

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου
Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών
Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή



Εντοπισμός Περιοχών Υψηλού Κίνδυνου Πλημμυρικών Επεισοδίων
στο Νομό Σερρών με τη Χρήση ΓΠΣ

Κωνσταντίνος Μπακαλούδης

Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Σταύρος Κολιός

Μάιος 2017

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου
Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών
Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Εντοπισμός Περιοχών Υψηλού Κίνδυνου Πλημμυρικών Επεισοδίων
στο Νομό Σερρών με τη Χρήση ΓΠΣ

Κωνσταντίνος Μπακαλούδης

Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Σταύρος Κολιός

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στη Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Μάιος 2017

Περίληψη

Οι πλημμύρες αποτελούν ένα φυσικό φαινόμενο που συχνά χαρακτηρίζεται ως ακραίο, εξαιτίας των σοβαρών υλικών ζημιών και των ανθρώπινων απωλειών. Οφείλονται συνήθως στις κλιματολογικές συνθήκες και ενισχύονται από την μορφολογία του εδάφους. Τα τελευταία χρόνια, η συχνότητα και κυρίως η ένταση των πλημμυρικών επεισοδίων έχουν αυξηθεί σημαντικά σε σχέση με το παρελθόν.

Στη παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή γίνεται μια προσπάθεια εκτίμησης της πλημμυρικής επικινδυνότητας στο Νομό Σερρών με πολυκριτηριακή ανάλυση σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ) με τη χρήση διαφόρων θεματικών χαρτών-παραγόντων που εμπλέκονται στη δημιουργία πλημμυρικού επεισοδίου.

Ως περιοχή μελέτης έχει επιλεγεί ο Νομός Σερρών που ιστορικά έχει πληγεί από σειρά σημαντικών και καταστροφικών πλημμυρών. Ο εν λόγω Νομός βρίσκεται στη Βόρεια Ελλάδα και καταλαμβάνει το ανατολικότερο τμήμα της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας. Προς βορρά συνορεύει με τη Βουλγαρία και στο νότο βρέχεται από το Στρυμονικό κόλπο. Ανατολικά συνορεύει με τους Νομούς Καβάλας και Δράμας και δυτικά με τους Νομούς Κιλκίς και Θεσσαλονίκης. Έχει συνολική έκταση 3.970,9 km² καλύπτοντας το 2,8% της συνολικής έκτασης της χώρας. Το 48% της έκτασης του χαρακτηρίζεται πεδινό – ημιορεινό.

Για την εύρεση του πλημμυρικού κινδύνου στην περιοχή μελέτης, πραγματοποιείται χαρτογράφηση και απεικόνιση επτά διαφορετικών θεματικών χαρτών σε περιβάλλον ΓΣΠ. Οι παράγοντες που συνδυάζονται προκειμένου να προσδιοριστούν χωρικά οι περιοχές εκείνες, οι οποίες είναι πιο επιρρεπείς σε πλημμυρικά επεισόδια είναι: α) η ένταση της βροχόπτωσης, β) το υψόμετρο, γ) η κλίση του εδαφικού ανάγλυφου, δ) οι χρήσεις γης, ε) η εδαφική διαβρωσιμότητα, στ) η υδατοϊκανότητα του εδάφους και ζ) η απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο.

Η πλημμυρική επικινδυνότητα για κάθε ένα από αυτούς τους παράγοντες κατηγοριοποιείται σε πέντε τάξεις: Πολύ Χαμηλή (2), Χαμηλή (4), Μέτρια (6), Υψηλή (8), και Πολύ Υψηλή(10). Στην συνέχεια κάθε παράγοντας πλημμύρας πολλαπλασιάζεται με έναν συντελεστή βαρύτητας ανάλογα με την συμβολή του στην επικινδυνότητα εμφάνισης πλημμύρας και ο τελικός χάρτης

επικινδυνότητας πλημμύρας προκύπτει από την σύνθεση όλων των ανωτέρω θεματικών επιπέδων. Το τελικό αποτέλεσμα επαληθεύεται με το αρχείο των ιστορικών πλημμυρών και με τις ζώνες δυνητικά επικίνδυνων περιοχών για εμφάνιση πλημμυρών που υπάρχουν στη βάση δεδομένων του Υπουργείου Ενέργειας και Περιβάλλοντος.

Το αποτέλεσμα της εν λόγω διατριβής δείχνει ότι η επικινδυνότητα της πλημμύρας στο Νομό Σερρών παρουσιάζεται κυρίως σε περιοχές με μικρή κλίση του εδάφους και σε περιοχές που βρίσκονται κοντά στα υδάτινα σώματα του συγκεκριμένου Νομού.

Summary

Floods are a natural phenomenon that is often characterized as extreme because of serious material damage and human loss. They are usually due to climatic conditions and are enhanced by soil morphology. In recent years, the frequency and, above all, the intensity of flood events have increased significantly since the past.

In this postgraduate dissertation, an attempt is made to estimate the flood hazard in the prefecture of Serres by multi-criteria analysis in a Geographical Information Systems (GIS) environment using different thematic maps-factors involved in the creation of a flood episode.

As a study area, the prefecture of Serres, which has historically been affected by a series of significant and devastating floods, has been selected. This prefecture is located in northern Greece and occupies the eastern part of the Region of Central Macedonia. To the north it is bordered by Bulgaria and in the south it is bordered by Strymonikos bay. To the East it is bordered by the prefectures of Kavala and Drama and to the west by the prefectures of Kilkis and Thessaloniki. It has a total area of 3,970.9 km² covering 2.8% of the total area of the country. 48% of its area is characterized as lowland - hilly.

In order to find the flood risk in the study area, mapping and visualization of seven different thematic maps in GIS environment is carried out. The factors that are combined in order to determine spatially those areas which are more prone to flood events are: a) the intensity of rainfall; b) the altitude; c) the slope of the terrain; d) the land use; e) Soil erodibility; (f) soil water solubility; and (g) distance from the hydrographic network.

Flood hazard for each of these factors is categorized into five classes: Very Low (2), Low (4), Moderate (6), High (8), and Very High (10). Each flood factor is then multiplied by a gravity factor depending on his contribution to flood risk and the final flood hazard map is derived from the composition of all the above-mentioned thematic levels. The final results are verified by the record of historical floods and the areas of potentially hazardous areas for flooding occurring in the database of the Ministry of Energy and the Environment.

The results of the dissertation show that the flood hazard in the prefecture of Serres mainly occurs in areas with low slope and in areas close to the water bodies of the prefecture.

Ευχαριστίες

Η παρούσα διατριβή εκπονήθηκε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών «Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος » του Ανοιχτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Η πραγματοποίηση της θα ήταν αδύνατη χωρίς τη βοήθεια και συμβολή ορισμένων ανθρώπων.

Αρχικά οφείλω να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου Δρ. Σταύρο Κολιό για την καθοδήγηση που μου πρόσφερε μου και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε.

Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Τσιρογιάννη Κωνσταντίνο από το Γενικό Οργανισμό Εγγείων Βελτιώσεων Πεδιάδας Σερρών (ΓΟΕΒ) για την πολύτιμη βοήθεια του και την άψογη συνεργασία μας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω στη φίλη μου Άννα για την αμέριστη συμπαράσταση και βοήθεια που μου πρόσφερε καθ όλη την διάρκεια του μεταπτυχιακού μου.

Περίληψη.....	iii
Summary	v
Ευχαριστίες	vii

Περιεχόμενα

1 Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή	1
1.2 Καταγραφή προβλήματος.....	3
1.3 Σημασία αναγκαιότητας μελέτης	4
1.4 Σκοποί και στόχοι	5
1.5 Προσδιορισμός και διατύπωση κεντρικών εννοιών.....	5

2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Εισαγωγή.....	7
2.2 Πλημμύρες.....	8
2.2.1 Ορισμός- Αίτια - Κατηγορίες.....	8
2.2.2 Επιπτώσεις Πλημμυρών.....	10
2.2.3 Κοινοτική Οδηγία 2007/60 για τις πλημμύρες.....	11
2.2.4 Πλημμύρες σε Παγκόσμιο-Ευρωπαϊκό-Εθνικό επίπεδο	14
2.3 Πλημμυρικά γεγονότα στο Ν. Σερρών.....	20
2.4 Περιοχή μελέτης Ν. Σερρών.....	27
2.4.1 Γεωγραφική θέση.....	27
2.4.2 Κλιματολογικές συνθήκες.....	27
2.4.3 Υδάτινες επιφάνειες.....	28
2.4.4 Πανίδα.....	31
2.4.5 Χλωρίδα.....	32
2.4.6 Ορυκτός πλούτος.....	32
2.4.7 Χρήσεις γης.....	33
2.4.8 Υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά.....	34
2.4.9 Πληθυσμός-Απασχόληση.....	35
2.4.10 Γεωργία στο Ν. Σερρών	35
2.5 Τηλεπισκόπηση.....	36
2.5.1 Γενικά.....	36
2.5.2 Εξέλιξη τηλεπισκόπησης.....	40
2.5.3 Χρήση δεδομένων τηλεπισκόπησης.....	41

2.5.4	Τηλεπισκόπηση στη διαχείριση πλημμυρών.....	41
2.6	Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.....	42
2.6.1	Γενικά.....	42
2.6.2	Επιμέρους τμήματα ΓΣΠ.....	43
2.6.3	Εξέλιξη ΓΣΠ.....	45
2.6.4	Βασικές λειτουργίες ΓΣΠ.....	47
2.6.5	Δομές δεδομένων ΓΣΠ.....	47
2.6.6	Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα ΓΣΠ.....	48
2.6.7	Συστήματα συντεταγμένων - Προβολικά συστήματα.....	49
2.6.8	Χωρική ανάλυση.....	51
2.6.9	ΓΣΠ και Τηλεπισκόπηση.....	51
2.6.10	ΓΣΠ στη διαχείριση πλημμυρών.....	52
2.7	Πολυκριτηριακή ανάλυση.....	53
2.7.1	Λήψη αποφάσεων και Πολυκριτηριακή ανάλυση.....	53
2.7.2	Διαδικασία Πολυκριτηριακής ανάλυσης.....	55
2.7.3	Μεθοδολογία Πολυκριτηριακής ανάλυσης.....	56
2.7.4	Τεχνικές Πολυκριτηριακής ανάλυσης.....	56
2.7.5	Πολυκριτηριακή ανάλυση και ΓΣΠ.....	57
3	Μεθοδολογία	
3.1	Σκοποί - Στόχοι.....	58
3.2	Ερευνητικά ερωτήματα.....	59
3.3	Σχεδιασμός.....	59
3.4	Μέθοδος συλλογής δεδομένων.....	60
3.4.1	Πρωτογενή δεδομένα.....	61
3.4.2	Παράγωγα δεδομένα.....	75
3.5	Διαδικασία πολυκριτηριακής ανάλυσης δεδομένων.....	80
3.5.1	Ταξινόμηση κριτηρίων.....	83
3.6	Ανάλυση αποτελεσμάτων.....	90
3.6.1	Τελικοί χάρτες εντοπισμού περιοχών υψηλού κινδύνου πλημμυρικών επεισοδίων στο Ν Σερρών 1 ^ο σενάριο.....	90
3.6.2	Επαλήθευση τελικών χαρτών 1 ^{ου} σεναρίου.....	96
3.6.3	Τελικοί χάρτες εντοπισμού περιοχών υψηλού κινδύνου πλημμυρικών επεισοδίων στο Ν Σερρών 2 ^ο σενάριο.....	99

3.6.4	Επαλήθευση τελικών χαρτών 2 ^{ου} σεναρίου.....	102
3.7	Σύγκριση χαρτών σεναρίου 1 και 2.....	104
3.8	Επαλήθευση τελικού αποτελέσματος.....	105
4	Αποτελέσματα	
4.1	Έννοιες και θέματα που αναδύθηκαν.....	107
4.2	Παρουσίαση αποτελεσμάτων.....	107
5	Συζήτηση - Συμπεράσματα - Εισηγήσεις	
5.1	Συζήτηση.....	110
5.2	Περιορισμοί της μελέτης.....	113
5.3	Συμπεράσματα.....	114
5.4	Εισηγήσεις.....	116
	Βιβλιογραφία.....	115

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή

Οι φυσικές καταστροφές χρονολογούνται από τις εποχές που ο άνθρωπος προσπαθούσε να προσαρμοστεί στο φυσικό περιβάλλον και συνεχίζονται σε όλη την ιστορία της ανθρωπότητας. Στην εποχή μας οι φυσικές καταστροφές αποτελούν τροχοπέδη για την ανάπτυξη των λαών, ενώ οι επιπτώσεις τους είναι τεράστιες και παρουσιάζονται σε όλο και μεγαλύτερες κλίμακες. Η θωράκιση των κοινοτήτων από φυσικές καταστροφές, αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα θέματα στην προσπάθεια δημιουργίας ενός ασφαλέστερου κόσμου.

Οι πλημμύρες αποτελούν μία από τις πιο σοβαρές φυσικές καταστροφές με έντονες και εκτενείς περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές συνέπειες τόσο στον Ελληνικό χώρο όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο.

Στις μέρες μας καταβάλλεται μια μεγάλη προσπάθεια στο να αναπτυχθούν βελτιωμένα συστήματα για την αποτελεσματικότερη εκτίμηση και πρόβλεψη των φαινομένων αυτών και κατάλληλοι χειρισμοί για την αντιμετώπισή τους. Μια μεγάλη ποικιλία από τεχνικές και τεχνολογίες είναι διαθέσιμες, οι οποίες μπορεί να είναι ενιαίες και συνδυασμένες έτσι ώστε να αναπτυχθούν συστήματα τα οποία θα μπορούν να προβλέπουν πλημμύρες και να μειώνουν το κίνδυνο τους.

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή γίνεται μια προσπάθεια εκτίμησης της πλημμυρικής επικινδυνότητας στο Ν. Σερρών, σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ), με χρήση διαφόρων θεματικών χαρτών-παραγόντων, που εμπλέκονται στη δημιουργία ενός πλημμυρικού φαινομένου.

Η συγκεκριμένη διατριβή ολοκληρώνεται μέσα από πέντε κύρια κεφάλαια.

- Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μία αναφορά και αναδεικνύεται το πρόβλημα των πλημμυρών. Στη συνέχεια επισημαίνονται η αναγκαιότητα, ο σκοπός και οι στόχοι της διατριβής και διασαφηνίζονται οι κεντρικές έννοιες που παρουσιάζονται σε αυτήν.
- Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο φαινόμενο των πλημμυρών, στις αιτίες που τις προκαλούν, στις κατηγορίες στις οποίες διακρίνονται και στις επιπτώσεις τους. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η Ευρωπαϊκή και Ελληνική νομοθεσία που αφορά στην πρόληψη και αντιμετώπιση των πλημμυρικών επεισοδίων και παρατίθενται στοιχεία σχετικά με την εμφάνιση πλημμυρικών φαινομένων σε Παγκόσμιο, Ευρωπαϊκό, και Εθνικό επίπεδο. Ακολουθεί μία αναλυτική παρουσίαση των πλημμυρικών φαινομένων που εμφανίστηκαν από το 1950 έως το 2015 στην περιοχή μελέτης μας, και αναφέρονται χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της υπό εξέταση περιοχής. Αναλυτικά, αναφέρονται τα γεωγραφικά και υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά του Ν. Σερρών, το υδρογραφικό δίκτυο, οι χρήσεις/καλύψεις γης, τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά, οι περιοχές που έχουν περιβαλλοντικό ενδιαφέρον, όπως οι περιοχές Natura, Εθνικά πάρκα, ο πληθυσμός και η απασχόληση. Στο υπόλοιπο μέρος του δευτέρου κεφαλαίου γίνεται αναφορά στις ιδιότητες, τα χαρακτηριστικά της τηλεπισκόπησης, των ΓΣΠ και της πολυκριτηριακής ανάλυσης.
- Στο τρίτο κεφάλαιο το οποίο θεωρείται και το πιο βασικό, αφού σε αυτό αναλύεται η μέθοδος, βάσει της οποίας έγινε η εκτίμηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας στην περιοχή μελέτης. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται αναφορά στη μεθοδολογία που ακολουθείται, καθώς και στις παραμέτρους/κριτήρια που σχετίζονται και συνεισφέρουν στην εμφάνιση πλημμυρικών επεισοδίων. Ακολουθεί η δημιουργία της χωρικής βάσης δεδομένων και η πρωτογενής επεξεργασία αυτών. Στη συνέχεια αποτυπώνεται ο τρόπος με τον οποίο παράχθηκαν οι παράγοντες επικινδυνότητας. Βασικό στάδιο πριν τον υπολογισμό της συνολικής επικινδυνότητας αποτέλεσε ο προσδιορισμός του συντελεστή βαρύτητας για κάθε παράγοντα.

- Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται μια απλή αναφορά των αποτελεσμάτων της παρούσας διατριβής που προέκυψαν από την εφαρμογή της μεθοδολογίας που αναπτύχθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.
- Στο τελευταίο κεφάλαιο συνοψίζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν, πραγματοποιείται αξιολόγηση της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε, παρατίθενται κάποιοι προβληματισμοί και σκέψεις όσον αφορά τους τρόπους που μπορεί να αντιμετωπιστεί το φαινόμενο της πλημμυρικής επικινδυνότητας και τέλος γίνονται κάποιες εισηγήσεις για τις εφαρμογές των ευρημάτων της εν λόγω διατριβής.

1.2 Καταγραφή προβλήματος

Οι πλημμύρες αποτελούν μία από τις πιο σοβαρές φυσικές καταστροφές. Μπορεί να προκληθούν λόγω διαφόρων φυσικών φαινομένων όπως η ατμοσφαιρική κατακρήμνιση, η καταιγίδα και οι μουσώνες, αλλά και ως αποτέλεσμα άλλων φυσικών κινδύνων, όπως για παράδειγμα οι σεισμοί και το τσουνάμι. Η πλημμύρα θεωρείται μεγάλη απειλή για τις ανθρώπινες ζωές και ιδιοκτησίες, κυρίως σε μεγάλα αστικά κέντρα. Πρόσφατες περιπτώσεις δείχνουν πως πολλές φορές η έλλειψη συστήματος διαχείρισης επειγουσών καταστάσεων, επιδεινώνει το μέγεθος των καταστροφών των πλημμυρικών επεισοδίων, ενώ η ανθρώπινη δραστηριότητα μπορεί να προκαλέσει αύξηση της συχνότητας τέτοιων φαινομένων. Τέλος, οι πλημμύρες είναι πιο προβλέψιμες από τις υπόλοιπες φυσικές καταστροφές και αποτελούν τη δεύτερη σε συχνότητα φυσική καταστροφή, μετά τις δασικές πυρκαγιές.

Το νερό φτάνει στην επιφάνεια της γης με μορφή κατακρημνισμάτων. Από αυτό ένα μέρος εξατμίζεται κατά την πτώση του και επιστρέφει αμέσως στην ατμόσφαιρα. Το μεγαλύτερο μέρος φθάνει στο έδαφος όπου ένα σημαντικό μέρος εξατμίζεται απ' ευθείας από την εδαφική επιφάνεια ή διαμέσου των φυτών(διαπνοή). Ένα μικρότερο μέρος με τη λειτουργία της διήθησης διαπερνάει το έδαφος και σχηματίζει τα υπόγεια νερά, τις πηγές, το εμποτίζει με υγρασία και εμπλουτίζει τους υπόγειους υδροφορείς, οι οποίοι μπορούν να αποθηκεύσουν τεράστιες ποσότητες νερού για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Η μεγαλύτερη ποσότητα νερού απορρέει επιφανειακά προς τις χαμηλότερες περιοχές

σχηματίζοντας υδάτινα νάματα, χειμάρρους, ποταμούς που καταλήγουν σε ένα μεγαλύτερο αποδέκτη (λίμνη ή θάλασσα), όπου ο κύκλος του νερού "τελειώνει" και "ξεκινάει" εκ νέου (Μαμάσης 1999, Perlman 2005).

Έχει αποδειχθεί πως η ετήσια υδρολογική ανακύκλωση δεν εξελίσσεται με ομοιόμορφο τρόπο, αφού ο χρόνος πραγματοποίησής της δεν είναι πάντα ο ίδιος. Αυτό οφείλεται σε πολλούς και ποικίλους παράγοντες, όπως το κλίμα της περιοχής, η γεωγραφική θέση, η εποχή του έτους, καθώς και οι ανθρώπινες παρεμβάσεις. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η ετήσια πορεία της υδατοπαροχής των ρευμάτων να παρουσιάζει συχνά βλαπτικές ανωμαλίες. (Μήτρακας, 2001).

Κατά την ροή του από υψηλότερες προς τις χαμηλότερες περιοχές το νερό αποκολλεί, μεταφέρει και αποθέτει φερτά υλικά που προσχώνουν τα βυθίσματα της γης. Αυτή η διαβρωτική δράση κάνει το νερό να είναι ένας από τους σπουδαιότερους γεωμορφολογικούς παράγοντες που δημιουργεί όμως σοβαρά προβλήματα στον άνθρωπο όπως (Κωτούλας 2001):

- Τις προσχώσεις των πεδινών κοιτών, οι οποίες μειώνουν την παροχετευτικότητα των ρευμάτων και οδηγούν σε πλημμύρες και καταστροφές,
- την υποβάθμιση του ορεινού χώρου λόγω της απόπλυσης του εδάφους.

1.3. Σημασία και αναγκαιότητας της μελέτης

Όλοι γνωρίζουμε ότι τα επόμενα χρόνια λόγω της κλιματικής αλλαγής, θα παρουσιασθούν έντονα κλιματολογικά φαινόμενα. Σε αυτά τα ακραία φαινόμενα συμπεριλαμβάνονται και οι πλημμύρες. Στη χώρα μας παρουσιάζονται κυρίως σε περιοχές που βρίσκονται κοντά σε υδάτινα σώματα, όπως ποτάμια, λίμνες και προκαλούν ανυπολόγιστες ζημιές. Οι αιφνίδιες (flashfloods), πλημμύρες στην Ελλάδα, είναι αποτέλεσμα κυρίως ατμοσφαιρικών διαταραχών που συνοδεύονται από ραγδαίες βροχοπτώσεις, με μεγάλα ποσά βροχής σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα. Οι παράγοντες που συνηγορούν στην εμφάνιση αυτών των ειδών πλημμυρών είναι πολλοί, όπως: η τοπογραφία και η γεωμορφία της περιοχής, η ένταση και η διάρκεια των βροχοπτώσεων, η αστικοποίηση κ.α.

Είναι επομένως εύλογο, ότι κύριο μέλημα όλων θα πρέπει να είναι η προσπάθεια για μία ορθολογική διαχείριση και περιορισμό των φαινομένων αυτών. Για το λόγο αυτό μέσα από τη συγκεκριμένη διατριβή γίνεται προσπάθεια να αξιολογηθεί η συνεισφορά της τεχνολογίας της Τηλεπισκόπησης και της τεχνολογίας των ΓΣΠ στην καταγραφή πλημμυρικών φαινομένων, καθώς επίσης και στον εντοπισμό των περιοχών υψηλού κινδύνου εμφάνισης πλημμυρικών επεισοδίων με την κατασκευή χάρτη επικινδυνότητας.

1.4. Σκοποί και Στόχοι

Η Κοινοτική Οδηγία-Πλαίσιο για τις πλημμύρες (2007/60/EK), δίνει ιδιαίτερη έμφαση στη διερεύνηση και εκτίμηση του πλημμυρικού κινδύνου. Στη παρούσα διατριβή δημιουργείται ένα μεθοδολογικό πλαίσιο για τον εντοπισμό των περιοχών υψηλού κινδύνου στην εμφάνιση πλημμυρικών επεισοδίων στο Ν. Σερρών, δηλαδή ο προσδιορισμός των περιοχών εκείνων, οι οποίες σε μία ενδεχόμενη μελλοντική πλημμύρα έχουν μεγάλη πιθανότητα να υποστούν δυσμενείς επιπτώσεις η ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, η πολιτιστική κληρονομιά και οι οικονομικές δραστηριότητες.

Οι στόχοι της συγκεκριμένης διατριβής είναι τα συμπεράσματα της να συμβάλλουν στην κατάρτιση κατάλληλων τοπικών και εθνικών κυβερνητικών σχεδίων διαχείρισης του πλημμυρικού κινδύνου, στην εφαρμογή κατάλληλων μέτρων για την πρόληψη των δυσμενών συνεπειών ενός πλημμυρικού επεισοδίου και στον ακριβή προσδιορισμό έργων υποδομής για την προστασία της ζωής και της περιουσίας των πολιτών.

1.5. Διασαφηνίσεις-προσδιορισμός και διατύπωση των κεντρικών εννοιών

Πλημμύρα αποτελεί μία κατάσταση, κατά τη διάρκεια της οποίας μία περιοχή που είναι συνήθως στεγνή κατακλύζεται από ποσότητες νερού για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (Eagleson 1992).

Πλημμυρική επικινδυνότητα (flood hazard): Η εμφάνιση πλημμύρας σε συγκεκριμένο χώρο (ποσοτικοποιούμενη μέσω του βάθους νερού, της ταχύτητας ροής ή άλλου χαρακτηριστικού υδρολογικού ή υδραυλικού μεγέθους), που αντιστοιχεί σε δεδομένη περίοδο επαναφοράς (Ευστρατιάδης και Μαμάσης, 2011).

(Remote sensing) είναι η επιστήμη και η τεχνική της απόκτησης πληροφορίας για ένα αντικείμενο, περιοχή ή φαινόμενο δια μέσου της ανάλυσης δεδομένων τα οποία αποκτώνται με διατάξεις που δεν είναι σε επαφή με το αντικείμενο, περιοχή ή φαινόμενο το οποίο μελετάται (Πάτμιος, et al., 2007).

Χωρική Ανάλυση: Η χωρική ανάλυση ορίζεται ως μια συνολική δυνατότητα διαχείρισης και μετασχηματισμού των χωρικών στοιχείων σε διαφορετικές μορφές, δίνοντας τους - ως αποτέλεσμα - διαφορετική έννοια (Κουτσόπουλος 2005).

Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών: αποτελούν ουσιαστικά ένα οργανωμένο σύνολο από πέντε δομικά χαρακτηριστικά που περιλαμβάνουν: υλικό εξοπλισμό (hardware), λογισμικό (software), γεωγραφικά δεδομένα, ανθρώπινο δυναμικό και μεθόδους, που έχουν ως σκοπό τη συλλογή, καταχώριση, διαχείριση, ανάλυση, επεξεργασία και απόδοση, κάθε μορφής πληροφορίας που σχετίζεται με τη γεωγραφική πληροφορία (Γκαγιαλής 2008).

Πολυκριτηριακή Ανάλυση Αποφάσεων (ΠΚΑΑ) ή Multiple Criteria Decision Analysis (MCDA), διαπραγματεύεται ένα σύνολο μεθόδων και διαδικασιών, οι οποίες συνιστούν ικανοποιητικά και αξιόπιστα εργαλεία που αποσκοπούν στην παροχή βοήθειας για την λήψη απόφασης σε προβλήματα στα οποία απαντώνται διαφορετικές μεταξύ τους οπτικές (Paruccini 1994, Vincke 1992)

Κεφάλαιο 2

Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Εισαγωγή

Το μεγάλο μέγεθος των επιπτώσεων που προκαλούν οι φυσικές καταστροφές λόγω των καιρικών φαινομένων, στην οικονομία, στην κοινωνία, αλλά και στο περιβάλλον, απασχολούν τους επιστήμονες όλο και περισσότερο τις τελευταίες δεκαετίες. Πολλοί είναι οι παράγοντες που καθορίζουν το μέγεθος των επιπτώσεων με σημαντικότερους την ένταση των καιρικών φαινομένων, την ευπάθεια, την ετοιμότητα και την προσαρμοστικότητα του συνόλου που προσβάλλεται. Το μοντέλο οργάνωσης των κοινωνιών των τελευταίων δεκαετιών με την έντονη συσσώρευση του ανθρώπινου και οικονομικού δυναμικού σε μεγάλα αστικά κέντρα, που εφαρμόστηκε χωρίς τον προαπαιτούμενο σχεδιασμό των υποδομών σύμφωνα με τους κανόνες ασφάλειας και προστασίας από τις επικίνδυνες καιρικές συνθήκες αποτελεί και τη βασική αιτία της αύξησης των απωλειών που καταγράφηκαν ως επιπτώσεις των καιρικών φαινομένων. Επιπλέον πρέπει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με μελέτες, η συχνότητα και η ένταση των καιρικών φαινομένων είναι πιθανό, μακροπρόθεσμα, να επηρεαστούν σημαντικά από την παγκόσμια κλιματική αλλαγή και την ερημοποίηση, αποτέλεσμα των ανεξέλεγκτων ανθρωπογενών δραστηριοτήτων (Field, et al., 2012). Το ενδεχόμενο να ισχύσει ένα τέτοιο σενάριο έχει κινητοποιήσει την παγκόσμια κοινότητα στην κατεύθυνση της λήψης μέτρων για τον περιορισμό της κλιματικής αλλαγής, καθώς και την αντιμετώπιση των φυσικών καταστροφών. Βασικό εργαλείο στην προσπάθεια αυτή είναι η χρήση των ΓΣΠ και της τηλεπισκόπησης.

2.2 Πλημμύρες

2.2.1 Πλημμύρες Ορισμός-Αιτίες- Κατηγορίες

Ως πλημμύρα ορίζεται το γεγονός κατά το οποίο η άμεση απορροή (επιφανειακή και ταχεία υπεδάφια) υπερβαίνει τη διοχετευτική ικανότητα του φυσικού ή τεχνητού υδατορέματος και κατακλύζει τις γύρω περιοχές (Τσακίρης 1995). Η Ευρωπαϊκή οδηγία 2007/60/EK ορίζει την πλημμύρα ως μία προσωρινή κάλυψη του εδάφους από νερό, το οποίο σε φυσιολογικές συνθήκες δεν καλύπτεται από αυτό.

Οι πλημμύρες αποτελούν τη δεύτερη πιο συχνή φυσική καταστροφή, μετά από τις δασικές πυρκαγιές, είναι αναμενόμενες και εκδηλώνονται είτε ως βραδείας εξέλιξης (ετήσιες πλημμύρες), οι οποίες δεν προκαλούν μεγάλες καταστροφές, είτε ως ξαφνικές-αιφνίδιες (flashfloods), οι οποίες συμβαίνουν τις περισσότερες φορές με ελάχιστη προειδοποίηση και είναι οι πιο επικίνδυνες (Kourgialas, et al., 2012). Ως αιφνίδια ορίζεται η πλημμύρα η οποία συμβαίνει πολύ ξαφνικά είναι συνήθως δύσκολο να προβλεφθεί, ο χρόνος μέχρι το σημείο αιχμής της είναι πολύ σύντομος (συνήθως λίγες ώρες) και η απορροή για αυτόν το χρόνο είναι σημαντική (Chow, et al., 1988). Εμφανίζεται σε μικρό χρονικό διάστημα και έχει σαν αποτέλεσμα την ταχεία ύψωση νερού, το οποίο μπορεί στο πέρασμα του να προκαλέσει μεγάλες καταστροφές σε κτίρια, γέφυρες, να παρασύρει αυτοκίνητα, να ξεριζώσει δέντρα κλπ, (Καυκαλά 2014).

Οι βασικές αιτίες των πλημμυρών είναι: (Lekkas 2009, Μιμίκου 1994)

- Οι ραγδαίες και παρατεταμένες βροχές (φθινοπωρινές πλημμύρες)
- Η ταχεία τήξη χιονιών και παγετώνων (πλημμύρες της άνοιξης)
- Η ανύψωση της στάθμης της θάλασσας, λόγω παλιρροιακών φαινομένων
- Η εφόρμηση της θάλασσας στην ξηρά, λόγω τσουνάμι
- Η απότομη διάρρηξη φράγματος τεχνητής λίμνης
- Η αστική ανάπτυξη που έχει ως αποτέλεσμα τη στεγανοποίηση της επιφάνειας της γης.
- Η πλήρης κάλυψη των κοιτών των χειμάρρων.
- Ο εγκιβωτισμός της κοίτης χειμάρρων.

- Η αλλαγή ή εκτροπή της κοίτης των ποταμών.
- Οι καθιζήσεις που παρατηρούνται σε πεδινές περιοχές λόγω ανθρωπογενών παρεμβάσεων π.χ λόγω υπεραντλήσεων.
- Η περιοδικότητα του πλημμυρικού φαινομένου που μπορεί να διακριθεί σε μικρής και μεγαλύτερης διάρκειας
- Οι διαστάσεις και το μικρό ύψος των γεφυρών
- Η αποψίλωση των δασών από πυρκαγιές και η επακόλουθη διάβρωση.

Η κατάταξη των πλημμυρών σε κατηγορίες ανάλογα με το χώρο που εμφανίζονται, τις αιτίες πρόκλησης τους και τις επιπτώσεις τους, διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες (πίνακας 1).

Πίνακας 1: Κατηγορίες πλημμυρών, αιτίες πρόκλησης και επιπτώσεις (EXCIMAP 2007).

Τύπος πλημμύρας	Αιτίες πλημμύρας	Επιπτώσεις πλημμύρας	Σχετικές παράμετροι
Πλημμύρα ποταμών	Έντονη βροχόπτωση ή λιώσιμο χιονιού Απόφραξη λόγω πάγου Κατάρρευση αναχωμάτων ή άλλων έργων προστασίας	Στάσιμα νερά ή νερά σε ροή εκτός της κύριας κοίτης του ποταμού	Έκταση (σύμφωνα με την πιθανότητα εμφάνισης) Βάθος νερού Ταχύτητα νερού Διάδοση πλημμύρας
Παράκτια πλημμύρα	Πλημμύρα λόγω καταιγίδας Τσουνάμι Παλιρροϊκό κύμα	Στάσιμα νερά ή νερά σε ροή πίσω από την ακτογραμμή Υφαλμύριση αγροτικών εκτάσεων	Ομοίως με παραπάνω
Ορεινοί χείμαρροι	Ξαφνική καταιγίδα Υπερχείλιση λίμνης Ασταθής κλίση του υδροκρίτη Ροή φερτών υλών	Πρόσχωση περιοχών με νερό και ιζήματα Διάβρωση κατά μήκος της κύριας κοίτης του ποταμού	Ομοίως με παραπάνω Εναπόθεση ιζημάτων
Στιγμαίες πλημμύρες στη Μεσόγειο από εφήμερα ρέματα	Ξαφνική καταιγίδα	Πρόσχωση περιοχών με νερό και ιζήματα Διάβρωση κατά μήκος της κύριας κοίτης του ποταμού	Ομοίως με παραπάνω
Πλημμύρα υπόγειων υδροφορέων	Υψηλή στάθμη νερού σε παρακείμενα υδάτινα σώματα	Στάσιμα νερά στην πλημμυρική κοίτη (μεγάλη διάρκεια πλημμύρας)	Έκταση (σύμφωνα με την πιθανότητα εμφάνισης) Βάθος νερού

Πλημμύρα σε λίμνη	Σταδιακή αύξηση της στάθμης ανάλογα με την εισερχόμενη παροχή	Στάσιμα νερά πίσω από την ακτογραμμή	Ομοίως με παραπάνω
-------------------	---	--------------------------------------	--------------------

2.2.2 Επιπτώσεις Πλημμυρών

Οι πλημμύρες έχουν αντίκτυπο τόσο στους ανθρώπους όσο και στις κοινότητες και έχουν κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές συνέπειες, οι οποίες, εξαρτώνται από μια σειρά παραγόντων όπως:

- Την ένταση των φυσικών φαινομένων.
- Την παρουσία αντιπλημμυρικών έργων.
- Την αλλοίωση του φυσικού περιβάλλοντος.
- Την ετοιμότητα των μηχανισμών αντιμετώπισης.
- Την ένταση της ανθρώπινης δραστηριότητας σε πλημμυρικά πεδία.

Στη συνέχεια γίνεται μια αναφορά στις επιπτώσεις του φαινομένου της πλημμύρας.

- Απώλεια ζωής και ιδιοκτησίας

Οι άμεσες επιπτώσεις των πλημμυρών περιλαμβάνουν την απώλεια ανθρώπινης ζωής, τη ζημιά σε ιδιοκτησίες, την καταστροφή καλλιεργειών ή την απώλεια ζωικού κεφαλαίου, τη μη λειτουργία των εγκαταστάσεων υποδομής και την υποβάθμιση της κατάστασης της υγείας λόγω ασθενειών που προκαλούνται από αυτήν. Από οικονομική άποψη, η έκταση των ζημιών που προκαλούνται από τις πλημμύρες, είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων, όπως της έκτασης, του βάθους, της διάρκειας και της ταχύτητας ροής του φαινομένου.

- Απώλεια πόρων

Οι πλημμύρες μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα στο δίκτυο επικοινωνίας και καταστροφή ή δυσλειτουργία υποδομών, όπως οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής και το οδικό δίκτυο. Αποτέλεσμα των παραπάνω, είναι η διαταραχή των κοινωνικό-οικονομικών δραστηριοτήτων στην περιοχή, για ένα διάστημα πολύ μεγαλύτερο από τη διάρκεια της πλημμύρας. Ομοίως, οι επιπτώσεις σε περιουσιακά στοιχεία τα οποία αποτελούν συντελεστές παραγωγής, είτε πρόκειται για τη γεωργία είτε για την βιομηχανία, μπορούν να

επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό την οικονομική δραστηριότητα και να οδηγήσουν σε απώλεια της βιοποριστικής ικανότητας.

- Μείωση της παραγωγικής και αγοραστικής δύναμης

Οι παραπάνω ζημιές στις υποδομές, έχουν και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις, όπως σημαντική απώλεια πόρων, μείωση της αγοραστικής δύναμης του πληθυσμού και μείωση της αξίας της γης. Το πρόσθετο κόστος της αποκατάστασης και μετεγκατάστασης ανθρώπων, αλλά και το κόστος απομάκρυνσης περιουσιών από τις πληγείσες περιοχές, μπορεί να απορροφήσει μεγάλο μέρος του διαθέσιμου για την παραγωγή κεφαλαίου.

- Μαζική μετανάστευση

Οι συχνές πλημμύρες σε μία περιοχή, λόγω των προαναφερθέντων επιπτώσεων, μπορούν να προκαλέσουν μαζική μετανάστευση ή μετακίνηση πληθυσμού. Η μετανάστευση σε αστικές περιοχές, συμβάλλει στον υπερπληθυσμό και αυξάνει το ποσοστό των φτωχών στα αστικά κέντρα. Αποτέλεσμα αυτού, μπορεί να είναι η συγκέντρωσή τους σε περιθωριακές περιοχές καθιστώντας τους ευάλωτους σε άλλους φυσικούς κινδύνους.

- Ψυχοκοινωνικές επιπτώσεις

Οι τεράστιες ψυχοκοινωνικές επιπτώσεις στα θύματα των πλημμυρών και στις οικογένειές τους, μπορούν να τους στιγματίσουν για μεγάλες χρονικές περιόδους. Η απώλεια αγαπημένων προσώπων μπορεί να έχει σημαντική επίδραση, ειδικά στα παιδιά. Η μετακίνηση από την μόνιμη κατοικία, η απώλεια ιδιοκτησίας, αναμνήσεων και μέσων διαβίωσης, η μείωση των επιπέδων ασφαλείας και η μετακίνηση σε προσωρινούς καταυλισμούς, μπορεί να προκαλέσουν μεγάλη ψυχολογική πίεση. Το άγχος και η πίεση της υπέρβασης αυτών των δυσκολιών, είναι δυνατόν να προκαλέσουν διαρκείς ψυχολογικές επιπτώσεις.

2.2.3 Κοινοτική Οδηγία 2007/60 για τις πλημμύρες

Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο της 23^{ης} Οκτωβρίου 2007 εξέδωσε την Οδηγία 2007/60/EK που αφορά την αξιολόγηση και διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας, η οποία τέθηκε σε ισχύ στις 26 Νοεμβρίου 2007. Η Οδηγία

προβλέπει τρία στάδια για την αντιμετώπιση του φαινομένου της πλημμύρας από τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης

- Την προκαταρκτική αξιολόγηση των κινδύνων πλημμύρας,
- Τη δημιουργία χαρτών επικινδυνότητας πλημμύρας και χαρτών κινδύνων πλημμύρας και
- Την εκπόνηση σχεδίων διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας.

Ο σκοπός της Οδηγίας είναι η θέσπιση ενός πλαισίου για τη διαχείριση και αξιολόγηση των κινδύνων πλημμύρας με στόχο τη μείωση των αρνητικών συνεπειών στην ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον την πολιτιστική κληρονομιά και τις οικονομικές δραστηριότητες που συνδέονται με τις πλημμύρες.

Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει την προκαταρκτική αξιολόγηση των κινδύνων πλημμύρας για κάθε λεκάνη απορροής ποταμού και στις αντίστοιχες παράκτιες ζώνες, δηλαδή τα Κράτη Μέλη υποχρεούνται να προσδιορίσουν τις περιοχές που είναι επιρρεπείς σε εμφάνιση μελλοντικών πλημμυρικών συμβάντων, ώστε να προκαταλάβουν τις ενδεχόμενες δυσμενείς συνέπειες. Προκειμένου να πραγματοποιηθεί αυτή η αξιολόγηση προβλέπονται:

- χάρτες της περιοχής της λεκάνης απορροής του ποταμού, οι οποίοι περιλαμβάνουν τα όρια των λεκανών και των υπολεκανών απορροής ποταμών.
- περιγραφή των πλημμυρών οι οποίες σημειώθηκαν κατά το παρελθόν και είχαν σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στις ανθρώπινες ζωές, στις οικονομικές δραστηριότητες και στο περιβάλλον, όταν υπάρχει ακόμη πιθανότητα παρόμοιων μελλοντικών συμβάντων, συμπεριλαμβανομένων της έκτασης της πλημμύρας, των οδών αποστράγγισης και της αξιολόγησης των αρνητικών επιπτώσεων που προκάλεσαν.
- περιγραφή των σημαντικών πλημμυρών οι οποίες σημειώθηκαν κατά το παρελθόν, εκ των οποίων θα μπορούσαν, ενδεχομένως να προβλεφθούν οι σημαντικές αρνητικές συνέπειες παρόμοιων φαινομένων στο μέλλον.

Το δεύτερο στάδιο, περιλαμβάνει:

Την κατάρτιση χαρτών επικινδυνότητας πλημμυρών και χαρτών κινδύνων πλημμύρας για τις περιοχές που χαρακτηρίζονται με βάση την προκαταρκτική εκτίμηση της πλημμυρικής διακινδύνευσης ως δυνητικές περιοχές υψηλής διακινδύνευσης.

Οι χάρτες επικινδυνότητας πλημμύρας καλύπτουν περιοχές που μπορεί να πλημμυρίσουν σύμφωνα με τα ακόλουθα σενάρια :

- Πλημμύρες χαμηλής πιθανότητας ή σενάρια ακραίων φαινομένων.
- Πλημμύρες μέσης πιθανότητας
(με πιθανή περίοδο επαναληπτικότητας > 100 χρόνια).
- Πλημμύρες υψηλής πιθανότητας, ανάλογα με την περίπτωση.

Για κάθε σενάριο προβλέπεται ο υπολογισμός των ακόλουθων στοιχείων:

- Η έκταση της πλημμύρας.
- Το βάθος του νερού ή η στάθμη του νερού, ανάλογα με την περίπτωση.
- Η ταχύτητα ροής ή η σχετική ροή των υδάτων, ανάλογα με την περίπτωση.

Οι χάρτες κινδύνου πλημμύρας περιγράφουν τις δυνητικές αρνητικές συνέπειες που συνδέονται με τα αναφερθέντα σενάρια πλημμύρας μέσω δεικτών όπως:

- αριθμός κατοίκων που ενδέχεται να πληγούν.
- τύπος της οικονομικής δραστηριότητας στην περιοχή.
- Οι εγκαταστάσεις που ενδέχεται να αποτελούν πηγές ρύπανσης σε ενδεχόμενη πλημμύρα και οι προστατευόμενες περιοχές.
- Άλλες πληροφορίες που το κράτος μέλος θεωρεί χρήσιμες, όπως η επισήμανση των περιοχών όπου υπάρχει το ενδεχόμενο πλημμυρών με αυξημένο ποσοστό μεταφερόμενων ιζημάτων και πλημμυρών που παρασύρουν υπολείμματα και πληροφορίες για πιθανές άλλες σημαντικές πηγές ρύπανσης.

Στο τελικό στάδιο εφαρμογής της οδηγίας, τα κράτη μέλη πρέπει να καταρτίσουν με βάση τους χάρτες πλημμυρικής επικινδυνότητας συντονισμένα σχέδια διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας. Σκοπός των σχεδίων είναι η μείωση των δυνητικών αρνητικών συνεπειών που έχουν οι πλημμύρες για την ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά και την οικονομική δραστηριότητα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της πρόληψης, της προστασίας και της ετοιμότητας συμπεριλαμβανομένων των προβλέψεων πλημμυρών και των συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης του πληθυσμού στις περιοχές όπου υπάρχει υψηλή πιθανότητα πλημμύρας.

