



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ**

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

ΠΜΣ : ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ

**ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ Α: «Διαχείριση Φυσικών και Ανθρωπογενών Κινδύνων και
Καταστροφών»**

**Εκτίμηση πλημμυρικής επικινδυνότητας σε περιβάλλον GIS για τη λεκάνη
απορροής του ρέματος Μορτερή στην Εύβοια**

Μεταπτυχιακή Εργασία

Καραμούστου Δ. Παναγιώτα

Αθήνα, 2022



HAROKOPIO UNIVERSITY

SCHOOL OF ENVIRONMENT, GEOGRAPHY AND APPLIED ECONOMICS

DEPARTMENT of GEOGRAPHY

POSTGRADUATE PROGRAMME “APPLIED GEOGRAPHY AND SPATIAL PLANNING”

Stream A: Management of Natural and Human Induced Disasters

Flood Hazard Assessment on GIS Environment for Morteri Catchment

(Evia Island, Greece)

Master Thesis

Panagiota D. Karamoustou

Athens, 2022



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

ΠΜΣ : ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ Α: «Διαχείριση Φυσικών και Ανθρωπογενών Κινδύνων και
Καταστροφών»

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή [Calibri, Bold, 16]

Καρύμπαλης Ευθύμιος (Επιβλέπων)

Καθηγητής, Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Δράκου Ευαγγελία

Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Χαλκιάς Χρίστος

Καθηγητής, Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Η Παναγιώτα Καραμούστου

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

1) Είμαι ο κάτοχος των πνευματικών δικαιωμάτων της πρωτότυπης αυτής εργασίας και από όσο γνωρίζω η εργασία μου δε συκοφαντεί πρόσωπα, ούτε προσβάλλει τα πνευματικά δικαιώματα τρίτων.

2) Αποδέχομαι ότι η ΒΚΠ μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από τη ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

3) Όπου υφίστανται δικαιώματα άλλων δημιουργών έχουν διασφαλιστεί όλες οι αναγκαίες άδειες χρήσης ενώ το αντίστοιχο υλικό είναι ευδιάκριτο στην υποβληθείσα εργασία.

**Αφιερώνεται σε εκείνους που έχασαν τη
ζωή τους το βράδυ της 9^{ης} Αυγούστου 2020 στη
Κεντρική Εύβοια**

**«Πάντα ανοιχτά πάντα άγρυπνα
τα μάτια της ψυχής μου»**

Δ. Σολωμός

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Ευθύμιο Καρύμπαλη για την ανάθεση του τόσο ενδιαφέροντος θέματος, τη καθοδήγηση και τις υποδείξεις του κατά την διάρκεια εκπόνησης αυτής της εργασίας.

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της τριμελούς επιτροπής κα. Δράκου και κ. Χαλκιά για τη συμβολή και καθοδήγηση τους.

Τέλος ευχαριστώ θερμά το φίλο και συνάδελφο Ελευθέριο Ντόκο για τη πολύτιμη βοήθεια του, καθώς και την οικογένεια και τους φίλους μου που με στήριξαν όλο αυτό το διάστημα.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη	i
Abstract	ii
Κατάλογος Εικόνων	iii
Κατάλογος Σχημάτων	iii
Κατάλογος Πινάκων.....	iv
Κατάλογος Χαρτών	v
1. Εισαγωγή	1
Αντικείμενο και διάρθρωση της διπλωματικής.....	4
2. Πλημμυρική Επικινδυνότητα	6
2.1 Νομικό Πλαίσιο	6
2.2 Εισαγωγικές Έννοιες	7
2.3 Σύνθεση Χαρτών Πλημμυρικής Επικινδυνότητας	9
2.3.1 Παράμετροι Πλημμυρικής Επικινδυνότητας.....	11
3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	17
3.1 Γεωγραφική θέση	17
3.2 Γεωμορφολογία	18
3.3 Κλίμα	20
3.4 Γεωλογία.....	21
3.4.1 Υδρολιθολογική ταξινόμηση των γεωλογικών σχηματισμών	23
3.4.2 Υδρογεωλογική περιγραφή.....	25
3.5 Υδρογραφικό δίκτυο.....	25
3.6 Βλάστηση	26
3.7 Δημογραφικά και οικονομικά χαρακτηριστικά	27
3.8 Εγκαταστάσεις ενδιαφέροντος	27
3.9 Προστατευόμενες Περιοχές.....	27
3.10 Ιστορικό πλημμυρών	28
4. ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΟ ΣΥΜΒΑΝ 9/8/2020.....	29
4.1 Εκτίμηση της βροχόπτωσης	29
4.2 Μετεωρολογική Περιγραφή	32
4.3 Αίτια	32
4.4 Μηχανισμός του πλημμυρικού επεισοδίου	33
4.5 Επιπτώσεις.....	33

5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	36
5.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	38
5.1.1 Καθορισμός συνθηκών ανάλυσης.....	38
5.1.2 Επεξεργασία πρωτογενών μεταβλητών	40
5.1.3 Επεξεργασία δευτερογενών μεταβλητών.....	49
5.1.4 Συνολική επικινδυνότητα.....	60
5.1.5 Πιστοποίηση – Έλεγχος αποτελεσμάτων	66
6. Συζήτηση.....	73
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	75

Περίληψη

Παγκοσμίως οι πλημμύρες αποτελούν ένα καταστροφικό φυσικό φαινόμενο και επηρεάζουν μεγάλο μέρος του πληθυσμού τόσο υλικά, όσο και ψυχολογικά. Προκαλούν σημαντικές οικονομικές και υλικές ζημιές, απώλεια ανθρώπινων ζώων, καθώς και συναισθήματα φόβου και άγχους στους πληγέντες. Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει διάφορες προσπάθειες ανάπτυξης τεχνικών για τη μελέτη αυτών των φαινομένων και εφαρμογής συστημάτων για την ορθότερη λήψη αποφάσεων και την έγκαιρη προειδοποίηση, λαμβάνοντας υπόψιν τις ιδιαιτερότητες της εκάστοτε περιοχής. Έμφαση έχει δοθεί επίσης, στην ανάπτυξη δράσεων ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης του πληθυσμού για τις κατάλληλες δράσεις πριν, κατά τη διάρκεια και με το πέρας ενός τέτοιου φαινομένου.

Με αφορμή το πλημμυρικό γεγονός που έλαβε χώρα κατά τις βραδινές ώρες της 9ης Αυγούστου 2020 στη Κεντρική Εύβοια και τις καταστροφές που προκάλεσε έγινε προσπάθεια εντοπισμού των σε υψηλό βαθμό ευάλωτων περιοχών για μια από τις πληγείσες περιοχές. Η μελέτη περίπτωσης της παρούσας εργασίας αφορά τη περιοχή των Πολιτικών Ευβοίας, όπου εφαρμόστηκε η μέθοδος της Χωρικής Πολυκριτηριακής Ανάλυσης για την αξιολόγηση των περιοχών που εμφανίζουν αυξημένο πλημμυρικό κίνδυνο σε κλίμακα λεκάνης απορροής χειμάρρου, σε περιβάλλον Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS). Η μέθοδος αυτή αποδίδει σχετική σημασία σε κάθε μία από τις παραμέτρους που σχετίζονται με την εμφάνιση και το μέγεθος της πλημμύρας και οι σχετικές τιμές βάρους ορίζονται μέσω της διεργασίας της αναλυτικής ιεράρχησης. Έπειτα ανάλογα με τη σχετική σημασία του κάθε δείκτη, οι χωρικές πληροφορίες υπερτίθενται, με αποτέλεσμα την εξαγωγή ενός χάρτη του συνολικού πλημμυρικού κινδύνου για την υπό μελέτη περιοχή.

Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν τις πιο επιρρεπείς σε πλημμύρα περιοχές, με τον πολύ υψηλό κίνδυνο να εμφανίζεται κυρίως στον οικισμό των Πολιτικών και στις περιοχές που ανήκουν στη Χαμηλή Ζώνη Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας ρ. Ψαχνών, Παραλία Πολιτικών νήσου Ευβοίας (GR07RAK0011), κάτι που επιβεβαιώθηκε και από τη πλημμύρα που συνέβη στις 9/8/20.

Λέξεις κλειδιά: Πλημμύρα, Επικινδυνότητα, Πολιτικά, Εύβοια, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Abstract

Floods are a frequent natural disaster affecting population materially and psychologically globally. They provoke large scale economic consequences, damages, fear, stress and loss of human lives. Flood risk management includes different kind of meters for prevent and mitigate the impacts of a flood event.

Multiple efforts have been made for developing appropriate techniques on defining flood- prone areas in order to design and apply Early Warning Systems and appropriate policies, considering the specific needs of each area. Emphasis has also been laid on the public awareness actions for appropriate actions before, during and after the flood.

On the aftermath of the flood during the night hours of the 20th of August 2020 in the Central Evia Island and the disaster that followed it, there has been an effort to evaluate and define the areas that deal with high flood risk. The village of Politika in Evia Island is the case study of this paper, where a process of multi-criteria index analysis has been applied on GIS environment to assess the flood hazard areas.

This process attaches relative importance at each of the six parameters (geology, land use, elevation, slope, distance from the drainage network, flow accumulation) that has been used related with the occurrence and the magnitude of flooding and the relative weight values are defined through the analytical hierarchy process. After the spatial information is superimposed, resulting the extraction of a map of the flood risk for the study area.

The results indicate the areas with the highest flood risk appearing mainly in the city of Politika and the areas belonging to the Flood Risk Zone GR07RAK0011, confirmed by the flood that occurred on 9/8/2020.

Keywords: Flood, Risk, Politika, Evia, GIS

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Επίδραση του σχήματος της λεκάνης απορροής στο μέγιστο της ροής.....	12
Εικόνα 2: Η λεκάνη απορροής του ρ. του Μορτερή και το ρέμα με τις τάξεις των κλάδων του .	17
Εικόνα 3: Τα υδατορεύματα της ΖΔΥΚΠ χαμηλή ζώνη λεκάνης ρ. Ψαχνών, Παραλία Πολιτικών νήσου Ευβοίας	20
Εικόνα 4: Γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής μελέτης	22
Εικόνα 5: Απεικόνιση της κίνησης του βαρομετρικού χαμηλού που οδήγησε στη κακοκαιρία «Θάλεια»	29
Εικόνα 6: Καταγραφές του σταθμού του δικτύου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών στη Στενή Ευβοίας	30
Εικόνα 7: Τα ύψη βροχής που κατέγραψαν οι μετεωρολογικοί σταθμοί του δικτύου του ΕΑΑ .	31
Εικόνα 8: Χάρτης που απεικονίζει τις περιοχές που επλήγησαν από το πλημμυρικό συμβάν ...	31
Εικόνα 11: Καταστροφές που προκλήθηκαν στο οδικό δίκτυο και σε υποδομές από τη πλημμύρα της 9 ^{ης} Αυγούστου 2020.....	35

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1: το ποσοστό επί τις % της συνολικής έκτασης που καταλαμβάνει κάθε κλάση επικινδυνότητας ως προς την υδροπερατότητα των γεωλογικών σχηματισμών	43
Σχήμα 3: το ποσοστό επί τις % της συνολικής έκτασης που καταλαμβάνει κάθε κλάση επικινδυνότητας ως προς τη παράμετρο των χρήσεων γης.....	48
Σχήμα 4: το ποσοστό επί τις % της συνολικής έκτασης που καταλαμβάνει κάθε κλάση επικινδυνότητας ως προς τη παράμετρο του εδαφικού υψομέτρου	51
Σχήμα 5: το ποσοστό επί τις % της συνολικής έκτασης που καταλαμβάνει κάθε κλάση επικινδυνότητας ως προς τη παράμετρο των εδαφικών κλίσεων.....	55
Σχήμα 6: το ποσοστό επί τις % της συνολικής έκτασης που καταλαμβάνει κάθε κλάση επικινδυνότητας.....	66

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Κατηγοριοποίηση των γεωλογικών σχηματισμών με βάση τα υδρολιθολογικά χαρακτηριστικά τους.....	23
Πίνακας 2 : Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν για το προσδιορισμό της πλημμυρικής επικινδυνότητας και οι πηγές άντλησης των πρωτογενών δεδομένων	39
Πίνακας 3: Επαναταξινομημένες τιμές επικινδυνότητας με βάση τους λιθολογικούς σχηματισμούς της λεκάνης και η έκταση που καταλαμβάνει κάθε κλάση επικινδυνότητας.....	40
Πίνακας 4: Επαναταξινομημένες τιμές επικινδυνότητας με βάση τις Χρήσεις Γης στη λεκάνη και η έκταση που καταλαμβάνει κάθε κλάση επικινδυνότητας	46
Πίνακας 5: Επαναταξινομημένες τιμές επικινδυνότητας με βάση το υψόμετρο της λεκάνης και η έκταση που καταλαμβάνει κάθε κλάση επικινδυνότητας	51
Πίνακας 6: Επαναταξινομημένες τιμές επικινδυνότητας με βάση τη μορφολογική κλίση της λεκάνης και η έκταση που καταλαμβάνει κάθε κλάση επικινδυνότητας.....	54
Πίνακας 7: Επαναταξινομημένες τιμές επικινδυνότητας με βάση την απόσταση από τους κύριους κλάδους του υδρογραφικού δικτύου και η έκταση που καταλαμβάνει κάθε κλάση επικινδυνότητας.....	55
Πίνακας 8: Επαναταξινομημένες τιμές επικινδυνότητας με βάση την συσσωρευμένη ροή και η έκταση που καταλαμβάνει κάθε κλάση επικινδυνότητας	58
Πίνακας 9: Αριθμητική κλίμακα που χρησιμοποιήθηκε για τη σύγκριση των παραμέτρων.....	63
Πίνακας 10: Πίνακας Στάθμισης των Κριτηρίων	64
Πίνακας 11: Συντελεστές βαρύτητας που δόθηκαν σε κάθε κριτήριο στο μοντέλο και στα σενάρια ευαισθησίας 1 και 2.....	67
Πίνακας 12: Έκταση που καταλαμβάνει η κάθε κλάση επικινδυνότητας σε Km ²	70
Πίνακας 13: Έκταση που καταλαμβάνει η κάθε κλάση επικινδυνότητας σε ποσοστό επί τις % της συνολικής έκτασης.....	70
Πίνακας 14: Αποκλίσεις που προκύπτουν από τη ποσοτική σύγκριση του μοντέλου και των δύο σεναρίων ανάλυσης ευαισθησίας	71

Κατάλογος Χαρτών

Χάρτης 1: Γεωλογικοί σχηματισμοί στη λεκάνη απορροής του ρ. του Μορτερή	41
Χάρτης 2: Ταξινόμηση των γεωλογικών σχηματισμών με βάση την Υδροπερατότητα	42
Χάρτης 3: Επικινδυνότητα ως προς ως προς την υδροπερατότητα των γεωλογικών σχηματισμών	44
Χάρτης 4: Χρήσεις γης στη λεκάνη απορροής του ρ. του Μορτερή	45
Χάρτης 5: Επικινδυνότητα ως προς τις χρήσεις γης	47
Χάρτης 6: Απεικόνιση του υψομέτρου στη λεκάνη απορροής του ρ. του Μορτερή.....	50
Χάρτης 7: Επικινδυνότητα ως προς το υψόμετρο.....	52
Χάρτης 8: Μορφολογική κλίση στη λεκάνη απορροής του ρ. του Μορτερή	53
Χάρτης 9: Επικινδυνότητα ως προς τη μορφολογική κλίση.....	54
Χάρτης 10: Απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο σε m στη λεκάνη απορροής του ρ. του Μορτερή.....	56
Χάρτης 11: Επικινδυνότητα ως προς την απόσταση από τις κεντρικές κοίτες του υδρογραφικού δικτύου	57
Χάρτης 12: Απεικόνιση της συσσωρευμένης ροής στη λεκάνη απορροής του ρ. του Μορτερή .	59
Χάρτης 13: Επικινδυνότητα ως προς τη συσσώρευση ροής.....	60
Χάρτης 14: Συνολική επικινδυνότητα χωρίς συντελεστές βαρύτητας για τη λεκάνη απορροής του ρ. του Μορτερή.....	61
Χάρτης 15: Συνολική επικινδυνότητα με τη μέθοδο AHP για τη λεκάνη απορροής του ρ. του Μορτερή.....	65
Χάρτης 16: Συνολική Επικινδυνότητα για τη λεκάνη απορροής του ρ. του Μορτερή (Ανάλυση Ευαισθησίας – Σενάριο 1).....	68
Χάρτης 17: Συνολική Επικινδυνότητα για τη λεκάνη απορροής του ρ. του Μορτερή (Ανάλυση Ευαισθησίας – Σενάριο 2).....	69
Χάρτης 18: Σύγκριση του αποτελέσματος του μοντέλου για τη συνολική επικινδυνότητα με την έκταση που καταλαμβάνει η Ζώνη Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας GR07RAK0011 στη λεκάνη του ρ. του Μορτερή	72

1. Εισαγωγή

Οι πλημμύρες είναι από τους πιο καταστροφικούς και θανατηφόρους φυσικούς κινδύνους στη Μεσόγειο και προκαλούν κάθε χρόνο σημαντικό αριθμό θανάτων και οικονομικών απωλειών (Diakakis, 2015). Στον Ελληνικό χώρο βρίσκονται στη δεύτερη θέση μετά τους σεισμούς σε ότι αφορά την απώλεια ανθρώπινων ζώων τον τελευταίο αιώνα και προκαλούν ετησίως σημαντικές υλικές ζημιές και ένα σύνολο έμμεσων επιπτώσεων που δεν είναι εύκολο να προσδιορισθούν επακριβώς (Προΐσκος, 2017). Σύμφωνα με τους Diakakis, et al. (2015), στον Ελλαδικό Χώρο το διάστημα 1870 - 2010 έλαβαν χώρα 53 θανατηφόρα περιστατικά πλημμύρας που κόστισαν τη ζωή σε 151 ανθρώπους.

Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο η συχνότητα των πλημμυρικών συμβάντων έχει ενταθεί από το 1985 και έπειτα. Τα τελευταία χρόνια η τάση καταδεικνύει ότι έχουν καταγραφεί υπερδιπλάσιες «αστραπιαίες» πλημμύρες μεσαίας έως μεγάλης έντασης σε σχέση με τα τέλη της δεκαετίας του '80. Το οικονομικό κόστος που συνεπέφεραν τα υδρολογικά συμβάντα στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) μεταξύ 1980 και 2017 ανήλθε σε περίπου 166 δισεκατομμύρια ευρώ και αποτελεί το ένα τρίτο περίπου των ζημιών που έχουν προκληθεί από συμβάντα που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή. Βάσει ενός σεναρίου εξακολούθησης της υφιστάμενης κατάστασης, οι ζημιές σε ολόκληρη την ΕΕ που θα προκληθούν από πλημμύρες λόγω της συνδυασμένης επίδρασης κλιματικών και οικονομικών αλλαγών αναμένεται να αυξηθούν από 7 δισεκατομμύρια ευρώ ετησίως ως έχουν την περίοδο ελέγχου 1981-2010, σε 46 δισεκατομμύρια ευρώ ετησίως έως τη δεκαετία του 2050 (Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2018).

Οι διαπιστώσεις αυτές έρχονται σε συμφωνία και με τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό (WMO, 2010) που καταλήγει ότι «οι πλημμύρες έχουν τη μεγαλύτερη επικινδυνότητα συγκριτικά με όλες τις φυσικές καταστροφές και επηρεάζουν το μεγαλύτερο αριθμό ανθρώπων παγκοσμίως». Επιπλέον «έχει παρατηρηθεί αύξηση της πρόκλησης πλημμυρών στις αστικές περιοχές, προκαλώντας σοβαρά προβλήματα στους φτωχούς ανθρώπους και τις ευπαθείς ομάδες του πληθυσμού» (Καραμούστου, 2018).

Τα τελευταία χρόνια οι πλημμύρες είναι οι πιο συνήθεις φυσικές καταστροφές στην Ευρώπη (Τσουτσουρού, 2012). Οι πλημμύρες σε ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο αποτελούν τη δεύτερη πιο συχνή φυσική καταστροφή, μετά τις δασικές πυρκαγιές. Συνήθως είναι αναμενόμενες και εκδηλώνονται είτε ως βραδείας εξέλιξης (ετήσιες) πλημμύρες, οι οποίες δεν προκαλούν μεγάλες καταστροφές, είτε ως ξαφνικά γεγονότα (flash floods), που έχουν σοβαρές

επιπτώσεις στις ανθρώπινες κοινωνίες που πλήττουν (Λέκκας 2000). Η ένταση τους έχει δημιουργήσει ιδιαίτερη ανησυχία στην κοινή γνώμη λόγω των αυξημένων απωλειών σε ανθρώπινες ζωές, αλλά και των εκτεταμένων οικονομικών ζημιών. Οι πλημμύρες μπορεί να έχουν και σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως για παράδειγμα όταν κατακλύζονται εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων ή όταν πλήττονται εργοστάσια στα οποία υπάρχουν μεγάλες ποσότητες τοξικών χημικών προϊόντων. Επίσης, μπορεί να καταστρέψουν υγροτόπους και να μειώσουν τη βιοποικιλότητα (E.O.K.E., 2005).

Οι πλημμύρες που λαμβάνουν χώρα σε αστικά και περιαστικά περιβάλλοντα οφείλονται στο συνδυασμό φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων (Karymbalis et al., 2021). Πρόκειται για φυσικά φαινόμενα τα οποία δεν μπορούν να ελεγχθούν, ενώ το εάν μια δεδομένη βροχοπτώση, θα προκαλέσει ζημίες λόγω πλημμύρας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις ανθρώπινες επεμβάσεις που τροποποιούν τα περιβαλλοντικά και τεχνικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Σε αυτές τις επεμβάσεις περιλαμβάνονται η αστικοποίηση, η αποδάσωση τμημάτων της λεκάνης απορροής, η ευθυγράμμιση του ρου των ποταμών, η εξάλειψη των φυσικών πεδίων κατάκλισης, η ανεπαρκής αποστράγγιση λόγω επέμβασης στα ρέματα, η οικοδόμηση κτιρίων και κατασκευών σε επικίνδυνα πεδία κατάκλισης κ.ά. (Λέκκας, 2000).

Οι πλημμύρες μπορούν να συμβούν σχεδόν οπουδήποτε και δεν είναι απαραίτητο να βρίσκονται κοντά σε υδάτινο σώμα, καθώς μπορούν να προκληθούν από συνδυασμό άλλων παραγόντων, όπως για π.χ. την εκδήλωση έντονων βροχοπτώσεων σε συνδυασμό με τεχνικά λάθη στο αποχετευτικό δίκτυο. Παρόλο που οι πλημμύρες ποταμών και ακτών είναι δύο από τους πιο συνηθισμένους τύπους πλημμύρας, υπάρχουν και άλλες δραστηριότητες που ενισχύουν τον πλημμυρικό κίνδυνο. Κάθε τμήμα μιας λεκάνης απορροής ποταμού είναι ευάλωτο σε πλημμύρες σε διαφορετικό βαθμό και κάτω από διαφορετικές συνθήκες. Οι χάρτες πλημμυρικής επικινδυνότητας είναι ένα εργαλείο για την αξιολόγηση του κινδύνου με τη χρήση του οποίου οι κοινότητες και οι τοπικές αρχές μπορούν να γνωρίζουν ποιες περιοχές έχουν τον υψηλότερο κίνδυνο πλημμύρας και να σχεδιάζουν τα μέτρα προστασίας από αυτόν.

Η διαχείριση της επικινδυνότητας από μια καταστροφή, δεν αφορά, μόνο, τη διαχείριση των επικινδυνών συμβάντων αλλά και τη διαχείριση της τρωτότητας, των αιτιών της και των τρόπων απόκρισης σε αυτή την επερχόμενη καταστροφή. Η διαχείριση της επικινδυνότητας από καταστροφές με σκοπό την πρόβλεψη, πρόληψη ή το μετριασμό των συνεπειών της, μπορεί να αποδομηθεί σε τέσσερις φάσεις: Πρόληψη – Ετοιμότητα – Ανταπόκριση – αποκατάσταση (Καραμούστου, 2018, μετάφραση απο Persson 2015)

Η αξιολόγηση και η χαρτογράφηση του πλημμυρικού κινδύνου είναι ένα ουσιαστικό βήμα για τον εντοπισμό πιθανών περιοχών κινδύνου πλημμύρας υπό ακραία φαινόμενα βροχόπτωσης. Οι χάρτες επικινδυνότητας μπορούν επίσης να υιοθετηθούν στο σχεδιασμό των χρήσεων γης και ανάπτυξης, ως μέρος μιας ολιστικής προσέγγισης για την ετοιμότητα για πλημμύρες που μπορεί να προωθήσει τις μελλοντικές χρήσεις γης και την ευαισθητοποίηση της κοινότητας. Επιπλέον, η χαρτογράφηση των κινδύνων πλημμύρας μπορεί να βοηθήσει στην ιεράρχηση των προσπαθειών μετριασμού και αντιμετώπισης προκειμένου να μειωθεί ο αντίκτυπος πιθανών πλημμυρικών συμβάντων στο μέλλον (Karymbalis et al., 2021).

Ο Μεσογειακός χώρος χαρακτηρίζεται από την εκδήλωση πλημμυρών κατά μήκος εφήμερων χειμάρρων με συγκεκριμένες γεωμορφολογικές γεωλογικές και κλιματικές συνθήκες. Για το λόγο αυτό, η προσέγγιση του προβλήματος στο χώρο του Ευρωπαϊκού νότου προϋποθέτει τη χρήση ορισμένων μόνο από τις τεχνικές και τις μεθοδολογίες που έχουν αναπτυχθεί παγκοσμίως (Διακάκης, 2012). Η περιοχή της Μεσογείου είναι η ζώνη μετάβασης μεταξύ των ζωνών ψυχρού και υγρού κλίματος των βόρειων γεωγραφικών πλατών και των θερμών και ξηρών κλιματικών ζωνών των μικρών γεωγραφικών πλατών. Ο όρος «μεσογειακή λεκάνη» περιλαμβάνει μια μεγάλη ποικιλία υποπεριβαλλόντων που συχνά χαρακτηρίζονται από περίπλοκες κλιματολογικές συνθήκες, ένα ιδιαίτερα έντονο τεκτονικό καθεστώς και μια ποικιλία γεωμορφολογικών διεργασιών. Οι πλημμύρες συνδέονται ιδιαίτερα με τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά των αντίστοιχων λεκανών απορροής. Οι ξαφνικές πλημμύρες, αρκετά συχνά, χαρακτηρίζουν υδρογραφικά δίκτυα που έχουν διαμορφώσει επιμήκεις λεκάνες με μεγάλη μορφολογική κλίση (Tsanakas et al., 2016).

Στον ελλαδικό χώρο τοπικά πλημμυρικά επεισόδια, συνήθως προξενούνται από ισχυρές καταιγίδες και συνδέονται, με μικρού ή μεσαίου μεγέθους, υδρολογικές λεκάνες ή τοπικά υδατορεύματα, όπως π.χ. χειμάρρους. Ουσιαστικά, τα υδρογραφικά δίκτυα αυτά, ενώ παραμένουν ξηρά σχεδόν καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, όταν λαμβάνουν χώρα ακραίες βροχοπτώσεις για συγκεκριμένη χρονική περίοδο, γίνονται ιδιαίτερα ενεργά παρουσιάζοντας ακραίες τιμές παροχής.

Η κατάρτιση χαρτών πλημμυρικής επικινδυνότητας μπορεί να συνεισφέρει ουσιαστικά στο κομμάτι της Πρόληψης και της Ετοιμότητας μιας κοινότητας έναντι στο κίνδυνο, καθώς μπορεί να γίνει αναγνώριση των ευάλωτων περιοχών σε αυτόν. Εφόσον γίνει αναγνώριση των περιοχών που διατρέχουν το υψηλότερο κίνδυνο μπορεί να γίνει προσπάθεια μείωσης της έκθεσης σε αυτόν όσων δραστηριοτήτων είναι εφικτό, μείωση της τρωτότητας εκείνων που παραμένουν εκτεθειμένοι και αύξηση της ικανότητας απόκρισης την ώρα της πλημμύρας.

Για το σκοπό αυτό έχουν εφαρμοστεί διαφορετικές μέθοδοι και τεχνικές, όπως προσομοίωση (π.χ. πακέτο λογισμικού HEC-RAS), μέθοδοι με δείκτες, στατιστική ανάλυση και υβριδικές μέθοδοι σε περιβάλλον Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS). Το τελευταίο αναγνωρίζεται ως ένα κατάλληλο μέσο για την ενοποίηση και ανάλυση δεδομένων προερχόμενων από διαφορετικές πηγές. (Patrikaki et al., 2018).

Αντικείμενο και διάρθρωση της διπλωματικής

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι χαρτογράφηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας στην υπολεκάνη του ρέματος του Μορτερή που διέρχεται από τη περιοχή των Πολιτικών Ευβοίας. Μετά τη συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων που αφορούν την περιοχή μελέτης εφαρμόστηκε η μέθοδος FIGUSED σε περιβάλλον GIS για την απεικόνιση της πλημμυρικής επικινδυνότητας στη περιοχή σε 5 κλάσεις. Στόχος είναι να καθοριστούν ζώνες κινδύνου πλημμύρας, όπου μελλοντικά θα πρέπει να δοθεί προτεραιότητα στα μέτρα μετριασμού και πρόληψης. Η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε παρουσιάζεται αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο.

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από 7 κεφάλαια. Στο *1^ο κεφάλαιο* γίνεται μια εισαγωγή σχετικά με το πλημμυρικό κίνδυνο και τη διαχείριση της πλημμυρικής επικινδυνότητας. Ακόμη γίνεται αναφορά στο αντικείμενο της εργασίας και τη διάρθρωση της.

Στο *2^ο κεφάλαιο* γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση της ισχύουσας νομοθεσίας στη χώρα για τη διαχείριση του πλημμυρικού κινδύνου, καθώς και μια βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με έννοιες που σχετίζονται με τη πλημμυρική επικινδυνότητα. Επιπλέον γίνεται αναφορά στις σημαντικότερες παραμέτρους που την επηρεάζουν.

Στο *3^ο κεφάλαιο* παρουσιάζονται συνοπτικά τα στοιχεία της περιοχής μελέτης που επηρεάζουν το κίνδυνο πλημμύρας που διατρέχει όπως αυτά έχουν προσδιοριστεί από τη νομοθεσία και προυπάρχουσες έρευνες.

Στο *4^ο κεφάλαιο* γίνεται αναφορά στο πρόσφατο πλημμυρικό γεγονός που έπληξε τη περιοχή και προκάλεσε πλήθος καταστροφών, καθώς και την απώλεια ανθρώπινων ζώων. Τα στοιχεία αυτά προκύπτουν από την επιτόπια έρευνα ερευνητικών και άλλων φορέων μετά την εκδήλωση του πλημμυρικού φαινομένου.

Το *5^ο κεφάλαιο* που αποτελεί και το βασικό μέρος της διπλωματικής εργασίας αφορά τη παρουσίαση της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε και την ανάλυση των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν.

Στο *6^ο κεφάλαιο* γίνεται συζήτηση και συγκρίνονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση του προηγούμενου κεφαλαίου με τους χάρτες των Ζωνών Υψηλής Πλημμυρικής Επικινδυνότητας που έχουν καταρτιστεί από την Ειδική Γραμματεία Υδάτων και των περιοχών κατάκλισης του πρόσφατου πλημμυρικού επεισοδίου του Αυγούστου 2020.

Τέλος, παρατίθεται η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

2. Πλημμυρική Επικινδυνότητα

2.1 Νομικό Πλαίσιο

Μολονότι οι πλημμύρες αποτελούν φυσικό φαινόμενο και η πλήρης πρόληψη τους είναι αδύνατη, μια συνεκτική και μακροπρόθεσμη στρατηγική διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας είναι ικανή να αντιστρέψει την αυξητική τάση των ζημιών που οφείλονται σε αυτές.

Η **Οδηγία 2007/60/EK** θεσπίζει ένα εθνικό και διεθνές πλαίσιο για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας με στόχο τη μείωση των αρνητικών συνεπειών στην ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά και την οικονομική δραστηριότητα. Η Οδηγία έχει ενσωματωθεί στο Ελληνικό Δίκαιο με την **ΚΥΑ ΗΠΠ 31822/1542/Ε103/2010 (ΦΕΚ Β' 1108/21.07.2010)**, όπως τροποποιήθηκε και ισχύει με την **ΚΥΑ 177772/294 (ΦΕΚ Β' 2140/22.06.2017)**. Αρμόδια αρχή για την εφαρμογή της απόφασης αυτής ορίζεται η Ειδική Γραμματεία Υδάτων (ΕΓΥ) του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ) καθώς και οι Διευθύνσεις Υδάτων των Περιφερειών.

Η **Οδηγία 2007/60/EK** λαμβάνει υπόψη, τη φύση του φαινομένου αλλά και τα αποτελέσματα, που αυτό επιφέρει (για π.χ. θανάτους/ μετακινήσεις πληθυσμών/ ζημιές στο περιβάλλον) και προσπαθεί να ενισχύσει την ανάπτυξη μέτρων για τη μείωση του κινδύνου των αρνητικών συνεπειών που συνδέονται με τις πλημμύρες, ιδίως στην ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά, στην οικονομική δραστηριότητα και στις υποδομές.

Η γεωγραφική μονάδα εφαρμογής της **Οδηγίας 2007/60/EK** για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας είναι η περιοχή Λεκάνης Απορροής Ποταμού (Υδατικό Διαμέρισμα- ΥΔ), όπως ορίζεται στην **Οδηγίας 2000/60/EK** για τα νερά που ενσωματώθηκε στο ελληνικό δίκαιο με το **ΠΔ 51/2007** και το **Ν. 3199/2003 (ΦΕΚ 280Α'9.12.2003)**. Τα τμήματα της ακτογραμμής θεωρούνται τμήμα των περιοχών της λεκάνης απορροής του ποταμού και καλύπτονται από τις διατάξεις του νόμου αυτού. Σύμφωνα λοιπόν με τη Νομοθεσία η ελληνική επικράτεια χωρίζεται σε 14 Υδατικά Διαμερίσματα (ΥΔ).

