

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

‘Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του Χώρου’

Κατεύθυνση Α’: Διαχείριση φυσικών και ανθρωπογενών καταστροφών

**Διερεύνηση του ρόλου των χαρακτηριστικών της λεκάνης
απορροής του χειμάρρου Διακονιάρη (Ν. Αχαΐας) στον
πλημμυρικό κίνδυνο**

Διπλωματική εργασία της:
Μαϊστράλη Αντιγόνης

Εξεταστική Επιτροπή:

- κ. Καρύμπαλης Ευθύμιος (Επίκουρος Καθηγητής) (Επιβλέπων)
- κ. Παρχαρίδης Ισαάκ (Επίκουρος Καθηγητής)
- κ. Κατσαφάδος Πέτρος (Λέκτορας)

Αθήνα, Μάρτιος 2011

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	7
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	8
ABSTRACT	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:ΕΙΣΑΓΩΓΗ	12
1.1. ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	12
1.2. Ο ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ	12
1.2.1. Ορισμός	12
1.2.2. Παράγοντες που ρυθμίζουν την πλημμύρα	13
1.2.3. Αίτια πλημμυρογένεσης	14
1.3. Η ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	16
1.3.1. Η Γεωγραφική θέση της περιοχής μελέτης	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ	18
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
2.1. ΤΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΟΥ ΧΕΙΜΑΡΡΟΥ ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗ	18
2.2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	24
2.2. ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	31
3.1. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	31
3.2. ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	36
3.2.1. Ψηφιοποίηση Ισοϋψών καμπύλων και κατασκευή Ψυφιακού Μοντέλου	
Εδάφους	38
3.2.2. Ψηφιοποίηση του υδρογραφικού δικτύου	39
3.2.3. Χάραξη των υδροκριτικών γραμμών και ψηφιοποίηση λεκανών	41
3.2.4. Ψηφιοποίηση γεωλογικού υπόβαθρου	43

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ	48
4.1. Α' Πλημμύρα: 17 Δεκεμβρίου 1962	48
4.2. Β' Πλημμύρα: 25 Οκτωβρίου 1997	49
4.3. Γ' Πλημμύρα: 16 Δεκεμβρίου 2001	50
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ	
ΔΙΚΤΥΟΥ ΤΟΥ ΧΕΙΜΑΡΡΟΥ ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗ	54
5.1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΑ HORTON	56
5.1.1. 1 ^{ος} Νόμος του Horton: Νόμος του αριθμού των κλάδων	56
5.1.2. 2 ^{ος} Νόμος του Horton: Νόμος του μήκους των κλάδων	58
5.1.3. 3 ^{ος} Νόμος του Horton: Νόμος του εμβαδού των λεκανών απορροής	60
5.2. ΔΙΑΔΟΧΙΚΗ ΚΑΤΑ ΤΑΞΗ ΑΠΟΡΡΟΗ	61
5.3. ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΩΝ ΚΛΑΔΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ	
ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗ	72
5.3.1. Υδρογραφική πυκνότητα (D)	72
5.3.2. Υδρογραφική Συχνότητα (F)	73
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ	75
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ	80
 ΠΗΓΕΣ	84

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1. Ετήσια πορεία της βροχόπτωσης (mm) στην περιοχή της Πάτρας κατά την χρονική περίοδο 1955 – 2004	28
Διάγραμμα 2. Μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C) στην περιοχή της Πάτρας κατά την χρονική περίοδο 1955 – 2004	29
Διάγραμμα 3. Συνθετικό διάγραμμα κύμανσης βροχόπτωσης και θερμοκρασίας του αέρα, για την ευρύτερη περιοχή της Πάτρας	29
Διάγραμμα 4. Μέση συχνότητα βροχόπτωσης (σε ημέρες) ανά μήνα, για τα έτη (1955 – 2004)	30

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Αριθμός κλάδων και λεκανών απορροής ανά τάξη, για το υδρογραφικό δίκτυο του χειμάρρου Διακονιάρη	22
Πίνακας 2. Μέση μηνιαία θερμοκρασία και βροχόπτωση για την περιοχή της Πάτρας για τα έτη 1955-2004	28
Πίνακας 3. Οι ποσοτικές παράμετροι που μετρήθηκαν ή εκτιμήθηκαν για το υδρογραφικό δίκτυο του χειμάρρου Διακονιάρη	55
Πίνακας 4. Συνολικό μήκος και έκταση για τους κλάδους κάθε τάξης, του υδρογραφικού δικτύου του Διακονιάρη	55
Πίνακας 5. Σχέση μεταξύ των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου του Διακονιάρη, σύμφωνα με τον 1 ^ο Νόμο του Horton	57
Πίνακας 6. Εφαρμογή του 2 ^{ου} Νόμου του Horton στη λεκάνη απορροής του Διακονιάρη	59
Πίνακας 7. Εφαρμογή του 3 ^{ου} Νόμου του Horton στη λεκάνη απορροής του Διακονιάρη	61

Πίνακας 8. Κλάδοι και οι αντίστοιχες λεκάνες απορροής που παρουσιάζουν ανωμαλίες στη διαδοχική κατά τάξη απορροή. Περιλαμβάνονται ο αριθμός των κλάδων και των αντίστοιχων λεκανών που απορρέουν άμεσα σε μεγαλύτερη τάξη ή απορρέουν στην αμέσως επόμενη τάξη χωρίς να δημιουργούν κλάδους της τάξης αυτής	62
Πίνακας 9. Ανωμαλίες στην διαδοχική κατά τάξη απορροή: Μήκη κλάδων 1 ^{ης} τάξης που απορρέουν άμεσα σε κλάδους 2 ^{ης} τάξης και τα αντίστοιχα εμβαδά των λεκανών απορροής	63
Πίνακας 10. Ανωμαλίες στην διαδοχική κατά τάξη απορροή: Μήκη κλάδων 1 ^{ης} τάξης που απορρέουν άμεσα σε κλάδους 3 ^{ης} τάξης και τα αντίστοιχα εμβαδά των λεκανών απορροής	66
Πίνακας 11. Ανωμαλίες στην διαδοχική κατά τάξη απορροή: Μήκη κλάδων 2 ^{ης} τάξης που απορρέουν άμεσα σε κλάδους 3 ^{ης} τάξης και τα αντίστοιχα εμβαδά των λεκανών απορροής	68
Πίνακας 12. Ανωμαλίες στην διαδοχική κατά τάξη απορροή: Μήκη κλάδων 3 ^{ης} τάξης που απορρέουν άμεσα σε κλάδους 5 ^{ης} τάξης και τα αντίστοιχα εμβαδά των λεκανών απορροής	70
Πίνακας 13. Μέση τιμή της Υδρογραφικής πυκνότητα (D) ανά τάξη	73
Πίνακας 14. Μέσες τιμές της Υδρογραφικής συχνότητας (F) ανά τάξη	74

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1. Τοπογραφικός χάρτης της λεκάνης απορροής του χείμαρρου Διακονιάρη	23
Χάρτης 2. Γεωλογικός χάρτης της λεκάνης απορροής του χείμαρρου Διακονιάρη	26
Χάρτης 3. Χάρτης των κατά τάξη λεκανών απορροής του χείμαρρου Διακονιάρη	45
Χάρτης 4. Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM) της λεκάνης απορροής του Διακονιάρη	46

Χάρτης 5. Χάρτης σκιασμένου αναγλύφου της λεκάνης απορροής του Διακονιάρη	47
Χάρτης 6. Ανωμαλίες στη διαδοχική κατά τάξη απορροή: Άμεση απορροή κλάδων 1 ^{ης} τάξης σε κλάδους 2 ^{ης} τάξης	65
Χάρτης 7. Ανωμαλίες στη διαδοχική κατά τάξη απορροή: Άμεση απορροή κλάδων 1 ^{ης} τάξης σε κλάδους 3 ^{ης} τάξης	67
Χάρτης 8. Ανωμαλίες στη διαδοχική κατά τάξη απορροή: Άμεση απορροή κλάδων 2 ^{ης} τάξης σε κλάδους 3 ^{ης} τάξης	69
Χάρτης 9. Ανωμαλίες στη διαδοχική κατά τάξη απορροή: Άμεση απορροή κλάδων 3 ^{ης} τάξης στον κεντρικό κλάδο 5 ^{ης} τάξης	71

Π Ρ Ο Λ Ο Γ Ο Σ

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία μου ανατέθηκε το Μάρτιο του 2010. Στα πλαίσια εκπόνησης της αισθάνομαι την ανάγκη να τον ευχαριστήσω κάποιους ανθρώπους, η συμβολή των οποίων ήταν καταλυτική.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Καρύμπαλη Ευθύμιο, Επίκουρο Καθηγητή στο τμήμα Γεωγραφίας του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου, για τη συνεχή καθοδήγηση και την άριστη συνεργασία σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας αυτής.

Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Μαρία Φερεντίνου, διδάσκουσα στο τμήμα Γεωγραφίας και την κ. Αντιγόνη Φάκα, υποψήφια διδάκτωρ στο τμήμα Γεωγραφίας, για την πολύτιμη βοήθεια τους σε θέματα Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και Χαρτογραφίας.

Τέλος, δεν μπορώ να παραλείψω τους καλούς μου φίλους και την οικογένεια μου για τη θερμή υποστήριξη και την ενθάρρυνση τους για την επιτυχή ολοκλήρωση των Μεταπτυχιακών Σπουδών μου, με τη συγγραφή αυτής της εργασίας, την οποία και αφιερώνω στη μνήμη της μητέρας μου.

Αθήνα, Μάρτιος 2011

Αντιγόνη Μαϊστράλη

Γεωγράφος

Π Ε Ρ Ι Λ Η Ψ Η

Πλήθος κινδύνων και επικείμενων καταστροφών απειλούν καθημερινά τόσο τον άνθρωπο, όσο και το φυσικό περιβάλλον και είναι γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια, οι καταστροφές από φυσικούς κινδύνους έχουν αυξηθεί. Όταν η καταστροφή οφείλεται σε φυσικά αίτια ή όταν οφείλεται σε ανθρωπογενή αίτια έχοντας άμεσες επιπτώσεις στην φύση, τότε το γεγονός αυτό αποτελεί μια φυσική καταστροφή. Οι ποτάμιες πλημμύρες συγκαταλέγονται στις φυσικές καταστροφές αφού συνήθως είναι το αποτέλεσμα μιας ακραίας μετεωρολογικής κατάστασης και εκδηλώνεται όταν η παροχετευτική ικανότητα του εκάστοτε συστήματος αποστράγγισης (των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου) δεν είναι δυνατόν να διοχετεύσει τον όγκο του νερού που παράγεται από την βροχόπτωση. Ειδικά στο αστικό περιβάλλον, οι αλλαγές στις χρήσεις γης και οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις αυξάνουν σημαντικά τόσο την πιθανότητα εκδήλωσης, όσο και τη συχνότητα των πλημμύρων.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να εκτιμηθεί ο πλημμυρικός κίνδυνος στην λεκάνη απορροής του χειμάρρου Διακονιάρη που βρίσκεται στο νομό Αχαΐας με την εκτίμηση ποσοτικών παραμέτρων του υδρογραφικού δικτύου και των αντίστοιχων λεκανών απορροής. Εκτός από τα έντονα μετεωρολογικά φαινόμενα και τη γεωμορφολογία της λεκάνης απορροής, σημαντικό ρόλο στην εκδήλωση πλημμύρων διαδραματίζει η συνεχής αστικοποίηση στα περίχωρα της πόλης της Πάτρας και οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στις κοίτες του υδρογραφικού δικτύου του ποταμού. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας δημιουργήθηκε μια ψηφιακή βάση δεδομένων που αφορά το υδρογραφικό δίκτυο και τη λεκάνη απορροής με τη χρήση λογισμικού GIS. Επιπρόσθετα, συλλέχθηκαν στοιχεία (μετεωρολογικά, γεωμορφολογικά, χρήσεις γης κλπ) τα οποία είναι ικανά να ερμηνεύσουν τόσο τα φυσικά, όσο και τα ανθρωπογενή αίτια, τα οποία οδηγούν σε πλημμυρικά γεγονότα στην συγκεκριμένη περιοχή.

Για τους σκοπούς της εργασίας η ποσοτική ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου του χείμαρρου προϋποθέτει τη μέτρηση ορισμένων φυσικών μορφολογικών χαρακτηριστικών των κλάδων και των λεκανών απορροής καθώς και τον υπολογισμό ορισμένων μορφομετρικών παραμέτρων. Το υδρογραφικό δίκτυο αναλύθηκε

σύμφωνα με τους νόμους του αριθμού των κλάδων, του μήκους και του εμβαδού των λεκανών και υπολογίστηκαν μορφομετρικές παράμετροι όπως η Υδρογραφική Πυκνότητα και η Υδρογραφική Συχνότητα. Σημαντικό ρόλο για τη μελέτη και ανάλυση όλων εκείνων των συνθηκών που προσδίδουν αυξημένη επικινδυνότητα και καθιστούν την ευρύτερη περιοχή επιρρεπή στον πλημμυρικό κίνδυνο, παίζουν οι ανωμαλίες στη διαδοχική κατά τάξη απορροή και ο υψηλός λόγος διακλάδωσης $1^{η}$ και $2^{η}$ τάξης. Αξιοποιώντας τα κατάλληλα μέσα και εφαρμόζοντας ορθές πολιτικές διαχείρισης η εργασία επιδιώκει να αποτελέσει έναυσμα για τη διατύπωση προτάσεων που ενδέχεται να οδηγήσουν στον μετριασμό του πλημμυρικού κινδύνου και στον περιορισμό των κοινωνικών και οικονομικών επιπτώσεων που επιφέρει μια πλημμύρα συμβάλλοντας στην βιώσιμη και αειφόρο ανάπτυξη της ευρύτερης περιοχής.

ABSTRACT

Numerous risks and upcoming disasters threaten both human beings and the environment. In recent years, the risks caused by natural disasters have increased. When a disaster is the result of natural or human causes and affects directly the nature is called “natural disaster”. River flood is a natural hazard. Usually a river flood is the effect of severe weather conditions and occurs when the capacity of the drainage system (channels of the hydrographic network) is not able to drain the extremely high runoff caused after a heavy rainfall or a severe storm. It is a fact that flood events cannot be verified when setting up however they can be identified and partially modified following the human intervention. Regarding urban areas, land use changes and human interference increase significantly both the possibility and frequency of flood events.

The aim of this study is flood risk assessment of Diakoniaris torrent, a stream which drains an area of the south-western Patras, in the Prefecture of Achaia and is responsible for floods and their devastating impacts to the broader suburb area of Patras. Estimation of quantitative parameters of the drainage network and its corresponding basins was attempted. Apart from the intense weather conditions and the geomorphology of the river basin, it is attempted an investigation of natural and human factors which are responsible for flood events. For this purpose, quantitative morphometric characteristics of Diakoniaris torrent drainage basin were analyzed using Geographic Information Systems (GIS) techniques. Data imported to the geographic spatial database, which was constructed for the study area, includes contour lines of the study area, stream network channels, drainage basins and the sub-watersheds. In order to draw conclusion the drainage network was analyzed according to Horton’s Laws, while several morphometric parameters were calculated, such as drainage density and drainage frequency. Thus, an important cause of floods is the irregularities of the hierarchical drainage by stream order and the high bifurcation ratio between the 1st and 2nd order streams of the network.

The afore mentioned methodology along with the area's geological background, topography, existing climate, land use, human interferences and intense urbanization, help the assessment and definition of conditions that increase the flood risk and make the area of south-western Patras susceptible to this kind of natural hazard. Thereby, using the appropriate means and applying correct management policies, this study could help the mitigation of flood risk and the reduction of social and economic impacts caused by Diakoniaris torrent floods, contributing to sustainable development of the broader area.

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 1

Ε Ι Σ Α Γ Ω Γ Η

1.1. ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στο αστικό περιβάλλον, οι επεμβάσεις στις χρήσεις γης από τον άνθρωπο έχουν αυξήσει τόσο το μέγεθος, όσο και τη συχνότητα των πλημμύρων σε χειμαρρικές λεκάνες με μικρή έκταση αποστράγγισης. Η επιφανειακή απορροή αυξάνεται σε περιπτώσεις ακραίων υψών βροχής λόγω της αστικοποίησης που συντελεί στην αύξηση του αδιαπέρατου χαρακτήρα της επιφάνειας. Κατά συνέπεια η στάθμη του νερού εντός των κοιτών ανυψώνεται σε μικρότερο χρόνο προκαλώντας ακραίες πλημμυρικές παροχές. Με βάση τα παραπάνω, η περιοχή έρευνας που έχει επιλεγεί ως περίπτωση μελέτης στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η υδρολογική λεκάνη του χειμάρρου Διακονιάρη, που βρίσκεται στην ευρύτερη περιοχή της Πάτρας. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η διερεύνηση του ρόλου των χαρακτηριστικών του υδρογραφικού δικτύου και της λεκάνης απορροής στον πλημμυρικό κίνδυνο.

1.2. Ο ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ

1.2.1. Ορισμός

Πλημμύρα είναι η κατάσταση κατά την οποία περιοχές, που συνήθως δεν χαρακτηρίζονται από την παρουσία ύδατος, καλύπτονται από κάποια ποσότητα νερού για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Οι υπερβολικά αυξημένοι όγκοι νερού σε περιπτώσεις ποτάμιων πλημμύρων προέρχονται ως επί το πλείστον από έντονη βροχόπτωση και καταιγίδες. Στις παράκτιες περιοχές πλημμυρικά φαινόμενα μπορεί να προκληθούν και από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας ενώ μπορεί να

οφείλονται και σε ανθρωπογενή αίτια όπως από την καταστροφή κάποιου φράγματος και την απότομη αποδέσμευση μεγάλης ποσότητας νερού του τεχνητού ταμιευτήρα.

Η πλημμύρα είναι μια φυσική καταστροφή η οποία είναι αποτέλεσμα ενός συνδυασμού δράσεων: μιας μεγάλης ποσότητας βροχόπτωσης και του τρόπου αλληλεπίδρασης του νερού με την περατότητα των γεωλογικών σχηματισμών ή των υλικών που καλύπτουν μια λεκάνη καθώς και με την τοπογραφία της περιοχής. Πλημμύρα λαμβάνει χώρα όταν η στάθμη της επιφάνειας του νερού είναι υψηλότερα από το κανονικό με αποτέλεσμα να υπερχειλίζει και να προκαλεί καταστροφές σε ότι περιβάλλει την κοίτη του ποταμού. Η χωρητικότητα των ποτάμιων κοιτών δεν μπορεί να διοχετεύσει τον όγκο του νερού που προέρχεται από τη βροχόπτωση. Τα φυσικά φαινόμενα που προκαλούν την πλημμύρα δεν μπορούν να ελεγχθούν, ωστόσο η τρωτότητα που χαρακτηρίζει μια λεκάνη απορροής, στον πλημμυρικό κίνδυνο μπορεί να τροποποιηθεί (να αυξηθεί ή να περιοριστεί) μετά από ανθρώπινη παρέμβαση.

1.2.2. Παράγοντες που ρυθμίζουν την πλημμύρα

Ορισμένοι από τους παράγοντες που ρυθμίζουν τη σφοδρότητα των ποτάμιων πλημμυρών είναι οι ακόλουθοι (Καρύμπαλης, 2007):

- ✓ Η ένταση και η διάρκεια της βροχόπτωσης.
- ✓ Η έκταση της λεκάνης απορροής.
- ✓ Η γεωμετρία της λεκάνης απορροής.
- ✓ Η γεωλογική σύσταση της λεκάνης απορροής.
- ✓ Η γεωμορφολογία της περιοχής.
- ✓ Η ανθρώπινη παρέμβαση.

Η ανθρώπινη δραστηριότητα που χαρακτηρίζει τις παραποτάμιες περιοχές αλλά και το σύνολο της λεκάνης απορροής είναι πολύ σημαντική στην πρόκληση πλημμυρών. Η αστικοποίηση αυξάνει την επιφανειακή απορροή, καθώς μεταβάλλει τις χρήσεις γης και την υδροπερατότητα του εδάφους. Σε αστικό περιβάλλον, η επιφάνεια απορροής είναι αδιαπέρατη συμβάλλοντας στην άύξηση της απορροής και στην αντίστοιχη μείωση της κατείσδυσης, εντείνοντας τη συχνότητα και την ένταση των πλημμυρών. Για τον λόγο αυτό, τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της υδρολογικής λεκάνης θα

πρέπει να αναγνωρίζονται και να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη πριν την οικοδόμηση εκατέρωθεν της κοίτης του ποταμού (Καρύμπαλης, 2007).

1.2.3. Αίτια πλημμυρογένεσης

Όπως προαναφέρθηκε, πλημμύρα προκαλείται όταν οι κοίτες του υδρογραφικού δικτύου δεν έχουν την δυνατότητα να παροχετεύσουν το σύνολο του όγκου του νερού που έχει συγκεντρωθεί μετά από ένα έντονο πλημμυρικό γεγονός στη λεκάνη απορροής. Αυτό είναι το αποτέλεσμα της δράσης όχι μόνο του συγκεκριμένου, πιθανώς ακραίου, μετεωρολογικού γεγονότος αλλά και άλλων παραγόντων. Φυσικά αίτια πλημμυρογένεσης αποτελούν ο τύπος και η περατότητα των πετρωμάτων της λεκάνης απορροής, η γεωμορφολογία, η κλίση του εδάφους και η γενικότερη τοπογραφία της περιοχής καθώς και ο τύπος της βλάστησης που αναπτύσσεται εντός της λεκάνης αποστράγγισης.

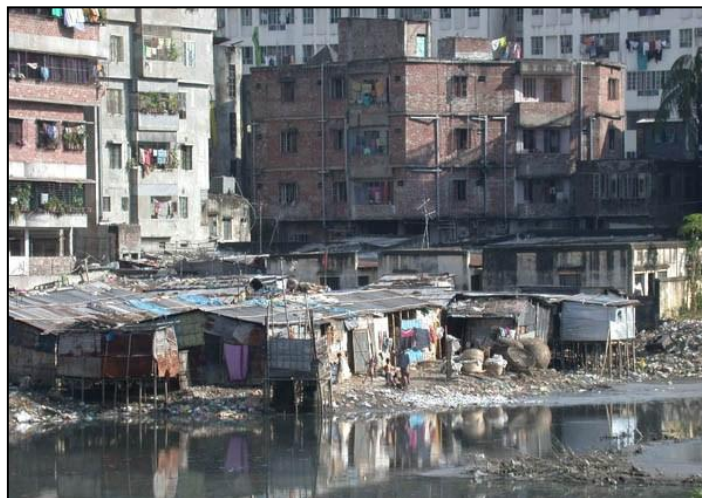
Ωστόσο, εκτός από τα φυσικά αίτια που προκαλούν πλημμύρα, υπάρχουν και δευτερογενείς συνθήκες οι οποίες έχουν άμεση σχέση με τα χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής και κατ'επέκταση με το μέγεθος της πλημμυρικής επικινδυνότητας. Η ανθρώπινη δραστηριότητα, η ανάπτυξη δομημένου περιβάλλοντος, οι διαρκώς μεταβαλλόμενες χρήσεις και καλύψεις γης και η συνεχής αστικοποίηση, που συχνά σχετίζεται με την εξαφάνιση των κοιτών που αποτελούν τον φυσικό αποδέκτη του βρόχινου νερού, έχει αυξήσει τόσο το μέγεθος όσο και την συχνότητα των πλημμυρικών επεισοδίων. Το γεγονός αυτό οφείλεται τόσο στο αδιαπέρατο του εδάφους μετά από ανθρώπινη παρέμβαση όσο και στην περαιτέρω αστικοποίηση. Η οικοπεδοποίηση, οι επιχωματώσεις, τα τεχνικά έργα και η άναρχη δόμηση εντείνουν το φαινόμενο μετά από ακραία μετεωρολογικά φαινόμενα προκαλώντας σημαντικές άμεσες και έμμεσες αρνητικές επιπτώσεις στις τοπικές κοινωνίες. Οι επιπτώσεις αυτές περιλαμβάνουν από καταστροφές καλλιεργειών, καταστροφές κτηρίων και οικιών μέχρι και απώλειες ζωών. Τα τελευταία χρόνια, πολλά μεγάλα αστικά κέντρα έχουν πληγεί από έντονες και καταστροφικές πλημμύρες, μετά από ακραία μετεωρολογικά γεγονότα, λόγω της έντονης αστικοποίησης και της ανεπάρκειας σχεδίων και έργων αντιπλημμυρικής προστασίας.



Εικόνα 1. Η πρόσφατη πλημμύρα στο Brisbane της Αυστραλίας το 2011 (ΠΗΓΗ: www.couriermail.com.au)



Εικόνα 2. Η πλημμύρα στην πόλη Δρέσδη της Γερμανίας, τον Αύγουστο του 2002 (ΠΗΓΗ: www.hospitalityclub.org)



Εικόνα 3. Η πλημμύρα στην πόλη Dhaka του Bangladesh, το 1998.

1.3. Η ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Όπως προαναφέρθηκε, ως περιοχή μελέτης η υδρολογική λεκάνη του χειμάρρου Διακονιάρη, η οποία περιλαμβάνεται κατά το μεγαλύτερο μέρος της στον αστικό ιστό του Νοτιοδυτικού τμήματος της πόλης της Πάτρας. Στα επόμενα κεφάλαια αναλύεται λεπτομερώς η περιοχή μελέτης με όλα εκείνα τα χαρακτηριστικά που την καθιστούν ευάλωτη στον πλημμυρικό κίνδυνο.

1.3.1. Η γεωγραφική θέση της περιοχής μελέτης

Ο Διακονιάρης είναι ένας εφήμερος χείμαρρος μεσογειακού τύπου 5^{ης} τάξης, ο οποίος διατρέχει το νότιο τμήμα του συγκροτήματος της πόλης της Πάτρας με διεύθυνση ροής Α-Δ. Πηγάζει από τον ορεινό όγκο Προφήτης Ηλίας του Παναχαϊκού όρους, σε υψόμετρο περίπου 960 m. Ο κάτω ρους του διασχίζει το νοτιοδυτικό τμήμα του πολεοδομικού συγκροτήματος των Πατρών και εκβάλλει στον Πατραϊκό κόλπο.