Η Κοινοτική Οδηγία 2007/60/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου για την «Αξιολόγηση και Διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας» ενσωματώθηκε στο Εθνικό μας δίκαιο με την ΚΥΑ 31822/1542/Ε103 (ΦΕΚ1108/Β/21-07-2010).

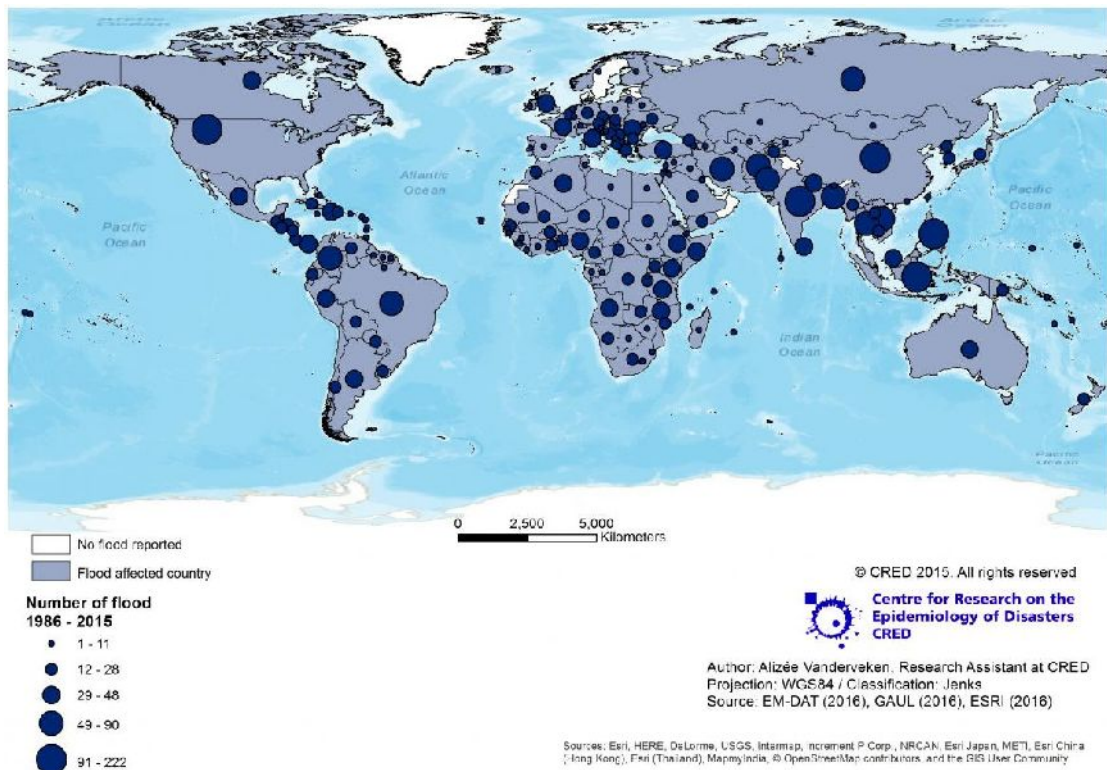
2.2.4 Πλημμύρες σε παγκόσμιο, ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο

- Πλημμύρες σε Παγκόσμιο επίπεδο

Οι πλημμύρες είναι η κύρια αιτία θανάτων από φυσικές καταστροφές παγκοσμίως και ευθύνονται για τον θάνατο 6,8 εκατομμυρίων ανθρώπων τον 20^ο αιώνα. Η πιο πληγείσα περιοχή είναι η Ασία, καθώς εκεί συνέβη σχεδόν το 50% των θανατηφόρων πλημμυρών του τελευταίου τετάρτου του 20^{ου} αιώνα (Doocy 2013).

Τα τελευταία 30 χρόνια, περίπου 2.8 δισεκατομμύρια άνθρωποι έχουν πληγεί από πλημμύρες, με 4,5 εκατομμύρια άστεγους, 540.000 θανάτους και 360.000 τραυματισμούς (Doocy 2013). Σημειώνεται εδώ, πως οι παραπάνω εκτιμήσεις πολύ πιθανό να είναι υποεκτιμημένες, καθώς ένας μεγάλος αριθμός θυμάτων θεωρείται πως δεν έχει καταγραφεί. Πλημμύρες με υψηλά επίπεδα θνησιμότητας είναι σχετικά σπάνιες, καθώς παρά την αυξανόμενη συχνότητά τους, έχουν καταγραφεί μόνο 4 συμβάντα με περισσότερους από 10.000 θανάτους και 58 συμβάντα με περισσότερους από >1.000 θανάτους, μεταξύ 1977 και 2009.

Στην εικόνα 1, φαίνεται ο αριθμός των πλημμυρών ανά χώρα, από το 1986 έως το 2015.



Εικόνα 1 Πλημμύρες παγκοσμίως (1986-2015) EM-DAT 2016

Το 1988 το Κέντρο Έρευνας για την Επιδημιολογία των Καταστροφών (Center for Research on the Epidemiology of Disasters) (CRED) ξεκίνησε τη δημιουργία της Βάσης Δεδομένων Εκδηλώσεων Έκτακτης Ανάγκης (Emergency Events Database) (EM-DAT). Το EM-DAT δημιουργήθηκε με την αρχική υποστήριξη του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (World Health Organization) (WHO) και της βελγικής κυβέρνησης.

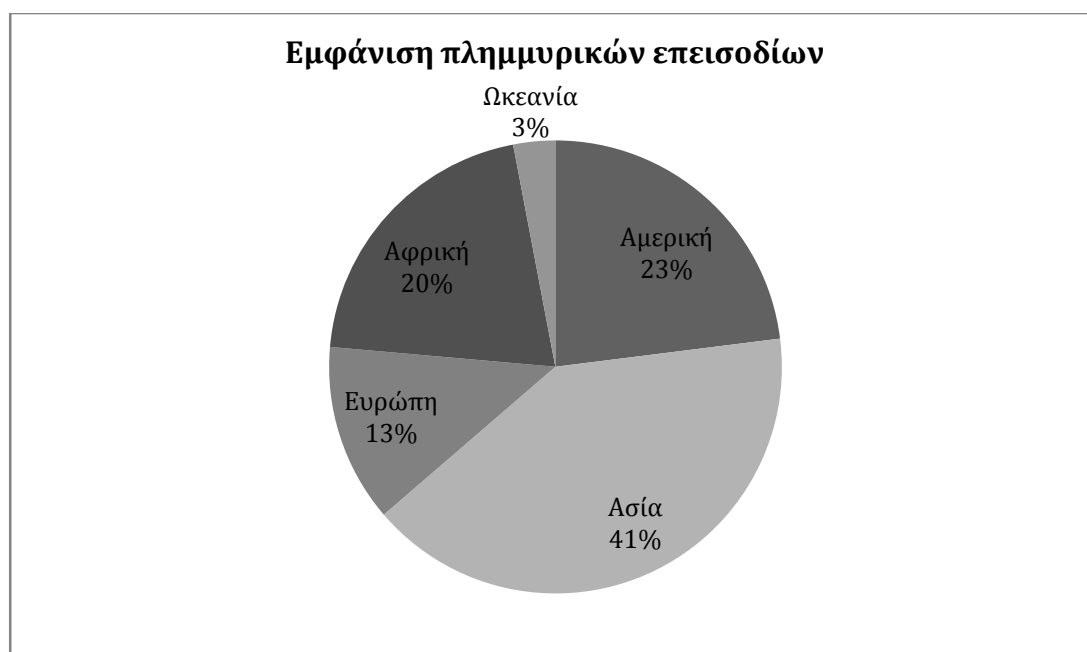
Ο βασικός στόχος της συγκεκριμένης βάσης δεδομένων είναι να εξυπηρετεί τους σκοπούς της ανθρωπιστικής δράσης σε εθνικό και διεθνές επίπεδο. Η χρήση των στοιχείων της αποσκοπεί στον εξορθολογισμό της λήψης αποφάσεων για την ετοιμότητα και την αντιμετώπιση καταστροφών, καθώς και στην παροχή αντικειμενικής βάσης για την εκτίμηση των τρωτών σημείων και τον καθορισμό προτεραιοτήτων.

Το EM-DAT περιέχει δεδομένα σχετικά με την εμφάνιση και τις επιπτώσεις που είχαν πάνω από 22.000 μαζικές καταστροφές στον κόσμο από το 1900 μέχρι σήμερα. Η βάση δεδομένων ενημερώνεται συνεχώς από διάφορες πηγές, όπως τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών, τις μη κυβερνητικές οργανώσεις, τις ασφαλιστικές εταιρείες, τα ερευνητικά ιδρύματα και τα πρακτορεία Τύπου.

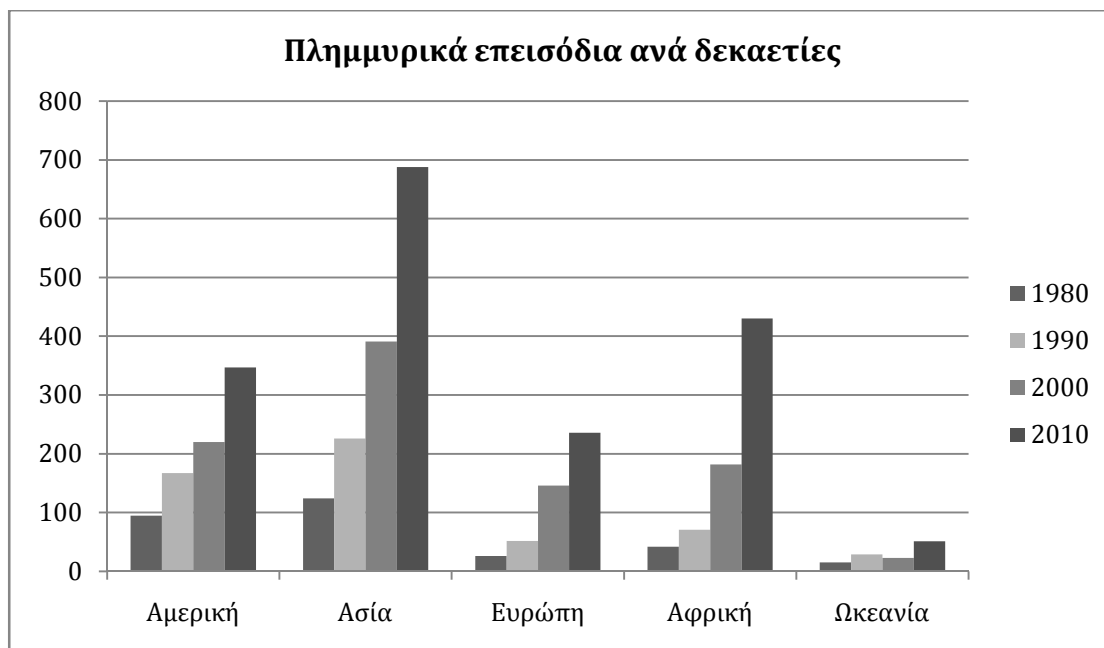
Σύμφωνα με τα στοιχεία που αντλήθηκαν από την EM-DAT, στο διάστημα 1970-2016, συνέβησαν 4.460 πλημμυρικά επεισόδια στην Ωκεανία, Αφρική, Ευρώπη, Αμερική και Ασία. Στο διάγραμμα 1 απεικονίζονται τα ποσοστά των πλημμυρικών περιστατικών ανά Ήπειρο και είναι εμφανές ότι η Ασία είναι η περιοχή εκείνη στην οποία εμφανίζονται τα περισσότερα πλημμυρικά φαινόμενα.

Στο διάγραμμα 2 εμφανίζονται τα πλημμυρικά επεισόδια ανά δεκαετίες, από την δεκαετία του 1980 έως και τη δεκαετία του 2010. Από αυτό παρατηρείται ότι τις τελευταίες δεκαετίες και κυρίως σε αυτή του 2010 έχουμε μια πολύ μεγάλη αύξηση στην εμφάνιση πλημμυρικών επεισοδίων.

Όσον αφορά τις οικονομικές συνέπειες των καταστροφών (όσο αυτό είναι δυνατό, καθώς οι ανθρώπινες ζωές δεν κοστολογούνται), τα στοιχεία από το EM-DAT δείχνουν ότι το ετήσιο κόστος των καταστροφών, από πλημμύρες, σεισμούς και τσουνάμι, ανέρχεται στο ποσό των 235-285 δισεκατομμύρια ευρώ, δηλαδή από 4,7-5,7 τρισεκατομμύρια ευρώ την εικοσαετία από το 1995 έως και το 2015.



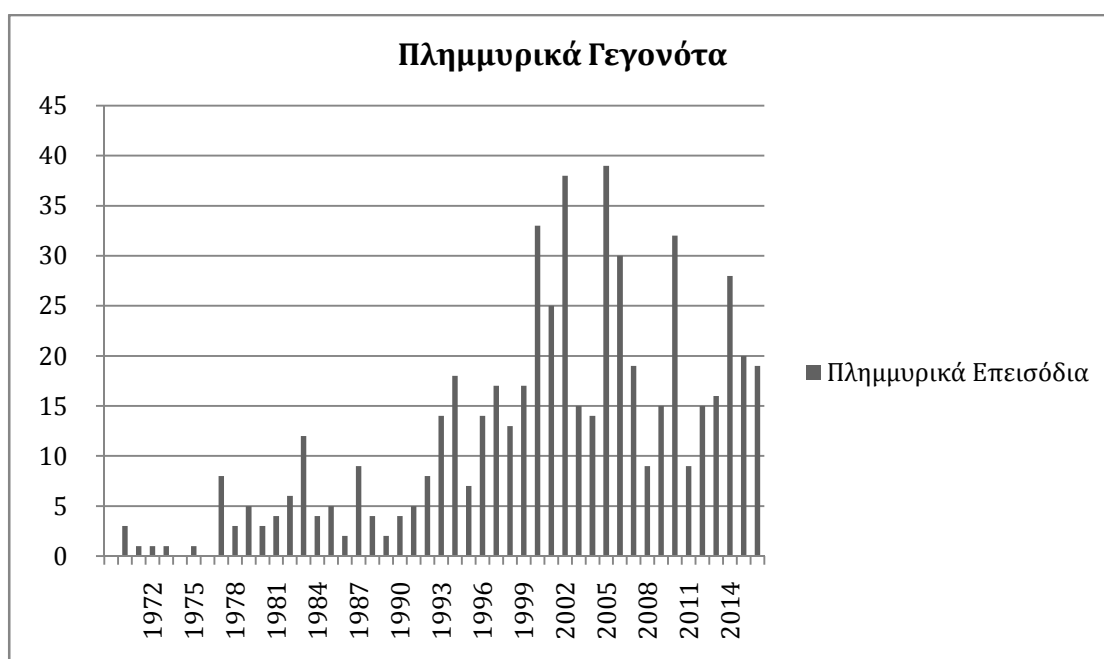
Διάγραμμα 1. τα ποσοστά των πλημμυρικών περιστατικών ανά Ήπειρο. EM-DAT



Διάγραμμα 2. Πλημμύρες σε Παγκόσμιο Επίπεδο ανά δεκαετίες EM-DAT

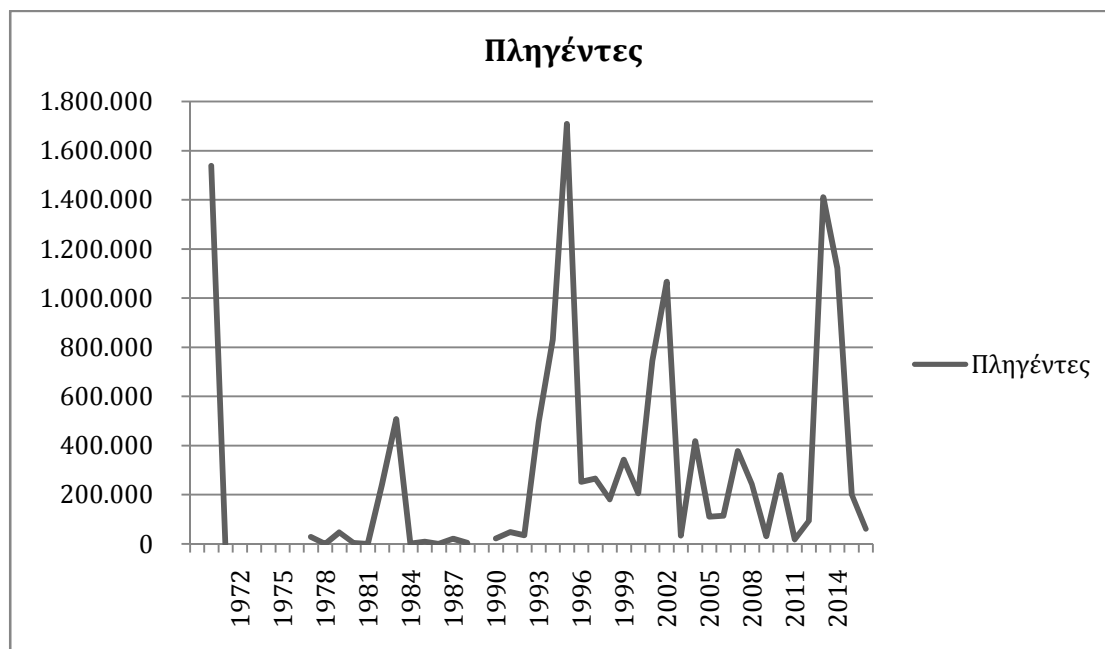
- Πλημμύρες σε Ευρωπαϊκό Επίπεδο

Στο διάγραμμα 3 αναφέρονται τα περιστατικά πλημμυρών ανά έτος στην Ευρώπη, από το 1970 έως το 2016. Από την παρατήρηση διαφαίνεται πως υπάρχει τάση αύξησης των περιστατικών με την πάροδο του χρόνου, όπως συμβαίνει σε παγκόσμιο επίπεδο και ότι το 87 % των καταγεγραμμένων περιστατικών πλημμυρών συνέβη από το 1990 έως το 2016.



Διάγραμμα 3. Περιστατικά πλημμυρών στην Ευρώπη (1970-2016) EM-DAT

Στο επόμενο διάγραμμα 4 εμφανίζεται ο αριθμός των πληγέντων από τα περιστατικά πλημμυρών ανά έτος. Από τη μελέτη του εν λόγω διαγράμματος γίνεται αντιληπτό ότι παρόλο που η συχνότητα των περιστατικών αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου, οι επιπτώσεις στον πληθυσμό ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό μεταξύ των ετών.



Διάγραμμα 4. Πληγέντες από τα περιστατικά πλημμυρών στην Ευρώπη ανά έτος (1970-2016) EM-DAT

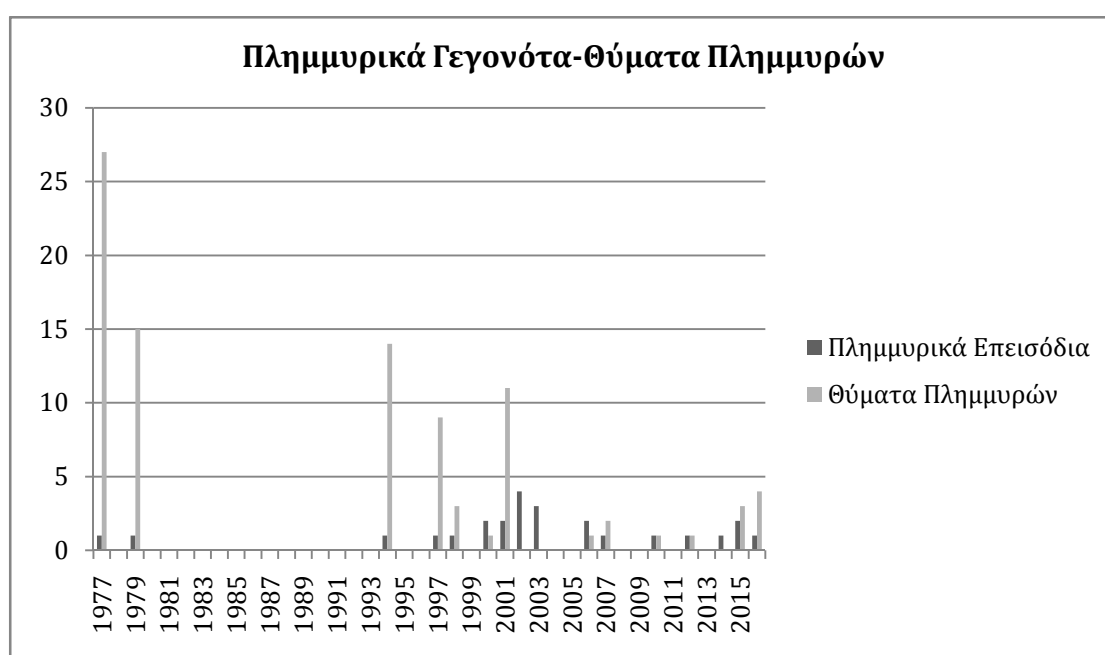
Σύμφωνα με τα στοιχεία που αντλήθηκαν από την EM-DAT, στο διάστημα 1970-2016, στην Ευρώπη συνέβησαν 567 περιστατικά πλημμυρών, προκαλώντας 4.785 θανάτους, 12.874 τραυματίες, 401.569 άστεγους, ενώ συνολικά οι πληγέντες από τα περιστατικά ανήλθαν σε 14.553.471 ανθρώπους. Η συνολικές ζημιές από τα προαναφερθέντα περιστατικά ανήλθαν περίπου 13,882 δισεκατομμύρια USD.

- Πλημμύρες σε Εθνικό Επίπεδο

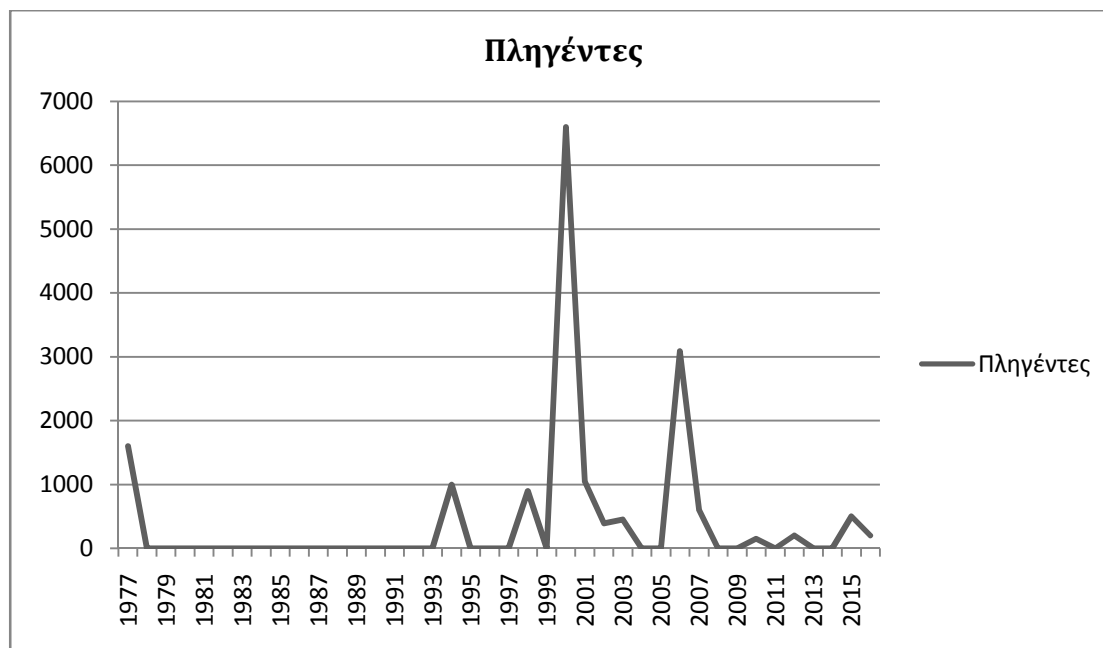
Οι πλημμύρες στην Ελλάδα οφείλονται συνήθως στις έντονες βροχοπτώσεις, οι οποίες παράγονται από το πέρασμα χαμηλών βαρομετρικών, που συνοδεύονται από ψυχρά μέτωπα και καταφθάνουν από τα δυτικά, νοτιοδυτικά ή βορειοδυτικά (Μιμίκου 2004).

Η εκδήλωση τους είναι κυρίως απόρροια της έντονης γεωγραφικής μεταβλητότητας των κλιματικών στοιχείων λόγω της συνύπαρξης ανεπτυγμένης ακτογραμμής και ορογραφίας (Ράμπιας 2007).

Σύμφωνα με τα στοιχεία που αντλήθηκαν από την EM-DAT, στο διάστημα 1977-2016, στην Ελλάδα συνέβησαν 25 περιστατικά πλημμυρών, προκαλώντας 92 θανάτους (διάγραμμα 5), ενώ συνολικά οι πληγέντες από τα περιστατικά ανήλθαν σε 16.730 ανθρώπους (διάγραμμα 6). Η κύρια αιτία αυτών των πλημμυρικών επεισοδίων ήταν η υπερχειλίση ποταμών ενώ μία φορά ήταν η αιφνίδια πλημμύρα.



Διάγραμμα 5. Περιστατικά πλημμυρών - Θυμάτων στην Ελλάδα (1970-2016) EM-DAT



Διάγραμμα 6. Πληγέντες από τα περιστατικά πλημμυρών στην Ελλάδα ανά έτος (1970-2016) EM-DAT

2.3 Πλημμυρικά γεγονότα στο Ν. ΣΕΡΡΩΝ

Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν σημειωθεί αρκετά πλημμυρικά γεγονότα στον Ν Σερρών που οφείλονται κυρίως στο μεγάλο ύψος των βροχοπτώσεων που σημειώνονται την ευρύτερη λεκάνη απορροής του Στρυμόνα επί σειρά ημερών, ή και στην απότομη τήξη χιονιού που έχει συσσωρευτεί στις λεκάνες απορροής των χειμαρρικών ρεμάτων, εξαιτίας διαφόρων παραγόντων, όπως απότομης ανόδου της θερμοκρασίας ή πτώση ραγδαίων βροχών.

Παρακάτω παρατίθενται τα σημαντικότερα φαινόμενα πλημμύρας που έχουν πλήξει το Ν. Σερρών από το 1950 έως σήμερα. Για καθένα από τα πλημμυρικά γεγονότα αναφέρονται οι περιοχές που αντιμετώπισαν τα μεγαλύτερα προβλήματα, οι εκτάσεις που πλημμύρισαν και η ύπαρξη ή μη ανθρώπινων απωλειών. Ακόμη, σε κάποια από αυτά τα γεγονότα γίνεται αναφορά και σε επιπλέον χαρακτηριστικά τα οποία παρουσιάζουν ειδικό ενδιαφέρον.

1951

1/2/1951: Πλημμύρισε σχεδόν όλος ο κάμπος των Σερρών. Διακόπηκαν οι συγκοινωνίες.

4/2/1951: Περίπου 100.000 στρέμματα πλημμύρισαν στο νομό, συνεπεία των

βροχοπτώσεων που σημειώθηκαν στη Βουλγαρία.

20/7/1951:Καταρρακτώδεις βροχές στην ύπαιθρο προκάλεσαν πλημμύρες στις περιοχές της Νιγρίτα και των Σερρών.

1953

8/1/1953: Καταστροφικές πλημμύρες στις Σέρρες, πλημμύρισε ο χείμαρρος Τσέλιος. Γενικές καταστροφές συνέβησαν σε 24.000 στρέμματα κυρίως αγροτικών καλλιεργειών από την εισροή των υδάτων.

13/1/1953:Ο χείμαρρος Κρουσοβίτης διέσπασε τα προστατευτικά αναχώματα και πλημμύρισε 500 στρέμματα του Καμαρωτού και του Χορτερού.

2/6/1953: Τεράστιες πλημμύρες συνέβησαν στις Σέρρες, η μεταφερθείσα λάσπη από τα ορμητικά νερά των χειμάρρων κάλυψε μεγάλες εκτάσεις.

16/6/1953: Στη Νιγρίτα, 2.000 στρέμματα πλημμύρισαν.

24/6/1953: Στις Σέρρες μεγάλες βροχοπτώσεις πλημμυρίζουν την πόλη και τον κάμπο. Η Νιγρίτα πλήγηκε από μεγάλη πλημμύρα εξαιτίας πρωτοφανούς έντασης θύελλα. Ξεχείλισε ο χείμαρρος που περνά μέσα από το κέντρο της πόλης.

1954

19-20-21/2/1954:Ο Στρυμόνας παρέσυρε όγκους παγωμένου χιονιού. Εντός του χωριού Κερκίνη η στάθμη του νερού έφτασε το 1μ. Έπεσαν γέφυρες.

23/2/1954:Καταστράφηκε το χωριό Κερκίνη.

17/3/1954:Το μεγαλύτερο τμήμα του Σερραϊκού κάμπου καλύφθηκε από τα νερά. Δημιουργήθηκε πάλι η λίμνη του Αχινού.

1955

9/1/1955: Στις Σέρρες τα πάντα κατακλύστηκαν από ορμητικά ύδατα, ορισμένα χωριά αποκλείστηκαν τελείως. Η παροχή του Στρυμόνα ανήλθε σε 1.200 m³/sec. Το υψόμετρο της σταθμογράφησης στο Ρούπελ ήταν 51,42 μέτρα και στην Κερκίνη 31,2 μέτρα. Έσπασε το αριστερό ανάχωμα και κατακλύστηκαν 15.000 στρέμματα στη Μαυροθάλασσα Σερρών.

1956

14/2/1956: Ύστερα από μια εβδομάδα σφοδρών χιονοπτώσεων μεγάλες πλημμύρες συνέβησαν στις Σέρρες

16/3/1956: Χείμαρρος στις Σέρρες κατέκλυσε 1.500 στρέμματα και στο Αχλαδοχώρι έπεσε γέφυρα εξαιτίας της υποσκαφής των θεμελίων της από τις

μεγάλες ποσότητες των νερών που διερχόταν από την κοίτη.

13/8/1956: Καταστροφές από πλημμύρες συνέβησαν στη Νέα Ζίχνη και τη Δήμητρα. Η συγκοινωνία ανάμεσα στις Σέρρες και τη Δράμα διακόπηκε.

1957

28/6/1957: Στο Παραλίμνιο πλημμύρισαν 1.000 στρέμματα.

30/6/1957: Μεγάλες πλημμύρες έπληξαν την περιοχή Σερρών. Ο Στρυμόνας ξεχείλισε και κατέκλυσε μεγάλο αριθμό αγροτικών εκτάσεων. Το χωριό Κερκίνη έγινε λίμνη. Κατακλύστηκαν 35 οικίες ενώ άλλες στην Άνω Βροντού κατέρρευσαν. Χιλιάδες δέντρα ξεριζώθηκαν ενώ καπνά, αμπέλια και σιτηρά καταστράφηκαν. Η στάθμη του Στρυμόνα έφτασε στα 51,52μ ενώ στην Κερκίνη στα 32,50μ.

2/7/1957: Έσπασαν τα αναχώματα του Στρυμόνα στη Βυρώνεια και το Πεθελινό και κατακλύστηκαν μεγάλες εκτάσεις. Οι συγκοινωνίες διακόπηκαν. Συνολικά πλημμύρισαν 50.000 στρέμματα. Στο χωριό Αχινός 4.000 στρέμματα, στη Μαυροθάλασσα 5.000 στρέμματα, στο Πεθελινό και τη Βυρώνεια 8.000 στρέμματα.

3/7/1957: Τα προστατευτικά αναχώματα του Στρυμόνα έσπασαν σε τέσσερα σημεία:

- Στο Πετρίτσι τη Γέφυρα και το Μεγαλοχώρι.
- Στο Πεθελινό, το Ψυχικό και το Χείμαρρο.
- Στο Φλάμπουρο.
- Στο Παραλίμνιο.

6/7/1957: Από βιαιότατες βροχοπτώσεις συνολικά 11 νεκροί υπάρχουν στην περιοχή που περικλείεται στο τρίγωνο Σερρών, Δράμας, Καβάλας. Έπεσαν σπίτια και γέφυρες, διακόπηκαν οι συγκοινωνίες, απομονώθηκαν σιδηροδρομικοί σταθμοί και καταστράφηκαν καλλιέργειες.

7/9/1957: Στην Αλιστράτη καταστράφηκε η καπνοπαραγωγή. Τα ύδατα του Αγγίτη ξεχείλισαν. Καταστράφηκαν υδραγωγεία των χωριών του Παγγαίου.

12/9/1957: Πλημμύρισε ο χείμαρρος στο Σιδηρόκαστρο

1958

15/1/1958: Στο Σιδηρόκαστρο από τις καταρρακτώδεις βροχοπτώσεις ξεχείλισε ο Κρουσοβίτης.

18/1/1958: Ο Στρυμόνας πλημμύρισε 1.000 στρέμματα στη Μαυροθάλασσα.

1959

2/6/1959: Φοβερή καταστροφή προκλήθηκε από το χαλάζι στη Νιγρίτα. Στη Βισαλτία οι τραυματίες ήταν πάνω από εκατό. Η έκταση των καταστροφών είχε διαστάσεις 50km μήκος και 8km πλάτος. Από το 68°km Θεσσαλονίκης Σερρών μέχρι το Στρυμωνικό, το Λειβαδοχώρι, την Άμπελο, τη Σισαμιά, Τριανταφυλλιά, Νιγρίτα, Άνθη, Φλάμπουρο, Θερμά, Αχινός, Δάφνη, Ευκαρπία, Πατρική, Ιβήρων και όλη τη νότια παραστρυμόνια έκταση ως τα Κερδύλλια παντού υπήρχε ξερή γη. Η καταστροφή προκλήθηκε εντός είκοσι λεπτών. Πλήρως καταστράφηκε έκταση μεγαλύτερη των 100.000 στρεμμάτων. Πολλοί ήταν οι τραυματίες.

16-17/6/1959: Από τις έντονες βροχοπτώσεις παρασύρθηκαν γέφυρες, και πλημμύρισαν τα χωριά Θολό, Νέα Ζίχνη, Εμμανουήλ Παπάς, Γάζωρο και Πεντάπολη.

1960

13/12/1960: Μεγάλες καταστροφές από πλημμύρες έπληξαν τις Σέρρες. Οι δρόμοι της πόλης μετατράπηκαν σε χειμάρρους και πολλά σπίτια πλημμύρισαν. Από τα νερά δημιουργήθηκαν ρήγματα στα αναχώματα του Στρυμόνα και ρωγμές στη γέφυρα Μπελίτσα στην οδό Σερρών-Νιγρίτας. Κατακλύστηκαν από τα νερά μεγάλες εκτάσεις με καλλιέργειες κοντά στα χωριά Χριστός, Καλά Δένδρα, Προμαχώνας, Άγκιστρο, Βυρώνεια, Μύρκινος και Ίβηρα.

1962

19/3/1962: Ο ποταμός Στρυμόνας ξεχείλισε στη θέση Όρλιανα και τα νερά του πλημμύρισαν έκταση χιλιάδων στρεμμάτων.

22/3/1962 Από την τήξη των χιονιών στα ορεινά κατακλύσθηκαν 3.000 στρέμματα στην περιοχή της πρώην λίμνης του Αχινού. Στη Βυρώνεια και στο Νέο Πετρίτσι μεγάλες εκτάσεις των πιο πάνω κωμοπόλεων κατακλύσθηκαν από νερά. Πλημμύρισαν 2.000 στρέμματα με αγροτικές καλλιέργειες.

1963

5/2/1963: Στη Βυρώνεια τα νερά από υπερχειλίση του Στρυμόνα έφτασαν το 1 μέτρο.

6/2/1963: Έσπασε το φράγμα της Κερκίνης και τα νερά που απελευθερώθηκαν κατέκλυσαν έκταση 5.000 αγροτικών στρεμμάτων. Η πεδιάδα της Μαυροθάλασσας και του Αχινού πλημμύρισε. Τα νερά πλημμύρισαν έκταση 10.000 στρεμμάτων. Ο παραπόταμος Αγγίτης στις εκβολές του με τον Στρυμόνα

κατέκλυσε μεγάλη έκταση. Στην Παλαιοκώμη ο Στρυμόνας κατέκλυσε 5.000 στρέμματα εκ των οποίων τα 2.500 ήταν καλλιεργημένα. Τέλος στην περιοχή Μυρκίνου κατακλύστηκαν 1.500 στρέμματα.

7/2/1963: Στις Σέρρες από νέα ρήγματα κοντά στο χωριό Πεθελινό, Θολό και Βαλτοτόπι πλημμύρισαν εκτάσεις 10.000 στρεμμάτων και τα νερά στο Βαλτοτόπι μπήκαν μέσα στα σπίτια του χωριού. Στο χωριό Στρυμονικό πλημμύρισε έκταση 7.000 στρεμμάτων.

8/2/1963: Στην περιοχή των Σερρών 9.000 στρέμματα κατακλύσθηκαν από τα οποία τα 4.000 ήταν καλλιεργημένα.

30/11/1963: Υπερχειρίσει η αποστραγγιστική τάφρος κοντά στο χωριό Αχινός και τα νερά κάλυψαν σπαρμένες εκτάσεις του χωριού και λίγα σπίτια. Η στάθμη των όμβριων υδάτων έφτασε στο ύψος των 2 μέτρων.

1966

8-9/12/1966: Στην περιοχή Νιγρίτας τα νερά των χειμάρρων υπερχειρίσαν. Στο Αηδονοχώρι καταστράφηκε η γέφυρα από τον τοπικό χείμαρρο και στο χωριό Αχινός πλημμύρισαν 17 σπίτια και καταστήματα.

1967

24/5/1967: Στην περιοχή Νέας Ζίχνης, στα χωριά Δήμητρα, Μυρίνη, Δραβίσκος, Μαυρόλοφος, Μύρκινος, Παλαιοκώμη, Θολός και Νέα Πέτρα κατακλύσθηκαν συνολικά 13.000 στρέμματα καλλιεργειών

1975

26/6/1975: Υποχώρησε το φράγμα του Στρυμόνα και πλημμύρισαν 3.000 στρέμματα μεταξύ των χωριών Αχινού και Ιβήρων.

1983

14/6/1983: Ο χείμαρρος Στρυμονικού ξεχείλισε έπειτα από νεροποντή και τα νερά του κατέκλυσαν την κοινότητα Στρυμονικού. Το κεντρικό μέρος του χωριού πλημμύρισε και τα νερά εισήλθαν στα σπίτια.

1986

16/6/1986: Στα Μέταλλα αγρότης παρασύρθηκε ενώ βρισκόταν στο χωράφι του από τα νερά παρακείμενου χειμάρρου που υπερχειρίσει έπειτα από νεροποντή.

2015

8-9/3/2015: Πλημμύρες σημειώθηκαν στους Δήμους Ν. Ζίχνης, Ε. Παπά, Σερρών, Βισαλτίας και Αμφίπολης. Πλημμύρισαν 6.400 στρέμματα,

29-30-31/3/2015 Πλημμύρες σημειώθηκαν στους Δήμους Ν. Ζίχνης, Ε. Παπά, Σερρών, Βισαλτίας και Αμφίπολης. Πλημμύρισαν 8.400 στρέμματα. Το ποσό που δόθηκε για αποζημιώσεις ήταν 500.000€

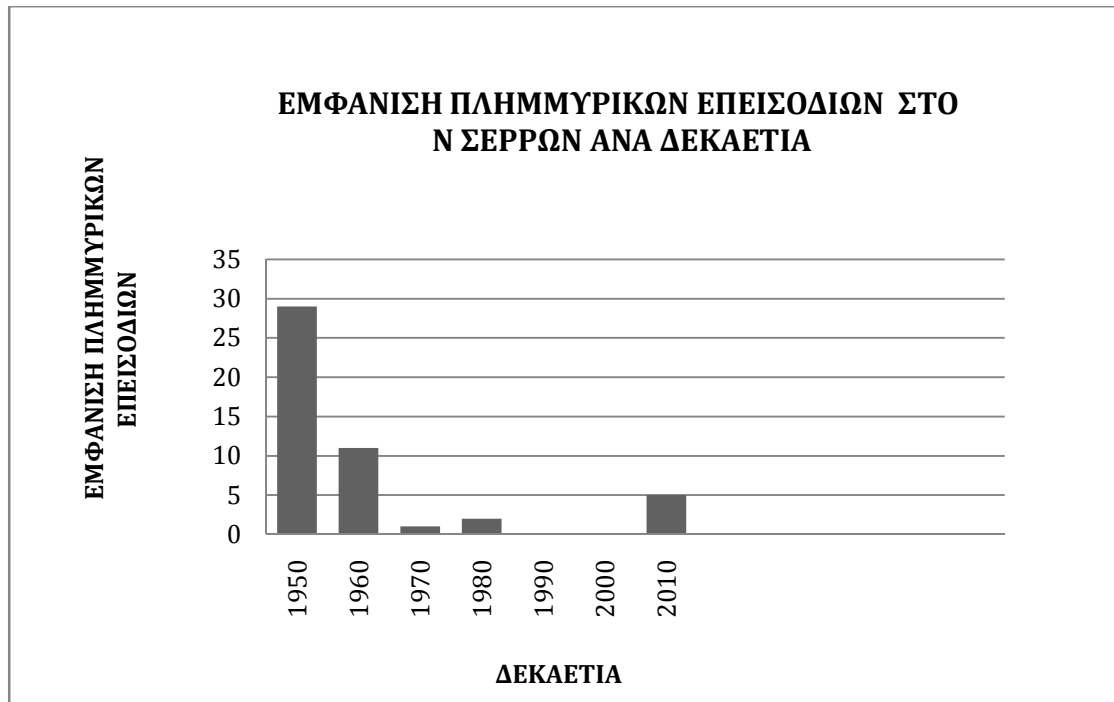
Κατά την περίοδο 1950-2015 κατακλύστηκαν συνολικά πάνω από 425.000 στρέμματα κυρίως καλλιεργημένων εκτάσεων, προκαλώντας ανυπολόγιστες ζημιές οικονομικές αλλά και κοινωνικές.

Οι πλημμύρες κατέστρεψαν την γεωργική παραγωγή αλλά και την κτηνοτροφική του νομού με τον πνιγμό ζωικού κεφαλαίου και την καταστροφή κτηνοτροφικών μονάδων με αποτέλεσμα τη καταβολή σημαντικών ποσών για αποζημιώσεις των πληγέντων παραγωγών.

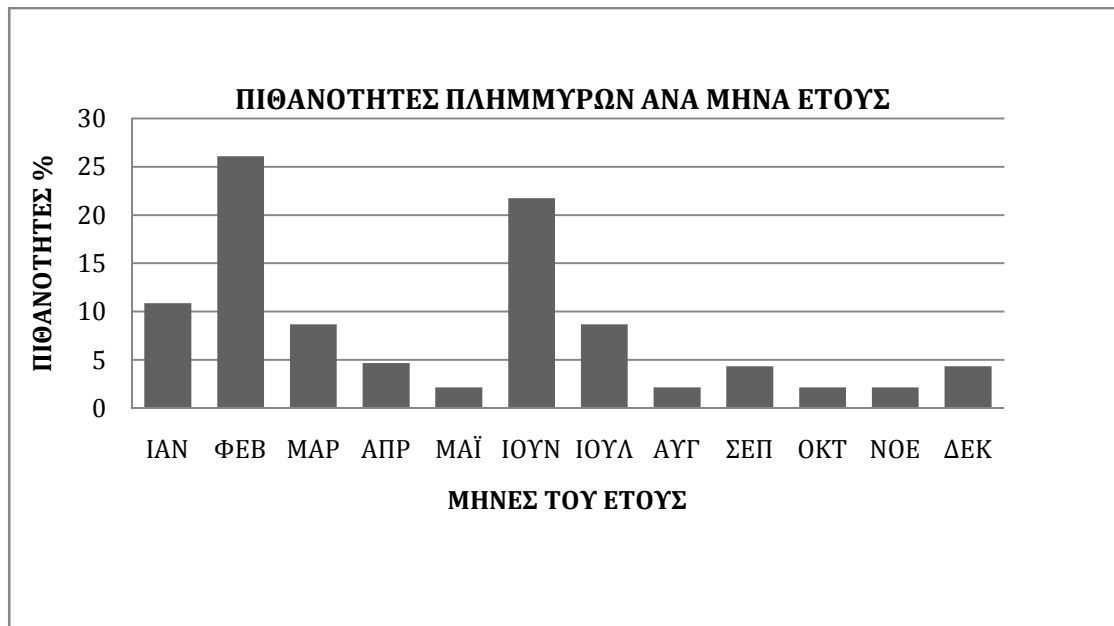
Επίσης επέφεραν σοβαρές ζημιές και στις υποδομές της περιοχής όπως στο οδικό και σιδηροδρομικό δίκτυο με τις ανάλογες συνέπειες και επιπτώσεις και φυσικά επιπλέον δαπάνες για τις αποκαταστάσεις.

