



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ | ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ & ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

**Διπλωματική Εργασία**

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ  
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ  
ΠΟΥ ΣΥΝΔΕΟΝΤΑΙ ΜΕ ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΕΝΕΣΗ  
ΣΕ ΑΣΤΙΚΟ-ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

**Συγγραφέας**

**ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ ΚΑΠΡΑΝΟΥ**

**ΑΜ: 18391072**

**Επιβλέπουσα:**

**ΕΛΙΣΣΑΒΕΤ ΦΕΛΩΝΗ**

**Αθήνα, Μάρτιος 2024**



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA | SCHOOL OF ENGINEERING**

**DEPARTMENT OF SURVEYING & GEOINFORMATICS ENGINEERING**

## **Diploma Thesis**

# **ANALYSIS OF HYDROMETEOROLOGICAL CHARACTERISTICS OF RAINFALL ASSOCIATED WITH FLOODING IN URBAN-PERIURBAN ENVIRONMENT**

**Student:**

**KONSTANTINA KAPRANOU**

**Registration Number:183921072**

**Supervisor:**

**ELISSAVET FELONI**

**Athens, March 2024**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ &**  
**ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΠΟΥ**  
**ΣΥΝΔΕΟΝΤΑΙ ΜΕ ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΕΝΕΣΗ ΣΕ ΑΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

**Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή**

Η διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

<b>A/α</b>	<b>ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ</b>	<b>ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ</b>	<b>ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ</b>
	Ε. ΦΕΛΩΝΗ	Επιβλέπουσα/ Διδάσκουσα ΠαΔΑ	
	Γ. ΧΛΟΥΠΗΣ	Αναπλ. Καθηγητής	
	Θ. ΚΑΡΑΛΗΣ	Λέκτορας Εφαρμογών	

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Κάρανου Κωνσταντίνα. Του Ιωάννη , με αριθμό μητρώου 18391072 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής., δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα  
ΚΑΠΡΑΝΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ



**Ονοματεπώνυμο /Ιδιότητα**

**Ψηφιακή Υπογραφή Επιβλέποντα**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας μου με τίτλο 'Ανάλυση υδρομετεωρολογικών χαρακτηριστικών βροχοπτώσεων που συνδέονται με πλημμυρογένεση σε αστικό-περιαστικό περιβάλλον' θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσά μου, κα Φελώνη Ελισσάβετ, για τις γνώσεις που μου μετέδωσε σε όλη την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας καθώς και τον χρόνο που αφιέρωσε στην δύσκολη καθημερινότητά της.

Επίσης, ευχαριστώ τους καθηγητές του Τμήματος, κ. Χλούπη Γιώργο και κ. Καραλή Σωτήρη-Θεοφάνη, για την υποστήριξη της εξεταστικής διαδικασίας της εν λόγω διπλωματικής εργασίας, ως μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής.

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που ήταν δίπλα μου όλο αυτό το χρονικό διάστημα. Συγγενείς και φίλους για την υπομονή και υποστήριξη τους.

Κωνσταντίνα Καπράνου

12.03.2024

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως θέμα την ανάλυση υδρομετεωρολογικών χαρακτηριστικών βροχοπτώσεων που συνδέονται με πλυμμορογένεση σε αστικό και περαστικό περιβάλλον. Οι περιοχές μελέτης είναι η Αττική και η Κύπρος. Όμως κρίθηκε άξιο αναφοράς το πρόσφατο πλημμυρικό φαινόμενο στην περιοχή της Θεσσαλίας, γι' αυτό και έχει συμπεριληφθεί με μια πρώτη ανάλυση των δεδομένων. Μελετήθηκαν στοιχεία από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία και το Τμήμα Μετεωρολογίας της Κύπρου καθώς και στοιχεία από πληθώρα επιστημονικών εργασιών και άρθρων. Έγιναν υπολογισμοί και τα βασικά μεγέθη που μελετήθηκαν είναι το συνολικό ύψος βροχόπτωσης, η ένταση βροχής και κάποιοι υδρολογικοί δείκτες όπως οι προηγούμενες εδαφικές συνθήκες υγρασίας, όπου κρίθηκε σκόπιμο τα στοιχεία παρουσιάζονται μέσω χαρτών με τους σταθμούς και τα αντίστοιχα στοιχεία των επεισοδίων για καλύτερη χωρική απεικόνιση. Παρουσιάζονται τα συνολικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση πρόσφατων πλημμυρικών φαινομένων, καθώς και προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

Λέξεις κλειδιά: Πλημμύρα, βροχόπτωση, συνολικό ύψος βροχόπτωσης, ένταση βροχής, περίοδος επαναφοράς, υδρολογικοί δείκτες, λεκάνη απορροής, όμβριες καμπύλες, Αττική, Κύπρος, Θεσσαλία.

## ABSTRACT

The objective of this undergraduate thesis is the analysis of hydrometeorological characteristics of rainfall events associated with floods in an urban - periurban environment. The study areas are Attica and Cyprus. However, the recent severe flood in the Thessaly area was deemed worthy of mention and has therefore been included with a first analysis of the data. Data from the National Hellenic Meteorological Service and the Meteorological Department of Cyprus were studied as well as several scientific papers and articles were incorporated in the analysis. Several estimations were made, and the main variables studied are the total precipitation depth per event, the maximum rainfall intensity for various durations and some hydrological indicators such as the previous soil moisture conditions (API and AMC indices). Finally, for a better spatial visualization, despite the limited number of available stations, some maps were created denoting the stations' locations and the total rainfall per event. Conclusions regarding the characteristics of flood-associated events are presented, as well as, suggestions for future research.

Key words: Flood, rainfall, total precipitation depth, rainfall intensity, hydrological indices, watershed, IDF curves, Attica, Thessaly, Cyprus.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6
ABSTRACT.....	7
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1.1 ΠΕΡΙ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ.....	10
1.1.1 Ορισμός και ταξινόμηση πλημμυρών.....	10
1.1.2 Η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2007/60/ΕΚ.....	11
1.2 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	14
1.3 ΔΙΑΘΡΩΣΗ ΤΕΥΧΟΥΣ.....	14
2 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ.....	16
2.1 ΕΛΛΑΔΑ (ΑΤΤΙΚΗ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ).....	16
2.1.1 Γενικά.....	16
2.1.2 Γεωμορφολογία – γεωλογία.....	18
2.1.3 Κλίμα.....	19
2.1.4 Πλημμυρική τρωτότητα και ιστορικό πλημμυρών.....	20
2.1.5 Πληθυσμός και Χρήσεις γης.....	24
2.1.6 Πρόσφατα πλημμυρικά επεισόδια που αναλύονται.....	25
2.2 ΚΥΠΡΟΣ (ΛΕΥΚΩΣΙΑ, ΛΕΜΕΣΟΣ, ΛΑΡΝΑΚΑ).....	42
2.2.1 Γεωμορφολογία - Γεωλογία.....	42
2.2.2 Κλίμα.....	44
2.2.3 Πλημμυρική τρωτότητα και ιστορικό πλημμυρών.....	44
2.2.4 Πρόσφατα πλημμυρικά επεισόδια στην Κύπρο.....	45
3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ.....	51
3.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ.....	51
3.1.1 Συνοπτική παρουσίαση μεθοδολογίας.....	51
3.1.2 Περιγραφή δεδομένων.....	52
3.1.3 Υπό εξέταση παράγοντες.....	54
3.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	56
3.2.1 Ανάλυση δεδομένων βροχής.....	56



3.2.2	Μέγιστες εντάσεις βροχής για επιμέρους διάρκειες .....	71
3.2.3	Υδρολογικές συνθήκες προηγούμενου δεκαημέρου .....	77
4	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	83
4.1	Σύνοψη - Συμπεράσματα .....	83
4.2	Επίλογος .....	84
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ .....	86
	Ξενόγλωσση.....	86
	Ελληνική .....	87
	Ιστότοποι.....	87

# 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 ΠΕΡΙ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ

### 1.1.1 Ορισμός και ταξινόμηση πλημμυρών

Με τον όρο πλημμύρα αναφερόμαστε σε ένα βασικό μέρος των υδρολογικών διεργασιών μιας υδρολογικής λεκάνης και πρόκειται για ένα φυσικό φαινόμενο που δύναται να οδηγήσει σε καταστροφή. Ο ορισμός του φαινομένου είναι η προσωρινή κάλυψη περιοχής από νερό όπου υπό κανονικές συνθήκες δεν θα έπρεπε να έχει καλυφθεί. Σημείο εντοπισμού μπορεί να είναι ποτάμια, υδρολογικές λεκάνες ή εφήμερα ρέματα. Παρουσιάζεται όταν η κοίτη δεν έχει την δυνατότητα να παροχετεύσει τον όγκο του νερού που έχει δεχθεί. Άμεσο αποτέλεσμα είναι η υπερχειλίση, όπου ο όγκος νερού καταλαμβάνει χώρο στις όχθες της κοίτης. Επιπρόσθετα, οι πλημμύρες σαν φυσικό φαινόμενο επηρεάζονται από παράγοντες όπως οι βροχοπτώσεις, το λιώσιμο των πάγων και την υψηλή στάθμη του νερού (Ασλανίδου, 2022).

Με το πέρασμα των χρόνων και την συστηματική εμφάνιση του φαινομένου κρίθηκε αναγκαία η ανάλυση και κατηγοριοποίηση των πλημμυρών.

Βασική κατηγοριοποίηση σύμφωνα με τους Diakakis et al (2012) και την Feloni (2019) είναι η παρακάτω:

Κατηγορία 1<sup>η</sup> : Ποτάμιες πλημμύρες

Όταν μετά από έντονες και συνεχείς βροχοπτώσεις το νερό ξεχειλίζει στις όχθες ποταμίων κολπίσκων ή λιμνών.

Κατηγορία 2<sup>η</sup> : Παράκτιες πλημμύρες

Προκαλούνται από ακραίες πλημμύρες, καταιγίδες ή τσουνάμι. Το αποτέλεσμα τους είναι το θαλασσινό νερό να διεισδύσει σε χαμηλότερα και ξηρά εδάφη όπου δεν έχουν επαφή με αυτό.

Κατηγορία 3<sup>η</sup> : Πλημμύρες πλουβίων

Παρουσιάζονται μετά από έντονες βροχοπτώσεις όταν το νερό που συσσωρεύτε δεν μπορεί να καταλήξει στο αποχετευτικό σύστημα . Αποτέλεσμα είναι το νερό να λιμνάζει ή να ρέει στην επιφάνεια του εδάφους.

Στην περίπτωση όπου το κριτήριο κατηγοριοποίησης είναι ο μηχανισμός παραγωγής και ο βαθμός των επιπτώσεων η κατηγοριοποίηση σύμφωνα με την Feloni (2019) είναι η εξής

Κατηγορία 1 : Περιφερειακές ή αργές πλημμύρες (fluvial, river floods)

Είναι αποτέλεσμα έντονων και συνεχών βροχοπτώσεων. Συνήθως εμφανίζονται την χειμερινή περίοδο όπου το έδαφος παρουσιάζει είτε κορεσμό είτε εντοπίζεται σε αυτό πάγος. Και στις δυο περιπτώσεις η δυνατότητα διείσδυσης είναι μειωμένη ενισχύοντας την απορροή του νερού.

Κατηγορία 2 : Αιφνίδιες πλημμύρες (flash floods, pluvial floods)

Όταν ξεσπούν έντονες βροχοπτώσεις, εκρήξεις νεφών ή αστοχίες σε αντιπλημμυρικά έργα παρατηρείται ταχεία συσσώρευση και απελευθέρωση υδάτων από περιοχές. Βασικό χαρακτηριστικό της κατηγορίας αυτής είναι η απότομη άνοδος και γρήγορη πτώση. Η ταχύτητες ροής που παρατηρούνται είναι υψηλές. Στην δημιουργία τους φαινομένου συμβάλουν ακόμα η μειωμένη διείσδυση του εδάφους καθώς και η όποια ιδιαιτερότητα στην μορφολογία του εδάφους.

Κατηγορία 3 : Αστικές πλημμύρες (urban floods)

Παρουσιάζονται πολλά κοινά με την κατηγορία των αιφνίδιων πλημμυρών με την εμφάνιση του φαινομένου να είναι σε αστική περιοχή. Αίτια εμφάνισης είναι οι πληθωρικές πλημμύρες, οι ποταμίες πλημμύρες και οι δομικές αστοχίες όπως για παράδειγμα λάθος σχεδίαση ή η καταστροφή των υδραυλικών έργων. Αξιοσημείωτο είναι το χαρακτηριστικό του αυξημένου βαθμού επικινδυνότητας και καταστροφικότητα .

Άλλες Κατηγορίες : (coastal floods, storm surge, κ.ά.)

Μερικοί από τους βασικούς παράγοντες όπου επηρεάζουν αλλά και συμβάλουν στην εκδήλωση πλημμυρών σύμφωνα με τους Diakakis et al (2012) είναι τα φυσικά χαρακτηριστικά της λεκάνης όπως η γεωμορφολογία , η υδατοπερατότητα κλπ. Πρόσθετος παράγοντας είναι η βλάστηση της περιοχής καθώς και οι χρήσεις γης. Όμως τα χαρακτηριστικά της βροχόπτωσης κατέχουν σημαντικό ρόλο στην εκδήλωση της πλημμύρας. Η ένταση της βροχόπτωσης και η χωρική κατανομή είναι μερικά από αυτά.

### 1.1.2 Η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2007/60/EK

Η πρώτη συναφής με το νερό ευρωπαϊκή οδηγία 2000/60/EK γνωστή και ως Water Framework Directive (WFD) παρείχε αρχικά ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο διαχείρισης υδατικών πόρων σε επίπεδο λεκάνης (Γιαννόπουλος κ.ά, 2008). Βασικός της σκοπός είναι η θέσπιση πλαισίου με στόχο την προστασία των υδάτων (επιφανειακών, υπόγειων, μεταβατικών). Πιο συγκεκριμένα αποτρέπει την επιδείνωση της κατάστασης των υδάτων και στοχεύει στην βελτίωση τους. Επίσης προωθεί την βιώσιμη χρήση των υδάτων. Εξασφαλίζει τη μείωση των υπόγειων υδάτων και συμβάλλει στην μείωση των επιπτώσεων πλημμυρών.

Στο δεύτερο άρθρο αναφέρονται ορισμοί εννοιών όπου κρίνονται απαραίτητοι για την ευκολότερη κατανόηση του θέματος:

- Ποταμός : Σύστημα εσωτερικών υδάτων όπου ρέει στην επιφάνεια με την πιθανότητα να ρέει και υπόγεια.
- Λίμνη : Στάσιμο επιφανειακό σύστημα υδάτων.
- Λεκάνης απορροής ποταμού : Εδαφική έκταση από την οποία συγκεντρώνεται το σύνολο απορροής υδάτων πριν παροχετευτούν στην θάλασσα, εκβολές ή δέλτα.

Μερικοί ακόμα από αυτούς είναι επιφανειακά ύδατα, υπόγεια ύδατα, μεταβατικά ύδατα, κατάσταση υδάτων και οι αντίστοιχες κατηγορίες και άλλοι.

Τα επόμενα άρθρα της Οδηγίας 200/60/ΕΚ αναφέρονται στον συντονισμό διοικητικών ρυθμίσεων, τους περιβαλλοντικούς στόχους για όλες τις κατηγορίες υδάτων και την ενημέρωση των πολιτών.

Ως συνέχεια της ως άνω οδηγίας, το 2007 σύμφωνα με την επίσημη ιστοσελίδα του ΥΠΕΝ το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο ενέκρινε την οδηγία 2007/60/ΕΚ όπου αφορά την πρόληψη, τον περιορισμό καθώς και την αντιμετώπιση πλημμυρικών φαινομένων. Η οδηγία αφορά όλα τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Υποχρεωτική είναι η εφαρμογή της από όλα τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης ως ένα κοινό μέσο για να επιτευχθεί η μείωση των πλημμυρών (Georganta, 2022).

Βασικός στόχος σύμφωνα με το Άρθρο 1 της Οδηγίας είναι η θέσπιση ενός πλαισίου όπου στοχεύει στην διαχείριση και αξιολόγηση πλημμυρών. Ακόμα, στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των αρνητικών συνεπειών από τις πλημμύρες που εντοπίζονται στους τομείς της ανθρώπινης υγείας, του περιβάλλοντος, της οικονομίας, και της πολιτιστικής κληρονομιάς. Αναφέρεται ως σημαντική παράμετρος η προσαρμογή των μέτρων στην εκάστοτε λεκάνη απορροής, στον επιτρεπτό βαθμό, για την αύξηση της αποτελεσματικότητάς τους.

Στο δεύτερο άρθρο της οδηγίας, συμπληρωματικά με τους ορισμούς της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, δίνονται οι ορισμοί πλημμύρας και κινδύνου πλημμύρας.

- Ως πλημμύρα αναφέρεται η εφήμερη κάλυψη του εδάφους με νερό σε σημεία όπου υπό φυσιολογικές συνθήκες δεν θα ήταν καλυμμένο με νερό.
- Ως Κίνδυνος πλημμύρας αναφέρεται ο συνδυασμός της πιθανότητας εμφάνισης πλημμύρας και των αρνητικών συνεπειών που εμφανίζονται σαν φυσικό επακόλουθο στον άνθρωπο, το περιβάλλον και την οικονομία της εκάστοτε περιοχής.
- Επικινδυνότητα πλημμύρας(hazard) είναι η πιθανότητα να παρουσιαστεί πλημμύρα στην περιοχή μελέτης.
- Τρωτότητα (vulnerability) είναι το επίπεδο επικινδυνότητας της πλημμύρας ή η

ευαισθησίας κάποιου περιβάλλοντος στην πλημμύρα.

- Διακινδύνευση πλημμύρας (risk) ορίζεται η επίπτωση που συνδέεται με δεδομένης πιθανότητας πλημμύρα και τα αποτελέσματα της να είναι δυσμενή για τον άνθρωπο, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά καθώς και την οικονομία της περιοχής. Το ρίσκο (risk) εμπεριέχει τις έννοιες της επικινδυνότητας (hazard) και της τρωτότητας (vulnerability).

Αντιστοίχως, σύμφωνα με επίσημη ιστοσελίδα του κράτους της Κύπρου στο πλαίσιο της οδηγίας 2007/60/ΕΚ κάθε χώρα κράτος μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης υποχρεούται

Σε πρώτο στάδιο πραγματοποίηση μελέτη προκαταρκτικής αξιολόγησης κινδύνων πλημμύρας (ΠΑΚΠ). Σύμφωνα με την μελέτη αυτή καθορίζονται οι περιοχές Πλημμύρας όπου κάθε έξι χρόνια δέχονται επανεξέταση

Σε δεύτερο στάδιο δημιουργούνται οι χάρτες από τα δεδομένα το πρώτο στάδιο για τρεις διαφορετικές περιπτώσεις.

α) Πλημμύρες με χαμηλή πιθανότητα να συμβεί, 1 στα 500 χρόνια

β) Πλημμύρες με μέση πιθανότητα να συμβεί, 1 στα 100 χρόνια

γ) Πλημμύρες με υψηλή πιθανότητα να συμβεί, 1 στα 20 χρόνια

Κάθε ένας από τους χάρτες αναφέρει και το βάθος της πλημμύρα καθώς και μερικά από τα στοιχεία που παρουσιάζουν είναι

α) Πιθανό αριθμό κατοίκων που θα πληγούν.

β) Τύπο οικονομικής, πολιτιστικής, οικολογικής σημασίας στην περιοχή που θα σημειωθούν ζημιές.

γ) εγκαταστάσεις όπου μπορεί να προκαλέσουν τυχαία ρύπανση στο περιβάλλον και άλλα.

Τέλος στο τρίτο στάδιο γίνεται η κατάρτιση των χαρτών όπου κάθε κράτος μέλος οφείλει να ορίσει στόχους για την διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας στις επικίνδυνες περιοχές.

Περισσότερη προσοχή θα δοθεί:

α) στην μείωση δυνητικών αρνητικών συνεπειών των πλημμυρών

β) μείωση της πιθανότητας εμφάνισης πλημμύρα.

Κάθε χώρα προνοεί για την πρόληψη, προστασία και ετοιμότητα για την αντιμετώπιση των συνεπειών των πλημμυρών λαμβάνοντας υπόψιν και το κόστος ή το όφελος, την χρήση γης που θα πληγεί καθώς και την διαφύλαξη της φύσης. Η επανεξέταση όλων των σταδίων γίνεται κάθε 6 χρόνια για την διασφάλιση της εγκυρότητας καθώς και την ενημέρωση των δεδομένων [moa.gov.cy].

## 1.2 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα εργασία έχει αντικείμενο τη μελέτη και ανάλυση των υδρομετεωρολογικών χαρακτηριστικών βροχοπτώσεων που συνδέονται με πλημμυρογένεση σε αστικό περαστικό περιβάλλον. Ως περιοχές μελέτης, αρχικά επιλέχθηκε η Περιφέρεια Αττικής και οι μεγαλύτερες πόλεις της Κύπρου, ωστόσο για λόγους πληρότητας της ανάλυσης τελικά προστέθηκε και μια πρώτη ανάλυση των χαρακτηριστικών της πλέον πρόσφατης μεγάλης καταστροφής που έλαβε χώρα στη Θεσσαλία τον περασμένο Σεπτέμβριο. Πιο συγκεκριμένα, αναζητήθηκαν πληροφορίες για τις περιοχές μελέτης και αξιολογήθηκε το πρόσφατο ιστορικό πλημμυρών, ώστε να καθοριστούν τα υπό μελέτη επεισόδια. Στο πλαίσιο της εργασίας γίνεται ανάλυση των κύριων υδρομετεωρολογικών χαρακτηριστικών των πλημμυρικών επεισοδίων, δηλαδή του συνολικού ύψους βροχής, χαρακτηριστικών που σχετίζονται με την καταγεγραμμένη ένταση βροχής και τέλος η εκτίμηση της προηγούμενης κατάστασης εδαφικής υγρασίας, ως ένας υδρολογικός δείκτης που αντιπροσωπεύεται από την συνολική βροχόπτωση του προηγούμενου δεκαημέρου. Για τον σκοπό αυτό αναζητήθηκαν τα αναγκαία δεδομένα από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ), το Τμήμα Μετεωρολογίας της Κύπρου κ.ά., προκειμένου να αξιοποιηθούν οι επιτόπου καταγραφές διαθέσιμων σταθμών και να αποτυπωθεί καλύτερα η χωρική κατανομή των εν λόγω μεγεθών, μέσα από τη δημιουργία σχετικών χαρτών ανά επεισόδιο. Μια γενική παρατήρηση από την μελέτη πρόσφατων πλημμυρικών επεισοδίων, είναι πως η εκδήλωση ανάλογων φαινομένων που συνοδεύονται από καταστροφές στο φυσικό και δομημένο περιβάλλον, ή/και ανθρώπινες απώλειες, συχνά συνδέονται με βροχοπτώσεις όπου τα χαρακτηριστικά τους (ύψη, μέγιστη ένταση) δεν αναλογούν σε ιδιαίτερα σπάνια γεγονότα (δηλ. αντιστοιχούν σε σχετικά χαμηλές περιόδους επαναφοράς), γεγονός που αναδεικνύει ζητήματα ανεπάρκειας των υφιστάμενων υποδομών και την αναγκαιότητα αύξησης της ανθεκτικότητας εντός των περιοχών που συγκεντρώνονται οι περισσότερες δραστηριότητες, οι οποίες κρίνονται και ως οι πλέον ευάλωτες.

## 1.3 ΔΙΑΘΡΩΣΗ ΤΕΥΧΟΥΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από τέσσερα κεφάλαια:

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η εισαγωγή του θέματος με κάποιες θεωρητικές έννοιες για την κατανόηση του αντικειμένου.

Το δεύτερο κεφάλαιο περιλαμβάνει την περιγραφή των περιοχών μελέτης. Δίνονται στοιχεία σχετικά με την γεωγραφική θέση, το κλίμα κλπ. της Αττικής και της Κύπρου. Ακόμα παρουσιάζεται το ιστορικό πλημμυρών και η τρωτότητα της κάθε περιοχής.

Συμπληρωματικά, προστέθηκε μια πρώτη ανάλυση και για την κακοκαιρία Ντάνιελ που έπληξε την χώρα τον Σεπτέμβριο του 2023, με τις κυριότερες και σημαντικότερες καταστροφές στην περιοχή της Θεσσαλίας.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, όπως και η περιγραφή των αναγκών για την ανάλυση δεδομένων. Ακολουθούν τα αποτελέσματα της έρευνας και ο σχολιασμός τους.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται σύνοψη της εν λόγω εργασίας, παρουσιάζονται συμπεράσματα και διατυπώνονται ενδιαφέρουσες προτάσεις προς μελλοντική έρευνα, όπως προέκυψαν στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας.

Στο τέλος της διπλωματικής παρατίθεται ο κατάλογος των βιβλιογραφικών αναφορών.

## 2 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύονται τα βασικά χαρακτηριστικά των περιοχών μελέτης.

Για την περίπτωση της Ελλάδας μελετάται η Αττική που συνδέεται με πλούσιο ιστορικό πλημμυρών και με την υψηλότερη διακινδύνευση πλημμύρας. Ωστόσο, καθώς τον Σεπτέμβριο του 2023 έλαβε χώρα ένα από τα σημαντικότερα πλημμυρικά φαινόμενα που έχουν σημειωθεί στον ελλαδικό χώρο, κρίθηκε σκόπιμο να παρουσιαστούν και τα βασικά χαρακτηριστικά του εν λόγω επεισοδίου με το όνομα «Ντάνιελ» που προκάλεσε επιπτώσεις κυρίως στη Θεσσαλία και σε περιοχές της Μαγνησίας, ενώ μικρότερες καταστροφές σημειώθηκαν και σε άλλες περιοχές (πχ. Δυτική Πελοπόννησος, Αττική), λόγω του ίδιου καιρικού συστήματος.

Τέλος, για την περίπτωση της Κύπρου εξετάστηκαν και παρουσιάζονται πρόσφατα πλημμυρικά συμβάντα στις μεγαλύτερες πόλεις (Λευκωσία, Λάρνακα, Λεμεσός), οι οποίες λόγω και του ήπιου αναγλύφου τους εμφανίζουν τακτικά αλλά ήπια πλημμυρικά φαινόμενα όταν εκδηλώνονται ισχυρές βροχοπτώσεις, όπως προκύπτει και από την ανάλυση του πρόσφατου ιστορικού.

### 2.1 ΕΛΛΑΔΑ (ΑΤΤΙΚΗ, ΘΕΣΣΑΛΙΑ)

#### 2.1.1 Γενικά

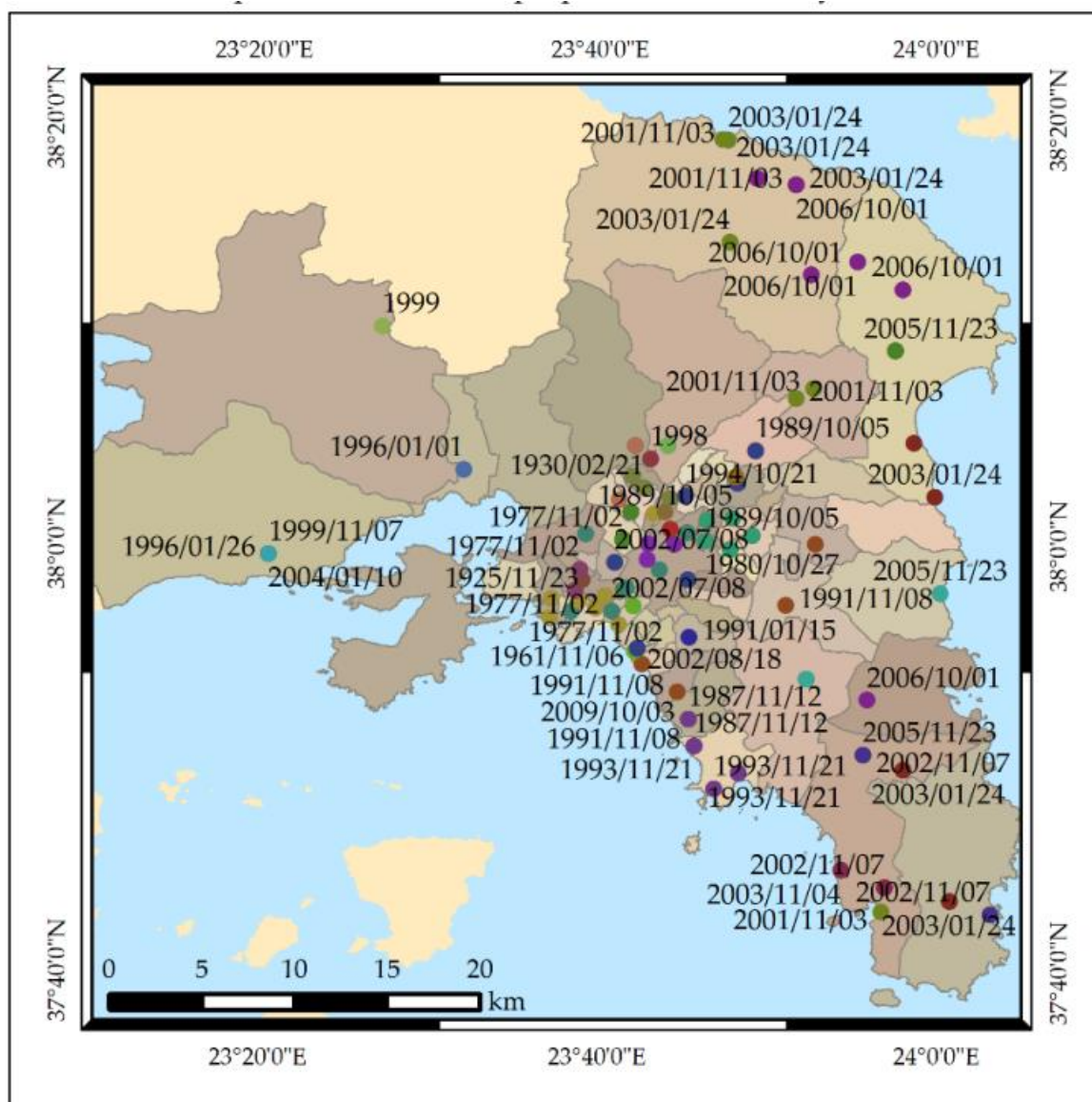
Το πρώτο αστικό-περιαστικό περιβάλλον το οποίο θα μελετηθεί αλλά και θα γίνει η συλλογή των δεδομένων είναι η περιφέρεια της Αττικής. Είναι η μεγαλύτερη πόλη της Ελλάδας καθώς επίσης φιλοξενεί μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού της χώρας. Σύμφωνα με την επίσημη ιστοσελίδα της περιφέρειας Αττικής ([www.patt.gov.gr](http://www.patt.gov.gr)), οι χωρικές αρμοδιότητες έχουν χωριστεί σε οκτώ περιφερειακές ενότητες. Οι ενότητες αυτές είναι αυτή της Δυτικής Αττικής, της Ανατολικής Αττικής, του Βόρειου Τομέα Αθηνών, του Δυτικού Τομέα Αθηνών, του Κεντρικού Τομέα Αθηνών, του Νότιου Τομέα Αθηνών, του Πειραιά και των νήσων Αττικής. Βορειοδυτικά συναντά τον Κορινθιακό κόλπο ενώ νοτιοανατολικά υπάρχει και επαφή με το Αιγαίο πέλαγος.

Το υδρογραφικό δίκτυο της Αττικής τα παλαιότερα χρόνια ήταν πολύ πλούσιο με ποταμούς και τους αντίστοιχους παραπόταμους τους να διέσχιζαν όλη την περιοχή μελέτης. Όμως η αυξημένη αστικοποίηση και οι ανάγκες για νέες υποδομές και άλλων χρήσεων γης οδήγησαν στη σημαντική μείωση των ποταμών και των ρεμάτων στην περιοχή. Η γρήγορη αστικοποίηση χωρίς τις κατάλληλες υποδομές αποχετευτικού συστήματος οδήγησε στην



απόφαση χρήσης των ποταμών, όπου με το πέρασμα του χρόνου, όπως ήταν φυσικό, δημιούργησε προβλήματα υγιεινής. Η κάλυψη των ποταμών-αποχετευτικών αγωγών ήταν επακόλουθο της παραπάνω απόφασής. Τα βασικά ποτάμια της Αττικής είναι ο Κηφισός και ο Ιλισός. Ακόμα και αυτά έχουν υποστεί παρεμβατικές ενέργειες σε πολλά σημεία του μήκους τους (Georganta, 2022).

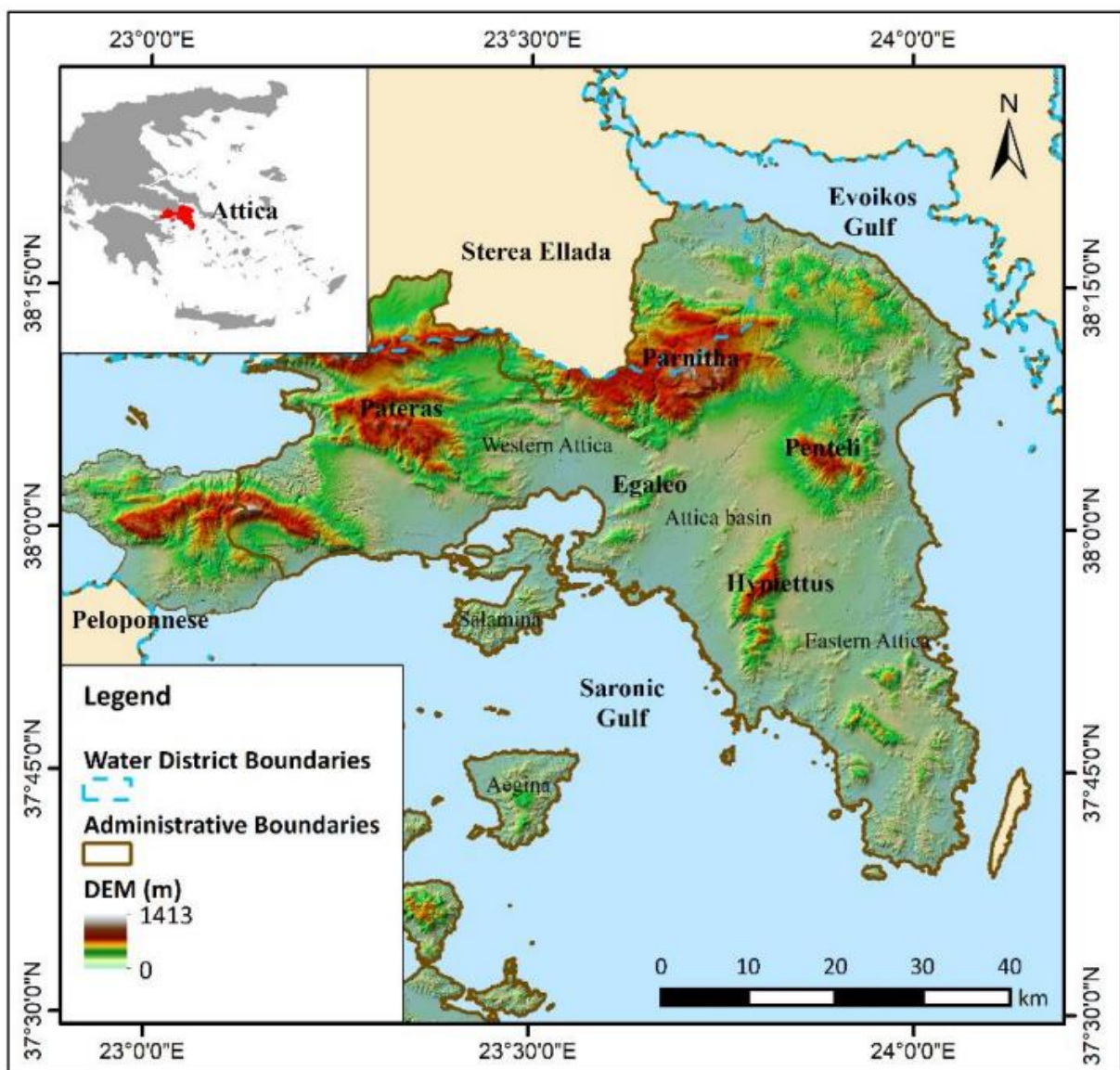
Στον παρακάτω χάρτη του Σχήματος 1 παρουσιάζονται τα περιστατικά πλημμύρας σε συνδυασμό με την ημερομηνία εμφάνισης. Η καταγραφή ξεκίνησε τα τελευταία χρόνια στο πλαίσιο εφαρμογής της ευρωπαϊκής οδηγίας 2007/60/EK με βασικό σκοπό την πιο ακριβή εκτίμηση των επιπτώσεων και καταστροφών από πλημμυρικά φαινόμενα. Σαν συνέπεια αυτού μεταξύ άλλων είναι η καλύτερη εκτίμηση αποζημιώσεων.



