



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Δ.Π.Μ.Σ. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΡΓΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

Κατολισθητικά φαινόμενα στους Ν. Αιτωλ/νίας και Ευρυτανίας. Διερεύνηση των γενεσιουργών αιτίων τους και σύνθεση χαρτών επιδεκτικότητας.

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



Άννα Ιωαννίδου

Επιβλέπων: Λουπασάκης Κωνσταντίνος
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούνιος 2016



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Δ.Π.Μ.Σ. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΡΓΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

Κατολισθητικά φαινόμενα στους Ν. Αιτωλ/νίας και Ευρυτανίας. Διερεύνηση των γενεσιουργών αιτίων τους και σύνθεση χαρτών επιδεκτικότητας.

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Άννα Ιωαννίδου

Επιβλέπων: Λουπασάκης Κωνσταντίνος,

Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή στις:

Λουπασάκης Κωνσταντίνος, Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.,

Καλιαμπάκος Δημήτριος, Καθηγητής Ε.Μ.Π.,

Τσιαμπάος Γεώργιος, Καθηγητής Ε.Μ.Π.,

Αθήνα, Ιούνιος 2016

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία εστιάζει στα έντονα κατολισθητικά φαινόμενα που έπληξαν το ανατολικό ορεινό τμήμα του Ν. Αιτωλοακαρνανίας και το όμορο νότιο τμήμα του Ν. Ευρυτανίας. Εναυσματικός παράγοντας στην εκδήλωση των περισσότερων καταγεγραμμένων αστοχιών κρίθηκε οι εκτεταμένες και έντονες βροχοπτώσεις που εκδηλώθηκαν τις πρώτες ημέρες του Φεβρουαρίου του 2015.

Πραγματοποιήθηκε επιτόπια τεχνικογεωλογική έρευνα στην πληγείσα περιοχή όπου καταγράφηκαν οι θέσεις των κατολισθήσεων σε συγκεκριμένους οικισμούς και στο οδικό δίκτυο πλησίον τους. Εξετάστηκαν οι κύριοι παράγοντες εκδήλωσης των φαινομένων και διερευνήθηκε η επικινδυνότητα των κατολισθητικών φαινομένων καθώς και η δυναμική εξέλιξή τους.

Στην συνέχεια επιλέχτηκε ο Δήμος Θέρμου ως στενότερη περιοχή μελέτης για την κατασκευή Χάρτη Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας. Ως βάση για τη σύνταξη του αρχείου κατολισθήσεων λήφθηκαν οι θέσεις κατολισθήσεων από την επιτόπια έρευνα. Ο εμπλουτισμός του αρχείου κατολισθήσεων της υπό εξέταση περιοχής πραγματοποιήθηκε από σχετικές βιβλιογραφικές πηγές και από την επισκόπηση δορυφορικών εικόνων.

Η μεθοδολογία που επιλέχτηκε για την κατασκευή του Χάρτη Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας είναι η ημιποσοτική μέθοδος Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας, ΑΗΡ. Υπολογίστηκε ότι ένα σημαντικό τμήμα της περιοχής μελέτης βρίσκεται σε ζώνη πολύ υψηλής (9,10%) και υψηλής (21,15%) κατολισθητικής επιδεκτικότητας. Βάσει των καμπύλων ROC, αξιολογήθηκε η ακρίβεια του μοντέλου πρόβλεψης με ποσοστό επιτυχίας 78,3%.

Ο παραγόμενος χάρτης αποτελεί βάση για μελλοντική έρευνα και υπολογισμό της διακινδύνευσης έναντι κατολισθήσεων στην εξεταζόμενη περιοχή. Μέσω του παραπάνω χάρτη μπορεί να εξεταστεί η βιωσιμότητα των οικισμών, και να προκύψει σωστός σχεδιασμός του αστικού ιστού και του προγράμματος επέκτασης του για την αποφυγή μελλοντικών απωλειών είτε σε ανθρώπινες ζωές είτε σε οικονομικές μονάδες.

Λέξεις-Κλειδιά: Κατολίσθηση, Τεχνικογεωλογική έρευνα, Επιδεκτικότητα, Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία, GIS, Ελλάδα.

ABSTRACT

The current postgraduate thesis examines the landslides that manifested in the Eastern Part of the Regional Unit Aitolia-Acarmania and the Southern Part of the Regional Unit Evrytania. Triggering factor of the aforementioned phenomena is considered to be the intense and continuous precipitation events that had occurred in early February 2015.

An engineering geological survey took place at the affected region where landslides recorded at specific towns and at the connecting road network. The causes, the hazard and the dynamic of the manifested landslides were investigated.

Afterwards, the area of investigations was narrowed down to a local scale in order to conduct a Landslide Susceptibility Map. The municipality of Thermo was chosen as the investigated region. Firstly, a landslide database was created with information taken from the recorded landslides from the field survey, relevant engineering geological studies and reviewed satellite photos.

The methodology for the landslide susceptibility assessment was the semi-quantitative Analytical Hierarchy Process (AHP). As outcome, it was calculated that a significant percentage of the examined area was formed from the Very high (9.10%) and High (21.15%) susceptibility zones. The fit of the Susceptibility Prediction Model was evaluated with the Receiver Operating Characteristics (ROC) curves and calculated to be 78.3%.

The produced Susceptibility Map may be used as the basis for future research and the calculation of Landslide Risk at the referenced area. Through the Landslide Risk Map the viability of the towns near high rankings landslide hazard areas can be estimated. Moreover, a more efficient planning of the urban and suburban development may be provisioned, in order to avoid further human or economical losses.

Keywords: Landslide, Engineering geological survey, Susceptibility, Analytical Hierarchy process, GIS, Greece.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Επ. Καθηγητή του Ε.Μ.Π. κ. Κωνσταντίνο Λουπασάκη, για την ανάθεση της συγκεκριμένης Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας, καθώς και για τις συμβουλές, καθοδήγηση και συνεχή υποστήριξη του κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας εργασίας.

Ιδιαίτερα ευχαριστώ τον Διδάκτορα Ε.Μ.Π. Παρασκευά Τσαγγαράτο, Ε.ΔΙ.Π του εργαστηρίου Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας, για την πολύ σημαντική βοήθεια και τη συνεχή καθοδήγηση που μου παρείχε, τόσο στο επιστημονικό όσο και στο οργανωτικό κομμάτι της εργασίας αυτής.

Επιπλέον, ευχαριστώ ιδιαίτερα τους κ. Σπύρο Κωνσταντάρα, Δήμαρχο του Δ. Θέρμου, κ. Απόστολο Τσινιά, Χημικό μηχανικό των Τεχνικών υπηρεσιών και περιβάλλοντος του Δ. Θέρμου, κα. Μαρία Παπαδοπούλου, Δ/ντρια Τεχνικών υπηρεσιών του Δ. Καρπενησίου, και κ. Νίκο Πελέκη, κάτοικο του οικισμού Περίστα του Δ. Ναυπακτίας για τη βοήθεια τους στην εκπόνηση της παρούσης διατριβής.

Τέλος, θα ήθελα να απευθύνω ένα μεγάλο ευχαριστώ στη οικογένεια μου για την αμέριστη συμπαράστασή και υποστήριξη τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	i
ABSTRACT	ii
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	iii
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1°	1
<i>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</i>	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°	4
<i>ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ - ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ</i>	4
2.1 Κατολισθητικά Φαινόμενα	4
2.2 Ορισμός	7
2.3 Ταξινόμηση.....	7
2.4 Ονοματολογία	11
2.5 Ταχύτητα Μετακίνησης.....	13
2.6 Παράγοντες & Έναυσμα εκδήλωσης κατολισθήσεως.....	15
2.6.1 Παράγοντες εκδήλωσης κατολισθήσεων και Συντελεστής Ασφαλείας.....	15
2.6.2 Ταξινόμηση παραγόντων που συμβάλλουν στην εκδήλωση κατολισθήσεων	17
2.7 Ζωνοποίηση Κατολισθητικού Κινδύνου & Επιδεκτικότητας	20
2.7.1 Χάρτης καταγεγραμμένων Κατολισθήσεων (Landslide inventory map).....	21
2.7.2 Χάρτης Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας (Landslide susceptibility map)	21
2.7.3 Χάρτης Κατολισθητικού Κινδύνου (Landslide hazard map).....	21
2.7.4 Χάρτης Κατολισθητικής Διακινδύνευσης (Landslide risk map)	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3°	23
<i>ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ</i>	23
3.1 Διοικητική & Γεωγραφική Θέση.....	23
3.2 Μορφολογία.....	24
3.3 Υδρολογικές συνθήκες	25
3.4 Κλιματολογικά Δεδομένα	27
3.4.1 Μετεωρολογικά δεδομένα	27
3.4.2 Στοιχεία βροχοπτώσεων Φεβρουαρίου 2015	30
3.5 Γεωλογική και Τεκτονική εξέλιξη	33
3.5.1 Λιθοστρωματογραφία	34
3.5.2 Γεωτεκτονική εξέλιξη.....	36
3.5.3 Υδρογεωλογικές Συνθήκες.....	37
3.6 Σεισμικότητα	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4°	41
<i>ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ</i>	41
4.1 Δήμος Ναυπακτίας.....	41
4.1.1 Περίστα.....	41
4.1.2 Κάτω Κλεπά	48

4.1.3	Αράχοβα	54
4.1.4	Επαρχιακή Οδός Ναυπάκτου – Πλατάνου – Ψηλού Σταυρού	58
4.2	Δήμος Θέρμου	59
4.2.1	Αργυρό Πηγάδι	59
4.2.2	Νεροσύρτης	65
4.2.3	Αμπέλια	67
4.2.4	Επαρχιακή Οδός Θέρμου – Κόνισκας - Διπλάτανου	71
4.3	Δήμος Καρπενησίου	72
4.3.1	Κρίκελλο	72
4.3.2	Άμπλιανη (Σταυροπήγι)	79
4.3.3	Επαρχιακές Οδοί Δήμου Καρπενησίου	82
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5°		83
<i>ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΘΕΡΜΟΥ.....</i>		<i>83</i>
5.1	Στοιχεία Περιοχής Μελέτης	83
5.1.1	Διοικητική & Γεωγραφική Θέση	83
5.1.2	Μορφολογία.....	83
5.1.3	Υδρολογικές συνθήκες.....	86
5.1.4	Κλιματολογικά & Μετεωρολογικά Δεδομένα.....	88
5.1.5	Γενικές Γεωλογικές Συνθήκες	89
5.1.6	Υδρογεωλογικές Συνθήκες.....	92
5.2	Σεισμικότητα	92
5.3	Σύνταξη Θεματικών Επιπέδων Πληροφορίας (ΘΕΠ).....	93
5.3.1	Θεματικός Χάρτης Υψομέτρου	93
5.3.2	Θεματικός Χάρτης Προσανατολισμού Πρανών.....	95
5.3.3	Θεματικός Χάρτης Κλίσεων Πρανών	96
5.3.4	Θεματικός Χάρτης Σύνθετου Τοπογραφικού Δείκτη Υγρασίας	97
5.3.5	Θεματικός Χάρτης Ενοποιημένων Γεωλογικών Ενοτήτων.....	99
5.3.6	Θεματικός Χάρτης Τεκτονικών Στοιχείων	101
5.3.7	Θεματικός Χάρτης Απόσταση από το Υδρογραφικό Δίκτυο.....	102
5.3.8	Θεματικός Χάρτης Ετήσιας Κατανομής Βροχοπτώσεων	103
5.3.9	Θεματικός Χάρτης Οδικού Δικτύου	105
5.3.10	Θεματικός Χάρτης Χρήσεων Γης.....	106
5.3.11	Θεματικός Χάρτης απογραφής κατολισθητικών φαινομένων	107
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6°		109
<i>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ.....</i>		<i>109</i>
6.1	Υπολογισμός δείκτη Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας.....	109
6.1.1	Μεθοδολογία ΑΗΡ.....	109
6.2	Χάρτης Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας.....	115
6.3	Αξιολόγηση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων	117
6.3.1	Καμπύλες ROC	117
6.3.2	Στατιστική ανάλυση των θεματικών επιπέδων πληροφορίας	119
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7°		141
<i>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ</i>		<i>141</i>
7.1	Εξέταση κατολισθητικών φαινομένων στην ευρύτερη περιοχή μελέτης	141

7.2 Εκτίμηση Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας στο Δήμο Θέρμου	142
7.2.1 Συνοπτικά στατιστικά αποτελέσματα χάρτη κατολισθητικής επιδεκτικότητας	143
7.3 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα	146
<i>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</i>	147

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2.1: Ταξινόμηση ταχύτητας μετακίνησης κατολισθήσεων βάσει του συστήματος Cruden και Varnes (1996).	13
Εικόνα 2.2: Μεταθετική ολίσθηση στη Taihare. Το βέλος υποδεικνύει τη φορά μετακίνησης ενώ σημειώνονται και τα όρια της κατολίσθησης (Saunders & Glassey, 2007).	14
Εικόνα 2.3 Βαθιά περιστροφική ολίσθηση γαιών (αριστερό τμήμα) που εξελίχθηκε σε ροή γαιών (δεξιό τμήμα). Εκδηλώθηκε στο Hunterville τον Ιούλιο του 2006 λόγω βροχοπτώσεων. Η εν λόγω ολίσθηση, οδήγησε στην προσωρινή εκκένωση 4 σπιτιών (Saunders & Glassey, 2007).	14
Εικόνα 3.1: Ευρύτερη περιοχή μελέτης. Σημειώνονται οι κατολισθαίνοντες οικισμοί στους οποίους πραγματοποιήθηκε επιτόπια έρευνα. Επιπλέον σημειώνεται η διαδρομή που ακολουθήθηκε, κατά μήκος της οποίας καταγράφηκαν περιστατικά κατολισθήσεων.	23
Εικόνα 3.2: Υδρολογικές λεκάνες απορροής δυτικής Στερεάς Ελλάδας (προσαρμογή από: ΥΠΕΚΑ, 2014).	25
Εικόνα 3.3: Υδρογραφικό δίκτυο της ευρύτερης περιοχής μελέτης.	26
Εικόνα 3.4: Παγκόσμιος χάρτης με τα μεσογειακά κλίματα κατά Köppen (Πηγή: http://meteo.geo.auth.gr/askiseis/Math_Chapter_7.pdf).	27
Εικόνα 3.5: Μετεωρολογικοί σταθμοί από τους οποίους λήφθηκαν στοιχεία στην ευρύτερη περιοχή μελέτης.	28
Εικόνα 3.6: Γεωτεκτονικός χάρτης Ελλάδας, Rh: Μάζα της Ροδόπης, Sm: Σερβομακεδονική μάζα, CR: Περιροδοπική ζώνη, (Pe: Ζώνη Παιονίας, Pa: Ζώνη Πάικου, Al: Ζώνη Αλμωπίας) = Ζώνη Αξιού, Pl: Πελαγονική ζώνη, Ac: Αττικο-Κυκλαδική ζώνη, Sp: Υποπελαγονική ζώνη, Pk: Ζώνη Παρνασσού - Γκιώνας, P: Ζώνη Πίνδου, G: Ζώνη Γαβρόβου - Τρίπολης, I: Ιόνιος Ζώνη, Px: Ζώνη Παξών ή Προαπούλια, Au: Ενότητα << Ταλέα όρη - Πλακώδεις Ασβεστόλιθοι>> πιθανόν της Ιονίου ζώνης (Μουντράκης, 1985).	34
Εικόνα 3.7: Στρωματογραφική στήλη περιοχής μελέτης (απόσπασμα γεωλογικού χάρτη ΙΓΜΕ, Φύλλο Καρπενήσιον, κλίμακας 1:50.000).	35
Εικόνα 3.8: Γεωλογική τομή τμήματος της περιοχής μελέτης (απόσπασμα από το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ, Φύλλο Καρπενήσι, κλίμακα 1:50000). Υπόμνημα στην Εικόνα 3.7.	37
Εικόνα 3.9: Ταχύτητες σεισμικής παραμόρφωσης (mm/year) για 63 σειсмоγόνες πηγές της Ελλάδας και των γύρω περιοχών. Συγκλίνοντα βέλη παριστάνουν τις ταχύτητες οριζόντιας συμπίεσης του φλοιού και αποκλίνοντα βέλη τις ταχύτητες οριζόντιας επέκτασης του φλοιού (Parazachos & Kiratzi, 1996).	39
Εικόνα 3.10: Κατανομή των epicέντρων των σεισμών που σημειώθηκαν κατά τα τελευταία 50 χρόνια (από 1/1/1964 έως 1/1/2015) σε ακτίνα 100km γύρω από την περιοχή των οικισμών (Πηγή: ΕΕΑ, προσαρμογή από τους Κωνσταντοπούλου & Κανάρης, 2015).	39

Εικόνα 3.11: Κατάλογος σεισμών $M_s \geq 5$ της κλίμακας Richter που έλαβαν χώρα στην ευρύτερη περιοχή μελέτης (Πηγή: ΕΕΑ, προσαρμογή από τους Κωνσταντοπούλου & Κανάρης, 2015).	40
Εικόνα 3.12: Χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας του ελληνικού χώρου βάσει του ΕΑΚ 2000.	40
Εικόνα 4.1 Γενική άποψη του οικισμού της Περίστα σε εικόνα Google Earth. Σημειώνονται οι εξεταζόμενες θέσεις των κατολισθήσεων.....	42
Εικόνα 4.2: Γεωλογικός χάρτης ευρύτερης περιοχής του οικισμού Περίστα (απόσπασμα από το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ, Φύλλο Κλεπά, κλίμακα 1:50000).	43
Εικόνα 4.3 Άποψη της οικίας στην οποία καταγράφηκε η κατολίθηση στη θέση ΠΕ1. Παρατηρούνται ζημιές στον τοίχο αντιστήριξης.	44
Εικόνα 4.4 Επαφή Εύκαμπτης και Άκαμπτης κατασκευής στην υπό εξέταση οικία στη θέση ΠΕ1 (Αριστερά). Αναγνώριση της κατακρήμνισης στη θέση ΠΕ1 (Δεξιά).	44
Εικόνα 4.5 Θραύσεις πλησίον της εκκλησίας του Προφήτη Ηλία (Αριστερά). Άποψη της ροής υλικών κατά μήκος του ρέματος (Δεξιά).	45
Εικόνα 4.6 Απόψεις της ροής των υλικών κατά μήκος των ρεμάτων.	46
Εικόνα 4.7 Καταγεγραμμένες ζημιές εντός του οικισμού λόγω της ροής. Απόθεση των υλικών της ροής στο οδόστρωμα (Αριστερά). Καταστροφής οικίας από ογκολίθους που μεταφέρθηκαν μέσω του ρέματος και του δρόμου (Δεξιά), (Κωσταντοπούλου & Κανάρης, 2015).	46
Εικόνα 4.8 Εκτεταμένες ζημιές στην αυλή οικίας στη θέση 3	47
Εικόνα 4.9: Άποψη του οικισμού Κάτω Κλεπά. Σημειώνεται η καταγεγραμμένη ολίσθηση καθώς και η επέκτασή της προς τα ανάντη.....	48
Εικόνα 4.10: Γεωλογικός χάρτης ευρύτερης περιοχής των οικισμών Αράχοβα και Κλεπά (απόσπασμα από το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ, Φύλλο Κλεπά, κλίμακα 1:50000).	49
Εικόνα 4.11: Άποψη της κύριας κατολίθησης. Λήψη από την στέψη της κατολίθησης.	50
Εικόνα 4.12: Άποψη της κύριας κατακρήμνισης της κύριας κατολίθησης στον οικισμό Κάτω Κλεπά.....	51
Εικόνα 4.13: Εφελκυστικές ρωγμές ανάντη του δεξιού πρηνούς της κατολίθησης (Δεξιά). Παρατηρούνται εκτεταμένες καταστροφές στο οδόστρωμα και τους στύλους ηλεκτρικού ρεύματος (Αριστερά).	52
Εικόνα 4.14: Εκτεταμένες ζημιές σε οικίες που αναγνωρίζονται εντός της μάζας ολίσθησης, πλησίον της στέψης της μετατεθειμένης προς τα ανάντη κύριας ολίσθησης (θέση ΚΛ1β).	53
Εικόνα 4.15: Αναγνώριση της στέψης της μετατεθειμένης προς τα ανάντη κύριας ολίσθησης (θέση ΚΛ1γ) επί της κεντρικής πλατείας του οικισμού.....	53
Εικόνα 4.16: Γενική άποψη του οικισμού Αράχοβα σε εικόνα Google Earth. Σημειώνονται οι εξεταζόμενες θέσεις των κατολισθήσεων.....	54

Εικόνα 4.17: Στέψη και αριστερή πλευρά της κατολίσθησης. Διακρίνεται ο αποκοπτόμενος δρόμος (Αριστερά). Κύριο σώμα κατολίσθησης (Δεξιά).....	55
Εικόνα 4.18: Άποψη της κατολίσθησης στη θέση 2.....	56
Εικόνα 4.19: Άποψη της κατολίσθησης στη Θέση 3. Η εικόνα (1) δείχνει την αποκοπή του δημοτικού δρόμου στην κορυφή της κατολίσθησης. Στην εικόνα (2) φαίνεται η μετακίνηση και η συσσώρευση των υλικών της κατολίσθησης στο πίσω μέρος της κατάντη ευρισκόμενης κατοικίας. (Κωνσταντοπούλου & Κανάρης, 2015).	57
Εικόνα 4.20: Καταγραφείσες κατολισθήσεις επί της Επ. Οδού Ναυπάκτου – Πλατάνου – Ψηλού Σταυρού στις θέσεις 1 (εικόνες 1,2 & 3) και θέση 2 (εικόνα 4).	58
Εικόνα 4.21 Γενική άποψη του οικισμού Αργυρό Πηγάδι σε εικόνα Google Earth. Οι θέσεις των κατολισθήσεων που εξετάστηκαν, παρουσιάζονται αναλυτικά και σημειώνονται με κίτρινο χρώμα. Με πράσινο χρώμα σημειώνονται οι καταγεγραμμένες θέσεις κατολισθήσεων στην ευρύτερη περιοχή, που εντάχθηκαν στο αρχείο καταγεγραμμένων κατολισθήσεων του εξεταζόμενου Δήμου.....	59
Εικόνα 4.22: Γεωλογικός χάρτης ευρύτερης περιοχής των οικισμών Νεροσύρτης, Αργυρό Πηγάδι και Αμπέλια (απόσπασμα από το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ, Φύλλο Θέρμο, κλίμακα 1:50000). .60	
Εικόνα 4.23 Γενική άποψη της λεκάνης απόρροης που εκδηλώθηκαν οι μεγάλες κατολισθήσεις πλησίον του οικισμού Αργυρό Πηγάδι (Άνω εικόνα). Εγγύτερη θέση λήψης των κατολισθήσεων. Τμήμα της ροής υλικών μεταφέρθηκε και απέκοψε το δρόμο που δίνει πρόσβαση στο Αργυρό Πηγάδι βορειοδυτικά μέσω του οικισμού Νεροχωρίου και νοτιοδυτικά μέσω Αμβρακίας (Κάτω εικόνες).....	61
Εικόνα 4.24 Επίχωση της γέφυρας που δίνει πρόσβαση στο Αργυρό Πηγάδι νοτιοδυτικά μέσω του οικισμού της Αμβρακίας	62
Εικόνα 4.25: Κατολισθήσεις στα όρια του οικισμού Αργυρό Πηγάδι, θέσεις 2 (αριστερά) και 3 (δεξιά), (Κωνσταντοπούλου & Κανάρης, 2015).	64
Εικόνα 4.26: Γενική άποψη του οικισμού Νεροσύρτης σε εικόνα Google Earth. Με κόκκινο χρώμα σημειώνεται η αναγνωρισμένη κατολίσθηση ενώ με πορτοκαλί χρώμα σημειώνεται η κατολίσθηση που εκδηλώθηκε πριν από δεκαετίες.	65
Εικόνα 4.27: Γενική άποψη της κατολίσθησης στον οικισμό Νεροσύρτης. Διακρίνεται η νέα & η παλιά κατολίσθηση (εικόνα 1). Ροές υλικών σε διάφορες περιμετρικές θέσεις του πόδα της εξεταζόμενης κατολίσθησης (εικόνες 2, 3 & 4). Λήψη του πόδα της κατολίσθησης επί αγροτικού δρόμου (εικόνα 5).	66
Εικόνα 4.28 Γενική άποψη του οικισμού Αμπέλια καθώς και οι σημειωμένες θέσεις κατολισθήσεων σε εικόνα Google Earth.	67
Εικόνα 4.29: Γενική άποψη της κατολίσθησης στη θέση ΘΕ14.	68
Εικόνα 4.30: Γενική άποψη της κατολίσθησης στη θέση ΘΕ15.	69

Εικόνα 4.31: Γενική άποψη της κατολίσθησης στη θέση ΘΕ16.	70
Εικόνα 4.32: Ροή κερατολίθου πλησίον του οικισμού Κοκκινόβρυση (εικόνες 1 & 2). Σύνθετη κατολίσθηση πλησίον της γέφυρας Γιδομανδρίτη. Ξεκίνησε ως περιστροφική και στη συνέχεια εξελίχθηκε σε μεταθετική (εικόνες 3 & 4).....	71
Εικόνα 4.33: Γενική άποψη του οικισμού Κρίκελλο. Σημειώνονται οι θέσεις των κατολισθήσεων.	72
Εικόνα 4.34: Γεωλογικός χάρτης ευρύτερης περιοχής των οικισμών Κρίκελλο, Στάβλοι, Δομνίστα και Άμπλιανη (απόσπασμα από το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ, Φύλλο Καρπενήσι, κλίμακα 1:50000).	73
Εικόνα 4.35: Αναγνώριση του πόδα της καταγεγραμμένης κατολίσθησης στη Θέση ΚΡ1. Η υπό εξέταση περιοχή χρήζει αποκατάσταση (πάνω εικόνα). Άποψη του κύριου όγκου της κατολίσθησης (κάτω εικόνες).....	75
Εικόνα 4.36: Απόψεις της περιοχής που πλήχτηκαν από το φαινόμενο της ροής λάσπης. Στην πάνω εικόνα διακρίνεται η περιοχή του σχολείου και της εκκλησίας του Αγίου Νικολάου (Πηγή: Ευρυτανικά Νέα).	76
Εικόνα 4.37: Φαινόμενα διάβρωσης στην περιοχή του Κρανορέματος. Η καταστροφή του οδοστρώματος σε μεγάλη έκταση δυσχέρανε τη διαδικασία εκκένωσης του οικισμού (Πηγή: Ευρυτανικά Νέα).	78
Εικόνα 4.38: Γενική άποψη του οικισμού της Άμπλιανης σε εικόνα Google Earth. Σημειώνεται η μεγάλη κατολίσθηση που εκδηλώθηκε στο φυσικό πρανές ανάντη του οικισμού καθώς και η ροή λάσπης που έπληξε τον οικισμό.	79
Εικόνα 4.39: Απόψεις του οικισμού και των εκτεταμένων ζημιών που προκλήθηκαν από τη ροή γαιών.	80
Εικόνα: 4.40 Άποψη της στέψης και του κύριου όγκου της κατολίσθησης ανάντη του οικισμού. .	81
Εικόνα: 4.41 Άποψη της στέψης της κατολίσθησης (εικόνα 1 & 3). Φαινόμενα ερπυσμού στην ευρύτερη περιοχή της στέψης της κατολίσθησης (εικόνα 2). Άποψη του οικισμού της Άμπλιανης από τη στέψη της κατολίσθησης.	81
Εικόνα 4.42: Καταγεγραμμένες κατολισθήσεις επί του επαρχιακού δικτύου του Δήμου Καρπενησίου.	82
Εικόνα 5.1: Υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης εντός της ΛΑΠ Ευήνου (Καρύμπαλης, 1996)	86
Εικόνα 5.2: Ανάπτυξη υδρογραφικού δικτύου της περιοχής μελέτης σε περιβάλλον GIS. Οι τάξεις των ποταμών ακολουθούν την ταξινόμηση κατά Strahler.	87
Εικόνα 5.3: Ροδογράμματα συχνότητας των αξόνων πτυχών της λεκάνης απορροής του ποταμού και των διευθύνσεων των κλάδων τρίτης και τετάρτης τάξης (Καρύμπαλης, 1996).....	88

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1: Ταξινόμηση μετακίνησης πρανών κατά Varnes (1978).....	8
Πίνακας 2.2: Παράγοντες εκδήλωσης κατολισθήσεων κατά τη WP/WLI (Από Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007).....	19
Πίνακας 3.1: Μέση θερμοκρασία αέρα σε 5 Μετεωρολογικούς Σταθμούς της ευρύτερης περιοχής μελέτης σε °C (Χατζηνάκος et al. 1998, Αποστολίδης-Πάσχος 2005, Καρύμπαλης 1996).	29
Πίνακας 3.2: Μέσα μηνιαία & ετήσια ύψη βροχοπτώσεων σε 5 Μετεωρολογικούς Σταθμούς της ευρύτερης περιοχής μελέτης σε mm (Χατζηνάκος et al. 1998, Αποστολίδης-Πάσχος 2005, Καρύμπαλης 1996).....	30
Πίνακας 3.3: Μέγιστο ύψος βροχής για τους Μετεωρολογικούς Σταθμούς Καρπενήσι & Ορεινή Ναυπακτία για τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο κατά το χρονικό διάστημα 2010 – 2015..	31
Πίνακας 6.1: Κλίμακα συγκρίσεων, Saaty 1986 (από Τσαγγαράτος, 2012).....	111
Πίνακας 6.2: Τιμές τυχαίου δείκτη συνέπειας RI, Saaty 1986 (από Τσαγγαράτος, 2012).....	111
Πίνακας 6.3: Συντελεστές βαρύτητας των μεταβλητών στο υπό εξέταση πρόβλημα.....	112
Πίνακας 6.4: Εφαρμογή Ιεραρχικής Διαδικασίας Απόφασης στις κλάσεις της παραμέτρου Προσανατολισμός πρανών	112
Πίνακας 6.5: Εφαρμογή Ιεραρχικής Διαδικασίας Απόφασης στις κλάσεις της παραμέτρου Μορφολογική κλίση.....	113
Πίνακας 6.6: Εφαρμογή Ιεραρχικής Διαδικασίας Απόφασης στις κλάσεις της παραμέτρου Σύνθετος δείκτης τοπογραφικής υγρασίας CTI	113
Πίνακας 6.7: Εφαρμογή Ιεραρχικής Διαδικασίας Απόφασης στις κλάσεις της παραμέτρου Ενοποιημένοι γεωλογικοί σχηματισμοί.....	113
Πίνακας 6.8: Εφαρμογή Ιεραρχικής Διαδικασίας Απόφασης στις κλάσεις της παραμέτρου Απόσταση από τα τεκτονικά όρια.....	114
Πίνακας 6.9: Εφαρμογή Ιεραρχικής Διαδικασίας Απόφασης στις κλάσεις της παραμέτρου Απόσταση από το Υδρογραφικό Δίκτυο.....	114
Πίνακας 6.10: Εφαρμογή Ιεραρχικής Διαδικασίας Απόφασης στις κλάσεις της παραμέτρου Μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης.....	114
Πίνακας 6.11: Εφαρμογή Ιεραρχικής Διαδικασίας Απόφασης στις κλάσεις της παραμέτρου Απόσταση από το Οδικό Δίκτυο.....	115
Πίνακας 6.12: Αποτελέσματα εφαρμογής του μοντέλου πρόβλεψης AHP στην περιοχή μελέτης	117
Πίνακας 6.13: Συχνότητα και σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με το υψόμετρο της περιοχής μελέτης	120

Πίνακας 6.14: Συχνότητα και σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με τον προσανατολισμό των πρηνών της περιοχής μελέτης.....	121
Πίνακας 6.15: Συχνότητα & Σχετική Συχνότητα εμφάνισης κατολισθήσεων κατά μορφολογική κλίση στην περιοχή μελέτης.	122
Πίνακας 6.16: Συχνότητα και σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με το σύνθετο Δείκτη Τοπογραφικής Υγρασίας (CTI) της περιοχής μελέτης.....	124
Πίνακας 6.17: Συχνότητα και σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με την απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης	125
Πίνακας 6.18: Συχνότητα και σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με τους ενοποιημένους γεωλογικούς σχηματισμούς της περιοχής μελέτης.....	127
Πίνακας 6.19: συχνότητα και σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με την απόσταση από τα τεκτονικά όρια των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής μελέτης.....	128
Πίνακας 6.20: Συχνότητα και σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με τη μέση ετήσια βροχόπτωση της περιοχής μελέτης.....	130
Πίνακας 6.21: Συχνότητα και σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με την απόσταση από το οδικό δίκτυο της περιοχής μελέτης.....	131
Πίνακας 6.22: Συχνότητα και σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με τις χρήσεις γης της περιοχής μελέτης	132
Πίνακας 6.23: Πίνακας σχετικής συχνότητας των γεωλογικών σχηματισμών κατά μορφολογική κλίση.....	134
Πίνακας 6.24: Πίνακας σχετικής συχνότητας των γεωλογικών σχηματισμών κατά υψόμετρο.....	136
Πίνακας 6.25: Πίνακας σχετικής συχνότητας των γεωλογικών σχηματισμών κατά τον προσανατολισμό των πρηνών	138
Πίνακας 6.26: Πίνακας σχετικής συχνότητας μορφολογικής κλίσης κατά υψόμετρο	140

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 2.1: Παγκόσμιος Χάρτης Κατολισθητικής Επικινδυνότητας κατά το χρονικό διάστημα 1974-2003 (EM-DAT, 2010).....	4
Σχήμα 2.2: Κατάταξη των κυριότερων φυσικών καταστροφών βάσει του αριθμού θυμάτων όπως σύμφωνα με την EM-DAT (Nadim et al., 2006).....	5
Σχήμα 2.3: Αριθμός θυμάτων και οικονομικών απωλειών για το διάστημα 1903-2004 λόγω κατολισθήσεων ανά ήπειρο σύμφωνα με την EM-DAT (Nadim et al., 2006).	6
Σχήμα 2.4: Πτώσεις και ανατροπές (Τσαγγαράτος, 2012).....	9
Σχήμα 2.5: Ολισθήσεις περιστροφικές και μεταθετικές (Τσαγγαράτος, 2012).....	9
Σχήμα 2.6: Πλευρικές εκτάσεις (Τσαγγαράτος, 2012).	10
Σχήμα 2.7: Ροές αποσαθρωμάτων και γαιών (Τσαγγαράτος, 2012).	10
Σχήμα 2.8: Τύποι μετακίνησης πρανών κατά Varnes, 1978 (Highland, 2004).....	11
Σχήμα 2.9: Ονοματολογία περιστροφικής ολίσθησης (IAEG, Commission on Landslides, 1990). ..	12
Σχήμα 2.10: Διάγραμμα μεταβολής του συντελεστή ασφαλείας κατά το χρόνο (Popescu, 1994). 16	
Σχήμα 2.11: Ταξινόμηση των παραγόντων που συμβάλλουν στην εκδήλωση κατολισθήσεων (Popescu, 1994).....	18
Σχήμα 2.12: Κατασκευή οικιών με εργασίες εκσκαφής και επίχωσης σε απότομα πρανή ανάντη και κατάντη νέου δρόμου. Και οι δύο περιπτώσεις κρίνονται επικίνδυνες (Taylor et al, 1977).	18
Σχήμα 3.1: Ημερήσιες τιμές ύψους βροχής σε mm για το Μ.Σ. Καρπενησίου κατά το χρονικό διάστημα 01/01/2015 – 28/02/2015.	32
Σχήμα 3.2: Ημερήσιες τιμές ύψους βροχής σε mm για το Μ.Σ. Ορεινή Ναυπακτία κατά το χρονικό διάστημα 01/01/2015 – 28/02/2015.	32
Σχήμα 5.1: Δορυφορική εικόνα Google Earth της Περιοχής Έρευνας (Δήμος Θέρμου).....	84
Σχήμα 5.2: Μορφολογικός Χάρτης Περιοχής Έρευνας	85
Σχήμα 5.3: Θεματικό Επίπεδο Πληροφορίας “Υψόμετρο”	94
Σχήμα 5.4: Θεματικό Επίπεδο Πληροφορίας “Προσανατολισμός Πρανών”	95
Σχήμα 5.5: Θεματικό Επίπεδο Πληροφορίας “Μορφολογική Κλίση”	97
Σχήμα 5.6: Θεματικό Επίπεδο Πληροφορίας “Σύνθετος Δείκτης Τοπογραφικής Υγρασίας – CTI” ..	98
Σχήμα 5.7: Θεματικό Επίπεδο Πληροφορίας “Ενοποιημένοι Γεωλογικοί Σχηματισμοί”	100
Σχήμα 5.8: Θεματικό Επίπεδο Πληροφορίας “Απόσταση από τα Τεκτονικά Στοιχεία”	101
Σχήμα 5.9: Θεματικό Επίπεδο Πληροφορίας “ Απόσταση από το Υδρογραφικό Δίκτυο”	103

Σχήμα 5.10: Θεματικό Επίπεδο Πληροφορίας “Μέσο Ετήσιο Ύψος Βροχοπτώσεων”	104
Σχήμα 5.11: Θεματικό Επίπεδο Πληροφορίας “Απόσταση από το Οδικό Δίκτυο”	105
Σχήμα 5.12: Θεματικό Επίπεδο Πληροφορίας “Χρήσεις Γης”	107
Σχήμα 5.13: Θεματικό Επίπεδο Πληροφορίας “Απογραφή Κατολισθητικών Φαινομένων”	108
Σχήμα 6.1: Διάρθρωση του υπό εξέταση προβλήματος σε ιεραρχικά επίπεδα (Τσαγγαράτος, 2012)	109
Σχήμα 6.2: Χάρτης κατολισθητικής επιδεκτικότητας στο Δήμο Θέρμου (Κλίμακα 1: 125.000)	117
Σχήμα 6.3: Αξιολόγηση του μοντέλου πρόβλεψης AHP με χρήση των καμπυλών ROC	118
Σχήμα 6.4: Κατανομή συχνότητας κατολισθήσεων κατά υψομετρική διαβάθμιση	120
Σχήμα 6.5: Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά τον προσανατολισμό πρανών	121
Σχήμα 6.6: Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά μορφολογική κλίση	123
Σχήμα 6.7: Μεταβολή σχετ. συχνότητας εμφάνισης κατολισθήσεων μέσω του λόγου Π1/Π2	123
Σχήμα 6.8: Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά δείκτης CTI	124
Σχήμα 6.9: Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο	125
Σχήμα 6.10: Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά γεωλογικό σχηματισμό (υπόμνημα στον πίνακα του παρόντος υποκεφαλαίου)	127
Σχήμα 6.11: Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά απόσταση από τα τεκτονικά χαρακτηριστικά	129
Σχήμα 6.12: Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά μέσο ετήσιο ύψος βροχοπτώσεων	130
Σχήμα 6.13: Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά απόσταση από το οδικό δίκτυο	131
Σχήμα 6.14: Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά χρήσεις γης (υπόμνημα στον πίνακα του παρόντος υποκεφαλαίου)	133
Σχήμα 6.15: Ραβδόγραμμα σχετικής συχνότητας των γεωλογικών σχηματισμών κατά μορφολογική κλίση	135
Σχήμα 6.16: Ραβδόγραμμα σχετικής συχνότητας των γεωλογικών σχηματισμών κατά υψόμετρο	137
Σχήμα 6.17: Ραβδόγραμμα σχετικής συχνότητας των γεωλογικών σχηματισμών κατά τον προσανατολισμό των πρανών	139
Σχήμα 6.18: Ραβδόγραμμα σχετικής συχνότητας της μορφολογικής κλίσης κατά υψόμετρο	140

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αντικείμενο Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας (Μ.Δ.Ε.)

Στην παρούσα Μ.Δ.Ε. μελετήθηκαν τα σοβαρά κατολισθητικά φαινόμενα που εκδηλώθηκαν στην ορεινή ζώνη των Νομών Αιτωλοακαρνανίας και Ευρυτανίας και έπληξαν τόσο οικιστικές περιοχές όσο και τμήματα του οδικού δικτύου.

Έναυσμα για την οριοθέτηση της συγκεκριμένης περιοχής μελέτης και εξέταση των παραπάνω φαινομένων αποτέλεσαν τα έντονα καιρικά φαινόμενα που εκδηλώθηκαν στο πρώτο δεκαήμερο του Φεβρουαρίου του 2015 και είχαν ως αποτέλεσμα την εκδήλωση των παραπάνω καταστροφικών φαινομένων.

Η περιοχή που ορίστηκε, εντοπίζεται στο ανατολικό τμήμα του Νομού Αιτωλοακαρνανίας και στο όμορο νότιο τμήμα του Νομού Ευρυτανίας. Διοικητικά, η ευρύτερη περιοχή μελέτης υπάγεται στους Δήμους Θέρμου και Ναυπακτίας, τμήματα της Π.Ε. Αιτωλοακαρνανίας, καθώς επίσης και στο Δήμο Καρπενησίου, μέρος της Π.Ε. Ευρυτανίας.

Στο σύνολο των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων εντοπίζονται αστοχίες εντός και πλησίον των οικισμών ή επί του οδικού δικτύου. Επιπλέον, μεγάλο τμήμα των καταγεγραμμένων περιπτώσεων αφορά επαναδραστηριοποιήσεις κατολισθητικών φαινομένων. Σημειώνεται πως, στην παρούσα Μ.Δ.Ε. οι αναγνωρισμένες μετακινήσεις πρηνών κατηγοριοποιήθηκαν βάσει της ταξινόμησης του Varnes (1978).

Πραγματοποιήθηκε επιτόπια τεχνικογεωλογική έρευνα κατά το διάστημα 10-12/05/2015 όπου αναγνωρίστηκαν τα κατολισθητικά φαινόμενα στην περιοχή μελέτης και εκτιμήθηκε η επικινδυνότητα και η δυναμικότητα εξέλιξης τους.

Για την κατανόηση των φαινομένων αστάθειας, μελετήθηκαν όλες οι σχετικές γεωλογικές και γεωτεχνικές μελέτες της περιοχής ερευνάς. Επίσης μελετήθηκε σε βάθος και η γεωλογική δομή της περιοχής, η γεωτεκτονική εξέλιξη η σεισμικότητα και οι υδρογεωλογικές και κλιματολογικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής μελέτης.

Ως κύριες αιτίες εκδήλωσης των κατολισθητικών φαινομένων καταγράφηκαν (Πυργιώτης & Σπανού, 2015):

- i. Η λιθολογική σύσταση και υφή των σχηματισμών. Η περιοχή έρευνας δομείται κυρίως σε Παλαιοκαινικούς – Ηωκαινικούς σχηματισμούς του φλύσχη της ζώνης Πίνδου ,ψαμμιτική και ιλυολιθική, πηλιτική, φάση
- ii. Η διαφορική αντίσταση στη διάβρωση που επιδεικνύουν η ψαμμιτική και ιλυολιθική φάση
- iii. Η διαβρωτική δράση του νερού στα πρηνή

- iv. Ανθρώπινες δραστηριότητες (υποσκαφή στον πόδα πρανούς, ελλιπής συντήρηση τεχνικών, αμέλεια διευθέτησης επιφανειακών απορροών επί του οδικού δικτύου κ.α.)

Εναυσματικός παράγοντας εκδήλωσης κατολισθήσεων στις περισσότερες καταγεγραμμένες αστοχίες, κρίθηκε οι εκτεταμένες βροχοπτώσεις που εκδηλώθηκαν κατά το πρώτο δεκαήμερο του Φεβρουαρίου 2015.

Στη συνέχεια, αφού μελετήθηκαν τα κατολισθητικά φαινόμενα και η συμπεριφορά τους στην ευρύτερη περιοχή έρευνας, ορίστηκε στενότερη περιοχή, και συγκεκριμένα ο **Δήμος Θέρμου**, για την εκτίμηση και αξιολόγηση της **Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας με ημιποσοτικές μεθόδους**.

Εκπονήθηκε **Χάρτης Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας** βασιζόμενος στην εμπειρία των ειδικών, τη διαθέσιμη βιβλιογραφία και τις πληροφορίες για τις θέσεις των κατολισθήσεων που λήφθηκαν από την επιτόπια έρευνα.

Η χαρτογράφηση της επιδεκτικότητας αποτελεί μια ειδική περίπτωση θεματικής τεχνικογεωλογικής χαρτογράφησης, όπου παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των θέσεων που χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένες τιμές επιδεκτικότητας, διαδικασία γνωστή ως ζωνοποίηση. (Τσαγγαράτος, 2012).

Για την εκπόνηση του Χάρτη Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας πραγματοποιήθηκαν οι εξής εργασίες:

1. Δημιουργήθηκε **βάση δεδομένων** και στη συνέχεια **χάρτης** με τις καταγεγραμμένες **κατολισθήσεις** στην περιοχή έρευνας. Στοιχεία για τις θέσεις και το είδος των καταγεγραμμένων αστοχιών λήφθηκαν από την επιτόπια τεχνικογεωλογική έρευνα, τη διαθέσιμη βιβλιογραφία και από επισκόπηση δορυφορικών εικόνων, σε περιβάλλον Google Earth.
2. Βάσει της διαθέσιμης βιβλιογραφίας και των δεδομένων του πεδίου, Μελετήθηκαν και αξιολογήθηκαν οι **παράγοντες** που υπεισέρχονται στην **εκδήλωση κατολισθήσεων**.
3. Δημιουργήθηκαν κατάλληλα **Θεματικά επίπεδα πληροφοριών (ΘΕΠ)** σε περιβάλλον Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (GIS) για την πραγματοποίηση χωρικών αναλύσεων σε επόμενα στάδια.
4. Αποφασίστηκε, βάσει της έκτασης της περιοχής έρευνας και των διαθέσιμων δεδομένων, η μεθοδολογία υπολογισμού της Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας. Στη συγκεκριμένη Μ.Δ.Ε. ως **μοντέλο πρόβλεψης** της κατολισθητικής επιδεκτικότητας επιλέχθηκε η **Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (ΑΗΡ)**, ημιποσοτική μέθοδος που συνεκτιμά τη γνώση των ειδικών στη λήψη αποφάσεων.
5. Κατασκευάστηκε **Χάρτης Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας** της περιοχής μελέτης. Δημιουργήθηκαν 5 ζώνες κατολισθητικής επιδεκτικότητας με την εξής διαβάθμιση: Πολύ χαμηλή, Χαμηλή, Μέτρια, Υψηλή, Πολύ υψηλή.

6. **Αξιολογήθηκε το μοντέλο πρόβλεψης** ως προς την ακρίβειά του (ποσοστό επιτυχίας 78,3%). Πραγματοποιήθηκε επιπλέον χωρική και στατιστική ανάλυση των επιλεγμένων ΘΕΠ που κατασκευάστηκαν. Σημαντικές παράμετροι ως προς την κατολισθητική επιδεκτικότητα εκτιμήθηκαν (i) οι γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής έρευνας, (ii) η μορφολογική κλίση της περιοχής μελέτης και (iii) η απόσταση της εξεταζόμενης θέσης κατολίσθησης από το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής έρευνας.

Στην παρούσα εργασία γίνεται αποτίμηση της κατολισθητικής επιδεκτικότητας στο Δήμο Θέρμου. Η περιοχή μελέτης κατηγοριοποιείται σε ζώνες που υποδεικνύουν τις περιοχές όπου υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα εκδήλωσης κατολισθήσεων.

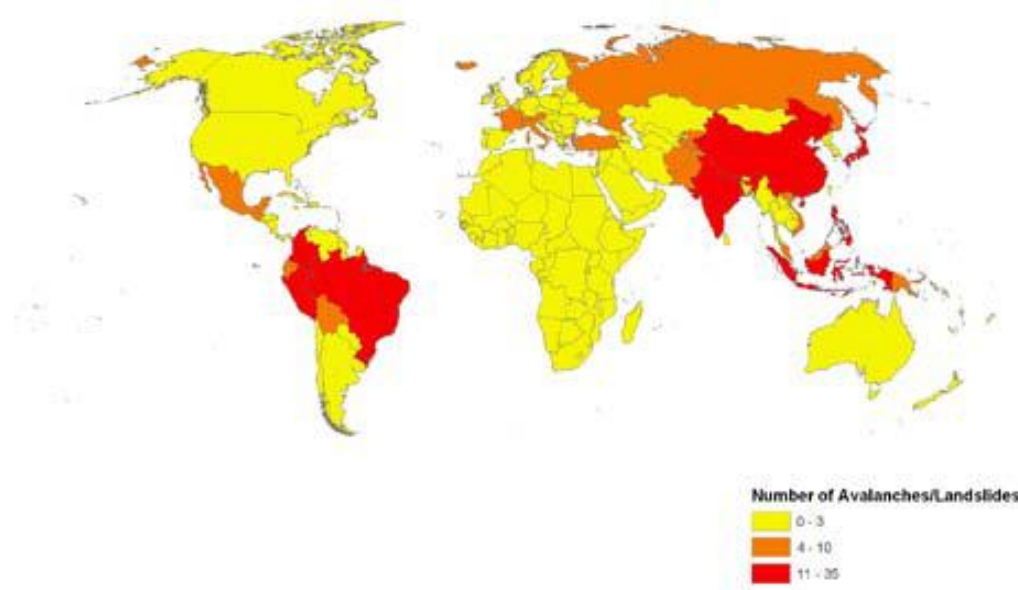
Ο παραγόμενος χάρτης αποτελεί βάση για μελλοντική έρευνα και εκτίμηση της διακινδύνευσης κατολίσθησης στην εξεταζόμενη περιοχή. Μέσω του παραπάνω χάρτη μπορεί να εξεταστεί η βιωσιμότητα των οικισμών, και να προκύψει σωστός σχεδιασμός του αστικού ιστού και του προγράμματος επέκτασης του για την αποφυγή μελλοντικών απωλειών είτε σε ανθρώπινες ζωές είτε σε οικονομικές μονάδες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ - ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ

2.1 Κατολισθητικά Φαινόμενα

Οι κατολισθήσεις, με την ευρύτερη έννοια της μετακίνησης που εκδηλώνεται σε φυσικά και τεχνητά πρηνή, συνιστούν μαζί με τους σεισμούς, τις εκρήξεις των ηφαιστείων, τις ανεξέλεγκτες πυρκαγιές και τις πλημμύρες τις σπουδαιότερες Φυσικές Καταστροφές (Natural Disasters) και αποτελούν βασική αιτία απώλειας ανθρωπίνων ζώων καθώς και περιουσιών με σημαντικές κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις. Αναφέρεται ενδεικτικά ότι ο συνολικός αριθμός των ανθρωπίνων θυμάτων από κατολισθήσεις στην Ιαπωνία κατά τη διάρκεια των 30 ετών από το 1967 μέχρι το 1998 ήταν 3152 ενώ ο αντίστοιχος από σεισμούς (συμπεριλαμβανομένου και του σεισμού του Kobe) ήταν 6254 (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007).



Σχήμα 2.1: Παγκόσμιος Χάρτης Κατολισθητικής Επικινδυνότητας κατά το χρονικό διάστημα 1974-2003 (EM-DAT, 2010).

Το φαινόμενο εκδήλωσης κατολισθήσεων φαίνεται σε ετήσια βάση να αυξάνεται (Nadim et al., 2006). Σύμφωνα με πολλούς ερευνητές (Nadim et al. 2006, Φερεντίνου & Χαλκιάς 2012), ο κύριος λόγος για την εμφάνιση των κατολισθήσεων έγκειται σε ανθρωπογενείς διεργασίες όπως η επέκταση του αστικού ιστού, υπερεκμετάλλευση των φυσικών πόρων, αποψίλωση των δασών κ.α. Επιπλέον, αυξανόμενες ανάγκες για ψυχαγωγία και επέκταση του μεταφορικού δικτύου,

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ - ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ

οδηγούν στην εκμετάλλευση ακατοίκητων ορεινών-δύσβατων περιοχών οι οποίες όμως είναι επιδεκτικές σε κατολίσθηση. Σημειώνεται πως, λόγω της εντατικής αστικοποίησης και της ανεξέλεγκτης αλλαγής χρήσης γης αυξάνεται ο πληθυσμός που εκτίθεται στο κίνδυνο κατολισθήσεων.

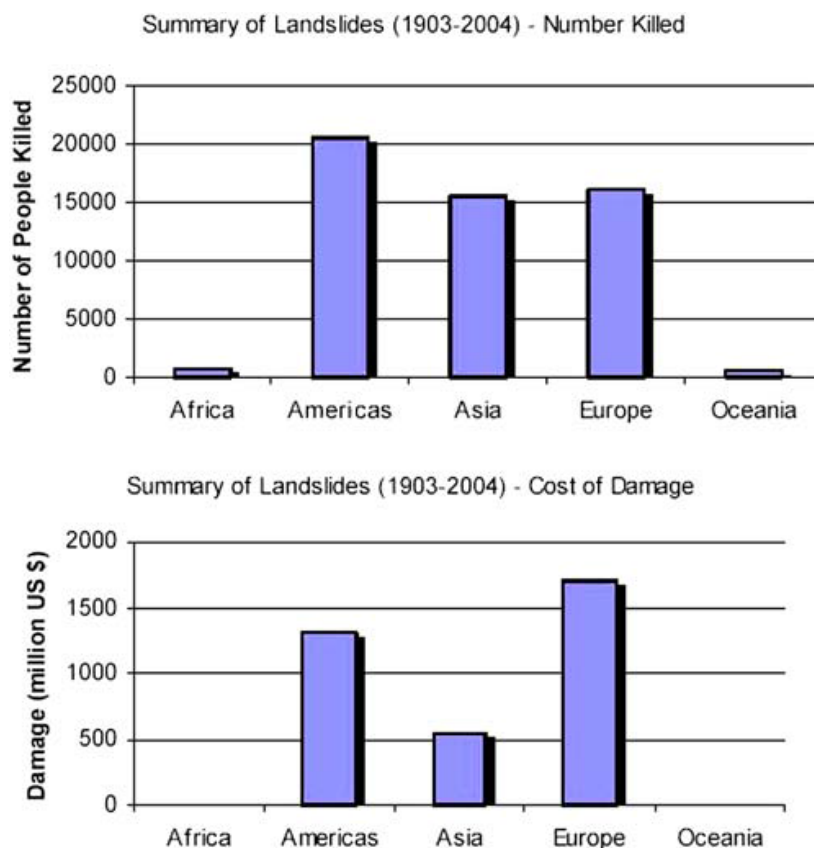
Rank	Disaster type	All Deaths	Deaths 1992–2001 ^a
1	Drought	563,701	277,574
2	Storms	251,384	60,447
3	Floods	170,010	96,507
4	Earthquakes	158,551	77,756
5	Volcanoes	25,050	259
6	Extreme temperature	19,249	10,130
7	Landslides	18,200	9,461
8	Wave/surge	3,068	2,708
9	Wild fires	1,046	574
Total		1,211,159	535,416

^a 2002 IFRC World Disaster Report (<http://www.cred.be/emdat/intro.htm>)

Σχήμα 2.2: Κατάταξη των κυριότερων φυσικών καταστροφών βάσει του αριθμού θυμάτων όπως σύμφωνα με την EM-DAT (Nadim et al., 2006).

Σύμφωνα με στοιχεία της Παγκόσμιας Βάσης Δεδομένων Φυσικών Καταστροφών (EM-DAT) παρά τη συχνότητα των κατολισθητικών φαινομένων, εκτιμάται ότι οι κατολισθήσεις στο σύνολο ανθρωπίνων απωλειών ταξινομούνται χαμηλά σε σχέση με άλλες φυσικές καταστροφές (Nadim et al., 2006, Σχήμα 2.2). Σύμφωνα με τους ίδιους συγγραφείς, εκτιμάται ότι ο αριθμός θανάτων λόγω κατολισθήσεων υποεκτιμάται σημαντικά. Αυτό οφείλεται στο ότι ο συνολικός αριθμός θυμάτων στις διεθνείς βάσεις δεδομένων φυσικών καταστροφών καταγράφεται βάσει του εναυσματικού παράγοντα και όχι του κινδύνου που οδήγησε σε απώλεια ανθρωπίνων ζώων. Δίνεται το παράδειγμα της φυσικής καταστροφής που συνέβη το 1999 στη Βενεζουέλα. Σημειώνεται ότι πάνω από 20000 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους. Η απώλεια αυτή αποδόθηκε στις πλημμύρες που έπληξαν την περιοχή. Η πραγματικότητα όμως είναι πως οι περισσότεροι από αυτούς τους θανάτους οφείλονταν στις μεγάλες κατολισθήσεις που συνέβησαν στην περιοχή ως αποτέλεσμα της έντονης βροχόπτωσης. (Nadim et al. 2006, Βολιώτη 2009).

Παρουσιάζεται ο αριθμός των θυμάτων και οι οικονομικές απώλειες κατά το διάστημα 1903-2004, λόγω κατολισθήσεων ανά ήπειρο, σύμφωνα με την Παγκόσμια Βάση Δεδομένων Φυσικών Καταστροφών (EM-DAT) στο Σχήμα 2.3. Πρώτου μειωθούν οι εκτιμώμενες ζημιές από μελλοντικά κατολισθητικά φαινόμενα, θα πρέπει πρώτα να αναγνωριστεί και να αξιολογηθεί ο κίνδυνος. Η παροχή πληροφοριών κατολισθητικού κινδύνου ή διακινδύνευσης σε μία περιοχή μελέτης με τη μορφή χάρτη, αποτελεί ένα πρακτικό και οικονομικά αποδοτικό τρόπο για την αναγνώριση περιοχών στην οποίες υπάρχουν κατολισθήσεις ή μπορεί να συμβούν στο μέλλον (Saunders & Glassey, 2007).



Σχήμα 2.3: Αριθμός θυμάτων και οικονομικών απωλειών για το διάστημα 1903-2004 λόγω κατολισθήσεων ανά ήπειρο σύμφωνα με την EM-DAT (Nadim et al., 2006).

Αν και ένας μικρός αριθμός αστικής ανάπτυξης εντοπίζεται σε περιοχές αστάθειας και κατολισθήσεων, ο αριθμός των ατόμων που επηρεάζεται μπορεί να αυξηθεί όταν παρατηρείται ανάπτυξη αστικού ιστού σε περιοχές λιγότερο σταθερές με πιο απότομες μορφολογικά κλίσεις (ειδικά στις παρυφές της αστικής ανάπτυξης). Είναι σημαντικό σε τέτοιες περιοχές με μεγάλο κίνδυνο - διακινδύνευση κατολισθήσεων, ο κίνδυνος να αναγνωρίζεται σε αρχικά στάδια σχεδιασμού. Τέτοιες περιοχές θα πρέπει να μην αναπτύσσονται (όπου είναι εφικτό) ή να αναπτύσσονται με τέτοιο τρόπο ώστε η διακινδύνευση να είναι σε αποδεκτό επίπεδο. Ο κίνδυνος κατολισθητικότητας θα πρέπει να αντιμετωπίζεται σε περιφερειακό και τοπικό επίπεδο και η αξιολόγηση της αστάθειας της περιοχής δόμησης να είναι μέρος του οικονομικού προϋπολογισμού. Πρέπει επίσης ο κατολισθητικός κίνδυνος και η διακινδύνευση να προσδιορίζονται σε περιοχές που έχουν ήδη αναπτυχθεί (Saunders & Glassey 2007).

2.2 Ορισμός

Έχουν δοθεί πολλοί ορισμοί σχετικά με τον προσδιορισμό της έννοιας της κατολίσθησης (Landslide) στη διεθνή βιβλιογραφία. Παρατίθεται ο ορισμός που έδωσε ο Cruden (1991), ως Πρόεδρος της Ομάδας Εργασίας της UNESCO για τη διεθνή καταγραφή των κατολισθήσεων (WP/WLI) ο οποίος ορίζει την κατολίσθηση σαν “την κίνηση της μιας μάζας βράχου, εδάφους ή κορημάτων προς τα κατόντη ενός πρανούς” (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007).

2.3 Ταξινόμηση

Παρουσιάζονται πολλά συστήματα ταξινόμησης κατολισθήσεων στη βιβλιογραφία διεθνώς. Ένα από τα δημοφιλέστερα και διεθνώς αναγνωρισμένα συστήματα ταξινόμησης κατολισθήσεων είναι αυτό του Varnes (1978) και Varnes & Cruden (1996). Το συγκεκριμένο σύστημα ακολουθείται στη παρούσα Μ.Δ.Ε. κατά την αναγνώριση και ταξινόμηση κατολισθήσεων (Πίνακας 2.1 & Σχήμα 2.8).

Παρουσιάζεται το σύστημα ταξινόμησης κατά Varnes ενώ στοιχεία λήφθηκαν από τους **Saunders & Glassey (2007)**, **Κούκης & Σαμπατακάκης (2007)** και **Τσαγγαράτος (2012)**:

Ο Varnes (1978) προτείνει ένα σύστημα ταξινόμησης, στο οποίο συμπεριλαμβάνονται όλων των ειδών οι κινήσεις, οι οποίες θα μπορούσαν να παρατηρηθούν σε πρανή, αφήνοντας εκτός περιγραφής τις κινήσεις που αφορούν τις καθιζήσεις. Η ταξινόμηση που προτείνει ο Varnes στηρίζεται σε δυο (2) κύρια κριτήρια, τον τύπο της κίνησης και τον τύπο της μάζας που κινείται.

Ανάλογα με το **είδος της μετακίνησης**, οι κατολισθήσεις ταξινομούνται σε πτώσεις, ανατροπές, ολισθήσεις, πλευρικές εξαπλώσεις και ροές.

Ανάλογα με το **είδος του γεωυλικού** που μετακινείται, διακρίνονται κινήσεις οι οποίες εκδηλώνονται στο βραχώδες υπόβαθρο ή στους εδαφικούς σχηματισμούς που διακρίνονται σε κορήματα και σε γαίες. Ως γαίες θεωρούνται τα εδαφικά υλικά τα οποία με βάση τη μηχανική τους ταξινόμηση, ποσοστό μεγαλύτερο του 80% της μάζας τους έχει μέγεθος μικρότερο των 2mm (κλάσμα άμμου, ιλύος και αργίλου). Ως κορήματα θεωρούνται εδαφικά υλικά που περιέχουν ποσοστό 20-80% χονδρόκοκκων υλικών, μεγέθους μεγαλύτερου των 2mm (χαλίκι, κροκάλες λατύπες, ογκόλιθοι), ενώ το υπόλοιπο ποσοστό τους είναι μικρότερο των 2mm. Ο όρος κορήματα, έχει σχέση με την κοκκομετρική διαβάθμιση του εδαφικού υλικού (ανδρομερή-χονδρόκοκκα υλικά) και όχι με την καθαρώς γεωλογική του έννοια.

Ο συνδυασμός του τύπου μετακίνησης και του γεωυλικού που μετακινείται δίδει μια βασική περιγραφή της κατολίσθησης, πχ. καταπτώσεις βράχων, ροή γαιών κλπ.

Περιπτώσεις αναγνώρισης συνδυασμού κατολισθητικών κινήσεων κατατάσσονται στην ομάδα των **σύνθετων κατολισθήσεων**.

Σημειώνεται πως, είναι εφικτή η ταξινόμηση των υλικών κατολίσθησης από άποψη περιεχόμενης υγρασίας. Συγκεκριμένα μπορούν μακροσκοπικά να διακριθούν σε:

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ - ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ

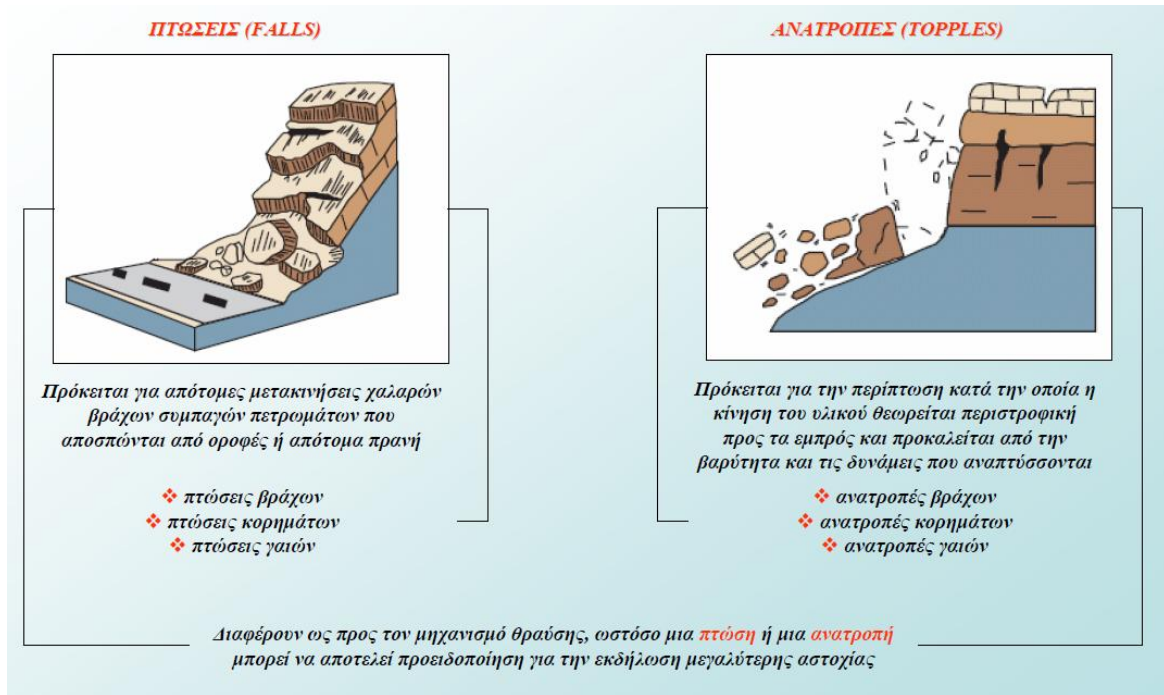
- Ξηρά, όταν δεν παρατηρείται κάποιο ποσοστό υγρασίας
- Διαβρεγμένα, όταν περιέχουν ποσοστό υγρασίας αλλά στη μάζα τους δεν κυκλοφορεί ελεύθερα νερό
- Υγρά, όταν περιέχουν υψηλό ποσοστό υγρασίας, το νερό ρέει μέσα από τη μάζα τους και συμπεριφέρονται μερικώς ως υδαρά, ή ακόμα όταν περιέχουν πολύ μεγάλες ποσότητες νερού, ώστε να έχουν συμπεριφορά ρευστού.

Τονίζεται η δυσκολία να διακριθεί σε μία κατολισθαίνουσα μάζα, η κατάσταση στην οποία βρίσκεται από άποψη περιεχόμενης υγρασίας καθώς παρατηρούνται πολύ συχνά ξηρά ή με μικρή υγρασία τεμάχια υλικού να μετακινούνται σε μια διαποτισμένη υδαρή μάζα του ίδιου υλικού (Hutchinson, 1988).

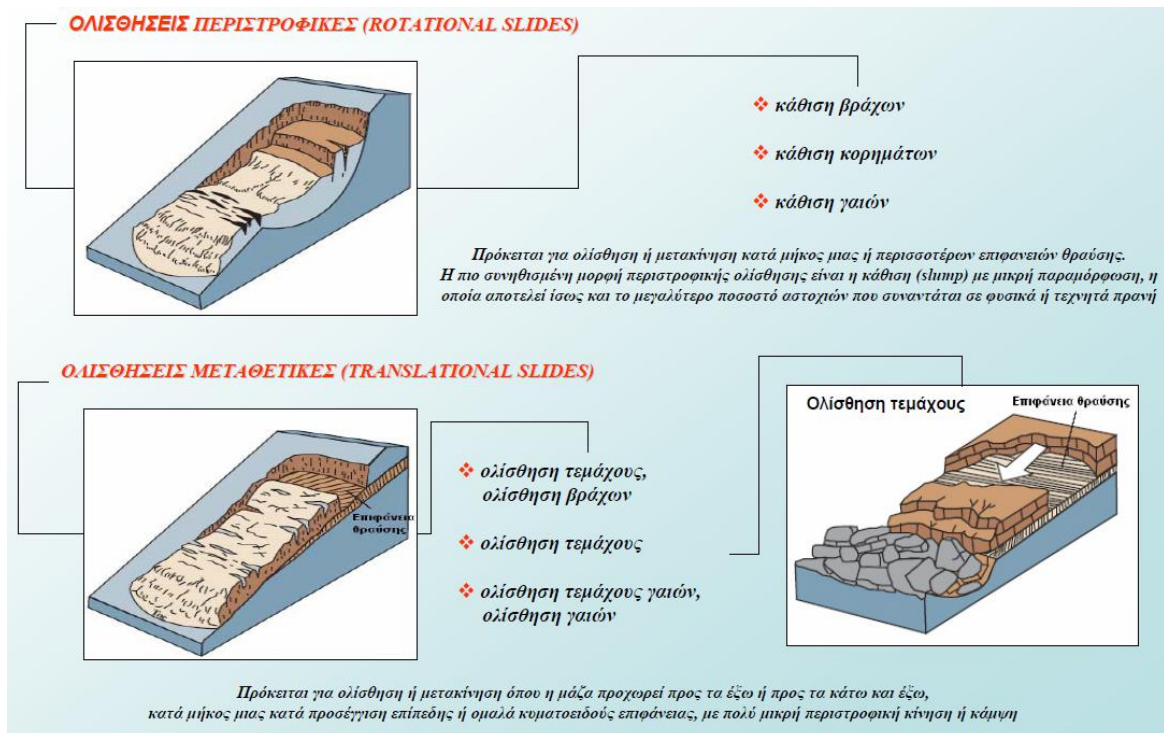
Παρατίθενται συνοπτικά, στοιχεία κάθε τύπου κατολίσθησης όπως παρουσιάστηκαν στη Διδ. Διατριβή του **Π. Τσαγγαράτου** (2012, Σχήμα 2.4 έως Σχήμα 2.7).

Πίνακας 2.1: Ταξινόμηση μετακίνησης πρανών κατά Varnes (1978).

Τύπος κίνησης		Τύπος μετακινούμενου υλικού		
		Βραχώδεις Υπόβαθρο	Μηχανικά εδάφη	
			Χονδρόκοκκα	Λεπτόκοκκα
Κατάπτωση		Κατάπτωση βράχων	Κατάπτωση κορημάτων	Κατάπτωση γαιών
Ανατροπή		Ανατροπή βράχων	Ανατροπή κορημάτων	Ανατροπή γαιών
Ολίσθηση	Περιστροφική	Περιστροφική ολίσθηση βραχώδους υποβάθρου	Περιστροφική ολίσθηση κορημάτων	Περιστροφική ολίσθηση γαιών
	Μεταθετική	Μεταθετική ολίσθηση βραχώδους υποβάθρου	Μεταθετική ολίσθηση κορημάτων	Μεταθετική ολίσθηση γαιών
Πλευρική Εξάπλωση		Πλευρική εξάπλωση βραχώδους υποβάθρου	Πλευρική εξάπλωση κορημάτων	Πλευρική εξάπλωση γαιών
Ροή		Ροή βραχώδους υποβάθρου (ερπυσμός)	Ροή κορημάτων	Ροή γαιών
			(ερπυσμός εδάφους)	
Σύνθετη		Συνδυασμός δύο ή περισσότερων τύπων		




Σχήμα 2.4: Πτώσεις και ανατροπές (Τσαγγαράτος, 2012).



