



INTERNATIONAL  
ASSOCIATION OF  
HYDROGEOLOGISTS



ΕΛΛΗΝΙΚΗ  
ΕΠΙΤΡΟΠΗ  
ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ



# Πλημμύρες: Ένα διαχρονικό, παγκόσμιο και χωρίς διακρίσεις φαινόμενο

Κ. Βουδούρης<sup>1,2</sup>, Τρ. Κακλής<sup>1</sup>, Ν. Καζάκης<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Τμήμα Γεωλογίας ΑΠΘ, Ελληνική Επιτροπή Υδρογεωλογίας

<sup>2</sup>Κέντρο UNESCO Ολοκληρωμένης και Διεπιστημονικής Διαχείρισης  
Υδατικών Πόρων, ΑΠΘ

<sup>3</sup>Τμήμα Γεωλογίας, Παν. Πατρών

## Τι είναι πλημμύρα;

«Πλημμύρα»: Η προσωρινή κατάκλυση του εδάφους από νερό το οποίο, υπό κανονικές συνθήκες, δεν είναι καλυμμένο από νερό. Αυτή περιλαμβάνει πλημμύρες από ποτάμια, ορεινούς χείμαρρους και υδατορεύματα εφήμερης ροής, υπερχειλίσεις λιμνών, και πλημμύρες από υπόγεια ύδατα και τη θάλασσα σε παράκτιες περιοχές.

Ακόμη, περιλαμβάνει πλημμύρες από καταστροφές μεγάλων υδραυλικών έργων, όπως θραύσεις αναχωμάτων και φραγμάτων.

Οι πλημμύρες αρχίζουν από μια ραγδαία βροχόπτωση, αλλά στην πλημμυρογένεση συμβάλλουν και οι ανθρώπινες παρεμβάσεις που επιδεινώνουν την κατάσταση.



# Διαχρονικότητα

Ελληνική Μυθολογία (μύθοι του Ηρακλή, κατακλυσμοί του Ωγύγιου, Δευκαλίωνα, Δαρδάνου, κ.ά.)

Παλαιά Διαθήκη (κατακλυσμός του Νώε)

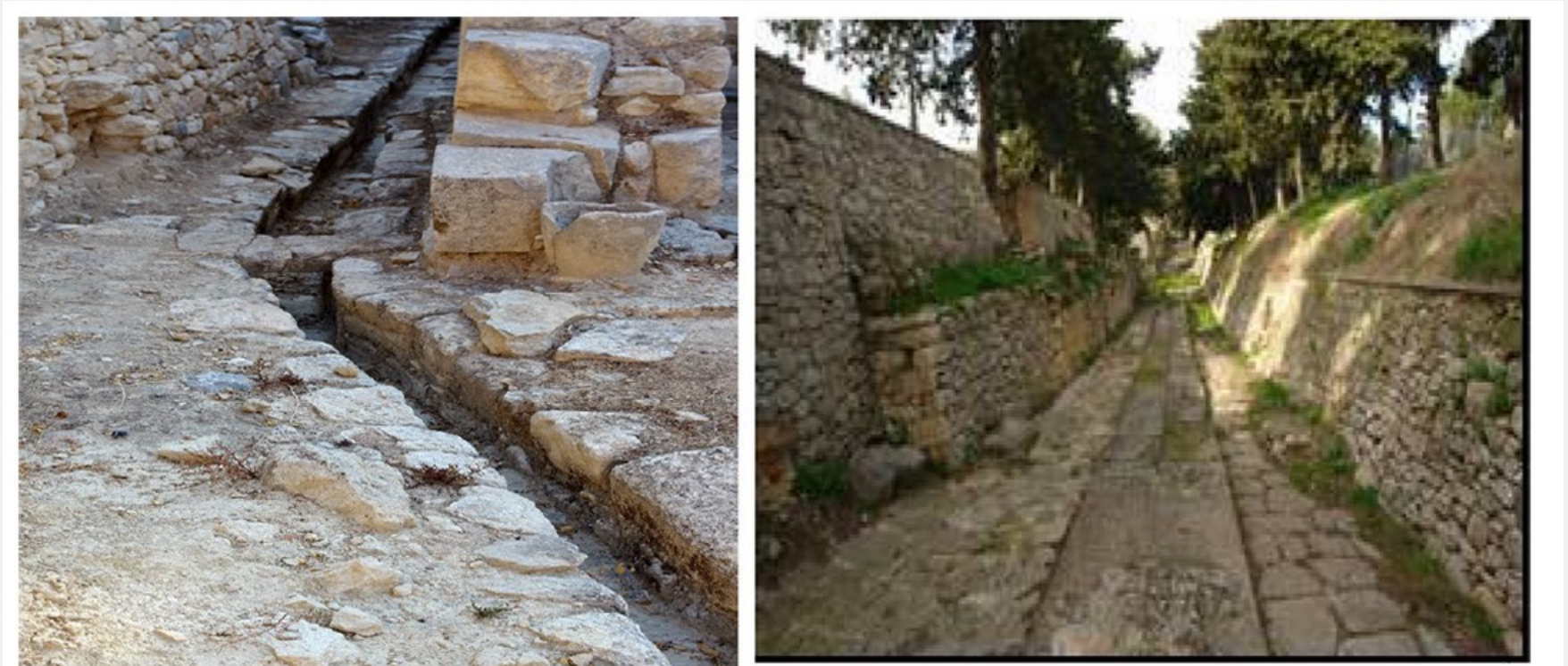


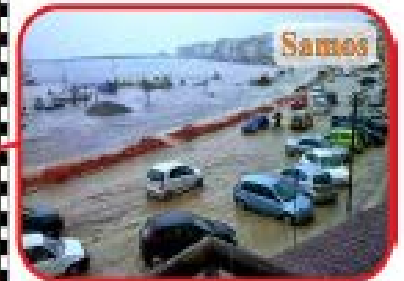
Fig. 3 Drainage systems in Minoan palaces: **a** part of the central drainage system in Knossos and **b** stones paved Royal Road in Knossos palace (photographs A. N. Angelakis)

# Διαχρονικότητα



**Fig.7** Stream control hydraulic works in ancient Greece: **a** the wall blocks of Kladeos stream in ancient Olympia (Koutsoyiannis et al. 2008) and **b** the dam of Alyzia (Photograph A. N. Angelakis)





Natural Hazards (2020) 101:833–852  
<https://doi.org/10.1007/s11069-020-03898-w>