Σχήμα 1 : Πλημμύρες στο λεκανοπέδιο Αττικής με αντίστοιχη ημερομηνία [Feloni, 2019]  
[Πηγή δεδομένων : ΥΠΕΚΑ]

### 2.1.2 Γεωμορφολογία – γεωλογία

Σχετικά με την γεωγραφική θέση της περιοχής μελέτης είναι στο νοτιοανατολικό τμήμα της Στερεάς Ελλάδας. Η έκταση της περιοχής είναι 3.808 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Γύρω από την περιοχή της Αττικής υπάρχουν πέντε βουνά όπου δημιουργούν το λεκανοπέδιο της Αττικής. Η Πάρνηθα, η Πεντέλη, το όρος Αιγάλεω, ο Υμηττός και το Ποικίλο όρος. Το ψηλότερο των πέντε είναι το όρος της Πάρνηθας. Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα από την ανατολική πλευρά της περιοχής μελέτης υπάρχει ο ευβοϊκός κόλπος ενώ στην δυτική πλευρά η Αττική βρέχεται από τον Σαρωνικό. (Georganta, 2022). Τέλος σε ένα σημείο βρέχεται από το Αιγαίο πέλαγος όπως φαίνεται στο σχήμα 2.



Σχήμα 2 : Γεωγραφική θέση Αττικής [Feloni., 2019].

Η γεωλογία της περιοχής μελέτης είναι ένας από τους παράγοντες που ευνοούν την εμφάνιση μια πλημμύρας. Πιο συγκεκριμένα στα εδάφη της περιοχής εντοπίζονται μεγάλα τμήματα με σχετικά αδιαπέρατους σχηματισμούς, οι αποκαλούμενοι και «υδατοστεγανοί». Με τον όρο στεγανοποίηση αναφερόμαστε στην μειωμένη διαπερατότητα του εδάφους όπου ως φυσικό επακόλουθο προκαλεί επιφανειακή απορροή των υδάτων χωρίς αυτά να διεισδύσουν στο έδαφος και άρα ενίσχυση την πλημμυρικής παροχής σε επίπεδο επεισοδίου βροχής. Ακόμα έναν παράγοντα αποτελεί η μορφολογία του εδάφους, που υπόκειται σε αλλαγές από πιθανούς σεισμούς. Τέλος, από τους πιο σημαντικούς παράγοντες αποτελεί η κλίση του εδάφους όπου επηρεάζει την ταχύτητα των υδάτων. Όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά ευνοούν την εμφάνιση πλημμύρας (Georganta, 2022).

### 2.1.3 Κλίμα

Το κλίμα της Ελλάδας και ειδικότερα της Αττικής, σύμφωνα με την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία([www.emy.gr/emv/el/](http://www.emy.gr/emv/el/)), γενικότερα χαρακτηρίζεται ως μεσογειακό με ήπιους και υγρούς χειμώνες. Σχετικά με τα καλοκαίρια της χώρας, χαρακτηρίζονται ως ξηρά. Σε ένα έτος εντοπίζονται μεγάλες περίοδοι ηλιοφάνειας την πλειοψηφία των ημερών του. Ακόμα αναφέρεται πως η τοπογραφία και οι υψομετρικές διαφορές που παρουσιάζει η χώρα αποτελούν κριτήριο για τις κλιματικές διαφορές που εντοπίζονται σε όλη την χώρα ανάλογα την περιοχή μελέτης.

Για την Αττική, βασικό χαρακτηριστικό είναι η έντονες αλλαγές μεταξύ ζεστών και ξηρών καλοκαιριών σε ήπιους και υγρούς χειμώνες. Επιπλέον επηρεάζεται από το φαινόμενο της αστική θερμονησίδα όπου αυξάνεται η θερμοκρασία της περιοχής από την ανθρώπινη δραστηριότητα. Πιο αναλυτικά το κλίμα της Αττικής συνδυάζει μεγάλη ποικιλία σύμφωνα με την εργασία του Στιβάκτη (2017). Σε διαφορετικά τμήματα της μπορούμε να εντοπίσουμε ήπιο θαλάσσιο κλίμα, ξηρό με λίγες βροχές, καθώς και πιο ψυχρό. Αν και κατά την διάρκεια του έτους θεωρείται ήπιο υπάρχουν ακραία καιρικά φαινόμενα κατά διαστήματα. Οι βροχοπτώσεις αν και είναι λίγες σε κάποιες περιπτώσεις είναι από τα ακραία φαινόμενα που πλήττουν την περιοχή. Στο σχήμα 3 παρουσιάζεται ένας χάρτης με τις ισοϋέτιες καμπύλες στην Αττική. Παρατηρούμε πως υπάρχει έντονη χωρική ανομοιογένεια μέσα στη λεκάνη.





Σχήμα 3 : Ετήσιος υετός στην Αττική [Στιβάκης, 2017]

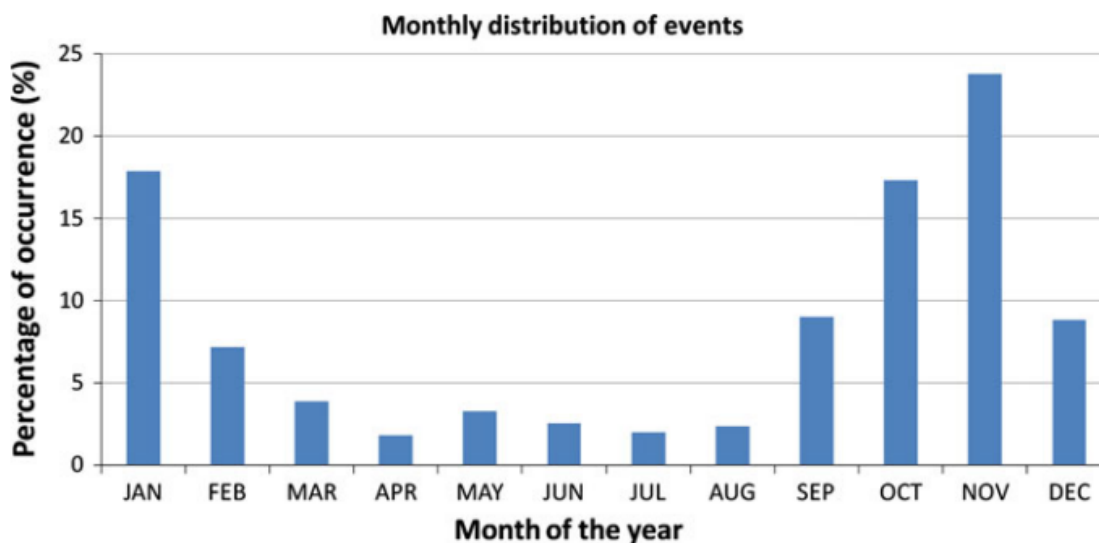
Οι διαφορές που παρουσιάζονται μέσα στο λεκανοπέδιο σε κάποιες περιπτώσεις είναι μεγάλες. Για παράδειγμα συγκριτικά οι περιοχές στα μεγαλύτερα υψόμετρα σε σχέση με αυτές όπου βρίσκονται κοντά στην θάλασσα καταγράφουν τον διπλάσιο ή και παραπάνω υετό ανά έτος.

#### 2.1.4 Πλημμυρική τρωτότητα και ιστορικό πλημμυρών

Στην εικόνα του Σχήματος 2 απεικονίζονται τα όρια του υδατικού διαμερίσματος της Αττικής, όπου μέσα σε αυτά συμπεριλαμβάνονται και η Σαλαμίνα, η Αίγινα και Μακρόνησος. Μια ακόμη πληροφορία όπου έχουμε από την εικόνα είναι τα διοικητικά όρια της Περιφέρειας, που διαφοροποιούνται σε μικρό βαθμό από αυτά των υδρολογικών. Το υψηλότερο ποσοστό κινδύνου παρουσιάζεται στο ηπειρωτικό τμήμα της περιοχής μελέτης. Χαρακτηριστικό είναι η μεγάλη ένταση του φαινομένου της βροχόπτωσης συνδυαστικά με την μικρή χρονική διάρκεια που εμφανίζεται σε έναν αριθμό επεισοδίων κάθε χρόνο (Feloni, 2019), οπότε τα δύο αυτά χαρακτηριστικά συνδυαστικά με τις ανθρώπινες παρεμβάσεις οδηγούν σε συνθήκες ευνοϊκές για πλημμυρογένεση καθώς οι κατασκευές και τα μέτρα για την αντιπλημμυρική θωράκιση δεν είναι μελετημένα για τέτοιες συνθήκες.

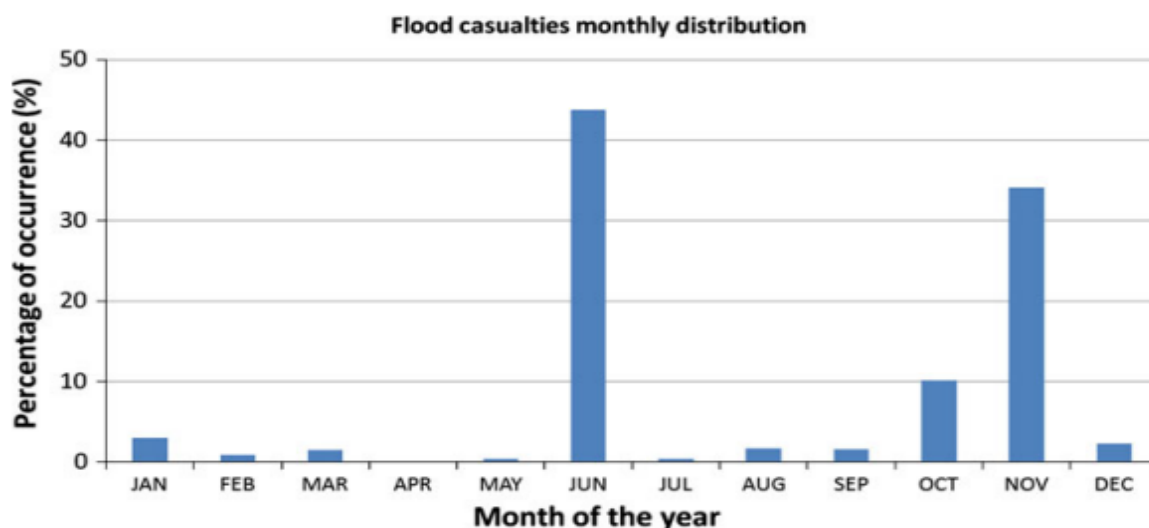
Στο σχήμα 4 παρουσιάζονται συνολικά ανά μήνα τα επεισόδια πλημμύρας στην περιοχή μελέτης για την περίοδο 1886-2022. Πιο συγκεκριμένα στην περιφέρεια της Αττικής παρουσιάζεται πολύ υψηλή συχνότητα πλημμυρικών γεγονότων τους μήνες Οκτώβριο,

Νοέμβριο και Ιανουάριο (Ασλανίδου, 2022).



Σχήμα 4 : Χωρική κατανομή πλημμυρών στην Ελλάδα ανά μήνα την περίοδο μελέτης 1886-2022 [Ασλανίδου, 2022].

Σύμφωνα με το Σχήμα 5 μεγάλος είναι ο αριθμός των θανάτων λόγω πλημμύρας στα αστικά κέντρα της χώρας. Στην Αττική συγκεκριμένα φαίνεται τα περιστατικά να είναι περισσότερα από οποιαδήποτε άλλη περιοχή της χώρας (Ασλανίδου, 2022).

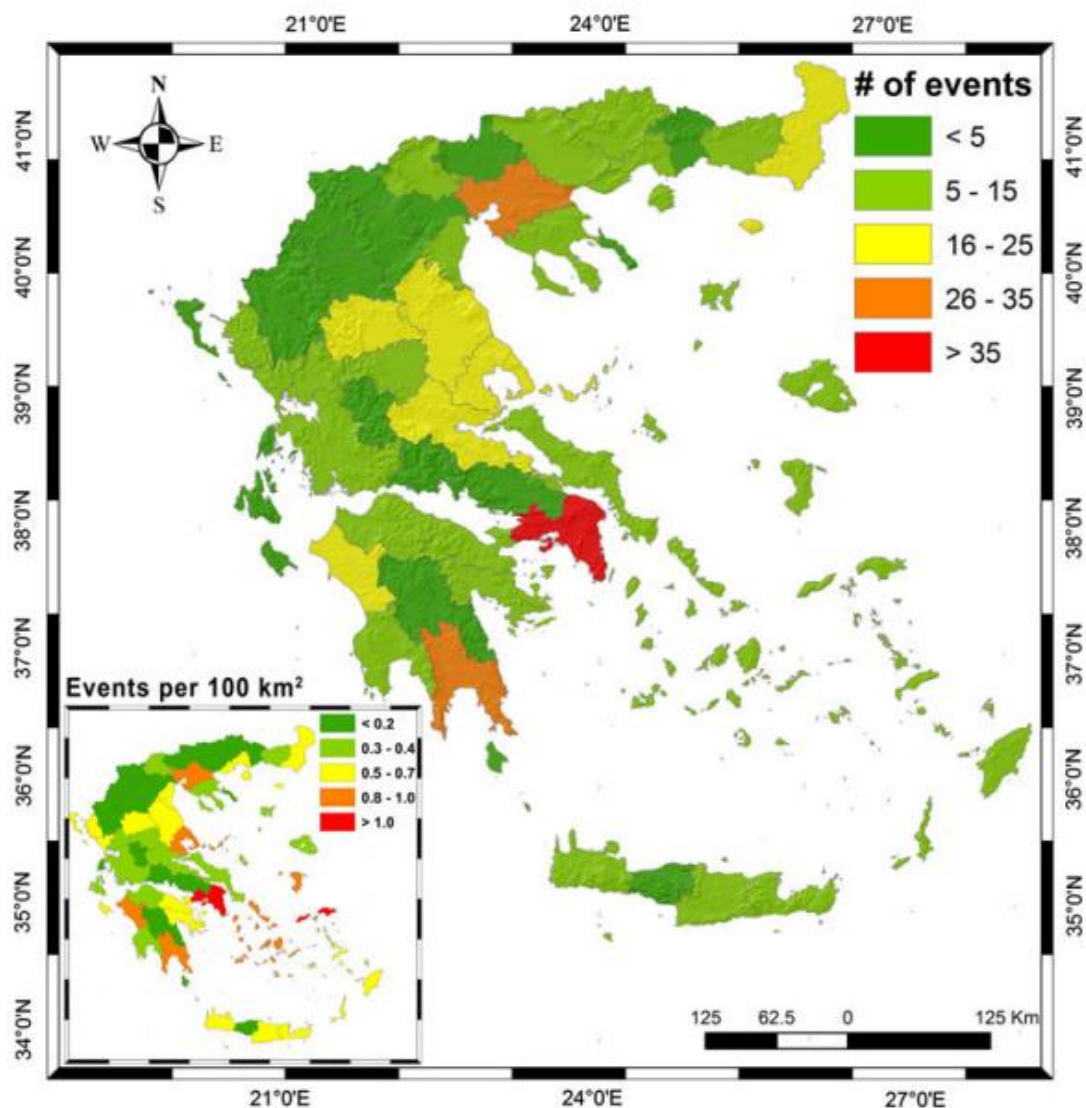


Σχήμα 5 : Αριθμός θανάτων από πλημμύρα ανά νομό [Ασλανίδου, 2022]

Στην Ελλάδα συνολικά έχουν καταγραφεί 545 περιστατικά πλημμυρών στο χρονικό διάστημα των ετών 1880-2010 (Diakakis et al, 2012). Σύμφωνα με ανάλυση των δεδομένων αυτών και των διαγραμμάτων όπου παρουσιάζονται παραπάνω, κατά τους φθινοπωρινούς μήνες υπάρχει μια σταδιακή αύξηση του ποσοστού με το μεγαλύτερο να παρουσιάζεται τον

μήνα του Νοεμβρίου. Ακολουθεί ο Ιανουάριος ενώ τους καλοκαιρινούς μήνες το ποσοστό είναι πολύ χαμηλό. Αντικρουόμενο είναι το γεγονός πως οι περισσότεροι θάνατοι από πλημμύρα έχουν εμφανίζονται το καλοκαίρι, με τους καλοκαιρινούς μήνες να έχουν το μικρότερο ποσοστό εμφάνισης πλημμύρας.

Η χωρική κατανομή των περιστατικών στην χώρα παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα. Οι καταγραφές σε όλη την χώρα φαίνονται σχετικά χαμηλές αφού φαίνονται στην πλειοψηφία τα επεισόδια ανά περιοχή να είναι λιγότερα από 15 στο σύνολο της περιόδου μελέτης (1980-2010). Κάποιες όμως σημειώνουν μεγαλύτερο αριθμό επεισοδίων. Οι περιοχές με τον μεγαλύτερο αριθμό πλημμυρών είναι αστικά κέντρα όπως η Θεσσαλονίκη και η Αθήνα όπως επίσης και στον νομό Λακωνίας. Η Αττική βρίσκεται στη δυσμενέστερη θέση, αφού παρουσιάζει τον μεγαλύτερο αριθμό περιστατικών σε όλη την χώρα, 35 επεισόδια συνολικά.



Σχήμα 6 : Αριθμός επεισοδίων πλημμύρας στην Ελλάδα την περίοδο 1980-2010 [Diakakis et al., 2012].

Στο ιστορικό πλημμυρών για την περιοχή της Αττικής έχουν καταγραφεί εκτός των άλλων κάποια σημαντικά επεισόδια πλημμύρας όπου παρουσιάζονται παρακάτω (Feloni, 2019):

- 21-22/10/1994

Ισχυρή βροχόπτωση καταγράφεται στο δυτικό τμήμα της χώρας και την Αττική. Το ύψος βροχής έφτασε τα 167 mm. Δυστυχώς, ένα από τα αποτελέσματα της πλημμύρας είναι να χαθούν 11 ανθρώπινες ζωές εκ' των οποίων 9 στην περιοχή της Αττικής.

- 22/2/2013

Μια βροχόπτωση πέντε ωρών το ύψος βροχής έφτασε τα 100 mm στο λεκανοπέδιο της Αττικής. Σύμφωνα με τις καταγραφές είναι από τις χειρότερες βροχοπτώσεις των 50 χρόνων για την περιοχή. Προληπτικά και όχι μόνο έκλεισαν κεντρικοί οδοί καθώς επίσης διακόπηκε και η ροή των μέσων μαζικής μεταφοράς. Σε πολλά σημεία υπήρξε διακοπή ρεύματος. Μια ανθρώπινη ζωή χάθηκε.

- 24/10/2014

Ισχυρή βροχόπτωση παρουσιάζεται σε όλη την Αττική με το φαινόμενο να είναι εντονότερο στο δυτικό τμήμα της. Το μέσο ύψος βροχής έφτασε 37 mm. Το αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό του φαινομένου είναι η σχέση της έντασης με την χωρική διασπορά. Πιο συγκεκριμένα σε μικρή χωρική κατανομή είχε καταγραφεί πολύ μεγάλη ένταση της βροχόπτωσης.

- 22/10/2015

Ο συνδυασμός δυο συμβάντων οδήγησε σε αιφνίδια πλημμύρα όπου προκάλεσε πανικό στους κατοίκους της Αττικής στρέφοντας προς την βοήθεια των πυροσβεστικών τμημάτων. Η πρώτη καταιγίδα εμφανίστηκε το βράδυ ενώ το πρωί καταγράφηκε άλλη μια όπου είχε διάρκεια μέχρι και τις απογευματινές ώρες. Καταστροφές σε δρόμους αλλά και κτήρια καθώς και ένας θάνατος καταγράφηκαν.

- 15/11/2017

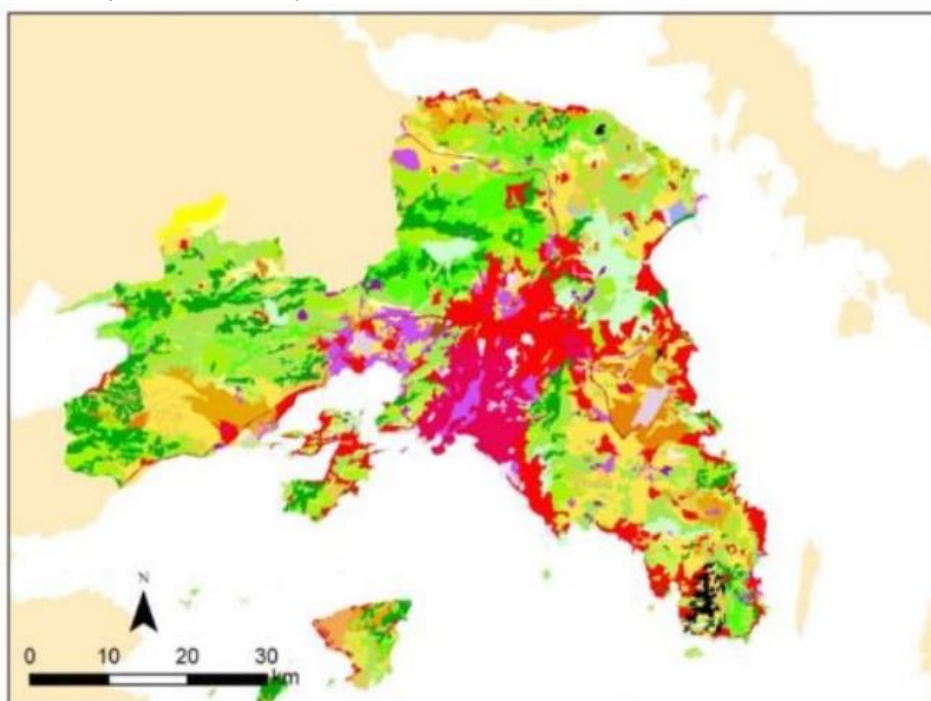
Μια από τις πιο σημαντικές και επικίνδυνες πλημμύρες που έχουν καταγραφεί τα τελευταία χρόνια παρουσιάστηκε στην περιοχή της Μάνδρας στην Αττική. Οι υλικές ζημιές που καταγράφηκαν ήταν αρκετά μεγάλες αλλά το γεγονός των 24 ανθρώπινων ζωών που χάθηκαν είναι αυτό που χαρακτηρίζει την τραγικότητα του φαινομένου. Σύμφωνα με τον Μαλακοδήμο (2020) σε διάρκεια 7 ωρών το ύψος βροχής έφτασε τα 150 mm. Συγκριτικά με τις καταγραφές βροχόπτωσης της περιοχής το ύψος εκείνη την μέρα έφτασε το 40% της συνολικής ετήσιας βροχόπτωσης. Επιπρόσθετα μερικοί παράγοντες που οδήγησαν σε αυτή την πλημμύρα είναι η λιθολογία της περιοχής σε συνδυασμό με την κακή ποιότητα αποστραγγιστικών έργων. Τα έργα αυτά είτε είχαν κακή συντήρηση είτε δεν ήταν

αποτελεσματικά (Μαλακοδήμος, 2020).

### 2.1.5 Πληθυσμός και Χρήσεις γης

Σύμφωνα με την τελευταία απογραφή πληθυσμού της ΕΛΣΤΑΤ ο πληθυσμός της Αττικής είναι 3.792.469 άτομα. Η κατανομή των κατοίκων στην περιφέρεια δεν είναι ομοιόμορφη αφού οι χρήσεις γης δεν το καθιστούν εφικτό σε όλη την επιφάνεια της. Πιο συγκεκριμένα υπάρχουν περιοχές όπου είναι συγκεντρωμένα κτήρια και υπηρεσίες, μη καθιστώντας δυνατή την διαμονή κατοίκων. Επίσης σε άλλα κομμάτια της Αττικής υπάρχει δασική έκταση. Για να γίνουν κατανοητά τα παραπάνω παρουσιάζεται ο χάρτης χρήσεων γης του CORINE Land Cover 2012 με το αντίστοιχο υπόμνημα(Georganta, 2022)

Παρατηρώντας το σχήμα 7 και σύμφωνα με τον αντίστοιχο πίνακα με τους κωδικούς για τις χρήσεις γης, στην περιοχή της Αττικής καλύπτεται στο μεγαλύτερο μέρος της από κτήρια, δρόμους και τεχνητές κατασκευές. Όλα τα παραπάνω παρεμβαίνουν στο έδαφος με ασφάλτο, τσιμέντο, σκυρόδεμα και πολλά άλλα υλικά μειώνοντας την διαπερατότητα του εδάφους. Το ποσοστό των δασών και γενικότερα των ζωνών πρασίνου και γυμνού εδάφους δεν βοηθά στην ομαλή απορρόφηση των υδάτων ( , 2022).



**ΥΠΟΜΝΗΜΑ**  
Κάλυψη γης κατά CORINE Land Cover 2012

111	124	142	222	243	321	332	412	512
112	131	211	223	244	322	333	421	521
121	132	212	231	311	323	334	422	522
122	133	213	241	312	324	335	423	523
123	141	221	242	313	331	411	511	



111	Συνεχής αστική οικοδόμηση	311	Δάσος πλατύφυλλων
112	Διακεκομμένη αστική οικοδόμηση	312	Δάσος κωνοφόρων
121	Βιομηχανικές ή εμπορικές ζώνες	313	Μικτό δάσος
122	Οδικά, σιδηροδρομικά δίκτυα και γειτνιάζουσα γη	321	Φυσικοί βοσκότοποι
123	Ζώνες λιμένων	322	Θάμνοι και χερσότοποι
124	Αεροδρόμια	323	Σκληροφυλλική βλάστηση
131	Χώροι εξορύξεως ορυκτών	324	Μεταβατικές δασώδεις-θαμνώδεις εκτάσεις
132	Χώροι απορρίψεως απορριμάτων	331	Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές
133	Χώροι οικοδόμησης	332	Απογυμνωμένοι βράχοι
141	Περιοχές αστικού πρασίνου	333	Εκτάσεις με αραιή βλάστηση
142	Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής	334	Αποτεφρωμένες εκτάσεις
211	Μη αρδευόμεν-αρδύσιμη γη	335	Παγετώνες και αιώνια χιόνια
212	Μόνιμα αρδευόμενη γη	411	Βάλτοι στην ενδοχώρα
213	Ορυζώνες	412	Τυρφώνες
221	Αμπελώνες	421	Παραθαλάσσιοι βάλτοι
222	Οπωροφόρα δέντρα	422	Αλυκές
223	Ελαιώνες	423	Παλιρροιακά πεδία
231	Λιβάδια	512	Συλλογές υδάτων
241	Ετήσιες καλλιέργειες που συνδέονται με μόνιμες καλλιέργειες	521	Παράκτιες λιμνοθάλασσες
242	Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας	522	Εκβολές ποταμών
243	Γη που καλύπτεται από γεωργία με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης	523	Θάλασσα
244	Γεωργο-δασικές περιοχές		

### Σχήμα 7 : Κωδικοί Corine Και χρήσεις [Γεωργαντά, 2022]

#### 2.1.6 Πρόσφατα πλημμυρικά επεισόδια που αναλύονται

##### Λεκανοπέδιο (22/02/2013)

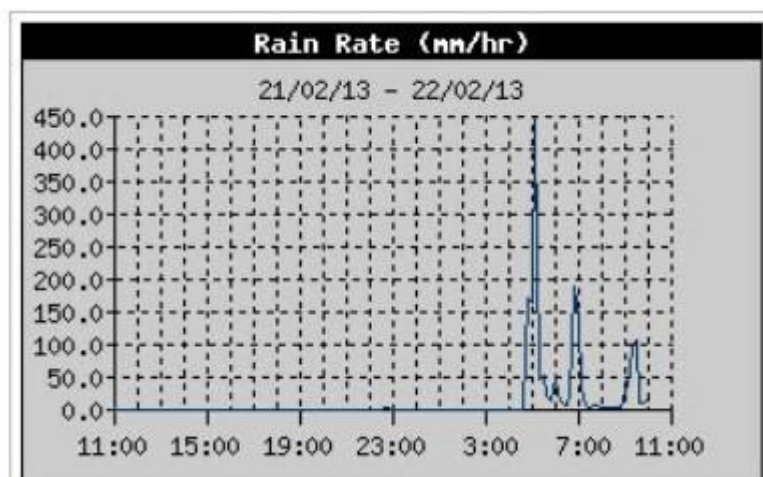
Σύμφωνα με το σχετικό άρθρο στον διαδικτυακό τύπο<sup>1</sup>, η ιστορική όπως την χαρακτηρίζει, καταιγίδα είχε διάρκεια περίπου 6 ώρες με μέγιστο ύψος βροχής τα 140 mm να παρουσιάζονται σε κάποιες περιοχές. Στις 22 Φεβρουαρίου του 2013 ένας συνδυασμός από έντονη βροχή, καταιγίδες, κεραυνούς, χαλάζι και σκόνης στον αέρα χτυπά το λεκανοπέδιο. Αν και ήταν γνωστή από τις μετεωρολογικές προβλέψεις η μεγάλη πιθανότητα βροχόπτωσης, δεν ήταν φανερό το μέγεθος της. Μόνο λίγες ώρες πριν έγινε φανερή η ένταση της καταιγίδας (Μανίκα, 2021) Το σύνολο των παραπάνω παραγόντων παρέμεινε πάνω από την Αττική για μεγάλη χρονική διάρκεια, δημιουργώντας το φαινόμενο της επαναφόρτισης. Ειδικότερα αυτό σημαίνει πως δημιουργήθηκαν συνθήκες που συνέβαλαν στην ψύξη των αέριων μαζών και τον περιορισμό τους στα χαμηλότερα στρώματα. Επακόλουθο αυτού είναι η δημιουργία νέων καταιγίδων. Το φαινόμενο αυτό στο άρθρο του Μανίκα (2021) αναφέρεται σαν υπερ-καταιγίδα. Ο χαρακτηρισμός αυτός έχει σκοπό να τονίσει την σπανιότητα του φαινομένου καθώς και τα σοβαρά αποτελέσματα του. Επακόλουθο λοιπόν η καταιγίδα αυτή να αποτελεί σημείο αναφοράς για όσους ασχολούνται με τα καιρικά φαινόμενα στο λεκανοπέδιο της Αττικής.

Όταν ξέσπασε η καταιγίδα η βροχόπτωση ήταν πολύ έντονη καθώς και συνεχής. Οι κεραυνοί έπεφταν μέσα στην πόλη και το χαλάζι έφτασε να έχει μέγεθος φουντουκιού με την διάρκεια του να είναι από 2 λεπτά έως και 10.

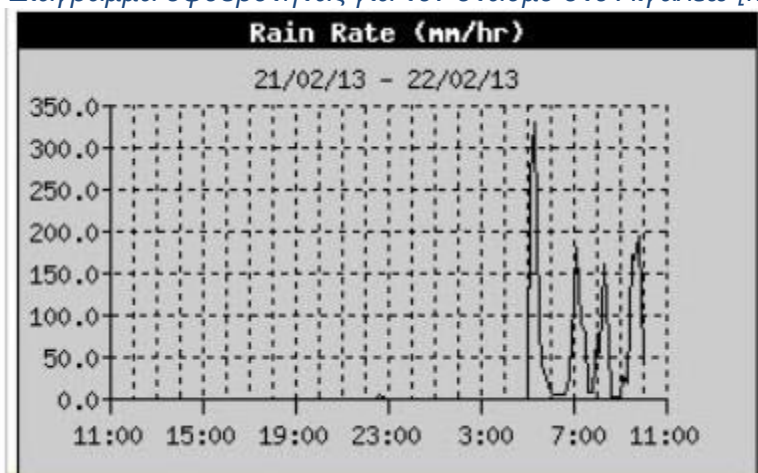
Παρακάτω παρουσιάζονται τα σχήματα 8 και 9 σχετικά με την σφοδρότητα (rain rate, ρυθμού βροχόπτωσης) των σταθμών Αιγάλεω και Γκάζι. Το συμπέρασμα από τα παρακάτω

<sup>1</sup> antisimvatikos(n.b), Η Υπερ-Καταιγίδα του 2013, [https://antisimvatikos.blogspot.com/2013\\_02\\_01\\_archive.html](https://antisimvatikos.blogspot.com/2013_02_01_archive.html)

διαγράμματα είναι πως υπάρχουν επαναλαμβανόμενα κύματα ραγδικότητας από τις διακυμάνσεις και τις κορυφές του. Η μεγαλύτερη διακύμανση παρουσιάζεται και στους δυο σταθμούς περίπου στις 5:00 με τις στιγμιαίες τιμές έντασης να είναι ιδιαίτερα υψηλές. Πιο συγκεκριμένα στον σταθμό Αιγάλεω καταγράφεται τιμή 443mm/h ενώ στο Γκάζι 328mm/h. Κατά την διάρκεια της καταιγίδας τα επόμενα διαστήματα έχουν εμφανώς μικρότερη σφοδρότητα αλλά παραμένουν σε υψηλά επίπεδα.

