



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΠΜΣ «ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ – ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ»
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ Β' - ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑ & ΧΩΡΟΤΑΞΙΑ

Εκτίμηση αστικής πλημμυρικής τρωτότητας με χρήση GIS και μεθόδων γεωχωρικής ανάλυσης. Η περίπτωση του Λεκανοπεδίου Αθηνών.

Ραλλάτου Νικολέττα



Επιβλέπων:
Φώτης Γεώργιος
Καθηγητής ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ 2019

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΠΜΣ «ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ – ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ»
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ Β' - ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑ & ΧΩΡΟΤΑΞΙΑ

*Εκτίμηση αστικής πλημμυρικής τρωτότητας με χρήση GIS και με-
θόδων γεωχωρικής ανάλυσης. Η περίπτωση του Λεκανοπεδίου
Αθηνών.*

Ραλλάτου Νικολέττα

Επιβλέπων:
Φώτης Γεώργιος
Καθηγητής ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ 2019

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί μια προσπάθεια προσέγγισης του ζητήματος της τρωτότητας ως βασική συνιστώσα των καταστροφών. Συγκεκριμένα, εξετάζεται η τρωτότητα απέναντι στον κίνδυνο πλημμύρας, με σημείο αναφοράς το λεκανοπέδιο Αθηνών. Αρχικά, αναλύονται βασικές έννοιες που αφορούν τις καταστροφές και ειδικότερα τις φυσικές, με προσανατολισμό στην περίπτωση της πλημμύρας. Εξετάζονται τα αίτια και οι επιπτώσεις των πλημμυρών καθώς και η σχέση τους με τον αστικό χώρο. Στη συνέχεια, δίνεται έμφαση στην έννοια της τρωτότητας, στη σημασία της, στις προσεγγίσεις που σχετίζονται με αυτήν ενώ γίνεται μια προσπάθεια ανασκόπησης των μεθοδολογιών που χρησιμοποιούνται για την εκτίμησή της με σκοπό να προτείνει ένα πλαίσιο για την εκτίμηση αυτής στην περιοχή του λεκανοπεδίου Αθηνών.

Στόχος της εργασίας είναι η σύνδεση της σχέσης του πολεοδομικού σχεδιασμού με τη διαχείριση των φυσικών καταστροφών. Ειδικότερα, επιχειρείται μια ολιστική προσέγγιση της τρωτότητας ως αποφασιστικού παράγοντα των απωλειών των καταστροφών και σπουδαιότερου συντελεστή της διαχείρισης κινδύνων. Για την εκτίμηση της τρωτότητας στην περιοχή μελέτης λαμβάνονται υπόψη τόσο υδρογεωλογικά όσο και κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά, ως στοιχεία τα οποία θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στο κομμάτι της πρόληψης έναντι φυσικών καταστροφών, στη διαδικασία του σχεδιασμού.

Για την ανάδειξη των περιοχών που καθίστανται τρωτές έναντι πλημμύρας στο λεκανοπέδιο Αθηνών δημιουργήθηκε ένας δείκτης πλημμυρικής τρωτότητας (FVI), η σύνθεση του οποίου έγινε από επιλεγμένες υδρογεωλογικές και κοινωνικοοικονομικές παραμέτρους. Τα δεδομένα κάθε παραμέτρου σταθμίστηκαν μέσω της εφαρμογής πολυκριτηριακής μεθόδου ανάλυσης, συγκεκριμένα της αναλυτικής ιεραρχικής μεθόδου (AHP) και επεξεργάστηκαν μέσω του λογισμικού ArcGis 15.

ABSTRACT

This dissertation is an approaching effort on the vulnerability's issue, as it is a major part of disasters. Particularly, the vulnerability is researched in relation with the danger of a flood, especially in Athens' basin. First and foremost, the basic meanings of disasters and specifically of physical disasters are described, having as a main orientation the case of a flood. In addition, the causes and the consequences of floods and their association with urban space are examined in detail. As far as the vulnerability is concerned, it gathers lot of concentration on its meaning and its approaches. It takes place an effort for a review of methods which were used for its estimation, having as a purpose to propose a framework for vulnerability's estimation at the Athens' basin.

The aim of that dissertation is to find the connection of the relation between an urban design and physical disasters. More specifically, it is described a holistic approach of vulnerability, as a decisive factor of the absences of disasters, and the important index of dangers' management. Many parameters such as hydro geological, financial and social features are taken under consideration, for the vulnerability's calculation at this studied area. Those parameters play a significant role for the prevention from physical disaster, particularly at the designing procedure.

In order to show off the areas of the Athens' basin which are susceptible to floods, it was created an index of flood vulnerability (FVI). FVI was invented under particular hydro geological, social and financial parameters. The data of each parameter were measured applying the Analytic hierarchy process (AHP) which is a method of analysis includes many criteria. The final processing was realized through software which is called Architecture Geographic information system edition 2015 (Arc Gis 15).

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου Γιώργο Φώτη για την καθοδήγηση και τις εύστοχες παρατηρήσεις του, την καθηγήτρια Μαρία Πηγάκη για την πολύτιμη βοήθειά της και τον Παύλο για τις γνώσεις που μοιράστηκε μαζί μου κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την οικογένεια και τους φίλους μου για την πολύτιμη στήριξη και βοήθειά τους.

Η παρούσα διπλωματική εργασία για το μεταπτυχιακό πρόγραμμα «Πολεοδομία και Χωροταξία» του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου ολοκληρώθηκε τον Οκτώβριο του 2019.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6
ABSTRACT	7
Περιεχόμενα	10
Εισαγωγή	12
1. Φυσικές καταστροφές και πόλεις.....	13
1.1. Βασικές ενοιες	13
1.2. Φάσεις εκδήλωσης της καταστροφής	14
1.3. Οι φυσικές καταστροφές στην Ελλάδα και την Αττική	17
2. Η πλημμύρα ως φυσική καταστροφή	23
2.1. Γενικά στοιχεία	23
2.2. Πλημμυρικός κίνδυνος	24
2.3. Κατηγορίες πλημμύρας.....	24
2.4. Αίτια πλημμύρας	26
2.5. Επιπτώσεις πλημμύρας	27
3. Η τρωτότητα ως αποφασιστικός παράγοντας κινδύνου	28
3.1. Η ανάγκη εκτίμησης της τρωτότητας.....	29
3.2. Εφαρμογές εκτίμησης της τρωτότητας έναντι πλημμύρας.....	30
4. Μεθοδολογία εκτίμησης τρωτότητας έναντι κινδύνου πλημμύρας στο Λεκανοπέδιο Αθηνών.	35
4.1. Οριοθέτηση περιοχή μελέτης	35
4.2. Χαρακτηριστικά περιοχής μελέτης.....	36
4.2.1. Υδρογραφικό δίκτυο	36
4.2.2. Μορφολογία	37
4.2.3. Κλίμα	40
4.2.4. Χρήσεις γης	43
4.3.3. Πληθυσμιακά στοιχεία.....	43
4.3. Οι πλημμύρες στο λεκανοπέδιο Αθηνών	44
4.4. Ανάλυση του δείκτη εκτίμησης πλημμυρικής τρωτότητας.....	47
4.4.1. Μεταβλητές	47
4.4.2. Επαναβαθμονόμηση των μεταβλητών	60
4.5. Υπολογισμός του δείκτη	66
4.6. Αποτελέσματα.....	69
5. Συμπεράσματα	73
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	75
Ξενόγλωσση	75
Ελληνόγλωσση.....	77
Ιστότοποι	78

Εισαγωγή

Η Ελλάδα καλέστηκε να αντιμετωπίσει έναν μεγάλο αριθμό φυσικών καταστροφών τα τελευταία χρόνια. Η χώρα μας παρουσιάζει εγγενή χαρακτηριστικά που την καθιστούν ευάλωτη σε φυσικούς κινδύνους διάφορων μορφών. Μετά από παραδείγματα καταστροφών όπως η πυρκαγιά στο Μάτι το καλοκαίρι του 2018, αλλά και οι πλημμύρες στη Μάνδρα το φθινόπωρο του 2017, είναι σημαντικό να αναρωτηθούμε, ποιοι είναι εκείνοι οι παράγοντες που καθιστούν μια περιοχή ευάλωτη στους φυσικούς κινδύνους, έτσι ώστε να εφαρμόζεται ο αντίστοιχος σχεδιασμός πρόληψης και να περιορίζεται η δυνατότητα ενός φυσικού κινδύνου να εξελιχθεί σε φυσική καταστροφή.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η σύνδεση της σχέσης του πολεοδομικού σχεδιασμού με τη διαχείριση των φυσικών καταστροφών. Ειδικότερα, επιχειρείται μια ολιστική προσέγγιση της τρωτότητας ως κρίσιμης συνιστώσας του κινδύνου που καθορίζει εάν η έκθεση σε έναν κίνδυνο μπορεί να εξελιχθεί σε καταστροφή. Για την εκτίμηση της τρωτότητας στην περιοχή μελέτης εξετάζονται τόσο υδρογεωλογικά όσο και κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά, ως στοιχεία τα οποία θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στο κομμάτι της πρόληψης έναντι φυσικών καταστροφών, στη διαδικασία του σχεδιασμού.

Στο πρώτο κεφάλαιο, γίνεται μια προσπάθεια αποσαφήνισης των βασικών εννοιών και των φάσεων της καταστροφής, ενώ εξετάζονται τα φαινόμενα των φυσικών καταστροφών στην Ελλάδα και την Αττική. Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναλύονται οι πλημμύρες ως φυσικές καταστροφές, τα είδη, τα αίτια και οι επιπτώσεις τους. Στο τρίτο κεφάλαιο, δίνεται έμφαση στην έννοια της τρωτότητας, στη σημασία της, στις προσεγγίσεις που σχετίζονται με αυτήν ενώ γίνεται μια προσπάθεια ανασκόπησης των μεθοδολογιών που χρησιμοποιούνται για την εκτίμησή της με σκοπό την υλοποίηση μιας μεθοδολογία εκτίμησης της τρωτότητας για το λεκανοπέδιο Αθηνών.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, αναλύεται η περιοχή μελέτης και τα βασικά στοιχεία που σχετίζονται με το φυσικό κίνδυνο της πλημμύρας, ενώ ξεδιπλώνεται η μεθοδολογία για την εκτίμηση της τρωτότητας. Αυτή περιλαμβάνει την ανάλυση τους δείκτη τρωτότητας, την επιλογή των κατάλληλων δεικτών από τους οποίους συνίσταται ο δείκτης και την επεξεργασία τους για την χωρική αποτύπωση του βαθμού τρωτότητας για το λεκανοπέδιο Αθηνών. Τέλος, στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα πορίσματα και οι προβληματισμοί που προκύπτουν από το σύνολο της έρευνας.

1. | Φυσικές καταστροφές και πόλεις.

1.1. | Βασικές έννοιες

Σύμφωνα με τον οργανισμό Ηνωμένων Εθνών για τη μείωση του Κινδύνου Καταστροφών (UNISDR, 2009), καταστροφή (disaster), είναι η σοβαρή διαταραχή της λειτουργίας μιας κοινότητας ή μιας κοινωνίας, που περιλαμβάνει εκτεταμένες ανθρώπινες, υλικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές ζημιές και τις επιπτώσεις τους, οι οποίες υπερβαίνουν την ικανότητα της πληγείσας κοινότητας ή της κοινωνίας να τις αντιμετωπίσει χρησιμοποιώντας τους δικούς της πόρους.

Η καταστροφή δεν ταυτίζεται με το φαινόμενο ή το συμβάν που αποτελεί το έναυσμά της, παρότι συχνά γίνεται αυτή η σύγχυση. Η καταστροφή προκαλείται όταν η εκδήλωση ενός επικίνδυνου συμβάντος ή φαινομένου συνυπάρξει με συνθήκες ευπάθειας και τρωτότητας της κοινωνίας καθώς και με την ανεπαρκή ικανότητα αυτής να μετριάσει τις ενδεχόμενες επιπτώσεις και να ανακάμψει από αυτές.

Οι καταστροφές φαίνονται με μια πρώτη ματιά ως έκτακτες, δυσμενείς καταστάσεις που προκαλούνται από ένα φαινόμενο ή διαδικασία. Ωστόσο, μια καταστροφή δεν είναι προϊόν μερικών ωρών. Οι θεμελιώδεις αιτίες που υποθάλπουν μια καταστροφή υποβόσκουν πολύ πριν αυτή συμβεί και, κατά κανόνα, συνεχίζουν και μετά από αυτήν να καλλιεργούν τις συνθήκες για μια νέα καταστροφή. Έχει μάλιστα διατυπωθεί η άποψη ότι οι καταστροφές αποτελούν ένα μεγεθυντικό φακό που αναδεικνύει προϋπάρχουσες δυσμενείς συνθήκες ευπάθειας και ανεπάρκειες σε οικονομικό, κοινωνικό και επιχειρησιακό επίπεδο. Για παράδειγμα, στην περίπτωση καταστροφής λόγω πλημμύρας αυτή μπορεί να έπεται μιας εξαιρετικά έντονης βροχοπτώσης, αλλά ενδεχομένως οφείλεται σε δόμηση σε εδάφη μεγάλης πλημμυρικής επικινδυνότητας.

Ο όρος φυσική καταστροφή (natural disaster) χρησιμοποιείται συνήθως προκειμένου να αναφερθούμε σε μια καταστροφή, έναυσμα της οποίας είναι ένα ακραίο φυσικό φαινόμενο ή κίνδυνος (Kelman, 2010). Το μέγεθος των φυσικών καταστροφών εξαρτάται από την ένταση των φυσικών μεταβλητών, την έκταση των δραστηριοτήτων και την ετοιμότητα των μηχανισμών να διαχειριστούν τα έκτακτα φαινόμενα.

Βιολογικές	Γεωφυσικές	Υδρολογικές	Μετεωρολογικές	Κλιματολογικές
Επιδημίες	Σεισμοί	Πλημμύρες	Καταιγίδες (Τροπικοί κυκλώνες, εξωτροπικοί κυκλώνες, τοπικές καταιγίδες)	Ακραίες θερμοκρασίες (ψύχος, καύσωνας)
Επιδρομές εντόμων	Ηφαιστεια	Εδαφικές κινήσεις-υγρές συνθήκες (πτώσεις βράχων, κατολισθήσεις κλπ.)		Ξηρασία
Πανικός ζώων	Εδαφικές κινήσεις-ξηρές συνθήκες (πτώσεις βράχων, κατολισθήσεις κλπ)			Πυρκαγιές

Κατηγορίες φυσικών καταστροφών και αντίστοιχων φαινομένων (CRED/EM-DAT, 2012)

Για μια ολοκληρωμένη κατανόηση της έννοιας της καταστροφής είναι απαραίτητο να εξεταστούν ορισμένες έννοιες, όπως αυτές του κινδύνου, της επικινδυνότητας, της έκθεσης, της τρωτότητας και τις μεταξύ τους σχέσεις. Ο κίνδυνος (risk) αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο της ανθρώπινης ζωής, δεδομένου ότι δεν υπάρχει περιβάλλον εντελώς απαλλαγμένο από τον κίνδυνο. Η έννοια της επικινδυνότητας (hazard) είναι συναφής περιλαμβάνοντας όμως και το ενδεχόμενο να συμβεί στην πραγματικότητα ένας συγκεκριμένος κίνδυνος. Καθώς λοιπόν, ο κίνδυνος εκλαμβάνεται ως μια διαδικασία που εμπεριέχει το στοιχείο της απώλειας, αποτελώντας μια γενική μορφή απειλής (danger), η επικινδυνότητα συνιστά την πραγματική έκθεση (exposure) οποιουδήποτε στοιχείου που έχει αξία για τον άνθρωπο σε κάποιον κίνδυνο, θεωρούμενη ως ένας συνδυασμός πιθανότητας και απώλειας (Smith, 1996).

Επομένως, θα μπορούσε να διατυπωθεί πως ο κίνδυνος υφίσταται ανεξάρτητα από την παρουσία των ανθρώπων, ενώ η επικινδυνότητα λαμβάνει χώρα μόνον όταν κάποιο ανθρωπογενές στοιχείο εκτίθεται σε αυτή τη γενική πηγή κινδύνου. Η επικινδυνότητα σε κάθε περίπτωση εμφάνισης ενός ενδεχόμενου κινδύνου, εμπλέκει μια παράμετρο που θα μπορούσε να ονομαστεί ανθρώπινη ευαισθησία (human sensitivity). Η τελευταία αποτελεί τη συνισταμένη δύο άλλων παραγόντων, τόσο της φυσικής έκθεσης (physical exposure), όσο και της ανθρώπινης τρωτότητας (vulnerability). Σε γενικές γραμμές ο πρώτος παράγοντας αναπαριστά το εύρος, την έκταση και τη μεταβλητότητα των ενδεχομένως καταστροφικών γεγονότων, ενώ ο δεύτερος το κοινωνικό και οικονομικό «φάσμα» ανοχής σε τέτοια γεγονότα (Smith, 1996).

Συνοψίζοντας τη «διαπλοκή» των εννοιών που αναφέρθηκαν παραπάνω, η διακίνδυνηυση αποτελεί το προϊόν του κινδύνου και της τρωτότητας. Ο κίνδυνος είναι το ενδεχομένως καταστροφικό φαινόμενο, ενώ η τρωτότητα, ο βαθμός της ευπάθειας σε ένα κίνδυνο.

Η άρρηκτη σχέση μεταξύ των εννοιών περιγράφεται με την ακόλουθη εξίσωση:

$$R = H \times V$$

όπου R είναι ο κίνδυνος, H είναι η επικινδυνότητα και V είναι η τρωτότητα. Ο κίνδυνος που προέρχεται από το περιβάλλον διακρίνεται σε κίνδυνο για τον άνθρωπο, για το ίδιο το περιβάλλον και τις υποδομές, και έχει άμεση σχέση με την πιθανότητα και την απώλεια (Smith, 2009).

1.2. | Φάσεις εκδήλωσης της καταστροφής

Η έρευνα και η καταγραφή των φάσεων εκδήλωσης της καταστροφής και τα αντίστοιχα μοντέλα που δημιουργήθηκαν, πέρασαν από αρκετά στάδια μελέτης και ωρίμανσης. Οι κύριες αντιλήψεις σχετικά με τις φάσεις των καταστροφών που εντοπίζονται, όπως αυτές διαδοχικά επηρέασαν το εννοιολογικό πλαίσιο γύρω από το εν λόγω θέμα, είναι οι εξής τέσσερις: η απλή γραμμική λογική, η επιχειρησιακή λογική, η λογική των αποφάσεων και η λογική του κύκλου της καταστροφής (Δελλαδέτσιμας, 2009).

Οι αρχικές προσπάθειες προσέγγισης και διατύπωσης μιας ολοκληρωμένης αντίληψης, πριν τη δεκαετία του 1960, στηρίχτηκαν σε μια απλή γραμμική λογική τριών φάσεων: προ του γεγονότος, καταστροφή, μετά το γεγονός (pre-event, disaster, post-event). Η δεύτερη αντίληψη, τη δεκαετία του 1970, στρεφόταν κυρίως στο επιχειρησιακό σκέλος, και οι φάσεις αναφέρονται ως: προετοιμασία, ετοιμότητα, απόκριση, αποκατάσταση (mitigation, preparedness, response, recovery).

Η τρίτη αντίληψη, αυτή των αποφάσεων, εισάγεται από τους Haas, Kates και Bowden (1977). Σύμφωνα με αυτούς επισημαίνεται η σημασία και ο κρίσιμο ρόλος των αποφάσεων που λαμβάνονται σε κάθε μια από τις φάσεις της καταστροφής. Οι ανθρώπινες αποφάσεις είναι το στοιχείο αυτό που μπορεί είτε να διευθετήσει είτε να δυσχεραίνει τα προβλήματα που προκύπτουν τόσο κατά την έκτακτη κατάσταση όσο κατά την ανασυγκρότηση της πόλης.

Εξίσου σημαντικό σημείο της έρευνας αυτής είναι η προσπάθεια αποδυνάμωσης της προηγούμενης λογικής γραμμικής διαδοχής των φάσεων ως ξεχωριστές καταστάσεις, μέσα από την παραγωγή ενός θεωρητικού μοντέλου αλληλεπικαλυπτόμενων φάσεων, οι οποίες μάλιστα είναι, όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται, διαδοχικές γνωστές και προβλέψιμες (Haas et al, 1977).

Οι αλληλεπικαλυπτόμενες φάσεις του μοντέλου αυτού, που επικεντρώνεται κυρίως στην στιγμή που συμβαίνει το γεγονός και έπειτα, είναι οι εξής:

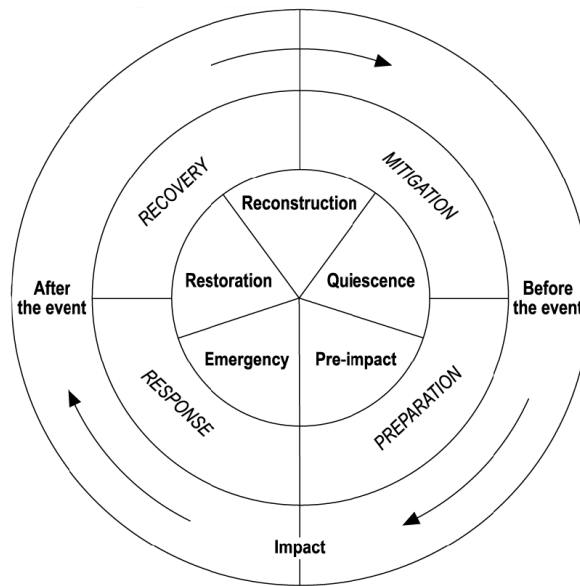
- Η περίοδος *έκτακτης ανάγκης*, κατά την οποία η πόλη ή η περιοχή δέχεται τις άμεσες επιπτώσεις τις καταστροφής και διακόπτονται ή αναστέλλονται οι οικονομικές ή κοινωνικές δραστηριότητές της. Η διάρκεια της περιόδου αυτής μπορεί να είναι μερικές μέρες ή εβδομάδες ανάλογα το φαινόμενο, ενώ το τέλος της χαρακτηρίζεται από την παύση δραστηριοτήτων αναζήτησης-διάσωσης, τον περιορισμό έκτακτων προμηθειών και σκηνών/καταλυμάτων, καθώς επίσης την πρόχειρη αποκατάσταση των γραμμών ζωής και την απομάκρυνση των συντριμμίων από τους άξονες κυκλοφορίας.
- Η περίοδος *αποκατάστασης*, κατά την οποία πραγματοποιούνται οι επισκευές όλων των έργων υποδομής, των κατοικιών και των λοιπών υποδομών. Η διάρκεια της περιόδου αυτής διαρκεί συνήθως μερικούς μήνες, ενώ το τέλος της χαρακτηρίζεται από την επαναφορά σε λειτουργία υποδομών, υπηρεσιών και επιστροφή του πληθυσμού.
- Η περίοδος *ανασυγκρότησης-αντικατάστασης*, κατά την οποία τα κεφαλαιακά αποθέματα της επανέρχονται στα επίπεδα προ της καταστροφής και σε κάποιες περιπτώσεις μεγαλύτερα, ενώ το τέλος της περιόδου αυτής χαρακτηρίζεται από την επιστροφή της ζωής και των αναγκών των κατοίκων στα κανονικά επίπεδα, με την εξισορρόπηση των αναγκών για εργασία, κατοικία και παροχή υπηρεσιών.
- Η περίοδος *αναπτυξιακής ανασυγκρότησης*, κατά την οποία πραγματοποιούνται δραστηριότητες και έργα βελτίωσης, αναβάθμισης και ενίσχυσης των υποδομών και της ασφάλειας της πόλης. Κατά την περίοδο αυτή εκπονούνται και τα μακροπρόθεσμα αναπτυξιακά σχέδια ή προγράμματα.

Το μοντέλο των Haas et al. (1977) και η άποψή τους περί τεσσάρων προβλέψιμων και χρονικά προκαθορισμένων φάσεων δέχτηκε πολλές κριτικές από άλλους ερευνητές, όπως οι Rubin et al (1985), οι οποίοι υποστήριξαν πως οι φάσεις που περιγράφονται από τους Haas et al (1977), δεν είναι απαραίτητα διαδοχικές και προβλέψιμες αλλά ότι μπορούν να συμβούν είτε ταυτόχρονα είτε με διαφορετική σειρά. Ο βασικός παράγοντας που διακρίνεται μέσα από τις έρευνες πολλών ερευνητών, ο οποίος μπορεί να συμβάλει σε αυτή τη διαφοροποίηση της σειράς των φάσεων είναι η υφιστάμενη κοινωνική δομή της πόλης. Οι Schawad et al (1998) αναφέρουν πως διαφορετικές κοινωνικές κατηγορίες ή αστικές περιοχές μιας πόλης μπορούν να βρίσκονται ταυτόχρονα σε διαφορετικές φάσεις αποκατάστασης (Καρανασιοπούλου, 2010).

Εκτός όμως από τον κοινωνικό παράγοντα στη διαμόρφωση των φάσεων, πολλοί ερευνητές ασχολήθηκαν και με τη σύνδεση αυτών με τη διαδικασία της συνολικότερης ανάπτυξης της πόλης και ειδικότερα με τις συνθήκες που επικρατούν πριν την καταστροφή και αυτές που διαμορφώνονται μετά από την εκδήλωσή της. Έτσι, αναδύθηκε η τέταρτη αντίληψη, αυτή του κύκλου των φάσεων (Δελλαδέτσιμας, 2009). Σύμφωνα με τη λογική αυτή, η καταστροφή θεωρείται ως ένα επαναλαμβανόμενο φαινόμενο για το οποίο οι φάσεις ορίζονται με βάση τις ενέργειες και τις δράσεις που πραγματοποιούνται πριν από αυτό, κατά τη διάρκεια και μετά από αυτό με στόχο την ασφάλεια της πόλης και την ανάπτυξή της.

Το πιο χαρακτηριστικό μοντέλο αυτής της λογικής είναι «το μοντέλο του κύκλου της καταστροφής» του Alexander (2002), σύμφωνα με το οποίο αν μια καταστροφή μπορεί να αποτελέσει επαναλαμβανόμενο φαινόμενο, τότε ορίζεται ένας κύκλος διαχωρισμένος στις εξής φάσεις:

- Η φάση της πρόληψης-προστασίας (prevention-mitigation), κατά την οποία η εκδήλωση του φαινομένου γίνεται ολοένα και πιο πιθανή, ενώ παράλληλα πραγματοποιούνται δράσεις προστασίας και πρόληψης των καταστροφικών επιπτώσεων.
- Η φάση ετοιμότητας (preparedness), κατά την οποία η στιγμή εκδήλωσης του φαινομένου έχει εντοπιστεί και λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα προειδοποίησης και κατάστασης ετοιμότητας. Η φάση της ετοιμότητας περιλαμβάνει επίσης και όλες εκείνες τις ενέργειες ενημέρωσης και πληροφόρησης των πολιτών για την πιθανή καταστροφή σε περιόδους ηρεμίας.
- Η φάση εκδήλωσης του φαινομένου και απόκρισης (emergency-response), η οποία μπορεί να χωριστεί σε δύο επιμέρους φάσεις, δηλαδή σε μια περίοδο αμετρίαστης κρίσης και έκτακτης ανάγκης και έπειτα στη φάση έρευνας και διάσωσης των πληγέντων από την καταστροφή.
- Η περίοδος ανάκαμψης-ανασυγκρότησης (recovery-reconstruction), κατά την οποία πραγματοποιείται αρχικά η ανακατασκευή και ανασυγκρότηση των υποδομών και υπηρεσιών που καταστράφηκαν και έπειτα η αναπτυξιακή ανάκαμψη και επαναφορά της οικονομίας.



Εικόνα 1: Το μοντέλο του κύκλου καταστροφής (Alexander, 2002)

Τόσο το μοντέλο των Haas et al. (1977) όσο και αυτό του Alexander (2002), αποδεικνύουν ουσιαστικά πως η καταστροφή, δεν αποτελεί μια απόκλιση από τις κανονικές λειτουργίες της πόλης και τις αποφάσεις που λαμβάνονται για αυτήν (Δελλαδέτσιμας, 2009). Η παρατήρηση αυτή επισημαίνει και το ρόλο που θα μπορούσε να παίξει ένας ολοκληρωμένος πολεοδομικός σχεδιασμός, ο οποίος οργανώνει τις λειτουργίες και της υποδομής της πόλης λαμβάνοντας υπόψη τη διπλή τους φύση και χρησιμότητα.

Γίνεται λοιπόν κατανοητή η ανάγκη για μια πόλη ή και χώρα να έχει όσο το δυνατόν καλύτερη γνώση των κινδύνων που είναι πιθανόν να εκδηλωθούν και των χαρακτηριστικών της καταστροφής που μπορεί να προκληθεί και από την άλλη να υπάρχει μια σαφής γνώση της υφιστάμενης κατάστασης και των όποιων αδυναμιών και τρωτών σημείων που μπορεί να συναντήσει ο κίνδυνος.

1.3. | Οι φυσικές καταστροφές στην Ελλάδα και την Αττική

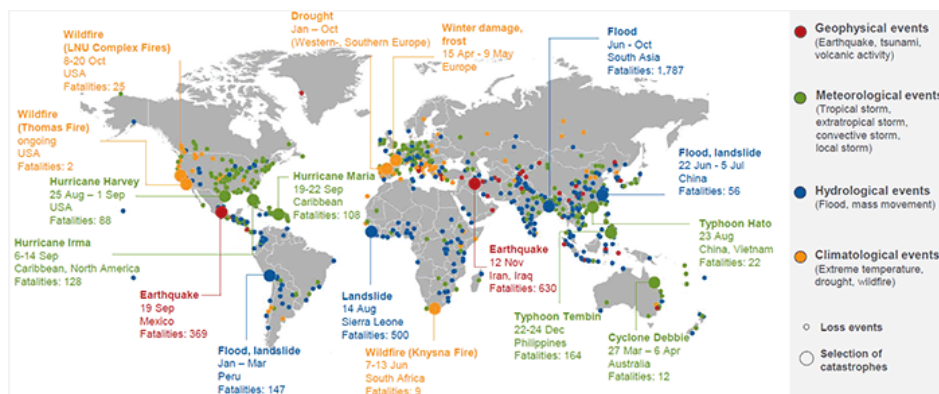
Οι φυσικές καταστροφές στον ελλαδικό χώρο αποτελούν τα συμβάντα με το μεγαλύτερο κόστος (κοινωνικό, περιβαλλοντικό, οικονομικό). Η Ελλάδα έχει τη μεγαλύτερη σεισμικότητα στην Ευρώπη, καθώς εδώ απελευθερώνεται το μισό της ενέργειας που βγαίνει από τους σεισμούς όλης της Ευρώπης (Μακρόπουλος, 2003). Επιπλέον καλείται να αντιμετωπίσει πολύ υψηλές θερμοκρασίες τα καλοκαίρια της, ειδικά τον Ιούλιο και τον Αύγουστο, με ορισμένες περιοχές να πλησιάζουν τους 40°C. Δεν είναι τυχαίο ότι η υψηλότερη θερμοκρασία στην Ευρώπη έχει σημειωθεί στην Ελλάδα (48°C, Ιούλιος 1977).

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Μετεωρολογίας αυτή είναι η υψηλότερη τιμή που έχει καταγραφεί ιστορικά. Εκτός όμως από τις ξηρές καλοκαιρινές περιόδους με υψηλές θερμοκρασίες, η Ελλάδα αντιμετωπίζει και πολλές συχνές και μεγάλες περιόδους βροχοπτώσεων, ειδικά στις δυτικές και βόρειες περιοχές της, οι οποίες, σε συνδυασμό με την ανθρώπινη παρέμβαση στα ρέματα και τα ποτάμια της, οδηγούν σε πολλές και συχνές πλημμύρες.

Μία ακόμη από τις συχνές καταστροφές στην Ελλάδα είναι οι πυρκαγιές, οι οποίες πέραν των τεράστιων επιπτώσεών τους τόσο στο περιβάλλον όσο και σε ανθρώπινες ζωές, μπορούν να αποτελέσουν σημαντική πηγή πλημμυρών. Στην Ελλάδα, οι πυρκαγιές στην πλειοψηφία τους εκδηλώνονται την περίοδο Ιουλίου – Σεπτεμβρίου ενώ οι βροχές μπορεί να αρχίσουν και από τον Οκτώβριο. Κατά συνέπεια, ο χρόνος για μια ολοκληρωμένη μελέτη αντιπλημμυρικής προστασίας των κατοικημένων και γεωργικών περιοχών στα κατάντη μιας καμένης λεκάνης απορροής, είναι περιορισμένος. Ο κίνδυνος πλημμύρας είναι υπαρκτός σε περίπτωση που οι καμένες περιοχές δεχθούν ισχυρή βροχόπτωση τουλάχιστον μέσα στα 4-5 χρόνια που εκτιμάται ότι επιτυγχάνεται η ανόρθωση του οικοσυστήματος και ικανοποιητικές υδρολογικές συνθήκες (Μπαλούτσος, 2005).

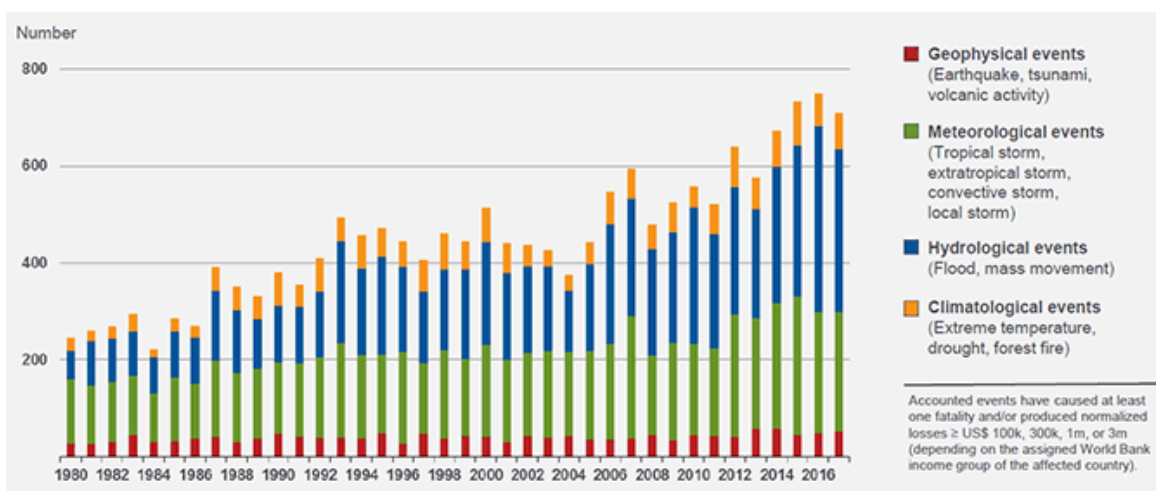
Σύμφωνα με τη διεθνή βάση EM-DAT (The International Disaster Database), από το 1900 έως σήμερα οι φυσικές καταστροφές με τις οποίες έχει έρθει αντιμέτωπη η Ελλάδα και έχουν προκαλέσει τους περισσότερους θανάτους έχουν προκληθεί από σεισμούς, πυρκαγιές, πλημμύρες και πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Στην Ελλάδα κατά την περίοδο 1928- 2019, 2.624 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους από κάποια φυσική καταστροφή. Συγκεκριμένα, 1.010 θάνατοι προκλήθηκαν από σεισμούς, 253 από καταιγίδες και πλημμύρες, 1129 από ακραίες θερμοκρασίες, και 232 από πυρκαγιές (Μακρόπουλος, 2003).

Στο χώρο της Μεσογείου καταγράφονται ιδιαίτερες συνθήκες στο καθεστώς των πλημμυρών δεδομένης της επίδρασης του κλίματος, των ιδιαίτερων γεωλογικών, γεωμορφολογικών και κοινωνικοοικονομικών χαρακτηριστικών της περιοχής. Οι περισσότερες υδρολογικές λεκάνες των παραλίων της Μεσογείου είναι επιδεκτικές σε αιφνίδιες πλημμύρες ("flashfloods") οι οποίες αποτελούν ένα από τα πιο σημαντικά καταστροφικά φαινόμενα στην περιοχή και στον Ελληνικό χώρο (Ανδρεαδάκης, Φουντούλης, 2007).

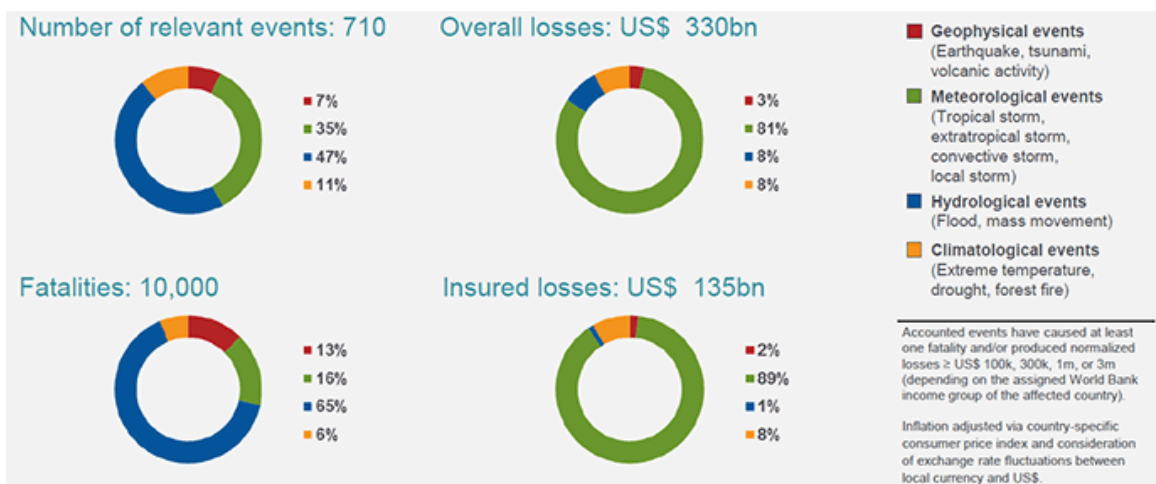


Εικόνα 2: Οι φυσικές καταστροφές σε παγκόσμια κλίμακα (<https://www.iiii.org>).

Σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η εκδήλωση έντονων βροχοπτώσεων τους χειμερινούς μήνες, φαινόμενο τυπικό του Μεσογειακού κλίματος, το οποίο κατά κύριο λόγο αποτελεί σημαντικό τμήμα του μηχανισμού εκδήλωσης ξαφνικών πλημμυρών (“flash floods”). Οι πλημμύρες αυτές έχουν μικρή διάρκεια και παρουσιάζουν μεγάλες απορροές. Κατά τη διάρκεια των φαινομένων αυτών παρουσιάζονται εκτεταμένα φαινόμενα διάβρωσης και μεταφοράς εδαφικού υλικού τα οποία δημιουργούν επιπρόσθετους κινδύνους όπως λασποροές και κατολισθήσεις. Ιδιαίτερα σημαντική είναι και η συγκέντρωση μεγάλων πληθυσμών σε αστικά κέντρα σε παραποτάμιες και παραλιακές περιοχές η οποία συνδυαζόμενη με τη αξιοσημείωτη οικιστική πίεση και την ταχεία τουριστική ανάπτυξη συμβάλει συχνά στην παρεμπόδιση της ομαλής λειτουργίας των ποτάμιων συστημάτων. Το φαινόμενο αυτό οδηγεί στη ραγδαία αύξηση των οικονομικών επιπτώσεων των πλημμυρών τις τελευταίες δεκαετίες (Γανουλής, 2003).



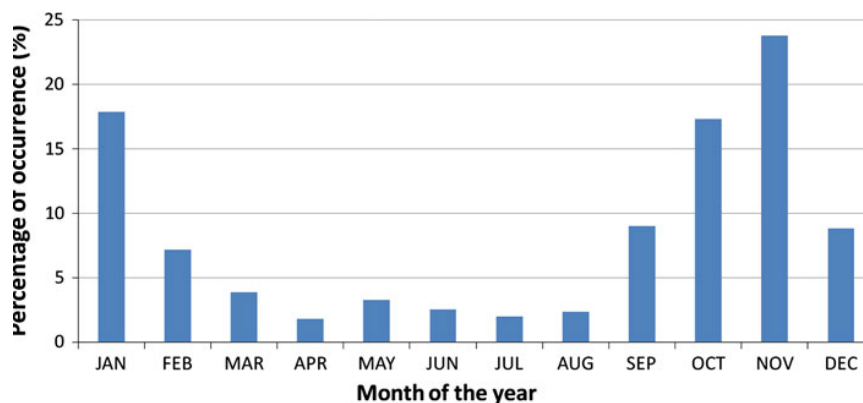
Εικόνα 3: Τα είδη φυσικών καταστροφών κατά αριθμό γεγονότων (<https://www.iii.org>).



Εικόνα 4: Τα είδη φυσικών καταστροφών κατά αριθμό γεγονότων, ανθρώπινων και οικονομικών απωλειών σε παγκόσμια κλίμακα (<https://www.iii.org>).

Οι πλημμύρες είναι ιδιαίτερα σημαντικές για μία χώρα όπως η Ελλάδα, η οποία συγκεντρώνει τα περισσότερα νησιωτικά συμπλέγματα στην Ευρώπη και μία από τις μεγαλύτερες ακτογραμμές του κόσμου, καθώς σύμφωνα με στοιχεία του 2005 από το World Factbook της CIA κατατάσσεται 9η μετά από τον Καναδά, τη Νορβηγία, την Ινδονησία, τη Ρωσία, τις Φιλιππίνες, την Ιαπωνία, την Αυστραλία και τις Η.Π.Α (Central Intelligence Agency, 2005). Ένα ακόμη στοιχείο που καταδεικνύει τη σχέση της Ελλάδας με το νερό είναι η επαφή που έχουν οι περισσότερες από τις μεγαλύτερες πόλεις της Ελλάδας με αυτό, αφού είτε θα αποτελούν πόλεις-λιμάνια, παραλιακές πόλεις είτε θα βρίσκονται σε γειτνίαση με μεγάλα ποτάμια ή λίμνες.

Σχετικά με την εποχικότητα, η μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης πλημμυρικών συμβάντων στον Ελληνικό χώρο παρουσιάζεται το μήνα Νοέμβριο. Σύμφωνα με τον Λέκκα (2000) κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών παρατηρείται αύξηση των πλημμυρών στα όρια οικιστικών περιοχών. Κύρια αιτία της τάσης αυτής είναι ο περιορισμός της κοίτης των ρεμάτων, ο φραγμός των κοιτών, η μείωση των δασικών εκτάσεων λόγω των πυρκαγιών και η μείωση της κατείσδυσης εντός του αστικού περιβάλλοντος (Λέκκας, 2000). Ο Stathis (2004) υποστηρίζει ότι υπάρχει σημαντική συμβολή του ανθρώπινου παράγοντα στην εκδήλωση πλημμυρών αλλά και στα αποτελέσματά τους (Stathis, 2004).



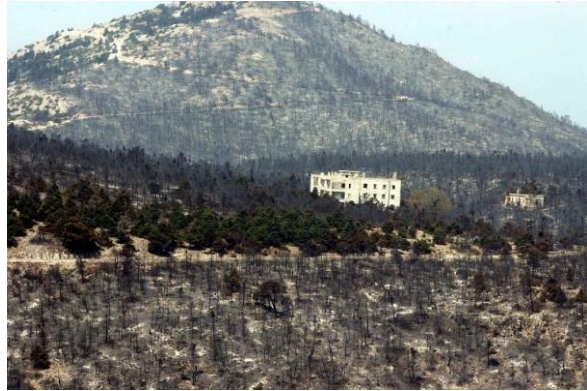
Εικόνα 5:Μηνιαία κατανομή της συχνότητας των πλημμυρών στον ελλαδικό χώρο για τη χρονική περίοδο 1880-2010 (Diakakis, et al., 2011)

Η Αττική αποτελούσε διαχρονικά μια από τις περιοχές της χώρας με τη μεγαλύτερη έκθεση σε φυσικούς κινδύνους, ιδιαίτερα σε σεισμούς, πλημμύρες, κύματα καύσωνα και δασικές πυρκαγιές. Η υψηλή αυτή έκθεση οφείλεται κυρίως στην υψηλή συγκέντρωση του πληθυσμού, στις δραστηριότητες, στην υποδομή και σε αποθέματα υψηλής αξίας σε μια περιορισμένη έκταση που χαρακτηρίζεται ως περιοχή υψηλού κινδύνου.

Η Αττική είναι μία από τις ελληνικές περιοχές με τις υψηλότερες μακροσεισμικές εντάσεις τα τελευταία 50 χρόνια (Papanastasiou et al., 2008). Η έκθεση της Αττικής σε σεισμογενείς κινδύνους επανεξετάστηκε μετά τον σεισμό της Πάρνηθας το 1999 που προκάλεσε περισσότερους από 140 θανάτους και απώλειες 3 δισεκατομμυρίων ευρώ. Ήταν ο πιο θανατηφόρος σεισμός των τελευταίων 50 χρόνων στην Ελλάδα και οδήγησε στην αναθεώρηση του χάρτη σεισμικής επικινδυνότητας της χώρας.



Εικόνα 6: Σεισμός Πάρνηθα 1999 (tovima.gr)



Εικόνα 7: Πυρκαγιά Πάρνηθα 2007 (iefimerida.gr)

Όσον αφορά στην αναλογία της καμένης δασικής έκτασης με την συνολική δασική κάλυψη, η Αττική ήταν η περιοχή της χώρας με τις περισσότερες πυρκαγιές κατά την περίοδο 1991-2004 (26%). Όπως είναι αναμενόμενο, οι περιοχές που εκτίθενται κυρίως στις δασικές πυρκαγιές είναι οικισμοί διακοπών και άλλες εξοχικές κατοικίες στην Αθήνα, καθώς και αναπτύξεις σε δάση και δασικές εκτάσεις, συχνά χωρίς άδεια. Ωστόσο, όπως καταδεικνύεται από τη δραματική καταστροφή του Εθνικού Πάρκου Πάρνηθας το 2007 (που επισήμως αποδίδεται σε βραχυκύκλωμα σε πυλώνια ηλεκτρικής ενέργειας), οι δευτερογενείς και μακροπρόθεσμες συνέπειες επηρεάζουν τους κατοίκους της πρωτεύουσας. Η αποτέφρωση της τελευταίας μεγάλης δασικής περιοχής κοντά στην Αθήνα προκάλεσε αλλαγή του μικροκλίματος, θερμότερα καλοκαίρια, παρατεταμένα κύματα καύσωνα και πλημμύρες το χειμώνα. Η χειρότερη πτυχή του προβλήματος των δασικών πυρκαγιών είναι ότι η μεγάλη πλειοψηφία των αιτιών τους (70%) καταγράφεται ως άγνωστη, γεγονός που μειώνει δραστικά τη δυνατότητα μιας αποτελεσματικής πολιτικής πρόληψης.

Σύμφωνα με μελέτη του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (Ακύλας και άλλοι, 2005), στη δεκαετία του '90, τα θερμικά κύματα στην Ελλάδα αυξήθηκαν τρεις φορές σε σύγκριση με τα προηγούμενα τριάντα χρόνια. Η Αττική είναι, επιπλέον, μια από τις περιοχές της χώρας που επηρεάζεται περισσότερο από τα κύματα θερμότητας. Παρά το ήπιο μεσογειακό κλίμα, υπάρχουν σημαντικές διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ των εποχών. Οι υψηλές θερμοκρασίες (38ο C ή περισσότερο) δεν είναι σπάνιες κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και οι 49ο C που καταγράφηκαν στην Αθήνα το 1977 είναι η υψηλότερη θερμοκρασία που έχει καταγραφεί στην Ευρώπη (World Meteorological Organization, 2012).

Ταυτόχρονα, η Αθήνα υποφέρει από τις συνέπειες της επίδρασης της αστικής θερμότητας που συμβάλλει και ενισχύει τα θερμικά κύματα. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες στην Αττική κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού καταγράφονται στην Ελευσίνα Ασπρόπυργο, στα Μέγαρα, στο κέντρο της Αθήνας (λόγω της επίδρασης της αστικής θερμότητας) και στα Μεσόγεια.

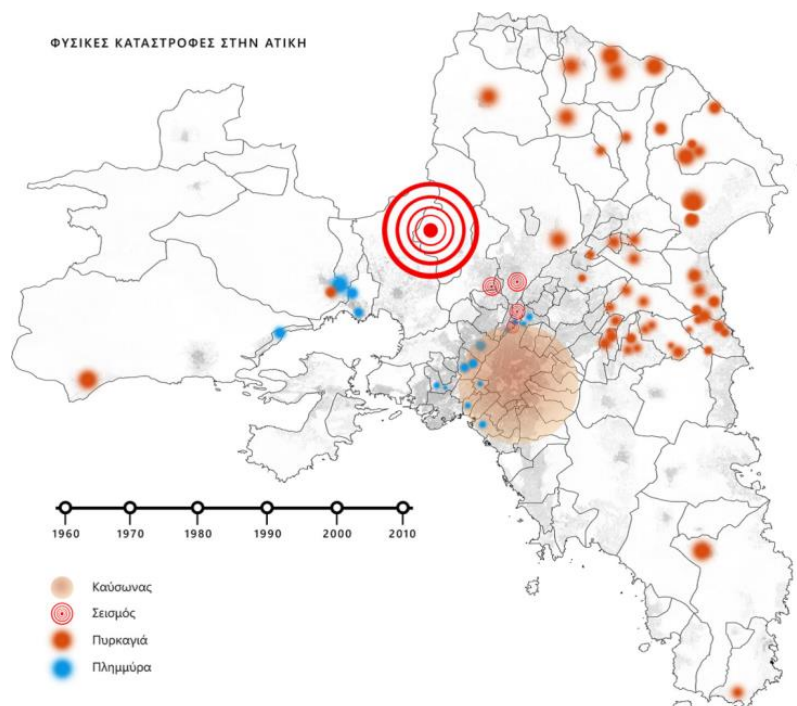
Η Αττική υποφέρει επίσης συχνά και από πλημμύρες, αν και το ανατολικό τμήμα της Ελλάδας έχει χαμηλή ετήσια βροχόπτωση (~300mm). Οι καταιγίδες στην Αθήνα είναι σχεδόν τόσο συχνές όσο και στην υπόλοιπη Ελλάδα. Εκτός από τους κλιματολογικούς και γεωμορφολογικούς παράγοντες, η ευαισθησία στην πλημμύρα οφείλεται κυρίως στις ανθρώπινες παρεμβάσεις (Κουτσογιάννης, 2002). Λόγω της ταχείας αστικοποίησης και της συχνής ανάπτυξης χωρίς άδεια, η πόλη απομακρύνθηκε σταδιακά από τη φυσική της προστασία από τις πλημμύρες, καθώς σημαντικό ποσοστό του δικτύου των ρεμάτων της καλύφθηκε ή κατασκευάστηκε και είναι λίγες οι ανοιχτές εκτάσεις που δεν έχουν οικοδομηθεί. Επιπλέον, οι επαναλαμβανόμενες δασικές πυρκαγιές στα βουνά που περιβάλλουν το λεκανοπέδιο αύξησαν την έκθεση σε πλημμύρες, ιδιαίτερα στους περιφερειακούς δήμους. Το ιστορικό κέντρο της πόλης έχει ένα μικτό σύστημα αποχέτευσης που προσφέρει αυξημένη προστασία σε σύγκριση με τους δήμους που αναπτύχθηκαν αργότερα, ειδικά εκείνοι που βρίσκονται κατά μήκος της ακτής του Σαρωνικού.



Εικόνα 8: Η πλημμύρα στη Μάνδρα (<https://www.ert.gr>)



Εικόνα 9: Η πλημμύρα στη Μάνδρα (<https://www.ert.gr>)



Εικόνα 10: Φυσικές καταστροφές στην Αττική από τη δεκαετία του 1960 έως σήμερα (Κοψιδά, 2019)

2. | Η πλημμύρα ως φυσική καταστροφή

2.1. | Γενικά στοιχεία

Τα πλημμυρικά φαινόμενα αποτελούν μέρος της φυσικής υδρολογικής διεργασίας και συμβαίνουν όταν τμήμα του υδρογραφικού δικτύου αδυνατεί να αποστραγγίσει τον όγκο των υδάτων που απορρέουν, με αποτέλεσμα να υπερχειλίζει τις όχθες και τα ύδατα αυτά να καταλαμβάνουν εφήμερα, τμήματα χέρσου (Διακάκης, 2012).

Ειδικότερα, ως πλημμύρα εννοούμε την προσωρινή κατάκλιση του εδάφους από νερό το οποίο, υπό κανονικές συνθήκες, δεν είναι καλυμμένο από νερό. Αυτή περιλαμβάνει πλημμύρες από ποτάμια, ορεινούς χείμαρρους και υδατορεύματα εφήμερης ροής, υπερχειλίσσεις λιμνών, και πλημμύρες από υπόγεια ύδατα και τη θάλασσα σε παράκτιες περιοχές. Ακόμη, περιλαμβάνει πλημμύρες από καταστροφές μεγάλων υδραυλικών έργων, όπως θραύσεις αναχωμάτων και φραγμάτων (Υδάτινοι Πόροι και Περιβάλλον Θεσσαλίας, 2016; Υπουργεία Εσωτερικών, Οικονομικών, Ναυτιλίας, Περιβάλλοντος, Μεταφορών, 2010).

Το πλημμυρικό πεδίο (floodplain) ενός ποταμού είναι το φυσικό χαρακτηριστικό της κοιλάδας του, το οποίο δύναται να προσδιοριστεί με μεγάλη ακρίβεια και πρόκειται ουσιαστικά για μία σχεδόν επίπεδη περιοχή η οποία περιβάλλει το ποτάμι. Στις ορεινές περιοχές υπάρχει ένα μεγάλο σύνθετο σύστημα ρευμάτων τα οποία συγκλίνουν σε μία χαμηλή περιοχή, πιθανού πλάτους έως και εκατοντάδων χιλιάδων χιλιομέτρων (Διακάκης, 2017).

Πλημμυρική επικινδυνότητα ή διακινδύνευση (Flood Risk) είναι η δυνητική απειλή για τον άνθρωπο (Smith, 2009), ή πιο συγκεκριμένα ο συνδυασμός της πιθανότητας να λάβει χώρα πλημμύρα και των δυνητικών αρνητικών συνεπειών για την ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά και τις οικονομικές δραστηριότητες, που συνδέονται μ' αυτή την πλημμύρα (Υπουργεία Εσωτερικών, Οικονομικών, Ναυτιλίας, Περιβάλλοντος, Μεταφορών, 2010).

Κίνδυνος πλημμύρας (Flood Hazard) είναι η συνολική πιθανότητα εμφάνισης πλημμύρας σε ένα συγκεκριμένο χώρο (ποσοτικοποιούμενη μέσω του βάθους νερού, της ταχύτητας ροής ή άλλου χαρακτηριστικού υδρολογικού ή υδραυλικού μεγέθους) που αντιστοιχεί σε δεδομένη πιθανότητα υπέρβασης, και άρα ορίζεται ως πιθανή συνέπεια πρόκλησης απώλειας (Smith, 2009).

Τρωτότητα έναντι πλημμύρας (Flood Vulnerability) είναι ο βαθμός επιδεκτικότητας ή το πόσο είναι ευάλωτο είναι ένα σύστημα του φυσικού ή ανθρωπογενούς περιβάλλοντος σε έναν κίνδυνο πλημμύρας, καθώς επίσης σύμφωνα με τους (Wisner et al., 2004) και της ικανότητας του συστήματος αυτού να προβλέψει, να αντιμετωπίσει, να ανακάμψει και να αντισταθεί στις επιπτώσεις μίας καταστροφής.

2.2. | Πλημμυρικός κίνδυνος

Οι πλημμύρες αποτελούσαν ήδη από τα προϊστορικά χρόνια ζήτημα κεφαλαιώδους σημασίας για τους ανθρώπους οι οποίοι κατοικούσαν πλησίον ποταμών ή υδάτινων εκτάσεων εν γένει (Kundzewicz & Schellnhuber, 2004). Τα πλημμυρικά φαινόμενα θεωρούνται ένας από τους συχνότερους και καταστροφικότερους τύπους φυσικής καταστροφής παγκοσμίως (Alexander, 1993), προκαλώντας εκτεταμένες ζημιές (Barredo, 2007), με συνέπειες οι οποίες συνίστανται στην απώλεια ανθρώπινων ζωών (Jonkman & Kelman, 2005), στην καταστροφή υποδομών και τηλεπικοινωνιακών δικτύων, των γεωργικών και κτηνοτροφικών εγκαταστάσεων, των καλλιεργειών και τέλος, την έντονη διάβρωση εδαφών και την μόλυνση των υδατικών μαζών (Downton & Pielke, 2001; Golian et al., 2010).

Σε πολλά μέρη του κόσμου, οι πλημμύρες αποτελούν φαινόμενα τα οποία συμβαίνουν σε ετήσια βάση και θεωρείται ότι έχουν πολλές θετικές πτυχές διότι συμβάλλουν στην γονιμότητα των εδαφών και κατά συνέπεια θεωρούνται ωφέλιμα (Moss & Monstadt, 2008). Ο αντίκτυπος των πλημμυρών στην γεωργία εξαρτάται κυρίως από τον κύκλο των καλλιεργειών, δηλαδή την φάση ανάπτυξής τους, αλλά και από τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Οι πλημμύρες όμως μετατρέπονται σε καταστροφές όταν συμβαίνουν σε ασυνήθιστη έκταση και ένταση, σε ιδιαίτερα γεωγραφικά σημεία και με απροσδόκητο τρόπο, με αποτέλεσμα να υπερβαίνεται η ικανότητα της πληττόμενης κοινωνίας να ανταποκριθεί στο εν λόγω φαινόμενο.

Σύμφωνα με τους (Downton & Pielke, 2001), οι πλημμύρες προκαλούν τις περισσότερες ζημιές και επηρεάζουν τον μεγαλύτερο αριθμό ανθρώπων από τις φυσικές καταστροφές σε ετήσια βάση, έχοντας σύμφωνα με τον (Pilon, 2004) άμεσο αντίκτυπο στα δύο τρίτα (2/3) του παγκόσμιου πληθυσμού από φυσικές καταστροφές και περισσότερες ζημιές από το ένα τρίτο (1/3) του συνολικού εκτιμηθέντος κόστους υλικών ζημιών. Σύμφωνα με την ετήσια έκθεση του 2016 του ασφαλιστικού οργανισμού Munich RE (Munich RE, 2017), το ποσοστό των υδρολογικών φαινομένων αυξήθηκε από 39% σε 50% (στα 750 γεγονότα) από το 1980 έως το 2015. Κατά συνέπεια, αυξήθηκε ο αριθμός των ποτάμιων πλημμυρών, των αιφνίδιων πλημμυρών καθώς επίσης και της μαζικής κίνησης ως συνέπεια των γεγονότων αυτών, ενώ το συνολικό ποσοστό των ανθρώπινων απωλειών ανήλθε στο 50%.

2.3. | Κατηγορίες πλημμύρας

Οι κύριοι τύποι πλημμυρών είναι οι ποτάμιες πλημμύρες (river floods), οι παράκτιες πλημμύρες (coastal flooding), οι πλημμύρες κατάκλισης/από βροχή (pluvial floods), οι αστικές πλημμύρες (urban floods), οι πλημμύρες στο αποχετευτικό δίκτυο (sewer flooding), οι πλημμύρες υπόγειων υδάτων/υδροφόρου ορίζοντα (groundwater flooding) και οι αιφνίδιες/στιγμιαίες πλημμύρες (flash floods) (Kourgialas & Karatzas, 2016).

Υπάρχουν διάφορα αίτια και τύποι πλημμυρών των οποίων οι συνέπειες για την ανθρώπινη υγεία ποικίλλουν. Οι κατηγορίες πλημμύρας διαφοροποιούνται αφενός μεν σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά και την έκταση της πληγείσας περιοχής, ήτοι της λεκάνης απορροής (μορφολογικά, εδαφολογικά, χρήσεις γης) και, αφετέρου, με την διάρκεια της βροχόπτωσης (χωρική και χρονική κλίμακα του πλημμυρικού φαινομένου). Επομένως, με βάση αυτά τα δύο χαρακτηριστικά προκύπτουν δύο βασικές κατηγορίες πλημμυρών. Οι εκτενείς, μεγάλης διάρκειας και βραδείας εξέλιξης πλημμύρες (rain floods) οι οποίες δεν προκαλούν μεγάλες καταστροφές και οι τοπικές ξαφνικές πλημμύρες (local sudden floods) οι οποίες συνήθως έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στις περιοχές που πλήττουν (Bronstert, 2003).

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

Παρόλα αυτά, όταν οι συνθήκες αυτές δημιουργούν ένα πλημμυρικό «κύμα» στις υδρολογικές λεκάνες, τότε η πλημμύρα δύναται να εξελιχθεί γρήγορα και προσομοιάζει στις αιφνίδιες πλημμύρες. Οι τοπικές, αιφνίδιες ή στιγμιαίες πλημμύρες (flash floods) έχουν ως αποτέλεσμα την πλημμύρα σε μικρές λεκάνες απορροής και οφείλονται συνήθως σε μικρές αλλά έντονες βροχοπτώσεις (θύελλες). Δημιουργούνται από την ταχύτατη και απότομη αύξηση της στάθμης του νερού και συμβαίνουν κυρίως σε πλαγιές ή περιοχές ορεινών όγκων λόγω των μεταφερόμενων μηχανισμών βροχόπτωσης, του λεπτού υποστρώματος του εδάφους και τις απότομες κλίσεις του και, τέλος, τις υψηλές ταχύτητες απορροής.

Ο χρόνος προειδοποίησης για αυτά τα φαινόμενα είναι ιδιαίτερα μικρός λόγω του αιφνίδιου χαρακτήρα τους, 6-12 ώρες ή λιγότερο, όπως αντίστοιχα είναι μικρή και η διάρκεια του πλημμυρικού φαινομένου παρά το γεγονός ότι σχετίζεται με μεγάλες καταστροφές τόσο υλικές όσο, και κυρίως, ανθρώπινες απώλειες. Οι έντονες βροχοπτώσεις μπορούν επίσης να οδηγήσουν σε πλημμύρες κατάκλισης ή επιφανειακές πλημμύρες του αστικού περιβάλλοντος όπου το αποχετευτικό δίκτυο και το σύστημα των υπονόμων αδυνατεί να ανταπεξέλθει στον όγκο των υδάτων (Menne & Murra, 2013).

Οι παράκτιες πλημμύρες (coastal flooding), προκαλούνται από υπερχείλιση των παράκτιων περιοχών σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι αναμένεται υπό φυσιολογικές συνθήκες 22 παλίρροιας. Οφείλονται συνήθως σε ακραία υδρομετεωρολογικά φαινόμενα, όπως για παράδειγμα στον συνδυασμό ισχυρών κυμάτων καταιγίδας και υψηλής παλίρροιας (London Environment Agency, 2010). Η δημιουργία των παράκτιων πλημμυρών οφείλεται σε τρεις μηχανισμούς οι οποίοι δύναται να συμβαίνουν είτε κατά μόνας είτε συνδυαστικά, ήτοι υψηλά επίπεδα παλίρροιας, αύξηση της μέσης στάθμης της θάλασσας λόγω χαμηλής ατμοσφαιρικής πίεσης που δύναται να επιδεινωθεί από

ανέμους και τέλος, από θαλάσσιο κυματισμό εξαρτώμενο από την ταχύτητα του ανέμου, την κατεύθυνση και την τοπική τοπογραφία (Local Government Association, 2009).

Οι ποτάμιες πλημμύρες (river floods) οφείλονται στην έντονη και επίμονη βροχόπτωση για αρκετές ημέρες ή εβδομάδες και συνήθως είναι αποτέλεσμα πολλών παραγόντων οι οποίοι δρουν συνδυαστικά σε μία περιοχή, όπως ο καιρός, οι χρήσεις γης και οι εδαφολογικές συνθήκες.

Οι πλημμύρες από την υπερχειλίση ποταμού ποικίλλουν σημαντικά ως προς το μέγεθος και τη διάρκειά τους. Στην περίπτωση μεγάλων ποταμών, οι πλημμύρες μπορεί να εμφανιστούν αρκετό χρόνο μετά τη βροχόπτωση και να διαρκέσουν ημέρες, εβδομάδες ή ακόμη και μήνες, ενώ σε μικρότερα ποτάμια είναι δυνατόν να εμφανιστούν στιγμιαίες πλημμύρες (flash floods) που συνήθως οφείλονται σε πολύ έντονη τοπική βροχόπτωση, οι οποίες είναι λιγότερο προβλέψιμες και μπορεί να προκαλέσουν εκτεταμένες καταστροφές (Μαμάσης, 2007). Οι πλημμύρες των ποτάμιων συστημάτων είναι ο συχνότερος και πιο δαπανηρός φυσικός κίνδυνος, ο οποίος επηρεάζει εκατομμύρια ανθρώπων σε ετήσια βάση (Jongman et al., 2012) εξαιτίας της μεγάλης οικονομικής δραστηριότητας στην πλημμυρική κοιτή του ποταμού (floodplains).

Οι πλημμύρες από αστοχία ενός τεχνικού έργου, όπως για παράδειγμα η αστοχία ενός φράγματος ή καναλιού με αποτέλεσμα την έντονη διάβρωση, τις λασποροές και τα ορμητικά πλημμυρικά ύδατα.

Οι πλημμύρες των υπογείων υδάτων (groundwater floods) οι οποίες είναι αποτέλεσμα της υψηλής στάθμης του υπεδάφικου νερού, δηλαδή του κορεσμού του εδάφους με συνέπειες τα στάσιμα πλημμυρικά ύδατα στο πλημμυρικό πεδίο. Οι αστικές πλημμύρες όπου η κάλυψη του εδάφους με αδιαπέρατα υλικά μειώνει δραματικά το ποσοστό κατέψυξης με αποτέλεσμα την αποστράγγιση του νερού μόνο μέσω του υπάρχοντος δικτύου αποστράγγισης (Διακάκης, 2017).

Τέλος, οι πλημμύρες των λιμνών λόγω της ταχείας αύξησης των υδατικών αποθεμάτων και οι πλημμύρες των ορεινών χειμάρρων λόγω των καταιγίδων και της αστάθειας των πρηνών με συνέπειες τα ορμητικά πλημμυρικά ύδατα και τα μεταφερόμενα υλικά (Διακάκης, 2012).

2.4. | Αίτια πλημμύρας

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

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις υδρολογικές διεργασίες και κατ' επέκταση την εκδήλωση πλημμυρών, δύναται να ταξινομηθούν στους σταθερούς ή στατικούς, οι οποίοι συνοψίζουν τα φυσικά χαρακτηριστικά μίας λεκάνης, όπως η έκτασή της, η μέση

κλίση, η υδατοπερατότητα των εδαφικών σχηματισμών και, αφετέρου, στους δυναμικούς, οι οποίοι περιλαμβάνουν όλες εκείνες τις παραμέτρους που διαφοροποιούνται κατά την διάρκεια ενός υδρολογικού συμβάντος, όπως για παράδειγμα τα χαρακτηριστικά των κατακρημνισμάτων (Διακάκης, 2012).

Ως ανθρωπογενείς παράγοντες θεωρούνται οι παρεμβάσεις στο περιβάλλον, οι οποίες συμβάλλουν στην τρωτότητα και την μεγέθυνση των συνεπειών και κατά συνέπεια επιδεινώνουν τον πλημμυρικό κίνδυνο. Οι παράγοντες αυτοί προκύπτουν από τις αλλαγές στην χρήση γης που οδήγησαν στην μείωση του αποθηκευτικού όγκου των υδάτων και στην αύξηση των συντελεστών απορροής, ήτοι στην αύξηση του υδάτινου όγκου και στην μείωση του χρόνου που χρειάζεται για την εκδήλωση σε μέγιστο βαθμό μίας πλημμύρας η οποία προκαλείται από μία «τυπική» έντονη βροχόπτωση (Kundzewicz & Schellnhuber, 2004).

Συγκεκριμένα, η υποβάθμιση του εδάφους, η αποψίλωση των δασών και των δασικών εκτάσεων, οι πυρκαγιές, η αστικοποίηση και η κατώτερης ποιότητας αποχετευτικού δικτύου, συνιστούν ορισμένους από τους βασικότερους ανθρωπογενείς παράγοντες, λόγω της μείωσης της κατείσδυσης, οι οποίοι έχουν οδηγήσει στην ένταση του πλημμυρικού κινδύνου. Για παράδειγμα με την αστικοποίηση μειώνεται η δυνατότητα του εδάφους να απορροφήσει σωστά τον υδάτινο όγκο μίας έντονης βροχόπτωσης και κατά συνέπεια αυξάνεται ο κίνδυνος για εκδήλωση πλημμύρας. Η αύξηση της επιφανειακής απορροής να πολλαπλασιάζεται κατά δύο με έξι φορές απ' ότι σε μία φυσική επιφάνεια (Λέκκας & Ανδρεαδάκης, Καπουράνη, 2016).

Παράλληλα, η παρατεταμένη αστικοποίηση έχει ως αποτέλεσμα την αναγκαστική μετακίνηση οικονομικά ασθενέστερων τμημάτων πληθυσμού από αστικές σε αγροτικές περιοχές, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως μη ασφαλείς λόγω της υψηλής τρωτότητας σε πλημμύρες (Jakubicka et al., 2010), ή σε περιοχές εν γένει υψηλού πλημμυρικού κινδύνου, αυξάνοντας ταυτόχρονα τις οικονομικές επιπτώσεις των πλημμυρών (Barredo, 2007, 2009).

Επομένως, στις αστικές περιοχές οι παράγοντες αύξησης του πλημμυρικού κινδύνου συνοψίζονται ουσιαστικά στα εξής: στην μείωση του υδρογραφικού δικτύου, στην ανεπάρκεια των υδατορευμάτων λόγω του ότι τα περισσότερα είτε έχουν καλυφθεί ή μπαζωθεί, είτε έχουν δομηθεί παρανόμως, στην ανεπαρκή συντήρηση και καθαρισμό του αποχετευτικού δικτύου όμβριων υδάτων και τέλος στην μείωση των υδατοπερατών επιφανειών και του πρασίνου.

2.5. | Επιπτώσεις πλημμύρας

Οι πλημμύρες ως υδρολογικά φαινόμενα διαχωρίζονται σαφώς από τις πλημμύρες οι οποίες προκαλούν πάσης φύσεως ζημιές και ανθρώπινες απώλειες, κυρίως λόγω του ότι οι πρώτες όταν συμβαίνουν σε περιοχές χωρίς ανθρώπινη δραστηριότητα συνήθως δεν προκαλούν ζημιές. Σύμφωνα με τον (Barredo, 2009), οι πλημμυρικές ζημιές προκύπτουν από την αλληλεπίδραση του υδρολογικού φαινομένου με τα κοινωνικά συστήματα και τα υποσυστήματά τους, τα οποία καθορίζουν το επίπεδο αλληλεπί-

δρασης και έκθεσης της ανθρώπινης ζωής και της ιδιοκτησίας στον πλημμυρικό κίνδυνο.

Οι πλημμύρες ωστόσο, ως περιοδικά φαινόμενα, έχουν επιπτώσεις στο περιβάλλον και στην οικονομία της πληττόμενης περιοχής και αποβαίνουν επιζήμιες για την ίδια την κοινωνία όταν διαταράσσουν τις θεμελιώδεις δομές της, όπως τις παραγωγικές και κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητές της. Τα πλημμυρικά φαινόμενα είναι άμεσα συνυφασμένα με τον βαθμό τρωτότητας μιας κοινωνίας, ο οποίος συνιστά την πιθανότητα απωλειών όπως αυτές καθορίζονται από την ανθεκτικότητα της κοινωνίας στις βιοφυσικές συνθήκες, από την έκθεσή της στον κίνδυνο ή την καταστροφή και τον τρόπο που ανταποκρίνεται σε αυτά, καθώς επίσης και από την προσαρμογή της σε αυτές τις μεταβαλλόμενες συνθήκες (Cutter, 1996).

Οι επιπτώσεις των πλημμυρών μπορούν να διαχωριστούν σε άμεσες και έμμεσες. Οι άμεσες επιπτώσεις προκαλούνται από το ίδιο το πλημμυρικό γεγονός και βάσει της σοβαρότητάς τους κατατάσσονται ιεραρχικά σε: θανάτους, τραυματισμούς και εγκλωβισμούς πολιτών στους πλημμυρισμένους εσωτερικούς ή εξωτερικούς χώρους, καταστροφές στα κτίρια, στα μέσα μεταφοράς, στα τεχνικά έργα, στο οδικό δίκτυο και στα συστήματα επικοινωνίας, οι οποίες προκαλούνται από την αυξημένη ταχύτητα των υδάτων και των ιζημάτων που αυτά μεταφέρουν, καταστροφή γεωργικών εκτάσεων και καλλιεργειών και διάβρωση εδαφών.

Οι έμμεσες συνέπειες των πλημμυρών, οι οποίες εμφανίζονται αμέσως μετά την εξασθένιση του πλημμυρικού φαινομένου, διακρίνονται σε: μολύνσεις των υδάτινων συστημάτων, πείνα και λοιμούς, μόνιμη ή παροδική απομάκρυνση κατοίκων από τις πληγείσες περιοχές, πυρκαγιές λόγω βραχυκυκλωμάτων στο δίκτυο ηλεκτροδότησης, καταστροφή υγροτόπων και μείωση βιοποικιλότητας (Παπαστεφανάκης, 2009).

3. | Η τρωτότητα ως αποφασιστικός παράγοντας κινδύνου

Η χρήση της έννοιας της τρωτότητας σήμερα δεν περιορίζεται ως απλή παράμετρος του κινδύνου. Συνδέεται με ένα ευρύ φάσμα απειλών και αντιξοοτήτων, κοινωνικών, οικονομικών, θεσμικών και οικολογικών/περιβαλλοντικών αλλά και τις αλληλεπιδράσεις τους. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η τρωτότητα αναδεικνύεται ως ο αποφασιστικός παράγοντας των απωλειών των καταστροφών και ο σπουδαιότερος συντελεστής της διαχείρισης κινδύνων. Η μέχρι τώρα ερευνητική εμπειρία αναδεικνύει τρεις κύριες προσεγγίσεις της τρωτότητας. Η διαφοροποίηση αυτή δημιουργείται ανάλογα σε ποιους παράγοντες διαμόρφωσης της τρωτότητας δίνεται έμφαση.

