

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αξιολόγηση Επιπτώσεων Πλημμυρικών Επεισοδίων στην Ελλάδα



ΜΠΕΘΑΝΗΣ ΣΩΤΗΡΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΜΑΜΑΣΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΑΘΗΝΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2020

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Μαμάση Νικόλαο, Αναπληρωτή Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, που με καθοδήγησε και μού παρείχε απλόχερα τη βοήθειά του για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας. Η συνεργασία μας ήταν άριστη, με συνεχή επικοινωνία, και οι γνώσεις που μού πρόσφερε ήταν κομβικές, τόσο για την διπλωματική μου εργασία, όσο και για την μετέπειτα επαγγελματική μου σταδιοδρομία.

Επίσης, ευχαριστώ πολύ την κα Αρετή Μιζάρα για τις συμβουλές της σε θέματα συγγραφής και δομής της εργασίας, χωρίς τις οποίες ο χρόνος αποπεράτωσης θα ήταν πολύ μεγαλύτερος.

Ακόμα, χρωστάω ένα μεγάλο ευχαριστώ, πρωτίστως, στο φίλο μου και υποψήφιο διδάκτορα του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Ανδρέα Παπαδημητρίου, για την βοήθεια που μού πρόσφερε σε όποιον προβληματισμό συνάντησα, αλλά και όλους τους φίλους και συμφοιτητές μου που με συντρόφευσαν στα όμορφα αυτά φοιτητικά μου χρόνια. Χωρίς εκείνους, η καθημερινότητα θα ήταν λιγότερο διασκεδαστική.

Το μεγαλύτερο ευχαριστώ από όλα το οφείλω στην οικογένεια μου, τους γονείς μου, Γεώργιο και Αναστασία, καθώς και τον αδερφό μου, Δημήτρη. Με την ανιδιοτελή αγάπη τους με στήριξαν καθ' όλη τη διάρκεια της φοίτησής μου και τους χρωστάω ένα μεγάλο μέρος αυτού που είμαι και όσων έχω καταφέρει έως σήμερα.

ΜΠΕΘΑΝΗΣ ΣΩΤΗΡΙΟΣ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2020

Περίληψη

Οι φυσικές καταστροφές αποτελούσαν μεγάλο κίνδυνο για τον άνθρωπο, ήδη από την αρχαιότητα. Οι αρχαίοι πολιτισμοί προσπαθώντας να ερμηνεύσουν την προέλευσή τους, απέδιδαν την αιτία τους στους θεούς, ενώ συχνά τους έδιναν μορφή θείας τιμωρίας για τις αμαρτίες τους. Στη σημερινή εποχή, η επιστήμη είναι σε θέση να κατανοήσει τόσο τα αίτια αυτών των φαινομένων όσο και τους τρόπους με τους οποίους εκδηλώνονται. Παρ' όλα αυτά, οι φυσικές καταστροφές αποτελούν, ακόμη και σήμερα, σημαντική απειλή για τον ανθρώπινο πολιτισμό και είναι πολύ πιθανό πως κάτι τέτοιο δεν θα πάψει να ισχύει και για το μέλλον.

Μια εκ των πιο συχνών φυσικών καταστροφών είναι η πλημμύρα. Οι πλημμύρες εκδηλώνονται μετά από έντονα καιρικά φαινόμενα ή εξαιτίας μεταβολών στα υδάτινα σώματα του πλανήτη από φυσικές και μη διεργασίες. Στη σημερινή εποχή, οι έρευνες που αφορούν στις πλημμύρες αποσκοπούν στην προσπάθεια εντοπισμού των ευάλωτων περιοχών και στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων που επιφέρουν. Αναμφίβολα, η μεγαλύτερη επίπτωση των πλημμυρών είναι η πρόκληση ανθρώπινων απωλειών. Παρά την τεχνολογική πρόοδο, παρατηρούνται, ακόμη και σήμερα, πλημμυρικά επεισόδια με μεγάλο, συχνά, αριθμό θυμάτων.

Στην παρούσα εργασία, παρατίθενται σημαντικά παραδείγματα πλημμυρών από όλο τον κόσμο, με καταστροφικές συνέπειες τόσο για το περιβάλλον, όσο και για τον άνθρωπο. Ωστόσο, στο επίκεντρο της εργασίας βρίσκεται η προσπάθεια καταγραφής και ανάλυσης των πλημμυρών που έλαβαν χώρα στην Ελλάδα, κατά την περίοδο 2000-2019, καθώς και των θανάτων που προξένησαν. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε χωρική και χρονική κατανομή των επεισοδίων, τα οποία κατηγοριοποιήθηκαν με βάση το μέγεθος της καταστροφής. Στη συνέχεια, έγινε αναζήτηση των χαρακτηριστικών των θυμάτων, με σκοπό την εξεύρεση των πιο συχνών αιτιών απώλειας ζωής, κατά τη διάρκεια των επεισοδίων. Ακόμη, εξετάστηκε το ενδεχόμενο ορισμένες κοινωνικές ομάδες ή φύλα να είναι περισσότερο ευάλωτα στις επιπτώσεις των πλημμυρών, δημιουργώντας, έτσι, συγκεκριμένη τάση ή μοτίβο. Διερευνήθηκε, επίσης, η συσχέτιση μεταξύ του αριθμού των θυμάτων της εκάστοτε πλημμύρας και των αντίστοιχων βροχομετρικών παρατηρήσεων, με την βοήθεια της θεωρίας των όμβριων καμπυλών. Έτσι, μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με την σπανιότητα των βροχοπτώσεων και σχετικά με το αν ένα σπάνιο φαινόμενο προκαλεί περισσότερα θύματα ή όχι. Τέλος, να επισημανθεί ότι, για τα επεισόδια με τον μεγαλύτερο αριθμό θυμάτων, εξετάστηκαν τα ύψη βροχής των γειτονικών σταθμών, προκειμένου να διαπιστωθεί η ύπαρξη συσχετισμού μεταξύ των περιοχών με την υψηλότερη βροχόπτωση και αυτών στις οποίες παρατηρήθηκαν οι ανθρώπινες απώλειες.

Abstract

Natural disasters have been a major threat for mankind since ancient times. Ancient civilisations tried to attribute their cause to the gods and disasters were often considered as divine punishment for people's sins. Nowadays, science is capable of understanding both the real causes of these phenomena and the ways in which they occur. However, natural disasters still constitute a great threat for human societies and it is highly possible that this will not stop in the future.

One of the most frequent natural disasters is flood. Floods can happen due to extreme weather or after changes in water masses of the planet that happen naturally or artificially. In modern times, flood research is focused on spotting the vulnerable areas as well as tackling the consequences of flooding. Undoubtedly, the most severe consequence of floods is the loss of human life. Despite the technological progress that has been made, many incidents still occur with, often, a great number of casualties.

In this project, several examples of flood cases from all around the world are listed, which had destructive impact both on the environment and human societies. However, the main focus of this project is to keep record and analyse flood events that happened in Greece from 2000 to 2019, as well as the deaths that they caused. More specifically, spatial and time distribution of the flood events were conducted, which were then categorised according to the extent of the catastrophe. After that, the characteristics of the victims were searched in order to discover the most frequent causes of death during the flood. In addition, this paper investigated the possibility that some social groups, which were grouped according to their age or gender, are more vulnerable to floods creating a trend or a pattern. The relevance between the number of the fatalities and the intensity of rain was, also, investigated with the help of a statistical method called "ombriant curves". In this way, conclusions can be drawn for the hypothesis that rare events in terms of rainfall height can cause more deaths than not rare ones. Lastly, when it comes to events with the greatest number of victims, data from neighbouring "weather stations" were searched in order to discover whether extreme rainfall and deaths occur in the same area.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	i
Περίληψη.....	ii
Abstract.....	iii
1.Εισαγωγή.....	1
1.1 Αντικείμενο και σκοπός της διπλωματικής εργασίας.....	1
1.2 Διάρθρωση της εργασίας.....	1
2. Ανασκόπηση βασικών εννοιών.....	3
2.1 Η έννοια της πλημμύρας.....	3
2.2 Διακινδύνευση πλημμύρας.....	3
2.3 Συνήθεις τύποι πλημμυρών.....	4
2.3.1 Πλημμύρες προερχόμενες από αστοχία φράγματος ή επιχωμάτων.....	5
2.3.2 Παράκτιες πλημμύρες.....	7
2.3.3 Στιγμαϊές πλημμύρες.....	10
3. Ιστορικά στοιχεία πλημμυρών και θύματα.....	14
3.1 Πλημμύρες σε Παγκόσμιο και Ευρωπαϊκό επίπεδο.....	14
3.2 Πλημμύρες στην Ελλάδα.....	25
4. Εργαλεία και Μεθοδολογία.....	31
4.1 Νομικό πλαίσιο και Οργάνωση.....	31
4.2 Η θεωρία των όμβριων καμπυλών.....	33
4.3 Μεθοδολογία.....	35
5. Διερεύνηση επίδρασης της κλιματικής αλλαγής στην εμφάνιση πλημμυρών.....	40
6. Διερεύνηση επεισοδίων: αίτια και αποτελέσματα.....	44
6.1 Τοποθέτηση του προβλήματος.....	44
6.2 Χωρική ανάλυση και κατανομή.....	47
6.3 Εποχικότητα θανατηφόρων πλημμυρών.....	49
6.4 Αιτίες θανάτου και χαρακτηριστικά των θυμάτων.....	55
6.5 Σπανιότητα πλημμυρικών επεισοδίων με θύματα.....	59
6.6 Διερεύνηση γειτονικών σταθμών για μεμονωμένα επεισόδια.....	61
7. Γενικά συμπεράσματα και προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	66
7.1 Συμπεράσματα από την διερεύνηση των επεισοδίων.....	66
7.2 Προτάσεις για καλύτερη διαχείριση του προβλήματος.....	68
7.3 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	68
Βιβλιογραφία.....	70
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	72

1. Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο και σκοπός της διπλωματικής εργασίας

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί η διερεύνηση πλημμυρικών επεισοδίων, που έχουν ως αιτία τις έντονες βροχοπτώσεις, και των ανθρώπινων απωλειών που έχουν επιφέρει. Η χρονική διάρκεια που εξετάζεται αφορά στην περίοδο από την αρχή του 21ου αιώνα, περίπου, έως και σήμερα (2000-2019). Γίνεται μια προσπάθεια καταγραφής των παραμέτρων των βροχοπτώσεων και των θυμάτων των πλημμυρών, καθώς και συσχέτισης αυτών με τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη ζωή, μέσω απλών εργαλείων υπολογισμού, για τα οποία γίνεται αναφορά στα επόμενα κεφάλαια.

Σκοπός της έρευνας είναι η εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων σχετικών με τις ανθρώπινες απώλειες και τη σύνδεσή τους με την εποχικότητα, το προφίλ των θυμάτων και τη σπανιότητα των επεισοδίων. Για το τελευταίο αυτό, απαιτήθηκε η χρήση της παραμέτρου που ονομάζεται *Περίοδος Επαναφοράς*. Ως *Περίοδος Επαναφοράς* ορίζεται η χρονική περίοδος εντός της οποίας η τιμή της έντασης ενός μεγέθους (π.χ. σεισμός, ύψος βροχής, παροχετευτικότητα) αναμένεται, στατιστικά, να ξεπεράσει αυτήν του σχεδιασμού μία φορά, κατά μέσο όρο. Μέσω της διερεύνησης των επιπτώσεων των πλημμυρών στην ανθρώπινη ζωή και υγεία, μπορούμε να συμπεράνουμε το μέγεθος της ζημίας που προκαλούν, το βαθμό ετοιμότητας της χώρας και τα απαραίτητα μέτρα που πρέπει να ληφθούν.

1.2 Διάρθρωση της εργασίας

Στο πρώτο κεφάλαιο, γίνεται η εισαγωγή στο θέμα και τίθενται τα ερωτήματα της έρευνας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, εισάγονται οι βασικές έννοιες που αφορούν στο φαινόμενο της πλημμύρας, οι τύποι πλημμυρών που συναντώνται και το μέγεθος των καταστροφών που επιφέρουν.

Στο τρίτο κεφάλαιο, διεξάγεται μια ιστορική αναδρομή με παραδείγματα επεισοδίων που έλαβαν χώρα σε παγκόσμιο, ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο. Επίσης, αναφέρονται ορισμένα στοιχεία και συμπεράσματα που αφορούν στις πλημμύρες από άλλες έρευνες.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, πραγματοποιείται συνοπτική αναφορά στο νομικό πλαίσιο, το σχετικό με τις πλημμύρες, και παρουσιάζονται το θεωρητικό υπόβαθρο για την εκτίμηση βασικών μεγεθών και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, διερευνάται η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην

επικινδυνότητα, αλλά και τη συχνότητα εμφάνισης πλημμυρών. Αυτό γίνεται με τη βοήθεια υφιστάμενων μελετών επί του θέματος από επίσημο οργανισμό.

Στο έκτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας με πίνακες και διαγράμματα.

Στο έβδομο κεφάλαιο, παρατίθενται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη διερεύνηση του θέματος και γίνονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα και εμβάθυνση στην αντιμετώπιση του ζητήματος.

2. Ανασκόπηση βασικών εννοιών

2.1. Η έννοια της πλημμύρας

Πλημμύρα ονομάζεται η προσωρινή κάλυψη από νερό μιας επιφάνειας της γης ή μιας λεκάνης, που, υπό φυσιολογικές συνθήκες, είναι ξηρή. Οι πλημμύρες μπορεί να προκύψουν από κατακρημνίσεις ύδατος, ο όγκος του οποίου συσσωρεύεται σε έδαφος με χαμηλή, συνήθως, κλίση ή από τον όγκο νερού μέσα σε ένα σώμα του ύδατος, όπως ένα ποτάμι ή μια λίμνη, που υπερχειλίζει ή σπάει τα αναχώματα, με αποτέλεσμα το νερό να διαφύγει από τα συνήθη όριά του. Οι πλημμύρες μπορεί, επίσης, να εμφανιστούν στα ποτάμια, όταν η ροή υπερβαίνει τη χωρητικότητα του καναλιού του ποταμού, ιδίως σε πτυχώσεις ή μαιάνδρους.

Οι πλημμύρες, συχνά, προκαλούν ζημιές σε οικίες και επιχειρήσεις, εφόσον αυτά έχουν τοποθετηθεί κατά μήκος της κοίτης των ποταμών. Ενώ οι ζημιές από τις πλημμύρες μπορεί να έχουν περιοριστεί με την προσπάθεια απομάκρυνσης του ανθρώπινου παράγοντα από τόπους ευάλωτους σε πλημμύρες, όπως τους ποταμούς και άλλους φορείς του νερού, ωστόσο, ανέκαθεν, οι άνθρωποι ζούσαν και εργάζονταν κοντά στο νερό, για να αναζητήσουν τροφή και για να αξιοποιήσουν τα οφέλη της φθηνής και εύκολης μετακίνησης, αλλά και αυτά του εμπορίου. Η αξία και τα οφέλη της κατοίκησης κοντά σε υδάτινα σώματα παραμένουν διαχρονικά, παρά τους κινδύνους.

2.2. Διακινδύνευση πλημμύρας

Όσον αφορά στις συνέπειες των πλημμυρών στον ανθρώπινο πολιτισμό, η διακινδύνευση αποτελεί ένα ζήτημα υψίστης σημασίας, καθώς η αξία, για τον άνθρωπο, των περιοχών γειτονικά ενός ποταμού έρχεται σε αντίθεση με την χρησιμότητά τους ως τμημάτων των φυσικών διεργασιών (π.χ. απόθεση φερτών υλικών). Η ύπαρξη οικονομικών και άλλου είδους απωλειών (θάνατοι κ.α.) εκλαμβάνεται, με αυτόν τον τρόπο, ως αρνητική εξέλιξη, μόνο στο πλαίσιο του ανθρώπινου πολιτισμού και δεν αποτελεί κάποιο σημαντικό γεγονός για τις διεργασίες της ίδιας της φύσης. Στη φύση, οι πλημμύρες δεν έχουν θετικό ή αρνητικό πρόσημο. Αντίθετα, αποτελούν μια ακόμη φυσιολογική εξέλιξη εντός του υδρολογικού κύκλου.

Η συχνότερη αιτία δημιουργίας πλημμυρών είναι η παρατεταμένη ή έντονη βροχόπτωση. Ένα ποσοστό της βροχόπτωσης που δέχεται μια λεκάνη απορροφάται από το έδαφος ανυψώνοντας τον υδροφόρο ορίζοντα, ενώ το υπόλοιπο διοχετεύεται σε ρέματα και ποτάμια και χαρακτηρίζεται ως *απορροή*. Το ποσοστό της βροχόπτωσης που εμφανίζεται με τη μορφή της απότομης *απορροής* δεν είναι πάντα το ίδιο, αλλά διαφέρει ανάλογα με την μορφολογία του εδάφους και τον κορεσμό των επιφανειακών εδαφών. Συνήθως, το ποσοστό που

αφορά στην *απορροή* σε μια καταγίδα κυμαίνεται μεταξύ 20% και 45% της βροχόπτωσης αλλά, σε ειδικές περιπτώσεις, μπορεί να φτάσει και το 70% ή παραπάνω. Έτσι, η ροή, μετά την ύπαρξη βροχόπτωσης συγκεκριμένης έντασης, διαφέρει ανάλογα με το πρόσφατο ιστορικό κάθε περιοχής και είναι πιθανόν να μην υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της συχνότητας της βροχής και της συχνότητας της πλημμύρας.

Οι πλημμύρες χρειάζονται χρόνο, για να διέλθουν από ένα ποτάμιο σύστημα, με το νερό να αυξάνεται ραγδαία στην λεκάνη απορροής, αλλά πιο αργά στην κατάντη περιοχή. Οι ταχύτητες, με τις οποίες το νερό κινείται εντός του ποταμού, εξαρτώνται από την κατά μήκος κλίση του. Τυπικά, όσο μικρότερη είναι η κλίση, τόσο μικρότερη είναι και η ταχύτητα του νερού. Για τα κατάντη τμήματα μιας μεγάλης λεκάνης απορροής ποταμού, η άφιξη της “αιχμής” της πλημμύρας μπορεί να προκύψει αρκετές ημέρες μετά τη βροχόπτωση που την προκάλεσε. Η διαχείριση των ποταμών, η μηχανική και οι αντιπλημμυρικές εργασίες μπορούν να επηρεάσουν τόσο τη μεταφορική ικανότητα όσο και την ικανότητα αποθήκευσης των αποδεκτών των πλημμυρών.

2.3 Συνήθεις τύποι πλημμυρών

Προκειμένου να γίνει περισσότερο κατανοητή η πολυπλοκότητα της διαχείρισης των πλημμυρών, απαιτείται η αναφορά των αιτιών και των ιδιοτήτων των διαφορετικών ειδών τους. Οι πλημμύρες μπορούν να περιγραφούν μέσω των διαφόρων αιτιών, της ταχύτητας εκδήλωσης και της πιθανής έκτασης των απωλειών. Έτσι, οι πλημμύρες διαχωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες, που αφορούν στην αιτία (Sene, 2013):

- στιγμιαίες πλημμύρες (flash floods), οι οποίες εκδηλώνονται σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, και πεδινές πλημμύρες, που έχουν πιο αργή και προβλέψιμη εξέλιξη
- πλημμύρες λόγω της κατακρήμνισης, σε περίπτωση βροχοπτώσεων ή τήξεως χιονιού
- πλημμύρες εξαιτίας αστοχίας αντιπλημμυρικών έργων και φραγμάτων
- πλημμύρες προερχόμενες από τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα
- πλημμύρες από την ανεπαρκή αποστράγγιση των επιφανειακών υδάτων σε αστικές περιοχές και από μικρές υδάτινες πηγές, χερσαίες εκσκαφές κ.α.
- παράκτιες πλημμύρες και πλημμύρες στις εκβολές των ποταμών, οι οποίες προέρχονται από καταγίδες που προκαλούνται στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Στη συνέχεια, θα αναλυθούν οι συχνότερες και πιο καταστροφικές από τις παραπάνω κατηγορίες και, συγκεκριμένα, οι πλημμύρες που προέρχονται από την αστοχία φραγμάτων, οι παράκτιες πλημμύρες και οι στιγμιαίες πλημμύρες.

2.3.1. Πλημμύρες προερχόμενες από αστοχία φράγματος ή επιχωμάτων

Οι πλημμύρες που προέρχονται από την καταστροφή φραγμάτων έχουν πολύ μικρή πιθανότητα εμφάνισης, όμως οι επιπτώσεις τους στην υποδομή και στις ανθρώπινες ζωές είναι τεράστιες. Ο Goubet (1979) εκτίμησε ότι περίπου 1.5 φράγμα αστοχεί ολοκληρωτικά κάθε χρόνο από τα 15000 μεγάλα φράγματα στον κόσμο. Η διερεύνηση αυτών των γεγονότων με μικρή πιθανότητα εμφάνισης αλλά πολύ σοβαρές συνέπειες, συνίσταται στην αποτίμηση τόσο αυτών των πιθανοτήτων, όσο και των επακόλουθων συνεπειών. Σημαντική έρευνα έχει πραγματοποιηθεί στον πρώτο τομέα (Rowe, 1975/Waller and Covello, 1984), αλλά μικρότερη μνεία έχει γίνει για τις συνέπειες των φαινομένων αυτών (Douglas et al., 1986).

Η αστοχία ενός φράγματος συνδέεται με την έκλυση ενός δυνητικά πολύ μεγάλου όγκου νερού σε ένα μικρό χρονικό διάστημα (Paquier, 2005). Η επιλογή της θέσης κατασκευής ενός φράγματος αποτελεί συνάρτηση πολλών παραγόντων, όπως της γεωλογίας της περιοχής και του υδρολογικού καθεστώτος (μέγεθος της λεκάνης απορροής και ετήσιο ύψος βροχής). Σε πολλά μεγάλα φράγματα, ο ταμιευτήρας γεμίζει ανάντη από μια παρακείμενη λεκάνη απορροής. Έτσι, σε αντίθεση με τους άλλους τύπους πλημμυρών, η πλημμύρα που προέρχεται από τη καταστροφή ενός φράγματος (dam break) δε συνδέεται με τη μορφολογία της περιοχής που εκδηλώνεται. Επιπρόσθετα, η παροχή αιχμής μιας τέτοιας πλημμύρας ενδέχεται να είναι πολύ υψηλότερη από αυτή των πιο ακραίων στιγμιαίων πλημμυρών, ενώ το σχήμα του υδρογραφήματος μπορεί να διαφέρει αρκετά, σε αυτήν την περίπτωση. Έτσι, οι πλημμύρες αυτές χαρακτηρίζονται από διόδευση πλημμυρικών κυμάτων και έντονη μεταφορά φερτών, που τις καθιστούν ιδιαίτερα επικίνδυνες για την ανθρώπινη περιουσία και ζωή (Εικόνα 2.1).



Εικόνα 2.1 Πλημμύρα στα κατάντη από την αστοχία του γεωφράγματος Teton στην Πολιτεία των ΗΠΑ Idaho (Πηγή: <https://www.youtube.com/watch?v=KrBnEMM80oE>)

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται κάποιες χαρακτηριστικές πλημμύρες στην Αμερική από θραύση φραγμάτων, κατά την περίοδο 1870-1986, που προκάλεσαν τις σημαντικότερες απώλειες ανθρώπινων ζώων:

- 16 Μαΐου 1874, Ποταμός Mill, MA, 143 θάνατοι
- 31 Μαΐου 1889, Johnstown, PA, 2209 θάνατοι
- 22 Φεβρουαρίου 1890, Walnut Grove, AZ, 150 θάνατοι
- 30 Σεπτεμβρίου 1911, Austin, PA 80 θάνατοι
- 27 Ιανουαρίου 1916, Lower Otay, CA 30 θάνατοι
- 12 Μαρτίου 1928, St. Francis, CA, 450 θάνατοι
- 14 Δεκεμβρίου 1963, Baldwin Hills, CA, 5 θάνατοι
- 26 Φεβρουαρίου 1972, Buffalo Creek, W, 125 θάνατοι
- 9 Ιουνίου 1972, Rapid City, SD, 237 θάνατοι
- 22 Φεβρουαρίου 1976, Bearwallow, NC, 5 θάνατοι
- 5 Ιουνίου 1976, Teton, ID, 14 θάνατοι
- 6 Νοεμβρίου, 1977, Toccoa Falls, GA, 39 θάνατοι

Αθροιστικά, οι παραπάνω πλημμύρες οδήγησαν στην απώλεια 3500, περίπου, ανθρώπινων ζωών. Ωστόσο, είναι δύσκολο να καθοριστεί κάποιο επαναλαμβανόμενο μοτίβο και οι περισσότεροι θάνατοι φαίνεται να συνδέονται με το πόσο πυκνοκατοικημένες είναι οι κατάντη πόλεις, το μέγεθος του φράγματος, καθώς και το ποσοστό πλήρωσης του ταμιευτήρα. Λαμβάνοντας υπ' όψη τη σπανιότητα εμφάνισης των πλημμυρών από θραύση φράγματος, μια στατιστική ανάλυση των επιπτώσεων αυτών των πλημμυρών στην ανθρώπινη ζωή φαντάζει εξαιρετικά περίπλοκη.

2.3.2. Παράκτιες πλημμύρες

Οι παράκτιες πλημμύρες συνδέονται, κυρίως, με την ανύψωση της στάθμης της θάλασσας, στην παράκτια ζώνη, και με τη γένεση υψηλών κυματισμών. Για την κατάκλυση των παράκτιων περιοχών, περισσότερο σημαντική είναι η ανύψωση της στάθμης της θάλασσας, που οφείλεται στη ντετερμινιστική αστρονομική παλίρροια, αλλά και φαινόμενα, όπως η ανύψωση της στάθμης, λόγω ανέμου (wind setup), και η ανύψωση, λόγω καταιγίδας (storm surge), τα οποία είναι πολύ πιο δύσκολο να προβλεφθούν. Οι εντονότερες εκφάνσεις παράκτιων πλημμυρών εκδηλώνονται σε περιοχές με ακραία καιρικά φαινόμενα, όπου οι μετεωρολογικές συνθήκες ευνοούν την ανάπτυξη τυφώνων και η παράκτια ζώνη είναι πυκνοκατοικημένη. Στη συνέχεια, γίνεται μια σύντομη αναφορά στην ανύψωση της στάθμης της θάλασσας, που προκαλείται, κατά τη δημιουργία μιας καταιγίδας στο θαλάσσιο περιβάλλον.

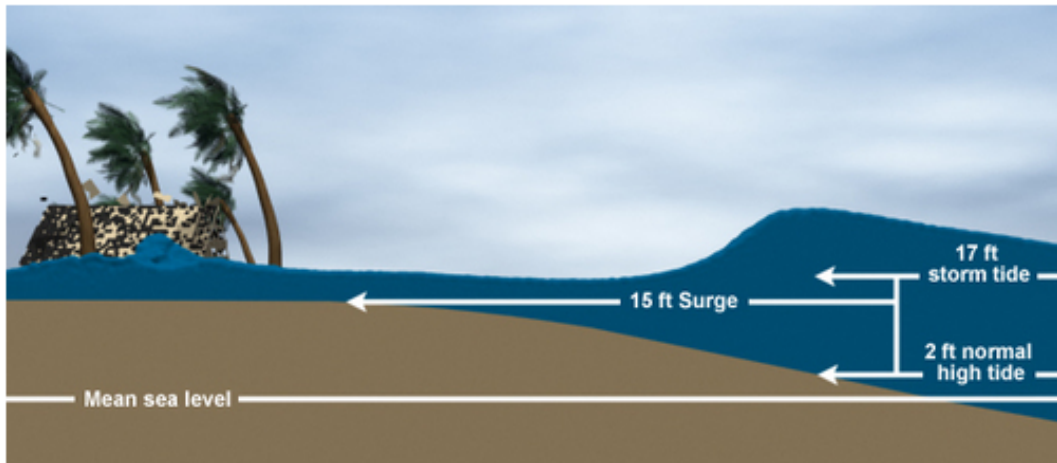
- Ανύψωση στάθμης λόγω δράσης του ανέμου (wind setup)

Οι τροπικές καταιγίδες, πέραν των κυματισμών, προκαλούν και ανύψωση της στάθμης της θάλασσας στην ακτή, λόγω της ισχυρής διατμητικής τάσης του ανέμου στο οριακό στρώμα με τη θαλάσσια επιφάνεια. Αυτή η διατμητική τάση είναι ανάλογη της ταχύτητας του ανέμου, η οποία, σε περιπτώσεις τυφώνων, μπορεί να φτάσει τα 70 m/s για ένα τυφώνα κατηγορίας 5. Ενδεικτικά, μια ριπή ανέμου έντασης 8 Beaufort αντιστοιχεί σε μια ταχύτητα 19 m/s, περίπου. Αυτή η διαφορά στο μέγεθος της έντασης της ταχύτητας του ανέμου συνεπάγεται, για την πρώτη περίπτωση, μια ανύψωση της στάθμης της θάλασσας, στην ακτογραμμή περί των 2 m, ενώ, αντίστοιχα, στη δεύτερη, μερικά εκατοστά.

- Ανύψωση στάθμης λόγω καταιγίδας (Storm Surge)

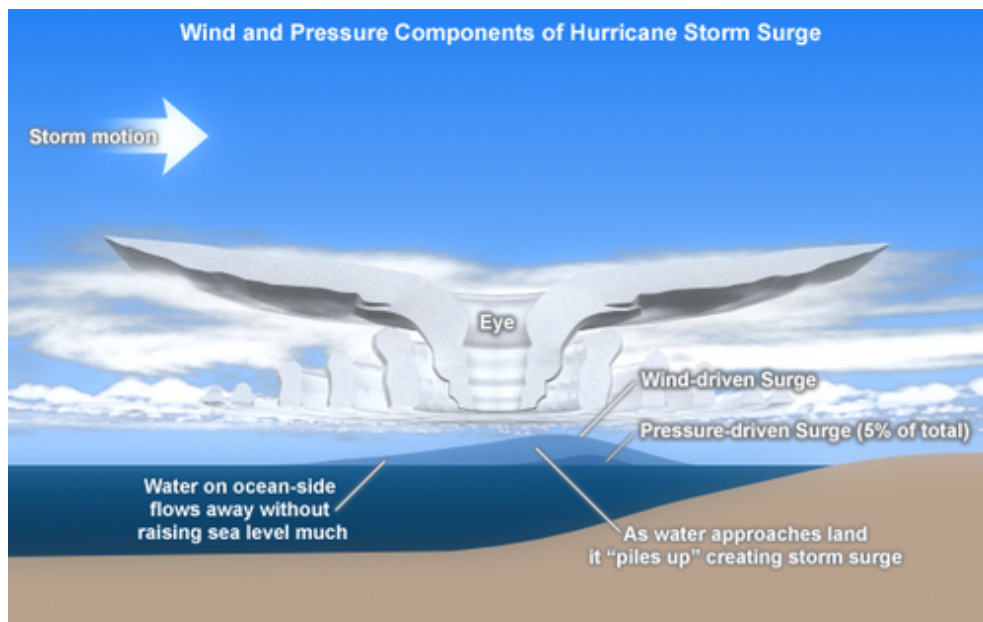
Η ανύψωση στάθμης λόγω τροπικών καταιγίδων ή τυφώνων είναι, ίσως, ο μεγαλύτερος κίνδυνος για την ανθρώπινη ζωή και τη χερσαία υποδομή στην παράκτια ζώνη. Πρόκειται για τη μη κανονική άνοδο της στάθμης της θάλασσας, πέρα από την άνοδο που προκαλείται λόγω αστρονομικής παλίρροιας. Το άθροισμα των δύο αυτών ανυψώσεων στάθμης αποκαλείται μετεωρολογική παλίρροια. Σε μερικές περιπτώσεις, η ανύψωση λόγω μετεωρολογικής παλίρροιας

μπορεί να ξεπεράσει τα 6 m. Στην Εικόνα 2.2, γίνεται μια σχηματική παρουσίαση των τριών αυτών φαινομένων ανύψωσης της στάθμης της θάλασσας.