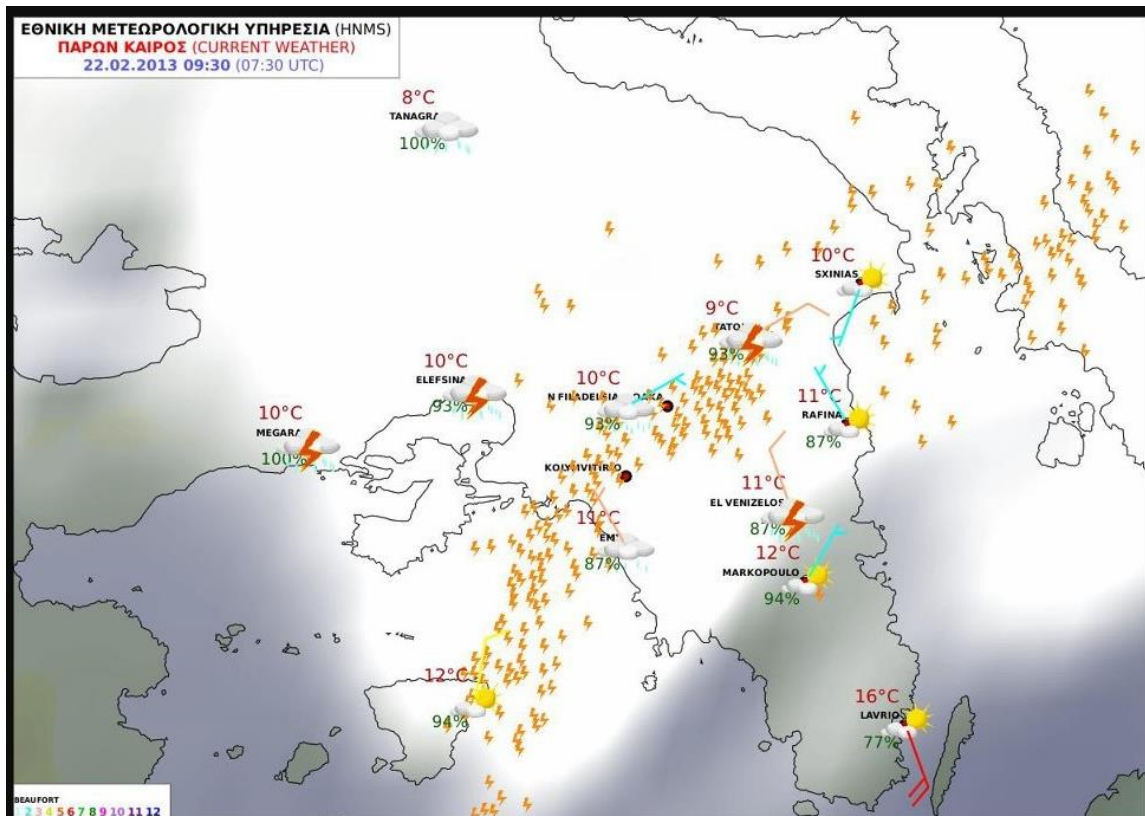


Σχήμα 8 : Διάγραμμα σφοδρότητας για τον σταθμό στο Αιγάλεω [meteoclub]



Σχήμα 9 : Διάγραμμα σφοδρότητας για τον σταθμό στο Γκάζι [meteoclub]

Στο πλαίσιο της ανάλυσης του εν λόγω επεισοδίου από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, δημιουργήθηκε ο επόμενος χάρτης όπου φαίνονται οι θέσεις των κεραυνών κατά την διάρκεια της καταιγίδας στις 7:30 (<https://www.meteoclub.gr/themata/anafores/5044-historystorm2013>). Παρατηρείται πως το πλήθος των κεραυνών είναι αρκετά μεγάλο και συγκεντρωμένο στην δυτική πλευρά.



Σχήμα 10 : Θέσεις κεραυνών κατά την διάρκεια της καταιγίδας [meteoclub]

Ενδεικτικά παρακάτω παρουσιάζονται κάποια πρωτοσέλιδα τοπικών εφημερίδων όπου αναφέρονται στην κακοκαιρία και την σφοδρότητα της.

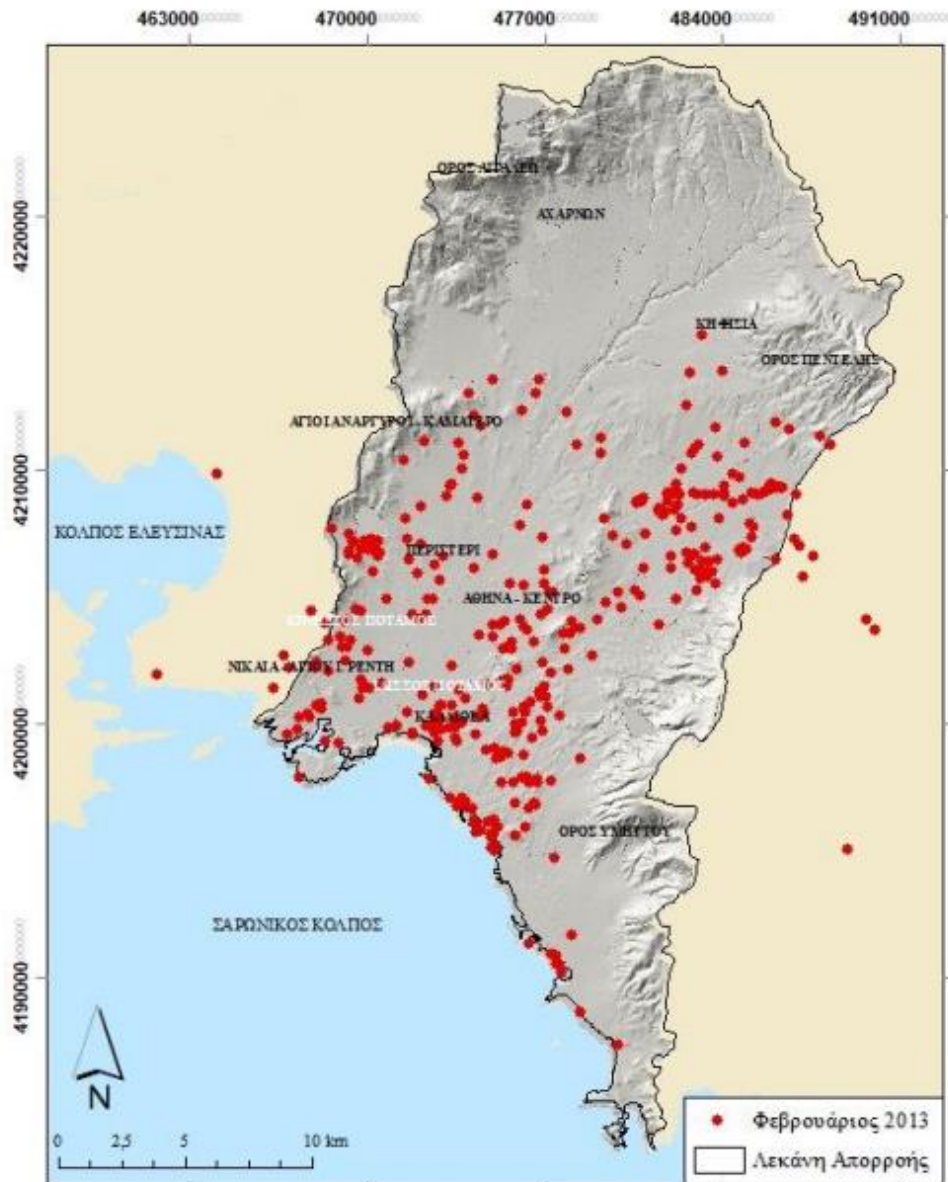


Σχήμα 11 : Πρωτοσέλιδα εφημερίδων σχετικά με την καταιγίδα. [meteoclub]

Τέλος, στο Σχήμα 12 παρουσιάζονται οι θέσεις αστικών συμβάντων πλημμύρας για το ίδιο επεισόδιο σε ολόκληρη την λεκάνη μελέτης. Ειδικότερα τα συμβάντα φαίνεται να μην έχουν συγκεντρωμένη κατανομή στον χώρο γεγονός που υποδηλώνει ότι οι παράγοντες που επηρέασαν τις πλημμύρες ήταν πολλοί (Μανίκα, 2021).

Σύμφωνα με την Μανίκα (2021) οι ζημιές που καταγράφηκαν ήταν μεγάλες τόσο σε κτήρια κατοικιών, επιχειρήσεων και υποδομές όσο και σε οχήματα όπου παρασύρθηκαν από τους χείμαρρους. Επίσης υπήρξαν δυσλειτουργίες στο οδικό δίκτυο, τα μέσα μαζικής μεταφοράς σταμάτησαν να λειτουργούν και καταγράφηκε ένας θάνατος (Μανίκα, 2021).

## ΧΑΡΤΗΣ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ - ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2013

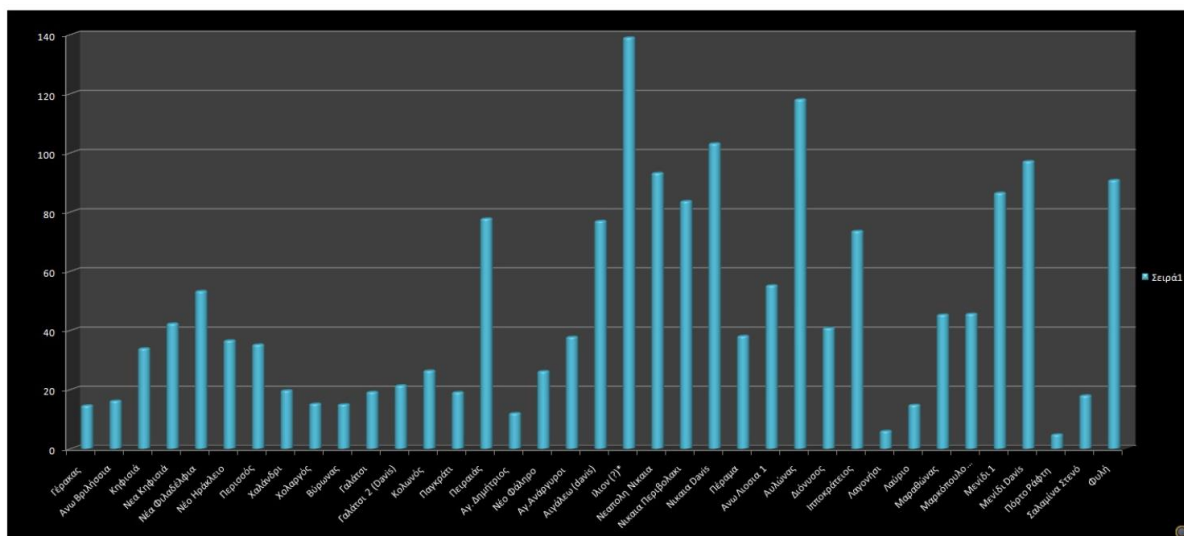


Σχήμα 12 : Περιστατικά πλημμύρας στο λεκανοπέδιο Αττικής [Μανίκα, 2021]

### Δυτική Αθήνα (24/10/2014)

Σύμφωνα με την ιστοσελίδα meteoclub και το παρακάτω σχήμα όπου παρουσιάζει το ύψος υετού ανά περιοχή της Αττικής το περιστατικό του Οκτωβρίου του 2014 ήταν από τα πιο έντονα της δεκαετίας. Πιο συγκεκριμένα το μέγιστο ύψος παρουσιάστηκε στην περιοχή του Ίλιον με περίπου 140 mm και ακολουθούν η Αυλώνα με περίπου 120 mm και Μενίδι με περίπου 100 mm.





Σχήμα 13 : Ύψος βροχής ανά περιοχή στην Αττική [meteoclub]

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα ύψη όπου σημειώθηκαν στις περιοχές της Αττικής .

Πίνακας 1 : Ύψη βροχόπτωσης (mm) σε περιοχές της Αττικής [meteoclub]

Άγιοι Ανάργυροι	37,5
Αιγάλεω (davis)	77,0
Ίλιον	139,0
Νεάπολη Νίκαιας	139,0
Νίκαια Περιβολάκι	83,7
Νίκαια Davis	103,2
Πέραμα	38,1

Επιπρόσθετα στοιχεία υπάρχουν από την ιστοσελίδα i-efimerida όπου αναφέρει πως καταγράφηκαν περισσότερες από 600 κλήσεις στην πυροσβεστική για βοήθεια από τους πολίτες. Οι μεγαλύτερες καταστροφές καταγράφηκαν στην Δυτική Αττική καθώς οι δρόμοι μετατράπηκαν σε χειμάρρους δημιουργώντας καταστροφές σε οχήματα, σπίτια καθώς και επιχειρήσεις. Ένα συμβάν όπου είναι αξιοσημείωτο καταγράφηκε στην περιοχή της Ανθούπολης όπου μπαζωμένο ρέμα υποχώρησε και το νερό στην περιοχή έφτασε τα 2 m. Στην περιοχή της Αττικής βρίσκονταν 70 πυροσβεστικά οχήματα και 150 πυροσβέστες για την βοήθεια των πολιτών. Σύμφωνα με μαρτυρίες των πολιτών ένα από τα βασικά αίτια που συνέβαλλαν στην καταστροφική πλημμύρα ήταν τα βουλωμένα φρεάτια.

Για να γίνει κατανοητή η καταστροφή του συγκεκριμένου περιστατικού επισυνάπτονται οι παρακάτω εικόνες όπου παρουσιάζουν σε διαφορετικές περιοχές της Αττικής την σφοδρότητα της πλημμύρας.



Περιοχή Δραπετσώνας



Λεωφόρος Καβάλας



Δρόμοι στην περιοχή του Μενιδίου



Χείμαρρος σε δρόμο της Πετρούπολης

Σχήμα 14 : Πλημμύρες σε διάφορα σημεία της Αττικής [meteoclub]



Σχήμα 15 : Καταστροφές στην περιοχή του Περιστερίου [meteoclub].

### *Δυτική Αθήνα (22/10/2015)*

Σύμφωνα με την Μανίκα (2021) η καταιγίδα που ξέσπασε τον Οκτώβριο του 2015 ξεκίνησε με ένα χαμηλό βαρομετρικό από την Αδριατική θάλασσα όπου εκδηλώθηκε πάνω από την περιοχή της Αττικής. Από το μεσημέρι της ίδιας ημέρας έως και το βράδυ η βροχόπτωση ήταν δυνατή και συνεχής με άμεσο αποτέλεσμα τις μεγάλες καταστροφές σε οδικό δίκτυο και κτήρια. Πλημμύρες παρουσιάστηκαν σε υπόγεια κατοικιών και καταστημάτων. Σημαντικό είναι το γεγονός πως δεν υπήρξαν θύματα όμως αξίζει να σημειωθεί πως πεζοί παρασύρθηκαν από χειμάρρους και άνθρωποι εγκλωβίστηκαν σε οχήματα. Πολλές ήταν οι περιοχές όπου εμφάνισαν προβλήματα και ενδεικτικά μερικές από αυτές ήταν το Περιστερί, η Νέα Φιλαδέλφεια, το Κερατσίνι, το Ίλιον κ.α.

Πιο συγκεκριμένα στην περιοχή του Ίλιον καταγράφηκαν προβλήματα και συνέβαλε στην πλημμύρα το γεγονός πως δεν υπήρχαν τα σωστά έργα διαχείρισης των όμβριων υδάτων σε τμήματα του ρέματος που έχουν καλυφθεί στην περιοχή. Επιπροσθέτως δεν υπάρχει σύστημα σύνδεσης των όμβριων υδάτων των γύρω περιοχών με τον κύριο αγωγό όπου αρχίζει από την Αττική οδό και περνά από το Ίλιον.

Σε κάποια σημεία στην περιοχή του Καματερού το οδόστρωμα υποχώρησε προκαλώντας προβλήματα στην κυκλοφορία των οχημάτων. Παρακάτω στην εικόνα 16 φαίνεται η υποχώρηση του οδοστρώματος καθώς επίσης και δρόμοι όπου έχει διακοπεί η κυκλοφορία λόγω την πλημμύρας.



Υποχώρηση οδοστρώματος σε σκεπασμένο ρέμα στο Καματερό



Πλημμυρισμένα τμήματα οδικού δικτύου στην Δυτική Αττική



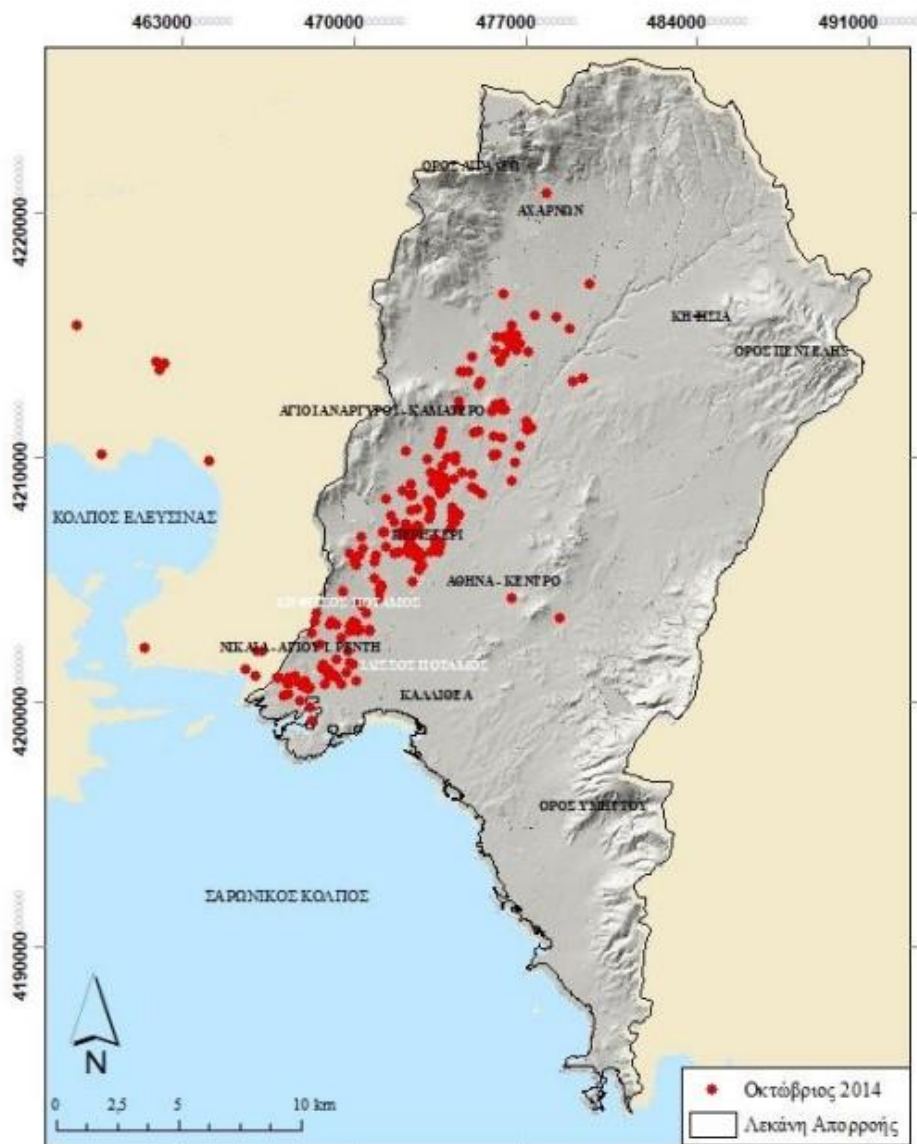
Πλημμυρισμένα τμήματα οδικού δικτύου στην Δυτική Αττική

*Σχήμα 16 :Υλικές ζημιές και πλημμυρισμένα τμήματα [Μανίκα, 2015].*

Στο σχήμα 17 παρουσιάζεται η κατανομή των περιστατικών πλημμύρας στην περιοχή μελέτης. Τα περιστατικά αυτά είναι συγκεντρωμένα στο δυτικό και βορειοδυτικό τμήμα της Αττικής.



## ΧΑΡΤΗΣ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ - ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2014



Σχήμα 17 : Κατανομή περιστατικών πλημμύρας στην περιοχή της Αττικής [Μανίκα, 2015]

### Μάνδρα (14-16/11/2017)

Η Μάνδρα είναι περιοχή της Δυτικής Αττικής. Χαρακτηρίζεται σαν ημιορεινή περιοχή με εποχιακούς χειμάρρους μικρής σημασίας καθώς και ποταμούς μικρής παροχής. Τις μέρες 14 -16 του Νοεμβρίου του έτους καταγράφηκαν έντονες βροχοπτώσεις σε όλη την χώρα.(Μαλακοδήμος, 2020). Σύμφωνα με τον Μαλακοδήμο (2020) αυξημένη ήταν η ένταση του φαινομένου στην περιοχή της Μάνδρας όπου χαρακτηρίστηκε σαν ακραίο φαινόμενο με στατιστική πιθανότητα εμφάνισης 1 στα 100 χρόνια. Σύμφωνα με τους Soulios et al (2018) υπάρχουν δυο λεκάνες απορροής. Η πρώτη είναι της Αγίας Αικατερίνης , όπου πήρε το όνομα της από το αντίστοιχο ρέμα όπου έχει μπαζωθεί και περιοριστεί σε μεγάλο βαθμό. Η

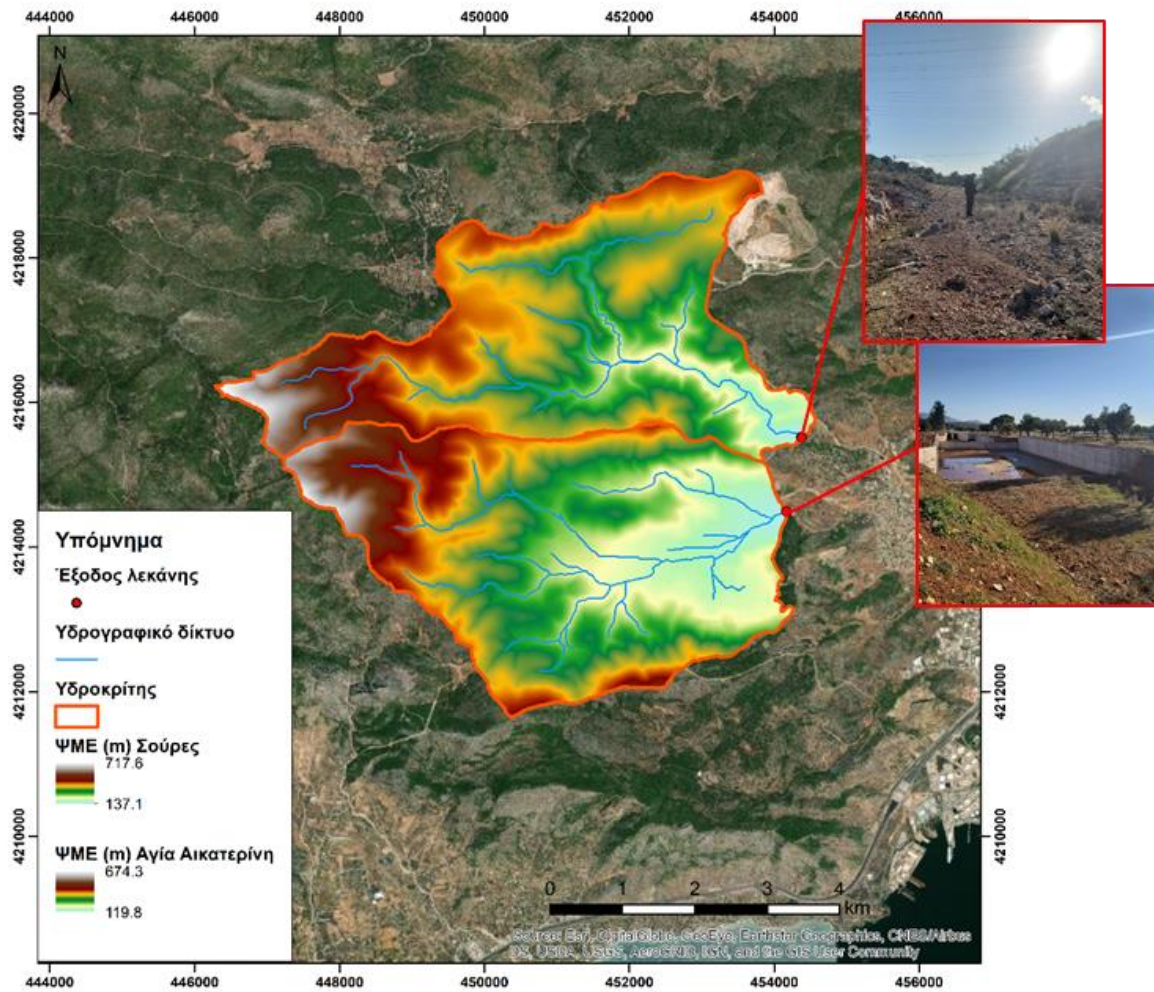


δεύτερη είναι αυτή των Σουρών όπου περνά από το βορειοανατολικό τμήμα της περιοχής όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Με γκρι απόχρωση παρουσιάζεται η λεκάνη της Αγίας Αικατερίνης και με πορτοκαλί αυτή των Σουρών. Παρατηρούμε πως ο οικισμός της Μάνδρας βρίσκεται στην συμβολή 2 ρεμάτων

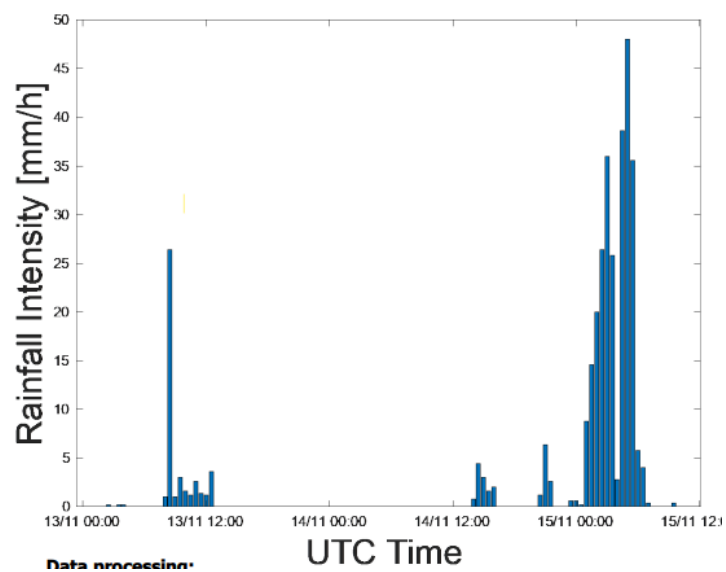
Σύμφωνα με το Σχήμα 19 των Λέκκας κ.ά. (2017) και των αποτελεσμάτων των μετρήσεων το ύψος βροχής έφτασε τα 150mm σε χρονικό διάστημα 7 ωρών. Με τα δεδομένα αυτά και το αποτέλεσμα της βροχόπτωσης χαρακτηρίζεται αιφνίδια πλημμύρα (flash floods), σύμφωνα με τους Soulios et al (2018). Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως το νούμερο αυτής της βροχόπτωσης αποτελεί το 40% της συνολικής ετήσιας βροχόπτωσης της περιοχής όπου δεν ξεπερνά τα 500mm.

Σύμφωνα με στοιχεία της NASA και IMERG το φαινόμενο είχε πολύ κακή σχέση χωρικής κατανομής και έντασης. Σύμφωνα με το σχήμα 20 από την NASA γίνεται καταγραφή της βροχόπτωσης σε ολόκληρη την Αττική με τις μεγαλύτερες τιμές να παρουσιάζονται στην περιοχή γύρω από της Μάνδρας. (Λέκκας κ.ά., 2017). Άξια αναφοράς είναι η μορφολογία της περιοχής όπου τα ρέματα απορρέουν στην πεδιάδα της Νεάς Περάμου και Μάνδρας (Λέκκας κ.ά., 2017).

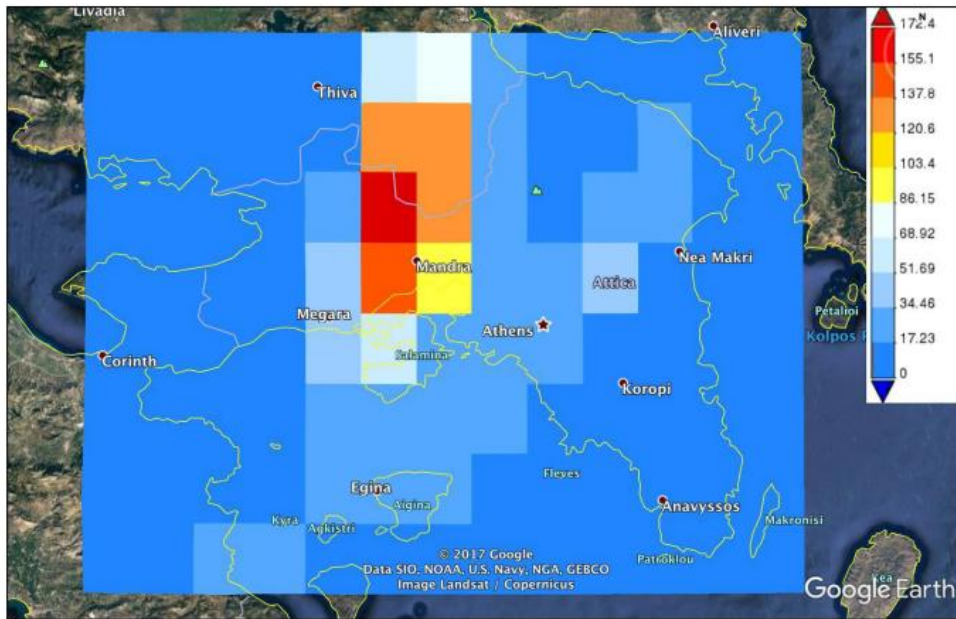
Μετά από χαρτογράφηση της περιοχής και τις ζημιές που έχουν καταγραφεί υπολογίστηκαν τα ύψη όπου έφτασε η στάθμη του νερού σε διαφορετικά σημεία του οικισμού. Στην εικόνα 19 παρατηρούμε πως η μεγαλύτερη τιμή ύψους βροχόπτωσης είναι περίπου 45 mm. (Μαλακοδήμος, 2020).



Σχήμα 18 : Λεκάνες απορροής όπου περνούν από την περιοχή της Μάνδρας (Βόρεια: ρ. Σούρες, Δυτικά: ρ. Αγίας Αικατερίνης) [Feloni et al, 2020]



Σχήμα 19 : Γράφημα κατανομής ύψους βροχής κατά την διάρκεια της ημέρας. [Λέκκας κ.ά., 2017]



Σχήμα 20 : Ύψος βροχής στην περιοχή της Μάνδρας σύμφωνα με την NASA.[Μαλακοδήμος, 2020]

Παρατηρώντας την εικόνα 21 στην περιοχή έχουν καταγραφεί τιμές το ύψος όπου έφτασε το νερό, οι οποίες έχουν μεγάλο εύρος. Η μεγαλύτερη τιμή είναι 2,5 m ενώ η μικρότερη 0,7 m.



Σχήμα 21 : Ύψη στάθμης βροχής στην περιοχή της Μάνδρας [Μαλακοδήμος, 2020].



Σε ανάλυση των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί οι Λέκκας και άλλοι (2017) κατέληξαν πως η περιοχή όπου πλημμύρισε είναι αυτή όπου φαίνεται στην εικόνα 22.



*Σχήμα 22 : Περιοχή όπου πλημμύρισε στην Μάνδρα [Μαλακοδήμος, 2020].*

Μετά από παρατηρήσεις στην περιοχή αξιοσημείωτο εκτός των άλλων είναι το μέγεθος που έχουν οι κοίτες των ποταμών μετά την πλημμύρα. Όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα είναι ασυνήθιστα πλατιές για τον ημιορεινό χαρακτήρα.



*Σχήμα 23 : Μια από τις κοίτες των ποταμών στην περιοχή της Μάνδρας [Soulis et al., 2018].*

Τα αίτια όπου συντέλεσαν στο αποτέλεσμα της πλημμύρας ήταν αρχικά τα φερτά υλικά όπου προήλθαν από την ιδιαίτερη λιθολογία της περιοχής. Τα φερτά υλικά έφραξαν με την σειρά τους το αποστραγγιστικό δίκτυο το οποίο δεν παρουσιάζει την απαραίτητη ποιότητα. Συμπερασματικά το σύστημα αποστράγγισης δεν ήταν αποτελεσματικό. Το γεγονός πως το σύστημα δεν κατάφερε να διαχειριστεί τον όγκο του νερού σε συνδυασμό με τα φερτά υλικά όπου αποτελούσαν ακόμη ένα εμπόδιο, η βροχόπτωση οδήγησε σε πλημμύρα.

Τα αποτελέσματα όπου καταγράφηκαν στην περιοχή της Μάνδρας ήταν

- ❖ 1000-1100 καταστροφές κτηρίων , είτε δημόσιων είτε ιδιωτικών. Ενδεικτικά παρουσιάζονται οι παρακάτω εικόνες και να μπορέσει να γίνει κατανοητό το μέγεθος της πλημμύρας αλλά και των καταστροφών.



*Σχήμα 24 : Καταστροφές κτηρίων στην περιοχή της Μάνδρας πριν και μετά το πέρασμα του χειμάρου [Μαλακοδήμος, 2020].*

- ❖ Καταστροφές σε οδικά τμήματα της Παλαιάς εθνικής οδού



*Σχήμα 25 : Καταστροφές σε οδικό τμήμα της εθνικής οδού [Μαλακοδήμος, 2020].*

- ❖ 23 άνθρωποι έχασαν την ζωή τους καθώς επίσης υπήρξαν δεκάδες τραυματίες.