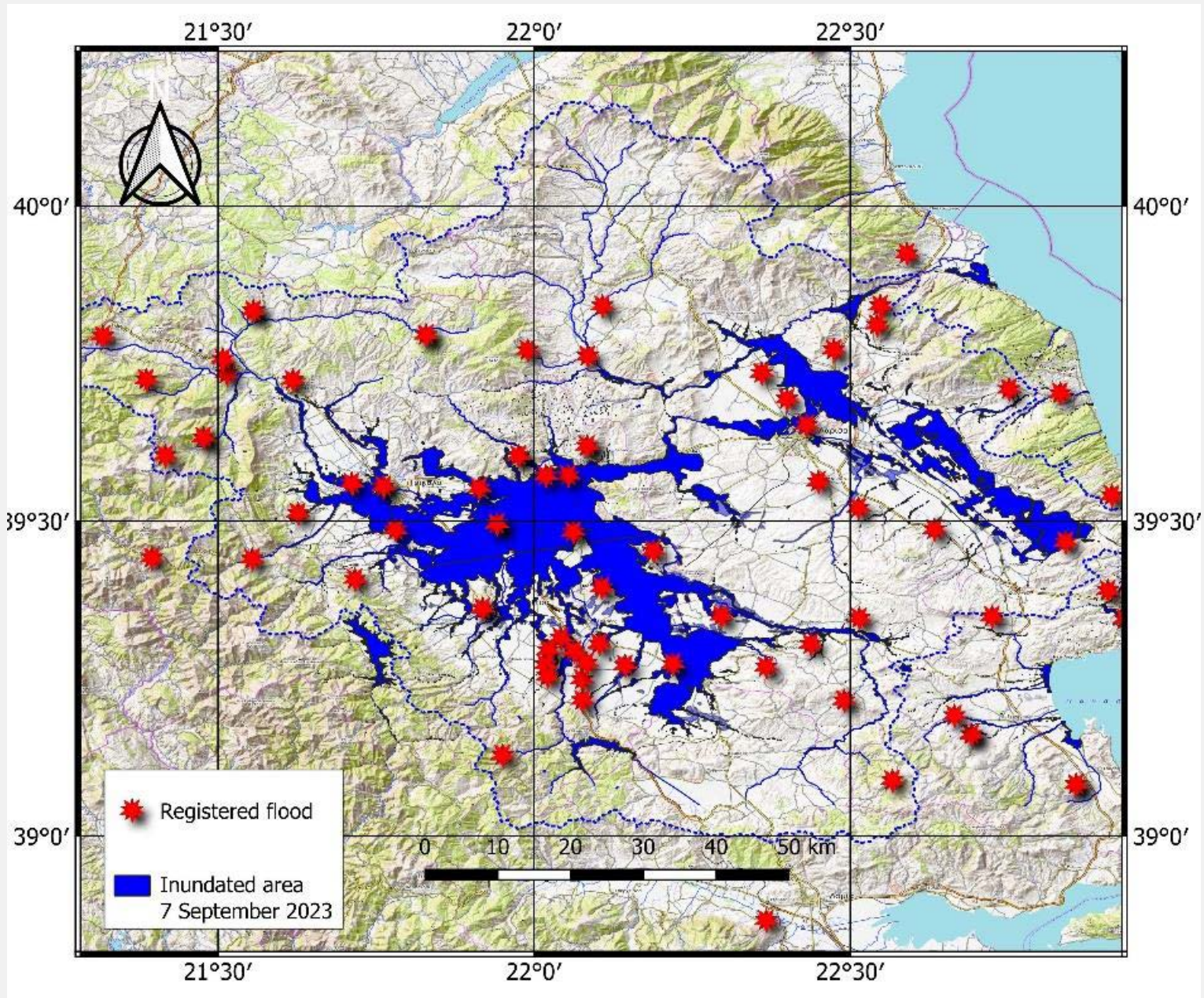
ORIGINAL PAPER



## History of floods in Greece: causes and measures for protection

A. N. Angelakis<sup>1,2</sup> · G. Antoniou<sup>3</sup> · K. Voudouris<sup>4</sup> · N. Kazakis<sup>4</sup> · N. Dalezios<sup>5</sup> · N. Dercas<sup>6</sup>

560 πλημμύρες  
1880-2022



(HVA, 2023)



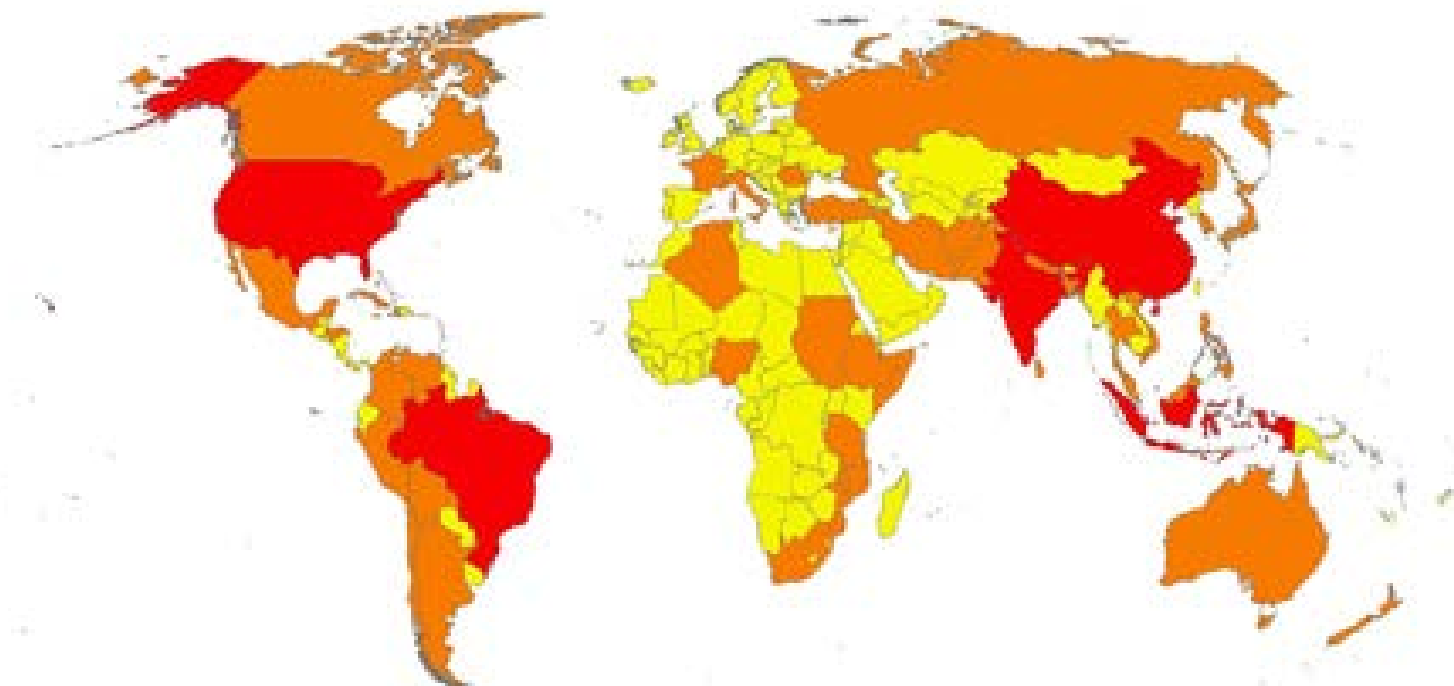
# Χαρακτηριστικές πλημμύρες στη Θεσσαλία

α/α	Ημερομηνία	Περιοχή	Θύματα	Παρατηρήσεις
1	27 Δεκεμβρίου 1647	Τρίκαλα/Λάρισα	800	
2	8 Φεβρουαρίου 1729	Λάρισα/Τρίκαλα		Πλημμύρισε ο Πηνειός
3	2 Φεβρουαρίου 1777	Λάρισα		Πλημμύρισε ο Πηνειός
4	4-5 Αυγούστου 1811	Συνοικίες της Λάρισας		Πρώτα αντιπλημμυρικά έργα
5	Αρχές του 1882	Λάρισα		Μεγάλες καταστροφές
6	14-15 Οκτωβρίου 1883	Λάρισα	20	
7	13 Οκτωβρίου 1955	Βόλος	27	Συνέπεσε με σεισμό 6,2 Ρίχτερ
8	21 Οκτωβρίου 1994	Καρδίτσα		Μεγάλες καταστροφές
9	Οκτώβριος 2006	Βόλος		
10	19 Σεπτεμβρίου 2020	Θεσσαλία/Καρδίτσα		Ιανός. Μεγάλες καταστροφές
11	5-6 Σεπτεμβρίου 2023	Θεσσαλία	11	Daniel. Μεγάλες καταστροφές

Ο αρχαίος γεωγράφος Στράβων (64 π.Χ. - 24 μ.Χ.) αναφέρει ότι ο Πηνειός υπερχειλίζει:  
«**ὁ γὰρ Πηνειὸς διὰ μέσης ῥέων καὶ πολλοὺς δεχόμενος ποταμοὺς ὑπερχεῖται πολλάκις...**»  
(Νημάς, Θ., από ΑΠΕ 2023)

# Οι πλημμύρες δεν κάνουν διακρίσεις!!!

Number of Occurrences of Flood Disasters by Country:  
1974-2003



Number of Floods



EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database  
[www.em-dat.net](http://www.em-dat.net) - Université Catholique de Louvain - Brussels - Belgium