Εικόνα 2.2 Συνδυασμός ανύψωσης στάθμης λόγω καταιγίδας και παλίρροιας στην παράκτια ζώνη (πηγή: <https://www.nhc.noaa.gov/surge/>)

Γενεσιουργό αιτία αυτού του φαινομένου αποτελεί η ώθηση νερού προς την ακτή από την κυκλοειδή κίνηση των ανέμων γύρω από την καταιγίδα. Επιπρόσθετη αιτία αύξησης της στάθμης αυτής είναι η διαφορά πίεσης στο οριακό στρώμα ατμόσφαιρας-θάλασσας κατά μήκος εξέλιξης μιας καταιγίδας, όμως αυτή η συνιστώσα είναι αρκετά μικρότερη (Εικόνα 2.3).



Εικόνα 2.3 Συνιστώσες της ανύψωσης της μέσης στάθμης της θάλασσας κατά τη διάρκεια ενός τυφώνα (πηγή: <https://www.nhc.noaa.gov/surge/>)

Η μέγιστη ανύψωση είναι πολύ δύσκολο να προβλεφθεί με ακρίβεια, είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη, ακόμα και στην ελάχιστη αλλαγή της έντασης του ανέμου, και εξαρτάται από ένα πλήθος παραγόντων, όπως η γωνία με την οποία ο τυφώνας προσεγγίζει την ακτή, η γεωμορφολογία και το σχήμα του κόλπου κ.α.

Από τα σημαντικότερα γεγονότα παράκτιων πλημμυρών ήταν η πλημμύρα της Βόρειας Θάλασσας της 1ης Φεβρουαρίου του 1953, που έπληξε τις ακτές της Ολλανδίας, του Βελγίου και του Ηνωμένου Βασιλείου. Υπολογίζεται ότι στην πλημμύρα που προκλήθηκε από αυτή την καταιγίδα, 2551 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους, ενώ το 9% της πεδινής ζώνης της Ολλανδίας πλημμύρισε. Η μέγιστη ανύψωση της στάθμης της θάλασσας στην ακτογραμμή υπολογίστηκε περί τα 5,6 m. Η παραπάνω καταιγίδα οδήγησε στην κατασκευή της αντιπλημμυρικής υποδομής της Ολλανδίας, με την κατασκευή παράκτιων τειχίων και φραγμάτων (Εικόνα 2.4).



Εικόνα 2.4 Delta Project - Ολλανδία

Ένα πιο πρόσφατο παράδειγμα, που καταδεικνύει πόσο επίκαιρο είναι το ζήτημα, είναι η πλημμύρα που προκλήθηκε από τον τυφώνα “Κατρίνα” στη Νέα Ορλεάνη των ΗΠΑ, κατά την τελευταία εβδομάδα του Αυγούστου του 2005. Υπολογίζεται ότι περίπου 1300 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους, λόγω της καταιγίδας και της συνακόλουθης πλημμύρας. Η μέγιστη ανύψωση της στάθμης, λόγω της καταιγίδας (storm surge), υπολογίστηκε περί τα 5.8 m.

Ο τυφώνας “Κατρίνα” θεωρείται μία από τις χειρότερες φυσικές καταστροφές στην ιστορία των ΗΠΑ, ενώ αίτιο για την κατάκλυση της πόλης της Νέας Ορλεάνης ήταν οι αστοχίες των αντιπλημμυρικών αναχωμάτων (levees), που, σε

άλλα σημεία, είτε υπερπηδήθηκαν, είτε αστόχησαν προκαλώντας, σχεδόν, ολοκληρωτική κατάκλυση της πόλης της Νέας Ορλεάνης (Εικόνα 2.5).



Εικόνα 2.5 Προοπτική άποψη της πλημμύρας που κατέκλυσε τη Νέα Ορλεάνη, μετά το πέρασμα του τυφώνα Κατρίνα (πηγή: <https://www.nationalgeographic.com/environment/natural-disasters/reference/hurricane-katrina/>)

Η δημιουργία των τροπικών καταιγίδων στην ανοιχτή θάλασσα, καθώς και η ανάπτυξη αριθμητικών μοντέλων υδροδυναμικής κυκλοφορίας, που μπορούν, με αρκετή ακρίβεια, να προβλέπουν την πορεία και ανύψωση στάθμης των τυφώνων, μπορούν να συμβάλουν στην ανάπτυξη ενός συστήματος προειδοποίησης, το οποίο θα αποτρέπει τέτοιες καταστροφικές συνέπειες, τουλάχιστον σε επίπεδο απώλειας ανθρώπινων ζώων.

2.3.3. Στιγμιαίες πλημμύρες

Οι στιγμιαίες πλημμύρες (flash floods) είναι ισχυρές και ταχείες πλημμυρικές ροές από κατακρημνίσεις, που επέρχονται σε διάστημα μερικών λεπτών έως και ωρών, μετά την βροχόπτωση (Grutfest & Huber, 1991). Η ένταση μιας στιγμιαίας πλημμύρας εξαρτάται, κυρίως, από τα χαρακτηριστικά της βροχόπτωσης (χρονική διάρκεια, ένταση, κατανομή του φαινομένου στο χρόνο) και τα χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής (γεωμορφολογία, κλίσεις πρανών, χρήσεις γης και φυτοκάλυψη) (Λεβέντης, 2018). Η ταχύτητα εκδήλωσης αυτού του πλημμυρικού φαινομένου, καθώς και το γεγονός ότι έχουν αποδειχθεί πιο καταστροφικές στις αστικές περιοχές, λόγω του πυκνής κατοίκησης και της μειωμένης αποστράγγισης, καθιστούν τη μελέτη των αιτιών δημιουργίας τους και των

συνεπειών τους στην κοινωνικο-οικονομική ζωή ιδιαίτερα σημαντική. Στην εικόνα που ακολουθεί (Εικόνα 2.6), φαίνονται τα φερτά από την πλημμύρα στην Μάνδρα το 2017.



Εικόνα 2.6 Πλημμύρα και συνεπαγόμενη ροή κορημάτων από το πλημμυρικό επεισόδιο στη Μάνδρα το 2017 (πηγή: <https://edition.cnn.com/>)

Οι Montz & Grunfest (2002) έχουν αποδώσει στις στιγμιαίες πλημμύρες τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Εκδηλώνονται ξαφνικά, με μικρό διαθέσιμο χρόνο προειδοποίησης
- Έχουν, γενικώς, μεγάλη ταχύτητα διόδευσης και εκδηλώνονται βίαια, αποτελώντας σημαντικό κίνδυνο για την ανθρώπινη ζωή και την υποδομή
- Έχουν σχετικά μικρή κλίμακα σε σχέση με το μέγεθος της περιοχής που επηρεάζουν
- Έχουν συχνά επακόλουθα, όπως ποτάμιες πλημμύρες, ροές ιζημάτων και κορημάτων, κατολισθήσεις κ.α.
- Είναι σχετικά σπάνιες (Grunfest and Handmer, 2001)

Οι στιγμιαίες πλημμύρες μπορούν, με τη σειρά τους, να διακριθούν στις ακόλουθες υποκατηγορίες (Sene, 2013), που παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.1:

Πίνακας 2.1 Υποκατηγορίες Στιγμιαίων Πλημμυρών και περιγραφή τους

Υποκατηγορία	Συνήθεις αιτίες	Περιγραφή
Πλημμύρα σε ποτάμι	Έντονη βροχόπτωση και/ή ταχύ λιώσιμο πάγων	Υψηλή στάθμη σε ποτάμια εξαιτίας έντονης βροχόπτωσης από τοπικά φαινόμενα, όπως καταιγίδες, ή ως μέρος μεγαλύτερου εύρους βροχοπτώσεων
Κομμάτια πάγου	Έντονη ροή ποταμού που οδηγεί σε θραύση παγωμένου όγκου	Το νερό υπερχειλίζει σε περιοχές, όπου κομμάτια πάγου εμποδίζουν την ροή του, όπως σε γέφυρες, μικρά κανάλια κ.α., οδηγώντας σε ξαφνική απελευθέρωση μεγάλου όγκου
Λασπορροές	Έντονη βροχόπτωση και/ή ταχύ λιώσιμο πάγων	Γρήγορη ροή λάσπης, μικρών πετρών και άλλων μάζων, που προκαλείται από έντονη βροχόπτωση ανάντη των περιοχών ενδιαφέροντος
Αστική πλημμύρα	Έντονη βροχόπτωση και/ή ταχύ λιώσιμο πάγων	Το σύστημα αποχέτευσης ομβρίων αδυνατεί να απομακρύνει τον όγκο νερού από έντονη βροχόπτωση
Αστοχία φράγματος	Υψηλές παροχές, δομικές αστοχίες, κατολισθήσεις και μεταφορά φερτών στη δεξαμενή του φράγματος	Υπερχειλίση ή αστοχία των τοιχομάτων φράγματος που οδηγεί σε ροές με μεγάλη ταχύτητα κατάντη του φράγματος
Αστοχία αναχωμάτων (levee breach)	Υψηλή στάθμη ποταμού ή δομικές αστοχίες	Υπερπήδηση αναχωμάτων ή αστοχία αντιπλημμυρικών έργων που οδηγεί σε στιγμιαία πλημμύρα περιοχών που είχαν θεωρηθεί προστατευμένες

Από τον Πίνακα 2.1 γίνεται εμφανές ότι στιγμιαίες πλημμύρες μπορούν να δημιουργηθούν και από αστοχία κατασκευών (όπως αντιπλημμυρικά έργα ή φράγματα) υπεκαλύπτοντας, πολλές φορές, τον τύπο πλημμυρών, που παρουσιάστηκε στην ενότητα 2.3.1.

Από τα παραπάνω, προκύπτει ότι οι στιγμιαίες πλημμύρες εκδηλώνονται ταχέως, έχουν σοβαρές επιπτώσεις στην ανθρώπινη ζωή και εξαρτώνται από τα υδρολογικά χαρακτηριστικά των περιοχών στις οποίες εκδηλώνονται. Η πλειοψηφία των πλημμυρών που διερευνώνται στην παρούσα εργασία είναι του ίδιου τύπου, καθώς, όταν αυτές εμφανίζονται (συνήθως σε αστικές περιοχές) και επειδή ο χρόνος αντίδρασης είναι πολύ περιορισμένος, η πιθανότητα ύπαρξης θυμάτων αυξάνεται. Για το σκοπό αυτό, στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, θα μελετηθεί το κατά πόσο η περίοδος επαναφοράς αυτών των πλημμυρικών

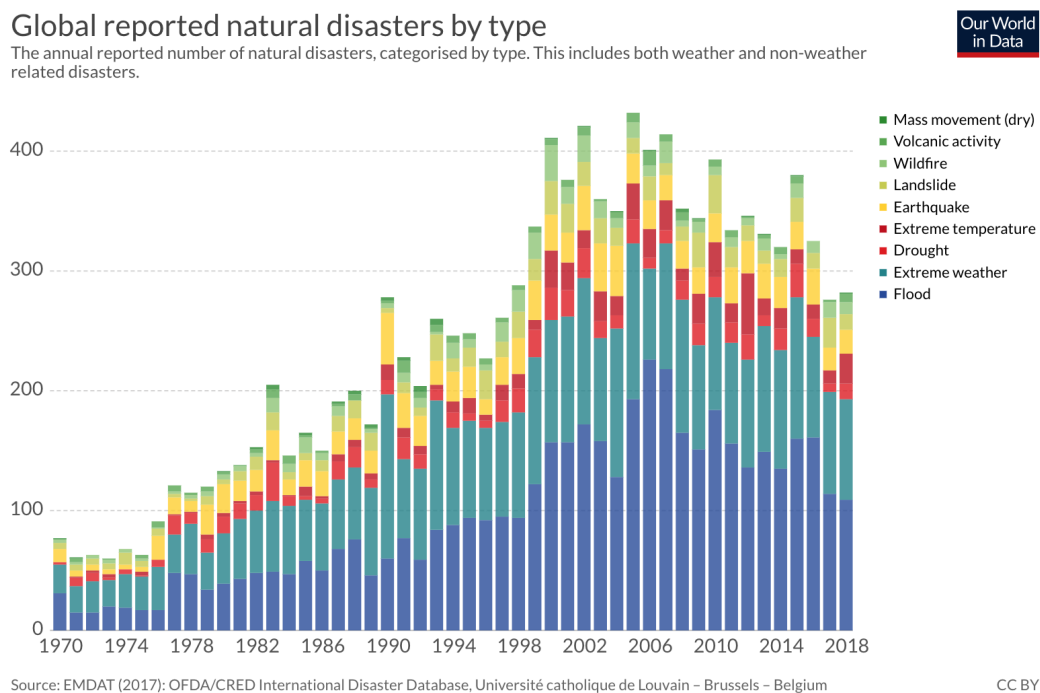
γεγονότων μπορεί να συσχετιστεί άμεσα με τις απώλειες των ανθρώπινων ζώων ή με το αν αυτές οι απώλειες αυτές οφείλονται σε ένα συνδυασμό πολλών επιμέρους παραμέτρων.

3. Ιστορικά στοιχεία πλημμυρών και θύματα

Στο παρόν κεφάλαιο θα πραγματοποιηθεί αναφορά στα σημαντικότερα γεγονότα του 20ου αιώνα, τόσο σε παγκόσμιο και ευρωπαϊκό αλλά και σε εθνικό επίπεδο, με την βοήθεια χρήσιμων στοιχείων και πινάκων. Με αυτόν τον τρόπο, γίνεται μια προσπάθεια καταγραφής του *status quo* σχετικά με τις πλημμύρες, έως και την αρχή της υπό εξέταση περιόδου.

3.1 Πλημμύρες σε Παγκόσμιο και Ευρωπαϊκό επίπεδο

Οι πλημμύρες αποτελούν μια φυσική καταστροφή που εμφανίζει μεγάλη συχνότητα με σημαντικότερες συνέπειες για τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Από το σύνολο των φυσικών καταστροφών, η πλημμύρα είναι εκείνη με την μεγαλύτερη “εκπροσώπηση”, κατά τις τελευταίες δεκαετίες, όπως είναι φανερό και από την Εικόνα 3.1.



Εικόνα 3.1 Ετήσιος αριθμός φυσικών καταστροφών ανά είδος στον κόσμο (Πηγή: <https://ourworldindata.org/grapher/natural-disasters-by-type>)

Το παραπάνω γράφημα αναπαριστά τις επίσημα καταγεγραμμένες φυσικές καταστροφές των τελευταίων δεκαετιών. Οι κατηγορίες *Πλημμύρες* (Flood) και *Έντονα καιρικά φαινόμενα* (Extreme weather) παρουσιάζουν αυξητική τάση μέχρι και τις αρχές του 21ου αιώνα ενώ, παράλληλα, είναι εκείνες με τη συχνότερη εμφάνιση σε σχέση με άλλες κατηγορίες όπως: *Σεισμοί* (Earthquakes), *Πυρκαγιές* (Wildfire), *Ηφαιστειακή δραστηριότητα* (Volcanic Activity).

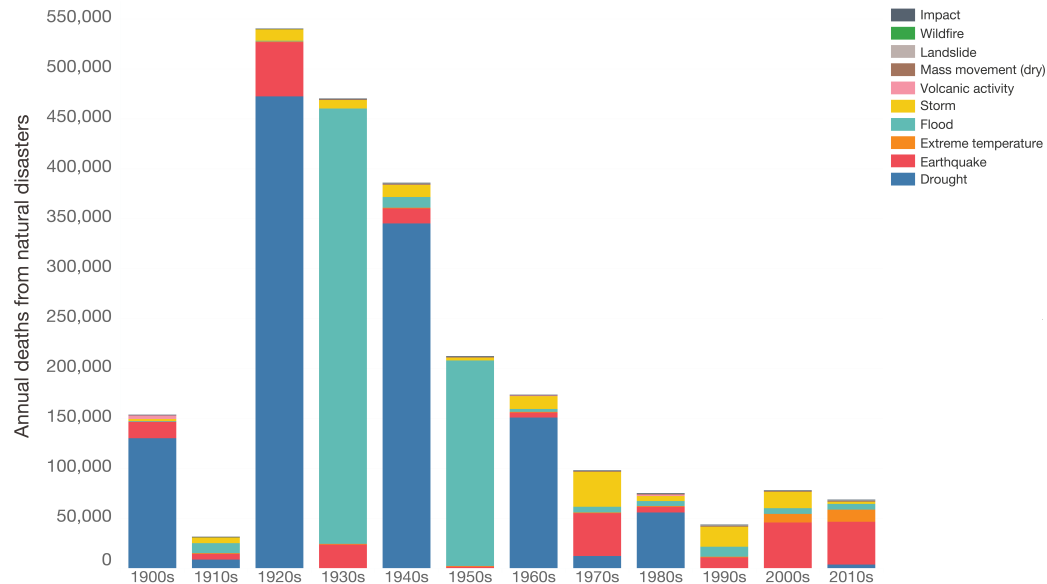
Όσον αφορά στις ανθρώπινες απώλειες που προκλήθηκαν ανά είδος φυσικής καταστροφής, οι πλημμύρες προκάλεσαν μεγάλο αριθμό θυμάτων κατά τις δεκαετίες 1930-40 και 1950-60 (Εικόνα 3.2).

Global annual deaths from natural disasters, by decade

Our World
in Data

Absolute number of global deaths from natural disasters, per year.

This is given as the annual average per decade (by decade 1900s to 2000s; and then six years from 2010-2015).



Source: EMDAT (2017): OFDA/CRED International Disaster Database, Université catholique de Louvain – Brussels – Belgium.

The data visualization is available at [OurWorldinData.org](https://ourworldindata.org). There you find research and more visualizations on this topic.

Licensed under CC-BY-SA by the authors Hannah Ritchie and Max Roser.

Εικόνα 3.2 Ανθρώπινες απώλειες ανά δεκαετία και ανά είδος φυσικής καταστροφής (Πηγή: <https://ourworldindata.org/grapher/natural-disasters-by-type>)

Αντίθετα, κατά τις τελευταίες δεκαετίες, ο απόλυτος αριθμός των θυμάτων παρουσιάζει σημαντική μείωση. Αυτό οφείλεται, πιθανώς, στην αρτιότερη προετοιμασία και αντιμετώπιση του φαινομένου, αλλά και στην επιστράτευση όλο και πιο σύγχρονων μεθόδων πρόβλεψης και προειδοποίησης. Εδώ, αξίζει να σημειωθεί πως, κατά την περίοδο που παρατηρείται ο μεγαλύτερος αριθμός θυμάτων, συνέβησαν κάποιες από τις πιο καταστροφικές πλημμύρες που έχουν καταγραφεί. Για παράδειγμα, το 1931 σημειώθηκε η μεγάλη πλημμύρα του Yangtze στην Κίνα, που εκτιμάται ότι στοίχισε την ζωή σε περίπου 3.7 εκατομμύρια ανθρώπων. Επίσης, τρεις από τις πέντε πιο καταστροφικές πλημμύρες συνέβησαν στην ίδια χώρα και αφορούν στην ίδια χρονική περίοδο.

Σύγχρονες έρευνες και αναλυτικές εκτιμήσεις εστιάζουν στον αυξημένο κίνδυνο εξαιτίας των πλημμυρών. Κάποια γνωστά παραδείγματα πλημμυρών περιλαμβάνουν την πλημμύρα “Johntown” στην Πενσυλβάνια των ΗΠΑ το 1889, καθώς και την “Big Thompson” στο Κολοράντο το 1976. Στην πολιτεία της Pennsylvania, η πλημμύρα προκλήθηκε από την αστοχία φράγματος, αμέσως μετά από μια παρατεταμένη βροχόπτωση, με αποτέλεσμα τον θάνατο περισσότερων από 2000 ανθρώπων. Στο Κολοράντο, υπήρξαν 140 θύματα, μετά

απο καταιγίδα που έλαβε μέρος σε φαράγγι.

Σε αρκετές χώρες, διατηρείται βάση δεδομένων, με στόχο την πρόβλεψη του κινδύνου των στιγμιαίων πλημμυρών. Για παράδειγμα, στις ΗΠΑ, μια έρευνα της περιόδου 1959-2005 (εξαιρουμένου του τυφώνα “Κατρίνα”) απεφάνθη ότι οι ανθρώπινες απώλειες που σχετίζονται με πλημμυρικά επεισόδια ανέρχονται σε 100 ανά έτος (Ashley και Ashley, 2008) ξεπερνώντας, σε αριθμό, αυτές των υπόλοιπων κατηγοριών. Περίπου 12% των επεισοδίων σχετίζονται με αστοχία φράγματος. Για όλες τις κατηγορίες πλημμυρών, το 63% των θανάτων σχετιζόταν με χρήση οχήματος.

Στην Κίνα, εκτιμάται ότι τα 2/3, περίπου, των θυμάτων από πλημμύρες σχετίζονται με τις εξής κατηγορίες πλημμυρών: στιγμιαίες πλημμύρες, κατολισθήσεις και λασποροές (Li, 2006). Συγχρόνως, στην Ευρώπη, κατά την περίοδο 1998-2008, εκτιμάται ότι σημειώθηκαν πάνω από 1000 θάνατοι σχετιζόμενοι με όλες τις κατηγορίες πλημμυρών, συμπεριλαμβανομένης και της κατηγορίας των “στιγμιαίων”. Ακόμη, στην Ευρώπη, η ανάλυση όλων των σημαντικών επεισοδίων της περιόδου 1950-2006 (Barredo, 2007) εκτιμά ότι το 40% των απωλειών προέρχεται από τις στιγμιαίες πλημμύρες.

Γενικότερα, μια ανάλυση σε παγκόσμιο επίπεδο για όλες τις φυσικές καταστροφές και για την περίοδο 1975-2002 (Jonkman, 2005) εκτιμά ότι το ποσοστό θνησιμότητας από στιγμιαίες πλημμύρες (3.6%) είναι κατά τι μεγαλύτερο από αυτό των άλλων κατηγοριών και είναι συγκρίσιμο με αυτό των σεισμών και των ανεμοθυελλών. Επίσης, σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό (World Meteorological Organisation, 2008), παραπάνω από 100 χώρες επηρεάστηκαν από πλημμύρες του ίδιου τύπου, οι οποίες καταλαμβάνουν, στατιστικά, την δεύτερη θέση στην κατηγορία της επικινδυνότητας καιρικών φαινομένων, μετά τις ανεμοθύελλες. Ωστόσο, το ερώτημα σχετικά με το αν η επικινδυνότητα των στιγμιαίων πλημμυρών αυξάνεται με το πέρασμα των χρόνων παραμένει αναπάντητο, τουλάχιστον από την πλευρά των υδρομετεωρολογικών συνθηκών. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε πολλές χώρες, ο ανθρωπογενής παράγοντας έχει συμβάλλει προς αυτήν την κατεύθυνση με ποικίλους τρόπους, όπως:

- 1) Αυξημένες οικιστικές χρήσεις σε ορεινές περιοχές
- 2) Καταπάτηση πεδινών εκτάσεων από υποδομές σε περιοχές χαμηλού υψομέτρου
- 3) Η ανάπτυξη των αστικών περιοχών, που επηρεάζει την διαδικασία της αποστράγγιξης

4) Αύξηση του αριθμού των ιδιόκτητων αυτοκινήτων και άλλων οχημάτων και παράλληλη επέκταση των οδικών δικτύων σε ορεινές περιοχές και παράκτιες ζώνες.

Στην Ευρώπη, η κατάσταση φαίνεται να είναι πιο ήπια. Οι κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν παρουσιάζουν μεγαλύτερη ομαλότητα σε σχέση με τον υπόλοιπο κόσμο. Σημαντικός παράγοντας είναι η απουσία περιοδικών φυσικών φαινομένων, όπως οι καλοκαιρινοί τυφώνες στην Αμερική ή οι *μουσώνες* στην Ασία, που οδηγούν, συχνά, σε πλημμυρικά επεισόδια με σημαντικές συνέπειες τόσο οικονομικές όσο και σε επίπεδο ανθρώπινων ζωών. Ωστόσο, οι στιγμιαίες πλημμύρες, που οφείλονται, κυρίως, στην έντονη κατακρήμνιση, αποτελούν σημαντικό κίνδυνο, με αρκετά παραδείγματα πραγματικών γεγονότων κατά τις τελευταίες δεκαετίες:

1) Στη Γαλλία, 42 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους το 1992, στο Vaison la Romaine, κατά τη διάρκεια “στιγμιαίας” πλημμύρας. Εκτεταμένες πλημμύρες προκάλεσαν αναστάτωση και απώλειες στις λεκάνες του Ρήνου και στους Μιούς (Rhine and Meuse), κατά τα έτη 1992, 1993, 1995.

2) Το 1997, σημαντικά πλημμυρικά επεισόδια σημειώθηκαν σε διάφορα μέρη της Ευρώπης, τόσο ως τοπικές πλημμύρες, όσο και ως πλημμύρες λεκανών, σε πρωτεύοντα ποτάμια συστήματα, προκαλώντας απώλειες ζωών και έντονη δυσφορία. Η αρχή έγινε στην Αθήνα, στα μέσα του Ιανουαρίου. Έπειτα, τον Ιούλιο, εξαιρετικά έντονη βροχόπτωση στην Τσεχία και την Πολωνία προκάλεσε καταστροφικές πλημμύρες στον ποταμό Όντερ (Oder) σκοτώνοντας πάνω από 100 ανθρώπους και εναποθέτοντας μεγάλες ποσότητες ρύπων σε μεγάλες εκτάσεις της επαρχίας. Το Νοέμβριο, πλημμύρες σημειώθηκαν ξανά, αυτή τη φορά στην Ισπανία και την Πορτογαλία, με πάνω από 20 ανθρώπους να χάνουν τη ζωή τους.

3) Τον Απρίλιο του 1998, μια στάσιμου τύπου βροχή προκάλεσε εκτεταμένες πλημμύρες στην κεντρική Αγγλία και την Ουαλία επηρεάζοντας χιλιάδες ανθρώπους, πολλοί εκ των οποίων δεν είχαν ειδοποιηθεί εγκαίρως. Ο χειμώνας της περιόδου 2000-2001 ήταν εκείνος με την υψηλότερη υγρασία (κατά τα τελευταία 250 χρόνια) στο Ηνωμένο Βασίλειο. Μια σειρά έντονων καιρικών φαινομένων επηρέασαν τη χώρα έχοντας ως αποτέλεσμα τις χειρότερες πλημμύρες στην ιστορία. Ωστόσο, τα γεγονότα του 1998 και η μελέτη τους είχαν σημαντική επίδραση στο σύστημα προειδοποίησης το οποίο, έκτοτε, βελτιώθηκε αισθητά.

4) Τον Αύγουστο του 2002, έντονη βροχόπτωση προκάλεσε πλημμύρες στην Τσεχία, την Αυστρία, τη Γερμανία και την Ουγγαρία, στους ποταμούς Βλτάνα, Έλμπε και Δούναβη (Vltava, Elbe and Danube), με ζημιές αρκετών

δισεκατομμυρίων ευρώ, με αναγκαστική απομάκρυνση περισσότερων από 50 000 ανθρώπων, με εκκενώσεις περιοχών και με 100 θανάτους. Στις αρχές του Σεπτεμβρίου, έντονη βροχόπτωση οδήγησε σε πλημμύρες στη Νότια Γαλλία, με περισσότερα από 20 ανθρώπινα θύματα (Knight and Shamseldin, 2006).

5) Το 2010, στην Πολωνία, πλημμύρες προκάλεσαν τον θάνατο 25, τουλάχιστον, ανθρώπων, με την καταστροφή να θεωρείται μια από τις μεγαλύτερες στην ιστορία της χώρας. Εκτιμάται ότι το ύψος βροχής που καταγράφηκε εντός εικοσιτεσσάρων ωρών αντιστοιχεί σε αυτό που, υπό φυσιολογικές συνθήκες, καταγράφεται σε δύο μήνες (Εικόνα 3.3).



Εικόνα 3.3 Καταστροφικές πλημμύρες στην Πολωνία, 2010 (Πηγή: http://www.chinadaily.com.cn/world/2010-05/21/content_9876218.htm)

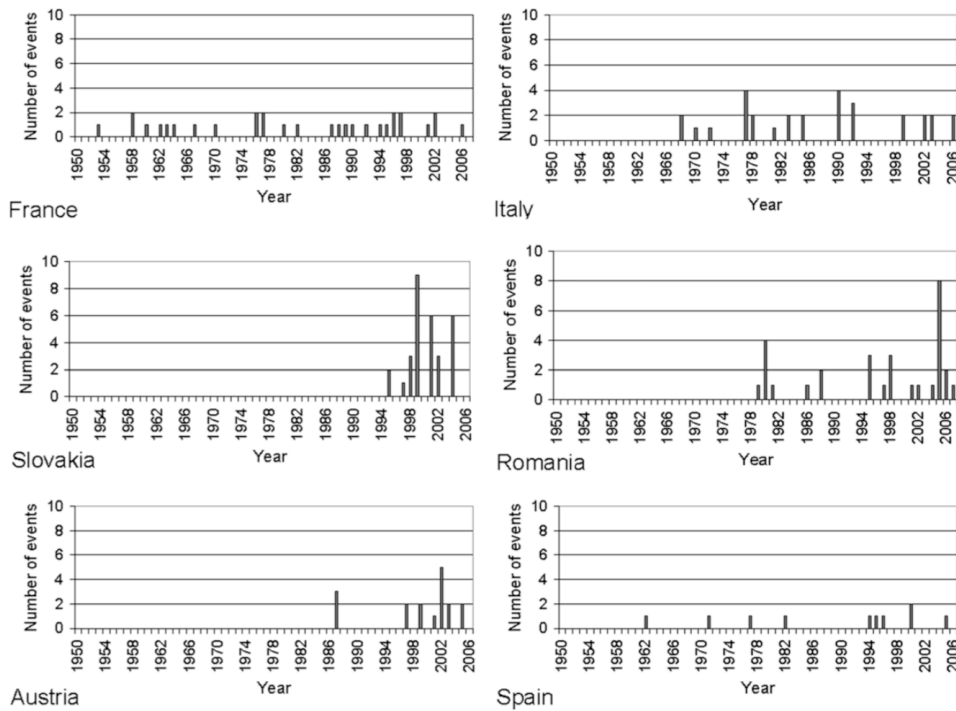
6) Το 2018, σημαντικές πλημμύρες σημειώθηκαν στην Ιταλία, τη Γαλλία και την Ισπανία. Συνολικά, υπήρξαν 36 θύματα στην Ιταλία, με τα 32 εξ' αυτών να προκύπτουν στα τέλη του Οκτωβρίου με επίκεντρο τη Σικελία (Εικόνα 3.4). Ο απόλογισμός για τις άλλες δύο χώρες ήταν 16 και 13 θύματα, αντίστοιχα.



Εικόνα 3.4 Πλημμύρες στη Σικελία, 2018 (Πηγή: <https://www.express.co.uk/news/world/1027244/Italy-floods-Sicily-Catania-Calabria-Puglia-Lamezia-Terne-maltempo-latest>)

Τα παραπάνω αποτελούν μεμονωμένα παραδείγματα. Ωστόσο, ποικίλες έρευνες εστιάζουν στην διερεύνηση των πλημμυρών, κυρίως στην ευάλωτη περιοχή της Μεσογείου.