Οι ζημιές που προκλήθηκαν και στους οικισμούς της περιοχής, με την καταστροφή κατοικιών και οικοσυσκευών πέρα από το οικονομικό κόστος είχαν και σοβαρό κοινωνικό, αφού προκάλεσαν τον φόβο και την απόγνωση των κατοίκων που βίωσαν τον κίνδυνο της απώλειας ζωής τους και την καταστροφή της περιουσίας τους.

Συνολικά στο Ν. Σερρών πλημμύρες συνέβησαν 29 φορές τη δεκαετία του 1950, 11 φορές τη δεκαετία του 1960, 1 φορά τη δεκαετία του 1970 2 φορές τη δεκαετία του 1980 και 5 φορές την δεκαετία του 2010 (διάγραμμα 7). Παρατηρείται μια μείωση της συχνότητας με την οποία εμφανίζει πλημμύρες από το τέλος της δεκαετίας του 1960 και έπειτα. Περισσότερο επικίνδυνος μήνας για την εμφάνιση πλημμυρών είναι ο Φεβρουάριος και ακολουθούν οι μήνες Ιούνιος και Ιανουάριος (διάγραμμα 8).



Διάγραμμα 7. Πλημμυρικά Επεισόδια στο Ν. Σερρών ανά δεκαετία



Διάγραμμα 8. Ποσοστά εμφάνισης πλημμυρών ανά μήνα έτους για την περίοδο 1950-2015 στο Ν. Σερρών

2.4 Περιοχή μελέτης Νομός Σερρών

2.4.1 Γεωγραφική Θέση

Ο Ν. Σερρών βρίσκεται στη Βόρεια Ελλάδα και καταλαμβάνει το ανατολικότερο τμήμα της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας. Προς βορρά συνορεύει με τη Βουλγαρία και στο νότο βρέχεται από το Στρυμονικό κόλπο. Ανατολικά συνορεύει με τους νομούς Καβάλας και Δράμας και δυτικά με τους νομούς Κιλκίς και Θεσσαλονίκης. Έχει συνολική έκταση 3.970,9 km² καλύπτοντας το 2,8% της συνολικής έκτασης της χώρας. Το 48% της έκτασης του χαρακτηρίζεται πεδινό - ημιορεινό. Χαρακτηριστικό του είναι η μεγάλη πεδιάδα των Σερρών, η οποία διασχίζεται από τον ποταμό Στρυμόνα, ο οποίος πηγάζει από τη Βουλγαρία και εκβάλλει στο κόλπο του Ορφανού (Στρυμονικός κόλπος). Περιμετρικά περικλείεται από σημαντικούς ορεινούς όγκους και ειδικότερα βόρεια από την οροσειρά του Μπέλες, δυτικά από την οροσειρά Μαυροβουνίου - Βερτίσκου - Κερδυλλίων και ανατολικά από τις οροσειρές Ορβήλου - Βροντούς - Μενοικίου - Παγγαίου.

2.4.2 Κλιματολογικές Συνθήκες

Στο νομό διακρίνονται δύο κλιματικές περιοχές: α) η ορεινή του βόρειου τμήματος και β) η νοτιοανατολική. Τα κύρια χαρακτηριστικά της πρώτης περιοχής είναι ο κρύος χειμώνας και η βραχεία βλαστική περίοδο. Το ύψος της βροχόπτωσης κυμαίνεται από 600-1000 mm. Η μέση μηνιαία θερμοκρασία πέφτει κάτω από τους 15 βαθμούς Κελσίου από τον Οκτώβριο και ανεβαίνει πάλι τον Μάιο. Ψυχρότεροι μήνες είναι ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος. Η δεύτερη κλιματική περιοχή χαρακτηρίζεται από ύψους βροχόπτωσης, που κυμαίνεται από 500-600mm. Η μέση μηνιαία θερμοκρασία πέφτει κάτω από τους 15 βαθμούς Κελσίου από το Νοέμβριο. Ο ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος ενώ θερμότεροι είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος. Η κατανομή των βροχοπτώσεων παρουσιάζει δύο απόλυτα μέγιστες τιμές, την κύρια το Νοέμβριο και τη δευτερεύουσα το Μάιο.

2.4.3 Υδάτινες Επιφάνειες

Ολόκληρος ο Ν. Σερρών αποτελεί τμήμα της υδρολογικής λεκάνης του Στρυμόνα η οποία καλύπτει 6.400 km² στο Ελληνικό έδαφος. Τα κύρια επιφανειακά υδάτινα συστήματα αυτής της λεκάνης είναι:

- Ο ποταμός Στρυμόνας με ελάχιστη παροχή 12 m³/sec.
- Η τεχνητή λίμνη Κερκίνη.
- Ο ποταμός Αγγίτης με ελάχιστη παροχή 4 m³/sec.
- Ο ποταμός Κρουσοβίτης με μέση παροχή 400 lt/sec.

- Ποταμός Στρυμόνας

Ο ποταμός Στρυμόνας διασχίζει τον Ν Σερρών. Εισέρχεται σε Ελληνικό έδαφος από την Βουλγαρία, βορειοδυτικά του οικισμού Προμαχώνα, διασχίζει την τεχνητή λίμνη Κερκίνη και στην συνέχεια την πεδιάδα Σερρών, μέχρι που καταλήγει στον κόλπο Ορφανού (ή Στρυμονικό Κόλπο), στο νοτιοανατολικό άκρο του νομού.

Από την περιοχή εισόδου του στην Ελλάδα μέχρι τις εκβολές του στον ταμιευτήρα της Κερκίνης, ο ποταμός σχηματίζει κοίτη συνολικού μήκους 24km, ενώ από την Κερκίνη μέχρι τις εκβολές του στο Στρυμονικό κόλπο το συνολικό του μήκος ανέρχεται σε 77km.

Η λεκάνη απορροής του καλύπτει έκταση 17.300 km². Τα 11.035 km² ανήκουν στην Βουλγαρία και στη F.Y.R.O.M και τα 6.295 km² στην Ελλάδα. Τα πετρώματα της λεκάνης απορροής του αποτελούνται από γνεύσιους, σχιστόλιθους μάρμαρα, εκρηξιγενή πετρώματα και μεταλλικά ιζηματογενή. Σε ορισμένες θέσεις της κοίτης του, υπάρχουν συγκεντρώσεις προσχωματικού χρυσού.

Ο ποταμός είναι πλούσιος σε φερτές ύλες που προσχώνουν συνεχώς την πεδιάδα των Σερρών και τη Λίμνη Κερκίνη. Συγκεκριμένα, υπολογίζεται ότι μεταφέρονται τουλάχιστον τέσσερα εκατομμύρια (4.000.000) m³ φερτών υλών ετησίως, σε μέση ετήσια απορροή 3,4 δισεκατομμυρίων m³νερού.

Πηγάζει από το όρος Βίτοσα , σε υψόμετρο 2.200m. Ρέει προς νότο, αρχικά πολύ ορμητικός μέσα από απόκρημνες χαράδρες, ενώ στη συνέχεια σχηματίζει μια εύφορη κοιλάδα ανάμεσα στα όρη Ρούγιεν και Ρίλα. Συνεχίζοντας προς νότο,

διανοίγει μια δίοδο ανάμεσα στα όρη Μάλες και Πιρίν και λίγο πριν την είσοδό του στο ελληνικό έδαφος δέχεται τα νερά του σημαντικότερου παραποτάμου του, του Στρούμιτσα, που πηγάζει από το όρος Πλακοβίτσα, στο νοτιοανατολικό άκρο της F.Y.R.O.M.

Στην Ελλάδα εισέρχεται δια μέσου των στενών της Κούλας ή του Ρούπελ που ο ίδιος έχει διανοίξει ανάμεσα στις οροσειρές της Κερκίνης (Μπέλες) και του Όρβηλου (Αγγίστρου). Στο σημείο αυτό εξαιτίας της απότομης κλίσης του εδάφους, ο ποταμός χάνει την ορμητικότητα του και χωρίζεται σε δύο κύριους κλάδους. Ο δυτικός κλάδος καταλήγει στη Λίμνη Κερκίνη και υπερχειλίζει στη νότια πλευρά της, στη συνέχεια ρέει προς τα νοτιοανατολικά μέχρι το σημείο που ενώνεται με τον ανατολικό μεγαλύτερο κλάδο και σχηματίζουν ενιαία κοίτη κοντά στο χωριό Λιθότοπο. Από το σημείο αυτό και σε μήκος 50 km μέχρι τη συμβολή του με τον Αγγίτη, η κοίτη του Στρυμόνα είναι τεχνητή, με αναχώματα και αρδευτικά κανάλια.

Η τεχνητή αυτή κοίτη κρίθηκε απαραίτητη, επειδή η αβαθής φυσική κοίτη υπήρξε στο παρελθόν αιτία εκτεταμένων καταστροφών από πλημμύρες.

Ο Στρυμόνας συμβάλλει με τον Αγγίτη, πέντε χιλιόμετρα πριν τις εκβολές του. Στην θέση αυτή υπήρχε η αποξηραμένη σήμερα Λίμνη του Αχινού. Τέλος, ο Στρυμόνας διέρχεται ανάμεσα στα όρη Κερδύλλιο και Παγγαίο και εκβάλλει στον Στρυμονικό κόλπο, ανατολικά του χωριού Νέα Κερδύλλια σχηματίζοντας μικρό δέλτα.

Στην Ελλάδα, οι κυριότεροι παραπόταμοι που τροφοδοτούν τον Στρυμόνα είναι ο Μπούτκοβας που ρέει στην μικρή κοιλάδα των Ποροϊών, ο Εξάβης που πηγάζει από το Κερδύλλιο, ο Κρουσοβίτης που πηγάζει από τον Όρβηλο και ο Ξηροπόταμος που πηγάζει από το Μαυροβούνι.

- Λίμνη Κερκίνη

Η τεχνητή λίμνη Κερκίνης βρίσκεται στο ΒΔ τμήμα του Ν Σερρών. Είναι ένας από τους 10 Υγροτόπους Διεθνούς Σημασίας της Ελλάδας (γνωστοί και ως Υγρότοποι Ramsar). Στα βόρεια της εκτείνεται το όρος Μπέλες με υψόμετρο 2000 m, το οποίο αποτελεί και το φυσικό σύνορο Ελλάδας – Βουλγαρίας. Στα νότια και νοτιοδυτικά, το όρος Δύσωρο και Μαυροβούνι (Κρούσσια) με υψόμετρο 1180 m. Ο ποταμός Στρυμόνας είναι ο κύριος τροφοδότης της

Η έκταση που καλύπτει είναι από 54.000 έως 72.000 στρέμματα ανάλογα την εποχή του χρόνου και όταν το νερό φθάνει στο υψόμετρο των 36m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Η χωρητικότητα της ξεπερνάει τα 300.000.000 m³ νερού.

Η λίμνη δημιουργήθηκε το 1932 με την κατασκευή φράγματος στον ποταμό Στρυμόνα κοντά στο χωριό Λιθότοπος και την κατασκευή αναχωμάτων στα ανατολικά και δυτικά. Ο σκοπός της κατασκευής της ήταν η ανάσχεση και συγκράτηση των πλημμυρικών παροχών του Στρυμόνα, η συγκράτηση των φερτών υλών και η άρδευση της πεδιάδας των Σερρών. Στη θέση που κατασκευάστηκε, υπήρχε μία μικρή λίμνη (η λίμνη του Μπούτκοβου) και μεγάλη έκταση με έλη (μόνιμα και παροδικά). Εξαιτίας των μεγάλων ποσοτήτων φερτών υλών που μετέφερε ο Στρυμόνας και απόθετε στην λίμνη, η χωρητικότητά της μειώθηκε. Έτσι κατασκευάστηκε ένα μεγαλύτερο καινούριο φράγμα και έγινε επέκταση και ανύψωση των αναχωμάτων. Ταυτόχρονα έγιναν και τεχνικά έργα εκτροπής και διευθέτησης της κοίτης του Στρυμόνα ανάντη της λίμνης. Τα νέο φράγμα άρχισε να λειτουργεί το 1982.

Αν και τεχνητή, η αξία της λίμνης είναι ιδιαίτερα σημαντική.

Το 2006 η λίμνη Κερκίνη ο υδροβιότοπος της και η ευρύτερη περιοχή χαρακτηρίστηκε ως Εθνικό Πάρκο και δημιουργήθηκαν 4 ζώνες προστασίας:

- Ζώνη Απόλυτης Προστασίας της Φύσης: αποτελείται από τρία τμήματα, την περιοχή των αποικιών στο παραποτάμιο δάσος, την περιοχή των νούφαρων στο βορειοδυτικό άκρο της λίμνης και μία έκταση στο Μαυροβούνι που γειτνιάζει με τη λίμνη. Στη ζώνη αυτή επιτρέπεται μόνο η επιστημονική έρευνα, η περιβαλλοντική εκπαίδευση και η διαχείριση της φύσης.
- Ζώνη Προστασίας της Φύσης: η ζώνη αυτή είναι σε γενικές γραμμές η λίμνη και ο ποταμός. Επιτρέπονται αρκετές δραστηριότητες με την προϋπόθεση ότι δεν θα έχουν αρνητικές επιδράσεις στον υγρότοπο (αλιεία, τουρισμό, συντήρηση έργων κλπ).
- Ζώνη Οικοανάπτυξης Α': είναι η περιοχή που περιβάλλει την λίμνη και τον ποταμό. Επιτρέπονται αρκετές ανθρώπινες δραστηριότητες με βάση ορισμένες διαδικασίες και ρυθμίσεις.

- Ζώνη Οικοανάπτυξης Β': Η ζώνη αυτή περιβάλλει την ζών Οικοανάπτυξης Α'. Περιλαμβάνει τις πιο απομακρυσμένες περιοχές από τη λίμνη και τον ποταμό οι οποίες βρίσκονται στα εξωτερικά όρια της προστατευόμενης περιοχής. Επιτρέπονται οι περισσότερες ανθρώπινες δραστηριότητες με ελάχιστες δεσμεύσεις.

- Ποταμός Αγγίτης

Είναι παραπόταμος του Στρυμόνα. Το μήκος του είναι 51 χιλιόμετρα. Η διαδρομή του στο Ν Σερρών φτάνει τα 27 χιλιόμετρα. Διέρχεται από ένα θαυμάσιο φαράγγι, τις λεγόμενες Πόρτες, με πλούσια βλάστηση και ασύγκριτη φυσική ομορφιά. Άλλοτε χυνόταν στη λίμνη του Αχινού, αλλά σήμερα χύνεται στον Στρυμόνα κοντά στο χωριό Μύρκινος.

- Ποταμός Κρουσοβίτης

Παραπόταμος του Στρυμόνα, το μήκος του είναι πάνω από 30 χιλιόμετρα, πηγάζει από την περιοχή του Αχλαδοχωρίου και διασχίζει την πόλη του Σιδηροκάστρου σχηματίζοντας στη βορειοανατολική πλευρά της πόλης μια πανέμορφη κοιλάδα. Χύνεται στο ποταμό Στρυμόνα μετά το Σιδηρόκαστρο.

2.4.4 Πανίδα

Ο Ν Σερρών έχει μία πλούσια πανίδα. Στις ορεινές και ημιορεινές περιοχές ζουν ζαρκάδια, αγριογούρουνα, λαγοί, λύκοι, αρκούδες, αλεπούδες, ασβοί και αγριόγατες. Στην ορνιθοπανίδα του νομού συγκαταλέγονται τρυγόνια, πέρδικες, φάσες, αγριόκοτες, τσαλαπετεινοί, κοτσύφια, αγριόπαπιες, νερόκοτες και πολλά υδρόβια πτηνά. Οι πιο γνωστοί εποχιακοί επισκέπτες είναι οι γυμνόλαιμοι γύπες, μεγάλες οτίδες και κάποια ζευγάρια βασιλαετών. Στις πεδινές περιοχές ζουν τσίχλες, δεκαοχτούρες, ορτύκια, πελαργοί και τρυγόνια. Το καλοκαίρι στο Ν. Σερρών έχουν καταμετρηθεί περισσότερα από 800 ζεύγη πελαργών. Στον υδροβιότοπο της Κερκίνης έχουν καταμετρηθεί 230 είδη πουλιών. Από αυτά τα 100 είναι αποδημητικά, τα 130 φωλιάζουν στη γύρω περιοχή, , 76 από αυτά συμπεριλαμβάνονται στον Εθνικό Κατάλογο απειλούμενων με εξαφάνιση ειδών

και περισσότερα από 30 προστατεύονται από την Οδηγία 79/409 της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Αξίζει να σημειωθεί ότι στα αβαθή της λίμνης Κερκίνης ζει ο μοναδικός στην Ελλάδα πληθυσμός νεροβούβαλων. Έχουν καταμετρηθεί αρκετά είδη αμφιβίων όπως σαλαμάνδρες, βάτραχοι, σαλιγκάρια και 19 είδη ερπετών, όπως φίδια, χελώνες, σαύρες.

Στο Ν Σερρών υπάρχουν 25 καταφύγια θηραμάτων και μια ελεγχόμενη κυνηγετική περιοχή για λαγούς, ζαρκάδια, πέρδικες, και αγριόχοιρους. Στην ιχθυοπανίδα του Νομού συμπεριλαμβάνονται γριβάδια, γουλιανοί, πέστροφες, χέλια, τα οποία και έχουν μεγάλη οικονομική σημασία για τους κατοίκους της περιοχής.

2.4.5 Χλωρίδα

Η χλωρίδα στο Ν Σερρών παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία: στις παραλιακές περιοχές εντοπίζεται αμμόφιλη και αμμονιτρόφιλη βλάστηση, στην περιοχή των υγροτόπων υδρόφιλη και υδρόβια, ενώ στις ορεινές περιοχές δάση από πλατύφυλλα και κωνοφόρα δένδρα.

Τα δάση του νομού που καλύπτουν το 20% της έκτασης του, αποδίδουν κάθε χρόνο περίπου 115.000 m³ ξυλώδη όγκο. Τα είδη που αναπτύσσονται στα χαμηλά και μεσαία υψόμετρα είναι δρύες, ενώ στα υψηλά υψόμετρα τεχνητές φυτείες πεύκης, οξιάς και δασικής πεύκης. Στις παραλιακές περιοχές ευδοκούν θάμνοι με κυρίαρχα είδη τα ρείκια και την κουμαριά, ενώ οι ημιορεινές και ορεινές περιοχές καλύπτονται από φυλλοβόλους θάμνους.

Η υποβλάστηση στο Ν. Σερρών παρουσιάζει σπουδαία ποικιλία, λόγω του κλιματοεδαφικού παράγοντα στα ορεινά συμπλέγματα του νομού.

2.4.6 Ορυκτός Πλούτος

Ουράνιο, λιγνίτης, χρυσός, γεωθερμικό πεδίο, μεταλλικό νερό συνθέτουν το φάσμα των υπεδάφινων πόρων του νομού. Πιο συγκεκριμένα υπάρχουν δύο αρχαία ορυχεία χρυσού το ένα στο όρος Άγκιστρο και το άλλο στο Παγγαίο.

Αξιόλογο γεωθερμικό πεδίο εκτείνεται από την περιοχή Αγκίστρου, μέχρι τα Θερμά Νιγρίτας. Η γεωθερμία του πεδίου αυτού χρησιμοποιείται ήδη σε θερμοκήπια και ιαματικά λουτρά.

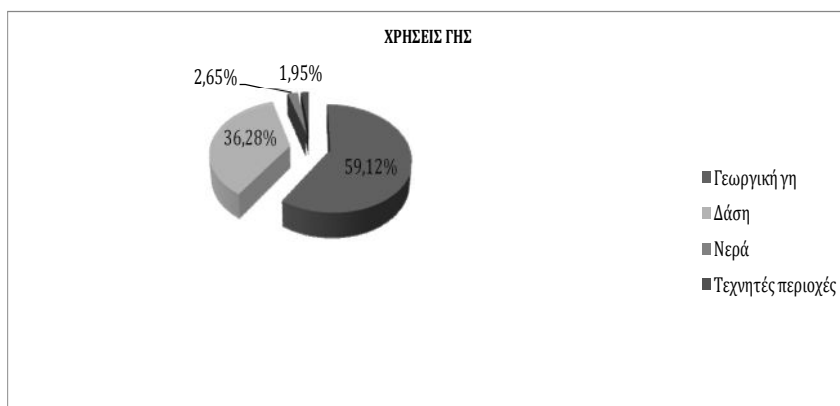
2.4.7 Χρήσεις Γης

Το σύνολο της έκτασης του νόμου ανέρχεται σε 3.971.500 στρέμματα, ανάλογα με τη χρήση, διακρίνεται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες :

- Γεωργικές περιοχές (Αρόσιμη γη, μόνιμες καλλιέργειες, βοσκότοποι-μεταβατικές δασώδεις θαμνώδεις, βοσκότοποι - συνδυασμοί θαμνώδους και / ή ποώδους βλάστησης, βοσκότοποι - εκτάσεις με αραιή ή καθόλου βλάστηση, ετερογενείς γεωργικές περιοχές).
- Δάση και ημι-φυσικές εκτάσεις (δάση, μεταβατικές δασώδεις-θαμνώδεις εκτάσεις, συνδυασμοί θαμνώδους και / ή ποώδους βλάστησης, εκτάσεις με αραιή ή καθόλου βλάστηση)
- Εκτάσεις που καλύπτονται από νερά (χερσαία ύδατα , εσωτερικές υγρές ζώνες, παραθαλάσσιες υγρές ζώνες και
- Τεχνητές περιοχές (αστική οικοδόμηση , βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες, δίκτυα συγκοινωνιών ορυχεία, χώροι απόρριψης απορριμμάτων και εργοτάξια). Σύμφωνα με στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (Εθνική απογραφή Γεωργίας - Κτηνοτροφίας 2001 Πίνακας 2) οι γεωργικές εκτάσεις καταλαμβάνουν έκταση 2.347.700 στρεμμάτων ήτοι ποσοστό 59,11%, τα δάση και ημι-φυσικές εκτάσεις 1.440.900 στρέμματα ήτοι ποσοστό 36,29%, οι εκτάσεις που καλύπτονται από νερά 105.300 στρέμματα ήτοι ποσοστό 2,65% και οι τεχνητές περιοχές 77.600 στρέμματα ήτοι ποσοστό 1,95% (διάγραμμα 9).

Πίνακας 2.Κατανομή έκτασης Ν. Σερρών κατά βασικές κατηγορίες χρήσης / κάλυψης

ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	Έκταση στρέμματα	Ποσοστό %
ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	2.347.700	59,12%
ΔΑΣΗ ΗΜΙ-ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ	1.440.900	36,28%
ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΠΟΥ ΚΑΛΥΠΤΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΝΕΡΑ	105.300	2,65%
ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	77.600	1,95%
ΣΥΝΟΛΟ	3.971.900	100



Διάγραμμα 9. Χρήσεις γης Ν. Σερρών σε ποσοστά (ΕΣΑ απογραφή 2001)

2.4.8 Υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά

Στο Νομό Σερρών οι λιθολογικοί σχηματισμοί που συμμετέχουν στη διαμόρφωση των υδρολογικών συνθηκών, είναι οι εξής:

Τεταρτογενής αποθέσεις

- Αλουβιακές αποθέσεις – Διλλουβιακά κροκαλοπαγή – Κώνοι κορημάτων – συστήματα αναβαθμίδων

Τριτογενή ιζήματα

- Μάργες – Κροκαλοπαγή – Άργιλοι

Σχηματισμοί υποβάθρου

- Σχιστόλιθοι – Γνεύσιοι – Αμφιβολίτες – Μάρμαρα
- Πυριγενή πετρώματα

Οι λιθολογικοί αυτοί σχηματισμοί ταξινομούνται ανάλογα με την υδροπερατότητα στις εξής κατηγορίες:

- Υψηλή Υδροπερατότητα

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι προσχωσιγενείς αποθέσεις του τεταρτογενούς και τα μάρμαρα του Παλαιοζωικού.

- Μέτρια έως Χαμηλή Υδροπερατότητα

Στη κατηγορία αυτή ανήκουν τα τριτογενή ιζήματα

- Μη υδροπερατοί σχηματισμοί

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται οι σχιστόλιθοι, γνεύσιοι, αμφιβολίτες και τα εκρηξιγενή πετρώματα.

Στη υδρογεωλογική κατάσταση που επικρατεί στη λεκάνη του Ν. Σερρών, βασικό ρόλο διαδραματίζουν οι προσχωσιγενείς αποθέσεις, τα μάρμαρα σαν υδροπερατά πετρώματα, αλλά και οι σχιστόλιθοι, γνεύσιοι, αμφιβολίτες που αποτελούν τον ρυθμιστικό παράγοντα στη διαμόρφωση των υδροφόρων οριζόντων και στην κατανομή των υπογείων νερών. (Ψιλοβίκος et al., 2001).

Οι υδρολογικές συνθήκες είναι ανάλογες με τους υδρολιθικούς σχηματισμούς, την τεκτονική και τη μορφολογία της περιοχής. Χαρακτηριστικό της είναι ότι γύρω από την πεδιάδα και σε επαφή με τις αλλουβιακές προσχώσεις εμφανίζονται κυρίως μη υδροπερατά έως ημιυδροπερατά πετρώματα (σχιστόλιθοι, γνεύσιοι, αμφιβολίτες, γρανίτες, μάργες, και άργιλοι) και σε πολύ μικρότερο ποσοστό υδροπερατά (μάρμαρα, κροκαλοπαγή, ψαμμίτες).

2.4.9 Πληθυσμός-Απασχόληση

Ο πληθυσμός του νομού κατά την απογραφή του 2011 ήταν 214.381 κάτοικοι, δηλαδή περίπου το 2,5% του πληθυσμού της χώρας μας.

Το 62% του πληθυσμού ασχολείται στον πρωτογενή τομέα, το 17,5% ασχολείται στο δευτερογενή τομέα και το 20,5% ασχολείται στον τριτογενή τομέα.

Ο ημιαστικός και ο αγροτικός πληθυσμός φθάνει το 80% περίπου του πληθυσμού του νομού. Διοικητικά χωρίζεται σε 7 Δήμους με 27 Δημοτικές Ενότητες και 148 Τοπικές Κοινότητες

2.4.10 Γεωργία στο Νομό Σερρών

Η καλλιεργήσιμη έκταση στο Ν. Σερρών φτάνει τα 1.890.200 στρέμματα εκ των οποίων τα 1.000.000 βρίσκονται στην πεδιάδα που οριοθετείται ως το υψόμετρο των 50μ. περίπου. Η γεωργία στο νομό είναι πολύ καλά αναπτυγμένη και πρωτοστατεί στην οικονομική ευημερία των κατοίκων της γύρω περιοχής. Υπάρχει ικανό διαθέσιμο υδατικό δυναμικό και οι καλλιέργειες που πρωτοστατούν είναι κυρίως το καλαμπόκι, η μηδική, τα ζαχαρότευτλα, το βαμβάκι, το ρύζι κ.α. Το ιδιοκτησιακό καθεστώς της καλλιεργούμενης γης

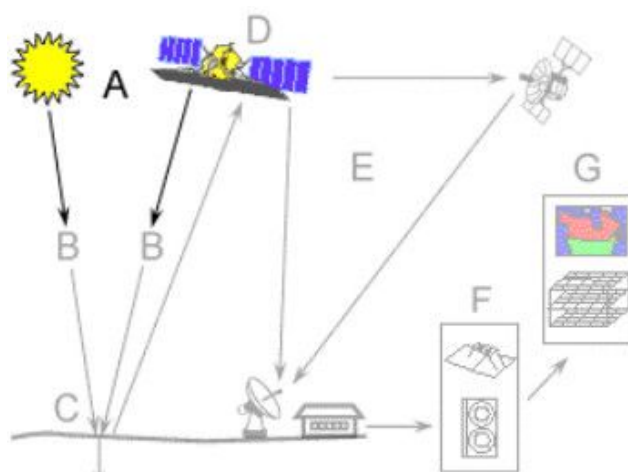
αποτελείται κατά 90% από ιδιωτικές εκτάσεις, με μέσο όρο έκτασης κατά οικογένεια 28 στρέμματα.

2.5

2.5.1

Τηλεπισκόπηση ή τηλεανίχνευση (Remote Sensing) είναι η επιστήμη και η τέχνη της απόκτησης πληροφοριών σχετικά με αντικείμενα, περιοχές ή φαινόμενα, από ανάλυση δεδομένων τα οποία αποκτήθηκαν από ένα μέσο το οποίο δεν είναι σε επαφή με το αντικείμενο, την περιοχή ή το φαινόμενο (Lillesand & Kiefer 1987). Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για την επιστήμη απόκτησης πληροφοριών σχετικά με την επιφάνεια της γης, με ειδικά όργανα ανίχνευσης και καταγραφής, τα οποία αποτελούν σε σχέση με αυτήν απομακρυσμένους αισθητήρες (remote sensors), οι οποίοι μεταφέρονται από αεροπλάνα και δορυφόρους. (Ποϊζαρίδης, et al., 2013)

Η διαδικασία της τηλεπισκόπησης περιλαμβάνει τα ακόλουθα επτά στοιχεία



Εικόνα 2. Διαδικασία τηλεπισκόπησης (Khoury- Lichaa 2014)

- Πηγή Ενέργειας ή Φωτισμού (A)

Βασική προϋπόθεση για την τηλεπισκόπηση, είναι η ύπαρξη πηγής ενέργειας η οποία προσπίπτει στο στόχο. Η απαιτούμενη ενέργεια παρέχεται με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα (ΗΜΦ) (εικόνα 3), ονομάζεται το εύρος της περιοχής συχνοτήτων που καλύπτουν τα

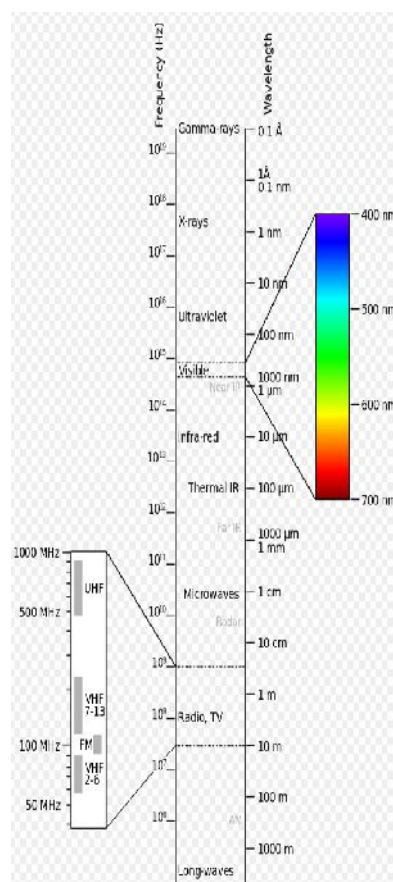
ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Με βάση κάποιες χαρακτηριστικές ιδιότητες των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, το ΗΜΦ χωρίζεται σε επιμέρους περιοχές. Για την τηλεπισκόπηση χρησιμοποιούνται συγκεκριμένες περιοχές του ΗΜΦ, τις οποίες θα δούμε συνοπτικά παρακάτω.

Το φως το οποίο ανιχνεύεται από το οπτικό σύστημα του ανθρώπου, είναι τμήμα του ορατού φάσματος (visible radiation). Τα μήκη κύματος του ορατού φάσματος κυμαίνονται από 0.4 έως 0.7 μm . Σημειώνεται πως πρόκειται για τη μόνη περιοχή του φάσματος που μπορούμε να συσχετίσουμε με την έννοια των χρωμάτων.

- Ιώδες: 0.4 – 0.446 μm
- Μπλε: 0.446 – 0.500 μm
- Πράσινο: 0.500 – 0.578 μm
- Κίτρινο: 0.578 – 0.592 μm
- Πορτοκαλί: 0.592 – 0.620 μm
- Ερυθρό: 0.620 – 0.7 μm

Τα μήκη κύματος της υπέρυθρης ακτινοβολίας (Infrared radiation) κυμαίνονται από 0.7 έως 100 μm . Το υπέρυθρο τμήμα χωρίζεται σε δύο περιοχές, αυτή του ανακλώμενου υπέρυθρου (IR) και αυτή του εκπεμπόμενου ή θερμικού (TIR). Η ακτινοβολία στο ανακλώμενο IR καλύπτει μήκη κύματος από 0.7 έως 3.0 μm και χρησιμοποιείται όπως το ορατό τμήμα, ενώ το TIR διαφέρει διότι αποτελεί την ενέργεια που εκπέμπεται από τη Γη με την μορφή θερμότητας και καλύπτει μήκη κύματος από 3.0 έως 100 μm .

Τα τελευταία χρόνια, για την τηλεπισκόπηση παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον τα μικροκύματα (Microwave radiation) και πιο συγκεκριμένα αυτά με μήκη κύματος από 1mm έως 1m.



Εικόνα 3. Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

- Ακτινοβολία και Ατμόσφαιρα (B)

Καθώς η ενέργεια, η οποία όπως ειπώθηκε παραπάνω παρέχεται με την μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ταξιδεύει από την πηγή στο στόχο, έρχεται σε επαφή και αλληλεπιδρά με την ατμόσφαιρα. Η επίδραση αυτή προκαλείται λόγω των μηχανισμών της σκέδασης και της απορρόφησης. Σκέδαση προκύπτει όταν σωματίδια αερίου στην ατμόσφαιρα αλληλεπιδρούν με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και προκαλούν ανακατεύθυνση αυτής προς το σημείο εκπομπής της. Ο βαθμός που επιδρά στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι συνάρτηση διαφόρων παραγόντων όπως το μήκος κύματος της ακτινοβολίας και η ποσότητα των σωματιδίων. Απορρόφηση είναι το φαινόμενο κατά το οποίο τα μόρια στην ατμόσφαιρα απορροφούν ακτινοβολία σε διάφορα μήκη κύματος. Τα τρία κύρια ατμοσφαιρικά συστατικά τα οποία απορροφούν ακτινοβολία είναι το όζον, το διοξείδιο του άνθρακα και οι υδρατμοί.

- Αλληλεπίδραση με τον στόχο (C)

Η ακτινοβολία που δεν υφίσταται σκέδαση και απορρόφηση φτάνει στην επιφάνεια της γης και αλληλεπιδρά με τα επιφανειακά χαρακτηριστικά της. Η προσπίπτουσα αυτή ακτινοβολία υφίσταται τρεις μορφές σκέδασης: απορρόφηση, μετάδοση και ανάκλαση.

Η απορρόφηση συμβαίνει όταν η ακτινοβολία απορροφάται από το αντικείμενο, η μετάδοση όταν διαπερνά το μέσο και η ανάκλαση όταν αυτή προσπίπτει στο μέσο και επιστρέφει σε διαφορετικές κατευθύνσεις. Στην τηλεπισκόπηση μας ενδιαφέρει η ανακλώμενη ακτινοβολία. Όσον αφορά την ανάκλαση, όταν η επιφάνεια είναι λεία, αυτή είναι κατοπτρική, όπου όλη (ή σχεδόν όλη) η ενέργεια κατευθύνεται μακριά από την επιφάνεια του αντικειμένου προς μία κατεύθυνση και η διάχυτη, όταν η επιφάνεια είναι τραχιά και η ενέργεια ανακλάται σχεδόν ομοιόμορφα προς όλες τις κατευθύνσεις.

Τέλος, κάθε αντικείμενο πάνω στη γη ανακλά με διαφορετικό τρόπο την ακτινοβολία για τα διάφορα μήκη κύματος όταν εκτίθεται σε ΗΜ κύματα, ενώ κάθε θερμαινόμενο αντικείμενο εκπέμπει ενέργεια με συγκεκριμένη ένταση για κάθε μήκος κύματος. Ο τρόπος με τον οποίο κάθε συγκεκριμένο αντικείμενο ανακλά ή εκπέμπει ακτινοβολία για κάθε μήκος κύματος, ονομάζεται φασματική ταυτότητα ή απόκριση.

- Καταγραφή της Ενέργειας από τον Αισθητήρα (D)

Αφού η ενέργεια διασπαστεί ή εκπεμφθεί από το στόχο, είναι αναγκαίος ένας αισθητήρας για την συλλογή και καταγραφή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Το μέρος της ακτινοβολίας που ανακλάται από την επιφάνεια της γης, διέρχεται πάλι μέσα από την ατμόσφαιρα με προορισμό το διάστημα. Σε ύψος συνήθως 300 έως 800 km βρίσκονται σε τροχιά οι τεχνητοί δορυφόροι οι οποίοι είναι εξοπλισμένοι με ανιχνευτές. Η ακτινοβολία που ανακλάστηκε προς το διάστημα, διέρχεται μέσα από πρισματικές διατάξεις που την διαχωρίζουν σε φασματικές ζώνες προκαθορισμένου εύρους και στη συνέχεια οδηγείται σε φωτοδιόδους – CCDs που τη μετατρέπουν σε ηλεκτρικό σήμα.

- Μετάδοση, υποδοχή και επεξεργασία (E)

Η ενέργεια καταγεγραμμένη από τον αισθητήρα, διαβιβάζεται συχνά σε ηλεκτρονική μορφή, σε έναν σταθμό λήψης και επεξεργασίας, όπου τα δεδομένα επεξεργάζονται ώστε να αποδίδονται ως έντυπη ή ψηφιακή εικόνα. Το ηλεκτρικό σήμα που αναφέραμε προηγουμένως, κβαντοποιείται σε μορφή δυαδικών αριθμών και μεταδίδεται προς τη Γη, σε επίγειους σταθμούς, όπου το επεξεργάζονται, διορθώνεται και λαμβάνει την τελική μορφή ψηφιακής εικόνας.

- Ερμηνεία και Ανάλυση (F)

Η επεξεργασμένη εικόνα ερμηνεύεται οπτικά, ψηφιακά ή ηλεκτρονικά έτσι ώστε να εξαχθούν πληροφορίες σχετικά με τον στόχο, στον οποίο είχε προσπέσει η ΗΜ ακτινοβολία. Ανάλογα τα χαρακτηριστικά που θα μελετηθούν επιλέγεται ο φασματικός τύπος του ανιχνευτή, ώστε να ληφθεί η μέγιστη ποσότητα πληροφοριών. Για παράδειγμα εάν κάποιος επιθυμεί να αναλύσει τα θαλάσσια οικοσυστήματα θα πρέπει να μελετήσει εικόνες στο μπλε τμήμα της ΗΜ ακτινοβολίας, καθώς σε αυτή την περιοχή υπάρχει δυνατότητα διείσδυσης της ακτινοβολίας στο νερό. Εάν όμως ζητούμενο είναι η χαρτογράφηση της ακτογραμμής, θα χρειαστεί το φασματικό τμήμα στο εγγύς υπέρυθρο, καθώς το νερό απορροφά πλήρως την ΗΜ ακτινοβολία σε αυτό το τμήμα, ενώ το έδαφος (ακτή) θα εμφανίζει ανάκλαση με αποτέλεσμα να εμφανίζεται μια σαφής διαφοροποίηση κατάλληλη για την αποτύπωση του ορίου ύδατος-ακτής.

- Εφαρμογή (G)

Το τελικό στάδιο της τηλεπισκόπησης, είναι η εφαρμογή των πληροφοριών που εξήχθησαν από τις εικόνες, με σκοπό την κατανόηση του στόχου.

2.5.2 Εξέλιξη της τηλεπισκόπησης

Η εξέλιξη της τηλεπισκόπησης συνδέεται σε μεγάλο βαθμό με την εξέλιξη της πτήσης. Οποιοδήποτε εναέριο μέσο υπήρχε, όπως για παράδειγμα τα αερόστατα, χρησιμοποιήθηκε για την λήψη φωτογραφιών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο Tournaillon, ο οποίος το 1858 πραγματοποίησε λήψη φωτογραφιών του Παρισιού από το αερόστατό του. Ωστόσο, οι εικόνες αυτές δεν ήταν ιδιαίτερα χρήσιμες για επιστημονικούς σκοπούς, όπως η χαρτογράφηση περιοχών.

Η συστηματική λήψη αεροφωτογραφιών, αναπτύχθηκε αρχικά για σκοπούς στρατιωτικής επιτήρησης και αναγνώρισης, κατά τη διάρκεια του Α παγκοσμίου πολέμου και κορυφώθηκε κατά τη διάρκεια του Ψυχρού πολέμου με τη χρήση τροποποιημένων πολεμικών αεροσκαφών, όπως τα P-51 και TR-1.

Κομβική για την εξέλιξη της τηλεπισκόπησης, υπήρξε η δεκαετία του 1960. Έως τότε χρησιμοποιούνταν όρος αεροφωτογραφία, όμως λόγω της ανάπτυξης νέων μεθόδων και τεχνολογιών για την ανίχνευση της επιφάνειας της γης, το 1960 εισήχθη ο όρος τηλεπισκόπηση. Κατά τη διάρκεια των δεκαετιών του 1960 και του 1970, χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά αισθητήρες τηλεπισκόπησης σε δορυφόρους, λόγω του ότι μπορούσαν να καλύψουν πολύ μεγαλύτερες αποστάσεις απ' ό,τι τα αεροπλάνα και μπορούσαν να παρακολουθούν περιοχές ενδιαφέροντος σε τακτική βάση.

Ένας άλλος καθοριστικός παράγοντας για την εξέλιξη της τηλεπισκόπησης, ήταν και η μετατροπή των εικόνων από αναλογικές σε ψηφιακές. Η ψηφιακή μορφή επέτρεψε την προβολή και ανάλυση εικόνων με τη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών, μία τεχνολογία η οποία γνώρισε ραγδαία εξέλιξη κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970. Την περίοδο εκείνη, κατασκευάστηκαν αισθητήρες οι οποίοι κατέγραφαν ταυτόχρονα την επιφάνεια της Γης σε διάφορες περιοχές του ΗΜΦ. Αυτό έδωσε την δυνατότητα λήψης φωτογραφιών, πέραν το οπτικού

φάσματος, γεγονός το οποίο είχε ως αποτέλεσμα την ανίχνευση αντικειμένων στη επιφάνεια της Γης, τα οποία δεν μπορούσαν να ανιχνευθούν με μία απλή αεροφωτογραφία. Τέλος, την περίοδο αυτή πρωτοεμφανίστηκε μία συνεχιζόμενη ανησυχία για τις αλλαγές του φυσικού περιβάλλοντος της Γης, η παρακολούθηση των οποίων κατέστη δυνατή με την βοήθεια της τηλεπισκόπησης. Σήμερα, πολλοί δορυφόροι με αισθητήρες και προγράμματα τηλεανίχνευσης, παρακολουθούν την επιφάνεια της Γης και όχι μόνο.

2.5.3 Χρήση δεδομένων τηλεπισκόπησης

Όσο μεγάλο είναι το εύρος των δεδομένων που μπορούν να καταγραφούν με την τηλεπισκόπηση, τόσες είναι και οι εφαρμογές στις οποίες αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Η επεξεργασία και ερμηνεία εικόνων τηλεανίχνευσης, μπορεί να βοηθήσει διάφορες επιστήμες, όπως για παράδειγμα στη Γεωλογία, την Οικολογία, την Γεωπονική, την Τοπογραφία, την Δασολογία και πολλές άλλες. Μία από τις σημαντικότερες εφαρμογές της, είναι η παρακολούθηση, πρόληψη και αντιμετώπιση των φυσικών καταστροφών. Τέλος, για να αναδειχθεί η σημαντικότητα της μεθόδου, ακολουθούν ενδεικτικά μερικές από τις εφαρμογές της:

- μέτρηση του πληθυσμού υπό εξαφάνιση ειδών,
- παρακολούθηση της μετανάστευσης των πουλιών
- οριοθέτηση λεκανών απορροής
- ανακάλυψη αρχαιολογικών χώρων
- εύρεση ορυκτών κοιτασμάτων
- εύρεση αγνοούμενων ανθρώπων
- παρατήρηση των κλιματικών μεταβολών
- παρακολούθηση του ρυθμού τήξης των πάγων

2.5.4 Τηλεπισκόπηση στη διαχείριση πλημμυρών

Μεταξύ όλων των φυσικών κινδύνων, αυτός της πλημμύρας είναι ίσως ο πιο καταστροφικός, από άποψη διάδοσης και συχνότητας εμφάνισης του. Η επιστήμη της Τηλεπισκόπησης σε συνδυασμό με τα Γεωγραφικά Συστήματα

Πληροφοριών (ΓΠΣ/GIS), που θα αναφερθούν παρακάτω, εισήγαγαν νέες μεθόδους στη διαχείριση των πλημμυρών. Επιστήμονες και ερευνητές, επενδύουν χρόνο και χρήματα για να βρουν ακριβείς και ταχύτερες μεθόδους πρόβλεψης και εκτίμησης, του βάθους και της έκτασης των πλημμυρών. Οι λήψη δορυφορικών εικόνων, συνεισφέρει με πολύ αποτελεσματικό τρόπο στη διαχείριση των πλημμυρών, καθώς καθιστά εφικτά τα ακόλουθα:

- Λεπτομερή χαρτογράφηση, απαραίτητη για την δημιουργία χαρτών αξιολόγησης κινδύνου και εισαγωγή αυτών των δεδομένων σε διάφορους τύπους υδρολογικών μοντέλων
- Ανάπτυξη ευρύτερης εικόνας σχετικά με την γενική κατάσταση των πλημμυρών σε λεκάνες απορροής ποταμών και παράκτιες περιοχές, με στόχο τον εντοπισμό των περιοχών που διατρέχουν τον μεγαλύτερο κίνδυνο και την ανάγκη για άμεση βοήθεια
- Παρακολούθηση των αλλαγών χρήσης/κάλυψης της γης κατά τη διάρκεια των ετών, για την ποσοτικοποίηση σημαντικών αλλαγών στο περιβάλλον

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, η τηλεπισκόπηση δίνει την δυνατότητα διαχρονικής παρακολούθησης της γήινης επιφάνειας σε ελάχιστο χρόνο και με μικρό κόστος, παρέχοντας τη δυνατότητα καταγραφής όλων των μεταβολών που συμβαίνουν στο φυσικό περιβάλλον και επομένως διευκολύνει την αντιμετώπιση ή την πρόβλεψη πιθανών προβλημάτων που απορρέουν από τις μεταβολές αυτές.

