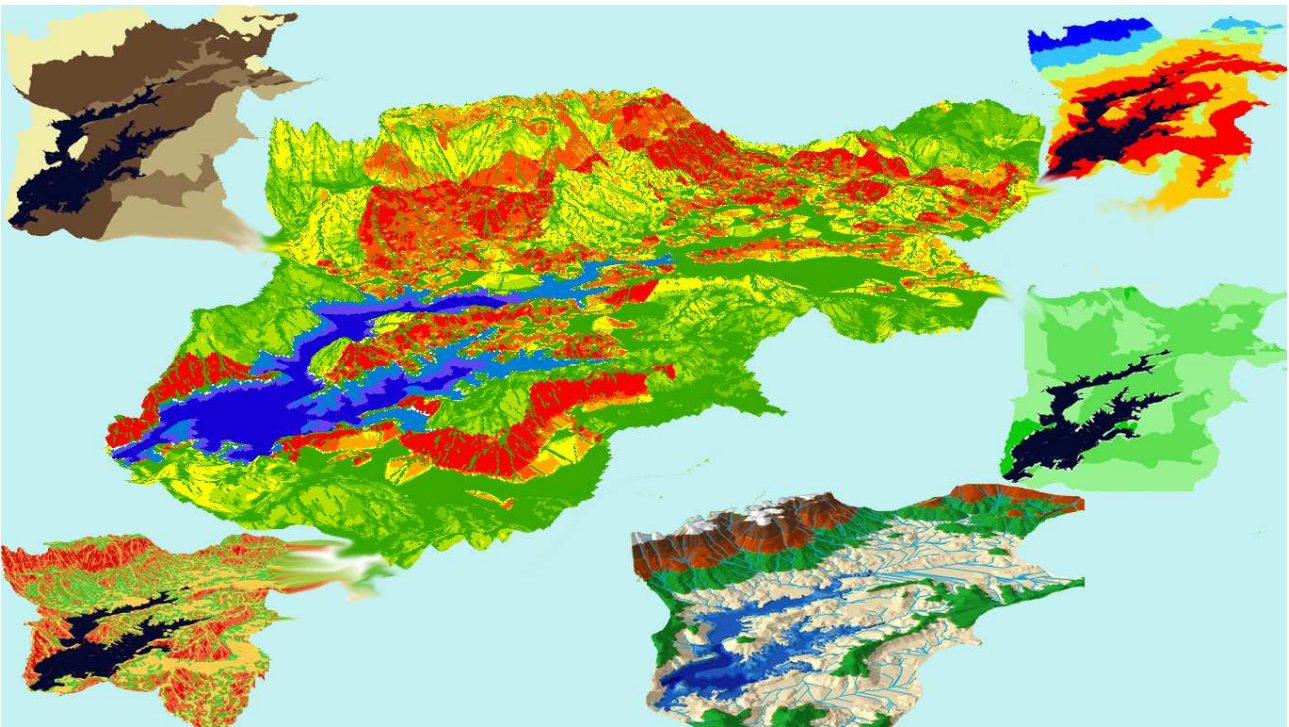


ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ:

ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ

“Εκτίμηση κινδύνου διάβρωσης στην λεκάνη απορροής της
τεχνητής λίμνης των Πηγών Αώου με την χρήση Γεωγραφικού
Συστήματος Πληροφοριών”



ΒΑΓΓΕΛΗΣ Ν. ΜΑΝΩΛΗΣ

Δασολόγος-Περιβαλλοντολόγος Α.Π.Θ

Επιβλέπων

ΔΙΑΜΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Επίκουρος Καθηγητής Α.Π.Θ

Θεσσαλονίκη 2010

Στον πατέρα μου, Νίκο

Τριμελής Επιτροπή Αξιολόγησης:

(ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)

Διαμαντόπουλος Ι., Επίκουρος Καθηγητής Τμήματος Βιολογίας Α.Π.Θ

(ΕΞΕΤΑΣΤΕΣ)