Τα αίτια της πλημμύρας σύμφωνα με τους Μαλακοδήμος (2020) και Soulios et. al. (2018)



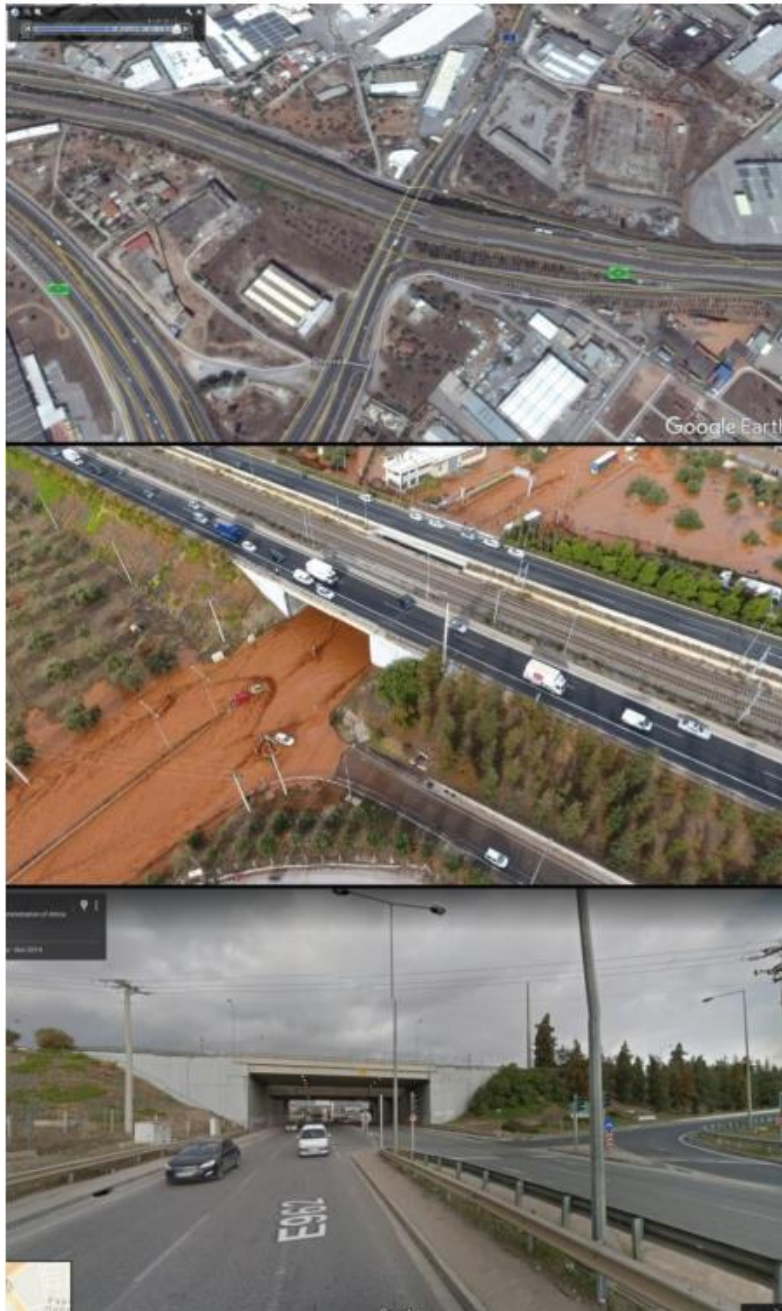
ήταν:

- ❖ Η ένταση της βροχόπτωσης σε συνδυασμό με το χρονικό διάστημα που διεξήχθη το φαινόμενο
- ❖ Ο όγκος των φερτών υλικών καθώς και το γεγονός πως σε συνδυασμό με την εθνική οδό δημιούργησαν ένα φράγμα .



Σχήμα 26 : Πριν και μετά την πλημμύρα στο βιομηχανικό πάρκο της Μάνδρας [Μαλακοδήμος, 2020].

- ❖ Η αστοχία των πλημμυρικών έργων τόσο στην δημιουργία όσο και την συντήρηση.



Σχήμα 27 : Γέφυρα στο ύψος της εθνικής οδού όπου λειτούργησε σαν φράγμα [Μαλακοδήμος, 2020].

#### Ντάνιελ [κυρίως Θεσσαλία] (09/2023)

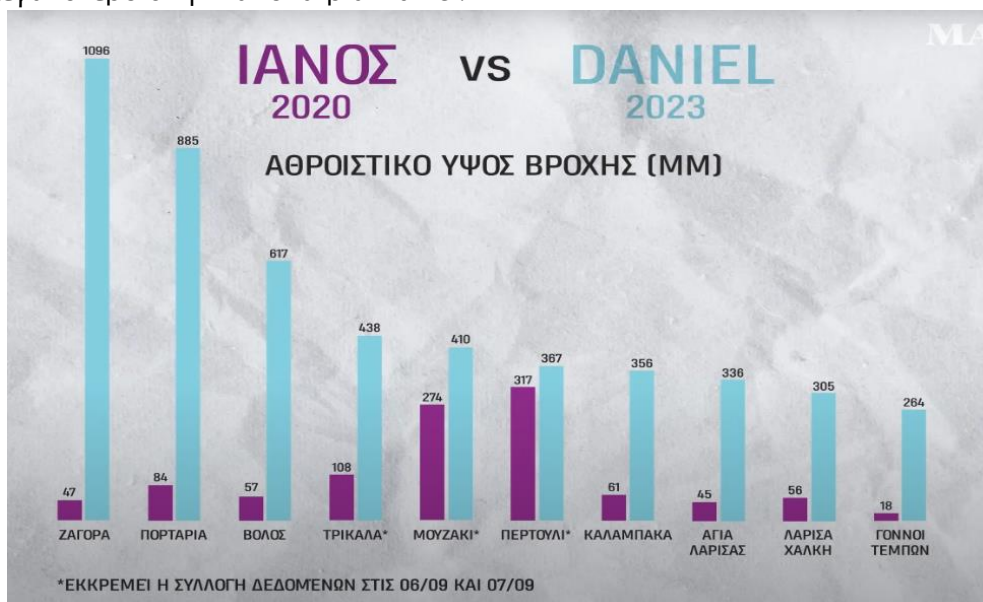
Το έτος 2020 η Ελλάδα αντιμετώπισε την κακοκαιρία Ιανός όπου άφησε μεγάλες καταστροφές στο πέρασμα της. Τον Σεπτέμβριο του 2023 η κακοκαιρία Daniel χτύπησε την Ελλάδα με τα μεγαλύτερα προβλήματα να παρουσιάζονται στην Θεσσαλία. Πιο συγκεκριμένα, περίπου 750.000 στρέμματα πλημμύρισαν. Συγκριτικά, η κακοκαιρία Daniel παρουσίασε πολλαπλάσια ύψη βροχή σε σχέση με αυτά του Ιανού. Επομένως αν και η κατάσταση αυτή είχε επαναληφθεί η περιοχή δεν ήταν καταλλήλως προετοιμασμένη για το μέγεθος του φαινομένου [CNN.gr].





Σχήμα 28 : Πλημμύρα στην Θεσσαλία [protothema.gr]

Με στοιχεία από το Meteo (Σχήμα 29), παρατηρείται πως τα ύψη βροχής στην κακοκαιρία Daniel είναι υπερπολλαπλάσια συγκριτικά με αυτά απο τον Ιανού σε αρκετές περιοχές της Θεσσαλίας, όπως στις περιοχές Ζαγορά και Βόλος όπου το ύψος βροχής είναι πάνω από 10 φορές μεγαλύτερο στην κακοκαιρία Daniel.



Σχήμα 29 : Ύψη βροχόπτωσης στις κακοκαιρίες Ιανός και Daniel. [meteo]

Σημαντικό ρόλο στο καταστροφικό αποτέλεσμα είχε η υπερχειλίση του Πηνειού όπου σύμφωνα με καταγραφές από αισθητήρες του ΕΛΚΕΘΕ η στάθμη του 3 Σεπτεμβρίου 2023



ήταν 1,29 cm ενώ μόλις μερικές μέρες μετά στις 8 Σεπτεμβρίου έφτασε 8,43m [Protothema.gr]. Σε αρκετά σημεία του ποταμού έσπασαν τα αναχώματα με αποτέλεσμα το νερό να κατευθυνθεί προς γεωργικές εκτάσεις και οικισμούς.

Ενδεικτικά οι κλήσεις που δέχθηκε η πυροσβεστική για την κακοκαιρία ήταν συνολικά 11.735 με το πυροσβεστικό τμήμα Θεσσαλίας δέχθηκε τις 9.368 κλήσεις. Επίσης αναφέρεται πως το 112 (κρατικός μηχανισμός προειδοποίησης πολιτών σε έκτακτη ανάγκη) είτε προειδοποίηση σε περιοχές όπου δεν βρίσκονταν σε άμεσο κίνδυνο είτε έστειλε στις περιοχές με αυξημένη επικινδυνότητα μετά την πλημμύρα [News24/7.gr].

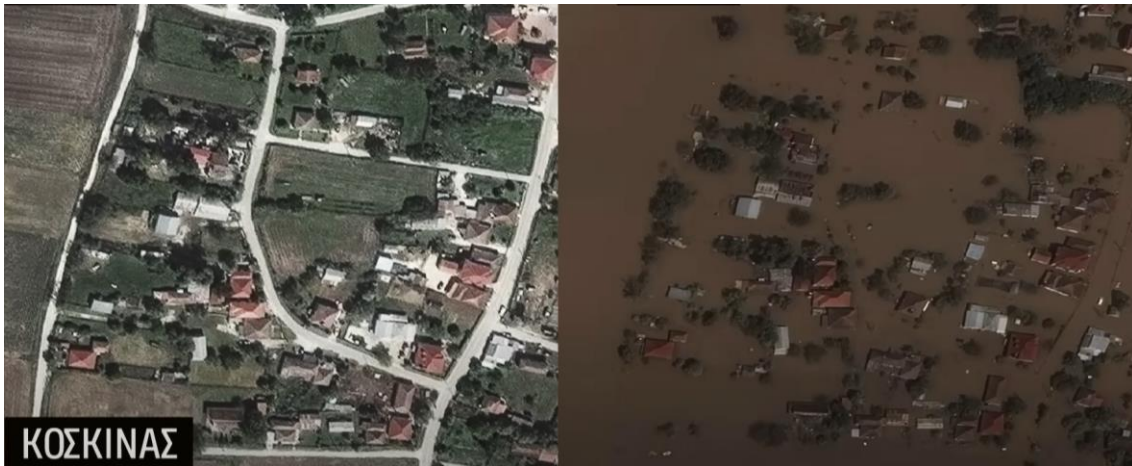
Οι εικόνες παρακάτω απεικονίζουν το μέγεθος της καταστροφής που προκλήθηκε στους οικισμούς και στις ζωές των ανθρώπων.



*Σχήμα 30 : Πριν και μετά την πλημμύρα περιοχή Μεταμόρφωσης [News24/7.gr].*

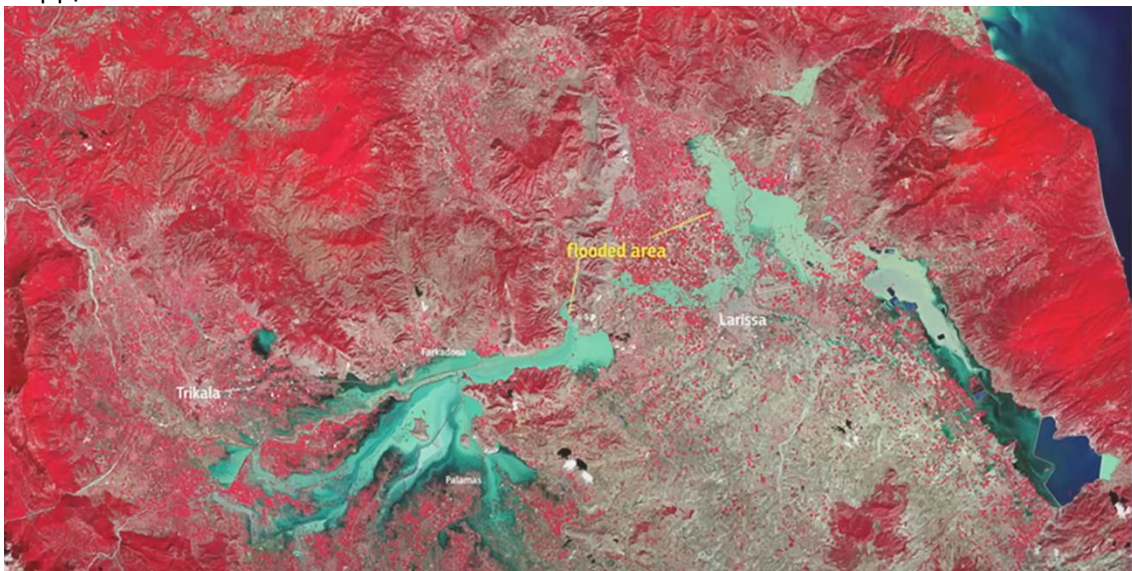


*Σχήμα 31 : Πριν και μετά την πλημμύρα περιοχή Αγίας Τριάδας [News24/7.gr].*



Σχήμα 32 : Πριν και μετά την πλημμύρα περιοχή Κοσκινάς [News24/7.gr].

Στην παρακάτω δορυφορική εικόνα από Copernicus παρουσιάζεται η έκταση της πλημμύρας στην περιοχή της Θεσσαλίας μετά το πέρασμα της κακοκαιρίας στις 10 Σεπτεμβρίου 2023.



Σχήμα 33 : Δορυφορική εικόνα της Θεσσαλίας 10 Σεπτεμβρίου 2023 [Copernicus eu].

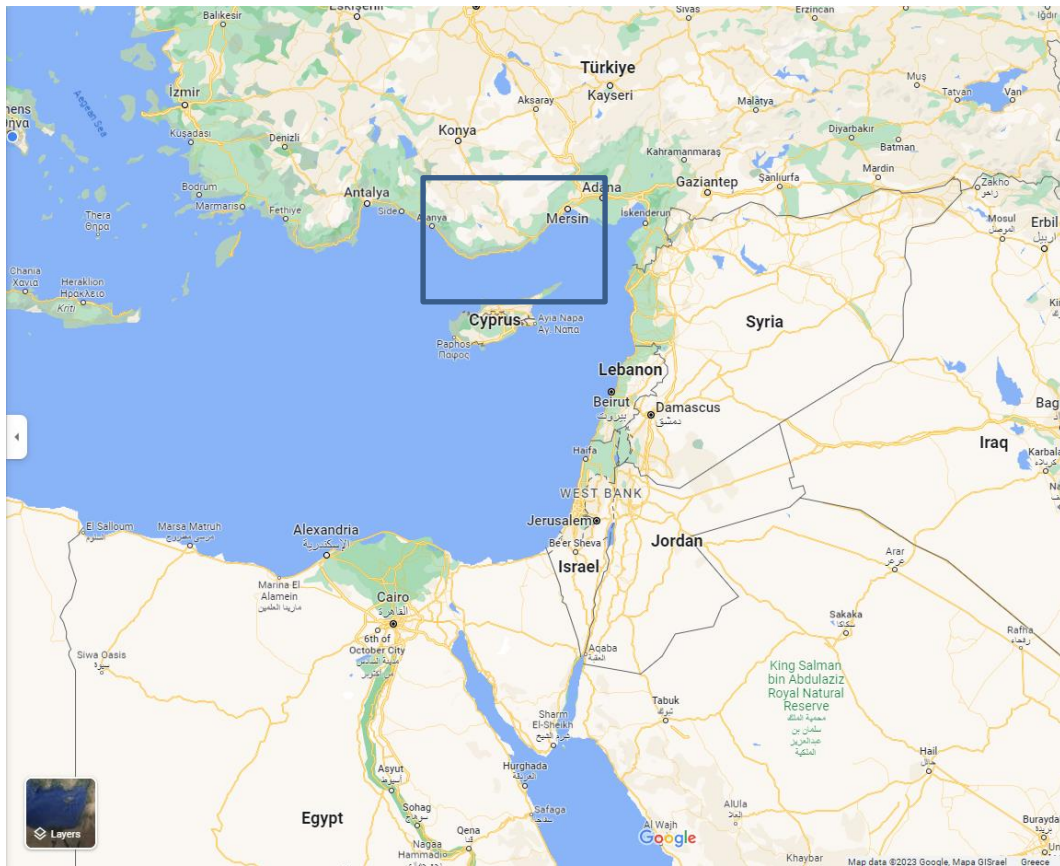
Τέλος μετά τις δύσκολες αυτές ημέρες χάθηκαν 17 ανθρώπινες ζωές, πολλές κατοικίες καθώς και καλλιέργειες μεγάλης σημασίας τόσο για τους κατοίκους όσο και για την χώρα και την οικονομία της.

## 2.2 ΚΥΠΡΟΣ (ΛΕΥΚΩΣΙΑ, ΛΕΜΕΣΟΣ, ΛΑΡΝΑΚΑ)

### 2.2.1 Γεωμορφολογία - Γεωλογία

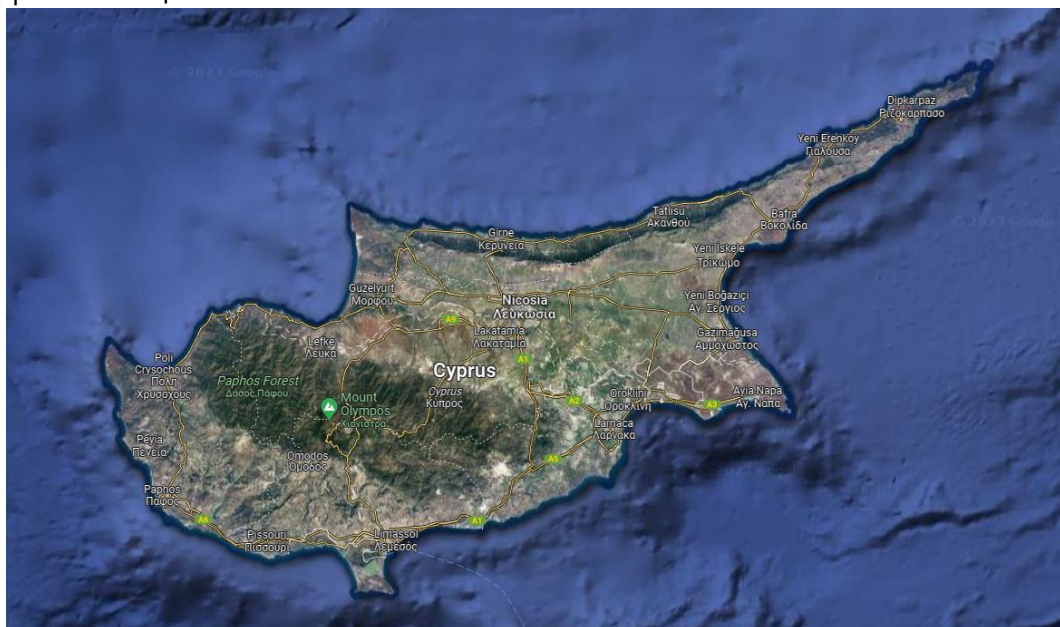
Η Κύπρος αποτελεί ένα από τα τρία μεγαλύτερα νησιά της Μεσογείου. Βρίσκεται στο βορειοανατολικό τμήμα της Μεσογείου με την Τουρκία, την Συρία και την Αίγυπτο να βρίσκονται σε κοντινές αποστάσεις από τις ακτές της όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.





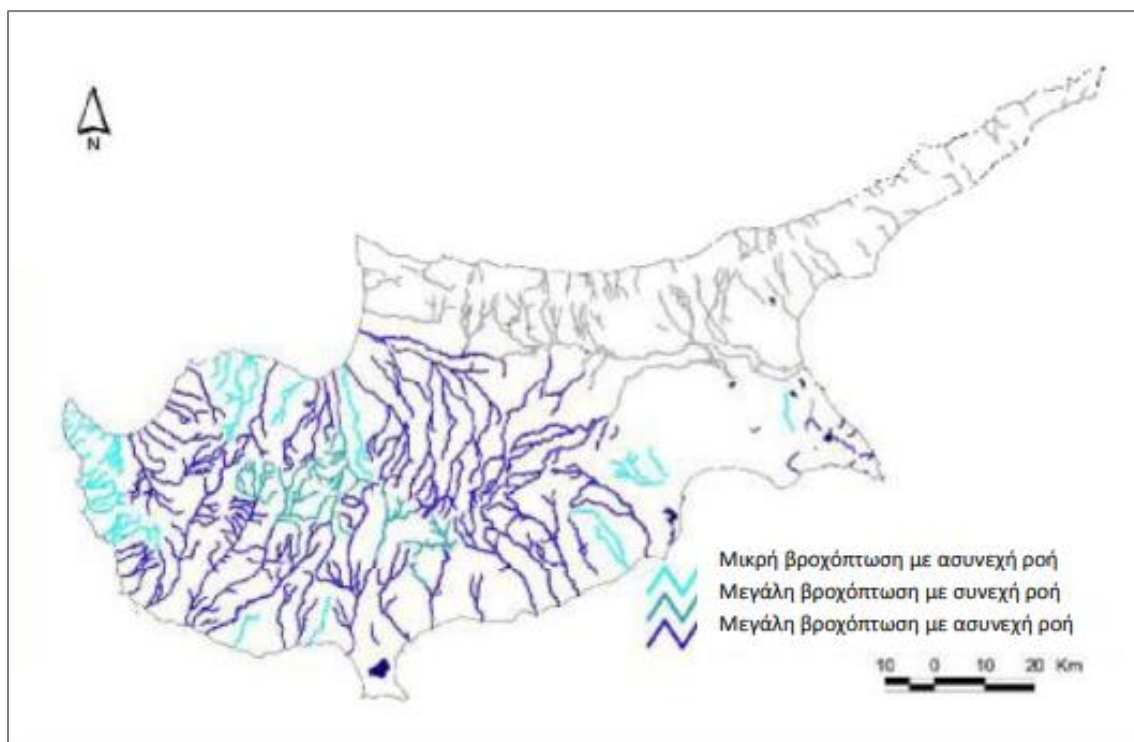
Σχήμα 34 : Γεωγραφική θέση Κύπρου [Google earth].

Η έκταση της είναι 9251 τετραγωνικά χιλιόμετρα με το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής να είναι καλυμμένο από πράσινο.



Σχήμα 35 : Κύπρος [Google earth].

Αναφορικά με το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής χαρακτηρίζεται σαν ακτινωτό (Charalambous et al, 2018).



Σχήμα 36 : Ποταμοί της Κύπρου σύμφωνα με την παροχή τους [Κωνσταντίνου, 2010].

### 2.2.2 Κλίμα

Σχετικά με το κλίμα της Κύπρου, σύμφωνα με τον Κωνσταντίνου (2010) χαρακτηρίζεται ως ξηρό με ήπιους αλλά υγρούς χειμώνες ενώ τα καλοκαίρια χαρακτηρίζονται σαν θερμά και ξηρά. Η βροχοπτώσεις που παρατηρούνται και καταγράφονται κατά τους χειμερινούς μήνες αποτελούν το 60% της ετήσιας βροχόπτωσης, ενώ το ποσοστό των καλοκαιρινών μηνών δεν υπερβαίνει το 5% της ετήσιας βροχόπτωσης.

### 2.2.3 Πλημμυρική τρωτότητα και ιστορικό πλημμυρών

Το γεγονός πως η Κύπρος παρουσιάζει ένα ημίξηρο κλίμα δημιουργεί ένα βασικό πρόβλημα στην σχέση της περιοχής με το νερό. Πιο συγκεκριμένα η έλλειψη του νερού οδήγησε τους αρμόδιους στο λάθος να μην δώσουν την απαραίτητη προσοχή στα κατασκευαστικά έργα πρόληψης όμβριων υδάτων (Charalambous et al, 2018). Για μια περίοδο μελέτης 13 χρόνων, για τις χρονολογίες 1994 με 2006, μελετήθηκαν 43 περιπτώσεις πλημμύρας στην περιοχή της Κύπρου. Οι περιοχές όπου θα μελετηθούν από την Κύπρο είναι αυτές της Λευκωσίας, Λάρνακας και Λεμεσού. Σύμφωνα με την παρακάτω εικόνα στην Λεμεσό την περίοδο της παραπάνω μελέτης σημειώθηκαν 11 περιστατικά πλημμύρας στην Λευκωσία 17, ενώ στην Λάρνακα 12. (Savvidou et al, 2008).

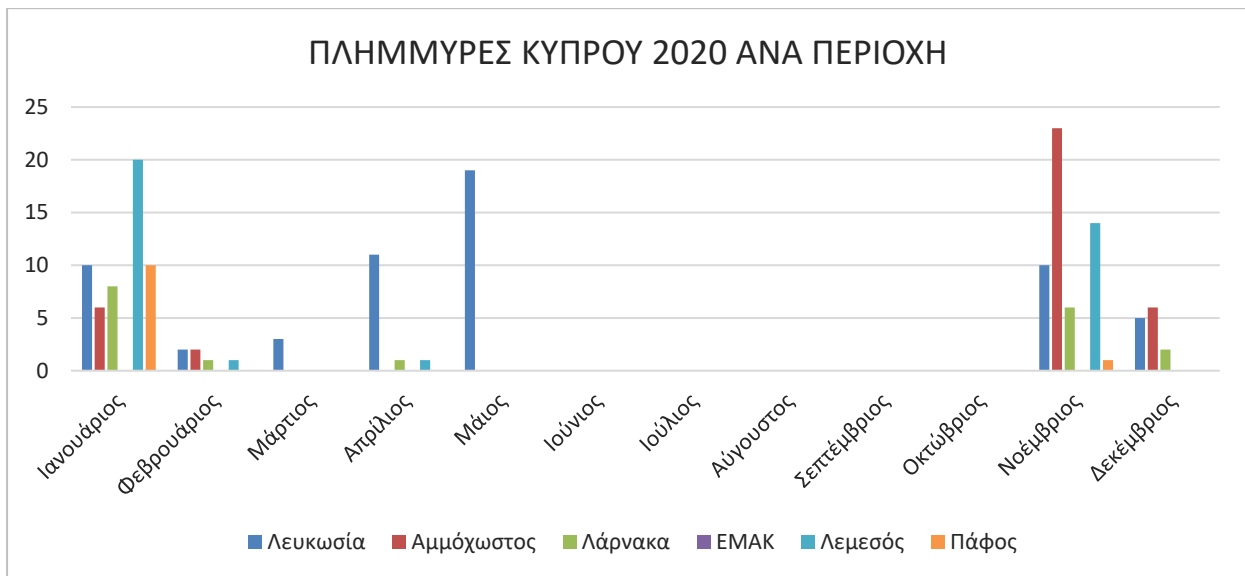


Σχήμα 37: Αριθμός πλημμυρών στις περιοχές της Κύπρου [Savvidou et al, 2008].

Σύμφωνα με στοιχεία της Cyprus Times ο δήμαρχος της Λεμεσού αναγνωρίζει το γεγονός πως οι υποδομές δεν είναι σε ικανοποιητική κατάσταση για την διαχείριση των έντονων φαινομένων των τελευταίων ετών. Άμεσο αποτέλεσμα της έλλειψης επαρκών υποδομών είναι η συστηματική εμφάνιση πλημμύρας στην περιοχή σε κάθε ισχυρή βροχόπτωση. Επισκευή των ήδη υπάρχοντων έργων καθώς και την έναρξη κατασκευής νέων για την πρόληψη των πλημμυρών (Cyprus Times). Αναφέρεται πως η περιφέρεια της Κύπρου είναι κοντά στην επίλυση των προβλημάτων που οδηγούν στις πλημμύρες. Η ιστοσελίδα alpha news αναφέρει τις περιοχές όπου έχουν χαρακτηριστεί ως κόκκινες με την Λάρνακα και την Λεμεσό να είναι μέσα στην λίστα. Στις περιοχές ενδιαφέροντος την περίοδο 2020 – 2021 σημειώθηκαν αρκετές πλημμύρες όπου αναλύονται παρακάτω, ωστόσο ήδη έχουν ξεκινήσει και υλοποιούνται αντιολημμυρικά έργα.

#### 2.2.4 Πρόσφατα πλημμυρικά επεισόδια στην Κύπρο

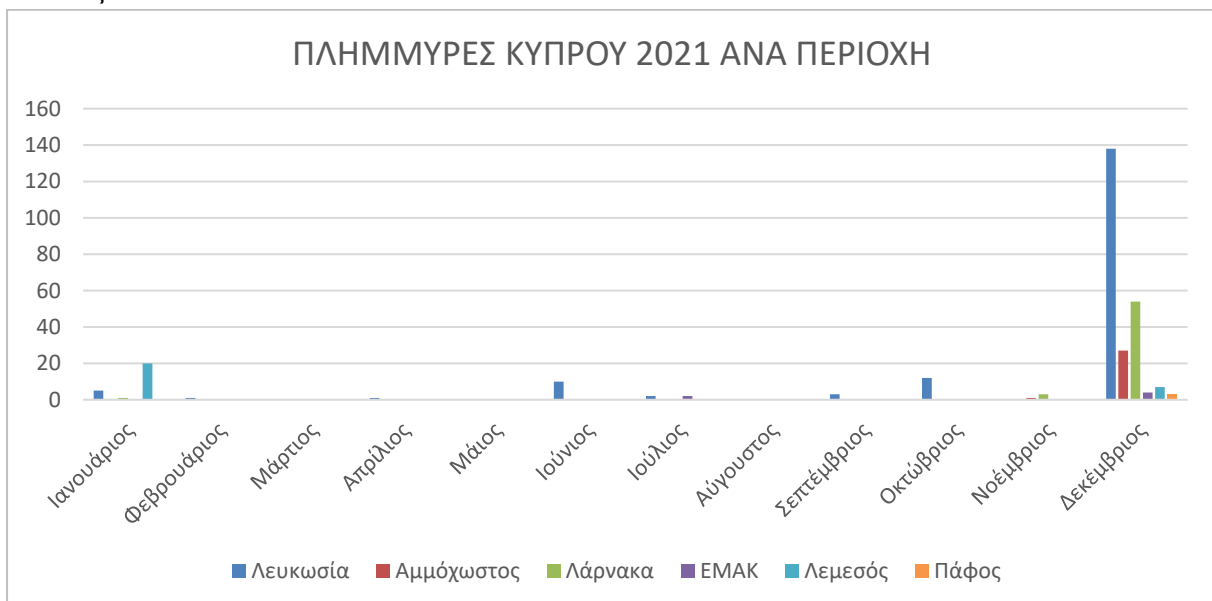
Κατά την διάρκεια των ετών 2020 2021 έγινε καταγραφή των γεγονότων πλημμυρών στην περιοχή μελέτης. Στο σχήμα 38 παρουσιάζονται οι πλημμύρες για το έτος 2020 ανά γεωγραφική περιοχή



Σχήμα 38 : Πλημμύρες στην Κύπρο για το έτος 2020 ανά περιοχή.

Στο παραπάνω σχήμα παρατηρούμε πως οι πλειοψηφία των περιστατικών εμφανίζεται τους χειμερινούς μήνες. Το καλοκαίρι δεν έχει καταγραφεί κανένα περιστατικό για καμία από τις περιοχές ενδιαφέροντος. Επίσης η Λευκωσία φαίνεται να παρουσιάζει τις περισσότερες πλημμύρες ειδικότερα στις αρχές του έτους.

Στο σχήμα 39 παρουσιάζονται τα περιστατικά πλημμυρών για τις αντίστοιχες περιοχές για το έτος 2021.



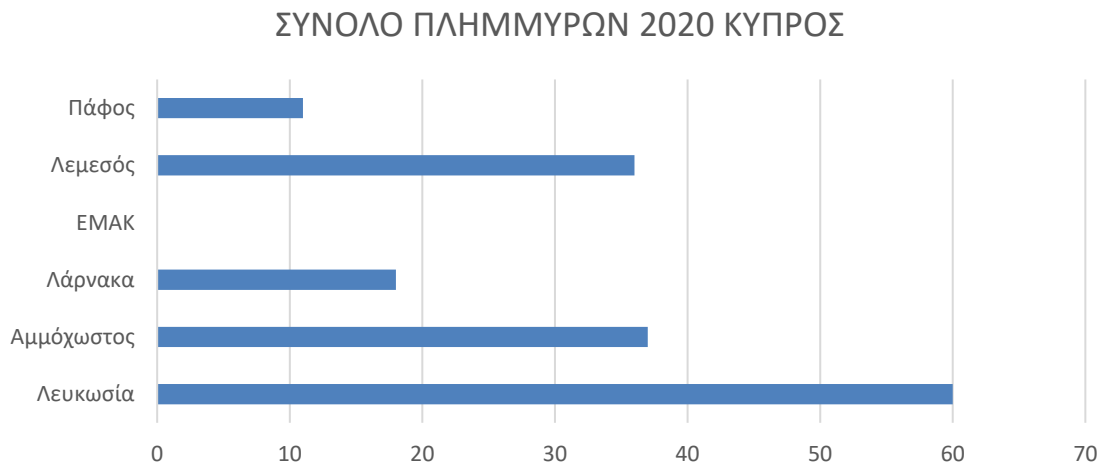
Σχήμα 39 : Πλημμύρες στην Κύπρο για το έτος 2021 ανά περιοχή.

Για το έτος 2021 σύμφωνα με τα δεδομένα του σχήματος 39 τα περιστατικά έχουν μειωθεί σημαντικά όλο το χρόνο. Η Λευκωσία παρουσιάζει πάλι τις περισσότερες βροχοπτώσεις συγκριτικά με τις υπόλοιπες περιοχές. Συνολικά τον Δεκέμβριο του 2021 παρουσιάστηκαν οι

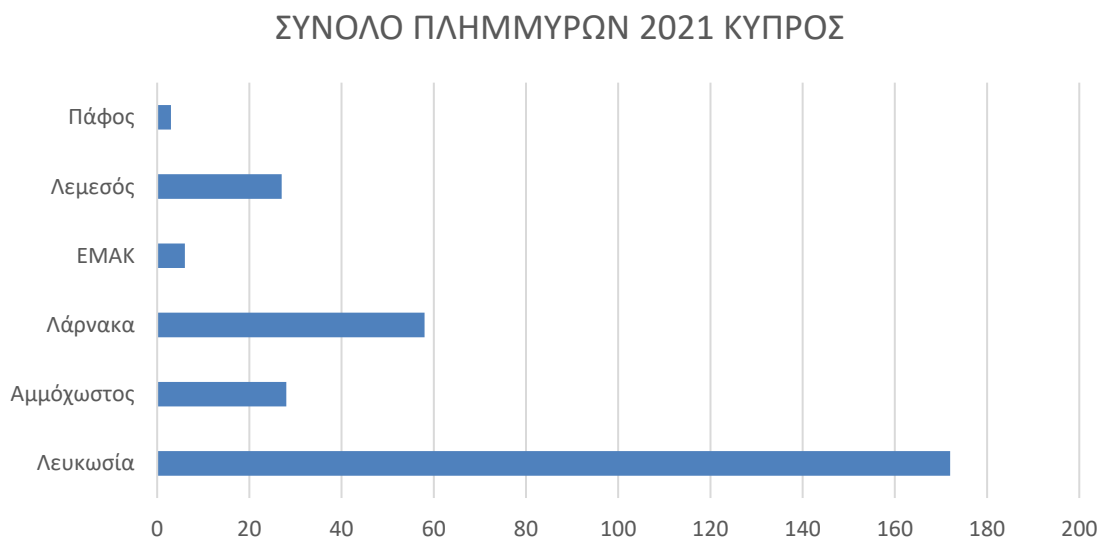


περισσότερες πλημμύρες του έτους.