Εικόνα 4. Χάρτης της περιοχής μελέτης: Ο Δήμος Πατρέων που επηρεάζεται άμεσα από τα πλημμυρικά γεγονότα του Διακονιάρη. (ΠΗΓΗ: wikipedia.org με τροποποίηση).



Εικόνα 5. Η θέση της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Διακονιάρη (απεικονίζεται με κόκκινο χρώμα) στη Νοτιοδυτική Πάτρα. (ΠΗΓΗ: Google Earth (τροποποίηση με ArcMap)).

Για τον ακριβή προσδιορισμό της θέσης της περιοχής μελέτης χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα γραφικής απεικόνισης της γης, Google Earth. Με δεδομένο ότι το πρόγραμμα αυτό έχει τη δυνατότητα να συνδέει τις δορυφορικές εικόνες με στοιχεία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών ήταν εύκολο να εντοπιστεί και να προσδιοριστεί η ακριβής θέση της λεκάνης απορροής.

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 2

ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

2.1. ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Ως υδρογραφικό δίκτυο μιας περιοχής ορίζεται το σύνολο των ρυακίων, χειμάρρων, παραποτάμων και ποταμών τα οποία συνδέονται μεταξύ τους και αποστραγγίζουν μια συγκεκριμένη περιοχή.

Τα υδρογραφικά δίκτυα εμφανίζουν διάφορες μορφές. Η μορφή που θα αποκτήσει ένα υδρογραφικό δίκτυο εξαρτάται από δυο κυρίως παράγοντες: (α) Τη γεωλογία της περιοχής, η οποία θα περιλαμβάνει τη λιθολογία των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής την οποία αποστραγγίζει καθώς και τον τεκτονισμό της, την ύπαρξη δηλαδή τεκτονικών ασυνεχειών αλλά και διακλαδώσεων ή πτυχώσεων. (β) Τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή. Ο συνδυασμός των χαρακτηριστικών αυτών καθώς και η επίδραση ειδικών τοπικών συνθηκών, όπως τα χαρακτηριστικά του αναγλύφου και η βλάστηση, δημιουργούν διάφορες μορφές δικτύων (*Εικόνα 6*). Οι μορφές αυτές ταξινομούνται ως εξής (Λαμπράκης, 2010):

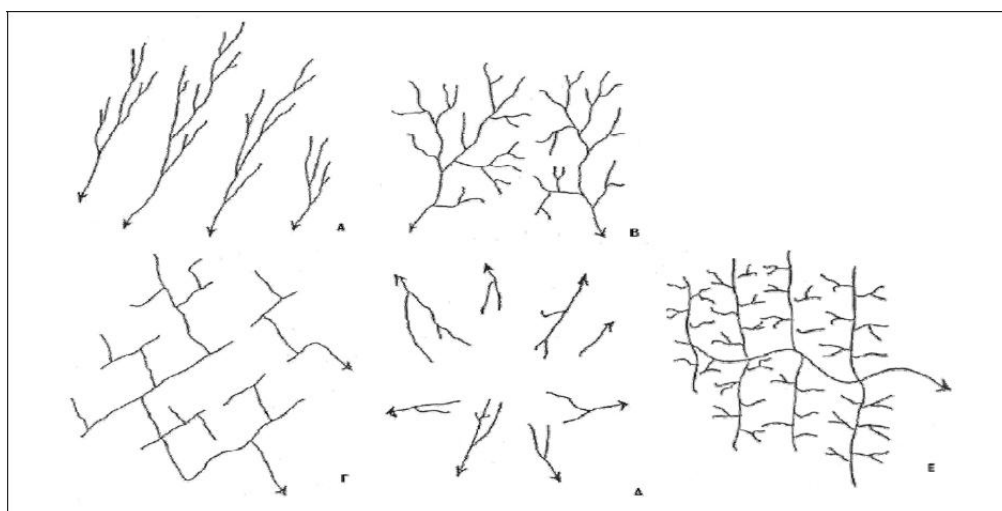
Δενδριτική μορφή. Η οργάνωση του κλάδου και το συνολικός χήμα του δικτύου θυμίζει την μορφή δένδρου του οποίου οι κλάδοι ενώνονται μεταξύ τους και με τον κύριο κορμό υπό οξεία γωνία μεγαλύτερη των 30° και αναπτύσσεται σε σχετικώς ομαλές ή νέες περιοχές με ομοιογενή πετρολογικά χαρακτηριστικά των γεωλογικών σχηματισμών που εμφανίζονται επαφαιακά. Είναι η πιο συνηθισμένη μορφή υδρογραφικού δικτύου.

Ορθογώνια μορφή. Ο κύριος κλάδος κάμπτεται σε ορθές γωνίες κατά την πορεία του, ενώ οι μικρότεροι κλάδοι ενώνονται με τους μεγαλύτερους επίσης με ορθές γωνίες. Η μορφή αυτή σχετίζεται με την ύπαρξη δυο ομάδων παράλληλων ρηγμάτων που τέμνονται κάθετα.

Παράλληλη μορφή. Αποτελείται από παράλληλους μεταξύ τους κύριους κλάδους και μικρότερους συνδεόμενους υπό οξεία γωνία μικρότερη των 40° με τους κύριους κλάδους. Η δημιουργία παράλληλων μορφών δικτύου συνδέεται με την ύπαρξη πετρωμάτων με απότομη κλίση ή εϋδιάβρωτη λιθολογία.

Κλιμακωτή μορφή. Αποτελείται από έναν κεντρικό κλάδο, εκατέρωθεν του οποίου διατάσσονται κατά ζεύγη οι δευτερεύοντες κλάδοι, ενωμένοι με ορθές γωνίες με τον κύριο κλάδο. Εκατέρωθεν των δευτερευόντων κλάδων διατάσσονται οι μικρότεροι κλάδοι, ενωμένοι με ορθές γωνίες με τους δευτερεύοντες κλάδους. Η μορφή αυτή σχετίζεται με την παρουσία ρηγματώσεων, πτυχώσεων, ρωγμών κ.α..

Ακτινωτή μορφή. Αποτελείται από κλάδους που ξεκινούν από μία κεντρική υπερυψωμένη περιοχή κωνικής μορφής και αναπτύσσεται υπό μορφή ακτινών πάνω στις πλευρές της. Η μορφή αυτή απαντάται σε ηφαίστεια, δόμους ή μεμονωμένους λόφους με απότομες πλευρές.



Εικόνα 6. Μορφές υδρογραφικών δικτύων (Α: Μορφές υδρογραφικού δικτύου: Α. Παράλληλη μορφή, Β. Δενδριτική μορφή, Γ. Ορθογώνια μορφή, Δ. Ακτινωτή μορφή, Ε. Κλιμακωτή μορφή) (ΠΗΓΗ: Λαμπράκης, 2010)

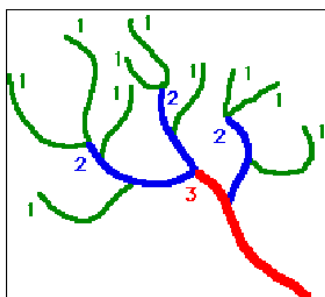
Το υδρογραφικό δίκτυο του Διακονιάρη έχει διαμορφώσει μια επιφανειακή λεκάνη απορροής. Ο κεντρικός κλάδος του δικτύου έχει μήκος 3.184,42 m και ρέει με διεύθυνση ΝΑ-ΒΔ έχοντας διαμορφώσει στις εκβολές του ένα δελταϊκό ριπίδιο, στις αλλουβιακές αποθέσεις του οποίου αναπτύσσεται η πόλη της Πάτρας (Σταματόπουλος, 2005). Το δίκτυο είναι παράλληλης μορφής και χαρακτηρίζεται από έντονη ασυμμετρία. Οι περισσότεροι κλάδοι του δικτύου αναπτύσσονται βόρεια του κεντρικού κλάδου. Στο βόρειο-κεντρικό τμήμα της λεκάνης καθώς και στο νοτιοανατολικό της άκρο έχουν δημιουργηθεί πολλοί κλάδοι μικρών τάξεων και μικρού μήκους δίνοντας σε μια μικρή περιοχή της λεκάνης υψηλή συχνότητα και πυκνότητα κλάδων. Το τμήμα αυτό του δικτύου μπορεί να χαρακτηριστεί ότι ανήκει στον δενδριτικό τύπο. Το υπόλοιπο τμήμα του δικτύου χαρακτηρίζεται ως παράλληλου τύπου με πολλούς κλάδους μεγάλου μήκους να ρέουν έχοντας παρόμοια διεύθυνση ροής.

Η διαφοροποίηση της μορφής του δικτύου οφείλεται κυρίως στη μορφολογική κλίση του αναγλύφου καθώς και στην λιθολογία του σχηματισμού της λεκάνης. Ο δενδριτικός τύπος αναπτύσσεται σε περιοχές μεγάλης μορφολογικής κλίσης ενώ ο παράλληλος τύπος αναπτύσσεται κυρίως σε περιοχές με απότομη κλίση καθώς και στις περιοχές που οι κλάδοι ρέουν σε αλλουβιακές αποθέσεις. Το νοτιοδυτικό τμήμα του δικτύου ρέει σε αλλουβιακές αποθέσεις του ριπιδίου που έχει αναπτυχθεί στις εκβολές του υδρογραφικού δικτύου του γειτονικού ποταμού Γλαύκου.

Η λεκάνη απορροής του Διακονιάρη αναπτύσσεται στο ανώτερο τμήμα της σε ιζήματα του φλύσχη της ζώνης Ολονού – Πίνδου ενώ το υπόλοιπο τμήμα του σε λιμναίες – λιμνοθαλάσσιες Πλειστοκαινικές αποθέσεις και ιζήματα ποταμού διακλαδιζόμενου τύπου κοίτης. Η τοπογραφική κλίση της λεκάνης αποστράγγισης είναι 17° στην ορεινή ζώνη και σταδιακά ελαττώνεται στη 1° στο χαμηλό αλλουβιακό πεδίο, μέχρι τις εκβολές (Σταματόπουλος, 2005). Όπως θα αναφερθεί και στην συνέχεια αυτής της εργασίας, οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις και η έντονη αστικοποίηση, τα τελευταία 50 χρόνια έχουν μεταβάλλει τόσο το τοπίο όσο και τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά αλλά και τις συνθήκες αποστράγγισης του ποτάμιου συστήματος. Οι γεωμορφολογικές συνθήκες δηλώνουν τη φυσική κατάσταση των μορφογενετικών διεργασιών καθώς αυτές οι διεργασίες διαμορφώνονται από την υδραυλική και μηχανική ενέργεια του επιφανειακού νερού.

Ο καθορισμός της τάξης των ρεμάτων είναι μια μέθοδος απόδοσης αριθμητικής ιεραρχίας σε ένα υδρογραφικό δίκτυο και βασίζεται στον αριθμό, τη θέση και την κατανομή των συμβόλων των κλάδων στο ποτάμιο σύστημα. Η τάξη του κάθε ποταμού έχει αποδειχθεί ότι σχετίζεται με πολλά χαρακτηριστικά και ποτάμια διεργασίες, όπως είναι η παροχή και η διάβρωση αλλά σχετίζεται επίσης και με τον πλημμυρικό κίνδυνο.

Στην παρούσα εργασία, στην αρίθμηση των κλάδων του Διακονιάρη ακολουθήθηκε η μέθοδος Strahler (1957). Η αρίθμηση κατά Strahler είναι η συνηθέστερα χρησιμοποιούμενη (Εικόνα 7). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, η τάξη του κλάδου αυξάνει κατά μια μονάδα όταν συμβάλλουν δυο κλάδοι ίδιας τάξης. Δηλαδή, ο κλάδος που προκύπτει από τη συμβολή δύο κλάδων 1^{ης} τάξης ονομάζεται κλάδος 2^{ης} τάξης. Ο κλάδος που προκύπτει από τη σύνδεση δύο κλάδων 2^{ης} τάξης ονομάζεται 3^{ης} τάξης κ.ο.κ. ενώ κάθε κλάδος που δεν δέχεται νερά άλλων μικρότερων ρευμάτων, είναι στην αρχή και ονομάζεται κλάδος 1^{ης} τάξης. Οι κλάδοι αυτοί βρίσκονται περιμετρικά του υδρογραφικού δικτύου και λαμβάνουν παροχή από την υδροστρωματοροή. Στην περίπτωση που συνδέονται δύο κλάδοι διαφορετικής τάξης, τότε ο κλάδος διατηρεί τη μεγαλύτερη τάξη του ενός από τους δύο συνδεόμενους κλάδους. Εν ολίγοις, όταν ένας κλάδος μικρότερης τάξης συμβάλλει με έναν μεγαλύτερης, τότε ο κλάδος διατηρεί την τάξη του χωρίς να αλλάζει.



Εικόνα 7. Αρίθμηση υδρογραφικού δικτύου κατά Strahler. (ΠΗΓΗ: www.commonswikimedia)

Στη λεκάνη απορροής του Διακονιάρη μετρήθηκαν συνολικά 94 ποτάμιοι κλάδοι. Από αυτούς 70 κλάδοι ανήκουν στην 1^η τάξη, 15 κλάδοι είναι 2^{ης} τάξης, 6 κλάδοι

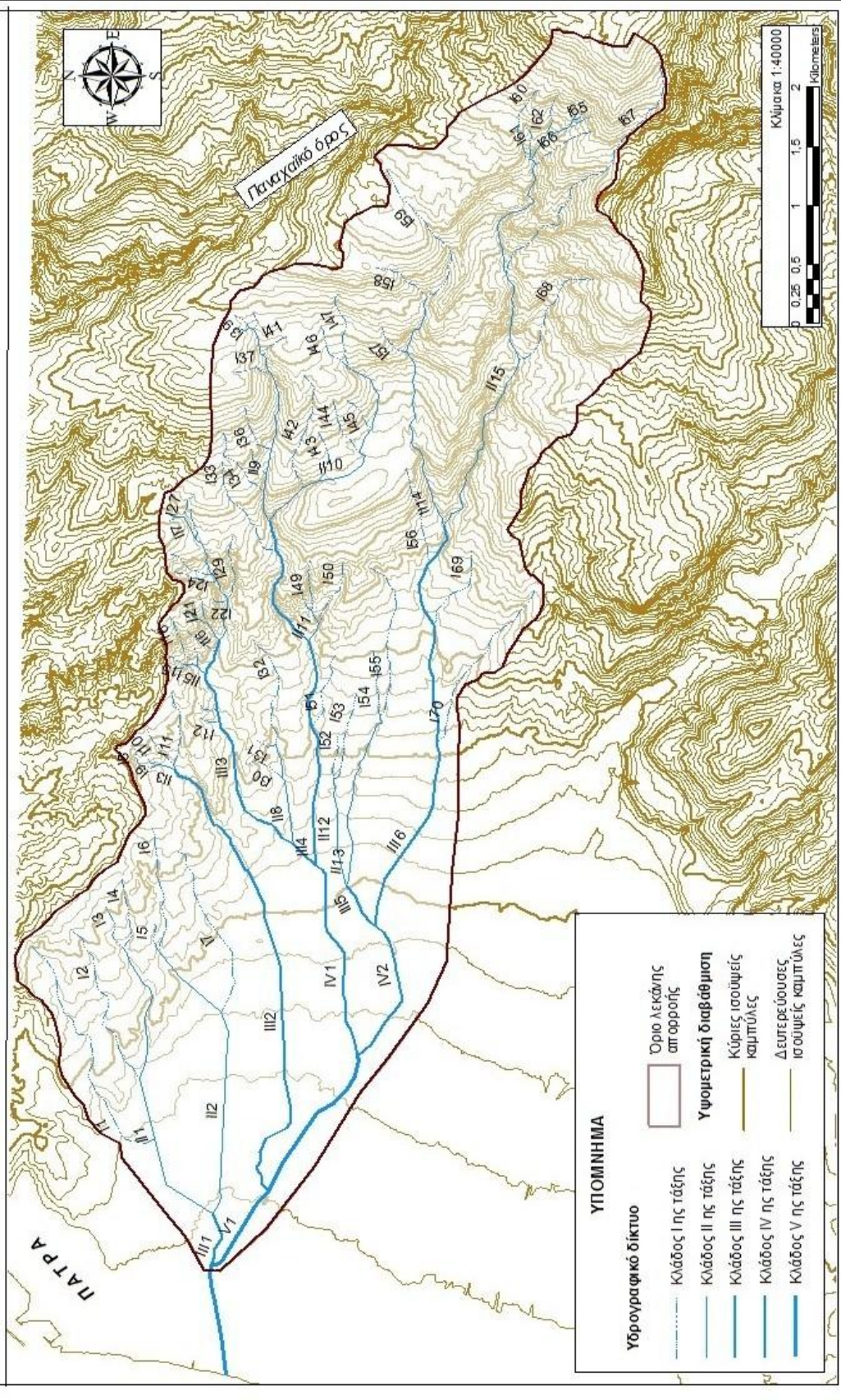
είναι 3^{ης} τάξης, 2 κλάδοι είναι 4^{ης} τάξης και η κεντρική κοίτη του ποταμού είναι 5^{ης} τάξης.

Πίνακας 1. Αριθμός κλάδων και λεκανών απορροής ανά τάξη, για το υδρογραφικό δίκτυο του χειμάρρου Διακονιάρη.

Τάξη	Πλήθος κλαδών / λεκανών απορροής
I^η τάξη	70
II^η τάξη	15
III^η τάξη	6
IV^η τάξη	2
V^η τάξη	1
Σύνολο:	94

Ο ακόλουθος τοπογραφικός χάρτης της λεκάνης απορροής (*Χάρτης 1*) απεικονίζει το υδρογραφικό δίκτυο του χειμάρρου Διακονιάρη.

ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΧΕΙΜΑΡΡΟΥ ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗ



Χάρτης 1. Τοπογραφικός χάρτης της λεκάνης απορροής του χείμαρρου Διακονιάρη.

2.2. ΤΟ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

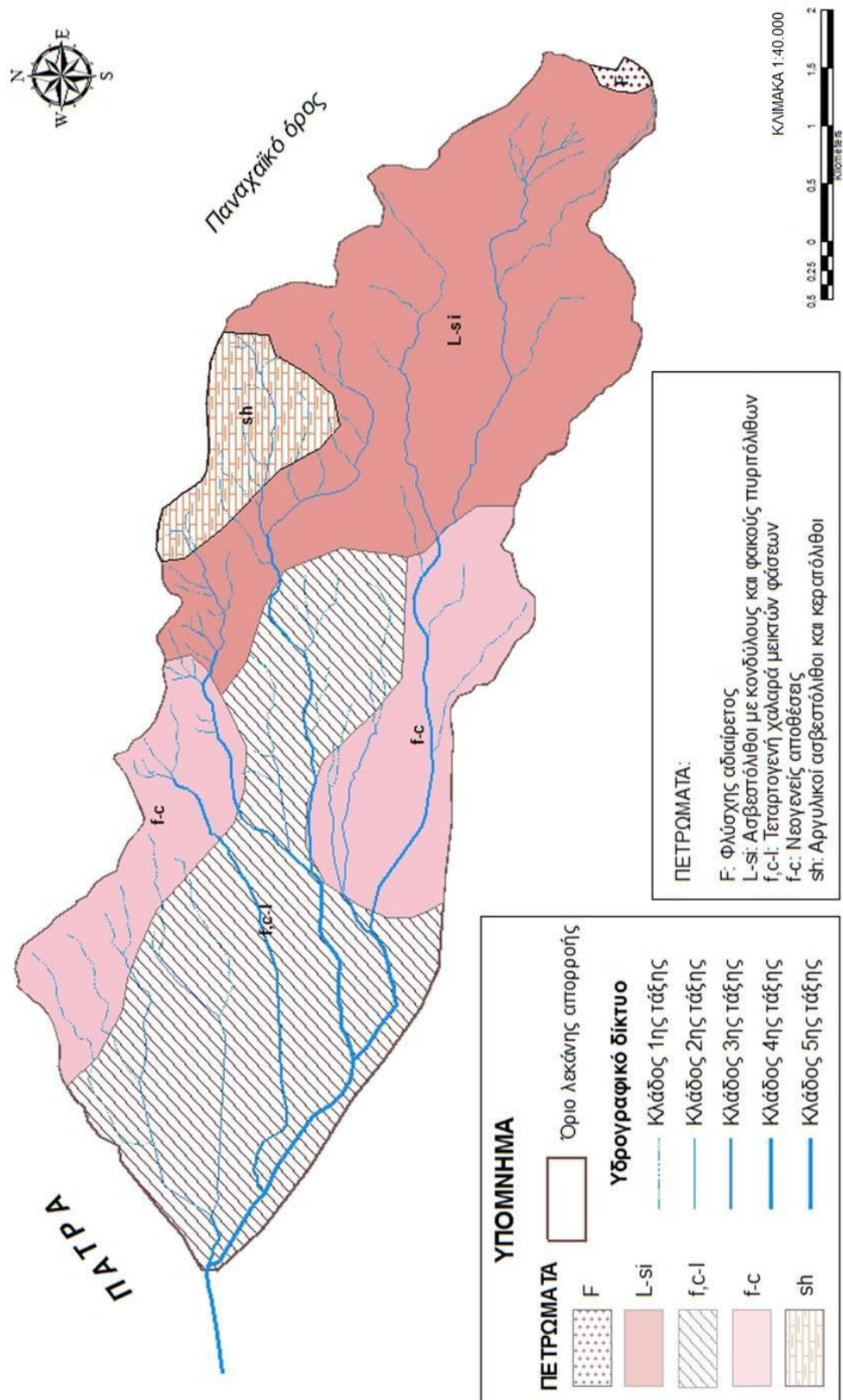
Οι πληροφορίες για το γεωλογικό υπόβαθρο και τους γεωλογικούς σχηματισμούς προέκυψαν από το Γεωτεχνικό Χάρτη Ελλάδας, κλίμακας 1:500000 του ΙΓΜΕ (1993). Σύμφωνα με τις πληροφορίες που παρείχε το υπόμνημα, το γεωλογικό υπόβαθρο της υπό μελέτη λεκάνης απορροής έχει ως εξής (ΙΓΜΕ, 1993):

- Το γεωλογικό υπόβαθρο του άνω ρου αποτελείται από ασβεστολιθικά πετρώματα με κονδύλους και φακούς πυριτολίθων (*L-si*). Πρόκειται για πελαγικά, λεπτο-μεσοπλακώδη μικρολατυποπαγή με κονδύλους ή με φακοειδείς ενστρώσεις πυριτόλιθους, ασβεστολιθικά πετρώματα. Έχουν μικρό πάχος και περιορισμένη επιφανειακή ανάπτυξη ενώ χαρακτηρίζονται από κυμαινόμενη υδροπερατότητα.
- Μια μικρή έκταση στο βόρειο τμήμα του άνω ρου αποτελείται από αργυλικούς ασβεστόλιθους και κερατόλιθους (*sh*) οι οποίοι σχηματίζονται σε λεπτές εναλλαγές. Είναι έντονα κερματισμένοι και πολυπτυχωμένοι και έχουν πάχος μέχρι λίγες εκατοντάδες μέτρα. Τα πετρώματα αυτά έχουν χαμηλή έως μέτρια υδροπερατότητα.
- Το μεγαλύτερο τμήμα του κάτω ρου αποτελείται από πετρώματα τεταρτογενή χαλαρά, μικτών φάσεων (*f,c-l*). Τα πετρώματα αυτά περιλαμβάνουν αργιλοϊλύες, άμμο, ψηφίδες, χάλικες και κροκάλες ποικίλης διαβάθμισης σε κυμαινόμενα ποσοστά. Αποτελούν αποθέσεις χαμηλών περιοχών, κοιλάδων και χειμάρρων και προέρχονται από τη διάβρωση παλαιότερων σχηματισμών ποικίλλης σύστασης. Τα πετρώματα αυτά χαρακτηρίζονται από μέτρια έως υψηλή υδροπερατότητα. Έχει παρατηρηθεί ότι στον Ελλαδικό χώρο, λόγω της εκτεταμένης επιφανειακής εξάπλωσης αυτών των πετρωμάτων, αναπτύσσεται έντονα η οικιστική δραστηριότητα.
- Τέλος, τόσο στο βόρειο όσο και στο νότιο τμήμα της λεκάνης απορροής, το γεωλογικό υπόβαθρο που σχηματίζεται, αποτελείται από Νεογενείς αποθέσεις, μικτών φάσεων (*f-c*). Αποτελούνται από άργιλους, άμμους, ψαμμίτες,

κροκαλοπαγή και μαργαϊκούς ασβεστόλιθους. Η υδροπερατότητα αυτών των σχηματισμών ποικίλλει ανάλογα με τη σύσταση και την αλληλουχία των οριζόντων.

Το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής απεικονίζεται στον ακόλουθο *Χάρτη 2*:

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΧΕΙΜΑΡΡΟΥ ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗ



Χάρτης 2. Γεωλογικός χάρτης της λεκάνης απορροής του χείμαρρου Διακονιάρη

2.3. ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Το κλίμα της Πάτρας είναι τυπικά μεσογειακό με ήπιους και υγρούς χειμώνες και σχετικά θερμά και ξηρά καλοκαίρια. Γενικά χαρακτηρίζεται από μακρές περιόδους ηλιοφάνειας κατά την μεγαλύτερη διάρκεια του έτους. Οι βροχές ακόμη και τη χειμερινή περίοδο δεν διαρκούν για πολλές ημέρες και ο ουρανός δεν μένει συννεφιασμένος για αρκετές συνεχόμενες ημέρες. Οι χειμερινές κακοκαιρίες διακόπτονται συχνά κατά τον Ιανουάριο και το πρώτο δεκαπενθήμερο του Φεβρουαρίου από ηλιόλουστες ημέρες, τις γνωστές από την αρχαιότητα “Αλκυονίδες ημέρες”. Η απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία μπορεί να φτάσει τους 41.3°C, ενώ η ελάχιστη στους -4.5°C (Αποστολοπούλου, 2006).