Κάθε κράτος μέλος όφειλε να ολοκληρώσει την Προκαταρκτική Αξιολόγηση Κινδύνων Πλημμύρας μέχρι 22/12/2011. Η επικαιροποίηση της Προκαταρκτικής Αξιολόγησης είχε προθεσμία μέχρι τις 22/12/2018. Η προθεσμία για τη σύνταξη των Χαρτών Επικινδυνότητας πλημμύρας και των Χαρτών Κινδύνων Πλημμύρας είχε καθοριστεί για τις 22/12/2013 και η επικαιροποίησή τους είχε προθεσμία μέχρι 22/12/2019. Η κατάρτιση των Σχεδίων Διαχείρισης

Κινδύνων Πλημμύρας είχε προθεσμία μέχρι 22/12/2015 για τις περιοχές που αντιμετωπίζουν πλημμυρικό κίνδυνο και η επικαιροποίηση τους μέχρι 22/12/2021. Κάθε κράτος μέλος οφείλει να επαναλαμβάνει τα στάδια αυτά ανά εξαετία έτσι ώστε να λαμβάνονται υπόψιν οι αλλαγές που μπορεί να υφίστανται στις περιοχές και το κλίμα τους.

Σε εθνικό επίπεδο αρμόδιες αρχές για την αξιολόγηση και διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας είναι η Εθνική Επιτροπή Υδάτων, το Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων και η Ειδική Γραμματεία Υδάτων. Σε περιφερειακό επίπεδο αρμόδιες αρχές είναι το Συμβούλιο Υδάτων Αποκεντρωμένης Διοίκησης και οι κατά τόπους Διευθύνσεις Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης. Το νεοσύστατο Υπουργείο Κλιματικής Κρίσης και Πολιτικής Προστασίας (πρώην Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας) ως φορέας της Κεντρικής Διοίκησης είναι αρμόδιο για το συντονισμό των εμπλεκόμενων φορέων σε όλο το εύρος της διαχείρισης κινδύνων από την εκδήλωση καταστροφών, όπως ορίζεται και στο αντίστοιχο Σχέδιο Αντιμετώπισης Έκτακτων Αναγκών και Άμεσης Διαχείρισης Βραχίων Συνεπειών με το κωδικό όνομα Δάρδανος.

Στην Ελλάδα άρχισε η Προκαταρκτική Εκτίμηση των Κινδύνων Πλημμύρας για τις λεκάνες απορροής ποταμών της χώρας στις 16/02/2012 και στις 23/03/2012 ολοκληρώθηκε και υποβλήθηκε η Έκθεση Προκαταρκτικής Αξιολόγησης Κινδύνων Πλημμύρας που περιλάμβανε ιστορικά γεγονότα σημαντικών πλημμυρών και τις συνέπειές τους. Στις 22/11/2012 προσδιορίστηκαν οι Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας και για τα 14 ΥΔ της χώρας και τον Δεκέμβριο του 2012 αναρτήθηκε η Προκαταρκτική Αξιολόγηση Κινδύνων Πλημμύρας. Το 2017 ολοκληρώθηκαν οι Χάρτες Επικινδυνότητας και οι Χάρτες Κινδύνων Πλημμύρας για τα 14 ΥΔ της χώρας και το 2018 ολοκληρώθηκαν τα Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας για όλα τα ΥΔ της χώρας. Στις 2/7/2020 δημοσιεύθηκε η 1η Αναθεώρηση της Προκαταρκτικής Αξιολόγησης Κινδύνων Πλημμύρας για όλα τα ΥΔ.

2.2 Εισαγωγικές Έννοιες

Με βάση την ισχύουσα νομοθεσία (Οδηγία 2007/60/ΕΚ) ως **Πλημμύρα** ορίζεται, η προσωρινή κατάκλιση του εδάφους από νερό το οποίο, υπό κανονικές συνθήκες, δεν είναι καλυμμένο από νερό. Αυτή περιλαμβάνει πλημμύρες από ποτάμια, ορεινούς χείμαρρους και υδατορρέυματα εφήμερης ροής, υπερχειλίσσεις λιμνών, και πλημμύρες από υπόγεια ύδατα και τη θάλασσα σε παράκτιες περιοχές. Ακόμη, περιλαμβάνει πλημμύρες από καταστροφές μεγάλων υδραυλικών έργων, όπως θραύσεις αναχωμάτων και φραγμάτων και αιφνίδιες ή ξαφνικές πλημμύρες.

Η **Ξαφνική Πλημμύρα** ορίζεται γενικά ως μια πλημμύρα ταχείας εξάπλωσης και μικρής διάρκειας με τη μέγιστη εκφόρτιση. Πιο συγκεκριμένα, η ξαφνική πλημμύρα είναι μια μεγάλης έντασης και μικρής διάρκειας ροή νερού η οποία λαμβάνει χώρα σε μια, υπό κανονικές κλιματολογικές συνθήκες, ξηρή περιοχή ή μια ταχεία αύξηση της στάθμης του νερού σε ένα ρεύμα ή έναν ποταμό πάνω από ένα προκαθορισμένο επίπεδο πλημμύρας, ξεκινώντας μέσα σε έξι ώρες από το υπαίτιο γεγονός (π.χ. έντονες βροχοπτώσεις, αποτυχία φραγμάτων). Οι συνεχιζόμενες πλημμύρες μπορούν να εντατικοποιηθούν και να προκαλέσουν ξαφνική πλημμύρα σε περιπτώσεις όπου έντονες βροχοπτώσεις οδηγούν σε ταχεία αύξηση των πλημμυρικών υδάτων (Καραμούστου, 2018, μετάφραση απο NOAA, 2010).

Η **Λεκάνη Απορροής** ενός ποταμού αποτελεί τη φυσική υδρολογική μονάδα του σχετικού φαινομένου και ορίζεται ως «η εδαφική έκταση από την οποία συγκεντρώνεται το σύνολο της απορροής μέσω διαδοχικών ρευμάτων, ποταμών και πιθανώς λιμνών και παροχετεύεται στη θάλασσα με ενιαίο στόμιο ποταμού, εκβολές ή δέλτα». Η γραμμή που οριοθετεί μια λεκάνη απορροής ονομάζεται **Υδροκριτική Γραμμή** ή **Υδροκρίτης** και αντιστοιχεί στην κορυφογραμμή εκείνη εκατέρωθεν της οποίας τα επιφανειακά νερά κατευθύνονται προς διαφορετικές λεκάνες απορροής.

Χειμάρρος είναι ένα ποτάμι που είναι άνυδρο κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και το νερό του προέρχεται κυρίως από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και από την επιφανειακή απορροή. **Κώνος προσχώσεων** ενός χειμάρρου ονομάζεται η περιοχή των εκβολών του στην οποία αποτίθενται κυρίως τα υλικά μεταφοράς με αποτέλεσμα τον σχηματισμό μιας κωνικής ζώνης αποθέσεων. Η διαδικασία που επικρατεί είναι αυτή της απόθεσης.

Τα **Αλλουβιακά ριπίδια** αποτελούν κωνικές-ακτινικές αποθέσεις υλικών οι οποίες αναπτύσσονται σε θέση απότομης αλλαγής του ανάγλυφου, στο σημείο όπου λαμβάνει χώρα το άνοιγμα μιας ορεινής κοιλάδας. Η απόθεση αυτή των υλικών από τους χειμάρρους οφείλεται στην απότομη μεταβολή της κλίσης της κοίτης του χειμάρρου και της μείωσης της ταχύτητας με αποτέλεσμα να μη μπορεί να τα μεταφέρει περεταίρω (Αβραμίδης, 2007).

Το φαινόμενο αυτό της απόθεσης υλικών από χειμάρρους που κατέρχονται από πεδιάδες με απότομο ανάγλυφο προς περιοχές με χαμηλό ανάγλυφο, οφείλεται στην απότομη μεταβολή της κλίσης της κοίτης του χειμάρρου και της μείωσης της ταχύτητας του νερού. Η απότομή αυτή μείωση της μεταφορικής του ικανότητας, έχει σαν αποτέλεσμα να αποθέσει τα υλικά του με την έξοδο του στη πεδιάδα χωρίς να μπορεί να τα μετακινήσει περεταίρω. Σε αυτή τη περίπτωση λόγω της απόθεσης των υλικών φράσσεται η κοίτη του χειμάρρου και στρέφεται προς τα πλάγια.

Αποτέλεσμα αυτού είναι να δημιουργούνται παράλληλα νέες εμφράξεις και τελικώς οι αποθέσεις να σχηματίζουν ριπιδοειδής σωρούς ιζημάτων που ονομάζονται αλλουβιακά ριπίδια (Λεβέντης, 2017).

Κίνδυνος Πλημμύρας είναι ο συνδυασμός της πιθανότητας να λάβει χώρα μια πλημμύρα και των δυνητικών αρνητικών συνεπειών για την ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά και τις οικονομικές δραστηριότητες, που συνδέονται μ' αυτή την πλημμύρα.

Η δυνατότητα εμφάνισης πλημμύρας σε συγκεκριμένο χώρο (ποσοτικοποιούμενη μέσω του βάθους νερού, της ταχύτητας ροής ή άλλου χαρακτηριστικού υδρολογικού ή υδραυλικού μεγέθους) που αντιστοιχεί σε δεδομένη πιθανότητα υπέρβασης, αποτελεί την **Επικινδυνότητα Πλημμύρας**.

Για την γραφική αναπαράσταση αυτής της επικινδυνότητας λόγω πλημμύρας γίνεται κατάρτιση χαρτών με σκοπό την αποτύπωση και αξιολόγηση του κινδύνου στην εκάστοτε περιοχή. Η εκτίμηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας και μέσω της νομοθεσίας που αναφέρθηκε καθιερώνεται ως μια από τις κύριες προσεγγίσεις για την αποτελεσματικότερη διαχείριση και προστασία του ανθρωπογενούς και φυσικού περιβάλλοντος. Οι εν λόγω χάρτες απεικονίζουν τον κίνδυνο με χρήση μιας διαβαθμισμένης χρωματικής κλίμακας που κυμαίνεται από τη Πολύ Χαμηλή έως τη Πολύ Υψηλή επικινδυνότητα για τη περιοχή.

Περιοχή δυνητικά σημαντικού κινδύνου πλημμύρας (ΠΔΣΚΠ) χαρακτηρίζεται μια περιοχή που έχει προσδιοριστεί ότι διατρέχει δυνητικά σημαντικό κίνδυνο πλημμύρας από ποταμούς, βροχές, υπόγεια ύδατα, θάλασσες και φυσικές ή τεχνητές λίμνες.

2.3 Σύνθεση Χαρτών Πλημμυρικής Επικινδυνότητας

Ευρέως χρησιμοποιούμενη πρακτική για τη σύνθεση **Χαρτών Πλημμυρικής Επικινδυνότητας** είναι η αξιοποίηση του λογισμικού Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) και η εφαρμογή Χωρικής Πολυκριτηριακής Ανάλυσης (AHP). Η ανάλυση φαινομένων με χαρτογραφική υπέρθεση έχει χρησιμοποιηθεί από αρκετούς ερευνητές ακόμη και πριν την χρήση υπολογιστών. Σημαντικό τμήμα της όλης διαδικασίας είναι η ταύτιση των επιπέδων που συγκρίνονται χωρικά και η επιλογή των κοινών τους σημείων. Σε αυτό συνδράμει καθοριστικά η χρήση του GIS που αποτελεί ένα λογισμικό δημιουργίας κι επεξεργασίας χαρτών.

Η αρχή της διαδικασίας γίνεται με το προσδιορισμό του γενικού προβλήματος, καθώς και των επιμέρους στόχων. Στη συνέχεια, λαμβάνει χώρα ο προσδιορισμός των κριτηρίων και των

εναλλακτικών επιλογών. Τα κριτήρια μπορεί να είναι παράγοντες και περιορισμοί που σχετίζονται με το προς εξέταση πρόβλημα. Στη συνέχεια γίνεται αξιολόγηση των κριτηρίων και καθορισμός των προτιμήσεων των χρηστών. Αφού επιλεγεί η μέθοδος σύνθεσης των κριτηρίων και καθοριστούν οι συντελεστές βαρύτητας τους, παράγονται τα τελικά αποτελέσματα για τις εναλλακτικές επιλογές (Χαλκιάς, 2015).

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών είναι ένα σύστημα συλλογής, αποθήκευσης, χειρισμού, ανάλυσης και παρουσίασης γεωγραφικών δεδομένων για τη λήψη πληροφοριών για τη λήψη αποφάσεων. Η ικανότητα χειρισμού και γεωγραφικής αναφοράς δεδομένων διακρίνει τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών από άλλα συστήματα πληροφοριών. Οι δυνατότητες των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών για την υποστήριξη χωρικών αποφάσεων αναλύονται στο πλαίσιο των τριών κύριων φάσεων της διαδικασίας λήψης αποφάσεων που είναι η νοημοσύνη, ο σχεδιασμός και η επιλογή (Ταουκιδου, 2021).

Η πλημμυρική επικινδυνότητα για μια περιοχή προκύπτει από τον συνδυασμό επιμέρους παραγόντων, ο κάθε ένας από τους οποίους συνεισφέρει με διαφορετικό βάρος και ένταση στο συνολικό αποτέλεσμα. Καθένας από τους παράγοντες αλληλοεπιδρά με τους υπόλοιπους και η σχέση τους μπορεί να κατηγοριοποιηθεί ότι έχει Κύρια και Δευτερεύουσα επίδραση στην εκδήλωση του φαινομένου. Η σύνθεση του τελικού χάρτη γίνεται αφού προσδιοριστεί η επικινδυνότητα που επιφέρει κάθε παράμετρος ξεχωριστά.

Υδρολογικά οι παράγοντες που επηρεάζουν αποφασιστικά την εμφάνιση των πλημμυρών - εκτός από την ένταση και τη διάρκεια των βροχοπτώσεων - είναι η τοπογραφία, οι συνθήκες και η κάλυψη (κτηριακή ή φυτική) του εδάφους. Οι δυσχερείς τοπογραφικές συνθήκες, όπως είναι οι απότομες πλαγιές, οι στενές κοιλάδες ή οι χαράδρες, επιταχύνουν την επιφανειακή απορροή και αυξάνουν την πιθανότητα εμφάνισης ξαφνικής πλημμύρας. Τα κορεσμένα σε νερό εδάφη ή τα μικρού πάχους αδιαπέρατα γεωλογικά στρώματα αυξάνουν την επιφανειακή απορροή του νερού. Τέλος, η κτηριακή κάλυψη του εδάφους μπορεί να έχει παρόμοιο αποτέλεσμα. Η αστικοποίηση και πιο συγκεκριμένα η κατασκευή κτηρίων χρησιμοποιώντας υδατοστεγανή υλικά εικάζεται ότι αυξάνει την επιφανειακή απορροή 2 έως 6 φορές, σε σύγκριση με τα εδάφη που αποτελούνται από φυσική κάλυψη (αγροκτήματα, λιβάδια, δάση) (Καραμούστου, 2018, μετάφραση από APFM, 2007).

Οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενοι παράμετροι στη βιβλιογραφία είναι το Υψόμετρο (*Elevation*), η Κλίση (*Slope*), οι Χρήσεις Γης (*Land Use*), η απόσταση από τις κοίτες του υδρογραφικού δικτύου (*Distance from Drainage Network*), η Συγκέντρωση Ροής (*Flow*

Accumulation), η Γεωλογία (*Geology*) και η Ένταση της Βροχόπτωσης (*Rainfall Intensity*). Αυτό δεν αποκλείει και τη χρήση άλλων παραμέτρων εφόσον υπάρχει επάρκεια δεδομένων. Η επιλογή των παραμέτρων γίνεται με προσπάθεια προσομοίωσης των παραγόντων που επηρεάζουν την εκδήλωση πλημμύρας στη περιοχή μελέτης. Οι παράγοντες αυτοί μπορούν να είναι σταθεροί στο χρόνο (π.χ. φυσικά χαρακτηριστικά της περιοχής), αλλά και να μεταβάλλονται (π.χ. βλάστηση, χρήσεις γης, ποσότητα κατακρημνισμάτων).

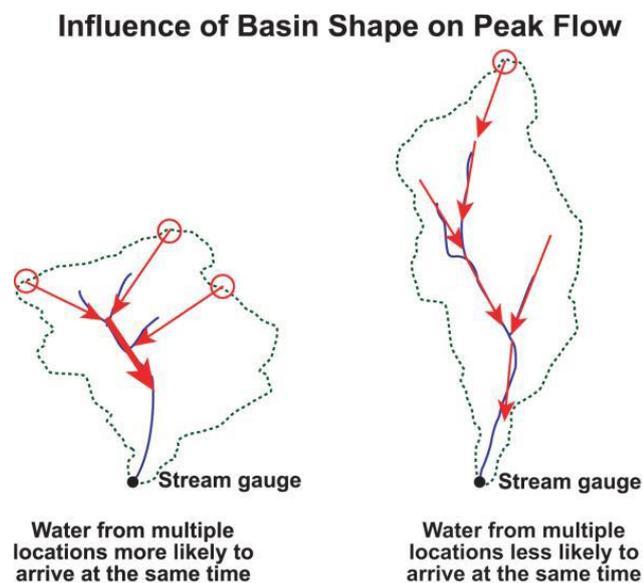
2.3.1 Παράμετροι Πλημμυρικής Επικινδυνότητας

2.3.1.1 Υδρολογικές

Η λεκάνη απορροής είναι μια περιοχή που έχει μια κοινή έξοδο για την απορροή της επιφάνειας. Οι φυσικές ιδιότητες και τα ρέματα μιας λεκάνης απορροής επηρεάζουν την ποσότητα και το χρονικό διάστημα της απορροής και συνεπώς την πιθανότητα εκδήλωσης ξαφνικής πλημμύρας στην έξοδο της λεκάνης. Αξίζει να σημειωθεί ότι, κάθε παράγοντας που αυξάνει την ταχύτητα και την αποτελεσματικότητα των διαδικασιών παραγωγής απορροής καθιστά μια συγκεκριμένη λεκάνη πιο επιρρεπή σε ξαφνικές πλημμύρες. Ο μικρός αριθμός μαιάνδρων, οι απότομες πλαγιές, η μικρή τραχύτητα της επιφάνειας του εδάφους, το πυκνό υδρογραφικό δίκτυο, η αστικοποίηση και η αποψίλωση είναι όλοι παράγοντες που μπορούν να αυξήσουν την πλημμυρική επικινδυνότητα μιας λεκάνης (Καραμούστου, 2018, μετάφραση απο NOAA, 2010).

Τα φυσικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής, όπως το μέγεθος και τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της καθορίζουν σε σημαντικό βαθμό το κίνδυνο που διατρέχει η περιοχή. Το μέγεθος της περιοχής που συμβάλλει στη βροχόπτωση σε μια λεκάνη έχει άμεση επίδραση στον συνολικό όγκο απορροής που απορροφάται από τη λεκάνη απορροής. Στη περίπτωση που έχουμε να συγκρίνουμε δύο λεκάνες απορροής με παρόμοια μορφολογία αλλά διαφορετικό μέγεθος, η απορροή που ξεκινά από το τοπογραφικά υψηλότερο σημείο (στα ανάντη) και καταλήγει στην έξοδο της λεκάνης, θα διαρκέσει περισσότερο στη λεκάνη με το μεγαλύτερο εμβαδόν από ότι σε αυτή με το μικρότερο καθώς χρειάζεται να ταξιδέψει σε μεγαλύτερη απόσταση. Επιπλέον, μια έντονη βροχόπτωση θα επηρεάσει πιθανώς μόνο ένα τμήμα της μεγάλης λεκάνης σε κάθε δεδομένη στιγμή, αλλά αντίθετα στη περίπτωση της μικρής λεκάνης μια καταιγίδα ίδιου μεγέθους θα επηρεάσει ολόκληρη τη λεκάνη. Έχει διαπιστωθεί ότι οι περισσότερες ξαφνικές πλημμύρες λαμβάνουν χώρα σε λεκάνες απορροής με εμβαδόν λιγότερο από 77 τετραγωνικά χιλιόμετρα, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις η λεκάνη μπορεί να είναι μικρότερη και από 38 τετραγωνικά χιλιόμετρα (Καραμούστου, 2018, μετάφραση απο NOAA, 2010).

Το σχήμα και η έκταση της λεκάνης είναι επίσης πολύ σημαντικές παράμετροι διότι επηρεάζουν το μέγεθος και τη χρονική στιγμή ανάπτυξης της μέγιστης ροής στην έξοδο της λεκάνης. Στη περίπτωση που συγκρίνουμε δύο λεκάνες με ίσο εμβαδόν, αλλά με διαφορά στο σχήμα τους και θεωρήσουμε τη μια πιο στρογγυλεμένη και την άλλη με μεγαλύτερο μήκος αλλά μικρότερο πλάτος, η απορροή στη πρώτη λεκάνη θα καταλήξει πιο γρήγορα στην έξοδο της λεκάνης, ενώ η απορροή από πολλαπλές τοποθεσίες σε αυτή τη λεκάνη απορροής είναι πιο πιθανό να φθάσει στην έξοδο ταυτόχρονα, με αποτέλεσμα η μέγιστη ροή να είναι μεγαλύτερη. Αντίθετα, στη λεκάνη με το μεγαλύτερο μήκος και το μικρότερο πλάτος (στα δεξιά της εικόνας 1) το νερό από τις πολλαπλές τοποθεσίες είναι λιγότερο πιθανό να φτάσει ταυτόχρονα (Καραμούστου, 2018, μετάφραση από NOAA, 2010).



Εικόνα 1: Επίδραση του σχήματος της λεκάνης απορροής στο μέγιστο της ροής (NOAA, 2010).

2.3.1.2 Εδαφικές

Το νερό ρέει από τις μεγαλύτερου υψόμετρου περιοχές προς τις χαμηλότερες με αποτέλεσμα οι πεδινές περιοχές να είναι πιο επιρρεπείς σε πλημμύρες. Η κλίση συσχετίζεται σε μεγάλο βαθμό τόσο με τον όγκο και την ταχύτητα της επιφανειακής απορροής, όσο και με τη διείσδυση στα υπόγεια ύδατα. Επίπεδες περιοχές πλημμυρίζουν πιο γρήγορα από τις επικλινείς περιοχές όπου η απορροή ρέει προς τις χαμηλότερες υψομετρικά περιοχές. Το είδος της βλάστησης διαφοροποιείται ανάλογα με το υψόμετρο και οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες είναι αρκετά περιορισμένες στα μεγάλα υψόμετρα.

Η ανάλυση των γεωμορφολογικών παραμέτρων καθίσταται ιδιαίτερα σημαντική, όταν μελετώνται υδρολογικές λεκάνες επιρρεπείς σε αιφνίδιες πλημμύρες, ιδιαίτερα δε όταν δεν

υπάρχουν μετρήσεις παροχών. Λόγω των ιδιοτήτων του Μεσογειακού χώρου η διεθνής βιβλιογραφία προκρίνει τη λύση και αυτής της προσέγγισης σε περιοχές με αυτά τα χαρακτηριστικά (Διακάκης, Μ., 2012).

Επιπλέον, οι κλίσεις ως παράγοντας επηρεάζει σημαντικά τη συγκέντρωση ροής, καθώς μετασχηματίζει τη βροχόπτωση σε απορροή. Εκεί όπου οι κλίσεις είναι μεγάλες τα ύδατα αποστραγγίζονται ταχύτερα, άρα η συγκέντρωση ροής είναι μικρή, ενώ σε περιοχές όπου οι κλίσεις είναι μικρές, όπως στις πεδινές, παρατηρείται αυξημένη συγκέντρωση ροής (Γιαμαλάκη, Δ., 2015).

2.3.1.3 Χρήσεις γης

Η παράμετρος των χρήσεων γης αφορά το σύνολο των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων και της βλάστησης που καλύπτουν τη περιοχή μελέτης. Τα χαρακτηριστικά αυτά σχετίζονται με το ποσοστό διείσδυσης του νερού καθώς τα επιφανειακά χαρακτηριστικά του εδάφους επηρεάζουν την (υπό) επιφανειακή απορροή, τη διείσδυση των υπόγειων υδάτων και τη ροή των φερτών υλικών.

Η φυτοκάλυψη επηρεάζει τις ιδιότητες του εδάφους λόγω της βλάστησης και της κατακράτησης κατακρημνισμάτων από τα φυτά. Το δάσος γενικά ευνοεί τη διήθηση του νερού, ενώ οι γεωργικές περιοχές επιτρέπουν τη ροή περισσότερου νερού με τη μορφή επιφανειακής ή υποεπιφανειακής απορροής. Σύμφωνα με τον (Διακάκης, Μ., 2012), η μείωση της απορροής οφείλεται δευτερευόντως και στην εξατμισοδιαπνοή των φυτών, η οποία δρα σε μικρότερο βαθμό. Ο παράγοντας αυτός όμως έχει μικρή συμμετοχή στη μείωση της απορροής, καθώς κατά τη διάρκεια μιας καταιγίδας η υγρασία του αέρα ανέρχεται σε τέτοια επίπεδα που κάνει την εξατμισοδιαπνοή υπό τις συνθήκες αυτές περιορισμένη (Διακάκης, Μ., 2012).

Η αστικοποίηση έχει αρκετές επιπτώσεις, μεταξύ των οποίων είναι και η αυξημένη ποσότητα νερού με τη μορφή επιφανειακής απορροής λόγω του αυξημένου ποσοστού αδιαπέρατων επιφανειών αλλά και της απορροής που οφείλεται στο οδικό δίκτυο, στο αποχετευτικό δίκτυο αλλά και τις κατά τύπους μετατροπές των καναλιών σε ρέματα. Σύμφωνα με τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι, σε ένα αστικό περιβάλλον οι κατάλληλες συνθήκες για πλημμύρα μπορούν να προκύψουν με αρκετά μικρότερες βροχοπτώσεις από αυτές που χρειάζονται για να πλημμυρίσει ένα επαρχιακό περιβάλλον (Καραμούστου, 2018, μετάφραση απο NOAA, 2010). Ακόμη στις ανθρωπογενείς παρεμβάσεις συγκαταλέγονται και δραστηριότητες που εμμέσως επηρεάζουν την ποιότητα των εδαφών, όπως για π.χ. οι πυρκαγιές.

2.3.1.4 Γεωλογικό Υπόβαθρο

Το γεωλογικό υπόβαθρο επηρεάζει σημαντικά την υδροπερατότητα του εδάφους και την επιφανειακή απορροή του νερού. Οι μηχανικές ιδιότητες των πετρωμάτων είναι αυτές που επηρεάζουν τη δυνατότητα κυκλοφορίας του νερού και το ποσοστό κατείδυσης. Τα αδιαπέρατα πετρώματα (π.χ. οφιόλιθοι, φλύσχης κ.ά.) ευνοούν την επιφανειακή απορροή και αυξάνουν την ένταση των πλημμυρικών φαινομένων, ενώ οι διαπερατοί σχηματισμοί (π.χ. ανθρακικά πετρώματα) ευνοούν τη διείσδυση του νερού σε αυτούς και μπορούν να οδηγήσουν σε μείωση της απορροής.

Πολλές από τις φυσικές ιδιότητες του πετρώματος επηρεάζουν καθοριστικά τη μηχανική συμπεριφορά του. Ακόμη η γεωλογική προέλευση του, η ηλικία, το βάθος, η ορυκτολογική σύσταση, όσο και η παρουσία των κενών στη δομή του πετρώματος επηρεάζουν τις φυσικές του ιδιότητες. Το ενεργό πορώδες των πετρωμάτων εκφράζει τη δυνατότητα τους να απορροφούν και να συγκρατούν ρευστά στο εσωτερικό τους. Το πορώδες μπορεί να διακριθεί επιμέρους σε πρωτογενές και δευτερογενές, ανάλογα με το αν αναφέρεται σε συγγενηματικά ή επιγεννηματικά κενά του πετρώματος. Το πορώδες πέραν από το τύπο του πετρώματος επηρεάζεται από αρκετούς παράγοντες της ζωής του, όπως για π.χ. από την ηλικία, το βάθος εμφάνισης, τη πίεση που δέχεται από τα υπερκείμενα, τις ρωγμές που έχει υποστεί, την αποσάθρωση κ.ά.

Ακόμη οι γεωλογικοί σχηματισμοί που αποτελούν τη λεκάνη επηρεάζουν και μια σειρά από άλλους παράγοντες, όπως είναι η ανάπτυξη της φυτοκάλυψης, το εδαφικό κάλυμμα, ο συντελεστής τραχύτητας του εδάφους, η ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου, η μορφολογία της κοίτης και η στερεομεταφορά των υδάτων οι οποίοι επηρεάζουν με τη σειρά τους την εκδήλωση πλημμυρών (Διακάκης, Μ., 2012).

2.3.1.5 Βροχόπτωση

Η χωρική κατανομή της βροχόπτωσης καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο κάθε τμήμα μιας λεκάνης συνεισφέρει στην απορροή στην έξοδό της και στο χρόνο που το νερό θα φτάσει εκεί. Για π.χ. αν μια καταιγίδα πλήξει την περιοχή κοντά στην έξοδο της λεκάνης, η γρήγορη συγκέντρωση του νερού θα οδηγήσει σε απότομη άνοδο της στάθμης. Ακόμη πιο σημαντικός παράγοντας είναι η ένταση της βροχόπτωσης, καθώς αύξησης της έντασης συνεπάγεται αύξηση στη ποσότητα των κατακρημνισμάτων. Σύμφωνα με τον (Διακάκης, Μ., 2012) πολλοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι οι καταιγίδες υψηλής έντασης και μικρής διάρκειας τείνουν να δημιουργούν

πολύ μεγαλύτερους όγκους απορροής από ότι οι καταγίδες μεγάλης διάρκειας ή οι καταγίδες μεγάλου συνολικού ύψους βροχής.

Για την απεικόνιση των κλιματολογικών συνθηκών σε μια περιοχή γίνεται χρήση της ραγδιότητας της βροχόπτωσης. Στην Ελλάδα υπάρχει σημαντική έλλειψη ενόργανων υδρολογικών δεδομένων, όπως παροχές και στάθμες νερού κάτι που προκαλεί προβλήματα στην ανάλυση και συνεπώς στην διαχείριση της πλημμυρικής επικινδυνότητας (Λίτσιου, Γ., 2020). Λόγω των ελλειπόν δεδομένων χρησιμοποιούνται πιο απλουστευμένες παράμετροι με πιο συνηθισμένη τη χρήση της κατανομής της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης, ως ένδειξη των κλιματολογικών συνθηκών για τη λεκάνη.

2.3.1.6 Υδρογραφικό δίκτυο

Η ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου μιας περιοχής είναι συνάρτηση της λιθολογικής σύστασης, του μορφολογικού ανάγλυφου, της τεκτονικής, καθώς και των κλιματικών παραγόντων που επικρατούν σε αυτή. Ο παράγοντας της συγκέντρωσης ροής αφορά στα σημεία σημαντικής συγκέντρωσης επιφανειακού νερού και είναι ιδιαίτερα κρίσιμος, καθώς δείχνει το φορτίο νερού που δέχεται κάθε σημείο της περιοχής μελέτης. Για το λόγο αυτό προκύπτει ότι οι περιοχές με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση ροής είναι και αυτές που θα εκδηλωθεί πρώτα οποιοδήποτε πλημμυρικό φαινόμενο. Ως παράγοντας επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό τις χρήσεις/ κάλυψη γης, καθώς ανάλογα με τη ροή και τη παροχή ενός ποταμού/ χειμάρρου αναπτύσσεται η φυτοκάλυψη και διαμορφώνονται πληθώρα ανθρωπογενών δραστηριοτήτων (Γιαμαλάκη, Δ., 2015).

Όπως είναι αναμενόμενο όσο πιο κοντά βρίσκεται μια περιοχή στις κοίτες του υδρογραφικού δικτύου τόσο μεγαλύτερο κίνδυνο εμφανίζει να πλημμυρίσει σε περίπτωση που ο όγκος νερού αυξηθεί.

Η πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου είναι ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά για την αξιολόγηση της επιφανειακής απορροής και ισούται με το λόγο του μήκους όλων των καναλιών εντός της λεκάνης προς το εμβαδόν της λεκάνης απορροής. Μια λεκάνη αποστράγγισης με μεγάλο αριθμό παραποτάμων έχει υψηλότερη πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου από μια λεκάνη με πολύ λίγους παραπόταμους. Η υψηλή πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου επιτρέπει στη λεκάνη να απορροφά τα νερά μιας καταγίδας πιο αποτελεσματικά (Καραμούστου, 2018, μετάφραση απο NOAA, 2010).