Σχήμα 2.5: Ολισθήσεις περιστροφικές και μεταθετικές (Τσαγγαράτος, 2012).

ΠΛΕΥΡΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ



- ❖ έκταση βράχων
- ❖ έκταση κορημάτων
- ❖ έκταση γαιών

Επικρατεί η πλευρική διάταξη που διευκολύνεται από διατμητικές ή εφελκυστικές ρωγμές

Θεωρούνται ως ο τύπος των κατολισθήσεων με την εκδήλωση μερικών από τα πιο καταστροφικά φαινόμενα μετακίνησης πρανών, σε απώλειες ζωής και καταστροφής περιουσιών

Διακρίνονται δυο τύποι πλευρικών εκτάσεων:

- ❖ εκείνες όπου η μετατόπιση κατανέμεται σε όλη την εκτεινόμενη μάζα
- ❖ εκείνες όπου δημιουργείται κερματισμός και διάταξη συνεκτικού υλικού, είτε του υποβάθρου είτε εδάφους, λόγω υγροποίησης ή πλαστικής ροής των υπερκειμένων υλικών

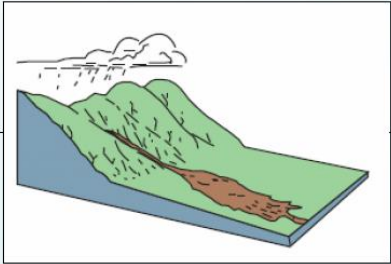
Σχήμα 2.6: Πλευρικές εκτάσεις (Τσαγγαράτος, 2012).

ΡΟΕΣ ΑΠΟΣΑΘΡΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΓΑΙΩΝ

Πρόκειται για μετακινήσεις αποσαθρωμάτων και προϊόντων διάβρωσης, που προκαλούνται από τους ατμοσφαιρικούς παράγοντες και ελέγχονται από το χαρακτήρα των αποσαθρωμάτων και τη μορφολογία των πρανών, ανάλογα με τη φύση των υλικών και τη συνεκτικότητά τους οι ροές γαιών διακρίνονται σε:

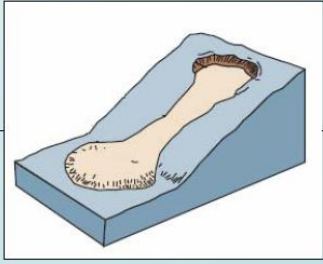
ροές λάσπης (mud flows)

ροές αποσαθρωμάτων (debris flow)



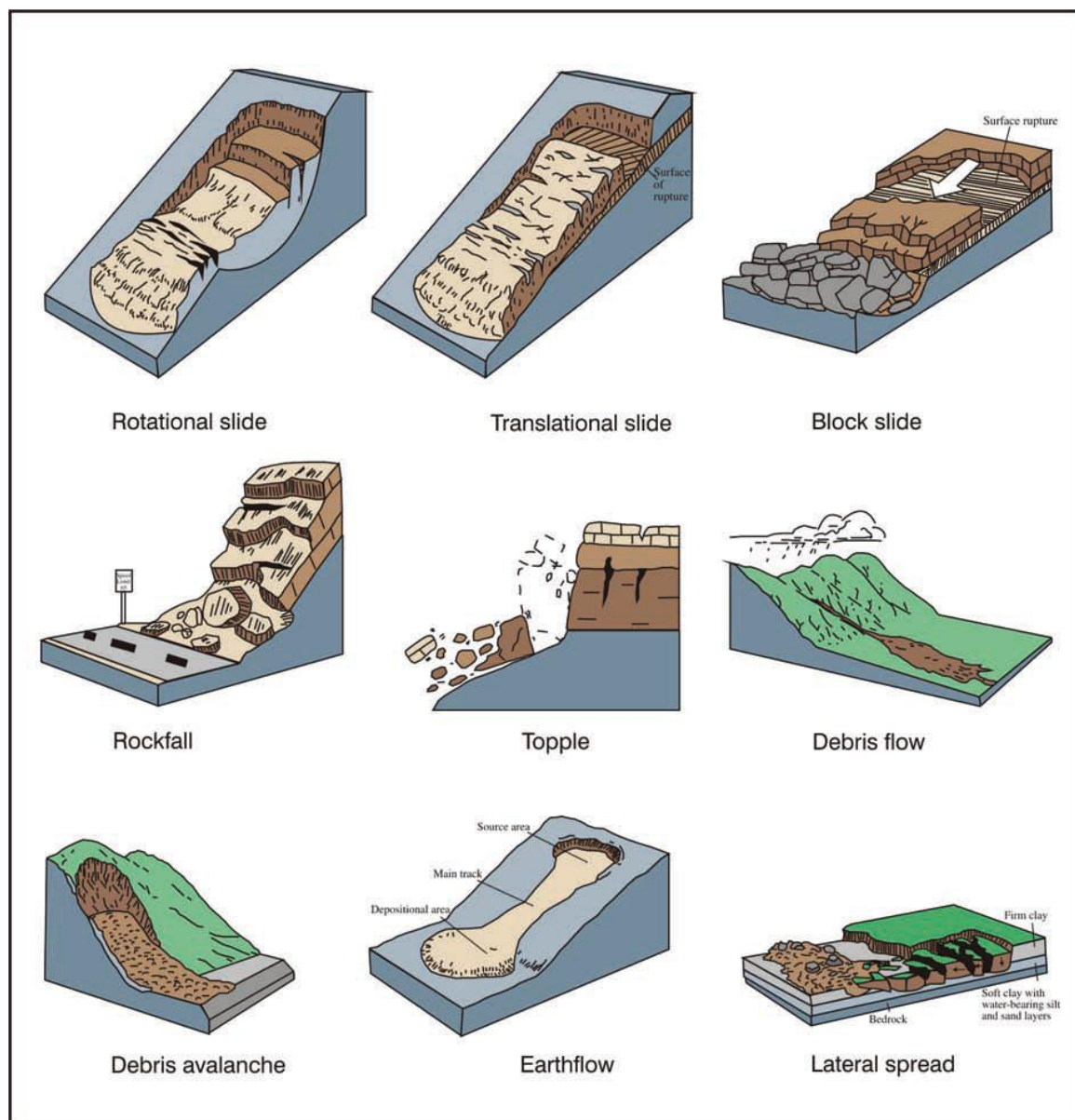
Συμπαράσφραται υλικό από τη χειμαρική απορροή μετά από ισχυρή βροχόπτωση με μεγάλη ταχύτητα προς τα κάτω

ροές γαιών (earth flows)



Αφθονούν στο φλόσχη και στα νεογενή. Υπόκεινται σε εύκολη ολίσθηση μετά από διαβροχή τους από τη βροχή, αναπτύσσοντας μεγάλες ταχύτητες μετακίνησης

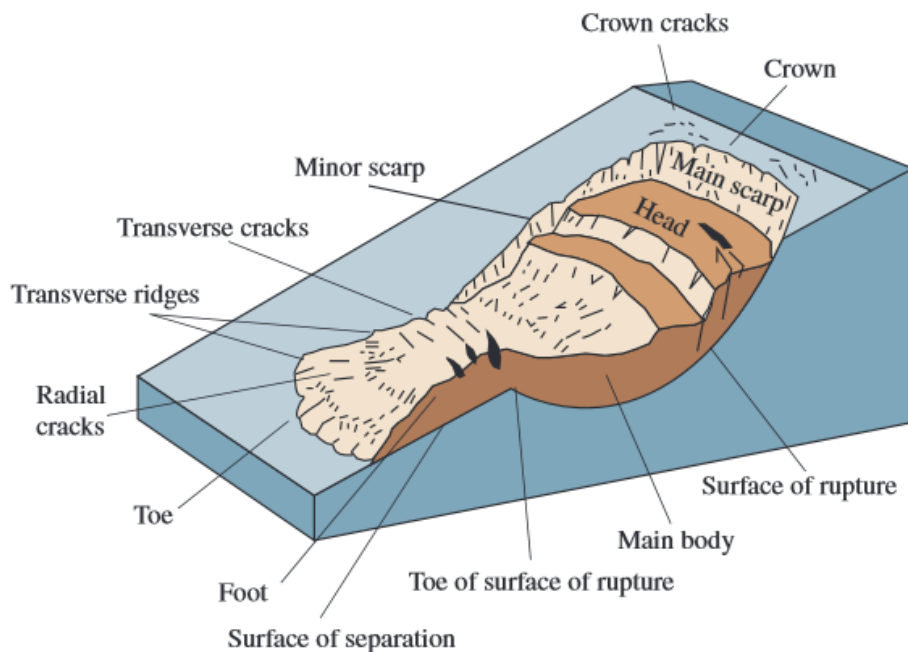
Σχήμα 2.7: Ροές αποσαθρωμάτων και γαιών (Τσαγγαράτος, 2012).



Σχήμα 2.8: Τύποι μετακίνησης πρανών κατά Varnes, 1978 (Highland, 2004).

2.4 Ονοματολογία

Χαρακτηριστικά στοιχεία και ονοματολογία μίας τυπικής περιστροφικής κατολίσθησης παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.9 (Varnes 1978, IAEG 1990). Πολλά από τα συγκεκριμένα στοιχεία είναι ορατά από αεροφωτογραφίες και, ανάλογα με την έκτασή τους, μπορούν να ενσωματωθούν και να παρουσιαστούν σε τοπογραφικούς και γεωλογικούς χάρτες κλίμακας 1:50.000.



Σχήμα 2.9: Ονοματολογία περιστροφικής ολίσθησης (IAEG, Commission on Landslides, 1990).

Αναφέρονται τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά μιας περιστροφικής ολίσθησης (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007):

Στέψη (Crown): Το ανώτερο σταθερό τμήμα του φυσικού εδάφους, το πλησιέστερο προς την κύρια κατακρήμιση.

Κύρια κατακρήμιση (Main Scarp): Απότομο βύθισμα της επιφάνειας του φυσικού εδάφους στο ανώτερο τμήμα της ολίσθησης (στέψη), που προκλήθηκε από την κίνηση της ολισθαίνουσας μάζας.

Κεφαλή (Head): Τα ανώτερα τμήματα της κατολίσθησης κατά μήκος της επαφής της μετακινούμενης μάζας και της κύριας κατακρήμισης.

Κύριο σώμα (Main body): Το τμήμα της μετακινούμενης μάζας που υπέρκειται της επιφάνειας ολίσθησης, μεταξύ της κύριας κατακρήμισης και της απόληξης της επιφανειακής ολίσθησης.

Επιφάνεια ολίσθησης (Surface of rupture): Η επιφάνεια που αποτελεί επέκταση της κύριας κατακρήμισης κάτω από τη μετακινούμενη μάζα της κατολίσθησης, πάνω στην οποία έγινε η κατολίσθηση.

Επιφάνεια διαχωρισμού (Surface of separation): Το τμήμα της αρχικής επιφάνειας του φυσικού εδάφους που καλύπτεται από τον πόδα της κατολίσθησης,

Πόδας (Foot): Το τμήμα της κατολίσθησης που έχει κινηθεί πέραν της απόληξης της επιφάνειας ολίσθησης και το οποίο υπέρκειται της αρχικής επιφάνειας εδάφους.

Απόληξη (Toe): Το κατώτερο, συνήθως κυρτό όριο της μετακινούμενης μάζας. Απέχει τη μεγαλύτερη απόσταση από την κύρια κατακρήμιση.

2.5 Ταχύτητα Μετακίνησης

Η ταχύτητα μετακίνησης μιας κατολίσθησης είναι παράμετρος που σχετίζεται άμεσα με τις επιπτώσεις που έχει σε ανθρώπινες ζωές, βλάβες κτηρίων και έργων υποδομής καθώς και σε απώλεια γης. Σημειώνεται ότι συχνά είναι δύσκολος ο προσδιορισμός της ταχύτητας μετακίνησης μιας κατολίσθησης, λόγω της διαφορετικής ταχύτητας που αναπτύσσει στα διάφορα στάδια εξέλιξής της ή ακόμα και στα διάφορα τμήματά της ή ακόμα της διαφορετικής ταχύτητας των διαφορών τύπων μετακίνησης που συνήθως αυτή περιλαμβάνει, όπως στην περίπτωση σύνθετων κατολισθήσεων (Κουκής & Σαμπατακάκης, 2007).

Παρατίθεται το σύστημα ταξινόμησης της ταχύτητας μετακίνησης κατολισθήσεων όπως προτάθηκε από τους Cruden και Varnes (1996). Η ταχύτητα μετακίνησης μιας κατολίσθησης μπορεί να ενταχτεί σε 7 κατηγορίες ενώ αποτελεί σημαντική παράμετρο στη μελέτη κινδύνου κατολισθήσεων (Saunders & Glassey 2007). Μια εξαιρετικά γρήγορη κατολίσθηση μπορεί να προκαλέσει απώλειες ανθρωπίνων ζών καθώς και περιουσιών μιας και ο χρόνος ασφαλούς εκκένωσης της περιοχής κρίνεται ανεπαρκής.

Αντίστοιχα, μεγάλες αργές κατολισθητικές μάζες αν και αποτελούν μικρότερο κίνδυνο για την ανθρώπινη ζωή επηρεάζουν και μπορούν να προκαλέσουν σημαντική ζημιά σε περιουσίες.

Velocity Class	Description	Velocity (mm/sec)	Typical Velocity	Probable Destructive Significance
7	Extremely Rapid			Catastrophe of major violence; buildings destroyed by impact of displaced material; many deaths; escape unlikely
		5×10^3	5 m/sec	
6	Very Rapid			Some lives lost; magnitude too great to permit all persons to escape
		5×10^1	3 m/min	
5	Rapid			Escape evacuation possible; structures; possessions, and equipment destroyed
		5×10^{-4}	1.8 m/hr	
4	Moderate			Some temporary and insensitive structures can be temporarily maintained
		5×10^{-3}	13 m/mth	
3	Slow			Remedial construction can be undertaken during movement; insensitive structures can be maintained with frequent maintenance work if total movement is not large during a particular acceleration phase
		5×10^{-5}	1.6 m/yr	
2	Very Slow			Some permanent structures undamaged by movement
		5×10^{-7}	15 mm/yr	
	Extremely Slow			Imperceptible without instruments; construction possible with precautions

Εικόνα 2.1: Ταξινόμηση ταχύτητας μετακίνησης κατολισθήσεων βάσει του συστήματος Cruden και Varnes (1996).

Παρατίθεται μερικά παραδείγματα ταξινόμησης κατολισθήσεων βάσει ταχύτητας σύμφωνα με τους Saunders & Glassey (2007): Η περιστροφική ολίσθηση στη Taihape ταξινομείται στην

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ - ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ

κατηγορία 2 με ταχύτητα μετακίνησης μικρότερη από 1.6m/year (Εικόνα 2.2). Η κατολίσθηση Hunterville ταξινομείται στην κατηγορία 5 (Εικόνα 2.3). Η κατολίσθηση Abbotsford ταξινομείται στην κατηγορία 2 (Μάιος – Ιούλιος του 1979) με εκτιμώμενη ταχύτητα 15mm/year. Τον Αύγουστο του ίδιου έτους, η εξεταζόμενη κατολίσθηση αστόχησε με μεγάλη ταχύτητα και ταξινομείται στην κατηγορία μετακίνησης 7.



Εικόνα 2.2: Μεταθετική ολίσθηση στη Taihape. Το βέλος υποδεικνύει τη φορά μετακίνησης ενώ σημειώνονται και τα όρια της κατολίσθησης (Saunders & Glassey, 2007).



Εικόνα 2.3 Βαθιά περιστροφική ολίσθηση γαιών (αριστερό τμήμα) που εξελίχθηκε σε ροή γαιών (δεξιό τμήμα). Εκδηλώθηκε στο Hunterville τον Ιούλιο του 2006 λόγω βροχοπτώσεων. Η εν λόγω ολίσθηση, οδήγησε στην προσωρινή εκκένωση 4 σπιτιών (Saunders & Glassey, 2007).

2.6 Παράγοντες & Έναυσμα εκδήλωσης κατολίσθησης

Ο μηχανισμός εκδήλωσης μιας κατολίσθησης (landslide process) περιλαμβάνει γενικά μία αλληλουχία γεγονότων που αρχίζουν με την επίδραση διαφόρων αιτιών (landslide causes), που επηρεάζουν τις συνθήκες ισορροπίας του πρανούς και προκαλούν διατάραξη του με τελικό αποτέλεσμα τη θραύση και τη μετακίνηση αυτού (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007). Για την παρουσίαση του συγκεκριμένου υποκεφαλαίου λαμβάνονται στοιχεία από τον **Popescu (1994)** και τους **Κούκη & Σαμπατακάκη (2007)**.

Σπάνια μπορεί να αποδοθεί μια κατολίσθηση σε ένα μόνο αίτιο. Η διαδικασία που οδηγεί στην ανάπτυξη μετακίνησης ενός πρανούς αρχίζει θεωρητικά με το σχηματισμό του ίδιου του γεωλογικού υλικού από το οποίο αποτελείται το πρανές, όταν καθορίζονται οι βασικές φυσικές του ιδιότητες και περιλαμβάνει όλα τα επακόλουθα γεγονότα μετακινήσεων του φλοιού της διάβρωσης και της αποσάθρωσης. Τελικά κάποια συγκεκριμένη δράση, ίσως ασήμαντη, προκαλέσει την έναρξη της μετακίνησης του γεωλογικού υλικού προς τα κατόντη. Η δράση αυτή όμως δε μπορεί να θεωρηθεί σαν κύρια αιτία έστω και αν ήταν αναγκαία μέσα στην αλυσίδα των γεγονότων.

2.6.1 Παράγοντες εκδήλωσης κατολίσθησεων και Συντελεστής Ασφαλείας

Σε κάθε πρανές δρουν δυνάμεις ενάντια στην ευστάθεια του, που τείνουν μετακινήσουν την εδαφική μάζα προς τα κατόντη, και δυνάμεις που αντιστέκονται σε αυτή τη μετακίνηση.

Ορίζεται ως **Συντελεστής Ασφαλείας F**, ο λόγος της διατμητικής αντοχής του εδάφους t_f προς την αναπτυσσόμενη διατμητική τάση t_m :

$$F = t_f/t_m$$

Ο συντελεστής ασφαλείας F ορίζει το ποσοστό μείωσης των παραμέτρων διατμητικής αντοχής του εδάφους για το οποίο το πρανές βρίσκεται σε οριακή κατάσταση αστοχίας.

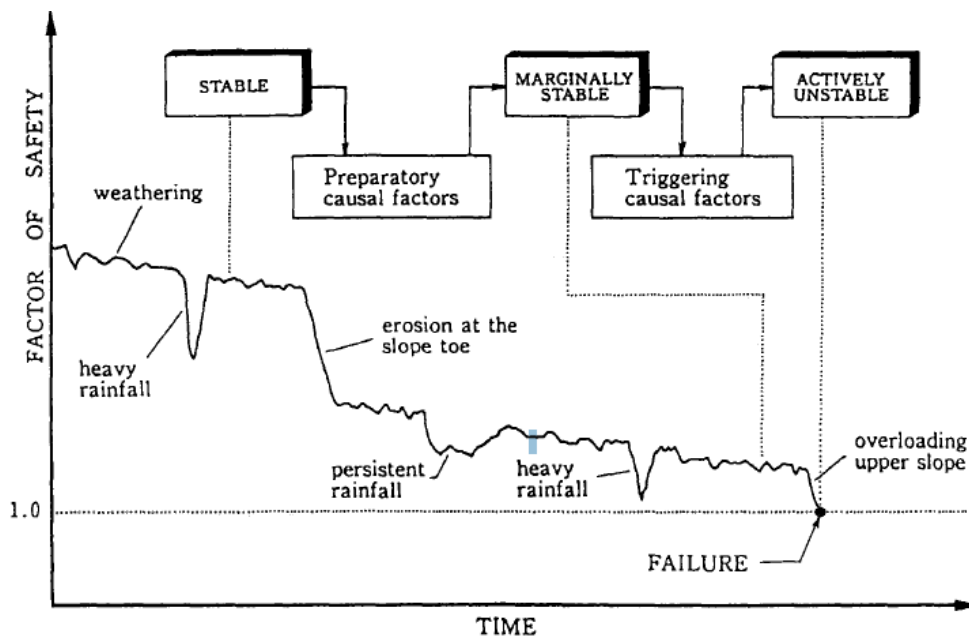
Βάσει του παραπάνω ορισμού, ο Terzaghi (1950) διαίρεσε τους παράγοντες εκδήλωσης κατολίσθησης σε:

1. **Εξωγενή αίτια**, τα οποία προκαλούν αύξηση της επιβαλλόμενης διατμητικής τάσης στο πρανές (πχ. μεταβολή στη γεωμετρία του πρανούς, αποφόρτιση του πόδα, φόρτιση του μετώπου, δυναμικές φορτίσεις και σεισμοί, αυξομειώσεις της στάθμης ταμειυτήρα κ.α.).
2. **Ενδογενή αίτια**, τα οποία προκαλούν μείωση της διατμητικής αντοχής του υλικού (πχ. προοδευτική θραύση, αποσάθρωση, διάβρωση κ.α.).

Σύμφωνα με τον Varnes (1978), υπάρχει πλήθος ενδογενών & εξωγενών οι παραγόντων που συμβάλλουν στην εκδήλωση κατολισθήσεων και διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

1. Παράγοντες που συμβάλλουν στην αύξηση της διατμητικής τάσης που επιδρά πάνω στο υπό μετακίνηση υλικό.
2. Παράγοντες που συμβάλλουν στη μείωση της διατμητικής αντοχής του υλικού.
3. Παράγοντες που μπορεί να επηρεάζουν ταυτόχρονα και τους δύο όρους του συντελεστή ασφαλείας.

Προκειμένου να γίνουν περισσότερο σαφή τα αίτια εκδήλωσης κατολισθήσεων, παρατίθεται στο Σχήμα 2.8 ένα ενδεικτικό διάγραμμα της μεταβολής του συντελεστή ασφαλείας ενός φυσικού πρανούς με το χρόνο. Επιδράσεις που οφείλονται στη μακροχρόνια αποσάθρωση των γεωλογικών υλικών του πρανού, στις έντονες και παρατεταμένες βροχοπτώσεις, στις διαβρώσεις στη βάση του κλπ., προκαλούν κατά τη διάρκεια της ζωής του μεταβολές (απότομες ή όχι) του συντελεστή ασφαλείας και συστηματική μείωση του με την πάροδο τα χρόνου. Τέλος κάποιος συγκεκριμένος παράγοντας (πχ. φόρτιση του πρανού από κάποια κατασκευή) αποτελεί το έναυσμα μετακίνησης καθώς ο συντελεστής ασφαλείας γίνεται μικρότερος από τη μονάδα.



Σχήμα 2.10: Διάγραμμα μεταβολής του συντελεστή ασφαλείας κατά το χρόνο (Popescu, 1994).

Όπως διακρίνεται, ο υπολογισμένος συντελεστής ασφαλείας F παρέχει μια καθαρή και απλή διάκριση μεταξύ σταθερών και ασταθών πρανών. Βεβαία, από πλευρά φυσικής κατάστασης και οριακής ευστάθειας προτείνεται η διάκριση του Crozier (1986) που διακρίνει τα πρανή σε σταθερά (stable), οριακά σταθερά (marginary stable) και ενεργά ασταθή (actively unstable). Σταθερά ορίζονται τα πρανή που το πλαίσιο ευστάθειας τους είναι αρκετά υψηλό ώστε να αντιστέκονται σε όλες τις δυνάμεις αποσταθεροποίησης. Οριακά σταθερά χαρακτηρίζονται τα

πρανή που το πλαίσιο ευστάθειας τους είναι σημαντικά μειωμένο και αναμένεται κάποια στιγμή η εκδήλωση αστάθειας από την επίδραση δυνάμεων αποσταθεροποίησης. Σε αυτή την κατηγορία, τα υπό μελέτη πρανή βρίσκονται ήδη σε κάποιο στάδιο ενεργοποίησης. Τέλος, ενεργά ασταθή χαρακτηρίζονται τα πρανή που οι δυνάμεις αποσταθεροποίησης προκαλούν συνέχεις ή περιοδικές μετακινήσεις.

Τα τρία παραπάνω στάδια ευστάθειας αποτελούν ένα χρήσιμο πλαίσιο για την κατανόηση των παραγόντων που προκαλούν κατολισθήσεις και για την ταξινόμηση στις 2 παρακάτω ομάδες βάση του τρόπου λειτουργίας τους:

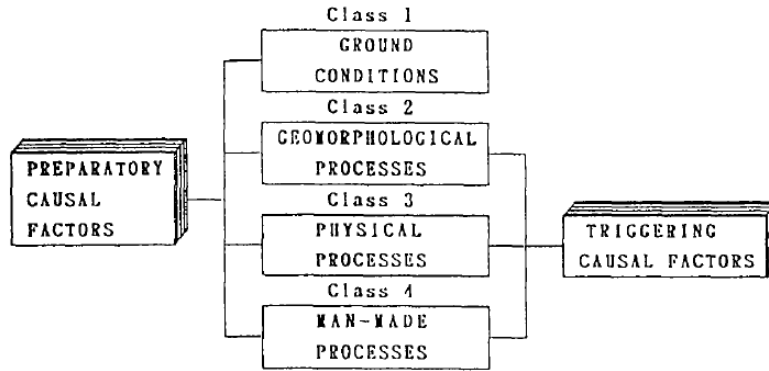
- **Προπαρασκευαστικοί παράγοντες** (preparatory causal factors): Συντελούν προοδευτικά στην αστάθεια του πρανού, το οποίο με την πάροδο του χρόνου γίνεται επιρρεπές σε ολίσθηση, χωρίς όμως να έχει γίνει έναρξη της μετακίνησης. Απλά, με την επίδραση των προπαρασκευαστικών παραγόντων δημιουργούνται συνθήκες ενός οριακά σταθερού πρανού.
- **Παράγοντες εναύσματος μετακίνησης** (triggering causal factors): Προκαλούν την έναρξη της μετακίνησης. Οι παράγοντες αυτοί συντελούν στη μετατροπή ενός πρανού από οριακά σταθερό σε ενεργά ασταθές.

2.6.2 Ταξινόμηση παραγόντων που συμβάλλουν στην εκδήλωση κατολισθήσεων

Λόγω της πολυπλοκότητας εκτίμησης των παραγόντων που προκαλούν κατολίσθηση, η ομάδα εργασίας της **UNESCO (WP/WPI 1994)** πρότεινε την υιοθέτηση ενός απλού συστήματος ταξινόμησης των παραγόντων εκδήλωσης κατολισθήσεων. Σημειώνεται πως, κατά τη διαδικασία εκτίμησης των αιτιών που προκαλούν κατολίσθηση, είναι σημαντικό να γίνεται διάκριση μεταξύ των γεωλογικών συνθηκών και των διεργασιών που λαμβάνουν χώρα. Οι γεωλογικές συνθήκες μια περιοχής μελέτης στοιχειοθετούν τη δομή ενός πρανού, το γενικό σύστημα πάνω στο οποίο οι γεωμορφολογικές διεργασίες δρουν ως αίτιο ή εναυσματικό παράγοντα εκδήλωσης κατολίσθησης. Το σύστημα ταξινόμησης παραγόντων κατολίσθησης που παρατίθεται στη συνέχεια, καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα του συνόλου των κατολισθήσεων που καταγράφονται.

Η προτεινόμενη ταξινόμηση **υποδιαιρεί τους παράγοντες** (αίτια) που προκαλούν τις κατολισθήσεις ανάλογα (Σχήμα 2.11):

1. Με το αποτέλεσμα και το βαθμό επίδρασης τους σε: α) **προπαρασκευαστικούς** και β) **εναύσματος μετακίνησης**, και
2. Την προέλευσή τους, στους παράγοντες που αναφέρονται α) στις **εδαφικές συνθήκες**, β) στις **γεωμορφολογικές διεργασίες**, γ) στις **φυσικές διεργασίες** και δ) στις **ανθρώπινες διεργασίες**.



Σχήμα 2.11: Ταξινόμηση των παραγόντων που συμβάλλουν στην εκδήλωση κατολισθήσεων (Popescu, 1994).

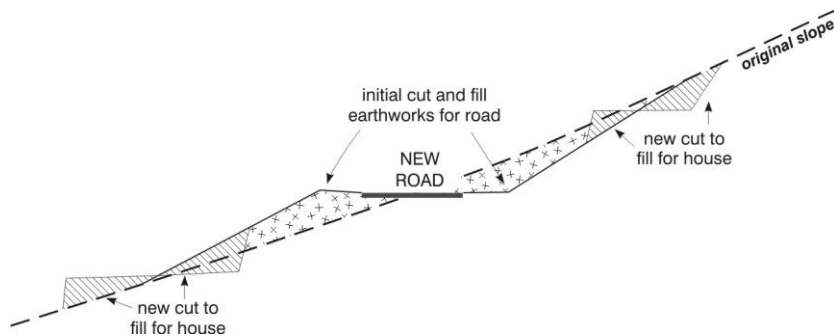
Αναλυτικότερα:

Εδαφικές συνθήκες (ground conditions): Αφορούν παράγοντες που αναφέρονται στα γενικά χαρακτηριστικά των εδαφικών σχηματισμών ή της βραχομάζας και μπορούν να αποτυπωθούν επιφανειακά με χαρτογράφηση και να διερευνηθούν υπεδαφικά με την εκτέλεση δειγματοληπτικών γεωτρήσεων κατά τη διάνοιξη ερευνητικών φρεατίων. Τα μηχανικά χαρακτηριστικά των σχηματισμών μπορούν να προσδιοριστούν με την εκτέλεση επιτόπου ή εργαστηριακών δοκιμών.

Γεωμορφολογικές διεργασίες (geomorphological processes): Οι παράγοντες αυτοί αναφέρονται στις μεταβολές της γεωμορφολογίας του εδάφους και μπορούν να αναγνωριστούν από προϋπάρχοντες χάρτες, αεροφωτογραφίες, λεπτομερές μακροσκοπικές παρατηρήσεις καθώς και διαχρονικές μαρτυρίες από τον τοπικό πληθυσμό.

Φυσικές διεργασίες (physical processes): Αναφέρονται στους παράγοντες που αφορούν τον ευρύτερο περιβάλλοντα χώρο και μπορούν να εκτιμηθούν επιτόπου με την εγκατάσταση οργάνων όπως πιεζόμετρα, σειсмоγράφοι, βροχόμετρα κλπ. Προσεκτικές παρατηρήσεις της στάθμης σε πηγάδια ή καταγραφές των βλαβών από σεισμούς στην ευρύτερη περιοχή, είναι απαραίτητα στοιχεία.

Ανθρωπογενείς διεργασίες (man-made processes): Αφορούν παράγοντες που μπορούν να εκτιμηθούν από επιτόπου παρατηρήσεις και καταγραφές της ανθρωπογενούς επίδρασης στην ευρύτερη περιοχή (κατασκευές τεχνικών έργων, εκσκαφές κλπ).



Σχήμα 2.12: Κατασκευή οικιών με εργασίες εκσκαφής και επίχωσης σε απότομα πρανή ανάντη και κατόντη νέου δρόμου. Και οι δύο περιπτώσεις κρίνονται επικίνδυνες (Taylor et al, 1977).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ - ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ

Πίνακας 2.2: Παράγοντες εκδήλωσης κατολισθήσεων κατά τη WP/WLI (Από Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007)

1. ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	
1	Πλαστικό χαμηλής αντοχής υλικό
2	Ευαίσθητο υλικό
3	Υλικό επιρρεπές σε θραύση
4	Αποσαθρωμένο υλικό
5	Διατμημένο υλικό
6	Ρωγματωμένο ή διακλασμένο υλικό
7	Βραχομάζα με δυσμενή προσανατολισμό ασυνεχειών (στρώση, σχιστότητα, διακλάσεις)
8	Βραχομάζα με δυσμενή προσανατολισμό ασυνεχειών (ρήγματα, επιφάνειες επαφής, ασυμφωνίες)
9	Διαφοροποιήσεις στην υδροπερατότητα
10	Διαφοροποιήσεις στη δυσκαμψία (στιφρό ή πυκνό υλικό υπερκείμενο πλαστικού υλικού)
2. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ	
1	Τεκτονική ανύψωση
2	Ανύψωση λόγω ηφαιστειών
3	Επίδραση παγετώνων
4	Ποτάμια διάβρωση της βάσης του πρανούς
5	Θαλάσσια διάβρωση της βάσης του πρανούς
6	Διάβρωση της βάσης του πρανούς από παγετώνα
7	Διάβρωση των πλευρών του πρανούς
8	Εσωτερική διάβρωση
9	Φόρτιση από φυσική απόθεση υλικών στη στέψη του πρανούς
10	Απομάκρυνση φυτοκάλυψης (από πυρκαγιά, διάβρωση κ.λπ.)
3. ΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ	
1	Έντονη, μικρής διάρκειας βροχόπτωση
2	Γρήγορο λιώσιμο χιονιού
3	Παρατεταμένη υψηλή βροχόπτωση
4	Γρήγορη πτώση στάθμης νερού μετά από πλημμύρες, παλίρροιες ή διάρρηξη φυσικών φραγμάτων
5	Σεισμοί
6	Εκρήξεις ηφαιστειών
7	Διάρρηξη λιμνών σε κρατήρες ηφαιστειών
8	Λιώσιμο παγωμένου εδάφους
9	Αποσάθρωση λόγω παγετού
10	Αποσάθρωση από διόγκωση και συρρίκνωση εδαφών
4. ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ	
1	Εκσκαφές στη βάση (πόδι) του πρανούς
2	Φόρτιση στο μέτωπο ή πάνω από τη στέψη του πρανούς
3	Υποβιβασμός της στάθμης σε ταμειευτήρες
4	Άρδευση
5	Κακή συντήρηση αποστραγγιστικών έργων
6	Διαρροή νερών από τεχνικά έργα (δίκτυα, δεξαμενές κ.λπ.)
7	Αποψίλωση
8	Λατομεία και μεταλλεία
9	Δημιουργία χωματερών
10	Τεχνητές δονήσεις (κυκλοφορία οχημάτων, λειτουργία μηχανών, τοποθέτηση πασσάλων κ.λπ.)

2.7 Ζωνοποίηση Κατολισθητικού Κινδύνου & Επιδεκτικότητας

Η γνώση του κινδύνου προς κατολίσθηση σε μία περιοχή και η απεικόνιση του σε χάρτες σαν αποτέλεσμα των διαφόρων αιτιών που προκαλούν τις κατολισθήσεις και των μεταξύ τους σχέσεων εξάρτησης, είναι μία πολύ σημαντική και απαραίτητη εργασία τόσο για τον προγραμματισμό και σχεδιασμό των διαφόρων γραμμικών έργων, όσο και στο πλαίσιο του αστικού σχεδιασμού και βέλτιστης χρήσης γης (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007). Σύμφωνα με τους συγγραφείς, ο όρος κίνδυνος και διακινδύνευση αποδίδεται με τους διεθνείς όρους hazard και Risk οι οποίοι έχουν διαφορετική σημασία ανά μελετητή. Η διεθνώς αποδέκτη έννοια των όρων αυτών δίνεται από τον Varnes (1984). Συγκεκριμένα (Από Κούκης και Σαμπατακάκης, 2007):

- **Φυσικός Κίνδυνος** (Natural Hazard, H): Ορίζεται η πιθανότητα να συμβεί σε μία ορισμένη χρονική περίοδο και σε μία δεδομένη περιοχή, ένα δυναμικό φυσικό καταστροφικό φαινόμενο (πχ. κατολίσθηση)
- **Τρωτότητα** (Vulnerability, V): Ορίζεται ως ο βαθμός απώλειας κάποιου “στοιχείου του κινδύνου” που οφείλεται στο φυσικό καταστροφικό φαινόμενο και εκφράζεται συγκριτικά με κλίμακα από 0 (καμία βλάβη) μέχρι 1 (ολική βλάβη)
- **Στοιχεία του κινδύνου** (Elements at risk, E): Αποτελούν ο πληθυσμός, οι περιουσίες, οι οικονομικές επιπτώσεις κλπ. σε μια συγκεκριμένη περιοχή
- **Ειδικός κίνδυνος** (Specific risk, Rs): Ορίζεται ως ο αναμενόμενος βαθμός απωλειών, λόγω του συγκεκριμένου καταστροφικού φαινομένου. Δίνεται από τη σχέση $R_s = H \times V$
- **Συνολικός Κίνδυνος** (Total risk, Rt): Ο αναμενόμενος αριθμός των θυμάτων, των τραυματισμών, των βλαβών-ζημιών σε περιουσίες ή ακόμα των επιπτώσεων στις οικονομικές δραστηριότητες, που οφείλονται σε ένα φυσικό καταστροφικό φαινόμενο (πχ κατολίσθηση) και δίνεται από τη σχέση: $R_t = E \times R_s = E \times (H \times V)$
- **Ζωνοποίηση** (Zonation): Ορίζεται η οριοθέτηση ενός τμήματος της γήινης επιφάνειας (κάποιας συγκεκριμένης περιοχής) και η ταξινόμησή του σύμφωνα με το βαθμό του υπαρκτού ή δυνητικού κινδύνου από κατολισθήσεις, χωρίς αυτή να συνεπάγεται αναγκαία κάποιους περιορισμούς

Παρατίθεται στη συνέχεια τα βασικά στάδια σε χάρτες ζωνοποίησης του κατολισθητικού κινδύνου και διακινδύνευσης όπως παρουσιάστηκαν από τις εργασίες των **Saunders & Glassey, (2007)**, **Κούκης & Σαμπατακάκης (2007)** και **Τσαγγαράτος (2012)**.

2.7.1 Χάρτης καταγεγραμμένων Κατολισθήσεων (Landslide inventory map)

Η γνώση κατολισθητικών φαινομένων σε μια περιοχή έρευνας εκφράζεται με την κατασκευή χάρτη κατολισθητικών φαινομένων (landslide inventory map) ο οποίος υποδεικνύει τις θέσεις και τα στοιχεία των κατολισθήσεων. Ένας χάρτης καταγεγραμμένων κατολισθήσεων μπορεί να παρουσιάζει απλά ή σύνθετα γεγονότα. Μικρής κλίμακας χάρτες παρουσιάζουν μόνο τις αναγνωρισμένες θέσεις κατολισθήσεων ενώ μεγάλης κλίμακας χάρτες μπορούν να ταξινομήσουν τα είδη των κατολισθήσεων ή να παρουσιάζουν άλλες επιπλέον σημαντικές πληροφορίες.

2.7.2 Χάρτης Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας (Landslide susceptibility map)

Οι χάρτες επιδεκτικότητας και οι αντίστοιχες μελέτες, σχετίζονται με την κατανόηση της επιρροής των προαπαιτούμενων φυσικών παραγόντων που αποτελούν την αιτία και όχι την αφορμή για την κατάλυση της ισορροπίας και την εκδήλωση κατολισθητικών φαινομένων (Varnes & IAEG 1984, Soeters & van Westen 1996, Guzzetti et al. 1999; 2005, Van Den Eeckhaut et al. 2006). Οι χάρτες επιδεκτικότητας απαντούν στο ερώτημα του πού είναι πιθανό να εκδηλωθεί μια κατολίση, συσχετίζοντας παράγοντες που συνέβαλαν στην εκδήλωση παλιότερων κατολισθήσεων. Ο όρος έχει δυνητική αξία και η διαβάθμιση της επιδεκτικότητας διατυπώνεται με ποιοτικούς χαρακτηρισμούς, όπως υψηλή, μέση ή χαμηλή επιδεκτικότητα. Η επιλογή της κλίμακας διαβάθμισης συνήθως βασίζεται κυρίως σε παρατηρήσεις και εμπειρικά κριτήρια.

2.7.3 Χάρτης Κατολισθητικού Κινδύνου (Landslide hazard map)

Οι χάρτες κατολισθητικού κινδύνου παρουσιάζουν την ετήσια πιθανότητα να εκδηλωθούν κατολισθητικά φαινόμενα σε μια περιοχή έρευνας. Ένας ιδανικός χάρτης κατολισθητικού κινδύνου παρουσιάζει σε κατηγορίες-ζώνες την πιθανότητα μια κατολίση να εκδηλωθεί σε συγκεκριμένη θέση αλλά και την πιθανότητα μία κατολίση ανάντη της θέσης μελέτης να χτυπήσει τη θέση αυτή.

Σημειώνεται πως, ως κίνδυνος ορίζεται η πιθανότητα εκδήλωσης ενός εν δυνάμει καταστροφικού φαινομένου εντάσεως (i) που αναμένεται ότι θα συμβεί στη διάρκεια μιας περιόδου (t).

Η μαθηματική έκφραση του ορισμού δίνεται ότι την εξίσωση:

$$\text{Hit} = f(\text{His}, t_i)$$

όπου, His, είναι η επιδεκτικότητα (susceptibility) της περιοχής έρευνας στο συγκεκριμένο φυσικό κίνδυνο και t_i , είναι ο ενεργοποιητικός παράγοντας που περιλαμβάνει την πιθανοτική διάσταση της χρονικής πρόβλεψης (Ηλίας, 2000).

2.7.4 Χάρτης Κατολισθητικής Διακινδύνευσης (Landslide risk map)

Οι χάρτες κατολισθητικής διακινδύνευσης περιέχουν στοιχεία όπως ετήσιο εκτιμώμενο κόστος λόγω κατολισθήσεων σε μια υπό μελέτη περιοχή και συνδυάζουν την πληροφορία του κινδύνου εκδήλωσης κατολίσθησης με όλες τις πιθανές συνέπειες σε περίπτωση κατολίσθησης (Ζημία σε περιουσίες και υποδομές, ανθρώπινα θύματα). Για την κατασκευή του παραπάνω χάρτη χρησιμοποιούνται πληροφορίες όπως στοιχεία κινδύνου, τρωτότητα, ειδικός κίνδυνος, συνολικός κίνδυνος κ.α.

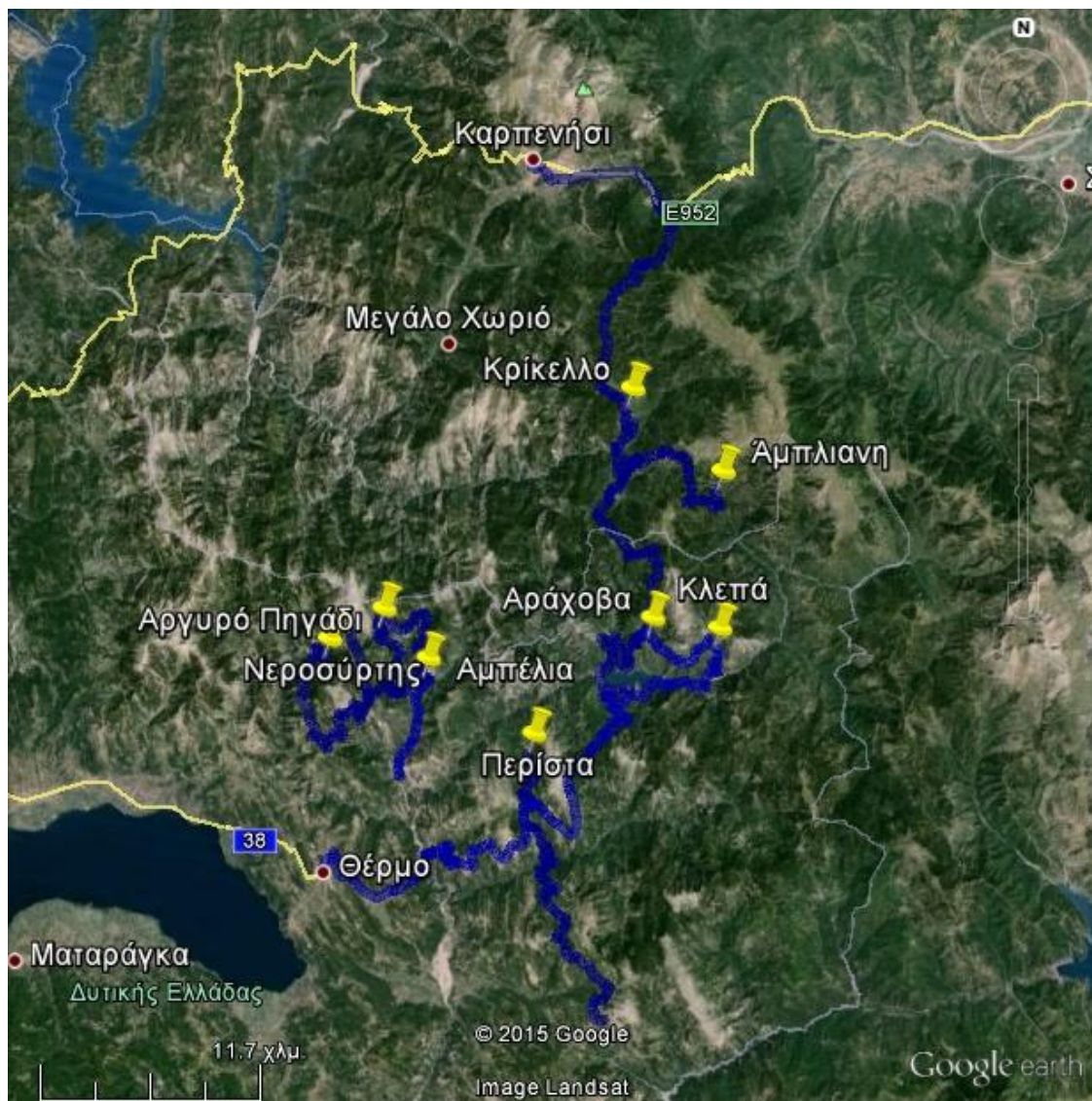
Ο όρος **διακινδύνευση** (risk) ενέχει την έννοια να συμβεί στην πραγματικότητα ένας συγκεκριμένος κίνδυνος. Ενώ ο **κίνδυνος** λαμβάνεται ως μια διαδικασία που εμπεριέχει το δυναμικό της απώλειας, αποτελώντας μια γενική μορφή απειλής (danger), η διακινδύνευση συνιστά την πραγματική έκθεση (exposure) οποιουδήποτε στοιχείου που έχει αξία για τον άνθρωπο σε κάποιον κίνδυνο, θεωρούμενη ως ένας συνδυασμός πιθανότητας και απώλειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

3.1 Διοικητική & Γεωγραφική Θέση

Μελετήθηκαν οκτώ (8) οικισμοί οι οποίοι εντοπίζονται στο ανατολικό τμήμα του νομού Αιτωλοκαρνανίας και στο νότιο τμήμα του νομού Ευρυτανίας. Οι οικισμοί οι οποίοι εξετάστηκαν υπάγονται στους **Δήμους Θέρμου** και **Ναυπακτίας**, τμήματα της Π.Ε. Αιτωλοακαρνιας, καθώς επίσης και στο **Δήμο Καρπενησίου**, μέρος της Π.Ε. Ευρυτανίας.



Εικόνα 3.1: Ευρύτερη περιοχή μελέτης. Σημειώνονται οι κατολισθαίνοντες οικισμοί στους οποίους πραγματοποιήθηκε επιτόπια έρευνα. Επιπλέον σημειώνεται η διαδρομή που ακολουθήθηκε, κατά μήκος της οποίας καταγράφηκαν περιστατικά κατολισθήσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

- Στο Δήμο Θέρμου, εξετάσθηκαν οι οικισμοί Αργυρό Πηγάδι, Νεροσύρτης και Αμπέλια. Επιπλέον καταγράφηκαν κατολισθήσεις στο ορεινό δίκτυο του Δήμου.
- Στο Δήμο Ναυπακτίας, εξετάσθηκαν οι οικισμοί Κλεπά, Περίστα και Αράχοβα. Καταγράφηκαν, επιπλέον, κατολισθήσεις στο ορεινό δίκτυο του Δήμου.
- Στο Δήμο Καρπενησίου εξετάσθηκαν οι οικισμοί Κρίκελλο και Άμπλιανη. Καταγράφηκαν επίσης κατολισθήσεις στο ορεινό δίκτυο του Δήμου.

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης ανήκει στο νότιο τμήμα της οροσειράς της Πίνδου. Θέτοντας στενότερα όρια, η περιοχή μελέτης των κατολισθαίνοντων οικισμών τοποθετείται νότια του όρους Καλιακούδα (2101m) και μεταξύ των ορεινών όγκων του Παναιτωλικού όρους (1922m) και του όρους Οξιιά (1926m).

3.2 Μορφολογία

Στην υπό μελέτη περιοχή, κυριαρχεί μορφολογικά το νότιο τμήμα της οροσειράς της Πίνδου. Η έντονη αλπική τεκτονική που χαρακτηρίζεται από ισχυρές πτυχωσεις και εφίππευσεις των σχηματισμών, σε συνδυασμό με τη νεοτεκτονική δράση αλλά και τη σύσταση των λιθολογικών ενοτήτων, διαμόρφωσαν έντονο ανάγλυφο και πυκνό υδρογραφικό δίκτυο με κυρίαρχες διευθύνσεις αυτές με βόρειο – νότιο προσανατολισμό, καθορίζοντας τη σημερινή εικόνα του ανάγλυφου του ορεινού αυτού όγκου (Πυργιώτης & Σπανού, 2015).

Η γενική διάταξη των κύριων μορφολογικών χαρακτηριστικών (οροσειρές, κοιλάδες) που χαρακτηρίζουν την ευρύτερη περιοχή μελέτης συμπίπτουν με τους άξονες των συγκλινικών και αντικλινικών πτυχών BBD – NNA διεύθυνσης (Καρύμπαλης, 1996).

Το ανάγλυφο της περιοχής χαρακτηρίζεται ημιορεινό – ορεινό και ποικιλόμορφο με συχνές εναλλαγές υψηλών κορυφών και χαραδρών (Κωσταντοπούλου & Κανάρης, 2015). Οι εξεταζόμενοι οικισμοί, απαντώνται σε υψόμετρο της τάξης των 850m έως 1250m.

Οι οικισμοί, στους οποίους πραγματοποιήθηκε επιτόπια έρευνα, εντοπίζονται εντός 2 λεκανών απορροής ποταμών (ΛΑΠ), της ΛΑΠ Ευήνου και ΛΑΠ Αχελώου (Εικόνα 3.3).

- Οι οικισμοί που εντοπίζονται στη ΛΑΠ Ευήνου οριοθετούνται από τα βόρεια από τους ορεινούς όγκους του Παναιτωλικού όρους (1922m) και του όρους Οξιιά (1926m). Νότια οι επισκεπτόμενοι οικισμοί οριοθετούνται από τα όρη της Ναυπακτίας (Τσακαλάκι 1712m).
- Οι οικισμοί που βρίσκονται στη ΛΑΠ Αχελώου οριοθετούνται νοτιά από τους ορεινούς όγκους του Παναιτωλικού όρους (1922m) και του όρους Οξιιά (1926m) και ανατολικά από τον ορεινό όγκο του όρους Τυμφρηστού μέχρι την κορυφή Βελούχι (2315m).

3.3 Υδρολογικές συνθήκες

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης ανήκει σε 2 υδρολογικές λεκάνες. Το μεγαλύτερο τμήμα των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων ανήκει στην υδρολογική λεκάνη απορροής του ποταμού (ΛΑΠ) Εύηνου. Οι υπόλοιπες καταγραφές εντάσσονται στην υδρολογική λεκάνη απορροής του ποταμού Αχελώου, στο ανατολικό τμήμα της.

Παρουσιάζονται γενικά στοιχεία των υπό εξέταση λεκανών απορροής σύμφωνα με το “Σχέδιο Διαχείρισης Υδάτων Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Στερεάς Ελλάδας” του ΥΠΕΚΑ (2014):

Η **ΛΑΠ Αχελώου** έχει επιφάνεια 7531 km² και περιλαμβάνει τους κύριους ποταμούς:

- Αχελώο με μήκος 220 km
- Αγραφιώτη με μήκος 33km
- Ταυρωπό με μήκος 52 km
- Ίναχο με μήκος 35 km και
- Κρικελιώτη με μήκος 37km.

Τα όρια της ΛΑΠ Αχελώου καθορίζονται από τις ακόλουθες οροσειρές: Δυτικά: Θύαμο, Μακρύ, Βάλτος, Αθαμάνια. Βορειοδυτικά: Λάκμος. Ανατολικά: Πίνδος, Τυμφρηστός, Οξιά, Παναιτωλικό.

Η μέση κλίση των ορεινών λεκανών των ποταμών αυτών κυμαίνεται από 18 έως 30%.

Η ΛΑΠ Αχελώου περιλαμβάνει, επίσης, τις φυσικές λίμνες Τριχωνίδα, Λυσιμαχία, Οζερό, Βουλκαριά, Αμβρακία, Σαλτίνη και τις τεχνητές λίμνες Κρεμαστών, Ταυρωπού, Καστρακίου και Στράτου.

Σημειώνεται πως, οι οικισμοί στους οποίους πραγματοποιήθηκε επιτόπια έρευνα ανήκουν στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης απορροής και αποστραγγίζονται από τον Κρικελιώτη ποταμό.



Εικόνα 3.2: Υδρολογικές λεκάνες απορροής δυτικής Στερεάς Ελλάδας (προσαρμογή από: ΥΠΕΚΑ, 2014).

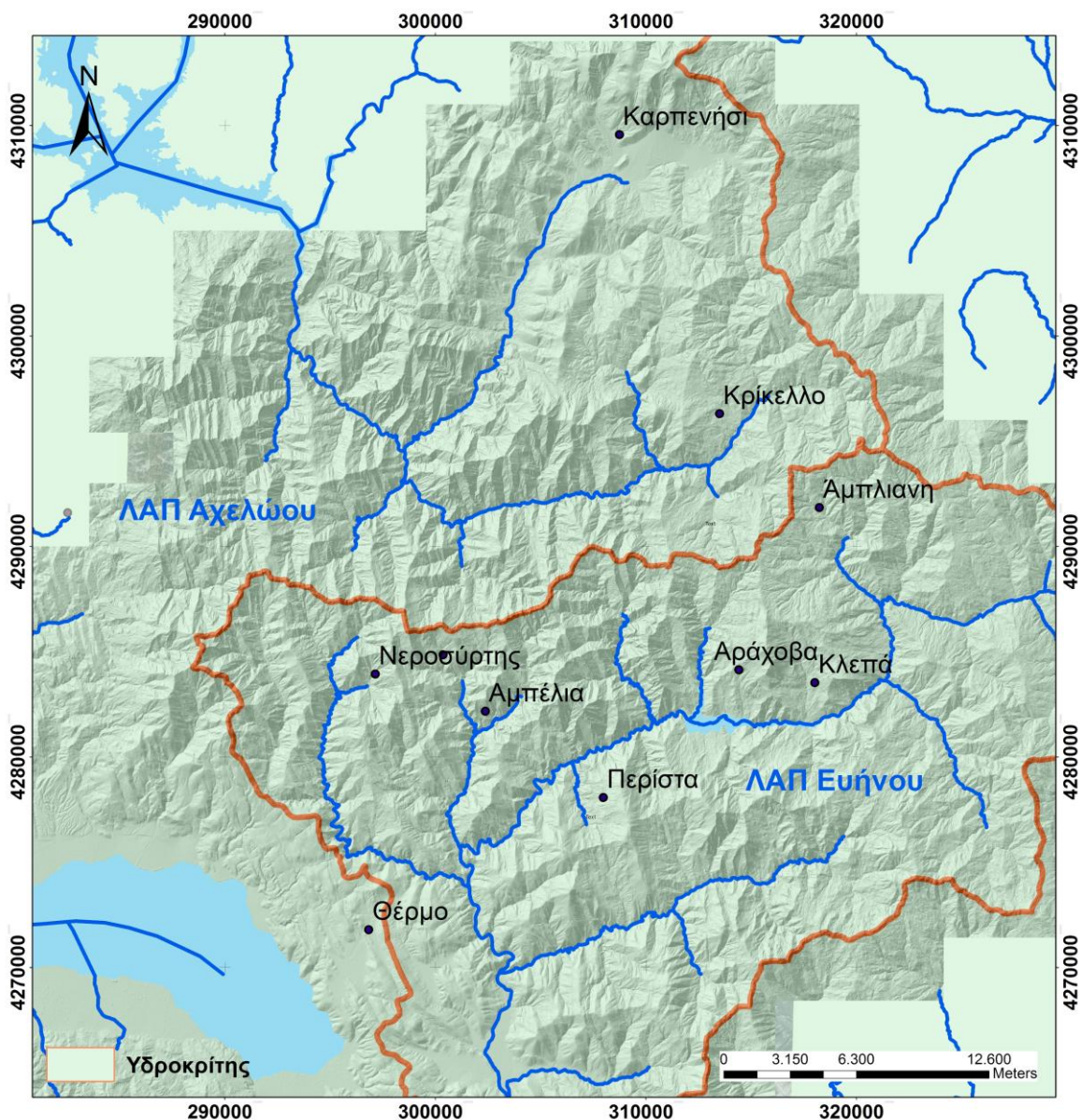
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η **ΛΑΠ Ευήνου** έχει επιφάνεια 1164 km². Η κλίση στο ορεινό τμήμα της λεκάνης είναι 24%. Η ΛΑΠ περιλαμβάνει κυρίως τον ποταμό Εύηνο με μήκος 93 km. Περιλαμβάνει επίσης την τεχνητή λίμνη Ευήνου με έκταση 2,89 km².

Τα όρια της ΛΑΠ Ευήνου καθορίζονται από τις ακόλουθες οροσειρές: Βόρεια, βορειοδυτικά: Παναιτωλικό. Βορειοανατολικά: Βαρδούσια. Νοτιοανατολικά: όρη Ναυπακτίας και Αράκυνθος.

Οι καταγεγραμμένες κατολισθήσεις εντοπίζονται στο βορειοδυτικό τμήμα της λεκάνης απορροής ενώ το μεγαλύτερο τμήμα της ευρύτερης περιοχής μελέτης αποστραγγίζεται από τους ποταμούς Γιδομανδρίτη & Κλινοβίτη, παραπόταμους του Ευήνου ποταμού.

Στην Εικόνα 3.3 παρουσιάζονται τα κυριότερα υδρογραφικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής μελέτης καθώς και των κατολισθαίνοντων οικισμών στους οποίους πραγματοποιήθηκε επιτόπια έρευνα. Σημειώνεται πως, καθώς το μεγαλύτερο τμήμα της στενότερης περιοχής μελέτης (Δήμος Θέρμου) εντάσσεται στη ΛΑΠ Ευήνου, πρόκειται να παρουσιαστούν λεπτομερέστερα στοιχεία της προαναφερθείσας ΛΑΠ σε επόμενο κεφάλαιο.



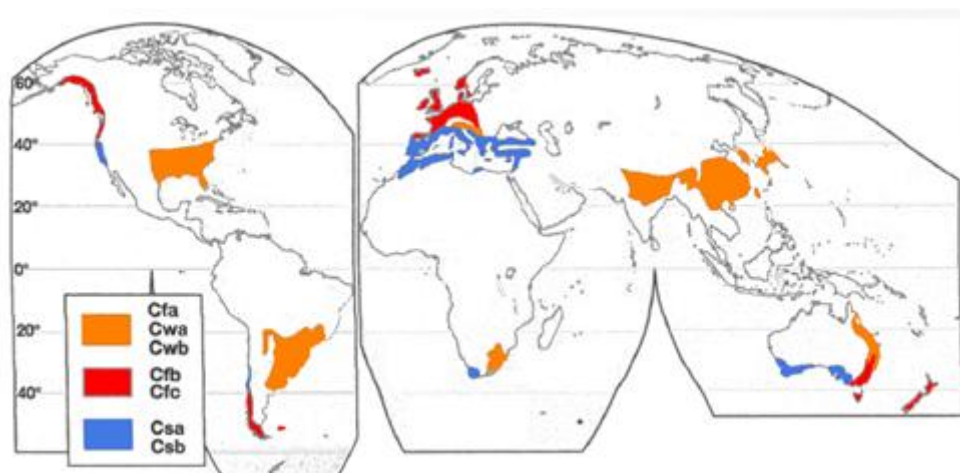
Εικόνα 3.3: Υδρογραφικό δίκτυο της ευρύτερης περιοχής μελέτης.

3.4 Κλιματολογικά Δεδομένα

Το κλίμα της ευρύτερης περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται ως παράκτιο μεσογειακό. Επικρατούν ήπιοι χειμώνες ενώ το θέρος χαρακτηρίζεται ως ξηρό βραχύ και θερμό. Σύμφωνα με την κλιματική ταξινόμηση κατά Köppen, η περιοχή μελέτης εντάσσεται στην κατηγορία **Csa** & **Csb** (Παράκτιο Μεσογειακό) και συγκεκριμένα:

- Κατηγορία C: Η μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα είναι μεγαλύτερη από 18°C ενώ η μέση θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα κυμαίνεται μεταξύ 0°C και 18°C.
- Δεύτερη ομάδα s: Η βροχή του ξηρότερου μήνα είναι μικρότερη των 30 mm και λιγότερη από το 1/3 της βροχής του που καταγράφεται τον υγρότερο μήνα.
- Τρίτη ομάδα b: Η μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα είναι μικρότερη από 22 °C αλλά καταγράφονται τουλάχιστον 4 μήνες με θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 10 °C.
- Τρίτη ομάδα a: Μέση θερμοκρασία θερμότερου μήνα μεγαλύτερη από 22°C

Αναφέρεται πως βάσει της παγκόσμιας κατάταξης κατά Köppen το μεγαλύτερο τμήμα της χώρας χαρακτηρίζεται από τον τύπο κλίματος **Csa**. Βάσει των διαθέσιμων υδρομετεωρολογικών δεδομένων και των ιστοσελίδων <http://www.globalspecies.org> και <http://en.climate-data.org> το ορεινό τμήμα της περιοχής μελέτης εντάσσεται στο κλίμα **Csb** ενώ περιοχές σε χαμηλότερα υψόμετρα κατατάσσονται στο κλίμα **Csa**.



Εικόνα 3.4: Παγκόσμιος χάρτης με τα μεσογειακά κλίματα κατά Köppen (Πηγή: http://meteo.geo.auth.gr/askiseis/Math_Chapter_7.pdf).

3.4.1 Μετεωρολογικά δεδομένα

Μελετήθηκαν οι υδρογεωλογικές παράμετροι της ευρύτερης περιοχής μελέτης βάσει των στοιχείων που παρουσιάστηκαν από τους Χατζηνάκος et al. 1998, Αποστολίδης - Πάσχος 2005 και Καρύμπαλης 1996 (Πίνακας 3.1 & Πίνακας 3.2).

Στα ορεινά τμήματα της ευρύτερης περιοχής μελέτης η μέση **θερμοκρασία** εκτιμάται στους 11,09°C ενώ το θερμοκρασιακό εύρος κυμαίνεται μεταξύ 1,3°C με 22,5°C. Στα πεδινά τμήματα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

της περιοχής μελέτης η μέση θερμοκρασία εκτιμάται στους 16,4°C ενώ το θερμοκρασιακό εύρος κυμαίνεται μεταξύ 5,9°C με 21,7°C. Λόγω της μεγάλης έκτασης της περιοχής μελέτης, ο ψυχρότερος μήνας παρατηρείται τον Ιανουάριο ή το Φεβρουάριο, ενώ ο θερμότερος μήνας τον Ιούλιο η τον Αύγουστο.

Σημειώνεται πως η υψηλή τιμή θερμοκρασιακού εύρους που παρατηρείται διευκολύνει την αποσάθρωση των πετρωμάτων με μικρή θερμοχωρητικότητα, όπως οι αργιλικής και ιλυολιθικής σύστασης σχηματισμοί που δομούν την περιοχή μελέτης (Πυργιώτης & Σπανού, 2015).

Μελετώντας το **ύψος της βροχής** στην περιοχή μελέτης, κυμαίνεται μεταξύ των 1220 – 1335mm. Στις παραπάνω καταγραφές θα πρέπει να συνεκτιμηθεί και το ύψος του χιονιού. Το ετήσιο ύψος βροχής στην ευρύτερη περιοχή μελέτης είναι υψηλό. Σε συνδυασμό με τη φύση των σχηματισμών δικαιολογείται η σημαντική διαβρωτική δράση που παρατηρείται σε αυτούς (Πυργιώτης & Σπανού, 2015).



Εικόνα 3.5: Μετεωρολογικοί σταθμοί από τους οποίους λήφθηκαν στοιχεία στην ευρύτερη περιοχή μελέτης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Σχετικά με την επίδραση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και της θερμοκρασίας στην εκδήλωση κατολισθητικών φαινομένων σημειώνεται:

- Η πορεία των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στη διάρκεια του έτους είναι ακριβώς αντίθετη από αυτή της θερμοκρασίας. Έτσι οι σχηματισμοί (ιδιαίτερα οι αργιλικής ή οι ιλυολιθικής σύστασης ενότητες του φλύσχη) έχοντας υποστεί έντονη συρρίκνωση κατά του θερινούς μήνες δέχονται το χειμώνα μεγάλο όγκο ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, που είτε αποχετεύονται είτε διακινούνται με υστέρηση. Αποτέλεσμα αυτού είναι στις ασταθείς ζώνες πρανών να δημιουργούνται επιρρεπείς σε κατολίσηση ζώνες ή ολισθαίνουσες μάζες. (Πυργιώτης & Σπανού, 2015).
- Οι βροχομετρικές συνθήκες, στην περιοχή έρευνας, συνδυαζόμενες με το σχετικά αυξημένο ετήσιο θερμοκρασιακό εύρος, συνδράμουν στη δράση παραγόντων διάβρωσης και αποσάθρωσης καθώς και τη γρήγορη ανάπτυξη βλάστησης. Οι διαδικασίες αυτές είναι σχετικά γρήγορες όσον αφορά στα κατακερματισμένα ασβεστολιθικά πετρώματα, συμβάλλοντας έτσι έμμεσα στη χαλάρωση αυτών, με την προοδευτική διεύρυνση κατά μήκος των ασυνχειών, καθώς την άσκηση εφελκυστικών τάσεων από το ριζικό σύστημα. Έτσι τοπικά δημιουργείται σημαντικός όγκος κορημάτων αλλά και διαμορφώνεται ασταθής ισορροπία σε τμήματα της βραχομάζας απότομων πρανών. (Ρόζος & Αποστολίδης, 2004).

Σταθμός	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΙΑ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	Ετήσιο	Χρονοσειρές
Δ. Καρπενησίου														
Καρπενήσι	3,8	3,1	5,4	10,6	14,7	18,9	21,6	20,9	17,6	12,4	6,8	4,8	11,7	1955-1996
Μυρική	3,7	4,5	7,0	10,4	16,5	19,2	22,1	21,2	18,4	13,1	8,4	5,3	12,5	1955-1996
Κρίκελλο	1,3	2,9	5,0	8,4	14,3	18,3	21,0	19,2	15,9	10,4	7,1	2,5	10,5	1955-1996
Δ Θέρμου														
Δρυμώνας	4,2	4,2	6,8	9,3	13,2	18,7	22,5	20,5	17,7	12,7	7,9	5,4	11,9	1975-1987
Δ. Ναυπακτίας														
Αράχωβα	4,2	4,5	7,6	11,3	16,6	19,5	21,7	21,1	19,8	15,2	9,5	6,0	12,9	1975-1986
Πόρος Ρηγανίου	5,9	7,9	11,0	14,3	18,7	24,0	27,1	25,7	22,4	17,7	11,7	8,6	16,4	1975-1982

Πίνακας 3.1: Μέση θερμοκρασία αέρα σε 5 Μετεωρολογικούς Σταθμούς της ευρύτερης περιοχής μελέτης σε °C (Χατζηνάκος et al. 1998, Αποστολίδης-Πάσχος 2005, Καρύμπαλης 1996).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Σταθμός	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΙΑ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	Ετήσιο	Χρονοσειρές
Δ. Καρπενησίου														
Καρπενήσι	138,2	132,0	120,9	113,1	67,9	52,0	27,5	29,2	32,6	127,2	173,4	206,5	1220,5	1972-1987
Μυρική	172,1	163,1	116,9	112,8	63,6	40,8	26,8	25,4	44,3	143,8	187,4	170,3	1267,3	1972-1987
Κρίκελλο	192,9	179,8	139,2	98,8	68,7	36,9	30,6	23,0	48,8	123,0	200,4	191,6	1333,7	1972-1987
Δ Θέρμου														
Δρυμώνας	139,7	175,0	121,4	113,0	69,2	41,6	31,0	28,8	46,8	126,3	215,6	212,9	1335,1	1971-1996
Δ. Ναυπακτίας														
Αράχωβα	151,8	155,8	112,9	100,5	65,1	40,6	22,8	25,8	39,5	106,4	197,6	239,6	1275,7	1960-1996
Πόρος Ρηγανίου	170,5	161,7	118,3	88,6	62,1	29,1	20,0	17,9	32,3	103,5	218,3	237,5	1266,6	1960-1996

Πίνακας 3.2: Μέσα μηνιαία & ετήσια ύψη βροχοπτώσεων σε 5 Μετεωρολογικούς Σταθμούς της ευρύτερης περιοχής μελέτης σε mm (Χατζηνάκος et al. 1998, Αποστολίδης-Πάσχος 2005, Καρύμπαλης 1996).

3.4.2 Στοιχεία βροχοπτώσεων Φεβρουαρίου 2015

Παρατίθεται το ημερήσιο ύψος βροχής για τους μετεωρολογικούς σταθμούς (Μ.Σ.) Καρπενήσι (+700m υψόμετρο) και Άνω Χώρα της Ορεινής Ναυπακτίας (+902m υψόμετρο) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ). Εξετάζεται το ημερήσιο ύψος βροχόπτωσης για τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο του 2015 ενώ τα αποτελέσματα συγκρίνονται με παλαιότερα διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα.

Κατά το διάστημα 23/01/2015 έως 08/02/2015 παρουσιάστηκε επεισόδιο εκτεταμένων βροχοπτώσεων με συνολικό ύψος 370mm στο Μ.Σ Καρπενησίου και 420mm στο Μ.Σ. Ορεινής Ναυπακτίας. Τα έντονα καιρικά φαινόμενα που παρατηρήθηκαν κρίθηκαν ως εναυσματικός παράγοντας πολλών καταγεγραμμένων κατολισθήσεων στην περιοχή μελέτης. Λεπτομέρειες παρουσιάζονται στο ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο.

Μέγιστο ύψος βροχής παρατηρήθηκε στις 31/01/2015 με τιμή 106mm στο Μ.Σ Καρπενησίου και 141,8mm στο Μ.Σ. Ορεινής Ναυπακτίας.

