

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



**Διπλωματική εργασία: Χωρική ανάλυση πλημμυρικής
επικινδυνότητας στην περιοχή των Μαλίων Κρήτης**

Φοιτητής:

Μιχάλης Κασοκεράκης

Εξεταστική επιτροπή:

Καθηγητής Δρ. Γεώργιος Καρατζάς (επιβλέπων)

Καθηγητής Δρ. Νικόλαος Νικολαΐδης

Καθηγητής Δρ. Νικόλαος Παρανυχιανάκης

Χανιά, 2021

Περιεχόμενα

| | |
|---|----|
| Ευχαριστίες: | 7 |
| Περίληψη: | 8 |
| Abstract: | 9 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : Σκοπός | 10 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : Υδατικοί πόροι..... | 11 |
| 2.1 Το νερό και η χρησιμότητά του | 11 |
| 2.2 Κατηγοριοποίηση των υδατικών πόρων | 11 |
| 2.3 Υδρολογικός κύκλος..... | 12 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Πλημμυρική επικινδυνότητα..... | 15 |
| 3.1 Επικίνδυνα καιρικά φαινόμενα | 15 |
| 3.2 Ο ορισμός της πλημμύρας | 16 |
| 3.3 Αίτια δημιουργίας πλημμυρικών φαινομένων | 18 |
| 3.4 Τύποι πλημμύρων..... | 19 |
| 3.5 Περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις..... | 20 |
| 3.6 Η ευρωπαϊκή οδηγία | 21 |
| 3.7 Διαχείριση πλημμυρικών φαινομένων..... | 23 |
| Κεφάλαιο 4: Περιοχή μελέτης | 25 |
| 4.1 Γενικά στοιχεία για τη Κρήτη | 25 |
| 4.1.1 Οικοσυστήματα..... | 25 |
| 4.1.2 Γεωλογία του εδάφους..... | 26 |
| 4.1.3 Υδρογραφικά στοιχεία..... | 28 |
| 4.1.4 Χλωρίδα-πανίδα | 28 |
| 4.2 Περιγραφή περιοχής μελέτης-Μάλια Ηρακλείου | 31 |
| 4.2.1 Γενικά στοιχεία | 31 |
| 4.2.2 Κλίμα- μετεωρολογικά δεδομένα..... | 32 |
| 4.2.2.1 Κλίμα | 32 |
| 4.2.2.2 Θερμοκρασία | 32 |
| 4.2.2.3 Υγρασία | 34 |
| 4.2.2.4 Ανεμολογικά δεδομένα | 35 |
| 4.2.2.5 Υετός-Βροχόπτωση | 36 |
| 4.2.2.6 Υδρολογικά στοιχεία..... | 39 |
| 4.3 Ανθρωπογενές Περιβάλλον | 39 |
| 4.3.1 Οικονομικές δραστηριότητες | 39 |
| 4.3.2 Πιέσεις στο φυσικό περιβάλλον | 40 |
| Κεφάλαιο 5: Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών..... | 41 |

| | |
|---|----|
| 5.1: Παρουσίαση λογισμικού (ESRI ArcGIS)..... | 41 |
| 5.2 Ορισμός και γενικά στοιχεία..... | 41 |
| 5.3 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα..... | 42 |
| Κεφάλαιο 6: Παρουσίαση μεθοδολογίας..... | 44 |
| 6.1 Χρήση των ΓΣΠ στην πλημμυρική επικινδυνότητα..... | 44 |
| 6.2 Δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν..... | 46 |
| 6.2.1 Γεωλογία της περιοχής μελέτης (Geology)..... | 46 |
| 6.2.2 Υψόμετρο (elevation)..... | 50 |
| 6.2.3 Βροχόπτωση..... | 54 |
| 6.2.4 Κλίση..... | 59 |
| 6.2.5 Χρήσεις Γης (Land Use)..... | 61 |
| 6.2.6 Συγκέντρωση Ροής (flow accumulation)..... | 64 |
| 6.2.7 Συνδυασμός δεδομένων..... | 66 |
| Κεφάλαιο 7: Αποτελέσματα-Συμπεράσματα..... | 71 |
| 7.1: Θεματικός Χάρτης Υψομέτρου..... | 71 |
| 7.2: Θεματικός Χάρτης Γεωλογίας..... | 72 |
| 7.3: Θεματικός Χάρτης Έντασης Βροχόπτωσης..... | 73 |
| 7.4: Θεματικός Χάρτης Κλίσης Εδάφους..... | 74 |
| 7.5: Θεματικός Χάρτης Συγκέντρωσης Ροής Των Υδάτων..... | 75 |
| 7.6: Θεματικός Χάρτης Χρήσεων Γης..... | 76 |
| 7.7: Τελικός Θεματικός Χάρτης Όλων Των Παραγόντων..... | 77 |
| Κεφάλαιο 8: Εξέταση μελλοντικής πλημμυρικής επικινδυνότητας με βάση την επερχόμενη κλιματική αλλαγή. | 79 |
| 8.1: Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος..... | 79 |
| 8.2: Μελέτη μελλοντικής πλημμυρικής επικινδυνότητας στα Μάλια..... | 79 |
| 8.2.1:Παρουσίαση Μεθοδολογίας..... | 79 |
| 8.2.2:Αποτελέσματα-Σύγκριση..... | 81 |
| Βιβλιογραφία..... | 86 |

Πίνακας εικόνων

| | |
|---|----|
| Εικόνα 1: Αποτύπωμα κατανάλωσης νερού για διάφορες χώρες .(Πηγή: https://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=water0708GUIDE.pdf) | 12 |
| Εικόνα 2: Αναπαράσταση υδρολογικού κύκλου (Πηγή: http://49lyk-athin.att.sch.gr/YDROLOGIKOS_KYKLOS.htm) | 13 |
| Εικόνα 3:Διαγραμματική απεικόνιση υδρολογικού κύκλου (Πηγή: https://dias.library.tuc.gr/view/11773) | 14 |
| Εικόνα 4:Observed global surface temperatures 1880–2010. The figure shows temperature time-trends from two independent data sets (Source: Goddard Institute for Space Studies, NASA, 2011) 15 | |
| Εικόνα 5: Παγκόσμια περιστατικά πλημμυρικών καταστροφών από το 1900-2020 (Πηγή: https://www.emdat.be/) | 17 |
| Εικόνα 6: Διαγραμματική απεικόνιση των πλημμυρικών καταστροφών παγκοσμίως (Πηγή: https://www.emdat.be/) | 17 |
| Εικόνα 7:Παροχή υδατορεύματος πριν και μετά την αστικοποίηση της περιοχής (Λυνοκανέλλος,2003)..... | 19 |
| Εικόνα 8:Συνολικές εκτιμήσεις ζημιών από πλημμυρικά γεγονότα σε δολάρια απο το 1980 έως το 2020 (Πηγή: https://www.emdat.be/) | 21 |
| Εικόνα 9:Σχηματική Στρωματογραφική στήλη Κρήτης (Πηγή: www.old.igme.gr) | 26 |
| Εικόνα 10: Δίκταμος (Πηγή: https://www.arolithos.com) | 29 |
| Εικόνα 11:Πρίνος (Πηγή: https://www.nhmc.uoc.gr) | 29 |
| Εικόνα 12:Κρητικός αγριόγατος (Πηγή: http://www.ecovalue-crete.eu/sites/default/files/web_gr_book_orines_periohes_final.pdf) | 30 |
| Εικόνα 13:Κρητικός αίγαγρος (Πηγή: https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CF%81%CE%B9-%CE%BA%CF%81%CE%B9) | 30 |
| Εικόνα 14:Γυπαετός ή κοκαλάς (Πηγή: http://www.ecovalue-crete.eu/sites/default/files/web_gr_book_orines_periohes_final.pdf) | 31 |
| Εικόνα 15:Μάλια Ηρακλείου (Πηγή: https://earth.google.com/web/) | 31 |
| Εικόνα 16:Διάγραμμα θερμοκρασιών Ηρακλείου περιόδου 1955-2010(Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία)..... | 33 |
| Εικόνα 17:Διάγραμμα μέσης μηνιαίας υγρασίας Ηρακλείου, περίοδος 1955-2010(Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία) | 34 |
| Εικόνα 18:Διάγραμμα ανεμολογικών δεδομένων Ηρακλείου,περίοδος 1955-2010(Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία) | 35 |
| Εικόνα 19: Βροχομετρικός χάρτης Ελλάδας (Μαρκόπουλος-Καραπέρης,1955)) | 37 |
| Εικόνα 20:Διάγραμμα δεδομένων κατακρίμνησης Ηρακλείου 1955-2010. (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία)..... | 38 |
| Εικόνα 21:Ποσοστά καταμερισμού των χρήσεων Γης του Υδατικού Διαμερίσματος της Κρήτης(Πηγή: https://ypen.gov.gr/wpcontent/uploads/legacy/Files/Dimosia%20Diavouleysi/20171215_Krhth.pdf)..... | 40 |
| Εικόνα 22: Σχηματική απεικόνιση της αλληλεπίδρασης των επιμέρους παραγόντων που συμβάλλουν στην πλημμυρική επικινδυνότητα (https://doi.org/10.26233/heallink.tuc.84139) | 45 |
| Εικόνα 23: Λειτουργία clip του Arc Toolbox | 47 |
| Εικόνα 24:Χάρτης υδρογεωλογίας των Μαλίων | 48 |

| | |
|---|----|
| Εικόνα 25:Λειτουργία Polygon to Raster του Arc Toolbox..... | 49 |
| Εικόνα 26:Εντολή Extract by Mask του Arc Toolbox..... | 50 |
| Εικόνα 27:Λειτουργία Topo To Raster του Arc Toolbox | 51 |
| Εικόνα 28:Χάρτης υψομέτρου των Μαλίων..... | 52 |
| Εικόνα 29:Λειτουργία Reclassify του Arc Toolbox..... | 53 |
| Εικόνα 30:Κατασκευασμένο αρχείο point-shapefile όπου απεικονίζονται οι μετεωρολογικοί σταθμοί γύρω από τα Μάλια..... | 56 |
| Εικόνα 31:Λειτουργία IDW-interpolation του Arc Toolbox | 57 |
| Εικόνα 32:Χάρτης απεικόνισης της έντασης της βροχόπτωσης στα Μάλια | 58 |
| Εικόνα 33:Εντολή Slope του Arc Toolbox | 60 |
| Εικόνα 34:Χάρτης των κλίσεων του εδάφους για τα Μάλια | 61 |
| Εικόνα 35:Χάρτης καταμερισμού των χρήσεων Γης για την περιοχή των Μαλίων σύμφωνα με το Corine Land Cover | 62 |
| Εικόνα 36:Εντολές Fill,Flow Direction και Flow Accumulation του Arc Toolbox | 65 |
| Εικόνα 37: Χάρτης απεικόνισης της συγκέντρωσης της ροής | 66 |
| Εικόνα 38:Λειτουργία Raster Calculator του Arc Toolbox..... | 69 |
| Εικόνα 39: Χάρτης συνδυασμού όλων των παραγόντων που συμμετάσχουν στην πλημμυρική επικινδυνότητα πριν την αναπροσαρμογή των ορίων | 70 |
| Εικόνα 40:Τελικός θεματικός χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το υψόμετρο των Μαλίων | 71 |
| Εικόνα 41: Τελικός θεματικός χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για την υδρογεωλογία των Μαλίων | 72 |
| Εικόνα 42: Τελικός θεματικός χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας της εντάσεως των βροχοπτώσεων για τα Μάλια | 73 |
| Εικόνα 43:Τελικός θεματικός χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για την κλίση του εδάφους των Μαλίων | 74 |
| Εικόνα 44:Τελικός θεματικός χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για τη συγκέντρωση της ροής των υδάτων στα Μάλια | 75 |
| Εικόνα 45:Τελικός θεματικός χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για τις χρήσεις Γης των Μαλίων | 76 |
| Εικόνα 46:Τελικός θεματικός χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για όλους τους παραπάνω παράγοντες για την περιοχή μελέτης..... | 77 |
| Εικόνα 47:Χάρτες βροχόπτωσης για το τρέχον, το μελλοντικά καλύτερο και το μελλοντικά χειρότερο σενάριο. | 82 |
| Εικόνα 48:Συνολικοί χάρτες πλημμυρικής επικινδυνότητας για το τρέχον , το μελλοντικά καλύτερο και το μελλοντικά χειρότερο σενάριο | 84 |

Πίνακας Πινάκων

| | |
|--|----|
| Table 1: Causes of floods (Parker,2000)..... | 18 |
| Table 2: Ελάχιστη , μέγιστη και μέση μηνιαία θερμοκρασία Ηρακλείου της περιόδου 1955-2010 (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία) | 33 |
| Table 3: Μέση μηνιαία υγρασία Ηρακλείου, περίοδος 1955-2010(Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία) | 34 |
| Table 4: Ανεμολογικά δεδομένα Ηρακλείου, περίοδος 1955-2010(Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία) | 35 |
| Table 5:Δεδομένα κατακρίμνησης Ηρακλείου , της περιόδου 1955-2010 (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία)..... | 38 |
| Table 6:Αντιστόχιση γεωλογικών σχηματισμών ανάλογα με το βαθμό επικινδυνότητάς τους | 48 |
| Table 7: Αντιστόχιση υψομέτρου ανάλογα με το βαθμό επικινδυνότητάς τους..... | 52 |
| Table 8:Βροχομετρικά δεδομένα μετεωρολογικών σταθμών (Πηγή: https://www.meteo.gr/Gmap.cfm?fbclid=IwAR3ZsRNn-sHccmQ80lgQAgN4dYjY0wrXMBXXLzTSupmkY0HJdeSFZbLUqMA) | 55 |
| Table 9: Αντιστόχιση του δείκτη εντάσως βροχόπτωσης με το βαθμό επικινδυνότητάς τους. | 58 |
| Table 10: Αντιστόχιση των κλίσεων του εδάφους ανάλογα με το βαθμό επικινδυνότητάς τους. | 61 |
| Table 11: Αντιστόχιση του είδους των δραστηριοτήτων με το βαθμό συνεισφορά τους στην πλημμυρική επικινδυνότητα | 63 |
| Table 12:Ακριβής παρουσίαση όλων των χρήσεων γης και των βαθμών πλημμυρικής επικινδυνότητάς τους | 63 |
| Table 13: Αντιστόχιση συγκέντρωσης ροής ανάλογα με το βαθμό επικινδυνότητάς της. | 66 |
| Table 14:Πίνακας βημάτων εύρεσης του τελικού ποσοστού συμμετοχής του κάθε παράγοντα στην πλημμυρική επικινδυνότητα | 68 |
| Table 15: Δεδομένα σχετικά με την αύξηση της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης για την περίοδο 2041-2060. | 79 |
| Table 16: Τα δεδομένα των τιμών MFI για κάθε μία περίπτωση..... | 80 |
| Table 17: Αντιστόχιση του δείκτη εντάσως βροχόπτωσης με το βαθμό επικινδυνότητάς τους. | 80 |

Ευχαριστίες:

Θα ήθελα να ευχαριστήσω πρωτίστως τον Καθηγητή Γεώργιο Καρατζά που μου έδωσε τη δυνατότητα να μελετήσω ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα κατά την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας, αλλά και τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής κ. Νικόλαο Παρανυχιανάκη και κ. Νικόλαο Νικολαΐδη για την εξέταση της διπλωματικής εργασίας.

Επιπρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Χρήστο Γκούμα, ο οποίος με την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας, με διευκόλυνε στην υλοποίησή της χωρίς να τεθεί ποτέ ζήτημα χρόνου και απασχόλησής του.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τους φίλους μου και τους γονείς μου που ήταν δίπλα μου ανά πάσα ώρα και στιγμή, καθ' όλη τη διάρκεια των προπτυχιακών μου σπουδών, βοηθώντας με να αποβάλλω το άγχος και να πραγματοποιήσω τα εγχειρήματά μου.

Περίληψη:

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει την πλημμυρική επικινδυνότητα της περιοχής των Μάλίων με τη χρήση ΓΣΠ (Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών-GIS). Τα Μάλια είναι μία παραθαλάσσια κωμόπολη, η οποία βρίσκεται 36 χιλιόμετρα ανατολικά του Ηρακλείου, αποτελώντας Δημοτικό διαμέρισμα του Δήμο Χερσονήσου. Για την υλοποίηση της απαιτούμενης έρευνας, χρησιμοποιήθηκαν βροχομετρικά δεδομένα ενός έτους από 4 μετεωρολογικούς σταθμούς περιμετρικά της περιοχής μελέτης. Ταυτόχρονα, αναγκαία προϋπόθεση για την διεκπεραίωση της μελέτης ήταν η εισαγωγή των χαρτών της γεωλογίας και των ισοϋψων καμπυλών της Κρήτης στο πρόγραμμα των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, ώστε να γίνει η κατάλληλη επεξεργασία.

Οι παράγοντες οι οποίοι διευκολύνουν την αξιολόγηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας είναι έξη και είναι οι εξής: Υψόμετρο, Κλίση, Συγκέντρωση Ροής, Χρήσεις Γης, Υδρογεωλογία και Χωρική Κατανομή Έντασης Βροχόπτωσης. Οι παράγοντες αυτοί ποσοτικοποιήθηκαν και δημιουργήθηκαν 6 θεματικοί χάρτες raster(καννάβου). Η ιδεολογία πίσω από αυτή την ποσοτικοποίηση είναι ότι κάθε χάρτης περιλαμβάνει τους βαθμούς επικινδυνότητας 1, 2, 5, 8 και 10, οι οποίοι αντιστοιχούν σε Πολύ Χαμηλή, Χαμηλή, Μέτρια, Υψηλή και Πολύ Υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα. Οι 6 αυτοί θεματικοί χάρτες συνδυάστηκαν και προέκυψε ένας τελικός χάρτης συνολικής πλημμυρικής επικινδυνότητας για την περιοχή μελέτης.

Ως αποτέλεσμα, με τη βοήθεια του GIS προσδιορίστηκε η πλημμυρική επικινδυνότητα της περιοχής μελέτης για την υπάρχουσα κατάσταση. Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι τα Μάλια στο σύνολό τους χαρακτηρίζονται από μέτρια επικινδυνότητα, κάτι το οποίο οδηγεί στο συμπέρασμα ότι χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή ειδικότερο μελλοντικά λόγω της συνεχώς αυξανόμενης κλιματικής αλλαγής η οποία παρατηρείται χρόνο με το χρόνο.

Abstract:

In this thesis the main goal was to assess the Flood Risk of the area of Malia, by using the Geographical Information Systems software (GIS). Malia is a coastal town, which is located 36 kilometers east of Iraklion in Crete, being a borough of the municipality of Hersonissos. In order to implement this study, rain data was utilized. These data are collected from four meteorological stations which are positioned around the field. Simultaneously, importing maps, which contains the geology and the contour lines of Crete, in the GIS software was an obligatory prerequisite in order to conduct the study.

The factors which facilitate the assessment of the Flood Risk are six. More specifically, these factors are: the Altitude, Slope, Flow Accumulation, Hydrogeology, Land Use, and the Spatial Distribution of Rainfall Intensity. The aforementioned factors were quantified on a same-basis scale by creating six raster maps. The ideology behind this quantification, is that each and every map includes the numbers of 1, 2, 5, 8 and 10, which corresponds to Very Low, Low, Moderate, High and Very High flood risk. Ultimately, these six maps were combined, producing one final map which depicts the overall Flood Risk, concerning the study area of Malia.

As a result, by utilizing the GIS software, the current situation regarding the Flood Risk of Malia has been specified. These results establish that, the town of Malia as a whole, is characterized by Moderate Flood Risk, which leads to the inference that the area needs distinct attention, especially taking into account the constantly accretive climate change which is developing through the years.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : Σκοπός

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη της πλημμυρικής επικινδυνότητας στην περιοχή των Μαλίων, η οποία διεκπεραιώνεται με την κατασκευή χαρτών πλημμυρικής επικινδυνότητας. Οι απαραίτητες βροχομετρικές μετρήσεις πάρθηκαν από 4 εγκαταστημένους μετεωρολογικούς σταθμούς, οι οποίοι βρίσκονται περιμετρικά της περιοχής μελέτης. Ταυτόχρονα ήταν αναγκαία και η χρήση γεωλογικού χάρτη αλλά και χάρτη ισοϋψών καμπυλών, έτσι ώστε να γίνει η κατάλληλη επεξεργασία στο πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε το οποίο δεν είναι άλλο από τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS).

Λόγω της συνεχώς αυξανόμενης κλιματικής αλλαγής που συμβαίνει στον πλανήτη Γη χρόνο με το χρόνο, αυξάνεται και η πιθανότητα εμφάνισης ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως για παράδειγμα μία πολύ έντονη βροχόπτωση. Ως αποτέλεσμα, η πιθανότητα εμφάνισης κάποιου πλημμυρικού γεγονότος αυξάνεται, για αυτό και θεωρείται αναγκαίο να διεκπεραιωθούν μελέτες σε διάφορες περιοχές, ώστε να εκτιμηθεί η πλημμυρική επικινδυνότητα. Η έρευνα της πλημμυρικής επικινδυνότητας διευκολύνει σε σημαντικό βαθμό την πρόληψη. Επεξηγηματικά, είναι πιο εύκολο εφόσον είναι γνωστό το υπόβαθρο κάθε περιοχής να παρθούν τα κατάλληλα μέτρα ώστε να διευκολυνθεί η πρόληψη ενός τόσο καταστροφικού φαινομένου όπως είναι οι πλημμύρες. Ταυτόχρονα το υπόβαθρο κάθε περιοχής, διευκολύνει και στο να παρθούν τα κατάλληλα μέτρα έτσι ώστε η περιοχή να μπορέσει να αντιμετωπίσει στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό ένα τέτοιο απρόβλεπτο φαινόμενο.

Στη συγκεκριμένη μελέτη, κατασκευάστηκαν αρχικά μέσω του GIS 6 θεματικοί χάρτες για τους παράγοντες οι οποίοι συμμετέχουν στην εκτίμηση του κινδύνου πλημμύρας. Τελικά, έγινε ένας συνδυασμός αυτών των παραγόντων και δημιουργήθηκε ένας τελικός χάρτης της συνολικής πλημμυρικής επικινδυνότητας της περιοχής των Μαλίων.

Μέσα από τη γεωχωρική εκτίμηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας, διαπιστώθηκε ότι τα Μάλια αποτελούν μία μετρίως επικίνδυνη περιοχή όσον αφορά την πιθανότητα εμφάνισης πλημμύρας σύμφωνα με τα τωρινά δεδομένα, κάτι το οποίο μπορεί εύκολα να επιβαρυνθεί λόγω της προαναφερθείσας κλιματικής αλλαγής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : Υδατικοί πόροι

2.1 Το νερό και η χρησιμότητά του

Όπως είναι ήδη γνωστό, το νερό παίζει καταλυτικό ρόλο σχεδόν σε όλες τις πτυχές της ανθρώπινης πραγματικότητας. Αρχικά, ο ανθρώπινος οργανισμός αποτελείται κυρίως από νερό, καταλαμβάνοντας το συντριπτικό ποσοστό του 60%. Ταυτόχρονα είναι συνδεδεμένο με πολλές ανθρώπινες δραστηριότητες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το γεγονός ότι χρησιμοποιείται είτε για πιο απλουστοποιημένες δραστηριότητες (άρδευση αγροτικών καλλιεργιών) , είτε για πιο σύνθετες (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη μέθοδο της υδατόπτωσης).

Το αλμυρό νερό είναι αυτό που βρίσκεται σε αφθονία από τους ωκεανούς καταλαμβάνοντας το 97% της συνολικής ποσότητας νερού στη γη. Παρόλα αυτά, οι περισσότερες δραστηριότητες χρειάζονται γλυκό νερό το οποίο είτε αντλείται απο επιφανειακούς υδάτινους αποδέκτες όπως για παράδειγμα λίμνες, είτε από την άντληση των υπόγειων υδροφορέων όπου και συγκεντρώνεται το νερό της βροχής.

2.2 Κατηγοριοποίηση των υδατικών πόρων

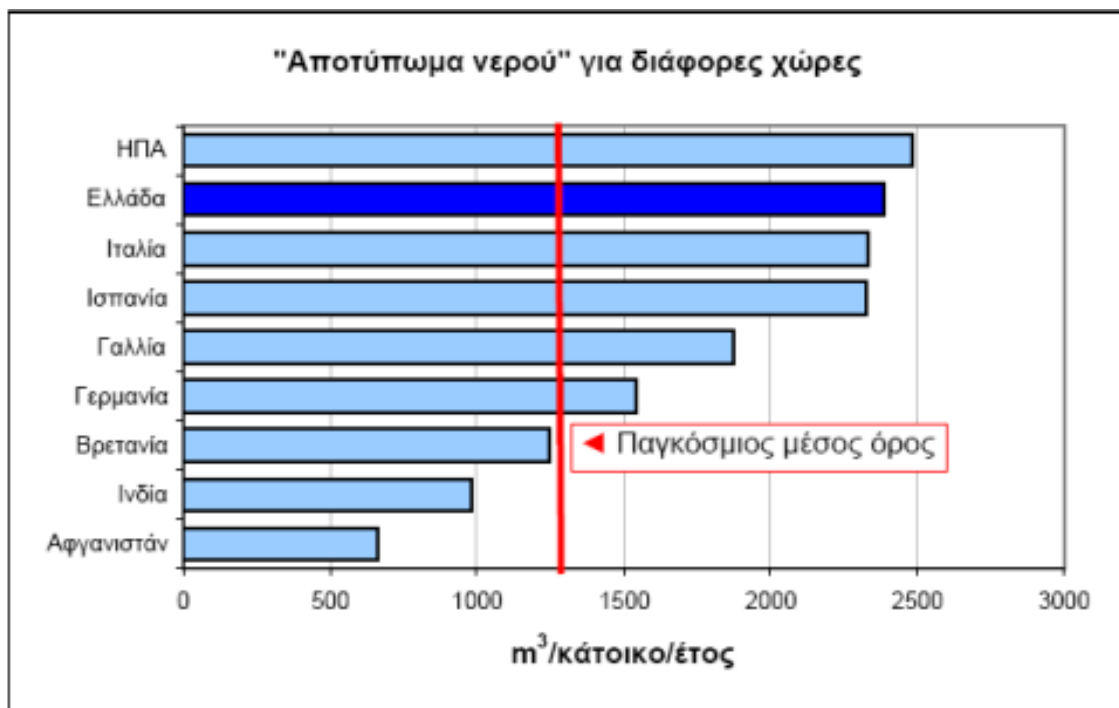
Οι υδατικοί πόροι αποτελούνται από τα επιφανειακά και τα υπόγεια ύδατα μιας περιοχής. Γενικά ο όρος υπόγεια ύδατα αναφέρεται στις υδάτινες ποσότητες που υπάρχουν μέσα στο υπέδαφος και στους διάφορους υπόγειους γεωλογικούς σχηματισμούς. (G.Karatzas,2020).

Αξίζει να επισημανθεί ότι τα επιφανειακά ύδατα ορίζονται ως τα εσωτερικά ύδατα και διαχωρίζονται από τα μεταβατικά και τα παράκτια. Τα εσωτερικά ύδατα περιλαμβάνουν τα στάσιμα και ρέοντα επιφανειακά ύδατα, αλλά και τα υπόγεια ύδατα τα οποία βρίσκονται απο την πλευρά της ξηράς.

Τα παράκτια ύδατα είναι τα επιφανειακά ύδατα τα οποία απέχουν από τη θάλασσα το πολύ ένα ναυτικό μίλι από το πλησιέστερο σημείο της γραμμής βάσης από το οποίο μετράται το εύρος των χωρικών υδάτων.

Τέλος, τα μεταβατικά ύδατα είναι επιφανειακά και βρίσκονται κοντά σε στόμια ποταμών και ενώ επηρεάζονται από ρεύματα γλυκού νερού είναι εν μέρει αλμυρά λόγω γειτνίασης με παράκρια ύδατα.

Λαμβάνοντας υπόψιν όλα τα προαναφερθέν στοιχεία για τους υδατικούς πόρους σε συνδυασμό με τα παρακάτω στοιχεία, τα οποία σχετίζονται με τη κατανάλωση νερού σε διάφορες χώρες του πλανήτη, φαίνεται πόσο αναγκαίο και αναντικατάστατο είναι το νερό στη ζωή του ανθρώπου. Το γεγονός ότι το γλυκό νερό δε βρίσκεται σε αφθονία όπως το αντίστοιχο αλμυρό νερό των ωκεανών επισημαίνει την ανάγκη της ορθής διαχείρισης των υδάτινων πόρων γιατί η οποιαδήποτε επιβάρυνση μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφικές συνέπειες.



Εικόνα 1: Αποτύπωμα κατανάλωσης νερού για διάφορες χώρες .(Πηγή: <https://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=water0708GUI DE.pdf>)

2.3 Υδρολογικός κύκλος

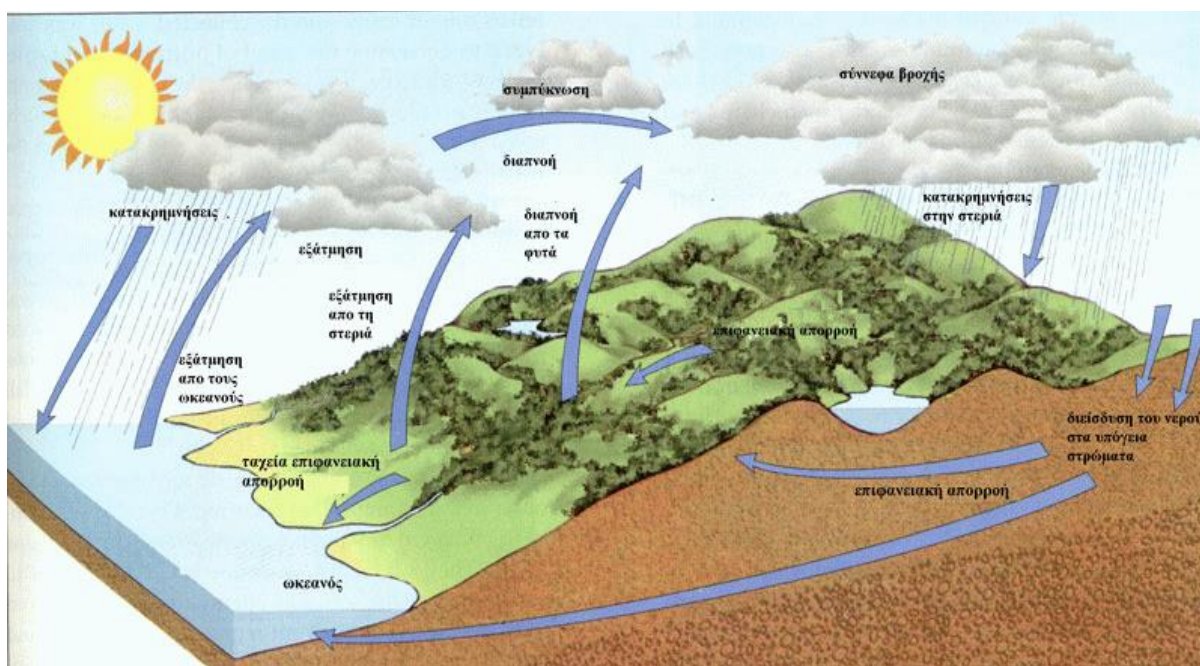
Ο υδρολογικός κύκλος περιγράφει την παρουσία και την κυκλοφορία του νερού μεταξύ υδρόσφαιρας, ατμόσφαιρας, ξηράς, υπεδάφους και θάλασσας. Το νερό της γης είναι πάντοτε σε κίνηση και εναλλάσσει τι διάφορες μορφές του, από την υγρή στην αέρια μορφή ή σε πάγο και αντιστρόφως.

Πιο συγκεκριμένα η ηλιακή ακτινοβολία θερμαίνει τη θάλασσα, τα ποτάμια και τις λίμνες με αποτέλεσμα ένα μέρος του νερού να **εξατμίζεται** και να ανυψώνεται στην ατμόσφαιρα με τη μορφή υδρατμών. Ταυτόχρονα η διαπνοή των φυτών επιδρά και αυτή στην απελευθέρωση υδρατμών. Η διαδικασία αυτή παρουσιάζεται ως μία χωρίς να διακρίνεται η εξάτμιση από τη διαπνοή και ονομάζεται **εξατμισοδιαπνοή**. Τέλος, μέσω της **εξάχνωσης**, μόρια πάγου και χιονιού μετατρέπονται κατευθείαν σε υδρατμούς και απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα.