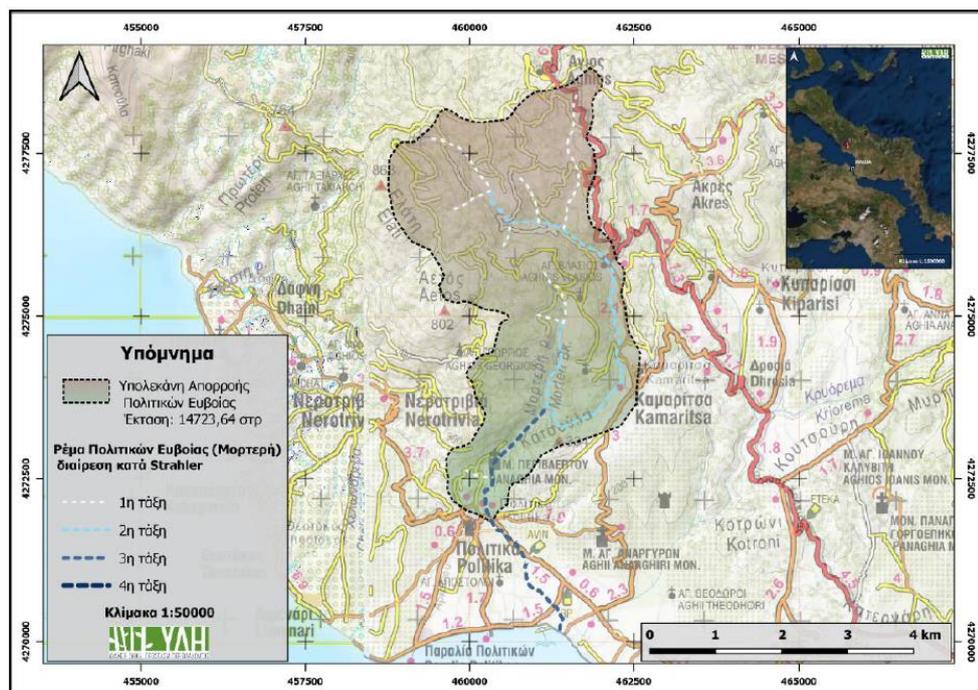
Η αστικοποίηση αυξάνει τεχνητά την πυκνότητα των ρευμάτων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το οδικό δίκτυο και οι αποχετεύσεις λειτουργούν ως μονοπάτια ή παραπόταμοι που μετακινούν γρήγορα το νερό σε τοπογραφικά χαμηλότερες περιοχές και τα κοντινά κανάλια ροής. Μια λεκάνη με μικρή πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου, συνήθως υποδεικνύει έναν μεγάλου πάχους και καλά ανεπτυγμένο εδαφικό ορίζοντα. Σε αυτή την περίπτωση, το νερό είναι πιο πιθανό να κατεισχύσει στο έδαφος παρά να γίνει επιφανειακή απορροή αυξάνοντας έτσι τις πιθανότητες εκδήλωσης ξαφνικής πλημμύρας (Καραμούστου, 2018, μετάφραση από NOAA, 2010).

3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

3.1 Γεωγραφική θέση

Η Εύβοια είναι το δεύτερο μεγαλύτερο σε μέγεθος νησί του Αιγαίου μετά την Κρήτη και το έκτο μεγαλύτερο της Μεσογείου. Έχει επίμηκες σχήμα, μήκους 175 χλμ, βρίσκεται απέναντι από τη Στερεά Ελλάδα και χωρίζεται από αυτή μέσω του βόρειου και ο νότιου Ευβοϊκού κόλπου, ενώ ενώνεται με την ηπειρωτική χώρα μέσω γέφυρας. Η Εύβοια περιέχει αρκετούς ορεινούς όγκους που καταλαμβάνουν και το μεγαλύτερο μέρος της έκτασή της, το Τελέθριο Όρος στο βόρειο τμήμα, τη Δίρφη στο κεντρικό τμήμα και την Όχη στο νότιο τμήμα της. Ανάμεσά τους αναπτύσσονται εύφορες πεδιάδες, όπως αυτές του Λήλαντα και των Ψαχνών, μικρές κοιλάδες και παράκτιες λωρίδες ορμίσκων.

Τα Πολιτικά είναι ένα παραλιακό χωριό του Δήμου Διρφύων-Μεσσαπίων της Περιφερειακής Ενότητας Ευβοίας, σύμφωνα με τη διοικητική διαίρεση της Ελλάδας όπως διαμορφώθηκε με το πρόγραμμα «Καλλικράτης». Απέχουν περίπου 20 χλμ από τη πόλη της Χαλκίδας και βρίσκονται δίπλα στον Ευβοϊκό κόλπο. Η επίσημη ονομασία είναι «τα Πολιτικά», έδρα του δήμου είναι τα Ψαχνά και ανήκουν στο γεωγραφικό διαμέρισμα Στερεάς Ελλάδας. Βρίσκονται σε υψόμετρο 41 μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας, έχουν γεωγραφικό πλάτος 38,5936441184 και γεωγραφικό μήκος 23,5428935804.



Εικόνα 2: Η λεκάνη απορροής του ρ. του Μορτερή και το ρέμα με τις τάξεις των κλάδων του (Υλι, 2021)

Η περιοχή μελέτης στην οποία γίνεται η ανάλυση της παρούσας εργασίας είναι η υπολεκάνη απορροής του ρέματος Μορτερή, η έκταση της οποίας είναι 15.000 στρέμματα (Υλη, 2021), η μέση κλίση της 25,3% (Khamis, I., A., 2014). Ανήκει στο Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (GR07), όπως έχει οριστεί από την Ειδική Γραμματεία Υδάτων. Με την έξοδο του από τη λεκάνη απορροής το ρέμα κατευθύνεται προς την ακτή αποθέτοντας υλικά και δημιουργώντας αλλουβιακό ριπίδιο.

Η Κεντρική Εύβοια διαυλακώνεται από υδρογραφικά συστήματα χειμάρρων που εκβάλλουν στο Βόρειο και Νότιο Ευβοϊκό Κόλπο καθώς επίσης και από άλλα υδρογραφικά δίκτυα που εκβάλλουν στο Αιγαίο Πέλαγος.

3.2 Γεωμορφολογία

Στην ευρύτερη υδρογεωλογική λεκάνη της περιοχής μελέτης αναφέρονται τρία υδρογραφικά συστήματα που εκβάλλουν στο Βόρειο Ευβοϊκό Κόλπο, οι χειμάρροι Μεσάπιου, Πεθαμένου και Μορτερή. Η περιοχή της λεκάνης χαρακτηρίζεται ως ημιορεινή. Τα υψηλότερα υψώματα που οριοθετούν τη περιοχή των Πολιτικών είναι η οροσειρά Κανδήλιο στο δυτικό και βόρειο τμήμα, όπου εμφανίζονται οι κορυφές Τούρλα (129μ), Ελάτη (853μ) και Αετός (802μ). στο ανατολικό τμήμα είναι η Κορυφή (500μ), το Κοτρώνι (169μ). στο νότιο- κεντρικό τμήμα είναι ο Πευκιάς (25μ) και η Κατσούλα (334μ). Τα όμβρια των χειμάρρων αυτών χωρίζονται από τα όμβρια των βορείων χειμάρρων που εκβάλλουν στο Αιγαίο (Κοκκινιάς, Βαθύρεμα, Λυκιπόρρεμα, Κανωμάρου και Δαφορρέμα) από τη κορυφογραμμή από την οροσειρά Κανδηλίου στα δυτικά μέχρι την κορυφή της οροσειράς Δίρφυς στα ανατολικά- νοτιοανατολικά. Η ίδια κορυφογραμμή χωρίζει τα όμβρια του χειμάρρου Λίλα που εκβάλλει στο Ν. Ευβοϊκό (Khamis, I., A., 2014).

Όπως ορίζεται από την ΕΓΥ τα ρέματα, Πόρος και ο χειμάρρος Μορτερή, αποστραγγίζουν την περιοχή δυτικά της Καμαρίτσας και βόρεια και ανατολικά των Πολιτικών, εκβάλλοντας στον όρμο των Πολιτικών (ανατολικά της Παραλίας Πολιτικών). Ο χειμάρρος πηγάζει σε υψόμετρο περίπου 400 μ και στη διαδρομή μέχρι την εκβολή του και μετά τη συνένωση του με το ρέμα Πόρος διέρχεται μέσα από το χωριό Πολιτικά, ενώ στο ύψος του χωριού διασχίζει και την Επαρχιακή Οδό Ψαχνών – Νεροτριβιών.

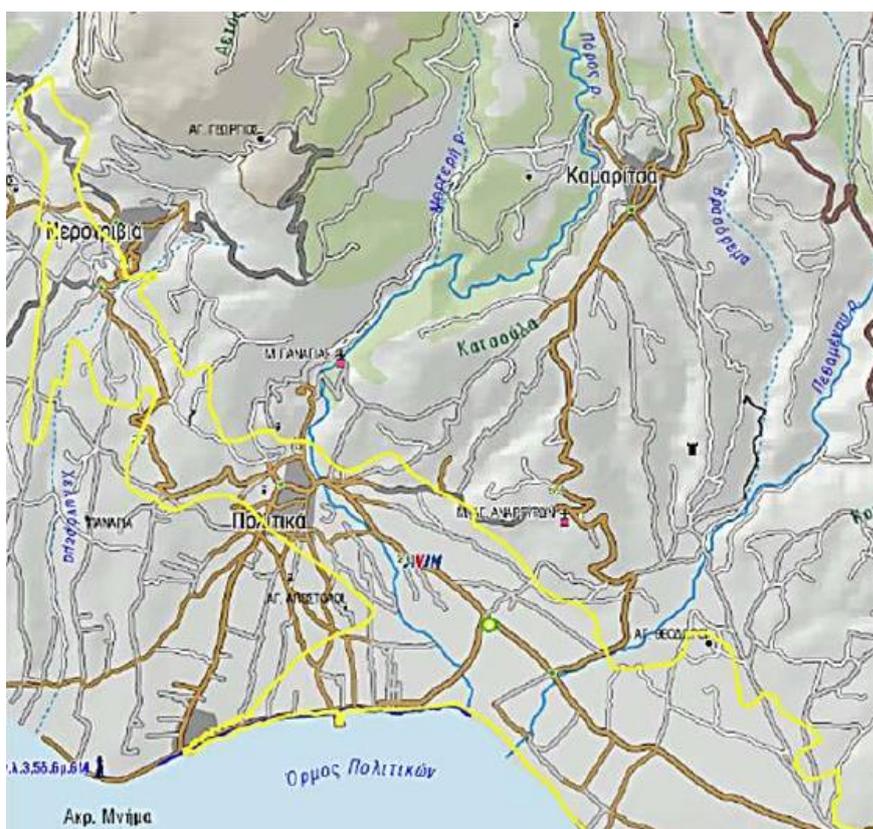
Η υπολεκάνη απορροής του Μορτερή χωρίζεται από την διπλανή της υπολεκάνη του Πεθαμένου από τη δευτερεύουσα υδροκριτική γραμμή που βρίσκεται στην ανατολική πλευρά της λεκάνης. Στο βόρειο ορεινό τμήμα, ο υδροκρίτης ακολουθεί την κορυφογραμμή Κουτσούνι, Άγιος

(665μ), Κέθρος, Έλατη (838μ), Αετός (802μ), Πεύκια και τελειώνει στην ακτή του Ευβοϊκού κόλπου.

Η λεκάνη χαρακτηρίζεται ως ορεινή – ημιορεινή, η διεύθυνση της είναι Β-Ν και η Μέση Κλίση της είναι 25.2%. Στο ορεινό τμήμα της λεκάνης ευνοείται η διάβρωση μέσω του νερού, ενώ στο πεδινό (0-10μ) η απόθεση υλικών διάβρωσης και η κατείσδυση. Το ρέμα του Μορτερή έχει κλάδους μέχρι 4^{ης} τάξης. Η καλλιέργεια και τα φρέατα άρδευσης στη περιοχή βρίσκονται στο νότιο τμήμα του χάρτη σε τοπογραφικό υψόμετρο μέχρι και 40μ από την επιφάνεια της θάλασσας (Khamis, I., A., 2014).

Στην περιοχή μελέτης, υπάρχει μια διαδοχή οροσειρών και πεδιάδες χαμηλού υψομέτρου, που αποτελούνται από προσχωσιγενείς αποθέσεις. Οι κοιλάδες της περιοχής βρίσκονται γενικά στο στάδιο της ωρίμανσης, καθώς είναι ανοιχτές σε σχήμα U και χαρακτηρίζονται από ήπιες κλίσεις, καλά ανεπτυγμένους παραπόταμους και πλημμυρική πεδιάδα με μαιανδρική ανάπτυξη σε αρκετά σημεία. Ο Μεσσαπιός ποταμός πηγάζει από το βουνό Δίρφους, ρέοντας με γενική κατεύθυνση από ανατολή προς δύση και εκβάλλει στον βόρειο ευβοϊκό κόλπο κοντά στην πόλη Ψαχνά. Αυτή η πόλη είναι χτισμένη στη συμβολή του ρέματος της Μαντάνιας με τον ποταμό Μεσσάπιο, όπου υπάρχει μια πλατιά προσχωσιγενής βεντάλια (Karkani, et al., 2021).

Στη περιοχή μελέτης ανήκει τμήμα της Ζώνης Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας που ονομάζεται Χαμηλή ζώνη λεκάνης ρ. Ψαχνών, Παραλία Πολιτικών νήσου Ευβοίας με κωδικό GR07RAK0011. Όπως ορίζεται στο «*Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (GR07)*», η ζώνη αποτελεί τμήμα της προσχωματικής λεκάνης Ψαχνών, έχει έκταση 45,49 km² και βρίσκεται στο νοτιοδυτικό τμήμα της Κεντρικής Εύβοιας. Η ζώνη περιλαμβάνει το χαμηλό πεδινό έως ημιορεινό τμήμα αυτής της υδρολογικής λεκάνης με ήπιο ανάγλυφο το οποίο αναπτύσσεται από την παραλιακή ζώνη προς το εσωτερικό του νησιού. Ως επί το πλείστον η λεκάνη απορροής του Μορτερή είναι ορεινή- ημιορεινή (ΕΓΥ, 2018).



Εικόνα 3: Τα υδατορεύματα της ΖΔΥΚΠ χαμηλή ζώνη λεκάνης ρ. Ψαχνών, Παραλία Πολιτικών νήσου Ευβοίας (ΕΓΥ, 2018)

3.3 Κλίμα

Η γεωγραφική θέση και το ανάγλυφο του ΥΔ συμβάλλουν στη μεγάλη κλιματική ποικιλία του, που περιλαμβάνει από θαλάσσιο μέχρι ορεινό μεσογειακό κλίμα. Χαρακτηρίζεται από ήπιους και βροχερούς χειμώνες και θερμά και ξηρά καλοκαίρια με μέση ετήσια θερμοκρασία περίπου 15°C.

Στα αποτελέσματα του έργου CrITERIA για το χρονικό διάστημα από το 1950 μέχρι το 2016 υπολογίζεται ο μέσος όρος της συνολικής ετήσιας βροχόπτωσης και η μέση θερμοκρασία για το μετεωρολογικό σταθμό της Χαλκίδας με σκοπό το προσδιορισμό των κλιματολογικών συνθηκών της περιοχής. Γίνεται διάκριση δυο περιόδων μέσα στο χρόνο, η υγρή (Οκτώβριο έως Μάρτιο) και η ξηρή (Απρίλιο έως Σεπτέμβριο) περίοδος. Ο μέσος όρος της συνολικής ετήσιας βροχόπτωσης κατά την υγρή περίοδο υπολογίστηκε σε 258 mm και η μέση θερμοκρασία σε 12.3 °C, ενώ κατά την ξηρή περίοδο υπολογίστηκαν αντίστοιχα 81 mm και 23.4 °C (Argyraiki, A., 2018).

Στη περιοχή των Πολιτικών το μέγιστο και το ελάχιστο μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης είναι αντίστοιχα 175,4mm και 0,1mm (Ε.Μ.Υ. Μετεωρολογικός Σταθμός Χαλκίδας, έτη 1970-1994).

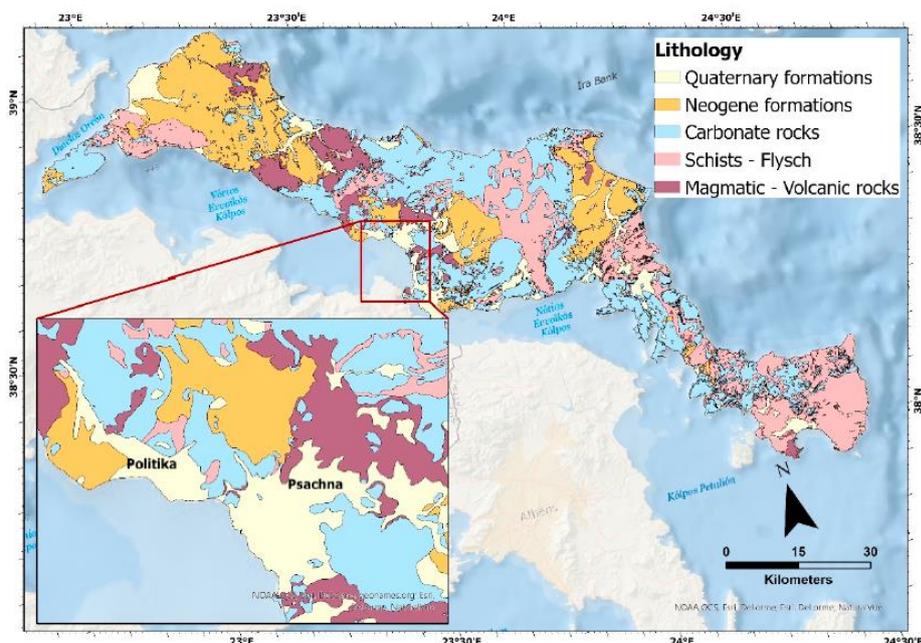
Η επικρατέστερη διεύθυνση ανέμου είναι η βόρεια, ακολουθούμενη από νοτιοανατολική και νοτιοδυτική με μικρή ή μέση ένταση (Ε.Μ.Υ. Έτη 1974 -1994). Η μέση μηνιαία θερμοκρασία της ατμόσφαιρας κατά την κολυμβητική περίοδο είναι 25°C, με τη μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία να καταγράφεται κατά το μήνα Ιούλιο και να είναι της τάξης των 28°C(Ε.Μ.Υ. Έτη 1974 -1994) (ΕΓΥ, 2015).

3.4 Γεωλογία

Η γεωλογική δομή του ΥΔ της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας περιλαμβάνει μεταλλικούς σχηματισμούς του Τεταρτογενούς και Νεογενούς στις πεδινές περιοχές, ενώ στις λοφώδεις εξάρσεις και τους ορεινούς όγκους εμφανίζονται σχηματισμοί του υποβάθρου, (κυρίως αμεταμόρφωτοι) που γεωτεκτονικά ανήκουν στις ζώνες Πίνδου, Παρνασσού – Γκιώνας, Βοιωτικής, Υποπελαγονικής. Στην Εύβοια απαντώνται επιπλέον, σχηματισμοί του νεοελληνικού τεκτονικού καλύμματος και σχηματισμοί της ενότητας Αλμυροποτάμου (μεταμορφωμένοι σχηματισμοί) (ΕΓΥ, 2018).

Οι Αλπικοί σχηματισμοί της Κεντρικής Εύβοιας ανήκουν στην Υποπελαγονική γεωτεκτονική ζώνη. Περιλαμβάνουν ανθρακικά πετρώματα της εποχής Τριασικού-Ιουρασικού, ένα σύμπλεγμα οφιόλιθων της Ύστερης Ιουρασικής- Πρώιμης Κρητιδικής εποχής και έναν σχηματισμό σχιστόλιθου Ύστερου Ιουρασικού - Πρώιμου Κρητιδικού. Οι μετα-αλπικοί σχηματισμοί περιλαμβάνουν φλύσχη και λιμνώδεις αποθέσεις του Ανώτερου Μειόκαινου και του Πλειστόκαινου (Valkanou et al., 2020).

Η χαμηλή ζώνη λεκάνης ρ. Ψαχνών, Παραλία Πολιτικών βρίσκεται κυρίως στην πεδιάδα του Μεσσάπιου ρέματος που καλύπτεται από αλλουβιακές κυρίως αποθέσεις οι οποίες εμφανίζονται κατά μήκος των ρεμάτων που αποστραγγίζουν την περιοχή και στην παράκτια ζώνη. Σε μικρότερη έκταση στα περιθώρια των ζωνών απαντώνται νεογενείς λιμναίοι και θαλάσσιοι σχηματισμοί. Οι αλλουβιακές αποθέσεις συνίστανται από κροκάλες, λατύπες, άμμους και αργίλους σε ποικίλλουσα αναλογία. Στο νότιο τμήμα της χαμηλής ζώνης οι αλλουβιακές αποθέσεις συνιστούν το αλλουβιακό ριπίδιο του Μεσσάπιου ρέματος. Το πάχος τους είναι συνήθως μικρό με εξαίρεση το δέλτα του Μεσσάπιου ποταμού. Στο νότιο τμήμα της ζώνης Άνω ρους ρ. Ψαχνών απαντώνται λιμναίες αποθέσεις αποτελούμενες από εναλλαγές στρωμάτων κροκαλοπαγών, μαργών, ψαμμιτών, αργίλων και μαργαϊκών ασβεστόλιθων, πλειοκαινικής ηλικίας. Οι εν λόγω σχηματισμοί εμφανίζονται και περιμετρικά των ζωνών καταλαμβάνοντας μεγάλη επιφανειακή εξάπλωση κυρίως στα ανατολικά περιθώρια (περιοχές Καθενοί, Παλιούρας κ.ά.) (ΕΓΥ, 2018).



Εικόνα 4: Γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής μελέτης (Karkani, A., 2021)

Σύμφωνα με τον Khamis, I., A. (2014) η στρωματογραφική στήλη για τη λεκάνη απορροής του Μορτερή από κάτω προς τα πάνω απαρτίζεται από τους εξής σχηματισμούς:

Ασβεστόλιθοι Js ηλικίας Κιμμερίδιο – Τιθόνιο. Εμφανίζονται ανοιχτόχρωμοι έως Τεφροί, καρστικοί κατά θέσεις δολομιτικοί.

Σχηματισμοί της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης Iso, οι οποίοι αποτελούνται από κοκκινωπούς κερατόλιθους, πρασινοκάστανους αργιλικούς σχιστόλιθους, ψαμμίτες sch, μεγάλες ασβεστολιθικές ενστρώσεις k και οφιολιθικά πετρώματα ο.

Ασβεστόλιθους Ks επικλυσιογενείς αδιαίρετοι. Στο ανώτερο στρώμα παχυστρωματώδεις ως άστρωτοι, τεφροί, καρστικοί, στη βάση μαργαϊκοί, κιτρινωποί ή κοκκινωποί, λεπτό έως μέσο στρωματώδεις και κονδυλώδεις καρστικοί. Το πάχος τους κυμαίνεται από 10-30μ. στρώσεως σιδηρονικελιούχου μεταλλεύματος FeNi. Εμφανίζεται κροκαλοπαγές στη βάση της επίκλυσης.

Λιμναίες, νεογενές αποθέσεις N. Αποτελούνται από εναλλασσόμενα στρώματα κροκαλοπαγών, μαργών, ψαμμιτών, αργίλων και μαργαϊκών ασβεστόλιθων.

Προσχώσεις al Αλλουβιακές αποθέσεις από χαλαρά αργιλοαμμώδη υλικά, ερυθρογή με κροκαλολατύπες και το πάχος από μερικά εκατοστά μέχρι 12μ.

3.4.1 Υδρολιθολογική ταξινόμηση των γεωλογικών σχηματισμών

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που δομούν το ΥΔ Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας σύμφωνα με τα υδρολιθολογικά χαρακτηριστικά τους μπορούν να διακριθούν σε περατούς, ημιπερατούς και αδιαπέρατους σχηματισμούς (ΕΓΥ, 2018).

Πίνακας 1: Κατηγοριοποίηση των γεωλογικών σχηματισμών με βάση τα υδρολιθολογικά χαρακτηριστικά τους

Κατηγορία σχηματισμών	Κωδικός	Συντελεστής I%
Αδιαπέρατοι σχηματισμοί	A1	<5%
	A2	
Ημιπερατοί σχηματισμοί	B1	≥10%
	B2	5-8%
Περατοί σχηματισμοί	C1	≥50%
	C2	>20%
	C3	10-15%

Στους περατούς σχηματισμούς εντάσσονται:

- αλλουβιακές αποθέσεις που απαντώνται στις πεδινές περιοχές και παρουσιάζουν μεγάλη επιφανειακή εξάπλωση, ποτάμιες αναβαθμίδες, σύγχρονα ριπίδια και κώνοι κορημάτων που απαντώνται στα κράσπεδα των πεδινών εκτάσεων υπό μορφή ασύνδετων αδρομερών αποθέσεων και παράκτιοι σχηματισμοί. Γενικά οι σχηματισμοί αυτοί καταλαμβάνουν μεγάλη επιφανειακή εξάπλωση και τοπικά χαρακτηρίζονται από υψηλό πορώδες. Ο συντελεστής κατείδυσης στους εν λόγω σχηματισμούς εκτιμάται 10-15%.
- ασβεστόλιθοι και μάρμαρα περιορισμένης ανάπτυξης και δυναμικότητας, τα οποία χαρακτηρίζονται από σχετικά υψηλή διαπερατότητα, με συντελεστή κατείδυσης $I \geq 20\%$.
- καρστικά μάρμαρα και ασβεστόλιθοι εκτεταμένης ανάπτυξης τα οποία χαρακτηρίζονται από πολύ υψηλή υδροπερατότητα και έντονα φαινόμενα καρστικοποίησης. Οι εν λόγω σχηματισμοί χαρακτηρίζονται ως υδροπερατοί, με μεγάλο συντελεστή κατείδυσης $I \geq 50\%$.

Στην κατηγορία των ημιπερατών ρωγματικών σχηματισμών κατατάσσονται:

- συνεκτικά κροκαλοπαγή και λατυποπαγή πλειστοκαινικής ηλικίας, ιζηματογενείς ρωγματικοί σχηματισμοί του Νεογενούς, κροκαλοπαγή-ψαμμίτες του φλύσχη, και συνεκτικοί παλαιοί κώνοι κορημάτων. Οι εν λόγω σχηματισμοί παρουσιάζουν μικρή πρωτογενή περατότητα αλλά σημαντική δευτερογενή, λόγω του τεκτονισμού που έχουν υποστεί. Στο σύνολο τους,

χαρακτηρίζονται ως ημιπερατοί σχηματισμοί, μέτριας υδροπερατότητας και με συντελεστή κατείσδυσης $I \geq 10\%$.

- τεταρτογενείς αποθέσεις στις οποίες το ποσοστό της αργίλου είναι σχετικά αυξημένο, καθώς επίσης και νεογενείς σχηματισμοί όπου παρατηρείται εναλλαγή αδρομερών και λεπτομερών υλικών στους οποίους, η παρουσία στρωμάτων αργιλομαργαϊκής σύστασης είναι σημαντική. Οι σχηματισμοί αυτοί χαρακτηρίζονται από χαμηλό πορώδες και σχετικά χαμηλό συντελεστή κατείσδυσης $I = 5-8\%$.

Στους αδιαπέρατους σχηματισμούς κατατάσσονται:

- όλοι οι σχηματισμοί που εμφανίζουν σημαντικό ποσοστό λεπτόκοκκου κλάσματος στην κοκκομετρική τους σύνθεση, μάργες – άργιλοι των νεογενών και τεταρτογενών αποθέσεων, βωξιτικά κοιτάσματα, τελματικά ιζήματα, φλυσικά και μολασσικά ιζήματα. Οι εν λόγω σχηματισμοί χαρακτηρίζονται από χαμηλό συντελεστή κατείσδυσης $I < 5\%$ που είτε ευνοεί την επιφανειακή απορροή, εάν πρόκειται για περιοχές με λοφώδες ανάγλυφο, είτε ευνοεί την επιφανειακή συγκέντρωση υδάτων λόγω κορεσμού, εάν πρόκειται για πεδινές περιοχές.
- μεταμορφωμένα και πυριγενή, ρωγματώδη πετρώματα με έμφραξη λεπτόκοκκου κλάσματος (ανδεσίτες, γνεύσιοι, σχιστόλιθοι κλπ), οφιολιθικά πετρώματα, ηφαιστειακοί σχηματισμοί, πετρώματα της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης και αργιλοψαμμιτικά πετρώματα του Παλαιοζωικού τα οποία αποτελούν μια μετακλαστική- ηφαιστειοϊζηματογενή σειρά. Οι υπόψη σχηματισμοί βρίσκονται κυρίως στα ορεινά τμήματα, ανάντη των πεδινών εκτάσεων του υδατικού διαμερίσματος και χαρακτηρίζονται από χαμηλό συντελεστή κατείσδυσης $I < 5\%$ που ευνοεί την επιφανειακή απορροή. Στους σχηματισμούς αυτούς η κατείσδυση των υδάτων είναι μικρή με αποτέλεσμα την αύξηση της επιφανειακής απορροής και την ανάπτυξη χειμάρρων οι οποίοι εν συνεχεία στις κατάντη πεδινές περιοχές της λεκάνης διαρρέουν εκτάσεις με τεταρτογενείς αποθέσεις.

Στο Παράρτημα I του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, υπάρχει πίνακας ομαδοποίησης και ταξινόμησης σε κλάσεις όλων των γεωλογικών σχηματισμών που έχουν καταγραφεί και απαντώνται στο ΥΔ. Η κατάταξη αυτή γίνεται ως προς την υδροπερατότητα των σχηματισμών και του συντελεστή κατείσδυσης τους σύμφωνα με τους γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ.

3.4.2 Υδρογεωλογική περιγραφή

Οι αλλουβιακές αποθέσεις αποτελούν την κύρια υδρογεωλογική μονάδα της τεκτονικής λεκάνης της Κεντρικής Εύβοιας και χαρακτηρίζονται από υψηλές τιμές υδραυλικής αγωγιμότητας και αποθηκευτικής ικανότητας. Η υπόγεια υδροφορία είναι αξιόλογη και αναπτύσσεται εντός των αμμοχάλικωδών ενστρώσεων τους, δημιουργώντας ελεύθερους, μερικώς υπό πίεση ή υπό πίεση φρεάτιους υδροφόρους ορίζοντες ανάλογα με την παρουσία αργιλικών υλικών. Η κύρια τροφοδοσία τους εξασφαλίζεται από την κατευθείαν κατείσδυση των βροχοπτώσεων και από την επιφανειακή απορροή. Επίσης παρατηρούνται σημαντικές πλευρικές μεταγίσεις υπογείου νερού από τους ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους (ΕΓΥ, 2018).

Στα αδρομερή μέλη των νεογενών ιζημάτων που αποτελούνται από ψαμμίτες, κροκαλοπαγή και μαργαϊκούς ασβεστόλιθους και τα οποία εναλλάσσονται με υδατοστεγανά πετρώματα όπως μάργες και αργίλους, αναπτύσσονται επάλληλοι υπό πίεση υδροφόροι ορίζοντες μικρής έως μέτριας δυναμικότητας. Στα πετρώματα της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης, αναπτύσσεται υδροφορία μικρής δυναμικότητας και τοπικής σημασίας, το βάθος της οποίας ποικίλει κατά θέσεις, ανάλογα με το πάχος του μανδύα αποσάθρωσης του σχηματισμού και του βαθμού διάρρηξης (ΕΓΥ, 2018).

Οι άνω-κρητιδικοί ασβεστόλιθοι κατά το μεγαλύτερο ποσοστό τους παρουσιάζουν υψηλό βαθμό υδροπερατότητας, λόγω μεγάλου δευτερογενούς πορώδους, γεγονός που ευνοεί τόσο την αυξημένη κατείσδυση όσο και την ανάπτυξη καρστικών υδροφόρων μεγάλης δυναμικότητας σε περιοχές όπου ο σχηματισμός παρουσιάζει σημαντικές διαστάσεις. Ο καρστικός υδροφόρος ορίζοντας που αναπτύσσεται, αποστραγγίζεται μερικώς προς την θάλασσα μέσω παράκτιων καρστικών διάσπαρτων πηγών και μερικώς προς τις προσχώσεις της παράκτιας χαμηλής ζώνης (ΕΓΥ, 2018).

3.5 Υδρογραφικό δίκτυο

Το υδρογραφικό δίκτυο έχει ορθογώνιο τρόπο σύνδεσης των κλάδων μεταξύ τους και δίνει σύνθετη μορφή μεταξύ ρωγμογενής κλιμακωτή και δενδριτικής μορφής. Οι κλάδοι είναι πρώτης, δεύτερης, τρίτης και τέταρτης τάξης. Η κοίτη του χειμάρρου Μορτερή συμπίπτει με τη διεύθυνση του ρήγματος της περιοχής Β-Ν. Τροφοδοτείται με νερό από το χειμάρρο Κατσούλα και έναν ακόμη μόνο το φθινόπωρο και από τις πηγές των Πολιτικών (συνεχής ροή) πριν να γίνουν τα έργα υδρομάστευσης των πηγών. Ο χειμάρρος Μορτερή εκβάλλει στον όρμο των

Πολιτικών του Β. Ευβοϊκού, σε σύνολο μήκος κλάδων 14 km. Η υδρογραφική πυκνότητα έχει υπολογιστεί ίση με 0,64 και η υδρογραφική συχνότητα 0,18 (Khamis, I., A., 2014).

3.6 Βλάστηση

Η Κεντρική Εύβοια σε μεγάλο της ποσοστό καταλαμβάνεται από γεωργικές εκτάσεις καθώς η γεωργία αποτελεί από τα πιο βασικά επαγγέλματα της περιοχής. Όπως περιεγράφηκε η μορφολογία του νησιού έχει μεγάλη ποικιλία και κυμαίνεται από ορεινή έως και πεδινή. Οι μεγαλύτερες γεωργικές εκτάσεις στο κεντρικό τμήμα του νησιού είναι κατά σειρά έκτασης, ο κάμπος Καστέλλας- Ψαχνών, ο κάμπος Τριάδας, ο κάμπος Πολιτικών, ο κάμπος Πεισώνα και ο κάμπος Αρτάκης. Οι εκτάσεις αυτές καλλιεργούνται σχεδόν όλο το χρόνο με διάφορα είδη, όπως ελαιόδεντρα, εσπεριδοειδή, οπωροφόρα, συκιές, αμπελώνες, εποχιακά λαχανικά, δημητριακά, φράουλες και λουλούδια. Από λαχανικά καλλιεργούνται κυρίως κρεμμύδια, ντομάτες, κουνουπίδι, μπρόκολο, μαρούλι, σκόρδο, πατάτες, κολοκύθια, μελιτζάνες, αγγούρια, μπιζέλια κ.ά. (Khamis, I., A., 2014).