Οι Gaume et al. (2009), μετά από έρευνα σε επτά περιοχές της Ευρώπης (Καταλονία, Γαλλία, Ιταλία, Σλοβακία, Ελλάδα, Ρουμανία, Αυστρία), συμπέραναν πως οι πιο έντονες στιγμιαίες πλημμύρες στη Μεσόγειο εμφανίζονται κατά το φθινόπωρο, ενώ στην Κεντρική Ευρώπη, κατά το καλοκαίρι. Έτσι, η διαφορά των κλιματικών συνθηκών μεταξύ περιοχών με διαφορετικά χαρακτηριστικά γίνεται εμφανής. Στον πίνακα και στην εικόνα που ακολουθούν (Πίνακας 3.1, Εικόνα 3.5) παρουσιάζονται ορισμένα χαρακτηριστικά για τις περιοχές μελέτης της έρευνας.



Εικόνα 3.5 Χρονική κατανομή των επεισοδίων (Gaume et al., 2009)

Πίνακας 3.1 Επεισόδια σε χώρες της Ευρώπης (Gaume et al., 2009)

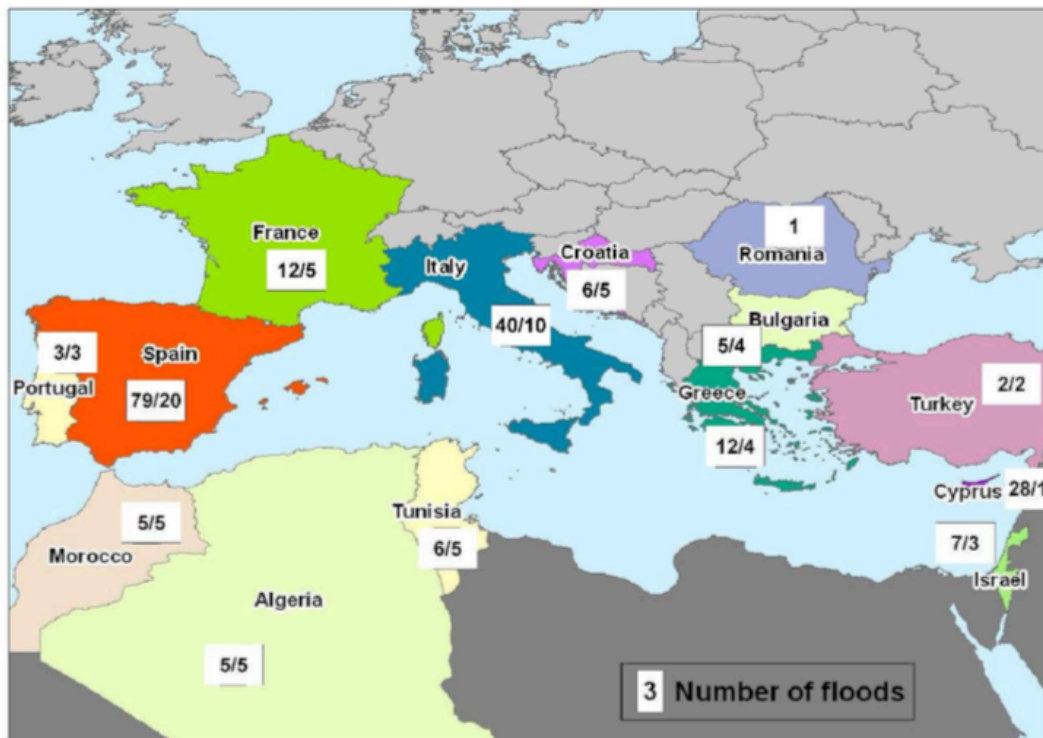
Περιοχή	Αριθμός επεισοδίων	Περίοδος
Καταλονία	10	1971-2005
Γαλλία	236	1953-2006
Ιταλία	73	1968-2006
Σλοβακία	52	1995-2004
Ελλάδα	21	1989-2006
Ρουμανία	152	1979-2007
Αυστρία	34	1987-2005

Η πλειοψηφία των επεισοδίων αφορά στη Γαλλία, με 236 επεισόδια να σημειώνονται σε διάστημα 53 ετών. Ωστόσο, η Γαλλία είναι από τις πρώτες χώρες που ανέπτυξαν σύστημα καταγραφής πλημμυρών, από το 1982, οπότε η πρώτη θέση που κατέχει μεταξύ των εξεταζόμενων χωρών δικαιολογείται, σε

μεγάλο βαθμό, από αυτόν τον παράγοντα.

Στην Εικόνα 3.5, που παρουσιάζει τη χρονική κατανομή των πλημμυρικών επεισοδίων ανά χώρα, η Σλοβακία και η Ιταλία εμφανίζουν αυξητική τάση, τα τελευταία χρόνια, λαμβάνοντας, ωστόσο, πάντα υπ' όψη την έλλειψη συστηματικής καταγραφής για σημαντικό χρονικό διάστημα.

Οι Llasat, Llasat-Botija et al. (2010), σε έρευνα για μεγαλύτερο αριθμό χωρών, κυρίως στην περιοχή της Μεσογείου, συμπεραίνουν μια σαφή διαφορά μεταξύ της Δυτικής και της Ανατολικής Μεσογείου, με την μεγαλύτερη συχνότητα να παρατηρείται στην πρώτη. Περιπτώσεις πλημμυρών στο δυτικό τμήμα συνήθως εμφανίζονται κατά την διάρκεια του φθινοπώρου, ενώ στο ανατολικό τμήμα, κατά τους χειμερινούς μήνες. Η μεγαλύτερη συχνότητα πλημμυρών αφορά στην Ισπανία και στην Ιταλία, με τη συνολική υλική ζημία να είναι μεγαλύτερη, κυρίως, στην δεύτερη. Πλημμυρικά επεισόδια παρατηρούνται, λιγότερο συχνά, στις χώρες της Νότιας Μεσογείου (Βόρεια Αφρική), ωστόσο, αυτά είναι, συχνά, καταστροφικά με αυξημένο αριθμό θυμάτων. Όσον αφορά στη Μεσόγειο, είτε συνολικά είτε σε κάποια συγκεκριμένη περιοχή, δεν εντοπίζεται κάποια επικρατούσα τάση. Ακολουθούν οι Πίνακας 3.2 και Εικόνα 3.6 σχετικά με τον αριθμό των επεισοδίων ανά χώρα και τις ανθρώπινες απώλειες.



Εικόνα 3.6 Αριθμός επεισοδίων ανά χώρα (1990-2006) για τα οποία πληροφορίες είναι διαθέσιμες (αριστερός δείκτης) (Llasat et al., 2010)

Πίνακας 3.2 Ανθρώπινες απώλειες στην περιοχή της Μεσογείου (1990-2006) (Llasat et al., 2010)

Χώρα	Ανθρώπινες απώλειες
Αλβανία	19
Αλγερία	1206
Αίγυπτος	648
Βόρεια Μακεδονία	2
Βουλγαρία	40
Γαλλία	177
Ελλάδα	41
Ισπανία	170
Ισραήλ	32
Ιταλία	466
Κροατία	3
Λιβύη	Άγνωστο
Μαρόκο	797
Πορτογαλία	21
Ρουμανία	383
Σερβία (και Μαυροβούνιο)	14
Σλοβενία	Άγνωστο
Συρία	6
Τουρκία	492
Τυνησία	49
Σύνολο	4566

Τα παραπάνω στοιχεία αναδεικνύουν την απουσία συσχέτισης του αριθμού των πλημμυρών με τα θύματα που επιφέρουν. Για παράδειγμα, στην Αλγερία, έχουν καταγραφεί μόλις 5 πλημμύρες, με τον αριθμό των θυμάτων να φτάνει τα 1206. Αντίθετα, στην Ιταλία και την Ισπανία, για 40 και 79 επεισόδια, τα θύματα είναι 466 και 170, αντίστοιχα. Συμπεραίνεται, λοιπόν, ότι ο αριθμός των θυμάτων, ανά επεισόδιο, είναι πολύ μικρότερος στην Ιταλία και την Ισπανία. Η αντίθεση αυτή προκύπτει ως απόρροια των πολιτικών, οικονομικών και κοινωνικών παραγόντων των εκάστοτε κρατών, με τις αναπτυσσόμενες χώρες να είναι περισσότερο

ευάλωτες στις επιπτώσεις των πλημμυρών σε σύγκριση με τις ανεπτυγμένες. (Zorn, Matija, 2018, Natural Disasters and Less Developed Countries).

Μια πιο πρόσφατη έρευνα από τους Freddy Vinet et al. (2019) με χρήση λογισμικού (MEFF v2.0 DB) αλλά και μαθηματικών δεικτών, ανέλυσε τον βαθμό ανθρώπινης θνησιμότητας, που προκαλείται από την εμφάνιση πλημμυρών, συμπεριλαμβάνοντας χωρικές μεταβλητές, μεταβλητές που αφορούν στα χαρακτηριστικά των θυμάτων, αλλά και μεταβλητές παροχών και υψών βροχής σε χώρες της Μεσογείου. Μεταξύ των αποτελεσμάτων, συμπεριλαμβάνεται και το ποσοστό θνησιμότητας (fatality rate) για κάθε χώρα, για την εύρεση του οποίου χρησιμοποιήθηκε η παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$F = \frac{(Nf * Pop^{-1})}{Ny} * 1,000,000 \quad 3.1$$

όπου

F = ποσοστό θνησιμότητας

Nf = συνολικός αριθμός θυμάτων για όλη την χρονική περίοδο

Pop = ο πληθυσμός της χώρας στην αρχή της περιόδου (2000)

Ny = Ο αριθμός των ετών της χρονικής περιόδου εξέτασης

Το αποτέλεσμα της παραπάνω σχέσης εκφράζει τον αριθμό των ανθρώπων που, κατά μέσο όρο, χάνουν τη ζωή τους από πλημμύρα ανά 1000000 πληθυσμού.

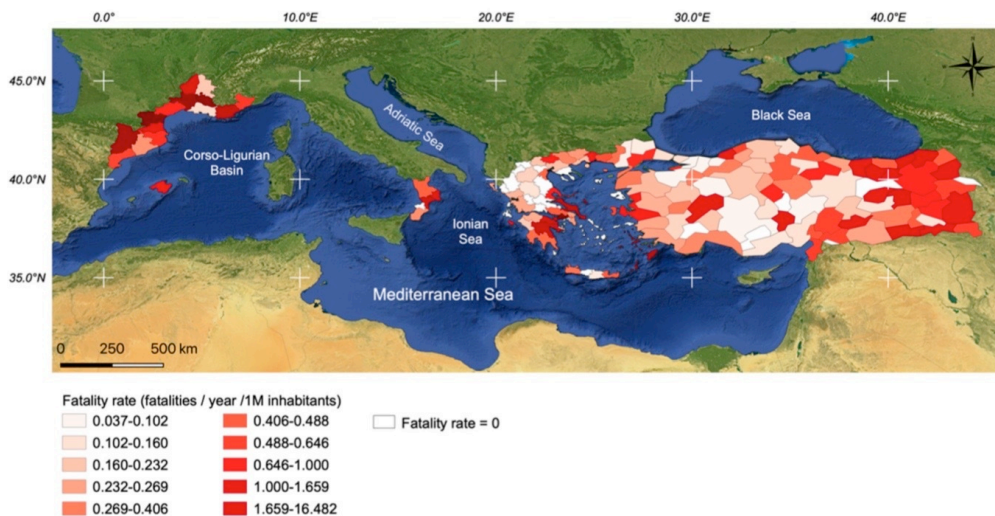
Στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εν λόγω έρευνας (Πίνακας 3.3).

Πίνακας 3.3 Ποσοστό θνησιμότητας σε χώρες της Μεσογείου (Freddy Vinet et al., 2019)

Περιοχή	Θύματα	Πληθυσμός	Ποσοστό θνησιμότητας
Καταλονία (Ισπανία)	100	6,293,440	0.407
Βαλεαρίδες Νήσοι (Ισπανία)	20	823,401	0.623
Νότια Γαλλία	275	7,233,580	0.975
Καλάμπρια (Ιταλία)	40	2,028,630	0.506
Ελλάδα	132	10,780,000	0.314
Τουρκία	1242	66,890,000	0.476
<u>Σύνολο</u>	1809	94,048,051	0.493

Η Τουρκία παρουσιάζει το μεγαλύτερο αριθμό θυμάτων, ενώ η Νότια Γαλλία το μεγαλύτερο ποσοστό θνησιμότητας, με έναν, κατά μέσο όρο, άνθρωπο ανά 1000000 κατοίκων το χρόνο να χάνει τη ζωή του από πλημμυρικό γεγονός.

Στην παρακάτω εικόνα, που προέρχεται από την ίδια έρευνα, παρουσιάζεται το ποσοστό θνησιμότητας για μικρότερα τμήματα εντός της κάθε χώρας, δηλαδή τους εκάστοτε νομούς ή τις περιφέρειες (Εικόνα 3.7).

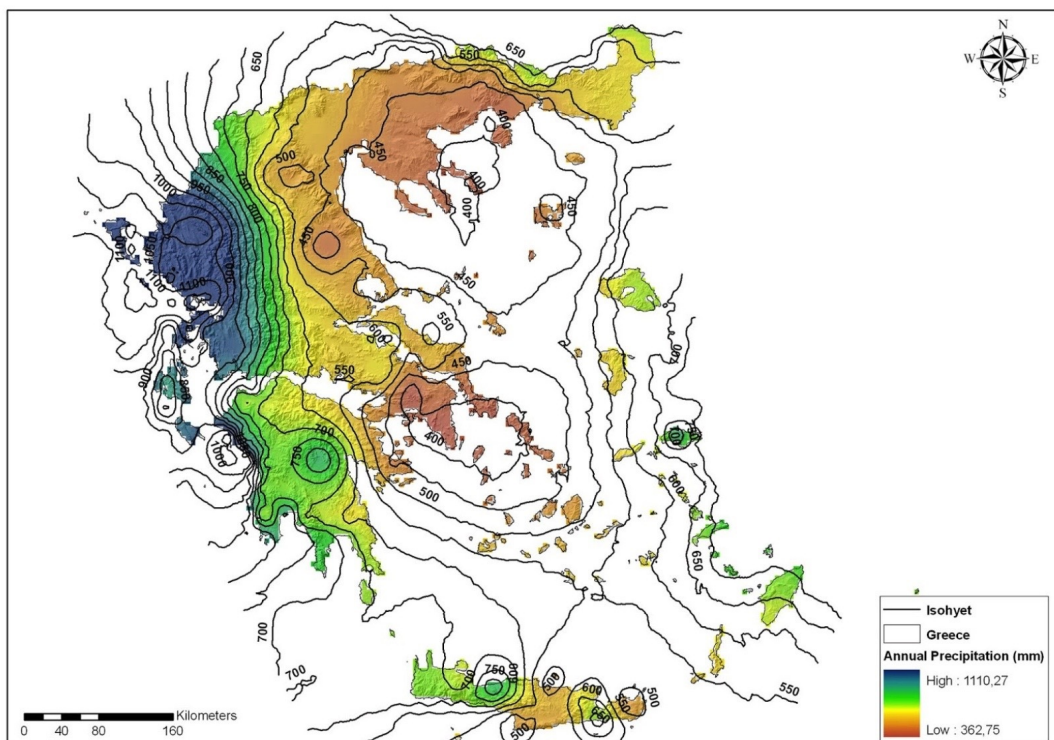
**Εικόνα 3.7** Ποσοστό θνησιμότητας ανά νομό/περιφέρεια (Freddy Vinet et al., 2019)

3.2 Πλημμύρες στην Ελλάδα

Οι πλημμύρες αποτελούν σημαντικό πρόβλημα στην Μεσόγειο, με την Ελλάδα να μην αποτελεί εξαίρεση, καθώς αποτελούσε, ανέκαθεν, μια χώρα με πλούσιο πλημμυρικό ιστορικό.

Η Ελλάδα αποτελεί μια χώρα με ιδιαίτερο ανάγλυφο, που χαρακτηρίζεται από έντονη ανομοιογένεια. Η συνύπαρξη ανεπτυγμένης ακτογραμμής και ορογραφίας εξηγεί, γεωγραφικά, την έντονη μεταβλητότητα των κλιματικών συνθηκών (Βαχαβιώλος, 2011). Συγκεκριμένα, η βροχόπτωση, σε απόλυτες ετήσιες τιμές, παρουσιάζει σημαντικές διαφορές ανά περιοχές, με πιο διακριτή την διαφοροποίηση της μέσης βροχόπτωσης ανάμεσα στη Δυτική και την Ανατολική Ελλάδα (Εικόνα 3.8). Η οροσειρά της Πίνδου λειτουργεί, εμφανώς, ως σύνορο. Ωστόσο, η εκδήλωση πλημμυρικών επεισοδίων δεν φαίνεται να έχει σχέση αναλογίας με τα παρατηρημένα ύψη βροχής. Αντίθετα, όπως θα αναφερθεί και σε επόμενα κεφάλαια, περιοχές με μικρότερη μέση ετήσια βροχόπτωση είναι πιο ευάλωτες σε πλημμυρικά επεισόδια με ανθρώπινες απώλειες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Αττική, όπου η συχνότητα εμφάνισης πλημμύρας είναι υψηλή, παρά το σχετικά ξηρό κλίμα της περιοχής.

Κατά την τελευταία δεκαετία, έχουν γίνει προσπάθειες για τον μετριασμό του πλημμυρικού κινδύνου, με εφαρμογή νέων μεθόδων τόσο επιστημονικών, όσο και με όρους πολιτικής προστασίας.



Εικόνα 3.8 Ετήσια βροχόπτωση (Πηγή: <https://www.meteo-news.gr/2013/09/ta-ipsi-vroxis-stin-ellada.html>)

Στην Ελλάδα, η συστηματική καταγραφή πλημμυρικών επεισοδίων, από τις αρμόδιες υπηρεσίες, ξεκίνησε σχετικά πρόσφατα. Συγκεκριμένα, τα διαθέσιμα δεδομένα αφορούν στις τελευταίες δύο με τρεις δεκαετίες. Από την άλλη, οι περιφερειακές αρχές και ο τύπος διαθέτων καταγραφές σε επίσημη ή ανέκδοτη μορφή, οι οποίες, όμως, δεν έχουν οργανωθεί, έως τώρα.

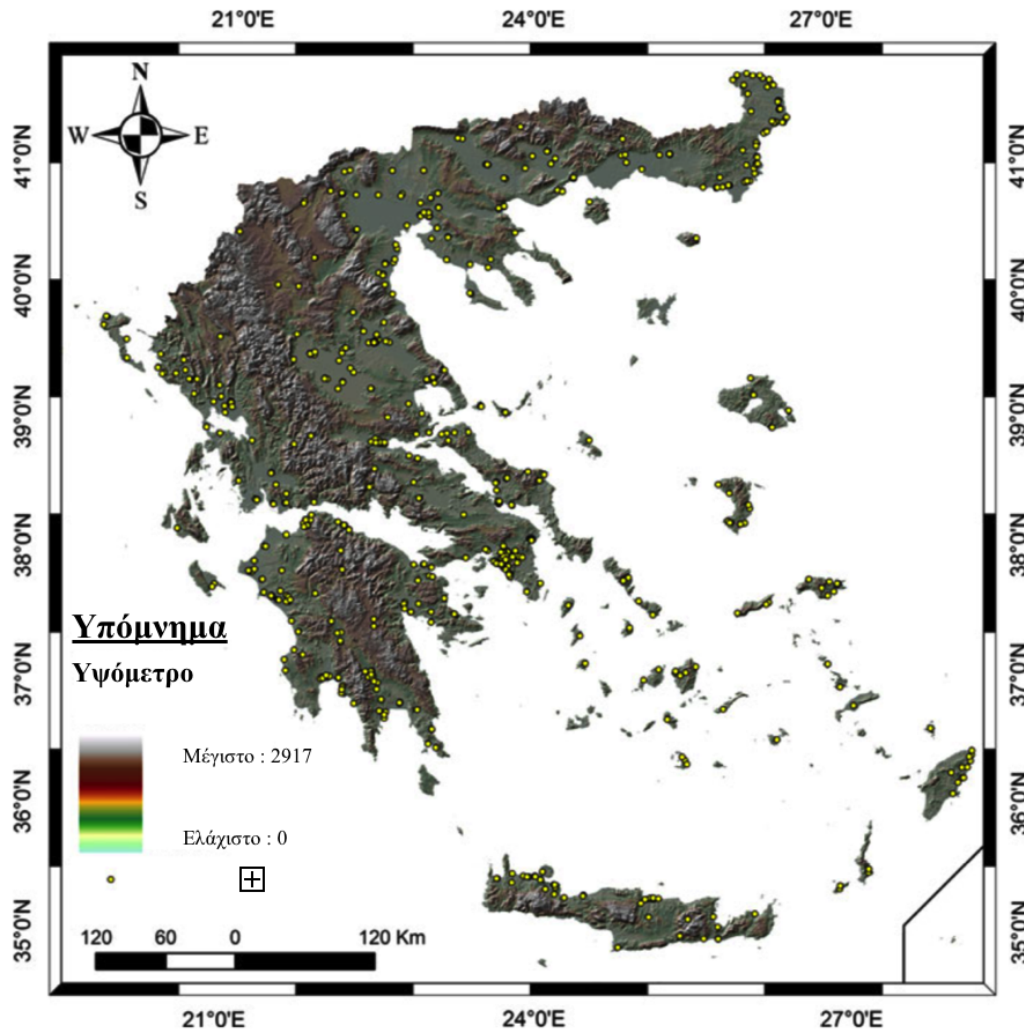
Προηγούμενες έρευνες έχουν αναδείξει τη σημασία της μελέτης του ιστορικού των πλημμυρών, ως ενός σημαντικού μέρους για την αντιμετώπιση του κινδύνου (Diakakis, 2010/Diakakis et al., 2011a/Βαχαβιώλος, 2011). Κατά τα τελευταία χρόνια, οι έρευνες που αποσκοπούν στην επαναδιαμόρφωση του ιστορικού των φυσικών καταστροφών γίνονται όλο και συχνότερες, ειδικά σε περιπτώσεις όπου επιστημονικά δεδομένα και περιγραφές δεν είναι διαθέσιμα. Στον παρακάτω Πίνακα (3.4), αναφέρονται κάποια από τα πιο καταστροφικά πλημμυρικά επεισόδια (με όρους ανθρώπινων απωλειών) που συνέβησαν στην Αττική.

Πίνακας 3.4 Ανθρώπινες απώλειες από πλημμυρικά επεισόδια στην Αττική (Mimikou, Koutsoyiannis et al., 1995)

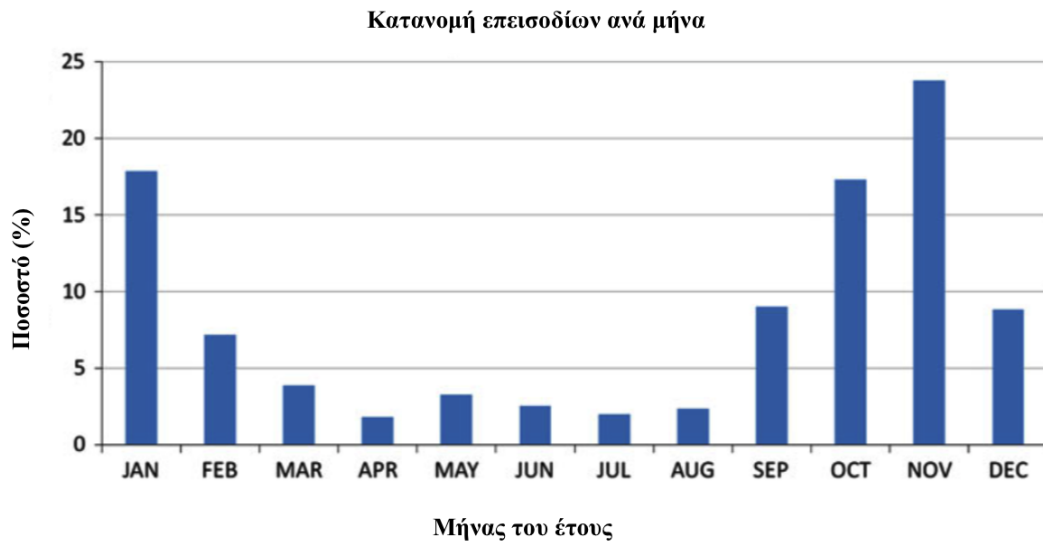
Ημερομηνία	Ανθρώπινες απώλειες
14 Νοεμβρίου 1896	61
23 Νοεμβρίου 1925	8
26 Οκτωβρίου 1930	2
17 Οκτωβρίου 1933	1
2 Δεκεμβρίου 1933	2
22 Νοεμβρίου 1934	6
5 Νοεμβρίου 1936	2
29 Οκτωβρίου 1938	1
5-6 Νοεμβρίου 1961	40
2 Νοεμβρίου 1977	38
27 Οκτωβρίου 1980	1
5 Οκτωβρίου 1989	7
15 Ιανουαρίου 1991	1
21-22 Οκτωβρίου 1994	9

Σε εθνικό επίπεδο, σύμφωνα με τον Diakakis (2012), κατά την χρονική περίοδο 1980-2010, σημειώθηκαν 545 πλημμυρικά επεισόδια στον ελλαδικό χώρο (Εικόνα

3.9), με τις ανθρώπινες απώλειες να αποτιμώνται στις 646. Η πιο καταστροφική πλημμύρα, σε επίπεδο ανθρώπινων θυμάτων, σημειώθηκε το 1907 στα Τρίκαλα Θεσσαλίας, με τον απολογισμό να φτάνει τους 300, περίπου, ανθρώπους. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων, προέκυψε ότι η πλειοψηφία των επεισοδίων σημειώθηκαν κατά το φθινόπωρο, ενώ ο μήνας με τη μεγαλύτερη συχνότητα είναι ο Νοέμβριος (Εικόνα 3.10).

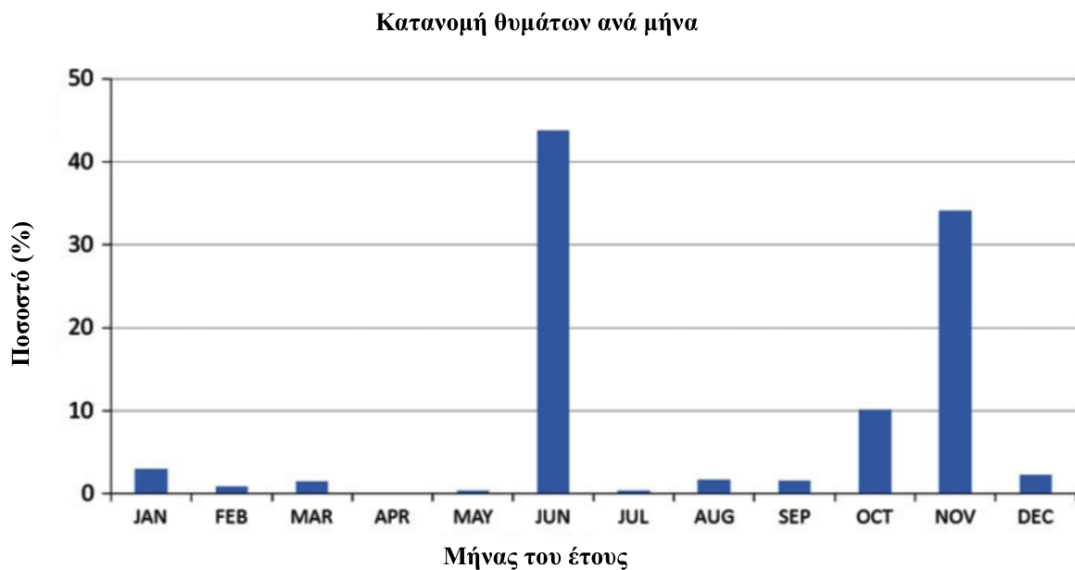


Εικόνα 3.9 Πλημμυρικά επεισόδια στην Ελλάδα για την περίοδο 1980-2010 (Diakakis, 2012)



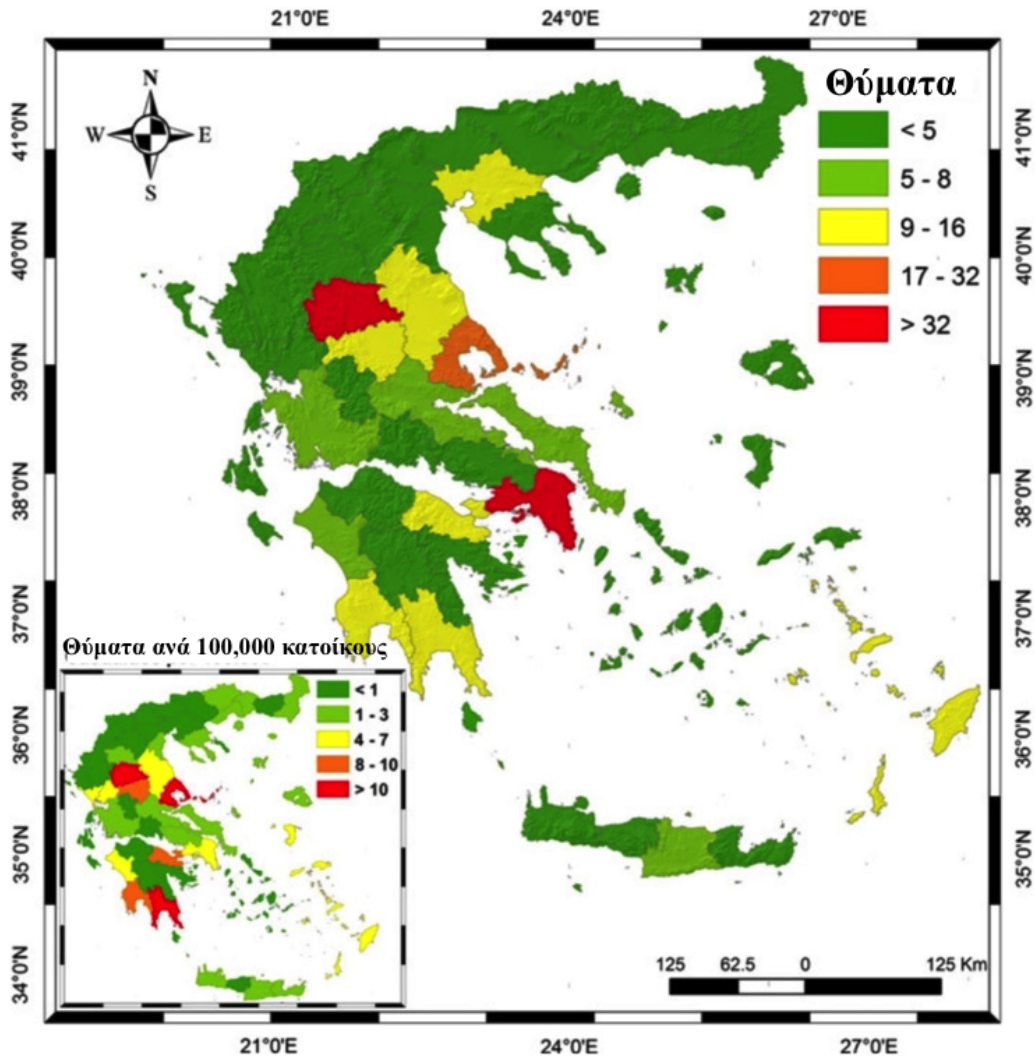
Εικόνα 3.10 Κατανομή πλημμυρικών επεισοδίων περιόδου 1980-2010 ανά μήνα (Diakakis, 2012)

Όσον αφορά στις ανθρώπινες απώλειες (Εικόνα 3.11), φαίνεται να υπάρχει έντονη συσχέτιση αυτών με τα επεισόδια, με εξαίρεση τον Ιούνιο, τον Ιανουάριο και τον Δεκέμβριο. Παρόλο που, κατά τον μήνα Ιανουάριο, σημειώθηκαν πολλά επεισόδια, το ποσοστό θνησιμότητας είναι χαμηλότερο σε σχέση με άλλους μήνες. Αντίθετη εικόνα παρουσιάζει ο Ιούνιος, με τα πλημμυρικά επεισόδια, παρά τον μικρό αριθμό τους, να προκαλούν πολλά θύματα. Κατά τον Δεκέμβριο, από την άλλη, σημειώθηκαν πολλές πλημμύρες, χωρίς να προξενήσουν μεγάλο αριθμό θυμάτων.