Εξετάζεται το ύψος βροχής των 2 Μ.Σ. για τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο, για τα έτη 2010 – 2015 (Πίνακας 2.3). Οι αθροιστικές τιμές του ύψους βροχής παρουσιάζουν διακύμανση κατά τα έτη 2015-2010, εντούτοις είναι αναμενόμενες και εντός της περιοδικότητας του φαινομένου της βροχόπτωσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

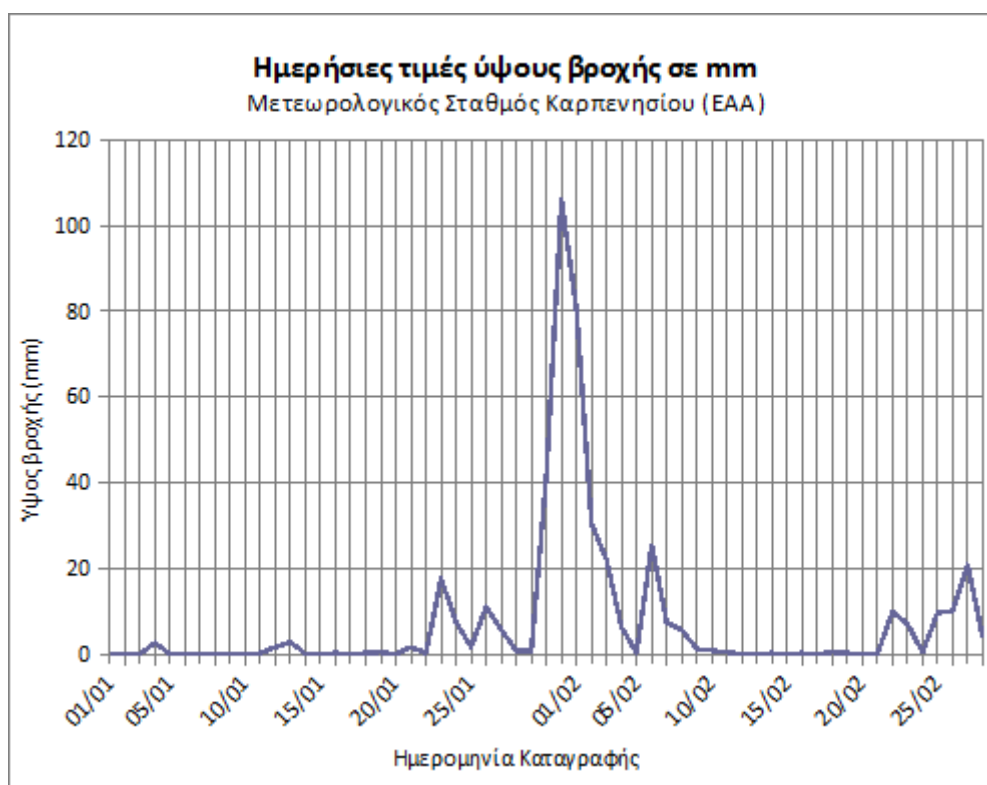
Μετεωρολογικός Σταθμός (ΕΑΑ)	Ύψος βροχής (mm)	Ύψος βροχής (mm)	Έτος
	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	
Καρπενήσι	201,8	242,6	2015
	99,2	45,8	2014
	252,4	189,8	2013
	93,8	204,2	2012
	57,6	76	2011
	318	-	2010
Ορεινή Ναυπακτία	291,2	233,6	2015
	192,6	78	2014
	362,6	276,6	2013
	172,8	235,9	2012
	114,4	83,2	2011
	299,8	345,6	2010

Πίνακας 3.3: Μέγιστο ύψος βροχής για τους Μετεωρολογικούς Σταθμούς Καρπενήσι & Ορεινή Ναυπακτία για τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο κατά το χρονικό διάστημα 2010 – 2015.

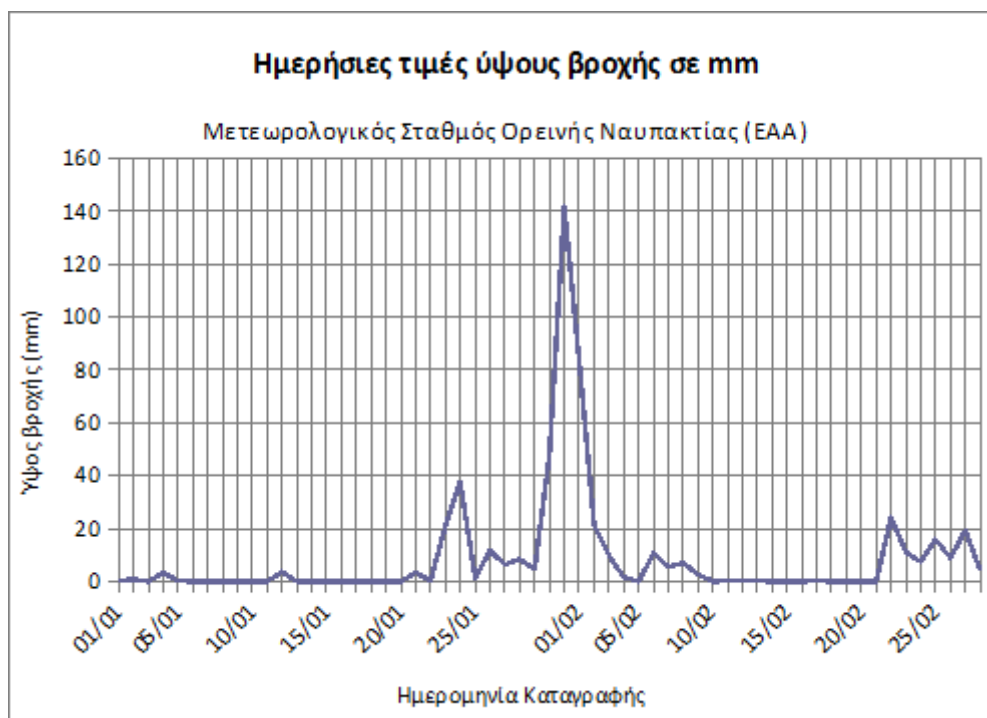
Μελετάται η διασπορά των καταγεγραμμένων μετρήσεων και κατά πόσο παρατηρείται συσσώρευση των τιμών του ύψους της βροχής σε μικρό χρονικό διάστημα (ακραίο καιρικό φαινόμενο). Για τους 2 Μ.Σ. παρατηρείται:

- Για το Μ.Σ. Καρπενήσι, τον Ιανουάριο του 2015, καταγράφηκε ύψος βροχής 201,8mm ενώ κατά το χρονικό διάστημα 30-31/01/2015, καταγράφηκε ύψος βροχής 147,4mm (73% του συνολικού ύψους βροχής).
- Για το Μ.Σ. Καρπενήσι, τον Φεβρουάριο του 2015, καταγράφηκε ύψος βροχής 242,6mm ενώ κατά το χρονικό διάστημα 01-03/02/2015, καταγράφηκε ύψος βροχής 132mm (54,4% του συνολικού ύψους βροχής).
- Για το Μ.Σ. Ορεινή Ναυπακτία, τον Ιανουάριο του 2015, καταγράφηκε ύψος βροχής 291,2mm ενώ κατά το χρονικό διάστημα 30-31/01/2015, καταγράφηκε ύψος βροχής 189,4mm (65% του συνολικού ύψους βροχής).
- Για το Μ.Σ. Ορεινή Ναυπακτία, τον Φεβρουάριο του 2015, καταγράφηκε ύψος βροχής 233,6mm ενώ κατά το χρονικό διάστημα 01-03/02/2015, καταγράφηκε ύψος βροχής 114,8mm (49,1% του συνολικού ύψους βροχής).

Παρατηρείται ότι στο διάστημα 30/01/2015 – 03/02/2015 σημειώνονται έντονα καιρικά φαινόμενα τα οποία σε πολλές καταγεγραμμένες κατολισθήσεις στην περιοχή μελέτης έδρασαν ως εναυσματικός παράγοντας κατολισθήσεων (ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο).



Σχήμα 3.1: Ημερήσιες τιμές ύψους βροχής σε mm για το Μ.Σ. Καρπενησίου κατά το χρονικό διάστημα 01/01/2015 – 28/02/2015.



Σχήμα 3.2: Ημερήσιες τιμές ύψους βροχής σε mm για το Μ.Σ. Ορεινή Ναυπακτία κατά το χρονικό διάστημα 01/01/2015 – 28/02/2015.

3.5 Γεωλογική και Τεκτονική εξέλιξη

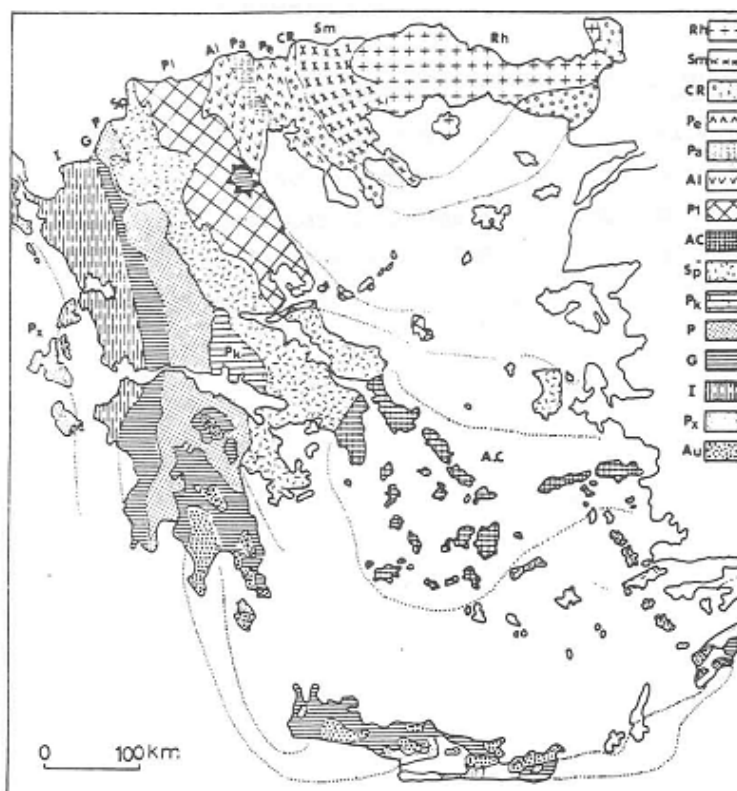
Η ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος δομείται από σχηματισμούς της γεωτεκτονικής ζώνης **Ωλονού – Πίνδου** (ή ζώνη Πίνδου κατά Aubouin, 1959). Η ζώνη Ωλονού- Πίνδου ξεκινά από τα Ελληνοαλβανικά σύνορα κατεβαίνει προς τον κορμό της Ηπειρωτικής Ελλάδας στα βουνά Πίνδος, Άγραφα, Αιτωλικό, Βαρδούσια και μετά στην Πελοπόννησο στα βουνά Παναχαϊκό και Ωλονό. Τμήματα αυτής βρίσκονται και στα νησιά Κρήτη και Ρόδο ακολουθώντας την Α – Δ κάμψη του Δυναρικού τόξου (Μουντράκης, 1985).

Η υπό μελέτη γεωτεκτονική ζώνη ανήκει στις Εξωτερικές Ελληνίδες. Κύριο στοιχείο των Εξωτερικών Ελληνίδων ζωνών είναι ότι δεν υπέστησαν τη δράση πρώιμων ορογενέσεων αλλά ο χώρος τους είχε συνεχή, αδιάκοπη ιζηματογένεση σε όλη τη διάρκεια των αλπικών χρόνων από το Τριαδικό μέχρι το Τριτογενές (Μουντράκης, 1985).

Στο Τριτογενές έλαβε χώρα η οριστική ανάδυση των Εξωτερικών Ελληνίδων ζωνών με τη δράση της τελικής ορογένεσης οπότε και πραγματοποιήθηκε η μοναδική πτύχωση των σχηματισμών των ζωνών αυτών (Μουντράκης, 1985). Παρατηρείται δράση συμπιεστικών τάσεων προς τα δυτικά, με ισχυρές πτυχωσεις και λεπιώσεις των ιζημάτων και την επώθηση της ζώνης της Πίνδου πάνω στη ζώνη Γαβρόβου – Τρίπολης με τη μορφή ενός τεράστιου τεκτονικού καλύμματος, το οποίο σε μερικές περιπτώσεις έχει προελάσει ακόμα δυτικότερα και έχει φτάσει στην Ιόνια ζώνη (Πυργιώτης & Σπανού, 2015).

Λιθολογικά, η ζώνη Ωλονού – Πίνδου παρουσιάζει πελαγική ιζηματογένεση πυριτική ή ανθρακική όλη τη διάρκεια της βιοχημικής ιζηματογένεσης από το Τριαδικό μέχρι το ανώτατο Κρητιδικό. Πυριτική είναι η ιζηματογένεση όταν παρουσιάζονται κερατόλιθοι ή άλλοι πυριτιόλιθοι, ενώ ανθρακική όταν παρουσιάζονται πελαγικοί ασβεστόλιθοι (Παπανικολάου, 1986).

Μία γενική εικόνα της στρωματογραφικής κολώνας της Πίνδου, παρουσιάζει από πάνω προς τα κάτω φλύσχη, τα χαρακτηριστικά μεταβατικά στρώματα προς το φλύσχη καθώς και τους υποκείμενους πελαγικούς ασβεστόλιθους.



Εικόνα 3.6: Γεωτεκτονικός χάρτης Ελλάδας, Rh: Μάζα της Ροδόπης, Sm: Σερβομακεδονική μάζα, CR: Περιροδοπική ζώνη, (Pe: Ζώνη Παιονίας, Pa: Ζώνη Πάικου, Al: Ζώνη Αλμωπίας) = Ζώνη Αξιού, PI: Πελαγονική ζώνη, Ac: Αττικο-Κυκλαδική ζώνη, Sp: Υποπελαγονική ζώνη, Pk: Ζώνη Παρνασσού - Γκιώνας, P: Ζώνη Πίνδου, G: Ζώνη Γαβρόβου - Τρίπολης, I: Ιόνιος Ζώνη, Px: Ζώνη Παξών ή Προαπούλια, Au: Ενότητα << Ταλέα όρη - Πλακώδεις Ασβεστόλιθοι >> πιθανόν της Ιονίου ζώνης (Μουντράκης, 1985).

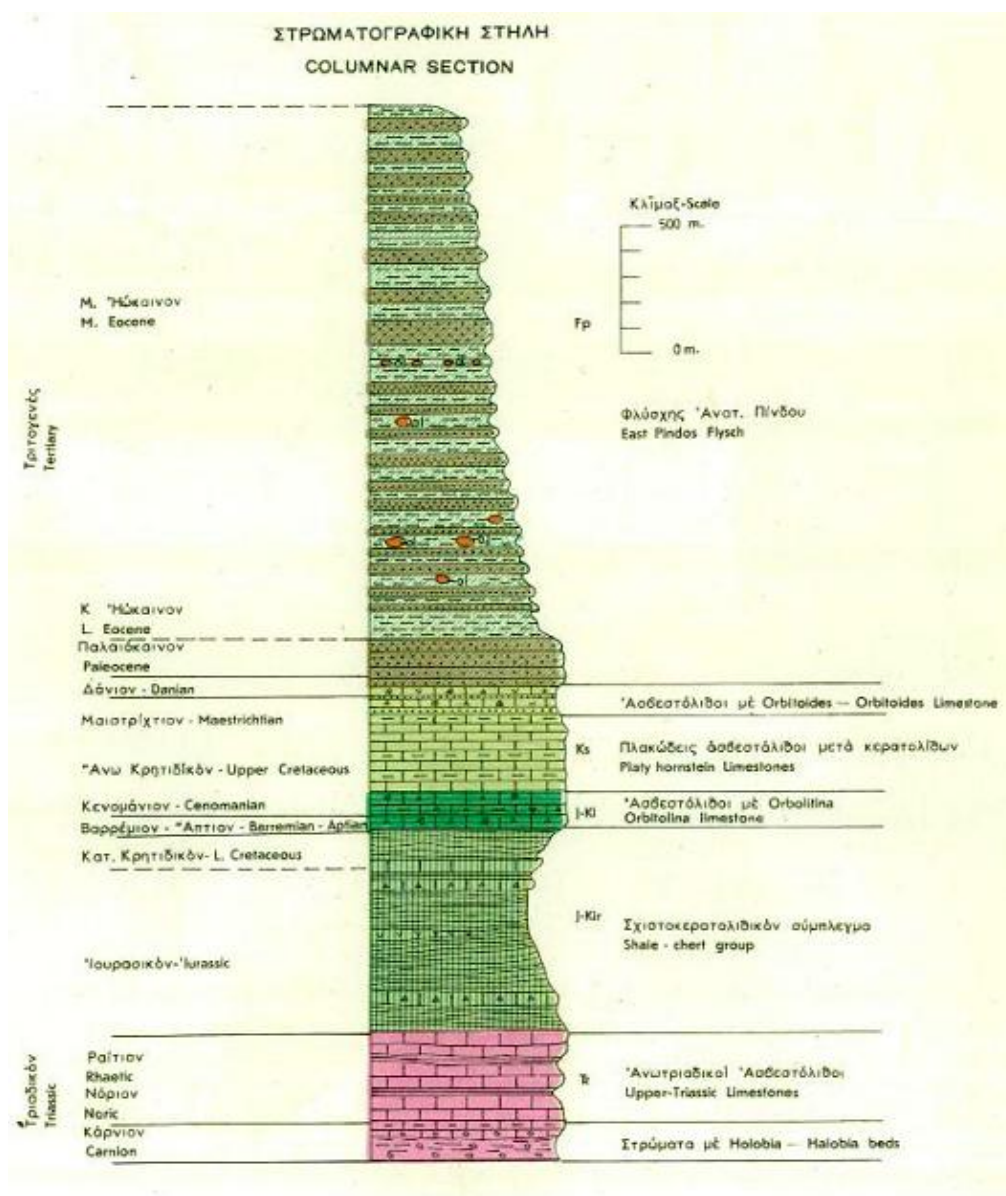
3.5.1 Λιθοστρωματογραφία

Παρουσιάζεται η στρωματογραφική διάρθρωση της ευρύτερης περιοχής μελέτης βάσει των γεωλογικών χαρτών του ΙΓΜΕ κλίμακας 1:50.000 (Φύλλο Θέρμον, Καρπενήσι & Κλεπά) και της σχετικής μελέτης του ΙΓΜΕ (Πυργιώτης & Σπανού, 2015) από κάτω προς τα πάνω:

- **Ασβεστόλιθοι (Μέσο – Ανώτερο Τριαδικό).** Μικριτικοί, μεσοστρωματώδεις έως παχυστρωματώδεις, χρώματος λευκού έως φαίου με κόνδυλους ή διαστρώσεις μαύρων πυριτόλιθων, που εναλλάσσονται με ψαμμίτες λεπτόκκοκκους έως χονδρόκκοκκους, χρώματος υποπράσινου, αργιλικούς σχιστόλιθους, κερατόλιθους και κροκαλολαυτπαγή. Τα κλαστικά ιζήματα αναπτύσσονται κυρίως στα κατώτερα μέρη της σειράς με μικρές παρεμβολές υποκιτρίνων πελαγικών ασβεστολίθων, ενώ στα ανώτερα μέρη επικρατούν οι ασβεστόλιθοι. Ορατό πάχος: 200m.
- **Ασβεστόλιθοι (Ιουρασικό).** Κυρίως μικριτικοί, με φακούς ή διαστρώσεις τεφρό-μαύρων πυριτόλιθων, μεσο-στρωματώδεις, με πάχος στρωμάτων 5-20cm και καλά αναπτυγμένη στρώση. Προς τα επάνω εναλλάσσονται κατά θέσεις με ψευδοωολιθικούς ασβεστολίθους. Οι εναλλαγές συνεχίζονται μέχρι τον υπερκείμενο κερατολιθικό

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

ορίζοντα. Σε ολόκληρο το πάχος τους εμφανίζονται παρεμβολές αργιλικών σχιστολίθων και κερατολίθων. Το πάχος τους φτάνει μέχρι και τα 300m.



Εικόνα 3.7: Στρωματογραφική στήλη περιοχής μελέτης (απόσπασμα γεωλογικού χάρτη ΙΓΜΕ, Φύλλο Καρπενήσιον, κλίμακας 1:50.000).

- **Κερατόλιθοι (Ανώτ. Ιουρασικό – Κάτω Κρητιδικό).** Ποικιλόχρωμοι (ερυθροί, πράσινοι ή φαιοί) και λεπτοπλακώδεις (2-10cm). Μέσα σε αυτούς παρεμβάλλονται διαστρώσεις πηλινών και μαργών. Κατά θέσεις στη μάζα τους εμφανίζονται μικρές συγκεντρώσεις μαγγανιομεταλλεύματος. Υπόκειται κανονικά του "πρώτου φλύσχη". Το πάχος τους φτάνει μέχρι και 250m.

- **Σχηματισμός “πρώτου φλύσχη” (Κενομάνιο – Τουρώνιο).** Αποτελείται από αργιλικούς σχιστολίθους, πηλίτες, κλαστικούς ασβεστολίθους και κατά θέσεις από υποπράσινους ψαμμίτες παχυστρωματώδεις μέχρι άστρωτους, μέσο έως χονδρόκοκκους. Επίσης απαντούν μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθοι με λατύπες κερατολιθικές 0,5 – 15cm, ποικίλου χρώματος καθώς και ασβεστολίθοι που περιέχουν κονδύλους πυριτόλιθων. Το πάχος του κυμαίνεται από λίγα έως 150m.
- **Ασβεστόλιθοι (Τουρώνιο – Μαιστρίχτιο).** Μικριτικοί έως βιομικριτικοί, λεπτο-μεσοστρωματώδεις, με πάχος στρωμάτων 10-20cm, χρώματος τεφρού, με κονδύλους και λεπτές ενστρώσεις πυριτολίθων. Στα ανώτερα μέλη τους εμφανίζονται παρεμβολές μικροκλαστικών ασβεστολίθων με πλούσια μικροπανίδα. Στα κατώτερα μέλη τους εμφανίζονται παρεμβολές λατυποπαγών ασβεστολίθων με λατύπες διαστάσεων 5-8cm, ποικίλου χρώματος. Το συνολικό τους πάχος είναι 500m περίπου.
- **Οριζοντας μεταβατικών σχηματισμών (Μαιστρίχτιο – Παλαιόκαινο).** Αποτελεί την προς τα πάνω εξέλιξη των Τουρωνίων – Μαιστριχτίων ασβεστολίθων. Αποτελείται από εναλλαγές μαργαϊκών ασβεστολίθων, κλαστικών ασβεστολίθων, ψαμμιτών, μαργών και αργιλικών σχιστολίθων. Τα ανθρακικά ιζήματα ελαττώνονται προοδευτικά από τη βάση του οριζοντα προς την κορυφή, με ταυτόχρονη αύξηση του κλαστικού υλικού το οποίο και επικρατεί πλήρως στα ανώτερα μέλη. Το πάχος του φτάνει μέχρι και τα 150m.
- **Φλύσχη (Παλαιόκαινο – Ηώκαινο).** Αποτελείται από κάτω προς τα πάνω από ψαμμίτες μεσόκοκκους μέχρι χονδρόκοκκους, σε στρώματα πάχους από 0,5-2,0m και κατά θέσεις άστρωτους, υποπράσινου χρώματος, που εναλλάσσονται με πηλίτες και αργιλικούς σχιστολίθους. Κατά θέσεις απαντούν παρεμβολές κροκαλοπαγών μικρού πάχους, κυρίως από ασβεστολιθικές και χαλαζιακές κροκάλες. Τα κατώτερα μέλη αποτελούνται από αργιλικούς σχιστολίθους με παρεμβολές λεπτοστρωματωδών μέχρι μεσοστρωματωδών ψαμμιτών και μαργαϊκών ασβεστολίθων. Το πάχος του εκτιμάται πάνω από 1000m.

3.5.2 Γεωτεκτονική εξέλιξη

Τα στρώματα της ζώνης της Πίνδου αναδύθηκαν με την τελική φάση των πτυχώσεων που έδρασε στο Κάτω Ολιγόκαινο – Ανώτερο Ηώκαινο. Πρόκειται για τη μοναδική φάση που έπληξε τη ζώνη. Δεν επέδρασαν πρώιμες ορογενετικές φάσεις όπως στις εσωτερικές ζώνες (Πυργιώτης & Σπανού, 2015).

Με τη μοναδική φάση των πτυχώσεων έγινε η προς τα δυτικά επώθηση της ζώνης Ωλονού – Πίνδου υπό μορφή καλύμματος και ταυτόχρονα η λεπίωση των στρωμάτων της. Η ζώνη επομένως της Πίνδου πρόκειται για ένα τεκτονικό κάλυμμα που έχει επωθηθεί προς τα δυτικά πάνω στη ζώνη Γαβρόβου – Τριπόλεως (Πυργιώτης & Σπανού, 2015).

Τα τεκτονικά λείπια της Πίνδου εμφανίζονται επωθημένα το ένα πάνω το άλλο, με κατεύθυνση από τα ανατολικά προς τα δυτικά και δημιουργούν συχνές επαναλήψεις των στρωμάτων της ζώνης και πολλές φορές αυξάνουν το φαινομενικό τους πάχος (Μουντράκης, 1985). Η γενική διεύθυνση των τεκτονικών λεπιών είναι ΒΒΔ – ΝΝΔ και με κλίση Α. Σημειώνεται πως κατά τη διάρκεια της πύχωσης δημιουργήθηκαν επίσης σε όλη την έκταση της ζώνης μεγάλος αριθμός

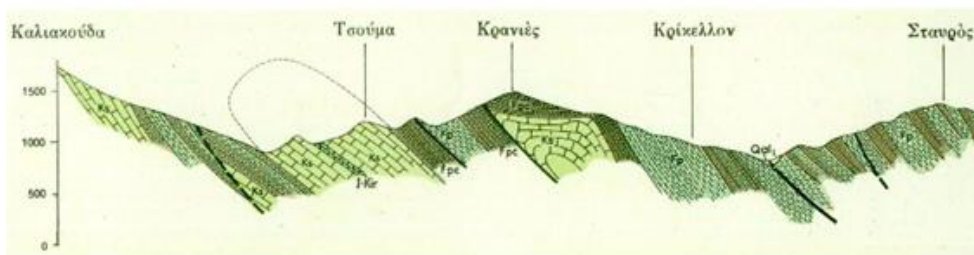
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

εγκάρσιων ρηγμάτων οριζόντιας μετακίνησης που διακόπτουν την επιμήκη συνέχεια των λεπιών (Μουντράκης, 1985).

Πάνω στα στρώματα της ζώνης της Πίνδου βρίσκονται επωθημένες οφιολιθικές μάζες. Σύμφωνα με τον Μουντράκη (1985), πρόκειται για σχηματισμούς της Υποπελαγονικής ζώνης οι οποίοι επωθήθηκαν πάνω στο φλύσχη της Πίνδου κατά τη διάρκεια της τελικής τριτογενούς πύχωσης, μετά τη λήξη της ιζηματογένεσης του φλύσχη.

Σημειώνεται πως οι σχηματισμοί του φλύσχη λόγω της παραπάνω τεκτονικής δράσης εμφανίζονται τεκτονισμένοι και καταπονημένοι, γεγονός το οποίο εκδηλώνεται, πέρα της έντονης πύχωσης, με μεγάλης έκτασης εσωτερικές εφίππευσεις στα ιζήματα αυτά (Πυργιώτης & Σπανού, 2015).

Σύμφωνα με τον Παπανικολάου (1986), η εσωτερική δομή της ζώνης της Πίνδου παρουσιάζει μεγάλη πλαστικότητα και είναι εύκολο να πτυχωθεί λόγω της ακολουθίας των στρωμάτων, των πολλών εναλλαγών των στρωμάτων και της λιθολογίας. Λόγω επιπλέον της ύπαρξης εναλλαγών μεταξύ ασβεστόλιθων και κερατολίθων, είναι εύκολη η δημιουργία δυσανάλογων φαινομένων. Συγκεκριμένα, αν και η υπό μελέτη ζώνη αποτελεί ένα μεγάλο τεκτονικό κάλυμμα με μεγάλη μετακίνηση, το εσωτερικό της χαρακτηρίζεται από πολλές πτυχές κλειστές, ανεστραμμένες αλλά και εφίππευσεις.



Εικόνα 3.8: Γεωλογική τομή τμήματος της περιοχής μελέτης (απόσπασμα από το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ, Φύλλο Καρπενήσι, κλίμακα 1:50000). Υπόμνημα στην Εικόνα 3.7.

3.5.3 Υδρογεωλογικές Συνθήκες

Το υδρογεωλογικό καθεστώς της ευρύτερης περιοχής των οικισμών, καθορίζεται, πέρα από τα υδρομετεωρολογικά στοιχεία, κυρίως από τη σύσταση των γεωλογικών σχηματισμών που την δομούν, καθώς και την τεκτονική τους καταπόνηση (Κωνσταντοπούλου & Κανάρης, 2015).

Οι κυριότερες υπόγειες υδροφορίες αναπτύσσονται στους καρστικούς ανθρακικούς σχηματισμούς της ζώνης της Πίνδου (ΥΠΕΚΑ, 2004). Τα υψηλότερα τμήματα δομούνται από τους ασβεστολιθικούς υδροπερατούς σχηματισμούς της ζώνης Πίνδου (Κωνσταντοπούλου & Κανάρης, 2015).

Σημαντικής δυναμικότητας υδροφορίες αναπτύσσονται επίσης στους κοκκώδεις σχηματισμούς των τεταρτογενών αποθέσεων το δυναμικό των οποίων εξαρτάται από την κοκκομετρία τους και τις συνθήκες τροφοδοσίας (ΥΠΕΚΑ, 2004).

Η υδρογεωλογική συμπεριφορά του φλύσχη διαφοροποιείται ανάλογα με τη σύσταση των επιμέρους ενότητων του. Οι ψαμμιτικές και αδρομερείς ενότητες, εμφανίζουν αυξημένο δευτερογενές πορώδες, λόγω διαρρήξεων και διακλάσεων. Αντίθετα οι ενότητες που κυριαρχούνται από πηλιτικούς και μαργαϊκούς οριζόντες είναι πρακτικά στεγανές. Στην επαφή ψαμμιτικών και πηλιτικών οριζόντων, εκφορτίζονται συχνά διάσπαρτες εποχιακές πηγές μικρής δυναμικότητας (Κωνσταντοπούλου & Κανάρης, 2015).

Κατά τη διάρκεια της υγρής περιόδου ένα μέρος του νερού αυξάνει σημαντικά την εδαφική υγρασία, στην επιφανειακή ζώνη αποσάθρωσης, ενώ το σημαντικότερο ποσοστό νερού απορρέει επιφανειακά, με αποτέλεσμα την έντονη διάβρωση των υλικών του φλύσχη. Ο σχηματισμός του φλύσχη μπορεί να θεωρηθεί γενικά επιρρεπής στη διάβρωση και τη μηχανική αποσάθρωση. Η παρουσία του νερού στην ακόρεστη ζώνη του φλύσχη κατά την υγρή περίοδο, τροποποιεί δυσμενώς τις μηχανικές ιδιότητες των πετρωμάτων αυτών σε αρκετό βάθος, με αποτέλεσμα να παρουσιάζονται φαινόμενα κατολισθήσεων και καταπτώσεων εκεί όπου οι τοπικές μορφολογικές συνθήκες είναι δυσμενείς (Κωνσταντοπούλου & Κανάρης, 2015).

3.6 Σεισμικότητα

Συχνά οι δονήσεις της περιοχής, φυσικές η τεχνητές, είναι υπεύθυνες είτε για τη χαλάρωση της συνοχής των πετρωμάτων και επομένως την μείωση της αντοχής τους, είτε της διέγερσης τοπικών μετακινήσεων. Κρίνεται επομένως αναγκαία η μελέτη της σεισμικότητας της περιοχής βάσει του σεισμικού ιστορικού της περιοχής καθώς επίσης και των σεισμικών παραμέτρων της σεισμικής κίνησης (κυρίως σεισμική επιτάχυνση) σύμφωνα με τον αντισεισμικό κανονισμό (ΕΑΚ 2000) (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2007).

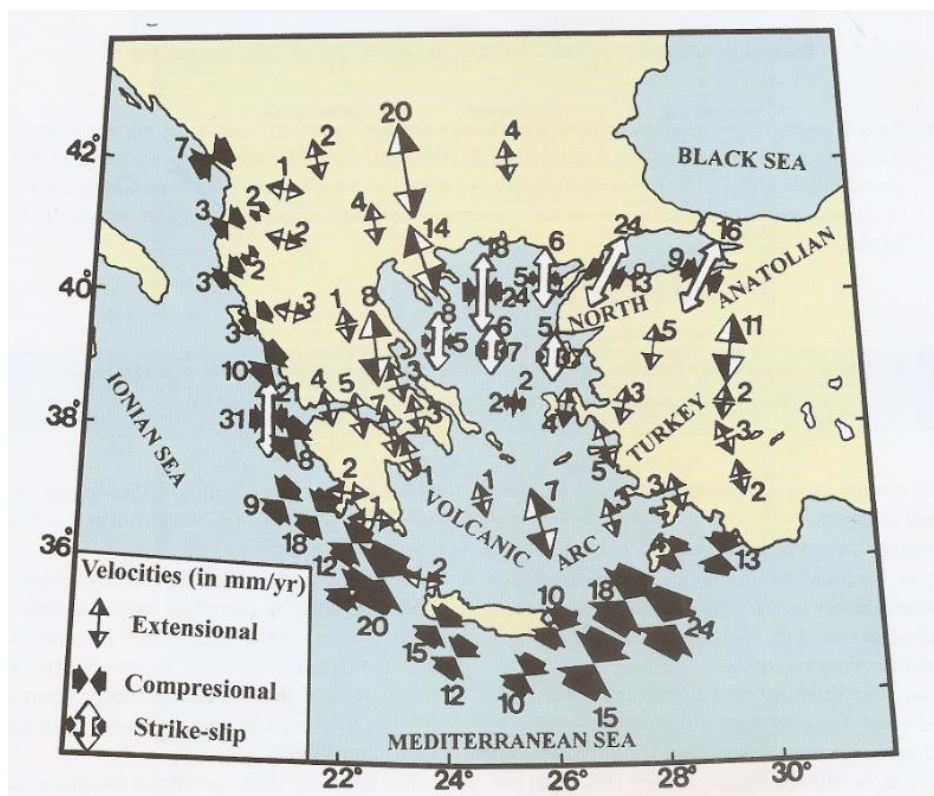
Μελετώντας τη σεισμικότητα της περιοχής, η ευρύτερη περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από ένα σύγχρονο εφελκυστικό σεισμοτεκτονικό καθεστώς (Παπαζάχος & Παπαζάχου, 2003). Στην Εικόνα 3.9 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εργασίας των Papazachos & Kiratzi (1996) τα οποία παρουσιάζουν τις ταχύτητες σεισμικής παραμόρφωσης (mm/year) για 63 σεισμογόνες πηγές της Ελλάδας και των γύρω περιοχών.

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται σε μια σεισμικά ενεργή περιοχή λόγω της γειννίας της με τον κορινθιακό και τον πατραϊκό κόλπο, που αντιστοιχούν σε τεκτονικές τάφρους με ενεργά ρήγματα τα οποία θεωρούνται υπεύθυνα για σεισμούς μικρού έως ενδιάμεσου βάθους και μετρίων μεγεθών στην κλίμακα Ρίχτερ (Κωνσταντοπούλου & Κανάρης, 2015).

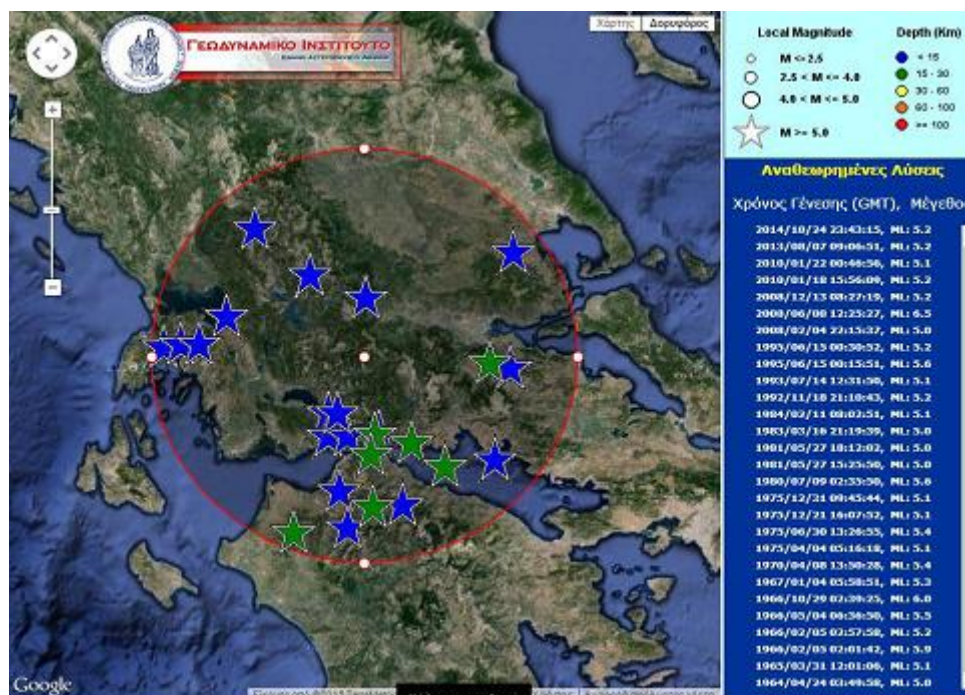
Στην Εικόνα 3.9 & Εικόνα 3.10 παρουσιάζονται οι σεισμοί σε ακτίνα 100km των τελευταίων ετών (1/1/1964 έως 1/1/2015) που είναι καταγεγραμμένοι στο κατάλογο του ΕΑΑ. Παρατηρούνται 28 σεισμικές δονήσεις με μέγεθος 5R έως 6,5R Σημειώνεται πως η σεισμική δραστηριότητα είναι μειωμένη στην ορεινή ζώνη που βρίσκεται η περιοχή μελέτης (Κωνσταντοπούλου & Κανάρης, 2015).

Σύμφωνα με τον ΕΑΚ 2000, η ευρύτερη περιοχή μελέτης ανήκει στην κατηγορία II με σεισμική δράση σχεδιασμού $\alpha = 0,24g$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ



Εικόνα 3.9: Ταχύτητες σεισμικής παραμόρφωσης (mm/year) για 63 σεισμογόνες πηγές της Ελλάδας και των γύρω περιοχών. Συγκλίνοντα βέλη παριστάνουν τις ταχύτητες οριζόντιας συμπίεσης του φλοιού και αποκλίνοντα βέλη τις ταχύτητες οριζόντιας επέκτασης του φλοιού (Parazachos & Kiratzi, 1996).

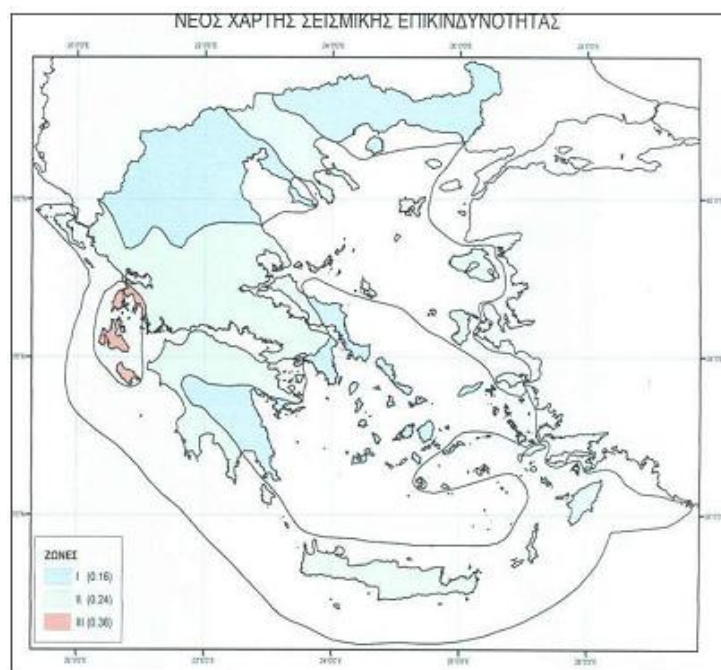


Εικόνα 3.10: Κατανομή των επικέντρων των σεισμών που σημειώθηκαν κατά τα τελευταία 50 χρόνια (από 1/1/1964 έως 1/1/2015) σε ακτίνα 100km γύρω από την περιοχή των οικισμών (Πηγή: ΕΕΑ, προσαρμογή από τους Κωνσταντοπούλου & Κανάρης, 2015).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

A/A	Χρόνος Γέννησης (GMT)	Επίκεντρο	Γεωγρ.Πλάτος (°Β)	Γεωγρ.Μήκος (°Α)	Βάθος (χμ)	Μέγεθος
1	2014/10/24 23:43:15	30.3 χμ NNA της Άρτας	38.92	21.15	12	5.2
2	2013/08/07 09:06:51	28.2 χμ Δ της Αταλάντης	38.70	22.68	8	5.2
3	2010/01/22 00:46:56	21.4 χμ ΒΒΔ του Αγίου	38.42	21.97	12	5.1
4	2010/01/18 15:56:09	21.3 χμ ΒΒΔ του Αγίου	38.41	21.95	20	5.2
5	2008/12/13 08:27:19	23.3 χμ NNA της Λαμίας	38.72	22.57	24	5.2
6	2008/06/08 12:25:27	23.1 χμ ΑΒΑ της Ανδραβίδας	37.98	21.51	25	6.3
7	2008/02/04 22:15:37	16.4 χμ ΔΒΔ των Κολοβρύτων	38.09	21.94	25	5.0
8	1995/06/15 00:30:52	16.1 χμ ΒΔ του Αγίου	38.33	21.93	5	5.2
9	1995/06/15 00:15:51	14.7 χμ ΒΒΑ του Αγίου	38.37	22.15	26	5.6
10	1993/07/14 12:31:50	9.7 χμ NNA της Πάτρας	38.16	21.76	13	5.1
11	1992/11/18 21:10:43	21.8 χμ Α του Αγίου	38.27	22.33	23	5.2
12	1984/02/11 08:02:51	15.5 χμ ΔΒΔ του Αγίου	38.32	21.93	24	5.1
13	1983/03/16 21:19:39	17.4 χμ ΑΒΑ της Λευκάδας	38.79	20.81	9	5.0
14	1981/05/27 18:12:02	27.3 χμ ΝΑ της Πρέβεζας	38.80	21.00	10	5.0
15	1981/05/27 15:25:50	21.1 χμ ΝΑ της Πρέβεζας	38.80	20.90	10	5.0
16	1980/07/09 02:35:50	28.1 χμ ΝΔ του Βόλου	39.20	22.70	10	5.6
17	1975/12/31 09:45:44	27.7 χμ ΑΒΑ του Μεσολογγίου	38.50	21.70	10	5.1
18	1975/12/21 16:07:52	17.6 χμ Β της Πάτρας	38.40	21.70	10	5.1
19	1975/06/30 13:26:55	17.6 χμ Β της Πάτρας	38.40	21.70	10	5.4
20	1975/04/04 05:16:18	7.6 χμ Β των Κολοβρύτων	38.10	22.10	10	5.1
21	1970/04/08 13:50:28	28.2 χμ ΔΝΑ της Λαβωβιάς	38.30	22.60	10	5.4
22	1967/01/04 05:58:51	18.2 χμ ΒΒΑ της Πάτρας	38.40	21.80	10	5.3
23	1966/10/29 02:39:25	27.3 χμ ΝΑ της Πρέβεζας	38.80	21.00	10	6.0
24	1966/05/04 06:36:50	31.2 χμ ΑΒΑ της Άρτας	39.30	21.30	10	5.5
25	1966/02/05 02:57:58	26.5 χμ ΒΒΑ του Καρπενησίου	39.00	21.90	10	5.2
26	1966/02/05 02:01:42	35.3 χμ ΒΒΔ του Καρπενησίου	39.10	21.60	10	5.9
27	1965/03/31 12:01:06	28.4 χμ Β της Πάτρας	38.50	21.75	10	5.1
28	1964/04/24 03:49:58	27.6 χμ Δ των Κολοβρύτων	38.00	21.80	10	5.0

Εικόνα 3.11: Κατάλογος σεισμών $M_s \geq 5$ της κλίμακας Richter που έλαβαν χώρα στην ευρύτερη περιοχή μελέτης (Πηγή: ΕΕΑ, προσαρμογή από τους Κωνσταντοπούλου & Κανάρης, 2015).



Εικόνα 3.12: Χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας του ελληνικού χώρου βάσει του ΕΑΚ 2000.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της **τεχνικογεωλογικής εξέτασης** των **κατολισθητικών φαινομένων** που εκδηλώθηκαν στο ανατολικό τμήμα του νομού Αιτωλοκαρνανίας και στο νότιο τμήμα του νομού Ευρυτανίας. Τα υπό μελέτη φαινόμενα έλαβαν χώρα κατά το πρώτο δεκαήμερο του Φεβρουαρίου όπου εκδηλώθηκαν **έντονες και εκτεταμένες βροχοπτώσεις**. Σημειώνεται πως τα στοιχεία για την τεχνικογεωλογική αξιολόγηση συλλέχθηκαν έπειτα από επιτόπια έρευνα καθώς και από τις σχετικές βιβλιογραφικές πηγές.

Αναλυτικά οι οικισμοί στους οποίους πραγματοποιήθηκε επιτόπια έρευνα και εξετάστηκαν:

- Στο Δήμο Ναυπακτίας, εξετάστηκαν οι οικισμοί Περίστα, Κλεπά και Αράχοβα.
- Στο Δήμο Θέρμου, εξετάστηκαν οι οικισμοί Αργυρό Πηγάδι, Νεροσύρτης και Αμπέλια.
- Στο Δήμο Καρπενησίου εξετάστηκαν οι οικισμοί Κρίκελλο και Άμπλιανη.

4.1 Δήμος Ναυπακτίας

4.1.1 Περίστα

Ο οικισμός Περίστα αποτελεί τμήμα της Δημοτικής Ενότητας Πλατάνου του Δήμου Ναυπακτίας. Αναπτύσσεται κατά μήκος της δυτικής πλαγιάς του όρους Ξεροβουνίου (1575m) και τοποθετείται βορειανατολικά από το Θέρμο Τριχωνίδας, απέχοντας από αυτό 40 km. Η οικιστική περιοχή αναπτύσσεται σε ορεινό μορφολογικό ανάγλυφο, σε υψόμετρο των 850 μέτρων. Σύμφωνα με την απογραφή του 2011, ο μόνιμος πληθυσμός της ανέρχεται σε 122 κατοίκους.

Στον εξεταζόμενο οικισμό εκδηλώθηκαν κατολισθητικές κινήσεις καθώς και φαινόμενα ροής λάσπης. Σοβαρές κατολισθητικές κινήσεις σημειώθηκαν, εντός του εξεταζόμενου οικισμού, αλλά και στο φυσικό πρανές ανάντη του χωριού.

Ο υπό μελέτη οικισμός δομείται στο σχηματισμό του φλύσχη της Πίνδου και κατ' επέκταση στο μανδύα αποσάθρωσής του. Επιπροσθέτως, στη θέση μελέτης ο μανδύας αποσάθρωσης παρουσιάζει σημαντικό πάχος (Κωσταντοπούλου & Κανάρης, 2015). Απόσπασμα του γεωλογικού χάρτη της ευρύτερης περιοχής παρατίθεται στην Εικόνα 4.2.

Παρουσιάζονται οι τρεις θέσεις κατολισθήσεων που εξετάστηκαν στην Εικόνα 4.1. Πραγματοποιήθηκε επιτόπια έρευνα με συνοδεία των κατοίκων του χωριού. Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά τα στοιχεία των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων.



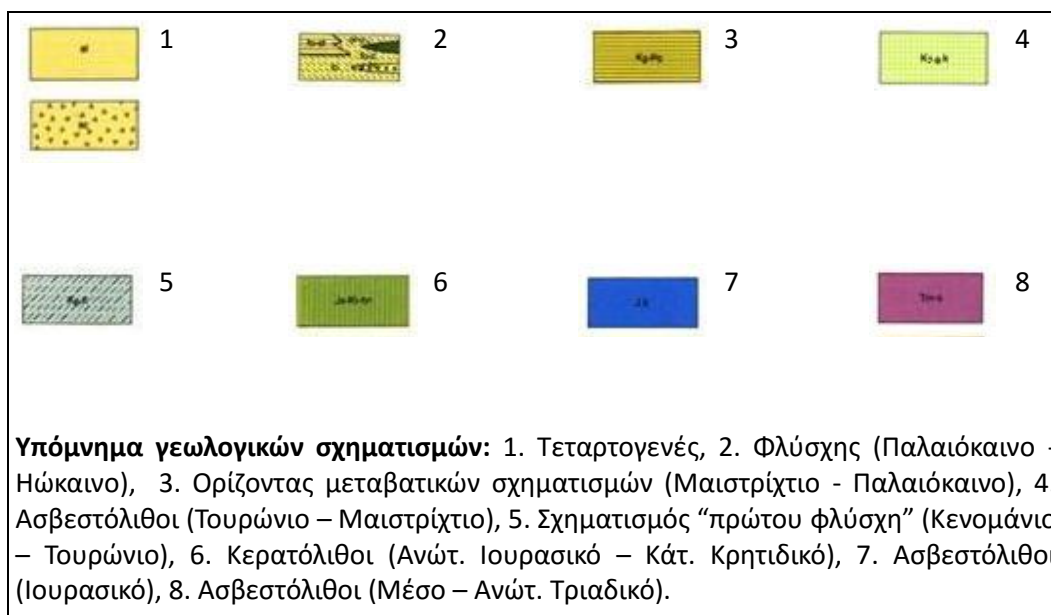
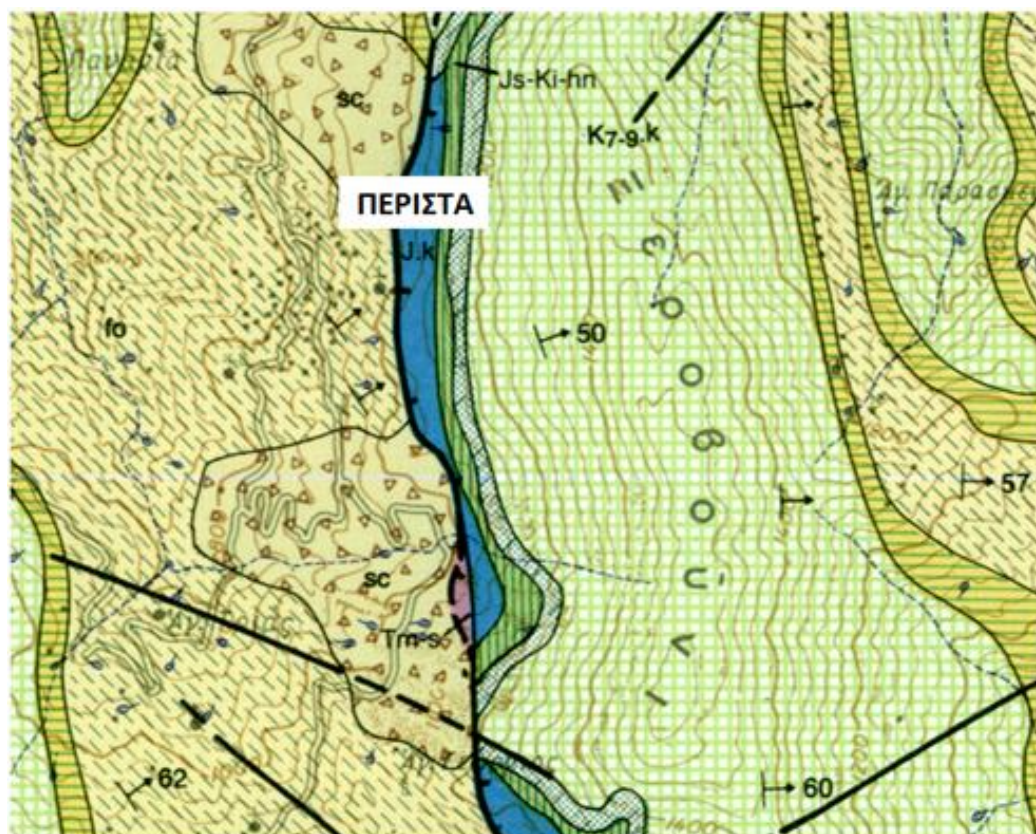
Εικόνα 4.1 Γενική άποψη του οικισμού της Περίστα σε εικόνα Google Earth. Σημειώνονται οι εξεταζόμενες θέσεις των κατολισθήσεων.

Θέση ΠΕ1

Η πρώτη θέση κατολίσθησης καταγράφηκε σε οικία εντός του οικισμού Περίστα. Πρόκειται για επαναδραστηριοποίηση παλαιότερης κατολίσθησης που μετατέθηκε προς τα ανάντη. Χαρακτηρίζεται ως σύνθετη κατολίσθηση η οποία εκδηλώθηκε στο μανδύα αποσάθρωσης του φλύσχη και αποτελείται από σύστημα επάλληλων περιστροφικών κατολισθήσεων. Οι επιμέρους ολισθήσεις χαρακτηρίζονται ως αβαθείς περιστροφικές ολισθήσεις γαιών.

Καταγράφηκαν εκτεταμένες ζημιές σε οικία, η οποία βρίσκεται εντός της μάζας κατολίσθησης, καθώς και στον κοινοτικό δρόμο μπροστά της. Επιπλέον εκδηλώθηκαν ζημιές σε άλλες δύο κατοικίες κατάντη του κοινοτικού δρόμου.

Πραγματοποιήθηκε επιτόπια έρευνα στην οικία όπου αναγνωρίστηκαν εκτεταμένες ζημιές. Καταγράφηκε μικτή συμπεριφορά της κατασκευής κατά την εκδήλωση του φαινομένου της κατολίσθησης. Συγκεκριμένα, το τμήμα της οικίας το οποίο έφερε μεγάλο ιδιοβάρος συμπεριφέρθηκε ως άκαμπτο και μετακινήθηκε αυτοτελώς, αποκομμένο από το ελαφρύτερο – περιβάλλοντα χώρο της κατασκευής.



Εικόνα 4.2: Γεωλογικός χάρτης ευρύτερης περιοχής του οικισμού Περίστα (απόσπασμα από το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ, Φύλλο Κλεπά, κλίμακα 1:50000).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ

Οι ζημιές που καταγράφηκαν στις δύο οικίες κατάντη του κοινοτικού δρόμου, είναι αποτέλεσμα της δράσης επάλληλων περιστροφικών ολισθήσεων στην περιοχή μελέτης. Κατολισθήσεις που δρουν ανάντη των οικιών επιφέρουν αλλαγή του καθεστώτος φόρτισης της υπό μελέτης θέσης. Συγκεκριμένα, προστίθενται επιπλέον φορτίσεις στο εδαφικό πρανές που υπόκειται της ζώνης συσσώρευσης της ανάντη κατολισθαίνουσας μάζας. Η επιφόρτιση του κατάντη εδαφικού πρανούς μεταβάλλει το ισοζύγιο δυνάμεων συγκράτησης - ολίσθησης με αποτέλεσμα την εκδήλωση νέας περιστροφικής ολίσθησης της οποίας η στέψη εντοπίζεται στον πόδα της ανάντη ολίσθησης.

Για την αντιμετώπιση των φαινομένων απαιτείται λεπτομερής γεωτεχνική μελέτη. Ενδεικτικές λύσεις είναι η αποφόρτιση της στέψης και η χρήση στραγγιστηριών. Η εκπόνηση γεωτεχνικής μελέτης για την εγκατάσταση πασσάλων μπορεί επιπλέον να διερευνηθεί.



Εικόνα 4.3 Άποψη της οικίας στην οποία καταγράφηκε η κατολίσθηση στη θέση ΠΕ1. Παρατηρούνται ζημιές στον τοίχο αντιστήριξης.



Εικόνα 4.4 Επαφή Εύκαμπτης και Άκαμπτης κατασκευής στην υπό εξέταση οικία στη θέση ΠΕ1 (Αριστερά). Αναγνώριση της κατακρήμνισης στη θέση ΠΕ1 (Δεξιά).

Θέση ΠΕ2

Η δεύτερη θέση κατολίσθησης εντοπίζεται ανάντη του οικισμού της Περίστα, στο δυτικό πραινές του Ξεροβουνίου, σε υψόμετρο 1000 μέτρων και κοντά στο εκκλησάκι του Προφήτη Ηλία. Πρόκειται για σύνθετη κατολίσθηση η οποία ξεκίνησε ως περιστροφική ολίσθηση γαιών και εξελίχθηκε σε ροή γαιών. Το κύριο σώμα της περιστροφικής ολίσθησης βάσει μελετών (Κωσταντοπούλου & Κανάρης, 2015) εκτιμήθηκε να έχει μήκος 70m και πλάτος 80m. Η υπό εξέταση ροή μετακινήθηκε για απόσταση μεγαλύτερη των 200 μέτρων και έφτασε μέχρι τον οικισμό της Περίστα.

Η κατολίσθηση εκδηλώνεται στην επιφάνεια επαφής χαλαρών υλικών παλαιό - κατολισθήσεων με τον υποκείμενο φλύσχη (Κωσταντοπούλου & Κανάρης, 2015). Επομένως ως σημαντικός προπαρασκευαστικός παράγοντας εκδήλωσης της εξεταζόμενης κατολίσθησης αξιολογείται οι εδαφικές συνθήκες.

Το παραπάνω παλαιο - κατολισθητικό φαινόμενο εκδηλώθηκε στο παρελθόν συσσωρεύοντας αναμοχλευμένο υλικό στην θέση από την οποία ξεκίνησε η σύνθετη αστοχία. Υπάρχει πιθανότητα εκδήλωσης αντίστοιχου φαινομένου και σε άλλα τμήματα του πραινούς ανάντη του οικισμού.



Εικόνα 4.5 Θραύσεις πλησίον της εκκλησίας του Προφήτη Ηλία (Αριστερά). Άποψη της ροής υλικών κατά μήκος του ρέματος (Δεξιά).



Εικόνα 4.6 Απόψεις της ροής των υλικών κατά μήκος των ρεμάτων.



Εικόνα 4.7 Καταγεγραμμένες ζημιές εντός του οικισμού λόγω της ροής. Απόθεση των υλικών της ροής στο οδόστρωμα (Αριστερά). Καταστροφής οικίας από ογκολίθους που μεταφέρθηκαν μέσω του ρέματος και του δρόμου (Δεξιά), (Κωσταντοπούλου & Κανάρης, 2015).

Μετά την εκδήλωση της κατολίσθησης στο πρανές ανάντη του οικισμού, ακολούθησε ρευστοποίηση της κατολισθημένης μάζας και μετακίνησή της, με μεγάλη ταχύτητα, μέσω ενός βασικού ρέματος. Σύμφωνα με τους Κωσταντοπούλου & Κανάρης (2015), η εξεταζόμενη λασπορροή, κάλυψε δύο βασικούς δρόμους εγκάρσιους προς το ρέμα του χωριού ενώ επιπλέον μία οικία γκρεμίστηκε. Επιπλέον εξαιτίας της εξεταζόμενης κατολίσθησης τμήμα του περιβόλου του Προφήτη Ηλία καταστράφηκε.

Μετά από επιτόπια εξέταση, καταγράφηκαν δυο λασπορροές στο φυσικό πρανές ανάντη του οικισμού. Εντοπίστηκε το βασικό ρέμα παροχέτευσης της ροής καθώς και ένα μικρότερο δίπλα από το εκκλησάκι του προφήτη Ηλία το οποίο στη συνέχεια συγκλίνει με την κυρίως ροή.

Θέση ΠΕ3

Καταγράφηκε σε οικία εντός του οικισμού της Περίστα. Πρόκειται σύνθετη ολίσθηση η οποία αποτελείται από διαδοχικές περιστροφικές ολισθήσεις γαιών. Η στέψη της ολίσθησης, που έπληξε την οικία, εντοπίστηκε στο δρόμο ανάντη της οικίας. Καταγράφηκαν ζημιές στην επίστρωση της αυλής και περιμετρικά της εξωτερικής τοιχοποιίας.

Η αναγνωρισμένη σύνθετη κατολίσθηση εκδηλώθηκε σε υλικά τεταρτογενούς αποθέσεως. Οι φυσικές διεργασίες που πραγματοποιούνται όπως ο εμποτισμός του χώρου κατολίσθησης με νερό, αποτελεί προπαρασκευαστικό παράγοντα και συντελεί προοδευτικά στην αστάθεια του πρανούς.

Στην υπό μελέτη θέση, αναγνωρίστηκε ο ίδιος μηχανισμός ολίσθησης που εντοπίστηκε στη θέση ΠΕ1 του εξεταζόμενου οικισμού. Κατολισθήσεις οι οποίες εκδηλώθηκαν ανάντη, συνέβαλαν στην επιφόρτιση της υπό μελέτης θέσης. Λόγω των πρόσθετων φορτίσεων, το ισοζύγιο δυνάμεων συγκράτησης - ολίσθησης του πρανούς, που εντοπίζεται στην εξεταζόμενη θέση, μεταβλήθηκε. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την αστάθεια του πρανούς και κατ' επέκταση την εκδήλωση νέας περιστροφικής ολίσθησης. Η στέψη της νέας ολίσθησης υπόκειται του πόδα της ανάντη ολίσθησης.

Στην υπό μελέτη οικία αναγνωρίστηκε η στέψη της επόμενης (κατάντη κατολίσθησης) στο χώρο της αυλής.



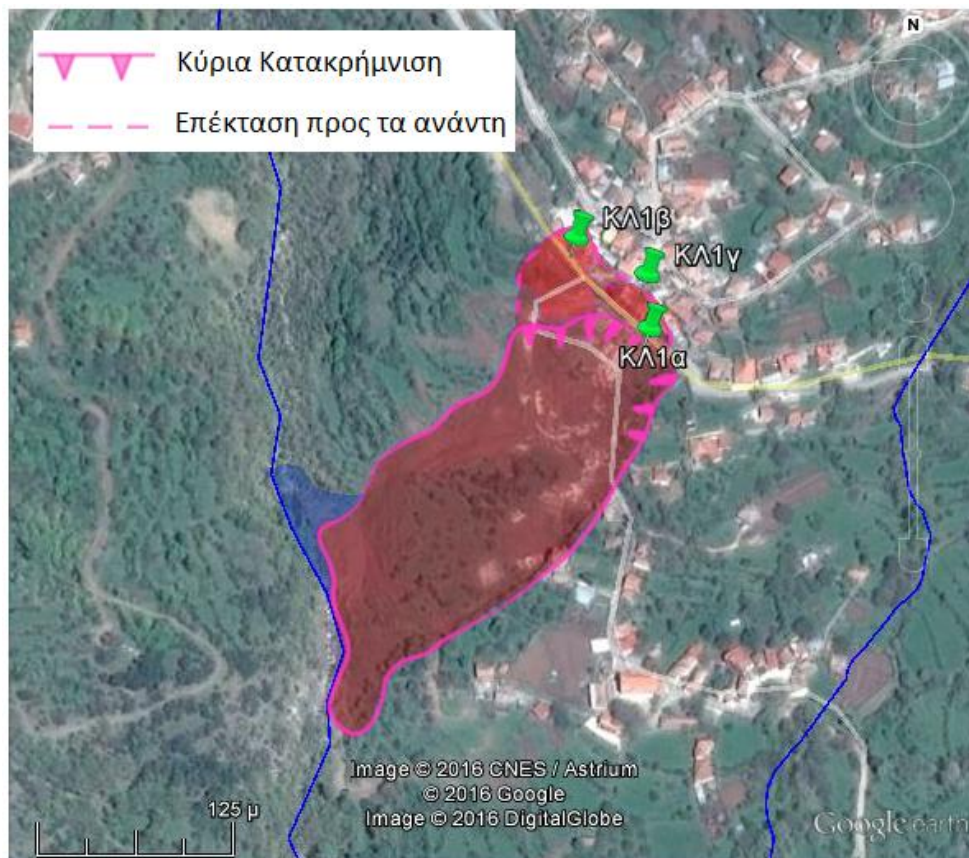
Εικόνα 4.8 Εκτεταμένες ζημιές στην αυλή οικίας στη θέση 3.

4.1.2 Κάτω Κλεπά

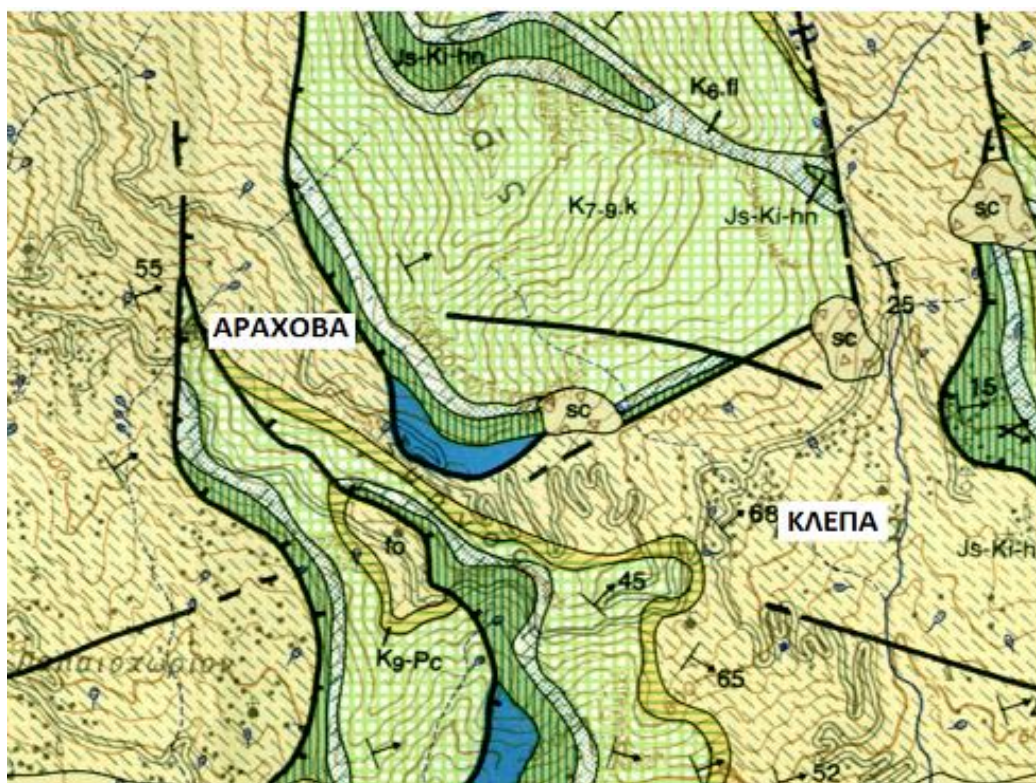
Ο οικισμός Κάτω Κλεπά αποτελεί τμήμα της Τ.Ε Κλεπά της Δημοτικής Ενότητας Πλατάνου του Δήμου Ναυπακτίας. Επισημαίνεται πως, η Κλεπά αποτελείται από τρεις οικισμούς (Άνω Κλεπά, Μέση Κλεπά και Κάτω Κλεπά). Ο εξεταζόμενος οικισμός βρίσκεται στις νότιες πλαγιές του όρους Κοκκινιάς και βόρεια της τεχνητής λίμνης Ευήνου. Οι οικιστικές περιοχές αναπτύσσονται σε ορεινό μορφολογικό ανάγλυφο, σε υψόμετρο των 800 μέτρων. Σύμφωνα με την απογραφή του 2011, ο μόνιμος πληθυσμός της Τ.Ε. Κλεπά ανέρχεται σε 197 κατοίκους.

Ο υπό μελέτη οικισμός δομείται στη μεταβατική ζώνη του Φλύσχη. Αναγνωρίστηκαν κερατολιθικοί σχηματισμοί εξαιρετικά κερματισμένοι. Επιπλέον, σύμφωνα με τους γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ, ανάντη του οικισμού εντοπίζεται ζώνη εφίππευσης (Εικόνα 4.10).

Πραγματοποιήθηκε επιτόπια έρευνα στον εξεταζόμενο οικισμό και αναγνωρίστηκε μια μεγάλη περιστροφική ολίσθηση η οποία επεκτάθηκε προς τα ανάντη (Εικόνα 4.9). Η εξεταζόμενη κατολίσθηση εκδηλώθηκε πάνω στα διαταραγμένα υλικά παλαιότερων κατολισθήσεων (Κωσαντοπούλου & Κανάρης, 2015). Οι παραπάνω κατολισθητικές κινήσεις οι οποίες είχαν ως αποτέλεσμα εκτεταμένες ζημιές σε σπίτια και την μερική καταστροφή του επαρχιακού δρόμου πρόσβασης στον οικισμό.



Εικόνα 4.9: Άποψη του οικισμού Κάτω Κλεπά. Σημειώνεται η καταγεγραμμένη ολίσθηση καθώς και η επέκτασή της προς τα ανάντη.



Εικόνα 4.10: Γεωλογικός χάρτης ευρύτερης περιοχής των οικισμών Αράχοβα και Κλεπά (απόσπασμα από το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ, Φύλλο Κλεπά, κλίμακα 1:50000).

Θέση ΚΛΕ1

Η στέψη της αναγνωρισμένης κατολίσθησης εντοπίζεται εντός του οικισμού, επί του επαρχιακού δρόμου πρόσβασης. Πρόκειται για μεγάλης έκτασης περιστροφική ολίσθηση, η οποία οριοθετείται στο χώρο μεταξύ της πλατείας του οικισμού και του ρέματος, Μέγα Ρέμα, που εντοπίζεται δυτικά της.

Μετά την εκδήλωση της κατολίσθησης ακολούθησε ρευστοποίηση της κατολισθημένης μάζας, μετακίνηση και εναπόθεση της επί του Μέγα Ρέματος, με αποτέλεσμα το φράξιμο του τελευταίου (Κωσταντοπούλου & Κανάρης, 2015).

Η εξεταζόμενη κατολίσθηση αποτελεί εξέλιξη παλαιότερων κατολισθητικών φαινομένων και έχει απασχολήσει το ΙΓΜΕ σε παλαιότερες μελέτες. Συγκεκριμένα, είχε εκδηλωθεί και παλαιότερα κατολίσθηση στην ίδια θέση στις 15 Ιανουαρίου του 1997, η οποία είχε προκαλέσει ζημιές σε σπίτια του οικισμού καθώς και σε κοινόχρηστο δρόμο. Στην περιγραφή της παραπάνω κατολίσθησης εξετάστηκαν και λήφθηκαν στοιχεία από τη σχετική μελέτη του ΙΓΜΕ (Κωσταντοπούλου & Κανάρης, 2015).



Εικόνα 4.11: Άποψη της κύριας κατολίσθησης. Λήψη από την στέψη της κατολίσθησης.



Εικόνα 4.12: Άποψη της κύριας κατακρήμνισης της κύριας κατολίσθησης στον οικισμό Κάτω Κλεπά.

Από την κατολίσθηση που εκδηλώθηκε, σπίτια που βρίσκονταν εντός της κατολισθημένης μάζας καταστράφηκαν ολοσχερώς. Ακόμη, πολλά σπίτια του οικισμού ανάντη της κατολίσθησης υπέστησαν εκτεταμένες ζημιές, ενώ οικίες που βρίσκονται πλησίον της κεφαλής της κατολίσθησης εκκενώθηκαν. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το οδόστρωμα της επαρχιακής οδού, καθώς και το στηθαίο ασφαλείας επί της οδού, που δίνουν πρόσβαση στην κοινότητα, υπέστησαν μερική καταστροφή. Τέλος, καταγράφηκε καταστροφή ενδοκοινοτικού δρόμου, που εντοπίζεται ανάντη του πλευρικού τοιχώματος της κατολίσθησης και εκτεταμένες μετατοπίσεις στύλων ηλεκτρικού ρεύματος. Σημειώνεται πως, βάσει της μελέτης του ΙΓΜΕ (Κωσταντοπούλου & Κανάρης, 2015), πάνω από τριάντα σπίτια καταγράφηκαν να έχουν υποστεί ζημιές, τρία σπίτια καθώς και μία ταβέρνα υπέστησαν ολική καταστροφή, ενώ καταγράφηκαν ζημιές σε σπίτια του οικισμού που επεκτείνονται σε απόσταση 50m από τη στέψη της κατολίσθησης.