Η πρώτη προσέγγιση, κυριαρχεί στην τεχνική βιβλιογραφία για τον κίνδυνο και τη διαχείριση των καταστροφών. Πρόκειται για το μεθοδολογικό μοντέλο Κινδύνου-Επικινδυνότητας για το οποίο τρωτότητα είναι η σχέση (ο βαθμός απόκρισης) που συνδέει μια εξωγενή επικινδυνότητα για ένα σύστημα με τα αρνητικά αποτελέσματά της στο σύστημα αυτό. Αυτή η προσέγγιση δίνει έμφαση στην έκθεση είτε ως το κύριο συστατικό της τρωτότητας (σχεδόν ταυτόσημη με αυτήν), είτε ως την προϋπόθεση ή

το έναυσμα για την εκδήλωση της τρωτότητας. Στην τελευταία περίπτωση, η έκθεση και η τρωτότητα (ένα αμιγώς τεχνικό ή φυσικό ζήτημα) είναι ανεξάρτητες η μια από την άλλη και αλληλεπιδρούν με την επικινδυνότητα που παρεμβαίνει για να προκαλέσει αρνητικές συνέπειες και απώλειες (Σαπουντζάκη, Δανδουλάκη, 2015).

Η δεύτερη προσέγγιση αντιλαμβάνεται την τρωτότητα ως ένα κοινωνικά δομημένο φαινόμενο ως μια κατάσταση δηλαδή που δημιουργείται μέσα από τις κοινωνικο-οικονομικές συνθήκες που επικρατούν στην πόλη. Στη δεύτερη προσέγγιση η έκθεση θεωρείται ως συνέπεια ή παρεπόμενο της κοινωνικής τρωτότητας, που είναι η ριζική αιτία, η αφετηρία τόσο της έκθεσης όσο και των καταστροφικών αποτελεσμάτων (δηλαδή του κινδύνου). Η (κοινωνική) τρωτότητα προηγείται, και η υψηλή έκθεση ή χαμηλή αντίσταση ακολουθούν ως αναπόφευκτο αποτέλεσμα. Με αυτή την έννοια η τρωτότητα είναι ανεξάρτητη από την επικινδυνότητα, οφείλεται μόνο στις κυρίαρχες κοινωνικο-οικονομικές και πολιτικές σχέσεις και δομές είτε τοπικού είτε εθνικού ή διεθνούς επιπέδου. Σε αυτή την περίπτωση, η έκθεση εξαρτάται από την τρωτότητα, για την ακρίβεια είναι συνάρτηση της κοινωνικής τρωτότητας. Το αντίστροφο δεν ισχύει, δηλαδή η τρωτότητα δεν είναι συνάρτηση της έκθεσης. Η έκθεση επέρχεται ως το επακόλουθο της τρωτότητας (Δελλαδέσιμας, 2009).

Η τρίτη προσέγγιση είναι πιο διαδεδομένη στην έρευνα της Κλιματικής Αλλαγής. Σύμφωνα με αυτή τη σχολή, η τρωτότητα περιλαμβάνει μια εξωτερική διάσταση –που αντιστοιχεί στην έκθεση ενός συστήματος στις μεταβολές του κλίματος–, καθώς και μια εσωτερική που συμπεριλαμβάνει την ευαισθησία του συστήματος και την προσαρμοστική του ικανότητα έναντι εξωτερικών πιέσεων (όπως είναι τα ακραία κλιματικά φαινόμενα). Ειδικότερα, η προσέγγιση αυτή θεωρεί τον τόπο ως μια αδιαίρετη ενότητα των βιοφυσικών, κοινωνικών και πολιτισμικών στοιχείων μιας συγκεκριμένης γεωγραφικής περιφέρειας ή ενότητας, ένα μοναδικό πακέτο συμπεριφορών έναντι μιας εν δυνάμει απειλής.

Υπό αυτή την οπτική γωνία, το δυναμικό της επικινδυνότητας φιλτράρεται μέσω του γεωγραφικού πλαισίου και του κοινωνικού ιστού της τοπικής κοινότητας, ώστε να παραχθεί η τρωτότητα του τόπου. Το τελικό αποτέλεσμα είναι η τροποποίηση του δυναμικού της επικινδυνότητας, με αποτέλεσμα είτε τη συρρίκνωση είτε τη μεγέθυνσή του κινδύνου. Ο ενδιάμεσος καταλυτικός παράγοντας αυτής της διαδικασίας είναι η τρωτότητα. Η τρωτότητα, λοιπόν, είναι συνάρτηση και το συνθετικό αποτέλεσμα της έκθεσης, της ευαισθησίας και της προσαρμοστικής ικανότητας ενός τόπου, μιας εδαφικής μονάδας (Σαπουντζάκη, Δανδουλάκη, 2015).

3.1. | Η ανάγκη εκτίμησης της τρωτότητας

Οι μεγαλύτερες δυνατότητες μείωσης του κινδύνου και των απωλειών προέρχονται από πολιτικές για τη μείωση της τρωτότητας στις διάφορες μορφές της. Η εκτίμηση της τρωτότητας είναι κρίσιμης σημασίας για το σχεδιασμό μέτρων και την άσκηση της όποιας πολιτικής προστασίας κατά των κινδύνων. Η τροποποίηση της ανθρώπινης τρωτότητας ενσωματώνει το μεγαλύτερο φάσμα δράσεων. Περιλαμβάνει μέτρα μείωσης των απωλειών μέσω της προσαρμογής του πληθυσμού στα καταστροφικά γε-

γονότα μέσω π.χ προγραμμάτων ετοιμότητας που αλλάζουν την ανθρώπινη συμπεριφορά, συστημάτων προειδοποίησης, μακροπρόθεσμου προληπτικού σχεδιασμού χρήσεων γης κ.α.

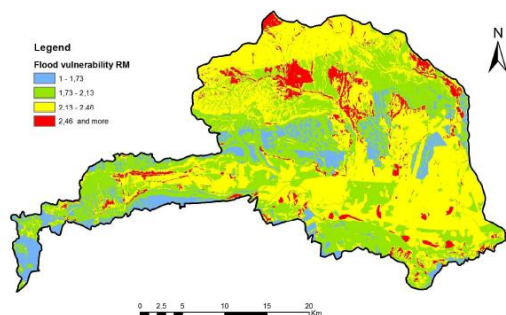
Σύμφωνα με τον Bogardi (2006) η εκτίμηση της τρωτότητας, με ποσοτικό τρόπο, είναι το κρίσιμο βήμα για την προεκτίμηση ή πρόγνωση των επιπτώσεων σε περιοχές που είναι υποψήφιος να πληγούν, είτε από αιφνίδια ή γρήγορα εξελισσόμενα επικίνδυνα γεγονότα είτε από αυτά που υποβόσκουν και εκδηλώνονται με αργούς ρυθμούς. Η εκτίμηση της τρωτότητας λοιπόν είναι το κρίσιμο συστατικό των πολιτικών πρόληψη και ετοιμότητας. Καθώς μάλιστα η τρωτότητα είναι μεταβαλλόμενη κατάσταση, η παρακολούθησή της είναι αναγκαία για τον εντοπισμό και την αναγνώριση των περιοχών εκείνων όπου πρέπει να ληφθούν άμεσα προκαταστροφικά μέτρα (πρόληψης ή ετοιμότητας). Σε μακροπρόθεσμη προοπτική, η εκτίμηση της τρωτότητας είναι το θεμελιώδες στοιχείο ενός συστήματος έγκαιρης πολιτικής εγρήγορσης τόσο σε εθνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο (Σαπουντζάκη, Δανδουλάκη, 2015).

Σύμφωνα με τους Yalcin & Akyurek (2004) η διαδικασία εκτίμησης της τρωτότητας θα πρέπει να αποτελείται από τα ακόλουθα βήματα:

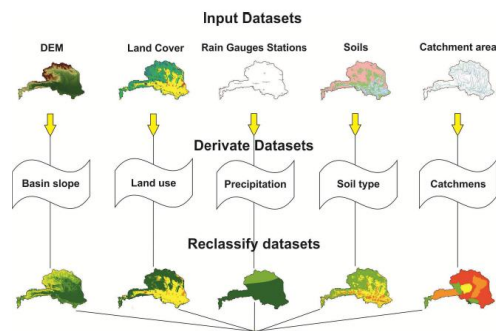
1. Την επιλογή των παραγόντων και τον προσδιορισμό της σημασίας τους και του τρόπου με τον οποίο συνδέονται με τρωτότητα.
2. Την παραγωγή χαρτών για κάθε παράγοντα μέσα από την επεξεργασία πρωτογενών δεδομένων μέσω εργαλείων GIS.
3. Τη χαρτογραφική μοντελοποίηση με τον καθορισμό των ευπαθών περιοχών χρησιμοποιώντας διάφορες προσεγγίσεις πολυκριτηριακής ανάλυσης.
4. Την ανάλυση της τρωτότητας καταδεικνύοντας την επίδραση διαφορετικών κριτηρίων βάρους στο χωρικό μοντέλο των ευπαθών περιοχών.

3.2. | Εφαρμογές εκτίμησης της τρωτότητας έναντι πλημμύρας

Για την εκτίμηση της τρωτότητας έναντι πλημμύρας είναι διαθέσιμος ένας μεγάλος αριθμός από διαφορετικές μεθοδολογίες. Στην εργασία των Blistanova et al (2016) και Kourgialas et al (2011) γίνεται μια προσπάθεια προσδιορισμού των περιοχών οι οποίες είναι πιο ευάλωτες σε πλημμυρικό κίνδυνο στη λεκάνη του ποταμού Bodna της Σλοβακίας και Κυλιάρη στην Κρήτη αντίστοιχα. Με εφαρμογή πολυκριτηριακής προσέγγισης σε περιβάλλον GIS επεξεργάζονται παράγοντες υδρολογίας, γεωλογίας, φυσιογεωγραφίας και υπολογίζεται ο βαθμός πλημμυρικού κινδύνου στις περιοχές της λεκάνης.

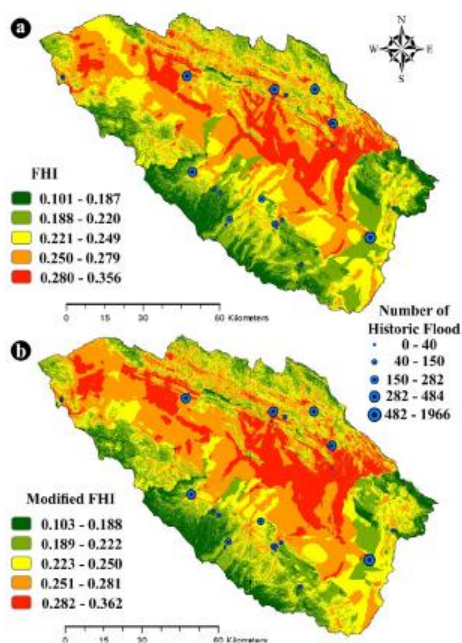


Εικόνα 11: Χάρτης εκτίμησης πλημμυρικής τρωτότητας (Blistanova et al., 2016)

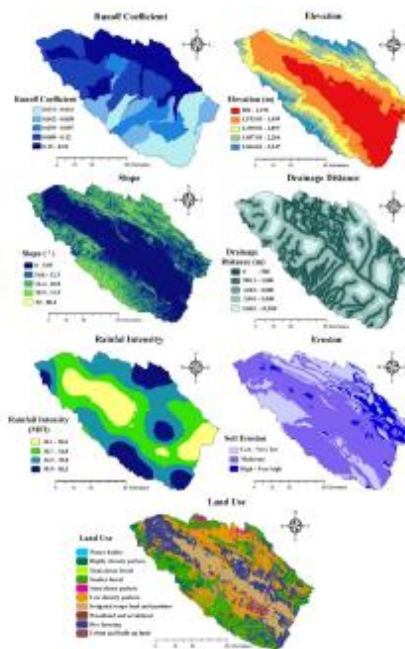


Εικόνα 12: Μεταβλητές για την εκτίμηση της πλημμυρικής τρωτότητας (Blistanova et al., 2016)

Ανάλογη είναι και η έρευνα των Toosi et al. (2019) οι οποίοι μελετώντας δεδομένα κλιματολογικά (βροχοπτώσης), εδαφολογικά (διάβρωσης, κλίσεων, υψομέτρου, κλίσης, υψομέτρου, χρήσεων γης) καταλήγουν στη δημιουργία δείκτη κινδύνου πλημμύρας για την πόλη του Mashhad, στο Ιράν.

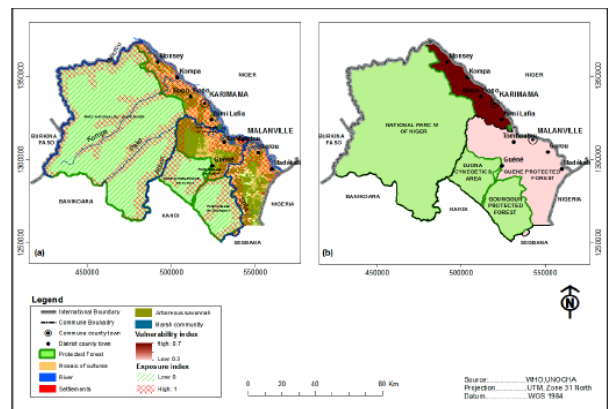
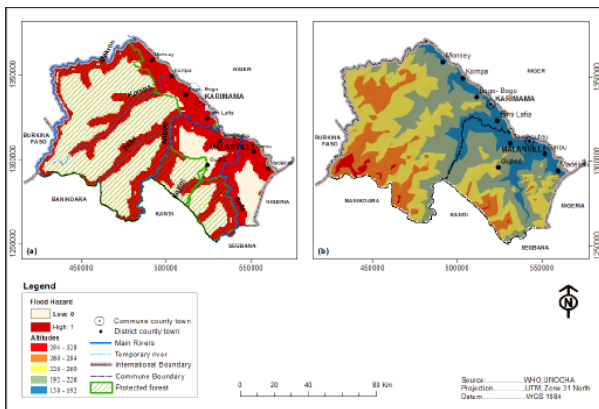
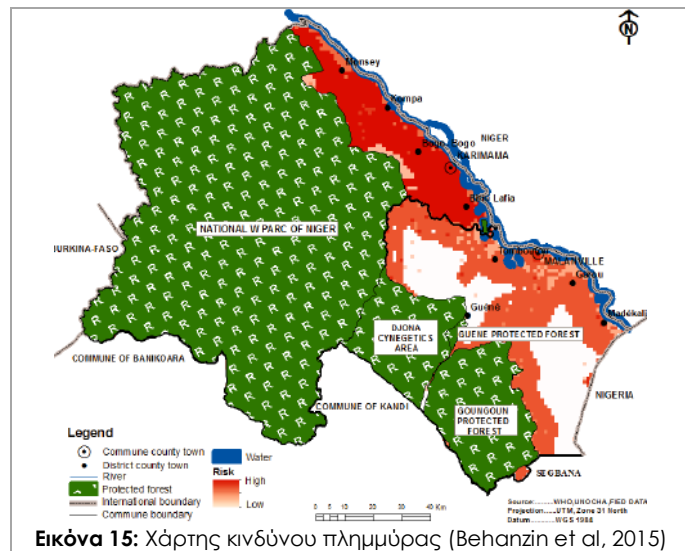


Εικόνα 13: Χάρτης εκτίμησης πλημμυρικού κινδύνου (Toosi et al., 2019)

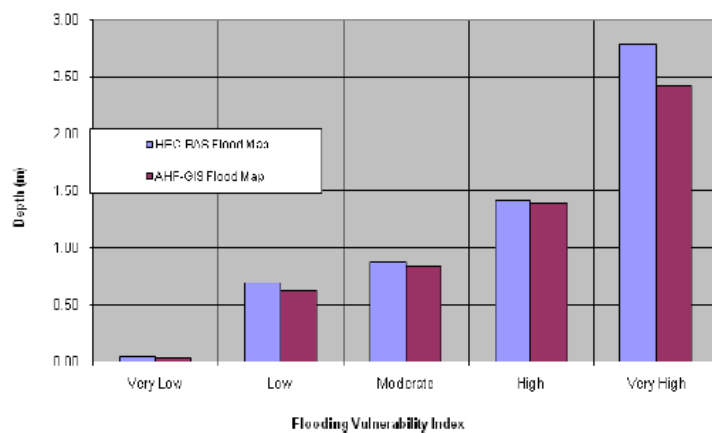
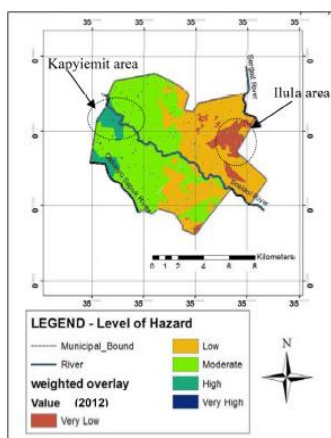


Εικόνα 14: Μεταβλητές για την εκτίμηση πλημμυρικού κινδύνου (Toosi et al., 2019)

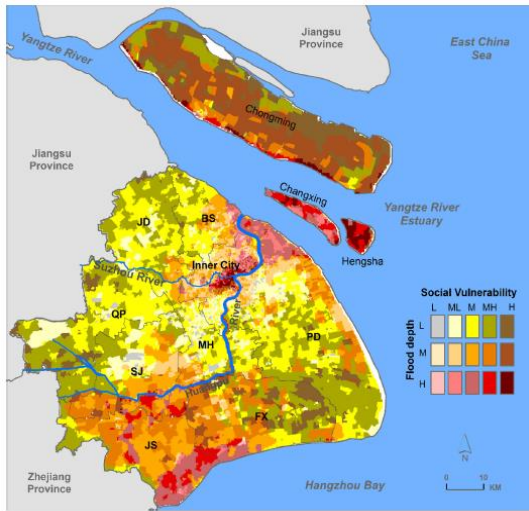
Οι Behanzin et al., (2015) εκτιμούν την τρωτότητα έναντι πλημμύρας για την κοιλάδα του ποταμού Νίγηρα μέσω της δημιουργίας ενός δείκτη τρωτότητας. Ο δείκτης αυτός αποτελεί συνάρτηση των παραγόντων έκθεσης, ευαισθησίας και ανθεκτικότητας που αφορούν φυσικά, κοινωνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά του συστήματος (π.χ. πληθυσμιακή πυκνότητα, ευάλωτες ηλικιακές ομάδες, επίπεδο εισοδήματος, ανεργία κ.α) Στο ίδιο μοτίβο κινούνται και οι Balica et al., (2009,2010) για τον υπολογισμό της τρωτότητας στη λεκάνη του Ρήνου, του Δούναβη και του Μεκονγκ.



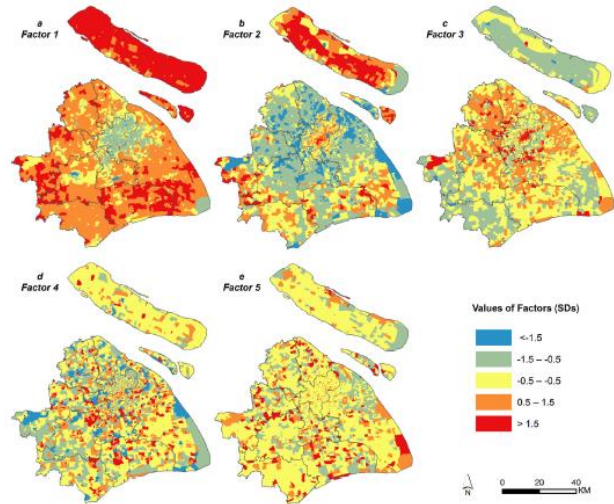
Οι Ουμα et al (2014) εξετάζουν το Δήμο Eidoret στην Κένυα. Συνδυάζοντας κοινωνικοοικονομικούς και φυσικούς παράγοντες εφαρμόζουν την Αναλυτική Ιεραρχική Μέθοδο (AHP) και αποτυπώνουν τα αποτελέσματα σε περιβάλλον GIS.



Στην εργασία τους οι Gu et al. (2018) καθορίζουν έναν δείκτη κοινωνικής τρωτότητας συνδυάζοντας τέσσερις παράγοντες (φύλο, ηλικία, εκπαίδευση και δομή νοικοκυριού) που αντικατοπτρίζουν τις ανισότητες του πληθυσμού όσον αφορά τις επιπτώσεις των φυσικών κινδύνων. Συνδυάζοντας τη χωρική αποτύπωση του δείκτη με τα επίπεδα πλημμυρικού βάθους καθορίζουν το βαθμό πλημμυρικής τρωτότητας για τη Σαγκάη.

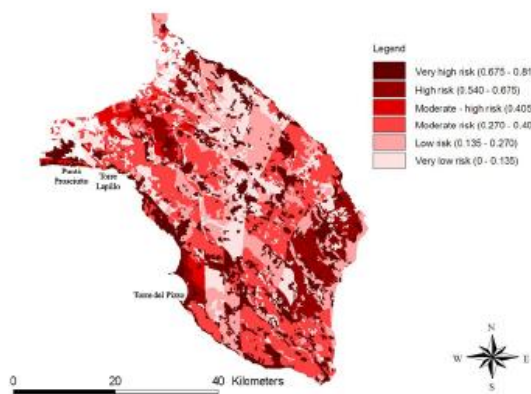


Εικόνα 20: Χάρτης συσχέτισης βάθους και κοινωνικής τρωτότητας (Gu et al. 2018)

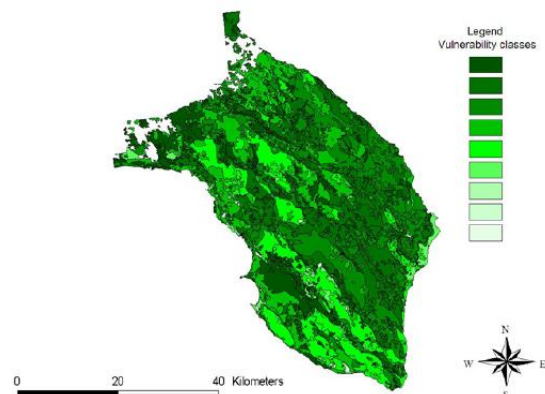


Εικόνα 21: Χωρική αποτύπωση παραμέτρων (Gu et al. 2018)

Οι Forte et al. (2005) μελετούν τα πλημμυρικά φαινόμενα και τις καταστροφές που προκλήθηκαν από αυτά στη χερσόνησο του Σαλέντο, στην Ιταλία. Αναλύονται δεδομένα ιστορικών γεγονότων πλημμύρας κατά την περίοδο 1968-2004, στοιχεία που σχετίζονται με υδρογεωλογικούς παράγοντες (γεωλιθολογία, κλίσεις, δεδομένα βροχόπτωσης) και δεδομένα υλικής ζημιάς τα οποία επεξεργάζονται με χρήση του GIS και εξάγονται χάρτες, οι οποίοι αποτυπώνουν χωρικά τα επίπεδα τρωτότητας και κινδύνου για την περιοχή μελέτης.

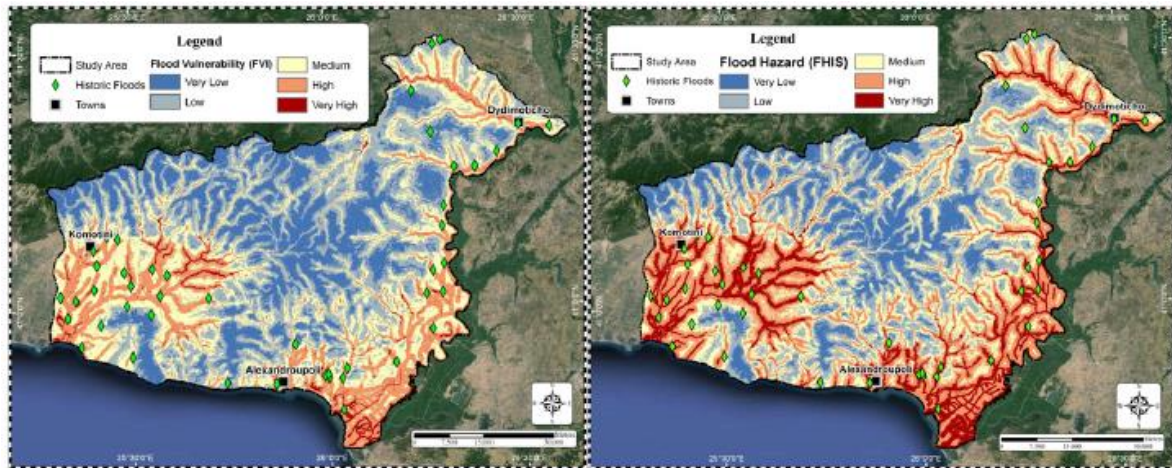


Εικόνα 22: Χάρτης πλημμυρικού κινδύνου (Forte et al., 2005)

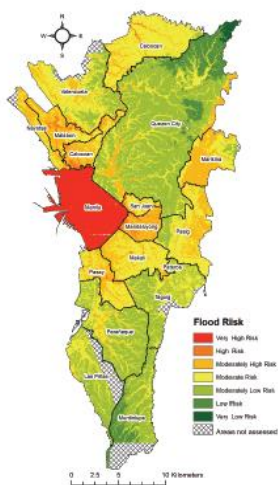


Εικόνα 23: Χάρτης πλημμυρικής τρωτότητας (Forte et al., 2005)

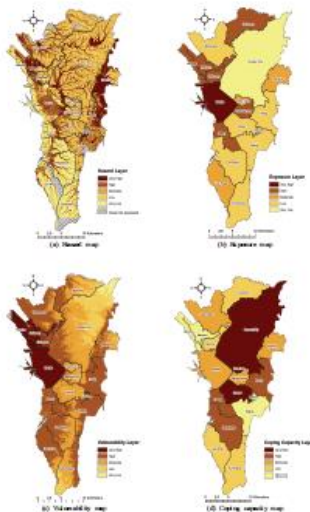
Σε παρόμοιο μοτίβο κινούνται και οι Kazakis et al. (2015) όπου μελετούν παράγοντες τρωτότητας και κινδύνου στους νομούς Έβρου και Ροδόπης. Για τον υπολογισμό των δεικτών που αποτυπώνουν το βαθμό κινδύνου και τρωτότητας των περιοχών επιλέγονται υδρογεωλογικοί και μετεωρολογικοί παράγοντες (ένταση βροχόπτωσης, κλίση, έδαφος κ.α.) οι οποίοι συσχετίζονται μέσω της Αναλυτικής Ιεραρχικής μεθόδου (AHP) και αποτυπώνονται χωρικά σε περιβάλλον GIS.



Εικόνα 24: Χάρτης πλημμυρικού κινδύνου & τρωτότητας (Kazakis et al., 2015)



Εικόνα 25: Χάρτης κινδύνου πλημμύρας (Rubio et al., 2019)



Εικόνα 26: Χωρική αποτύπωση συστατικών κινδύνων πλημμύρας (Rubio et al. 2019)

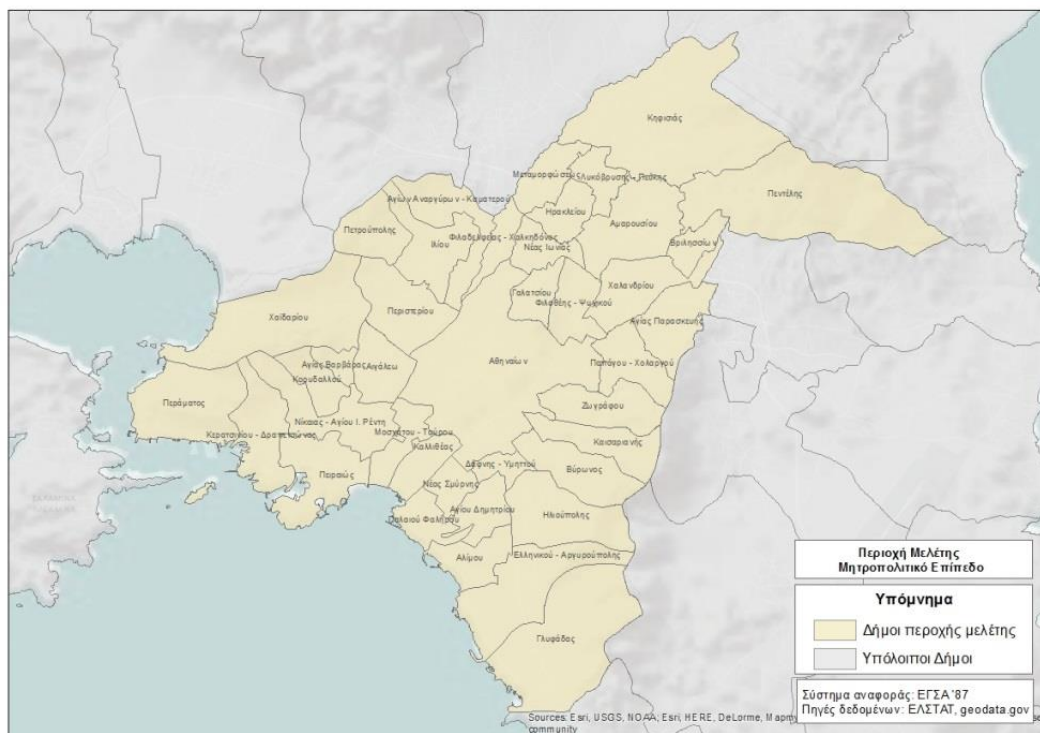
Τέλος, οι Rubio et al. (2019) θεωρώντας ως γενικά συστατικά του κινδύνου, αυτά της επικινδυνότητας, της έκθεσης και της τρωτότητα αφαιρώντας την ικανότητα αντιμετώπισης, μελετούν τη μητροπολιτική περιοχή της Μανίλα στις Φιλιππίνες εξετάζοντας επιμέρους παράγοντες. Πιο συγκεκριμένα για την κατηγορία της επικινδυνότητας εξετάζονται δεδομένα βροχόπτωσης και βάθους πλημμύρας, για την κατηγορία της έκθεσης, δεδομένα πληθυσμιακής πυκνότητας κ.α., για την κατηγορία της τρωτότητας, δεδομένα φτώχειας, ευάλωτου πληθυσμού κ.α. και για την κατηγορία της ικανότητας αντιμετώπισης δεδομένα εκπαίδευσης, εισοδήματος, ετοιμότητας κ.α.). Η εργασία καταλήγει στη δημιουργία χαρτών για κάθε επιμέρους γενικό συστατικό και έναν τελικό χάρτη κινδύνου.

4. | Μεθοδολογία εκτίμησης τρωτότητας έναντι κινδύνου πλημμύρας στο Λεκανοπέδιο Αθηνών.

4.1. | Οριοθέτηση περιοχής μελέτης

Κύρια περιοχή μελέτης ορίζεται η περιοχή που συντίθεται από τις περιφερειακές ενότητες Αθήνας (Βόρειος, Νότιος, Δυτικός και Κεντρικός τομέας) και Πειραιά και ως επιμέρους χωρικά υποσύνολα επιλέχθηκαν αυτά στο επίπεδο του δήμου (Εικόνα). Η επιλογή αυτή πραγματοποιήθηκε διότι η περιοχή αποτελεί δέκτη συχνών πλημμυρικών φαινομένων, παρουσιάζει ιδιαίτερη ποικιλομορφία και αντιθέσεις, αποτελώντας πρόκληση για έναν ολοκληρωμένο σχεδιασμό ασφαλείας και υπάρχει ένα αξιοσημείωτο εύρος διαθέσιμων δεδομένων για την περιοχή.

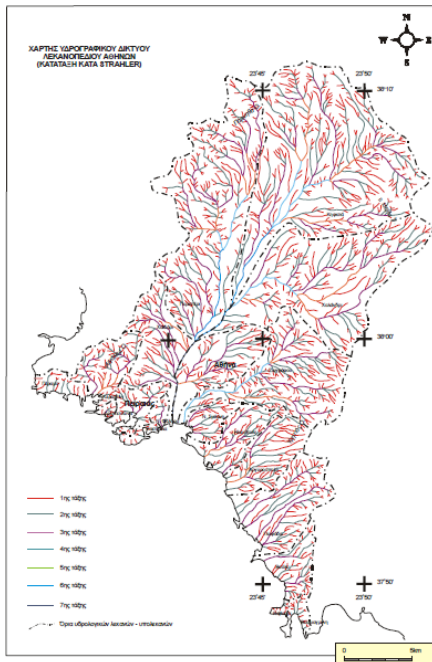
Το λεκανοπέδιο Αθήνας και ο Πειραιάς καταλαμβάνουν σημαντικό τμήμα της περιφέρειας Αττικής και αποτελείται από 40 Καλλικρατικούς δήμους. Σύμφωνα με την απογραφή της ΕΛΣΤΑΤ το 2011, έχει πληθυσμό 3.090.510 κατοίκους, δηλαδή 80,73% της περιφέρειας. Επιπλέον, εντοπίζονται 1.259.795 νοικοκυριά με μέση τιμή ατόμων ανά νοικοκυριό τα 2,45 άτομα. Αναφορικά με την έκταση της περιοχής, αυτή ανέρχεται στα 411,109 km² (10% της περιφέρειας Αττικής), με μέση έκταση δήμου τα 10,28 km².



Εικόνα 27:Χάρτης περιοχής μελέτης (Ιδία επεξεργασία)

4.2. | Χαρακτηριστικά περιοχής μελέτης

4.2.1. | Υδρογραφικό δίκτυο



Εικόνα 28: Υδρογραφικό δίκτυο Λεκανοπέδιου (Αντωνίου, 2002)

Στο Λεκανοπέδιο της Αθήνας οι κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν σε συνδυασμό με τη μορφή και τη λιθολογική σύσταση του ανάγλυφου καθώς και η έκταση της λεκάνης απορροής του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής δεν επιτρέπουν τη δημιουργία και ανάπτυξη μεγάλων ποταμών. Το όριο της λεκάνης απορροής ακολουθεί την κορυφογραμμή των ορεινών όγκων Αιγάλεω, Πάρνηθας, Πεντέλης και Υμηττού. Το Λεκανοπέδιο εσωτερικά διακρίνεται σε 15 υδρολογικές λεκάνες. Τα δύο κύρια υδρογραφικά δίκτυα είναι ο Κηφισός και Ιλισός ποταμός.

Η λεκάνη απορροής του Κηφισού (συνολική έκταση 374,6 τ. χλμ.) οριοθετείται από τους ορεινούς όγκους Αιγάλεω στα δυτικά, Πάρνηθας στα βόρεια, Πεντέλης στα βορειοανατολικά και Υμηττού στα ανατολικά. Έχει συνολικό μήκος κεντρικής κοίτης 33,7 χλμ, διεύθυνση ροής ΒΒΑ-ΝΝΔ και εκβάλλει στο Σαρωνικό κόλπο.

Κατά τον ρου του ο Κηφισός παρουσιάζει αξιόλογα φυσικά χαρακτηριστικά στην περιοχή του δήμου Αχαρνών, ενώ εισερχόμενος στο πολεοδομικό συγκρότημα του Λεκανοπεδίου της Αττικής μετατρέπεται σε εγκλωβισμένη τάφρο καλυμμένη από τσιμέντο. Η κάλυψη του φυσικού εδάφους αυξάνει των συντελεστή απορροής της περιοχής και κατ' επέκταση αυξάνεται και η παροχή του ποταμού, κυρίως την περίοδο των αυξημένων βροχοπτώσεων. Οι πιο αξιόλογοι παραπόταμοι του Κηφισού είναι ο Κοκκιναράς, ο Ποδονίφτης και η Εσχατιά.

Μικρότερη είναι η λεκάνη απορροής του Ιλισού, η οποία ακολουθεί νότια αυτής του Κηφισού (48,3 τ. χλμ.). Διατρέχει το νοτιοανατολικό τμήμα του λεκανοπεδίου και οι πηγές του τοποθετούνται νότια του Λυκαβηττού. Ο Ιλισός ποταμός αποτελούσε έναν από τους μεγαλύτερους παραποτάμους του Κηφισού μέχρι τις αρχές του προηγούμενου αιώνα, οπότε διευθετήθηκε και αποκόπηκε από τη λεκάνη απορροής του. Σήμερα, ο Ιλισός, στο μεγαλύτερο τμήμα του, είναι καλυμμένος και χρησιμοποιείται σαν αποχετευτικός αγωγός που εξυπηρετεί ανάγκες του πληθυσμού της περιοχής (Καρύμπαλης και άλλοι, 2007).

Την επιφανειακή απορροή του λεκανοπεδίου συμπλήρωνε κατά την αρχαιότητα ο Ηριδανός ποταμός. Ο ποταμός αυτός σήμερα είναι θαμμένος κάτω από την πόλη των Αθηνών στο μεγαλύτερο μέρος του, και την ύπαρξη του μαρτυρούν πρόσφατα ευρήματα ανασκαφών τα οποία πραγματοποιήθηκαν λόγω της κατασκευής του σιδηροδρομικού δικτύου και του Μετρό. Ένα μικρό ρέμα 500 μέτρων είναι ότι έχει απομείνει από αυτόν σήμερα. (Καρύμπαλης, Παυλόπουλος, 2002). Τέλος, μια σειρά ρεμάτων

ολοκληρώνουν τη μορφή του υδρογραφικού δικτύου όπως το Κακόρεμα στον Υμηττό, το Λυκόρεμα και το Κατσικόρεμα στην Πεντέλη, το Βαθύ ρέμα στο Κρυονέρι, το Ρέμα στην Κρύα Βρύση, το Ρέμα της Αγίας Τριάδας και η Πικροδαφνέζα στην περιοχή της Πάρνηθας και το ρέμα της Πικροδάφνης στο Αιγάλεω.