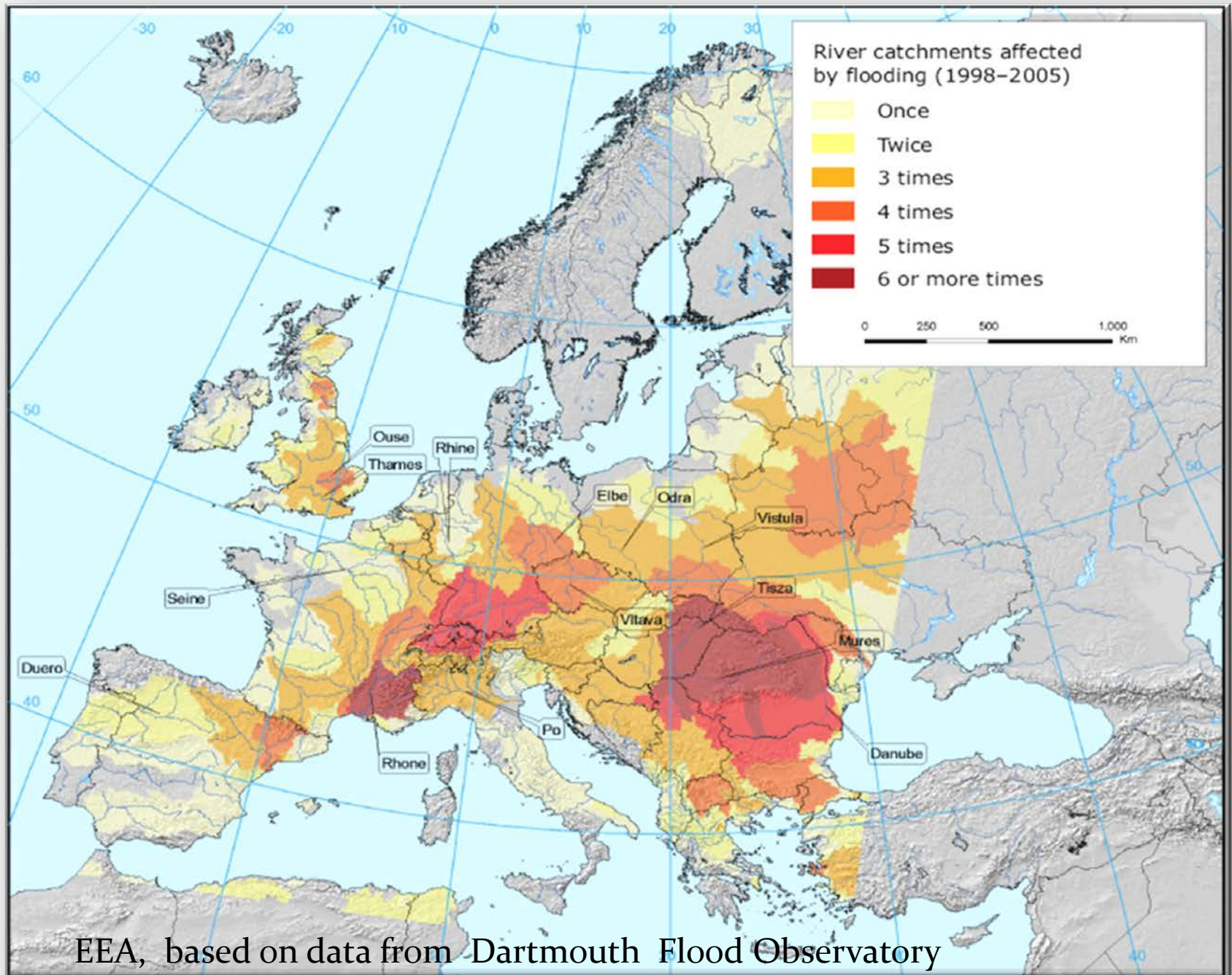
«Το έτος Κυρίου **1342**, την 9<sup>η</sup> ημέρα πριν από τις καλένδες του Αυγούστου έγινε πλημμύρα μεταξύ του Βέσερ και της Φούλντα και η υψηλή στάθμη του νερού άγγιξε τη βάση αυτής της τετράγωνης πέτρας», γράφει στα λατινικά η επιγραφή στην εκκλησία του Αγίου Βλασίου, στην πόλη Χαν Μίντεν, στην Κάτω Σαξωνία.

Οι περισσότερες γέφυρες και οι πύργοι κατέρρευσαν, παρασύρθηκαν από τις μάζες του νερού, αναφέρεται στη βιογραφία του Πάπα Κλήμη (1290–1352).

Στη Φρανκφούρτη, τα νερά του ποταμού Μάιν είχαν πλημμυρίσει σχεδόν όλες τις εκκλησίες. Χάρη σε ορισμένες πληροφορίες, η στάθμη των **νερών έφτασε τα 7,8 m στη Φρανκφούρτη**».

*Συνδέεται με τη μεσαιωνική κλιματική ανωμαλία ;;  
Μετά ακολούθησε η Μικρή Εποχή των Παγετώνων*





EEA, based on data from Dartmouth Flood Observatory



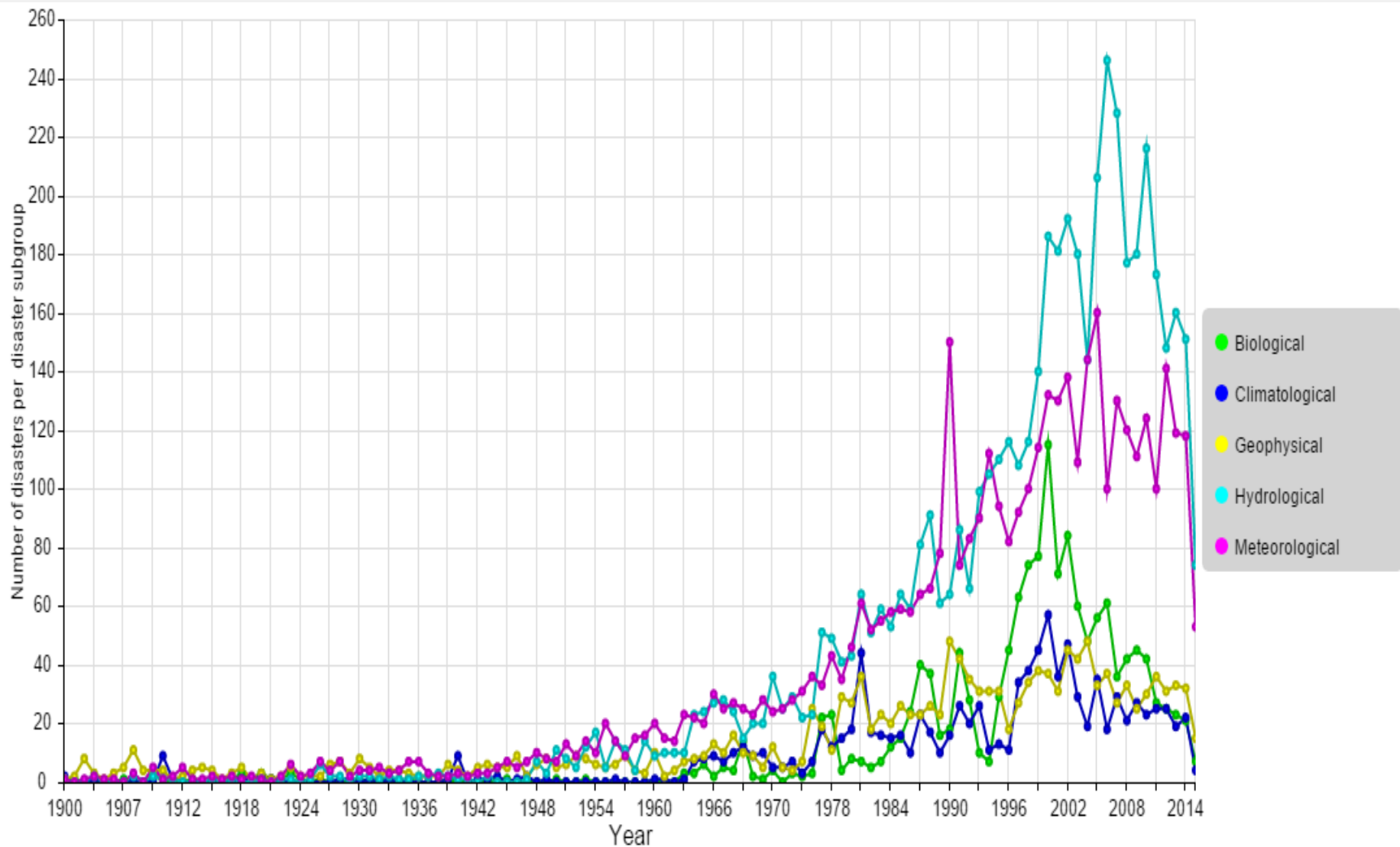
Οι **γεωφυσικές** είναι γεγονότα που προέρχονται από τον στερεό φλοιό της γης (σεισμοί, ηφαίστεια, τσουνάμι, κ.ά.).

Οι **μετεωρολογικές** είναι γεγονότα που προκαλούνται από βραχυπρόθεσμες (στιγμιαίες έως λίγων ημερών), μικρής έως μεσαίας κλίμακας ατμοσφαιρικές διαδικασίες (θύελλα, τυφώνας).

**Οι υδρολογικές προκαλούνται από εκτροπές στον κανονικό και αναμενόμενο κύκλο νερού ή/και υπερχείλιση υδάτινων υποδοχέων η οποία προκαλείται από ανέμους (πλημμύρες).**

Οι **κλιματολογικές** προκαλούνται από μακροπρόθεσμες, μεσαίας έως μεγάλης κλίμακας ατμοσφαιρικές διαδικασίες που κυμαίνονται από ενδο-εποχικές μέχρι κλιματικές μεταβολές σε βάθος πολλών δεκαετιών (καύσωνες, παγετός).

