά και από τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής.
- Οι πλημμύρες όμως μετατρέπονται σε καταστροφές όταν συμβαίνουν σε ασυνήθιστη έκταση και ένταση, σε ιδιαίτερα γεωγραφικά σημεία και με απροσδόκητο τρόπο, με αποτέλεσμα να υπερβαίνεται η ικανότητα της πληττόμενης κοινωνίας να ανταποκριθεί στο εν λόγω φαινόμενο.
- Το οικονομικό κόστος που συνεπέφεραν τα υδρολογικά συμβάντα στην ΕΕ μεταξύ 1980 και 2017 ανήλθε σε περίπου 166 δισεκατομμύρια ευρώ. Πρόκειται για το ένα τρίτο περίπου των ζημιών που έχουν προκληθεί από συμβάντα που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή (<https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/floods-directive-25-2018/el/>)

- Οι βαθύτερες αιτίες των πλημμυρών (βροχόπτωση και στάθμη της θάλασσας) είναι **φυσικά φαινόμενα** τα οποία δεν μπορούν στην πραγματικότητα να ελεγχθούν.
- Ωστόσο, εάν μία βροχόπτωση προκαλέσει **ζημιές λόγω πλημμύρας**, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό όχι μόνο από φυσικούς παράγοντες (Ward & Robinson, 2000) αλλά και από ανθρωπογενείς (Smith & Ward, 1998).

Βασικές έννοιες

- Κίνδυνος: μία κατάσταση που μπορεί να προκαλέσει βλάβη σε φυσικό ή τροποποιημένο σύστημα
- Τρωτότητα έναντι πλημμύρας (Flood Vulnerability) είναι ο βαθμός επιδεκτικότητας ή το πόσο είναι ευάλωτο ένα σύστημα του φυσικού ή ανθρωπογενούς περιβάλλοντος σε έναν κίνδυνο πλημμύρας, καθώς επίσης σύμφωνα με τους Wisner et al., 2004 και της ικανότητας του συστήματος αυτού να προβλέψει, να αντιμετωπίσει, να ανακάμψει και να αντισταθεί στις επιπτώσεις μίας καταστροφής.
- Διακινδύνευση: ο πραγματικός κίνδυνος για ένα σύστημα που προκύπτει με βάση τον κίνδυνο, την τρωτότητα
- Οδηγία 2007/60/EC
 - Μείωση της διακινδύνευσης, επομένως των συνεπειών στην ανθρώπινη υγεία και ζωή, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά, οικονομική δραστηριότητα, και γενικότερη υποδομή.
 - Χάρτες κινδύνου: βάθη και ταχύτητες ροής
 - Χάρτη τρωτότητας: =f(δραστηριοτήτων)→καταγραφή δραστηριοτήτων
 - Χάρτης διακινδύνευσης...σε λεκάνη απορροής (κλίμακα)

τύποι πλημμυρών

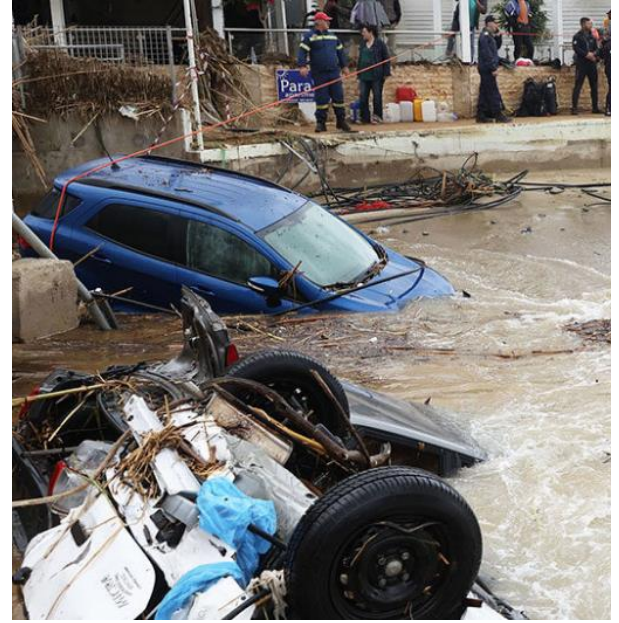
- οι ποτάμιες πλημμύρες (river floods)
- οι παράκτιες πλημμύρες (coastal flooding)
- οι πλημμύρες κατάκλισης ή από βροχή (pluvial floods)
- οι αστικές πλημμύρες (urban floods)
- οι πλημμύρες του αποχετευτικού δικτύου (sewer flooding)
- οι πλημμύρες υπόγειων υδάτων ή υδροφόρου ορίζοντα (groundwater flooding)
- οι αιφνίδιες ή στιγμιαίες πλημμύρες (flash floods)(Kourgialas & Karatzas, 2016).

Ποτάμιες πλημμύρες

- Οι εκτενείς, μεγάλης διάρκειας πλημμύρες χαρακτηρίζουν την πλημμύρα περιοχών μεγάλης έκτασης οι οποίες δημιουργούνται σχεδόν πάντοτε από βροχοπτώσεις οι οποίες διαρκούν μερικές ημέρες ή εβδομάδες, σε άμεση συνάρτηση με ένα έδαφος το οποίο είναι κορεσμένο υδατικώς από προγενέστερη χρονική φάση (όπως για παράδειγμα από λιώσιμο πάγων και χιονιού). Το πλεονέκτημα αυτού του τύπου πλημμύρας είναι ότι συχνά εκδηλώνεται με αργό ρυθμό, οπότε δίνεται η δυνατότητα της έγκαιρης προειδοποίησης και προετοιμασίας του μηχανισμού ανταπόκρισης στο φαινόμενο.

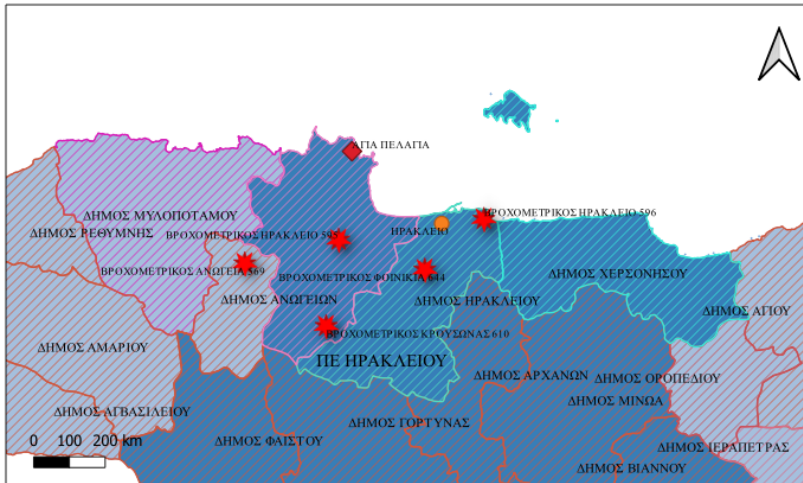
Τύπος Πλημμύρας	Ενδεικτικά Αίτια	Ενδεικτικές Επιπτώσεις
Ποτάμιες πλημμύρες	Έντονη βροχόπτωση, βροχόπτωση μακράς διάρκειας, λιώσιμο χιονιού, αστοχία αντιπλημμυρικών	Πλημμυρικά ύδατα κατά μήκος πλημμυρικών πεδίων (στάσιμα ή ρέοντα)
Παράκτιες πλημμύρες	Υψηλές παλίρροιες, καταιγίδες, τσουνάμι, συνδυασμός των παραπάνω με έντονη βροχόπτωση	Στάσιμα πλημμυρικά ύδατα κοντά στην ακτή, υποχώρηση της ακτής, υφαλμήρηση της αγροτικής γης κοντά στο παραλιακό μέτωπο
Πλημμύρες ορεινών χειμάρρων	Καταιγίδες, αστάθεια πρανών	Λασποροές, έντονη διάβρωση, ορμητικά πλημμυρικά ύδατα και μεταφερόμενο υλικό, δημιουργία αλλουβιακού ριπιδίου
Αιφνίδιες πλημμύρες σε εφήμερους χειμάρρους	Ιδιαίτερα έντονη βροχόπτωση	Έντονη διάβρωση, ορμητικά πλημμυρικά ύδατα πολλές φορές εμπλουτισμένα με εδαφικό υλικό, λασποροές
Πλημμύρες που συνδέονται με το υπεδαφικό νερό	Υψηλή στάθμη υπεδαφικού νερού, κορεσμός υδροφόρου ορίζοντα	Στάσιμα πλημμυρικά ύδατα στο πλημμυρικό πεδίο
Πλημμύρες λιμνών	Ταχεία αύξηση των υδατικών αποθεμάτων	Στάσιμα πλημμυρικά ύδατα πέραν της ακτής

Αιφνίδιες πλημμύρες σε εφήμερους
χειμάρρους



Η καταστροφή της Αγίας Πελαγίας...

Γεωμορφολογικά στοιχεία



(1) Πετρώματα σχιστόλιθοι


(2) Η έκταση της λεκάνης
3,26km²

(3) Η κύρια μισγάγγεια
2,64km

(4) Οι κλίσεις είναι μεγάλες
στα ορεινά της
λεκάνης (Βιτώρη, 2022)

Απολογισμός...

- (1) Θύματα – 2 ανθρώπινες ζωές
- (2) Καταστροφή σε κατοικίες και ξενοδοχεία
- (3) Κατολισθήσεις στο οδικό δίκτυο
- (4) Έμφραξη των αγωγών με φερτά υλικά
- (5) Όλος ο οικισμός γέμισε με λάσπες, φερτά υλικά και αντικείμενα



Πρόταση για νέα φιλοσοφία έργων στον αντιπλημμυρικό σχεδιασμό, με έργα στα ανάντη!!



ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗ

Διακινδύνευση, R

- $\{R\} = \{H\} \times \{V\}$ ή $\{R\} = \{H\} \times \{V\} \times \{C\}$
- H : κίνδυνος, πιθανότητα ...αλλάζει με κλιματική αλλαγή
- V τρωτότητα, μεταβαλλόμενο μέγεθος χαρακτηρίζει το σύστημα Υ.Π.
- C κόστος, η άλλο μέγεθος με βάση τις χρ.μονάδες

ΚΙΝΔΥΝΟΣ (HAZARD)

Ο κίνδυνος είναι ένα φυσικό φαινόμενο ή μια ανθρώπινη δραστηριότητα που μπορεί να προκαλέσει μέσα σε καθορισμένο χρονικό διάστημα επιπτώσεις στον άνθρωπο, τις υποδομές, το περιβάλλον, στην περιουσία, συμπεριλαμβανομένης της πολιτιστικής κληρονομιάς, σε συγκεκριμένη περιοχή και ορισμένη χρονική περίοδο.

Τρωτότητα

- ❑ Πολυδιάστατη έννοια
- ❑ Εκτίμηση
- ❑ Αλγεβρικοί δείκτες ή πολυκριτηριακή θεωρία

ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ (VULNERABILITY)

Τρωτότητα: Ο βαθμός στον οποίο ένα σύστημα είναι ευαίσθητο ή χωρίς δυνατότητα προσαρμογής να αντιμετωπίσει ένα φυσικό κίνδυνο, συμπεριλαμβανομένης της κλιματικής μεταβλητότητας και των ακραίων. Η ευπάθεια είναι συνάρτηση του χαρακτήρα, του μεγέθους και του ρυθμού της κλιματικής διακύμανσης στην οποία εκτίθεται ένα σύστημα, της ευαισθησίας του και της προσαρμοστικής του ικανότητας

Εάν υπάρχει ο κίνδυνος, υπάρχει και η τρωτότητα.

Οι συνιστώσες της είναι η **ευαισθησία** (sensitivity), η **προσαρμοστική ικανότητα** (adaptive capacity) και η **έκθεση** (exposure)

↓
ο βαθμός στον οποίο ένα σύστημα επηρεάζεται, είτε δυσμενώς είτε ευεργετικά, από ερεθίσματα που σχετίζονται με το κλίμα.

↓
Ικανότητα ενός συστήματος να προσαρμόζεται στην κλιματική αλλαγή για να μετριάσει πιθανές ζημιές, να εκμεταλλευτεί ευκαιρίες ή να αντιμετωπίσει τις συνέπειες.