Παπαθεοδώρου Ε., Επίκουρη Καθηγήτρια Τμήματος Βιολογίας Α.Π.Θ

Τσιριπίδης Ι., Λέκτορας Τμήματος Βιολογίας Α.Π.Θ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον υπεύθυνο και επιβλέποντα στη μελέτη μου κ. Ιωάννη Διαμαντόπουλο, Επίκουρο Καθηγητή του Τομέα Οικολογίας, του Τμήματος Βιολογίας ΑΠΘ, για την εμπιστοσύνη του στο πρόσωπό μου, τις χρήσιμες συμβουλές και την καθοδήγηση του κατά την διάρκεια της εκπόνησης αυτής της διατριβής.

Επίσης, ευχαριστώ:

Τα μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής, τους Καθηγητές: Παπαπαθεοδώρου Ευθυμία και Τσιριπίδη Ιωάννη για τις εύστοχες και ουσιώδεις υποδείξεις τους καθώς και για την ενεργό συμμετοχή τους στην αξιολόγηση της εργασίας.

Τον Καρέτσο Γιώργο, Δασολόγο Ερευνητή του Ινστιτούτου Δασικών Ερευνών Αθηνών (ΕΘΙΑΓΕ), τόσο για την παραχώρηση επιστημονικών και ερευνητικών δεδομένων της περιοχής μελέτης, όσο και για την διαρκή και έμπρακτη συνεργασία του καθ'όλη την διάρκεια της εκπόνησης αυτής. Χωρίς την συμβολή του, η παρούσα διατριβή δεν θα ήταν εφικτή.

Τον Παπαδόπουλο Αριστοτέλη, Γεωπόνο Ερευνητή Α, Διευθυντή του Ινστιτούτου Εδαφολογίας Θεσσαλονίκης (ΕΘΙΑΓΕ) καθώς και τις Ψωμά Τζένη και Μπούτλα Αρετή, Χημικούς στο Εργαστήριο εδαφολογικών αναλύσεων του Ινστιτούτου Εδαφολογίας για την επιστημονική συνεργασία τους στην φάση της επεξεργασίας των εδαφολογικών δειγμάτων της περιοχής έρευνας.

Τις ευχαριστίες μου εκφράζω επίσης στο προσωπικό του Δασαρχείου Μετσόβου και συγκεκριμένα στον δασάρχη κ. Βαγγέλη Σιούτα και στον Δασολόγο Νίκο Κανελλόπουλο, τόσο για την παραχώρηση χαρτογραφικών δεδομένων, όσο και για τη λεπτομερή ενημέρωσή μου από μέρους του για την περιοχή της έρευνας.

Θέλω να ευχαριστήσω, επίσης, το προσωπικό του Φορέα Διαχείρισης Β. Πίνδου για την παραχώρηση του υπό έγκριση, Σχεδίου Διαχείρισης της Προστατευόμενης περιοχής του Εθνικού Πάρκου Βόρειας Πίνδου.

Τέλος, ευχαριστώ το Δημήτρη Στάθη, Επίκουρο Καθηγητή της Σχολής Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος για τη συμβολή του στην ανάλυση των μετεωρολογικών δεδομένων της περιοχής έρευνας και τον Υποψήφιο Διδάκτορα της ίδιας Σχολής, Δασολόγο Ράπτη Δημήτρη για τις εποικοδομητικές συζητήσεις αναφορικά με το θέμα της εργασίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<u>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</u>	9
<u>ABSTRACT</u>	10
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1-ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u>	11
1.1 ΟΙΚΟΤΟΠΟΙ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ.....	11
1.2 ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΤΥΠΩΝ ΟΙΚΟΤΟΠΩΝ.....	12
1.3 ΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΑΝ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΟΙΚΟΤΟΠΩΝ.....	13
1.4 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΟΙΚΟΤΟΠΩΝ-ΔΙΑΒΡΩΣΗ.....	14
1.5 ΣΚΟΠΟΙ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ.....	15
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ</u>	
2.1 ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	17
2.1.1 Λεκάνη απορροής των Πηγών ποταμού Αώου.....	17
2.1.2 Εθνικό Πάρκο Βόρειας Πίνδου (ΕΠΒΠ).....	19
2.1.3 Καθεστώς προστασίας της λεκάνης των Πηγών Αώου.....	20
2.1.3.1 Καταφύγια Άγριας Ζωής.....	22
2.1.4 Το Δίκτυο Φύση 2000 και η λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου.....	25
2.1.5 Τόποι Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ/SCI).....	27
2.1.6 Ο Αώος ποταμός, οι Πηγές του και το υδροηλεκτρικό Φράγμα των Πηγών.....	30
2.1.6.1 Αώος ποταμός.....	30
2.1.6.2 Πηγές Αώου.....	31
2.1.6.3 Υδροηλεκτρικό Φράγμα των Πηγών Αώου.....	32
2.1.7 Χλωρίδα και οικολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης των Πηγών Αώου.....	36
2.1.7.1 Ζώνες βλάστησης.....	36