Η περιοχή χαρακτηρίζεται από ποικιλία οικοσυστημάτων, όπως παρόχθια (ρ. Ψαχνών) και παράκτια (εκβολές ρ. Ψαχνών, Βόρειος Ευβοϊκός κόλπος) οικοσυστήματα, γεωργικές εκτάσεις και ημιορεινές και ορεινές περιοχές (ανατολικές παρυφές Όρους Κανδήλι, νοτιοδυτικές παρυφές Όρους Δίρφους). Ανήκει στην Ευμεσογειακή ζώνη βλάστησης (*Quercetalia ilicis*), η οποία διακρίνεται σε δύο υποζώνες που παρουσιάζουν σαφή χλωριδικά, οικολογικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά, την υποζώνη *Oleo-Ceratonion* και την υποζώνη *Quercion ilicis*. Στον πρώτο αυξητικό χώρο οι φυσικές φυτοκοινωνίες έχουν από πολύ παλιά υποβαθμιστεί και εφόσον οι περιοχές δεν καλλιεργούνται γεωργικά, καλύπτονται από ενώσεις φρυγάνων, στις οποίες κυριαρχούν ακανθώδεις ημίθαμνοι, καθώς και διάφορα χειλανθή. Στον δεύτερο αυξητικό χώρο παρουσιάζονται πλούσιες συστάδες *Pinus halepensis* ενώ συχνή είναι η παρουσία της *Olea europaea* var. *silvestris* και της *Pistacia lentiscus* (ΕΓΥ, 2018).

Οι ορεινές περιοχές χαρακτηρίζονται από την παρουσία, χαλεπίου Πεύκης (*Pinus halepensis*), μαύρης Πεύκης (*Pinus nigra*) και Κεφαλληνιακής ελάτης (*Abies cephalonica*). Οι ημιορεινές και λοφώδεις περιοχές χαρακτηρίζονται από είδη, όπως η χαλέπιος Πεύκη, αριά, χνοώδης δρυς, κυπαρίσσι, αγριελιά, Ευβοϊκή δρυς, πουρνάρι κ.ά. Οι πεδινές και παρόχθιες περιοχές χαρακτηρίζονται από τα εξής είδη: ιτιά λευκή, πλάτανος ανατολικός, κουτσουπιά, φτελιά, σφένδαμος, αρμυρίκι, καλάμια, βούρλα, αγριοτριανταφυλλιά κ.ά. Η παρεδάφια βλάστηση που απαντάται στις προαναφερθείσες διαπλάσεις αποτελείται από πόες, βρύα κ.ά. (ΕΓΥ, 2018).

3.7 Δημογραφικά και οικονομικά χαρακτηριστικά

Ο μόνιμος πληθυσμός του Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας με βάση τα πληθυσμιακά μεγέθη της Απογραφής του 2011 είναι 558.275 κάτοικοι. Τα Πολιτικά σύμφωνα με τη τελευταία αυτή απογραφή του 2011, έχουν πληθυσμό 1.378 κατοίκων.

Η γεωργία είναι πολύ ανεπτυγμένη στη κεντρική Εύβοια σε αντίθεση με τη κτηνοτροφία. Αποτελεί όμως βιομηχανικό κέντρο ως προς τη κτηνοτροφική παραγωγή αυγού και κοτόπουλου.

3.8 Εγκαταστάσεις ενδιαφέροντος

Στην ευρύτερη περιοχή εντοπίζονται (ΕΓΥ, 2018):

- 1 εν ενεργεία Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων, η ΕΕΛ Νέας Αρτάκης
- 143 σταβλικές εγκαταστάσεις
- 3 υδατοκαλλιέργειες θαλάσσιων μεσογειακών ιχθύων εγκαταστάσεις
- 25 βιομηχανικές μονάδες, εκ των οποίων καμία δεν εμπίπτει στις διατάξεις της Οδηγίας SEVESO
- 4 ενεργά μεταλλεία Σιδηρονικέλιου. Δεν εντοπίζονται ενεργές λατομικές περιοχές στην ευρύτερη περιοχή (LATOMET – ΥΠΑΠΕΝ, 2015)
- 1 κύριος οδικός άξονας, της Εθνικής Οδού 77 Χαλκίδα – Ιστιαία – Αιδηψός, καθώς και τμήματα των Επαρχιακών Οδών Ψαχνών – Νεροτριβιών, Ψαχνών – Καθενών κ.ά.
- 1 μικρή λιμενική εγκατάσταση στην Παραλία Πολιτικών

3.9 Προστατευόμενες Περιοχές

Στην Κεντρική Εύβοια βρίσκεται ο υγροβιότοπος Λιβάδι «Κολοβρέχτης» και αποτελείται κυρίως από εσωτερικά και παράκτια έλη. Ακόμη ιδιαίτερης περιβαλλοντικής σημασίας είναι τα δέλτα, οι εκβολές και οι κοίτες των ποταμών Μορτερή, Πεθαμένου και Μεσσάπιου, καθώς και το δάσος της Διρφύος στη Στενή (ΕΓΥ, 2018).

Το Υπόγειο Υδατικό Σύστημα Πολιτικών– Ψαχνών έχει ενταχθεί στο Μητρώο Προστατευόμενων Περιοχών, καθώς και διάφορες πηγές και σημεία άντλησης ύδατος.

3.10 Ιστορικό πλημμυρών

Σύμφωνα με το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του ΥΔ Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (GR07) στο Δ. Διρφύων- Μεσσαπίων έχουν καταγραφεί 13 πλημμυρικά γεγονότα ποσοστό που αντιστοιχεί στο 7% των γεγονότων που έχουν καταγραφεί στο ΥΔ. Οι περισσότερες καταγραφές αφορούν το διάστημα από το 2001 έως το 2012. Με βάση την επεξεργασία των ιστορικών συμβάντων περιοχές στην Εύβοια που έχουν σημειωθεί στο παρελθόν καταγεγραμμένα περιστατικά ιστορικών πλημμυρών είναι οι χαμηλές περιοχές των ρεμάτων Μεσσάπιος, Ξεριάς, Μανικιάτης, Σαρανταπόταμος και Χόνδρος (ΕΓΥ, 2018).

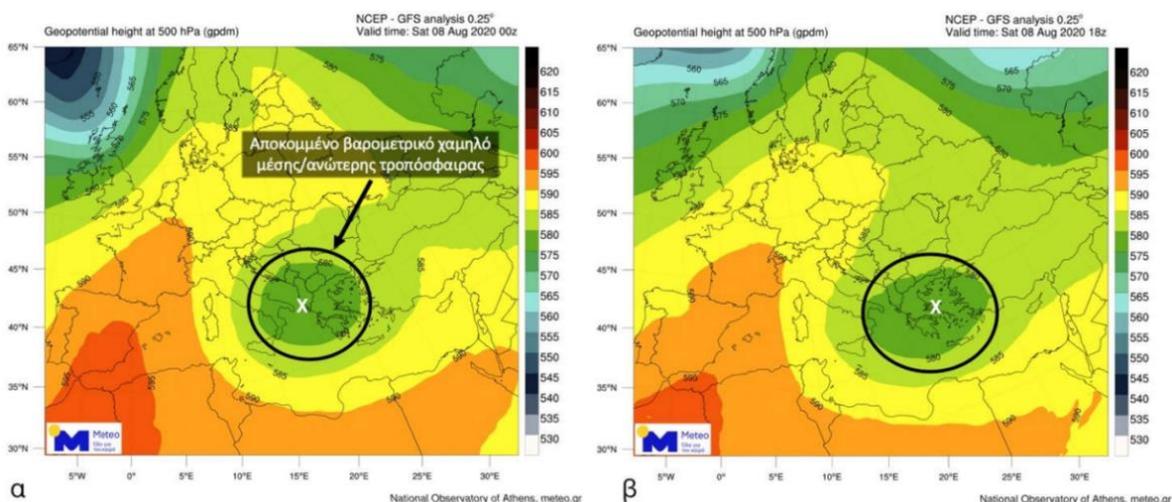
Οι πιο σοβαρές πρόσφατες πλημμύρες που έπληξαν την ευρύτερη περιοχή είναι του 1998, 2002, 2006 και του 2009 και είχαν σημαντικές επιπτώσεις σε πολλούς δήμους, ιδιαίτερα στο δήμο Δίρφους- Μεσσαπίων. Για τα δύο πρώτα πλημμυρικά γεγονότα δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία, ενώ η πλημμύρα στις 30/10/2006 έπληξε τις περιοχές Μακρυκάπα, Καστέλλα και Ψαχνά (Karkani, et al., 2021).

Όπως προκύπτει από σχετική βιβλιογραφία για τον ελληνικό χώρο και διαπιστώνεται και για την εν λόγω περιοχή υπάρχει έλλειψη σε οργανωμένα αρχεία που αφορούν τις ιστορικές πλημμύρες, κάτι που δυσχεραίνει τον εντοπισμό των περιοχών που διατρέχουν υψηλό πλημμυρικό κίνδυνο.

Ως αίτιο των πλημμυρικών αυτών συμβάντων θεωρείται η υπερχειλίση (A11). Λόγω περιορισμού της κοίτης των ρεμάτων υπάρχει αδυναμία παροχέτευσης της πλημμυρικής αιχμής, η οποία έχει αυξηθεί από τις πυρκαγιές (μηχανισμός: παρεμπόδιση ροής A24) (ΕΓΥ, 2018).

4. ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΟ ΣΥΜΒΑΝ 9/8/2020

Από τις απογευματινές ώρες στις 8 Αυγούστου 2020 μέχρι τις πρώτες πρωινές στις 9 Αυγούστου 2020 μια ισχυρή καταιγίδα έπληξε την Κεντρική Εύβοια και πιο συγκεκριμένα τη περιοχή ΒΑ της Χαλκίδας. Η κακοκαιρία «Θάλεια», όπως ονομάστηκε από το ΕΕΑ επηρέαζε τον Ελλαδικό χώρο από τις 5 Αυγούστου 2020. Το κύριο συνοπτικό αίτιο για την εκδήλωση της κακοκαιρίας «Θάλειας», ήταν ένα αποκομμένο βαρομετρικό χαμηλό μέσης και ανώτερης τροπόσφαιρας, σχεδόν στάσιμο, στην περιοχή της Νότιας Αδριατικής και του Ιονίου Πελάγους. Τις πρώτες πρωινές ώρες του Σαββάτου 8 Αυγούστου 2020 το κέντρο της διαταραχής εντοπιζόταν στους χάρτες ανάλυσης στην περιοχή του Ιονίου (Σχήμα α) ενώ 12 ώρες αργότερα είχε κινηθεί ΝΑ πάνω από τον ηπειρωτικό κορμό της χώρας και το κέντρο του εντοπιζόταν στο Κεντρικό Αιγαίο Πέλαγος τα ξημερώματα της Κυριακής 9 Αυγούστου 2020 (Lekkas et al, 2020).

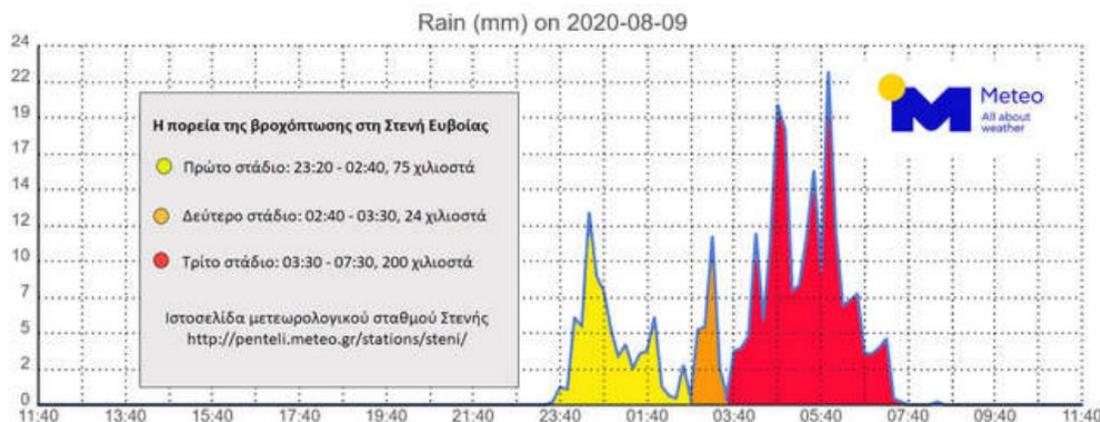


Εικόνα 5: Απεικόνιση της κίνησης του βαρομετρικού χαμηλού που οδήγησε στη κακοκαιρία «Θάλεια» (Καραγιαννίδης & Λαγουβάρδος, 2020a, Lekkas et al, 2020)

4.1 Εκτίμηση της βροχόπτωσης

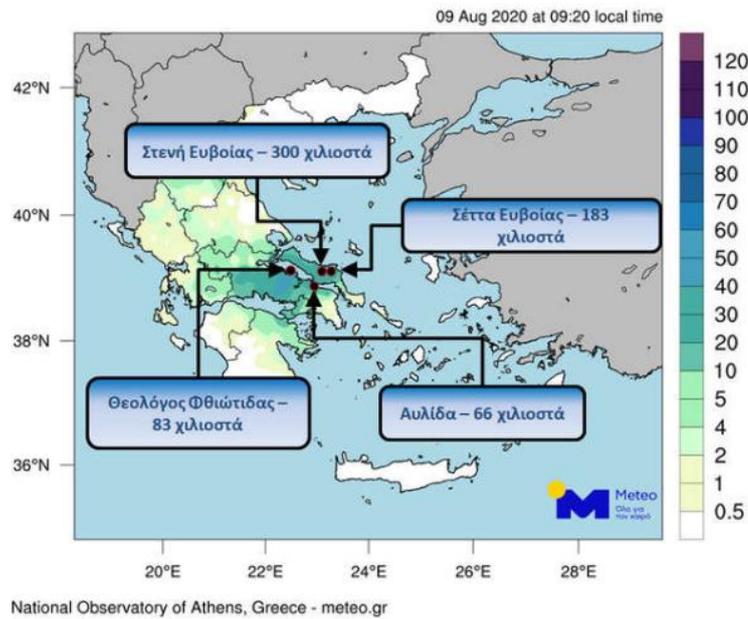
Σύμφωνα με τις καταγραφές του σταθμού του δικτύου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών στη Στενή Ευβοίας οι ισχυρές βροχοπτώσεις στην Κεντρική Εύβοια εκδηλώθηκαν σε τρία στάδια. Το πρώτο στάδιο ξεκίνησε στις 23:20 του Σαββάτου 08/08/20 και διήρκησε έως τις 02:40 της Κυριακής 09/08/20. Κατά το στάδιο αυτό έπεσαν 75 χιλιοστά βροχής. Κατά το δεύτερο στάδιο (02:40 - 03:30 της Κυριακής 09/08) καταγράφηκαν 24 χιλιοστά βροχής. Τέλος, κατά το τρίτο στάδιο (03:30 - 07:30 της Κυριακής 09/08), καταγράφηκαν 200 χιλιοστά βροχής σε διάστημα 4 ωρών. Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η «ακτινογραφία» του

φαινομένου μέσα από τις ανά δεκάλεπτο καταγραφές βροχής του μετεωρολογικού σταθμού στη Στενή (Καραγιαννίδης & Λαγουβάρδος, 2020b).



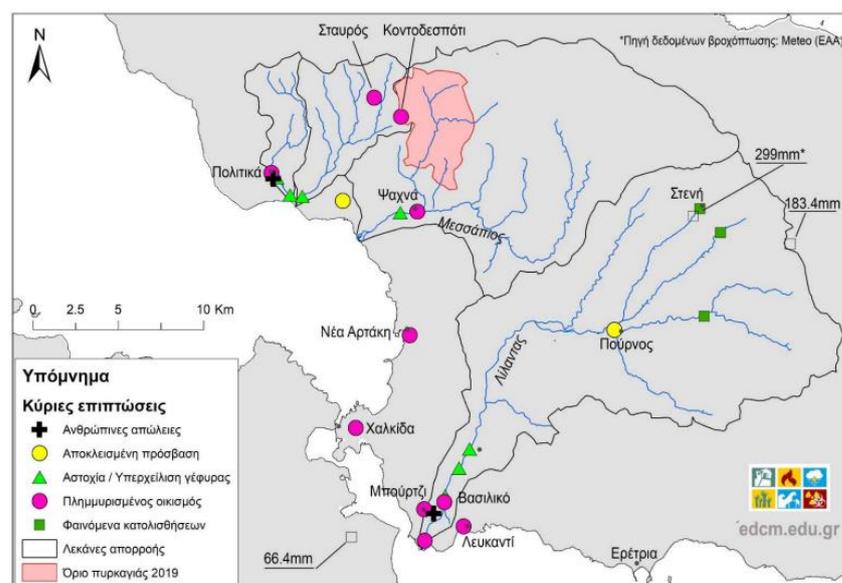
Εικόνα 6: Καταγραφές του σταθμού του δικτύου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών στη Στενή Ευβοίας (Καραγιαννίδης & Λαγουβάρδος, 2020b)

Σύμφωνα με την έκθεση που δημοσίευσε το ΕΑΑ, βροχές και καταιγίδες σημειώθηκαν κατά τη διάρκεια της νύχτας του Σαββάτου 08/08/20 προς Κυριακή 09/08/20 σε αρκετές περιοχές της χώρας. Τα φαινόμενα ήταν πολύ ισχυρά σε Φθιώτιδα, Βοιωτία και Εύβοια. Στο σταθμό της Στενής Ευβοίας καταγράφηκαν 300 χιλιοστά βροχής σε μόλις 8 ώρες. Στο χάρτη που ακολουθεί παρουσιάζεται η βροχή που κατέγραψαν οι μετεωρολογικοί σταθμοί του δικτύου του ΕΑΑ έως το πρωί της Κυριακής 09/08/20. Ενδεικτικά αναφέρεται στην έκθεση του ΕΑΑ ότι, από την αρχή των φαινομένων, αργά το βράδυ του Σαββάτου 08/08/20, έως το πρωί της Κυριακής 09/08/20, στη Σέττα Ευβοίας καταγράφηκαν 183 χιλιοστά, στην Αυλίδα 66 χιλιοστά και στο Θεολόγο Φθιώτιδας 83 χιλιοστά βροχής. Μετεωρολογικοί σταθμοί στις πληγείσες περιοχές (πχ Ψαχνά Ευβοίας) έμειναν εκτός λειτουργίας λόγω των διακοπών ρεύματος και προβλημάτων στα δίκτυα επικοινωνίας. Στο σταθμό στα Ψαχνά Ευβοίας (ο οποίος λόγω ζημιών στις υποδομές έμεινε εκτός σύνδεσης), το ύψος βροχόπτωσης από την κακοκαιρία "Θάλεια" ανήλθε στα 226 χιλιοστά (Καραγιαννίδης & Λαγουβάρδος, 2020b).



Εικόνα 7: Τα ύψη βροχής που κατέγραψαν οι μετεωρολογικοί σταθμοί του δικτύου του ΕΑΑ (Καραγιαννίδης & Λαγουβάρδος, 2020b).

Στην Εύβοια σημειώθηκαν υψηλά ύψη βροχής και έντονη κεραυνική δραστηριότητα, ιδίως ανάμεσα σε Νέα Αρτάκη, Ψαχνά και Στενή. Η έντονη κακοκαιρία διατήρησε την ισχύ της για πέντε συνεχόμενες ώρες. Στον μετεωρολογικό σταθμό στη Στενή Ευβοίας καταγράφηκαν 300 χιλιοστά βροχής σε οχτώ ώρες και στον μετεωρολογικό σταθμό των Ψαχνών το ύψος της βροχής έφτασε τα 226 χιλιοστά. Αποτέλεσμα των βροχοπτώσεων ήταν η υπερχειλίση των ποταμών Λήλαντα, Μεσσαπίου και του ρέματος που διέρχεται από τον οικισμό των Πολιτικών. Το ύψος του νερού σε διάφορα σημεία έφτασε το 1,5 μέτρο, ενώ στο κέντρο των Ψαχνών το ύψος του νερού έφτασε το ένα μέτρο.



Εικόνα 8: Χάρτης που απεικονίζει τις περιοχές που επλήγησαν από το πλημμυρικό συμβάν (Lekkas et al, 2020)

4.2 Μετεωρολογική Περιγραφή

Τις βραδινές ώρες του Σαββάτου 08/08/20 και λόγω της επίδρασης με την τοπογραφία, αναπτύχθηκαν κοντά στο έδαφος περιοχές έντονων συγκλίσεων ανέμου οι οποίες οδήγησαν στην ανύψωση εξαιρετικά ασταθών αερίων μαζών πάνω από το Βόρειο Αιγαίο. Η παρουσία εξαιρετικά ασταθών αερίων μαζών και η απότομη μεταφορά τους αποτυπώνεται στο παρακάτω σχήμα όπου παρουσιάζεται η συγκέντρωση υδρατμών μέσα στην ατμόσφαιρα. Η ισχυρή ροή υγρών αερίων μαζών κάθετα στους ορεινούς όγκους της Ανατολικής Εύβοιας οδήγησε στη μηχανική ανύψωση των ασταθών αερίων μαζών με αποτέλεσμα την απότομη ανωμεταφορά τους. Επιπροσθέτως, η κατανομή των ανέμων καθ' ύψος ευνόησε την δημιουργία ελικοειδούς ροής πάνω από την Εύβοια διαμορφώνοντας το κατάλληλο περιβάλλον για την ανάπτυξη πολύωρων και στάσιμων υπερκύτταρων καταιγίδων (Lekkas et al, 2020).

Η ανάλυση των δορυφορικών εικόνων δείχνει την ανάπτυξη των πρώτων καταιγιδοφόρων νεφών στη Βόρεια Εύβοια το βράδυ του Σαββάτου 8 Αυγούστου 2020. Σε διάστημα περίπου 2 ωρών οι καταιγιδοφόροι πυρήνες οργανώθηκαν σε καταιγίδα μέσης κλίμακας (Mesoscale Convective System) σχεδόν στάσιμης πάνω από την Εύβοια. Η θερμοκρασία της κορυφής των νεφών της καταιγίδας μεταξύ 00.00 και 05.00 έφτανε τους -65°C , σε περιοχές με προεξοχές νεφών αρκετά ψηλότερα από την τροπόπαυση, υποδεικνύοντας πολύ ισχυρά ανοδικά ρεύματα. Στις 05.00 ξεκίνησε η γρήγορη εξασθένηση της καταιγίδας και η πλήρης αποδόμησή της λίγη ώρα αργότερα (Lekkas et al, 2020).

4.3 Αίτια

Οι περιοχές που πλημμύρισαν στη κεντρική Εύβοια, συμπεριλαμβανομένης και της περιοχής μελέτης κατατάσσονται σύμφωνα με την ΕΓΥ στις Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας. Το μεγάλο ύψος βροχής σε σύντομο χρονικό διάστημα, καθώς και η ώρα που διαδραματίστηκε το πλημμυρικό φαινόμενο ήταν δύο παράμετροι που οδήγησαν στις καταστροφικές συνέπειες. Τα υδατικά συστήματα της περιοχής δεν μπόρεσαν να διοχετεύσουν το φορτίο νερού και το έδαφος είχε πολύ μικρά ποσοστά υγρασίας με αποτέλεσμα να μην μπορεί να απορροφήσει μεγάλο ποσοστό των κατακρημνισμάτων το οποίο κατέληξε σε επιφανειακή απορροή.

Διάφορες ερευνητικές ομάδες και ινστιτούτα διενέργησαν αυτοψία μετά το πλημμυρικό συμβάν και όλες οι μελέτες ήταν σύμφωνες πως η ποσότητα και η ραγδαιότητα της βροχής εκείνο το βράδυ ήταν καθοριστικής σημασίας στην εκδήλωση της πλημμύρας. Σύμφωνα με την έκθεση

των Lekkas et al. (2020), η πυρκαγιά του 2019, αν και συνετέλεσε στην αύξηση των φερτών υλικών και του όγκου των υδάτων εκτιμάται ότι έχει περιορισμένο ρόλο στην εκδήλωση των φαινομένων και περιορίζεται σε ένα μόνο κλάδο της λεκάνης απορροής του Μεσσάπιου ποταμού.

Επιπλέον σημαντικό ρόλο είχαν οι ανθρώπινες παρεμβάσεις και ο όγκος των φερτών υλικών που παρασύρθηκαν από τα νερά της πλημμύρας. Συγκεκριμένα στη κεντρική είσοδο του οικισμού των Πολιτικών υπήρχε μια γέφυρα, όπου η στάθμη του νερού την ξεπέρασε κατά 2μ (Υλη, 2021). Ακόμη όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο στην εν λόγω λεκάνη απορροής η απόσταση που διανύουν τα νερά είναι μικρή και οι κλίσεις της λεκάνης στην είσοδο του οικισμού μεγάλες. Όλα αυτά είναι παράμετροι που αυξάνουν την ένταση του πλημμυρικού κύματος.

4.4 Μηχανισμός του πλημμυρικού επεισοδίου

Σύμφωνα με την έκθεση που προέκυψε έπειτα από αυτοψία (Υλη, 2021), η πλημμύρα που συνέβη στη περιοχή των Πολιτικών 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 και στην κατηγορία A21 που αφορά την Φυσική υπερχειλίση του ρέματος Μορτερή. Η λεκάνη απορροής του ρέματος Μορτερή, που περνά μέσα από τα Πολιτικά, είναι μια σημαντική σε έκταση λεκάνη, η οποία έχει μικρό μήκος και πολύ σημαντικές κλίσεις. Η διαδρομή των πλημμυρικών νερών γίνεται σε μικρό χρόνο και με μεγάλη ταχύτητα, διασχίζοντας τον οικισμό. Το σημείο που στενεύει η κοίτη εντός του οικισμού είναι η γέφυρα στον κεντρικό δρόμο, μέσα στο χωριό. Από το σημείο αυτό φαίνεται ότι προκλήθηκε η πρώτη εκτροπή των νερών από την κοίτη, ενώ αργότερα τα νερά κάλυψαν κατά πολύ την στάθμη της γέφυρας και του κεντρικού δρόμου.

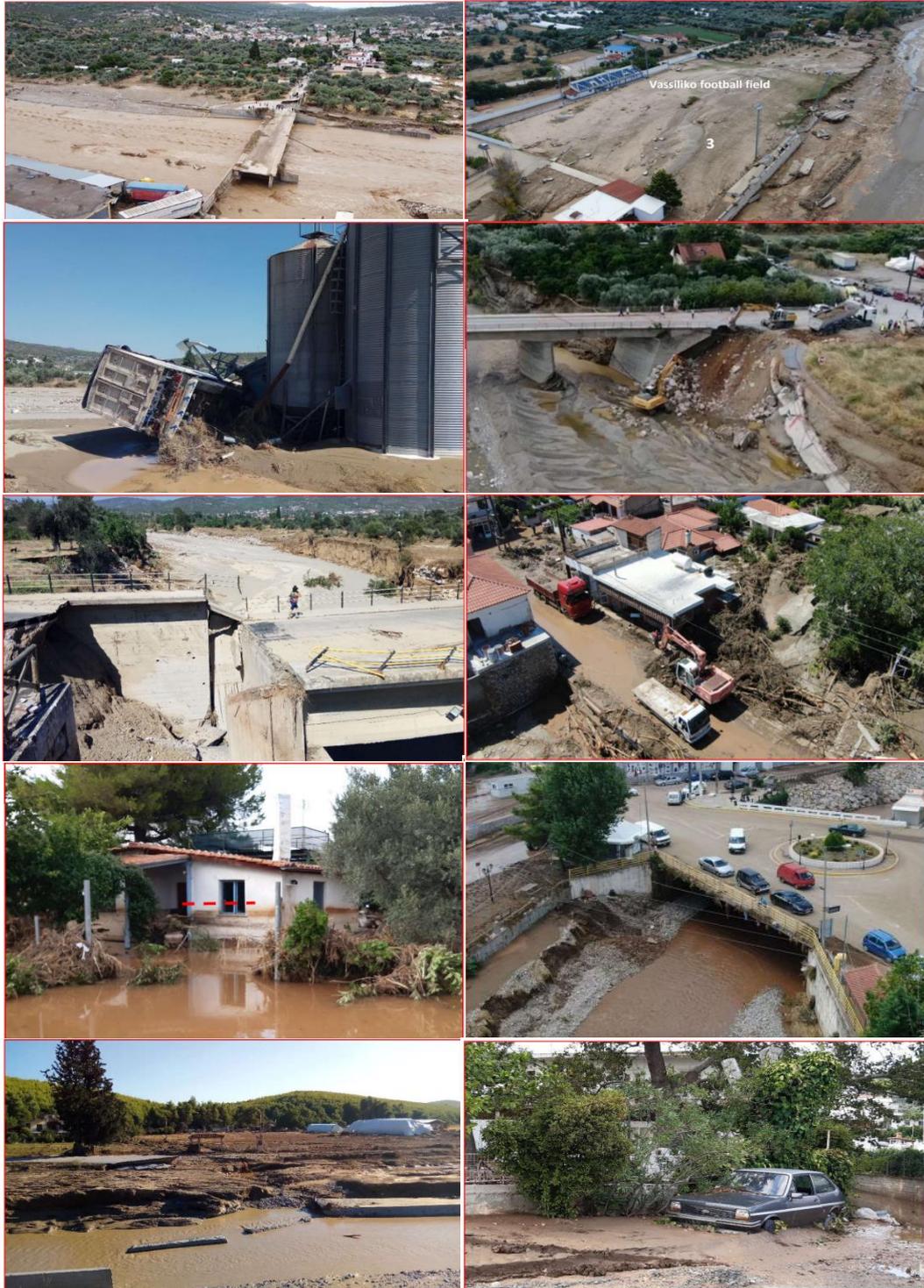
Ο κορεσμός του ρέματος έγινε κατά τις βραδινές ώρες με αποτέλεσμα τα νερά και τα φερτά υλικά που παρέσυραν να φτάσουν στον οικισμό και να πλημμυρίσουν τις ιδιοκτησίες χωρίς προειδοποίηση και με μεγάλη ορμή αφού εκεί είναι το πρώτο σημείο, στην πεδινή ζώνη, που μπορεί να υπερχειλίσει το ρέμα, μεταφέροντας όλο το δυναμικό του σε νερά και μεταφερόμενα υλικά.

4.5 Επιπτώσεις

Όπως προκύπτει από διάφορα δημοσιεύματα στο διαδίκτυο εκείνης της περιόδου οι πλημμύρες προκάλεσαν ζημιές σε περισσότερα από 2.500 σπίτια, καθώς και εκτεταμένες ζημιές σε

επιχειρήσεις, καλλιέργειες κ.ά. Πλημμύρισαν σπίτια και δρόμοι στους οικισμούς Ψαχνά, Πολιτικά, Σταυρός και Κοντοδεσπότι, ενώ 8 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους. Ακόμη προκλήθηκαν ζημιές στις γέφυρες του Βασιλικού, Αφρατίου και Φύλλων (η οποία καταστράφηκε), κατά μήκος του Λήλαντα, με αποτέλεσμα την αποκοπή τμήματος του νησιού από την Στερεά Ελλάδα. Το οδικό δίκτυο υπέστη και σε άλλα σημεία καταστροφές, όπως στην παραλία στο Λευκαντί, και σε πολλά σημεία καλύφθηκε με λάσπες. Εκτεταμένες ζημιές υπέστη το δίκτυο υδροδότησης και ηλεκτροδότησης των χωριών, λόγω της εγγύτητάς του με ρεύματα, με αποτέλεσμα τα Ψαχνά, ο Μίστρος και τα Πολιτικά να μείνουν χωρίς νερό.

Στον οικισμό των Πολιτικών το νερό ξεπέρασε κατά 2 μ. την επιφάνεια της γέφυρας και απλώθηκε μέσα στο χωριό, προκαλώντας ζημιές με κατάκλιση σπιτιών, αποθέσεις φερτών, καταστροφή συσκευών και επίπλων. Κατά την πλημμύρα ξεριζώθηκαν και παρασύρθηκαν από τα νερά δέντρα της παραποτάμιας βλάστησης με τα οποία ήταν καλυμμένη η κοίτη του ρέματος. Πολλά σπίτια γέμισαν με λάσπη και οι αυλές τους με φερτά υλικά. Εκατέρωθεν του δρόμου Ψαχνών – Πολιτικών (ανατολικά των Πολιτικών) και κυρίως στην περιοχή που έχει την πεδινή του κοίτη το ρέμα Πεθαμένου (ή Κρυόρεμα), υπήρχαν πολλοί αγροί που καλύφθηκαν από φερτά υλικά (Υλη, 2021).



Εικόνα 9: Καταστροφές που προκλήθηκαν στο οδικό δίκτυο και σε υποδομές από τη πλημμύρα της 9^{ης} Αυγούστου 2020 (Lekkas et al., 2020)

5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Για τη ποσοτικοποίηση και συναξιολόγηση διαφορετικών παραγόντων με σκοπό την εκτίμηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας σε μια λεκάνη απορροής μπορούν να αξιοποιηθούν οι δυνατότητες που προσφέρουν τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ). Για τη δημιουργία ενός απλοποιημένου μοντέλου αποτίμησης και χαρτογράφησης της επιδεκτικότητας σε πλημμύρες της λεκάνης απορροής του ρέματος των Πολιτικών Ευβοίας εφαρμόστηκε το μοντέλο FIGUSED. Αντίστοιχη μεθοδολογία έχει χρησιμοποιηθεί σε αντίστοιχες μελέτες, όπως για π.χ. των Δημητρίου (2011) για λεκάνες απορροής στη Κύπρο, Kazakis et al. (2015) για τμήματα του Έβρου ποταμού, Σταθόπουλος (2017) για τη λεκάνη του Σπερχειού, Patrikaki et al. (2018) για τη λεκάνη απορροής του χείμαρρου του Περδίκκα, Xiao et al. για τη κατώτερο τμήμα του ποταμού Han, Karymbalis et al. (2021) για τη λεκάνη απορροής του ποταμού Μεγάλο Ρέμα, Ταουκιδου (2021) για τη Π.Ε. Χαλκιδικής κ.ά.

