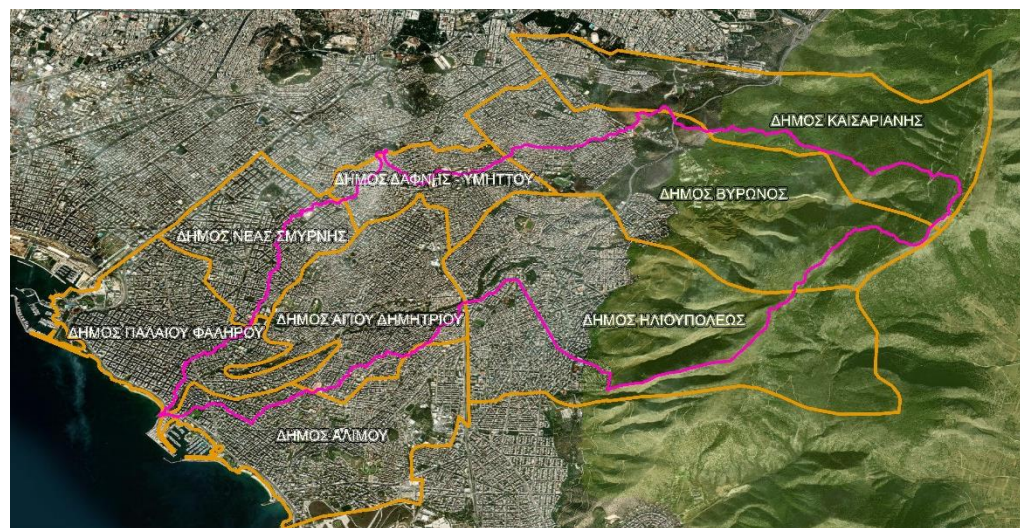




Παρουσίαση αποτελεσμάτων της Α' Φάσης της Προγραμματικής Σύμβασης Περιφέρειας Αττικής-Ε.Α.Α.: Εκτίμηση κινδύνου πλημμύρας στο ρέμα Πικροδάφνης

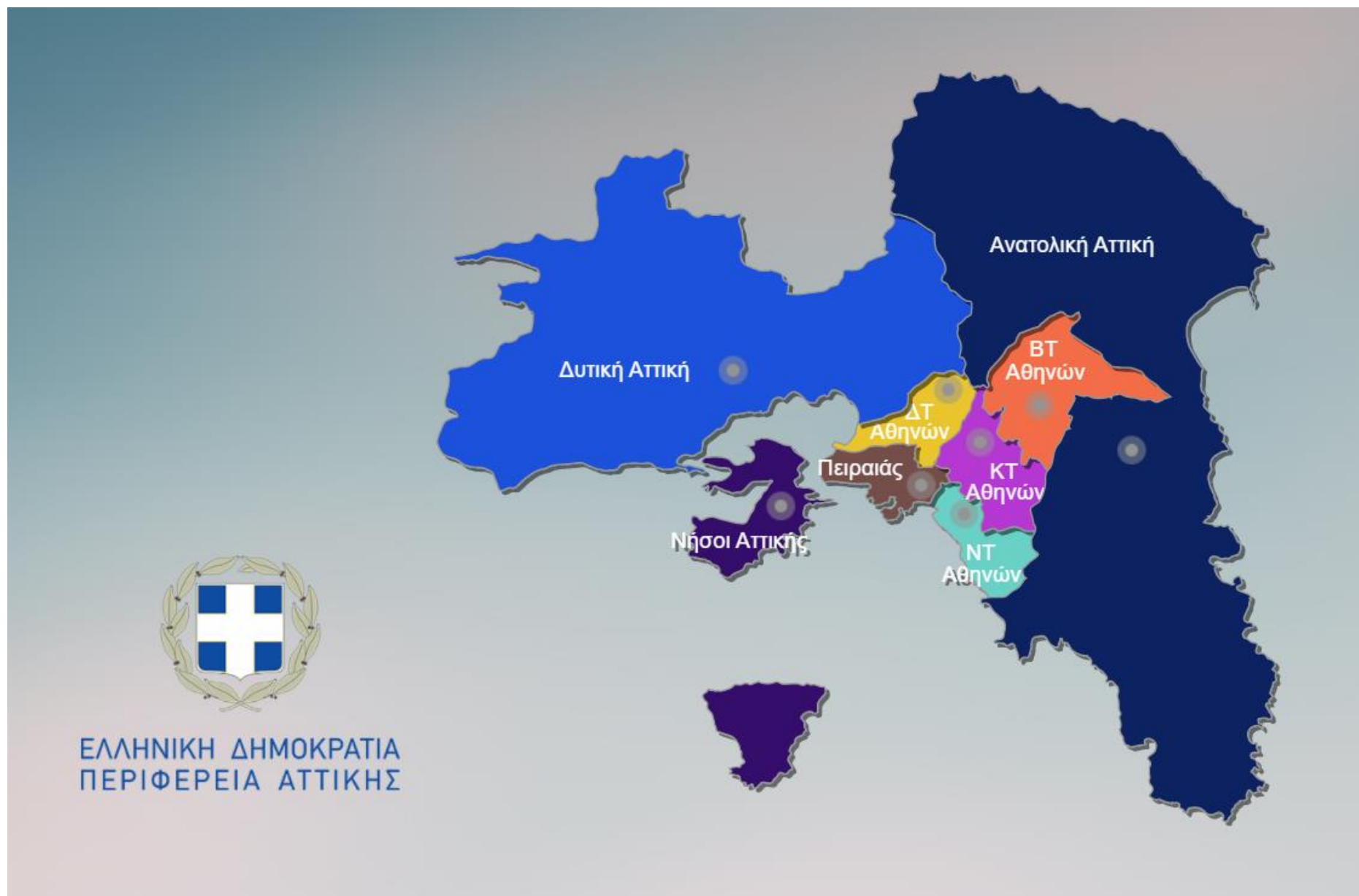


16/05/2022

Αλεξία Τσουνη, Σταυρούλα Σιγούρου, Βασιλική Παγάνα, Κέντρο BEYOND/Ι.Α.Α.Δ.Ε.Τ./Ε.Α.Α.

Δημήτρης Κουτσογιάννης, Νίκος Μαμάσης, Αντώνης Κουκουβίνος, Παναγιώτης Δημητριάδης, Θεανώ Ηλιοπούλου, Φοίβος Σαργέντης, Ρωμανός Ιωαννίδης, Δήμητρα Δημητρακοπούλου, Ευθύμιος Χαρδαβέλλας, Στέλιος Βαβουλογιάννης, Βασιλική Κυριακούλη, Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ

Στις 3 Μαρτίου 2021 υπεγράφη Προγραμματική Σύμβαση μεταξύ της Περιφέρειας Αττικής, του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (Ε.Α.Α.) – Α' Μέρος που αξιοποιεί το επιστημονικό και ερευνητικό δυναμικό του Κέντρου Επιστημών Παρατήρησης της Γης και Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης BEYOND του Ι.Α.Α.Δ.Ε.Τ. για την εκπόνηση έρευνας με τίτλο «Εκτίμηση κινδύνων σεισμού, πυρκαγιάς και πλημμύρας στην Περιφέρεια Αττικής», με χρηματοδότηση της Περιφέρειας Αττικής.





Υπόμνημα/Legend

Διαβάθμιση Πλημμυρικού Κινδύνου

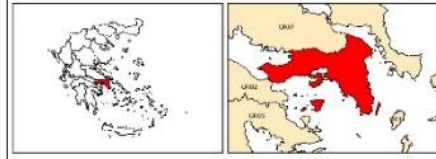
- Πολύ χαμηλός / Very Low
- Χαμηλός / Low
- Μέτριος / Moderate
- Υψηλός / High
- Πολύ υψηλός / Very High

Σημεία

Διακρίνονται οι ο συνολικός της χώρας "ΟΠ" αναπαριστούν πλέον με τον κωδικό "ΕΛ"

- Κόρη Υδρογραφικό Δίκτυο / Main River Water Body
- Οικόσιμοι / Settlements
- ΣΔΚΠ/ AFS/FR
- Όρια Δήμων ΥΔΟΒ/ Municipalities Borders of GR06
- Υδατικό Διαμέρισμα ΥΔΟΒ/ River Basin Districts
- Άλλα Υδατικά Διαμερίσματα/ Other River Basin Districts

ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΣΤΑ ΕΤ. ΜΕΡ.
25.000 κ.μ. φυσική κλίμακα 1:50.000



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ & ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ

ΕΣΠΑ 2014-2020

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

ΣΧΕΔΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ
ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ
ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΩΝ ΑΤΤΙΚΗΣ,
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ & ΝΗΣΩΝ ΑΙΓΑΙΟΥ

Υδατικό Διαμέρισμα Αττικής (GR06)
1ο Στάδιο - 4η Φάση

ΧΑΡΤΗΣ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΑΠΟ ΠΟΤΑΜΙΕΣ
ΡΟΕΣ ΓΙΑ ΠΕΡΙΟΔΟ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ T=1000 ΕΤΗ

MAP OF ASSESSMENT OF IMPACTS OF FLUVIAL FLOODING
FOR RETURN PERIOD T=1000 YEARS

ΑΡΙΘΜΟΣ ΧΑΡΤΗ	I-4 Π06-Χ38	ΚΛΙΜΑΚΑ	1:175000
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΜΑΡΤΙΟΣ 2017	ΕΚΔΟΣΗ	1.0

ΑΝΑΔΟΧΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ
ΚΙΣ ΣΧΕΔΙΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ
ΑΤΤΙΚΗΣ, ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΚΑΙ ΝΗΣΩΝ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΚΑΜΑ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΜΕΛΗΤΗΤΕΣ ΑΕ - ΕΡΑΣΜΟΣ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΕΠΕ - ΘΕΟΔΩΡΑ ΣΚΟΚΟΥ - ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΣΙΔΕΡΗΣ - ΟΜΙΚΡΟΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΓΕΥΣΙΑΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΑΕ - ΟΡΓΙΣΩΝ ΟΕ - ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ - ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΦΩΤΕΙΝΟΠΟΥΛΟΣ

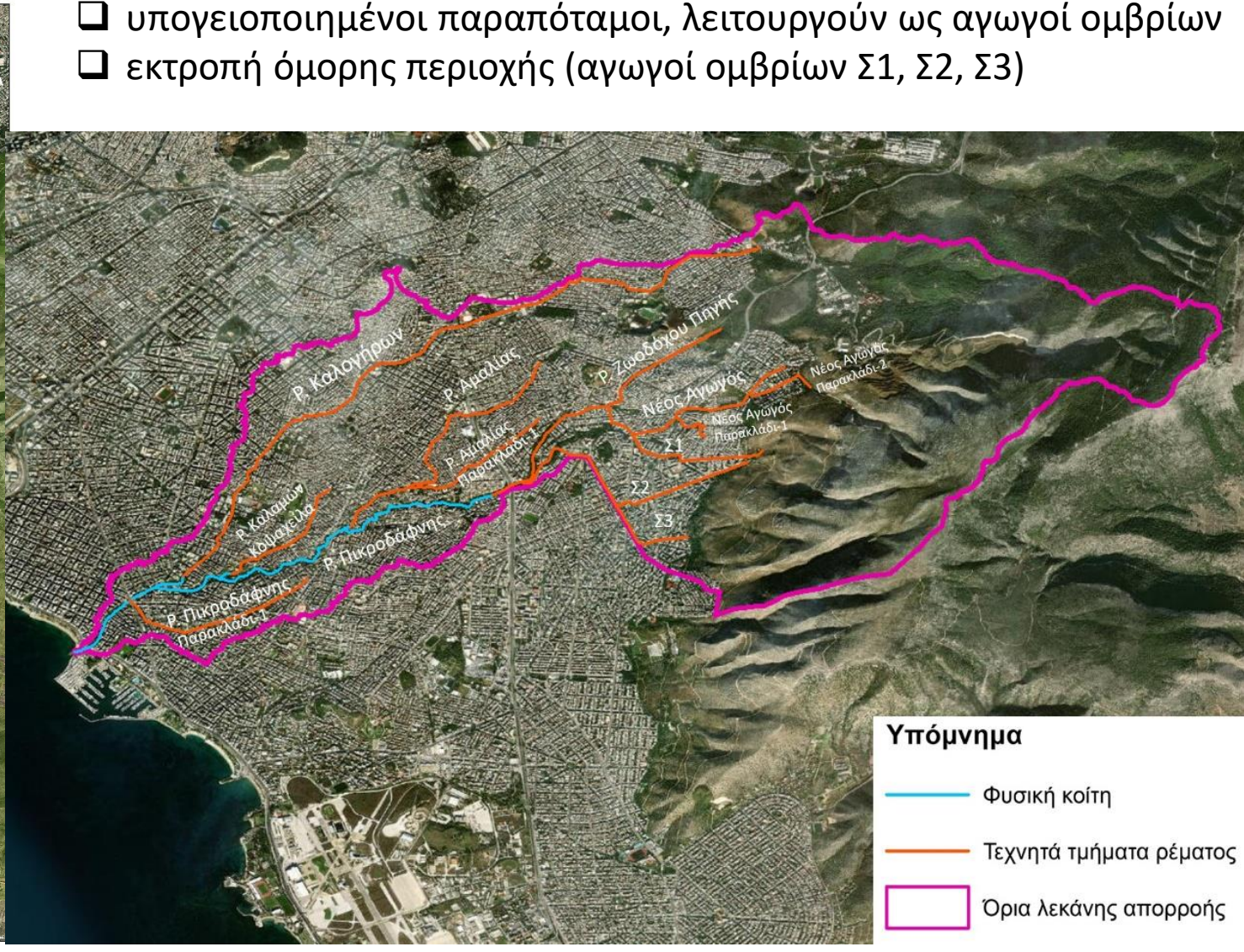
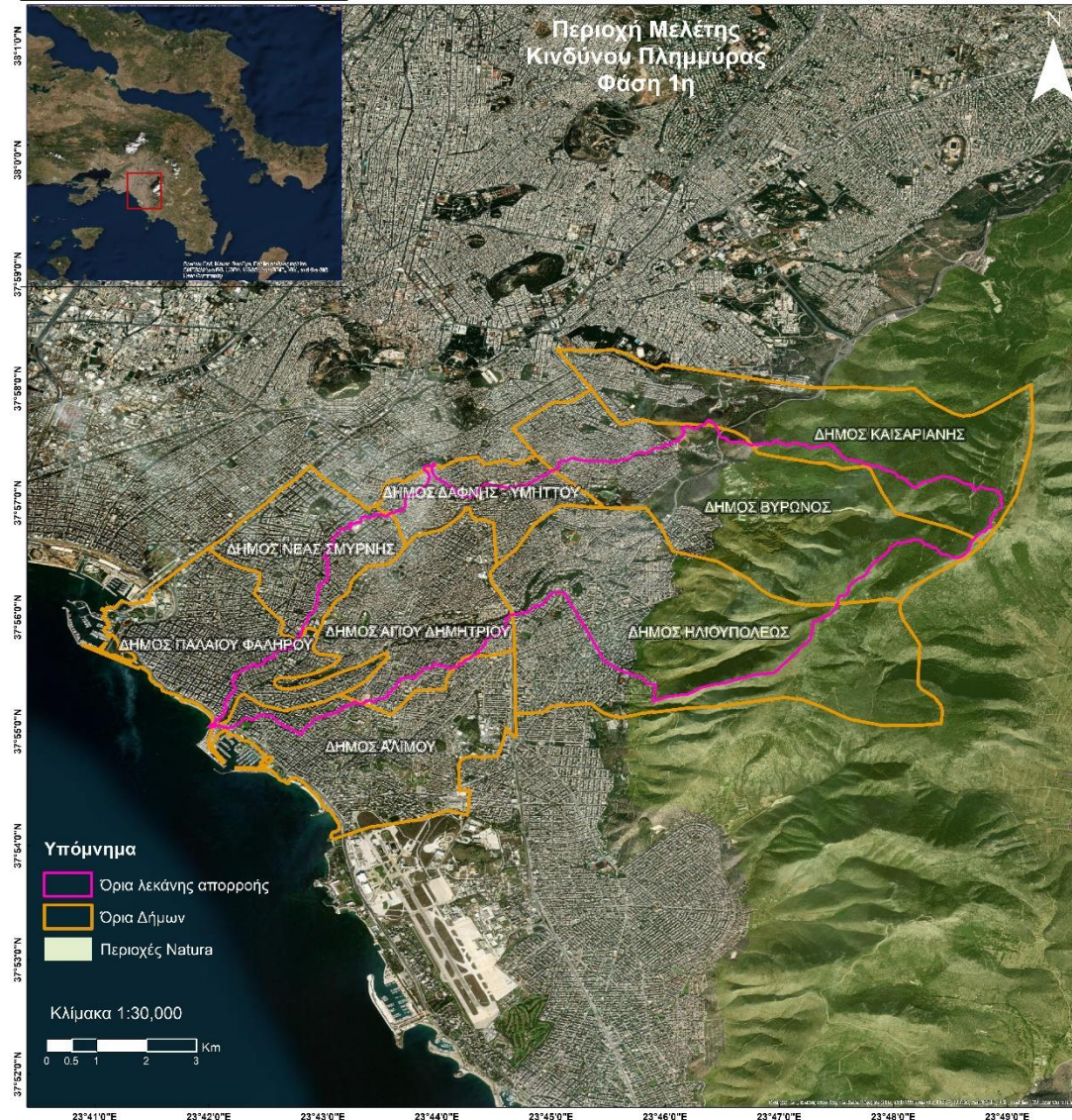
Διαβάθμιση Πλημμυρικού Κινδύνου από ποτάμιες ροές για περίοδο επαναφοράς T=1000 έτη σύμφωνα με το Εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας του Υδατικού Διαμερίσματος Αττικής από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας



Φάση Ιη: λεκάνη απορροής ρέματος Πικροδάφνης

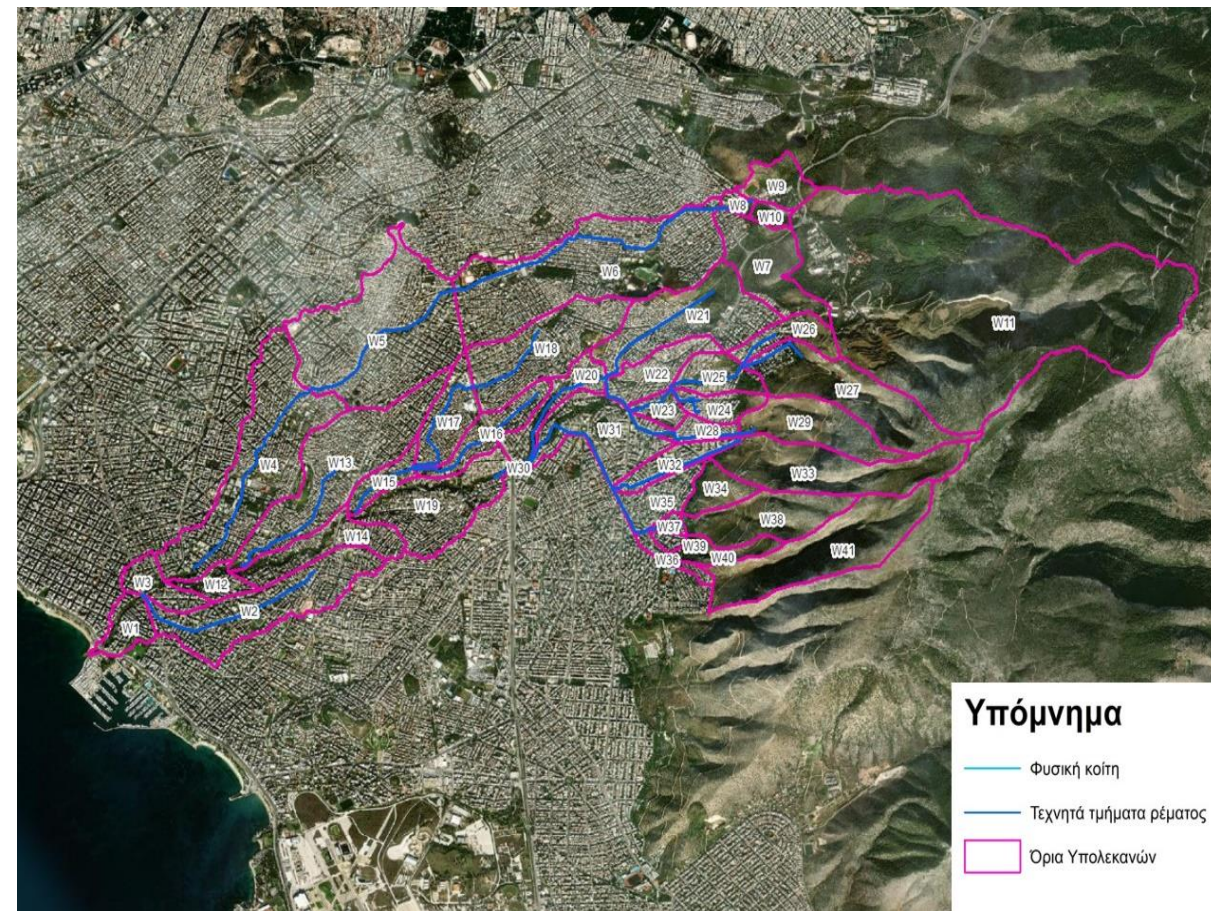
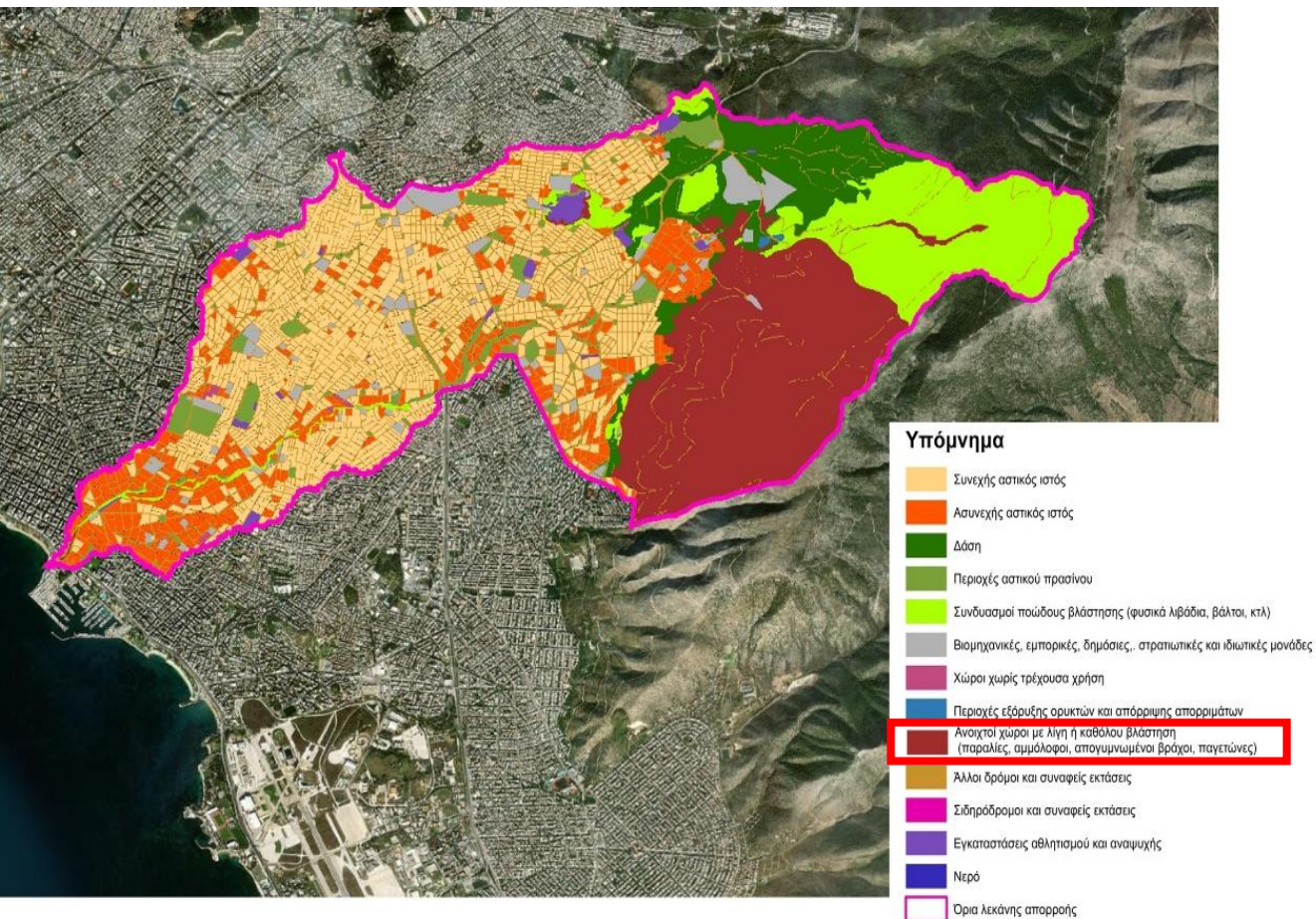


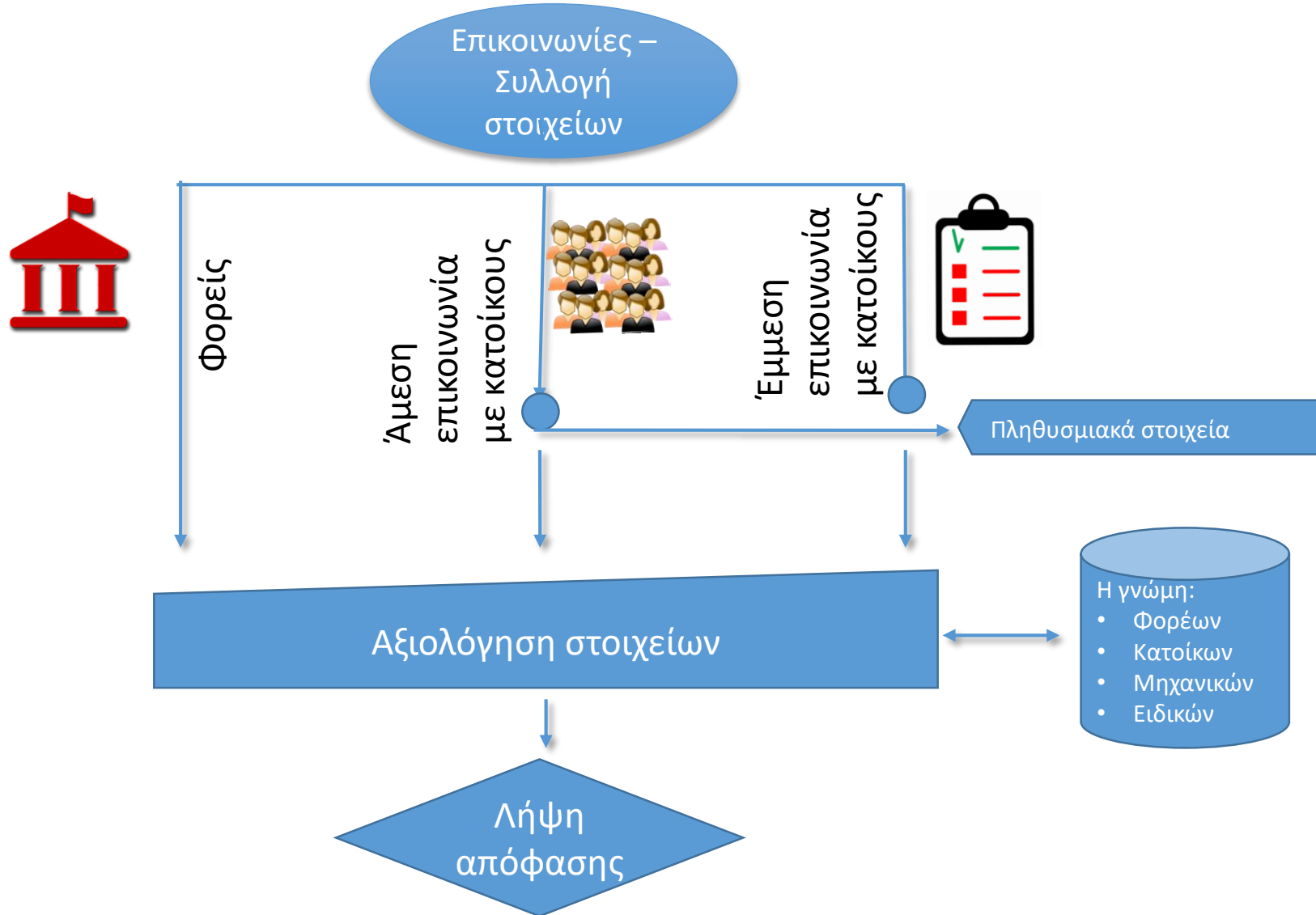
- 4.8 km φυσική κοίτη
- υπογειοποιημένοι παραπόταμοι, λειτουργούν ως αγωγοί ομβρίων
- εκτροπή όμορης περιοχής (αγωγοί ομβρίων Σ1, Σ2, Σ3)



- ❑ μεγαλύτερο ποσοστό της περιοχής μελέτης καταλαμβάνεται από αστικό ιστό (~50%)
- ❑ καμένες εκτάσεις (~20%) από πυρκαγιές 2015 έως σήμερα

- ❑ 40 υπολεκάνες απορροής







Επικοινωνία με φορείς

- Τεχνικές Υπηρεσίες Δήμων
- Πολιτική Προστασία
- Πυροσβεστική Υπηρεσία
- Δασαρχεία
- ΕΛΚΕΘΕ
- ΕΥΔΑΠ
- Κτηματολόγιο
- Περιφέρεια Αττικής
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας & Υπουργείο Υποδομών



Άμεση επικοινωνία με κατοίκους

- Κατά τη διάρκεια των αυτοψιών μας ενημέρωσαν για σημεία που είχαν πλημμυρίσει, για παρεμβάσεις, για τη διαχρονική εικόνα της περιοχής μελέτης.



Έμμεση επικοινωνία με κατοίκους

- Ψηφιακά ερωτηματολόγια σχετικά με την αποδοχή των έργων υποδομής από το κοινό σχετικά με τη συχνότητα πλημμυρικών επεισοδίων, τα επιθυμητά μέτρα αντιμετώπισης, τις προτεραιότητες χρηματοδότησης για έργα υποδομής στην περιοχή τους κτλ.



Αξιοποίηση των πληροφοριών που προέκυψαν από την επικοινωνία με φορείς και την αποδελτίωση συναφών μελετών

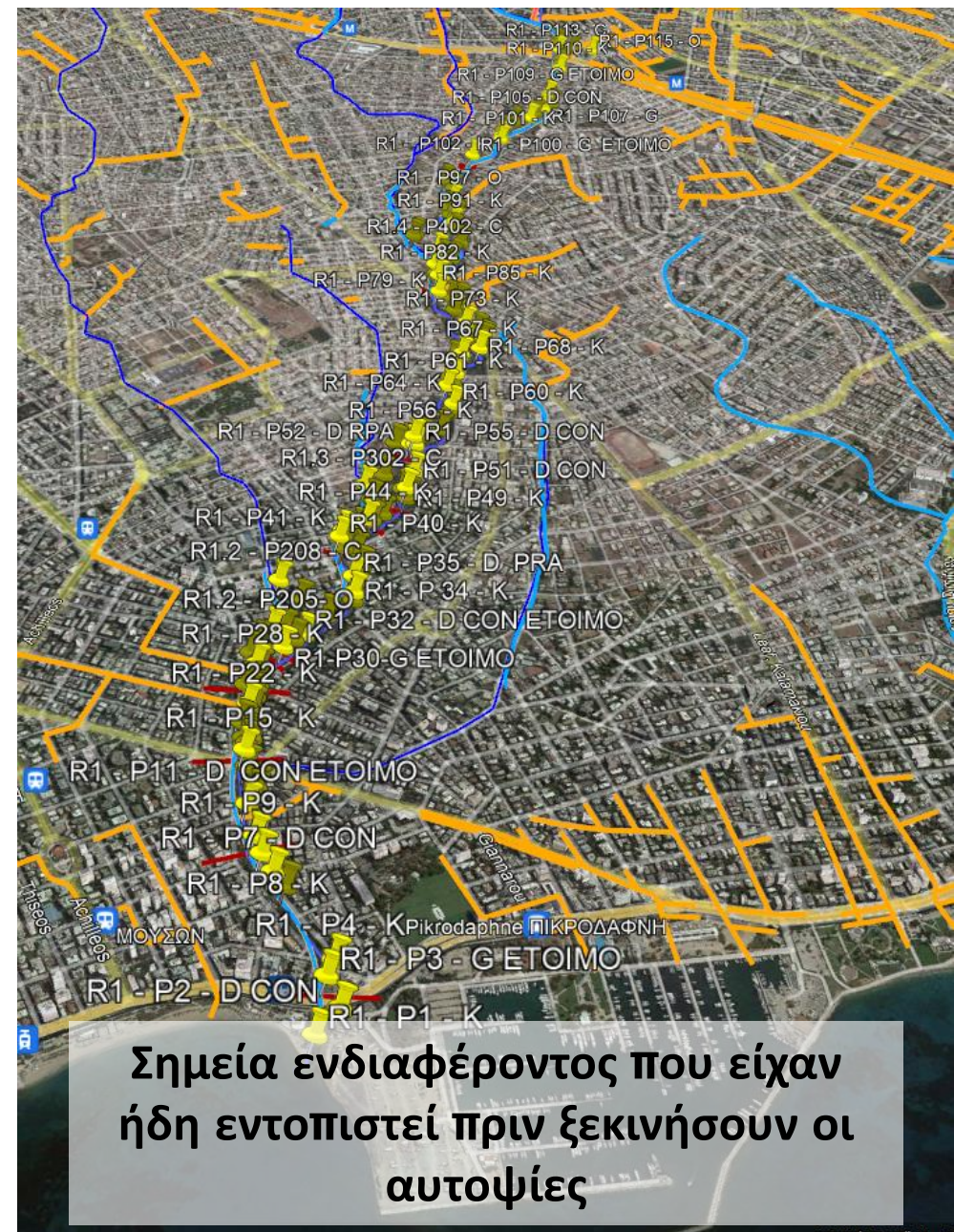


Προετοιμασία αυτοψιών

Με μελέτη των παραπάνω στοιχείων

Υποστήριξη κατά τη διάρκεια των αυτοψιών

Με χρήση της εφαρμογής Google Earth στο κινητό για τον εντοπισμό όλων των σημείων στο πεδίο



Σημεία ενδιαφέροντος που είχαν ήδη εντοπιστεί πριν ξεκινήσουν οι αυτοψίες



Κατά τις αυτοψίες

- Εξετάστηκε όλο το ρέμα της Πικροδάφνης και οι κλάδοι του κυρίως ρέματος, με εργασία περισσότερων από 10 ατόμων στο πεδίο, σε ομάδες
- Εντοπίστηκαν όλα τα σημεία που είχαν ήδη υποδειχθεί στο αρχικό Google Earth αρχείο
- Προστέθηκαν νέα σημεία παρατήρησης (βλ. πράσινες πινέζες στην εικόνα) με χρήση της εφαρμογής MAPS.ME
- Για όλα τα σημεία λήφθηκαν νέες φωτογραφίες και προστέθηκαν σχόλια
- Για τα νέα σημεία μετρήθηκαν και διαστάσεις
- Δημιουργήθηκε καινούργιο συγκεντρωτικό αρχείο Google Earth







**Προσθήκη επιπλέον σημείων
παρατήρησης από τις αυτοψίες**



Μεθοδολογία Καταγραφής

Πίνακας 1: Ονομασία (πχ. R1.1-P1-D) και χαρακτηριστικά πινέζας

Κλάδος ρέματος	Αύξων αριθμός πινέζας	Είδος σημείου και πηγές πληροφοριών	Χαρακτηριστικά
<p><u>Κωδικοποίηση</u> σημείων παρατήρησης, με βάση τον κλάδο του ρέματος, την τοποθεσία και το είδος της παρατήρησης</p> <p><u>Καταγραφή των χαρακτηριστικών των σημείων</u> όπως πχ. υλικά κατασκευής, υλικό πυθμένα, διαστάσεις, κλπ.</p> <p><u>Σχολιασμός των σημείων ως προς τα χαρακτηριστικά και την πιθανή επικινδυνότητά τους</u> Αρχική αξιολόγηση των σημείων ως προς την επικινδυνότητα και καταγραφή συναφών πληροφοριών</p>	R1.1	P1 	<ul style="list-style-type: none"> G = γέφυρα - Υλικό κατασκευής MAT (πχ. Μπετόν=b, Σίδερο=f, Ξύλο=w) - Σχήμα και διαστάσεις γέφυρας DIM (*) - Υλικό πυθμένα κοίτης MANb και πρανών αριστερά (κατά τη διεύθυνση της ροής) MANl και δεξιά (κατά τη διεύθυνση της ροής) MANr (π.χ. Χώμα=l, Φυτοκάλυψη=p, Πέτρες=g, Συρματοκιβώτια=s, Μπετόν=b)
			<ul style="list-style-type: none"> C = οχετός (κατά μήκος της κοίτης) διατομής >1m² ή Φ120 cm  - Υλικό κατασκευής MAT (πχ. Μπετόν=b, Σίδερο=f, Ξύλο=w) - Σχήμα και διαστάσεις οχετού κατά μήκος της κοίτης DIM (**)
			<ul style="list-style-type: none"> O = συμβολή αγωγού ομβρίων σε ρέμα  - Υλικό κατασκευής MAT (πχ. Μπετόν=b, Σίδερο=f, Ξύλο=w) - Σχήμα και διαστάσεις συμβάλλοντος αγωγού ομβρίων DIM (**)
			<ul style="list-style-type: none"> K = αλλαγή διατομής κοίτης (είτε διαστάσεις είτε manning)  - Απο πινέζα και ανάντη: - Σχήμα και διαστάσεις διατομής κοίτης στα διευθετημένα τμήματα DIM (***) - Υλικό πυθμένα κοίτης MANb και πρανών αριστερά (κατά τη διεύθυνση της ροής) MANl και δεξιά (κατά τη διεύθυνση της ροής) MANr (π.χ. Χώμα=l, Φυτοκάλυψη=p, Πέτρες=g, Συρματοκιβώτια=s, Μπετόν=b) - Στις συμβολές ρεμάτων θα υπάρχουν 2 τιμές για ανάντη.
			<ul style="list-style-type: none"> D = άλλη κρίσιμη διατομή - Ιρλανδική διάβαση IRI - Φράγματα FRA - Αυθαίρετες κατασκευές εντός της κοίτης CON