↓
Η φύση και ο βαθμός στον οποίο ένα σύστημα εκτίθεται σε σημαντικές κλιματικές διακυμάνσεις.
(πλ. Καταγεγραμμένη ιστορική εμπειρία)

Συνιστώσες της τρωτότητας

ΕΚΘΕΣΗ



Η καταγραμμένη εμπειρία (π.χ. θάνατοι ανθρώπων η κοινωνικό –οικονομική καταπόνηση) (Marshall et al., 2010, Jun et al., 2013).

ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑ



Ο βαθμός που ένα σύστημα επηρεάζεται από διαταραχές (Weis et al., 2016).

**ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΗ
ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ**

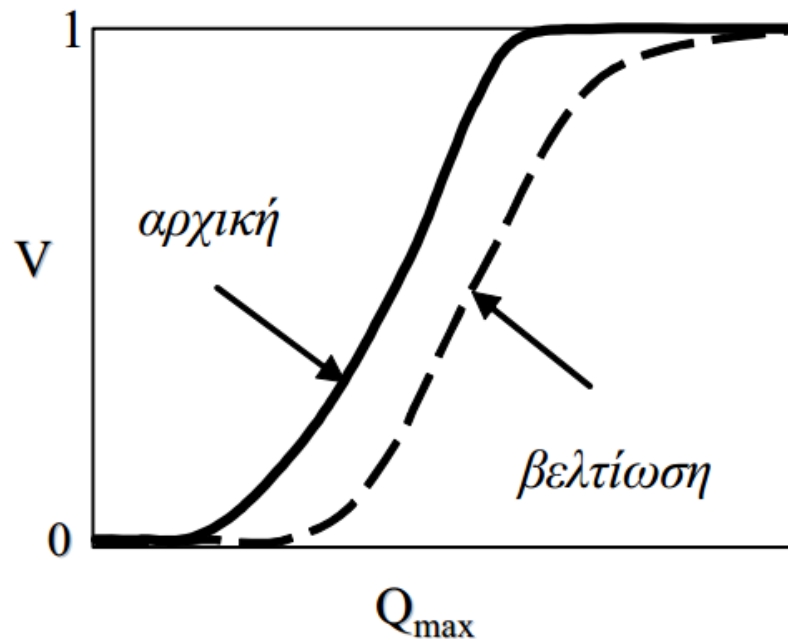



Η δυνατότητα ενός συστήματος να προσαρμοστεί στο φυσικό κίνδυνο και να διευρύνει το εύρος της μεταβλητότητας που μπορεί να αντιμετωπίσει (Jun et al., 2013).

(Spiliotis and Skoulikaris, 2021)

Τρωτότητα
εξαρτάται από το σύστημα, υποδομή αλλά και
από τις ακολοθούμενες πολιτικές

Τρωτότητα – Μέγεθος φαινομένου





Η ανάλυση της διακινδύνευσης των φυσικών κινδύνων παλαιότερα βασίζονταν αποκλειστικά στις πιθανότητες. Στις μέρες μας έχουν εισαχθεί και άλλες έννοιες/μεγέθη έτσι ώστε να δοθεί έμφαση στις επιπτώσεις των φυσικών κινδύνων στα συστήματα, ιδιαίτερα όταν η μεταβολή των χαρακτηριστικών τους συνδέεται με την κλιματική αλλαγή. Τοιουτοτρόπως, εκτός από τις έννοιες της τρωτότητας και των συνιστωσών της (ευαισθησία, έκθεση, προσαρμοστική ικανότητα), στη διεθνή βιβλιογραφία εμφανίζεται και η έννοια της ανθεκτικότητας (resilience).

Η σύνθεση της τρωτότητας με το κίνδυνο μας δίνει τη διακινδύνευση (τομή)

ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ (RESILIENCE)

Η ικανότητα ενός συστήματος, μιας κοινότητας ή μιας κοινωνίας που είναι δυνητικά εκτεθειμένη σε κινδύνους να προσαρμοστεί αντιστέκοντας ή αλλάζοντας προκειμένου να φτάσει και να διατηρήσει ένα αποδεκτό επίπεδο λειτουργίας και δομής. Αυτό καθορίζεται από το βαθμό στον οποίο το κοινωνικό σύστημα είναι ικανό να οργανωθεί για να αυξήσει την ικανότητά του να μαθαίνει από προηγούμενες καταστροφές για καλύτερη μελλοντική προστασία και να βελτιώσει τα μέτρα μείωσης των κινδύνων (UN/ISDR 2004).

Αβεβαιότητα



Μεθοδολογία για την
αξιολόγηση τρωτότητας και
την κατάρτιση των Χαρτών
“Κινδύνου: Πλημμύρας

Κίνδυνος (hazard)

Μεθοδολογία

- **Για διάφορες περιόδους επαναφοράς, T**
Υδραυλική προσομοίωση
- Με βάση την επίλυση προσδιορισμός του *κινδύνου*
- Εκτίμηση τρωτότητας (πολυπλοκότητα,
"φεύγουμε» από την αυστηρή υδραυλική.
- Σύνθεση των δύο εννοιών

HAZARD CLASSIFICATION - FLOOD RISK-with respect of the return period

- Περίοδοι επαναφοράς
- For $T = 5, 10, 20, 50, 100, 1000$ and 10000

Βάθος-ταχύτητα-κίνδυνος

$d \times (v + 0.5)$	Βαθμός κινδύνου	Περιγραφή
<0.75	Χαμηλό	Προσοχή "Ζώνη πλημμύρας με ρηχά νερά που ρέουν ή βαθιά στάσιμα νερά"
0.75-1.25	μέτριο	Επικίνδυνο για ειδικές κατηγορίες (π.χ. παιδιά) "Κίνδυνος: Ζώνη πλημμύρας με βαθιά ή ταχέως ρέοντα νερά"
1.25-2.5	Σημαντικό	Επικίνδυνο για τους περισσότερους ανθρώπους "Κίνδυνος: ζώνη πλημμύρας με βαθιά ταχέως ρέοντα νερά"
>2.5	ακραίο	Κίνδυνος για όλες τις κατηγορίες

- Ένας παράγων για τα συντρίμια μπορεί να προστεθεί για $d > 0.25$ m

Giurponi et al. (2015)

Κελί, 500×500 m

Πίνακας 5.2 : Κλάσεις κατάταξης επικινδυνότητας πλημμύρας

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

όπου : VL : verylow (πολύ χαμηλή)

L : low (χαμηλή)

M : medium (μέτρια)

H : high (υψηλή)

VH : very high (πολύ υψηλή)

Σε κάθε μια από τις πέντε κλάσεις επικινδυνότητας πλημμύρας, αποδόθηκε ένας βαθμός επιρροής (Score) σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα :

Πίνακας 5.3 : Βαθμός επιρροής επικινδυνότητας πλημμύρας

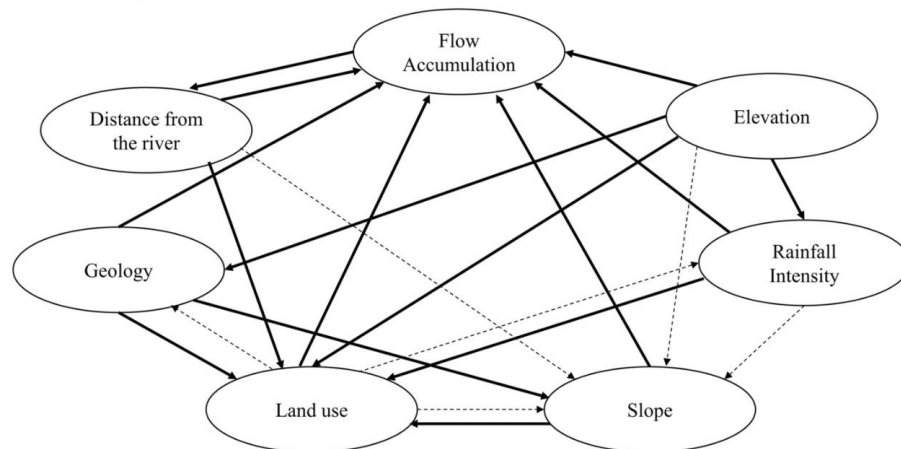
Κατηγορία Επικινδυνότητας	Score
VL - πολύ χαμηλή	0.2
L - χαμηλή	0.4
M - μέτρια	0.6
H - υψηλή	0.8
VH - πολύ υψηλή	1



κίνδυνος

- Υδρολογική και υδραυλική προσομοίωση για διάφορες περιόδους επαναφοράς
- Πρόβλημα μη ύπαρξης μετρήσεων σε πολλές περιπτώσεις του Ελληνικού χώρου για τη ρύθμιση του υδρολογικού μοντέλου.
- Εναλλακτικά ημί-ποιοτικά μοντέλα με χρήση GIS

From: A GIS-Based Flood Risk Assessment Using the Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory Approach at a Regional Scale



← Major Effect
← Minor Effect
Casual graph of hazard indicators

Efraimidou, E., Spiliotis, M. A GIS-Based Flood Risk Assessment Using the Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory Approach at a Regional Scale. *Environ. Process.* **11**, 9 (2024). <https://doi.org/10.1007/s40710-024-00683-w>

Τρωτότητα

Αποτίμηση των μέγιστων δυνητικών επιπτώσεων

- Η αποτίμηση των **μέγιστων δυνητικών επιπτώσεων** από πλημμύρα προτείνεται μέσω ενός συστήματος δεικτών για κάθε κατηγορία επίπτωσης.
- Ορίζονται 5 κλάσεις τρωτότητας, που συνεκτιμούν:
 - Επιπτώσεις στον πληθυσμό
 - Οικονομικές επιπτώσεις, (σε επίπεδο εθνικής οικονομίας)
 - Περιβαλλοντικές επιπτώσεις
 - Επιπτώσεις στην πολιτιστική κληρονομία

Τρωτότητα

Για την αποτίμηση της μέγιστης πιθανής επίπτωσης από πλυμμύρα E_k^c σε κάθε κελί αθροίζονται:

- για κάθε κατηγορία επίπτωσης οι δείκτες των επί μέρους επιπτώσεων κατά τα ανωτέρω, π.χ.

$$E_k^c = \sum E_{k_i}^c$$

- οι δείκτες των κατηγοριών επίπτωσης για τον προσδιορισμό της συνολικής έκθεσης του κελιού:

$$E_k^c = E_{kA}^c + E_{kO}^c + E_{kΠε}^c + E_{kΠΟ}^c$$

Η τιμή αυτή είναι χαρακτηριστική για το κάθε κελί. Αυτά θα πρέπει να αποτυπωθούν ψηφιακά (δεν απαιτείται η υποβολή σε έντυπη μορφή) σε θεματικό χάρτη με τη παρακάτω χρωματική διαβάθμιση:

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

Το εύρος των κλάσεων της τρωτότητας (πολύ χαμηλή, χαμηλή, μέτρια, υψηλή, πολύ υψηλή), καθορίστηκε ύστερα από αξιολόγηση των αποτελεσμάτων εκτίμησης του κινδύνου που προέκυψαν κατά την εφαρμογή στα ΥΔ GR01, 02, 03, 13 και τα ΥΔ GR11 και 12.

Ανθεκτικότητα

Μπορεί να οριστεί (Sayers et al., 2013) ως «Η ικανότητα ενός ατόμου, μιας κοινότητας, πόλης ή έθνους να αντισταθεί, να απορροφήσει ή να ανακάμψει από ένα σοκ (όπως μια ακραία πλημμύρα) και/ή να προσαρμοστεί επιτυχώς σε αντιξοότητες ή αλλαγή των συνθηκών (όπως η κλιματική αλλαγή ή μια οικονομική ύφεση) με έγκαιρο και αποτελεσματικό τρόπο»

Δείκτες Ανθεκτικότητας	
FResI	Προτάθηκε από τον Verol το 2013. Το πρόβλημα των αστικών πλημμυρών προσεγγίζεται βήμα προς βήμα εξετάζοντας τη διάγνωση της τρέχουσας κατάστασης, χρησιμοποιώντας υδροδυναμικά μοντέλα για την εκτίμηση του κινδύνου πλημμύρας με χρήση προσέγγισης πολλαπλών κριτηρίων και έναν υπολογισμό ανθεκτικότητας, στάθμιση κινδύνων στο παρόν και στο μέλλον, τροποποιημένο ή όχι από διαφορετικές εναλλακτικές σχεδιαστικές λύσεις. Αυτή η προσέγγιση, ωστόσο, είναι ενσωματωμένη πάνω από τη λεκάνη απορροής και η ανθεκτικότητα δεν χαρτογραφείται σε χωρικούς όρους
SFRESI	Προτείνεται από το συγγραφέας του άρθρου και παρέχει ένα ποσοτικό εργαλείο για την χαρτογράφηση της ανθεκτικότητας στις πλημμύρες με χωροταξικό τρόπο σε αστική λεκάνη απορροής.