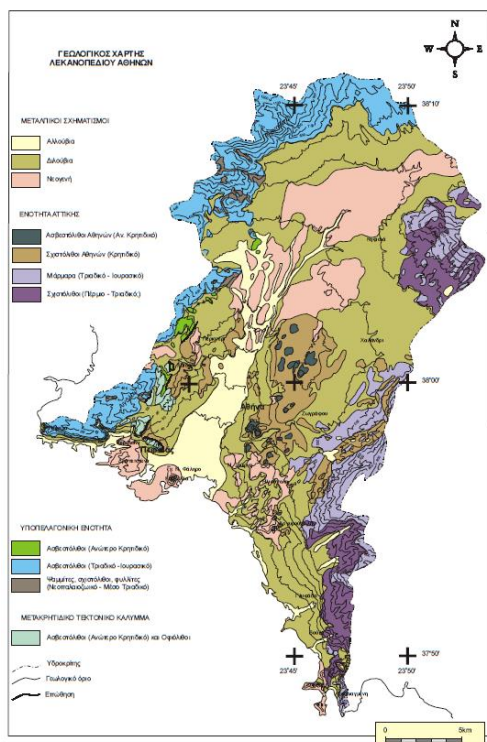
Τα χαρακτηριστικά του υδρογραφικού δικτύου και κυρίως η μορφολογία της κοίτης, εμφανίζουν σημαντικές διαφορές που έχουν ιδιαίτερη σημασία και επιδρούν σημαντικά στα πλημμυρικά φαινόμενα. Σε ορισμένες περιοχές, τα ρέματα έχουν σημαντικό εύρος κοίτης με αποτέλεσμα να επιτρέπουν μεγαλύτερη παροχή αιχμής, καθώς και η δυναμική της λεκάνης απορροής στις θέσεις αυτές δημιουργεί μια μορφολογία στην κοίτη που επιτρέπει αντίστοιχες παροχές. Σε αυτή την περίπτωση ο πρόσθετος όγκος υδάτων εκτός του ρέματος κατά κανόνα είναι μικρότερος και λιγότερο καταστρεπτικός.

Από την άλλη πλευρά σε ορισμένες θέσεις της περιοχής έρευνας τα ρέματα υφίστανται σημαντική μείωση στο εύρος της κοίτης. Το φαινόμενο αυτό είναι κατά κανόνα ανθρωπογενές και έχει ως συνέπεια μεγαλύτερος όγκος υδάτων να οδηγείται εκτός ρέματος και μια πιθανή πλημμύρα να γίνεται πιο καταστρεπτική (Λέκκας κ.α., 2018).

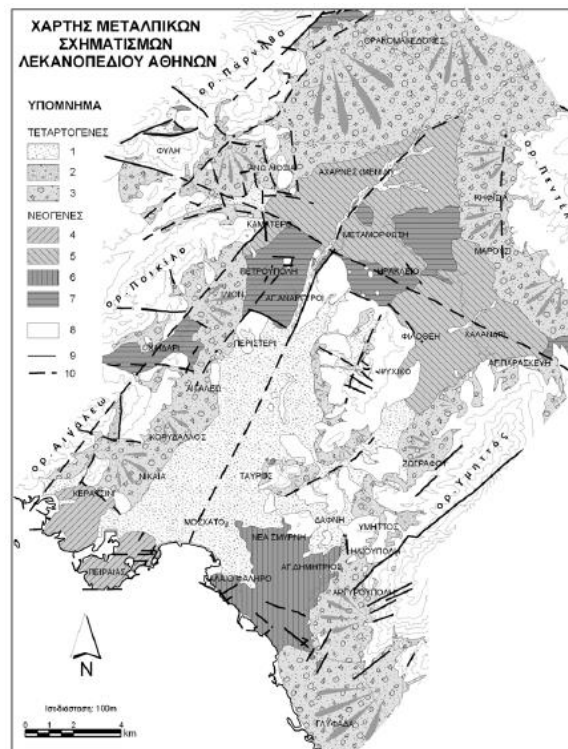
4.2.2. | Μορφολογία

Το λεκανοπέδιο (συνολική έκταση 427 τ.χλμ) χαρακτηρίζεται στη μεγαλύτερη έκτασή του ως πεδινό. Έχει γενική κατεύθυνση βορειοανατολικά-νοτιοδυτικά και περιτριγυρίζεται από τέσσερις ορεινούς όγκους: τον Υμηττό (1027μ), την Πεντέλη (1180μ), την Πάρνηθα (1413μ) και το Αιγάλεω (468μ). Πέρα από τους μεγάλους ορεινούς όγκους, στο λεκανοπέδιο συναντάται, με διεύθυνση ΒΑ, ΝΔ, μια ομάδα λόφων (Τουρκοβούνια, Λυκαβηττός, Ακρόπολη, Αρδηττός, Καστέλα κ.λπ.) των οποίων το υψόμετρο μειώνεται καθώς προχωράμε προς τα ΝΔ. Γύρω από αυτούς τους λόφους ξεκίνησε η οικιστική ανάπτυξη του λεκανοπεδίου και ιδιαίτερα γύρω από την Ακρόπολη όπου υπήρχαν πολλές πηγές. Στο νότιο τμήμα της (Φαληρικός όρμος) η περιοχή βρέχεται από το Σαρωνικό κόλπο.

Εντός της συγκεκριμένης γεωγραφικής περιοχής δεν υπάρχουν ποτάμια με την έννοια της συνεχούς ροής παρά μόνο χείμαρροι που μετά από έντονες βροχοπτώσεις παρουσιάζουν εποχιακή ροή. Οι σημαντικότεροι από αυτούς είναι ο Κηφισός, η λεκάνη απορροής του οποίου καταλαμβάνει έκταση 370 τ. χλμ, και ο Ιλισός, η λεκάνη απορροής του οποίου καταλαμβάνει έκταση 45 τ.χλμ και οι παραπόταμοί τους. Έτσι, βάσει των παραπάνω φυσικογεωγραφικών χαρακτηριστικών το λεκανοπέδιο μπορεί να χωριστεί σε τρεις γεωμορφολογικές ενότητες: τους ορεινούς όγκους, την πεδιάδα των Αθηνών και τους λόφους του λεκανοπεδίου (Παυλόπουλος, κ.α., 2005).



Εικόνα 29: Γεωλογικός χάρτης λεκανοπεδίου Αθηνών (Αντωνίου, 2002)



Εικόνα 30: Χάρτης μεταλλικών σχηματισμών λεκανοπεδίου Αθηνών. (1. Αλλούβια, 2. Πλευρικά κορήματα, 3. Πλευρικά κορήματα και ριπίδια, 4. Πλειοκαινικοί θαλάσσιοι σχηματισμοί, 5. Πλειοκαινικοί ηπειρωτικοί σχηματισμοί, 6. Ανωμειοκαινικοί σχηματισμοί - παράκτιες και παράλιες φάσεις, 7. Ανωμειοκαινικοί ηπειρωτικοί σχηματισμοί, 8. Αλπικό υπόβαθρο, 9. Γεωλογικό όριο, 10. Ρήγμα και πιθανή προέκτασή του). (Παπανικολάου κ.α., 2004)

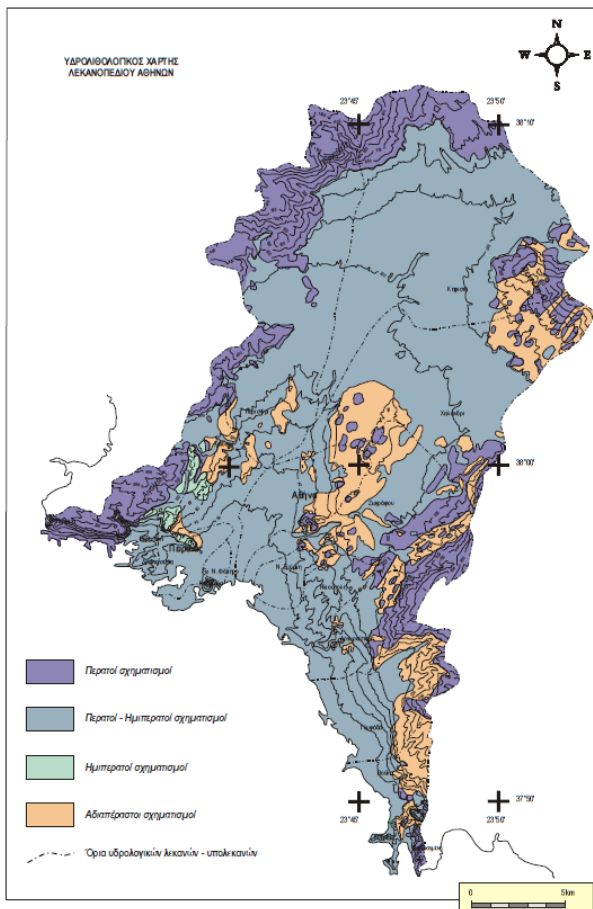
Η γεωλογική δομή της ευρύτερης περιοχής του λεκανοπεδίου Αθηνών περιλαμβάνει αλπικούς σχηματισμούς κυρίως στους ορεινούς όγκους και λόφους και μεταλλικούς σχηματισμούς στις πεδινές περιοχές. Πιο συγκεκριμένα, οι **αλπικοί σχηματισμοί** που δομούν το μεγαλύτερο μέρος του Λεκανοπεδίου των Αθηνών, διακρίνονται σε δύο κύριες ενότητες (Αντωνίου, 2002):

- Την ενότητα Αττικής, όπου καταλαμβάνει μεγάλο τμήμα του Λεκανοπεδίου, του οποίου αποτελεί το υπόβαθρο και συνίσταται από Περμοτριάδικους σχιστόλιθους, Τριαδικά-Ιουρασικά μάρμαρα, Κρητιδικούς σχιστόλιθους και Ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους.
- Την Υποπελαγονική Ενότητα όπου δομεί τα δυτικά και βόρεια περιθώρια του Λεκανοπεδίου και συνίσταται από Νεοπαλαιοζωικούς-Μεσοτριάδικους κλαστικούς σχηματισμούς (ψαμμίτες, σχιστόλιθους, φυλλίτες), Τριαδικούς-Ιουρασικούς ασβεστόλιθους, απωθημένους οφιολιθικούς σχηματισμούς και επικλυσιογενείς ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους και φλύσχη.

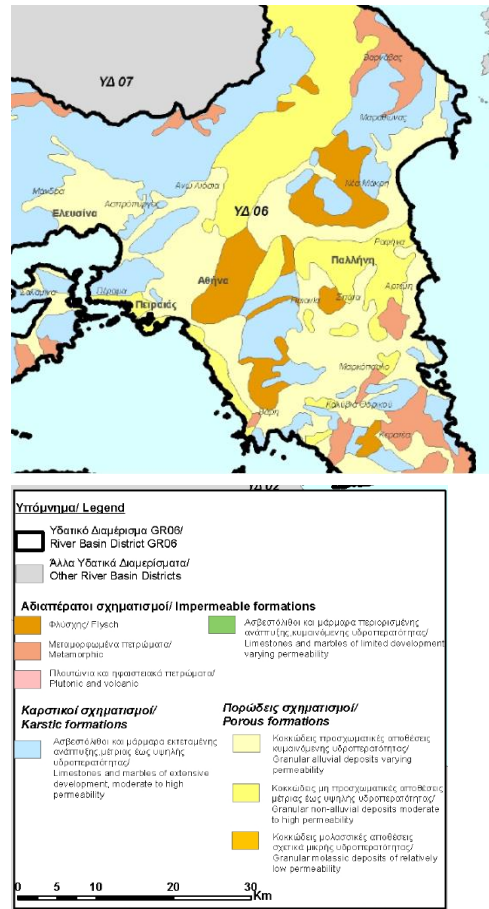
Οι **μεταλλικοί σχηματισμοί** διακρίνονται επίσης σε δύο κατηγορίες:

- Τους **νεογενείς σχηματισμούς**, οι οποίοι βάσει της φάσης τους αλλά και της γεωγραφικής τους κατανομής διακρίνονται:
 - ο Στους θαλάσσιους νεογενείς σχηματισμούς, (περιλαμβάνουν αμιγώς θαλάσσιες, παράκτιες και παράλιες φάσεις):
 - Πλειοκαινικοί: Η κύρια εμφάνιση αυτών των σχηματισμών εντοπίζεται στην περιοχή της Πειραιϊκής χερσονήσου και αποτελούνται από μάργες, μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή.
 - Ανωμειοκαινικοί: καταλαμβάνουν τις κορυφές λόφων στο νότιο τμήμα του λεκανοπεδίου (Καλλιθέα, Παλιό Φάληρο, Άλιμος). Περιλαμβάνουν δύο κύριες διακριτές λιθολογικές ενότητες, μία υποκείμενη κλαστική σειρά (αργίλους, ιλύες, μάργες, κροκαλοπαγή, λατυποπαγή) και κάποιους συνήθως υπερκείμενους ανθρακικούς σχηματισμούς.
 - ο Στους ηπειρωτικούς νεογενείς σχηματισμούς (περιλαμβάνουν λιμναίες έως λιμνοχερσαίες αποθέσεις):
 - Πλειοκαινικοί: Εμφανίζονται στην περιοχή της Μεταμόρφωσης, ανατολικά των Αχαρνών, στη Φιλοθέη, το Μαρούσι, το Χαλάνδρι και πέριξ αυτών. Πρόκειται για σχηματισμούς από άμμους και αργίλους.
 - Ανωμειοκαινικοί: Εμφανίζονται κυρίως στο βόρειο και δυτικό τμήμα του Λεκανοπεδίου των Αθηνών (Ανθούπολη, Άσπρα Χώματα, Νέα Λιόσια Άγιοι Ανάργυροι, Νέο Ηράκλειο – Καλογρέζα, Πεύκη, Φυλή, Θρακομακεδόνες). Αποτελούνται από μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, αμμούχες μάργες και μάργες.
 - Τους **τεταρτογενείς** σχηματισμούς, οι οποίοι αποτελούν τα φερτά υλικά των ποταμών του Λεκανοπεδίου, οι παράκτιες αποθέσεις, οι ποτάμιες αναβαθμίδες, οι πλευρικές αποθέσεις κορημάτων, τα ριπίδια και οι κώνοι κορημάτων στους πρόποδες όλων των ορεινών όγκων περιφερειακά του λεκανοπεδίου, με πιο σημαντικές εμφανίσεις στους Θρακομακεδόνες με τροφοδοσία από Πάρνηθα που συναντάται κατά μήκος του ρου του Άνω Κηφισού με τα ριπίδια αντίθετης φοράς της Πεντέλης στην περιοχή της Κηφισιάς – Εκάλης καθώς και τα ριπίδια στον Υμηττό και κυρίως το ριπίδιο της Αργυρούπολης – Γλυφάδας. Τα ριπίδια κατά μήκος του Αιγάλεω και του Ποικίλο

Ανάλογα με το είδος της υδροπερατότητάς τους οι σχηματισμοί διακρίνονται σε περατούς (μάρμαρα, ασβεστόλιθοι, ψαμμίτες), περατούς έως ημιπερατούς (χαλαροί έως ημισυνεκτικοί τεταρτογενείς και νεογενείς σχηματισμοί), ημιπερατούς (λεπτοστρωματώδεις ασβεστόλιθοι και οφιόλιθοι). Στα αδιαπέρατα πετρώματα έχουν περιληφθεί οι εμφανίσεις του φλύσχη, των μεταμορφωμένων και πυριγενών πετρωμάτων όπου κατά θέσεις η γεωλογική δομή ευνοεί την ανάπτυξη υδροπερατότητας.



Εικόνα 31: Υδρολιθολογικός χάρτης Λεκανοπεδίου (Αντωνίου, 2002)



Εικόνα 32: Υδρολιθολογικός χάρτης Λεκανοπεδίου (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2013)

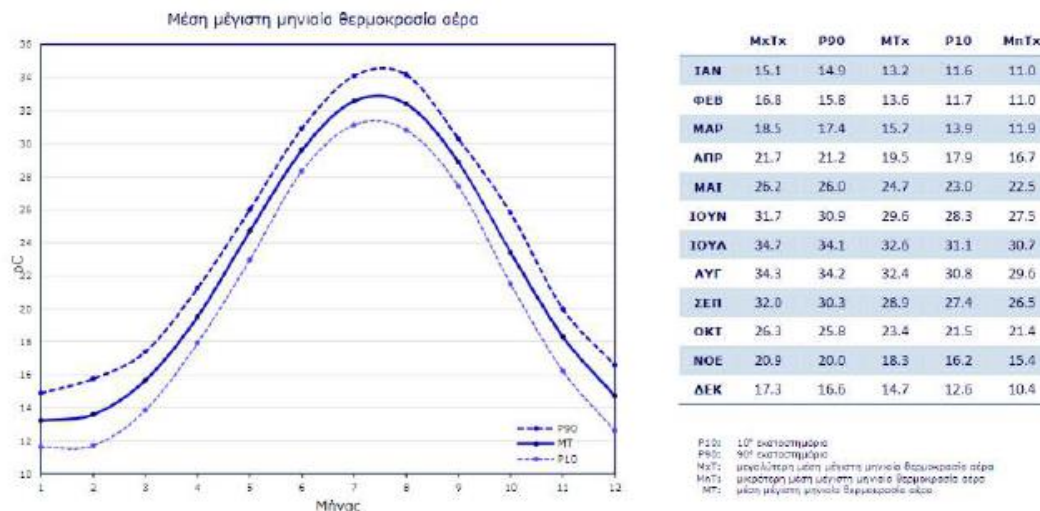
Το 65% της έκτασης του λεκανοπεδίου καλύπτεται από μεταλλικούς σχηματισμούς που σχεδόν στο σύνολό τους και κυρίως στα ανώτερα επιφανειακά τμήματά τους είναι χαλαροί έως ημισυνεκτικοί, περατοί-ημιπερατοί σχηματισμοί. Το 22% καλύπτεται από ανθρακικά περατά πετρώματα, τα οποία αναπτύσσονται περιφερειακά του λεκανοπεδίου. Το 13% του λεκανοπεδίου δομείται από σχιστολιθικά υδατοστεγή πετρώματα (Αντωνίου, 2002).

4.2.3. | Κλίμα

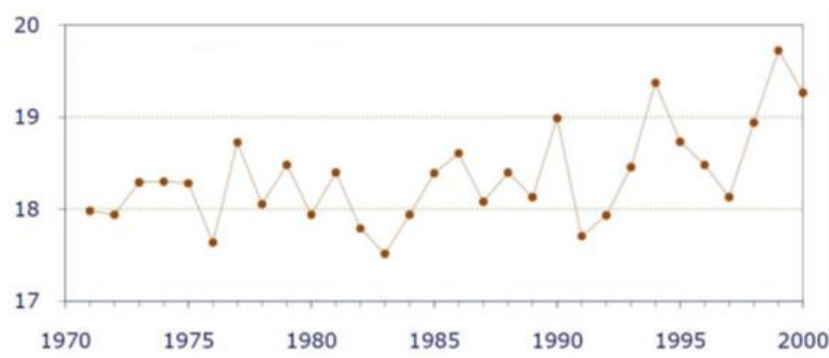
Το κλίμα χαρακτηρίζεται μεσογειακό, με εξαίρεση τα υψηλά σημεία, όπου το κλίμα είναι ορεινό. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής είναι 411mm και κυμαίνεται από 350mm στο λεκανοπέδιο Αττικής μέχρι 1.000 mm στα ορεινά τμήματα, ενώ οι ημέρες βροχής κυμαίνονται από 50 μέχρι 100 ετησίως. Η χιονόπτωση είναι σπάνια στις παράκτιες περιοχές ενώ αυξάνει σημαντικά στο εσωτερικό του. Η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται από 16°C έως 18°C, ανάλογα με το υψόμετρο και την απόσταση από τη θάλασσα, ενώ το ετήσιο θερμομετρικό εύρος είναι 16°C. Ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος, ενώ οι μήνες Ιούλιος και Αύγουστος είναι οι θερμότεροι του έτους. (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2013).

Τα μετεωρολογικά στοιχεία της περιοχής τα τελευταία χρόνια, και πιο συγκεκριμένα η θερμοκρασία του αέρα, η ηλιοφάνεια, ο άνεμος, η σχετική υγρασία και οι βροχοπτώσεις παρουσιάζονται στη συνέχεια (Σταυρόπουλος, 1996).

- Θερμοκρασία αέρα: Στην περιοχή μελέτης επικρατούν γενικά ήπιες θερμοκρασίες, χωρίς όμως έντονες και απότομες διακυμάνσεις. Η θερμοκρασία του αέρα κυμαίνεται κατά τους χειμερινούς μήνες μεταξύ 9 και 11° C και κατά τους θερινούς μεταξύ 25 και 30° C.



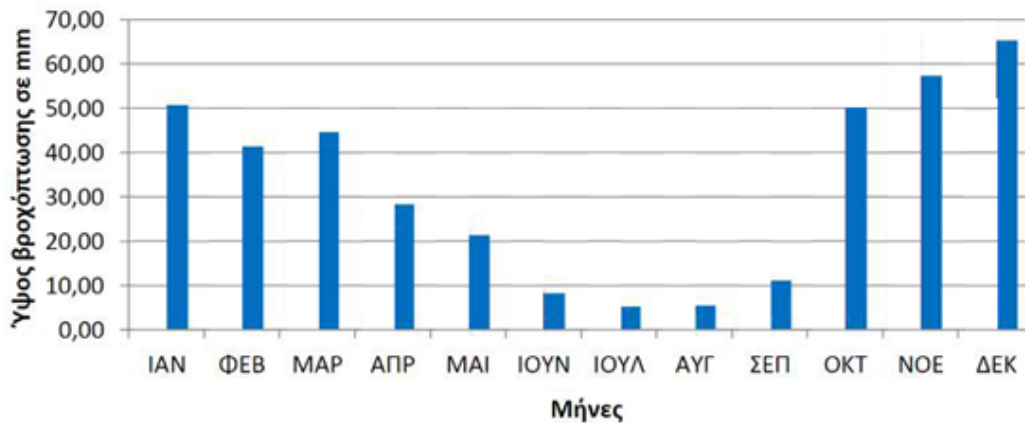
Εικόνα 33: Διακύμανση μέσης μέγιστης μηνιαίας θερμοκρασίας αέρα στο σταθμό του Ελληνικού (1970-2000) (ΕΜΥ 2017).



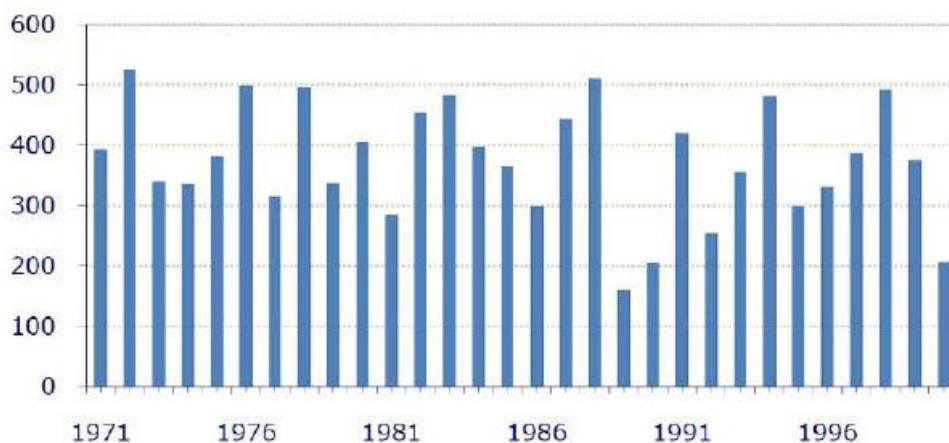
Εικόνα 34: Διακύμανση μέσης ετήσιας θερμοκρασίας του αέρα στο σταθμό του Ελληνικού (1971-2000) (ΕΜΥ 2017)

- Ηλιοφάνεια: Η ηλιοφάνεια είναι ένα από τα σημαντικότερα κλιματολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης του λεκανοπεδίου της Αττικής, γι αυτό τον λόγο αποκαλείται και από τον κόσμο Αττικός ουρανός εξ' αιτίας της εκτεταμένης αυτής ηλιοφάνειας. Η διάρκεια αυτής, σε ώρες, βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα και κυμαίνεται μεταξύ 100-150 ωρών μηνιαίως τους χειμερινούς μήνες και μεταξύ 320-370 τους θερινούς μήνες.
- Άνεμος: Οι άνεμοι που επικρατούν στη λεκάνη της Αττικής είναι σχεδόν όλο το χρόνο από βόρειες και βορειοανατολικές διευθύνσεις, και λιγότερο από νότιες. Η ταχύτητα του επιφανειακού ανέμου ελαττώνεται τα τελευταία χρόνια, καθώς η αστικοποίηση της περιοχής αυξάνεται. Σύμφωνα με τα δεδομένα του Αστεροσκοπείου των Αθηνών για το λεκανοπέδιο προκύπτει η μέση ταχύτητα του ανέμου να κυμαίνεται συνήθως από 2 έως 4 μέτρα/δευτερόλεπτο.

- Σχετική υγρασία: Ως σχετική υγρασία ορίζεται το πηλίκο της μάζας των υδρατμών τους οποίους περιέχει ορισμένος όγκος αέρα, δια της μάζας των υδρατμών τους οποίους θα έπρεπε να περιέχει ο ίδιος όγκος για να είναι κορεσμένος στην ίδια θερμοκρασία. Η σχετική υγρασία εκφράζεται επί τις εκατό και κυμαίνεται από 71,4% ανώτερη τιμή κατά τους χειμερινούς μήνες έως 45,1% κατά τους καλοκαιρινούς (Αστεροσκοπείο Αθηνών, 1992).
- Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα: Στην λεκάνη της Αττικής το μέσο μηνιαίο ύψος βροχής κυμαίνεται από 4.00 έως 8.00 χιλιοστά τους θερινούς μήνες ενώ οι αντίστοιχες τιμές για τους χειμερινούς μήνες είναι 50.00 έως 71.00 χιλιοστά. Από μετρήσεις των μετεωρολογικών σταθμών προκύπτει ότι το μέσο ετήσιο ύψος βροχής για τη λεκάνη είναι 377.7 χιλιοστά. Ο πιο ξηρός μήνας του χρόνου είναι ο Ιούλιος (περίπου 5.00 χιλιοστά) και ο πιο βροχερός ο Δεκέμβριος (περίπου 65.00 χιλιοστά). Από τον Ιανουάριο ξεκινά μια σημαντική καθοδική τάση των βροχοπτώσεων, ενώ τους μήνες Φεβρουάριο, Μάρτιο και Απρίλιο παρατηρούμε ανοδική τάση των βροχοπτώσεων όπως και τους θερινούς μήνες. Τέλος τους φθινοπωρινούς μήνες παρατηρείται μάλλον καθοδική πορεία των βροχοπτώσεων.



Εικόνα 35: Διακύμανση μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης σταθμού Αστεροσκοπείου Αθηνών (σε mm) για τα έτη 1950-1999 (Λέκκας κ.α., 2018)



Εικόνα 36: Διακύμανση μέσης ετήσιας βροχόπτωσης σταθμού Αστεροσκοπείου Αθηνών (σε mm) για τα έτη 1971-2000. Λέκκας κ.α., 2018

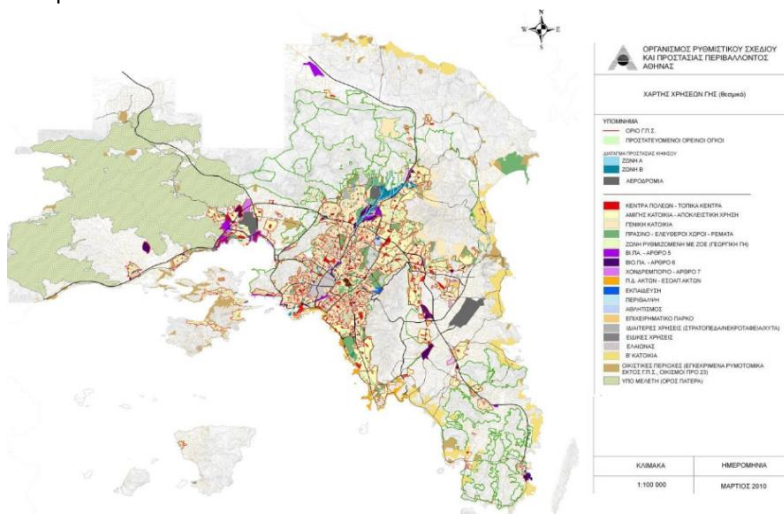
4.2.4. | Χρήσεις γης

Γενικότερα, η περιφέρεια Αττικής καθορίζεται ως πόλος ενίσχυσης της αναπτυξιακής δυναμικής της χώρας. Ο χώρος της Αττικής διαμορφώνεται βάσει χωρικών ενοτήτων, αξόνων και πόλων ανάπτυξης, ο οποίοι αναλαμβάνουν δομικό ρόλο στη διάρθρωση του χώρου. Σύμφωνα με το ΡΣΑ (2021) η χωρική ενότητα Αθήνας-Πειραιά αποτελεί την κύρια περοχή συγκέντρωσης πληθυσμού και δραστηριοτήτων και ιδιαίτερα μητροπολιτικών λειτουργιών, με συνεχή οικιστικό ιστό.

Πιο συγκεκριμένα, ο κεντρικός τομέας Αθηνών αποτελεί το επιτελικό κέντρο της Μητροπολιτικής Περιοχής και της χώρας με πολλαπλότητα λειτουργιών και παρουσία επιτελικών δραστηριοτήτων όπως διοίκησης, χρηματοπιστωτικές, γραφείων και εδρών επιχειρήσεων, εμπορίου, τουρισμού, εκπαίδευσης και πολιτισμού.

Ο δυτικός τομέας αποτελεί κυρίως περιοχή κατοικίας, το ίδιο και ο βόρειος τομέας ενσχυμένος ιδιαίτερα στο κομμάτι του εμπορίου, της αναψυχής και των υπηρεσιών. Ο νότιος τομέας χαρακτηρίζεται ως περιοχή κατοικίας αλλά και τουρισμού, αναψυχής και εμπορίου. Τέλος, η Μητροπολιτική περιοχή Πειραιά συνιστά τη Νότια Πύλη του Πολεοδομικού Συγκροτήματος του λεκανοπεδίου, με δραστηρότητες διεθνούς εμβέλειας και σημασίας για την οικονομία της χώρας, που συνδέονται με τη ναυτιλία και τη διαμετακόμιση.

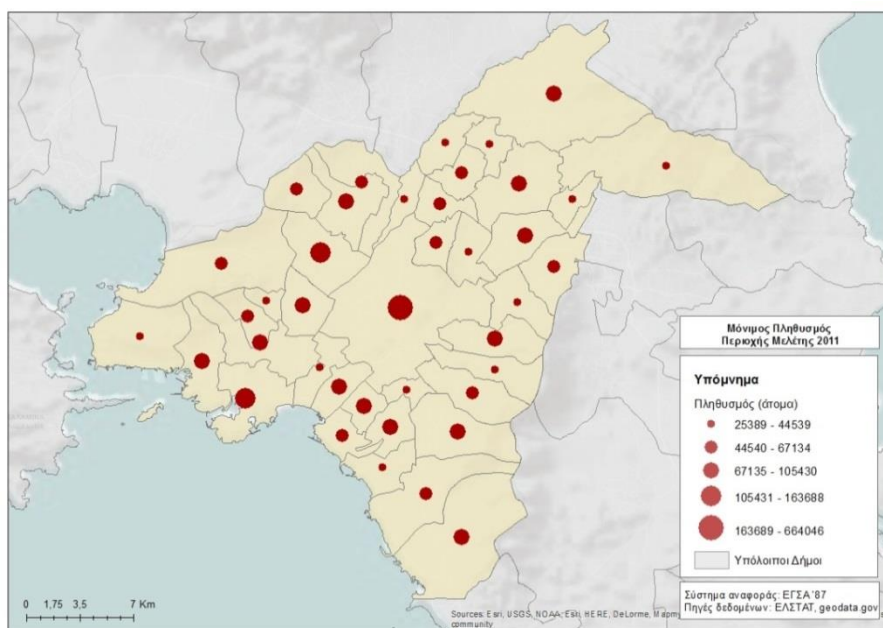
Στον παρακάτω χάρτη απεικονίζεται η διάρθρωση των χρήσεων γης για την Περιφέρεια Αττικής και κατά συνέπεια και για τους δήμους του Λεκανοπεδίου. Ο τρόπος ανάπτυξης και διάρθρωσης των χρήσεων γης αντανακλά τόσο τη διαχρονική πορεία ανάπτυξης και επέκτασης της πόλης, όσο και την ύπαρξη μιας διαφοροποίησης δυναμικής και χαρακτηριστικών μεταξύ των περιοχών της. Η διαφοροποίηση αυτή είναι ένα στοιχείο εξίσου σημαντικό, τόσο κατά την διάρκεια μιας κανονικής περιόδου, όσο και κατά την διάρκεια έκτακτης ανάγκης. Αυτό έγκειται στο γεγονός ότι οι χρήσεις γης και οι λειτουργίες που αναλογούν σε αυτές, είναι καθοριστικός παράγοντας εκτίμησης για το πώς ενδέχεται να δεχθεί κάθε υποσύνολο της περιοχής μελέτης ένα επικείμενο πλημμυρικό φαινόμενο.



Εικόνα 37: Χάρτης χρήσεων γης Π.Ε. Αττικής (ΟΡΣΑ, 2011)

4.3.3. | Πληθυσμιακά δεδομένα

Ο μόνιμος πληθυσμός της περιοχής μελέτης, σύμφωνα με την απογραφή της ΕΛΣΤΑΤ το 2011, ανέρχεται στους 3.090.510 κατοίκους, δηλαδή αποτελεί το 28,6% του συνολικού πληθυσμού ανά την ελληνική επικράτεια και κατανέμεται ως εξής: το 33,3% (1.029.520 κάτοικοι) στον κεντρικό τομέα Αθηνών, το 19,2% (592.490 κάτοικοι) στο βόρειο τομέα Αθηνών, το 17,1% (529.826 κάτοικοι) στο νότιο τομέα Αθηνών, το 15,8% (489.675 κάτοικοι) στο δυτικό τομέα Αθηνών και το υπόλοιπο 14,6 % (448.997 κάτοικοι) στη περιφερειακή ενότητα Πειραιά.

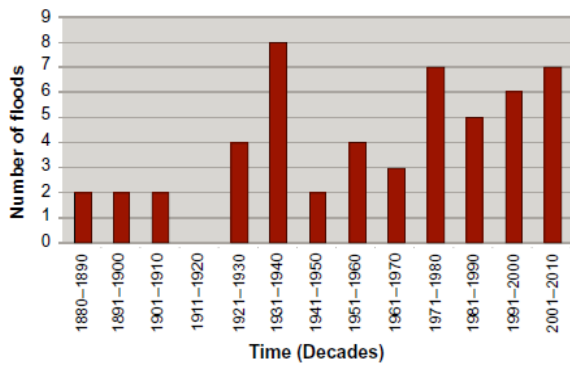


Εικόνα 38 Μόνιμος πληθυσμος ανά δήμο, 2011 (Ιδία επεξεργασία)

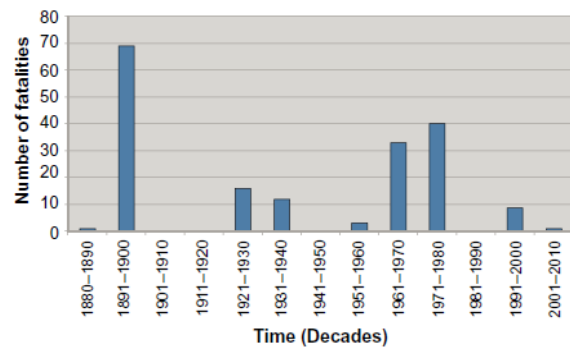
Σύμφωνα με τον προηγούμενο χάρτη που απεικονίζει το μόνιμο πληθυσμό ανά δήμο για το έτος 2011, αυτός με το μεγαλύτερο πληθυσμό είναι εκείνος της Αθήνας (664.046 κάτοικοι). Άλλοι δήμοι με σημαντικό αριθμό ατόμων είναι του Πειραιά (163.688 κάτοικοι), του Περιστερίου (139.981 κάτοικοι), της Νίκαιας (105.430) και της Καλλιθέας (100.641). Ο δήμος με το μικρότερο πληθυσμό είναι το Πέραμα με 25.389 κατοίκους.

4.3. | Οι πλημμύρες στο λεκανοπέδιο Αθηνών

Όπως προκύπτει από τη βιβλιογραφία στην περιοχή μελέτης παρουσιάζεται υψηλή συχνότητα πλημμυρικών φαινομένων. Σύμφωνα με τα επιστημονικά ευρήματα μόνο στο λεκανοπέδιο Αθηνών καταγράφονται 54 καταστροφικές πλημμύρες στην περίοδο 1880-2014. Ο πλημμύρες αυτές έχουν προκαλέσει στο διάστημα αυτό τουλάχιστον 184 θανάτους και ανυπολόγιστες ζημιές σε κατοικίες, υποδομές και επιχειρήσεις (Diakakis 2014).