Τα σχήματα 40 και 41 παρουσιάζουν την συνολική εικόνα για τις πλημμύρες στην Κύπρο τα έτη 2020 και 2021.



*Σχήμα 40 : Σύνολο πλημμυρών στην περιοχή της Κύπρου για το έτος 2020.*



*Σχήμα 41 : Σύνολο πλημμυρών στην περιοχή της Κύπρου για το έτος 2021.*

Όπως παρατηρήθηκε και στα σχήματα 40 και 41 η πρωτεύουσα Λευκωσία τα δυο χρόνια μελέτης παρουσιάζει σημαντική διαφορά στα περιστατικά πλημμυρών συγκριτικά με τις υπόλοιπες περιοχές.

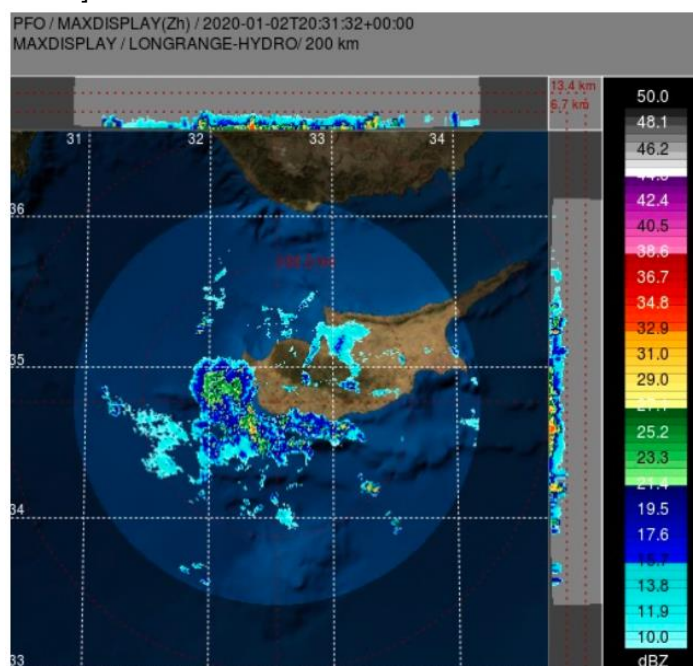
Στη συνέχεια ακολουθεί η περιγραφή των σημαντικότερων επεισοδίων για την περίοδο μελέτης.

#### *Λεμεσός (02-03/01/2020)*

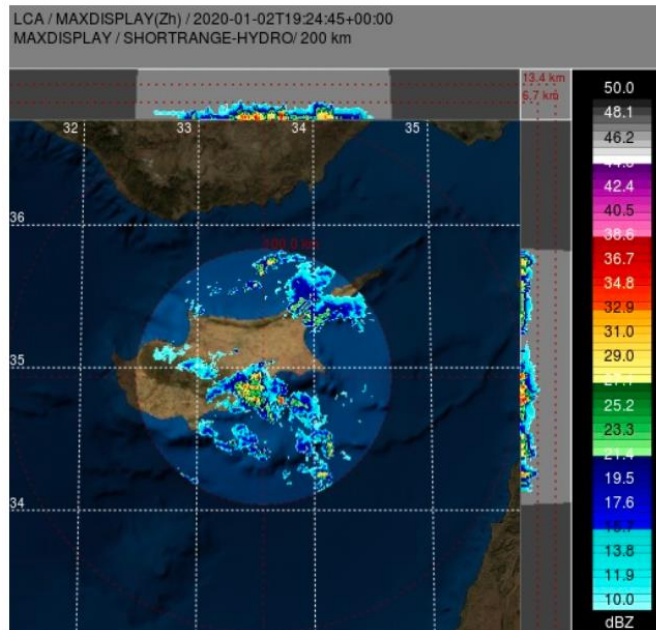
Για την συγκεκριμένη βροχόπτωση υπήρχε προειδοποίηση από το Τμήμα Μετεωρολογίας σχετικά με την ένταση του φαινομένου.

Πλημμύρα δημιουργήθηκε στην περιοχή της Λεμεσού από βροχόπτωση διάρκειας 15 λεπτών. Το ύψος βροχής έφτασε το μισό μέτρο στο κέντρο της περιοχής. Τα αποτελέσματα της βροχόπτωσης ήταν να πλημμυρήσουν αρκετοί δρόμοι καθώς και ο εγκλωβισμός αρκετών οδηγών στα οχήματα τους. Αποτελέσματα της καταιγίδας ήταν καταστροφές που παρουσιάστηκαν σε σπίτια και σε καταστήματα της περιοχής. Ακόμα πολλά αντικείμενα παρασύρθηκαν από τα ορμητικά νερά. Οι κάτοικοι της περιοχής αναφέρουν πως μέσα σε 2 μήνες είναι η δεύτερη φορά όπου πλημμυρίζει η περιοχή. Σύμφωνα με την πυροσβεστική οι κλήσεις όπου δέχθηκε αναλογικά με το μέγεθος της πλημμύρας ήταν μικρός και αφορούσε κυρίως απεγκλωβισμούς οδηγών.[Καβάζη, 2020] . Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται πλημμυρισμένα καταστήματα καθώς και δρόμοι.

Σύμφωνα με το ραντάρ του T.M παρατηρείται πως οι περιοχές της Λεμεσού καθώς και της Λάρνακας. Πιο συγκεκριμένα στην Λεμεσό, σύμφωνα με την πρώτη δορυφορική εικόνα, η ένταση είναι μεγαλύτερη συγκριτικά με άλλες περιοχές της Κύπρου. Αντίθετα στην Λάρνακα δεν έχει φτάσει το κύμα της κακοκαιρίας μέχρι τις 21:30 όπως παρουσιάζεται στην δεύτερη εικόνα. Η Λεμεσός και τις δυο χρονικές στιγμές φαίνεται να επηρεάζεται από το φαινόμενο.[kitas weather]



Σχήμα 42 : Δορυφορικές εικόνες από ραντάρ του T.M για την Κύπρο [Kitas weather].



Σχήμα 43 : Δορυφορικές εικόνες από το ρανταρ του T.M για Κύπρο στις 21:30[Kitas weather].



είμαροι στους δρόμους της Λεμεσού[Κάσια, 2020].



Ύψος βροχοπτώσης στην Λάρνακα[reporter.com, 2020]

Σχήμα 44 : Πλημμύρα της 2<sup>ας</sup>-3<sup>ης</sup> Ιανουαρίου 2020 στην Κύπρο

Λάρνακα (30/10/2021)

Τις τελευταίες μέρες του Οκτωβρίου παρουσιάστηκαν προβλήματα στην Λάρνακα και τις γύρω περιοχές. Πιο συγκεκριμένα από την ένταση του φαινομένου σημειώθηκαν πλημμύρες στο αεροδρόμιο της Λάρνακας. Στην περιοχή Λύμπια καταγράφηκαν πολλές κλήσεις στην πυροσβεστική για απεγκλωβισμούς από οχήματα και κατοικίες. Ακόμα πολλές κατοικίες πλημμύρισαν δημιουργώντας προβλήματα στους κατοίκους. Κρίθηκε αναγκαία η άντληση των υδάτων καθώς και το άνοιγμα οχετών. Στην ιστοσελίδα alphanews ο κοινοτάρχης παρουσιάζει την κατάσταση και αναφέρει πως οι ζημιές είναι πολλές τόσο στο οδικό δίκτυο όσο και στις κατοικίες.[alphanews,2021].



Σχήμα 45 : Η κατάσταση στα Λυμπία. [alphanews]

#### Λευκωσία (30/12/2021)

Κακοκαιρία εμφανίστηκε τις τελευταίες μέρες του 2023 στην Κύπρο, το επίκεντρο της οποίας ήταν η Λευκωσία. Μέσα σε λίγες ώρες η πυροσβεστική δέχθηκε αρκετές κλήσεις για απεγκλωβισμούς από σπίτια και αμάξια καθώς και ρυμουλκίσεις. Η ένταση του φαινομένου ήταν αρκετά μεγάλη επακόλουθο του οποίου ήταν η απόφαση της πυροσβεστική για ανάκληση προσωπικού. Ζημιές προκλήθηκαν στο οδικό δίκτυο καθώς και σε πλημμυρισμένα σπίτια και καταστήματα όπως ενδεικτικά φαίνεται στην εικόνα 46.[offsite.gr]



Σχήμα 46 : Πλημμύρες στους δρόμους της Λευκωσίας [offsite].



## 3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ

### 3.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

#### 3.1.1 Συνοπτική παρουσίαση μεθοδολογίας

Για την ανάλυση των υδρομετεωρολογικών χαρακτηριστικών βροχοπτώσεων που συνδέονται με πλημμυρογένεση σε αστικό περαστικό περιβάλλον, αρχικά μελετώντας το πρόσφατο ιστορικό πλημμυρών επιλέχθηκαν τα σημαντικότερα επεισόδια ανά περιοχή.

Ακολούθως, αναζητήθηκαν διαθέσιμα δεδομένα από βροχομετρικούς σταθμούς της περιοχής που λειτούργησαν κατά την περίοδο κάθε συμβάντος. Πραγματοποιήθηκε η προεπεξεργασία των χρονοσειρών, συνήθως δεκάλεπτου βήματος καταγραφής και στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι παράμετροι της βροχής (συνολικό ύψος, μέγιστη ένταση, κλπ).

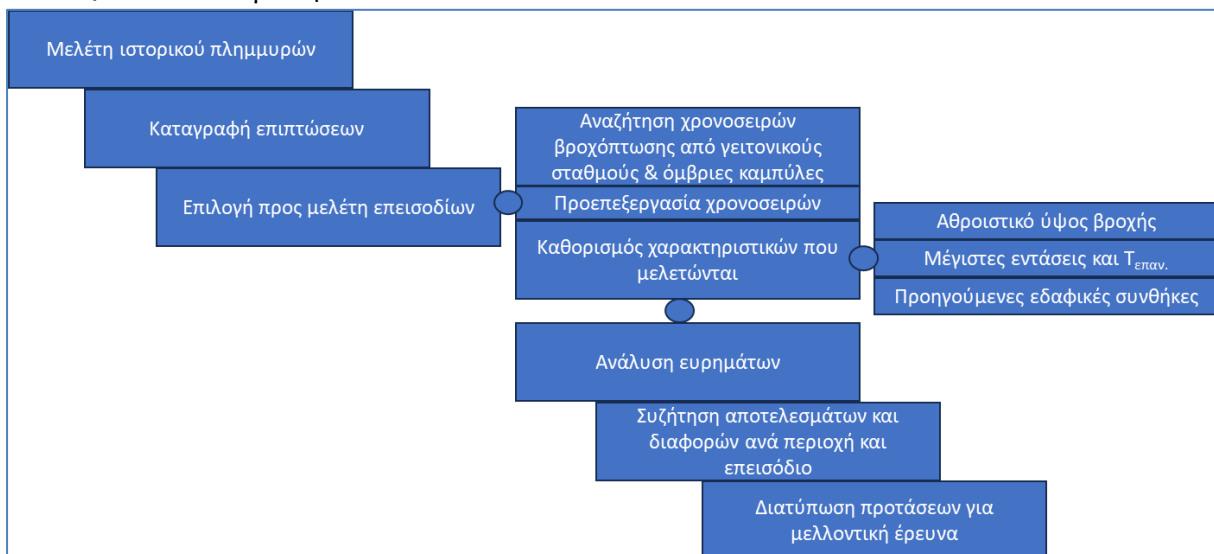
Συγκεκριμένα υπολογίζεται:

A) το συνολικό ύψος βροχής ανά σταθμό

B) η μέγιστη ένταση βροχής για επιμέρους διάρκειες

Γ) δείκτες που βασίζονται στη βροχή και σχετίζονται με την προηγούμενη (υδρολογική) κατάσταση της λεκάνης.

Αναζητήθηκαν επιπλέον δεδομένα ομβρίων καμπυλών, για να εκτιμηθεί ενδεικτικά για επιλεγμένα επεισόδια η περίοδος επαναφοράς τους, αξιοποιώντας την πληροφορία των ομβρίων και τις μέγιστες εντάσεις που υπολογίζονται στην εργασία του βήματος (B). Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται επιγραμματικά τα βήματα υλοποίησης, και στις επόμενες δύο παραγράφους αναλύονται τα δεδομένα που αξιοποιήθηκαν και ορίζονται οι δείκτες που υπολογίστηκαν.



Σχήμα 47 : Συνοπτική παρουσίαση μεθοδολογίας.

### 3.1.2 Περιγραφή δεδομένων

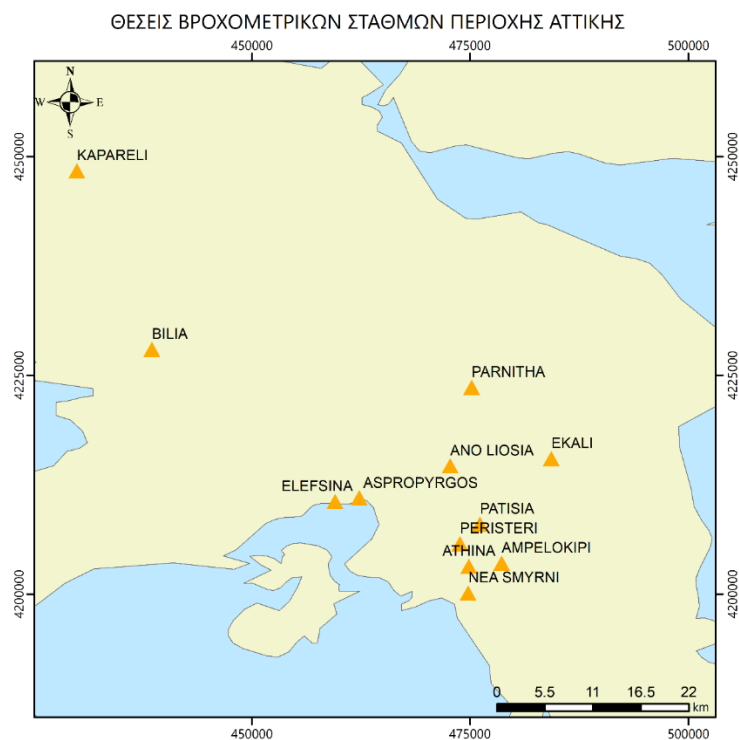
Για τον υπολογισμό των εντάσεων βροχής, όπως και για τον προσδιορισμό του συνολικού ύψους βροχής ανά σταθμό, αξιοποιήθηκαν οι διαθέσιμες χρονοσειρές δεκάλεπτου έως τριώρου βήματος καταγραφής (α) από το δίκτυο της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας, (β) από το δίκτυο του Τμήματος Μετεωρολογίας της Κύπρου, και (γ) οι επεξεργασμένες χρονοσειρές από Φελώνη (2019) του δικτύου NOANN του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. Συμπληρωματικά, αξιοποιήθηκαν τα ημερήσια ύψη βροχής σταθμών του δικτύου NOANN που παρέχονται ελεύθερα κατόπιν εγγραφής στον ιστότοπο: <https://meteosearch.meteo.gr/>. Τέλος, μέσω της ιστοσελίδας που παρέχει τα παραγόμενα προϊόντα στο πλαίσιο υλοποίησης της Οδηγίας 2007/60/EK (<https://floods.yrpeka.gr/>) κατεγράφησαν οι παράμετροι των ομβρίων καμπυλών για αντιπροσωπευτικούς σταθμούς, ώστε να υπολογιστεί ενδεικτικά η περίοδος επαναφοράς σε επίπεδο επεισοδίου βροχής. Τα βασικά χαρακτηριστικά των σταθμών που λήφθηκαν υπόψη συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 2

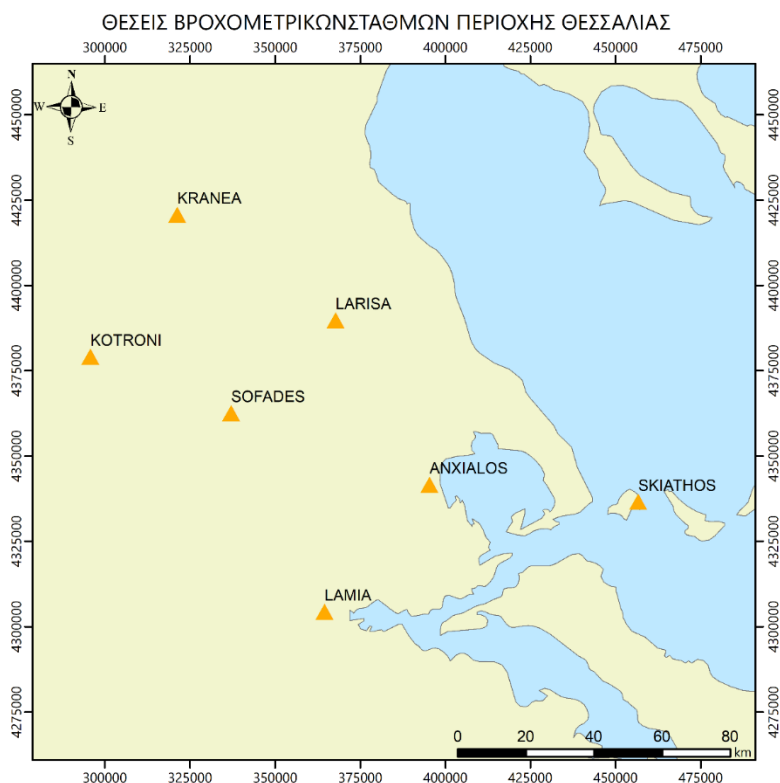
ΕΛΛΑΔΑ				
Επεισόδιο	ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	Χ	Υ	ΥΨΟΜ.
2013-2014-2015	Αμπελόκηποι	478631,0867	4203530,1290	136
	Πάρνηθα	475188,5301	4223648,0219	1230
	Αθήνα	474860,8181	4203169,9759	50
	Εκόλη	484311,4220	4215491,1649	326
	Νέα Σμύρνη	474804,7696	4200123,0319	51
	Πατήσια	476133,9748	4207997,6699	90
	Περιστερί	473844,6986	4205768,0240	55
2017	Άνω Λιόσια	472737,0000	4214665,0000	182
	Ασπρόπυργος	463690,0000	421696,0000	-
	Ελευσίνα	459523,0000	4210591,0000	10
	Καπαρέλλι	429980,0000	4248364,0000	345
	Βίλλια	438560,0000	4227950,0000	528
2023	Ανχιάλος	395397,4599	4341600,9299	13
	Λάρισα	367724,0000	4389758,0700	74
	Σοφάδες	337110,7000	4362583,4399	109
	Κρανέα	321232,4100	4420682,3399	941
	Κοτρώνι	295761,0105	4379071,3226	212
	Λαμία	364535,0700	4304329,1799	12
	Σκιάθος	456664,1100	4336583,5299	2
ΚΥΠΡΟΣ				
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	Χ	Υ	ΥΨΟΜ.	
ΛΑΡΝΑΚΑ	1346931,9074	4234988,9502	10	
ΑΘΑΛΑΣΣΑ	1358029,5641	3924865,5914	162	
ΛΕΜΕΣΟΣ	1321466,6533	3918891,0280	-	
ΛΕΥΚΩΣΙΑ	1347781,76280	3914021,0539	220	



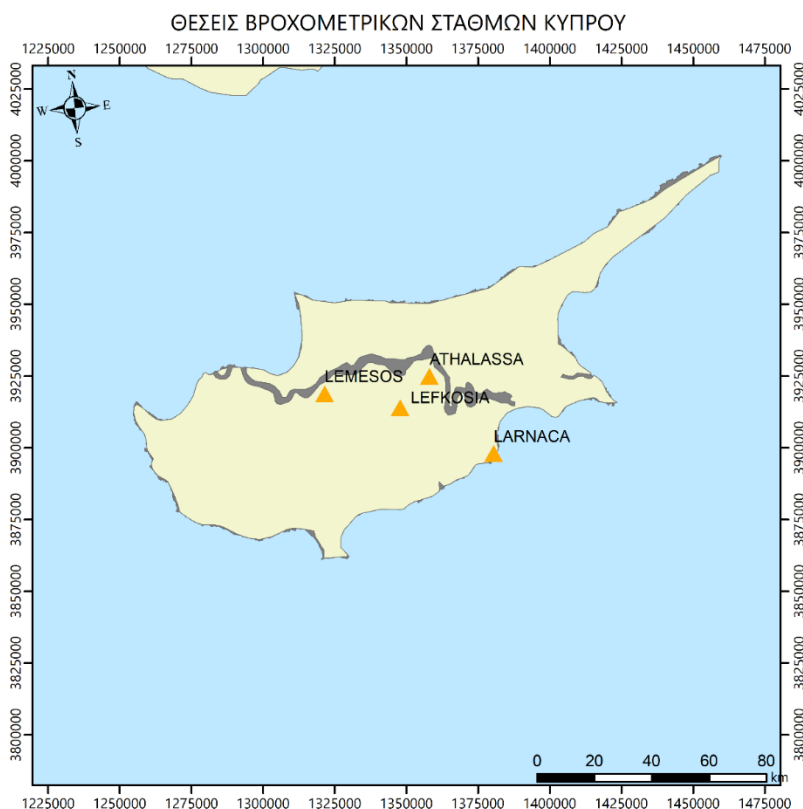
Στους χάρτες που ακολουθούν διακρίνονται οι θέσεις των σταθμών για τις περιοχές μελέτης.



Σχήμα 48 : Σταθμοί στην περιοχή της Αττικής



Σχήμα 49 : : Σταθμοί στην περιοχή της Θεσσαλίας



*Σχήμα 50 : Σταθμοί στην περιοχή της Κύπρου*

### 3.1.3 Υπό εξέταση παράγοντες

Σε επίπεδο επεισοδίου βροχής εκτιμήθηκαν επιμέρους μετεωρολογικοί και υδρολογικοί παράγοντες, οι οποίοι, σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, κρίνονται ως χαρακτηριστικοί στα επεισόδια βροχής που συνδέονται με πλημμυρογένεση και για τον ελλαδικό χώρο (Diakakis, 2012; Feloni et al., 2022).

Προσδιορίστηκε αρχικά το συνολικό ύψος βροχής που αντιστοιχεί στη συνολική διάρκεια του επεισοδίου βροχής.

Ακολούθως, απομονώθηκε η χρονοσειρά του επεισοδίου βροχής και για αυτή υπολογίστηκαν οι μέγιστες εντάσεις βροχής για επιμέρους χρονικά διαστήματα (10min, 20min, 1h, 2h, 3h). Καθώς τα πλημμυρικά γεγονότα έλαβαν χώρα σε αστικό περιβάλλον όπου οι τυπικοί χρόνοι συγκέντρωσης είναι μικρότεροι των τριών ωρών, κρίθηκε σκόπιμο να προσδιοριστούν οι μέγιστες εντάσεις για τις συγκεκριμένες διάρκειες.

Ακολούθως, υπολογίστηκε η περίοδος επαναφοράς ( $T$ ) για καθεμία από τις παραπάνω εντάσεις, λαμβάνοντας υπόψη την γενικευμένη έκφραση ομβρίων καμπυλών (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999; <https://floods.ypeka.gr/sdkp-lap/omvries-1round/>):

$$i(d, T) = \frac{\lambda'(T^k - \psi')}{(1 + d/\theta)^\eta}$$

όπου: κ παράμετρος σχήματος, λ' παράμετρος κλίμακας, ψ' παράμετρος θέσης της συνάρτησης κατανομής, και θ, η οι παράμετροι της συνάρτησης διάρκειας.

Τέλος, αναφορικά με τον προσδιορισμό της προηγούμενης κατάστασης της λεκάνης (δηλ. επίπεδο υγρασίας) οι διάφοροι δείκτες βασίζονται σε συσσωρευμένα στοιχεία βροχόπτωσης για την εκάστοτε λεκάνη (Ali et al., 2010). Από τα στοιχεία προσδιορίζονται οι συνθήκες υγρασίας του εδάφους των προηγούμενων ημερών έμμεσα μέσω κάποιου δείκτη που σχετίζεται με αθροιστικό ύψος βροχής. Αποτελέσματα από αυτά τα στοιχεία μας δείχνουν κατά πόσο το κορεσμένο έδαφος ή και όχι συμβάλει στην δημιουργία επεισοδίου και είναι δεδομένο ότι η εν λόγω παράμετρος κρίνεται ως κρίσιμη σε λιγότερο αστικοποιημένα περιβάλλοντα – φυσικές λεκάνες απορροής.

Οι δείκτες που υπολογίζονται για τα επεισόδια όπου μελετώνται είναι ο AMC (antecedent moisture conditions) και ο API (antecedent precipitation index).

Ο δείκτης AMC ((SCS, 1985; Lewis et al., 2000)) υπολογίζεται σύμφωνα με την βροχόπτωση πέντε ημερών πριν την εμφάνιση του επεισοδίου. Το συνολικό ύψος βροχόπτωσης αυτών των ημερών σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα προσδιορίζει την κατάσταση του εδάφους (κατ. I, II, III).

*Πίνακας 3 : Ταξινόμηση τιμών δείκτη AMC*

AMC	Ξηρή περίοδος	Υγρή περίοδος
I	<13	<36
II	13-28	36-53
III	>28	>53

Στην περίπτωση που το έδαφος είναι κορεσμένο και δεν μπορεί να απορροφήσει περισσότερο νερό τότε γίνεται απορροή και συμβάλει σε μεγάλο βαθμό σε μια πλημμύρα. Όμως αν το έδαφος δεν είναι κορεσμένο τις προηγούμενες ημέρες τότε βοηθά στην αποφυγή του επεισοδίου με την απορρόφηση της βροχής, οπότε και η ενεργός βροχόπτωση θα είναι μικρότερη.

Ο δείκτης API (Koehler & Linsley, (1951)) υπολογίζεται στην αρχή της βροχόπτωσης χρησιμοποιώντας την παρακάτω εξίσωση.

$$API_i = P_i + (API_{i-1} * ki)$$

Όπου ο προηγούμενος δείκτης κατακρήμνισης για την ημέρα i , P για την ημέρα i και k ένας παράγοντας αποσύνθεσης όπου διαφοροποιείται η τιμή του μέσα στον χρόνο. Σαν

προτεινόμενη ετήσια τιμή ορίζεται ίσος με 0,95.

Οι ως άνω δείκτες υπολογίστηκαν με βάση τους σταθμούς που διατίθενται μέσω του ιστοτόπου <https://meteosearch.meteo.gr/>, και τα χαρακτηριστικά τους συνοψίζονται στην επόμενη παράγραφο.

## 3.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 3.2.1 Ανάλυση δεδομένων βροχής

*Επεισόδιο 1: Φεβρουάριος 2013, Λεκανοπέδιο Αττικής, Ελλάδα.*

Κατά την διάρκεια του επεισοδίου όπου παρουσιάστηκε τον Φεβρουάριο του 2013 καταγράφηκαν τα συνολικά ύψη βροχόπτωσης (mm) από 21/02 στις 18:00 έως και 23/02 στις 3:00 στους παρακάτω 6 σταθμούς. Τα αποτελέσματα των καταγραφών παρουσιάζονται στον πίνακα 4.

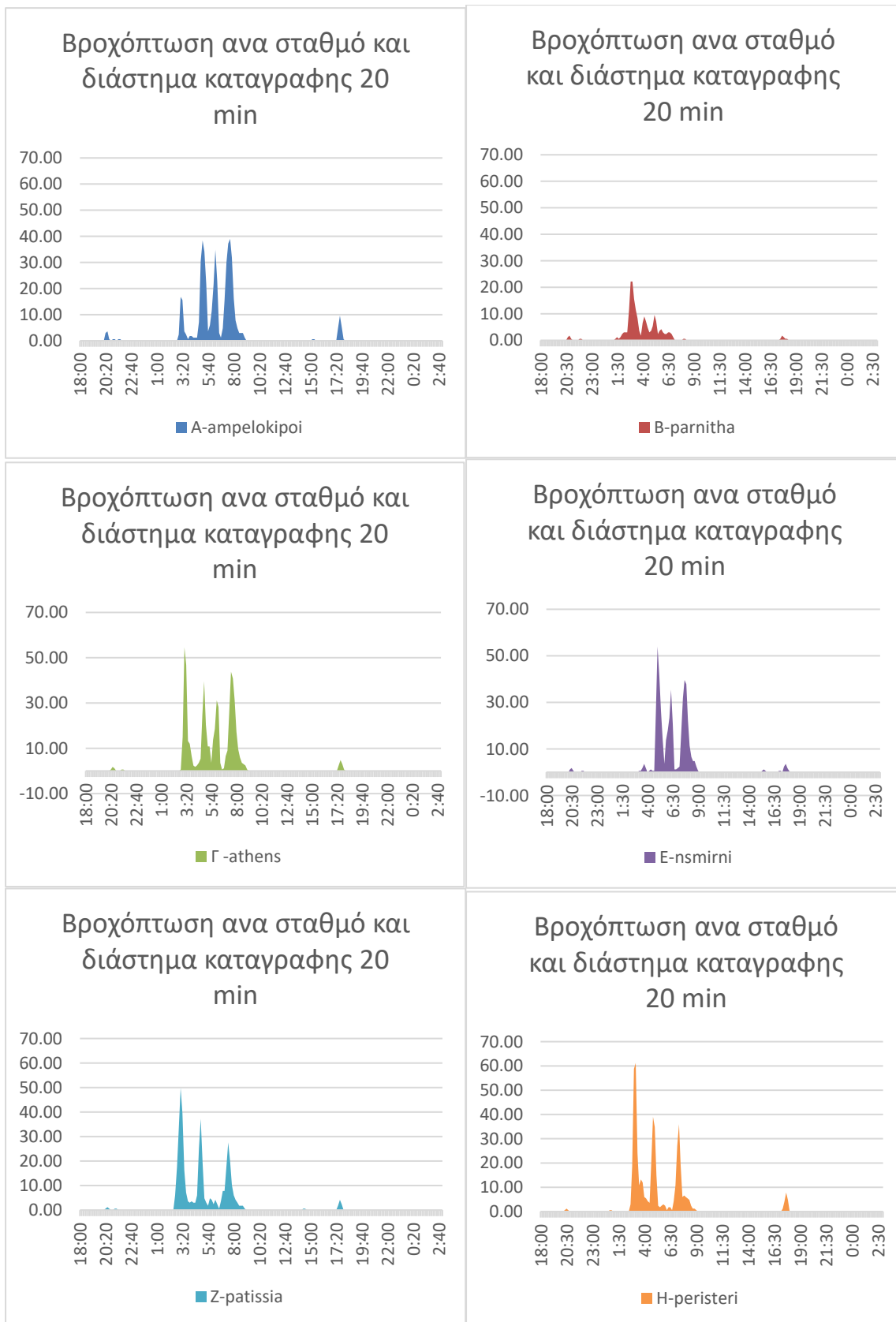
*Πίνακας 4 : Συνολικά ύψη βροχόπτωσης την περίοδο μελέτης*

Σταθμοί	Συνολικό ύψος βροχής (mm)
Αμπελόκηποι	85,6
Πάρνηθα	34,4
Αθήνα	97,8
Νέα Σμύρνη	81,6
Πατήσια	71,4
Περιστερί	83,2

Σύμφωνα με τα δεδομένα του παραπάνω πίνακα η μέγιστη βροχόπτωση παρουσιάστηκε στον σταθμό των Αθηνών με τιμή ύψους βροχόπτωσης 97,8 mm. Ακολουθεί ο σταθμός του Περιστερίου με τιμή βροχόπτωσης 83,2 mm ενώ την μικρότερη τιμή 34,4 mm κατέγραψε ο σταθμός στην Πάρνηθα

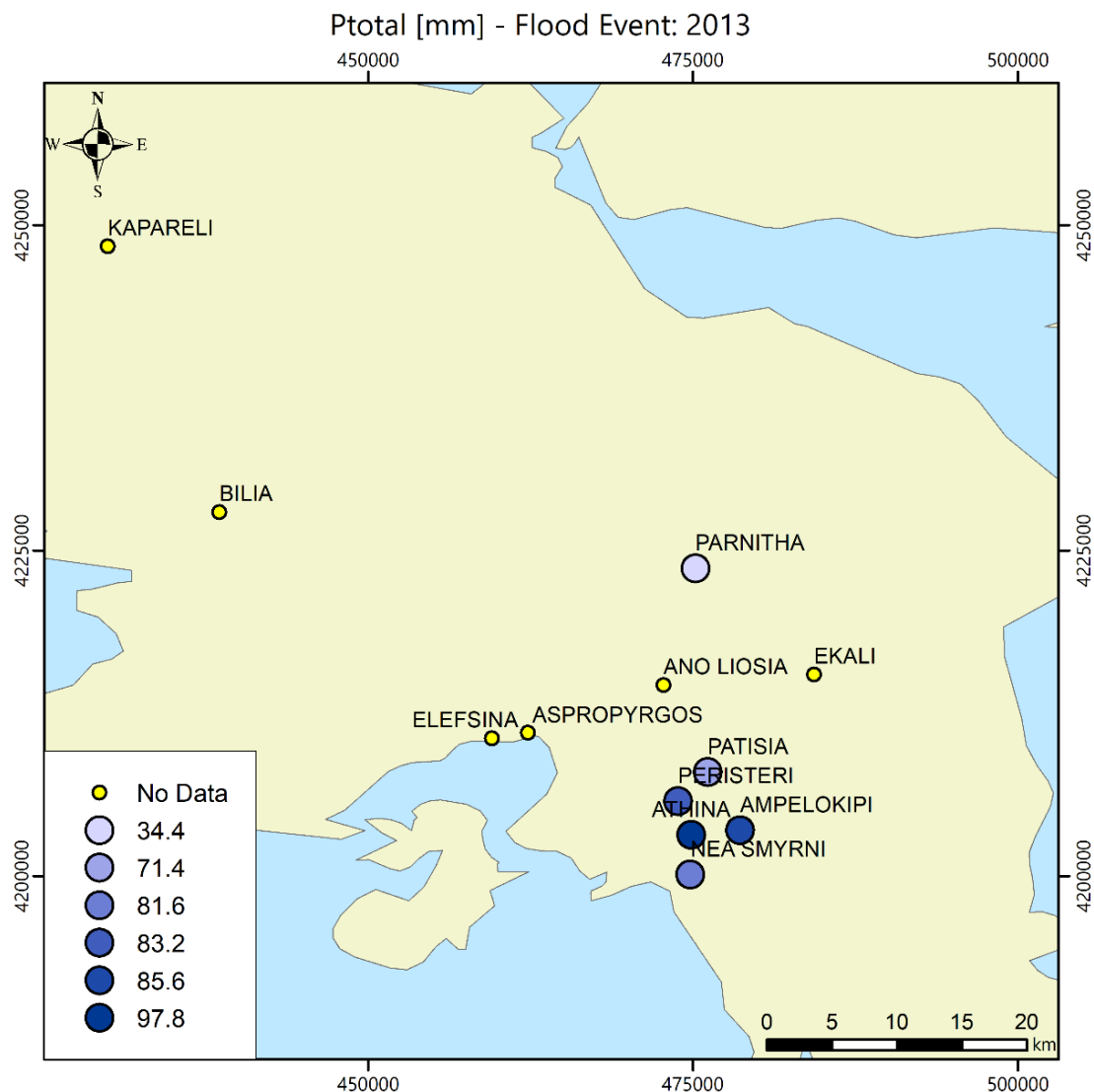
Στα παρακάτω γραφήματα του σχήματος 48 παρουσιάζονται τα στοιχεία βροχόπτωσης ανά σταθμό. Πιο συγκεκριμένα παρατηρούμε πως η μεγαλύτερη βροχόπτωση που παρουσιάζεται σε διάστημα καταγραφής είκοσι λεπτών καταγράφηκε στον σταθμό του Περιστερίου με περίπου 60 mm. Ακολουθούν οι σταθμοί Αθήνας και Νέας Σμύρνης με περίπου 50 mm βροχόπτωσης στα 20 λεπτά της καταγραφής ενώ το μικρότερο ύψος βροχής παρουσιάζεται στον σταθμό της Πάρνηθας με μόλις 20 mm.