1. Αντίσταση (Resistance)

Κίνδυνος (Hazard)

Έκθεση (Exposure)
(σχ. θα προτιμούσα
δάνειο από
sensitivity)

Επιδεκτικότητα (Susceptibility)



Επίπεδα
πλημμύρας

όλες οι κατοικίες
σε πλημμυρισμένη
περιοχή

κατοικίες που επηρεάζονται
άμεσα από τις πλημμύρες και
έχουν υποστεί ζημιές

2. Ανάκτηση
απωλειών
(Material Recovery)

Ετήσια
εξοικονόμηση



I_H

I_E

I_S

I_{RM}

S - FRESI

3 βασικά
κριτήρια

Διακινδύνευση (Σύνθεση)

σύνθεση

$$EπA(T)^c = Eκ^c \times BA(T)^c$$

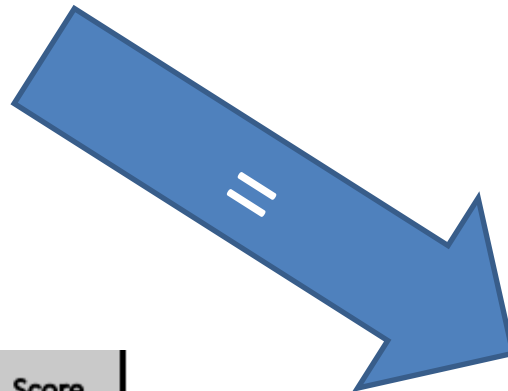
Τα παραπάνω θα αποτυπωθούν για τις τρεις περιόδους επαναφοράς σε ψηφιακούς χάρτες και αντίστοιχα σχήματα (“Αξιολόγηση Επιπτώσεων πλημμύρας”) που θα ενσωματωθούν στα παραδοτέα Τεύχη, με τη παρακάτω χρωματική διαβάθμιση. Θα αποτυπώνεται μόνο η πληροφορία που αφορά στην περιοχή που κατακλύζεται σε κάθε σενάριο.

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

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

×

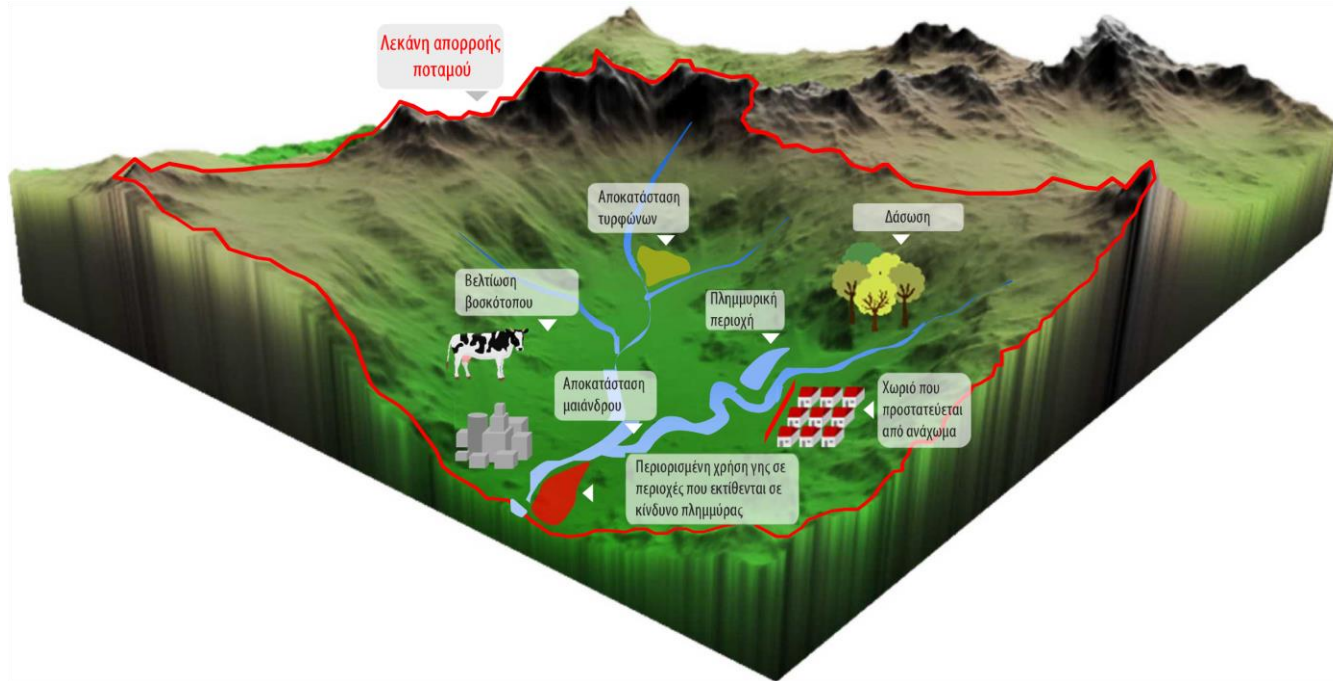
Hazard Class	Score
VL - πολύ χαμηλός	0,2
L - χαμηλός	0,4
M - μέτριος	0,6
H - υψηλός	0,8
VH - πολύ υψηλός	1



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

ΔΙΑΧΕΪΡΙΣΗ....

Διαχείριση....



«τσιτάτο»: σε επίπεδο **λεκάνης απορροής** λαμβάνοντας **υπόψη** τις πολυποκότητες και αλληλεπιδράσεις των μερών του συστήματος (**συστημική προσέγγιση**)

Διαχείριση

Μείωση κινδύνου

- Διατήρηση δασών (αύξηση διήθησης-αύξηση χρόνου συγκέντρωσης)
- Μη μπάζωμα ρεμάτων – διατήρηση πλημμυρικής κοίτης
- Έργα ορεινής υδρονομίας
- Μέριμνα σε «ιρλανδικές διαβάσεις»
- Αντιπλημμυρικά έργα

Μείωση τρωτότητας

- Σχέδια διαχείρισης πλ. Κινδύνου
- Πολιτική χρήσεων γης λαμβάνοντας υπόψη τα πλημμυρικά φαινόμενα
- Σχέδια διαχείρισης πλ. Κινδύνου
- Πολιτική ασφαλίσεων και ανάταξης μετά από μία καταστροφή

Συνδυαστικά σε επίπεδο **λεκάνης απορροής**

<https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/floods-directive-25-2018/el/>

Οι πλημμύρες αντιμετωπίζονται καλύτερα σε επίπεδο λεκάνης με μια σειρά μέτρων που περιορίζουν την απορροή, επιβραδύνουν τη ροή των ποταμών, αφήνουν τις πλημμύρες να επεκταθούν σε φυσική και γεωργική γη, προστατεύοντας τα ευάλωτα περιουσιακά στοιχεία (βλέπε μέτρα σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού στο [γράφημα 3](#)) χωρίς να επιβαρύνουν τις πλημμύρες κατάντη, όπως απαιτεί η οδηγία για τις πλημμύρες (βλέπε προσέγγιση για την αποφυγή των πλημμυρών κατάντη στο [γράφημα 4](#)).

ορολογία

- Οι **πράσινες και γκρίζες υποδομές**, όπως περιγράφεται στη συνέχεια, μπορούν να χρησιμοποιηθούν συνδυαστικά για την επίλυση προβλημάτων πλημμυρών σε κλίμακα λεκάνης απορροής ποταμού, όπως απεικονίζεται και στα **γραφήματα 3** και **4**.
- Οι παραδοσιακές λύσεις προστασίας από τις πλημμύρες περιλαμβάνουν φράγματα, αναχώματα, κανάλια, μέτρα προστασίας από κύματα θεύλλης και, εν γένει, φραγμούς²⁵. Λόγω του ότι συνήθως κατασκευάζονται από σκυρόδεμα, οι εν λόγω τεχνικές ονομάζονται **γκρίζες υποδομές (μειώνεται το hazard)**.
- Οι πλημμυρικές περιοχές, οι υγρότοποι ή η επαναδιάνοιξη των μαιάνδρων των ποταμών μπορούν να μειώσουν τον αντίκτυπο των πλημμυρών (**μειώνεται το hazard**). Οι λύσεις αυτού του είδους ονομάζονται **πράσινες υποδομές**. Σύμφωνα με το άρθρο 7 της οδηγίας για τις πλημμύρες, τα ΣΔΚΠ πρέπει να λαμβάνουν υπόψη περιοχές με δυνατότητα συγκράτησης των πλημμυρών, όπως οι φυσικές πλημμυρικές περιοχές.
- **16** Εκτός από τις γκρίζες και πράσινες δομικές υποδομές (βλέπε **παράρτημα I**), υπάρχουν και άλλες λύσεις που μπορούν να μειώσουν την έκθεση των ανθρώπων και των περιουσιακών στοιχείων στις πλημμύρες. Σε αυτές περιλαμβάνονται ο προγραμματισμός της χρήσης γης²⁶, δραστηριότητες ευαισθητοποίησης²⁷ και η ασφάλιση, τα οποία αποκαλούνται **μη δομικά μέτρα ((μειώνεται η τρωτότητα)**.

Αποτροπή επιδείνωσης κατάντη

Απεικόνιση προσέγγισης για την αποφυγή πλημμύρας κατάντη

Αρχική κατάσταση:
Πλημμύρα του
χωριού ανάντη



Νέα αναχώματα
που προστατεύουν
το χωριό ανάντη,
αλλά δημιουργούν
πλημμύρα του
χωριού κατάντη



Νέο ανάχωμα που
συμπληρώνεται με
πόλντερ, το οποίο
προστατεύει
αμφότερα τα χωριά,
ανάντη και κατάντη



Πλαίσιο 12

Συνδυασμός γκριζών και πράσινων τεχνικών στην Ισπανία

Η φάση I του έργου που επισκεφθήκαμε ξεκίνησε την περίοδο 2007-2013 με τη διοχέτευση ποταμού χρησιμοποιώντας μια παραδοσιακή ορθογώνια διάταξη διευθέτησης από σκυρόδεμα.

Στη φάση II του έργου (2014-2020), οι αρχές διέυρυναν την κοίτη του ποταμού χρησιμοποιώντας τεχνικές βιολογικής μηχανικής. Διατηρώντας την ίδια υδραυλική ικανότητα, το τμήμα προσέγγιζε τη φυσική μορφολογία του ποταμού, μειώνοντας την ανάγκη καθαρισμού του καναλιού και επιτρέποντας στο νερό να ρέει ευκολότερα στις περιοχές φυσικής συγκράτησης των υδάτων. Το έργο συμβάλλει στην αποκατάσταση της παρόχθιας βλάστησης σύμφωνα με την οδηγία-πλαίσιο για τα ύδατα. Περιλαμβάνει τμήμα ποταμού που είναι εύκολα προσπελάσιμο από τους ανθρώπους, οι οποίοι μπορούν με τον τρόπο αυτό να διαπιστώσουν τα πλεονεκτήματα της λύσης.

“προμοταρισμα»
(προβάδισμα)
στην πράσινη
υποδομή



Σύγκριση διαχείρισης υδατικών πόρων με την αντιπλημμυρική προστασία

Πλαίσιο 11

Αντιπλημμυρικά έργα που θέτουν σε κίνδυνο τη συμμόρφωση με την οδηγία-πλαίσιο για τα ύδατα στη Βουλγαρία

Δεν είχαν διενεργηθεί εκτιμήσεις περιβαλλοντικών επιπτώσεων για τα τρία έργα ποταμού που επισκεφθήκαμε.