Α. Συλλογή βροχομετρικών δεδομένων Αττικής

- Αξιοποιήθηκαν δεδομένα από βροχογράφους και από βροχόμετρα
- Ανακτήθηκαν όλα τα δεδομένα της μελέτης των Κουτσογιάννη κ.α. (2010) για την Αττική και **προστέθηκαν/επικαιροποιήθηκαν 21 σταθμοί** (βροχογράφοι/βροχόμετρα) σε 18 θέσεις από ΕΜΥ, ΥΠΕΝ, ΕΑΑ και ΕΜΠ.
- Το τελικό δείγμα αποτελείται από 29 σταθμούς (ΒΓ και ΒΜ) σε 18 θέσεις, οι οποίοι συνολικά καλύπτουν χρονικό διάστημα από το **1860 έως και το 2020**.
- Μετά από ελέγχους ποιότητας, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από **12 βροχόμετρα και 11 βροχογράφους** (9 εκ των οποίων σε θέσεις που έχουν και βροχόμετρα) σε **14 θέσεις**:
 - Μέγαρα (ΒΜ), Ελευσίνα (ΒΜ, ΒΓ), Πειραιάς (ΒΜ), Λ. Νυμφών (ΒΜ, ΒΓ), Ν. Φιλαδέλφεια (ΒΜ, ΒΓ), Ελληνικό (ΒΜ, ΒΓ), Σπάτα (ΒΜ), Νίκαια (ΒΜ, ΒΓ), Περιστερί (ΒΜ, ΒΓ), Χαλάνδρι (ΒΜ, ΒΓ), Τατόι (ΒΜ, ΒΓ) , Ζωγράφου (ΒΓ) , Πεντέλη (ΒΓ), Μαρκόπουλο (ΒΜ, ΒΓ)

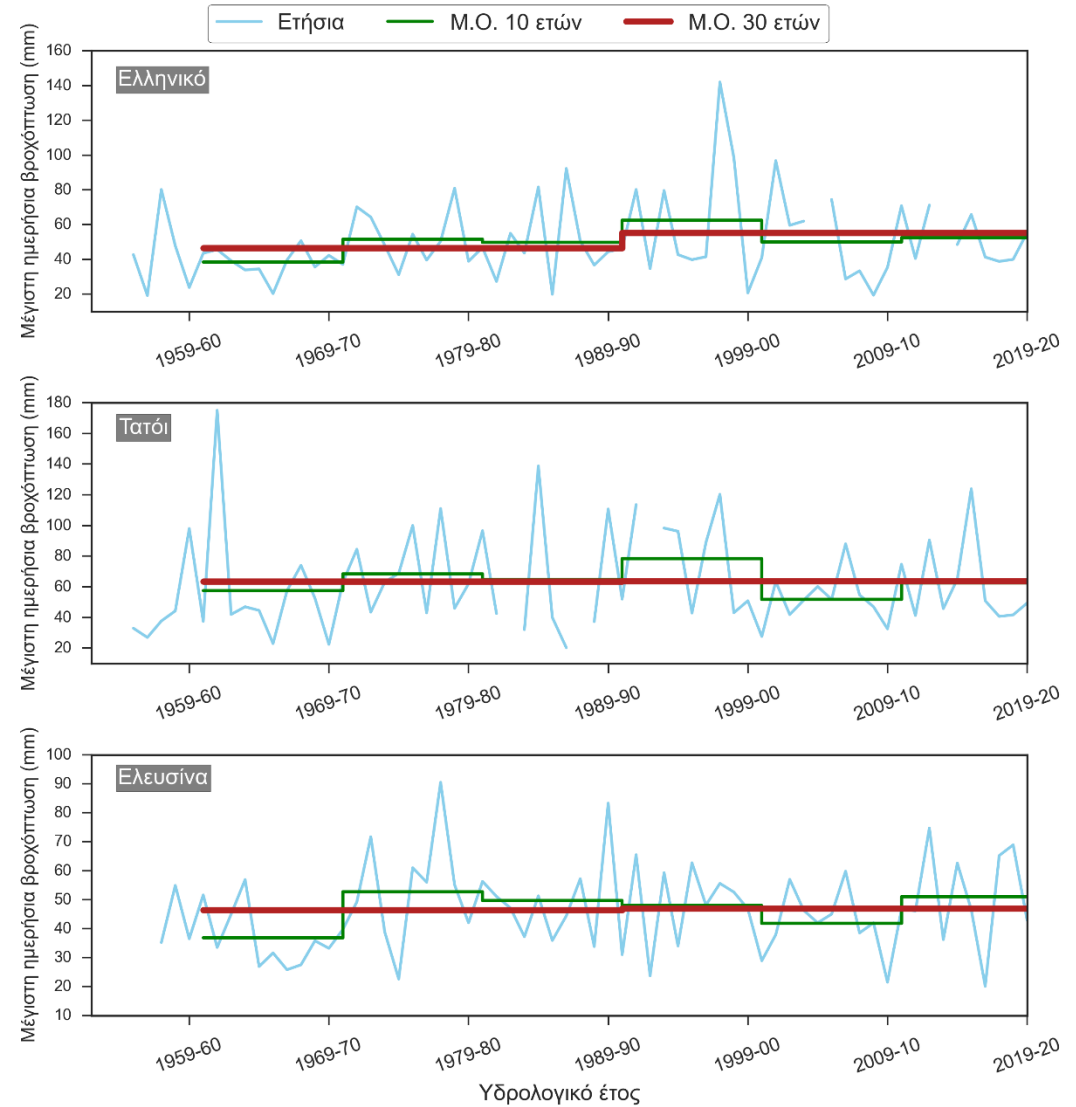
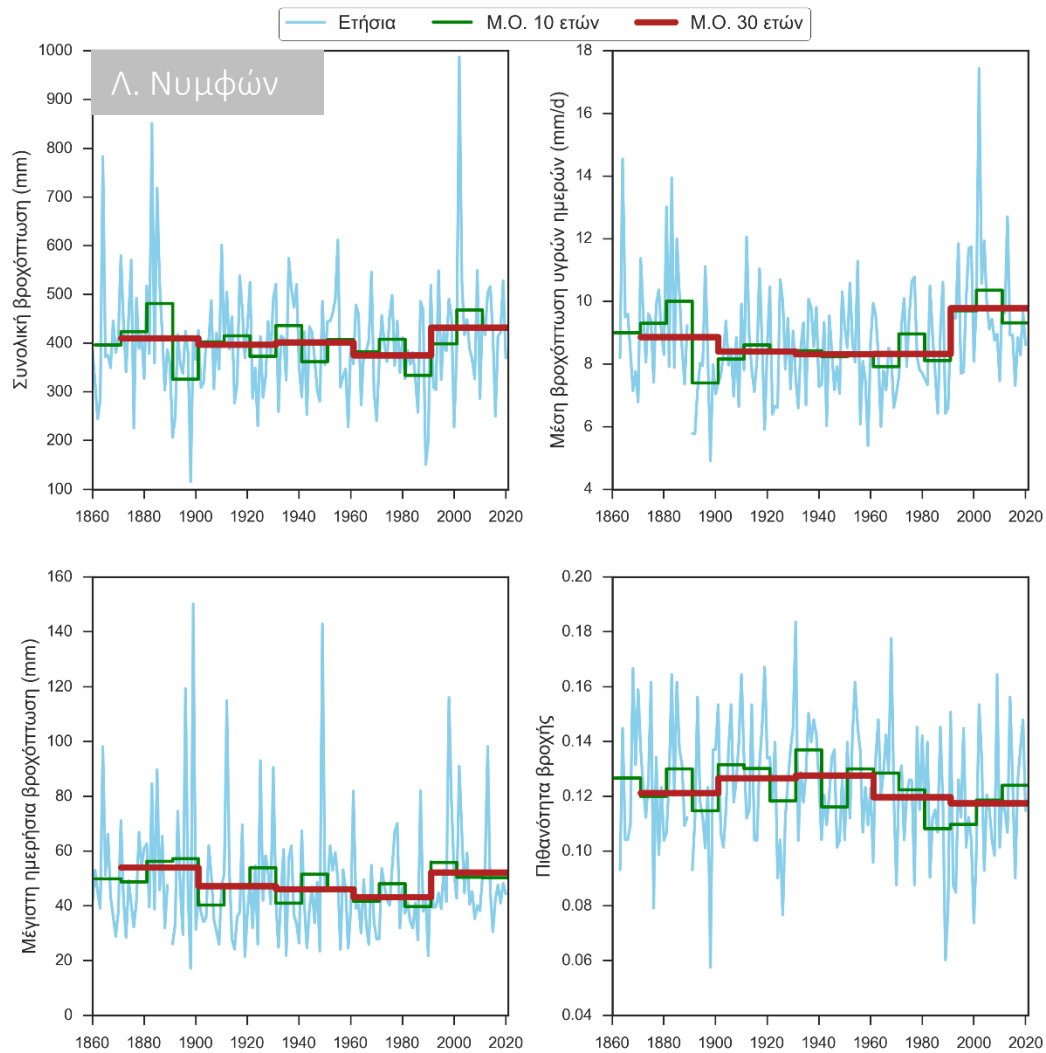


B. Εφαρμογή των πλέον σύγχρονων μεθοδολογιών εκτίμησης

- ❑ Αξιοποιήθηκε το νέο μεθοδολογικό πλαίσιο εκτίμησης όμβριων καμυλών του Koutsoyiannis (2021) που ενσωματώνει:
 - νέα μεθοδολογία εκτίμησης περιόδων επαναφοράς με χρήση K-ροπών (Koutsoyiannis, 2019)
 - νέα μεθοδολογία χωρικής εκτίμησης παραμέτρων συνάρτησης κατανομής
- ❖ Η νέα προσέγγιση επιτρέπει τη συνδυασμένη εκτίμηση παραμέτρων από το δείγμα των σταθμών:
 - ✓ λαμβάνοντας υπόψη τη **χωρική συσχέτιση των σταθμών**
 - ✓ αξιοποιώντας συνολικά τις **16 πρώτες K-ροπές στην εκτίμηση** των παραμέτρων κατανομής (calibration) και τις **724 υψηλότερες K-ροπές για έλεγχο του μοντέλου** (validation)



Γ. Διερεύνηση μακροπρόθεσμης χρονικής μεταβλητότητας βροχόπτωσης

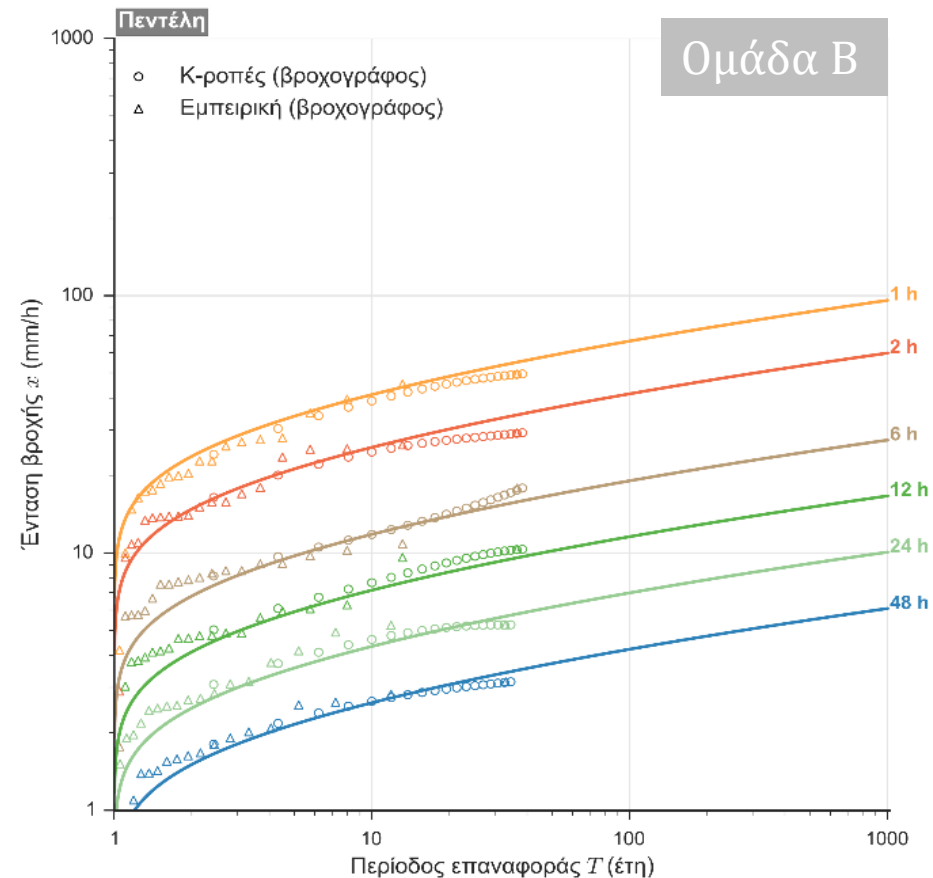
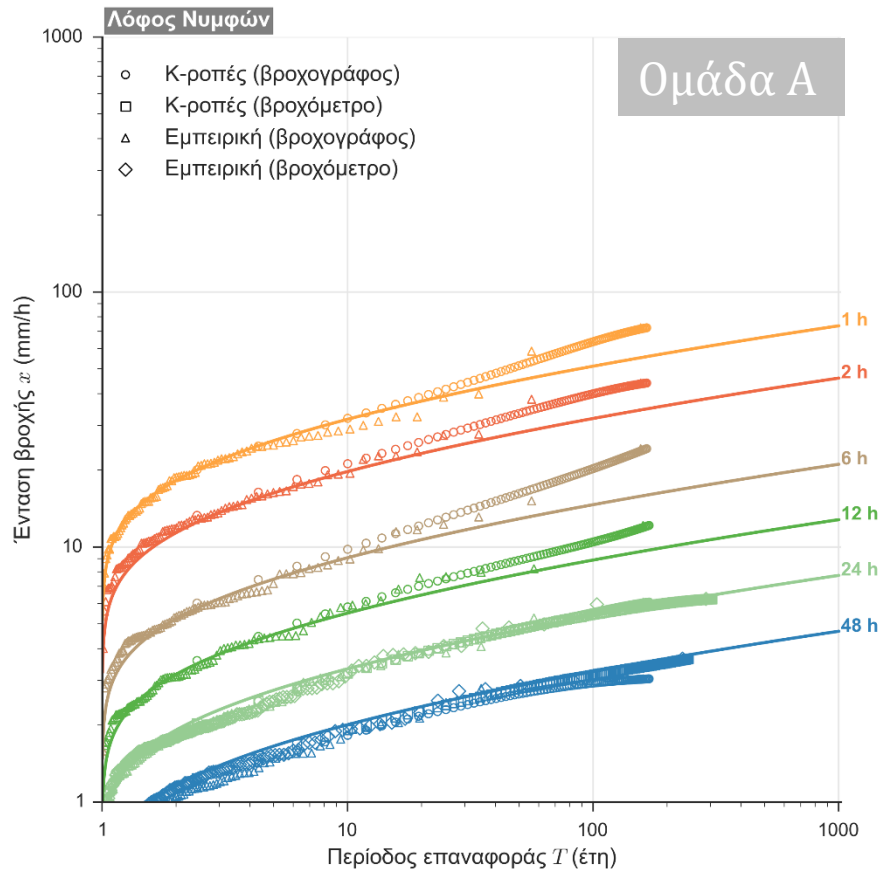




Δ. Μοντελοποίηση χωρικής μεταβλητότητας βροχόπτωσης με βάση το υψόμετρο

Αναγνωρίστηκαν δύο ομάδες σταθμών:

- η Ομάδα Α στην οποία ανήκουν σταθμοί με χαμηλότερα μέγιστα ημερήσια ύψη βροχής και οι οποίοι βρίσκονται γενικά σε υψόμετρα < 160 m και
- η Ομάδα Β με υψηλότερα μέγιστα ύψη βροχής που χαρακτηρίζουν σταθμούς που βρίσκονται γενικά σε υψόμετρα > 160 m.





- Η γενική συναρτησιακή σχέση των όμβριων καμπυλών που προσδιορίζει την ένταση της βροχής x (mm/h) για χρονική κλίμακα k (h) και περίοδο επαναφοράς T (years) είναι η εξής:

$$x = \lambda \frac{(T/\beta)^\xi - 1}{(1 + k/\alpha)^\eta}, \quad \xi > 0$$

	Ομάδα Α (υψόμετρο λεκάνης < 160 m)	Ομάδα Β (υψόμετρο λεκάνης ≥ 160 m)
α (h)	0.1	0.1
η (-)	0.73	0.73
ξ (-)	0.07	0.07
λ (mm/h)	445	579
β (years)	0.07	0.07

- Για την αναγωγή της παραμέτρου λ στο υψόμετρο της λεκάνης χρησιμοποιείται η σχέση:

$$\lambda = f_A \lambda_A + f_B \lambda_B$$

$$f_A = (\text{Επιφάνεια λεκάνης σε υψόμετρο < 160 m}) / (\text{Συνολική επιφάνεια λεκάνης})$$

$$f_B = (\text{Επιφάνεια λεκάνης σε υψόμετρο ≥ 160 m}) / (\text{Συνολική επιφάνεια λεκάνης})$$

- ❖ Οι παράμετροι α, η, ξ και β προκύπτουν από την ενιαία εκτίμηση σε επίπεδο Αττικής ενώ η παράμετρος κλίμακας λ υπολογίζεται με βάση την κατανομή υψομέτρων στη λεκάνη.