Για την εκτίμηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας, εφαρμόστηκε Πολυκριτηριακή Ανάλυση σε περιβάλλον GIS. Το μοντέλο που δημιουργήθηκε βασίστηκε στην αξιολόγηση 7 διαφορετικών παραμέτρων για το προσδιορισμό της πλημμυρικής επικινδυνότητας. Από τα αρχικά των παραμέτρων αυτών προκύπτει και το όνομα της μεθόδου: **Flow Accumulation, Rainfall Intensity, Geology, Land Use, Slope, Elevation, Distance from the drainage network**. Η επιλογή των παραμέτρων μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τη διαθεσιμότητα των δεδομένων και συγκεκριμένα τοπικά χαρακτηριστικά της εκάστοτε περιοχής, όπως για π.χ. την εξατμισοδιαπνοή, το μέσο ετήσιο αριθμό ημερών έντονης βροχόπτωσης κ.ά. (Patrikaki, et al., 2018).

Η πολυκριτηριακή ανάλυση είναι μια ευρέως διαδεδομένη διαδικασία επίλυσης προβλημάτων όπου χρειάζεται να εξεταστούν πολλοί παράγοντες. Η ανάλυση πολλαπλών κριτηρίων έχει σχεδιαστεί και για να βοηθήσει το «λήπτη» της απόφασης να επιλέξει ανάμεσα σε ένα σύνολο προκαθορισμένων εναλλακτικών λύσεων. Η προσέγγιση πολλαπλών κριτηρίων με βάση τα GIS χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο για την εκτίμηση της επικινδυνότητας πλημμύρας, καθώς παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα. Βασικότερο είναι το ότι απαιτεί χωρικά δεδομένα των παραμέτρων που συμβάλλουν στον κίνδυνο πλημμύρας για την αξιολόγηση της ευπάθειας μιας περιοχής (Ταουκιδου, 2021).

Κατά την εκτέλεση της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης προκύπτει ο Δείκτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας (Flood Hazard Index- FHI) με στόχο το προσδιορισμό των πιο ευάλωτων

σημείων αναφορικά με το πλημμυρικό κίνδυνο (hotspots) (Kazakis, et al., 2015) και να δώσει τη δυνατότητα οι διαφορετικές παράμετροι να είναι συγκρίσιμες μεταξύ τους ανάλογα με το βαθμό που η καθεμιά συνδράμει στην εκδήλωση μιας πλημμύρας.

Αρχικά έγινε εισαγωγή των διαθέσιμων δεδομένων σε ένα φύλο εργασίας του Arc-GIS. Το πρώτο βήμα αφορά την ανάλυση και επεξεργασία της κάθε παραμέτρου ξεχωριστά. Από την επεξεργασία αυτή προκύπτουν θεματικοί χάρτες πλημμυρικής επικινδυνότητας για κάθε παράμετρο στα όρια της περιοχής μελέτης. Ο συνδυασμός των επιμέρους αυτών χαρτών δίνει το τελικό αποτέλεσμα για τη συνολική πλημμυρική επικινδυνότητα της περιοχής.

Σημαντικό για τη σύνθεση του τελικού χάρτη είναι η ταξινόμηση και βαθμονόμηση των τιμών επικινδυνότητας που λαμβάνει η κάθε παράμετρος με τέτοιο τρόπο ώστε να καθίσταται δυνατή η σύγκριση μεταξύ τους (Karymbalis, et al., 2021). Για να επιτευχθεί η ομογενοποίηση των δεδομένων στο πλαίσιο εφαρμογών ΧΠΑ οι λήπτες αποφάσεων καλούνται να μετασχηματίσουν όλα τα θεματικά επίπεδα που θα χρησιμοποιηθούν σε ενιαία τακτική κλίμακα με συνηθέστερη το σύστημα επαναταξινόμησης 5 κλάσεων (Χαλκιάς, 2015). Η μέθοδος που ακολουθήθηκε λοιπόν αφορά μια κοινή κλίμακα πέντε επιπέδων επικινδυνότητας με τη τιμή 1 να αντιστοιχεί σε χαμηλό πλημμυρικό κίνδυνο και τη τιμή 5 σε πολύ υψηλό πλημμυρικό κίνδυνο.

Συνεπώς για κάθε μια από τις παραμέτρους ξεχωριστά παρήχθησαν δύο χάρτες, ένας χάρτης κατανομής των τιμών και ένας με βάση την επαναταξινομημένη κλίμακα ώστε να είναι συγκρίσιμες μεταξύ τους. Στη συνέχεια ακολούθησε καθορισμός συντελεστών βαρύτητας για κάθε παράμετρο και των κανόνων σύνθεσης των μεταβλητών. Σ' αυτήν τη φάση, οι προτιμήσεις των αναλυτών, αναφορικά με τα κριτήρια, ενσωματώνονται στη μοντελοποίηση. Οι προτιμήσεις αυτές ποσοτικοποιούνται με τη μορφή συντελεστών βαρύτητας ή απλά βαρών (weights), οι οποίοι εκφράζουν τη σχετική σπουδαιότητα κάθε κριτηρίου. Συνήθως, αυτοί οι συντελεστές εκφράζονται με δεκαδικούς αριθμούς στο διάστημα 0-1 οι οποίοι αθροίζονται στο 1. Το βήμα αυτό είναι ιδιαίτερα καθοριστικό για την μοντελοποίηση, καθώς αν είναι γνωστοί οι συντελεστές βαρύτητας κάθε κριτηρίου και παράλληλα έχουν οριστεί τα ομογενοποιημένα κριτήρια και οι εναλλακτικές επιλογές, μπορεί να δημιουργηθεί και ο πίνακας αποφάσεων ο οποίος δείχνει την τελική αξιολόγηση κάθε εναλλακτικής επιλογής (Χαλκιάς, 2015).

Η ανάλυση ευαισθησίας (Sensitivity Analysis), και οι τελικοί έλεγχοι των αποτελεσμάτων του μοντέλου, αποτελούν τα τελικά στάδια υλοποίησής του. Παρότι το τελικό αυτό στάδιο είναι σημαντικό για την πιστοποίηση του μοντέλου, συχνά παραλείπεται και τα αποτελέσματά του υιοθετούνται αυτούσια, χωρίς περαιτέρω ελέγχους. Για να εξετασθεί η αξιοπιστία του μοντέλου,

πραγματοποιείται η ανάλυση ευαισθησίας του, η οποία υποδεικνύει τη σταθερότητα του ή με μικρές αλλαγές στη βαθμονόμηση των κριτηρίων σε ενιαία κλίμακα, είτε στους συντελεστές βαρύτητας. Αν σ' αυτό το στάδιο αποδειχθεί ότι το μοντέλο είναι ευάλωτο σε αλλαγές των τιμών των μεταβλητών ή των συντελεστών που επιλέχθηκαν, τότε είτε τροποποιούνται οι συντελεστές βαρύτητας, είτε επανεξετάζονται τα προηγούμενα στάδια της μοντελοποίησης και πραγματοποιείται καλύτερη εξειδίκευση στην επιλογή των κριτηρίων (Χαλκιάς, 2015). Τέλος, η ακρίβεια της μεθοδολογίας και η αποδοχή του μοντέλου βασίζονται στο αρχείο των ιστορικών συμβάντων στη περιοχή μελέτης.

5.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

5.1.1 Καθορισμός συνθηκών ανάλυσης

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η εκτίμηση του πλημμυρικού κινδύνου για τη λεκάνη απορροής του ρέματος Μορτερή στην Εύβοια και για το σκοπό αυτό θα παραχθεί ένας χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας. Το σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιείται είναι το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ'87). Για την επεξεργασία των δεδομένων και τη παραγωγή των χαρτών χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcGIS 10.4.1.

Οι περιοχές με υψηλή επικινδυνότητα πλημμύρας στη λεκάνη του ρέματος Μορτερή έχουν αξιολογηθεί στην παρούσα εργασία με χρήση του μοντέλου FIGUSED σε περιβάλλον GIS, όπως περιεγράφηκε προηγουμένως. Στην παρούσα έρευνα εξαιρείται η μεταβλητή της Βροχόπτωσης λόγω έλλειψης δεδομένων αν και αποτελεί βασικό παράγοντα προσδιορισμού της πλημμυρικής επικινδυνότητας σε μια περιοχή.

Σε ένα φύλο εργασίας ArcGIS ενεργοποιήθηκε η επέκταση «*Spatial Analyst*» που περιέχει όλα τα απαιτούμενα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση. Έγινε προσθήκη του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους (DEM) της περιοχής μελέτης, το οποίο έχει Cell Size 5X5. Στη συνέχεια από την ενότητα «*Geoprocessing*» > «*Enviroments*» καθορίστηκαν οι επιθυμητές παράμετροι όπως θα ισχύουν για όλα τα παραγόμενα επίπεδα με στόχο το σωστό προσανατολισμό τους: «*Processing extent*»: «*same as layer Polygon*», «*Raster analysis*» με «*Cell size: 5*» και «*Mask*» το «*Polygon*». Το νέο «*Map document*» αποθηκεύεται με την ονομασία: «*xarthsepikind_politika.mxd*».

Οι μεταβλητές λοιπόν που λήφθηκαν υπόψιν περιγράφονται στον παρακάτω Πίνακα (Πίνακας 2) όπου παρουσιάζεται και η προέλευση των αντίστοιχων δεδομένων. Ορισμένες από αυτές τις μεταβλητές μπορούν να χρησιμοποιηθούν πρωτογενώς (Χρήσεις Γης, Γεωλογία). Οι υπόλοιπες

μεταβλητές είναι παράγωγα δευτερογενούς επεξεργασίας μέσω διαφόρων εντολών της εργαλειοθήκης «*Spatial Analyst*». Η ανάλυση για τη κάθε παράμετρο ξεχωριστά καθώς και η πλημμυρική επικινδυνότητα που προκύπτει από αυτή την ανάλυση για τη περιοχή μελέτης περιγράφονται αναλυτικά στη συνέχεια. Η κάθε εντολή εκτελείται αρχικά για τα όρια όλου του πολυγώνου και στη συνέχεια γίνεται περικοπή στα όρια της λεκάνης απορροής με τη χρήση της εντολής «*Extract by mask*» για το κάθε επίπεδο και με «*feature mask data*» το επίπεδο «*drainage area*».

Πίνακας 2 : Μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν για το προσδιορισμό της πλημμυρικής επικινδυνότητας και οι πηγές άντλησης των πρωτογενών δεδομένων

Παράμετροι Προσδιορισμού Πλημμυρικής Επικινδυνότητας		Πρωτογενή δεδομένα
Flow Accumulation	Συσσώρευση Ροής	EU-DEM
Geology	Γεωλογία	Φ. γεωλογικού χάρτη
Land Use	Χρήσεις Γης	CLC
Slope	Κλίσεις Αναγλύφου	EU-DEM
Elevation	Υψόμετρο	EU-DEM
Distance from the drainage network	Απόσταση από το Υδρογραφικό Δίκτυο	EU-DEM

Μετά τη πρωτογενή και δευτερογενή επεξεργασία των διαθέσιμων δεδομένων και αφού προσδιορίστηκαν οι απαιτούμενες μεταβλητές έγινε επαναταξινόμηση των τιμών των διαφόρων θεματικών επιπέδων. Αυτό είναι αναγκαίο έτσι ώστε όλα τα επίπεδα να περιέχουν τιμές που θα αναφέρονται σε μια ενιαία κλίμακα ταξινόμησης για να μπορούν να είναι συγκρίσιμες μεταξύ τους. Επιλέγεται λοιπόν να γίνει επαναταξινόμηση των τιμών σε μια κλίμακα με τιμές από το 1 έως το 5, που θα δείχνει την επικινδυνότητα σε πλημμύρα για τη λεκάνη απορροής του Μορτερή. Η τιμή 1 θα αντιστοιχεί σε πολύ χαμηλό πλημμυρικό κίνδυνο και η τιμή 5 σε πολύ υψηλό πλημμυρικό κίνδυνο.

Η λειτουργία αυτή γίνεται εφαρμόζοντας την εντολή «*Reclassify*» του «*Spatial Analyst*» για κάθε μεταβλητή ξεχωριστά. Έτσι τα διαφορετικά θεματικά επίπεδα γίνονται συγκρίσιμα μεταξύ τους. Με βάση τους αναγνωρισμένους χρωματικούς κώδικες για τις τιμές χαμηλής επικινδυνότητας (1 και 2) θα χρησιμοποιηθούν διαφορετικοί τόνοι του πράσινου με τον πιο σκούρο να αντιπροσωπεύει τη τιμή 1, για την ενδιάμεση τιμή 3 θα χρησιμοποιηθεί το κίτρινο χρώμα, για τη τιμή 4 το πορτοκαλί και για τη πλέον υψηλή τιμή επικινδυνότητας το 5 θα χρησιμοποιηθεί το κόκκινο χρώμα.

Ακολουθεί ανάλυση για τη κάθε παράμετρο ξεχωριστά, καθώς και πίνακας με τις τιμές που πρέπει να χρησιμοποιηθούν για να επιτευχθεί αντιστοίχιση των αρχικών τιμών της εκάστοτε μεταβλητής με τις επαναταξινομημένες τιμές αντιστοίχισης τους σε πλημμυρική επικινδυνότητα. Αποτέλεσμα της ανάλυσης αυτής είναι η παραγωγή δύο διαφορετικών χαρτών για τη κάθε μεταβλητή, ένας με τη κατανομή των τιμών και ένας με βάση την επαναταξινομημένη κλίμακα. Η βαθμονόμηση αυτή της επικινδυνότητας των μεταβλητών προκύπτει από τη διαθέσιμη βιβλιογραφία και στηρίζεται στα επιμέρους χαρακτηριστικά των μεταβλητών αυτών.

5.1.2 Επεξεργασία πρωτογενών μεταβλητών

5.1.2.1 Επίπεδο Γεωλογίας

Η λιθολογία μιας περιοχής αποτελεί σημαντικό παράγοντα προσδιορισμού της πλημμυρικής επικινδυνότητας, καθώς μπορεί να επηρεάσει σε σημαντικό βαθμό το μέγεθος των πλημμυρικών γεγονότων. Οι μηχανικές ιδιότητες των πετρωμάτων είναι αυτές που επηρεάζουν τη δυνατότητα κυκλοφορίας του νερού και το ποσοστό κατείσδυσης. Τα αδιαπέρατα πετρώματα (π.χ. οφιόλιθοι, φλύσχης κ.ά.) ευνοούν την επιφανειακή απορροή και αυξάνουν την ένταση των πλημμυρικών φαινομένων, ενώ οι διαπερατοί σχηματισμοί (π.χ. κροκάλες, ασβεστόλιθοι, ψαμμίτες κ.ά.) ευνοούν τη διείσδυση του νερού σε αυτούς και μπορούν να οδηγήσουν σε μείωση της απορροής. Προκύπτει λοιπόν πως το υπόβαθρο της περιοχής μελέτης αποτελείται από 7 διαφορετικούς τύπους πετρωμάτων, οι οποίοι παρουσιάζονται στο Πίνακα 3.

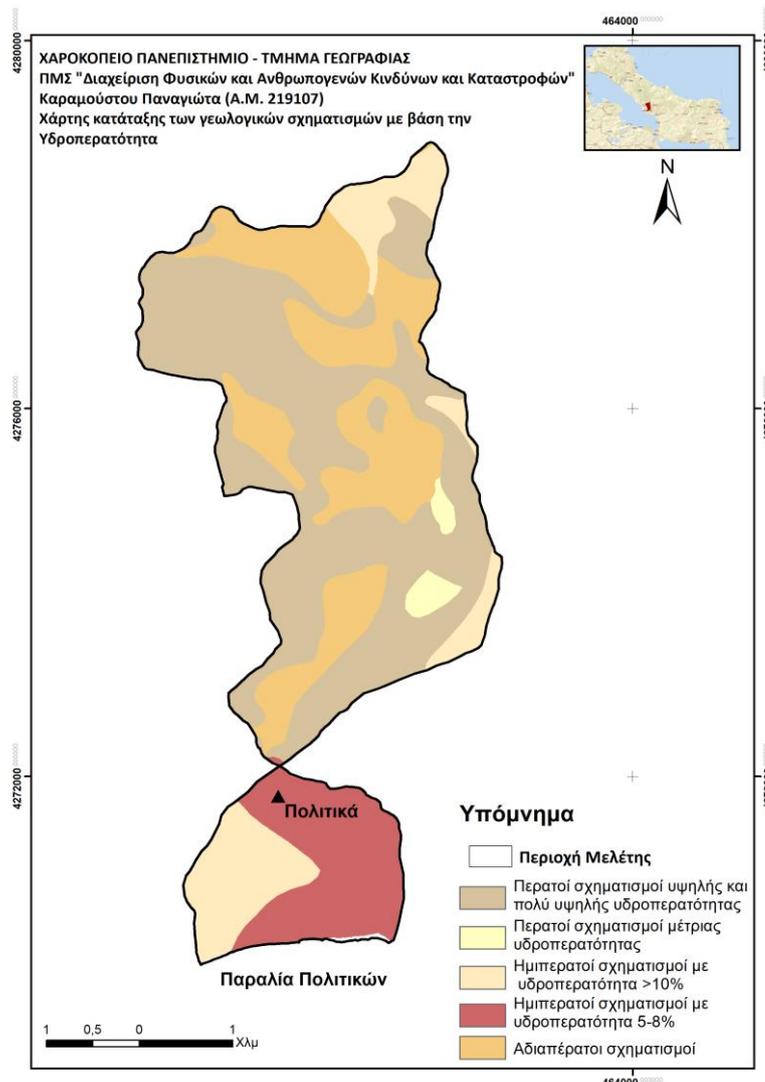
Πίνακας 3: Επαναταξινομημένες τιμές επικινδυνότητας με βάση τους λιθολογικούς σχηματισμούς της λεκάνης και η έκταση που καταλαμβάνει κάθε κλάση επικινδυνότητας

Τύπος πετρώματος	Σύμβολο	Επαναταξ. τιμή	Υδρολιθολογική Κατηγορία	Έκταση (Km ²)	Έκταση (%)
Ασβεστόλιθοι μικρολατυποπαγείς εως θρομβώδεις	Ks.k	1	C1	8,35	46,38
Κώνοι από μεγάλα τεμάχια μαρμάρων ισχυρά συγκολλημένα	cs2	2	C3	0,28	1,56
Λιμναίες αποθέσεις: στρωμ. κροκαλοπαγών, μαργών, ψαμμιτών, αργίλων και μαρ	Ng.Ik	3	B1	2,41	13,40
Κροκάλες και λατύπες σε κοίτες χειμάρρων	al	4	B2	2,31	12,80
Οφιόλιθοι: γάββρος, περιδοτίτες, σερπεντίνες	o	5	A1	4,66	25,86
Φλύσχης αδιαίρετος	fs,g		A2		
Σιδηρονικελιούχα κοιτάσματα	fn		A2		

εμφάνισης, τη πίεση που δέχεται από τα υπερκείμενα, τις ρωγμές που έχει υποστεί, την αποσάθρωση κ.ά.

Ακολουθήθηκε η κατηγοριοποίηση των διαφορετικών τύπων πετρωμάτων ανάλογα με την υδροπερατότητα και το συντελεστή κατείσδυσης τους, όπως περιγράφεται στο Παράρτημα Ι του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας.

Στο «Attribute Table» έγινε προσθήκη μιας νέας στήλης (erosion) στην οποία γίνεται κατηγοριοποίηση των πετρωμάτων με βάση την υδροπερατότητα τους. Στη συνέχεια είναι απαραίτητη η μετατροπή του αρχείου από Vector μορφή σε Raster με κοινό προσανατολισμό με τα υπόλοιπα layers που θα χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση. Αυτό γίνεται με το εργαλείο «Polygon to Raster» με επιλογή ως «field» τη στήλη που δημιουργήθηκε με τις επαναταξινομημένες τιμές (erosion). Απο την εντολή αυτή προκύπτει ο Χάρτης 2.



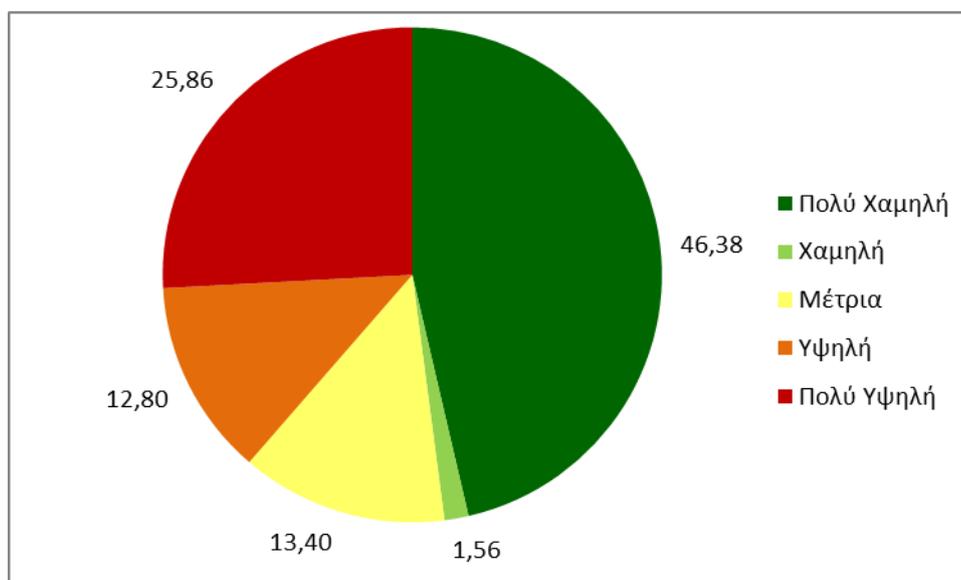
Χάρτης 2: Ταξινόμηση των γεωλογικών σχηματισμών με βάση την Υδροπερατότητα

Επικινδυνότητα ως προς τη Γεωλογία

Η κλίμακα που χρησιμοποιήθηκε για την επαναταξινόμηση των τιμών του επιπέδου της Γεωλογίας είναι αυτή από το 1 έως το 5. Οι περατοί σχηματισμοί έλαβαν τις τιμές κοντά στο 1, ενώ τα αδιαπέρατα πετρώματα είναι εκείνα που εμφανίζουν το μεγαλύτερο πλημμυρικό κίνδυνο.

Πιο συγκεκριμένα τέθηκε η τιμή 5 για τους αδιαπέρατους σχηματισμούς, 4 για τους ημιπερατούς σχηματισμούς με υδροπερατότητα 5-8%, 3 για τους ημιπερατούς σχηματισμούς με υδροπερατότητα >10%, 2 για τους περατούς σχηματισμούς μέτριας υδροπερατότητας (με ποσοστό κατείσδυσης 10-15%) και η τιμή 1 για τους περατούς σχηματισμούς υψηλής υδροπερατότητας και πολύ υψηλής υδροπερατότητας (με ποσοστό κατείσδυσης >20%).

Εφαρμόζοντας την εντολή «*Reclassify*» προέκυψε ο Χάρτης 3. Παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης απορροής απαρτίζεται κυρίως από περιοχές με πολύ υψηλή επικινδυνότητα σε ποσοστό 25,86% της έκτασης της λεκάνης (Σχήμα).

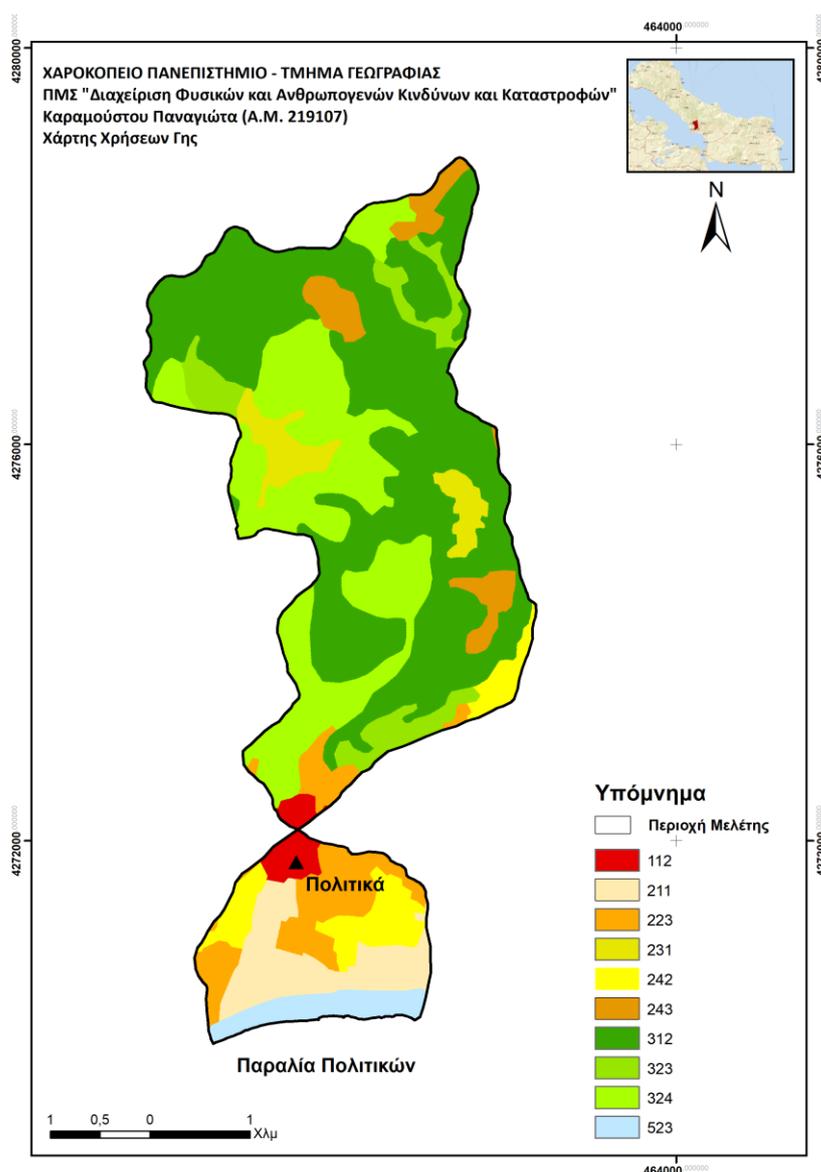


Σχήμα 1: το ποσοστό επί τις % της συνολικής έκτασης που καταλαμβάνει κάθε κλάση επικινδυνότητας ως προς την υδροπερατότητα των γεωλογικών σχηματισμών

χρησιμοποιήθηκε η εντολή «Clip» και για όριο το επίπεδο «Polygon». Για την χρωματική απεικόνιση χρησιμοποιήθηκαν οι χρωματισμοί βάσει των επίσημων κωδικών RGB του CLC.

Όπως προκύπτει στην περιοχή μελέτης εντοπίζονται 10 διαφορετικοί τύποι κάλυψης γης με το μεγαλύτερο μέρος να αποτελείται από δάση και εκτάσεις με ποώδη βλάστηση. Το δάσος γενικά ευνοεί τη διήθηση του νερού, ενώ οι γεωργικές περιοχές επιτρέπουν τη ροή περισσότερου νερού με τη μορφή επιφανειακής ή υποεπιφανειακής απορροής.

Κατά την ανάλυση έγινε μετατροπή του αρχείου σε Raster μορφή με την εντολή «Features to Raster» και ως «Field» επιλέγεται η κατηγορία «Code 18». Το αποτέλεσμα της διεργασίας αυτής για την λεκάνη απορροής απεικονίζεται στο Χάρτη 4.



Χάρτης 4: Χρήσεις γης στη λεκάνη απορροής του ρ. του Μορτερί

Επικινδυνότητα ως προς τις Χρήσεις Γης

Το είδος των εδαφών της λεκάνης, η υδατοπερατότητα τους και η φυτοκάλυψη επηρεάζουν ιδιαίτερα τα υδρολογικά ελλείματα και την επιφανειακή απορροή. Οι μηχανικές ιδιότητές των εδαφών, καθορίζουν το ρυθμό της διήθησης και επηρεάζουν άμεσα την απορροή. Η φυτοκάλυψη επηρεάζει την επιφανειακή απορροή τόσο λόγω της μείωσης του όγκου της που κατακρατείται, εξατμίζεται ή απορροφάται απ' αυτήν όσο και της χρονικής υστέρησης που προκαλεί ανάλογα με την τραχύτητα των εδαφών. Γενικά η φυτοκάλυψη δρα προς την κατεύθυνση της μείωσης του όγκου άμεσης απορροής, και της επιβράδυνσης και εξομάλυνσης των ρυθμών της, με τελική συνέπεια τη μείωση των αιχμών των πλημμυρικών υδρογραφημάτων (Κουκουβίνος, 2012).

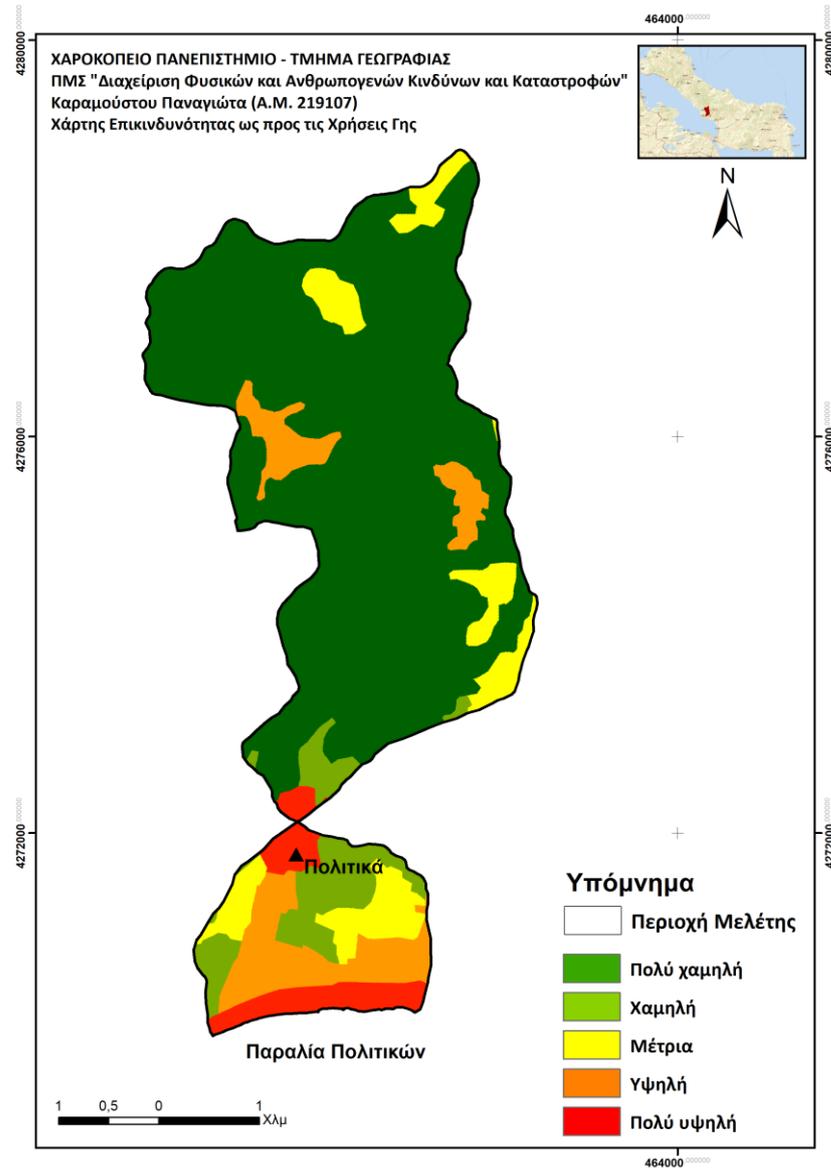
Οι περιοχές που αντιμετωπίζουν το μεγαλύτερο πλημμυρικό κίνδυνο είναι αυτές του αστικού ιστού και άλλες κατηγορίες που παρεμποδίζουν τη φυσική ροή του νερού. Αντίθετα τα δάση και περιοχές με υψηλό βαθμό φυτοκάλυψης είναι εκείνες που αντιμετωπίζουν το μικρότερο πλημμυρικό κίνδυνο. Οι δασικές εκτάσεις και η βλάστηση κάθε είδους προστατεύουν τα εδάφη από τη διάβρωση. Ακολουθήθηκε η κατηγοριοποίηση με βάση τον Κακωνάς (2019) και έγινε διάκριση 5 κατηγοριών επικινδυνότητας για τη λεκάνη απορροής του ρέματος του Μορτερή, όπως παρουσιάζονται στο Πίνακα 4.

