

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών & Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών
Διαχείριση & Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή



Εκτίμηση των επιπτώσεων των πλημμυρών της χειμερινής
περιόδου (2017-2018) στη Μάνδρα-Νέα Πέραμο Αττικής και
επαναχωροθέτηση καλύψεων-χρήσεων γης

Μαρίνα Καρρά

Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Γεώργιος Χαρ. Μηλιαρέσης

Ιούνιος 2019

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών & Εφαρμοσμένων Επιστημών

**Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών
Διαχείριση & Προστασία Περιβάλλοντος**

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Εκτίμηση των επιπτώσεων των πλημμυρών της χειμερινής περιόδου (2017-2018) στη Μάνδρα-Νέα Πέραμο Αττικής και επαναχωροθέτηση καλύψεων-χρήσεων γης.

Μαρίνα Καρρά

**Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Γεώργιος Χαρ. Μηλιαρέσης**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στις 14 Ιουνίου 2019 από τη Σχολή Θετικών & Εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Ιούνιος 2019

Περίληψη

Η κλιματική αλλαγή λογίζεται ως ένα από τα σπουδαιότερα προβλήματα του σύγχρονου πολιτισμού σε παγκόσμιο επίπεδο. Αποτέλεσμα αυτής είναι ορισμένες περιοχές να πλήττονται από ακραία καιρικά φαινόμενα όπως έντονες βροχοπτώσεις, καύσωνες, ξηρασίες και τυφώνες ειδικότερα τα τελευταία χρόνια. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η αιφνίδια πλημμύρα μετά από έντονη βροχόπτωση στη δυτική Αττική, πλήττοντας κυρίως τις περιοχές της Μάνδρας και της Νέας Περάμου στις 15 Νοεμβρίου 2017. Πιο συγκεκριμένα την Τρίτη και την Τετάρτη (14 και 15/11/2017) στην ευρύτερη περιοχή της Δυτικής Αττικής εκδηλώθηκαν ισχυρές βροχοπτώσεις. Ειδικότερα τη νύχτα της Τρίτης προς τη Τετάρτη στο όρος Πατέρα οι έντονες βροχοπτώσεις είχαν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μεγάλων επιφανειακών απορροών και την απόδοση μεγάλων ποσοτήτων νερού στην ευρύτερη περιοχή με διέξοδο προς τις πεδινές περιοχές της Μάνδρας και Νέας Περάμου. Ο τραγικός απολογισμός είναι 24 άτομα να χάσουν τη ζωή τους, και πολλές υποδομές και περιουσιακά στοιχεία να καταστραφούν ολοσχερώς ή μερικώς. Το GIS με χρήση ελεύθερων δεδομένων αποτελεί ένα βασικό εργαλείο για την μελέτη και αποτίμηση των πλημμυρών και την επαναχωροθέτηση καλύψεων-χρήσεων γης, τόσο για τις υπό μελέτη περιοχές όσο και για εφαρμογή τους σε περιοχές με παρόμοια χαρακτηριστικά. Η ανάλυση των δεδομένων, από δορυφορικές εικόνες, των πλημμυρών της Μάνδρας και της Νέας Περάμου στα μέσα Νοεμβρίου 2017 προσδιόρισε το νοηματικό πλαίσιο της εκδήλωσης του φαινομένου, άλλα και των ζωνών που εντοπίζονται οι καταστροφικές επιπτώσεις. Είναι σαφές ότι η γενεσιουργό αιτία των πλημμυρικών φαινομένων στην Δυτική Αττική τον Νοεμβρίου του 2017 είναι η ραγδαία με πολλή μεγάλη ένταση (ύψος βροχής στην μονάδα του χρόνου) βροχόπτωση σε περιορισμένη γεωγραφικά περιοχή που συνδέεται άμεσα με τη κλιματική αλλαγή. Στην συνέχεια τα πλημμυρικά φαινόμενα οριοθετούνται γεωγραφικά από τις γραμμές απορροής κατάντη της βροχόπτωσης, στις οποίες διοχετεύονται οι όγκοι του νερού. Οι επιπτώσεις περιορίζονται σε περιοχές που δεν είναι δυνατή η παροχέτευση των υδάτινων όγκων και των λασποροών κατά μήκος των ρεμάτων, οπότε έχουμε την εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων, εκατέρωθεν των ρεμάτων και των γραμμών απορροής. Οι επιπτώσεις και οι κίνδυνοι για την ανθρώπινη ζωή, το οικιστικό περιβάλλον και την οικονομική δραστηριότητα προσδιορίζονται από τις καλύψεις και χρήσεις γης εντός της δυνητικά, πλημμυρικής ζώνης. Με δεδομένο το νοηματικό πλαίσιο, προσδιορίσθηκαν με γεωμορφολογική και υδρολογική ανάλυση από το ΨΥΜΕ της

Ευρωπαϊκής Ένωσης, με χωρική ανάλυση 25 m, η συγκλίνουσα απορροή και οι περιοχές που εν δυνάμει πλημμυρίζουν κατά την εκδήλωση ακραίων μετεωρολογικών δεδομένων στην διοικητική περιφέρεια της Δυτικής Αττικής. Στην συνέχεια από ελεύθερα γεωγραφικά δεδομένα, όπως οι καλύψεις χρήσεις γης CORINE, ο χάρτης Google Earth, κ.α. πραγματοποιήθηκε η αξιολόγηση των περιοχών αυτών, σε σχέση με τις καλύψεις, χρήσεις γης, το συγκοινωνιακό φόρτο, και την εγγύτητα τους με αστικές συγκεντρώσεις αλλά και βιομηχανικές δραστηριότητες. Με βάση τις διαπιστώσεις αυτές διατυπώνονται προτάσεις για τον επανασχεδιασμό των καλύψεων-χρήσεων γης, έτσι ώστε τα αποτελέσματα από μελλοντικά ακραία καιρικά φαινόμενα, να αποφευχθούν ή και να μην εκτονωθούν στο πολεοδομικό ιστό και σε ζώνες βιομηχανικών δραστηριοτήτων.

Λέξεις Κλειδιά: Δυτική Αττική, πλημμύρες, κλιματική αλλαγή, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, καλύψεις και χρήσεις γης.

Summary

Climate change is considered to be one of the most important problems of modern civilization at the global level. As a result, especially in recent years, certain areas are affected by extreme weather events such as heavy rainfalls, heatwaves, droughts and hurricanes. In this study, the sudden flash-flood after heavy rainfall in Western Attica prefecture is studied that mainly affected the areas of Mandra and Nea Peramos on November 15, 2017. More specifically on Tuesday and Wednesday (14 to 15/11/2017) in the wider region of the Western Attica have experienced heavy rainfall. Particularly on Tuesday night to Mount Pateras, the intense rainfall resulted in the creation of large surface run-offs and the extraction of large quantities of water in the wider region, with a way to the lowlands of Mandra and Nea Peramos. The tragic account was in total 24 people to lose their lives, and many infrastructure and assets to be destroyed in whole or as part. Free-data GIS is a basic tool for flood study and assessment and land-use reuse for the studied areas and their application in areas with similar characteristics. The analysis of the data (from satellite images) of its floods Mandra and Nea Peramos in the mid-November of 2017 identified the conceptual context of the flood occurrences and the zones where disastrous effects are identified. It is clear that the cause of the floods in West Attica in November of 2017 was the rapid rainfall in a limited geographical area due to climate change. Flooding was then geographically delineated by the downstream drainage lines to which water volumes are circulated. Thus, the impacts are limited to areas where water cannot be drained and where mud is concentrated along the streams, so floods occur on both sides of streams and drainage lines. Impacts and risks to human life, habitat, and economic activity are recognized by land cover and uses within the potential flood zone. Given the conceptual framework, the geomorphological and hydrological analysis of the EU- digital elevation model (EU-DEM) with a spatial resolution of 25 m, acknowledged the areas where floods are possible when extreme meteorological phenomena are generated in the administrative division of Western Attica. Accordingly, from free geographic data such as CORINE land cover, Google Earth map, etc. these areas have been assessed in relation to land cover, land use, traffic load, and proximity to urban bands as well as industrial activities. Based on our findings, proposals have been made to redesign the land-use and land cover so that the effects of future extreme weather events should be avoided in the urban fabric and within the industrial zones.

Keywords: Western Attica, Flash floods, Climatic change, Geographic Information Systems, Land-cover, -use.

Ευχαριστίες

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία αποτελεί το επιστέγασμα μιας πολύμηνης προσπάθειας, που για την επιτυχή της ολοκλήρωση έχουν συμβάλει ορισμένα άτομα και τα οποία αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω. Πρώτα από όλα, θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή Δρ. Γεώργιο Μηλιαρέση, της Σχολής Θετικών & Εφαρμοσμένων Επιστημών, του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου, για τη συνεχή του καθοδήγηση και την αγαστή του επιστημονική υποστήριξη με υλικό, χρήσιμες συμβουλές και εύστοχες υποδείξεις. Δίχως αμφιβολία, η ουσιαστική του συμβολή και η παρότρυνση αποτέλεσαν κυρίαρχους παράγοντες στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Τέλος, οφείλω ευγνωμοσύνη και ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου, Σταύρο και Νίκη, που με υπομονή και κουράγιο πρόσφεραν την απαραίτητη ηθική συμπαράσταση για την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου εργασίας.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	4
Summary.....	6
Ευχαριστίες.....	7
Πίνακας περιεχομένων	8
Ευρετήριο	9
I Εικόνες.....	9
II Πίνακες.....	10
Κεφάλαιο 1.....	11
Εισαγωγή.....	11
1.1 Εισαγωγή στο Πλημμυρικό Γεγονός της Μάνδρας Αττικής.....	11
1.1.1 Διάρθρωση Εργασίας.....	12
1.2 Οι Πλημμύρες.....	13
1.2.1 Εννοιολογική Προσέγγιση και Τύποι Πλημμύρας.....	13
1.2.2 Αίτια Πλημμυρών	19
1.2.3 Επιπτώσεις Πλημμυρών	23
1.2.4 Κλιματική Αλλαγή και Πλημμύρες	25
1.3 Οι Πλημμύρες στην Μεσόγειο και την Ελλάδα	26
1.4 Καταγραφή του Συμβάντος.....	31
1.5 Σκοπός.....	32
1.6 Ερευνητικά Ερωτήματα	32
Κεφάλαιο 2.....	34
Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	34
2.1 Εισαγωγή	34
2.2 Δυτική Αττική.....	35
2.3 Καλύψεις Γης.....	40
2.4 Η Διεθνής Πραγματικότητα για τις Πλημμύρες	43
2.4.1 Το Σύστημα GRM.....	52
2.4.2. Αντιπλημμυρικά Μέτρα.....	55
2.5 Οι Ελληνικές Καταγραφές για τις Πλημμύρες στη Μάνδρα και Νέα Πέραμο	58
2.5.1 Αναφορές για την Πλημμύρα στη Μάνδρα.....	59
2.5.2 Αναφορές για την Πλημμύρα στη Νέα Πέραμο	62
Κεφάλαιο 3.....	66
Μεθοδολογία.....	66
3.1 Νοηματική Προσέγγιση	66
3.2 Ψηφιακή Αναγνώριση από Ελεύθερα Δεδομένα.....	70
3.2.1 ΨΥΜΕ EU-DEM και Παράγωγα Δεδομένα	70
3.2.2 Διοικητικές Διαιρέσεις και Χάρτες-Φωτομωσικά	76
3.2.3 Καλύψεις Γης	78
3.3. Υδρογεωμορφολογική Ανάλυση	82
Κεφάλαιο 4.....	83
4.1 Αποτελέσματα.....	83
Κεφάλαιο 5.....	94
Συμπεράσματα και Προτάσεις.....	94
Κεφάλαιο 6.....	99
6.1 Διεθνής Βιβλιογραφία	99
6.2 Ελληνική Βιβλιογραφία	107

Ευρετήριο

Ι Εικόνες

Εικόνα: 1. Χάρτης με τις θέσεις 545 πλημμυρών στην Ελληνική επικράτεια (Diakakis et al., 2012).....	28
Εικόνα: 2. Γεωλογικός χάρτης Μάνδρας και Νέας Περάμου.....	37
Εικόνα: 3. Χάρτης δικτύου ρευμάτων στην ΠΕ.ΔΥ.....	38
Εικόνα: 4. Χάρτης παρακολούθησης πλημμυρών της TRMM (Jackson et al., 2016).....	53
Εικόνα: 5. Παράδειγμα χαρτογράφου προειδοποιήσεων IFS (Jackson et al., 2016).....	54
Εικόνα: 6. Οπτικοποίηση στο συνολικό ύψος βροχής (σε mm) που έπεσε στην Δυτική Αττική από τις 14 έως τις 16 Νοεμβρίου 2017 (IMERG 2017).....	67
Εικόνα: 7. Άποψη τμήματος της πληγείσας περιοχής (21 Νοέμβριου 2017) (ESI 2017).....	68
Εικόνα: 8. Άποψη τμήματος της πληγείσας περιοχής πριν την καταστροφή (ESI 2017).....	70
Εικόνα: 9. Διαθεσιμότητα EU-DEM και η περιοχή κάλυψης (Copernicus-Land 2018).....	72
Εικόνα: 10. Η κατάτμηση του Ευρωπαϊκού χώρου και όμορων κρατών σε τμήματα (tiles) (Copernicus-Land 2018).....	72
Εικόνα: 11. Το ΨΥΜΕ της Δυτικής Αττικής (όσο φωτεινότερες οι διαβαθμίσεις του γκριζου, τόσο μεγαλύτερες οι τιμές του υψομέτρου) σε κλίμακα 1:240000.....	73
Εικόνα: 12. Το μέτρο της κλίσης (όσο φωτεινότερες οι διαβαθμίσεις του γκριζου, τόσο μεγαλύτερες οι τιμές της κλίσης) σε κλίμακα 1:240000.....	73
Εικόνα: 13. Το διάνυσμα της κλίσης σε κλίμακα 1:240000.....	74
Εικόνα: 14. Χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου με ύψος ηλίου 45 μοίρες και αζιμούθιο 315 μοίρες, σε κλίμακα 1:240000.....	74
Εικόνα: 15. Ισοϋψείς καμπύλες ανά 50 m που προήλθαν από το ΨΥΜΕ σε κλίμακα 1:240000.....	75
Εικόνα: 16. Τα διοικητικά όρια της Δυτικής Αττικής (GADM 2016) σε υπέρθεση στο φωτομωσαικό Bing Image Map (BMA 2018).....	76
Εικόνα: 17. Γεωγραφική θέση της Μάνδρας και της Νέας Περάμου ως προς το Όρος Πατέρα (Gmaps 2018).....	76
Εικόνα: 18. Τα όρια της διοικητικής διαίρεσης της Δυτικής Αττικής σε υπέρθεση σε τοπογραφικό χάρτη (STM 2018).....	77
Εικόνα: 19. Χωρική κατανομή των καλύψεων- γης Corine στην περιοχή μελέτης.....	80
Εικόνα: 20. Στιγμιότυπο προσομοίωσης ροής (όσο πιο σκούρο είναι ένα σημείο, τόσο μεγαλύτερη είναι η απορροή) που αποκαλύπτει περιοχές με υδροστρωματοροή σε αντιδιαστολή με γραμμικές ζώνες που επικρατεί η κατευθυνόμενη ροή.....	83
Εικόνα: 21. Οριοθέτηση κατευθυνόμενης ροής σε ένα στιγμιότυπο της προσομοίωσης ροής (ζώνες με απορροή κατά πολύ μεγαλύτερη από τα περιβάλλουσες ζώνες).....	84
Εικόνα: 22. Αρχικό στάδιο προσομοίωσης στο οποίο οι ζώνες που προσλαμβάνουν περισσότερη απορροή από όση εξάγουν απεικονίζονται μαύρες.....	85
Εικόνα: 23. Προχωρημένο στάδιο προσομοίωσης στο οποίο οι ζώνες που προσλαμβάνουν περισσότερη απορροή από όση εξάγουν ,απεικονίζονται μαύρες.....	86
Εικόνα: 24. Το μέτρο της κλίσης και οι εγκλιβωτισμένες κοίτες στην πεδιάδα στην ευρύτερη περιοχή της Νέας Περάμου στην πεδιάδα των Μεγάρων σε κλίμακα 1:100000.....	87
Εικόνα: 25. Το διάνυσμα της κλίσης σε κλίμακα 1:100000 στην ευρύτερη περιοχή της Μάνδρας και Νέας Περάμου.....	88
Εικόνα: 26. Χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου με ύψος ηλίου 45 μοίρες και αζιμούθιο 315 μοίρες, σε κλίμακα 1:100000.....	89

Εικόνα: 27. Ισοϋψείς καμπύλες ανά 50 m στην ευρύτερη περιοχή της Νέας Περάμου στην πεδιάδα των Μεγάρων (κλίμακα 1:100000).....	90
Εικόνα: 28. Η θέση της Νέας Περάμου στην πεδιάδα των Μεγάρων και της Μάνδρας στην πεδιάδα της Ελευσίνας ως προς το Όρος Πατέρα στο φωτομωσαϊκό (BMA 2018).....	90
Εικόνα: 29. Η θέση της Νέας Περάμου στην πεδιάδα των Μεγάρων και της Μάνδρας στην πεδιάδα της Ελευσίνας ως προς το Όρος Πατέρα στο τοπογραφικό χάρτη (STM 2018).....	91
Εικόνα: 30. Η θέση της Νέας Περάμου στην πεδιάδα των Μεγάρων και της Μάνδρας στην πεδιάδα της Ελευσίνας ως προς το Όρος Πατέρα σε τρισδιάστατη άποψη (Gmaps 2018) όπου διακρίνονται οι λασποροές στον Κόλπο της Ελευσίνας στην θαλάσσια ζώνη νότια και δυτικά του Όρους Πατέρα.....	91
Εικόνα: 31. Προχωρημένο στάδιο της προσομοίωσης ροής που εμφανίζει να εκβάλλει με υδροστρωματοροή, η απορροή μιας πλημμυρισμένης επιμήκης κοιλάδα στην Μάνδρα.....	93

II Πίνακες

Πίνακας: 1. Ταξινόμηση τύπων πλημμυρών σε σχέση με τα συμβατικά αίτια και τις επιπτώσεις τους (Martini and Loat, 2007).....	14
Πίνακας: 2. Παράγοντες πλημμυρών (Ward and Robinson, 2000; Παπαμιχαήλ, 2004, Φουμέλης, 2004; Μιμίκου και Μπαλτάς 2006).....	20
Πίνακας: 3. Δήμοι που υπάγονται στην ΠΥ ΔΑ.....	35
Πίνακας: 4. Οι χείμαρροι στις περιοχές Μάνδρα και Νέα Πέραμος (δίνονται στοιχεία για το μήκος και τις κλίσεις τους, από (ΓΕΩΤΕΕ, 2017; ΥΠΕΝ/ΕΓΥ, 2017α, β, γ).....	64
Πίνακας: 5. Οι κατηγοριοποιήσεις Corine.....	79
Πίνακας: 6. Ποσοστιαία εμφάνιση των καλύψεων γης Corine στην περιοχή μελέτης.....	81

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή στο Πλημμυρικό Γεγονός της Μάνδρας Αττικής

Οι πλημμύρες συμβαίνουν διαχρονικά, αποτελώντας μέρος των φυσικών υδρολογικών διεργασιών. Αποτελούν ένα από τα πλέον ολέθρια φυσικά φαινόμενα σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι αρνητικές επιπτώσεις των πλημμυρών είναι είτε άμεσες αφού έχουν απήχηση στις ανθρώπινες ζωές πρώτιστα και περιουσίες, αλλά και στις διάφορες τεχνικές υποδομές, αγροτικές καλλιέργειες, οικίες κ.α., είτε έμμεσες λόγω της αποδιοργάνωσης και δυσλειτουργίας των δημοσίων και ιδιωτικών υπηρεσιών και συστημάτων (Λέκκας, 2000; Diakakis and Deligiannakis, 2015). Στον εικοστό αιώνα οι πλημμύρες εμφανίζονται εντονότερα και με μεγαλύτερη συχνότητα ως συνέπεια της κλιματικής αλλαγής. Παρατηρούνται υπό δεδομένες συνθήκες, όταν δηλαδή τα τμήματα του υδρογραφικού δικτύου χωρικά δεν κατορθώνουν να αποστραγγίζουν τον μεγαλύτερο όγκο των απορρεόντων υδάτων με επακόλουθο την υπερχείλιση του υδρογραφικού δικτυού και τα ύδατα καθώς απορρέουν καταλαμβάνοντας εφήμερα περιοχές της ξηράς.

Ταυτόχρονα, η κλιματική αλλαγή θεωρείται ένα από τα σπουδαιότερα προβλήματα του σύγχρονου πολιτισμού σε παγκόσμιο επίπεδο. Αποτέλεσμα αυτής είναι ορισμένες περιοχές να πλήττονται, ειδικότερα τα τελευταία χρόνια, από ακραία καιρικά φαινόμενα όπως έντονες βροχοπτώσεις, καύσωνες, ξηρασίες και τυφώνες. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η αιφνίδια πλημμύρα μετά από έντονη βροχόπτωση στη Δυτική Αττική, πλήττοντας κυρίως τις περιοχές της Μάνδρας και της Νέας Περάμου στις 15 Νοεμβρίου 2017. Αναλυτικότερα την Τρίτη και την Τετάρτη (14 και 15/11/2017) στην ευρύτερη περιοχή της Δυτικής Αττικής εκδηλώθηκαν ισχυρές βροχοπτώσεις. Ειδικότερα τη νύχτα της Τρίτης προς τη Τετάρτη στο όρος Πατέρα οι έντονες βροχοπτώσεις είχαν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μεγάλων επιφανειακών απορροών και την απόδοση μεγάλων ποσοτήτων νερού στην ευρύτερη περιοχή με διέξοδο προς τις πεδινές περιοχές της

Μάνδρας, Νέας Περάμου κλπ. Ο τραγικός απολογισμός είναι 24 άτομα να χάσουν τη ζωή τους, και πολλές υποδομές και περιουσιακά στοιχεία να καταστραφούν ολοσχερώς ή μερικώς. Το GIS με χρήση ελεύθερων δεδομένων αποτελεί βασικό εργαλείο για την μελέτη και αποτίμηση των πλημμυρών και επαναχωροθέτηση καλύψεων-χρήσεων γης τόσο για τις υπό μελέτη περιοχές όσο και για εφαρμογή τους σε περιοχές με παρόμοια χαρακτηριστικά.

1.1.1 Διάρθρωση Εργασίας

Στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας πραγματοποιείται μια εισαγωγή στις πλημμύρες, που αποτελεί το αντικείμενο της μελέτης, θέτοντας τον κύριο σκοπό της εργασίας μας καθώς και τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν. Στη συνέχεια, αναπτύσσεται το θεωρητικό πλαίσιο που περιλαμβάνει την ανάλυση του όρου πλημμύρα, και διασαφηνίζει τις αιτίες, αλλά και περιγράφει τις συνέπειες των πλημμυρών. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναγκαία μια βιβλιογραφική ανασκόπηση που αφορά τις μελέτες της τελευταίας δεκαετίας για τις πλημμύρες, και περιλαμβάνει την ανάλυση και καταγραφή των σημαντικότερων δημοσιεύσεων για τις πλημμύρες. Στο τρίτο κεφάλαιο αναπτύσσεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, και περιλαμβάνει τη νοηματική προσέγγιση, ψηφιακή αναγνώριση από ελεύθερα δεδομένα με ΨΥΜΕ EU- DEM, και παράγωγα δεδομένα, τις διοικητικές διαιρέσεις και τους χάρτες-φωτομωσαικά, τις καλύψεις γης, με CORINE Land Cover (CLC) και την υδρογεωμορφολογική ανάλυση για τις περιοχές Μάνδρα και Νέα Πέραμος, της περιφέρειας Δυτικής Αττικής. Καταγράφονται επίσης, η νοηματική πρόσληψη της πλημμύρας και των αλληλοσχετιζόμενων γεωγραφικών παραμέτρων της, γίνεται ο εντοπισμός κατάλληλων γεωγραφικών δεδομένων και αναλύονται τα γεωργικά δεδομένα όπως ψηφιακά μοντέλα εδάφους, δορυφορικές εικόνες, χάρτες καλύψεων χρήσεων γης κ.α. που διατίθενται ελεύθερα στο νοηματικό πλαίσιο του θέματος της διατριβής με χρήση ελεύθερου λογισμικού ανοικτού κώδικα. Τα αποτελέσματα μας παρουσιάζονται, αναλύονται διεξοδικά και σχολιάζονται στο πέμπτο κεφάλαιο με σύνθεση των επιπέδων πληροφορίας και των παράγωγων τους και την τυποποίηση του προβλήματος. Στο έκτο, και τελευταίο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της ανάλυσης και προτείνονται οι παράμετροι που απαιτείται να λαμβάνονται υπόψη κατά τον σχεδιασμό στρατηγικών κατά των πλημμυρών.

1.2 Οι Πλημμύρες

1.2.1 Εννοιολογική Προσέγγιση και Τύποι Πλημμύρας

Οι πλημμύρες αποτελούν επαναλαμβανόμενα και ολέθρια φαινόμενα φυσικών καταστροφών σε παγκόσμιο επίπεδο. Η πλημμύρα, αν και είναι δύσκολο να οριστεί καταγράφεται ως η προσωρινή κάλυψη από νερό εδάφους το οποίο υπό φυσιολογικές συνθήκες δεν καλύπτεται από νερό (Smith and Ward, 1998). Η προσέγγιση αυτή, αφορά τις ακόλουθες περιπτώσεις πλημμύρας (Aroca-Jiménez, 2018):

- (i). Από υπόγεια ύδατα, που οφείλονται στην υπέρμετρη ανύψωση του υδροφόρου ορίζοντα και σε έντονες εκφορτίσεις πηγών,
- (ii). Που παράγονται από ποτάμια, ορεινούς χείμαρρους και υδατορεύματα εφήμερης ροής,
- (iii). Που οφείλονται σε αστοχίες δικτύων όπως συστήματα απορροής και μεγάλων τεχνικών έργων (θραύσεις αναχωμάτων και φραγμάτων),
- (iv). Που σχετίζονται με την ανύψωση της θάλασσας σε παράκτιες περιοχές, όπως τα τσουνάμι.

Οι κύριοι τύποι πλημμύρας σύμφωνα με βάση την πιο συνήθη ταξινόμηση (Martini and Loat, 2007), δίνονται στον Πίνακα 1 (από Jha et al., 2012).

Στο άρθρο 2 της οδηγίας 2007/60 (ΕΚ, 2007) διευκρινίζονται οι βασικές έννοιες που αφορούν τις πλημμύρες χρησιμοποιούνται ευρέως. Η πλημμύρα ως φυσικό φαινόμενο είναι δυναμικό, βίαιο, με ολέθριες συνέπειες για τον άνθρωπο και το περιβάλλον, καθώς πραγματοποιείται απρόβλεπτα και τα χρονικά όρια δράσης για την διαχείρισή της είναι περιορισμένα. Η πλημμυρική επικινδυνότητα αναφέρεται σε πλημμύρες που γίνονται σε συγκεκριμένο χώρο και περιοδικά και αντιστοιχεί σε δεδομένη περίοδο επαναφοράς (Αλεξίου, 2013). Το μέγεθος της πλημμύρας ποσοτικοποιείται διαμέσου του βάθους νερού, της ταχύτητας ροής ή κάποιου άλλου χαρακτηριστικού υδρολογικού ή υδραυλικού μεγέθους (Αλεξίου, 2013).

Πίνακας: 1. Ταξινόμηση τύπων πλημμυρών σε σχέση με τα συμβατικά αίτια και τις επιπτώσεις τους (Martini and Loat, 2007 και Jha et al., 2012).

Τύπος	Ενδεικτικά Αίτια	Ενδεικτικές Επιπτώσεις πλημμύρας
Ποτάμιες πλημμύρες	Έντονη βροχόπτωση, μακράς διάρκειας, λιώσιμο χιονιού, αστοχία αντιπλημμυρικών	Πλημμυρικά ύδατα κατά μήκος πλημμυρικών πεδίων (στάσιμα ή ρέοντα)
Παράκτιες πλημμύρες	Υψηλές παλίρροιες, καταιγίδες, τσουνάμι, συνδυασμός των παραπάνω με έντονη βροχόπτωση	Στάσιμα πλημμυρικά ύδατα κοντά στην ακτή, υποχώρηση της ακτής, υφαλμύριση της αγροτικής γης κοντά στο παραλιακό μέτωπο
Πλημμύρες ορεινών χείμαρρων	Καταιγίδες, αστάθεια πρανών	Λασποροές, έντονη διάβρωση, ορμητικά πλημμυρικά ύδατα και μεταφερόμενο υλικό, δημιουργία αλλουβιακού ριπιδίου
Αιφνίδιες πλημμύρες (flashfloods) σε εφήμερους χειμάρρους	Ιδιαίτερα έντονη βροχόπτωση	Έντονη διάβρωση, ορμητικά πλημμυρικά ύδατα πολλές φορές εμπλουτισμένα με εδαφικό υλικό, λασποροές
Πλημμύρες που συνδέονται με το υπεδαφικό νερό	Υψηλή στάθμη υπεδαφικού νερού, κορεσμός υδροφόρου ορίζοντα	Στάσιμα πλημμυρικά ύδατα στο πλημμυρικά πεδίο
Πλημμύρες λιμνών	Ταχεία αύξηση των υδατικών αποθεμάτων	Στάσιμα πλημμυρικά ύδατα πέραν της ακτής

Ο κίνδυνος πλημμύρας σχετίζεται με τις δυνητικές αρνητικές συνέπειες για την ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά και τις οικονομικές δραστηριότητες, που συνδέονται με την δεδομένη πλημμύρα, στον δεδομένο χώρο (προσέγγιση της Ε.Ε., άρθρο 2 της οδηγίας 2007/60/ΕΚ, 2007). Για τους λόγους αυτούς, στις ημέρες μας γίνονται προσπάθειες διαχείρισης του πλημμυρικού κινδύνου που εστιάζουν στην πρόβλεψη πλημμυρών, στην επίκαιρη προειδοποίηση και στον πρόσφορο χωροταξικό σχεδιασμό, με μακροπρόθεσμη επιδίωξη την οργάνωση της οικονομίας-κοινωνίας έναντι στις πλημμύρες. Οι εφαρμοζόμενες πολιτικές αντιπλημμυρικής προστασίας αρχικά, διαμορφώνονταν και σχεδιάζονταν μόνο σε

τοπικό επίπεδο και σε επί μέρους λεκάνες απορροής του υδρογραφικού δικτύου (π.χ., ποταμιών και υδατορεμάτων). Οι προσεγγίσεις αυτές τροποποιήθηκαν με την εξέλιξη της τεχνολογίας -ως προς την αντιπλημμυρική προστασία- και ο σχεδιασμός αυτών των πολιτικών παίρνει υπόψη την ευρύτερη περιοχή της λεκάνης απορροής (Diakakis and Deligiannakis, 2015).

Για την προστασία του ευρωπαϊκού κοινού το 2007, η ΕΕ συνέταξε την οδηγία-πλαίσιο 2007/60/ΕΚ επιβάλλοντας στα κράτη-μέλη της να συντάξουν σχέδια με σκοπό τη θέσπιση του περιγράμματος ως προς την αξιολόγηση και διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας. Συγχρόνως, ζητούμενο αποτελεί η μείωση των αρνητικών συνεπειών για τον άνθρωπο, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά και τις οικονομικές δραστηριότητες που απειλούνται από τις πλημμύρες, υιοθετώντας λογικές, όπως αυτές του “Risk Management” και “Hazard_Mapping” (McCuen, 2004). Ως συνέπεια η διαχείριση του πλημμυρικού κινδύνου επικεντρώνεται σε προσεγγίσεις που σχετίζονται με την πρόγνωση πλημμυρών (flood forecasting), την έγκαιρη προειδοποίηση του πληθυσμού, τον σχεδιασμό των χρήσεων γης και την αποτύπωση σε χάρτες της επικινδυνότητας των. Ο πλημμυρικός κίνδυνος ορίζεται ως ο συνδυασμός της πιθανότητας να λάβει χώρα πλημμύρα και των δυνητικών αρνητικών συνεπειών (Dai et al., 2002). Για τους σκοπούς αυτούς πρέπει να λαμβάνονται υπόψη: (i). οι οικονομικές παράμετροι, με κόστη και οφέλη, (ii). Τα υδραυλικά χαρακτηριστικά της πλημμύρας, όπως η κατακλυόμενη έκταση, οι δίοδοι και οι περιοχές αποστράγγισης και ανάσχεσης, (iii). Οι περιβαλλοντικοί στόχοι της περιοχής αναφοράς, (iii). Η διαχείριση του εδάφους και των υδατικών πόρων, (v). Ο χωροταξικός σχεδιασμός, οι χρήσεις και οι καλύψεις γης, και οι προστατευόμενες ή μη περιοχές, και (vi). Η ναυσιπλοΐα και οι λιμενικές υποδομές (από Dai et al., 2002; Birkholz et al., 2014; Ainuddin et al., 2015).

Τα σχέδια διαχείρισης επικεντρώνονται στις δράσεις πρόληψης, προστασίας και ετοιμότητας, και για το σκοπό αυτό καθορίζουν την ανάπτυξη συστημάτων πρόγνωσης πλημμυρών και συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης. Στα σχέδια αυτά δίνεται έμφαση στα ακόλουθα: (i). Την προώθηση βιώσιμων πρακτικών διαχείρισης γης, (ii). Τη αναβάθμιση της πιθανότητας αναχαίτισης υδάτων, και (iii). Την ελεγχόμενη κατάκλυση συγκεκριμένων περιοχών. Έτσι, οι παρεμβάσεις, έργα ή μέτρα και αναπτυσσόμενες δομές,

που σχετίζονται με τη διαχείριση των πλημμυρών οφείλουν να εντάσσονται σε μακροπρόθεσμα συντονισμένα σχέδια. Επιπλέον, τα αντιπλημμυρικά πλαίσια που θεσπίζονται από τα μεμονωμένα κράτη, δεν μπορούν να περιλαμβάνουν μέτρα που πολλαπλασιάζουν την πλημμυρική διακινδύνευση, ανάντη ή κατάντη ή στην ίδια λεκάνη ή υπολεκάνη απορροής, εκτός αν έχει προηγηθεί ο συντονισμός των μέτρων αυτών και έχει βρεθεί μια συμφωνημένη λύση ανάμεσα στα ενδιαφερόμενα κράτη (Birkmann, 2006; Camarasa-Belmonte et al., 2011; Ainuddin et al., 2015; Chang and Huang, 2015). Ο κίνδυνος πλημμύρας ως ενδεχόμενο είναι δυνατόν να λογιστεί ασήμαντος, όπως π.χ., γίνεται σε μη κατοικήσιμες περιοχές ή σε περιοχές με στενά περιουσιακά στοιχεία ή ελάχιστης οικολογικής αξίας (McCuen, 2004).

Για το λόγο αυτό η προοιμακή αξιολόγηση των κινδύνων πλημμύρας επιβάλλεται να πραγματοποιείται σε επίπεδο λεκάνης απορροής, ώστε να καθορίζεται πάντα ο κίνδυνος πλημμύρας και να λαμβάνεται υπόψη των αρμοδίων, κατά πόσο είναι αναγκαίο να αναλαμβάνονται επιπλέον δράσεις. Με βάση την οδηγία 2007/60/EK, είναι απολυτά αναγκαίος ο καθορισμός των προτεραιοτήτων λήψης περισσότερο τεχνικών, οικονομικών και πολιτικών αποφάσεων για τον χειρισμό των πλημμυρών σε περιοχές που δομούνται από διαφορετικά επίπεδα κινδύνου πλημμύρας (Birkholz et al., 2014; Ainuddin et al., 2015). Σε περιοχές που ενδεχομένως να σημειωθούν πλημμύρες, καθορίζονται αυτές που βρίσκονται σε θέσεις προσχωματικών αποθέσεων ή τοποθετούνται σε εδάφη με κλίση \leq από 2%. Η συνένωση των δύο αυτών περιπτώσεων προσδιορίζει, για κάθε υδρογραφική περιφέρεια, τις θέσεις και τις εκτάσεις που είναι ενδεχόμενο να πλημμυρίσουν (Birkholz et al., 2014; Ainuddin et al., 2015). Ταυτοχρόνως περιγράφονται τα πιθανά δομικά και μηχανικά μέτρα όπως φράγματα, κανάλια κτλ., -αν και συχνά αντιμετωπίζονται με σκεπτικισμό λόγω των σοβαρών οικονομικών και περιβαλλοντικών τους μειονεκτημάτων (Golian et al., 2010). Η οδηγία 2007/60/EK για τις πλημμύρες συμπληρώνει την ευρωπαϊκή περιβαλλοντική νομοθεσία -με σημαντικό τμήμα της οποίας να αποτελεί και η οδηγία για το νερό- αφού εξασφαλίζει την αειφόρο χρήση του νερού σε ολόκληρη την Ευρώπη. Μέσα από την οδηγία αυτή η ΕΕ θέτει και οριοθετεί τους στόχους της ως προς τις πλημμύρες, αναλαμβάνοντας εν συνεχεία κάθε κράτος-μέλος να αξιολογήσει την υπάρχουσα κατάσταση, καθώς και τις ιδιαιτερότητες των υδάτινων πόρων του, και να διαμορφώσει έκαστος τη δική του εθνική στρατηγική (Birkholz et al., 2014; Ainuddin et al., 2015).

Οι πλημμύρες συνδέονται άμεσα με την έκθεση σε κίνδυνο της ανθρώπινης ζωής και περιουσίας, την καταστροφή των έργων υποδομής, γεωργικών και κτηνοτροφικών εγκαταστάσεων, την έντονη διάβρωση εδαφών και τη μόλυνση υδατικών μαζών είναι μερικές από τις πιο σημαντικές επιπτώσεις τους (Aroca-Jiménez, 2018). Για να γίνει αντιληπτή η σημασία τους αναφέρεται πως ο Pilon (2004) και Golian et al. (2010) διατυπώνουν την άποψη πως τα πλημμυρικά φαινόμενα προκαλούν το ένα τρίτο των εκτιμώμενων ζημιών από φυσικές καταστροφές σε παγκόσμιο επίπεδο. Ταυτόχρονα οι προαναφερόμενοι συγγραφείς καταγράφουν τη θέση ότι οι πλημμύρες επιδρούν σε μείζονες πληθυσμούς και προξενούν την πλειονότητα των ζημιών ανά έτος σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες φυσικές καταστροφές (McCuen, 2004). Φαίνεται πως η πλημμύρα παρόλο που πρόκειται για μια φυσική διεργασία οι παράμετροι που είναι υπαίτιες ποικίλουν (Aroca-Jiménez, 2018).

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες επιδρούν άμεσα ή έμμεσα ή σε αρκετά περιστατικά ως προς την ένταση και την συχνότητα εμφάνισης των πλημμυρών. Εντεύθεν των ανθρωπίνων παρεμβάσεων η κλίμακα και η συχνότητα των πλημμυρών είναι πιθανόν να οξυνθεί λόγω των κλιματικών αλλαγών και του συνδεδεμένου με αυτές φαινομένου του θερμοκηπίου, κλίματος που είναι πιθανόν να επιφέρει υψηλότερη ένταση και ρυθμούς βροχοπτώσεων και άνοδο της στάθμης της θάλασσας (Αλεξίου, 2013). Επιπρόσθετα, η διαμόρφωση του χερσαίου τοπίου λόγω αποψίλωσης των δασών -προς εξυπηρέτηση των ανθρωπίνων αναγκών και ως συνέπεια οι παρεμβάσεις στις λεκάνες απορροής- συντελεί σε μη ομαλή ή προβλέψιμη δίοδο των πλημμυρών (Παπανικολάου και Διακάκης, 2011). Οι μέθοδοι που ακολουθούνται για τον μετριάσμό του κινδύνου πλημμυρών συναρτώνται άμεσα από τον τύπο τους.

Η πλημμύρα απαρτίζει την φυσική καταστροφή στη διάρκειά της μια χερσαία έκταση που υπο φυσιολογικές συνθήκες είναι στεγνή, πλημμυρίζει από μεγάλες ποσότητες νερού για ορισμένο χρονικό διάστημα. Η πλημμύρα μπορεί να αποτελεί την συνέπεια της διαφυγής των υδάτων ενός υδατορέματος από τη κοίτη του -φυσική ή την τεχνητή- με ταυτόχρονη άνοδο της στάθμης των υδάτων και πλημμύρισμα των συνόρων περιοχών. Ο θεμελιώδης συντελεστής που επιδρά στη γένεση της πλημμύρας, είναι η αύξηση της

αναλογίας υδατοπαροχής προς διατομή της κοίτης υδατορέματος. Τότε και ως αποτέλεσμα, η ικανότητα του συστήματος αποστράγγισης εκμηδενίζεται και δεν είναι δυνατή η διοχέτευση του αυξημένου όγκου υδάτων προς τους υδάτινους αποδέκτες.