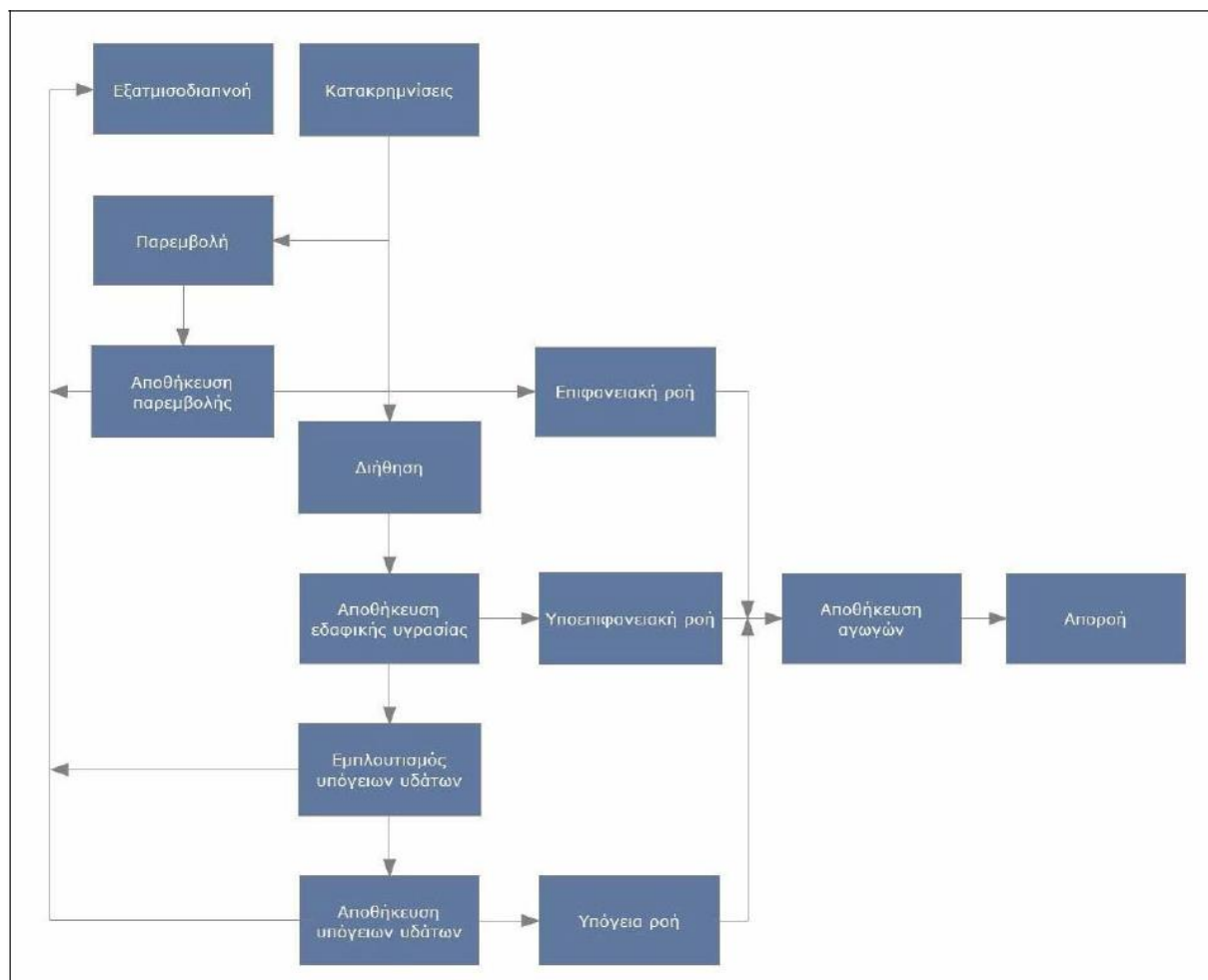
Στη συνέχεια, οι υδρατμοί οδεύουν ανοδικά προς τα ανώτερα στρώματα της ατμοσφαιράς όπου οι αισθητά μικρότερες πιέσεις που επικρατούν εκεί οδηγούν στη μείωση της θερμοκρασίας και στη **συμπύκνωση** ενός μέρους των υδρατμών, σχηματίζοντας έτσι τα σύννεφα. Έπειτα, τα σταγονίδια που σχηματίζονται στα σύννεφα πέφτουν από τον ουρανό ως κατακρημνίσματα. Συχνές μορφές **κατακρημνισμάτων** είναι η βροχή και το χιόνι. Η συσσώρευση του χιονιού οδηγεί στο σχηματισμό **πάγων και παγετώνων**, τα οποία σε θερμότερες περιόδους κατά τη διάρκεια του έτους λιώνουν σχηματίζοντας την απορροή από το λιώσιμο των **χιονιού**.

Ένα μεγάλο μέρος των κατακρημνισμάτων πέφτει στους ωκεανούς και ένα άλλο μέρος τους πέφτει στη στεριά. Από αυτή την ποσότητα του νερού που πέφτει στη στεριά ένα μέρος της μεταφέρεται και πάλι στους ωκεανούς με την **επιφανειακή απορροή** όπου επιδρά η βαρύτητα, με βασικό στοιχείο τη μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων νερού από τα ποτάμια στους ωκεανούς με τη μορφή **ροής σε υδατορεύματα**.

Ιδιαίτερη αναφορά θα πρέπει να δοθεί και στη **διήθηση**, όπου το νερό των κατακρημνισμάτων διαπερνούν το έδαφος και σχηματίζουν το υπόγειο νερό. Το νερό αυτό είτε θα καταλήξει σε επιφανειακούς υδάτινους προορισμούς ως **εκφόρτιση υπόγειου νερού**, κάνοντας την εμφάνισή του υπό τη μορφή **πηγών**, είτε θα διεισδύσει βαθύτερα εμπλουτίζοντας τους **υπόγειους υδροφορείς**. Έτσι, το νερό συνεχίζει να κινείται με τη πάροδο του χρόνου έχοντας μια διαρκή επάναληψη του υδρολογικού κύκλου.



Εικόνα 2: Αναπαράσταση υδρολογικού κύκλου (Πηγή:http://49lyk-athin.att.sch.gr/YDROLOGIKOS_KYKLOS.htm)



Εικόνα 3: Διαγραμματική απεικόνιση υδρολογικού κύκλου (Πηγή: <https://dias.library.tuc.gr/view/11773>)

Τέλος ο Dingman το 2002 περιέγραψε το υδατικό ισοζύγιο για μια λεκάνη απορροής, το οποίο έχει τη μορφή:

$$P + G_{in} - (Q + ET + G_{out}) = \Delta s$$

Όπου,

P: Κατακρήμνιση(βροχόπτωση,χιόνι)

G_{in} : Εισροή υπόγειων υδάτων

Q: Απορροή

ET: Εξατμισοδιαπνοή

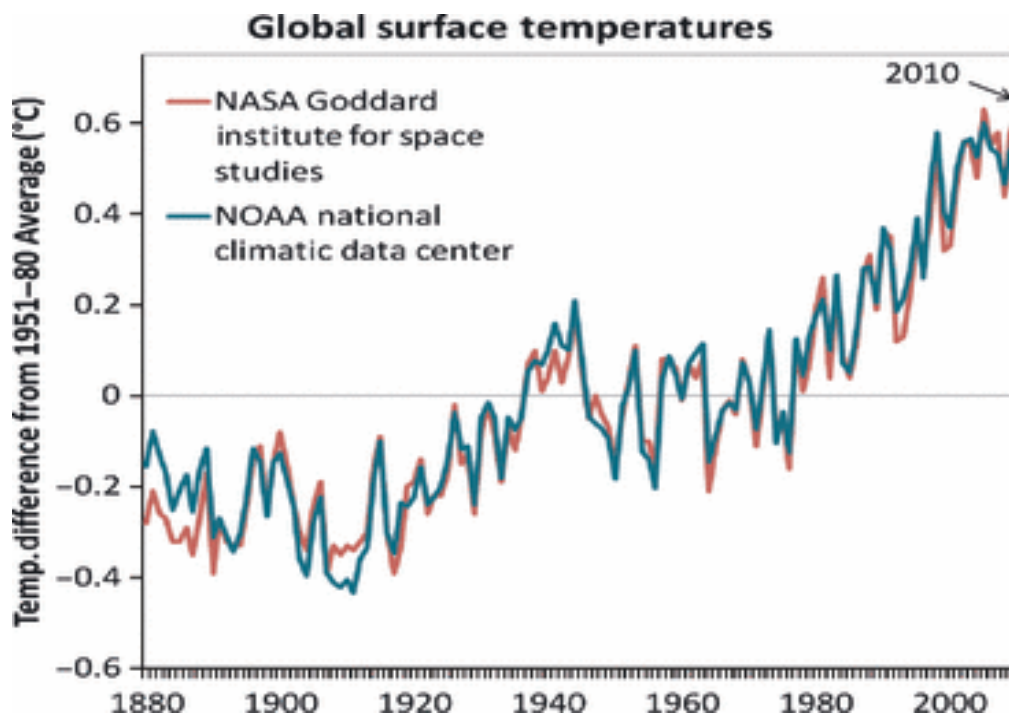
G_{out}: Εκροή υπόγειων υδάτων

Δs: Η μεταβολή της αποθηκευτικότητας του νερού στη λεκάνη απορροής

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Πλημμυρική επικινδυνότητα

3.1 Επικίνδυνα καιρικά φαινόμενα

Είναι ευρέως γνωστό ότι η ανθρώπινη παρέμβαση στη φύση έχει οδηγήσει με την πάροδο των χρόνων σε αρκετές περιβαλλοντικές αλλαγές. Ιδιαίτερα, οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα και των άλλων αερίων του θερμοκηπίου συμβάλλουν στη σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας της Γης. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η ραγδαία αύξηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας της Γης μέσα από δύο διαφορετικές βάσεις δεδομένων με αποκορύφωμα το 2010 όπου και η θερμοκρασία έχει πάρει τη μέγιστη τιμή της, κάτι το οποίο εκτιμάται ότι προκύπτει από τις έντονες ανθρώπινες δραστηριότητες.



Εικόνα 4: Observed global surface temperatures 1880–2010. The figure shows temperature time-trends from two independent data sets (Source: Goddard Institute for Space Studies, NASA, 2011)

Έτσι λοιπόν, η αναμενόμενη κλιματική αλλαγή επιφέρει σταδιακές αλλαγές στη θερμοκρασία και τον υδρολογικό κύκλο, με αποτέλεσμα κάποιες περιοχές να παρουσιάζουν, είτε μικρότερες μεν αλλά πιο έντονες βροχοπτώσεις, είτε να αυξηθούν οι περίοδοι ξηρασίας τους. Γενικότερα, η κλιματική αλλαγή μπορεί να συμβάλει σε επικίνδυνα καιρικά φαινόμενα

όπως είναι οι έντονες θύελλες και οι πλημμύρες. Σύμφωνα με το Διεθνές Συμβούλιο για τον υδάτινο πλούτο, δισεκατομμύρια άνθρωποι θα βρεθούν σε όλο και πιο μεγάλο κίνδυνο από πλημμύρες, θύελλες και ξηρασίες σε βάθος χρόνων.

3.2 Ο ορισμός της πλημμύρας

Ο ορισμός της πλημμύρας χρησιμοποιείται για την περιγραφή της αναξέλεγκτης κατάκλυσης μίας περιοχής από νερό, το οποίο μπορεί να είναι αποτέλεσμα της εξόδου του νερού ενός υδατορεύματος από τη φυσική ή τεχνητή κοίτη του και ως αποτέλεσμα κατακλύει τις παρακείμενες περιοχές.

Συνεπώς, οι βασικοί παράγοντες που οδηγούν σε πλημμύρες είναι:

- η αύξηση της υδατοπαροχής
- η μείωση της διατομής της κοίτης (Σακκάς,2004)

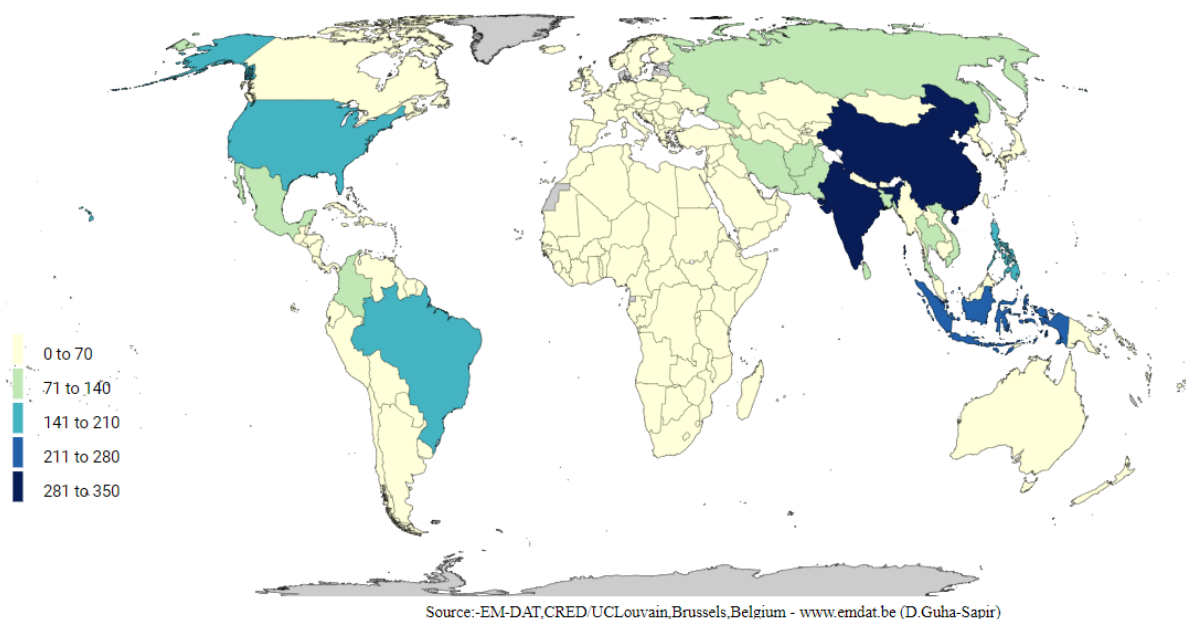
Πλημμύρες επίσης συμβαίνουν όταν η στάθμη του νερού στις λίμνες, στις δεξαμενές και τα υδροφόρα στρώματα υπερβαίνει κάποιες κρίσιμες τιμές με αποτέλεσμα να πλημμυρίζει ο παρακείμενος χώρος ή όταν η στάθμη της θάλασσας ανεβαίνει ιδιαίτερα στις παράκτιες περιοχές, πιο πάνω από τη μέση στάθμη της.

Ο κυριότερος όμως λόγος εμφάνισης πλημμύρων οφείλεται στις ξαφνικές και έντονες βροχοπτώσεις, κατά τις οποίες ξεχειλίζουν οι κοίτες των ποταμών, καθώς υπάρχει αδυναμία του εδάφους να απορροφήσει γρήγορα μεγάλες ποσότητες νερού.

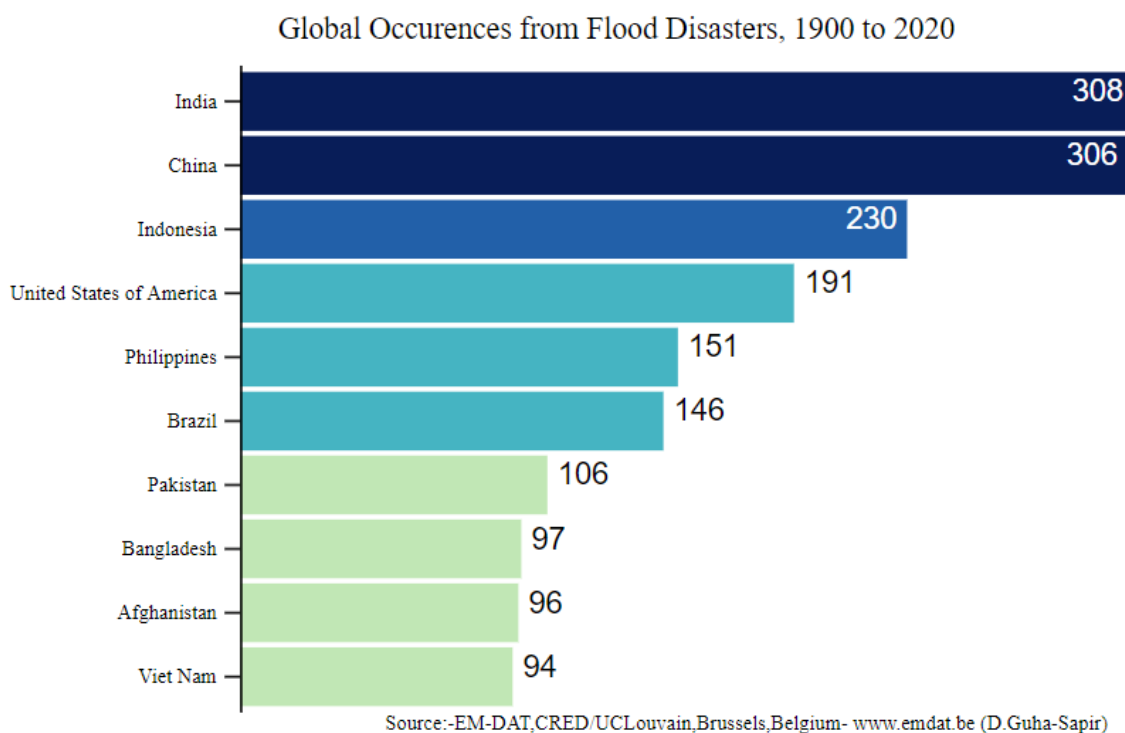
Σαν φυσικό φαινόμενο η πλημμύρα είναι ένα βίαιο και εξαιρετικά επικίνδυνο φαινόμενο, το οποίο εμφανίζεται ξαφνικά, αφήνοντας ελάχιστα χρονικά περιθώρια στους αρμόδιους να προετοιμαστούν κατάλληλα για να το αντιμετωπίσουν.



Global Occurences from Flood Disasters, 1900 to 2020



Εικόνα 5: Παγκόσμια περιστατικά πλημμυρικών καταστροφών από το 1900-2020 (Πηγή: <https://www.emdat.be/>)



Εικόνα 6: Διαγραμματική απεικόνιση των πλημμυρικών καταστροφών παγκοσμίως (Πηγή: <https://www.emdat.be/>)

Ο παραπάνω χάρτης και το διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζουν τον αριθμό των πλημμύρων που έχουν εμφανιστεί ανά χώρα του κόσμου την περίοδο του 1900-2020. Παρατηρείται ότι πολλές χώρες με πρωτοπόρους την Ινδία και την Κίνα έχουν παρουσιάσει ένα υψηλό αριθμό πλημμύρων κατά τη διάρκεια αυτού του χρονικού διαστήματος. Παρόλα αυτά σχεδόν όλες οι χώρες αντιμετώπισαν φαινόμενα πλημμύρας, κάτι το οποίο

υποδεικνύει τη αναγκαιότητα αντιμετώπισης των πλημμυρικών φαινομένων. Στην Ελλάδα οι πλημμύρες εμφανίζονται τοπικά έχοντας μικρή διάρκεια αλλά παρόλα αυτά δεν παύουν να έχουν καταστροφικές συνέπειες.

3.3 Αίτια δημιουργίας πλημμυρικών φαινομένων

Table 1: Causes of floods (Parker,2000)

| Cause | Examples of flood types |
|-------------------------|---|
| High Rainfall | Slow-onset riverine flood Flash flood (rapid onset) Sewer/urban drain flood |
| Tidal and wave extremes | Storm surge Tsunami |
| Thawing of Ice | Jökulhlaup Snowmelt |
| Structural failure | Dam-break flood Breaching of sea defences |

Στον παραπάνω πίνακα παρουσιάζονται κάποιες αιτίες δημιουργία πλημμυρικών φαινομένων. Ως κύρια αιτία εμφανίζεται η βροχόπτωση, η οποία αν είναι έντονη ή αν παρατείνεται για μεγάλο χρονικό διάστημα αυξάνει τη στάθμη των ποταμών, με αποτέλεσμα την εμφάνιση πλημμύρας στη γύρω περιοχή.

Όσον αφορά τις παράκτιες περιοχές, υπάρχει και ο πρόσθετος κίνδυνος των παλιρροιακών κυμάτων τα οποία αυξάνουν τη στάθμη της θάλασσας πλημμυρίζοντας τις γύρω περιοχές. Επιπρόσθετα, το λιώσιμο των πάγων μπορεί να επιφέρει καταστροφικές συνέπειες στις περιοχές όπου συσσωρεύεται όλη αυτή η ροή, ένα φαινόμενο το οποίο ενισχύεται λόγω της σταδιακής κλιματικής αλλαγής.

Ταυτόχρονα, τα τελευταία χρόνια η εμφάνιση πλημμυρικών φαινομένων είναι αλληλοεξαρτώμενη με τις ανθρώπινες παρεμβάσεις στο φυσικό περιβάλλον. Κάποια από τα σημαντικότερα αίτια πλημμύρων λόγω της ανθρώπινης παρέμβασης είναι :

- Η καταστροφή των δασών, με αποτέλεσμα τη διάβρωση του εδάφους και την αύξηση των απορροών
- Η εξαφάνιση του υδρογραφικού δικτύου μέσα σε μικρά ή μεγάλα αστικά κέντρα οδηγεί σε μεγάλες καταστροφές και απώλειες ανθρώπινων ζωών.
- Διακοπές στην ελεύθερη ροή του νερού εξαιτίας της κατασκευής στενών γεφυρών, όπως η ρίψη υλικών στις κοίτες των ρευμάτων

Στην παρακάτω εικόνα, παρουσιάζεται ένα χαρακτηριστικό υδρογράφημα όπου αναπαριστάται η επιρροή της αστικοποίησης κατά τη διάρκεια μιας καταιγίδας. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα οι μέγιστες ροές των αστικοποιημένων ρεμάτων εμφανίζονται εμφανώς πιο γρήγορα, παίρνοντας πολύ υψηλότερες τιμές σε σχέση με τα ρέματα όπου δεν υπάρχει ανθρώπινη παρέμβαση. Ταυτόχρονα η υποχώρηση της ροής μετά από τη καταιγίδα είναι εμφανώς γρηγορότερη. Αυτή η αύξηση στην αποφόρτιση προκαλεί επίσης τη διάβρωση του πυθμένων των ρεμάτων λόγω των υψηλότερων ταχυτήτων ροής (Λυκοκανέλλος,2003).



Εικόνα 7:Παροχή υδατορεύματος πριν και μετά την αστικοποίηση της περιοχής (Λυνοκανέλλος,2003)

3.4 Τύποι πλημμύρων

Κρίνεται απαραίτητο να γίνει διάκριση μεταξύ δύο γενικών κατηγοριών πλημμύρας ανάλογα με το μέγεθος της πληγείσας περιοχής και τη διάρκεια των βροχοπτώσεων.

Οι τύποι των πλημμύρων διακρίνονται στις εξής (Menne,2013):

- Τις τοπικές και ξαφνικές πλημμύρες (flash floods) , οι οποίες προκαλούν πλημμύρες σε μικρές λεκάνες απορροής και οφείλονται κυρίως σε σύντομες αλλά πολύ έντονες βροχοπτώσεις. Τέτοιου είδους πλημμύρες εμφανίζονται κυρίως σε λοφώδεις ή ορεινές περιοχές και οφείλονται σε μηχανισμούς μεταφοράς βροχόπτωσης, λεπτά εδάφη και υψηλή ταχύτητα απορροής. Η διάρκεια μιας τέτοιας πλημμύρας είναι σύντομη, αφήνοντας όμως πίσω της σοβαρές καταστροφές. Επιπρόσθετα, οι βροχοπτώσεις αυτές μπορεί να οδηγήσουν και πλημμύρισμα των αστικών περιοχών

όπου οι υπόνομοι και τα συστήματα αποστράγγισης, τα οποία δε μπορούν να διαχειριστούν τόσο μεγάλο όγκο νερού.

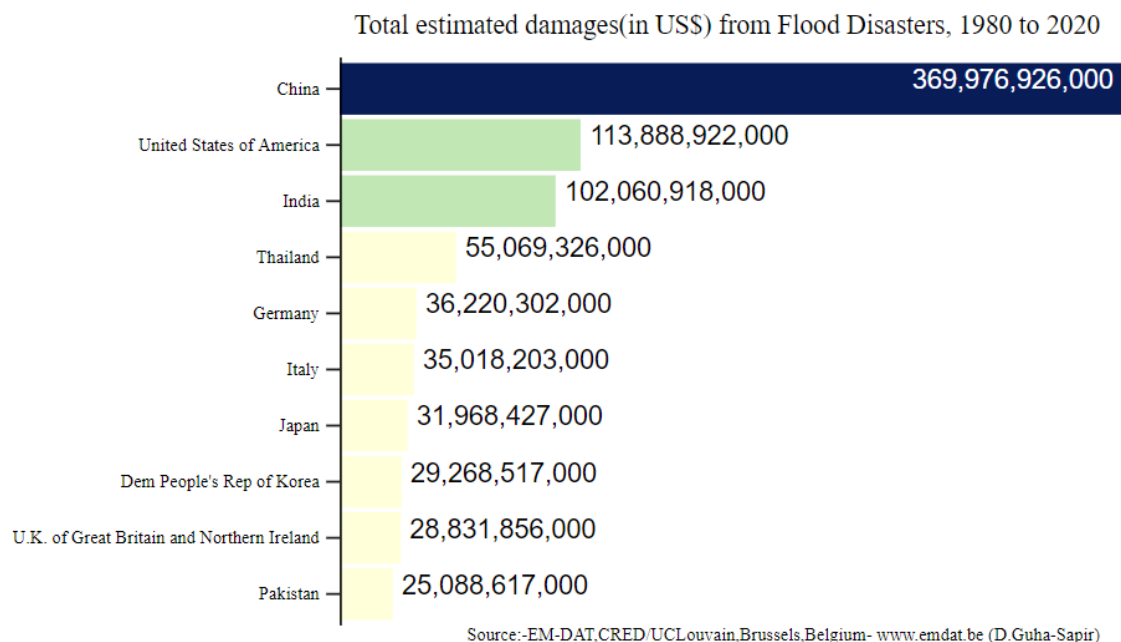
- Τις μακροχρόνιες πλημμύρες (plain floods), οι οποίες προκαλούνται από βροχοπτώσεις μεγάλης διάρκειας και καταλαμβάνουν μεγάλες εκτάσεις γης. Η τήξη του χιονιού ή του πάγου είναι επίσης παράμετροι εμφάνισης μακροχρόνιων πλημμύρων, κυρίως στις πεδιάδες, όπου οι κατασκευές περιορισμού του νερού στα ποτάμια όπως τα χαντάκια δε μπορούν να διαχειριστούν τον όγκο του νερού με αποτέλεσμα να υπερχειλιστούν. Παρόλα αυτά οι μακροχρόνιες πλημμύρες εμφανίζουν το πλεονέκτημα ότι εκδηλώνονται αργά δίνοντας την ευκαιρία για έγκαιρες προειδοποιήσεις και προετοιμασία.
- Και τέλος οι παράκτιες πλημμύρες οι οποίες μπορούν να οριστούν ως ο πλημμυρισμός παράκτιων περιοχών σε μεγαλύτερη έκταση από αυτή που αναμενόταν στις φυσιολογικές παλίρροies. Οι παράκτιες πλημμύρες προκαλούνται συνήθως από ακραίες καιρικές συνθήκες, όπως για παράδειγμα ένας συνδυασμός παλίρροιας και καταιγίδα.

3.5 Περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις

Οι πλημμύρες προκαλούν πολλές καταστροφές με το πέρας τους, οι οποίες όμως δεν περιορίζονται μόνο σε περιβαλλοντικές, αλλά περιλαμβάνουν και οικονομικές καθώς και κοινωνικές επιπτώσεις. Ιδιαίτερα, λόγω της σταδιακής κλιματικής αλλαγής η αύξηση των πλημμύρων είναι αισθητή σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η βασική επίπτωση της πλημμύρας είναι η καταστροφή των φυσικών οικοσυστημάτων. Οι πληγείσες περιοχές συνήθως εμφανίζουν ανεπανόρθωτες ζημιές στους υδροβιότοπους και στα ενδιαίτηματα οργανισμών με αποτέλεσμα την εξαφάνιση πολλών ειδών χλωρίδας και πανίδας της περιοχής. Επιπρόσθετα, οι πλημμύρες παρασύρουν μαζί τους πολλές χημικές και τοξικές ουσίες, μεταφέροντας το μολυσμένο νερό στις πληγείσες περιοχές προκαλώντας βλάβες στην υγεία των ζώντων οργανισμών και ιδιαίτερα στους υδρόβιους οργανισμούς. Ωστόσο, υπό προϋποθέσεις η πλημμύρα θα μπορούσε να έχει ένα θετικό αποτέλεσμα όσον αφορά την μεταφορά νερού σε περιοχές, οι οποίες πάσχουν από ξηρασίες, εξασφαλίζοντας έτσι έστω και με αυτόν τον τρόπο κάποιες ποσότητες νερού που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση.

Όσον αφορά τις οικονομικές επιπτώσεις, δεν υπάρχει ένας ακριβής αριθμός προσδιορισμού αυτών. Το γεγονός ότι από χώρα σε χώρα οι οικονομικοί παράγοντες αλλά και ο τρόπος με τον οποίο επηρεάζονται από τις πλημμύρες διαφέρει, δε μπορεί να δώσει ένα σαφή υπολογισμό των οικονομικών επιπτώσεων. Παρόλα αυτά έχει γίνει μία εκτίμηση των καταστροφών στην οικονομία, υπολογισμένη σε δολάρια (EMDAT).



Εικόνα 8:Συνολικές εκτιμήσεις ζημιών από πλημμυρικά γεγονότα σε δολάρια απο το 1980 έως το 2020 (Πηγή: <https://www.emdat.be/>)

Όπως φαίνεται απο τα παραπάνω δεδομένα οι οικονομικές καταστροφές παγκοσμίως τα τελευταία 40 χρόνια εκτιμώνται σε δισεκατομμύρια δολάρια κάτι το οποίο υποδεικνύει την αναγκαιότητα για τη δημιουργία κατάλληλων υποδομών για την όσο το δυνατόν καλύτερη διαχείριση των πλημμυρικών φαινομένων.

Ωστόσο, εκτός απο τις περιβαλλοντικές και τις οικονομικές επιπτώσεις οι πλημμύρες έχουν και κοινωνικές, οι οποίες αφορούν κυρίως την αδυναμία στέγασης και οικονομικής υποστήριξης των πληγέντων ανθρώπων από το κράτος δημιουργώντας έτσι φαινόμενα φτώχειας και κοινωνικής ανισότητας (Bouwen et al,2004)

3.6 Η ευρωπαϊκή οδηγία

Η εμφάνιση όλο και περισσότερων πλημμυρικών φαινομένων οδήγησε το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο να εγκρίνει στις 18/9/2007 τη νέα Κοινοτική Οδηγία για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας, ώστε να βοηθήσει τα κράτη μέλη στη προληψη, τον περιορισμό και την αντιμετώπιση του φαινομένου.

Αυτή η οδηγία προβλέπει, μια διαδικασία διαχείρισης του κινδύνου πλημμύρων, η οποία περιλαμβάνει τρία στάδια:

1. Τα κράτη μέλη θα πρέπει να έχουν κάνει μία προκαταρκτική εκτίμηση των κινδύνων πλημμύρας για τις λεκάνες απορροής ποταμών, ώστε να προσδιορίσουν τις περιοχές με υψηλή πιθανότητα κινδύνου.

2. Στις περιοχές όπου υπάρχει κίνδυνος, θα πρέπει να δημιουργηθούν χάρτες επικινδυνότητας και χάρτες κινδύνων πλημμύρας, αποτυπώνοντας έτσι οι αρνητικές επιπτώσεις των πλημμύρων.
3. Έπειτα για τις περιοχές αυτές θα πρέπει να καταρτιστούν σχέδια διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας. Στα σχέδια αυτά θα πρέπει να περιλαμβάνονται μέτρα για τη μείωση της πιθανότητας πλημμύρας αλλά και τον περιορισμό των πιθανών αρνητικών επιπτώσεων τους. Ιδιαίτερη βαρύτητα θα δίνεται σε παράγοντες όπως η πρόληψη, η προστασία και η ετοιμότητα. Πιο συγκεκριμένα η πρόληψη των ζημιών απο πλημμύρες ώστε να μη χτιστούν κάποιες κατοικίες σε συγκεκριμένες περιοχές υψηλού κινδύνου, σε συνδυασμό με τη λήψη μέτρων για τον περιορισμό των ζημιών, αλλά και τη σωστή ενημέρωση των ατομών μπορούν να διασφαλίσουν τη μικρότερη δυνατή απώλεια στην περίπτωση εμφάνισης του φαινομένου.