Πίνακας 4: Επαναταξινομημένες τιμές επικινδυνότητας με βάση τις Χρήσεις Γης στη λεκάνη και η έκταση που καταλαμβάνει κάθε κλάση επικινδυνότητας

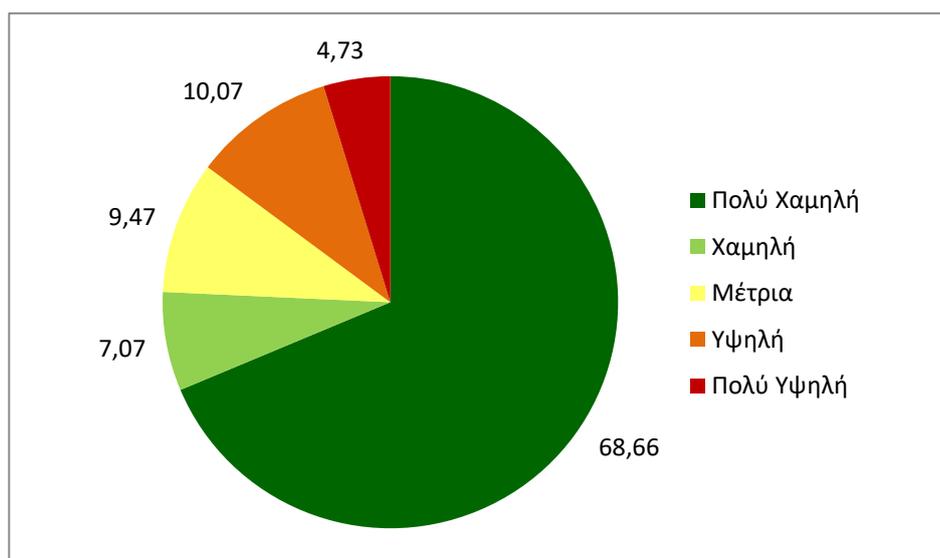
Κατηγορία	CLC_CODE	Επαναταξ. τιμή	Έκταση (Km ²)	Έκταση (%)
Πλατύφυλλα δάση, Δάση κωνοφόρων, Μικτά δάση, Σκληροφυλλική βλάστηση, Μεταβατικές δασικές-θαμνώδεις εκτάσεις	311, 312, 313, 323, 324	1	12,40	68,66
Ελαιώνες	223	2	1,28	7,07
Συστήματα καλλιέργειας, Γεωργικές εκτάσεις με σημαντικές φυσική βλάστηση	242, 243	3	1,71	9,47
Μη αρδευόμενες καλλιεργήσιμες εκτάσεις, Βοσκοτόπια	211, 231	4	1,82	10,07
Συνεχής αστικός ιστός, Βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες, Τοποθεσίες εξόρυξης ορυκτών, Θαλάσσια νερά	112, 121, 131, 523	5	0,86	4,73

Το αποτέλεσμα απεικονίζεται στο Χάρτη 5, όπου φαίνεται πως το μεγαλύτερο τμήμα της λεκάνης απορροής χαρακτηρίζεται από πολύ χαμηλή επικινδυνότητα πλημμύρας. Λίγα τμήματα

είναι αυτά που αντιμετωπίζουν υψηλή και πολύ υψηλή επικινδυνότητα και βρίσκονται διάσπαρτα στη περιοχή μελέτης και κυρίως προς την έξοδο της λεκάνης.



Χάρτης 5: Επικινδυνότητα ως προς τις χρήσεις γης



Σχήμα 2: το ποσοστό επί τις % της συνολικής έκτασης που καταλαμβάνει κάθε κλάση επικινδυνότητας ως προς τη παράμετρο των χρήσεων γης

5.1.2.3 Βροχόπτωση

Για να εκτιμηθεί η συνεισφορά της βροχόπτωσης στη σύνταξη του τελικού χάρτη πλημμυρικής επικινδυνότητας χρησιμοποιείται η χωρική κατανομή της Μέσης Ετήσιας Βροχόπτωσης. Ο υπολογισμός της Μέσης Ετήσιας Βροχόπτωσης βασίζεται στα διαθέσιμα κλιματικά δεδομένα. Ιδανικά τα βροχομετρικά δεδομένα θα πρέπει να προέρχονται από μετεωρολογικούς σταθμούς εντός ή πλησίον της περιοχής μελέτης και να καλύπτουν μια μακρά χρονική περίοδο (περίπου τριακονταετίας). Σημαντικό είναι η περίοδος αναφοράς των δεδομένων να είναι κοινή για όλους τους σταθμούς.

Η ένταση βροχόπτωσης υπολογίζεται με τον τροποποιημένο δείκτη Fournier (MFI - Modified Fournier Index) και εκφράζεται με το άθροισμα του τετραγώνου της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης προς τη μέση ετήσια βροχόπτωση ενός βροχομετρικού σταθμού (Δοσιάδης, Ε., 2019). Σε φύλλο εργασίας του Excel γίνεται υπολογισμός του δείκτη MFI για κάθε σταθμό και στη συνέχεια στο GIS γίνεται ψηφιοποίηση των σταθμών και προσθήκη στο Attribute Table του δείκτη. Έπειτα εφαρμόζεται η εντολή «*Spline*» και η κατηγοριοποίηση των αποτελεσμάτων σε 5 κλάσεις.

Βροχομετρικά δεδομένα για την ευρύτερη περιοχή της Εύβοιας προκύπτουν από το δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών του ΕΑΑ (meteo.gr). Εντός της λεκάνης απορροής του ρέματος Μορτερή δεν υπάρχει εγκατεστημένος μετεωρολογικός σταθμός. Οι εγγύτεροι μετεωρολογικοί σταθμοί στη περιοχή μελέτης είναι στα Ψαχνά και στη Μακρυκάπα, οι οποίοι όμως ξεκίνησαν να παρέχουν δεδομένα από τον Σεπτέμβριο του 2018 και τον Δεκέμβριο του 2020 αντίστοιχα.

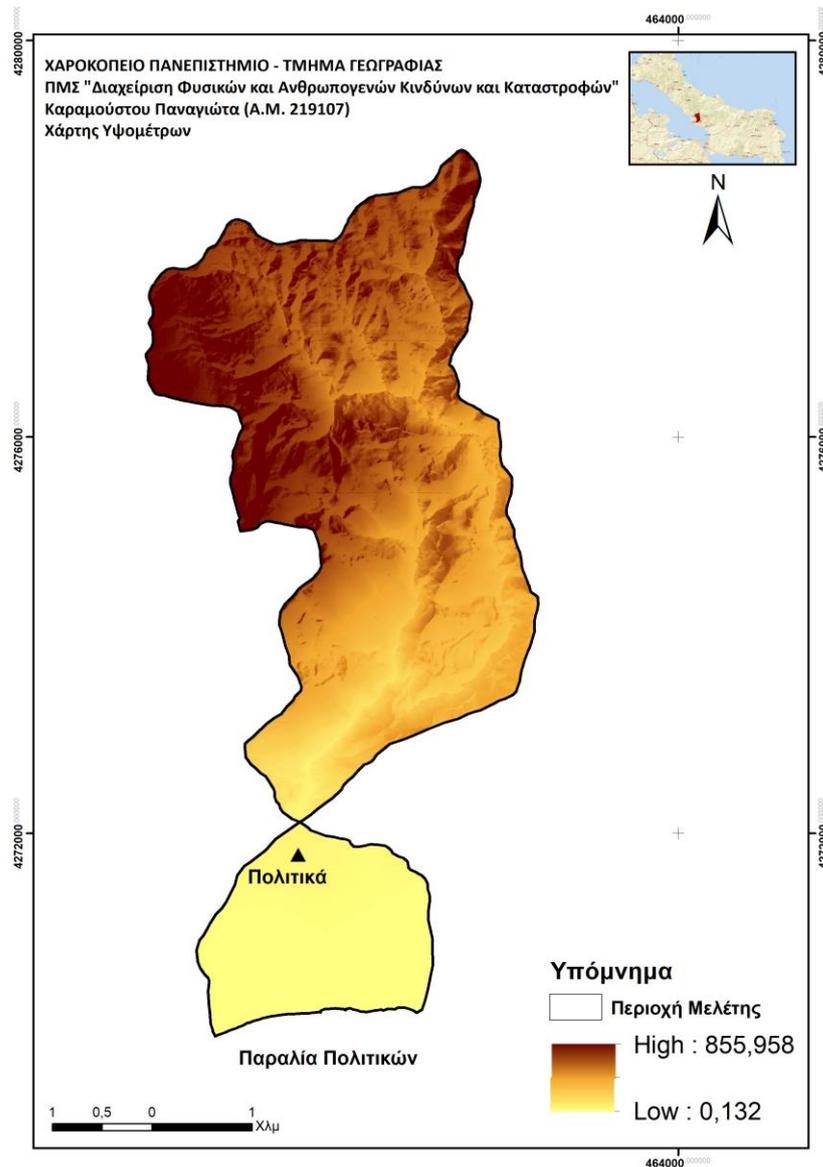
Τα δεδομένα των πλησιέστερων σταθμών δε κρίθηκαν ικανοποιητικά λόγω της μεγάλης απόστασης των σταθμών από τη περιοχή μελέτης που τα καθιστά ως μη αντιπροσωπευτικά για τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στη περιοχή.

5.1.3 Επεξεργασία δευτερογενών μεταβλητών

5.1.3.1 Υψόμετρο

Το υψόμετρο μιας περιοχής απεικονίζεται στο Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM) της και αποτελεί την ψηφιδωτή αναπαράσταση του υψομέτρου της γήινης επιφάνειας. Στην περίπτωση διαθέσιμων δεδομένων που αφορούν κυρίως υψομετρικά σημεία και ισοϋψείς καμπύλες, καθώς και υδρογραφικό δίκτυο, ένα ΨΜΕ μπορεί να κατασκευαστεί μέσω του αλγορίθμου «*Toro to Raster*» της εργαλειοθήκης «*Spatial Analyst Tools*», ο οποίος παρεμβάλει τις τιμές των παραπάνω δεδομένων, προσδιορίζοντας το υψόμετρο σε περιοχές που δεν υπάρχουν δεδομένα, αποδίδοντάς τους τιμές.

Το νερό ρέει από τις μεγαλύτερου υψομέτρου περιοχές προς τις χαμηλότερες με αποτέλεσμα οι πεδινές περιοχές να είναι πιο επιρρεπείς σε πλημμύρες. Αυτό επιβεβαιώνεται και από το χάρτη που προκύπτει από την επεξεργασία του DEM της λεκάνης απορροής του ρέματος στη περιοχή των Πολιτικών. Στο Χάρτη 6 είναι εμφανές πως το υψόμετρο μειώνεται μέχρις ότου φτάσει στην ακτογραμμή όπου παίρνει τη τιμή 0. Το μέγιστο υψόμετρο στη λεκάνη φτάνει τα 855,96 μέτρα, ενώ το ελάχιστο τα 0,13 μέτρα πάνω από το υψόμετρο της θάλασσας.



Χάρτης 6: Απεικόνιση του υψομέτρου στη λεκάνη απορροής του ρ. του Μορτερή

Επικινδυνότητα ως προς το υψόμετρο

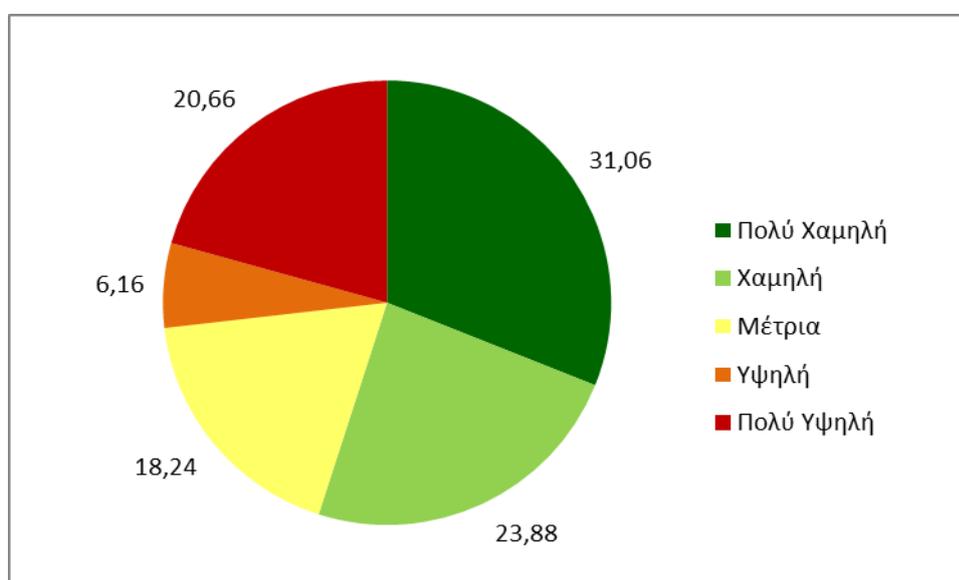
Στο Χάρτη 7 απεικονίζεται η επαναταξινομημένη κλίμακα πλημμυρικής επικινδυνότητας ως προς το υψόμετρο για τη λεκάνη απορροής του ρέματος του Μορτερή. Όσο μεγαλύτερο το υψόμετρο τόσο μικρότερος είναι ο πλημμυρικός κίνδυνος που αντιμετωπίζει η περιοχή. Η ταξινόμηση της επικινδυνότητας έγινε σε 5 κλάσεις όπως παρουσιάζονται στο Πίνακα 5. Εφαρμόστηκαν οι εντολές «*Reclassify*» και «*Extract by Mask*» με επιλογή ως «*Mask data*» το επίπεδο «*drainage area*».

Όπως προκύπτει από την ανάλυση και φαίνεται γραφικά και στο σχήμα η κλάση πολύ χαμηλής επικινδυνότητας καταλαμβάνει τη μεγαλύτερη έκταση στη λεκάνη με ποσοστό της τάξης του

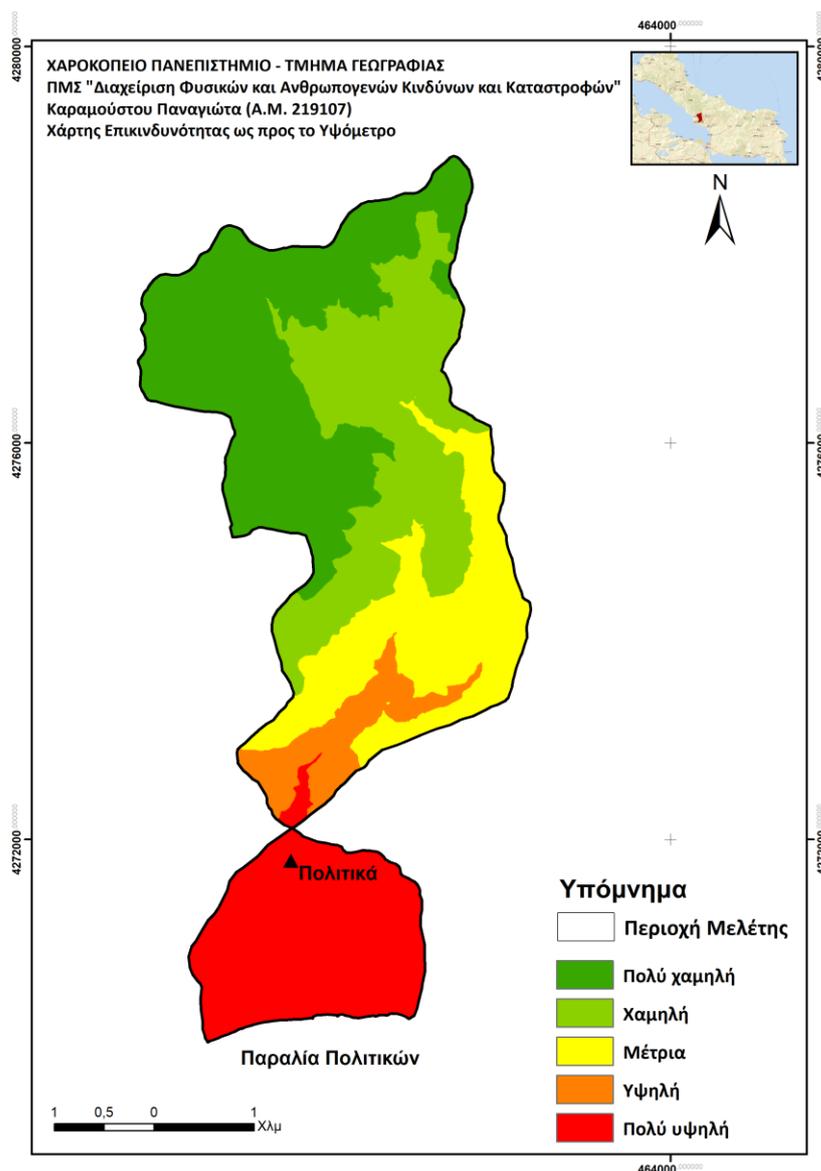
31,06%, ενώ και η κλάση της πολύ υψηλής επικινδυνότητας καταλαμβάνει αρκετά μεγάλη έκταση της τάξης του 20,66%.

Πίνακας 5: Επαναταξινομημένες τιμές επικινδυνότητας με βάση το υψόμετρο της λεκάνης και η έκταση που καταλαμβάνει κάθε κλάση επικινδυνότητας

Υψόμετρο (m)	Επίπεδο Επικινδυνότητας	Τιμή Επαν/σης	Έκταση (Km ²)	Έκταση (%)
584- 856	Πολύ Χαμηλή	1	5,61	31,06
416- 584	Χαμηλή	2	4,31	23,88
242- 416	Μέτρια	3	3,29	18,24
87- 242	Υψηλή	4	1,11	6,16
0 – 87	Πολύ Υψηλή	5	3,73	20,66



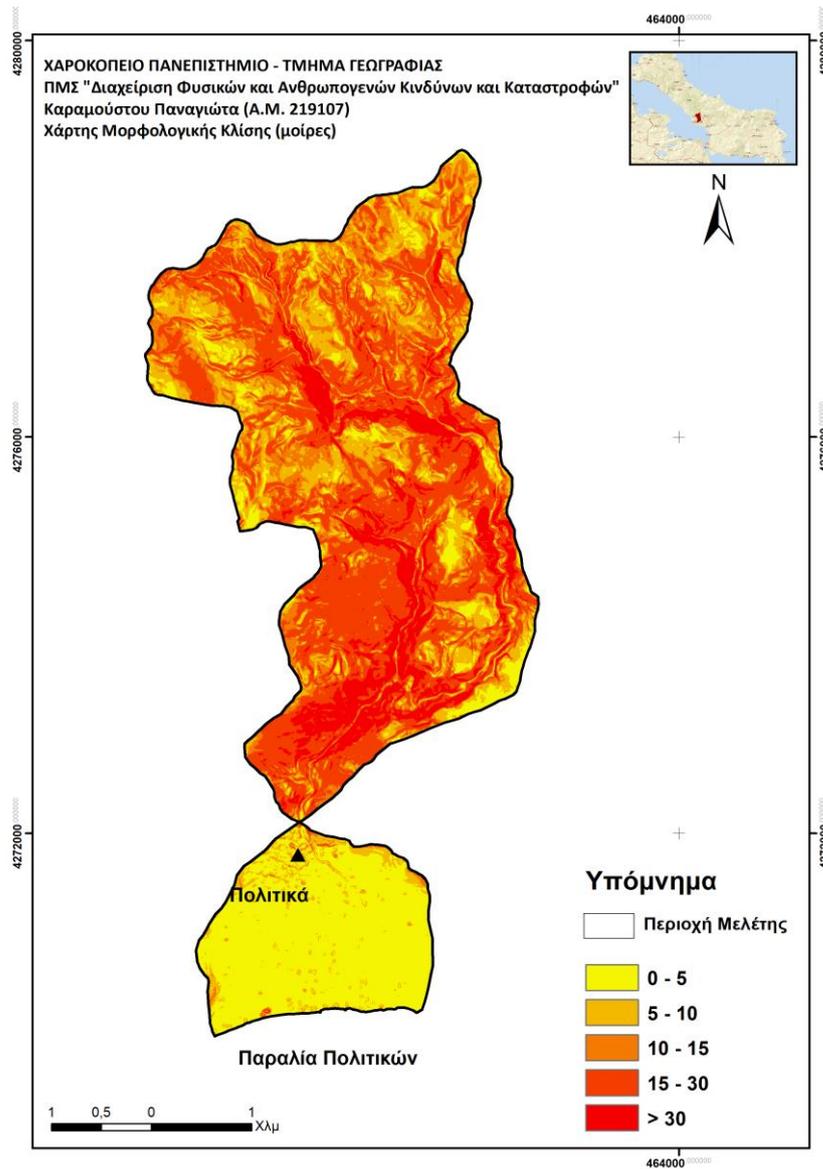
Σχήμα 3: το ποσοστό επί τις % της συνολικής έκτασης που καταλαμβάνει κάθε κλάση επικινδυνότητας ως προς τη παράμετρο του εδαφικού υψομέτρου



Χάρτης 7: Επικινδυνότητα ως προς το υψόμετρο

5.1.3.2 Κλίση Ανάγλυφου

Η κλίση συσχετίζεται σε μεγάλο βαθμό τόσο με τον όγκο και την ταχύτητα της επιφανειακής απορροής, όσο και με τη διείσδυση στα υπόγεια ύδατα. Επίπεδες περιοχές είναι πιο επιρρεπείς σε πλημμυρικά επεισόδια πιο γρήγορα από τις επικλινείς περιοχές όπου η απορροή ρέει προς τις χαμηλότερες υψομετρικά περιοχές. Η κατασκευή του χάρτη γίνεται μέσω του ΨΜΕ, με τη χρήση του εργαλείου «Slope» της εργαλειοθήκης «Spatial Analyst Tools». Όπως προκύπτει η λεκάνη απορροής έχει έντονο ανάγλυφο ενώ στην έξοδο της υπάρχει απότομη μεταβολή της κλίσης που είναι υπεύθυνη για το σχηματισμό του ριπιδίου. Η μέγιστη κλίση είναι 62.64° , ενώ η ελάχιστη 0° και δημιουργήθηκαν 5 κλάσεις: < 5° , 5- 10° , γ) 10- 15° , δ) 15- 30° και ε) $> 30^\circ$.



Χάρτης 8: Μορφολογική κλίση στη λεκάνη απορροής του ρ. του Μορτερή

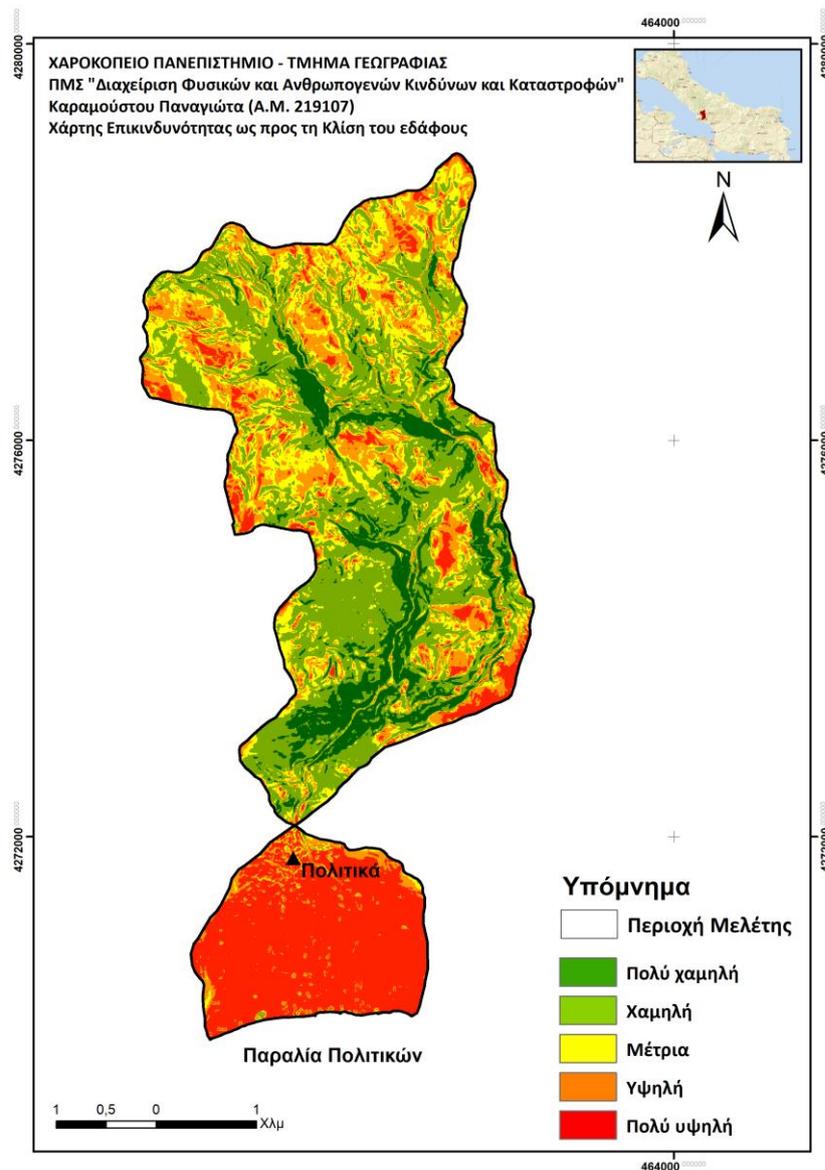
Επικινδυνότητα ως προς τη κλίση

Όσο πιο ήπια είναι η μορφολογική κλίση της περιοχής τόσο αυξάνει και ο κίνδυνος εκδήλωσης πλημμυρικών φαινομένων, καθώς δε διευκολύνεται η ροή του νερού προς τα κατόντη. Στη περιοχή μελέτης όπως προκύπτει το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής αντιστοιχεί στη κατηγορία χαμηλής επικινδυνότητας, ενώ ακολουθεί σε έκταση η κατηγορία πολύ υψηλής επικινδυνότητας. Οι 5 κλάσεις επικινδυνότητας προκύπτουν, όπως παρουσιάζονται στο Πίνακα 6 και στο Σχήμα 4 φαίνεται η έκταση σε ποσοστό επί της % που καταλαμβάνει η κάθε κλάση επικινδυνότητας.

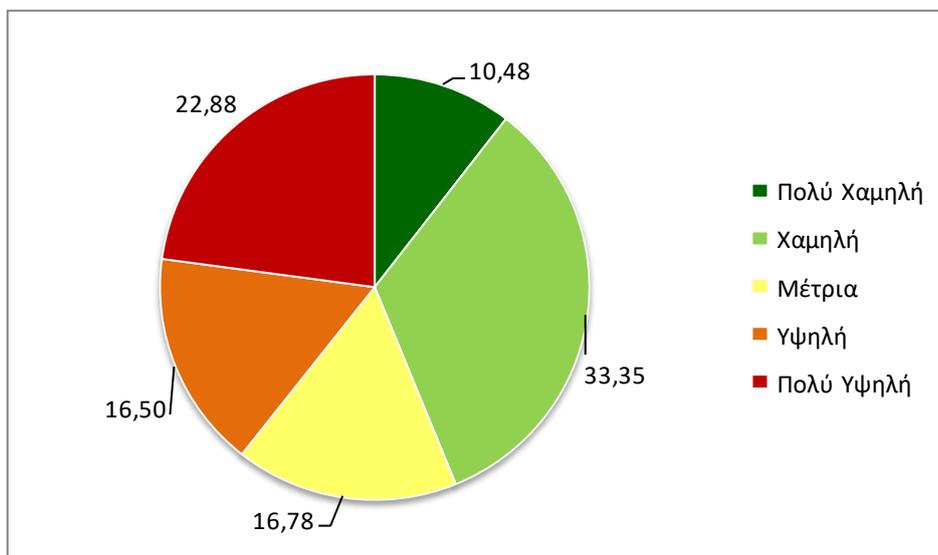
Πίνακας 6: Επαναταξινομημένες τιμές επικινδυνότητας με βάση τη μορφολογική κλίση της λεκάνης και η έκταση που καταλαμβάνει κάθε κλάση επικινδυνότητας

Κλίση (°)	Επίπεδο Επικινδυνότητας	Τιμή Επαν/σης	Έκταση (Km ²)	Έκταση (%)
>30	Πολύ Χαμηλή	1	1,89	10,48
15-30	Χαμηλή	2	6,02	33,35
10-15	Μέτρια	3	3,03	16,78
5-10	Υψηλή	4	2,98	16,50
0 – 5	Πολύ Υψηλή	5	4,13	22,88

Στο Χάρτη 9 απεικονίζεται η πλημμυρική επικινδυνότητα που αντιμετωπίζει η λεκάνη του ρέματος του Μορτερή σχετικά με τις εδαφικές κλίσεις.



Χάρτης 9: Επικινδυνότητα ως προς τη μορφολογική κλίση



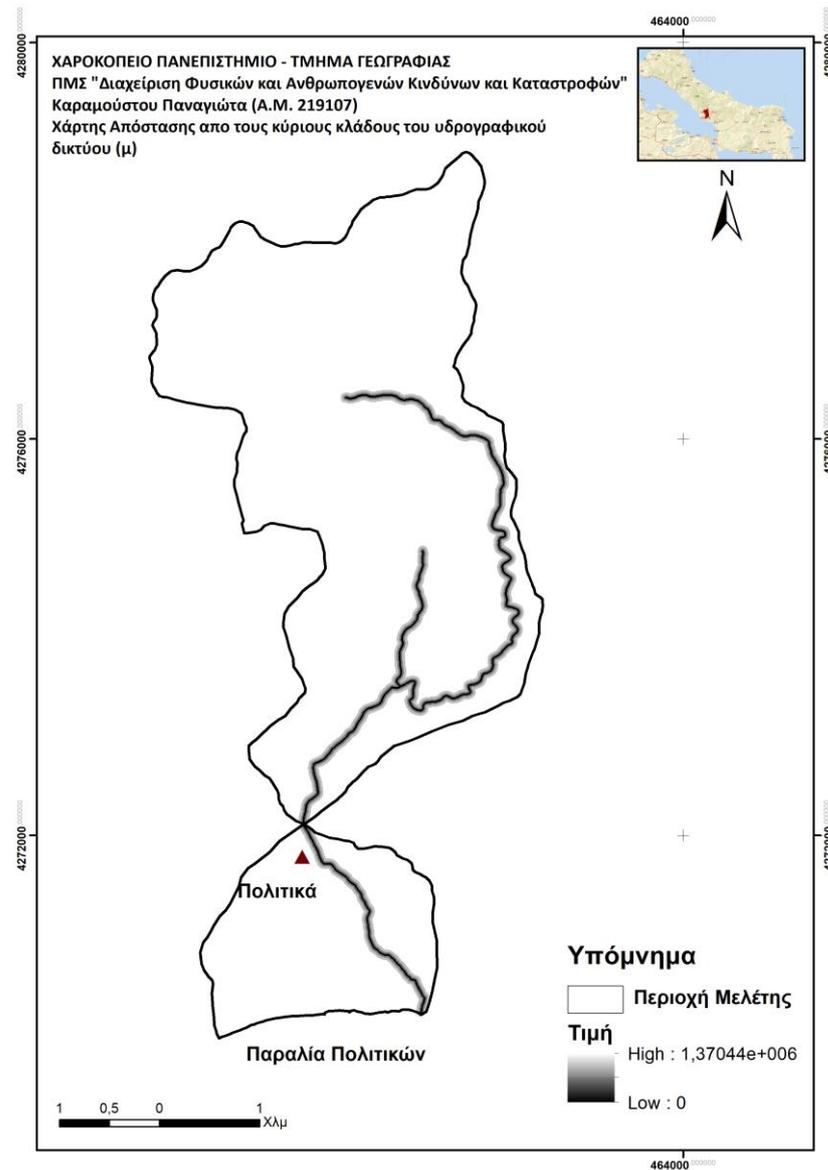
Σχήμα 4: το ποσοστό επί τις % της συνολικής έκτασης που καταλαμβάνει κάθε κλάση επικινδυνότητας ως προς τη παράμετρο των εδαφικών κλίσεων

5.1.3.3 Απόσταση από τις κοίτες του υδρογραφικού δικτύου

Για το προσδιορισμό της απόστασης ενός σημείου από τους κύριους κλάδους του υδρογραφικού δικτύου χρησιμοποιήθηκε η εντολή «*Euclidean Distance*» με «*Input raster*» το επίπεδο του υδρογραφικού δικτύου. Για την καλύτερη απεικόνιση του αποτελέσματος γίνεται ομαδοποίηση και οι κατηγορίες που επιλέχθηκαν είναι: < 5, 5 – 10, 10 – 25, 25 – 50 και > 50 μέτρα. Το αποτέλεσμα παρουσιάζεται στο Χάρτη 10.

Πίνακας 7: Επαναταξινομημένες τιμές επικινδυνότητας με βάση την απόσταση από τους κύριους κλάδους του υδρογραφικού δικτύου και η έκταση που καταλαμβάνει κάθε κλάση επικινδυνότητας

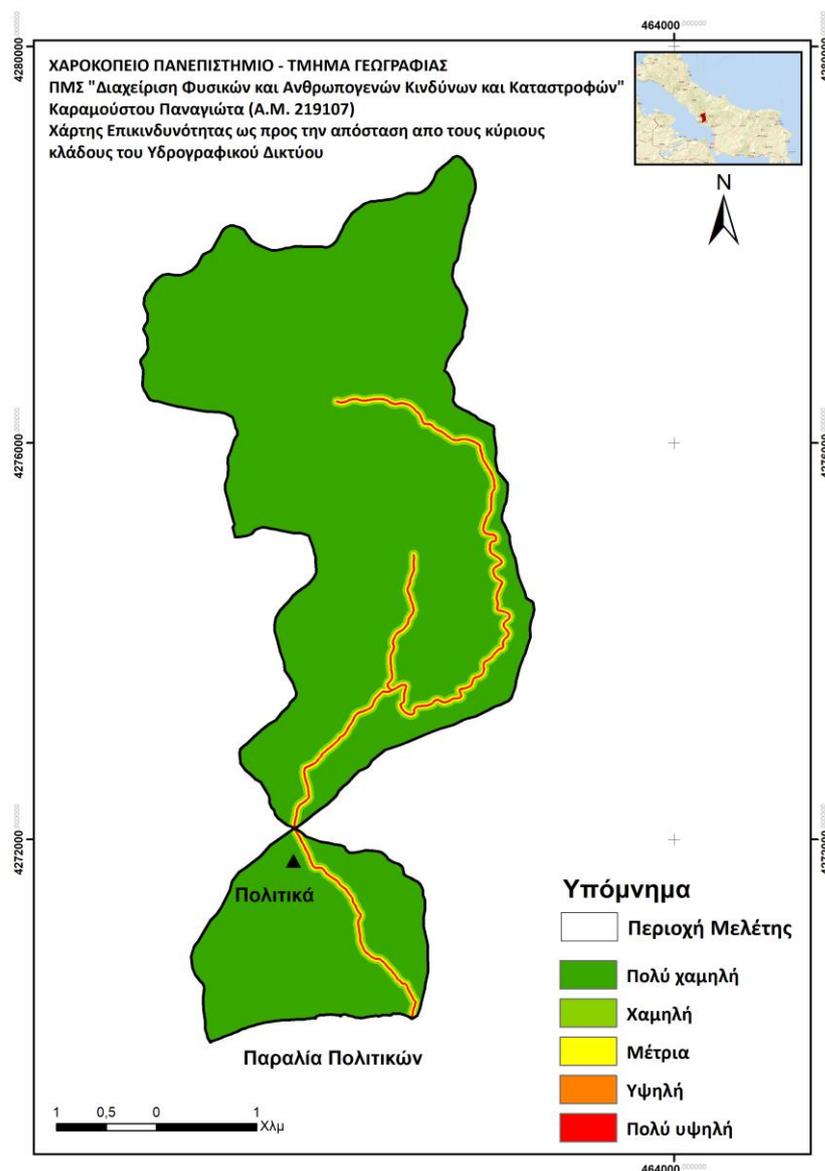
Απόσταση (m)	Επίπεδο Επικινδυνότητας	Τιμή Επαν/σης	Έκταση (Km ²)	Έκταση (%)
>50	Πολύ Χαμηλή	1	16,81	93,15
25-50	Χαμηλή	2	0,58	3,21
10-25	Μέτρια	3	0,37	2,04
5-10	Υψηλή	4	0,11	0,59
<5	Πολύ Υψηλή	5	0,18	1,01



Χάρτης 10: Απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο σε m στη λεκάνη απορροής του ρ. του Μορτερή

Επικινδυνότητα ως προς την απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο

Όπως είναι και λογικό όσο μικρότερη η απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο, τόσο υψηλότερη είναι και η επικινδυνότητα για την εκδήλωση πλημμύρας. Οι κατηγορίες που διακρίθηκαν φαίνονται στο Χάρτη 11. Οι κλάσεις με την πολύ υψηλή και υψηλή επικινδυνότητα ορίστηκαν στα 5 και στα 10 μέτρα αντίστοιχα από τη κεντρική κοίτη, αλλά και τους κύριους κλάδους του υδρογραφικού δικτύου. Στο Πίνακα 7 παρουσιάζονται οι κλάσεις επικινδυνότητας που διακρίθηκαν και η έκταση που καταλαμβάνει η κάθε κλάση.