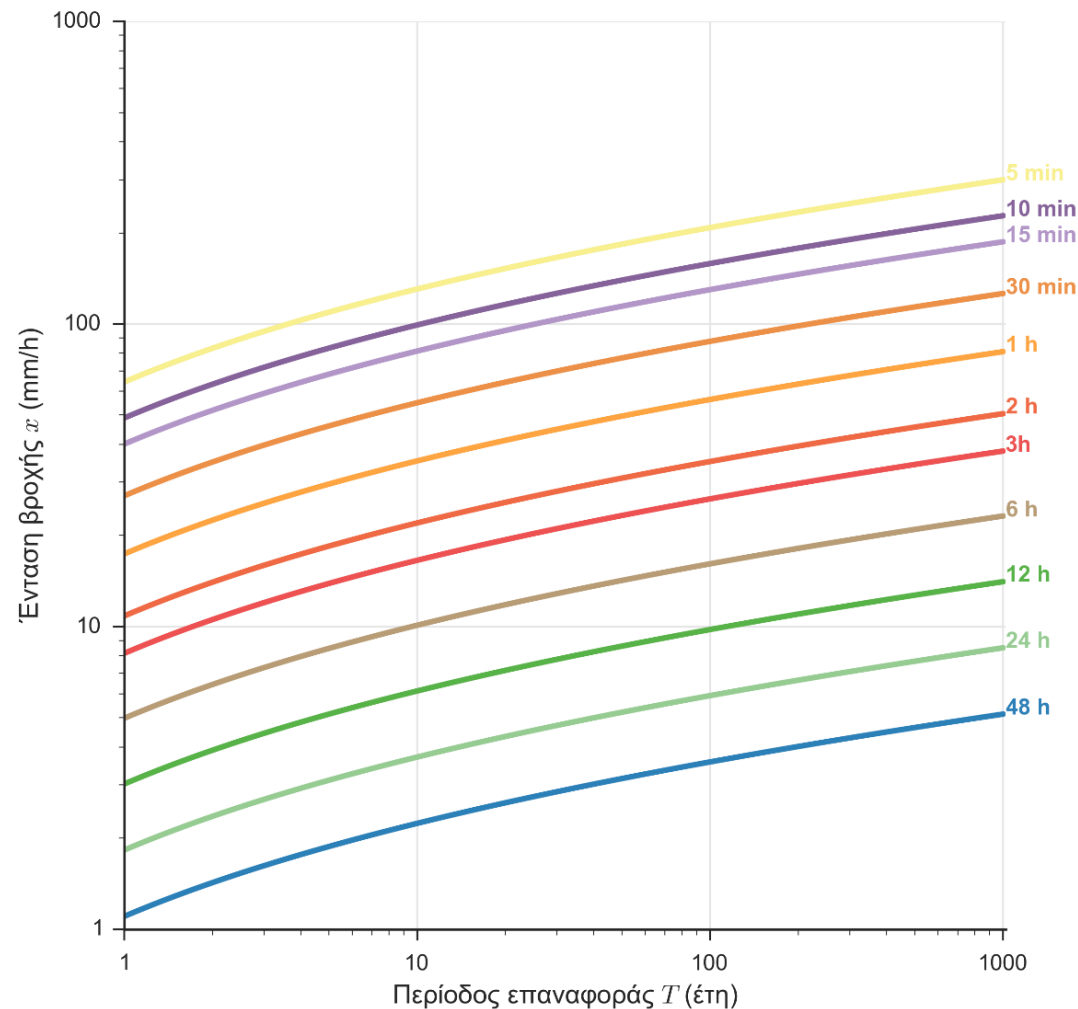


Για τη λεκάνη της Πικροδάφνης προκύπτει $f_A = 0.67$ και $f_B = 0.33$, και άρα λ ίση με 489.22.

Η τελική σχέση όμβριων καμπυλών της λεκάνης είναι:

$$x = 489.22 \frac{(T/0.07)^{0.07} - 1}{(1 + k/0.1)^{0.73}}$$

όπου x η ένταση βροχής x σε mm/h, k η χρονική κλίμακα σε h και T η περίοδος επαναφοράς σε έτη.

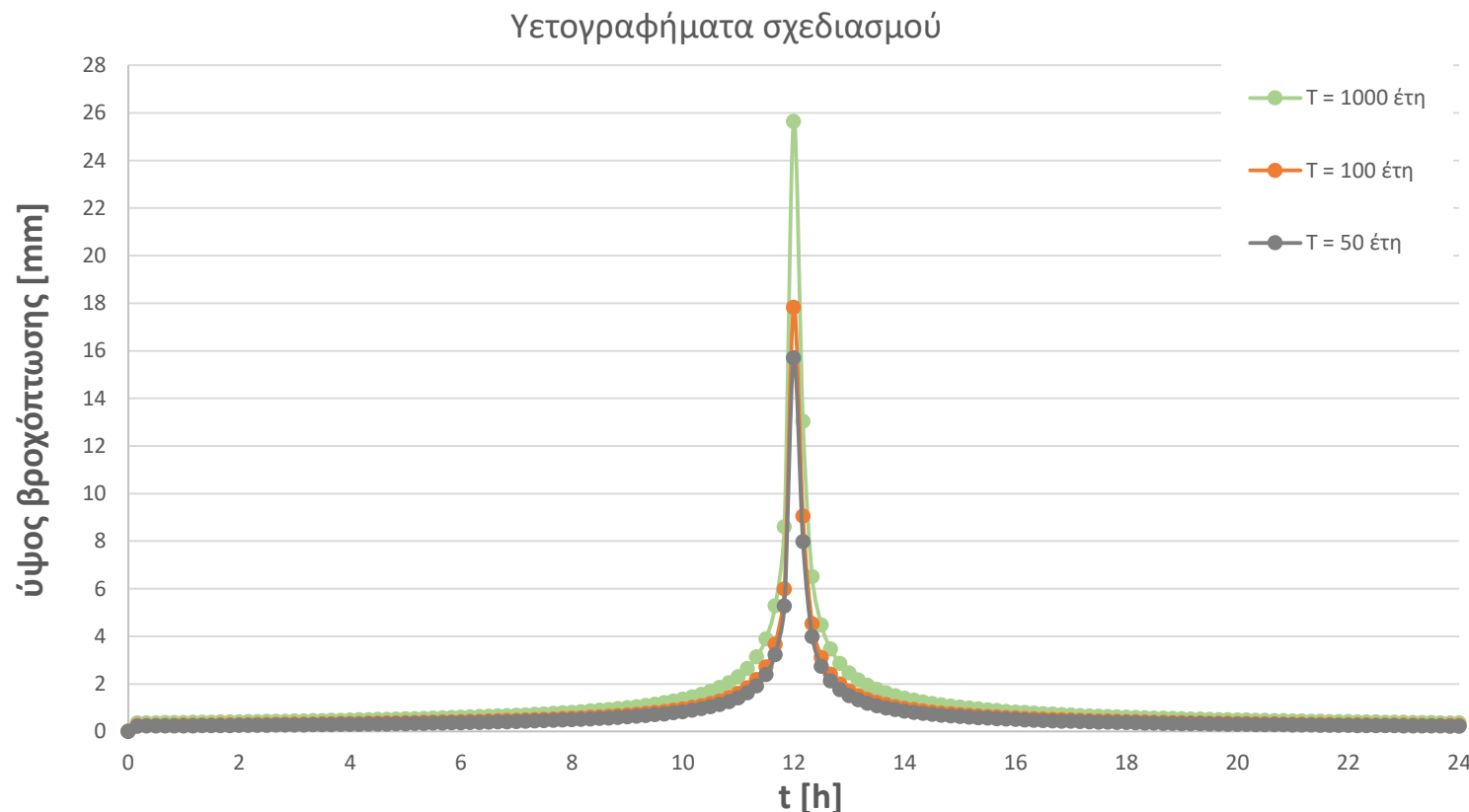


- Κατά τον προσδιορισμό των τμηματικών υψών βροχής χρησιμοποιείται ως μειωτικός πολλαπλασιαστικός συντελεστής ο **συντελεστής επιφανειακής αναγωγής φ** , σύμφωνα με την ακόλουθη αναλυτική έκφραση (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999), $\varphi = \max \left\{ 1 - \frac{0.048A^{0.36-0.01\ln A}}{d^{0.35}}, 0.25 \right\}$ όπου A εκτιμήθηκε ως το 50% της συνολικής έκτασης της λεκάνης [km²] και d η χρονική διάρκεια [h]

- Η διάρκεια της βροχόπτωσης σχεδιασμού λήφθηκε πολλαπλάσια του χρόνου συρροής, ίση με **24 ώρες**.

- Για την κατανομή του υετογραφήματος επιλέγεται η **μέθοδος των εναλλασσόμενων μπλοκ** (alternating block method) (Sutcliffe, 1978; Chow et al., 1988), που αποτελεί έναν αρκετά δυσμενή συνδυασμό.

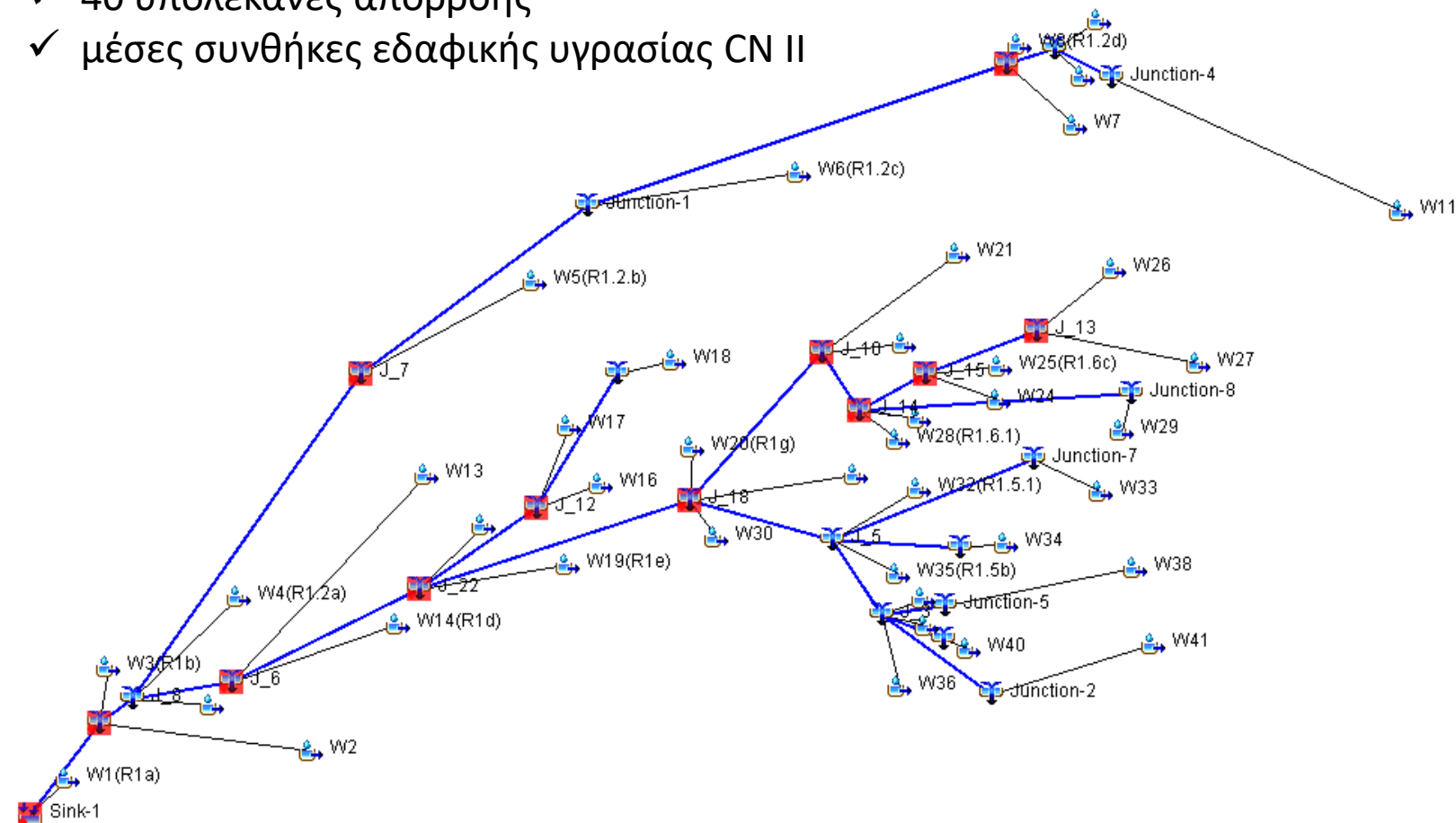
- Η συνολική βροχή θεωρήθηκε **ομοιόμορφη** στην έκταση της λεκάνης απορροής.



μοντέλο βροχής απορροής - HECHMS

1. εκτίμηση ενεργού βροχόπτωσης (διαχωρισμός υδρολογικών απωλειών από το συνολικό υετογράφημα)

- ✓ 40 υπολεκάνες απορροής
- ✓ μέσες συνθήκες εδαφικής υγρασίας CN II



μέθοδος του αριθμού καμπύλης απορροής (Runoff Curve Number, CN) της Soil Conservation Service (SCS, 1972)

$$h_e = \begin{cases} 0 & h \leq 0.2S \\ \frac{(h - 0.2S)^2}{h + 0.8S} & h > 0.2S \end{cases}$$

$$S = 254 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

όπου, S: μέγιστη δυνητική κατακράτηση (mm)

CN: αριθμός καμπύλης απορροής CN (Curve Number)

2. μετασχηματισμό της ενεργού βροχόπτωσης σε απορροή

Χρόνος συγκέντρωσης

ανάγνη αγροτικές υπολεκάνες απορροής

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{\Delta z}} \quad (\text{Giandotti, 1934})$$

όπου A: επιφάνεια της λεκάνης απορροής [km²]

L: μήκος της κύριας μισγάγγειας [km]

Δz: υψομετρική διαφορά του μέσου υψόμετρου της λεκάνης από το υψόμετρο της εξόδου [m]

μικρές αγροτικές λεκάνες απορροής με έκταση από 0.003 έως 0.5 km² (Λουκάς, 2015) → καταλληλότερη για τις αστικές λεκάνες απορροής μικρής έκτασης της περιοχής μελέτης

$$t_c = 0.0667L^{0.77} / S^{0.385} \quad (\text{Kirpich, 1940})$$

όπου, L: μήκος της κύριας μισγάγγειας [km]

S: μέση κλίση [m/m]

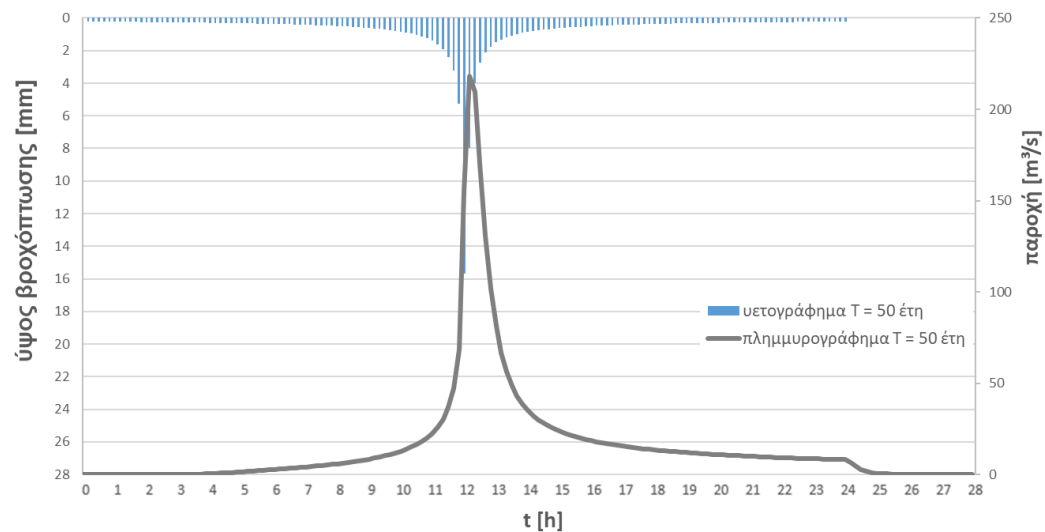
μέθοδος συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος
(ΣΜΥ) της Soil Conservation Service

Χρόνος υστέρησης

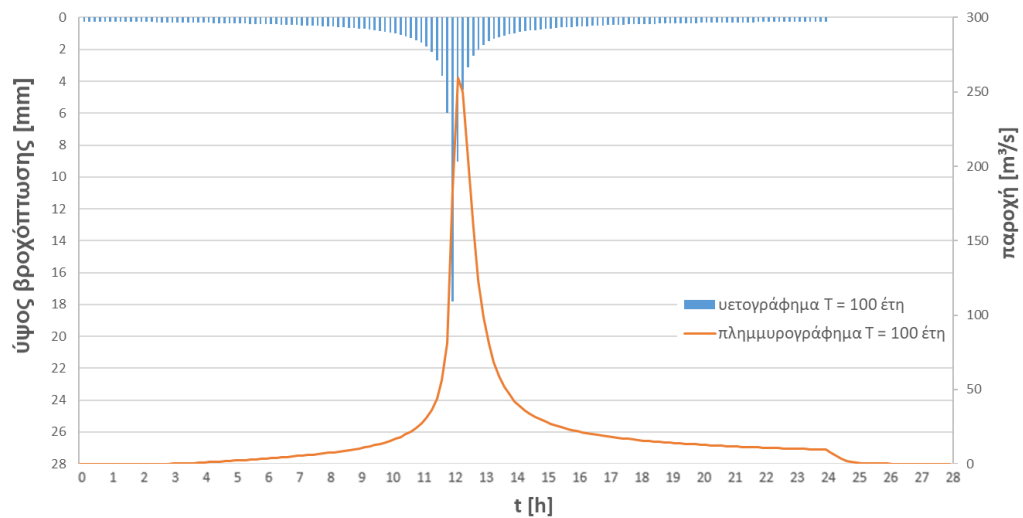
$$t_L = 0.6t_c$$

Έξοδος λεκάνης

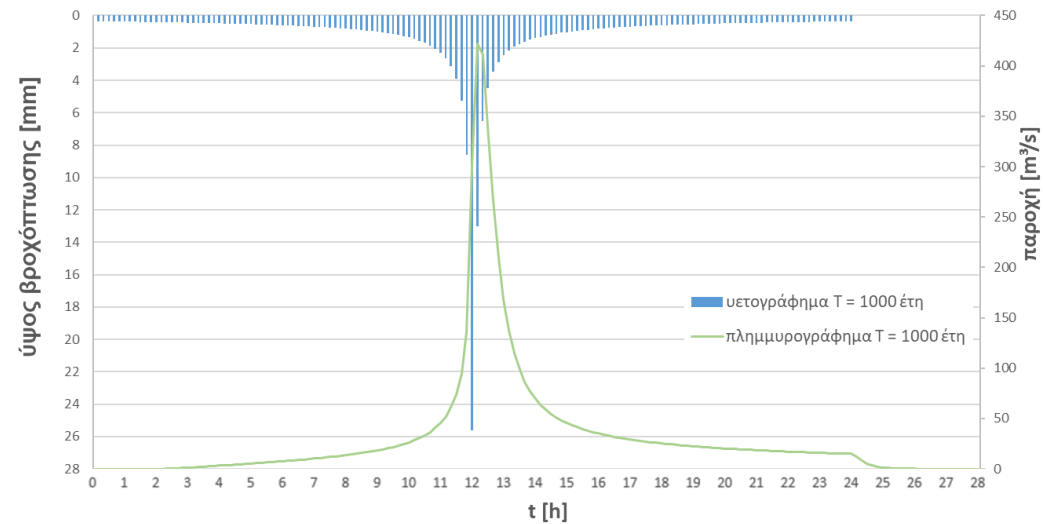
T 50 έτη



T 100 έτη



T 1000 έτη



Πηγές αβεβαιότητας υδραυλικών μοντέλων προσομοίωσης πλημμυρικών φαινομένων

- Τα πλημμυρικά φαινόμενα κυρίως αφορούν μεγάλες (υδρολογικές και τοπογραφικές) κλίμακες.
- Η υδραυλική τους προσομοίωση έρχεται αντιμέτωπη με την εγγενή αβεβαιότητα κάθε ντετερμινιστικού μοντέλου αλλά και του διαφορετικού αποτελέσματος μεταξύ αξιόπιστων μοντέλων λόγω διαφορών στο υπολογιστικό σχήμα επίλυσης, στις αρχικές και οριακές συνθήκες, κτλ.