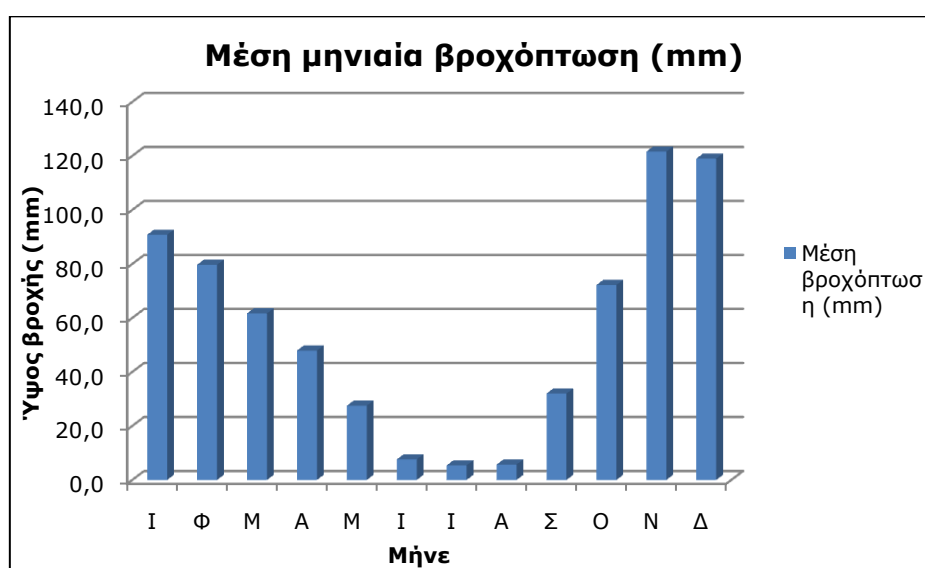
Για την σκιαγράφηση των κλιματολογικών χαρακτηριστικών της λεκάνης απορροής κρίθηκε απαραίτητη η συλλογή, επεξεργασία και σχολιασμός των κλιματικών στοιχείων της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας του αέρα από τον μετεωρολογικούς σταθμούς που έχουν εγκατασταθεί από την ΕΜΥ στην Πάτρα και στον Άραξο.

Ο ακόλουθος Πίνακας 2 παρουσιάζει τη μέση θερμοκρασία και το μέσο ύψος βροχής της περιοχής συνοπτικά για τα έτη 1995 – 2004. Οι τιμές προέκυψαν μετά από επεξεργασία των αναλυτικών στοιχείων που συλλεχθηκαν από την ΕΜΥ.

Πίνακας 2. Μέση μηνιαία θερμοκρασία και βροχόπτωση και συχνότητα μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης για την περιοχή της Πάτρας για τα έτη 1955-2004. (ΠΗΓΗ: ΕΜΥ)

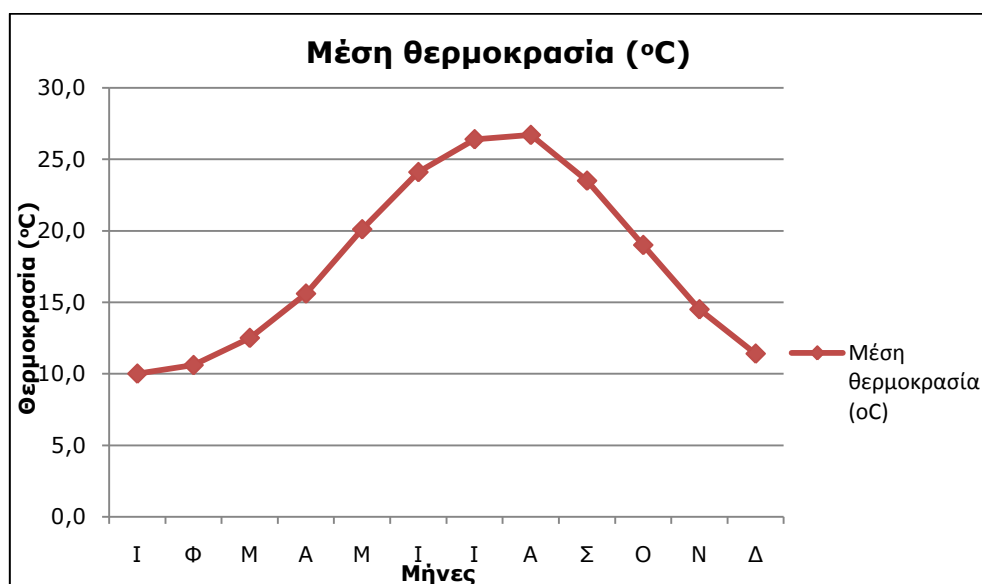
ΜΗΝΕΣ	Μέση θερμοκρασία (°C)	Μέση βροχόπτωση (mm)	Συχνότητα μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης (ημέρες)
Ιανουάριος	10	90,8	12
Φεβρουάριος	10,6	79,7	11
Μάρτιος	12,5	61,7	10
Απρίλιος	15,6	47,9	8
Μάιος	20,2	27,5	5
Ιούνιος	24,3	7,6	2
Ιούλιος	26,6	5,4	1
Αύγουστος	26,8	5,7	1
Σεπτέμβριος	23,5	32	4
Οκτώβριος	19,1	72,2	8
Νοέμβριος	14,6	121,6	11
Δεκέμβριος	11,4	119	13
Μέσος όρος	17,9	671,1	86

Το *Διάγραμμα 1* δείχνει την πορεία της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης ανά μήνα για την περίοδο 1955-2004. Σύμφωνα με τα στοιχεία αυτά, παρατηρείται ότι την περίοδο του χειμώνα εκδηλώνονται οι περισσότερες και πιο ισχυρές βροχοπτώσεις.



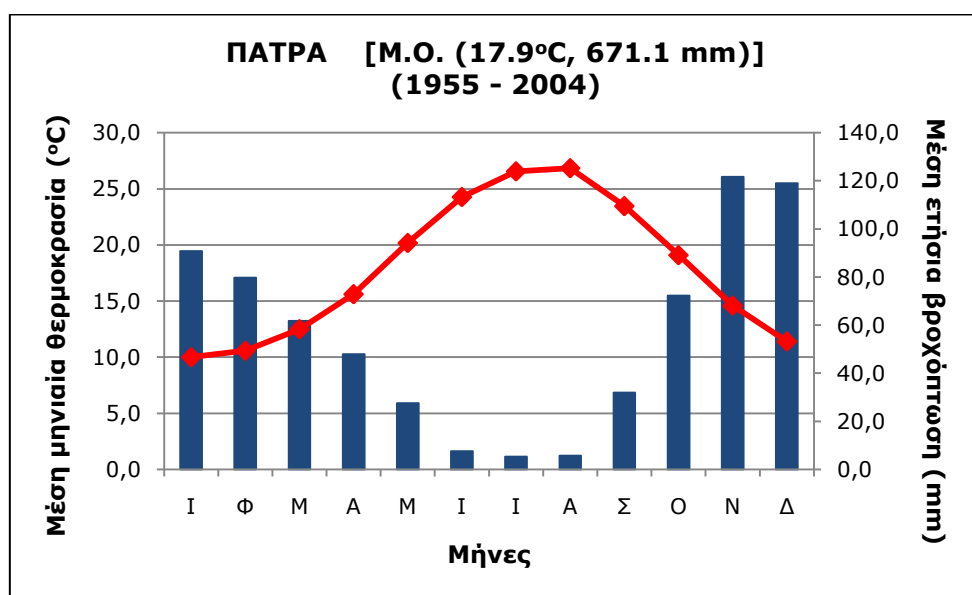
Διάγραμμα 1. Ετήσια πορεία της βροχόπτωσης (mm) στην περιοχή της Πάτρας κατά την χρονική περίοδο 1955 - 2004. (ΠΗΓΗ: Ε.Μ.Υ.)

Το *Διάγραμμα 2* δείχνει τις αντίστοιχες τιμές της μέσης θερμοκρασίας του αέρα για την ίδια χρονική περίοδο:



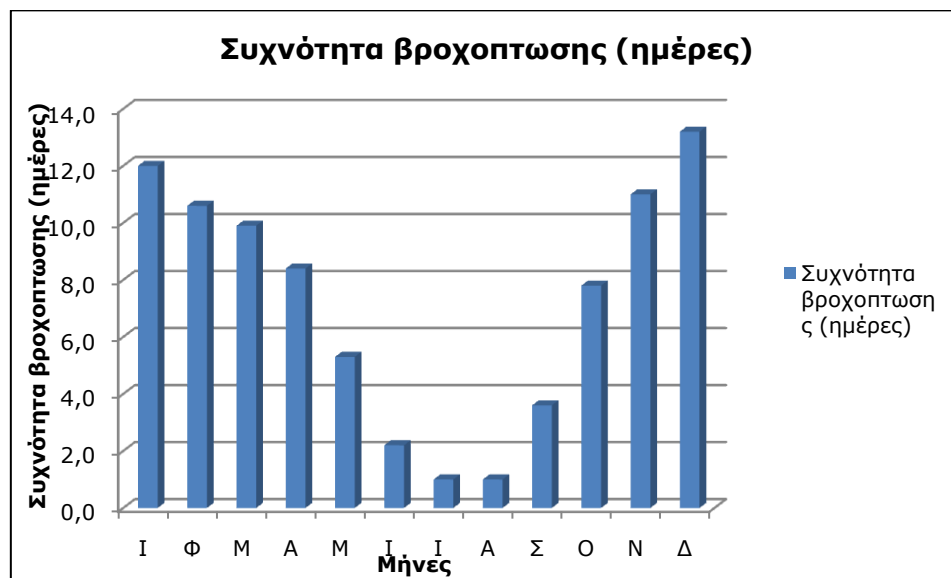
Διάγραμμα 2. Μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C) στην περιοχή της Πάτρας κατά την χρονική περίοδο 1955 - 2004. (ΠΗΓΗ: Ε.Μ.Υ.)

Για τον καλύτερο χαρακτηρισμό των κλιματολογικών παραμέτρων της ευρύτερης περιοχής της Πάτρας, κατασκευάστηκε το ακόλουθο συνθετικό *Διάγραμμα 3* της ετήσιας κύμανσης βροχόπτωσης και θερμοκρασίας, με βάση τα παραπάνω στοιχεία:



Διάγραμμα 3. Συνθετικό διάγραμμα κύμανσης βροχόπτωσης και θερμοκρασίας του αέρα, για την ευρύτερη περιοχή της Πάτρας. (ΠΗΓΗ: Ε.Μ.Υ.)

Το συνθετικό διάγραμμα θερμοκρασίας-βροχοπτώσης δείχνει ότι η περιοχή της Πάτρας χαρακτηρίζεται από δυο βασικές κλιματολογικές περιόδους. Μια ξηρή και θερμή περίοδος που διαρκεί επτά μήνες, από τον Απρίλιο ως τον Οκτώβριο, ενώ από το Νοέμβριο έως το Μάρτιο το κλίμα είναι υγρό και ψυχρό.



Διάγραμμα 4. Μέση συχνότητα βροχοπτώσης (σε ημέρες) ανά μήνα, για τα έτη (1955-2004). (ΠΗΓΗ: Ε.Μ.Υ.)

Σε γενικές γραμμές το κλίμα της περιοχής ακολουθεί τα βασικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής με Μεσογειακό κλίμα. Όπως προαναφέρθηκε, οι θερινοί μήνες χαρακτηρίζονται από υψηλές θερμοκρασίες που φτάνουν και ξεπερνούν τους 30°C και μακρά ξηρασία ενώ ο χειμώνας χαρακτηρίζεται από πολλές βροχοπτώσεις μεγάλης διάρκειας, οι οποίες σε συνδυασμό με τις υπάρχουσες γεωμορφολογικές συνθήκες, την τοπογραφία της περιοχής και τις διάφορες ανθρωπογενείς επιδράσεις, είναι ικανές να προκαλέσουν καταστροφικές πλημμύρες.

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 3

Μ Ε Θ Ο Δ Ο Λ Ο Γ Ι Α

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στα διάφορα στάδια της εργασίας. Για την διερεύνηση των φυσικογεωγραφικών-γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών του δικτύου και της λεκάνης απορροής καθώς και του τρόπου με τον οποίο επηρεάζουν την εκδήλωση πλημμύρων, κρίθηκε αναγκαία η δημιουργία μιας ψηφιακής βάσης δεδομένων για το υδρογραφικό δίκτυο και την αντίστοιχη λεκάνη απορροής.

Εκτός από την δημιουργία της ψηφιακής βάσης δεδομένων, για τη μελέτη των κλιματολογικών χαρακτηριστικών της λεκάνης, συλλέχθηκαν από την Ε.Μ.Υ. και επεξεργάστηκαν κλιματικά δεδομένα βροχόπτωσης και θερμοκρασίας του αέρα για την πόλη της Πάτρας. Επιπρόσθετα, συντάχθηκε ένα ιστορικό πλημμύρων για τον χείμαρρο, το οποίο έχει τις απαρχές του στις αρχές της δεκαετίας του 1960 και φτάνει μέχρι σήμερα. Στο ιστορικό πλημμύρων, που αναλύεται σε επόμενο Κεφάλαιο, περιλαμβάνονται τα σημαντικότερα και εντονότερα συμβάντα που έπληξαν τις νοτιοδυτικές συνοικίες της Πάτρας.

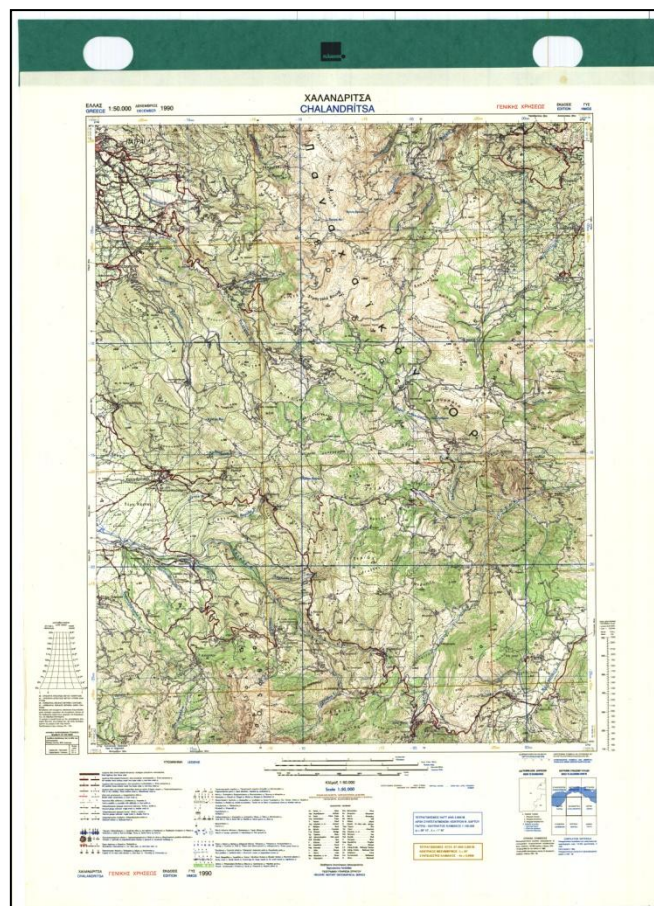
3.1. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Αρχικά για τη δημιουργία του υποβάθρου πάνω στο οποίο θα βασιστεί η ποσοτική ανάλυση των χαρακτηριστικών του δικτύου αναζητήθηκαν οι αναλογικοί χάρτες από τους οποίους αντλήθηκαν τα στοιχεία του αναγλύφου. Είναι προφανές ότι για την ψηφιοποίηση και την ανάλυση χαρτογραφικών δεδομένων, πρέπει το αναλογικό υπόβαθρο να τροποποιηθεί κατάλληλα ώστε να μην προκύψουν εσφαλμένα, σε ότι αφορά τη γεωαναφορά, δεδομένα.

Βασική πηγή για τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά του αναγλύφου, του υδρογραφικού δικτύου και της λεκάνης απορροής ήταν δυο τοπογραφικοί χάρτες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού με κλίμακα 1:50000 ενώ για τη μελέτη του γεωλογικού υπόβαθρου χρησιμοποιήθηκε ο Γεωτεχνικός χάρτης Ελλάδας του ΙΓΜΕ. Πιο συγκεκριμένα, το χαρτογραφικό υπόβαθρο που χρησιμοποιήθηκε είναι το ακόλουθο:

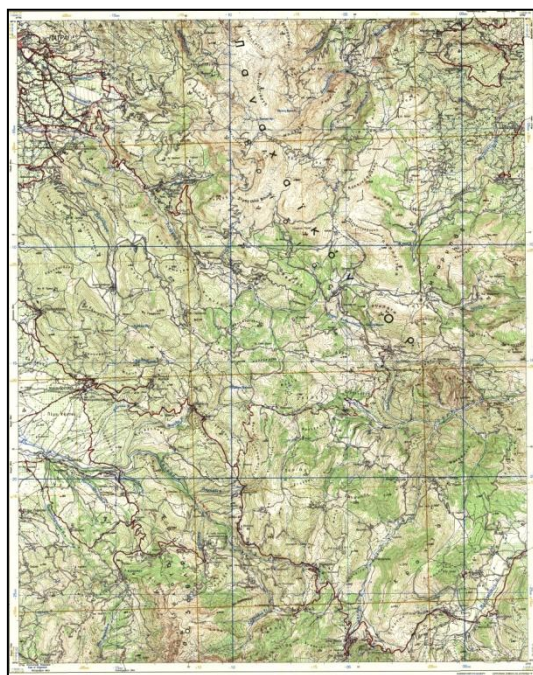
- ✓ Τοπογραφικός χάρτης ΓΥΣ, κλ. 1:50000. Φύλλο «Πάτρα»
- ✓ Τοπογραφικός χάρτης ΓΥΣ, κλ. 1:50000. Φύλλο «Χαλανδρίτσα»
- ✓ Γεωτεχνικός χάρτης της Ελλάδας, κλ. 1:500000. (ΙΓΜΕ, 1993)

Η περιοχή μελέτης καταλαμβάνει έκταση που περιλαμβάνεται και στους δυο αυτούς τοπογραφικούς χάρτες, συνεπώς απαιτείται η επεξεργασία τους.



Εικόνα 8. Τοπογραφικός χάρτης της ΓΥΣ, φύλλο "Χαλανδρίτσα", σε κλίμακα 1:50.000 πριν την επεξεργασία και την γεωαναφορά.

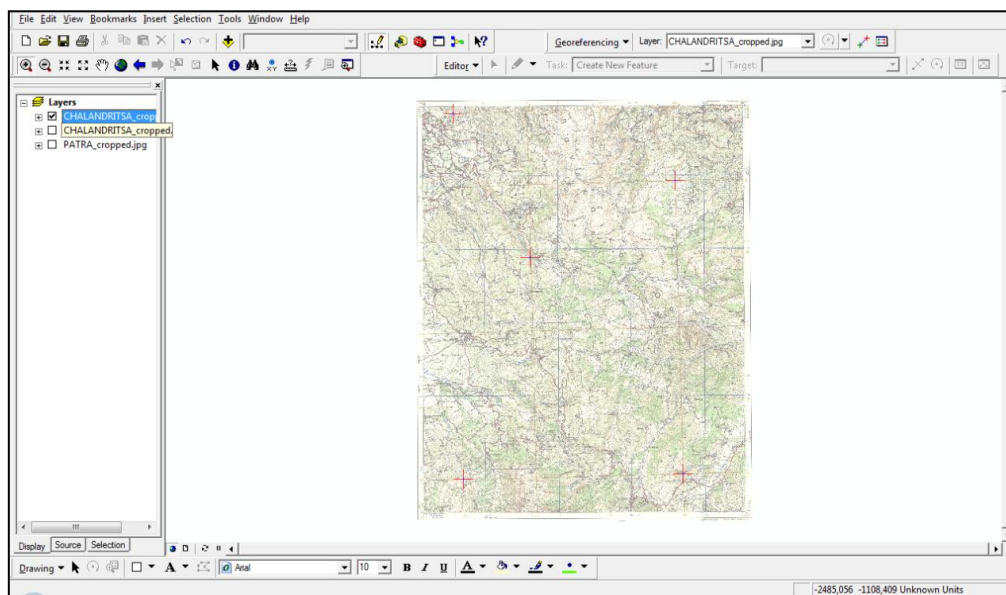
Στην παρούσα εργασία ενδιαφέρει το τμήμα του χάρτη με τη μορφολογική, υδρογραφική και υψομετρική πληροφορία.



Εικόνα 9. Τοπογραφικός χάρτης της ΓΥΣ, φύλλο "Χαλανδρίτσα", σε κλίμακα 1:50.000 μετά την απαλειφή των περιθωρίων.

Ακολουθεί η γεωαναφορά των χαρτών. Η διαδικασία αυτή έχει να κάνει με την αντιστοίχιση των συντεταγμένων των αναλογικών χαρτών με κάποιο κοινό σύστημα αναφοράς. Η διαδικασία αυτή είναι καθοριστική για την ορθή αποτύπωση του αναγλύφου και την αξιόπιστη μέτρηση όλων των ποσοτικών στοιχείων (μήκη κλάδων, εμβαδά λεκανών κλπ) που απαιτούνται για την περαίωση της εργασίας και την εξαγωγή ορθών συμπερασμάτων.

Για να συνδεθεί ο σαρωμένος χάρτης με τα διανυσματικά δεδομένα που θα εισαχθούν στη συνέχεια πρέπει να εμπεριέχει και ορατά σημεία ελέγχου, τα οποία στην προκείμενη περίπτωση είναι σημεία τομής των κανάβων. Τα σημεία αυτά αγκιστρώνονται στο χάρτη προκειμένου να εισαχθούν σε αυτά πραγματικές συντεταγμένες. Το πλήθος των σημείων που θα αγκιστρωθούν αλλά και η ικανοποιητική κατανομή τους είναι μεγάλης σημασίας για τη γεωαναφορά, καθώς ελαχιστοποιούν την πιθανότητα σφάλματος.



Εικόνα 10. Τοπογραφικός χάρτης της ΓΥΣ, φύλλο "Χαλανδρίτσα": Αγκίστρωση πέντε (5) σημείων, για επιτυχή γεωμετρική διόρθωση.

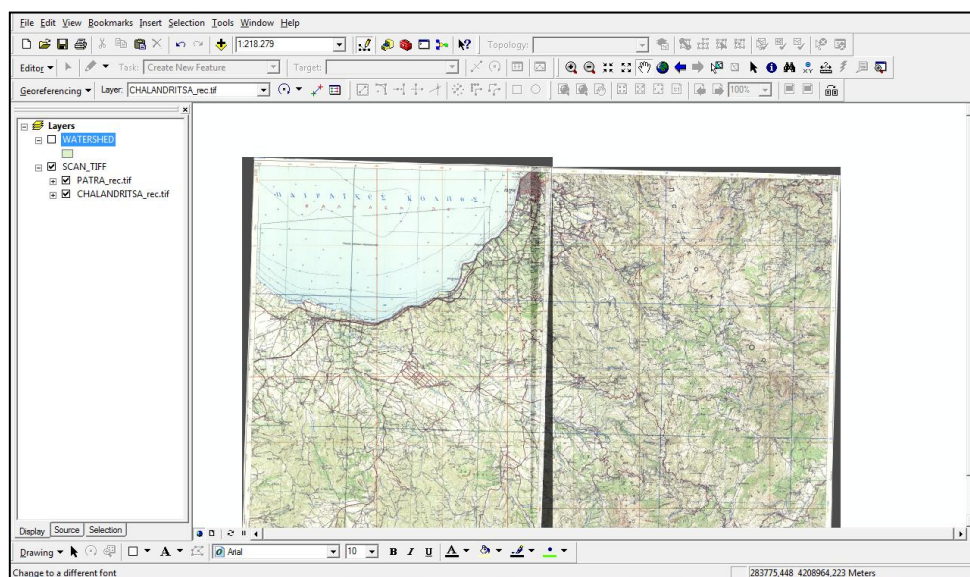
Ένδειξη για την ορθότητα της γεωαναφοράς είναι το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (RMS). Πρόκειται για ένα καθαρό αριθμό που αντιπροσωπεύει την απόκλιση μεταξύ των σημείων και των πραγματικών θέσεων τους στο χώρο. Για να θεωρηθεί επιτυχής μια γεωαναφορά πρέπει να συνοδεύεται από ένα σχετικά μικρό RMS. Από την διεθνή βιβλιογραφία στα χαρτογραφικά συγγράμματα γνωρίζουμε ότι η ανθρώπινη όραση περιορίζεται κατά μέσο όρο στο ένα τέταρτο του χιλιοστού (Τσούλος, 1999). Επομένως, σύμφωνα με τον παραπάνω συλλογισμό, για ένα χάρτη κλίμακας 1:50000, η μέση διακριτική ικανότητα του ανθρώπινου ματιού με απλούς μαθηματικούς υπολογισμούς είναι τα 12.5 m. Στην περίπτωση των τοπογραφικών χαρτών της ΓΥΣ, το μέσο τετραγωνικό σφάλμα κατά τη γεωαναφορά ήταν πολύ μικρότερο από αυτή την τιμή (Εικόνα 11).

Link Table					
Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual
1	497,852268	-4077,983375	305000,000000	4210000,000000	5,42806
2	2857,283532	-4016,263391	320000,000000	4210000,000000	6,94510
3	2771,503233	-865,125348	320000,000000	4230000,000000	6,80189
4	392,232366	-143,212565	305000,000000	4235000,000000	5,82498
5	1221,108521	-1695,493503	310000,000000	4225000,000000	2,59808

☒ Auto Adjust Transformation: 1st Order Polynomial (A) Total RMS Error: 5,73837

Εικόνα 11. Εισαγωγή πραγματικών συντεταγμένων στα επιλεγμένα σημεία ελέγχου για τη γεωμετρική διόρθωση του τοπογραφικού χάρτη ΓΥΣ φύλλο “Χαλανδρίτσα”.