Αξίζει να σημειωθεί ότι αυτά τα τρία στάδια θα διεκπεραιώνονται ανά 6 χρόνια ώστε να συνυπολογίζεται ακόμη και η παραμικρή εξέλιξη.

Η Κοινοτική οδηγία 2007/60/ΕΚ ενσωματώθηκε στο εθνικό δίκαιο μέσω της ΚΥΑ 31822/1542/Ε103 (ΦΕΚ1108/Β/21-07-2010) όπου και ολοκληρώθηκε και υπεβλήθη στην Ευρωπαϊκή ένωση η έκθεση προκαταρκτικής αξιολόγησης κινδύνων πλημμύρας (23 Μαρτίου 2012). Έπειτα ολοκληρώθηκε ο προσδιορισμός των Ζωνών Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας στα 14 υδατικά διαμερίσματα της χώρας και υπεβλήθη στην Ευρωπαϊκή ένωση μία επικαιροποιημένη έκθεση προκαταρκτικής αξιολόγησης κινδύνων πλημμύρας (22 Νοεμβρίου 2012).

Τα υδατικά διαμερίσματα ορίστηκαν ως εξής:

1. ΥΔ ΕΛ01 : Δυτική Πελοπόννησος
2. ΥΔ ΕΛ02 : Βόρεια Πελοπόννησος
3. ΥΔ ΕΛ03 : Ανατολική Πελοπόννησος
4. ΥΔ ΕΛ04 : Δυτική Στερεά Ελλάδα
5. ΥΔ ΕΛ05 : Ήπειρος
6. ΥΔ ΕΛ06 : Αττική
7. ΥΔ ΕΛ07 : Ανατολική Στερεά Ελλάδα
8. ΥΔ ΕΛ08 : Θεσσαλία
9. ΥΔ ΕΛ09 : Δυτική Μακεδονία
10. ΥΔ ΕΛ10 : Κεντρική Μακεδονία
11. ΥΔ ΕΛ11 : Ανατολική Μακεδονία
12. ΥΔ ΕΛ12 : Θράκη
13. ΥΔ ΕΛ13 : Κρήτη
14. ΥΔ ΕΛ14 : Νήσοι Αιγαίου

Οι δράσεις οι οποίες προήλθαν από την εφαρμογή της οδηγίας συνεχίστηκαν, και το Νοέμβριο του 2014 επικαιροποιήθηκε και υποβλήθηκε η προκαταρκτική αξιολόγηση κινδύνων πλημμύρας για τη λεκάνη απορροής του π.Έβρου. Τέλος οι πιο πρόσφατες δράσεις διεκπεραιώθηκαν το 2017 και το 2018 όπου:

- Ολοκληρώθηκαν και υποβλήθηκαν στην ΕΕ οι χάρτες επικινδυνότητας και κινδύνων Πλημμύρας για τα 14 υδατικά διαμερίσματα της χώρας (Μάρτιος 2017)
- Αφού ολοκληρώθηκαν και εγκρίθηκαν από την Εθνική Επιτροπή Υδάτων, υποβλήθηκαν στην ΕΕ τα σχέδια διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας όλων των υδατικών διαμερισμάτων της χώρας, συμπεριλαμβάνοντας και ένα ειδικό σχέδιο διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας για τη λεκάνη απορροής του π.Έβρου (Ιούλιος 2018).

3.7 Διαχείριση πλημμυρικών φαινομένων

Για την επίτευξη ορθής διαχείρισης πλημμυρικών φαινομένων είναι απαραίτητο να παρθούν μέτρα πριν τις πλημμύρες, για την πρόβλεψη των πλημμύρων αλλά και μέτρα μετά τις πλημμύρες.

Τα κύρια **μέτρα πριν τις πλημμύρες** περιλαμβάνουν, είτε τεχνικά μέτρα για τον έλεγχο των πλημμυρικών φαινομένων όπως για παράδειγμα κάποια φράγματα, είτε ρυθμιστικά μέτρα τα οποία θα αφορούν κανονισμούς για τον σωστό προγραμματισμό των χρήσεων γης και της ορθής χωροταξίας αυτών.

Όσον αφορά τα τεχνικά μέτρα, τα αντιπλημμυρικά έργα θα πρέπει να διεκπεραιώνονται πρώτα στις ορεινές περιοχές, όπου το φαινόμενο της πλημμύρας δεν έχει ακόμη ξεκινήσει αλλά έχει ξεκινήσει να συλλέγεται το νερό το οποίο θα καταλήξει στις πεδινές περιοχές μέσω χειμάρρων. Στις ημιορεινές περιοχές, η παρέμβαση με τεχνικά μέτρα είναι αρκετά περίπλοκη λόγω της υψομετρικής διαφοράς που υπάρχει ανάμεσα στις ορεινές και τις πεδινές περιοχές, με αποτέλεσμα να αυξάνουν την ενέργεια της απορροής. Τέλος, στις πεδινές περιοχές, η ανάλυση του φαινομένου κρίνεται πολύ δύσκολη και δε μπορούν να γίνουν πολλά πράγματα παρά μόνο κάποια έργα προστασίας της όχθης από διάβρωση ή κάποιος καθαρισμός της κοίτης από αποθέσεις παλαιότερων πλημμυρών. Όσον αφορά την **πρόβλεψη των πλημμυρικών φαινομένων**, κύριος σκοπός τους είναι η μείωση των απωλειών τόσο σε καταστροφές σε περιουσίες όσο και σε ανθρώπινες ζωές. Έτσι δημιουργείται ένα σύστημα προειδοποίησης, το οποίο προωθεί τον επερχόμενο κίνδυνο στους αρμόδιους φορείς, δίνοντας τη δυνατότητα να εκκενωθεί έγκαιρα κάποιος οικισμός. Βασική προϋπόθεση για τη δημιουργία ενός αποτελεσματικού συστήματος προειδοποίησης είναι η ακρίβεια των προβλέψεων σε επίπεδο λεκάνης απορροής. Για αυτό το λόγο θα πρέπει να διεκπεραιωθεί σωστή ανάλυση της χωρικής κατανομής της βροχόπτωσης, της απορροής και της πορείας του πλημμυρικού κύματος. Με αυτό το σκεπτικό ένα ιδανικό σύστημα προειδοποίησης, περιλαμβάνει το σχεδιασμό τηλεμετρικών σταθμών για τη καταγραφή της βροχόπτωσης, των μετεωρολογικών παραμέτρων και της παροχής υδατορεύματος, σε θέσεις όπου θα μπορέσει να επιτευχθεί η έγκαιρη προειδοποίηση σε περίπτωση εμφάνισης ενός πλημμυρικού φαινομένου.

Τέλος, για τα **μέτρα μετά την πλημμύρα**, προωθούν τη γρήγορη αποκατάσταση της πληγείσας περιοχής και περιλαμβάνουν μέτρα ανακούφισης, μέτρα αποκατάστασης της ζημιωθείσας υποδομής και μέτρα αναθεώρησης της αποτελεσματικότητας του αντιπλημμυρικού συστήματος (Kourgialas & Karatzas, 2011).

Πιο συγκεκριμένα, οι πρώτες κινήσεις στις οποίες θα πρέπει να προχωρήσει η εκάστοτε τοπική αρχή σε μία τέτοια κατάσταση είναι (Penning-Rowsell et al., 2005b):

- Η άμεση ανταπόκριση
- Η άμβλυνση των συνεπειών

Όσον αφορά την άμεση ανταπόκριση, το πιο σημαντικό κομμάτι της είναι η σωστή προετοιμασία ώστε οι αρμόδιοι φορείς να είναι προετοιμασμένοι οποιαδήποτε στιγμή και σε οποιαδήποτε κατάσταση να δράσουν άμεσα. Ταυτόχρονα, η άμβλυνση των συνεπειών είναι εξίσου σημαντική και συνδέεται άμεσα με ενέργειες που θα πρέπει να γίνουν άμεσα, τις πρώτες ώρες μετά από μια πλημμύρα. Η άμβλυνση σχετίζεται κυρίως με την τη ψυχολογική υποστήριξη στους πληγέντες οι οποίοι είναι συναισθηματικά ασταθείς λόγω της κατάστασης και στην αξιολόγηση των αιτιών η οποία συμπίπτει με δράσεις οι οποίες πρέπει να γίνουν αμέσως μετά από μια πλημμυρική καταστροφή, ώστε να μειωθεί ο κίνδυνος σε κάποιο επόμενο πλημμυρικό φαινόμενο.

Κεφάλαιο 4: Περιοχή μελέτης

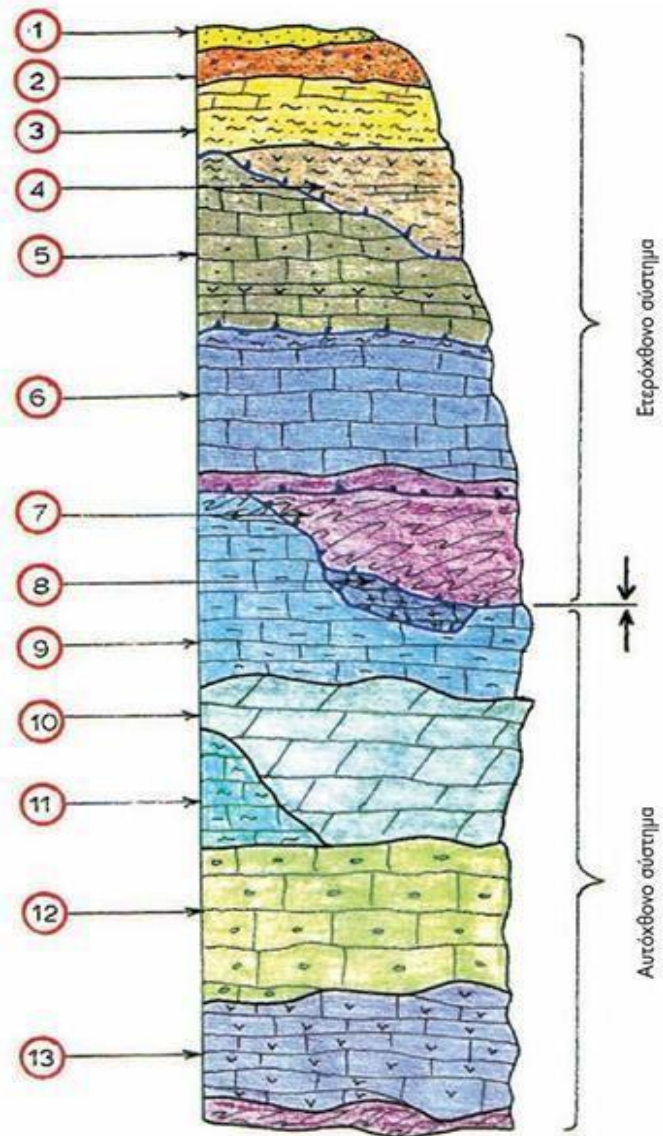
4.1 Γενικά στοιχεία για τη Κρήτη

4.1.1 Οικοσυστήματα

Η Κρήτη αποτελεί το μεγαλύτερο νησί της Ελλάδας και το δεύτερο μεγαλύτερο νησί της Ανατολικής Μεσογείου. Κάποια από τα τοπία τα οποία περιλαμβάνει είναι, βραχώδεις και αμμώδεις ακτές, βαθιές κοιλάδες και απότομα φαράγγια, μικρές εύφορες πεδιάδες και βοσκοτόπια αλλά και πολλές απογυμνωμένες και πετρώδεις πλαγιές. Το μεγαλείο της κρητικής φύσης ξεδιπλώνεται μέσα από τις εναλλαγές των τοπίων ανάμεσα στις ορεινές, τις πεδινές αλλά και τις παραθαλάσσιες περιοχές του νησιού. Χαρακτηρίζεται από πολλές ημιορεινές περιοχές με ήπιο μορφολογικό ανάγλυφο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το γεγονός ότι το 21,6% της έκτασής της, περιλαμβάνει περιοχές με υψόμετρο πάνω από 700 μέτρα. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι σε ολόκληρη την έκτασή της εμπεριέχονται μεγάλες δασικές εκτάσεις αλλά και αρκετοί υδάτινοι πόροι (πηγές, ρέοντα ύδατα), καθώς και πολλές καλλιεργήσιμες εκτάσεις οι οποίες χρησιμοποιούνται κυρίως για την καλλιέργεια ελαιόδενδρων.

4.1.2 Γεωλογία του εδάφους

ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΗΛΗ ΚΡΗΤΗΣ



- | | |
|--|--|
| 1. Αλλουβιακές προσχώσεις | 8. Κάλυμμα Τρυπαλίου (ή Ομαλού) |
| 2. Πλειστοκαινικές αποθέσεις | 9. Πλακώδεις κρυσταλλικοί ασβε- στόλιθοι (σχ. Βίγλας) |
| 3. Νεογενές | 10. Στρωματογραφικοί δολομίτες (σχ. Παντοκράτορα) |
| 4. Σύνθετο τεκτονικό κάλυμμα Εσω- τερικών Ζωνών | 11. Σχηματισμός Γκιγκίλου |
| 5. Κάλυμμα Ολωνού - Πίνδου | 12. Σχηματισμοί Σισσών |
| 6. Κάλυμμα Τρίπολης | 13. Σχηματισμός Φόδελε |
| 7. Κάλυμμα Φυλλιτών - Χαλαζιτών | |

Εικόνα 9: Σχηματική Στρωματογραφική στήλη Κρήτης (Πηγή: www.old.igme.gr)

Η Κρήτη λόγω της ιδιαίτερης θέσης της χαρακτηρίζεται από πολύπλοκη γεωλογική δομή. Όπως φαίνεται και απο την παραπάνω εικόνα στη γεωλογική δομή της Κρήτης συμμετέχουν δύο βασικά συστήματα πετρωμάτων το ετερόχθονο και το αυτόχθονο σύστημα. Στο ετερόχθονο σύστημα όσον αφορά την περιοχή μελέτης εμπεριέχονται κυρίως το τεκτονικό κάλυμμα της ζώνης Τριπόλεως, το κάλυμμα φυλλιτών χαλαζιτών και το κάλυμμα Τρυπαλίου (Ομαλού) και άλλα (παρουσιάζονται στην εικόνα της στρωματογραφικής στήλης). Όσον αφορά το αυτόχθονο σύστημα, αυτό κυρίως αποτελείται από τους πλακώδεις κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους το σχηματισμό Γκιγκίλου και Σισσών καθώς και τον σχηματισμό φόδελε. Παρακάτω θα περιγραφούν κάποιοι απο τους κυριότερους γεωλογικούς σχηματισμούς της περιοχής:

1) Τεταρτογενείς αποθέσεις: Αποτελούνται από χαλαρά αργιλοαμμώδη υλικά, πηλούς, ψαμμίτες, κροκάλες-λατύπες ποικίλης σύστασης αναλόγως της προέλευσής τους καθώς και από υλικά του αλλουβιακού μανδύα. Η εμφάνισή τους γίνεται κυρίως σε απολήξεις λεκανών ανοικτών προς τη θάλασσα στις μείζοντες κοίτες των ποταμών, σε μικρές εσωτερικές λεκάνες καθώς και σε μορφή πλευρικών κορημάτων και αναβαθμίδες χειμάρων.

2) Νεογενείς αποθέσεις: Αποτελούνται από εναλλασσόμενα στρώματα κίτρινων-κιτρινόλευκων μαργών με κλαστικούς μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, συχνά βιογενείς-υφαλογενείς, ομοιόμορφα στρωμένους, που το πάχος τους κυμαίνεται από μερικά εκατοστά έως ένα-δύο μέτρα. Επίσης, εντός των αποθέσεων αυτών συναντώνται και μαργαϊκοί ψαμμίτες, αμμούχες άργιλοι, λατύπες και κροκαλοπαγή. Τα κροκαλοπαγή-λατυποπαγή εμφανίζονται κυρίως στην περιοχή Χοιροσπηλίου νοτιότερα της Αγυιάς και στην περιοχή Τοπολίων. Χαρακτηριστικό τους γνώρισμα η έντονη συνεκτικότητα την οποία παρουσιάζουν, κυρίως ανθρακικής προέλευσης, με ανθρακικό συνδετικό υλικό. Οι λατύπες και κροκάλες που συνιστούν τις παραπάνω αποθέσεις, έχουν προέλθει από τη διάβρωση και απόθεση των προϊόντων, τόσο του τεκτονικού καλύμματος της ζώνης Τρίπολης όσο σε μικρότερο βαθμό και των άλλων ενότητων που αποτελούν υπόβαθρο των νεογενών αποθέσεων. Οι ενότητες που επίσης συμμετέχουν στην παραπάνω διεργασία είναι των Πλακωδών ασβεστόλιθων (Plattenkalk), του Φυλλιτικού Καλύμματος και της Πίνδου.

3) Τεκτονικό κάλυμμα της ζώνης Πίνδου: Οι ανθρακικοί σχηματισμοί του τεκτονικού αυτού καλύμματος παρουσιάζονται με μικρή επιφανειακή ανάπτυξη στο νομό Χανίων. Εμφανίζονται στο βορειοδυτικό τμήμα του νομού και πιο συγκεκριμένα στην ευρύτερη περιοχή Καστελίου, καθώς και στην ευρύτερη περιοχή της Παλαιόχωρας. Αποτελούνται από πελαγικούς ασβεστόλιθους με παρεμβολές κερατολίθων.

4) Τεκτονικό κάλυμμα της ζώνης Τρίπολης: Οι σχηματισμοί της ενότητας αυτής καταλαμβάνουν σχετικά μεγάλη έκταση στο νομό Χανίων. Είναι συνηθισμένο φαινόμενο να είναι επωθημένοι αυτοί οι σχηματισμοί, είτε στην ενότητα Ταλέα Όρη-Πλακώδεις ασβεστόλιθοι (Plattenkalk), είτε σε ενότητες του Φυλλιτικού Καλύμματος. Αποτέλεσμα είναι να εμφανίζονται οι σχηματισμοί της ζώνης Τρίπολης στη βάση τους έντονα κατακερματισμένοι λόγω τεκτονισμού. Οι σχηματισμοί της ενότητας που βρίσκονται στα χαμηλότερα στρώματα συνίστανται από δολομίτες- δολομιτικούς ασβεστόλιθους παχυστρωματώδεις μέχρι άστρωτους, έντονα τεκτονισμένους και καρστικοποιημένους με σπηλαιώδη υφή. Το χρώμα τους κυμαίνεται από τεφρό έως τεφρόλευκο. Στους σχηματισμούς της ενότητας των υψηλότερων στρωμάτων εμφανίζονται ασβεστόλιθοι που το χρώμα τους κυμαίνεται από μαύρο έως τεφρόμαυρο. Το πάχος των σχηματισμών είναι μέσο και συνήθως παρουσιάζουν μικρολατυποπαγή υφή. Χαρακτηριστικό τους γνώρισμα

είναι το έντονο ανάγλυφο και το φτωχό υδρογραφικό δίκτυο, που συμπίπτει με τεκτονικές ασυνέχειες. Εξίσου σημαντικό χαρακτηριστικό είναι το φαινόμενο καρστικής διάλυσης που εμφανίζεται με διάφορες μορφές, μεγέθη και σχήματα. Τέλος το πάχος της ζώνης φθάνει τις λίγες εκατοντάδες μέτρα .

4.1.3 Υδρογραφικά στοιχεία

Η Κρήτη χαρακτηρίζεται ως ένα νησί με άκρως πλούσιο υδρογραφικό δίκτυο. Το απότομο ανάγλυφο που τη διέπει έχει οδηγήσει στο σχηματισμό χειμάρρων και την εμφάνιση πολλών πηγών. Τα νερά από το λιώσιμο των πάγων από τις ορεινές περιοχές της Κρήτης, όπου οι ποσότητές τους είναι αξιοσημείωτες, διεισδύουν υπόγεια και τροφοδοτούν του υπόγειους υδροφορείς. Ως αποτέλεσμα, αναπτύσσονται πολλοί υδροφόροι ορίζοντες άλλοι μικρής και άλλοι μεγάλης δυναμικότητας σε διάφορα βάθη οι οποίοι μπορούν να αξιοποιηθούν αναλόγως για τις διάφορες ανάγκες της εκάστοτε περιοχής.

4.1.4 Χλωρίδα-πανίδα

Πολύ μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η βιοποικιλότητα της Κρήτης. Ειδικά, όσον αφορά τις ορεινές περιοχές της, η χλωρίδα και η πανίδα της Κρήτης είναι αξιοσημείωτη. Τα βουνά αποτελούν καταφύγιο για πολλά ενδημικά φυτά, δηλαδή φυτά τα οποία εντοπίζονται μόνο στο νησί και πουθενά αλλού. Έτσι εντοπίζονται πολλά αρωματικά είδη, τα οποία έχουν φαρμακευτικές χρήσεις ή χρησιμοποιούνται ως βότανα και τροφή. Γνωστά αρωματικά φυτά που μπορεί να εντοπιστούν στο νησί είναι, το φασκόμηλο, η ρίγανη και το θρούμπι. Όσον αφορά τα ενδημικά φυτά, το πιο γνωστό είναι ο έρωντας ή αλλιώς δίκταμος (*Origanum Dictamnus*), για το οποίο υπάρχουν πολυάριθμες αναφορές για τις φαρμακευτικές του ιδιότητες. Επιπρόσθετα, δε θα μπορούσαν να παραληφθούν τα χαρακτηριστικά δένδρα τα οποία συναντώνται στα δάση της Κρήτης τα οποία δεν είναι άλλα από τα οριζοντιόκλαδα κυπαρίσσια (*Cupressus sempervirens*), τα σφενδάμια (*Acer sempervirens*), τα τραχεία πεύκη (*Pinus brutia*) και τους πρίνους (*Quercus coccifera*).



Εικόνα 10: Δίκταμος (Πηγή: <https://www.arolithos.com>)



Εικόνα 11: Πρίνος (Πηγή: <https://www.nhmc.uoc.gr>)

Η μορφολογία του νησιού και οι ιδιαίτερες κλιματολογικές συνθήκες των ορεινών περιοχών, έχουν προσελκύσει και διάφορα είδη πανίδας, περιλαμβάνοντας διαφορετικά είδη ασπονδύλων, ερπετών, πτηνών αλλά και θηλαστικών. Όσον αφορά τα πτηνά, χαρακτηριστικά είδη της περιοχής είναι τα αρπακτικά πουλιά, τα οποία φωλιάζουν στους κάθετους ασβεστολιθικούς βράχους και στα φαράγγια που διατρέχουν το νησί. Ένα από τα πιο σπάνια είδη πτηνών που μπορεί να συναντήσει κάποιος είναι ο γυπαετός ή κοκαλάς

(*Gyaetus barbatus*), του οποίου κύρια τροφή αποτελούν τα κόκκαλα κτηνοτροφικών ζώων. Ταυτόχρονα εκτός από τα γνωστά θηλαστικά του νησιού, ιδιαίτερη έμφαση θα πρέπει να δοθεί στον κρητικό αγριόγατο (*Felis silvestris cretensis*), που παρουσιάζεται εξαιρετικά σκληρός στις κλιματικές συνθήκες, αλλά και στον αίγαγρο ή αγρίμι (*Capra aegagrus cretica*), ο οποίος ζει στο φαράγγι της Σαμαριάς και στα γειτονικά φαράγγια, και παρουσιάζει την εντυπωσιακή ικανότητα να κινείται κάθετα στους γκρεμούς.



Εικόνα 12:Κρητικός αγριόγατος (Πηγή:http://www.ecovalue-crete.eu/sites/default/files/web_qr_book_orines_periohes_final.pdf)



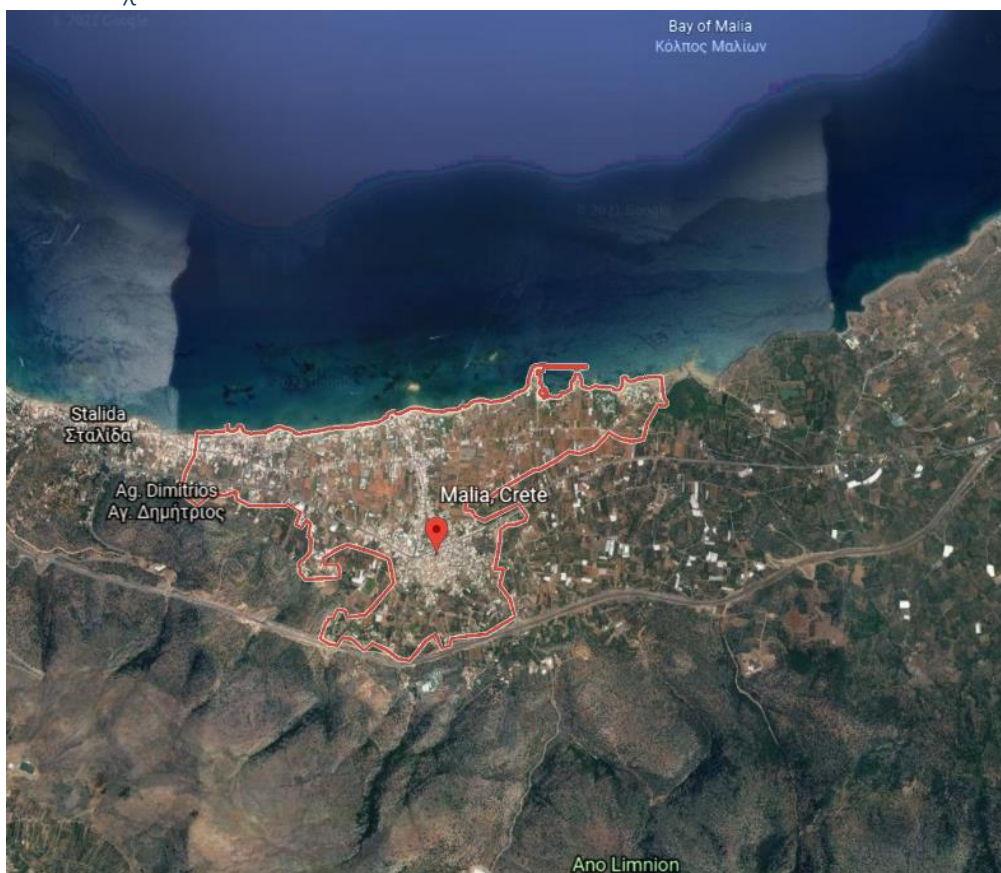
Εικόνα 13:Κρητικός αίγαγρος (Πηγή:<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CF%81%CE%B9-%CE%BA%CF%81%CE%B9>)



Εικόνα 14: Γυπαετός ή κοκαλάς (Πηγή: http://www.ecovalue-crete.eu/sites/default/files/web_gr_book_orines_periohes_final.pdf)

4.2 Περιγραφή περιοχής μελέτης-Μάλια Ηρακλείου

4.2.1 Γενικά στοιχεία



Εικόνα 15: Μάλια Ηρακλείου (Πηγή: <https://earth.google.com/web/>)

Αρχικά, κρίνεται αναγκαία να διευκρινιστεί η διοικητική υπαγωγή των Μαλίων. Πιο συγκεκριμένα τα Μάλια αποτελούν Δημοτικό διαμέρισμα στο Δήμο Χερσονήσου του νομού Ηρακλείου. Η ονομασία τους, προέρχεται από το τοπωνύμιο ομαλία>Μάλια, κάτι το οποίο υποδηλώνει την επίπεδη έκταση βόρεια της Σελένας όπου και βρίσκεται η συγκεκριμένη κομώπολη.

Τα Μάλια είναι μία παραθαλάσσια κωμόπολη, η οποία βρίσκεται 36 χιλιόμετρα ανατολικά του Ηρακλείου. Η κοινότητα των Μαλίων περιλαμβάνει περίπου 3722 μόνιμους κατοίκους, ενώ ο κεντρικός δρόμος χωρίζει άτυπα την πόλη σε δύο μέρη. Από τη μία πλευρά βρίσκεται η παλιά πόλη των Μαλίων, η οποία εκτείνεται στους πρόποδες του Όρους Σελένα ενώ από την άλλη πλευρά κοντά στην ακτογραμμή εκτείνεται το νεώτερο κομμάτι της πόλης. Στο Βόρειο κομμάτι της κωμόπολης βρίσκεται το Κρητικό Πέλαγος ενώ στα Νότια παρατηρείται το όρος Δίκτης. Τέλος, στα ανατολικά βρίσκεται το μινωικό ανάκτορο των Μαλίων, το τρίτο μεγαλύτερο ανάκτορο της μινωικής Κρήτης το οποίο υποδηλώνει τη σπουδαιότητα που είχαν τα Μάλια από τη μινωική κιόλας εποχή.

4.2.2 Κλίμα- μετεωρολογικά δεδομένα

4.2.2.1 Κλίμα

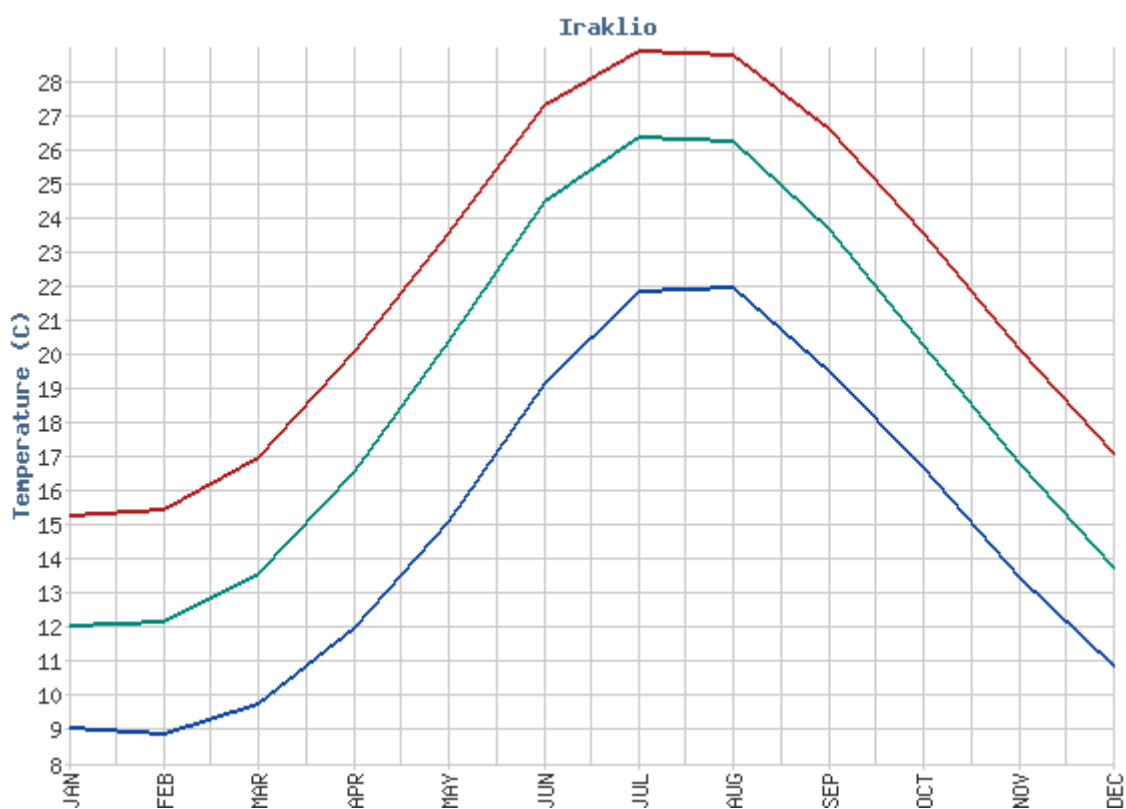
Ο κύριος κλιματικός χαρακτήρας της Κρήτης, άρα και της περιοχής των Μαλίων, χαρακτηρίζεται ως εύκρατος , και ανήκει σε δύο διαφορετικές κλιματολογικές ζώνες, τη Μεσογειακή και τη Βόρεια Αφρικανική. Στην ατμόσφαιρα υπερισχύουν μεγάλα ποσοστά υγρασίας ιδιαίτερα στις περιοχές που βρίσκονται κοντά στη θάλασσα. Όσον αφορά τη χειμερινή περίοδο, είναι πολύ πιο ήπια σχετικά με άλλες περιοχές, ωστόσο επικρατούν αρκετές βροχοπτώσεις κυρίως στα δυτικά τμήματα του νησιού. Οι χιονοπτώσεις είναι σπάνιες στις πεδινές περιοχές της Κρήτης, ωστόσο αποτελούν ένα συχνό φαινόμενο των ορεινών περιοχών. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού η μέση θερμοκρασία κυμαίνεται από 25 έως 30 βαθμούς Κελσίου, ενώ αξίζει να σημειωθεί ότι στη Νότια Ακτή δεσπόζουν οι ηλιόλουστες μέρες σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό από ότι στις υπόλοιπες περιοχές του νησιού.