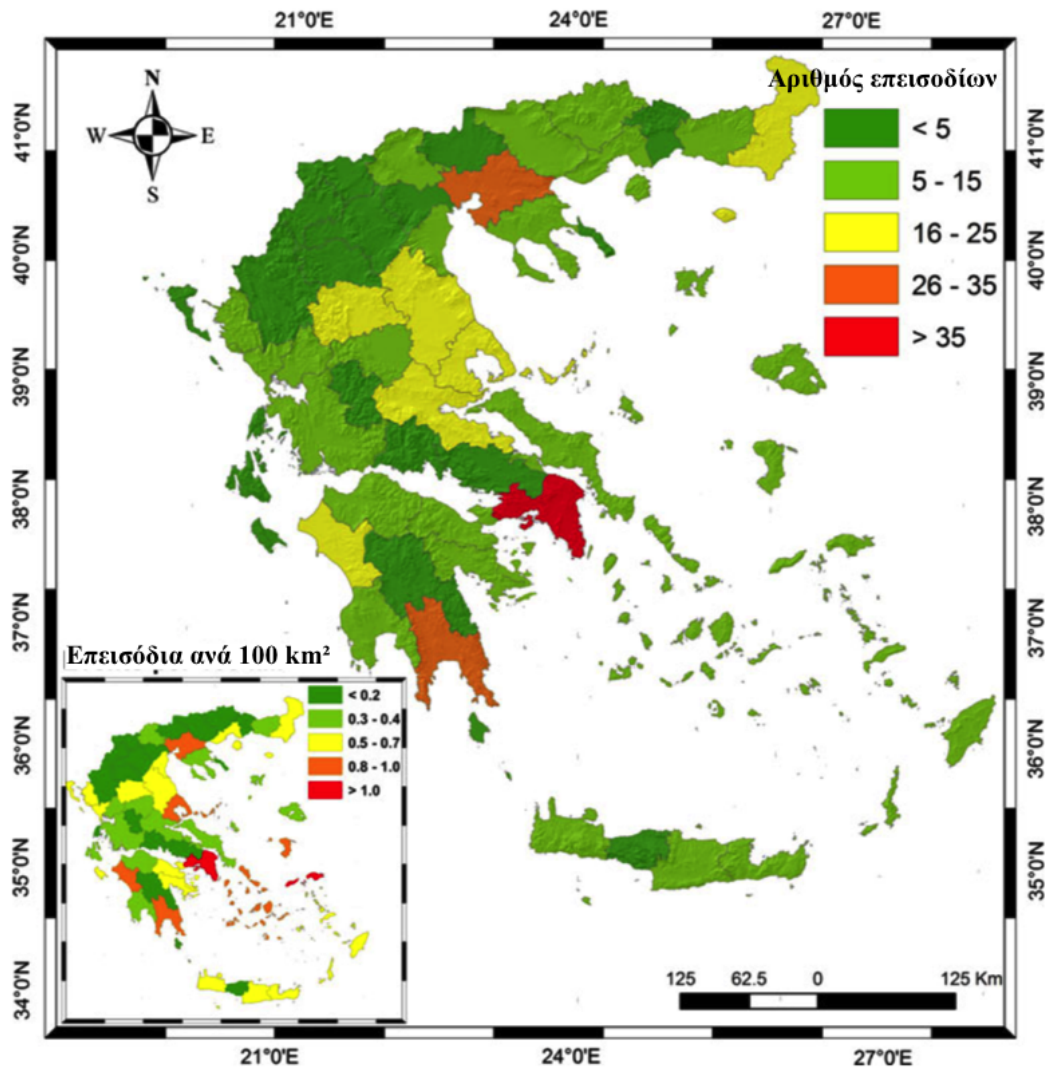


Εικόνα 3.11 Κατανομή ανθρώπινων θυμάτων από πλημμύρες για την περίοδο 1980-2010 (Diakakis, 2012)

Από την χωρική κατανομή των επεισοδίων και των ανθρώπινων απωλειών (Εικόνες 3.12 και 3.13), είναι προφανές ότι οι αστικές περιοχές είναι πιο ευαίσθητες. Συγκεκριμένα, σε περιοχές όπως η Αττική, η Θεσσαλονίκη και η Λακωνία, οι πλημμύρες συμβαίνουν συχνότερα και συνοδεύονται από μεγαλύτερο αριθμό θυμάτων.



Εικόνα 3.12 Αριθμός επεισοδίων ανά περιοχή για την περίοδο 1980-2010 (Diakakis, 2012)



Εικόνα 3.13 Αριθμός θυμάτων ανά περιοχή για την περίοδο 1980-2010 (Diakakis, 2012)

4. Εργαλεία και Μεθοδολογία

4.1 Νομικό πλαίσιο και Οργάνωση

Η Ελλάδα βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο όσον αφορά στην πρόβλεψη των φυσικών καταστροφών, αλλά και στην καταγραφή δεδομένων που σχετίζονται με τις πλημμύρες. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια, σύμφωνα και με την Οδηγία 2007/60/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχει καταρτιστεί σχέδιο για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Συγκεκριμένα, το έγγραφο για την εφαρμογή της οδηγίας αναφέρει:

“Η Οδηγία για τις Πλημμύρες (2007/60/ΕΚ) είναι η νομοθεσία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου σχετικά με την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας. Η Οδηγία έχει ενσωματωθεί στο Ελληνικό Δίκαιο με την Κ.Υ.Α. Η.Π. 31822/1542/Ε103/20102 (ΦΕΚ Β’ 1108/21.07.2010). Σύμφωνα με την Οδηγία, η αντιμετώπιση των κινδύνων πλημμύρας γίνεται σε τρία στάδια:

1ο Στάδιο: Προκαταρκτική Αξιολόγηση των Κινδύνων Πλημμύρας στις λεκάνες απορροής των ποταμών και τις αντίστοιχες παράκτιες ζώνες (Άρθρα 4&5).

2ο Στάδιο: Κατάρτιση Χαρτών Επικινδυνότητας Πλημμύρας και Χαρτών Κινδύνων Πλημμύρας για τις περιοχές που καθορίζονται με βάση το Άρθρο 5, όπου υπάρχουν δυνητικοί σοβαροί κίνδυνοι πλημμύρας ή είναι πιθανό να σημειωθεί πλημμύρα (Άρθρο 6).

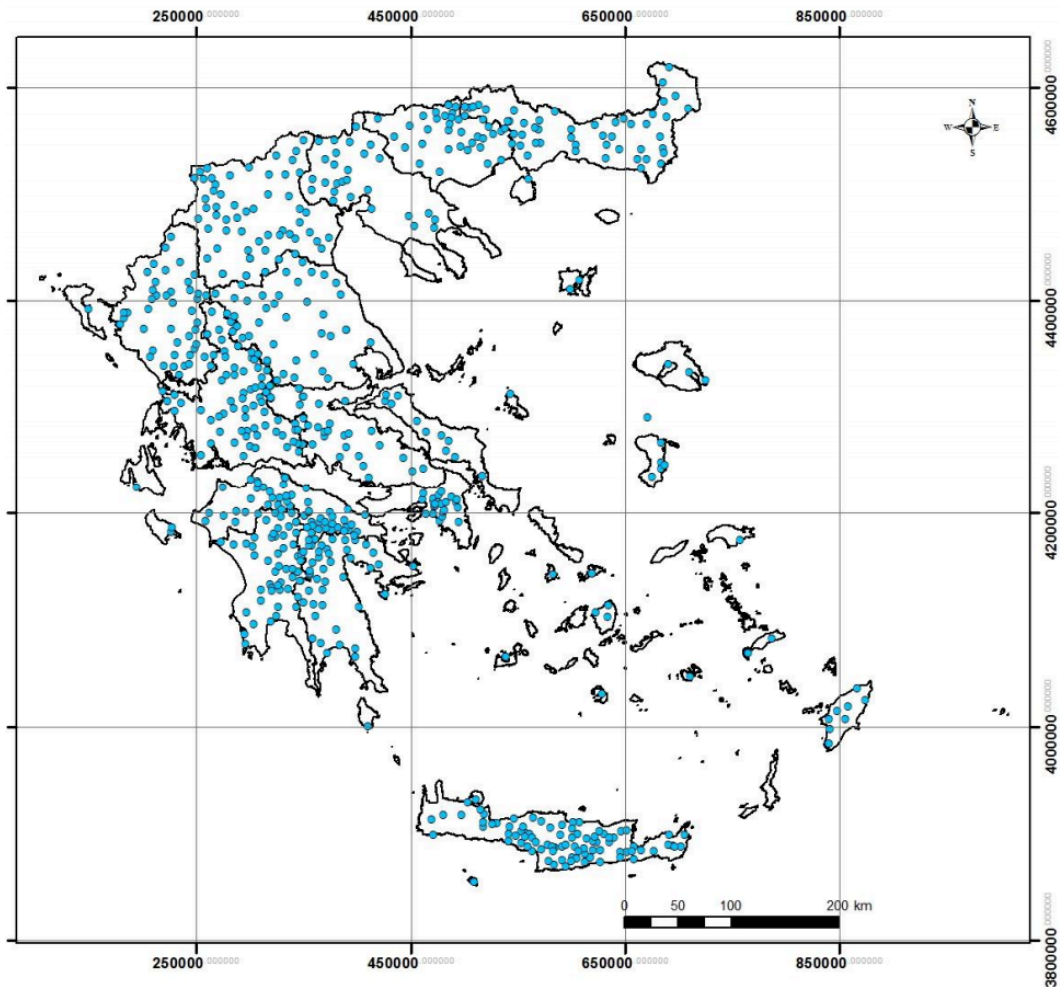
3ο Στάδιο: Κατάρτιση και εφαρμογή Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας (Άρθρο 7). Τα ΣΔΚΠ περιλαμβάνουν μέτρα με στόχο τη μείωση των δυνητικών αρνητικών συνεπειών που έχουν οι πλημμύρες στην ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά και την οικονομική δραστηριότητα ή/και τη μείωση των πιθανοτήτων εμφάνισης πλημμύρας.

Στο πλαίσιο εφαρμογής της Οδηγίας προβλέπεται συντονισμός με την εφαρμογή της Οδηγίας Πλαίσιο για τα Νερά (2000/60/ΕΚ) (Άρθρο 9), δημοσίευση των αποτελεσμάτων όλων των παραπάνω σταδίων και δημόσια διαβούλευση των Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας με τους ενδιαφερομένους φορείς (Άρθρο 10).”¹

Για την εφαρμογή της Οδηγίας για όλα τα Υδατικά Διαμερίσματα της χώρας καταρτίστηκαν όμβριες καμπύλες για όλο το δίκτυο των βροχομετρικών σταθμών (Εικόνα 4.1), με στόχο τον υπολογισμό της βροχόπτωσης σχεδιασμού στα διάφορα σενάρια που εξετάστηκαν σχετικά με την πιθανότητα εμφάνισης

¹Το συγκεκριμένο έγγραφο μπορεί να βρεθεί στην ακόλουθη ηλεκτρονική διεύθυνση: https://floods.ypeka.gr/egyFloods/IDF/IDF_Report_V4.pdf

πλημμύρας, δηλαδή υψηλή πιθανότητα εμφάνισης (περίοδος επαναφοράς 50 έτη), μέση πιθανότητα εμφάνισης (περίοδος επαναφοράς 100 έτη) και χαμηλή πιθανότητα εμφάνισης (περίοδος επαναφοράς 1000 έτη).



Εικόνα 4.1 Δίκτυο βροχομετρικών σταθμών της Ελλάδας (Πηγή: https://floods.ypeka.gr/egyFloods/IDF/IDF_Report_V4.pdf)

Με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται η καλύτερη οργάνωση και διευκολύνεται ο εντοπισμός των πιο ευπαθών περιοχών με αμιγώς επιστημονικά μέσα, τα οποία συμπληρώνουν τις εμπειρικές παρατηρήσεις των προηγούμενων δεκαετιών.

Ωστόσο, το σημερινό επίπεδο υπολογισμών αντιπλημμυρικής ασφάλειας είναι ανεπαρκές στο πλαίσιο της Οδηγίας 2007/60 για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο, 2007).

Οι σημερινές πλημμύρες σχεδιασμού (περιόδου επαναφοράς ≤ 50 ετών) θεωρούνται πλημμύρες υψηλής πιθανότητας. Η Οδηγία επιβάλλει την προσομοίωση πλημμυρών μέσης πιθανότητας (περιόδου επαναφοράς ≥ 100 χρόνια) και χαμηλής πιθανότητας (περιόδου επαναφοράς ≥ 1000 χρόνια). Υπό

αυτές τις συνθήκες, όλα τα έργα υπερχειλίζουν και οι τρέχουσες μεθοδολογίες δε δύνανται να εφαρμοστούν. Για αυτό το λόγο, απαιτούνται σημαντικές αλλαγές στον τρόπο αντιμετώπισης των πλημμυρών:

- 1) Νέα κριτήρια σχεδιασμού
- 2) Αλλαγή προτύπου: από τον υπολογισμό μεμονωμένων έργων στην προσομοίωση όλης της λεκάνης απορροής μαζί με το υδρογραφικό δίκτυο και το δίκτυο των αγωγών ομβρίων.
- 3) Ανάπτυξη νέας τεχνογνωσίας και εργαλείων και τυποποίηση της μεθοδολογίας.

(Κουτσογιάννης και Μαμάσης, 2010)

4.2 Η θεωρία των Όμβριων Καμπυλών

Οι όμβριες καμπύλες είναι καμπύλες έντασης (i) – χρονικής κλίμακας (διάρκειας) (d) – περιόδου επαναφοράς (T) των βροχοπτώσεων. Η κατάρτισή τους αποτελεί προϋπόθεση για την εκτίμηση των παροχών σχεδιασμού των τεχνικών έργων. Η κατάρτιση όμβριων καμπυλών σε μια θέση βασίζεται στην πιθανοτική ανάλυση παρατηρημένων (από βροχογράφους και βροχομέτρα) ακραίων υψών ή εντάσεων βροχής, οπότε το μήκος του δείγματος, η ποιότητα των μετρήσεων αλλά και η θέση των σταθμών μέτρησης επηρεάζουν σημαντικά την αξιοπιστία των παραγόμενων αποτελεσμάτων. Ακόμη, η μεθοδολογία που ακολουθείται και οι παραδοχές, κατά την επεξεργασία των δεδομένων, καθορίζουν τη μορφή των καμπυλών και, κατά συνέπεια, το μέγεθος της έντασης της βροχόπτωσης σχεδιασμού.

Η κατάρτιση των όμβριων καμπυλών προϋποθέτει τη συλλογή και επεξεργασία χρονοσειρών ετήσιων μέγιστων βροχοπτώσεων σε πολλαπλές χρονικές κλίμακες. Οι χρονοσειρές μεγίστων προκύπτουν από την επεξεργασία των καταγραφών των βροχογράφων (σε συνεχή χρόνο) και των βροχομέτρων (σε ημερήσια κλίμακα).

Η γενική εξίσωση που προκύπτει (2.1) απαιτεί τον προσδιορισμό πέντε (5) παραμέτρων που εξαρτώνται από τις χρονοσειρές και έχουν διαφορετική τιμή, ανάλογα με την υπο εξέταση περιοχή.

$$i(d/T) = \frac{\lambda'(T^k - \psi')}{(1 + d/\theta)^n} \quad 4.1$$

όπου:

κ : παράμετρος σχήματος

λ' : παράμετρος κλίμακας

ψ' : παράμετρος θέσης της συνάρτησης κατανομής

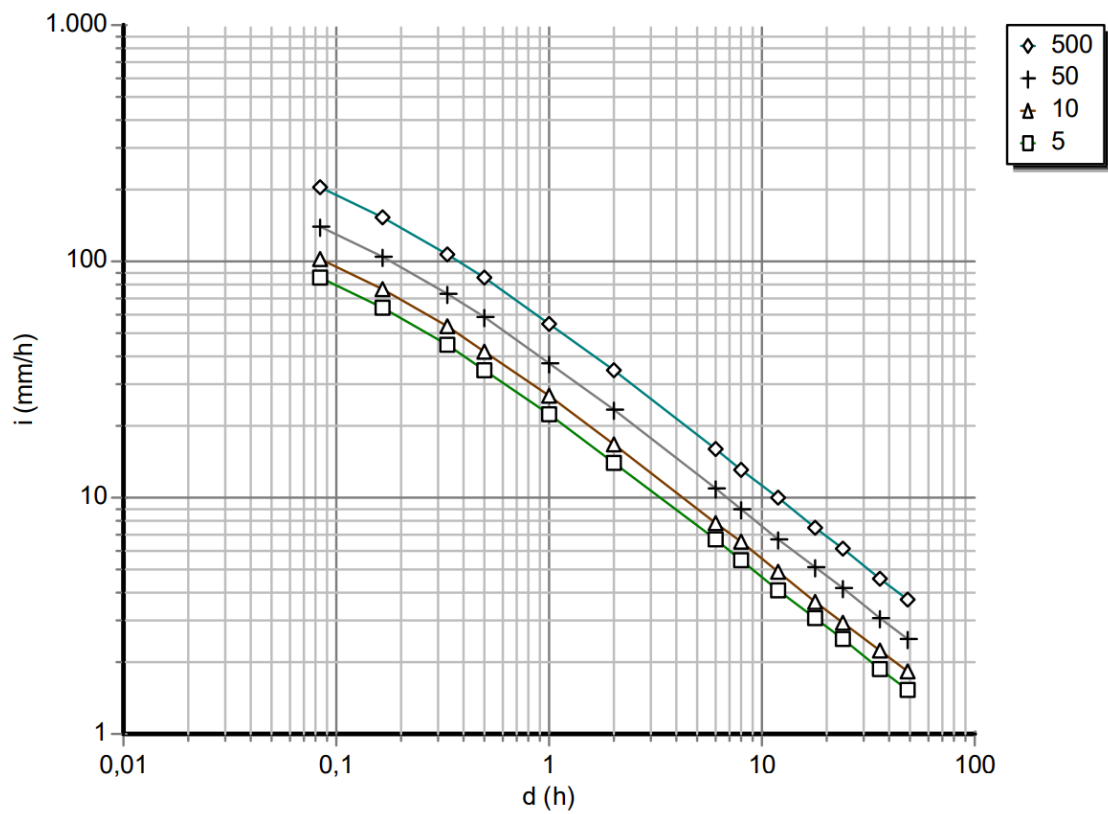
θ, η : παράμετροι της συνάρτησης διάρκειας.

Οι παράμετροι αυτές εκτιμήθηκαν για διάφορες περιοχές της χώρας από τους Κουτσογιάννης et al. (2010). Οι όμβριες καμπύλες και η εφαρμογή της παραπάνω εξίσωσης αποτελούν εργαλείο για την παρούσα μελέτη, αλλά και, γενικότερα, είτε για την εύρεση της περιόδου επαναφοράς (έτη), για συγκεκριμένη τιμή έντασης βροχής (mm/h) και χρονικής διάρκειας (h), είτε για την εύρεση των υψών βροχής (mm) που αναμένονται πιθανοτικά για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα. Πρόκειται, δηλαδή, για μια μαθηματική σχέση που λειτουργεί με τρεις μεταβλητές, εκ των οποίων, αν γνωρίζουμε τις δύο, υπολογίζουμε την τρίτη.

Σε πρώτη φάση, πραγματοποιήθηκε πλήρης καταγραφή και αξιολόγηση όλων των διαθέσιμων στοιχείων των σταθμών μέτρησης της βροχόπτωσης από άποψη πληρότητας, διάρκειας και αξιοπιστίας οργάνων. Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα βροχογράφων και βροχομέτρων από όλους τους αρμόδιους φορείς (ΥΠΕΚΑ, ΕΜΥ, ΔΕΗ, ΥΠΑΑΤ, ΕΑΑ), με παράλληλη αξιοποίηση των δεδομένων της βάσης της ΕΤΥΜΠ.

Έγινε συλλογή, ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων, με σκοπό τη δημιουργία χρονοσειρών μέγιστων βροχοπτώσεων για χρονικά βήματα: 5min, 10min, 30 min, 1h, 2h, 3h, 6h, 12h, 24h και 48h. Τα πρωτογενή βροχομετρικά δεδομένα, που συλλέχθηκαν από βροχομέτρα (σε χρονικές κλίμακες μίας ημέρας και δύο ημερών) και βροχογράφους (σε χρονικές κλίμακες από 5 min έως 48 h), αξιολογήθηκαν ως προς τη συνέπεια και την αξιοπιστία τους, μέσω ποιοτικών και στατιστικών ελέγχων.

Μετά τον προσδιορισμό του τελικού δείγματος των σταθμών (676 σταθμοί σε όλη τη χώρα) και των αντίστοιχων χρονοσειρών μέγιστων βροχοπτώσεων, ακολούθησαν επεξεργασίες, στατιστικές και χωρικές, για την εκτίμηση των πέντε (5) παραμέτρων της γενικευμένης έκφρασης των όμβριων καμπυλών. Η τελική τους μορφή παρουσιάζεται στην εικόνα που ακολουθεί και αφορά σε σταθμό στις Σέρρες (Εικόνα 4.2).



Εικόνα 4.2 Όμβριες καμπύλες στο σταθμό Σερρών

4.3 Μεθοδολογία

Για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών των επεισοδίων, πραγματοποιήθηκε, αρχικά, αναζήτηση των έντονων καιρικών φαινομένων, με επιπτώσεις που περιλαμβάνουν ανθρώπινες απώλειες, μέσω της βάσης δεδομένων του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (meteo.gr) (Εικόνα 4.3).

Έντονα καιρικά γεγονότα στην Ελλάδα από το 2001



Το meteo.gr κατέγραψε τα έντονα καιρικά επεισόδια που επηρέασαν την χώρα μας από το 2001 και μετά, με βασικό κριτήριο τις επιπτώσεις σε κοινωνικό, περιβαλλοντικό και οικονομικό επίπεδο. Η σχετική βάση δεδομένων που δημιουργήθηκε ανανεώνεται συστηματικά, λειτουργώντας ως εργαλείο παρακολούθησης και ανάλυσης της εξέλιξης διαφόρων δεικτών που σχετίζονται με τις επιπτώσεις από καιρικά φαινόμενα, όπως η συχνότητα και η ένταση αυτών. Η καταγραφή πραγματοποιείται σε επίπεδο νομού και περιλαμβάνει φαινόμενα καταιγίδας, βροχής, χαλαζιού, ανεμοθύελλας, ανεμοστρόβιλου, χιονιού/παγετού, κεραυνών και καύσωνα.

Στο ευρετήριο που ακολουθεί, τα καιρικά επεισόδια έχουν ομαδοποιηθεί βάσει διαφόρων κριτηρίων: μπορείτε να επιλέξετε το έτος που συνέβησαν, την έντασή τους, το εύρος των επιπτώσεων τους και το νομό που επηρέασαν.

Απο το 2001 μέχρι σήμερα έχουν καταγραφεί **462** έντονα καιρικά επεισόδια.

Δείτε τα [εδώ](#) στον χάρτη.

Στατιστικά στοιχεία για όλα τα επεισόδια που έχουν καταγραφεί για την περίοδο 2001-2011 δίνονται [εδώ](#). Χάρτης συχνότητας επεισοδίων ανά νομό, για την περίοδο 2001-2011 δίνεται [εδώ](#)

Έτος:

Ένταση φαινομένων:

Επιπτώσεις καιρικών φαινομένων:

Περιοχή που επηρέαστηκε:

Εικόνα 4.3 Βάση δεδομένων για έντονα καιρικά φαινόμενα (https://www.meteo.gr/weather_cases.cfm)

Στη συνέχεια, από τα διάφορα είδη καιρικών γεγονότων (όπως ανεμοθύελλες, καύσωνες, καταιγίδες κ.α), επιλέχθηκαν εκείνα που αφορούν σε πλημμυρικά επεισόδια. Μετά την πλήρη καταγραφή αυτών, ακολούθησε αναζήτηση και εύρεση των μέγιστων υψών βροχής για τα εικοσιτετράωρα της χρονικής διάρκειας του επεισοδίου (Εικόνα 4.4, Εικόνα 4.5, Εικόνα 4.6). Εδώ, αξίζει να σημειωθεί ότι τα εικοσιτετράωρα ύψη βροχής δεν μπορούν, πάντα, να αποτελέσουν κριτήριο για την εύρεση των περιόδων επαναφοράς μιας βροχόπτωσης. Για την εξαγωγή μιας περισσότερο ασφαλούς εκτίμησης, είναι απαραίτητη η εύρεση των υψών βροχής για μικρότερες χρονικές διάρκειες. Για παράδειγμα, είναι πιθανό σε ένα σταθμό να μετρήθηκε, εντός εικοσιτετραώρου, ύψος βροχής ίσο με 100 mm ενώ, στην πραγματικότητα, το συγκεκριμένο ύψος βροχής ενδέχεται να έπεσε εντός τεσσάρων ή και λιγότερων ωρών. Έτσι, η πραγματική περίοδος επαναφοράς του φαινομένου είναι αρκετά μεγαλύτερη από αυτήν που υπολογίστηκε για το εικοσιτετράωρο. Για το λόγο αυτόν, έγινε προσπάθεια συλλογής δεδομένων για μικρότερες χρονικές διάρκειες, όπου υπήρχαν, βέβαια, διαθέσιμα δεδομένα. Ωστόσο, πρέπει να αναφερθεί ότι αυτό δεν ήταν πάντοτε δυνατό.

Για να αναζητήσετε δεδομένα αρχείου πρώτα επιλέξτε το γεωγραφικό διαμέρισμα και μετά τον σταθμό:

Αττική Αγία Παρασκευή

Αναζήτηση

Στην εφαρμογή αυτή παρέχονται οι παρακάτω δυνατότητες στον επισκέπτη:

- Απεικόνιση των μετρήσεων των σταθμών σε γεωγραφικό χάρτη.
- Παρουσίαση των μετρήσεων σε μορφή πίνακα, όπου παρουσιάζονται οι τελευταίες μετρήσεις των σταθμών.
- Αναζήτηση παλαιότερων μετρήσεων για κάθε σταθμό, σε ημερήσια βάση. Χρησιμοποιώντας το παραπάνω εργαλείο αναζήτησης, οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν σταθμό, έτος και μήνα και να πάρουν τις ημερήσιες καταγραφές για το συγκεκριμένο μήνα και σταθμό. Ταυτόχρονα δίνονται πληροφορίες για τη θέση κάθε σταθμού καθώς και πιθανά προβλήματα/ελλείψεις μετρήσεων που υπάρχουν. Για παροχή δεδομένων σε μικρότερη χρονική κλίμακα (πχ. ωριαίες τιμές, τιμές δεκαλέπτων κλπ), παρακαλούμε να [επικοινωνήσετε μαζί μας](#).
- Περιγραφή του δικτύου αυτόματων μετεωρολογικών σταθμών του ΕΑΑ ([pdf](#))
- Αναφορές μεγίστων και ελαχίστων θερμοκρασιών καθώς και μηνιαίων βροχοπτώσεων για την περίοδο 2006-2015, ([σε αρχείο excel](#))
- Επιστημονική δημοσίευση για το δίκτυο των σταθμών του ΕΑΑ ([σε αρχείο pdf](#))

Εικόνα 4.4 Αναζήτηση υψών βροχής (<http://meteosearch.meteo.gr/>)

Meteo
Όλα για τον καιρό

ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΧΑΡΤΗΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ METEO.GR

Ελευσίνα (LG4F)

Πληροφορίες σταθμού: Υψόμετρο 10 m, Θέση : Δημαρχείο Ελευσίνας. Βρίσκεται σε οροφή κτιρίου. Ύψος αισθητήρων θερμ/υγρ : 2 m. Ύψος ανεμομέτρου : 3 m.

Παρακαλούμε επιλέξτε τον μήνα και το έτος από το μενού παρακάτω που επιθυμείτε να πάρετε δεδομένα έχοντας υπ' όψιν ότι ο σταθμός ξεκίνησε να παρέχει δεδομένα από τον μήνα **Φεβρουάριο** του **2016**. Πριν την ημερομηνία αυτή δεν υπάρχουν δεδομένα για τον σταθμό αυτό.

A: Για ποιόν μήνα και έτος επιθυμείτε δεδομένα;

Ιανουάριο 2019 Αναζήτηση

Ελευσίνα: Σχόλια και αναγγελίες βλαβών και δυσλειτουργιών του σταθμού

Ημερομηνία	Σχόλια βλαβών και δυσλειτουργιών
8/4/2017	Απώλεια δεδομένων 07/04/2017 14:30 - 17:20. (Δε χάθηκε βροχή).
6/8/2016	Απώλεια δεδομένων 02/08 00:00 - 05/08/2016 16:50.
25/4/2016	Μερική απώλεια δεδομένων 22-23/04/2016.