Σχήμα 51 : Δεδομένα βροχόπτωσης ανά σταθμό επεισοδίου 2013 σε διάστημα καταγραφής 20 λεπτών.

Στον χάρτη που ακολουθεί απεικονίζεται το καταγεγραμμένο (σημειακό) συνολικό ύψος βροχής, για όσους από τους σταθμούς που αναλύθηκαν διαθέτουν δεδομένα για το υπόψη επεισόδιο.



Σχήμα 52 : Ύψη βροχόπτωσης ανά σταθμό για το επεισόδιο 2013

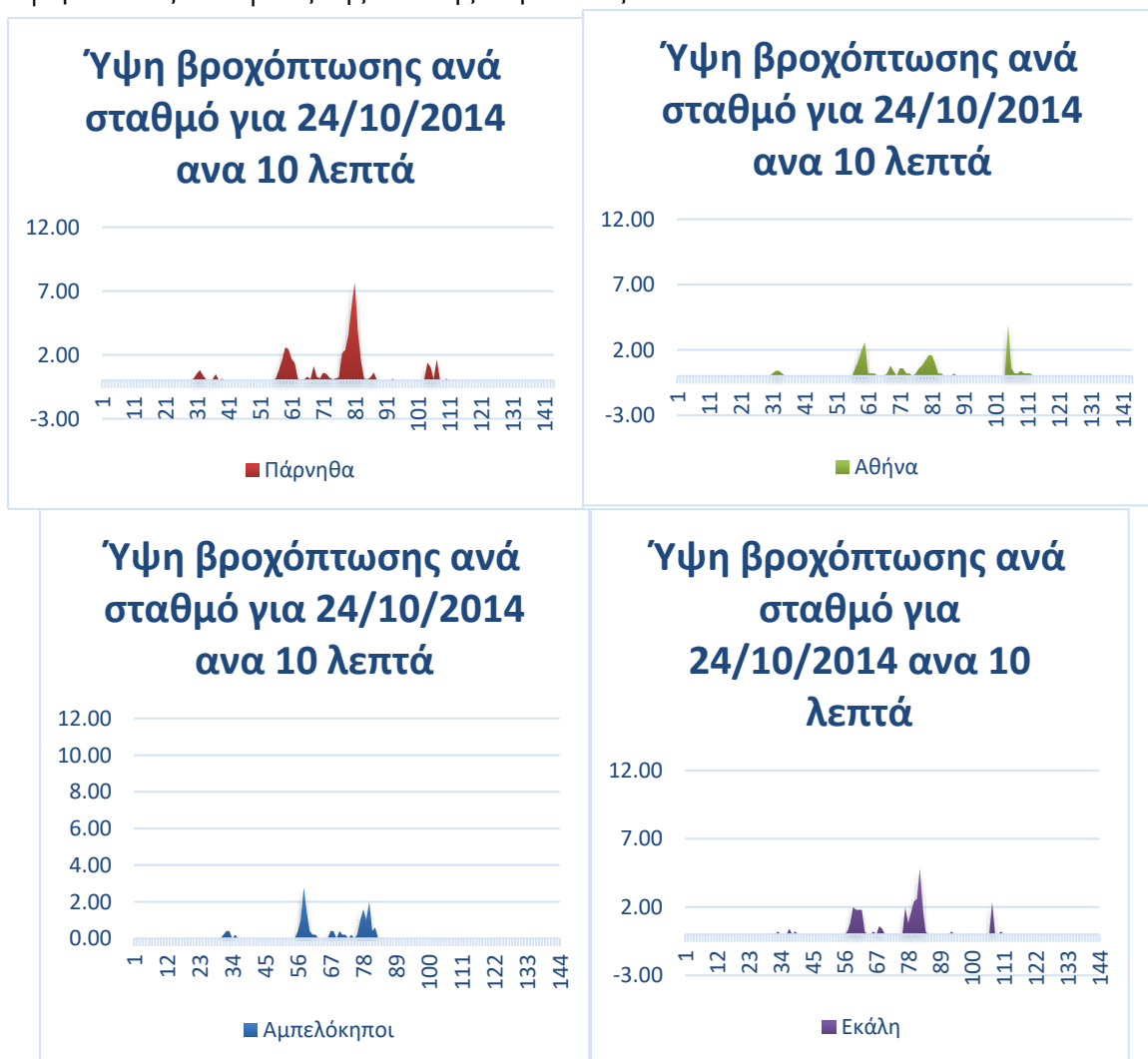
*Επεισόδιο 2: Οκτώβριος 2014, Λεκανοπέδιο Αττικής, Ελλάδα.*

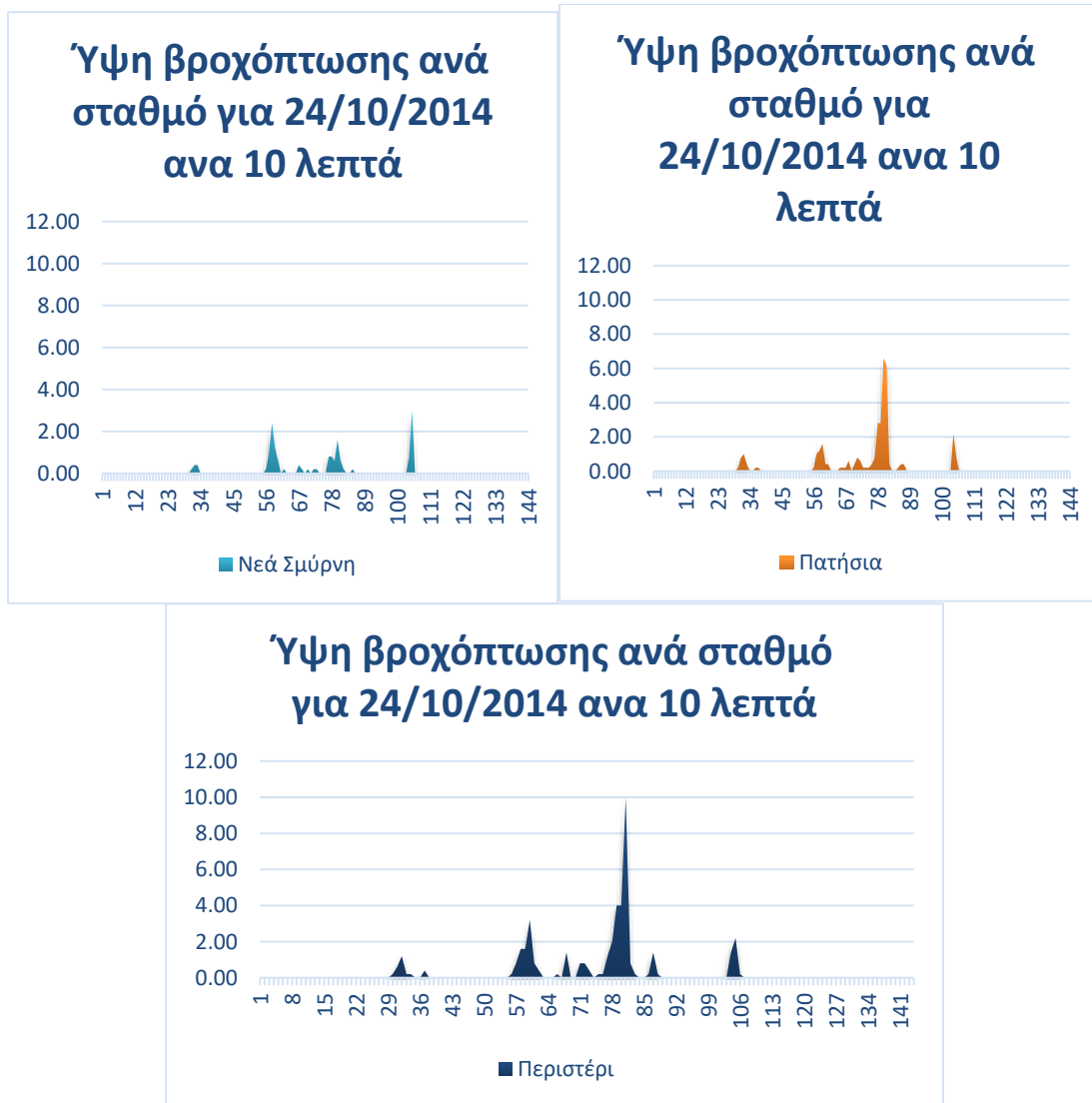
Κατά την διάρκεια του επεισοδίου όπου παρουσιάστηκε τον Οκτώβριο του 2014 καταγράφηκαν τα συνολικά ύψη βροχόπτωσης (mm) από 23/10 στις 5:00 έως και 24/10 στις 23:50 στους παρακάτω 6 σταθμούς. Τα αποτελέσματα των καταγραφών παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5 : Συνολικά ύψη βροχόπτωσης την περίοδο 23/10/2014 – 24/10/2014.

Σταθμοί	Συνολικό ύψος βροχής (mm)
Αμπελόκηποι	43
Πάρνηθα	64,64
Αθήνα	33,2
Εκάλη	48
Νέα Σμύρνη	35,8
Πατήσια	38,4
Περιστερί	46,2

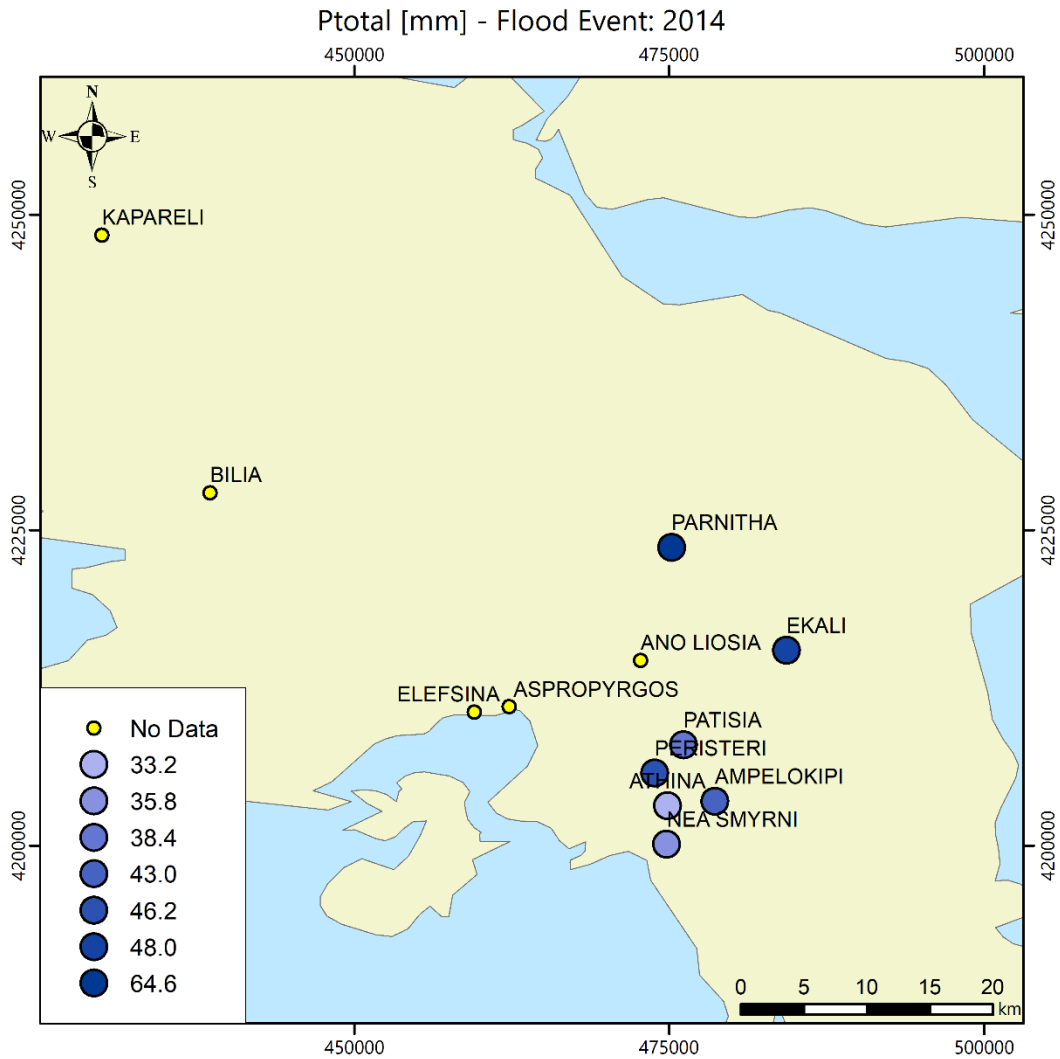
Σύμφωνα με τον πίνακα 5 τα ύψη βροχόπτωσης όπου έχουν καταγραφεί από 7 διαφορετικούς σταθμούς της Αττικής παρουσιάζουν





Σχήμα 53 : Δεδομένα βροχόπτωσης ανά σταθμό επεισοδίου 2014 σε διάστημα καταγραφής 10 λεπτών

Στο Σχήμα 54 που ακολουθεί απεικονίζεται το καταγεγραμμένο (σημειακό) συνολικό ύψος βροχής, για όσους από τους σταθμούς που αναλύθηκαν διαθέτουν δεδομένα για το υπόψη επεισόδιο.



Σχήμα 54 : Ύψη βροχόπτωσης ανά σταθμό για το επεισόδιο 2014

*Επεισόδιο 3: Οκτώβριος 2015, Λεκανοπέδιο Αττικής, Ελλάδα.*

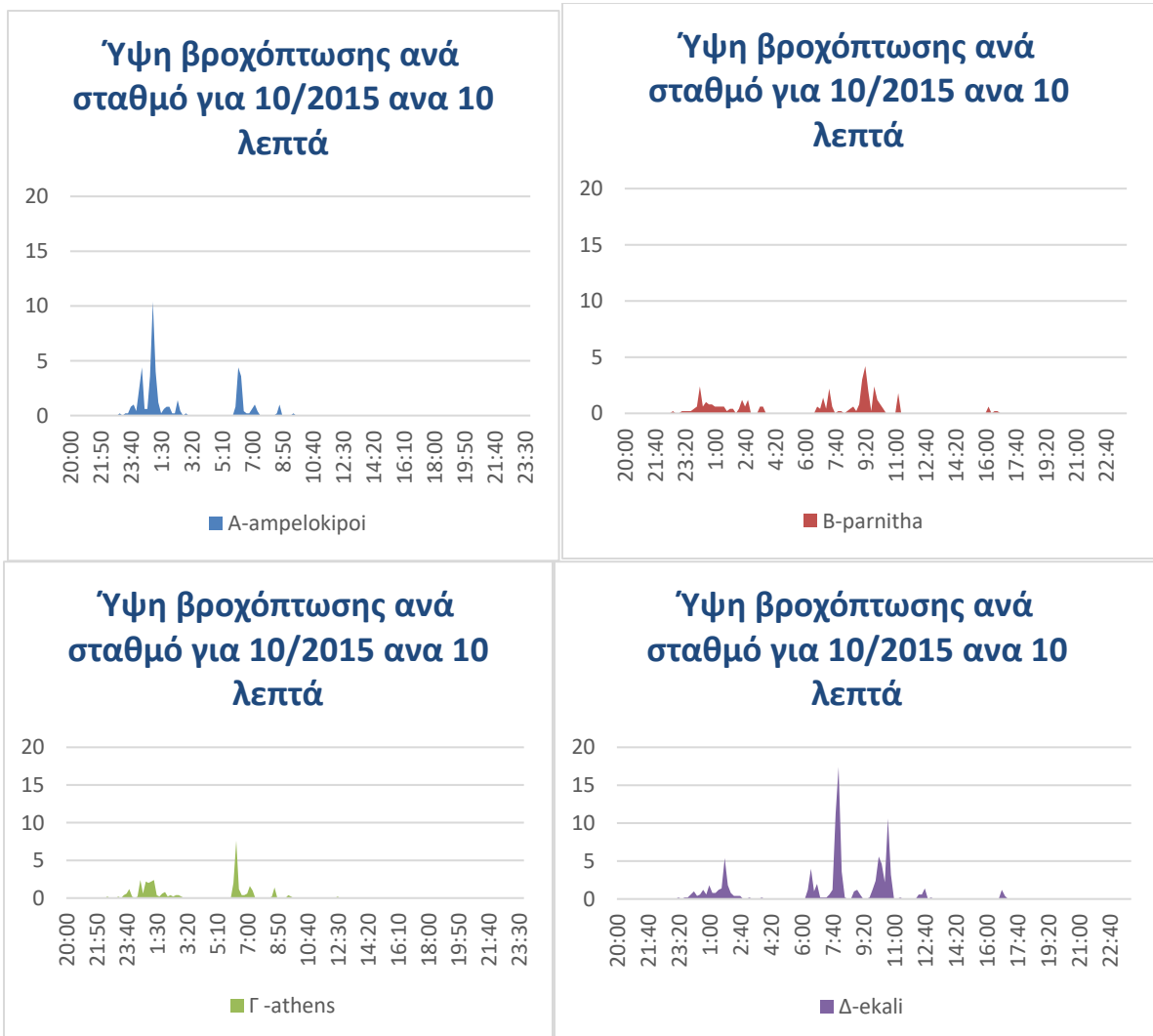
Κατά την διάρκεια του επεισοδίου όπου παρουσιάστηκε τον Οκτώβριο του 2015 καταγράφηκαν τα συνολικά ύψη βροχόπτωσης (mm) από 21/10 στις 20:00 έως και 22/10 στις 23:50 στους παρακάτω 6 σταθμούς. Τα αποτελέσματα των καταγραφών παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.

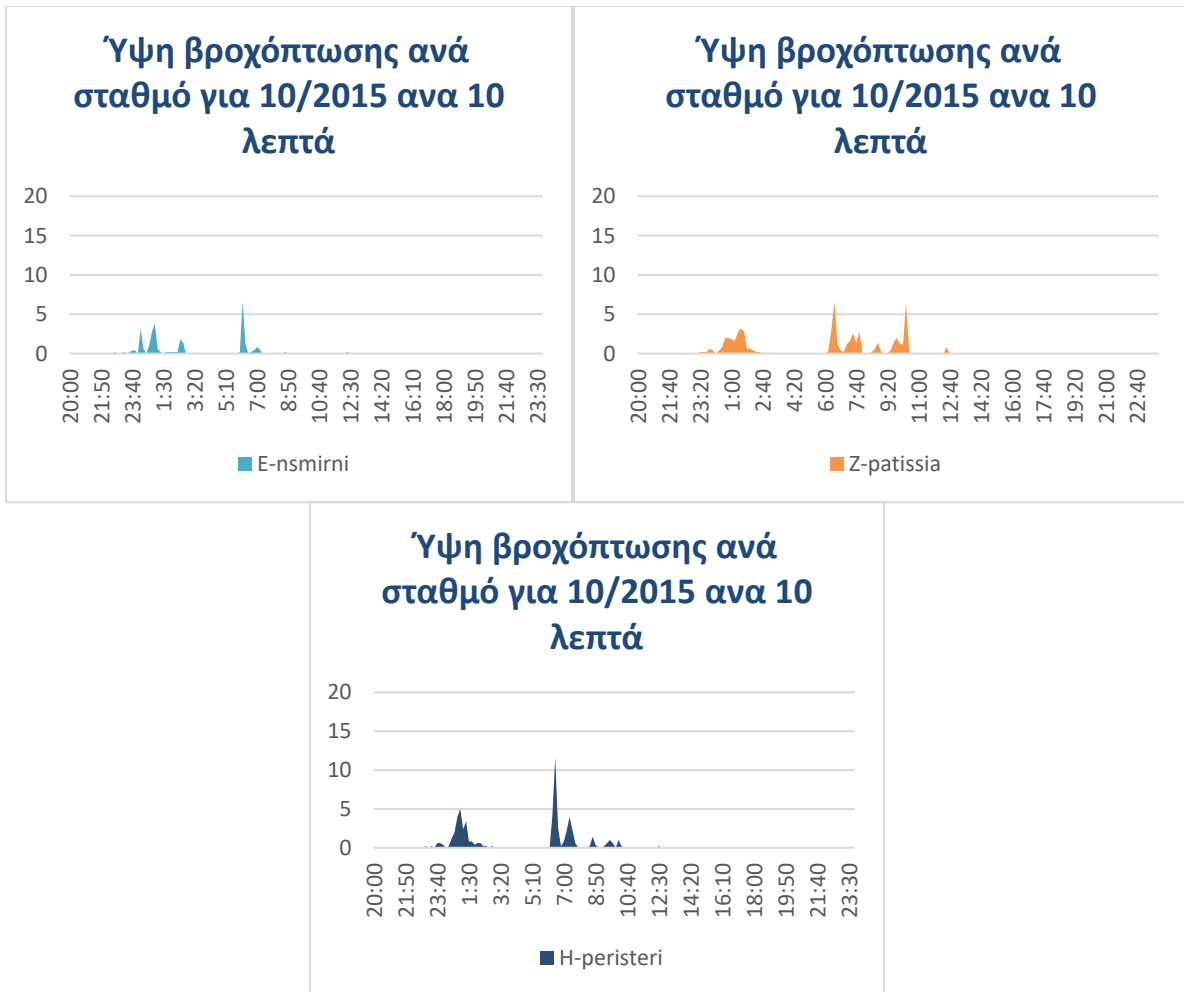


Πίνακας 6 : Συνολικά ύψη βροχόπτωσης την περίοδο 23/10/2014 – 24/10/2014.

Σταθμός	Συνολικό ύψος βροχής (mm)
Αμπελόκηποι	47,8
Πάρνηθα	40,8
Αθήνα	35,8
Εκάλη	101,0
Νέα Σμύρνη	28,8
Πατήσια	57,6
Περιστερί	58,0

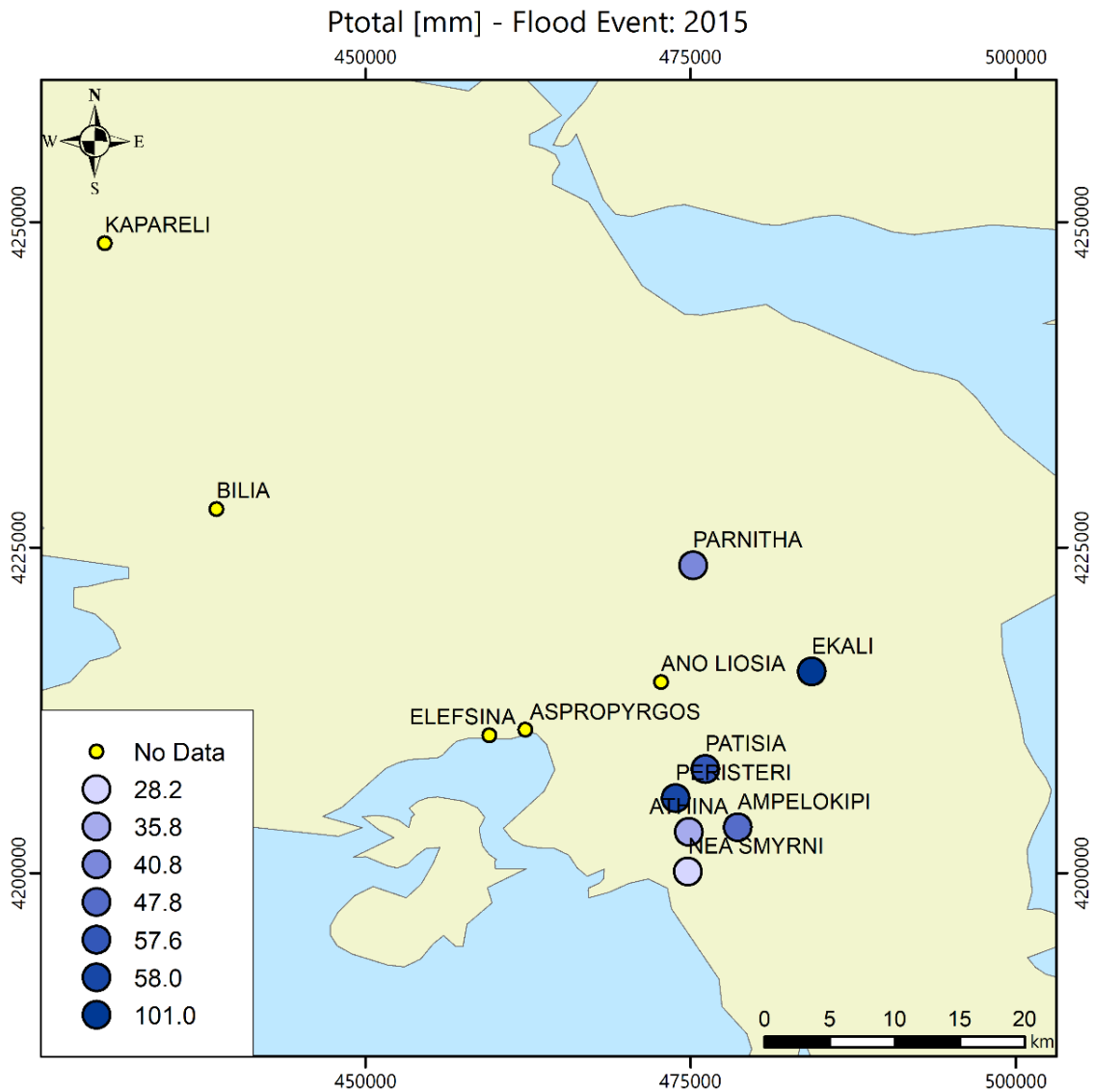
Λαμβάνοντας υπόψη τον πίνακα 5 η μεγαλύτερη συνολική βροχόπτωση σημειώθηκε στην περιοχή της Εκάλης από τον αντίστοιχο σταθμό με 101 mm βροχής για την περίοδο 21/10-22/10. Με σημαντική διαφορά στο ύψος βροχής είναι ο σταθμός του Περιστερίου με 58 mm. Η μικρότερη καταγραφή βρίσκεται στην περιοχή της Νέας Σμύρνης με μόλις 28,8 mm βροχής





Σχήμα 55 : Διαγράμματα σταθμών επεισοδίου 2015 για ύψος βροχόπτωσης ανά 10 λεπτά.

Στον χάρτη που ακολουθεί απεικονίζεται το καταγεγραμμένο (σημειακό) συνολικό ύψος βροχής, για όλους από τους σταθμούς που αναλύθηκαν διαθέτουν δεδομένα για το υπόψη επεισόδιο. Έντονη φαίνεται η βροχόπτωση στους σταθμούς Εκάλη, Πατησιά και Περιστερί. Οι υπόλοιποι σταθμοί παρουσιάζουν μικρά ύψη βροχόπτωσής ενώ σε κάποιους δεν υπάρχουν στοιχεία. Το μικρότερο ύψος βροχόπτωσης παρουσιάστηκε στην περιοχή της Νέας Σμύρνης.



Σχήμα 56 : Ύψη βροχόπτωσης ανά σταθμό για το επεισόδιο 2015

*Επεισόδιο 4: Νοέμβριος 2017, Λεκανοπέδιο Αττικής, Ελλάδα.*

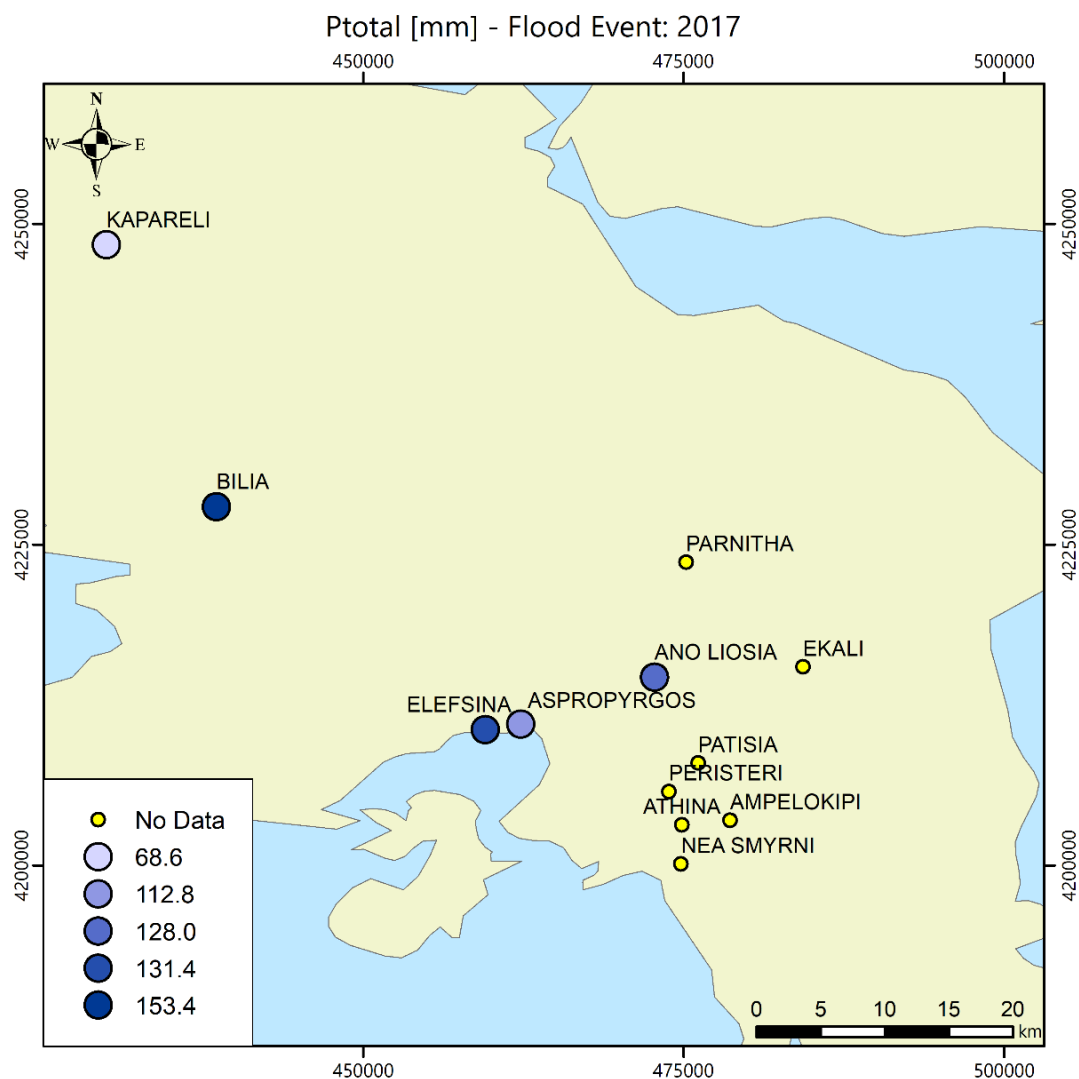
Κατά την διάρκεια του επεισοδίου όπου παρουσιάστηκε τον Νοέμβριο του 2017 στην περιοχή της Μάνδρας, καταγράφηκαν τα συνολικά ύψη βροχόπτωσης (mm) από 13/11 στις έως και 20/11 στους παρακάτω 5 σταθμούς. Τα αποτελέσματα των καταγραφών παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.

Πίνακας 7 : Συνολικά ύψη βροχόπτωσης

Σταθμοί	Μέγιστη ένταση δεκαλέπτου	Συνολικό ύψος βροχής (mm)
Βίλια	7,8	153,4
Άνω Λιόσια	11,4	128
Καπαρέλλι	3,8	68,6
Ελευσίνα	11,2	131,4
Ασπρόπυργος	7,6	112,8

Η μεγαλύτερη καταγραφή βροχόπτωσης ανά δεκάλεπτο (Μέγιστη ένταση δεκαλέπτου) παρουσιάζεται στην Περιοχή των Άνω Λιοσίων με 11,4 mm. Πολύ κοντά με αυτή την καταγραφή είναι ο σταθμός της Ελευσίνας με μέγιστο ύψους δεκαλέπτου 11,2mm. Το ελάχιστο ύψος βροχής σε διάστημα ενός δεκαλέπτου φαίνεται στο Καπαρέλλι. Περισσότεροι από ένας ήταν οι σταθμοί όπου κατέγραψαν μεγαλύτερη συνολική βροχόπτωση συγκριτικά με τον σταθμό των Λιοσίων. Όμως παρατηρούμε πως η μεγαλύτερη συνολική βροχόπτωση καταγράφηκε στην περιοχή των Βιλίων με 153,4 mm σε αντίθεση με τον σταθμό των Άνω Λιοσίων όπου κατέγραψε 128 mm. Ακόμα 131,4 mm κατέγραψε ο σταθμός στην περιοχή της Ελευσίνας. Το επεισόδιο αυτό ήταν ιδιαίτερα εντοπισμένο πάνω από την λεκάνη απορροής που βρίσκεται ανάντη της πόλης της Μάνδρας, και σε αυτό το γεγονός οφείλεται η σφοδρότητα του φαινομένου, συνδυαστικά με τους μικρούς χρόνους συγκέντρωσης των δύο λεκανών αλλά και των μεγάλων εντάσεων βροχής στην στενή περιοχή.

Στον χάρτη που ακολουθεί απεικονίζεται το καταγεγραμμένο (σημειακό) συνολικό ύψος βροχής, για όσους από τους σταθμούς που αναλύθηκαν διαθέτουν δεδομένα για το υπόψη επεισόδιο. Οι σταθμοί ενδιαφέροντος έχουν όλοι καταγράψει μεγάλο ύψος βροχόπτωσης με εξαίρεση αυτόν στο Καπαρέλλι. Το μεγαλύτερο με 153 mm φαίνεται στα Βίλια όμως και οι σταθμοί ανατολικότερα της μεγάλης πλημμύρας (Ελευσίνα, Ασπρόπυργος και Άνω Λιόσια) έχουν καταγράψει εξίσου μεγάλα ύψη.