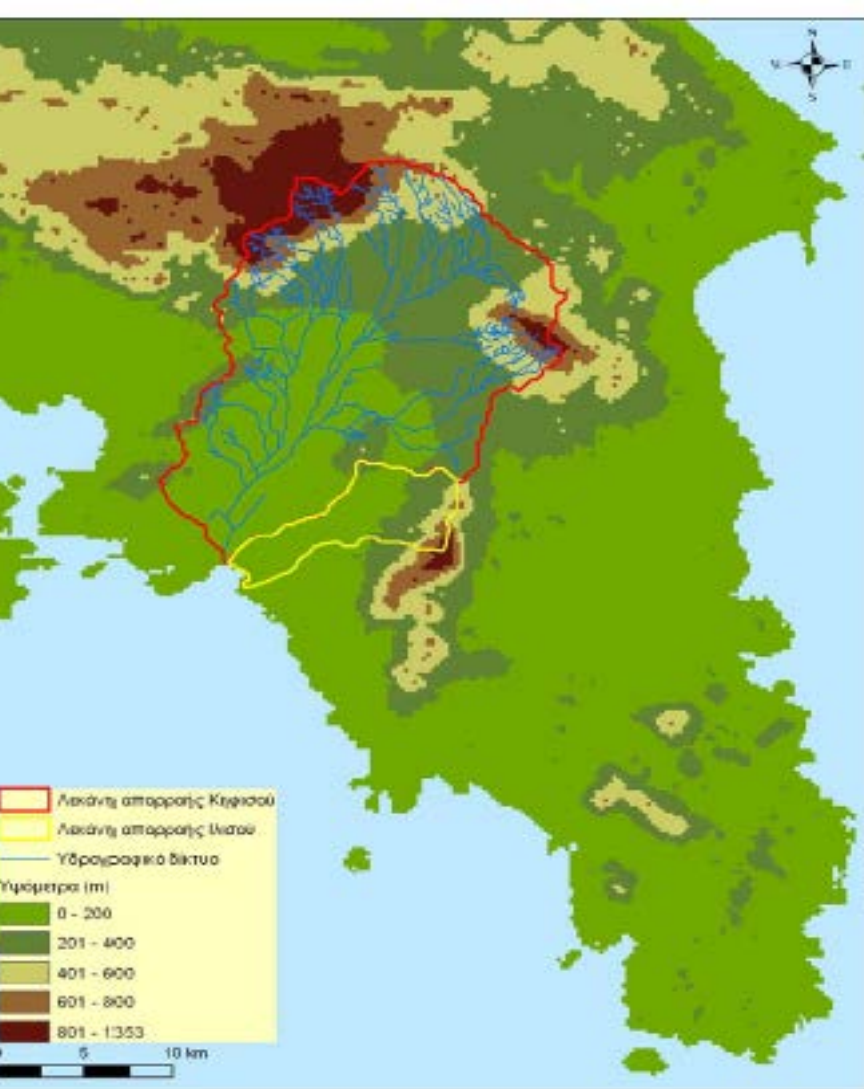
Οι **βιολογικές** προκαλούνται από την έκθεση ζωντανών οργανισμών σε παθογόνα μικρόβια.



EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database - [www.emdat.be](http://www.emdat.be) - Université Catholique de Louvain, Brussels - Belgium







(Κουτσογιάννης, 2000)