ΕΝ/ΣΝ/ΣΝ Η εφαρμογή αναζήτησης δεδομένων χρηματοδοτήθηκε από το Ίδρυμα "Σταύρος Νιάρχος"
The data search application was financed by "Stavros Niarchos" foundation

meteo.gr - ΕΘΝΙΚΟ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟ ΑΘΗΝΩΝ - ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΡΕΥΝΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Εικόνα 4.5 Επιλογή έτους και μήνα που έλαβε χώρα το εκάστοτε επεισόδιο

MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for JAN. 2019

NAME: Elefsina ELEV: 10 m LAT: 45deg 48min LONG: 06deg 54min

TEMPERATURE (°C), RAIN (mm), WIND SPEED (km/hr)

DAY	MEAN		TIME	LOW	TIME	MAX RH	MIN RH	RAIN	AVG WIND		TIME	DOM DIR
	TEMP	HIGH							SPEED	HIGH		
01	8.6	9.7	16:00	7.5	06:10	82	67	1.2	16.4	43.5	08:00	NNW
02	7.2	9.4	15:50	4.4	22:30	81	64	0.0	8.3	32.2	02:00	NNW
03	5.7	8.0	09:40	3.7	12:30	89	73	4.8	12.2	54.7	17:20	NNW
04	5.6	8.7	15:10	3.4	23:50	88	65	2.6	8.1	29.0	23:50	NW
05	3.3	5.8	12:40	1.7	07:20	83	60	0.0	13.5	40.2	11:10	NNW
06	5.1	9.1	13:40	0.8	06:50	63	29	0.0	8.1	35.4	14:10	NNW
07	4.4	7.1	12:30	1.8	23:20	82	43	0.0	14.9	45.1	16:00	NNW
08	2.0	5.2	15:30	-0.4	23:50	76	46	0.0	10.4	46.7	01:40	NNW
09	6.1	12.8	16:30	-1.2	04:30	89	65	2.8	5.1	38.6	15:00	N
10	13.5	16.4	13:20	9.6	00:30	91	55	2.4	9.3	41.8	15:00	SSW
11	10.9	13.6	14:30	8.3	06:30	93	63	14.4	2.7	25.7	02:20	ESE
12	6.6	9.5	01:20	5.3	13:40	93	74	14.6	16.5	46.7	20:10	NNW
13	8.0	11.6	15:10	4.9	08:10	80	54	0.2	9.8	35.4	00:30	NNW
14	9.2	12.9	15:10	5.6	08:40	87	57	0.8	3.1	29.0	13:10	ESE
15	7.2	9.6	14:20	5.0	23:50	87	32	1.4	21.7	62.8	09:00	NNW
16	6.7	11.8	15:10	3.0	04:30	69	31	0.0	13.0	67.6	00:50	NNW
17	8.2	14.4	14:10	2.7	07:10	81	44	0.0	2.6	29.0	13:30	ENE
18	9.5	15.6	14:30	5.2	04:40	86	52	0.0	2.7	25.7	14:00	SSW
19	9.5	13.9	12:50	5.8	07:20	88	65	0.0	1.1	8.0	07:20	SSW
20	10.8	15.8	13:30	7.8	05:40	91	67	3.2	3.2	32.2	14:00	SSW
21	10.9	16.1	14:30	6.4	04:00	91	61	0.0	2.1	14.5	14:10	SE
22	12.7	16.0	13:00	9.1	06:50	89	74	0.0	4.5	38.6	20:00	S
23	13.3	15.8	14:20	10.3	23:50	92	69	23.8	8.3	57.9	21:10	S
24	11.7	15.3	15:00	8.4	07:40	91	54	4.6	4.8	41.8	23:00	SSE
25	12.1	14.4	04:40	10.4	00:50	91	72	35.2	11.5	51.5	04:00	SSE
26	11.6	15.3	15:40	8.9	23:50	87	53	0.8	6.6	33.8	00:20	NW
27	10.7	15.1	14:10	7.5	22:50	81	48	0.0	7.1	25.7	11:50	NW
28	11.0	15.7	14:50	5.3	06:40	88	63	0.0	3.7	29.0	16:40	S
29	14.5	16.7	15:00	11.7	03:30	85	59	0.0	10.4	48.3	17:50	S
30	12.9	16.4	14:20	10.2	07:30	89	58	6.2	4.9	32.2	02:30	S
31	10.7	14.7	14:20	6.9	05:00	86	54	2.2	7.1	53.1	17:40	N
	9.0	16.7	29	-1.2	9	85.5	57.1	121.2	8.2	67.6	16	NNW

Εικόνα 4.6 Εύρεση εικοσιτετραώρων υψών βροχής σταθμού Ελευσίνας, Ιανουάριος 2019

Δυστυχώς, για ορισμένα από τα επεισόδια, δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα σε κοντινούς σταθμούς και, έτσι, δεν ήταν δυνατή η περαιτέρω διερεύνησή τους.

Μετά την εύρεση των υψών βροχής, έγινε χρήση αρχείου excel που περιέχει, για κάθε υδατικό διαμέρισμα, τους σταθμούς, για τους οποίους έχουν υπολογιστεί οι παράμετροι των όμβριων καμπυλών (Εικόνα 4.7). Ο συγκεκριμένος πίνακας μπορεί να εντοπισθεί στην ιστοσελίδα του Υπουργείου Περιβάλλοντος (ypaka.gr). Μέσω της γενικευμένης εξίσωσης των όμβριων καμπυλών και με την εισαγωγή των παραμέτρων (ύψος βροχής, χρονική διάρκεια), βρέθηκε, με αντίστροφο υπολογισμό, η περίοδος επαναφοράς για κάθε επεισόδιο.

ΥΔ	ΚΩΔΙΚΟΣ	ΟΝΟΜΑ	X	Y	Z	κ	λ'	ψ'	θ	η
ΔΥΤ Πελ	1	ΑΜΥΓΔΑΛΙΑ	330744.299	4179447.1	804	0.057	930.399	0.837	0.089	0.724
GR01	2	ΑΝΑΛΗΨΗ	319161.409	4098792	34.2	0.113	409	0.607	0.089	0.724
GR01	3	ΑΝΩ ΚΑΡΥΕΣ	323111.69	4144855.75	977	0.113	431.8	0.52	0.089	0.724
GR01	4	ΑΝΩ ΛΟΥΣΣΟΙ	336479.31	4207266	1082.3	0.057	714.2	0.8	0.089	0.724
GR01	5	ΑΝΩ ΜΕΛΠΕΙΑ	318239.81	4133597.68	630	0.113	446	0.564	0.089	0.724
GR01	6	ΑΡΑΧΑΜΙΤΕΣ	344470.5	4145094.75	744.799	0.113	474.399	0.75	0.089	0.724
GR01	7	ΑΧΛΑΔΙΝΗ	303702.7	4177167.299	649.399	0.057	717	0.73	0.089	0.724
GR01	8	ΒΑΣΙΛΑΚΙΟ	302188.5	4168749.5	256.899	0.113	427.199	0.52	0.089	0.724
GR01	9	ΒΥΤΙΝΑ	340054.81	4170528	1010.9	0.057	618.299	0.717	0.089	0.724
GR01	10	ΔΑΦΝΗ	347146	4136602.25	638.799	0.113	430.3	0.642	0.089	0.724
GR01	11	ΔΑΦΝΗ	326082.81	4185713	582.7	0.057	983	0.863	0.089	0.724
GR01	12	ΔΕΣΙΝΟ	323165.409	4199962	844.799	0.057	651.2	0.738	0.089	0.724
GR01	13	ΔΙΑΒΟΛΙΤΣΙ	319604.7	4129633.6	97.5	0.113	520.6	0.684	0.089	0.724
GR01	14	ΔΩΡΙΟ	309733.799	4128694	165.3	0.113	413.6	0.639	0.089	0.724
GR01	15	ΖΑΤΟΥΝΑ	325474.59	4162010	900	0.057	905.7	0.806	0.089	0.724
GR01	16	ΖΩΝΗ	333348.599	4147468.7	510	0.113	334.699	0.514	0.089	0.724
GR01	17	ΚΑΛΑΜΑΤΑ	324055.799	4104082.2	6.3	0.113	436.699	0.682	0.089	0.724
GR01	18	ΚΑΡΑΤΟΥΛΑ	339141	4147786	800	0.113	333.199	0.541	0.089	0.724
GR01	19	ΚΑΡΚΑΛΟΥ	330947.09	4166888.25	985.899	0.057	1123.2	0.895	0.089	0.724
GR01	20	ΚΑΡΥΤΑΙΝΑ	326644.5	4150203.75	498.399	0.113	279.5	0.405	0.089	0.724
GR01	21	ΚΑΣΤΕΛΛΙΟ	328419.5	4197095	791.7	0.057	868.899	0.801	0.089	0.724
GR01	22	ΚΕΝΤΡΙΚΟ	319997.409	4127572.5	81.0999	0.113	341.1	0.547	0.089	0.724
GR01	23	ΚΕΦΑΛΗΝΟΣ	309813.09	4118518.5	455.3	0.113	353.1	0.453	0.089	0.724
GR01	24	ΚΡΕΜΜΥΔΙΑ	302792.799	4095997.1	341.5	0.113	404.699	0.61	0.089	0.724
GR01	25	ΛΥΚΟΥΡΙΑ	342934	4192114	1100	0.057	641.1	0.855	0.089	0.724
GR01	26	ΛΥΚΟΥΡΙΑ	342603	4191581.5	758.1	0.057	1017.9	0.89	0.089	0.724
GR01	27	ΜΑΛΛΩΤΑ	338998	4140389	600	0.113	385.199	0.584	0.089	0.724
GR01	28	ΜΑΤΕΣΙ	316394.299	4155585	486	0.113	255	0.7	0.089	0.724
GR01	29	ΜΕΘΩΝΗ	295120.2	4077635.2	61.6	0.113	444.8	0.729	0.089	0.724
GR01	30	ΜΟΥΖΑΚΙ	296559.099	4107504.2	461	0.113	398	0.57	0.089	0.724
GR01	31	ΝΕΔΟΥΣΑ	342906	4112566	730	0.113	537.299	0.5	0.089	0.724
GR01	32	ΝΕΟΧΩΡΙ ΜΑΝΤΙΝΕΙΑΣ	328795	4134800	690	0.113	392.699	0.552	0.089	0.724
GR01	33	ΠΑΓΡΑΤΑΙΚΑ ΚΑΛΥΒΙΑ	336414.09	4187688	502.8	0.057	550.899	0.763	0.089	0.724
GR01	34	ΠΑΝΑΓΙΤΣΑ	343176.299	4181658.799	509.3	0.057	595.5	0.794	0.089	0.724
GR01	35	ΠΑΠΑΡΗΣ	346307	4136551	760	0.113	337.1	0.468	0.089	0.724
GR01	36	ΠΕΡΔΙΚΟΝΕΡΙ	323026.69	4178096.25	836.6	0.057	721.7	0.757	0.089	0.724
GR01	37	ΠΕΥΚΑΙ	295973.81	4171877	259.199	0.113	447	0.747	0.089	0.724
GR01	38	ΠΗΔΗΜΑ	326197.31	4112429.75	36.2999	0.113	473.199	0.687	0.089	0.724
GR01	39	ΠΙΑΝΑ	344624.09	4159790.25	980	0.057	978.399	0.877	0.089	0.724
GR01	40	ΠΙΑΝΑ	344494.19	4159656.75	997.7	0.057	1029.5	0.843	0.089	0.724
GR01	41	ΠΛΑΝΗΤΕΡΟ	338814.799	4199942	850	0.057	713.1	0.855	0.089	0.724
GR01	42	ΠΟΤΑΜΙΑ	335232.69	4129022.75	390	0.113	431.699	0.617	0.089	0.724
GR01	43	ΠΥΛΟΣ	294428.5	4086956.1	50.7	0.113	292.899	0.602	0.089	0.724
GR01	44	ΠΥΡΓΟΣ	272878.4	4172841.1	11.8	0.113	356.699	0.57	0.089	0.724
GR01	45	ΡΟΙΝΟ	348222	4160565	1080	0.113	388.3	0.566	0.089	0.724

Εικόνα 4.7 Σταθμοί με τις υπολογισμένες παραμέτρους

Διενεργήθηκε, ακόμη, έρευνα σχετικά με τα αίτια που οδήγησαν στον θάνατο των θυμάτων, αλλά και κατηγοριοποίησή τους, με βάση την ηλικιακή ομάδα και το φύλο. Η ανάλυση αυτή έγινε μέσω στοιχείων από δημοσιογραφικές πηγές και μέσω διασταύρωσης πληροφοριών από διαφορετικά μέσα. Ωστόσο, δεν ήταν δυνατή η διερεύνηση όλου του δείγματος, καθώς, σε αρκετές περιπτώσεις, δεν υπήρχαν λεπτομερή στοιχεία για τα χαρακτηριστικά των ανθρώπων που έχασαν τη ζωή τους.

Τέλος, καταρτίστηκε γράφημα που αφορά στην εποχικότητα των θανατηφόρων επεισοδίων, με σκοπό την εύρεση της περιόδου, η οποία, εντός του έτους, παρουσιάζει μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης.

5. Διερεύνηση επίδρασης της κλιματικής αλλαγής στην εμφάνιση πλημμυρών

Το παρόν κεφάλαιο εξετάζει την επίδραση της κλιματικής αλλαγής στον κίνδυνο εμφάνισης πλημμυρών, με βάση τα αποτελέσματα της έκθεσης που κατατέθηκε από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

Οι παράμετροι που συντελούν αθροιστικά στην πιθανότητα εμφάνισης πλημμύρας μπορούν να διακριθούν, χονδρικά, στις παρακάτω τέσσερις (4) κατηγορίες:

- 1) Χαρακτηριστικά λεκανών απορροής
- 2) Υδατορεύματα
- 3) Χρήσεις γης
- 4) Ύψη βροχής (ένταση)

Παρατηρείται ότι, τα τελευταία χρόνια, τα θύματα πλημμυρικών επεισοδίων αυξάνονται, όπως και τα περιστατικά πλημμυρών, στο σύνολο τους. Η κλιματική αλλαγή εικάζεται ότι ευθύνεται για την αυξητική αυτή τάση. Η αλλοτρίωση των χαρακτηριστικών των λεκανών απορροής (π.χ. κάψιμο δασών), η παρεμπόδιση των υδατορευμάτων από τον ανθρώπινο παράγοντα και οι αυξημένες χρήσεις γης αποτελούν ενέργειες που, αναπόφευκτα, συντελούνται, όσο υπάρχει ανάπτυξη και επέκταση των ζωνών επιρροής του ανθρώπου. Αντίθετα, τα ύψη βροχής εξαρτώνται, αποκλειστικά και μόνο, από κλιματικούς παράγοντες. Έτσι, αν η υπόθεση της κλιματικής αλλαγής είναι αληθής, τότε, τις τελευταίες δεκαετίες, θα πρέπει να παρατηρείται, εκτός από αύξηση των επεισοδίων και των επιπτώσεων αυτών, αξιοσημείωτη αύξηση ή μείωση της μέσης έντασης βροχοπτώσης. Στη συνέχεια του κεφαλαίου, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τα σχέδια μελετών για την κλιματική αλλαγή, που αφορούν σε όλα τα υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας. Οι ομάδες μελέτης είναι πέντε (5) ενώ οι διαφορετικές μέθοδοι, που χρησιμοποιήθηκαν, είναι τρεις (3) (floods.ypeka.gr). Οι ομάδες μελέτης, που αποτελούνται από διάφορες εταιρείες και τεχνικά γραφεία μπορούν να βρεθούν στους ακόλουθους συνδέσμους και στις αναγραφόμενες σελίδες.

Ομάδες Μελέτης:

1α: https://floods.ypeka.gr/egyFloods/gr02/Reports/EL02_P14-T1.pdf	σελ. 4
1β: https://floods.ypeka.gr/egyFloods/gr05/report/GR05_P14_T1.pdf	σελ. 3
1γ: https://floods.ypeka.gr/egyFloods/gr06/report/II_1_P14_EL06.pdf	σελ.11
1δ: https://floods.ypeka.gr/egyFloods/gr09/reports/P14_GR09.pdf	σελ.6
1ε: https://floods.ypeka.gr/egyFloods/gr11/Reports/II_1_P14_EL11.pdf	σελ.11

A. Υδατικά Διαμερίσματα Ανατολικής, Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου και Κρήτης (EL01, EL02, EL03, EL13)

Ομάδα Μελέτης: 1α

Μέθοδος: Έλεγχος τάσεων

Αποτέλεσμα: Τα αποτελέσματα των αναλύσεων δίνονται στον παρακάτω Πίνακα. Συγκεκριμένα, δίνονται η εκτίμηση της κλίσης της γραμμής τάσης, το άνω και κάτω όριο εμπιστοσύνης για επίπεδο 95% και ο έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας (αληθής ή ψευδής). Όπως ήταν αναμενόμενο, εξαιτίας των μικρών δειγμάτων, ο έλεγχος σημαντικότητας είναι αληθής σε μόλις 18 από τα 143 βροχόμετρα, από τα οποία σε 11 παρατηρείται αρνητική τάση και σε μόλις επτά θετική. Είναι σαφές ότι στην περιοχή μελέτης δεν προκύπτει καμία απολύτως ένδειξη κλιματικής αλλαγής, πόσο δε μάλλον αύξησης των ακραίων βροχοπτώσεων.

B. Υδατικά Διαμερίσματα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Ηπείρου και Θεσσαλίας (EL04, EL05, EL08)

Ομάδα Μελέτης: 1β

Μέθοδος: Έλεγχος τάσεων

Αποτέλεσμα: Τα αποτελέσματα των αναλύσεων δίνονται στον παρακάτω Πίνακα (Πίνακας 5-1) Συγκεκριμένα, δίνονται η εκτίμηση της κλίσης της γραμμής τάσης, το άνω και κάτω όριο εμπιστοσύνης για επίπεδο 95% και ο έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας (Αληθής (+) για θετική τάση, Αληθής (-) για αρνητική τάση ή Ψευδής). Όπως αναμένεται, εξαιτίας των μικρών σχετικά δειγμάτων, ο έλεγχος σημαντικότητας είναι αληθής σε 10 από τους 28 σταθμούς, όπου μάλιστα σε τέσσερεις παρατηρείται αρνητική τάση και σε έξι θετική. Με βάση τα αποτελέσματα αυτά, είναι σαφές ότι στην περιοχή μελέτης δεν μπορούμε να ισχυριστούμε ότι προκύπτει κάποια ένδειξη κλιματικής αλλαγής, πόσο δε μάλλον αύξηση των ακραίων βροχοπτώσεων.

Γ. Υδατικά Διαμερίσματα Αττικής, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας και Νήσων Αιγαίου (EL06, EL07, EL14)

Ομάδα Μελέτης: 1γ

Μέθοδος: Τάσεις μεγίστων εικοσιτετραώρων βροχοπτώσεων

Αποτέλεσμα: Στην παρούσα φάση, 1ος κύκλος εφαρμογής της Οδηγίας 2007/60/EK, εξετάστηκαν οι χρονοσειρές των βροχοπτώσεων προκειμένου να ανιχνευτούν

τάσεις κλιματικής αλλαγής στα ιστορικά δείγματα, και συνεκτιμήθηκαν αποτελέσματα άλλων μελετών που εξέτασαν κλιματικούς δείκτες που σχετίζονται με την εμφάνιση πλημμυρικών φαινομένων για διαφορετικά μελλοντικά σενάρια του IPCC. Τόσο τα αποτελέσματα της ανάλυσης των χρονοσειρών βροχόπτωσης στους διάφορους σταθμούς του ΥΔ, όσο και τα αποτελέσματα των άλλων μελετών, δεν καταδεικνύουν επιλήψιμες επιπτώσεις ή τάσεις κλιματικής αλλαγής.

Δ. Υδατικά Διαμερίσματα Δυτικής και Κεντρικής Μακεδονίας (EL09, EL10)

Ομάδα Μελέτης: 1δ

Μέθοδος: Πιλοτική προσομοίωση

***Αποτέλεσμα:** Οι υφιστάμενες μελέτες που αναφέρονται στην περιοχή μελέτης, δεν δείχνουν μια σαφή τάση βροχοπτώσεων η οποία να συνδέεται με την κλιματική αλλαγή. Η μεθοδολογία που προτείνεται στα προηγούμενα κεφάλαια και εφαρμόζεται σε άλλες χώρες, θα διερευνά ολοκληρωμένα τη σχέση όλων των κλιματικών παραμέτρων με την επίδραση της κλιματικής αλλαγής στις πλημμύρες.*

Ε. Υδατικά Διαμερίσματα Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης (EL11, EL12)

Ομάδα Μελέτης: 1ε

Μέθοδος: Τάσεις μεγίστων εικοσιτετραώρων βροχοπτώσεων

***Αποτέλεσμα:** Στην παρούσα φάση, 1ος κύκλος εφαρμογής της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ, εξετάστηκαν οι χρονοσειρές των βροχοπτώσεων προκειμένου να ανιχνευτούν τάσεις κλιματικής αλλαγής στα ιστορικά δείγματα, και συνεκτιμήθηκαν αποτελέσματα άλλων μελετών που εξέτασαν κλιματικούς δείκτες που σχετίζονται με την εμφάνιση πλημμυρικών φαινομένων για διαφορετικά μελλοντικά σενάρια του IPCC. Τόσο τα αποτελέσματα της ανάλυσης των χρονοσειρών βροχόπτωσης στους διάφορους σταθμούς του ΥΔ, όσο και τα αποτελέσματα των άλλων μελετών, δεν καταδεικνύουν επιλήψιμες επιπτώσεις ή τάσεις κλιματικής αλλαγής.*

Από τα παραπάνω, είναι σαφές ότι δεν μπορεί να εξαχθεί ασφαλές συμπέρασμα για οποιαδήποτε επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην παράμετρο των υψών βροχής. Οι μικρές αυξητικές ή μειωτικές τάσεις, που εμφανίζονται σε σχετικά λίγους επιμέρους σταθμούς, δεν είναι ικανές να δικαιολογήσουν μια μεγαλύτερου μεγέθους αλλαγή, καθώς κρίνονται αρκετά ευαίσθητες σε μεταβολές από μεμονωμένα επεισόδια.

Με βάση τα συγκεκριμένα αποτελέσματα, γίνεται αντιληπτό ότι, ίσως, ο διάλογος για την κλιματική αλλαγή αποπροσανατολίζει την κοινή γνώμη. Μέτρα θα πρέπει

να ληφθούν σε κάθε περίπτωση. Όσον αφορά στις επιπτώσεις, αυτές μπορούν να εξηγηθούν από την αύξηση των χρήσεων γης, αλλά και την ταχύτητα διάδοσης πληροφοριών που διαθέτουμε σήμερα. Παρ' όλα αυτά, ο κίνδυνος θα εξακολουθήσει να είναι υπαρκτός. Όσα έργα κι αν γίνουν, η πιθανότητα εμφάνισης καταστροφικών πλημμυρών θα υφίσταται πάντοτε. Η Πολιτεία δεν θα πρέπει να εστιάζει μόνο σε αντιπλημμυρικά έργα, αλλά και σε μηχανισμούς μετριασμού των επιπτώσεων, όπως, για παράδειγμα, συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης και καλύτερες κλιματικές προγνώσεις (N. Μαμάσης και Δ. Κουτσογιάννης, ΤΕΕ, 2018).

6. Διερεύνηση επεισοδίων: αίτια και αποτελέσματα

6.1 Τοποθέτηση του προβλήματος

Τα τελευταία χρόνια, παρατηρείται στην Ελλάδα μια έξαρση φαινομένων, που σχετίζονται με πλημμύρες, κυρίως σε σχέση με τις ανθρώπινες απώλειες που επιφέρουν. Οι πλημμύρες, συνήθως, προκαλούνται από κλιματικούς παράγοντες, όπως η παρατεταμένη βροχόπτωση, οι καταιγίδες και οι ισχυροί άνεμοι. Η αδυναμία πρόληψης τέτοιων καταστροφών έγκειται στην ανεπαρκή προετοιμασία και προστασία, αλλά και στις γεωμορφολογικές, υδρολογικές και κοινωνικο-πολιτικές συνθήκες της χώρας.

Η Ελλάδα χαρακτηρίζεται, γεωμορφολογικά, από κατακερματισμένο ανάγλυφο με μικρές λεκάνες απορροής. Ο τύπος πλημμυρών που εμφανίζεται συχνότερα είναι αυτός των στιγμιαίων πλημμυρών (flash floods) με συνήθεις χρόνους απόκρισης της τάξης της μίας ώρας. Ακόμη, υπάρχει μικρός συντελεστής συσχέτισης των καταιγίδων και των πλημμυρών, εντός του χρόνου της μίας ώρας. Τέλος, παρατηρείται μικρή στοχαστική εξάρτηση (πρακτικώς, χωρική ανεξαρτησία) μεταξύ των καταιγίδων και των πλημμυρών που συμβαίνουν ταυτόχρονα.

Η μεγάλη πλειονότητα των οικισμών της Ελλάδας αποτελείται από μικρούς οικισμούς (χωριά), στους οποίους η πλημμυρική διακινδύνευση είναι, σχετικώς, αμελητέα. Οι κάτοικοι των συγκεκριμένων οικισμών έχουν επίγνωση του πλημμυρικού κινδύνου και αποφεύγουν χρήσεις γης που οδηγούν σε εκτεταμένες επιπτώσεις (π.χ. δόμηση σε ρέματα).

Αντίθετα, η μεγαλύτερη διακινδύνευση σχετική με ανθρώπινες απώλειες υπάρχει, κυρίως, σε αστικές περιοχές ή παραθαλάσσιους οικισμούς, καθώς και σε οικισμούς που βρίσκονται σε πεδία πλημμυρών ποταμών, εξαιτίας της αυξημένης πυκνότητας του πληθυσμού, της μεγάλης εμπορικής αξίας της γης και των σημαντικών παραβιάσεων των φυσικών διαδρομών απορροής που παρατηρούνται.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η πιθανότητα εμφάνισης πλημμύρας εξαρτάται, χονδρικά, από τις κάτωθι τέσσερις (4) βασικές παραμέτρους:

- 1) Ύψη βροχής: κλιματική παράμετρος
- 2) Χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής: αφορούν στο σχήμα, στο εδαφικό υλικό κ.α.
- 3) Χρήσεις γης κατάντη λεκάνων απορροής

4) Μορφή υδατορευμάτων

Από τα παραπάνω, η μόνη παράμετρος, στην οποία ο άνθρωπος δεν μπορεί να παρεμβεί, είναι τα ύψη βροχής. Η αλλαγή των χαρακτηριστικών των λεκανών απορροής, οι αυξημένες χρήσεις γης και η παρεμπόδιση της φυσικής ροής του νερού, κατά τη διάρκεια καταιγίδας, συντελούν, αθροιστικά, στην εμφάνιση πλημμυρικού επεισοδίου.

Στην Ελλάδα, αλλά και σε άλλες χώρες, παρατηρείται αλλοίωση των φυσικών χαρακτηριστικών. Στις περισσότερες περιπτώσεις τέτοιας αλλοίωσης, τα προβλήματα διαπιστώνονται, δυστυχώς, κατόπιν της καταστροφής δημιουργώντας ένα περιβάλλον, το οποίο, με τις κατάλληλες προϋποθέσεις, μπορεί να αποτελέσει πλημμυρικό πεδίο ανά πάσα στιγμή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η περιοχή της Κινέτας. Η πυρκαγιά του καλοκαιριού του 2018 κατέστρεψε ένα μεγάλο τμήμα του δάσους που λειτουργούσε ως ανασταλτικός παράγοντας για την εκδήλωση πλημμύρας. Αυτό οδήγησε στην εκδήλωση πλημμύρας ένα μόλις χρόνο μετά την πυρκαγιά, τον Νοέμβριο του 2019, με, ευτυχώς, αυτή τη φορά, καμιά ανθρώπινη απώλεια (Εικόνα 6.1). Άλλο παράδειγμα αποτελούν τα ρέματα στην περιοχή της Μάνδρας. Η καταστροφική πλημμύρα του 2017 ανέδειξε τα λάθη στα οποία είχαν υποπέσει οι αρμόδιοι φορείς, με κυριότερο την οικοδόμηση, σε πολλές περιπτώσεις, δίπλα ή ακόμη και εντός των ρεμάτων (Εικόνα 6.2). Σε αυτήν την περίπτωση, οι τεράστιες οικονομικές ή, άλλου είδους, υλικές καταστροφές συνοδεύτηκαν και από έναν πολύ μεγάλο αριθμό θυμάτων.



Εικόνα 6.1 Φωτογραφία δορυφόρου μετά την πλημμύρα στην Κινέτα, 2019 (Πηγή: <http://athina984.gr/wp-site/2019/11/26/allaxe-chroma-i-thalassa-h-kineta-apo-ton-doryforo-sentinel-2/>)

Στην παραπάνω φωτογραφία δορυφόρου φαίνεται η μεταφορά φερτών από τον ορεινό όγκο προς τη θάλασσα. Αν δεν είχε προηγηθεί η πυρκαγιά του 2017, τότε, πιθανώς, το φαινόμενο να μην είχε πάρει τέτοια έκταση, καθώς, με την ύπαρξη της δασικής έκτασης, μεγάλη ποσότητα νερού θα είχε απορροφηθεί.



Εικόνα 6.2 Διακοπή υδατορεύματος από οικοδόμηση, Μάνδρα (Πηγή: <https://dasarxeio.com/2017/11/19/51295/>)

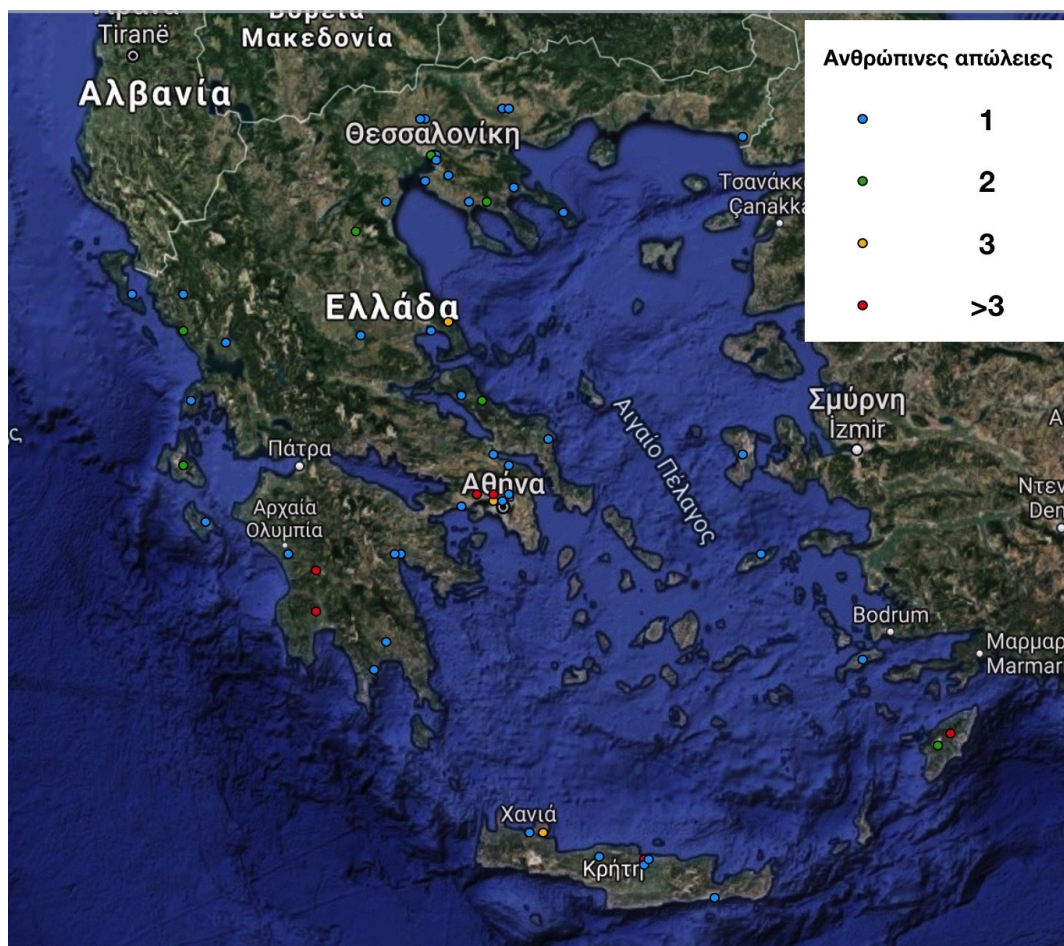
Στην παραπάνω εικόνα, η φυσική διαδρομή του νερού (βλ. κόκκινες γραμμές) έχει διακοπεί, εξαιτίας του ανθρώπινου παράγοντα. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την αδυναμία διέλευσης και, όπως ήταν αναμενόμενο, τη διαφυγή του νερού στις γύρω περιοχές, με την ταυτόχρονη παράσυρση φερτών υλικών.

Τα παραπάνω παραδείγματα έγιναν ευρέως γνωστά, εξαιτίας των καταστροφών που προκλήθηκαν. Είναι φανερό πως υπάρχουν και άλλοι οικισμοί οι οποίοι βρίσκονται, δυνητικά, σε κίνδυνο, ειδικά σε περιπτώσεις όπου έχουν καταγραφεί πρόσφατες αλλοιώσεις στο φυσικό περιβάλλον.

Βάσει αρκετών στοιχείων από τα παραπάνω, αλλά και ενδεικτικών απογραφικών στοιχείων, προκύπτει ότι, χονδρικά, 500 οικισμοί ενέχουν το στοιχείο της πλημμυρικής διακινδύνευσης (Νίκος Μαμάσης και Δημήτρης Κουτσογιάννης, ΤΕΕ, 2018).