4.2.2.2 Θερμοκρασία

Η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία έχει διαθέσει τα εξής δεδομένα θερμοκρασίας της πόλης του Ηρακλείου και κατά συνέπεια της περιοχής μελέτης των Μαλίων, τα οποία αναφέρονται στην περίοδο 1955-2010.

Table 2: Ελάχιστη , μέγιστη και μέση μηνιαία θερμοκρασία Ηρακλείου της περιόδου 1955-2010 (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία)

| | ΙΑΝ | ΦΕΒ | ΜΑΡ | ΑΠΡ | ΜΑΙ | ΙΟΥΝ | ΙΟΥΛ | ΑΥΓ | ΣΕΠ | ΟΚΤ | ΝΟΕ | ΔΕΚ |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Ελάχιστη Μηνιαία Θερμοκρασία | 9.1 | 8.9 | 9.8 | 12.0 | 15.1 | 19.2 | 21.9 | 22.0 | 19.5 | 16.7 | 13.5 | 10.9 |
| Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία | 12.1 | 12.2 | 13.6 | 16.6 | 20.4 | 24.5 | 26.4 | 26.3 | 23.7 | 20.3 | 16.8 | 13.8 |
| Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία | 15.3 | 15.5 | 17.0 | 20.1 | 23.6 | 27.3 | 28.9 | 28.8 | 26.6 | 23.6 | 20.2 | 17.1 |



Εικόνα 16:Διάγραμμα θερμοκρασιών Ηρακλείου περιόδου 1955-2010(Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία)

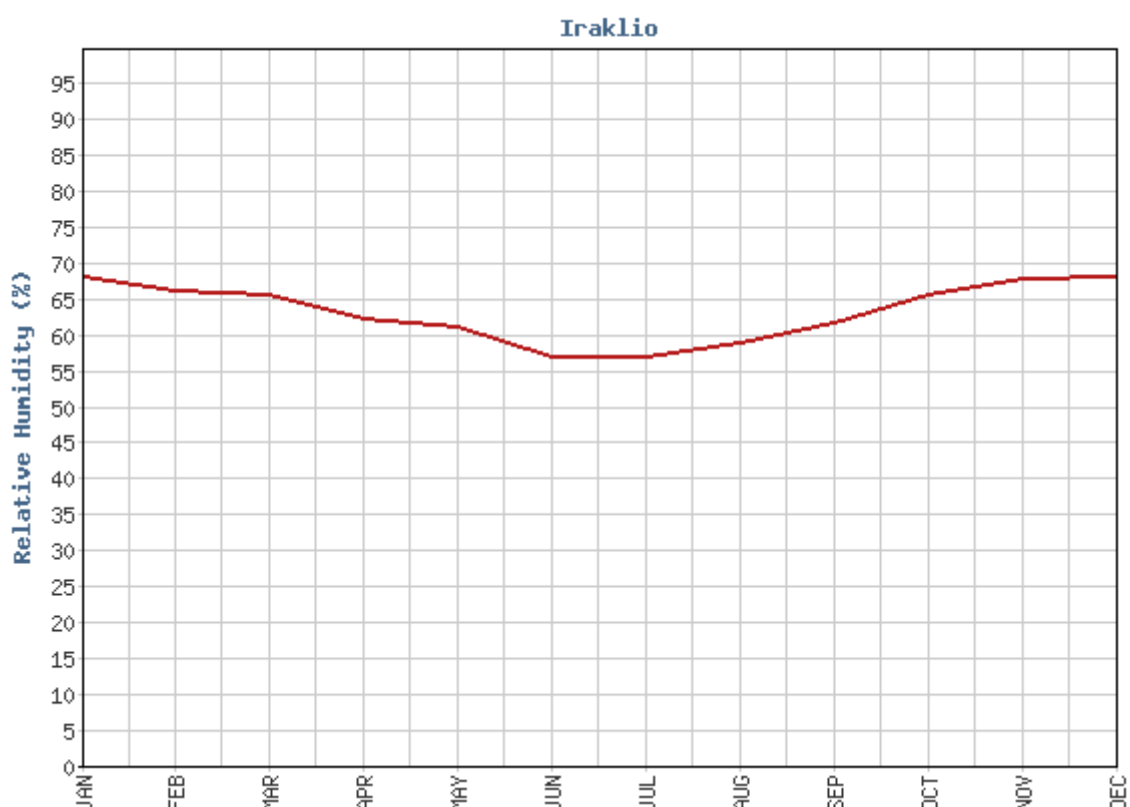
Όπως προκύπτει από τα παραπάνω δεδομένα, ο χειμώνας στο Ηράκλειο μπορεί να χαρακτηριστεί αρκετά ήπιος διότι οι ελάχιστες μηνιαίες θερμοκρασίες που παρατηρήθηκαν την περίοδο του Ιανουαρίου-Φεβρουαρίου με 9.1 και 8.9 βαθμούς Κελσίου αντίστοιχα είναι αρκετά υψηλές σε σχέση με τις χαμηλές θερμοκρασίες που παρουσιάζουν άλλες περιοχές της Ελλάδας κατά τους χειμερινούς μήνες. Όσον αφορά την καλοκαιρινή περίοδο η

μέση θερμοκρασία κυμαίνεται από 24.5 βαθμούς Κελσίου (Ιούνιος) έως και 26.3 βαθμούς Κελσίου (Αύγουστος), κάτι το οποίο υποδεικνύει και το πόσο θερμές είναι οι μέρες κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Συνολικά, όπως φαίνεται και από τα διαγράμματα το Ηράκλειο και κατα συνέπεια τα Μάλια δεν εμφανίζουν ακραίες θερμοκρασίες είτε υψηλές είτε χαμηλές κατά τη διάρκεια του έτους.

4.2.2.3 Υγρασία

Table 3: Μέση μηνιαία υγρασία Ηρακλείου, περίοδος 1955-2010(Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία)

| | ΙΑΝ | ΦΕΒ | ΜΑΡ | ΑΠΡ | ΜΑΙ | ΙΟΥΝ | ΙΟΥΛ | ΑΥΓ | ΣΕΠ | ΟΚΤ | ΝΟΕ | ΔΕΚ |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Μέση Μηνιαία Υγρασία | 68.4 | 66.4 | 65.9 | 62.3 | 61.2 | 57.0 | 57.1 | 59.1 | 61.9 | 65.7 | 67.9 | 68.3 |



Εικόνα 17:Διάγραμμα μέσης μηνιαίας υγρασίας Ηρακλείου, περίοδος 1955-2010(Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία)

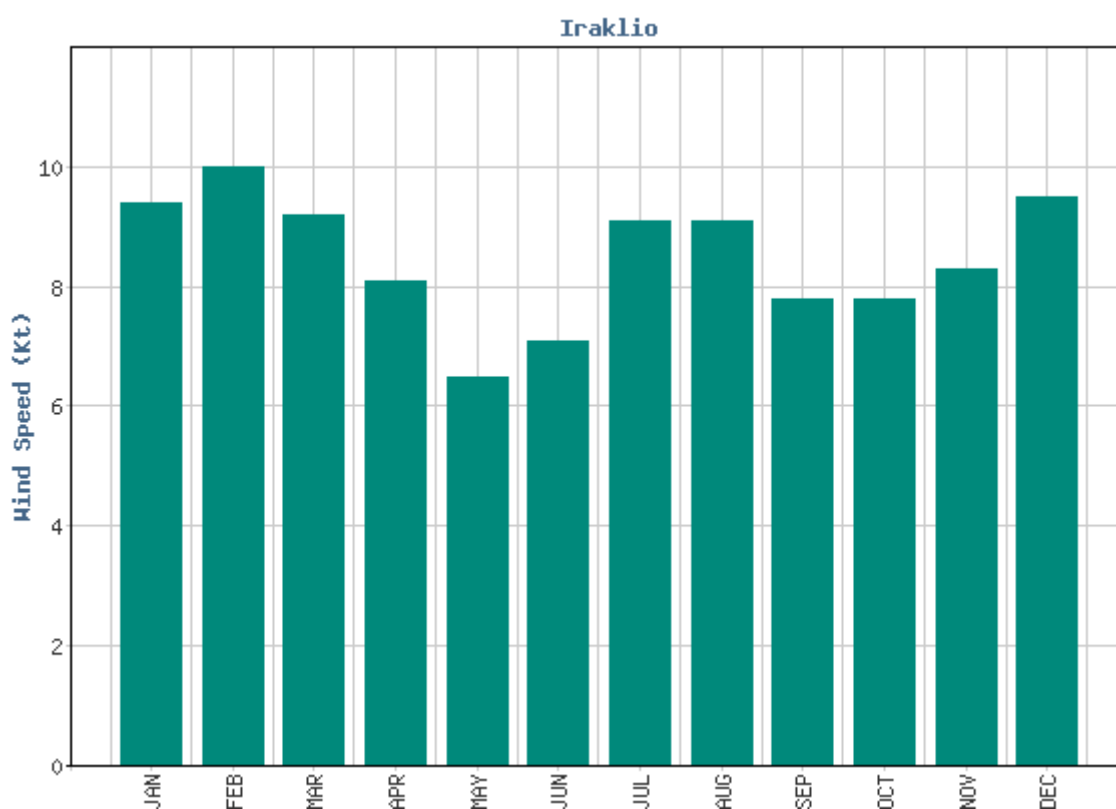
Όσον αφορά την υγρασία, από το διάγραμμα αλλά και απο τις μετρούμενες τιμές φαίνεται ότι είναι ιδιαίτερος υψηλή στην περιοχή του Ηρακλείου όλους τους μήνες του έτους, κάτι το οποίο την κατατάσσει ως ένα συχνό κλιματικό φαινόμενο της περιοχής. Ωστόσο,

παρατηρείται ότι οι μήνες από το Νοέμβριο μέχρι και τον Ιανουάριο εμφανίζουν τα υψηλότερα ποσοστά υγρασίας, ενώ το τρίμηνο από τον Ιούνιο μέχρι και τον Αύγουστο παρατηρούνται τα χαμηλότερα ποσοστά υγρασίας, κάτι που όπως φαίνεται έχει να κάνει με τις θερμοκρασίες της εποχής αλλά και με το σύνολο των βροχοπτώσεων.

4.2.2.4 Ανεμολογικά δεδομένα

Table 4: Ανεμολογικά δεδομένα Ηρακλείου, περίοδος 1955-2010(Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία)

| | ΙΑΝ | ΦΕΒ | ΜΑΡ | ΑΠΡ | ΜΑΙ | ΙΟΥΝ | ΙΟΥΛ | ΑΥΓ | ΣΕΠ | ΟΚΤ | ΝΟΕ | ΔΕΚ |
|-------------------------------------|-----|------|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Επικρατούσα Διεύθυνση Ανέμου | N | N | N | N | N | ΒΔ | ΒΔ | ΒΔ | ΒΔ | N | N | N |
| Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμου | 9.4 | 10.0 | 9.2 | 8.1 | 6.5 | 7.1 | 9.1 | 9.1 | 7.8 | 7.8 | 8.3 | 9.5 |



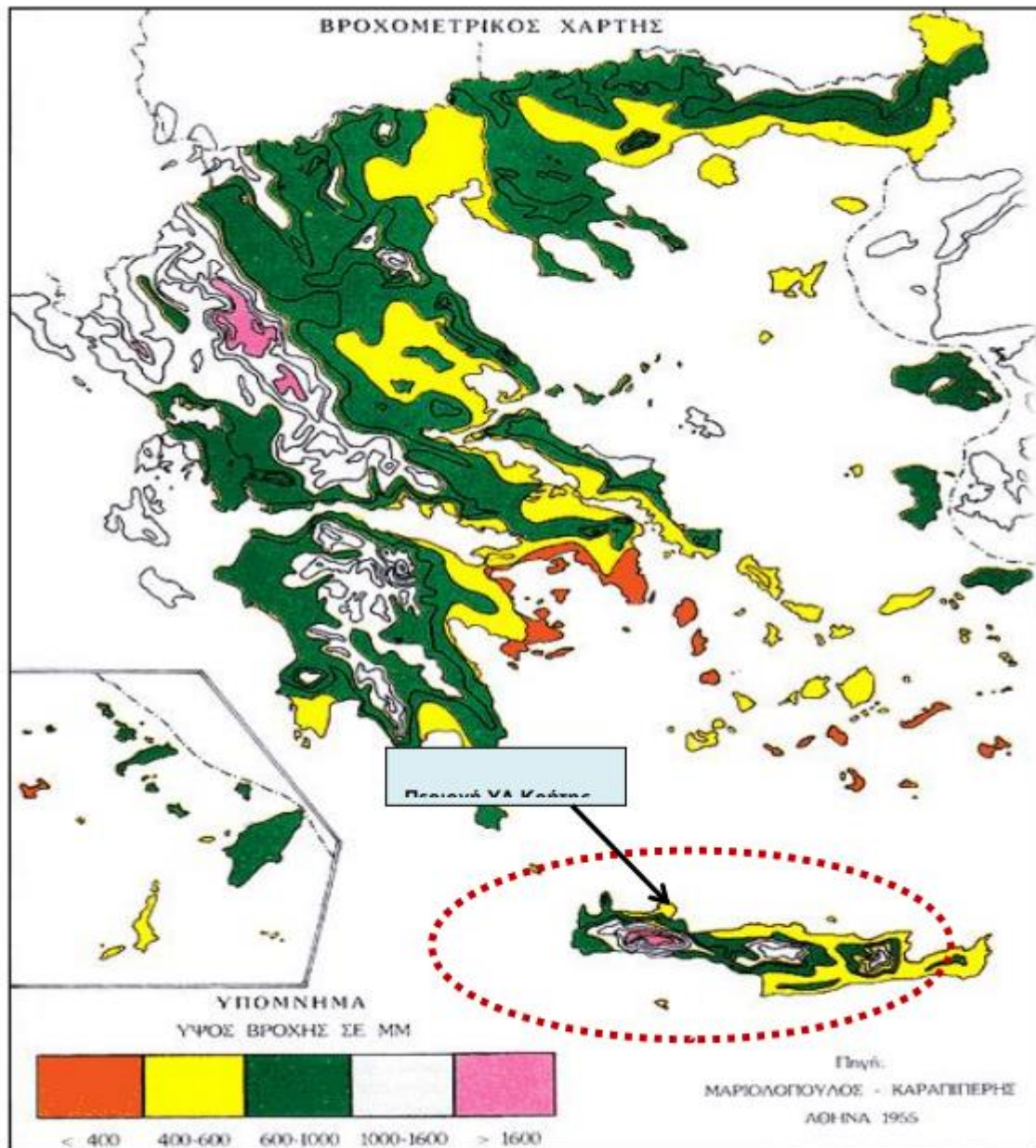
Εικόνα 18:Διάγραμμα ανεμολογικών δεδομένων Ηρακλείου,περίοδος 1955-2010(Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία)

Άλλο ένα σημαντικό κλιματικό φαινόμενο έχει να κάνει με τον άνεμο. Σημαντικό στοιχείο του Ηρακλείου άρα και κατ επέκταση των Μαλίων είναι ότι ο άνεμος έχει Νότια διεύθυνση τους περισσότερους μήνες του χρόνου εκτός από το τετράμηνο του Μαΐου έως Σεπτεμβρίου όπου και κυριαρχεί η Βορειοδυτική διεύθυνση. Όσον αφορά την ένταση του ανέμου, παρατηρείται ότι γενικά εμφανίζονται αρκετά μεγάλες εντάσεις με αποκορύφωμα το Δεκέμβριο έως το Φεβρουάριο όπου και παρατηρείται η υψηλή τιμή των 10 κόμβων. Παρόλα αυτά, αξίζει να σημειωθεί ότι και το καλοκαίρι, ιδιαίτερα την περίοδο Ιουλίου-Αυγούστου παρατηρείται μεγάλη άνοδος στην ένταση του ανέμου. Τα ανεμολογικά δεδομένα είναι αρκετά σημαντικά ιδιαίτερα όταν συνδυάζονται με έντονες βροχοπτώσεις, όπου και μπορεί να προκληθούν μεγάλα προβλήματα ή και κάποιες καταστροφές.

4.2.2.5 Υετός-Βροχόπτωση

Σύμφωνα με τα στοιχεία που προκύπτουν από τον παρακάτω βροχομετρικό χάρτη της Ελλάδας φαίνεται ότι η Κρήτη εντάσσεται στις εξής ζώνες βροχής:

1. στη ζώνη με ύψος βροχής 400-600mm, η οποία εμφανίζεται στα χαμηλότερα υψόμετρα και κυρίως στις παράκτιες περιοχές του νότιου-νοτιοανατολικού και του βόρειου τμήματος του νησιού.
2. στη ζώνη με ύψος βροχής 600-1000mm, η οποία εμφανίζεται σε μεγαλύτερα υψόμετρα, στις παράκτιες περιοχές του δυτικού και νότιου-νοτιοδυτικού τμήματος καθώς και στην ενδοχώρα του κεντρικού και δυτικού τμήματος του νησιού.
3. στη ζώνη ύψους βροχής 1000-1600mm, η οποία εντοπίζεται στις ορεινές περιοχές του κεντρικού και δυτικού τμήματος του νησιού
4. στη ζώνη με ύψος βροχής μεγαλύτερο των 1600mm, η οποία εντοπίζεται στα πολύ μεγάλα υψόμετρα του δυτικού τμήματος του νησιού (Λευκά Όρη).

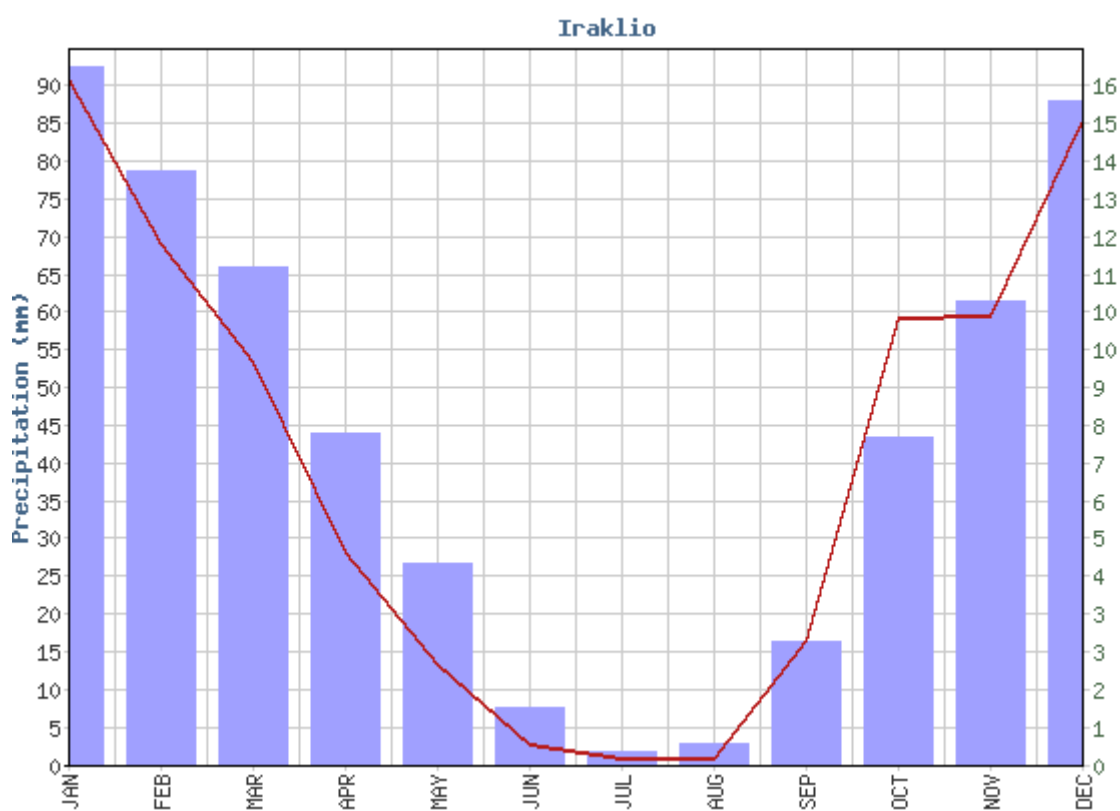


Εικόνα 19: Βροχομετρικός χάρτης Ελλάδας (Μαρσιολόπουλος-Καραππέρης,1955))

Επιπρόσθετα, ο όρος υετός αναφέρεται σε κάθε πτώση ή εναπόθεση προϊόντων ύδατος στο έδαφος, τα οποία προέρχονται από τη συμπύκνωση υδρατμών στην ατμόσφαιρα. Οι κυριότερες μορφές υετού είναι η βροχή, το χιόνι, το χιονόνερο και το χαλάζι τα οποία στη μετεωρολογία αναφέρονται ως κατακρημνίσματα. Παρακάτω παρουσιάζονται τα δεδομένα όσον αφορά τις κατακρημνίσεις στο Ηράκλειο, τα οποία παρέχονται απο την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία και αναφέρονται στο χρονικό διάστημα 1955-2010.

Table 5: Δεδομένα κατακρίμνησης Ηρακλείου , της περιόδου 1955-2010 (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία)

| | ΙΑΝ | ΦΕΒ | ΜΑΡ | ΑΠΡ | ΜΑΙ | ΙΟΥΝ | ΙΟΥΛ | ΑΥΓ | ΣΕΠ | ΟΚΤ | ΝΟΕ | ΔΕΚ |
|--|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|
| Μέσο Μηνιαίο Ύψος Υετού | 91.0 | 69.0 | 53.4 | 28.2 | 13.4 | 2.9 | 0.8 | 0.9 | 16.7 | 59.4 | 59.6 | 85.6 |
| Μέσος Μηνιαίος Αριθμός Ημερών Υετού | 16.0 | 13.6 | 11.4 | 7.6 | 4.6 | 1.3 | 0.3 | 0.5 | 2.8 | 7.5 | 10.6 | 15.2 |



Εικόνα 20: Διάγραμμα δεδομένων κατακρίμνησης Ηρακλείου 1955-2010. (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία)

Όπως φαίνεται και από τα δεδομένα αλλά και από το παραπάνω διάγραμμα, το Ηράκλειο και κατ'επέκταση τα Μάλια παρουσιάζουν έντονες κατακρημνίσεις το τετράμηνο του Νοεμβρίου έως και το Φεβρουάριο, με αποκορύφωμα το δίμηνο Δεκεμβρίου- Ιανουαρίου. Αξίζει να τονιστεί ότι το συγκεκριμένο τετράμηνο δεν εντοπίζονται μόνο έντονες κατακρημνίσεις, αλλά και οι συνολικές μέρες εναπόθεσης προϊόντων ύδατος στο έδαφος είναι ιδιαίτερα υψηλές. Έτσι φαίνεται ότι λόγω των έντονων και με μεγάλης διάρκειας

εναποθέσεων, αυξάνεται ο κίνδυνος της εμφάνισης ενός πλημμυρικού φαινομένου. Όσον αφορά την καλοκαιρινή περίοδο Ιουνίου-Αυγούστου, οι κατακρημνίσεις είναι ελάχιστες και συνάδει με τη μικρή διάρκεια εμφάνισης τους, κάτι το οποίο αποδεικνύεται και από το κλιματικό χαρακτήρα του νησιού ο οποίος προαναφέρθηκε παραπάνω.

4.2.2.6 Υδρολογικά στοιχεία

Η Κρήτη στο σύνολό της διαθέτει ένα πλούσιο υδρογραφικό δίκτυο. Το απότομο ανάγλυφο έχει συνεισφέρει στη δημιουργία πολλών χειμάρρων και την εμφάνιση πολλών πηγών. Οι γεωλογικές συνθήκες του νησιού, με τα αλληπάλληλα τεκτονικά καλύμματα είναι ευνοϊκές διευκολύνοντας τη δημιουργία πολλών υπόγειων υδροφορέων, οι οποίοι στο μεγαλύτερο ποσοστό τους είναι πλούσιοι. Οι τεκτονικοί σχηματισμοί συνδυαζόμενοι με το πλούσιο υδατικό δυναμικό της Κρήτης όσον αφορά τα κατακρημνίσματα, οδηγούν στη δημιουργία διαφορετικών επιπέδων σχηματισμού των υδροφοριών αυτών τόσο στις παράκτιες περιοχές όσο ακόμη και μέσα στην ενδοχώρα. Έτσι όλοι αυτοί οι υδροφόροι ορίζοντες, είτε μικρής είτε μεγάλης δυναμικότητας συμβάλλουν στην εμφάνιση καρστικών πηγών μικρής ή μεγάλης παροχής περιέχοντας είτε γλυκό είτε υφάλμυρο νερό.

4.3 Ανθρωπογενές Περιβάλλον

Σημαντικό ρόλο στη μελέτη της πλημμυρικής επικινδυνότητας διαδραματίζει η αναλυτική μελέτη του ανθρώπινου παράγοντα, που εργάζεται και μένει μόνιμα στην εξεταζόμενη περιοχή. Πιο συγκεκριμένα τα Μάλια σύμφωνα με την απογραφή του 2001 περιλαμβάνουν 3722 κατοίκους. Η οικονομική δραστηριότητα των κατοίκων αυτών, σχετίζεται με την αξιοποίηση μεγάλων εκτάσεων γης. Η εκμετάλλευση όλο και περισσότερων εκτάσεων μπορεί να υποβιβάσει το έδαφος με αποτέλεσμα την εμφάνιση κάποιου πλημμυρικού φαινομένου στο μέλλον. Άρα κρίνεται αναγκαία η μελέτη όσον αφορά τις χρήσεις γης έτσι ώστε να αξιολογηθεί εκ νέου η πλημμυρική επικινδυνότητα της περιοχής μελέτης.

4.3.1 Οικονομικές δραστηριότητες

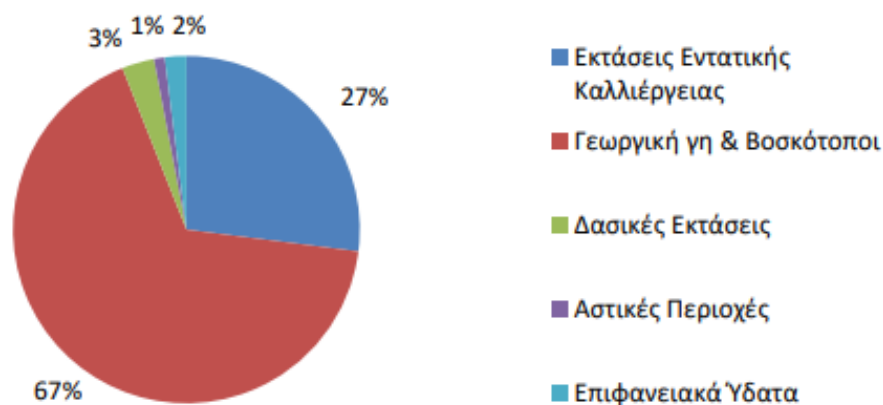
Ένας μεγάλος αριθμός κατοίκων ασχολείται με δραστηριότητες του πρωτογενούς τομέα. Ο πρωτογενής τομέας περιλαμβάνει τους τομείς κυρίως της γεωργίας, της κτηνοτροφίας αλλά και της αλιείας. Ένα μεγάλο ποσοστό των κατοίκων ασχολούνται με τον πρωτογενή τομέα, με αγροτικές εργασίες σε αμπελώνες και ελαιώνες αλλά και με εκτροφές αιγοπροβάτων για την παραγωγή κρέατος και μαλλιού. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο πρωτογενής τομέας είναι άκρως σημαντικός, κάτι το οποίο διαπιστώνεται από το γεγονός ότι η γεωργία συγκεντρώνει το 9% της οικονομικής δραστηριότητας της Κρήτης. Για αυτό το λόγο είναι φανερό ότι στο Δήμο Χερσονήρου άρα και στα Μάλια ένας αξιοσημείωτος αριθμός εκτάσεων γης χρησιμοποιείται για τη γεωργία και τη κτηνοτροφία.

Παρόλα αυτά το 35% της συνολικής οικονομικής δραστηριότητας συγκεντρώνεται στον τουρισμό. Για αυτό το λόγο, λόγω του ότι τα Μάλια αποτελούν ένα τουριστικό θέλγητρο ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες του έτους, ένα μεγάλο μέρος της γης έχει χρησιμοποιηθεί για την οικοδόμηση καταλυμάτων και εστιατορίων. Η ύπαρξη του τεράστιας ιστορικής σημασίας

Μινωικού Ανακτόρου Μαλίων σε συνδυασμό με τους διαφορετικούς τρόπους διασκέδασης, έχουν καταστήσει τον τουρισμό ως ένα βασικό παράγοντα της οικονομικής δραστηριότητας.

4.3.2 Πιέσεις στο φυσικό περιβάλλον

Η χρησιμοποίηση των εκτάσεων γης για καλλιέργεια, καθώς και η χρήση τους ως βοσκότοποι σε συνδυασμό με τη δημιουργία ενός μεγάλου αριθμού καταλυμάτων και εστιατορίων για την υποδοχή των τουριστών οδηγούν σε πιέσεις στο φυσικό περιβάλλον. Αν σκεφτεί κανείς ότι σε αυτά προστίθεται και η υφιστάμενη υποδομή της περιοχής με πολλές κατοικίες, ένα αγροτικό νοσοκομείο και μία ιδιωτική κλινική για την περίθαλψη των ασθενών, αλλά και πολλά σχολεία, από παιδικού σταθμούς μέχρι και γυμνάσιο-λύκειο, για την εκπαίδευση των παιδιών, φαίνεται ότι η επιρροή του ανθρώπινου παράγοντα στην περιοχή είναι μεγάλη. Είναι προφανές λοιπόν ότι το έδαφος καταπονείται ιδιαίτερα στις περιπτώσεις της γεωργίας όπου γίνεται χρήση φυτοφαρμάκων με αποτέλεσμα τη πιθανή αύξηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας σε βάθος χρόνου.



Εικόνα 21: Ποσοστά καταμερισμού των χρήσεων Γης του Υδατικού Διαμερίσματος της Κρήτης (Πηγή: https://ypen.gov.gr/wpcontent/uploads/legacy/Files/Dimosia%20Diavouleysi/20171215_Krth.pdf)

Όλες οι προαναφερθέντες πιέσεις συνοψίζονται στο παραπάνω pie diagram όπου φαίνεται ότι ένα τεράστιος αριθμός εκτάσεων γης του Υδατικού Διαμερίσματος της Κρήτης χρησιμοποιείται ως γεωργική γη και βοσκότοποι καλύπτοντας το 67% της συνολικής έκτασης. Αντίστοιχα, οι εκτάσεις εντατικής καλλιέργειας είναι εξίσου μεγάλες και καλύπτουν το 27% της συνολικής έκτασης κάτι το οποίο αποδεικνύει την ενδεχόμενη υποβάθμιση του εδάφους σε περίπτωση εμφάνισης πλημμυρικού φαινομένου στην περιοχή των Μαλίων.

Κεφάλαιο 5: Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών

5.1: Παρουσίαση λογισμικού (ESRI ArcGIS)

Το λογισμικό του ArcGIS παρέχει ένα εύρος εφαρμογών όπως είναι το ArcMap, το ArcCatalog και το ArcToolbox, των οποίων η χρήση μπορεί να οδηγήσει στην άριστη δημιουργία και επεξεργασία χαρτών GIS. Η δυνατότητα εκτέλεσης απλών αλλά και σύνθετων εργασιών κατατάσσει το GIS ως ένα πολύ σημαντικό εργαλείο στην ανάλυση και επεξεργασία των γεωγραφικών δεδομένων. Κάποιες από τις σημαντικότερες εργασίες που μπορεί να εκτελέσει κάποιος χρησιμοποιώντας αυτό το λογισμικό είναι, η χαρτογράφηση, η γεωγραφική ανάλυση, η επεξεργασία και σύνθεση δεδομένων, η διαχείριση δεδομένων καθώς και η απεικόνιση και η γεωανάλυση.

Το κεντρικό πρόγραμμα του λογισμικού είναι το ArcMap, το οποίο χρησιμοποιείται για όλες τις εργασίες που σχετίζονται με χάρτες. Οι χάρτες απεικονίζονται σε μορφή σελίδας συμπεριλαμβάνοντας ένα γεωγραφικό παράθυρο (data frame) ως βάση, με μια σειρά επίπεδων λεζαντών, κλιμάκων και άλλων αρχείων.