Οι πλημμύρες συντελούνται επιπρόσθετα, σε περιπτώσεις που η στάθμη των υδάτων -σε λίμνες φυσικές ή και τεχνικές, λιμνοδεξαμενές και γενικότερα στα υδροφόρα στρώματα-, όπου η στάθμη των υδάτων ξεπερνά μια ορισμένη κρίσιμη τιμή. Ως συνέπεια παρατηρείται η πλημμύρα του συνόρου χώρου. Τα πλημμυρικά φαινόμενα, κυρίως λόγω της κλιματικής αλλαγής, παρατηρούνται και σε παράκτιες περιοχές λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας σχετικά με τη μέση παρατηρούμενη στάθμη. Ο πλέον συνήθης και συχνός τρόπος δημιουργίας για να εκδηλωθεί μια πλημμύρα σχετίζεται με τις αιφνίδιες και καταρρακτώδεις βροχοπτώσεις. Το χαρακτηριστικό των βροχοπτώσεων αυτών που σχετίζονται άμεσα με την κλιματική αλλαγή, είναι η μεγάλη έντασή τους, που οδηγεί στην υπερχειλίση των ποταμών και χειμάρρων, καθώς το σύνορο έδαφος δεν είναι πλέον σε θέση να απορροφήσει αυτές τις ποσότητες νερού σε τόσο μικρό χρονικό διάστημα (Κουργιαλάς και Καρατζάς, 2009; Κουργιαλάς, 2010; Μαμάσης, 2009; Λέκκας, 2009).

Στην υδρολογία πλημμυρών, έμφαση δίνεται στην επιφανειακή απορροή, που έχει ως απόρροια την απότομη και, κατά κανόνα, μεγέθυνση της διερχόμενης παροχής. Με τον όρο επιφανειακή απορροή εννοείται η ροή του νερού, υπό την επίδραση της βαρύτητας, κατά μήκος των φυσικών υδατορεμάτων. Στην επιφανειακή απορροή συνυπολογίζεται όλο το φάσμα του υδρογραφικού δικτύου, από την κλίμακα του μικρού, ακαθόριστων ορίων, ρυακιού ή ρεματιάς, μέχρι την κλίμακα του ποταμού (Κουργιαλάς, 2010; Μαμάσης, 2009; Doswell, 2015). Σε αντιπαραβολή με τη συνήθη παροχή που βασίζεται προπαντός στην εκφόρτιση των υπόγειων υδάτων, η πλημμυρική παροχή - κυρίως κατά την αιχμή της- δημιουργούνται υδατορεύματα εφήμερης ροής. Έτσι, η εξέλιξη μιας πλημμύρας στο χώρο και το χρόνο εξαρτάται από τρεις παράγοντες: (i). Τη χωροχρονική πρόοδο του επεισοδίου βροχόπτωσης, (ii). Τα φυσιογραφικά γνωρίσματα της λεκάνης απορροής, και (iii). Τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του υδρογραφικού δικτύου. Η επίγεια ροή άπτεται της διδιάστατης ροής που γίνεται στην επιφάνεια του εδάφους. Ο μηχανισμός που προκαλεί την επίγεια ροή είναι εύκολα κατανοητός, για το ενδεχόμενο που η περιοχή είναι τελείως αδιαπέρατη, όπως τα οδοστρώματα και οι στέγες κτιρίων σε αστικές

περιοχές, αλλά όχι τόσο προφανής στην περίπτωση του διαπερατού φυσικού εδάφους (Κουργιαλάς, 2010; Μαμάσης, 2009; Doswell, 2015). Διακρίνονται δύο περιπτώσεις επίγειας ροής που προκαλούνται από διαφορετικούς μηχανισμούς: (i) Η επίγεια ροή Horton, και (ii). Η επίγεια ροή λόγω κορεσμού. Το νερό που κυκλοφορεί προς τα κατώτερα εδαφικά στρώματα επεκτείνεται προς τη ζώνη που το έδαφος βρίσκεται σε κατάσταση κορεσμού, οδηγώντας στο σχηματισμό των υπόγειων υδροφορέων. Υπό την επίδραση των χωρικών μεταβολών, το νερό των υδροφόρων οριζόντων κυκλοφορεί ως υπόγεια ροή και επανεμφανίζεται το έδαφος, είτε με τη μορφή καρστικών πηγών, είτε κατά μήκος των υδατορεμάτων που βρίσκονται σε επαφή με τους υδροφόρους (Doswell, 2015).

Η χωροχρονική εξέλιξη της πλημμυρικής απορροής σε ένα υδατόρευμα σχετίζεται με τους νόμους μη μόνιμης ροής. Για το λόγο αυτό, η ανάλυση των πλημμυρών περιλαμβάνει δύο, κατά κανόνα, συνιστώσες (Doswell, 2015): (i). Την υδρολογική ανάλυση σχεδιασμού της λεκάνης, που επιδιώκει την αξιολόγηση των πλημμυρικών παροχών που προκύπτουν από καταιγίδες, και (ii). Την υδραυλική ανάλυση, που απεικονίζει την εξέλιξη των υδραυλικών χαρακτηριστικών της κατάντη ή ανάντη ροής κατά μήκος του υδρογραφικού δικτύου ή σε μια ζώνη εκατέρωθεν του δικτύου, εφόσον συντελείται κατάκλυση του πλημμυρικού πεδίου. Σε κάθε περίπτωση, τα υδρολογικά και υδραυτικά μεγέθη που κυρίως ενδιαφέρουν είναι: (i). Η παροχή αιχμής με την αντίστοιχη στάθμη στο υδατόρευμα, (ii). Ο χρόνος εμφάνισης της αιχμής, (iii). Η συνολική απορροή που προκύπτει κατά την πλημμύρα, (iv). Η χρονική διάρκεια προόδου της πλημμύρας, (v). Το μέγιστο βάθος και οι ταχύτητες ροής που αναπτύσσονται στα υδατορεύματα, και (vi). Η κατακλυόμενη επιφάνεια και οι συναφείς επιπτώσεις σε αυτή (Κουργιαλάς, 2010; Μαμάσης, 2009; Doswell, 2015).

1.2.2 Αίτια Πλημμυρών

Η εκδήλωση πλημμυρών συναρτάται από διάφορους παράγοντες που συνδέονται με τα ατομικά χαρακτηριστικά των υδρολογικών λεκανών, τις μετεωρολογικές παραμέτρους, τα ιδιαίτερα γνωρίσματα των καταιγίδων, τη γεωλογία και τις ανθρωπογενείς παρεμβάσεις. Κάποια από αυτά τα χαρακτηριστικά παραμένουν διαχρονικά στατικά, ενώ άλλα διαφοροποιούνται χρονικά (Hungry et al., 2001).

Πίνακας: 2. Παράγοντες πλημμυρών (Ward and Robinson, 2000; Παπαμιχαήλ, 2004, Φουμέλης, 2004; Μιμίκου και Μπαλτάς 2006).

Δυναμικοί Παράγοντες	Σταθεροί Παράγοντες		Βραδέως Μεταβλητοί Παράγοντες
Ένταση βροχόπτωσης	Υδατοπερατότητα σχηματισμών	Μήκος κύριου κλάδου	Βλάστηση
Κατευθυντικότητα βροχόπτωσης	Μορφή υδρογραφικού δικτύου	Έκταση λεκάνης	Χρήσεις γης
Χωρική κατανομή βροχόπτωσης	Παράμετροι καναλιών	Κλίσεις πρηνών	Τήξη χιονιού ή πάγου
Συνθήκες υγρασίας εδάφους	Κοιλαδικοί παράμετροι	Εδαφικό κάλυμμα	Κλιματικοί παράγοντες
Διάρκεια βροχόπτωσης	Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου	Σχήμα λεκάνης	
Κίνηση καταιγίδας	Προσανατολισμός λεκάνης	Υπεδαφική απορροή	

Η σημαντική αύξηση των πλημμυρικών φαινομένων μετά το 1950 σχετίζεται άμεσα και με την κλιματική αλλαγή, αλλά οφείλεται επίσης στους παρακάτω παράγοντες: (i). Την πληθυσμιακή αύξηση, σε συνδυασμό με τις πιέσεις για επέκταση των αστικών περιοχών, συχνά σε ακατάλληλες περιοχές, θέτοντας τις περιουσίες και την ανθρώπινη ζωή σε κίνδυνο, (ii). Την ισχυροποίηση των μέσων καταγραφής καταστροφών, (iii). Την εντατικοποίηση του δημόσιου ενδιαφέροντος, των μέσων μαζικής ενημέρωσης και του κοινού στις φυσικές καταστροφές, καθώς και τη μείωση της ανοχής στους φυσικούς κινδύνους, και (iv). Την ενίσχυση της ανθρώπινης επεμβατικότητας στις υδρολογικές διεργασίες, κυρίως λόγω της ανάπτυξης των υποδομών (Diakakis et al., 2012) (Πίνακας 2). Οι πλημμύρες επιδρούν εντονότερα χωρικά, σε εκτάσεις που σχετίζονται με κλειστές υδρολογικές λεκάνες ή καρστικές επιφάνειες που αποστραγγίζονται από καταβόθρες. Αυξημένης επικινδυνότητας είναι οι πεδινές εκτάσεις που αποστραγγίζονται από ποταμούς με ελάχιστη παροχετευτικότητα και οι αστικοί ή περιαστικοί χώροι που λόγω ανθρώπινων παρεμβάσεων μεταβάλλουν τα γεωμορφολογικά γνωρίσματα των λεκανών απορροής και του υδρογραφικού δικτύου (Κουργιαλάς, 2010; Μαμάσης, 2009; Doswell, 2015).

Σημαντικό ρόλο παίζουν τόσο τα στατικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής, όπως η τοπογραφία, το σχήμα και η γενικότερη κλίση ή οι κλίσεις της λεκάνης απορροής, όσο και τα χρονικά μεταβαλλόμενα γνωρίσματα, όπως ο βαθμός κορεσμού του εδάφους και η ένταση της βροχόπτωσης. Η λεκάνη απορροής χαρακτηρίζεται ως η περιοχή της επιφάνειας του εδάφους, που κλίνει προς ένα σημείο εκφόρτωσης και περιορίζεται από τον υδροκρίτη. Η λεκάνη απορροής επιδεικνύει καθορισμένα ειδικά φυσικά και υδρολογικά γνωρίσματα, που επιδρούν στη διαδικασία του μεταβολής των κατακρημνισμάτων σε απορροή. Τα χαρακτηριστικά αυτά καλούνται φυσιογραφικά γνωρίσματα της λεκάνης απορροής και μπορούν να υπαχθούν στις ακόλουθες τρεις κατηγορίες: (i). Μορφολογικά χαρακτηριστικά, όπως η μορφή, το ανάγλυφο, και το υδρογραφικό δίκτυο, (ii). Εδαφολογικά χαρακτηριστικά, όπως οι μηχανικές ιδιότητες και η χημική σύσταση του εδάφους, και (iii). Χρήσεις γης και φυτοκάλυψη, που σχετίζεται με τα είδη χλωρίδας και την χωροχωρική διάταξή τους. Στην λεκάνη απορροής συγκεντρώνονται όλα τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα που εντέλει καταλήγουν στο κεντρικό σύστημα απορροής, όπως ποτάμια ή λίμνες ή εξατμίζεται το νερό ή απορροφάται από το έδαφος. Ο υδροκρίτης είναι η γραμμή που οριοθετεί τη λεκάνη απορροής και τη διαχωρίζει από μια γειτονική λεκάνη απορροής, είναι δηλαδή το νοητό όριο μεταξύ δύο γειτονικών λεκανών απορροής (Georgakakos, 2006; Καρύμπαλης κ.ά., 2007; Rinat et al., 2018).

Ειδικότερα, τώρα ως προς τα γεωμορφολογικά γνωρίσματα των λεκανών απορροής, αυτά σχετίζονται με τη γεωλογία, τον τεκτονισμό της περιοχής, το ανάγλυφο, την κάλυψη και τις χρήσεις γης, τον βαθμό κορεσμού του εδάφους, την κατείσδυση, το εμβαδό, το σχήμα και τον υδροκρίτη της λεκάνης, και τη δομή του υδρογραφικού δικτύου. Η γεωλογία και η τεκτονική της λεκάνης απορροής επιδρούν στην υδρολογική συμπεριφορά κάθε περιοχής ως προς τις πλημμύρες, αφού σχετίζονται με την παροχή νερού με βάση τη διαπερατότητά τους, επιτρέποντας ή παρεμποδίζοντας τη διείσδυση-κατείσδυση των επιφανειακών υδάτων. Σημαντικός είναι και ο συντελεστής φυτοκάλυψης αλλά και χρήσεις γης επενεργώντας σε σχέση με τη διάβρωση, την κατείσδυση και την απορροή των υδάτων. Ρόλο παίζει και η μορφολογία του εδάφους, αφού οι κλίσεις του εδάφους κατευθύνουν ή και μεταβάλλουν τη ροή των υδάτων επηρεάζοντας τα χαρακτηριστικά των πλημμυρών. Όσο μεγαλύτερες είναι οι κλίσεις

τόσο πιο γρήγορα και ορμητικά ρέουν τα ύδατα στις περιπτώσεις έντονων βροχοπτώσεων, με επακόλουθο περισσότερο ελαττωμένους βαθμούς κατείσδυσης και αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης πλημμυρών. Ένα άλλο προσδιοριστικό γνώρισμα που λογίζεται και ως αιτία εκδήλωσης της πλημμύρας αποτελεί το εμβαδό, το μέγεθος και το σχήμα της λεκάνης απορροής που αλληλεπιδρά με τη δομή ανάπτυξης του υδρογραφικού δικτύου. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι οι ανωμαλίες του εδάφους που εμφανίζονται στη διαδοχή ανά τάξη της απορροής, σχετικά με το εμβαδόν των ομόλογων λεκανών απορροής.

Οι μετεωρολογικές παράμετροι συνδέονται με το κλίμα της περιοχής και αφορούν τα άμεσα χαρακτηριστικά των βροχοπτώσεων, όπως τη διάρκεια, την ένταση, τη χωρική κατανομή και την κατεύθυνσή τους, αλλά και εμμέσους παράγοντες, όπως η τήξη των πάγων και παγετώνων ή τη σχέση βροχοπτώσεων και τήξης. Ένας από τους πιο σημαντικούς δυναμικούς παράγοντες στην εκδήλωση πλημμυρών είναι η ένταση της βροχόπτωσης (Golian et al., 2010). Η αύξηση της πλημμυρικής παροχής σχετίζεται άμεσα με παρατεταμένες βροχοπτώσεις σε μικρά χρονικά διαστήματα ή σε κορεσμένο σε ύδατα έδαφος από παλαιότερες βροχοπτώσεις ή στην τήξη στρώματος χιονιού. Ωστόσο, έχει παρατηρηθεί πως οι καταιγίδες υψηλής έντασης και μικρής διάρκειας τείνουν να προκαλούν μείζονες όγκους απορροής σε σχέση με τις καταιγίδες αυξημένης διάρκειας ή ολικού ύψους κατακρημνίσεων. Οι καταιγίδες υψηλών εντάσεων και μικρής διάρκειας προκαλούν υπερφορτία στην λεκάνη απορροής, με απόρροια την ενδεχόμενη αδυναμία της κοίτης να ανταπεξέλθει σε αυξημένες παροχές, πλημμυρίζοντας τις παρακείμενες περιοχές. Πέραν των παραπάνω, συνηθισμένο φαινόμενο είναι οι ορεινές περιοχές να εισδέχονται μεγάλες ποσότητες βροχοπτώσεων ώστε οι εκτάσεις στα κατάντη του υδρογραφικού δικτύου να πλημμυρίζουν (Παπανικολάου και Διακάκης, 2011).

Επιπρόσθετα οι διαχρονικές ανθρωπογενείς παρεμβάσεις συγκροτούν μια από τις πρωταρχικές αιτίες γένεσης μιας πλημμύρας. Οι πλημμύρες που σχετίζονται με ανθρωπογενείς παρεμβάσεις παρατηρούνται ιδιαιτέρως στις οικιστικές αστικές ή ημιαστικές περιοχές. Ορισμένες από τις συνηθέστερες ανθρώπινες ενέργειες που επηρεάζουν αρνητικά είναι ο οριοθέτηση και η κάλυψη τμήματος των ποταμών, η διευθέτηση και ο έλεγχος της ροής των ποταμών, η έντονη αστικοποίηση με επακόλουθο

τη στεγανοποίηση της λεκάνης απορροής και τεχνικές αστοχίες, όπως φραγμάτων. Σημαντική επίδραση έχουν επίσης, η εξάλειψη των φυσικών πεδίων κατάκλισης, η αποψίλωση των δασών λόγω των πυρκαγιών, η υπερβόσκηση, η κατασκευή έργων υποδομής όπως οδικών αρτηριών εγκάρσια προς την κοίτη του ποταμού, καθώς και οι καθιζήσεις προερχόμενες από ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η υπεράντληση υδάτων. Όλα τα παραπάνω οδηγούν σε μεταβολή του φυσικού τρόπου απόκρισης των λεκανών απορροής, κατά τις πλημμύρες, με σοβαρές συνέπειες για τον άνθρωπο και το φυσικό περιβάλλον (Γάκη-Παπαναστασίου κ.ά., 2008).

1.2.3 Επιπτώσεις Πλημμυρών

Τα τελευταία χρόνια το πρόβλημα της πιθανής αύξησης του πλημμυρικού κινδύνου σε ενδεχόμενα κλιματικών διακυμάνσεων είναι ιδιαζόντως κρίσιμο. Το ~ 20% του παγκόσμιου πληθυσμού ζει, αναπτύσσεται, διαμένει και δραστηριοποιείται σε λεκάνες απορροής (Dankers and Feyen, 2008). Οι περιοχές αυτές εμφανίζουν στατιστικά χαρακτηριστικά και αυξημένες πιθανότητες έκφρασης πλημμυρικού επεισοδίου (Kleinen and Petschel-Heid, 2007). Το γεγονός αυτό απασχολεί παγκοσμίως τόσο το κοινό, όσο και την επιστημονική κοινότητα και τους φορείς και τις κυβερνήσεις, εφόσον οι επιπτώσεις από τις πλημμύρες εκτός από την απώλεια ανθρώπινων ζωών, είναι οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές (Birkmann, 2006; Camarasa-Belmonte et al., 2011; Ainuddin et al., 2015; Chang and Huang, 2015). Οι πλημμύρες κατατάσσονται σε βαθμίδες συνεπειών που διαβαθμίζονται από χαμηλή έως πολύ υψηλή, λαμβάνοντας υπόψη: (i). Την ύπαρξη ανθρώπινων θυμάτων, (ii). Την καταστροφή υποδομών, οδικού δικτύου, (iii). Το ύψος χρηματικής αποζημίωσης που δόθηκε για τις ζημιές που προκλήθηκαν από το συγκεκριμένο γεγονός, και (iv). Το μέγεθος της έκτασης που κατακλύσθηκε (Birkmann, 2006; Camarasa-Belmonte et al., 2011; Ainuddin et al., 2015; Chang and Huang, 2015).

Οι σοβαρότερες επιπτώσεις από την εκδήλωση μιας πλημμύρας συνδέονται με την ανθρώπινη υγεία και την απώλεια ανθρώπινων ζωών (Birkmann, 2006; Camarasa-Belmonte et al., 2011; Ainuddin et al., 2015; Chang and Huang, 2015). Χαρακτηριστικά αναφέρεται πως μέσα σε σχεδόν μια δεκαετία (1998-2007) οι πλημμύρες έχουν προξενήσει ~ 700 θανάτους στην Ευρώπη, ενώ στην Ελλάδα για τα τελευταία 40 χρόνια

ο αριθμός των θυμάτων ανέρχεται ~ 220 άτομα (Μαμάσης, 2007; Diakakis and Deligiannakis, 2015). Εκτός όμως από το κόστος και την απώλεια σε ανθρώπινες ζωές από τις πλημμύρες κινδυνεύει και η ανθρώπινη υγεία. Όταν τα πλημμυρικά ύδατα παρασύρουν ρύπους ή αναμειγνύονται με μολυσμένα ύδατα από αποστραγγίσεις και γεωργικές γαίες μπορεί να προκληθούν και υγειονομικές συνέπειες (Μαμάσης, 2007).

Αρνητικές είναι οι συνέπειες και για τις οικονομικές δραστηριότητες. Τα ακριβή μεγέθη των οικονομικών ζημιών δεν είναι πάντα δυνατόν να μετρηθούν ή και να καταγράφουν, αφού διαφοροποιούνται από περιοχή σε περιοχή. Ταυτόχρονα τα διαθέσιμα στοιχεία συχνά αποτυπώνουν μόνο ένα μικρό τμήμα των συνολικών πλημμυρικών γεγονότων και αποτελεσμάτων. Κατά κανόνα οι χώρες που βάλλονται περισσότερο είναι όσες, των οποίων η οικονομία είναι σε μεταβατικό στάδιο και αναπτυσσόμενες. Το οικονομικό κόστος από τις άμεσες οικονομικές επιπτώσεις ανακύπτει κυρίως από τις καταστροφές σε ακίνητες και μη περιουσίες, σε υποδομές και δίκτυα, σε γεωργικές εκτάσεις και σε παραγωγικές απώλειες. Βέβαια υπάρχουν και οι έμμεσες οικονομικές επιπτώσεις, που σχετίζονται με την αποκατάσταση των υποδομών, ώστε να δύναται ο μελλοντικός σχεδιασμός να ανταπεξέλθει σε σχετικές φυσικές καταστροφές (Wright and Monday, 1996).

Σημαντική είναι και η κοινωνική διάσταση των επιπτώσεων που επικεντρώνεται στην αδυναμία των ήσσονων οικονομικά χωρών να ανταπεξέλθουν στο κόστος κατασκευής και ανακατασκευής και συντήρησης υποδομών, κατάλληλων να αντιμετωπίσουν τέτοιου είδους καταστροφικά φαινόμενα. Ως επακόλουθο οι χώρες αυτές είναι ιδιαίτερος επισφαλείς σε πιθανές μελλοντικές πλημμύρες. Επιπροσθέτως, αξιόλογο τμήμα του πληθυσμού στις οικονομικά ανίσχυρες χώρες αναγκάζεται κάθε φορά λόγω των δυσμενών συνθηκών που δημιουργούνται από τις πλημμύρες να μεταναστεύσουν από τις περιοχές τους. Εκτός των προβλημάτων στέγασης και σίτισης που αντιμετωπίζουν άμεσα οι πλημμυροπαθόντες, σημαίνουν είναι και το πρόβλημα της οικονομικών ζημιών και αντικατάστασής της λόγω της απώλειας των περιουσιακών τους στοιχείων κατά τη διάρκεια μιας πλημμύρας. Ως συνέπεια των καταστάσεων που δημιουργούνται μετά την πλημμύρα, οι οικονομικά ανίσχυρες ομάδες αντιμετωπίζουν περισσότερο δεινή θέση

γεγονός που οδηγεί στη διεύρυνση των κοινωνικών ανισοτήτων, κλονίζοντας την κοινωνική συνοχή (Bouwen and Taillieu, 2004).

Οι περιβαλλοντικές συνέπειες αναδεικνύουν πολλαπλές διαστάσεις, από καταστροφές των ενδιαιτημάτων των ζωικών οργανισμών μέχρι τη ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα. Σε πολλές περιπτώσεις πλημμύρας καταγράφονται απώλειες ορισμένων ειδών της επιτόπιας χλωρίδας ή πανίδας εξαιτίας της αδυναμίας τους να επιζήσουν στις νέες συνθήκες που διαμορφώνονται (Green et al., 2000). Περαιτέρω, οι πλημμύρες συνεισφέρουν στη διάχυση της ρύπανσης, όπως σε περιπτώσεις που πλημμυρίζουν χώροι υγειονομικής ταφής απορριμμάτων ή κατακλύζονται εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων ή βάζονται εργοστάσια τοξικών και χημικών προϊόντων, μολύνοντας τον υδροφόρο ορίζοντα και εμποτίζοντας το υπέδαφος με ρύπους. Εκτός από τα προαναφερόμενα τα ακραία πλημμυρικά φαινόμενα ευθύνονται και για την πρόκληση συνοδών αλυσιδωτών αντιδράσεων μηχανικών ή χημικών με επακόλουθο την εμφάνιση και έμμεσων επενεργειών, όπως η διάβρωση του εδάφους και οι κατολισθήσεις (Μαμάσης, 2007).

1.2.4 Κλιματική Αλλαγή και Πλημμύρες

Η αύξηση του πλημμυρικού κινδύνου σχετίζεται άμεσα με την ενδεχόμενη κλιματική αλλαγή. Σε ότι αφορά την πρόγνωση για το επρόκειτο καθεστώς έκφρασης πλημμυρών υποστηρίζεται ότι ένα θερμότερο κλίμα σε συνδυασμό με μεταβλητότητα που το χαρακτηρίζει, αλλά και θα συνεχίσει να το διέπει προκαλούν αύξηση του κινδύνου πλημμυρών (Hall et al., 2014). Οι Kundzewicz et al. (2005) υποστηρίζουν ότι μία από τις πιο σίγουρες και ταυτόσημες προβλέψεις όλων των κλιματικών μοντέλων είναι η αύξηση της έντασης της βροχόπτωσης που λαμβάνει χώρα σε ένα θερμότερο κλίμα. Αυτό το γεγονός, θα επηρεάσει και τον κίνδυνο αιφνίδιων και αστικών πλημμυρών (Milly et al., 2002). Οι κλιματολόγοι καταγράφουν -με βάση δεδομένα για το κλίμα, τη θερμοκρασία και τις εκπομπές CO₂ που ευθύνονται για την υπερθέρμανση του πλανήτη- ότι η αύξηση της θερμοκρασίας συνοδεύεται από ισχυρές βροχοπτώσεις (Milly et al., 2002). Οι Wilbanks et al. (2007) υποστηρίζουν ότι ένας από τους πιο άμεσους κινδύνους που μπορεί να προκύψει από μια ενδεχόμενη κλιματική αλλαγή είναι η αύξηση των πλημμυρών που συνδέεται με την αύξηση της έντασης της βροχόπτωσης (Günther et al.,

2013). Στο Βόρειο ημισφαίριο δε η πιθανότητα ακραίας βροχοπτώσης σε μία οποιαδήποτε ημέρα αυξήθηκε κατά ~ 7% στο τέλος του 20^{ου} αιώνα, οπότε και εμφανίζονται εντονότερα τα φαινόμενα της κλιματικής αλλαγής (Alfieri et al., 2015). Λόγω της κλιματικής αλλαγής έχει σχεδόν διπλασιάσει ο κίνδυνος εμφάνισης υπερβολικής υγρασίας που προκαλεί πλημμύρες (Milly et al., 2002).

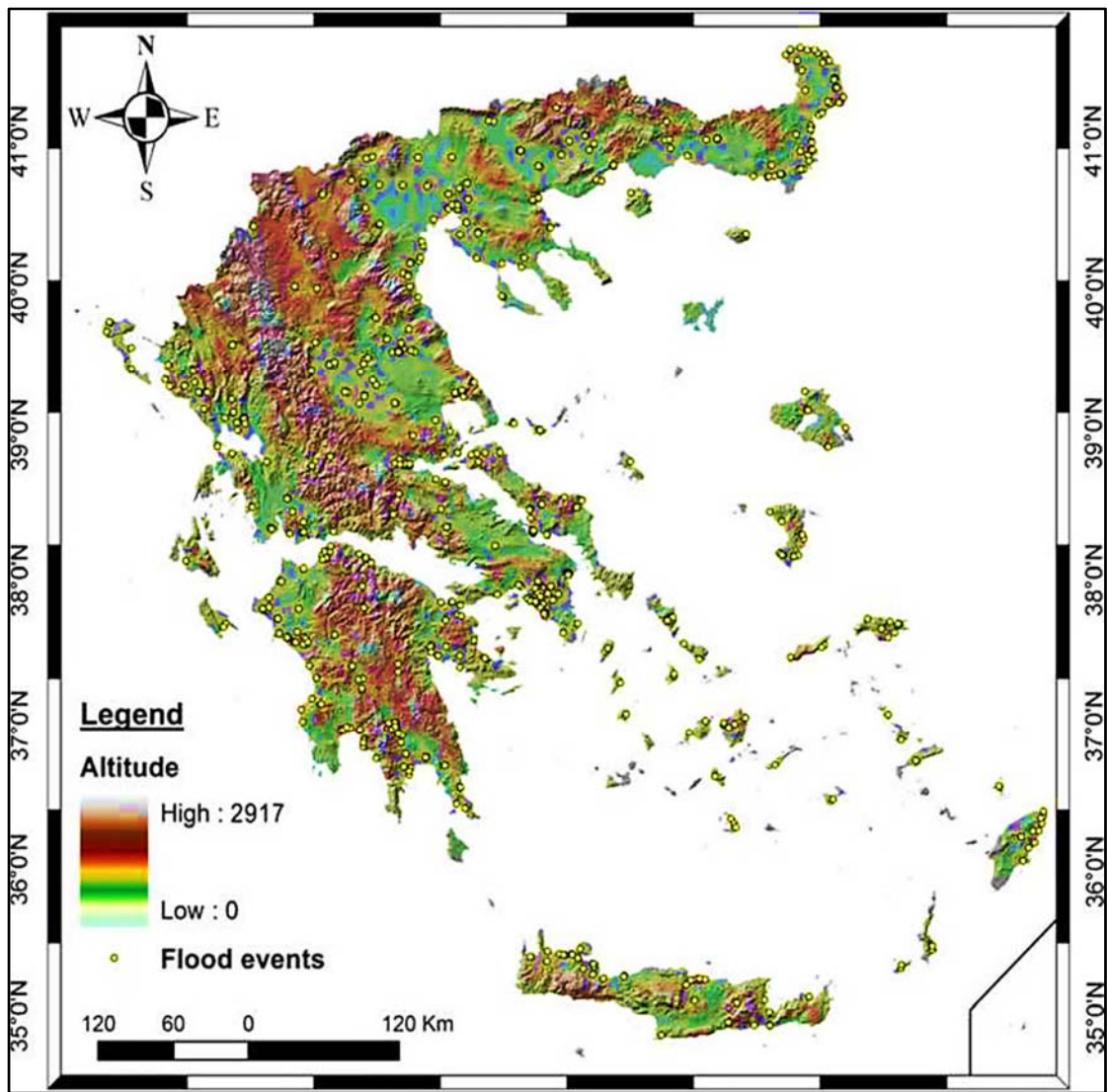
Η αναφορά του IPCC (από Kundzewicz and Schellnhuber, 2004) συνοψίζει τις ενδεχόμενες συνέπειες της κλιματικής αλλαγής στις φυσικές καταστροφές γενικότερα, και στις πλημμύρες ειδικότερα, στα εξής: (i). Αύξηση των περιοχών που υποφέρουν από ξηρασία, και (ii). Αύξηση των έντονων βροχοπτώσεων και της κυκλωνικής δραστηριότητας με άμεση επιρροή στις πλημμύρες. Η αύξηση έντονων, μικρής διάρκειας βροχοπτώσεων είναι πιθανό έως και να διπλασιάσει τον κίνδυνο πλημμυρών στην Ευρώπη (EEA, 2005). Οι Aaheim et al. (2008) διατείνονται ότι στην κεντρική Ευρώπη θα αυξηθούν οι αστικές και αιφνίδιες πλημμύρες κυρίως κατά τους χειμερινούς μήνες. Οι Feyen et al. (2006) διαπιστώνουν μια τάση για αύξηση του κόστους και του πληθυσμού που επηρεάζεται από πλημμύρες στα μεγαλύτερα ποτάμια της κεντρικής Ευρώπης, όπως ο Δούναβης. Οι τάσεις αυτές συνδυάζονται με αντίστοιχες τάσεις αύξησης στην έκταση και το βάθος των πλημμυρών. Η EEA (2004) προβλέπει ότι η κλιματική αλλαγή θα οδηγήσει σε αύξηση των πλημμυρικών συμβάντων στην Ευρώπη και κυρίως των ξαφνικών πλημμυρών οι οποίες συνδέονται και με τα μεγαλύτερα ποσοστά απωλειών ανθρώπινων ζώων. Οι Lehner et al. (2006) βασιζόμενοι σε μεταβολές των μετεωρολογικών παραμέτρων υποστηρίζουν ότι η Ευρωπαϊκή ήπειρος είναι πιθανό να εμφανίσει αύξηση στη συχνότητα εκδήλωσης πλημμυρών. Οι Alfieri et al. (2015) προβλέπουν επίσης, ότι έως το 2020 ο κίνδυνος πλημμυρών, αιφνίδιων ή μη, κατά τους χειμερινούς μήνες στη βορειοδυτική αλλά και σε όλη την Ευρώπη αυξάνει.

1.3 Οι Πλημμύρες στην Μεσόγειο και την Ελλάδα

Οι πλημμύρες εμφανίζονται ως ένα ολοένα και αυξανόμενο πρόβλημα στην περιοχή της Μεσογείου, ιδιαίτερα όσο οι ανθρώπινες δραστηριότητες και οι πληθυσμοί επεκτείνονται στις παράκτιες περιοχές και τα δέλτα των ποταμών (Alfieri et al., 2015). Στη λεκάνη της Μεσογείου καταγράφονται ιδιαίτερες συνθήκες στο καθεστώς των

πλημμυρών εξαιτίας των ιδιαίτερων παραγόντων της γεωμορφολογίας, της γεωλογίας και των κλιματικών συνθηκών της περιοχής (Faccini et al., 2018). Η πλειοψηφία των περιοχών της Μεσογείου πλήττεται από τις επονομαζόμενες αιφνίδιες (ή ξαφνικές) πλημμύρες (flashfloods), που αποτελούν τον πιο συνηθισμένο τύπο πλημμύρας. Το φαινόμενο των αιφνίδιων πλημμυρών συγκαταλέγεται στα ιδιαίτερος καταστροφικά και αποτελεί την κυριότερη και συχνότερη μορφή εκδήλωσης πλημμυρών και στην Ελλάδα (Diakakis and Deligiannakis, 2015). Στο Μεσογειακό χώρο, η κύρια αιτία εμφάνισης τέτοιων φαινομένων αποτελούν οι καταιγίδες υψηλής έντασης και μικρής διάρκειας (Diakakis et al., 2012; Llasat et al., 2010). Η πλειοψηφία των υδρολογικών λεκανών στα παραλία της Μεσογείου είναι επιδεκτικές σε αιφνίδιες πλημμύρες (Llasat et al., 2010; Faccini et al., 2018).

Οι αιφνίδιες πλημμύρες αποτελούν ένα από τα πιο σημαντικά καταστροφικά φαινόμενα και στον Ελληνικό χώρο (Ανδρεαδάκης και Φουντούλης, 2007). Στο σημείο αυτό πρέπει να καταγραφεί ο αποφασιστικός ρόλος της συγκέντρωσης μεγάλων πληθυσμών στα αστικές και ημιαστικές περιφέρειες και κέντρα και τις παραποτάμιες και παράκτιες περιοχές, τόσο της Ελλάδας, όσο και της Μεσογείου γενικότερα, για την εκδήλωση αιφνίδιων πλημμυρών (Ganoulis, 2003). Οι αυξημένες οικιστικές πιέσεις, προϊόν συχνά και της έντονης τουριστικής ανάπτυξης, σε σχέση με τις πολλαπλές ανθρώπινες παρεμβάσεις στη γεωμορφολογία της εκάστοτε υδρολογικής λεκάνης και του υδρογραφικού δικτύου αυτής, προκαλεί την επίσχεση της φυσιολογικής λειτουργίας των ποτάμιων και λιμναίων συστημάτων (Llasat et al., 2010). Τα προαναφερόμενα όταν συνδυάζονται και με την αδυναμία πρόβλεψης των αιφνίδιων πλημμυρών προκαλούν καταστροφές που είναι βαρύνουσας σημασίας, τόσο από πλευράς κόστους στην Ελλάδα και τη Μεσόγειο, όπως ήδη αναφέραμε, σε ανθρώπινες ζωές, όσο και για τον οικονομικό τομέα, αφού πλήττονται οι περιουσίες, οι γεωργικές δραστηριότητες και οι υποδομές (Ganoulis, 2003; Νικολαΐδου και Χατζηχρίστου, 1995).



Εικόνα: 1. Χάρτης με τις θέσεις 545 πλημμυρών στην Ελληνική επικράτεια (Diakakis et al., 2012).

Οι υδρολογικές λεκάνες τόσο στην Μεσόγειο, όσο και στην Ελλάδα έχουν μικρά έως μεσαία μεγέθη και αποστραγγίζονται από εφήμερους χείμαρρους -με ελάχιστο ή καθόλου νερό κατά τη διάρκεια του έτους και κυρίως το καλοκαίρι (Panagos et al., 2012). Το γεγονός σε σχέση με την εμφάνιση έντονων τοπικών βροχοπτώσεων τον χειμώνα, που αποτελεί τυπικό γνώρισμα του μεσογειακού κλίματος, προκαλεί την εμφάνιση των αιφνίδιων πλημμυρών. Οι πλημμύρες αυτές χαρακτηρίζονται από την μικρή τους διάρκεια και τις αυξημένες απορροές που τις συνοδεύουν. Κατά την φάση εκδήλωσής τους εμφανίζονται εκτενή φαινόμενα διάβρωσης και μεταφοράς του εδαφικού υλικού,

δημιουργώντας συνοδά προβλήματα και κινδύνους, όπως π.χ., λασποροές, κατολισθήσεις. Στην ιδιαιτερότητα αυτή συνεργεί το ιδιαίτερο γεωτεκτονικό καθεστώς της περιοχής, που περιλαμβάνει ενεργό τεκτονική, μεγάλες μορφολογικές κλίσεις και ιδιαίτερες λιθολογίες. Στις περιπτώσεις που η γεωτεκτονική της περιοχής εμπεριέχει και ενεργά τεκτονικά στοιχεία, έντονες μορφολογικές κλίσεις και ιδιαίζουσες γεωμορφές, τότε τα φαινόμενα εντείνονται (Παπανικολάου και Διακάκης, 2011). Στην Μεσόγειο, οι περισσότερες πλημμύρες προκαλούνται από σύντομες βροχοπτώσεις μεγάλης σφοδρότητας (Martini and Loat, 2007; Diakakis et al., 2012).

Οι πλημμύρες αποτελούν μια από τις πιο βασικές κατηγορίες φυσικών καταστροφών και στον Ελληνικό χώρο, τόσο από οικονομικής πλευράς όσο και από πλευράς κόστους σε ανθρώπινες ζωές (Diakakis and Deligiannakis, 2015). Ο χωροχρονικός καταμερισμός των πλημμυρών στην Ελλάδα εμφανίζει σημαίνουσα αύξηση κατά τις τελευταίες δεκαετίες (Diakakis et al., 2012). Οι παράγοντες που ενισχύουν μια αιφνίδια πλημμύρα στην Ελλάδα είναι επίσης, η ένταση και η διάρκεια της βροχής, η τοπογραφία, η φυτοκάλυψη, η καταστροφή των δασών καθώς και η οικιστική ανάπτυξη (Λέκκας, 2009). Στον ελληνικό χώρο διακρίνονται συγκεκριμένες ιδιαιτερότητες σε ότι αφορά κυρίως τα κλιματικά, γεωτεκτονικά, πληθυσμιακά και υδρολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Για το λόγο αυτό το καθεστώς κινδύνου θεωρείται ιδιαίτερα αυξημένο και οι στρατηγικές και οι τεχνικές μελέτης του, επιβάλλεται να λαμβάνουν υπόψη τις ιδιαιτερότητες αυτές (Διακάκης 2013). Εξάλλου, τα τοπικά χαρακτηριστικά των βροχοπτώσεων και η ποικιλότητα της γεωμορφολογίας στον ελλαδικό χώρο διαφοροποιούν σημαντικά τα πλημμυρικά φαινόμενα στη Ελλάδα από αυτά της υπόλοιπης Ευρώπης, τόσο σε χωρικό όσο και χρονικό επίπεδο. Το υδροκλιματικό καθεστώς της χώρας, που καθορίζεται από την ύπαρξη του ορεινού όγκου της Πίνδου, ξεχωρίζει την Ελλάδα σε δύο κύριες υδροκλιματικές περιοχές, τη δυτική Ελλάδα, που είναι πλούσια σε βροχοπτώσεις και την ξηρή ανατολική χώρα. Παρόλη την κυριαρχία της Δ Ελλάδας ως προς το ύψος βροχοπτώσεων, οι αιφνίδιες καταιγίδες είναι συχνό φαινόμενο και στην ξηρή ανατολική χώρα (Koutsoyiannis et al., 2012).