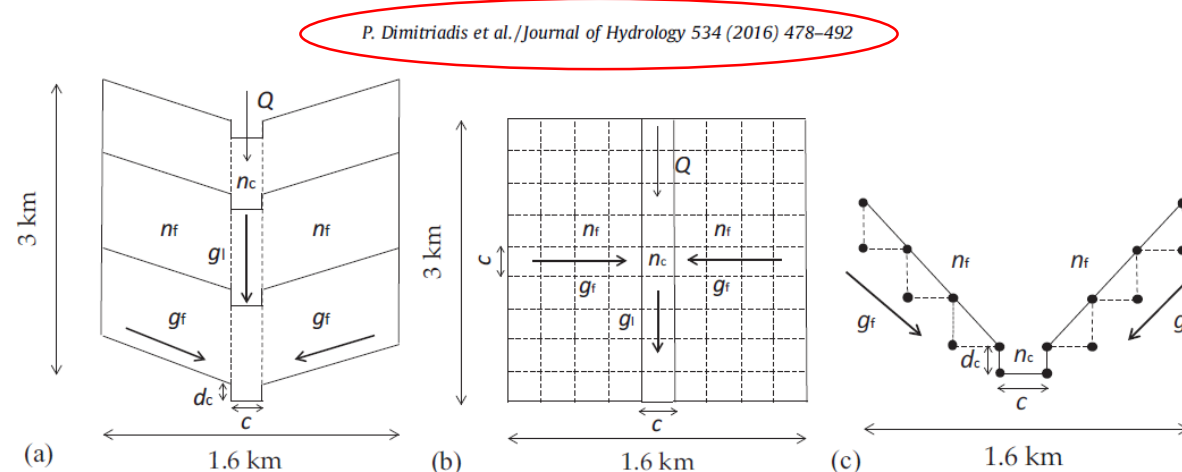
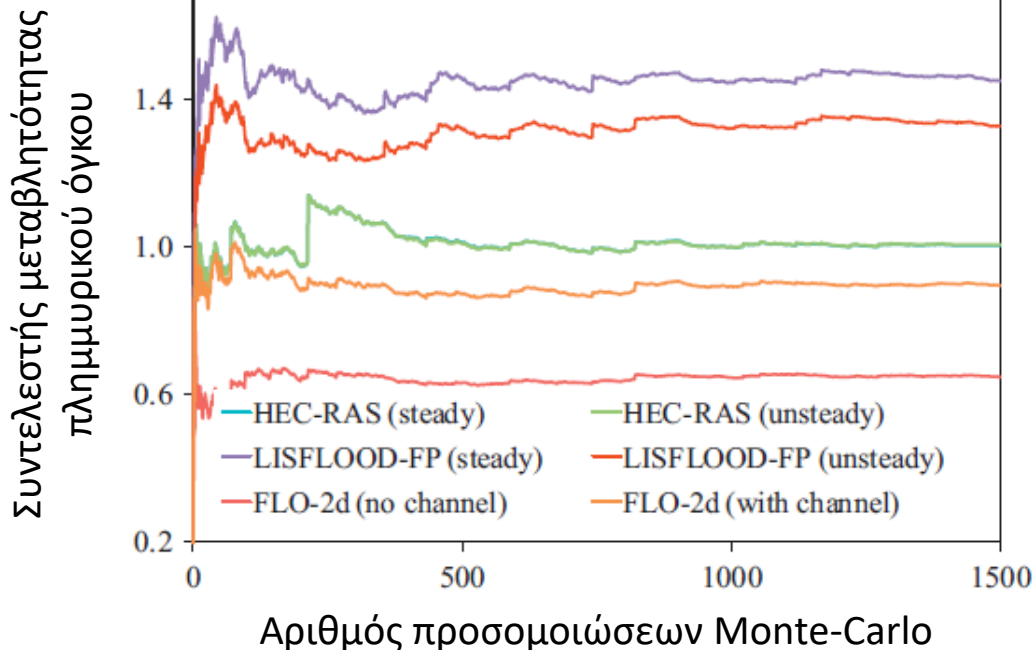


Fig. 1. Layout of benchmark tests and associated input variables: (a) perspective view, (b) plan view, and (c) cross sectional view, where solid lines represent the continuous geometry, implemented within HEC-RAS, while dashed lines represent the raster-based geometry, implemented within LISFLOOD-FP and FLO-2d (d_c represents the channel depth; for rest of symbols please refer to Table 1).

Table 1

Variables used within sensitivity analysis and associated range of feasible values; all variables are uniformly distributed, except for the model resolution determined by the channel width, which takes three discrete values with equal probability (25, 50 or 100 m).

Variable	Symbol and units	Min	Max
Upstream flow	Q (m^3/s)	100	5000
Longitudinal gradient	g_l (%)	0.1	5
Lateral gradient	g_r (%)	0.1	5
Roughness coefficients (channel)	n_c	0.01	0.1
Roughness coefficients (floodplain)	n_f	0.05	0.3
Model resolution (=channel width)	c (m)	25, 50, 100	

Ανάλυση ευαισθησίας και Υδραυλική διερεύνηση

- Ανάλυση ευαισθησίας παραμέτρων υψηλής αβεβαιότητας (π.χ., μέγεθος φατνίου, διαμόρφωση κοίτης, χρονικό βήμα, τοπογραφικές κλίσεις κοίτης και πλημμυρικού πεδίου κτλ.), μέσω του ψευδο-δισδιάστατου (quasi-2D) LISFLOOD-FP (με θεώρηση κινηματικού κύματος).
- Συνδυασμός διαφορετικών τιμών των υδραυλικών παραμέτρων για τον εντοπισμό απομονωμένων πλημμυρικών περιοχών, όπου η μεγαλύτερη αβεβαιότητα του βάθους ροής εντοπίζεται σε φατνία με έως και 1 m βάθος.
- Προετοιμασία, συνδυασμός και βαθμονόμηση του πιο υπολογιστικά λεπτομερούς αλλά αυξημένου υπολογιστικού φόρτου δισδιάστατο (2D) HEC-RAS (με επιλογή μικρών μεγεθών φατνίων και χρονικού βήματος σε περιοχές αυξημένων τοπογραφικών κλίσεων στη λεκάνη απορροής του ρέματος Πικροδάφνης, μέσω του κριτηρίου Courant).

Εκτίμηση κινδύνων σεισμού, πυρκαγιάς & πλημμύρας στην Περιφέρεια Αττικής – Α' Μέρος, Ε.Α.Α.

Πίνακας 3.10 Σενάρια προσομοίωσης πλημμυρικής κατάκλυσης με το υδραυλικό μοντέλο LISFLOOD.

Περίοδος Επαναφοράς (έτη)	Μέγεθος φατνίου (m)	Χρονικό Βήμα Πλημμυρογραφήματος Εισόδου (min)	Διαμόρφωση κοίτης	Διαμόρφωση κοίτης	Υπολογιστικός Φόρτος (h)	Μέγιστο Βάθος (m)
1000	20	10	Δυσμενής	Δυσμενής	0.5	5.3
1000	10	10	Δυσμενής	Δυσμενής	1.0	6.3
1000	5.6	10	Δυσμενής	Δυσμενής	2.0	6.8
50	5.6	10	Δυσμενής	Δυσμενής	2.0	6.8
100	5.6	10	Δυσμενής	Δυσμενής	2.0	6.8
1000	5.6	60	Δυσμενής	Δυσμενής	3.5	7.3
1000	5.6	60	Ευμενής	Ευμενής	3.5	5.7

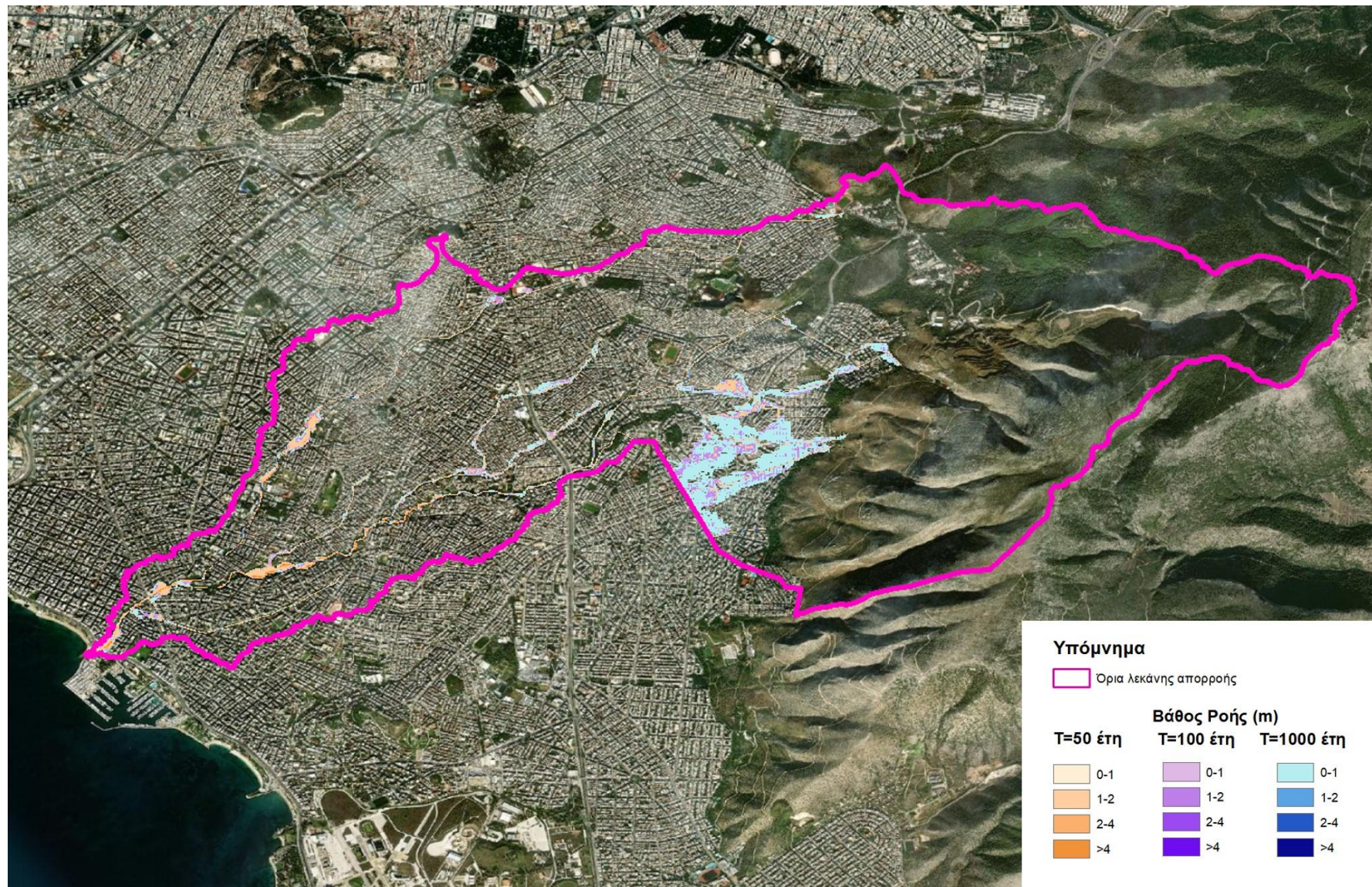
Εκτίμηση κινδύνων σεισμού, πυρκαγιάς & πλημμύρας στην Περιφέρεια Αττικής – Α' Μέρος, Ε.Α.Α.

Πίνακας 3.11 Πιθανότητες υπέρβασης διαφόρων πλημμυρικών βαθών για κάθε σενάριο προσομοίωσης πλημμυρικής κατάκλυσης με το υδραυλικό μοντέλο LISFLOOD.

Περίοδος Επαναφοράς (έτη)	Μέγεθος φατνίου (m)	Χρονικό Βήμα Πλημμυρογραφήματος Εισόδου (min)	Πιθανότητα μη υπέρβασης 0.5 m (%)	Πιθανότητα μη υπέρβασης 1 m (%)	Πιθανότητα μη υπέρβασης 2 m (%)	Πιθανότητα μη υπέρβασης 5 m (%)
1000	20	10	78.1	78.8	94.3	99.9
1000	10	10	80.7	81.6	95.6	99.8
1000	5.6	10	84.2	86.9	96.0	99.9
50	5.6	10	85.1	87.6	96.5	99.9
100	5.6	10	84.4	87.2	96.2	99.9
1000	5.6	60	84.3	86.0	96.7	99.9
1000	5.6	60	86.8	88.5	97.3	100.0

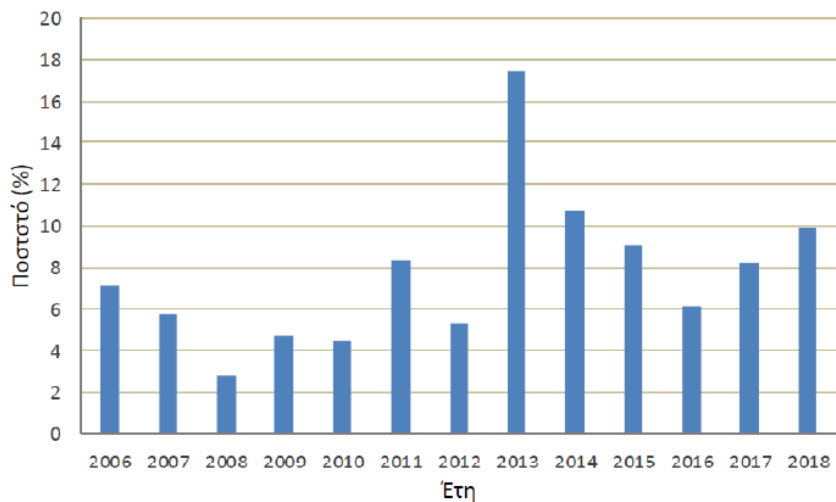
Υδραυλική προσομοίωση και πλημμυρική επικινδυνότητα - LISFLOOD

- Επαλήθευση εμφάνισης έντονης πλημμυρικής κατάκλυσης από τη συμβολή του ρέματος Καλογήρων και κατάντη του ρέματος Πικροδάφνης.
- Κατάκλυση ανάντη των γεφυρών οδού Αμφιθέας και λεωφόρου Ποσειδώνος (ιστορικό συμβάν 2013).
- Κατάκλυση ανάντη των διατομών αγωγών Σ1, Σ2 και Σ3 (Φ1500) με εκτροπή της πλημμύρας στο �έμα μέσω του δικτύου ομβρίων.
- Έντονη πλημμυρική κατάκλυση στο ανάντη τμήμα του ρέματος, όπου αναδεικνύεται η ανάγκη κατασκευής έργων αντι-πλημμυρικής προστασίας (γνωστοποίηση από τη Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών των δήμων και επιβεβαιώθηκε από τις επιτόπου αυτοψίες).

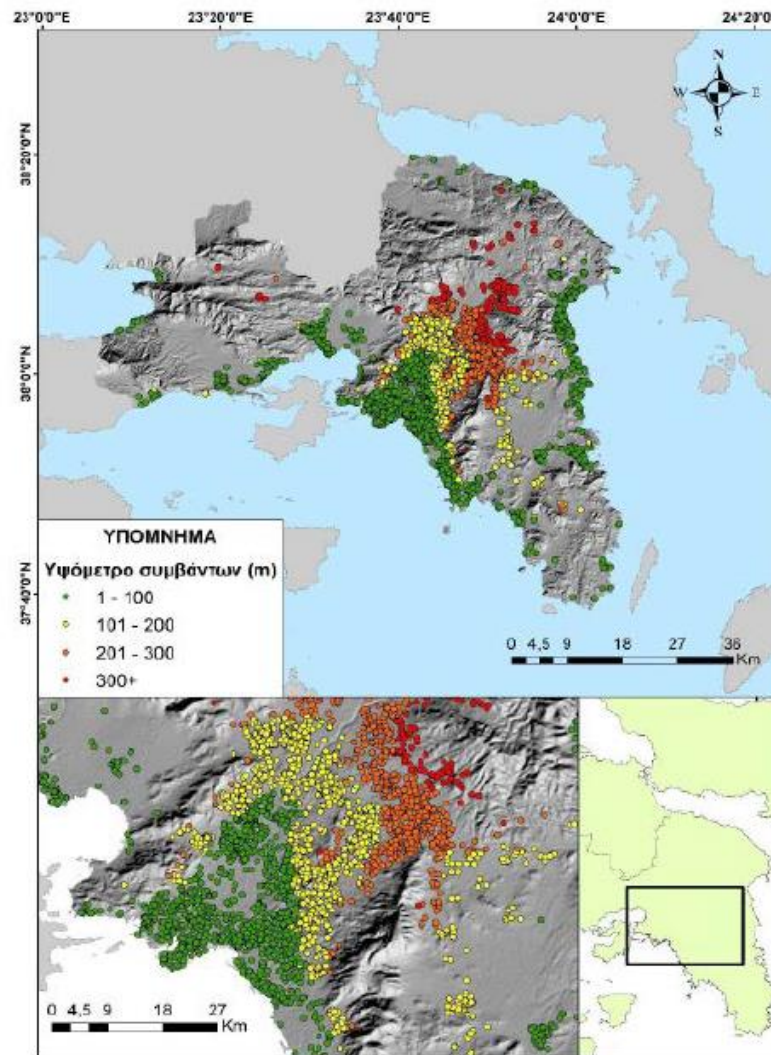


Χωρο-χρονική ανάλυση πλημμυρικών συμβάντων την τελευταία 20ετία

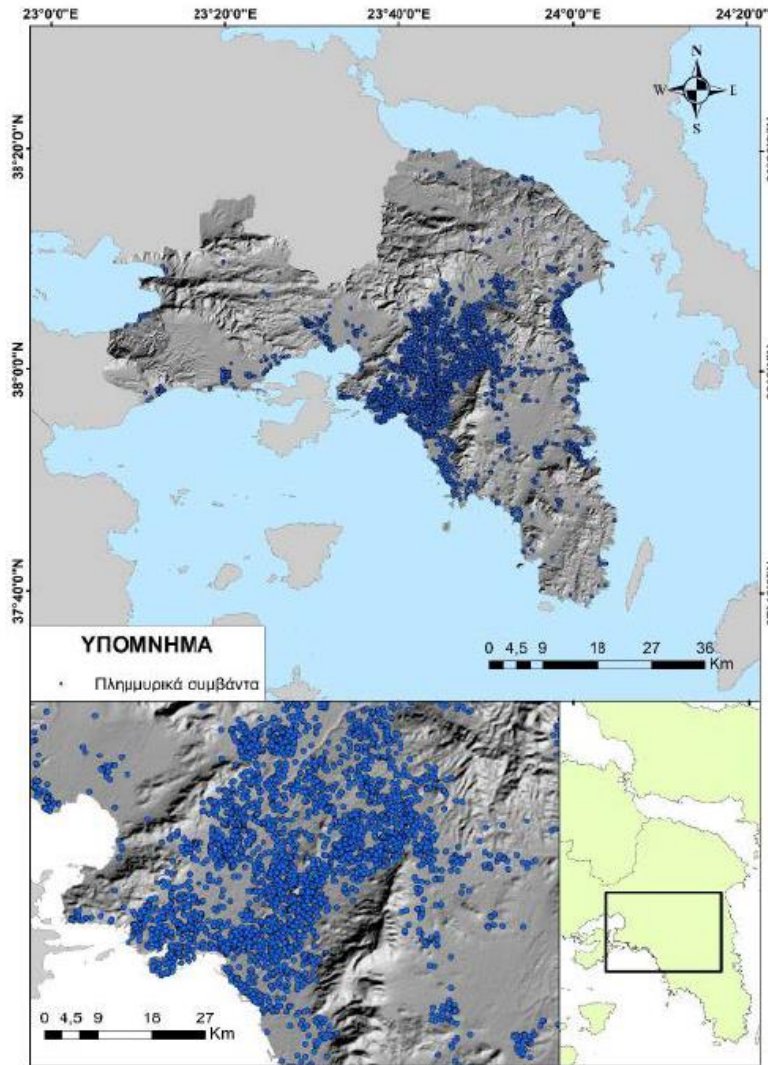
- Διερεύνηση της χωρο-χρονικής μεταβλητότητας διαθέσιμων δεδομένων ιστορικών πλημμυρών με σκοπό την αναγνώριση πιθανών χρονικών μοτίβων και μηχανισμών ομαδοποίησης των ακραίων υδρολογικών φαινομένων.
- Εντοπίστηκαν 46 πλημμυρικά συμβάντα στον δήμο Ηλιούπολης, 39 στου Παλαιού Φαλήρου, 94 στου Αλίμου, 20 στου Βύρωνα και 71 στου Αγίου Δημητρίου.