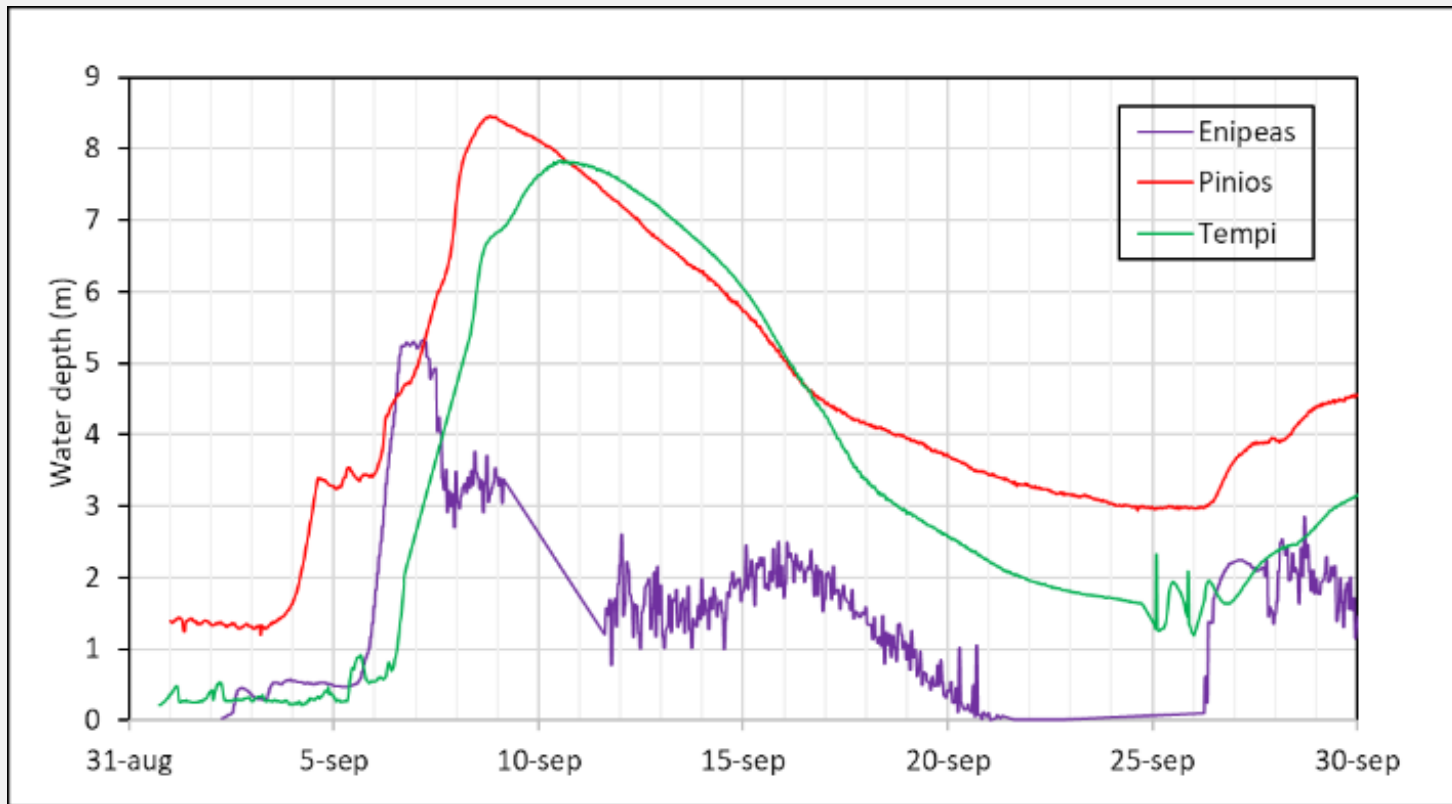
Μάνδρα 2017



# Τύποι Πλημμύρας

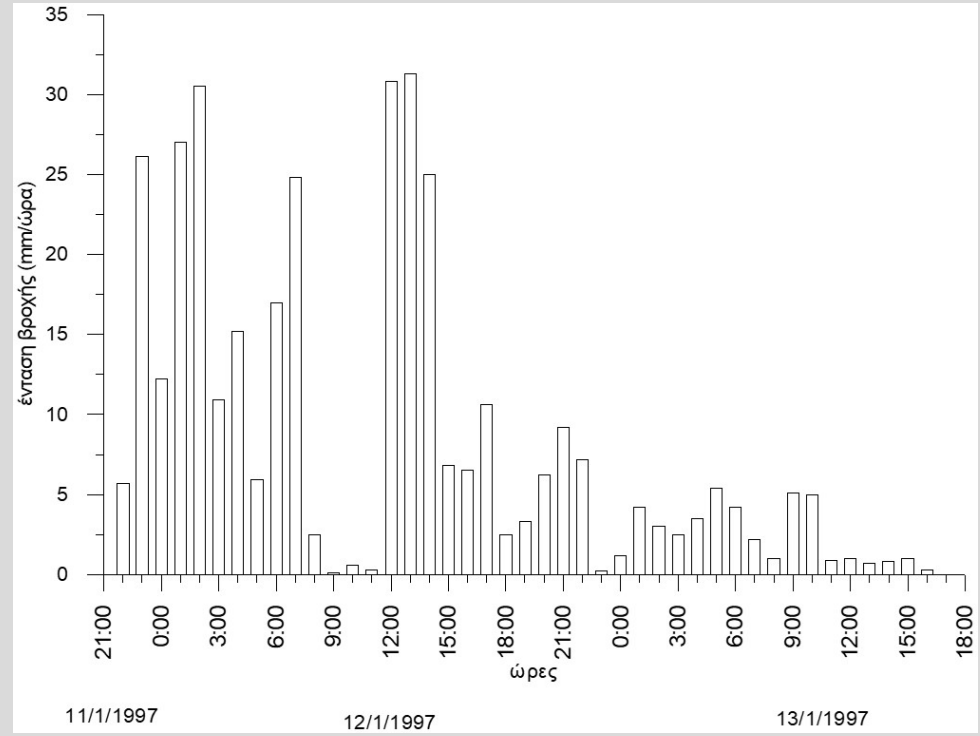
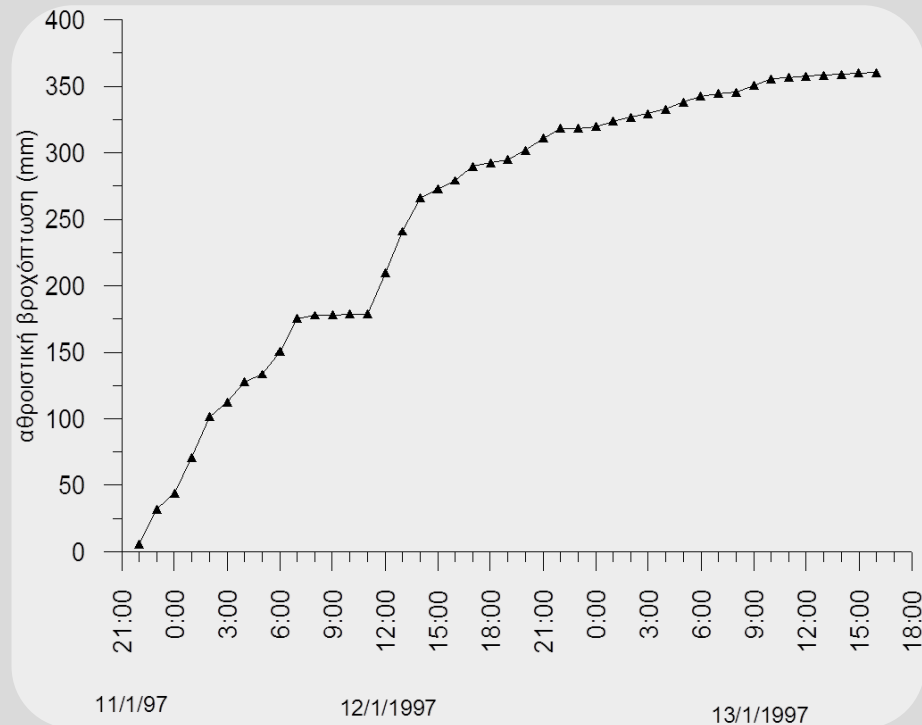
- Πλημμύρες σε μεγάλες λεκάνες: Είναι εποχικές και οι παροχές αιχμής διαρκούν λίγες ημέρες.
- Ξαφνικές Πλημμύρες (flash floods): Σχετίζονται με απομονωμένες και τοπικές, μεγάλης έντασης ραγδαίες βροχοπτώσεις που συμβαίνουν σε μικρού ή μεσαίου μεγέθους λεκάνες. Οι παροχές αιχμής διατηρούνται λίγες ώρες.
- Παράκτιες πλημμύρες (coastal floods)

# Πλημμυρικές παροχές



(HVA, 2023)





## Κόρινθος 1997

**Daniel**

**Συνολική βροχόπτωση: 618 mm**

**Μέγιστη ένταση  $i=220$  mm/h**

# Κατολισθήσεις και Λασπορροές εξαιτίας πλημμυρών





# Πλημμύρες vs Χρήσεις γης

Το Βρετανικό Ινστιτούτο Υδρολογίας προτείνει την παρακάτω σχέση για τις παροχές Q:

$$Q_{\text{αστική}} = Q_{\text{αγροτική}} (1 + \text{ποσοστό αστικοποίησης})^{1,8}$$

Περιγραφή λεκάνης	Συντελεστής απορροής
Πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές με ασφαλτοστρωμένους δρόμους	0,70-0,95
Πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές με ανεπένδυτους δρόμους	0,50-0,70
Αραιοκατοικημένες περιοχές με μικρούς κήπους	0,30-0,60
Αγροτικές περιοχές με μεγάλες κλίσεις	0,15-0,35
Αγροτικές περιοχές με μικρές κλίσεις	0,05-0,20

# Μέγεθος-Συχνότητα πλημμύρας

Τα διάφορα στοιχεία που ενδιαφέρουν κατά την εμφάνιση μιας πλημμύρας είναι:

- Το **μέγεθος της πλημμύρας**. Αυτό σχετίζεται με την ποσότητα και την ένταση της βροχόπτωσης.
- Η **συχνότητα της πλημμύρας**. Η συχνότητα των πλημμυρών είναι αντιστρόφως ανάλογη του μεγέθους αυτών. Έτσι πλημμύρες μεγάλου μεγέθους παρουσιάζονται πιο σπάνια σε σχέση με πλημμυρικά φαινόμενα μεσαίου και μικρού μεγέθους.



# Η παρεξηγημένη Περίοδος επαναφοράς!!!

Περίοδος επαναφοράς μιας πλημμύρας είναι το χρονικό διάστημα σε έτη, στη διάρκεια του οποίου εμφανίζεται η πλημμύρα μία μόνο φορά με ένταση ίση ή μεγαλύτερη μιας δοθείσης τιμής. Δηλ. η πλημμύρα  $600 \text{ m}^3/\text{s}$  έχει  $T=50$ -έτη σημαίνει ότι κατά μέσο όρο μεσολαβεί ένα διάστημα 50 ετών μεταξύ 2 εμφανίσεων της πλημμυρικής παροχής  $\geq 600 \text{ m}^3/\text{s}$ .

**Συνδέεται με την πιθανότητα υπέρβασης  $T = 1/P$**

- $P(X \geq x) = 1/T$
- Δημιουργείται η εντύπωση **ότι είναι περιοδικό γεγονός, που ΔΕΝ ισχύει** γιατί αναφέρεται σε τυχαία μεταβλητή.
- Είναι αδιάστατο μέγεθος



# Τρωτότητα

- Στη διαχείριση πλημμυρών, η έννοια της **τρωτότητας** (vulnerability) χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τον **κίνδυνο** ή διακινδύνευση (risk) και την πιθανότητα να συμβεί πλημμύρα σε μια περιοχή σε κάποια χρονική περίοδο (**επικινδυνότητα**, hazard).
- Ως **κίνδυνος πλημμύρας** (risk) ορίζεται ο συνδυασμός της πιθανότητας να λάβει χώρα πλημμύρα και των δυνητικών αρνητικών συνεπειών για την ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά και τις οικονομικές δραστηριότητες, που συνδέονται με αυτήν την πλημμύρα (Οδηγία 2007/60/ΕΚ).
- **Ο κίνδυνος ισούται με την τρωτότητα επί την πιθανότητα εκδήλωσης της πλημμύρας**. Δηλ. από κοινού με την πιθανότητα εκδήλωσης, η τρωτότητα συμβάλλει στην εμφάνιση κινδύνου πλημμύρας. Αυτό σημαίνει ότι ο κίνδυνος αυξάνεται, όπου ταυτίζονται περιοχές με μεγάλη πιθανότητα εκδήλωσης πλημμύρας με περιοχές αυξημένης τρωτότητας.

# Ορισμοί

**Table 1** An overview on concept of vulnerability

Source	Definition
United nations (1982)	Vulnerability is a degree of damage to a certain objects at flood risk with specified amount and present in a scale from 0 to 1 (no damage to full damage)
Cannon (1994)	People's conditions and their social, political and economic behaviors in the face of risks provide different degrees of vulnerability
Menoni and Pergalani (1996)	Vulnerability term is damage goods, people, buildings, infrastructures and activities in hazard condition
Mileti (1999)	Degree of the capacity to endure or recover from the impacts of a hazard during the time
Alexander (2002)	The vulnerability of people and things to losses attribute to a certain amount of danger and probability that it will visible in a special condition and with a certain degree
UNDP (2004)	Vulnerability is a condition which is influenced by physical, social, economic and environmental factors that raises the susceptibility of people to the hazard impact
Wisner (2004)	The characteristics of an individual or group of people and their condition that affect their ability to predict, tackling, struggle, and recover from the effects of environmental threats
Adger (2006)	Susceptibility to harm from exposure to pressures related with environmental and social changes, and in lack of adaptation ability
Næss (2006)	A function of exposure, sensitivity, and adaptive capacity, generated by multiple factors and processes
Borden et al. (2007)	Distinct vulnerability means potential or sensitivity to losses or harm. Social vulnerability contains the susceptibility of society or social groups to potential losses from hazards
Balica and Wright (2010)	Vulnerability is defined with interaction between Exposure, susceptibility and resilience of each community in risk condition