Στην Ελλάδα, τουλάχιστον κατά τον 20^ο αιώνα, οι πλημμύρες παρατηρούνται με ποσοστό ~ 17% ως προς το σύνολο των φυσικών καταστροφών (Karagiozi et al., 2011). Από τις

κατηγορίες των πλημμυρών, οι πιο συχνά εμφανιζόμενες στην Ελλάδα σχετίζονται με φυσικά αίτια και μπορεί να διακριθούν σε χερσαίες ή ποτάμιες και σε παράκτιες. Οι χερσαίες προκαλούνται λόγω ραγδαίων βροχοπτώσεων και ισχυρών καταιγίδων ή ακόμα και από συνδυασμό των παραπάνω φαινομένων με συνέπεια τη μεγάλη αύξηση της απορροής των ποταμών, όπως επίσης και την αστοχία των μεγάλων υδραυλικών έργων. Οι χερσαίες ή ποτάμιες πλημμύρες δύναται να διακριθούν περαιτέρω σε πλημμύρες πεδίου που παρουσιάζουν βραδεία εξέλιξη, και σε ξαφνικές ή αιφνίδιες πλημμύρες με ταχεία εξέλιξη. Οι ξαφνικές πλημμύρες είναι το πιο συνηθισμένο είδος πλημμύρας στην Ελλάδα, λόγω της ιδιόμορφης γεωμορφολογίας της χώρας μας. Η γεωμορφολογία συμβάλλει με την ανάπτυξη μεγάλου αριθμού ρεμάτων με μικρές λεκάνες απορροής, στις οποίες κυριαρχούν οι έντονες κλίσεις που συντελούν στη γρήγορη αποστράγγισή τους (Belmonte et al., 2001). Οι ξαφνικές πλημμύρες ή αιφνίδιες πλημμύρες έχουν προκαλέσει κατά το παρελθόν μεγάλες καταστροφές σε υποδομές (οδικό δίκτυο, κ.λπ.), αγροτικές καλλιέργειες, κατοικίες κλπ., και έχουν θέσει σε κίνδυνο ανθρώπινες ζωές (παράσυρση πεζών και οχημάτων, κ.λπ.) (βλέπε Οδηγία 8184/2015 της ΓΓΠΠ).

Αναφέρεται ενδεικτικά πως από τις 150 οι αιφνίδιες πλημμύρες στην Ελλάδα κατά την περίοδο 1980-2002, οι 114 (σε ποσοστό ~ 75%, Εικόνα 1, από Diakakis et al., 2012) εκδηλώθηκαν σε σχέση με εφήμερους χείμαρρους που διέρχονται από οικιστικές αστικές ή ημιαστικές περιοχές, ενώ η μειοψηφία αυτών συνέβη στα πιο εκτεταμένα υδρογραφικά δίκτυα πλησίον οικιστικών περιοχών (Στάθης, 2004). Στο διάστημα 1880-2010 καταγράφονται συνολικά 562 συμβάντα (συμπεριλαμβανομένου και 4 πλημμυρών το 1715, 1805, 1833 και 1879), τα οποία αριθμούν συνολικά 586 θύματα. Από την ανάλυση των στοιχείων προκύπτει ότι από το σύνολο των 562 πλημμυρών, μόνο τα 98 πλημμυρικά συμβάντα (~ 18%) συνοδεύτηκαν από θανάτους (Διακάκης, 2013). Επιπρόσθετα οι Diakakis et al. (2012) αναφέρουν πως τουλάχιστον 300 θύματα καταγράφονται το 1907 στα Τρίκαλα Θεσσαλίας. Στον Ελληνικό χώρο οι Panagoulia and Dimou (1997) έδειξαν την εξάρτηση της συχνότητας και του μεγέθους των πλημμυρών από τις αλλαγές κατά κύριο λόγο στις βροχοπτώσεις και έπειτα στη θερμοκρασία. Διαπίστωσαν δε ότι η προβλεπόμενη αύξηση της βροχόπτωσης οδηγεί σε αύξηση της συχνότητας και της διάρκειας των πλημμυρών.

Σε περιοχές της ανατολικής χώρας που το ετήσιο ύψος βροχής είναι μικρότερο από 500 mm, είναι συχνό το % έως και % ύψος της βροχής να συμβεί σε ένα μόλις εικοσιτετράωρο. Ως πιθανό αποτέλεσμα αυτής της συνθήκης είναι στις ξηρές περιοχές να αυξάνει ο πλημμυρικός κίνδυνος λόγω της έλλειψης ετοιμότητας σε σχέση με τις πιο υγρές περιοχές. Επιπρόσθετα, καταγράφοντας τα τελευταία 150 χρόνια το ποσοστό των ημερών βροχοπτώσεων ανά δεκαετία, κατά τις οποίες το ύψος της ημερήσιας βροχόπτωσης στην Αττική ξεπέρασε τα 30 ή και τα 50 mm. Το ποσοστό των ισχυρών βροχοπτώσεων παρουσιάζεται μια ιδιαίτερη αύξηση του ποσοστού των ισχυρών βροχοπτώσεων τις τελευταίες δεκαετίες με το ~ 45% να παρατηρείται στην δεκαετία 1998-2007 (Στάθης, 2004).

1.4 Καταγραφή του Συμβάντος

Το απόγευμα της Τρίτης 14 Νοεμβρίου 2017 στη δυτική Αττική, γύρω στις 8 μμ. ξεκίνησε στο όρος Πατέρας, στην ορεινή περιοχή δυτικά της Μάνδρας, ανατολικά των Μεγάρων και βόρεια της Νέας Περάμου ραγδαία βροχή η οποία συνεχίστηκε καθόλη τη διάρκεια της νύχτας. Το πρωί της Τετάρτης (15.11.2017), και γύρω στις 7π.μ. παρατηρήθηκαν στις περιοχές Μάνδρα και Νέα Πέραμος πολύ έντονα πλημμυρικά φαινόμενα, με καταστρεπτικές συνέπειες τόσο στον οικισμό της Μάνδρας όσο και αυτόν της Νέας Περάμου. Η διάρκεια της βροχής ήταν 12 ώρες, ενώ τις τελευταίες από αυτές εμφανίστηκε πλημμύρα. Οι καταστροφικές πλημμύρες είχαν ως αποτέλεσμα το θάνατο 24 Ελλήνων πολιτών στη Μάνδρα και ανυπολόγιστες καταστροφές σε υποδομές κυρίως δρόμων, σε σπίτια, καταστήματα, βιομηχανικούς χώρους και αποθήκες. Οι αντίστοιχες καταστροφικές συνέπειες στη Νέα Πέραμο ήταν ένας νεκρός και πολλές καταστροφές σε σπίτια, καταστήματα, αλλά και στο λιμάνι. Το φαινόμενο ήταν τοπικό. Αλλά ήταν αρκετό για να προκαλέσει την τρίτη μεγαλύτερη καταστροφή από πλημμύρες στην Αττική,. Είχαν προηγηθεί μεγάλη πλημμύρα στα δυτικά προάστια, στις 5 και 6 Νοεμβρίου 1961 και στην ίδια περιοχή στις 2 και 3 Νοεμβρίου 1977 (ΓΕΩΤΕΕ, 2017; ΥΠΕΝ/ΕΓΥ, 2017α, β, γ).

Χαρακτηριστικό συνοδό φαινόμενο της πλημμύρας στις προαναφερόμενες περιοχές, και καθοριστικό για το μέγεθος των ζημιών, ήταν και οι λασποροές. Ο πλέον καίριος

παράγοντας στην εξέλιξη της πλημμύρας στην Μάνδρα δεν ήταν μονάχα οι έντονες βροχοπτώσεις, αλλά το γεγονός ότι η ποσότητα του νερού παράσχεσε κατά την κίνηση του διπλάσιου όγκου λάσπης. Φαίνεται λοιπόν ότι ο όγκος τους εδάφους που παρασύρθηκε από το νερό προκάλεσε τις καταστροφές στην Μάνδρα. Ο συνδυασμός των ακραίων καιρικών φαινομένων με την υπερβολική διάβρωση, οδήγησε στην δημιουργία ενός μίγματος νερού και λάσπης, δηλαδή λασποροής, διπλάσιου όγκου που υπερδιπλασίασε με τη σειρά του τις καταστροφές. Στο σημείο αυτό, για να γίνει αντιληπτή η ένταση του φαινομένου, αναφέρεται ότι η λάσπη παρέμενε στους κεντρικούς δρόμους, σπίτια, καταστήματα και βιομηχανικούς χώρους -παρά τις προσπάθειες των αρχών, όπως στρατός, Περιφέρεια Δυτικής Αττικής, Δήμος Μάνδρας και Πυροσβεστική- εθελοντών και κατοίκων έως το Σάββατο 2 Δεκεμβρίου 2017, δηλαδή περίπου δύο εβδομάδες μετά το συμβάν (ΓΕΩΤΕΕ, 2017; ΥΠΕΝ/ΕΓΥ, 2017α, β, γ).

1.5 Σκοπός

Σκοπός της παρούσης έρευνας είναι η αποτίμηση των επιπτώσεων των πλημμυρών οι οποίες έπληξαν την περιοχή της Μάνδρας και Νέας Περάμου του νομού Αττικής κατά τη χειμερινή περίοδο 2017-2018 καθώς και η επαναχωροθέτηση των καλύψεων χρήσεων γης των υπό μελέτη περιοχών. Ως επιπρόσθετοι στόχοι τέθηκαν η αποτίμηση των αποτελεσμάτων των πλημμυρών και επαναχωροθέτηση καλύψεων-χρήσεων γης. Η υλοποίηση των στόχων αυτών έχει ιδιαίτερη βαρύτητα και για τις συγκεκριμένες περιοχές αλλά και σαν γενικότερη μεθοδολογία που δυνητικά μπορεί να εφαρμοστεί και σε άλλες περιοχές με παρόμοια χαρακτηριστικά.

1.6 Ερευνητικά Ερωτήματα

Τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν είναι:

- Είναι δυνατόν ο προσδιορισμός του πλημμυρικού κινδύνου από ελεύθερα γεωγραφικά δεδομένα;
- Είναι δυνατόν να εντοπισθούν, καλύψεις και χρήσεις γης πριν το καταστροφικό συμβάν από ελεύθερα γεωγραφικά δεδομένα;

- Με ποια κριτήρια θα γίνει επανασχεδιασμός των καλύψεων και χρήσεων γης;

Κεφάλαιο 2

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Εισαγωγή

Η έρευνά μας για τις πλημμύρες στις περιοχές Μάνδρα-Νέα Πέραμο Αττικής ακολούθησε την μέθοδο της βιβλιογραφικής επισκόπησης. Η επισκόπηση της βιβλιογραφίας στην περίπτωση μας στοχεύει στο να απαντήσει ποια είναι τα κρίσιμα ζητήματα που προκύπτουν από τις πλημμύρες της Τετάρτης 15.11.2017 στις προαναφερόμενες περιοχές εστιάζοντας στις επιπτώσεις, και κυρίως τις περιβαλλοντικές και πώς μπορεί να πραγματοποιηθεί η επαναχωροθέτηση καλύψεων-χρήσεων γης. Η βιβλιογραφική στρατηγική που ακολούθησε τους εξής άξονες: Οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν για τη συλλογή του υλικού ήταν η βάση δεδομένων της επιστημονικής κοινότητας researchgate.net, και η μηχανή αναζήτησης Google Scholar. Χρησιμοποιήθηκαν ως κριτήρια επιλογής αναφορές εργασιών και κυρίως review εργασίες και οι λέξεις κλειδιά: Πλημμύρες, χρήσεις γης και περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Τα παραπάνω μας βοήθησαν στην διαλογή των εργασιών, ώστε να καταλήξουμε στις καταλληλότερες για την αναζήτησή μας. Δόθηκε ιδιαίτερη σημασία στην βιβλιογραφία των τελευταίων ετών, από περιοδικά του CSI με μεγάλες τιμές impact factor στο πεδίο των φυσικών καταστροφών-πλημμυρών, όπως τα περιοδικά Journal of Disaster Risk Reduction, Natural Hazards, International Journal of Remote Sensing και Nature. Ακολούθως, ομαδοποιήσαμε τις εργασίες σε μεγάλες ομάδες και μετέπειτα σε επί μέρους υποομάδες ανάλογα με το περιβαλλοντικό πρόβλημα που μελετούν με την χρήση του GIST τεστ. Έτσι τα αποτελέσματα της αναζήτησής μας ξεκίνησαν από τα γενικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα που σχετίζονται με την χρήση τις πλημμύρες και κατέλεξαν σε αυτά που αναλύουμε ακολούθως.

Η βιβλιογραφική μας ανασκόπηση παρουσιάζει τα πλέον αναγνωσμένα άρθρα που παρουσιάστηκαν σε παγκόσμιο επίπεδο την τελευταία δεκαετία, δηλαδή από το 2006 και μεταγενέστερα. Η παγκόσμια τάση ερευνάς ως προς τις πλημμύρες ακολουθεί διάφορα πεδία, όπως οι στρατηγικές διαχείρισης κινδύνου αλλά και πρόβλεψης ή και στον υπολογισμό του κόστους μιας πλημμύρας (Freebairn, 2006; Birkholz et al., 2014; Coolsa et al., 2016; Nuanchan, 2017; Allaire, 2018). Παρατηρείται επίσης, μια εξειδίκευση

στην μελέτη των πλημμυρών ανάλογα με το αν οι περιοχές βρίσκονται στο άμεσο φυσικό περιβάλλον και κοντά σε ορεινούς όγκους (Stoffel et al., 2016) ή πλησίον του αστικού ιστού σε πόλεις που αναπτύσσονται παράκτια ή ενδοηπειρωτικά (Kalantari et al., 2018; Jianga et al., 2018; López-Goyburua and García-Monterob, 2018; Ogie et al., 2018). Καταγράφονται και βιβλιογραφικές αναφορές στρατηγικών αποκατάστασης (Rus et al., 2018) ακόμη και βάσει εργαστηριακών πειραμάτων (Mignot et al., 2019). Αρκετοί ερευνητές συσχετίζουν την κλιματική αλλαγή με τις πλημμύρες και την ξηρασία (Kalantari et al., 2018; López-Goyburua and García-Monterob, 2018).

2.2 Δυτική Αττική

Οι περιοχές μελέτης μας Μάνδρα και Νέα Πέραμος ανήκουν στην Περιφερειακή Ενότητα Δυτικής Αττικής (ΠΕ.ΔΥ) της Περιφέρειας Αττικής και ειδικότερα στην Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Δυτικής Αττικής. Η ΠΕ.ΔΥ περιλαμβάνει διοικητικά 10 δήμους. Έδρα της νομαρχίας είναι η Ελευσίνα. Ο πληθυσμός της ΠΕ.ΔΥ ήταν 160.927 (απογραφή 2011), η έκτασή της είναι 1.004,007 km² και παρουσιάζει πυκνότητα πληθυσμού 143 κατοίκων ανά km² (ΓΕΩΤΕΕ, 2017; ΥΠΕΝ/ΕΓΥ, 2017α, β, γ) (Πίνακας 3). Σε ότι αφορά το κλίμα της περιοχής, αυτό χαρακτηρίζεται μεσογειακό, με εξαίρεση τα υψηλά σημεία, όπου το κλίμα είναι ορεινό (ΥΠΕΝ/ΕΓΥ, 2017α).

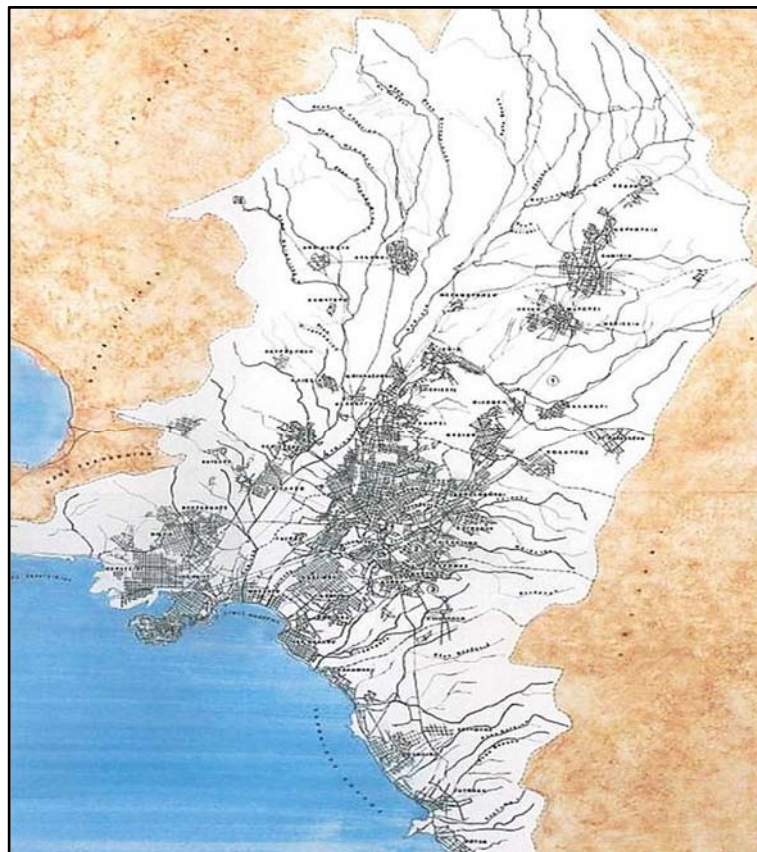
Πίνακας: 3. Δήμοι που υπάγονται στην ΠΥ ΔΑ.

Αποκεντρωμένη Διοίκηση	Περιφέρεια	Περιφερειακή Ενότητα	Δήμος	Ποσοστό Εντός ΥΔ (%)	Μόνιμος Πληθυσμός Εντός ΥΔ
Αττικής	Αττικής	Δυτικής Αττικής	Ασπροπύργου	99	30.251
			Ελευσίνας	100	29.902
			Μάνδρας - Ειδυλλίας	85	15.202
			Μεγαρέων	100	36.924
			Φυλής	83	38.151

Στη ΠΕ.ΔΥ εντοπίζεται σημαντικό κομμάτι της πρωτογενούς παραγωγής της Αττικής με καλλιέργειες αμπελουργίας, ελαιοκομίας και λαχανοκομίας και οι δενδρώδεις καλλιέργειες και τα φυτά μεγάλης καλλιέργειας, υπαίθρια ή σε μονάδες θερμοκηπίων. Ο δευτερογενής τομέας είναι επίσης σημαντικός στην ΠΕ.ΔΥ, αφού το μεγαλύτερο μέρος της ελληνικής βιομηχανίας είναι εγκατεστημένο εκεί. Ο μεταποιητικός τομέας κυριαρχείται από τομείς χαμηλής-μεσαίας τεχνολογίας, όπως βιομηχανίες τροφίμων και ποτών, μεταλλικά, χημικά-φαρμακευτικά προϊόντα και κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και ναυπηγεία. Η μεγαλύτερη συνάθροιση των παραγωγικών δραστηριοτήτων εντοπίζεται στο Θριάσιο Πεδίο. Επιπρόσθετα στη ΠΕ.ΔΥ, οι δήμοι Ασπρούργου και Ελευσίνας συγκεντρώνουν σημαντικές μεγάλες βαριές βιομηχανίες στους κλάδους διύλισης πετρελαίου, ναυπηγείων, μεταλλουργίας και χημικής βιομηχανίας. Ο γειτονικός δήμος Μάνδρας χαρακτηρίζεται από σημαντική βιομηχανική δραστηριότητα με έντονη παρουσία του κλάδου παραγωγής σκυροδέματος. Επιπροσθέτως, σημαντικός αριθμός βιομηχανικών εγκαταστάσεων σχετίζεται με τον κατασκευαστικό τομέα, όπως η συγκέντρωση μονάδων κατασκευής μεταλλικών κουφωμάτων και επεξεργασίας χρωμάτων που καταγράφεται σε πολλές περιοχές της ΠΕ.ΔΥ (ΓΕΩΤΕΕ, 2017; ΥΠΕΝ/ΕΓΥ, 2017α, β, γ).

Η γεωλογική δομή του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Αττικής περιλαμβάνει μεταλπικούς σχηματισμούς του Τεταρτογενούς και Νεογενούς στις πεδινές περιοχές, ενώ στις λοφώδεις ανυψώσεις και τους ορεινούς όγκους εμφανίζεται το αλπικό κυρίως υπόβαθρο. Πιο συγκεκριμένα, το πεδινό τμήμα της ΠΕ.ΔΥ καλύπτεται κυρίως από διλουβιακές και αλλουβιακές αποθέσεις που αποτελούνται από πηλούς, αργιλοπηλίτες, παλαιούς και σύγχρονους κώνους κορημάτων, ποταμοχερσαία κρόκαλο-λατυποπαγή, χειμάρρειες αποθέσεις, αναβαθμίδες και παράκτιες άμμους. Απαντώνται σε υψηλότερα στρωματογραφικά επίπεδα ποταμολιμναία ιζήματα (ηλικίας Ανωτέρου Μειόκαινου-Κατώτέρου Πλειόκαινου), που συνίστανται από μάργες, τραβερτίνες, μαργαϊκούς ασβεστόλιθους και αργίλους σε εναλλαγή με κροκαλοπαγή (για λεπτομέρειες βλέπε Τσαγγαράτος, 2012; Διακάκης, 2013) (Εικόνα 2).

πυριγενών πετρωμάτων (για λεπτομέρειες βλέπε Τσαγγαράτος, 2012; Διακάκης, 2013)
(Εικόνα 2).



Εικόνα: 3. Χάρτης δικτύου ρευμάτων στην ΠΕ.ΔΥ

Οι πληγείσες περιοχές της Νέας Περάμου και της Μάνδρας υπάγονται στις ΖΔΥΚΠ (Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας), Χαμηλή ζώνη Μεγάρων και Ν. Περάμου και Χαμηλή ζώνη Ασπροπύργου-Ελευσίνας αντίστοιχα, με τα κυριότερα προβλήματα να εντοπίζονται στην περιοχή της Μάνδρας. Η ΖΔΥΚΠ Μεγάρων-Ν. Περάμου εντοπίζεται στην ΠΕ Δυτικής Αττικής και περιλαμβάνει τμήμα του Δήμου Μεγαρέων. Έχει έκταση 48,52 km², αναπτύσσεται στα χαμηλότερα υψομετρικώς επίπεδα της πεδιάδας Μεγαρίδος, μεταξύ δυο παράλληλων οροσειρών, της οροσειράς του Πατέρα (με υψόμετρο 1132 m) στα ΒΑ και στα Δ της οροσειράς των Γερανείων (υψόμετρο 1380 m). Β και ΒΑ βρίσκεται το όρος Πάρνηθα (υψόμετρο 1413 m), Β το όρος Πάστρα (υψόμετρο

1025 m) και Β και ΒΔ το όρος Κιθαιρώνας (1359 m) (ΓΕΩΤΕΕ, 2017; ΥΠΕΝ/ΕΓΥ, 2017α, β, γ). Η περιοχή παρουσιάζει διεύθυνση ανάπτυξης ΒΔ-ΝΑ, με την πεδινή περιοχή του Θριασίου πεδίου να αναπτύσσεται σε υψόμετρα ≥ 100 m, ενώ των Μεγάρων ≥ 300 m. Στα ΝΑ βρέχεται από τον Σαρωνικό κόλπο. Περιλαμβάνει την περιοχή ~ 5 km από την ακτή όπου εντοπίζονται οι οικισμοί Μέγαρα, Λάκκα Καλογήρου, Κουμιντρί, Τρύπια Σπηλιά, Βλυχάδα, Νέα Πέραμος. Ταυτόχρονα εκτείνεται ενδότερα σε δύο επιμήκεις ζώνες στις ΝΔ απολήξεις του όρους Πατέρα (βόρεια της μονής Παναχράντου και Κατσικάλη Ελιές) (ΓΕΩΤΕΕ, 2017; ΥΠΕΝ/ΕΓΥ, 2017α, β, γ, Εικόνες 2 και 3).

Το μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης των Μεγάρων αποστραγγίζεται από χειμάρρους με κατεύθυνση προς τα ΝΑ στον Ελευσινιακό Κόλπο. Οι βασικότεροι είναι ο χείμαρρος Καμάρας, Μαυρατζάς και Αγίου Στεφάνου, Αγία Παρασκευή, Αγία Ελεούσα, Μαυροσπηλιά, Παράπηγα-Τρύπα, Ρέμα Γώγου ή Μεγάλο Ρέμα (Εικόνα 3). Οι χείμαρροι του Α τμήματος της λεκάνης απορροής -που πηγάζουν από το ορεινό συγκρότημα Πατέρας- παρουσιάζουν μειωμένες επιφανειακές απορροές. Η πλειοψηφία των χειμάρρων δεν διατηρούν στις κοίτες τους νερό -παρά μόνο για μικρά χρονικά διαστήματα και μόνο μετά από ραγδαίες βροχοπτώσεις- και για τον λόγο αυτό οι κοίτες τους παρατηρούνται αβαθείς. Οι χείμαρροι του Δ τμήματος παρουσιάζουν περισσότερο διαμορφωμένες και βαθιές κοίτες που κρατούν την ροή νερού για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα- πλην όμως είναι μικρής ανάπτυξης ή το τμήμα της περιοχής εντός της οποίας αναπτύσσεται η λεκάνη απορροής τους εμφανίζει μικρή έκταση. Η Α περιοχή της ζώνης αποστραγγίζεται από το Μεγάλο Ρέμα (ρέμα Γώγου), που πηγάζει από τις ΝΔ παρυφές του όρους Πατέρας -με δενδριτικού τύπου υδρογραφικό δίκτυο- και με γενική κατεύθυνση από ΒΔ προς ΝΑ διέρχεται εντός ζώνης όπου ονομάζεται ρέμα Κουλουριώτικο. Στα Α της περιοχής Κατσικάλη Ελιές, ρέει Α της Τρύπιας Σπηλιάς και της Βλυχάδας και εκβάλλει στα ΒΔ της παραλίας Νέας Περάμου. Αναφέρεται ότι ο κύριος ορεινός όγκος που απορρέει στην ΖΔΥΚΠ είναι οι ΝΑ παρυφές του όρους Πατέρας που καλύπτονται κυρίως από θαμνώδη και φρυγανώδη βλάστηση. Το υψόμετρο της ζώνης φθάνει ≥ 400 m στα ΒΔ της περιοχής Κατσικάλη Ελιές (ΓΕΩΤΕΕ, 2017; ΥΠΕΝ/ΕΓΥ, 2017α, β, γ).

2.3 Καλύψεις Γης

Η έννοια της κάλυψης γης εμπεριέχει δυο παραμέτρους: Την γήινη επιφάνεια και τις τακτικές εκμετάλλευσης από τον άνθρωπο. Αποτελεί δηλαδή την εκδήλωση της ανθρώπινης δραστηριότητας επί της εδαφικής επιφάνειας, κυρίως ως προς τον κοινωνικοοικονομικό σκοπό χρήσης, όπως για παράδειγμα στους τομείς της κατοικίας, γεωργίας, βιομηχανίας, τουρισμού και ψυχαγωγίας (Guame, 2009; Guzzetti et al., 2003). Συνυπολογίζεται δε και η κατάσταση και οι φυσικές διαστάσεις της εδαφικής επιφάνειας, όπως ο τύπος βλάστησης που φύεται σε μια έκταση. Με βάση την πολεοδομική διάσταση και χωροταξία, η κάλυψη γης σχετίζεται και με τη βιώσιμη και παραγωγική αξιοποίηση του χώρου, στοχεύοντας ταυτόχρονα στη βελτίωση των ανθρωπίνων οικονομικό-κοινωνικών δραστηριοτήτων και στην οικολογική διαχείριση του χώρου. Ο πολεοδομικός σχεδιασμός είναι αλληλεξαρτώμενος με τον τρόπο κάλυψης της γης, αφού το ζητούμενο είναι η σωστή χρήση και αξιοποίηση της γης (Αραβαντινός, 2007). Σχετίζεται με την κάλυψη και την χρήση της γης ως προς τον τρόπο που δομείται ο αστικός ιστός ώστε να παρέχει ασφάλεια και ποιότητα ζωής στους κατοίκους που διαβιώνουν στη εν λόγω περιοχή. Η κάλυψη γης επηρεάζει άμεσα τις παραμέτρους της έκθεσης, της τρωτότητας και της ικανότητας απόκρισης, στην εξίσωση της διακινδύνευσης από πλημμύρες, όπως η περίπτωση Μάνδρας-Νέας Περάμου.

Η κάλυψη και οι χρήσεις γης συνδέονται άμεσα με την πληθυσμιακή συγκέντρωση και την οικοδομική πυκνότητα μιας περιοχής. Η συγκρότηση των λειτουργιών του αστικού ή αγροτικού χώρου επηρεάζει την χωροθέτηση κρίσιμων υποδομών και ανοικτών χώρων, την ανάπτυξη της οικονομικής δραστηριότητας και την ενίσχυση των κοινωνικών σχέσεων (Fressard et al., 2014). Η ακατάλληλη και χωρίς σχέδιο κάλυψη της γης αυξάνει την τρωτότητά της και στις πλημμύρες (Αραβαντινός, 2007). Ο σχεδιασμός των καλύψεων γης, για τη διαχείριση των αστικών και αγροτικών περιοχών, είναι αναγκαίο να γίνεται ταυτοχρόνως με την προσπάθεια αντιμετώπισης των πλημμυρών. Ορισμένες χρήσεις και καλύψεις γης μπορεί να έχουν διπλό ρόλο, δηλαδή να ευνοούν την καθημερινότητα των κατοίκων και συγχρόνως να εισέρχονται στον σχεδιασμό για τη διαχείριση μιας πλημμύρας. Με τον τρόπο αυτό, οι χρήσεις καθίστανται ενεργές στην καθημερινότητα, ώστε έτσι να διατηρούν τα χαρακτηριστικά τους (Birkmann, 2006; Camarasa-Belmonte et al., 2011; Ainuddin et al., 2015; Chang and Huang, 2015).

Η κάλυψη της γης, γενικότερα, και ειδικότερα η φυτοκάλυψη, επιδρούν με πολλαπλούς τρόπους την επιφανειακή απορροή. Ο μηχανισμός επίσχεσης της χλωρίδας έχει ως απόρροια τη μείωση του όγκου απορροής, λόγω της ποσότητας που κατακρατείται από τη χλωρίδα και εν τέλει εξατμίζεται ή απορροφάται από αυτή κατά τη διαπνοή. Ο ίδιος μηχανισμός είναι υπεύθυνος και για τη χρονική καθυστέρηση της απορροής (Birkmann, 2006; Camarasa-Belmonte et al., 2011; Ainuddin et al., 2015; Chang and Huang, 2015). Στη χρονική υστέρηση συντελεί και η αύξηση της τραχύτητας των εδαφών που προξενεί η φυτοκάλυψη, ενώ αντίθετα ο σχηματισμός λείων επιφανειών, όπως επί παραδείγματι λόγω της αστικοποίησης και της ανάπτυξης του οδικού δικτύου, εντείνει την απορροή. Μια άλλη επίδραση της χλωρίδας, που λειτουργεί προστατευτικά ως προς την πλημμύρα σχετίζεται με τη μεταβολή των γνωρισμάτων του επιφανειακού εδαφικού στρώματος, όπως σχηματίζεται από τη δράση των ριζών και των φυλλωμάτων με τρόπους ώστε να μεγαλώνει η διηθητική ικανότητα του εδάφους και επακόλουθα να μειώνεται η απορροή. Γενικώς, η φυτοκάλυψη ενεργεί προς την κατεύθυνση της μείωσης του όγκου αντανακλαστικής απορροής, και της καθυστέρησης και εξομάλυνσης των ρυθμών της, με τελική απόρροια τη μείωση των αιχμών της πλημμύρας (Birkmann, 2006; Camarasa-Belmonte et al., 2011; Ainuddin et al., 2015; Chang and Huang, 2015). Όταν λοιπόν αποψιλώνεται η χλωρίδα, όπως π.χ. από πυρκαγιές ή και εκχερσώσεις τροποποιείται η υδρολογική συμπεριφορά της λεκάνης και επιταχύνονται ή/και ισχυροποιούνται οι πλημμύρες. Επιπροσθέτως, η δασική κάλυψη με χλωρίδα, καθυστερώντας την απορροή, ενισχύει το έδαφος σε σχέση με την κινητική ενέργεια των βροχοπτώσεων. Ταυτόχρονα δημιουργείται συνεκτικός ιστός στους εδαφικούς κόκκους και συγκρατείται το έδαφος, μετριάζοντας τις κλίσεις και τις υψομετρικές διαφορές και τη διάβρωση της λεκάνης και τις επιζήμιες συνέπειές της (Katsafados et al., 2012; Koutsoyiannis et al., 2012).

Βάσει της κατανομής των υψομέτρων στις περιοχές Μάνδρας-Νέας Περάμου, το ανάγλυφο εκδηλώνεται ως πεδινό (0-200 m) σε ποσοστό ~ 95%, ενώ σύμφωνα με τις κλίσεις το ανάγλυφο χαρακτηρίζεται κυρίως ως επίπεδο (με κλίσεις 0-5%) σε ποσοστό ~ 85%. Οι κρημνώδεις πλαγιές που δημιουργούνται από τα Γεράνια όρη και από το όρος Πατέρας, προκαλούν ένα έντονο ανάγλυφο με σημαντικό εύρος εδαφικών κλίσεων περιφερειακά της ζώνης. Απόρροια των κλίσεων αυτών, είναι η γένεση σημαντικών

ενεργών ποταμοχειμάρρων λεκανών απορροής, που ανά διαστήματα προκαλούν έντονα πλημμυρικά φαινόμενα, εντός της ΖΔΥΚΠ. Στην ευρύτερη περιοχή του ΠΕ.ΔΥ αναπτύσσονται τρία είδη υδροφόρων συστημάτων: Το πρώτο αναπτύσσεται εντός στις τεταρτογενείς και νεογενείς αποθέσεις (κοκκώδες σύστημα), το δεύτερο μέσα στα υδροπερατά μάρμαρα και στους ασβεστόλιθους (καρστικό σύστημα) και το τρίτο, τοπικά στην μάζα τεκτονισμένων πυριγενών πετρωμάτων, όπου αναπτύσσεται ρωγματικού τύπου υδροφορία μικρής δυναμικότητας. Τα κοκκώδη υδροφόρα συστήματα αναπτύσσονται στις ιζηματογενείς λεκάνες εντός των τεταρτογενών και νεογενών αποθέσεων οι οποίες δημιουργούν αλλεπάλληλους υδροφόρους οριζόντες, ελεύθερους ή μερικώς υπό πίεση εντός των αμμοχαλικωδών ενδιαστρώσεων. Τα νεογενή ιζήματα εμφανίζουν λιθοστρωματογραφικές εναλλαγές υδροπερατών και ημιπερατών έως υδροστεγανών πετρωμάτων, με αποτέλεσμα να επεκτείνουν την υπόγεια υδροφορία με τη μορφή επάλληλων υπό πίεση ή μερικώς υπό πίεση υδροφόρων οριζόντων. Η τροφοδοσία αυτών των συστημάτων προέρχεται από τις βροχοπτώσεις, τις επιφανειακές απορροές και από πλευρικές μεταγίσεις υπόγειων υδάτων από τα περιβάλλοντα πετρώματα. Γενικά, στις περιοχές Μάνδρας-Νέας Περάμου, οι υπόγειες υδροφορίες που αναπτύσσονται σε αυτά τα συστήματα χαρακτηρίζονται από υψηλή δυναμικότητα (ΓΕΩΤΕΕ, 2017; ΥΠΕΝ/ΕΓΥ, 2017α, β, γ).

Στην εν λόγω ΖΔΥΚΠ και στις περιοχές Μάνδρας-Νέας Περάμου, ως προς το φυσικό περιβάλλον επικρατούν οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις (σε ποσοστό ~ 60%) και έπονται οι αστικές περιοχές (~ 21%), οι αδιαπέρατες επιφάνειες και επιφάνειες νερού (~ 15%), οι δασικές (~ 2%) και οι χορτολιβαδικές εκτάσεις (~ 1%) (Εικόνα 2). Από τα δεδομένα για τις πυρκαγιές του ελληνικού Πυροσβεστικού Σώματος (Υπουργείο Εσωτερικών), για την περίοδο 2005-2015 στην ευρύτερη περιοχή της ζώνης (Δ. Μεγαρέων) έχουν καταγραφεί 445 πυρκαγιές, ενώ η συνολική καμένη έκταση ανέρχεται σε 3,70 km². Από τις καταγεγραμμένες πυρκαγιές το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνουν οι δασικές εκτάσεις (~ 50%) και ακολουθούν οι χορτολιβαδικές εκτάσεις (~ 20%), τα δάση (~ 14%) και οι γεωργικές εκτάσεις (~ 12%) (ΓΕΩΤΕΕ, 2017; ΥΠΕΝ/ΕΓΥ, 2017α, β, γ). Επιπρόσθετα, εντός της περιοχής κατάκλυσης ως προς ανθρωπογενές περιβάλλον αναφέρονται δυο οικισμοί δηλαδή της Μάνδρας και Ελευσίνα που καλύπτονται από 0,06 km² με καλλιέργειες, από 1,74 km και 829,35 m οδικού και σιδηροδρομικού δικτύου αντίστοιχα, ένα Βιομηχανικό-Βιοτεχνικό Πάρκο και μια εκτεταμένη Βιομηχανική Ζώνη. Επίσης,

καταγράφονται ένα στρατιωτικό αεροδρόμιο, ένα Υπόγειο Υδατικό Σύστημα απόληψης ύδατος για ανθρώπινη κατανάλωση («Βορειοανατολικής Πάρνηθας») και ανεπτυγμένες τουριστικά περιοχές (ΓΕΩΤΕΕ, 2017; ΥΠΕΝ/ΕΓΥ, 2017α, β, γ).

2.4 Η Διεθνής Πραγματικότητα για τις Πλημμύρες

Η βιβλιογραφική μας ανασκόπηση παρουσιάζει τα πλέον αναγνωσμένα άρθρα (με δείκτη $h \geq 10$), που παρουσιάστηκαν σε παγκόσμιο επίπεδο και την τελευταία δεκαετία, δηλαδή από το 2006 και μεταγενέστερα. Αρχικά, καταγράφουμε μια αντίστοιχη περίπτωση με αυτή των Μάνδρα και Νέα Πέραμο, που συνέβη στην Ιαπωνία (Nakamura and Oki, 2018). Σύμφωνα με τους Nakamura and Oki (2018) η διαχείριση του κινδύνου πλημμυρών (FRM) έχει επανειλημμένα εξελιχθεί μέσω των αλλαγών των παραδειγμάτων στην ανθρώπινη ιστορία. Αντίστοιχο παράδειγμα, αποτελεί το γεγονός που συνέβη από τα τέλη Ιουνίου έως τα μέσα Ιουλίου του 2018, οι διαδοχικές βροχοπτώσεις στη νοτιοδυτική Ιαπωνία είχαν ως αποτέλεσμα εκτεταμένες, καταστροφικές πλημμύρες και λασπώδεις καταρροές. Πρόκειται για τη θανατηφόρα καταστροφή που οφείλεται στη πλημμύρα των γλυκών υδάτων στη χώρα μετά την πλημμύρα του Ναγκασάκι το 1982. Πιο αναλυτικά, από τις 20 Ιουλίου 2018, 225 άνθρωποι επιβεβαιώθηκαν νεκροί σε 15 νομούς, ενώ άλλοι 13 δήλωσαν ότι αγνοούνται. Περισσότερα από 8 εκατομμύρια άτομα ενημερώθηκαν ή κλήθηκαν να εκκενώσουν τις περιουσίες τους σε 23 νομούς. Ορισμένες περιοχές χτυπήθηκαν από βροχή πάνω από 1.000 χιλιοστά, γεγονός που ώθησε την Ιαπωνική Μετεωρολογική Υπηρεσία να εκδώσει προειδοποιήσεις έκτακτης ανάγκης για οκτώ νομούς: Okayama, Hiroshima, Tottori, Fukuoka, Saga, Nagasaki, Hyogo και Κιότο. Η καταρρακτώδης βροχή προκάλεσε κατολισθήσεις και πλημμύρες, καθώς τα επίπεδα νερού έφθασαν έως τα 5 m στις περιοχές με τις μεγαλύτερες επιπτώσεις. Ο νομός Χιροσίμα είχε 1243 λάσπης το 2018, που είναι περισσότερο από το σύνολο του έθνους συνολικά σε ένα μέσο έτος. Σε όλες τις πληγείσες περιοχές, τουλάχιστον 225 άτομα έχασαν τη ζωή τους σε διάφορα περιστατικά που σχετίζονται με τη βροχή, κυρίως λόγω των οδοφράξεων, των κατολισθήσεων και των οχημάτων που παρασύρθηκαν από τα ύδατα των πλημμυρών. Πολλοί από τους νεκρούς είχαν αγνοήσει τις εντολές εκκένωσης και επέλεξαν να παραμείνουν στα σπίτια τους παρά τις επανειλημμένες προειδοποιήσεις. Σε εθνικό επίπεδο οι ζημιές ανήλθαν σε 9,86 δισ. δολάρια. Οι ζημιές στη γεωργία, τη δασοκομία και την αλιεία ανήλθαν σε 5,69 δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ ενώ οι απώλειες

στη δημόσια υποδομή, συμπεριλαμβανομένων των ακτών, των σιδηροδρόμων και των οδών, ανήλθαν σε 4,21 δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ. Πρόκειται για τη θανατηφόρα καταστροφή των τελευταίων ετών στην Ιαπωνία (Nakamura and Oki, 2018).