Ο μηχανισμός κατολίσθησης έπειτα από επιτόπια έρευνα και εξέταση της σχετικής μελέτης του ΙΓΜΕ (Κωσταντοπούλου & Κανάρης, 2015) είναι ως εξής:

Οι γεωλογικές συνθήκες αποτελούν προπαρασκευαστικό παράγοντα στην εκδήλωση της κατολίσθησης. Ανάντη του οικισμού εντοπίζεται η εφίππευση ασβεστολίθων πάνω σε πετρώματα νεαρότερης ηλικίας όπως κερατόλιθοι και φλύσχης. Η παρούσα γεωλογία διευκολύνει την κατείσδυση των νερών της βροχής και την ανάπτυξη υπογείων ροών στους κερατολιθικούς σχηματισμούς αλλά και στην αποσαθρωμένη ζώνη του φλύσχης. Σημειώνεται πως ο εμποτισμός του εδάφους θεμελίωσης οδηγεί σε μείωση της διατμητικής αντοχής του εδάφους, λόγω της αποφόρτισης του εδαφικού σκελετού και της ανάληψης του φορτίου των

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ

υπερκείμενων στρωμάτων από το νερό των πόρων. Εναυσματικός παράγοντας ενεργοποίησης της κατολίσθησης θεωρείται η έντονη απορροή του Μέγα Ρέματος που οδήγησε στη διάβρωση του πόδα του πρανούς.

Όπως αναφέρθηκε, τα ρευστοποιημένα υλικά της κατολίσθησης μετακινήθηκαν και εναποτέθηκαν στο κατόντη ρέμα. Λόγω της μορφολογίας της περιοχής, τα υλικά αυτά κάλυψαν την κοίτη του ρέματος και αντιστηρίχτηκαν στο απέναντι πρανές με αποτέλεσμα την επιβράδυνση της κατολίσθησης. Η παραπάνω ροή υλικών οδήγησε σε δημιουργία μικρής λίμνης πίσω από το προσωρινό φράγμα υλικών.

Στην υπό εξέταση περιοχή αναγνωρίστηκαν ρηγματώσεις ανάντη της κύριας κατακρήμνισης επί του Επ. δρόμου (θέση ΚΛ1β) και της πλατείας του χωριού (θέση ΚΛ1γ) που υποδηλώνουν την επέκταση της εξεταζόμενης κατολίσθησης προς τα ανάντη (Εικόνα 4.14 & Εικόνα 4.15). Συγκεκριμένα:

- Εντοπίστηκαν ρηγματώσεις σε παιδική χαρά του χωριού, επί του κεντρικού δρόμου πρόσβασης, πλησίον της μεγάλης κατολίσθησης (θέση ΚΛ1) σε απόσταση της τάξεως των 50 μέτρων. Η στέψη της μετατεθειμένης προς τα ανάντη κατολίσθησης εντοπίζεται στη θεμελίωση σπιτιού ανάντη του κοινοτικού δρόμου. Καταγράφηκαν επιπλέον εκτεταμένες ζημιές σε οικίες.
- Επιπλέον αναγνωρίστηκαν ρηγματώσεις στο δάπεδο της πλατείας αλλά και ζημιές στα περιμετρικά σπίτια. Η στέψη της μετατεθειμένης προς τα ανάντη κατολίσθησης εντοπίζεται στην πλατεία του χωριού.



Εικόνα 4.13: Εφελκυστικές ρωγμές ανάντη του δεξιού πρανού της κατολίσθησης (Δεξιά). Παρατηρούνται εκτεταμένες καταστροφές στο οδόστρωμα και τους στύλους ηλεκτρικού ρεύματος (Αριστερά).



Εικόνα 4.14: Εκτεταμένες ζημιές σε οικίες που αναγνωρίζονται εντός της μάζας ολίσθησης, πλησίον της στέψης της μετατεθειμένης προς τα ανάντη κύριας ολίσθησης (θέση ΚΛ1β).



Εικόνα 4.15: Αναγνώριση της στέψης της μετατεθειμένης προς τα ανάντη κύριας ολίσθησης (θέση ΚΛ1γ) επί της κεντρικής πλατείας του οικισμού.

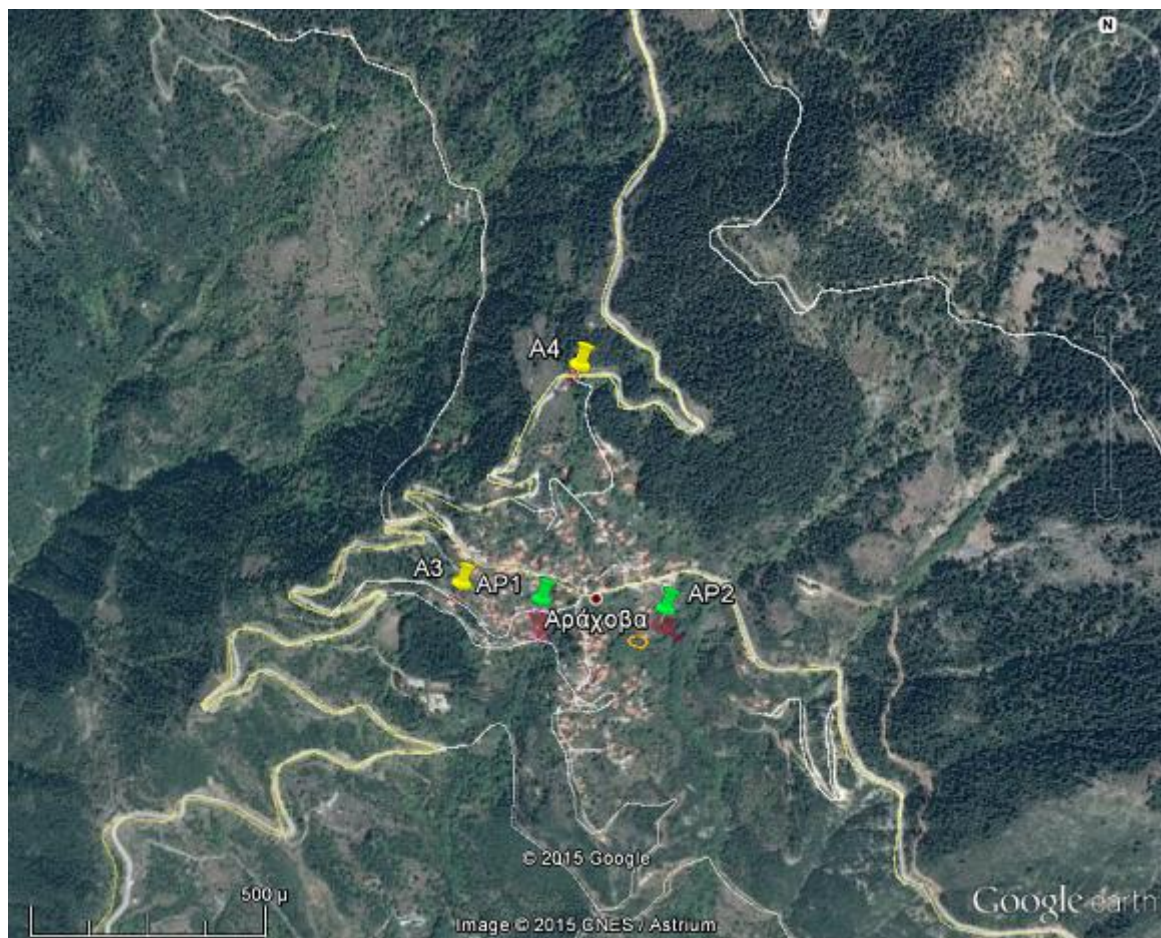
4.1.3 Αράχοβα

Ο οικισμός Αράχοβα αποτελεί τμήμα της Δημοτικής Ενότητας Πλατάνου του Δήμου Ναυπακτίας. Ο εξεταζόμενος οικισμός βρίσκεται στις νοτιοδυτικές πλαγιές του όρους Κοκκινιάς και βόρεια της τεχνητής λίμνης Ευήνου, πλησίον του οικισμού Κλεπά. Η οικιστική περιοχή αναπτύσσεται σε ορεινό μορφολογικό ανάγλυφο, σε υψόμετρο της τάξης των 980 μέτρων. Σύμφωνα με την απογραφή του 2011, ο μόνιμος πληθυσμός του οικισμού ανέρχεται σε 314 κατοίκους.

Στον εξεταζόμενο οικισμό σημειώθηκαν σοβαρές κατολισθήσεις οι οποίες είχαν ως αποτέλεσμα εκτεταμένες ζημιές σε σπίτια και τη μερική καταστροφή επαρχιακού δρόμου πρόσβασης στον υπό μελέτη οικισμό.

Ο υπό μελέτη οικισμός δομείται στο σχηματισμό του φλύσχη της Πίνδου και κατ' επέκταση στο μανδύα αποσάθρωσής του (Εικόνα 4.10). Επιπροσθέτως, στη θέση μελέτης ο μανδύας αποσάθρωσης παρουσιάζει κυμαινόμενο αλλά σημαντικό πάχος.

Εντός των ορίων του οικισμού εντοπίστηκαν τέσσερις θέσεις κατολισθητικών φαινομένων (Εικόνα 4.16). Πραγματοποιήθηκε επιτόπια έρευνα στις θέσεις AP1 & AP2. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αναλυτικά στοιχεία των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων.



Εικόνα 4.16: Γενική άποψη του οικισμού Αράχοβα σε εικόνα Google Earth. Σημειώνονται οι εξεταζόμενες θέσεις των κατολισθήσεων.

Θέση AP1

Η θέση της πρώτης κατολίσθησης εντοπίζεται εντός του οικισμού, στο δεξί πρηνές του ρέματος που διατρέχει το χωριό. Εκδηλώθηκε μεγάλη επιφανειακή περιστροφική ολίσθηση κορημάτων στο μανδύα αποσάθρωσης του φλύσχη. Στη στέψη της κατολίσθησης αναγνωρίστηκαν εφελκυστικές ρωγμές.

Η παραπάνω κατολίσθηση είχε ως αποτέλεσμα την αποκοπή δρόμου που βρίσκεται στην κεφαλή της κατακρήμνισης. Επιπλέον υλικά από το κύριο σώμα της κατολίσθησης μετακινήθηκαν και κάλυψαν τον κατάντη δρόμο.

Στο αριστερό πρηνές της κεφαλής της κατολίσθησης εντοπίστηκε μικρό μορφολογικό κοίλωμα. Στην εν λόγω θέση αποστραγγίζονται τμήματα της ανάντης περιοχής. Σημειώνεται πως οι επιφανειακές απορροές που καταλήγουν στο εξεταζόμενο κοίλωμα, μπορεί και να αποτέλεσαν την αιτία της αστοχίας (Κωσταντοπούλου & Κανάρης, 2015), καθώς προκάλεσαν τη ρευστοποίηση και μεταφορά των υλικών προς τον κατάντη δρόμο.

Εναυσματικός παράγοντας θεωρείται οι εκτεταμένες βροχοπτώσεις που έλαβαν χώρα το πρώτο δεκαήμερο του Φεβρουαρίου.



Εικόνα 4.17: Στέψη και αριστερή πλευρά της κατολίσθησης. Διακρίνεται ο αποκοπτόμενος δρόμος (Αριστερά). Κύριο σώμα κατολίσθησης (Δεξιά).

Θέση AP2

Η δεύτερη θέση κατολίσθησης εντοπίζεται σε πρηνές με ανατολικό προσανατολισμό στις παρυφές του οικισμού. Πρόκειται για επιφανειακή περιστροφική ολίσθηση κορημάτων η οποία εκδηλώθηκε στο μανδύα αποσάθρωσης του φλύσχη. Ο χώρος στον οποίο εκδηλώθηκε η κατολίσθηση χαρακτηρίζεται από αμπελοκαλλιέργειες οι οποίες διαμορφώνονται κλιμακωτά με πέτρινους τοίχους αντιστήριξης.

Τονίζεται πως οι ζημιές, που εκδηλώθηκαν, περιορίστηκαν στο χώρο καλλιεργειών και στους τοίχους αντιστήριξης. Βάσει της έκθεσης του ΙΓΜΕ (Κωσταντοπούλου & Κανάρης, 2015), οι οικίες που εντοπίζονται πλησίον της στέψης της κατολίσθησης, σε απόσταση της τάξης των 10m, δε φαίνεται να διατρέχουν άμεσο κίνδυνο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ

Σημειώνεται πως στον ευρύτερο χώρο της κατολίσθησης αναγνωρίστηκαν παλαιοερπυστικά φαινόμενα, ενώ είναι πολύ πιθανό να έχουν εκδηλωθεί και στο παρελθόν παρόμοιες κατολισθήσεις.

Κύριος παράγοντας εκδήλωσης της κατολίσθησης θεωρούνται οι φυσικές διεργασίες που συντελέστηκαν. Σταδιακά διαβρώθηκαν οι πέτρινοι τοίχοι αντιστήριξης με επακόλουθο την μείωση των δυνάμεων συγκράτησης και την αύξηση των δυνάμεων ολίσθησης. Ο παραπάνω παράγοντας συμβάλει στην αύξηση της διατμητικής τάσης. Οι φυσικές διεργασίες που συντελέστηκαν είχαν επίσης ως αποτέλεσμα τη διάβρωση του πόδα του πρηνούς.

Ανθρωπογενείς διεργασίες όπως αμέλεια διευθέτησης των απορροών από τις καλλιέργειες και συνεχής εμποτισμός του πρηνούς αποτελεί προπαρασκευαστικό παράγοντα εκδήλωσης της κατολίσθησης.

Εναυσματικός παράγοντας θεωρείται οι εκτεταμένες βροχοπτώσεις που έλαβαν χώρα το πρώτο δεκαήμερο του Φεβρουαρίου.



Εικόνα 4.18: Άποψη της κατολίσθησης στη θέση 2.

Θέση ΑΡ3

Σύμφωνα με την έκθεση του ΙΓΜΕ (Κωνσταντοπούλου & Κανάρης, 2015), η υπό εξέταση κατολίσθηση εντοπίζεται στο ΝΔ τμήμα του οικισμού. Πρόκειται για περιστροφική ολίσθηση μήκους 10m και πλάτους 12m. Εκδηλώθηκε στο εξωτερικό πρανάς δημοτικού δρόμου, ενώ το άλμα της ολίσθησης είναι της τάξης του 1m.

Αποτέλεσμα της παραπάνω κατολίσθησης είναι η αποκοπή του δρόμου σε μήκος 12m, ενώ τα υλικά της κατολίσθησης κατέληξαν στον εξωτερικό τοίχο της κατάντη οικίας, φθάνοντας μέχρι το ύψος της στέγης.

Προπαρασκευαστικοί παράγοντες εκδήλωσης της κατολίσθησης είναι οι εδαφικές συνθήκες καθώς και οι ανθρωπογενείς διεργασίες που συντελέστηκαν. Αναφέρεται η σχετικά χαλαρή δομή του επιχώματος καθώς και η συγκέντρωση επιφανειακών απορροών του δρόμου στη θέση της αστοχίας, ελλείψει μέτρων διευθέτησης των απορροών.



Εικόνα 4.19: Άποψη της κατολίσθησης στη Θέση 3. Η εικόνα (1) δείχνει την αποκοπή του δημοτικού δρόμου στην κορυφή της κατολίσθησης. Στην εικόνα (2) φαίνεται η μετακίνηση και η συσσώρευση των υλικών της κατολίσθησης στο πίσω μέρος της κατάντη ευρισκόμενης κατοικίας. (Κωνσταντοπούλου & Κανάρης, 2015).

4.1.4 Επαρχιακή Οδός Ναυπάκτου – Πλατάνου – Ψηλού Σταυρού

Κατά τη μετάβαση στους εξεταζόμενους οικισμούς, καταγράφηκαν επιπλέον κατολισθήσεις στο οδικό δίκτυο του Δήμου Ναυπακτίας. Στη συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά 2 από τις κατολισθήσεις που εξετάστηκαν.



Εικόνα 4.20: Καταγραφείσες κατολισθήσεις επί της Επ. Οδού Ναυπάκτου – Πλατάνου – Ψηλού Σταυρού στις θέσεις 1 (εικόνες 1,2 & 3) και θέση 2 (εικόνα 4).

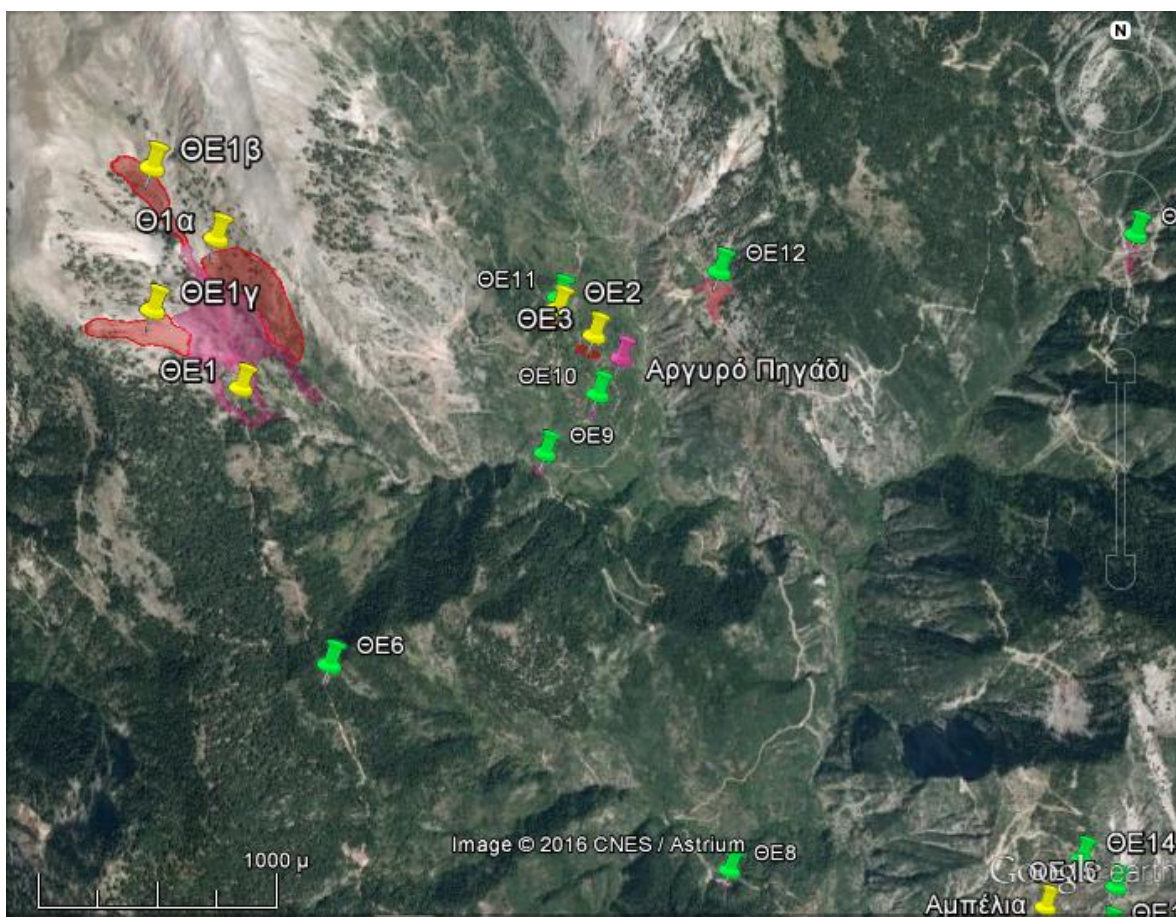
Οι εικόνες 1,2 & 3 λήφθηκαν στη θέση 1. Πρόκειται για σύνθετη κατολίσθηση ανάντη του δρόμου. Αναγνωρίστηκε ερπυσμός γαιών. Το πόδι της κατολίσθησης αναγνωρίστηκε σε οικία επί της Επ. Οδού. Στη θέση 1 καταγράφηκε επιπλέον και δεύτερη κατολίσθηση της οποίας η στέψη εντοπίζεται επί του δρόμου, μπροστά από την προαναφερθείσα οικία.

Η θέση 2 καταγράφηκε 100m δυτικότερα της θέσης 1 επί του εξεταζόμενου δρόμου. Καταγράφηκαν τρεις διαδοχικές πεταλοειδείς στέψεις περιστροφικών κατολισθήσεων. Η στέψη της πρώτης κατολίσθησης εντοπίζεται ανάντη της οδού και του βαρυντικού άοπλου τοίχου αντιστήριξης. Οι στέψεις των δυο υπολειπόμενων κατολισθήσεων εντοπίστηκαν επί της οδού κατάντη της πρώτης κατολίσθησης.

4.2 Δήμος Θέρμου

4.2.1 Αργυρό Πηγάδι

Το Αργυρό πηγάδι υπάγεται στο Δήμο Θέρμου. Εντοπίζεται στη νοτιοανατολική πλευρά του όρους Τριανταφυλλιά, η οποία αποτελεί δεύτερη κορυφή του Παναιτωλικού όρους. Ο οικισμός αναπτύσσεται σε ορεινό μορφολογικό ανάγλυφο, σε υψόμετρο των 1030 μέτρων. Σύμφωνα με την απογραφή του 2011, ο μόνιμος πληθυσμός του οικισμού ανέρχεται σε 232 κατοίκους. Εκδηλώθηκαν κατολισθητικές κινήσεις εντός και πλησίον του εξεταζόμενου οικισμού. Τα περισσότερα από τα κατολισθητικά φαινόμενα εκδηλώθηκαν με τη μορφή ροής κορημάτων πλήττοντας εκτεταμένες εκτάσεις.



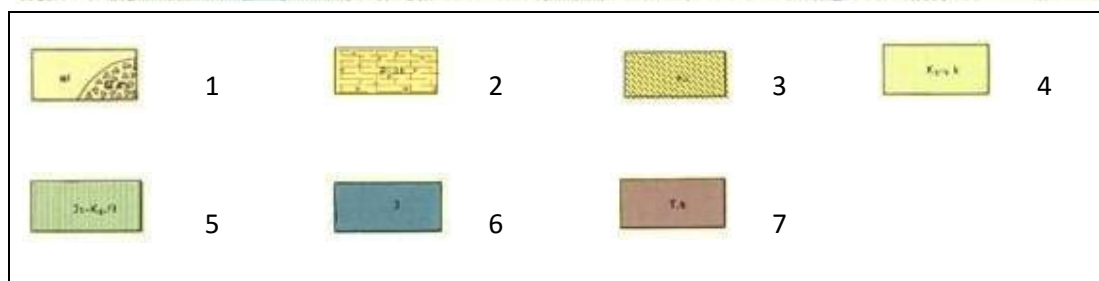
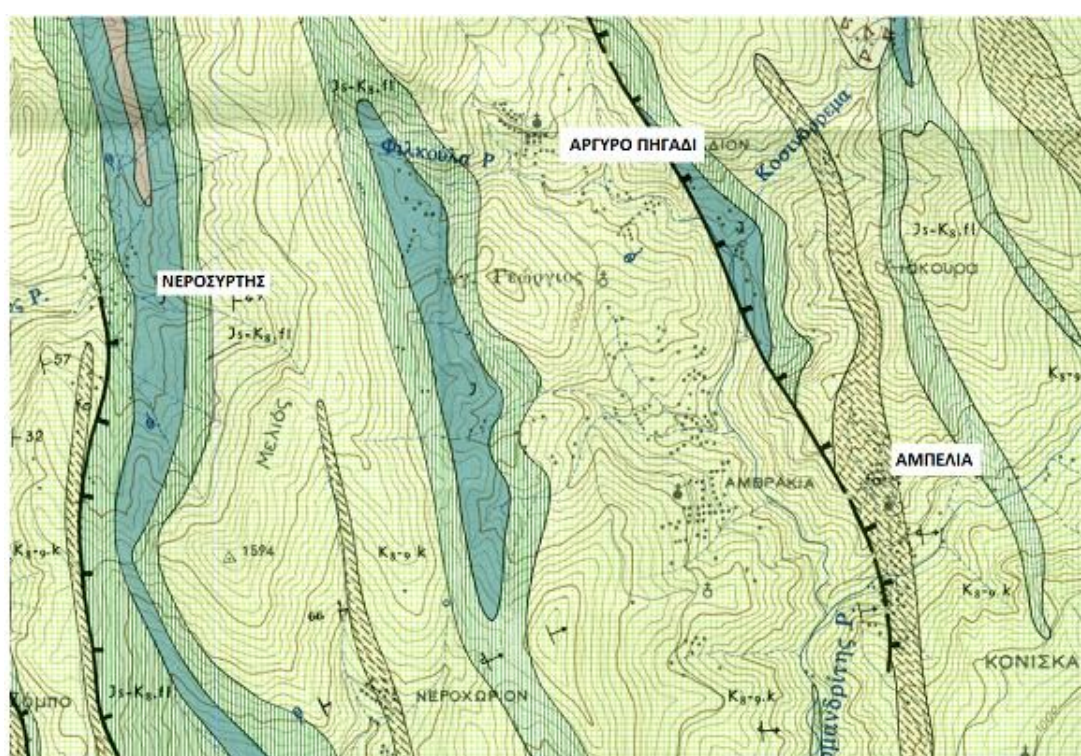
Εικόνα 4.21 Γενική άποψη του οικισμού Αργυρό Πηγάδι σε εικόνα Google Earth. Οι θέσεις των κατολισθήσεων που εξετάστηκαν, παρουσιάζονται αναλυτικά και σημειώνονται με κίτρινο χρώμα. Με πράσινο χρώμα σημειώνονται οι καταγεγραμμένες θέσεις κατολισθήσεων στην ευρύτερη περιοχή, που εντάχθηκαν στο αρχείο καταγεγραμμένων κατολισθήσεων του εξεταζόμενου Δήμου.

Η μεταφορά υλικών εξαιτίας των ροών είχε ως αποτέλεσμα την αποκοπή των δύο βασικών δρόμων πρόσβασης στο Αργυρό Πηγάδι. Η πρόσβαση στον οικισμό από τα Βορειοδυτικά, μέσω Νεροχωρίου, και από τα Νοτιοδυτικά, μέσω Αμβρακίας, ήταν αδύνατη. Κατά την περίοδο των έντονων βροχοπτώσεων η επικοινωνία με τον οικισμό ήταν εφικτή μόνο από τον οικισμό της Κόνισκας (Κοκκινόβρυση) από τα βορειοανατολικά, μέσω ενός χωματόδρομου κακής βατότητας. Πραγματοποιήθηκε επιτόπια έρευνα με συνοδεία από κλιμάκιο των τεχνικών υπηρεσιών του Δήμου Θέρμου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ

Πέραν των θέσεων στις οποίες πραγματοποιήθηκε αυτοψία στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής, παρουσιάζονται και δύο κατολισθήσεις οι οποίες καταγράφηκαν από το κλιμάκιο του ΙΓΜΕ (Κωνσταντοπούλου & Κανάρης, 2015) εντός του οικιστικού χώρου με συνέπεια την αποκοπή του χωριού σε τρία σημεία από τον κεντρικό δρόμο. Σημειώνεται πως, κατά την επιτόπια έρευνα καταγράφηκαν και δυο μικρότερες κατολισθήσεις εντός των ορίων του οικισμού. Παρουσιάζονται στη συνέχεια τα αναλυτικά στοιχεία των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων.

Έπειτα από αναγνώριση της περιοχής έρευνας και των σχετικών βιβλιογραφικών πηγών, ο υπό μελέτη οικισμός δομείται σε φλύσχη της ζώνης της Πίνδου και κατ' επέκταση στο μανδύα αποσάθρωσής του. Η λεκάνη στην οποία εκδηλώθηκαν οι ροές δομείται από τη μεταβατική ζώνη ασβεστόλιθων και κερατόλιθων. Της μεταβατικής ζώνης υπόκεινται ασβεστολιθικοί σχηματισμοί.



Υπόμνημα γεωλογικών σχηματισμών: 1. Τεταρτογενές, 2. Πλειόκαινον 3. Φλύσχης (Μαιστρίχτιο - Ηώκαινο), 4. Ασβεστόλιθοι (Σενώνιον), 5. Ερυθροί αργιλικόι σχιστόλιθοι, πυριτικοί σχιστόλιθοι, κερατόλιθοι και σιφροί ασβεστόλιθοι (Ανωτ. Ιουρασικόν - Κονιάσιον), 6. Ασβεστόλιθοι (Ιουρασικό), 7. Ασβεστόλιθοι (Τριαδικό).

Εικόνα 4.22: Γεωλογικός χάρτης ευρύτερης περιοχής των οικισμών Νεροσύρτης, Αργυρό Πηγάδι και Αμπέλια (απόσπασμα από το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ, Φύλλο Θέρμο, κλίμακα 1:50000).

Θέση ΘΕ1

Η πρώτη θέση κατολίσθησης εντοπίζεται δυτικά του εξεταζόμενου οικισμού, στα πρηνή ρέματος. Πρόκειται για ροές μεγάλης έκτασης, οι οποίες έπληξαν τα πρηνή περιμετρικά της λεκάνης του ρέματος.

Οι ροές κορημάτων που εκδηλώθηκαν είχαν ως άμεση συνέπεια την αποκοπή δύο βασικών δρόμων πρόσβασης στον οικισμό του Αργυρού Πηγαδιού. Συγκεκριμένα από την αστοχία αποκόπηκε ο δρόμος που δίνει πρόσβαση στο Αργυρό Πηγάδι βορειοδυτικά μέσω του οικισμού Νεροχωριού ενώ παράλληλα καταπλακώθηκε η γέφυρα που δίνει πρόσβαση στο Αργυρό Πηγάδι νοτιοδυτικά μέσω του οικισμού της Αμβρακίας. Η μόνη δυνατή πρόσβαση ήταν από τον οικισμό της Κοκκινόβρυσης, βορειοανατολικά, μέσω χωματόδρομου σε τμήματα του οποίου παρουσιάζονται κατ' επανάληψη κατολισθήσεις.



Εικόνα 4.23 Γενική άποψη της λεκάνης απόρροης που εκδηλώθηκαν οι μεγάλες κατολισθήσεις πλησίον του οικισμού Αργυρό Πηγάδι (Άνω εικόνα). Εγγύτερη θέση λήψης των κατολισθήσεων. Τμήμα της ροής υλικών μεταφέρθηκε και απέκοψε το δρόμο που δίνει πρόσβαση στο Αργυρό Πηγάδι βορειοδυτικά μέσω του οικισμού Νεροχωριού και νοτιοδυτικά μέσω Αμβρακίας (Κάτω εικόνες).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ

Στην υπό μελέτη περιοχή αναγνωρίστηκε στο υλικό κατολίσθησης η μεταβατική ζώνη ασβεστόλιθων και κερατολίθων. Εκτιμάται πως η κατολίσθηση εκδηλώθηκε στα ανώτερα τμήματα της μεταβατικής ζώνης.

Εναυσματικός παράγοντας εκδήλωσης της κατολίσθησης κρίθηκε οι εκτεταμένες βροχοπτώσεις που εκδηλώθηκαν στο πρώτο δεκαήμερο του Φεβρουαρίου του 2015. Η έντονη βροχόπτωση και η επιφανειακή ροή των υδάτων είχε ως αποτέλεσμα τη ρευστοποίηση των χαλαρών υλικών που βρισκόντουσαν κατά μήκος των πρανών και της κοίτης του ρέματος.



Εικόνα 4.24 Επίχωση της γέφυρας που δίνει πρόσβαση στο Αργυρό Πηγάδι νοτιοδυτικά μέσω του οικισμού της Αμβρακίας.

Θέση ΘΕ2

Η εξεταζόμενη κατολίσθηση εντοπίζεται στη ΒΑ είσοδο του οικισμού από την πλευρά της Κοκκινόβρυσης (Εικόνα 4.25). Πρόκειται για σύνθετη κατολίσθηση στην οποία καταγράφηκε περιστροφική ολίσθηση με συνοδεία ροής γαιών. Η κατολίσθηση έχει μήκος 165m και πλάτος 45m και σημειώθηκε σε φυσικό πρηνές με κλίση 25^ο – 30^ο προς τα νοτιοανατολικά. Πρόκειται για ενεργοποίηση παλαιότερης κατολίσθησης στην ίδια θέση. Τα υλικά της κατολίσθησης μετακινήθηκαν και κάλυψαν δύο κλάδους του δημοτικού δρόμου, τόσο στη βορειοανατολική είσοδο, όσο και τον κατάντη ελιγμό του δρόμου. Η περιγραφή της παραπάνω κατολίσθησης λαμβάνει στοιχεία από τη σχετική μελέτη του ΙΓΜΕ (Κωνσταντοπούλου & Κανάρης, 2015).

Σημειώνεται πως, η κατολίσθηση εκδηλώθηκε στο μανδύα αποσάθρωσης του φλύσχη, ο οποίος στην περιοχή αυτή έχει σημαντικό πάχος.

Σημαντικός παράγοντας στην εκδήλωση της παραπάνω κατολίσθησης θεωρείται οι ανθρωπογενείς εργασίες που είχαν λάβει χώρα στο πρηνές ανάντη του δρόμου. Συγκεκριμένα, η διάνοιξη δρόμου στο πρηνές ανάντη της κατολίσθησης και η απουσία αποστραγγιστικών έργων είχε ως αποτέλεσμα την παροχέτευση ροών στο σώμα της κατολίσθησης.

Σημαντικός επίσης παράγοντας είναι οι φυσικές διεργασίες που συντελέστηκαν λόγω της ύπαρξης νερού. Σημειώνεται πως το νερό στο σώμα της κατολίσθησης συμβάλλει στην αύξηση της διατμητικής τάσης, αφού προσθέτει βάρος στα γεωυλικά, επιφορτίζοντας το πρηνές. Επιπλέον παρατηρείται μείωση της διατμητικής αντοχής του εδάφους, λόγω των διεργασιών διάβρωσης που συντελούνται και των μεταβολών των ενεργών τάσεων λόγω του νερού των πόρων.

Εναυσματικός παράγοντας της κατολίσθησης θεωρούνται οι εκτεταμένες βροχοπτώσεις που έλαβαν χώρα στις αρχές του Φεβρουαρίου 2015.

Θέση ΘΕ3

Η εξεταζόμενη κατολίσθηση εντοπίζεται στη ΝΑ είσοδο του οικισμού (Εικόνα 4.25). Πρόκειται για περιστροφική ολίσθηση μήκους 120m και πλάτους 40m και σημειώθηκε σε φυσικό πρηνές με κλίση 25^ο – 30^ο προς τα νοτιοανατολικά. Τα υλικά της κατολίσθησης μετακινήθηκαν και κάλυψαν τον κατώτερο δρόμο, χωρίς βλάβη του οδοστρώματος. Η περιγραφή της παραπάνω κατολίσθησης λαμβάνει στοιχεία από τη σχετική μελέτη του ΙΓΜΕ (Κωνσταντοπούλου & Κανάρης, 2015).

Η κατολίσθηση εκδηλώθηκε στο μανδύα αποσάθρωσης του φλύσχη, ο οποίος σε αυτή τη θέση έχει πάχος μεγαλύτερο των 2m. Σημειώνεται πως η περιοχή γύρω από την ενεργό κατολίσθηση εμφανίζει ερπυστικά φαινόμενα και είναι πιθανό να πρόκειται για ενεργοποίηση παλαιότερης κατολίσθησης.

Σημαντικός παράγοντας στην εκδήλωση της παραπάνω κατολίσθησης θεωρούνται οι ανθρωπογενείς εργασίες και συγκεκριμένα η διαρροή νερών από τον ανάντη δρόμο στο σώμα της κατολίσθησης λόγω έλλειψης αποστραγγιστικών μέτρων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ

Οι φυσικές διεργασίες που συντελέστηκαν λόγω της ύπαρξης νερού αποτελούν επιπλέον σημαντικό παράγοντα.

Εναυσματικός παράγοντας της κατολίσθησης θεωρούνται οι εκτεταμένες βροχοπτώσεις που έλαβαν χώρα στις αρχές του Φεβρουαρίου 2015.

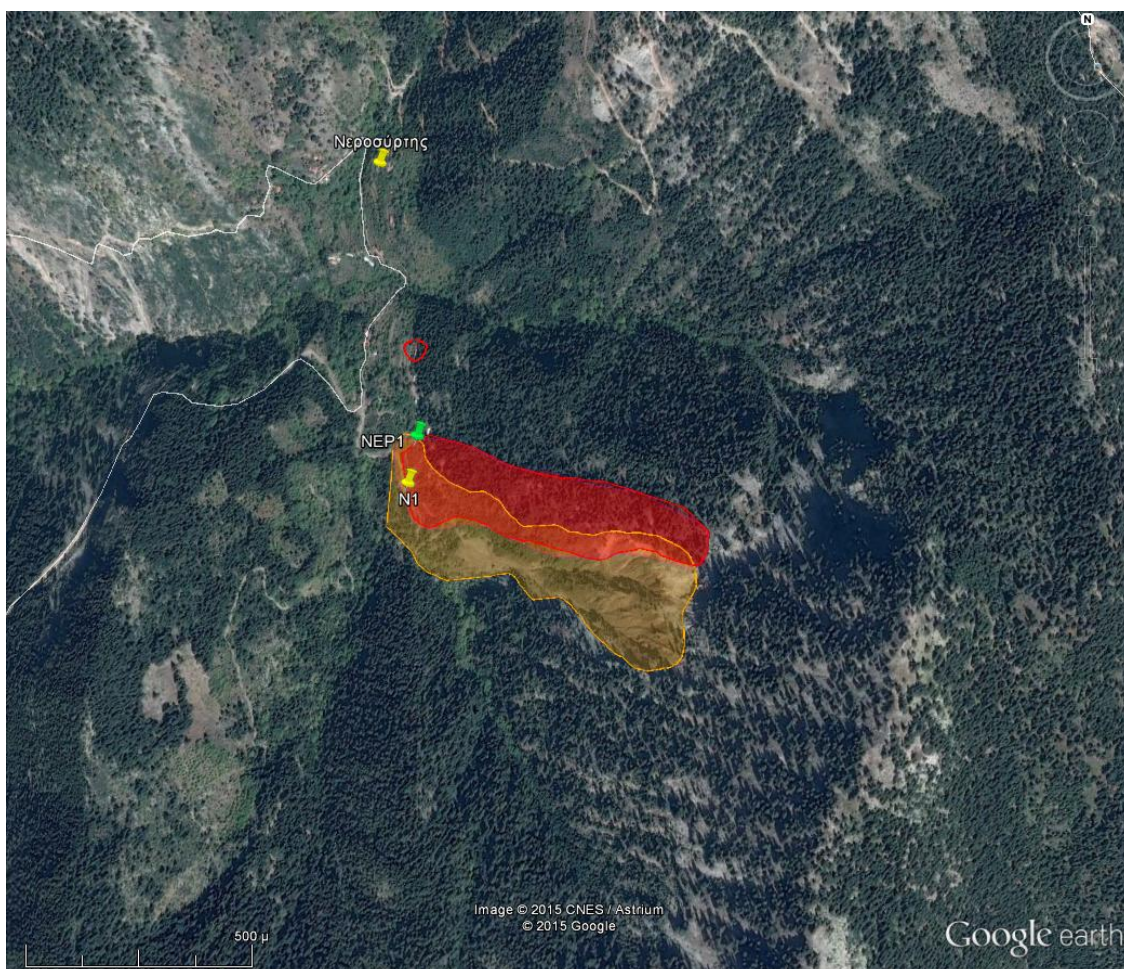


Εικόνα 4.25: Κατολισθήσεις στα όρια του οικισμού Αργυρό Πηγάδι, θέσεις 2 (αριστερά) και 3 (δεξιά), (Κωνσταντοπούλου & Κανάρης, 2015).

4.2.2 Νεροσύρτης

Ο οικισμός Νεροσύρτης αποτελεί τμήμα της Τ.Ε Χαλικίου Αμβρακίας του Δήμου Θέρμου. Εντοπίζεται νοτιοδυτικά του όρους Τριανταφυλλιά, η οποία αποτελεί δεύτερη κορυφή του Παναϊτωλικού όρους και αναπτύσσεται σε ορεινό μορφολογικό ανάγλυφο, σε υψόμετρο των 900 μέτρων. Σύμφωνα με την απογραφή του 2011, ο μόνιμος πληθυσμός του οικισμού ανέρχεται σε 41 κατοίκους.

Νοτιοανατολικά του εξετάζομενου οικισμού εκδηλώθηκαν κατολισθητικές κινήσεις. Πραγματοποιήθηκε επιτόπια έρευνα με συνοδεία από κλιμάκιο των τεχνικών υπηρεσιών του Δήμου Θέρμου καθώς και από τους κατοίκους του χωριού.



Εικόνα 4.26: Γενική άποψη του οικισμού Νεροσύρτης σε εικόνα Google Earth. Με κόκκινο χρώμα σημειώνεται η αναγνωρισμένη κατολίσηση ενώ με πορτοκαλί χρώμα σημειώνεται η κατολίσηση που εκδηλώθηκε πριν από δεκαετίες.

Θέση NE1

Η κατολίσηση εκδηλώθηκε νοτιοανατολικά του οικισμού, σε πρανές με κατεύθυνση προς τα βορειοδυτικά. Πρόκειται για μεγάλης έκτασης κατολίσηση. Βάσει της έκθεσης του ΙΓΜΕ (Κωνσταντοπούλου & Κανάρης, 2015) το μήκος της κατολίσησης εκτιμήθηκε 750m και το πλάτος της 200m, ενώ η κορυφή της βρίσκεται σε υψόμετρο 1300m. Στην υπό μελέτη περιοχή αναγνωρίστηκε αντίστοιχη κατολίσηση που είχε συμβεί παλαιότερα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ

Πραγματοποιήθηκε επιτόπια έρευνα στον πόδα της κατολίσθησης καθώς και σε τμήμα της περιοχής απόθεσης των υλικών. Το πόδι της κατολίσθησης αναγνωρίστηκε επί αγροτικού δρόμου. Εκδηλώθηκαν ζημιές σε οικία πλησίον του πόδα της κατολίσθησης, ενώ σύμφωνα με τη μελέτη του ΙΓΜΕ εκκενώθηκε μία οικία για προληπτικούς λόγους.

Η εξεταζόμενη κατολίσθηση χαρακτηρίζεται ως σύνθετη και οποία αποτελείται από διαδοχικές περιστροφικές κατολισθήσεις και ροές.

Η υπό μελέτη περιοχή εντοπίζεται στη μεταβατική ζώνη του φλύσχη. Στην περιοχή μελέτης αναγνωρίστηκε η επώθηση της ασβεστολιθικής ενότητας πάνω στη μεταβατική ζώνη του φλύσχη. Αναγνωρίστηκαν επιπλέον υλικά παλαιοκατολίσθησης στην περιοχή έρευνας. Παρατίθεται γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής έρευνας στην Εικόνα 4.22.



Εικόνα 4.27: Γενική άποψη της κατολίσθησης στον οικισμό Νεροσύρτης. Διακρίνεται η νέα & η παλιά κατολίσθηση (εικόνα 1). Ροές υλικών σε διάφορες περιμετρικές θέσεις του πόδα της εξεταζόμενης κατολίσθησης (εικόνες 2, 3 & 4). Λήψη του πόδα της κατολίσθησης επί αγροτικού δρόμου (εικόνα 5).

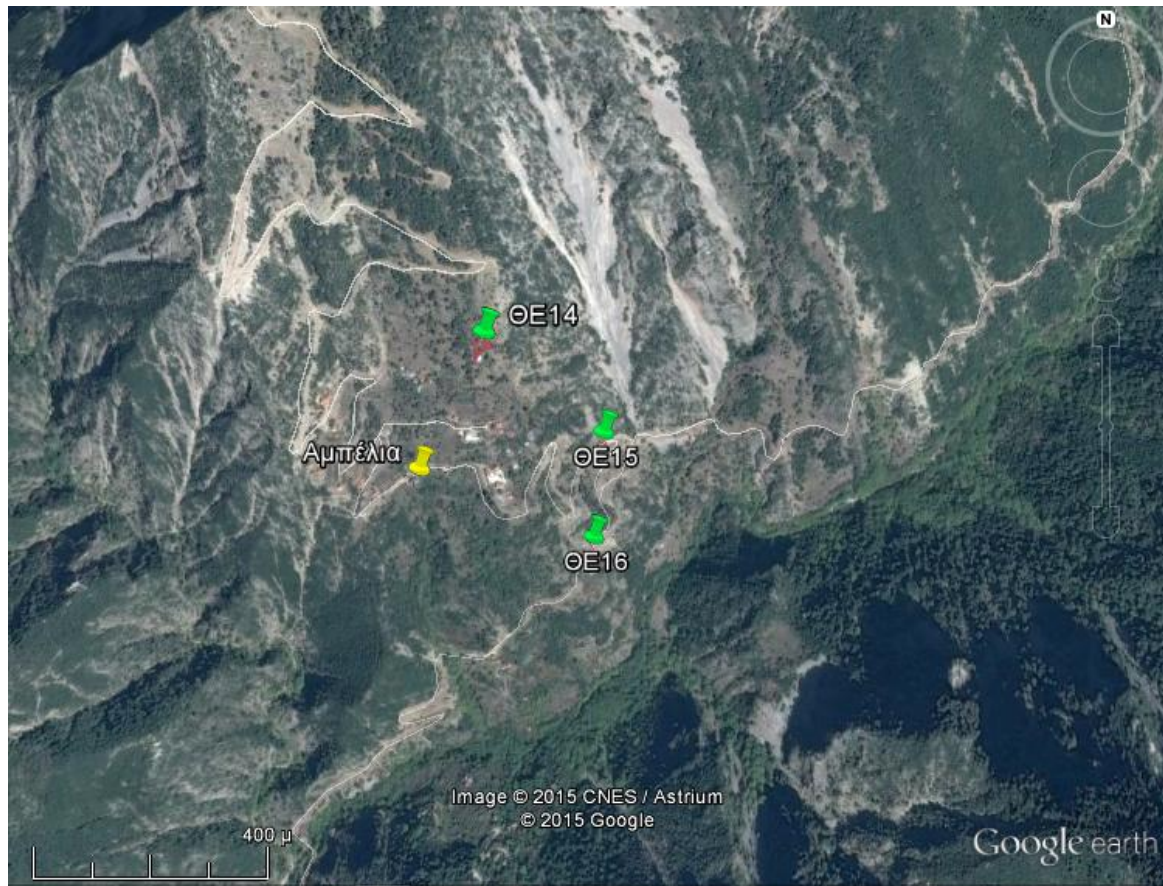
4.2.3 Αμπέλια

Ο οικισμός Αμπέλια αποτελεί τμήμα της Τοπικής Κοινότητας Κοκκινόβρυσης του Δήμου Θέρμου. Αναπτύσσεται σε ορεινό μορφολογικό ανάγλυφο με μέσο υψόμετρο 720m. Τοποθετείται στις νότιες πλαγιές της κορυφής Λιάκουρα (1374m) η οποία αποτελεί τμήμα του Παναιτωλικού όρους και εντοπίζεται ανατολικά του. Σύμφωνα με την απογραφή του 2011, ο μόνιμος πληθυσμός του οικισμού ανέρχεται σε 76 κατοίκους.

Εξετάσθηκαν τρεις θέσεις κατολισθήσεων, εντός και πλησίον του οικισμού, οι οποίες παρουσιάζονται στην Εικόνα 4.28. Πραγματοποιήθηκε επιτόπια έρευνα με συνοδεία από κλιμάκιο των τεχνικών υπηρεσιών του Δήμου Θέρμου καθώς και από τους κατοίκους του χωριού.

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης δομείται από ασβεστόλιθους Άνω Κρητιδικής Ηλικίας. Τμήμα του οικισμού είναι δομημένο στην ενότητα του φλύσχη (Εικόνα 4.22).

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αναλυτικά στοιχεία των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων.



Εικόνα 4.28 Γενική άποψη του οικισμού Αμπέλια καθώς και οι σημειωμένες θέσεις κατολισθήσεων σε εικόνα Google Earth.

Θέση ΘΕ14

Η πρώτη θέση κατολίσθησης καταγράφηκε στις παρυφές του οικισμού, σε φυσικό πρανές ανάντη. Αναγνωρίστηκε ροή γαιών, ενώ το μήκος της κατολίσθησης εκτιμήθηκε περί τα 25m και το πλάτος της 50m.

Πρόκειται για πλαστικοποιημένο έδαφος ενώ εντός της ροής αναγνωρίστηκαν αποσαθρωμένα κοκκινοχώματα καθώς και κορήματα. Επισημαίνεται ότι λόγω του γεωλογικού υποβάθρου στην περιοχή μελέτης, εντοπίζονται πηγές μετά από βροχή.

Κύριο αίτιο εκδήλωσης της κατολίσθησης εκτιμούνται οι φυσικομηχανικές ιδιότητες του σχηματισμού σε συνδυασμό με το υδρογεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής μελέτης. Ο εμποτισμός των υλικών λόγω επιφανειακών και υπογείων ροών οδηγεί στη πλαστικοποίηση του υπερκείμενου εδάφους και κατ' επέκταση την μείωση της διατμητικής του αντοχής. Το πλαστικοποιημένο έδαφος ρέει πάνω στην επιφάνεια που έχει αντισταθεί στη μετακίνηση. Ως εναυσματικός παράγοντας θεωρούνται οι εκτεταμένες βροχοπτώσεις.



Εικόνα 4.29: Γενική άποψη της κατολίσθησης στη θέση ΘΕ14.

Θέση ΘΕ15

Η δεύτερη θέση κατολίσθησης καταγράφηκε σε επαρχιακό δρόμο στην είσοδο του οικισμού. Αναγνωρίστηκε σύνθετη κατολίσθηση η οποία αποτελείται από πολλές περιστροφικές ολισθήσεις κορημάτων. Τμήμα των υλικών κατολίσθησης αποτέθηκαν στο οδόστρωμα με αποτέλεσμα τη μερική φραγή του.

Η υπό εξέταση θέση δομείται από κατακερματισμένους ασβεστόλιθους Άνω Κρητιδικής Ηλικίας καλυμμένους με μανδύα αποσάθρωσης.

Καταγράφηκαν μικρές περιστροφικές αστοχίες. Κατολισθήσεις που δρουν στα ανώτερα τμήματα της πλαγιάς επιφέρουν αλλαγή του καθεστώτος φόρτισης της υπό μελέτη θέσης. Η προσθήκη επιπλέον φορτίσεων στο πρηνές που υπόκειται της ζώνης συσσώρευσης κατολισθαίνοντας μάζας έχει ως αποτέλεσμα τη μεταβολή του ισοζυγίου δυνάμεων συγκράτησης - ολίσθησης και κατ' επέκταση την εκδήλωση νέας περιστροφικής κατολίσθησης. Η στέψη της νέας ολίσθησης εντοπίζεται στον πόδα της ανάντη ολίσθησης.



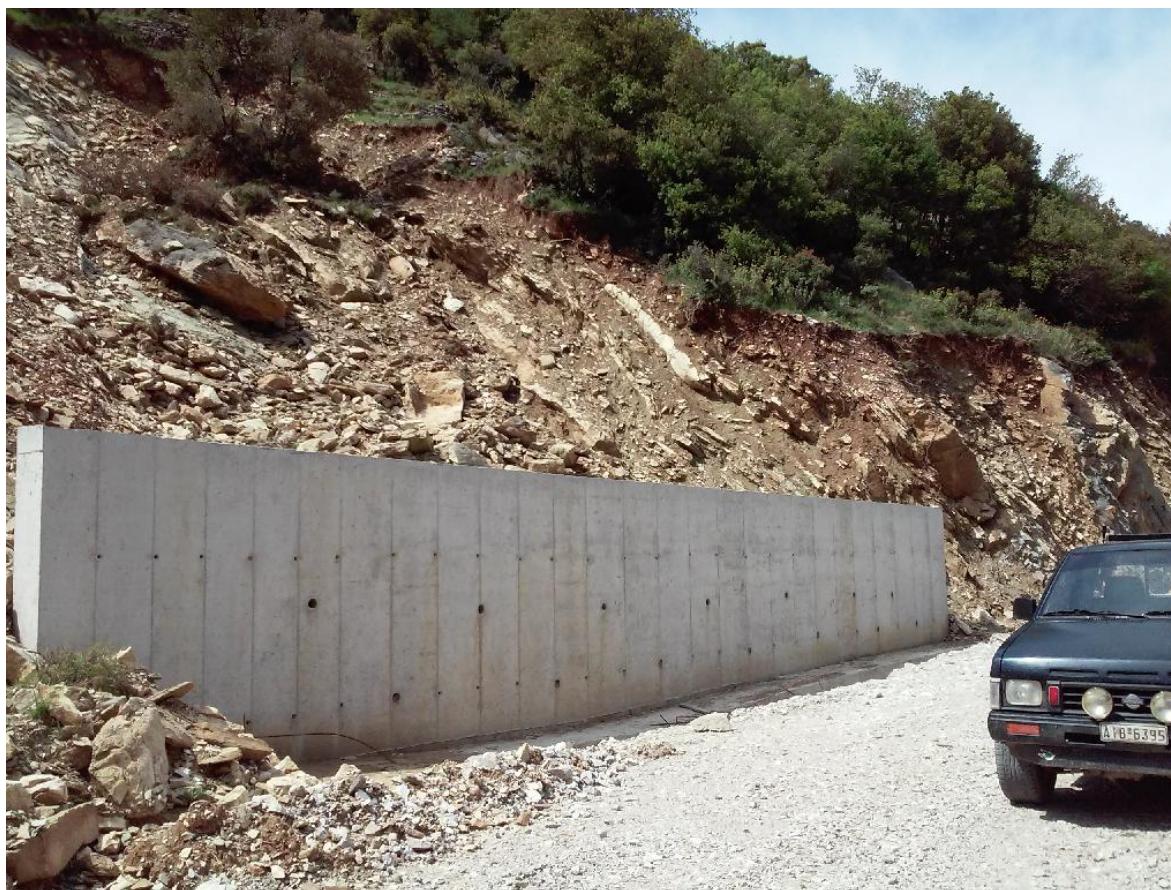
Εικόνα 4.30: Γενική άποψη της κατολίσθησης στη θέση ΘΕ15.

Θέση ΘΕ16

Η παρούσα κατολίσθηση εκδηλώθηκε σε επαρχιακό δρόμο κοντά στον οικισμό. Καταγράφηκε μεταθετική ολίσθηση κορημάτων ενώ τμήμα των υλικών κατολίσθησης εναποτέθηκαν στο οδόστρωμα με αποτέλεσμα τη μερική φραγή του.

Στην εξεταζόμενη θέση αναγνωρίζεται ασβεστόλιθος καθώς και ο μανδύας αποσάθρωσής του. Στην παρούσα θέση, η μεταθετική ολίσθηση εκδηλώθηκε επί του ασβεστολιθικού υποβάθρου.

Κύριος παράγοντας εκδήλωσης της κατολίσθησης θεωρούνται οι εδαφικές συνθήκες και συγκεκριμένα ο δυσμενής προσανατολισμός των ασυνεχειών της βραχομάζας σε σχέση με τον προσανατολισμό του πρηνούς.



Εικόνα 4.31: Γενική άποψη της κατολίσθησης στη θέση ΘΕ16.

4.2.4 Επαρχιακή Οδός Θέρμου – Κόνισκας - Διπλάτανου

Κατά τη μετάβαση στους εξεταζόμενους οικισμούς, καταγράφηκαν 11 επιπλέον κατολισθήσεις στο ορεινό δίκτυο του Δήμου Θέρμου. Καταγράφηκαν διάφοροι τύποι αστοχιών όπως περιστροφικές και μεταθετικές ολισθήσεις, ροές κορημάτων αλλά και κατολισθήσεις σύνθετου τύπου.



Εικόνα 4.32: Ροή κερατολίθου πλησίον του οικισμού Κοκκινόβρυση (εικόνες 1 & 2). Σύνθετη κατολίσθηση πλησίον της γέφυρας Γιδομανδρίτη. Ξεκίνησε ως περιστροφική και στη συνέχεια εξελίχθηκε σε μεταθετική (εικόνες 3 & 4).

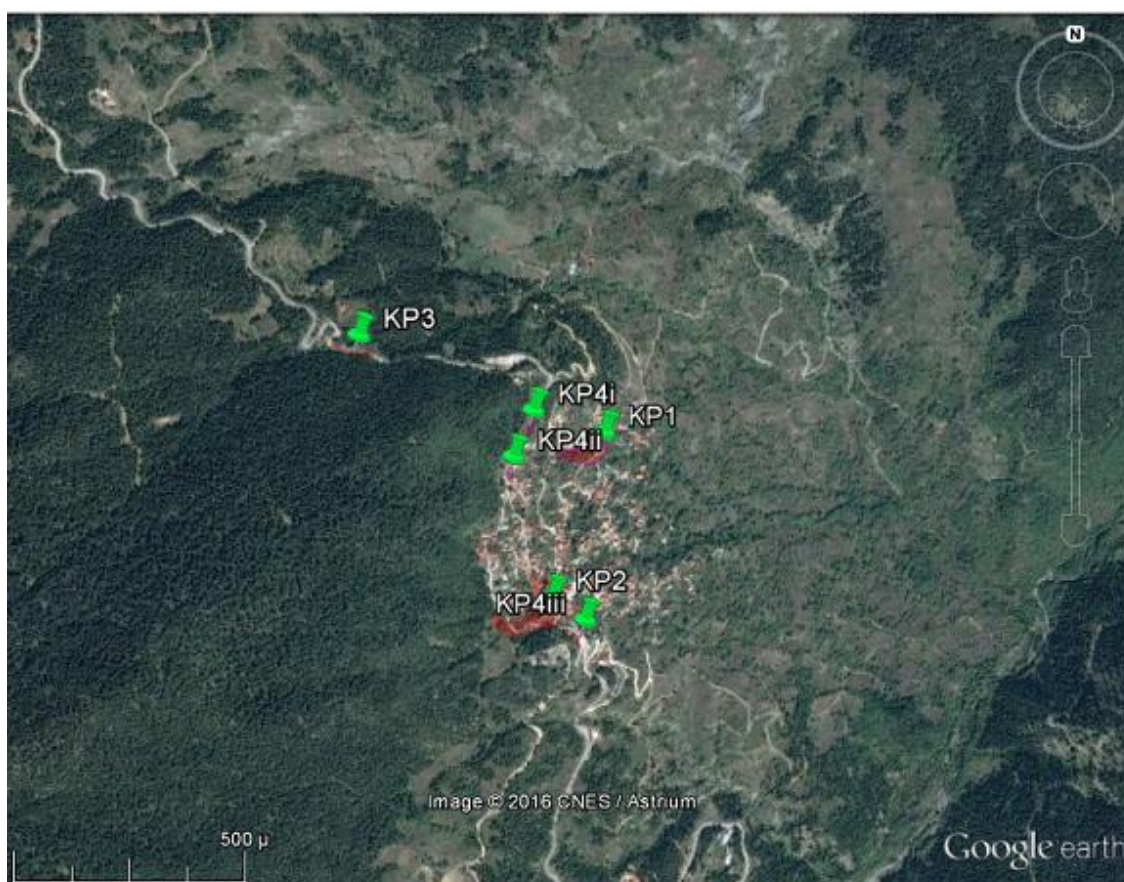
4.3 Δήμος Καρπενησίου

4.3.1 Κρίκελλο

Ο οικισμός Κρίκελλο υπάγεται στο Δήμο Καρπενησίου. Αναπτύσσεται στην ανατολική πλαγιά του όρους Καλιακούδα (2101m). Τοποθετείται νότια από το Καρπενήσι και απέχει από αυτό 31 km. Η οικιστική περιοχή αναπτύσσεται σε ορεινό μορφολογικό ανάγλυφο, σε υψόμετρο των 1120 μέτρων. Σύμφωνα με την απογραφή του 2011, ο μόνιμος πληθυσμός του οικισμού ανέρχεται σε 161 κατοίκους.

Στον εξεταζόμενο οικισμό εκδηλώθηκαν κατολισθητικές κινήσεις καθώς και φαινόμενα ροής λάσπης. Σημειώθηκαν σοβαρές κατολισθητικές κινήσεις, εντός του εξεταζόμενου οικισμού, αλλά και στο φυσικό πρηνές ανάντη του χωριού. Ο υπό μελέτη οικισμός δομείται στο φλύσχη της Πίνδου (Εικόνα 4.34). Αναγνωρίστηκαν σε επιτόπια έρευνα εναλλαγές ψαμμιτικής και πηλιτικής φάσης.

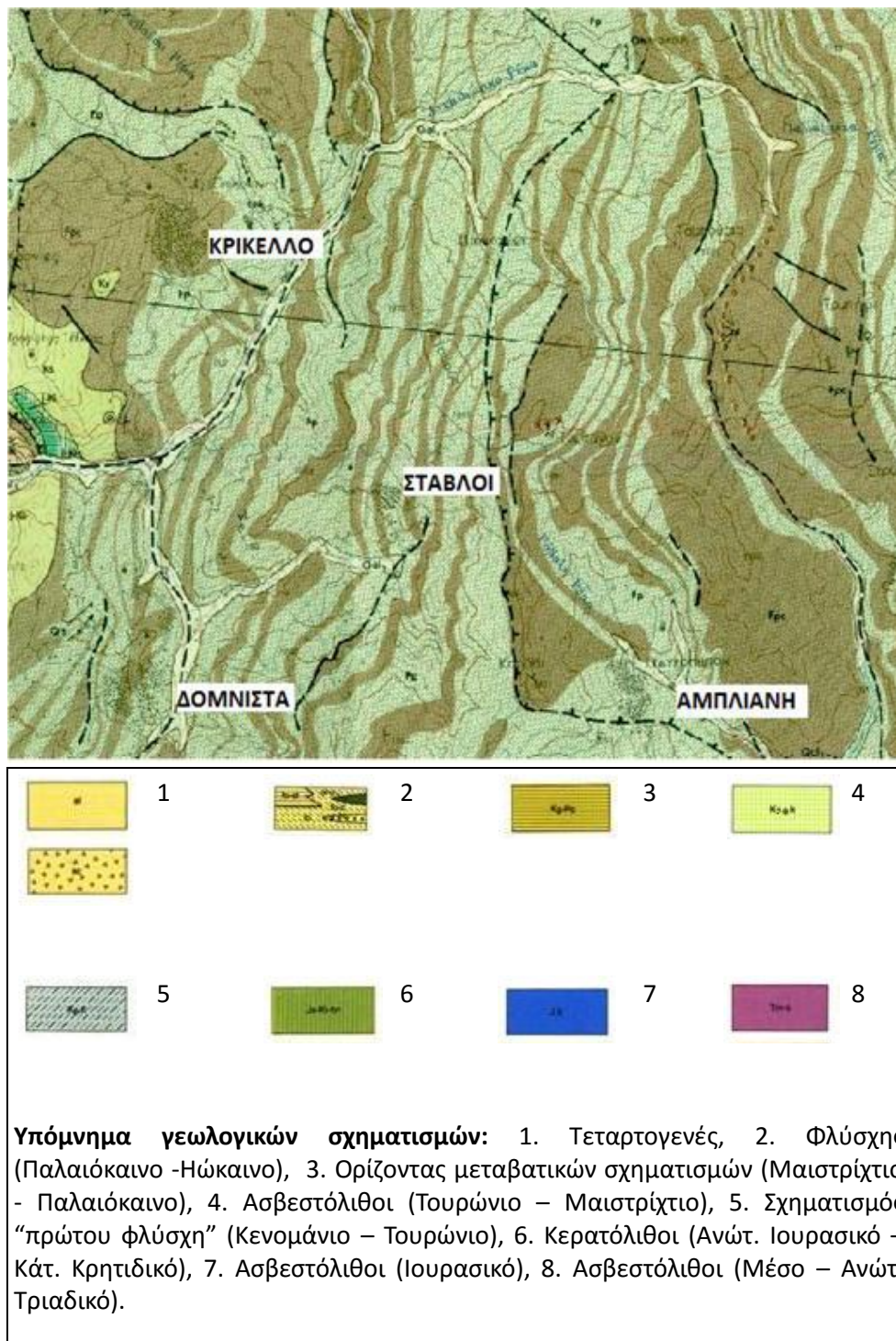
Εξετάσθηκαν τρεις θέσεις κατολισθήσεων, οι οποίες παρουσιάζονται στην Εικόνα 4.33. Για λόγους πληρότητας παρουσιάζονται επιπλέον οι θέσεις των κατολισθήσεων και φαινομένων ροής λάσπης που μελετήθηκαν από κλιμάκιο του ΙΓΜΕ (Πυργιώτης & Σπανού, 2015). Στον οικισμό Κρίκελλο πραγματοποιήθηκε επιτόπια έρευνα με συνοδεία από κλιμάκιο των τεχνικών υπηρεσιών του δήμου και των κατοίκων του χωριού.



Εικόνα 4.33: Γενική άποψη του οικισμού Κρίκελλο. Σημειώνονται οι θέσεις των κατολισθήσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ

Τονίζεται πως η σφοδρότητα των φαινομένων που έπληξε το Κρίκελλο, ώθησε τις τοπικές αρχές σε λήψη έκτακτων μέτρων όπως εκκένωση του οικισμού. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αναλυτικά στοιχεία των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων.



Εικόνα 4.34: Γεωλογικός χάρτης ευρύτερης περιοχής των οικισμών Κρίκελλο, Στάβλοι, Δομνίστα και Άμπλιανη (απόσπασμα από το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ, Φύλλο Καρπενήσι, κλίμακα 1:50000).

Θέση ΚΡ1

Η υπό μελέτη κατολίσθηση εντοπίζεται εντός του οικισμού. Εκδηλώθηκε σύνθετη κατολίσθηση η οποία αποτελείται από επάλληλες περιστροφικές ολισθήσεις γαιών επί του μανδύα αποσάθρωσης του φλύσχη. Από την κατολίσθηση που εκδηλώθηκε, αποκόπηκε τμήμα ενδοκοινοτικής οδού το οποίο εντοπίζεται στον πόδα της. Καταστράφηκε έργο αντιστήριξης το οποίο βρισκόταν στην ανάντη πλευρά του δρόμου. Επιπλέον σύμφωνα με τους Πυργιώτης & Σπανού (2015), καταγράφηκαν σημαντικής έκτασης εδαφικές ρωγματώσεις και ζημιές στο δίκτυο ύδρευσης.

Σημειώνεται πως, η κατολίσθηση εκδηλώθηκε στο μανδύα αποσάθρωσης του φλύσχη επί του υγιούς υποβάθρου. Ως εναυσματικός παράγοντας θεωρούνται οι εκτεταμένες βροχοπτώσεις, και κατ' επέκταση ο εμποτισμός των υλικών στην πλαγιά πρανούς, από επιφανειακές ροές.

Το γεωλογικό υπόβαθρο, μανδύας αποσάθρωσης που υπέρκειται υγιούς υποβάθρου, καθώς και η μορφολογία της περιοχής είχε ως αποτέλεσμα ο τύπος της κατολίσθησης να είναι επάλληλες αβαθείς περιστροφικές ολισθήσεις. Ο μανδύας αποσάθρωσης του φλύσχη χαρακτηρίζεται από πτωχά μηχανικά χαρακτηριστικά ενώ η μορφολογία της περιοχής χαρακτηρίζεται από μέτριες έως ισχυρές κλίσεις.

Επιπλέον, στην υπό μελέτη περιοχή, φαινόμενα αστάθειας είχαν παρατηρηθεί και παλαιότερα. Λόγω αυτού του φαινομένου, σύμφωνα με τους Πυργιώτης & Σπανού (2015), είχε κατασκευαστεί υπενδεδυμένη αύλακα περιμετρικά της ζώνης που ενεργοποιήθηκε για την παροχέτευση των επιφανειακών νερών. Η διάνοιξη δρόμου ανάντη της κατολισθημένης περιοχής είχε ως αποτέλεσμα τον εμποτισμό των υλικών της ζώνης κατολίσθησης με νερό.

Τονίζεται η ύπαρξη τοίχου από συρματοκιβώτια, ο οποίος εντοπίζεται στην ανάντη πλευρά του δρόμου, εντός του πόδα κατολίσθησης. Η κατασκευή του εν λόγω τοίχου, εκτιμάται ότι άλλαξε το ισοζύγιο των δυνάμεων ανατροπής έναντι εξισορρόπησης. Επισημαίνεται πως, προκειμένου ο τοίχος να λειτουργήσει ευνοϊκά στην εξισορρόπηση της κατολίσθησης, έπρεπε να είχε θεμελιωθεί σε βαθύτερο υπόβαθρο και όχι στο μανδύα αποσάθρωσης.



Εικόνα 4.35: Αναγνώριση του πόδα της καταγεγραμμένης κατολίσθησης στη Θέση ΚΡ1. Η υπό εξέταση περιοχή χρήζει αποκατάσταση (πάνω εικόνα). Αποψη του κύριου όγκου της κατολίσθησης (κάτω εικόνες).

Θέση ΚΡ2

Στην υπό μελέτη θέση εξετάζεται η ροή κορημάτων που εκδηλώθηκε στο ΝΔ τμήμα του οικισμού. Το παραπάνω φαινόμενο αποτελεί εξέλιξη γεωμορφολογικών διεργασιών διάβρωσης που συνέβησαν στις κοίτες των μισαγγειών του ανάντη πρανούς. Η περιγραφή της υπό μελέτη θέσης αποτελείται από στοιχεία που λήφθηκαν από τη σχετική έκθεση του ΙΓΜΕ (Πυργιώτης & Σπανού, 2015).



Εικόνα 4.36: Απόψεις της περιοχής που πλήχτηκαν από το φαινόμενο της ροής λάσπης. Στην πάνω εικόνα διακρίνεται η περιοχή του σχολείου και της εκκλησίας του Αγίου Νικολάου (Πηγή: Ευρυτανικά Νέα).

Η εξεταζόμενη ροή λάσπης είχε ως αποτέλεσμα την κάλυψη δρόμων καθώς και οικιών με υλικό απόθεσης. Σημειώνεται πως το γεωτεχνικό καθεστώς θεμελίωσης καθώς και η στατικότητα των κτηρίων της υπό μελέτης περιοχής δεν επηρεάστηκαν από το παραπάνω φαινόμενο.

Η υπό μελέτη περιοχή δομείται από φλύσχη ψαμμιτικής φάσης.

Ως κύριοι παράγοντες εκδήλωσης της ροής θεωρούνται οι γεωμορφολογικές και οι ανθρωπογενείς διεργασίες που συντελέστηκαν στην περιοχή μελέτης. Αναφορικά με τις γεωμορφολογικές διεργασίες επισημαίνονται τα φαινόμενα επιφανειακής διάβρωσης που συντελέστηκαν στην περιοχή προέλευσης του υλικού. Σχετικά με τις ανθρωπογενείς διεργασίες επισημαίνεται η ελλιπής συντήρηση αποστραγγιστικών έργων και η απουσία ελέγχου καθαρισμού των μισογαγγιών και γενικότερα του δάσους στο ανάντη πρηνές (περιοχή προέλευσης υλικού).