Εικόνα 3.35 Χρονική κατανομή πλημμυρικών συμβάντων (Πηγή: Τσέγγας, Α., 2021).



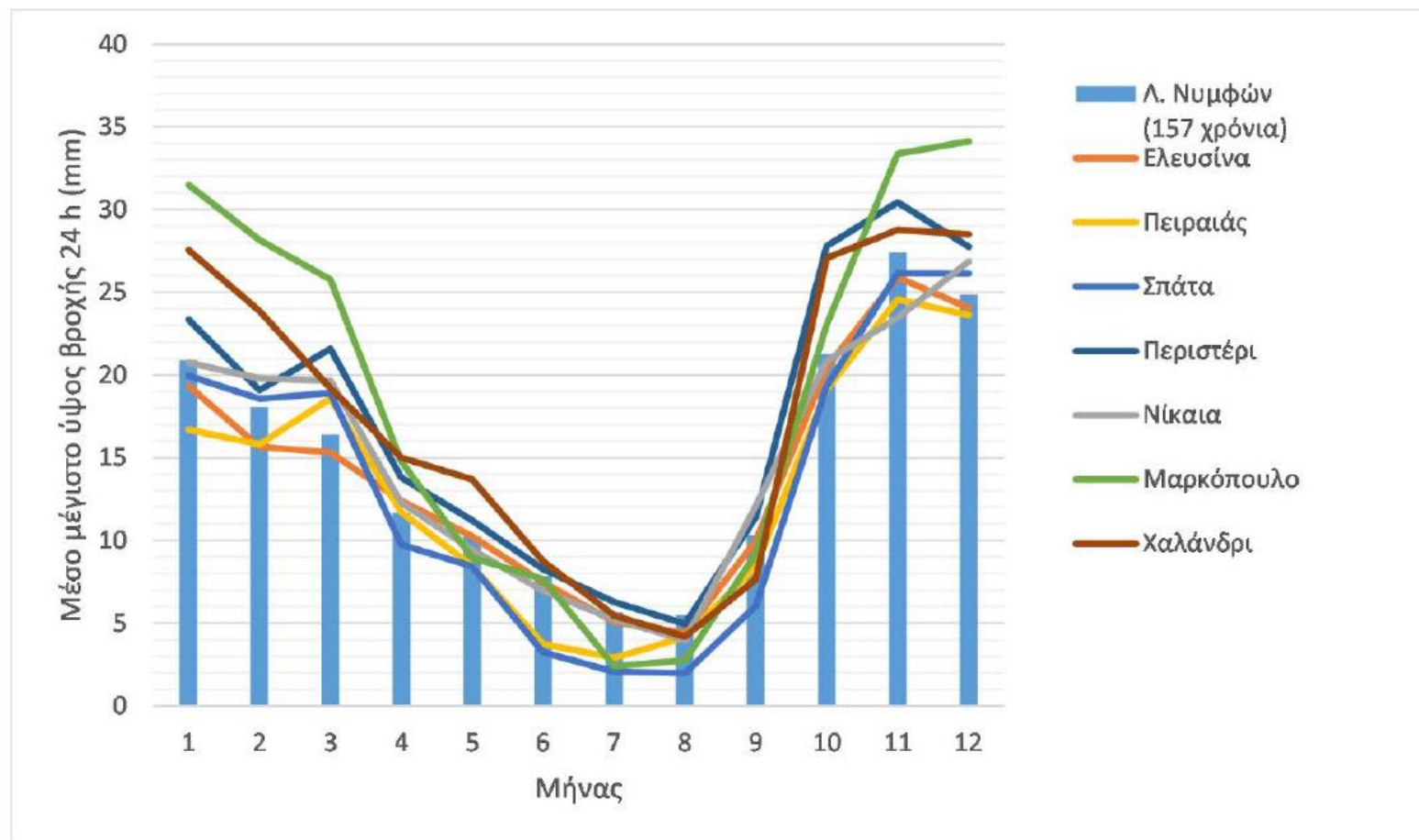
Εικόνα 3.32 Υψόμετρα εκδήλωσης πλημμυρικών συμβάντων (Πηγή: Τσέγγας, Α., 2021).



Εικόνα 3.31 Χωρική κατανομή πλημμυρικών συμβάντων στην Αττική (Πηγή: Τσέγγας, Α., 2021).

Εποχική και αθροιστική διακινδύνευση

- Αναγνωρίστηκαν δύο κυρίαρχες εποχές στην ακραία βροχόπτωση (α) με τα υψηλότερα ύψη βροχής τους μήνες Οκτώβριο-Μάρτιο και (β) με χαμηλά μέσα μέγιστα ύψη βροχής τους μήνες Απρίλιο-Σεπτέμβριο.
- Ο κυρίαρχος μηχανισμός ομαδοποίησης των ακραίων ημερήσιων βροχοπτώσεων είναι η εποχικότητα, με κρισιμότερο μήνα τον Νοέμβριο και δυσμένεστερο διάστημα εμφάνισης τους μήνες Οκτώβριο-Ιανουάριο.
- Οι βροχοπτώσεις μεγάλης περιόδου επαναφοράς εμφανίζουν μικρότερη πιθανότητα χρονικής ομαδοποίησης σε σχέση με τις συνήθεις βροχοπτώσεις.



Εικόνα 3.28 Μέσα μηνιαία μέγιστα ημερήσια ύψη βροχής για το μεγαλύτερο σταθμό του δείγματος (Λ. Νυμφών) και 7 ακόμα βροχομετρικούς σταθμούς (Ελευσίνα, Πειραιάς, Σπάτα, Περιστερί, Νίκαια, Μαρκόπουλο, Χαλάνδρι).

Υδραυλική προσομοίωση και πλημμυρική επικινδυνότητα - HECRAS

Δημιουργία μοντέλου στο HEC-RAS, ρύθμιση παραμέτρων και εκτέλεση της προσομοίωσης

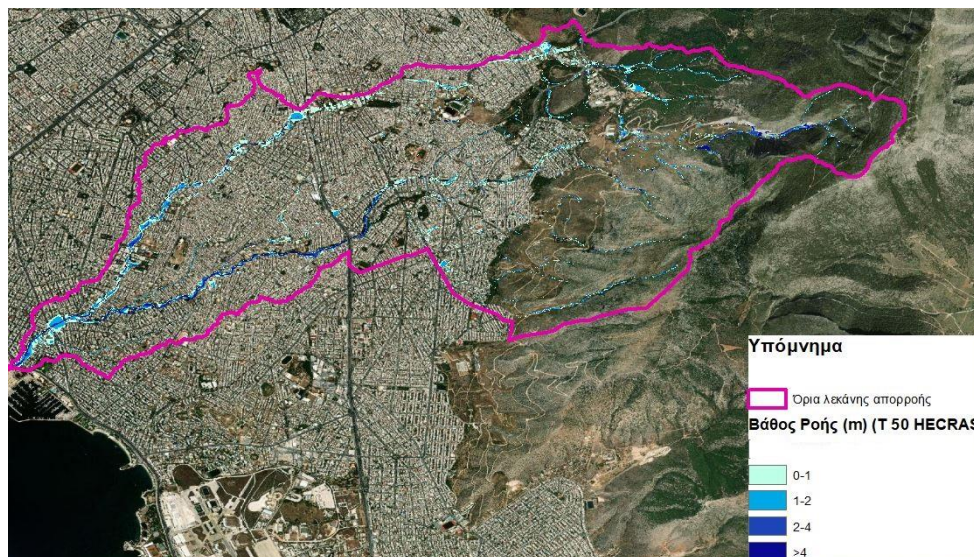
- Ομοιόμορφα κατανεμημένη βροχόπτωση σε όλη την έκταση της λεκάνης (νέα μέθοδος rain on grid)
- Επιλογή κατάλληλου χρονικού βήματος προσομοίωσης και παραμέτρων Courant για μεταβαλλόμενο χρονικό βήμα (σταθεροποίηση μοντέλου)
- Υδραυλική επίλυση ικανοποιώντας τη συνθήκη Courant





Υδραυλική προσομοίωση και πλημμυρική επικινδυνότητα - HECRAS

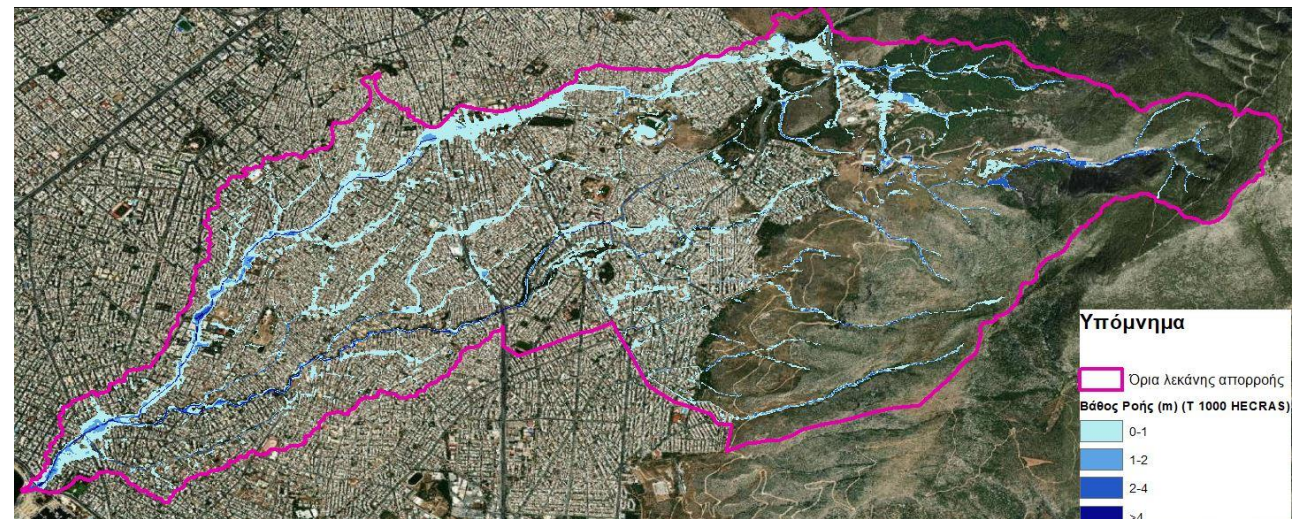
T 50 έτη



T 100 έτη



T 1000 έτη





Πληθυσμιακή Πυκνότητα (άτομα / m ²)	Κλάσεις Τρωτότητας
0 έως 0.012275	1 – Πολύ χαμηλή
0.012276 έως 0.021592	2 - Χαμηλή
0.021593 έως 0.030175	3 - Μέση
0.030176 έως 0.042103	4 - Υψηλή
0.042104 έως 0.102817	5 – Πολύ υψηλή

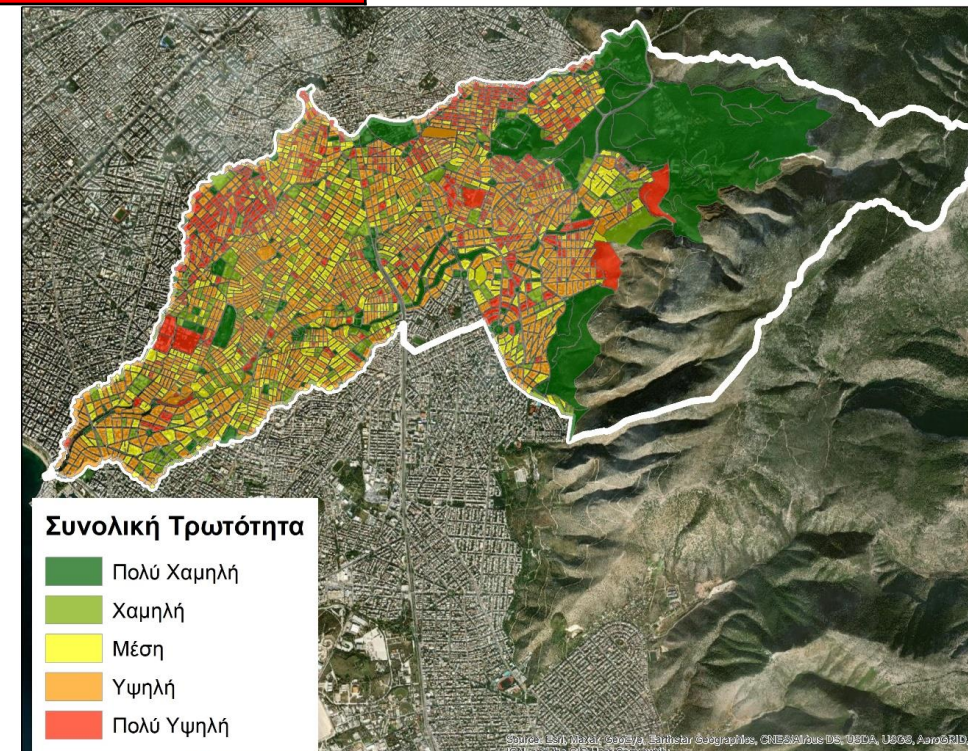
Ηλικίες (έτη)	Ηλικιακή ομάδα	Βάρη ηλικιακής ομάδας
20 έως 39	1	0.05
40 έως 49	2	0.1
50 έως 59	3	0.15
10 έως 19 & 60 έως 69	4	0.25
0 έως 9 & άνω των 70	5	0.45

Κανονικοποιημένη ηλικία	Κλάσεις Τρωτότητας
0 έως 0.162000	1 – Πολύ χαμηλή
0.162001 έως 0.197143	2 - Χαμηλή
0.197144 έως 0.225694	3 - Μέση
0.225695 έως 0.316667	4 - Υψηλή
0.316668 έως 0.450000	5 – Πολύ υψηλή

Χαρακτηριστικά κτιρίου (ανά ΟΤ)	Κλάσεις Τρωτότητας
Κτίρια μόνο με πυλωτή	1 – Πολύ χαμηλή
Τουλάχιστον ένα κτίριο με μπετόν, μέταλλο και χωρίς πυλωτή	2 - Χαμηλή
Τουλάχιστον ένα κτίριο με ξύλο, τούβλα-τσιμεντόλιθους και χωρίς πυλωτή	3 - Μέση
Τουλάχιστον ένα κτίριο με πέτρα και χωρίς πυλωτή	4 - Υψηλή
Τουλάχιστον ένα κτίριο με άλλο υλικό	5 – Πολύ υψηλή

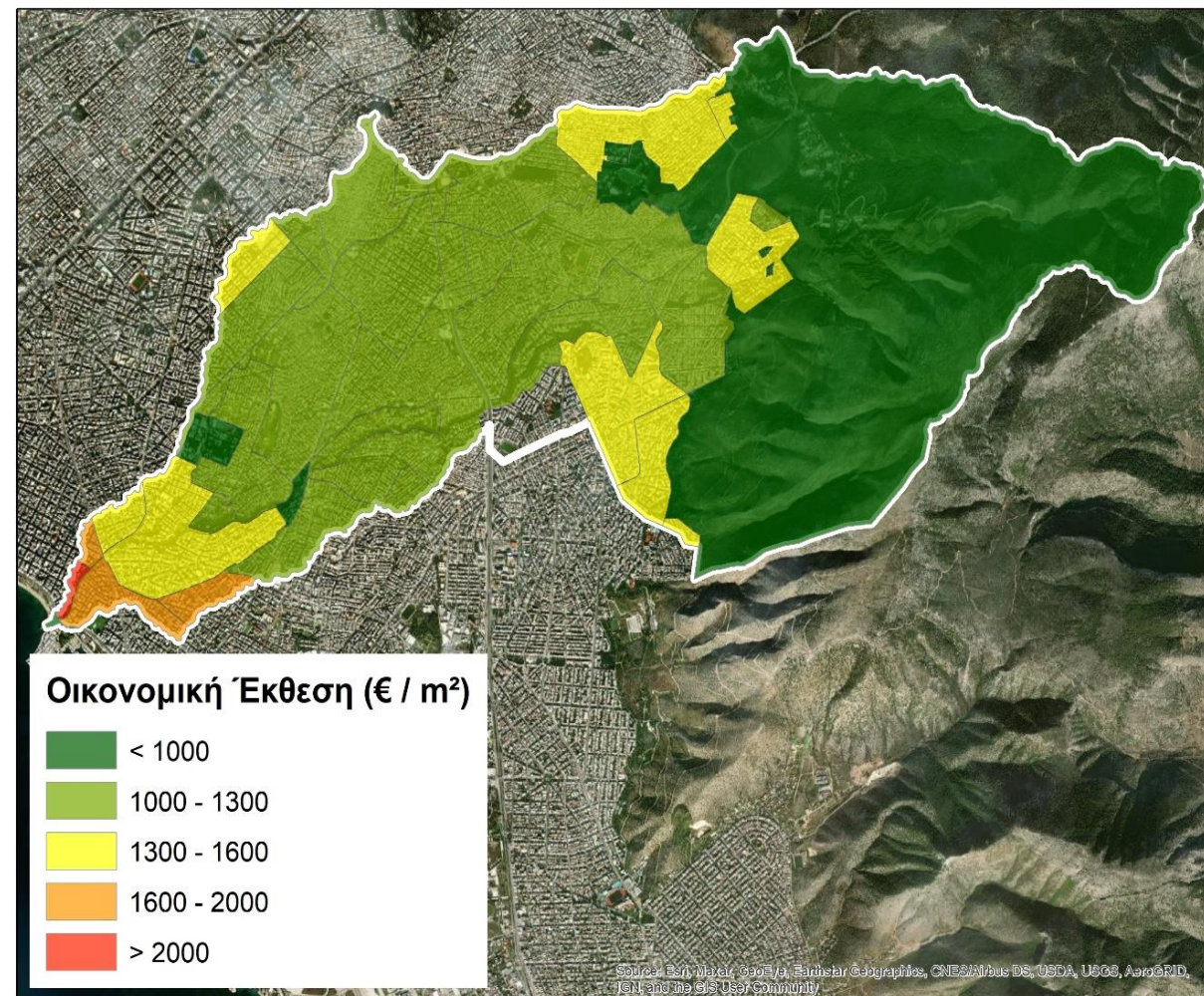
Τρωτότητα ανάλογα με την Ηλικία Πληθυσμού ανά ΟΤ	Τρωτότητα ανάλογα με την Πυκνότητα Πληθυσμού ανά ΟΤ				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5
2	2	2	3	4	5
3	3	3	4	4	5
4	4	4	4	5	5
5	5	5	5	5	5