5.2 Ορισμός και γενικά στοιχεία

Η χρησιμότητα των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών μπορεί να αποτυπωθεί και στο γεγονός ότι, κατά τη διάρκεια της ύπαρξής του έχουν δοθεί πολλοί διαφορετικοί ορισμοί όσον αφορά την πολυδιάστατη χρήση του. Μερικές χρήσιμες πληροφορίες οι οποίες προκύπτουν από του διάφορους ορισμούς είναι, ότι τα ΓΣΠ αποτελούν ένα αξιόπιστο εργαλείο το οποίο αποτελεί ένα αυτοποιημένο μητρώο γεωγραφικά καταναμεμημένων χαρακτηριστικών και λειτουργιών, αποκαλύπτοντας αόρατες πτυχές των γεωγραφικών πληροφοριών, χρησιμοποιώντας υπολογιστές για την επίλυση των προβλημάτων. Όμως, το πιο σημαντικό στοιχείο του ΓΣΠ, σχετίζεται με την εκτέλεση πράξεων με γεωγραφικά δεδομένα, οι οποίες σε διαφορετική περίπτωση θα ήταν πολύ πιο περίπλοκες εξαιτίας του μεγάλου τους κόστους και της μείωσης της ακρίβειας λόγω της δυσκολίας επίτευξης των πράξεων με το χέρι. Τελικά το 1985 ο Goodchild κατάφερε να δώσει έναν άκρως ικανοποιητικό ορισμό σχετικά με τα ΓΣΠ σύμφωνα με τον οποίο : Ένα ΓΣΠ είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα συλλογής, αποθήκευσης, διαχείρισης, ανάλυσης και απεικόνισης πληροφοριών, σχετικών με ζητήματα γεωγραφικής φύσης , κάτι το οποίο υποδεικνύει μία καινοτόμο τεχνολογία η οποία αναλύει τις πληροφορίες και οδηγεί στη λήψη αποφάσεων σχετικά με το περιβάλλον και τον άνθρωπο.

Ένα ΓΣΠ μπορεί να εκτελέσει τις εξής ενέργειες , διευκολύνοντας έτσι την εκπόνηση μελετών:

1. Συλλέγει/εισάγει και επαληθεύει τα δεδομένα
2. Αποθηκεύει και διαχειρίζεται τις βάσεις δεδομένων
3. Διαχειρίζεται και αναλύει τα δεδομένα
4. Παρέχει τη δυνατότητα της απεικόνισης των δεδομένων
5. Παρέχει διαρκή επικοινωνία με το χρήστη

Όσον αφορά τα δεδομένα τα οποία μπορούν να εισαχθούν μέσα από διάφορες μορφές διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες, τα χωρικά και τα περιγραφικά δεδομένα. Η χωρική πληροφορία και τα χωρικά δεδομένα αποδίδουν τη γεωγραφική ταυτότητα κάθε στοιχείου που εισάγεται, περιλαμβάνοντας στοιχεία που αφορούν τη θέση, το σχήμα και το μέγεθος των αντικειμένων. Από την άλλη τα περιγραφικά δεδομένα περιλαμβάνουν ποιοτικά χαρακτηριστικά του αντικειμένου, τα οποία παρουσιάζονται σε μορφή πινάκων ή καταλόγων αναφορών. Τέλος είναι πασιφανές ότι τα χωρικά και περιγραφικά δεδομένα συνδυάζονται μεταξύ τους ,έτσι ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα.

5.3 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών παρουσιάζουν ορισμένα πλεονεκτήματα σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους συλλογής και επεξεργασίας πληροφοριών. Πιο συγκεκριμένα:

- Εξυπηρετούν τις διαφορετικές ανάγκες των χρηστών ως προς το είδος και την ακρίβεια των πληροφοριών
- Διευκολύνουν την αποθήκευση αφού μειώνουν τον αριθμό των πολλαπλά αποθηκευμένων αρχείων. Έτσι, πανομοιότυπα στοιχεία απο διαφορετικές καταγραφές μπορούν να συνδυαστούν σε ένα μόνο αρχείο,αποθηκεύοντας κάθε είδος πληροφορίας μόνο μία φορά.
- Εκμηδενίζουν την παρουσία ασυμφωνιών, οι οποίες εμφανίζονται κυρίως όταν δύο ή περισσότερες υπηρεσίες καταχωρούν την ίδια πληροφορία.
- Εφόσον τα δεδομένα συγκεντρώνονται ψηφιακά, αποφεύγονται οι αλλοιώσεις στην ακρίβεια των δεδομένων.
- Διευκολύνουν την επεξεργασία των δεδομένων. Για παράδειγμα όταν μία βάση δεδομένων χρειάζεται ενημέρωση ο χρήστης μπορεί εύκολα να παρέμβει και να επεξεργαστεί τα ήδη υπάρχοντα δεδομένα.
- Η δημιουργία ειδικών χαρτών διευκολύνεται αρκετά, με αποτέλεσμα την επιτάχυνση της παραγωγής τους. Οι χάρτες δεσπόζουν στη σημερινή εποχή και είναι άκρως σημαντικοί για την αξιολόγηση πολλών περιβαλλοντικών και μη προβλημάτων.
- Παρέχουν τη δυνατότητα ένωσης χωρικών και περιγραφικών δεδομένων σε ένα σύστημα πληροφοριών.
- Υπάρχει η δυνατότητα τηλεμετάδοσης.
- Εξασφαλίζουν μεγαλύτερη ασφάλεια των στοιχείων,προστατεύοντας τα από καταστροφές.
- Συνήθως εφαρμόζεται και σύστημα ασφαλείας, ώστε να μην επιτρέπεται η πρόσβαση σε κάποιο μη εξουσιοδοτημένο άτομο, το οποίο υπό άλλες προϋποθέσεις θα μπορούσε να διαφοροποιήσει το περιεχόμενο μίας πληροφορίας.

Παρόλα αυτά,όπως είναι λογικό , εκτός από τα εμφανή πλεονεκτήματα τα ΓΣΠ εμφανίζουν και κάποια μειονεκτήματα τα οποία αναφέρονται παρακάτω:

- Τα ψηφιακά συστήματα είναι ακριβά στην αγορά, την εγκατάσταση και τη συντήρηση. Ταυτόχρονα, το κόστος του λογισμικού είναι αρκετά υψηλό κάτι το οποίο αυξάνει τις οικονομικές απαιτήσεις σημαντικά.
- Προϋποθέτει τη σωστή ενημέρωση και εκπαίδευση του προσωπικού καθώς δεν υπάρχει η κατάλληλη εξοικείωση ώστε να δουλέψουν με ευκολία σε ένα προγραμματιστικό περιβάλλον όταν έχουν συνηθίσει τα αναλογικά μέσα.
- Υπάρχει έλλειψη συμβατότητας ανάμεσα σε διαφορετικές εκδόσεις λογισμικού και τύπων αρχείων δυσκολεύοντας έτσι την ανταλλαγή πληροφοριών ανάμεσα στα διαφορετικά λογισμικά.

Κεφάλαιο 6: Παρουσίαση μεθοδολογίας

6.1 Χρήση των ΓΣΠ στην πλημμυρική επικινδυνότητα

Για κάθε παράγοντα ο οποίος επιδρά στη χωρική επικινδυνότητα των πλημμυρικών φαινομένων ορίζονται πέντε επίπεδα επικινδυνότητας: Πολύ υψηλή, Υψηλή, Μέτρια, Χαμηλή και Πολύ Χαμηλή.

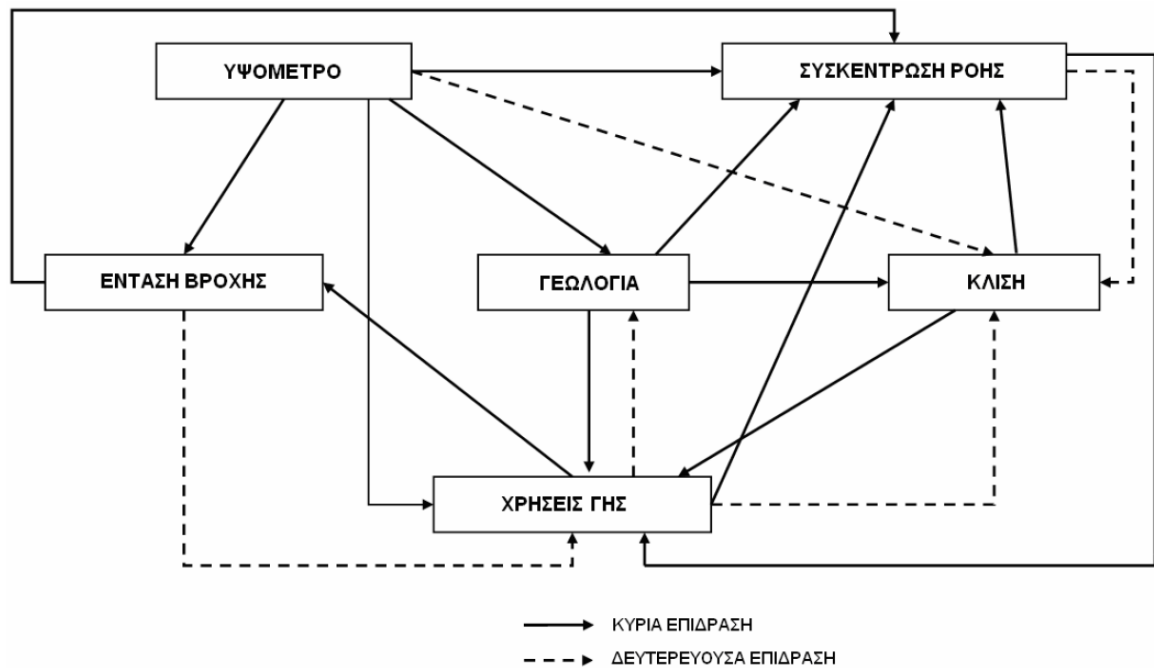
Πιο συγκεκριμένα παρακάτω παρουσιάζονται οι παράγοντες που επηρεάζουν στη συνολική πλημμυρική επικινδυνότητα στην εκάστοτε περιοχή μελέτης, οι οποίοι είναι (Κουργιαλάς,2010):

- Υψόμετρο (elevation)
- Κλίση (slope)
- Συγκέντρωση ροής (Flow accumulation)
- Ένταση βροχόπτωσης (Rainfall intensity)
- Χρήσεις Γης (Land Use)
- Γεωλογία (Geology)

Τα διαφορετικά επίπεδα των προαναφερθέντων παραγόντων εκφράζονται, είτε με αριθμητικές τιμές, όπως είναι το υψόμετρο, η κλίση, η συγκέντρωση ροής και η ένταση της βροχόπτωσης, είτε περιγραφικά όπως είναι οι χρήσεις γης και η γεωλογία. Η διακύμανση των αριθμητικών τιμών βασίστηκαν στη Natural Breaks (Jenks) μέθοδο κατάταξης-classification method (Smith,1986)

Προκειμένου να καθοριστεί ο συντελεστής βαρύτητας (A) κάθε επιπέδου στο συγκεκριμένο παράγοντα, χρησιμοποιήθηκε μία κλίμακα τιμών διακύμανσης (points) από το 1 έως το 10, για το κάθε επίπεδο, αρχίζοντας με 10 points για την Πολύ Υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα, μέχρι την Πολύ Χαμηλή πλημμυρική επικινδυνότητα, η οποία καταλαμβάνει το χαμηλότερο επίπεδο δηλαδή (Πολύ Χαμηλή)= 1 pts (Shaban et al,2001).

Κάθε παράγοντας έχει διαφορετικό βαθμό επίδρασης στην τελική πλημμυρική επικινδυνότητα, και ο υπολογισμός της επίδρασης του κάθε παράγοντα χωριστά δε δίνει μια ολοκληρωμένη εικόνα της ολικής επίδρασης. Για αυτό το λόγο, κρίνεται αναγκαίο να γίνει μια ολοκληρωμένη συσχέτιση όλων των παραγόντων μαζί, προκειμένου να δημιουργεί ο τελικός χωρικός χάρτης πλημμυρικού κινδύνου. Όμως, οι διάφοροι παράγοντες δεν έχουν τον ίδιο βαθμό επίδρασης, οπότε θα πρέπει να γίνει μία σταθμισμένη προσέγγιση προκειμένου να ενσωματωθούν αυτές οι αλληλεπιδράσεις. Για την εκτίμηση των τελικών βαρών των εμπλεκόμενων παραγόντων, μελετήθηκε η επίδραση του κάθε παράγοντα στους υπόλοιπους (αλληλεπίδραση) και η σχηματική αυτή επίδραση φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 22: Σχηματική απεικόνιση της αλληλεπίδρασης των επιμέρους παραγόντων που συμβάλλουν στην πλημμυρική επικινδυνότητα. (<https://doi.org/10.26233/heallink.tuc.84139>)

Σύμφωνα με την παραπάνω σχηματική απεικόνιση και συγκρίνοντας την επίδραση του κάθε παράγοντα σε σχέση με τους υπόλοιπους, θεωρήθηκαν δύο ειδών επιδράσεις:

α) την κύρια επίδραση, κατά την οποία η μεταβολή ενός παράγοντα έχει άμεση επίδραση σε έναν άλλον παράγοντα και β) η δευτερεύουσα επίδραση, κατά την οποία η μεταβολή ενός παράγοντα έχει έμμεση επίδραση σε έναν άλλον. Οι δύο μορφές επιδράσεων ποσοτικοποιούνται, ορίζοντας ότι ο παράγοντας που επιδρά άμεσα σε έναν άλλον αποκτά 1 pts, ενώ αυτός που επιδρά έμμεσα αποσπά 1/2 pts. Έτσι προκύπτει ο ρυθμός επίδρασης (B) του κάθε παράγοντα (Shaban et al, 2006).

Τέλος, προκειμένου να υπάρχει μια ικανοποιητική αποτίμηση της επίδρασης του κάθε παράγοντα στην πλημμυρική επικινδυνότητα, προσδιορίζεται ο παράγοντας ($A \cdot B$), ο οποίος προκύπτει από το γινόμενο του συντελεστή βαρύτητας (A) με το ρυθμό επίδρασης (B) του κάθε παράγοντα. Έτσι, προκύπτει το συνολικό βάρος (total weight) για κάθε παράγοντα και το άθροισμα αυτών παρέχει το ολικό συνολικό βάρος (grand total weight) όλων των παραγόντων. Το τελικό ποσοστό με το οποίο επιδρά ένας παράγοντας στην πλημμυρική επικινδυνότητα προκύπτει από τη διαίρεση του συνολικού βάρους του κάθε παράγοντα με το ολικό συνολικό βάρος.

6.2 Δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν

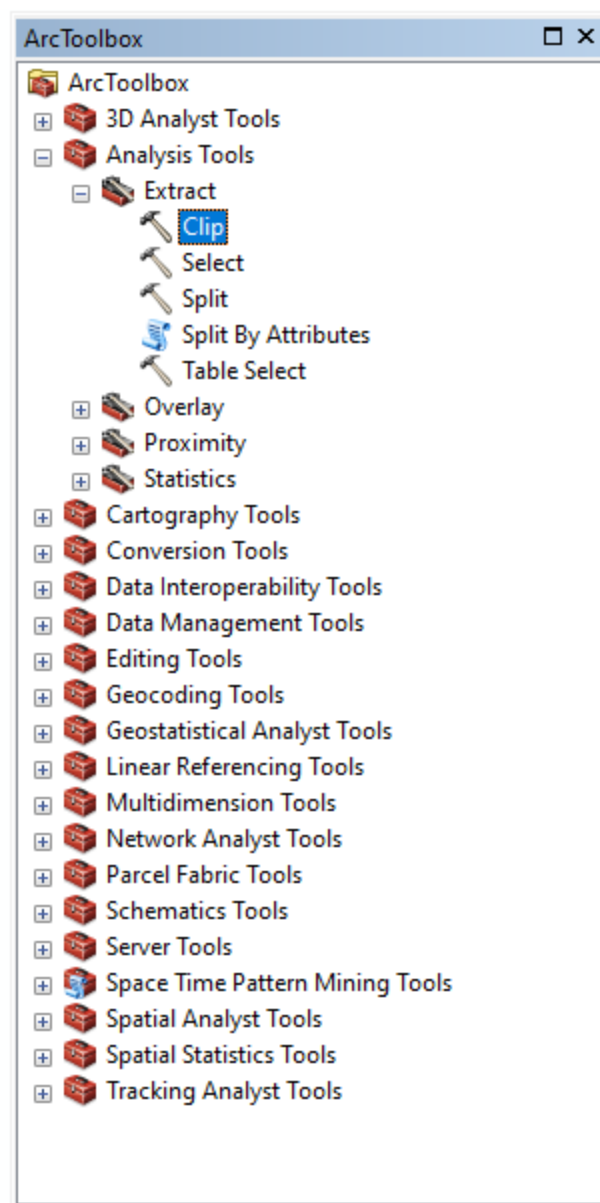
6.2.1 Γεωλογία της περιοχής μελέτης (Geology)

Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για τη μελέτη της πλημμυρικής επικινδυνότητας, είναι η διερεύνηση της γεωλογίας της περιοχής. Όπως είναι γνωστό κάθε γεωλογικός σχηματισμός έχει και διαφορετική υδροπερατότητα κάτι το οποίο συμβάλλει στην αξιολόγηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας μια περιοχής. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί ταξινομούνται σε διάφορες κατηγορίες οι οποίες διακρίνονται ως εξής :

- **A2:** Στη κατηγορία αυτοί ανήκουν οι σχηματισμοί μικρής έως πολύ μικρής διαπερατότητας οι οποίοι στην ουσία είναι πρακτικά αδιαπέρατοι ή επιτρέπουν την κυκλοφορία του νερού εκλεκτικά
- **K1:** Σχηματισμοί που χαρακτηρίζονται από υψηλή έως μέτρια υδροπερατότητα όπως οι Ασβεστόλιθοι, οι δολομίτες, οι κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι και τα μάρμαρα υψηλής έως μέτριας υδροπερατότητας, όπου και αναπτύσσονται υπόγειοι υδροφορείς υψηλού δυναμικού. Κάποια χαρακτηριστικά παραδείγματα K1 σχηματισμών είναι , οι καρστικοποιημένοι σχηματισμοί της ζώνης της Τρίπολης, τα ανθρακικά Τρυπαλίου και οι Τριαδικοί κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες της Ιονίου ζώνης.
- **P1:** Αποτελούνται από κοκκώδεις προσχωματικές αποθέσεις κυμαινόμενης υδροπερατότητας. Χαρακτηριστικό των αποθέσεων αυτών είναι ότι αναπτύσσονται κατά θέσεις αξιόλογες φρεάτιες υδροφορίες. Δυστυχώς, σε περιοχές κοντά στη θάλασσα οι υδροφορίες αυτές έχουν υποβαθμιστεί λόγω της ύπαρξης του φαινομένου της υφαλμύρισης. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτής της κατηγορίας αποτελούν οι αλλουβικές αποθέσεις, οι ποτάμιες και θαλάσσιες αναβαθμίδες, τα πλευρικά κορήματα καθώς και οι κώνοι κορημάτων όταν έχουν σημαντική εξάπλωση.
- **P2:** Στη κατηγορία αυτή προσθέτονται αποθέσεις (μειοκαινικές και πλειοκαινικές), οι οποίες χαρακτηρίζονται από μέτρια έως και μικρή υδροπερατότητα. Περιλαμβάνουν υδροφορίες μέσω έως μικρού δυναμικού, με χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων αποθέσεων να είναι τα κροκαλοπαγή και οι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι των νεογενών σχηματισμών.
- **P3:** Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει κοκκώδεις μη προσχωματικές αποθέσεις μικρής έως πολύ μικρής υδροπερατότητας. Εδώ ανήκουν οι πλειοκαινικές και μειοκαινικές μάργες , καθώς και ο αδιαίρετος σχηματισμός του νεογενούς, όπου και αναπτύσσονται τοπικά ασθενείς υδροφορίες μέσα σε παρεμβολές κροκαλοπαγών ή μαργαϊκών ασβεστόλιθων. Κατά θέσεις πάντως, οι νεογενείς αποθέσεις αναπτύσσουν στρώματα γύψου που έχουν μεν αξιόλογη υδροφορία, υποβαθμισμένη όμως λόγω της παρουσίας θειικών ιόντων.

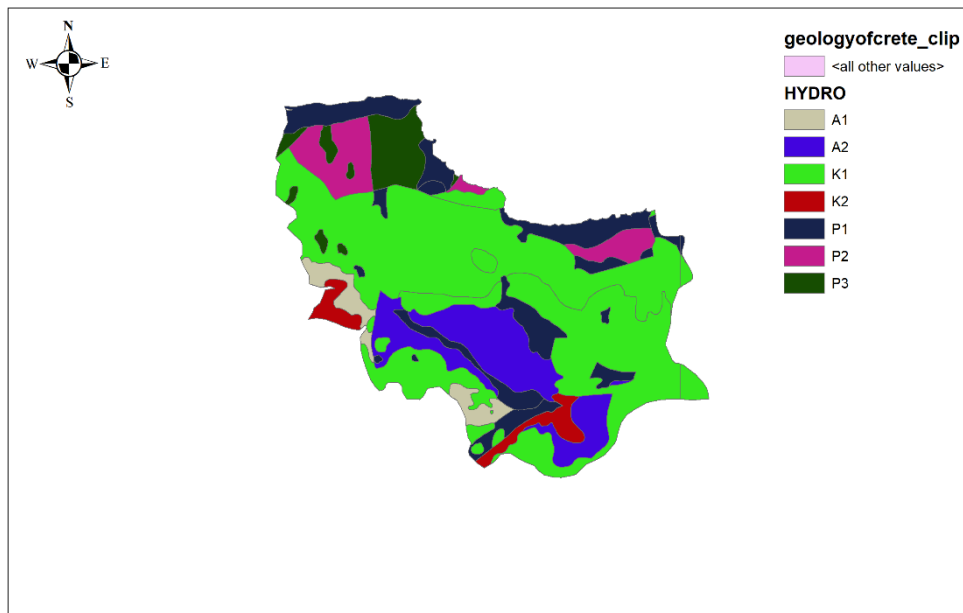
Για τη δημιουργία λοιπόν του θεματικού χάρτη του υψομέτρου, αρχικά έγινε χρήση του εργαλείου clip του Arc Toolbox, το οποίο βρίσκεται στην τοποθεσία:

Analysis tools->extract->clip όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 23: Λειτουργία clip του Arc Toolbox

Πιο συγκεκριμένα, με τη χρήση του συγκεκριμένου εργαλείου αποκόπτεται η περιοχή μελέτης από το χάρτη γεωλογίας ολόκληρης της Κρήτης, κρατώντας έτσι μόνο την πληροφορία των γεωλογικών σχηματισμών για την επιθυμητή περιοχή.



Εικόνα 24:Χάρτης υδρογεωλογίας των Μαλίων

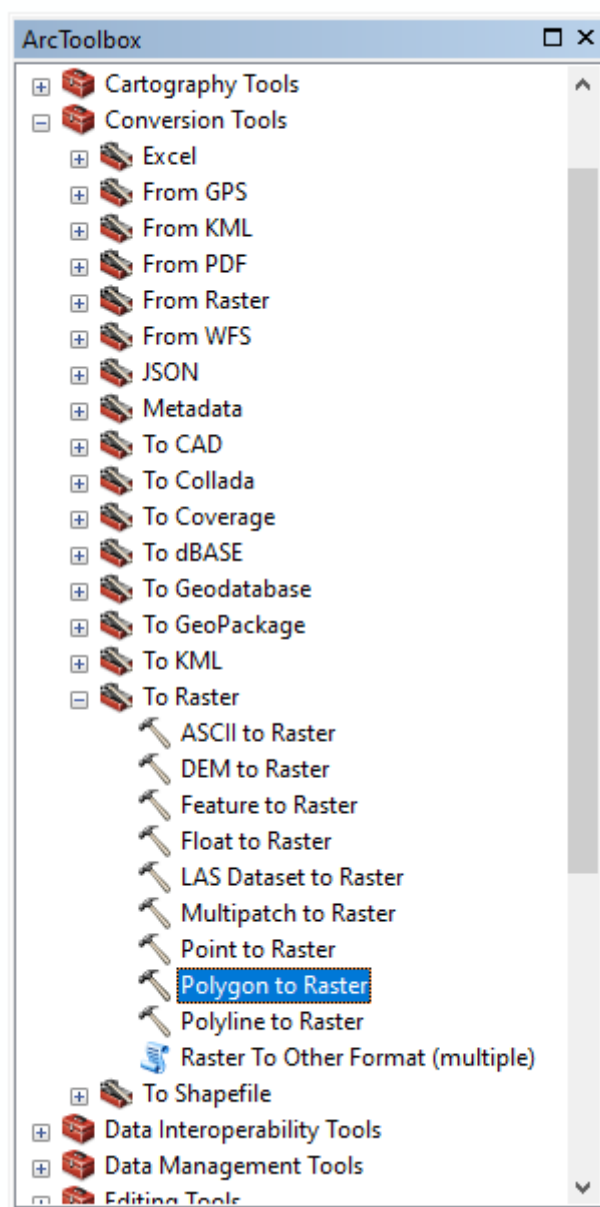
Έπειτα, θα πρέπει να εισαχθεί ο παράγοντας 1, 2, 5, 8 και 10 ανάλογα με την συνεισφορά του κάθε γεωλογικού σχηματισμού στην πλημμυρική επικινδυνότητα. Ως αποτέλεσμα σύμφωνα με την παραπάνω ταξινόμηση των γεωλογικών σχηματισμών, οι σχηματισμοί Α (Α1 και Α2) και Ρ3 κρίνονται ως πολύ επικίνδυνοι λόγω της πολύ μικρής υδροπερατότητάς τους και αντιστοιχίζονται σε βαθμό 10 και 8. Ο σχηματισμός Ρ2 ο οποίος έχει μέτρια υδροπερατότητα αντιστοιχεί σε βαθμό επικινδυνότητας 5, ενώ αυτοί των Κ (Κ1 και Κ2) και Ρ1, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από υψηλή σχετικά υδροπερατότητα αντιστοιχίζονται με βαθμούς επικινδυνότητας 1 και 2. Όλα τα παραπάνω συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Table 6:Αντιστοίχιση γεωλογικών σχηματισμών ανάλογα με το βαθμό επικινδυνότητάς τους

| Γεωλογικοί Σχηματισμοί | Βαθμός επίδρασης στην πλημμυρική επικινδυνότητα |
|------------------------|---|
| A1,A2 | 10 |
| P3 | 8 |
| P2 | 5 |
| P1 | 2 |
| K1,K2 | 1 |

Ο τελικός θεματικός χάρτης της πλημμυρικής επικινδυνότητας για τη γεωλογία της περιοχής των Μαλίων σχηματίζεται, αφού πρώτα εισάχθούν οι παραπάνω βαθμοί επικινδυνότητας στον attribute table του χάρτη όπου ο κάθε σχηματισμός θα αντιστοιχεί με τον προαναφερθέν βαθμό επικινδυνότητας. Έπειτα, με το εργαλείο polygon to raster του Arc Toolbox, το οποίο όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα βρίσκεται στην τοποθεσία

Conversion Tools->To Raster->Polygon To Raster, σχηματίζεται ο θεματικός χάρτης της γεωλογίας της περιοχής όσον αφορά την πλημμυρική επικινδυνότητα, του οποίου το κάθε κελί έχει διαστάσεις 5x5 μέτρα.

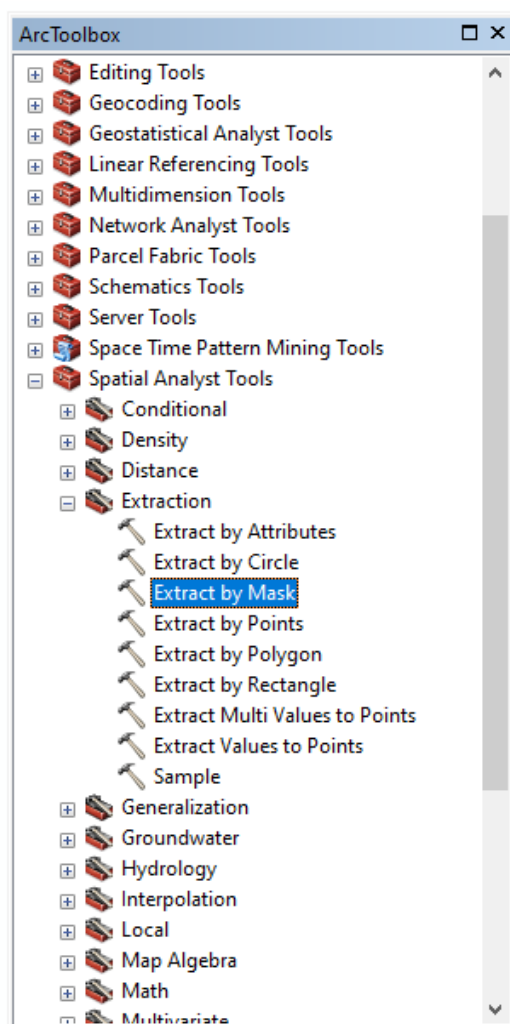


Εικόνα 25:Λειτουργία Polygon to Raster του Arc Toolbox

6.2.2 Υψόμετρο (elevation)

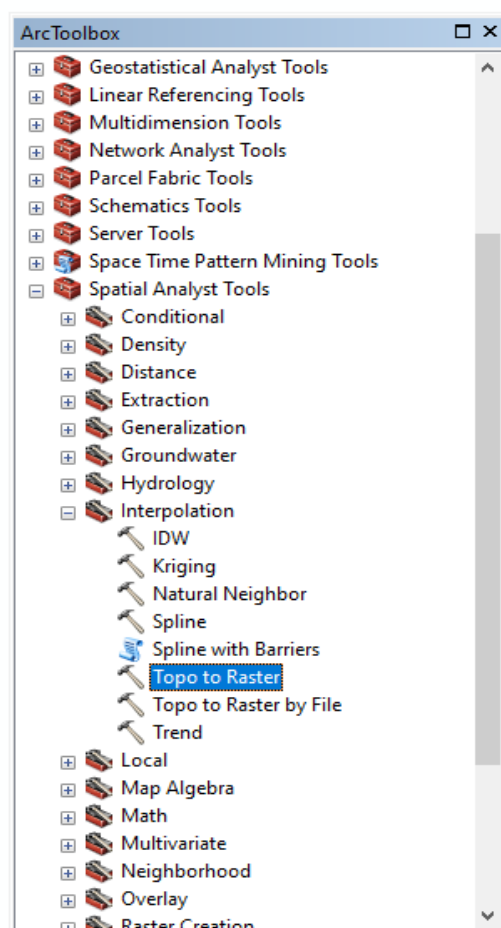
Το υψόμετρο κάθε περιοχής παίζει καθοριστικό ρόλο στην αξιολόγηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας. Είναι λογικό ότι όσο μεγαλύτερο υψόμετρο έχει κάθε περιοχή τόσο μικρότερος είναι ο κίνδυνος να εμφανιστεί κάποιο πλημμυρικό φαινόμενο διότι όπως έχει αναλυθεί και προηγουμένως οι χείμαρροι κατευθύνονται από τα υψηλότερα υψόμετρα προς τα χαμηλότερα. Όσον αφορά το υψόμετρο της περιοχής μελέτης, τα Μάλια είναι μία κωμόπολη με υψόμετρο 20 μέτρα από τη στάθμη της θάλασσας, το οποίο θεωρείται εξαιρετικά χαμηλό όσον αφορά την αξιολόγηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας.

Αρχικά, από το ψηφιοποιημένο χάρτη ισοϋψών καμπυλών που διατίθεται για τη Κρήτη, το οποίο είναι σε μορφή shapefile-polyline, χρησιμοποιείται η λειτουργία extract by mask του Arc Toolbox, το οποίο βρίσκεται στο πακέτο εργασιών Spatial Analyst Tools-> Extraction όπως φαίνεται και παρακάτω, ώστε να απομονωθεί η περιοχή μελέτης όσον αφορά τις ισοϋψείς καμπύλες. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ισοϋψείς σχεδιάζονται ανά 20 μέτρα συμπεριλαμβάνοντας όμως και την ισοϋψή των 10 μέτρων.