Εναυσματικός παράγοντας κατολίσθησης θεωρείται οι έντονες βροχοπτώσεις που συνέβησαν στις αρχές του Φεβρουαρίου του 2015.

Θέση ΚΡ3

Η υπό μελέτη θέση εντοπίζεται ΒΑ επί της Επ. Οδού Καρπενησίου – Κρικέλλου 4,5km πριν την είσοδο στον οικισμό. Καταγράφηκαν σημαντικής έκτασης φαινόμενα διάβρωσης τα οποία είχαν ως αποτέλεσμα την καταστροφή του οδοστρώματος και κατ' επέκταση την αποκοπή του δρόμου. Επιπλέον, εκδηλώθηκε μικρής έκτασης ολίσθηση της οποίας η στέψη εντοπίζεται στο πρηνές ανάντη του δρόμου. Το παραπάνω γεγονός δυσκόλεψε την εκκένωση του Κρικέλλου κατά τη διαδικασία μεταφοράς των κατοίκων για λόγους ασφαλείας στο Καρπενήσι. Η περιγραφή των παραπάνω φαινομένων λαμβάνει στοιχεία από την σχετική έκθεση του ΙΓΜΕ (Πυργιώτης & Σπανού, 2015).

Η υπό μελέτη περιοχή δομείται από φλύσχη ψαμμιτικής φάσης. Το πάχος του μανδύα αποσάθρωσης δεν ξεπερνά το 1m.

Η εξεταζόμενη θέση εντοπίζεται στη διασταύρωση μεταξύ του Κρανορέματος και της Επ. Οδού Καρπενησίου – Κρικέλλου. Το Κρανόρεμα, πρόκειται για ρέμα το οποίο αποστραγίζει μεγάλης έκτασης λεκάνη με ΒΑ προσανατολισμό που ξεκινά από την κορυφή του Προφήτη Ηλία. Κατά τη διάρκεια των έντονων βροχοπτώσεων, στις αρχές του Φεβρουαρίου, παροχετεύτηκαν μεγάλες ποσότητες νερού στην παραπάνω διασταύρωση οι οποίες δεν μπορούσαν να παραληφθούν από το τεχνικό έργο που ήταν εγκατεστημένο στην κοίτη του ρέματος. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη φραγή του τεχνικού από φερτά υλικά και την εκτροπή της κυκλοφορίας του νερού λόγω μορφολογικών κλίσεων προς το οδόστρωμα με κατεύθυνση προς το Κρίκελλο. Η έντονη διαβρωτική δράση των νερών είχε ως αποτέλεσμα την υποσκαφή του οδοστρώματος και την υποβίβασή του μέχρι την αποκάλυψη υγιούς υποβάθρου. Επιπλέον η υποσκαφή του πρηνούς ανάντη του δρόμου είχε ως αποτέλεσμα την εκδήλωση μικρής έκτασης ολίσθηση του μανδύα αποσάθρωσης επί του υγιούς υποβάθρου πλάτους 20m.

Σημειώνεται πως, η παραπάνω μικρής έκτασης αστοχία περιορίζεται στα τελευταία υλικά και δεν εγκυμονεί τον κίνδυνο περαιτέρω επέκτασης και ενεργοποίησης του πρηνούς. Τα αποτελέσματα περιορίζονται στη δημιουργία περιορισμένης έκτασης εδαφικών ρωγματώσεων.

Ως κύριοι παράγοντες των παραπάνω φαινομένων αναφέρεται ο ελλειπής σχεδιασμός του τεχνικού και η απουσία δασοτεχνικών φραγμάτων στην κοίτη του Κρανορέματος για την ανάσχεση των χειμαρικών παροχών. Εναυσματικός παράγοντας των υπό εξέταση φαινομένων αποτελεί οι εκτεταμένες βροχοπτώσεις στις αρχές του Φεβρουαρίου του 2015.



Εικόνα 4.37: Φαινόμενα διάβρωσης στην περιοχή του Κρανορέματος. Η καταστροφή του οδοστρώματος σε μεγάλη έκταση δυσχέρανε τη διαδικασία εκκένωσης του οικισμού (Πηγή: Ευρυτανικά Νέα).

Θέση 4

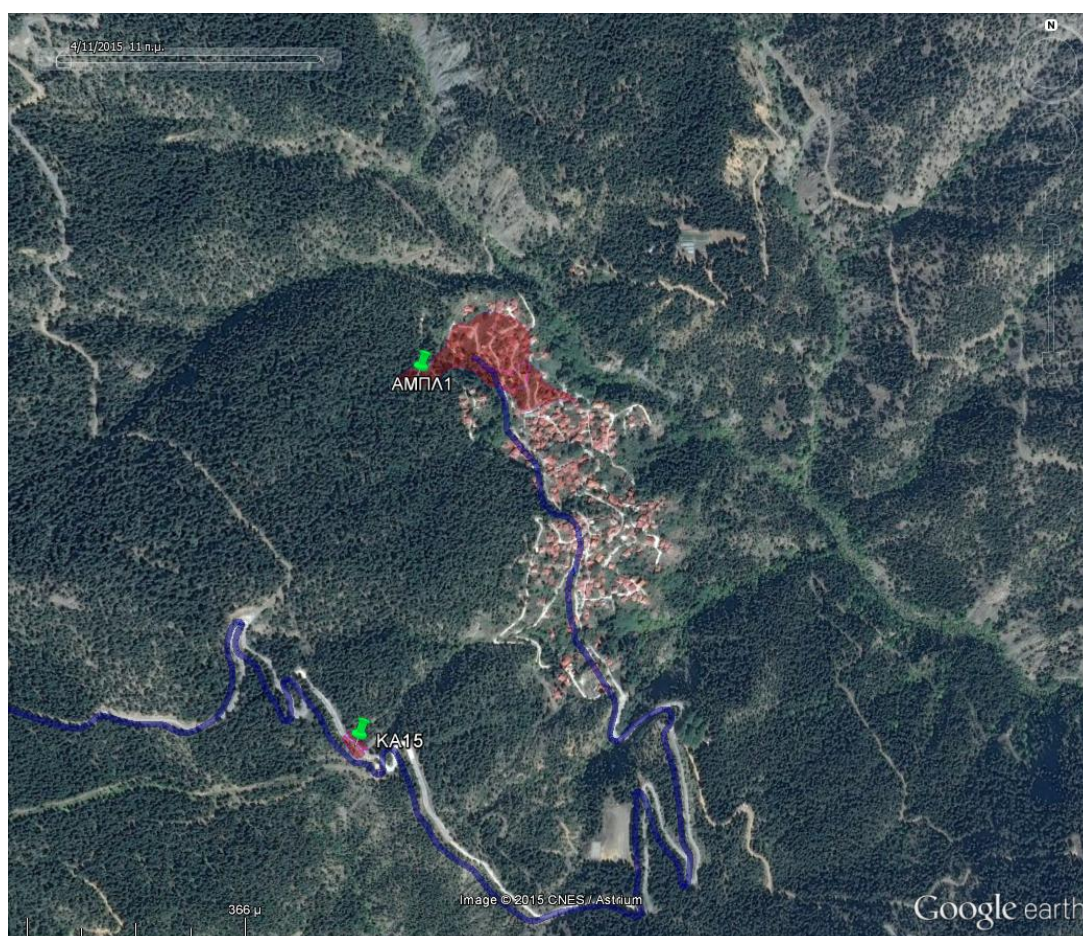
Εντός του οικισμού Κρίκελλο καταγράφηκαν επιπλέον, από επιτόπια έρευνα αλλά και από εξέταση της σχετικής τεχνικής έκθεσης του ΙΓΜΕ (Πυργιώτης & Σπανού, 2015), τρεις επιπλέον θέσεις αστάθειας. Στη θέση ΚΡ4i αναγνωρίστηκε αστοχία σε τοπικό πρανές στην είσοδο του οικισμού με αποτέλεσμα την ολίσθηση μικρών βραχωδών τεμαχίων επί του οδοστρώματος. Στη θέση ΚΡ4ii αναγνωρίστηκε η στέψη περιστροφικής ολίσθησης επί οδοστρώματος εντός του οικισμού, πλησίον της θέσης ΚΡ4i. Τέλος, στη θέση ΚΡ4iii καταγράφηκε μικρής έκτασης αβαθή περιστροφική ολίσθηση (Πυργιώτης & Σπανού, 2015). Η υπό εξέταση ολίσθηση εκδηλώθηκε στο εξωτερικό πρανές ενδοκοινοτικής οδού που διέρχεται κατόπτη του νεκροταφείου και προκάλεσε αστοχία των υλικών επιχωμάτωσης του δρόμου.

4.3.2 Άμπλιανη (Σταυροπήγι)

Ο οικισμός Άμπλιανη (Σταυροπήγι) υπάγεται στο Δήμο Καρπενησίου. Αναπτύσσεται νότια του όρους Οξιά (1926m) σε ορεινό μορφολογικό ανάγλυφο, σε υψόμετρο των 1220 μέτρων. Τοποθετείται νοτιοανατολικά από το Καρπενήσι και απέχει από αυτό 62km. Σύμφωνα με την απογραφή του 2011, ο μόνιμος πληθυσμός του οικισμού ανέρχεται σε 13 κατοίκους.

Στον εξεταζόμενο οικισμό εκδηλώθηκαν βίαια φαινόμενα ροής γαιών λόγω των έντονων καιρικών φαινομένων που σημειώθηκαν στις αρχές του Φεβρουαρίου του 2015. Η ροή γαιών που έπληξε τον οικισμό αποτελεί εξέλιξη σοβαρού κατολισθητικού φαινομένου το οποίο εκδηλώθηκε στο φυσικό πρηνές ανάντη του οικισμού. Εκτιμάται πως το κατολισθητικό υλικό ρευστοποιήθηκε και μετακινήθηκε σε απόσταση της τάξεως των 150m πλήττοντας τον οικισμό. Η κύρια κατολίσθηση καθώς και το φαινόμενο της ροής παρουσιάζονται στην Εικόνα 4.38.

Η εξεταζόμενη ροή, κάλυψε μεγάλο τμήμα του οικισμού, προξενώντας πολύ μεγάλες ζημιές στις υποδομές και καταστρέφοντας πολλές οικίες. Επιπλέον, έχει αναφερθεί πως καταγράφηκαν ζημιές σε πάνω από 100 σπίτια ενώ οι δρόμοι του οικισμού ήταν απροσπέλαστοι (Πηγή: <http://www.lamiastar.gr>). Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, βάσει της απογραφής του 2011 οι μόνιμοι κάτοικοι του οικισμού Άμπλιανη είναι 13, γεγονός το οποίο έδρασε ευνοϊκά στην αποφυγή θανατηφόρων ατυχημάτων.



Εικόνα 4.38: Γενική άποψη του οικισμού της Άμπλιανης σε εικόνα Google Earth. Σημειώνεται η μεγάλη κατολίσθηση που εκδηλώθηκε στο φυσικό πρηνές ανάντη του οικισμού καθώς και η ροή λάσπης που έπληξε τον οικισμό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ

Πραγματοποιήθηκε επιτόπια έρευνα με συνοδεία από κλιμάκιο των τεχνικών υπηρεσιών του Δήμου Καρπενησίου καθώς επίσης και από τους κατοίκους του χωριού.

Η υπό μελέτη κατολίσθηση χαρακτηρίζεται ως σύνθετη. Συγκεκριμένα στη στέψη του πρανούς εκδηλώθηκε περιστροφική ολίσθηση η οποία εξελίχθηκε σε ροή γαιών. Επιπλέον, κατά την επιτόπια έρευνα, περιμετρικά της ζώνης κατολίσθησης, αναγνωρίστηκαν φαινόμενα ερπυσμού στο μανδύα αποσάθρωσης. Σε πολλά σημεία αποκαλύφθηκαν οι ρίζες των δέντρων και παρατηρήθηκαν κυρτωμένοι κορμοί δέντρων.

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης, φυσικό πρανές και οικισμός, δομείται από φλύσχη με επικράτηση της ιλυολιθικής φάσης (Εικόνα 4.34). Η κατολίσθηση εκδηλώθηκε σε υλικό παλαιάς κατολίσθησης. Σημειώνεται πως στο αλλόχθονο υλικό της παλαιοκατολίσθησης αναγνωρίζονται τεμάχια ψαμμιτικής φάσης. Εξετάζοντας τη γεωλογία της ευρύτερης περιοχής (ΙΓΜΕ, Φύλλο Καρπενήσιον 1970) παρατηρείται ότι σε μεγαλύτερα υψόμετρα ανάντη απαντάται φλύσχης ψαμμιτικής φάσης. Η ευρύτερη γεωλογία καθώς και το τεκτονικό περιβάλλον δικαιολογεί τον όγκο των τεμαχίων ψαμμιτικής φάσης που αναγνωρίστηκαν στο κύριο σώμα της κατολίσθησης.

Ως εναυσματικός παράγοντας θεωρούνται οι εκτεταμένες βροχοπτώσεις, και κατ' επέκταση ο εμποτισμός των υλικών στην πλαγιά πρανούς, από ροές.

Σημειώνεται πως ο εμποτισμός του εδάφους οδηγεί σε μείωση της διατμητικής αντοχής του, λόγω της αποφόρτισης του εδαφικού σκελετού και της ανάληψης τμήματος του φορτίου των υπερκείμενων στρωμάτων από το νερό των πόρων. Το ολικό βάρος, το οποίο δρα σε μεγάλο τμήμα ως παράγοντας ανατροπής, αυξάνεται λόγω νερού. Η διατμητική αντοχή του εδάφους, η οποία δρα ως παράγοντας εξισσορόπησης, μειώνεται λόγω μείωσης των ενεργών τάσεων.

Σύμφωνα με πληροφορίες από κατοίκους του οικισμού, στην ευρύτερη περιοχή απαντώνται πηγές (περίπου 10 στο σύνολο) ενώ επιπλέον ανάντη της κατολίσθησης υπάρχουν και δεξαμενές.



Εικόνα 4.39: Απόψεις του οικισμού και των εκτεταμένων ζημιών που προκλήθηκαν από τη ροή γαιών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ



Εικόνα: 4.40 Άποψη της στέψης και του κύριου όγκου της κατολίσθησης ανάντη του οικισμού.



Εικόνα: 4.41 Άποψη της στέψης της κατολίσθησης (εικόνα 1 & 3). Φαινόμενα ερπυσμού στην ευρύτερη περιοχή της στέψης της κατολίσθησης (εικόνα 2). Άποψη του οικισμού της Άμπλιανης από τη στέψη της κατολίσθησης.

4.3.3 Επαρχιακές Οδοί Δήμου Καρπενησίου

Κατά τη μετάβαση στους εξεταζόμενους οικισμούς, καταγράφηκαν 37 επιπλέον κατολισθήσεις στο ορεινό δίκτυο του Δήμου Καρπενησίου. Καταγράφηκαν διάφοροι τύποι αστοχιών όπως περιστροφικές και μεταθετικές ολισθήσεις, καταπτώσεις αλλά και κατολισθήσεις σύνθετου τύπου. Παρουσιάζονται συνοπτικά 4 κατολισθητικά φαινόμενα που καταγράφηκαν επί του επαρχιακού δικτύου του Δήμου Καρπενησίου.



Εικόνα 4.42: Καταγεγραμμένες κατολισθήσεις επί του επαρχιακού δικτύου του Δήμου Καρπενησίου.

Στην εικόνα 1 καταγράφηκαν εκτεταμένες περιστροφικές ολισθήσεις ενώ αναγνωρίστηκε η στέψη των ολισθήσεων επί του οδοστρώματος. Οι ρωγματώσεις εκτείνονται σε μήκος 70m επί του οδοστρώματος. Στην εικόνα 2 καταγράφηκαν επάλληλες περιστροφικές ολισθήσεις. Το πόδι της ανάντη ολίσθησης φορτίζει την επόμενη κατάντη. Στην επομένη εικόνα αναγνωρίστηκε κατολίσθηση στο ανάντη πρανές. Υλικά από τον κύριο όγκο της κατολίσθησης μετακινήθηκαν και αποτέθηκαν κατάντη του δρόμου. Το υπό μελέτη πρανές έχει ύψος 30m και βρίσκεται στη ζώνη κερματισμένου φλύσχη. Τέλος, στην εικόνα 4 αναγνωρίστηκε κατολίσθηση στο ανάντη πρανές. Αναγνωρίστηκε το πέταλο της κατολίσθησης επί του δρόμου. Η στέψη της κατολίσθησης εντοπίζεται ανάντη του δρόμου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΘΕΡΜΟΥ

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται όλα τα απαραίτητα στοιχεία για τη διερεύνηση της κατολισθητικής επιδεκτικότητας στο Δήμο Θέρμου και την παραγωγή σχετικού χάρτη.

Αρχικά παρατίθενται γενικά στοιχεία της περιοχής μελέτης. Στη συνέχεια, το σύνολο των δεδομένων που συλλέχθηκαν και επεξεργάστηκαν, εισήχθησαν σε Θεματικά Επίπεδα Πληροφοριών (ΘΕΠ) σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών GIS με χρήση του λογισμικού ArcGIS.

Στο επόμενο κεφάλαιο κατασκευάζεται και παρουσιάζεται ο Χάρτης Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας του Δήμου Θέρμου. Αναπτύσσεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Τέλος παρατίθενται τα αποτελέσματα από τη χωρική και στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε σε επιλεγμένα ΘΕΠ.

5.1 Στοιχεία Περιοχής Μελέτης

5.1.1 Διοικητική & Γεωγραφική Θέση

Η περιοχή έρευνας καλύπτει το Δήμο Θέρμου, τμήμα της Περιφερειακής Ενότητας Αιτωλοακαρνανίας. Η υπό εξέταση περιοχή, εντοπίζεται στη Δυτική Στερεά Ελλάδα, δεξιά της λίμνης Τριχωνίδας, και συνορεύει βόρεια με το Δήμο Καρπενησίου, δυτικά νότιο-δυτικά με το Δήμο Αγρινίου και ανατολικά- νοτιανατολικά με το Δήμο Ναυπακτίας. Η έκταση του Δήμου είναι 334,79km², ενώ ο πληθυσμός σύμφωνα με την απογραφή του 2001 ανέρχεται στους 8242 κατοίκους. Έδρα του Δήμου αποτελεί το Θέρμο.

5.1.2 Μορφολογία

Ο Δήμος Θέρμου εντοπίζεται στο νότιο τμήμα της οροσειράς της Πίνδου. Μορφολογικά στοιχεία για την ευρύτερη περιοχή μελέτης παρατέθηκαν στο Κεφάλαιο 3.2 . Η έντονη αλπική τεκτονική που χαρακτηρίζει την περιοχή μελέτης (ισχυρές πτυχώσεις και εφιππεύσεις των σχηματισμών), σε συνδυασμό με τη νεοτεκτονική δράση αλλά και τη σύσταση των λιθολογικών ενοτήτων, διαμόρφωσε έντονο ανάγλυφο και πυκνό υδρογραφικό δίκτυο με κυρίαρχες διευθύνσεις αυτές με βόρειο – νότιο προσανατολισμό (Πυργιώτης & Σπανού, 2015).

Το βόρειο τμήμα του Δήμου εντοπίζεται στον ορεινό όγκο του Παναιτωλικού όρους και χαρακτηρίζεται ως ορεινό. Χαρακτηριστικές υψηλές κορυφές αποτελούν οι Τριανταφυλλιά

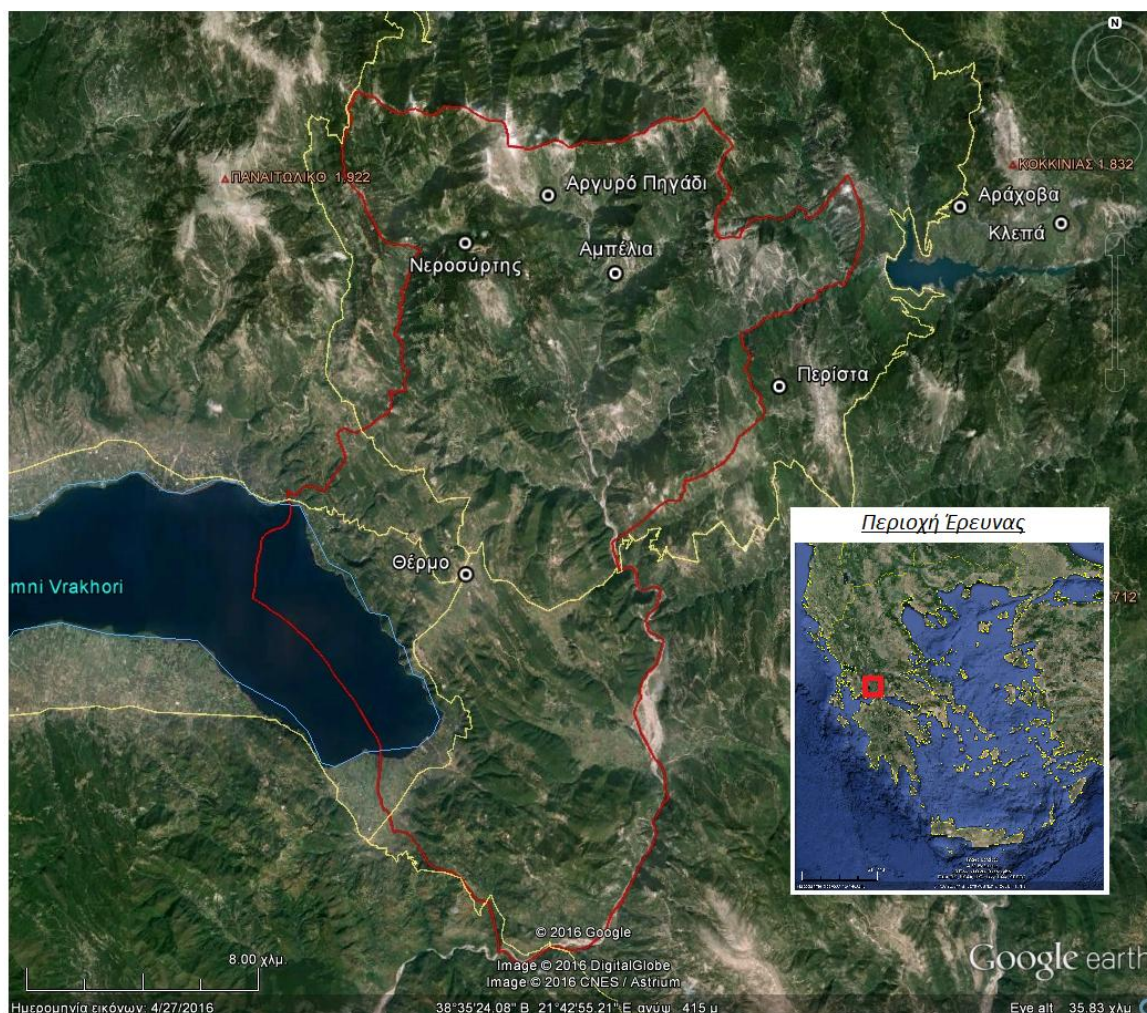
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΘΕΡΜΟΥ

(1.817m), Κουκουρέχι (1.720m) και Άννινος (1.702m). Το υψόμετρο παρουσιάζει μεγάλο εύρος και εκτείνεται από 600m έως 1800m. Κυριαρχούν μέτριες έως πολύ ισχυρές μορφολογικές κλίσεις.

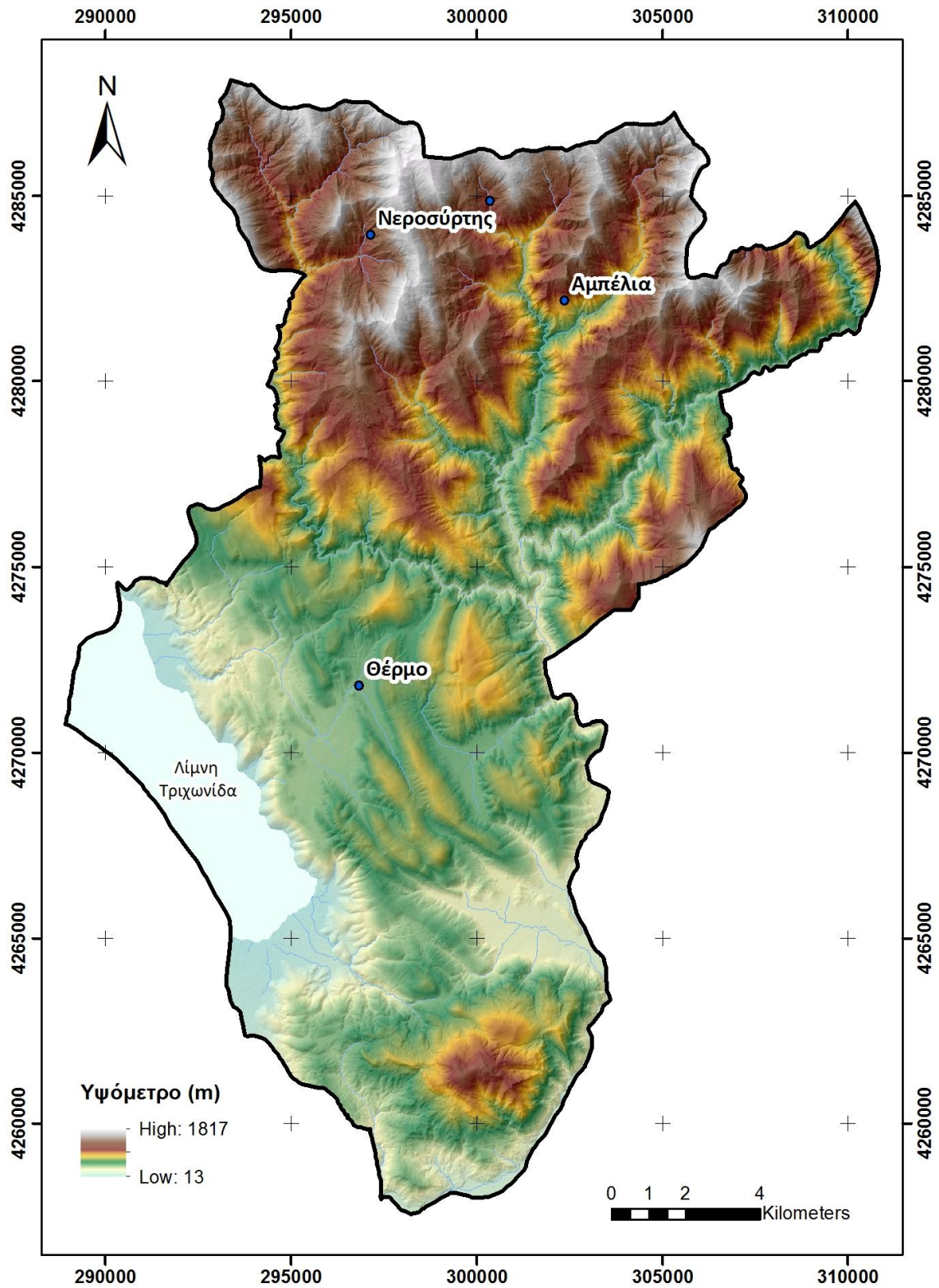
Μελετώντας το μέσο τμήμα της υπό εξέταση περιοχής, οι οροσειρές χαμηλώνουν. Το υψόμετρο παρουσιάζει εύρος από 10m έως 600m ενώ οι μορφολογικές κλίσεις που επικρατούν είναι χαμηλές έως μέτριες. Η περιοχή χαρακτηρίζεται ως ημιορεινή ενώ κατά τόπους εντοπίζονται πεδινά τμήματα.

Η υπό εξέταση περιοχή, ανατολικά οριοθετείται από τα όρη της Ναυπακτίας ενώ δυτικά της εντοπίζεται η λίμνη Τριχωνίδα.

Το νοτιότερο τμήμα της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται επίσης ως ορεινό καθώς εντοπίζεται στον ορεινό όγκο των Όρεων της Ναυπακτίας. Χαρακτηριστική κορυφή αποτελεί η Ανάληψη με υψόμετρο 1021m. Κυριαρχούν μέτριες κλίσεις ενώ κατά τόπους οι μορφολογικές κλίσεις που απαντώνται είναι ισχυρές.



Σχήμα 5.1: Δορυφορική εικόνα Google Earth της Περιοχής Έρευνας (Δήμος Θέρμου).



Σχήμα 5.2: Μορφολογικός Χάρτης Περιοχής Έρευνας.

5.1.3 Υδρολογικές συνθήκες

Εξετάζεται το Υδρογραφικό Δίκτυο της περιοχής μελέτης. Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 3.3, το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής μελέτης βρίσκεται εντός της ΛΑΠ Ευήνου, ενώ το υπόλοιπο τμήμα εντοπίζεται στις παρυφές της ΛΑΠ Αχελώου (Εικόνα 3.2 & Εικόνα 3.3).



Εικόνα 5.1: Υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης εντός της ΛΑΠ Ευήνου (Καρύμπαλη, 1996).

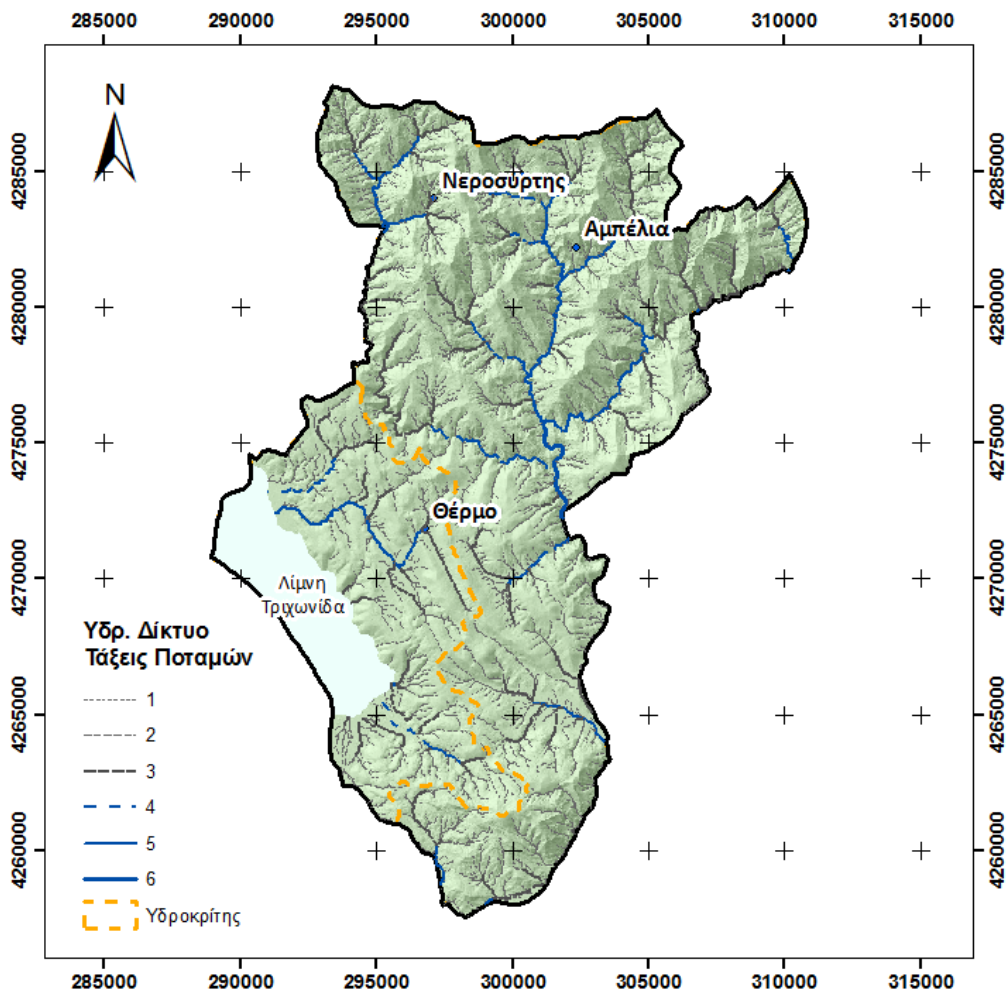
Στην παρούσα παράγραφο εξετάζεται το υδρογραφικό δίκτυο του Ευήνου ποταμού ενώ λαμβάνονται στοιχεία από την Διδακτορική Διατριβή του Ε. Καρύμπαλη (1996):

Κύριο Υδρογραφικό στοιχείο της περιοχής μελέτης είναι ο ποταμός Ευήνος καθώς και οι παραπόταμοί του Γιδομανδρίτης και Φιδάκια. Ο Ευήνος ή Φιδάρης ποταμός πηγάζει από τον ορεινό όγκο των Βαρδουσιών και αφού διανύσει διαδρομή περίπου 110 χιλιομέτρων, εκβάλλει στις βόρειες ακτές του Πατραϊκού κόλπου. Έχει διαμορφώσει μια εκτεταμένη επιμήκη λεκάνη απορροής με κύριο άξονα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης. Οριοθετείται ανατολικά από τους ορεινούς όγκους των Βαρδουσιών (2.286m), των Όρεων της Ναυπακτίας (1.469m) και της Βαράσοβας (914m), βόρεια από το όρος Οξυά (1.926m) και το Παναϊτωλικό όρος (1.662m), το Ξηροβούνι (906m) τη Μακρυνά Ράχη (620m) και το όρος Αράκυνθος (982m).

Το υδρογραφικό δίκτυο του Ευήνου ποταμού παρουσιάζει μια σύνθετη μορφή που αντανακλά τις λιθολογικές, τεκτονικές και κλιματικές ιδιαιτερότητες της λεκάνης που αποστραγγίζει. Δεν

είναι δυνατό να ταξινομηθεί σε ένα συγκεκριμένο τύπο, στο σύνολό του όμως προσεγγίζει αρκετά τον κλιμακωτό.

Μελετάται η επίδραση της λιθολογίας και του κλίματος στην υπό εξέταση περιοχή. Σημειώνεται πως η περιοχή μελέτης εντοπίζεται στο ΒΔ τμήμα της εξεταζόμενης ΛΑΠ. Το δίκτυο εμφανίζεται αρκετά αραιότερο σε σχέση με το ΒΑ τμήμα της λεκάνης το οποίο αποστραγγίζεται από ένα καλά ανεπτυγμένο δίκτυο με κύρια χαρακτηριστικά το μεγάλο αριθμό κλάδων, σχετικά μικρού μήκους. Η διαφοροποίηση αυτή του υδρογραφικού δικτύου, σε σχέση με το ανατολικό τμήμα, οφείλεται στις εναλλαγές των κλαστικών ιζημάτων του φλύσχη με στρώματα Μεσοζωικών ασβεστολίθων και κερατολίθων που απαντώνται στην περιοχή μελέτης. Σημειώνεται πως οι εναλλαγές διαπερατών – αδιαπερατών σχηματισμών και ο έντονος κατακερματισμός προσδίδει ένα δευτερογενές πορώδες αυξάνοντας σημαντικά τη διαπερατότητα. Η επιφανειακή απορροή περιορίζεται και το υδρογραφικό δίκτυο εμφανίζεται αισθητά αραιότερο με μεμονωμένους κλάδους μικρών τάξεων, σχετικά μεγάλου μήκους να συμβάλλουν με τα κύρια ποτάμια.

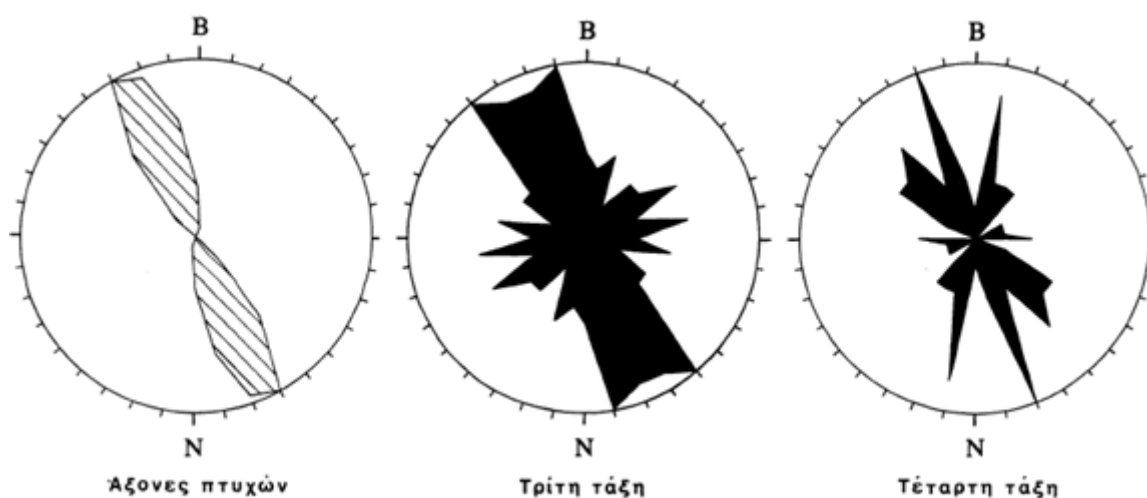


Εικόνα 5.2: Ανάπτυξη υδρογραφικού δικτύου της περιοχής μελέτης σε περιβάλλον GIS. Οι τάξεις των ποταμών ακολουθούν την ταξινόμηση κατά Strahler.

Τμήμα του Δήμου Θέρμου ανήκει στο νότιο μέρος της ΛΑΠ Εύηνου. Στην περιοχή αυτή απαντάται ο φλύσχη της ενότητας Γαβρόβου. Σημειώνεται πως το δίκτυο διατηρεί την ίδια

μορφή, ενώ οι διαφορές μεταξύ νοτίου και βορείου τμήματος οφείλονται κυρίως στις λιγότερες βροχοπτώσεις των νότιων, υψομετρικά χαμηλότερων περιοχών.

Μελετήθηκε επιπλέον η επίδραση του ρηγματογόνου και του πτυχογόνου παράγοντα στο υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής έρευνας. Παρουσιάζεται συνοπτικά η επίδραση του πτυχογόνου παράγοντα. Καθώς η περιοχή έρευνας χαρακτηρίζεται από πτυχές ΒΔ – ΝΑ διεύθυνσης, άξονες συγκλίνων και αντικλίνων. Σημειώνεται πως οι τάξεις που φαίνεται να έχουν επηρεαστεί περισσότερο από τον πτυχογόνο τεκτονισμό είναι κυρίως η τρίτη και η τέταρτη. Οι κλάδοι των τάξεων αυτών υποχρεούνται να ακολουθήσουν διεύθυνση παράλληλη προς τις εφίπλευσεις και τις πτυχώσεις και να συμβάλλουν τελικά σχεδόν με ορθή γωνιά με τα μεγάλα μήκους ρεύματα.



Εικόνα 5.3: Ροδογράμματα συχνότητας των αξόνων πτυχών της λεκάνης απορροής του ποταμού και των διευθύνσεων των κλάδων τρίτης και τέταρτης τάξης (Καρύμπαλης, 1996).

5.1.4 Κλιματολογικά & Μετεωρολογικά Δεδομένα

Κλιματικά και μετεωρολογικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής μελέτης αναπτύχθηκαν στο Κεφάλαιο 3.4 . Συνοπτικά, αναφέρεται για λόγους πληρότητας ότι:

- Το κλίμα της ευρύτερης περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται ως **παράκτιο μεσογειακό** κατά Köppen. Επικρατούν ήπιοι χειμώνες ενώ το θέρος χαρακτηρίζεται ως ξηρό βραχύ και θερμό.
- Στα ορεινά τμήματα της περιοχής μελέτης η μέση **θερμοκρασία** εκτιμάται στους 11,9°C ενώ το θερμοκρασιακό εύρος κυμαίνεται μεταξύ 4,2°C με 22,5°C (Μετ. Σταθμός Δρυμώνας). Στα πεδινά τμήματα της περιοχής μελέτης η μέση θερμοκρασία εκτιμάται στους 16,4°C ενώ το θερμοκρασιακό εύρος κυμαίνεται μεταξύ 5,9°C με 21,7°C (Μετ. Σταθμός Πόρος Ρηγανίου, πλησίον Δ. Θέρμου). Λόγω της μεγάλης υψομετρικής διαβάθμισης της περιοχής μελέτης, ο ψυχρότερος μήνας παρατηρείται τον Ιανουάριο ή το Φεβρουάριο, ενώ ο θερμότερος μήνας τον Ιούλιο.

- Η υψηλή τιμή θερμοκρασιακού εύρους που παρατηρείται διευκολύνει την αποσάθρωση των πετρωμάτων με μικρή θερμοχωρητικότητα, όπως οι αργιλικής και ιλυολιθικής σύστασης σχηματισμοί που δομούν την περιοχή μελέτης (Πυργιώτης & Σπανού, 2015).
- Μελετώντας το μέσο ετήσιο **ύψος της βροχής** στην περιοχή μελέτης, κυμαίνεται μεταξύ των 1267 – 1334mm (Μετ. Σταθμοί Δρυμόνας και Πόρος Ρηγαίου). Στις παραπάνω καταγραφές θα πρέπει να συνεκτιμηθεί και το ύψος του χιονιού. Το ετήσιο ύψος βροχής στην ευρύτερη περιοχή μελέτης είναι υψηλό.

5.1.5 Γενικές Γεωλογικές Συνθήκες

Στο παρόν κεφάλαιο ερευνώνται οι γεωλογικές συνθήκες της στενότερης περιοχής μελέτης. Σημειώνεται πως στοιχεία της ευρύτερης περιοχής έχουν παρατεθεί εκτενώς στο Κεφάλαιο 3.5 .

Αναπτύσσεται η γεωλογία της στενότερης περιοχής μελέτης, καθώς αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην εκδήλωση των κατολισθητικών φαινομένων. Η διάρθρωση που υιοθετήθηκε αποτελεί τη βάση για τις στατιστικές και χωρικές αναλύσεις που πραγματοποιούνται στα επόμενα κεφάλαια.

Σχετικά με τις υδρογεωλογικές και σεισμικές συνθήκες της περιοχής μελέτης, για λόγους πληρότητας αναφέρονται τα πιο σημαντικά σημεία ενώ εκτενής ανάλυση αντίστοιχα προηγήθηκε στο Κεφάλαιο 3.5 .

5.1.5.1 Ενοποιημένες Γεωλογικές Ενότητες

Η ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος δομείται από σχηματισμούς της γεωτεκτονικής ζώνης Ωλονού – Πίνδου (ή ζώνη Πίνδου κατά Aubouin, 1959). Η ζώνη Ωλονού- Πίνδου ξεκινά από τα Ελληνοαλβανικά σύνορα κατεβαίνει προς τον κορμό της Ηπειρωτικής Ελλάδας στα βουνά Πίνδος, Άγραφα, Αιτωλικό, Βαρδούσια και μετά στην Πελοπόννησο στα βουνά Παναχαϊκό και Ωλονό. Τμήματα αυτής βρίσκονται και στα νησιά Κρήτη και Ρόδο ακολουθώντας την Α – Δ κάμψη του Διναρικού τόξου (Μουντράκης, 1985).

Το νοτιότερο τμήμα της περιοχής μελέτης ανήκει στη Ζώνη Γαβρόβου-Τριπόλεως.

Μία γενική εικόνα της στρωματογραφικής κολώνας της Πίνδου, παρουσιάζει από πάνω προς τα κάτω φλύσχη, τα χαρακτηριστικά μεταβατικά στρώματα προς το φλύσχη καθώς και τους υποκείμενους πελαγικούς ασβεστόλιθους.

Τεκτονικά, μετά τη διακοπή της ιζηματογένεσης με το φλύσχη, ακολουθεί η δράση συμπιεστικών τάσεων προς τα δυτικά, ισχυρές πτυχώσεις και λεπιώσεις των ιζημάτων και η επώθηση της ζώνης της Πίνδου πάνω στη ζώνη Γαβρόβου – Τρίπολης με τη μορφή ενός τεράστιου τεκτονικού καλύμματος, το οποίο σε μερικές περιπτώσεις έχει προελάσει ακόμα δυτικότερα και έχει φτάσει στην Ιόνια ζώνη (Πυργιώτης & Σπανού, 2015).

Παρουσιάζεται η στρωματογραφία της περιοχής μελέτης (με τους ενοποιημένους γεωλογικούς σχηματισμούς από κάτω προς τα πάνω. Οι ενοποιημένοι γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής

μελέτης προέκυψαν έπειτα από μελέτη των γεωλογικών χαρτών του ΙΓΜΕ κλίμακας 1:50.000 (Φύλλο Θέρμον, Καρπενήσι & Κλεπά) και της σχετικής μελέτης του ΙΓΜΕ (Πυργιώτης & Σπανού, 2015). Η στρωματογραφική στήλη της ευρύτερης περιοχής μελέτης έχει παρουσιαστεί στην Εικόνα 3.7.

Ζώνη Ολονού Πίνδου

Μέσο – Ανώτερο Τριαδικό

- **Ασβεστόλιθοι (Μέσο – Ανώτερο Τριαδικό).** Μικριτικοί, μεσοστρωματώδεις έως παχυστρωματώδεις, χρώματος λευκού έως φαίου με κόνδυλους ή διαστρώσεις μαύρων πυριτόλιθων, που εναλλάσσονται με ψαμμίτες λεπτόκκοκκους έως χονδρόκκοκκους, χρώματος υποπράσινου, αργιλικούς σχιστόλιθους, κερατόλιθους και κροκαλολαυτπαγή. Τα κλαστικά ιζήματα αναπτύσσονται κυρίως στα κατώτερα μέρη της σειράς με μικρές παρεμβολές υποκιτρίνων πελαγικών ασβεστολίθων, ενώ στα ανώτερα μέρη επικρατούν οι ασβεστόλιθοι. Ορατό πάχος: 200m.

Ιουρασικό

- **Ασβεστόλιθοι (Ιουρασικό).** Κυρίως μικριτικοί, με φακούς ή διαστρώσεις τεφρό-μαύρων πυριτόλιθων, μεσο-στρωματώδεις, με πάχος στρωμάτων 5-20cm και καλά αναπτυγμένη στρώση. Προς τα επάνω εναλλάσσονται κατά θέσεις με ψευδοωολιθικούς ασβεστολίθους. Οι εναλλαγές συνεχίζονται μέχρι τον υπερκείμενο κερατολιθικό ορίζοντα. Σε ολόκληρο το πάχος τους εμφανίζονται παρεμβολές αργιλικών σχιστολίθων και κερατολίθων. Το πάχος τους φτάνει μέχρι και τα 300m.

Ανώτερο Ιουρασικό – Ανώτερο Κρητιδικό (Κονιάσιο)

- **Κερατόλιθοι (Ανώτερο Ιουρασικό – Κάτω Κρητιδικό).** Ποικιλόχρωμοι (ερυθροί, πράσινοι ή φαίοι) και λεπτοπλακώδεις (2-10cm). Μέσα σε αυτούς παρεμβάλλονται διαστρώσεις πηλίων και μαργών. Κατά θέσεις στη μάζα τους εμφανίζονται μικρές συγκεντρώσεις μαγγανιομεταλλεύματος. Υπόκειται κανονικά του “πρώτου φλύσχη”. Το πάχος τους φτάνει μέχρι και 250m.
- **Σχηματισμός “πρώτου φλύσχη” (Κενομάνιο – Κονιάσιο).** Αποτελείται από αργιλικούς σχιστολίθους, πηλίτες, κλαστικούς ασβεστολίθους και κατά θέσεις από υποπράσινους ψαμμίτες παχυστρωματώδεις μέχρι άστρωτους, μέσο έως χονδρόκκοκκους. Επίσης απαντούν μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθοι με λατύπες κερατολιθικές 0,5 – 15cm, ποικίλου χρώματος καθώς και ασβεστόλιθοι που περιέχουν κονδύλους πυριτόλιθων. Το πάχος του κυμαίνεται από λίγα έως 150m.

Ανώτερο Κρητιδικό (Σενώνιο: Κονιάσιο-Σαντόνιο-Καμπάνιο & Μαιστρίχτιο)

- **Ασβεστόλιθοι (Κονιάσιο – Μαιστρίχτιο).** Μικριτικοί έως βιομικριτικοί, λεπτο-μεσοστρωματώδεις, με πάχος στρωμάτων 10-20cm, χρώματος τεφρού, με κονδύλους και λεπτές ενστρώσεις πυριτολίθων. Στα ανώτερα μέλη τους εμφανίζονται παρεμβολές μικροκλαστικών ασβεστολίθων με πλούσια μικροπανίδα. Στα κατώτερα μέλη τους

εμφανίζονται παρεμβολές λατυποπαγών ασβεστολίθων με λατύπες διαστάσεων 5-8cm, ποικίλου χρώματος. Το συνολικό τους πάχος είναι 500m περίπου.

Μαιστρίχτιο - Ηώκαινο

- **Οριζοντας μεταβατικών σχηματισμών (Μαιστρίχτιο – Παλαιόκαινο).** Αποτελεί την προς τα πάνω εξέλιξη των Τουρωνίων – Μαιστριχτίων ασβεστολίθων. Αποτελείται από εναλλαγές μαργαϊκών ασβεστολίθων, κλαστικών ασβεστολίθων, ψαμμιτών, μαργών και αργιλικών σχιστολίθων. Τα ανθρακικά ιζήματα ελαττώνονται προοδευτικά από τη βάση του οριζοντα προς την κορυφή, με ταυτόχρονη αύξηση του κλαστικού υλικού το οποίο και επικρατεί πλήρως στα ανώτερα μέλη. Το πάχος του φτάνει μέχρι και τα 150m.
- **Φλύσχη (Παλαιόκαινο – Ηώκαινο).** Αποτελείται από κάτω προς τα πάνω από ψαμμίτες μεσόκοκκους μέχρι χονδρόκοκκους, σε στρώματα πάχους από 0,5-2,0m και κατά θέσεις άστρωτους, υποπράσινου χρώματος, που εναλλάσσονται με πηλίτες και αργιλικούς σχιστολίθους. Κατά θέσεις απαντούν παρεμβολές κροκαλοπαγών μικρού πάχους, κυρίως από ασβεστολιθικές και χαλαζιακές κροκάλες. Τα κατώτερα μέλη αποτελούνται από αργιλικούς σχιστολίθους με παρεμβολές λεπτοστρωματωδών μέχρι μεσοστρωματωδών ψαμμιτών και μαργαϊκών ασβεστολίθων. Το πάχος του εκτιμάται πάνω από 1000m.

Τεταρτογενές

- Σχηματισμοί οι οποίοι διακρίνονται σε πρόσφατες **προσχώσεις** και παλαιότερα και νεώτερα **πλευρικά κορήματα** και **κώνους κορημάτων**.

Ζώνη Γαβρόβου -Τρίπολης

Ανώτερο Ηώκαινο

- **Φλύσχη (Ανώτερο Ηώκαινο).** Το σύνολο των σχηματισμών του φλύσχη διακρίνεται από τις χαρακτηριστικές σειρές των οποίων το χρώμα ποικίλει από καστανό, τεφρό, φαιό έως υποπράσινο. Αποτελούνται:
 - i. Από λεπτο-μεσοστρωματώδεις **ψαμμίτες** που εναλλάσσονται με λεπτόκοκκους, χονδρόκοκκους συνεκτικούς ψαμμίτες και λεπτές ενστρώσεις αργιλικών σχιστολίθων και κροκαλοπαγών.
 - ii. Από **κροκαλοπαγή**, συνεκτικά με κροκάλες ποικίλου μεγέθους καλά αποστρωγγυλωμένες, που εναλλάσσονται με λεπτές ενστρώσεις ή φακούς από ψαμμίτες και αργιλικούς σχιστολίθους.
 - iii. Από **αργιλικούς σχιστολίθους**, γκρι έως υποπράσινου χρώματος, που φέρουν εναλλασσόμενες ενστρώσεις πηλιτών, μαργαϊκών ιλυολίθων, ιλυολιθικών ψαμμιτών και λεπτόκοκκων ψαμμιτών.

Η μετάβαση προς το φλύσχη από τους υποκειμένους ηωκαινικούς ασβεστολίθους γίνεται με μαργαϊκό υλικό υπόλευκου χρώματος μικρού πάχους.

Το συνολικό πάχος του σχηματισμού του φλύσχη υπερβαίνει τα 700m.

5.1.6 Υδρογεωλογικές Συνθήκες

Οι υδρογεωλογικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής μελέτης αναπτύχθηκαν στο Κεφάλαιο 3.5 . Συνοπτικά, αναφέρεται για λόγους πληρότητας ότι:

- Οι κυριότερες υπόγειες υδροφορίες αναπτύσσονται στους καρστικούς ανθρακικούς σχηματισμούς της ζώνης της Πίνδου (ΥΠΕΚΑ, 2004). Τα υψηλότερα τμήματα δομούνται από τους ασβεστολιθικούς υδροπερατούς σχηματισμούς της ζώνης Πίνδου (Κωνσταντοπούλου & Κανάρης, 2015).
- Σημαντικής δυναμικότητας υδροφορίες αναπτύσσονται επίσης στους κοκκώδεις σχηματισμούς των τεταρτογενών αποθέσεων το δυναμικό των οποίων εξαρτάται από την κοκκομετρία τους και τις συνθήκες τροφοδοσίας (ΥΠΕΚΑ, 2004).
- Η υδρογεωλογική συμπεριφορά του φλύσχη διαφοροποιείται ανάλογα με τη σύσταση των επιμέρους ενότητων του. Οι ψαμμιτικές και αδρομερείς ενότητες, εμφανίζουν αυξημένο δευτερογενές πορώδες. Αντίθετα οι ενότητες που κυριαρχούνται από πηλιτικούς και μαργαϊκούς οριζόντες είναι πρακτικά στεγανές. Στην επαφή ψαμμιτικών και πηλιτικών οριζόντων, εκφορτίζονται συχνά διάσπαρτες εποχιακές πηγές μικρής δυναμικότητας (Κωνσταντοπούλου & Κανάρης, 2015).

5.2 Σεισμικότητα

Η σεισμικότητα της ευρύτερης περιοχής μελέτης αναπτύχθηκε στο Κεφάλαιο 3.5 . Συνοπτικά, αναφέρεται για λόγους πληρότητας ότι:

- Η περιοχή μελέτης βρίσκεται σε μια σεισμικά ενεργή περιοχή λόγω της γειτνίασης της με τον κορινθιακό και τον πατραϊκό κόλπο, που αντιστοιχούν σε τεκτονικές τάφρους με ενεργά ρήγματα τα οποία θεωρούνται υπεύθυνα για σεισμούς μικρού έως ενδιάμεσου βάθους και μετρίων μεγεθών στην κλίμακα Ρίχτερ (Κωνσταντοπούλου & Κανάρης, 2015).
- Εξετάζοντας τους σεισμούς σε ακτίνα 100km, από τον κατάλογο του ΕΑΑ για το διάστημα 1/1/1964 έως 1/1/2015, Παρατηρούνται 28 σεισμικές δονήσεις με μέγεθος 5R έως 6,5R. Σημειώνεται πως η σεισμική δραστηριότητα είναι μειωμένη στην ορεινή ζώνη που βρίσκεται η περιοχή μελέτης (Κωνσταντοπούλου & Κανάρης, 2015).
- Σύμφωνα με τον ΕΑΚ 2000, η ευρύτερη περιοχή μελέτης ανήκει στην κατηγορία II με σεισμική δράση σχεδιασμού $\alpha = 0,24g$.

5.3 Σύνταξη Θεματικών Επιπέδων Πληροφορίας (ΘΕΠ)

Στο παρόν κεφάλαιο συλλέγονται και επεξεργάζονται τα απαραίτητα στοιχεία για την προετοιμασία του Χάρτη Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας του Δήμου Θέρμου. Οι εργασίες οι οποίες εκτελέστηκαν για την παραγωγή του προαναφερθέντος Χάρτη Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας αφορούσαν:

- Μελέτη της βιβλιογραφίας, των σχετικών τεχνικών εκθέσεων και διεξαγωγή επιτόπιας έρευνας για τη συλλογή γενικών στοιχείων της περιοχής έρευνας τα οποία πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στις επόμενες αναλύσεις (πχ. γεωλογία ευρύτερης περιοχής, μετεωρολογικά δεδομένα, στοιχεία χρήσεων γης κλπ).
- Εκτέλεση επιτόπια έρευνας, μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας και επισκόπηση δορυφορικών εικόνων, σε περιβάλλον Google Earth, για τη δημιουργία αρχείου κατολισθήσεων της υπό μελέτης περιοχής.
- Το σύνολο των δεδομένων που συλλέχθηκαν, επεξεργαστήκαν και αξιολογήθηκαν σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών GIS με το λογισμικό ArcGIS.

Στις επόμενες υποπαραγράφους, παρουσιάζονται τα Θεματικά Επίπεδα Πληροφοριών που παράχθηκαν.

Στο Κεφάλαιο 6.1 παρουσιάζεται ο Χάρτης Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας του Δήμου Θέρμου και αναπτύσσεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Τέλος παρατίθενται τα αποτελέσματα από τη χωρική και στατιστική ανάλυση των επιλεγμένων ΘΕΠ που πραγματοποιήθηκε.

5.3.1 Θεματικός Χάρτης Υψομέτρου

Το υψόμετρο μίας περιοχής μελέτης δεν αποτελεί άμεσο παράγοντα εκδήλωσης κατολισθησης, αλλά σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες όπως η τεκτονική, διαδικασίες αποσάθρωσης και διάβρωσης, βροχόπτωση αλλά και υψόμετρο της περιοχής έρευνας, συμβάλει στην εκδήλωση κατολισθησης επηρεάζοντας το ισοζύγιο ισορροπίας (Rozos et al. 2011).

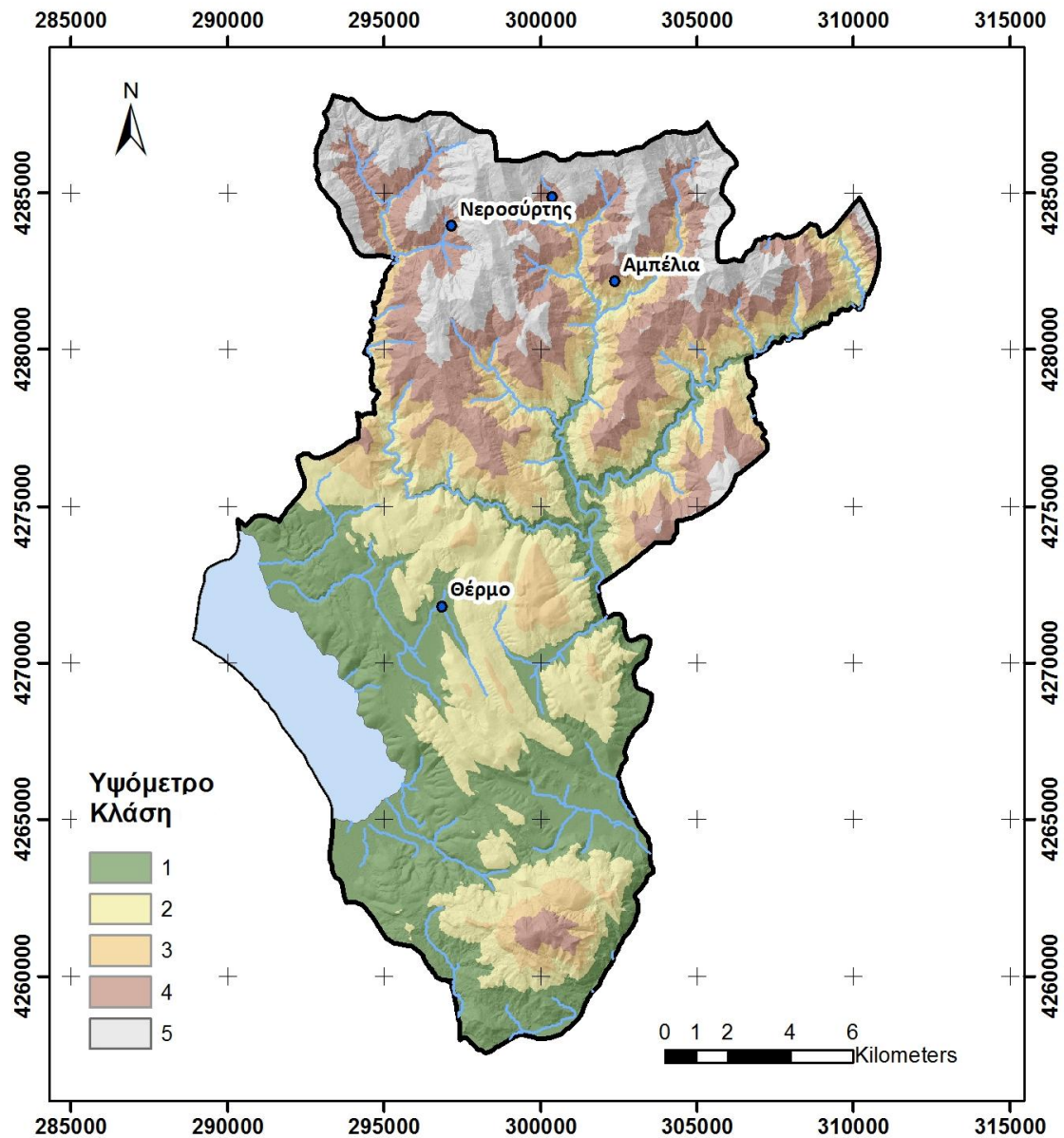
Η παραγωγή του θεματικού χάρτη Υψομέτρου της περιοχής μελέτης, προέκυψε από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM) που λήφθηκε από το Κτηματολόγιο Α.Ε. στα πλαίσια της παρούσας Μ.Δ.Ε. Οι διαστάσεις του μοναδιαίου στοιχείου (cell) του εξεταζόμενου ΘΕΠ είναι 5 x 5m.

Συνεκτιμώντας τη γνώση των ειδικών και τις διαθέσιμες βιβλιογραφικές πηγές, διαμορφώθηκαν 5 κλάσεις στο εξεταζόμενο ΘΕΠ. Συγκεκριμένα, στο ΘΕΠ Υψόμετρο δημιουργήθηκαν οι εξής κλάσεις: (1) 0-400m, (2) 400-600m, (3) 600-800m, (4) 800-1100m και (5) >1100m.

Σχετικά με τη χωρική κατανομή των κλάσεων σημειώνεται ότι μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνει η κλάση 0-400m (29,38%) ενώ οι υπόλοιπες κλάσεις μετέχουν στη δόμηση της περιοχής με ποσοστό 13,58% έως 24,57%.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΘΕΡΜΟΥ

Λεπτομερέστερα στοιχεία καθώς και στατιστική ανάλυση του εξεταζόμενου ΘΕΠ παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 6.3.2.1 .

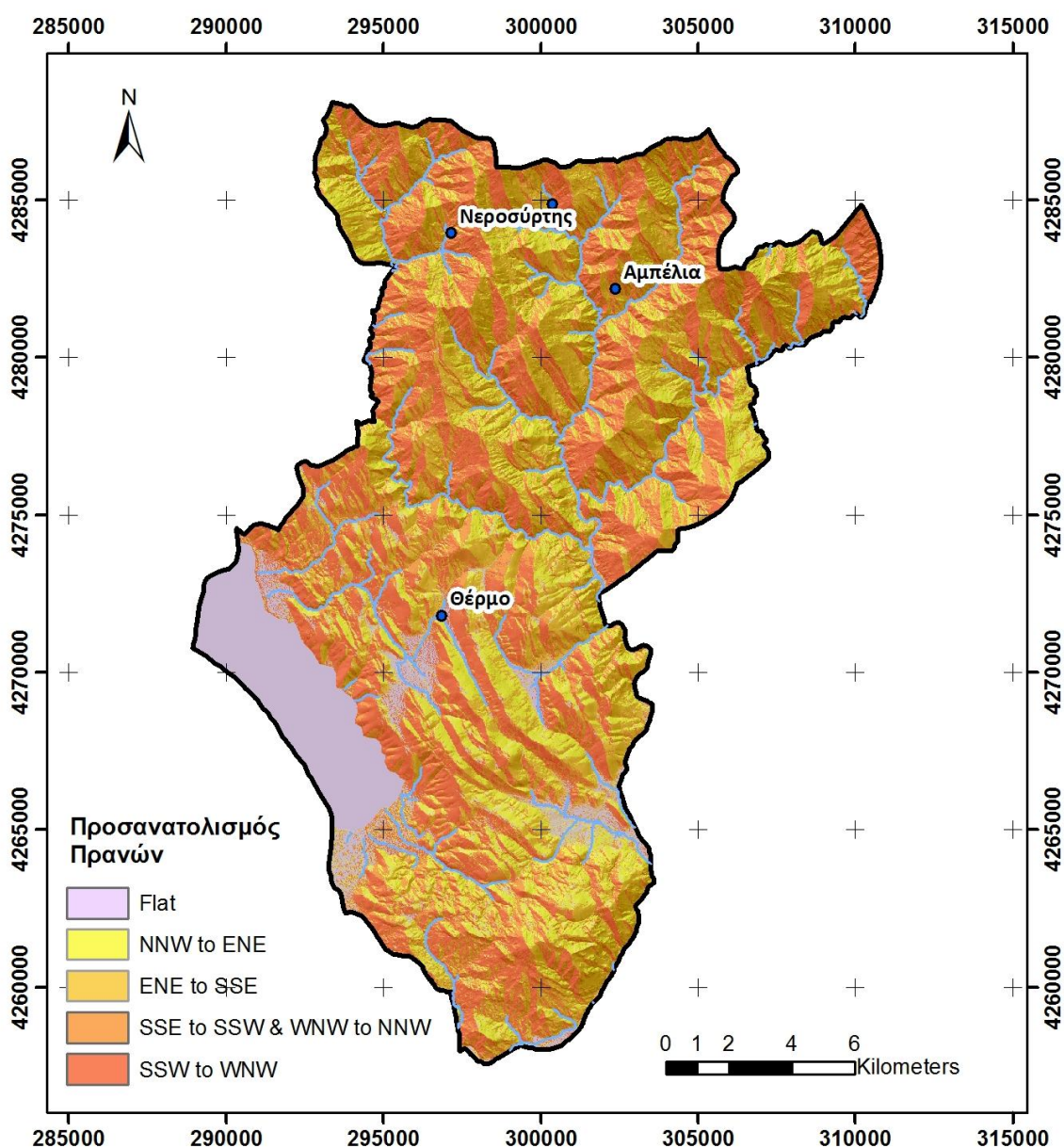


Υπόμνημα (1) 0-400m, (2) 400-600m, (3) 600-800m, (4)800-1100m και (5) >1100m.

Σχήμα 5.3: Θεματικό Επίπεδο Πληροφορίας “Υψόμετρο”.

5.3.2 Θεματικός Χάρτης Προσανατολισμού Πρανών

Ο προσανατολισμός των πρανών, όπως και η μορφολογική κλίση, αποτελεί σημαντικό παράγοντα εκδήλωσης κατολισθήσεων. Παράμετροι που συνδέονται με τον προσανατολισμό των πρανών όπως ηλιοφάνεια, άνεμοι, βροχόπτωση (βαθμός κορεσμού του εδάφους) και ασυνέχειες αποτελούν παράγοντες εκδήλωσης κατολίσθησης (Yalcin, 2008).



Σχήμα 5.4: Θεματικό Επίπεδο Πληροφορίας “Προσανατολισμός Πρανών”.

Σημειώνεται, ότι σύμφωνα με τους Φερεντίνου & Χαλκιάς (2012), ο προσανατολισμός των πρανών παίζει καθοριστικό ρόλο στο είδος βλάστησης που αναπτύσσεται σε αυτά μιας και από αυτόν επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό η ποσότητα της ηλιακής ενέργειας που δέχονται. Πρανή με νοτιοδυτικό προσανατολισμό (στο βόρειο ημισφαίριο) είναι αυτά που ευνοούνται από την

ηλιακή ακτινοβολία σε σχέση με τα βόρειου προσανατολισμού, όσον αφορά την ανάπτυξη βλάστησης και καλλιέργειας.

Βάσει του διαθέσιμου DEM παράχθηκε μέσω του σχετικού αλγορίθμου το ΘΕΠ προσανατολισμός πρανών της περιοχής μελέτης.

Συνεκτιμώντας τη γνώση των ειδικών και τις διαθέσιμες βιβλιογραφικές πηγές, διαμορφώθηκαν 5 κλάσεις στο εξεταζόμενο ΘΕΠ. Συγκεκριμένα, στο ΘΕΠ προσανατολισμός πρανών δημιουργήθηκαν οι εξής κλάσεις: (1) Flat – επίπεδο, (2) NNW to ENE (3) ENE to SSE (4) SSE to SSW & WNW to NNW και (5) SSW to WNW.

Σχετικά με τη χωρική κατανομή των κλάσεων σημειώνεται ότι μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνει η κλάση SSW to WNW (28,09%) ενώ οι υπόλοιπες κλάσεις μετέχουν στη δόμηση της περιοχής με ποσοστό 10,66% έως 24,06%.

Λεπτομερέστερα στοιχεία καθώς και στατιστική ανάλυση του εξεταζόμενου ΘΕΠ παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 6.3.2.2 .