Με τον τρόπο αυτό οι δυο χάρτες της ΓΥΣ και ο Γεωτεχνικός χάρτης του ΙΓΜΕ μετατράπηκαν σε αρχεία raster τα οποία προήλθαν από τη σάρωση των αναλογικών προτοτύπων χαρτών. Τα ψηφιακά αυτά αρχεία γεωαναφέρθηκαν με χρήση του λογισμικού ArcGIS 9.3 το οποίο διαθέτει έτοιμο εργαλείο γεωαναφοράς (Georeferencing) ενώ το κοινό σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε είναι το ΕΓΣΑ '87.



Εικόνα 12. Οι γεωαναφερμένοι τοπογραφικοί χάρτες της γης που περιλαμβάνουν την περιοχή μελέτης.

3.2. ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Σε γενικές γραμμές, ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών αντιπροσωπεύει ένα ισχυρό σύνολο εργαλείων για την συλλογή, αποθήκευση, μετασχηματισμό και απεικόνιση χωρικών στοιχείων του πραγματικού κόσμου (Κουτσόπουλος, 2000). Συμπερασματικά, αποτελεί το καταλληλότερο εργαλείο χωρικής ανάλυσης το οποίο εστιάζει ειδικά στην χωρική διάσταση των στοιχείων. Επιπρόσθετα, αποτελεί ένα πολύ σημαντικό μηχανισμό για την επίλυση χωρικών προβλημάτων μέσα από την οργάνωση, διαχείριση και μετασχηματισμό ενός μεγάλου μέρους στοιχείων με τέτοιο τρόπο ώστε η πληροφορία και το αποτέλεσμα να είναι προσιτό σε όλους.

Η χρήση των *Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών* (G.I.S.) έχει ως κυρίαρχο στόχο τον χωρικό σχεδιασμό. Μέσα από ποικίλες προσεγγίσεις βοηθούν στη διατύπωση και στην αξιολόγηση πολιτικών και προγραμμάτων που σχετίζονται με το φυσικό ή περιβαλλοντικό σχεδιασμό, τόσο σε τοπικό όσο και σε εθνικό επίπεδο. Βοηθούν τη διαχείριση μιας βάσης δεδομένων καθώς διαθέτουν μια σειρά από εργαλεία για τον μετασχηματισμό των στοιχείων που έχουν συλλεχθεί και εισαχθεί. Τα στοιχεία αυτά είναι αναγκαία για την επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων. Μεγάλη έμφαση δίνουν στην διαχείριση των γεωγραφικών πληροφοριών.

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών δίνουν συνεχώς όλο και περισσότερες δυνατότητες χωρικής ανάλυσης καθώς οι εξελίξεις στον τομέα της Χαρτογραφίας είναι ραγδαίες. Επιτρέπει στο χρήστη την πρόσβαση σε χωρικά δεδομένα, στην επεξεργασία τους και την αλληλοσυσχέτιση τους. Με αυτόν τον τρόπο οι χαρτογράφοι αποκτούν νέες δυνατότητες σε όλους τους τομείς της Χαρτογραφίας. Ο χάρτης εμφανίζεται σε νέες μορφές και έχει καταστεί το κύριο μέσο επικοινωνίας αφού εξασφαλίζει την βάση για έναν αυξανόμενο αριθμό αποφάσεων κοινωνικού αλλά και περιβαλλοντικού χαρακτήρα. Η χρήση της ψηφιακής τεχνολογίας σε συνδυασμό με τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών υπόσχεται την ενδυνάμωση της κοινωνίας δημιουργώντας μια επανάσταση στην χρήση των χωρικών δεδομένων που κατέστη δυνατή μέσα από αυτά. Συμπερασματικά, τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αποδεικνύονται ένα δυνατό σύνολο εργαλείων που επιτρέπουν στον καθένα να μεταδώσει τις χωρικές σχέσεις με μεγάλη ευκολία.

Αφού ολοκληρώθηκε η γεωμετρική διόρθωση των χαρτών ακολούθησε η διαδικασία της ψηφιοποίησης. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε στο ίδιο λογισμικό, το ArcMap της ESRI. Τα γεωγραφικά δεδομένα τα οποία είναι απαραίτητα τόσο για την ποσοτική γεωμορφολογική μελέτη όσο και για το σύνολο της εργασίας προέκυψαν από την ψηφιοποίηση των αναλογικών χαρτών που προαναφέρθηκαν. Πρόκειται για διανυσματικά μοντέλα τα οποία οργανώθηκαν σε θεματικά επίπεδα τα οποία είναι τα ακόλουθα:

(i). Υδρογραφικό δίκτυο.

Πρόκειται για αρχείο shapefile όπου τα γραφικά στοιχεία κατά την ψηφιοποίηση αφορούν γραμμές (polyline).

(ii). Υδροκριτική γραμμή ή υδροκρίτης

Επίσης πρόκειται για αρχείο shapefile όπου τα γραφικά στοιχεία κατά την ψηφιοποίηση αφορούν γραμμές (polyline).

(iii). Ισοϋψείς καμπύλες

Και σε αυτή την περίπτωση πρόκειται για αρχείο shapefile όπου τα γραφικά στοιχεία κατά την ψηφιοποίηση αφορούν γραμμές (polyline).

(iv). Υδρολογικές λεκάνες απορροής

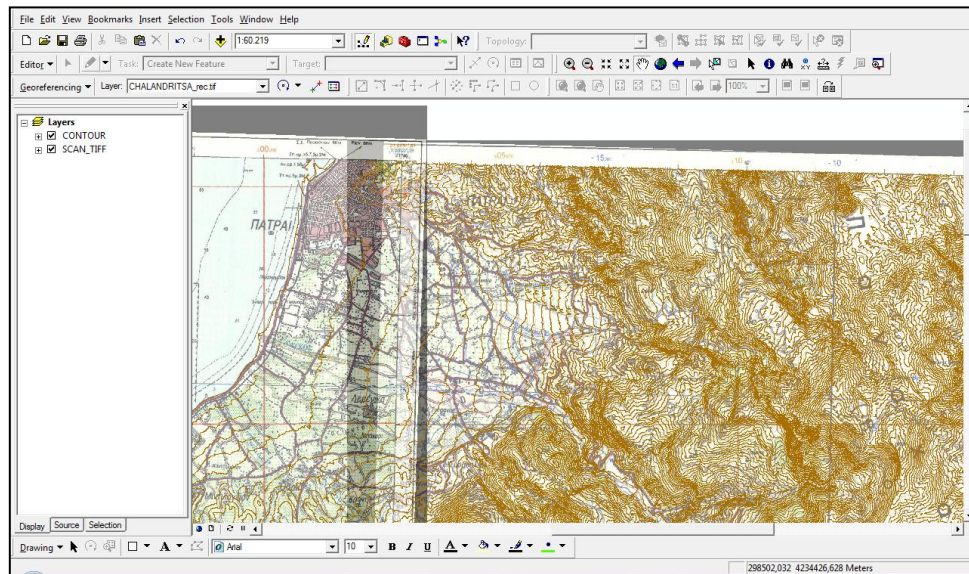
Πρόκειται για αρχεία shapefile όπου τα γραφικά στοιχεία κατά την ψηφιοποίηση αφορούν ψηφιοποιημένη επιφάνεια (polygon)

(v). Γεωλογικοί σχηματισμοί

Πρόκειται για αρχεία shapefile όπου τα γραφικά στοιχεία κατά την ψηφιοποίηση αφορούν ψηφιοποιημένη επιφάνεια (polygon)

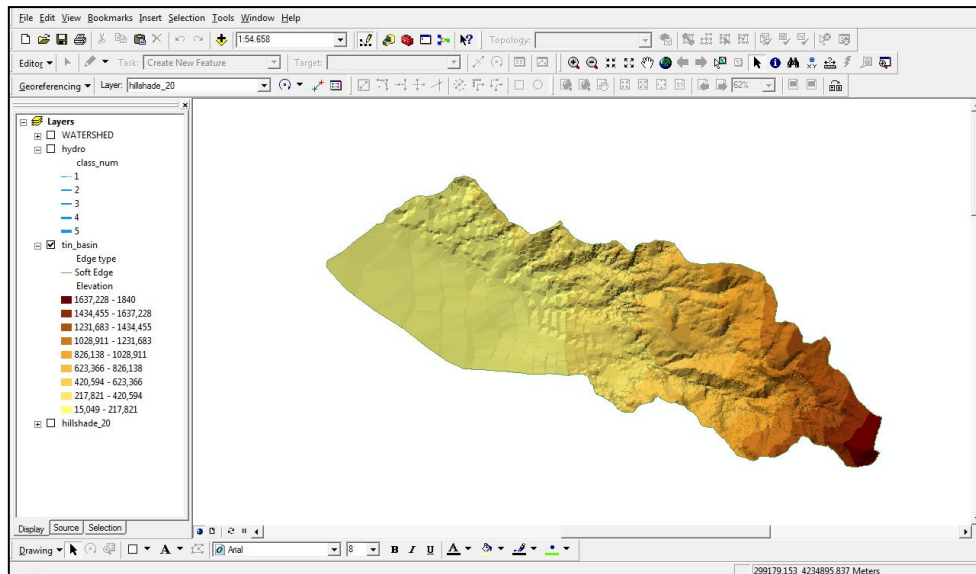
3.2.1. Ψηφιοποίηση Ισοϋψών καμπύλων και κατασκευή Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους

Αρχικά ψηφιοποιήθηκαν οι ισοϋψείς καμπύλες ανά 20 m, με σκοπό τη δημιουργία του τοπογραφικού υπόβαθρου της λεκάνης απορροής.



Εικόνα 13. Ψηφιοποίηση των ισοϋψών καμπύλων ισοδιάστασης 20 m, στην περιοχή μελέτης.

Με την ψηφιακή πληροφορία των ισοϋψών και με χρήση του συγκεκριμένων εντολών του ArcGIS κατασκευάστηκε αργότερα με την ολοκλήρωση της ψηφιοποίησης όλων των υπόλοιπων στοιχείων και το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (Digital Elevation Model – DEM ή Digital Terrain Model – DTM) το οποίο αποτελεί μια τρισδιάστατη απεικόνιση των υψομετρικών δεδομένων.



Εικόνα 14. Κατασκευή Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους (DEM).

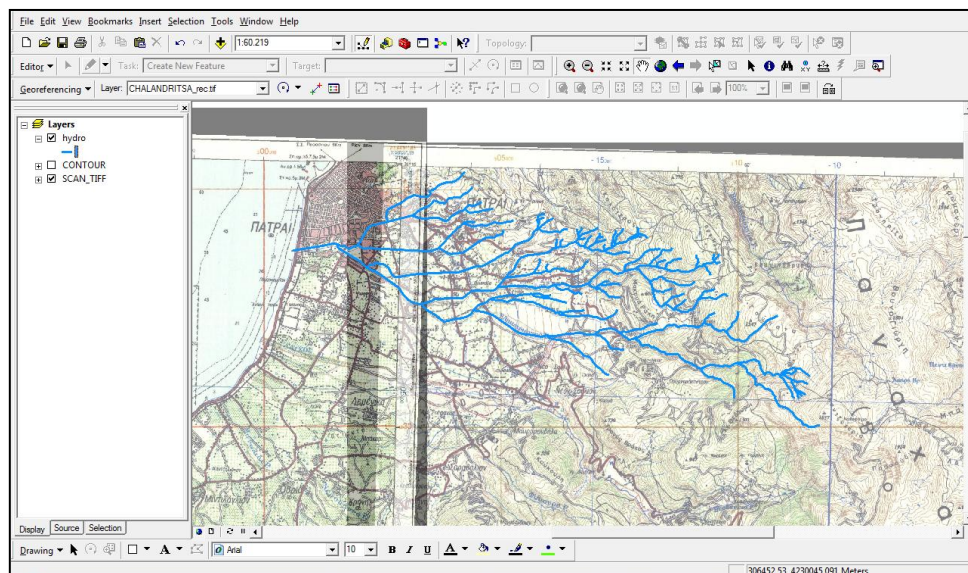
Για ακόμα καλύτερη αντίληψη των σχηματισμών του ανάγλυφου της γήινης επιφάνειας του ανάγλυφου της περιοχής μελέτης, με βάση τα στοιχεία των ισοϋψών κατασκευάστηκε το τοπογραφικό ανάγλυφο με τη μέθοδο της σκίασης. (ΠΗΓΗ: Τζελέπης, Ν., στον ιστότοπο users.ntua.gr/bnakos/Hillshading.html)

3.2.2. Ψηφιοποίηση του υδρογραφικού δικτύου

Στη συνέχεια, αφού ολοκληρώθηκε το τοπογραφικό υπόβαθρο, έγινε η ψηφιοποίηση του υδρογραφικού δικτύου του χειμάρρου Διακονιάρη. Για να ξεκινήσει η διαδικασία έπρεπε να δημιουργηθεί το απαραίτητο αρχείο επικάλυψης (shapefile). Για το θεματικό επίπεδο του υδρογραφικού δικτύου, η πληροφορία που χρειάζεται να εμπεριέχει η βάση δεδομένων αφορά την αρίθμηση του κλάδου δηλαδή την τάξη του εκάστοτε ρέματος που ψηφιοποιείται και ο αριθμός του.

Ο χείμαρρος ψηφιοποιήθηκε με τη μορφή γραμμικών γεωγραφικών στοιχείων και συγκεκριμένα με τη μορφή δικτύου. Δίκτυο είναι μια συνέχεια από αλληλοσυνδεόμενες γραμμές, οι οποίες είναι είτε δενδρόμορφες είτε ευθύγραμμες. Τα υδρογραφικά δίκτυα, στη χαρτογραφία χαρακτηρίζονται ως δενδρόμορφα δίκτυα,

διακλαδίζονται ιεραρχικά, έχουν μονόπλευρη κατά μια διεύθυνση ροή και αποτελούνται από αλυσίδες δικτύων (network chain). (Johnston, 1998)



Εικόνα 15. Ψηφιοποίηση του υδρογραφικού δικτύου του χειμάρρου Διακονιάρη στην Νοτιοδυτική Πάτρα.

Ταυτόχρονα με την ψηφιοποίηση, συμπληρώνεται και ο αντίστοιχος πίνακας, ο οποίος ανάλογα με τα στοιχεία που εμπεριέχει κάθε θεματικό επίπεδο, περιλαμβάνει πληροφορίες. Έτσι ενώ για τις ισοϋψείς καμπύλες περιέχει τα υψόμετρα, για το υδρογραφικό δίκτυο και τις λεκάνες απορροής περιλαμβάνει την τάξη και τον αριθμό κάθε κλάδου και της αντίστοιχης λεκάνης του. Κάθε κλάδος αποτελεί ξεχωριστό γραμμικό τμήμα του δικτύου ενώ όλοι οι κλάδοι μαζισυμβάλλουν μεταξύ τους ώστε να σχηματίζουν το υδρογραφικό δίκτυο μέσω του οποίου αποστραγγίζεται η λεκάνη απορροής του χειμάρρου Διακονιάρη.

FID	Shape	Id	class	name_class	name_river
0	Polyline	0	A		ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗΣ
1	Polyline	0	A		ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗΣ
2	Polyline	0	A		ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗΣ
3	Polyline	0	A		ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗΣ
4	Polyline	0	A		ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗΣ
5	Polyline	0	A		ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗΣ
6	Polyline	0	A		ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗΣ
7	Polyline	0	A		ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗΣ
8	Polyline	0	A		ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗΣ
9	Polyline	0	A		ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗΣ
10	Polyline	0	A		ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗΣ
11	Polyline	0	A		ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗΣ
12	Polyline	0	A		ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗΣ
13	Polyline	0	Γ		ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗΣ
14	Polyline	0	Γ		ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗΣ
15	Polyline	0	B		ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗΣ
16	Polyline	0	A		ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗΣ
17	Polyline	0	A		ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗΣ
18	Polyline	0	A		ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗΣ
19	Polyline	0	A		ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗΣ
20	Polyline	0	A		ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗΣ
21	Polyline	0	A		ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗΣ
22	Polyline	0	A		ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗΣ
23	Polyline	0	A		ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗΣ
24	Polyline	0	A		ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗΣ
25	Polyline	0	B		ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗΣ

Εικόνα 16. Πίνακας εισαγωγής των στοιχείων της θεματικής επικάλυψης που αφορά το υδρογραφικό δίκτυο, στο ArcGIS.

Στη θεματική επικάλυψη polyline που δημιουργείται, εισάγονται στοιχεία στη βάση δεδομένων (attribute table) τα οποία έχουν να κάνουν με την τάξη του κλάδου, τον αριθμό του, την ταυτότητα του κάθε κλάδου και το μήκος του κάθε κλάδου. Η ψηφιοποίηση του υδρογραφικού δικτύου περιλαμβάνει και την ψηφιοποίηση του χειμάρρου Ελικοτριάνικο. Στους χάρτες της ΓΥΣ ο χειμάρρος αυτός φαίνεται να συμβάλλει με τον Διακονιάρη. Ωστόσο, μετά από έργα διευθέτησης του χειμάρρου έχει γίνει εκτροπή του στον γειτονικό χειμάρρο Γλαύκο. Εντούτοις, θεωρήθηκε ότι αποτελεί τμήμα του δικτύου του Διακονιάρη. Η συμβολή τους γίνεται σε μια περιοχή η οποία καταλαμβάνεται από αλλουβιακές αποθέσεις και αποτελούν αλλουβιακό ριπίδιο.

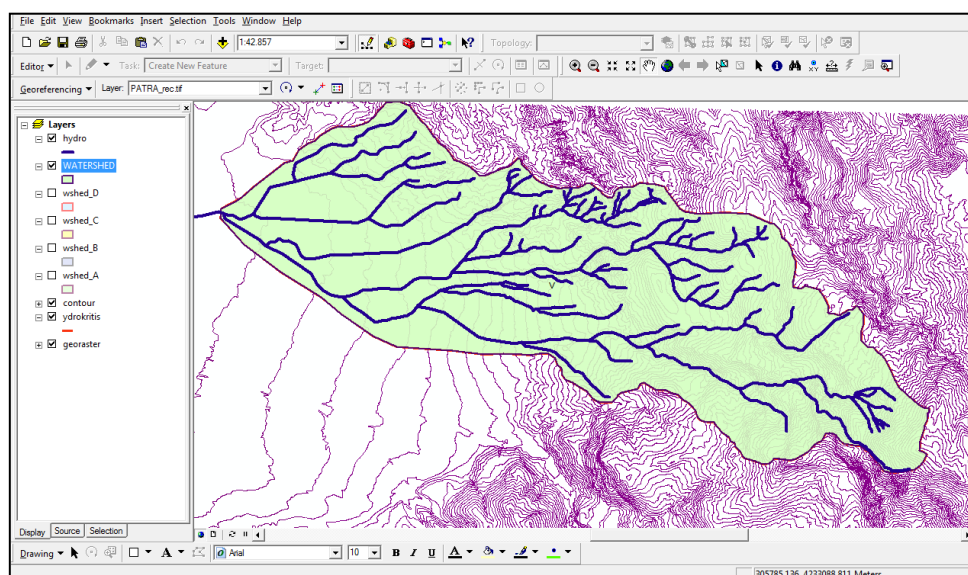
3.2.3. Χάραξη των υδροκριτικών γραμμών και ψηφιοποίηση λεκανών

Μετά την ψηφιοποίηση του υδρογραφικού δικτύου του Διακονιάρη έγινε η χάραξη των υδροκριτικών γραμμών των λεκανών. Ως υδροκρίτης ορίζεται η νοητή γραμμή που οριοθετεί τη λεκάνη απορροής και τη διαχωρίζει από τις γειτονικές της. Συνδέει τα υψηλότερα σημεία των κορυφογραμμών της περιοχής και ορίζει την περιοχή που αποστραγγίζεται από ένα συγκεκριμένο κλάδο.

Κάθε υδρογραφικό δίκτυο διαθέτει μια λεκάνη συλλογής και απομάκρυνσης του νερού, η οποία συνήθως είναι μια επιφάνεια εδάφους που περιβάλλεται από υψώματα. Η λεκάνη αυτή λέγεται λεκάνη απορροής ή αποστράγγισης. Πρόκειται για

εκείνη την ζώνη επιφάνειας όπου τα νερά συγκεντρώνονται στα χαμηλότερα σημεία για να δημιουργήσουν τον χείμαρρο (Ζούρος, 2003). Κάθε ρυάκι στη λεκάνη απορροής έχει τη δική του υδρολογική λεκάνη μέσα σε αυτή, η οποία καθορίζεται από το ανάγλυφο της επιφάνειας.

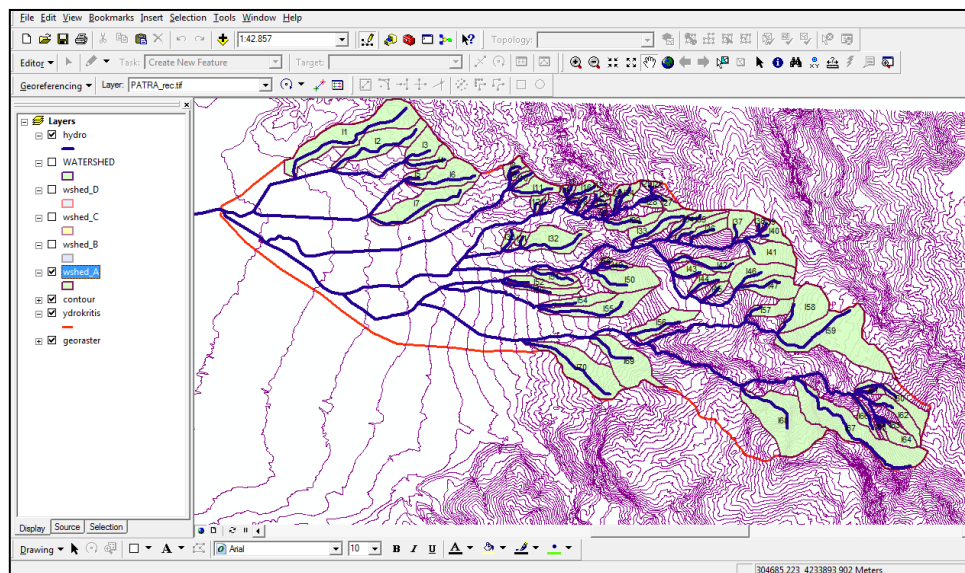
Τα όρια των υδροκριτών καθορίστηκαν και χαράχθηκαν έχοντας ως χαρτογραφικό υπόβαθρο τους αναλογικούς τοπογραφικούς χάρτες της ΓΥΣ. Η διαδικασία αυτή μπορεί να γίνει αυτοματοποιημένα με χρήση των G.I.S.. Το θεματικό επίπεδο που χρησιμοποιείται στο ArcGIS έχει μορφή πολυγώνου, εφόσον η συγκεκριμένη υδροκριτική γραμμή οριοθετεί και καλύπτει την υπό μελέτη λεκάνη απορροής.



Εικόνα 17. Ψηφιοποίηση του υδροκρίτη που καθορίζει την επιφάνεια της λεκάνης απορροής του χείμαρρου Διακονιάρη.

Για τις ανάγκες της ποσοτικής ανάλυσης της εργασίας αυτής, ως ορθότερος και περισσότερο αντικειμενικός τρόπος θεωρήθηκε η οριοθέτηση όχι μόνο της λεκάνης απορροής αλλά και των επιμέρους λεκανών που εσωκλείει. Στην περίπτωση της λεκάνης απορροής του Διακονιάρη, η ψηφιοποίηση έγινε με γραφικά στοιχεία που συνιστούν επιφάνεια (polygones). Τα στοιχεία αυτά αποδίδουν έκταση και θέση ενώ σε συνδυασμό με τα υψομετρικά στοιχεία αποδίδουν και διεύθυνση. Τα στοιχεία που εισάγονται στον αντίστοιχο πίνακα στοιχείων (attribute table) έχουν να κάνουν με την περίμετρο της λεκάνης απορροής, το εμβαδό της, το εμβαδό της κάθε υδρολογικής

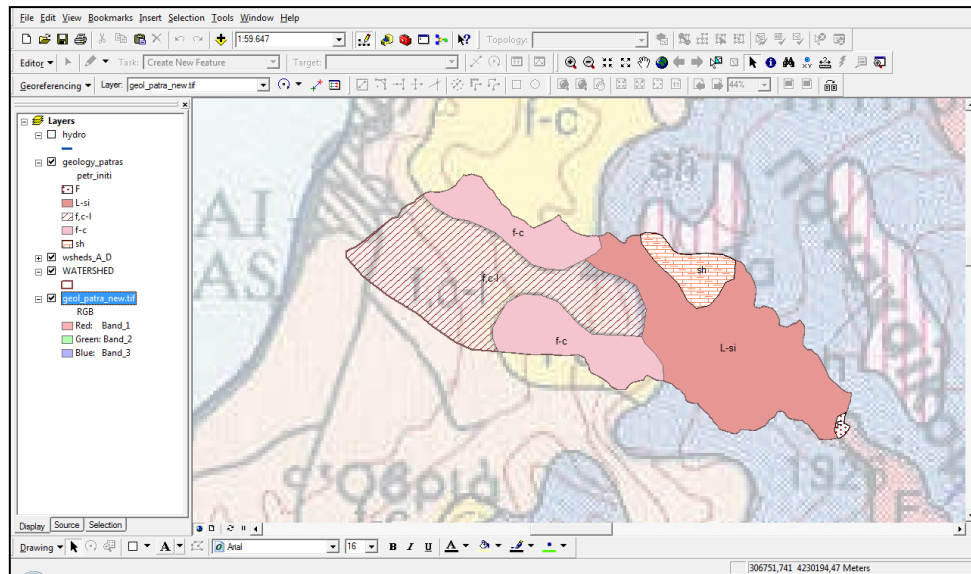
υπολεκάνης καθώς και την τάξη της και τον αριθμό της οποίος συμπίπτει με τον αριθμό του αντίστοιχου κλάδου που την αποστραγγίζει (βλ. *Χάρτη 3*).