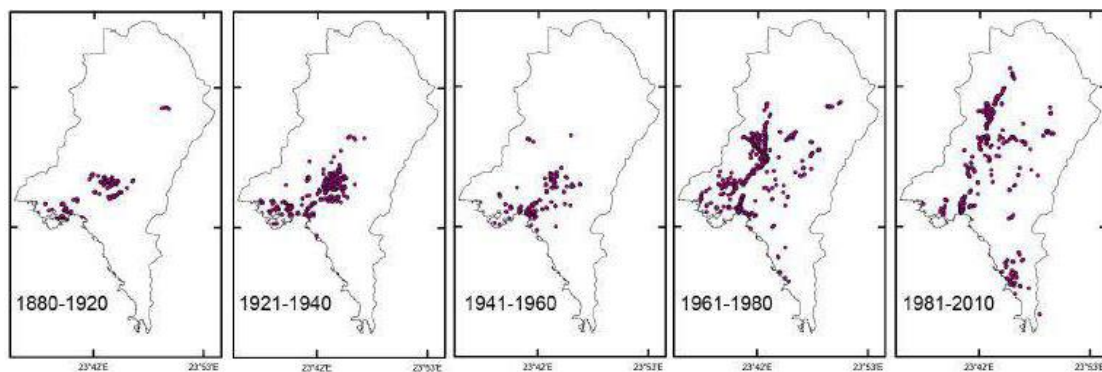


Εικόνα 39: Διακύμανση των γεγονότων πλημμύρας στο λεκανοπέδιο της Αθήνας, μεταξύ 1880-2010 (Λέκκας κ.α., 2018)



Εικόνα 40: Διακύμανση των ανθρώπινων απωλειών στο λεκανοπέδιο της Αθήνας, μεταξύ 1880-2010 (Λέκκας κ.α., 2018)

Στο λεκανοπέδιο παρουσιάζονται διαφορετικές συνθήκες πλημμυρικού κινδύνου σε κάθε περιοχή. Στο βόρειο τμήμα του λεκανοπεδίου (Μεταμόρφωση, Κηφισιά) το πρόβλημα εντοπίζεται κοντά στις κοίτες του δικτύου του Κηφισού με περιορισμένες επιπτώσεις, καθώς τα πλημμυρικά ύδατα οριοθετούνται έντονα από τη μορφολογία του ποταμού, ο οποίος παρουσιάζει πρηνή με μεγάλες κλίσεις που περιορίζουν το πλημμυρικό πεδίο αποτελεσματικά.



Εικόνα 41:Χωρική αποτύπωση των πλημμυρικών φαινομένων ανά εικοσαετία στο λεκανοπέδιο της Αθήνας, μεταξύ 1880-2010 (Λέκκας κ.α., 2018)

Στο βορειοδυτικό τμήμα του λεκανοπεδίου το ρέμα της Εσχατιάς οδηγείται στην περιοχή του Ζεφυρίου, του Καματερού και από εκεί στην περιοχή του Ιλίου και του Μπουραζίου, όπου συμβάλει με τον κύριο κλάδο του Κηφισού. Στο μήκος αυτό τα τελευταία χρόνια εκπονούνται έργα κάλυψης της κοίτης από πλακοσκεπή αγωγό, αναδιαμορφώνοντας τα υδραυλικά χαρακτηριστικά της κοίτης και επομένως επιφέροντας αλλαγές στο ζήτημα των πλημμυρών.

Από τη δεκαετία του 1960 μέχρι και σήμερα εκεί καταγράφονται οι πιο σοβαρές πλημμύρες, από πλευράς επιπτώσεων, με συμβάντα όπως αυτό του 1961 (33 νεκροί) , του 1977 (36 νεκροί) αλλά και το 2015 (4 νεκροί). Η πυκνότητα των κατασκευών του αστικού ιστού είναι εξαιρετικά μεγάλη με αποτέλεσμα ο ρόλος που διαδραματίζουν οι ανθρώπινες κατασκευές στον κίνδυνο αλλά και στην τρωτότητα να είναι ιδιαίτερα υψηλός.

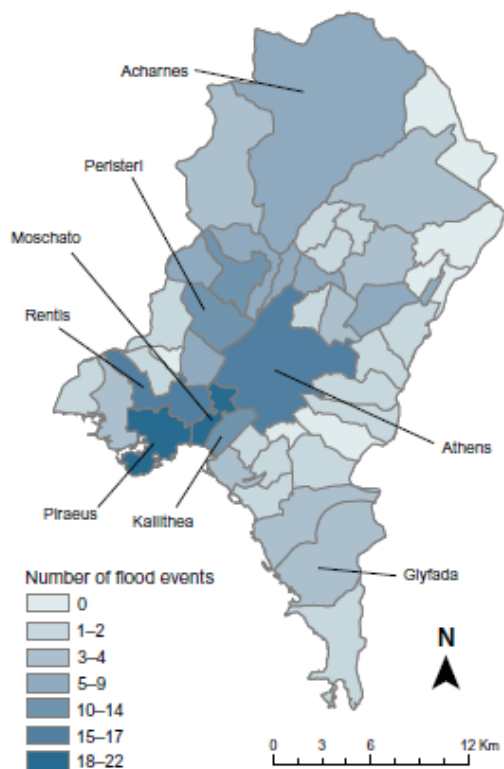
Η περιοχή του Μπουρναζίου πλήττεται από τα πλημμυρικά φαινόμενα στο συγκεκριμένο τμήμα του υδρογραφικού δικτύου, λόγω παλαιότερης διαμόρφωσης της κοίτης και των μορφολογικών κλίσεων που οδηγούν τα υπερχειλίζοντα ύδατα από το ρέμα της Εσχατάς (στην περιοχή Φλέβα Ρουβίκωνος) προς την περιοχή.

Στην περιοχή αυτή υδατορέματα όπως το Χαϊδαρόρεμα, το Ρέμα Καναπίτσας και άλλα στην δυτική πλευρά της Αθήνας από το Περιστερί μέχρι πιο νότια στα Καμίνια Πειραιά ρέουν δυτικά προς ανατολικά προς τον κύριο κλάδο του Κηφισού. Τα ρέματα διαρρέουν κατά κύριο λόγο αστική περιοχή και σε πολλές θέσεις διοχετεύονται σε πλακοσκεπείς αγωγούς και σε δίκτυα όμβριων. Κοντά στη συμβολή των ρεμάτων αυτών στην κύρια κοίτη του Κηφισού παρουσιάζονται πλημμυρικά φαινόμενα, όπως για παράδειγμα οι πλημμύρες του 2014 στην περιοχή Τσαλαβούτα. Επίσης σημαντική είναι η συχνότητα πλημμυρών στην περιοχή των Αγίων Αναργύρων, στα Μανιάτικα Πειραιά, όπου τα ύδατα χρησιμοποιούν όπως και σε άλλες περιπτώσεις το οδικό δίκτυο για να κινηθούν προς τα κατάντη και την κεντρική κοίτη του Κηφισού.

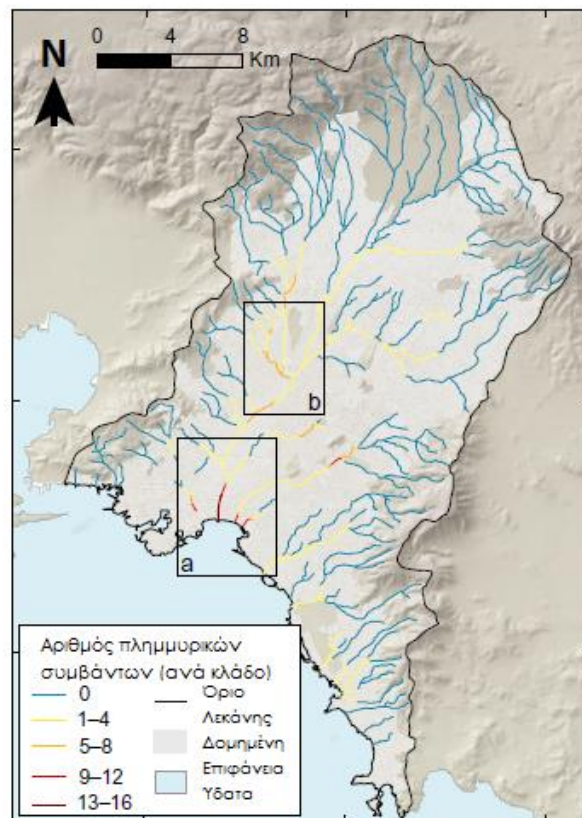
Στην περιοχή εκβολής του Κηφισού και του Ιλισού και της Καλλιθέας – Τζιτζιφιών τα πλημμυρικά φαινόμενα δεν είναι πολύ συχνά τα τελευταία χρόνια σε σχέση με τις αρχές του αιώνα (Diakakis et al. 2014). Λόγω των τεχνικών έργων κατά μήκος των δύο κύριων ποταμών τα πλημμυρικά φαινόμενα έχουν γίνει πιο αραιά με τελευταίο στον Κηφισό το 2002 και στον Ιλισό το 2013 (οριακή υπερχειλίση). Πλημμυρικό ιστορικό καταγράφεται στην περιοχή της Καλλιθέας και στις Τζιτζιφιές.

Στην περιοχή των νοτίων προαστίων τα υδατορέματα ρέουν από τα δυτικά πρηνή του Υμηττού και των νοτιότερων υψωμάτων προς τη θάλασσα. Η ανάπτυξη πυκνού πολεοδομικού ιστού κατά μήκος της ακτογραμμής κατά περιπτώσεις μειώνει την διαθέσιμη έκταση του πλημμυρικού πεδίου και σε ορισμένες θέσεις και τις διαστάσεις των κοιτών και των αγωγών που αποστραγγίζουν τα ύδατα, ιδίως κοντά στην ακτογραμμή. Παραδείγματα πλημμύρων των τελευταίων ετών έχουν καταγραφεί στην εκβολή του ρέματος της Πικροδάφνης, που διαρρέει περιοχές της Ηλιούπολης και του Αλίμου, και άλλα μικρότερα ρέματα στην περιοχή του Ελληνικού και της Γλυφάδας.

Θα πρέπει να τονισθεί ότι με βάση το πλημμυρικό ιστορικό των τελευταίων χρόνων στο σύνολο του λεκανοπεδίου υπάρχουν ενδείξεις ότι τα πλημμυρικά φαινόμενα στην κύρια κοίτη του Κηφισού επηρεάζονται από τις πλημμύρες που συμβαίνουν στους επιμέρους κλάδους (π.χ. Ρέμα Εσχατιάς κ.α.). Οι πλημμύρες αυτές και η διάχυση των υδάτων επί του πολεοδομικού ιστού είναι πιθανό να οδηγούν στην καθυστέρηση των υδάτων προς την κύρια κοίτη (Λέκκας κ.α, 2018).



Εικόνα 42: Αριθμός πλημμυρικών φαινομένων ανά Δήμο μεταξύ 1880-2010 (Diakakis, 2013)



Εικόνα 43: Αριθμός πλημμυρικών φαινομένων ανά κλάδο μεταξύ 1880-2010 (Diakakis, 2013)

4.4. | Ανάλυση του δείκτη εκτίμησης πλημμυρικής τρωτότητας

Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, για την αξιολόγηση της τρωτότητας ενός αστικού συστήματος μία από τις απλές μεθόδους είναι η κατασκευή ενός δείκτη. Ο δείκτης είναι μια ποσοτική μεταβλητή που επιτρέπει τη σύγκριση του κινδύνου καταστροφών και των ενδεχόμενων επιπτώσεων του μεταξύ ποικίλων περιοχών που εκτίθενται σε πλημμύρες. Οι δείκτες επιτρέπουν τον προσδιορισμό στόχων και στρατηγικών για τη μείωση της ευπάθειας.

Βάσει της βιβλιογραφικής ανασκόπησης αναπτύχθηκε ένας ολιστικός δείκτης σε περιβάλλον GIS με στόχο την αποτύπωση της τρωτότητας έναντι πλημμύρας για τους δήμους του λεκανοπεδίου Αθηνών. Για τον υπολογισμό του δείκτη επιλέγονται οι επιμέρους παράγοντες που τον συνιστούν. Οι τιμές τους υποβάλλονται σε επεξεργασία προκειμένου να υπολογιστεί στη συνέχεια η σχετική σημασία κάθε κριτηρίου και ο αντίστοιχος συντελεστής στάθμισης (w). Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται μέσω της Αναλυτικής Ιεραρχικής Μεθόδου (AHP) ως εργαλείου ανάλυσης πολλαπλών κριτηρίων η οποία αναλύεται στη συνέχεια. Μετά τον υπολογισμό των βαρών, υπολογίζεται ο δείκτης τρωτότητας:

$$FVI = \sum_{i=1}^n r_i \cdot w_i$$

Όπου:

r_i : η βαθμολογία της παραμέτρου σε κάθε σημείο

w_i : το βάρος κάθε παραμέτρου

n : ο αριθμός των παραμέτρων

4.4.1. | Μεταβλητές

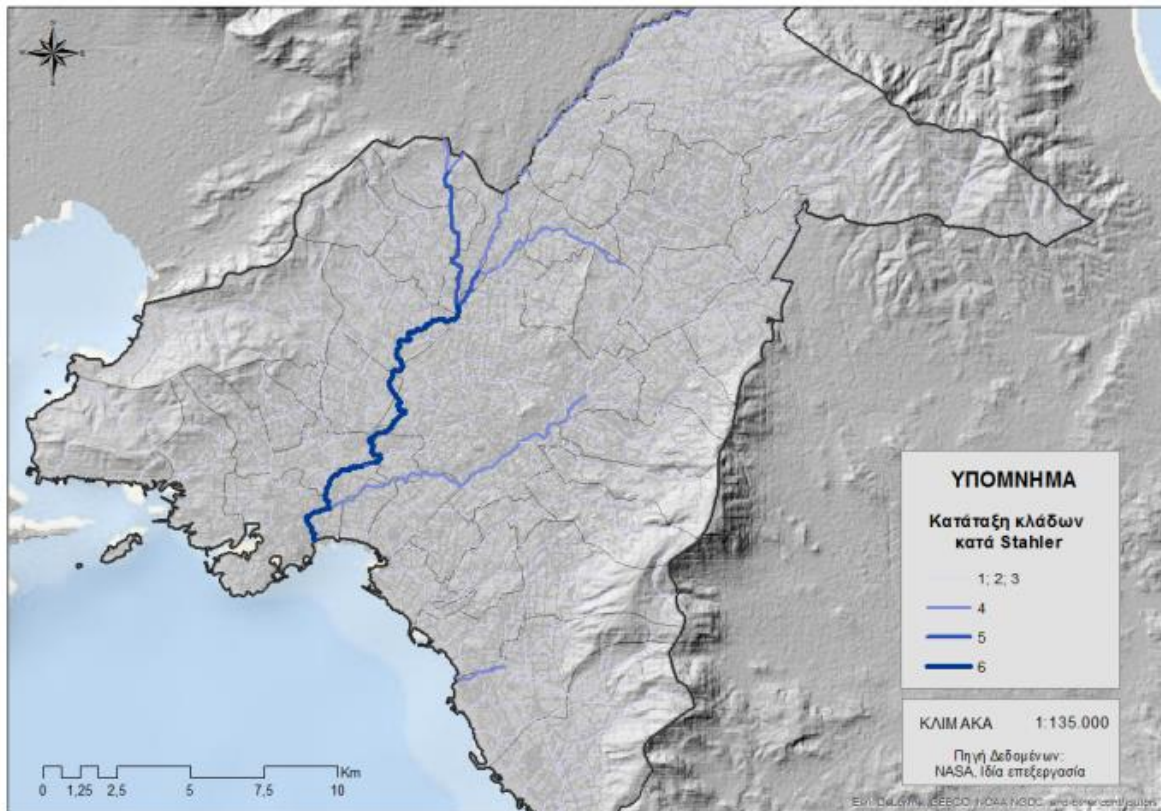
Ο δείκτης τρωτότητας καθορίζεται από δέκα μεταβλητές υδρογεωλογικών και κοινωνικών χαρακτηριστικών που συνιστούν παράγοντες τρωτότητας. Η επιλογή των παραμέτρων βασίστηκε στη συνάφειά τους με τον κίνδυνο πλημμύρας, όπως τεκμηριώνεται από τη βιβλιογραφία, σχετικές έρευνες και εφαρμογές. Οι παράμετροι αυτοί είναι οι εξής: α) η συσσώρευση ροής, β) το υψόμετρο, γ) η κλίση, δ) το ιστορικό πλημμύρας, ε) οι χρήσεις γης, στ) η πληθυσμιακή πυκνότητα, ζ) το ποσοστό ανεργίας, η) το ποσοστό απασχόλησης στον τριτογενή τομέα, θ) το ποσοστό αναλφάβητων ενηλίκων και ι) οι ευάλωτες ηλικιακές ομάδες.

Τα δεδομένα εισόδου για κάθε παράμετρο επεξεργάστηκαν σε περιβάλλον GIS και στη συνέχεια κάθε παράγοντας απεικονίζεται σε ανεξάρτητο θεματικό χάρτη. Οι χάρτες υψόμετρου, κλίσης και συσσώρευσης ροής είναι προϊόντα του ψηφιακού μοντέλου εδάφους (DEM) ανάλυσης 30 m. Ο χάρτης των χρήσεων γης δημιουργήθηκε μετά από ταξινόμηση των κατηγοριών του Corine, οι χάρτες που αφορούν τις κοινωνικές παραμέτρους αποτελούν επεξεργασία των πληροφοριών που ανακτήθηκαν από την ΕΛ.ΣΤΑΤ. για την απογραφή του 2011 και ο χάρτης των ιστορικών γεγονότων πλημμύρας περιλαμβάνουν δεδομένα που ανακτήθηκαν από τον τύπο, και από διάφορες βιβλιογραφικές πηγές.

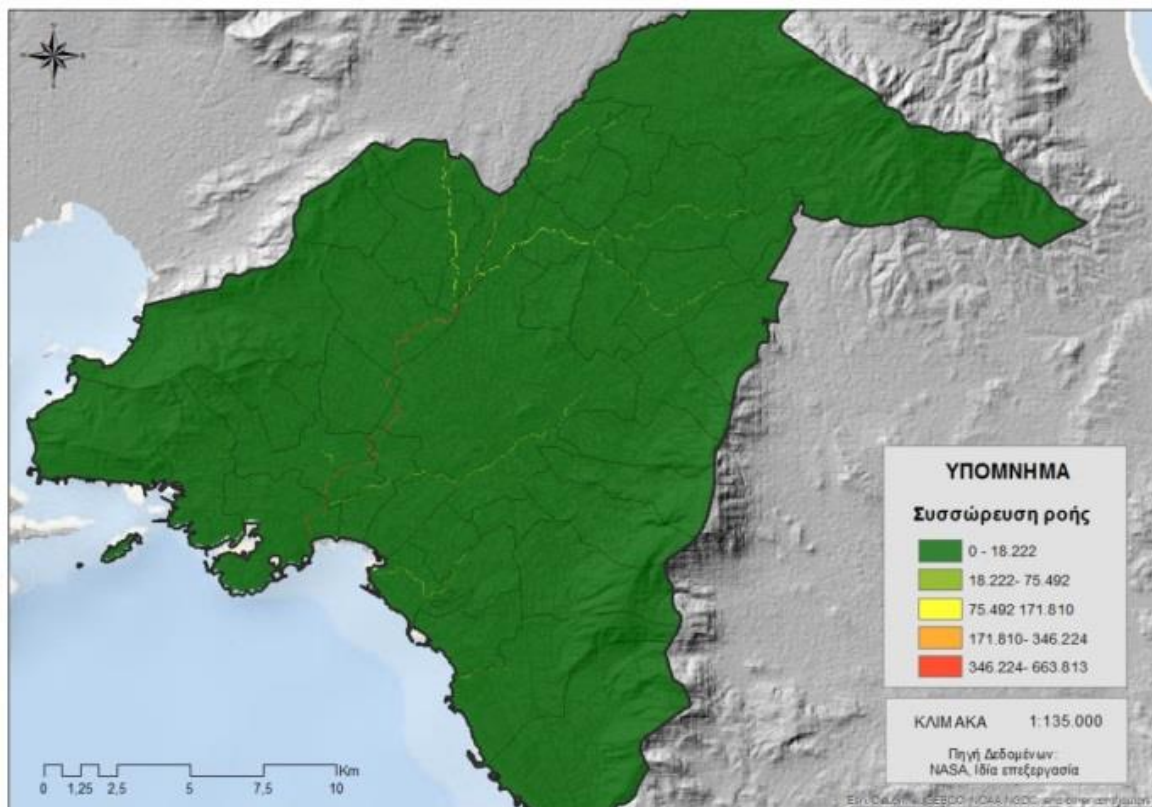
Τα δεδομένα κάθε παράγοντα μετατράπηκαν σε μορφή raster πλέγματος 30 m. Σε κάθε σημείο πλέγματος αποδίδονται τιμές. Οι κατηγορίες τιμών κάθε παραμέτρου ταξινομήθηκε χρησιμοποιώντας τη μέθοδο φυσικών θραυσμάτων (natural breaks) (Kazakis et al., 2015). Η ποιοτική παράμετρος των χρήσεων γης ταξινομήθηκε παρόμοια με προηγούμενες μελέτες (Bathrellos et al., 2016; Kourgialas & Karatzas, 2011).

- **Συσσώρευση ροής**

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η συσσώρευση ροής αποτελεί έναν έμμεσο τρόπο μέτρησης των περιοχών αποστράγγισης (Diakakis et al., 2016; Kourgialas & Karatzas, 2011). Στους παρακάτω χάρτες απεικονίζεται το βασικό υδρογραφικό δίκτυο του λεκανοπεδίου καθώς και το που συγκεντρώνεται η ροή του μέσα από την αποτύπωση της συσσώρευσης ροής. Παρατηρείται ότι η ένταση της συσσώρευσης του νερού εντοπίζεται στο βασικό κορμό των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου. Πιο συγκεκριμένα, η ροή του νερού φαίνεται να διαπερνάει τον Πειραιά και τους δήμους του δυτικού τομέα συνεχίζοντας, με λιγότερη ένταση συσσώρευσης, στο βόρειο τμήμα.



Εικόνα 44: Χάρτης κατάταξης κλάδων ροής κατά Strahler (Ιδία επεξεργασία)

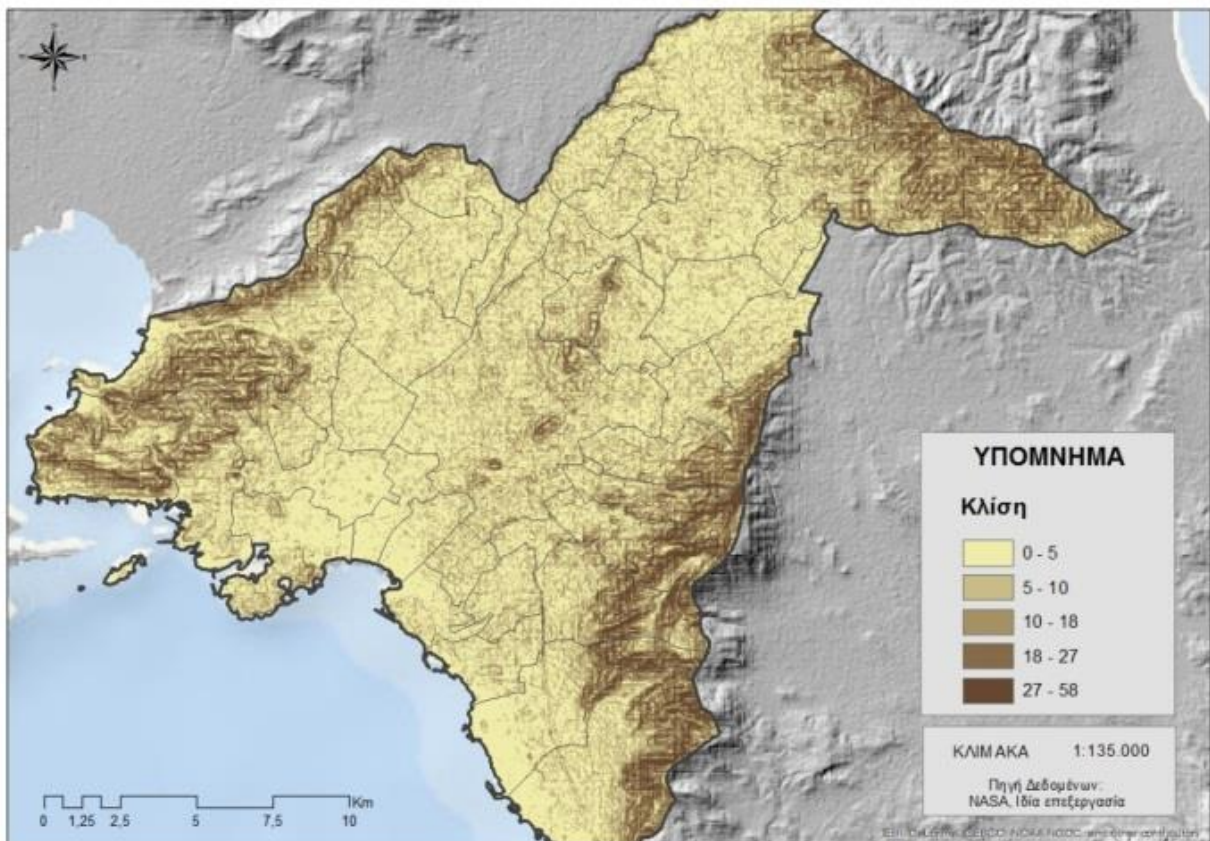


Εικόνα 45: Χάρτης της συσσώρευσης ροής για το Λεκανοπέδιο Αθηνών (Ιδία επεξεργασία)

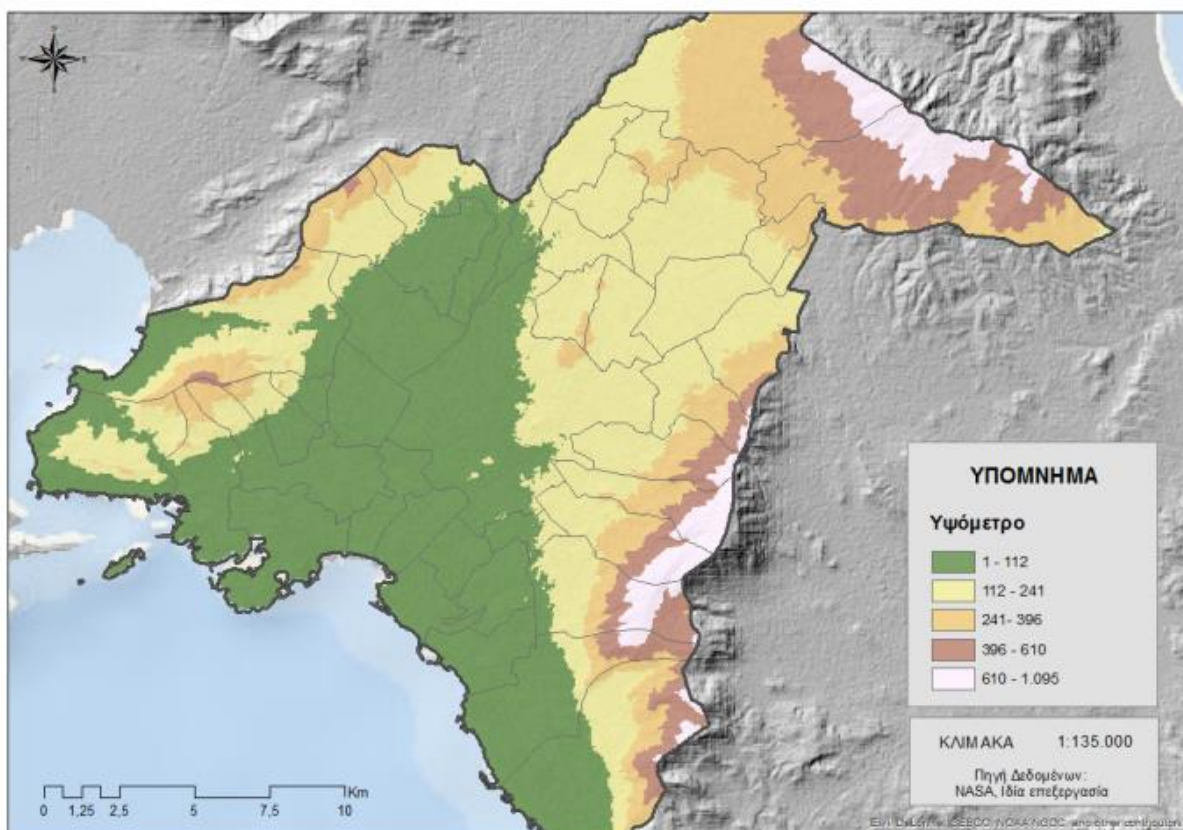
- **Κλίση και Υψόμετρο**

Το υψόμετρο και η κλίση παίζουν σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση της σταθερότητας του εδάφους. Η κλίση επηρεάζει την κατεύθυνση και την ποσότητα επιφανειακής απορροής ή υπόγειας αποστράγγισης. Επιπλέον, έχει κυρίαρχη επίδραση στην συμβολή των βροχοπτώσεων στο ρεύμα ροής. Ελέγχει τη διάρκεια της χειρσαίας ροής, της διήθησης και της υπόγειας ροής. Ο συνδυασμός των γωνιών κλίσης καθορίζει βασικά τη μορφή της κλίσης και τη σχέση της με τη λιθολογία, τη δομή, τον τύπο του εδάφους και την αποστράγγιση. Μια ομαλή / επίπεδη επιφάνεια που επιτρέπει στο νερό να ρέει γρήγορα αποτελεί μειονέκτημα στη δημιουργία πλημμύρας, ενώ μια υψηλότερη ή τραχύτερη επιφάνεια μπορεί να επιβραδύνει την αντίδραση της πλημμύρας.

Οι πλαγιές με χαμηλή κλίση είναι ιδιαίτερα ευάλωτες στην εμφάνιση πλημμύρας σε σύγκριση με τις πλαγιές με μεγάλη κλίση. Η βροχή ή το υπερβολικό νερό συγκεντρώνεται πάντα σε μια περιοχή όπου η κλίση είναι συνήθως χαμηλή. Οι περιοχές με μεγάλες κλίσεις κλίσης δεν επιτρέπουν τη συσσώρευση νερού και την εμφάνιση πλημμύρας (Ouma et al., 2014). Παρατηρώντας τους χάρτες που ακολουθούν διαπιστώνεται ότι σε μεγάλο ποσοστό το λεκανοπέδιο εμφανίζει χαμηλές κλίσεις και χαμηλό υψόμετρο γεγονός που το καθιστά ευάλωτο σε σημαντικό βαθμό σε περίπτωση πλημμύρας.



Εικόνα 46: Χάρτης κλίσεων για το Λεκανοπέδιο Αθηνών (Ιδία επεξεργασία)



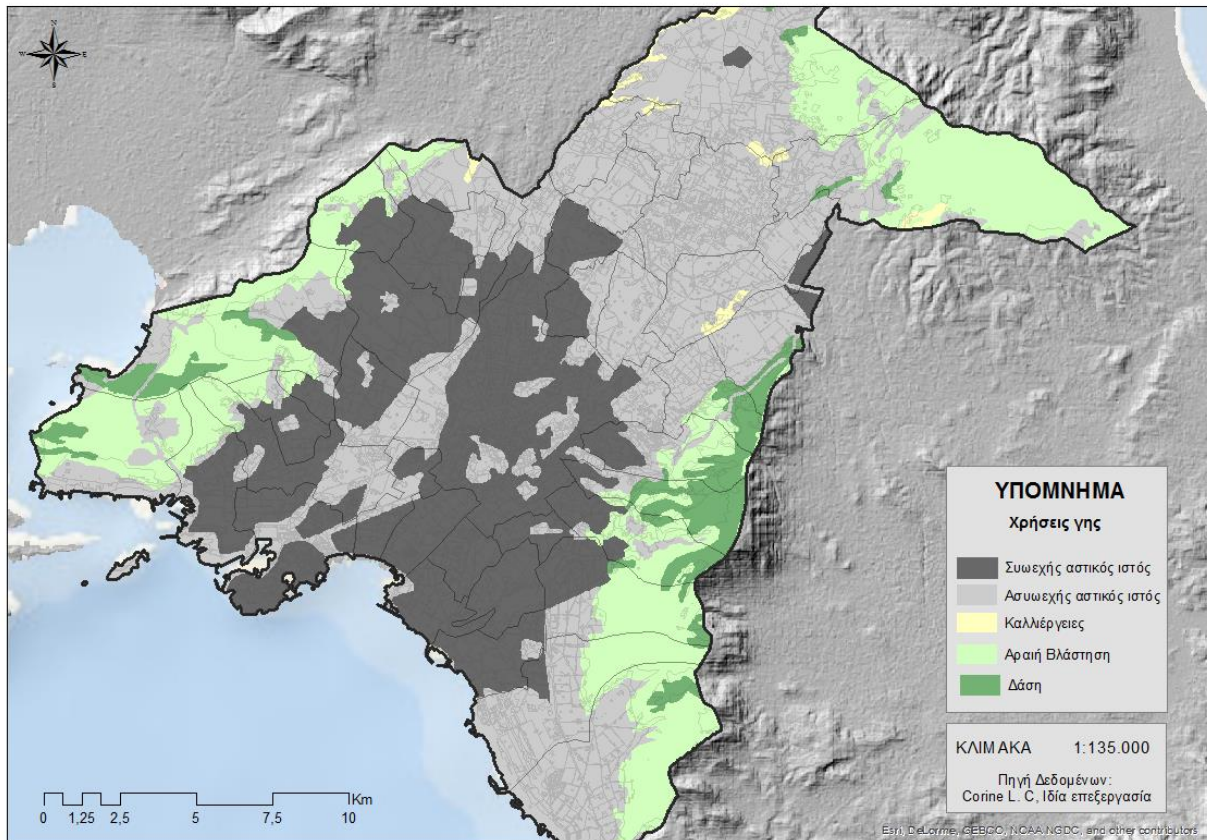
Εικόνα 47: Χάρτης υψομέτρου για το Λεκανοπέδιο Αθηνών (Ιδία επεξεργασία)

- **Χρήσεις γης**

Η αποτύπωση των χρήσεων γης σε μια περιοχή αποτελεί σημαντικό στοιχείο για τη χαρτογράφηση των κινδύνων πλημμύρας διότι είναι ένας παράγοντας που αντικατοπτρίζει εκτός από τις τρέχουσες χρήσεις γης και τη σημασία τους σε σχέση με τη σταθερότητα και τη διείσδυση του εδάφους. Το είδος της βλάστησης διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ικανότητα του εδάφους να λειτουργεί ως αποθήκη νερού. Η απόρριψη του βρόχινου νερού είναι πολύ πιο πιθανή σε γυμνά εδάφη από εκείνα που καλύπτονται από βλάστηση. Η παρουσία παχιάς φυτικής κάλυψης επιβραδύνει το ταξίδι του νερού από τον ουρανό στο έδαφος και μειώνει την ποσότητα απορροής.

Από την άλλη πλευρά, αδιαπέρατες επιφάνειες όπως το σκυρόδεμα, δεν απορροφούν σχεδόν καθόλου νερό. Οι τεχνητές επιφάνειες όπως τα κτίρια, οι δρόμοι και άλλες υποδομές μειώνουν την ικανότητα διείσδυσης του εδάφους και αυξάνουν την απορροή του νερού. Με άλλα λόγια, οι τύποι χρήσεων γης λειτουργούν ως ανθεκτικά καλύμματα και μειώνουν το χρόνο συγκράτησης του νερού ενισχύοντας την πιθανότητα πλημμύρας. Αυτό σημαίνει ότι η χρήση γης είναι καθοριστικοί παράγοντες για τον προσδιορισμό των πιθανοτήτων των συμβάντων πλημμύρας (Ouma et al., 2014).

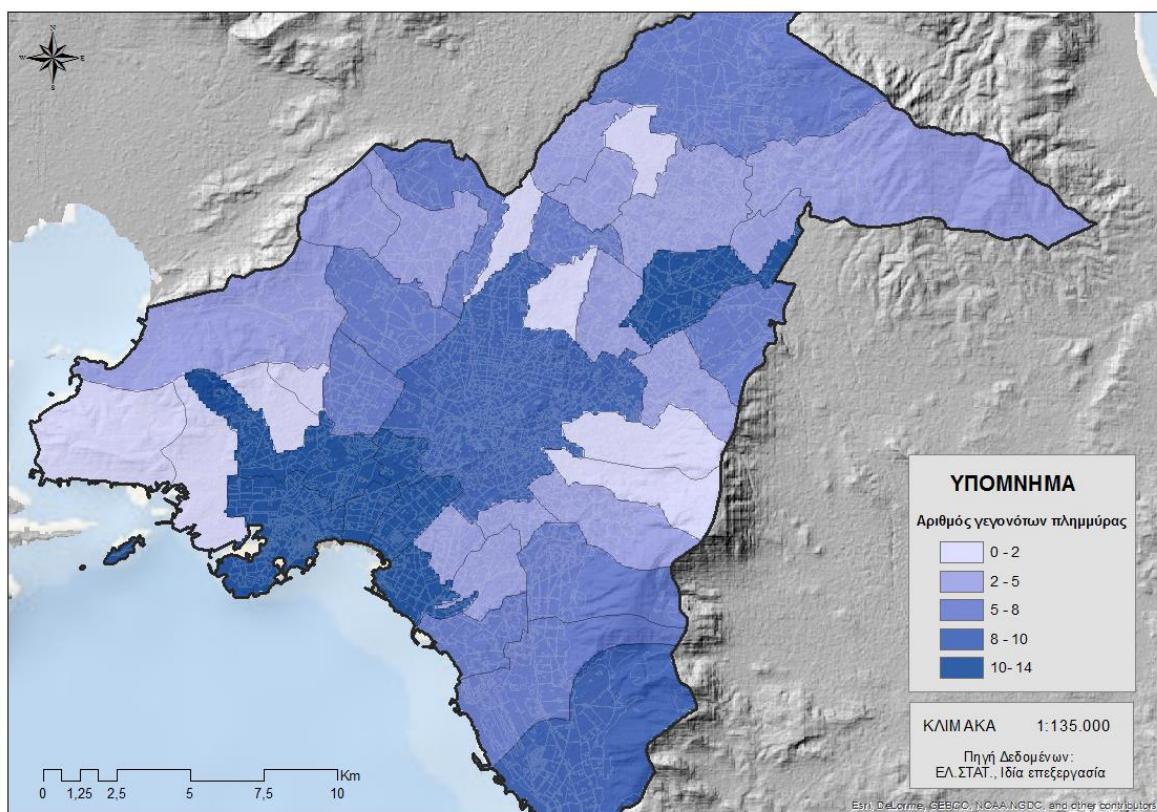
Οι χρήσεις γης για την περιοχή μελέτης ταξινομήθηκαν σε πέντε κατηγορίες: συνεχής αστικός ιστός, ασυνεχής αστικός ιστός, καλλιέργεια, αραιή βλάστηση και δάση. Από τη μελέτη του χάρτη που ακολουθεί διαπιστώνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό του λεκανοπεδίου Αθηνών καλύπτεται από αστικό ιστό, γεγονός που καταδεικνύει μεγάλο κομμάτι αδιαπέρατης επιφάνειας καθιστώντας το ευάλωτο στον κίνδυνο πλημμύρας.