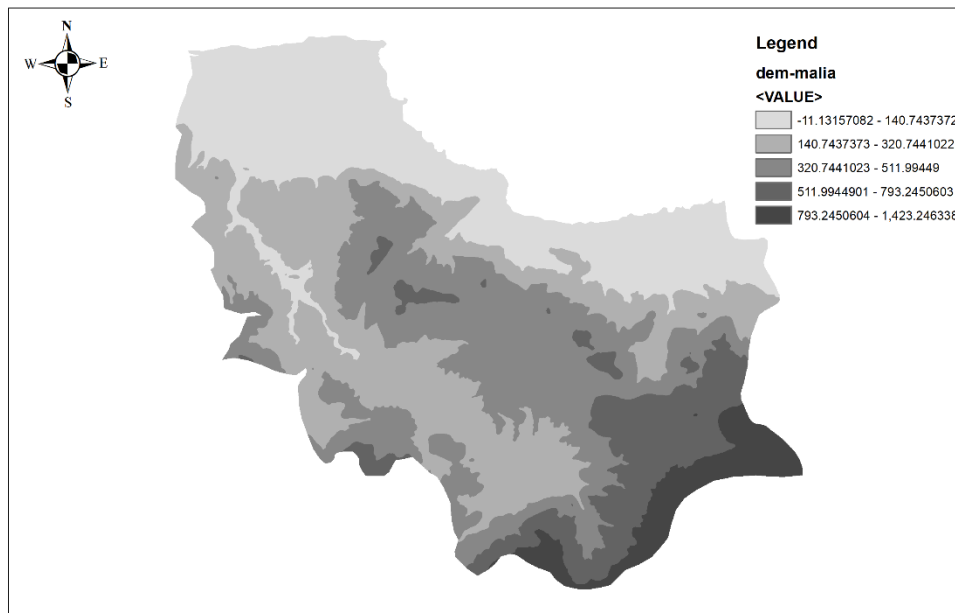


Εικόνα 26: Εντολή Extract by Mask του Arc Toolbox

Έπειτα, από το πακέτο Spatial Analyst Tools χρησιμοποιώντας τη λειτουργία Topo To Raster δημιουργείται ένα τρισδιάστατο μοντέλο εδάφους (DEM-Digital Elevation Model) της περιοχής μελέτης, επιλέγοντας για τη δημιουργία κελιά 5X5 μέτρων.



Εικόνα 27: Λειτουργία Topo To Raster του Arc Toolbox



Εικόνα 28:Χάρτης υψομέτρου των Μαλίων

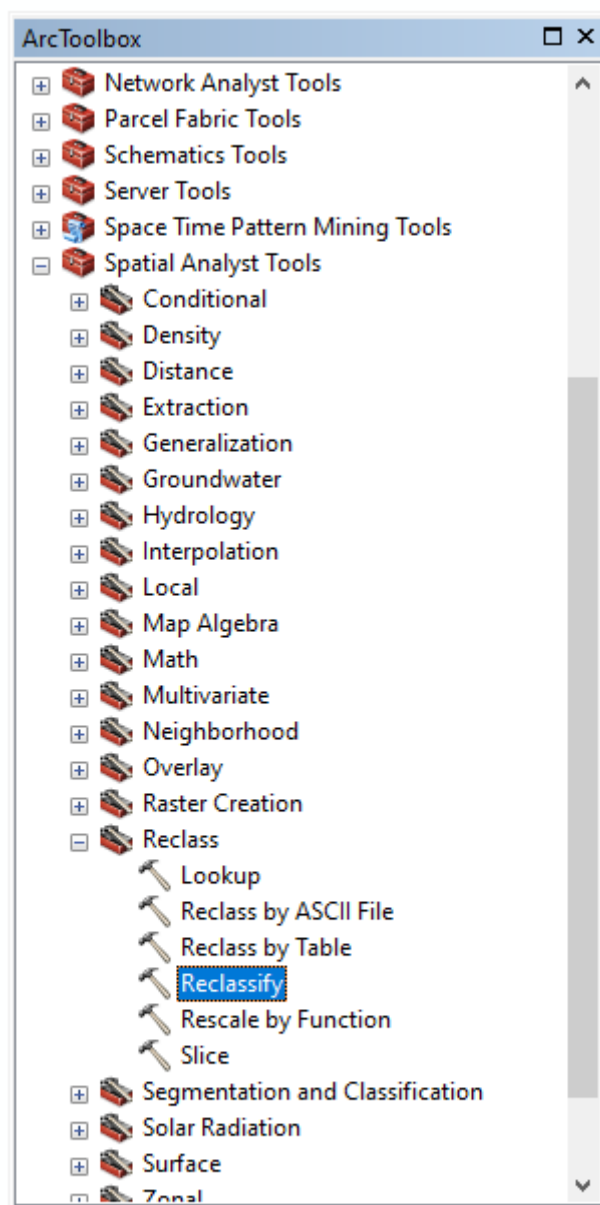
Τέλος , δημιουργήθηκε ο θεματικός χάρτης του υψομέτρου όσον αφορά την πλημμυρική επικινδυνότητα. Για αυτό το σκοπό έγινε αντιστοίχιση του υψομέτρου με τους γνωστούς βαθμούς επικινδυνότητας 1, 2, 5, 8, 10. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, όσο μεγαλύτερο είναι το υψόμετρο τόσο μικρότερη είναι η επικινδυνότητα όσον αφορά την εμφάνιση ενός πλημμυρικού φαινομένου. Ως αποτέλεσμα, τα μεγαλύτερα υψόμετρα κρίθηκαν με βαθμό επικινδυνότητας 1 ή 2, ενώ τα μικρότερα με 8 ή 10. Η ακριβής αντιστοίχιση παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

Table 7: Αντιστοίχιση υψομέτρου ανάλογα με το βαθμό επικινδυνότητάς τους.

| Υψόμετρο | Βαθμός επίδρασης στην πλημμυρική επικινδυνότητα |
|--------------------------|---|
| -11.13157082-140.7437372 | 10 |
| 140.7437372-320.7441022 | 8 |
| 320.7441022-511.9944901 | 5 |
| 511.9944901-793.2450603 | 2 |
| 793.2450603-1423.246338 | 1 |

Η αντιστοίχιση των τιμών με τους βαθμούς επικινδυνότητας πραγματοποιείται με τη βοήθεια της λειτουργίας Reclassify, η οποία εντοπίζεται στο πακέτο λειτουργιών

Spatial Analyst Tools->Reclass, του Arc Toolbox, όπως φαίνεται και παρακάτω.



Εικόνα 29:Λειτουργία Reclassify του Arc Toolbox

6.2.3 Βροχόπτωση

Η ένταση της βροχόπτωσης είναι ένας άκρως σημαντικός παράγοντας όσον αφορά την αξιολόγηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας μια περιοχής. Περιοχές όπου παρουσιάζουν αυξημένη ένταση αλλά και συχνότητα βροχοπτώσεων βρίσκονται σε άμεσο κίνδυνο όσον αφορά την εμφάνιση ενός πλημμυρικού φαινομένου.

Προκειμένου να προσδιοριστεί η χωρική επίδραση της έντασης της βροχόπτωσης στη δημιουργία πλημμυρικών φαινομένων, χρησιμοποιήθηκαν βροχομετρικά δεδομένα από μετεωρολογικούς σταθμούς, οι οποίοι βρίσκονται κοντά στην περιοχή μελέτης. Ωστόσο για να επιτευχθεί με ικανοποιητική ακρίβεια η χωρική επίδραση της βροχόπτωσης θα πρέπει να επιλεγθούν με σωστό και αποτελεσματικό τρόπο και οι σταθμοί που παρέχουν τα απαραίτητα δεδομένα. Πιο συγκεκριμένα, εκτός του ότι οι επιλεγμένοι σταθμοί θα πρέπει να είναι κοντά στην περιοχή μελέτης, απαραίτητη προϋπόθεση είναι να έχουν καλή υψομετρική και χωροταξική κατανομή μεταξύ τους, αλλά και να δίνουν συνεχείς μετρήσεις των βροχομετρικών δεδομένων για ένα επαρκές χρονικό διάστημα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση επιλέχθηκαν τέσσερις μετεωρολογικοί σταθμοί γύρω από τα Μάλια, από τους οποίους πάρθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα βροχόπτωσης του 2020. Πιο συγκεκριμένα οι ονομασίες των σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- Σταθμός Νεάπολης
- Σταθμός Ποταμοί Λασιθίου
- Σταθμός Τζερμιάδο Λασιθίου
- Και σταθμός Ηράκλειο Κνωσσός

Τα βροχομετρικά δεδομένα χρησιμοποιούνται ώστε να σχηματιστεί ο χάρτης βροχόπτωσης, ο οποίος κατασκευάζεται με τη βοήθεια του δείκτη MFI (Modified Fournier Index), σύμφωνα με τη μεθοδολογία του Morgan (2005).

$$MFI = \sum_1^{12} \frac{p^2}{P},$$

όπου, \sum_1^{12} = άθροισμα των 12 μηνών του έτους

p = μέση μηνιαία βροχόπτωση

P = μέση ετήσια βροχόπτωση

Τα βροχομετρικά δεδομένα (σε mm) κάθε σταθμού για το 2020 παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

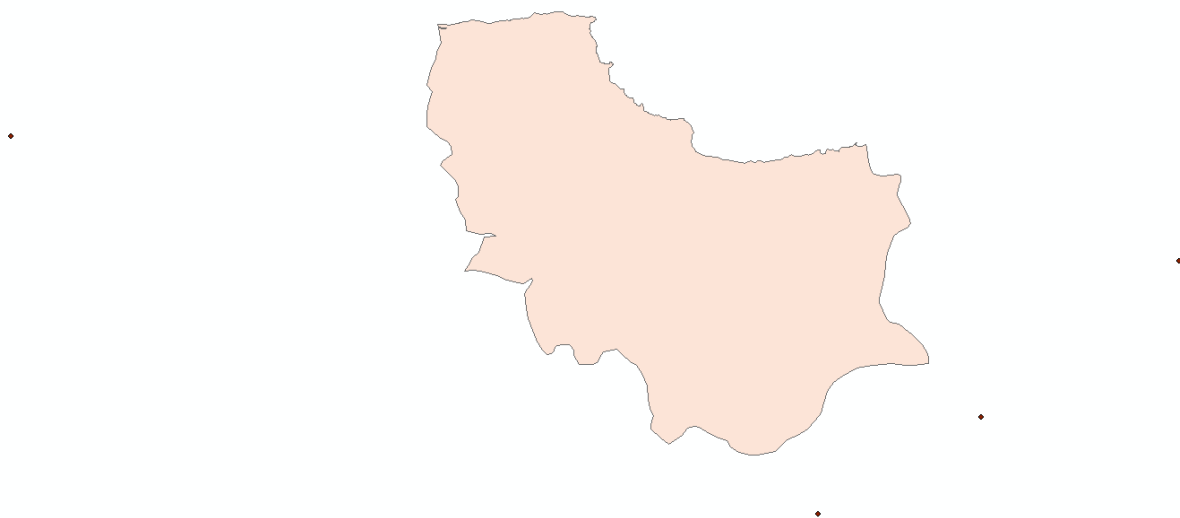
Table 8:Βροχομετρικά δεδομένα μετεωρολογικών σταθμών (Πηγή:<https://www.meteo.gr/Gmap.cfm?fbclid=IwAR3ZsRNn-sHccmQ80IqQAgN4dYjY0wrXMBXXLzTSupmkY0HJdeSFZbLUqMA>)

| Μήνας | Νεαπολη Λασιθίου | Ποταμοι Λασιθίου | Τζερμιαδο Λασιθίου | Ηράκλειο- Κνωσός |
|------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| Γεναρης | 199.4 | 584.8 | 344 | 39.6 |
| Φλεβαρης | 83.4 | 147.2 | 159.6 | 41.6 |
| Μαρτης | 114 | 100.6 | 94 | 36 |
| Απριλης | 82 | 172.6 | 181.2 | 17 |
| Μαιος | 19.4 | 6.8 | 31.8 | 3 |
| Ιουνιος | 15 | 3.8 | 7.2 | 0 |
| Ιουλιος | 0.6 | 2.6 | 4.2 | 0 |
| Αυγουστος | 0 | 0 | 1.8 | 0 |
| Σεπτεμβρης | 25.8 | 22.8 | 27.4 | 23.2 |
| Οκτωβρης | 99 | 66 | 53.8 | 189.6 |
| Νοεμβρης | 240.2 | 455 | 662.8 | 233.8 |
| Δεκεμβρης | 91.2 | 119 | 190.6 | 41.6 |

Οι δείκτες MFI που προέκυψαν για κάθε μετεωρολογικό σταθμό είναι οι παρακάτω:

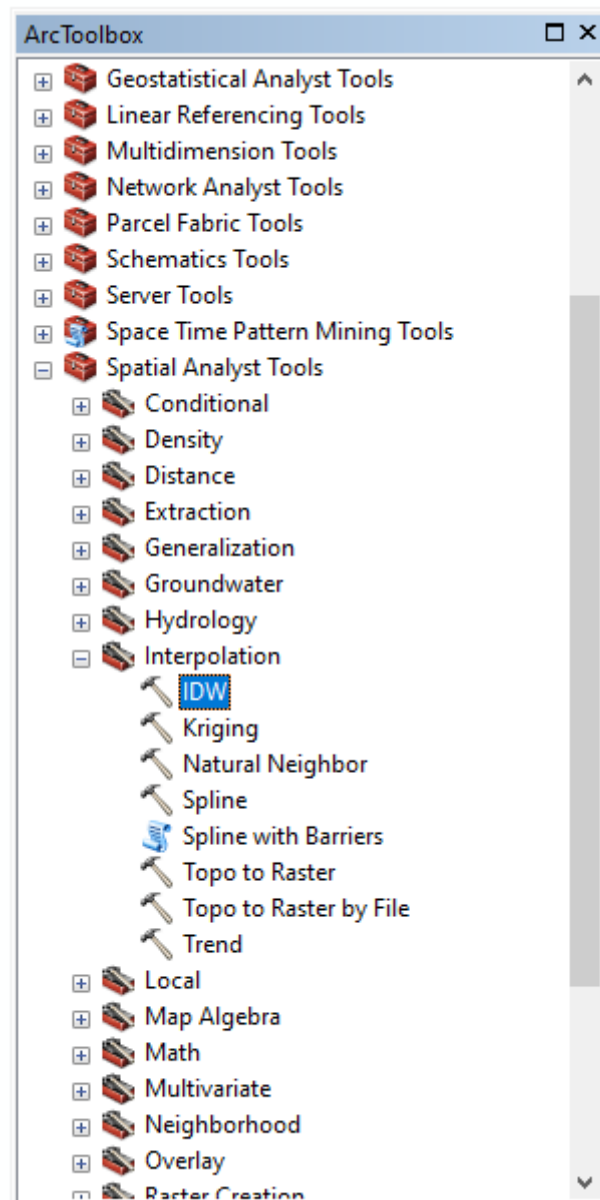
- Νεάπολη Λασιθίου: 147.9565
- Ποταμοί Λασιθίου: 374.5535
- Τζερμιάδο Λασιθίου: 378.6618
- Ηράκλειο-Κνωσός:41.2

Στη συνέχεια, κατασκευάστηκε ένα αρχείο point-shapefile, όπου τοποθετήθηκαν ως σημεία σύμφωνα με το ακριβές γεωγραφικό μήκος και πλάτος τους , οι τέσσερις επιλεγμένοι μετεωρολογικοί σταθμοί. Σε αυτά τα σημεία εισάχθηκε η πληροφορία των αντίστοιχων δεικτών MFI μέσω του Attribute Table του point-shapefile που δημιουργήθηκε.



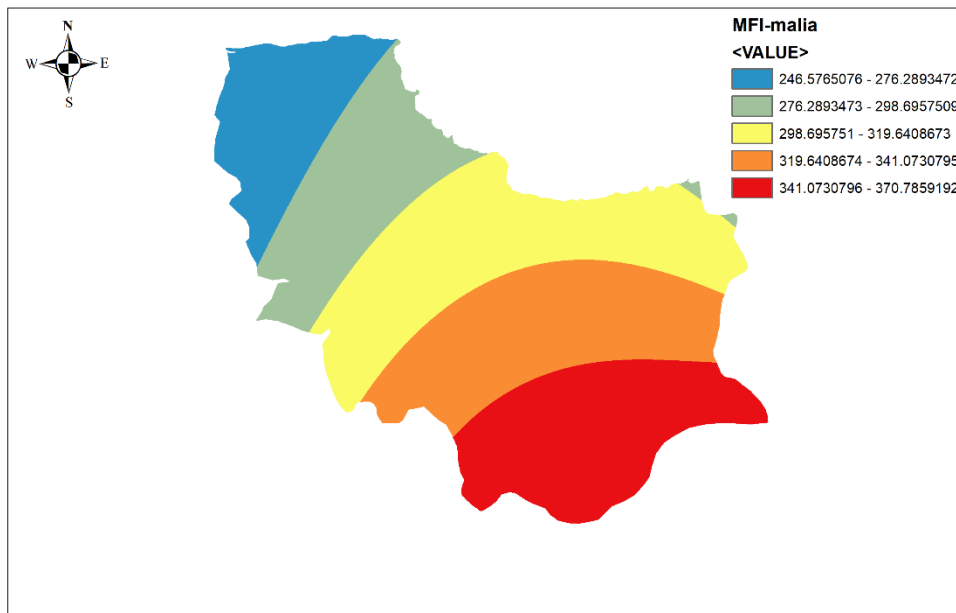
Εικόνα 30: Κατασκευασμένο αρχείο point-shapefile όπου απεικονίζονται οι μετεωρολογικοί σταθμοί γύρω από τα Μάλια

Χρησιμοποιώντας λοιπόν τον δείκτη MFI, ο οποίος εκφράζει το άθροισμα της ισχύος της μέσης μηνιαίας βροχής, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο παρεμβολής IDW (Inverse Distance Weighted) των σημειακών τιμών του δείκτη MFI για κάθε ένα από τους επιλεγμένους σταθμούς, κατασκευάζεται ο χάρτης έντασης βροχόπτωσης (rainfall intensity). Πιο συγκεκριμένα, η λειτουργία IDW καθορίζει τις τιμές των κελιών της περιοχής αναφοράς, χρησιμοποιώντας μία γραμμική παρεμβολή των δεικτών του MFI των σημειακών μετεωρολογικών σταθμών.



Εικόνα 31:Λειτουργία IDW-interpolation του Arc Toolbox

Έτσι με τη μέθοδο παρεμβολής προκύπτει ο χάρτης βροχόπτωσης των Μαλίων, όπως παρουσιάζεται παρακάτω.



Εικόνα 32:Χάρτης απεικόνισης της έντασης της βροχόπτωσης στα Μάλια

Τέλος, όπως και στην περίπτωση του θεματικού χάρτη του υψομέτρου, ο θεματικός χάρτης της βροχόπτωσης όσον αφορά την πλημμυρική επικινδυνότητα διαμορφώνεται εφόσον χρησιμοποιηθεί η γνωστή πλέον λειτουργία Reclassify, ώστε να αντιστοιχισθούν οι τιμές που προέκυψαν με τους βαθμούς επικινδυνότητας. Είναι απολύτως λογικό ότι όσο μεγαλύτερες είναι οι τιμές, οι οποίες προέκυψαν από τη μέθοδο παρεμβολής του δείκτη MFI, τόσο αυξημένος είναι ο κίνδυνος εμφάνισης ενός πλημμυρικού φαινομένου. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η αντιστοίχιση των τιμών με τους βαθμούς επικινδυνότητας για τα Μάλια παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

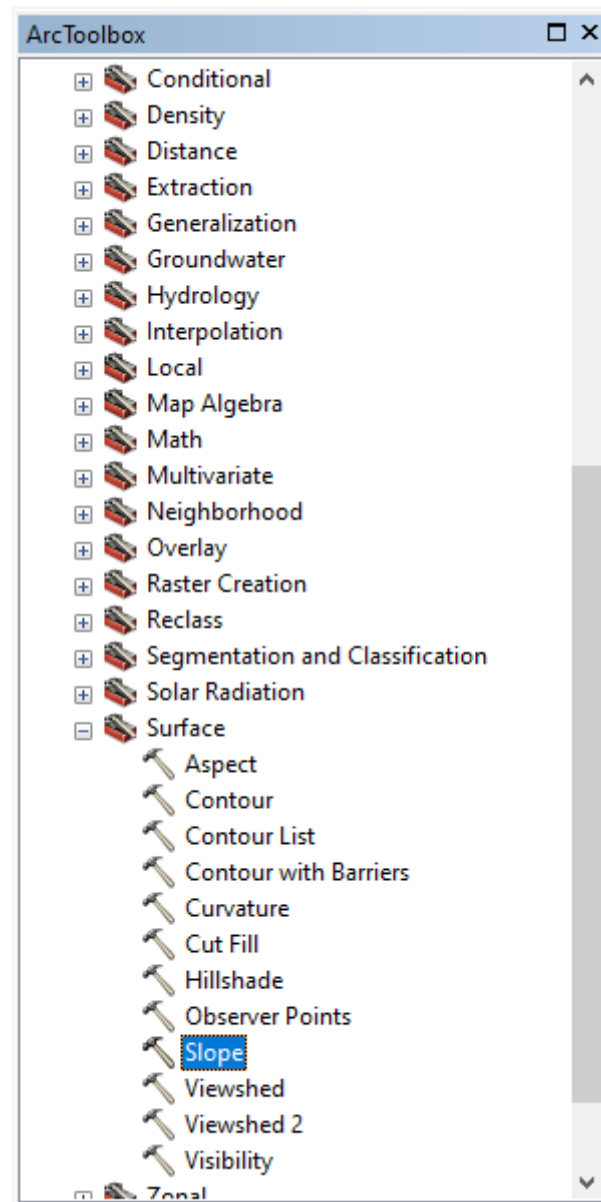
Table 9: Αντιστοίχιση του δείκτη εντάσως βροχόπτωσης με το βαθμό επικινδυνότητάς τους.

| Δείκτης MFI | Βαθμός επίδρασης στην πλημμυρική επικινδυνότητα |
|-------------------------|---|
| 341.0730795-370.7859192 | 10 |
| 319.6408673-341.0730795 | 8 |
| 298.6957509-319.6408673 | 5 |
| 276.2893472-298.6957509 | 2 |
| 246.5765076-276.2893472 | 1 |

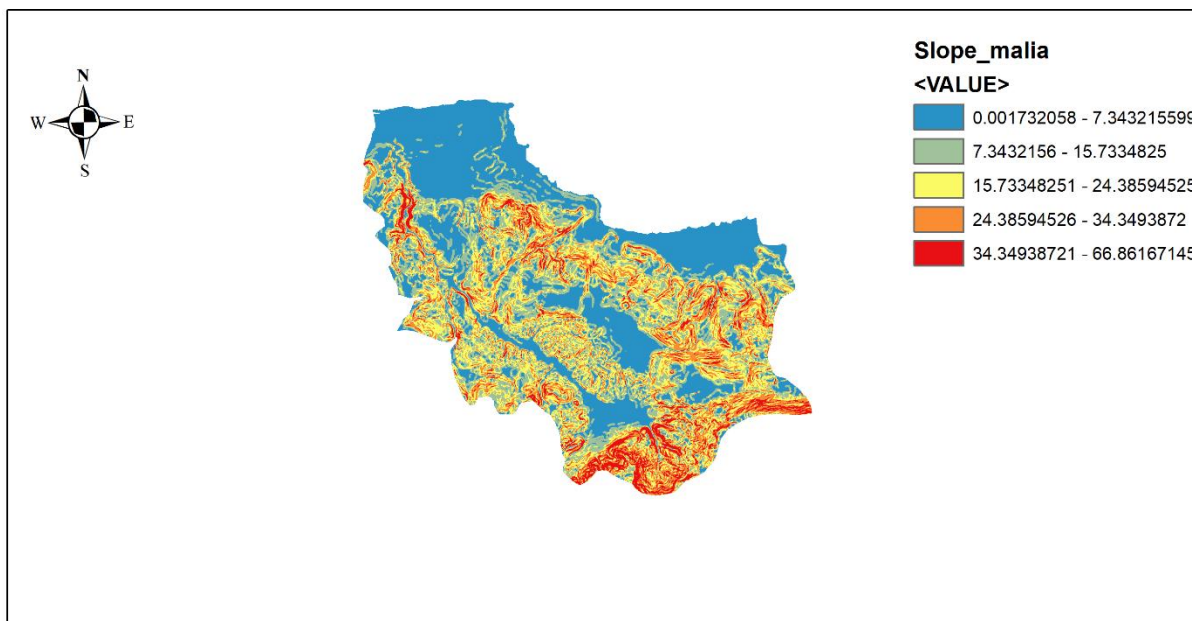
6.2.4 Κλίση

Ένας ακόμη εξίσου σημαντικός παράγοντας αξιολόγησης της πλημμυρικής επικινδυνότητας είναι η κλίση του εδάφους. Η κλίση ορίζεται ως ο ρυθμός αλλαγής του υψομέτρου, ενώ μαθηματικά προσδιορίζεται ως η πρώτη παράγωγος του υψομέτρου. Ουσιαστικά η κλίση του εδάφους επηρεάζει την ποσότητα συσσώρευσης του νερού. Για παράδειγμα μια περιοχή που έχει μεγάλη κλίση θα απομακρύνει πολύ πιο γρήγορα το νερό από μία άλλη η οποία έχει πολύ μικρή κλίση, οπότε όταν αναφερόμαστε σε συσσώρευση ροής η κλίση παίζει καθοριστικό ρόλο σε αυτήν.

Για να απεικονιστεί ο παράγοντας της κλίσης χρησιμοποιήθηκε το ανάγλυφο εδάφους, δημιουργώντας χάρτη κλίσεων τύπου raster. Πιο συγκεκριμένα, από το τρισδιάστατο μοντέλο εδάφους (DEM), γίνεται χρήση της εντολής slope η οποία βρίσκεται στην ομάδα εργαλείων Spatial Analyst tools στην υποκατηγορία surface. Η εντολή αυτή εξάγει έναν κλίμακα εικονοστοιχείων όπου το καθένα προσδιορίζεται από έναν αριθμό μεταξύ του 0 και του 90, ο οποίος στην ουσία αντιστοιχεί στις μοίρες της γωνίας κλίσης του εδάφους στο συγκεκριμένο σημείο της περιοχής. Η εντολή slope, καθώς και ο χάρτης όπου απεικονίζεται η κλίση του εδάφους της περιοχής των Μαλίων παρουσιάζονται στις παρακάτω εικόνες.



Εικόνα 33:Εντολή Slope του Arc Toolbox



Εικόνα 34:Χάρτης των κλίσεων του εδάφους για τα Μάλια

Ως αποτέλεσμα, ο βαθμός επικινδυνότητας των κλίσεων γης όσον αφορά την εμφάνιση ενός πλημμυρικού φαινομένου, πραγματώνεται και πάλι με το εργαλείο Reclassify σύμφωνα με τον εξής τρόπο:

Όσο μικρότερη είναι η κλίση τόσο πιο επιβαρυμένη θεωρείται η περιοχή κάτι το οποίο αντιστοιχεί τις μικρές κλίσεις με τους υψηλούς βαθμούς επικινδυνότητας, ενώ οι κλίσεις θεωρούνται ακίνδυνες όταν προσεγγίζουν όσο πιο κοντά γίνεται τον αριθμό των 90 μοιρών. Στη συγκεκριμένη μελέτη η αντιστοίχιση της κλίσης με τον βαθμό επικινδυνότητας έγινε ως εξής:

Table 10: Αντιστοίχιση των κλίσεων του εδάφους ανάλογα με το βαθμό επικινδυνότητάς τους.

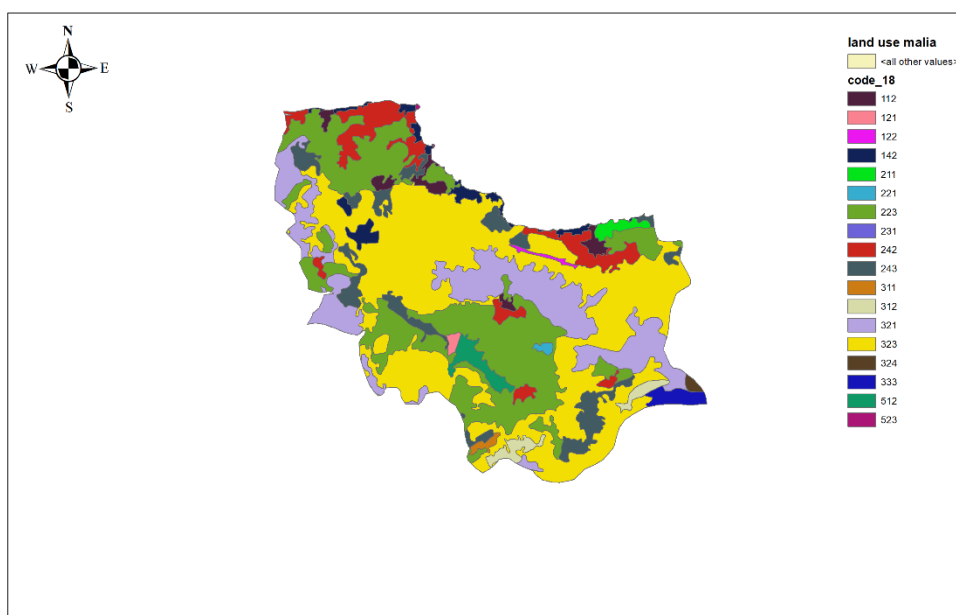
| Κλίση | Βαθμός επίδρασης στην πλημμυρική επικινδυνότητα |
|-------------------------|---|
| 0.001732058-7.343215599 | 10 |
| 7.343215599-15.7334825 | 8 |
| 15.7334825-24.38594525 | 5 |
| 24.38594525-34.3493872 | 2 |
| 34.3493872-66.86167145 | 1 |

6.2.5 Χρήσεις Γης (Land Use)

Οι χρήσεις γης διαδραματίζουν και αυτές τον δικό τους ιδιαίτερο ρόλο στην αξιολόγηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας. Πιο συγκεκριμένα, το βασικό κριτήριο διαχωρισμού της επικινδυνότητας των χρήσεων γης συνδέεται με το κατά πόσο επηρεάζει την εδαφική

απορροφητικότητα, με χαρακτηριστικά παραδείγματα να είναι η αστική δόμηση η οποία συνεισφέρει με Πολύ Υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα σε αντίθεση με τις ακάλυπτες περιοχές με έντονη χλωρίδα η οποία συνεισφέρει σε Πολύ Χαμηλή πλημμυρική επικινδυνότητα.

Ο θεματικός χάρτης των χρήσεων γης δημιουργείται με βάση τα πιο πρόσφατα δεδομένα του Corine Land Cover για την Κρήτη. Έπειτα το αρχείο αυτό περικόπτεται για να συμπεριληφθούν τα όρια της περιοχής μελέτης με τη χρήση της εντοχλής extract by mask, η οποία έχει χρησιμοποιηθεί και σε προηγούμενες διαδικασίες.



Εικόνα 35:Χάρτης καταμερισμού των χρήσεων Γης για την περιοχή των Μαλίων σύμφωνα με το Corine Land Cover

Έτσι λοιπόν, ο χάρτης χρήσεων γης των Μαλίων όπως φαίνεται και στην εικόνα 35 περιέχει κάποιους αριθμούς οι οποίοι αντιστοιχούν στις διαφορετικές χρήσεις γης. Για αυτό το λόγο, ορίζεται στη συνέχεια ο βαθμός επικινδυνότητας για καθεμία από τις διαφορετικές χρήσεις γης. Η γενική τοποθέτηση για την αντιστοίχιση των χρήσεων γης με τους βαθμούς επικινδυνότητας 1,2,5,8 και 10 είναι η εξής.

Table 11: Αντιστόχιση του είδους των δραστηριοτήτων με το βαθμό συνεισφορά τους στην πλημμυρική επικινδυνότητα .

| Είδος Δραστηριότητας | Βαθμός επίδρασης στην πλημμυρική επικινδυνότητα |
|-----------------------------|---|
| Παραλιακή ζώνη | 10 |
| Θαμνώδης-άγονες εκτάσεις | 8 |
| Βοσκότοποι-Αραιή φυτοκάλυψη | 5 |
| Γεωργικές εκτάσεις | 2 |
| Δασώδεις εκτάσεις | 1 |

Τέλος παρουσιάζονται και ειδικότερα οι χρήσεις γης της περιοχής μελέτης σύμφωνα με τον κωδικό τους στο Corine Land Cover, καθώς και η επιλεγμένη συνεισφορά του στην πλημμυρική επικινδυνότητα.