# Τρωτότητα

Η τρωτότητα (vulnerability) εκφράζει τον βαθμό στον οποίο ένα σύστημα είναι επιδεκτικό στις πλημμύρες, λόγω της έκθεσης σε αυτές, σε συνδυασμό με την ικανότητά του να αντιμετωπίσει, επαναφέρει ή προσαρμοσθεί σε μια τέτοια φυσική καταστροφή.

$$\text{Τρωτότητα} = \text{Έκθεση} + \text{Επιδεκτικότητα} - \text{Ανθεκτικότητα}$$



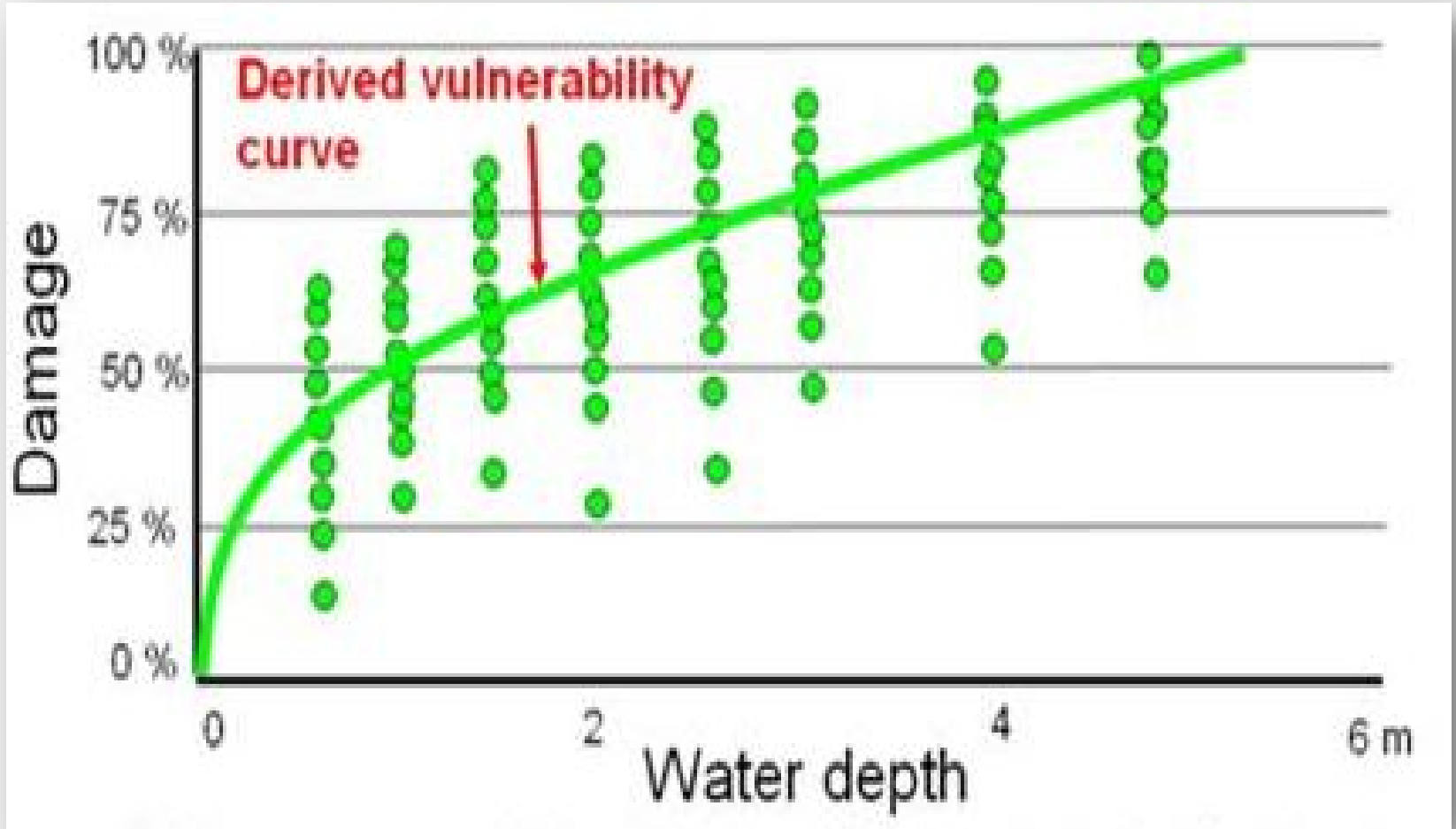
# Τρωτότητα



# Μέθοδοι Εκτίμησης Τρωτότητας

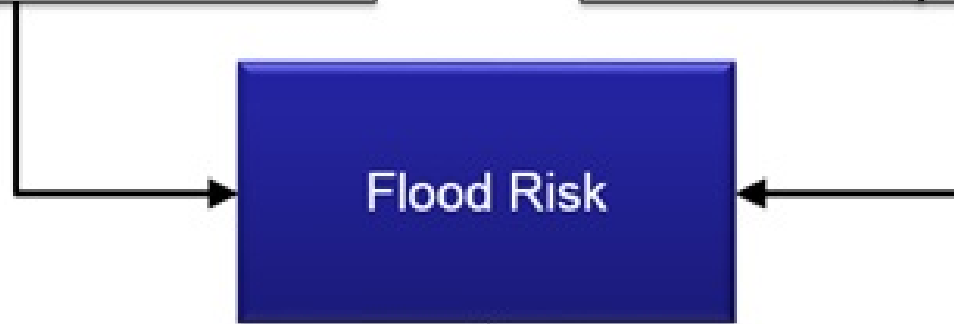
Μέθοδοι	Δεικτών	Καμπυλών	Μοντέλων (1D, 2D) σε περιβάλλον GIS
Σχόλια	Οι πλέον συνήθεις στις έρευνες για τις πλημμύρες	Βασίζονται σε πραγματική έρευνα ζημιών	Χαμηλής αξιοπιστίας σε περιπτώσεις έλλειψης δεδομένων
	Αναφέρονται σε σύνθετους δείκτες	Είναι χρονοβόρες και απαιτούν πόρους	Απαιτούν λεπτομερή Δεδομένα
	Υποκειμενικότητα στη βαθμονόμηση	Δεν είναι έγκυρες σε άλλες περιοχές	Δεν μπορούν να περιγράψουν μια καθαρή σχέση μεταξύ χάρτη και των ζημιών
		Τυπικά περιορίζονται σε κατοικίες σε μια συγκεκριμένη περιοχή	





**Hazard**  
e.g. Depth, Velocity, Duration,  
Sediment, probability

**Exposure**  
e.g. number of people/houses  
affected. Infrastructure  
impacted



**Vulnerability**  
Susceptibility – e.g. How robust a building is  
to flood damage  
Resilience - ability to adapt and recover

$$\text{Risk} = (\text{Probability} \times \text{Intensity}) \times (\text{Exposure} \times \text{Vulnerability})$$