2.6 Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών

2.6.1 Γενικά

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ) είναι μια ευρεία, πολύπλοκη και ταχέως αναπτυσσόμενη τεχνολογία. Ο Tomlinson (1984) αναφέρει ότι τα συστήματα αυτά δεν είναι ένα γνωστικό αντικείμενο, αλλά η κοινή βάση μεταξύ επεξεργασίας πληροφοριών και πολυάριθμων γνωστικών αντικειμένων τα οποία χρησιμοποιούν χωρικές αναλύσεις

Γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών ή Geographic Information System (ΓΣΠ,GIS) είναι ένα πληροφοριακό σύστημα το οποίο χρησιμοποιείται για εισαγωγή, ανάκτηση, διαχείριση, ανάλυση και απόδοση γεωγραφικών δεδομένων (δεδομένων με χωρική αναφορά), έχοντας ως κύριο στόχο την υποστήριξη διαδικασιών λήψης αποφάσεων που σχετίζονται με το σχεδιασμό και τη διαχείριση χρήσεων γης, φυσικών διαθεσίμων, περιβάλλοντος, μεταφορών, υπηρεσιών σε αστικό χώρο κλπ.

Πρόκειται για ένα ισχυρό σύνολο εργαλείων για τη συλλογή, την αποθήκευση, το μετασχηματισμό και την απεικόνιση χωρικών δεδομένων του πραγματικού κόσμου για ένα συγκεκριμένο σκοπό (Burrough 1986).

Ένας ευρύς ορισμός που μπορεί να δοθεί είναι αυτός που θεωρεί ότι το ΓΣΠ είναι εκείνο το πληροφοριακό σύστημα το οποίο έχει κατασκευαστεί προκειμένου να επεξεργάζεται δεδομένα τα οποία προσδιορίζονται με χωρικές συντεταγμένες. Ένα ΓΣΠ αποτελείται από ένα σύστημα βάσεων δεδομένων με δυνατότητα καταγραφής χωρικών δεδομένων και από ένα σύστημα λειτουργιών επεξεργασίας και απεικόνισης των δεδομένων αυτών (Gahegan-Ehlers 2000).

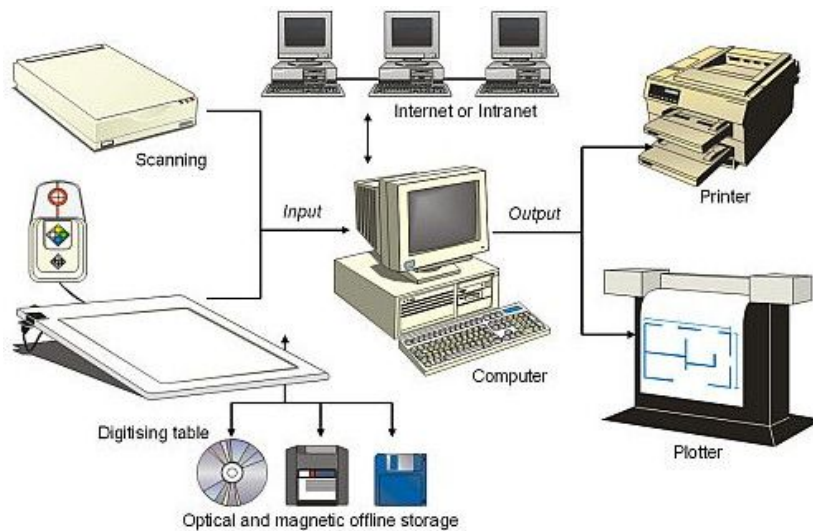
2.6.2 Επιμέρους τμήματα

Ένα ΓΣΠ, ως σύστημα, αποτελείται από τα παρακάτω βασικά μέρη (εικόνα 4):

- Το μηχανολογικό εξοπλισμό (hardware)
- Το λογισμικό (software)
- Το πλαίσιο οργάνωσης της λειτουργίας

- Μηχανολογικός εξοπλισμός (hardware)

Περιλαμβάνει την κεντρική μονάδα επεξεργασίας η οποία συνδέεται με: μονάδες αποθήκευσης δεδομένων (σκληρούς δίσκους, μαγνητικές ταινίες, CD-ROM), περιφερειακά (ψηφιοποιητής, σαρωτής) που χρησιμοποιούνται για την μετατροπή των δεδομένων τα οποία είναι αποτυπωμένα σε χάρτες σε ψηφιακή μορφή, εκτυπωτή ή αυτόματο σχεδιαστή για την τελική απεικόνιση των αποτελεσμάτων και οθόνη.



Εικόνα 4 Τυπικό γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών

- Το λογισμικό (software)

Τα μέρη του λογισμικού, επιτρέπουν:

- ο Την είσοδο και την επαλήθευση των δεδομένων.

Περιλαμβάνει όλη την διαδικασία μετατροπής των δεδομένων τα οποία προέρχονται από χάρτες, παρατηρήσεις, δορυφορικά δεδομένα και αεροφωτογραφίες, σε ψηφιακή μορφή συμβατή με το σύστημα. Επίσης την επαλήθευση δεδομένων και την διόρθωση τυχόν λαθών.

- ο Την αποθήκευση των δεδομένων και την διαχείριση της βάσης δεδομένων

Περιλαμβάνει τον τρόπο με τον οποίο η θέση των αντικειμένων, η τοπολογία τους και τα χαρακτηριστικά τους οργανώνονται και αποθηκεύονται στο σύστημα. Ο τρόπος προϋποθέτει την εύκολη διαχείριση της πληροφορίας από το σύστημα και την εύκολη κατανόηση από το χρήστη και για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται Συστήματα Διαχείρισης Βάσης Δεδομένων.

- ο Το μετασχηματισμό και την ανάλυση δεδομένων

Περιλαμβάνει τους μετασχηματισμούς που εφαρμόζονται τόσο στα χωρικά όσο και στα μη χωρικά δεδομένα και αφορούν για παράδειγμα την αλλαγή της κλίμακας, τη μετατροπή του γεωγραφικού συστήματος συντεταγμένων κλπ.

- ο Την έξοδο και απεικόνιση των αποτελεσμάτων

Αφορά τον τρόπο απεικόνισης των αποτελεσμάτων των δεδομένων και της παρουσιάσής τους στον χρήστη, με πίνακες, σχεδιαγράμματα, χάρτες κλπ.

- ο Την αλληλεπίδραση με τον χρήστη

Ο χρήστης θέτει ερωτήματα και περιμένει απαντήσεις από το ΓΣΠ, βάσει των δεδομένων που έχει εισαγάγει σε αυτό. Η αλληλεπίδραση αυτή πραγματοποιείται μέσω της επιφάνειας εργασίας, η οποία αποτελείται από εντολές προσαρμοσμένες στα αντίστοιχα μενού.

- Το πλαίσιο οργάνωσης της λειτουργίας

Περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των στόχων και των ερωτημάτων από το χρήστη και τη διαχείριση της διαθέσιμης πληροφορίας, ώστε να απαντηθούν τα ερωτήματα που έχουν τεθεί. Υπάρχει συνεχής αλληλεπίδραση με τον χρήστη και όταν αυτό απαιτείται πραγματοποιείται επαναπροσδιορισμός των στόχων βάσει των αποτελεσμάτων της ανάλυσης των δεδομένων.

Ερωτήσεις που θα μπορούσε να θέσει ο χρήστης σε ένα ΓΣΠ είναι οι ακόλουθες:

- Πώς απεικονίζεται η περιοχή ενδιαφέροντος;
- Πού βρίσκεται το αντικείμενο A;
- Που βρίσκεται το A σε σχέση με το B;
- Τι θα συμβεί εάν...;
- Πόσο από το A υπάρχει στην περιοχή Γ
- Ποιος είναι συντομότερος από το A στο B;

2.6.3 Εξέλιξη των ΓΣΠ

Οι διάφορες μέθοδοι αποτύπωσης και διανομής της γης απασχόλησαν τις ανθρώπινες κοινωνίες από τη στιγμή που ο άνθρωπος άρχισε να ζει σε οργανωμένες κοινωνίες. Με το πέρασμα των χρόνων άρχισε η συγκέντρωση και αξιοποίηση πληροφοριών για την γη και τις χρήσεις της, ενώ αναπτύχθηκαν διάφορες επιστήμες όπως η Χαρτογραφία και η Γεωδαισία. Ο πρώτος γνωστός συνδυασμός χαρτογραφικού υλικού και άλλων περιγραφικών πληροφοριών εμφανίστηκε στους γεωγραφικούς άτλαντες στα μέσα του 19^{ου} αιώνα. Χάρτες που σχεδιάστηκαν κατά την εκστρατεία του Μεγάλου Ναπολέοντα στη Ρωσία

τον 19^ο αιώνα, δείχνουν κινήσεις στρατευμάτων με ημερομηνίες και στοιχεία για τις καιρικές συνθήκες, ενώ γεωγραφικοί άτλαντες σε διάφορες χώρες από τα μέσα του 19^{ου} αιώνα συσχέτιζαν χωρικές και περιγραφικές πληροφορίες.

Η συστηματική ανάπτυξη των ΓΣΠ ξεκίνησε τις δεκαετίες του 1940 και 1950, όταν εμφανίστηκαν και οι πρώτοι Η/Υ σε παρόμοιες εφαρμογές, ενώ οι πρώτες εφαρμοσμένες και ολοκληρωμένες προσπάθειες αναφέρονται στα μέσα της δεκαετίας του 1960. Κατά την δεκαετία αυτή, αναπτύχθηκε το πρώτο μεγάλο ΓΣΠ, το Canada Geographic Information System, με σκοπό να παράγει στατιστικά αγροτικά στοιχεία για την αποτελεσματικότερη ανάπτυξη χρήσεων γης στις αγροτικές περιοχές του Καναδά, δηλαδή ένα σύγχρονο Κτηματολόγιο (Longley, et al., 2010). Την ίδια περίπου εποχή, άρχισε να παράγεται στο Laboratory of Computer Graphics and Spatial Analysis του Πανεπιστημίου του Harvard, ένας μεγάλος αριθμός λογισμικών για αυτοματοποιημένη χαρτογραφία και ΓΣΠ.

Το 1969 ιδρύθηκε η εταιρεία Environmental systems Research Institute, η οποία παρήγαγε λογισμικό βασισμένο στις τεχνικές και εφαρμογές του Harvard. Το 1980 η ESRI παρουσίασε στην αγορά το πρώτο πρόγραμμα ΓΣΠ, που εκμεταλλεύθηκε τις δυνατότητες των super-mini ηλεκτρονικών υπολογιστών, το ARC/INFO, ενώ άλλα λογισμικά πακέτα ΓΣΠ που χρησιμοποιήθηκαν κυρίως στις Η.Π.Α. τις δεκαετίες του 1960 και 1970, είναι τα: NARIS (αποθήκευση και διαχείριση δεδομένων του φυσικού περιβάλλοντος), MIDAS (διαχείριση δασικού περιβάλλοντος) και STORET (καταγραφή υδρολογικών δεδομένων).

Τέλος, σημειώνεται πως τα παραπάνω συστήματα λειτουργούσαν σε mainframe συστήματα Η/Υ με υψηλό κόστος και ιδιαίτερη δυσχέρεια στη λειτουργία. Με την ανάπτυξη όμως ισχυρών Personal Computer (PC) και λειτουργικών συστημάτων windows, τα λογισμικά ΓΣΠ μπήκαν σε μια νέα εποχή, με φιλικό προς τον χρήστη περιβάλλον εργασίας και ιδιαίτερα χαμηλό κόστος λειτουργίας. Σήμερα δεκάδες εταιρείες παράγουν λογισμικά για ανάπτυξη ΓΣΠ. (Δήμας 2010).

2.6.4 Βασικές αρχές λειτουργίας

Όσον αφορά τις βασικές αρχές λειτουργίας ενός ΓΣΠ, ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

- Επιλογή και δημιουργία μίας βάσης δεδομένων με χωρική πληροφορία.
- Επιλογή του λογισμικού οπτικοποίησης και διαχείρισης της βάσης.
- Επιλογή του συστήματος συντεταγμένων και του υπόβαθρου ανάλογα με την εφαρμογή (χάρτης Ελλάδας, ψηφιακό μοντέλο εδάφους, χάρτης πολεοδομικού συγκροτήματος κ.α.).
- Εκμάθηση της πληροφορίας.
- Μετατροπή της πληροφορίας σε δεδομένο δίνοντας γεωγραφική αναφορά.
- Ανάκληση του δεδομένου αυτού στο γραφικό περιβάλλον οπτικοποίησης.
- Τέλος, εξαγωγή συμπερασμάτων ή συνέχιση επιπλέον επεξεργασίας.

2.6.5 Δομές Δεδομένων

Σε ένα ΓΣΠ, τα γεωγραφικά δεδομένα που εισάγονται μέσω ψηφιοποίησης, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

1. Χωρικά δεδομένα
2. Μη χωρικά δεδομένα ή ποιοτικά ή περιγραφικά

Τα χωρικά δεδομένα μπορούν να αναπαρίστανται με δύο βασικές δομές: την διανυσματική και τη ψηφιδωτή δομή.

- Διανύσματα (Vector)

Όλα τα χωρικά δεδομένα μπορούν να αναπαρασταθούν με τρεις βασικούς τύπους γεωμετριών: σημεία, γραμμές και πολύγωνα. Στην ουσία τα πάντα αναπαρίστανται από γραμμές, καθώς το σημείο είναι μία γραμμή μηδενικού μήκους και το πολύγωνο μια ακολουθία γραμμών με αρχή και τέλος την ίδια κορυφή. Η γεωμετρία που θα υιοθετηθεί για το συμβολισμό ενός αντικειμένου εξαρτάται από την κλίμακα απεικόνισης και το σκοπό της εφαρμογής που αναπτύσσεται.

- Ψηφιδωτά (Raster)

Η ψηφιδωτή δομή δεδομένων χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις που το χωρικό φαινόμενο που αποτυπώνεται χαρακτηρίζεται ως συνεχής μεταβλητή (π.χ. υψόμετρο εδάφους, κατανομή θορύβου) ή σε περιπτώσεις που στο ΓΣΠ θέλουμε να ενσωματώσουμε μια σαρωμένη αεροφωτογραφία ή μια δορυφορική εικόνα. Οι ψηφιδωτές δομές δεδομένων έχουν περιορισμένες δυνατότητες σύνδεσης με περιγραφικά χαρακτηριστικά.

2.6.6 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα ΓΣΠ

Τα Γ.Σ.Π. παρουσιάζουν διάφορα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Αυτά είναι (Καρτέρης 1994):

A. Πλεονεκτήματα

- Τα δεδομένα διατηρούνται σε ψηφιακή μορφή (π.χ. δισκέτες, μαγνητικές ταινίες (tapes), σκληροί δίσκοι (Hard Disks), CD-ROM, DVD-ROM, κ.λπ.).
- Οι γεωγραφικές βάσεις δεδομένων είναι ποσοτικές πληροφορίες οι οποίες είναι δυνατόν να καταχωρούνται κατά οποιαδήποτε γεωγραφική μονάδα ή διάταξη π.χ. κατά νομό, κοινοτική ή δημοτική περιφέρεια, δασαρχείο, δασικό σύμπλεγμα, τοπογραφικό χάρτη, εκτάριο, συγκεκριμένο δίκτυο καννάβου κ.λπ.
- Οι γεωγραφικές βάσεις δεδομένων είναι δυνατόν να δημιουργηθούν για οποιοδήποτε αντικείμενο, χαρακτηριστικό, ιδιότητα ή συνδυασμό αυτών. Υπάρχοντα δεδομένα (π.χ. από διαχειριστικές μελέτες των δασών) είναι δυνατόν να ενσωματωθούν, με ή χωρίς αλλαγές και επεξεργασία, στη βάση δεδομένων εφόσον είναι κατά χώρο προσανατολισμένα.
- Τα υπάρχοντα ηλεκτρονικά όργανα και λογισμικά επιτρέπουν διάφορες μορφές επεξεργασίας, όπως μετρήσεις, χαρτογραφικές επικαλύψεις, μετατροπές κ.λπ.
- Ο γρήγορος και επαναλαμβανόμενος έλεγχος ή εξέταση θεωρητικών μοντέλων για την εκτίμηση επιστημονικών κριτηρίων.
- Οι διάφορες μορφές εξαγόμενων αποτελεσμάτων παράγονται πολύ γρήγορα, αποτελούνται από μεμονωμένα ή σύνθετα θέματα, για

οποιαδήποτε γεωγραφική θέση της βάσης δεδομένων και σε οποιαδήποτε κλίμακα.

- Η εύκολη ενημέρωση της βάσης δεδομένων η οποία επιτρέπει τον αποτελεσματικό εντοπισμό και ανάλυση των αλλαγών που έγιναν σε δύο ή περισσότερες περιόδους.
- Πολλές μορφές ανάλυσης πραγματοποιούνται με πολύ μικρότερο κόστος απ' ό τι με τις κλασικές μεθόδους. Π.χ. στην περίπτωση συνδυασμού πολλών θεματικών χαρτών ή του υπολογισμού των εκθέσεων και κλίσεων από έναν τοπογραφικό χάρτη.
- Όλες οι αναλύσεις γίνονται κατά αντικειμενικό τρόπο, τα δε αποτελέσματα παράγονται αυτόματα.

Μειονεκτήματα

- Το αρχικό κόστος απόκτησης του συστήματος καθώς και της τεχνικής υποστήριξης και συντήρησης αυτού είναι αρκετά υψηλό.
- Η αποτελεσματική χρήση του συστήματος προϋποθέτει την άρτια εκπαίδευση του κατάλληλου προσωπικού.
- Απαιτούν μεγάλο αριθμό δεδομένων για να είναι αποδοτικά στο μέγιστο βαθμό.
- Λόγω του ότι η γη είναι σφαιρική, σε μεγάλες κλίμακες αυξάνεται το γεωγραφικό σφάλμα.
- Η χρήση των ΓΣΠ μπορεί να θεωρηθεί υπεύθυνη για παραβίαση του ιδιωτικού βίου.

2.6.7 Συστήματα συντεταγμένων – προβολικά συστήματα

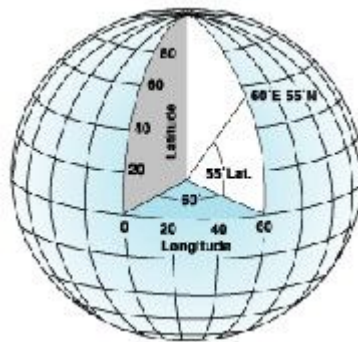
Ένα σύστημα συντεταγμένων, είναι ένα σύστημα αναφοράς το οποίο χρησιμοποιείται για να αντιπροσωπεύει τις θέσεις των γεωγραφικών χαρακτηριστικών, των εικόνων και των παρατηρήσεων, όπως οι τοποθεσίες του GPS (Global Positioning System) μέσα σε ένα κοινό γεωγραφικό πλαίσιο.

Δύο κοινά είδη συστημάτων που χρησιμοποιούνται σε γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS), είναι τα ακόλουθα:

- Σφαιρικά συστήματα συντεταγμένων τα οποία συχνά αναφέρονται και ως γεωγραφικά συστήματα συντεταγμένων (geographic coordinate

systems – GCS). Τα γεωγραφικά συστήματα συντεταγμένων χρησιμοποιούν μία τρισδιάστατη σφαιρική επιφάνεια για να απεικονίσουν θέσεις στη γη.

Τα GCS προσδιορίζονται από γωνιακές μετρήσεις, έναν κεντρικό μεσημβρινό και ένα σημείο αναφοράς. Κάθε σημείο στην επιφάνεια της γης, προσδιορίζεται από τις τιμές του γεωγραφικού πλάτους και μήκους, τα οποία είναι γωνίες ο οποίες μετρώνται από το κέντρο της γης έως το σημείο και συχνά μετρώνται σε μοίρες. Στην ακόλουθη εικόνα φαίνεται η γη ως σφαίρα και οι τιμές γεωγραφικού μήκους και πλάτους.



Εικόνα 1. Σφαιρική γη και τιμές γεωγραφικού πλάτους και μήκους

Στο σφαιρικό σύστημα οι οριζόντιες γραμμές (East-West lines) είναι γραμμές του ίδιου γεωγραφικού πλάτους και ονομάζονται παράλληλοι. Οι κάθετες γραμμές (North-South lines) είναι γραμμές του ίδιου γεωγραφικού μήκους και ονομάζονται μεσημβρινοί.

- Προβαλλόμενα συστήματα συντεταγμένων (projected coordinate systems – PCS)_τα οποία ορίζονται σε μία απλή επίπεδη δισδιάστατη, επιφάνεια. Σε αντίθεση με τα GCS, τα PCS αυτά έχουν σταθερά μήκη, γωνίες και περιοχές στις δύο διαστάσεις. Ένα PCS, βασίζεται πάντα σε ένα GCS, ενώ ένα GCS βασίζεται πάντα σε μία σφαιρική επιφάνεια. Εκτός από GCS, τα PCS περιλαμβάνουν πάντα μια προβολή χάρτη, ένα σύνολο παραμέτρων προβολής που προσαρμόζουν την προβολή χάρτη για μία συγκεκριμένη τοποθεσία και μία γραμμική μονάδα μέτρησης.

Τέλος, προβολικό σύστημα (output coordinate system), είναι η απεικόνιση του ελλειψοειδούς σε ένα επίπεδο. Κάθε σημείο του ελλειψοειδούς αντιστοιχεί σε ένα σημείο του επιπέδου και αντίστροφα. Η μαθηματική σχέση που συνδέει τα σημεία στο ελλειψοειδές με τα σημεία στο επίπεδο του χάρτη, χρησιμοποιείται

για την μετατροπή από γεωγραφικές σε καρτεσιανές συντεταγμένες και αντίστροφα.

2.6.8 Χωρική Ανάλυση

Χωρική ανάλυση (local spatial analysis), είναι η μελέτη της κατανομής των σημείων, γραμμών, περιοχών και επιφανειών ενός χάρτη, ή με απλά λόγια η επιστήμη που βγάζει νόημα από τα χωρικά στοιχεία ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (Unwin 1982). Σύμφωνα με έναν πιο ειδικό ορισμό, χωρική ανάλυση είναι η ποσοτική ανάλυση/ μελέτη των χωρικών φαινομένων που βρίσκονται στο γεωγραφικό χώρο (Gatrell, et al., 1996).

2.6.9 ΓΣΠ και Τηλεπισκόπηση

Τα ΓΣΠ έχουν σχέση με τη ψηφιακή απεικόνιση δεδομένων, διότι υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής των τηλεσκοπικών παραγώγων, μέσω της ψηφιακής μορφής τους, σε περιβάλλον ΓΣΠ. Οι τηλεσκοπικές απεικονίσεις συνδυάζονται με τις πληροφορίες που μπορούν να υπάρχουν στη βάση δεδομένων για τα χωρικά αντικείμενα, δίνοντας έτσι την δυνατότητα περαιτέρω ανάλυσης της εικόνας. Με αυτό το τρόπο υπάρχει η δυνατότητα συνδυασμού του υποβάθρου της ψηφιακής τηλεσκοπικής ερμηνείας, με τις επιμέρους χωρικές πληροφορίες.

Σύμφωνα με τους Gahegan και Flack (1999), η σχέση μεταξύ Τηλεπισκόπησης και ΓΣΠ, ήταν ανέκαθεν αυτή του προμηθευτή (τηλεπισκόπηση) και του καταναλωτή (ΓΣΠ). Η σχέση μεταξύ της Τηλεπισκόπησης και των ΓΣΠ αποδεικνύεται από τις ακόλουθες απόψεις:

- Η τηλεπισκόπηση αποτελεί σημαντική πηγή πληροφοριών για τα ΓΣΠ
- Η μορφή των δεδομένων της τηλεπισκόπησης είναι συμβατή με αυτή των Γ.Σ.Π.
- Η τηλεπισκόπηση δίνει δεδομένα πρόσφατα και με χαμηλό κόστος, πράγμα που επιτρέπει την ενημέρωση της βάσης δεδομένων των ΓΣΠ
- Πολλά δεδομένα των ΓΣΠ χρησιμοποιούνται ως βοηθητικά δεδομένα για τη βελτίωση της ψηφιακής ταξινόμησης των δορυφορικών δεδομένων.
- Η τηλεπισκόπηση και τα ΓΣΠ χρησιμοποιούν παρόμοια όργανα για την επεξεργασία και παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

Βέβαια υπάρχουν και προβλήματα που υφίστανται στην συνδυασμένη χρήση των δεδομένων από τις δύο συγκεκριμένες τεχνολογίες που μπορούν να συνοψισθούν στα ακόλουθα:

- ✓ Ο συνδυασμός των δορυφορικών δεδομένων, τα οποία είναι υπό μορφή καννάβου, με ΓΣΠ τα οποία αποθηκεύουν δεδομένα σε διανυσματική μορφή, είναι αρκετά δύσκολος.
- ✓ Η γεωγραφική ακρίβεια των δορυφορικών δεδομένων είναι διαφορετική των δεδομένων που συγκεντρώθηκαν από αεροφωτογραφίες ή με επίγειες παρατηρήσεις. Έτσι δημιουργούνται προβλήματα ταύτισης των δεδομένων.

Η σχέση μεταξύ των αποτελεσμάτων της τηλεπισκόπησης και της δόμησης μιας βάσης δεδομένων από αυτά, σε περιβάλλον ΓΣΠ, μπορεί να λειτουργήσει ως ένα λειτουργικό και πρακτικό εργαλείο για την παρακολούθηση και την εκτίμηση των καταστροφών σε ένα οικοσύστημα, καθώς και στη γενικότερη διαχείριση του (Faber et al., 1998).

2.6.10 ΓΣΠ στη διαχείριση πλημμυρών

Οι πλημμύρες συγκαταλέγονται μεταξύ των σημαντικότερων φυσικών καταστροφών, καθώς σε παγκόσμιο επίπεδο επηρεάζουν έναν πολύ μεγάλο πληθυσμό ανθρώπων, απειλώντας σοβαρά τη ζωή τους, την ιδιοκτησία αλλά και τις υποδομές εν γένει (Bell 1999). Εξαιτίας της συνεχιζόμενης αύξησης της συχνότητας εμφάνισης επικίνδυνων πλημμυρικών φαινομένων σε όλο το κόσμο, σε συνδυασμό με τις ενδείξεις για την παγκόσμια αλλαγή του κλίματος, η αντιμετώπιση των φυσικών αυτών φαινομένων έχει αναδειχθεί σε σημαντικό ζήτημα, τα τελευταία χρόνια.

Η πρόβλεψη και η παρακολούθηση της εξέλιξης των πλημμυρικών επεισοδίων είναι πολύ σημαντική για την ελαχιστοποίηση, εκτίμηση και αποκατάσταση των καταστροφών που προκαλούν και καθιστά αναγκαία τη χρήση εξελιγμένων συστημάτων πληροφορικής. Η αποτελεσματική διαχείριση τους απαιτεί σύνδεση των σχεδίων αντιμετώπισης καταστροφών, ιστορικών στοιχείων, γεωμορφολογικών τοπικών δεδομένων και πληροφοριών πραγματικού χρόνου. Οι πληροφορίες αυτές πρέπει να συλλέγονται και να γίνονται κατανοητές στο

συντομότερο δυνατό χρονικό διάστημα. Τα ΓΣΠ προσφέρουν τη δυνατότητα άμεσης αντίδρασης παρέχοντας στους διαχειριστές τους ακριβείς πληροφορίες όποτε τις χρειάζονται και δίνει στους αρμόδιους φορείς διαχείρισης κρίσεων την δυνατότητα να έχουν μεγάλο αριθμό πληροφοριών που αφορούν την περιοχή που βρίσκεται σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης και μετά από την επεξεργασία τους να χρησιμοποιούν τις πληροφορίες αυτές με πιο αποδοτικούς και έξυπνους τρόπους.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω τα ΓΣΠ αποτελούν «δυναμικά εργαλεία» συλλογής, αποθήκευσης, διαχείρισης, ανάκτησης, μετασχηματισμού και απεικόνισης χωρικών δεδομένων, σχετικών με φαινόμενα που απαντούν και εξελίσσονται στον πραγματικό κόσμο (Αστάρας 2007, Burrough 1992, Burrough & McDonnell 2000, Goodchild et al., 1985). Επιτρέπουν στους ερευνητές να συνδέσουν δεδομένα από διαφορετικές πηγές και να προχωρήσουν σε μια περισσότερο συστηματική ανάλυση ζητημάτων τα οποία προηγουμένως τα είχαν δει με τυχαίο τρόπο (Prather & Carlson 1994).

2.7 Πολυκριτηριακή Ανάλυση

2.7.1 Λήψη αποφάσεων και Πολυκριτηριακή ανάλυση

Η λήψη αποφάσεων είναι η επιλογή μιας λύσης μεταξύ εναλλακτικών προτάσεων που έχουμε στη διάθεσή μας (Adair 2010, Adam and Humphreys 2008, Bianco 2006, Morcol 2007). Η παραπάνω άποψη παρουσιάζει τη λήψη αποφάσεων ως μια απλή ενέργεια. Στην ουσία όμως είναι μια πολύπλοκη διαδικασία επιλογής λύσης μεταξύ διαφόρων εναλλακτικών (Τζωρτζάκης 2002).

Υπάρχουν πολλές και διάφορες μεθοδολογίες και τεχνικές, οι οποίες χρησιμοποιούνται κατά την διαδικασία λήψης των αποφάσεων. Μία από αυτές είναι και η πολυκριτηριακή ανάλυση. Η συγκεκριμένη μέθοδος βοηθάει τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων στην ορθή και αποτελεσματική ιεράρχηση αξιολόγηση και αποτίμηση των πιθανών δράσεων ή εναλλακτικών λύσεων μέσω της σύνθεσης των επιμέρους παραμέτρων του προβλήματος βάσει συγκεκριμένων κανόνων και προτεραιοτήτων (Eastman 2009, Greene, et al., 2011, Ρούσης 2009).

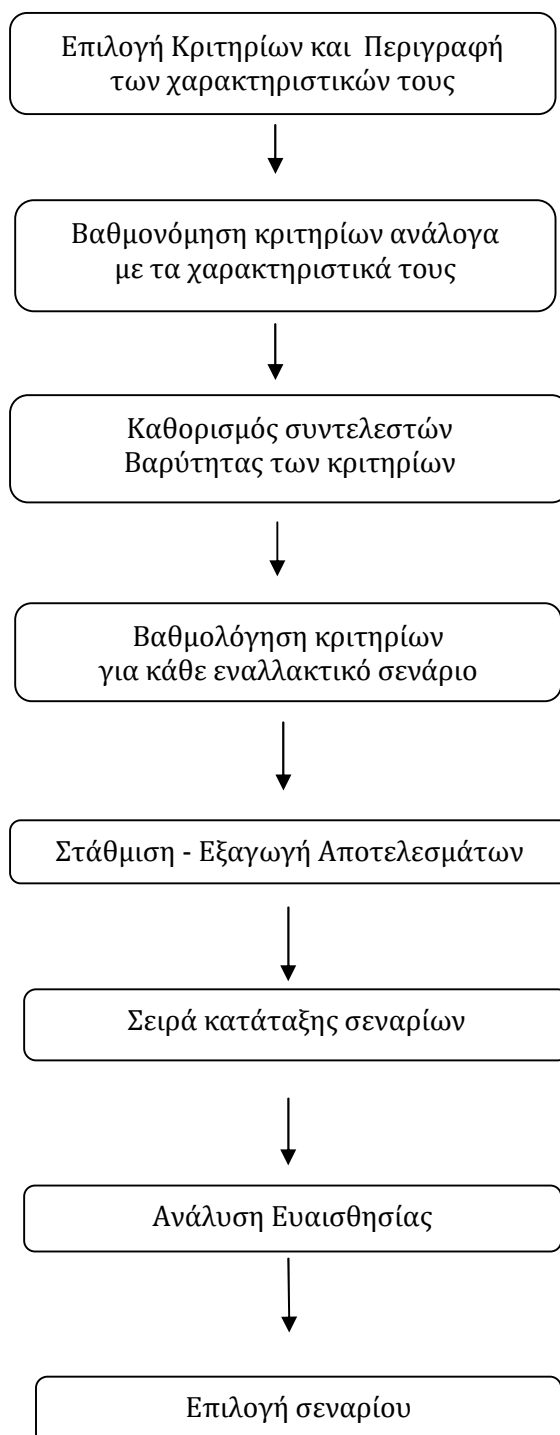
Ο κύριος σκοπός της πολυκριτηριακής ανάλυσης είναι η εξεύρεση μιας «βέλτιστης λύσης» μεταξύ ενός συνόλου διαθέσιμων επιλογών με την επιλογή πλήθους κριτηρίων τα οποία μεγιστοποιούνται από την λύση που επιλέγεται. Σε πολλές περιπτώσεις, δεν υπάρχει μόνο μια επιλογή η οποία βελτιστοποιεί ταυτόχρονα όλα τα κριτήρια που τίθενται. Για το λόγο αυτό κατά την εφαρμογή πολυκριτηριακών μεθόδων δεν γίνεται αναφορά για μια «βέλτιστη λύση» αλλά για μια «συμβιβαστική» λύση, η οποία αποτελεί την καταλληλότερη επιλογή από όσες είναι διαθέσιμες. Με άλλα λόγια, η ευνοϊκότερη λύση εμφανίζει το βέλτιστο συνδυασμό επιδόσεων στα κριτήρια που έχουν τεθεί (ΕΠΕΜ 2005, Greene, et al., 2011, Roy 2005).

Η πολυκριτηριακή ανάλυση, ως μέθοδος λήψης αποφάσεων, τις τελευταίες δεκαετίες αναπτύσσεται σε πολλούς τομείς της επιστήμης, επειδή συμβάλλει στην επιλογή λήψης απόφασης μέσα από μια πολυδιάστατη και αντικειμενική ανάλυση των παραγόντων που την επηρεάζουν, ενώ οδηγεί και σε αποτελέσματα που προέρχονται από μία πολύπλευρη αντιμετώπιση ενός προβλήματος (Greene, et al., 2011).

Η πολυκριτηριακή ανάλυση μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση της ποιότητας των αποφάσεων, κάνοντας τη διαδικασία της λήψης αποφάσεων περισσότερο σαφή, ορθολογική και αποτελεσματική (Al-Shemmeri, et al., 1997).

2.7.2 Διαδικασία Πολυκριτηριακής ανάλυσης

Η διαδικασία που ακολουθείται στην πολυκριτηριακή ανάλυση για την λήψη απόφασης φαίνεται στο διάγραμμα 4



Διάγραμμα 4. Διαδικασία Πολυκριτηριακής Ανάλυσης (Υπ. Περιβάλλοντος Υπουργείο Γεωργίας & Φυσικών Πόρων και ΕΜΠ 2005)

2.7.3 Μεθοδολογία Πολυκριτηριακής ανάλυσης

Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν αναπτυχθεί πολλές και διάφορες μεθοδολογίες πολυκριτηριακής ανάλυσης, που είναι ικανές να αντιμετωπίσουν ένα μεγάλο εύρος προβλημάτων. Οι συγκεκριμένοι τρόποι αντιμετώπισης διαφοροποιούνται μεταξύ τους τόσο ως προς τη μορφή του μοντέλου ολικής προτίμησης που χρησιμοποιούν όσο και ως προς τη διαδικασία διαμόρφωσης του μοντέλου (Malczewski 1999, Roy 2005, Triantaphyllou 2000).

Σύμφωνα με τον Roy (1985) υπάρχουν τρεις βασικές κατηγορίες προσεγγίσεων λαμβάνοντας υπόψη τη μορφή του μοντέλου ολικής προτίμησης που χρησιμοποιούν:

- Προσεγγίσεις μοναδικής σύνθεσης των κριτηρίων (unique synthesis criterion).
- Προσεγγίσεις βασισμένες στις σχέσεις υπεροχής (outranking synthesis approach).
- Αλληλεπιδραστικές προσεγγίσεις (interactive local judgment approach)

ενώ Οι (Pardalos, et al., 1995) προτείνουν τις ακόλουθες τέσσερις κατηγορίες προσεγγίσεων:

- Πολυκριτηριακός μαθηματικός προγραμματισμός (multi objective mathematical programming).
- Πολυκριτηριακή θεωρία χρησιμότητας (multi attribute utility theory).
- Θεωρία των σχέσεων υπεροχής (outranking relations).
- Αναλυτική-συνθετική προσέγγιση (preference disaggregation approach).

2.7.4 Τεχνικές Πολυκριτηριακής Ανάλυσης

Με βάση τις διάφορες μεθοδολογίες της πολυκριτηριακής ανάλυσης έχουν αναπτυχθεί και τεχνικές, οι οποίες εφαρμόζονται ανάλογα με τη φύση και την πολυπλοκότητα του προβλήματος, καθώς και την επιδιωκόμενη ανάλυση του υπό μελέτη προβλήματος (Chakhar and Mousseau, 2008, Eastman 2009). Μερικές από τις τεχνικές αυτές είναι (Triantaphyllou 2000):

- Η μέθοδος MAUT (Multi-Attribute Utility Theory)
- Η μέθοδος MAVT (Multi-Attribute Value Theory)

- Η μέθοδος UTA (Utility Theory Additive)
- Η μέθοδος STEM
- Η μέθοδος SMART (Simple Multi-Attribute Rating Technique)
- Η μέθοδος SAW (Simple Additive Weighting)
- Η μέθοδος TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)
- Η μέθοδος DEA (Data Envelopment Analysis)
- Η μέθοδος AHP (Analytic Hierarchy Process)
- Η μέθοδος OWA (Ordered Weighted Averaging)
- Η μέθοδος WLC (Weighted Linear Combination)
- Οι μέθοδοι PROMETHEE
- Οι μέθοδοι ELECTRE

2.7.5 Πολυκριτηριακή ανάλυση και ΓΣΠ

Για την επίλυση ενός προβλήματος που σχετίζεται με γεωγραφικά, χαρτογραφικά ή χωρικά (spatial) δεδομένα, μπορεί να γίνει συνδυασμός της χρήσης των ΓΣΠ και της Πολυκριτηριακής ανάλυσης. Ουσιαστικά τα ΓΣΠ καθορίζουν τις εναλλακτικές επιλογές μέσω των χωροταξικών κριτηρίων και οι εναλλακτικές αυτές επιλογές αξιολογούνται με μία από τις μεθόδους Πολυκριτηριακής ανάλυσης ώστε να επιλεγεί η βέλτιστη λύση.

Η συνένωση μεταξύ της πολυκριτηριακής ανάλυσης λήψης αποφάσεων και των Σ.Γ.Π. μπορεί να επιτευχθεί με τους εξής τρόπους (Chakhar and Martel 2003, Jankowski, 2006, Massei et al., 2014):

- Όταν η πολυκριτηριακή ανάλυση και τα ΓΣΠ διαχωρίζονται εξολοκλήρου μεταξύ τους και ενσωματώνονται μέσω ενός ενδιάμεσου συστήματος σύνδεσης, το οποίο επιλέγεται και καθορίζεται από τον χρήστη/αναλυτή.
- Όταν η πολυκριτηριακή ανάλυση ενσωματώνεται στο γραφικό περιβάλλον των ΣΓΠ, και παραμένει ανεξάρτητη από λειτουργικής άποψης, καθώς χαρακτηρίζεται από τη δική της βάση δεδομένων.
- Όταν η πολυκριτηριακή ανάλυση και τα ΓΣΠ αναπτύσσονται στο ίδιο γραφικό περιβάλλον, ενώ συγχρόνως χρησιμοποιούν μια κοινή βάση δεδομένων.

Κεφάλαιο 3

Μεθοδολογία

3.1 Σκοπός - Στόχοι

Οι πλημμύρες θεωρούνται από τους πιο συχνούς και καταστρεπτικούς τύπους φυσικών καταστροφών σε παγκόσμιο επίπεδο. Η έκθεση της ανθρώπινης ζωής και περιουσίας σε κίνδυνο, η καταστροφή γεωργικών εκτάσεων και κτηνοτροφικών εγκαταστάσεων, και η έντονη διάβρωση εδαφών είναι μερικές από τις πιο σημαντικές επιπτώσεις τους. Επηρεάζουν το μεγαλύτερο μέρος της ανθρωπότητας και έχουν ως αποτέλεσμα τις περισσότερες ζημιές από κάθε άλλου είδους φυσικές καταστροφές (Downton 2001, Golian 2010). Τα πλημμυρικά φαινόμενα προκαλούν το ένα τρίτο των εκτιμώμενων ζημιών από φυσικές καταστροφές παγκοσμίως (Pilon 2004). Οι πλημμύρες αντιστοιχούν στο 26% του αριθμού των μεγάλης κλίμακας φυσικών καταστροφών μεταξύ των ετών 1950 και 2002 και ευθύνονται για το 8% των θανάτων και για το 27% του συνολικού οικονομικού κόστους από φυσικές καταστροφές για την ίδια περίοδο (Munich 2002).

Σκοπός της εν λόγω διατριβής είναι ο εντοπισμός περιοχών υψηλού κινδύνου αναφορικά με την εκδήλωση πλημμυρικών επεισοδίων στο Ν. Σερρών, η ανάδειξη του ρόλου των ΓΠΣ στην εκτίμηση της επικινδυνότητας και στην οριοθέτηση μιας περιοχής σε πλημμυρικά φαινόμενα.

Στόχος είναι η συμβολή της συγκεκριμένης μεθοδολογίας στην αντιμετώπιση των πλημμυρικών φαινομένων μέσω της εκτίμησης της πλημμυρικής επικινδυνότητας στο Ν. Σερρών με τη χρήση ΓΣΠ και συγκεκριμένα:

- Ο εντοπισμός περιοχών υψηλού κινδύνου αναφορικά με την εκδήλωση πλημμυρικών επεισοδίων.

- Η συμβολή στην κατάρτιση κατάλληλων τοπικών σχεδίων διαχείρισης του πλημμυρικού κινδύνου.
- Η συμβολή στον προσδιορισμό θέσεων κατασκευής έργων υποδομής για την προστασία της ζωής και της περιουσίας των πολιτών

3.2 Ερευνητικά ερωτήματα

Κύριο ερευνητικό ερώτημα που καλείται να απαντηθεί από τη συγκεκριμένη διατριβή είναι ο εντοπισμός περιοχών στη Π.Ε. Σερρών οι οποίες κινδυνεύουν από την εμφάνιση πλημμυρικών επεισοδίων. Για την μελέτη του ερευνητικού θέματος γίνεται ο εντοπισμός κάποιων παραγόντων, οι οποίοι μπορούν να φανερώσουν το επίπεδο κινδύνου μιας περιοχής, όσον αφορά την εμφάνιση πλημμύρας. Αυτοί οι παράγοντες, προσδιορίζονται με την βοήθεια της πολυκριτηριακής ανάλυσης και στην συνέχεια εισάγονται σε ένα ΓΣΠ έτσι ώστε να εντοπισθούν και να χαρτογραφηθούν οι ευαίσθητες περιοχές ως προς τις τάσεις τους για πλημμυρικά φαινόμενα.

3.3 Σχεδιασμός

Η μεθοδολογία που εφαρμόζεται στην παρούσα διατριβή για την δημιουργία του χάρτη εκτίμησης των ευάλωτων στα πλημμυρικά επεισόδια περιοχών στο Ν. Σερρών αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Την επιλογή των κριτηρίων/παραγόντων που συμβάλλουν στην εμφάνιση πλημμυρικών επεισοδίων.
- Το σχεδιασμό μιας ψηφιακής χωρικής βάσης γεωγραφικών δεδομένων που περιλαμβάνει τα προαναφερόμενα κριτήρια.
- Την κατηγοριοποίηση κάθε κριτηρίου σε κλάσεις (ταξινόμηση) ανάλογα με το βαθμό επικινδυνότητας μέσα σε περιβάλλον ΓΣΠ.
- Τον προσδιορισμό της σχετικής σπουδαιότητας κάθε κριτηρίου μέσω της μεθόδου πολυκριτηριακής ανάλυσης Simple Additive Weighting (SAW) και τέλος.