Ο Freebairn (2006) καταγράφει και αξιολογεί τις αποφάσεις των νοικοκυριών, των επιχειρήσεων και των κυβερνήσεων να επισημαίνουν περιοχές που είναι επιρρεπείς σε πλημμύρες, επενδύοντας σε έργα περιορισμού των πλημμυρών με κατάλληλες στρατηγικές διαχείρισης κινδύνου πλημμύρας. Ο συγγραφέας θεωρεί πως είναι λογικό οι κάτοικοι να καταγράφουν τις περιοχές που είναι επιρρεπείς σε πλημμύρες -ακόμη και μετά από τη δημιουργία αντιπλημμυρικών έργων. Αναφέρει πως τα νοικοκυριά και οι επιχειρήσεις που έχουν την κατάλληλη πληροφόρηση θα παραμένουν σε περιοχές με μεγάλο κίνδυνο για πλημμύρες μόνο αν το κόστος των ζημιών από τις πλημμύρες είναι μικρότερο από τα οφέλη. Οι κυβερνήσεις έχουν βασικό ρόλο, που αφορά την παροχή πληροφοριών και τον συντονισμό των αποφάσεων σχετικά με επενδυτικά σχέδια για την αντιμετώπιση των πλημμυρών. Πάντως, μια κυβερνητική πολιτική επιδοτήσεων επικρίνεται από τον συγγραφέα, τόσο από άποψη αποτελεσματικότητας όσο και από άποψη κοινωνικής δικαιοσύνης (Freebairn, 2006).

Οι Birkholz et al. (2014) στο ίδιο μήκος κύματος, κάνουν μια ανασκόπηση σχετικά με τα βιβλιογραφικά δεδομένα που αφορούν τον κίνδυνο πλημμυρών. Αναφέρουν δε, ότι αν και οι αντιλήψεις για τον κίνδυνο πλημμυρών και οι επακόλουθες επιπτώσεις έχουν καταγραφεί εδώ και καιρό και από πολλούς ερευνητές. Όμως τα σημαντικότερα γνωρίσματα κατά την εκδήλωση μιας πλημμύρας έχουν συχνά εκτιμηθεί λανθασμένα από τα βιβλιογραφικά δεδομένα. Τα παραδείγματα στον τομέα του κινδύνου πλημμυρών παρέχουν διαφορετικά, αλλά όχι πάντα αντικρουόμενα, στοιχεία κατά την ερμηνεία των χαρακτηριστικών των καταγεγραμμένων πλημμυρών. Η μελέτη τους εξετάζει τις κύριες συνιστώσες που έχουν ακολουθηθεί για την κατανόηση των αντιλήψεων κινδύνου από τις πλημμύρες. Οι Birkholz et al. (2014) καταγράφουν και τις νέες εξελίξεις που αφορούν τις διάφορες θεωρίες για τον κίνδυνο και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας. Αναφέρεται δε η ανάγκη επανεξέτασης των θεωριών για τον κίνδυνο πλημμυρών. Οι συγγραφείς παραπέμπουν σε απόψεις ατόμων που κινδυνεύσαν ή που ζουν εκτός των περιοχών που επλήγησαν από πλημμύρες, υπό το πρίσμα μιας ευρύτερης κατανόησης και

αντίληψης για το θέμα. Παραθέτουν επίσης, και τις απόψεις των υπευθύνων για τη χάραξη πολιτικής, καθώς και τις πιθανές προοπτικές για την προστασία των κατοίκων σε επικίνδυνες για πλημμύρες περιοχές, και προτείνουν τη δημιουργία κρατικών συστημάτων διασφάλισης πλημμυρών. Η πρόκληση που δημιουργείται σύμφωνα με τους Birkholz et al. (2014) αφορά τις υφιστάμενες σχέσεις μεταξύ της αίσθησης του κινδύνου και της διαχείρισης των πλημμυρών, ιδιαίζόντως όσον αφορά τις στρατηγικές επικοινωνίας και την αντίληψη που διαμορφώνουν τα άτομα που κινδυνεύουν από τις πλημμύρες της υπευθυνότητας για την ανάληψη αντιπλημμυρικών ενεργειών (Birkholz et al., 2014).

Υπάρχουν και αναφορές που σχετίζονται με τις πλημμύρες στο φυσικό περιβάλλον. Οι Stoffel et al. (2016) διερευνούν τις πλημμύρες που συνδέονται με τους ορεινούς όγκους. Αναφέρουν πως οι πλημμύρες είναι ένας κρίσιμος παράγοντας της γεωμορφολογικής αλλαγής στα κανάλια ροής των υδάτινων πηγών. Ταυτόχρονα, μπορεί να είναι πολύ επιζήμιες για τις ιδιοκτησίες και τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις, τις τεχνικές υποδομές και τις ανθρώπινες ζωές. Λόγω των υψηλών ενεργειών ροής τα υδατορεύματα είναι ιδιαίτερα ευάλωτα στις περιβαλλοντικές αλλαγές που επηρεάζουν τις λεκάνες απορροής και τα κανάλια τους. Καταγράφουν πολλούς παράγοντες που τείνουν να διαμορφώνουν τις περιβαλλοντικές συνθήκες στις εκβολές των περιοχών, με επιπτώσεις στις γεωμορφολογικές διαδικασίες αλλά και τη συχνότητα, το μέγεθος και το χρόνο των πλημμυρών που συνδέονται με ορεινούς όγκους. Η εμφάνιση των πλημμυρών ποικίλλει μεταξύ των περιφερειών αλλά και ως τους τρόπους που εκδηλώνονται σε σχέση με τις ορεινές περιοχές. Σε περιοχές της Ευρώπης, η αποψίλωση των δασών που πραγματοποιήθηκε κατά τον 20^ο αιώνα, αυξάνει σημαντικά της ποσότητες κορμών δέντρων που μεταφέρονται από τα κανάλια ροής και οδηγεί στον αποκλεισμό των γεφυρών. Ταυτόχρονα, καθώς η αποψίλωση συνεχίζεται σε άλλες ορεινές περιοχές, επιταχύνει την απορροή και ενισχύει το μέγεθος και τη συχνότητα των πλημμυρών σε ορισμένες περιοχές. Η μη αποθήκευση των υδάτων οδηγεί σε μη εξασθένηση της πλημμύρας, με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο κίνδυνος στα κατάντη ποτάμια που επιτυγχάνονται ως αποτέλεσμα της αυξημένης αποθήκευσης καναλιών ή της αποκατάστασης της αποθήκευσης υδάτων πλημμυρικής επιφάνειας. Από την άλλη, οι έντονες δραστηριότητες αποκατάστασης ποταμών παγκοσμίως αποτελούν παραδείγματα ωφέλιμων αλλαγών ως προς τους κινδύνους πλημμύρας. Οι σχέσεις

μεταξύ των γεωμορφολογικών διεργασιών με τις πλημμύρες λειτουργούν και προς τις δύο κατευθύνσεις, γεγονός που δηλώνει ότι η πιθανότητα πλημμύρας ή ο χαρακτήρας των πλημμυρών μπορούν να τροποποιήσουν σημαντικά τη μορφολογία των ποταμών, και να επηρεάσουν τις υδρολογικές ιδιότητές τους, και τους σχετικούς κινδύνους για τις τοπικές κοινωνίες. Η μελέτη των Stoffel et al. (2016) παρέχει επίσης πληροφορίες για καινοτόμες μελέτες, μεθόδους ή αναδυόμενες πτυχές του ζητήματος και επισημαίνει τις σχέσεις μεταξύ των περιβαλλοντικών αλλαγών, των γεωμορφολογικών διαδικασιών και της εμφάνισης πλημμυρών σε σχέση με ορεινούς ποταμούς (Stoffel et al., 2016).

Οι Coolsa et al. (2016), μελετώντας τις μεθόδους πρόβλεψης των πλημμυρών αναφέρουν πλέον έγκυρη τη μέθοδο EWS (Early Warning Systems). Τα δεδομένα τους δείχνουν ότι το EWS είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για τη διάσωση ζωών, στο να αποτρέψει τις ζημιές και να εντείνει την ανθεκτικότητα μιας κοινωνίας σε πλημμύρες. Παρά την ουσιαστική τεχνική πρόοδο, από τεχνολογική επιχειρησιακή άποψη, συνεχίζουν να υπάρχουν μεγάλες προκλήσεις για την επίτευξη των δυνητικών οφελών του EWS. Αυτές αφορούν την κοινοποίηση πληροφοριών σχετικά με τους κινδύνους και την έγκαιρη προειδοποίηση για τις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης και τους πληθυσμούς σε κίνδυνο και, συνεπώς, να κινήσει αντιπλημμυρικές δράσεις. Μελέτες περιπτώσεων από την Ευρώπη (Βέλγιο) και την Αφρική (Αίγυπτος, Μάλι) αναλύουν την χρήση του EWS ως προς τον τρόπο αντίδρασης σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης από πλημμύρες. Συνεπώς, παρέχονται αποδείξεις σε όλα τα επίπεδα και σε όλους τους τομείς (αρχές και πληθυσμός που κινδυνεύει) που συμβάλουν στη μείωση των κινδύνων πλημμύρας, αλλά και αντιμετώπιση της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή (Coolsa et al., 2016).

Η Nuanchan (2017), εξετάζοντας την πλημμύρα του 2011 στην Ταϊλάνδη, με έμφαση στην λεκάνη απορροής του Chao Phraya, καταγράφει τα υπάρχοντα σχέδια και μέτρα σχετικά με τη διαχείριση του κινδύνου πλημμύρας της χώρας. Υπογραμμίζει επίσης τις ανεπάρκειες στις τρέχουσες πρακτικές και προτείνει βελτιώσεις χρησιμοποιώντας μια νέα στρατηγική διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η εφαρμοζόμενη διαχείριση του κινδύνου πλημμυρών στην Ταϊλάνδη είναι αναποτελεσματική και χρειάζονται σημαντικές αλλαγές. Οι μεταβολές σχετίζονται με την μετάβαση από μια παθητική αντιμετώπιση (η οποία βασίζεται κυρίως σε διαρθρωτικά

μέτρα και εφαρμογή καταστάσεων έκτακτης ανάγκης κατά τη διάρκεια της πλημμύρας) σε μια ενεργητική μεταχείριση που δίνει έμφαση σε μη διαρθρωτικά μέτρα (π.χ. σχεδιασμός χρήσεων γης, ανοικοδόμηση και ανάπτυξη ελέγχων, κανονισμών κ.λπ.) και στη συμμετοχική συνεργασία μεταξύ κυβερνητικών φορέων και άμεσα ενδιαφερομένων (άτομα, δημόσιοι και ιδιωτικοί φορείς στις πληγείσες περιοχές). Προτείνει δε την υλοποίηση νέων μελετών σχετικά με την διασφάλιση αποφυγής των πλημμυρών για τη γεωργία που μπορούν να βελτιώσουν την οικονομική σταθερότητα της περιοχής μελέτης (Nuanchan, 2017).

Οι Kalantari et al. (2018) στην μελέτη τους αναφέρουν πως η αστικοποίηση και η κλιματική αλλαγή έχουν άμεσες επιπτώσεις τα οικοσυστήματα και τις υπηρεσίες που προσφέρουν στην κοινωνία επιδρώντας αρνητικά την ανθρώπινη ευημερία και την υγεία. Η επέκταση των πόλεων προξενεί συγκρουσιακές καταστάσεις σχετικά με την οικολογική διαχείριση των οικοσυστημάτων, αφού εντείνει τα ακραία φαινόμενα, όπως οι ξηρασίες και οι πλημμύρες, με σημαντικές οικονομικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις. Οι υδροκλιματικές συνθήκες αυτές εμφανίζονται στην Ανατολική Αφρική που αποτελεί μια πληθυσμιακή περιοχή ιδιαίτερα ευάλωτη σε πλημμύρες και ξηρασίες. Για να επιτευχθούν μακροπρόθεσμα βιώσιμες λύσεις σε τέτοιους φυσικούς κινδύνους πρέπει να κατανοηθούν και να προγραμματίσουν τους κατάλληλους μηχανισμούς που αναπτύσσονται μεταξύ της πληθυσμιακής επέκτασης με την αλλαγή χρήσης της γης και τις επιπτώσεις τους στα οικοσυστήματα. Οι Kalantari et al. (2018) καταγράφουν και τις πιθανές λύσεις που βασίζονται σε αντιμετώπιση μέσω της φύσης για τον μετριασμό αυτών των κινδύνων. Αναφέρουν και τα προβλήματα από στην αστική ανάπτυξη υπό την αλλαγή του κλίματος, και προτείνουν ότι πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στο χωροταξικό σχεδιασμό και τις αντίστοιχες στρατηγικές διαχείρισης (Kalantari et al., 2018).

Σύμφωνα με την Allaire (2018), το κόστος ακραίων γεγονότων πλημμύρας συνεχίζει να αυξάνεται δραματικά σε όλο τον κόσμο. Ο κίνδυνος πλημμυρών απαιτούν πλήρη κατανόηση των επιπτώσεων της καταστροφής σε κοινωνικό επίπεδο. Η μελέτη τους εξετάζει το εμπειρικά τις επιδράσεις μιας πλημμύρας στους τομείς της οικονομίας και του πολιτικού μηχανικού για το κοινωνικοοικονομικό κόστος των πλημμυρών και άλλων

υδρομετεωρολογικών καταστροφών. Αυτή η ανασκόπηση εξετάζει τους τρόπους ενοποίησης των ορολογικών προσεγγίσεων και παρέχει μια ανασκόπηση των πλέον σύγχρονων μεθοδολογιών εκτίμησης, των παγκόσμιων βάσεων δεδομένων και των βασικών κενών γνώσης. Συχνά, η αξιολόγηση των επιπτώσεων μιας πλημμύρας περιορίζεται μόνο στις ζημιές σε ακίνητα και υποδομές. Οι ολικές επιπτώσεις του φαινομένου των πλημμυρών και οι συναφείς καταστροφές περιλαμβάνουν επίσης την υγεία, τις δημόσιες υπηρεσίες και την παραγωγική διαδικασία. Συνολικά, αυτή η επισκόπηση εφιστά την προσοχή στα κόστη πλημμύρας που δεν έχουν ενσωματωθεί συμβατικά στον κίνδυνο καταστροφών ανάλυσης και θα μπορούσε να ενισχύσει τη λήψη αποφάσεων, όπως μέσω της μοντελοποίησης πιθανών μελλοντικών ζημιών (Allaire, 2018).

Οι Jianga et al. (2018), αναφέρουν πως τα τελευταία χρόνια, οι πλημμύρες στις αστικές περιοχές που προκλήθηκαν από ακραίες βροχοπτώσεις σημειώνονται όλο και συχνότερα σε ολόκληρη την Κίνα. Η μελέτη τους εξετάζει τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει η Κίνα στην αντιμετώπιση των πλημμυρών στις αστικές περιοχές, καθώς και της διαχείρισης των αστικών όμβριων υδάτων, με ιδιαίτερη έμφαση σε μια πρωτοβουλία στρατηγικών πολιτικής που αναφέρονται ως “πόλεις σφουγγαριών”. Αρχικά παρουσιάζονται παραδείγματα καταστροφικών πλημμυρών σε αστικές περιοχές και αναλύονται οι αιτίες και οι μηχανισμοί σχηματισμού τους. Εν συνεχεία καταγράφονται πρωτοβουλίες που έγιναν στις πόλεις των σφουγγαριών της Κίνας και αναλύεται η εφαρμογή της πολιτικής σε σχέση με τη σύγχρονη κατανόηση της βιώσιμης διαχείρισης των αστικών όμβριων και της διεθνούς εμπειρίας με καινοτόμες πρακτικές. Η πρωτοβουλία “πόλεις σφουγγαριών”, ενώ είναι θεωρητικά εδραιωμένη με βάση τις αρχές σχεδιασμού της, προκύπτει θέμα με την εφαρμογή της, που χαρακτηρίζονται από τεχνολογική πολυπλοκότητα, περιορισμένη ή ελλιπή διακυβέρνηση. Η πρωτοβουλία “πόλεις σφουγγαριών”, αντανακλά την ιδεολογία μιας διαχείρισης με βάση τη γνώση και την ικανότητα μάθησης, την συμμετοχική και ολοκληρωμένη διακυβέρνηση, τη χρηματοδότηση επενδύσεων, και την εφαρμογή, σχεδιασμός και οργάνωση και αξιολόγηση των έργων. Η μελέτη καταγραφεί ορισμένες στρατηγικές για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων, οι οποίες περιλαμβάνουν: Συνέχεις πειραματισμούς, με διάδοση μέσω πιλοτικής και θεσμοθέτησης διαχείρισης της γνώσης και των πληροφοριών από πόλη σε πόλη. Τη δημιουργία θεσμικών μηχανισμών που σχετίζονται με συμμετοχικές και συντονισμένες

πολίτικες, και την ολοκληρωμένη διακυβέρνηση της πρωτοβουλίας αυτής. Οι συγγραφείς αναφέρουν τον ιδιαίτερο κυβερνητικό ρόλο στη δημιουργία ευνοϊκών προϋποθέσεων για επενδύσεις και τον κατάλληλο σχεδιασμό και προσαρμοστική προσέγγιση στην εφαρμογή της πολιτικής. Καταλήγουν δε στο συμπέρασμα ότι η πρωτοβουλία “πόλεις σφουγγαριών” μπορεί να αποτελέσει μια αποτελεσματική προσέγγιση, μόνο αν η Κίνα δεσμεύεται να υλοποιήσει τα κατάλληλα τεχνικά, διακυβερνητικά, χρηματοδοτικά και οργανωτικά μέτρα για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των προκλήσεων για την εφαρμογή της πολιτικής (Jianga et al., 2018).

Οι López-Goyburua and García-Monterob (2018), υποστηρίζουν ότι τις τελευταίες δεκαετίες, η πληθυσμιακή ανάπτυξη και η επέκταση των πόλεων έχει προκαλέσει μια κατανομή των διασυνδεδεμένων αστικών εξελίξεων στις εδαφικές περιοχές με αποτέλεσμα την δημιουργία “δικτύων πόλεων”. Προκαλείται άναρχη ανάπτυξη των πόλεων κατά την οποία η αυξανόμενη αστική κινητικότητα καταστρέφει τα πολεοδομικά όρια και δημιουργεί διάχυτους πολεοδομικούς χώρους σε μια αστικό-αγροτική αλληλεπίδραση (που την ονομάζουν UR-I). Οι συγγραφείς αναφέρουν ότι οι πολεοδομικοί χώροι αυτοί έχουν τα δικά τους χαρακτηριστικά που διαφέρουν από τα αντίστοιχα του αστικού χώρου και της ύπαιθρο. Η μελέτη σχετίζεται με την βιβλιογραφική ανασκόπηση με στόχο την κατανόηση αυτής της οικιστικής πραγματικότητας προκειμένου να σχεδιαστούν οι νέοι χώροι UR-I. Ο σχεδιασμός θεωρούν ότι αποτελεί το εργαλείο που μπορεί να ανταποκριθεί σε αυτό το πρόβλημα. Ο πρώτος χώρος UR-I που δημιουργήθηκε ήταν στη Βραζιλία το 1964, ενώ από το 1970, οι μελέτες αυτών των χώρων άρχισαν να αυξάνονται, με μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης μετά το 2000. Οι μελέτες δείχνουν ότι η έρευνα για την πολεοδομική ανάπτυξη UR-I συνηθέστερα σχετίζεται με τους τομείς της υγείας, της κοινωνιολογίας, των περιβαλλοντικών θεμάτων, την οικολογία τον αστικό πλούτο και τις πλημμύρες, οι οποίες είναι σημαντικοί τομείς στον τομέα του χωροταξικού σχεδιασμού. Το συμπέρασμα αυτής της μελέτης είναι ότι οι UR-I είναι περιοχές με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που πρέπει να περιλαμβάνονται στον πολεοδομικό σχεδιασμό. Ως εκ τούτου, στην μελέτη τους οι συγγραφείς έχουν επιλέξει συστηματικά τα χαρακτηριστικά τους που μπορούν να βοηθήσουν στην ανάπτυξη μελλοντικών εργαλείων σχεδιασμού για τους πολεοδομικούς χώρους UR-I, ως ξεχωριστό και ανεξάρτητο σύστημα αστικών

και αγροτικών χώρων. Τέλος, η μελέτη αυτή υπογραμμίζει την ανάγκη περαιτέρω πολυεπιστημονική έρευνα για το UR-Is (López-Goyburua and García-Monterob, 2018).

Οι Ogie et al. (2018) σε ανάλογα πλαίσια ως προς τον αστικό ιστό, κάνουν μια αναλυτική βιβλιογραφική ανασκόπηση για τις πλημμύρες που παρατηρήθηκαν σε παράκτιες μεγαλουπόλεις της Κίνας, Ινδίας, Αργεντινής, Βραζιλίας, Νιγηρίας, Φιλιππίνες και Περού. Αναφέρουν δε, πως κάθε χρόνο, οι μεγαλουπόλεις που βρίσκονται κοντά σε παραλιακές ζώνες ανάπτυξης υφίστανται σοβαρές απώλειες και κίνδυνο λόγω πλημμύρας. Σε απάντηση αυτού του προβλήματος, αυτές οι πόλεις συχνά βασίζονται σε τεχνικές παρεμβάσεις ή διαρθρωτικά μέτρα, τα οποία κατά κανόνα απαιτούν μια αντικειμενική διαχείριση της υδρολογικής υποδομής τους που αφορά και σχετίζεται με πλωτές οδούς ή κανάλια αποστράγγισης, δεξαμενές κατακράτησης, υψηλής προστασίας πεζοδρόμια, θαλασσιά φράγματα, αντλιοστάσια και πύργους. Κατά τη διαχείριση των πλημμυρών τα αποτελέσματα αντιμετώπισης που βασίζονται στη χρήση αυτών των υδρολογικών υποδομών, υπονομεύονται από την έλλειψη δεδομένων και πόρων κατά τη λήψη αποφάσεων από τους υπευθύνους. Σκοπός της μελέτης των Ogie et al. (2018) είναι η παροχή στρατηγικών δράσης και σχεδιάσουν που να αντιμετωπίζουν αυτό το πρόβλημα. Η μελέτη διερευνά τη βιβλιογραφία σχετικά με θέματα και παρεμβάσεις που συνδέονται με τις πλημμύρες σε παράκτιες μεγαλουπόλεις που βρίσκονται σε αναπτυσσόμενες χώρες. Στη συνέχεια, προτείνεται η αναθεώρηση των αντιπλημμυρικών σχεδίων, ώστε να είναι ορατές οι απειλές, ευκαιρίες, αδυναμίες και κοινά χαρακτηριστικά των παράκτιων πόλεις σε σχέση με τη διαχείριση των πλημμυρών με βάση τις διαθέσιμες υποδομές. Χρησιμοποιώντας αυτές τις πληροφορίες, οι Ogie et al. (2018) πραγματοποιούν μια ανάλυση της κατάστασης και καταγράφουν τις κατάλληλες στρατηγικές για την υποστήριξη και διαχείριση των ήδη υπάρχοντων αντιπλημμυρικών υποδομών ως μέσο βελτίωσης του ελέγχου των πλημμυρών στις παράκτιες μεγαλουπόλεις που εντοπίζονται σε αναπτυσσόμενες χώρες (Ogie et al., 2018).

Παράλληλα με την παρατηρούμενη μεγαλύτερη συχνότητα φυσικών καταστροφών παγκοσμίως, όπως αναφέρουν οι Rus et al. (2018), υπάρχει συνεχώς αυξανόμενο ενδιαφέρον για την αστική ανθεκτικότητα και την αξιολόγησή της. Η εμπειρία που αποκτήθηκε σε πρόσφατα ακραία γεγονότα (ειδικότερα, σεισμούς και πλημμύρες)

αποκάλυψε ότι τόσο το επίπεδο ετοιμότητας όσο και η αντίδραση των πληττόμενων πόλεων ήταν ανεπαρκές ενώ η διαδικασία αναδόμησης ήταν σημαντική και δαπανηρή. Για το λόγο αυτό εφαρμοστήκαν δράσεις μετριασμού, καθώς και έξυπνου στρατηγικού πολεοδομικού σχεδιασμού στις απειλούμενες περιοχές (π.χ. σε επιρρεπή σεισμό περιοχές). Οι Rus et al. (2018) πραγματοποίησαν μια εκτεταμένη ανασκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας σε σχέση με την ολιστική αξιολόγηση της ανθεκτικότητας των πολεοδομικών συστημάτων σε φυσικές καταστροφές, με έμφαση στους σεισμούς και τις πλημμύρες. Ο κύριος στόχος της ανασκόπησης τους ήταν η προσπάθεια καθορισμού των βέλτιστων τρόπων αξιολόγησης της ανθεκτικότητας των αστικών συστημάτων στο σύνολό τους, λαμβάνοντας υπόψη και τα φυσικά τους (δηλ. κτίρια, υποδομές και ανοιχτοί χώροι) και τα κοινωνικά συστατικά, καθώς και τις δυναμικές αλληλεπιδράσεις που αναπτύσσονται μεταξύ τους. Εκτός από την εξέταση ορισμένων κοινών μετρημένων δεικτών (π.χ. προσδιορισμός του πεδίου της πραγματικής δομικής βλάβης που προκαλείται), η μελέτη προσπαθεί να επεκταθεί σε ορισμένους δείκτες που δεν λαμβάνονται υπόψη αρκετά συχνά, εφαρμόζοντας μια ποσοτική αξιολόγηση της ανθεκτικότητας. Με βάση τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, μια προκαταρκτική άποψη παρουσιάζεται που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί να εκτιμηθεί η ανθεκτικότητα σεισμική ή αντιπλημμυρική των σύνθετων αστικών συστημάτων - λαμβανομένων υπόψη όλων των αστικών συνιστωσών που έχουν διαπιστωθεί ότι έχει σημαντικό αντίκτυπο. Η άποψη των Rus et al. (2018) αποτελείται από τρία διαφορετικά τμήματα: (i). Ανάλυση της ευθραυστότητας για κάθε μεμονωμένη υποδομή, (ii). Εφαρμογή μιας σύνθετης μεθοδολογίας με χρήση δεικτών για τη μέτρηση της ανθεκτικότητας σε καταστροφές, και (iii) Μια σύνθετη προσέγγιση με χρήση δικτύων (θεωρία γραφημάτων) για την αξιολόγηση της ανθεκτικότητας των αστικών υποδομών, στο σύνολό τους. Δεδομένου ότι στην υπάρχουσα βιβλιογραφία παρατηρείται έλλειψη προβληματισμού για τον αστικό πολεοδομικό χώρο, ο οποίος έχει σημαντικό ρόλο κατά τη διαδικασία ανάκαμψης, προτείνεται ότι στο μέλλον η έρευνα σχετικά με την εκτίμηση της ανθεκτικότητας σε σεισμούς και πλημμύρες είναι ακόμη υπο διαμόρφωση και πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο αστικός ιστός και να διεξαχθούν σε βάθος μελέτες για τις πιθανές στρατηγικών αποκατάστασης (Rus et al., 2018).

Τέλος, η μελέτη των Mignot et al. (2019) ασχολείται με την βιβλιογραφική ανασκόπηση από 45 μελέτες που αφορούν αστικές πλημμύρες βάσει εργαστηριακών πειραμάτων.

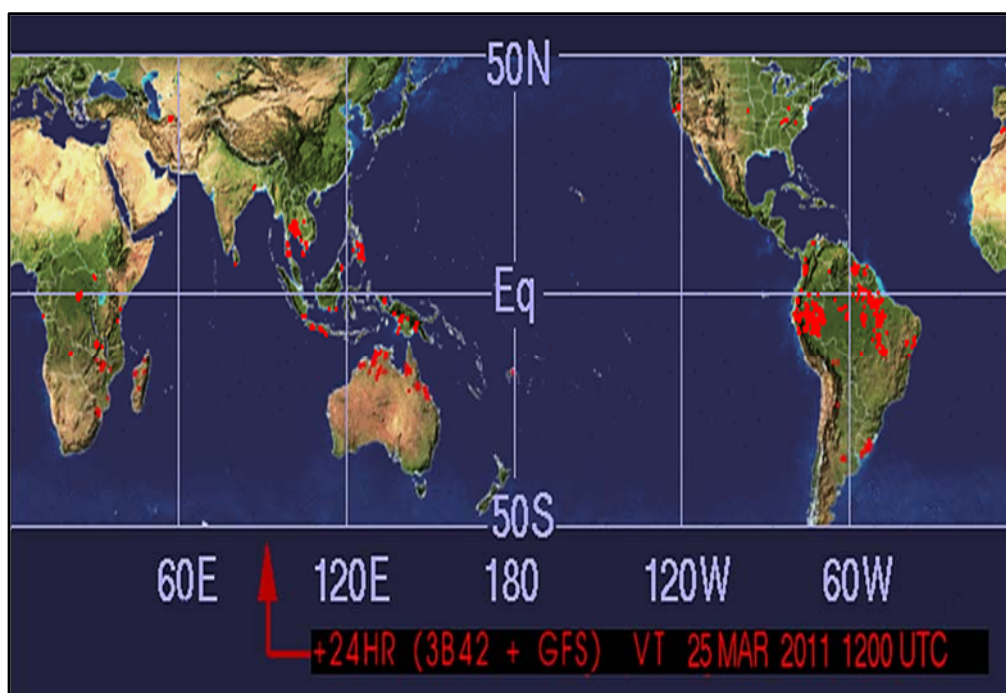
Κατηγοριοποίησαν τις μελέτες αυτές αναλόγως αν η ροή είναι ενιαία σε οδικές οδούς ή σχετίζεται με ανταλλαγές επιφανειακών δικτύων ροής ή με τα εμπόδια που συναντούν ή αφορούν ρεαλιστικές αστικές περιοχές. Αναγνωρίζουν τις διαδικασίες ροής που υπάρχουν από τα διαθέσιμα πειραματικά δεδομένα, και καταγράφουν εκείνα που απαιτούν πρόσθετη πειραματική έρευνα. Συζητούν τις διαφορετικές διαδικασίες ροής ώστε κατά την μοντελοποίηση των πλημμυρών να εντοπιστεί η καταλληλότερη βάση δεδομένων για την επικύρωση των αριθμητικών προσεγγίσεων και των εργαστηριακών μοντέλων εργαστηρίων για την πρόβλεψη των αστικών πλημμυρών.

2.4.1 Το Σύστημα GRM

Οι ερευνητές χρειάζονται ακριβείς και έγκαιρες πληροφορίες σχετικά με τις βροχοπτώσεις για να κατανοήσουν καλύτερα και να μοντελοποιήσουν πού και πότε μπορεί να συμβούν σοβαρές πλημμύρες (και κατολισθήσεις και καταστροφικές ξηρασίες) (Ward, 2015). Τα στοιχεία της παγκόσμιας βροχόπτωσης της GPM βοηθούν στην καλύτερη προετοιμασία και αντίδραση σε ένα ευρύ φάσμα φυσικών καταστροφών. Τον Ιούλιο του 2010, οι βροχές των μουσώνων βύθισαν το ένα πέμπτο του Πακιστάν κάτω από το νερό. Τον Δεκέμβριο του 2010 και τον Ιανουάριο του 2011, το Tropical Cyclone Tasha και ένα υγρό έτος συνδυάστηκαν για να πλημμυρίσουν το Queensland της Αυστραλίας. Και στις Ηνωμένες Πολιτείες τον Μάιο του 2011, οι πλημμύρες στον ποταμό Μισισσιπή έχουν απομακρύνει χιλιάδες ανθρώπους. Πάνω από μήνες ή μερικές σύντομες ώρες, η ακραία βροχή μπορεί να αλληλοεπιδράσει με τον σωστό συνδυασμό τοπογραφίας, χρήσης γης και κλίματος για να προκαλέσει θανατηφόρες και δαπανηρές πλημμύρες (Hou et al., 2014; Jackson et al., 2016).

Για να κατανοήσουμε καλύτερα και να προβλέψουμε τις πλημμύρες, οι επιστήμονες έχουν αναπτύξει υδρολογικά μοντέλα με βάση το πόσο βροχοπτώσεις συμβαίνουν και όπου το νερό πιθανότατα θα πάει μόλις χτυπηθεί στο έδαφος (Ward, 2015). Χρησιμοποιούν διάφορα δορυφορικά δεδομένα βροχοπτώσεων σε αυτά τα μοντέλα για να παρέχουν σχεδόν σε πραγματικό χρόνο εκτιμήσεις για το πότε και πού μπορεί να πλημμυρίσει περιοχή. Ενώ η πλειοψηφία των μοντέλων πλημμυρών επικεντρώνεται σήμερα σε τοπικές ή περιφερειακές κλίμακες - λαμβάνοντας υπόψη μια λεκάνη απορροής

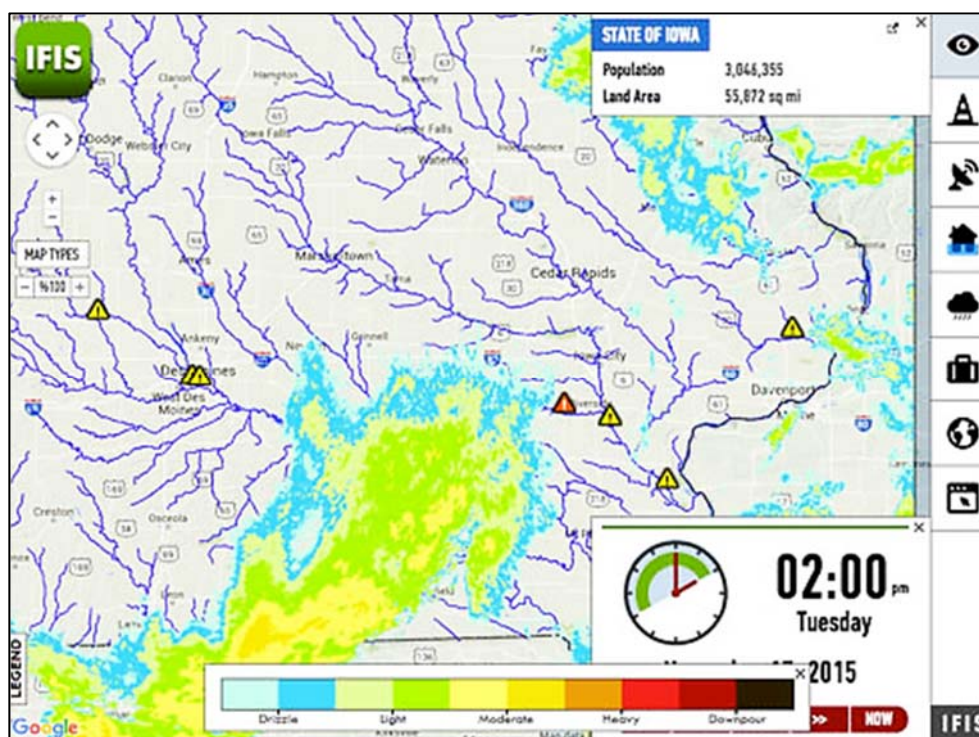
ή μια λεκάνη απορροής - ορισμένες πρόσφατες έρευνες έχουν μετατοπιστεί στην εκτίμηση των περιοχών πιθανών πλημμυρών σε παγκόσμια κλίμακα (Ward, 2015).



Εικόνα: 4. Χάρτης παρακολούθησης πλημμυρών της TRMM (Jackson et al., 2016).

Το Διεθνές Δίκτυο Πλημμυρών (IFNet) μετατρέπει τα δεδομένα βροχόπτωσης από το TRMM σε χάρτες βροχοπτώσεων ως μέρος του Global Flood Alert System. Ενώ βρίσκεται ακόμα στη δοκιμαστική του μορφή, η IFNet καθορίζει τον κίνδυνο πλημμύρας βάσει ελάχιστου ορίου κατακρημνίσεων και στο μέλλον θα προειδοποιεί τις κοινότητες για ενδεχόμενες πλημμύρες στην περιφέρειά τους. Ένα άλλο παγκόσμιο σύστημα παρακολούθησης των πλημμυρών ενσωματώνει την βροχόπτωση TRMM σε ένα υδρολογικό μοντέλο για την εκτίμηση πιθανών συνθηκών πλημμύρας σε σχεδόν πραγματικό χρόνο, λαμβάνοντας υπόψη τη ροή των ρευμάτων, τη δρομολόγηση των υδάτων και τα υπάρχοντα δίκτυα ποταμών. Στον χάρτη παρακολούθησης πλημμυρών της TRMM από τις 11 Μαρτίου 2011, οι έγχρωμες περιοχές υποδεικνύουν τοποθεσίες με χαμηλό έως υψηλό δυναμικό πλημμύρας, δεδομένων των προηγούμενων συνθηκών βροχόπτωσης και προσομοίωσης πλημμυρών (Hou et al., 2014; Jackson et al., 2016, Εικόνα 4).

Το GFMS είναι ένα πειραματικό σύστημα που χρηματοδοτείται από την NASA και χρησιμοποιεί πληροφορίες βροχόπτωσης TRMM πολλαπλών δορυφορικών κατακρημνίσεων (TMPA) ως εισροή σε ένα παγκόσμιο (50 °N - 50 °S) υδρολογικό μοντέλο απορροής και δρομολόγησης που εκτελείται σε γεωγραφικό πλάτος και γεωγραφικό μήκος. Οι εκτιμήσεις ανίχνευση προς ένταση πλημμυρών βασίζονται σε 13 έτη αναδρομικών δοκιμών μοντέλων με είσοδο TMPA, με κατώτατα όρια πλημμύρας που προκύπτουν για κάθε θέση πλέγματος χρησιμοποιώντας στατιστικές αποθήκευσης επιφανειακών υδάτων (95^ο εκατοστημόριο συν παραμέτρους που σχετίζονται με τα υδρολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής). Η ροή ρεύματος, η αποθήκευση επιφανειακών υδάτων, οι μεταβλητές πλημμύρας υπολογίζονται επίσης σε ανάλυση 1 km. Επιπλέον, εμφανίζονται οι τελευταίοι χάρτες στιγμιαίας κατακρημνίσεως και σύνολα από την τελευταία ημέρα, τρεις ημέρες και επτά ημέρες (Hou et al., 2014; Jackson et al., 2016).



Εικόνα: 5. Παράδειγμα χαρτογράφου προειδοποιήσεων IFS (Jackson et al., 2016).

Την άνοιξη του 2009, η Αϊόβα ίδρυσε (και χρηματοδότησε) το νέο κέντρο πλημμυρών της Iowa (IFC). Η IFC συμμετέχει ενεργά στην πρόβλεψη και προστασία από πλημμύρες σε διάφορες επαρχίες της Αϊόβα και απασχολεί μεταπτυχιακούς και προπτυχιακούς φοιτητές που συμμετέχουν σε έρευνες σχετική με τις πλημμύρες. Οι ερευνητές της IFC σχεδίασαν ένα δίκτυο αισθητήρων για την καλύτερη παρακολούθηση της ροής των υδάτων στην πολιτεία. Έχουν δημιουργήσει μια βάση δεδομένων χαρτών κατακλύσεως πλημμυρών για αρκετές κοινότητες της Αϊόβα. και εργάζονται σε ένα μεγάλο έργο για την ανάπτυξη νέου χάρτη πλημμυρών για 85 από τις 99 κομητείες της Αϊόβα (Εικόνα 5, Hou et al., 2014; Jackson et al., 2016).

Τον Αύγουστο του 2016, ο GPM κατέγραψε μια έντονη καταιγίδα που προκάλεσε πλημμύρες σε μεγάλες εκτάσεις της Λουϊζιάνα. Οι πλημμύρες ήταν μερικές από τις χειρότερες που έγιναν ποτέ στην πολιτεία της Λουϊζιάνα, με αποτέλεσμα την κατάσταση έκτακτης ανάγκης. Δεκάδες χιλιάδες άνθρωποι εκκένωσαν τα σπίτια τους μετά από αυτό το πρωτοφανές γεγονός. Καθόλη τη διάρκεια της 12^{ης} Αυγούστου η GPM κατέγραψε την εσωτερική δομή της καταιγίδας δύο φορές και η GPM IMERG μέτρησε τη συσσώρευση των βροχοπτώσεων στο έδαφος. Ο δορυφόρος GPM της NASA έχει σχεδιαστεί για τη μέτρηση βροχοπτώσεων με χρήση παθητικών μικροκυμάτων (GMI) και ραντάρ (DPR). Το DPR μπορεί να παρατηρήσει τρισδιάστατες δομές των σημάτων ραντάρ που αντανακλώνονται από τη βροχή και το χιόνι σε μια στενότερη διαδρομή. Το IMERG είναι μια βάση δεδομένων της NASA που συνδυάζει δεδομένα από 12 διαφορετικούς δορυφόρους σε έναν απλό χάρτη. Το IMERG καλύπτει μεγαλύτερο μέρος του πλανήτη από οποιοδήποτε προηγούμενο σύνολο δεδομένων βροχοπτώσεων και ενημερώνεται κάθε μισή ώρα (Hou et al., 2014; Jackson et al. 2016).