*Hazard related* *sensitivity to hazard*

# Δείκτης τρωτότητας

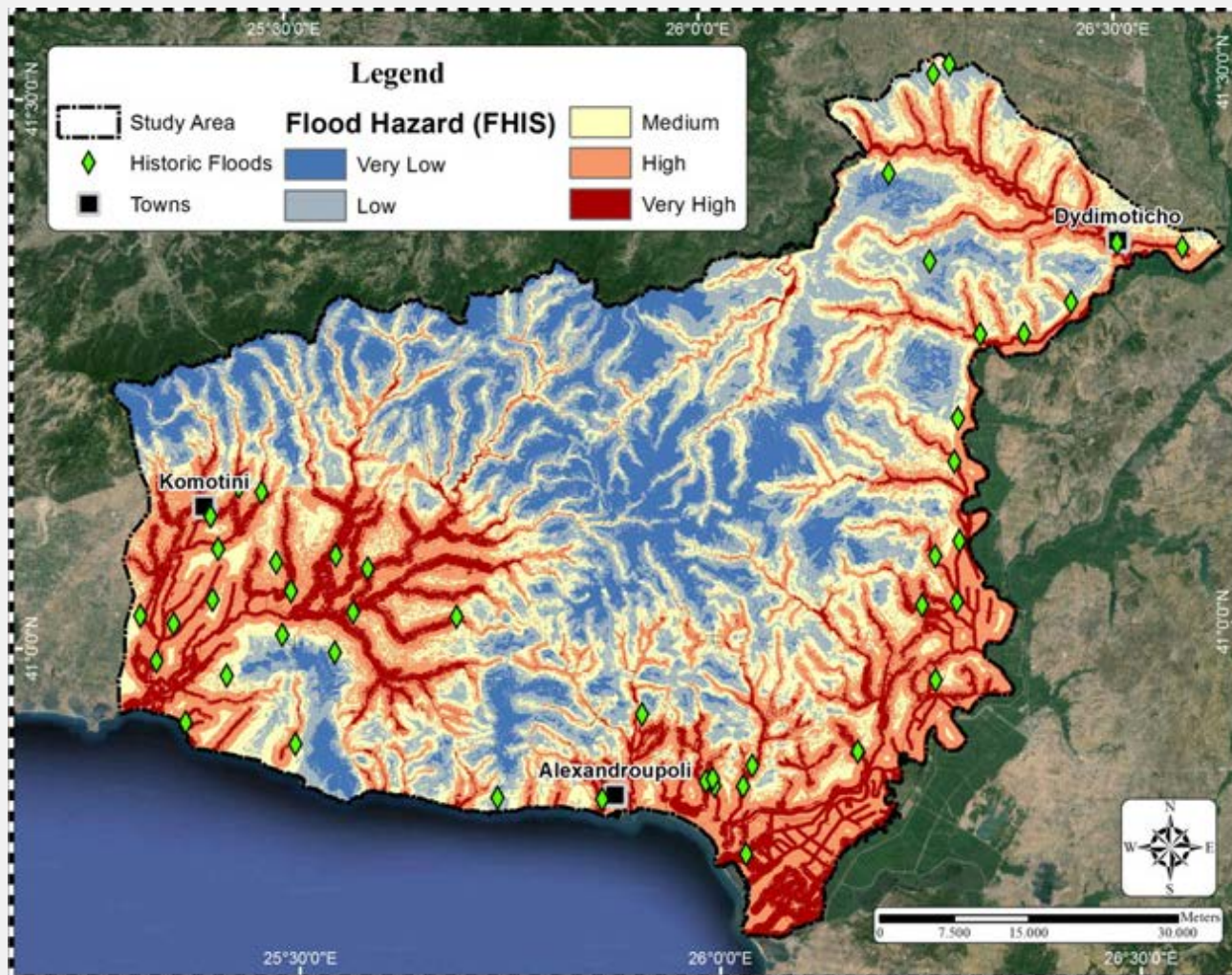
- Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ο **δείκτης τρωτότητας στις πλημμύρες** (flood vulnerability index, FVI), ο οποίος εκφράζει **την έκταση της καταστροφής που αναμένεται σε μια περιοχή κάτω από ορισμένες συνθήκες έκθεσης στον πλημμυρικό κίνδυνο, επιδεκτικότητας και ανθεκτικότητας**
- Ο δείκτης αυτός είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για τη διαχείριση και την αντιμετώπιση των πλημμυρών με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Υπολογίζεται από τη βαθμονόμηση των παραπάνω παραμέτρων ή συνδέεται με βαθμονομημένους παράγοντες, όπως: κλιματικούς, υδρογεωλογικούς, κοινωνικο-οικονομικούς και περιβαλλοντικούς.



## Δείκτης πλημμυρικού κινδύνου (flood hazard index)

- Οι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη είναι η γεωλογία, η ένταση της βροχής, η συσσώρευση ροής του επιφανειακού νερού (flow accumulation) που υπολογίζει την αθροιστική ροή στα κατάντη, η κλίση, το υψόμετρο, οι χρήσεις γης και η απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο.
- Η χαρτογράφηση περιοχών με αυξημένη επικινδυνότητα στις πλημμύρες γίνεται και με τη χρήση **τηλεπισκόπησης** σε περιβάλλον GIS, καθώς και τη βοήθεια ειδικών **λογισμικών**, όπως το HEC-RAS και την επέκταση HEC-GeoRAS στο ArcGIS.



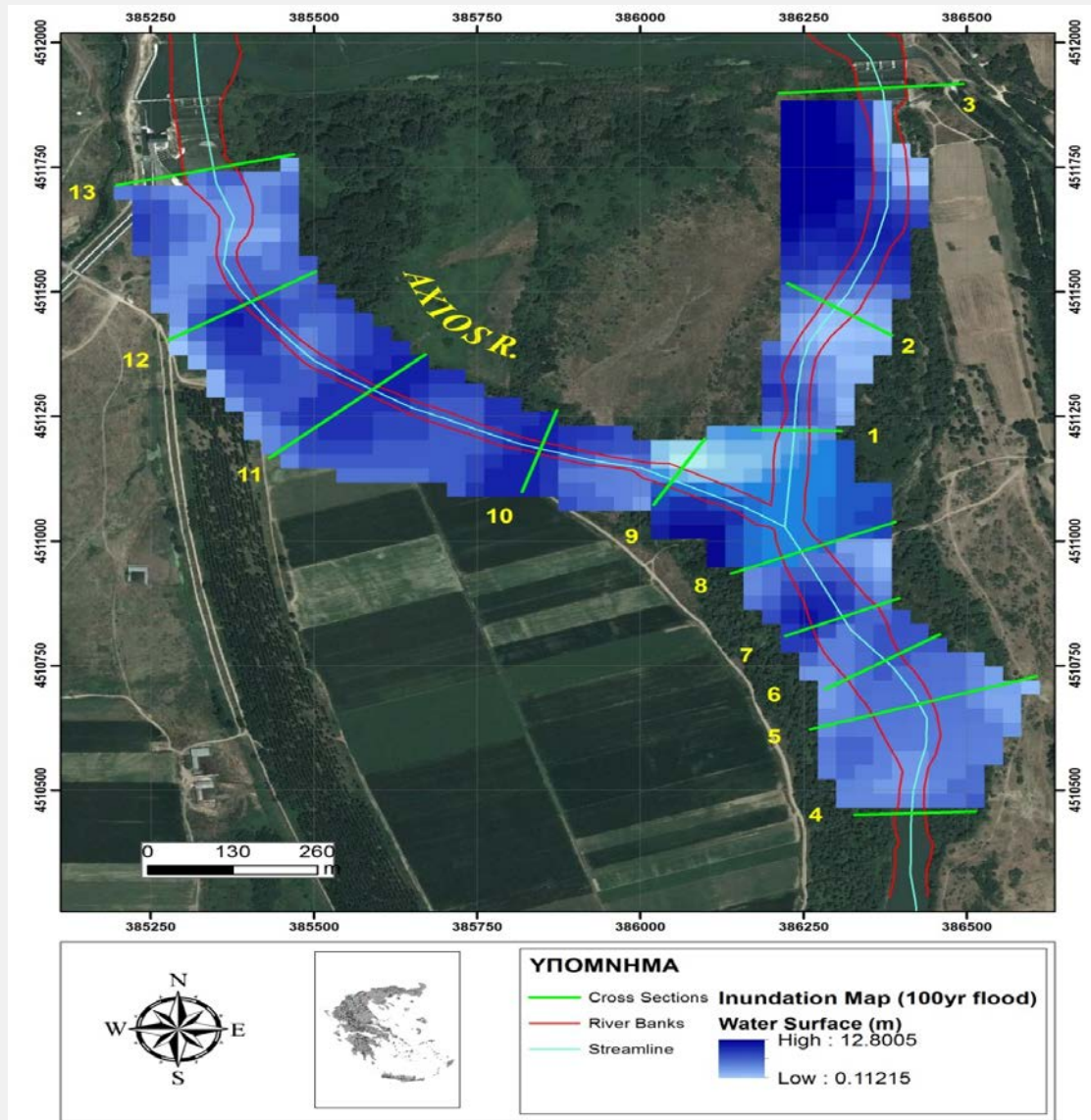


Article

## Assessing Flood Hazard at River Basin Scale with an Index-Based Approach: The Case of Mouriki, Greece

Olga Patrikaki <sup>1</sup>, Nerantzis Kazakis <sup>2</sup> , Ioannis Kougias <sup>3,\*</sup> , Thomas Patsialis <sup>4</sup>, Nicolaos Theodossiou <sup>4</sup> and Konstantinos Voudouris <sup>2</sup>





Χάρτης επικινδυνότητας σε πλημμύρα στη λεκάνη Αξιού, με βάση το μοντέλο HEC-RAS (Εργ. Τεχνικής Γεωλογίας & Υδρογεωλογίας, ΑΠΘ).