- Τη σύνθεση των κριτηρίων χρησιμοποιώντας αναλυτικές λειτουργίες σε περιβάλλον ΓΣΠ, που οδηγεί στο τελικό αποτέλεσμα της ζωνοποίησης της περιοχής μελέτης ως προς τον κίνδυνο που εμφανίζει στην εκδήλωση πλημμυρικών επεισοδίων.

3.4 Μέθοδος συλλογής δεδομένων

Στόχος της παρούσας διατριβής είναι η δημιουργία ενός χάρτη εκτίμησης της επικινδυνότητας για εκδήλωση πλημμύρας στην Περιφερειακή Ενότητα (Π.Ε) Σερρών. Η διαδικασία αυτή υλοποιείται σε περιβάλλον ΓΠΣ λαμβάνοντας υπόψη μια σειρά από δεδομένα τα οποία αντλήθηκαν από επίσημες ιστοσελίδες Διεθνών, Ευρωπαϊκών και Ελληνικών οργανισμών, όπως η Υπηρεσία Γεωλογικών Ερευνών των Η.Π.Α., το Ευρωπαϊκό Κέντρο για το Έδαφος (European Soil Data Center), το Εθνικό Κτηματολόγιο, και το Γενικό Οργανισμό Εγγείων Βελτιώσεων Πεδιάδας Σερρών (ΓΟΕΒ), Υπουργείων όπως το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, από επίσημους και κοινά αποδεκτούς διαδικτυακούς χώρους, όπως το meteo.gr και geodata.gov.gr, από δορυφόρους και από προσωπικές επαφές.

Βασική αρχή για τη δημιουργία του χάρτη επικινδυνότητας αποτέλεσε ο προσδιορισμός των παραμέτρων που συνεισφέρουν στην εκδήλωση πλημμυρικών επεισοδίων και έπειτα ο σχεδιασμός μίας ψηφιακής χωρικής βάσης δεδομένων με τις παραμέτρους αυτές.

Η ταξινόμηση των τμημάτων της εξεταζόμενης περιοχής για κάθε παράμετρο σε πέντε κατηγορίες επικινδυνότητας (πολύ χαμηλή, χαμηλή, μέτρια, υψηλή, πολύ υψηλή) αποτέλεσε το επόμενο στάδιο της διατριβής. Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

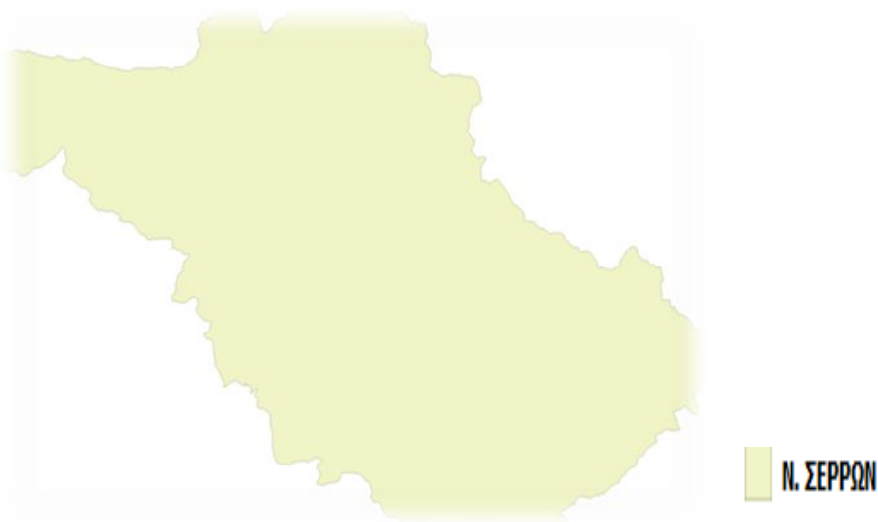
- Η ένταση της βροχόπτωσης
- Το υψόμετρο
- Η κλίση
- Η διάβρωση
- Η υδατοϊκανότητα
- Οι χρήσεις γης
- Η απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο.

Για κάθε μία από τις παραπάνω παραμέτρους κατασκευάστηκαν θεματικοί χάρτες και στη συνέχεια ταξινομήθηκαν ως προς τη σημαντικότητα τους στη συνεισφορά εκδήλωσης πλημμυρικών φαινομένων. Η διαδικασία αυτή παρήγαγε μια σχετική κλίμακα μέτρησης της βαρύτητας, καθορίζοντας με αυτόν τον τρόπο και τη σειρά σημαντικότητας κάθε παραμέτρου. (Malczewski 1999).

Τελευταίο στάδιο για την ολοκλήρωση του τελικού χάρτη αποτέλεσε η σύνθεση των επιμέρους θεματικών χαρτών βάσει πάντοτε της σπουδαιότητας του καθενός, ως προς την συνεισφορά του στην εκδήλωση πλημμύρας, χρησιμοποιώντας τα ΓΣΠ. Τα αποτελέσματα αυτά με την κατάλληλη κατηγοριοποίηση των τιμών τους δίνουν τον τελικό χάρτη των περιοχών που κινδυνεύουν να εμφανίσουν πλημμυρικά επεισόδια στο Ν. Σερρών.

3.4.1 Πρωτογενή Δεδομένα

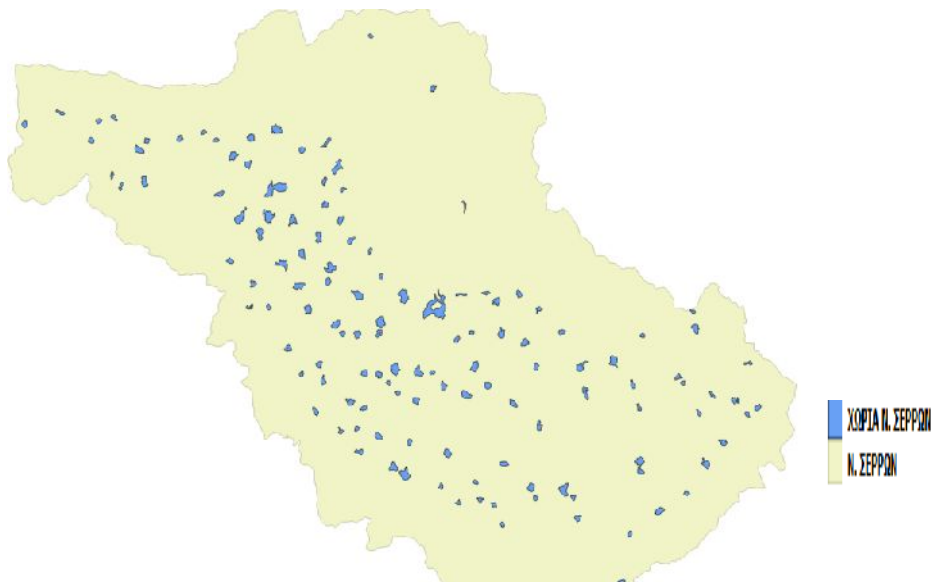
- Το διανυσματικό αρχείο του Ν. Σερρών προερχόμενο από τη βάση δεδομένων του ΓΟΕΒ.



Εικόνα 5. Διανυσματικό αρχείο Ν. Σερρών (ΓΟΕΒ)

Το αρχείο αυτό δείχνει την συνολική έκταση του Ν. Σερρών.

- Το διανυσματικό αρχείο οικιστικών συγκεντρώσεων στο Ν. Σερρών προερχόμενο από τη βάση δεδομένων του ΓΟΕΒ.



Εικόνα 6. Διανυσματικό αρχείο οικιστικών συγκεντρώσεων Ν. Σερρών (ΓΟΕΒ)

Το αρχείο αυτό δείχνει την ακριβή θέση και τα όρια των χωριών και της πόλης των Σερρών στην περιοχή μελέτης μας

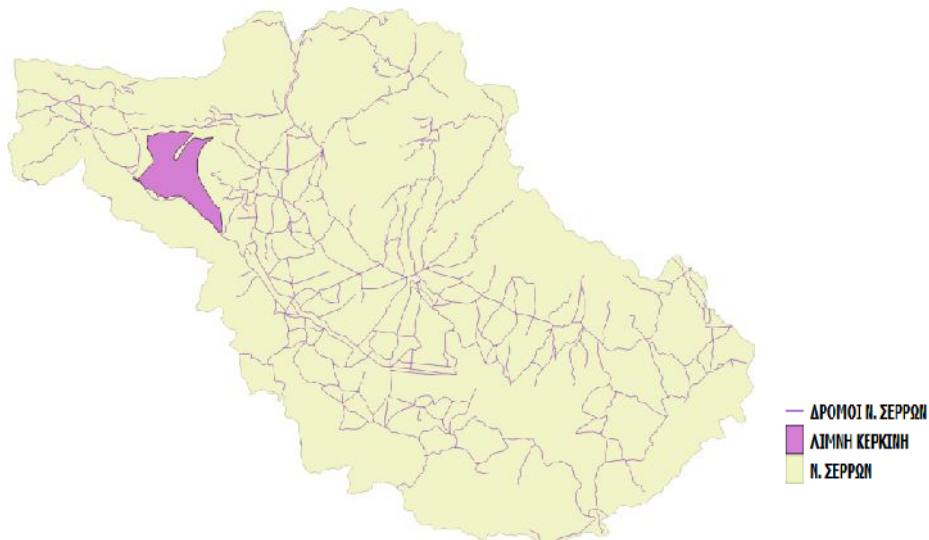
- Το διανυσματικό αρχείο του υδρογραφικού δικτύου του Ν. Σερρών προερχόμενο από τη βάση δεδομένων του ΓΟΕΒ.



Εικόνα 7. Διανυσματικό αρχείο υδρογραφικού δικτύου Ν. Σερρών (ΓΟΕΒ)

Το αρχείο αυτό δείχνει την ακριβή θέση και το πως απλώνεται το υδρογραφικό δίκτυο στο Ν. Σερρών

- Το διανυσματικό αρχείο του οδικού δικτύου του Ν. Σερρών προερχόμενο από τη βάση δεδομένων του ΓΟΕΒ.



Εικόνα 8. Διανυσματικό αρχείο οδικού δικτύου Ν. Σερρών (ΓΟΕΒ)

Το αρχείο αυτό δείχνει το οδικό δίκτυο που υπάρχει στο Ν. Σερρών

- Το διανυσματικό αρχείο του σιδηροδρομικού δικτύου του Ν. Σερρών προερχόμενο από τη βάση δεδομένων του ΓΟΕΒ.



Εικόνα 9. Διανυσματικό αρχείο σιδηροδρομικού δικτύου Ν. Σερρών (ΓΟΕΒ)

Το αρχείο αυτό δείχνει την ακριβή θέση του σιδηροδρομικού δικτύου στην περιοχή μελέτης μας

- Το διανυσματικό αρχείο των Δήμων του Ν. Σερρών προερχόμενο από τη βάση δεδομένων του ΓΟΕΒ.

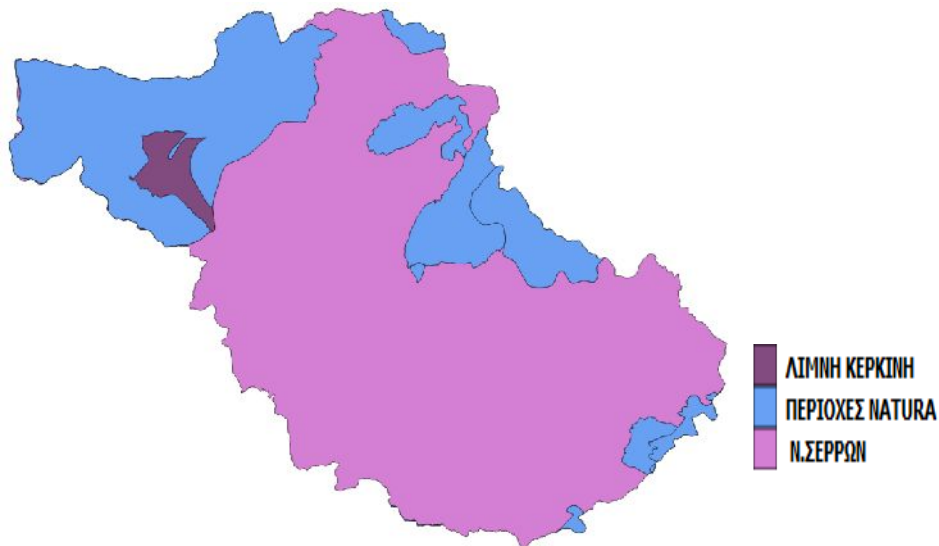


Εικόνα 10. Διανυσματικό αρχείο Δήμων του Ν. Σερρών (ΓΟΕΒ)

Το αρχείο αυτό δείχνει τα όρια των επτά (7) Δήμων που υπάρχουν στο Ν. Σερρών. Οι Δήμοι αυτοί με πληθυσμό σύμφωνα με την τελευταία απογραφή του 2011 είναι:

- Ο δήμος Σιντικής ο οποίος βρίσκεται στο βόρειο τμήμα του νομού. Έχει έκταση 1.112,4 km² και πληθυσμό 22.195 κάτοικους. Έδρα του δήμου είναι το Σιδηρόκαστρο,
- Ο δήμος Ηρακλείας που έχει έκταση 195,2 km² και πληθυσμό 21.145 κατοίκους. Έδρα του δήμου είναι η Ηράκλεια,
- Ο δήμος Σερρών που έχει έκταση 601,49 km² και πληθυσμό 76.817 κατοίκους. Έδρα του Δήμου είναι η πόλη των Σερρών,
- ο δήμος Εμμανουήλ Παπά που έχει έκταση 338,78 km² και πληθυσμό 14.664 κατοίκους. Έδρα του δήμου είναι το Χρυσό,
- ο δήμος Νέας Ζίχνης που έχει έκταση 405,6 km² και πληθυσμό 9.309 κατοίκους. Έδρα του δήμου είναι η Ν. Ζίχνη,
- ο δήμος Βισαλτίας που έχει έκταση 659,2 km² και πληθυσμό 20.030 κατοίκους. Έδρα του δήμου είναι η Νιγρίτα και
- ο δήμος Αμφίπολης που έχει έκταση 414,3 km² και πληθυσμό 9.314 κατοίκους. Έδρα του δήμου είναι το Ροδολίβος.

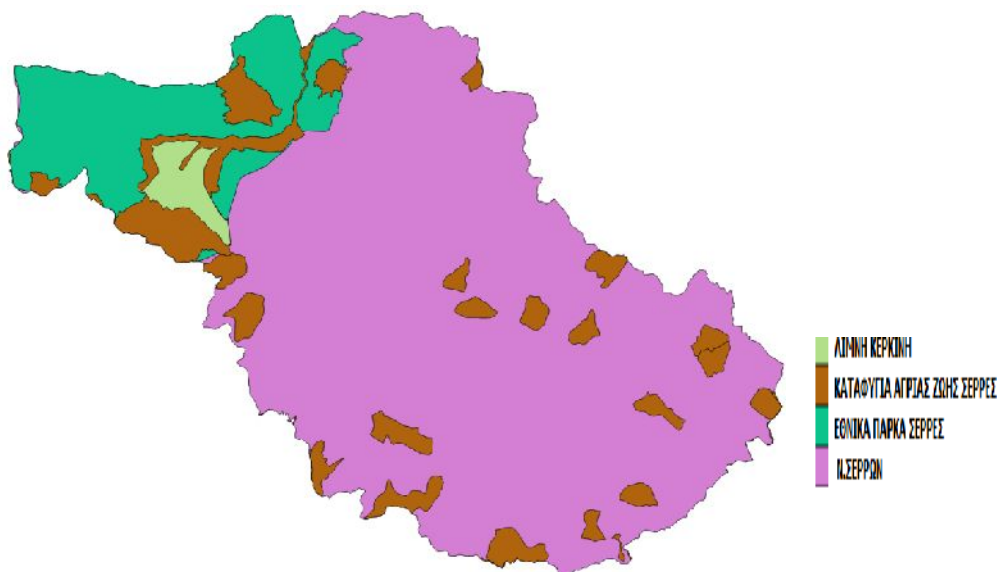
- Το διανυσματικό αρχείο των περιοχών Natura που βρίσκονται στο Ν. Σερρών προερχόμενο από τη βάση δεδομένων του ΓΟΕΒ.



Εικόνα 11. Διανυσματικό αρχείο περιοχών Natura Ν. Σερρών (ΓΟΕΒ)

Στο αρχείο αυτό φαίνονται οι ακριβείς θέσεις των περιοχών Natura που υπάρχουν στην βορειοδυτική, βορειοανατολική, ανατολική και νότια πλευρά του Ν. Σερρών.

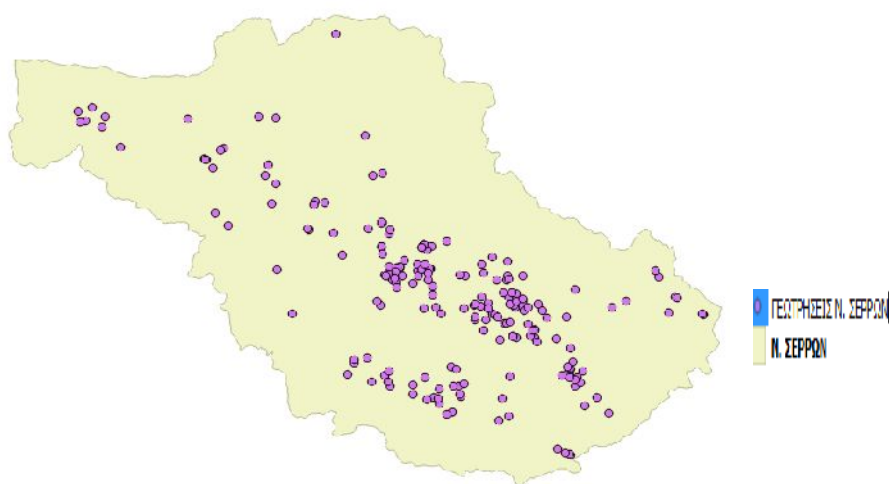
- Το διανυσματικό αρχείο άλλων περιοχών περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος που βρίσκονται στο Ν. Σερρών προερχόμενο από τη βάση δεδομένων του ΓΟΕΒ



Εικόνα 12. Διανυσματικό αρχείο περιοχών Περιβαλλοντικού Ενδιαφέροντος Ν. Σερρών (ΓΟΕΒ)

Στο αρχείο αυτό φαίνονται οι ακριβείς θέσεις άλλων περιοχών περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος όπως τα καταφύγια άγριας ζωής και τα εθνικά πάρκα που υπάρχουν στο Ν. Σερρών.

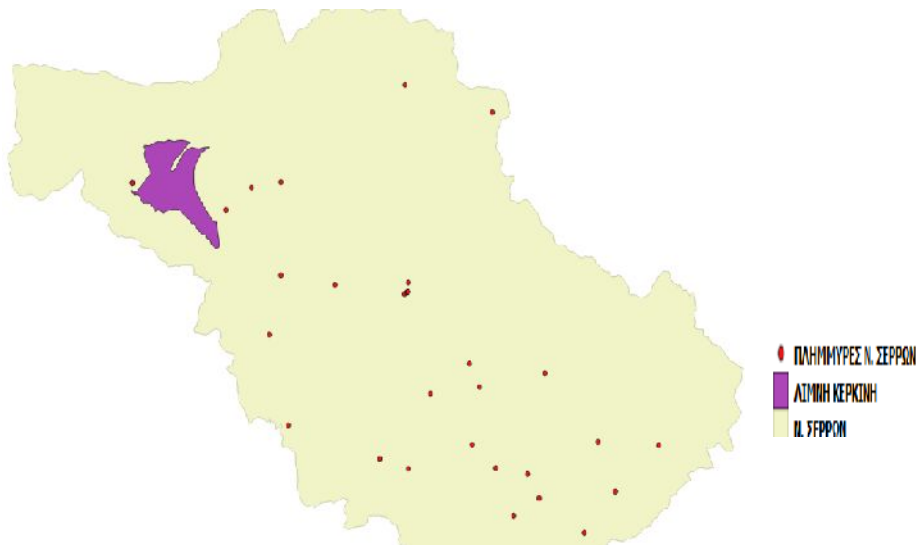
- Το διανυσματικό αρχείο των αδειοδοτημένων υδρευτικών και αρδευτικών γεωτρήσεων μέχρι τις 30-06-2014 του Ν. Σερρών προερχόμενο από το τμήμα Υδροοικονομίας της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας (Π.Κ.Μ).



Εικόνα 13. Διανυσματικό αρχείο υδρογεωτρήσεων Ν. Σερρών (Π.Κ.Μ)

Στο αρχείο αυτό φαίνονται οι αδειοδοτημένες υδρευτικές και αρδευτικές γεωτρήσεις μέχρι της 30-06-2014 που υπάρχουν στο Ν. Σερρών.

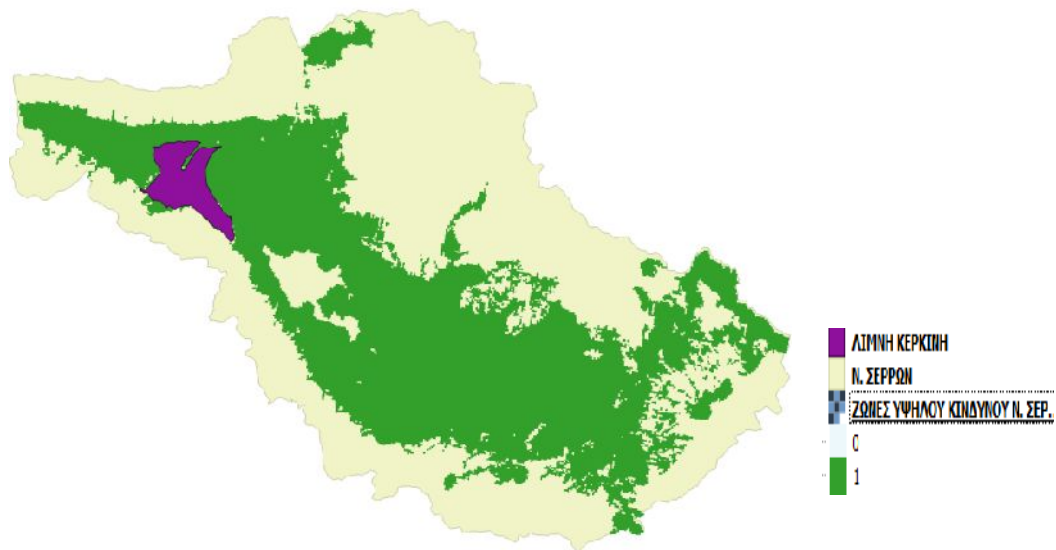
- Το διανυσματικό αρχείο των ιστορικών πλημμυρών του Ν. Σερρών προερχόμενο από τη βάση δεδομένων του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας.



Εικόνα 14. Διανυσματικό αρχείο ιστορικών πλημμυρών Ν. Σερρών (Υ.Π.Ε.Κ.Α)

Το αρχείο αυτό δείχνει τις περιοχές του Ν. Σερρών στις οποίες σημειώθηκαν πλημμύρες κατά το παρελθόν και είχαν σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στις ανθρώπινες ζωές, στις οικονομικές δραστηριότητες και στο περιβάλλον. Από την πρώτη ματιά γίνεται αντιληπτό ότι το νότιο και κεντρικό τμήμα του νομού έχει το μεγαλύτερο πρόβλημα στην εμφάνιση πλημμυρικών επεισοδίων.

- Το πλεγματοειδές αρχείο των ζωνών υψηλού κινδύνου πλημμύρας στο Ν. Σερρών προερχόμενο από τη βάση δεδομένων του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας



Εικόνα 15. Πλεγματοειδές αρχείο ζωνών υψηλού κινδύνου πλημμύρας Ν. Σερρών χωρική ανάλυση 30m (Υ.Π.Ε.Κ.Α)

μ 2007/60/μ επικινδυνότητας πλημμύρας για όλα τα υδατικά διαμερίσματά της. Στους χάρτες αυτούς εντοπίζονται και σημειώνονται οι περιοχές οι οποίες είναι επικίνδυνες να εμφανίσουν πλημμυρικά επεισόδια.

- Το πλεγματικό αρχείο ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου (D.E.M.) της περιοχής μελέτης, με χωρική ανάλυση 30 m, προερχόμενο από το δορυφόρο A.S.T.E.R.



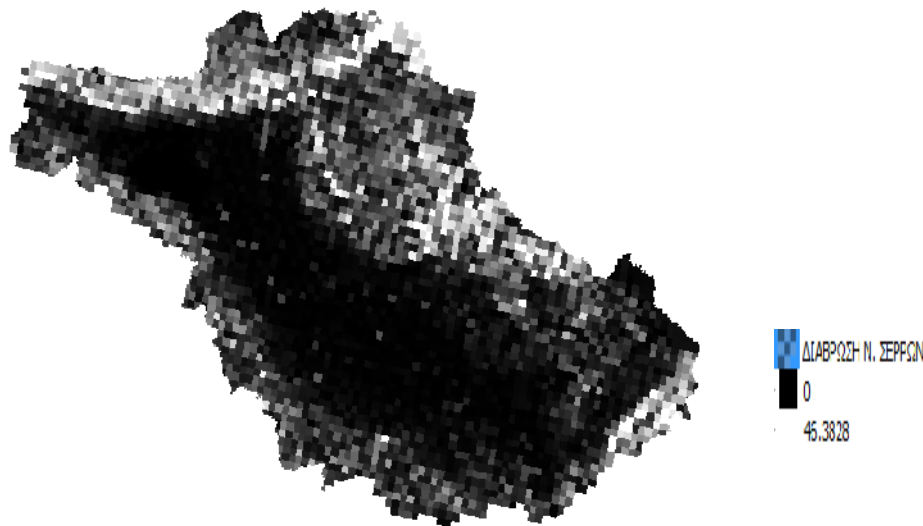
ΕΙΚΟΝΑ 10. Πλεγματικό αρχείο υψομετρικού μοντέλου Ν. Σερρών χωρική ανάλυση 30m (ASTER)

Ο συνηθέστερος και ο πιο διαδεδομένος τρόπος απεικόνισης της γήινης επιφάνειας είναι το Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου / Ψ.Μ.Α. (Digital Elevation Model / DEM). Ως τέτοιο ορίζεται η προσέγγιση της εδαφικής επιφάνειας με αριθμητικές θέσεις και του υψομέτρου συγκεκριμένων σημείων (ψηφιακά δεδομένα) που χρησιμοποιούνται κατάλληλα για την δημιουργία μαθηματικής συνάρτησης (μοντέλο) που εκφράζει ικανοποιητικά τη συνεχή επιφάνεια του εδάφους (Αλεξιάκης 2003).

Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους είναι μια εξαιρετική πηγή, εξαγωγής τοπογραφικών παραγόντων που ευθύνονται για την εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων μιας περιοχής. Το DEM πρέπει να έχει μεγάλη ακρίβεια, καθώς από τα αποτελέσματά του θα επηρεάσει σημαντικά τις περιοχές που είναι επιρρεπείς σε πλημμύρες (Pradhan 2009).

Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους είναι η ψηφιακή αναπαράσταση του αναγλύφου (πεδινά τμήματα, πλαγιές, κορυφογραμμές) μέσα από μια συγκεκριμένη κλίμακα ανάλυσης. Περιέχει γεωμετρικές πληροφορίες και αποδίδει την επιφάνεια του υψηλότερου επιπέδου εδάφους.

- Το πλεγματικό αρχείο του συντελεστή διάβρωσης του εδάφους της περιοχής μελέτης, με χωρική ανάλυση 30 m, προερχόμενο από τη βάση δεδομένων του Ευρωπαϊκού Κέντρου για το Έδαφος (European Soil Data Center).



Εικόνα 17. Πλεγματικό αρχείο διάβρωσης Ν. Σερρών χωρική ανάλυση 30m (ESDAC).

Η διάβρωση του εδάφους είναι ένα σοβαρό πρόβλημα του περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας που η ανθρώπινη κοινωνία αντιμετωπίζει, καθώς κάθε χρόνο σε παγκόσμια κλίμακα περίπου 10 εκτάρια καλλιεργήσιμης γης χάνονται εξαιτίας της. (Pimentel 2006).

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η διάβρωση του εδάφους έχει αντιμετωπιστεί ως ένας από τους πιο καταστροφικούς κινδύνους για την υποβάθμιση του εδάφους. Έχει διαπιστωθεί ότι σχεδόν το 12% του ευρωπαϊκού εδάφους περίπου 115 εκατομμύρια εκτάρια υπόκειται σε διάβρωση, ενώ η επίδραση της από την άποψη του οικονομικού κόστους έχει υπολογιστεί σε πολλά δισεκατομμύρια ευρώ (CEC 2006)

Η διάβρωση είναι η διαδικασία απόσπασης και μεταφοράς των υλικών του εδάφους από τον άνεμο ή το νερό (Foster και Meyer 1972) και είναι ένα εποχικό φαινόμενο που επηρεάζεται έντονα από τις αλλαγές στις βροχοπτώσεις και την κάλυψη της βλάστησης κατά την διάρκεια του έτους (Renard and Freimund 1994). Όταν η διαβρωσιμότητα από βροχοπτώσεις συμπίπτει με την έκθεση μέσω των γυμνών εδαφών για παράδειγμα χέρσο ή την εκχέρσωση ο κίνδυνος διάβρωσης του εδάφους αυξάνεται (Panagos, et al., 2011). Για τη μελέτη της

διάβρωσης η Ελλάδα είναι μια πολύ ενδιαφέρουσα περιοχή λόγω της μεγάλης ποικιλομορφίας του κλίματος που οφείλεται κυρίως στην υψηλή μεταβλητότητα εκτόνωσης (Panagos, et al., 2016).

Η διάβρωση διακρίνεται στη μηχανική όταν προκαλείται από τα καιρικά φαινόμενα (αέρα, βροχή, παγετό, θερμότητα) και στη χημική όταν προκαλείται από την ανθρώπινη δραστηριότητα και την προσθήκη των χημικών ουσιών στο έδαφος (όξινη βροχή, λιπάσματα, απώλεια βλάστησης λόγω της αποψίλωσης των δασών και την υπερβόσκηση κ.α.). Έχει αποδειχθεί ότι η απώλεια του εδάφους είναι ευθέως ανάλογη προς την ένταση μιας καταιγίδας και ότι οι ατομικές τιμές καταιγίδας είναι άμεσα επιπρόσθετες (Wischmeier and Smith 1978).

Η διαβρωσιμότητα σύμφωνα με τον (Sanders 1986), αποτελείται από αποσυναρμολόγηση (συνάρτηση του ποσοστού του εδάφους διήθησης, διαπερατότητα, και συνολική χωρητικότητα νερού) και δυνατότητα μεταφοράς (Συνάρτηση της διασποράς του εδάφους, πιτσίλισμα, και την τριβή) (Wischmeier and Smith 1978). Υπάρχουν πολλές παράμετροι εδάφους, όπως η γωνία (ή βαθμός) της κλίσης, το μήκος της κλίσης, η πτυχή της πλαγιάς, η καμπυλότητα, και η τραχύτητα της επιφάνειας, οι οποίες επηρεάζουν τη διάβρωση με ένα περίπλοκο τρόπο (Sanders 1986).

Η διάβρωση αναμένεται να αυξηθεί τα επόμενα χρόνια ιδιαίτερα στις περιοχές της Μεσογείου λόγω της υπερθέρμανσης του πλανήτη που θα έχει σαν αποτέλεσμα την πιο συχνή εμφάνιση βροχοπτώσεων υψηλής έντασης (Boardman 2006, Zhang and Nearing 2005).

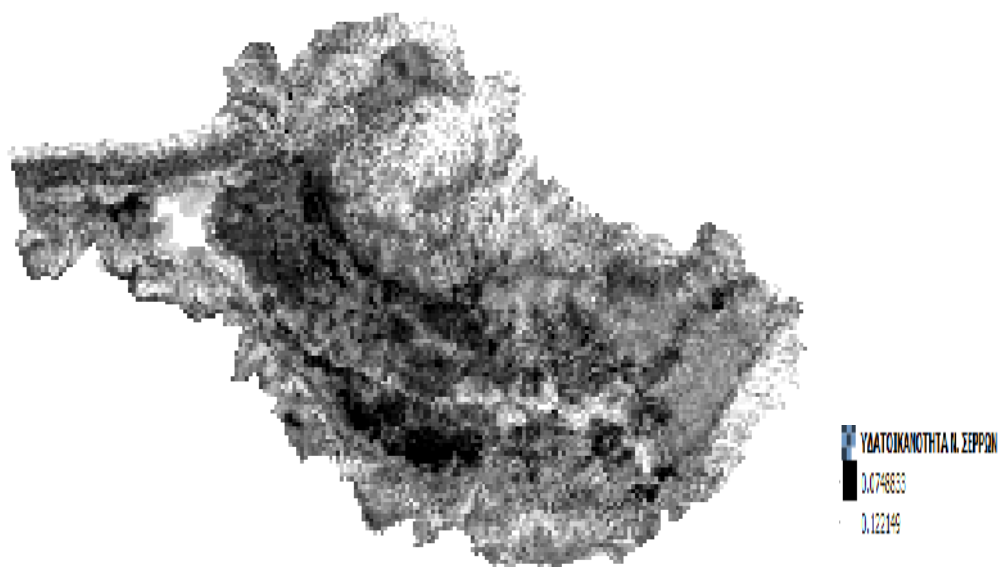
Η διαβρωσιμότητα του εδάφους σχετίζεται άμεσα με την πλημμυρική επικινδυνότητα, αφού το νερό αποτελεί τον βασικό παράγοντα διάβρωσής του. Περιοχές με αυξημένη διαβρωσιμότητα είναι πιο επιρρεπείς σε πλημμυρικά φαινόμενα, ενώ ο βαθμός διάβρωσης εξαρτάται από την συνεκτικότητα του εδάφους, όσο λιγότερο συνεκτικό είναι το έδαφος τόσο πιο εύκολα μπορεί να παρασυρθεί από την ροή του νερού και να συμβάλλει στην δημιουργία πλημμυρικών φαινομένων (Jinren & Yingkui, 2003).

Ο χάρτης της διαβρωσιμότητας του εδάφους λήφθηκε από τη βάση δεδομένων του European Soil Data Center (ESDAC). Ο χάρτης διαβρωσιμότητας

δείχνει τις περιοχές που κινδυνεύουν περισσότερο ή λιγότερο από πλημμυρικά φαινόμενα, ανάλογα με την συνεκτικότητα του εδάφους.

Οι περιοχές στις οποίες υπάρχει υψηλή διάβρωση έχουν και το μεγαλύτερο κίνδυνο εμφάνισης πλημμυρικών επεισοδίων.

- Το πλεγματοειδές αρχείο της υδατοϊκανότητας του εδάφους της περιοχής μελέτης, με χωρική ανάλυση 30 m, προερχόμενο από τη βάση δεδομένων του Ευρωπαϊκού Κέντρου για το Έδαφος (European Soil Data Center).



Εικόνα 18. Πλεγματοειδές αρχείο υδατοϊκανότητας N. Σερρών χωρική ανάλυση 30m (ESDAC).

Υδατοϊκανότητα είναι η ικανότητα που έχει το έδαφος να συγκρατεί το νερό και εξαρτάται από την δομή του εδάφους. Το νερό συγκρατείται στους πόρους του εδάφους με την έλξη των σωματιδίων του εδάφους.

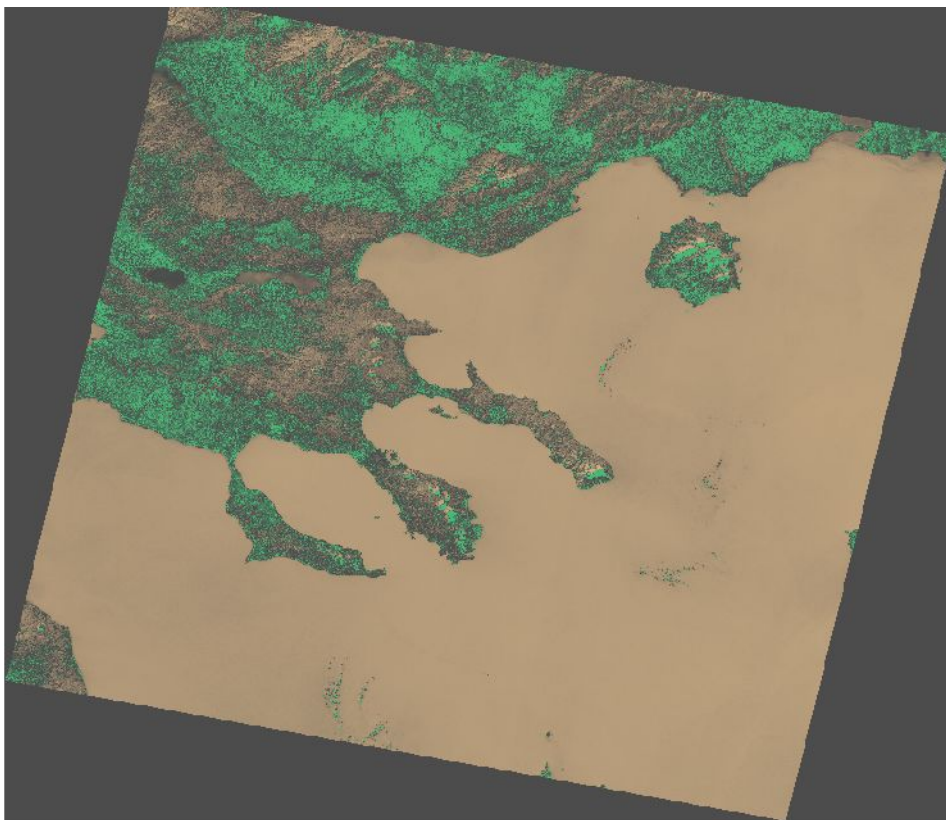
Ως υδατοϊκανότητα ορίζεται ο γενικός δείκτης εδάφους, ο οποίος χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των γεωργικών δυνατοτήτων και των περιβαλλοντικών κινδύνων μιας περιοχής (Van Diepen 1993, Wassenaar, et al., 1999). Η διαθέσιμη χωρητικότητα νερού στο έδαφος προσδιορίζεται από έναν αριθμό, φυσικών, υδραυλικών και μορφολογικών ιδιοτήτων του π.χ. το πάχος, την πυκνότητα και την περιεκτικότητα σε νερό (Cazemier, et al., 2001).

Σε περιοχές όπου υπάρχει πολύ χαμηλή διαθέσιμη χωρητικότητα νερού υπάρχει πολύ υψηλός κίνδυνος εμφάνισης πλημμυρικού φαινομένου. Αντίθετα, σε περιοχές με πολύ υψηλή διαθέσιμη χωρητικότητα νερού υπάρχει πολύ

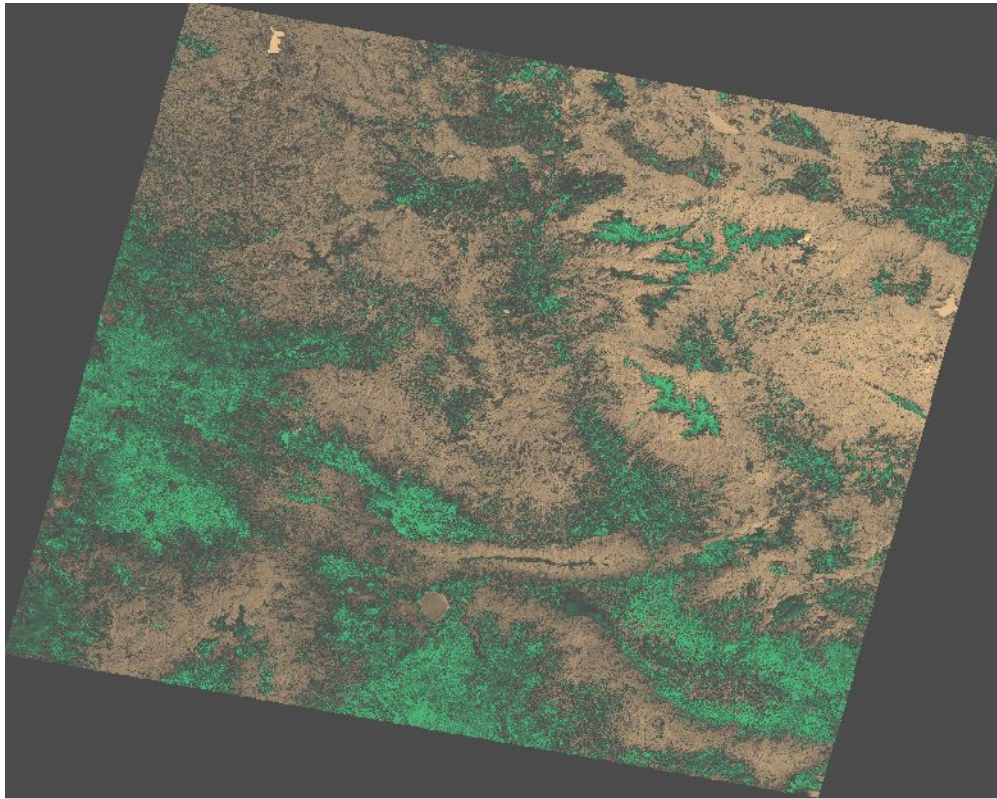
χαμηλός κίνδυνος εμφάνισης πλημμυρικού φαινομένου. Ο χάρτης εδαφικής υδατοϊκανότητα λήφθηκε από τη βάση δεδομένων European Soil Data Center (ESDAC).

Οι περιοχές στις οποίες υπάρχει χαμηλή διαθέσιμη χωρητικότητα νερού υπάρχει πολύ υψηλός κίνδυνος εμφάνισης πλημμυρικών επεισοδίων.

- Δύο δορυφορικές εικόνες της περιοχής μελέτης από το δορυφόρο Landsat 8 προερχόμενες από την Υπηρεσία Γεωλογικών Ερευνών των Η.Π.Α. (U.S.G.S.).



Εικόνα 19. Δορυφορική εικόνα με ημερομηνία λήψης 29/9/2016 (U.S.G.S)



Εικόνα 20. Δορυφορική εικόνα με ημερομηνία λήψης 29/9/2016 (U.S.G.S)

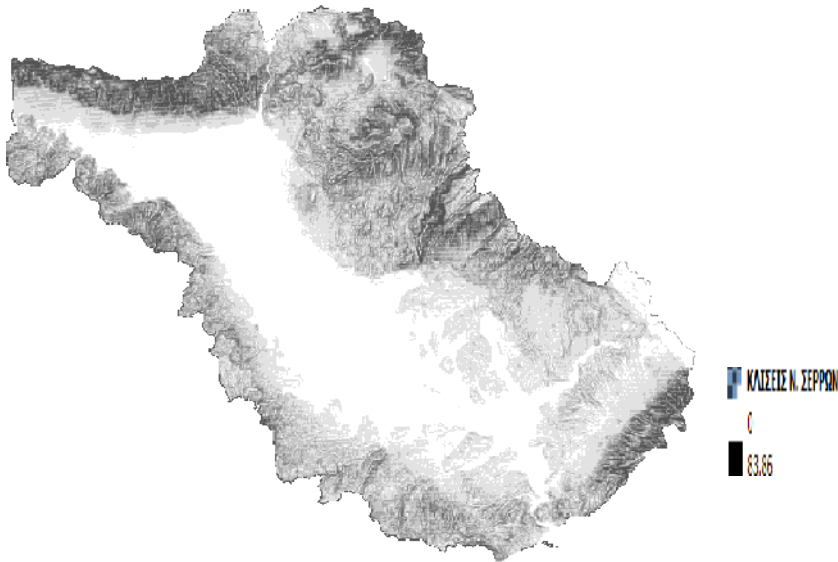
Οι δύο παραπάνω δορυφορικές εικόνες χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία του χάρτη των χρήσεων γης στο Ν. Σερρών. Οι χρήσεις γης και το είδος της κάλυψης αποτελούν δυο από τους βασικότερους παράγοντες που ευθύνονται για την εμφάνιση πλημμυρικών φαινομένων. Η εμφάνιση της πλημμύρας είναι αντιστρόφως ανάλογη της πυκνότητας της βλάστησης. Η βροχή που πέφτει στις πετρώδες πλαγιές με χαμηλή βλάστηση ρέει γρηγορότερα πάνω στην επιφάνεια τους σε σύγκριση με τις δασικές περιοχές. Κατά συνέπεια, ορισμένες χρήσεις γης (π.χ. αστικές χρήσεις γης, καμένες εκτάσεις, εκτάσεις με αραιή βλάστηση) έχουν μεγαλύτερη απορροή σε σύγκριση με τις περιοχές που καλύπτονται από πυκνή βλάστηση (Masoud 2012).