2.1.7.2 Οικοσυστήματα μεσογειακών κωνοφόρων Μαύρης πεύκης.....	37
2.1.7.3 Οικοσυστήματα ψυχροβιότερων φυλλοβόλων πλατύφυλλων - Δάση Οξιάς.....	39
2.1.8 Ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στην περιοχή της λεκάνης των Πηγών Αώου.....	40
2.1.8.1 Βόσκηση-Γεωργικές καλλιέργειες.....	40
2.1.8.2 Αλιεία.....	41
2.1.8.3 Τουρισμός.....	41
2.2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....	42
2.2.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΥΨΗΛΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ (ΣΤΟΧΟΣ 1).....	42
2.2.1.1 Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (Digital Elevation Model).....	42
2.2.1.2 Μετεωρολογικά δεδομένα.....	43
2.2.1.3 Δεδομένα κάλυψης βλάστησης και χρήσεων γης.....	44
2.2.1.4 Εδαφολογικά και γεωλογικά δεδομένα της περιοχής.....	44
2.2.2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΥΨΗΛΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΜΕ ΤΟΥΣ ΤΥΠΟΥΣ ΟΙΚΟΤΟΠΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (ΣΤΟΧΟΣ 2).....	45
 <u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3-ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΕΞΙΣΩΣΗΣ ΕΛΑΦΙΚΗΣ ΑΠΩΛΕΙΑΣ (USLE) ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΩΝ ΠΗΓΩΝ ΑΩΟΥ (ΣΤΟΧΟΣ 1).....</u>	
3.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	46
3.1.1 Η παγκόσμια εξίσωση απώλειας του εδάφους (USLE).....	46
3.1.1.1 Συντελεστής αναγλύφου (L*S).....	47
3.1.1.2 Συντελεστής διαβρωτικότητας βροχής R.....	54
3.1.1.3 Συντελεστής διαβρωσιμότητας εδάφους (K).....	61
3.1.1.3.1 Ο υπολογισμός τους παράγοντα διαβρωσιμότητας K.....	62
3.1.1.3.2 Υπολογισμός παραμέτρου K από το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής.....	63