2.4.2. Αντιπλημμυρικά Μέτρα

Στο σημείο αυτό κάνουμε και μια περιληπτική αναφορά στα αντιπλημμυρικά μέτρα που μπορούν να εφαρμοστούν, ανά περιοχή. Οι Jackson et al. (2008), Hou et al. (2014) και Jackson et al. (2016) αναφέρουν πως η αντιπλημμυρική προστασία είναι πολύ σημαντική. Πρέπει όμως να πραγματοποιείται αντικειμενικά και ορθολογιστικά, λαμβάνοντας υπόψη και τις σύνορες περιοχές που γειτονεύουν με τον χώρο που εφαρμόζονται τα μέτρα, ώστε να μη μεταφερθούν τα προβλήματα στις γειτονικές περιφέρειες. Η

αντιπλημμυρική προστασία επιβάλλεται να αντιμετωπίζεται και να εφαρμόζεται με οργανωμένο τρόπο σε όλη την έκταση της λεκάνης απορροής αφού τα τοπικά μέτρα προφύλαξης που πραγματοποιούνται σε μια περιοχή είναι δυνατόν να επιδράσουν αρνητικά τις ανάντη ή και κατάντη περιοχές. Τα μέτρα για την αντιμετώπιση των πλημμυρών κατηγοριοποιούνται ανάλογα με (Birkmann, 2006; Raaijmakers et al., 2008; Saunders, 2009; Bellemare, 2011; Hou et al., 2014; Burnside-Lawry and Carvalho, 2015; Jackson et al., 2016): (i). Την κατασκευή ή όχι τεχνικών έργων, γνωστά ως κατασκευαστικά και μη μέτρα, (ii). Το αν προφυλάσσουν καθορισμένες κατασκευές ή περιφερειακές περιοχές, (iii). Το αν έχουν ως στόχο να διαφοροποιήσουν την πλημμύρα ή να μετριάσουν την ευπάθεια σε πλημμύρες ή και να ελαττώσουν την επίδραση της κάθε πλημμύρας (Birkmann, 2006; Raaijmakers et al., 2008; Saunders, 2009; Bellemare, 2011; Hou et al., 2014; Burnside-Lawry and Carvalho, 2015; Jackson et al., 2016).

Οι κατευθύνσεις λήψης μέτρων αντιπλημμυρικής προστασίας είναι (από Birkmann, 2006; Raaijmakers et al., 2008; Saunders, 2009; Bellemare, 2011; Hou et al., 2014; Burnside-Lawry and Carvalho, 2015; Jackson et al., 2016): (i). Μείωση της παροχής αιχμής της πλημμύρας, (ii). Αύξηση της διοχετευτικής ικανότητας της κοίτης του ρέματος, (iii). Αύξηση της διοχετευτικής ικανότητας της κοίτης του ρέματος με την αύξηση της διαθέσιμης υγρής διατομής, και (iv). Καταπολέμηση των διαβρώσεων στο ορεινό τμήμα της λεκάνης απορροής του ποταμού σε συνδυασμό με την αναδάσωση (Birkmann, 2006; Raaijmakers et al., 2008; Saunders, 2009; Bellemare, 2011; Hou et al., 2014; Burnside-Lawry and Carvalho, 2015; Jackson et al., 2016).

Στα κατασκευαστικά μέτρα, ο κύριος στόχος των συγκεκριμένων μέτρων είναι η αποθήκευση του νερού και η αύξηση της δυνατότητας μεταφοράς του. Στα μέτρα αυτά περιλαμβάνονται οι αντιπλημμυρικοί ταμιευτήρες στα ανάντη της λεκάνης, οι λεκάνες κατάκλυσης πλησίον του ποταμού και στις περιοχές που είναι υψομετρικά χαμηλά, προστατευτικοί τοίχοι ή και αναχώματα, δίκτυα όμβριων υδάτων, παράκτια προστασία και εκτροπές ποταμών, καθαρισμός, εκβάθυνση και διάνοιξη των διατομών για να αυξηθεί η παροχέτευση των ποταμών, εισαγωγή πρόσθετων διαδρομών παράλληλα με το ποτάμι και υπερχειλιστές σε ταμιευτήρες (από Birkmann, 2006; Raaijmakers et al., 2008; Saunders, 2009; Bellemare, 2011; Hou et al., 2014; Burnside-Lawry and Carvalho,

2015; Jackson et al., 2016). Στα μη κατασκευαστικά μέτρα συνυπολογίζονται η διατήρηση αλλά και διεύρυνση των δασικών εκτάσεων στα ορεινά τμήματα της λεκάνης, η συντήρηση των υγροτόπων και των πλημμυρικών πεδίων από ανθρώπινες επεμβάσεις, η χωροθέτηση σε περιοχές που δεν κινδυνεύουν, σημαντικών εγκαταστάσεων και προσαρμογή των χρήσεων των πλημμυρικών πεδίων στην πιθανότητα καταστροφής, η διατήρηση των φυσικών συνδέσεων των ποταμών με τις πλημμυρικές περιοχές αλλά και των μαϊάνδρων και η διαρκής συντήρηση και έλεγχος των συστημάτων αποχέτευσης στις αστικές περιοχές (από Birkmann, 2006; Raaijmakers et al., 2008; Saunders, 2009; Bellemare, 2011; Hou et al., 2014; Burnside-Lawry and Carvalho, 2015; Jackson et al., 2016).

Οι στρατηγικές προετοιμασίας, για τις πλημμύρες, αποτελούν μια άλλη δέσμη μέτρων. Οι στρατηγικές περιλαμβάνουν την ανάπτυξη συστημάτων για την πρόβλεψη καταιγίδων και μοντέλων βροχής και απορροής, τα σχέδια έκτακτης ανάγκης και συστήματα έγκαιρης ειδοποίησης, τους μηχανισμούς συνεχούς ενημέρωσης του κοινού με αναίρεση της λαθεμένης αντίληψης για απόλυτη προστασία. Σημαντική είναι και η οργάνωση αντιπλημμυρικών φορέων για πρόληψη και αντιμετώπιση των πλημμυρών, η ενημέρωση κοινού και ευπαθών ομάδων στα πλαίσια προγραμμάτων ενημέρωσης και εκπαίδευσης, ιδιαίτερα σε περιοχές υψηλού κινδύνου (από Birkmann, 2006; Raaijmakers et al., 2008; Saunders, 2009; Bellemare, 2011; Hou et al., 2014; Burnside-Lawry and Carvalho, 2015; Jackson et al., 2016). Ανά περιπτώσεις εφαρμόζονται και ατομικά μέτρα για την μείωση των κινδύνων των κατοικιών, όπως η ανύψωση των κατασκευών, η κατασκευή τοίχων ή αναχωμάτων πέριξ του σπιτιού, η διευκόλυνση των μελλοντικών εκκενώσεων των υδάτων και η ασφάλεια για ή από τις πλημμύρες (από Birkmann, 2006; Raaijmakers et al., 2008; Saunders, 2009; Bellemare, 2011; Hou et al., 2014; Burnside-Lawry and Carvalho, 2015; Jackson et al., 2016).

2.5 Οι Ελληνικές Καταγραφές για τις Πλημμύρες στη Μάνδρα και Νέα Πέραμο

Οι μέχρι τώρα καταγραφές των πλημμυρών στις περιοχές Μάνδρα και Νέα Πέραμος προέρχονται από τις ακόλουθες εκθέσεις και σχέδια διαχείρισης πλημμύρας που συντάχθηκαν από το ΓΕΩΤΕΕ (2017) και ΥΠΕΝ/ΕΓΥ (2017α, β, γ). Οι εκθέσεις αυτές ακολουθούν τον οδηγό εφαρμογής της Οδηγίας 2007/60, και αναφέρουν πως τα αίτια που προκάλεσαν την πλημμύρα στην Μάνδρα, είναι τα παρακάτω: (i). Τοπική καταιγίδα (κατηγορίας A12, όπως αναφέρεται σε Karagiozi et al., 2011). Είναι η πλημμύρα που οφείλεται αποκλειστικά σε βροχόπτωση, η οποία είτε έπεσε απευθείας στην περιοχή, είτε απέρρευσε σε αυτήν ή από αυτήν, (ii). Υπερχείλιση ποταμού (κατηγορίας A1, όπως αναφέρεται σε Karagiozi et al., 2011). Είναι η πλημμύρα από ύδατα τα οποία προέρχονται από μέρος ενός φυσικού συστήματος αποστράγγισης, συμπεριλαμβανομένων των φυσικών αγωγών αποστράγγισης και συμπεριλαμβάνονται τα κανάλια ροής, όπως ποτάμια, ρέματα, συστήματα αποστράγγισης, ορεινούς χείμαρρους και εφήμερα ρεύματα, και (iii). Θραύση-αστοχία τεχνικού έργου (κατηγορίας A15, όπως αναφέρεται σε Karagiozi et al., 2011). Είναι η πλημμύρα που σχετίζεται με τεχνητές υδραυλικές υποδομές, ή προκαλείται από αστοχία των συγκεκριμένων υποδομών. Συμπεριλαμβάνονται οι πλημμύρες που προκύπτουν από συστήματα αποχέτευσης, συστήματα (ΓΕΩΤΕΕ, 2017; ΥΠΕΝ/ΕΓΥ, 2017α, β, γ).

Σύμφωνα με όσα αναφέρονται στις εκθέσεις και σχέδια διαχείρισης που συντάχθηκαν από το ΓΕΩΤΕΕ, (2017) και ΥΠΕΝ/ΕΓΥ, 2017α, β, γ), ο μηχανισμός της πλημμύρας της 15^{ης} Νοεμβρίου, αρχικά ξεκίνησε με κορεσμό του εδάφους σε νερό, από την βροχόπτωση που ξεκίνησε από τις 8 μμ. της Τρίτης 14/11 με αποτέλεσμα να εξαντλήσει πλήρως την δυνατότητα του εδάφους να απορροφήσει νερό στο εσωτερικό του. Ακολούθησε άμεση και πρωτογενής διάβρωση του εδάφους, από την βίαια πρόσκρουση στο έδαφος, των σταγόνων της βροχής, με αποτέλεσμα να διαταραχθεί η συνεκτικότητα των εδαφών, να εκκινήσει η διάβρωση και να δημιουργηθούν τα πρώτα ρυάκια. Η συγκέντρωση μεγάλων ποσοτήτων ύδατος, μέσα στους φυσικούς αποδέκτες, άρχισε να δημιουργεί προβλήματα δευτερογενών διαβρώσεων αλλά και στερεομετοφοράς υλικών τα οποία είτε βρίσκονταν ήδη στην κοίτη των χειμάρρων, είτε συνέρρεαν εκεί από πλαγιές με χαλαρά

υλικά-σάρες. Η στερεομεταφορά μεγεθύνονταν όσο μεγάλωνε ο όγκος ύδατος και στερεών, αλλά και η ταχύτητα (ΓΕΩΤΕΕ, 2017; ΥΠΕΝ/ΕΓΥ, 2017α, β, γ).

Η μεγάλη μεταβολή στην βροχόπτωση, και στα αποτελέσματά της, πραγματοποιήθηκε τις πρωινές ώρες της Τετάρτης 15/11 όταν για 2-3 ώρες μεταξύ 5π.μ. και 7 πμ. με βάση τα στοιχεία της NASA, η ωριαία βροχόπτωση ήταν μεγαλύτερη των 35 και μέχρι 50mm. Αυτή η μεταβολή ενεργοποίησε την μηχανισμό της πλημμύρας η οποία με πολύ βίαιο τρόπο έπληξε την Μάνδρα και την Νέα Πέραμο. Με αυτή την μεταβολή, η μάζα πλημμυρικών υδάτων και στερεομεταφοράς μεγεθύνθηκε προκαλώντας και νέες διαβρώσεις στην κοίτη των χειμάρρων, αλλά και σε γειτονικούς αγρούς, προκαλώντας πλέον ανεξέλεγκτα καταστροφικά αποτελέσματα. Υπολογίστηκε η ταχύτητα διέλευσης από τον οικισμό της Μάνδρας στα ≈ 80 Km/h. Τα αδρανή, από ογκόλιθους, κομμάτια οδοστρώματος, πέτρες, χαλίκια μεγάλα και κροκάλες, άμμο αδρομερή και λεπτόκοκκη και άργιλο (σε ποσοστά $\sim 25\%$), που δημιουργήθηκαν και μεταφέρθηκαν με τα πλημμυρικά ύδατα, σε ελάχιστο χρονικό διάστημα, με μεγάλες ταχύτητες προκαλώντας τις καταγεγραμμένες καταστροφές (ΓΕΩΤΕΕ, 2017; ΥΠΕΝ/ΕΓΥ, 2017α, β, γ).

2.5.1 Αναφορές για την Πλημμύρα στη Μάνδρα

Στην Μάνδρα, η πλημμύρα που συνέβη στην περιοχή της Μάνδρας -με βάση τον Οδηγό Εφαρμογής της Οδηγίας 2007/60- κατατάσσεται εν μέρει στην κατηγορία A24, που παραπέμπει στην παρεμπόδιση ροής, λόγω φυσικής και τεχνητής παρεμπόδισης ή περιορισμού της ροής των υδάτων στους φυσικούς αγωγούς ή στο σύστημα αποχέτευσης. Ο μηχανισμός αυτός, περιλαμβάνει πλημμύρες από την απόφραξη του δικτύου αποχέτευσης ή από υποδομές περιορισμού της ροής, όπως κτίσματα, υπόγειοι οχετοί, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, κάλυψη κοίτης. Κατατάσσεται εν μέρει και στην κατηγορία A21 που αφορά την φυσική υπερχειλίση των χειμάρρων της περιοχής που μέσα στην Μάνδρα εμφανίζονται ο χείμαρρος της Αγίας Αικατερίνης και ο χείμαρρος Σούρες (ΓΕΩΤΕΕ, 2017; ΥΠΕΝ/ΕΓΥ, 2017α, β, γ).

Οι χείμαρροι που επενεργούν στην Μάνδρα είναι ο χείμαρρος Αγίας Αικατερίνης που δέχεται τα ύδατα της λεκάνης απορροής που βρίσκεται Δ της πόλης και ο χείμαρρος Σούρες που δέχεται τα ύδατα της λεκάνης και βρίσκεται Β-ΒΑ. Οι δύο χείμαρροι ανάντη της συμβολής τους έχουν περίπου ίδιας έκτασης λεκάνη απορροής (Πίνακας 4). Ο χείμαρρος Αγίας Αικατερίνης εισέρχεται στον οικισμό από Δ και αφού τον διασχίσει από Δ και Ν, όπου ενώνεται με τον χείμαρρο Σούρες. Ο χείμαρρος αυτός φτάνει στη Μάνδρα από Β, και αφού κινηθεί στο Α του όριο ενώνεται με τον χείμαρρο Αγίας Αικατερίνης στο ΝΑ του άκρο, πολύ κοντά στην δημοσία οδό Ελευσίνας-Θηβών, την οποία διασχίζουν κάθετα, ενωμένοι, μέχρι να παροχετευθούν στον αγωγό που κατασκεύασε η Αττική Οδός για τον σκοπό αυτό. Ο χείμαρρος της Αγίας Αικατερίνης προέρχεται από την συμβολή των 2 κύριων χειμάρρων που διαρρέουν και συλλέγουν τα ύδατα από την ευρύτερη λεκάνη απορροής. Πρόκειται για τον χείμαρρο Κατσιμήδι και τον χείμαρρο Οσίου Μελετίου. Η λεκάνη έχει εμβαδόν συνολικά 22282 km² με ομαλό ανάγλυφο και υψόμετρο που κυμαίνεται από ~ 62 m στο σημείο που ενώνεται με τον χείμαρρο Σούρες ΝΑ του οικισμού της Μάνδρας έως ~ 660 m στην κορυφή Δ της Μάνδρας. Ο χείμαρρος Κατσιμήδι συλλέγει τα ύδατα από το ΒΔ τμήμα της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Αγίας Αικατερίνης. Έχει σημαντικό μήκος και κλίσεις. Κατά τη διάρκεια της πλημμύρας της 15^{ης} Νοεμβρίου δημιούργησε κοίτη, σε σημαντικό τμήμα της πορείας του, κυρίως στην περιοχή του Αγίου Ιωάννη. Εκεί παρατηρήθηκαν έντονα φαινόμενα διάβρωσης της ζώνης των πλευρικών κορημάτων που επικάθονταν του ασβεστολιθικού υποβάθρου πολύ μεγάλης έντασης, με παρασύρσεις μεγάλων ελαιόδεντρων, διαμόρφωση κοίτης βάθους 1 m και πλάτους 10 m, η οποία υπερχείλισε, με μεταφορά και απόθεση ογκόλιθων και μεγάλων βράχων. Στα χαμηλότερα σημεία, στην ένωσή του με τον χείμαρρο του Οσίου Μελετίου, η κοίτη του έμεινε αδιαμόρφωτη, με την δημιουργία μικρότερων ρυακίων που δέχθηκαν την πλημμυρική παροχή, ενώ απέθεσαν και μεγάλες ποσότητες φερτών υλικών. Σημαντικό ρόλο στην νέα πορεία του χειμάρρου έπαιξαν και ορισμένες μάντρες ιδιοκτησιών, που έστρεψαν την ροή προς άλλες κατευθύνσεις από αυτές που χρησιμοποιούσαν τα ύδατα προηγούμενα (ΓΕΩΤΕΕ, 2017; ΥΠΕΝ/ΕΓΥ, 2017α, β, γ).

Ο χείμαρρος που προέρχεται από τον Όσιο Μελέτιο, έχει σαφή και διαμορφωμένη κοίτη, συλλέγει τα ύδατα από το νοτιοδυτικό τμήμα της λεκάνης και έχει σημαντικές κλίσεις. Κατά την πλημμύρα της 15^{ης} Νοεμβρίου, δέχτηκε πολύ μεγάλες ποσότητες υδάτων κι προκάλεσε σημαντικές ζημιές στον δρόμο Μάνδρας-Οσίου Μελετίου-Μεγάρων που

διέρχεται από αυτό το τμήμα της λεκάνης. Σε ορισμένα σημεία η πλημμυρική παροχή είχε διατομή έως και $\sim 30 \text{ m}^2$. Ο χείμαρρος Σούρες, χαρακτηρίζεται από στενόμακρη λεκάνη απορροής, και προέρχεται από την συμβολή των δυο προαναφερομένων χειμάρρων που ενώνονται στην θέση Άγιος Χαράλαμπος, δίπλα στην δημόσια οδό Ελευσίνας-Θηβών. Πρόκειται για τον χείμαρρο Σκυλόρεμα, που εισέρχεται από την περιοχή Κοκκιναριά και τον χείμαρρο Αγίου Σωτήρα που έρχεται από την περιοχή Ράχη Σωτήρος. Η λεκάνη του έχει εμβαδόν συνολικά 22985 km^2 με ομαλό ανάγλυφο και υψόμετρα που κυμαίνονται από $\sim 62 \text{ m}$ στο σημείο που ενώνεται με τον χείμαρρο Σούρες νοτιοανατολικά του οικισμού της Μάνδρας, έως $\sim 780 \text{ m}$ στην κορυφή Παλιά Κορυφή στην περιοχή Χούνια βορειοδυτικά της Μάνδρας. Ο χείμαρρος Σκυλόρεμα συγκεντρώνει τα νερά του από την περιοχή Κοκκιναριά, έχει διαμορφωμένη κοίτη, συλλέγει τα ύδατα από το Δ τμήμα της λεκάνης και έχει επίσης, σημαντικές κλίσεις. Κατά την πλημμύρα της 15^{ης} Νοεμβρίου, δέχτηκε πολύ μεγάλες ποσότητες νερού και προκάλεσε πολύ σημαντικές ζημιές στον δρόμο Ελευσίνας-Θηβών, στην θέση Άγιος Χαράλαμπος, αλλά και ενώθηκε με τον χείμαρρο Σούρες σε όλο το τμήμα του δημόσιου δρόμου μέχρι την είσοδο της Μάνδρας. Σε ορισμένα σημεία η πλημμυρική παροχή είχε διατομή μεγαλύτερη από 40 m^2 , ενώ μετέφερε πολύ μεγάλες ποσότητες φερτών υλικών, αλλά και πολύ μεγάλους βράχους (ΓΕΩΤΕΕ, 2017; ΥΠΕΝ/ΕΓΥ, 2017α, β, γ).

Ο μηχανισμός στη Μάνδρα ήταν ο εξής: Το πρωί της Τετάρτης 15^{ης} Νοεμβρίου γύρω στις 7 πμ. εμφανίστηκε δυτικά της Μάνδρας ένα πλημμυρικού κύμα, το οποίο στις ~ 7.00 πμ. έφτασε στο σημείο ένωσης των χειμάρρων Σούρες και Αγίας Αικατερίνης. Το πρώτο κύμα της πλημμύρας γιγαντώθηκε και διήρκησε μέχρι τις 8 πμ. Μετά η στάθμη του νερού έπεσε, αν και συνέχισε την απορροή της για τις επόμενες 2 ώρες. Από το σημείο ένωσής τους, που απέχει $\sim 100 \text{ m}$ από το δρόμο Ελευσίνας-Μάνδρας-Θηβών οι δύο χείμαρροι έφτασαν στη γέφυρα της εθνικής οδού, για να περάσουν και να παροχετευθούν στο έργο της Αττικής Οδού. Το άνοιγμα όμως της γέφυρας που έχει διατομή περίπου 8 m^2 , ήταν αδύνατο να παροχετεύσει στα κατάντη το κύμα του νερού που χρειαζόταν διατομή, σύμφωνα με τα συγκεντρωθέντα στοιχεία, πάνω από $50\text{-}60 \text{ m}^2$. Για το λόγο αυτό ή γιατί το πέρασμα της γέφυρας έφραξε από φερτά, το ρεύμα παροχετεύθηκε στα κατάντη, είτε μέσω του δρόμου Μάνδρας-Ελευσίνας ή μέσω άλλων τοπικών οδών, είτε μέσω του δρόμου που κινείται παράλληλα με το έργο της Αττικής Οδού, όπου υπάρχει ένας ανοιχτός διπλός οχετός με συνολική διατομή 24 m^2 . Στο σημείο ένωσης των χειμάρρων

Σούρες-Αγίας Αικατερίνης συμβάλουν 4 αγωγοί: (i). Κλειστός αγωγός που έρχεται από τη Μάνδρα (μάλλον από οδό Κοροπούλη) ανοίγματος στην έξοδό του 1,7 x 2 m που υπάρχουν καταγραφές πως ήταν καθαρός από φερτά υλικά, (ii). Κλειστός αγωγός από τη Μάνδρα διαμέτρου, στην έξοδό του 1,2 x 2 m που ήταν εν μέρει κλειστός από φερτά υλικά χωρίς ροή υγρών κατά την αυτοψία, (iii). Σωληνωτός οχετός διαμέτρου 90 cm. προερχόμενος από τον οικισμό της Μάνδρας με μικρή ροή, και (iv). Ανοιχτός τσιμεντένιος οχετός με πλάτος 2 m και πλευρικούς τοίχους 60 cm, ο οποίος παροχετεύει το νερό του χειμάρρου Σούρες στο σημείο αυτό και μετά την ένωσή του με τον χείμαρρο Αγίας Αικατερίνης, στο έργο της Αττικής Οδού μέσω της γέφυρας του δρόμου Ελευσίνα-Μάνδρα-Θήβα (ΓΕΩΤΕΕ, 2017; ΥΠΕΝ/ΕΓΥ, 2017α, β, γ).

Η πλημμύρα της Μάνδρας, από τα χαρακτηριστικά της, κατατάσσεται στις εξής κατηγορίες: (i). Πλημμύρα με ροή ιδιαίτερα υψηλής ταχύτητας (κατηγορία A37) της οποίας τα ύδατα κινήθηκαν, στην ζώνη καταστροφής, με μεγάλη ταχύτητα, (ii). Γρήγορης εξέλιξης πλημμύρα (κατηγορία A33) η οποία εξελίσσεται με γρήγορους ρυθμούς, αλλά όχι ραγδαία πλημμύρα, (iii). Πλημμύρα με μεταφορά μεγάλης ποσότητας λάσπης (κατηγορία A36), (iv). Πλημμύρα με μεταφορά μεγάλης ποσότητας στερεών υλικών και λάσπης (κατηγορία A39). Η στερεομεταφορά σχετίζεται με την μετακίνηση από την ορεινή λεκάνη απορροής, μεγάλων ποσοτήτων ασβεστολιθικών υλικών ποικίλου μεγέθους μαζί με λεπτόκοκκα υλικά άμμων και αργιλοϊλύων και την απόθεσή τους στην ευρύτερη κοίτη των χειμάρρων ανάντη του πολεοδομικού ιστού της Μάνδρας. Η απόθεση πραγματοποιήθηκε λόγω της μείωσης της κλίσης και της μεταφορικής ικανότητας του πλημμυρικού κύματος (ΓΕΩΤΕΕ, 2017; ΥΠΕΝ/ΕΓΥ, 2017α, β, γ).

2.5.2 Αναφορές για την Πλημμύρα στη Νέα Πέραμο

Στην Νέα Πέραμο η πλημμύρα σχετίζεται με την παρεμπόδιση της επιφανειακής ροής, λόγω φυσικής και τεχνητής παρεμπόδισης ή περιορισμού της ροής των υδάτων στους φυσικούς αγωγούς ή στο σύστημα αποχέτευσης (ΓΕΩΤΕΕ, 2017; ΥΠΕΝ/ΕΓΥ, 2017α, β, γ). Οι τρεις βασικοί χείμαρροι που διέρχονται από την Νέα Πέραμο είναι, από Α προς Δ, ο χείμαρρος Γιώργη, ο χείμαρρος Κουλουριώτικο Μονοπάτι και ο χείμαρρος Καμάρας. Μεταξύ των δυο πρώτων κινούνται παράλληλα και 3-4 άλλοι μικρότεροι με μικρές λεκάνες απορροής, που προκάλεσαν όμως αρκετές ζημιές κατά την ενεργοποίησή τους.

Ο χείμαρρος Γιώργη διασχίζει την Νέα Πέραμο στο Α της τμήμα και αποτελεί το χαμηλότερο τμήμα των χειμάρρων Ζωϊρέζας και Αγίας Τριάδας, έχοντας λεκάνη απορροής 26.863 km². Στο Β τμήμα της λεκάνης τα φαινόμενα διάβρωσης και στερεομεταφοράς ήταν πάρα πολύ έντονα, ακόμη και σε τοπικό επίπεδο. Ο χείμαρρος Ζωϊρέζας εμφανίζεται να συμβάλλει στο μεσαίο τμήμα του χειμάρρου Γιώργη, πάνω από την θέση Καντήλι και μέχρι το σημείο της ένωσης δύο χειμάρρων στο ανώτερο τμήμα της λεκάνης, του χειμάρρου Αγίας Τριάδας (που έρχεται από το τη θέση Μοναστήρι) και αυτού που έρχεται από την θέση Παλαιά κορυφή. Από τον χείμαρρο αυτό διακινήθηκαν πολύ μεγάλες ποσότητες νερού και στερεών υλικών που παρασύρθηκαν. Ειδικά σε μια θέση στα ≈ 1100 m από την διασταύρωση προς Μάνδρα (δρόμος Νέας Περάμου-Καντήλι-Μάνδρα), στον δρόμο προς Αγία Τριάδα, η διάβρωση του εδάφους –καθώς και η στερεομεταφορά ενός μικρού συμβάλλοντος χειμάρρου-, είναι τόσο σημαντικές, που προκαλεί εντύπωση για την ένταση και τα καταστρεπτικά αποτελέσματα της βροχόπτωσης.

Ο χείμαρρος Καμάρας είναι ο χείμαρρος που διέρχεται από την περιοχή των Μεγάρων, έχει πολύ μεγάλη λεκάνη απορροής και περνά τον δρόμο Μεγάρων-Νέας Περάμου 600 m ανατολικά του κόμβου της Εθνικής Οδού Αθηνών-Κορίνθου προς Μέγαρα. Κατά την πλημμύρα της 15^{ης} Νοεμβρίου προκάλεσε την καταστροφή της παλαιάς σιδηροδρομικής γραμμής, ενώ γέμισε με φερτά υλικά τους κοντινούς αγρούς (ΓΕΩΤΕΕ, 2017; ΥΠΕΝ/ΕΓΥ, 2017α, β, γ). Ειδικότερα τώρα, για τον χείμαρρο Γιώργη, το γεγονός οφείλεται στην αχρήστευση ενός τεχνητού ορθογωνίου αγωγού παροχέτευσης των υδάτων που κατασκευάσθηκε μέσα σε τμήμα της φυσικής κοίτης, όταν αυτός, πληρώθηκε με φερτά υλικά και έφραξε η διάβασή του κάτω από την παλαιά σιδηροδρομική γραμμή. Λόγω της υπερυψωμένης σε επίχωμα σιδηροδρομικής γραμμής, τοπικά δημιουργήθηκε τεχνητή λίμνη, το νερό της οποίας ακολούθησε άλλες οδούς στην πορεία του προς την θάλασσα, δημιουργώντας νέους μικρότερους χείμαρρους, στα σημεία που υπήρχε διάβαση κάτω από τις γραμμές του τραίνου ή υπερπηδώντας αυτές (ΓΕΩΤΕΕ, 2017; ΥΠΕΝ/ΕΓΥ, 2017α, β, γ).

Πίνακας: 4. Οι χείμαρροι στις περιοχές Μάνδρα και Νέα Πέραμος (δίνονται στοιχεία για το μήκος και τις κλίσεις τους, από (ΓΕΩΤΕΕ, 2017; ΥΠΕΝ/ΕΓΥ, 2017α, β, γ).

α/α	Τμήμα	Μήκος (m).	Μέση Κλίση %
Μάνδρα			
1	Είσοδος Μάνδρας έως Συμβολή με χείμαρρο Σούρες	2.200	1,9
2	Συμβολή χείμαρρου Κατσιμήδι-Οσίου Μελετίου έως Είσοδο Μάνδρας	3.000	2,3
3	Χείμαρρος Κατσιμήδι (μέση κλίση)	6.000	7,1
4	Χείμαρρος Οσίου Μελετίου (μέση κλίση)	4.200	7
5	Χείμαρρος Σκυλόρεμα - Συμβολή με Σούρες (Αγ. Χαράλαμπος)	6.500	8,6
6	Χείμαρρος Αγ. Σωτήρα - Συμβολή με Σούρες (Αγ. Χαράλαμπος)	4.250	5,1
7	Αγ. Χαράλαμπος - Συμβολή με Χείμαρρο Αγ. Αικατερίνης	6.400	2,4
8	Συμβολή με Χείμαρρο Αγ. Αικατερίνης έως Συμβολή με Χείμαρρο Μικρό Κατερίνι	2.300	1,5
Νέα Πέραμος			
	Χείμαρρος Γιώργη (από θάλασσα μέχρι Εθνική Οδό)	1.300	3
1	Χείμαρρος Γιώργη (από Εθνική Οδό έως θέση Καντήλι)	6.900	2,3
2	Χείμαρρος Ζωϊρέζας (από θέση Καντήλι έως χείμαρρο Αγίας Τριάδας)	5250	3,7
3	Χείμαρρος Αγίας Τριάδας (έως όρια λεκάνης)	1.850	13

Ο χείμαρρος Κουλουριώτικο (γνωστός και ως Μονοπάτι) εισέρχεται στην Νέα Πέραμο στο μέσον της, έχει λεκάνη απορροής 8.610 km² και έχει διευθετηθεί από το τέλος της δεκαετίας του 1990. Κινείται παράλληλα με τον δρόμο Νέας Περάμου-Καντήλι-Μάνδρα και εισέρχεται σε κλειστό αγωγό σε ένα μήκος 2540 m, ώσπου να φτάσει στην θάλασσα, στο δυτικό άκρο του λιμανιού. Στο τελευταίο τμήμα του ο αγωγός έχει πλάτος 12 και 17 m, είναι υπερυψωμένος σχετικά με το φυσικό έδαφος, ενώ τελειώνει με μια αλλαγή χάραξης 90° μόλις 250 m πριν καταλήξει στην θάλασσα. Πάνω από το σημείο που ο χείμαρρος εγκιβωτίζεται, έχει διευθετηθεί με συρματόπλεχτα κιβώτια (αρζαντέ) σε ένα μήκος περίπου 2270 m. Στο ανώτερο τμήμα, η επένδυση των πρανών έγινε μόνο στο Α τους τμήμα. Κατά την πλημμύρα ο χείμαρρος στο σημείο που εισέρχεται στον κλειστό αγωγό, όπου λόγω συσσώρευσης φερτών υλικών, εκτράπηκε προς τον δρόμο Νέας Περάμου-Καντηλιού και μέσω αυτού κινήθηκε και εντός του οικισμού. Στον χείμαρρο

Κουλουριώτικο τα μονοπάτια πλημμύρησαν λόγω φυσικής και τεχνητής παρεμπόδισης ή περιορισμού της ροής των υδάτων στους φυσικούς αγωγούς ή/και στο σύστημα αποχέτευσης. Τα φερτά υλικά, που συγκεντρώθηκαν στην είσοδο του κλειστού αγωγού 740 m Β της Νέας Εθνική οδού Αθηνών-Κορίνθου, παρεμπόδισαν την ροή προς τον κλειστό αγωγό και αυτά κινήθηκαν παράλληλα με τον δρόμο Νέας Περάμου-Καντηλιού-Μάνδρας (ΓΕΩΤΕΕ, 2017; ΥΠΕΝ/ΕΓΥ, 2017α, β, γ).

Η πλημμύρα της Νέας Περάμου, σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά της υπάγεται στις κατηγορίες: (i). Πλημμύρα με ροή ιδιαίτερα υψηλής ταχύτητας (κατηγορίας Α37) της οποίας τα ύδατα κινήθηκαν, στην ζώνη καταστροφής, με μεγάλη ταχύτητα, (ii). Γρήγορης εξέλιξης πλημμύρα (κατηγορίας Α33) η οποία εξελίσσεται με γρήγορους ρυθμούς, αλλά όχι ραγδαία πλημμύρα, (iii). Πλημμύρα με μεταφορά μεγάλης ποσότητας στερεών υλικών και λάσπης (κατηγορίας Α39). Η στερεομεταφορά αφορά την μετακίνηση από την ορεινή λεκάνη απορροής, μεγάλων ποσοτήτων ασβεστολιθικών υλικών ποικίλου μεγέθους και απόθεσή τους στην κοίτη των χειμάρρων, μέχρι και την θάλασσα. Η λάσπη αφορά απόθεσή της κυρίως μέσα στον οικισμό της Νέας Περάμου και στους αγρούς που συνορεύουν με τον χείμαρρο Καμάρες (ΓΕΩΤΕΕ, 2017; ΥΠΕΝ/ΕΓΥ, 2017α, β, γ).

Κεφάλαιο 3

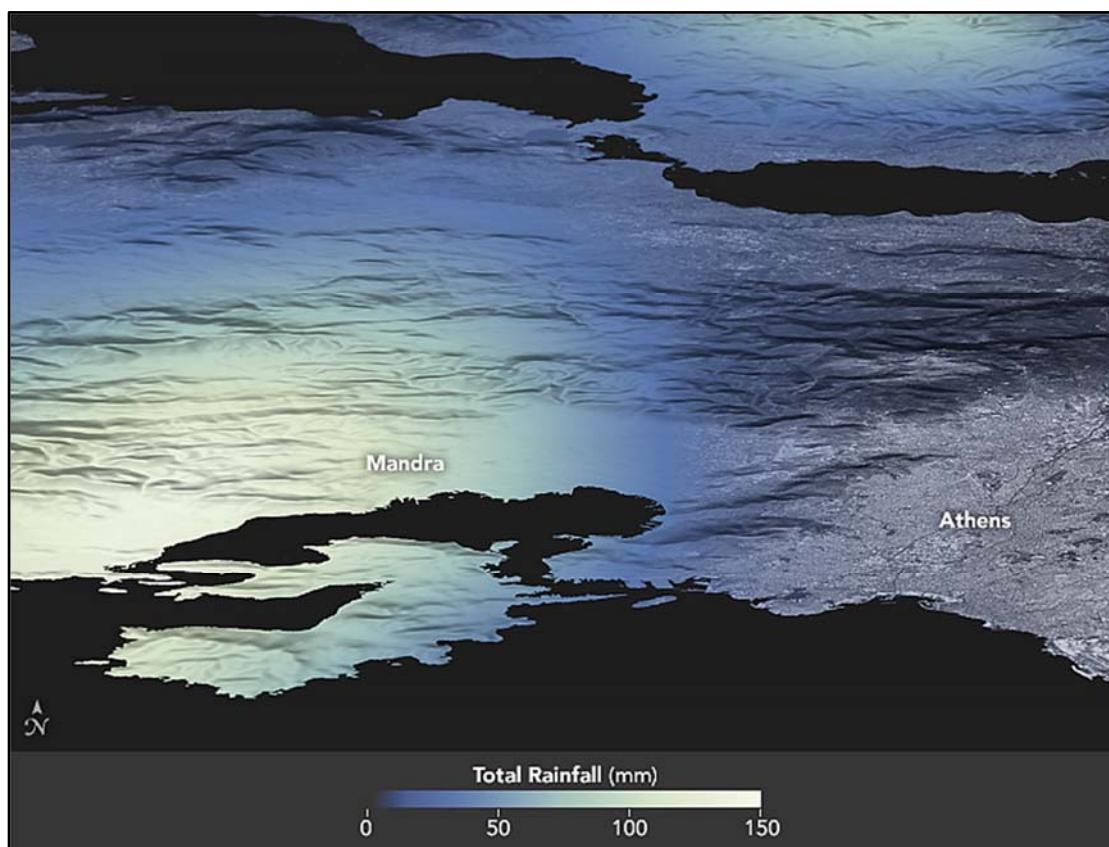
Μεθοδολογία

3.1 Νοηματική Προσέγγιση

Την νύκτα της 14 Νοεμβρίου 2017, μετεωρολογικό σύστημα κινούμενο αργά στη Μεσόγειο έφερε καταρρακτώδεις βροχές και πλημμύρες στην Ελλάδα. Ανάμεσα στις περιοχές που χτυπήθηκαν πιο σκληρά σημεία ήταν η Μάνδρα, ένας οικισμός δυτικά της Αθήνας. Στο διάστημα αυτό η Ανατολική Μεσόγειος συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας επηρεάστηκε από διαδοχικά οργανωμένα βαρομετρικά χαμηλά που προκάλεσαν τοπικά ισχυρά φαινόμενα στις ανωτέρω περιοχές. Έτσι στις 11-11-17 οργανώθηκε κλειστό χαμηλό στη μέση και ανώτερη τροπόσφαιρα που κινήθηκε A-BA κατά τη διάρκεια της 12-11-2017 και από τις νυχτερινές ώρες προς τα ξημερώματα της 13-11-2017, άρχισε να επηρεάζει σταδιακά από τα δυτικά - νοτιοδυτικά τον Ελληνικό χώρο. Από τα ξημερώματα της 13-11-2017, μια δεύτερη οργανωμένη διαταραχή στην ανώτερη τροπόσφαιρα με ψυχρές αέριες μάζες επηρέασε τη χώρα μας. Τα ιδιαίτερα συνοπτικά χαρακτηριστικά της υπεράνω παρατεταμένης κυκλωνικής κυκλοφορίας συντέλεσαν στην εμμονή των καιρικών φαινομένων πάνω από τον Ελληνικό χώρο κατά τη διάρκεια του χρονικού διαστήματος από τις 11-19 Νοεμβρίου 2017, που ευνόησαν την εμφάνιση ισχυρών φαινομένων με διάρκεια και την αντίστοιχη εμφάνιση πλημμυρικών φαινομένων στη Δυτική Αττική.

Την Τρίτη και την Τετάρτη (14 έως 15/11/2017) λοιπόν, στην ευρύτερη περιοχή της δυτικής Αττικής εκδηλώθηκαν ισχυρές βροχοπτώσεις. Ειδικότερα τη νύχτα της Τρίτης προς τη Τετάρτη στο όρος Πατέρα οι έντονες βροχοπτώσεις είχαν σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία μεγάλων επιφανειακών απορροών και την απόδοση μεγάλων ποσοτήτων νερού στην ευρύτερη περιοχή με διέξοδο προς τις πεδινές περιοχές της Μάνδρας, Νέας Περάμου κλπ. Πάντως, είναι χαρακτηριστικό της τονικότητας των φαινομένων, ότι με βάση τον Μετεωρολογικό σταθμό της Ελευσίνας της ΕΜΥ, στη συγκεκριμένη περιοχή (Ελευσίνας) δεν έβρεξε τις πρώτες πρωινές ώρες της 15.11.2017, που την ίδια ώρα σημειώθηκαν τα πλημμυρικά φαινόμενα στην Μάνδρα. Η βροχή (στην Ελευσίνα) που προηγήθηκε και σημειώθηκε από αργά το απόγευμα έως αργά το βράδυ της 14.11.2017

δεν ξεπέρασε τα 10 χιλιοστά. Να σημειωθεί ότι στην περιοχή της Μάνδρας δεν υπάρχει μετεωρολογικός σταθμός της ΕΜΥ (συμβατικός ή αυτόματος). Οι πλημμύρες άφησαν εκατοντάδες ανθρώπους άστεγους στην Μάνδρα και στοίχισαν την ζωή σε 24 ανθρώπους, ενώ καταστράφηκαν τουλάχιστον 1200 κτίσματα και οικίες.



Εικόνα: 6. Οπτικοποίηση στο συνολικό ύψος βροχής (σε mm) που έπεσε στην Δυτική Αττική από τις 14 έως τις 16 Νοεμβρίου 2017 (IMERG 2017).