Σχήμα 57: Ύψη βροχόπτωσης ανά σταθμό για το επεισόδιο 2017

*Επεισόδιο 5: Σεπτέμβριος 2023, Κακοκαιρία Ντάνιελ, Ελλάδα.*

Κατά την διάρκεια του επεισοδίου όπου παρουσιάστηκε τον Σεπτέμβριο του 2023 στην Θεσσαλία καταγράφηκαν τα συνολικά ύψη βροχόπτωσης (mm) από 5/9 στις έως και 10/9 στους παρακάτω 7 σταθμούς. Τα αποτελέσματα των καταγραφών παρουσιάζονται στον πίνακα 8. Μεγαλύτερη ένταση καταγράφηκε στην περιοχή της Ανχιάλου ενώ σημαντικά μικρότερη στον σταθμό στην περιοχή των Σοφάδων. Τα ύψη βροχής όπου κατέγραψαν οι σταθμοί είναι αρκετά μεγάλα σε όλους. Πρώτος ο σταθμός της Ανχιάλου με 350,9 mm και ακολουθούν οι σταθμοί της Σκιάθου και της Λαμίας με 165,8mm και 165,3mm αντίστοιχα. Μικρότερο ύψος βροχόπτωσης παρουσιάζεται στον σταθμό των Σοφάδων με μόλις 50,9mm, όπου και λόγω του πλημμυρικού γεγονότος οι σταθμοί υπολειτούργησαν.



Πίνακας 8 : Συνολικά ύψη βροχόπτωσης

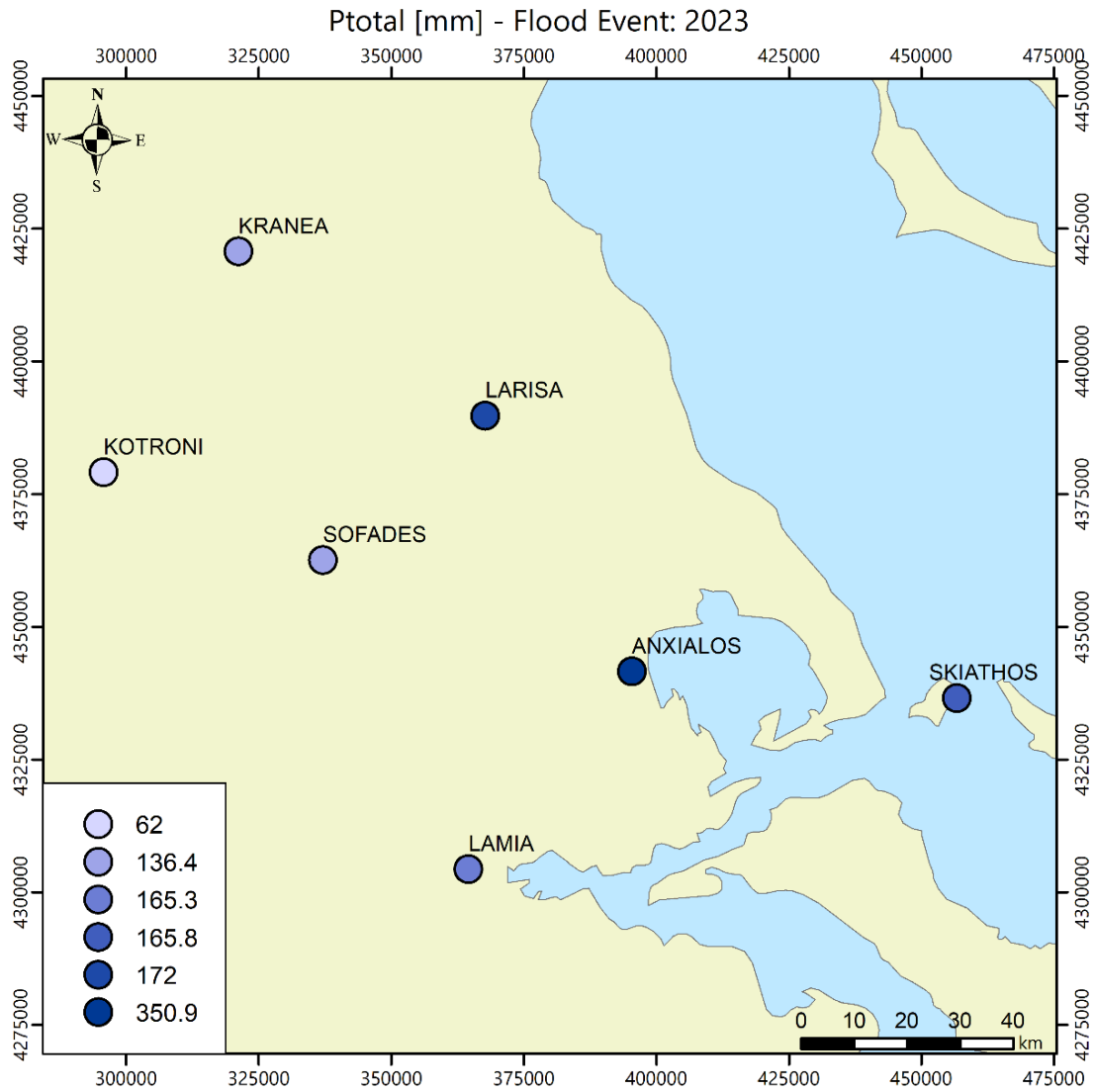
Σταθμοί	Μέγιστα ύψη βροχής τριώρου	Συνολικό ύψος βροχής (mm)
Ανχίαλος	114,5	350,9
Λάρισα	48,7	172,0
Σοφάδες	8,6	53,9
Κρανέα	17,6	136,4
Κοτρώνι	34,8	62,0
Λαμία	38,4	165,3
Σκιάθος	95,8	165,8

Στον χάρτη που ακολουθεί απεικονίζεται το καταγεγραμμένο (σημειακό) συνολικό ύψος βροχής, για όσους από τους σταθμούς που αναλύθηκαν διαθέτουν δεδομένα για το υπόψη επεισόδιο.

Σημειώνεται ότι λόγω της έντασης του φαινομένου και της έκτασης των καταστροφών, ορισμένοι σταθμοί υπολειτούργησαν.

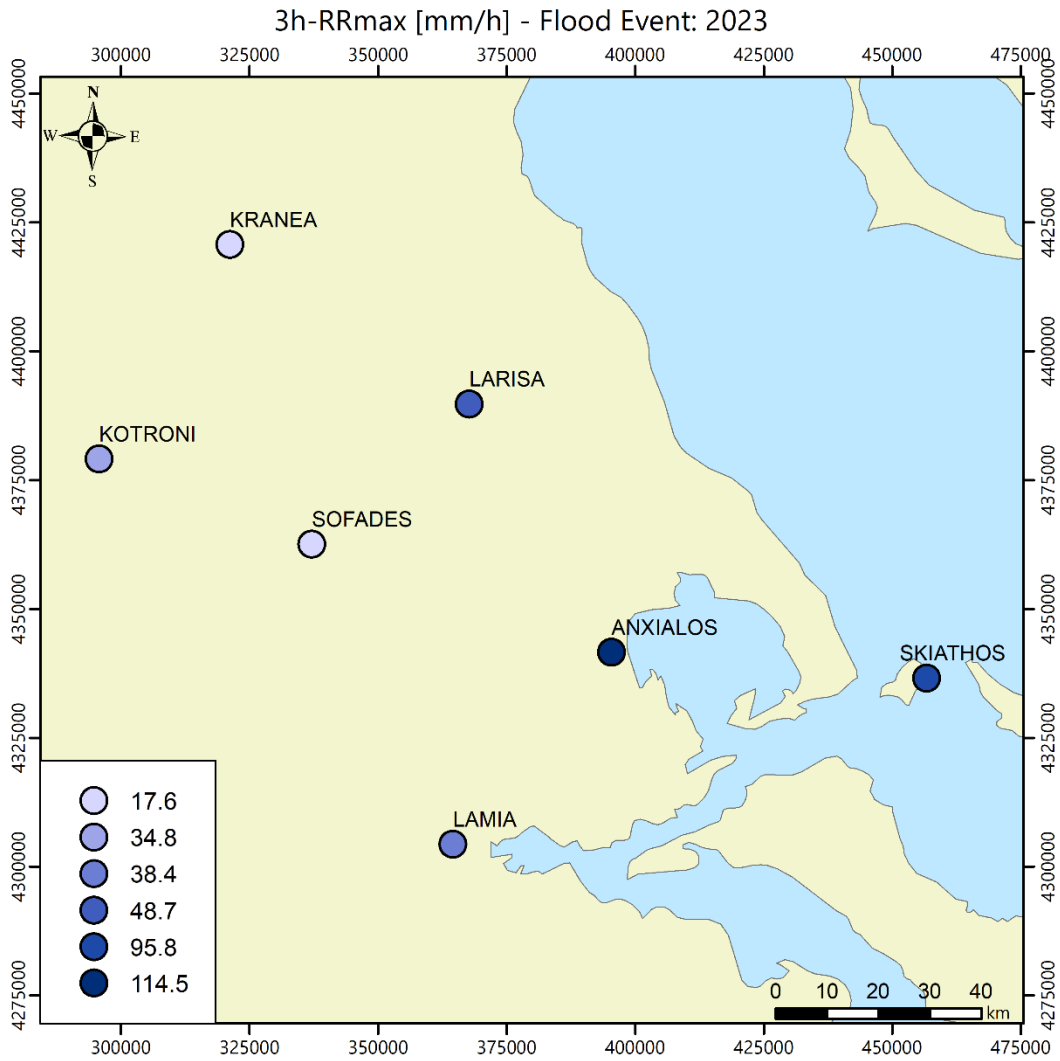
Στην περιοχή της Θεσσαλίας οι σταθμοί έχουν όλοι καταγράψει μεγάλα ύψη βροχής. Το μεγαλύτερο φαίνεται να παρουσιάζεται στην περιοχή της Ανχιάλου με 350 mm και μετά ακολουθεί η Λάρισα 172 mm

Οι σταθμοί όπου βρίσκονται ψηλότερα στην λεκάνη όπως Κοτρώνη ή Σοβάδες έχουν από τις πιο χαμηλές καταγραφές με 62 mm και 136 mm αντίστοιχα. Το ύψος βροχής είναι σχεδόν διπλάσιο από το αμέσως μικρότερο.



*Σχήμα 58 : Ύψη βροχόπτωσης ανά σταθμό για το επεισόδιο 2023*

Τέλος, παρατίθεται χάρτης στο σχήμα 59 για καλύτερη εποπτεία της χωρικής διαφοροποίησης και της 3-ωρης μέγιστης βροχόπτωσης. Η μεγαλύτερη τιμή παρουσιάζεται στον σταθμό του Αγχιάλου με 114 mm ενώ ακολουθεί η Σκιάθος με 95 mm. Η διαφορά μεταξύ αυτών των δυο σταθμών είναι σημαντική. Οι μικρότερες βροχοπτώσεις σε επίπεδο τριώρου καταγράφηκαν στις περιοχές Κρανέα και Σοφάδες με 17 mm και 34 mm αντίστοιχα.



Σχήμα 59 : Μέγιστες 3-ωρες βροχοπτώσεις στο επεισόδιο της Θεσσαλίας.

Στην συνέχεια αυτού το κεφαλαίου θα ασχοληθούμε με δυο πλημμυρικά επεισόδια από αυτά που έλαβαν χώρα στην Κύπρο.

#### *Επεισόδιο 6: Ιανουάριος 2020, Λεμεσός, Κύπρος.*

Το πρώτο καταγράφηκε τον Ιανουάριο του 2020 στην περιοχή της Λεμεσού. Σύμφωνα με την ιστοσελίδα Kitas weather οι βροχές ξεκίνησα από τα δυτικά της Κύπρου και έφτασαν στην Λεμεσό. Αναφέρεται πως ο κίνδυνος παραμένει μεγάλος ακόμα και αν το ύψος βροχής είναι μικρό καθώς από προηγούμενες βροχοπτώσεις το έδαφος είναι ακόμα κορεσμένο και υπάρχουν σημεία με συσσωρευμένα νερά. Την επόμενη ημέρα στην ιστοσελίδα Cyprus News αναφέρονται τα αποτελέσματα της βροχόπτωσης. Δρόμοι πλημμύρισαν με προβλήματα να δημιουργούνται σε κατοικίες αλλά και επιχειρήσεις. Εγκλωβισμένοι οδηγοί δέχθηκαν την βοήθεια της Πυροσβεστικής χρειάστηκε να παρέμβει για ακόμη μια φορά. Ο δήμαρχος της περιοχής αναφέρει πως γνωρίζει τα προβλήματα και τις ελλείψεις στις υποδομές της περιοχής. Εν καιρό έχουν προγραμματιστεί νέα έργα αλλά και ενίσχυση των παλαιότερων καθώς δεν είναι δυνατόν τα ήδη υπάρχοντα να ανταπεξέλθουν στα ύψη βροχής της εποχής. Παρακάτω φαίνονται τα δεδομένα για τα ύψη βροχής του επεισοδίου.

*Πίνακας 9 : Συνολικά ύψη βροχόπτωσης*

Σταθμός	Μέγιστη ένταση δεκαλέπτου	Συνολικό ύψος βροχόπτωσης (mm)
Λεμεσός	37,8	59,7

#### *Επεισόδιο 7: Δεκέμβριος 2021, Λευκωσία, Κύπρος.*

Το δεύτερο επεισόδιο όπου θα μελετηθεί έλαβε χώρα στην Λευκωσία της Κύπρου τον Δεκέμβρη του 2021. Σύμφωνα με την ιστοσελίδα offsite τα έντονα καιρικά φαινόμενα παρουσίαζαν επίκεντρο της περιοχή της Λευκωσίας. Τα αποτελέσματα της έντονης βροχόπτωσης ήταν αρκετές όπως πλημμυρισμένοι αλλά και κλειστοί δρόμοι, εγκλωβισμός κατοίκων σε σπίτια, ανάκληση προσωπικού από την Πυροσβεστική λόγω της κατάστασης. Οι κλήσεις που δέχθηκε η πυροσβεστική ήταν πολλές επομένως χρειάστηκε βοήθεια από την Πολιτική προστασία, την Αστυνομία και εθελοντές. Προειδοποίηση από την Μετεωρολογική Υπηρεσία για τις ισχυρές βροχοπτώσεις. Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται το μέγεθος της βροχόπτωσης. Παρακάτω στον πίνακα 10 φαίνονται τα δεδομένα για τα ύψη βροχής του επεισοδίου

*Πίνακας 10 : Συνολικά ύψη βροχόπτωσης*

Σταθμός	Μέγιστη ένταση δεκαλέπτου	Συνολικό ύψος βροχόπτωσης (mm)
Λευκωσία	30	85,2

### 3.2.2 Μέγιστες εντάσεις βροχής για επιμέρους διάρκειες

Στην παράγραφο αυτή συνοψίζονται υπό μορφή πίνακα οι υπολογισμοί που προέκυψαν για κάθε επεισόδιο βροχής από τα παραπάνω, και συγκεκριμένα αναγράφονται:

- Οι μέγιστες εντάσεις βροχής για διάρκειες 10, 20, 30 λεπτών και 1, 2, 3 ωρών
- Το μέγιστο ύψος βροχής 24ώρου
- Το συνολικό ύψος και η διάρκεια του επεισοδίου, για λόγους σύγκρισης.

Για τις περιπτώσεις όπου ο σταθμός δεν προσφέρει δεδομένα με βήμα καταγραφής μικρότερου του 3ώρου, η πληροφορία της έντασης απουσιάζει.

Τέλος, στον ίδιο πίνακα σημειώνεται με έντονη γραφή ο σταθμός που επιλέγεται ως αντιπροσωπευτικός για τον υπολογισμό της περιόδου επαναφοράς.



Πίνακας 11 : Ανάλυση στοιχείων βροχόπτωσης για την Ελλάδα

ΕΛΛΑΔΑ										
ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ	ΣΤΑΘΜΟΣ	ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΕΝΤΑΣΕΙΣ (mm/h)						ΥΨΟΣ (mm)	ΔΙΑΡΚΕΙΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ
		10 '	20 '	30 '	1 h	2 h	3 h	24 h	min	
Επεισόδιο πρώτο 2013	Αμπελόκηποι	48,0	39,0	38,8	28,4	21,7	21,8	85,4	450	85,6
	Πάρνηθα	25,2	22,2	21,2	15,4	10,4	8,7	34,2		34,4
	Αθήνα	80,4	54,6	42,4	28,2	20,1	19,4	97,6		97,8
	Νέα Σμύρνη	56,4	54,0	44,8	28,0	23,2	21,8	81,4		81,6
	Πατήσια	56,4	49,8	40,8	27,8	16,9	15,7	71,4		71,4
	<b>Περιστέρι</b>	86,4	61,2	51,2	32,0	22,0	18,6	83,2		83,2
Επεισόδιο δεύτερο 2014	Αμπελόκηποι	51,6	45,6	39,6	26,0	13,4	8,9	26,8	570	43,0
	Πάρνηθα	46,1	40,3	34,4	25,3	14,0	10,2	15,1389491		64,6
	Αθήνα	24,0	19,2	12,8	8,4	4,3	3,5	8,4		33,2
	Εκάλη	42,0	40,2	32,0	16,8	8,9	6,1	18,2		48,0
	Νέα Σμύρνη	72,0	42,0	30,4	19,2	9,7	6,5	19,4		35,8
	Πατήσια	39,6	38,4	31,2	19,6	11,0	7,9	3,4		38,4
	<b>Περιστέρι</b>	60,0	42,0	36,0	22,0	12,2	8,8	3,2		46,2
Επεισόδιο τρίτο 2015	Αμπελόκηποι	62,4	43,2	36,0	23,6	14,8	11,2	47,8	480	47,8
	Πάρνηθα	25,2	21,6	18,4	13,0	8,1	6,4	40,8		40,8
	Αθήνα	45,6	28,8	21,6	12,2	7,4	5,7	35,8		35,8
	Εκάλη	104,4	85,8	64,4	34,2	21,4	20,7	101		101,0
	Νέα Σμύρνη	39,6	23,4	16,0	11,4	6,6	5,6	28,2		28,2

	Πατήσια	39,6	28,2	21,2	14,0	10,5	7,8	57,6	57,6
	<b>Περιστέρι</b>	69,6	46,8	36,4	21,4	14,1	10,1	58	58,0
Επεισόδιο τέταρτο 2017	Βίλια	46,8	35,4	28,8	16,0	14,1	8,1	320,0	153,4
	<b>Άνω Λίοσια</b>	68,4	67,8	56,8	32,4	18,8	9,8		128,0
	Καπαρέλλι	22,8	15,6	13,2	7,4	4,5	2,8		68,6
	Ελευσίνα	67,2	52,2	45,6	23,2	12,7	6,8		131,4
	Ασπρόπυργος	45,6	39,0	31,2	17,6	12,0	7,1		112,8
Επεισόδιο πέμπτο 2023	<b>Ανχιάλος</b>	δεν υπάρχουν δεδομένα					38,2		350,9
	<b>Λάρισα</b>						16,2		172
	Σοφάδες						5,9		136,4
	Κρανέα						5,9		136,4
	Κοτρώνι						11,6		62
	Λαμία						12,8		165,3
	Σκιάθος						31,9		165,8

Πίνακας 12 : Ανάλυση στοιχείων βροχόπτωσης για την Κύπρο

ΚΥΠΡΟΣ									
ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ	ΣΤΑΘΜΟΣ	ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΕΝΤΑΣΕΙΣ						ΔΙΑΡΚΕΙΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ
		10 '	20 '	30 '	1 h	2 h	3 h	min	
Επεισόδιο τρίτο 30/12/2021	Λευκωσία	30,0	3,3	3,0	2,2	1,6	1,1	744,0	85,2
Επεισόδιο δεύτερο 2/1/2020	Λεμεσός	37,8	5,1	4,5	2,8	1,7	1,0	380,0	106,1
Επεισόδιο τρίτο 2/1/2021	Λάρνακα	24,0	3,3	2,4	1,4	0,8	0,4	810,0	39,2

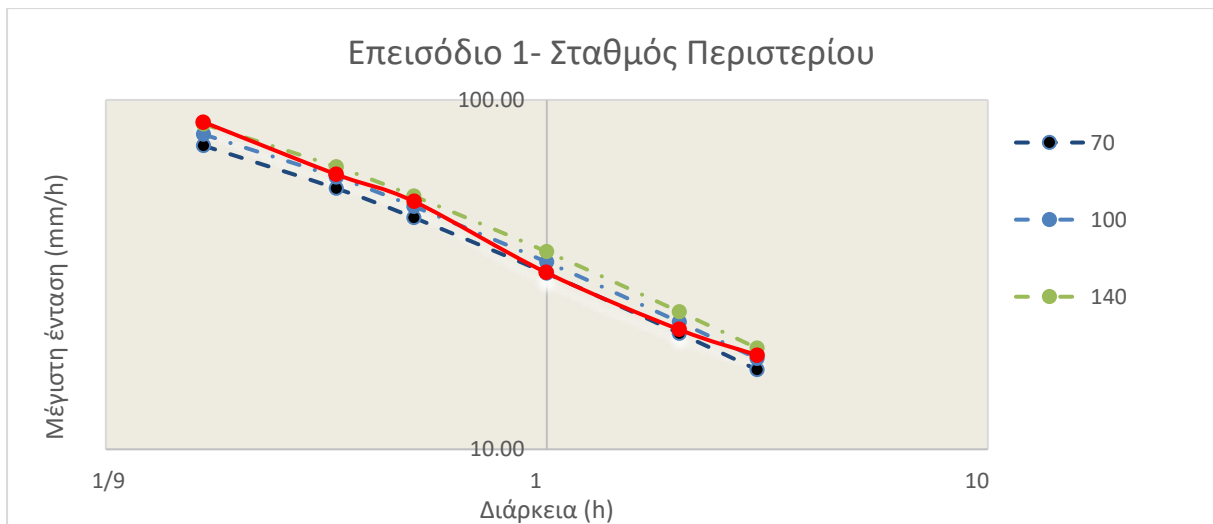
Σύμφωνα με όσα περιγράφονται στην παράγραφο 3.1.3, ακολούθησε η ανάλυση συχνότητας των επεισοδίων με βάση τις όμβριες καμπύλες.

Στον πίνακα που ακολουθεί περιλαμβάνονται οι παράμετροι των όμβριων καμπυλών ανά σταθμό μελέτης, και παρουσιάζεται ενδεικτικά ένα παράδειγμα για τον υπολογισμό της έντασης βροχής (i) για διάρκεια βροχής (d) ίση με μία ώρα και περίοδο επαναφοράς (T) ίση με 100 έτη.

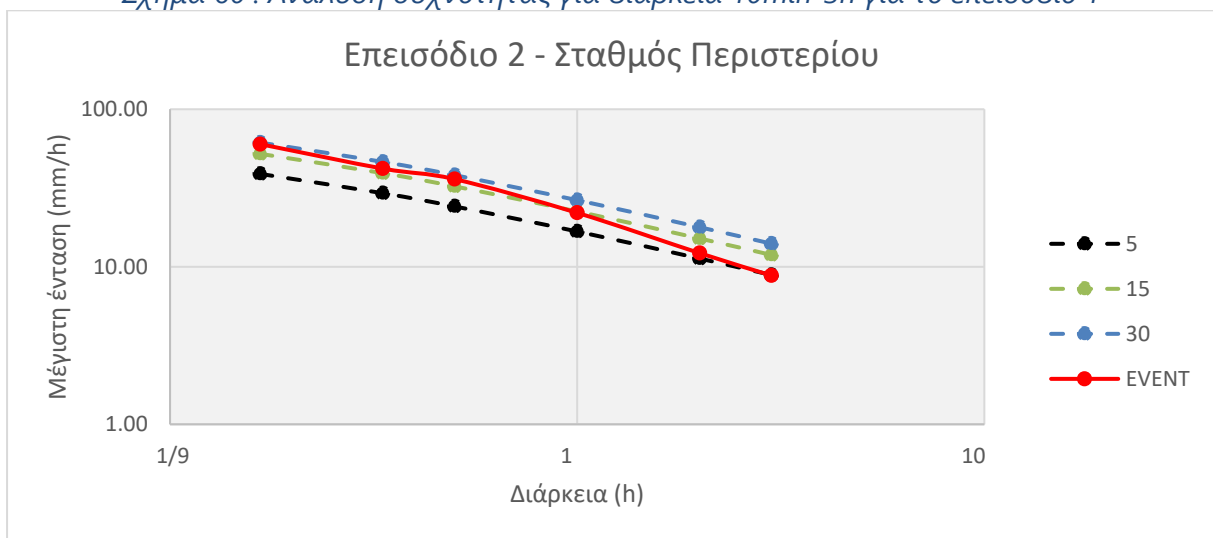
Πίνακας 13

ΣΤΑΘΜΟΙ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ							
	Περιστέρι		Άνω Λιόσια		Λάρισα		Αγχίαλος
d	1	d	1	d	1	d	1
T	100	T	100	T	100	T	100
λ	124,8	λ	229,8	λ	245,3	λ	565,2
κ	0,125	κ	0,125	κ	0,205	κ	0,092
ψ	0,694	ψ	0,678	ψ	0,586	ψ	0,84
θ	0,124	θ	0,124	θ	0,042	θ	0,042
η	0,622	η	0,622	η	0,639	η	0,639
i	34,35	i	64,17777449	i	62,540978	i	49,92929

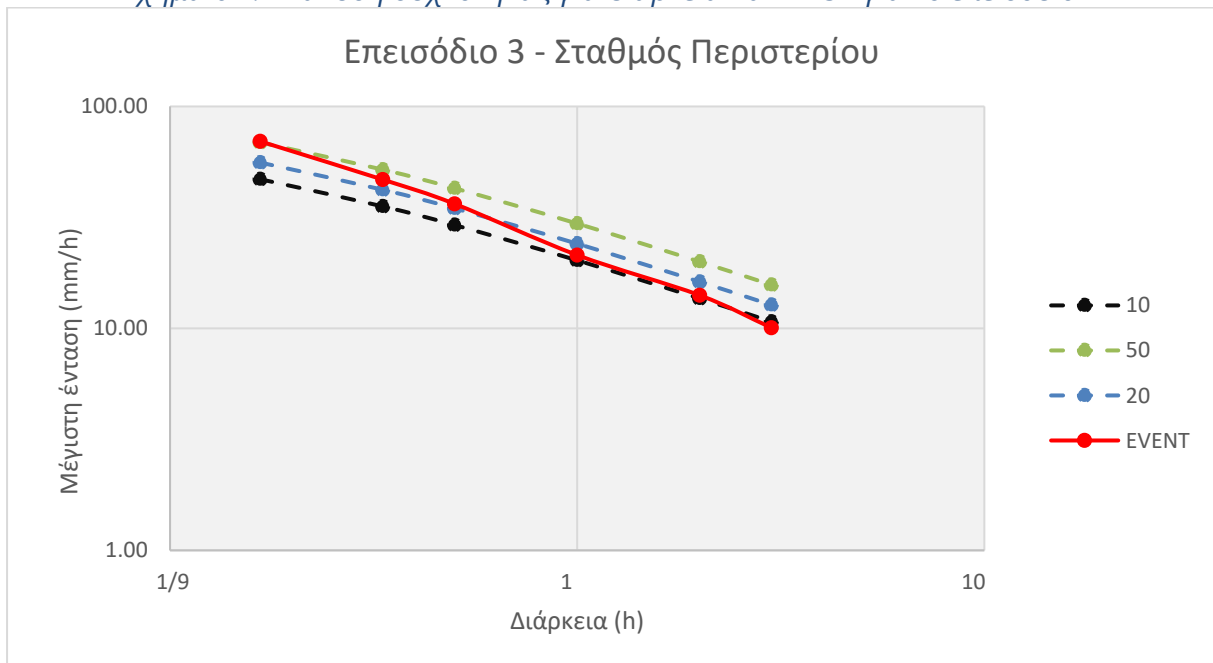
Στα σχήματα που ακολουθούν απεικονίζεται η ανάλυση συχνότητας ανά επεισόδιο, όπου διακρίνεται πως στις περισσότερες περιπτώσεις οι περίοδοι επαναφοράς κυμαίνονται σε χαμηλές τιμές εντάσεων, γεγονός που συνηγορεί πως οι υποδομές δεν επαρκούν να παραλάβουν ακόμα και σχετικά χαμηλούς πλημμυρικούς όγκους. Εξαιρέση αποτελεί το πρώτο επεισόδιο, με περίοδο επαναφοράς κοντά στα 100 έτη, όπου και οι υποδομές εντός πόλης διαστασιολογούνται για μικρότερες τιμές, και φυσικά το ακραίο γεγονός της κακοκαιρίας «Ντάνιελ» που αντιπροσωπεύεται στα δύο τελευταία σχήματα. Για τον σταθμό της Λάρισας η περίοδος επαναφοράς 3ωρου προσδιορίστηκε κοντά στα 550 έτη, ενώ για τον σταθμό Αγχίαλος η τιμή είναι ιδιαίτερα υψηλή (T=1000).



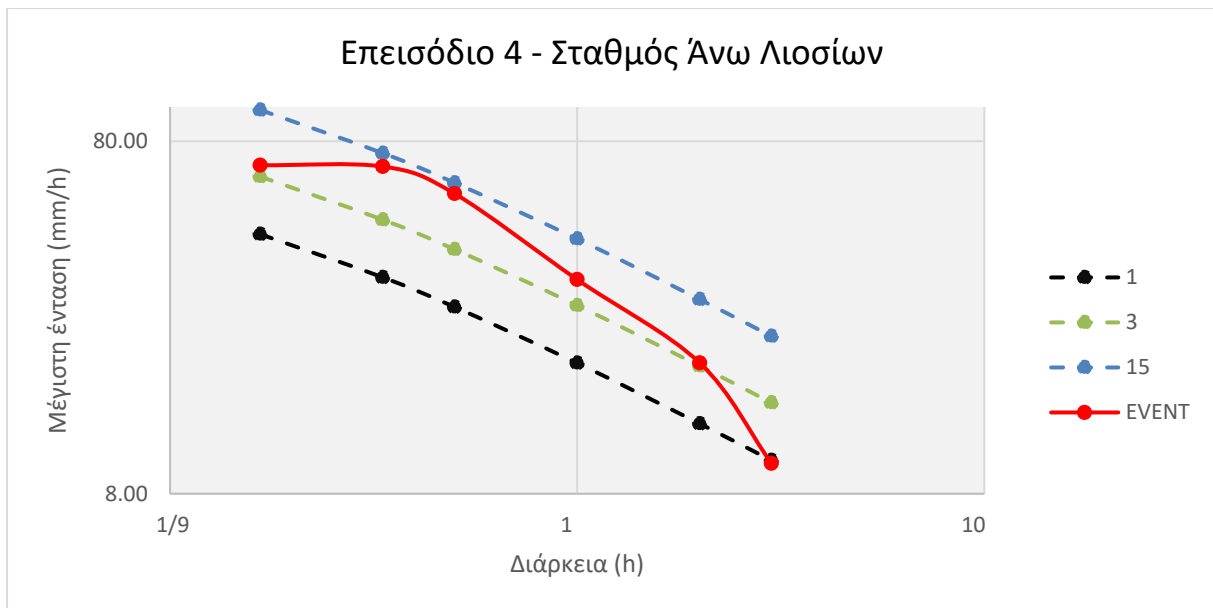
Σχήμα 60 : Ανάλυση συχνότητας για διάρκεια 10min-3h για το επεισόδιο 1



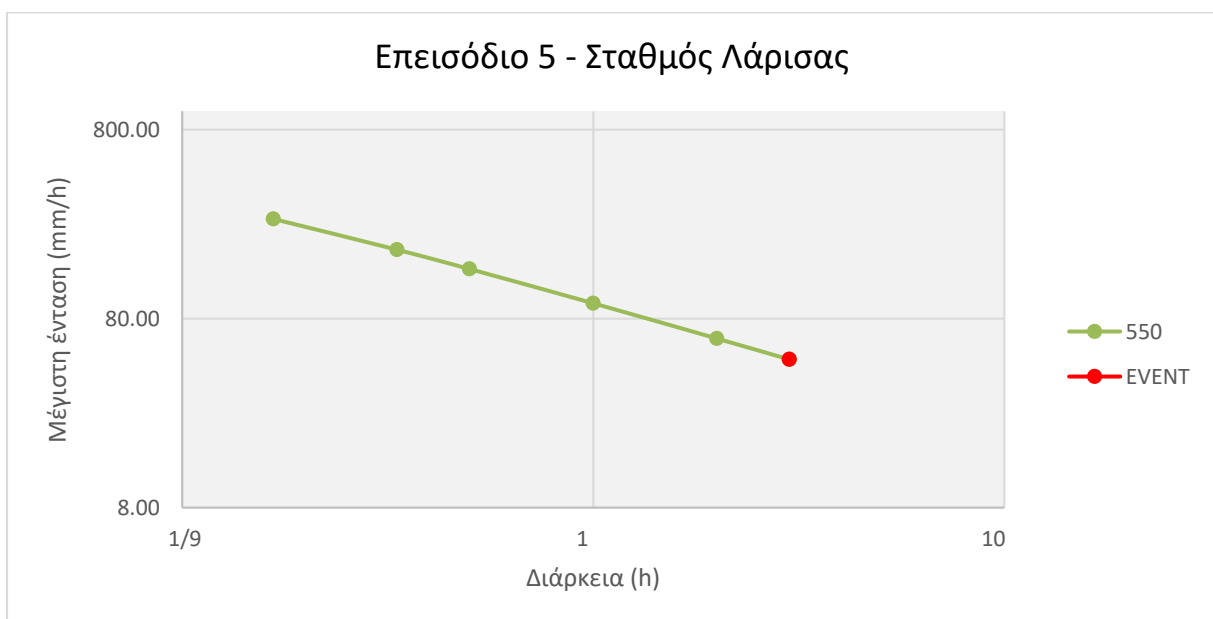
Σχήμα 61 : Ανάλυση συχνότητας για διάρκεια 10min-3h για το επεισόδιο 2



Σχήμα 62 : Ανάλυση συχνότητας για διάρκεια 10min-3h για το επεισόδιο 3

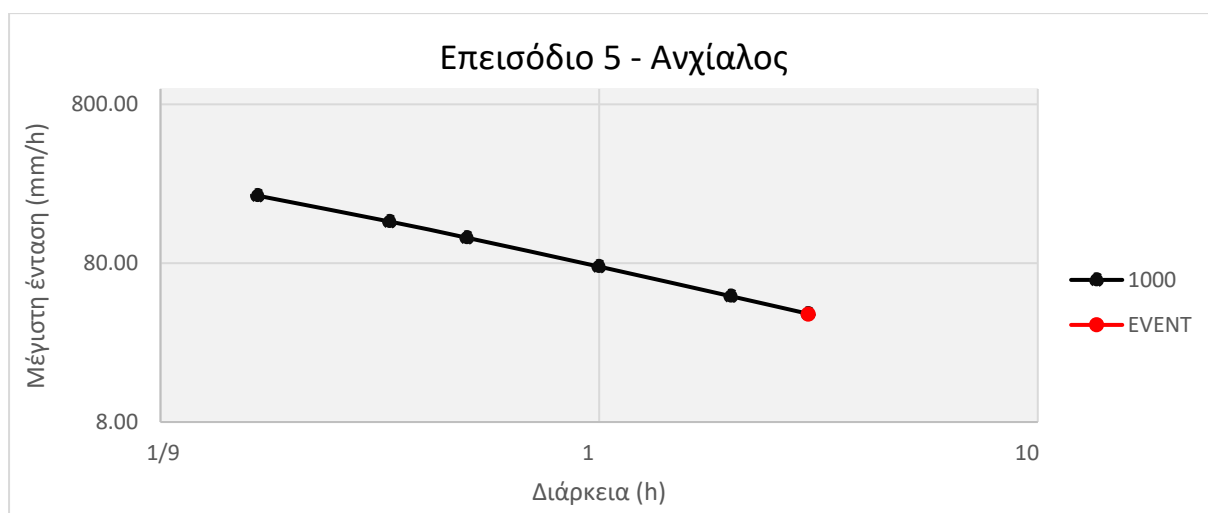


Σχήμα 63 : Ανάλυση συχνότητας για διάρκεια 10min-3h για το επεισόδιο 4



Σχήμα 64 : Ανάλυση συχνότητας για διάρκεια 10min-3h για το επεισόδιο 5 για τον σταθμό της Λάρισας





Σχήμα 65 : Ανάλυση συχνότητας για διάρκεια 10min-3h για το επεισόδιο 5για τον σταθμό Ανχιάλο.