Σε ένα έργο, περίπου 8 χιλιόμετρα κοίτης ποταμού ήταν καλυμμένα με σκυρόδεμα. Αυτή η αλλαγή στην κοίτη του ποταμού επηρέαζε την «καλή κατάσταση» του ποταμού, όπως απαιτείται στην οδηγία-πλαίσιο για τα ύδατα. Εντοπίσαμε έναν αγρό ανάντη της παρακείμενης πόλης που θα μπορούσε να εννοηθεί ως φυσικό μέτρο συγκράτησης.

Ποταμός στη φυσική του κατάσταση



Ποταμός μετά το έργο



Αντίλογος, για κάποιες περιπτώσεις

- Σε μεγάλες πόλεις με πυκνή δόμηση, σε περιοχές με μεγάλη αξία γης (τουριστική χρήση, αρδευτικές εκτάσεις με μεγάλη απόδοση), σε περιοχές που έχουν υπάρξει νεκροί → σε κλασικά έργα Πολιτικού μηχανικού (γκρίζα υποδομή)
- Π.χ. «Στον Κηφισό δεν μπορούν να εφαρμοστούν όσα ισχύουν σε άλλες ευρωπαϊκές πόλεις, γιατί ο Κηφισός έχει πολύ μικρή διατομή, βρίσκεται εντός αστικού ιστού και ένα μεγάλο μέρος του είναι κλειστό.»



Μείωση τρωτότητας

Γράφημα 8

Περίπτωση απαλλοτριώσης στον νότο της Ισπανίας

Προτέρα κατάσταση



Μετά το έργο



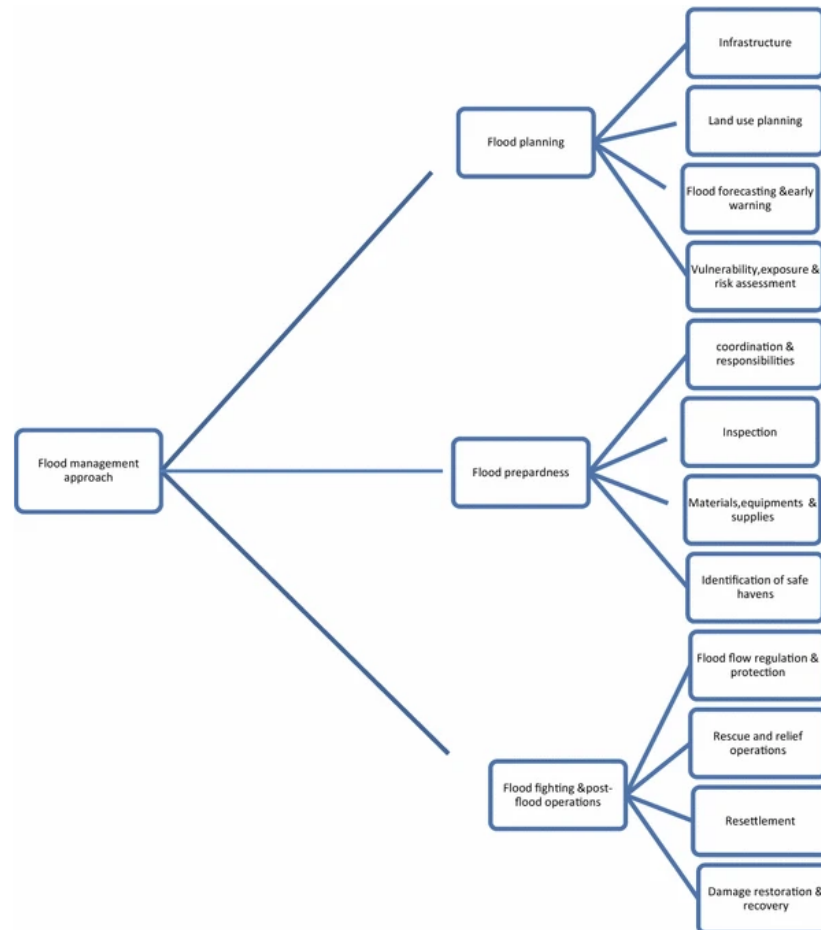
□ Περιοχές όπου κατεδαφίστηκαν κατασκευές

Πηγή: ΕΕΣ, σύμφωνα με το Υπουργείο Γεωργίας και Αλιείας, Τροφίμων και Περιβάλλοντος της Ισπανίας.

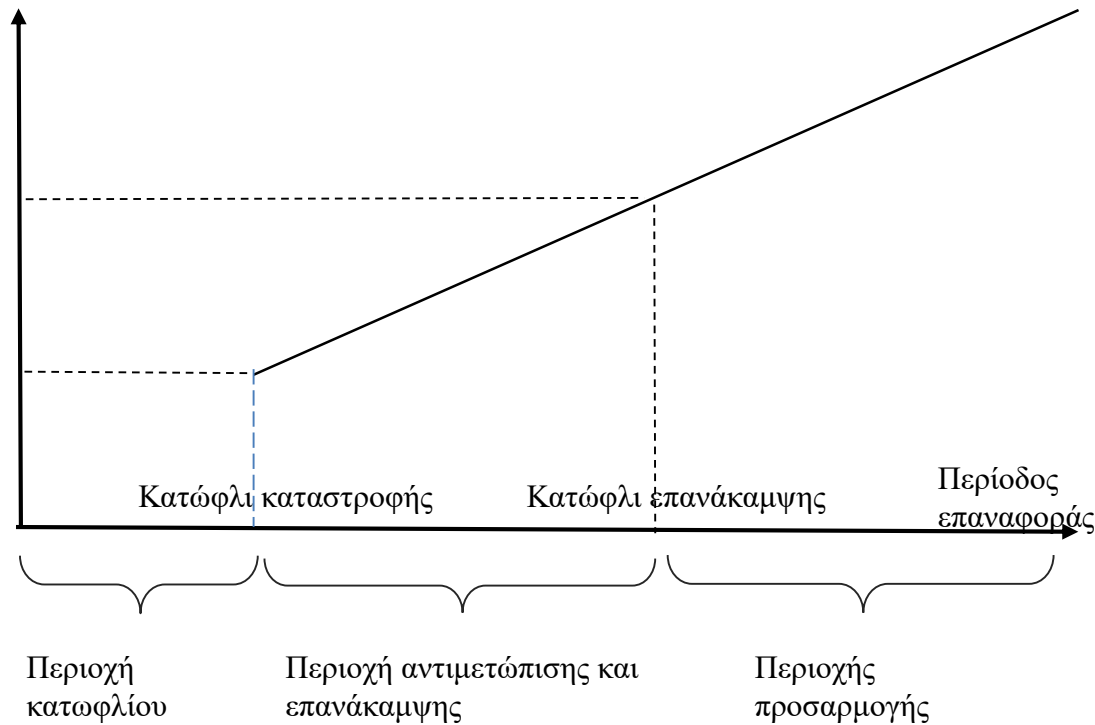
Πρόβλημα με τις αξίες
της γης και τις
κοινωνικές αντιδράσεις

Εναλλακτική
κατάταξη μέτρων
Μείωση (συνολικής)
διακινδύνευσης

Από: Επισκόπηση των μεθόδων αξιολόγησης τρωτότητας από τις πλημμύρες



Διακινδύνευση – μπορεί να βελτιωθεί



Μετριασμός της διακινδύνευση

G. Tsakiris: Flood risk assessment

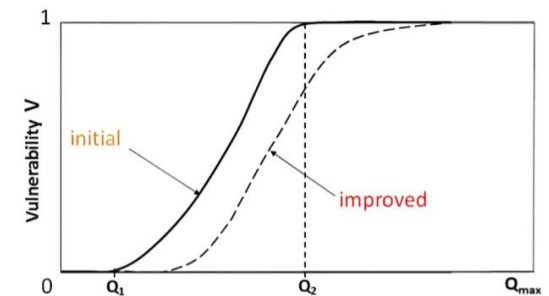


Figure 1. The vulnerability of a system (initial and improved) as a function of the magnitude of the phenomenon.

Κατάταξη μέτρων ανάλογα με το χρονικό ορίζοντα που λαμβάνονται

Συστατικό	Τύπος	χρόνος	Αβεβαιότητα κινδύνου
Ικανότητα κατωφλίου	Αποτροπή ζημιάς	παρελθόν	χαμηλή
Ικανότητα αντιμετώπισης	Μείωση ζημιών	άμεσα	χαμηλή
Ικανότητα επαναφοράς	Αντίδραση στις ζημιές	άμεσα / μέλλον	Χαμηλή?
Ικανότητα (μελλοντικής) ευελιξίας	Προσαρμογή ζημιών	μέλλον	υψηλή

Graaf, 2008

Σχόλιο: Υπάρχει μία σύγχυση στην ορολογία. Στη έξοχη δημοσίευση του Graaf, 2008 τα κατασκευαστικά μέτρα αναφέρονται στην τρωτότητα. Ωστόσο τα κατασκευαστικά μέτρα περιορίζουν το hazard μεταβάλουν δηλαδή τα χαρακτηριστικά της ροής

	Πιθανά μέτρα (μερικά) για τη μείωση της διακινδύνευση σε πλημμύρα σε αστικές περιοχές	
Ικανότητα κατωφλίου (αποφυγή ζημιών)	Βελτίωση αναχωμάτων	Μείωση hazard
	Βελτίωση διοχετεύτηκες ικανότητας ποταμού	
	Υπόγειοι αγωγοί ομβρίων	
	Βελτίωση υπάρχοντος δικτύων	
	Κατάλληλη χρήση της γης	
Ικανότητα ζημιών (μείωση ζημιών)	Ύψωση βασικής υποδομής	Μεικτό
	Νομοθετική χωροταξική παρέμβαση σε περιοχές που πλημμυρίζουν	
Ικανότητα ζημιών (μείωση ζημιών)	δημόσιες υπηρεσίες και προμήθειες υποδομής για ενέργειες έκτακτης	Μείωση τρωτότητας
	Υπηρεσίες εκκένωσης και διάσωσης	
	Σχέδια έκτακτης ανάγκης και έγκαιρη προειδοποίηση για πλημμύρες	
	Βελτιωμένη επικοινωνία κινδύνου στους κατοίκους	
Ικανότητα ανάκαμψης (αντίδραση στις ζημιές)	ΑΣΦΑΛΙΣΗ	μεικτό
	Ταμεία καταστροφών	
	Δημιουργία οργανώσεων αντιμετώπισης πλημμυρών	
	Αναγέννηση του περιβάλλοντος	
	Ανακατασκευή κατεστραμμένων χώρων	
	Ταμείο χρηματοδότησης	
	Δημιουργία οργανισμών	
	Ανάκαμψη αναδημιουργία περιβάλλοντος (π.χ. επαναδημιουργία υδατορευμάτων)	
	Ανακατασκευή κατεστραμμένων χώρων	
Προσαρμογή σε μελλοντικές συνθήκες	Ολοκληρωμένος χωροταξικός σχεδιασμός με τη συμπερίληψη του πλημμυρικού κινδύνου	Μεικτό

Πτυχές της τρωτότητας που δε
λαμβάνονται υπόψη στα σχέδια
διαχείρισης πλημμυρών

...