Εικόνα 18. Ψηφιοποίηση των υπολεκανών Γ^{ης} τάξης στη λεκάνη απορροής του Διακονιάρη, με ArcGIS.

3.2.4. Ψηφιοποίηση γεωλογικού υπόβαθρου

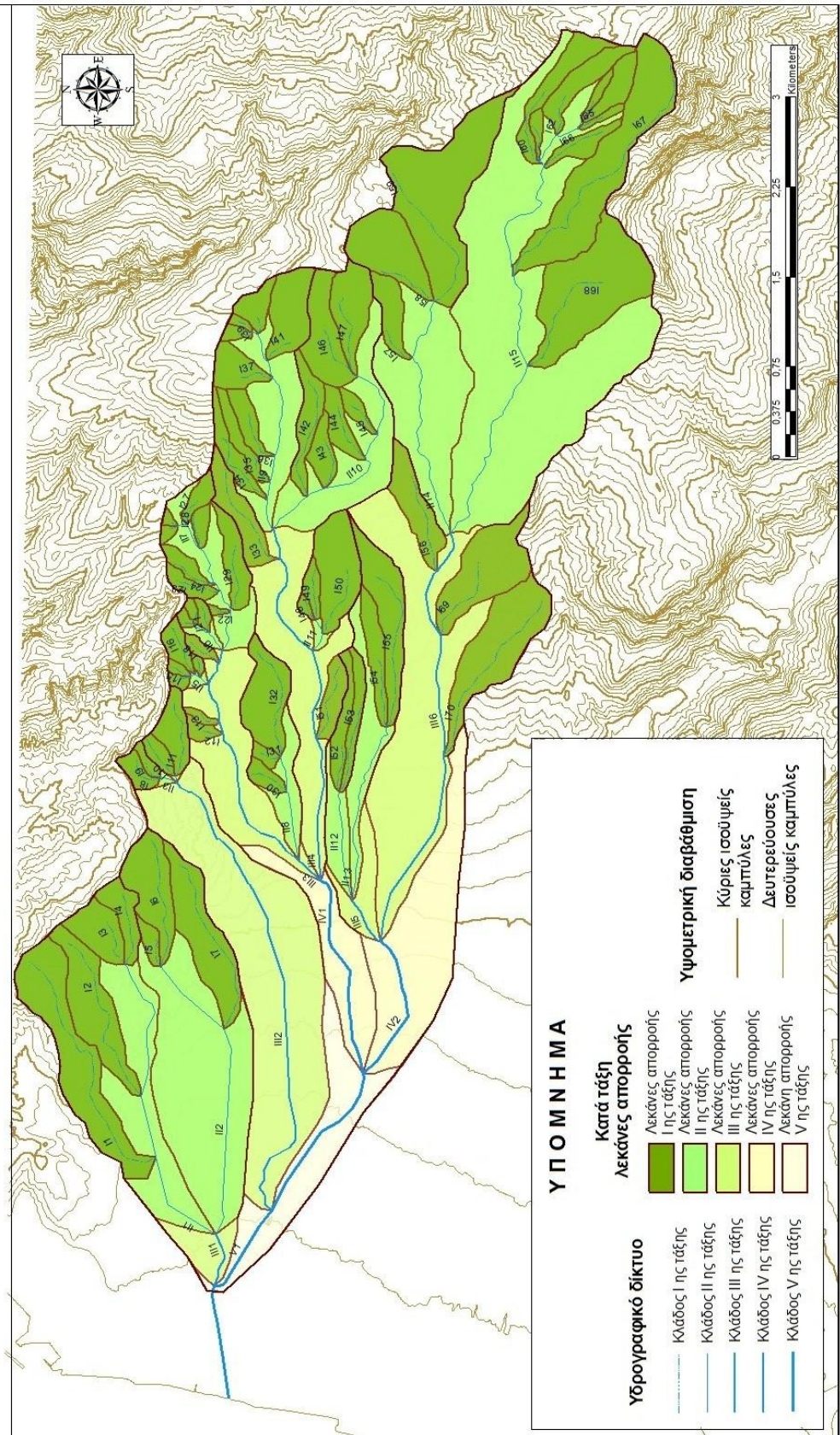
Τέλος, σε ξεχωριστό αρχείο έγινε η ψηφιοποίηση του γεωλογικού υπόβαθρου της λεκάνης απορροής. Στη περίπτωση της γεωλογίας της περιοχής, το χαρτογραφικό υπόβαθρο που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο Γεωτεχνικός χάρτης του ΙΓΜΕ. Η ψηφιοποίηση έγινε με γραφικά στοιχεία που συνιστούν επιφάνεια (polygons). Τα στοιχεία που εισάγονται στον αντίστοιχο πίνακα (attribute table) έχουν να κάνουν με έκταση, θέση και είδος πετρώματος. Ο χάρτης που κατασκευάστηκε (*Χάρτης 2*) απεικονίζει την ποικιλία του γεωλογικού υποβάθρου σε διάφορα σημεία της λεκάνης απορροής και χρησιμεύει στη μελέτη της υδροπερατότητας των πετρωμάτων.



Εικόνα 19. Ψηφιοποίηση του γεωλογικού υπόβαθρου στην περιοχή μελέτης.

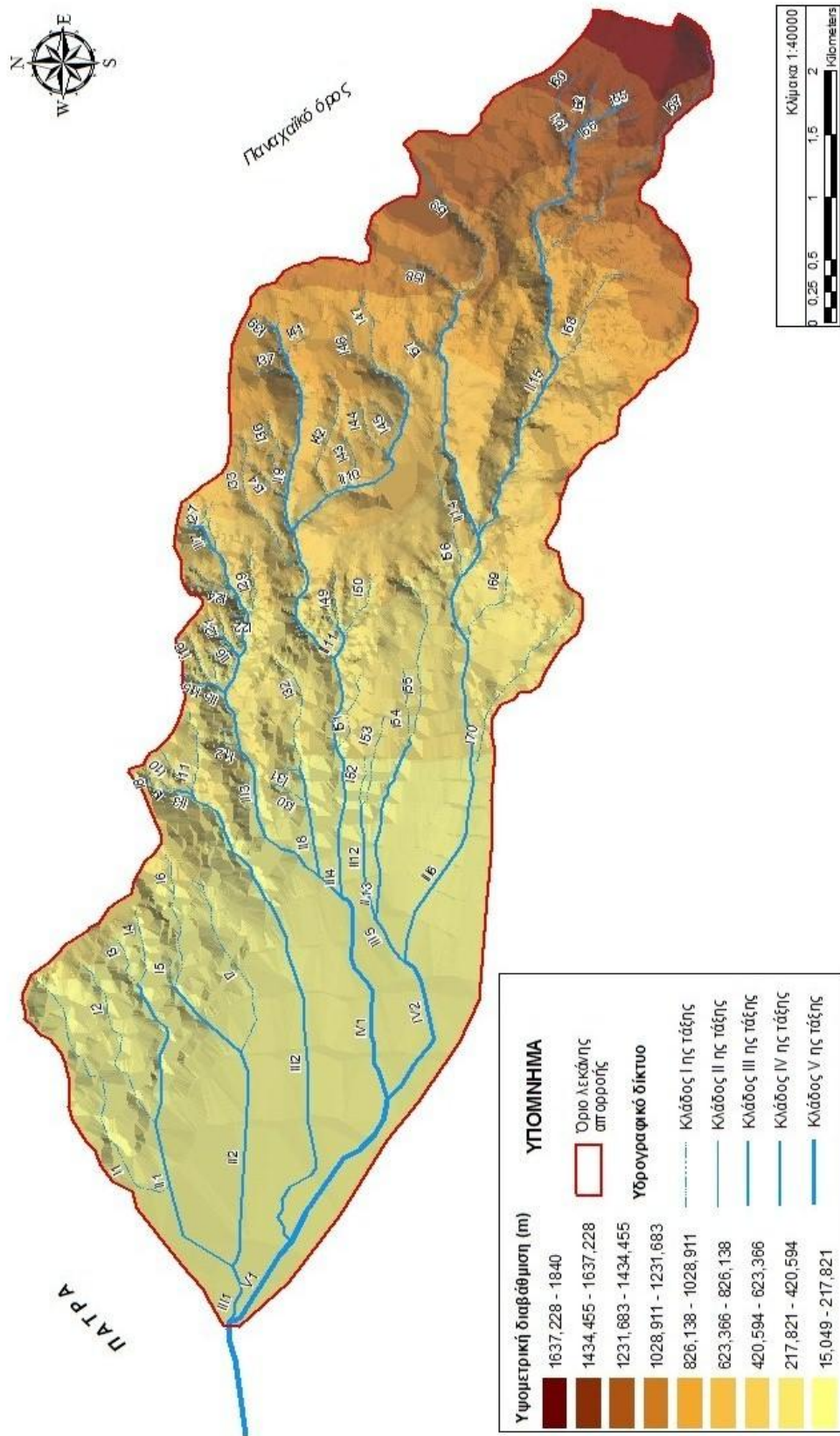
Οι χάρτες που απεικονίζουν την ταξινόμηση των λεκανών απορροής (Χάρτης 3) και το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM) (Χάρτης 4 και Χάρτης 5) παρουσιάζονται ακολούθως:

ΧΑΡΤΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑ ΤΑΞΗ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΧΕΙΜΑΡΡΟΥ ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗ

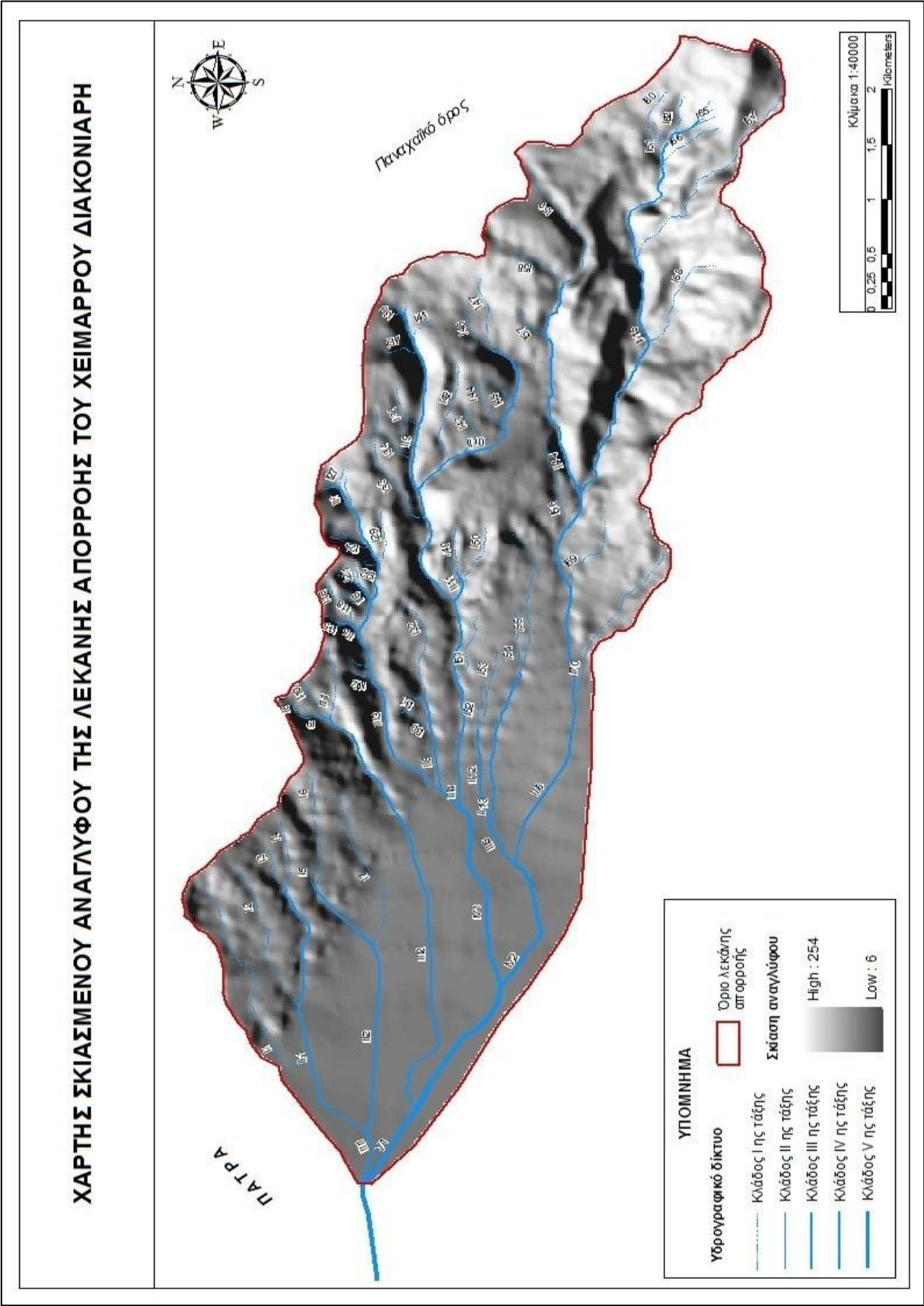


Χάρτης 3. Χάρτης των κατά τάξη λεκανών απορροής του χείμαρρου Διακονιάρη.

ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ (DEM) ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΧΕΙΜΑΡΡΟΥ ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗ



Χάρτης 4. Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM) της λεκάνης απορροής του Διακονιάρη.



Χάρτης 5. Χάρτης σκιασμένου αναγλύφου της λεκάνης απορροής του Διακονιάρη.

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 4

ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ ΣΤΙΣ ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΕΣ ΣΥΝΟΙΚΙΕΣ ΤΗΣ ΠΑΤΡΑΣ

Στα πλαίσια εκπόνησης της εργασίας επιχειρήθηκε η συλλογή και σύνταξη ενός ιστορικού για τις πλημμύρες που έπληξαν την αστική περιοχή της Πάτρας και συγκεκριμένα τις νοτιοδυτικές συνοικίες. Οι πλημμύρες αυτές αποδίδονται στην πλημμυρική παροχή του Διακονιάρη. Η αναζήτηση για τα πλημμυρικά γεγονότα έγινε στα αρχεία του ημερίσιου τύπου και στο διαδίκτυο. Τόσο οι ποσοτικοί και μορφολογικοί παράγοντες που αναλύθηκαν σε προηγούμενο Κεφάλαιο όσο και οι λοιπές ανθρωπογενείς επιδράσεις στην περιοχή, αποτελούν όλα αυτά τα χρόνια σημαντική παράμετρο για την αστάθεια που παρουσιάζει ο Διακονιάρης. Ωστόσο, σύμφωνα με τον Σταματόπουλο (2005) τα τελευταία 50 χρόνια, τρεις φορές έχουν σημειωθεί σοβαρά πλημμυρικά γεγονότα εξαιτίας της πλημμυρικής δράσης του Διακονιάρη, τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω.

4.1. Α' Πλημμύρα: 17 Δεκεμβρίου 1962

Οι πρώτες μαρτυρίες για την αστάθεια του συγκεκριμένου χειμάρρου καταγράφηκαν τον Δεκέμβριο του 1962, όταν ξεκίνησε η έντονη και άναρχη αστικοποίηση του πολεοδομικού συγκροτήματος της Πάτρας. Μαρτυρίες της εποχής αναφέρουν ότι επλήγησαν περίπου 18.000 κάτοικοι ενώ μεγάλες καταστροφές υπέστησαν οι καλλιέργειες που λαμβάνουν χώρα εκατέρωθεν της κοίτης του χειμάρρου. Ωστόσο δεν υπάρχουν επίσημες συγκεκριμένες καταγραφές τόσο για τους πληγέντες όσο και για το μέγεθος των ζημιών.

4.2. Β' Πλημμύρα: 25 Οκτωβρίου 1997

Τον Οκτώβριο του 1997 καταγράφηκαν παρατεταμένες και έντονες βροχοπτώσεις σε όλη την περιοχή της Πάτρας. Κατά συνέπεια ήταν έντονα και τα πλημμυρικά φαινόμενα τόσο στο μεσαίο όσο και στον κάτω ρου του χειμάρρου. Στις 25 Οκτώβρη 1997, μια τεράστια έκταση από τους πρόποδες του Παναχαϊκού όρους μέχρι τη θάλασσα μετατράπηκε σε λασπότοπο. Κατά την διάρκεια έντονων και παρατεταμένων βροχοπτώσεων, τα νερά μεταφέρουν ένα μεγάλο φορτίο λάσπης, θραύσματα πετρωμάτων και φυτικών λειψάνων. Αυτή η αυξημένη στερεοπαροχή έχει σαν αποτέλεσμα ιδιαίτερα επικίνδυνων πλημμυρικών φαινόμενα σε εφήμερα ρέματα που έχουν υποστεί ανθρωπογενείς παρεμβάσεις. Κατά συνέπεια εκείνες τις μέρες, εκατοντάδες σπίτια, μικροβιοτεχνίες, ένα ολόκληρο σχολικό συγκρότημα, διάφορα καταστήματα και περιουσίες θάφτηκαν κάτω από τόνους λάσπης, που κατέβασε στις γειτονιές της νοτιοδυτικής Πάτρας ο Διακονιάρης. Στις ζημιές αναφέρθηκαν οι καταστροφές των καλλιεργειών καθώς και των υποδομών της ευρύτερης περιοχής.



Εικόνα 20. Η πλημμύρα του Διακονιάρη τον Οκτώβριο του 1997 έπληξε πολλά νοικοκυριά στις εργατικές συνοικίες της Νοτιοδυτικής Πάτρας.



Εικόνα 21. Καταστροφές από την πλημμύρα του 1997 σε γειτονιά της Νοτιοδυτικής Πάτρας. (ΠΗΓΗ: tovima.gr)

4.3. Γ' Πλημμύρα: 16 Δεκεμβρίου 2001

Το 2001, σύμφωνα με τον ημερίσιο τύπο, η πλημμύρα του Διακονιάρη ήταν η χειρότερη στην ιστορία του. Στις 16 Δεκεμβρίου αυτής της χρονιάς μετά από έντονη βροχόπτωση ο Διακονιάρης πλημμύρισε και πάλι καταστρέφοντας καλλιέργειες και νοικοκυριά στη Νοτιοδυτική Πάτρα. Ωστόσο, κατά την διάρκεια του συγκεκριμένου συμβάντος δεν υπήρξαν μόνο υλικές ζημιές αλλά και ανθρώπινες απώλειες. Την ζωή τους έχασαν ένας άνδρας 53 ετών και ο εννιάχρονος γιος του.



Εικόνα 22. Καταστροφές από την πλημμύρα του 2001 σε γειτονιά της Πάτρας. (ΠΗΓΗ: katohika.blogspot.com)



Εικόνα 23. Πλημμυρισμένος δρόμος στην περιοχή της Πάτρας μετά από έντονη παρατεταμένη βροχόπτωση (ΠΗΓΗ: αρχείο enet.gr).



Εικόνα 24. Καταστροφές από την πλημμύρα του 2001 στην Πάτρα (ΠΗΓΗ: enet.gr)



Εικόνα 25. Προσπάθειες διάσωσης των αγνοουμένων-θυμάτων της πλημμυρικής καταστροφής του 2001, από τις ομάδες διάσωσης (ΠΗΓΗ: αρχείο enet.gr)



Εικόνα 26. Προσπάθειες διάσωσης των αγνοουμένων-θυμάτων της πλημμυρικής καταστροφής του 2001, από τις ομάδες διάσωσης (ΠΗΓΗ: ΕΟΔ, 2001)



Εικόνα 27. Προσπάθειες διάσωσης των αγνοουμένων-θυμάτων της πλημμυρικής καταστροφής του 2001, από τις ομάδες διάσωσης (ΠΗΓΗ: ΕΟΔ, 2001)



Εικόνα 28. Καταστροφές στον Εθνικό οδικό άξονα από πλημμύρα του Διακονιάρη.

Η κινητοποίηση για τον εντοπισμό και την διάσωση των δυο -τελικά- θυμάτων ήταν άμεση τόσο από την Ε.Ο.Δ. Αχαΐας (Ελληνική Ομάδα Διάσωσης του Παραρτήματος Ν. Αχαΐας) όσο και από την Πυροσβεστική Υπηρεσία, την Ε.Μ.Α.Κ. και το Λιμενικό Σώμα. Οι έρευνες πραγματοποιήθηκαν τόσο κατά μήκος του χειμάρρου όσο και στις εκβολές του, σε αντίξοες καιρικές συνθήκες λόγω της παρατεταμένης και έντονης βροχόπτωσης. Τελικά, τα θύματα εντοπίστηκαν μέρες μετά την καταστροφή, το ένα σε απόσταση 30 m από τις εκβολές του Διακονιάρη ενώ το δεύτερο αρκετά πιο μακριά, κοντά στον οικισμό Λακκόπετρα.

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 5

ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΤΟΥ ΧΕΙΜΑΡΡΟΥ ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗ

Το Κεφάλαιο αυτό αφορά αναλυτικά την ποσοτική ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου με σκοπό την αναζήτηση του ρόλου που διαδραματίζει η οργάνωση του δικτύου στην εκδήλωση πλημμυρών. Κρίθηκε ότι η μορφομετρία και συγκεκριμένα η ποσοτική ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου, οι νόμοι που αφορούν τον αριθμό των κλαδών, τα μήκη και οι εκτάσεις των λεκανών ανά τάξη είναι αναγκαίο να υπολογιστούν. Επιπρόσθετα, κρίθηκε απαραίτητη η διερεύνηση της διαδοχικής κατά τάξης απορροής και η αναζήτηση των ανωμαλιών στην οργάνωση του υδρογραφικού δικτύου. Όλες αυτές οι παράμετροι αποτελούν ένα χρήσιμο εργαλείο για την αναζήτηση των φυσικών αιτίων που προκαλούν πλημμυρικές παροχές στην κοίτη του χείμαρρου. Μια τέτοια προσέγγιση μπορεί να οδηγήσει σε χρήσιμα συμπεράσματα και σε προτάσεις μέτρων αντιμετώπισης ώστε να μετριαστούν οι αρνητικές επιπτώσεις από τις πλημμύρες, στην περιοχή της Νοτιοδυτικής Πάτρας.

Οι ποσοτικές παράμετροι που μετρώνται είτε μετρώνται απευθείας από τον χάρτη με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, οπότε είναι μετρούμενες, είτε υπολογίζονται βάσει τύπων οπότε είναι υπολογιζόμενες. Οι παράμετροι που εκτιμήθηκαν για το υδρογραφικό δίκτυο του χείμαρρου Διακονιάρη περιλαμβάνονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 3. Οι ποσοτικές παράμετροι που μετρήθηκαν ή εκτιμήθηκαν για το υδρογραφικό δίκτυο του χειμάρρου Διακονιάρη.

Ποσοτικές παράμετροι		Σύμβολο	Μονάδες μέτρησης
Μετρούμενες	Αριθμός κλάδου	Nu	-
	Μήκος κλάδου	L _u	km
	Έκταση λεκάνης απορροής	A _u	km ²
Υπολογιζόμενες	Λόγος διακλάδωσης	Rb	-
	Λόγος μήκους	R _L	-
	Λόγος εμβαδού	R _A	-
	Υδρογραφική πυκνότητα	D	km ⁻¹
	Υδρογραφική συχνότητα	F	km ⁻²

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το υδρογραφικό δίκτυο του Διακονιάρη περιλαμβάνει συνολικά 94 διαφορετικούς κλάδους: 70 ρέματα 1^{ης} τάξης, 15 ρέματα 2^{ης} τάξης, 6 ρέματα 3^{ης} τάξης, 2 ρέματα 4^{ης} τάξης και ο κυρίως κλάδος του ποταμού που τον καθιστά 5^{ης} τάξης. Ο ακόλουθος πίνακας παρουσιάζει αναλυτικά το πλήθος κλάδων για κάθε τάξη καθώς και τα αντίστοιχα μήκη και τις εκτάσεις για κάθε τάξη.

Πίνακας 4. Συνολικό μήκος και έκταση για τους κλάδους κάθε τάξης, του υδρογραφικού δικτύου του Διακονιάρη.

Τάξη	Πλήθος κλαδών / λεκανών απορροής	Μήκος (km)	Εμβαδόν λεκάνης απορροής (m ²)
I ^η τάξη	70	38,9	10,48
II ^η τάξη	15	20,74	17,17
III ^η τάξη	6	14,13	24,5
IV ^η τάξη	2	3,03	19,26
V ^η τάξη	1	3,18	26,83
Σύνολο:	94	79,98	26,83

5.1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΑ HORTON

Ο Horton (1945) υποστήριξε πρώτος ότι η ανάπτυξη ενός υδρογραφικού δικτύου υπάγεται σε ορισμένους φυσικούς νόμους. Έχοντας ως κύριο σκοπό να απλοποιήσει τα σύνθετα υδρολογικά φαινόμενα σε λίγα μετρούμενα μεγέθη δημιούργησε ταυτόχρονα μια ικανή θεωρητική βάση για την υδρολογική προσέγγιση, υποστηρίζοντας ότι υπάρχουν κάποια αμετάβλητα χαρακτηριστικά υδρολογικών λεκανών που συσχετίζονται με την υδρολογική απόκριση τους. Τα μεγέθη αυτά έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν για να προβλέψουν και να υπολογίσουν την επιφανειακή απορροή. Με αυτό το σκεπτικό διατύπωσε οι τρεις Νόμους οι οποίοι χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των παραμέτρων αποστράγγισης ενός υδρογραφικού δικτύου.