Εικόνα 48: Χάρτης χρήσεων γης για το λεκανοπέδιο Αθηνών (Ιδία επεξεργασία)

- **Ιστορικό πλημμύρας**

Η μελέτη των ιστορικών γεγονότων πλημμύρας αποτελεί σύμφωνα με τη βιβλιογραφία την καλύτερη διαθέσιμη πληροφορία σχετικά με τη χωρική αποτύπωση της επιμονής του προβλήματος, δίνοντας παράλληλα και μια εικόνα πιθανού μελλοντικού κινδύνου (Yusuf et al 2009, Forte et al., 2005). Ο παρακάτω χάρτης απεικονίζει τα ιστορικά γεγονότα πλημμύρας για το λεκανοπέδιο Αθηνών την περίοδο 2000-2018. Τα δεδομένα αποτελούν στοιχεία βιβλιογραφικών αναφορών, ερευνητικών εργασιών και βάσεων δεδομένων. Σύμφωνα με την εικόνα του χάρτη η ένταση των πλημμυρικών γεγονότων παρατηρείται στις περιοχές κατάντη του υδρογραφικού δικτύου (Πειραιάς, Νίκαιας-Αγ. Ι. Ρέντη, Καλλιθέας, Παλαιού Φαλήρου, Μοσχάτου Ταύρου) αλλά και σε περιοχές όπου υπάρχουν ανοικτές κοίτες (Χαλανδρίου).

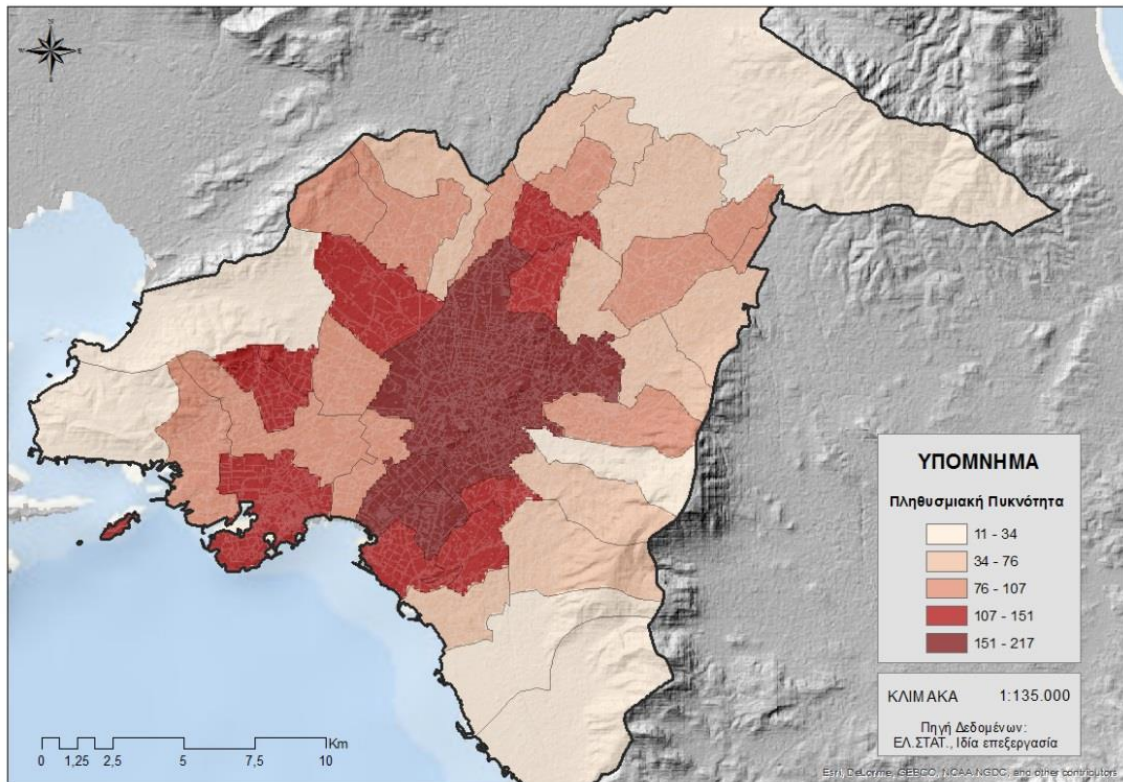


Εικόνα 49:Χάρτης γεγονότων πλημμύρας σε επίπεδο δήμου (Ιδία επεξεργασία)

- **Πληθυσμιακή Πυκνότητα**

Η πληθυσμιακή πυκνότητα αντανακλά τους ανθρώπινους πόρους που διαθέτει μια περιοχή. Η συγκέντρωση του πληθυσμού καταδεικνύει υψηλό επίπεδο έκθεσης σε έναν κίνδυνο πλημμύρας. Όσο μεγαλύτερη είναι η πυκνότητα του πληθυσμού, τόσο μεγαλύτερη είναι η ευπάθεια απέναντι στον κίνδυνο (Gu et al , 2018; Rubio et al, 2019; Behanzin et al, 2015).

Η πληθυσμιακή πυκνότητα υπολογίζεται ως ο λόγος του πληθυσμού ανά μονάδα έκτασης. Στην παρούσα εργασία τα πληθυσμιακά δεδομένα σε επίπεδο δήμου, ανακτήθηκαν από την απογραφή 2011 της ΕΛ.ΣΤΑΤ. και η έκταση του κάθε δήμου (σε Ηα) από τα εργαλεία υπολογισμού του εμβαδού στο ArcGIS. Η γενική εικόνα η οποία προκύπτει για την πληθυσμιακή πυκνότητα του λεκανοπεδίου είναι πως όσο μεγαλώνει η απόσταση από το κέντρο τόσο μικραίνει ο συγκεκριμένος δείκτης. Η μεγαλύτερη τιμή πληθυσμιακής πυκνότητας συναντάται στο δήμο Καλλιθέας (217 άτομα/εκτάριο) και η μικρότερη στο δήμο Πεντέλης με μόλις 11 άτομα/εκτάριο. Τέλος, η μέση τιμή ανέρχεται στα 91 άτομα/εκτάριο και η τυπική απόκλιση στα 50 άτομα/εκτάριο.

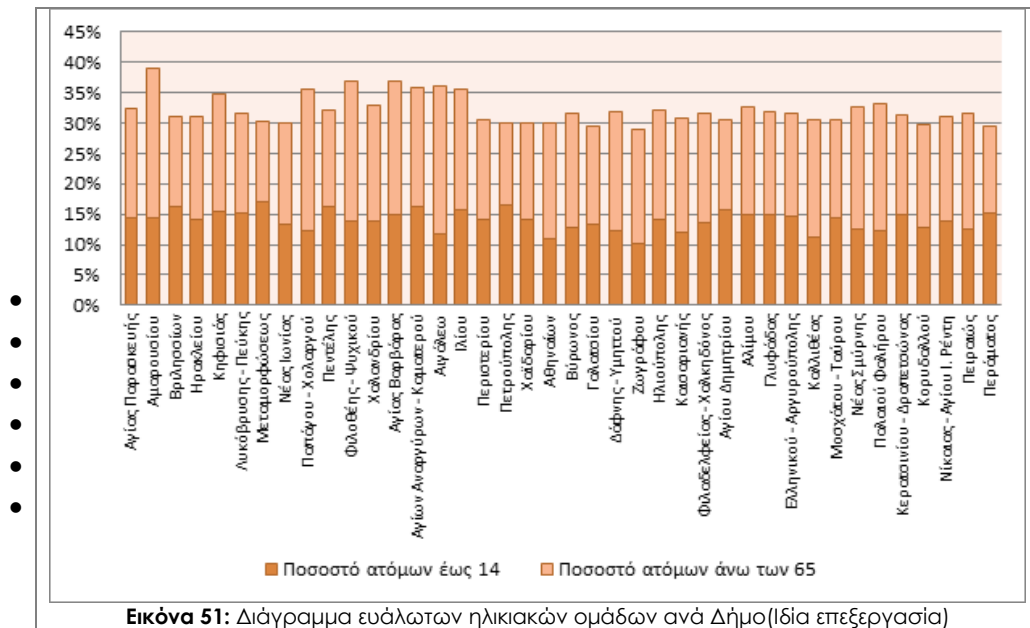


Εικόνα 50:Χάρτης πληθυσμιακής πυκνότητας σε επίπεδο δήμου(Ιδία επεξεργασία)

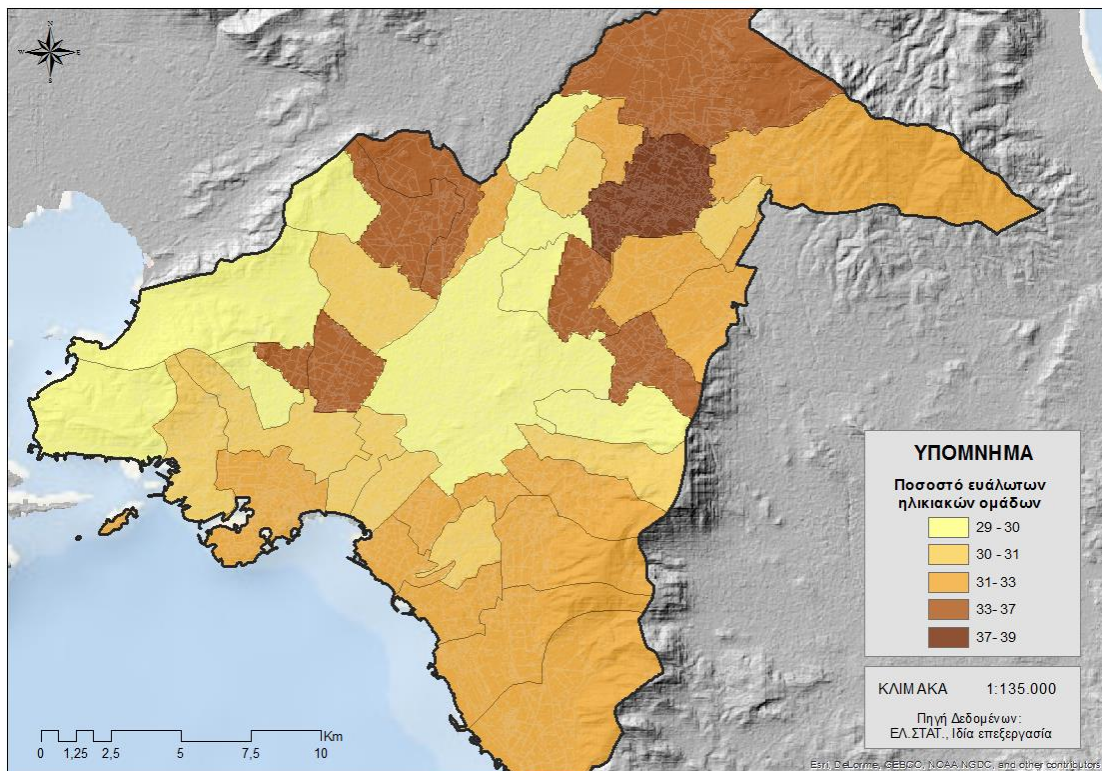
- **Ευάλωτες ηλικιακές ομάδες**

Εκτός από τη γενική τάση συγκέντρωσης του πληθυσμού, είναι απαραίτητο να εξεταστεί και η ηλικιακή σύνθεση και κατανομή της μεταξύ των δήμων. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, τα παιδιά και οι ηλικιωμένοι αποτελούν τις πιο τρωτές ηλικιακές ομάδες καθώς είναι οι πιο ευάλωτες σε επικίνδυνες και έκτακτες καταστάσεις από άποψη σωματικής ικανότητας καθώς και χρόνου άμεσης απόκρισης (Behanzin et al, 2015; Nasiri et al, 2017).

Προκειμένου να εξεταστεί το ζήτημα της κατανομής των ηλικιακών ομάδων που είναι σημαντικές για την εργασία αυτή (έως 14 και άνω των 65) υπολογίστηκε για κάθε δήμο το ποσοστό που συγκεντρώνει το άθροισμα των δύο τρωτών ομάδων της ως προς τον συνολικό πληθυσμό του δήμου (Διάγραμμα). Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να εντοπίσουμε δείγματα τρωτότητας απόκρισης σε μια επικίνδυνη κατάσταση για κάθε δήμο. Παρατηρώντας το παρακάτω διάγραμμα γίνεται σαφές ότι γενικά τα ποσοστά των ατόμων άνω των 65 ετών είναι μεγαλύτερα από αυτά των ατόμων έως 14 ετών. Όσον αφορά στην κατανομή των αθροισμάτων των ευάλωτων ομάδων ανά δήμο, ξεχωρίζει ο δήμος Αμαρουσίου και ακολουθούν οι δήμοι Φιλοθέης-Ψυχικού και Αγίας Βαρβάρας.



Στο χάρτη που ακολουθεί αποτυπώνεται χωρικά η συγκέντρωση των ευάλωτων ηλικιακών ομάδων για κάθε δήμο.

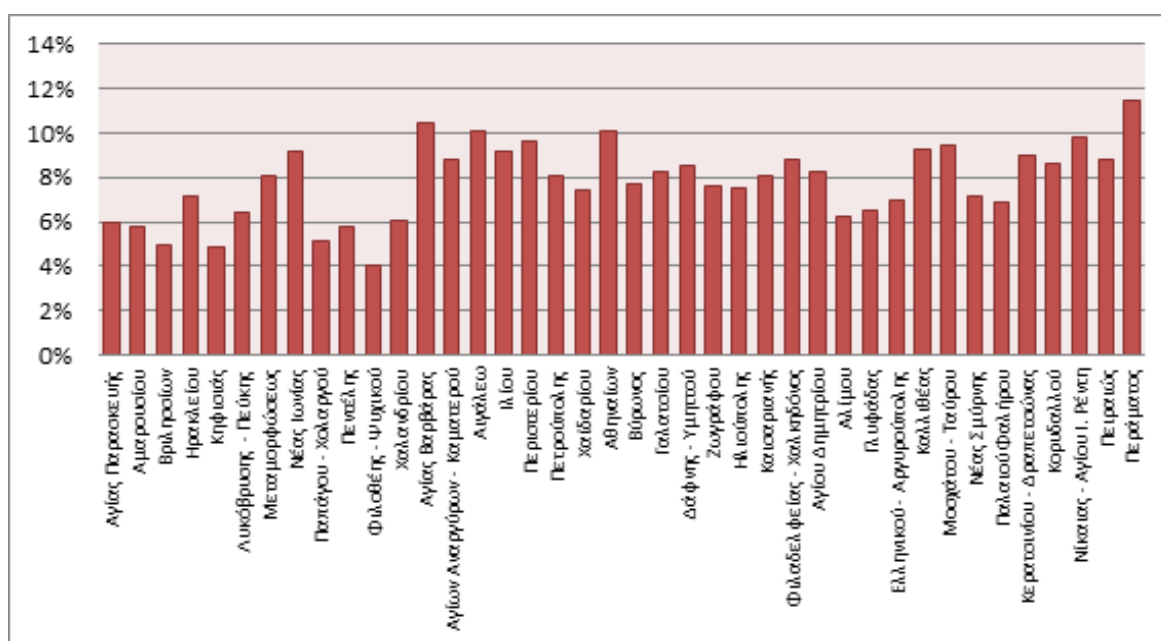


Εικόνα 52: Ποσοστό ευάλωτων ηλικιακών ομάδων σε επίπεδο δήμου (Ιδία επεξεργασία)

- **Ανεργία**

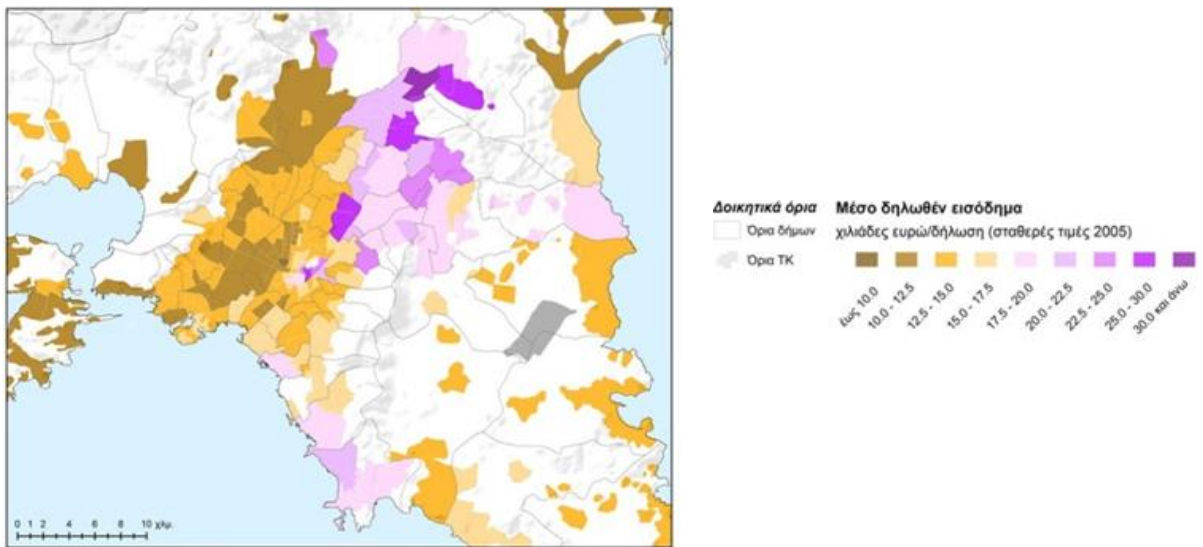
Η οικονομική σύνθεση παίζει σημαντικό ρόλο στο χωρικό εντοπισμό του ευάλωτου πληθυσμού. Οι άνθρωποι με χαμηλό εισόδημα επηρεάζονται περισσότερο από μια φυσική καταστροφή. Συνήθως αναγκάζονται να εγκατασταθούν σε επικίνδυνες λειτουργικά και γεωλογικά περιοχές, ενώ δυσκολεύονται να ανακάμψουν μετά από μια φυσική καταστροφή (Behanzin et al, 2015; Nasiri et al, 2017).

Στοιχεία σχετικά με τον αριθμό των ανέργων βοηθούν στην απόκτηση εικόνας σχετικά με τις οικονομικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των δήμων. Συγκεκριμένα, υπολογίστηκε το ποσοστό των ανέργων κάθε δήμου ως προς το σύνολο των κατοίκων αυτού. Όπως φαίνεται και από το παρακάτω διάγραμμα ο δήμος Περάματος είναι αυτός που παρουσιάζει το μεγαλύτερο ποσοστά ανεργίας (11%). Ακολουθούν οι δήμοι Αγίας Βαρβάρας, Αιγάλεω, Αθηνών, Νίκαιας-Αγίου Ι. Ρέντη και Περιστερίου (10%).

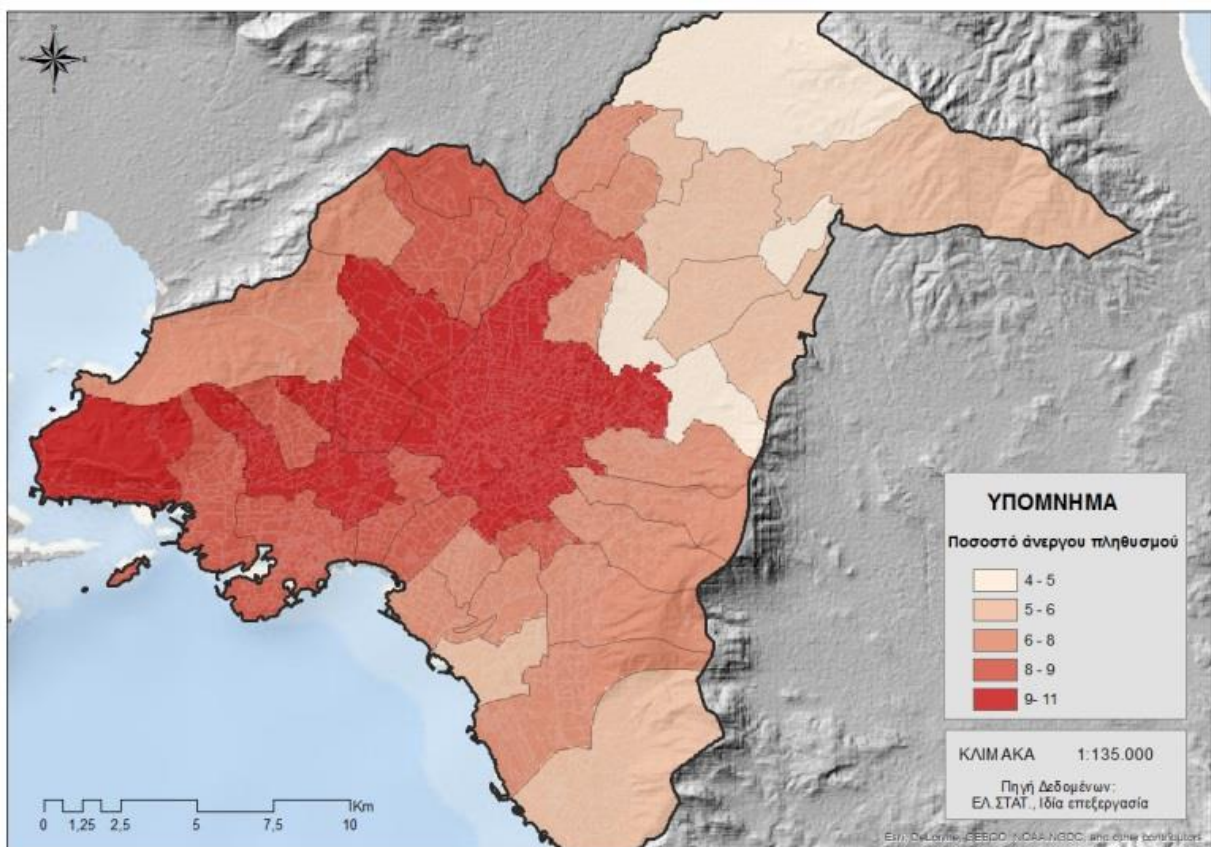


Εικόνα 53: Διάγραμμα άνεργου πληθυσμού σε επίπεδο δήμου (Ιδία επεξεργασία)

Στους χάρτες που ακολουθούν αποτυπώνεται η χωρική κατανομή της ανεργίας στο Λεκανοπέδιο και το μέσο δηλωθέν εισόδημα. Γίνεται εμφανής η διάκριση μεταξύ των δήμων του ανατολικού και δυτικού τμήματος του λεκανοπεδίου και στις δύο περιπτώσεις, καθιστώντας αυτούς του δυτικού τμήματος πιο ευάλωτους.



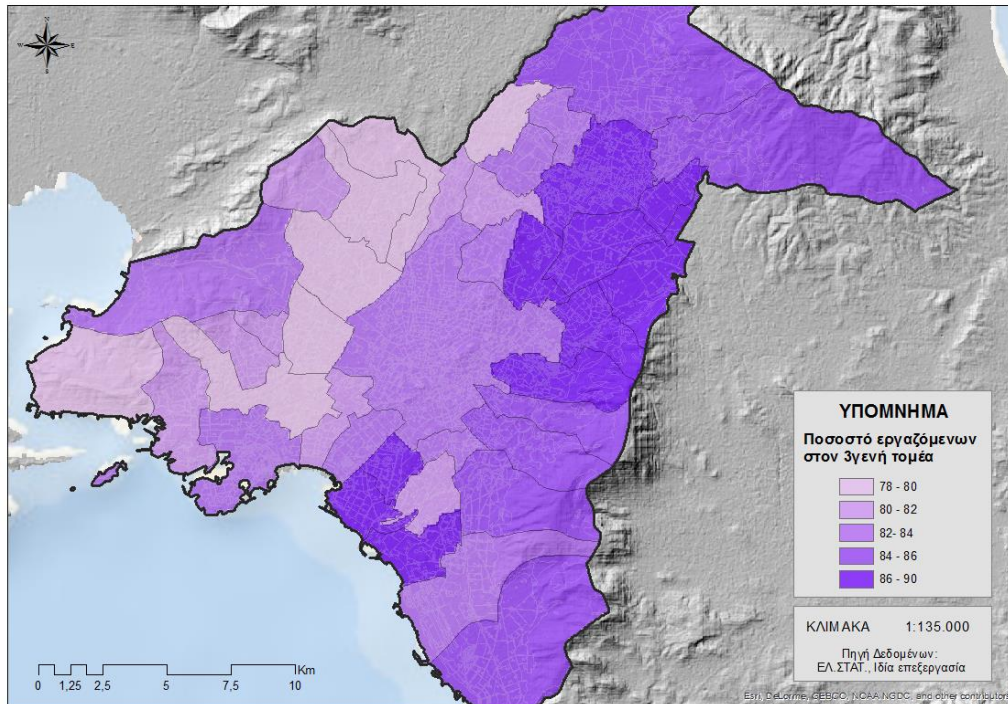
Εικόνα 54: Μέσο δηλωθέν εισόδημα (<https://www.athenssocialatlas.gr>)



Εικόνα 55: Ποσοστό άνεργου πληθυσμού σε επίπεδο Δήμου (Ιδία επεξεργασία)

- **Εργαζόμενοι στον τριτογενή τομέα**

Οι εργαζόμενοι στον τριτογενή τομέα χρησιμοποιήθηκε σα στοιχείο που δίνει μια προσεγγιστική εικόνα σχετικά με την παροχή υπηρεσιών και εξασφάλιση υποδομών, σημαντικό στοιχείο σε περίπτωση φυσικής καταστροφής (Boruff et al., 2005). Από τον παρακάτω χάρτη διαπιστώνεται ότι τα υψηλότερα ποσοστά εργαζόμενων στον τριτογενή τομέα εμφανίζονται στους νοτιοανατολικούς δήμους του λεκανοπεδίου.

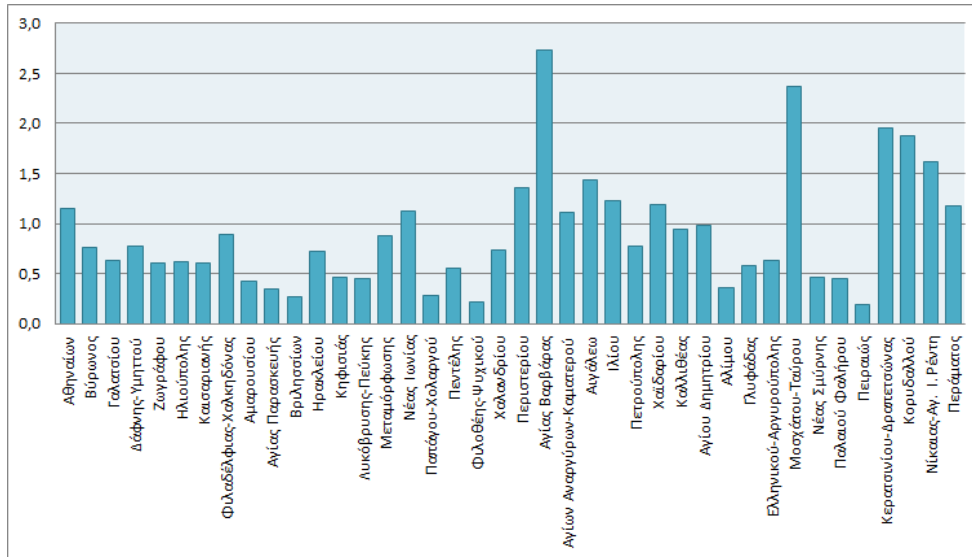


Εικόνα 56: Ποσοστό εργαζόμενων στον 3γενή τομέα σε επίπεδο Δήμου (Ιδία επεξεργασία)

- **Ενήλικες αναλφάβητοι**

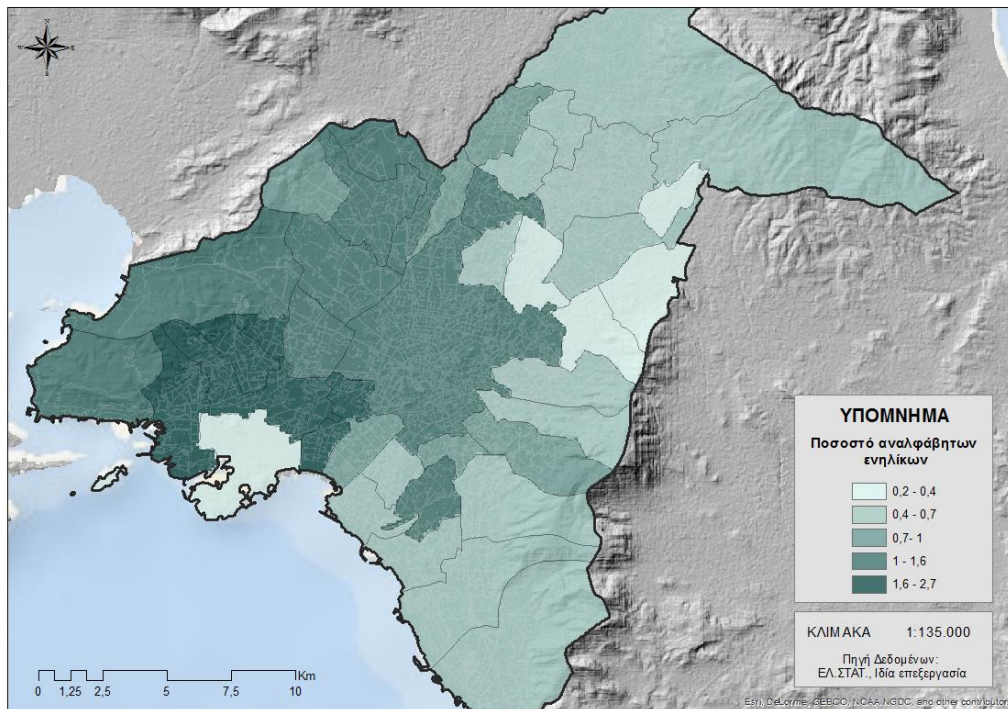
Ένα ακόμα στοιχείο το οποίο συμβάλλει στην απόκτηση εικόνας σχετικά με την τρωτότητα του πληθυσμού αφορά στο κομμάτι της εκπαίδευσης. Στο χάρτη που ακολουθεί αποτυπώνεται η χωρική κατανομή του ποσοστού των αναλφάβητων ενηλίκων κάθε δήμου ως προς το σύνολο των κατοίκων αυτού.

Ο παράγοντας αυτός αποτελεί στοιχείο της ικανότητας των ανθρώπων να κατανοούν και να αποκτούν πληροφορίες. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, τα άτομα με χαμηλό μορφωτικό επίπεδο συναντούν περισσότερη δυσκολία στη διαδικασία αναζήτησης, κατανόησης πληροφορίες σχετικά με τους κινδύνους σε σχέση με άλλους και είναι επομένως ευάλωτοι απέναντι στους φυσικούς κινδύνους (Rubio et al, 2019). Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα που ακολουθεί τα μεγαλύτερα ποσοστά αναλφάβητων ενηλίκων συγκεντρώνονται στο δυτικό τμήμα του λεκανοπεδίου και συγκεκριμένα στους δήμους Αγίας Βαρβάρας και Μοσχάτου Ταύρου, ενώ ακολουθούν οι δήμοι Κερατσινίου- Δραπετσώνας, Κορυδαλλού και Νίκαιας-Αγ. Ι Ρέντη.



Εικόνα 57: Ποσοστό άνεργου πληθυσμού σε επίπεδο Δήμου (Ιδία επεξεργασία)

Στο χάρτη που ακολουθεί αποτυπώνεται χωρική κατανομή του παράγοντα. Γίνεται εμφανής η διάκριση μεταξύ των δήμων του ανατολικού και δυτικού τμήματος του λεκανοπεδίου και στις δύο περιπτώσεις, καθιστώντας αυτούς του δυτικού τμήματος πιο ευάλωτους απέναντι στον κίνδυνο.



Εικόνα 58: Ποσοστό ενηλίκων αναλφάβητων σε επίπεδο Δήμου (Ιδία επεξεργασία)

4.4.2. | Επαναβαθμονόμηση των μεταβλητών

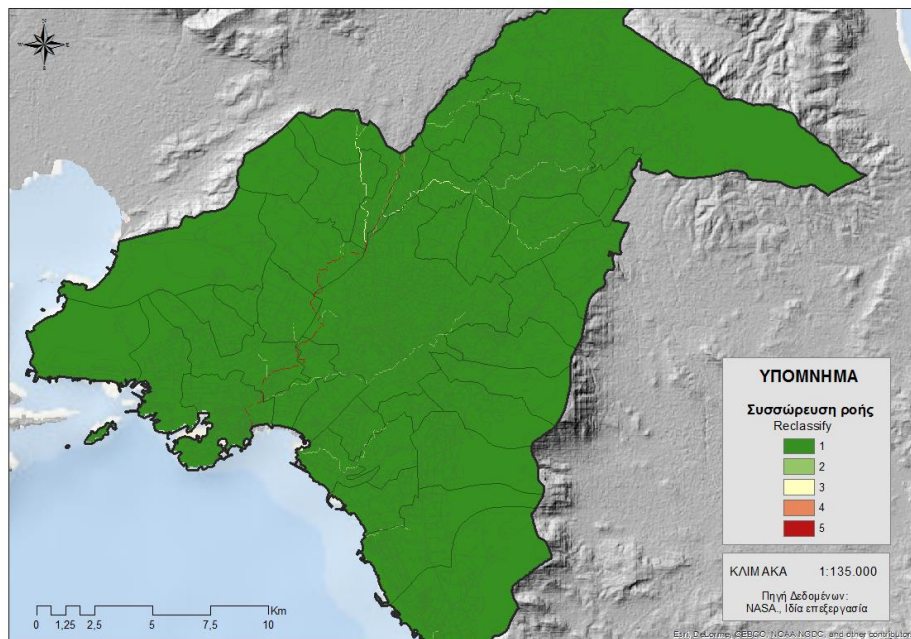
Ένα πρωταρχικό βήμα στη διαδικασία εκτίμησης των κινδύνων πλημμύρας είναι η ταξινόμηση όλων των παραμέτρων βάσει του παράγοντα του κινδύνου. Έτσι, οι κλάσεις των επιλεγόμενων παραμέτρων τυποποιούνται σε μια ομοιόμορφη κλίμακα βαθμολόγησης. Η μέθοδος τυποποίησης που χρησιμοποιήθηκε βασίζεται σε μια κλίμακα πέντε βαθμών. Η τάξη που βαθμολογείται ως 1, αντιπροσωπεύει χαμηλό κίνδυνο, και εκείνη που βαθμολογείται ως 5 αντιπροσωπεύει πολύ υψηλό κίνδυνο (Bathrellos et al., 2016).