5.3.3 Θεματικός Χάρτης Κλίσεων Πρανών

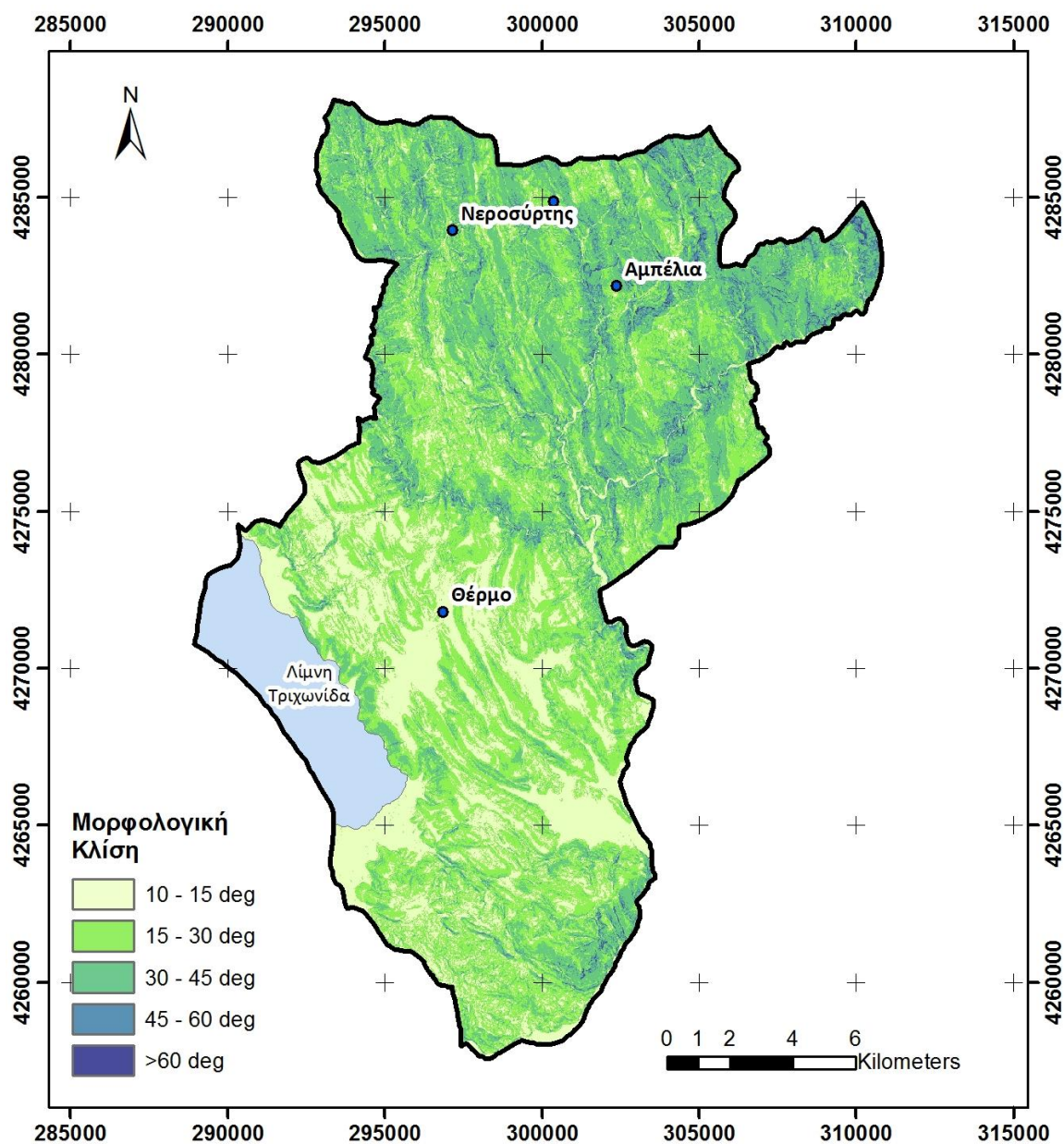
Η μορφολογική κλίση αποτελεί καθοριστικό παράγοντα εκδήλωσης κατολισθήσεων (Lee & Min, 2001). Καθώς η γωνία κλίσης ενός πρανού είναι συνδεδεμένη με τις κατολισθήσεις, χρησιμοποιείται από πολλούς ερευνητές στην διαδικασία παρασκευής χαρτών κατολισθητικής επιδεκτικότητας (Rozos et al., 2011, Tsaggaratos, 2012, Yalcin, 2008).

Βάσει του διαθέσιμου DEM παράχθηκε μέσω του σχετικού αλγορίθμου το ΘΕΠ μορφολογικών κλίσεων της περιοχής μελέτης.

Συνεκτιμώντας τη γνώση των ειδικών και τις διαθέσιμες βιβλιογραφικές πηγές, διαμορφώθηκαν 4 κλάσεις στο εξεταζόμενο ΘΕΠ. Συγκεκριμένα, στο ΘΕΠ μορφολογική κλίση δημιουργήθηκαν οι εξής κλάσεις: (1) 0° - 15° , (2) 15° - 30° , (3) 30° - 45° , (4) 45° – 60° και (5) 60° - 90° .

Σχετικά με τη χωρική κατανομή των κλάσεων σημειώνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνει η κλάση 15° - 30° (37,88%) ενώ οι υπόλοιπες κλάσεις μετέχουν στη δόμηση της περιοχής με ποσοστό 0,42% έως 33,03%.

Λεπτομερέστερα στοιχεία καθώς και στατιστική ανάλυση του εξεταζόμενου ΘΕΠ παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 6.3.2.4 .



Σχήμα 5.5:Θεματικό Επίπεδο Πληροφορίας “Μορφολογική Κλίση”.

5.3.4 Θεματικός Χάρτης Σύνθετου Τοπογραφικού Δείκτη Υγρασίας

Για τη μελέτη κατολισθητικής επιδεκτικότητας της περιοχής έρευνας, υπολογίστηκε ο σύνθετος δείκτης τοπογραφικής υγρασίας CTI.

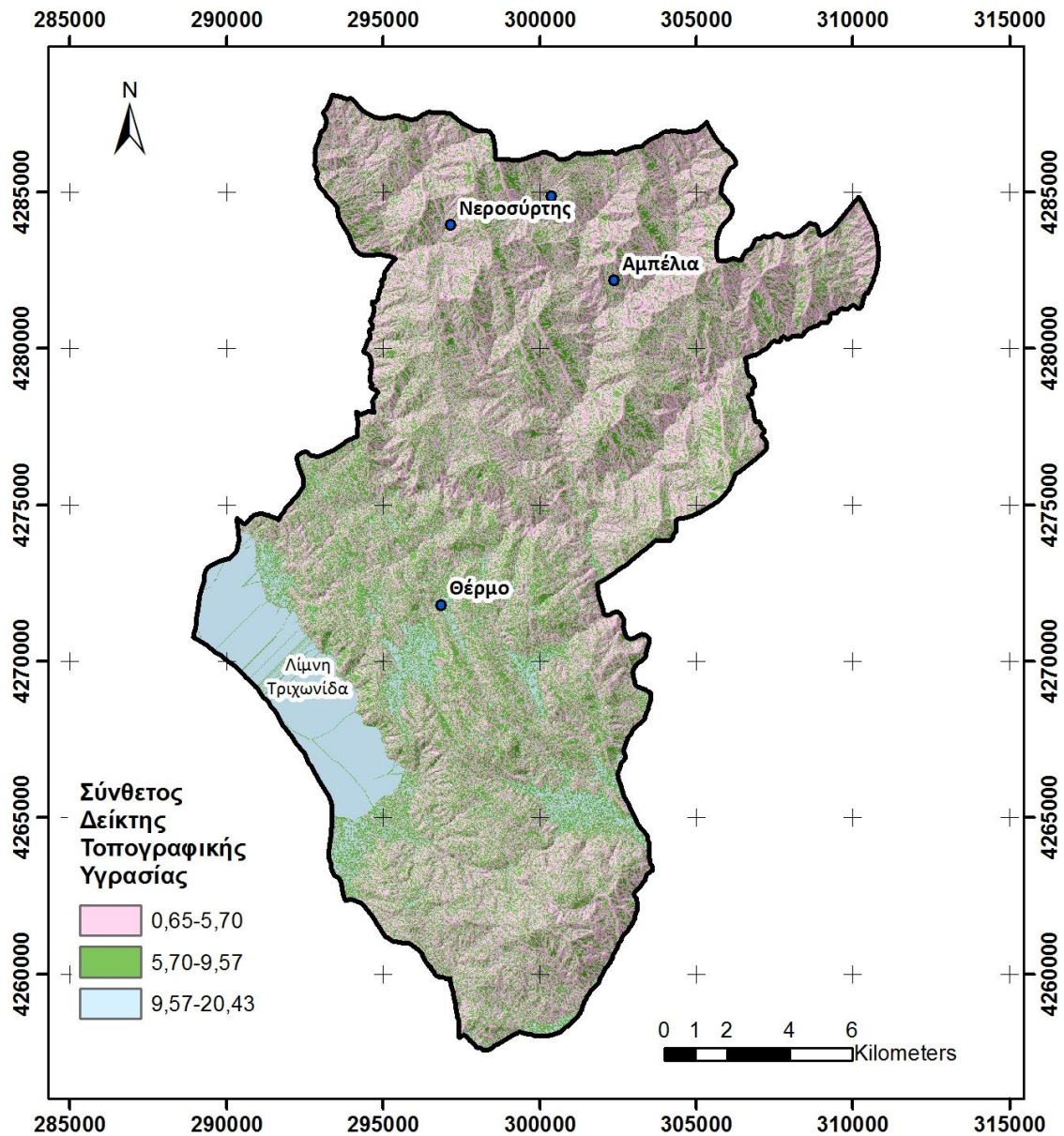
Σημειώνεται πως, CTI είναι ο σταθερός δείκτης υγρασίας και είναι συνάρτηση τόσο της κλίσης όσο και της έκτασης ανά μονάδα πλάτους προς την κατεύθυνση της ροής. Χαμηλές τιμές του δείκτη CTI αντιπροσωπεύουν κορυφές βουνών και περιοχές με έντονο μορφολογικό ανάγλυφο ενώ υψηλές τιμές του δείκτη CTI αντιπροσωπεύουν κοίλες περιοχές και περιοχές συσσώρευσης υδάτων (Αθανασίου, 2011). Ο δείκτης CTI ορίζεται ως έξης (Moore et al, 1991):

$$CTI = \ln(\alpha/\tan\beta)$$

Όπου α = η τιμή συσσωρευμένης ροής x μέγεθος μοναδιαίου στοιχείου του ράστερ σε m^2 (cell size) και β η κλίση.

Βάσει του διαθέσιμου DEM παράχθηκε μέσω των σχετικών αλγορίθμων το ΘΕΠ Διεύθυνσης Ροής, το ΘΕΠ Συσσώρευσης Ροής και το ΘΕΠ μορφολογικής κλίσης. Τα παραπάνω ΘΕΠ χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία του ΘΕΠ Σύνθετου δείκτη τοπογραφικής υγρασίας (CTI).

Συνεκτιμώντας τη γνώση των ειδικών και τις διαθέσιμες βιβλιογραφικές πηγές, διαμορφώθηκαν 3 κλάσεις στο εξεταζόμενο ΘΕΠ. Συγκεκριμένα, στο ΘΕΠ μορφολογική κλίση δημιουργήθηκαν οι εξής κλάσεις: (1) 0,65-5,70 , (2) 5,70-9,57 και (3) 9,57-20,43. Η ομαδοποίηση των κλάσεων πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο φυσικών διακοπών (natural breaks).



Σχήμα 5.6: Θεματικό Επίπεδο Πληροφορίας “Σύνθετος Δείκτης Τοπογραφικής Υγρασίας – CTI”.

Σχετικά με τη χωρική κατανομή των κλάσεων σημειώνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνει η κλάση 0,65-5,70 (55,19%) ενώ οι υπόλοιπες κλάσεις μετέχουν στη δόμηση της περιοχής με ποσοστό 11,65% έως 33,17%.

Λεπτομερέστερα στοιχεία καθώς και στατιστική ανάλυση του εξεταζόμενου ΘΕΠ παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 6.3.2.4 .

5.3.5 Θεματικός Χάρτης Ενοποιημένων Γεωλογικών Ενοτήτων

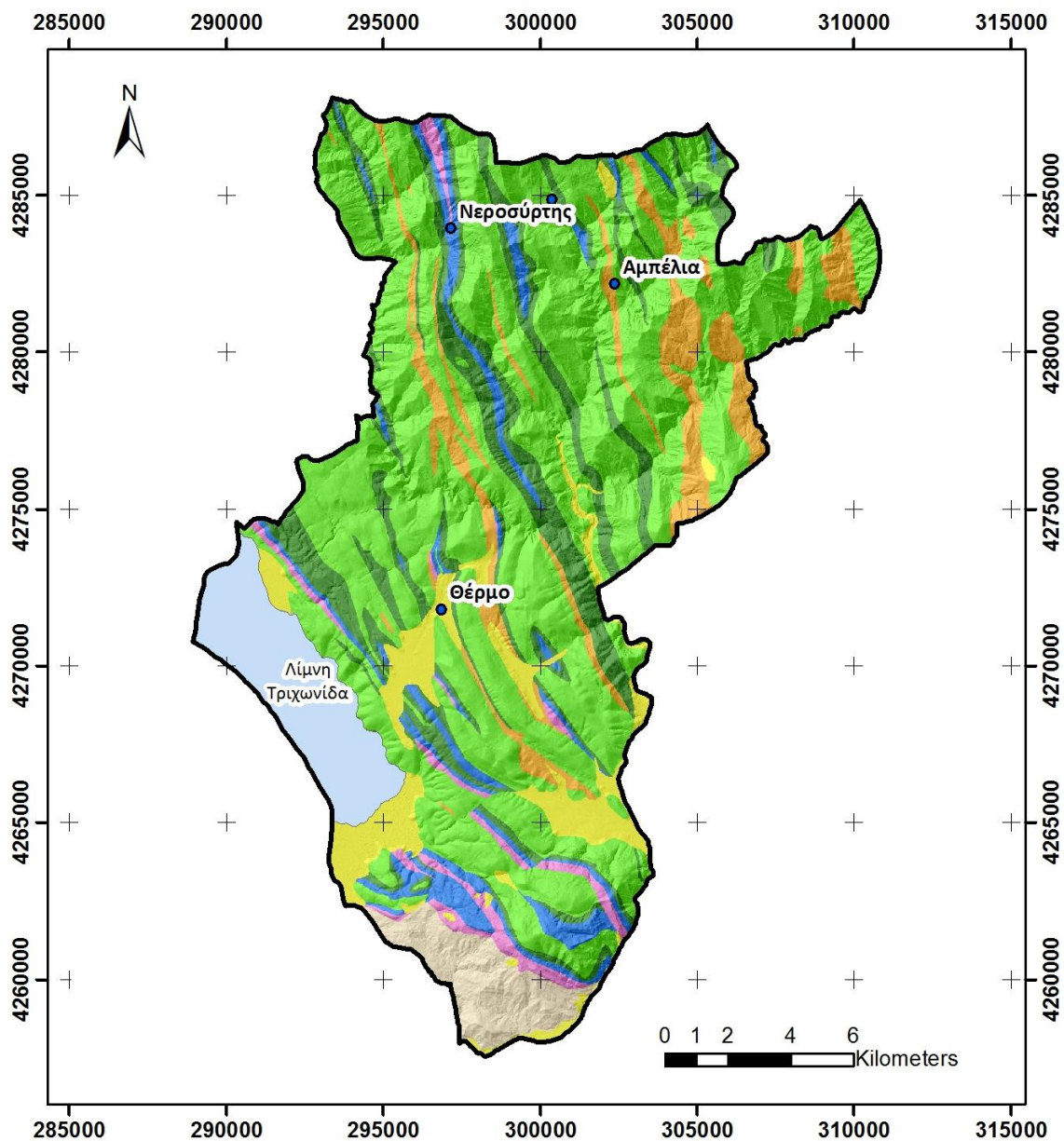
Το γεωλογικό καθεστώς δόμησης μιας περιοχής μελέτης αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην εκδήλωση κατολισθήσεων. Για την προετοιμασία του Θεματικού Χάρτη Ενοποιημένες γεωλογικές ενότητες, λήφθηκαν ως βάση και ψηφιοποιήθηκαν οι γεωλογικοί σχηματισμοί που απαντώνται στους γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ κλίμακας 1:50.000 (Φύλλο Θέρμον, Ευηνοχώριον, Καρπενήσι & Κλεπά).

Στη συνέχεια συνεκτιμώντας την εμπειρία των ειδικών και τη βιβλιογραφία δημιουργήθηκαν οι ενοποιημένοι γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής μελέτης. Το υπό εξέταση ΘΕΠ είναι σε μορφή ράστερ με διαστάσεις μοναδιαίου στοιχείου (cell) 5 x 5m. Δημιουργήθηκαν οι εξής 7 κλάσεις: (1) Τριαδικό (Ασβεστόλιθοι), (2) Ιουρασικό (Ασβεστόλιθοι), (3) Ανώτ. Ιουρασικό - Ανώτ. Κρητιδικό (Κερατόλιθοι και πρώτος φλύσχης), (4) Σενώνιο – Ανώτ. Κρητιδικό (Ασβεστόλιθοι), (5) Μαιστρίχτιο – Ηώκαινο (Φλύσχης), (6) Τεταρτογενές, (7) Φλύσχης Γαβρόβου.

Σχετικά με τη χωρική κατανομή των κλάσεων σημειώνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνει η κλάση Σενώνιο – Ανώτ. Κρητιδικό (Ασβεστόλιθοι) (57,49%) ενώ οι υπόλοιπες κλάσεις μετέχουν στη δόμηση της περιοχής με ποσοστό 2,41% έως 13,91%.

Λεπτομερέστερα στοιχεία καθώς και στατιστική ανάλυση του εξεταζόμενου ΘΕΠ παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 6.3.2.6 .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΘΕΡΜΟΥ



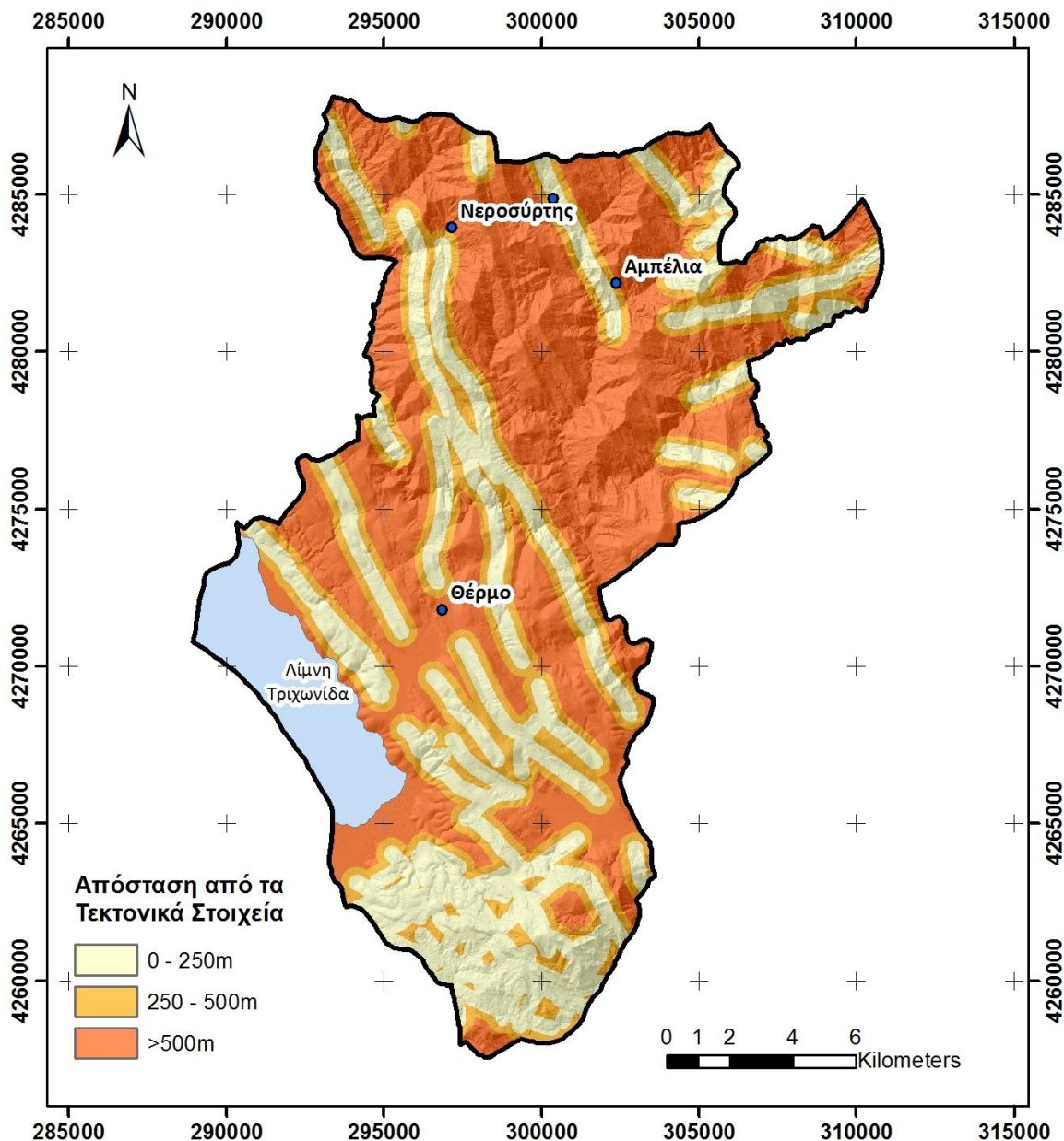
Υπόμνημα

- | | |
|--|--|
|  Τεταρτογενές |  Ιουρασικό (Ασβεστόλιθοι) |
|  Μαιστρίχτιο – Ηώκαινο (Φλύσσης) |  Τριαδικό (Ασβεστόλιθοι) |
|  Σενώνιο – Ανώτ. Κρητιδικό (Ασβεστόλιθοι) |  Φλύσσης Γαβρόβου |
|  Ανώτ. Ιουρασικό - Ανωτ. Κρητιδικό (Κερατόλιθοι και πρώτος φλύσσης) | |

Σχήμα 5.7: Θεματικό Επίπεδο Πληροφορίας “Ενοποιημένοι Γεωλογικοί Σχηματισμοί”.

5.3.6 Θεματικός Χάρτης Τεκτονικών Στοιχείων

Τα τεκτονικά στοιχεία μιας περιοχής μελέτης αποτελούν σημαντικό παράγοντα στην εκδήλωση κατολισθήσεων. Για την προετοιμασία του χάρτη απόσταση από τα τεκτονικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης, ψηφιοποιήθηκαν τα ρήγματα, οι επιπτώσεις και οι επωθήσεις που εμφανίζονται στους γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ κλίμακας 1:50.000 (Φύλλο Θέρμον, Ευηνοχώριον, Καρπενήσι & Κλεπά).



Σχήμα 5.8: Θεματικό Επίπεδο Πληροφορίας "Απόσταση από τα Τεκτονικά Στοιχεία".

Στη συνέχεια συνεκτιμώντας την εμπειρία των ειδικών και τη βιβλιογραφία ορίστηκαν ζώνες απόστασης από τα τεκτονικά όρια (buffer zones). Το ΘΕΠ Απόσταση από τα τεκτονικά όρια είναι σε μορφή ράστερ με διαστάσεις μοναδιαίου στοιχείου (cell) 5 x 5m. Δημιουργήθηκαν οι εξής 3 κλάσεις: (1) 0-250m, (2) 250-500m και (3) >500m.

Σχετικά με τη χωρική κατανομή των κλάσεων σημειώνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνει η κλάση >500m (49,18%) ενώ οι υπόλοιπες κλάσεις μετέχουν στη δόμηση της περιοχής με ποσοστό 21,65% έως 29,17%.

Λεπτομερέστερα στοιχεία καθώς και στατιστική ανάλυση του εξεταζόμενου ΘΕΠ παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 6.3.2.7 .

5.3.7 Θεματικός Χάρτης Απόσταση από το Υδρογραφικό Δίκτυο

Μία σημαντική παράμετρος στην εκδήλωση κατολισθήσεων αποτελεί ο βαθμός κορεσμού του περιβάλλοντος εδάφους στην περιοχή μελέτης. Η εγγύτητα των πρηνών σε περιοχές στράγγισης αποτελεί έναν ακόμη σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει την ευστάθεια των πρηνών. Δύο μηχανισμοί με τους οποίους επηρεάζεται η ευστάθεια των πρηνών είναι η διάβρωση και ο κορεσμός του χαμηλότερου τμήματος του πρηνούς με συνέπεια την αύξηση της στάθμης των υδάτων (Yalcin & Catena, 2008).

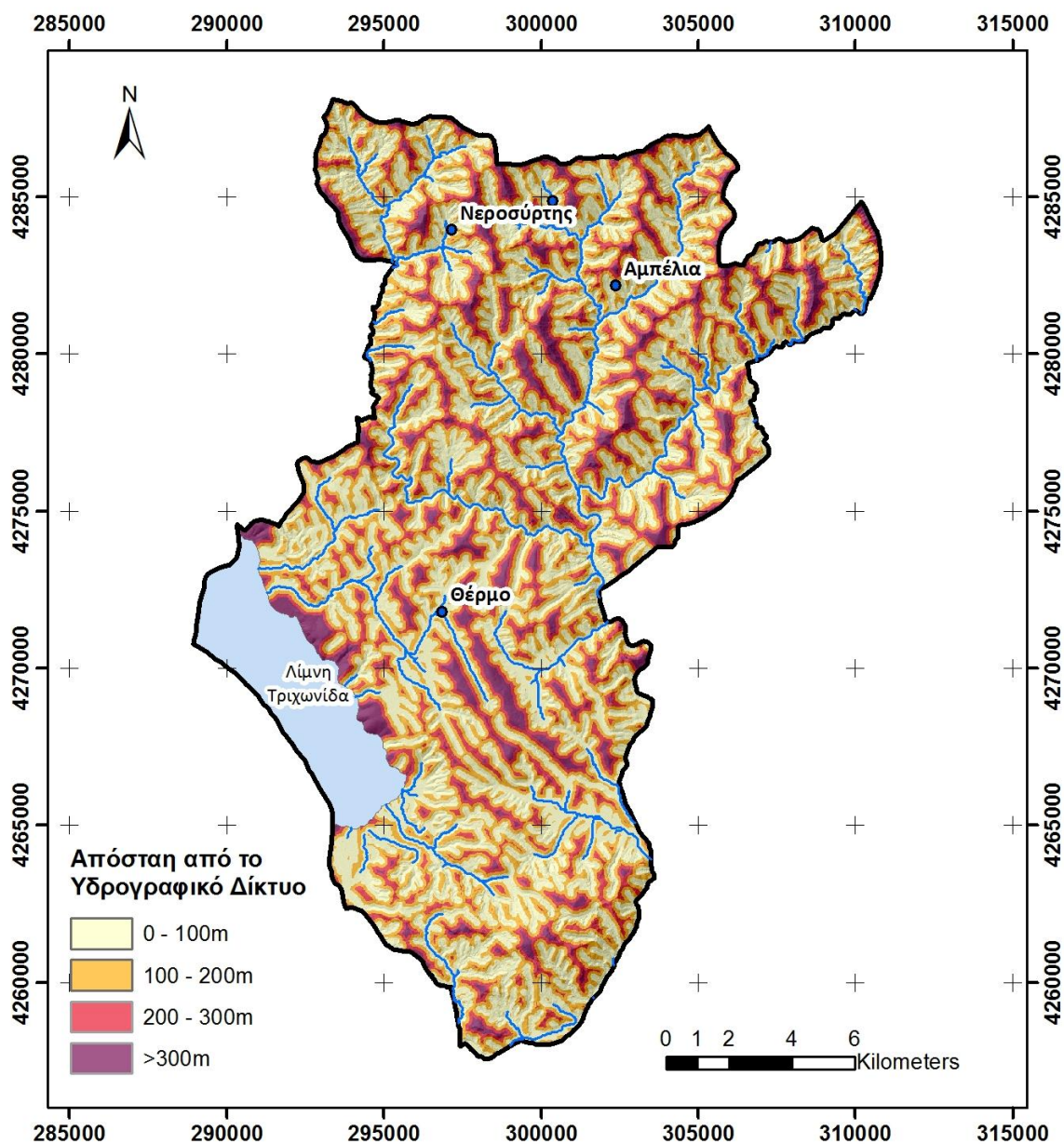
Βάσει του διαθέσιμου DEM παράχθηκαν μέσω των σχετικών αλγορίθμων το ΘΕΠ Διεύθυνσης Ροής, το ΘΕΠ Συσσώρευσης Ροής, το ΘΕΠ Αρίθμησης Υδρογραφικού Δικτύου κατά την μέθοδο Strahler, το ΘΕΠ Μήκους Ροής και τέλος το ΘΕΠ Απόστασης από υδρογραφικό δίκτυο όπου διακρίνονται οι ζώνες επιρροής, buffer zones.

Συνεκτιμώντας την εμπειρία των ειδικών και τη βιβλιογραφία ορίστηκαν ζώνες επιρροής, απόστασης, από το υδρογραφικό δίκτυο (buffer zones). Ο τελικός Θεματικός Χάρτης Απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο παράχθηκε σε μορφή ράστερ με διαστάσεις του μοναδιαίου στοιχείου (cell) 5 x 5m.

Δημιουργήθηκαν οι εξής 4 κλάσεις απόστασης από το υδρογραφικό δίκτυο: (1) 0-100m, (2) 100-200m, (3) 200-300m και (4) >300m.

Σχετικά με τη χωρική κατανομή των κλάσεων σημειώνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνει η κλάση 0-100m (47,11%) ενώ οι υπόλοιπες κλάσεις μετέχουν στη δόμηση της περιοχής με ποσοστό 6,42% έως 30,73%.

Λεπτομερέστερα στοιχεία καθώς και στατιστική ανάλυση του εξεταζόμενου ΘΕΠ παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 6.3.2.5 .



Σχήμα 5.9: Θεματικό Επίπεδο Πληροφορίας “Απόσταση από το Υδρογραφικό Δίκτυο”.

5.3.8 Θεματικός Χάρτης Ετήσιας Κατανομής Βροχοπτώσεων

Η βροχή αποτελεί έναν από τους πολύ σημαντικούς παράγοντες εκδήλωσης κατολισθήσεων. Αρκετές φορές αποτελεί και εναυσματικό παράγοντα. Για την προετοιμασία του ΘΕΠ Ετήσιας χωρικής κατανομής βροχοπτώσεων, συνεκτιμώντας την εμπειρία των ειδικών και τη διαθέσιμη βιβλιογραφία, χρησιμοποιήθηκε ως βάση ο χάρτης μέσης ετήσιας κατανομής βροχοπτώσεων στην Ελλάδα, όπως κατασκευάστηκε από την ερευνητική ομάδα του Τομέα Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος του ΕΜΠ, ΙΤΙΑ.

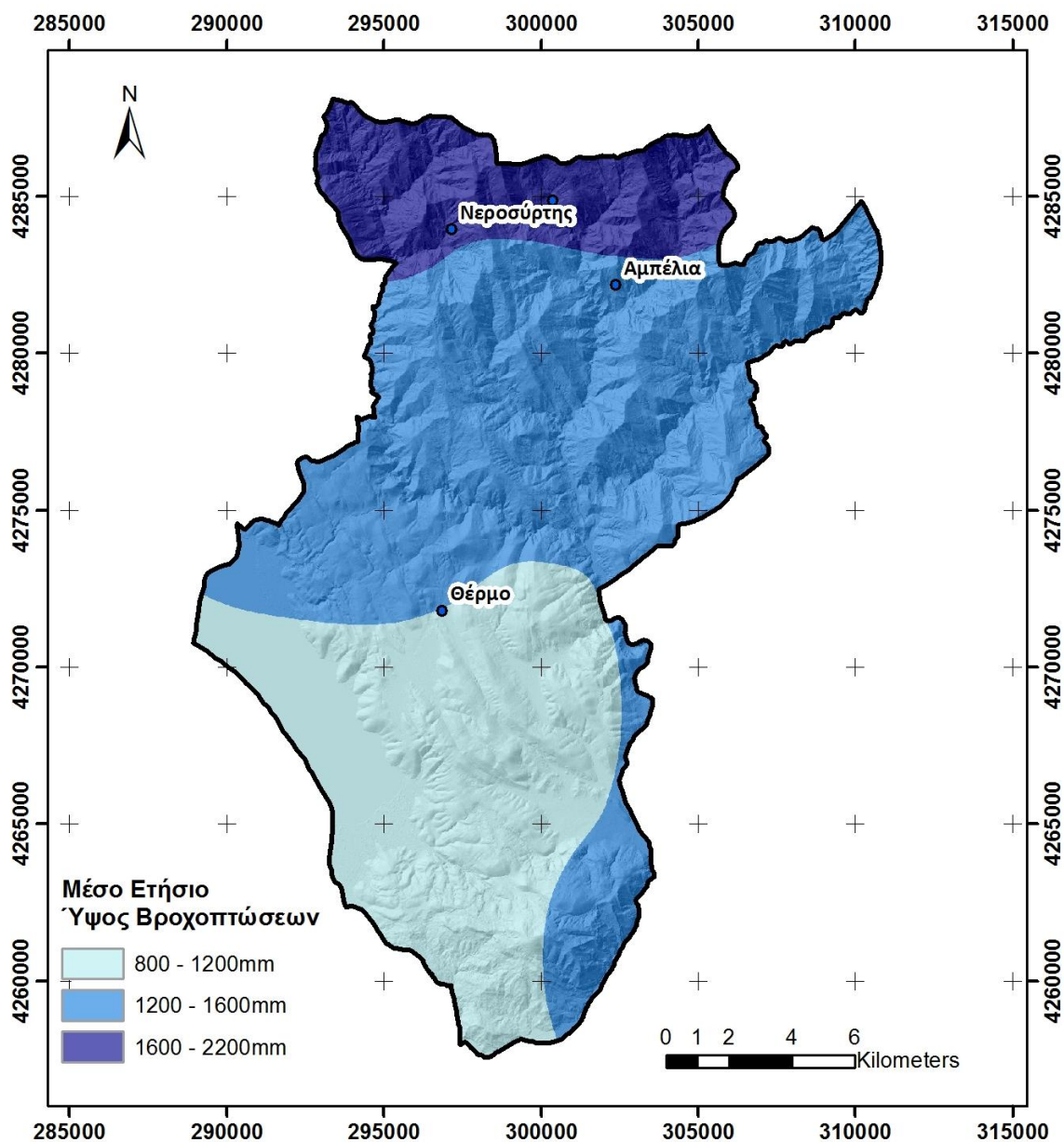
Ο τελικός Θεματικός Χάρτης κατανομής Βροχοπτώσεων παράχθηκε σε μορφή ράστερ με διαστάσεις του μοναδιαίου στοιχείου (cell) 5 x 5m.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΘΕΡΜΟΥ

Δημιουργήθηκαν οι εξής 3 κλάσεις: (1) 800-1200mm (2) 1200-1600mm και (3) 1600-2200mm.

Σχετικά με τη χωρική κατανομή των κλάσεων σημειώνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνει η κλάση 1200-1600mm (51,32%) ενώ οι υπόλοιπες κλάσεις μετέχουν στη δόμηση της περιοχής με ποσοστό 14,00% έως 34,68%.

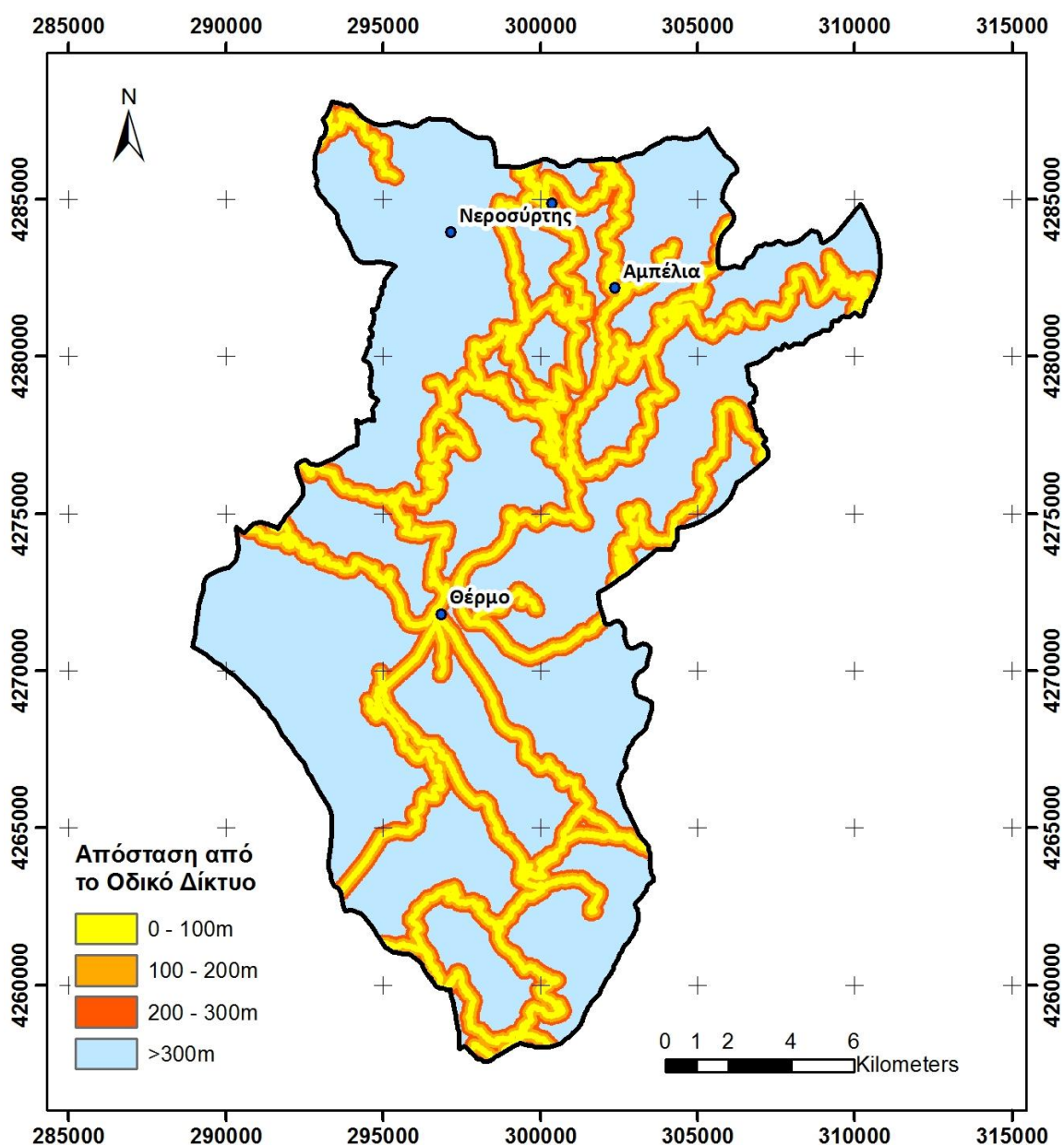
Λεπτομερέστερα στοιχεία καθώς και στατιστική ανάλυση του εξεταζόμενου ΘΕΠ παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 6.3.2.8 .



Σχήμα 5.10: Θεματικό Επίπεδο Πληροφορίας "Μέσο Ετήσιο Ύψος Βροχοπτώσεων".

5.3.9 Θεματικός Χάρτης Οδικού Δικτύου

Ανθρωπογενείς επεμβάσεις, όπως η κατασκευή δρόμων, επηρεάζουν την ευστάθεια των πρανών. Η κατασκευή ενός δρόμου μπορεί να μεταβάλλει τις συνθήκες ευστάθειας ενός πρανού με διάφορους τρόπους. Εργασίες υποσκαφής στον πόδα ενός πρανού έχουν ως αποτέλεσμα αφαίρεσης της υποστήριξης και αύξησης της διατμητικής τάσης του υπό μελέτη πρανού. Επιφορτίσεις με επιχώματα ανάντη του πρανού συμβάλουν αντίστοιχα στη μεταβολή του γεωτεχνικού καθεστώτος με αύξηση της διατμητικής τάσης. Τέλος, σημειώνεται το ενδεχόμενο μείωσης της διατμητικής αντοχής του υπό μελέτη πρανού λόγω εισροής υδάτων στη μάζα του πρανού λόγω κακής διευθέτησης των απορροών.



Σχήμα 5.11: Θεματικό Επίπεδο Πληροφορίας "Απόσταση από το Οδικό Δίκτυο".

Η προετοιμασία του ΘΕΠ Απόσταση από το οδικό δίκτυο στηρίχθηκε σε ψηφιακά δεδομένα που λήφθηκαν από το openstreetmap.org. Τα δεδομένα λήφθηκαν σε αρχείο .shp με τεθλασμένες γραμμές (polylines). Συνεκτιμώντας την εμπειρία των ειδικών και τη διαθέσιμη βιβλιογραφία εκτιμήθηκαν ζώνες επιρροής, αποστάσεις από το οδικό δίκτυο. Το τελικό ΘΕΠ παράχθηκε σε μορφή ράστερ με διαστάσεις του μοναδιαίου στοιχείου (cell) 5 x 5m.

Δημιουργήθηκαν οι εξής 4 κλάσεις: (1) 0-100m, (2) 100-200m, (3) 200-300m και (4) >300m.

Σχετικά με τη χωρική κατανομή των κλάσεων σημειώνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνει η κλάση > 300m (64,32%) ενώ οι υπόλοιπες κλάσεις μετέχουν στη δόμηση της περιοχής με ποσοστό 9,64% έως 14,64%.

Λεπτομερέστερα στοιχεία καθώς και στατιστική ανάλυση του εξεταζόμενου ΘΕΠ παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 6.3.2.9 .

5.3.10 Θεματικός Χάρτης Χρήσεων Γης

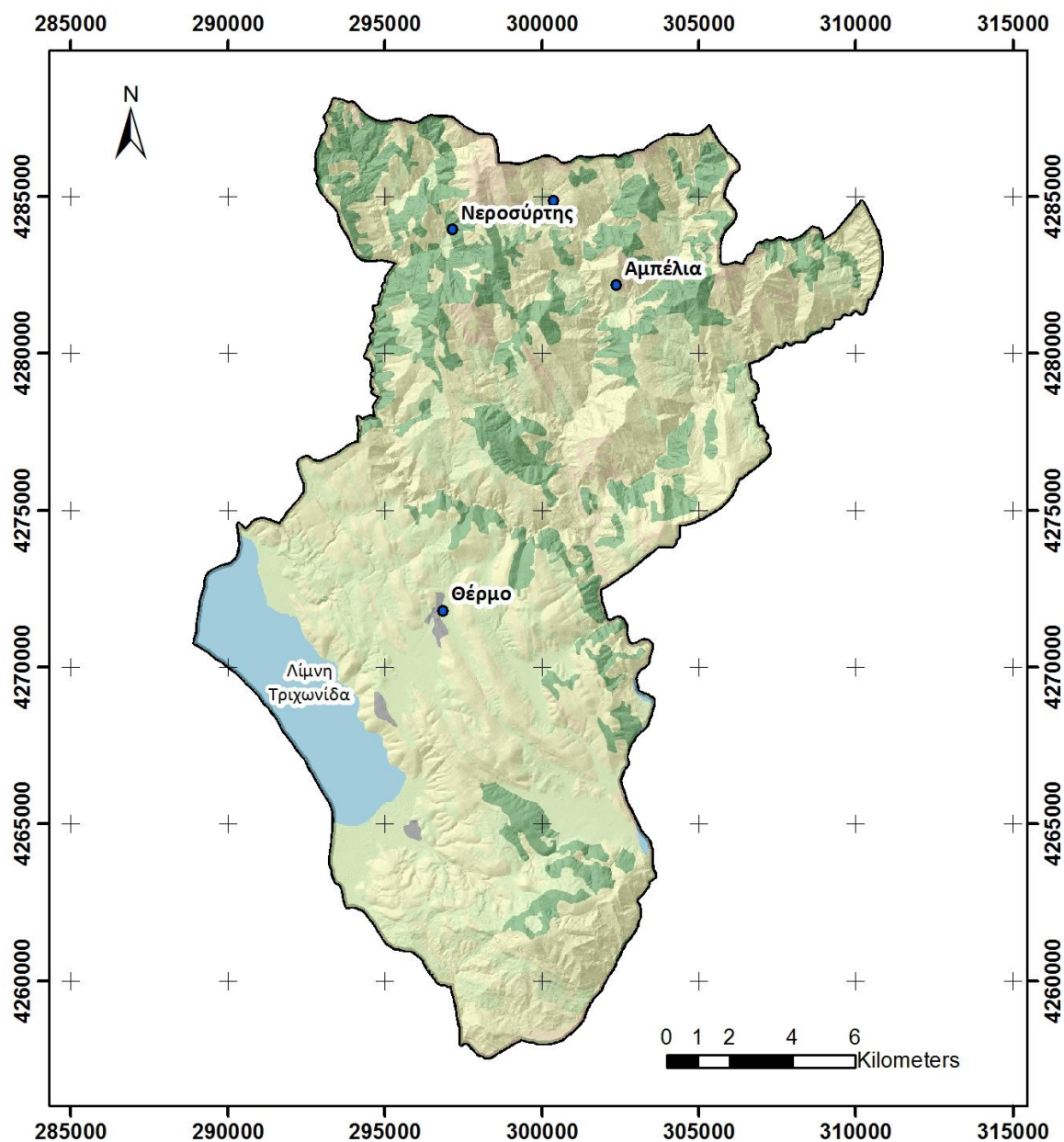
Οι χρήσεις γης και κατ' επέκταση το είδος βλάστησης ενός πρανούς επηρεάζει το φαινόμενο της κατολίσθησης (Φερεντίνου & Χαλκιάς, 2012). Για την προετοιμασία του ΘΕΠ χρήσεις γης λήφθηκαν δεδομένα σε πολυγωνική μορφή από το πρόγραμμα CORINE 2000. Ο τελικός Θεματικός Χάρτης χρήσεων γης παράχθηκε σε μορφή ράστερ με διαστάσεις του μοναδιαίου στοιχείου (cell) 5 x 5m.

Συνεκτιμώντας τη γνώση των ειδικών και τη διαθέσιμη βιβλιογραφία δημιουργήθηκαν οι εξής 7 ζώνες χρήσης γης: (1) Τεχνητές επιφάνειες/ Αστ. Ιστός, (2) Γεωργικές περιοχές, (3) Δάση, (4) Συνδυασμοί θαμνώδους ή/και ποώδους βλάστησης, (5) Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση, (6) Υγρότοποι και (7) Υδάτινες επιφάνειες.

Σημειώνεται πως το συγκεκριμένο ΘΕΠ χρήσεις γης δεν χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή του Χάρτη Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας, Οι χρήσεις γης λήφθηκαν έμμεσα στη δημιουργία του συγκεκριμένου χάρτη μέσω του συντελεστή CTI όπως αναλύθηκε στην παράγραφο 5.3.4 .

Σχετικά με τη χωρική κατανομή των κλάσεων σημειώνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνει η κλάση “Συνδυασμοί θαμνώδους ή/και ποώδους βλάστησης” (47,89%) ενώ οι υπόλοιπες κλάσεις μετέχουν στη δόμηση της περιοχής με ποσοστό 0,0% έως 23,21%.

Λεπτομερέστερα στοιχεία καθώς και στατιστική ανάλυση του εξεταζόμενου ΘΕΠ παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 6.3.2.10 .



Χρήσεις Γης - Υπόμνημα

	Τεχνητές επιφάνειες/ Αστ. Ιστός		Συνδυασμοί θαμνώδους ή/και ποώδους βλάστησης
	Γεωργικές περιοχές		Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση
	Δάση		Υγρότοποι
	Υδάτινες επιφάνειες		

Σχήμα 5.12:Θεματικό Επίπεδο Πληροφορίας “Χρήσεις Γης”.

5.3.11 Θεματικός Χάρτης απογραφής κατολισθητικών φαινομένων

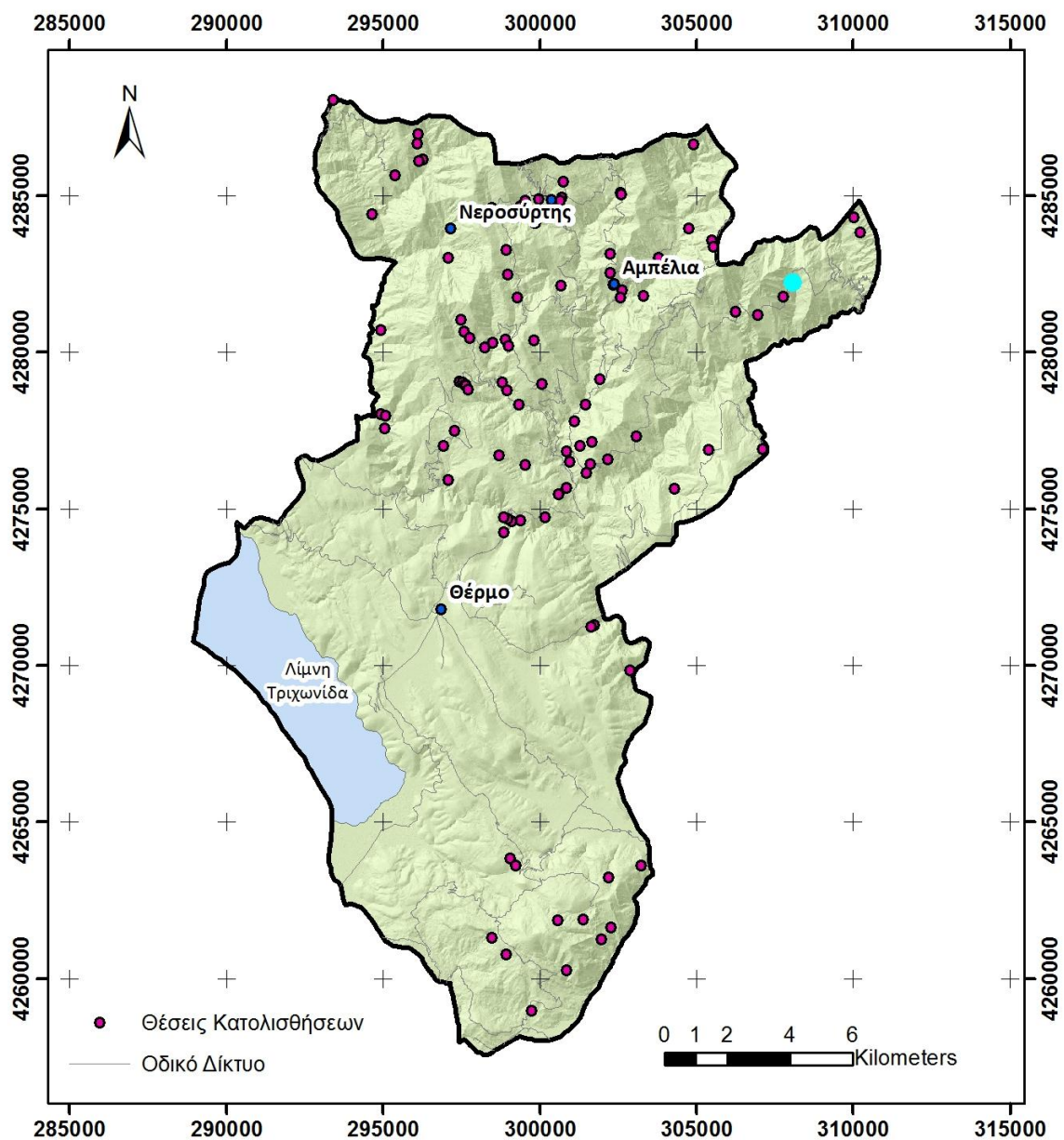
Το υπό μελέτη ΘΕΠ περιλαμβάνει δεδομένα από 108 θέσεις καταγεγραμμένων κατολισθήσεων στην περιοχή έρευνας. Σημειώνεται πως, 35 από τις θέσεις αυτές αναγνωρίστηκαν σε επιτόπια

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΘΕΡΜΟΥ

έρευνα στην περιοχή μελέτης. Λεπτομέρειες σχετικά με αυτές τις θέσεις κατολισθήσεων παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 4.2 .

Ο υπόλοιπες θέσεις κατολισθήσεων προέκυψαν έπειτα από μελέτη και αξιολόγηση διαθέσιμων βιβλιογραφικών δεδομένων, τεχνικών κειμένων και επισκόπηση της περιοχής μελέτης σε δορυφορική εικόνα Google Earth.

Οι καταγεγραμμένες θέσεις ψηφιοποιήθηκαν σε περιβάλλον GIS. Παρατηρείται ότι μεγάλο τμήμα των κατολισθήσεων εντοπίζεται πλησίον του οδικού δικτύου της εξεταζόμενης περιοχής. Συσσώρευση κατολισθητικών φαινομένων παρατηρείται στο βόρειο και στο νοτιότερο τμήμα της περιοχής έρευνας. Το παρόν ΘΕΠ χρησιμοποιήθηκε στην αξιολόγηση του Χάρτη Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας του Δήμου Θέρμου.



Σχήμα 5.13: Θεματικό Επίπεδο Πληροφορίας “Απογραφή Κατολισθητικών Φαινομένων”.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

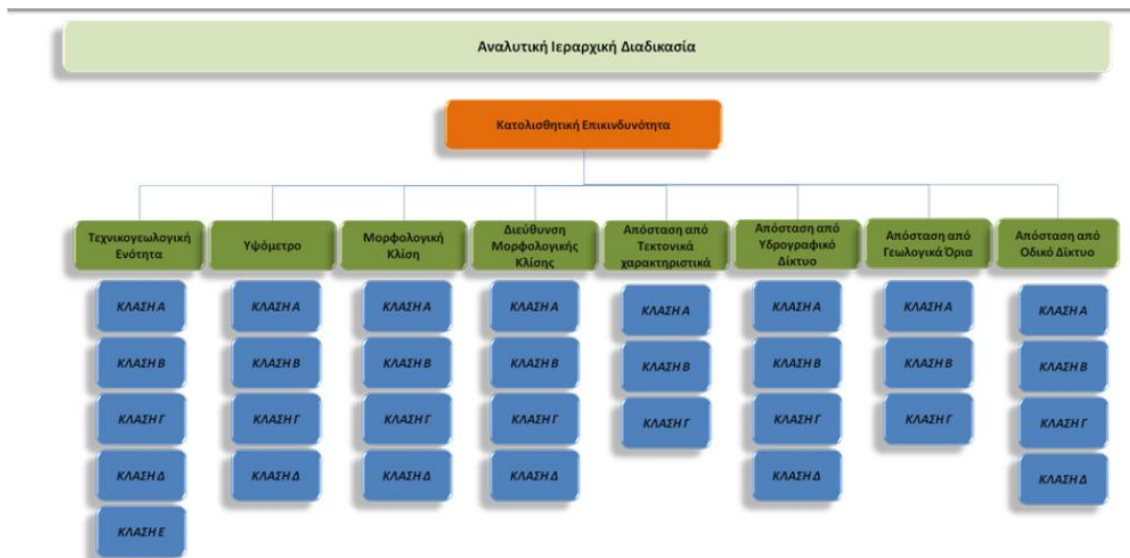
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Στο παρόν κεφάλαιο υπολογίζεται ο δείκτης κατολισθητικής επιδεκτικότητας στην επιλεγμένη περιοχή μελέτης. Αναπτύσσεται η μέθοδος της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (ΑΗΡ) βάσει της οποίας προσδιορίστηκε ο υπό εξέταση δείκτης. Στη συνέχεια ακολουθεί στατιστική ανάλυση των παραγόμενων θεματικών επιπέδων που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 5.3

6.1 Υπολογισμός δείκτη Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας

6.1.1 Μεθοδολογία ΑΗΡ

Η αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (ΑΗΡ) αναπτύχθηκε από τον Thomas Saaty στα τέλη της δεκαετίας του '70 (Saaty 1980, Τσαγγαράτος 2012). Η μέθοδος σχεδιάστηκε για να βοηθήσει επιφορτισμένους με τη λήψη αποφάσεων να συνδυάζουν ποιοτικά και ποσοτικά κριτήρια. Έχει εφαρμοστεί σε θέματα βιομηχανίας, οικολογίας περιβαλλοντικά αλλά και θέματα εκτίμησης κινδύνου (Φερεντίνου & Χαλκιάς, 2012).



Σχήμα 6.1: Διάρθρωση του υπό εξέταση προβλήματος σε ιεραρχικά επίπεδα (Τσαγγαράτος, 2012).

Μέσω της μεθόδου ΑΗΡ δίνεται η δυνατότητα ιεράρχησης ενός προβλήματος σε επίπεδα, υπό-προβλήματα, τα οποία μπορούν πιο εύκολα να κατανοηθούν και να αξιολογηθούν ποιοτικά. Η

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

ποιοτική αξιολόγηση που λαμβάνουν τα επιμέρους επίπεδα στη συνέχεια εκφράζεται σε αριθμητική κλίμακα. Στόχος είναι η εξαγωγή προτεραιοτήτων, ή βαθμολογιών, και τελικά η κατάταξη των επιπέδων ως προς την σημαντικότητα τους σε σχέση με το υπό μελέτη πρόβλημα.

Η εφαρμογή της μεθόδου αναλύεται σε έξι βήματα (Saaty 2008, Naumann 1998, Tsaggaratos 2012, Φερεντίνου & Χαλκιάς, 2012):

1. Αποδόμηση του προβλήματος και δημιουργία ιεραρχικής δομής. Το πρόβλημα της κατολισθητικής επιδεκτικότητας λαμβάνει μια ιεραρχική δομή μορφής δέντρου. Στην κορυφή του δέντρου κατατάσσεται ο στόχος (προσδιορισμός κατολισθητικής επιδεκτικότητας), ο οποίος αναλύεται σε πρώτο επίπεδο στους παράγοντες εκδήλωσης κατολίθωσης και σε δεύτερο επίπεδο στις επιμέρους κλάσεις κάθε παράγοντα.
2. Συνεκτιμώντας τη γνώση των ειδικών, κάθε στοιχείο του προβλήματος συγκρίνεται κατά ζεύγη βάση μιας κλίμακας σύγκρισης ως προς το βαθμό προτίμησης του ενός έναντι του άλλου. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για όλες τις μεταβλητές του προβλήματος καθώς και για τις κλάσεις κάθε παραμέτρου.
3. Τα αποτελέσματα των συγκρίσεων οργανώνονται σε μητρώα. Τα διαγώνια στοιχεία των παραγόμενων πινάκων λαμβάνουν τη τιμή 1. Σημειώνεται πως ένα υπό μελέτη κριτήριο της σειράς i όταν είναι πιο σπουδαίο από ένα κριτήριο της σειράς j το αντίστοιχο κελί σύγκρισης λαμβάνει τιμή μεγαλύτερη του 1 ενώ σε αντίθετη λαμβάνει τιμή μικρότερη της μονάδας.
4. Υπολογίζονται τα σχετικά βάρη και οι σχετικές προτεραιότητες κάθε μεταβλητής καθώς και των επιμέρους κλάσεων μέσω των συγκρινόμενων πινάκων.
5. Ελέγχεται η ποιότητα του πίνακα συγκρίσεων μέσω του δείκτη συνέπειας CI . Ο δείκτης συνέπειας εκφράζεται από τη σχέση:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

όπου, λ_{max} , η μέγιστη ιδιοτιμή, στοιχείου της Γραμμικής Άλγεβρας και n ο αριθμός των κλάσεων ή μεταβλητών που εξετάζονται αντίστοιχα.

Ένα ακόμα μέτρο ποιότητας αποτελεί ο λόγος της συνέπειας (CR), ο οποίος εκφράζεται από τη σχέση

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

όπου, CI , ο δείκτης συνέπειας και RI ο Τυχαίος Δείκτης Συνέπειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Ο Τυχαίος Δείκτης Συνέπειας RI (*Random Consistency Index*), προκύπτει ως η μέση τιμή των δεικτών συνέπειας, από τυχαία δημιουργημένους πίνακες συγκρίσεως, διαφόρων διαστάσεων, που ακολουθούν την κλίμακα 1/9, 1/8, ..., 1, ..., 8, 9.

Αν ο λόγος συνέπειας CR είναι μεγαλύτερος από 0.10, τότε ο πίνακας θεωρείται ασυνεπής και θα πρέπει να αναπροσαρμοστούν οι τιμές συγκρίσεις του σχετικού πίνακα

6. Το τελικό αποτέλεσμα του δείκτη κατολισθητικής επιδεκτικότητας υπολογίζεται από τον τύπο (μέθοδος Weighted Linear Combination – WLC):

$$LSI = \sum_{j=1}^n W_j W_{ij}$$

Όπου: W_j ο συντελεστής βαρύτητας κάθε παράγοντα (μεταβλητής), W_{ij} ο συντελεστής βαρύτητας της κλάσης i στην παράμετρο j και n ο αριθμός των παραμέτρων.

Εφαρμόζοντας την παραπάνω διαδικασία προκύπτει το μητρώο συντελεστή βαρύτητας των επιλεγμένων μεταβλητών, παραγόντων, κατολισθητικής επιδεκτικότητας (Πίνακας 6.3).

Πίνακας 6.1: Κλίμακα συγκρίσεων, Saaty 1986 (από Τσαγγαράτος, 2012).

Τιμή	Ορισμός	Εξήγηση
1	Ίση σπουδαιότητα	Και οι δύο παράγοντες συμβάλλουν εξίσου στον στόχο ή το κριτήριο.
3	Μικρή σπουδαιότητα ενός σε σχέση με άλλον	Η πείρα και η κρίση ευνοούν ελαφρώς τον έναν παράγοντα σε σχέση με τον άλλον.
5	Βασική ή μεγάλη σπουδαιότητα	Η πείρα και η κρίση ευνοούν σαφώς τον έναν παράγοντα σε σχέση με τον άλλον.
7	Πολύ ισχυρή ή αποδεδειγμένη σπουδαιότητα	Ένας παράγοντας ευνοείται ιδιαίτερα σε σχέση με έναν άλλον. Η κυριαρχία του αποδεικνύεται στην πράξη.
9	Απόλυτη σπουδαιότητα σε σχέση με άλλον	Τα στοιχεία που ευνοούν έναν παράγοντα είναι αδιαμφισβήτητα.
2,4,6,8	Ενδιάμεσες τιμές	Χρησιμοποιούνται όταν απαιτείται συμβιβασμός.
0	Καμία σχέση	Ο παράγοντας δεν συμβάλλει στον στόχο.

Πίνακας 6.2: Τιμές τυχαίου δείκτη συνέπειας RI, Saaty 1986 (από Τσαγγαράτος, 2012)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Στη συνέχεια βαθμολογούνται οι κλάσεις κάθε μίας από τις 8 υπό εξέταση παραμέτρους ως προς τη μεταξύ τους συμμετοχή σε σχέση με την επίδραση τους στην εκδήλωση κατολισθητικών φαινομένων (Πίνακας 6.4 έως Πίνακας 6.11)

Πίνακας 6.3: Συντελεστές βαρύτητας των μεταβλητών στο υπό εξέταση πρόβλημα.

Συντελεστές βαρύτητας μεταβλητών									
Κλάση	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	W
[1]	1	1/6	1/2	1/7	1/3	1/5	1/4	1/4	0,027
[2]	6	1	5	1/2	5	2	3	2	0,213
[3]	2	1/5	1	1/6	1/2	1/4	1/3	1/4	0,037
[4]	7	2	6	1	4	3	4	4	0,313
[5]	3	1/5	2	1/4	1	1/4	1/2	1/3	0,053
[6]	5	1/2	4	1/3	4	1	4	2	0,169
[7]	4	1/3	3	1/4	2	1/4	1	1	0,084
[8]	4	1/2	4	1/4	3	1/2	1	1	0,104
Σύνολο:									1,000
Έλεγχος ποιότητας πίνακα συγκρίσεων							λmax	CI	CR
							8,373	0,053	0,038

Παράμετροι: [1] Προσανατολισμός πρανών, [2] Μορφολογική κλίση, [3] Σύνθετος δείκτης τοπογραφικής υγρασίας CTI, [4] Ενοποιημένοι γεωλογικοί σχηματισμοί, [5] Απόσταση από τα τεκτονικά όρια, [6] Απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο, [7] Μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης, [8] Απόσταση από το οδικό δίκτυο

Πίνακας 6.4: Εφαρμογή Ιεραρχικής Διαδικασίας Απόφασης στις κλάσεις της παραμέτρου Προσανατολισμός πρανών.

Προσανατολισμός Πρανών - Βαθμολόγηση									
Κλάση	Degrees	[1]	[2]	[3]	[4]	W			
[1] NNW to ENE	337,5 67,5	1	1/2	1/3	1/5	0,084			
[2] ENE to SSE	67,5 157,5	2	1	1/2	1/4	0,138			
[3] SSE to SSW WNW to NNW	157,5 202,5 292,5 337,5	3	2	1	1/3	0,232			
[4] SSW to WNW	202,5 292,5	5	4	3	1	0,546			
Σύνολο:						1,000			
Έλεγχος ποιότητας πίνακα συγκρίσεων							λmax	CI	CR
							4,051	0,017	0,019

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Πίνακας 6.5: Εφαρμογή Ιεραρχικής Διαδικασίας Απόφασης στις κλάσεις της παραμέτρου Μορφολογική κλίση.

Μορφολογική κλίση - Βαθμολόγηση						
Κλάση	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	W
[1] 0° - 15°	1	1/3	1/5	1/7	1/4	0,047
[2] 15° - 30°	3	1	1/2	1/4	1/2	0,111
[3] 30° - 45°	5	2	1	1/3	1/2	0,175
[4] 45° - 60°	7	4	3	1	2	0,431
[5] 60° - 90°	4	2	2	1/2	1	0,237
Σύνολο:						1,000
Έλεγχος ποιότητας πίνακα συγκρίσεων				λmax	CI	CR
				5,107	0,027	0,024

Πίνακας 6.6: Εφαρμογή Ιεραρχικής Διαδικασίας Απόφασης στις κλάσεις της παραμέτρου Σύνθετος δείκτης τοπογραφικής υγρασίας CTI.

Σύνθετος δείκτης τοπογραφικής υγρασίας CTI - Βαθμολόγηση				
Κλάση	[1]	[2]	[3]	W
[1] 0,65-5,70	1	3	5	0,637
[2] 5,70-9,57	1/3	1	3	0,258
[3] 9,57-20,43	1/5	1/3	1	0,105
Σύνολο:				1,000
Έλεγχος ποιότητας πίνακα συγκρίσεων		λmax	CI	CR
		3,039	0,019	0,033

Πίνακας 6.7: Εφαρμογή Ιεραρχικής Διαδικασίας Απόφασης στις κλάσεις της παραμέτρου Ενοποιημένοι γεωλογικοί σχηματισμοί.

Ενοποιημένοι γεωλογικοί σχηματισμοί - Βαθμολόγηση									
Κλάση	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	W	
[1] Ιουρασικό (Ασβεστόλιθοι)	1	1/3	1/3	3	1/5	1/4	1/5	0,050	
[2] Ανώτ. Ιουρασικό - Ανώτ. Κρητιδικό (Κερατόλιθοι και πρώτος φλύσσης)	3	1	1/2	4	1/3	1/2	1/3	0,095	
[3] Σενώνιο – Ανώτ. Κρητιδικό (Ασβεστόλιθοι)	3	2	1	7	1/2	1/2	1/2	0,142	
[4] Τριαδικό (Ασβεστόλιθοι)	1/3	1/4	1/7	1	1/7	1/4	1/7	0,028	
[5] Μαιστρίχτιο – Ηώκαινο (Φλύσσης)	5	3	2	7	1	2	1	0,259	
[6] Τεταρτογενές	4	2	2	4	1/2	1	1/2	0,168	
[7] Φλύσσης Γαβρόβου	5	3	2	7	1	2	1	0,259	
Σύνολο:								1,000	
Έλεγχος ποιότητας πίνακα συγκρίσεων					λmax	CI	CR		
					7,219	0,037	0,028		

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Πίνακας 6.8: Εφαρμογή Ιεραρχικής Διαδικασίας Απόφασης στις κλάσεις της παραμέτρου Απόσταση από τα τεκτονικά όρια.

Απόσταση από τα τεκτονικά όρια - Βαθμολόγηση					
Κλάση		[1]	[2]	[3]	W
[1]	0-250m	1	3	5	0,637
[2]	250-500m	1/3	1	3	0,258
[3]	>500m	1/5	1/3	1	0,105
Σύνολο:					1,000
Έλεγχος ποιότητας πίνακα συγκρίσεων			λmax	CI	CR
			3,039	0,019	0,033

Πίνακας 6.9: Εφαρμογή Ιεραρχικής Διαδικασίας Απόφασης στις κλάσεις της παραμέτρου Απόσταση από το Υδρογραφικό Δίκτυο.

Απόσταση από το Υδρογραφικό Δίκτυο - Βαθμολόγηση						
Κλάση		[1]	[2]	[3]	[4]	W
[1]	0 - 100m	1	3	6	8	0,580
[2]	100 - 200m	1/3	1	3	7	0,268
[3]	200 - 300m	1/6	1/3	1	3	0,105
[4]	> 300m	1/8	1/7	1/3	1	0,047
Σύνολο:					1,000	
Έλεγχος ποιότητας πίνακα συγκρίσεων			λmax	CI	CR	
			4,115	0,038	0,043	

Πίνακας 6.10: Εφαρμογή Ιεραρχικής Διαδικασίας Απόφασης στις κλάσεις της παραμέτρου Μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης.

Μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης - Βαθμολόγηση					
Κλάση		[1]	[2]	[3]	W
[1]	800-1200mm	1	1/5	1/7	0,075
[2]	1200-1600mm	5	1	1/2	0,333
[3]	1600-2200mm	7	2	1	0,592
Σύνολο:					1,000
Έλεγχος ποιότητας πίνακα συγκρίσεων			λmax	CI	CR
			3,014	0,007	0,012

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Πίνακας 6.11: Εφαρμογή Ιεραρχικής Διαδικασίας Απόφασης στις κλάσεις της παραμέτρου Απόσταση από το Οδικό Δίκτυο.

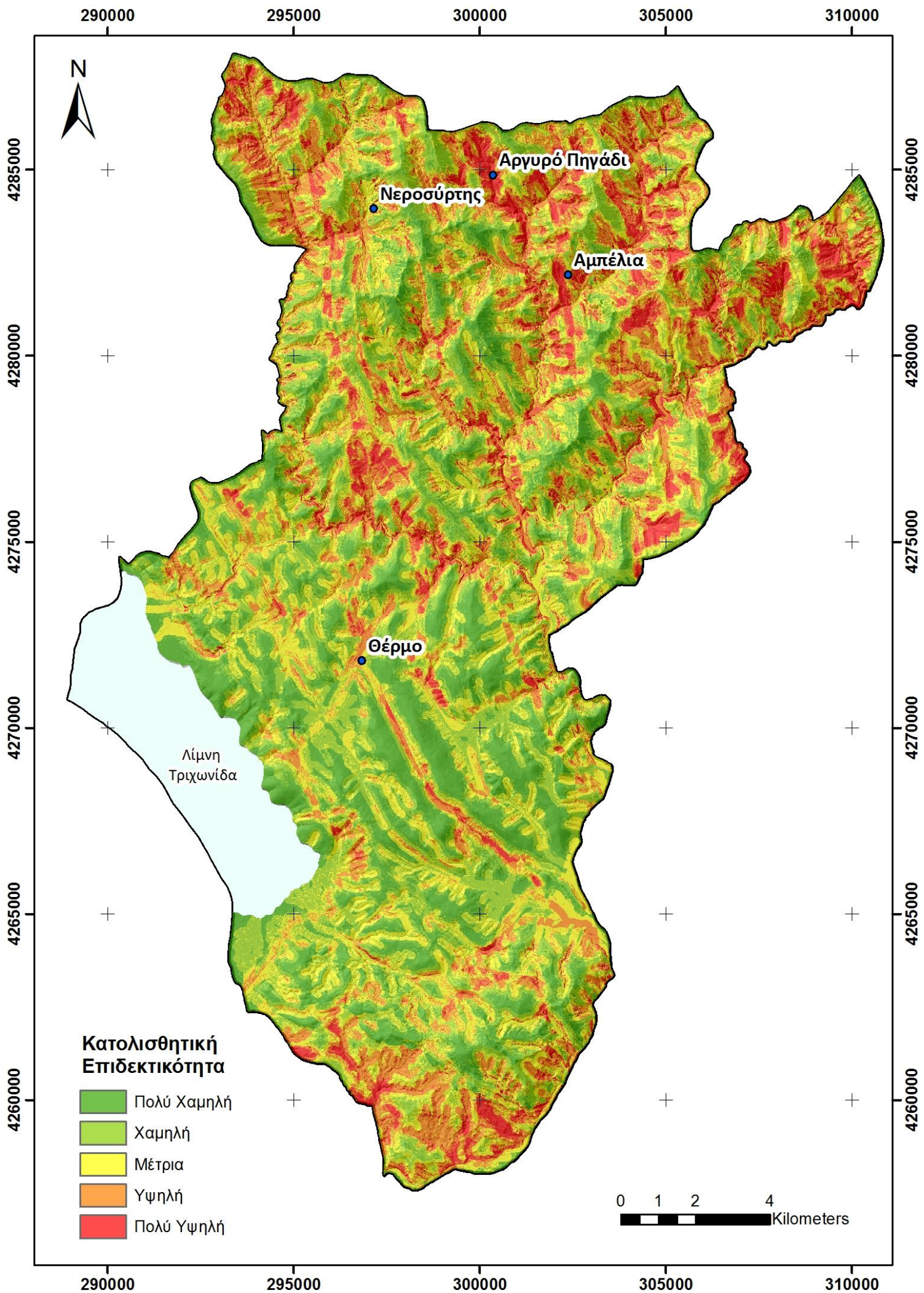
Απόσταση από το Οδικό Δίκτυο - Βαθμολόγηση						
Κλάση		[1]	[2]	[3]	[4]	W
[1]	0-100m	1	3	4	6	0,559
[2]	100-200m	1/3	1	2	3	0,228
[3]	200-300m	1/4	1/2	1	2	0,135
[4]	>300m	1/6	1/3	1/2	1	0,078
Σύνολο:						1,000
Έλεγχος ποιότητας πίνακα συγκρίσεων				λmax	CI	CR
				4,031	0,010	0,011

Αξιολογώντας τα αποτελέσματα του γενικού πίνακα συγκρίσεων παραγόντων, η σημαντικότερη παράμετρος ως προς την κατολισθητική επιδεκτικότητα είναι οι (ενοποιημένοι) **Γεωλογικοί σχηματισμοί** (31,3%). Στη συνέχεια κατά φθίνουσα σειρά σημαντικότητας εκτιμήθηκαν οι παράμετροι **Μορφολογική κλίση** (21,3%), **Απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο** (16,9%), **Απόσταση από το οδικό δίκτυο** (10,4%), **Μέσο ετήσιο ύψος βροχής** (8,4%), **Απόσταση από τα τεκτονικά όρια** (5,3%), **Σύνθετος δείκτης τοπογραφικής υγρασίας CTI** (3,7%) και **Προσανατολισμός πρανών** (2,7%).