3.1.1.3.3 Υπολογισμός παραμέτρου K από το εδαφολογικό υπόβαθρο της περιοχής.....	64
3.1.1.3.4 Μηχανική Σύσταση- Προσδιορισμός της Μηχανικής Σύστασης με την Μέθοδο Βουγιούκου.....	65
3.1.1.3.5 Επαλήθευση τιμών παραμέτρου K (Συνδυασμός εδαφολογικού- γεωλογικού υποβάθρου της περιοχής).....	69
3.1.1.4 Συντελεστής Φυτοκάλυψης C.....	71
3.1.1.4.1 Υπολογισμός του συντελεστή φυτοκάλυψης C	72
3.1.1.4.2 Υπολογισμός συντελεστή φυτοκάλυψης C (Corine Land Cover project).....	73
3.1.1.4.3 Υπολογισμός συντελεστή φυτοκάλυψης C μέσω του Δείκτη NDVI (Επεξεργασία δορυφορικών εικόνων).....	77
3.1.1.5 Συντελεστής ελέγχου διάβρωσης (P)	77
3.1.2 Σύνθεση επιπέδων για την εφαρμογή του μοντέλου USLE.....	78
3.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ	
3.2.1 Ο ρόλος των γεωλογικών σχηματισμών στο φαινόμενο της διάβρωσης.....	83
3.2.2 Ο ρόλος των χρήσεων γης και της βλάστησης στο φαινόμενο της διάβρωσης.....	84
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4- Η ΕΞΟΥΣΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΤΩΝ ΤΥΠΩΝ ΟΙΚΟΤΟΠΩΝ ΚΑΙ Ο ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΩΝ (ΣΤΟΧΟΣ 2)</u>	88
4.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	88
4.1.1 Η Χωρική Ανάλυση και η μέθοδος της Επικάλυψης.....	88
4.1.2 Καθορισμός κριτηρίων ιεράρχησης προτεραιοτήτων προστασίας.....	89
4.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	90
4.2.1 Αποτελέσματα επίπτωσης της διάβρωσης στους τύπους οικοτόπων της λεκάνης απορροής των Πηγών Αώου.....	90
4.2.2 Ιεράρχηση προτεραιοτήτων προστασίας των τύπων οικοτόπων της λεκάνης απορροής από το φαινόμενο της διάβρωσης.....	97

4.2.3 Μέτρα για την διαχείριση και την προστασία	103
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ</u>	104
5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	107
5.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....	108
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ6-</u>	
<u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ/ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΙ</u>	110/116

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το έδαφος αποτελεί μη ανανεώσιμο πόρο ο οποίος δέχεται ολοένα και μεγαλύτερη πίεση. Τα τελευταία χρόνια έχει αναγνωρισθεί η ανάγκη προστασίας και διατήρησης του εδάφους σε διεθνές επίπεδο, η οποία αποτελεί βασική συνθήκη για την αιεφόρο ανάπτυξη. Ο κίνδυνος διάβρωσης και ο κίνδυνος της ερημοποίησης αποτελούν τις σοβαρότερες απειλές που αντιμετωπίζει το έδαφος. Η διάβρωση αποτελεί γεωλογικό φαινόμενο το οποίο εξαρτάται και συντελείται από ένα σύνολο παραγόντων που συνδυάζονται μεταξύ τους και μπορούν να εκτιμηθούν με την βοήθεια της παγκόσμιας εξίσωσης της εδαφικής απώλειας (U.S.L.E) και την χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών. Η διαβρωτικότητα της βροχής, η διαβρωσιμότητα του εδάφους και του μητρικού πετρώματος, το ανάγλυφο και η φυτοκάλυψη της περιοχής μοντελοποιούνται χωρικά στο γεωγραφικό πακέτο ArcGis με αποτέλεσμα την χωρική κατανομή και ποσοτική εκτίμηση του κινδύνου διάβρωσης ανα κλάσεις στην λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου. Στην συνέχεια μέσω αλληλεπίθεσης του δικτύου Natura 2000 και του χάρτη ρίσκου διάβρωσης διερευνάται ο κίνδυνος διάβρωσης συγκεκριμένων τύπων οικοτόπων της λεκάνης απορροής. Τέλος μέσω της πολυκριτηριακής ανάλυσης καθορίζονται ζώνες προτεραιότητας προστασίας στην συγκεκριμένη περιοχή δημιουργώντας ένα εργαλείο λήψης αποφάσεων το οποίο συνεπικουρεί στην λήψη μέτρων στα πλαίσια του διαχειριστικού σχεδίου της προστατευόμενης περιοχής του Εθνικού Πάρκου Βόρειας Πίνδου και Τζουμερκων Αράχθου ώστε ο έλεγχος διάβρωσης της περιοχής να προστατεύει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της, την βιοποικιλότητα και τους φυσικούς πόρους.