### 3.2.3 Υδρολογικές συνθήκες προηγούμενου δεκαημέρου

Για καθένα από τα υπό μελέτη επεισόδια υπολογίστηκαν οι δείκτες API & AMC (βλ. και §3.1.3), με βάση τα ημερήσια ύψη βροχής σταθμών του δικτύου NOANN (<https://meteosearch.meteo.gr/>) οι οποίοι λειτουργούν στις πληγείσες περιοχές.

Στη συνέχεια παρατίθενται οι σχετικοί πίνακες ανά επεισόδιο, με τις τιμές του δείκτη AMC και την διακύμανση του δείκτη API ανά ημέρα.

Σύμφωνα με τον πίνακα 4 παρατηρούμε πως το προηγούμενο δεκαήμερο από το επεισόδιο ο δείκτης έχει τιμές που υποδεικνύουν πως το έδαφος ήταν κορεσμένο. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω το κορεσμένο έδαφος αποτελεί παράγοντα όπου βοηθά στην δημιουργία ενεργού βροχόπτωσης.

Πίνακας 14 : Δείκτης API για επεισόδιο Φεβρουαρίου 2013

Αμπελόκηποι	Πάρνηθα	Αθήνα	Νεα Σμύρνη	Πατήσια	Περιστερί
API	API	API	API	API	API
0,00	no data	0,00	0,00	0,00	0,00
29,80		42,20	36,00	33,20	33,60
37,31		51,69	44,60	41,94	42,72
40,84		53,51	45,57	46,64	45,38
42,20		55,63	48,69	47,11	46,11
50,09		65,85	56,46	55,16	54,81
47,59		62,56	53,63	52,40	52,07
49,01		63,63	53,55	55,38	55,47
46,56		60,45	50,87	52,61	52,69
45,83		58,22	49,13	50,58	50,46

Τον Οκτώβρη του 2014 το έδαφος δεν ήταν ιδιαίτερα κορεσμένο σύμφωνα με τον πίνακα 5. Επακόλουθο αυτού είναι πως ένα μέρος της βροχόπτωσης θα γίνονταν υδρολογικές απώλειες και ένα άλλο ενεργός βροχόπτωση.

*Πίνακας 15 : Δείκτης API για επεισόδιο Οκτώβριου 2014*

Αμπελόκηποι	Πάρνηθα	Αθήνα	Εκάλη	Νέα Σμύρνη	Πατήσια	Περιστερί
API	API	API	API	API	API	API
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,19	0,20	0,00	0,00	0,00	0,20
0,00	0,19	0,40	0,00	0,00	0,20	0,20
0,00	0,18	0,59	0,20	0,20	0,20	0,19
0,00	0,18	0,58	0,20	0,20	0,19	0,19
0,00	0,18	0,56	0,19	0,19	0,19	0,18
0,00	0,37	0,55	0,19	0,19	0,18	0,18
1,20	0,37	4,54	0,38	3,78	3,18	3,98

Μεγάλες είναι και οι τιμές δείκτη του πίνακα 6 όπου αναφέρεται στο επεισόδιο του 2015. Υπάρχει κορεσμένο έδαφος ολόκληρο το δεκαήμερο πριν την εμφάνιση του επεισοδίου. Οι εδαφικές συνθήκες λοιπόν είναι πολύ ευνοϊκές για την εμφάνιση της πλημμύρας

*Πίνακας 16 Δείκτης API για επεισόδιο Οκτώβριου 2015*

Αμπελόκηποι	Πάρνηθα	Αθήνα	Εκάλη	Νέα Σμύρνη	Πατήσια	Περιστερί
API	API	API	API	API	API	API
11,37	3,34	12,35	14,70	9,80	11,17	2,94
11,14	3,27	12,10	14,41	9,60	10,95	3,09
10,92	3,20	11,86	14,12	9,41	10,73	3,02
10,70	3,14	11,62	13,84	9,22	10,51	3,16
10,49	3,08	11,39	13,56	9,04	10,30	3,10
10,28	3,02	11,16	13,29	8,86	10,10	3,04
10,07	2,96	10,94	13,02	8,68	9,90	2,98
9,87	3,10	10,72	12,76	8,51	9,70	2,92
9,67	3,43	10,51	12,51	8,34	9,50	2,86
9,68	3,77	10,50	12,26	8,17	9,31	2,80

Το επεισόδιο του 2017 δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα μεγάλες τιμές στον δείκτη για τις

προηγούμενες συνθήκες εδαφικής υγρασίας από την αρχή του δεκαήμερου. Όμως υπάρχει διαφοροποίηση από σταθμό σε σταθμό. Ο σταθμός Ελευσίνας παρουσιάζει τις πρώτες μέρες μικρό κορεσμό σε αντίθεση με τον σταθμό στα Βίλια. Ενώ τις τελευταίες μέρες που πλησιάζουμε στην εμφάνιση της πλημμύρας σε όλους στους σταθμούς οι τιμές είναι αυξημένες.

*Πίνακας 17 : Δείκτης API για επεισόδιο Νοέμβριου 2017*

Βίλια	Ανω Λιόσια	Ελευσίνα	Ασπρόπυργος
API	API	API	API
0,00	0,00	0,00	0,00
18,20	1,20	0,40	0,40
18,84	1,18	0,39	0,39
18,46	1,15	0,38	0,38
18,09	1,13	0,38	0,38
25,73	6,91	8,37	8,77
25,41	6,97	8,20	8,79
24,91	6,83	8,04	8,62
24,61	6,69	7,88	8,45
24,52	6,56	7,72	8,28

Στην πλημμύρα της Θεσσαλίας παρατηρούμε πως με εξαίρεση τον σταθμό του Βόλου οι υπόλοιποι δεν έχουν συλλέξει στοιχεία από βροχόπτωση. Όμως την δέκατη μέρα οι τιμές του δείκτη σε όλους τους σταθμούς αυξάνονται πάρα πολύ. Ο σταθμός του βόλου παρουσιάζει βροχοπτώσεις τις προηγούμενες μέρες αλλά ακόμα και σε αυτόν η δέκατη μέρα αυξάνεται ραγδαία.

*Πίνακας 18 : Δείκτης API για επεισόδιο Σεπτεμβρίου 2023*

Λάρισα	Καρδίτσα	Νεράιδα Φαρσάλων	Βόλος
API	API	API	API
0,00	0,00	no data	6,60
0,00	0,00		6,47
0,00	0,00		6,34
0,00	0,00		6,21
0,00	0,00		6,09
0,00	0,00		5,97
0,00	0,00		5,85
0,00	0,00		5,73
0,00	0,00		5,62
20,40	31,80		40,70

Σχετικά με το επεισόδια στην Λευκωσία ο δείκτης API έχει ανεβασμένες τιμές το προηγούμενο δεκαήμερο. Οι τιμές αυξάνονται σταδιακά όσο πλησιάζουμε στην ημέρα του επεισοδίου.

*Πίνακας 19 : Δείκτης API για επεισόδιο της Λευκωσίας*

Λευκωσία
<b>API</b>
4,38
4,16
7,15
6,80
6,46
6,13
5,83
5,53
5,26
48,20

Ο δείκτης API για το επεισόδιο στην Λευκωσία παρουσιάζει ιδιαίτερα κορεσμένο έδαφος τις προηγούμενες ημέρες. Οι τιμές του δείκτη είναι αυξημένες και το συμπέρασμα είναι η αυξημένη εδαφική υγρασίας. Επακόλουθο λοιπόν είναι οι πιθανότητες για την εμφάνιση ενός επεισοδίου πλημμύρας να είναι πολύ αυξημένες.

*Πίνακας 20 : Δείκτης API για επεισόδιο της Λευκωσίας*

Λάρνακα
<b>API</b>
29,26
37,20
46,14
64,03
69,03
76,38
92,76
96,32
no data

Στην Λεμεσό δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία για τον υπολογισμό του δείκτη. Από τα λίγα δεδομένα φαίνεται να υπάρχει κάποια σημαντική εδαφική υγρασία όμως παρουσιάζεται στις πρώτες μέρες του δεκαήμερου.

Πίνακας 21 : Δείκτης API για επεισόδιο της Λεμεσός

Λεμεσός
<b>API</b>
46,61

Τα αποτελέσματα για τον δείκτη AMC των σταθμών των επεισοδίων παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες. Σύμφωνα με τον πίνακα 3 θα γίνει η ταξινόμηση ανά επεισόδιο.

Σύμφωνα με τον πίνακα 22 και τον πίνακα 3 όπου το επεισόδιο ανήκει στην υγρή εποχή το επεισόδιο ανήκει στην πρώτη κλάση (χαμηλή)

Πίνακας 22 : Δείκτης AMC για επεισόδιο Οκτωβρίου 2013

Αμπελόκηποι	Πάρνηθα	Αθήνα	Νεα Σμύρνη	Πατήσια	Περιστερί
<b>AMC</b>	<b>AMC</b>	<b>AMC</b>	<b>AMC</b>	<b>AMC</b>	<b>AMC</b>
15,4	0	18	13,6	16,6	17,4

Σύμφωνα με τα δεδομένα του πίνακα 23 ο δείκτης AMC για το επεισόδιο του Οκτωβρίου του 2014 ανήκει επίσης στην πρώτη κλάση(χαμηλή)

Πίνακας 23 : Δείκτης AMC για επεισόδιο Οκτωβρίου 2014

Αμπελόκηποι	Πάρνηθα	Αθήνα	Εκάλη	Νεα Σμύρνη	Πατήσια	Περιστερί
AMC	AMC	AMC	AMC	AMC	AMC	AMC
1,2	0,2	4,2	0,4	3,8	3	3,8

Στο επεισόδιο του 2015 οι τιμές για τον δείκτη AMC είναι αρκετά χαμηλές και σε αρκετούς σταθμούς είναι μηδενικές. Επομένως ανήκει στην πρώτη κλάση δηλαδή χαμηλή.

Πίνακας 24 : Δείκτης AMC για επεισόδιο Οκτωβρίου 2015

Αμπελόκηποι	Πάρνηθα	Αθήνα	Εκάλη	Νεα Σμύρνη	Πατήσια	Περιστερί
AMC	AMC	AMC	AM C	AMC	AMC	AMC
0,2	1	0,2	0	0	0	0

Σύμφωνα με τον πίνακα 25 στο επεισόδιο του 2017 οι τιμές είναι αυξημένες αλλά όχι αρκετά ώστε να περάσει το επεισόδιο στην τάξη της δεύτερης κλάσης. Οι τιμές που έχουν καταγράψει οι σταθμοί είναι αρκετά κοντά μεταξύ τους.

Πίνακας 25 : Δείκτης AMC για επεισόδιο Νοεμβρίου 2017

Βίλια	Ανω Λιόσια	Ελευσίνα	Ασπρόπυργος
AMC	AMC	AMC	AMC
8,8	6	8	8,6



Στην περίπτωση της Θεσσαλίας το 2023 οι τιμές είναι αυξημένες. Δεδομένου πως βρισκόμαστε στην ξηρή περίοδο και σύμφωνα με τον πίνακα 3 ανήκει στην δεύτερη(μέση) κλάση και σε κάποιο σταθμό ανήκει και στην τρίτη (υψηλή).

*Πίνακας 26 : Δείκτης AMC για επεισόδιο Σεπτεμβρίου 2023*

Λάρισα	Καρδίτσα	Νεράιδα Φαρσάλων	Βόλος
AMC	AMC	AMC	AMC
20,4	31,8	19,6	35,2

Σχετικά με τα επεισόδια της Κύπρου οι δείκτες για της περιοχές της Λευκωσίας και της Λεμεσού συμφωνάμε τον πίνακα 27, ανήκουν στην πρώτη κλάση (χαμηλή) καθώς οι τιμές του δείκτη είναι μηδενικές. Όμως στην περιοχή της Λάρνακας ο δείκτης AMC έχει την τιμή 59,4 όπου είναι αρκετά αυξημένη. Το επεισόδιο παρουσιάστηκε τον Δεκέμβρη του 2021 επομένως σύμφωνα με τον πίνακα 3 ανήκει στην τρίτη κλάση (υψηλή).

*Πίνακας 27 : Δείκτης AMC για επεισόδιο Λευκωσίας, Λάρνακας και Λεμεσού*

Λευκωσία	Λάρνακα	Λεμεσός
<b>AMC</b>	<b>AMC</b>	<b>AMC</b>
0	59,4	0

## 4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 4.1 Σύνοψη - Συμπεράσματα

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας έγινε διερεύνηση των πρόσφατων πλημμυρικών επεισοδίων στην Αττική καθώς και στην Κύπρο όπως και ανάλυση του πλημμυρικού ιστορικού στις περιοχές μελέτης. Επιπλέον, στα υπό μελέτη επεισόδια προστέθηκε και το πιο πρόσφατο στην Θεσσαλία με μια πρώτη ανάλυση διαθέσιμων δεδομένων.

Για την μελέτη κάθε επεισοδίου έγιναν υπολογισμοί σε σχέση με το συνολικό ύψος βροχόπτωσης, την μέγιστη ένταση της βροχόπτωσης για χαρακτηριστικές διάρκειες, καθώς και την προγενέστερη κατάσταση εδαφικής υγρασίας, ως ένας αντιπροσωπευτικός υδρολογικός δείκτης για τις μη αστικές περιοχές.

Στοιχεία συλλέχθηκαν τόσο από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, το Τμήμα Μετεωρολογίας της Κύπρου και από προηγούμενες σχετικές ερευνητικές εργασίες.

Μια από τις βασικότερες παρατηρήσεις στο σύνολο των επεισοδίων είναι πως, για τις αρνητικές συνέπειες των πλημμυρών τόσο σε φυσικό περιβάλλον όσο και στις δομημένες περιοχές, οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες συμβάλλουν αρνητικά σε μεγάλο βαθμό.

Ως προς τα υδρομετεωρολογικά χαρακτηριστικά που προσδιορίστηκαν, ορισμένα επεισόδια μπορούν να θεωρηθούν ως «ακραία», λόγω των ιδιαίτερα υψηλών περιόδων επαναφοράς στις οποίες προσδιορίστηκαν οι μέγιστες εντάσεις με τη χρήση των ομβρίων καμπυλών. Χαρακτηριστικό επεισόδιο είναι το πλέον πρόσφατο του Σεπτεμβρίου 2023 που έλαβε χώρα στη Θεσσαλία.

Συνολικά, οι υδρολογικές συνθήκες στις περιοχές πριν την εκδήλωση των πλημμυρών φαίνεται να μην αποτελούν τόσο καθοριστικό δείκτη, ενώ αντίθετα το συνολικό ύψος βροχής και οι καταγεγραμμένες εντάσεις αποτελούν ένδειξη για την εκδήλωση πλημμύρας.

Ειδικότερα, από την μελέτη που έγινε σε πρόσφατα πλημμυρικά επεισόδια στις περιοχές Ελλάδα και Κύπρου καταλήγουμε σε κάποια συμπεράσματα σχετικά με τα φαινόμενα, καθώς και την εκάστοτε περιοχή ως προς το επίπεδο ανταπόκρισης των υποδομών στο πλαίσιο της αξιολόγησης και διαχείρισης του πλημμυρικού κινδύνου. Πιο συγκεκριμένα:

- Αρκετά επεισόδια πλημμύρας μπορούν να συνδεθούν με «ακραίες» βροχοπτώσεις είτε αναφορικά με το συνολικό ύψος βροχής του επεισοδίου είτε ειδικότερα ως προς τη ραγδαιότητα (μεγάλο ύψος βροχής σε μικρό χρονικό διάστημα). Όμως ακόμα και

στα επεισόδια όπου τα ύψη βροχής δεν ήταν σημαντικά, το αποτέλεσμα ήταν η εμφάνιση πλημμύρας σε αστικό περιβάλλον, γεγονός που συνδέεται με ανεπάρκεια υποδομών. Οι περιπτώσεις όπου οι υποδομές κατέρρευσαν ή δεν λειτούργησαν είναι αρκετές.

- Το ίδιο το αστικό περιβάλλον παίζει ρόλο στο παραπάνω χαρακτηριστικό. Η εκτεταμένη αστικοποίηση και οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες μειώνουν την διήθηση των υδάτων με αποτέλεσμα την απορροή του μεγαλύτερου μέρους αυτής.
- Διερευνήθηκε ακόμα η προηγούμενη κατάσταση εδαφικής υγρασίας, καθώς γενικά το κορεσμένο έδαφος δεν ευνοεί τις πρόσθετες απώλειες, οπότε μεγαλύτερο μέρος της συνολικής βροχής γίνεται ενεργή βροχόπτωση, ενώ σε μη κορεσμένο έδαφος υπάρχουν υδρολογικές απώλειες όπου βοηθούν στην αποφυγή εμφάνισης ενός επεισοδίου. Το εν λόγω χαρακτηριστικό της προηγούμενης κατάστασης που μελετήθηκε μέσω των δεικτών API & AMC δεν φάνηκε να δίνει ιδιαίτερα συστηματικά χαρακτηριστικά, λόγω και του γεγονότος ότι τα περισσότερα επεισόδια έλαβαν χώρα σε αστικό περιβάλλον.
- Το γενικό συμπέρασμα, πως αστικά συμβάντα πλημμύρας είναι συνήθη ακόμα και για βροχοπτώσεις υψηλής συχνότητας οδηγούν στην αναγκαιότητα λήψης μέτρων για τη μείωση της πλημμυρικής τρωτότητας εντός αστικού χώρου. Είναι επιβεβλημένο να δοθεί έμφαση στη διαχείριση του πλημμυρικού κινδύνου ιδίως στα αστικά περιβάλλοντα, καθώς η καθυστερημένη λήψη μέτρων οδηγεί σε υλικές καταστροφές καθώς και σε απώλειες ανθρώπινων ζωών.
  - Το παράδειγμα της Θεσσαλίας, όπου πράγματι πρόκειται για ένα μοναδικό γεγονός με εξαιρετικά υψηλές τιμές βροχόπτωσης, εμφατικά τονίζει πως θα πρέπει να γίνεται σωστή συντήρηση των ήδη υπάρχουσών υποδομών καθώς και σχεδιασμός νέων για τον μετριασμό των αρνητικών συνεπειών των ακραίων επεισοδίων βροχής στην εποχή της κλιματικής κρίσης.

## 4.2 Επίλογος

Αν και είναι γνωστό πως υπάρχουν πολλοί παράγοντες όπου συντελούν στην εμφάνιση πλημμυρών, η ολοκληρωμένη μελέτη σημαντικών πλημμυρών του παρελθόντος μπορεί να βοηθήσει σε μεγάλο βαθμό στην κατανόηση του μηχανισμού του φαινομένου και την ανάδειξη συγκεκριμένων χαρακτηριστικών.

Η μείωση της πλημμυρικής τρωτότητας σε αστικούς χώρους είναι ένας σημαντικός τομέας που απαιτεί προσεκτική ανάλυση και συζήτηση. Υπό αυτό το πρίσμα, αξίζει να εξεταστούν

μια σειρά από ζητήματα που σχετίζονται αφενός με την ύπαρξη υποδομών, στις οποίες συμπεριλαμβάνονται και τα περιορισμένα ή κατακερματισμένα δίκτυα σταθμών καταγραφής, και αφετέρου στις δυνατότητες των υφιστάμενων αντιπλημμυρικών έργων στο πλαίσιο του συνολικού αστικού σχεδιασμού για να μειωθεί ο κίνδυνος πλημμυρών.

Ως προς την διαχείριση πλημμυρών στις αστικές περιοχές, το γεγονός ότι συνήθη πλημμυρικά επεισόδια σχετίζονται με βροχοπτώσεις χαμηλής περιόδου επαναφοράς υποδεικνύουν την αναγκαιότητα για λήψη μέτρων για την απορροή των υδάτων και την ανάπτυξη πράσινων χώρων για την ανακούφιση των πλημμυρικών απορροών. Ακόμα θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η κλιματική αλλαγή και πώς αυτή επηρεάζει τη συχνότητα και την ένταση των πλημμυρών, κάτι που ήδη έχει ενσωματωθεί και στην κοινοτική προετοιμασία (ενωσιακή νομοθεσία) για την αντιμετώπιση κρίσεων, στο πλαίσιο της αναθεώρησης των σχεδίων διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας (2007/60/EK).

Όλα αυτά μεταξύ άλλων είναι τα θέματα που μπορούν να αποτελέσουν ένα ισχυρό θεμέλιο για μια συζήτηση που θα εστιάσει στην ανάλυση του ζητήματος των πλημμυρών για τη μείωση της πλημμυρικής τρωτότητας και τη βελτίωση της ανθεκτικότητας των κοινοτήτων.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

### Ξενόγλωσση

- Ali, S., Ghosh, N.C. and Singh, R., 2010. Rainfall–runoff simulation using a normalized antecedent precipitation index. *Hydrological Sciences Journal–Journal des Sciences Hydrologiques*, 55(2), pp.266-274.
- Charalambous, K., Bruggeman, A., Giannakis, E. and Zoumides, C., 2018. Improving public participation processes for the Floods directive and flood awareness: Evidence from Cyprus. *Water*, 10(7), p.958.
- Diakakis, M., 2012. Rainfall thresholds for flood triggering. The case of Marathonas in Greece. *Natural Hazards*, 60, pp.789-800.
- Diakakis, M., Mavroulis, S. and Deligiannakis, G., 2012. Floods in Greece, a statistical and spatial approach. *Natural hazards*, 62, pp.485-500.
- Feloni, E., 2019. Assessment of flood induced by heavy rainfall using advanced methodologies, as a premise for an integrated flood early warning system: The case of Attica region (Doctoral dissertation, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ). Σχολή Πολιτικών Μηχανικών. Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος. Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων).
- Feloni, E., Mousadis, I., & Baltas, E. (2020). Flood vulnerability assessment using a GIS-based multi-criteria approach—The case of Attica region. *Journal of Flood Risk Management*, 13, e12563.
- Georganta, C., 2022. Rainfall Intensity-Duration curves, for the assessment of flood risk in the Attica region.
- Feloni, E., Anayiotos, A. and Baltas, E., 2022. A Spatial Analysis Approach for Urban Flood Occurrence and Flood Impact Based on Geomorphological, Meteorological, and Hydrological Factors. *Geographies*, 2(3), pp.516-527.
- Georganta, C., Feloni, E., Nastos, P. and Baltas, E., 2022. Critical Rainfall Thresholds as a Tool for Urban Flood Identification in Attica Region, Greece. *Atmosphere*, 13(5), p.698..
- Koehler, M. A. & Linsley, R. K. (1951) Predicting the runoff from storm rainfall. Research Paper no. 34, Weather Bureau, US Dept of Commerce, Washington, USA.
- Lewis, D., Singer, M. J. & Tate, K. W. (2000) Applicability of SCS curve number method for a California oak woodland watershed. *J. Soil Water Cons.* 2, 226–230.
- Savvidou, K., Nicolaides, K.A., Michaelides, S.C., Orphanou, A., Charalambous, M. and

Adamou, S., 2008. A study of the flood events in Cyprus. *Advances in Science and Research*, 2(1), pp.127-131.

- SCS (Soil Conservation Service) (1985) Hydrology – National Engineering Handbook, Supplement A, Section 4, Ch. 10. Soil Conservation Service, US Dept of Agriculture, Washington DC, USA.
- Soulios, G., Stournaras, G., Nikas, K. and Mattas, C., 2018. The floods in Greece: the case of Mandra in Attica. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 52, pp.131-144.

## Ελληνική

- Ασλανίδου, Κ., 2022. ΑΣΤΙΚΕΣ ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ-ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ.
- Γιαννόπουλος, Σ., Γιαννοπούλου, Ι., Ντούλας, Α. and Πέτκου, Ο., 2008. Αξιολόγηση και Διαχείριση των Κινδύνων Πλημμύρας στην Ευρωπαϊκή Ένωση σύμφωνα με τις Οδηγίες 2000/60/ΕΚ και 2007/60/ΕΚ.
- Ζαχαροπούλου, Ε., 2020. Διερεύνηση της δυνατότητας χρήσης υδροπεριβαλλοντικών δεδομένων πληθοπορισμού για την ανάπτυξη συστήματος πρόγνωσης πλημμυρών στη λεκάνη του π. Κηφισού.
- Δ. Κουτσογιάννης, και Θ. Ξανθόπουλος, Τεχνική Υδρολογία, Έκδοση 3, 418 pages, doi:10.13140/RG.2.1.4856.0888, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1999.
- Κωνσταντίνου, Χ., 2010. *Η γεωλογική εξέλιξη της Κύπρου* (Doctoral dissertation).
- Λέκκας, Ε. Διακάκης, Μ., Ανδρεαδάκης, Ε., 2017. Πλημμύρες στην Αττική (Μάνδρα, Νέα Πέραμος) 15 Νοεμβρίου 2017, ΕΚΠΑ.
- Μαλακοδήμος, Κ.Σ., 2020. Χαρτογράφηση ζημιών από πλημμύρες στη Μάνδρα Αττικής.
- Μανίκα, Μ., 2021. Στατιστική ανάλυση χωρικών δεδομένων για τη διερεύνηση των χαρακτηριστικών που συνδέονται με πλημμύρες στη Δυτική Αθήνα.
- Στιβάκτης, Ι., 2017. Κλιματική κατηγοριοποίηση της Αττικής με την βοήθεια των βαθμομερών ψύξης και θέρμανσης.

## Ιστότοποι

- <https://www.patt.gov.gr/>, (τελευταία προβολή 2/11/2023)
- <http://www.emy.gr/emyl/el/>, (τελευταία προβολή 2/11/2023)
- <https://www.meteoclub.gr/themata/nea/6219-dekades-kliseis-plymmires-24-10-2014>
- <https://www.meteoclub.gr/themata/nea/6220-sfodri-kakokairia-exeliksi-terastia-posa->



yetou-attiki-24-10-2014

- <https://www.pireaspiraeus.com/%CF%80%CE%B5%CE%B9%CF%81%CE%B1%CE%B9%CE%AC%CF%82-24-%CE%BF%CE%BA%CF%84%CF%89%CE%B2%CF%81%CE%AF%CE%BF%CF%85-2014-%CE%AD%CE%BD%CF%84%CE%BF%CE%BD%CE%B1-%CF%80%CE%BB%CE%B7%CE%BC%CE%BC%CF%85%CF%81%CE%B9/>, (τελευταία προβολή 12/10/2023)
- I-efimerida,  
<https://www.iefimerida.gr/news/175367/%CE%BF%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%B1%CE%BA%CE%BB%CF%85%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82%CF%80%CE%BF%CF%85-%CE%B3%CE%BF%CE%BD%CE%AC%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%B5-%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CE%B1%CF%84%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CF%87%CE%AC%CE%BF%CF%82-%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%B1%CF%83%CF%84%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%AD%CF%82-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CF%80%CE%BB%CE%B7%CE%BC%CE%BC%CF%8D%CF%81%CE%B5%CF%82-%CE%B5%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CE%BD%CE%B5%CF%82%CE%B2%CE%AF%CE%BD%CF%84%CE%B5%CE%BF>, (τελευταία προβολή 2/11/2023)
- CNN(n.b), Πλημμύρες στην Θεσσαλία ,οι αιτίες της καταστροφής και τι προτείνουν οι επιστήμονες για το restart, <https://www.cnn.gr/perivallon/story/383565/plimmyres-sti-thessalia-oi-aities-tis-katastrofis-ti-proteinoun-oi-epistimones-gia-to-restart>, (τελευταία προβολή 31/2/2024)
- Πρώτο θέμα(n.b), Κακοκαιρία «Daniel»: Χωρίς τέλος ο «υδάτινος εφιάλτης» στη Θεσσαλία - Στους 15 οι νεκροί, 8 φορές πάνω η στάθμη του Πηνειού, <https://www.protothema.gr/greece/article/1411020/kakokairia-daniel-suneheia-stin-udatini-agonia-sti-thessalia-stous-15-oi-nekroi-8-fores-pano-i-stathmi-tou-pineiou/>, (τελευταία προβολή 31/2/2024)
- meteoclub(n.b),Ιστορική Καταιγίδα Αθήνα 22 Φεβρουαρίου 2013, <https://www.meteoclub.gr/themata/anafores/5044-historystorm2013>, (τελευταία προβολή 12/10/2023)
- antisimvatikos(n.b),Η Υπερ-Καταιγίδα του 2013,[https://antisimvatikos.blogspot.com/2013\\_02\\_01\\_archive.html](https://antisimvatikos.blogspot.com/2013_02_01_archive.html), (τελευταία προβολή 2/11/2023)
- News24/7, Πλημμύρες στη Θεσσαλία στους 17 αυξήθηκαν οι νεκροί και ένας αγνοούμενος, <https://www.news247.gr/ellada/plimmires-sti-thessalia-stous-17->

[afxithikan-oi-nekroi-enas-agnoumenos/](#), (τελευταία προβολή 31/2/2024)

- knews Kathimerini(n.b), <https://knews.kathimerini.com.cy/en/news/weather-alerts-continue-back-to-back-in-cyprus>, (τελευταία προβολή 2/11/2023)
- Cyprus mail(n.b), <https://cyprus-mail.com/2021/12/30/cyprus-lashed-by-heavy-rains-more-to-come/>, (Τελευταία επίσκεψη 2/11/2023)
- Kitas weather (n.d), Έκτακτο!!! Σοβαρές πλημμύρες στην Λεμεσό, <https://www.kitasweather.com/news/genika/ektakto-sovares-plimmyres-stin/>, (Τελευταία επίσκεψη 14/12/2023)
- Cyprus News (n.d), Έκτακτα μέτρα μέχρι να έρθουν τα έργα για να μην πλημμυρίσει η Λεμεσός. Στην μάχη μέχρι και η εθνική φρουρά, <https://cyprustimes.com/koinonia/ektakta-metra-mechri-na-erthoun-erga-gia-na-min-plimmyrizei-i-lemesos-sti-machi-kai-i-ethniki-froura/>, (Τελευταία επίσκεψη 14/12/2023)
- Offisite (n.d), <https://www.offsite.com.cy/eidiseis/topika/haos-sti-leykosia-me-plimmyres-kindynepsan-anthropoi-binteo>, (Τελευταία επίσκεψη 14/12/2023)
- Invest in Athens.(n.d), Χαρακτηριστικά της Αθήνας. <https://develop.thisisathens.org/el/xaraktiristika-tis-athinas> (Τελευταία επίσκεψη 19/1/2024)
- Ευρωπαϊκή Οδηγία 2007/60/EK και Κυπριακή Νομοθεσία για τις Πλημμύρες(n.b), [https://www.moa.gov.cy/moa/WDD/wfdf.nsf/page01\\_gr/page01\\_gr?opendocument](https://www.moa.gov.cy/moa/WDD/wfdf.nsf/page01_gr/page01_gr?opendocument) (Τελευταία επίσκεψη 22/1/2024)
- ΥΠΕΝ, Πλημμύρες, [https://ypen.gov.gr/perivallon/ydatikoiporoi/plimmyres/#:~:text=%CE%9F%20%CE%B2%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82%20%CF%83%CF%84%CF%8C%CF%87%CE%BF%CF%82%20%CF%84%CE%B7%CF%82%20%CE%9F%CE%B4%CE%B7%CE%B3%CE%AF%CE%B1%CF%82,%2F%CE%95%CE%9A\)%20%CE%B3%CE%B9%CE%B1%20%CF%84%CE%B1%20%CE%9D%CE%B5%CF%81%CE%AC](https://ypen.gov.gr/perivallon/ydatikoiporoi/plimmyres/#:~:text=%CE%9F%20%CE%B2%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82%20%CF%83%CF%84%CF%8C%CF%87%CE%BF%CF%82%20%CF%84%CE%B7%CF%82%20%CE%9F%CE%B4%CE%B7%CE%B3%CE%AF%CE%B1%CF%82,%2F%CE%95%CE%9A)%20%CE%B3%CE%B9%CE%B1%20%CF%84%CE%B1%20%CE%9D%CE%B5%CF%81%CE%AC). (Τελευταία επίσκεψη 23/1/2024)
- Alphanews.com(n.b), <https://www.alphanews.live/cyprus/tragiki-i-katastasi-sta-lympia-dilonei-o-koinotaris-ayrio-i-katagrafi-zimion> (Τελευταία επίσκεψη 23/1/2024)
- Reporter.com (n.b), <https://reporter.com.cy/article/2020/1/2/153632/binteo-plemmurisan-magazia-kai-spitia-ste-lemeso-upo-ton-kloio-kakokairias/> (Τελευταία επίσκεψη 23/1/2024)
- Καβάζη Ε. (2020, Φεβρουάριος 31), Χάος και καταστροφές από τις πλημμύρες στη Λεμεσό, <https://www.alphanews.live/cyprus/haos-kai-katastrofes-apo-tis-plimmyres-sti-lemeso-binteo> (Τελευταία επίσκεψη 31/1/2024)

- Κάσια Χ. (2020, Ιανουάριος 2), "Χείμαρροι" κεντρικές αρτηρίες της Λεμεσού προκαλούν σοβαρά προβλήματα (Τελευταία επίσκεψη 31/1/2024)