Συσσώρευση ροής	362.059-664.209	VH	5
	161.493-362.059	H	4
	70.328-161.493	M	3
	15.628-70.328	L	2
	0-15.628	VL	1
Κλίση	0-6	VH	5
	6-13	H	4
	13-21	M	3
	21-31	L	2
	31-68	VL	1
Χρησεις γης	πυκνή δόμηση	VH	5
	αραιή δόμηση	H	4
	καλλιέργεια	M	3
	Αραιή βλάστηση	L	2
	Δάση	VL	1
Υψόμετρο	0-124	VH	5
	124-279	H	4
	279-479	M	3
	479-733	L	2
	733-1409	VL	1
Ιστορικό πλημμύρας	10-14	VH	5
	8-10	H	4
	5-8	M	3
	2-5	L	2
	0-2	VL	1
Πληθυσμιακή πυκνότητα	151-217	VH	5
	107-151	H	4
	76-107	M	3
	34-76	L	2
	11-34	VL	1
Ευάλωτες ηλικιακές ομάδες	37-39	VH	5
	33-37	H	4
	31-33	M	3
	30-31	L	2
	29-30	VL	1

Εργαζόμενοι στον τριτογενή τομέα	78-80	VH	5
	80-82	H	4
	82-84	M	3
	84-86	L	2
	86-90	VL	1
Ενήλικες αναλφάβητοι	1,6-2,7	VH	5
	1-1,6	H	4
	0,7-1	M	3
	0,4	L	2
	0,7	VL	1
Άνεργοι	9-11	VH	5
	8-9	H	4
	6-8	M	3
	5-6	L	2
	4-5	VL	1
Επαναβαθμονόμηση των μεταβλητών (Ιδία επεξεργασία)			

- **Συσσώρευση ροής**

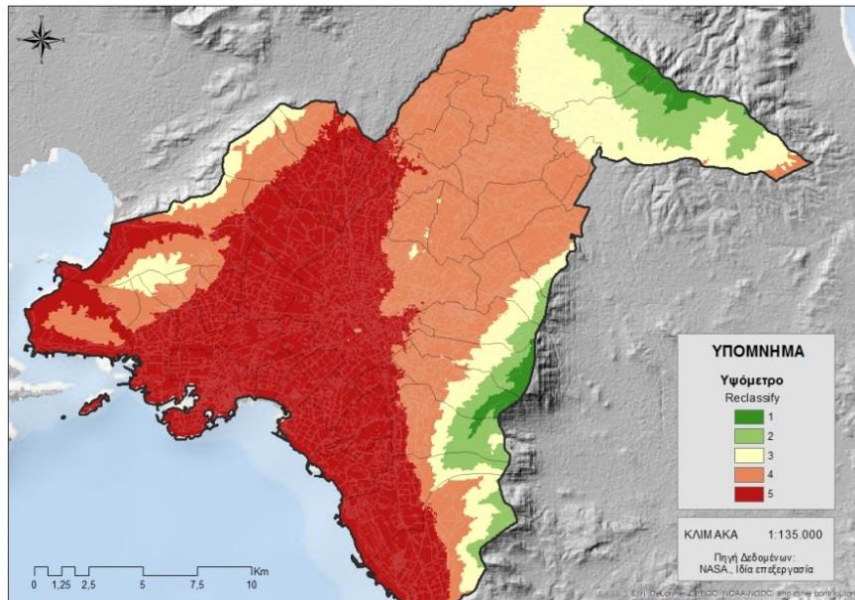
Σχετικά με τη συσσώρευση ροής η ένταση της παραμέτρου παρατηρείται κοντά στους κύριους κλάδους του υδρογραφικού δικτύου, καθιστώντας τρωτές τις περιοχές εκατέρωθεν αυτών. Οι δήμοι στους οποίους φαίνεται να εμφανίζεται μεγαλύτερο πρόβλημα είναι αυτοί του Πειραιά, Νίκαιας Αγ. Ι. Ρέντη, Μοσχάτου-Ταύρου, Αιγάλεω και Περιστερίου, καθιστώντας τους πιο τρωτούς σε περίπτωση πλημμύρας.



Εικόνα 59: Επίπεδο έντασης για τη μεταβλητή συσσώρευση ροής (Ιδία επεξεργασία)

- **Υψόμετρο**

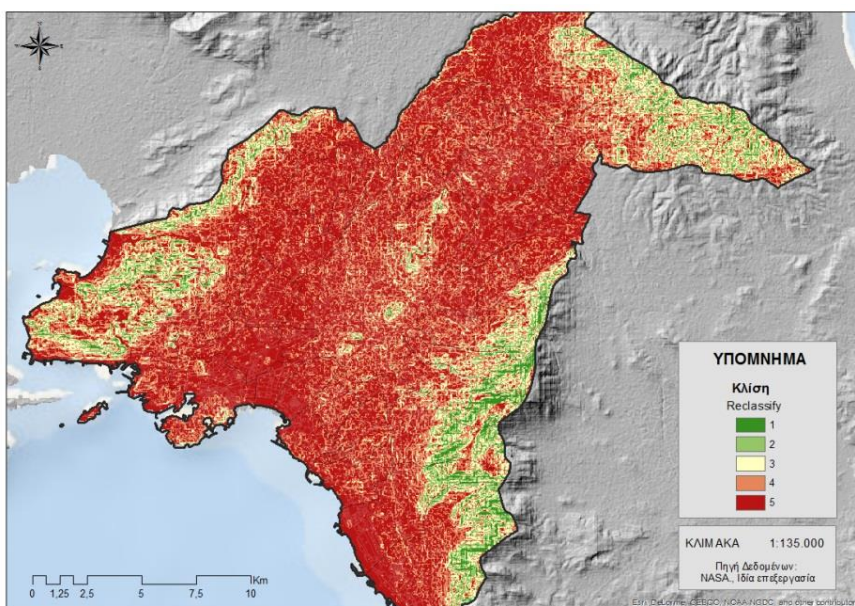
Σχετικά με την παράμετρο του υψομέτρου, το λεκανοπέδιο στην πλειοψηφία του παρουσιάζει υψηλά επίπεδα τρωτότητας αφού στην πλειοψηφία του εμφανίζει χαμηλό υψόμετρο. Χαμηλά επίπεδα, παρατηρούνται στους δήμους οι οποίοι βρίσκονται κοντά στα όρη όπως αυτοί των Κηφισιάς, Πεντέλης, Ζωγράφου, Καισαριανής και Βύρωνα.



Εικόνα 60: Επίπεδο έντασης για τη μεταβλητή υψόμετρο (Ιδία επεξεργασία)

- **Κλίση**

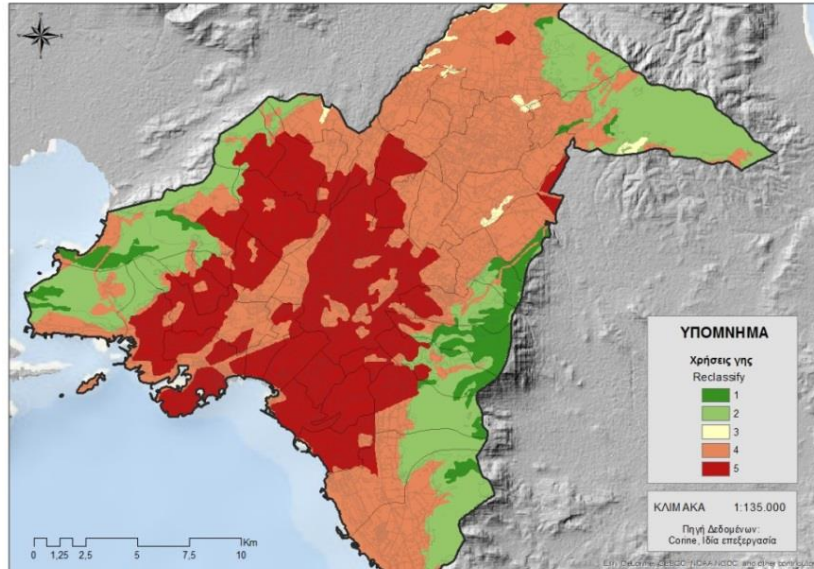
Σχετικά με την παράμετρο κλίση, όπως και σε αυτή του υψομέτρου, το λεκανοπέδιο στην πλειοψηφία του παρουσιάζει υψηλά επίπεδα τρωτότητας αφού στην πλειοψηφία του εμφανίζει χαμηλές κλίσεις. Οι μεγαλύτερες κλίσεις συναντώνται και σε αυτή την περίπτωση κοντά στα όρη.



Εικόνα 61: Επίπεδο έντασης για τη μεταβλητή κλίση (Ιδία επεξεργασία)

- **Χρήσεις γης**

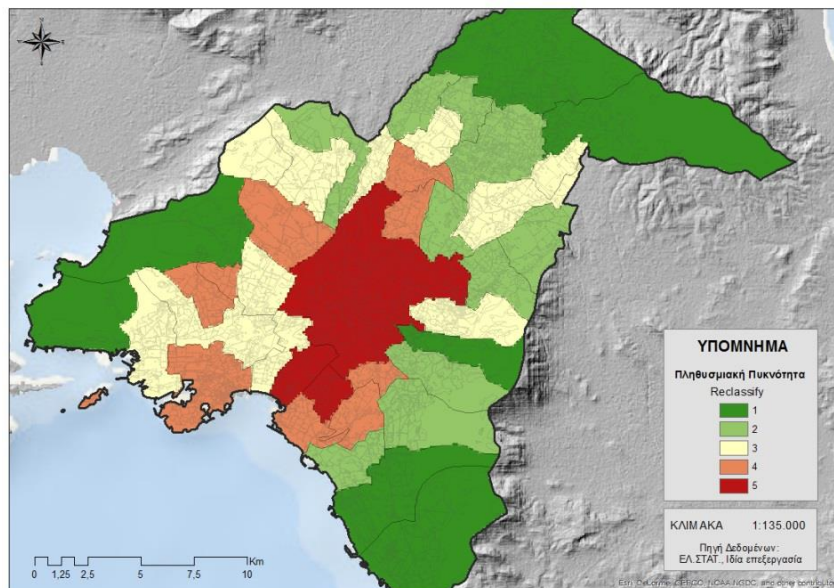
Σχετικά με την παράμετρο των χρήσεων γης οι πλειοψηφία των δήμων του λεκανοπεδίου παρουσιάζουν πολύ υψηλό και υψηλό βαθμό τρωτότητας, αφού κατά κύριο λόγο το λεκανοπέδιο καλύπτεται από δομημένη επιφάνεια.



Εικόνα 62: Επίπεδο έντασης για τη μεταβλητή χρήσεις γης (Ιδία επεξεργασία)

- **Πληθυσμιακή πυκνότητα**

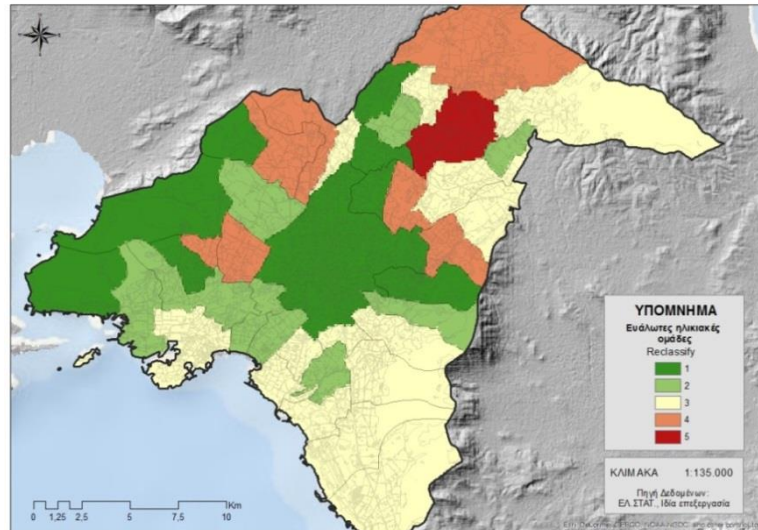
Εξετάζοντας την παράμετρο πληθυσμιακή πυκνότητα παρατηρείται ότι μεγαλύτερο βαθμό τρωτότητας εμφανίζουν οι κεντρικοί δήμοι του λεκανοπεδίου. Συγκεκριμένα, οι δήμοι Αθηναίων, Καλλιθέας και Νέας Σμύρνης παρουσιάζουν τα υψηλότερα επίπεδα τρωτότητας σε σχέση με τους υπόλοιπους δήμους του λεκανοπεδίου.



Εικόνα 63: Επίπεδο έντασης για τη μεταβλητή πληθυσμιακή πυκνότητα (Ιδία επεξεργασία)

- **Ευάλωτες ηλικιακές ομάδες**

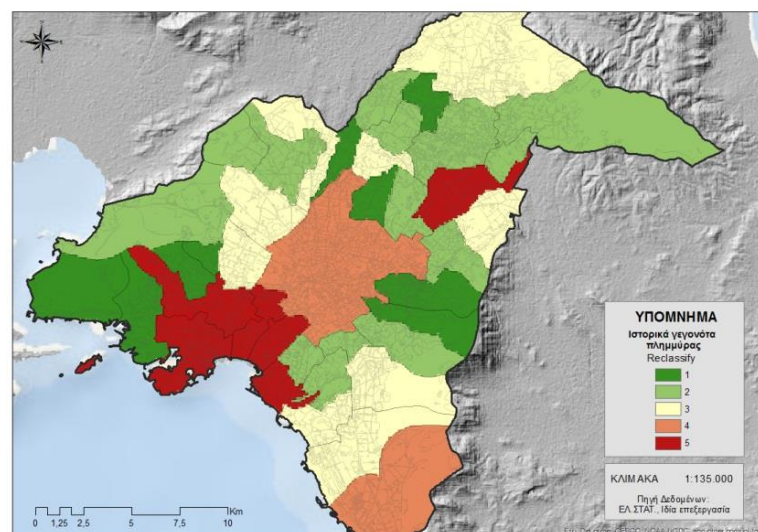
Σχετικά με τις ευάλωτες ηλικιακές ομάδες υψηλότερα επίπεδα τρωτότητας εμφανίζει ο δήμος Αμαρουσίου και ακολουθούν οι δήμοι Κηφισιάς, Φιλοθέης-Ψυχικού, Παπάγου-Χολαργού, Ιλίου, Αγίων Αναργύρων-Καματερού, Αγίας Βαρβάρας και Αιγάλεω.



Εικόνα 64: Επίπεδο έντασης για τη μεταβλητή ευάλωτες ηλικιακές ομάδες (Ιδία επεξεργασία)

- **Ιστορικά γεγονότα πλημμύρας**

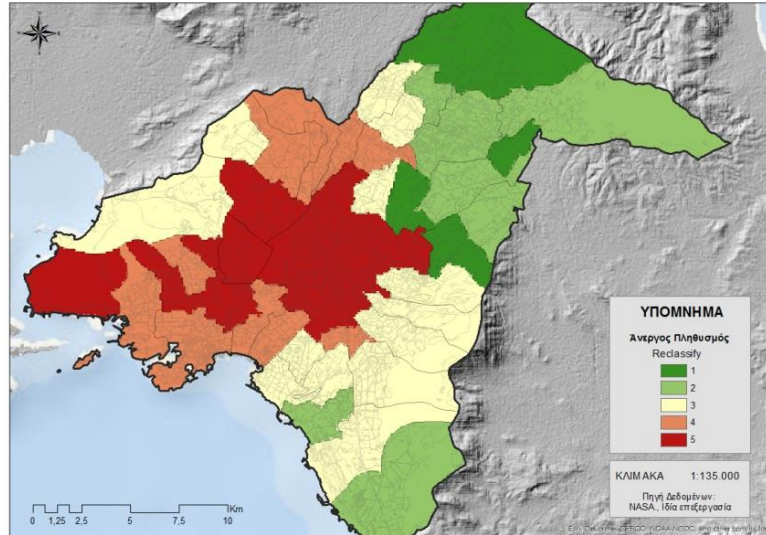
Σχετικά με αυτή την παράμετρο πολύ υψηλό επίπεδο τρωτότητας παρατηρείται στους δήμους στα κατάντη του υδρογραφικού δικτύου και συγκεκριμένα, οι δήμοι Πειραιά, Νίκαιας-Αγ. Ι. Ρέντη, Καλλιθέας, Παλαιού Φαλήρου, Μοσχάτου Ταύρου αλλά και σε δήμους όπου υπάρχουν ανοικτές κοίτες, όπως αυτός του Χαλανδρίου. Ακολουθούν οι δήμοι Αθηναίων και Γλυφάδας οι οποίοι εμφανίζουν και αυτοί υψηλό επίπεδο τρωτότητας.



Εικόνα 65: Επίπεδο έντασης για τη μεταβλητή ιστορικά γεγονότα πλημμύρας (Ιδία επεξεργασία)

- **Ανεργία**

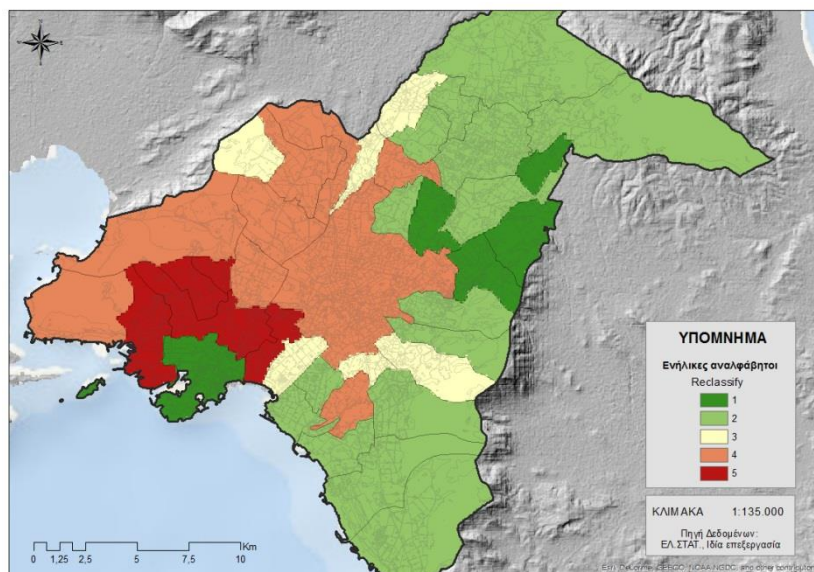
Ως προς την παράμετρο της ανεργίας οι δήμοι που εμφανίζουν πολύ υψηλό επίπεδο τρωτότητας είναι αυτοί του Περάματος, Αγίας Βαρβάρας, Αιγάλεω, Αθηνών, Νίκαιας-Αγίου Ι. Ρέντη και Περιστερίου.



Εικόνα 66: Επίπεδο έντασης για τη μεταβλητή άνεργος πληθυσμός (Ιδία επεξεργασία)

- **Ενήλικες αναλφάβητοι**

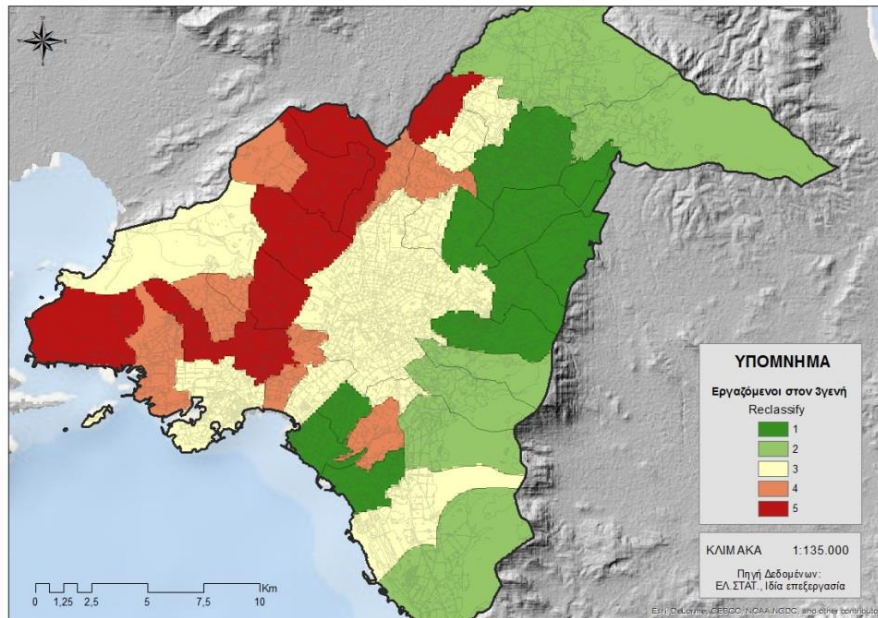
Σχετικά με την παράμετρο αυτή ο μεγαλύτερο βαθμό τρωτότητας συγκεντρώνονται στο δυτικό τμήμα του λεκανοπεδίου. Οι δήμοι που συγκεντρώνουν πολύ υψηλό επίπεδο τρωτότητας είναι αυτοί του Μοσχάτου Ταύρου, Κερατσινίου- Δραπετσώνας, Κορυδαλλού, Αγίας Βαρβάρας και Νίκαιας-Αγ. Ι Ρέντη.



Εικόνα 67: Επίπεδο έντασης για τη μεταβλητή ενήλικες αναλφάβητοι (Ιδία επεξεργασία)

- **Εργαζόμενοι στον τριτογενή τομέα**

Ως προς αυτή την παράμετρο ο μεγαλύτερο βαθμό τρωτότητας παρατηρείται και αυτή τη φορά στο δυτικό τμήμα του λεκανοπεδίου. Οι δήμοι που συγκεντρώνουν πολύ υψηλό επίπεδο τρωτότητας είναι αυτοί του Περάματος, Νίκαιας, Αγ. Ι. Ρέντη, Μεταμόρφωσης, Αιγάλεω, Περιστερίου, Ιλίου και Αγίων Αναργύρων-Καματερού



Εικόνα 68: Επίπεδο έντασης για τη μεταβλητή εργαζόμενοι στον τριτογενή τομέα (Ιδία επεξεργασία)

4.5. | Υπολογισμός του δείκτη

Το κύριο πλεονέκτημα της χρήσης των ΣΓΠ για αναλύσεις πλημμυρών δεν είναι μόνο η οπτικοποίηση του ζητήματος των πλημμυρών αλλά και η δυνατότητα περαιτέρω ανάλυσής του. Σε σύγκριση με την παραδοσιακή χαρτογράφηση, τα ΣΓΠ επιτρέπουν τις συγκρίσεις μεταξύ χωρικών μονάδων (σύγκριση διαφόρων θεμάτων ανά κατηγορία κινδύνων και καταστροφών).

Στην παρούσα μελέτη όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα χρησιμοποιείται μια πολυκριτηριακή προσέγγιση για τον προσδιορισμό των περιοχών που είναι τρωτές στην πλημμυρών, αυτή της Αναλυτικής Ιεραρχικής Μεθόδου (AHP) ως μια τεχνική λήψης αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων μέσα σε ένα περιβάλλον χαρτογράφησης (ArcGIS). Η αποτελεσματικότητα της AHP στην αξιολόγηση προβλημάτων που περιλαμβάνουν πολλαπλά και ποικίλα κριτήρια οδήγησε στην αναγνώρισή της διαφορετικά πεδία εφαρμογής.

Η διαδικασία της αναλυτικής ιεραρχικής μεθόδου (AHP) χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της στάθμισης των επιλεγμένων παραμέτρων. Στην AHP χρησιμοποιείται η μέθοδος σύγκρισης ζευγαριών (PCM) για τη λήψη του βάρους ή του φορέα προτεραιότητας του κριτηρίου. Ο Saaty (1980) χρησιμοποίησε μια αριθμητική κλίμακα από το 1 έως το 9 για να αξιολογήσει τη σχετική σημασία μεταξύ δύο κριτηρίων.

1	Ίση σπουδαιότητα	Και οι δύο παράγοντες συμβάλλουν εξίσου στον στόχο.
2,4,6,8	Ενδιάμεσες τιμές	Χρησιμοποιούνται όταν απαιτείται συμβιβασμός
3	Μικρή σπουδαιότητα	Η πείρα και η κρίση ευνοούν ελαφρώς τον έναν παράγοντα σε σχέση με τον άλλον.
5	Βασική ή μεγάλη σπουδαιότητα	Η πείρα και η κρίση ευνοούν σαφώς τον έναν παράγοντα σε σχέση με τον άλλον.
7	Πολύ ισχυρή ή αποδεδειγμένη σπουδαιότητα	Ένας παράγοντας ευνοείται ιδιαίτερα σε σχέση με έναν άλλον. Η κυριαρχία του αποδεικνύεται στην πράξη.
9	Απόλυτη σπουδαιότητα	Τα στοιχεία που ευνοούν έναν παράγοντα σε σχέση με έναν άλλον είναι αδιαμφισβήτητα.
Η αριθμητική κλίμακα του Saaty		

Στη συνέχεια, η αξιολόγηση αυτή μεταφέρεται έπειτα σε ένα πίνακα σύγκρισης ζευγών A. Κάθε αριθμητική τιμή r_{ij} του A αντιπροσωπεύει τη σχετική σημασία του i δείκτη σε σύγκριση με τον δείκτη j . Εάν $r_{ij} > 1$, τότε ο δείκτης i είναι πιο σημαντικός από τον δείκτη j , ενώ εάν $r_{ij} < 1$, ο δείκτης i είναι λιγότερο σημαντικός από τον δείκτη j . Εάν οι δύο δείκτες έχουν την ίδια σημασία, τότε $r_{ij} = 1$. Οι αριθμητικές τιμές ικανοποιούν την συνθήκη που δίνεται από την εξίσωση: $r_{ij} \cdot r_{ji} = 1$.

	Σ.Ρ	Κ	Χ.Γ	Υ	Ι.Π.	Π.Π.	Ε.Η	Α	Ε.Τ	Ε.Α.
Σ.Ρ	1	2	2	3	3	2	2	4	5	7
Κ	1/2	1	3	4	4	4	4	5	7	7
Χ.Γ.	1/2	1/3	1	3	3	2	2	4	5	7
Υ	1/3	1/4	1/3	1	3	3	3	5	7	9
Ι.Π.	1/3	1/4	1/3	1/3	1	2	2	4	5	7
Π.Π.	1/2	1/4	1/2	1/3	1/2	1	2	3	5	7
Ε.Η	1/2	1/4	1/2	1/3	1/2	1/2	1	2	3	5
Α	1/4	1/5	1/4	1/5	1/4	1/3	1/2	1	3	5
Ε.Τ.	1/5	1/7	1/5	1/7	1/5	1/5	1/3	1/3	1	3
Ε.Α	1/7	1/7	1/7	1/9	1/7	1/7	1/5	1/5	1/3	1

Πίνακα σύγκρισης ζευγών: Σ.Ρ: Συσσώρευση ροής, Κ: Κλίση, Χ.Γ: Χρήσεις γης, Υ: Υψόμετρο, Ι.Π.: Ιστορικό πλημμύρας, Π.Π.: Πληθυσμιακή πυκνότητα, Ε.Η: Ευάλωτες ηλικιακές ομάδες, Α: Άνεργοι, Ε.Τ: Εργαζόμενοι στον 3γενή τομέα, Ε.Α.:Ενήλικες αναλφάβητοι (Ίδια επεξεργασία)

Στον παραπάνω πίνακα αποτυπώνεται η σχετική σημασία κάθε παράγοντα με βάση τη συμβολή τους σε ένα γεγονός πλημμύρας. Για παράδειγμα, στη σχέση της συσσώρευσης ροής και των μεταβλητών κλίση, χρήσεις γης, πληθυσμιακή πυκνότητα και ευάλωτες ηλικιακές ομάδες δόθηκε ένα μικρό προβάδισμα στη σημασία της συσσώρευσης ροής, αφού αποτελεί το σημαντικότερο παράγοντα για το που κατευθύνεται το νερό και κατά συνέπεια τη χωρική αποτύπωση μιας πιθανής πλημμύρας.

Ακολουθούν οι παράγοντες υψόμετρο και ιστορικό πλημμύρας ευνοώντας τη σημασία της συσσώρευσης ροής σε σχέση με αυτούς. Όσον αφορά στις μεταβλητές ανεργία, εργαζόμενοι στον τριτογενή τομέα και ενήλικες αναλφάβητοι, η συσσώρευση ροής τίθεται με πολύ ισχυρή σπουδαιότητα έναντι αυτών.

Μετά την κατασκευή του πίνακα A, ένας κανονικοποιημένος πίνακας σύγκρισης ζευγών προέκυψε διαιρώντας κάθε τιμή του r_{ij} με το άθροισμα όλων των τιμών αυτής της στήλης.

	Σ.Ρ	Κ	Χ.Γ	Υ	Ι.Π.	Π.Π.	Ε.Η	Α	Ε.Τ	Ε.Α.
Σ.Ρ	0,24	0,42	0,24	0,24	0,19	0,13	0,12	0,14	0,12	0,12
Κ	0,12	0,21	0,36	0,32	0,26	0,26	0,23	0,18	0,17	0,12
Χ.Γ.	0,12	0,07	0,12	0,24	0,19	0,13	0,12	0,14	0,12	0,12
Υ	0,08	0,05	0,04	0,08	0,19	0,20	0,18	0,18	0,17	0,16
Ι.Π.	0,08	0,05	0,04	0,03	0,06	0,13	0,12	0,14	0,12	0,12
Π.Π.	0,12	0,05	0,06	0,03	0,03	0,07	0,12	0,11	0,12	0,12
Ε.Η	0,12	0,05	0,06	0,03	0,03	0,03	0,06	0,07	0,07	0,09
Α	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,07	0,09
Ε.Τ.	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,05
Ε.Α	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02

Κανονικοποιημένος πίνακας σύγκρισης ζευγών: Σ.Ρ: Συσσώρευση ροής, Κ: Κλίση, Χ.Γ: Χρήσεις γης, Υ: Υψόμετρο, Ι.Π.: Ιστορικό πλημμύρας, Π.Π.: Πληθυσμιακή πυκνότητα, Ε.Η: Ευάλωτες ηλικιακές ομάδες, Α: Άνεργοι, Ε.Τ: Εργαζόμενοι στον 3γενή τομέα, Ε.Α.: Ενήλικες αναλφάβητοι (Ιδία επεξεργασία)

Στη συνέχεια, φορέας σχετικού βάρους εκτιμήθηκε με τον μέσο όρο των τιμών σε κάθε σειρά της κανονικοποιημένης μήτρας σύγκρισης ζεύγους. Η μέθοδος AHP παρέχει τη δυνατότητα ελέγχου του συνεκτικότητας των εκτιμώμενων βαρών. Αυτό γίνεται με το λόγο συνοχής (CR):

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Όπου CI είναι ο δείκτης συνέπειας και υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τον παρακάτω τύπο:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

όπου λ_{\max} είναι η μεγαλύτερη ιδιοτιμή του πίνακα και n είναι ο αριθμός των δεικτών. Το RI είναι μια σταθερά που εξαρτάται από το n όπως φαίνεται στον πίνακα .

Όταν CR <0.1, η αξιολόγηση είναι συνεπής και μπορούν να αναμένονται αξιόπιστα αποτελέσματα από το μοντέλο AHP (Rubio et al., 2019). Στην περίπτωση της παρούσας εργασίας η τιμή της σταθεράς είναι 1,49 και η τιμή του δείκτη συνέπειας 0,07.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Τα βάρη για κάθε παράμετρο διαμορφώνονται ως εξής:

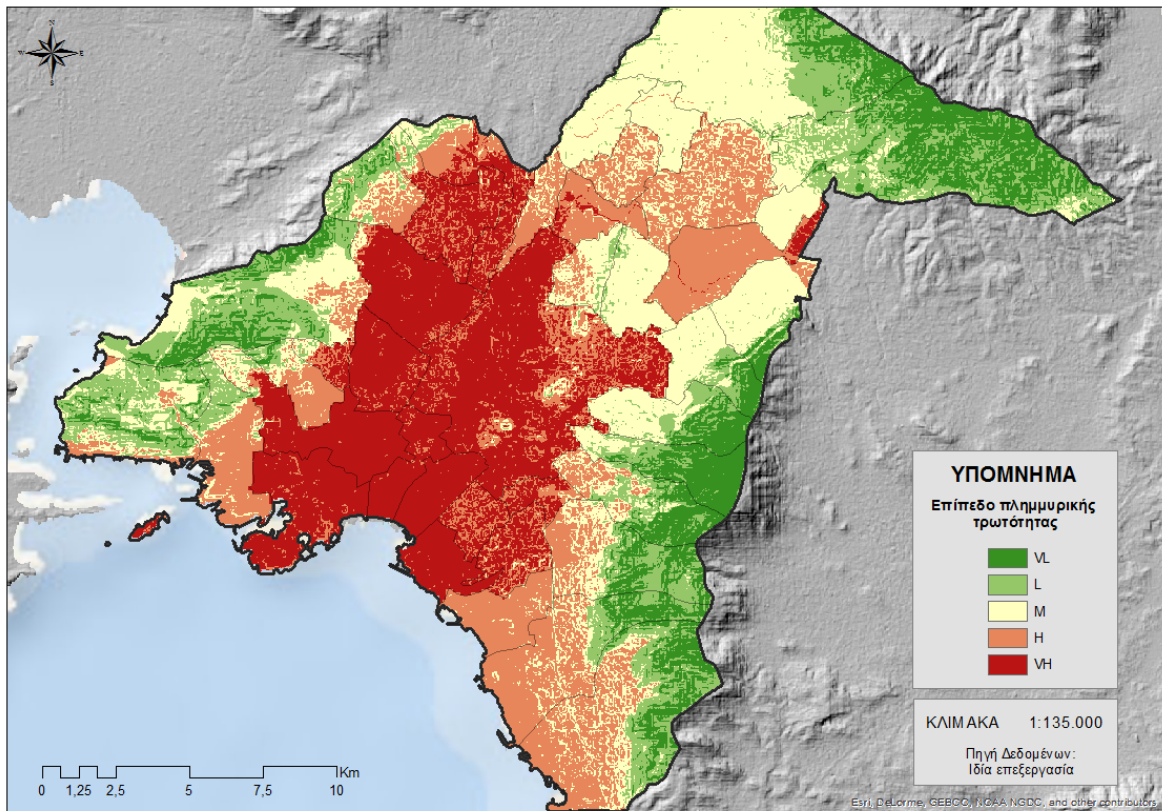
Συσσώρευση ροής	0,20
Κλίση	0,22
Χρησεις Γης	0,14
Υψόμετρο	0,13
Ιστορικό Πλημμύρας	0,09
Πληθυσμιακή Πυκνότητα	0,08
Ευάλωτες Ηλικιακές Ομάδες	0,06
Ανεργοί	0,04
Εργαζόμενοι στον 3γενή	0,02
Ενήλικες Αναλφάβητοι	0,02

Τέλος, ο δείκτης πλημμυρικής τρωτότητας υπολογίζεται ως εξής:

$$FVI = \sum [r_1W_1 + r_2W_2 + r_3W_3 + r_4W_4 + r_5W_5 + r_6W_6 + r_7W_7 + r_8W_8 + r_9W_9 + r_{10}W_{10}]$$

4.6. | Αποτελέσματα

Στο χάρτη που ακολουθεί αποτυπώνεται η κατάταξη των περιοχών όσον αφορά το επίπεδο τρωτότητας στην πλημμύρα μέσω του δείκτη πλημμυρικής τρωτότητας. Δίνεται με αυτό τον τρόπο μια εικόνα σχετικά με ποιες περιοχές θα πρέπει να εστιάσει ο σχεδιασμός για την εφαρμογή κατάλληλων μέτρων. Η τρωτότητα αξιολογήθηκε σε πέντε επίπεδα πολύ χαμηλή, χαμηλή, μέτρια υψηλή, πολύ υψηλή.



Εικόνα 69: Επίπεδο πλημμυρικής τρωτότητας (Ίδια επεξεργασία)

Τα αποτελέσματα δείχνουν σαφώς ότι ένα σημαντικό ποσοστό (47%) του λεκανοπεδίου εμφανίζει «πολύ υψηλή» ή «υψηλή» πλημμυρική τρωτότητα. Συγκεκριμένα, οι περιοχές με βαθμό πλημμυρικής τρωτότητας «πολύ υψηλό» και «υψηλό» καταλαμβάνουν 96,37 km² (24%) και 93,59 km² (23%) της συνολικής έκτασης του Λεκανοπεδίου και κατανέμονται κατά κύριο λόγο στο κεντροδυτικό και νότιο τμήμα του.

Οι περιοχές αυτές είναι εκείνες στις οποίες συσσωρεύεται η ροή του νερού, εμφανίζουν τις χαμηλότερες κλίσεις και υψόμετρο. Παράλληλα, είναι εκείνες οι περιοχές που συναντάται συνεχής αστικός ιστός ενώ ιστορικά εμφανίζουν τα περισσότερα γεγονότα πλημμύρας. Τέλος, οι περιοχές αυτές κρίνονται ευάλωτες και ως προς τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά τους.

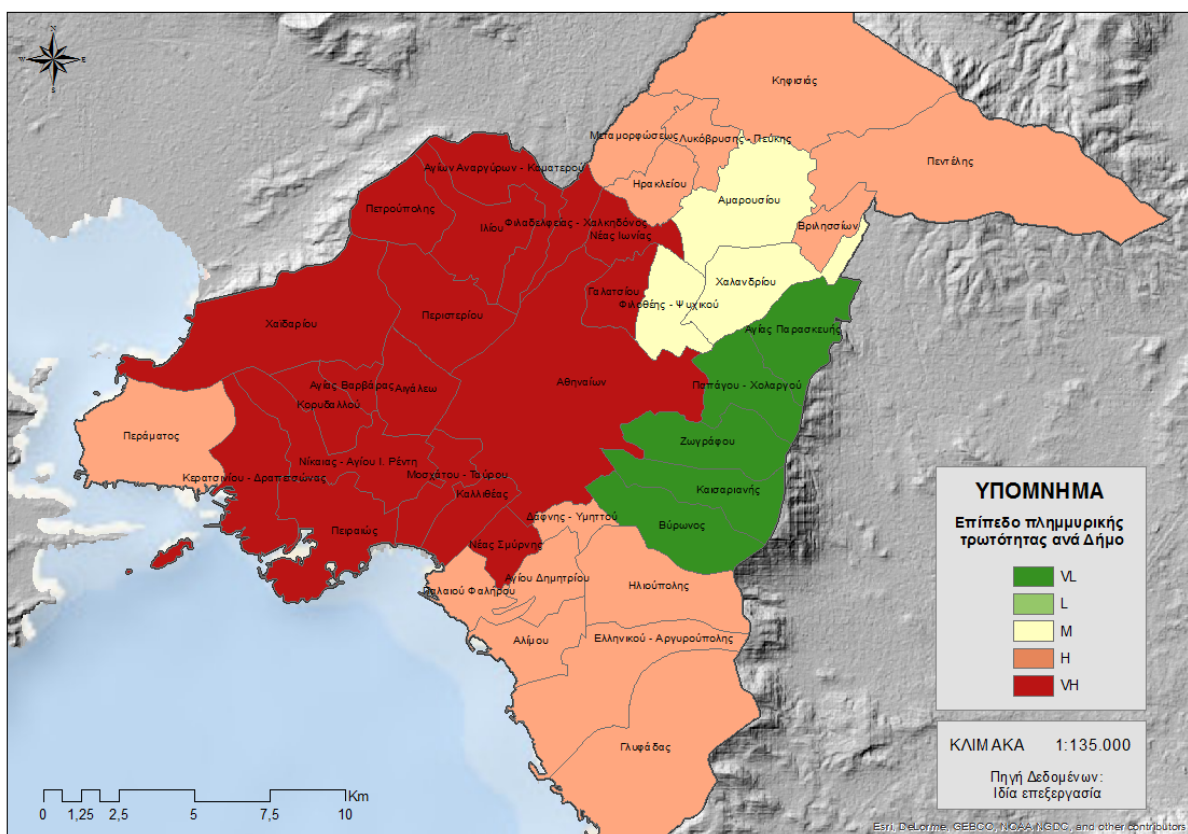
«Μέτριο» βαθμό πλημμυρικής τρωτότητας συγκεντρώνει έκταση 101,95 km² (25%) του Λεκανοπεδίου και κατανέμεται στο βορειοανατολικό τμήμα του. Εδώ συναντάται λιγότερης έντασης συσσώρευσης ροής ενώ το υψόμετρο και οι κλίσεις μεγαλώνουν με αποτέλεσμα λιγότερη τρωτότητα στην πλημμύρα. Στο βόρειο τμήμα συναντώνται ευάλωτες ηλικιακές ομάδες ωστόσο τα υπόλοιπα κοινωνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά που εξετάζονται εμφανίζουν χαμηλότερο βαθμό τρωτότητας.