# Μέτρα αντιμετώπισης για μετριασμό των επιπτώσεων

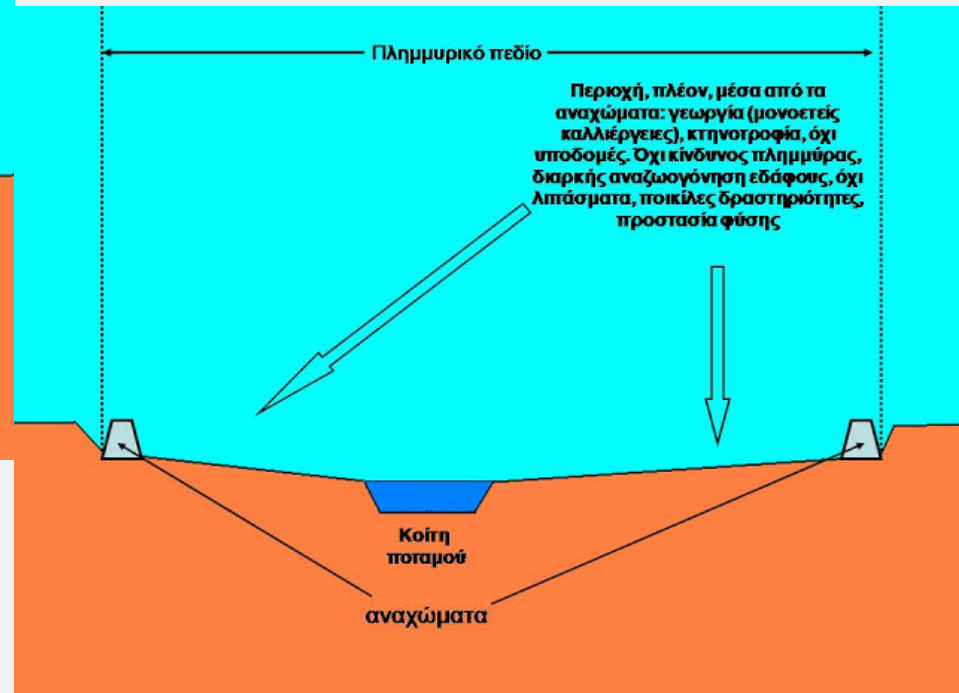
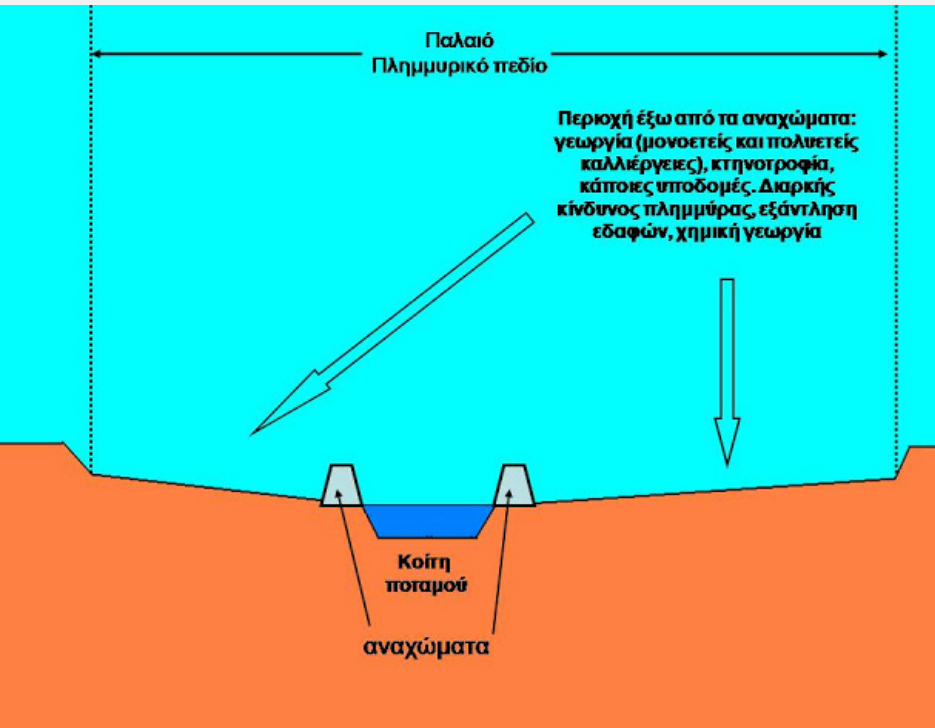
- Ολιστική αντιμετώπιση σε επίπεδο λεκάνης απορροής.
- Έργα ορεινής υδρονομίας, φράγματα ανάσχεσης ροής.
- Αποκατάσταση κοιτών των ποταμοχειμάρρων με λύσεις βασισμένες στη λειτουργία της φύσης (Natural Based Solutions).
- Ορθή πολεοδόμηση.
- Επικαιροποίηση του υδρολογικού σχεδιασμού ως προς το μέγεθος και τη συχνότητα επανεμφάνισης
- Κατασκευή κατάλληλων υποδομών για παροχή άμεσης βοήθειας.
- Ενημέρωση-Εγκατάσταση τηλεμετρικών συστημάτων προειδοποίησης- Συμμετοχή εθελοντικών ομάδων



# Πως θα αξιοποιήσουμε τα πλημμυρικά νερά;

- Σχέση πλημμυρών με τα υπόγεια νερά
- Φράγματα –ταμιευτήρες
- Τεχνητό εμπλουτισμό

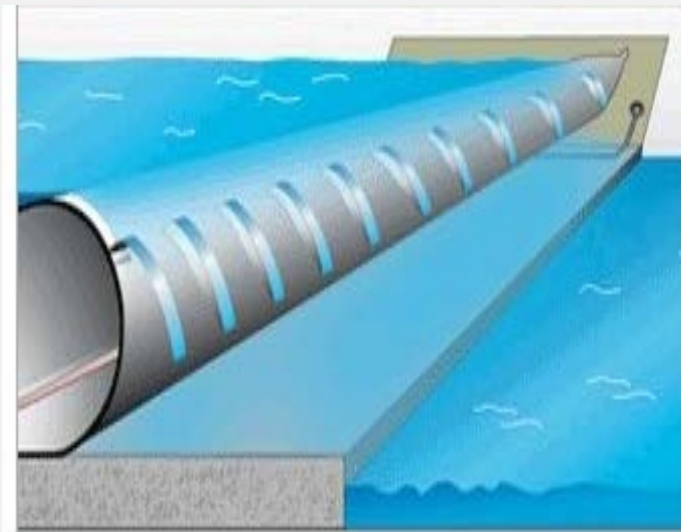
# Μια οικολογική αντιμετώπιση



(Παπακωνσταντίνου, 2016)



# Φράγματα ανάσχεσης ροής και εμπλουτισμού



**Φουσκωτά φράγματα (Inflatable rubber dams)**

# Rain Gardens (Κήποι βροχής)

Rain gardens can be built into school and church yards, squares, parks, existing green areas and open spaces in order to control the rainwater.





# Rainwater harvesting system the Star City of Seoul is an example of eco- and smart city

## Description of Star-city



Location

Jayang-dong, Gwangjin-gu, Seoul, Korea

Area

**Total : 62,500 m<sup>2</sup>**  
**Building : 16,867 m<sup>2</sup>**

Usage

**Residual & Commercial Complex**

Completion  
date

**Nov. 2006**

EFY/EFE\_26/03/2024



EEY/EFE\_26/03/2024





EEY/EFE\_26/03/2024

# Απαραίτητη προϋπόθεση!!!

Τα μέτρα, οι παρεμβάσεις και δραστηριότητες για τα σχέδια διαχείρισης πλημμυρών πρέπει να λαμβάνουν υπόψη:

- Κτηματολόγιο
- Δασικοί χάρτες
- Οριοθέτηση χειμάρρων
- Χάρτες γεωλογικής καταλληλότητας
- Χωροταξικό σχεδιασμό
- Συμβατότητα με το σχέδιο διαχείρισης λεκανών απορροής ποταμών
- .....



# Συμπερασματικές Επισημάνσεις

- Διαχρονικότητα του φαινομένου
- Αύξηση της συχνότητας εκδήλωσης πλημμυρικών φαινομένων, λόγω κλιματικής κρίσης και αστικοποίησης
- Ολιστική και διεπιστημονική αντιμετώπιση με έργα υποδομής από την ορεινή ζώνη προς τα κατάντη (NBS)
- Σωστή πολεοδόμηση
- Χαρτογράφηση των τρωτών περιοχών στα πλημμυρικά φαινόμενα, λειτουργικότητα των σχεδίων διαχείρισης πλημμύρας και συμβατότητα με αυτά της διαχείρισης των νερών σε επίπεδο λεκάνης απορροής
- Χρήση νέων τεχνολογιών (τηλεπισκόπηση, μοντέλα, GIS, drones, alarm) για ενημέρωση, προστασία, προειδοποίηση, προσομοίωση, κ.λπ.

**Ευχαριστώ για την προσοχή σας!**

**Μείνετε μακριά από το νερό!!!**