Table 12: Ακριβής παρουσίαση όλων των χρήσεων γης και των βαθμών πλημμυρικής επικινδυνότητάς τους

| Corine Land code | Land Use | Flood Risk |
|------------------|---|------------|
| 112 | Discontinuous urban fabric | 10 |
| 121 | Industrial or commercial units | 10 |
| 122 | Road and rail networks and associated land | 10 |
| 142 | Sport and leisure facilities | 10 |
| 211 | Non-irrigated arable land | 8 |
| 221 | Vineyards | 2 |
| 223 | Olive groves | 2 |
| 231 | Pastures | 5 |
| 242 | Complex cultivation patterns | 5 |
| 243 | Land principally occupied by agriculture with significant areas of natural vegetation | 2 |
| 311 | Broad-leaved forest | 1 |
| 312 | Coniferous forest | 1 |
| 321 | Natural grasslands | 1 |
| 323 | Sclerophyllous vegetation | 5 |
| 333 | Sparsely vegetated areas | 5 |
| 512 | Water bodies | 10 |
| 523 | Sea and ocean | 10 |
| 324 | Transitional woodland-shrub | 5 |

Τέλος, όπως και στην περίπτωση του θεματικού χάρτη της γεωλογίας, εισάγονται οι παραπάνω βαθμοί επικινδυνότητας στον Attribute table του χάρτη των χρήσεων γης, και έπειτα πάλι με τη λειτουργία Polygon to Raster του Arc Toolbox, κατασκευάζεται ο θεματικός χάρτης των χρήσεων γης όσον αφορά την πλημμυρική επικινδυνότητα.

6.2.6 Συγκέντρωση Ροής (flow accumulation)

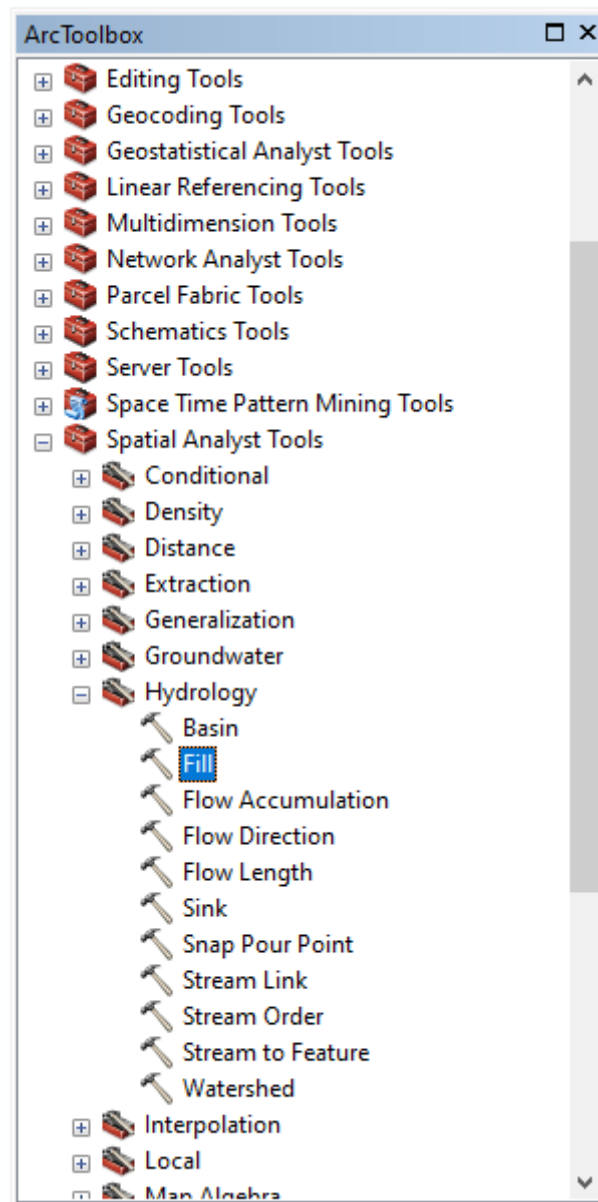
Η συγκέντρωση της ροής των υδάτων συμπεριλαμβάνεται στους παράγοντες αξιολόγησης της πλημμυρικής επικινδυνότητας. Είναι φυσιολογικό ότι στις τοποθεσίες όπου παρατηρείται αυξημένη συγκέντρωση ροής, να αυξάνεται και ο κίνδυνος εμφάνισης κάποιας πλημμύρας.

Η κατασκευή λοιπόν του χάρτη στον οποίο απεικονίζεται η συγκέντρωση της ροής των υδάτων διεκπεραιώνεται σύμφωνα με την εξής διαδικασία:

- Αρχικά χρησιμοποιείται η λειτουργία Fill στο τρισδιάστατο μοντέλο εδάφους DEM, η οποία διορθώνει κάποιες τυχόν ατέλειες οι οποίες μπορεί να έχουν προκύψει κατά την επεξεργασία του DEM
- Έπειτα ακολουθεί η λειτουργία flow direction, η οποία υπολογίζει τη διεύθυνση της ροής κάθε κελιού (στη προκειμένη περίπτωση όπως και σε όλους τους χάρτες οι διαστάσεις κάθε κελιού έχουν επιλεγθεί σε 5x5)
- Και τέλος με τη λειτουργία flow accumulation υπολογίζεται η συγκέντρωση της ροής των υδάτων κάθε κελιού

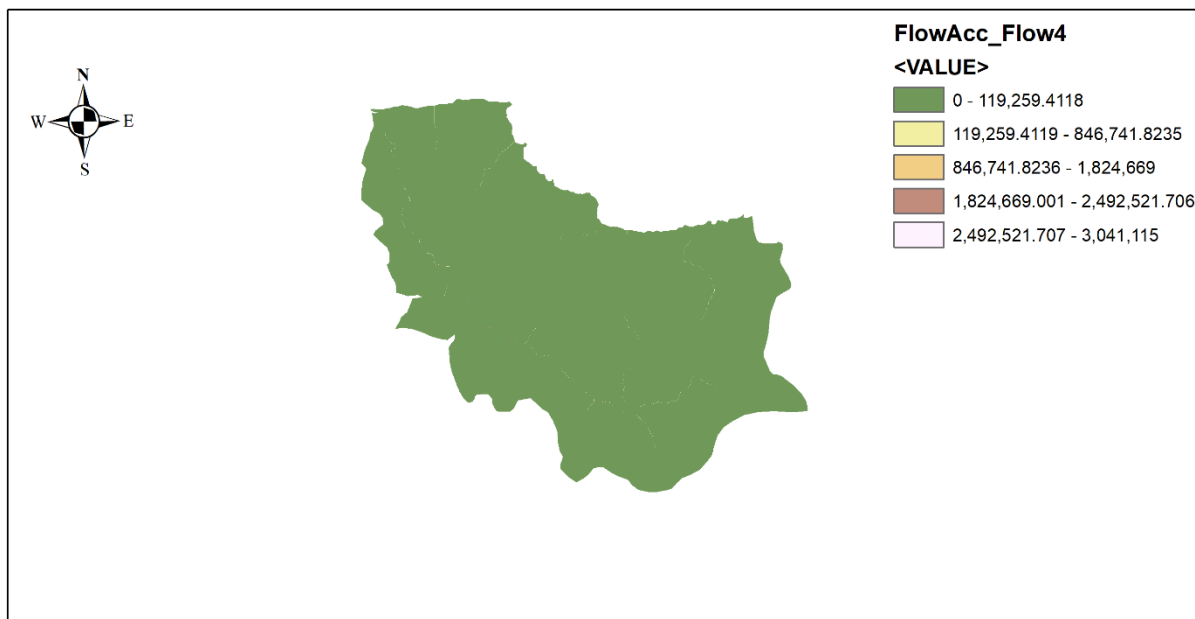
Αξίζει να σημειωθεί ότι, και οι τρεις λειτουργίες εντοπίζονται στο πακέτο

Spatial Analyst Tools->Hydrology του Arc Toolbox όπως φαίνεται και παρακάτω.



Εικόνα 36: Εντολες Fill, Flow Direction και Flow Accumulation του Arc Toolbox

Ως αποτέλεσμα, κατασκευάζεται ο θεματικός χάρτης της συγκέντρωσης της ροής όσον αφορά τα Μάλια.



Εικόνα 37: Χάρτης απεικόνισης της συγκέντρωσης της ροής

Τέλος, όπως έχει συμβεί και με αρκετές προηγούμενες περιπτώσεις, χρησιμοποιείται η λειτουργία Reclassify έτσι ώστε να οριστεί η πλημμυρική επικινδυνότητα ανάλογα με τη συγκέντρωση της ροής των υδάτων. Όπως προαναφέρθηκε και παραπάνω τα σημεία στα οποία παρατηρείται αυξημένη συγκέντρωση ροής αξιολογούνται ως εξαιρετικά επικίνδυνα για την εμφάνιση ενός πλημμυρικού γεγονότος, άρα κρίνονται με τους αριθμούς 10 ή 8, ενώ σημεία με μειωμένη συγκέντρωση ροής χαρακτηρίζονται ως ακίνδυνα και αξιολογούνται με βαθμό επικινδυνότητας 1 ή 2. Η ακριβής αντιστοίχιση στην προκειμένη μελέτη παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

Table 13: Αντιστοίχιση συγκέντρωσης ροής ανάλογα με το βαθμό επικινδυνότητάς της.

| Συγκέντρωση ροής | Βαθμός επίδρασης στην πλημμυρική επικινδυνότητα |
|-----------------------------|---|
| 2,492,521.706-3,041,115 | 10 |
| 1,824,669.001-2,492,521.706 | 8 |
| 846,741.8235-1,824,669 | 5 |
| 119,259.4118-846,741.8235 | 2 |
| 0-119,259.4118 | 1 |

6.2.7 Συνδυασμός δεδομένων

Αφού έχουν δημιουργηθεί οι θεματικοί χάρτες για τον κάθε προαναφερθέντα παράγοντα, οι τιμές τους κατηγοριοποιήθηκαν με βάση τη συνεισφορά τους στην πλημμυρική επικινδυνότητα. Όσον αφορά τους χάρτες υψομέτρου, συσσώρευσης ροής, κλίσης και βροχής τα δεδομένα ομαδοποιήθηκαν με τη μέθοδο Natural breaks (Jenks) σε 5 ομάδες, με βαθμούς επικινδυνότητας 1, 2, 5, 8, 10 οι οποίοι αντιστοιχούν σε Πολύ Μικρή, Μικρή, Μέτρια, Υψηλή και Πολύ υψηλή επικινδυνότητα. Αντίστοιχα ο χάρτης των χρήσεων γης

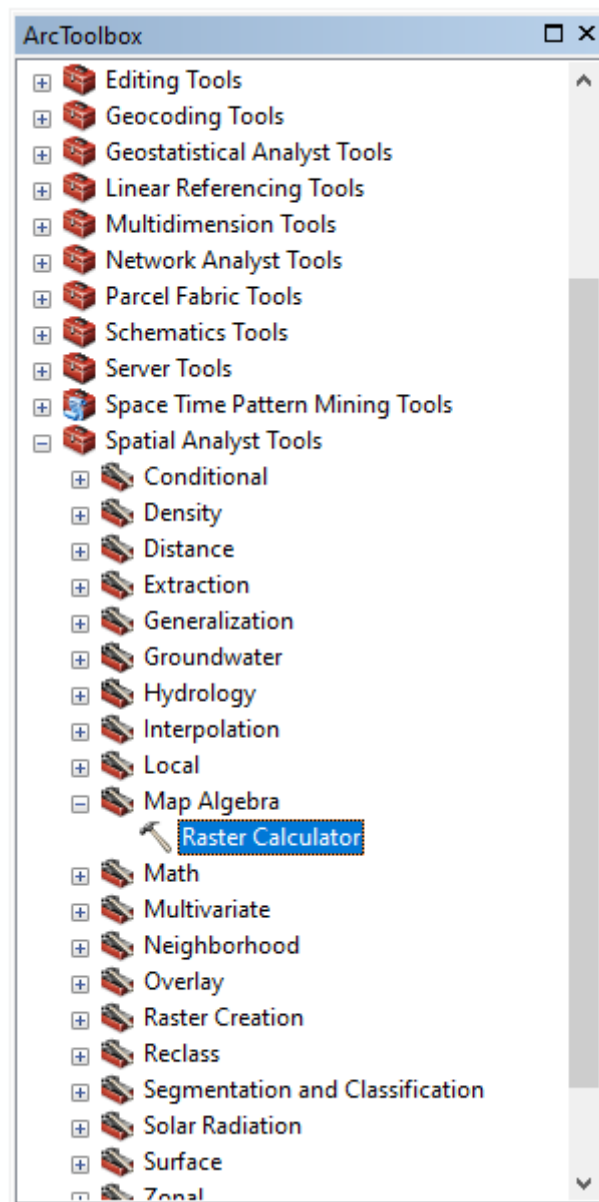
μετατράπηκε και αυτός σε χάρτη καννάβου raster, και οι χρήσεις γης κατηγοριοποιήθηκαν ανάλογα με τις επιπτώσεις τους στην πλημμυρική επικινδυνότητα. Το ίδιο έγινε και με το χάρτη της γεωλογίας, όπου οι γεωλογικοί σχηματισμοί κατηγοριοποιήθηκαν ανάλογα με τη συνεισφορά τους στην πλημμυρική επικινδυνότητα, και μετατράπηκαν σε χάρτη καννάβου raster.

Έπειτα, όπως αναλύθηκε στην παράγραφο 6.1, υπολογίστηκαν τα τελικά βάρη τα οποία χρησιμοποιήθηκαν έτσι ώστε να δημιουργηθεί ο τελικός χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας. Από τη σχηματική απεικόνιση της αλληλεπίδρασης των επιμέρους παραγόντων που συμβάλλουν στην πλημμυρική επικινδυνότητα (εικόνα 22), αξίζει να τονιστεί ότι ο ρυθμός επίδρασης B για κάθε έναν παράγοντα που συμβάλλει στην πλημμυρική επικινδυνότητα υπολογίζεται με βάση το άθροισμα των κύριων και των δευτερεύοντων επιδράσεων του ως προς τους άλλους παράγοντες. Για παράδειγμα, η συγκέντρωση ροής προσφέρει μία κύρια επίδραση στις χρήσεις γη, η οποία βαθμολογείται με τον αριθμό 1, καθώς και μία δευτερεύον επίδραση στον παράγοντα της κλίσης η οποία αξιολογείται με τον αριθμό 0.5. Άρα ο παράγοντας B ισούται με το άθροισμά τους, άρα στη συγκεκριμένη περίπτωση ισούται με τον αριθμό 1.5. Τελικά, η συνολική συνεισφορά κάθε παράγοντα στην πλημμυρική επικινδυνότητα υπολογίζεται βρίσκοντας το ποσοστό του αθροίσματος των $A \cdot B$ του επιθυμητού παράγοντα πλημμυρικής επικινδυνότητας ως προς συνολικό άθροισμα όλων των παραγόντων που συμβάλλουν σε αυτή. Όλα τα παραπάνω παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα για την καλύτερη αποσαφήνισή τους.

Table 14: Πίνακας βημάτων εύρεσης του τελικού ποσοστού συμμετοχής του κάθε παράγοντα στην πλημμυρική επικινδυνότητα

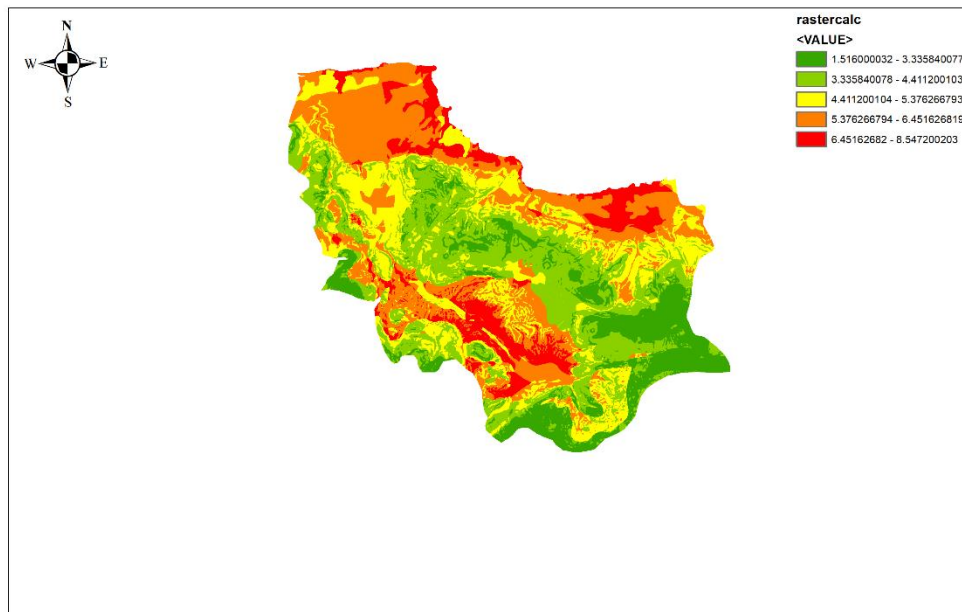
| Παράγοντες πλημμυρικής επικινδυνότητας | Συντελεστής βαρύτητας A | Ρυθμός επίδρασης B | A*B | Σύνολο A*B κάθε παράγοντα | Ποσοστό (Σύνολο/Sum Συνόλου) | |
|--|-------------------------|--------------------|------|---------------------------|------------------------------|-------|
| Συγκέντρωση ροής | 10 | 1.5 | 15 | 39 | 9.677419 | 9.68 |
| | 8 | | 12 | | | |
| | 5 | | 7.5 | | | |
| | 2 | | 3 | | | |
| | 1 | | 1.5 | | | |
| Ένταση βροχόπτωσης | 10 | 1.5 | 15 | 39 | 9.677419 | 9.68 |
| | 8 | | 12 | | | |
| | 5 | | 7.5 | | | |
| | 2 | | 3 | | | |
| | 1 | | 1.5 | | | |
| Κλίση | 10 | 2 | 20 | 52 | 12.90323 | 12.9 |
| | 8 | | 16 | | | |
| | 5 | | 10 | | | |
| | 2 | | 4 | | | |
| | 1 | | 2 | | | |
| Χρήσεις Γης | 10 | 3 | 30 | 78 | 19.35484 | 19.35 |
| | 8 | | 24 | | | |
| | 5 | | 15 | | | |
| | 2 | | 6 | | | |
| | 1 | | 3 | | | |
| Γεωλογία | 10 | 3 | 30 | 78 | 19.35484 | 19.35 |
| | 8 | | 24 | | | |
| | 5 | | 15 | | | |
| | 2 | | 6 | | | |
| | 1 | | 3 | | | |
| Υψόμετρο | 10 | 4.5 | 45 | 117 | 29.03226 | 29.04 |
| | 8 | | 36 | | | |
| | 5 | | 22.5 | | | |
| | 2 | | 9 | | | |
| | 1 | | 4.5 | | | |
| Sum | | | | 403 | 100 | 100 |

Εφόσον υπολογίστηκε το συνολικό ποσοστό συνεισφοράς κάθε παράγοντα στην πλημμυρική επικινδυνότητα, χρησιμοποιώντας τη λειτουργία Raster Calculator του Arc Toolbox, η οποία βρίσκεται στο πακέτο λειτουργιών Spatial Analyst Tools->Map Algebra, όπως φαίνεται και παρακάτω, κατασκευάζεται ο τελικός θεματικός χάρτης όσον αφορά την πλημμυρική επικινδυνότητα της περιοχής των Μαλίων.



Εικόνα 38:Λειτουργία Raster Calculator του Arc Toolbox

T

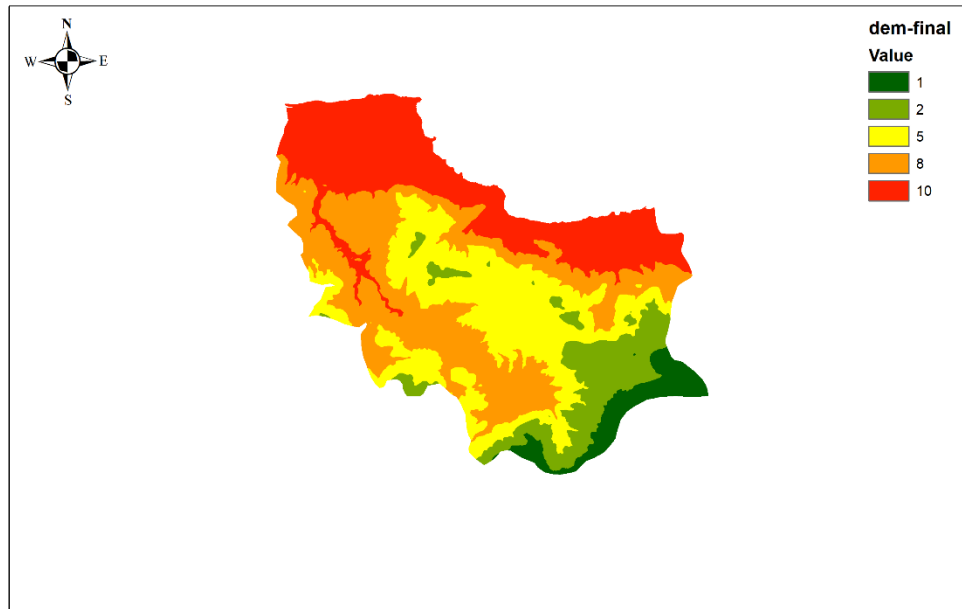


Εικόνα 39: Χάρτης συνδυασμού όλων των παραγόντων που συμμετάσχουν στην πλημμυρική επικινδυνότητα πριν την αναπροσαρμογή των ορίων

Τέλος, κρίνεται αναγκαίο να γίνει μία αναπροσαρμογή στα ορία τα οποία περιλαμβάνονται στο κάθε χρώμα του χάρτη άρα και στην πλημμυρική επικινδυνότητα, έτσι ώστε να συνάδουν με την αρχική προσέγγιση των βαθμών πλημμυρικής επικινδυνότητας 1,2,5,8 και 10.

Κεφάλαιο 7: Αποτελέσματα-Συμπεράσματα

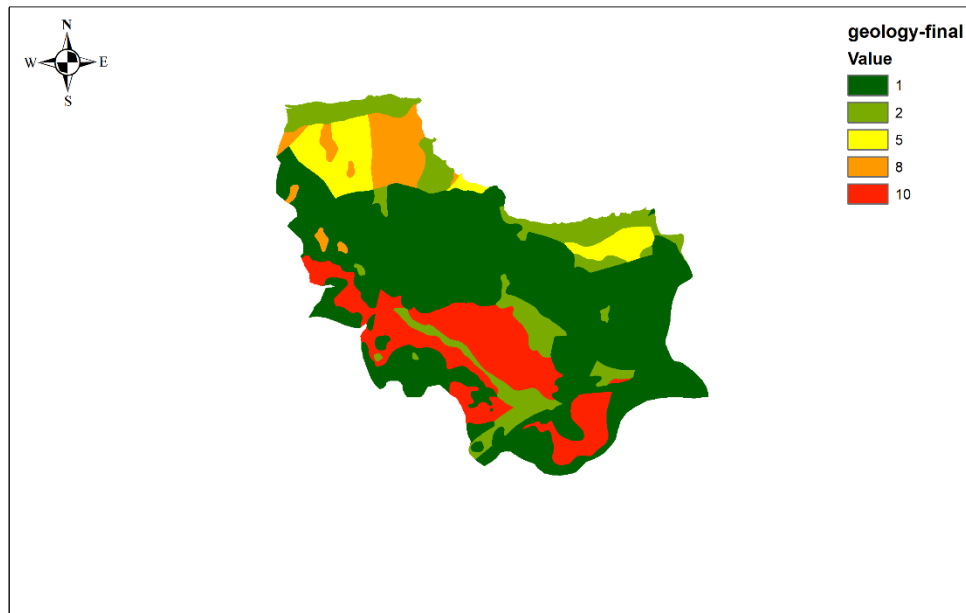
7.1: Θεματικός Χάρτης Υψομέτρου



Εικόνα 40: Τελικός θεματικός χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το υψόμετρο των Μαλίων

Στον τελικό χάρτη του υψομέτρου, η πλημμυρική επικινδυνότητα εμφανίζεται αυξημένη στις παράκτιες περιοχές κάτι το οποίο είναι λογικό λόγω του χαμηλού υψομέτρου τους. Ταυτόχρονα, υψηλό κίνδυνο διατρέχουν και οι κοιλάδες χαμηλού υψομέτρου. Όπως έχει αναφερθεί, η επικινδυνότητα μειώνεται όσο αυξάνεται το υψόμετρο κάτι το οποίο φαίνεται και στην πράξη, καθώς τα ορεινά σημεία της περιοχής παρουσιάζουν Χαμηλή ή Πολύ Χαμηλή πλημμυρική επικινδυνότητα, οι οποίες αντιστοιχίζονται με βαθμούς επικινδυνότητας 1 ή 2 όπως φαίνεται και στον παραπάνω χάρτη.

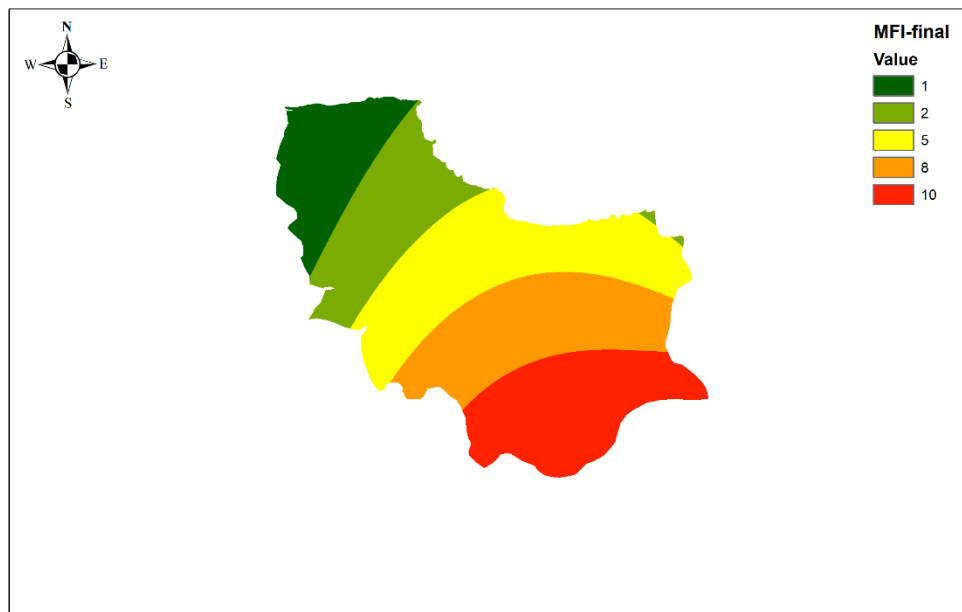
7.2: Θεματικός Χάρτης Γεωλογίας



Εικόνα 41: Τελικός θεματικός χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για την υδρογεωλογία των Μαλίων

Όπως καταδεικνύει ο θεματικός χάρτης της γεωλογίας, το νότιο κομμάτι των Μαλίων περιέχει αρκετούς γεωλογικούς σχηματισμούς A1 και A2 οι οποίοι είναι και πρακτικά αδιαπέρατοι ή έχουν πολύ μικρή υδροπερατότητα, κάτι το οποίο χαρακτηρίζει τους συγκεκριμένους σχηματισμούς ως εξαιρετικά επικίνδυνους όσον αφορά τον κίνδυνο εμφάνισης κάποιου πλημμυρικού φαινομένου. Επιπρόσθετα, φαίνεται ότι στο βορειοδυτικό μέρος της περιοχής μελέτης εμφανίζονται κάποιοι σχηματισμοί P3 και P2, οι οποίοι αυξάνουν και αυτοί αρκετά την πλημμυρική επικινδυνότητα. Παρόλα αυτά το μεγαλύτερο τμήμα των Μαλίων αποτελείται από γεωλογικούς σχηματισμούς P1, K1 και K2, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από υψηλή υδροπερατότητα κάτι το οποίο μειώνει τον κίνδυνο εμφάνισης πλημμύρας. Συνολικά, θα μπορούσε να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι όσον αφορά τη γεωλογία, η περιοχή μελέτης δεν εμφανίζει μεγάλη πλημμυρική επικινδυνότητα.

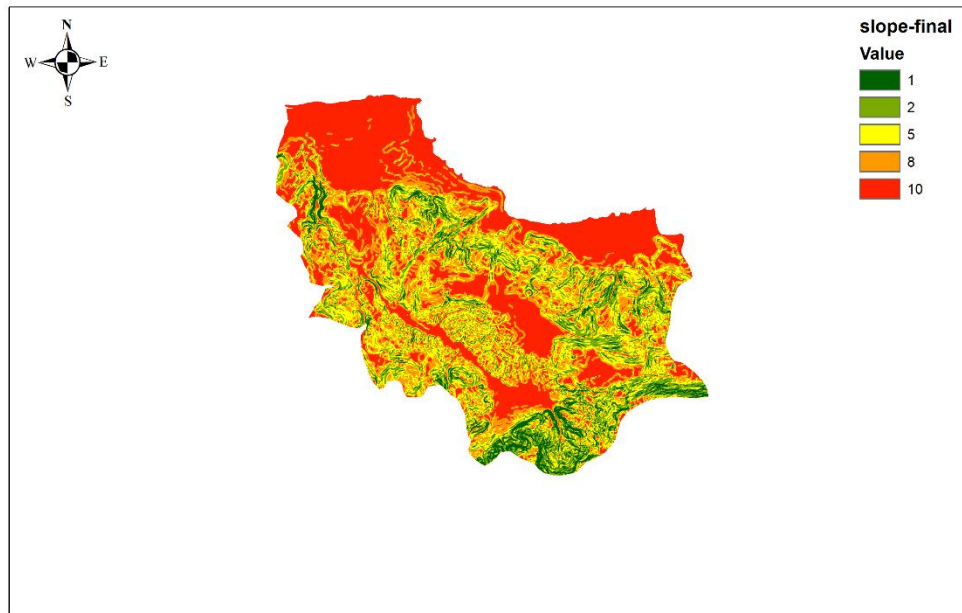
7.3: Θεματικός Χάρτης Έντασης Βροχόπτωσης



Εικόνα 42: Τελικός θεματικός χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας της εντάσεως των βροχοπτώσεων για τα Μάλια

Ο θεματικός χάρτης της έντασης της βροχόπτωσης δημιουργήθηκε με βάση τα βροχομετρικά δεδομένα 4 μετεωρολογικών σταθμών, οι οποίοι βρίσκονται περιμετρικά της περιοχής των Μαλίων. Όπως προκύπτει από τον τελικό χάρτη, στο Νότιο τμήμα της περιοχής, εκεί δηλαδή όπου βρίσκεται ο μετεωρολογικός σταθμός του Τζερμιάδου Λασιθίου, έχουν καταγραφεί έντονες βροχοπτώσεις άρα αυξάνεται και η πλημμυρική επικινδυνότητα. Αντιθέτως στο βορειοδυτικό τμήμα της περιοχής, ο μετεωρολογικός σταθμός Ηράκλειο Κνωσσός καταγράφει βροχοπτώσεις μικρότερης έντασης, για αυτό το λόγο και η επικινδυνότητα εμφανίζεται μειωμένη και στο χάρτη. Συνολικά, φαίνεται ότι το Νότιο τμήμα της περιοχής διατρέχει το μεγαλύτερο κίνδυνο, ενώ προχωρώντας προς τα βορειοδυτικά μειώνεται σταδιακά η πλημμυρική επικινδυνότητα λόγω της έντασης βροχόπτωσης.