Τρωτότητα ανάλογα με την Ηλικία και την Πυκνότητα Πληθυσμού ανά ΟΤ	Τρωτότητα ανάλογα με τον Τύπο Κτιρίου ανά ΟΤ				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5
2	2	2	3	4	5
3	3	3	4	4	5
4	4	4	4	5	5
5	5	5	5	5	5





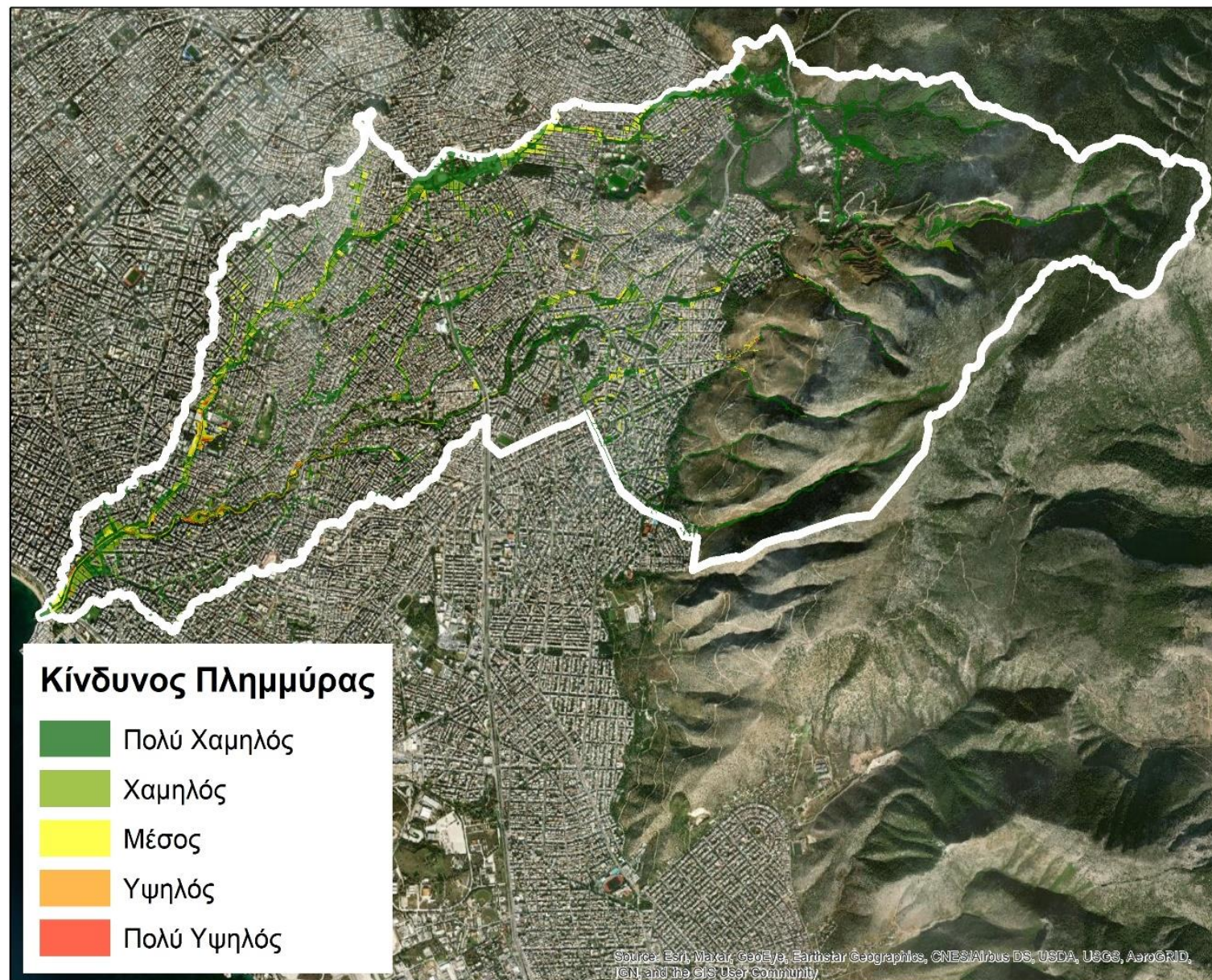
Αντικειμενικές αξίες γης (€/m ²)	Κλάσεις Έκθεσης
< 1000	1 – Πολύ χαμηλή
1000 – 1300	2 - Χαμηλή
1300 – 1600	3 - Μέση
1600 – 2000	4 - Υψηλή
> 2000	5 – Πολύ υψηλή





Τρωτότητα πλημμύρας (ανάλογα με την Ηλικία και την Πυκνότητα Πληθυσμού και τον Τύπο Κτιρίου ανά ΟΤ)	Επικινδυνότητα πλημμύρας				
		1	2	3	4
1	1	1	1	2	3
2	1	2	2	3	4
3	1	2	4	4	5
4	2	3	4	5	5
5	3	4	5	5	5

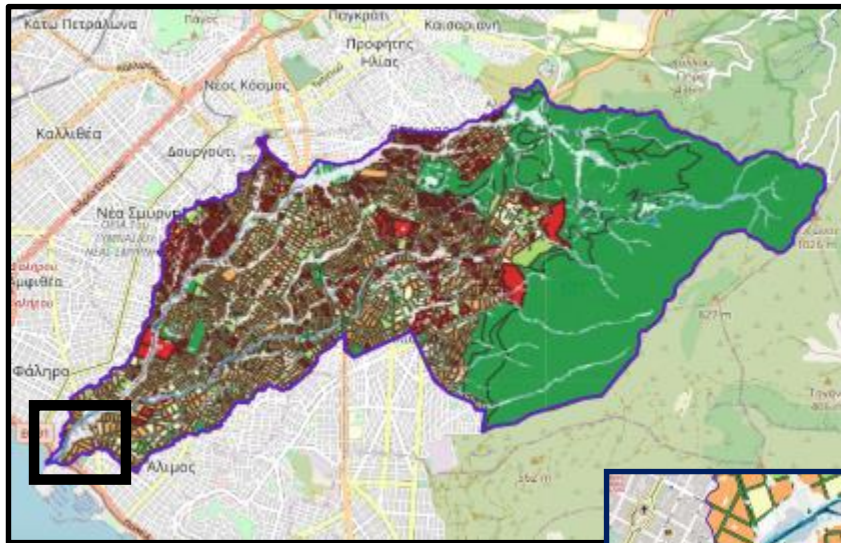
Τρωτότητα και Επικινδυνότητα πλημμύρας	Έκθεση				
		1	2	3	4
1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	3
3	3	3	3	4	4
4	4	4	5	5	5
5	5	5	5	5	5



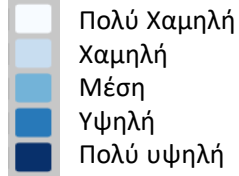
Εκτίμηση κινδύνου πλημμύρας στο Ρέμα Πικροδάφνης
Δήμοι: Παλαιού Φαλήρου, Αλίμου, Αγίου Δημητρίου, Νέας Σμύρνης, Ηλιούπολης, Βύρωνα, Δάφνης – Υμηττού, Καισαριανής

Μοντέλο Πλημμυρικής Τρωτότητας & Επικινδυνότητας σε επίπεδο ΟΤ

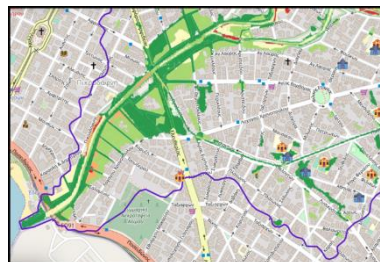
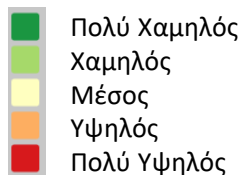
Σχέδια διαχείρισης – Χώροι καταφυγής πληθυσμού



Συνολική Τρωτότητα Επικινδυνότητα



Κίνδυνος



RI-P3-G: Γέφυρα Λεωφόρου Ποσειδώνιας στο ρέμα Πικροδάφνης



Συντεταγμένες (ΕΓΣΑ'87) 473760.7486, 4196754.501

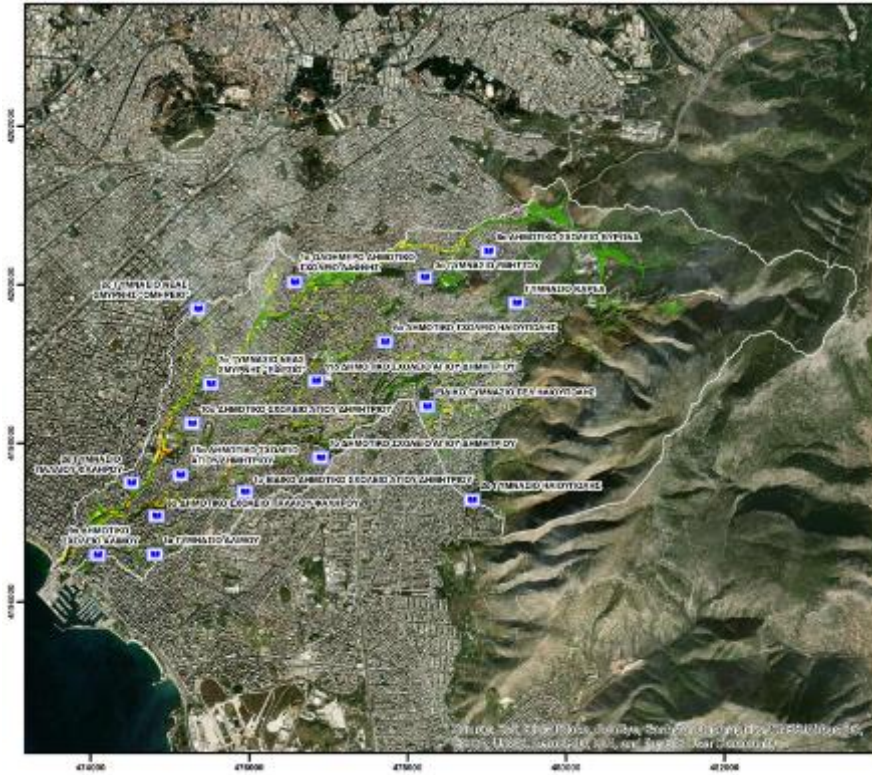
Η γέφυρα στη Λεωφόρο Ποσειδώνιας παρουσιάζει στην ανώτερη πλευρά μερτά ύψος προανά (2-3 m), ενώ στην κατώτερη το ύψος μεγαλώνει (5 m). Κατά καιρούς παρατηρούνται προβλήματα καθώς φράζει η διατομή ανώτερη, λόγω μικρού μεγέθους και φερτών υλικών, για αυτό το λόγο καθαρίζεται συχνά. Η περιοχή από τη γέφυρα Αμφιθέας έως το σημείο αυτό πλημμύρισε κατά την πλημμύρα στις 22/02/2013.

RI P13 D CON: Αντλιοστάσιο ΕΥΔΑΠ αριστερά στα όρια της κοίτης στο ρέμα Πικροδάφνης κατόπιν της Λεωφόρου Αμφιθέας



Συντεταγμένες (ΕΓΣΑ'87) 474061.7375, 4197170.237

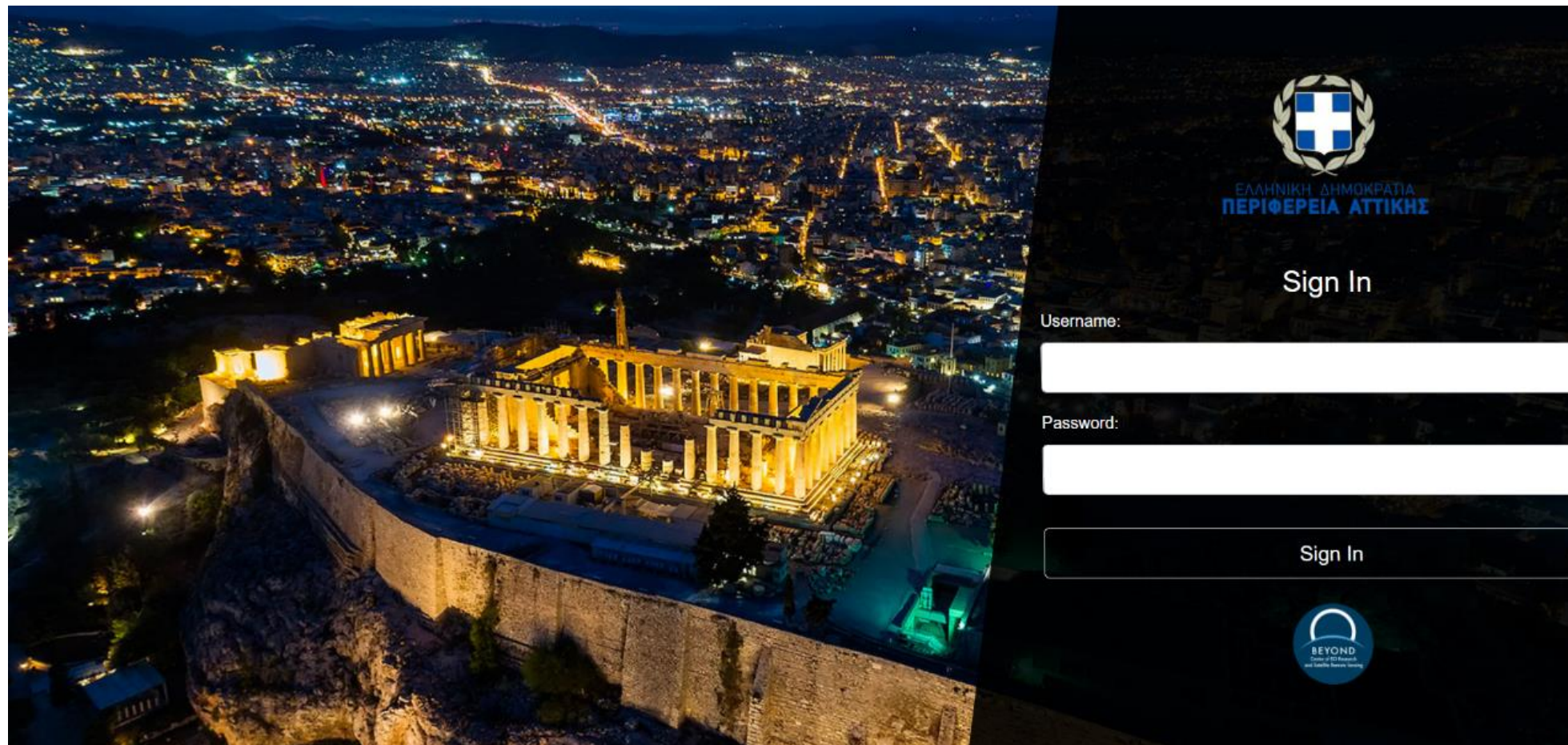
Σύμφωνα με την Τεχνική Υπηρεσία του Δήμου Αγίου Δημητρίου, κατά την κατανομή στις 22/2/2013 παρατηρήθηκε έντονη εισροή ομβρίων υδάτων στα αποχετευτικό-πενταρορικό δίκτυο της ΕΥΔΑΠ, με αποτέλεσμα να ενεργοποιηθεί η υπερχείλιση έκτακτης ανάγκης των αντλιοστασίων προς το ρέμα, εκφορτίζοντας μεγάλες ποσότητες βρόχινων αλλά και ακαθάρτων υδάτων, επηρεάζοντας την ποιότητα του νερού.





ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΑΤΤΙΚΗΣ

Ανάπτυξη διαδικτυακής πλατφόρμας



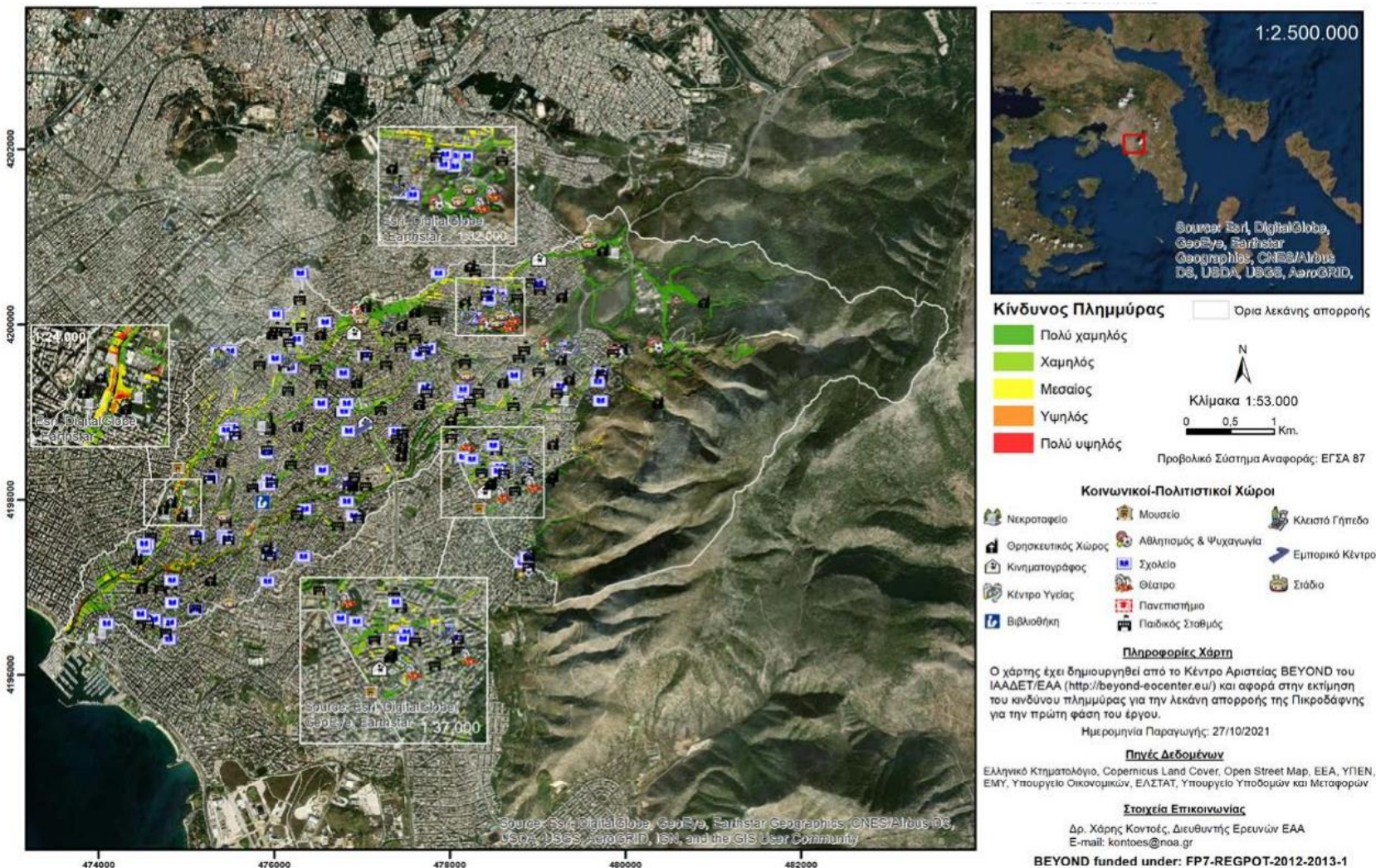
<http://perifereia-attica.beyond-eocenter.eu/>

Προτεινόμενα μέτρα αντιμετώπισης για τον πλημμυρικό κίνδυνο

Οριοθέτηση του ρέματος Πικροδάφνης και των συμβαλλόντων ρεμάτων

Διευθέτηση της κοίτης, όπου απαιτείται, καθώς και διεύρυνσή της όπου είναι δυνατόν

Οφείλει να γίνει συλλογική συνείδηση ότι οι κατασκευές που βρίσκονται εντός ή στα όρια της κοίτης είναι ευάλωτες σε πλημμύρες και αυξάνουν τον πλημμυρικό κίνδυνο στις παρακείμενες περιοχές



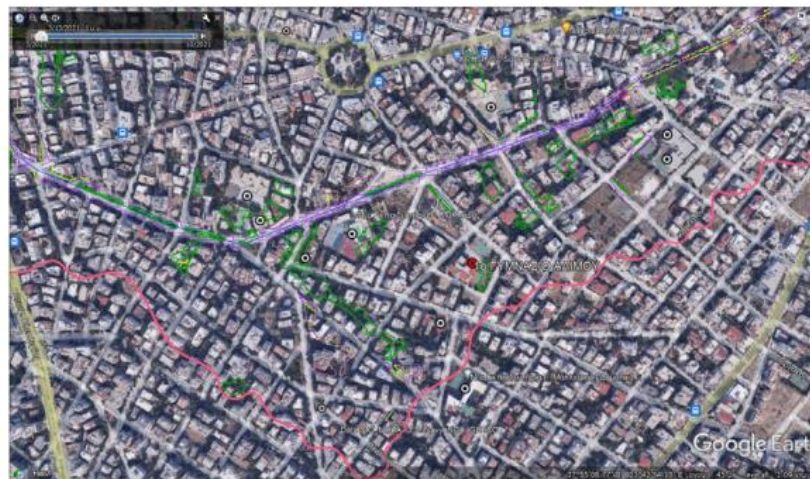
Εικόνα 3.44 Εκτίμηση κινδύνου πλημμύρας – Κοινωνικοί & πολιτιστικοί χώροι.