5.1.1. 1^{ος} Νόμος του Horton: Νόμος του αριθμού των κλάδων

Ο 1^{ος} Νόμος του Horton αναφέρει ότι *ο αριθμός των διαδοχικών μικρότερης τάξεως κλάδων ενός υδρογραφικού δικτύου τείνει να σχηματίσει μία αύξουσα γεωμετρική ακολουθία, της οποίας ο πρώτος όρος είναι η μονάδα και έχει για λόγο τον συντελεστή διακλάδωσης*. Η μαθηματική έκφραση του 1^{ου} Νόμου του Horton έχει ως εξής (Ζούρος, 2003):

$$N_u = Rb^{(K-u)}$$

όπου:

N_u : Αριθμός ρευμάτων τάξης u

K : μέγιστη τάξη

u : ζητούμενη τάξη

Rb : Συντελεστής διακλάδωσης

Ο μέσος συντελεστής διακλάδωσης τείνει να είναι σταθερός για όλο το υδρογραφικό δίκτυο και προκύπτει από την παρακάτω σχέση:

$$Rb = \frac{N_u}{N_{(u+1)}}$$

Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι τα υδρογραφικά δίκτυα που αναπτύσσονται κάτω από φυσιολογικές συνθήκες, έχουν εύρος τιμών συντελεστή διακλάδωσης $3 \leq Rb \leq 5$.

Ο Πίνακας για το υδρογραφικό δίκτυο του Διακονιάρη περιλαμβάνει τα αποτελέσματα της εφαρμογής του 1^{ου} Νόμου του Horton.

Πίνακας 5. Σχέση μεταξύ των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου του Διακονιάρη, σύμφωνα με τον 1^ο Νόμο του Horton.

Τάξη u	Αριθμός κλάδων Nu	Λόγος διακλάδωσης Rb	Μέσος λόγος διακλάδωσης Rb	Ιδανική τιμή κλάδων Nu	Απόκλιση από την ιδανική τιμή (%)
I	70	4,67	3,0425	83	- 15,66%
II	15			27	- 44,44%
III	6	2,5		9	- 33,33%
IV	2	3		3	- 33,33%
V	1	2		1	0

Από τον παραπάνω πίνακα διαπιστώνεται ότι ο πραγματικός αριθμός των κλάδων σε όλες τις τάξεις του χειμάρρου είναι μικρότερος από τον ιδανικό. Οι αποκλίσεις σε όλους τους κλάδους είναι σημαντικά αρνητικές. Αυτό σημαίνει ότι ο πραγματικός αριθμός των κλάδων όλων των τάξεων υπολείπεται των ιδανικών. Άρα το δίκτυο δεν έχει προλάβει να αναπτυχθεί ιδανικά από πλευράς αριθμού κλάδων επομένως η υπό μελέτη λεκάνη απορροής δεν αποστραγγίζεται ιδανικά. Οι αρνητικές αυτές αποκλίσεις δικαιολογούνται από τις ανωμαλίες στη διαδοχική κατά τάξη απορροή, οι οποίες θα αναλυθούν ακολούθως και μπορεί να οφείλονται στη γεωμορφολογία της περιοχής, στο έντονο ανάγλυφο και στο γεωλογικό υπόβαθρο.

Επιπρόσθετα, παρατηρείται ότι ο λόγος διακλάδωσης που υπολογίζεται για τους κλάδους 1^{ης} και 2^{ης} τάξης είναι ιδιαίτερα υψηλός (4,67) και βρίσκεται πολύ κοντά στο ανώτατο όριο των φυσιολογικών τιμών που είναι το 5. Αυτό σημαίνει ότι το πλήθος των κλάδων 1^{ης} τάξης είναι ιδιαίτερα αυξημένο σε σχέση με τον αριθμό των κλάδων 2^{ης} που δημιουργούνται από τη συμβολή τους, γεγονός που μπορεί να δικαιολογήσει την αυξημένη πλημμυρική επικινδυνότητα, καθώς είναι γεγονός ότι επιπλέον κλάδοι 1^{ης} τάξης συμβάλλουν απευθείας σε κλάδους μεγαλύτερης τάξης ενισχύοντας την πλημμυρική παροχή.

5.1.2. 2^{ος} Νόμος του Horton: Νόμος του μήκους των κλάδων

Ο 2^{ος} Νόμος του Horton αναφέρει ότι *τα αθροιστικά μέσα μήκη των διαδοχικά μεγαλύτερης τάξεως κλάδων ενός υδρογραφικού δικτύου, τείνουν να σχηματίζουν μία αύξουσα γεωμετρική ακολουθία, της οποίας ο πρώτος όρος είναι το μέσο μήκος των κλάδων 1^{ης} τάξεως και έχει για λόγο τον συντελεστή μήκους*. Η μαθηματική έκφραση του 2^{ου} Νόμου του Horton έχει ως εξής (Ζούρος, 2003):

$$\sum ML_u = ML_1 RL_1^{(u-1)}$$

όπου:

ML_u : μέσο μήκος των κλάδων τάξης u

ML_1 : μέσο μήκος των κλάδων 1^{ης} τάξης

RL : συντελεστής μήκους

Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι το μέσο μήκος των κλάδων κάθε τάξης προκύπτει από την ακόλουθη σχέση:

$$ML_u = \frac{L_u}{N_u}$$

Ενώ ο συντελεστής μήκους υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$R_L = \frac{\Sigma [ML_u]}{\Sigma [ML_{(u-1)}]}$$

Για την περίπτωση του Διακονιάρη ο 2^{ος} Νόμος του Horton εφαρμόζεται ως εξής:

Πίνακας 6. Εφαρμογή του 2^{ου} Νόμου του Horton στη λεκάνη απορροής του Διακονιάρη.

Τάξη u	Μέσο μήκος κλάδου ML _u (km)	Λόγος μήκους R _L	Ιδανική τιμή μέσου μήκους κλάδου ML _u (km)	Απόκλιση από την ιδανική τιμή (%)
I	0,56	2,49	0,56	0%
II	1,38		0,96	43,8%
III	2,35	1,7	1,66	41,6%
IV	1,51	0,64	2,88	- 47,4%
V	3,18	2,1	4,98	- 36%
		R_L = 1,73		

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται ότι σε όλες τις τάξεις υπάρχουν σημαντικές αποκλίσεις πραγματικού μήκους από το ιδανικό, είτε θετικές είτε αρνητικές. Παρατηρείται ότι οι κλάδοι 2^{ης} και 3^{ης} τάξης παρουσιάζουν θετική απόκλιση, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι αναπτύσσονται σε πολύ μεγαλύτερο μήκος από το ιδανικό. Για το γεγονός αυτό μπορεί να ευθύνεται η μικρή κλίση του αναγλύφου στις περιοχές που αναπτύσσονται αυτοί οι κλάδοι, η γεωμορφολογία, το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής και η γενική λιθολογική δομή. Αντίθετα, οι κλάδοι 4^{ης} και ο κεντρικός κλάδος παρουσιάζουν αρνητικές αποκλίσεις. Αυτό σημαίνει ότι δεν αναπτύσσονται ικανοποιητικά ενώ στο γεγονός αυτό συμβάλλει και η ανωμαλία στη διαδοχική κατά τάξη απορροή.

5.1.3. 3^{ος} Νόμος του Horton: Νόμος του εμβαδού των λεκανών απορροής

Ο 3^{ος} Νόμος του Horton αναφέρει ότι το μέσο εμβαδόν των διαδοχικά αυξανόμενης τάξης λεκανών απορροής ενός υδρογραφικού συστήματος, τείνει να σχηματίσει μία αύξουσα γεωμετρική ακολουθία με πρώτον όρο το μέσο εμβαδόν των λεκανών 1^{ης} τάξεως και λόγο, τον συντελεστή του εμβαδού. Ο Horton πρώτος παρατήρησε την σχέση που υπάρχει μεταξύ της τάξης του κλάδου και του αντίστοιχου μέσου εμβαδού. Η μαθηματική έκφραση του 3^{ου} Νόμου του Horton έχει ως εξής (Ζούρος, 2003):

$$MA_u = MA_1 R_A^{(u-1)}$$

όπου:

MA_u : μέσο εμβαδόν των λεκανών τάξης u

MA_1 : μέσο εμβαδόν των λεκανών 1^{ης} τάξης

R_A : συντελεστής εμβαδού

Το μέσο εμβαδόν MA_u προκύπτει από την σχέση:

$$MA_u = \frac{A_u}{N_u}$$

Ενώ ο συντελεστής εμβαδού υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$R_A = \frac{A_u}{A_{(u-1)}}$$

Ο 3^{ος} Νόμος του Horton στην περίπτωση του Διακονιάρη εφαρμόζεται ως εξής:

Πίνακας 7. Εφαρμογή του 3^{ου} Νόμου του Horton στη λεκάνη απορροής του Διακονιάρη.

Τάξη u	Μέσο εμβαδόν λεκανών ανά τάξη MAu (km ²)	Λόγος εμβαδού R _A	Ιδανική τιμή μέσου εμβαδού λεκάνης MAu (km ²)	Απόκλιση από την ιδανική τιμή (%)
I	0,15	7,6	0,15	0%
II	1,15		0,61	87,7%
III	4,08	3,56	2,51	62,5%
IV	9,63	2,36		
V	26,83	2,79	10,26	- 6,14%
		R_A = 4,09	41,97	- 36,1%

Από τα αποτελέσματα της εφαρμογής του 3^{ου} Νόμου του Horton, που περιλαμβάνονται στον παραπάνω Πίνακα 5, παρατηρείται ότι οι αποκλίσεις αναμεσα στις πραγματικές και τις ιδανικές τιμές των εμβαδών των λεκανών απορροής είναι σημαντικές. Τόσο οι λεκάνες 2^{ης} τάξης, όσο και οι λεκάνες 3^{ης} τάξης εμφανίζουν ιδιαίτερα υψηλές θετικές αποκλίσεις, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι οι λεκάνες απορροής που αποστραγγίζουν το υδρογραφικό δίκτυο είναι πολύ μεγαλύτερες από ότι αν το δίκτυο εξελισσόταν φυσιολογικά. Ωστόσο, η αρνητική απόκλιση του ιδανικού από το πραγματικό εμβαδό ολόκληρης της λεκάνης απορροής δείχνει ότι η έκταση που καλύπτει ο χείμαρρος είναι πολύ μικρότερη από ότι αν η αποστράγγιση της περιοχής ήταν φυσιολογική. Το γεγονός αυτό, κάνει τον χείμαρρο περισσότερο επιρρεπή σε πλημμυρικά γεγονότα ιδιαίτερα στον κάτω ρου του που διαρρέει τα Νοτιοδυτικά προάστεια της Πάτρας.

5.2. ΔΙΑΔΟΧΙΚΗ ΚΑΤΑ ΤΑΞΗ ΑΠΟΡΡΟΗ

Όπως παρατηρήθηκε ήδη από τον Πίνακα 4 φαίνεται από τον αριθμό των κλάδων ανά τάξη ότι αρκετοί κλάδοι 1^{ης} τάξης δεν συμβάλλουν για τη δημιουργία κλάδων 2^{ης} τάξης αλλά απορρέουν απευθείας είτε σε κλάδο 2^{ης} είτε 3^{ης} τάξης. Το γεγονός αυτό δικαιολογεί τον πολύ μεγάλο αριθμό κοιτών 1^{ης} τάξης σε σχέση με το πλήθος των 2^{ης} κ.ο.κ.. Το ίδιο συμβαίνει και με κλάδους 2^{ης} τάξης που απορρέουν άμεσα σε 3^{ης} αλλά

και σε κλάδους 3^{ης} τάξης που συμβάλλουν απευθείας με τον κεντρικό κλάδο του ποταμού. Ο ακόλουθος πίνακας παρουσιάζει αναλυτικά τους εν λόγω κλάδους κάθε τάξης που απορρέουν άμεσα σε κλάδους μεγαλύτερης τάξης χωρίς να συμβάλλουν στη δημιουργία τους:

Πίνακας 8. Κλάδοι και οι αντίστοιχες λεκάνες απορροής που παρουσιάζουν ανωμαλίες στη διαδοχική κατά τάξη απορροή. Περιλαμβάνονται ο αριθμός των κλάδων και των αντίστοιχων λεκανών που απορρέουν άμεσα σε μεγαλύτερη τάξη ή απορρέουν στην αμέσως επόμενη τάξη χωρίς να δημιουργούν κλάδους της τάξης αυτής.

	Αριθμός ρεμάτων	Κλάδοι / Λεκάνες απορροής	Ποσοστό (%)
Από 1^{ης} σε 2^{ης}	32	I1, I2, I7, I16, I17, I21, I22, I23, I24, I27, I28, I29, I30, I34, I35, I36, I37, I40, I41, I42, I43, I44, I45, I50, I57, I60, I61, I62, I65, I66, I67, I68	45.71%
Από 2^{ης} σε 3^{ης}	3	II5, II8, II11	20%
Από 3^{ης} σε 4^{ης}	0	Κανένας	-
Από 4^{ης} σε 5^{ης}	0	Κανένας	-
Από 1^{ης} σε 3^{ης}	8	I12, I13, I18, I33, I51, I56, I69, I70	11.43%
Από 1^{ης} σε 4^{ης}	0	Κανένας	-
Από 1^{ης} σε 5^{ης}	0	Κανένας	-
Από 2^{ης} σε 4^{ης}	0	Κανένας	-
Από 2^{ης} σε 5^{ης}	0	Κανένας	-
Από 3^{ης} σε 5^{ης}	2	III1, III2	33.33%

Από τον παραπάνω πίνακα, παρατηρείται ότι οι περισσότεροι κλάδοι 1^{ης} τάξης -40 στο σύνολο- δεν συμβάλλουν για τη δημιουργία κλάδων 2^{ης} τάξης αλλά απορρέουν άμεσα σε κλάδους μεγαλύτερης τάξης, είτε 2^{ης} είτε 3^{ης}. Το ποσοστό των κλάδων με αυτό το χαρακτηριστικό είναι ιδιαίτερα υψηλό (45,71% και 11,43% αντίστοιχα) σε σχέση με το σύνολο των κλαδών 1^{ης}, γεγονός που προσδίδει στον Διακονιάρη αυξημένη επιδεκτικότητα στον πλημμυρικό κίνδυνο. Όσον αφορά τους κλάδους 1^{ης} που απορρέουν άμεσα σε κλάδους 2^{ης} τάξης, ο ακόλουθος πίνακας παρουσιάζει το ποσοστό που τους αναλογεί σε μήκος και σε έκταση, τόσο επί του συνόλου των κλαδών 1^{ης} τάξης όσο και επί του συνόλου του δικτύου.

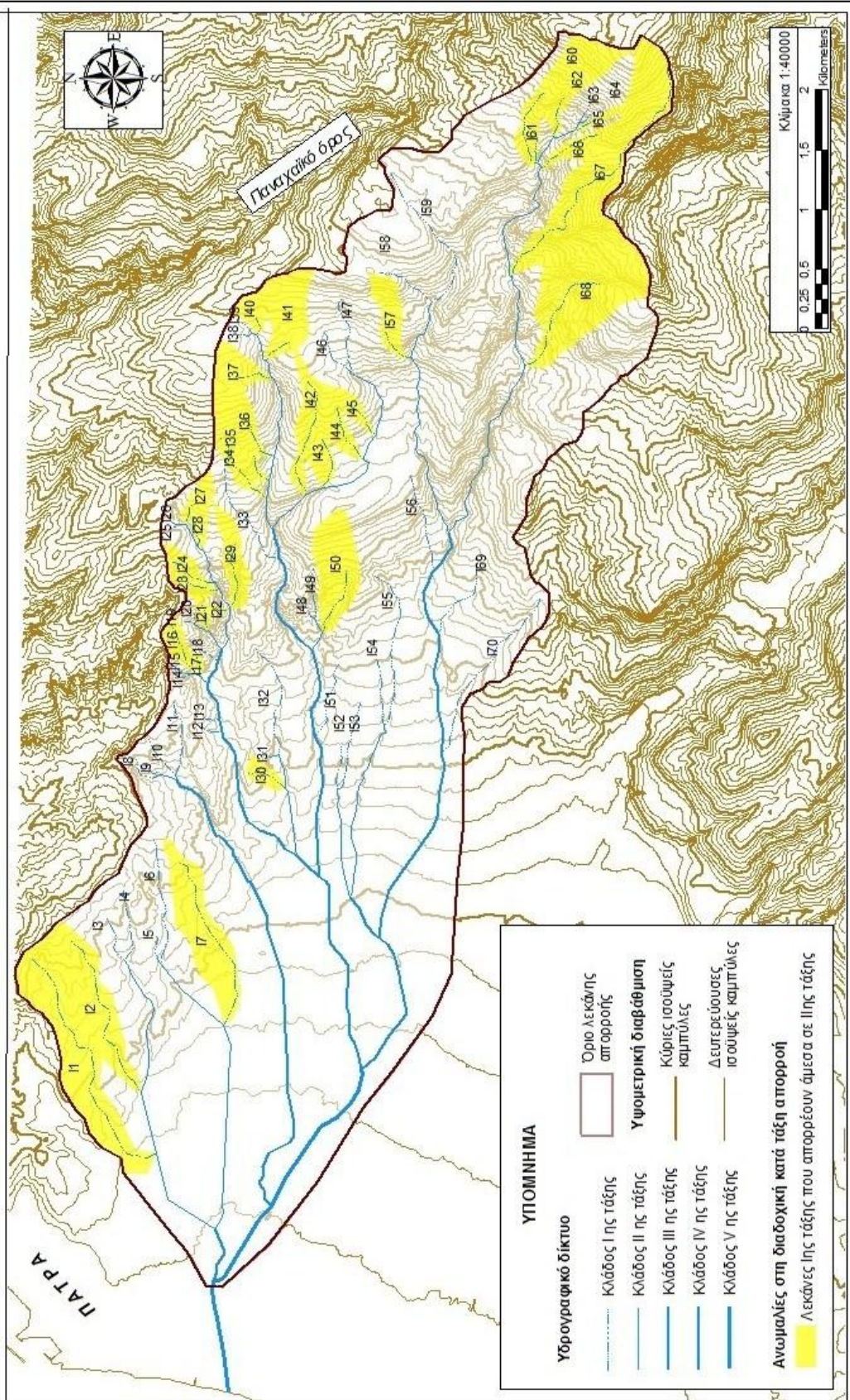
Πίνακας 9. Ανωμαλίες στην διαδοχική κατά τάξη απορροή: Μήκη κλάδων 1^{ης} τάξης που απορρέουν άμεσα σε κλάδους 2^{ης} τάξης και τα αντίστοιχα εμβαδά των λεκανών απορροής.

Κλάδος	Μήκος κλάδου (m)	Ποσοστό (%)	Έκταση λεκάνης απορροής (m ²)	Ποσοστό (%)
I1	2.225,09	5,72%	635.494,52	6,09%
I2	1.533,40	3,94%	372.671,65	3,57%
I7	1.570,88	4,04%	390.764,84	3,74%
I16	461,71	1,19%	66.570,32	0,64%
I17	172,64	0,44%	13.238,91	0,13%
I21	232,79	0,60%	24.825,65	0,24%
I22	162,25	0,42%	9.430,65	0,09%
I23	372,49	0,96%	55.481,93	0,53%
I24	407,11	1,05%	55.405,54	0,53%
I27	240,76	0,62%	56.516,48	0,54%
I28	293,79	0,76%	40.603,58	0,39%
I29	566,05	1,46%	135.939,61	1,30%
I30	364,34	0,94%	53.928,01	0,52%
I34	704,54	1,81%	105.771,39	1,01%
I35	295,25	0,76%	82.278,95	0,79%
I36	464,73	1,19%	87.114,86	0,83%
I37	299,98	0,77%	121.075,20	1,16%
I40	159,71	0,41%	83.451,88	0,80%
I41	266,42	0,68%	216.794,48	2,08%
I42	1.056,86	2,72%	154.997,11	1,48%
I43	459,94	1,18%	90.893,14	0,87%
I44	527,76	1,36%	95.699,66	0,92%
I45	339,06	0,87%	48.333,67	0,46%
I50	611,85	1,57%	290.591,97	2,78%
I57	349,37	0,90%	124.931,02	1,20%
I60	725,18	1,86%	175.842,60	1,68%
I61	339,29	0,87%	30.485,84	0,29%
I62	368,01	0,95%	156.305,89	1,50%
I65	236,84	0,61%	22.819,63	0,22%
I66	596,19	1,53%	83.452,81	0,80%
I67	2.458,24	6,32%	723.329,86	6,93%
I68	1.072,07	2,76%	661.734,27	6,34%
Σύνολα 1^{ης} τάξης:	19.934,59	51,24%	5.266.775,90	50,46%
Ποσοστό επί του συνολικού δικτύου	-	24,93%	-	19,63%

Από τον παραπάνω Πίνακα 9 παρατηρείται ότι οι 32 κλάδοι 1^{ης} τάξης αποτελούν μια σημαντική ανωμαλία στην διαδοχική κατά τάξη απορροή καθώς απορρέουν άμεσα σε κλάδους 2^{ης} τάξης. Τόσο το μήκος των κλάδων αυτών όσο και η έκταση που αποστραγγίζουν, παρουσιάζουν αυξημένο ποσοστό το οποίο υπερβαίνει το 50% του συνόλου της 1^{ης} τάξης. Κάτι τέτοιο αποτελεί σημαντική ανωμαλία στην οργάνωση του υδρογραφικού δικτύου αυξάνοντας την πλημμυρική παροχή. Αυτό σημαίνει ότι σε περίπτωση έντονης βροχόπτωσης η επιφανειακή απορροή που προκύπτει από την αποστράγγιση του 50,5 % -περίπου- έκτασης των κλάδων 1^{ης} τάξης (που αντιστοιχεί στο 19,6% της συνολικής έκτασης της λεκάνης) απορρέει στις ήδη επιβαρυνμένες κοίτες των κλάδων 2^{ης} τάξης, αυξάνοντας την παροχή τους.

Οι συγκεκριμένοι κλάδοι απεικονίζονται χωρικά στον *Χάρτη 6*. Παρατηρώντας τον *Χάρτη 6*, οι κλάδοι αυτοί βρίσκονται ως επί το πλείστον, διάσπαρτοι στο βόρειο τμήμα του άνω ρου. Η τοπογραφία της περιοχής αυτής χαρακτηρίζεται από μεγάλη κλίση, ενώ η υδροπερατότητα των πετρωμάτων είναι κυμαινόμενη. Χαρακτηριστικό είναι ότι οι λεκάνες που αποστραγγίζουν αυτούς τους κλάδους είναι μικρής έκτασης καθώς έχουν μικρό πλάτος και σχήμα επίμηκες.

**ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ ΣΤΗ ΔΙΑΔΟΧΙΚΗ ΚΑΤΑ ΤΑΞΗ ΑΠΟΡΡΟΗ:
ΑΜΕΣΗ ΑΠΟΡΡΟΗ ΚΛΑΔΩΝ 1ης ΤΑΞΗΣ ΣΕ ΚΛΑΔΟΥΣ 2ης ΤΑΞΗΣ**



Χάρτης 6. Ανωμαλίες στη διαδοχική κατά τάξη απορροή κλάδων 1^{ης} τάξης σε κλάδους 2^{ης} τάξης.

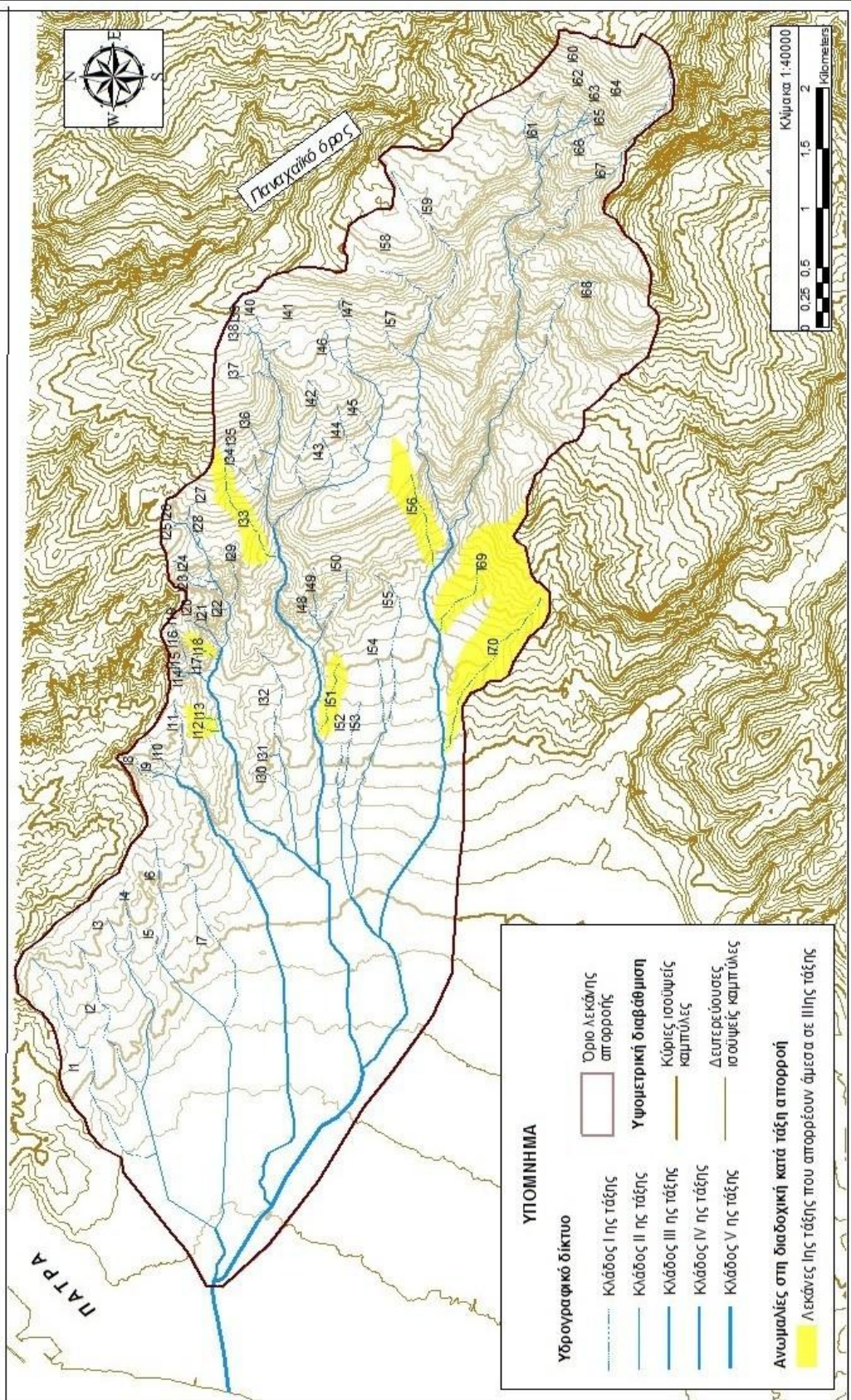
Ομοίως, παρατηρήθηκε ότι υπάρχουν και κλάδοι 1^{ης} τάξης, οι οποίοι απορρέουν άμεσα σε κλάδους 3^{ης} τάξης. Η ανωμαλία αυτή εντοπίστηκε σε 8 κλάδους 1^{ης} τάξης οι οποίοι απορρέουν άμεσα σε κλάδους 3^{ης}. Το γεγονός αυτό ήδη προκαλεί επιβάρυνση της παροχής των κοιτών 3^{ης} τάξης αυξάνοντας την πλημμυρική παροχή. Ο ακόλουθος Πίνακας 10 περιλαμβάνει τους κλάδους αυτούς, καθώς και το μήκος και την έκταση που καταλαμβάνουν τόσο σε σχέση με το σύνολο των κλάδων 1^{ης} τάξης, όσο και με ολόκληρη τη λεκάνη απορροής.