Πτυχές της **τρωτότητας** που δε λαμβάνονται υπόψη στα σχέδια διαχείρισης πλημμυρών

- Τυπολογία κτιρίων (δομικά υλικά, ύψος κτιρίων, υπόγειο)
- Ευπαθείς ομάδες (ηλικίες <12 & ηλικίες >60, άτομα με κινητικά προβλήματα, επίπεδο μόρφωσης)
- Δυνατότητα επανάκαμψης (δυνατότητα αποζημιώσεων, δανείων κλπ)
- Εισόδημα των κατοίκων
- Δυνατότητα συστήματος υγείας

FOCUS σε επιλεγμένα **μέτρα-**
εναλλακτικές
-καλές πρακτικές

Καλές Πρακτικές

- Διαχείριση της συνολικής λεκάνης – Έργα ορεινής υδρονομίας
- Στόχος η διατήρηση των φυσικών ρεμάτων – Διευθέτηση με υλικά φιλικά στο περιβάλλον
- Αποφυγή κλειστών αγωγών και κυρίως δίδυμων αγωγών
- Αποφυγή στενώσεων σε διαβάσεις και αλλαγών κατεύθυνσης με μικρές ακτίνες καμπυλότητας
- Λεκάνες καταστροφής ενέδρειας
- Ενημέρωση/ εγρήγορση των κατοίκων για τους κινδύνους και την ενεργό συμμετοχή του
- Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης
- Απαγωγή ομβρίων φυσικών λεκανών ανάντη οικισμών

Δυσκολίες υλοποίησης αντιπλημμυρικών Έργων

- Έργα μεγάλου κόστους κατασκευής
- Μεγάλο κόστος υπελλοτριώσεων
- Δεν έχουν «αίγλη» - Είναι χρήσιμα έργα μόνο σε σημαντικά γεγονότα απορροής
- Μεγάλη γραφειοκρατία (κυρίως για συγχρηματοδοτούμενα έργα)
- Τα ...βιλαέτια αδειοδότησης
- Σύγκρουση με στόχους της διαχείρισης ΥΠ

Καλές πρακτικές (2)

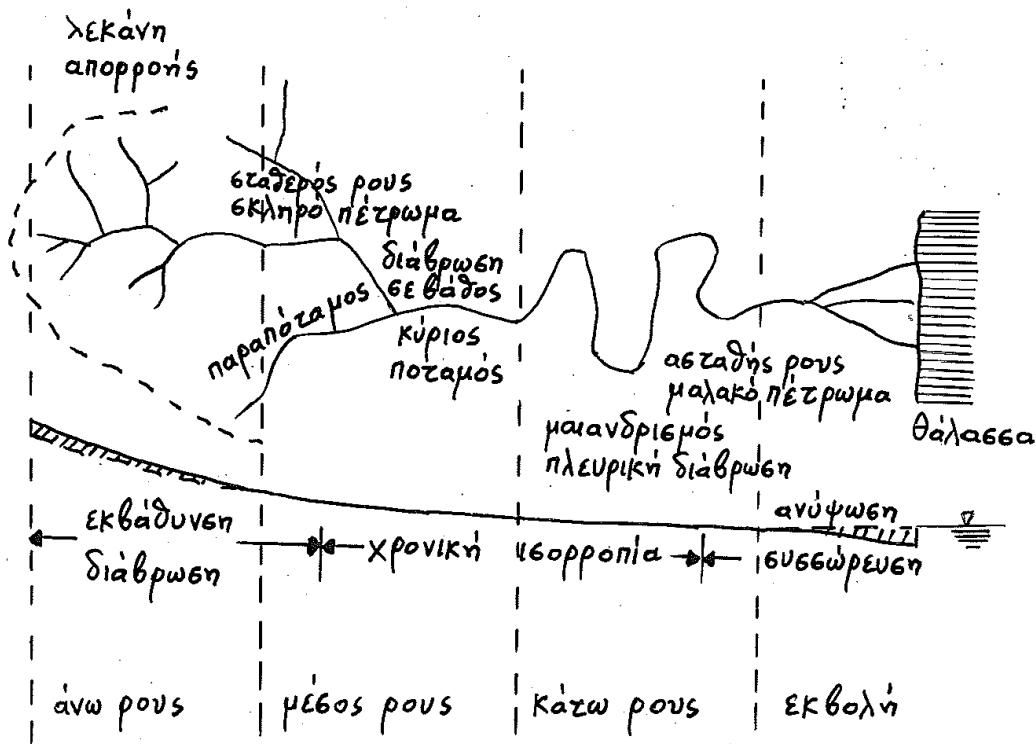
- Ανάγκη μετρήσεων
- Διατήρηση και αποκατάσταση κοίτης ανοικτών ρεμάτων

Έργα ορεινής υδρονομίας
(πλήρης εγκατάλειψη...)

Ποτάμι: ζωντανός οργανισμός

6

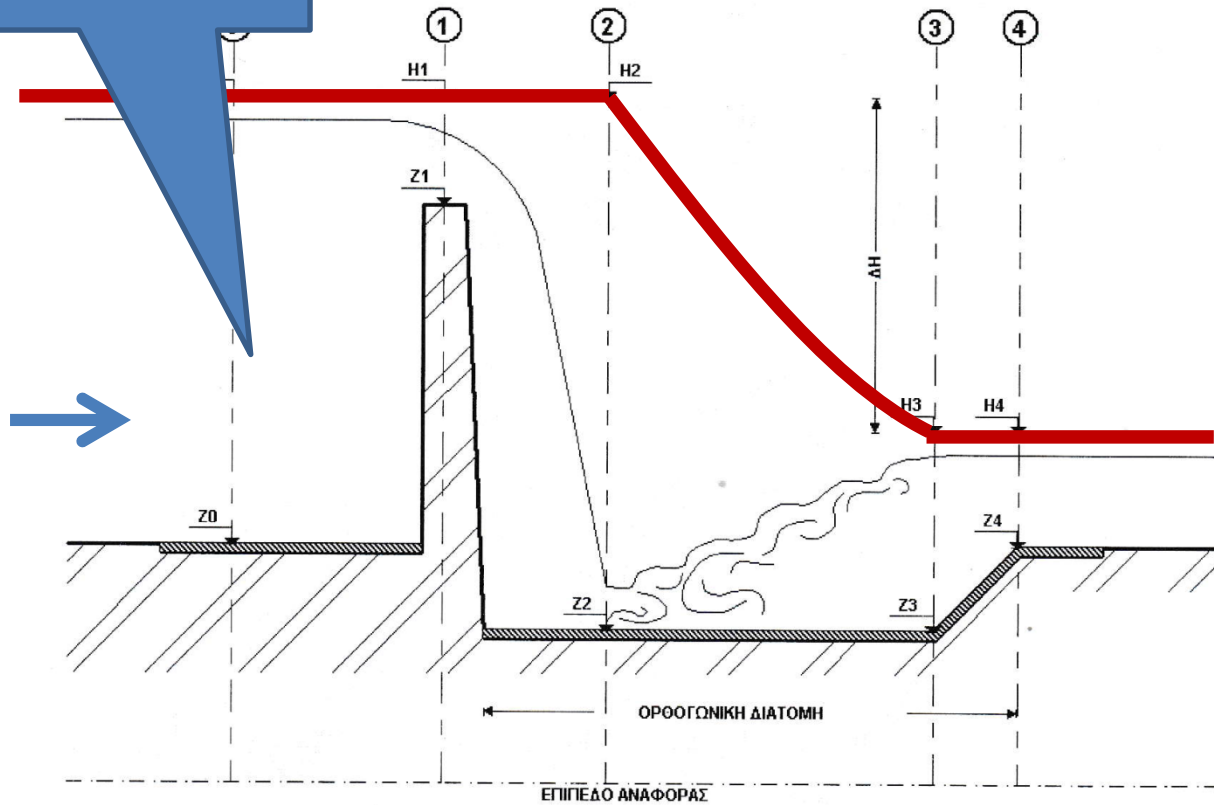
Ρους ενός ποταμού



Χρυσάνθου, 2014

Αναβαθμός συγκράτησης φερτών υλικών

Παγίδευση φερτών: όμως σήμερα δεν καθαρίζονται



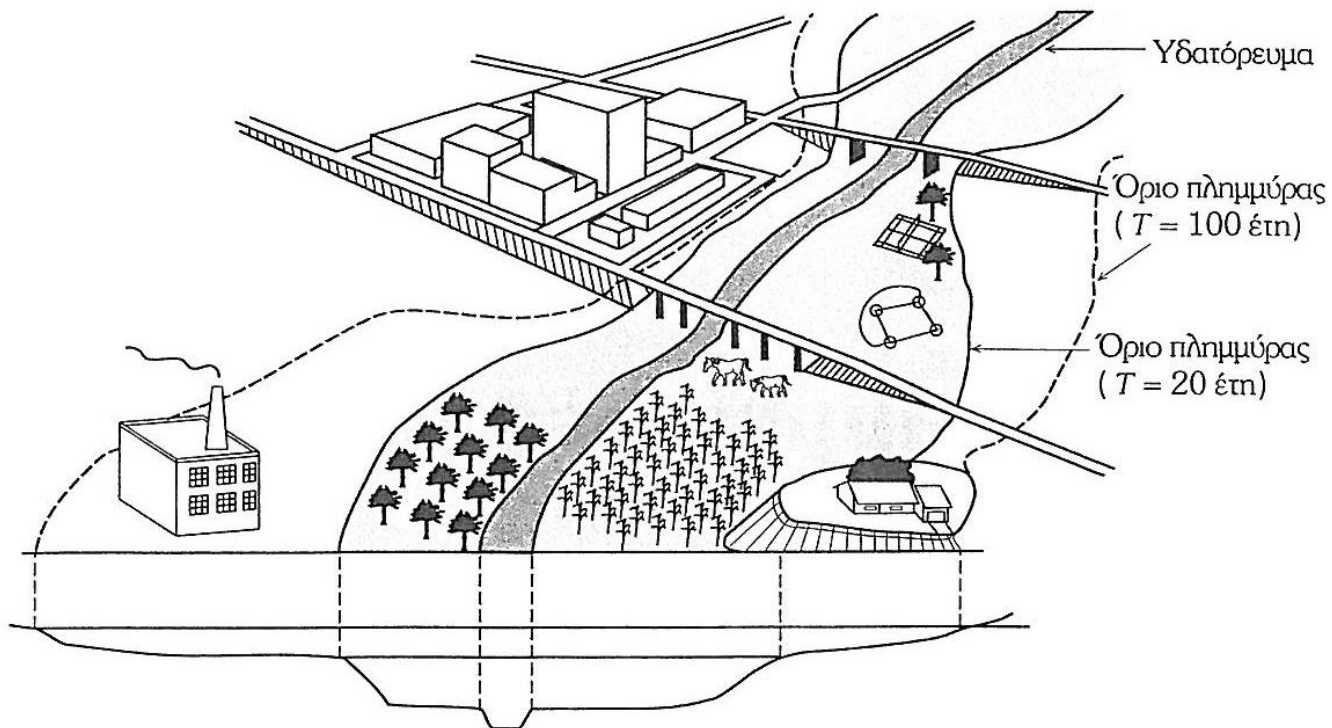
Πολλαπλή σκοπιμότητα αναβαθμών

- **Παγίδευση φερτών**
- Αναβαθμοί: ακόμη και όταν μπαζωθούν ή έστω και με ετήσιο καθαρισμό θα έχουν μειώσει την **κλίση** → μείωση ταχύτητας → μείωση φερτών
- Μείωση ταχυτήτων → ευεργετικά αποτελέσματα στη διόδευση (μείωση και υστέρηση αιχμής)
- Σειρά κατασκευής: από κατάντη σε ανάντη

Αποκατάσταση υδάτινων σωμάτων

Προς σκέψη.... Για τον πολεοδομικό

402



Σχ. 11.1: Όρια πλημμυρών ορισμένης περιόδου επαναφοράς.