6.2 Χάρτης Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας

Παρουσιάζεται ο Χάρτης κατολισθητικής επιδεκτικότητας στο Δήμο Θέρμου. Μέσω της μεθόδου WLC υπολογίστηκε μια συνεχής επιφάνεια με εύρος τιμών κατολισθητικής επιδεκτικότητας από 0,065 έως 0,424. Για την εξαγωγή στατιστικών αποτελεσμάτων κατηγοριοποιείται ο παραγόμενος χάρτης σε κλάσεις κατολισθητικής επιδεκτικότητας. Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε η σύνταξη χάρτη κατολισθητικής επιδεκτικότητας σε 5 κλάσεις με την εξής διαβάθμιση: Πολύ χαμηλή, Χαμηλή, Μέτρια, Υψηλή, Πολύ υψηλή. Η ομαδοποίηση των κλάσεων πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο φυσικών διακοπών (natural breaks).

Το εμβαδόν της περιοχής μελέτης που βρίσκεται στην Πολύ Χαμηλή κλάση υπολογίστηκε 16,09%. Αντίστοιχα, στη Χαμηλή κλάση το εμβαδόν της περιοχής μελέτης υπολογίστηκε ίσο με 26,37%, στη Μέτρια κλάση υπολογίστηκε 27,30%, στην Υψηλή κλάση υπολογίστηκε 21,15% και στην Πολύ Υψηλή υπολογίστηκε 9,10% (Πίνακας 6.12).



Σχήμα 6.2: Χάρτης κατολισθητικής επιδεκτικότητας στο Δήμο Θέρμου (Κλίμακα 1: 125.000).

Μέσω της μεθόδου AHP, υπολογίστηκε συγκέντρωση περιοχών με μεγάλο βαθμό κατολισθητικής επιδεκτικότητας στο βόρειο και στο νοτιότερο τμήμα της εξεταζόμενης περιοχής. Οι περιοχές που σημειώνουν μεγάλες τιμές κατολισθητικής επιδεκτικότητας ανήκουν στο ορεινό τμήμα του δήμου. Χαμηλές τιμές κατολισθητικής επιδεκτικότητας καταγράφονται στα πιο πεδινά τμήματα. Κατά τόπους εντοπίζονται περιοχές, σε χαμηλά υψόμετρα του δήμου, που σημειώνουν μεγάλο βαθμό κατολισθητικής επιδεκτικότητας. Αυτό οφείλεται στο συνδυασμό παραμέτρων που δρουν στις υπό εξέταση περιοχές (πχ. υδρογραφικό δίκτυο, εγγύτητα σε τεκτονικά όρια γεωλογικοί σχηματισμοί κλπ).

Πίνακας 6.12: Αποτελέσματα εφαρμογής του μοντέλου πρόβλεψης AHP στην περιοχή μελέτης.

Κλάση Επιδεκτικότητας	Συχνότητα Κατολισθήσεων	Εμβαδόν Κλάσης	Σχετική Συχνότητα Κατολισθήσεων
Πολύ Χαμηλή	2,78%	16,09%	2,33%
Χαμηλή	6,48%	26,37%	3,32%
Μέτρια	12,96%	27,30%	6,41%
Υψηλή	32,41%	21,15%	20,68%
Πολύ Υψηλή	45,37%	9,10%	67,26%

6.3 Αξιολόγηση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων

Στο παρόν κεφάλαιο, αξιολογείται η ποιότητα του Χάρτη Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας. Πρόκειται για ένα σημαντικό στάδιο στην παραγωγή του προαναφερθέντος χάρτη και την επικύρωση των αποτελεσμάτων. Η αξιολόγηση της κατολισθητικής επιδεκτικότητας, που υπολογίστηκε με το μοντέλο πρόβλεψης AHP, πραγματοποιήθηκε με χρήση του μοντέλου Καμπύλων ROC (Receiver Operating Characteristic) ή Καμπύλων Λειτουργικού Χαρακτηριστικού Δείκτη (Βαλάντη, 2011).

6.3.1 Καμπύλες ROC

Σύμφωνα με εργασίες των Fawcett (2006), Pourghasemi et al (2012), Τσαγγαράτος (2012) και Βαλάντη (2011), οι καμπύλες ROC αποτελούν χρήσιμη τεχνική για την οργάνωση, επιλογή και απεικόνιση ταξινομητών με βάση τη γραφική τους παράσταση. Χρησιμοποιούνται ευρέως στη Διαγνωστική Ιατρική ενώ πρόσφατα έχουν υιοθετηθεί στους τομείς της Μηχανικής μάθησης και στην εξόρυξη δεδομένων.

Οι καμπύλες ROC έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στη θεωρία λήψης σημάτων για την εύρεση του ορίου της ορθής λήψης σήματος (hit rate) και εσφαλμένου συναγερμού (false alarm rates) ενός ταξινομητή (δέκτη).

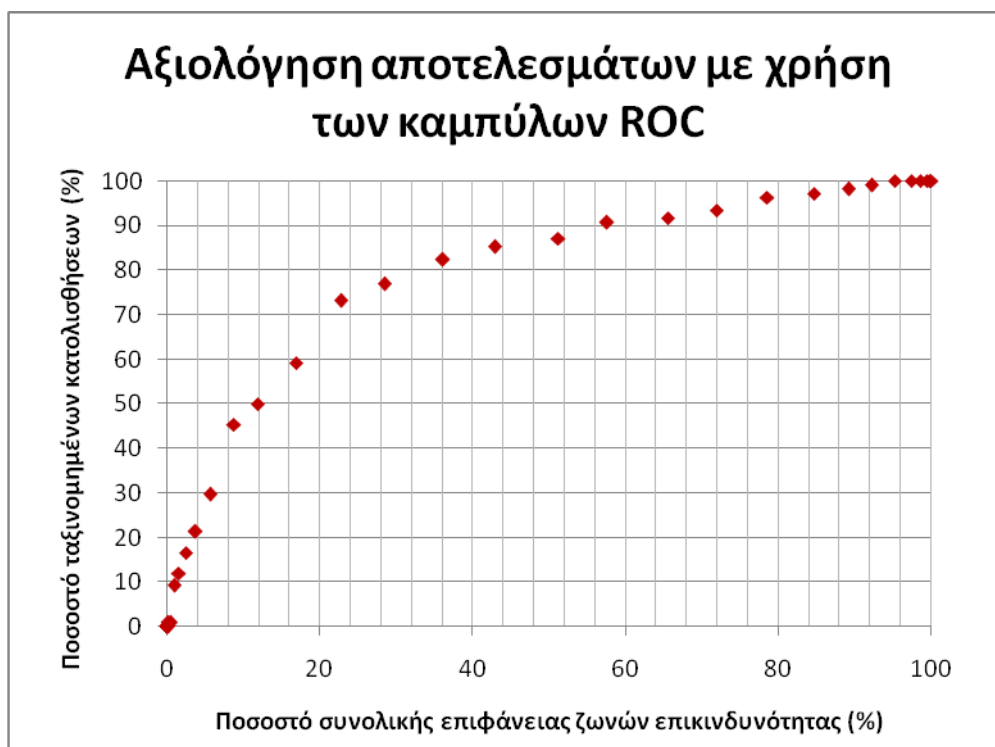
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Όπως αναφέρθηκε οι καμπύλες ROC έχουν ευρεία εφαρμογή στο τομέα διαγνωστικής ιατρικής, καθώς αποτελούν χρήσιμο εργαλείο για τη λήψη ιατρικών αποφάσεων στα προβλήματα που ανακύπτουν. Εκτός από τον τομέα της ιατρικής, η χρησιμότητα των καμπυλών ROC επεκτάθηκε και προσαρμόστηκε και σε άλλες επιστήμες όπως η Ψυχολογία, Πληροφορική, η Ραδιολογία, η Μετεωρολογία και η Οικονομία.

Στην παρούσα Μ.Δ.Ε για την αξιολόγηση του μοντέλου πρόβλεψης χρησιμοποιήθηκε ο πίνακας σύγχυσης (confusion matrix) σχετικά με την πραγματική και την προβλεπόμενη ταξινόμηση που πραγματοποιήθηκε για το σύνολο των δεδομένων (Τσαγγαράτος, 2012).

Σε περίπτωση που οι καταγεγραμμένες θέσεις αστοχίας είναι σε περιοχές υψηλής και πολύ επικινδυνότητας, ο ταξινομητής τις καταγράφει ως αληθείς. Όσο οι καταγεγραμμένες θέσεις εντοπίζονται στη μέτρια προς χαμηλή έως πολύ χαμηλή ζώνη, ο ταξινομητής της καταγράφει ως ψευδείς τιμές. Σημειώνεται πως το σημείο (0,1) αναπαριστά την τελεία ταξινόμηση ενώ το σημείο (1,1) ότι όλες οι τιμές του δείγματος είχαν δεχτεί ως χαρακτηρισμό την τιμή αληθές.

Το ποσοστό επιτυχίας του μοντέλου είναι 78,3% δηλαδή από τις 108 θέσεις κατολισθήσεων οι 80 θέσεις κατηγοριοποιήθηκαν σωστά. Η επιτυχία του μοντέλου στις καμπύλες ROC υπολογίζεται ως το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη διαχωριστικού ορίου (cut-off value). Σημειώνεται ότι εμβαδόν της τάξης του 0,5 έως 1 δηλώνει την επιτυχία του ταξινομητή (good fit). Τιμές κάτω από 0,5 δηλώνουν τυχαία ταξινόμηση (random fit), (Poughasemi et al, 2012). Στη συγκεκριμένη περίπτωση (78,3%) ο ο ταξινομητής θεωρείται επιτυχής.



Σχήμα 6.3: Αξιολόγηση του μοντέλου πρόβλεψης ΑΗΡ με χρήση των καμπυλών ROC.

6.3.2 Στατιστική ανάλυση των θεματικών επιπέδων πληροφορίας

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρατίθεται στοιχεία από την στατιστική ανάλυση και επεξεργασία των διαθέσιμων θεματικών επιπέδων πληροφορίας που αναπτύχθηκαν στο κεφάλαιο 5.3 Παρουσιάζονται στοιχεία αναφορικά με τη συχνότητα και σχετική συχνότητα καταγραφής κατολισθήσεων σε σχέση με τους υπό εξέταση παράγοντες κατολίσθησης. Στοιχεία που διερευνούν τη συσχέτιση των θεματικών επιπέδων πληροφορίας (ανά δύο) παρουσιάζονται επιπλέον με τη μορφή πινάκων και διαγραμμάτων.

6.3.2.1 Υψόμετρο περιοχής μελέτης

Παρουσιάζεται η συχνότητα και η σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με το υψόμετρο της περιοχής μελέτης (Πίνακας 6.13 και Σχήμα 6.4). Μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις “υψόμετρο”: 800-1100m (36,11%), 400-800m (22,22%), 0-400m (14,81%), >1100m (13,89%) και στην κλάση 600-800m (12,96%). Λαμβάνοντας υπόψη τη σχετική συχνότητα (συχνότητα εμφάνισης προς ποσοστό έκτασης για κάθε κλάση υψομετρικής διαβάθμισης), μεγαλύτερο ποσοστό κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις 800-1100m (37,61%), >1100m (19,18%), 400-600m (16,96%), 600-800m (16,80%) και στην κλάση 0-400m (9,45%).

Παρατηρείται ότι το **μεγαλύτερο ποσοστό των κατολισθήσεων** καταγράφηκε στην κλάση **800-1100m (36,11%)**. Η κλάση 400-800m παρουσιάζει στη συνέχεια μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης κατολισθήσεων με τιμή 22,22%. Οι υπόλοιπες κλάσεις 0-400m, 600-800m & >1100m παρουσιάζουν ποσοστό εμφάνισης κατολισθήσεων της τάξης του 14,00%. Μεγαλύτερο ποσοστό **σχετικής συχνότητας εμφάνισης κατολισθήσεων** παρουσιάζεται επίσης στην κλάση **800-1100m (37,61%)**. Η κλάση >1100m παρουσιάζει στη συνέχεια μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης κατολισθήσεων με τιμή 19,18%. Τέλος, από την κλάση 0-400m μέχρι την κλάση 600-800m παρουσιάζεται αύξηση του ποσοστού σχετικής συχνότητας καταγεγραμμένων κατολισθήσεων.

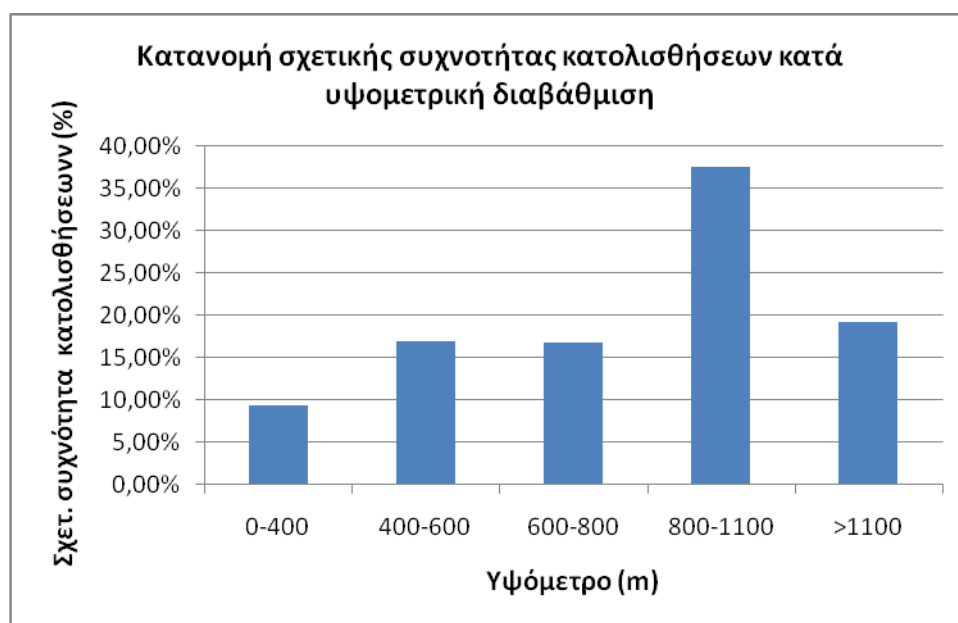
Σημειώνεται πως με την αύξηση του υψομέτρου, μέχρι τα 1100m, το ποσοστό σχετικής συχνότητας καταγεγραμμένων κατολισθήσεων αυξάνεται ενώ σε μεγαλύτερα υψόμετρα >1100m παρουσιάζεται μείωση του ποσοστού σχετικής συχνότητας εμφάνισης κατολισθήσεων. Αυτό οφείλεται στο ότι σε μεγαλύτερα υψόμετρα στην περιοχή μελέτης, απαντώνται βραχώδεις-ισχυροτεροι σχηματισμοί. Επιπλέον, σε πολύ μεγάλα υψόμετρα δεν παρουσιάζεται οικιστική ανάπτυξη. Λόγω των επιπτώσεων που έχουν οι κατολισθήσεις στον ανθρώπινο πληθυσμό, η έρευνα, επιτόπια ή από βιβλιογραφία ή άλλες μέθοδοι, προσανατολίζεται στην αναγνώριση κατολισθήσεων πλησίον οικιστικής διάθρωσης ή οδικών έργων.

Τέλος, σημειώνεται ότι το υψόμετρο αποτελεί σημαντικό έμμεσο παράγοντα εκδήλωσης κατολισθήσεων. Η παραπάνω παράμετρος στον υπολογισμό χάρτη κατολισθητικής επιδεκτικότητας έχει ληφθεί υπόψη μέσω άλλων παραμέτρων, πχ. μορφολογική κλίση και βροχόπτωση. Το υψόμετρο μιας περιοχής μελέτης με την παράμετρο βροχόπτωση παρουσιάζει ισχυρή σύνδεση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Πίνακας 6.13: Συχνότητα και σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με το υψόμετρο της περιοχής μελέτης.

Υψόμετρο (m)	Π1: Συχνότητα Κατολισθήσεων	Π2: Ποσοστό Έκτασης	Π1/Π2	Σχετική Συχνότητα
0-400	14,81%	29,38%	0,504	9,45%
400-600	22,22%	24,57%	0,905	16,96%
600-800	12,96%	14,47%	0,896	16,80%
800-1100	36,11%	18,00%	2,006	37,61%
>1100	13,89%	13,58%	1,023	19,18%
Σύνολο	100,00%	100,00%	5,333	100,00%



Σχήμα 6.4: Κατανομή συχνότητας κατολισθήσεων κατά υψομετρική διαβάθμιση.

6.3.2.2 Προσανατολισμός πρανών

Παρουσιάζεται η συχνότητα και η σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με τον προσανατολισμό των πρανών της περιοχής μελέτης (Πίνακας 6.14 και Σχήμα 6.5). Μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις: SW (25,00%), S (19,44%), SE (17,59%), E (13,89%), W (12,04%), NE (7,41%), NW (3,70%), N (0,93%) και Flat (0,00%). Λαμβάνοντας υπόψη τη σχετική συχνότητα (συχνότητα εμφάνισης προς ποσοστό έκτασης για κάθε κλάση προσανατολισμού πρανών), μεγαλύτερο ποσοστό κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις: S (20,87%), SE (20,36%), SW (19,74%), E (12,40%), W (11,46%), NE (8,33%), NW (5,02%), N (1,82%) και Flat (0,00%).

Παρατηρείται ότι το **μεγαλύτερο ποσοστό των κατολισθήσεων** καταγράφηκε στις κλάσεις με διευθύνσεις **SW (25.00%), S (19,44%) και SE (17,59%)**. Υπολογίζοντας τη **σχετική συχνότητα των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων** κατά κλάσεις, το μεγαλύτερο ποσοστό κατολισθήσεων

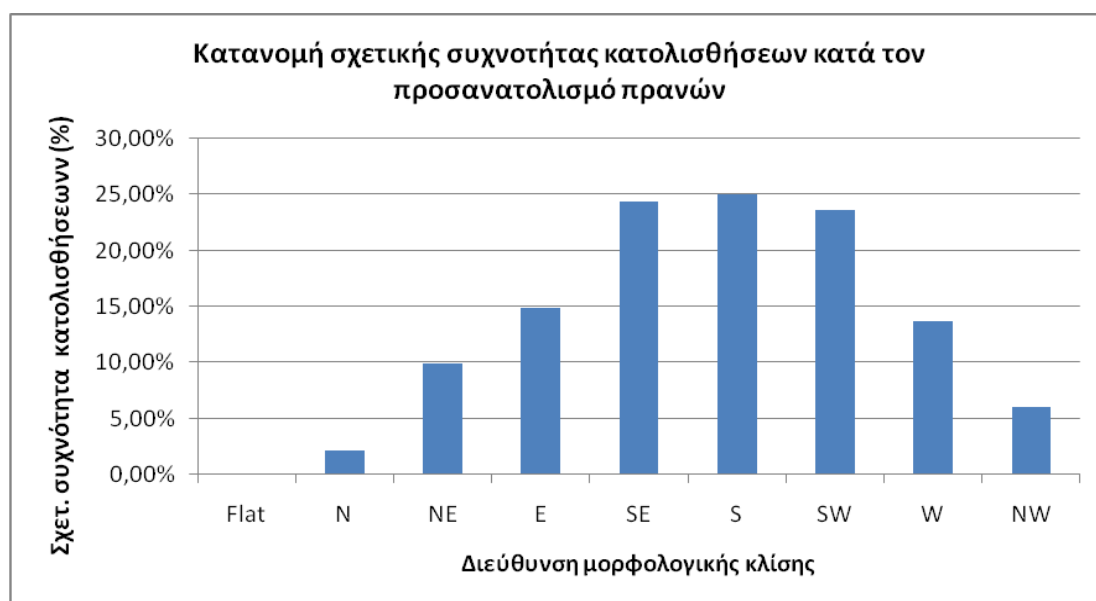
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

καταγράφηκε στις κλάσεις: **S (20,87%), SE (20,36%) και SW (19,74%)**. Στη συνέχεια οι κλάσεις W και E παρουσιάζουν τον το μεγαλύτερο ποσοστό συχνότητας (περ. 13,00%) και σχετικής συχνότητας εμφάνισης κατολισθήσεων (περ. 12,00%).

Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης καθώς και την εμπειρία ειδικών (Ζιούρκας (1989), Τσαγγαράτος (2012), Φερεντίνου & Χαλκιάς (2012)) εκτιμάται πως δυσμενέστερη επίδραση στην εκδήλωση κατολισθήσεων έχει ο προσανατολισμός των πρανών, κατά φθίνουσα σειρά: i) SSW to WNW, ii) SSE to SSW & WNW to NNW, iii) ENE to SSE και iv) NNW to ENE. Η παραπάνω κατηγοριοποίηση χρησιμοποιήθηκε στον υπολογισμό του χάρτη κατολισθητικής επιδεκτικότητας. Λεπτομέρειες σχετικά με τον προσανατολισμό και την παραπάνω ομαδοποίηση παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 5.3.2

Πίνακας 6.14: Συχνότητα και σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με τον προσανατολισμό των πρανών της περιοχής μελέτης.

Προσανατολισμός Πρανών	Degrees		Π1: Συχνότητα Κατολισθήσεων	Π2: Ποσοστό Έκτασης	Π1/Π2	Σχετική Συχνότητα
Flat	-1	-1	0,00%	10,66%	0,000	0,00%
N	337,5	22,5	0,93%	6,17%	0,150	1,82%
NE	0	45	7,41%	10,79%	0,687	8,33%
E	45	90	13,89%	13,58%	1,023	12,40%
SE	90	135	17,59%	10,48%	1,679	20,36%
S	135	180	19,44%	11,30%	1,721	20,87%
SW	180	225	25,00%	15,36%	1,628	19,74%
W	225	270	12,04%	12,73%	0,945	11,46%
NW	270	315	3,70%	8,94%	0,414	5,02%
Σύνολο			100,00%	100,00%	8,247	100,00%



Σχήμα 6.5: Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά τον προσανατολισμό πρανών.

6.3.2.3 Μορφολογική κλίση

Παρουσιάζεται η συχνότητα και η σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με τη μορφολογική κλίση της περιοχής μελέτης (Πίνακας 6.15 και Σχήμα 6.6). Σημειώνεται πως, στον συγκεκριμένο πίνακα δεν λαμβάνονται υπόψη οι υπόλοιποι παράγοντες εκδήλωσης κατολισθήσεων (πχ. γεωλογική ενότητα). Μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις μορφολογικής κλίσης: 30°-45° (40,74%), 45°-60° (31,48%), 15°-30° (19,44%), 0°-15° (8,33) ενώ δεν υπήρξε καταγεγραμμένη κατολισθήση στην κλάση 60°-90°. Λαμβάνοντας υπόψη τη σχετική συχνότητα (συχνότητα εμφάνισης προς ποσοστό έκτασης για κάθε κλάση μορφολογικής κλίσης), μεγαλύτερο ποσοστό κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις 45°-60° (71,57%), 30°-45° (16,60%), 15°-30° (6,91%), 0° -15° (4,93%) ενώ στην κλάση 60°-90° δεν υπήρξε καταγεγραμμένη κατολισθήση.

Παρατηρείται ότι το **μεγαλύτερο ποσοστό σχ. συχνότητας κατολισθήσεων** καταγράφηκε στην κλάση **45°-60° (71,57%)**. Η μέση τιμή των μετρήσεων επίσης καταγράφεται στην κλάση 45°-60° γεγονός που δηλώνει την σημαντικότητα της κλίσης ως παράγοντα εκδήλωσης των κατολισθήσεων. Επιπλέον το ποσοστό εμφάνισης των κατολισθήσεων (σχετική συχνότητα) αυξάνεται από τις κλάσεις 0°-15° μέχρι την κλάση 45°-60° ενώ μειώνεται, μηδενίζεται στη συγκεκριμένη περίπτωση, στην κλάση 60°-90°. Η μεταβολή της σχετικής συχνότητας εμφάνισης κατολισθήσεων κατά κλάση παρουσιάζεται μέσω του λόγου Π1/Π2 (Σχήμα 6.7).

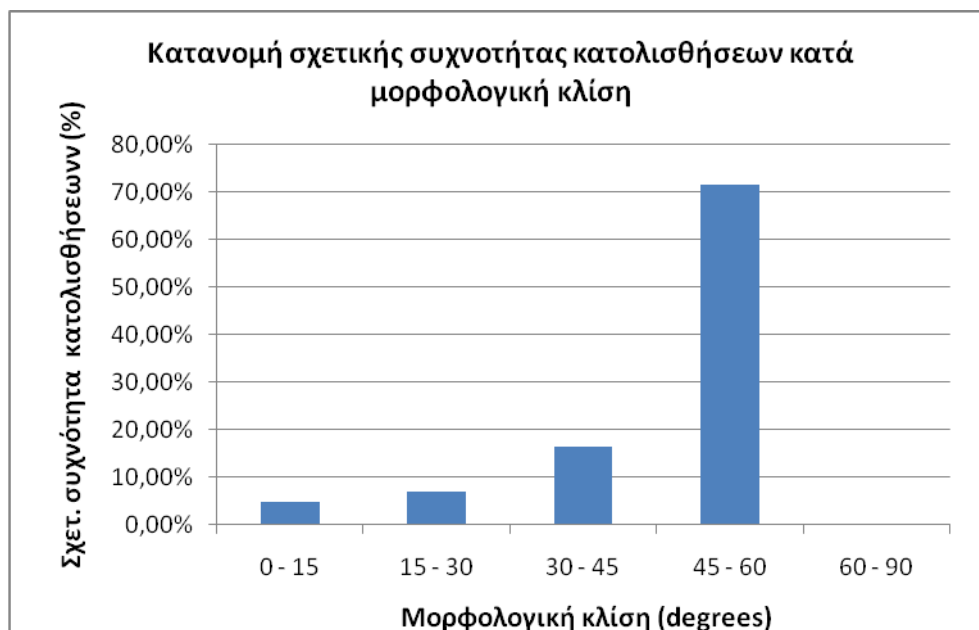
Οι κλάσεις στις οποίες εμφανίζονται οι καταγεγραμμένες κατολισθήσεις σχετίζονται με την έρευνα του πεδίου, τις διαθέσιμες πηγές (πχ. φωτογραφίες, αρχείο δεδομένων κλπ) καθώς και με το είδος των κατολισθήσεων που γίνεται μελέτη (πχ. ερπυστικές, περιστροφικές ολισθήσεις, βραχοπτώσεις κλπ).

Στην κλάση 60°-90° μοίρες δεν εμφανίζονται καταγεγραμμένες κατολισθήσεις. Σε περιοχές με έντονες μορφολογικές κλίσεις δεν παρατηρείται συνήθως οικιστική ανάπτυξη.

Ένα μεγάλο ποσοστό των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων λήφθηκε από δορυφορική εικόνα Google Earth. Σε αυτή την περίπτωση η αναγνώριση κατολισθήσεων στράφηκε σε περιοχές με ανθρώπινη παρουσία οι οποίες κινδυνεύουν από κατολισθήσεις (πχ. οικισμοί, δρόμοι κλπ).

Πίνακας 6.15: Συχνότητα & Σχετική Συχνότητα εμφάνισης κατολισθήσεων κατά μορφολογική κλίση στην περιοχή μελέτης.

Μορφολογική Κλίση (deg)	Π1: Συχνότητα Κατολισθήσεων	Π2: Ποσοστό Έκτασης	Π1/Π2	Σχετική Συχνότητα
0 - 15	8,33%	22,75%	0,366	4,93%
15 - 30	19,44%	37,88%	0,513	6,91%
30 - 45	40,74%	33,03%	1,233	16,60%
45 - 60	31,48%	5,92%	5,318	71,57%
>60	0,00%	0,42%	0,000	0,00%
Σύνολο	100,00%	100,00%	7,431	100,00%



Σχήμα 6.6: Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά μορφολογική κλίση.



Σχήμα 6.7: Μεταβολή σχετ. συχνότητας εμφάνισης κατολισθήσεων μέσω του λόγου Π1/Π2.

6.3.2.4 Σύνθετος Δείκτης Τοπογραφικής Υγρασίας (CTI)

Παρουσιάζεται η συχνότητα και η σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με τον Σύνθετο Δείκτη Τοπογραφικής Υγρασίας (CTI) της περιοχής μελέτης (Πίνακας 6.16 και Σχήμα 6.8). Μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις: 0,65-5,70 (69,44%), 5,70-9,57 (25,00%) και στην κλάση 9,57-20,43 (5,56%). Λαμβάνοντας υπόψη τη σχετική συχνότητα (συχνότητα εμφάνισης προς ποσοστό έκτασης για κάθε κλάση του δείκτη CTI), μεγαλύτερο ποσοστό κατολισθήσεων

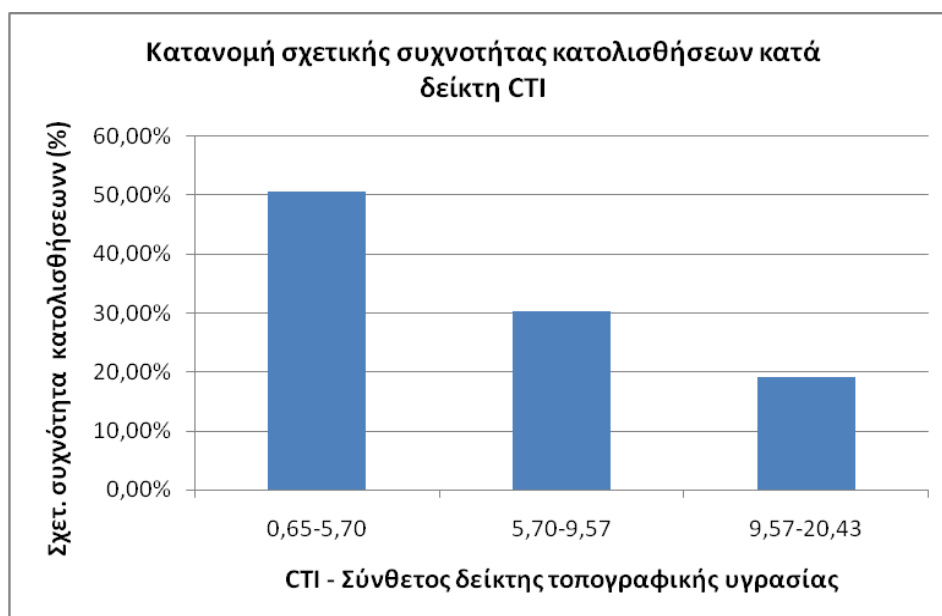
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις 0,65-5,70 (50,56%), 5,70-9,57 (30,28%) και στην κλάση 9,57-20,43 (19,16%)

Παρατηρείται ότι το **μεγαλύτερο ποσοστό των κατολισθήσεων** καταγράφηκε στην **κλάση 0,65-5,70**. Η μέση τιμή των μετρήσεων επίσης καταγράφεται επίσης στην κλάση 0,65-5,70. Επιπλέον το ποσοστό εμφάνισης των κατολισθήσεων (σχετική συχνότητα) μειώνεται από τις κλάσεις 0,65-5,70 μέχρι την κλάση 9,57-20,43. Η υψηλή τιμή των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε περιοχές με χαμηλό δείκτη CTI δηλώνει τη σημαντικότητα του υδάτινου περιβάλλοντος ως παράγοντα εκδήλωσης κατολισθήσεων. Η διαβάθμιση της πληροφορίας που λαμβάνεται από το δείκτη CTI μπορεί να αξιοποιηθεί σε χωρικές αναλύσεις για τη διερεύνηση του δείκτη κατολισθητικής επιδεκτικότητας.

Πίνακας 6.16: Συχνότητα και σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με το σύνθετο Δείκτη Τοπογραφικής Υγρασίας (CTI) της περιοχής μελέτης.

Σύνθετος δείκτης τοπογραφικής υγρασίας (CTI)	Π1: Συχνότητα Κατολισθήσεων	Π2: Ποσοστό Έκτασης	Π1/Π2	Σχετική Συχνότητα
0,65-5,70	69,44%	55,19%	1,258	50,56%
5,70-9,57	25,00%	33,17%	0,754	30,28%
9,57-20,43	5,56%	11,65%	0,477	19,16%
Σύνολο	100,00%	100,00%	7,431	100,00%



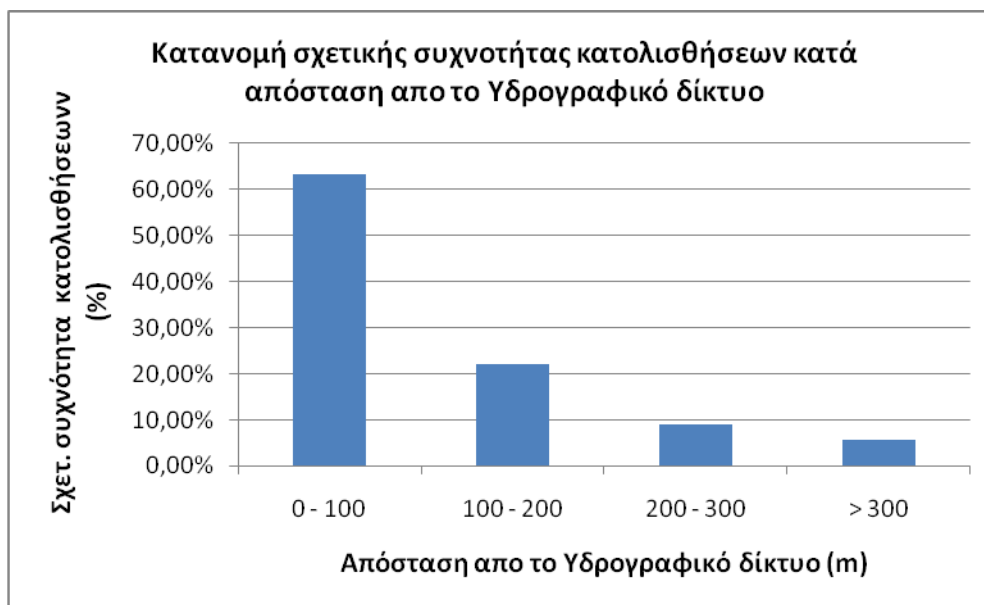
Σχήμα 6.8: Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά δείκτης CTI.

6.3.2.5 Απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο

Παρουσιάζεται η συχνότητα και η σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με την απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης (Πίνακας 6.17 και Σχήμα 6.9). Μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις “απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο”: 0-100m (77,78%), 100-200m (17,59%), 200-300 (3,70%) και στην κλάση >300m (0,93%). Λαμβάνοντας υπόψη τη σχετική συχνότητα (συχνότητα εμφάνισης προς ποσοστό έκτασης για κάθε κλάση απόστασης από το υδρογραφικό δίκτυο), μεγαλύτερο ποσοστό κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις 0-100m (63,43%), 100-200m (21,99%), 200-300 (9,04%) και στην κλάση >300m (5,54%).

Πίνακας 6.17: Συχνότητα και σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με την απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης.

Απόσταση από το Υδρογραφικό δίκτυο (m)	Π1: Συχνότητα Κατολισθήσεων	Π2: Ποσοστό Έκτασης	Π1/Π2	Σχετική Συχνότητα
0 - 100	77,78%	47,11%	1,651	63,43%
100 - 200	17,59%	30,73%	0,572	21,99%
200 - 300	3,70%	15,74%	0,235	9,04%
> 300	0,93%	6,42%	0,144	5,54%
Σύνολο	100,00%	100,00%	2,603	100,00%



Σχήμα 6.9: Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο.

Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των κατολισθήσεων καταγράφηκε στην κλάση 0-100m. Η μέση τιμή των μετρήσεων επίσης καταγράφεται στην κλάση 0-100m. Επιπλέον το ποσοστό εμφάνισης των κατολισθήσεων (σχετική συχνότητα) μειώνεται από τις κλάσεις 0-100m μέχρι την κλάση >300m. Η υψηλή τιμή των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων πλησίον του υδρογραφικού δικτύου δηλώνει τη σημαντικότητα του υδρογραφικού δικτύου ως παράγοντα εκδήλωσης κατολισθήσεων.

6.3.2.6 Ενοποιημένες Γεωλογικές Ενότητες

Παρουσιάζεται η συχνότητα και η σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με τους ενοποιημένους γεωλογικούς σχηματισμούς της περιοχής μελέτης (Πίνακας 6.18 και Σχήμα 6.10). Μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις: Σενώνιο – Ανώτ. Κρητιδικό (Ασβεστόλιθοι) (57,41%), Ανώτ. Ιουρασικό - Ανώτ. Κρητιδικό (Κερατόλιθοι και πρώτος φλύσχος) (25,93%), Μαιστρίχτιο – Ηώκαινο (Φλύσχος) (7,41%), Ιουρασικό (Ασβεστόλιθοι) (6,48%), Φλύσχος Γαβρόβου (2,78%) και στις κλάσεις Τριαδικό (Ασβεστόλιθοι) & Τεταρτογενές (0,00%).

Λαμβάνοντας υπόψη τη σχετική συχνότητα (συχνότητα εμφάνισης προς ποσοστό έκτασης για κάθε κλάση ενοποιημένης γεωλογικής ενότητας), μεγαλύτερο ποσοστό κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις: Ανώτ. Ιουρασικό - Ανώτ. Κρητιδικό (Κερατόλιθοι και πρώτος φλύσχος) (33,76%), Ιουρασικό (Ασβεστόλιθοι) (20,65%), Σενώνιο – Ανώτ. Κρητιδικό (Ασβεστόλιθοι) (18,09%), Μαιστρίχτιο – Ηώκαινο (Φλύσχος) (15,43%), Φλύσχος Γαβρόβου (12,07%) και στις κλάσεις Τριαδικό (Ασβεστόλιθοι) & Τεταρτογενές (0,00%).

Παρατηρείται ότι το **μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης κατολισθήσεων** καταγράφηκε στην κλάση **Σενώνιο – Ανώτ. Κρητιδικό (Ασβεστόλιθοι) (57,41%)**. Δεύτερο μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης κατολισθήσεων καταγράφηκε στη κλάση Ανώτ. Ιουρασικό - Ανώτ. Κρητιδικό (Κερατόλιθοι και πρώτος φλύσχος) (25,93%) ενώ ακολουθούν οι κλάσεις Μαιστρίχτιο – Ηώκαινο (Φλύσχος) & Jurassic Ιουρασικό (Ασβεστόλιθοι) με ποσοστό συχνότητας της τάξης 6% με 8%.

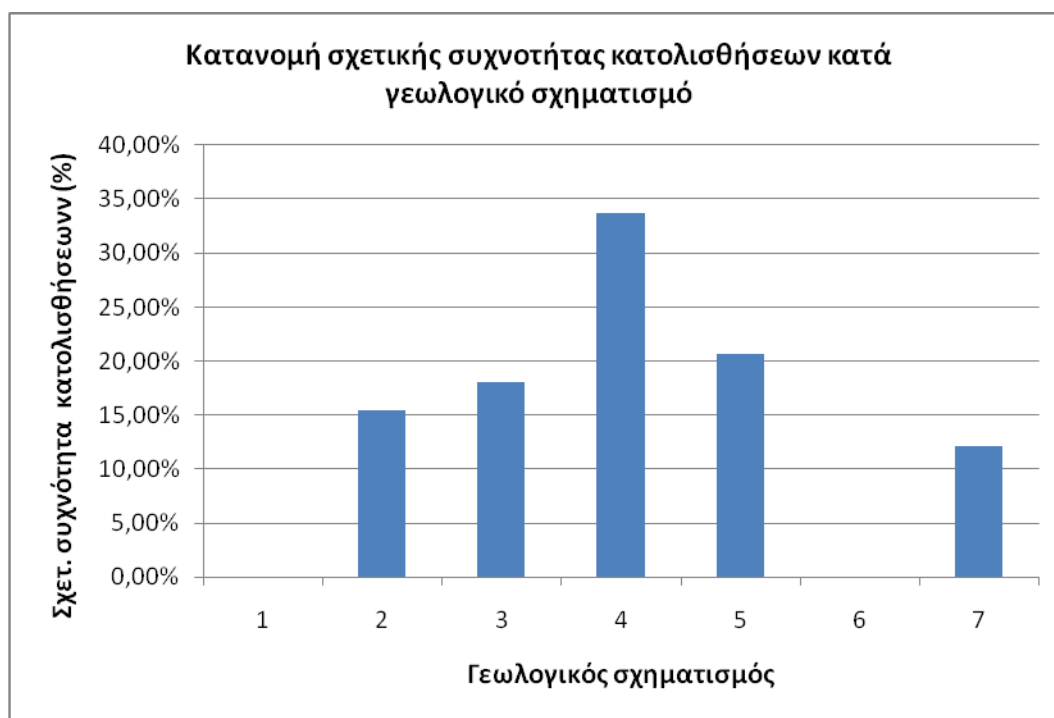
Μεγαλύτερο **ποσοστό σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων** παρατηρήθηκε στην κλάση Ανώτ. **Ιουρασικό - Ανώτ. Κρητιδικό (Κερατόλιθοι και πρώτος φλύσχος) (33,76%)**. Οι κλάσεις Ιουρασικό (Ασβεστόλιθοι) και Σενώνιο – Ανώτ. Κρητιδικό (Ασβεστόλιθοι) παρουσιάζουν στη συνέχεια μεγαλύτερο ποσοστό σχετικής συχνότητας εμφάνισης κατολισθήσεων της τάξης του 19%, ενώ ακολουθούν οι κλάσεις Μαιστρίχτιο – Ηώκαινο (Φλύσχος) και Φλύσχος Γαβρόβου με ποσοστό της τάξης του 13%.

Σημειώνεται ότι οι γεωλογικές ενότητες αποτελούν κρίσιμο παράγοντα εκδήλωσης κατολισθήσεων. Στην κατασκευή χαρτών κατολισθητικής επιδεκτικότητας, η υπό εξέταση παράμετρος λαμβάνεται υπόψη με μεγάλο ποσοστό συμμετοχής, σε συνδυασμό φυσικά με άλλους κρίσιμους παράγοντες (πχ μορφολογική κλίση & απόσταση από τεκτονικά όρια). Στην παρούσα εργασία για τη βαθμολόγηση των ενοποιημένων γεωλογικών ενότητων λήφθηκε υπόψη το αρχείο καταγραφής κατολισθήσεων της περιοχής μελέτης σε συνδυασμό με τη γνώση των ειδικών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Πίνακας 6.18: Συχνότητα και σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με τους ενοποιημένους γεωλογικούς σχηματισμούς της περιοχής μελέτης.

Γεωλογικός σχηματισμός	Π1: Συχνότητα Κατολισθήσεων	Π2: Ποσοστό Έκτασης	Π1/Π2	Σχετική Συχνότητα
1 Τεταρτογενές	0,00%	7,64%	0,000	0,00%
2 Μαιστρίχτιο – Ηώκαινο (Φλύσσης)	7,41%	8,70%	0,852	15,43%
3 Σενώνιο – Ανώτ. Κρητιδικό (Ασβεστόλιθοι)	57,41%	57,49%	0,999	18,09%
4 Ανώτ. Ιουρασικό - Ανώτ. Κρητιδικό (Κερατόλιθοι και πρώτος φλύσσης)	25,93%	13,91%	1,863	33,76%
5 Ιουρασικό (Ασβεστόλιθοι)	6,48%	5,69%	1,140	20,65%
6 Τριαδικό (Ασβεστόλιθοι)	0,00%	2,41%	0,000	0,00%
7 Φλύσσης Γαβρόβου	2,78%	4,17%	0,666	12,07%
Σύνολο		100,00%	5,520	100,00%



Σχήμα 6.10: Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά γεωλογικό σχηματισμό (υπόμνημα στον πίνακα του παρόντος υποκεφαλαίου).

6.3.2.7 Απόσταση από τεκτονικά όρια

Παρουσιάζεται η συχνότητα και η σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με την απόσταση από τα τεκτονικά όρια των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής μελέτης (Πίνακας 6.19 και Σχήμα 6.11). Μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις “απόσταση από τα τεκτονικά όρια”: >500m (56,48%), 0-250m (32,41%) και στην κλάση 250-500 (11,1%). Λαμβάνοντας υπόψη τη σχετική συχνότητα (συχνότητα εμφάνισης προς ποσοστό έκτασης για κάθε κλάση απόστασης από τα τεκτονικά όρια), μεγαλύτερο ποσοστό κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις >500 (41,42%), 0-250m (40,06%) και στην κλάση 250-500 (18,51%).

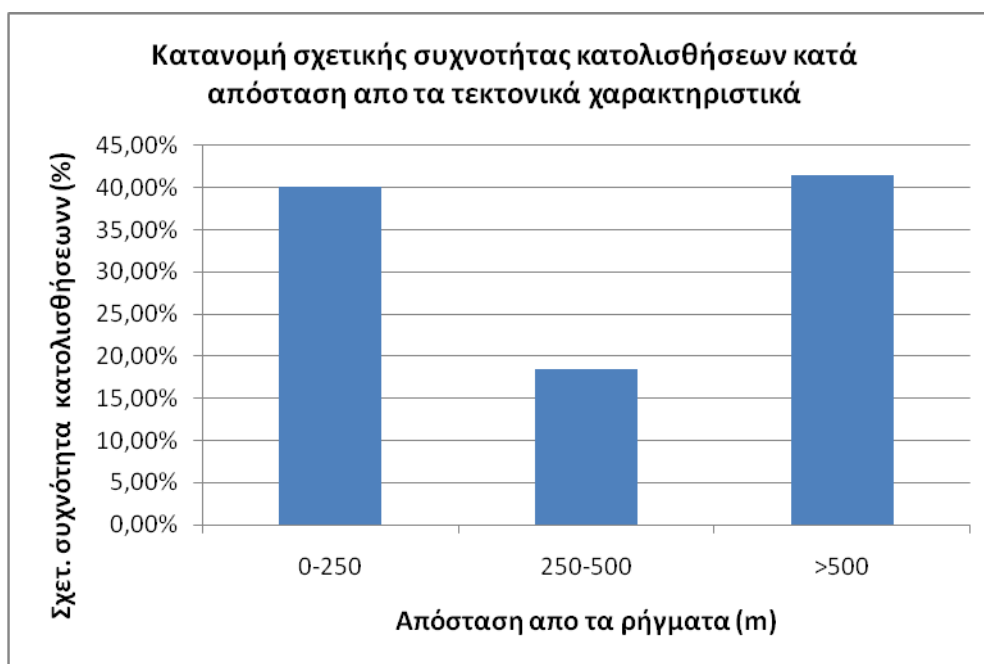
Παρατηρείται ότι το **μεγαλύτερο ποσοστό των κατολισθήσεων** καταγράφηκε στις κλάσεις **>500m (56,48%) και 0-250m (32,41%)**. Αντίστοιχα **μεγαλύτερο ποσοστό σχετικής συχνότητας εμφάνισης** κατολισθήσεων καταγράφηκε επίσης στις **κλάσεις >500m (41,42%) και 0-250m (40,06%)**.

Υψηλή τιμή σχετικής συχνότητας καταγεγραμμένων κατολισθήσεων πλησίον των τεκτονικών ορίων σημειώνεται στην κλάση 0-250m (40,06%). Η τιμή αυτή μειώνεται αρκετά στην κλάση 250-500μ (18,51%) ενώ αυξάνεται αισθητά στην κλάση >500μ (41,42%).

Η υψηλή τιμή των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων πλησίον των τεκτονικών ορίων των υπό εξέταση γεωλογικών σχηματισμών (κλάση 0-250) δηλώνει τη σημαντικότητα του παράγοντα απόσταση από τα τεκτονικά όρια στην εκδήλωση κατολισθήσεων. Κατολισθήσεις πλησίον των τεκτονικών ορίων επηρεάζονται αισθητά από τα τεκτονικά όρια (κλάση 0-250m). Όσο οι υπό εξέταση κατολισθήσεις απομακρύνονται από τα τεκτονικά όρια θεωρείται ότι συμβάλλουν και άλλοι παράγοντες που σχετίζονται με την εκδήλωση κατολισθήσεων και το υψηλό ποσοστό εμφάνισης σχετικής συχνότητας (41,42%).

Πίνακας 6.19: συχνότητα και σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με την απόσταση από τα τεκτονικά όρια των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής μελέτης.

Απόσταση από τα τεκτονικά όρια (m)	Π1: Συχνότητα Κατολισθήσεων	Π2: Ποσοστό Έκτασης	Π1/Π2	Σχετική Συχνότητα
0-250	32,41%	29,17%	1,111	40,06%
250-500	11,11%	21,65%	0,513	18,51%
>500	56,48%	49,18%	1,148	41,42%
Σύνολο		100,00%	2,773	100,00%



Σχήμα 6.11: Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά απόσταση από τα τεκτονικά χαρακτηριστικά.

6.3.2.8 Βροχομετρικά δεδομένα

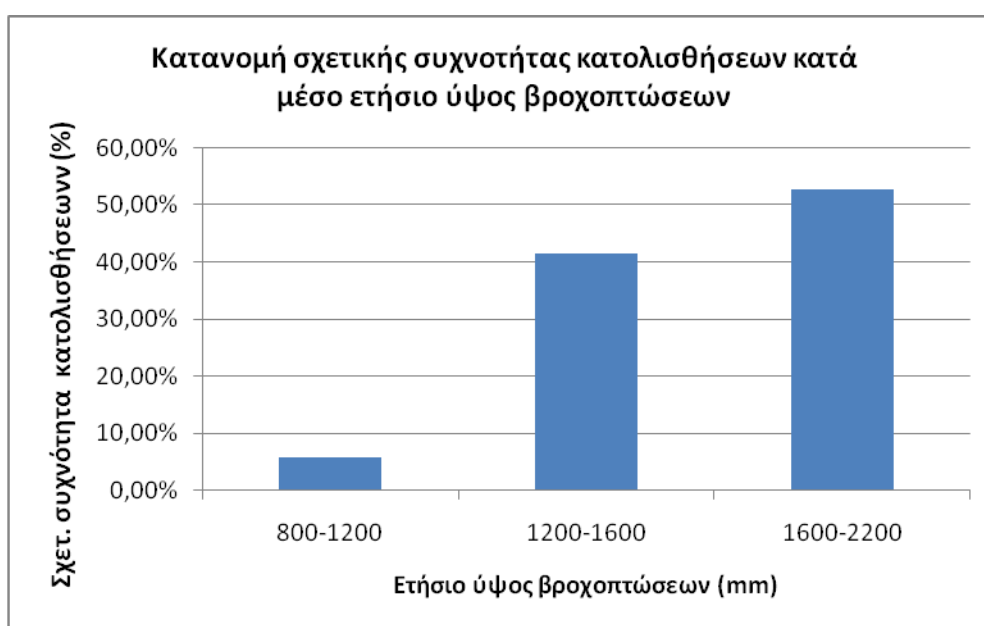
Παρουσιάζεται η συχνότητα και η σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με τη μέση ετήσια βροχόπτωση της περιοχής μελέτης (Πίνακας 6.20 και Σχήμα 6.12). Μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις “ετήσιο ύψος βροχόπτωσης”: 1200-1600mm (69,44%), 1600-2200mm (24,07%) και στην κλάση 800-1200mm (6,48%). Λαμβάνοντας υπόψη τη σχετική συχνότητα (συχνότητα εμφάνισης προς ποσοστό έκτασης για κάθε κλάση απόστασης από το υδρογραφικό δίκτυο), μεγαλύτερο ποσοστό κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις 1600-2200mm (52,76%), 1200-1600mm (42,51%) και στην κλάση 800-1200mm (5,73%).

Παρατηρείται ότι το **μεγαλύτερο ποσοστό των κατολισθήσεων** καταγράφηκε στην **κλάση 1200-1600mm (69,44%)**. Κατά σειρά, το δεύτερο μεγαλύτερο ποσοστό κατολισθήσεων καταγράφεται στην κλάση 1600-2200mm (24,07%). **Λαμβάνοντας υπόψη το ποσοστό έκτασης της κάθε κλάσης, η κλάση 1600-2200m** παρουσιάζει πλέον **μεγαλύτερο ποσοστό κατολισθήσεων (52,76%)** ενώ στην κλάση 1200-1600mm λόγω μεγάλης έκτασης το ποσοστό των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων μειώνεται στο 41,51%. Η κλάση 800-1200mm παρουσιάζει το μικρότερο ποσοστό συχνότητας και σχετικής συχνότητας εμφάνισης κατολισθήσεων με τιμές 6,48% και 5,73% αντίστοιχα.

Παρατηρείται η σημαντικότητα της βροχόπτωσης ως παραμέτρου εκδήλωσης κατολισθήσεων. Υψηλότερα ποσοστά καταγραφής κατολισθήσεων εντοπίζονται σε περιοχές με μεγαλύτερο ύψος βροχόπτωσης, το οποίο είναι και αναμενόμενο. Σημειώνεται ότι το ύψος βροχόπτωσης αρκετές φορές εκτός από αίτιο-παράγοντα κατολίθησης έχει το ρόλο και εναυσματικού παράγοντα κατολίθησης.

Πίνακας 6.20: Συχνότητα και σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με τη μέση ετήσια βροχοπτώση της περιοχής μελέτης.

Ετήσιο ύψος βροχής (m)	Π1: Συχνότητα Κατολισθήσεων	Π2: Ποσοστό Έκτασης	Π1/Π2	Σχετική Συχνότητα
800-1200	6,48%	34,68%	0,187	5,73%
1200-1600	69,44%	51,32%	1,353	41,51%
1600-2200	24,07%	14,00%	1,720	52,76%
Σύνολο	100,00%	100,00%	7,431	100,00%



Σχήμα 6.12: Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά μέσο ετήσιο ύψος βροχοπτώσεων.

6.3.2.9 Απόσταση από το οδικό δίκτυο

Παρουσιάζεται η συχνότητα και η σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με την απόσταση από το οδικό δίκτυο της περιοχής μελέτης (Πίνακας 6.21 και Σχήμα 6.13). Μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις “απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο”: 0-100m (36,11%), >300m (31,48%), 200-300m (16,67%) και στην κλάση 100-200m (15,74%). Λαμβάνοντας υπόψη τη σχετική συχνότητα (συχνότητα εμφάνισης προς ποσοστό έκτασης για κάθε κλάση απόστασης από το οδικό δίκτυο), μεγαλύτερο ποσοστό κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις 0-100m (40,67%), 200-300m (28,50%), 100-200 (22,77%) και στην κλάση >300m (8,07%).

Παρατηρείται ότι το **μεγαλύτερο ποσοστό των κατολισθήσεων** καταγράφηκε στην **κλάση 0-100m (36.11%)**. Αντίστοιχης τάξης ποσοστό κατολισθήσεων καταγράφεται στην κλάση >300m (31.48%). **Λαμβάνοντας υπόψη το ποσοστό έκτασης** της κάθε κλάσης (buffer zones), η **κλάση 0-100m παρουσιάζει πάλι μεγαλύτερο ποσοστό κατολισθήσεων (40,67%)** ενώ στην κλάση >300m

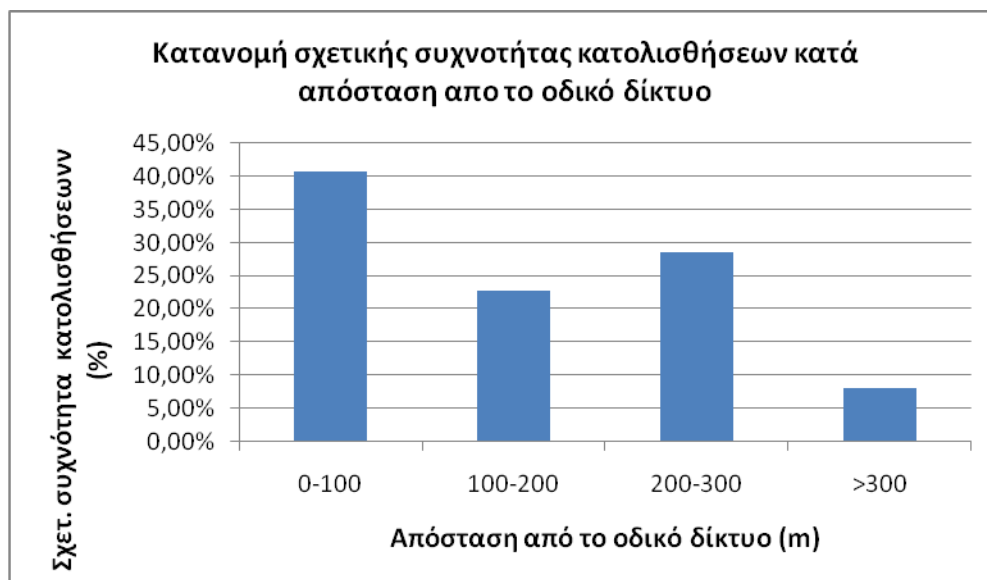
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

λόγω μεγάλης έκτασης το ποσοστό των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων περιορίζεται σημαντικά στο 8,07%. Οι κλάσεις 100-200m και 200-300m παρουσιάζουν ποσοστά σχετικής συχνότητας εμφάνισης κατολισθήσεων ίδιας τάξης μεγέθους και συγκεκριμένα 22,77% και 28,50%.

Παρατηρείται ότι απόσταση από το οδικό δίκτυο, συγκεκριμένα μέχρι 100m, επηρεάζει σημαντικά το φαινόμενο εκδήλωσης κατολισθήσεων. Σε αποστάσεις μεγαλύτερες των 100m υπάρχουν και παράγοντες περισσότερο κρίσιμοι που πρέπει να ληφθούν για την εκδήλωση κατολισθήσεων.

Πίνακας 6.21: Συχνότητα και σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με την απόσταση από το οδικό δίκτυο της περιοχής μελέτης.

Απόσταση από το οδικό δίκτυο (m)	Π1: Συχνότητα Κατολισθήσεων	Π2: Ποσοστό Έκτασης	Π1/Π2	Σχετική Συχνότητα
0-100	36,11%	14,64%	2,467	40,67%
100-200	15,74%	11,40%	1,381	22,77%
200-300	16,67%	9,64%	1,728	28,50%
>300	31,48%	64,32%	0,489	8,07%
Σύνολο		100,00%	6,066	100,00%



Σχήμα 6.13: Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά απόσταση από το οδικό δίκτυο.

6.3.2.10 Χρήσεις γης

Παρουσιάζεται η συχνότητα και η σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με τις χρήσεις γης της περιοχής μελέτης (Πίνακας 6.22 και Σχήμα 6.14). Μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις: Συνδυασμοί θαμνώδους ή/και ποώδους βλάστησης (60,19%), Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση (15,74%), Γεωργικές περιοχές (12,96%), Δάση (11,11%) ενώ οι κλάσεις Τεχνητές επιφάνειες/ Αστ. Ιστός, Υγρότοποι και Υδάτινες επιφάνειες παρουσιάζουν μηδενικό ποσοστό εμφάνισης κατολισθήσεων. Λαμβάνοντας υπόψη τη σχετική συχνότητα (συχνότητα εμφάνισης προς ποσοστό έκτασης για κάθε χρήση γης), μεγαλύτερο ποσοστό κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις: Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση (65,59%), Συνδυασμοί θαμνώδους ή/και ποώδους βλάστησης (17,88%), Δάση (8,58%), Γεωργικές περιοχές (7,95%) ενώ οι κλάσεις Τεχνητές επιφάνειες/ Αστ. Ιστός, Υγρότοποι και Υδάτινες επιφάνειες παρουσιάζουν μηδενικό ποσοστό σχετικής συχνότητας εμφάνισης κατολισθήσεων.

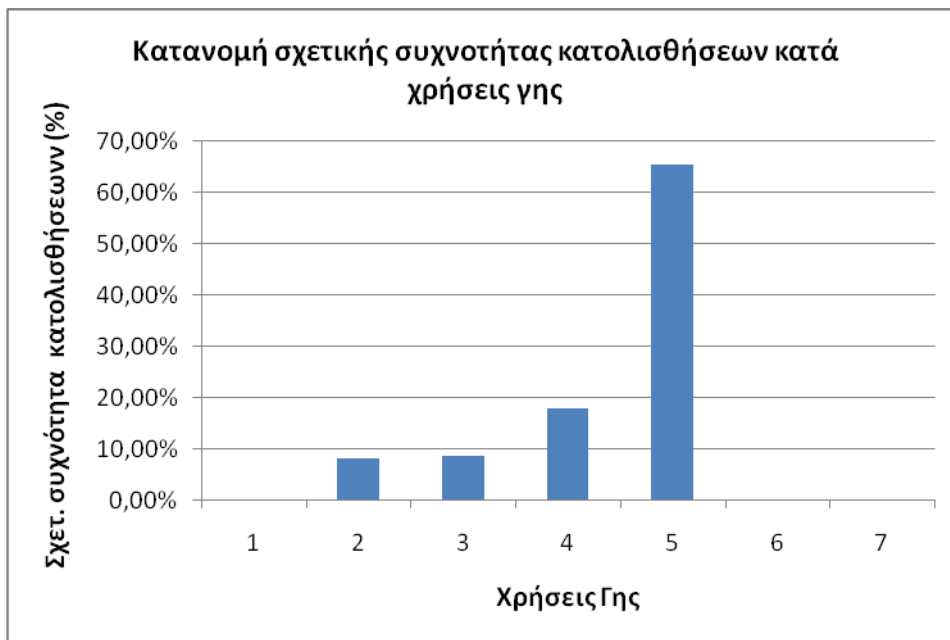
Παρατηρείται ότι το **μεγαλύτερο ποσοστό των κατολισθήσεων** καταγράφηκε στην κλάση **Συνδυασμοί θαμνώδους ή/και ποώδους βλάστησης (60,19%)**. Δεύτερο μεγαλύτερο ποσοστό των κατολισθήσεων καταγράφηκε στην κλάση Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση (15,74%). Επιπλέον, το **μεγαλύτερο ποσοστό σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων** καταγράφηκε στην κλάση **Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση (65,59%)**. Δεύτερο μεγαλύτερο ποσοστό σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων καταγράφηκε στην κλάση Συνδυασμοί θαμνώδους ή/και ποώδους βλάστησης (17,88%).

Παρατηρείται η σημασία του παράγοντα χρήση γης στην εκδήλωση κατολισθήσεων. Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση ή εκτάσεις που παρουσιάζουν συνδυασμό θαμνώδους ή ποώδους βλάστησης αποτελούν περιοχές που καταγράφεται υψηλό ποσοστό κατολισθήσεων.

Σημειώνεται πως, οι χρήσεις γης, στον υπολογισμό χάρτη κατολισθητικής επιδεκτικότητας, λήφθηκαν υπόψη μέσω του συντελεστή CTI (Σύνθετος δείκτης τοπογραφικής υγρασίας). Το είδος της βλάστησης μίας περιοχής σχετίζεται με τον δείκτη CTI.

Πίνακας 6.22: Συχνότητα και σχετική συχνότητα εμφάνισης των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε σχέση με τις χρήσεις γης της περιοχής μελέτης.

	Χρήσεις Γης	P1: Συχνότητα Κατολισθήσεων	P2: Ποσοστό Έκτασης	P1/P2	Σχετική Συχνότητα
1	Τεχνητές επιφάνειες/ Αστ. Ιστός	0,00%	0,34%	0,000	0,00%
2	Γεωργικές περιοχές	12,96%	23,21%	0,559	7,95%
3	Δάση	11,11%	18,41%	0,604	8,58%
4	Συνδυασμοί θαμνώδους ή/και ποώδους βλάστησης	60,19%	47,89%	1,257	17,88%
5	Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση	15,74%	3,41%	4,611	65,59%
6	Υγρότοποι	0,00%	0,00%	-	0,00%
7	Υδάτινες επιφάνειες	0,00%	6,74%	0,000	0,00%
	Σύνολο	100,00%	100,00%	7,431	100,00%



Σχήμα 6.14: Κατανομή σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων κατά χρήσεις γης (υπόμνημα στον πίνακα του παρόντος υποκεφαλαίου).

6.3.2.11 Σχέση μεταξύ γεωλογικών ενοτήτων και μορφολογικής κλίσης

Εξετάζεται η σχετική συχνότητα των ενοποιημένων γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής μελέτης κατά μορφολογική κλίση (Πίνακας 6.23 και Σχήμα 6.15). Δίνεται αναλυτική περιγραφή των στατιστικών αποτελεσμάτων. Λαμβάνοντας υπόψη βιβλιογραφικές πηγές και τη γνώμη των ειδικών οι υπολογισμένες τιμές των ποσοστών των σχετικών συχνοτήτων θεωρούνται έγκυρες.

Εξετάζοντας τους ενοποιημένους γεωλογικούς σχηματισμούς από τους παλαιότερους προς τους νεότερους:

Οι ασβεστολιθικοί σχηματισμοί Τριαδικής και Ιουρασικής ηλικίας δομούν την περιοχή μελέτης σε ποσοστά 2,41% και 5,69% αντίστοιχα. Το ποσοστό εμφάνισης των υπό εξέταση σχηματισμών σε σχέση με όλο το εύρος μορφολογικών κλίσεων της περιοχής παρουσιάζει μικρή διακύμανση και συγκεκριμένα: περ. 2,50% για τους σχηματισμούς Τριαδικής ηλικίας και 2,57% έως 6,66% για τους σχηματισμούς Ιουρασικής ηλικίας.

Οι κερατολιθικοί σχηματισμοί και ο σχηματισμός πρώτου φλύσχη ηλικίας Ανώτ. Ιουρασικού – Ανώτ. Κρητιδικού δομούν την περιοχή μελέτης σε ποσοστό 13,91%. Το ποσοστό συμμετοχής του υπό εξέταση ενοποιημένου σχηματισμού σε περιοχές με μορφολογική κλίση 0° - 60° κυμαίνεται μεταξύ 11,00% έως 15,00% ενώ σε περιοχές με μορφολογική κλίση 60° - 90° το ποσοστό συμμετοχής μειώνεται στο 5,92%.

Κυρίαρχη γεωλογική ενότητα είναι οι ασβεστολιθικοί σχηματισμοί ηλικίας Σενώνιου- Ανώτ. Κρητιδικού με ποσοστό δόμησης της περιοχής μελέτης 57,49%. Το ποσοστό εμφάνισης του υπό εξέταση σχηματισμού αυξάνεται όσο αυξάνεται η μορφολογική κλίση της περιοχής μελέτης. Συγκεκριμένα σε χαμηλές μορφολογικές κλίσεις (0° -15°) ο υπό εξέταση ενοποιημένος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

σχηματισμός εμφανίζεται σε ποσοστό 42,11% ενώ σε υψηλές μορφολογικές κλίσεις (60 ° -90 °) εμφανίζεται ανά κατηγορία σε ποσοστό 56,25% έως 86,68%.

Ο σχηματισμός του φλύσχη ηλικίας Μαιστρίχτιο – Ηωκαίνου δομεί την περιοχή μελέτης σε ποσοστό 8,70%. Σε κλάσεις χαμηλής έως μέτρια ισχυρής μορφολογικής κλίσης δομεί την περιοχή σε ποσοστό 4,42% έως 10,77% ενώ σε περιοχές με ισχυρή μορφολογική κλίση δομεί την περιοχή σε ποσοστό στο 1,88%. Σημειώνεται πως ο υπό εξέταση σχηματισμός του φλύσχη δομεί στο μεγαλύτερο ποσοστό του την κλάση μορφολογικής κλίσης 15° -30° με ποσοστό συμμετοχής 10,77%.

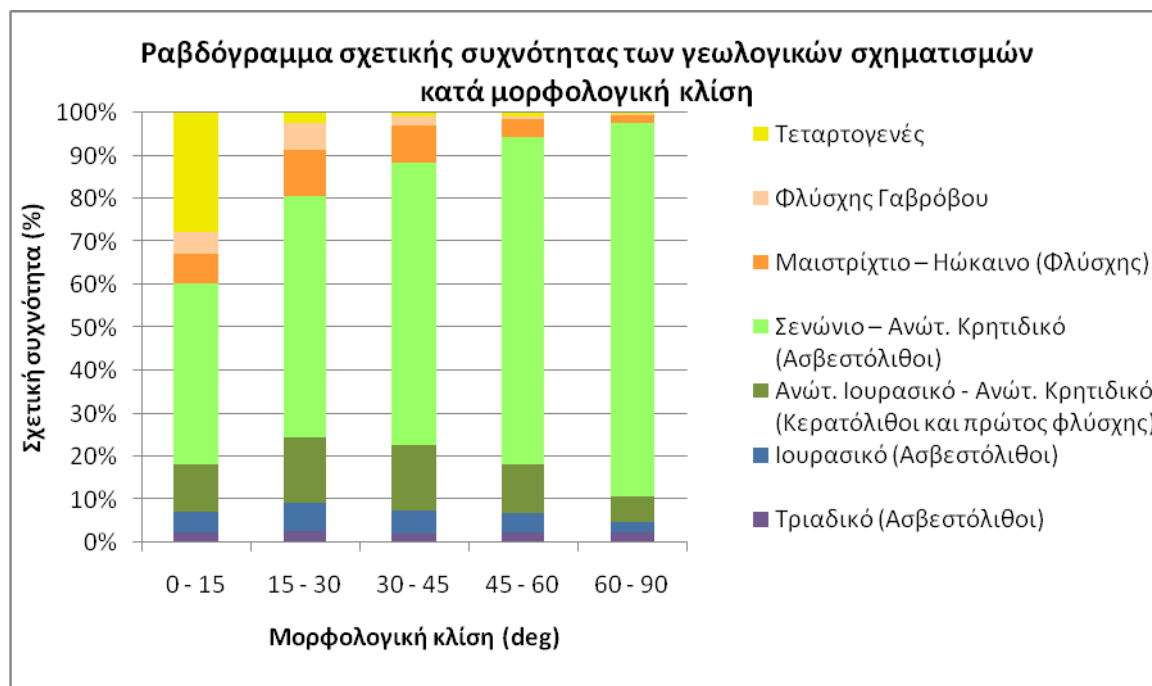
Εξετάζοντας το σχηματισμό του φλύσχη της ζώνης Γαβρόβου-Τριπόλεως, παρατηρείται ότι δομεί την περιοχή μελέτης σε ποσοστό 4,17%. Παρουσιάζεται σε κλάσεις χαμηλής και χαμηλής προς μέτριας μορφολογικής κλίσης με ποσοστά 5,11%-6,06%. Σε κλάσεις με μέτρια έως ισχυρή μορφολογική κλίση παρουσιάζεται σε ποσοστό από 2,07% έως 0,22%.