6.2 Χωρική ανάλυση και κατανομή

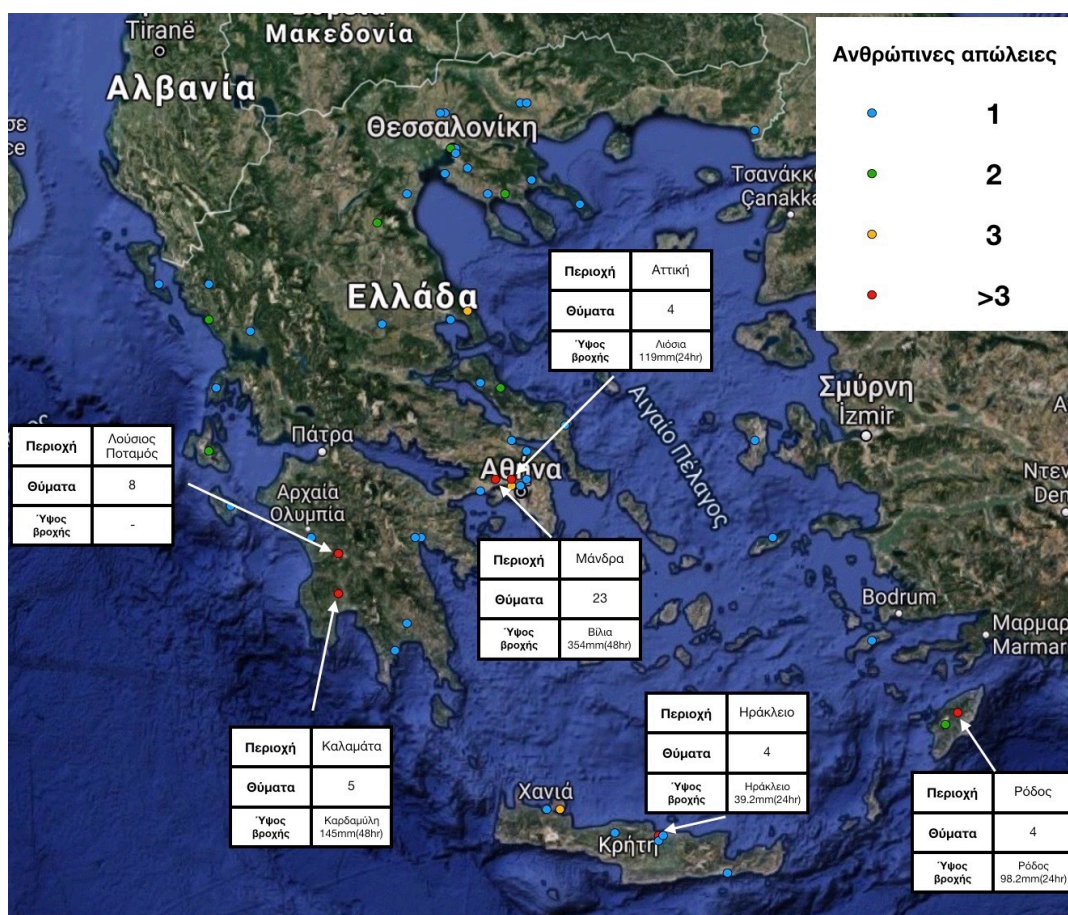
Στο σύνολό τους, ευρέθηκαν 50 πλημμυρικά επεισόδια με απολογισμό ισοδύναμο των 113 θανάτων. Από την καταγραφή των θανατηφόρων επεισοδίων, από τις αρχές του 21ου αιώνα έως σήμερα, παρατηρείται μεγαλύτερη συχνότητα στις αστικές περιοχές, όπως ήταν αναμενόμενο, αλλά και σε περιοχές με ξηρότερο κλίμα, που ανήκουν στην ανατολική Ελλάδα (Εικόνα 6.3). Είναι, επομένως, φανερό, από την παρούσα έρευνα, πως τα μεγάλα ύψη βροχής, σε ετήσια βάση, δεν συνδέονται, απαραίτητα, με την εμφάνιση πλημμυρών που επιφέρουν θύματα.



Εικόνα 6.3 Καταγραφή επεισοδίων στην Ελλάδα και αριθμός θυμάτων από την αρχή του 21ου αιώνα μέχρι σήμερα

Όσον αφορά στα θύματα, από το κεντρικό προς το νότιο τμήμα της χώρας εμφανίζεται μεγαλύτερος αριθμός θυμάτων, χωρίς, ωστόσο, να παρατηρείται κάποια χωρική συσχέτιση. Αντίθετα, στις εκτάσεις που έχουν ως κύριο στοιχείο το ορεινό, όπως οι οροσειρές της Πίνδου και της Ροδόπης, για όλη τη διάρκεια που εξετάζεται, δεν παρουσιάστηκαν πλημμυρικά φαινόμενα με ανθρώπινες απώλειες. Ένα επιπλέον στοιχείο που εξάγεται, από την χωρική ανάλυση, είναι η ευπάθεια που εμφανίζουν, κυρίως, τα Δωδεκάνησα και τα νησιά του Ιονίου πελάγους.

Από όλα τα επεισόδια, εκείνα που επέφεραν τα περισσότερα θύματα είναι, με χρονική σειρά, τα ακόλουθα: Λούσιος Ποταμός (26/5/2007), Ρόδος (22/11/2013), Αττική (22/10/15), Καλαμάτα (6/9/2016), Δυτική Αττική (15/11/2017) και Ηράκλειο Κρήτης (14/2/2019) (Εικόνα 6.4).

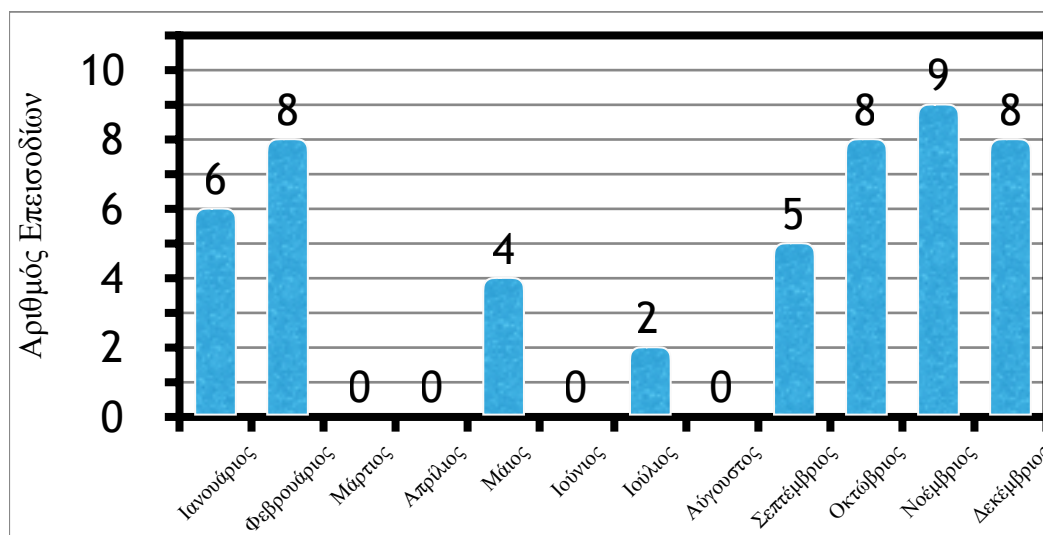


Εικόνα 6.4 Επεισόδια με τον μεγαλύτερο αριθμό θυμάτων

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, είναι προφανές πως τα επεισόδια με τον μεγαλύτερο αριθμό θυμάτων εμφανίστηκαν στο κεντρικό και νότιο τμήμα της χώρας, χωρίς, ωστόσο, να εμφανίζεται κάποιο επαναλαμβανόμενο μοτίβο ή τάση ως προς την χωρική τους κατανομή.

6.3 Εποχικότητα θανατηφόρων πλημμυρών

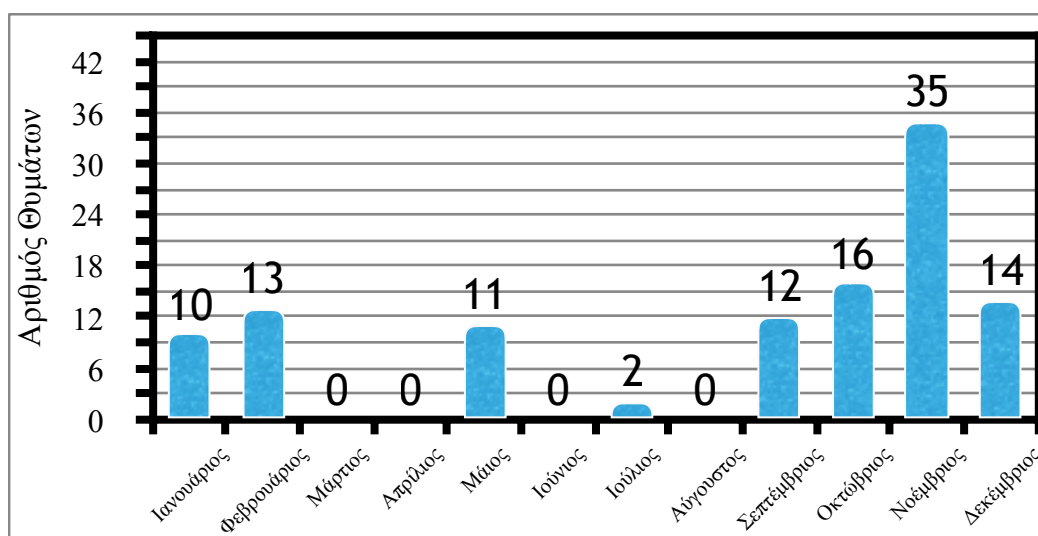
Πλημμύρες με θύματα εμφανίζονται κάθε χρόνο, από το 2000 και εξής. Το χρονικό διάστημα που εμφανίζει την μεγαλύτερη επικινδυνότητα, βάσει των δεδομένων που συγκεντρώθηκαν, είναι μεταξύ των μηνών Σεπτεμβρίου και Φεβρουαρίου. Πιο συγκεκριμένα, από την κατάταξη των επεισοδίων με βάση τον μήνα εμφάνισής τους, ο Νοέμβριος είναι, οριακά, ο μήνας με τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης (Σχήμα 6.1).



Σχήμα 6.1 Κατανομή θανατηφόρων πλημμυρικών επεισοδίων ανά μήνα

Τα αποτελέσματα, ως προς την εποχικότητά τους, συμφωνούν με τα αποτελέσματα από τον Diakakis (2012), με το Νοέμβριο να είναι ο μήνας με τα περισσότερα επεισόδια.

Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε για την εύρεση του μήνα με τα περισσότερα θύματα (Σχήμα 6.2).

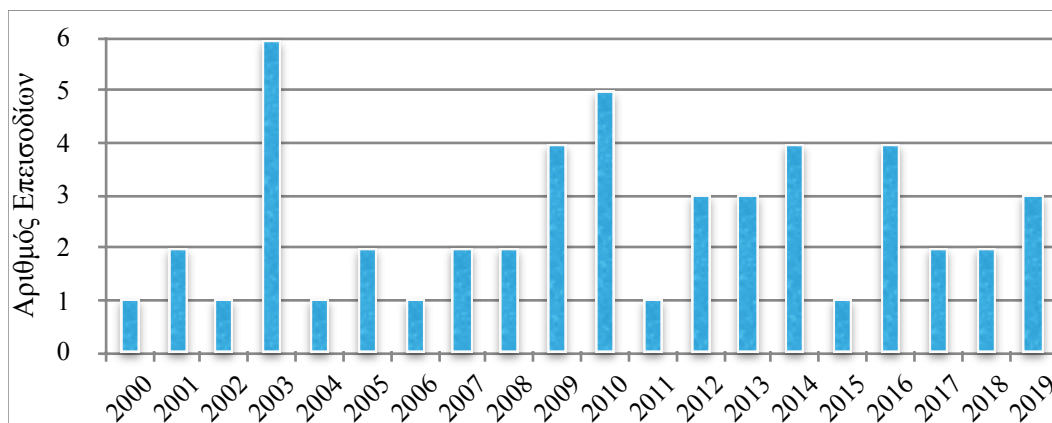


Σχήμα 6.2 Κατανομή θυμάτων ανά μήνα

Σε αυτήν την περίπτωση, όπως σε αυτήν σχετικά με τον αριθμό των επεισοδίων, ο Νοέμβριος είναι ο μήνας με τα περισσότερα θύματα και, μάλιστα, με σημαντική διαφορά συγκριτικά με τους υπόλοιπους. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τον Diakakis (2012), σύμφωνα με τον οποίο, ο μήνας με τα περισσότερα θύματα, όσον αφορά, βέβαια, στην εξεταζόμενη περίοδο του ίδιου, ήταν ο Ιούνιος. Πρέπει, ωστόσο, να σημειωθεί ότι το δείγμα της παρούσας έρευνας είναι μικρότερο. Ακόμη, να επισημανθεί πως η καταστροφική πλημμύρα στην Μάνδρα, τον

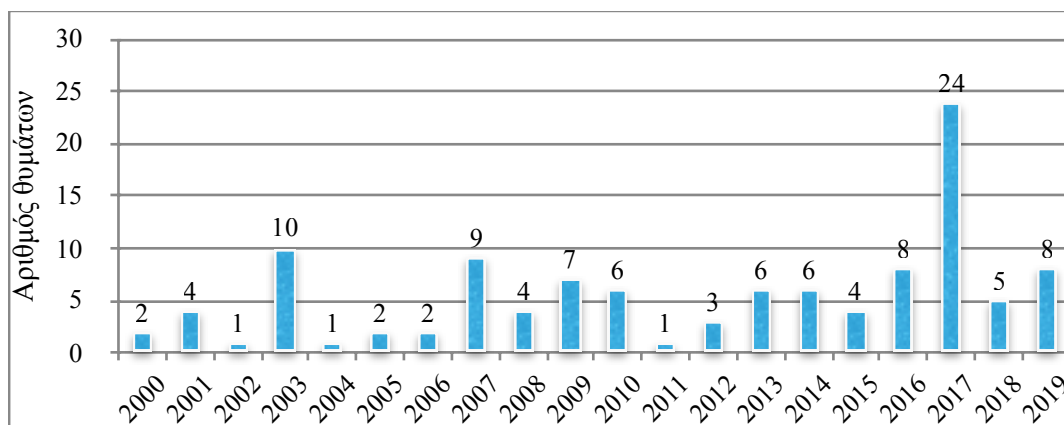
Νοέμβριο του 2017, με απολογισμό που φθάνει τα 23 θύματα, διαμόρφωσε, σε πολύ μεγάλο βαθμό, το παραπάνω αποτέλεσμα.

Στη συνέχεια, έγινε κατανομή των επεισοδίων (με θύματα) και των θυμάτων, ανάλογα με το έτος στο οποίο έλαβαν χώρα (Σχήμα 6.3, Σχήμα 6.4).



Σχήμα 6.3 Αριθμός επεισοδίων (με θύματα) ανά έτος

Από το παραπάνω σχήμα, και όσον αφορά στον αριθμό επεισοδίων με θύματα ανά έτος, είναι αντιληπτό πως δεν υπάρχει κάποια προφανής τάση, είτε αυξητική είτε μειωτική. Ωστόσο, κατά την περίοδο από το 2009 έως και το 2019, ο αριθμός των επεισοδίων είναι ελαφρώς μεγαλύτερος παρουσιάζοντας, όμως, μεγάλες διακυμάνσεις.



Σχήμα 6.4 Αριθμός θυμάτων ανά έτος

Σε αυτήν την περίπτωση, όπως και στην κατάταξη των θυμάτων ανά μήνα, είναι εμφανής η επιρροή του επεισοδίου της Μάνδρας, το 2017. Με εξαίρεση το συγκεκριμένο επεισόδιο, μπορεί να ειπωθεί πως δεν εμφανίζεται κάποια τάση, ενώ οι διακυμάνσεις είναι, εξίσου, μεγάλες.

Ακολουθεί πίνακας με τη λίστα των επεισοδίων και τα χαρακτηριστικά τους όπως: ύψος βροχής και Περίοδος Επαναφοράς (T) (Πίνακας 6.1).

Πίνακας 6.1 Όλα τα επεισόδια για την περίοδο 2000-2019

Ημερομηνία	Περιοχή	Θόματα	Ύψη βροχής-T
7/10/2000	Χαλκιδική	2	Χαλκιδική: 253.9 mm-48 hr (T=700)
4/11/2001	Αυλώνα-Ωρωπός	2	Ελληνικό: 82 mm-24 hr
15/12/2001	Διακονιάρης	2	Άραξος: 50 mm-24 hr
8/7/2002	Αθήνα	1	Θησείο: 91 mm-3 hr (T=200)
19/1/2003	Κώς	1	Χίος: 120 mm-24 hr (T=13)
26/1/2003	Καστέλλι Χανίων	3	Ιεράπετρα: 57 mm-3 hr (T=15)
4/2/2003	Καναλλάκι Πρεβέζης	2	Πρέβεζα: 31 mm-24 hr (T<2)
8/2/2003	Σπάρτη	1	-
	Σέρρες	1	-
29/5/2003	Ιεράπετρα	1	Ιεράπετρα: 113 mm-12 hr (T=41)
24/10/2003	Άρτα	1	Άρτα: 177 mm-24 hr (T=10)
5/11/2004	Ηράκλειο Κρήτης	1	Χανιά: 115 mm-12 hr (T=15)
26/5/2005	Κνωσσός	1	Ηράκλειο: 19 mm-24 hr (T<2)
24/11/2005	Λακωνία, Αττική, Μυτιλήνη	1	Ζωγράφου: 131.2 mm-24 hr (T=5)
17/10/2006	Κρήτη, Δωδεκάνησα	2	Χανιά: 151 mm-24 hr (T=20)
26/5/2007	Λούσιος ποταμός	8	-
17/11/2007:	Μέγαρα, Βοιωτία Τρίπολη, Κομοτηνή	1	Τρίπολη: 70 mm-24 hr (T=5)
3/10/2008	Αιτωλοακαρνανία	2	Άρτα: 76 mm-12 hr (T=5)
12/12/2008	Πόρος Κεφαλληνίας	2	-
11/7/2009	Μαυρούδας (Θεσσαλονίκη)	1	-
11/9/2009	Ρέμα Μανικιάτη (Εύβοια)	1	Στενή Ευβοίας: 376 mm-48 hr (T=96)
24/10/2009	Περία	2	Μακρονίτσα: 132 mm-24 hr (T=5)

6. Διερεύνηση επεισοδίων: αίτια και αποτελέσματα

Ημερομηνία	Περιοχή	Θύματα	Ύψη βροχής-T
10/12/2009	Πήλιο	3	Μακρυνίτσα: 417 mm-24 hr (T=1000)
17/1/2010	Γεροπόταμος (Κρήτη)	1	Ρέθυμνο: 52 mm-24 hr (T<2)
15/2/2010	Χαλκιδική	1	-
18/10/2010	Χίος-Ικαρία	2	Ικαρία: 302 mm-24 hr (T=1000)
27/10/2010	Θέρμη (Θεσσαλονίκη)	1	Βατοπαίδι: 236 mm-24 hr
9/11/2010	Θεσπρωτία	1	Δερβίζιανα: 209 mm-48 hr (T=10)
19/9/2011	Λευκάδα	1	Πάλαιρος (Αιτωλοακαρνανία): 71.2 mm-24 hr (T<2)
12/1/2012	Ηράκλειο Κρήτης	1	Ηράκλειο: 24.8 mm-24 hr (T<2)
5/2/2012	Ηλεία	1	Πύργος: 177.8 mm-24 hr (T=155)
29/12/2012	Καρδίτσα	1	Αγιά Λάρισα: 99 mm-24 hr (T=10)
22/2/2013	Μαρούσι	1	Μαρούσι: 76.4 mm-24 hr (T<2)
10/12/2009	Πήλιο	3	Μακρυνίτσα: 417 mm-24 hr (T=1000)
17/1/2010	Γεροπόταμος (Κρήτη)	1	Ρέθυμνο: 52 mm-24 hr (T<2)
15/2/2010	Χαλκιδική	1	-
18/10/2010	Χίος-Ικαρία	2	Ικαρία: 302 mm-24 hr (T=1000)
22/11/2013	Ρόδος	4	Ρόδος: 98.2 mm-24 hr (T=5)
1/12/2013	Άργος	1	Άργος: 87.8 mm-24 hr (T=7)
14/9/2014	Θεσσαλονίκη	1	Θεσσαλονίκη: 21 mm-24 hr (T<2)
2/12/2014	Δέλτα Έβρου	1	Αλεξανδρούπολη: 57.6 mm-24 hr (T<2)
5/12/2014	Άργος	1	Άργος: 87.8 mm-24 hr (T=5) Νεμέα: 119 mm-24 hr (T=20)
8/12/2014	Θεσσαλονίκη, Κιλκίς	3	Κιλκίς: 44.2 mm-24 hr (T<2)
22/10/2015	Αττική, Λέσβος, Ηλεία, Αχαΐα	4	Λιόσια: 119 mm-24 hr (T=5) Λάππα Αχαΐας: 185.6 mm-24 hr (T=250)

6. Διερεύνηση επεισοδίων: αίτια και αποτελέσματα

Ημερομηνία	Περιοχή	Θύματα	Ύψη βροχής-T
16/1/2016	Σέρρες	1	Σέρρες: 27.6 mm-24 hr (T<2)
21/5/2016	Βόλος	1	Καρδίτσα: 77.4 mm-24 hr (T=6)
6/9/2016	Μεσσηνία, Θεσ/νίκη, Λακωνία, Κορινθία	5	Μηχανιώνα 352 mm-48 hr (T=1000) Καρδαμύλη 185 mm-48 hr (T=50)
26/11/2016	Ζάκυνθος	1	Ζάκυνθος: 138.2 mm-24 hr (T=14)
11/11/2017	Κέρκυρα	1	Κέρκυρα: 91.6 mm-24 hr (T=2)
15/11/2017	Δυτική Αττική	23	Βίλια: 354 mm-48 hr (T=1000) Δίον: 233 mm-48 hr (T=500)
24/2/2018	Εύβοια	1	Στενή Ευβοίας: 15 mm-24 hr (T<2)
26/9/2018	Εύβοια, Φθιώτιδα, Αργολίδα, Κορινθία, Λακωνία	4	Παπάγου: 200 mm-24 hr (T=30) Θεολόγος 494 mm-48 hr (T=5000) Εύβοια: 281 mm-48 hr (T=30)
3/1/2019	Κερατέα Αττικής	3	Μαρκόπουλο: 23.8 mm-24 hr (T<2)
14/2/2019	Ηράκλειο Κρήτης	4	Ηράκλειο: 39.2 mm-24 hr (T<2)
23/2/2019	Χανιά	1	Χανιά: 102.8 mm-24 hr (T=5)
16/1/2016	Σέρρες	1	Σέρρες: 27.6 mm-24 hr (T<2)
21/5/2016	Βόλος	1	Καρδίτσα: 77.4 mm-24 hr (T=6)
6/9/2016	Μεσσηνία, Θεσ/νίκη, Λακωνία, Κορινθία	5	Μηχανιώνα 352 mm-48 hr (T=1000) Καρδαμύλη 185 mm-48 hr (T=50)
26/11/2016	Ζάκυνθος	1	Ζάκυνθος: 138.2 mm-24 hr (T=14)
11/11/2017	Κέρκυρα	1	Κέρκυρα: 91.6 mm-24 hr (T=2)
15/11/2017	Δυτική Αττική	23	Βίλια: 354 mm-48 hr (T=1000) Δίον: 233 mm-48 hr (T=500)
24/2/2018	Εύβοια	1	Στενή Ευβοίας: 15 mm-24 hr (T<2)

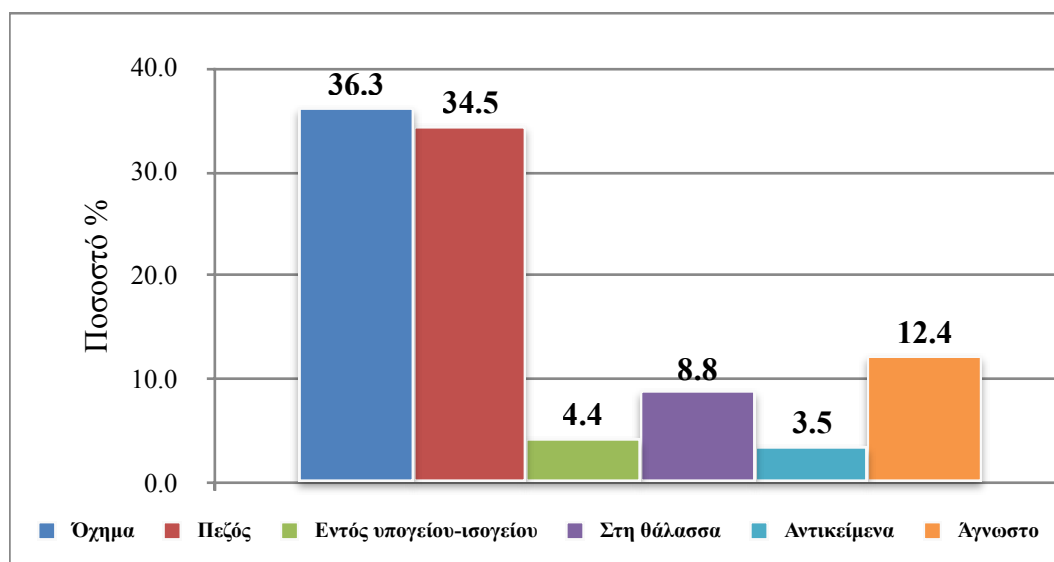
6. Διερεύνηση επεισοδίων: αίτια και αποτελέσματα

Ημερομηνία	Περιοχή	Θύματα	Ύψη βροχής-T
26/9/2018	Εύβοια, Φθιώτιδα, Αργολίδα, Κορινθία, Λακωνία	4	Παπάγου: 200 mm-24 hr (T=30) Θεολόγος 494 mm-48 hr (T=5000) Εύβοια: 281 mm-48 hr (T=30)
3/1/2019	Κερατέα Αττικής	3	Μαρκόπουλο: 23.8 mm-24 hr (T<2)
14/2/2019	Ηράκλειο Κρήτης	4	Ηράκλειο: 39.2 mm-24 hr (T<2)
23/2/2019	Χανιά	1	Χανιά: 102.8 mm-24 hr (T=5)

6.4 Αιτίες θανάτου και χαρακτηριστικά των θυμάτων

Έπειτα από διασταύρωση στοιχείων και αναζήτηση δεδομένων από δημοσιογραφικές και άλλου είδους πηγές, συγκεντρώθηκαν στοιχεία για 80-90, περίπου, ανθρώπους από τους 113, συνολικά, που αφορούν στην αιτία που οδήγησε στην απώλεια της ζωής τους (π.χ. δραστηριότητες, όπως χρήση οχήματος κ.α.), στην ηλικιακή ομάδα, στην οποία ανήκουν, και στο φύλο.

Όσον αφορά στην αιτία ή στην δραστηριότητά τους, πριν από την απώλεια, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 6.5, η πλειοψηφία των περιστατικών αφορά στη χρήση οχήματος.



Σχήμα 6.5 Ποσοστό για κάθε αιτία θανάτου από πλημμύρα

Συγκεκριμένα, το 36.3% των περιπτώσεων σχετίζεται με τη χρήση οχήματος (Εικόνα 6.5, Εικόνα 6.6) ενώ το 34.5% των ανθρώπων παρασύρθηκε από τη ροή χειμάρων ή ρεμάτων, στην προσπάθειά τους να τα διασχίσουν ή να απομακρυνθούν. Το αποτέλεσμα αυτό είναι σύμφωνο με την αντίστοιχη έρευνα των Ashley and Ashley (2008), όπου, επίσης, η πλειοψηφία των θανάτων προήλθε εξαιτίας, ή κατά τη διάρκεια χρήσης, οχήματος. Εδώ, πρέπει να διευκρινιστεί ότι,

για τον υπολογισμό του ποσοστού απώλειας ζωής από τη χρήση οχήματος, συμπεριλήφθηκαν μόνο τα περιστατικά στα οποία δίνονται επαρκής πληροφορίες για την αιτία. Αυτό σημαίνει πως, πιθανώς, το πραγματικό ποσοστό είναι αρκετά μεγαλύτερο, καθώς, για την κατηγορία θανάτου *πεζοί*, δεν υπήρχαν αρκετές πληροφορίες, ώστε να προκύψει το συμπέρασμα της χρήσης οχήματος. Παρά, ωστόσο, την έλλειψη στοιχείων, η χρήση οχήματος παραμένει η κυριότερη αιτία θανάτου. Για το 12.4% των περιπτώσεων δεν βρέθηκαν στοιχεία για τις συνθήκες θανάτου.

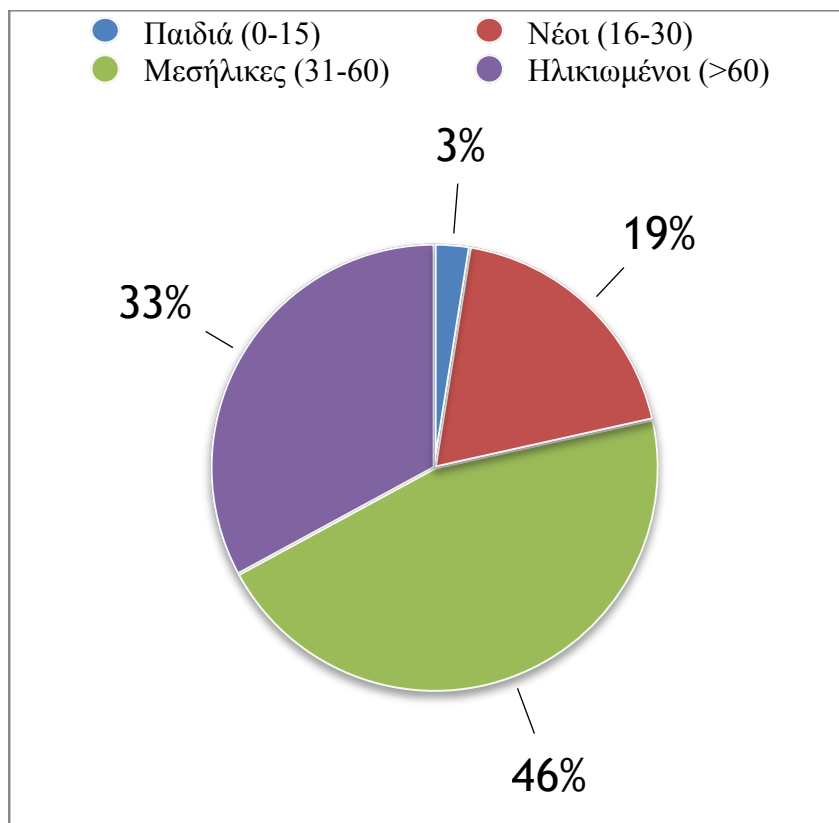


Εικόνα 6.5 Μάνδρα 13/11/2017 (Πηγή: https://www.meteo.gr/pdf/weatherCases/2017/2017_11_13_EVRIDIKI.pdf)



Εικόνα 6.6 Καλαμάτα 6/9/2016 (Πηγή: https://www.meteo.gr/pdf/weatherCases/2016/2016_09_06.pdf)

Στη συνέχεια, τα θύματα χωρίστηκαν σε τέσσερις ηλικιακές ομάδες (Σχήμα 6.6). Χαρακτηριστικό είναι ότι η πλειοψηφία, με ποσοστό 46%, αφορά στην ηλικιακή ομάδα 31-60 ετών. Αυτό, πιθανώς, συνδέεται με την ανάληψη κινδύνου από τα άτομα του συγκεκριμένου ηλικιακού εύρους, προκειμένου να προστατεύσουν άλλους ανθρώπους ή νεότερα μέλη των οικογενειών τους.