Πολεοδομικός σχεδιασμός και πλημμυρικά φαινόμενα

- Εναλλακτικές σχεδιαστικές ζώνες
- Η αμερακανική πρακτική στη Μινнесότα είναι να χαράζει την πλημμυρική διόδευση περιόδου επαναφοράς 100 ετών και να χωρίσει την υδάτινη δίοδο σε μια διόδευση πλημμύρας (κύριος αγωγός και άκρα) και μια πλημμυρική κοίτη στις παρυφές της (κατά κύριο λόγο νεκρού όγκου νερού).
- Μόνον αγροκτηνοτροφικές και ψυχαγωγικές / αθλητικές δραστηριότητες επιτρέπονται στη διόδευση πλημμύρας και η ανάπτυξη στις παρυφές της πλημμυρικής κοίτης είναι θέμα προς διαπραγμάτευση. Η αυστραλιανή πολιτική είναι περισσότερο ευέλικτη με σκοπό τον περιορισμό του αντικτύπου και των εμποδίων κατά την πλημμύρα. Λαμβάνονται υπόψη κοινωνικοί, οικονομικοί, οικολογικοί και υδρολογικοί παράγοντες. Στη νότια Νέα Ουαλία προέκυψε ένα πολύτιμο κριτήριο για την απόφαση των επιτρεπόμενων αναπτύξεων σε όρους βάθους νερού και ταχύτητας ροής.
- Έτσι, με βάση τις υπάρχουσες εμπειρίες, υιοθετήθηκε μια μέθοδος για να ορίσει τις παρακάτω διαφορετικές ζώνες:
 - (a) *Υδάτινη δίοδος.* Καμία επιτρεπόμενη ανάπτυξη εκτός από ενδεχόμενα έργα αναβάθμισης του αγωγού.
 - (b) *Παραποτάμια πλημμυρική κοίτη.* Ανάπτυξη μόνον αν είναι επωφελής και αποδεδειγμένα με μη ανεπιθύμητες επιπτώσεις κατά μήκος του ποταμού
 - (c) *Παρυφές πλημμυρικής κοίτης.* Ανάπτυξη με εργολαβικό κίνδυνο.
- Οριοθετήσεις των διαφορετικών ζωνών μπορούν να βασιστούν στα ακόλουθα:

Κύριο υδατόρευμα

(a) Υδάτινη δίοδος: οριοθετημένη είτε

- (i) από κάλυψη από κοινή ροή π.χ. για περίοδο επαναφοράς 100 ή λιγότερων ετών, ή
- (ii) από 90% της πλημμύρας με περίοδο επαναφοράς 50 ετών, ή
- (iii) από ταχύτητα ροής μεγαλύτερη από 1m/s, ή
- (iv) από βάθος μεγαλύτερο από 1 m, ή
- (v) από έναν συνδυασμό των (i), (iii) και (iv) δίνοντας έναν δείκτη κινδύνου πλημμύρας 2 ή μικρότερο.

πλημμυρική κοίτη

- (α) Παραποτάμια πλημμυρική κοίτη: έξω από τα όρια της υδάτινης διόδου, αλλά οριοθετημένη είτε
- (i) από πλημμύρα συχνότητας 25-ετών, ή
 - (ii) από 95% της πλημμύρας με περίοδο επαναφοράς 50 ετών, ή
 - (iii) από ταχύτητα ροής μεγαλύτερη από 0.5m/s, ή
 - (iv) από βάθος μεγαλύτερο από 0.5 m, ή
 - (v) από έναν συνδυασμό των (i), (ii) και (iv), π.χ. με έναν δείκτη κινδύνου πλημμύρας 1 ή μικρότερο.

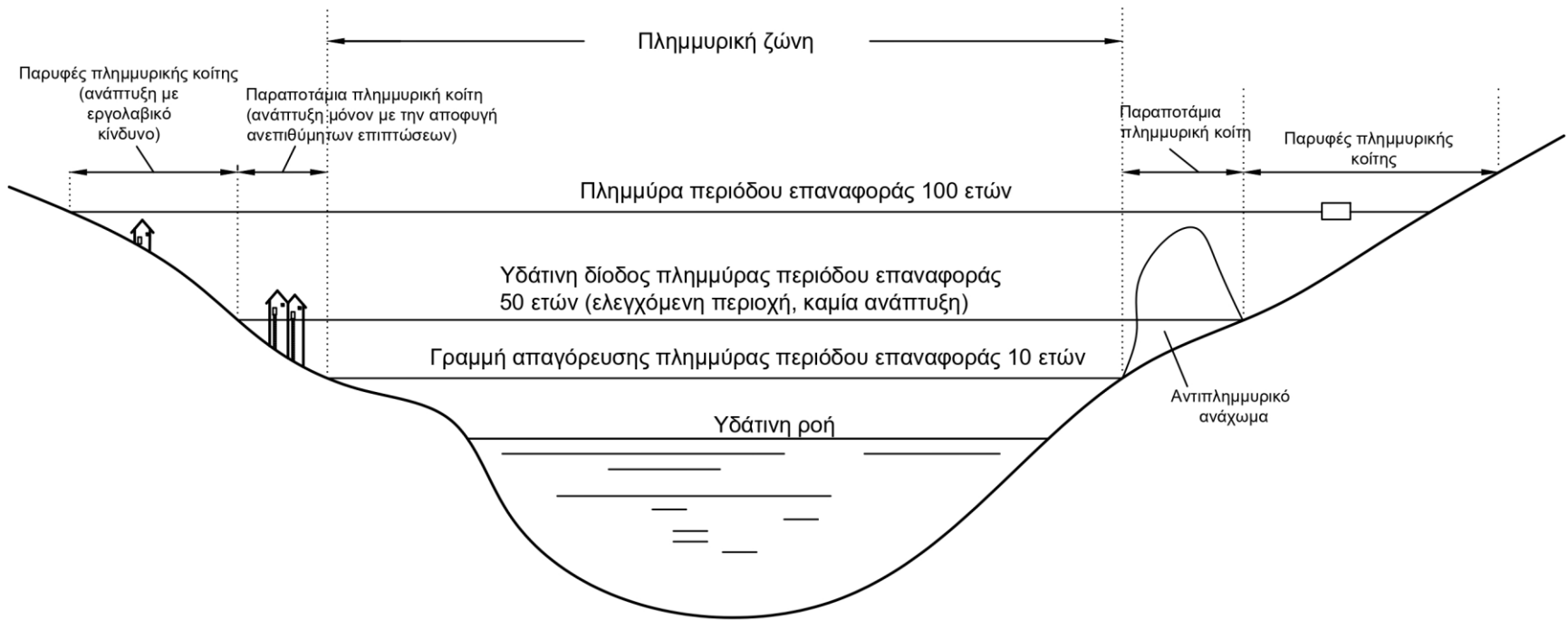
(a) Παρυφές πλημμυρικής κοίτης: έξω από τα όρια της παραποτάμιας πλημμυρικής κοίτης, αλλά οριοθετημένα είτε

(i) από πλημμυρική διόδευση περιόδου επαναφοράς 50 ή 100-ετών, ή

(ii) από μη ρυπαντική πηγή.

•

•



Stephenson D 2002 Integrated flood plain management strategy for the Vaal. [Urban Water](#) 4(4) 423-428

- Η σχεδιασμένη υδάτινη δίοδος θα πρέπει να είναι η ζώνη, μέσα στην οποία απαγορεύεται η όποια επικίνδυνη ανάπτυξη ή η ανάπτυξη που δημιουργεί εμπόδια. Η προτεινόμενη απαγορευτική γραμμή, κάτω από την οποία οποιαδήποτε ανάπτυξη απαγορεύεται, βασίζεται σε έναν δείκτη επικινδυνότητας, πάνω από 2. Η οριοθέτηση βασίζεται στη διόδευση πλημμύρας με περίοδο επαναφοράς 10 ετών. Σε περίπτωση χρήση μιας μικρότερης περιόδου επαναφοράς (π.χ. 1-έτους), οι εργολάβοι θα εκτίθονταν σε μεγαλύτερο κίνδυνο. Η αξία της πρόσθετης γης, που είναι έτσι διαθέσιμη, μπορεί να εκτιμηθεί. Μπορεί να δειχτεί ότι η αξία της πρόσθετης γης που γίνεται έτσι διαθέσιμη, είναι μεγαλύτερη από το κόστος επιπτώσεων πρόσθετης πλημμύρας για δόμηση με πασσάλους.
- Οι εργολάβοι ίσως προτείνουν την αλλαγή των πλημμυρικών διοδεύσεων πάνω από την παραποτάμια πλημμυρική κοίτη, για παράδειγμα αντικαθιστώντας εξωτικά μαστιχόδεντρα με γηγενείς θάμνους ή αλλάζοντας το μέγεθος της περιοχής, αλλά θα έχουν την υποχρέωση να αποδείξουν ότι αυτή θα είναι επωφελής από οικονομική, κοινωνική, περιβαλλοντική, ποιότητας νερού και υδρολογική άποψη. Αυτό μπορεί να τους ενεργοποιήσει, ώστε να θελήσουν να δημιουργήσουν ανάπτυξη σε ακόμη μεγαλύτερη επιφάνεια. Προτείνεται πλημμυρική διόδευση περιόδου επαναφοράς 50 ετών για το ανώτερο όριο παραποτάμιας πλημμυρικής κοίτης. Δεν θα ήταν δέον οι στάθμες ορόφων κτηρίων να είναι χαμηλότερες από τα επίπεδα της πλημμυρικής διόδευσης περιόδου επαναφοράς 50 ετών, καθώς το κόστος επιπτώσεων πρόσθετης πλημμύρας θα μπορούσε να γίνει εκτεταμένο και η επίδραση στο εφεδρικό νερό θα ήταν μεγαλύτερη. Επομένως, εκτός από την επιφανειακή ανάπτυξη, π.χ. δρόμοι, περιοχές ανάπλασης ή έδαφος, τα κτίρια θα έχουν ανυψωμένους ορόφους, μέχρι 3m, ή ψηλότερα όταν οι συνέπειες της πληγείσας από πλημμύρα περιοχής αναμένονται μεγαλύτερες.
-
- Η πλημμυρική κοίτη στις παρυφές (μεταξύ των διοδεύσεων πλημμύρας περιόδου επαναφοράς 50 ή 100 ετών) μπορεί να αναπτυχθεί με ακόμη μεγαλύτερη ένταση και η ανάπτυξη δεν μπορεί να απαγορευθεί εκεί, από τη στιγμή που εργολάβοι και ιδιοκτήτες έχουν επίγνωση και ευθύνονται για το κόστος κινδύνου πλημμύρας, κάτι που θα πρέπει τονίζουν γραπτώς. Οι διοδεύσεις πλημμύρας θα πρέπει να υποδεικνύονται σε όλα τα αναπτυξιακά σχέδια, καθώς επίσης και για τα επίπεδα στάθμης των ορόφων κτιρίων. Ο δείκτης κινδύνου είναι χαμηλός και η επίδραση στο εφεδρικό νερό είναι επίσης αμελητέα στην περίπτωση ανάπτυξης στις παρυφές της πλημμυρικής κοίτης. Σε όλες τις περιπτώσεις, η ευθύνη απαιτεί νομική γνώμη και θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κόστη ασφάλειας έναντι κινδύνων.

Παράδειγμα Λευκωσίας ... ζώνη προστασίας

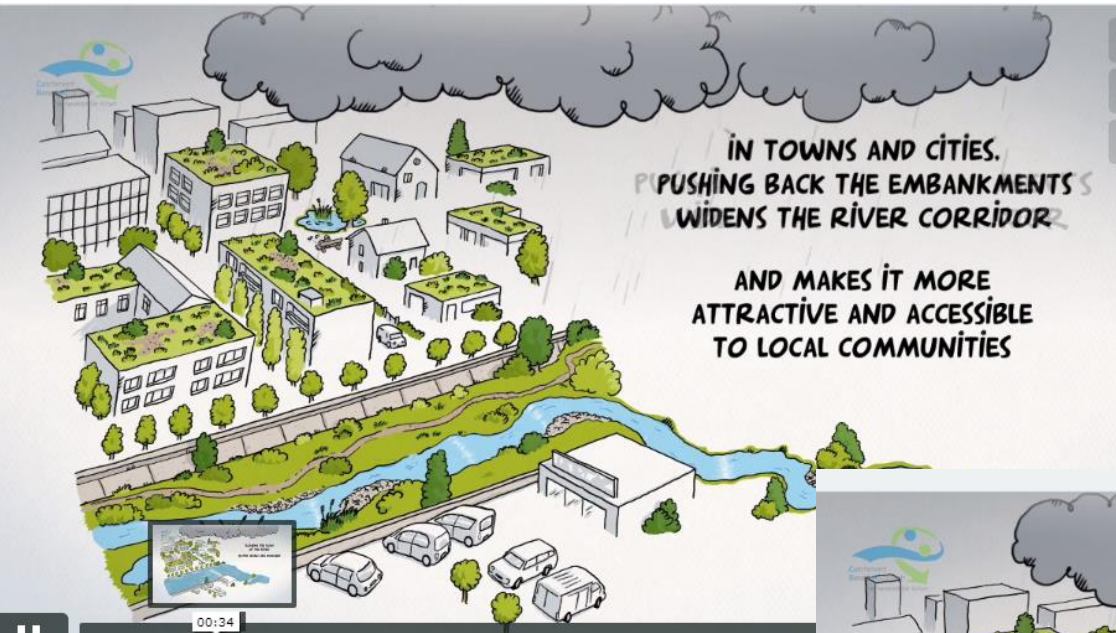
- Ο π. Πεδιαίος, στο τμήμα που αντιστοιχεί στη ΠΔΣΚΠ C01, εξασφαλίζει σήμερα ικανοποιητική προστασία έναντι πλημμύρας 20ετίας, σε όλο σχεδόν το μήκος των 25 km, εκτός από κάποια σχετικά λίγα τμήματα όπου συμβαίνουν υπερχειλίσεις.
- Αποκατάσταση υδάτινων σωμάτων



Παράδειγμα Λευκωσίας ... ζώνη προστασίας

- Στη ζώνη προστασίας του ποταμού στις περιοχές των Δήμων Λακατάμειας, Στροβόλου και Λευκωσίας έχει κατασκευαστεί το Γραμμικό Πάρκο του Πεδιαίου το οποίο πλημμυρίζει σε κάποια τμήματά του στην πλημμύρα 20ετίας. Η κατασκευή του ταμιευτήρα Ταμασσού στο ανάντη όριο του τμήματος ενδιαφέροντος προσφέρει σημαντική προστασία στις κατάντη περιοχές, το επίπεδο της οποίας αυξάνεται όσο μεγαλύτερος είναι ο διαθέσιμος όγκος για αποθήκευση νερού κατά την περίοδο πριν την έναρξη των βροχοπτώσεων.