Ο προσδιορισμός του πλημμυρικού κινδύνου με βάση τις χρήσεις γης για τον Ν. Σερρών πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας δύο (2) δορυφορικές εικόνες από το δορυφόρο Landsat 8. Επιλέχθηκαν εικόνες που καλύπτουν την ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος από το έτος 2016 (29/09/2016 και 29/09/2016) ώστε να υπάρχει για τις ανάγκες του έργου, πρόσφατο και αναλυτικό επίπεδο πληροφορίας σχετικά με τα είδη εδαφοκάλυψης.

Για κάθε κανάλι (χωρική ανάλυση 30 m) στο ορατό (visible), το κοντινό υπέρυθρο (near infrared) και το μικροκυματικό υπέρυθρο (short wave infrared), υπολογίστηκαν οι τιμές επιφανειακής ακτινοβολίας σύμφωνα με τη σειρά διαδικασιών των Kolios and Stylios (2013). Στη συνέχεια, ακολουθήθηκε η μέθοδος της επιβλεπόμενης ταξινόμησης για την κατηγοριοποίηση όλων των εικονοστοιχείων που εμπίπτουν στην περιοχή ενδιαφέροντος σε επτά διακριτές κλάσεις («αστικός ιστός (κωδικός 1)», «υψηλή και πυκνή βλάστηση - δασικές εκτάσεις (κωδικός 2)», «υδάτινες επιφάνειες (κωδικός 3)», «γυμνό έδαφος - χωμάτινες επιφάνειες (κωδικός 4)», «αγροτικές εκτάσεις-καλλιεργήσιμη γη (κωδικός 5)», «αραιή και χαμηλή βλάστηση (κωδικός 6)», «πετρώδεις εκτάσεις (κωδικός 7)»). Ο αλγόριθμος που επιλέχθηκε για την ταξινόμηση όλων των εικονοστοιχείων των δορυφορικών εικόνων στις επτά προαναφερόμενες κλάσεις ήταν οι «μηχανές υποστήριξης διανυσμάτων» (Support Vector Machines) που θεωρούνται από τις πιο σύγχρονες και αποτελεσματικές σε θέματα ταξινόμησης (Julien, et al., 2011, Kolios and Stylios 2013, Petropoulos, et al., 2011; Srivastava, et al., 2012). Η συνολική ακρίβεια της απόδοσης του αλγόριθμου στην ταξινόμηση όλων των εικονοστοιχείων σε σχέση με τα εκπαιδευτικά δείγματα που επιλέχθηκαν, είναι 97.18%.

3.4.2 Παράγωγα δεδομένα

- Το πλεγματοειδές αρχείο των κλίσεων του εδάφους της περιοχής μελέτης, με χωρική ανάλυση 30 m, που προέκυψε από την επεξεργασία του αρχείου του ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου εδάφους (DEM) του Ν. Σερρών.



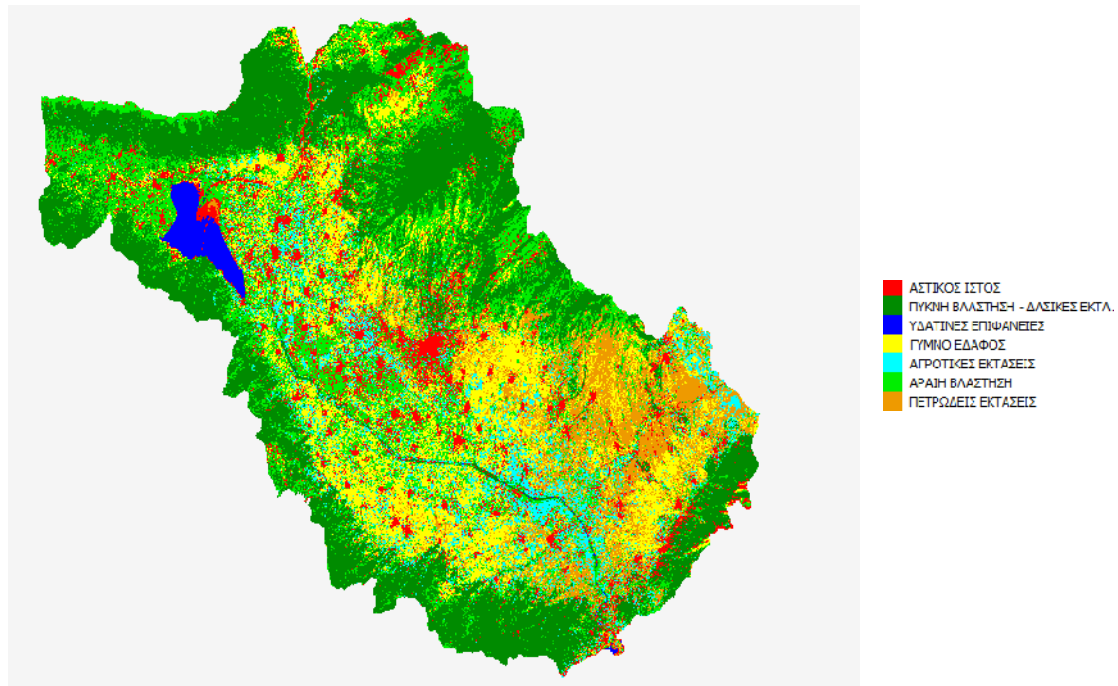
Εικόνα 21. Πλεγματοειδές αρχείο κλίσεων Ν. Σερρών χωρική ανάλυση 30m

Ένας ακόμα σημαντικός παράγοντας για τον προσδιορισμό της πλημμυρικής επικινδυνότητας στο Ν. Σερρών είναι οι κλίσεις του εδαφικού του αναγλύφου. Ως κλίση εδαφικού αναγλύφου ορίζεται η γωνία μεταξύ της επιφάνειας και ενός οριζόντιου σημείου αναφοράς.

Το DEM παρέχει τη δυνατότητα να εξαχθούν θεματικοί χάρτες με μεγάλη ακρίβεια, όπως ο χάρτης των κλίσεων του εδαφικού αναγλύφου. Με τη χρήση του DEM σε περιβάλλον ΓΣΠ δημιουργείται ο χάρτης κλίσεων του τοπογραφικού ανάγλυφου του Ν. Σερρών. Αναλυτικότερα, σύμφωνα με το μοντέλο εδάφους του Ν. Σερρών και με τη βοήθεια του λογισμικού QGIS γίνεται εξαγωγή του χάρτη κλίσεων εδάφους στον εν λόγω νομό. Σε ένα ΣΓΠ η πιο αποτελεσματική μέθοδος προσδιορισμού του μέτρου της κλίσης είναι η χρήση ενός ψηφιακού μοντέλου εδάφους (Warren, et al., 2004).

Οι περιοχές οι οποίες έχουν τις μικρότερες τιμές είναι και οι πιο επικίνδυνες για να εμφανίσουν πλημμυρικά επεισόδια.

- Το ψηφιακό πλεγματοεικό αρχείο των χρήσεων γης της περιοχής μελέτης. Προέκυψε με τη μέθοδο της ταξινόμησης των δύο δορυφορικών εικόνων.

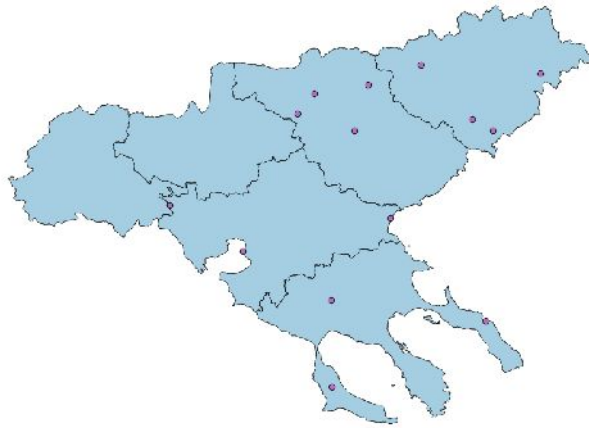


Εικόνα 22 Πλεγματοεικό αρχείο χρήσεων γης Ν. Σερρών χωρική ανάλυση 30m

- Το πλεγματοεικό αρχείο Έντασης Βροχόπτωσης - Modified Fourier Index (MFI)

Ένας από τους πιο σημαντικούς δυναμικούς παράγοντες στην εκδήλωση πλημμυρών είναι η ένταση της βροχόπτωσης (Amadio, et al., 2003, Golian, et al., 2010, Norbiato, et al., 2008).

Όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση της βροχόπτωσης τόσο πιθανότερη είναι η εμφάνιση πλημμυρικού επεισοδίου. Στην παρούσα διατριβή χρησιμοποιούνται βροχομετρικά δεδομένα από 14 μετεωρολογικούς σταθμούς που βρίσκονται εντός του Ν. Σερρών και στους γύρω γειτονικούς Νομούς (www.meteo.gr), με σκοπό τη δημιουργία του τελικού χάρτη έντασης της βροχόπτωσης (rainfall intensity). Τα δεδομένα αφορούν την χρονική περίοδο 2014-2016.



ΕΙΚΟΝΑ 23. Οι μετεωρολογικοί σταθμοί

Παρακάτω γίνεται αναλυτική περιγραφή της διαδικασίας που πρέπει να ακολουθηθεί για την κατασκευή του χάρτη έντασης βροχής με βάση τη χρήση του δείκτη MFI (Modified Fourier Index) (Morgan 2005, Arnoldus 1980) σε περιβάλλον ΓΣΠ.

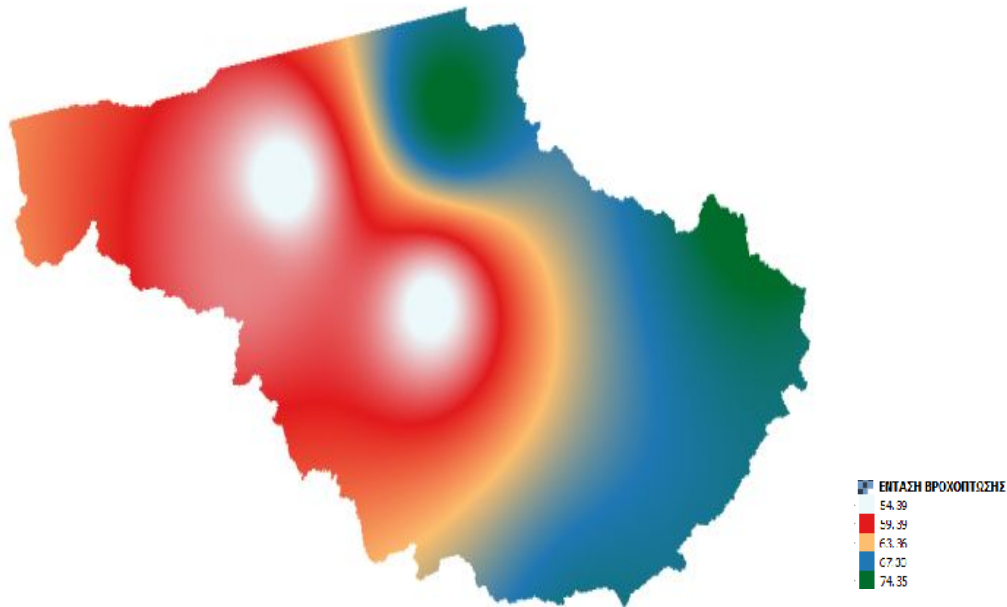
Ο δείκτης MFI που εκφράζει το άθροισμα της μέσης μηνιαίας έντασης της βροχόπτωσης για κάθε ένα σταθμό δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$MFI = \sum_{i=1}^{12} \frac{p_i^2}{P}$$

Όπου p είναι ο μέσος όρος της μηνιαίας βροχόπτωσης και P ο μέσος όρος της ετήσιας βροχόπτωσης. Έτσι για κάθε ένα από τους δεκατέσσερις μετεωρολογικούς σταθμούς υπολογίζεται ο δείκτης MFI για την χρονική περίοδο 2014-2016.

Η χωρική απεικόνιση της έντασης της βροχόπτωσης και ο συσχετισμός της με την πλημμυρική επικινδυνότητα για κάθε σημείο του Ν. Σερρών πραγματοποιείται με τη διαδικασία χωρικής παρεμβολής (interpolation) των τιμών του δείκτη MFI για κάθε ένα από τους 14 μετεωρολογικούς σταθμούς που βρίσκονται είτε εντός του Ν. Σερρών ή στους γειτονικούς νομούς.

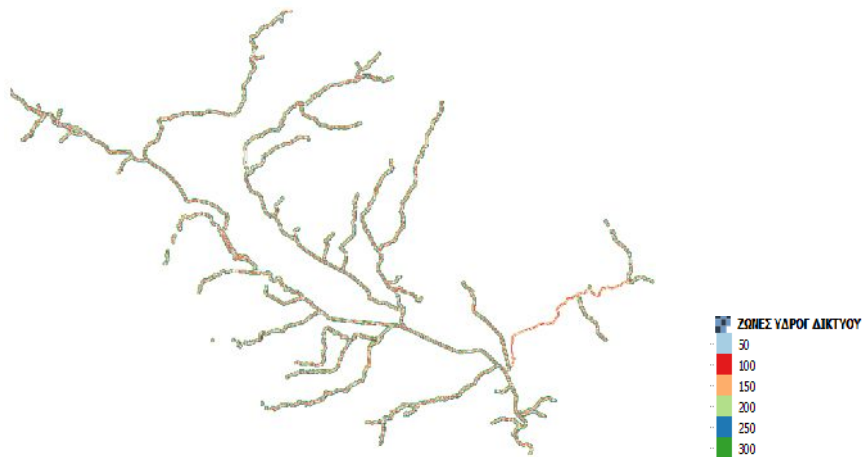
Αναλυτικότερα, σε περιβάλλον GIS εισάγεται το σημειακό αρχείο των σταθμών, το οποίο περιέχει την πληροφορία με τις τιμές του δείκτη MFI για κάθε σταθμό. Στη συνέχεια με χρήση της εντολής Interpolation δημιουργείται ένα αρχείο που περιγράφει τη διακύμανση της έντασης βροχόπτωσης (δείκτης MFI) στον Ν. Σερρών.



24. μ χωρική ανάλυση 30m

- Το πλεγματο αρχείο απόστασης από το υδρογραφικό δίκτυο

Η απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο είναι ένας ακόμη παράγοντας που θα εξεταστεί στη παρούσα διατριβή για την ανεύρεση των ευάλωτων περιοχών στην εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων στο Ν. Σερρών. Οι υπερχειλίσεις των ποταμών παίζουν σημαντικό ρόλο στην έναρξη μιας πλημμύρας. Ο κατακλυσμός ξεκινά από τις κοίτες τους και επεκτείνεται στον περιβάλλοντα χώρο. Ο ρόλος της κοίτης μειώνεται καθώς μεγαλώνει η απόσταση από αυτή. Εξαιτίας του γεγονότος αυτού είναι ανάγκη να οριστούν νοητές ζώνες διαφόρων αποστάσεων από το υδρογραφικό δίκτυο. Αυτό θα πραγματοποιηθεί με τη βοήθεια του QGIS αρχικά με την εντολή Buffer όπου θα γίνουν έξι ζώνες ανά 50m και στη συνέχεια θα μετατραπεί σε πλεγματο αρχείο



25. μ
30m

3.5 Διαδικασία πολυκριτηριακής ανάλυσης των δεδομένων

Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε η ταξινόμηση των αρχείων μέσω της δημιουργίας κλάσεων για κάθε αρχείο, όπου σε κάθε κλάση αποδόθηκε μία πιθανότητα εμφάνισης πλημμυρικών επεισοδίων στην κλίμακα, όπως φαίνεται στον πίνακα 1

Πίνακας 3. Κατηγοριοποίηση πιθανότητας εμφάνισης πλημμύρας

Τιμές ταξινόμησης	Κατηγοριοποίηση πιθανότητας εμφάνισης Πλημμύρας
2	Πολύ Χαμηλή
4	Χαμηλή
6	Μέση
8	Υψηλή
10	Πολύ Υψηλή

Ακολούθως, υπολογίστηκαν οι συντελεστές βαρύτητας και οι διορθωμένοι συντελεστές βαρύτητας για κάθε κριτήριο σύμφωνα με τον πίνακα 4. Η βαρύτητα των κριτηρίων ορίστηκε εμπειρικά στην κλίμακα 0% - 100%, ανάλογα

με τη βαρύτητα που θεωρήθηκε πως παρουσιάζει κάθε κριτήριο στην εκδήλωση πλημμυρικού επεισοδίου. Ο συντελεστής βαρύτητας, υπολογίστηκε από την παρακάτω σχέση:

$$\text{Συντελεστής βαρύτητας} = X/X_{\min}$$

Όπου: X = Η τιμή της βαρύτητας που αντιστοιχεί στο κάθε κριτήριο

X_{\min} = Η ελάχιστη τιμή βαρύτητας της στήλης των τιμών βαρύτητας.

Ο διορθωμένος συντελεστής βαρύτητας υπολογίστηκε από τη σχέση:

Διορθωμένος συντελεστής βαρύτητας = Συντελεστής βαρύτητας / Άθροισμα των συντελεστών βαρύτητας

Πίνακας 4. Συντελεστές βαρύτητας κριτηρίων 1^ο Σενάριο

A/A	Κριτήριο	Βαρύτητα (%)	Συντελεστής βαρύτητας	Διορθωμένος συντελεστής βαρύτητας
1	Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου DEM	100	5	0,139
2	Κλίση	100	5	0,139
3	Χρήσεις γης	100	5	0,139
4	Υδατοϊκανότητα	90	4,5	0,125
5	Διάβρωση	90	4,5	0,125
6	Υδρογραφικό δίκτυο	60	3	0,083
7	Λίμνη	60	3	0,083
8	Βροχόπτωση	60	3	0,083
9	Χωριά	40	2	0,055
10	Οδικό δίκτυο	20	1	0,027
		ΣΥΝΟΛΟ	36	

Για τον υπολογισμό του τελικού χάρτη εκτίμησης της πλημμυρικής επικινδυνότητας στο Ν. Σερρών, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Simple Additive Weighting (S.A.W.), η οποία αποτελεί την απλούστερη μέθοδο λήψης αποφάσεων και έχει ευρεία εφαρμογή σε προβλήματα επίλυσης χωροθέτησης. Σύμφωνα με τους (Hwang και Yoon 1981) η μέθοδος S.A.W είναι μία απλή και καλή μέθοδος

λήψης αποφάσεων καθώς τα αποτελέσματά της πλησιάζουν τα αποτελέσματα πιο αναλυτικών μεθόδων. Η Μέθοδος SAW υλοποιείται σε τρία βασικά στάδια.

- Το στάδιο δημιουργίας κλίμακας για το σκορ
- Το στάδιο της εφαρμογής των βαρών
- Το στάδιο της πρόσθεσης των τιμών τους για κάθε πηγή κριτηρίων και περιλαμβάνει την ποσοτικοποίηση των τιμών των κριτηρίων για κάθε εναλλακτική λύση, την κατασκευή μιας μήτρας αποφάσεων η οποία περιλαμβάνει τις τιμές αυτές, την διορθωμένη μήτρα αποφάσεων, την απόδοση βαρών στα κριτήρια και τον υπολογισμό του συνολικού αποτελέσματος για κάθε εναλλακτική λύση. Ως καλύτερη, λύση θεωρείται αυτή που συγκεντρώνει την υψηλότερη βαθμολογία (Janic και Reggiani 2002).

Η μαθηματική έκφραση της μεθόδου, είναι:

$$S_i = \sum_{j=1}^M w_j r_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, N$$

Όπου:

S_i = η συνολική βαθμολογία της i^{th} εναλλακτικής λύσης

r_{ij} = η διορθωμένη τιμή της i^{th} εναλλακτικής λύσης για το j^{th} κριτήριο, η οποία αντιπροσωπεύει ένα στοιχείο της διορθωμένης μήτρας αποφάσεων

x_{ij} = ένα στοιχείο της μήτρας αποφάσεων, το οποίο αντιπροσωπεύει την αρχική τιμή του j^{th} κριτηρίου της i^{th} εναλλακτικής λύσης

w_j = η βαρύτητα του j^{th} κριτηρίου

N = ο αριθμός των εναλλακτικών λύσεων

W = ο αριθμός των κριτηρίων

Στην συνέχεια τα αρχεία που προέκυψαν προστέθηκαν μέσω του εργαλείου raster calculator του λογισμικού QGIS και δημιουργήθηκε ο τελικός ζητούμενος χάρτης των περιοχών στο Ν. Σερρών που είναι επικίνδυνες στην εμφάνιση πλημμυρικών επεισοδίων.

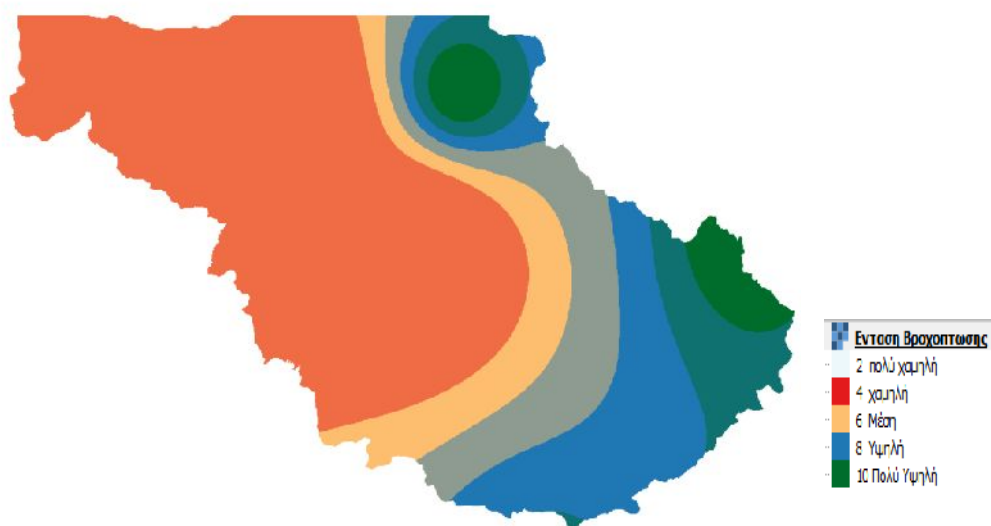
3.5.1 Κατηγοριοποίηση Αρχείων

➤ Αρχείο Έντασης Βροχής

Η κατηγοριοποίηση της διακύμανσης των τιμών του δείκτη MFI γίνεται σε 5 κλάσεις, έτσι ώστε ο τελικός χάρτης που εξάγεται να περιέχει πέντε κλίμακες:

- Πολύ υψηλή (10)
- Υψηλή (8)
- Μέση (6)
- Χαμηλή (4)
- Πολύ χαμηλή (2)

Οι πέντε αυτές κλάσεις περιγράφουν αντίστοιχα τα πέντε διαφορετικά είδη πλημμυρικής επικινδυνότητας για το συγκεκριμένο θεματικό χάρτη του Ν. Σερρών (εικόνα 26) Η κατηγοριοποίηση αυτή περιγράφεται αναλυτικά στον πίνακα 5 Όπως έχει ήδη αναφερθεί, όσο πιο αυξημένη είναι η ένταση της βροχόπτωσης τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος εμφάνισης ενός πλημμυρικού φαινομένου, άρα η διακύμανση των τιμών του δείκτη MFI που ανήκουν στην κλάση με πολύ υψηλή ένταση βροχής περιγράφουν αντίστοιχα και πολύ υψηλό κίνδυνο εμφάνισης ενός πλημμυρικού φαινομένου.



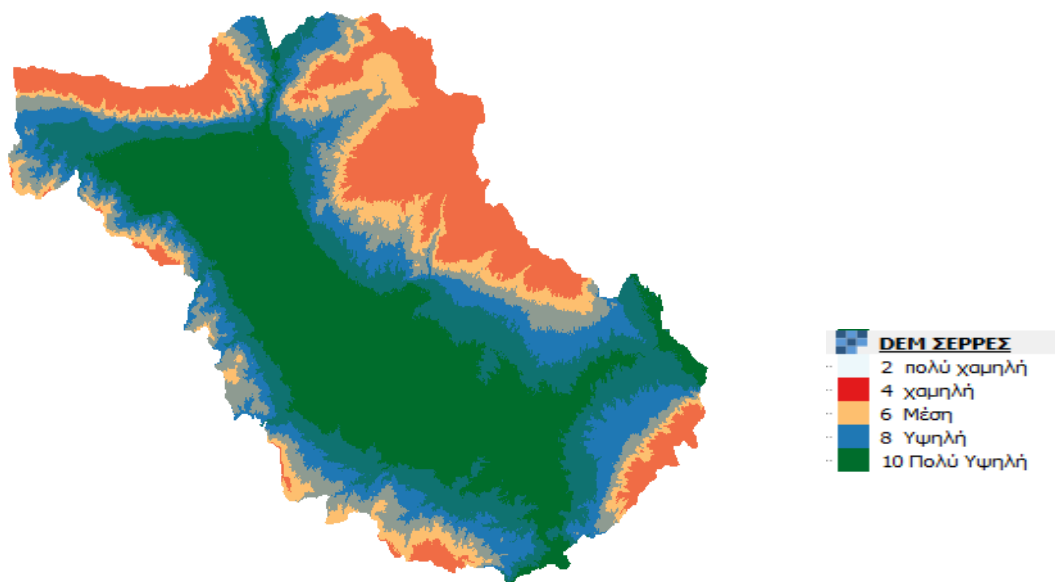
Εικόνα 26 :Πλεγματικό Αρχείο κατηγοριοποίησης διακύμανσης τιμών δείκτη MFI
Ν. Σερρών χωρική ανάλυση 30m

➤ Αρχείο Υψομέτρων

Με βάση το μοντέλο εδάφους του Ν. Σερρών δημιουργήθηκε ο θεματικός χάρτης που παρουσιάζει την διαβάθμιση της πλημμυρικής επικινδυνότητας με βάση τα υψόμετρα (Εικόνα 27). Αναλυτικότερα, η κατηγοριοποίηση των υψομέτρων του Ν. Σερρών πραγματοποιήθηκε σε 5 κλάσεις, έτσι ώστε ο τελικός χάρτης που εξάγεται να περιέχει πέντε κλίμακες:

- Πολύ υψηλή (10)
- Υψηλή (8)
- Μέση (6)
- Χαμηλή (4)
- Πολύ χαμηλή (2)

Η κατηγοριοποίηση αυτή φαίνεται αναλυτικά στον πίνακα 5. Οι πέντε αυτές κλάσεις των υψομέτρων του εδαφικού ανάγλυφου περιγράφουν αντίστοιχα τα πέντε διαφορετικά είδη πλημμυρικής επικινδυνότητας. Όσο πιο μικρά είναι τα υψόμετρα τόσο μεγαλύτερος ο κίνδυνος να εμφανιστεί ένα πλημμυρικό φαινόμενο σε σχέση με τις περιοχές που έχουν μεγαλύτερο υψόμετρο. Άρα η διακύμανση των τιμών των πιο χαμηλών υψομέτρων περιγράφουν αντίστοιχα και πολύ υψηλό κίνδυνο εμφάνισης ενός πλημμυρικού φαινομένου (Masoud 2012).



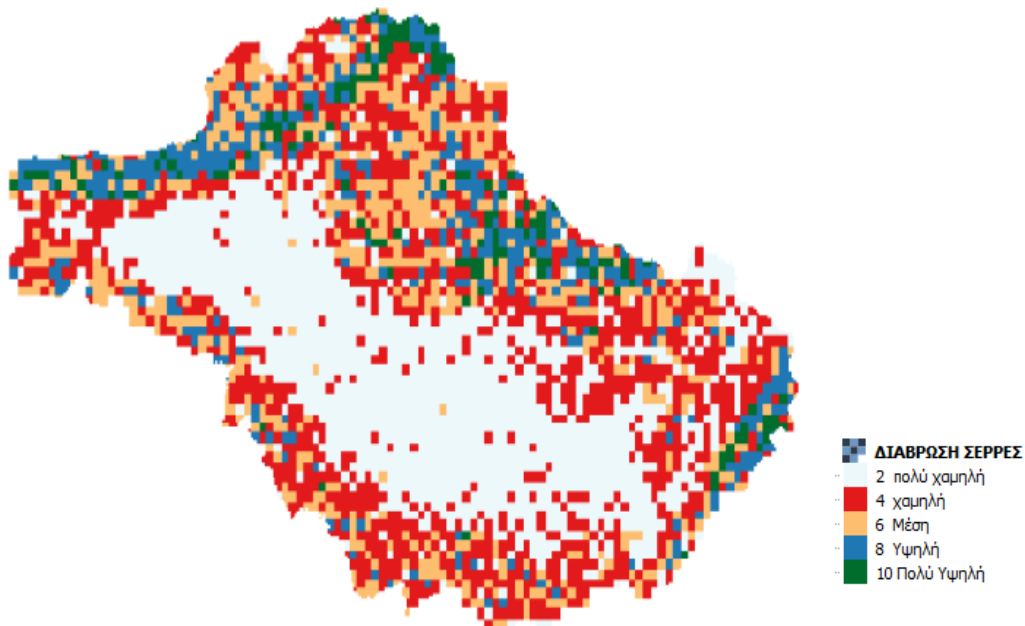
Εικόνα 27. Πλεγματικό αρχείο κατηγοριοποίησης διακύμανσης τιμών υψομέτρων Ν. Σερρών χωρική ανάλυση 30m

➤ Αρχείο Διαβρωσιμότητας

Η κατηγοριοποίηση της διακύμανσης των τιμών της διαβρωσιμότητας γίνεται σε 5 κλάσεις, έτσι ώστε ο τελικός χάρτης (εικόνα 28) που εξάγεται να περιέχει πέντε κλίμακες:

- Πολύ υψηλή (10)
- Υψηλή (8)
- Μέση (6)
- Χαμηλή (4)
- Πολύ χαμηλή (2)

Οι πέντε αυτές κλάσεις περιγράφουν αντίστοιχα τα πέντε διαφορετικά είδη πλημμυρικής επικινδυνότητας. Η κατηγοριοποίηση αυτή φαίνεται αναλυτικά στον πίνακα 5.



Εικόνα 28. Πλεγματικό αρχείο κατηγοριοποίησης διακύμανσης τιμών διαβρωσιμότητας
N. Σερρών χωρική ανάλυση 30m

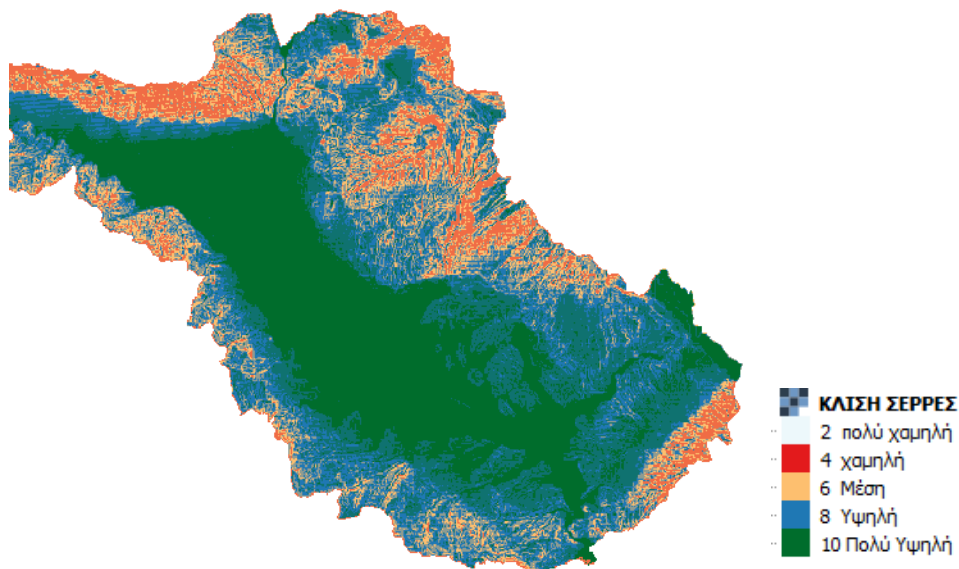
➤ Αρχείο Κλίσεων Εδαφικού Ανάγλυφου

Η κατηγοριοποίηση γίνεται όπως έχει ήδη αναφερθεί σε 5 κλάσεις, έτσι ώστε ο τελικός χάρτης (εικόνα 29) που εξάγεται να περιέχει πέντε κλίμακες:

- Πολύ υψηλή (10)
- Υψηλή (8)
- Μέση (6)

- Χαμηλή (4)
- Πολύ χαμηλή (2)

Η κατηγοριοποίηση αυτή φαίνεται αναλυτικά στον πίνακα 5. Σύμφωνα με την παραπάνω κατηγοριοποίηση προσδιορίζεται η επικινδυνότητα εμφάνισης πλημμυρικού φαινομένου στο Ν. Σερρών βασιζόμενη στις κλίσεις του εδαφικού ανάγλυφου. Στο θεματικό χάρτη των κλίσεων, όσο πιο μικρή κλίση παρουσιάζει το έδαφος τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος εμφάνισης ενός πλημμυρικού φαινομένου, άρα η διακύμανση των τιμών των κλίσεων που ανήκουν στην πολύ χαμηλή ζώνη περιγράφουν αντίστοιχα και πολύ υψηλό κίνδυνο εμφάνισης ενός πλημμυρικού φαινομένου.



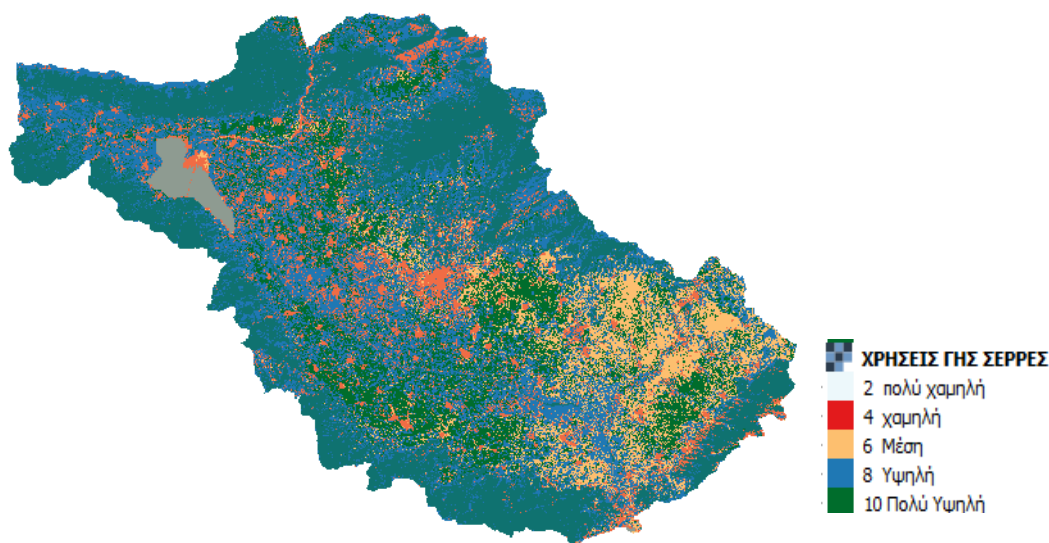
Εικόνα 29. Πλεγματικό αρχείο κατηγοριοποίησης διακύμανσης τιμών κλίσεων Ν. Σερρών χωρική ανάλυση 30m

➤ Αρχείο Χρήσεων Γης

Η κατηγοριοποίηση των χρήσεων γης σε 5 κλάσεις έγινε με βάση τη συμβολή της κάθε μιας χρήσης γης στην εμφάνιση πλημμυρικού κινδύνου και ο τελικός χάρτης που εξάγεται περιέχει πέντε κλίμακες:

- Πολύ υψηλή (10)
- Υψηλή (8)
- Μέση (6)
- Χαμηλή (4)
- Πολύ χαμηλή (2)

Η κατηγοριοποίηση αυτή φαίνεται αναλυτικά στον πίνακα 5 Έτσι διαμορφώνεται ο τελικός χάρτης χρήσεων γης σε σχέση με το πλημμυρικό κίνδυνο (Εικόνα 30).



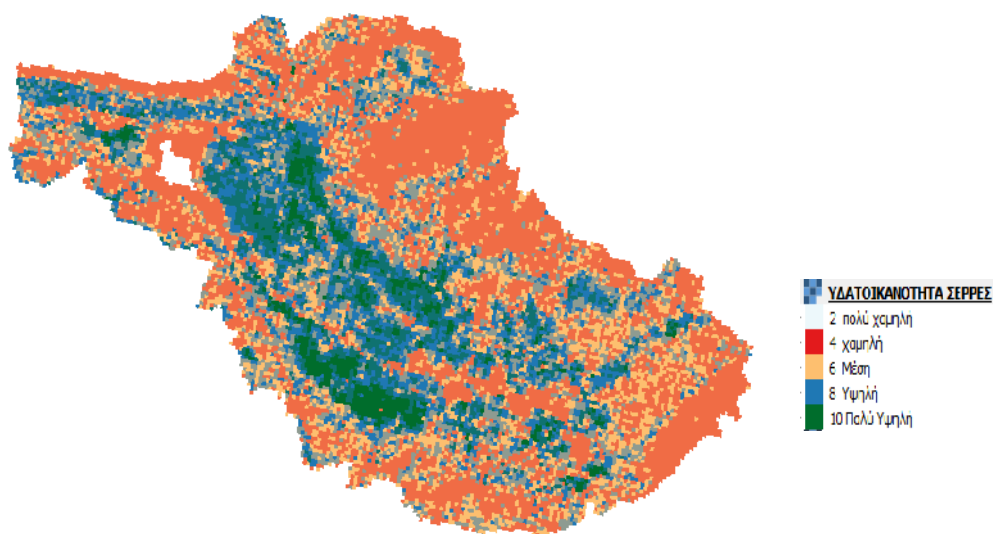
Εικόνα 30. Πλεγματικό αρχείο κατηγοριοποίησης διακύμανσης τιμών χρήσεων γης Ν. Σερρών χωρική ανάλυση 30m

➤ Αρχείο υδατοϊκανότητα εδάφους - available water capacity

Η κατηγοριοποίηση της διακύμανσης των τιμών της διαθέσιμης χωρητικότητας νερού γίνεται σε 5 κλάσεις, ώστε ο τελικός χάρτης που εξάγεται (εικόνα 31) να περιέχει πέντε κλίμακες:

- Πολύ υψηλή (10)
- Υψηλή (8)
- Μέση (6)
- Χαμηλή (4)
- Πολύ χαμηλή (2)

Οι πέντε αυτές κλάσεις περιγράφουν αντίστοιχα τα πέντε διαφορετικά είδη πλημμυρικής επικινδυνότητας σε σχέση με την υδατοϊκανότητα του εδάφους του Ν. Σερρών. Η κατηγοριοποίηση αυτή φαίνεται αναλυτικά στον πίνακα 5



Εικόνα 31. Πλεγματικό αρχείο κατηγοριοποίησης διακύμανσης τιμών υδατοϊκανότητας Ν. Σερρών χωρική ανάλυση 30m

➤ Αρχείο αποστάσεων από το υδρογραφικό δίκτυο

Η κατηγοριοποίηση της διακύμανσης των τιμών της απόστασης από το υδρογραφικό δίκτυο στο Ν. Σερρών γίνεται σε 5 κλάσεις, έτσι ώστε ο τελικός χάρτης (εικόνα 32) που εξάγεται να περιέχει πέντε κλίμακες:

Πολύ υψηλή (10)

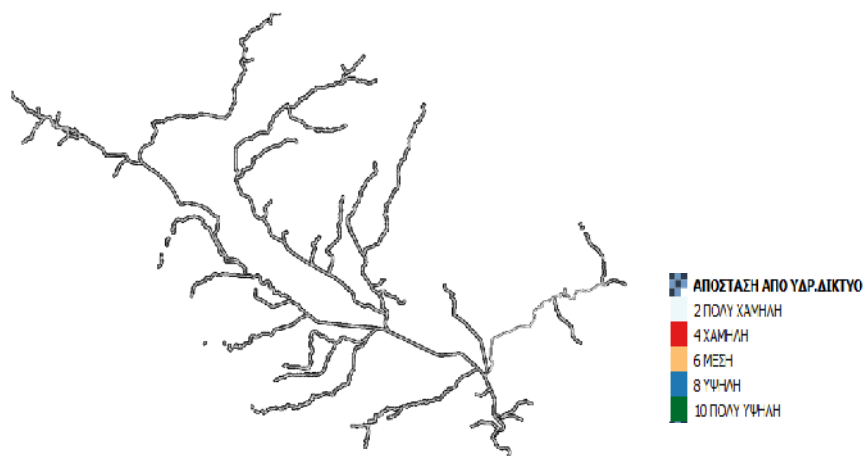
Υψηλή (8)

Μέση (6)

Χαμηλή (4)

Πολύ χαμηλή (2)

Οι πέντε αυτές κλάσεις περιγράφουν αντίστοιχα τα πέντε διαφορετικά είδη πλημμυρικής επικινδυνότητας σε σχέση με την απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο στο Ν. Σερρών. Η κατηγοριοποίηση αυτή φαίνεται αναλυτικά στον πίνακα 5.