Σχήμα 6.6 Ηλικιακές ομάδες θυμάτων

Αντίστοιχα, υψηλό είναι και το ποσοστό των ηλικιωμένων (>60 ετών). Η αυξημένη θνησιμότητα των ανθρώπων μεγάλης ηλικίας σχετίζεται με τα ήδη υπάρχοντα προβλήματα υγείας που αντιμετωπίζουν (π.χ. ένας ηλικιωμένος άνδρας έχασε τη ζωή του από ανακοπή καρδιάς) ή με κινητικά προβλήματα. Έτσι, παρατηρείται, συχνά, το φαινόμενο τα σώματα των ανθρώπων αυτών να βρίσκονται εντός των οικιών τους, όταν αυτές βρίσκονται σε υπόγεια ή ισόγεια. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η περίπτωση της πλημμύρας στην Καλαμάτα, στις 6/9/2016 (Εικόνα 6.7). Οι ηλικίες εύρους 16-30 ετών εμφανίζουν σχετικά μειωμένο ποσοστό θνησιμότητας (19%) ενώ οι περιπτώσεις θανάτων παιδιών ηλικίας 0-15 ετών αποτελούν μεμονωμένα περιστατικά με ποσοστό (θνησιμότητας) μόλις 3%.



Εικόνα 6.7 Πλημμυρισμένα υπόγεια στην Καλαμάτα (07/09/2016)

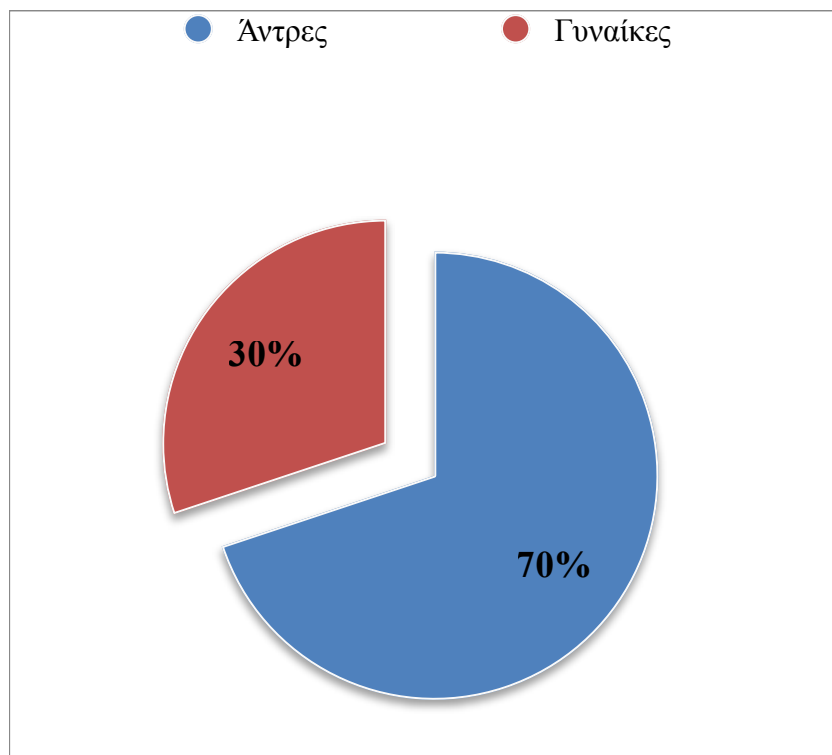
Δημοσίευμα αναφέρει:

“Τραγικός ο απολογισμός από τη θεομηνία που έπληξε πολλές περιοχές της Δυτικής και της κεντρικής Ελλάδας. Τρεις άνθρωποι εντοπίστηκαν νεκροί μέσα στα σπίτια τους στην ευρύτερη περιοχή της Καλαμάτας, σύμφωνα με δηλώσεις του δημάρχου Παναγιώτη Νίκα, στην πρωινή εκπομπή του ΣΚΑΙ.

Στο Πήδημα Μεσσηνίας, μια 63χρονη ανάπηρη γυναίκα που ζούσε μόνη σε υπόγειο διαμέρισμα, κυριολεκτικά πνίγηκε αβοήθητη μέσα στο ίδιο της το σπίτι! Το ίδιο συνέβη και με μια 79χρονη γυναίκα επίσης σε υπόγειο σπίτι μέσα στην πόλη της Καλαμάτα, που επίσης δεν κατάφερε να βγει από το διαμέρισμά της και πνίγηκε μέσα σε αυτό” (Πηγή: <https://www.news247.gr/koinonia/synagermos-stin-pyrosvestiki-apo-tin-kakokairia.6454183.html>)

Το συγκεκριμένο παράδειγμα αναδεικνύει την ανάγκη για απομάκρυνση των ατόμων με κινητικά προβλήματα από χώρους επιρρεπείς σε πλημμυρικά επεισόδια, όπως είναι τα υπόγεια και τα ημι-υπόγεια κατοικιών, τόσο κατά τη διάρκεια των επεισοδίων όσο και γενικότερα.

Σχετικά με το φύλο των θυμάτων, το 70% αφορά σε άντρες ενώ το 30% σε γυναίκες (Σχήμα 6.7).



Σχήμα 6.7 Ποσοστό θυμάτων με βάση το φύλο

Από το παραπάνω σχήμα, είναι φανερό πως οι άνδρες εμφανίζουν μεγαλύτερη θνησιμότητα από τις γυναίκες. Αυτό, πιθανώς, οφείλεται και σε κοινωνικο-ψυχολογικά αίτια που δεν σχετίζονται, άμεσα, με το περιεχόμενο της παρούσας έρευνας.

6.5 Σπανιότητα πλημμυρικών επεισοδίων με θύματα

Μετά την καταγραφή των επεισοδίων, έγινε υπολογισμός της Περιόδου Επαναφοράς, με χρήση της γενικευμένης εξίσωσης όμβριων καμπυλών. Από τα 50 επεισόδια που εξετάστηκαν, τα εννέα (9) δεν ήταν δυνατό να διερευνηθούν ως προς τη σπανιότητά τους. Από τα εναπομείναντα, υπολογίστηκε ο μέσος όρος των Περιόδων Επαναφοράς, ίσος με 129 έτη, και ο μέσος όρος θυμάτων, ανά επεισόδιο, ίσος με 2,2.

Όσον αφορά στη σύνδεση της σπανιότητας με τα θύματα, το 40%, περίπου, των θυμάτων προήλθαν από επεισόδια με Περίοδο Επαναφοράς ίση ή μεγαλύτερη των 500 ετών. Στον παρακάτω πίνακα, παρουσιάζεται η κατηγοριοποίηση των επεισοδίων και των ανθρώπινων απωλειών, με βάση την Περίοδο Επαναφοράς (Πίνακας 6.2).

Πίνακας 6.2 Περίοδος Επαναφοράς, επεισόδια και ανθρώπινες απώλειες

Περίοδος Επαναφοράς	<5	5-10	10-50	50-500	>500
Επεισόδια	14	9	11	3	5
Θύματα	22	17	17	3	35
Θύματα/ Επεισόδιο	1.6	1.9	1.5	1.0	7.0

Για λόγους έλλειψης δεδομένων από κοντινό σταθμό, δεν ήταν δυνατή η συσχέτιση εννέα (9) επεισοδίων και των 19 θυμάτων που επέφεραν με κάποια Περίοδο Επαναφοράς.

Από τα παραπάνω αποτελέσματα, είναι σαφές, όπως προαναφέρθηκε, ότι η πλειοψηφία των θυμάτων σχετίζεται με βροχοπτώσεις που υπερβαίνουν την Περίοδο Επαναφοράς των 500 ετών. Αυξημένος είναι, ωστόσο, και ο αριθμός των θυμάτων εκείνων που προέρχονται από πλημμυρικά επεισόδια μικρών Περιόδων Επαναφοράς, αν και τα θύματα ανά επεισόδιο και κατά μέσο όρο είναι πολύ λιγότερα. Αξίζει να σημειωθεί πως για τον υπολογισμό της Περιόδου Επαναφοράς των επεισοδίων ήταν διαθέσιμα, κατά κύριο λόγο, μόνο τα εικοσιτετράωρα ύψη βροχής. Αυτό σημαίνει πως είναι πιθανό η πραγματική Περίοδος Επαναφοράς να είναι αρκετά μεγαλύτερη από την υπολογισμένη. Για παράδειγμα, στην πλημμύρα της Καλαμάτας, η ένδειξη του βροχομέτρου για το εικοσιτετράωρο ύψος βροχής ανέρχεται σε 124 mm. Στην πραγματικότητα, όμως, το μεγαλύτερο μέρος του συγκεκριμένου ύψους βροχής έπεσε εντός τεσσάρων (4), μόνο, ωρών.

Συμπερασματικά, βροχοπτώσεις οι οποίες μπορούν να χαρακτηριστούν ως πολύ σπάνιες είναι πιθανότερο να προκαλέσουν πλημμύρες με αυξημένο αριθμό θυμάτων. Έτσι, αναδεικνύεται, σε πρώτη φάση, η άμεση συσχέτιση της Περιόδου Επαναφοράς με τα θύματα ενός επεισοδίου.

Το συμπέρασμα αυτό, ωστόσο, δεν μπορεί να θεωρηθεί ασφαλές. Τα επεισόδια που διερευνήθηκαν είχαν ως προϋπόθεση την ύπαρξη θυμάτων. Για την εξαγωγή ενός περισσότερο ασφαλούς συμπεράσματος, απαιτείται η διερεύνηση μεγάλου εύρους επεισοδίων, συμπεριλαμβανομένων και εκείνων που δεν προξένησαν

ανθρώπινες απώλειες. Έτσι, θα ήταν δυνατή η δημιουργία μιας πιο ολοκληρωμένης εικόνας σε σχέση με το θέμα.

6.6 Διερεύνηση γειτονικών σταθμών για μεμονωμένα επεισόδια

Για την περαιτέρω διερεύνηση ορισμένων επεισοδίων, πραγματοποιήθηκε καταγραφή των υψών βροχής γειτονικών σταθμών. Συγκεκριμένα, έγινε αναζήτηση των μέγιστων εικοσιτετραώρων βροχοπτώσεων σε σταθμούς που βρίσκονται σε, σχετικώς, μικρή απόσταση από την περιοχή όπου σημειώθηκαν οι ανθρώπινες απώλειες. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε για τέσσερις (4) περιοχές και αφορά σε επεισόδια με μεγάλο αριθμό θυμάτων.

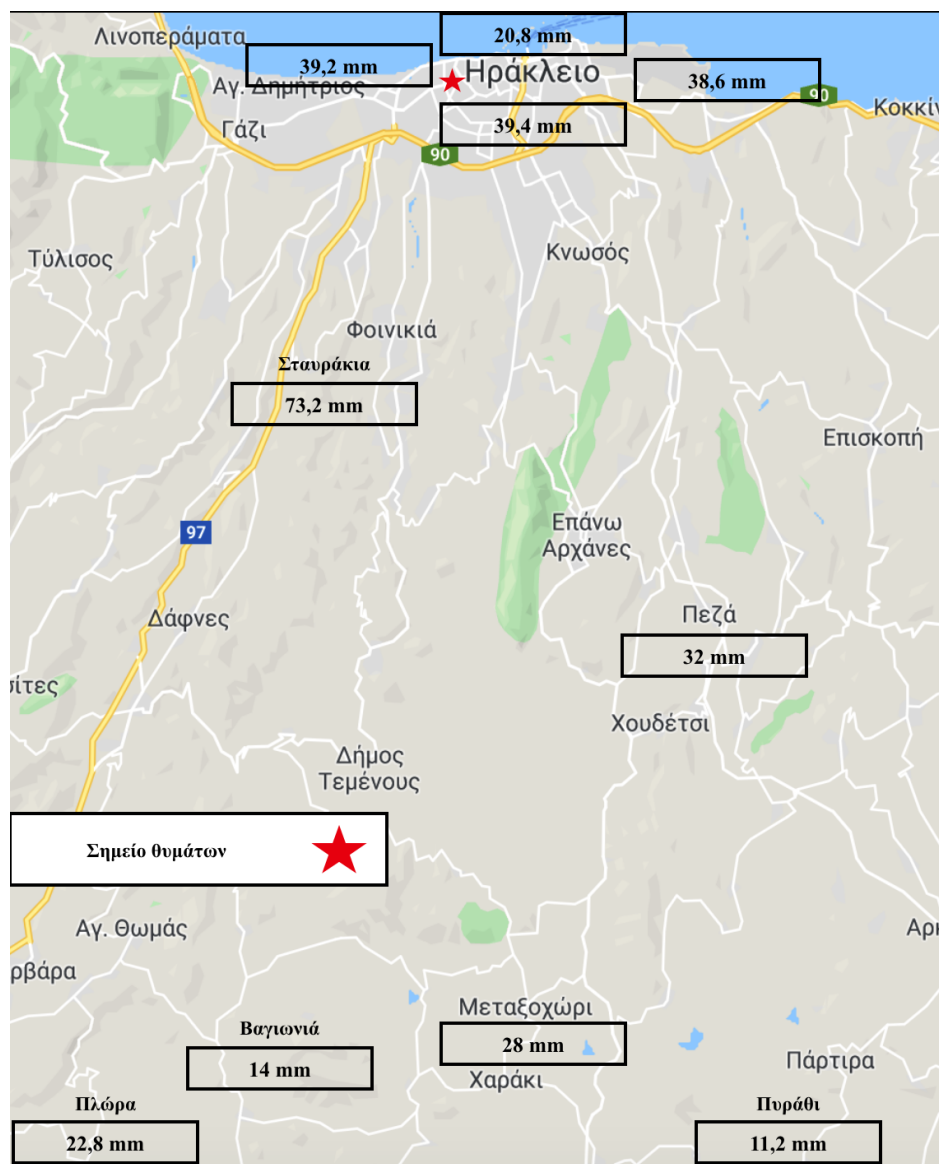
Στη συνέχεια, παρουσιάζονται χάρτες με τα αποτελέσματα από τη χωρική διερεύνηση των εξής επεισοδίων:

-Ηράκλειο Κρήτης, Φεβρουάριος 2019 (Εικόνα 6.8)

-Μάνδρα, Νοέμβριος 2017 (Εικόνα 6.9)

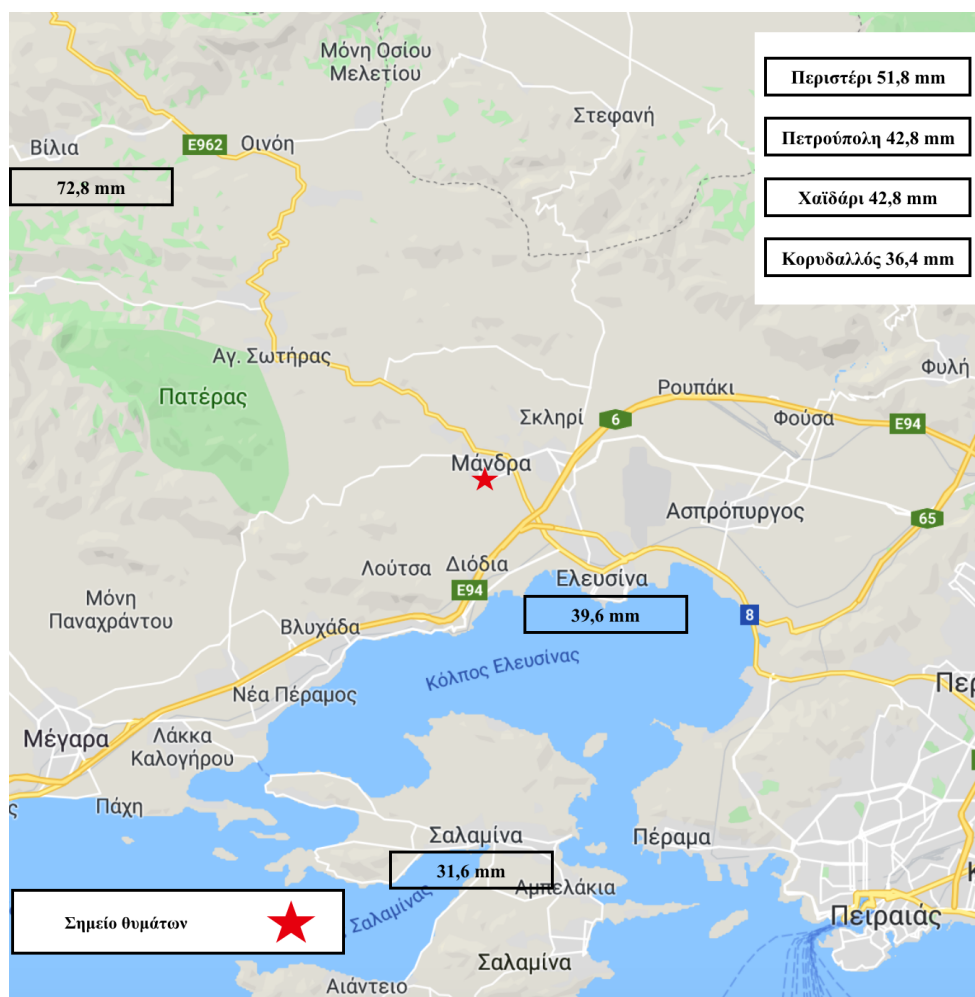
-Καλαμάτα, Σεπτέμβριος 2016 (Εικόνα 6.10)

-Ρόδος, Νοέμβριος 2013 (Εικόνα 6.11)



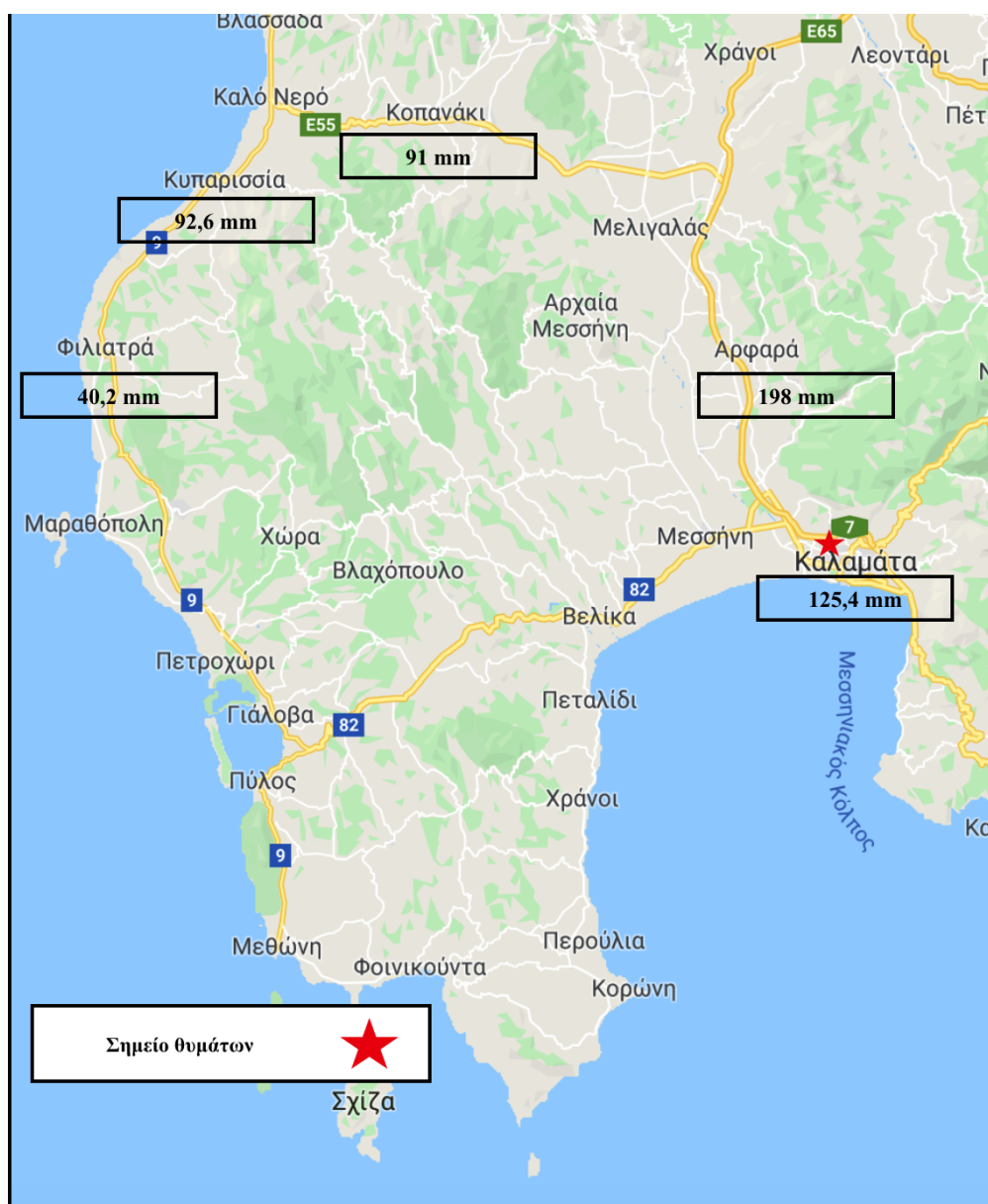
Εικόνα 6.8 Ύψη βροχής περιφερειακά του Ηρακλείου

Η μέγιστη βροχόπτωση σημειώθηκε στα Σταυράκια Ηρακλείου με ύψος βροχής 73,2 mm. Οι περιοχές στο νότιο τμήμα δεν φαίνεται να επηρεάστηκαν ιδιαίτερα από το φαινόμενο. Αντίθετα, οι ανθρώπινες απώλειες σημειώθηκαν στην ανατολική πλευρά της πόλης του Ηρακλείου. Με βάση τα παραπάνω δεδομένα βροχόπτωσης, οι θάνατοι συνέβησαν σε μεγάλη απόσταση από το επίκεντρο του φαινομένου.



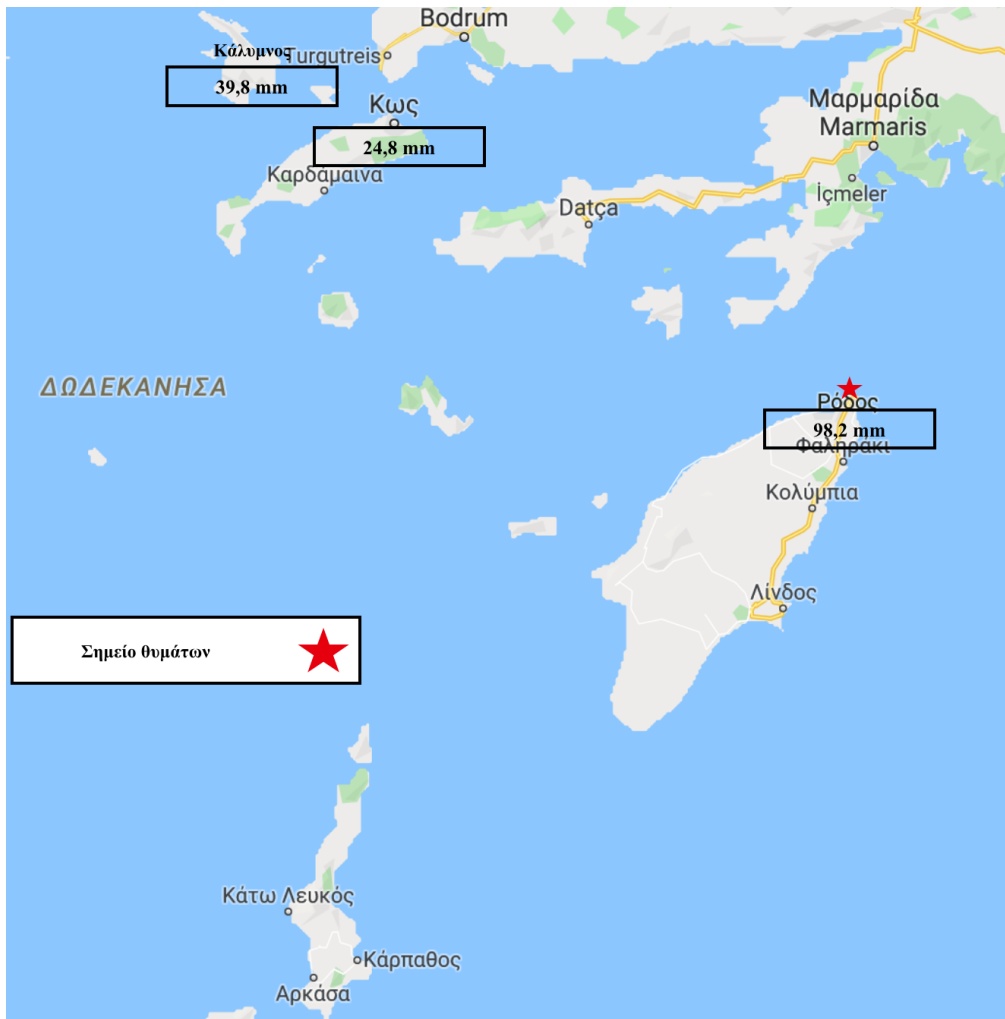
Εικόνα 6.9 Ύψη βροχής περιφερειακά της Μάνδρας

Σε αυτήν την περίπτωση, το φαινόμενο εξελίχθηκε σε μεγαλύτερη έκταση, με περιοχές, και εντός του λεκανοπεδίου Αττικής, να εμφανίζουν αξιοσημείωτα ύψη βροχής. Ο σταθμός με το μεγαλύτερο ύψος βροχής είναι τα Βίλια, με 72,8 mm, ενώ όλα, σχεδόν, τα θύματα εντοπίστηκαν στην περιοχή της Μάνδρας.



Εικόνα 6.10 Ύψη βροχής περιφερειακά της Καλαμάτας

Το μεγαλύτερο ύψος βροχής σημειώθηκε στα Αρφαρά Καλαμάτας (198 mm). Το φαινόμενο εξελίχθηκε, και σε αυτήν την περίπτωση, σε μεγάλη έκταση, με τα θύματα να εμφανίζονται σε σχετικά μεγάλη απόσταση από το θεωρητικό επίκεντρο της καταιγίδας, ωστόσο το ύψος βροχής στην πόλη της Καλαμάτας είναι εξίσου μεγάλο.



Εικόνα 6.11 Ύψη βροχής περιφερειακά της Ρόδου

Για το συγκεκριμένο επεισόδιο, ήταν δυνατή η χρήση δεδομένων μόνο από τρεις (3) σταθμούς, καθώς, για τους υπόλοιπους, δεν υπήρξαν καταγραφές. Το μεγαλύτερο ύψος βροχής καταγράφηκε στην πόλη της Ρόδου (98,2 mm), όπου και σημειώθηκαν οι ανθρώπινες απώλειες.

7. Γενικά συμπεράσματα και προτάσεις για μελλοντική έρευνα

7.1 Συμπεράσματα από την διερεύνηση των επεισοδίων

Από τη διερεύνηση των πλημμυρικών επεισοδίων με ανθρώπινα θύματα, εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα που αφορούν στα αίτια των θανάτων, στα χαρακτηριστικά των ανθρώπων και στη συχνότητα εμφάνισης καταστροφών με μεγάλο αριθμό ανθρώπινων απωλειών.

Οι περιοχές που πλήττονται, κατά κύριο λόγο, από τις πλημμύρες είναι οι αστικές. Η μεγάλη πληθυσμιακή πυκνότητα συντελεί στην πρόκληση μεγάλου αριθμού ανθρώπινων απωλειών ενώ η κάλυψη του εδάφους από υλικά με χαμηλή ή μηδενική απορροφητικότητα (π.χ. ασφαλτόστρωση) δε βοηθά. Περιστατικά σε μη αστικές περιοχές (υπαίθριες και ημι-υπαίθριες) δεν εμφανίζουν μεγάλο αριθμό θυμάτων (συνήθως 1-2), εκτός από ειδικές περιπτώσεις (π.χ. Λούσιος Ποταμός, 26/5/2007).

Η συχνότητά τους ποικίλει ως προς την εποχικότητα. Πλημμύρες εμφανίζονται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (με εξαίρεση τον Ιούλιο, τον Αύγουστο και τον Απρίλιο), με πιο συχνές, όπως είναι αναμενόμενο, αυτές των φθινοπωρινών και χειμερινών μηνών. Πιο συγκεκριμένα, το τρίμηνο Οκτώβριος-Νοέμβριος-Δεκέμβριος παρουσιάζει, με βάση την παρούσα έρευνα, τη μεγαλύτερη επικινδυνότητα. Για όλη τη χρονική περίοδο, τόσο τα επεισόδια με θύματα, όσο και ο αριθμός των ίδιων των θυμάτων εμφανίζουν ελαφρώς αυξητική τάση χωρίς, ωστόσο, σταθερότητα. Σε κάθε περίπτωση, το χρονικό διάστημα είναι μικρό για την εξαγωγή ασφαλούς συμπεράσματος ή πρόβλεψης για το μέλλον.

Κύρια αιτία θανάτου αποτελεί η χρήση οχήματος, κατά την εξέλιξη ενός πλημμυρικού φαινομένου. Το μέγεθος και το βάρος ενός οχήματος συντελεί στην εσφαλμένη εκτίμηση, και πολλές φορές υποτίμηση, της δύναμης του νερού, από μέρος του θύματος, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται ευνοϊκές συνθήκες για εγκλωβισμό ή παράσυρση. Αρκετά μεγάλο είναι, όμως, και το ποσοστό των ανθρώπων που παρασύρθηκαν από ορμητικά ρεύματα νερού, όντας πεζοί. Αντίθετα, μικρό είναι το ποσοστό εκείνων που έχασαν τη ζωή τους στη θάλασσα ή σε υπόγεια κατοικιών. Αυτά, βέβαια, αποτελούν, κατά κύριο λόγο, μεμονωμένα περιστατικά και αφορούν σε ανθρώπους μεγάλης ηλικίας με κινητικά ή άλλου είδους προβλήματα υγείας. Τέλος, για το 12,4%, δεν υπάρχουν στοιχεία. Το ποσοστό αυτό, ωστόσο, κρίνεται αρκετά μικρό για να επηρεάσει το δείγμα.

Οι ηλικιακές ομάδες με τη μεγαλύτερη τάση θνησιμότητας (πόσο ευάλωτες, δηλαδή, είναι) είναι αυτές των 31-60 ετών (μεσήλικες) και οι μεγαλύτεροι των 60 ετών (ηλικιωμένοι), με ποσοστά 46% και 33%, αντίστοιχα, ενώ όσον αφορά στο φύλο, το 70% των θυμάτων είναι άνδρες ενώ το 30% γυναίκες. Η ηλικία

διαδραματίζει σημαίνοντα ρόλο στην ανάληψη ευθύνης, κατά τη διάρκεια μιας επικίνδυνης κατάστασης. Άνθρωποι μεγαλύτερης ηλικίας τείνουν να “θυσιάζονται”, προκειμένου να προστατεύσουν ή να διασώσουν τους οικείους τους. Αυτό αποτελεί ένα ενδιαφέρον ψυχοσυναισθηματικό χαρακτηριστικό της κοινωνίας. Επίσης, το ανδρικό φύλο είναι πιο ευάλωτο στην πιθανότητα απώλειας ζωής. Η ενασχόληση, σε πολλές περιπτώσεις, με εργασίες στην ύπαιθρο ή στη θάλασσα, που, στην συντριπτική τους πλειοψηφία, αναλαμβάνονται από άνδρες (αλιεία, γεωργία), συμβάλλουν στην δημιουργία ευνοϊκών, για την πρόκληση θανάτου, συνθηκών. Αντίθετα, ενθαρρυντικό είναι το γεγονός ότι το ποσοστό των νέων και των παιδιών που χάνουν τη ζωή τους από τις πλημμύρες είναι μικρό.