Σχηματισμοί τεταρτογενούς ηλικίας δομούν την περιοχή μελέτης σε ποσοστό 7,64%. Οι σχηματισμοί αυτοί συμμετέχουν σε περιοχές πολύ χαμηλών μορφολογικών κλίσεων 0° -15° με ποσοστό 27,77%. Σε περιοχές με χαμηλή προς μέτρια μορφολογική κλίση (15° -30°) δομούν με ποσοστό συμμετοχής 2,45% ενώ σε περιοχές με μέτριες προς ισχυρές μορφολογικές κλίσεις (30° -90°) το ποσοστό συμμετοχής τους είναι ελάχιστο έως μηδενικό (μέχρι 0,97%).

Πίνακας 6.23: Πίνακας σχετικής συχνότητας των γεωλογικών σχηματισμών κατά μορφολογική κλίση.

Μορφολογική κλίση (deg)	Γεωλογικοί Σχηματισμοί							Σύνολο
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	
0 - 15	2,39%	4,85%	11,00%	42,11%	6,78%	5,11%	27,77%	100,00%
15 - 30	2,70%	6,66%	15,11%	56,25%	10,77%	6,06%	2,45%	100,00%
30 - 45	2,11%	5,39%	15,11%	65,84%	8,51%	2,07%	0,97%	100,00%
45 - 60	2,25%	4,55%	11,43%	75,99%	4,42%	0,40%	0,95%	100,00%
60 - 90	2,31%	2,57%	5,92%	86,68%	1,88%	0,22%	0,42%	100,00%
Σύνολο	2,41%	5,69%	13,91%	57,49%	8,70%	4,17%	7,64%	100,00%

Ενοποιημένοι γεωλογικοί σχηματισμοί: [1] Τριαδικό (Ασβεστόλιθοι), [2] Ιουρασικό (Ασβεστόλιθοι), [3] Ανώτ. Ιουρασικό - Ανώτ. Κρητιδικό (Κερατόλιθοι και πρώτος φλύσχη), [4] Σενώνιο – Ανώτ. Κρητιδικό (Ασβεστόλιθοι), [5] Μαιστρίχτιο – Ηώκαινο (Φλύσχη), [6] Φλύσχη Γαβρόβου, [7] Τεταρτογενές



Σχήμα 6.15: Ραβδόγραμμα σχετικής συχνότητας των γεωλογικών σχηματισμών κατά μορφολογική κλίση.

6.3.2.12 Σχέση μεταξύ γεωλογικών σχηματισμών και υψομέτρου

Εξετάζεται η σχετική συχνότητα των ενοποιημένων γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής μελέτης κατά υψόμετρο (και Σχήμα 6.15). Δίνεται αναλυτική περιγραφή των στατιστικών αποτελεσμάτων. Λαμβάνοντας υπόψη βιβλιογραφικές πηγές και τη γνώμη των ειδικών οι υπολογισμένες τιμές των ποσοστών των σχετικών συχνοτήτων θεωρούνται έγκυρες.

Εξετάζοντας τους ενοποιημένους γεωλογικούς σχηματισμούς από τους παλαιότερους προς τους νεότερους:

Οι ασβεστολιθικοί σχηματισμοί Τριαδικής και Ιουρασικής ηλικίας δομούν την περιοχή μελέτης σε ποσοστά 2,41% και 5,69% αντίστοιχα. Το ποσοστό εμφάνισης των υπό εξέταση σχηματισμών σε σχέση με το υψόμετρο της περιοχής κυμαίνεται από 0,46% έως 3,31% για τους σχηματισμούς Τριαδικής ηλικίας και 4,85% έως 6,06% για τους σχηματισμούς Ιουρασικής ηλικίας.

Οι κερατολιθικοί σχηματισμοί και ο σχηματισμός πρώτου φλύσση ηλικίας Ανώτ. Ιουρασικού – Ανώτ. Κρητιδικού δομούν την περιοχή μελέτης σε ποσοστό 13,91%. Το ποσοστό συμμετοχής του υπό εξέταση ενοποιημένου σχηματισμού κυμαίνεται από 9,80% έως 15,31% σε περιοχές με χαμηλό προς μέσο υψόμετρο (0-600m) και 13,22% έως 17,21% σε περιοχές με υψηλό προς πολύ υψηλό υψόμετρο. Μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής του υπό εξέταση σχηματισμού παρατηρείται στην υψομετρική κλάση >1100 (17,21%).

Κυρίαρχη γεωλογική ενότητα είναι οι ασβεστολιθικοί σχηματισμοί ηλικίας Σενώνιου- Ανώτ. Κρητιδικού με ποσοστό δόμησης της περιοχής μελέτης 57,49%. Το ποσοστό εμφάνισης του υπό εξέταση σχηματισμού είναι 39,29% σε πολύ χαμηλά υψόμετρα (0-400m) ενώ σε περιοχές με υψόμετρο 400m και άνω παρουσιάζει αύξηση και συγκεκριμένα από 61,74% έως 71,35%.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής του υπό μελέτη σχηματισμού παρατηρείται στην υψομετρική κλάση >1100 (71,35%).

Ο σχηματισμός του φλύσχη ηλικίας Μαιστρίχιου – Ηωκαίνου δομεί την περιοχή μελέτης σε ποσοστό 8,70%. Μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης παρουσιάζει σε κλάσεις υψόμετρου 600-1100m (περ. 15,00%). Στις υπόλοιπες κλάσεις 0-400m, 400-600m και >1100m εμφανίζεται σε χαμηλότερα ποσοστά και συγκεκριμένα 2,90%, 8,33% και 4,66% αντίστοιχα.

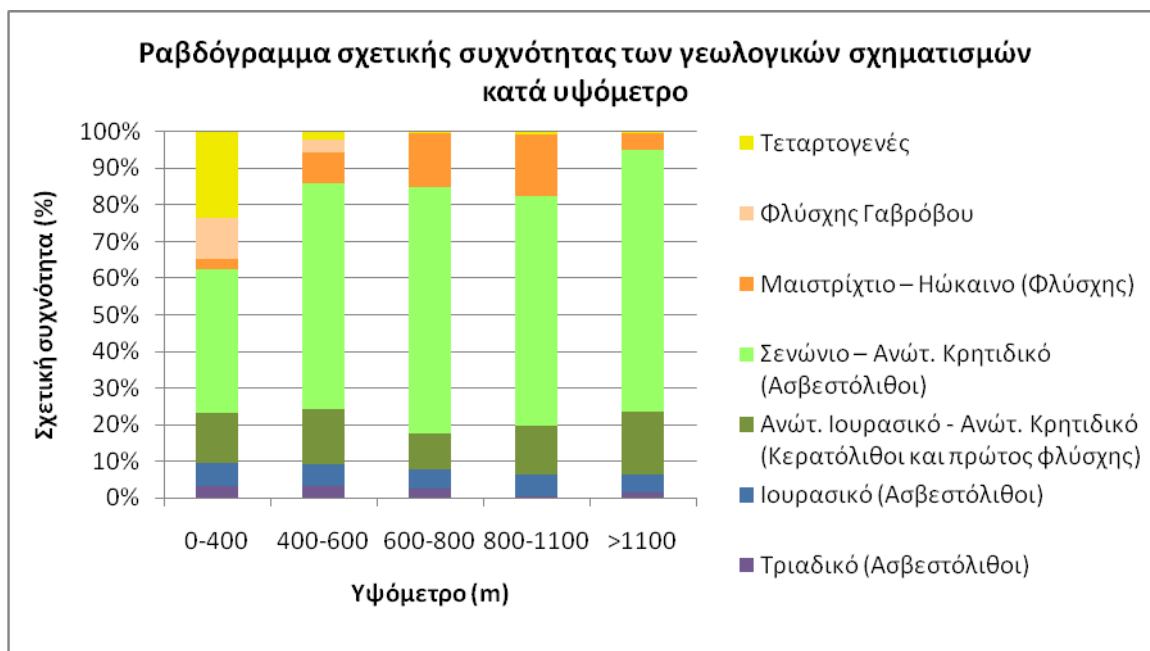
Εξετάζοντας το σχηματισμό του φλύσχη της ζώνης Γαβρόβου-Τριπόλεως, παρατηρείται ότι δομεί το νότιο τμήμα της περιοχή μελέτης σε ποσοστό 4,17%. Παρουσιάζεται σε περιοχές με χαμηλό υψόμετρο 0-400m σε ποσοστό 11,25% ενώ σε περιοχές με υψόμετρο 400m και άνω το ποσοστό συμμετοχής του στη δόμηση είναι από 0,00% έως 3,49%.

Σχηματισμοί τεταρτογενούς ηλικίας δομούν την περιοχή μελέτης σε ποσοστό 7,64%. Οι σχηματισμοί αυτοί συμμετέχουν κυρίως στη δόμηση περιοχών με χαμηλό υψόμετρο (0-400m) με ποσοστό εμφάνισης 23,53%. Σε περιοχές με υψόμετρο από 400m και άνω ο υπό εξέταση σχηματισμός συμμετέχει με ποσοστό από 0,08% έως 2,07%.

Πίνακας 6.24: Πίνακας σχετικής συχνότητας των γεωλογικών σχηματισμών κατά υψόμετρο.

Υψόμετρο (m)	Γεωλογικοί Σχηματισμοί							Σύνολο
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	
0-400	3,31%	6,06%	13,67%	39,29%	2,90%	11,25%	23,53%	100,00%
400-600	3,28%	5,78%	15,31%	61,74%	8,33%	3,49%	2,07%	100,00%
600-800	2,34%	5,27%	9,80%	67,45%	15,03%	0,03%	0,08%	100,00%
800-1100	0,46%	5,92%	13,22%	62,94%	16,63%	0,00%	0,82%	100,00%
>1100	1,50%	4,85%	17,21%	71,35%	4,66%	0,00%	0,42%	100,00%
Σύνολο	2,41%	5,69%	13,91%	57,49%	8,70%	4,17%	7,64%	100,00%

Ενοποιημένοι γεωλογικοί σχηματισμοί: [1] Τριαδικό (Ασβεστόλιθοι), [2] Ιουρασικό (Ασβεστόλιθοι), [3] Ανώτ. Ιουρασικό - Ανώτ. Κρητιδικό (Κερατόλιθοι και πρώτος φλύσχη), [4] Σενώνιο – Ανώτ. Κρητιδικό (Ασβεστόλιθοι), [5] Μαιστρίχιου – Ηώκαινο (Φλύσχη), [6] Φλύσχη Γαβρόβου, [7] Τεταρτογενές



Σχήμα 6.16: Ραβδόγραμμα σχετικής συχνότητας των γεωλογικών σχηματισμών κατά υψόμετρο.

6.3.2.13 Σχέση μεταξύ γεωλογικών σχηματισμών και προσανατολισμού πρανών

Εξετάζεται η σχετική συχνότητα των ενοποιημένων γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής μελέτης κατά των προσανατολισμό των πρανών (Πίνακας 6.23 και Σχήμα 6.15). Δίνεται αναλυτική περιγραφή των στατιστικών αποτελεσμάτων. Παρατηρείται ότι δεν υπάρχει άμεση σύνδεση των δύο παραμέτρων μεταξύ τους.

Εξετάζοντας τους ενοποιημένους γεωλογικούς σχηματισμούς από τους παλαιότερους προς τους νεότερους:

Οι ασβεστολιθικοί σχηματισμοί Τριαδικής και Ιουρασικής ηλικίας δομούν την περιοχή μελέτης σε ποσοστά 2,41% και 5,69% αντίστοιχα. Το ποσοστό εμφάνισης του ασβεστολιθικού σχηματισμού Τριαδικής ηλικίας είναι μικρό για όλες τις γωνίες διεύθυνσης των πρανών (1,26% έως 3,31%). Το ποσοστό εμφάνισης του ασβεστολιθικού σχηματισμού Ιουρασικής ηλικίας κυμαίνεται μεταξύ 3,16% έως 10,14% σε όλες τις κλάσεις προσανατολισμού πρανών. Παρατηρείται αύξηση της συμμετοχής των σχηματισμών Ιουρασικής ηλικίας σε πρανή με διεύθυνση NW έως NE (6,42% έως 10,14%).

Οι κερατολιθικοί σχηματισμοί και ο σχηματισμός πρώτου φλύσχη ηλικίας Ανώτ. Ιουρασικού – Ανώτ. Κρητιδικού δομούν την περιοχή μελέτης σε ποσοστό 13,91%. Το ποσοστό συμμετοχής του υπό εξέταση ενοποιημένου σχηματισμού σε επίπεδες περιοχές περιορίζεται στο 5,81% ενώ σε όλες τις υπόλοιπες κλάσεις προσανατολισμού πρανών εμφανίζει ποσοστό δόμησης ίδιας τάξης μεγέθους από 12,95% έως 15,79%

Κυρίαρχη γεωλογική ενότητα είναι οι ασβεστολιθικοί σχηματισμοί ηλικίας Σενώνιου- Ανώτ. Κρητιδικού με ποσοστό δόμησης της περιοχής μελέτης 57,49%. Σε επίπεδες περιοχές συμμετέχει με ποσοστό εμφάνισης 21,48%. Στις υπόλοιπες κλάσεις προσανατολισμού εμφανίζεται με ποσοστό ίδιας τάξης μεγέθους από 54,27% έως 62,32%.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Ο σχηματισμός του φλύσχη ηλικίας Μαιστρίχτιο – Ηωκαίνου δομεί την περιοχή μελέτης σε ποσοστό 8,70%. Σε επίπεδες περιοχές συμμετέχει με ποσοστό εμφάνισης 3,84%. Στις υπόλοιπες κλάσεις προσανατολισμού εμφανίζεται με ποσοστό ίδιας τάξης μεγέθους από 7,11% έως 10,40%.

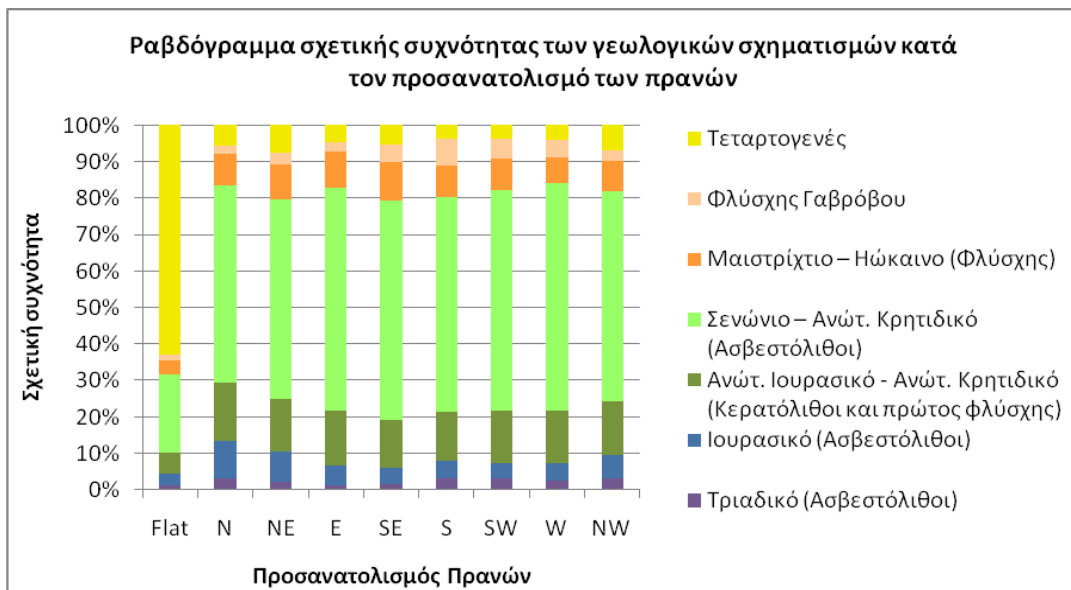
Εξετάζοντας το σχηματισμό του φλύσχη της ζώνης Γαβρόβου-Τριπόλεως, παρατηρείται ότι δομεί την περιοχή μελέτης σε ποσοστό 4,17%. Σε επίπεδες περιοχές συμμετέχει με ποσοστό εμφάνισης 1,36%. Στις υπόλοιπες κλάσεις προσανατολισμού εμφανίζεται με ποσοστό από 2,25% έως 7,21%.

Σχηματισμοί τεταρτογενούς ηλικίας δομούν την περιοχή μελέτης σε ποσοστό 7,64%. Δομούν κατ'εξοχήν επίπεδες περιοχές με ποσοστό εμφάνισης 63,08%. Στις υπόλοιπες κλάσεις προσανατολισμού εμφανίζεται με ποσοστό ίδιας τάξης μεγέθους από 3,71% έως 7,65%.

Πίνακας 6.25: Πίνακας σχετικής συχνότητας των γεωλογικών σχηματισμών κατά τον προσανατολισμό των πρανών.

Προς. Πρανών	Degrees		Γεωλογικοί Σχηματισμοί							Σύνολο
			[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	
Flat	-1	-1	1,28%	3,16%	5,81%	21,48%	3,84%	1,36%	63,08%	100,00%
N	337,5	22,5	3,31%	10,14%	15,79%	54,27%	8,62%	2,25%	5,63%	100,00%
NE	0	45	2,12%	8,54%	14,27%	54,51%	9,83%	3,09%	7,65%	100,00%
E	45	90	1,26%	5,56%	14,84%	61,24%	9,63%	2,62%	4,84%	100,00%
SE	90	135	1,48%	4,74%	12,95%	60,07%	10,40%	4,99%	5,37%	100,00%
S	135	180	3,10%	4,88%	13,35%	58,74%	8,84%	7,21%	3,89%	100,00%
SW	180	225	3,08%	4,29%	14,46%	60,26%	8,70%	5,50%	3,71%	100,00%
W	225	270	2,69%	4,70%	14,35%	62,32%	7,11%	4,56%	4,27%	100,00%
NW	270	315	3,04%	6,42%	14,74%	57,73%	8,28%	2,76%	7,02%	100,00%
Σύνολο			2,41%	5,69%	13,91%	57,49%	8,70%	4,17%	7,64%	100,00%

Ενοποιημένοι γεωλογικοί σχηματισμοί: [1] Τριαδικό (Ασβεστόλιθοι), [2] Ιουρασικό (Ασβεστόλιθοι), [3] Ανώτ. Ιουρασικό - Ανώτ. Κρητιδικό (Κερατόλιθοι και πρώτος φλύσχη), [4] Σενώνιο – Ανώτ. Κρητιδικό (Ασβεστόλιθοι), [5] Μαιστρίχτιο – Ηώκαινο (Φλύσχη), [6] Φλύσχη Γαβρόβου, [7] Τεταρτογενές



Σχήμα 6.17:Ραβδόγραμμα σχετικής συχνότητας των γεωλογικών σχηματισμών κατά τον προσανατολισμό των πρανών.

6.3.2.14 Σχέση μεταξύ μορφολογικής κλίσης και υψόμετρο

Εξετάζεται η σχετική συχνότητα της μορφολογικής κλίσης της περιοχής μελέτης κατά υψόμετρο (Πίνακας 6.26 και Σχήμα 6.18). Δίνεται αναλυτική περιγραφή των στατιστικών αποτελεσμάτων. Λαμβάνοντας υπόψη βιβλιογραφικές πηγές και τη γνώμη των ειδικών οι υπολογισμένες τιμές των ποσοστών των σχετικών συχνοτήτων θεωρούνται έγκυρες.

Η περιοχή μελέτης δομείται κατεχοχόν από τις κλάσεις μορφολογικών κλίσεων i) 0° -15°, ii) 15° - 30° και iii) 30° -45°.

Χαμηλές μορφολογικές κλίσεις (0° -15°) δομούν την περιοχή μελέτης σε ποσοστό 27,99%. Η υπό εξέταση κλάση (0° -15°) δομεί περιοχές με υψόμετρο 0-400m σε ποσοστό 55,13%. Το παραπάνω ποσοστό είναι αναμενόμενο καθώς ήπιες μορφολογικές κλίσεις **δομούν κατεχοχόν τα πεδινά τμήματα**. Σε μεγαλύτερες υψομετρικές διαβαθμίσεις το ποσοστό συμμετοχής της χαμηλής μορφολογικής κλάσης μειώνεται και συγκεκριμένα από 23,92% (περιοχές με υψόμετρο 400m-600m) φτάνει το 5,57% (περιοχές με υψόμετρο >1100m)

Εξετάζοντας τις χαμηλές προς μέτριες μορφολογικές κλίσεις (15° -30°), η συγκεκριμένη κλάση δομεί την περιοχή μελέτης σε ποσοστό 35,31%. Η υπό μελέτη κλάση δομεί κατ' εξοχήν τις ημιορεινές και ορεινές περιοχές με υψόμετρο 400m-1100m (ποσοστό συμμετοχής 38,33% έως 45%). Στις υπόλοιπες υψομετρικές διαβαθμίσεις (0m-400m και >1100m) η κλάση (15° - 30°συμμετέχει σε ποσοστό της τάξεως του 28,00%.

Εξετάζοντας τις μέτριες μορφολογικές κλίσεις (30° -45°), η υπό μελέτη κλάση δομεί κατ' εξοχήν τις ημιορεινές και ορεινές περιοχές με υψόμετρο από 600mκαι άνω (ποσοστό δόμησης 40,91% έως 56,00%).Σημειώνεται πως η υπό εξέταση μορφολογική κλάση παρουσιάζει μικρό ποσοστό στη δόμηση περιοχών με πιο πεδινά χαρακτηριστικά (περιοχές με υψόμετρο 0m-400m & 400m-600m ποσοστό συμμετοχής 13,98% και 25,37% αντίστοιχα).

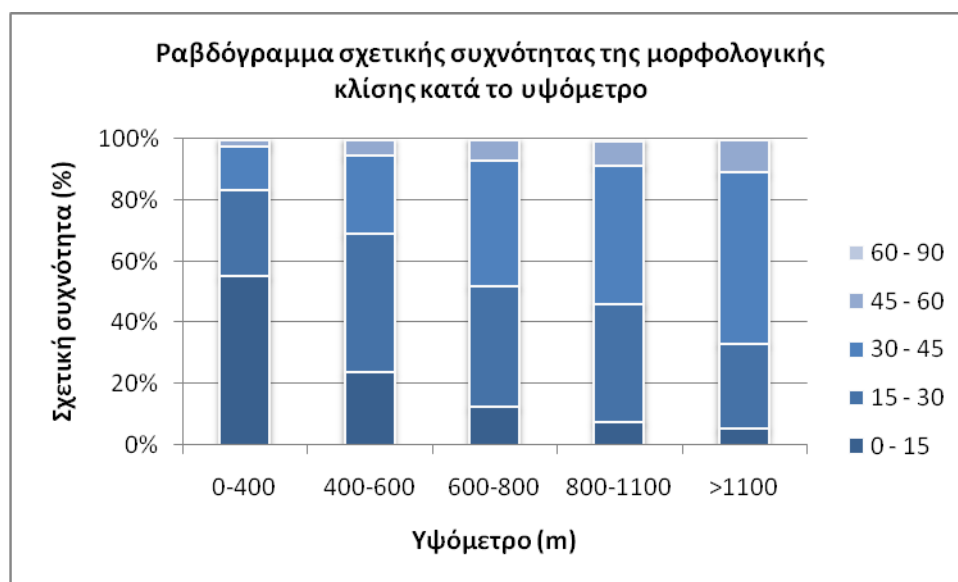
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Οι μέτριες προς υψηλές (45° -60°) και υψηλές (60° -90°) κλάσεις μορφολογικών κλίσεων δομούν την περιοχή μελέτης σε πολύ μικρό ποσοστό (5,52% και 0,39% αντίστοιχα). Η κλάση 45° -60° παρουσιάζει μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής σε περιοχές με υψομετρική διαβάθμιση >1100m (10,00%). Η κλάση 60° - 90° συμμετέχει στη δόμηση των κλάσεων του υψομέτρου με σχεδόν μηδενικό ποσοστό (έως 0,56%).

Εξετάζοντας τα παραπάνω αποτελέσματα, σημειώνεται πως η μορφολογική κλίση σε σχέση με το υψόμετρο της περιοχής μελέτης παρουσιάζει μερική σύνδεση. Σημειώνεται πως στη σχέση μεταξύ υψόμετρου και μορφολογικής κλίσης υπεισέρχονται και άλλοι παράγοντες όπως η γεωλογία.

Πίνακας 6.26: Πίνακας σχετικής συχνότητας μορφολογικής κλίσης κατά υψόμετρο.

Υψόμετρο (m)	Μορφολογική κλίση (deg)					Σύνολο
	0 - 15	15 - 30	30 - 45	45 - 60	60 - 90	
0-400	55,13%	28,32%	13,98%	2,42%	0,15%	100,00%
400-600	23,92%	45,22%	25,37%	5,09%	0,40%	100,00%
600-800	12,40%	39,65%	40,91%	6,59%	0,45%	100,00%
800-1100	7,70%	38,33%	45,31%	7,98%	0,68%	100,00%
>1100	5,57%	27,62%	56,00%	10,26%	0,56%	100,00%
	27,99%	35,31%	30,79%	5,52%	0,39%	100,00%



Σχήμα 6.18: Ραβδόγραμμα σχετικής συχνότητας της μορφολογικής κλίσης κατά υψόμετρο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Στα πλαίσια της παρούσης Μ.Δ.Ε εξετάσθηκε η **εκδήλωση κατολισθητικών φαινομένων** σε περιοχή που ορίστηκε και εντοπίζεται στο ανατολικό τμήμα του Νομού Αιτωλοακαρνανίας και στο νότιο τμήμα του Νομού Ευρυτανίας. Διοικητικά, η ευρύτερη περιοχή μελέτης υπάγεται στους Δήμους Θέρμου και Ναυπακτίας, τμήματα της Π.Ε. Αιτωλοακαρνανίας, καθώς επίσης και στο Δήμο Καρπενησίου, μέρος της Π.Ε. Ευρυτανίας. Θέτοντας στενότερα όρια, η περιοχή μελέτης τοποθετείται νότια του όρους Καλιακούδα (2101m) και μεταξύ των ορεινών όγκων του Παναιτωλικού όρους (1922m) και του όρους Οξιά (1926m).

Έναυσμα για την οριοθέτηση της συγκεκριμένης περιοχής μελέτης και εξέταση των παραπάνω φαινομένων αποτέλεσαν τα έντονα καιρικά φαινόμενα που εκδηλώθηκαν στο πρώτο δεκαήμερο του Φεβρουαρίου του 2016 που είχαν ως αποτέλεσμα την εκδήλωση πολυάριθμων καταστροφικών κατολισθητικών φαινομένων.

7.1 Εξέταση κατολισθητικών φαινομένων στην ευρύτερη περιοχή μελέτης

Πραγματοποιήθηκε επιτόπια επίσκεψη στους πληγέντες οικισμούς (Περίστα, Κλεπά, Αράχοβα, Αργυρό Πηγάδι, Νεροσύρτης, Αμπέλια, Κρίκελλο, Άμπλιανη) και εκτιμήθηκε η **κατολισθητική επικινδυνότητα** αξιολογώντας πληροφορίες από την έρευνα πεδίου αλλά και από τη μελέτη σχετικών βιογραφικών πηγών, τεχνικών κειμένων και μελετών.

Οι κατολισθήσεις που εκδηλώθηκαν είχαν ως **αποτέλεσμα** την αποκοπή δρόμων, σε επαρχιακό και αγροτικό επίπεδο, δημιουργία βλαβών σε οικίες και υποδομές, καταγραφή φαινομένων ακόμα και ολικής καταστροφής σε μερικές περιπτώσεις, και δημιουργία εδαφικών ρωγμών. Σημειώνεται πως στο σύνολο των περιπτώσεων που μελετήθηκαν, υπάρχουν εξεταζόμενες περιοχές που εγκυμονεί ο μελλοντικός κίνδυνος εκδήλωσης αντίστοιχων δυσμενών κατολισθητικών φαινομένων.

Το γεωλογικό υπόβαθρο στην περιοχή έρευνας ανήκει στη γεωτεκτονική ζώνη Ολονού – Πίνδου.

Οι περισσότερες κατολισθήσεις που καταγράφηκαν βάσει της **ταξινόμησης του Varnes (1978)** εντάσσονται στις **περιστροφικές ολισθήσεις, μεταθετικές ολισθήσεις και ροές**. Σχετικά με τον τύπο του μετακινούμενου υλικού στο μεγαλύτερο ποσοστό καταγράφηκαν εξίσου μετακινήσεις **κορημάτων** και **γαιών** ανάλογα με τη σύσταση του σχηματισμού του φλύσχη που απαντάται σε κάθε περίπτωση.

Ως σημαντικοί **προπαρασκευαστικοί παράγοντες** εκδήλωσης κατολισθήσεων στο μεγαλύτερο ποσοστό των περιπτώσεων αξιολογήθηκαν οι **γεωλογικές συνθήκες** (μηχανικά χαρακτηριστικά σχηματισμού, προσανατολισμός σχηματισμού κλπ), οι **γεωμορφολογικές διεργασίες** (φαινόμενα διάβρωσης στη βάση του πρανούς, εσωτερική διάβρωση κλπ) και οι **ανθρωπογενείς διεργασίες** (κακή διευθέτηση απορροών, εκσκαφές στον πόδα πρανούς, επιφορτισεις στη στέψη πρανούς κλπ) .

Στην εμφάνιση των κατολισθητικών φαινομένων συντελεί καθοριστικά η **τροφοδοσία των γεωϋλικών με υδατικές ροές**. Ως πηγή προέλευσης μπορεί να θεωρηθεί η ροή υδάτων είτε από επιφανειακές είτε από υπόγειες ροές, οι βροχοπτώσεις κλπ.

Εναυσματικός παράγοντας στο μεγαλύτερο σύνολο των καταγεγραμμένων περιπτώσεων κρίθηκε οι **εκτεταμένες βροχοπτώσεις** στο πρώτο δεκαήμερο του Φεβρουαρίου του 2015.

7.2 Εκτίμηση Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας στο Δήμο Θέρμου

Στη συνέχεια αφού μελετήθηκαν τα κατολισθητικά φαινόμενα και η συμπεριφορά τους στην ευρύτερη περιοχή έρευνας, ορίστηκε στενότερη περιοχή, και συγκεκριμένα ο **Δήμος Θέρμου**, για την εκτίμηση και αξιολόγηση της **Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας με ημιποσοτικές μεθόδους**.

Εκπονήθηκε **Χάρτης Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας** βασιζόμενος στην εμπειρία των ειδικών τη διαθέσιμη βιβλιογραφία και τις πληροφορίες για τις θέσεις των κατολισθήσεων που λήφθηκαν από την επιτόπια έρευνα.

Η χαρτογράφηση της επιδεκτικότητας αποτελεί μια ειδική περίπτωση θεματικής τεχνικογεωλογικής χαρτογράφησης, όπου παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των θέσεων που χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένες τιμές επιδεκτικότητας, διαδικασία γνωστή ως ζωνοποίηση. (Τσαγγαράτος, 2012).

Μελετήθηκαν όλοι οι κρίσιμοι παράγοντες που οδηγούν στην εκδήλωση αστοχίας, ποσοτικοποιήθηκαν και εκφράστηκαν σε αριθμητικές κλίμακες. Η μέθοδος που ανεπτύχθηκε είναι ημιποσοτική και συνδυάζει την εμπειρία των ειδικών με αριθμητικά μοντέλα για την κατασκευή μοντέλου πρόβλεψης κατολισθητικής επιδεκτικότητας

Αξιολογώντας τα αποτελέσματα του γενικού πίνακα συγκρίσεων παραγόντων, η **σημαντικότερη παράμετρος** ως προς την κατολισθητική επιδεκτικότητα είναι οι (ενοποιημένοι) **Γεωλογικοί σχηματισμοί** (31,3%). Στη συνέχεια κατά φθίνουσα σειρά σημαντικότητας εκτιμήθηκαν οι παράμετροι **Μορφολογική κλίση** (21,3%), **Απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο** (16,9%), **Απόσταση από το οδικό δίκτυο** (10,4%), **Μέσο ετήσιο ύψος βροχής** (8,4%), **Απόσταση από τα τεκτονικά όρια** (5,3%), **Σύνθετος δείκτης τοπογραφικής υγρασίας CTI** (3,7%) και **Προσανατολισμός πρανών** (2,7%).

Η επιλογή των παραμέτρων βασίστηκε στη διαθέσιμη βιβλιογραφία, τη διαθεσιμότητα των δεδομένων και τη σχετικότητα τους με το φαινόμενο εκδήλωσης κατολισθήσεων.

Δημιουργήθηκαν **5 ζώνες κατολισθητικής επιδεκτικότητας** με την εξής διαβάθμιση: Πολύ χαμηλή, Χαμηλή, Μέτρια, Υψηλή, Πολύ υψηλή.

Το εμβαδόν της περιοχής μελέτης που βρίσκεται στην **Πολύ Υψηλή** κλάση υπολογίστηκε **9,10%** με **σχετική συχνότητα κατολισθήσεων 67,26%**. Επίσης η **Υψηλή** κλάση παρουσιάζει εμβαδόν **21,15%** με **σχετική συχνότητα κατολισθήσεων 20,68%** (Πίνακας 6.12).

Μέσω της μεθόδου AHP, υπολογίστηκε **μεγάλος βαθμός κατολισθητικής επιδεκτικότητας και εμφανίζεται στο βόρειο και στο νοτιότερο τμήμα** της υπό μελέτης περιοχής. Οι περιοχές που σημειώνουν μεγάλες τιμές κατολισθητικής επιδεκτικότητας ανήκουν στο ορεινό τμήμα του δήμου. Χαμηλές τιμές κατολισθητικής επιδεκτικότητας καταγράφονται στα πιο πεδινά τμήματα. Κατά τόπους εντοπίζονται περιοχές, σε χαμηλότερα υψόμετρα του δήμου, που σημειώνουν μεγάλο βαθμό κατολισθητικής επιδεκτικότητας. Αυτό οφείλεται στο συνδυασμό παραμέτρων που δρουν στις υπό εξέταση περιοχές (πχ. υδρογραφικό δίκτυο, εγγύτητα σε τεκτονικά όρια γεωλογικοί σχηματισμοί κλπ).

Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, που υπολογίστηκαν με το μοντέλο πρόβλεψης AHP, χρησιμοποιήθηκε το **μοντέλο των καμπύλων ROC με ποσοστό επιτυχίας του 78,3%**. Συγκεκριμένα, από τις 108 θέσεις καταγεγραμμένων κατολισθήσεων, στην εξεταζόμενη περιοχή, οι 80 θέσεις κατηγοριοποιήθηκαν σωστά.

7.2.1 Συνοπτικά στατιστικά αποτελέσματα χάρτη κατολισθητικής επιδεκτικότητας

Παρατίθεται συνοπτικά στοιχεία από την στατιστική ανάλυση και επεξεργασία των διαθέσιμων θεματικών επιπέδων πληροφορίας που αναπτύχθηκαν στο κεφάλαιο 6.3.2 .

- Μελετώντας το **υψόμετρο της περιοχής μελέτης**, μεγαλύτερη σχετική συχνότητα κατολισθήσεων (συχνότητα εμφάνισης προς ποσοστό έκτασης για κάθε κλάση υψομετρικής διαβάθμισης) εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις 800-1100m (37,61%), >1100m (19,18%), 400-600m (16,96%), 600-800m (16,80%) και στην κλάση 0-400m (9,45%).

Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι σε μεγαλύτερα υψόμετρα στην περιοχή μελέτης, απαντώνται βραχώδεις-ισχυροτεροι σχηματισμοί. Επιπλέον, σε πολύ μεγάλα υψόμετρα δεν παρουσιάζεται οικιστική ανάπτυξη.

- Μελετώντας τον **προσανατολισμό των πρηνών**, μεγαλύτερη σχετική συχνότητα κατολισθήσεων καταγράφηκε κατά σειρά στις κλάσεις: S (24,99%), SE (24,38%) και SW (23,64%). Στη συνέχεια οι κλάσεις W και E παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ποσοστό σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων (περ. 14,00%).

Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης καθώς και την εμπειρία ειδικών (Ζιούρκας (1989), Τσαγγαράτος (2012), Φερεντίνου & Χαλκιάς (2012)) εκτιμάται πως δυσμενέστερη επίδραση στην εκδήλωση κατολισθήσεων έχει ο προσανατολισμός των πρηνών, κατά φθίνουσα σειρά: i) SSW to WNW, ii) SSE to SSW & WNW to NNW, iii) ENE to SSE και iv) NNW to ENE.

- Μελετώντας τη **μορφολογική κλίση των πρηνών**, μεγαλύτερο ποσοστό σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις 45°-60° (71,57%), 30°-45° (16,60%), 15°-30° (6,91), 0° -15° (4,93%) ενώ στην κλάση 60 °-90° δεν υπήρξε καταγεγραμμένη κατολίσθηση.

Οι κλάσεις στις οποίες εμφανίζονται οι καταγεγραμμένες κατολισθήσεις σχετίζεται με την έρευνα του πεδίου, τις διαθέσιμες πηγές (πχ. φωτογραφίες, αρχείο δεδομένων κλπ) καθώς και με το είδος των κατολισθήσεων που γίνεται μελέτη (πχ. ερπυστικές, περιστροφικές ολισθήσεις, βραχοπτώσεις κλπ).

Ένα μεγάλο ποσοστό των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων λήφθηκε από δορυφορική εικόνα Google Earth. Σε αυτή την περίπτωση η αναγνώριση κατολισθήσεων στράφηκε σε περιοχές με ανθρώπινη παρουσία οι οποίες κινδυνεύουν από κατολισθήσεις (πχ. οικισμοί, δρόμοι κλπ).

- Μελετώντας τον **σύνθετο Δείκτη Τοπογραφικής Υγρασίας (CTI)**, μεγαλύτερο ποσοστό σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις 0,65-5,70 (50,56%), 5,70-9,57 (30,28%) και στην κλάση 9,57-20,43 (19,16%).

Η υψηλή τιμή των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων σε περιοχές με χαμηλό δείκτη CTI δηλώνει τη σημαντικότητα του υδάτινου περιβάλλοντος ως παράγοντα εκδήλωσης κατολισθήσεων.

- Μελετώντας την **απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο**, μεγαλύτερο ποσοστό σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις 0-100m (63,43%), 100-200m (21,99%), 200-300 (9,04%) και στην κλάση >300m (5,54%).

Η υψηλή τιμή των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων πλησίον του υδρογραφικού δικτύου δηλώνει τη σημαντικότητα του υδρογραφικού δικτύου ως παράγοντα εκδήλωσης κατολισθήσεων.

- Μελετώντας τις **ενοποιημένες γεωλογικές ενότητες**, μεγαλύτερο ποσοστό σχετικής συχνότητας εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις Ανώτ. Ιουρασικό - Ανώτ. Κρητιδικό (Κερατόλιθοι και πρώτος φλύσχης) (33,76%), Ιουρασικό (Ασβεστόλιθοι) (20,65%), Σενώνιο – Ανώτ. Κρητιδικό (Ασβεστόλιθοι) (18,09%), Μαιστρίχτιο – Ηώκαινο (Φλύσχης) (15,43%), Φλύσχης Γαβρόβου (12,07%) και στις κλάσεις Τριαδικό (Ασβεστόλιθοι) & Τεταρογενές (0,00%).

Σημειώνεται ότι οι γεωλογικές ενότητες αποτελούν κρίσιμο παράγοντα εκδήλωσης κατολισθήσεων. Στην κατασκευή χαρτών κατολισθητικής επιδεκτικότητας, η υπό εξέταση παράμετρος λαμβάνεται υπόψη με μεγάλο ποσοστό συμμετοχής, σε συνδυασμό με άλλους κρίσιμους παράγοντες (πχ μορφολογική κλίση & απόσταση από τεκτονικά όρια).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

- Μελετώντας την **απόσταση από τα τεκτονικά όρια**, μεγαλύτερο ποσοστό σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις: >500 (41,42%), 0-250m (40,06%) και στην κλάση 250-500 (18,51%).

Η υψηλή τιμή των καταγεγραμμένων κατολισθήσεων πλησίον των τεκτονικών ορίων, δηλώνει τη σημαντικότητα του παράγοντα στην εκδήλωση κατολισθήσεων. Όσο οι υπό εξέταση κατολισθήσεις απομακρύνονται από τα τεκτονικά όρια θεωρείται ότι συμβάλλουν και άλλοι παράγοντες που σχετίζονται με την εκδήλωση κατολισθήσεων και το υψηλό ποσοστό εμφάνισης σχετικής συχνότητας (41,42%).

- Μελετώντας τα διαθέσιμα **βροχομετρικά δεδομένα**, μεγαλύτερο ποσοστό σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις: 1600-2200mm (52,76%), 1200-1600mm (42,51%) και στην κλάση 800-1200mm (5,73%).

Παρατηρείται η σημαντικότητα της βροχόπτωσης ως παραμέτρου εκδήλωσης κατολισθήσεων. Υψηλότερα ποσοστά καταγραφής κατολισθήσεων εντοπίζονται σε περιοχές με μεγαλύτερο ύψος βροχόπτωσης, το οποίο είναι και αναμενόμενο.

- Μελετώντας την **απόσταση από το οδικό δίκτυο**, μεγαλύτερο ποσοστό σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις: 0-100m (40,67%), 200-300m (28,50%), 100-200 (22,77%) και στην κλάση >300m (8,07%).

Παρατηρείται ότι η απόσταση από το οδικό δίκτυο, συγκεκριμένα μέχρι 100m, επηρεάζει σημαντικά το φαινόμενο εκδήλωσης κατολισθήσεων. Σε αποστάσεις μεγαλύτερες των 100m υπάρχουν και παράγοντες περισσότερο κρίσιμοι που πρέπει να ληφθούν για την εκδήλωση κατολισθήσεων.

- Μελετώντας τις **χρήσεις γης**, μεγαλύτερο ποσοστό σχετικής συχνότητας κατολισθήσεων εμφανίζεται κατά σειρά στις κλάσεις: Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση (65,59%), Συνδυασμοί θαμνώδους ή/και ποώδους βλάστησης (17,88%), Δάση (8,58%), Γεωργικές περιοχές (7,95%) ενώ οι κλάσεις Τεχνητές επιφάνειες/ Αστ. Ιστός, Υγρότοποι και Υδάτινες επιφάνειες παρουσιάζουν μηδενικό ποσοστό σχετικής συχνότητας εμφάνισης κατολισθήσεων.

Παρατηρείται η σημασία του παράγοντα χρήση γης στην εκδήλωση κατολισθήσεων. Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση ή εκτάσεις που παρουσιάζουν συνδυασμό θαμνώδους ή ποώδους βλάστησης αποτελούν περιοχές που καταγράφεται υψηλό ποσοστό κατολισθήσεων.

Σημειώνεται πως, οι χρήσεις γης, στον υπολογισμό χάρτη κατολισθητικής επιδεκτικότητας, λήφθηκαν υπόψη μέσω του συντελεστή CTI (Σύνθετος δείκτης τοπογραφικής υγρασίας). Το είδος της βλάστησης μίας περιοχής συνδέεται άμεσα με τον δείκτη CTI.

- Διερευνήθηκε επιπλέον η **συσχέτιση των θεματικών επιπέδων πληροφορίας (ανά δύο)**. Συγκεκριμένα εξετάστηκε: (i) η Σχέση μεταξύ γεωλογικών ενοτήτων και μορφολογικής κλίσης, (ii) η Σχέση μεταξύ γεωλογικών σχηματισμών και υψομέτρου, (iii) η Σχέση μεταξύ γεωλογικών σχηματισμών και προσανατολισμού πρηνών και (iv) η Σχέση μεταξύ μορφολογικής κλίσης και υψόμετρο.

7.3 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Ο παραγόμενος Χάρτης Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας αποτελεί βάση για μελλοντική έρευνα και **εκτίμηση της διακινδύνευσης κατολίσθησης** στην εξεταζόμενη περιοχή. Μέσω του παραπάνω χάρτη μπορεί να εξεταστεί η **βιωσιμότητα των οικισμών**, και να προκύψει σωστός **σχεδιασμός του αστικού ιστού και του προγράμματος επέκτασης** του για την **αποφυγή μελλοντικών απωλειών** είτε σε **ανθρώπινες ζωές** είτε σε **οικονομικές μονάδες**.

Προτείνεται η διερεύνηση της κατολισθητικής επιδεκτικότητας στην περιοχή μελέτης με χρήση **ποσοτικών μοντέλων πρόβλεψης**. Τα εξαγόμενα αποτελέσματα μπορούν να συγκριθούν με τα αντίστοιχα αποτελέσματα της ημιποσοτικής μεθόδου AHP που εφαρμόστηκε στην παρούσα Μ.Δ.Ε. Προτείνεται η χρήση **μεθόδων μηχανικής μάθησης** (όπως Τεχνικά Νευρωνικά Δίκτυα), με εφαρμογή μεθοδολογιών που παρουσιάζονται στη τεχνητή νοημοσύνη, ή η εφαρμογή **στατιστικών – ποσοτικών μεθόδων**.

Λαμβάνοντας υπόψη την έκταση της περιοχής μελέτης, προτείνεται η **διερεύνηση της χρήσης επιπέδων με μεγαλύτερη διαβάθμιση πληροφορίας** για τον υπολογισμό του Χάρτη Κατολισθητικής επιδεκτικότητας (πχ. ετήσιο ύψος βροχοπτώσεων). Μπορούν να χρησιμοποιηθούν τοπικής κλίμακας χάρτες και μελέτες που παρέχουν περισσότερες πληροφορίες σε σχέση με αντίστοιχα έγγραφα που διεξάγονται σε εθνική κλίμακα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ambraseys, N. N., Jackson, J. A., 1990. Seismicity and associated strain of central Greece between 1890 and 1988. *Geophys. J. Int.*, 101, pp. 663-708.
2. Anbalagan, R., Kumar, R., Lakshmanan, K., Parida. S., Neethu, S., 2015. Landslide hazard zonation mapping using frequency ratio and fuzzy logic approach, a case study of Lachung Valley, Sikkim. *Geoenvironmental Disasters* 2:6, pp. 1-17.
3. Avinash, K.G, Ashamanjari, K.G, 2010. A GIS and frequency ratio based landslide susceptibility mapping: Aghnashini river catchment, Uttara Kannada, India. *International Journal of Geomatics and Geosciences* Volume 1, No 3, pp. 343-354.
4. Ayalew L, Yamagishi H, Ugawa N., 2004, Landslide susceptibility mapping using GISbased weighted linear combination, the case in Tsugawa area of Agano River, Niigata Prefecture, Japan. *Landslides* 1(1), pp. 73-81.
5. Bathrellos, G.D, Kalivas, D.P., Skilodimou, H.D., 2009. GIS-based landslide susceptibility mapping models applied to natural and urban planning in Trikala, Central Greece. *Estudios Geológicos*, 65(1) enero-junio 2009, pp. 49-65.
6. Bhusan, N., Rai, K., 2004. *Strategic Decision Making, Applying the Analytic Hierachy Process*. Springer, pp. 11-21.
7. Canuti, P., Casagli, N., Catani, F., Falorni, G., Farina, P., 2007. Integration of Remote Sensing Texhniques in Different Stages of Landslide Response. *Progress in Landslide Science*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 251-260.
8. Chacon, J., Irigaray, C., Fernandez, T., El Hamdouni, R., 2006. Engineering geology maps: landslides and geographical information systems. *Bull Eng Geol Environ*, 65, pp. 341-411.
9. Cruden, D.M., 1991. A Simple Definition of a Landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 43, pp. 27-29.
10. Cruden, D.M., Varnes, D.J., 1996. *Landslide Types and Processes in Landslides; Investigation and Mitigation*. Special Report 247. A. K. Turner and R. L. Schuster. Washington D.C., National Academy Press. Special Report 247, pp. 36-71.
11. Ercanoglu, M., Gokceoglu, C., 2004. Use of fuzzy relations to produce landslide susceptibility map of a landslide prone area (West Black Sea Region, Turkey). *Engineering Geology*, 75, pp. 229-250.
12. Fawcett, T., 2005. *An introduction to ROC analysis*. Elsevier B.V., pp. 861-874.
13. Gorsevski, P., Gessler, P., Foltz, R., 2000. Spatial Prediction of Landslide Hazard Using Logistic Regression and GIS. *GIS/EM4*, 110, pp. 1-12.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

14. Guzzeti, F., Carrarra, A., Cardinali, M. & Reichenbach P., 1999. Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multiscale study, Central Italy. *Geomorphology*, 31, pp. 181-216.
15. Guzzeti, F., Reichenbach, P., Cardinali, M., Galli, M., Ardizzone, F., 2005. Probabilistic landslide hazard assessment at the basin scale. *Geomorphology*, 72, pp. 272-299.
16. Highland, L (Compiler), (2004): Landslide Types and Processes. U.S. Geological Survey Fact Sheet 2004-3072.
17. Hutchinson, J.N., 1988. General Report: Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology, in: Proceedings of the Fifth International Symposium on Landslides, edited by: Bonnard, C., Balkema, Rotterdam, pp. 3-35.
18. IAEG Commission on Landslides, 1990. Suggested Nomenclature for Landslides. *Bull. Int. Assos. of Engineering Geology*, 441, pp. 13-16.
19. Kanungo, D.P., Arora, M.K., Sarkar, S., Gupta R.P., 2009. Landslide Susceptibility Zonation (LSZ) Mapping - A Review. *Journal of South Asia Disaster Studies*, Vol. 2 No. 1, pp. 81-105.
20. Kayastha, P., Dhital, M.R., De Smedt F., 2013. Application of the analytical hierarchy process (AHP) for landslide susceptibility mapping: A case study from the Tinau watershed, west Nepal. *Computer & Geosciences*, 52, pp. 398-408.
21. Klimes, J., Vilimek, V., Vicko, J., 2007. Debris Flows in the Vicinity of the Machu Picchu Village, Peru. *Progress in Landslide Science*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 313-318.
22. Ko-Fei Liu, Hsin-Chi Li, Yu-Charn Hsu, 2007. Debris Flow Hazard Defense Magnitude Assessment with Numerical Simulation. *Progress in Landslide Science*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 347-361.
23. Koukis, G., Sabatakakis, N., Ferentinou, M., Lainas, S., Alexiadou, X., Panagopoulos, A., 2009. Landslide phenomena related to major fault tectonics: rift zone of Corinth Gulf, Greece. *Bull Eng Geol Environ*, 68, pp. 215-229.
24. Koukis, G., Sabatakakis, N., Nikolaou, N., Loupasakis, C., 2005. Landslide Hazard Zonation in Greece. *Landslides Risk Analysis and Sustainable Disaster Management*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 291-296.
25. Kouli, M., Loupasakis, C., Soupios, P., Rozos, D., Valianatos, F., 2014. Landslide susceptibility mapping by comparing the WLC and WofE multi-criteria methods in the West Crete Island, Greece. *Environmental Earth Sciences*, 72, pp. 5197-5219.
26. Kouli, M., Loupasakis, C., Soupios, P., Valianatos, F., 2010. Landslide hazard zonation in high risk areas of Rethymno Prefecture, Crete Island, Greece. *Nat. Hazards*, 52, pp. 599-621.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

27. Lee, S., 2005. Application of logistic regression model and its validation for landslide susceptibility mapping using GIS and remote sensing data. *Int J Remote Sens.*, 26, pp. 1477-1491.
28. Lee, S., Min, K., 2001. Statistical analysis of landslide susceptibility at Yongin, Korea. *Environmental Geology*, 40, pp. 1095-1113.
29. Melis, N., Burton, P., Brooks, M., 1995. Coseismic crustal deformation from microseismicity in the Patras area, western Greece. *Geophys. J. Int.*, 122, pp. 815-836.
30. Moore I.D., Lewis A., Gallant J.C., 1993, Terrain attributes: estimation methods and scale effects, in A.J. Jakeman et al. (editors): *Modelling change in environmental systems*, pp. 189-214.
31. Moore, I.D., Grayson, R.B. and Ladson, A.R., 1991. Digital Terrain Modelling: A Review of Hydrological, Geomorphological, and Biological Applications. *Hydrological Processes*, 5:3-30.
32. Moradi, M., Bazyar, M. H., Mohammadi, Z., 2012. GIS-Based Landslide Susceptibility Mapping by AHP Method, A Case Study, Dena City, Iran. *J. Basic. Appl. Sci. Res.*, 2(7), pp. 6715-6723.
33. Moretti, S., Cigna, F., Bawden, G., Bianchini, S., Chiara, D. V., Guzzetti, F., Herrera, G., Iasio, C., March, S., Malet, J.P., Mondini, A., Norbury, D., Raetzo, H., Raspini, F., Schneiderbauer, S., Stumpf, A., Wasowski, J., Zebisch, M., 2014. Satellite earth observation for geohazard risk management. The Santorini Conference Santorini, Greece, 21-23 May 2012. European Space Agency, PP. 59-79.
34. Nadim, F., Kjekstad, O., Peduzzi, P., Herold, C., Jaedicke, C., 2006. Global landslide and avalanche hotspots, *Landslides* 3, Springer-Verlag, pp. 159-173.
35. Naumann, F., 1998. Data Fusion and Data Quality, *Proceedings of the New Techniques and Technologies for Statistics Seminar*, pp. 147-154.
36. Papanikolaou, I., Lekkas, E., 2008. Lithostratigraphic differentiation of the Gavrovo and the Ionian flysch in the Southern Akarnania and the role of the Agrilia and Evinos transverse fault zones. *Hellenic Journal of Geosciences*, vol. 43, pp. 41-55.
37. Papazachos, C.B., Kiratzi, A.A., 1996. A detailed study of the active crustal deformation in the Aegean and surrounding area. *Tectonophysics*, 253, pp. 129-154.
38. Peel, M.C., Finlayson, B.L., McMahon, T.A., 2007. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, European Geosciences Union, 11 (5), pp.1633-1644.
39. Popescu, M., 1994. A suggested method for reporting landslide causes. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*. Paris, No 50, pp. 71-74.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

40. Pourghasemi, H., Pradhan, B., Gokceoglu, C., Moezzi, K. D., 2012. Landslide Susceptibility Mapping Using a Spatial Multi Criteria Evaluation Model at Haraz Watershed, Iran. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp.23-44.
41. Pourghasemi, H.R., Moradi, H. R, FatemiAghda, S. M., 2013. Landslide susceptibility mapping by binary logistic regression, analytical hierarchy process, and statistical index models and assessment of their performances. *Nat Hazards*, 69, pp. 749-779.
42. Rozos, D., Bathrellos, G. D., Skillodimou, H.D., 2011. Comparison of the implementation of rock engineering system and analytic hierarchy process methods, upon landslide susceptibility mapping, using GIS: a case study from the eastern Achaia County of Peloponnesus, Greece. *Environmental Earth Sciences*, 63, pp. 49-63.
43. Saaty, T., 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences*, Vol. 1, No. 1, pp. 83-98.
44. Saaty, T.L., Vargas, L.G., 1991. *Prediction, Projection and Forecasting*. Kluwer AcademicPublishers, Dordrecht, 251 pp.
45. Sabatakakis, N., Koukis, G., Vassiliades, E., Lainas, S., 2013. Landslide susceptibility zonation in Greece. *Nat Hazards*, 65, pp. 523-543.
46. Sabatakakis, N., Tsiambaos, G., Rondoyanni, Th., Papanakli, S., Kavoura, K., Deep-seated structurally controlled landslides of Corinth gulf rift zone, Greece: the case of Panagopoula landslide. *ISRM Congress 2015 Proceedings - Int'l Symposium on Rock Mechanics*, pp. 1-10.
47. Saunders, W., Glassey, P. (Compilers), 2007. *Guidelines for assessing planning policy and consent requirements for landslide prone land*. GNS Science Miscellaneous Series 7, pp. 78.
48. Saunders, W., Glassey, P., 2007. *Guidelines for assessing planning policy and consent requirement for landslide prone land*. Institute of Geological and Nuclear Sciences Limited, pp. 71.
49. Soeters, R., Van Westen, C.J., 1996. *Slope instability recognition, analysis, and zonation*. Special Report - National Research Council, Transportation Research Board, 247, pp. 129-177.
50. Taylor, D.K., Hawley, J.G., Riddolls B.W. (Compilers), 1977. *Slope Stability in Urban Development*. New Zealand Geomechanics Society and New Zealand Department of Scientific and Industrial Research, Wellington.
51. Terzaghi, K., 1950. *Mechanisms of landslides*. Geological Society of America, Berkley Volume, pp. 83-123.
52. Tsangaratos, P., Benardos, A., 2014. Estimating landslide susceptibility through a artificial neural network classifier. *Nat Hazards*, 74, pp. 1489-1516.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

53. Van Den Eeckhaut, M., Reichenbach, P., Guzzetti, F., Rossi, M., Poesen, J., 2009. Combined landslide inventory and susceptibility assessment based on different mapping units: an example from the Flemish Ardennes, Belgium. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9, pp. 507-521.
54. Van Den Eeckhaut, M., Vanwalleghem, T., Poesen, J., Govers, G., Verstraeten, G., Vandekerckhove, L., 2006. Prediction of landslide susceptibility using rare events logistic regression: a case-study in the Flemish Ardennes (Belgium). *Geomorphology*, 76, pp. 392-410.
55. Varnes, D.J. & IAGC Commission on Landslides and Other Mass-Movements, 1984. *Landslide Hazard Zonation: A Review of Principles and Practice*, UNESCO, Paris, pp. 63.
56. Varnes, D.J., 1978. Slope movements types and processes. R.L. Schuster, R.L. Krizek (Eds.), *Landslides: Analysis and Control. Special Report 176*, Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Washington, D.C., pp. 11-33.
57. Voogd, H., 1983. *Multi-criteria Evaluations for Urban and Regional Planning*. Princeton University, London, pp. 367.
58. Wati, S.E., Hastuti, T., Widjojo, S., Pinem, F., 2010. Landslide susceptibility mapping with heuristic approach in mountainous area a case study in Tawangmangu sub district, Central Java, Indonesia. *Remote Sensing and Spatial Information Science*, Volume XXXVIII, Part 8, pp. 248-253.
59. Yalcin, A., 2008. GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): Comparisons of results and confirmations. *Catena*, 72, pp. 1-12.
60. Αγγελίτσα, Β., Κιτσάκη, Μ., Μπαρμπαγιάννη, Δ., Τσαγγαράτος, Π., Λουπασάκης, Κ., 2014. Σύνθεση Χαρτών Κατολισθητικής Επιδεκτικότητας για το Δυτικό Πήλιο με την Εφαρμογή Πολυκριτηριακών Μεθόδων, 7ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωτεχνικής Μηχανικής, pp. 1-8.
61. Αθανασίου, Γ., 2011. Σύγκριση δεδομένων τηλεσκοπίσης καμένων εκτάσεων στον ελλαδικό χώρο. Μεταπτυχιακή διατριβή, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, pp. 101.
62. Αναγνωστοπούλου, Π., Πογιατζή, Ε., 2013. Δελτίο κατολισθήσεων που εκδηλώθηκαν στην Ελλάδα κατά το έτος 2012. *Ι.Γ.Μ.Ε.Μ.*, pp. 1-10
63. Αποστολίδης, Ε., Πάσχος, Π., 2005. Τεχνικογεωλογική μελέτη Γεωλογικής Καταλληλότητας για οικιστική ανάπτυξη στον οικισμό Χόχλιας Δήμου Κτημενίων, Ν. Ευρυτανίας, Τ-2507, Δημοσίευτη Έκθεση ΙΓΜΕ.
64. Βαλάντη, Ε., 2011. Ανάλυση των Καμπύλων ROC και εφαρμογή τους σε πραγματικά βιοϊατρικά δεδομένα. Διπλωματική εργασία, Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, Τομέας μαθηματικών, Ε.Μ.Π., pp. 7-46.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

65. Βασιλειάδης, Ε., 2010. Ζωνοποίηση της επικινδυνότητας των κατολισθητικών φαινομένων στον ελληνικό χώρο. Δημιουργία και εφαρμογή μοντέλων με γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, pp. 218.
66. Βολιώτη, Κ. Γ., 2009. Ζωνοποίηση της Επικινδυνότητας λόγω Κατολισθήσεων στο χώρο της Ηπειρωτικής Ελλάδας με χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών, Απεικόνιση σε χάρτη μικρής κλίμακας. Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Τομέας Έργων Υποδομής & Αγροτικής Ανάπτυξης, Ε.Μ.Π., pp. 101.
67. Γεωργιάδης, Κ., Γεωργιάδης, Μ., 2009. Στοιχεία Εδαφομηχανικής. Εκδόσεις Ζήτη, pp. 451.
68. Ελληνικός αντισεισμικός κανονισμός (ΕΑΚ 2000). ΟΑ.Σ.Π, Σ.Π.Μ.Ε.
69. ΕΛΣΤΑΤ, 2011. Πίνακας Απογραφής Πληθυσμού - Κατοικιών 2011, Μόνιμος Πληθυσμός.
70. Ζιούρκας, Κ., Κούκης, Γ., 1992. Ζωνοποίηση της επικινδυνότητας λόγω κατολισθήσεων στον ελληνικό χώρο και απεικόνιση της σε χάρτες μικρής και μέσης κλίμακας. Ορυκτός Πλούτος, 77, pp. 9-30.
71. Ηλιας, Π., 2000. Ανάπτυξη μεθοδολογίας εκτίμησης επικινδυνότητας με χρήση νευρωνικών δικτυων. Διδακτορική Διατριβή, Πολυτεχνική Σχολή, Αριστοτελείο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, pp. 552.
72. ΙΓΜΕ, 1970. Γεωλογικός Χάρτης Ελλάδας, κλίμακα 1:50.000, Φύλλο Καρπενήσιον.
73. ΙΓΜΕ, 1977. Γεωλογικός Χάρτης Ελλάδας, κλίμακα 1:50.000, Φύλλο Θέρμον.
74. ΙΓΜΕ, 1980. Γεωλογικός Χάρτης Ελλάδας, κλίμακα 1:50.000, Φύλλο Φραγκίστα.
75. ΙΓΜΕ, 1985. Γεωλογικός Χάρτης Ελλάδας, κλίμακα 1:50.000, Φύλλο Κλεπά.
76. ΙΓΜΕ, 1991. Γεωλογικός Χάρτης Ελλάδας, κλίμακα 1:50.000, Φύλλο Ευηνοχώριον.
77. Κ/ΞΙΑ Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (GR04). Ειδική Γραμματεία Υδάτων, ΥΠΕΚΑ, pp. 269.
78. Καβουνίδης, Σ., Ντουνιάς, Γ., Μπαρδάνης, Μ., 2005. Χαράσσοντας οδούς μέσα από κατολισθήσεις, 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας, pp. 1-12.
79. Καβουνίδης, Σ., Σωτηρόπουλος, Λ., Παπαδόπουλος, Κ., Μπαρδάνης, Μ., 2010. Διαδοχικές Κατολισθήσεις σε Φλύσχη. 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωτεχνικής & Γεωπεριβαλλοντικής Μηχανικής, pp. 1-7.
80. Καρύμπαλης, Ε., 1996. Γεωμορφολογικές παρατηρήσεις στη λεκάνη απορροής του Ευήνου ποταμού. Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Γεωγραφίας - Κλιματολογίας, pp. 245.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

81. Κούκης, Γ., Ζιούρκας, Κ., 1989. Κατολισθητικές κινήσεις στον ελληνικό χώρο - Στατιστική θεώρηση. Ορυκτός Πλούτος, 58, pp. 39-57.
82. Κούκης, Γ., Ζιούρκας, Κ., 1990. Ανάλυση πολυμεταβλητού συστήματος δεδομένων σχετικά με τις κατολισθητικές κινήσεις στον ελληνικό χώρο. Ορυκτός Πλούτος, 69, pp. 17-24.
83. Κούκης, Γ., Σαμπατακάκης Ν., 2007. Γεωλογία Τεχνικών Έργων. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, pp. 575.
84. Κουτσογιάννης, Δ., Ανδρεαδάκης, Α., Μαυροδήμου, Ρ., Χριστοφίδης, Α., Μαμάσης, Ν., Ευστρατιάδης, Α., Κουκουβίνος, Α., Καραβοκυρός, Γ., Κοζάνης, Σ., Μαμάης, Δ., Νουτσόπουλος, Κ., 2008. Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων. Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, ΙΤΙΑ, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, pp. 748.
85. Κωνσταντοπούλου, Γ., 2004. Τεχνικογεωλογική μελέτη οριοθέτησης κατάλληλων για δόμηση περιοχών σε κατολισθαίνοντες οικισμούς της ορεινής Αιτωλοακαρνανίας. Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας τομ. XXXVI, Πρακτικά 10ου Διεθνούς Συνεδρίου, pp. 1750-1756.
86. Κωνσταντοπούλου, Γ., Κανάρης, Δ., 2015. Τεχνικογεωλογική εξέταση κατολισθητικών φαινομένων σε οικισμούς των δήμων Ναυπακτίας και Θέρμου της Π.Ε. Αιτωλοακαρνανίας. ΙΓΜΕ, Τμήμα Τεχνικής Γεωλογίας, pp. 49.
87. Μουντράκης, Δ., 1985. Γεωλογία της Ελλάδας. University Studio Press, Θεσσαλονίκη, pp. 207.
88. Ντούνιας, Γ., Μπελόκας, Γ., Μαρίνος, Π., 2006. Η Κατολίσθηση στην Επαρχιακή Οδό Αγίου Δημητρίου - Αράχωβας, στη λεκάνη του ποταμού Ευήνου. 5ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωτεχνικής & Γεωπεριβαλλοντικής Μηχανικής, pp. 1-8.
89. Παπαζάχος, Β., Παπαζάχου, Κ., 2003. Οι σεισμοί της Ελλάδας, pp. 286.
90. Παπανικολάου, Δ., 1986. Η Γεωλογία της Ελλάδος, εκδ. Επτάλοφος., pp. 240.
91. Παπανικολάου, Δ., Σιδέρης, Χ., 2014. Γεωλογία, Η επιστήμη της Γης. Εκδόσεις Πατάκη, pp. 291.
92. Πολυκρέτης, Χ., Φερεντίνου, Μ., Χαλκιάς, Χ., 2013. Η χρήση των τεχνητών νευρωνικών δικτύων για την χαρτογράφηση της επιδεκτικότητας σε εκδήλωση κατολισθήσεων. 1ο Συνέδριο Χωρικής Ανάλυσης: Πρακτικά, pp. 1-16.
93. Πυργιώτης, Λ., Σπανού, Ν., 2015. Τεχνικογεωλογική εξέταση κατολισθητικών φαινομένων στις περιοχές Δ.Κ. Κρικέλλου και επαρχιακών οδών Κρικέλλου - Σταύλων και Σταύλων έως 4,7km προς Άμπλιανη, Δ. Καρπενησίου. ΙΓΜΕ, Τμήμα Τεχνικής Γεωλογίας, pp. 77.
94. Ρόζος, Δ., 2007. Τεχνική Γεωλογία Ι. Για τους φοιτητές του 7ου εξαμήνου. Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών, Ε.Μ.Π., pp. 352.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

95. Ρόζος, Δ., Αποστολίδης, Ε., 2004. Τεχνικογεωλογική διερεύνηση των αστοχιών πρηνών στο Παλιό Μικρό Χωριό νομού Ευρυτανίας για την ασφαλή οικιστική ανάπτυξη του. Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας τομ. XXXVI, Πρακτικά 10ου Διεθνούς Συνεδρίου, pp. 1806-1815.
96. Σακελλαρίου, Μ., Φερεντίνου, Μ., Δήμητρα, Ν., 1999. Εκτίμηση της επικινδυνότητας των κατολισθήσεων με τη χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών, 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο "Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών - Δυνατότητες και Εφαρμογές, Προοπτικές και Προκλήσεις", pp. 1-20.
97. Τηνιακός, Λ., 2005. Εισηγητική Έκθεση για κατολισθητικά φαινόμενα – Ευρύτερη περιοχή λεκάνης Γιδομανδρίτη Δ. Θέρμου. Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδος, Γενική Δ/νση Περιφέρειας, Δ/νση Σχεδιασμού & Ανάπτυξης, Τμήμα Διαχείρισης Υδατικών Πόρων.
98. Τσαγγαράτος, Π., Διερεύνηση της τεχνικογεωλογικής συμπεριφοράς των γεωλογικών σχηματισμών με τη χρήση Πληροφοριακών Συστημάτων. Διδακτορική Διατριβή, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων - Μεταλλουργών, ΕΜΠ, pp. 351.
99. Τσικούρας, Β., Παταργιάς, Π.Α., 2001. Ζωνοποίηση βαθμού επικινδυνότητας από κατολισθητικά φαινόμενα στο νομό Ευρυτανίας. Ορυκτός Πλούτος, 118, pp. 39-46.
100. Τσίνας, Α., 2015. Τεχνική Έκθεση καταστροφών στον Δήμο Θέρμου από τις πλημμύρες 31-1-2015 έως 2-2-2015. Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας, Νομός Αιτωλ/νίας, Δήμος Θέρμου, pp.68.
101. Φερεντίνου, Μ., Χαλκιάς, Χ., 2012. Προπαρασκευαστική ανάλυση της διακινδύνευσης έναντι κατολισθήσεων με βάση τη χαρτογράφηση της επιδεκτικότητας - Εφαρμογή σε περιφερειακή κλίμακα. Γεωγραφίες, Νο 19, pp. 41-58.
102. Χατζηνάκος, Ι., Αποστολίδης, Ε., Πογιατζή, Ε., Κυνηγαλάκη, Μ., 1998. Γεωτεχνική έρευνα οικισμών Ν. Ευρυτανίας, Αναθέτουσα Αρχή: ΥΠΕΧΩΔΕ, Γενική Δ/νση Πολεοδομίας, Δ/νση Οικιστικής Πολιτικής και Κατοικίας, Δημοσίευτη Έκθεση ΙΓΜΕ, Τ-2010.