Ο τρισδιάστατος χάρτης (Εικόνα 6) αποτυπώνει τις δορυφορικές μετρήσεις της βροχόπτωσης (συνολικό ύψος βροχής σε mm) που έπεσε στην συγκεκριμένη περιοχή από τις 14 έως τις 16 Νοεμβρίου. Τα δεδομένα προέρχονται από τη βάση δεδομένων Integrated Multi-Satellite Retrievals for Global precipitation measurement (IMERG 2017), ένα προϊόν του δορυφορικού καταγραφικού συστήματος για την εκτίμηση τη παγκόσμιας βροχόπτωσης (Hou et al 2014, GPM 2017). Τα δεδομένα της βροχόπτωσης (Εικόνα 6) υπερτέθηκαν στο ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο εδάφους (ASTER GDEM

2012), με χωρική διακριτική ικανότητα 30 m. Αυτά τα συνολικά ύψη βροχής είναι περιφερειακές, εξ αποστάσεως εκτιμήσεις και τα τοπικά ποσά μπορούν να είναι σημαντικά υψηλότερα στο έδαφος. Η καταστροφή αποτυπώθηκε στις δορυφορικές εικόνες (Εικόνα 7) WorldView-4 (ESI 2017) που ελήφθησαν την 21 Νοεμβρίου 2017 από την εταιρεία European Space Imaging με χωρική διακριτική ικανότητα 30 cm, σε αντιπαραβολή με εικόνες από το ίδιο δορυφορικό σύστημα που ελήφθησαν πριν την καταστροφή (Εικόνες 7, 8).



Εικόνα: 7. Άποψη τμήματος της πληγείσας περιοχής (21 Νοέμβριου 2017) (ESI 2017).

Οι εικόνες της Space Imaging (ESI 2017) απέδειξαν ότι μεγάλοι όγκοι νερού και λάσπης κατέβηκαν από τις πλαγιές των παρακείμενων βουνών, πλημμύρισαν τα αστικά ρέματα που υπερχείλισαν με την λασπορόη να ακολουθεί ανεξέλεγκτη πορεία κατάντη, εντός του

αστικού ιστού και κατά μήκος του οδικού δικτύου. Είναι σαφές ότι η γενεσιουργός αιτία των πλημμυρικών φαινομένων είναι:

- Η ραγδαία με ιδιαιτέρως μεγάλη ένταση (ύψος βροχής στην μονάδα του χρόνου) βροχόπτωση σε περιορισμένη γεωγραφικά περιοχή λόγω κλιματικής αλλαγής.
- Στην συνέχεια τα πλημμυρικά φαινόμενα οριοθετούνται γεωγραφικά από τις γραμμές απορροής κατάντη της βροχόπτωσης στις οποίες διοχετεύονται οι όγκοι του νερού.
- Μετά οι επιπτώσεις περιορίζονται στις περιοχές που δεν είναι δυνατή η παροχέτευση των υδάτινων όγκων και των λασποροών κατά μήκος των ρεμάτων, άρα έχουμε πλημμυρικά φαινόμενα. εκατέρωθεν των ρεμάτων και των γραμμών απορροής (Μηλιαρέσης, 2006).
- Οι επιπτώσεις και οι κίνδυνοι για την ανθρώπινη ζωή, το οικιστικό περιβάλλον και την οικονομική δραστηριότητα προσδιορίζονται από τις καλύψεις και χρήσεις γης εντός της δυνητικά, πλημμυρικής ζώνης.

Στην μεθοδολογία παρουσιάζονται ελεύθερα γεωγραφικά δεδομένα που αποτυπώνουν την γεωγραφία, τις καλύψεις γης και το ανάγλυφο της Δυτικής Αττικής. Στην συνέχεια γίνεται γεωμορφολογική και ψηφιακή υδρολογική ανάλυση σε μια προσπάθεια να οροθετηθούν ζώνες με μεγάλη επικινδυνότητα πλημμύρας στην υπο-μελέτη περιοχή. Μετά πραγματοποιείται εκτίμηση των καλύψεων γης εντός των δυνητικών πλημμυρικών ζωνών και θα γίνουν προτάσεις για τον επανασχεδιασμό των καλύψεων και χρήσεων γης, αφού τα πλημμυρικά φαινόμενα αναμένεται να ενταθούν λόγω κλιματικής αλλαγής.



Εικόνα: 8. Αποψη τμήματος της πληγείσας περιοχής πριν την καταστροφή (ESI 2017).

3.2 Ψηφιακή Αναγνώριση από Ελεύθερα Δεδομένα

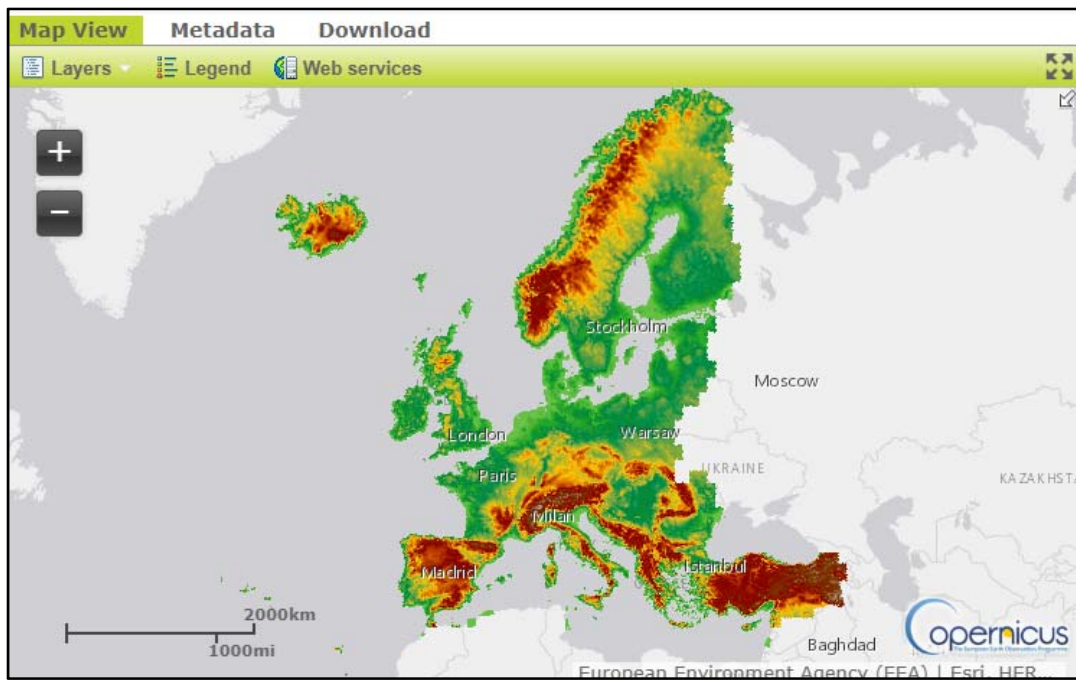
Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα ελεύθερα γεωγραφικά δεδομένα που αποτυπώνουν την γεωγραφία, τις καλύψεις γης και το ανάγλυφο της Δυτικής Αττικής.

3.2.1 ΨΥΜΕ EU-DEM και Παράγωγα Δεδομένα

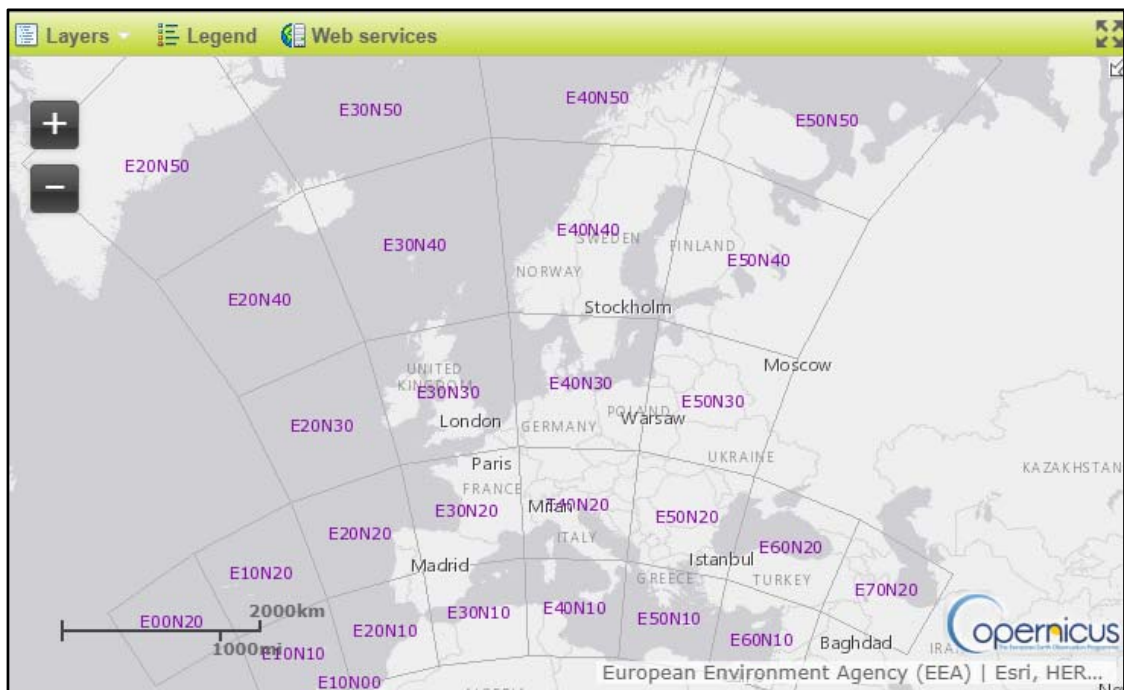
Το EU-DEM και πιο συγκεκριμένα η τελευταία έκδοση v1.1, βελτιώνει τον προσδιορισμό της γεωγραφικής θέσης (οριζοντιογραφική ακρίβεια) όπως και την υψομετρική ακρίβεια (EU-DEM 2017). Τα υψομετρικά δεδομένα EU-DEM δημοσιεύτηκαν αρχικά την 20 Απριλίου 2016. Η περιοχή που καλύπτει φαίνεται στην Εικόνα 9, και είναι διαθέσιμο

δωρεάν από τον διαδικτυακό τόπο για εφαρμογές στην ξηρά το Ευρωπαϊκού Οργανισμού Copernicus (Copernicus-Land 2018).

Η οριζοντιογραφική ακρίβεια είναι 12 m που καθορίζει το μέγεθος του καννάβου στα 25 m και η υψομετρική ακρίβεια που αντιστοιχεί σε +/-7 m μέσω τετραγωνικό σφάλμα. Είναι διαθέσιμο σε τμήματα (Εικόνα 10) που καλύπτουν περιοχές 100 km * 100 km το καθένα με χωρική διακριτική ικανότητα 25 m. Δηλαδή το κάθε τμήμα αποτελείται από 4000 γραμμές και 4000 στήλες και ο όγκος των υψομετρικών δεδομένων κάθε τμήματος είναι περίπου 2 GB. Στην συγκεκριμένη ερευνητική προσπάθεια χρησιμοποιήθηκε το τμήμα E50N10 (Εικόνα 10) που περιλαμβάνει μεταξύ άλλων την νότια Ελλάδα. Το προβολικό σύστημα είναι το ETRS89-LAEA (EPSG3035 2017) με ελλειψοειδές αναφοράς το GRS80, ενώ το κατακόρυφο datum είναι το EVRS2000 ως προς το γεωειδές EGG08. Είναι κατάλληλη για σύμμορφη απεικόνιση του συνόλου της γεωγραφικής περιοχής της ΕΕ σε κλίμακα (όχι μικρότερη) μέχρι 1:500.000 και το μέγιστο οριζοντιογραφικό σφάλμα στα περιθώρια της προβολής είναι το ≤ 1 m (EPSG3035 2017). Τα υψομετρικά δεδομένα της περιοχής μελέτης μετατράπηκαν στο ΕΓΣΑ87 (Mugnier 2002, EPSG2100 2011) προκειμένου να υπάρχει κοινό προβολικό σύστημα με τα διανυσματικά γεωγραφικά δεδομένα. Στην Εικόνα 11 παρουσιάζεται το ΨΥΜΕ (EU-DEM 2017) της διοικητικής διαίρεσης της Δυτικής Αττικής, με τις τιμές του υψόμετρου να είναι στο εύρος 0 έως 1400 m. Παρατηρούνται δύο κύριες περιοχές με μικρό υψόμετρο που είναι σε επαφή με την παράκτια ζώνη στον Νότο. Στην Εικόνα 12 παρουσιάζεται το μέτρο της κλίσης της διοικητικής διαίρεσης της Δυτικής Αττικής, με τις τιμές της κλίσης να είναι στο εύρος 0 έως 51 μοίρες. Παρατηρούνται δύο κύριες περιοχές με μικρό υψόμετρο που είναι σε επαφή με την παράκτια ζώνη στον Νότο.

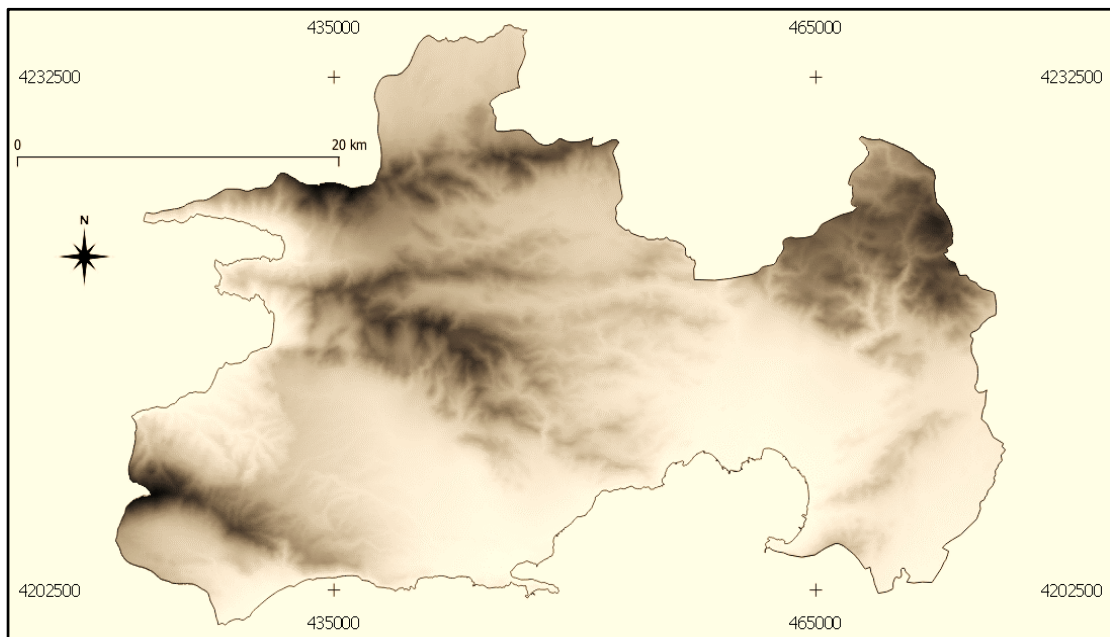


Εικόνα: 9. Διαθεσιμότητα EU-DEM και η περιοχή κάλυψης (Copernicus-Land 2018).

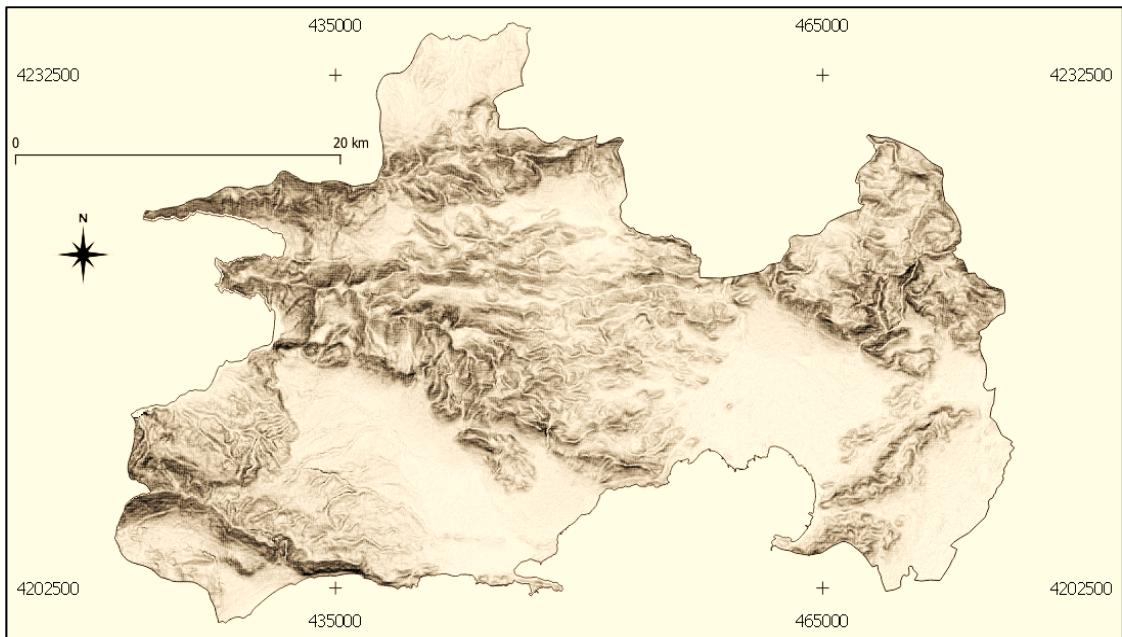


Εικόνα: 10. Η κατάτμηση του Ευρωπαϊκού χώρου και όμορων κρατών σε τμήματα (tiles) (Copernicus-Land 2018).

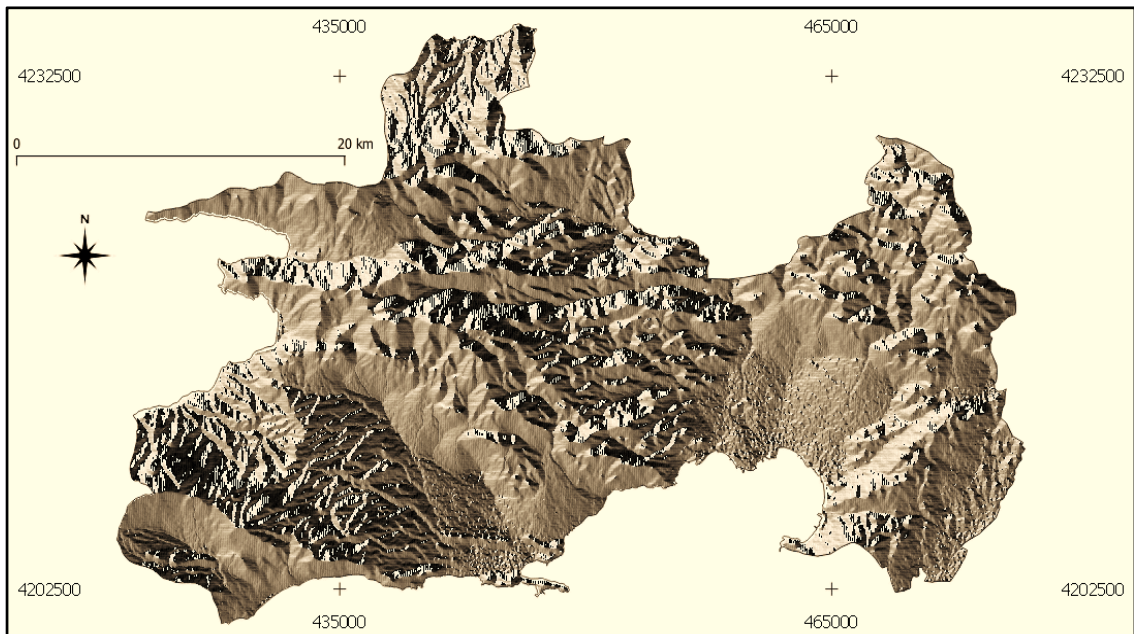
Στην συνέχεια παρουσιάζεται (Εικόνα 13) το διάγραμμα της κλίσης (aspect) που οπτικοποιεί τις γραμμές απορροής (με μεγάλη έως μικρή τοπογραφική έκφραση) σαν ζώνες που εκατέρωθεν της γραμμής απορροής αλλάζει η διεύθυνση της κλίσης. Στην Εικόνα 14 παρουσιάζεται ο χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου της περιοχής μελέτης που οπτικοποιεί σε ένα βαθμό τις εγκιβωτισμένες κοίτες εντός της πεδινής περιοχής. Στην Εικόνα 15 παρουσιάζεται η οπτικοποίηση της γεωμορφολογίας της περιοχής μελέτης με ισοψείς καμπύλες ανά 50 m που προήλθαν από το ΨΥΜΕ (Εικόνα 11).



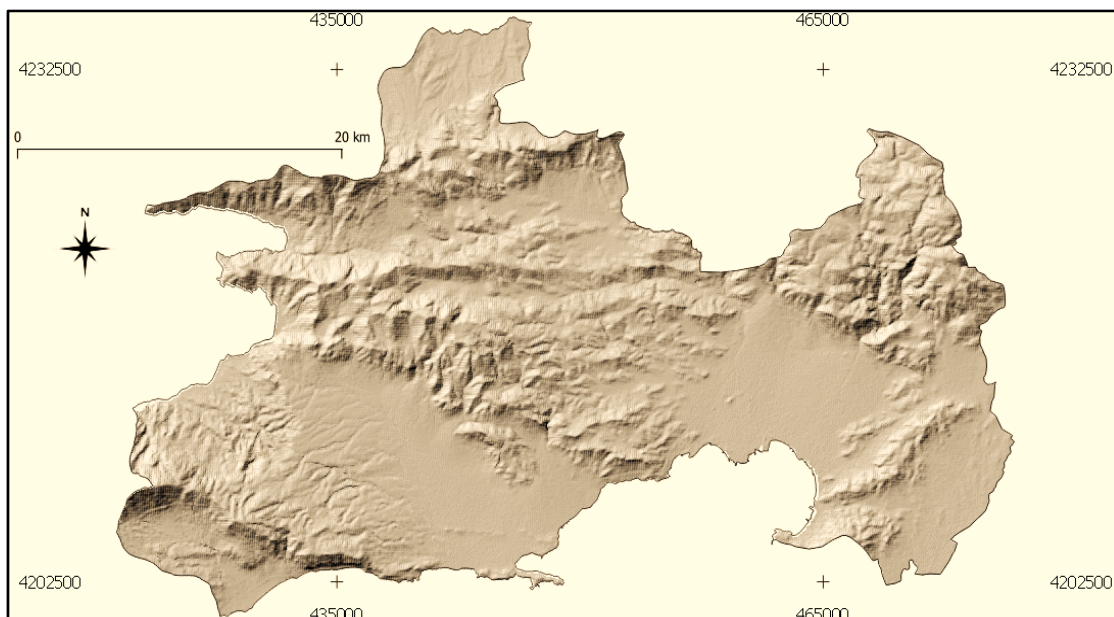
Εικόνα: 11. Το ΨΥΜΕ της Δυτικής Αττικής (όσο φωτεινότερες οι διαβαθμίσεις του γκριζου, τόσο μικρότερες οι τιμές του υψομέτρου) σε κλίμακα 1:240000.



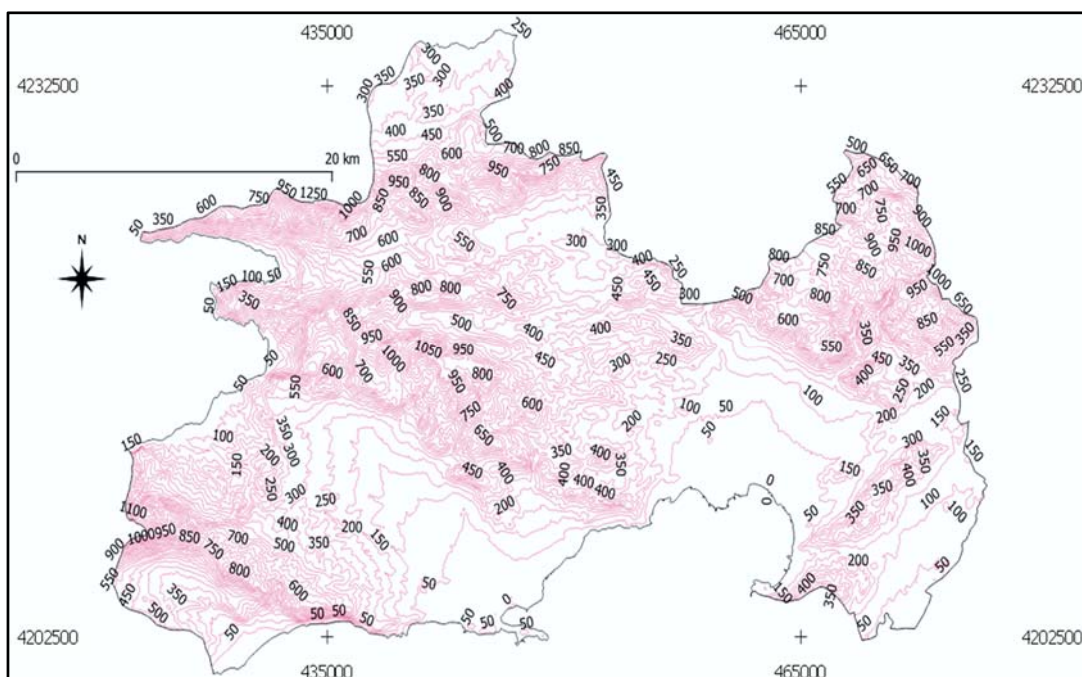
Εικόνα: 12. Το μέτρο της κλίσης (όσο φωτεινότερες οι διαβαθμίσεις του γκριζου, τόσο μικρότερες οι τιμές της κλίσης) σε κλίμακα 1:240000.



Εικόνα: 13. Το διάνυσμα της κλίσης σε κλίμακα 1:240000.



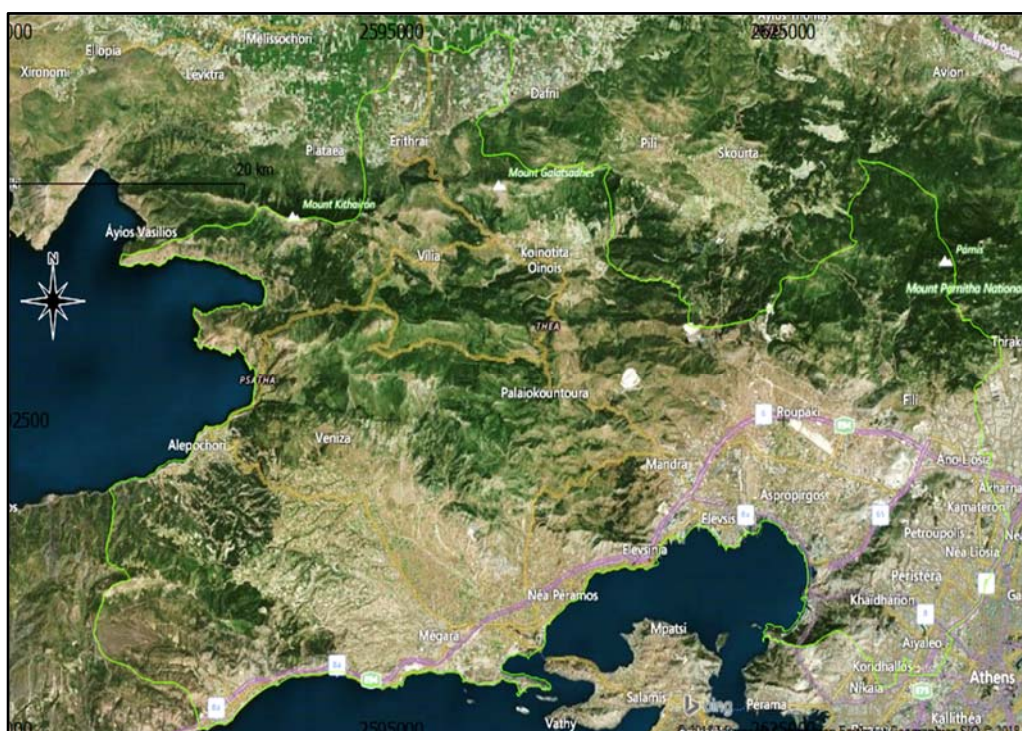
Εικόνα: 14. Χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου με ύψος ηλίου 45 μοίρες και αζιμούθιο 315 μοίρες, σε κλίμακα 1:240000.



Εικόνα: 15. Ισοΰψείς καμπύλες ανά 50 m που προήλθαν από το ΨΥΜΕ σε κλίμακα 1:240000.

3.2.2 Διοικητικές Διαίρέσεις και Χάρτες-Φωτομωσαϊκά

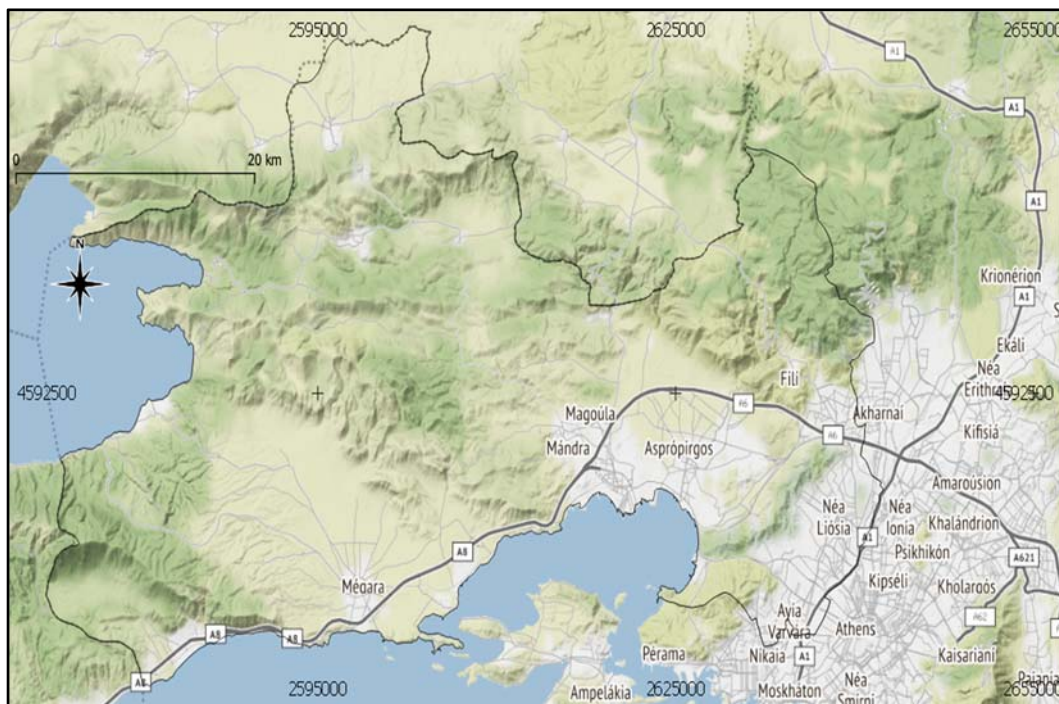
Τα όρια της διοικητικής διαίρεσης της Δυτικής Αττικής (Εικόνα 16) προήλθαν από GDAM (2018). Τα πλημμυρικά φαινόμενα της 15 Νοεμβρίου 2017 εστιάσθηκαν σε δύο περιοχές που είναι εκατέρωθεν του Όρους Πατέρα όπως φαίνεται στις Εικόνες 15 και 16.



Εικόνα: 16. Τα διοικητικά όρια της Δυτικής Αττικής (GADM 2016) σε υπέρθεση στο φωτομωσαϊκό Bing Image Map (BMA 2018).



Εικόνα: 17. Γεωγραφική θέση της Μάνδρας και της Νέας Περάμου ως προς το Όρος Πατέρα (Gmaps 2018).






















Εικόνα: 18. Τα όρια της διοικητικής διαίρεσης της Δυτικής Αττικής σε υπέρθεση σε τοπογραφικό χάρτη (STM 2018).

Η πρώτη είναι στις παρυφές του όρους Πατέρα στα ανατολικά στην πεδιάδα της Ελευσίνας, ενώ η δεύτερη ευρίσκεται δυτικά στην πεδιάδα των Μεγάρων, πολύ πιο μακριά από τις παρυφές του Όρους Πατέρα (Εικόνες 16, 17 και 18) και σε πολύ μεγάλη εγγύτητα με την παράκτια ζώνη (διασχίζεται από την Παλιά και Νέα Εθνική Οδό).

3.2.3 Καλύψεις Γης

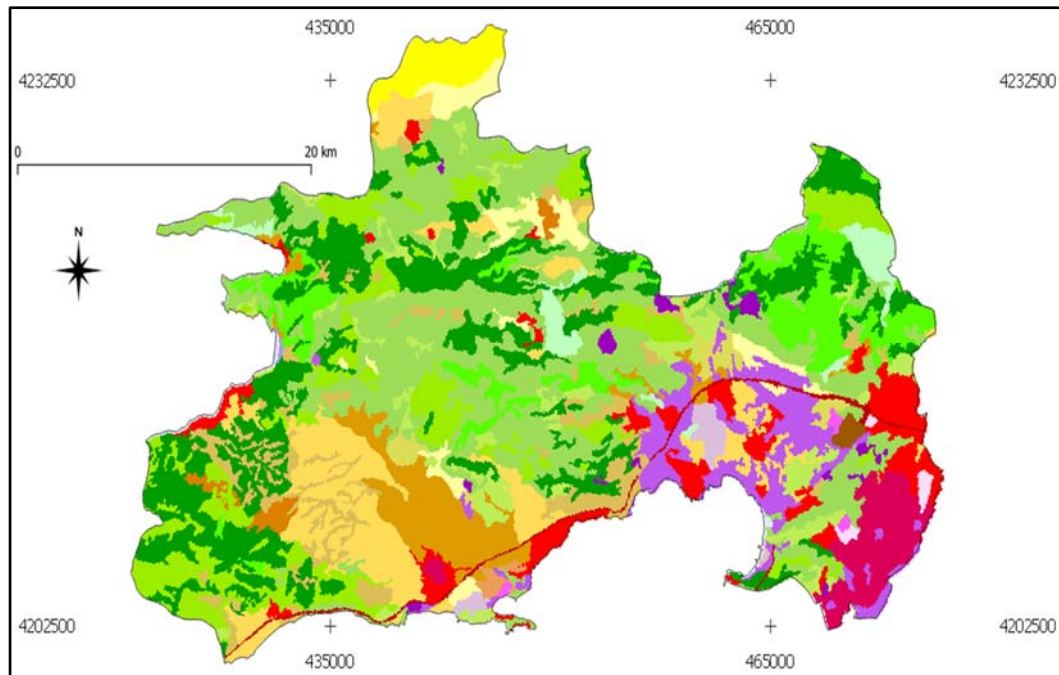
Το CORINE Land Cover (CLC) δημιουργήθηκε για την τυποποίηση της συλλογής δεδομένων καλύψεων-χρήσεων γης στην Ευρώπη και για την υποστήριξη της ανάπτυξης και της περιβαλλοντικής πολιτικής (CLC 2012, Diaz-Pacheco et al., 2014).

Πίνακας: 5. Οι κατηγοριοποιήσεις Corine.

<p>1. Τεχνητές επιφάνειες</p> <p>1.1 Αστικός ιστός</p> <p> 1.1.1 Συνεχής αστικός ιστός</p> <p> 1.1.2 Ασυνεχής αστικός ιστός</p> <p>1.2 Βιομηχανικές-εμπορικές ζώνες και δίκτυα μεταφορών</p> <p> 1.2.1 Βιομηχανικές ή εμπορικές ζώνες</p> <p> 1.2.2 Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα & συσχετισμένη γη</p> <p> 1.2.3 Ζώνες λιμένων</p> <p> 1.2.4 Αεροδρόμια</p> <p>1.3 Ορυχεία, χώροι απορρίψεως απορριμμάτων & χώροι οικοδόμησης</p> <p> 1.3.1 Χώροι εξορύξεως ορυκτών</p> <p> 1.3.2 Χώροι απορρίψεως απορριμμάτων</p> <p> 1.3.3 Χώροι οικοδόμησης</p> <p>1.4 Τεχνητές μη γεωργικές ζώνες πράσινου</p> <p> 1.4.1 Περιοχές αστικού πράσινου</p> <p> 1.4.2 Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής</p>	<p>3. Δάση και ημι-φυσικές περιοχές</p> <p>3.1 Δάση</p> <p> 3.1.1 Δάσος πλατύφυλλων</p> <p> 3.1.2 Δάσος κωνοφόρων</p> <p> 3.1.3 Μικτό δάσος</p> <p>3.2 Συνδυασμοί θαμνώδους ή/και ποώδους βλάστησης</p> <p> 3.2.1 Φυσικοί βοσκότοποι</p> <p> 3.2.2 Θάμνοι και χερσότοποι</p> <p> 3.2.3 Σκληροφυλλική βλάστηση</p> <p> 3.2.4 Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις</p> <p>3.3 Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση</p> <p> 3.3.1 Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές</p> <p> 3.3.2 Απογυμνωμένοι βράχοι</p> <p> 3.3.3 Εκτάσεις με αραιή βλάστηση</p> <p> 3.3.4 Αποτεφρωμένες εκτάσεις</p> <p> 3.3.5 Παγετώνες και αέριο χιόνι</p> <p>4. Υγρότοποι</p> <p>4.1 Υγρότοποι ενδοχώρας</p> <p> 4.1.1 Βάλτοι στην ενδοχώρα</p> <p> 4.1.2 Τυρφώνες</p> <p>4.2 Παραθαλάσσιοι υγρότοποι</p> <p> 4.2.1 Παραθαλάσσιοι βάλτοι</p> <p> 4.2.2 Αλυκές</p> <p> 4.2.3 Ζώνες που καλύπτονται από παλιρροϊκά ύδατα</p> <p>5. Υδάτινες επιφάνειες</p> <p>5.1 Χερσαία ύδατα</p> <p> 5.1.1 Υδατορρέυματα</p> <p> 5.1.2 Επιφάνειες στάσιμου ύδατος</p> <p>5.2 Θαλάσσια ύδατα</p> <p> 5.2.1 Παράκτιες λιμνοθάλασσες</p> <p> 5.2.2 Εκβολές ποταμών</p> <p> 5.2.3 Θάλασσες και ωκεανοί</p>
<p>2. Γεωργικές περιοχές</p> <p>2.1 Αρόσιμη γη</p> <p> 2.1.1 Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη</p> <p> 2.1.2 Μόνιμα αρδευόμενη γη</p> <p> 2.1.3 Ορυζώνες</p> <p>2.2 Μόνιμες καλλιέργειες</p> <p> 2.2.1 Αμπελώνες</p> <p> 2.2.2 Οπωροφόρα δένδρα & φυτείες με σαρκώδεις καρπούς</p> <p> 2.2.3 Ελαιώνες</p> <p>2.3 Λιβάδια</p> <p> 2.3.1 Λιβάδια</p> <p>2.4 Ετερογενείς γεωργικές περιοχές</p> <p> 2.4.1 Επίσης καλλιέργειες που σχετίζονται με μόνιμες καλλιέργειες</p> <p> 2.4.2 Σύνθετες καλλιέργειες</p> <p> 2.4.3 Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης</p> <p> 2.4.4 Γεωργο-δασικές περιοχές</p>	

Οι βασικές τεχνικές παράμετροι του CLC δηλαδή (i). οι 44 κλάσεις της ονοματολογίας (Πίνακας 5) και (ii). η ελάχιστη χωρική διακριτική ικανότητα των 100 m) , δεν έχουν αλλάξει από την αρχή, επομένως τα αποτελέσματα των διαφόρων απογραφών είναι συγκρίσιμα (Μηλιαρέσης, 2003; CLC 2012). Οι όρθο-διορθωμένες δορυφορικές εικόνες υψηλής χωρικής ανάλυσης παρέχουν το υπόβαθρο για την χαρτογράφηση. Το έτος αναφοράς του πρώτου χάρτη CLC ήταν το 1990 (CLC, 1990), και η πρώτη ενημέρωση

δημιουργήθηκε το 2000, ενώ ακολούθησαν οι ενημερώσεις του 2006 και του 2012. Ο αριθμός των χωρών που συμμετέχουν αυξήθηκε με την πάροδο του χρόνου - περιλαμβάνει σήμερα 33 χώρες μέλη του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος και 6 συνεργαζόμενες χώρες (CLC, 2012).



Εικόνα: 19. Χωρική κατανομή των καλύψεων- γης Corine στην περιοχή μελέτης.

Πίνακας: 6. Ποσοστιαία εμφάνιση των καλύψεων γης Corine στην περιοχή μελέτης.

CLC		%	
1	Continuous urban fabric	2,98	Artificial surfaces 15,8 %
2	Discontinuous urban fabric	5,02	
3	Industrial or commercial units	4,85	
4	Road and rail networks & associated land	0,73	
5	Port areas	0,05	
6	Airports	0,69	
7	Mineral extraction sites	0,73	
8	Dump sites	0,24	
9	Construction sites	0,18	
11	Sport and leisure facilities	0,31	
12	Non-irrigated arable land	2,63	Agricultural areas 24,1 %
13	Permanently irrigated land	1,84	
15	Vineyards	0,71	
16	Fruit trees and berry plantations	0,27	
17	Olive groves	4,37	
18	Pastures	0,99	
20	Complex cultivation patterns	8,38	
21	Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation	4,95	
24	Coniferous forest	16,23	Forests and Semi-natural vegetation 59,8 %
25	Mixed forest	6,20	
26	Natural grasslands	4,01	
28	Sclerophyllous vegetation	21,86	
29	Transitional woodland-shrub	9,74	
32	Sparsely vegetated areas	1,81	
35	Inland marshes	0,04	
44	Sea and ocean	0,21	

Δύο ευρωπαϊκές μελέτες επικύρωσης έδειξαν ότι η επιτευχθείσα θεματική ακρίβεια είναι υψηλότερη από το καθορισμένο ελάχιστο (85%). Τα δεδομένα CLC διανέμονται στο πρότυπο ευρωπαϊκό σύστημα αναφοράς συντεταγμένων που ορίζεται από το ευρωπαϊκό σύστημα επίγειας αναφοράς 1989 (ETRS89) και Lambert Azimuthal Equal

Area (LAEA) προβολή (EPSG3035 2017). Τα δεδομένα του CLC μπορούν να συμβάλλουν σε ευρύ φάσμα μελετών όπως: χαρτογράφηση οικοσυστημάτων, μοντελοποίηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, παρακολούθηση των αλλαγών στη γεωργία, στο αστικό περιβάλλον, η διαχείριση των υδάτων, κ.α. Η χωρική κατανομή των καλύψεων-χρήσεων γης Corine στην περιοχή μελέτης, παρουσιάζεται στην Εικόνα 19, ενώ η ποσοστιαία κάλυψη γης ανά CLC εμφανίζεται στον Πίνακα 5.