Πίνακας 10. Ανωμαλίες στην διαδοχική κατά τάξη απορροή: Μήκη κλάδων 1ης τάξης που απορρέουν άμεσα σε κλάδους 3ης τάξης και τα αντίστοιχα εμβαδά των λεκανών απορροής.

Κλάδος	Μήκος κλάδου (m)	Ποσοστό (%)	Έκταση λεκάνης απορροής (m ²)	Ποσοστό (%)
I12	206,68	0,53%	37.453,01	0,36%
I13	196,41	0,50%	19.949,69	0,19%
I18	301,26	0,77%	32.033,06	0,31%
I33	973,78	2,50%	185.242,27	1,77%
I51	684,14	1,76%	104.317,46	1,00%
I56	844,46	2,17%	205.919,78	1,97%
I69	779,98	2,00%	393.854,07	3,77%
I70	1.617,79	4,16%	481.386,03	4,61%
Σύνολο 1^{ης} τάξης:	5.604,49	14,41%	1.460.155,37	13,99%
Ποσοστό επί του συνολικού δικτύου	-	7,01%	-	5,44%

Από τον παραπάνω Πίνακα 10, φαίνεται ότι οι κλάδοι 1^{ης} τάξης που απορρέουν άμεσα σε 3^{ης} αποτελούν ένα μεγάλο ποσοστό, περί το 14% του συνόλου της 1^{ης} τάξης των κλάδων, τόσο στο μήκος τους όσο και στην έκταση που καλύπτουν οι αντίστοιχες λεκάνες απορροής. Η ανωμαλία αυτή αποτελεί μια φυσική αιτία για την αυξημένη πλημμυρογέννεση καθώς ενισχύει την πλημμυρική παροχή των κοιτών 3^{ης} τάξης του δικτύου του Διακονιάρη. Η γεωγραφική θέση αυτών των κλάδων απεικονίζονται στον ακόλουθο Χάρτη 7. Παρατηρείται ότι οι κλάδοι αυτοί βρίσκονται διάσπαρτοι στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης, σε περιοχές με μεγάλη κλίση και χαρακτηρίζονται από μικρή έκταση καθώς έχουν σχήμα επίμηκες και μικρό πλάτος.

**ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ ΣΤΗ ΔΙΑΔΟΧΙΚΗ ΚΑΤΑ ΤΑΞΗ ΑΠΟΡΡΟΗ:
ΑΜΕΣΗ ΑΠΟΡΡΟΗ ΚΛΑΔΩΝ 1ης ΤΑΞΗΣ ΣΕ ΚΛΑΔΟΥΣ 3ης ΤΑΞΗΣ**



Χάρτης 7. Ανωμαλίες στη διαδοχική κατά τάξη απορροή: Άμεση απορροή κλάδων 1^{ης} τάξης σε κλάδους 3^{ης} τάξης

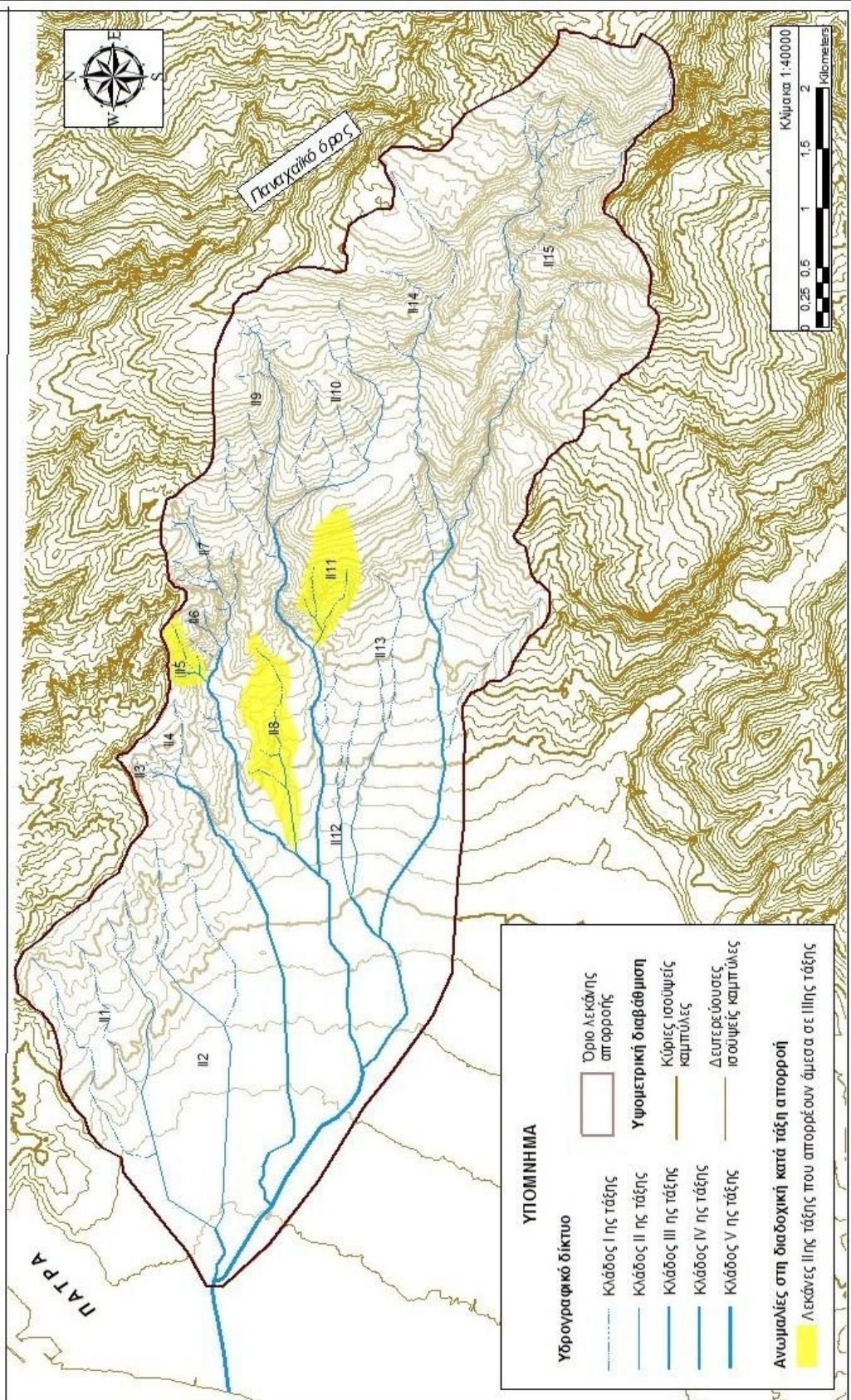
Εκτός από τους κλάδους 1^{ης} τάξης, ανωμαλίες στη διαδοχική κατά τάξη απορροή εντοπίστηκαν και στους κλάδους 2^{ης} τάξης. Από τους 15 κλάδους οι τρεις (3) από αυτούς συμβάλλουν απευθείας σε κλάδους 3^{ης} τάξης χωρίς να τους δημιουργούν. Ο ακόλουθος Πίνακας 11 παρουσιάζει σε απόλυτη τιμή και σε ποσοστό επί του συνόλου των κλαδών 2^{ης} τάξης, το μήκος και την έκταση που καταλαμβάνουν εντός της λεκάνης απορροής.

Πίνακας 11. Ανωμαλίες στην διαδοχική κατά τάξη απορροή: Μήκη κλάδων 2^{ης} τάξης που απορρέουν άμεσα σε κλάδους 3^{ης} τάξης και τα αντίστοιχα εμβαδά των λεκανών απορροής.

Κλάδος	Μήκος κλάδου (m)	Ποσοστό (%)	Έκταση λεκάνης απορροής (m ²)	Ποσοστό (%)
Π5	175,33	0,85%	132.291,23	0,77%
Π8	876,91	4,23%	526.948,62	3,07%
Π11	303,25	1,46%	382.864,16	2,23%
Σύνολα 2^{ης} τάξης:	1.355,49	6,54%	1.042.104,01	6,07%
Ποσοστό επί του συνολικού δικτύου	-	1,69%	-	3,88%

Αν και 3 από συνολικά 15 κλάδους 2^{ης} τάξης, δηλαδή το 20% αυτών των κλάδων, παρουσιάζει ανωμαλία στη διαδοχική κατά τάξη απορροή, παρατηρείται ωστόσο ότι το μήκος και η έκταση που αποστραγγίζουν είναι σημαντικά μικρότερα σε ποσοστό. Κατ'επέκταση οι κλάδοι 2^{ης} τάξης αν και παρουσιάζουν ανωμαλία, το μικρό ποσοστό τους αποτελεί ένδειξη ότι δεν ευθύνονται για την ανωμαλία στην οργάνωση του υδρογραφικού δικτύου. Ο ακόλουθος Χάρτης 8 απεικονίζει τη γεωγραφική θέση των λεκανών αυτών. Παρατηρείται ότι στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης ο κλάδος Π₈, ο οποίος είναι εμφανώς μεγαλύτερος σε μήκος και έκταση, έχει τα χαρακτηριστικά που ήδη αναφέρθηκαν στις προηγούμενες περιπτώσεις ανωμαλίας: μικρό πλάτος και σχήμα επίμηκες.

**ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ ΣΤΗ ΔΙΑΔΟΧΙΚΗ ΚΑΤΑ ΤΑΞΗ ΑΠΟΡΡΟΗ:
ΑΜΕΣΗ ΑΠΟΡΡΟΗ ΚΛΑΔΩΝ 2ης ΤΑΞΗΣ ΣΕ ΚΛΑΔΟΥΣ 3ης ΤΑΞΗΣ**



Χάρτης 8. Ανωμαλίες στη διαδοχική κατά τάξη απορροή κλάδων 2^{ης} τάξης σε κλάδους 3^{ης} τάξης

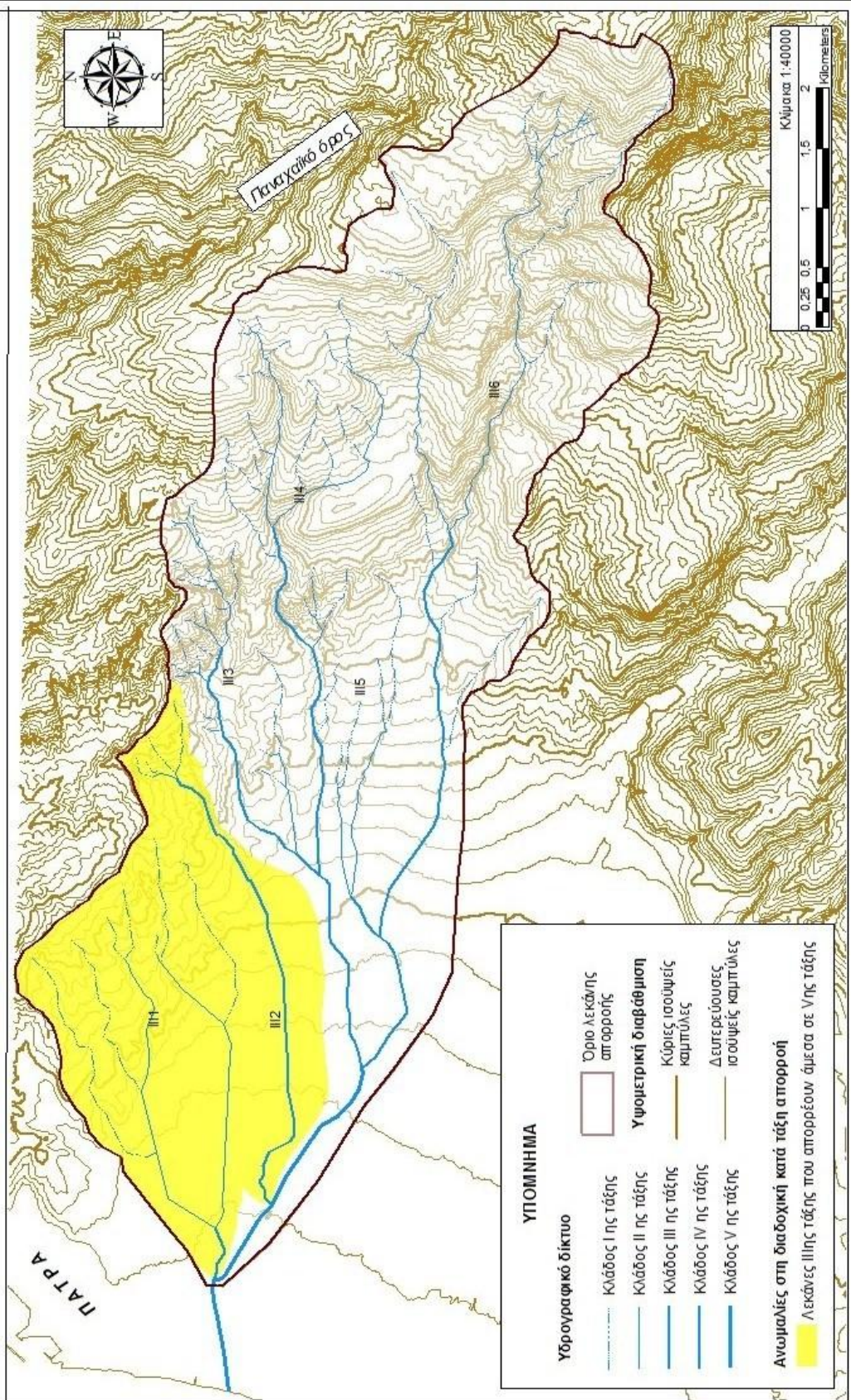
Τέλος, και κλάδοι 3^{ης} τάξης απορρέουν άμεσα σε κλάδους μεγαλύτερης τάξης, ενισχύοντας την παροχή τους σε περιπτώσεις βροχοπτώσεων. Από τους 6 κλάδους 3^{ης} τάξης οι δυο συμβάλλουν απευθείας στον κεντρικό κλάδο 5^{ης} τάξης. Ο ακόλουθος Πίνακας 12 παρουσιάζει σε απόλυτη τιμή και σε ποσοστό επί του συνόλου των κλαδών 3^{ης} τάξης, το μήκος και την έκταση που καταλαμβάνουν εντός της λεκάνης απορροής.

Πίνακας 12. Ανωμαλίες στην διαδοχική κατά τάξη απορροή: Μήκη κλάδων 3^{ης} τάξης που απορρέουν άμεσα στον κεντρικό κλάδο 5^{ης} τάξης και τα αντίστοιχα εμβαδά των λεκανών απορροής.

Κλάδος	Μήκος κλάδου (m)	Ποσοστό (%)	Έκταση λεκάνης απορροής (m ²)	Ποσοστό (%)
III1	472,92	3,35%	4.370.326,86	17,84%
III2	4.058,61	28,73%	2.442.028,81	9,97%
Σύνολο 3^{ης} τάξης:	4.531,53	32,08%	6.812.355,66	27,81%
Ποσοστό επί του συνολικού δικτύου	-	5,67%	-	25,39%

Συμφωνα με τα παραπάνω παρατηρείται ότι το 32% του συνολικού μήκους κλαδών 3^{ης} τάξης απορρέει άμεσα στον κεντρικό κλάδο 5^{ης} τάξης. Το ποσοστό αυτό ενισχύεται σημαντικά κυρίως από τον κλάδο III₂ ο οποίος είναι κατά πολύ μεγαλύτερος σε μήκος κοίτης από τον κλάδο III₁. Ωστόσο παρατηρείται ότι η λεκάνες απορροής των δυο αυτών κλάδων είναι αντιστρόφως ανάλογες του μήκους τους, γεγονός που ενισχύει την ανωμαλία στην οργάνωση του δικτύου και των λεκανών απορροής και αποτελεί σημαντικό παράγοντα για αυξημένη πλημμυρική παροχή. Οι κλάδοι αυτοί εντοπίζονται γεωγραφικά στο Χάρτη 9 που ακολουθεί. Είναι σημαντικό το γεγονός ότι η συμβολή των κλάδων αυτών με την κεντρική κοίτη του Διακονιάρη γίνεται στον κάτω ρου του, σε μια περιοχή που έχει ήδη υποστεί τις αρνητικές επιπτώσεις της αστικοποίησης. Η επιφανειακή απορροή που προκύπτει από περίπου 7 km², σε περίπτωση έντονης βροχόπτωσης, προστίθενται στην κεντρική κοίτη του χειμάρρου, σε μια περιοχή μικρής κλίσης αυξάνοντας την παροχή σημαντικά.

**ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ ΣΤΗ ΔΙΑΔΟΧΙΚΗ ΚΑΤΑ ΤΑΞΗ ΑΠΟΡΡΟΗ:
ΑΜΕΣΗ ΑΠΟΡΡΟΗ ΚΛΑΔΩΝ 3ης ΤΑΞΗΣ ΣΤΟΝ ΚΛΑΔΟ 5ης ΤΑΞΗΣ**



Χάρτης 9. Ανωμαλίες στη διαδοχική κατά τάξη απορροή: Άμεση απορροή κλάδων 3^{ης} τάξης σε κλάδους 5^{ης} τάξης

5.3. ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΩΝ ΚΛΑΔΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΔΙΑΚΟΝΙΑΡΗ

Για την μελέτη επιδεκτικότητας στον πλημμυρικό κίνδυνο μιας λεκάνης απορροής είναι απαραίτητο να υπολογιστούν και οι υπόλοιπες μορφομετρικές παράμετροι ώστε να προκύψει, εντέλει ένα ορθό συμπέρασμα που θα είναι σε θέση να εξηγήσει τα πλημμυρικά γεγονότα του παρελθόντος. Οι παράμετροι αυτές αναλύονται μια προς μια ακολούθως.

5.3.1. Υδρογραφική πυκνότητα (D)

Υδρογραφική πυκνότητα (Drainage Density) μπορεί να οριστεί ως ο λόγος του συνολικού μήκους όλων των κλάδων του δικτύου μιας λεκάνης απορροής προς το εμβαδόν της λεκάνης αυτής. Η μαθηματική έκφραση αυτής της ποσοτικής παραμέτρου δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$D = \frac{(\Sigma L)_u}{A_u} \quad (\text{σε } km^{-1})$$

Η υδρογραφική πυκνότητα χαρακτηρίζεται ως υψηλή, μέση ή χαμηλή ανάλογα με την τιμή που θα υπολογιστεί. Γενικά, οι τιμές που μπορεί να λάβει η υδρογραφική πυκνότητα ποικίλουν, έτσι ανάλογα με αυτές διακρίνουμε:

- **Χαμηλή υδρογραφική πυκνότητα**, με τιμές από 3 έως 4 (αφορά περιοχές με σκληρά πετρώματα και πυκνή βλάστηση)
- **Μέση υδρογραφική πυκνότητα**, με τιμές από 8 έως 16 (αφορά περιοχές με μαλακά πετρώματα και πυκνή βλάστηση)
- **Υψηλή υδρογραφική πυκνότητα**, με τιμές από 30 έως 50 (αφορά περιοχές με μαλακά πετρώματα και υψηλό ανάγλυφο, χωρίς βλάστηση)

(ΠΗΓΗ: Ζούρος, 2003)

Στην περίπτωση του Διακονιάρη η εφαρμογή της παραπάνω εξίσωσης έδωσε το ακόλουθο αποτέλεσμα:

Πίνακας 13. Μέση τιμή της Υδρογραφικής πυκνότητα (D) ανά τάξη.

Τάξη κλάδου	Υδρογραφική πυκνότητα (D)
I	3,73
II	1,21
III	0,58
IV	0,16
V	0,12

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται ότι η υδρογραφική πυκνότητα που αφορά τον Διακονιάρη είναι χαμηλή, καθώς σε όλες τις τάξεις οι τιμές κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα και διατηρούν πολύ μικρό εύρος από 0,12 – 3,73 km⁻¹.

5.3.2. Υδρογραφική Συχνότητα (F)

Υδρογραφική συχνότητα (Drainage Frequency) μπορεί να οριστεί ως ο λόγος του συνολικού αριθμού των κλάδων μιας λεκάνης απορροής προς το εμβαδόν της λεκάνης αυτής. Η μαθηματική έκφραση αυτής της ποσοτικής παραμέτρου δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$F = \frac{(\sum N)_u}{A_u} \quad (\text{σε } km^{-2})$$

Το πλήθος των κλάδων, το οποίο αποτελεί τον καθοριστικό παράγοντα της συχνότητας, εξαρτάται από τους ίδιους παράγοντες από τους οποίους εξαρτώνται και οι τιμές της υδρογραφικής πυκνότητας, δηλαδή την σκληρότητα των πετρωμάτων που συνιστούν την λεκάνη απορροής, την βλάστηση και το ανάγλυφο της περιοχής.

Αντίστοιχα για κάθε τάξη υπολογίστηκε η υδρογραφική συχνότητα:

Πίνακας 14. Μέσες τιμές της Υδρογραφικής συχνότητας (F) ανά τάξη.

Τάξη κλάδου	Υδρογραφική συχνότητα (F)
I	6,71
II	0,87
III	0,24
IV	0,1
V	0,04

Αντίστοιχα και στην περίπτωση της υδρογραφικής συχνότητας, παρατηρείται ότι οι τιμές είναι πολύ χαμηλές και έχουν εξαιρετικά μικρό εύρος, από 0,04 – 6,71 km⁻².

Οι δυο αυτές παράμετροι, η υδρογραφική πυκνότητα και η υδρογραφική συχνότητα συνθέτουν την υδρογραφική υφή μιας λεκάνης αποστράγγισης. Οι υψηλές τιμές της πυκνότητας και της συχνότητας είναι ένδειξη λεπτής υδρογραφικής υφής ενώ αντίθετα, οι αντίστοιχες χαμηλές τιμές χαρακτηρίζουν τραχεία υδρογραφική υφή. Οι παράμετροι της υδρογραφικής υφής εξαρτώνται από το κλίμα της περιοχής της λεκάνης αποστράγγισης, τις φυσικές ιδιότητες του πετρώματος, το είδος του εδάφους, το είδος της βλάστησης και την τοπογραφία. Περιοχές λεπτής υδρογραφικής υφής είναι περιοχές που αποτελούνται από αδιαπέρατους λιθολογικούς σχηματισμούς και χαρακτηρίζονται από φτωχή και ελλειπή βλάστηση και μεγάλο ύψος βροχής. Οι περιοχές αυτές παρουσιάζουν υψηλή επιδεκτικότητα στον πλημμυρικό κίνδυνο. Σε αυτό συμβάλλει και οι αλλαγές στην κάλυψη γης μέσω της ανθρώπινης παρέμβασης και της μεταβολής των χρήσεων γης. Δραστηριότητες όπως η υλοτομία, οι εκχερσώσεις για καλλιέργεια και η υπερβόσκηση έχουν την δυνατότητα να δημιουργήσουν υποτυπώδεις χειμάρρους μετά από παρατεταμένη βροχόπτωση και εφόσον οι συνθήκες ευνοούν, να προκληθεί πλημμύρα (Ζούρος, 2003).

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 6

Α Ν Θ Ρ Ω Π Ο Γ Ε Ν Ε Ι Σ Π Α Ρ Ε Μ Β Α Σ Ε Ι Σ

Εκτός από των φυσικών αιτίων για τις πλημμύρες που περιλαμβάνει τις ποσοτικές εκτιμήσεις και τις γεωμορφολογική ανάλυση του δικτύου, μεγάλη ευθύνη για την άυξηση της συχνότητας και της έντασης των πλημμύρων στη Νοτιοδυτική Πάτρα φέρουν και οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις. Για το λόγο αυτό κρίθηκε απαραίτητη η επισκόπηση όλων εκείνων των παρεμβάσεων που έχουν επηρεάσει και αλλοιώσει την περιοχή.

Ο Διακονιάρης παρά το γεγονός ότι σε αίθριες συνθήκες μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα ήπιας μορφής ρέμα περιοδικής ροής, σε περιπτώσεις έντονης βροχόπτωσης μπορεί να μετατραπεί σε φονικό χείμαρρο. Η αντίφαση αυτή οφείλεται τόσο στη μορφή του χείμαρρου όσο και στους ποσοτικούς και μορφολογικούς παράγοντες που αναλύθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο όσο και στην τροποποίηση του γενικότερου τοπίου και τις χρήσεις γης έπειτα από την ανθρώπινη παρέμβαση. Ο χείμαρρος είναι τυπικά Μεσογειακού τύπου, εφήμερος με παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας, γεγονός που τον καθιστά επιρρεπή στην πλημμυρογένεση. Η παρατεταμένη ανθρώπινη παρέμβαση και η αστικοποίηση στην περιοχή της Πάτρας που υπήρξε ιδιαίτερα έντονη από τις αρχές της δεκαετίας του 1960 έχουν τροποποιήσει τον μεσαίο και κατώτερο ρου του χείμαρρου. Για τους λόγους αυτούς, όλα αυτά τα χρόνια ο Διακονιάρης παρουσιάζει αστάθεια ωστόσο τρεις φορές έχουν σημειωθεί σοβαρά πλημμυρικά γεγονότα τα οποία ήδη παρουσιάστηκαν σε προηγούμενο Κεφάλαιο.