<https://vimeo.com/174936098?ref=fb-share&1>

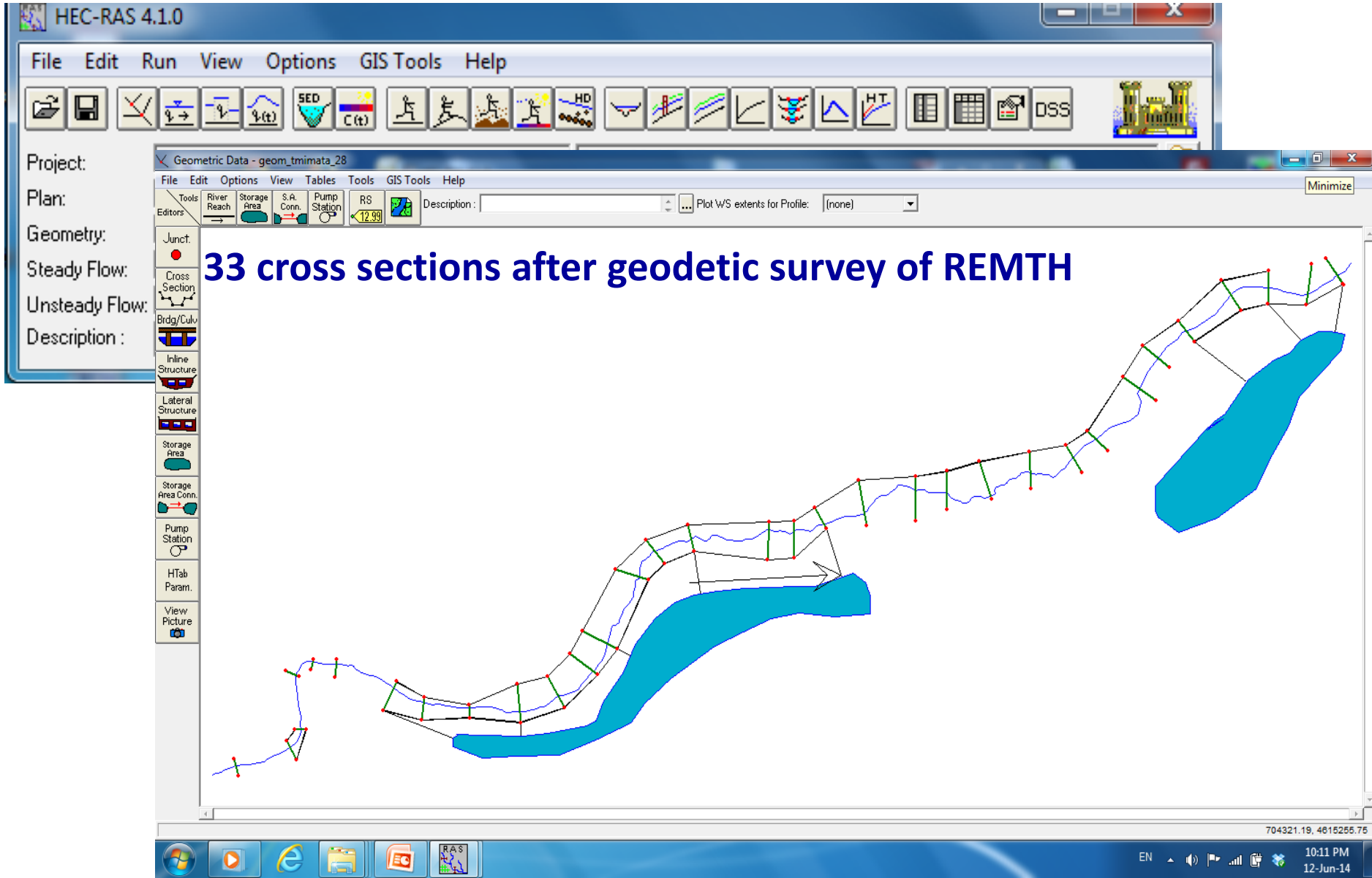


Παράδειγμα ποτάμιας πλημμύρας

ARDA ποταμός-διασυνοριακός



Από εργασία των Καθηγητών Π. Αγγελίδη, Φ. Μάρη και
του Ομότιμου Καθηγητή Ν.Κωστοβίνου



St. Venant's 1D equations

$$\text{Momentum: } \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} + g(s - s_f) = 0$$

$$\text{Continuity: } T_w \frac{\partial h}{\partial x} + u T_w \frac{\partial h}{\partial x} + A \frac{\partial u}{\partial x} = 0$$

Ormenio

Dikaia

Yenikadin

Edirne

Base flow T=100 years
 Qmax at Therapio =1961 m3/s
 Qmax at confluence =955.8 m3/s
 Qmax overflow total=1006 m3/s
 Qmax overflow south of Kastanies=847 m3/s

Dilofos

MARITZA

Marasia

EVROS

Karaagaç

Kastanies

REGION I
 FLOODS NORTH OF ARDA
 LEFT LEVEL

Spileo

Arzos

Plati

Rizia

REGION III
 FLOODS SOUTH-EAST OF
 ARDA RIGHT LEVEL,
 DOWNSTREAM KASTANIES UP
 TO CONFLUENCE WITH
 MARITZA

Elea

Keramos

Komara

Fylakio

REGION II
 FLOODS SOUTH OF
 ARDA RIGHT LEVEL

Therapio Kyprinos

Nea V

NEA VYSSA

Sterna

Kavyli

Sakkos

Valtos

ORESTIADA

Neochori

Zoni Chelidona

© 2014 Google

© 2014 Basarsoft

Image © 2014 DigitalGlobe

Image © 2014 CNES / Astrium

Patagi

Ampelakia

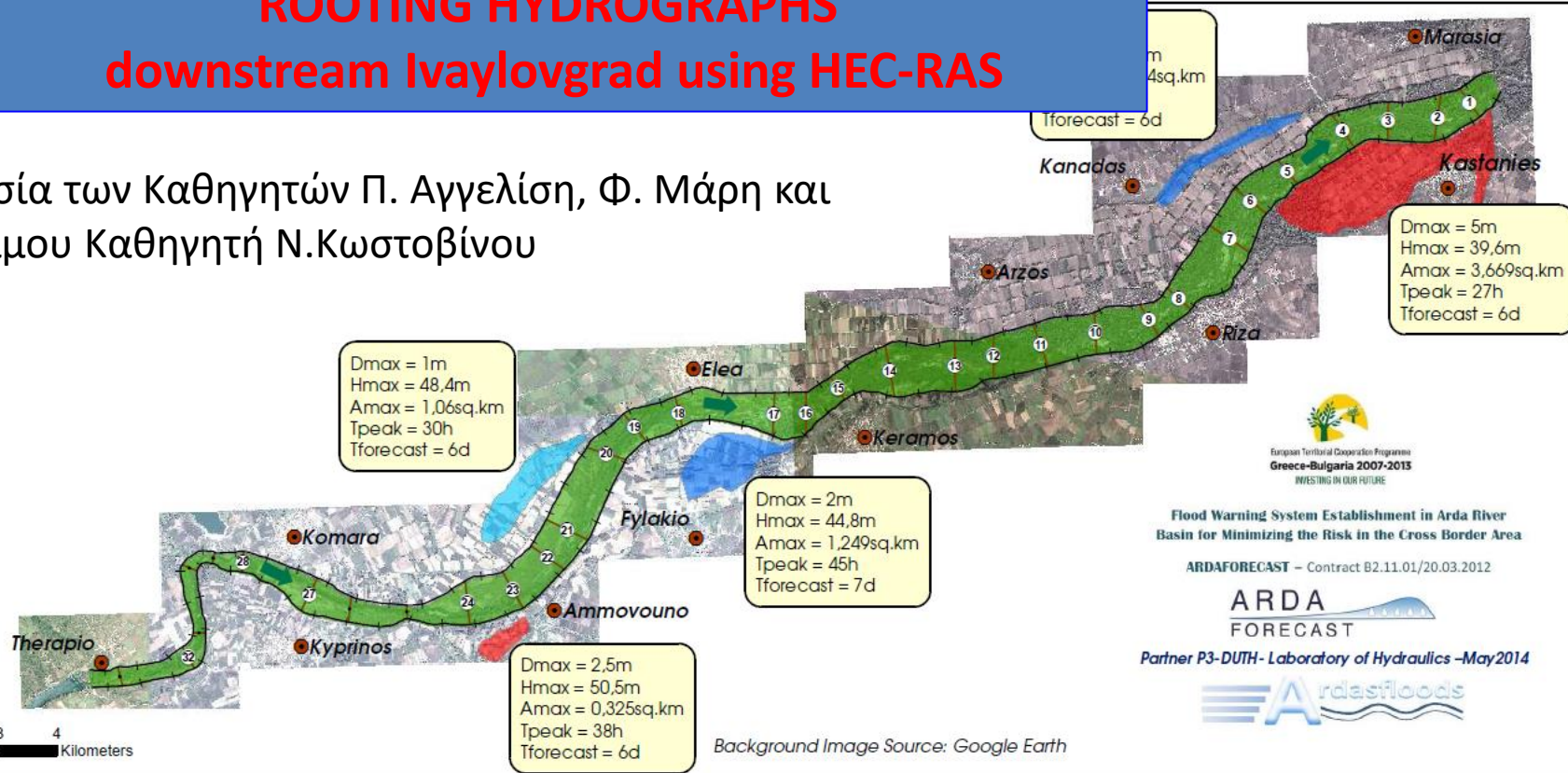
Doxa



ROOTING HYDROGRAPHS downstream Ivaylovgrad using HEC-RAS



Από εργασία των Καθηγητών Π. Αγγελίση, Φ. Μάρη και του Ομότιμου Καθηγητή Ν.Κωστοβίνου



Flood Warning System Establishment in Arda River Basin for Minimizing the Risk in the Cross Border Area