3.3. Υδρογεωμορφολογική Ανάλυση

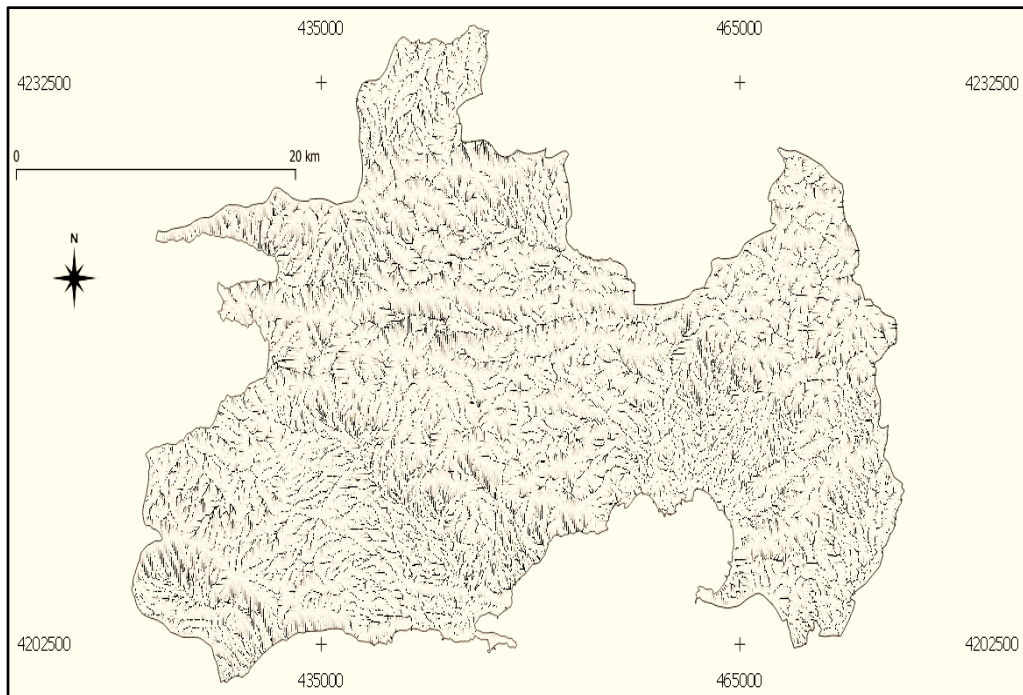
Σε πολλές εφαρμογές της γεωμορφολογίας και της υδρολογίας είναι απαραίτητη η προσομοίωση της κίνησης του νερού σε μια τρισδιάστατη ψηφιακή επιφάνεια που αντιστοιχεί στην τοπογραφία μιας περιοχής. Γίνεται μια σύντομη περιγραφή όσον αφορά τον τρόπο που επιτυγχάνεται η προσομοίωση ροής σε ένα ΨΥΜΕ (Μηλιαρέσης, 2006). Με τον προσδιορισμό του διανύσματος της κλίσης έχουμε μια αναπαράσταση του ΨΥΜΕ στην μορφή ενός διανυσματικού πεδίου στο οποίο σε κάθε σημείο αποτυπώνεται κάθε διάνυσμα με εύρος τιμών σε 8 γεωγραφικές διευθύνσεις (B, BA, A, NA, N, NΔ, Δ, ΒΔ) που ορίζονται σε μια πλεγματική αναπαράσταση. Η προσομοίωση ροής βασίζεται σε δύο αρχές (Μηλιαρέσης, 2006): (i). σε κάθε σημείο του ΨΥΜΕ εισέρχεται μια σταγόνα νερό, και (ii). το ταξίδι κάθε σταγόνας γίνεται σύμφωνα με το διάνυσμα της κλίσης. Υποθέτουμε ότι μετρητές είναι εγκατεστημένοι σε κάθε κορυφή του ΨΥΜΕ και καταμετρούν τις σταγόνες που περνούν από κάθε κορυφή (Μηλιαρέσης, 2006). Όταν κάθε σταγόνα ολοκληρώσει το ταξίδι της (φθάσει στα όρια της περιοχής που καλύπτει το ΨΥΜΕ) αφού σταματήσει η τεχνητή βροχόπτωση τότε οι μετρητές έχουν καταγράψει το σύνολο των σταγόνων που διέρχονται από το κάθε κορυφή.

Όταν η βροχόπτωση διαρκέσει αρκετή ώρα ή ακριβέστερα με διαρκείς επαναλήψεις (Εικόνες 18 και 19), τότε ως συνέπεια θα προκληθούν τα ακόλουθα: (i). Τα τοπικά τοπογραφικά βυθίσματα να πληρωθούν με νερό και να υπερχειλίσουν και (ii). Η κατείδυση κατά αναλογία της φυσικής πραγματικότητας να μηδενισθεί λόγω κορεσμού του εδαφικού ορίζοντα.

Κεφάλαιο 4

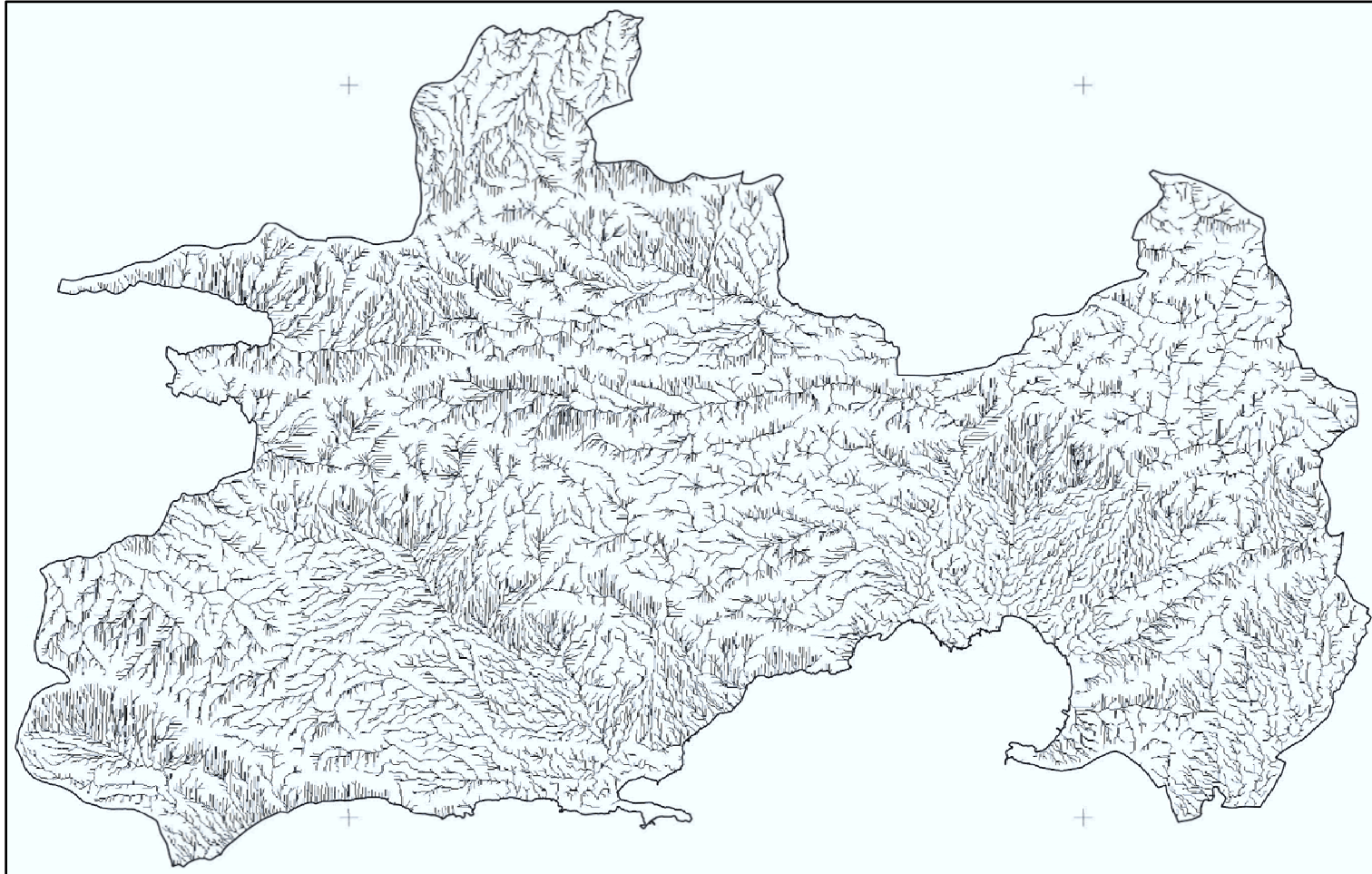
4.1 Αποτελέσματα

Τα στιγμιότυπα των πλημμυρικών φαινομένων στην περιοχή μελέτης, μετά την προσομοίωση ροής παρουσιάζονται στις ακόλουθες εικόνες.



Εικόνα: 20. Στιγμιότυπο προσομοίωσης ροής (όσο πιο σκούρο είναι ένα σημείο, τόσο μεγαλύτερη είναι η απορροή) που αποκαλύπτει περιοχές με υδροστρωματοροή σε αντιδιαστολή με γραμμικές ζώνες που επικρατεί η κατευθυνόμενη ροή.

Η Εικόνα 20 υποδεικνύει ένα χρονικό στιγμιότυπο μιας ισοδυναμικής (οι σταγόνες πέφτουν με τον ίδιο ρυθμό σε κάθε σημείο του ΨΥΜΕ) προσομοίωσης ροής, στο οποίο διακρίνονται περιοχές α) με κατευθυνόμενη ροής (μεγάλη απορροή κατά μήκος γραμμικών αντικειμένων) και περιοχές που επικρατεί η υδροστρωματοροή.

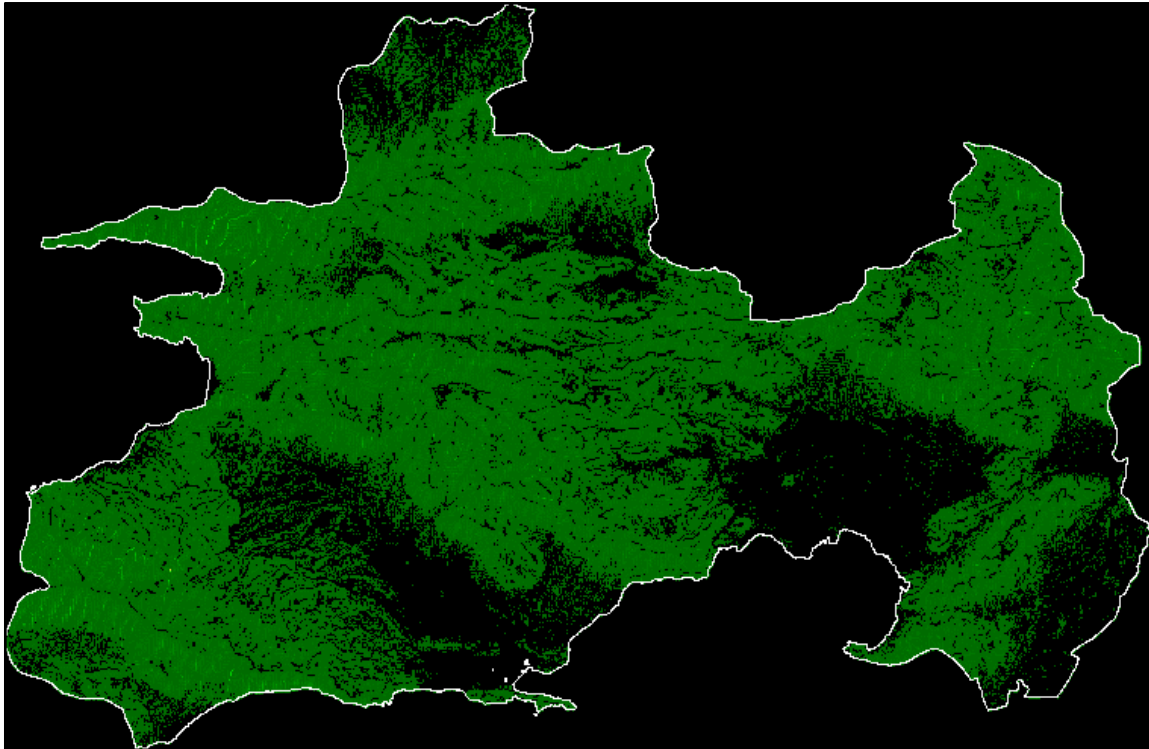


Εικόνα: 21. Οριοθέτηση κατευθυνόμενης ροής σε ένα στιγμιότυπο της προσομοίωσης ροής (ζώνες με απορροή κατά πολύ μεγαλύτερη από τα περιβάλλουσες ζώνες).



Εικόνα: 22. Αρχικό στάδιο προσομοίωσης στο οποίο οι ζώνες που προσλαμβάνουν περισσότερη απορροή από όση εξάγουν απεικονίζονται μαύρες.

Η Εικόνα 21 οριοθετεί την κατευθυνόμενη ροή (ζώνες με απορροή κατά πολύ μεγαλύτερη από τα περιβάλλουσες ζώνες), σε ένα αρχικό στιγμιότυπο της προσομοίωσης ροής. Η Εικόνα 22 υποδηλώνει ένα προγενέστερο στάδιο κατά το οποίο οι περιοχές που προσλαμβάνουν περισσότερη απορροή από την απορροή που εξάγουν στην γειτονιά τους απεικονίζονται μαύρες (κυρίως στην πεδιάδα των Μεγάρων κοντά στην Νέα Πέραμο, και στην πεδιάδα της Ελευσίνας). Η Εικόνα 23 απεικονίζει ένα πιο προχωρημένο στάδιο προσομοίωσης κατά το οποίο, οι δύο κύριες πεδιάδες των Μεγάρων και της Ελευσίνας έχουν πλημμυρίσει.



Εικόνα: 23. Προχωρημένο στάδιο προσομοίωσης στο οποίο οι ζώνες που προσλαμβάνουν περισσότερη απορροή από όση εξάγουν ,απεικονίζονται μαύρες.

Η ανάλυση των δεδομένων (από δορυφορικές εικόνες) των πλημμυρών της Μάνδρας και της Νέας Περάμου στα μέσα Νοεμβρίου του 2017 προσδιόρισε το νοηματικό πλαίσιο της εκδήλωσης του φαινομένου (Εικόνα 6) άλλα και των ζωνών που εντοπίζονται οι καταστροφικές επιπτώσεις (Εικόνες 7 και 8). Είναι σαφές ότι η γενεσιουργός αιτία των πλημμυρικών φαινομένων στην Δυτική Αττική τον Νοεμβρίου του 2017 είναι η ραγδαία με πολλή μεγάλη ένταση (ύψος βροχής στην μονάδα του χρόνου) βροχόπτωση σε περιορισμένη γεωγραφικά περιοχή (Εικόνα 5) που σχετίζεται άμεσα με την κλιματική αλλαγή. Η πλημμύρα οφείλεται αποκλειστικά σε βροχόπτωση, η οποία είτε έπεσε απευθείας στην περιοχή, είτε απέρρευσε σε αυτήν ή από αυτήν. Εδώ η κρίσιμη βροχόπτωση συνέβη στην ορεινή λεκάνη απορροής των χειμάρρων και μεταφέρθηκε το νερό της στον οικισμό, μέσω των φυσικών αγωγών. Στην συνέχεια τα πλημμυρικά φαινόμενα οριοθετούνται γεωγραφικά από τις γραμμές απορροής κατάντη της βροχόπτωσης στις οποίες διοχετεύονται οι όγκοι του νερού. Μετά οι επιπτώσεις

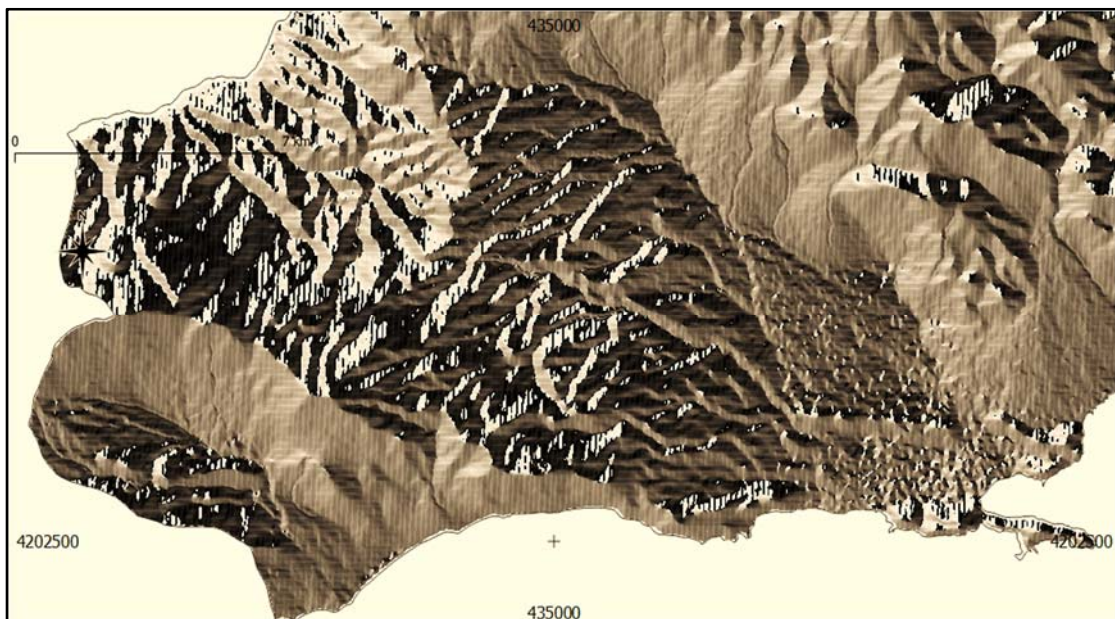
περιορίζονται στις περιοχές (Εικόνες 4, 5) που δεν είναι δυνατή η παροχέτευση των υδάτινων όγκων και των λασποροών κατά μήκος των ρεμάτων, οπότε προκαλούνται έχουμε πλημμυρικά φαινόμενα εκατέρωθεν των ρεμάτων και των γραμμών απορροής. Επιπρόσθετα, οι επιπτώσεις και οι κίνδυνοι για την ανθρώπινη ζωή, το οικιστικό περιβάλλον και την οικονομική δραστηριότητα προσδιορίζονται από τις καλύψεις και χρήσεις γης εντός της δυνητικά, πλημμυρικής ζώνης.

Στην Εικόνα 11 παρατηρούνται και καταγράφονται δύο κύριες περιοχές (η πεδιάδα των Μεγάρων ανατολικά και η πεδιάδα της Ελευσίνας δυτικά του Όρους Πατέρα) με μικρό υψόμετρο που είναι σε επαφή με την παράκτια ζώνη στον Νότο, ενώ οι ίδιες περιοχές στις Εικόνες 11, 12 και 13 παρουσιάζουν ιδιαίτερα μικρή κλίση και διασχίζονται από εγκλιβωτισμένες κοίτες ποταμών προς τους ορεινούς όγκους (όπως ερμηνεύονται στις Εικόνες 12 και 24, από την διαφορά στην κλίση της κοίτης από τις όχθες). Αυτές οι κοίτες (Εικόνα 24) είναι ιδιαίτερα επικίνδυνες, γιατί λόγω της μικρής κλίσης η ταχύτητα και η μεταφορική ικανότητα του νερού μειώνεται και έτσι έχουμε απόθεση φερτών υλών.



Εικόνα: 24. Το μέτρο της κλίσης και οι εγκλιβωτισμένες κοίτες στην πεδιάδα στην ευρύτερη περιοχή της Νέας Περάμου στην πεδιάδα των Μεγάρων σε κλίμακα 1:100000.

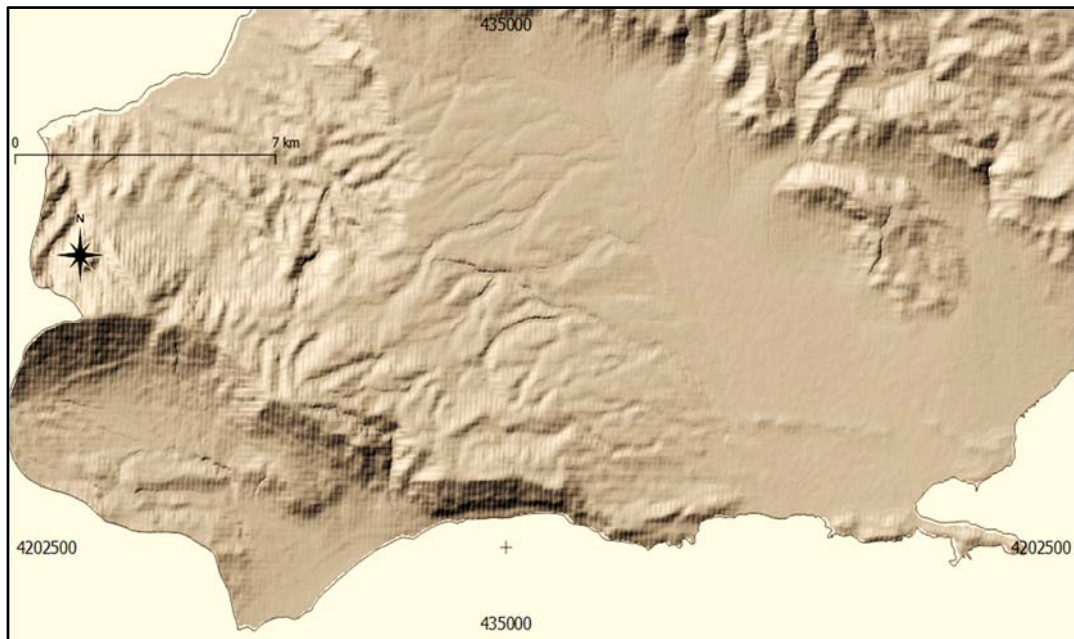
Στην διάρκεια μιας ραγδαίας βροχόπτωσης, η διαβρωτική ικανότητα του νερού αλλά και η μεταφορική τους ικανότητα, θα είναι ιδιαίτερα αυξημένη στους παρακείμενους ορεινούς όγκους, ενώ η απορροή θα συγκεντρωθεί από τους ορεινούς όγκους προς τις πεδινές περιοχές διαμέσου των εγκιβωτισμένων ποταμών (βλέπε και Kim et al., 2009). Επομένως αν οι εγκιβωτισμένες κοίτες στην πεδινή ζώνη με μικρή κλίση γεμίσουν με φερτές ύλες κατά την διάρκεια μιας λασποροής θα παρατηρηθεί άμεσα υπερχείλιση και ανεξέλεγκτη ροή εκτός της κοίτης.



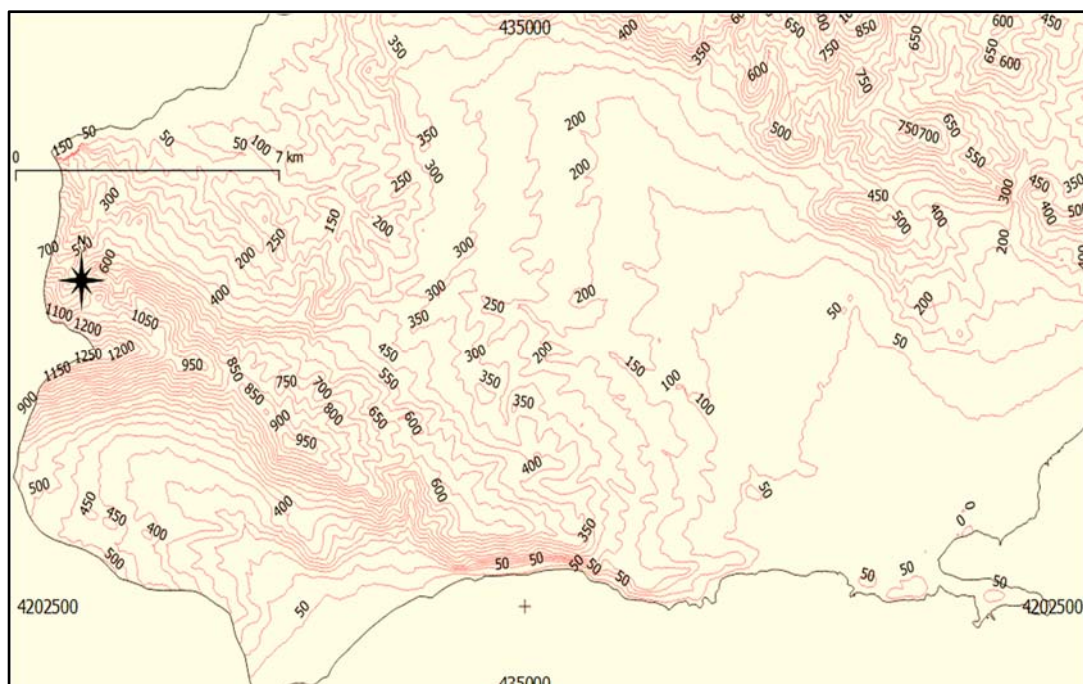
Εικόνα: 25. Το διάγραμμα της κλίσης σε κλίμακα 1:100000 στην ευρύτερη περιοχή της Μάνδρας και Νέας Περάμου.

Το διάγραμμα της κλίσης σε κλίμακα 1:100000 στην ευρύτερη περιοχή της Μάνδρας και Νέας Περάμου (Εικόνα 25), αποκαλύπτει με λεπτομέρεια τις γραμμές απορροής εντός της πεδινής περιοχής. Αυτό κατέστη δυνατόν τον λόγω της μεγάλης υψομετρικής ακρίβειας

(< 7 m) και της μεγαλύτερης χωρικής ανάλυσης του ΨΥΜΕ που χρησιμοποιήθηκε (EU-DEM 2017) σε σχέση με τα άλλα διαθέσιμα ελεύθερα ΨΥΜΕ.



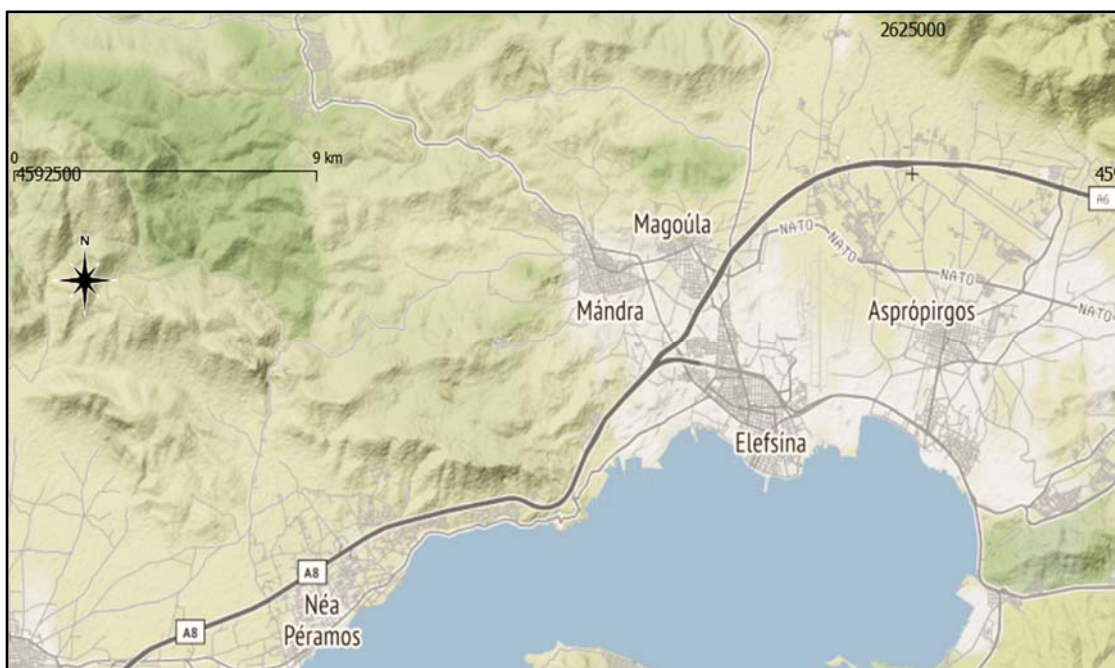
Εικόνα: 26. Χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου με ύψος ηλίου 45 μοίρες και αζιμούθιο 315 μοίρες, σε κλίμακα 1:100000.



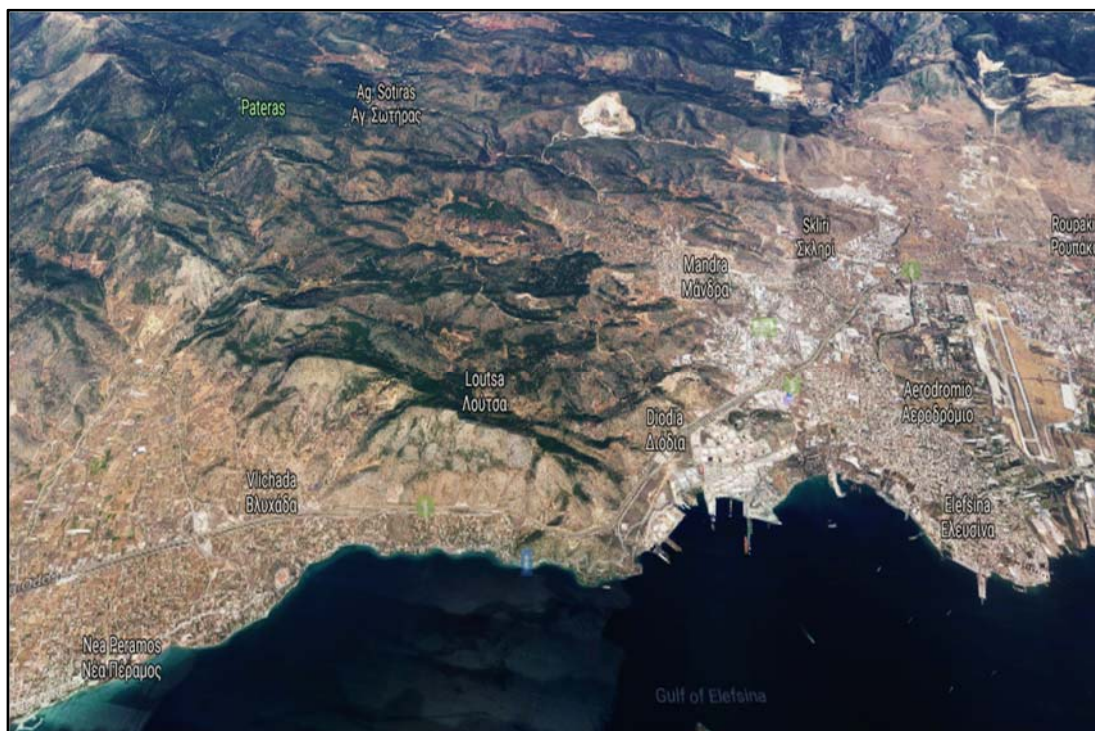
Εικόνα: 27. Ισοϋψείς καμπύλες ανά 50 m στην ευρύτερη περιοχή της Νέας Περάμου στην πεδιάδα των Μεγάρων (κλίμακα 1:100000).



Εικόνα: 28. Η θέση της Νέας Περάμου στην πεδιάδα των Μεγάρων και της Μάνδρας στην πεδιάδα της Ελευσίνας ως προς το Όρος Πατέρα στο φωτομωσaiκό (BMA 2018).



Εικόνα: 29. Η θέση της Νέας Περάμου στην πεδιάδα των Μεγάρων και της Μάνδρας στην πεδιάδα της Ελευσίνας ως προς το Όρος Πατέρα στο τοπογραφικό χάρτη (STM 2018).



Εικόνα: 30. Η θέση της Νέας Περάμου στην πεδιάδα των Μεγάρων και της Μάνδρας στην πεδιάδα της Ελευσίνας ως προς το Όρος Πατέρα σε τρισδιάστατη άποψη (Gmaps 2018) όπου διακρίνονται οι λασποροές στον Κόλπο της Ελευσίνας στην θαλάσσια ζώνη νότια και δυτικά του Όρους Πατέρα.

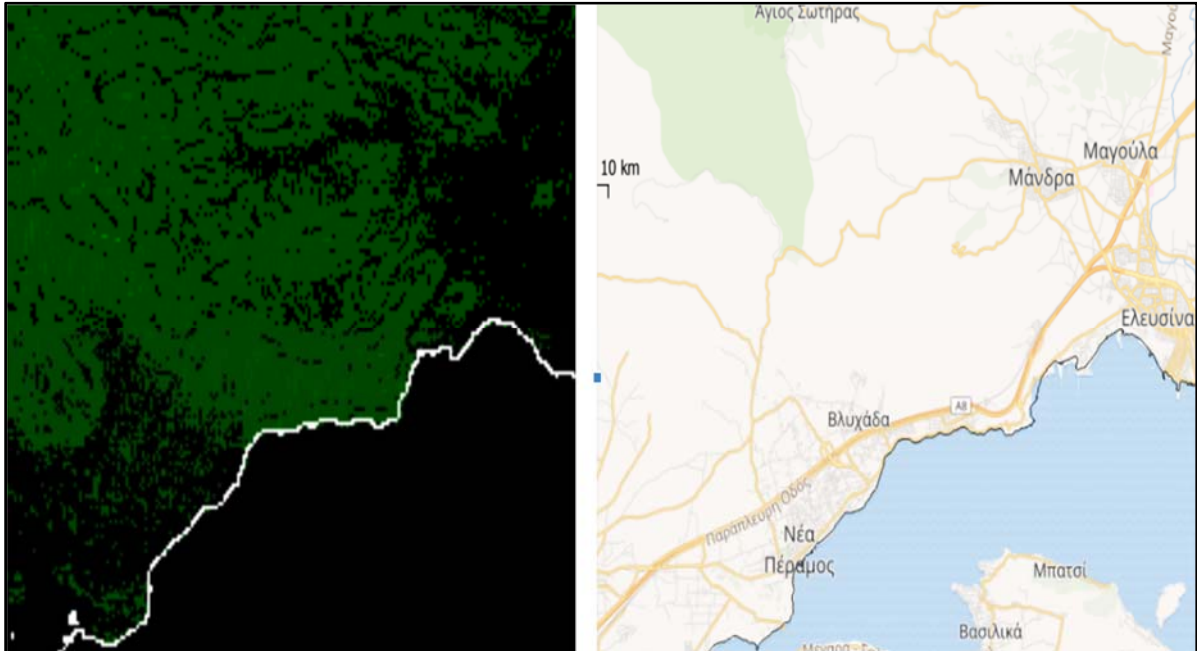
Η υψηλή ανάλυση του ΨΥΜΕ επιτρέπει την αναγνώριση εγκιβωτισμένων κοιτών ποταμών και στον χάρτη σκιασμένου ανάγλυφου (Εικόνα 14) όπως και στις ισοϋψείς καμπύλες ανά 50 m στην ευρύτερη περιοχή της Μάνδρας-Νέας Περάμου (Εικόνα 26). Οι Εικόνες 26, 27 και 28 επίσης, αποδεικνύουν ότι το νοηματικό πλαίσιο των πλημμυρών της Μάνδρας (Ανατολικά) από την Νέα Πέραμο (Δυτικά του ορεινού όγκου) είναι λίγο διαφορετικό αν και οι δυο προκλήθηκαν από την ραγδαία βροχόπτωση στο Όρος Πατέρα. Στην μεν Μάνδρα προκλήθηκαν από εγκιβωτισμένα ρέματα εντός του αστικού ιστού, που εξ αιτίας της εγγύτητας με τον Όρος Πατέρα και των μεγαλύτερων κλίσεων, είχαν πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα και πολύ μεγαλύτερη μεταφορική ικανότητα σε φερτές ύλες δηλαδή λασποροές. Αντίθετα στην Νέα Πέραμο λόγω της μεγαλύτερης απόστασης από τις

παρυφές του Όρους Πατέρα, της εγγύτητας με την ακτογραμμή και την πεδινή περιοχή που παρουσιάζει σχεδόν μηδενική κλίση, παρουσιάσθηκαν κυρίως φαινόμενα υδροστρωματοροής με πολύ μικρή μεταφορά φερτών υλών στον αστικό ιστό. Καταγράφεται δηλαδή πως τα εγκιβωτισμένα ρέματα ανατολικά του Όρους Πατέρα εκφορτίστηκαν κυρίως από τις φερτές ύλες στις παρυφές του, και οι μεγάλοι ορεινοί όγκοι κινήθηκαν με υδροστρωματοροή (όχι διευθυνόμενη ροή κατά μήκος κοίτης ποταμών ή ρεμάτων) στην εκτεταμένη παράκτια ζώνη του πολεοδομικού ιστού της Νέας Περάμου. Αυτός ήταν και ο λόγος που ναι μεν είχαμε πλημμύρες στην Νέα Πέραμο, αλλά όχι θύματα όπως στην Μάνδρα.

Η χωρική κατανομή των καλύψεων γης (Εικόνα 19, Πίνακας 6) υποδηλώνουν ότι το σύνολο των αγροτικών, βιομηχανικών αλλά και οικιστικών χρήσεων και καλύψεων γης κατανέμονται στις πεδιάδες της Ελευσίνας και των Μεγάρων με μεγάλη εγγύτητα με το παράκτιο μέτωπο. Όμως παρατηρούνται και οικισμοί και στους πρόποδες των ορεινών όγκων. Επιπλέον αυτές οι δύο πεδιάδες είναι περικλειστές από ορεινούς όγκους εκτός από το νότιο τμήμα που αποτελεί το παράκτιο μέτωπο και την μόνη διέξοδο προς την θάλασσα. Είναι σαφές ότι εφόσον μια ακραία έντασης ραγδαία βροχόπτωση λάβει χώρα σε τμήμα της Δυτικής Αττικής ανάλογα φαινόμενα θα συμβούν πάλι. Το γεγονός υποδεικνύεται από (i). Την εκφόρτιση των υδάτινων όγκων στο παράκτιο μέτωπο, όπως συνέβη στην πλημμύρα της Νέας Περάμου, και (ii). Τις καταστροφικές λασποροές κατά μήκος εγκιβωτισμένων ρεμάτων εντός οικιστικών συγκεντρώσεων στους πρόποδες των ορεινών όγκων, όπως συνέβη στην πλημμύρα της Μάνδρας.

Η Εικόνα 20 υποδεικνύει ένα χρονικό στιγμιότυπο μιας ισοδυναμικής (οι σταγόνες πέφτουν με τον ίδιο ρυθμό σε κάθε σημείο του ΨΥΜΕ) προσομοίωσης ροής, στο οποίο διακρίνονται περιοχές: (i). με κατευθυνόμενη ροής (μεγάλη απορροή κατά μήκος γραμμικών αντικειμένων) και περιοχές που επικρατεί η υδροστρωματοροή. Η Εικόνα 21 χαρτογραφεί την κατευθυνόμενη ροή (ζώνες με απορροή κατά πολύ μεγαλύτερη από τα περιβάλλοντες ζώνες). σε ένα αρχικό στιγμιότυπο της προσομοίωσης ροής. Η Εικόνα 22 υποδηλώνει ένα προγενέστερο στάδιο κατά το οποίο οι περιοχές που προσλαμβάνουν περισσότερη απορροή από την απορροή που εξάγουν στην γειτονιά τους απεικονίζονται μαύρες. Στις Εικόνες 23 και 31 τονίζεται η μεγάλη επικινδυνότητα της Μάνδρας στην

οποία εκτός από την κατευθυνόμενη ροή, στο προχωρημένο στάδιο της προσομοίωσης ροής εμφανίζεται να εκβάλει με υδροστρωματοροή, η απορροή μιας πλημμυρισμένης επιμήκης κοιλάδα.



Εικόνα: 31. Προχωρημένο στάδιο της προσομοίωσης ροής που εμφανίζει να εκβάλει με υδροστρωματοροή, η απορροή μιας πλημμυρισμένης επιμήκης κοιλάδα στην Μάνδρα.