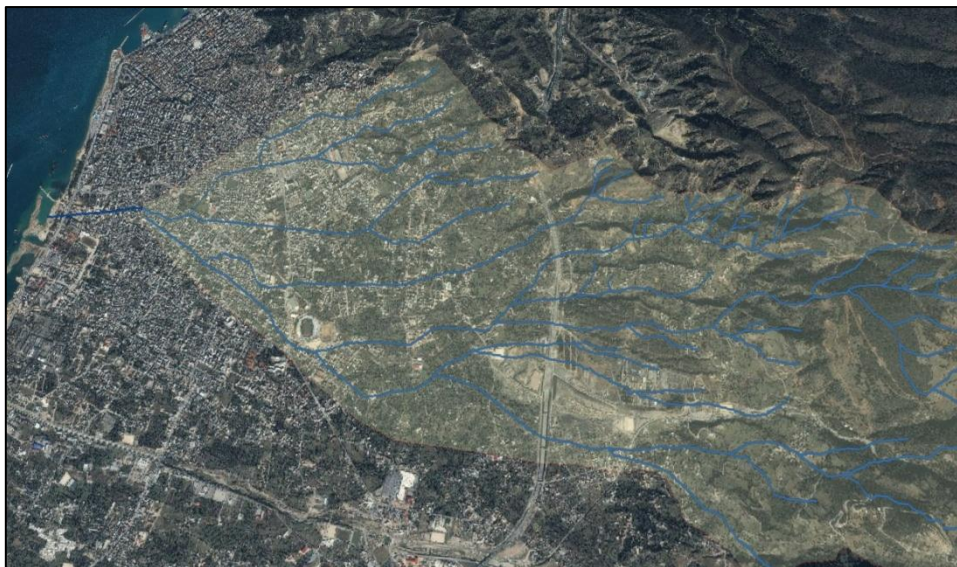
Από τις αρχές της δεκαετίας του 1960, η πόλη της Πάτρας σημειώνει θετικούς ρυθμούς ανάπτυξης. Ο πληθυσμός της αυξάνεται ραγδαία και η πόλη έχει όλα τα

τυπικά χαρακτηριστικά του Ελληνικού αναπτυσσόμενου αστικού κέντρου. Διαθέτει ένα αρκετά ισχυρό και πυκνοδομημένο κέντρο το οποίο παρουσιάζει έλλειψη σε ακάλυπτους χώρους. Λόγω των έκτακτων εισροών πληθυσμού κατά καιρούς (εσωτερική μετανάστευση, πρόσφυγες, σεισμοπαθείς κλπ.) η πόλη αναπτύσσεται και επεκτείνεται χωρίς ουσιαστικό έλεγχο. Συνεπώς, είναι προφανές, ότι οι φυσικές κοίτες του κάτω ρου του Διακονιάρη έχουν υποστεί της αρνητικές επιπτώσεις της αστικοποίησης για την κάλυψη των αναγκών του διαρκώς αυξανόμενου πληθυσμού και κυρίως για την εύρεση χώρου δόμησης κατοικίας.



Εικόνα 29. Οι Νοτιοδυτικές συνοικίες της Πάτρας στις απαρχές της εξάπλωσης τους (από αεροφωτογραφία του 1959). Με μπλε χρώμα απεικονίζεται η θέση του κεντρικού κλάδου του Διακονιάρη. (ΠΗΓΗ: Despiniadou & Athanasopoulou, 2006)

Η ακόλουθη εικόνα δείχνει τη σημερινή κατάσταση της λεκάνης απορροής. Ο κάτω ρους έχει υποστεί ανθρώπινες παρεμβάσεις επηρεάζοντας τη φυσική απορροή των νερών του χειμάρρου. Είναι χαρακτηριστικό ότι ακόμα και ο Εθνικός οδικός άξονας διέρχεται κάθετα τις φυσικές κοίτες του δικτύου, εμποδίζοντας με αυτό τον τρόπο τη φυσική απορροή.



Εικόνα 30. Ανθρωπογενείς παρεμβάσεις (αστικοποίηση, δημόσια έργα κ.α.) που επηρεάζουν την κοίτη του κάτω ρου του Διακονιάρη, αυξάνοντας την πλημμυρική παροχή του (ΠΗΓΗ: ArcGlobe). Στη δορυφορική εικόνα απεικονίζεται και η λεκάνη απορροής του χείμαρρου.

Όπως προαναφέρθηκε, το φαινόμενο της αστικοποίησης αυξάνει την πιθανότητα κινδύνου πλημμύρας σε μια περιοχή, όπως και στην Πάτρα. Οι εκτεταμένες αδιαπέρατες επιφάνειες μιας αστικής περιοχής ευνοούν την αύξηση της επιφανειακής απορροής. Η πυκνή δόμηση σε συνδυασμό με τους περιορισμένους χώρους πράσινου μειώνει και περιορίζει σημαντικά την κατείσδυση των υδάτων προκαλώντας πλημμύρα. Σε αυτή την εξέλιξη συμβάλλει και η ανυπαρξία επαρκών αγωγών αποχέτευσης ομβρίων υδάτων. Στην περίπτωση του Διακονιάρη ο κάτω ρους του χείμαρρου είναι εξολοκλήρου δομημένος, γεγονός που δικαιολογεί την αυξημένη πλημμυρική παροχή, σε συνδυασμό με τη μικρή κλίση του εδάφους και όλα εκείνα τα γεωμορφολογικά στοιχεία που αναλύθηκαν σε προηγούμενο Κεφάλαιο και αποτελούν τα φυσικά αίτια ενός πλημμυρικού γεγονότος.



Εικόνα 31. Η λεωφόρος Ελ. Βενιζέλου, ως κεντρικός δρόμος διασχίζει το Νοτιοδυτικό τμήμα της Πάτρας, ακολουθώντας την ίδια διεύθυνση με τον χείμαρρο Διακονιάρη. Για την κατασκευή του δρόμου έγινε πλήρης κάλυψη της κεντρικής κοίτης του χείμαρρου. (ΠΗΓΗ: Despiniadou & Athanasopoulou, 2006)



Εικόνα 32. Οι εκβολές του χείμαρρου και η κεντρική λεωφόρος Ελ. Βενιζέλου, η οποία καλύπτει εξ'ολοκλήρου την κεντρική κοίτη του χείμαρρου με την κατασκευή της. (ΠΗΓΗ: Despiniadou & Athanasopoulou, 2006)

Σε γενικές γραμμές, οι ανθρώπινες παρεμβάσεις έχουν να κάνουν με τον εγκιβωτισμό, τον περιορισμό, την καταπάτηση ή και το μπάζωμα, καθώς και την οικοπεδοποίηση μεγάλου τμήματος της φυσικής κοίτης του ποταμού καθώς και

κατασκευή διάφορων υποδομών και δρόμων που επηρεάζουν τη φυσική ροή των υδάτων. Η φυσική κοίτη μπορεί να περιοριστεί από οποιοδήποτε έργο ή κατασκευή. Στην περίπτωση του Διακονιάρη είναι χαρακτηριστικό ότι ο φυσικός ρόλος της λεκάνης απορροής έχει χαθεί λόγω της ανάπτυξης του αστικού ιστού της πόλης. Όλες αυτές οι ανθρώπινες ενέργειες έχουν μεταβάλλει με τρόπο μη αναστρέψιμο τις γεωμορφολογικές συνθήκες του χειμάρρου συστήματος με αποτέλεσμα να έχει διαταραχθεί η ισορροπία του με το φυσικό περιβάλλον (Σταματόπουλος, 2005).



Εικόνα 33. Εγκιβωτισμός σε τμήμα του χειμάρρου. (ΠΗΓΗ: attacktv.gr)

Με βάση τα προαναφερθέντα και σε συνάρτηση με τα φυσικά του χαρακτηριστικά και τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες, είναι προφανές ότι ο χείμαρρος Διακονιάρη μπορεί να χαρακτηριστεί ως επιρρεπής σε πλημμύρες, γεγονός που τον καθιστά ιδιαίτερα επικίνδυνο για την περιοχή από την οποία διέρχεται και κυρίως για το τμήμα που χαρακτηρίζεται από έντονη ανθρώπινη δραστηριότητα. Τις τελευταίες δεκαετίες που ο πλημμυρικός κίνδυνος έχει κάνει την εμφάνισή του, είναι σαφές ότι οι παράγοντες –γεωμορφολογικοί, γεωλογικοί, υδρολογικοί, ανθρωπογενείς– που ενισχύουν την εκδήλωση πλημμυρικών γεγονότων δεν έχουν αξιολογηθεί επαρκώς.

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 7

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα τελευταία 50 χρόνια, μαζί με την ανάπτυξη του αστικού ιστού του Νοτιοδυτικού τμήματος της πόλης της Πάτρας έκαναν και την εμφάνιση τους έντονα πλημμυρικά φαινόμενα, τα οποία οφείλονται στις πλημμυρικές παροχές του χειμάρρου Διακονιάρη, μετά από ακραία μετεωρολογικά φαινόμενα. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επιδεκτικότητα του χειμάρρου αυτού ως προς τον πλημμυρικό κίνδυνο. Τα αποτελέσματα των ποσοτικών γεωμορφολογικών μετρήσεων και των διάφορων μορφομετρικών παραμέτρων είναι ικανά να εξηγήσουν εν μέρει την αυξημένη συχνότητα εμφάνισης του φυσικού αυτού κινδύνου.

Ο Διακονιάρης είναι ένας εφήμερος χείμαρρος 5^{ης} τάξης, παράλληλης μορφής, ο οποίος μετά από έντονα μετεωρολογικά φαινόμενα δίνει μεγάλες πλημμύρες. Από τη χαρτογράφηση της υδρολογικής λεκάνης που αποστραγγίζει το χείμαρρο και τις ποσοτικές αναλύσεις του υδρογραφικού δικτύου του χείμαρρου που πραγματοποιήθηκαν προέκυψε ότι σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του υδρογραφικού δικτύου παίζει η τοπογραφία της περιοχής, η γεωλογία και το κλίμα. Από τη μελέτη της διαδοχικής κατά τάξη απορροής παρατηρείται ότι το δίκτυο στο σύνολο του παρουσιάζει ανωμαλίες στην οργάνωση του. Στα ανάντη-ορεινά τμήματα της λεκάνης παρουσιάζεται μεγάλος αριθμός κλάδων 1^{ης} τάξης οι οποίοι απορρέουν άμεσα σε κλάδους μεγαλύτερης τάξης, αλλά και κλάδοι 3^{ης} τάξης που συμβάλλουν με τον Κεντρικό κλάδο 5^{ης} τάξης. Οι λεκάνες που αποστραγγίζουν αυτούς τους κλάδους βρίσκονται σε περιοχή όπου χαρακτηρίζεται από έντονο ανάγλυφο και μεγάλες μορφολογικές κλίσεις, γεγονός που συντελεί στην αυξημένη πλημμυρική παροχή και την άφιξη της επιφανειακής απορροής σε σύντομο σχετικά χρόνο στην περιοχή του οικιστικού ιστού. Στην περίπτωση αυτή αυξάνεται η ταχύτητα της επιφανειακής

απορροής προς την κεντρική κοίτη του χειμάρρου η οποία διέρχεται εξολοκλήρου μέσα από τον αστικό ιστό του Νοτιοδυτικού τμήματος της Πάτρας.

Τόσο η υδρολογική λεκάνη, όσο και οι περισσότερες υπολεκάνες των κλάδων του δικτύου, έχουν σχήμα επιμηκες με περιορισμένο εμβαδό. Αυτό σημαίνει ότι δεν έχουν αναπτυχθεί πλήρως, βρίσκονται σε επιφάνεια με έντονο ανάγλυφο και μεγάλες κλίσεις στα ορεινά τους τμήματα και για τον λόγο αυτό παρατηρούνται μεγάλες αποκλίσεις των πραγματικών απόλυτων τιμών σε μήκος και έκταση από τις ιδανικές, που θα χαρακτήριζαν το δίκτυο υπό φυσιολογικές συνθήκες εξέλιξης. Η υδρογραφική πυκνότητα και η υδρογραφική συχνότητα που συνθέτουν την υδρογραφική υφή της λεκάνης απορροής, ως υπολογιζόμενες παράμετροι δεν παρουσίασαν μεγάλο εύρος. Σε γενικές γραμμές οι παράμετροι αυτές έχουν χαμηλές μέσες τιμές ανά τάξη οι οποίες χαρακτηρίζουν την τραχεία υδρογραφική υφή. Με αυτό τον χαρακτηρισμό και χωρίς την παράμετρο της ανθρώπινης παρέμβασης ο χείμαρρος ενδεχομένως να είχε περιορισμένη πλημμυρική δραστηριότητα.

Οι πλημμυρικές παροχές του χειμάρρου εκδηλώνονται στα κατάντη, που λόγω της αυξημένης ανθρωπογενούς δραστηριότητας η φυσική έκταση της λεκάνης απορροής έχει μετατραπεί σε αστική. Με δεδομένο ότι τα νερά συρρέουν στα κατάντη με μεγάλη ταχύτητα, λόγω των υπάρχουσων φυσικών, γεωμορφολογικών και τοπογραφικών χαρακτηριστικών των ανάντη τμημάτων του δικτύου, οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις εντείνουν τον πλημμυρικό κίνδυνο. Οι ανθρώπινες παρεμβάσεις έχουν μεταβάλλει το τοπίο και τις γεωμορφολογικές συνθήκες του χειμάρρου συστήματος με τρόπο μη αναστρέψιμο. Το γεγονός αυτό αποτελεί και το σημαντικότερο παράγοντα για τη συχνότητα και την ένταση των πλημμυρικών φαινομένων στην περιοχή τα τελευταία 50 χρόνια. Σε αυτό συμβάλλει και το γεγονός ότι κατά μήκος του ποτάμιου συστήματος έχουν γίνει διάφορες επεμβάσεις πέραν της οικιστικής δραστηριότητας, όπως εγκιβωτισμός, επιχωματώσεις, ακόμα και πλήρης κάλυψη της κοίτης. Είναι προφανές ότι η ανθρώπινη δραστηριότητα έχει αλλοιώσει τις φυσικές συνθήκες αποστράγγισης οδηγώντας τον χείμαρρο αρκετά συχνά σε πλημμυρικές παροχές με καταστροφικές επιπτώσεις, άμεσες και έμμεσες, για την ευρύτερη κοινωνία και οικονομία των κατοίκων της πληγείσας περιοχής.

Είναι γεγονός ότι παρά τα διαρκή πλημμυρικά γεγονότα που λαμβάνουν χώρα στις Νοτιοδυτικές συνοικίες της Πάτρας εδώ και 50 χρόνια, δεν έχουν ληφθεί ουσιαστικά, επιτακτικά και αποτελεσματικά μέτρα. Η διευθέτηση του χειμάρρου Διακονιάρη είναι το πρώτο μέλημα της τοπικής αυτοδιοίκησης της περιοχής, ωστόσο από τις πληροφορίες που έχουν συλλεχθεί, το έργο βρίσκεται ακόμα στις μελέτες. Τα αντιπλημμυρικά έργα που θα περιόριζαν την επιφανειακή απορροή, ελαχιστοποιώντας τις επιπτώσεις μιας ενδεχόμενης πλημμύρας δεν έχουν περατωθεί παρά το γεγονός ότι η πρόσφατη πλημμύρα του 2001 είχε απώλειες και σε ανθρώπινες ζωές. Η μελέτη και η κατασκευή έργων που επιβραδύνουν την πλημμυρική παροχή, ο καθαρισμός των κοιτών και ο περιορισμός της ήδη υπάρχουσας άναρχης δόμησης θα βοηθούσαν σημαντικά στον περιορισμό του προβλήματος. Σύμφωνα με τον ημερίσιο τύπο, μελέτη που έχει εκπονηθεί από το ΥΠΕΧΩΔΕ βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο. Ωστόσο με βάση τη συχνότητα εκδήλωσης πλημμυρών τα τελευταία χρόνια, είναι γεγονός ότι οι Νοτιοδυτικές συνοικίες της Πάτρας θα πρέπει να θωρακιστούν βάσει ενός ολοκληρωμένου αντιπλημμυρικού σχεδίου.



Εικόνα 34. Ένα από τα έργα διευθέτησης του Διακονιάρη. (ΠΗΓΗ: www.dete.gr)

Η συλλογή στοιχείων για τις πλημμύρες που έπληξαν την περιοχή, δεδομένων σχετικών με την οργάνωση και μορφή του υδρογραφικού δικτύου και των αντίστοιχων λεκανών απορροής, των χρήσεων γης και των γεωλογικών σχηματισμών που καλύπτουν τη λεκάνη και η επεξεργασία τους με τη χρήση GIS είναι σε θέση να βοηθήσει στην εκτίμηση, μελέτη και ανάλυση όλων εκείνων των συνθηκών που προσδίδουν αυξημένη επικινδυνότητα και καθιστούν την ευρύτερη περιοχή τρωτή στον πλημμυρικό κίνδυνο. Επιπρόσθετα, απαιτείται η εγκατάσταση σταθμών μέτρησης της παροχής και δικτύου μετεωρολογικών σταθμών για την παρακολούθηση της απόκρισης της λεκάνης στις έντονες βροχοπτώσεις και την εκτίμηση των υδρογραφημάτων στους διάφορους τύπους βροχής. Με τον τρόπο αυτό, αξιοποιώντας τα κατάλληλα μέσα και εφαρμόζοντας ορθές πολιτικές διαχείρισης και σύγχρονες μεθόδους επιτυγχάνεται ο μετριασμός του πλημμυρικού κινδύνου και ο δραστικός περιορισμός των κοινωνικών και οικονομικών επιπτώσεων που επιφέρει μια πλημμύρα. Προϋπόθεση για όλα τα παραπάνω είναι η καλή συνεργασία μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων για την προώθηση μελετών και εργασιών αντιπλημμυρικής προστασίας για μια βιώσιμη και αειφόρο ανάπτυξη.

1. Βιβλιογραφία

- Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., Wisner, B. (2004). *At risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters*. New York and London: Routledge
- Despiniadou, V., Athanasopoulou, E. (2006). *Flood prevention and Sustainable Spatial Planning. The case of the River Diakoniaris in Patras*.
- Guptill, S.C., Kimerling, A.J., Morrison, J.L., Muehrcke P.C., Robinson, A.H. (2002). *Στοιχεία Χαρτογραφίας*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα
- Johnston, C. (1998). *Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών στην οικολογία*. (μτφρ. Βογιατζάκης, Ι. και Μαλούνης, Α.). Αθήνα: Εκδόσεις Ίων
- Smith, K. (2004). *Environmental hazards: Assessing risk and reducing disaster*". New York and London: Routledge
- Pelling, M. (2003). *The vulnerability of the cities: Natural disasters and social resilience*. London – Sterling, VA: Earthscan Publications Ltd
- Αποστολοπούλου, Α.Α. (2006). *Περιβαλλοντική Γεωχημική Μελέτη του Περιβάλλοντος του Λιμένα Πατρών*. Πτυχιακή Εργασία, ΔΠΜΣ “Περιβαλλοντικές επιστήμες”, τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα
- Γάκη-Παπαναστασίου, Κ., Καρύμπαλης, Ε., Κατσαφάδος, Π., Μαρουκιάν, Χ. (2008). *Διερεύνηση των φυσικών και ανθρωπογενών αιτίων εκδήλωσης πλημμύρων στον κάτω ρου του χειμάρρου Ξηριά (Κόρινθος)*. Πρακτικά. 8^ο Διεθνές Υδρογεωλογικό Συνέδριο, Αθήνα, 8-10 Οκτωβρίου 2008
- ΓΥΣ. Τοπογραφικός χάρτης κλίμακας 1:50000. Φύλλο “Πάτρα”. Αθήνα
- ΓΥΣ. Τοπογραφικός χάρτης κλίμακας 1:50000. Φύλλο “Χαλανδρίτσα”. Αθήνα
- Ζούρος, Ν. (2003). *Υδρογραφικά συστήματα – Εφαρμοσμένη Γεωμορφολογία, Υδρολογία και Χαρτογράφηση*. Διδακτικές σημειώσεις. Τμήμα Γεωγραφίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη
- ΙΓΜΕ (1993). Γεωτεχνικός χάρτης Ελλάδας, κλίμακα 1:500.000. Αθήνα
- Καλαμποκίδης, Κ. (2000). *Τυπολογία καταστροφικών φαινομένων*. Διδακτικές σημειώσεις, Τμήμα Γεωγραφίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη

- Καρύμπαλης, Ε. (2007). *Φυσικές διεργασίες, κίνδυνοι και καταστροφές*. Πανεπιστημιακές σημειώσεις ΠΜΣ, τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Καρύμπαλης, Ε., Γάκη-Παπαναστασίου, Κ., Μαρουκιάν, Χ. (2007). *Ποιος ευθύνεται για τα πλημμυρικά επεισόδια στο Νομό Αττικής, η φύση ή ο άνθρωπος; Οι περιπτώσεις των λεκανών του Κηφισού Ποταμού και του Μεγάλου Ρέματος της Ραφήνας*. Στο: Σαπουντζάκη, Κ. (επιμ.) *Το άυριο εν κινδύνω. Φυσικές και τεχνολογικές καταστροφές στην Ευρώπη και την Ελλάδα*. Gutenberg: 287-309
- Καρύμπαλης, Ε., Κοντής, Ε., Ζούρος, Ν. (2004). *Ποσοτικές Γεωμορφολογικές παρατηρήσεις στη λεκάνη απορροής του χειμάρρου Τσικνιά (Κεντρική Λέσβος)*. 7^ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Ελληνικής Γεωγραφικής Εταιρείας, Μυτιλήνη, 14-17 Οκτωβρίου 2004
- Κουτσόπουλος, Κ. (2002). *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και ανάλυση χώρου*. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα
- Λαμπράκης, Ν. (2010). *Εφαρμοσμένη Υδρογεωλογία*. Διδακτικές σημειώσεις. Εργαστήριο Υδρογεωλογίας, τομέας Γεωλογίας και Γεωφυσικής, Πανεπιστήμιο Πατρών
- Λέκκας, Ε. (2000). *Φυσικές και τεχνολογικές καταστροφές*. Τομέας Δυναμικής τεκτονικής εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, Ε.Κ.Π.Α., Αθήνα
- Λιβιεράτος, Ε. (1985). *Γενική Χαρτογραφία*. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη
- Μαρουκιάν, Χ., Τσερμεγκά, Ε., Γάκη-Παπαναστασίου, Κ., Καρύμπαλης, Ε. (2005). *Ο ρόλος των μορφομετρικών παραμέτρων και των ανθρωπογενών επεμβάσεων στην εκδήλωση πλημμύρων στον κάτω ρου του Κηφισού ποταμού (Λεκανοπέδιο Αττικής)*. 7^ο Πανελλήνιο Υδρογεωλογικό Συνέδριο, Αθήνα
- Νάκος, Β., Φιλιππακοπούλου, Β. (1993). *Γενική Χαρτογραφία*. Διδακτικές σημειώσεις, Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Τομέας Τοπογραφίας, Ε.Μ.Π., Αθήνα
- Σαπουντζάκη, Κ. (2008). *Τρωτότητα και διακινδύνευση: Πρόληψη και μετριασμός* Πανεπιστημιακές σημειώσεις ΠΜΣ, τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Σταματόπουλος, Λ. (2005). *Ο κίνδυνος πλημμύρων από τον χείμαρρο Διακονιάρη του πολεοδομικού συγκροτήματος της πόλεως των Πατρών, ΒΔ Πελοπόννησος, Ελλάδα*. Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, τόμος XXXVIII (2005). 1^η

Επιστημονική Συνεδρία της Επιτροπής Γεωμορφολογίας και Περιβάλλοντος της
Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, Θεσσαλονίκη
Τσιότσιου, Β. (2010). *Ξυλώδης χλωρίδα των αστικών βιοτόπων: Έρευνες στην πόλη
της Πάτρας*. Διδακτορική Διατριβή. Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών
Τσούλος, Λ. (1999). *Ψηφιακή χαρτογραφία*. Διδακτικές σημειώσεις. ΤΑΤΜ, ΕΜΠ,
Αθήνα

2. Διαδίκτυο

Forum των ΔΕΥΑ: <http://deya.gr>
Ελληνική Ομάδα Διάσωσης – Hellenic Rescue Team. <http://hrt.org.gr/>
Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία – ΕΜΥ. <http://www.hnms.gr>
Πατρινός – Η ιστορία της πόλης της Πάτρας. <http://www.patrinos.gr>
Τζελέπης, Ν., στον ιστότοπο του ΕΜΠ. <http://users.ntua.gr/bnakos/Hillshading.html>
Το portal της Δύσης. <http://www.dete.gr>
Ψηφιακό αρχείο – ΕΛΕΥΘΕΡΟΤΥΠΙΑ. <http://archive.enet.gr> (18/12/2002)
Ψηφιακό αρχείο – ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ. <http://news.kathimerini.gr> (3/3/2002)
Ψηφιακό αρχείο – ΤΟ ΒΗΜΑ. <http://www.tovima.gr> (23/12/2001)

3. Πηγές εικόνων

<http://www.commons.wikimedia>
<http://www.couriermail.com.au>
<http://www.hospitalityclub.org>
Wikipedia the free internet encyclopedia. <http://www.wikipedia.org>