Προτεινόμενα μέτρα αντιμετώπισης για τον πλημμυρικό κίνδυνο

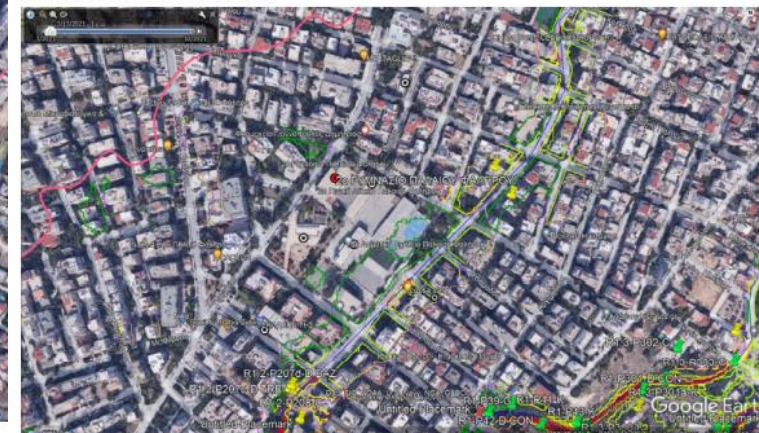
Ανάπτυξη διαδικτυακής πλατφόρμας με τους σχετικούς χάρτες του υδρογραφικού δικτύου (φυσικής κοίτης και εγκιβωτισμένων τμημάτων), του πλημμυρικού κινδύνου και των οδηγιών αντιμετώπισης, με πρόσβαση τόσο των αρμόδιων υπηρεσιών όσο και του κοινού



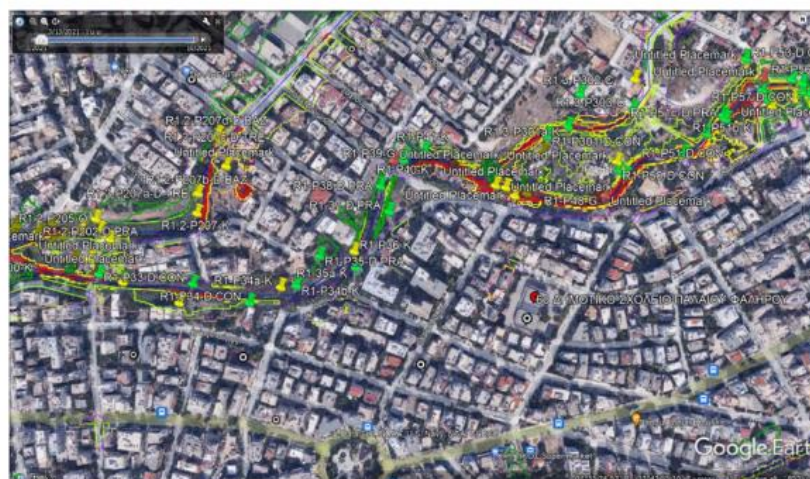
1^ο ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΑΙΛΙΜΟΥ:



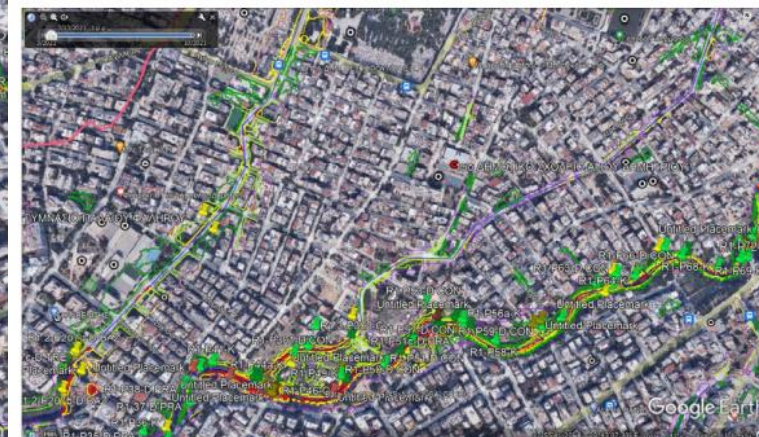
2^ο ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΠΑΛΑΙΟΥ ΦΑΛΗΡΟΥ:



6^ο ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ ΠΑΛΑΙΟΥ ΦΑΛΗΡΟΥ:



15^ο ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ:



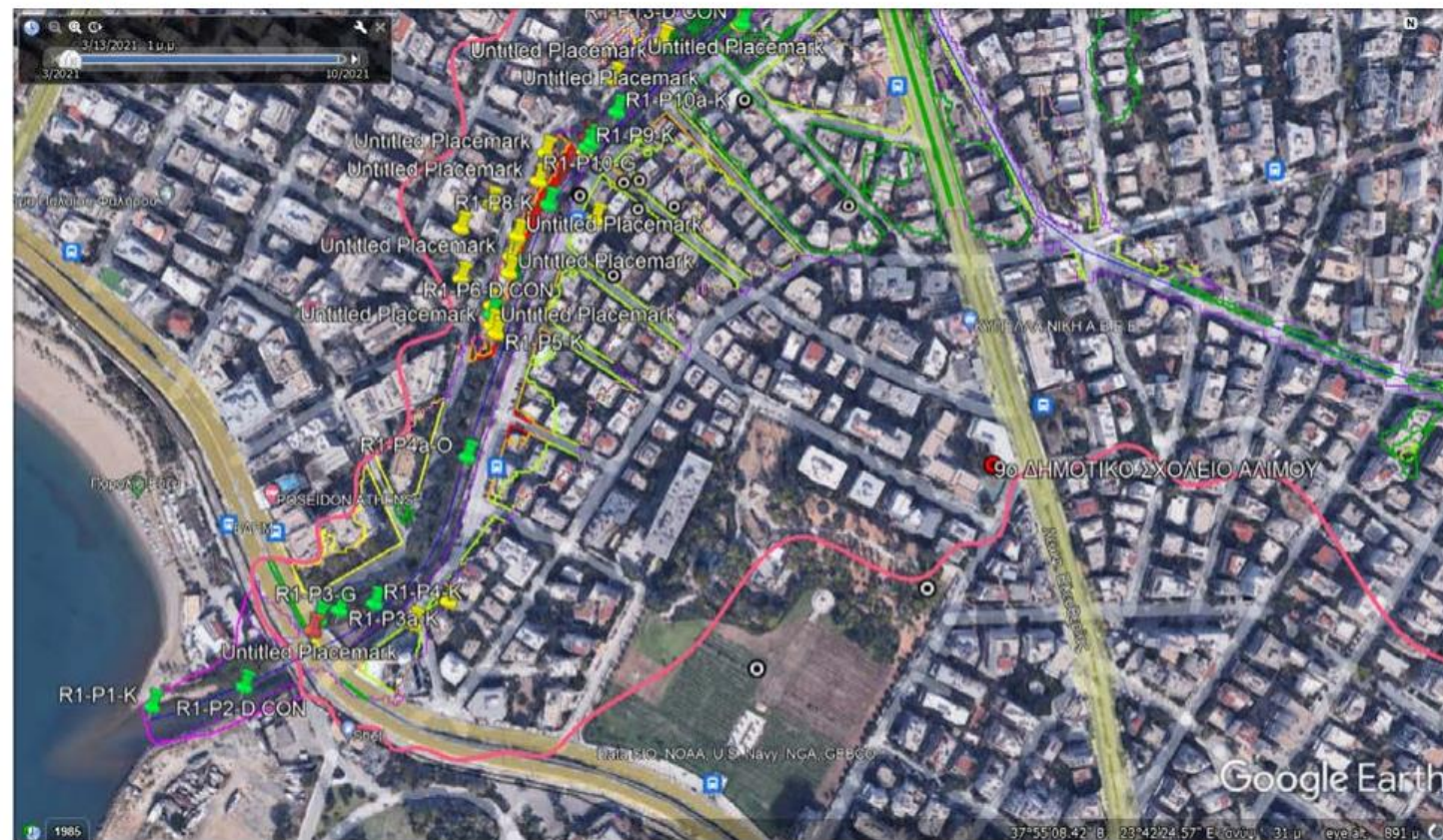
Προτεινόμενα μέτρα αντιμετώπισης για τον πλημμυρικό κίνδυνο

Ενημέρωση, ευαισθητοποίηση και εκπαίδευση του πληθυσμού στη διαχείριση του πλημμυρικού κινδύνου από τις υπηρεσίες και τους πολίτες. Με βάση την παρούσα ανάλυση (π.χ. χάρτες με ευάλωτες περιοχές και σημεία επικινδυνότητας) θα εξειδικευτούν οι ενέργειες διαχείρισης της πλημμύρας για την λεκάνη απορροής του ρέματος Πικροδάφνης

Σήμανση κινδύνου στις πιο επικίνδυνες περιοχές (π.χ. προειδοποιητικές πινακίδες στις πεζογέφυρες του ρέματος Πικροδάφνης ενημερωτικά φυλλάδια, παρουσιάσεις, ασκήσεις)

Προτεινόμενα ασφαλή σημεία συγκέντρωσης πληθυσμού σε περίπτωση πλημμύρας:

9^ο ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ ΑΛΙΜΟΥ:



Προτεινόμενα μέτρα αντιμετώπισης για τον πλημμυρικό κίνδυνο

Έλεγχος των χρήσεων, ειδικά των υπογείων και των ισογείων στις περιοχές που είναι ευάλωτες σε πλημμύρα

Τακτικός καθαρισμός της κοίτης

Καθαρισμός και συντήρηση εσχάρων, φρεατίων, αγωγών, έργων συγκράτησης φερτών και λοιπών τεχνικών έργων δικτύου ομβρίων και αντιπλημμυρικών έργων



Συντεταγμένες (ΕΓΣΑ'87)	474241.605	4197322.985
Συντεταγμένες (ΕΓΣΑ'87)	474275.1031,	4197341.649
Συντεταγμένες (ΕΓΣΑ'87)	474243.299,	4197338.552
Συντεταγμένες (ΕΓΣΑ'87)	474347.012,	4197387.854
<p>Αριστερά στα όρια της κοίτης ανάντη της λεωφόρου Αμφιθέας έως και την συμβολή ανάντη της πεζογέφυρας Πικροδάφνης #2 έχουν κατασκευαστεί γήπεδα μπάσκετ και παιδική χαρά σε μπαζοπρανή, τα οποία έχουν υποστεί υποσκαφές λόγω διάβρωσης.</p> <p>Το πλάτος της κοίτης μειώνεται περίπου στο μισό σε σχέση με την κοίτη κατάντη της πεζογέφυρας Πικροδάφνης #2 (από 37 m σε 14 m).</p>		



Συντεταγμένες (ΕΓΣΑ'87)	475247.0552,	4197604.353
Συντεταγμένες (ΕΓΣΑ'87)	475246.5993,	4197591.844
Συντεταγμένες (ΕΓΣΑ'87)	475226.4473,	4197627.069
Συντεταγμένες (ΕΓΣΑ'87)	475253.3091,	4197580.538
Συντεταγμένες (ΕΓΣΑ'87)	475291.9739,	4197589.667

Το δεξί πρανές της πεζογέφυρας Πικροδάφνης #4, αν και προστατεύεται από τοίχιο, έχει μικρό ύψος (περίπου 1.5 m χαμηλότερο από το αριστερό) και στο παρελθόν το νερό έχει υπερχειλίσει ακολουθώντας την οδό Ηλιαχτίδας.

Η κατοικία που είναι χτισμένη στο δεξί πρανές ενδέχεται να κινδυνεύει σε πιθανή υπερχειλίση του ρέματος προς τον παρακείμενο δρόμο.

Η κατοικία που είναι χτισμένη στο αριστερό πρανές στο ύψος της πεζογέφυρας προστατεύεται από ψηλές μάντρες.

Η πολυκατοικία που είναι χτισμένη στο αριστερό πρανές ανάντη της πεζογέφυρας ενδέχεται να κινδυνεύει σε πιθανή υπερχειλίση του ρέματος, λόγω χαμηλών πρανών στο σημείο αυτό.

Κατά την αυτοψία (13/03/2021) εντοπίστηκαν μπαζοπρανή εντός της κοίτης του ρέματος.



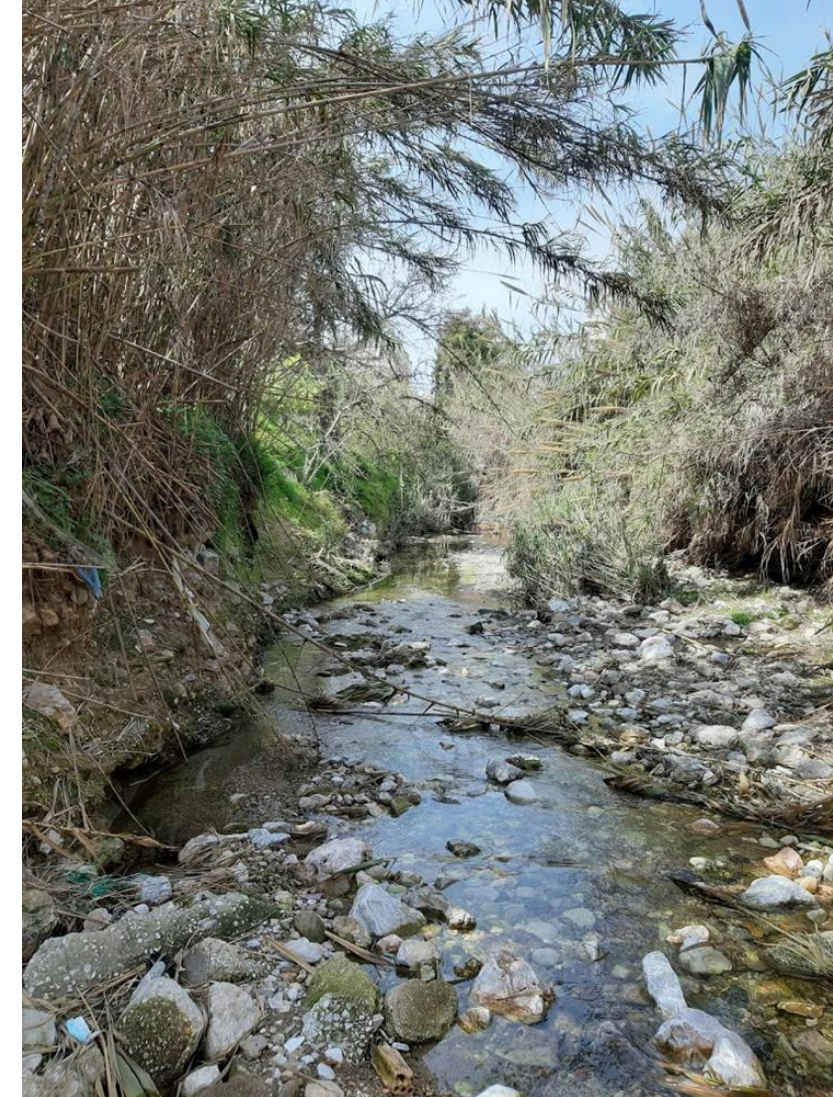
Προτεινόμενα μέτρα αντιμετώπισης για τον πλημμυρικό κίνδυνο

Μικρά αντιπλημμυρικά
έργα ορεινής υδρονομίας
στις ανάντη περιοχές της
λεκάνης

Κατάργηση του
παντοροϊκού δικτύου

Δενδροφύτευση / φύτευση

Πρώθηση της
αποθήκευσης ομβρίων
υδάτων σε επίπεδο
οικοπέδου





- Κουτσογιάννης, Δ., Μαρκόνης, Ι., Κουκουβίνος, Α., Παπαλεξίου, Σ.Μ., Μαμάσης, Ν. και Δημητριάδης, Π. Υδρολογική μελέτη ισχυρών βροχοπτώσεων στη λεκάνη του Κηφισού, *Μελέτη διαχείρισης Κηφισού*, Ανάθεση: Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων – Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, Ανάδοχοι: Εξάρχου Νικολόπουλος Μπενσασσών, Denco, Γ. Καραβοκύρης, κ.ά., 154 pages, Αθήνα, 2010.
- Κουτσογιάννης, Δ., και Θ. Ξανθόπουλος, *Τεχνική Υδρολογία*, Έκδοση 3, 418 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1999.
- Chow, V. T., D. R. Maidment, and L. W. Mays, *Applied Hydrology*, 572 pages, McGraw-Hill, 1988
- Kirpich, Z. P., (1940). Time of concentration of small agricultural watersheds, *Civil Eng.*, 10(6), 362.
- Koutsoyiannis, D. *Stochastics of Hydroclimatic Extremes - A Cool Look at Risk*, ISBN: 978-618-85370-0-2, 333 pages, Kallipos Open Academic Editions, Athens, 2021. <http://hdl.handle.net/11419/6522>
- Koutsoyiannis, D. Knowable moments for high-order stochastic characterization and modelling of hydrological processes, *Hydrological Sciences Journal*, 64 (1), 19–33, [doi:10.1080/02626667.2018.1556794](https://doi.org/10.1080/02626667.2018.1556794), 2019.
- Sutcliffe J.V., *Methods of Flood Estimation, A Guide to Flood Studies Report*, Report No 49, Institute of Hydrology, UK, 1978

Ευχαριστούμε