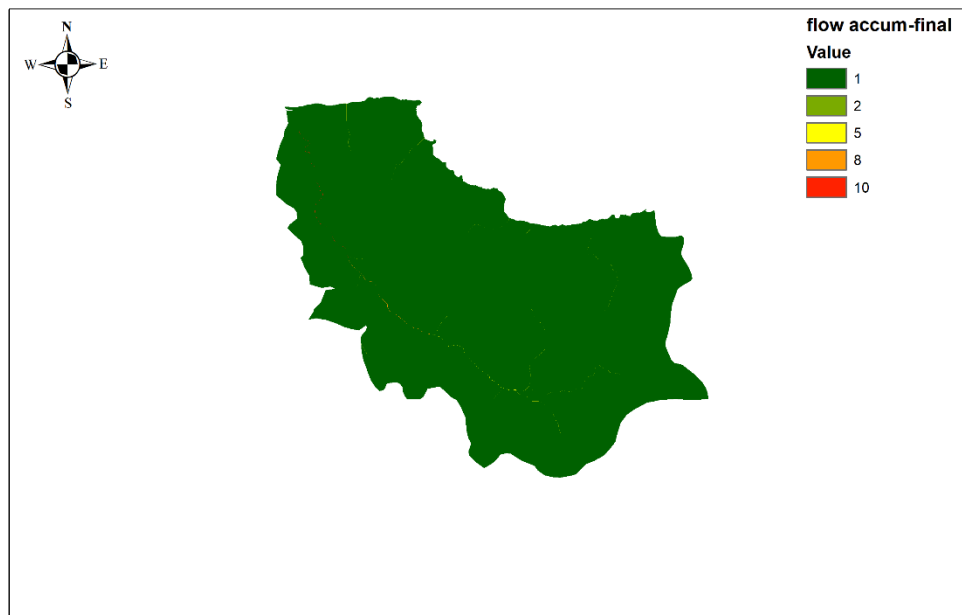
7.4: Θεματικός Χάρτης Κλίσης Εδάφους



Εικόνα 43: Τελικός θεματικός χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για την κλίση του εδάφους των Μαλίων

Η πλημμυρική επικινδυνότητα όσον αφορά την κλίση του εδάφους, αυξάνεται όταν οι κλίσεις του εδάφους είναι μικρές. Όπως διαπιστώνεται και στον θεματικό χάρτη των κλίσεων του εδάφους, οι παράκτιες περιοχές, οι οποίες χαρακτηρίζονται και από χαμηλά υψόμετρα, εμφανίζουν εξαιρετικά μεγάλη επικινδυνότητα λόγω των πολύ μικρών κλίσεών τους. Αντιθέτως οι ορεινές περιοχές που εντοπίζονται στο Νοτιοανατολικό τμήμα των Μαλίων, εμφανίζουν μεγαλύτερες κλίσεις, άρα θεωρούνται και πιο ακίνδυνες περιοχές. Ως αποτέλεσμα, ο θεματικός χάρτης των κλίσεων του εδάφους, καταδεικνύει ότι η περιοχή μελέτης θεωρείται αρκετά επικίνδυνη όσον αφορά την εμφάνιση κάποιου πλημμυρικού γεγονότος λόγω του ότι υπάρχουν αρκετά σημεία τα οποία χαρακτηρίζονται από πολύ χαμηλές κλίσεις εδάφους με αποτέλεσμα να αυξάνουν αισθητά και την επικινδυνότητα.

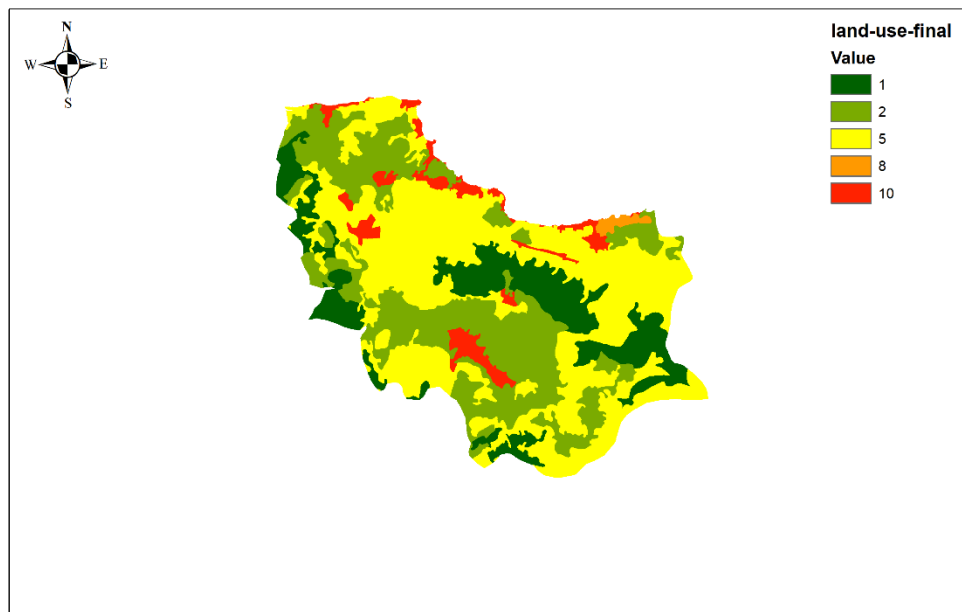
7.5: Θεματικός Χάρτης Συγκέντρωσης Ροής Των Υδάτων



Εικόνα 44: Τελικός θεματικός χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για τη συγκέντρωση της ροής των υδάτων στα Μάλια

Ο θεματικός χάρτης της συγκέντρωσης ροής των υδάτων, είναι εξίσου σημαντικός διότι καταδεικνύει τα σημεία μια περιοχής όπου παρατηρείται ιδιαίτερα αυξημένη συγκέντρωση ροής κάτι το οποίο διαδραματίζει έναν σημαντικό παράγοντα της μελέτης της πλημμυρικής επικινδυνότητας. Στην περιοχή των Μαλίων, διαπιστώνεται μέσα από τη δημιουργία του χάρτη ότι λιγοστά έως μηδαμινά σημεία εμφανίζουν αυξημένη συγκέντρωση ροής. Συμπερασματικά, όσον αφορά το συγκεκριμένο παράγοντα μεμονωμένα, η περιοχή μελέτης δε διατρέχει κάποιον ιδιαίτερο κίνδυνο, θεωρώντας την σχεδόν ακίνδυνη.

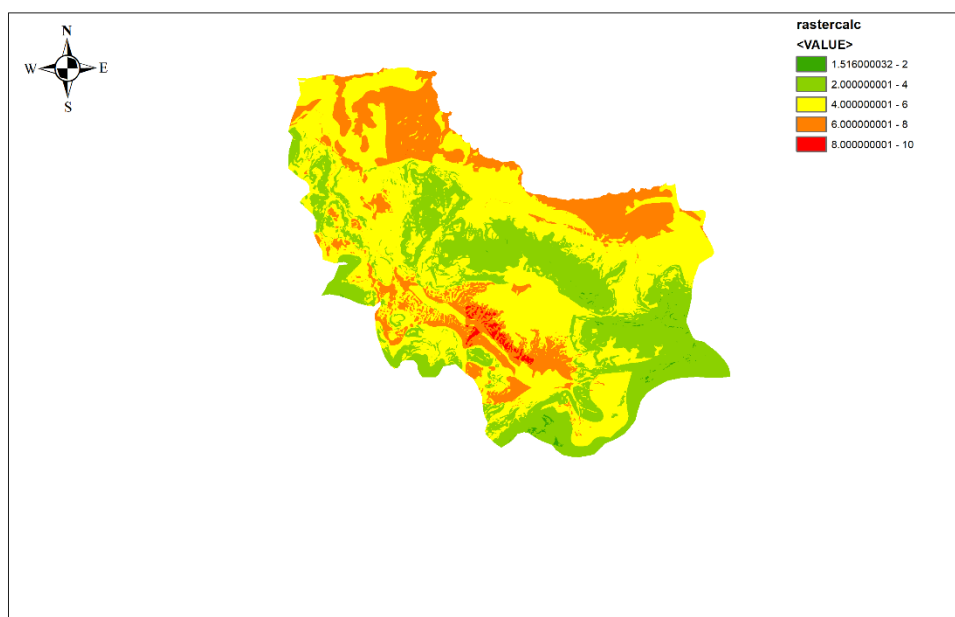
7.6: Θεματικός Χάρτης Χρήσεων Γης



Εικόνα 45: Τελικός θεματικός χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για τις χρήσεις Γης των Μαλίων

Ο τελικός θεματικός χάρτης των χρήσεων γης καταδεικνύει ότι δεν υπάρχουν πολλά σημεία στα Μάλια, όπου εμφανίζουν πολύ υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα. Όπως παρατηρείται, στα Μάλια κυριαρχούν πολλοί βοσκότοποι και περιοχές με αραιή φυτοκάλυψη όπου η επικινδυνότητα θεωρείται μέτρια. Ταυτόχρονα, στην περιοχή μελέτης περιλαμβάνονται και αρκετες γεωργικές και δασικές εκτάσεις, οι οποίες θεωρούνται ότι συνεισφέρουν με χαμηλή και πολύ χαμηλή πλημμυρική επικινδυνότητα. Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω, είναι εμφανές ότι οι χρήσεις γης επηρεάζουν την πλημμυρική επικινδυνότητα σε μέτριο βαθμό όσον αφορά την περιοχή μελέτης στο συνολό της.

7.7: Τελικός Θεματικός Χάρτης Όλων Των Παραγόντων



Εικόνα 46: Τελικός θεματικός χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για όλους τους παραπάνω παράγοντες για την περιοχή μελέτης

Ο τελικός θεματικός χάρτης συνδυάζει όλα τα δεδομένα μαζί, δίνοντας μία πιο ολοκληρωμένη άποψη για την περιοχή μελέτης. Πιο συγκεκριμένα φαίνεται ότι η παράκτια ζώνη της περιοχής, η οποία βρίσκεται στο βόρειο τμήμα της θεωρείται επικίνδυνο, κάτι το οποίο είναι λογικό διότι και το υψόμετρο αλλά και η κλίση του εδάφους είναι μικρά, τα οποία συνδυαζόμενα με το γεγονός ότι το υψόμετρο επηρεάζει σημαντικά την πλημμυρική επικινδυνότητα δημιουργούν μία αρκετά επικίνδυνη παράκτια ζώνη.

Επιπρόσθετα, ένα μικρό τμήμα στο Νοτιοδυτικό κομμάτι των Μαλίων φαίνεται εξαιρετικά επικίνδυνο, το οποίο προκύπτει από το γεγονός ότι η χρήση γης, η γεωλογία και η κλίση του εδάφους κατά κύριο βαθμό αλλά και το υψόμετρο εμφανίζουν πολύ αρνητική συνεισφορά στην πλημμυρική επικινδυνότητα, εξηγώντας έτσι και το τελικό αποτέλεσμα θεωρώντας το συγκεκριμένο σημείο εξαιρετικά επικίνδυνο.

Κατά κύριο λόγο, η περιοχή των Μαλίων αξιολογείται ως μετρίως επικίνδυνη όσον αφορά τον κίνδυνο εμφάνισης πλημμύρας, ενώ υπάρχουν και κάποια τμήματα όπως το νοτιοανατολικό κομμάτι, όπου λόγω του ότι οι περισσότεροι παράγοντες συνεισφέρουν με πολύ χαμηλή πλημμυρική επικινδυνότητα, τα τμήματα αυτά θεωρούνται σχεδόν ακίνδυνα.

Παρόλα αυτά, το γεγονός ότι στην περιοχή κυριαρχεί η μέτρια κατά κύριο λόγο πλημμυρική επικινδυνότητα, σε συνδυασμό με αρκετά εξαιρετικά επικίνδυνα σημεία, συνάδει το συμπέρασμα ότι πρέπει μελλοντικά να υλοποιηθούν αντιπλημμυρικά έργα ειδικά αν συνυπολογίσει κανείς και την κλιματική αλλαγή.

Κεφάλαιο 8: Εξέταση μελλοντικής πλημμυρικής επικινδυνότητας με βάση την επερχόμενη κλιματική αλλαγή.

8.1: Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος

Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (Intergovernmental Panel on Climate Change- IPCC) είναι μία επιστημονική διακυβερνητική επιτροπή, η οποία ιδρύθηκε το 1988 από τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό και το Πρόγραμμα περιβάλλοντος των Ηνωμένων Εθνών. Κύριος σκοπός της επιτροπής είναι η προσφορά επιστημονικών πληροφοριών προς όλες τις κυβερνήσεις, έτσι ώστε να τις βοηθήσει να αναπτύξουν τις κατάλληλες κλιματικές πολιτικές. Περιλαμβάνοντας 195 μέλη, οι επιστήμονες αξιολογούν τις επιστημονικές έρευνες κάθε χρόνο, παρέχοντας χρήσιμες πληροφορίες για την κλιματική αλλαγή, τις επιπτώσεις της, τους μελλοντικούς κινδύνους αλλά και κατά πόσο μπορούν αυτά τα ρίσκα να μειωθούν χρησιμοποιώντας την κατάλληλη πολιτική.

8.2: Μελέτη μελλοντικής πλημμυρικής επικινδυνότητας στα Μάλια

8.2.1: Παρουσίαση Μεθοδολογίας

Αρχικά, για τη διεκπεραίωση της μελέτης όσον αφορά τη μελλοντική επικινδυνότητα της περιοχής των Μαλίων όσον αφορά τη βροχόπτωση, βρέθηκαν οι συντελεστές αύξησης της βροχόπτωσης για την περίοδο 2041-2060 σύμφωνα με την επιστημονική έρευνα της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος, η οποία συντάχθηκε το 2021.

Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με την παραπάνω μελέτη θεωρείται ότι λόγω της παγκόσμιας υπερθέρμανσης του πλανήτη (global warming), η αύξηση της θερμοκρασίας κατά ένα βαθμό Κελσίου συνάδει με την αύξηση της αντίστοιχης βροχόπτωσης κατά 7%. Στη συγκεκριμένη έρευνα χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα για το καλύτερο και το χειρότερο σενάριο, σύμφωνα με τα στοιχεία που περιλαμβάνει η έρευνα της επιτροπής, τα οποία παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Table 15: Δεδομένα σχετικά με την αύξηση της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης για την περίοδο 2041-2060.

| Σενάριο | Αύξηση θερμοκρασίας περιόδου 2041-2060 (°C) | Αύξηση βροχόπτωσης |
|-----------|---|--------------------------|
| Καλύτερο | 1.6 | $1.6 \cdot 7\% = 11.2\%$ |
| Χειρότερο | 2.4 | $2.4 \cdot 7\% = 16.8\%$ |

Στη συνέχεια, έχοντας υπολογίσει τα ποσοστά της αύξησης της βροχόπτωσης για το καλύτερο και το χειρότερο σενάριο, υπολογίζονται και οι νέοι δείκτες έντασης βροχόπτωσης

MFI για κάθε έναν από τους 4 μετεωρολογικούς σταθμούς, προσθέτοντας στον παλιό δείκτη MFI κάθε σταθμού τον πολλαπλασιασμό αυτού με το αντίστοιχο ποσοστό για κάθε ένα από τα δύο σενάρια.

Table 16: Τα δεδομένα των τιμών MFI για κάθε μία περίπτωση

| MFI | Μετεωρολογικοί σταθμοί | | | |
|----------------------|------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| | Νεάπολη Λασιθίου | Ποταμοί Λασιθίου | Τζερριάδο Λασιθίου | Ηράκλειο- Κνωσός |
| Αρχικό | 147.9565 | 374.5535 | 378.6618 | 156.3824 |
| Καλύτερο Σενάριο | 164.5276 | 416.5034 | 421.072 | 173.8972 |
| Χειρότερο Σενάριο | 172.8131 | 437.4784 | 442.277 | 182.6546 |

Έπειτα, δημιουργούνται οι δύο νέοι χάρτες έντασης βροχοπτώσεως ακριβώς με την ίδια διαδικασία με την οποία δημιουργήθηκε και ο αρχικός. Αναλυτικότερα, αρχικά εισάγονται οι νέες τιμές MFI στο point-shapefile όπου έχουν τοποθετηθεί οι 4 μετεωρολογικοί σταθμοί βροχόπτωσης. Χρησιμοποιώντας και πάλι τη λειτουργία IDW (Inverse Distance Weighted), κατασκευάζεται ο χάρτης όπου απεικονίζεται η ένταση βροχόπτωσης για το καλύτερο και το χειρότερο σενάριο. Έπειτα, αφού γίνει σωστά η αναδιαμόρφωση των ορίων των καινούριων χαρτών σύμφωνα με τα προηγούμενα όρια του αρχικού χάρτη MFI της περιοχής μελέτης, ώστε να γίνει ευδιάκριτη η επίπτωση της αύξησης της βροχόπτωσης, πραγματοποιείται η αντιστοίχιση των νέων τιμών MFI του χάρτη με τους αντίστοιχους βαθμούς επικινδυνότητας 1, 2, 5, 8 και 10 με τη βοήθεια της γνωστής λειτουργίας Reclassify. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι αναγκαίες αντιστοιχίσεις των δεικτών MFI με τους βαθμούς πλημμυρικής επικινδυνότητας.

Table 17: Αντιστοίχιση του δείκτη εντάσεως βροχόπτωσης με το βαθμό επικινδυνότητάς τους.

| MFI καλύτερου σεναρίου | MFI χειρότερου σεναρίου | Βαθμός επίδρασης στην πλημμυρική επικινδυνότητα |
|--------------------------|-------------------------|---|
| 274.2116699-276.2893473 | 288.0210571 | 1 |
| 276.2893473-298.685751 | 288.0210572-298.6957509 | 2 |
| 298.685751-319. 6408674 | 298.6957509-319.6408673 | 5 |
| 319. 6408674-341.0730795 | 319.6408673-341.0730795 | 8 |
| 341.0730795-412.31427 | 341.0730795-433.0782471 | 10 |

Τέλος, για να μελετηθεί η επιρροή της αύξησης της βροχόπτωσης λόγω της κλιματικής αλλαγής στο συνολικό χάρτη της περιοχής μελέτης, κατασκευάζονται σύμφωνα με τη μεθοδολογία που έχει αναλυθεί στο υποκεφάλαιο 6.2.7, οι συνολικοί χάρτες πλημμυρικής επικινδυνότητας χρησιμοποιώντας τη λειτουργία Raster Calculator, έχοντας ως βάση τους ίδιους βαθμούς συνεισφοράς του κάθε παράγοντα στην πλημμυρική επικινδυνότητα.

8.2.2:Αποτελέσματα-Σύγκριση

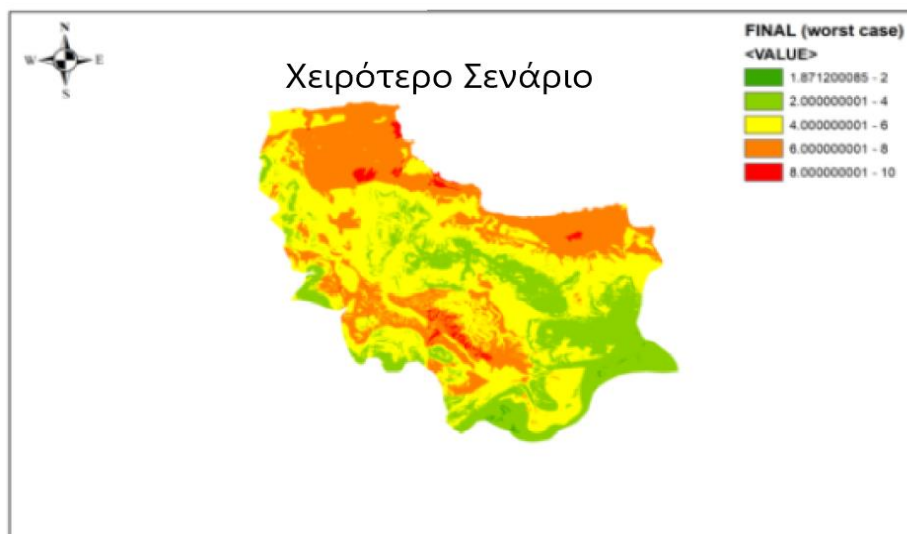
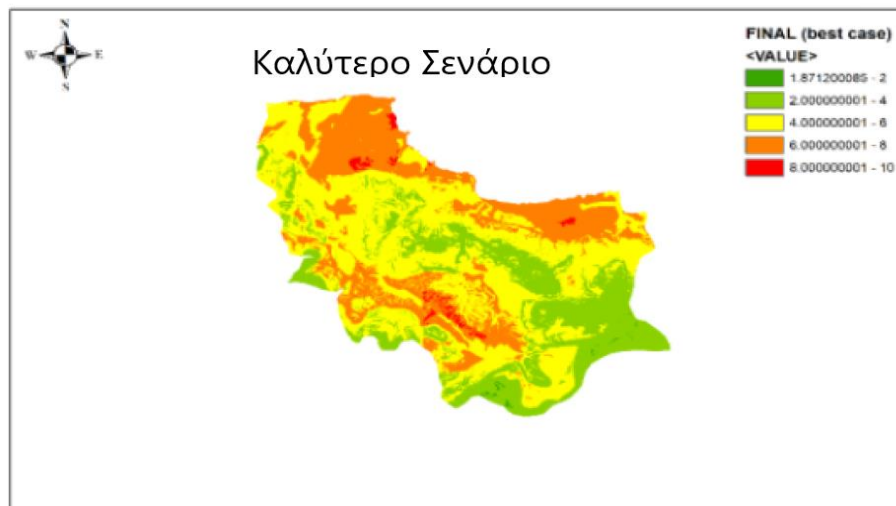
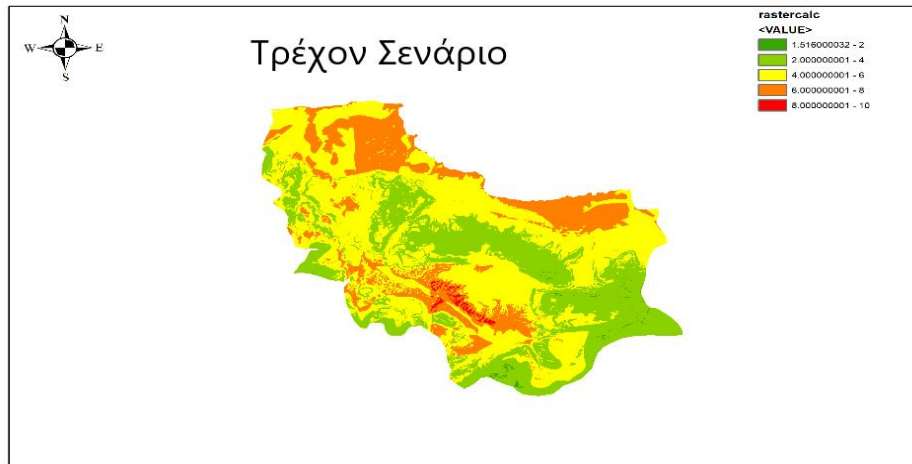
Οι δύο χάρτες της έντασης βροχόπτωσης, οι οποίοι κατασκευάστηκαν σύμφωνα με την παραπάνω μεθοδολογία, καθώς και ο αρχικός χάρτης της τρέχουσας κατάστασης παρουσιάζονται παρακάτω:



Εικόνα 47:Χάρτες βροχόπτωσης για το τρέχον, το μελλοντικά καλύτερο και το μελλοντικά χειρότερο σενάριο.

Όπως συμπεραίνεται από την παραπάνω εικόνα, είναι ευδιάκριτο το γεγονός ότι, όσο αυξάνεται η ένταση της βροχόπτωσης, τόσο πιο επικίνδυνη καθίσταται και η περιοχή μελέτης. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά το χειρότερο σενάριο, ολόκληρη σχεδόν η περιοχή μελέτης και ιδιαίτερα το μεσο και ανατολικό της τμήμα χαρακτηρίζεται από βαθμό επικινδυνότητας 10 κάτι το οποίο ναί μεν συμβαίνει και στο σενάριο της καλύτερης περίπτωσης αλλά όχι σε τόσο μεγάλο βαθμό, διότι σε αυτή την περίπτωση εντοπίζονται και αρκετά μεγάλες εκτάσεις οι οποίες χαρακτηρίζονται με βαθμό επικινδυνότητας 5 και 8. Παρόλα αυτά, οποιαδήποτε αύξηση της βροχόπτωσης συνάδει με πολύ αρνητικά αποτελέσματα όσον αφορά την αξιολόγηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας. Το γεγονός αυτό αποδεικνύεται και έμπρακτα μέσα από τη σύγκριση των δύο νέων χαρτών με τον τρέχον χάρτη βροχόπτωσης, όπου και καταδεικνύεται η αρνητική της επιρροή, καθώς η Πολύ Υψηλή και η Υψηλή επικινδυνότητα καταλαμβάνουν πολύ μικρότερες εκτάσεις σχετικά με τους υπόλοιπους χάρτες όπου και έχει αυξηθεί αισθητά ο δείκτης έντασης της βροχόπτωσης MFI.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι δύο νέοι συνολικοί χάρτες αξιολόγησης της πλημμυρικής επικινδυνότητας για τα Μάλια για το κάθε σενάριο, έτσι ώστε να εκτιμηθεί και η επιρροή του παράγοντα της αύξησης της βροχόπτωσης στη συνολική αξιολόγηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας.



Εικόνα 48:Συνολικοί χάρτες πλημμυρικής επικινδυνότητας για το τρέχον , το μελλοντικά καλύτερο και το μελλοντικά χειρότερο σενάριο

Αν και ο παράγοντας της βροχόπτωσης επιδρά με σχετικά μικρό ποσοστό συνεισφοράς δηλαδή με 1.5, σε σχέση με τους άλλους παράγοντες οι οποίοι έχουν πιο υψηλά ποσοστά, είναι εύκολα αντιληπτό ότι μετά την αύξηση της βροχόπτωσης η μελλοντικά εκτιμώμενη πλημμυρική επικινδυνότητα όσον αφορά το συνδυασμό όλων των παραγόντων είναι αρκετά πιο επικίνδυνη από την τρέχουσα κατάσταση. Επιπρόσθετα, ακόμη και μεταξύ τους τα σενάρια διαφέρουν καθώς το χειρότερο σενάριο εμφανίζει Υψηλή και Μέτρια επικινδυνότητα σε μεγαλύτερες εκτάσεις από ότι στο καλύτερο σενάριο, κυρίως στις παράκτιες περιοχές. Παρόλα αυτά, συγκρίνοντας τα δύο σενάρια μεταξύ τους δεν παρουσιάζουν εξωφρενικές διαφορές αλλά ένα μόνο είναι σίγουρο, ότι η εκτιμώμενη αύξηση της θερμοκρασίας άρα και της βροχόπτωσης στο εγγύς μέλλον λόγω της κλιματικής αλλαγής θα επιφέρει τεράστιες αρνητικές επιδράσεις όσον αφορά την πλημμυρική επικινδυνότητα στην περιοχή των Μαλίων αλλά και σε ολόκληρο τον κόσμο.

Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία:

- Κουργιαλάς, Ν (2010), "Ολοκληρωμένη διαχείριση-πρόβλεψη & αντιμετώπιση πλημμυρικών φαινομένων σε σύνθετες γεωμορφολικά περιοχές με χρήση μαθηματικών μοντέλων και GIS", Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, Ελλάς.
- Τσουχλαράκη,Α.(2010), "Μαθαίνοντας τα GIS στην πράξη"-1^η έκδ-Θεσσαλονίκη: Δίσιγμα
- Γκούμας, Χ. (2019) "Ανάλυση πλημμυρικής επικινδυνότητας και Μοντελοποίηση ροής του ρέματος Σταλού Χανίων", Διπλωματική εργασία,Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος,ΠολυτεχνείοΚρήτης,Χανιά,Ελλάς
<https://doi.org/10.26233/heallink.tuc.84139>.
- Μερταράκη, Ι. (2016), "Προσδιορισμός πλημμυρικής επικινδυνότητας στην Ελλάδα με χρήση πολυκριτηριακής ανάλυσης σε περιβάλλον ΓΣΠ", Μεταπτυχιακή διατριβή, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης,Χανιά,Ελλάς
- Δασκαλάκη, Α. (2008), "Η ένταση της υφαλμύρησης του νερού των γεωτρήσεων Δήμου Μαλίων", Πτυχιακή εργασία, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος Τομέας Περιβαλλοντικής Τεχνολογία, Χανιά, Ελλάς
- Δαουλάρη, Γ. (2007), "Μοντελοποίηση υπόγειας ροής και προσδιορισμός υφάλμυρης ζώνης υπόγειου υδροφορέα περιοχής Φαλασάρνων", Διπλωματική εργασία, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, Ελλάς
- Νίκη Κυριακοπούλου, Τάνια Πλουμή, Ελισάβετ Γεωργοπούλου.2017.Ενημερωτικός Οδηγός για τις Υπηρεσίες των Οικοσυστημάτων εντός Δικτύου NATURA 2000 στις Ορεινές Περιοχές της Κρήτης.Πανεπιστήμιο Κρήτης-Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Κρήτης, Ηράκλειο,56 σελ.
- Κουτσόπουλος Κ., Γεωγραφία: Μεθοδολογία και Μέθοδοι Ανάλυσης Χώρου, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1990.
- Κουτσόπουλος Κ., Εφαρμογές Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, Διδακτικές Σημειώσεις, Τομέας Γεωγραφίας & Περιφερειακού Σχεδιασμού, ΤΑΤΜ ΕΜΠ, Αθήνα 1999.
- Νάκος Β., Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Διδακτικές Σημειώσεις, Τομέας Τοπογραφίας, ΤΑΤΜ ΕΜΠ, Αθήνα 1992.
- Μαριολόπουλος, Η., Καραπιτέρης, Λ. (1955): Αι βροχοπτώσεις εν Ελλάδι.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Few, R., Ahern,M. Matthies,F. and Kovats.S. (2004) "Floods,Health and Climate Change: A Strategic Review", Tyndall Centre for Climate Change Research, Working paper 63.

- Kourgialas, Nektarios N. & Karatzas, George P. (2011) "Flood management and a GIS modelling method to assess flood-hazard areas-a case study", *Hydrological Sciences Journal*, 56:2,212-225,DOI:10.1080/02626667.2011.555836
- McMichael, A. J. and Lindgren E. (2011) "Climate change: present and future risks to health, and necessary responses", National Centre for Epidemiology and Population Health, The Australian National University, Canberra, ACT 0200, Australia.
- Barredo, J.I. Major flood disasters in Europe: 1950–2005. *Nat Hazards* **42**, 125–148 (2007),DOI: 10.1007/s11069-006-9065-2
- Guha-Sapir, D., Rodriguez-Llanes, J.M. & Jakubicka, T. Using disaster footprints, population databases and GIS to overcome persistent problems for human impact assessment in flood events. *Nat Hazards* **58**, 845–852 (2011).DOI: 10.1007/s11069-011-9775-y
- Green, C.H., Parker, D.J., Tunstall, S. M., (2000),"Assessment of Flood Control and Management Options"Thematic Review IV.4 prepared as an input to the World Commission on Dams, Cape Town, www.dams.org
- Menne, B. and Murray, V. (2013),"Floods in the WHO European Region: Health effects and their prevention", World Health Organization, Regional Office Europe.
- Hoyois, P. and Guha-Sapir,D. (2003),"Three decades of floods in Europe: a preliminary analysis of EMDAT data", WHO collaborating Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), Catholique University of Louvain.
- Lyu, H.,Wang,G.,Shen,J.,Lu,L. and Wang,G. (2016),"Analysis and GIS Mapping of Flooding Hazards on 10 May 2016,Guangzhou,China",*Water Journal*,2016,8,447.
- Winter, T. C. (1999), "Relation of Streams, Lakes and Wetlands to Groundwater, Paris, 634 pp.
- Miggiaccio, K. W., Srivastava, P. (2007) "Hydrologic components of watershed-scale models. "Transactions of the ASABE 50.5: 1695-1703.
- Burrough P., Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment, Clarendon Press, Oxford 1990.
- Hammond R., McCullagh P., Quantitative Techniques in Geography: An Introduction, Clarendon Press, Oxford 1974.
- Zeiler M., Modeling Our World - The ESRI Guide to Geodatabase Design, ESRI Press, USA 1999.
- ESRI Inc., ARC/INFO USER'S GUIDE: Networks Analysis, USA 1992.
- IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

Διαδικτυακοί Ιστότοποι

- <https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/ztb78mn/revision/3>
- http://www.ecovalue-crete.eu/sites/default/files/educational/00316_odigos_ypir_oikosyst_oreines_peri_ohes.pdf
- <https://ypen.gov.gr/perivallon/ydatikoi-poroi/plimmyres/>
- <https://www.hersonisos.gr/>
- <https://www.crete.gov.gr/region/i-perifereia/>
- <https://floods.ypeka.gr/>
- <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007L0060&from=EL>
- https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/o-ydrologikos-kyklos-water-cycle-greek?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects
- <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CF%81%CE%AE%CF%84%CE%B7>
- <https://www.meteo.gr/Gmap.cfm?fbclid=IwAR3ZsRNn-sHccmQ80lgQAgN4dYjY0wrXMBXXLzTSupmkY0HJdeSFZbLUqMA>
- http://www.emy.gr/emv/el/climatology/climatology_city?perifereia=Crete&poli=Heraklion
- <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/get-started/get-started.htm>
- www.ipcc.ch
- <https://www.emdat.be/>
- https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/legacy/Files/Dimosia%20Diavouleysi/20171215_Krhth.pdf
- <https://www.eagme.gr/>