Εικόνα 32. Πλεγματικό αρχείο κατηγοριοποίησης διακύμανσης τιμών αποστάσεων από υδρογραφικό δίκτυο Ν. Σερρών χωρική ανάλυση 30m

Η κατηγοριοποίηση όλων των παραγόντων που θα χρησιμοποιηθούν στην παρούσα διατριβή φαίνεται στο πίνακα 5

Πίνακας 5. Κατηγοριοποίηση παραμέτρων που συμβάλλουν στην πλημμυρική επικινδυνότητα

Παράμετροι	Τιμές	Κατηγοριοποίηση
Κλίσεις	0-1,742	Πολύ Υψηλή (10)
	1,742-5,438	Υψηλή (8)
	5,438-9,673	Μέση (6)
	9,673-20,517	Χαμηλή (4)
	20,517-83,86	Πολύ χαμηλή(2)
Χρήσεις Γης	Πετρώματα- Βράχια	Πολύ Υψηλή (10)
	Υδάτινες Επιφάνειες	Υψηλή (8)
	Γυμνό Έδαφος Χαμηλή Αραιή Βλάστηση	Μέση (6)
	Δασική Βλάστηση	Χαμηλή (4)
	Αστικός Ιστός	Πολύ χαμηλή(2)

Διαβρωσιμότητα	46,383-24,870	Πολύ Υψηλή (10)
	24,870-14,394	Υψηλή (8)
	14,394-7,205	Μέση (6)
	7,205-1,708	Χαμηλή (4)
	1,708-0	Πολύ χαμηλή(2)
Ένταση Βροχόπτωσης	74,350-70,288	Πολύ Υψηλή (10)
	70,288-68,573	Υψηλή (8)
	68,573-64,911	Μέση (6)
	64,911-62,651	Χαμηλή (4)
	62,651-54,390	Πολύ χαμηλή(2)
Υδατοϊκανότητα εδάφους	0,074-0,079	Πολύ Υψηλή (10)
	0,079-0,086	Υψηλή (8)
	0,086-0,096	Μέση (6)
	0,096-0,1	Χαμηλή (4)
	0,1-0,12	Πολύ χαμηλή(2)
Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM)	0-56	Πολύ Υψηλή (10)
	56-182	Υψηλή (8)
	182-501	Μέση (6)
	501-697	Χαμηλή (4)
	697-1970	Πολύ χαμηλή(2)
Υδρογραφικό Δίκτυο	0-50	Πολύ Υψηλή (10)
	50-100	Υψηλή (8)
	100-150	Μέση (6)
	150-200	Χαμηλή (4)
	>200	Πολύ χαμηλή(2)

3.6 Ανάλυση αποτελεσμάτων

3.6.1 Τελικοί χάρτες εντοπισμού περιοχών υψηλού κινδύνου πλημμυρικών επεισοδίων στο Ν. Σερρών 1^ο Σενάριο

Για την δημιουργία του τελικού χάρτη εντοπισμού περιοχών υψηλού κινδύνου ορίστηκαν δύο σενάρια με τρεις υποθέσεις στο κάθε ένα. Στο πρώτο σενάριο υπολογίζεται ο χάρτης επικινδυνότητας κάνοντας τις εξής τρεις υποθέσεις:

- Όλοι οι παράγοντες που αναφέρονται στο πίνακα 4 συμβάλλουν στην δημιουργία πλημμυρικών επεισοδίων με την βαρύτητα που έχει υπολογισθεί με τη πολυκριτηριακή μέθοδο SAW
- Μόνο οι παράγοντες του υψομέτρου, της χρήσης γης, της κλίσεως και της διάβρωσης συμβάλλουν στην δημιουργία πλημμυρικών επεισοδίων με την ίδια βαρύτητα του πίνακα 4.
- Μόνο οι παράγοντες της κλίσεως, της διάβρωσης και της έντασης της βροχόπτωσης συμβάλλουν στην δημιουργία πλημμυρικών επεισοδίων με την ίδια βαρύτητα του πίνακα 4

Στο δεύτερο σενάριο υπολογίζονται καινούριοι συντελεστές βαρύτητας πίνακας 6 για τους ίδιους παράγοντες. Γίνονται οι ίδιες υποθέσεις και δημιουργούνται οι ίδιοι χάρτες. Ακολουθεί επαλήθευση των χαρτών των τριών υποθέσεων κάθε σεναρίου με το αρχείο των ιστορικών πλημμυρών που υπάρχει στη βάση δεδομένων του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας καταλήγοντας στους δύο τελικούς χάρτες έναν για κάθε σενάριο. Στη συνέχεια η σύγκριση των δύο χαρτών έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία του τελικού χάρτη που προσδιορίζει τις περιοχές που είναι επικίνδυνες να εμφανίσουν πλημμυρικά επεισόδια. Το τελικό αποτέλεσμα επαληθεύεται με το χάρτη των ζωνών δυνητικά υψηλού κινδύνου εμφάνισης πλημμυρικών επεισοδίων της βάσης δεδομένων του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

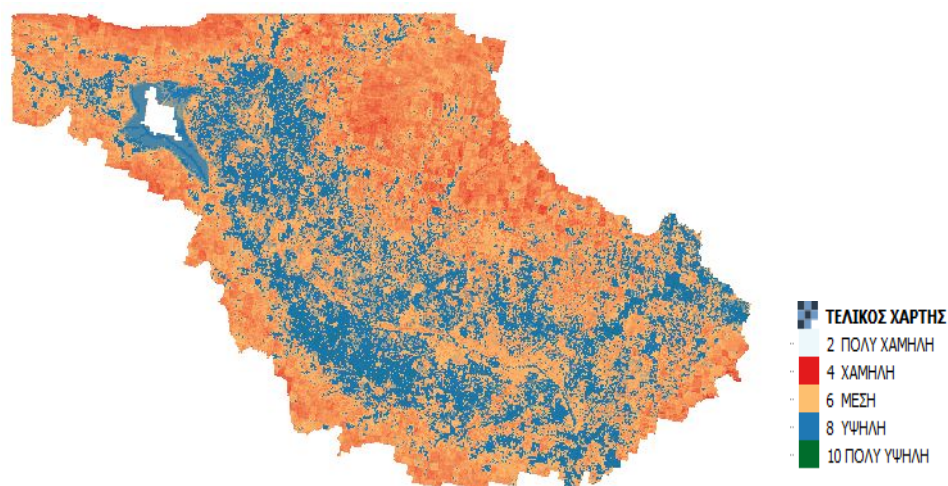
Πίνακας 6 Συντελεστές βαρύτητας κριτηρίων 2^ο Σενάριο

A/A	Κριτήριο	Βαρύτητα (%)	Συντελεστής βαρύτητας	Διορθωμένος συντελεστής βαρύτητας
1	Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου DEM	100	5	0,128
2	Κλίση	100	5	0.128
3	Χρήσεις γης	100	5	0.128
4	Υδατοϊκανότητα	90	4.5	0.115
5	Διάβρωση	90	4.5	0.115
6	Υδρογραφικό δίκτυο	90	4.5	0.115
7	Βροχόπτωση	90	4.5	0.115
8	Λίμνη	60	3	0.077
9	Χωριά	40	2	0.051
10	Οδικό δίκτυο	20	1	0.026
		ΣΥΝΟΛΟ	39	

1^ο Σενάριο

i. Υπόθεση

Γίνεται η υπόθεση ότι όλα τα κριτήρια που αναφέρονται στον πίνακα 4 συμβάλλουν στην δημιουργία πλημμυρικών επεισοδίων με τους συντελεστές βαρύτητας που έχουν υπολογισθεί παραπάνω (πίνακας 4). Το αποτέλεσμα είναι η εικόνα 33



Εικόνα 33. Τελικός χάρτης υπολογισμού ευάλωτων περιοχών Ν. Σερρών στην εμφάνιση πλημμύρας. Σενάριο 1 υπόθεση i.

ii. Υπόθεση

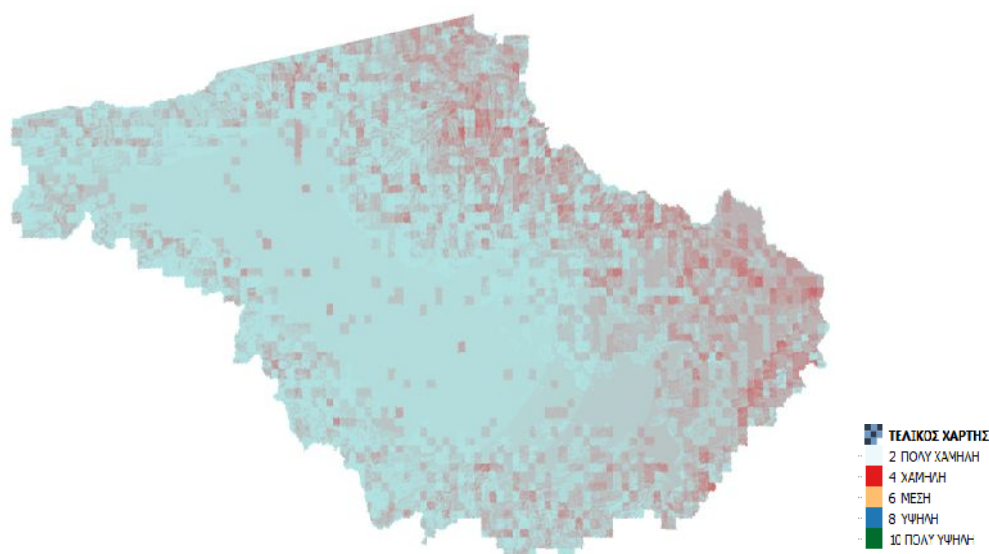
Γίνεται η υπόθεση ότι μόνο τα κριτήρια της χρήσης γης, της κλίσεως της έντασης βροχόπτωσης και της απόστασης από το υδρογραφικό δίκτυο συμβάλλουν στην δημιουργία πλημμυρικών επεισοδίων με τους συντελεστές βαρύτητας που έχουν υπολογισθεί προηγουμένως (πίνακας 4). Το αποτέλεσμα είναι η εικόνα 34.



Εικόνα 34. Τελικός χάρτης υπολογισμού ευάλωτων περιοχών Ν. Σερρών στην εμφάνιση πλημμύρας. Σενάριο 1 υπόθεση ii.

iii. Υπόθεση

Γίνεται η υπόθεση ότι μόνο τα κριτήρια της κλίσεως της διάβρωσης και της έντασης της βροχόπτωσης συμβάλλουν στην δημιουργία πλημμυρικών επεισοδίων με τους συντελεστές βαρύτητας που έχουν υπολογισθεί προηγουμένως (πίνακας 4). Το αποτέλεσμα είναι η εικόνα 35.

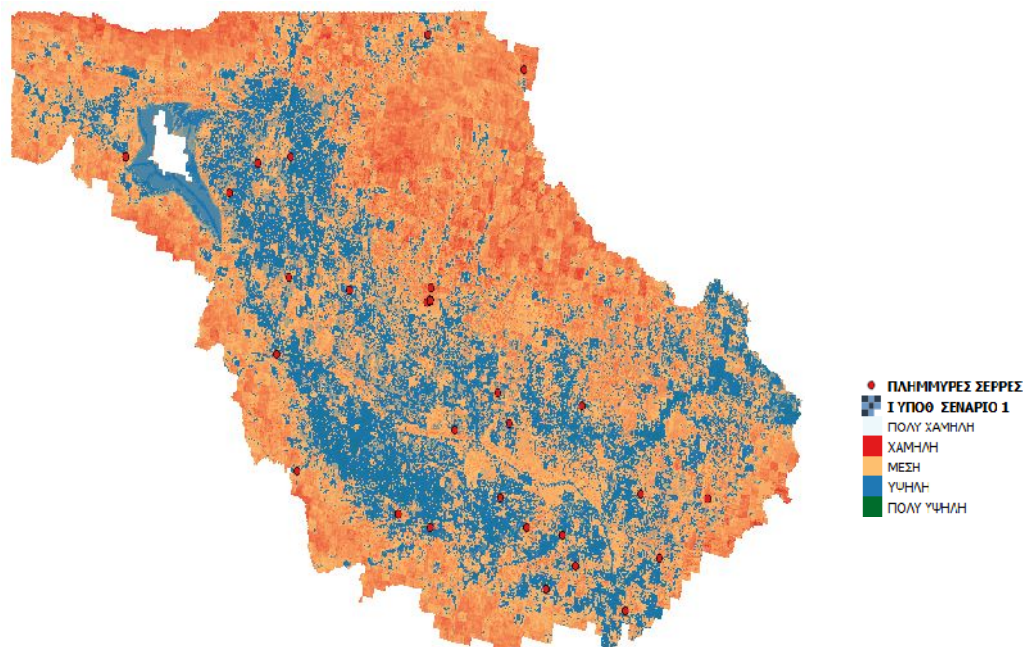


Εικόνα 35. Τελικός χάρτης υπολογισμού ευάλωτων περιοχών Ν. Σερρών στην εμφάνιση πλημμύρας. Σενάριο 1 υπόθεση iii.

Στην συνέχεια το καθ' ένα από τα τρία αποτελέσματα που έχουν προκύψει από το πρώτο σενάριο (εικόνες 33, 34, 35) επαληθεύονται με το αρχείο των ιστορικών πλημμυρών που υπάρχει στη βάση δεδομένων του Υπουργείου Περιβάλλοντος & Ενέργειας (εικόνα 14). Στο αρχείο αυτό παρουσιάζονται οι τοποθεσίες του Ν. Σερρών στις οποίες εμφανίσθηκαν πλημμυρικά επεισόδια στο παρελθόν. Όλες οι περιοχές αυτές ανήκουν σε ζώνες υψηλού και πολύ υψηλού κινδύνου για την εμφάνιση πλημμυρών. Η σύγκριση αυτή δείχνει και την ορθότητα των αποτελεσμάτων των τριών υποθέσεων του πρώτου σεναρίου.

3.6.2 Επαλήθευση τελικών χαρτών 1^{ου} σεναρίου

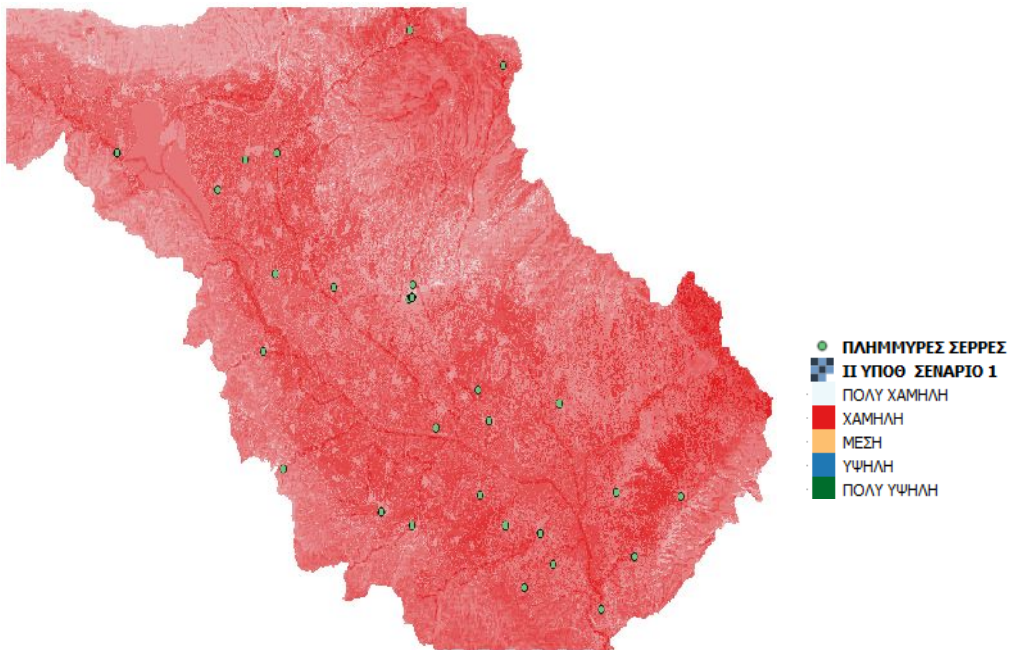
- Επαλήθευση αποτελέσματος i υπόθεσης 1^{ου} σεναρίου με αρχείο ιστορικών πλημμύρων



Εικόνα 36. Επαλήθευση αποτελέσματος i υπόθεσης 1^{ου} σεναρίου με αρχείο ιστορικών πλημμύρων

Από την εικόνα 36 γίνεται αντιληπτό ότι το αποτέλεσμα της i υπόθεσης του 1^{ου} σεναρίου επαληθεύεται σε ποσοστό 75%. Πολλές από τις περιοχές όπου εμφανίσθηκαν πλημμύρες στο παρελθόν συμπίπτουν με περιοχές υψηλού κινδύνου όπως προέκυψαν από το αποτέλεσμα της i υπόθεσης του 1^{ου} σεναρίου.

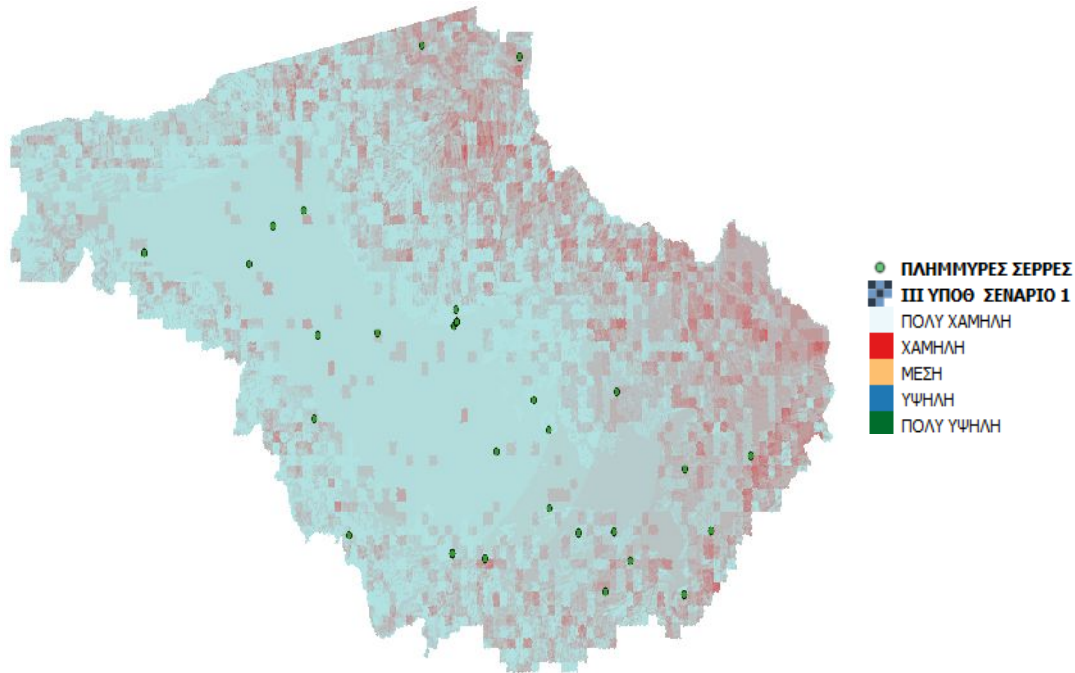
- Επαλήθευση αποτελέσματος ii υπόθεσης 1^{ου} σεναρίου με αρχείο ιστορικών πλημμύρων



Εικόνα 37. Επαλήθευση αποτελέσματος ii υπόθεσης 1^{ου} σεναρίου με αρχείο ιστορικών πλημμύρων

Από την εικόνα 37 γίνεται αντιληπτό ότι το αποτέλεσμα της ii υπόθεσης του 1^{ου} σεναρίου δεν επαληθεύεται με το αρχείο των ιστορικών πλημμυρών, γιατί όλες οι περιοχές στις οποίες εμφανίσθηκαν πλημμύρες στο παρελθόν συμπίπτουν με περιοχές χαμηλής επικινδυνότητας όπως προέκυψαν από το αποτέλεσμα της ii υπόθεσης του 1^{ου} σεναρίου.

- Επαλήθευση αποτελέσματος iii υπόθεσης 1^{ου} σεναρίου με αρχείο ιστορικών πλημμύρων



Εικόνα 38 Επαλήθευση αποτελέσματος iii υπόθεσης 1^{ου} σεναρίου με αρχείο ιστορικών πλημμύρων

Από την εικόνα 38 γίνεται αντιληπτό ότι το αποτέλεσμα της iii υπόθεσης του 1^{ου} σεναρίου δεν επαληθεύεται με το αρχείο των ιστορικών πλημμυρών, γιατί όλες οι περιοχές στις οποίες εμφανίσθηκαν πλημμύρες στο παρελθόν συμπίπτουν με περιοχές χαμηλής και πολύ χαμηλής επικινδυνότητας όπως προέκυψαν από το αποτέλεσμα της iii υπόθεσης του 1^{ου} σεναρίου.

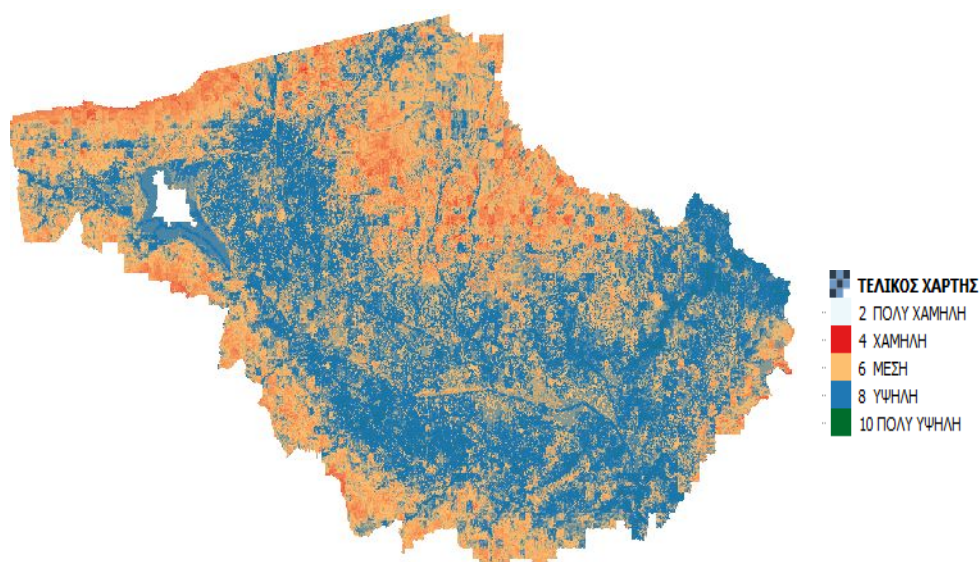
Από τις επαληθεύσεις των αποτελεσμάτων των τριών υποθέσεων του 1^{ου} σεναρίου με το αρχείο των ιστορικών πλημμυρών του Ν. Σερρών (εικόνες 36, 37, 38) διαφαίνεται, ότι το πιο σωστό αποτέλεσμα είναι της i υπόθεσης δηλαδή όταν χρησιμοποιούνται όλα τα κριτήρια-παράγοντες που συμβάλλουν στην εμφάνιση της πλημμύρας. Μόνο στην περίπτωση αυτή επαληθεύονται οι περιοχές του Ν. Σερρών όπου εμφανίσθηκαν στο παρελθόν πλημμύρες με περιοχές υψηλού κινδύνου.

3.6.3 Τελικοί χάρτες εντοπισμού περιοχών υψηλού κινδύνου πλημμυρικών επεισοδίων στο Ν. Σερρών 2^ο Σενάριο

2^ο Σενάριο

i. Υπόθεση

Γίνεται η υπόθεση ότι όλα τα κριτήρια που αναφέρονται στον πίνακα 6 συμβάλλουν στην δημιουργία πλημμυρικών επεισοδίων με τους συντελεστές βαρύτητας που έχουν υπολογισθεί παραπάνω (πίνακας 6). Το αποτέλεσμα είναι η εικόνα 39.



Εικόνα 39 Τελικός χάρτης υπολογισμού ευάλωτων περιοχών Ν. Σερρών στην εμφάνιση πλημμύρας. Σενάριο 2 υπόθεση i.

ii. Υπόθεση

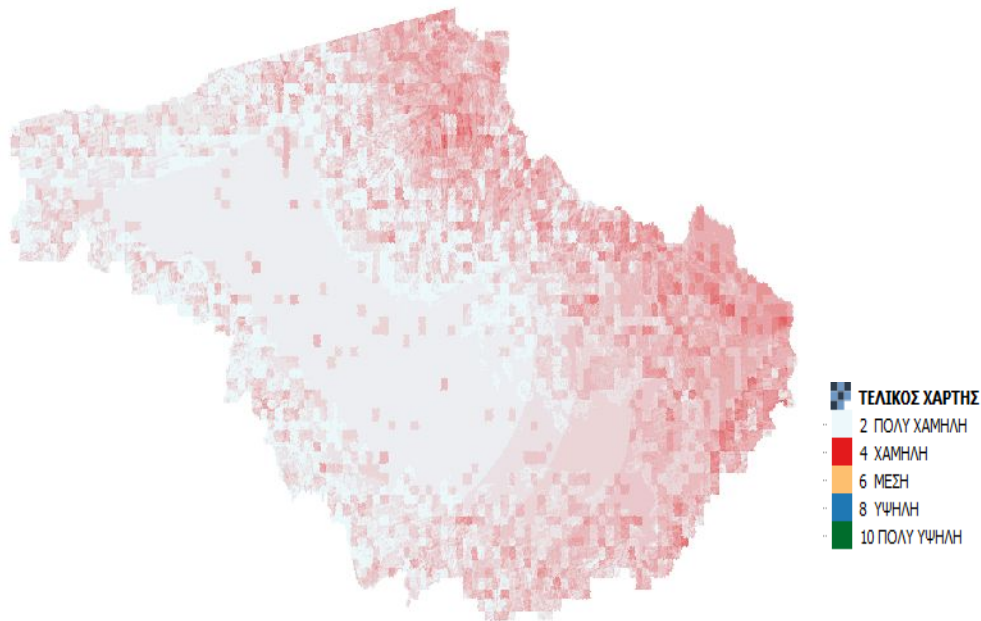
Γίνεται η υπόθεση ότι μόνο τα κριτήρια της χρήσης γης, της κλίσεως της έντασης βροχόπτωσης και της απόστασης από το υδρογραφικό δίκτυο συμβάλλουν στην δημιουργία πλημμυρικών επεισοδίων με τους συντελεστές βαρύτητας που έχουν υπολογισθεί προηγουμένως (πίνακας 6). Το αποτέλεσμα είναι η εικόνα 40.



Εικόνα 40. Τελικός χάρτης υπολογισμού ευάλωτων περιοχών Ν. Σερρών στην εμφάνιση πλημμύρας. Σενάριο 2 υπόθεση ii.

iii. Υπόθεση

Γίνεται η υπόθεση ότι μόνο τα κριτήρια της κλίσεως της διάβρωσης και της έντασης της βροχόπτωσης συμβάλλουν στην δημιουργία πλημμυρικών επεισοδίων με τους συντελεστές βαρύτητας που έχουν υπολογισθεί προηγουμένως (πίνακας 6). Το αποτέλεσμα είναι η εικόνα 41.

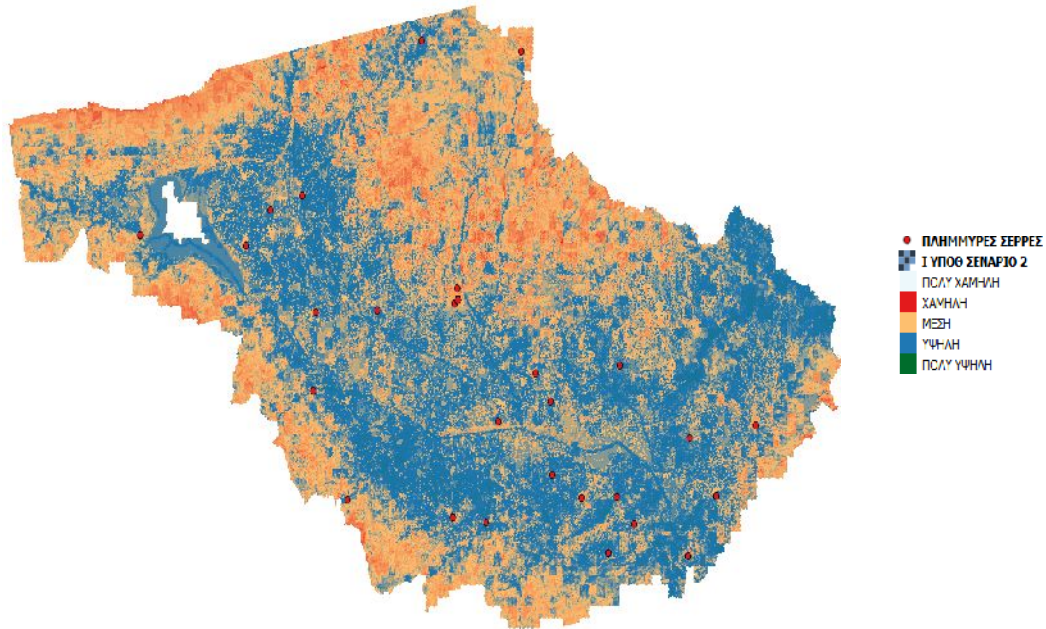


Εικόνα 41. Τελικός χάρτης υπολογισμού ευάλωτων περιοχών Ν. Σερρών στην εμφάνιση πλημμύρας. Σενάριο 2 υπόθεση ii.

Στην συνέχεια το καθ' ένα από τα τρία αποτελέσματα που έχουν προκύψει από το δεύτερο σενάριο (εικόνες 39, 40, 41) επαληθεύονται με το αρχείο των ιστορικών πλημμυρών που υπάρχει στη βάση δεδομένων του Υπουργείου Περιβάλλοντος & Ενέργειας (εικόνα 14). Στο αρχείο αυτό παρουσιάζονται οι τοποθεσίες του Ν. Σερρών στις οποίες εμφανίσθηκαν πλημμυρικά επεισόδια στο παρελθόν. Όλες οι περιοχές αυτές ανήκουν σε ζώνες υψηλού και πολύ υψηλού κινδύνου για την εμφάνιση πλημμυρών. Η σύγκριση αυτή δείχνει και την ορθότητα των αποτελεσμάτων των τριών υποθέσεων του δεύτερου σεναρίου.

3.6.4 Επαλήθευση τελικών χαρτών 2^{ου} σεναρίου

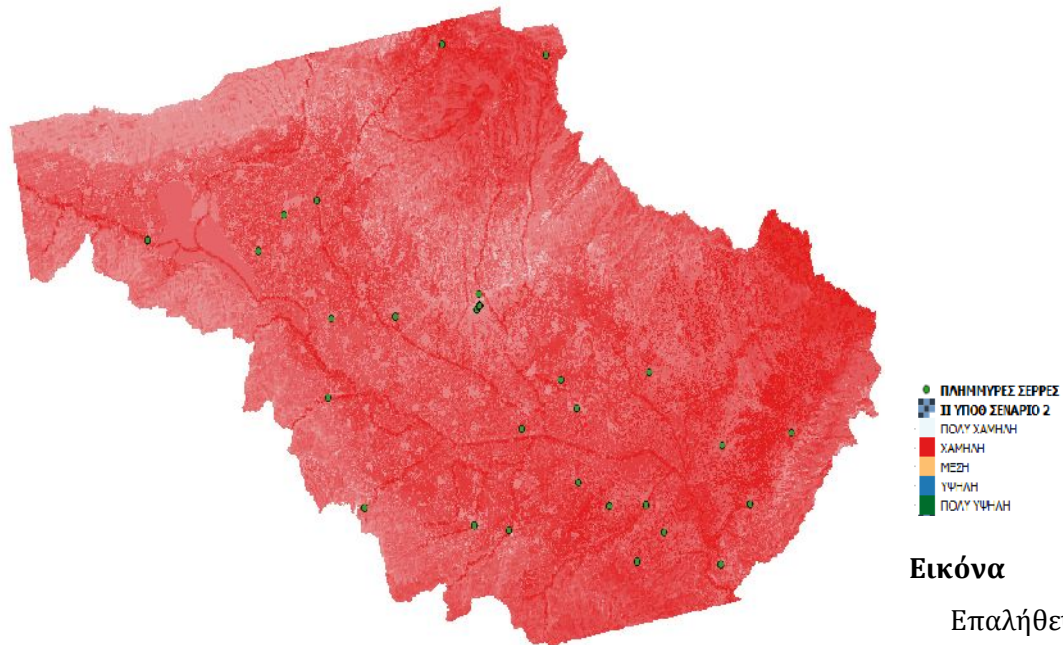
- Επαλήθευση αποτελέσματος i υπόθεσης 2^{ου} σεναρίου με αρχείο ιστορικών πλημμύρων



Εικόνα 42. Επαλήθευση αποτελέσματος i υπόθεσης 2^{ου} σεναρίου με αρχείο ιστορικών πλημμύρων

Από την εικόνα 42 γίνεται αντιληπτό ότι το αποτέλεσμα της i υπόθεσης του 2^{ου} σεναρίου επαληθεύεται σε ποσοστό 82%. Πολλές από τις περιοχές όπου εμφανίσθηκαν πλημμύρες στο παρελθόν συμπίπτουν με περιοχές υψηλού κινδύνου όπως προέκυψαν από το αποτέλεσμα της i υπόθεσης του 2^{ου} σεναρίου.

- Επαλήθευση αποτελέσματος ii υπόθεσης 2^{ου} σεναρίου με αρχείο ιστορικών πλημμύρων



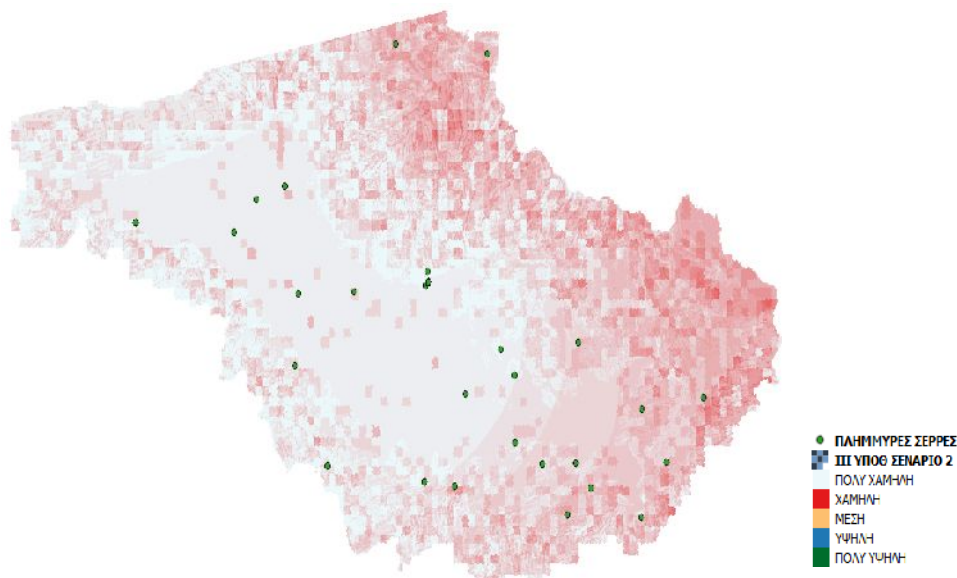
Εικόνα 43.

Επαλήθευση
αποτελέσματος

ii υπόθεσης 2^{ου} σεναρίου με αρχείο ιστορικών πλημμύρων

Από την εικόνα 43 γίνεται αντιληπτό ότι το αποτέλεσμα της ii υπόθεσης του 2^{ου} σεναρίου δεν επαληθεύεται με το αρχείο των ιστορικών πλημμυρών, γιατί όλες οι περιοχές στις οποίες εμφανίσθηκαν πλημμύρες στο παρελθόν συμπίπτουν με περιοχές χαμηλής επικινδυνότητας όπως προέκυψαν από το αποτέλεσμα της ii υπόθεσης του 2^{ου} σεναρίου.

- Επαλήθευση αποτελέσματος iii υπόθεσης 2^{ου} σεναρίου με αρχείο ιστορικών πλημμύρων



Εικόνα 44. Επαλήθευση αποτελέσματος iii υπόθεσης 2^{ου} σεναρίου με αρχείο ιστορικών πλημμύρων

Από την εικόνα 44 γίνεται αντιληπτό ότι το αποτέλεσμα της iii υπόθεσης του 2^{ου} σεναρίου δεν επαληθεύεται με το αρχείο των ιστορικών πλημμυρών, γιατί όλες οι περιοχές στις οποίες εμφανίσθηκαν πλημμύρες στο παρελθόν συμπίπτουν με περιοχές χαμηλής και πολύ χαμηλής επικινδυνότητας όπως προέκυψαν από το αποτέλεσμα της iii υπόθεσης του 2^{ου} σεναρίου.

Από τις επαληθεύσεις των αποτελεσμάτων των τριών υποθέσεων του 2^{ου} σεναρίου με το αρχείο των ιστορικών πλημμυρών του Ν. Σερρών (εικόνες 42, 43, 44) διαφαίνεται, ότι το πιο σωστό αποτέλεσμα είναι της i υπόθεσης δηλαδή όταν χρησιμοποιούνται όλα τα κριτήρια-παράγοντες που συμβάλλουν στην εμφάνιση της πλημμύρας. Μόνο στην περίπτωση αυτή επαληθεύονται οι περιοχές του Ν. Σερρών όπου εμφανίσθηκαν στο παρελθόν πλημμύρες με περιοχές υψηλού κινδύνου.

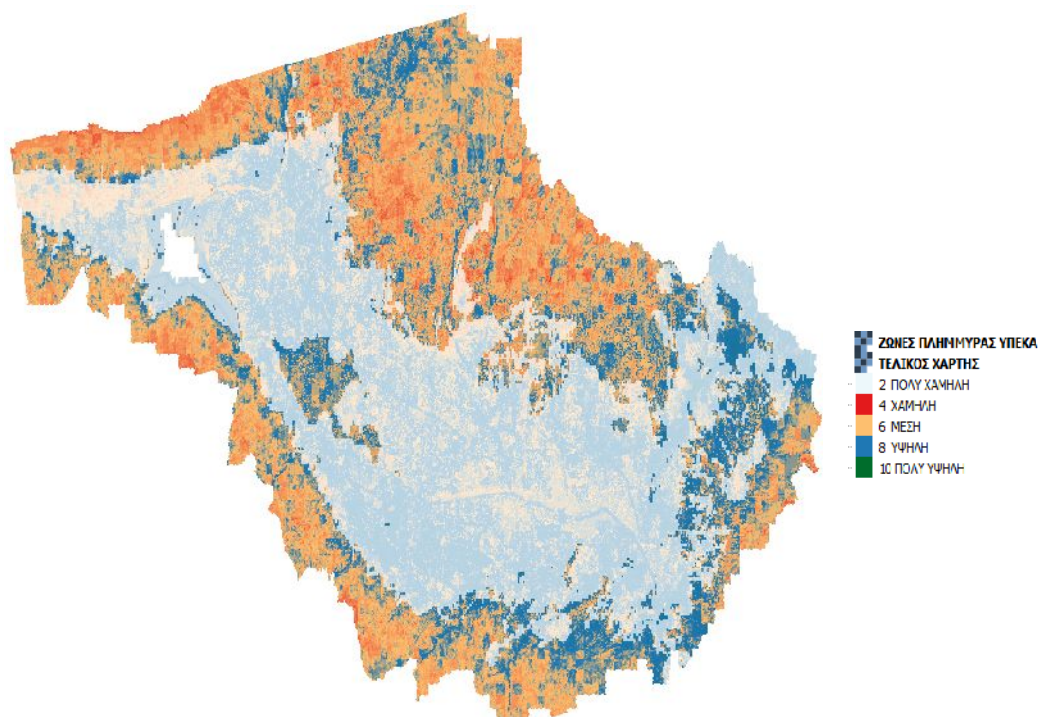
3.7 Σύγκριση χαρτών σεναρίων 1 και 2

Στην συνέχεια πραγματοποιείται η σύγκριση των δύο χαρτών που προέκυψαν από τα δύο σενάρια ύστερα από την επαλήθευσή τους με το αρχείο των ιστορικών πλημμυρών. Ο τελικός χάρτης που προκύπτει από το πρώτο σενάριο εικόνα 39 επαληθεύεται σε ποσοστό 75% με το αρχείο των περιοχών που πλημμύρισαν στο παρελθόν, ενώ ο χάρτης που προκύπτει από το δεύτερο σενάριο εικόνα 42 επαληθεύεται σε ποσοστό 82%. Γίνεται αντιληπτό ότι το αποτέλεσμα του δεύτερου σεναρίου το οποίο προέκυψε υπολογίζοντας όλα τα κριτήρια/παράγοντες που συντελούν στην εμφάνιση των πλημμυρικών επεισοδίων με τους συντελεστές βαρύτητας του πίνακα 6 είναι και το ρεαλιστικότερο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο τελικός χάρτης του δεύτερου σεναρίου σε σχέση με τον τελικό χάρτη του πρώτου σεναρίου προσδιορίζει περισσότερες περιοχές που ανήκουν στις ζώνες υψηλής και πολύ υψηλής επικινδυνότητας εμφάνισης πλημμυρικών επεισοδίων στο Ν. Σερρών.

3.8 Επαλήθευση τελικού αποτελέσματος

Ο τελικός χάρτης εικόνα 42 στη συνέχεια επαληθεύεται και με το αρχείο ζωνών των δυνητικά ευάλωτων περιοχών στην εμφάνιση πλημμυρικών επεισοδίων του Υ.Π.Ε.Κ.Α.

- Επαλήθευση με το αρχείο ζωνών δυνητικά ευάλωτων περιοχών



Εικόνα 43. Επαλήθευση τελικού χάρτη με αρχείο ζωνών δυνητικά ευάλωτων περιοχών Υ.Π.Ε.Κ.Α

Η εικόνα 43 αποδεικνύει ότι ο τελικός μας χάρτης επαληθεύεται σε ένα πολύ μεγάλο βαθμό με το χάρτη ζώνης των δυνητικά ευάλωτων περιοχών στην εμφάνιση πλημμύρας στο Ν. Σερρών.

Κεφάλαιο 4

Αποτελέσματα

4.1 Έννοιες και θέματα που αναδύθηκαν

Η επεξεργασία των δεδομένων και η εξαγωγή όλων των θεματικών χαρτών πραγματοποιήθηκε με τα λογισμικά QGIS και Arc GIS της εταιρείας ESRI. Το προβολικό σύστημα που χρησιμοποιήθηκε, ήταν το WGS_84_UTM_zone_36N. Η χωρική ανάλυση όλων των ψηφιδωτών αρχείων ήταν 30 m x 30 m. Η ταξινόμηση των τελικών αρχείων έγινε με το εργαλείο reclassify του λογισμικού Arc Map.

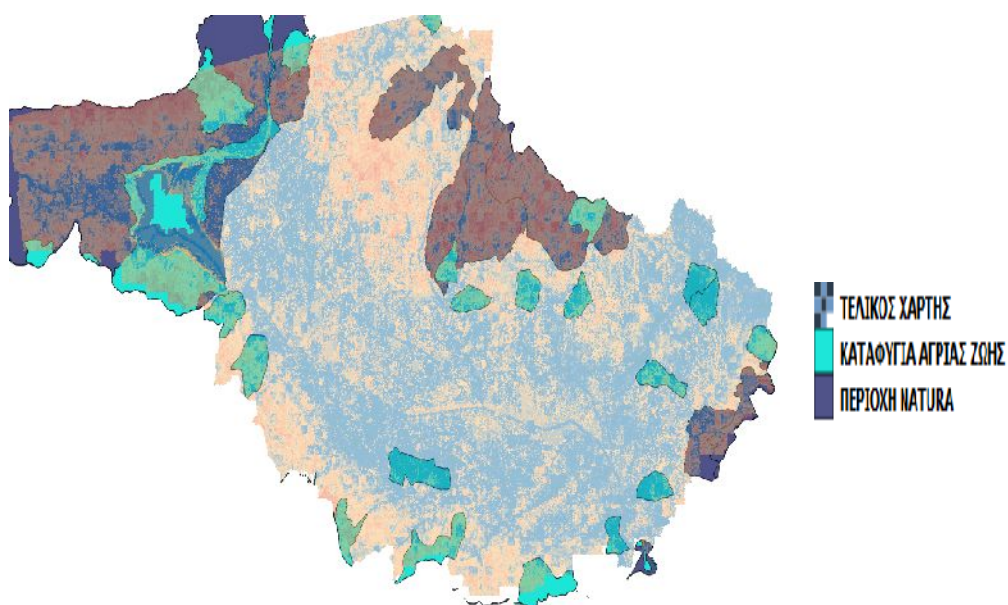
4.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Όπως έχει ήδη αναφερθεί παραπάνω ο σκοπός της παρούσας διατριβής είναι ο εντοπισμός περιοχών στο Ν. Σερρών που έχουν υψηλή επικινδυνότητα να εμφανίσουν πλημμυρικά επεισόδια.

Στην εν λόγω διατριβή αρχικά ορίστηκαν τα κριτήρια/παράγοντες που συμβάλλουν στην εμφάνιση πλημμυρικών επεισοδίων. Αυτά ήταν α) η ένταση της βροχόπτωσης, β) το υψόμετρο, γ) η κλίση του εδαφικού ανάγλυφου, δ) οι χρήσεις γης, ε) η εδαφική διαβρωσιμότητα, στ) η υδατοϊκανότητα του εδάφους και ζ) η απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο. Στην συνέχεια δημιουργήθηκε μια χωρική βάση γεωγραφικών δεδομένων που περιλάμβανε τα προαναφερθείσα κριτήρια και κατηγοριοποιήθηκε κάθε κριτήριο σε κλάσεις (ταξινόμηση) ανάλογα με το βαθμό επικινδυνότητας μέσα σε περιβάλλον ΓΣΠ. Μετά υπολογίσθηκαν οι συντελεστές βαρύτητας για κάθε κριτήριο και στο τέλος δημιουργήθηκε ο τελικός χάρτης εκτίμησης επικινδυνότητας χρησιμοποιώντας την πολυκριτηριακή μέθοδο SAW. Στο στάδιο υπολογισμού των συντελεστών βαρύτητας για κάθε παράγοντα εφαρμόστηκαν δύο σενάρια με διαφορετικούς συντελεστές το κάθε ένα. Οι δύο χάρτες που παράχθηκαν

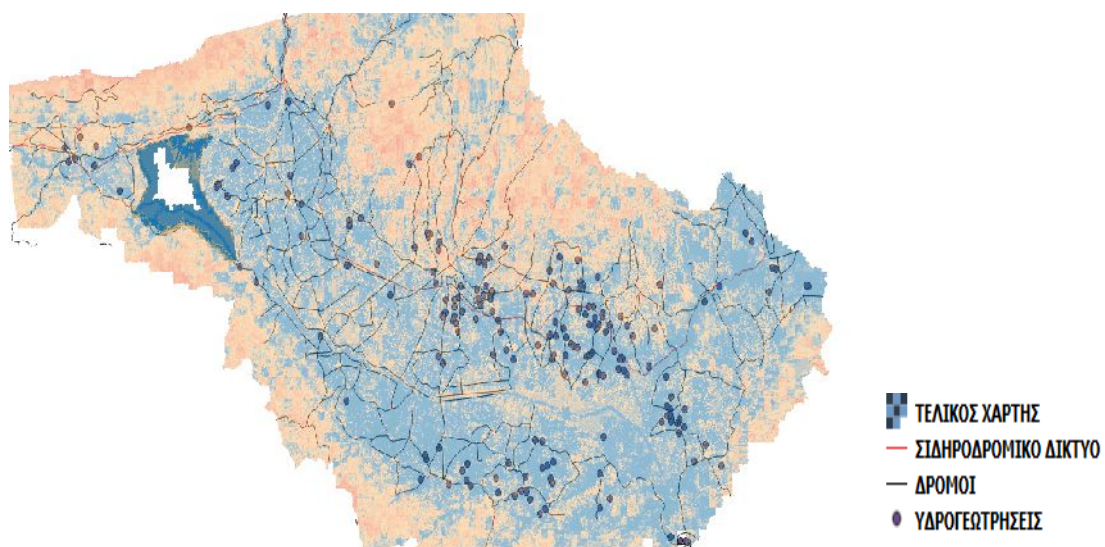
συγκρίθηκαν με το αρχείο των ιστορικών πλημμυρών που εμφανίστηκαν στο Ν. Σερρών και βρίσκεται στη βάση δεδομένων του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

Από την μελέτη του τελικού χάρτη εικόνα 39 γίνεται αντιληπτό ότι σε περίπτωση εμφάνισης πλημμυρικών επεισοδίων στο Ν. Σερρών οι συνέπειες που θα προκύψουν θα έχουν ανυπολόγιστες περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις. Όπως φαίνεται στην εικόνα 44 τα πλημμυρικά επεισόδια θα δημιουργήσουν μεγάλο πρόβλημα στις περιοχές με περιβαλλοντικό ενδιαφέρον όπως οι περιοχές Natura και τα εθνικά πάρκα.