Χάρτης 11: Επικινδυνότητα ως προς την απόσταση από τις κεντρικές κοίτες του υδρογραφικού δικτύου

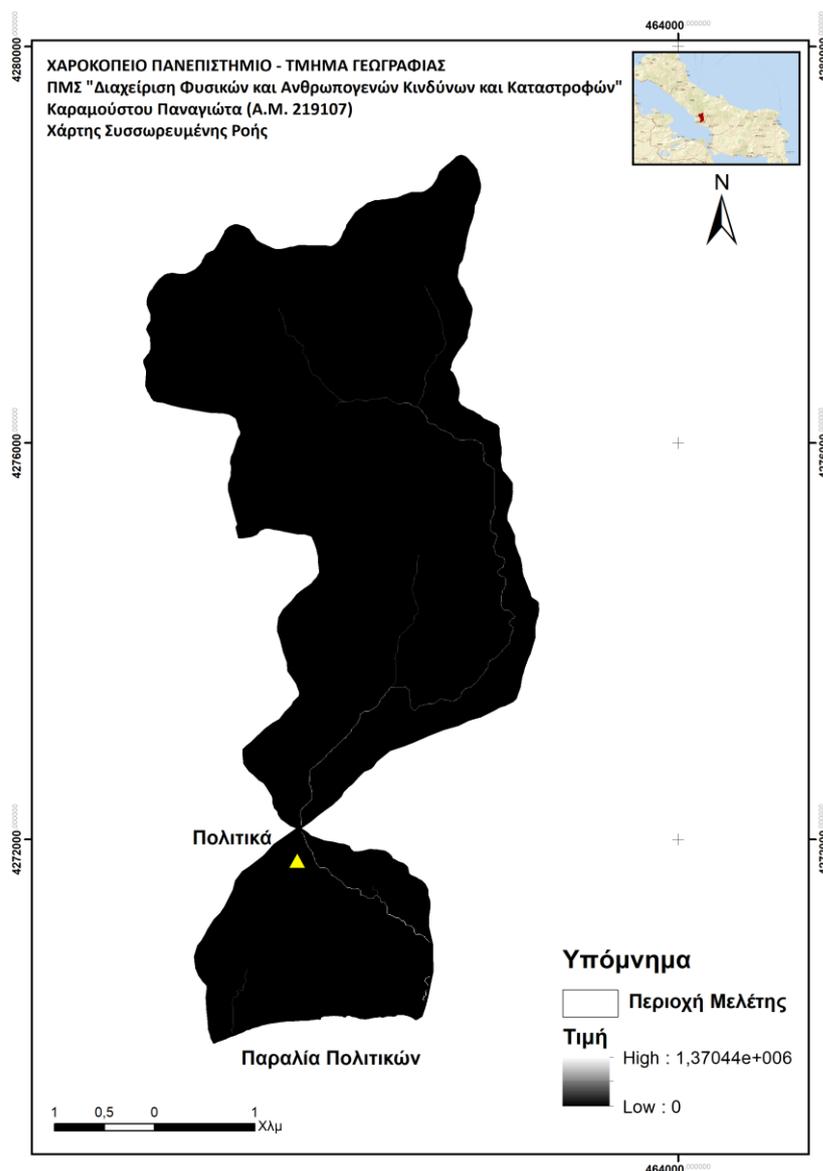
5.1.3.4 Συσσώρευση Ροής

Η μέθοδος αυτή εκτιμά τη συσσωρευμένη ροή σε κάθε σημείο της εξεταζόμενης περιοχής και αποτελεί κομβικό κριτήριο σχετικά με την εμφάνιση πλημμύρας. Πραγματοποιείται με τη συγκέντρωση της ροής του νερού από τα ανώτερα προς τα χαμηλότερα υψομετρικά σημεία. Η τιμή για κάθε κελί του καννάβου δείχνει τη ποσότητα νερού που συγκεντρώνεται σε αυτό από τα γειτονικά του. Οι υψηλές τιμές της συσσωρευμένης ροής υποδεικνύουν κελιά στα οποία το νερό που ρέει τείνει να συγκεντρωθεί με αποτέλεσμα να είναι πιο επιρρεπή στον πλημμυρικό κίνδυνο (Δοσιάδης, Ε., 2019). Ο Χάρτης 12 δείχνει την κατανομή του δείκτη της συσσωρευμένης ροής στην υπό μελέτη περιοχή, με τις υψηλές τιμές να εμφανίζονται στην εκβολή του ρέματος Μορτερή.

Για να δημιουργηθεί ο χάρτης αυτός χρησιμοποιήθηκαν εντολές της εργαλειοθήκης «Hydrology». Αρχικά εφαρμόστηκε η εντολή «fill» για να δημιουργηθεί ένα μοντέλο χωρίς τοπικές ταπεινώσεις (sink) που μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στην υδρολογική ανάλυση. Έπειτα εφαρμόστηκε η εντολή «flow direction» για να προσδιοριστεί η διεύθυνση ροής και τέλος η εντολή «flow accumulation» για να εντοπιστούν τα σημεία στα οποία πραγματοποιείται συσσώρευση μεγάλου όγκου επιφανειακής απορροής. Το παραγόμενο αποτέλεσμα ομαδοποιήθηκε με την μέθοδο «Natural breaks» σε πέντε κατηγορίες όπως απεικονίζεται και στο Πίνακα 8.

Πίνακας 8: Επαναταξινομημένες τιμές επικινδυνότητας με βάση την συσσωρευμένη ροή και η έκταση που καταλαμβάνει κάθε κλάση επικινδυνότητας

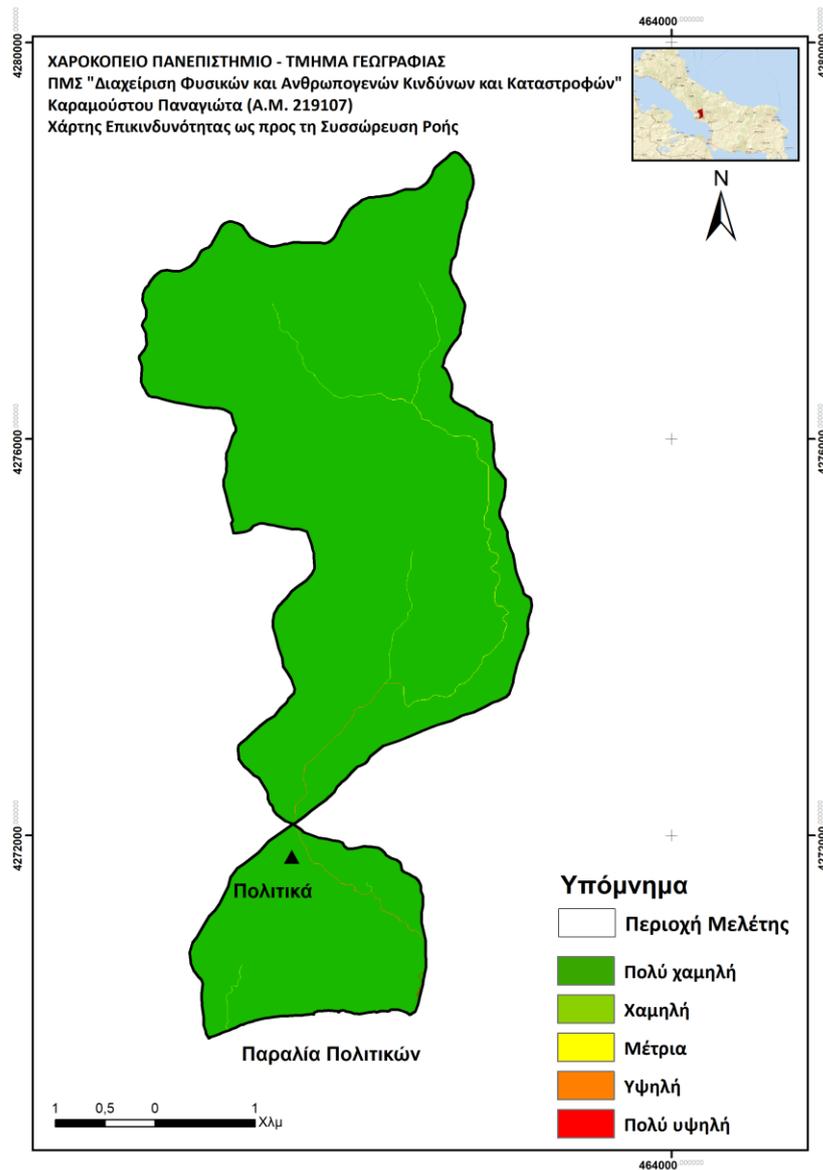
Συσσώρευση ροής	Επίπεδο Επικινδυνότητας	Τιμή Επαν/σης	Έκταση (Km ²)	Έκταση (%)
0 - 37.619,92157	Πολύ Χαμηλή	1	17,98	99,63
37.619,92158-188.099,6078	Χαμηλή	2	0,03	0,14
188.099,6079-392.322,0392	Μέτρια	3	0,02	0,13
392.322,0393-639.538,6667	Υψηλή	4	0,02	0,10
639.538,6668 - 1.370.440	Πολύ Υψηλή	5	0,00	0,01



Χάρτης 12: Απεικόνιση της συσσωρευμένης ροής στη λεκάνη απορροής του ρ. του Μορτερή

Επικινδυνότητα ως προς τη συσσώρευση ροής

Οι κλάσεις που προκύπτουν από την επαναταξινόμηση φαίνονται στο Χάρτη 13. Η περιοχή με την υψηλότερη επικινδυνότητα στη λεκάνη, είναι αυτή κοντά στην έξοδο της λεκάνης απορροής κοντά στο παραλιακό μέτωπο. Υψηλής και μέτριας επικινδυνότητας είναι το μεγαλύτερο τμήμα του ρέματος και ειδικά το αλλούβιο τμήμα. Το υπόλοιπο τμήμα της λεκάνης απορροής ανήκει στην πολύ χαμηλή κατηγορία επικινδυνότητας.



Χάρτης 13: Επικινδυνότητα ως προς τη συσσώρευση ροής

5.1.4 Συνολική επικινδυνότητα

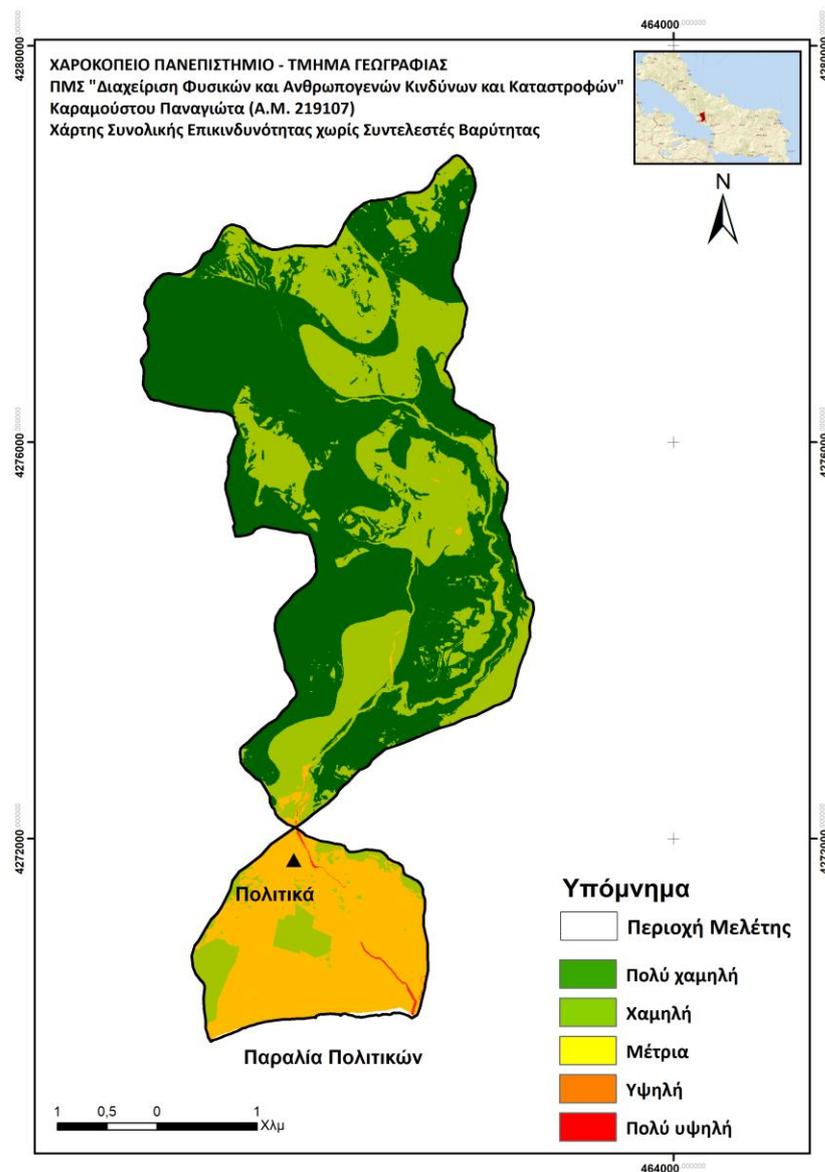
5.1.4.1 Χωρίς συντελεστές βαρύτητας

Το αποτέλεσμα για τη συνολική επικινδυνότητα χωρίς συντελεστές βαρύτητας στις επιμέρους παραμέτρους απεικονίζεται στο Χάρτη 14. Η εξαγωγή του χάρτη αυτού έγινε με τη μέθοδο της απλής στάθμισης δηλαδή χωρίς να αποδοθούν συντελεστές βαρύτητας. Θεωρήθηκε ότι όλες οι παράμετροι του μοντέλου είναι ίσης σημασίας ως προς το προσδιορισμό της πλημμυρικής επικινδυνότητας.

Έγινε ο υπολογισμός του δείκτη πλημμυρικής επικινδυνότητας μέσω του εργαλείου «*Raster Calculator*» υπολογίζοντας το πηλίκο του συνόλου των παραμέτρων προς το σύνολο αυτών. Η εξίσωση που υπολογίζεται λοιπόν είναι:

$$FHI = [(Απόσταση από το Υδρογραφικό Δίκτυο) + (Συσσώρευση Ροής) + (Μορφολογική Κλίση) + (Χρήσεις Γης) + (Υδρολιθολογία) + (Υψόμετρο Εδάφους)] / 6$$

Στο Χάρτη 14 παρατηρούνται κυρίως τέσσερις κατηγορίες επικινδυνότητας με τη κατηγορία της πολύ υψηλής επικινδυνότητας να εμφανίζεται μόνο κατά μήκος του καναλιού που διατρέχει το ριπίδιο. Η μέθοδος αυτή δίνει την ίδια βαρύτητα σε όλες τις παραμέτρους, γεγονός που οδηγεί σε αποτελέσματα μικρότερης ακρίβειας, μιας και κάθε κριτήριο επηρεάζει σε μεγαλύτερο ή μικρότερο ποσοστό την επικινδυνότητα αναφορικά με το πλημμυρικό κίνδυνο.



Χάρτης 14: Συνολική επικινδυνότητα χωρίς συντελεστές βαρύτητας για τη λεκάνη απορροής του ρ. του Μορτερή

5.1.4.2 Με συντελεστές βαρύτητας

Για το προσδιορισμό των συντελεστών βαρύτητας και τη σύνθεση του τελικού χάρτη πλημμυρικής επικινδυνότητας χρησιμοποιήθηκε η πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων (MultiCriteria Decision Analysis ή MCDA) ή ΠολυΚριτηριακή Ανάλυση (ΠΚΑ). Οι επτά παράμετροι που απαρτίζουν το δείκτη FIGUSED έχουν διαφορετική βαρύτητα ως προς τη συνεισφορά τους στην δημιουργία και την εξέλιξη ενός πλημμυρικού φαινομένου και κρίθηκε απαραίτητη η απόδοση βαρών για κάθε παράμετρο ανάλογα με το ρόλο που διαδραματίζει στην εξέλιξη ενός πλημμυρικού φαινομένου.

Στο πρώτο στάδιο πραγματοποιήθηκε ιεραρχική ταξινόμηση των παραμέτρων με βάση το βαθμό συνεισφοράς τους στην εκδήλωση πλημμυρικού φαινομένου. Στη παρούσα ανάλυση παραλήφθηκε η παράμετρος της βροχόπτωσης λόγω έλλειψης δεδομένων παρόλο που αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα κριτήρια. Με σειρά από τη περισσότερο προς τη λιγότερο σημαντική παράμετρο έγινε η εξής κατάταξη λαμβάνοντας υπόψιν τα χαρακτηριστικά της περιοχής και το ρόλο τους στην εκδήλωση του φαινομένου:

υψόμετρο > συσσώρευση ροής > χρήσεις γης > κλίση εδάφους > απόσταση από τους κύριους κλάδους του υδρογραφικού δικτύου > γεωλογία

Η περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από έντονη εναλλαγή υψομέτρων, κάτι που επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό και την επιδεκτικότητα της σε πλημμυρικά επεισόδια για αυτό θεωρήθηκε βασικός παράγοντας κατά την παρούσα ανάλυση. Ο δείκτης της συσσώρευσης ροής εκφράζει το ποσό νερού που συσσωρεύεται σε κάθε σημείο της λεκάνης από τα γειτονικά του. Υψηλή τιμή Συσσωρευμένης Ροής μπορεί να οδηγήσει σε υπερχειλίση. Οι χρήσεις γης κατατάχθηκαν ως τρίτη σε σπουδαιότητα παράμετρος γιατί στο τμήμα προς την έξοδο της λεκάνης που είναι το πιο επιρρεπές σε πλημμύρα υπάρχει ποικιλία δραστηριοτήτων που επηρεάζουν σε διαφορετικό βαθμό το πλημμυρικό κίνδυνο.

Η κλίση είναι επίσης σημαντική παράμετρος, καθώς βοηθάει το νερό να ρέει προς τα χαμηλότερα σημεία και να μη συσσωρεύεται. Η απόσταση από τους κύριους κλάδους του υδρογραφικού δικτύου επηρεάζει αρκετά το πλημμυρικό κίνδυνο μιας και η εγγύτητα στο ρέμα και η μεγάλη συγκέντρωση ύδατος σε αυτό συμβάλλουν καθοριστικά στην υπερχειλίση του και τη κάλυψη των γειτονικών περιοχών από νερό. Η περατότητα των γεωλογικών σχηματισμών έλαβε τη τελευταία θέση στη κατάταξη των κριτηρίων γιατί ακόμη και τα πετρώματα που έχουμε κατατάξει ως αδιαπέρατα έχουν δευτερογενές πορώδες. Επιπλέον στη περίπτωση μιας

ακραίας βροχόπτωσης συντελείται ταχύς κορεσμός του εδάφους με αποτέλεσμα να μη μπορεί να απορροφήσει περισσότερο νερό.

Για την εξαγωγή των βαρών των παραμέτρων εφαρμόστηκε η Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχισης (AHP) με σκοπό τον προσδιορισμό της σημαντικότητας των παραμέτρων που εξετάστηκαν. Έγινε σύγκριση ανά δύο όλων των παραμέτρων με τη χρήση της αριθμητικής κλίμακας που φαίνεται στο Πίνακα 9. Η σύγκριση αυτή εκφράζει το κατά πόσο μια παράμετρος είναι μεγαλύτερης σημασίας από μια άλλη ως προς την εκδήλωση πλημμυρικού φαινομένου.

Πίνακας 9: Αριθμητική κλίμακα που χρησιμοποιήθηκε για τη σύγκριση των παραμέτρων

Ορισμός Σπουδαιότητας	Κατάταξη Σπουδαιότητας
Ίση	1
Ίση- Μέση	2
Μέση	3
Μέση – Ισχυρή	4
Ισχυρή	5
Ισχυρή – Πολύ Ισχυρή	6
Πολύ Ισχυρή	7
Πολύ ισχυρή– Εξαιρετικά Ισχυρή	8
Εξαιρετικά Ισχυρή	9

Η διαδικασία αυτή φαίνεται στο Πίνακα 10. Με χρήση υπολογιστικού φύλλου του Excel έγινε μια σειρά αριθμητικών πράξεων για τον υπολογισμό των τελικών βαρών για τη κάθε παράμετρο ξεχωριστά. Το άθροισμα των επιμέρους βαρών πρέπει να ισούται με τη 1. Στο τέλος για τον έλεγχο της διαδικασίας γίνεται υπολογισμός του λόγου συνέπειας CI/RI, ο οποίος πρέπει να είναι μικρότερος από 0,1 και όσο πιο κοντά στο 0 είναι δυνατόν. Στη περίπτωση της μελέτης μας ο λόγος αυτός είναι $0,03 < 0,1$ που σημαίνει ότι η απόδοση των βαρών θεωρείται συνεπής.

Απο τη διαδικασία που περιγράφηκε καταρτίστηκε ο Δείκτης Επικινδυνότητας Πλημμύρας (FHI) ο οποίος ισούται με το άθροισμα του γινομένου του συντελεστή βαρύτητας κάθε παραμέτρου με το θεματικό χάρτη της αντίστοιχης παραμέτρου. Αυτή η εντολή έγινε με το εργαλείο «*Raster Calculator*». Τα βάρη που προέκυψαν για τη κάθε παράμετρο παρουσιάζονται στο Πίνακα 10.

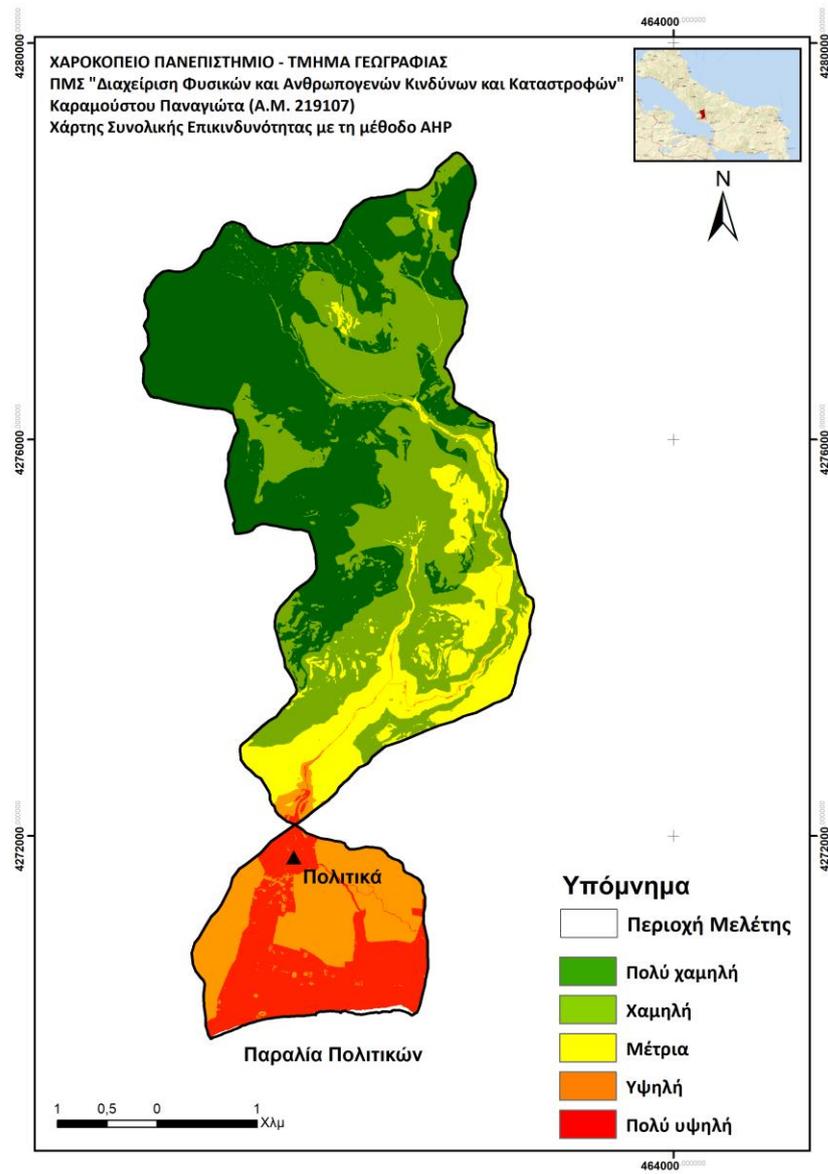
Πίνακας 10: Πίνακας Στάθμισης των Κριτηρίων

	Υψόμετρο	Συσσώρευση Ροής	Χρήσεις Γης	Κλίση	Απόσταση απο κύριου κλάδους	Υδρολιθολογία
Υψόμετρο	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00
Συσσώρευση Ροής	0,50	1,00	3,00	2,00	3,00	6,00
Χρήσεις Γης	0,33	0,33	1,00	2,00	2,00	3,00
Κλίση	0,25	0,50	0,50	1,00	2,00	3,00
Απόσταση απο κύριου κλάδους	0,20	0,33	0,50	0,50	1,00	3,00
Υδρολιθολογία	0,17	0,17	0,33	0,33	0,33	1,00

Με βάση τη μεθοδολογία που περιγράφηκε και τους συντελεστές βαρύτητας που αποδόθηκαν ο Δείκτης Επικινδυνότητας Πλημμύρας (FHI) προκύπτει από τη παρακάτω εξίσωση:

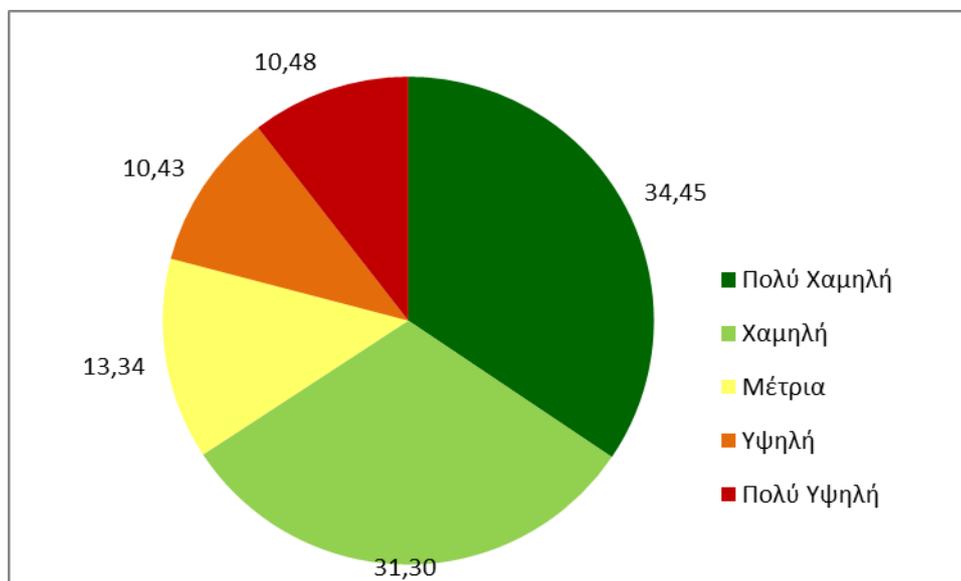
$$FHI = [0,38 * (\text{Υψόμετρο Εδάφους}) + 0,25 * (\text{Συσσώρευση Ροής}) + 0,14 * (\text{Χρήσεις Γης}) + 0,11 * (\text{Μορφολογική Κλίση}) + 0,08 * (\text{Απόσταση από το Υδρογραφικό Δίκτυο}) + 0,04 * (\text{Υδρολιθολογία})]$$

Για να λειτουργήσει η εξίσωση έγινε μετατροπή των επαναταξινομημένων επιπέδων κάθε παραμέτρου σε ψηφιδωτή μορφή. Στη προκειμένη περίπτωση μέσω της εντολής «*feature to raster*» τα επίπεδα της γεωλογίας και των χρήσεων γης μετατράπηκαν από διανυσματικά σε ψηφιδωτά δεδομένα. Η συνολική επικινδυνότητα που υπολογίστηκε απεικονίζεται στο Χάρτη 15, ταξινομημένη σε 5 κλάσεις με «*natural breaks (Jenks)*».



Χάρτης 15: Συνολική επικινδυνότητα με τη μέθοδο ΑΗΡ για τη λεκάνη απορροής του ρ. του Μορτερή

Οι περιοχές υψηλής και πολύ υψηλής επικινδυνότητας εντοπίζονται στην έξοδο της λεκάνης απορροής και κυρίως στο αλλούβιο τμήμα. Ο οικισμός των Πολιτικών χαρακτηρίζεται ως πολύ υψηλής επικινδυνότητας, τόσο στα ανάντη όσο και στα κατόντη του. Στο Σχήμα 5 φαίνεται το ποσοστό επί τις % της συνολικής έκτασης που καταλαμβάνει κάθε κλάση επικινδυνότητας.



Σχήμα 5: το ποσοστό επί τις % της συνολικής έκτασης που καταλαμβάνει κάθε κλάση επικινδυνότητας

5.1.5 Πιστοποίηση – Έλεγχος αποτελεσμάτων

Στο παρόν υποκεφάλαιο έγινε ο έλεγχος αξιοπιστίας της μεθόδου που αναλύθηκε. Για τον έλεγχο αυτό εφαρμόστηκε ανάλυση ευαισθησίας του μοντέλου και σύγκριση του τελικού αποτελέσματος με τη Ζώνη Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας όπως έχει καταρτιστεί από την ΕΓΥ. Τέλος έγινε η σύγκριση με τα αποτελέσματα της πρόσφατης καταστροφικής πλημμύρας του 2020.

Συνηθισμένος τρόπος ανάλυσης ευαισθησίας ενός μοντέλου, είναι με τη διαφοροποίηση του συντελεστή βαρύτητας του ισχυρότερου παράγοντα κατά ένα μικρό ποσοστό και την ταυτόχρονη αντίθετη διαφοροποίηση του συντελεστή του δεύτερου ισχυρότερου παράγοντα, έτσι ώστε το τελικό άθροισμα των συντελεστών να είναι ίδιο με το αρχικό (πριν δηλαδή γίνει καμία τροποποίηση). Στη συνέχεια, η διαδικασία αυτή μπορεί να επαναληφθεί για όσες τιμές τροποποίησης αποφασιστούν. Οι τιμές που θα υπολογιστούν για κάθε περίπτωση τροποποίησης του μοντέλου αποτελούν τις αποκλίσεις από το αρχικό και ως εκ τούτου, μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα ως προς την ευαισθησία (ή μη) του αποτελέσματος σε αυτές τις μικρές αλλαγές. Το ποσοστό της κάθε τροποποίησης δεν θα πρέπει να είναι σημαντικό καθώς υπάρχει κίνδυνος να αλλοιωθεί το μοντέλο (Χαλκιάς, 2015).