Τέλος, βαθμό «χαμηλό» και «πολύ χαμηλό» πλημμυρικής τρωτότητας συγκεντρώνει έκταση 66,60 km² (16%) και 48,28 km² (12%) αντίστοιχα, όπου περιλαμβάνουν τις περιοχές στα ορεινότερα τμήματα του Λεκανοπεδίου, όπου συνδυαστικά τα στοιχεία που μελετήθηκαν συγκεντρώνουν χαμηλά ποσοστά.

Εξετάζοντας τα αποτελέσματα σε επίπεδο Δήμου παρατηρείται ότι βαθμό τρωτότητας «πολύ υψηλό» παρουσιάζουν κυρίως οι Δήμοι της δυτικής Αθήνας με το Αιγάλεω και το Περιστερί να συγκεντρώνουν τα μεγαλύτερα ποσοστά. Ακολουθούν οι Δήμοι του νότιου τομέα με τους Δήμους Μοσχάτου-Ταύρου, Παλαιού Φαλήρου και Αγίου Ιωάννου-Ρέντη να συγκεντρώνουν τα μεγαλύτερα ποσοστά. Τέλος, σημαντικό ποσοστό (75%) παρουσιάζει και ο Δήμος Αθηναίων. «Υψηλό» βαθμό τρωτότητας παρουσιάζουν οι Δήμοι Καλλιθέας, Αλίμου και Χαλανδρίου με ποσοστά 100%. 95% και 90% αντίστοιχα. «Πολύ χαμηλά» και «χαμηλά» επίπεδα τρωτότητας εμφανίζουν οι Δήμοι Καισαριανής, Πεντέλης και Βύρωνα (63%, 45% και 35%) καθώς και οι Δήμοι Περάματος και Χαϊδαρίου (52% και 42%). Μια γενικευμένη εικόνα του επιπέδου της τρωτότητας παρουσιάζεται και στο χάρτη που ακολουθεί.

	ΔΗΜΟΣ	VL	L	M	H	VH
1	ΑΘΗΝΑΙΩΝ	0%	0%	3%	22%	75%
2	ΒΥΡΩΝΟΣ	35%	26%	22%	17%	0%
3	ΓΑΛΑΤΣΙΟΥ	0%	9%	65%	25%	1%
4	ΔΑΦΝΗΣ - ΥΜΗΤΤΟΥ	0%	0%	3%	41%	56%
5	ΖΩΓΡΑΦΟΥ	32%	22%	46%	0%	0%
6	ΗΛΙΟΥΠΟΛΕΩΣ	23%	28%	24%	25%	0%
7	ΚΑΙΣΑΡΙΑΝΗΣ	63%	21%	15%	1%	0%
8	ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑΣ - ΧΑΛΚΗΔΟΝΟΣ	0%	0%	22%	72%	6%
9	ΑΜΑΡΟΥΣΙΟΥ	0%	1%	32%	67%	0%
10	ΑΓΙΑΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ	12%	8%	74%	6%	0%
11	ΒΡΙΛΗΣΣΙΩΝ	1%	13%	83%	3%	0%
12	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	0%	0%	37%	63%	0%
13	ΚΗΦΙΣΙΑΣ	13%	22%	65%	0%	0%
14	ΛΥΚΟΒΡΥΣΗΣ - ΠΕΥΚΗΣ	0%	2%	96%	2%	0%
15	ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ	0%	3%	94%	3%	0%
16	ΝΕΑΣ ΙΩΝΙΑΣ	0%	0%	4%	84%	12%
17	ΠΑΠΑΓΟΥ - ΧΟΛΑΡΓΟΥ	19%	18%	61%	0%	2%
18	ΠΕΝΤΕΛΗΣ	45%	42%	13%	0%	0%
19	ΦΙΛΟΘΕΗΣ - ΨΥΧΙΚΟΥ	0%	6%	91%	3%	0%
20	ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ	0%	0%	3%	90%	7%

21	ΠΕΡΙΣΤΕΡΙΟΥ	0%	0%	4%	6%	90%
22	ΑΓΙΑΣ ΒΑΡΒΑΡΑΣ	0%	6%	19%	33%	42%
23	ΑΓΙΩΝ ΑΝΑΡΓΥΡΩΝ - ΚΑΜΑΤΕΡΟΥ	0%	7%	10%	39%	44%
24	ΑΙΓΑΛΕΩ	0%	0%	0%	6%	94%
25	ΙΛΙΟΥ	0%	4%	6%	25%	65%
26	ΠΕΤΡΟΥΠΟΛΕΩΣ	9%	37%	26%	28%	0%
27	ΧΑΪΔΑΡΙΟΥ	22%	42%	29%	7%	0%
28	ΚΑΛΛΙΘΕΑΣ	0%	0%	0%	100%	0%
29	ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ	0%	0%	0%	5%	95%
30	ΑΛΙΜΟΥ	0%	0%	3%	95%	2%
31	ΓΛΥΦΑΔΑΣ	18%	25%	18%	39%	0%
32	ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ - ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗΣ	13%	15%	14%	58%	0%
33	ΜΟΣΧΑΤΟΥ - ΤΑΥΡΟΥ	0%	0%	0%	5%	95%
34	ΝΕΑΣ ΣΜΥΡΝΗΣ	0%	0%	0%	40%	60%
35	ΠΑΛΑΙΟΥ ΦΑΛΗΡΟΥ	0%	0%	0%	5%	95%
36	ΠΕΙΡΑΙΩΣ	0%	0%	0%	10%	90%
37	ΚΕΡΑΤΣΙΝΙΟΥ - ΔΡΑΠΕΤΣΩΝΑΣ	2%	19%	14%	63%	2%
38	ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΥ	5%	13%	20%	60%	2%
39	ΝΙΚΑΙΑΣ – ΑΓ. Ι.ΡΕΝΤΗ	0%	3%	10%	5%	82%
40	ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ	11%	52%	26%	11%	0%
Κατάταξη δήμων ανά βαθμό πλημμυρικής τρωτότητας						



Εικόνα 70: Πλημμυρική τρωτότητα σε επίπεδο δήμου (Ιδία επεξεργασία)

5. | Συμπεράσματα

Μια πόλη βάλλεται από πληθώρα κινδύνων. Οι φυσικοί κίνδυνοι είναι το αναπόφευκτο κομμάτι των καταστροφών αποτελώντας ένα στοιχείο μεταξύ ανθρώπου και φύσης ανά τους αιώνες. Για το λόγο αυτό το τι καθιστά την πόλη τρωτή σε ένα φυσικό κίνδυνο αποτελεί ένα ενδιαφέρον κομμάτι έρευνας.

Οι πλημμύρες είναι ένα φυσικό γεγονός όπου στην αλληλεπίδρασή τους με την πόλη μπορεί να αποτελέσουν στοιχείο καταστροφής. Ο αυξανόμενος αριθμός καταστροφών από πλημμύρες οδηγεί στην αναζήτηση του τρόπου με τον οποίο αυτό μπορεί να ελεγχθεί και να αποφευχθεί μέσα από το κομμάτι του σχεδιασμού της πόλης.

Μια πόλη απόλυτα ασφαλής από πλημμύρες είναι αδύνατο να υπάρξει. Ωστόσο, η βαθύτερη κατανόηση του φαινομένου, μέσα από τη μελέτη αυτού, συμβάλει στην καλύτερη θωράκιση της. Κατά τη διάρκεια της παρούσας μελέτης έγιναν πολλές σκέψεις σχετικά με την τρωτότητα και τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να μετρηθεί. Έγινε μια προσπάθεια ανασκόπησης του ζητήματος αυτού μέσα από τη διεθνή βιβλιογραφία έτσι ώστε να εντοπιστούν τα κατάλληλα εργαλεία που θα βοηθήσουν στην κατεύθυνση αυτή.

Εστιάζοντας στην εκτίμηση της τρωτότητας έναντι κινδύνου πλημμύρας έγινε μια διερεύνηση σχετικά με τον τρόπο που αυτή μπορεί να αποτυπωθεί χωρικά. Στο πλαίσιο

αυτό πραγματοποιήθηκε ανασκόπηση σχετικά με τους δείκτες τρωτότητας για την πλημμύρα. Όπως έγινε αντιληπτό, για την επίτευξη αυτού του στόχου σημαντική είναι η σφαιρική προσέγγιση της έννοιας της τρωτότητας, με ιδιαίτερη προσοχή σε όλες τις συνιστώσες της.

Για την αποτύπωση λοιπόν της τρωτότητας για το λεκανοπέδιο Αθηνών καθορίζεται ένας δείκτης ο οποίος συνίσταται από επιμέρους μεταβλητές. Στην παρούσα εργασία, ο δείκτης που χρησιμοποιείται θεωρείται πως ανταποκρίνεται σε μεγάλο βαθμό στην εκπλήρωση του στόχου, δεδομένου ότι για τον υπολογισμό του λαμβάνονται υπόψη αρκετές παράμετροι που παίζουν σημαντικό ρόλο στη ζήτηση της πλημμύρας.

Οι μεταβλητές που επιλέχθηκαν αφορούν πολλά συστατικά μέρη ενός αστικού συστήματος, όπως είναι τα φυσικά και περιβαλλοντικά, τα κοινωνικοοικονομικά και τα στοιχεία του δομημένου περιβάλλοντος. Οι μεταβλητές αυτές αναλύθηκαν μέσω της εφαρμογής της αναλυτικής ιεραρχικής μεθόδου (AHP), η οποία χρησιμοποιείται ευρέως. Υπογραμμίζεται η χρησιμότητα των συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών, με τη βοήθεια των οποίων ήταν εφικτή η επεξεργασία των δεδομένων για την παραγωγή του δείκτη και η επισκόπηση των αποτελεσμάτων σε χάρτες, όπου τα δεδομένα αποκτούν πλέον χωρική διάσταση, ενώ η έννοια της τρωτότητας μπορεί πλέον να προσδιοριστεί και να ποσοτικοποιηθεί.

Η εκτίμηση της πλημμυρικής τρωτότητας καθίσταται σημαντικός παράγοντας για τον καθορισμό και η ιεράρχηση σχεδίων δράσης, για τη διαχείριση των πλημμυρών και μπορεί να βελτιώσει τις τοπικές πρακτικές λήψης αποφάσεων με κατάλληλα μέτρα για τη μείωση της ευπάθειας σε διαφορετικά χωρικά επίπεδα. Η σύνθετη έννοια της τρωτότητας αποτελεί ενδιαφέρον ερευνητικό αντικείμενο που μεταβάλλεται στο χώρο και στο χρόνο. Ο πλημμυρικός κίνδυνος είναι ένα μέγεθος που συνδέεται άρρηκτα με τους παράγοντες του περιβάλλοντος και επηρεάζει τη ζωή των ανθρώπων, την οικονομική δομή, τους παραγωγικούς τομείς και τις υποδομές.

Για τον σχεδιασμό μιας πόλης η εκτίμηση της τρωτότητας κρίνεται σημαντική αφού μέσω αυτής καθορίζονται περιοχές καταλληλότητας και απαγορευμένες ζώνες δραστηριοτήτων, αποτυπώνονται περιοχές με ιδιαίτερες κοινωνικοοικονομικές ανάγκες που χρειάζονται και τα απαραίτητα μέτρα και δράσεις. Ο καθορισμός αυτών των περιοχών αλλά και τα συγκεκριμένα μέτρα όσον αφορά στις πλημμύρες αποτελούν ένα επόμενο βήμα της εργασίας. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη μελέτη επιπλέον παραγόντων αλλά και εμπάθυνση στο τι πρέπει να κάνει ο σχεδιασμός τελικά.

Σίγουρα πρέπει να δεχτούμε να ζούμε με το νερό αντί να καταπολεμούμε τις πλημμύρες μέσα από την κατασκευή εμποδίων και την άμυνα. Είναι βέβαιο ότι η πραγματοποίηση αυτών των αλλαγών είναι μια εξαιρετικά μακροπρόθεσμη και δύσκολη προοπτική, δεδομένης της ιστορίας και της προσήλωσής μας στην ανάπτυξη σε περιοχές με επιπτώσεις πλημμυρών πλησίον ποταμών και ακτών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση

- Alexander, D. (1993). *Natural disasters*. London: UCL Press.
- Balica et al, (2010). «Reducing the complexity of the flood vulnerability index». *Environmental Hazards*, Vol. 9, pp. 321–339
- Barredo, J. I. (2007). «Major flood disasters in Europe: 1950–2005». *Natural Hazards*, Vol. 42, pp.125–148.
- Barredo, J. I. (2009). «Normalised flood losses in Europe: 1970–2006». *Natural Hazards and Earth System Science*, Vol. 9, pp. 97–104.
- Bathrellos, G. D., Karymbalis, E., Skilodimou, D. H., Gaki-Papanastassiou, K., Baltas, A. E. (2016). «Urban flood hazard assessment in the basin of Athens Metropolitan city, Greece». *Environmental Earth Sciences*, Vol. 75, pp. 319.
- Behanzin, D. I., Thiel, M., Szarzynski, J., Boko, M. (2015). «GIS-Based Mapping of Flood Vulnerability and Risk in the Bénin Niger River Valley». *International Journal of Geomatics and Geosciences*, Vol. 6.
- Blistanova, M., Zeleňáková, M., Blistan, P., Ferencz, V. (2016). «Assessment of flood vulnerability in Bodva river basin, Slovakia». *Acta Montanistica Slovaca*, Vol. 21, pp. 19–28.
- Boruff, B.J., Emrich, C., Cutter, S.L., (2005), «Erosion Hazard Vulnerability of Us Coastal Counties», *Journal of Coastal Research*, Vol. 21, pp. 932-942
- Bronstert, A. (2003). «Floods and Climate Change: Interactions and Impacts». *Risk Analysis*, Vol. 23, pp. 545–557.
- Central Intelligence Agency, (2005), *The World Factbook*
- Cutter, S. L. (1996). «Vulnerability to environmental hazards». *Progress in Human Geography*, Vol. 20, pp. 529–539.
- Diakakis, M., Deligiannakis, G., Pallikarakis A., Skordoulis, M. (2016). «Factors controlling the spatial distribution of flash flooding in the Complex environment of a metropolitan urban area. The case of Athens 2013 flash flood event». *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Vol. 18, pp. 171–180.
- Downton, M. W., Pielke, R. A. (2001). «Discretion without Accountability: Politics, Flood Damage, and Climate». *Natural Hazards Review*, Vol. 2, pp. 157–166.
- European Exchange Circle on Flood Mapping (2007). *Handbook on good practices for flood mapping in Europe*. Paris, Bern.
- Forte F., Pennetta L., Strobl O. R. (2005). «Historic records and GIS applications for flood risk analysis in the Salento peninsula (southern Italy)». *Natural Hazards and Earth System Sciences*, Vol. 5, pp. 833–844.
- Ganoulis J., (2003), «Risk-based floodplain management: A case study from Greece», *Intl. J. River Basin Management* Vol. 1, pp. 41–47.
- Golian, S., Saghafian, B., Maknoon, R. (2010). «Derivation of Probabilistic Thresholds of Spatially Distributed Rainfall for Flood Forecasting». *Water Resour Management*, Vol. 24, pp. 3547–3559.
- Gu, H., Du, S., Liao, B., Wen, J., Wang, C., Chen, R., Chenc, B. (2018). «A hierarchical pattern of urban social vulnerability in Shanghai, China and its implications for risk management». *Sustainable Cities and Society*. Vol. 41, pp. 170–179.

- Jakubicka, T., Vos, F., Phalkey, R., Marx, M., Guha-Sapir, D. (2010). Health impacts of floods in Europe: data gaps and information needs from a spatial perspective. A MICRODIS report. Brussels, Centre for Research on the Epidemiology of Disasters.
- Jongman, B., Kreibich, H., Apel, H., Barredo, J. I., Bates, P. D., Feyen, L.,... Ward, P. J. (2012). «Comparative flood damage model assessment: towards a European approach». *Natural Hazards and Earth System Sciences (NHESS)*, Vol. 12, pp. 3733–3752.
- Jonkman, S. N., Kelman, I. (2005). «An Analysis of the Causes and Circumstances of Flood Disaster Deaths». *Disasters*, Vol. 29, pp. 75–97.
- Kazakis, N., Kougias, I., Patsialis, T. (2015). «Assessment of flood hazard areas at a regional scale using an index-based approach and Analytical Hierarchy Process: Application in Rhodope–Evros region», Greece. *Science of the Total Environment*, Vol. 538, pp. 555–563.
- Kang, J.-L., Su, M.-D., Chang, L.-F. (2005). «Loss Functions and Framework for Regional Flood Damage Estimation in Residential Area». *Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 13, pp. 193–199.
- Kelman I. (2008). *Addressing the Root Causes of Large-Scale Disasters*. Στο Gad-el Hak M. *Large-Scale Disasters: Prediction, Control and Mitigation*. New York: Cambridge University Press.
- Kablan, A. K. M., Dongo, K., Coulibaly, M. (2017). «Assessment of Social Vulnerability to Flood in Urban Côte d'Ivoire. Using the MOVE Framework». *Water* 2017, Vol. 9, pp. 292.
- Kourgialas, N., & Karatzas, P. G. (2016). «A flood risk decision making approach for Mediterranean tree crops using GIS; climate change effects and flood-tolerant species». *Environmental Science & Policy*, Vol. 63, pp. 132–142.
- Kourgialas N., Nektarios, Karatzas, P. G (2011). «Flood management and a GIS modeling method to assess flood-hazard areas—a case study». *Hydrological Sciences Journal*, Vol. 56, pp. 212-225.
- Kundzewicz, Z. W., & Schellnhuber, H.-J. (2004). «Floods in the IPCC TAR Perspective». *Natural Hazards*, Vol. 31, pp. 111–128.
- Local Government Association. (2009). *Coastal flooding and erosion*.
- Menne, B., Murra, V. (2013). *Floods in the WHO European Region: health effects and their prevention*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- Moss, T., Monstadt, J. (2008). *Restoring floodplains in Europe: Policy Contexts and Project Experiences*. London: IWA.
- Munich RE. (2017). TOPICS GEO. 2016: Year of the floods. Munich.
- Nasiri, H. M., Yusof, J. M., Ali, T. A. M, Hussein, M. K. B. (2017). «District flood vulnerability index: urban decision-making tool». *International Journal of Environmental Science and Technology*, Vol. 16, pp. 2249–2258
- Ouma, O. Y., Tateishi, R. (2014). «Urban Flood Vulnerability and Risk Mapping Using Integrated Multi-Parametric AHP and GIS: Methodological Overview and Case Study Assessment». *Water* 2014, Vol. 6, pp. 1515-1545
- Papanastassiou D, Chalkias C., Karymbalis E. (2008), «Seismic intensity maps in Greece since 1953 using GIS techniques», 31st General Assembly of the European Seismological Commission, Hersonissos, Crete, Greece

- Park, K., Lee M.-H. (2019). «The Development and Application of the Urban Flood Risk Assessment Model for Reflecting upon Urban Planning Elements». *Water* 2019, Vol. 11, pp. 920
- Pilon, P. (2004). *Guidelines for Reducing Flood Losses*. Geneva, Switzerland: United Nations - Headquarters (UN).
- Rubio, P. C. J. Yu, I., Kim, H., Kim, S., Jeong, S. (2019). «An Investigation of the Adequacy of Urban Evacuation Centers Using Index-based Flood Risk Assessment». *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 19, pp.197-207.
- Smith, K., Ward, R. (1998). *Floods: Physical processes and human impacts*. London: John Wiley.
- Smith, K. (1996). *Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster*. London and New York: Routledge
- Stathis, D. [2004], «Extreme rainfall-events and flood-genesis in Greece», 7th Panhellenic Geographical Conference of the Hellenic Geographical Society, Mytilene, Greece.
- Toosi, S. A., Calbimonte, H. G., Nouri, H., Alaghmande, S., (2019). «River basin-scale flood hazard assessment using a modified multi-criteria decision analysis approach: A case study». *Journal of Hydrology*, Vol. 574, pp. 660–671.
- UN/ISDR (2009). *UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction*. Geneva: UNISDR.
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I. (2004). *At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*. London and New York: Routledge.
- World Meteorological Organization. (2012), «WMO statement on the status of the global climate in 2011.
- Ward, R. C., Robinson, M. (2000). *Principles of hydrology*. Berkshire: McGraw-Hill.
- Yusuf, A. A. &, Francisco, H. (2009). «Climate Change. Vulnerability Mapping for Southeast Asia». *International Development Research Center*. Canada
- Yalcin, G., Akyurek, Z. (2004). «Analysing flood vulnerable areas with multicriteria evaluation».

Ελληνόγλωσση

- Ακύλας Ε., Λυκούδης Σ., Λάλας Δ., (2005), «Κλιματική Αλλαγή στον Ελλαδικό Χώρο, Ανάλυση Παρατηρήσεων: Τάσεις των τελευταίων 100 ετών», Αθήνα
- Ανδρεαδάκης, Ε., Φουντούλης, Ι., (2007), «Εκτίμηση πλημμυρικής επικινδυνότητας σε τεκτονικά ενεργές περιοχές», *Συμπόσιο Τεκτονικής Γεωλογίας προς τιμήν του Ομότιμου Καθηγητή Ηλία Μαριολάκου*, Αθήνα.
- Δελλαδέτσιμας, Π. Μ. (2009). *Οι ασφαλείς πόλεις*, Αθήνα: Εξάντας.
- Διακάκης, Μ. (2012). *Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας με τη Χρήση Μοντέλων Προσομοίωσης*. Διδακτορική Διατριβή. Αθήνα: ΕΚΠΑ.
- Διακάκης, Μ. (2017). Σημειώσεις μαθήματος: «Πλημμυρικά φαινόμενα και διαχείριση πλημμυρικών φαινομένων» του ΠΜΣ «Στρατηγικές Διαχείρισης Καταστροφών και Κρίσεων». Αθήνα: ΕΚΠΑ.
- Ελληνική Στατιστική Αρχή. (2014). Απογραφή Πληθυσμού-Κατοικιών 2011 Δημογραφικά και κοινωνικά χαρακτηριστικά του Μόνιμου Πληθυσμού της Χώρας σύμφωνα με την αναθεώρηση των αποτελεσμάτων της Απογραφής Πληθυσμού-Κατοικιών 2011.

- Ειδική Γραμματεία Υδάτων (2013). Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος.
- Ειδική Γραμματεία Υδάτων (2012), Εφαρμογή οδηγίας 2007/60/ΕΚ Προκαταρκτική αξιολόγηση κινδύνων πλημμύρας
- Ειδική Γραμματεία Υδάτων (2017). Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Αττικής.
- Καρανασιπούλου, Ε. (2010). Φυσικές καταστροφές: Η διεθνής και Ελληνική Εμπειρία, Διπλωματική εργασία, ΑΠΘ.
- Καρύμπαλης, Ε. (2010). Επιλεγμένα θέματα για το μάθημα Υδρολογία-Διαχείριση Υδατικών Πόρων.
- Κουτσογιάννης Δ., (2002). «Για την Κάλυψη του Κηφισού Ποταμού», Μαχητική του Μοσχάτου, Αθήνα
- Λέκκας, [2000], «Φυσικές και Τεχνολογικές Καταστροφές», Β' Έκδοση, Access Pre-Press, Αθήνα.
- Λέκκας, Ε., Ανδρεαδάκης, Ε. Καπουράνη, Ε. (2016). *Επιπτώσεις Φυσικών και Τεχνολογικών Καταστροφών Περιβάλλοντος, στο Περιβάλλον*. Αθήνα.
- Λέκκας, Ε., Νάστος, Π., Λόζιος, Σ., Διακάκης, Μ., Κώτση, Ε., Γκούτης, Δ., Δελακουρίδης, Ι., Γραμπά, Α. (2018). Επιχειρησιακός σχεδιασμός για τη μείωση των επιπτώσεων από πλημμυρικά φαινόμενα στους Δήμους της Περιφερειακής Ένωσης Δήμων Αττικής (ΠΕΔΑ). Η περίπτωση της Μάνδρας ως οδηγός αναφοράς και βελτίωσης της απόκρισης σε έκτακτες ανάγκες. Ερευνητικό πρόγραμμα. ΕΚΠΑ. Αθήνα
- Μακρόπουλος, Κ., (2003), «Φυσικές Καταστροφές: Σεισμοί και Μέτρα Προστασίας», 15ο Συνέδριο Σκυροδέματος, Αλεξανδρούπολη: ΤΕΕ, ΕΤΕΚ, 25-27 Οκτωβρίου 2006
- Μαμάσης, Ν. (2007). Πλημμύρες και αντιπλημμυρικά έργα. Διαχείριση πλημμυρικού κινδύνου. Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων. ΕΜΠ, Αθήνα.
- Μπαλούτσος, Γ., (2005), «Ο κίνδυνος πλημμύρας σε λεκάνες απορροής μετά από πυρκαγιά. Μέτρα και έργα μείωσης των επιπτώσεων»
- Παπαστεφανάκης, Ν. (2009). *Στοχαστική ανάλυση του πλημμυρικού γεγονότος της 17ης Οκτωβρίου 2006 στην υδρολογική λεκάνη της Αλμυρίδας*. Μεταπτυχιακή εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά
- Παυλόπουλος, Κ., Σκέντος, Αθ., Κοταμπάση, Χ., (2005) «Γεωμορφολογική εξέλιξη του λεκανοπεδίου Αθηνών», *Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας* τομ. XXXVI.
- Σαπουντζάκη, Κ., Δανδουλάκη, Μ., [2015], *Κίνδυνοι και Καταστροφές: Έννοιες και Εργαλεία Αξιολόγησης, Προστασίας, Διαχείρισης*, ΣΕΑΒ, ΕΜΠ, Αθήνα
- Υδάτινοι Πόροι και Περιβάλλον Θεσσαλίας. (2016). Πλημμύρες.
- Υπουργείο Εσωτερικών, Οικονομικών, Ναυτιλίας, Περιβάλλοντος, Μεταφορών, Π. του Π. (2010). Αξιολόγηση και διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2007/60/ ΕΚ «για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας», του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2007.

Ιστότοποι

- https://www.emdat.be/emdat_db/
- <https://nasasearch.nasa.gov>
- <https://www.statistics.gr/>

ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Το μοντέλο του κύκλου καταστροφής (Alexander, 2002)	17
Εικόνα 2: Οι φυσικές καταστροφές σε παγκόσμια κλίμακα (https://www.iii.org).	18
Εικόνα 3: Τα είδη φυσικών καταστροφών κατά αριθμό γεγονότων (https://www.iii.org)... ..	19
Εικόνα 4: Τα είδη φυσικών καταστροφών κατά αριθμό γεγονότων, ανθρώπινων και οικονομικών απωλειών σε παγκόσμια κλίμακα (https://www.iii.org).	19
Εικόνα 5: Μηνιαία κατανομή της συχνότητας των πλημμυρών στον ελλαδικό χώρο για τη χρονική περίοδο 1880-2010 (Diakakis, et al., 2011)	20
Εικόνα 6: Σεισμός Πάρνηθα 1999 (tovima.gr)	21
Εικόνα 7: Πυρκαγιά Πάρνηθα 2007 (iefimerida.gr)	21
Εικόνα 8: Η πλημμύρα στη Μάνδρα (https://www.ert.gr)	22
Εικόνα 9: Η πλημμύρα στη Μάνδρα (https://www.ert.gr)	22
Εικόνα 10: Φυσικές καταστροφές στην Αττική από τη δεκαετία του 1960 έως σήμερα (Κοψιδά, 2019).....	22
Εικόνα 11: Χάρτης εκτίμησης πλημμυρικής τρωτότητας (Blistanova et al., 2016)	31
Εικόνα 12: Μεταβλητές για την εκτίμηση της πλημμυρικής τρωτότητας (Blistanova et al., 2016)	31
Εικόνα 13: Χάρτης εκτίμησης πλημμυρικού κινδύνου (Toosi et al.(2019)	31
Εικόνα 14: Μεταβλητές για την εκτίμηση πλημμυρικού κινδύνου (Toosi et al.(2019).....	31
Εικόνα 15: Χάρτης κινδύνου πλημμύρας (Behanzin et al, 2015)	32
Εικόνα 16: Χωρική αποτύπωση παραμέτρων κινδύνου πλημμύρας (Behanzin et al, 2015)32	
Εικόνα 17: Χάρτης εκτίμησης πλημμυρικής τρωτότητας(Behanzin et al, 2015).....	32
Εικόνα 18:Χάρτης κινδύνου πλημμύρας (Ouma et al, 2014)	32
Εικόνα 19: Διάγραμμα συσχέτισης βάθους πλημμύρας και δείκτη πλημμυτρικής τρωτότητας(Ouma et al, 2014)	32
Εικόνα 20: Χάρτης συσχέτισης βάθους και κοινωνικής τρωτότητας(Gu et al. 2018)	33
Εικόνα 21: Χωρική αποτύπωση παραμέτρων (Gu et al. 2018)	33
Εικόνα 22: Χάρτης πλημμυρικούκινδύνου (Forte et al., 2005)	33
Εικόνα 23: Χάρτης πλημμυρικής τρωτότητας (Forte et al., 2005).....	33
Εικόνα 24: Χάρτης πλημμυρικού κινδύνου & τρωτότητας (Kazakis et al., 2015)	34
Εικόνα 25: Χάρτης κινδύνου πλημμύρας(Rubio et al., 2019)	34
Εικόνα 26: Χωρική αποτύπωση συστατικών κινδύνου πλημμύρας (Rubio et al. 2019).....	34
Εικόνα 27: Χάρτης περιοχής μελέτης (Ιδία επεξεργασία)	35
Εικόνα 28: Υδρογραφικό δίκτυο Λεκανοπεδίου (Αντωνίου, 2002)	36
Εικόνα 29: Γεωλογικός χάρτης Λεκανοπεδίου Αθηνών (Αντωνίου, 2002)	38
Εικόνα 30: Χάρτης μεταλλικών σχηματισμών λεκανοπεδίου Αθηνών. (Παπανικολάου κ.α., 2004)	38
Εικόνα 31: Υδρολιθολογικός χάρτης Λεκανοπεδίου (Αντωνίου, 2002)	40
Εικόνα 32:Υδρολιθολογικός χάρτης Λεκανοπεδίου (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2013)	40
Εικόνα 33:Διακύμανση μέσης μέγιστης μηνιαίας θερμοκρασίας αέρα στο σταθμό του Ελληνικού (1970-2000) (EMY 2017).	41
Εικόνα 34:Διακύμανση μέσης ετήσιας θερμοκρασίας του αέρα στο σταθμό του Ελληνικού (1971-2000) (EMY 2017).....	41
Εικόνα 35: Διακύμανση μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης σταθμού Αστεροσκοπείου Αθηνών (σε mm) για τα έτη 1950-1999 (Λέκκας κ.α., 2018)	42

Εικόνα 36: Διακύμανση μέσης ετήσιας βροχοπτώσης σταθμού Αστεροσκοπείου Αθηνών (σε mm) για τα έτη 1971-2000. Λέκκας κ.α, 2018.....	42
Εικόνα 37: Χάρτης χρήσεων γης Π.Ε. Αττικής (ΟΡΣΑ, 2011)	43
Εικόνα 38: Μόνιμος πληθυσμός ανά δήμο, 2011 (Ιδία επεξεργασία)	44
Εικόνα 39: Διακύμανση των γεγονότων πλημμύρας στο λεκανοπέδιο της Αθήνας, μεταξύ 1880-2010 (Λέκκας κ.α., 2018)	45
Εικόνα 40: Διακύμανση των ανθρώπινων απωλειών στο λεκανοπέδιο της Αθήνας, μεταξύ 1880-2010 (Λέκκας κ.α, 2018)	45
Εικόνα 41: Χωρική αποτύπωση των πλημμυρικών φαινομένων ανά εικοσαετία στο λεκανοπέδιο της Αθήνας, μεταξύ 1880-2010 (Λέκκας κ.α, 2018)	45
Εικόνα 42: Αριθμός πλημμυρικών φαινομένων ανά Δήμο μεταξύ 1880-2010 (Diakakis, 2013)	47
Εικόνα 43: Αριθμός πλημμυρικών φαινομένων ανά κλάδο μεταξύ 1880-2010 (Diakakis, 2013)	47
Εικόνα 44: Χάρτης κατάταξης κλάδων ροής κατά Stahler (Ιδία επεξεργασία)	49
Εικόνα 45: Χάρτης της συσσώρευσης ροής για το Λεκανοπέδιο Αθηνών (Ιδία επεξεργασία)	49
Εικόνα 46: Χάρτης κλίσεων για το Λεκανοπέδιο Αθηνών (Ιδία επεξεργασία)	50
Εικόνα 47: Χάρτης υψομέτρου για το Λεκανοπέδιο Αθηνών (Ιδία επεξεργασία)	51
Εικόνα 48: Χάρτης χρήσεων γης για το λεκανοπέδιο Αθηνών (Ιδία επεξεργασία)	52
Εικόνα 49: Χάρτης γεγονότων πλημμύρας σε επίπεδο δήμου (Ιδία επεξεργασία)	53
Εικόνα 50: Χάρτης πληθυσμιακής πυκνότητας σε επίπεδο δήμου (Ιδία επεξεργασία)	54
Εικόνα 51: Διάγραμμα ευάλωτων ηλικιακών ομάδων ανά Δήμο (Ιδία επεξεργασία)	55
Εικόνα 52: Ποσοστό ευάλωτων ηλικιακών ομάδων σε επίπεδο δήμου (Ιδία επεξεργασία) ..	55
Εικόνα 53: Διάγραμμα άνεργου πληθυσμού σε επίπεδο δήμου (Ιδία επεξεργασία)	56
Εικόνα 54: Μέσο δηλωθέν εισόδημα (https://www.athenssocialatlas.gr)	57
Εικόνα 55: Ποσοστό άνεργου πληθυσμού σε επίπεδο Δήμου (Ιδία επεξεργασία)	57
Εικόνα 56: Ποσοστό εργαζόμενων στον 3γενή τομέα σε επίπεδο Δήμου (Ιδία επεξεργασία)	58
Εικόνα 57: Ποσοστό άνεργου πληθυσμού σε επίπεδο Δήμου (Ιδία επεξεργασία)	59
Εικόνα 58: Ποσοστό ενήλικων αναλφάβητων σε επίπεδο Δήμου (Ιδία επεξεργασία)	59
Εικόνα 59: Επίπεδο έντασης για τη μεταβλητή συσσώρευση ροής (Ιδία επεξεργασία)	61
Εικόνα 60: Επίπεδο έντασης για τη μεταβλητή υψόμετρο (Ιδία επεξεργασία)	62
Εικόνα 61: Επίπεδο έντασης για τη μεταβλητή κλίση (Ιδία επεξεργασία)	62
Εικόνα 62: Επίπεδο έντασης για τη μεταβλητή χρήσεις γης (Ιδία επεξεργασία)	63
Εικόνα 63: Επίπεδο έντασης για τη μεταβλητή πληθυσμιακή πυκνότητα (Ιδία επεξεργασία) ..	63
Εικόνα 64: Επίπεδο έντασης για τη μεταβλητή ευάλωτες ηλικιακές ομάδες (Ιδία επεξεργασία)	64
Εικόνα 65: Επίπεδο έντασης για τη μεταβλητή ιστορικά γεγονότα πλημμύρας (Ιδία επεξεργασία)	64
Εικόνα 66: Επίπεδο έντασης για τη μεταβλητή άνεργος πληθυσμός (Ιδία επεξεργασία)	65
Εικόνα 67: Επίπεδο έντασης για τη μεταβλητή ενήλικες αναλφάβητοι (Ιδία επεξεργασία) ..	65
Εικόνα 68: Επίπεδο έντασης για τη μεταβλητή εργαζόμενοι στον τριτογενή τομέα (Ιδία επεξεργασία)	66
Εικόνα 69: Επίπεδο πλημμυρικής τρωτότητας (Ιδία επεξεργασία)	70
Εικόνα 70: Πλημμυρική τρωτότητα σε επίπεδο δήμου (Ιδία επεξεργασία)	73