ARDAFORECAST - Contract B2.11.01/20.03.2012



Partner P3-DUTH - Laboratory of Hydraulics - May 2014



Background Image Source: Google Earth

INUNDATION MAP FLOOD HYDROGRAPH WITH RETURN PERIOD $T = 50 \text{ yrs}$

Maximum Discharge of Hydrograph at Therapio:
1.735 cu.m/s

MAP LEGEND

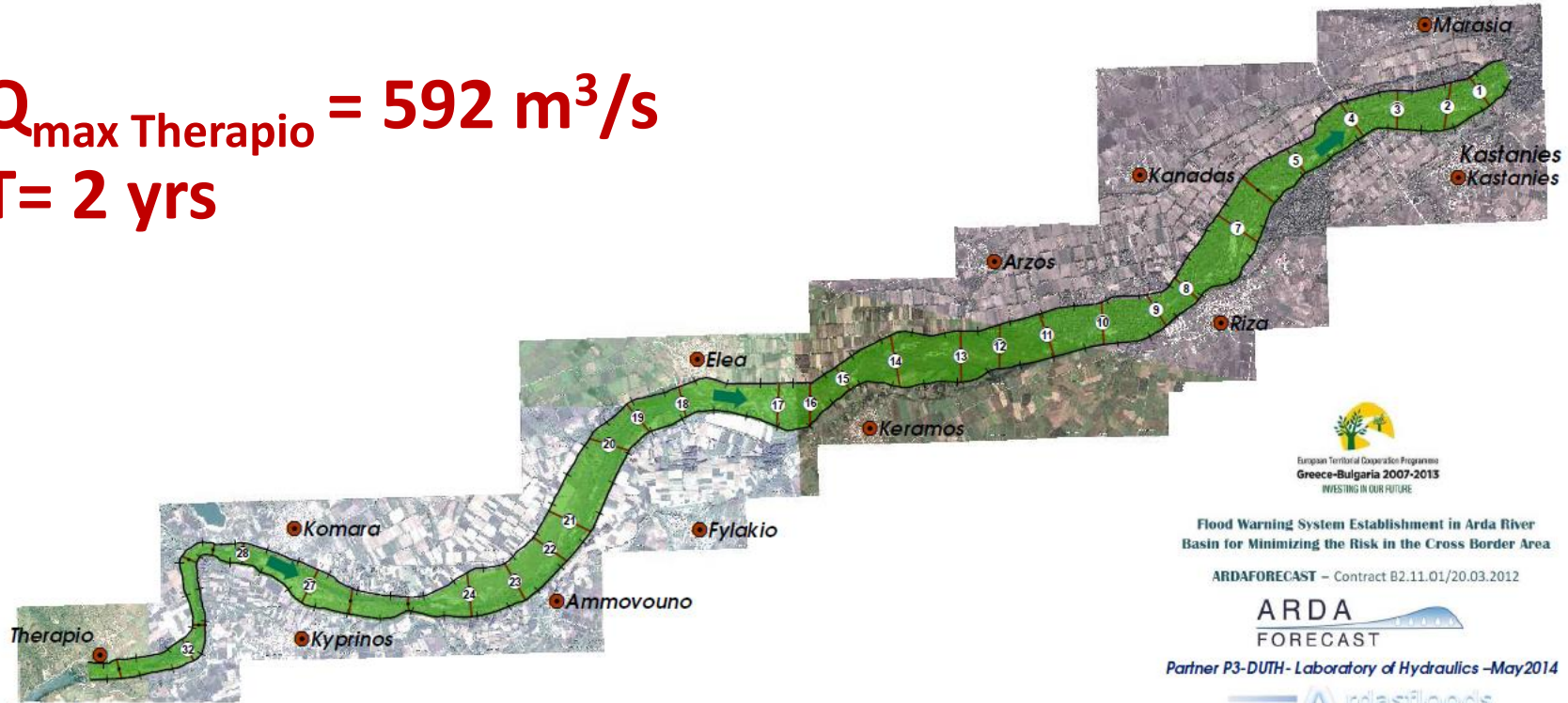
- Settlement
 - Ardas river banks
 - River cross-section
 - Flow between Arda's levees
- | Maximum depth (Dmax) |
|----------------------|
| <1m |
| 1m - 2m |
| 2m - 4m |
| 4m - 6m |

FLOOD AREAS DETAILS LEGEND

SYMBOL	PARAMETER
Dmax	Max depth in the inundated area, in m
Hmax	Max free surface elevation in the inundated area, in m
Tpeak	Time to peak water depth, measured from the time of flood hydrograph arrival at Therapio Dam, hours
Tforecast	Forecasted time of max Depth, in days
Amax	Max inundation area, km ²



$Q_{\text{max Therapio}} = 592 \text{ m}^3/\text{s}$
 $T = 2 \text{ yrs}$



0 0,5 1 2 3 4 Kilometers

Background Image Source: Google Earth



Flood Warning System Establishment in Arda River Basin for Minimizing the Risk in the Cross Border Area

ARDAFORECAST – Contract B2.11.01/20.03.2012

ARDA
FORECAST

Partner P3-DUTH- Laboratory of Hydraulics –May2014



INUNDATION MAP
FLOOD HYDROGRAPH WITH RETURN PERIOD
 $T = 2 \text{ yrs}$

Maximum Discharge of Hydrograph at Therapio:
 592 cu.m/s

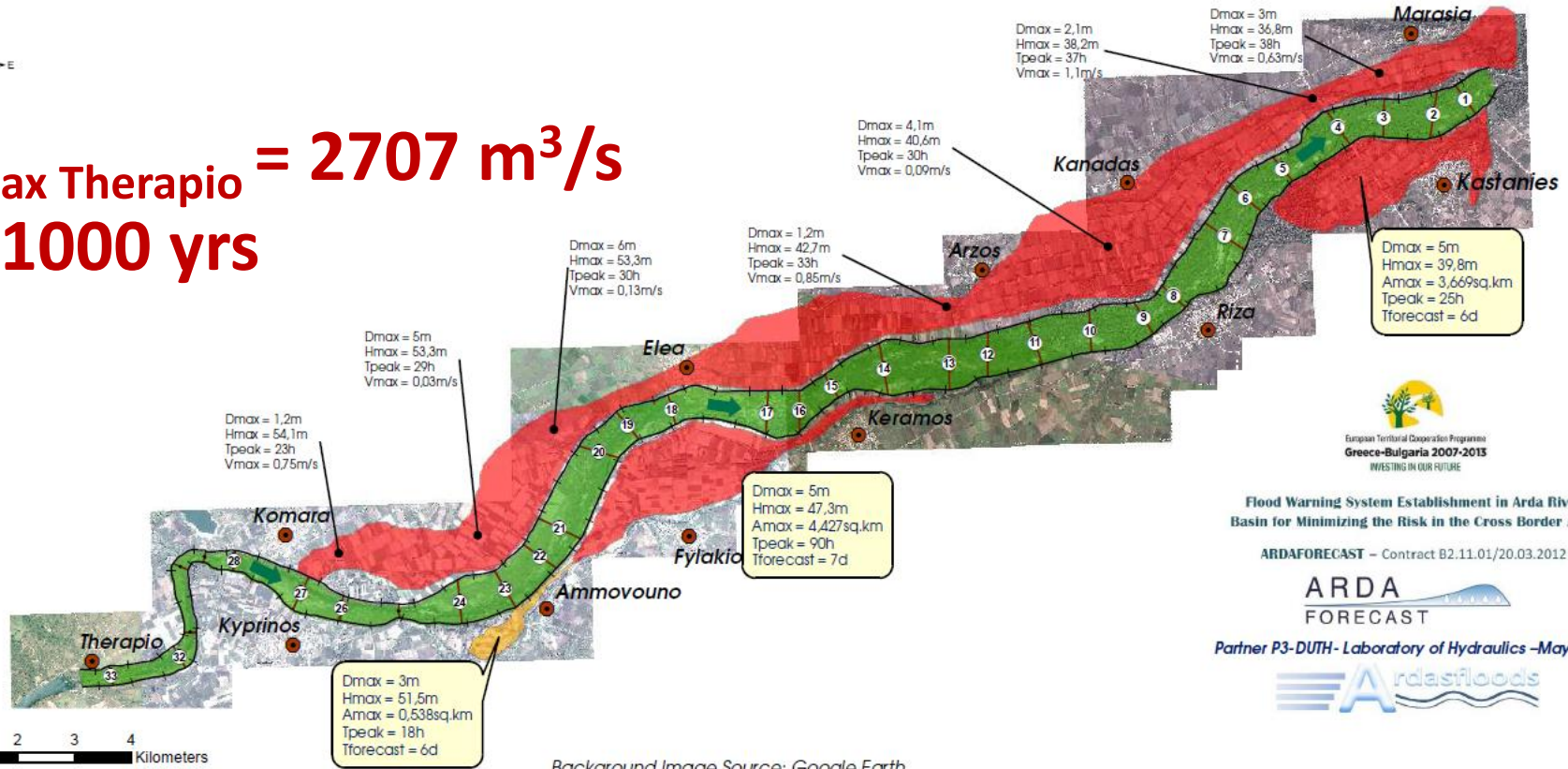
Flow within the Arda river levees - No overflow from Arda levees

MAP LEGEND

- | | | |
|--|----------------------------|-----------------------------|
| | Settlement | Maximum depth (Dmax) |
| | Ardas river banks | <1m |
| | River cross-section | 1m - 2m |
| | Flow between Arda's levees | 2m - 4m |
| | | 4m - 6m |



$Q_{\max \text{ Therapio}} = 2707 \text{ m}^3/\text{s}$
 $T = 1000 \text{ yrs}$



Flood Warning System Establishment in Arda River Basin for Minimizing the Risk in the Cross Border Area

ARDAFORECAST – Contract B2.11.01/20.03.2012



Partner P3-DUTH - Laboratory of Hydraulics - May 2014



Background Image Source: Google Earth

INUNDATION MAP
FLOOD HYDROGRAPH WITH RETURN PERIOD
 $T = 1.000 \text{ yrs}$

Maximum Discharge of Hydrograph at Therapio:
 2.707 cu.m/s

MAP LEGEND

- Settlement
- +— Ardas river banks
- River cross-section
- Flow between Arda's levees

Maximum depth (Dmax)

- <1m
- 1m - 2m
- 2m - 4m
- 4m - 6m

FLOOD AREAS DETAILS LEGEND

SYMBOL	PARAMETER
Dmax	Max depth in the inundated area , in m
Hmax	Max free surface elevation in the inundated area , in m
Tpeak	Time to peak water depth, measured from the time of flood hydrograph arrival at Therapio Dam , hours
Tforecast	Forecasted time of max Depth , in days
Amax	Max inundation area, km2

Hazard to People Classification Ground at Kastanies Church (ground elevation= 38.6 m) using Hazard Rating (HR= d x (v + 0.5) + DF)						
RETURN PERIOD T (years) , AND MAX Q (m ³ /s) AT THERAPIO	MAX WATER ELEVATION AT KASTANIES	d , max WATER DEPTH AT CHURCH GROUND , m	v , max VELOCITY ,m/s	max Debris Factor (DF)	HAZARD RATING HR= d * (v + 0.5) + DF	Degree of Flood Hazard
T=5 , Q _{peakTherapio} =958	38.9	0.3	0.2	0	0.21	Low
T=10 , Q _{peakTherapio} =1201	39.2	0.6	0.4	0.5	1.04	Moderate
T=20 , Q _{peakTherapio} =1434	39.4	0.8	0.6	0.5	1.38	Significant
T=50 , Q _{peakTherapio} =1735	39.6	1	0.7	0.5	1.7	Significant
T=100 , Q _{peakTherapio} =1961	39.8	1.2	0.8	1	2.56	Extreme
T=1000 , Q _{peakTherapio} =2707	39.9	1.3	1	1	2.95	Extreme
T=10000 , Q _{peakTherapio} =3452	39.9	1.3	1	1	2.95	Extreme

Από εργασία των Καθηγητών Π. Αγγελίση, Φ. Μάρη και του Ομότιμου Καθηγητή Ν.Κωστοβίνου

Πτώση στάθμης λόγω ιρλανδικής γέφυρας 1.0 – 1.5 m.



For example, for easy entrance to Irish bridge at Kastanies, it is clear the lowering the elevation of levee about 1.0 – 1.5 m.




So, the restoration of levees due to these minor local interventions is relatively easy, since typically the local lowering of levee is a couple of meters and the width of openings about 10 to 20 m, and will increase considerably the THRESHOLD CAPACITY.



Overview of vulnerability decreasing options for flood control classified according to the four components of vulnerability

	Possible measures to reduce flood vulnerability of urban areas
Coping capacity (damage reduction)	1. Emergency plans and timely flood warning
	2. Improved communication of risks to inhabitants
	3. Urban planning regulation for elevated major infrastructures in suffering areas
	4. Urban planning regulation for Flood proof infrastructure and buildings



Not only strengthening and raising dikes, but also investing in risk communication, emergency plans... (Graaf, 20089)