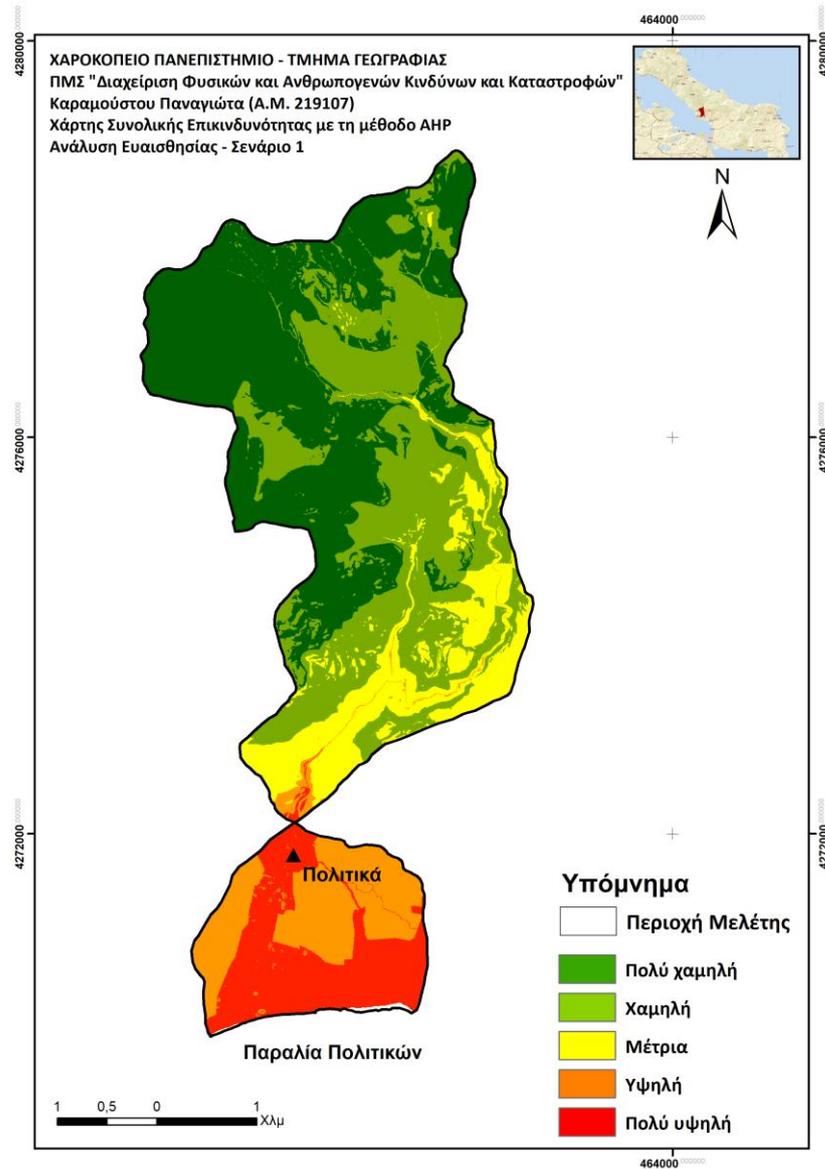
Στη παρούσα ανάλυση επιλέχθηκαν 2 σενάρια ανάλυσης ευαισθησίας. Στο πρώτο σενάριο ευαισθησίας, ο συντελεστής βαρύτητας του κριτηρίου του Υψομέτρου αυξήθηκε κατά 0,05 και αντίστοιχα, ο συντελεστής βαρύτητας του δεύτερου ισχυρότερου κριτηρίου, δηλαδή της Συσσώρευσης Ροής, μειώθηκε κατά 0,05. Οι συντελεστές βαρύτητας των υπόλοιπων κριτηρίων δεν τροποποιήθηκαν.

Το δεύτερο σενάριο ευαισθησίας, είναι το αντίστροφο του πρώτου. Σ' αυτήν την περίπτωση, ο συντελεστής βαρύτητας του Υψομέτρου μειώθηκε κατά 0,05 και αντίστοιχα ο συντελεστής βαρύτητας της Συσσώρευσης Ροής αυξήθηκε κατά 0,05. Ομοίως, οι συντελεστές βαρύτητας των υπόλοιπων κριτηρίων δεν τροποποιήθηκαν. Στον Πίνακα 11 φαίνονται οι τροποποιήσεις που έγιναν στους συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων.

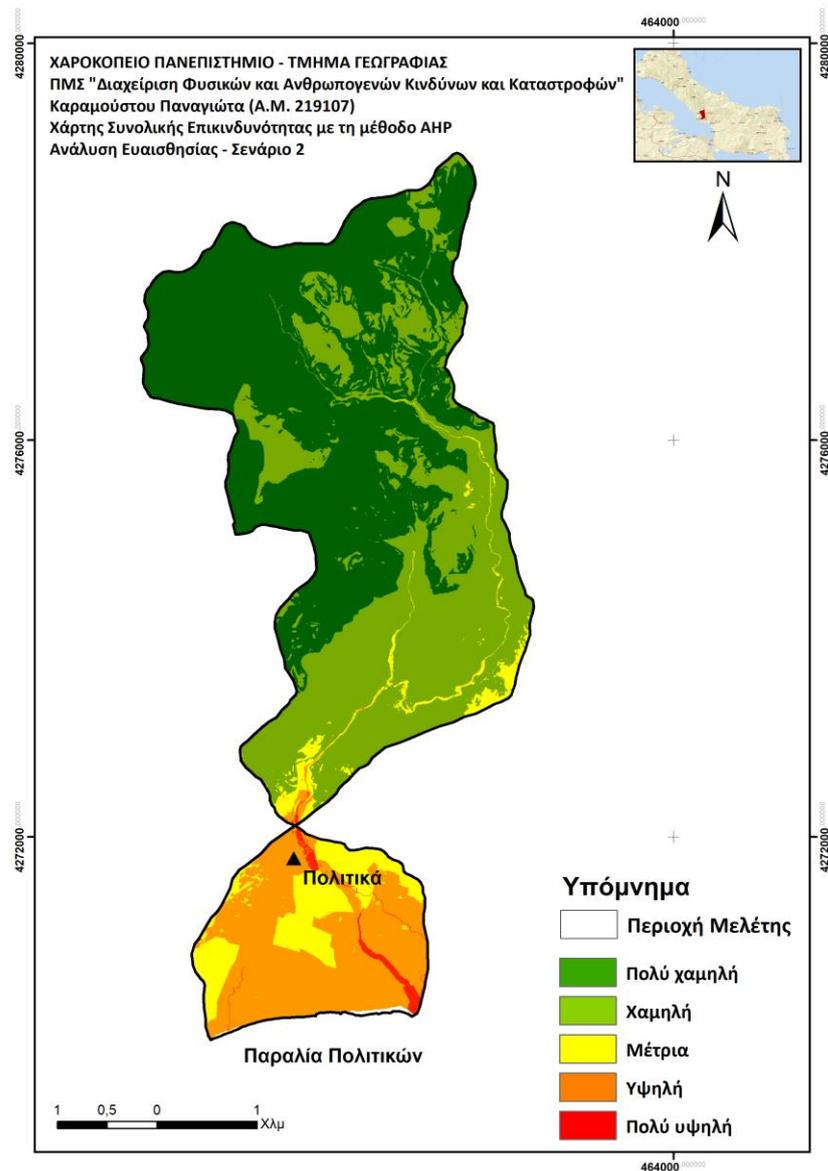
Πίνακας 11: Συντελεστές βαρύτητας που δόθηκαν σε κάθε κριτήριο στο μοντέλο και στα σενάρια ευαισθησίας 1 και 2

Κριτήρια ΑΗΡ	Μοντέλο	Σενάριο Ευαισθησίας 1	Σενάριο Ευαισθησίας 2
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΡ. ΔΙΚΤΥΟ	0,38	0,43	0,33
ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΡΟΗΣ	0,25	0,2	0,3
ΚΛΙΣΗ	0,14	0,14	0,14
ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	0,11	0,11	0,11
ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	0,08	0,08	0,08
ΥΨΟΜΕΤΡΟ	0,04	0,04	0,04

Μετά τον υπολογισμό του δείκτη πλημμυρικής επικινδυνότητας μέσω του εργαλείου «*Raster Calculator*» με τα νέα βάρη προέκυψαν δύο νέοι χάρτες πλημμυρικής επικινδυνότητας, οι οποίοι ιδανικά πρέπει να προσεγγίζουν αυτόν που προέκυψε από το μοντέλο. Στους Χάρτες 16 και 17 απεικονίζονται γραφικά τα αποτελέσματα των δύο σεναρίων ευαισθησίας.



Χάρτης 16: Συνολική Επικινδυνότητα για τη λεκάνη απορροής του ρ. του Μορτερή (Ανάλυση Ευαισθησίας – Σενάριο 1)



Χάρτης 17: Συνολική Επικινδυνότητα για τη λεκάνη απορροής του ρ. του Μορτερή (Ανάλυση Ευαισθησίας – Σενάριο 2)

Στη συνέχεια ακολούθησε ποσοτική σύγκριση των αποτελεσμάτων των σεναρίων ανάλυσης ευαισθησίας με το κανονικό αποτέλεσμα του μοντέλου. Η σύγκριση αυτή έγινε με βάση την έκταση που καταλαμβάνει η κάθε κλάση επικινδυνότητας σε Km² (Πίνακας 12) και σε ποσοστό επί % της συνολικής έκτασης (Πίνακας 13).

Πίνακας 12: Έκταση που καταλαμβάνει η κάθε κλάση επικινδυνότητας σε Km²

Κλάσεις	Μοντέλο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
1	6,20	6,30	7,90
2	5,63	5,65	6,06
3	2,40	2,29	1,36
4	1,88	1,85	2,55
5	1,89	1,91	0,13

Πίνακας 13: Έκταση που καταλαμβάνει η κάθε κλάση επικινδυνότητας σε ποσοστό επί τις % της συνολικής έκτασης

Κλάσεις	Μοντέλο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
1	34,45	35,03	43,92
2	31,30	31,37	33,67
3	13,34	12,72	7,53
4	10,43	10,26	14,17
5	10,48	10,61	0,71

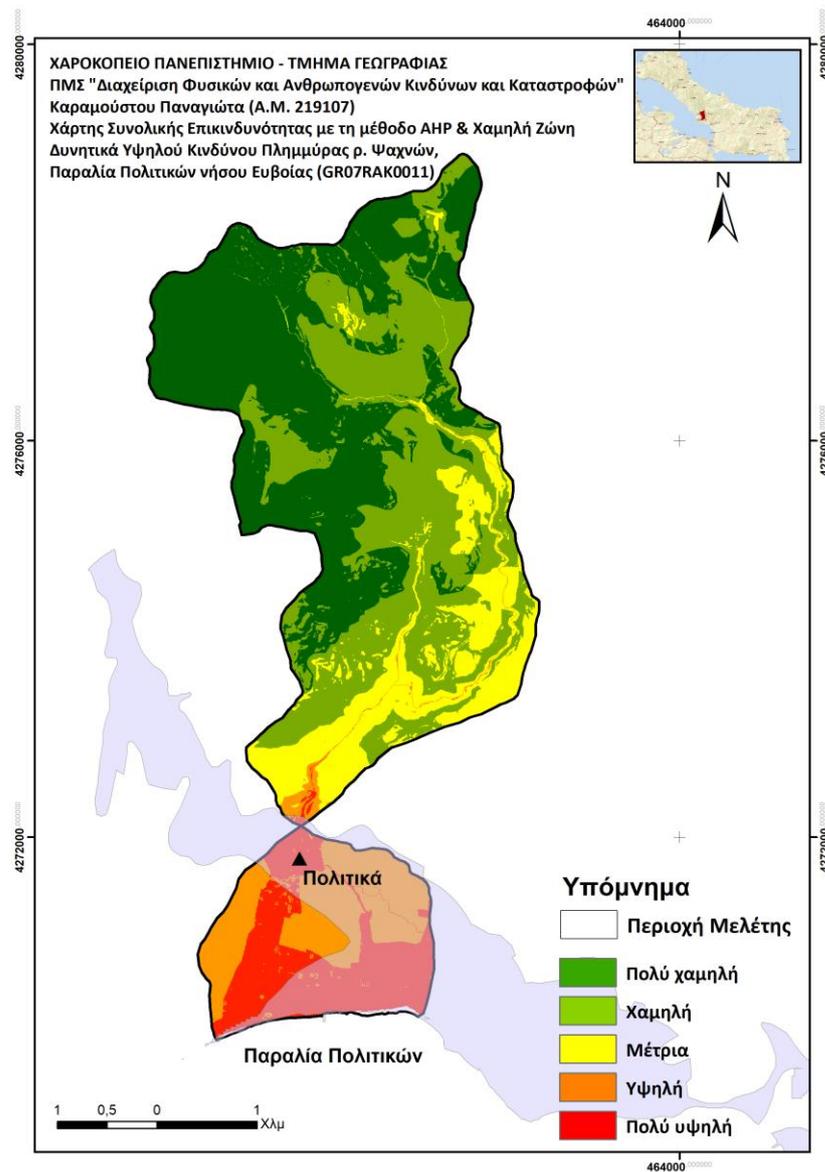
Όπως προκύπτει και από τη ποσοτική σύγκριση οι αποκλίσεις μεταξύ των σεναρίων ανάλυσης ευαισθησίας με το κανονικό αποτέλεσμα του μοντέλου είναι μικρές, οπότε το μοντέλο μπορεί να χαρακτηριστεί ως σταθερό. Στο πρώτο σενάριο τη μεγαλύτερη απόκλιση στην έκταση που καταλαμβάνει κάθε κλάση επικινδυνότητας έχει η 1^η και 3^η κλάση και είναι της τάξης του 0,58% και 0,62% αντίστοιχα, ενώ στο δεύτερο σενάριο τη μεγαλύτερη απόκλιση έχει η 1^η και 5^η κλάση της τάξης του 9,47% και 9,77% αντίστοιχα (Πίνακας 14). Φαίνεται λοιπόν ότι τη μεγαλύτερη απόκλιση έχει το 2^ο σενάριο ευαισθησίας που είναι αυτό που δίνει μικρότερη βαρύτητα στο υψομετρικό κριτήριο και το οποίο στη συγκεκριμένη περιοχή είναι παράμετρος μεγάλης σημασίας.

Πίνακας 14: Αποκλίσεις που προκύπτουν από τη ποσοτική σύγκριση του μοντέλου και των δύο σεναρίων ανάλυσης ευαισθησίας

Κλάσεις	Σενάριο 1	Σενάριο 2
1	-0,58	-9,47
2	-0,07	-2,37
3	0,62	5,81
4	0,16	-3,74
5	-0,12	9,77

Στο Χάρτη 18 γίνεται σύγκριση του αποτελέσματος του μοντέλου με τη Χαμηλή Ζώνη Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας ρ. Ψαχνών, Παραλία Πολιτικών νήσου Ευβοίας (GR07RAK0011) που έχει οριστεί από την ΕΓΥ (σκιασμένο τμήμα στο Χάρτη). Γίνεται αντιληπτό ότι το αποτέλεσμα του μοντέλου είναι πολύ κοντά σε αυτό της Ζώνης Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου.

Τα αποτελέσματα του μοντέλου επικυρώνονται και από τις καταστροφές που καταγράφηκαν στην περιοχή έπειτα από αυτοψία ερευνητικών ομάδων μετά τη πλημύρα το βράδυ της 9/8/2020 που καταγράφηκαν κυρίως στη πόλη των Πολιτικών.



Χάρτης 18: Σύγκριση του αποτελέσματος του μοντέλου για τη συνολική επικινδυνότητα με την έκταση που καταλαμβάνει η Ζώνη Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας GR07RAK0011 στη λεκάνη του ρ. του Μορτερή

6. Συζήτηση

Όσο το κλίμα αλλάζει, η Ευρωπαϊκή Ένωση βιώνει εντονότερες βροχοπτώσεις και καταιγίδες και άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος, πρόκειται να επιδεινωθούν συνολικά οι συνέπειες από τις πλημμύρες ποταμών, τις πλημμύρες από βροχή και τις παράκτιες πλημμύρες στην Ευρώπη, λόγω της αύξησης της έντασης και της συχνότητας των πλημμυρών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο. Όταν ένα ποτάμι δεν διαθέτει την ικανότητα απορροής για να αντεπεξέλθει στον όγκο του νερού που παράγεται από τις βροχοπτώσεις, τότε προκαλούνται πλημμύρες (Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2018).

Ήδη στον Ελλαδικό χώρο από το 2015 και μετά έχουν σημειωθεί αρκετές αιφνίδιες πλημμύρες που προκάλεσαν αρκετές υλικές ζημιές, απώλειες περιουσιών και ανθρώπινων ζωών (π.χ. στη Μάνδρα το 2015 και 2017, στη Κινέτα το 2019, στην κεντρική Εύβοια το 2020 κ.ά.). Πολλές πλυμμήρες που έχουν συμβεί στην Ελλάδα και έχουν προκαλέσει μεγάλες καταστροφές και στο παρελθόν οφείλονται στην υπερχειλίση χειμάρρων που βρίσκονται κοντά σε πόλεις και οικισμούς.

Η περιοχή μελέτης καταλαμβάνει τη λεκάνη απορροής του χειμάρρου του Μορτερή που διέρχεται από τον οικισμό των Πολιτικών Ευβοίας και το αλλουβιακό ριπίδιο που σχηματίζεται από την απόθεση των υλικών που μεταφέρουν τα νερά του εν λόγω χειμάρρου. Μεγάλο μέρος της εν λόγω περιοχής αντιστοιχεί στη Χαμηλή Ζώνη Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας ρ. Ψαχνών, Παραλία Πολιτικών νήσου Ευβοίας (GR07RAK0011), όπως έχει καταρτιστεί στα σχέδια της ΕΓΥ. Όπως προκύπτει η περιοχή αντιμετωπίζει υψηλό κίνδυνο πλημμύρας και στα τρία σενάρια που έχουν καθοριστεί για την πλημμυρική επικινδυνότητα (Περίοδος Επαναφοράς $T= 50, 100, 1000$ έτη).

Τα Πολιτικά έχουν χτιστεί στην έξοδο της λεκάνης απορροής του ρέματος και στη κεφαλή του αλλουβιακού ριπιδίου που σχηματίζεται από τη δράση αυτού. Εκτός τη πόλης των Πολιτικών μέσα στο τμήμα που αντιμετωπίζει υψηλό κίνδυνο πλημμύρας βρίσκεται η παραλία των Πολιτικών και η επαρχιακή οδός Ψαχνών- Νεροτριβιάς. Τα αποτελέσματα του μοντέλου επιβεβαιώνονται και από τις επιτόπιες έρευνες που έγιναν από διάφορους φορείς μετά τη πλημμύρα που έλαβε χώρα τις βραδινές ώρες στις 9/8/20. Οι μεγαλύτερες καταστροφές έγιναν σε αυτά τα σημεία δημιουργώντας αρκετά προβλήματα και το θάνατο 2 ενήλικων και ενός βρέφους.

Αν και τα αλλουβιακά ριπίδια προσφέρονται για την ανάπτυξη οικισμών λόγω των ήπιων κλίσεων, της πλούσιας υδροφορίας τους και των εύφορων εδαφών η αστικοποίηση τους και η παρουσία τεχνητών επιφανειών που καλύπτουν ή αντικαθιστούν τις κοίτες των ρεμάτων είναι κρίσιμοι παράγοντες αύξησης της πλημμυρικής επικινδυνότητας. Οι τοποθεσίες αυτές είναι ευάλωτες στο πλημμυρικό κίνδυνο.

Η συγκεκριμένη περιοχή χαρακτηρίζεται από έλλειψη έργων ορεινής υδρονομίας που να μπορούν να κατακρατήσουν ποσοστό των φερτών υλικών έτσι ώστε να μη καταλήγουν στη πόλη μαζί με τα νερά. Πράσινες και γκρίζες υποδομές μπορούν να σχεδιαστούν και να υλοποιηθούν συνδυαστικά για να περιοριστεί ο πλημμυρικός κίνδυνος. Άλλες λύσεις που μπορούν να αξιολογηθούν για τη μείωση της έκθεσης των ανθρώπων και των περιουσιών τους είναι μη δομικές και αφορούν το προγραμματισμό της χρήσης γης στη περιοχή και την διάνοιξη της αρχικής κοίτης του ρέματος, δραστηριότητες ευαισθητοποίησης των κατοίκων και ενημέρωσης τους σχετικά με τις βέλτιστες πρακτικές που μπορούν να εφαρμόσουν πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την εμφάνιση μιας πλημμύρας. Ακόμη χρειάζεται να εγκατασταθεί ένα δίκτυο μετρητών ώστε να μπορεί να σχεδιαστεί ένα Σύστημα Έγκαιρης Προειδοποίησης σε βάθος χρόνων.

Η παρούσα έρευνα θα μπορούσε να επεκταθεί περαιτέρω με τη διαφοροποίηση της ιεράρχησης των παραμέτρων ή και των βαρών που τους αποδόθηκαν. Ακόμη θα μπορούσε να γίνει συλλογή και επεξεργασία στοιχείων για την αξιολόγηση και άλλων παραμέτρων όπως η τραχύτητα και η τρωτότητα του εδάφους, η εδαφική υγρασία κ.ά. και η χρήση δορυφορικών εικόνων. Τέλος θα μπορούσε να γίνει περαιτέρω ανάλυση του πλημμυρικού κινδύνου για το αλλουβιακό ριπίδιο με χρήση του μοντέλου HEC –RAS.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αβραμίδης, Π. (2007). Ιζηματολογία – Ενότητα 7: Περιβάλλοντα Ιζηματογένεσης- Αλλουβιακά Ριπίδια, Παν. Πατρών. Ανακτήθηκε από: <https://docplayer.gr/44024422-Izimatologia-enotita-7-perivallonta-izimatogenesis-alloyviaka-ripidia-dr-avramidis-paylos-sholi-thetikon-epistimon-tmima-geologias.html>

Απόφαση ΚΥΑ 31822/1542/Ε103 – 2010 της Ελληνικής Κυβέρνησης. Ανακτήθηκε από: <https://floods.ypeka.gr/images/thesmiko-plaisio/ΚΥΑ-31822-1542-Ε103-2010.pdf>

Απόφαση ΚΥΑ 177772/294 (ΦΕΚ Β' 2140/22.06.2017). Ανακτήθηκε από: https://floods.ypeka.gr/egyFloods/reports/Tropopoiish_ths_yp_arithm_31822_1542_2010_ΚΥΑ.PDF

Απόφαση υπ. Αριθμό. ΥΠΕΝ/ΓρΕΓΥ/41375/328 (Τεύχος Β' 2682/06.07.2018) για «Έγκριση του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (ΕΛ07) και της αντίστοιχης Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων». Ανακτήθηκε από: https://floods.ypeka.gr/egyfloods/sdkp/EL07/FEK_B_2682_06072018.pdf

Γιαμαλάκη Δ. (2015). «Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας Περιοχών της Περιφερειακής Ενότητας Αχαΐας & Κατευθύνσεις Βιώσιμου Χωρικού Σχεδιασμού» (Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης). Αθήνα: Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο. Τμήμα Γεωγραφίας. Ανακτήθηκε από: <https://estia.hua.gr/file/lib/default/data/16670/theFile>

Διακάκης Μ. (2012). «Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας με τη Χρήση Μοντέλων Προσομοίωσης» (Διδακτορική Διατριβή). Αθήνα: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος. DOI 10.12681/eadd/37146. Ανακτήθηκε από: <http://hdl.handle.net/10442/hedi/37146>

Δοσιάδης, Ε. (2019). «Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας της Λεκάνης Απορροής του Ποταμού Αίσινα, με την Αξιοποίηση των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών» (Πτυχιακή εργασία). Αθήνα: Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο. Τμήμα Γεωγραφίας. Ανακτήθηκε από: <https://estia.hua.gr/file/lib/default/data/22162/theFile>

ΕΓΥ (2015). «Ταυτότητα Υδάτων Κολύμβησης: Πολιτικά». Ανακτήθηκε από: <http://www.bathingwaterprofiles.gr/bathingprofiles/GRBW079148016>

Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο (2018). Ειδική Έκθεση: «Οδηγία για τις πλημμύρες: πρόοδος ως προς την αξιολόγηση των κινδύνων, ανάγκη βελτίωσης του σχεδιασμού και της υλοποίησης».

Ανακτήθηκε από: www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR18_25/SR_FLOODS_EL.pdf

Κακωνάς, Α. (2019). «Εκτίμηση και διαχείριση κινδύνου πλημμύρας στη λεκάνη απορροής του ποταμού Κερυνίτη με την αξιοποίηση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών» (Διπλωματική Εργασία). Αθήνα: Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο. Τμήμα Γεωγραφίας. Ανακτήθηκε από: <https://estia.hua.gr/file/lib/default/data/21645/theFile>

Καπράλος Η. & Αποστολίδης Η. (2021). «Έκθεση Αυτοψίας για τη πλημμύρα της 9^{ης} Αυγούστου 2020 στη Κεντρική Εύβοια (Πολιτικά, Ψαχνά, Αηλάντιο πεδίο)», Εταιρεία: Ύλη Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος. Ανακτήθηκε από: <https://dasarxeio.com/2021/08/02/99705/>

Καραγιαννίδης Α. & Λαγουβάρδος Κ. (2020a). «9900 κεραυνοί στη Βορειοδυτική Ελλάδα κατά την πρώτη ημέρα της “Θάλειας”». Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (ΕΑΑ). Ανακτήθηκε από: https://www.meteo.gr/article_view.cfm?entryID=1441

Καραγιαννίδης Α. & Λαγουβάρδος Κ. (2020b). «Η «ακτινογραφία» της βροχής στην Κεντρική Εύβοια». Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (ΕΑΑ). Ανακτήθηκε από: https://www.meteo.gr/article_view.cfm?entryID=1445

Καραμούστου Π. (2018). «Συστήματα Έγκαιρης Προειδοποίησης για Ξαφνικές Πλημμύρες – Η Περίπτωση της Μάνδρας, Αττικής» (Μεταπτυχιακή Εργασία). Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Σχολή Πολιτικών Μηχανικών. Ανακτήθηκε από: <https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/handle/123456789/48692>

Κοινοτική Οδηγία 2007/60/ΕΚ «για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας». Ανακτήθηκε από: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007L0060&from=EL>

Κουκουβίνος Α. (2012). «Γεωγραφικά δεδομένα και επεξεργασίες, ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ – Εκτίμηση πλημμυρικών ροών στην Ελλάδα σε συνθήκες υδροκλιματικής μεταβλητότητας: Ανάπτυξη φυσικά εδραιωμένου εννοιολογικού-πιθανοτικού πλαισίου και υπολογιστικών εργαλείων». Ανάδοχοι: ΕΤΜΕ: Πέππας & Συν/τες Ε.Ε., Γραφείο Μαχαίρα, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών. Ανακτήθηκε από: <http://www.itia.ntua.gr/el/docinfo/1216/>.

Λεβέντης, Σ. (2017). «Μελέτη της σχέσης των αλλουβιακών ριπιδίων της λίμνης Κερκίνης και των λεκανών απορροής τους με χρήση ΣΓΠ» (Μεταπτυχιακή Εργασία). Αθήνα: Χαροκόπειο

Πανεπιστήμιο. Τμήμα Γεωγραφίας. Ανακτήθηκε από:
<https://estia.hua.gr/file/lib/default/data/18346/theFile>

Λέκκας, Ε. (2000). Φυσικές και Τεχνολογικές Καταστροφές. Αθήνα: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών. ISBN 960-90329-0-7. Ανακτήθηκε από:
<https://www.openbook.gr/fysikes-kai-technologikes-katastrofes/>

Λίτσιου Ε. (2020). «Επικινδυνότητα Πλημμύρας και Αστική Ανθεκτικότητα» (Ερευνητική Εργασία). Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Ανάπτυξης. Ανακτήθηκε από: <http://ikee.lib.auth.gr/record/325100?ln=e1>

Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου 2000 για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στο τομέα της πολιτικής των υδάτων. Ανακτήθηκε από: <https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/legacy/Files/Ydatikoi%20Poroi/Odhgia%20Plaisio/Odigia%20Plaisio.pdf>

Προΐσκος, Γ. (2017). «Η Αντίληψη των Πολιτών της Αττικής για τον Πλημμυρικό Κίνδυνο» (Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης). Αθήνα: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Ειδικές Εκδόσεις No. 2017066. Ανακτήθηκε από:
<https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/frontend/file/lib/default/data/1332622/theFile>

Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας (ΣΔΚΠ) Λεκανών Απορροής Ποταμών (ΛΑΠ) Υδατικού Διαμερίσματος (ΥΔ) Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (GR07) (1η Φάση – Παραδοτέο 1) (2018). Ειδική Γραμματεία Υδάτων (ΕΓΥ). Ανακτήθηκε από:
https://floods.ypeka.gr/egyFloods/gr07/Reports/I_1_P01_EL07.pdf

Ταουκίδου, Ν. (2021). «Ανάλυση Επικινδυνότητας Πλημμύρας στην Π.Ε. Χαλκιδικής με χρήση G.I.S και Πολυκριτηριακής Ανάλυσης» (Μεταπτυχιακή Εργασία). Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωπονίας. Ανακτήθηκε από:
<http://ikee.lib.auth.gr/record/333854/files/GRI-2021-31905.pdf>

Τσουτσοπού, Χ. (2012). «Φυσικές Καταστροφές και Τεχνολογικά Ατυχήματα στην Ευρώπη τη πρώτη δεκαετία του 21ου αιώνα». Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Φυσικής. Ανακτήθηκε από: <http://ikee.lib.auth.gr/record/131906/files/tsoutsourou.pdf>

Χαλκιάς, Χ. (2015). «Γεωγραφική Ανάλυση με την αξιοποίηση της Γεωπληροφορικής Εφαρμοσμένα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών». Αθήνα: Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα. ISBN: 978-960-603-453-4

Argyraki, A. & Pyrgaki, K. (2018). “*Initial conceptualisation and characterisation of the studied water bodies in Greece*”. CrITERIA Program. Ανακτήθηκε από: https://www.criteria.gr/wpcontent/uploads/2018/12/GR_WP1_Deliverable_conseptualmodel.pdf

Associated Programme on Flood Management – APFM (2007). *Guidance on Flash Flood Management - Recent Experiences from Central and Eastern Europe*. World Meteorological Organization (WMO) in association with the Global Water Partnership (GWP). Ανακτήθηκε από: https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cee_files/regional/floods-guidance.pdf

Diakakis, M. & Deligiannakis, G. (2015). “*Flood fatalities in Greece: 1970–2010*”. *Journal of Flood Risk Management* 10 (1), 115-123. DOI: 10.1111/jfr3.12166. Ανακτήθηκε από: https://scholar.google.gr/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=GP0uyHMAAAAJ&citation_for_view=GP0uyHMAAAAJ:Tyk-4Ss8FVUC

Flash Flood Early Warning System Reference Guide - NOAA (2010). NOAA’s National Weather Service, The COMET® Program, in consultation with the World Meteorological Organization.

Karkani, A., Evelpidou, N., Tzouxanioti, M., Petropoulos, A., Santangelo, N., Maroukian, H., Spyrou, E. & Lakidi, L. (2021). “*Flash Flood Susceptibility Evaluation in Human-Affected Areas Using Geomorphological Methods—The Case of 9 August 2020, Euboea, Greece. A GIS-Based Approach*”. *GeoHazards* 2021, 2, 366–382. doi.org/10.3390/geohazards2040020.

Karymbalis, E., Andreou, M., Batzakis, D.V., Tsanakas, K. & Karalis, S. (2021). “*Integration of GIS-Based Multicriteria Decision Analysis and Analytic Hierarchy Process for Flood-Hazard Assessment in the Megalo Rema River Catchment (East Attica, Greece)*”. *Sustainability* 2021, 13, 10232. doi.org/10.3390/su131810232

Kazakis, N., Kougiyas, I. & Patsialis, Th. (2015). “*Assessment of flood hazard areas at a regional scale using an index-based approach and Analytical Hierarchy Process: Application in Rhodope–Evros region, Greece*”. *Elsevier, Science of the Total Environment* 538 (2015) 555–563. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.08.055

Khamis I. A. (2014). «*Υδρογεωλογικές και Υδροχημικές Έρευνες στο Κεντρικό Τμήμα της Νήσου Εύβοιας*» (Διδακτορική Διατριβή). Αθήνα: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος. DOI 10.12681/eadd/44212. Ανακτήθηκε από: <http://hdl.handle.net/10442/hedi/44212>

Lekkas, E., Spyrou, N-I., Kotsi, E., Filis, Ch., Diakakis, M., Lagouvardos, K., Cartalis, C., Kotroni, V., Dafis, S., Vassilakis, E., Mavrakou, Th., Parcharidis, I., Sartabakos, P., Gogou, M-E., Katsetsiadou, A-N., Karagiannidis, A., Barsaki, V., Karavias, A., Bafi, D. & Gougoustamos, I. (2020). “*The August 9, 2020, Evia (Central Greece) Flood*”. Newsletter of Environmental, Disaster and Crises Management Strategies, 19, ISSN 2653-9454. Ανακτήθηκε από: https://edcm.edu.gr/images/docs/newsletters/Newsletter_19_2020_Evia_flood.pdf

Patrikaki, O., Kazakis, N., Kougiaris, I., Patsialis, Th., Theodossiou, N. & Voudouris, K. (2018). “*Assessing Flood Hazard at River Basin Scale with an Index-Based Approach: The Case of Mouriki, Greece*”. Geosciences 2018, 8, 50. doi:10.3390/geosciences8020050

Persson E. (2015). “*Flood Warnings in a Risk Management Context. A Case of Swedish Municipalities*”. Karlstad: Karlstad University Studies. Faculty of Health, Science and Technology- Centre for Climate and Safety. ISBN 978-91-7063-633-2. Ανακτήθηκε από: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:793204/FULLTEXT01>

Tsanakas, K., Gaki-Papanastassiou, K., Kalogeropoulos, K., Chalkias, C., Katsafados, P. & Karymbalis, E. (2016). “*Investigation of flash flood natural causes of Xirolaki Torrent, Northern Greece based on GIS modeling and geomorphological analysis*”. Nat. Hazards (2016) 84:1015–1033. DOI 10.1007/s11069-016-2471-1.

Valkanou, K., Karymbalis, E., Papanastassiou, D., Soldati, M., Chalkias, C. & Gaki-Papanastassiou, K. (2020). “*Morphometric Analysis for the Assessment of Relative Tectonic Activity in Evia Island, Greece*”. Geosciences 2020, 10, 264. doi:10.3390/geosciences10070264

Ιστότοποι (Τελευταία Πρόσβαση: 26/2/2022)

<https://www.in.gr/2020/08/09/greece/eikones-vivlikis-katastrofis-stin-eyvoia-sovara-provlimata-logo-kakokairias-plimmyrisan-spitia/>

<https://www.kathimerini.gr/society/1091577/eyvoia-pos-leitoyrgisan-oi-dyo-potamoi-apantiseis-gia-ta-aitia-tis-katastrofis/>