Κεφάλαιο 5

Συμπεράσματα και Προτάσεις

Στην εν λόγω μελέτη, προσδιορίσθηκε το εννοιολογικό πλαίσιο των πλημμυρών στις περιοχές Μάνδρα και Νέα Πέραμος, δηλαδή η μορφή τους, η υπογραφή και οι επιδράσεις τους στην Δυτική Αττική. Το καίριο συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι λαβαίνουν χώρα στις δύο πεδιάδες των Μεγάρων και της Ελευσίνας. Ταυτόχρονα αποδεικνύεται ότι ή (i). Συνοδεύονται από ραγδαίες λασποροές σε εγκιβωτισμένα ρέματα στους πρόποδες των ορεινών όγκων (κατευθυνόμενη ροή σε γραμμικά γεωμορφολογικά αντικείμενα) όπως στην Μάνδρα την 15 Νοεμβρίου 2018 και (ii). Από εκτεταμένες πλημμύρες στην παράκτια ζώνη λόγω μεταφοράς τεραστίων όγκων νερού με υδροστρωματοροή σε επίπεδες σχεδόν επιφάνειες, σε σύντομο χρονικό διάστημα που δεν μπορούν να εκφορτιστούν στην θάλασσα, καθώς η παλαιά και η νέα εθνική οδοί δημιουργούν ένα τεχνητό ανάχωμα στην επιφανειακή απορροή. Οι επιπτώσεις είναι πολύ πιο καταστροφικές στην πρώτη περίπτωση της Μάνδρας, λόγω της βιαιότητας του φαινομένου αλλά και της πιθανής εγγύτητας με οικιστικές ζώνες.

Η χωροχρονική κατανομή εκδήλωσης των πλημμυρικών φαινομένων έχει άμεση σχέση με την αντίστοιχη χωροχρονική κατανομή των ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως η ραγδαία βροχόπτωση που πραγματοποιήθηκε στις 15 Νοεμβρίου 2017, και κατά την δεδομένη χρονική στιγμή. Επειδή η ραγδαία βροχόπτωση έλαβε χώρα σε συγκεκριμένο ορεινό όγκο του όρους Πατέρας (που καλύπτεται κυρίως από θαμνώδη και φρυγανώδη βλάστηση) είναι δυνατόν σε λίγες ώρες να δοθεί προειδοποίηση, αφού οι προσομοιώσεις ροής αποκάλυψαν τις γραμμικές ζώνες που είναι πιθανό να υπάρξει κατευθυνόμενη ροή. Η ερμηνεία του ΨΥΜΕ αποκάλυψε την ύπαρξη εγκιβωτισμένων ρεμάτων. Με βάση τα παραπάνω δεδομένα για την **κατευθυνόμενη ροή σε γραμμικά γεωμορφολογικά αντικείμενα** και εφόσον προβλήθηκαν τα παραπάνω δεδομένα, σε διαδικτυακούς χάρτες υψηλής ανάλυσης (BMA 2018, Gmaps 2018) εντοπίσθηκαν οι περιοχές με οικιστική, βιομηχανική και αγροτική δραστηριότητα στους πρόποδες των ορεινών όγκων Γεράνεια όρη και Πατέρας, που περιβάλλουν τις δύο πεδιάδες των οικιστικών Ελευσίνας και Μεγάρων. Με βάση τις προαναφερόμενες καταγραφές, και ως συνέπεια να ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα προστασίας, όπως αντιπλημμυρικά έργα για να

προστατευθούν οικισμοί ή και να γίνει επαναχωροθέτηση οικισμών σε μακρινές αποστάσεις από τα εγκιβωτισμένα ρέματα.

Συμπερασματικά καταγράφουμε και ορισμένα ειδικά μέτρα για την περίπτωση μελέτης μας, δηλαδή τις περιοχές Μάνδρας και της Νέας Πειρασμού. Βασική προϋπόθεση για την αποφυγή μελλοντικών πλημμυρών στις περιοχές της Μάνδρας και της Νέας Πειρασμού είναι η ορθή και άμεση εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ ως προς την παρακολούθηση υδάτων και την εκπόνηση σχεδίων διαχείρισης λεκανών απορροής. Η εφαρμογή πρέπει να αυστηρή και να συνοδεύεται από την πιστή εφαρμογή της υδατικής πολιτικής με περισσότερες δράσεις για προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή, όπως η εκπόνηση σχεδίων διαχείρισης πλημμυρών και ξηρασίας και ένταξή τους στα σχέδια διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμών. Είναι απαραίτητη και υψίστης σημασίας, η ανάπτυξη σχεδίων διαχείρισης ανά λεκάνη απορροής στην ΠΕ.ΔΥ που να συντονίζουν τις επιμέρους τομεακές πολιτικές, ώστε: (i). Να προβλέπεται η συμπληρωματικότητα των έργων, (ii). Να ιεραρχούνται βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα οι ανάγκες σε νερό ανά χρήση, και (iii). Να συνυπολογίζεται το κόστος λειτουργίας των έργων αξιοποίησης των υδάτινων πόρων, καθώς και το περιβαλλοντικό κόστος. Ο συνδυασμός επιπροσθέτως της κατασκευής έργων υποδομής μετά από την εκτίμηση της παρούσας κατάστασης των υδάτινων πόρων στις περιοχές Μάνδρας και της Νέας Πειρασμού σε συνδυασμό με τον ταυτόχρονο υπολογισμό του περιβαλλοντικού κόστους, και της συστηματικής μελέτης των κλιματικών μεταβολών, όπως οι έντονες βροχοπτώσεις σε εναλλαγές με περιόδους ξηρασίας και τη συχνότερη εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων.

Επίσης, είναι ανάγκη άμεσης τροποποίησης του Νόμου 4258/2014 (για τις διαδικασίες οριοθέτησης και ρύθμισης θεμάτων για τα υδατορεύματα και ρυθμίσεις πολεοδομικής νομοθεσίας και άλλες διατάξεις). Αποδείχτηκε, με την πρόσφατη καταστροφή στις περιοχές Μάνδρα και Νέα Πέραμος, κατά την οποία υπήρξαν και ανθρώπινες απώλειες, ότι είναι εσφαλμένο να εστιάζει κανείς στη στενή περιοχή της υδρολογικής οριοθέτησης και όχι στη λεκάνη απορροής των υδατορευμάτων ώστε να παρατίθενται τα απαραίτητα γεωλογικά στοιχεία που απαιτούνται για την σύνταξη της αντίστοιχης υδρολογικής/υδραυλικής μελέτης, αφού επί παραδείγματι στην περιοχή Δ της πόλης της Μάνδρας και στην άμεση ζώνη διέλευσης του χειμάρρου Αγίας Αικατερίνης παρατηρείται

έντονη και νέα πολεοδόμηση με κατασκευή επί του εδάφους οικοδομικών τετραγώνων, δρόμων και πεζοδρομίων (με βάση την τροποποίηση του γενικού πολεοδομικού σχεδίου του Δήμου Μάνδρας, ΠΕ.ΔΥ Αττικής, ΦΕΚ 1066, τεύχος Δ, 9/10/2003). Η προαναφερόμενη περιοχή τοποθετείται στη συνέχεια της ανάντη διαμορφωμένης κοίτης των χειμάρρων της Αγίας Αικατερίνης και Σούρες. Βασική προϋπόθεση είναι η οριοθέτηση των προαναφερομένων χειμάρρων και η εκτέλεση των κατάλληλων έργων για τη ασφαλή παροχέτευση των υδάτων πριν την πολεοδόμηση. Διότι στην Περιφέρεια Δυτικής Αττικής υπάρχουν και άλλες περιοχές που είναι εκτεθειμένες στον κίνδυνο πλημμύρας, είναι αμέσως επιβεβλημένο να δημιουργηθούν προκαταρκτικές μελέτες για όλες τις περιοχές στην ΠΕ.ΔΥ, όπου τα σχέδια διαχείρισης κινδύνου πλημμύρας, να τις εντάξουν στις ζώνες του υψηλού κινδύνου. Οι προκαταρκτικές μελέτες πρέπει να περιλάβουν όλη την λεκάνη απορροής των μελετώμενων χειμάρρων. Οι διαχειριστικές μελέτες δασών επιβάλλεται να συμπεριλάβουν και μέτρα πρόληψης του κινδύνου πλημμύρας σε λεκάνες απορροής που εμπίπτουν σε ζώνες υψηλού κινδύνου. Πιθανό είναι να διευκολυνθεί περαιτέρω η ΠΕ.ΔΥ με νέα υδραυλικά έργα, η παροχέτευση των υδάτων κάτω από τις δυο εθνικές οδούς και τοιχία ύψους 1-2 m να περιβάλλουν και να προφυλάσσουν τον πολεοδομικό ιστό.

Καθώς, ο κίνδυνος επανεμφάνισης παρόμοιων φαινομένων είναι ακόμη υπαρκτός, η πρόληψη, η οργάνωση του χώρου, αλλά και η αντιμετώπιση του κινδύνου πλημμύρας επιβάλλεται να περιλάβει και τα παρακάτω προτεινόμενα μέτρα: Την άμεση επανεξέταση των αντιπλημμυρικών έργων που έχουν ήδη προγραμματιστεί, λαμβάνοντας υπόψη και τα δεδομένα της πλημμύρας της 15^{ης} Νοεμβρίου 2017. Τέτοια είναι ειδικότερα, η ενεργοποίηση των φυσικού και τεχνικού αγωγού που παροχετεύει τα ύδατα του χειμάρρου Αγίας Αικατερίνης, ή αντικατάστασή του με άλλους πιο αξιόπιστους αγωγούς, που να μπορεί να παροχετεύει τις πλημμυρικές παροχές. Την σύνταξη συνολικής μελέτης αντιπλημμυρικών έργων, για όλη την λεκάνη απορροής, των χειμάρρων Αγίας Αικατερίνης και Σούρες, με ένταξη σε αυτή, τόσο των έργων εδαφοτεχνικής διευθέτησης των χειμάρρων όπως επίσης και γεωλογικής μελέτης. Στη γεωλογική μελέτη να εκτιμηθεί η διαβρωσιμότητα της λεκάνης απορροής, να εξετασθούν οι νέες συνθήκες που έχουν διαμορφωθεί κατά μήκος των κυρίων χειμάρρων, όπως οι υποσκαφές, οι καταπτώσεις βράχων και οι ροές κορημάτων, οι ασταθείς ζώνες, οι αποθέσεις ιζημάτων, η μείωση των διατομών και παροχευτικότητας των χειμάρρων

μετά τα πλημμυρικά φαινόμενα που να συνοδεύονται από προτάσεις και μέτρα για την αντιμετώπιση των υπαρχόντων προβλημάτων. Για την περιοχή της Νέας Περάμου, ειδικότερα τα προτεινόμενα μέτρα περιλαμβάνουν την επανεξέταση του έργου κάλυψης, αλλά και έργου κεφαλής για τον χειμάρρο Κουλουριώτικο μονοπάτι, με δεδομένη την μη λειτουργία του κατά την πλημμύρα της 15^{ης} Νοεμβρίου 2017, και των τεχνικών έργων στον χειμάρρο Γιώργη και ειδικά στο τμήμα του που παρουσιάζεται στην διασταύρωσή του με την παλαιά σιδηροδρομική γραμμή, καθώς η πολύ έντονη στερεομεταφορά αχρήστεψε πλήρως το έργο. Πρέπει επίσης να πραγματοποιηθεί η σύνταξη συνολικής μελέτης αντιπλημμυρικών έργων, για το σύνολο της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Γιώργη, αλλά και του χειμάρρου Κουλουριώτικο Μονοπάτι, με ένταξη σε αυτή τόσο των έργων εδαφοτεχνικής διευθέτησης χειμάρρων καθώς επίσης και γεωλογικής μελέτης. Χρειάζονται και ειδικές μελέτες για τους μικρότερους χειμάρρους που αναπτύσσονται μεταξύ των κυρίων χειμάρρων Γιώργη και Κουλουριώτικο Μονοπάτι, καθώς και αυτοί συμβάλουν στην πρόκληση καταστροφών -παρά τα οποία έργα έγιναν- για την εκτροπή τους υπό των εθνικών οδών (διαμέσου μικρών εκτροπών που καταστράφηκαν κατά τις πρόσφατες πλημμύρες).

Σημαντικό είναι να ληφθούν και επιπρόσθετα μέτρα που σχετίζονται με επισημάνσεις για τις προαναφερόμενες περιοχές που αντιμετωπίζουν κίνδυνο πλημμύρας. Έτσι είναι ανάγκη να εκπονηθούν στοχευμένα ειδικά σχέδια έγκαιρης προειδοποίησης πολιτών της ΠΕ.ΔΥ συγκεκριμένα, για επικείμενες πλημμύρες με τη χρήση των πλέον σύγχρονων επιστημονικών μεθόδων αξιοποιώντας το σύνολο του επιστημονικού δυναμικού της χώρας. Αναγκαία είναι και η αναβάθμιση και επικαιροποίηση της Εθνικής Τράπεζας Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας (ΕΤΥΜΠ), με ικανότητα πρόσβασης στα δεδομένα της του συνόλου του επιστημονικού δυναμικού της χώρας. Είναι αναγκαίος και ο επανέλεγχος του δικτύου των υπαρχόντων σταθμών, η εγκατάσταση βροχογράφων, η πιθανή χωρική ανακατανομή του δικτύου, η χρηματοδότηση για πιθανές αλληλοκαλύψεις των βραχογραφιών σταθμών από διαφορετικούς φορείς, με τελικό στόχο την ύπαρξη ενός ενιαίου αξιόπιστου πανελλαδικού δικτύου προσβάσιμου στην επιστημονική κοινότητα. Επιπλέον, επειδή κατά κανόνα οι μεγάλες και απότομες βροχοπτώσεις ξεσπούν σε ορεινές περιοχές, ο χειρισμός της πλημμυρικής δράσης των χειμάρρων για τις περιοχές Μάνδρας και της Νέας Πειρασμού πρέπει να είναι ενιαίος και για όλη την λεκάνη απορροής τους. Η κατασκευή έργων δασοτεχνικής διευθέτησης

χειμάρρων και οι αναδασώσεις, είναι σχεδόν βέβαιο ότι έχουν θετικά αποτελέσματα, αφού μειώνονται τα μεταφερόμενα στερεά υλικά, με αντίστοιχη μείωση της διαβρωτικής ικανότητας των πλημμυρικών υδάτων, αλλά και του όγκου του πλημμυρικού κύματος. Ταυτόχρονα μειώνεται η ταχύτητα μετακίνησης του πλημμυρικού κύματος, με επακόλουθο την καθυστέρηση εμφάνισής του στα κατάντη μέρη της υδρολογικής λεκάνης στις περιοχές Μάνδρας και της Νέας Πειρασμού. Επίσης, πρέπει να πραγματοποιηθεί η διευθέτηση, αλλά η μείωση της καταστρεπτικής ορμής των χειμάρρων (Αγίας Αικατερίνης και Σούρες για την περιοχή της Μάνδρας, και Γιώργη, Κουλουριώτικο Μονοπάτι και Καμάρας για τη Νέα Πέραμο), ώστε να περιοριστούν οι καταστρεπτικές επιπτώσεις από τη διάβρωση στα απροστάτευτα εδάφη. Έτσι, προστατεύεται και αναβαθμίζεται και το φυσικό περιβάλλον στη υποβαθμισμένη κατά τα αλλά ΠΕ.ΔΥ, ειδικά με τα έργα φυτεύσεων, αλλά και προστασίας των εδαφών.

Οι δυνατότητες πρόληψης και προστασίας στις περιοχές Μάνδρα και Νέα Πέραμος και για την περίπτωση **υδροστρωματοροής σε επίπεδες σχεδόν επιφάνειες**, είναι πολύ πιο περιορισμένες, όπως έδειξαν οι προσομοιώσεις ροής. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα πλημμυρικά φαινόμενα δυνητικά λαμβάνουν χώρα σε όλη την έκταση των πεδιάδων, όπως επί παραδείγματι το πολεοδομικό συγκρότημα των Μεγάρων), που περικλείονται από τρεις γεωγραφικές διευθύνσεις με ορεινού όγκους, ενώ η τέταρτη διεύθυνση αντιστοιχεί στην παράκτια ζώνη. Σε όλη την έκταση της παράκτιας ζώνης παρατηρούνται οικιστικές, βιομηχανικές και συγκοινωνιακές χρήσεις σε μεγάλο πλάτος που είναι δύσκολο ως αδύνατο να προστατευθούν. Φαίνεται λοιπόν πως ο κίνδυνος πλημμύρας **είναι και παραμένει ακόμη υψηλός** στο τμήμα της κατακλυζόμενης έκτασης που επηρεάζει την περιοχή των οικισμών Μάνδρας και Νέας Πέραμου. Ο υψηλός κίνδυνος οφείλεται στο συνδυασμό της πολύ υψηλής τρωτότητας με την υψηλή επικινδυνότητα.

Οι αστικές και οι βιομηχανικές χρήσεις γης εντός των πλημμυρικών ζωνών έτσι όπως προκύπτουν από το χάρτη καλύψεων χρήσεων γης Corine και τη φωτοερμηνεία των δεδομένων Google Earth, προτείνεται να επαναχωροθετηθούν εκτός της πλημμυρικής ζώνης στο νέο χωροταξικό σχέδιο. Επίσης, αναβαθμίσεις στην περιοχή ανάντη της πλημμυρικής ζώνης θα μπορούσαν να μειώσουν τον όγκο των φερτών υλικών στην περιοχή της Μάνδρας σε ενδεχόμενο νέο πλημμυρικό γεγονός.

Κεφάλαιο 6

Βιβλιογραφία

6.1 Διεθνής Βιβλιογραφία

- Aaheim A, Berkhout F, McEvoy D, Mechler R, Neufeldt H, Patt A, Watkiss P, Wreford A, Kundzewicz Z, Lavalle C, Egenhofer C, 2008. Adaptation to climate change: Why is it needed and how can it be implemented?, CEPS Policy Brief No. 161, ADAM/CEPS, Brussels.
- Ainuddin S, Routray J, Ainuddin S, 2015. Operational indicators for assessing vulnerability and resilience in the context of natural hazards and disasters. *International Journal of Risk Assessment and Management*, 18(1): 66-88.
- Alfieri L, Burek P, Feyen L, Forzieri G, 2015. Global warming increases the frequency of river floods in Europe. *Hydrology and Earth System Sciences* 19 (5): 2247-2260.
- Allaire M, 2018. Socio-economic impacts of flooding: A review of the empirical literature. *Water Security* 3:18–26, doi.org/10.1016/j.wasec.2018.09.002.
- Aroca-Jiménez E, 2018. A quantitative methodology for the assessment of the regional economic vulnerability to flash floods. *Journal of Hydrology*, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.08.029>.
- ASTER GDEM, 2012. Advanced space-borne thermal emission and reflection radiometer global DEM. Διαθέσιμο από <https://asterweb.jpl.nasa.gov/> (Τελευταία Πρόσβαση: 2 Μαΐου 2019).
- Belmonte AMC, Beltran FS, 2001. Flood events in Mediterranean ephemeral streams (ramblas) in Valencia region, Spain. *Catena* 45 (3), 229-249.

- Bellemare MF, 2011. Rising food prices, food price volatility, and political unrest. *American Journal of Agricultural Economics*, 97 (1): 1–21, <https://doi.org/10.1093/ajae/aau038>.
- Birkholz S, Muro M, Jeffrey P, Smith HM, 2014. Rethinking the relationship between flood risk perception and flood management. *Science of the Total Environment* 478:12–20.
- Birkmann J, 2006. *Measuring Vulnerability to Natural hazards - Towards Disaster Resilient Societies*. New York: United Nations University. Retrieved from <https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=ICzUxpBirkmann,+J.:+Indicators+and+criteria+for+measuring+vulnerability:+Theoretical+bases+and+requirements,+in:+Measuring+Vulnerability+to+Natural+hazards+%E2%80%9C>.
- BMA, 2018. Bing Maps Aerial. Διαθέσιμο από <https://www.bing.com/maps/aerial> (Τελευταία Πρόσβαση: 2 Μάϊου 2019).
- Bouwen B, Taillieu T, 2004. Multi-party collaboration as social learning for interdependence: developing relational knowing for sustainable natural resource management. *Community and Applied Social Psychology* 14:137153.
- Burnside-Lawry J, Carvalho L, 2015. Building local level engagement in disaster risk reduction: a Portugese case study. *Disaster Prevention and Management*, 24(1): 80–99.
- Camarasa-Belmonte A, Lopez-Garcia M, Soriano-Garcia J, 2011. Mapping temporally-variable exposure to flooding in small Mediterranean basins using land- use indicators. *Applied Geography*, 31:136-145, doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.03.003.
- Chang LF, Huang SL, 2015. Assessing urban flooding vulnerability with an emergy approach. *Landscape and Urban Planning*, 143: 11-24, doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.06.004.
- Coolsa J, Innocenti D, O'Brien S, 2016. Review lessons from flood early warning systems. *Environmental Science and Policy* 58:117-122, doi.org/10.1016/j.envsci.2016.01.006 1462-9011.

- Copernicus-Land, 2018. Copernicus LAND EU-DEM. Διαθέσιμο από <https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-dem-v1.1/view> (Τελευταία Πρόσβαση: 2 Μαΐου 2019).
- CLC, 2012. CORINE Land Cover. Version 18.5.1 (release date: 19-09-2016.). Διαθέσιμο από <https://land.Copernicus.eu/pan-European/Corine-land-cover/clc-2012> (Τελευταία Πρόσβαση: 2 Μαΐου 2019).
- Dai, F, Lee, C, Ngai, Y, 2002. Landslide risk assessment and management: an overview. *Engineering Geology* 64, 65-87.
- Dankers R, Feyen L, 2008. Climate change impact on flood hazard in Europe: An assessment based on high resolution climate simulations. *J. Geophys. Res.*, 113, 294-306.
- Diakakis M, Deligiannakis G, 2015. Flood fatalities in Greece: 1970 – 2010. *Journal of Flood Risk Management*, doi: 10.12681/bgsg.10962.
- Diakakis M, Mavroulis S, Deligiannakis G, 2012. Floods in Greece, a statistical and spatial approach. *Natural Hazards* 62: 485-500.
- Diaz-Pacheco J, Gutiérrez J, 2014. Exploring the limitations of CORINE Land Cover for monitoring urban land-use dynamics in metropolitan areas. *Journal of Land Use Science* 9(3):243-259.
- Doswell CA, 2015. Hydrology, floods and droughts. *Encyclopedia of Atmospheric Sciences*, 2, 201-208, doi.org/10.1016/B978-0-12-382225-3.00151-1.
- EEA, 2005. Climate change and river flooding in Europe. *EEA Briefing*, 1, 1-4.
- EPSG2100, 2011. GGRS87/Greek Grid. Διαθέσιμο από <https://epsg.io/2100> (Τελευταία Πρόσβαση: 2 Μαΐου 2019).
- EPSG3035, 2017. ETRS89/LAEA Europe. Διαθέσιμο από <https://epsg.io/3035> (Τελευταία Πρόσβαση: 2 Μαΐου 2019).
- ESI, 2017. World View-4 Satellite Images of West Attica Flood. European Space Imaging. Διαθέσιμο από <http://www.euspaceimaging.com/satellite-images-of-west-Attica-flood-help-government-response> (Τελευταία Πρόσβαση: 2 Μαΐου 2019).

- EU-DEM, 2017. European Digital Elevation Model. Copernicus Land Monitoring Service. Διαθέσιμο από <https://land.copernicus.eu/user-corner/publications/eu-dem-flyer/view> (Τελευταία Πρόσβαση: 2 Μαΐου 2019).
- Faccini F, Luino F, Paliaga G, Sacchini A, Turconi L, Jong C, 2018. Role of rainfall intensity and urban sprawl in the 2014 flash flood in Genoa City, Bisagno catchment (Liguria, Italy), *Applied Geography* 98: 224-241, doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.07.022.
- Feyen L, Dankers R, Barredo JI, Kalas M, Bódis K, de Roo A, Lavalle C, 2006) PESETA, Projections of economic impacts of climate change in sectors of Europe based on bottom-up analysis, Flood risk in Europe in a changing climate European Commission, Directorate-General Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability Ispra, Italy, 20, EUR 22313 EN.
- Freebairn J, 2006. Some economics of floods. *Advances in Ecological Research*, Poiani A, (Ed.), 39:125-137.
- Fressard M, Thiery Y, Maquaire O, 2014. Which data for quantitative landslide susceptibility mapping at operational scale? Case study of the Pays d'Auge plateau hillslopes (Normandy, France). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 14, 569-588.
- Ganoulis J, 2003. Risk-based floodplain management: A case study from Greece. *River Basin Management* 1: 41-47.
- GDAM, 2018. Global Administrative Boundaries version 3.6. Διαθέσιμο από <https://gadm.org/> (Τελευταία Πρόσβαση: 2 Μαΐου 2019).
- Georgakakos K, 2006. Analytical results for operational flash flood guidance. *Journal of Hydrology* 3: 81-103.
- Gmaps, 2018. Google Maps. Διαθέσιμο από <https://www.google.gr/maps/> (Τελευταία Πρόσβαση: 2 Μαΐου 2019).
- GPM, 2017. Global precipitation measurement. Διαθέσιμο από <https://pmm.nasa.gov/precipitation-measurement-missions> (Τελευταία Πρόσβαση: 2 Μαΐου 2019).

- Green C, Parker J, Tunstall M, 2000. Assessment of flood control and management options (Thematic Review IV.4 prepared as an input to the World Commission on Dams). Cape Town.
- Golian S, Saghafian B, Maknoon R, 2010. Derivation of probabilistic thresholds of spatially distributed rainfall for flood forecasting. *Water Resource Manage*, doi: 10.1007/s11269-010-9619-7.
- Guame E, (2009). A compilation of data on European flash floods. *Journal of Hydrology*, 67, 1–2, 70-78.
- Günther A, Reichenbach P, Malet JP, Van Den Eeckhaut M, Hervás J, Dashwood C, Guzzetti F, 2013. Tier-based approaches for landslide susceptibility assessment in Europe. *Landslides*, 10, 529-546.
- Guzzetti F, Reichenbach P, Cardinali M, Galli M, Ardizzone F, 2005. Probabilistic landslide hazard assessment at the basin scale. *Geomorphology*, 72, 272-299.
- Hall J, Arheimer B, Borga M, Brázdil R, Claps P, Kiss A, Kjeldsen TR, Kriaučiūnienė J, Kundzewicz ZW, Lang M, Llasat MC, Macdonald N, McIntyre N, Mediero L, Merz B, Merz R, Molnar P, Montanari A, Neuhold C, Parajka J, Perdigão RAP, Plavcová L, Rogger M, Salinas JL, Sauquet E, Schär C, Szolgay J, Viglione A, Blöschl G, 2014. Understanding flood regime changes in Europe: A state-of-the-art assessment. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 18, 2735-2772.
- Hou A, Kakar R, Neeck S, Azarbarzin A, Kummerow C, Kojima M, Oki R, Nakamura K, Iguchi T, 2014. The Global Precipitation Measurement Mission. *Bulletin of the American Meteorological Society* 95:701–722.
- Hungr O, Evans SG, Bovis M, Hutchinson JN, 2001. Review of the classification of landslides of the flow type. *Environmental and Engineering Geoscience*, 7, 221-229.
- IMERG, 2017. Integrated Multi-Satellite Retrievals for Global precipitation measurement. Διαθέσιμο από <https://pmm.nasa.gov/data-access/downloads/gpm> (Τελευταία Πρόσβαση: 2 Μαΐου 2019).
- Jackson G, Petersen W, Berg W, Kidd C, Stocker E, Kirschbaum D, Kakar RA, Braun Scott, Huffman G, Iguchi T, Kirstetter P-E, Kummerow C, Meneghini R, Oki R, Olson W,

- Takayabu Y, Furukawa K, Wilheit T, 2016. The Global Precipitation Measurement (GPM) Mission for science and society. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 98, oi: 10.1175/BAMS-D-15-00306.1.
- Jackson BM, Wheater HS, McIntyre NR, Chell J, Francis OJ, Frogbrook Z, Marshall M, Reynolds B, Solloway I, 2008. The impact of upland land management on flooding: insights from a multiscale experimental and modelling programme. *Journal of Flood Risk Management*, 1, 71–80.
- Jha AK., Bloch R, Lamond J, 2012. *Cities and flooding: A guide to integrated flood risk management for the 21st century*. World Bank, 632 pp.
- Jianga Y, Zevenbergen C, Mab Y, 2018. Urban pluvial flooding and stormwater management: A contemporary review of China's challenges and "sponge cities" strategy. *Environmental Science and Policy* 80:132-143, doi: org/10.1016/j.envsci.2017.11.016
- Kalantari Z, Santos-Ferreira CS, Keesstra S, Destouni G, 2018. Nature-based solutions for flood-drought risk mitigation in vulnerable urbanizing parts of East-Africa. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 5: 73-78, doi.org/10.1016/j.coesh.2018.06.003.
- Karagiozi E, Fountoulis I, Konstantinidis A, Andreadakis E, Ntouros K, 2011. Flood hazard assessment based on geomorphological analysis with GIS tools - the case of Laconia (Peloponnesus, Greece), *Proceedings, Symposium GIS Ostrava*.
- Katsafados P, Kalogirou S, Papadopoulos A, Korres G, 2012. Mapping long-term atmospheric variables over Greece. *Journal of Maps* 8:181-184.
- Kellens W, Terpstra T, De Maeyer P, 2013. Perception and communication of flood risks: a systematic review of empirical research. *Risk Analysis*, 33(1): 24-49.
- Kim H, Yeh PJ-F, Oki T, Kanae S, 2009. Role of rivers in the seasonal variations of terrestrial water storage over global basins. *Geophys. Res. Lett.*, 36, 144-153.
- Kleinen T, Petschel-Held G, 2007. Integrated assessment of changes in flooding probabilities due to climate change. *Climatic Change* 81:283-312.

- Koutsoyiannis D, Mamassis N, Efstratiadis A, Zarkadoulas N, Markonis Y, 2012. Floods in Greece. Changes of flood risk in Europe. IAHS Press, Wallingford - International Association of Hydrological Sciences, chapter 12:238-256.
- Kundzewicz ZW, Ulbrich U, Brucher T, Graczyk D, Kruger A, Leckebusch GC, Menzel L, Pinskiwar I, Radziejewski M, Szwed M, 2005. Summer floods in central Europe: climate change track? *Natural Hazards*, 36:165-189.
- Kundzewicz ZW, Schellnhuber H-J, 2004. Floods in the IPCC TAR perspective. *Natural Hazards* 31 (1): 111-128.
- Lehner B, Döll P, Alcamo J, Henrichs H, Kaspar F, 2006. Estimating the impact of global change on flood and drought risks in Europe: a continental, integrated analysis. *Climatic Change*, 75: 273-299.
- Llasat MC, Llasat-Botija M, Prat MA, Porca F, Price C, Mugnai A, Lagouvardos K, 2010. High-impact floods and flash floods in Mediterranean countries: The FLASH preliminary database. *Advances in Geosciences* 23:47-55.
- López-Goyburua P, García-Monterob LG, 2018. The urban-rural interface as an area with characteristics of its own in urban planning: A review. *Sustainable Cities and Society* 43:157–165, doi.org/10.1016/j.scs.2018.07.010.
- Martini F, Loat R, 2007. Handbook on good practices for flood mapping in Europe. Paris/Bern: European exchange circle on flood mapping (EXCIMAP).
- McCuen RH, 2004. Hydrologic design and analysis. Prentice Hall, 888 pp.
- Mignot E, Li X, Dewals B, 2019. Experimental modelling of urban flooding: A review. *Journal of Hydrology*, 568: 334–342, doi: 10.1016/j.jhydrol.2018.11.001.
- Milly PC, Richard T, Wetherald K, Dunne A, Delworth, TL. 2002. Increasing risk of great floods in a changing climate. *Nature* 415 (6871), 514-517.
- Mugnier C, 2002. Grids and datum: The Hellenic Republic. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 68(12):1237-1239.

- Nakamura S, Oki T, 2018. Paradigm shifts on flood risk management in Japan: Detecting triggers of design flood revisions in the modern era. *Water Resource Research*, doi.org/10.1029/2017WR022509.
- Nuanchan S, 2017. Flood risk management in Thailand: Shifting from a passive to a progressive paradigm. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 25:92–100, doi: 10.1016/j.ijdr.2017.08.003.
- Ogie RI, Perez P, Win KT, Michael K, 2018. Managing hydrological infrastructure assets for improved flood control in coastal mega-cities of developing nations. *Urban Climate* 24: 763-777, doi.org/10.1016/j.uclim.2017.09.002.
- Panagos P, Van Liedekerke M, Jones A, Montanarella L, 2012. European Soil Data Centre: Response to European policy support and public data requirements. *Land Use Policy*, 29, 329-338.
- Panagoulia D, Dimou G, 1997. Sensitivity of flood events to global climate change. *Journal of hydrology* 191:208-222.
- Pilon PJ, 2004. Guidelines for reducing flood losses. United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UN/ISDR), Palais des Nations, Ch 1211 Geneva, Switzerland.
- Raaijmakers R, Krywkow J, van der Veen A, 2008. Flood risk perceptions and spatial multi-criteria analysis: an exploratory research for hazard mitigation. *Natural hazards*, 46(3): 307-322.
- Rinat Y, Marra F, Zoccatelli, F, Morin, D, 2018. Controls of flash flood peak discharge in Mediterranean basins and the special role of runoff contributing areas. *Journal of Hydrology*, 565:846-860, doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.08.055.
- Rus K, Kilar V, Koren, D, 2018. Resilience assessment of complex urban systems to natural disasters: A new literature review. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 31 (2018) 311–330, https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.05.015.
- Saunders M, Lewis P, Thornhill A, 2009. *Research methods for business students*, 5th Edition, 2009. England: Pearson Education Limited.
- Smith K, Ward R, 1998. *Floods-physical processes and human impacts*. John Wiley and Sons, Chichester.

- STM, 2018. Stamen Terrain Maps. Διαθέσιμο από <http://maps.stamen.com/terrain/> (Τελευταία Πρόσβαση: 2 Μαΐου 2019).
- Stoffel M, Wyzga B, Marston RA, 2016. Floods in mountain environments: A synthesis. *Geomorphology* 272, 1-9, doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.07.008.
- Ward RC, Robinson M, 2000. *Principles of Hydrology*. 4th Edition. London: McGraw-Hill.
- Ward PJ, 2015. Usefulness and limitations of global flood risk models. *Nature Climate Change*, 5, 712–715.
- Wilbanks TJ, Romero Lankao P, Bao M, Berkhout F, Cairncross S, Ceron J-P, Kapshe M, Muir-Wood R, and Zapata-Marti R, 2007. Industry, settlement and society. *Climate Change 2007, Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, van der Linden PJ, Hanson CE, (Eds), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 357-390.
- Wright M, Monday L, 1996. Addressing your community's flood problems: A guide for elected officials. [floods.org/PDF/Addressing Community's Flood Problems](https://www.floods.org/PDF/Addressing%20Community's%20Flood%20Problems).

6.2 Ελληνική Βιβλιογραφία

- Αλεξίου Α, 2013. Τυποποίηση ιστορικών πλημμυρών με βάση την Οδηγία 2007/60/ΕΚ, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διεπιστημονικό - Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων, σ. 158.
- Ανδρεαδάκης Ε, Φουντούλης Ι, 2007. Εκτίμηση πλημμυρικής επικινδυνότητας σε τεκτονικά ενεργές περιοχές. Συμπόσιο τεκτονικής γεωλογίας προς τιμή του Ομότιμου Καθ. Ηλία Μαριολάκου της Επιτροπής Τεκτονικής της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, Δεκέμβριος, 2007.
- Αραβαντινός Α, 2007. Πολεοδομικός σχεδιασμός για μια βιώσιμη ανάπτυξη του αστικού χώρου. Αθήνα: Εκδόσεις Συμμετρία.
- Γάκη-Παπαναστασίου Κ, Καρύμπαλης Ε, Κατσαφάδος Π, Μαρουκιάν Χ, 2008. Διερεύνηση των φυσικών και ανθρωπογενών αιτιών εκδήλωσης πλημμυρών στον κάτω ρου

του χείμαρρου Ξηριά. 8^ο Διεθνές Υδρογεωλογικό Συνέδριο της Ελλάδας, Αθήνα, σ. 455-464.

Διακάκης Μ (2013). Εκτίμηση πλημμυρικής επικινδυνότητας με τη χρήση μοντέλων προσομοίωσης (Διδακτορική Διατριβή). Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, σ. 195.

2007/60/ΕΚ, 2007. Οδηγία 2007/60/ΕΚ για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

ΓΕΩΤΕΕ, 2017. Έκθεση για την πλημμύρα της 15ης Νοεμβρίου 2017 στην Μάνδρα και Νέα Πέραμο Αττικής. ΓΕΛΤΕΕ, Παράρτημα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, σ. 46.

ΥΠΕΝ/ΕΓΥ, 2017α, Έργο: Σχέδια διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας λεκανών απορροής ποταμών των υδατικών διαμερισμάτων Αττικής, Ανατολικής Στέρας Ελλάδας και νήσων Αιγαίου (Βορείου και Νοτίου Αιγαίου). Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, σ. 180.

ΥΠΕΝ/ΕΓΥ, 2017β, Έκθεση για τα πρόσφατα πλημμυρικά συμβάντα στις περιοχές Δ. Μάνδρας -Ειδυλλίας και Δ. Νέας Περάμου. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, σ. 36.

ΥΠΕΝ/ΕΓΥ, 2017γ, Σχέδιο διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας των λεκανών απορροής ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Αττικής. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, σ. 253.

Καρύμπαλης Ε, Γάκη-Παπαναστασίου Κ, Μαρουκιάν Χ, 2007. Ποιος ευθύνεται για τα πλημμυρικά επεισόδια στο νομό Αττικής, η φύση ή ο άνθρωπος; Οι περιπτώσεις των λεκανών του Κηφισού ποταμού και του Μεγάλου Ρέματος της Ραφήνας. Στο Το αύριο εν κινδύνω. Φυσικές τεχνολογικές καταστροφές στην Ευρώπη και την Ελλάδα. Εκδόσεις Gutenberg, σ. 287-309.

Κουργιαλάς Ν, 2010. Ολοκληρωμένη διαχείριση-πρόβλεψη και αντιμετώπιση πλημμυρικών φαινομένων σε σύνθετες γεωμορφολογικά περιοχές με χρήση μαθηματικών μοντέλων και GIS (Διδακτορική διατριβή). ΠΜΣ Μηχανικών Περιβάλλοντος, Τμήμα μηχανικών Περιβάλλοντος, Τομέας Περιβαλλοντικής Υδραυλικής και Γεωπεριβαλλοντικής Μηχανικής, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, σ. 394.

- Κουργιαλάς Ν, Καρατζάς Π, 2009. Ανάπτυξη μεθοδολογίας για την χωρική εκτίμηση της τρωτότητας πλημμυρικών φαινομένων με χρήση GIS. 7^ο Συνέδριο Ελληνικής Επιτροπής Διαχείρισης Υδατικών Πόρων (ΕΕΔΥΠ) και Συνέδριο Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης (ΕΥΕ), Βόλος, σ. 213-220.
- Λέκκας Ε, 2009. Φυσικές και τεχνολογικές καταστροφές (Εκπαιδευτικό υλικό κατάρτισης στελεχών τοπικής αυτοδιοίκησης). Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο, Αθήνα.
- Μαμάσης Ν, 2009. Τυπικά συστήματα υδατικών πόρων: Εκτίμηση πλημμυρικών παροχών (Σημειώσεις μαθήματος 'Πλημμύρες και Αντιπλημμυρικά Έργα). ΔΠΜΣ Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Μαμάσης Ν, 2007. Πλημμύρες και αντιπλημμυρικά έργα. Διαχείριση πλημμυρικού κινδύνου (Σημειώσεις από Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων), Αθήνα.
- Μηλιαρέσης Γ, 2006. Ειδικές Εφαρμογές στο ARCGIS. Εκδόσεις Ίων, Περιστέρι, σ. 248.
- Μηλιαρέσης Γ, 2003. Φωτοερμηνεία-Τηλεπισκόπηση. Εκδόσεις Ίων, Περιστέρι, σ. 243.
- Μιμίκου ΜΑ, Μπαλτάς ΕΑ, 2006. Τεχνική υδρολογία. 4^η Έκδοση, Αθήνα: Παπασωτηρίου.
- Νικολαΐδου Μ, Χατζηχρίστου Ε, 1995. Καταγραφή και αποτίμηση των καταστροφών από πλημμύρες στην Ελλάδα και την Κύπρο (Διπλωματική Εργασία). Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, σ. 115.
- Παπαμιχαήλ ΔΜ, 2004. Τεχνική υδρολογία επιφανειακών υδάτων. Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη.
- Παπανικολάου Δ, Διακάκης Μ, 2011. Μεταβολές στην ένταση και την κατανομή των φυσικών καταστροφών. Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής, Τράπεζα της Ελλάδος, Αθήνα.
- Στάθης Δ, 2004. Ακραία γεγονότα βροχής και πλημμυρογένεση στην Ελλάδα. Εργαστήριο Διευθέτησης Ορεινών Υδάτων. Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Τσαγγαράτος Π, 2012. Διερεύνηση της τεχνικογεωλογικής συμπεριφοράς των γεωλογικών σχηματισμών με τη χρήση πληροφοριακών συστημάτων (Διδακτορική διατριβή). Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων - Μεταλλουργών, Τομέας Γεωλογικών Επιστημών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Φουμέλης Μ, 2004. Χρήση συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών και τηλεπισκόπησης για την εκπόνηση χαρτών επικινδυνότητας σε κατολισθητικά και πλημμυρικά φαινόμενα. Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, σ. 226.