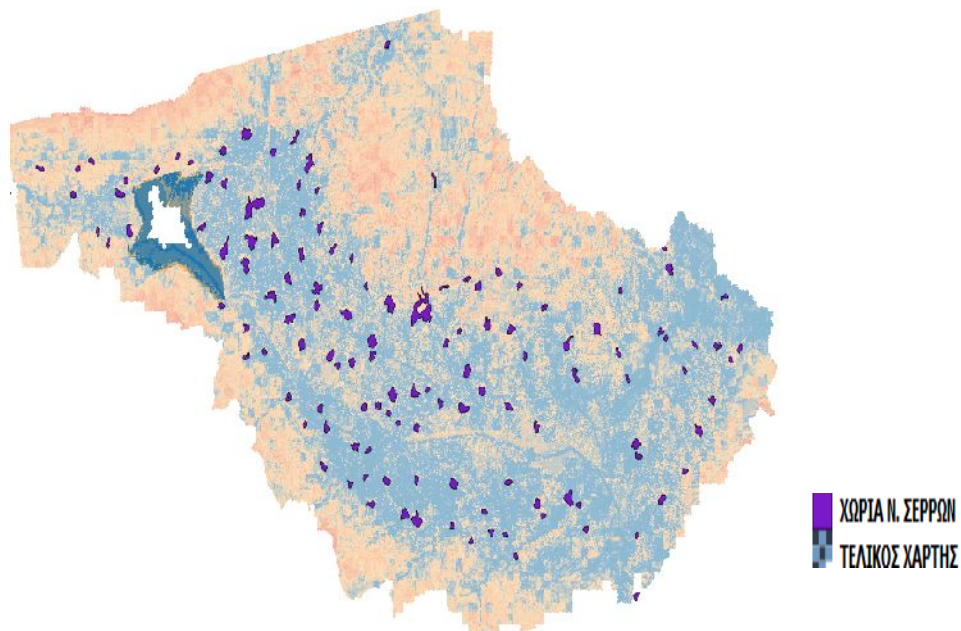
Εικόνα 44. Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις Πλημμύρας στο Ν. Σερρών

Στην εικόνα 45 φαίνονται οι συνέπειες του πλημμυρικού επεισοδίου σε έργα υποδομής όπως το οδικό δίκτυο, το σιδηροδρομικό δίκτυο και οι υδρογεωτρήσεις. Οι καταστροφές που θα προκληθούν θα έχουν ανυπολόγιστες οικονομικές επιπτώσεις



Εικόνα 45. Οικονομικές Επιπτώσεις πλημμύρας στο Ν. Σερρών

Η εικόνα 46 επιβεβαιώνει ότι η εμφάνιση πλημμυρικών επεισοδίων στην περιοχή μελέτης θα έχει πολλές κοινωνικές-οικονομικές συνέπειες εξαιτίας της ύπαρξης πολλών οικιστικών συγκεντρώσεων εντός της επικίνδυνης ζώνης εμφάνισης πλημμυρών.



Εικόνα 46. Κοινωνικές Επιπτώσεις πλημμύρας στο Ν. Σερρών

Κεφάλαιο 5

Συζήτηση-Συμπεράσματα

Εισηγήσεις

5.1 Συζήτηση

Στην παρούσα διατριβή πρόθεση και επιδίωξη είναι να προσδιοριστούν οι περιοχές στο Ν. Σερρών που είναι πιο ευάλωτες στην εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων. Ο τελικός χάρτης που προκύπτει αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για την οριοθέτηση ζωνών προστασίας, τον σχεδιασμό και προγραμματισμό των αντιπλημμυρικών έργων και των χρήσεων γης αλλά και τη διαχείριση των υδάτινων πόρων στη περιοχή μελέτης .

Μέχρι σήμερα δεν υπάρχει μια συγκεκριμένη μεθοδολογία που μπορεί κάποιος να ακολουθήσει ώστε να καταλήξει στη δημιουργία ενός χάρτη που να προσδιορίζει τις περιοχές που είναι ευάλωτες στην εμφάνιση των πλημμυρικών επεισοδίων. Για την κατασκευή ενός τέτοιου χάρτη, η επιλογή των παραγόντων που προκαλούν την εμφάνιση πλημμυρικών φαινομένων γίνεται με καθαρά υποκειμενικά κριτήρια. Υποκειμενική είναι επίσης η κατηγοριοποίηση των παραγόντων αυτών ως προς την πλημμυρική επικινδυνότητά και των συντελεστών βαρύτητας τους. Ωστόσο υπάρχει σχετική βιβλιογραφία που μπορεί να βοηθήσει στην επιλογή κάποιων συγκεκριμένων παραγόντων στην σύνταξη ενός χάρτη πλημμυρικής επικινδυνότητας.

Σε πολλές περιπτώσεις μελετών εκτίμησης του πλημμυρικού κινδύνου σε διεθνές επίπεδο χρησιμοποιούνται μετεωρολογικές, υδρομετεωρολογικές, κοινωνικοοικονομικές μέθοδοι σε συνδυασμό με μεθόδους που βασίζονται στην τηλεπισκόπηση και τα ΓΣΠ Σύμφωνα με τους Ologunorisa και Abawua (2005) τα ΓΣΠ εμφανίζονται να είναι το πιο υποσχόμενο τεχνολογικά εργαλείο, δεδομένου ότι ενσωματώνει όλες τις τεχνικές αξιολόγησης χωρικών δεδομένων

του πλημμυρικού κινδύνου. Στη συνέχεια αναφέρονται παραδείγματα χρήσης της τηλεπισκόπησης και των ΓΣΠ στην εκτίμηση πλημμυρικής επικινδυνότητας.

Οι (Georgakakos, et al., 1997) εκτίμησαν χωρικά το ενδεχόμενο αιφνίδιων πλημμυρών για περιοχές των Ηνωμένων Πολιτειών μέσω μεθοδολογίας για το καθορισμό του ενδεχομένου ξαφνικής πλημμύρας στις μικρές λεκάνες απορροής μεταξύ μεγάλων γεωγραφικά εκτάσεων. Τα ΓΣΠ χρησιμοποιήθηκαν για το συνδυασμό ψηφιακών χωρικών δεδομένων και των δεδομένων της τηλεπισκόπησης.

Το 1999 ο Okoduwa χρησιμοποίησε τα ΓΣΠ για την πρόβλεψη της πλημμύρας στην πόλη Μπενίν της Νιγηρίας. Με συνδυασμό ΣΓΠ και του υδραυλικού μοντέλου HEC-I, κατάφερε να αξιολογήσει ποσοτικά την μεταβολή των χρήσεων γης και της επίδρασης που αυτή έχει στην πλημμύρα.

Οι (Meyer, et al., 2008) εκτίμησαν την πλημμυρική επικινδυνότητα του ποταμού Mulde στην Γερμανία, με εφαρμογή πολυκριτηριακής ανάλυσης σε περιβάλλον Σ.Γ.Π. και χαρτογραφικής προσέγγισης.

Οι (Dawod, et al., 2012) εκτίμησαν τον κίνδυνο πλημμύρας στους δρόμους της πόλης Makkah, της Σαουδικής Αραβίας. Η συγκεκριμένη πόλη εκτίθεται περιοδικά σε πλημμύρες που προκαλούν σημαντικές ανθρώπινες και οικονομικές ζημιές. Οι συγκεκριμένοι μελετητές εφάρμοσαν μια μεθοδολογία βασισμένη στην ενσωμάτωση πολλών δεδομένων τοπογραφίας, μετρολογίας, γεωλογίας και χρήσης γης σε ένα περιβάλλον ΓΣΠ το οποίο, χρησιμοποιεί τη μέθοδο αριθμητικής καμπύλης για τη μοντελοποίηση των πλημμυρών για τις άγριες λεκάνες απορροής. Με βάση τον εκτιμώμενο όγκο πλημμυρών, αναπτύχθηκε ένας συντελεστής κινδύνου για τον ποσοτικό προσδιορισμό του αναμενόμενου επιπέδου κινδύνου για κάθε οδό.

Οι (Morjani, et al., 2016) έκαναν μια μελέτη που περιγράφει μια απλή και αποτελεσματική από πλευράς κόστους μεθοδολογία και διαδικασία για τον ακριβή προσδιορισμό των περιοχών που κινδυνεύουν από την εμφάνιση πλημμυρικών φαινομένων στη λεκάνη του ποταμού Souss στο Μαρόκο από την διαθέσιμη βάση δεδομένων χρησιμοποιώντας ΓΣΠ.

Η μελέτη αυτή συνδυάζει την έκταση των παρελθόντων γεγονότων πλημμύρας με τη χωρική κατανομή των αιτιωδών παραγόντων. Αυτός ο συνδυασμός επιτρέπει τον υπολογισμό ενός σταθμισμένου βαθμού για κάθε μεμονωμένο

αιτιώδη παράγοντα. Η χωρική κατανομή των σταθμισμένων αποτελεσμάτων συγκεντρώνεται στη συνέχεια για να αντληθεί η κατανομή του δείκτη κινδύνου πλημμύρας για να ληφθεί η χωρική κατανομή του επιπέδου έντασης του κινδύνου πλημμύρας.

Οι (Franci, et al., 2016) έκαναν μια μελέτη που επικεντρώνεται στην εκμετάλλευση δορυφορικών εικόνων υψηλής ανάλυσης (VHR) σε συνδυασμό με ανάλυση πολλαπλών κριτηρίων (MCA) για την παραγωγή χαρτών κινδύνου πλημμυρών. Η μεθοδολογία δοκιμάστηκε σε τμήμα της λεκάνης απορροής του ποταμού Γιάλια στην Κύπρο. Η μεθοδολογία MCA εφαρμόστηκε επιλέγοντας πέντε παράγοντες πλημμύρας όπως: η κλίση, η απόσταση από κανάλια, η υφή αποστράγγισης, η γεωλογία και η κάλυψη γης. Μεταξύ των μεθόδων MCA, η τεχνική της αναλυτικής ιεραρχικής διαδικασίας επιλέχθηκε για να προσδιορίσει το βάρος κάθε κριτηρίου στον υπολογισμό του δείκτη κινδύνου πλημμύρας. Οι παράγοντες προέκυψαν μετά την επεξεργασία μιας εικόνας VHR GeoEye-1 και ενός ψηφιακού μοντέλου ανύψωσης (DEM). Από την δορυφορική εικόνα προέκυψαν τα δεδομένα χρήσης / κάλυψης της γης, ενώ από το DEM με την βοήθεια ΓΣΠ προέκυψαν τα δεδομένα κλίσης, ροής δικτύου και υφής αποστράγγισης. Χρησιμοποιώντας το δείκτη κινδύνου πλημμύρας η περιοχή μελέτης ταξινομήθηκε τελικά σε επτά κατηγορίες κινδύνου που κυμαίνονται από πολύ χαμηλές έως πολύ υψηλές και έτσι δημιουργήθηκε ο τελικός χάρτης επικινδυνότητας.

Οι (Mentzafou, et al., 2017) κατασκεύασαν το χάρτη κινδύνου πλημμύρας της διασυνοριακής λεκάνης απορροής του ποταμού Έβρου με την βοήθεια των ΓΣΠ. Για την δημιουργία του συγκεκριμένου χάρτη χρησιμοποίησαν τους κύριους παράγοντες που σχετίζονται με την δημιουργία των πλημμυρών όπως, τα τοπογραφικά στοιχεία, η χρήση γης, η γεωλογία, η κλίση, η συσσώρευση ροής και ένταση βροχόπτωσης και τους ενσωμάτωσαν σε περιβάλλον ΓΣΠ.

Ο παραγόμενος χάρτης επαληθεύτηκε σε ικανοποιητικό βαθμό με τους χάρτες πλημμύρας που προέκυψαν από τις δορυφορικές απεικονίσεις τεσσάρων πλημμυρικών συμβάντων που έλαβαν χώρα στο δέλτα του Έβρου. Οι δορυφόροι που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι Landsat 5 και 7.

Επιπλέον, εξετάστηκε και η ευπάθεια κάθε χρήσης γης κατά των πλημμυρικών γεγονότων. Η γεωγραφικά σταθμισμένη παλινδρόμηση εφαρμόστηκε μεταξύ

του τελικού χάρτη επικινδυνότητας πλημμυρών και των κυριότερων παραγόντων προκειμένου να διαπιστωθεί η συμβολή τους στα γεγονότα πλημμύρας. Τα αποτελέσματα πιστοποίησαν την ύπαρξη ισχυρής σχέσης μεταξύ χρήσεων γης και κινδύνου πλημμύρας που υποδεικνύουν την ευαισθησία στην πλημμύρα των πεδινών και των γεωργικών εκτάσεων.

Συγκρίνοντας την μεθοδολογία των παραπάνω μελετών με την μεθοδολογία που εφαρμόστηκε στην παρούσα διατριβή εντοπίζονται παρά πολλές ομοιότητες. Σε όλες τις παραπάνω μελέτες και έρευνες γίνεται μια προσπάθεια εντοπισμού περιοχών που είναι επιρρεπείς στην εμφάνιση πλημμυρικών φαινομένων και στην δημιουργία χαρτών επικινδυνότητας πλημμύρας. Για την δημιουργία των χαρτών αυτών χρησιμοποιούνται σχεδόν πάντα οι ίδιοι παράγοντες που συμβάλλουν στην εμφάνιση αυτού του φυσικού φαινομένου όπως τοπογραφικά στοιχεία, η χρήση γης, η γεωλογία, η κλίση, η συσσώρευση ροής και ένταση βροχόπτωσης. Όλα τα παραπάνω στοιχεία στην συνέχεια ενσωματώνονται σε περιβάλλον ΓΣΠ και με τη χρήση είτε διαφόρων μοντέλων προσομοίωσης, είτε μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης, δημιουργούνται οι χάρτες επικινδυνότητας πλημμύρας.

5.2 Περιορισμοί της μελέτης

Στην εκπόνηση της παρούσας διατριβής παρουσιάστηκαν και αρκετοί περιορισμοί όπως:

- Η έλλειψη δεδομένων σε ηλεκτρονική μορφή.
- Η γραφειοκρατία και η άρνηση των αρμοδίων στην παροχή των στοιχείων που βρίσκονται στα αρχεία πολλών Υπηρεσιών.
- Η έλλειψη επίγειων μετρήσεων οι οποίες μπορούν να υποστηρίξουν τα αποτελέσματα της εν λόγω διατριβής.
- Οι προσεγγιστικοί και υποθετικοί υπολογισμοί για την δημιουργία της ψηφιακής φύσης των δεδομένων, των παραγόντων που συμβάλλουν στην εμφάνιση πλημμυρικών επεισοδίων και των συντελεστών βαρύτητας στην εφαρμογή της πολυκριτηριακής μεθόδου SAW.

5.3 Συμπεράσματα

Στη εν λόγω διατριβή έγινε μια ολοκληρωμένη προσπάθεια εντοπισμού περιοχών στο Ν. Σερρών, με σημαντικό δυναμικό επικινδυνότητας αναφορικά με πλημμυρικά επεισόδια. Στο συγκεκριμένο Νομό κατά την περίοδο 1950-2015 από τις πλημμύρες κατακλύστηκαν συνολικά πάνω από 425.000 στρέμματα κυρίως εύφορες και πεδινές εκτάσεις προκαλώντας ανυπολόγιστες οικονομικές αλλά και κοινωνικές ζημιές. Πολλά σπίτια, πλημμύρισαν, μέρος του σιδηροδρομικού και οδικού δικτύου του Νομού παρασύρθηκε από την ορμή του νερού, έγιναν κατολισθήσεις, καταστράφηκαν καλλιέργειες και κτηνοτροφικές μονάδες, παρασύρθηκαν ζώα και χάθηκαν ανθρώπινες ζωές.

Οι παραπάνω διαπιστώσεις αποτέλεσαν το έναυσμα ενασχόλησης με τον συγκεκριμένο Νομό στην εν λόγω διατριβή. Σε αυτήν αξιοποιήθηκε μια σειρά από παράγοντες που συμβάλλουν στην εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων, οι οποίοι επεξεργαστήκαν ώστε να είναι συγκρίσιμοι και αναλύθηκαν μέσω ΓΠΣ, ώστε να εντοπιστούν σε τελικό στάδιο επιμέρους περιοχές στο Ν Σερρών με σημαντικό βαθμό επικινδυνότητας σε πλημμυρικά επεισόδια.

Ο τελικός χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας στον Ν. Σερρών στην συνέχεια επαληθεύτηκε σε μεγάλο βαθμό με τα αρχεία των ιστορικών πλημμυρών και των ζωνών δυνητικά υψηλού κινδύνου στην εμφάνιση πλημμυρικών επεισοδίων που βρίσκονται στη βάση δεδομένων του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Η επαλήθευση αυτή καταδεικνύει ότι η προτεινόμενη μεθοδολογία λειτουργεί ικανοποιητικά και αποτελεσματικά.

Τα αποτελέσματα της διατριβής ανέδειξαν ότι πιο ευάλωτες περιοχές στην εμφάνιση πλημμυρικών φαινομένων είναι οι περιοχές, οι οποίες βρίσκονται κοντά στα υδάτινα σώματα του συγκεκριμένου Νομού, κυρίως κατά μήκος του ποταμού Στρυμόνα και περιμετρικά της τεχνητής λίμνης Κερκίνης και περιοχές στα νοτιοανατολικά και νοτιοδυτικά τμήματα του νομού (εικόνα 39) . Οι περιοχές αυτές είναι πεδινές με μικρή κλίση, γεωργικές, κτηνοτροφικές, με έντονη αστικοποίηση και μέτριας υποστήριξης αντιπλημμυρικών έργων.

Συγκεκριμένα τα πλημμυρικά επεισόδια που θα εμφανισθούν στην περιοχή της λίμνης Κερκίνης θα δημιουργήσουν πολλά προβλήματα στο παρυδάτιο δάσος

καταστρέφοντας μεγάλο μέρος του και επηρεάζοντας τα φωλεάζοντα πτηνά. Επίσης θα προκληθούν μεγάλες καταστροφές στην τοπική κτηνοτροφία και την βουβαλοτροφία με αρνητικές οικονομικές συνέπειες για τους κατοίκους των περιοχών αυτών.

Στις περιοχές που βρίσκονται περιμετρικά του ποταμού Στρυμόνα η εμφάνιση πλημμυρικών επεισοδίων θα προκαλέσει μεγάλες ζημιές στην κτηνοτροφία εξαιτίας των πολλών διάσπαρτων βουστασίων που βρίσκονται μέσα σε αυτές, αλλά και στις γεωργικές καλλιέργειες που αναπτύσσονται στην εν λόγω περιοχή όπως το βαμβάκι, τα τεύτλα, το καλαμπόκι, το ρύζι και η μηδική.

Στις δυνητικά επικίνδυνες περιοχές εμφάνισης πλημμυρικών επεισοδίων είναι και οι περιοχές που βρίσκονται νοτιοδυτικά του Νομού και συγκεκριμένα οι περιοχές που βρίσκονται περιμετρικά της πόλης της Νιγρίτας αλλά και της αποξηραμένης λίμνης του χωριού Αχινού. Στις περιοχές αυτές όπου κυριαρχούν οι υπαίθριες καλλιέργειες φυλλωδών και εποχικών λαχανικών, πατάτας καρπουζιού καθώς αμπέλια και θερμοκήπια με άνθη, η εμφάνιση πλημμυρών θα δημιουργήσει τεράστιες ζημιές με μεγάλες οικονομικές συνέπειες στην τοπική οικονομία.

Στις νότιες και νοτιοανατολικές περιοχές του Νομού η εμφάνιση των πλημμυρικών επεισοδίων θα προκαλέσουν μεγάλο πλήγμα στο αγροτικό εισόδημα των κατοίκων. Στις περιοχές αυτές κυριαρχεί η δενδροκομία και συγκεκριμένα η καλλιέργεια αμυγδαλιών και κερασιών. Επίσης τα πλημμυρικά φαινόμενα που θα εκδηλωθούν θα κάνουν μεγάλες ζημιές στους αρχαιολογικούς χώρους (Αμφίπολη), σε σπήλαια (Αλιστράτη) που βρίσκονται στο νότιο και νοτιοανατολικό τμήμα αλλά και στα πολλά μοναστήρια και ξωκλήσια που είναι διάσπαρτα στις γύρω περιοχές.

Ο τελικός χάρτης που προέκυψε μπορεί να αποτελέσει τη βάση για τη δημιουργία ενός μοντέλου αντιμετώπισης πλημμυρικών επεισοδίων στο Ν. Σερρών. Ένα μοντέλο το οποίο θα συμβάλλει στη δημιουργία ενός συστήματος λήψης αποφάσεων, για τον προγραμματισμό της ανάπτυξης της περιοχής μελέτης, την ετοιμότητα έκτακτης ανάγκης βοηθώντας τον εντοπισμό και την ιεράρχηση των περιοχών με μεγάλη πιθανότητα εμφάνισης πλημμυρικών επεισοδίων, προκειμένου να αποφευχθεί οποιαδήποτε δραματική καταστροφή.

Επίσης θα προσφέρει την δυνατότητα στους αρμόδιους φορείς να εκτιμούν γρήγορα την έκταση των μελλοντικών πλημμυρών, να αξιολογούν τις κοινωνικές - οικονομικές συνέπειες τους και να καθορίζουν ποιές πρέπει να είναι οι άμεσες ενέργειες που θα συμβάλλουν στην μείωση των επιπτώσεων τους.

Η εν λόγω διατριβή πρέπει να θεωρηθεί ως ένα πρώτο βήμα που στοχεύει στη βελτίωση της διαχείρισης της πληροφορίας σχετικά με τις περιοχές που κινδυνεύουν να εμφανίσουν πλημμυρικά επεισόδια στο Ν. Σερρών. Έχουν συγκεντρωθεί, ομογενοποιηθεί, ενημερωθεί και δημιουργηθεί ένας σημαντικός αριθμός δεδομένων και πληροφοριών που μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε μεταγενέστερες μελέτες.

5.4 Εισηγήσεις

Οι πλημμύρες αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα φυσικά φαινόμενα με σημαντικές περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές συνέπειες, τόσο στον Ελληνικό χώρο όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο.

Οι περισσότερες και ποιό επικίνδυνες πλημμύρες στην Ελλάδα είναι οι ξαφνικές, οι οποίες δίνουν μικρά χρονικά περιθώρια αντίδρασης. Το νερό κατεβαίνει από τις υψηλότερες περιοχές με μεγάλη ταχύτητα και έχει μεγάλη διαβρωτική δύναμη. Παρασύρει και μεταφέρει στις περιοχές με χαμηλότερο υψόμετρο μεγάλες ποσότητες φερτών υλών.

Η Ελλάδα δεν διαθέτει στις μέρες μας ακόμη ικανοποιητική θωράκιση αντιπλημμυρικής προστασίας με συνέπεια πολλές περιοχές της να πλήττονται συχνά από καταστροφικές πλημμύρες με ανυπολόγιστες ζημιές, όπως την υποβάθμιση του περιβάλλοντος και την απώλεια ανθρώπινων ζώων ακόμη και σε σχετικά μικρής εντάσεως και διάρκειας βροχοπτώσεις.

Για την πρόληψη και προστασία από τις πλημμύρες, απαιτείται ένας καλός συνδυασμός προληπτικών, λειτουργικών μέτρων, όπως:

- Η ανάπτυξη προληπτικής στρατηγικής για την προστασία από τις πλημμύρες, παράλληλα με την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, την κοινωνική αποδοχή στη λογική της αειφορίας, με ολοκληρωμένη και μακροπρόθεσμη προοπτική.

- Η έγκαιρη ενημέρωση για τον κίνδυνο εμφάνισης πλημμυρικών επεισοδίων και η ετοιμότητα των πληθυσμιακών ομάδων σχετικά με το πώς να ενεργήσουν κατά τη διάρκεια των πλημμυρών και
- Τα συστήματα έγκαιρης ειδοποίησης

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Adair, J., (2010). Decision Making and Problems Solving Strategies. The Sunday Times, London, Philadelphia, New Delhi
- Adam, F., Humphreys, P., (2008). Encyclopedia of Decision Making and Decision Support Technologies. Information Science Reference, Hershey New York.
- Al-Shemmeri, T., Al-Kloub, B., Pearman, A., (1997). Model Choice in Multicriteria Decision Aid. European Journal of Operational Research, Vol. 97, Issue 3, pp 550-560
- Amadio, P., Mancini, M., Menduni, G., Rabuffetti, D., Ravazzani, G., (2003). A Real-Time Flood Forecasting System Based on Rainfall Thresholds Working on the Arno Watershed: Definition and Reliability Analysis. In: Proceedings of the 5th EGSPlinius Conference Held at Ajaccio, Corsica, France.
- Arnoldus, M., (1980). An Approximation of the Rainfall Factor in the Universal Soil Loss Equation. In Assessments of Erosion, de Boodts M, Gabriels D (eds). John Wiley and Sons Ltd, Chichester 127-132.
- Bell, F. G., (1999). Geological Hazards. Their Assessment, Avoidance and Mitigation – E & FN SPON, London.
- Bianco, D., (2006). Decision Making, in Encyclopedia of Management Edited by Marilyn M. Helms (2006), 5th Edition, Thomson Gale Editions. pp 160-164
- Boardman, J., (2006). Soil Erosion Science: Reflections on the Limitations of Current Approaches. Catena, 68, pp73-86.
- Burrough, P.A, McDonnell, PA., (2000). Principles of Geographical Information Systems. Oxford: Oxford University Press

Burrough, P.A, (1992). Development of Intelligent Geographical Information Systems, *International Journal of Geographical Information Systems* 6 pp1-11

Burrough, P.A, (1986). Principles of Geographic Information Systems for Land Resource Assessment. Monographs on Soil and Resources Survey No 12, Oxford Science Publications, New York.

Cazemier, D.R., Lagacherie, P., Martin-Clouaire, R., (2001). A Possibility Theory Approach for Estimating Available Water Capacity from Imprecise Information Contained in Soil Databases. *Geoderma*, Vol. 103, pp 113-132.

CEC, (2006). Soil Thematic Strategy (COM (2006) 232) of the European Commission.

Chakhar S. and Martel J.M. (2003) Enhancing Geographical Information Systems Capabilities with Multi-Criteria Evaluation Functions, *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, 7, pp. 47-71.

Chakhar S. and Mousseau V. (2008) GIS-based Multicriteria Spatial Modeling Generic Framework, *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 22, pp. 1159-1196.

Chow, V.T., Maidment, D.R.. and Mays, L.W., (1998). *Applied Hydrology*. Mc Graw International Editions.

Dawod, M. G., Mirza, N. M., Al-Ghamdi, A. K., (2012). GIS-based estimation of flood hazard impacts on road network in Makkah city, Saudi Arabia. *Environmental Earth Sciences*, Vol. 67, Issue 8, pp 2205-2215.

Doocy, S., Daniels, A., Murray, S., Kirsch D. T., (2013). The Human Impact of Floods: a Historical Review of Events 1980-2009 and Systematic Literature Review. *Plos Currents Disasters*, Edition:1.

Downton, M.W., Pielke, R., (2001). Discretion without Accountability: Politics, Flood Damage, and Climate. *Nat Hazards Rev* 2(4):157-166.

Eagleson, P.S., (1992). Opportunities in the Hydrological Sciences, in: U.S. Committee on Opportunities in the Hydrological Sciences. National Academy Press, Washington.

Eastman, J.R., (2009). IDRISI Taiga: Guide to GIS and Image Processing, Worcester, MA: Clark Labs.

El Morjani, Z.E.A., Seif Ennasr, M., Elmouden, A., Idbraim, S., Bouaakaz, B., Saad, A., (2016). Flood Hazard Mapping and Modeling Using GIS Applied to the Souss River Watershed. *The Handbook of Environmental Chemistry*, Vol. 53, pp 57-93.

European Soil Data Center. Διαθέσιμο μέσω:
<http://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/european-soil-database-v20-vector-and-attribute-data>

EXCIMAP - European Exchange Circle on Flood Mapping, (2007). Handbook on Good Practice for Flood Mapping in Europe. Endorsed by Water Directors, 29-30 November 2007.

Faber, B.G., Wallage, W.W., Johnson, G.E., (1998). Active Response GIS: For Resource Management Spatial Decision Support Systems. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 64, Part1.

Field, B. C., Barros, V., Stocker, F. T., Dahe, Q., Dokken, J. D., Ebi, L.K., Mastrandrea D.M., Mach, J. K., Allen, K. S., Tingor M., Midgley, M. P., (2012). Managing the risks of Extreme Events and Disasters to advance Climate Change Adaptation. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, New York.

Franci, F., Bitelli, G., Mandanici, E., Hadjimitsis, D., Agapiou, A., (2016). Satellite Remote Sensing and GIS-Based Multi-Criteria Analysis for Flood Mapping. *Natural Hazards*, Vol. 83, pp 31-51.

Foster, G.R. and Meyer, L.D., (1972). A Closed-Form Soil Erosion Equation for Upland Areas. In: H.W. Sten, ed. *Sedimentation Symposium in Honor Prof. H.A. Einstein*. Fort Collins, CO: Colorado State University, 12.1-12.19.

Zhang, X.C. and Nearing, M.A., (2005). Impact of Climate Change on Soil Erosion, Run off and Wheat Productivity in Central Oklahoma. *Catena*, Vol. 61, pp. 185-195.

Gahegan, M., Flack, J., (1999). The Integration of Scene Understanding within a Geographic Information System: a Prototype Approach for Agricultural Applications. *Transactions in GIS*, Vol. 3, pp. 31-49.

Gatrell, C. A., Bailey, C.T., Diggle, J.P., Rowlingson, S. B., (1996). Spatial Point Pattern Analysis and its Application in Geographical Epidemiology. *Transactions of the Institute of British Geographers, New Series*, Vol. 21, No 1 (1996), pp. 256-274.

Georgakakos, K., Guetter, P., Sperflage, J.A., (1997). Estimation of Flash flood Potential for large areas. *IAHS Publication N. 239*, pp. 87-100.

Golian, S., Saghafian, B., Maknoon, R., (2010). Derivation of Probabilistic Thresholds of Spatially Distributed Rainfall for Flood Forecasting. *Water Resources Management*, Vol. 24, Issue 13, pp. 3547-3559.

Greene, R., Devillers, R., Luther, J.E. and Eddy, B.G., (2011). GIS – Based Multiple – Criteria Decision Analysis, *Geography Compass*, 5(6), pp. 412-432.

Goodchild, MF., Klinkenberg, B., Glieda, M., and Hassan, M., (1985). Statistics of Hydrologic Networks on Fractional Brownian surfaces.

Hwang, C-L., Yoon, K., (1981). Multiple Attribute Decision Making. Methods and Applications A State-of-the-Art Survey. Lecture Notes in Economic and Mathematical Systems, Vol. 186.

International Disaster Database (EM-DAT). Διαθέσιμο μέσω:
< http://emdat.be/disaster_list/index.html

Janic, M., and Reggiani, A., (2002). An Application of the Multiple Criteria Decision Making (MCDM) Analysis to the Selection of a new Hub Airport, European Journal of Transport and Infrastructure Research.

Jankowski P. (2006) Integrating Geographical Information Systems and Multiple Criteria Decision-Making Methods: Ten Years after, In: FISHER, P. (ed), Classics from IJGIS: Twenty Years of the International Journal of Geographical Information Science and Systems, London: CRC Press, pp. 291-296.

Jinren, R.N., Yingkui, K.L., (2003). Approach to Soil Erosion Assessment in Terms of Land-use Structure Changes. Journal of Soil Water Conserv., Vol. 58 (3), pp. 158-169.

Julien, Y., Sobrino, J. A., & Jiménez-Munoz, J.C. (2011). Land use Classification From Multi Temporal Landsat Imagery Using Yearly Land Cover Dynamics (YLCD) Method. International Journal of Applied Earth Observation and Geo information, 13, 711–720.

Khoury, El., Lichaa, D., (2014). Use of Remote Sensing in Natural Resource Management

Διαθέσιμο μέσω: <http://staff.aub.edu.lb/~webeco/rs%20lectures.htm>

Kolios, S., Stylios, C., (2013) “Identification of Land Cover/Land use Changes in the Greater Area of the Preveza Peninsula in Greece Using Landsat Satellite data”, Applied Geography, 40, 150–160

Kourgialas, N., Karatzas, G., Nikolaidis, N., (2012). Development of a Thresholds Approach for Real-Time Flash Flood Prediction in Complex Geomorphological River basins. *Hydrological Processes*, Vol.26, pp. 1478 -1494.

Lekkas, E., (2009). Landslide Hazard and Risk in Geologically Active Areas. The Case of the Caldera Santorini Volcano Island Complex. *International Association for Engineering Geology*, pp. 417-423, Chengdu

Lillesand, M.T., Kiefer, W.R., Chipman, J., (2015). *Remote Sensing and Image Interpretation*, 7th Edition. Wiley, New York, pp. 736.

Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., Rhind, D.W., (2010). *Συστήματα και Επιστήμη Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS)*. 2^η Αμερικάνικη έκδοση. (Γ. Θεοδωρίδης, Επιστημονική Επιμέλεια Ελληνικής Έκδοσης). Αθήνα: Εκδόσεις ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ, σελ. 30-506.

Malczewski, J., (1999). *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. John Wiley and Sons, New York.

Masoud, B. K., Saied, P., Biswajeet, P., Ahmad Rodzi, M., Wan Nor Azmin, S., Abbas, M., (2012). An Artificial Neural Network Model for Flood Simulation Using GIS: Johor River Basin, *Malaysia Environ Earth Sci.*, 67:251-264.

Massei G., Rocchi L., Paolotti L., Greco S. and Boggia A. (2014) Decision Support Systems for Environmental Management: A Case Study on Wastewater from Agriculture, *Journal of Environmental Management*, 146, pp. 491-504.

Mentzafou, A., Markogianni, V., Dimitriou, E., (2017). The Use of Geospatial Technologies in Flood Hazard Mapping and Assessment: Case Study from River Evros. *Pure and Applied Geophysics*, Vol. 174, Issue 2, pp 679-700.

Meyer, V., Scheuer, S., Haase, D., (2008). A Multicriteria Approach for Flood Risk Mapping Exemplified at the Mulde River, Germany, *Natural Hazards* January 2009, Vol. 48, Issue 1, pp. 17-39.

Morcol, G., (2007). *Handbook of Decision Making*. CRC Press, Taylor and Francis Group

Morgan, R.P.C., (2005). *Soil Erosion and Conservation*. Blackwell Publishing Ltd, Oxford UK.

Munich Re., (2002). *Topics, an Annual Review of Natural Catastrophes*. Munich Reinsurance Company Publications, Munich, pp. 49

Norbiato, D., Borga, M., Esposti, S.D., Gaume, E., Anquetin, S., (2008). Flash Flood Warning Based on Rainfall Thresholds and Soil Moisture Conditions: an Assessment for Gauged and Ungauged Basins. *Journal Hydrology* 362:274-290.

Okoduwa, A.I., (1999). *An Application of GIS to Flood Prediction: A Case Study of Benin City, Nigeria*. Unpublished B. Sc. Dissertation, Department of Geography and Planning University of Benin, Nigeria.

Ologunorisa, T.E., Abawua, M.J.,(2005). Flood Risk Assessment: A Review, *J. Appl. Sci. Environ. Mgt.* 9.1, pp. 57-63.

Panagos, P., Karydas, G.C., Gitas, Z.I. and Montanarella, L., (2011). Monthly Soil Erosion Monitoring Based on Remotely Sensed Biophysical Parameters: a Case Study in Strymonas River Basin Towards a Functional Pan-European Service. *International Journal of Digital Earth*, Vol. 00, No. 00, May 2011, pp. 1-27.

Panagos, P., Ballabio, C., Borrelli, P., Meusburger, K., (2016). Spatio-temporal Analysis of Rainfall Erosivity and Erosivity Density in Greece. *Catena*, Vol. 137, pp. 161-172.

Pardalos P.M., Siskos Y. and Zopounidis C. (1995) *Advances in Multicriteria Analysis*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Paruccini, M., (1994). *Applying Multiple Criteria Aid for Decision to Environmental Management*, Kluwer, Dordrecht.

Perlman, H., Μακρόπουλος, Χ., Κουτσογιάννης, Δ., (2005). Ο υδρολογικός κύκλος. Διαθέσιμο μέσω:

<http://www.itia.ntua.gr/getfile/660/1/documents/2005water cycle greek.pdf>.

Petropoulos P.G., Kontoes C. Keramitsoglou I. (2011). "Burnt Area Delineation from a Uni-Temporal Perspective Based on Landsat TM Imagery Classification Using Support Vector Machines". *International Journal of Applied Earth Observation and Geo information*, 13, 70-80.

Pilon, P.J., (2004). *Guidelines for Reducing Flood Losses*. United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UN/ISDR), Palais des Nations, Ch 1211 Geneva, Switzerland.

Pimentel, (2006). *Soil Erosion: a Food and Environmental Threat*. *Environment Development and Sustainability*, Vol. 8, Issue 1, pp. 119-137.

Pradhan, B., (2009). *Groundwater Potential Zonation for Basaltic Watersheds Using Satellite Remote Sensing Data and GIS Techniques*. *Central Europe, J. Geoscience*, 1(1):120-129.

Prather, J.E. and Carlson, C.E., (1994). *Geographical Information Systems: A tool for Institutional Research*. Presented at the Annual AIR Forum New Orleans, LA, May Educational Resources Information Center (EPIC), pp. 1-14.

Renard, K.G. and Freimund, J.R., 1994. Using monthly precipitation data to estimate the R- factor in the revised USLE. *Journal of Hydrology*, 157 (1-4), 287-306.

Roy, B., (2005). An Overview of MCDA Techniques Today: Paradigms and Challenges, In: Figueira J., Greco S. and Ehrgott M, (eds), Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys, pp. 3-24.

Sanders, D.W., (1986). Sloping Land Soil Erosion Problems and Soil Conservation Requirements. In: W. Siderius, ed., Land Evaluation for Land-Use Planning and Conservation in Sloping Areas. The Netherlands: ILRI, pp. 40-51.

Srivastava, P. K., Han, D., Rico-Ramirez, M. A., Bray, M., & Islam, T. (2012). Selection of Classification Techniques for Land Use/Land Cover Change Investigation. *Advances in Space Research*, 50, 1250 e1 265.

Tomlinson, R., (1984). Geographic Information System - A New Frontier. Proc. International Symposium on Spatial Data Handling, Zurich, Switzerland.

Triantaphyllou E. (2000) Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

United States Geological Survey (U.S.G.S). Αντλήθηκε από <https://earthexplorer.usgs.gov>

Unwin, D., (1981). *Introductory Spatial Analysis*. New York. Mathuen

Van Diepen, C.A., (1993). Two Alternative Methods for Evaluating Crop Yield Potential in the European Community. *Geoderma*, Vol. 60, pp. 359-376.

Vincke, P.,(1992). *Multicriteria Decision Aid*, Wiley, Chichester. John Wiley & Sons

Warren, S.D., Hohmann, M.G., Auerswald, K., and Mitasova, H., (2004). An Evaluation of Methods to Determine Slope Using Digital Elevation Data. *Catena*, Vol. 58, pp. 215-233.

Wassenaar, T., Lagacherie, P., Legros, J.P., Rounsevell, M., (1999). Modelling Wheat Yield Responses to Soil and Climate Variability at the Regional Scale. *Climate Research* Vol. 11, pp. 209-220.

Wischmeier, W.H. and Smith, D.D., (1978). Predicting Rainfall Erosion Losses - a Guide for Conservation Planning. US Department of Agriculture, Agriculture Handbook, No 537.

Αλεξάκης, Δ., (2003). Διαχρονική Παρακολούθηση του Όρους Καμήλα και της Ευρύτερης Περιοχής, με τη Βοήθεια της Τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.

Αστάρας, Θ., Οικονομίδης, Δ., Μουρατίδης, Α., (2007). Ψηφιακή Χαρτογραφία και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (G.I.S.). Διδακτικές Σημειώσεις, Α.Π.Θ., Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.

Γκαγιαλής, Σ., (2008). Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και οι Χρήσεις τους.

Δήμας, Δ., (2010) Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών και εφαρμογές τους. Πειραιάς: Πανεπιστήμιο Πειραιά

Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΣΑ). Στοιχεία Απογραφής - Κτηνοτροφίας 1999/2000). Διαθέσιμο μέσω: <http://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SPG51>

ΕΠΕΜ Α.Ε. (2005) Ανάπτυξη Διαδικασίας Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων για την Ορθολογική Διαχείριση των Υδάτινων Πόρων στην Υδρολογική Λεκάνη του Ανθεμούντα, Δράση 4.1.2, Εταιρία Περιβαλλοντικών Μελετών, Αθήνα.

Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο., (2007). Οδηγία 2007/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2007 για την

Αξιολόγηση και τη Διαχείριση των Κινδύνων Πλημμύρας. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 6.11.2007: L 288: 27 - 34.

Ευστρατιάδης, Α., Μαμάσης, Ν., (2011). Η Οδηγία - Πλαίσιο 2007/60 για την Εκτίμηση και τη Διαχείριση της Πλημμυρικής Διακινδύνευσης. Τομέας Υδατικών Πόρων & Περιβάλλοντος. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Καρτέρης, Μ.Α., (1994). Τηλεπισκόπηση Φυσικών Πόρων και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Τόμος Ι, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.

Καυκαλά, Ε., (2014). Μεταπτυχιακή Διατριβή «Διερεύνηση με Χρήση Νέων Τεχνολογιών των Μεταβολών της Δασικής Κάλυψης Περιοχών της ΒΔ Ελλάδας και Πιθανές Συνέπειές τους στις Υποδομές των Περιοχών αυτών».

Κουτσόπουλος, Κ., (2005). Εφαρμογές του Λογισμικού Arc GIS 9x με Απλά Λόγια. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.

Κωτούλας, Δ., (2001). Ορεινή Υδρονομική. Τα Ρέοντα Ύδατα. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου, Θεσσαλονίκη.

Μαμάσης, Ν., Κουτσογιάννης, Δ., (1999). Προχωρημένη Υδρολογία, Κατακρημνίσματα και Χωρική Μεταβλητότητά τους. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων, Αθήνα.

Μήτρακας, Μ., (2001). Ποιοτικά Χαρακτηριστικά και Επεξεργασία Νερού. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.

Μιμίκου, Μ., (1994). Τεχνολογία Υδατικών Πόρων, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Έκδοση 2, Αθήνα.

Μιμίκου, Μ., (2004). «Υδατικό Περιβάλλον και Ανάπτυξη». Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων, Αθήνα 2004.

Πάτμιος, Ε.Ν. και Λαζαρίδου, Μ., (2007). Φωτοερμηνεία - Τηλεπισκόπηση - Ειδικά θέματα Φωτογραμμετρίας. Διδακτικές Σημειώσεις, Π.Μ.Σ. «Προστασία Περιβάλλοντος και Βιώσιμη Ανάπτυξη», Τμήμα Πολιτικών μηχανικών, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.

Ποϊραζίδης, Κ., Βούλγαρης, Μ.Δ., Κεφαλάς, Γ., Λορίλια, Ρ.Σ., (2013). Βασικές Αρχές της Τηλεπισκόπησης.

Ράμπιας, Ε., (2007). Υδραυλική Προσομοίωση Ποταμού Αλιάκμονα με Χρήση του Μοντέλου HEC-RAS.

Ρούσσης, Μ. (2009) Θεωρητική Μελέτη Πολυκριτηριακών Μεθόδων Λήψης Αποφάσεων.

Τζωρτζάκης, Κ., (2002). Οργάνωση και Διοίκηση: Management, Νέες Ιδέες και Τεχνικές στον 21^ο αιώνα. Εκδόσεις Rosil. Αθήνα, 2^η έκδοση

Τσακίρης, Γ., (1995). Υδατικοί Πόροι. Ι. Τεχνική Υδρολογία. Αθήνα, σελ. 301-306, 393,397, 148, 483-491, 409-410.

Υπηρεσία Περιβάλλοντος, Υπουργείο Γεωργίας & Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος και Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών, (2005), Development of best Management Systems For High Waste Streams in Cyprus.

Ψιλοβίκος, Α., Βαβλιάκης, Ε., Βουβαλίδης, Κ., Πέννου, Ε., (2001). Γεωμορφολογικές Υδρογραφικές & ιζηματολογικές διεργασίες στη λεκάνη των Σερρών που οφείλονται στη δράση της ρηξιγενούς τεκτονικής του Τεταρτογενούς.9^ο Διεθνές Συνέδριο - Ε.Γ.Ε pp.451-457.