Η σπανιότητα ενός επεισοδίου, που στην παρούσα εργασία εκφράστηκε με την Περίοδο Επαναφοράς βροχοπτώσεων, φαίνεται να είναι ανάλογη με την ύπαρξη μεγάλου αριθμού θυμάτων. Τα επεισόδια με χαμηλή πιθανότητα εμφάνισης (T=1000 έτη) προκάλεσαν το 37%, περίπου, του συνόλου των θυμάτων για την εξεταζόμενη περίοδο. Πιο συγκεκριμένα, από πέντε (5) επεισόδια χαμηλής πιθανότητας εμφάνισης, προκλήθηκαν 35 θάνατοι, πράγμα που σημαίνει ότι, κατά μέσο όρο, επτά (7) άνθρωποι χάνουν τη ζωή τους ανά επεισόδιο. Ωστόσο, πρέπει να αναφερθεί ότι η διερεύνηση του θέματος δεν περιλαμβάνει επεισόδια, τα οποία, αν και χαμηλής πιθανότητας, δεν προκάλεσαν ανθρώπινες απώλειες. Προφανώς, κατέχει κομβικό ρόλο η περιοχή στην οποία θα εξελιχθεί ένα τέτοιο φαινόμενο. Η πλειοψηφία των προαναφερθέντων επεισοδίων εμφανίστηκε σε αστικές περιοχές με μεγάλη πληθυσμιακή πυκνότητα. Στα επεισόδια με μέση, περίπου, πιθανότητα εμφάνισης (T=100), η κατάσταση είναι πιο ομαλή, με μικρό αριθμό επεισοδίων και μικρό αριθμό θυμάτων. Στην υψηλή πιθανότητα εμφάνισης (T=10), από την άλλη, ο αριθμός των επεισοδίων και των θυμάτων είναι αυξημένος. Αυτό σημαίνει πως θύματα μπορούν να προκύψουν και σε φαινόμενα μικρής κλίμακας, αν και οι ανθρώπινες απώλειες ανά επεισόδιο είναι αρκετά χαμηλότερες (περίπου 2) σε σχέση με τα επεισόδια χαμηλής πιθανότητας.

Από τη διερεύνηση των γειτονικών σταθμών για τέσσερα (4) μεμονωμένα επεισόδια, παρατηρήθηκε ότι, στις τρεις (3) περιπτώσεις, το μεγαλύτερο ύψος βροχής σημειώθηκε σε περιοχές ανάντη των πόλεων που κατεγράφησαν οι θάνατοι. Αυτό σημαίνει ότι τα θύματα, αλλά και γενικότερα οι συνέπειες μιας πλημμύρας, δεν εμφανίζονται, απαραίτητα, στο σημείο εκδήλωσης της βροχόπτωσης. Αντίθετα, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, οι πλημμύρες προκαλούνται από την μεταφορά του νερού, μέσω των ρευμάτων, σε κατάντη περιοχές. Επίσης, οι μεγάλες διαφορές των υψών βροχής μεταξύ σταθμών, που απέχουν μερικές δεκάδες χιλιόμετρα, δείχνουν πως η βροχή, ως φαινόμενο, μπορεί να χαρακτηριστεί από τοπικότητα. Συνεπώς, τα ύψη βροχής μπορούν να παρουσιάζουν σημαντικές διακυμάνσεις, κατά την εξέλιξη του φαινομένου.

7.2 Προτάσεις για καλύτερη διαχείριση του προβλήματος

Για τη βελτίωση της ετοιμότητας της Πολιτείας και της κοινωνίας, εν γένει, με σκοπό τη μείωση των θυμάτων από πλημμύρες, προτείνονται τα παρακάτω:

- 1) Κατασκευή αντιπλημμυρικών έργων σε περιοχές (κυρίως σε πόλεις με μεγάλο πληθυσμό) που έχουν πλημμυρικό ιστορικό και που, αποδεδειγμένα, είναι ευάλωτες.
- 2) Αυστηρότερος έλεγχος ως προς τη δόμηση σε ποτάμιες ή παραποτάμιες περιοχές και ανάληψη δράσης για την προστασία υφιστάμενων αυθαιρέτων οικοδομών ή εγκαταστάσεων εντός κοιτών ποταμών ή ρεμάτων.
- 3) Ακριβέστερη και έγκαιρη προειδοποίηση του κοινού για την πιθανότητα εμφάνισης πλημμύρας.
- 4) Εκτενής ενημέρωση των πολιτών σχετικά με τις ενέργειες που πρέπει να ακολουθήσουν ή να αποφύγουν, κατά τη διάρκεια μιας πλημμύρας.
- 5) Προσπάθεια διατήρησης ή αναμόρφωσης (π.χ. αναδάσωση) των χαρακτηριστικών των λεκανών απορροής που υφίστανται μεταβολές, εξαιτίας της ανθρώπινης παρέμβασης.

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, η (καθ)ολική εξάλειψη των πλημμυρικών φαινομένων, συμπεριλαμβανομένων και εκείνων με ανθρώπινες απώλειες, δεν είναι δυνατή. Ωστόσο, με κατάλληλες δράσεις και με την προϋπόθεση της ύπαρξης των απαραίτητων (υλικών ή οικονομικών) πόρων, οι επιπτώσεις μπορούν να μετριασθούν αισθητά.

7.3 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Η διερεύνηση των πλημμυρικών επεισοδίων των τελευταίων ετών που περιλαμβάνουν ανθρώπινα θύματα, όπως παρουσιάζεται στην παρούσα διπλωματική εργασία, αποτελεί τη βάση ενός ευρέος φάσματος μελλοντικής έρευνας. Κρίνεται, μάλιστα, απαραίτητη η διερεύνηση του προβλήματος σε μεγαλύτερη βάθος, με την προσθήκη περισσότερων υπολογιστικών εργαλείων, αλλά και δεδομένων. Οι προτάσεις για μελλοντική έρευνα παρουσιάζονται παρακάτω:

- 1) Διερεύνηση μεγαλύτερου δείγματος πλημμυρικών επεισοδίων, με προσθήκη δεδομένων μικρότερης χρονικής διάρκειας, για την εύρεση της πραγματικής

Περίοδου Επαναφοράς κάθε επεισοδίου.

2) Εμβάθυνση στις αιτίες που οδηγούν στην ύπαρξη θυμάτων, κατά τη διάρκεια πλημμυρών, εκτός βέβαια, από την ίδια την πλημμύρα.

3) Καταγραφή των μεταβολών των υψών βροχής ανά περιόδους, για την εξαγωγή ασφαλούς συμπεράσματος σχετικά με την επίδραση της κλιματικής αλλαγής στα μετεωρολογικά φαινόμενα.

4) Δημιουργία χαρτών επικινδυνότητας, μέσω του Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS), βασισμένων σε γεγονότα του παρελθόντος, καθώς και σε χαρακτηριστικά των περιοχών, όπως οι κλίσεις του εδάφους, η καμπυλότητα και άλλα.

Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσση:

Βαχαβιώλος Θ. (2011), *Μεθοδολογία προσδιορισμού εβάλωτων περιοχών σε πλημμύρες σύμφωνα με την οδηγία 2007/60* (Διπλωματική Εργασία), Αθήνα.

Κουτσογιάννης Δ. και Μαμάσης Ν. (2018), *Φυσικές Καταστροφές: Πρόληψη, Πολιτική Προστασία, Έργα Υποδομής*, Ημερίδα ΤΕΕ, Αθήνα.

Λεβέντης Π. (2018), *Μαθηματική προσομοίωση της επίδρασης των φερτών υλικών σε πλημμυρικές ροές* (Διπλωματική Εργασία), Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ (Αθήνα).

Μιμίκου Μ., Κουτσογιάννης Δ. et al. (1995), *Το Πρόβλημα των Πλημμυρών της Αθήνας: Στρατηγική Αντιμετώπισης* (Διπλωματική Εργασία), Τομέας Υδατικών Πόρων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ), Αθήνα.

Νικολαΐδου Μ. και Χατζηχρίστου Ε. (1995), *Καταγραφή και Αποτίμηση των Καταστροφών από Πλημμύρες στην Ελλάδα και στην Κύπρο*, Αθήνα.

Ξενόγλωσση:

Ashley S. T. & Ashley W. S. (2008), *Flood Fatalities in the United States*, Illinois.

Barredo J. I. (2007), “Major Flood Disasters in Europe: 1950-2005”, *Natural Hazards* 42: 125-148.

Diakakis M. & Deligiannakis G. (2015), “Flood fatalities in Greece: 1970–2010”, *Journal of Flood Risk Management* 10: 115-123.

Diakakis M., Mavroulis S. & Deligiannakis G. (2012), “Floods in Greece, a statistical and spatial approach”, *Natural Hazards* 62: 485-500.

Douglas J., Sumani H. & Bengtson M. (1986), *Catastrophic Damage from Dam-Break Floods*, Utah Water Research Laboratory, Utah State University, Logan, UT.

Gaume E., Bain V., Bernardara P. et al. (2009), “A Compilation of Data on European Flash Floods”, *Journal of Hydrology* 367: 70-78.

Goubet A. (1979), “Risques Associés aux Barrages (Risks Associated with Storage Dams)”, *La Houille Blanche* 8: 475–490.

Gruntfest E. & Handmer J. (2001), “Dealing With Flash Floods: Contemporary Issues and Future Possibilities” στο Gruntfest E. & Handmer J. (επιμ.), *Coping With Flash Floods*, NATO Science Series.

Gruntfest E. & Huber A. J. (1991), “Toward a Comprehensive National Assessment of Flash Flooding in the United States”, *Episodes* 14: 26-35.

Knight D. W. & Shamseldin A. Y. (2006), *River Basin Modelling for Flood Risk Mitigation*, Taylor & Francis Group plc, London, UK.

Llasat M. C., Llasat-Botija M. et al. (2010), “High-impact Floods and Flash Floods in Mediterranean Countries: The FLASH Preliminary Database”, *Advances in Geosciences* 23: 47-55.

Montz B. & Gruntfest E. (2002), “Flash Flood Mitigation: Recommendations for Research and Applications”, *Environmental Hazards* 4: 15–22.

Papagiannaki K., Lagouvardos K. & Kotroni V. (2013), “A Database of High-impact Weather Events in Greece: A Descriptive Impact Analysis for the Period 2001–2011”, *Natural Hazards and Earth System Sciences* 13: 727-736.

Paquier A. (2005), “Dam Break Modelling”, στο Knight D. W. & Samseldin A.Y. (επιμ.), *Riven Basin Modelling for Flood Risk Mitigation*, University of Birmingham, UK.

Petrucci O., Aceto L., et al. (2019), “Flood Fatalities in Europe, 1980–2018: Variability, Features, and Lessons to Learn”, *Water Magazine* 11: 1-28.

Rowe W. D. (1975), *An “Anatomy” of risk*, Washigton, D.C.

Sene K. (2013), *Flash Floods Forecasting and Warning*, Springer, UK.

Waller R. & Covelto V. (1984), *Low-Probability High-Consequence Risk Analysis: Issues, Methods, and Case Studies*, New York & London.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
7 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 2000	ΧΑΛΚΙΔΙΚΗ	<i>Δύο άτομα έχασαν τη ζωή τους όταν παρασύρθηκαν από τους ορμητικούς χειμάρρους που προκάλεσαν οι έντονες βροχοπτώσεις στη Χαλκιδική. Σοβαρές ζημιές σε υποδομές, οχήματα και κτήρια της Μεγάλης Παναγιάς Χαλκιδικής, καθώς και στον Αγιοκαμπο Λάρισας.</i>
4 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2001	ΑΥΛΩΝΑ- ΩΡΟΠΟ	<i>Δύο νεκροί από πλημμύρες σε Αυλώνα και Ωρωπό Αττικής. Ανεμοθύελλα με ζημιές στα Ιωάννινα. Αποκλεισμένες οικογένειες στη Γραμμένη Φθιώτιδας λόγω χιονιού.</i>
15 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2001	ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗΣ	<i>Πλημμύρες με σημαντικές καταστροφές στην Πάτρα, Δύο νεκροί από πνιγμό στο Διακονιάρη, Στο Αργοστόλι Κεφαλονιάς ανεμοστρόβιλος προκάλεσε ζημιές σε στέγες σπιτιών και σε καταστήματα.</i>
8 ΙΟΥΛΙΟΥ 2002	ΑΘΗΝΑ	<i>Ισχυρή καταιγίδα έπληξε την περιοχή της Αθήνας, με συνολική βροχή που ξεπέρασε τα 90 mm σε ένα τρίωρο, με αποτέλεσμα πλημμύρες σε περιοχές κοντά στον Κηφισό ποταμό, έναν νεκρό και αρκετές καταστροφές σε υποδομές.</i>
19 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2003	ΚΩΣ	<i>Μία γυναίκα νεκρή στην Κω από τις πλημμύρες. Πλημμύρες στον Κάμπο Χίου.</i>
26 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2003	ΚΑΣΤΕΛΛΙ ΧΑΝΙΩΝ	<i>Πλημμύρες και ισχυροί άνεμοι με ζημιές στην Αττική και στην Ιεράπετρα, όπου καταστράφηκαν πολλά θερμοκήπια. Τρία άτομα πνίγηκαν λόγω θαλασσοταραχής στο λιμάνι Καστελλίου Χανίων. Πλημμύρες στο Λεωνίδιο Αρκαδίας.</i>
4 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2003	ΚΑΝΑΛΛΑΚΙ ΠΡΕΒΕΖΗΣ	<i>Βροχές με πλημμύρες στην Πρέβεζα. Δύο άνθρωποι πνίγηκαν σε χειμάρρο του ποταμού Αχέροντα στο Καναλάκι Πρέβεζας.</i>

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
8 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2003	ΣΠΑΡΤΗ-ΣΕΡΡΕΣ	<i>Δύο νεκροί από πλημμύρες στις Σέρρες και στη Σπάρτη. Πλημμύρες στην περιοχή του Βόρειου Έβρου, καθιζήσεις κτιρίων και υποδομών στη Φρίζα Ηλείας και στη Νεμέα Κορινθίας. Ζημιές σε γέφυρες του Σπερχειού ποταμού από τους χειμάρρους.</i>
29 ΜΑΪΟΥ 2003	ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	<i>Ισχυρές καταιγίδες στην Ιεράπετρα, όπου πνίγηκε ένας άνθρωπος από υπερχείλιση χειμάρρου. Πάνω από 180 καπναποθήκες κατέρρευσαν λόγω χαλαζιού στην Κρύα Βρύση Πέλλας.</i>
24 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 2003	ΑΡΤΑ	<i>Ισχυρές καταιγίδες στην Ιεράπετρα, όπου πνίγηκε ένας άνθρωπος από υπερχείλιση χειμάρρου. Πάνω από 180 καπναποθήκες κατέρρευσαν λόγω χαλαζιού στην Κρύα Βρύση Πέλλας.</i>
5 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2004	ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ	<i>Ισχυρές καταιγίδες στην Κρήτη με πλημμυρικά επεισόδια στα Χανιά, στον Αγ. Νικόλαο και στην ευρύτερη περιοχή του Ηρακλείου, όπου υπήρξε ένας νεκρός από πτώση καλωδίου λόγω κακοκαιρίας.</i>
26 ΜΑΪΟΥ 2005	ΚΝΩΣΣΟΣ	<i>Καταιγίδα και χαλάζι στο Ηράκλειο με πλημμύρες και ζημιές σε καλλιέργειες. Ένα άτομο πνίγηκε στην περιοχή της Κνωσσού.</i>
24 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2005	ΛΑΚΩΝΙΑ- ΑΓΤΙΚΗ- ΜΥΤΙΛΗΝΗ	<i>Ισχυρές βροχοπτώσεις με πλημμυρικά επεισόδια στη Λακωνία, στην Αττική (κυρίως βόρεια και ανατολικά) και στη Μυτιλήνη. Στο Γύθειο μία γυναίκα έχασε τη ζωή της όταν το αυτοκίνητό της παρασύρθηκε από τα νερά του ποταμού Ευρώτα. Ζημιές σε καλλιέργειες/κτίρια.</i>
17 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 2006	ΚΡΗΤΗ- ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΑ	<i>Καταιγίδες με μεγάλες καταστροφές σε Κρήτη και Δωδεκάνησα. Δύο τουρίστες πνίγηκαν στη Ρόδο.</i>

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
26 ΜΑΪΟΥ 2007	ΛΟΥΣΙΟΣ ΠΟΤΑΜΟΣ	<i>Πνίγονται 8 εκδρομείς από υπερχειλίση του ποταμού Λούσιου λόγω ισχυρών τοπικών καταιγίδων.</i>
17 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2007	ΜΕΓΑΡΑ-ΒΟΙΩΤΙΑ-ΤΡΙΠΟΛΗ-ΚΟΜΟΤΗΝΗ	<i>Νεκρός Ινδός μετανάστης που παρασύρθηκε από τα νερά στα Μέγαρα κατά τη διάρκεια καταιγίδας. Στη Βοιωτία ανεμοστρόβιλος προκάλεσε ζημιές σε σπίτια και υποδομές. Εκτεταμένες καταστροφές από το χαλάζι και τις καταιγίδες σε Τρίπολη, Γαργαλιάνους, Κομοτηνή.</i>
3 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 2008	ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑ	<i>Δύο νεκροί από πλημμύρες στην Ποταμούλα Αιτωλοακαρνανίας. Κατολοσθήσεις σε μεγάλο μέρος του οδικού δικτύου στην Ευρυτανία, καθώς και στο νομό Τρικάλων.</i>
12 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2008	ΠΟΡΟΣ ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	<i>Πλημμύρες στην Αττική, στον Αγκιάλο Μαγνησίας, στην Κόρινθο και στο Μυστρά. Πνίγηκαν 2 άνθρωποι όταν το όχημα στο οποίο επέβαιναν έπεσε στο Λιμάνι του Πόρου στην Κεφαλονιά κατά τη διάρκεια καταιγίδας με ισχυρούς ανέμους.</i>
11 ΙΟΥΛΙΟΥ 2009	ΜΑΥΡΟΥΔΑΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	<i>Ένας νεκρός από χείμαρρο στο Μαυρουδά Θεσσαλονίκης. Προβλήματα από τις πλημμύρες στο Νιγρίτα Σερρών, στη Χαλκιδική, στην Κατερίνη και στο Κιλκίς.</i>
11 ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 2009	ΡΕΜΑ ΜΑΝΙΚΙΑΤΗ ΕΥΒΟΙΑ	<i>Ισχυρές καταιγίδες στο Αλιβέρι Εύβοιας με έναν νεκρό ο οποίος παρασύρθηκε από χείμαρρο του ποταμού Μανικιάτη.</i>
24 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 2009	ΠΙΕΡΙΑ	<i>Ισχυρές βροχοπτώσεις με πλημμύρες σε πολλές περιοχές της χώρας. Στην Πιερία νεκρός από χείμαρρο. Στον Παγασητικό νεκρός από ανατροπή σκάφους λόγω ανεμοθύελλας.</i>

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
10 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2009	ΠΗΛΙΟ	<i>Καταρρακτώδεις βροχές στο Πήλιο με ρεκόρ ημερήσιας βροχής στην Ελλάδα. Τρεις κτηνοτρόφοι νεκροί στον Αλμυρό Βόλου. Πολλά προβλήματα από τις καταιγίδες και τους ισχυρούς ανέμους στον Αγιοκάμπο Λάρισας και στην Κασσάνδρεια Χαλκιδικής.</i>
17 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2010	ΓΕΡΟΠΟΤΑΜΟΣ ΚΡΗΤΗ	<i>Ισχυρές καταιγίδες έπληξαν το Ρέθυμνο, με αποτέλεσμα την απώλεια μιας ανθρώπινης ζωής απο υπερχειλίση χειμάρρου στο δήμο Γεροποτάμου. Οι μεγαλύτερες ζημιές εντοπίζονται στις υποδομές και ειδικότερα στο δίκτυο ύδρευσης-άρδευσης και στο οδικό δίκτυο.</i>
15 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2010	ΧΑΛΚΙΔΙΚΗ	<i>Ένας άνθρωπος πνίγηκε όταν παρασύρθηκε από τα ορμητικά νερά του Ολύθιου που προκλήθηκαν από τις ισχυρές βροχοπτώσεις που έπληξαν τις προηγούμενες μέρες τη Χαλκιδική.</i>
18 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 2010	ΧΙΟΣ-ΙΚΑΡΙΑ	<i>Ισχυρές βροχές και πλημμύρες σε Χίο και Ικαρία με αποτέλεσμα τον πνιγμό δύο ανθρώπων. Σημαντικές καταστροφές στις υποδομές των δύο νησιών.</i>
27 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 2010	ΘΕΡΜΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ	<i>Ένας νεκρός στη Θέρμη Θεσσαλονίκης από υπερχειλίση χειμάρρου. Περίπου 150 κλήσεις για πλημμύρες στην Αθήνα. Ισχυρή χαλαζόπτωση στη Σαλαμίνα. Μεγάλες καταστροφές από πλημμύρες στη Χαλκιδική, στη Θεσσαλονίκη, στο Ναύπλιο και στο Βαρθολομίο Ηλείας.</i>
9 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2010	ΘΕΣΠΡΩΤΙΑ	<i>Πλημμύρες λόγω υπερχειλίσης των ποταμών Καλαμά (Θεσπρωτίας) και Λούρου (Ιωαννίνων), μετά από ισχυρές βροχοπτώσεις. Ένας άντρας πνίγηκε όταν παρασύρθηκε από τα ορμητικά νερά του Καλαμά. Νεκρός ψαράς στο Καρκινάγρι Ικαρίας, όπου επικρατούσε θαλασσοταραχή.</i>
19 ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 2011	ΛΕΥΚΑΔΑ	<i>Ένας νεκρός από ανατροπή βάρκας λόγω ανεμοστρόβιλου στη Λευκάδα. Πλημμύρες στην Καλαμάτα, στη Χαλκιδική και στη Θεσσαλονίκη.</i>

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
12 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2012	ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ	<i>Οδηγός αυτοκινήτου πνίγηκε από τα ορμητικά νερά ποταμού στην Αυλή Πεδιάδας Ηρακλείου, όπου σημειώθηκαν έντονες καταγίδες.</i>
5 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2012	ΗΛΕΙΑ	<i>Σοβαρές πλημμύρες σε Πύργο, Αττική, Ξάνθη, Καρδίτσα, Αρκαδία, Κυκλάδες, Έβρο. Δύο νεκροί από πνιγμό σε Ηλεία και Σύμη. Προβλήματα λόγω ανέμων σε ηλεκτροδότηση, μετακινήσεις σε Κρήτη, Αττική, Ιωάννινα, Τρίκαλα, Κομοτηνή. Χαλάζι με ζημιές στην Καβάλα.</i>
29 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2012	ΚΑΡΔΙΤΣΑ	<i>Ένας άνθρωπος παρασύρθηκε και πνίγηκε από τα νερά χειμάρρου στην Καρδίτσα. Πολλά προβλήματα στις μετακινήσεις και ζημιές σε υποδομές και κτήρια από τις καταγίδες σε Αττική, Λάρισα, Φθιώτιδα, Μαγνησία και Ρόδο.</i>
22 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2013	ΜΑΡΟΥΣΙ	<i>Πλημμύρες με μια νεκρή από ανακοπή την ώρα που παρασύρθηκε το όχημά της, σημαντικές καταστροφές σε δρόμους, κτήρια, υποδομές και διακοπές ηλεκτροδότησης σε πολλές περιοχές της Αττικής. Πάνω από 1000 κλήσεις στην Πυροσβεστική.</i>
22 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2013	ΡΟΔΟΣ	<i>Τέσσερις άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους στη Ρόδο, όταν παρασύρθηκαν από χείμαρρο που προκλήθηκε από ραγδαίες καταγίδες. Μεγάλες καταστροφές σε υποδομές και κτήρια. Πλημμύρες και στη Λέρο.</i>
1 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2013	ΑΡΓΟΣ	<i>Ένας άνθρωπος πνίγηκε όταν πλημμύρισε το Άργος και υπερχείλισαν δύο ποτάμια λόγω ισχυρών βροχοπτώσεων. Πλημμύρες στο Κιάτο, στην Κόρινθο και στην Κοπαρισσία. Κατολισθήσεις στην παλαιά Εθνική Οδό Πατρών - Κορίνθου.</i>
14 ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 2014	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ	<i>Ένας άνθρωπος έχασε τη ζωή του από ορμητικό χείμαρρο που προκλήθηκε από ισχυρή καταγίδα στην περιοχή του Ωραιόκαστρου Θεσσαλονίκης. Πλημμύρες στην Καστοριά.</i>

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
2 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2014	ΔΕΛΤΑ ΈΒΡΟΥ	<i>Ένας άνθρωπος πνίγηκε όταν παρασύρθηκε από χειμάρρο στο Δέλτα Έβρου. Εγκλωβισμένοι οδηγοί σε Θεσπρωτία και Κιλκίς. Ανεμοστρόβιλοι με ζημιές και καταγίδες με κατολισθήσεις, διακοπές ρεύματος και πλημμύρες σε Ιωάννινα, Θεσσαλονίκη, Πτολεμαΐδα, Άμφισσα.</i>
5 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2014	ΚΙΛΚΙΣ	<i>Ένας άνθρωπος έχασε τη ζωή του λόγω πλημμύρας στο Κιλκίς. Εκτεταμένες πλημμύρες στη Θεσσαλονίκη και στους Παζούς. Παρασύρθηκαν αυτοκίνητα ενώ πλημμύρισαν σπίτια και καταστήματα.</i>
8 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2014	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ- ΚΙΛΚΙΣ	<i>Τρεις άνθρωποι πνίγηκαν σε Θεσσαλονίκη και Κιλκίς από χειμάρρους που προκάλεσαν οι πολυήμερες βροχοπτώσεις. Πλημμύρες στη Χαλκιδική και καταστροφές λόγω καταγίδας στον Πόρο.</i>
22 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 2015	ΑΤΤΙΚΗ- ΛΕΣΒΟΣ-ΗΛΕΙΑ- ΑΧΑΪΑ	<i>Καταστροφές και τέσσερα θύματα από τις καταγίδες σε Μενίδι και Καματερό. 1100 κλήσεις στην Πυροσβεστική στην Αττική. Πλημμύρες σε Λέσβο, Χίο. Καταστροφικές πλημμύρες και κατολισθήσεις σε Ηλεία, Αχαΐα, Ύδρα.</i>
16 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2016	ΣΕΡΡΕΣ	<i>Καταγίδες προκάλεσαν υπερχειλίσεις ποταμών και ρεμάτων, τον πνιγμό ενός άντρα στις Σέρρες, πλημμύρες και ζημιές σε Κομοτηνή, Αιτωλνία, Σουφλί, Λέσβο και Καλαμπάκα, όπου κατέρρευσε γέφυρα. Ισχυροί άνεμοι με προβλήματα σε Χίο, Άρτα, Ναύπλιο και Αττική.</i>
21 ΜΑΪΟΥ 2016	ΒΟΛΟΣ	<i>Νεκρός κτηνοτρόφος που παρασύρθηκε από υπερχειλισμένο ρέμα στον Αλμυρό Βόλου. Πλημμύρες, ζημιές στο οδικό δίκτυο και πολύωρες διακοπές ηλεκτροδότησης σε Πήλιο και Μεσολόγγι. Πτώσεις δέντρων στη Θεσσαλονίκη. Πλημμύρες στη Λάρισα.</i>
6 ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 2016	ΜΕΣΣΗΝΙΑ- ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ- ΛΑΚΩΝΙΑ- ΚΟΡΙΝΘΙΑ	<i>Καταστροφικές πλημμύρες με 5 νεκρούς σε Μεσσηνία, Θεσ/νίκη, Λακωνία, Κορινθία. Κατολισθήσεις, ζημιές σε δίκτυα, υποδομές, οχήματα, κτήρια και σε Τρίκαλα, Θεσπρωτία, Ηλεία, Μαγνησία, Κεφαλονιά, Ζάκυνθο, Κοζάνη. Δεκάδες περιστατικά εγκλωβισμού ατόμων.</i>

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
26 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2016	ΖΑΚΥΝΘΟΣ	Ισχυρές καταιγίδες προκάλεσαν πλημμύρες σε Αττική, Λέσβο, Χίο και Ζάκυνθο, όπου ένας άνθρωπος πνίγηκε. 500 κλήσεις στην Πυροσβεστική, κατολισθήσεις, πολύωρες διακοπές ρεύματος. Πτώσεις δέντρων λόγω ανεμοθύελλας στην Αττική.
11 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2017	ΚΕΡΚΥΡΑ	Ένας νεκρός από πλημμύρες και πτώσεις δεκάδων δέντρων σε Κέρκυρα και Παξούς (11/11). Πλημμύρες στην Αργολίδα (12/11)
15 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2017	ΔΥΤΙΚΗ ΑΤΤΙΚΗ	Κακοκαιρία 'Ευρυδίκη': σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης η Σύμη (13/11), 23 νεκροί στη Δ.Αττική (15/11). Πλημμύρες, εγκλωβισμοί ανθρώπων και σοβαρές υλικές ζημιές σε Κατερίνη, Ημαθία, Θεσσαλονίκη, Χαλκιδική, Λάρισα και Πάτρα (16-19/11).
24 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2018	ΕΥΒΟΙΑ	Κακοκαιρία "Κρέοντας": Μία 59χρονη γυναίκα νεκρή από τις πλημμύρες στην Εύβοια. Παρασύρθηκε από χείμαρρο στο χωριό Αρυμόνα. Πλημμύρες και κατολισθήσεις στο νομό Τρικάλων από υπερχειλίση του Πηνειού.
26 ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 2018	ΕΥΒΟΙΑ- ΦΘΙΩΤΙΔΑ- ΑΡΓΟΛΙΔΑ- ΚΟΡΙΝΘΙΑ- ΛΑΚΩΝΙΑ	Ξενοφών': Σοβαρές καταστροφές σε υποδομές και κτήρια από τους ισχυρούς άνεμους σε Αττική, Μεσσηνία. Πλημμύρες και κατολισθήσεις σε Εύβοια, Φθιώτιδα, Αργολίδα, Κορινθία, Λακωνία. Τέσσερις νεκροί σε Εύβοια, Φθιώτιδα και Κορινθία.
3 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2019	ΚΕΡΑΤΕΑ ΑΤΤΙΚΗΣ	Κακοκαιρία "Σοφία": Τρεις νεκροί λόγω πλημμύρας στην Κερατέα Αττικής. Χιονοπτώσεις προκαλούν σοβαρά προβλήματα στις μετακινήσεις, αποκλεισμό οικισμών σε Θεσσαλία και Χαλκιδική και διακοπές ηλεκτροδότησης στη Θεσσαλονίκη.
14 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2019	ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ	Κακοκαιρία 'Χιόνη': Τέσσερις άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους όταν παρασύρθηκαν από χείμαρρο του Γεροπόταμου στη Μεσσαρά Ηρακλείου. Πλημμύρες και καταστροφές στο επαρχιακό οδικό δίκτυο του δήμου Πλατανιά Χανίων.
23 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2019	ΧΑΝΙΑ ΚΡΗΤΗΣ	Κακοκαιρία "Ωκεανίδα": Στη Δ. Κρήτη, πρωτοφανείς βροχοπτώσεις προκάλεσαν υλικές καταστροφές και τον θάνατο ενός ανθρώπου στο νομό Χανίων. Από την κακοκαιρία κατέρρευσαν οι ιστορικές γέφυρες του Κερίτη στον Αλικιανό Χανίων και του Σταυρωμένου στο Ρέθυμνο. Ισχυροί άνεμοι με 200 κλήσεις για κοπές δέντρων στην Αττική και διακοπές ρεύματος στη Σαμοθράκη. Κατολισθήσεις στη Σαντορίνη.