ABSTRACT

“Soil erosion risk assessment in the catchment area of the artificial lake of Aaos Springs using Geographic Information System”

Soil is a non-renewable resource which is under increasing pressure. In recent years it has been recognized the need for protection and soil conservation at the international level, which is an essential condition for sustainable development. Erosion and desertification risk is the most serious threat against soil. Erosion is a geological phenomenon depending on a combination of factors. These factors can be estimated with Universal Soil Loss Equation(USLE) and the use of geographic information systems(G.I.S). In the present work the erosive power of rain, the erodibility of soil and parent material, the terrain and vegetation of the area were modeled in the geographical spatial package, ArcGis, resulting spatial distribution and quantitative assessment of erosion risk classes in the watershed of Aaos Springs. The overlay between Natura 2000 network areas and the erosion risk map in the catchment scale explores the erosion risk assessment of certain critical habitat types. Finally analysis through multiple criteria, showed priorities of protection zones in the region. As a result we created a decision support tool that could assist in the management plan of the protected area of Pindos and Tzoumerka Arachthos National Parks in order that soil erosion control contributes to the protection of nature and biodiversity.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΟΙΚΟΤΟΠΟΙ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ

Το Δίκτυο Natura 2000 δημιουργήθηκε με σκοπό την διατήρηση και την προστασία φυσικών οικοτόπων, αυτοφυών ειδών χλωρίδας και άγριων ειδών πανίδας και αποτελεί ένα Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο περιοχών, οι οποίες φιλοξενούν φυσικούς τύπους οικοτόπων και ειδών που είναι σημαντικοί σε Ευρωπαϊκό επίπεδο. Αποτελείται από δύο κατηγορίες περιοχών: Τις «Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ)» (**Special Protection Areas-SPA**) για την ορνιθοπανίδα, όπως ορίζονται στην Οδηγία 79/409/ΕΚ και τους «Τόπους Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ)» (**Sites of Community Importance-SCI**) όπως ορίζονται στην Οδηγία 92/43/ΕΟΚ. Μετά την οριστικοποίηση του καταλόγου ΤΚΣ, τα Κράτη Μέλη είναι υποχρεωμένα να κηρύξουν τις περιοχές αυτές ως «Ειδικές Ζώνες Διατήρησης» (ΕΖΔ) και να καθορίσουν τις προτεραιότητες για τη διατήρηση σε ικανοποιητική κατάσταση των τύπων οικοτόπων και των ειδών κοινοτικού ενδιαφέροντος στο εσωτερικό τους (Δημόπουλος κ.α 2005). Στην Ελληνική επικράτεια δημιουργήθηκαν 202 Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ/SPA) και 241 Τόποι Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ/SCI) καταλαμβάνοντας το 27,3% των χερσαίων οικοσυστημάτων της Ελληνικής χερσονήσου.

Η υποβάθμιση των ενδιαιτημάτων είναι από τις κύριες αιτίες μείωσης της βιοποικιλότητας. Εάν αυτά τα ενδιαιτήματα-τύποι οικοτόπων δεν γίνουν αντικείμενο διαχείρισης, θα αρχίσει η διαδικασία της υποβάθμισης και θα χάσουν πολλά από τα χαρακτηριστικά τους είδη. Για την αποφυγή της υποβάθμισης είναι ανάγκη να καταρτιστεί το σχέδιο διαχείρισης με προτεραιότητα στην ιεράρχηση των απειλών για τα ενδιαιτήματα.

Η διαχείριση των οικοτόπων πρέπει να εντάσσει την επιστημονική γνώση των οικολογικών σχέσεων σε ένα αξιακό πλαίσιο στοχεύοντας στην προστασία και στην

ακεραιότητα αυτών. Έτσι τα σημαντικότερα θέματα στην διαχείριση των οικοτόπων είναι:

- Η διατήρηση και βελτίωση της αντιπροσωπευτικότητας, της κάλυψης, και της κατάστασης διατήρησης των τύπων οικοτόπων και των ειδών τους
- Ο συντονισμός και η ένταξη της διαχείρισης των οικοτόπων σε τοπικό, εθνικό και διεθνές επίπεδο και η ρύθμιση των πρακτικών διαχείρισης ανάλογα με τους στόχους προστασίας των διαχειριστικών σχεδίων
- Η ιεράρχηση των προτεραιοτήτων προστασίας ανάλογα με την σημαντικότητα (σπανιότητα, ενδημισμός κ.λ.π) των οικοτόπων και των ειδών (χλωρίδα-πανίδα) που περιέχουν, τόσο για την άμεση διατήρηση της βιοποικιλότητας, αλλά και για την ορθολογική κατανομή της χρηματοδότησης, του προσωπικού και του εξοπλισμού.
- Η συστηματική παρακολούθηση (monitoring) των ειδών και του χώρου που καταλαμβάνει ο οικοτόπος και η αξιολόγηση της κατάστασης διατήρησης αυτών
- Ο καθορισμός ζωνών με σκοπό την ρύθμιση των ανθρώπινων επεμβάσεων αλλά και της οικολογικής συνοχής των οικοτόπων.

Για να επιτευχθούν οι παραπάνω στόχοι διαχείρισης των οικοτόπων είναι αναγκαία η χαρτογραφική αποτύπωση τους

1.2 ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΤΥΠΩΝ ΟΙΚΟΤΟΠΩΝ

Το έργο «Χαρτογράφηση Τύπων Οικοτόπων» (1999-2001) εκπονήθηκε με σκοπό την χαρτογράφηση της βλάστησης και των αντίστοιχων οικοτόπων ώστε να τεκμηριωθεί η αναγκαιότητα ένταξής τους στο Δίκτυο. Στην «Χαρτογράφηση Τύπων Οικοτόπων» αναγνωρίστηκαν και περιγράφηκαν οι τύποι οικοτόπων του Παραρτήματος Ι της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ. Επίσης σε κάθε περιοχή του Δικτύου οριοθετήθηκαν οι τύποι οικοτόπων, αναλύθηκαν οι μονάδες βλάστησης, δημιουργήθηκαν χάρτες οικοτόπων και κατασκευάστηκε μια νέα βάση δεδομένων με είδη φυτών και τύπους οικοτόπων με αντίστοιχα επίπεδα σε Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (Δημόπουλος 2005).

1.3 ΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΑΝ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΟΙΚΟΤΟΠΩΝ

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ) είναι ένα ισχυρό σύνολο εργαλείων για την συλλογή, αποθήκευση, ανάκτηση, μετατροπή και παρουσίαση χωρικών δεδομένων. (Burrough & McDonnell 1998). Αντιπροσωπεύουν την εξέλιξη της τεχνολογίας, για την χωρική ανάλυση του πλήθους δεδομένων των προστατευόμενων περιοχών και της βιοποικιλότητας. Έτσι λοιπόν τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.) αποτελούν εργαλεία για την διαχείριση των οικοτόπων παρέχοντας την δυνατότητα:

- Καταγραφής, παρακολούθησης και ελέγχου της γεωγραφικής κατανομής των ενδιαιτημάτων και των ειδών.
- Εντοπισμού και καταγραφής ανθρώπινων δραστηριοτήτων, υποδομών και οικισμών
- Λήψης αποφάσεων για την δημιουργία εποχιακών δραστηριοτήτων, μονοπατιών και οικισμών ανάλογα με την απόσταση από την ζώνη των οικοτόπων
- Μελέτης δυναμικών φαινομένων (διάβρωση, αποσάθρωση, αποθέσεις ιζημάτων, μεταλλευτικές δραστηριότητες) μέσω της δυνατότητας διαχρονικών λήψεων δορυφορικών εικόνων, προκειμένου έτσι να πραγματοποιούνται διαχρονικές συγκρίσεις και να καταγράφονται φαινόμενα σε συνεχή βάση.
- Μοντελοποίησης και πρόβλεψης διεργασιών στους οικοτόπους
- Σύγκρισης δεδομένων μεταξύ διαφορετικών περιοχών με ίδιους οικοτόπους.
- Εντοπισμός αλλαγών χρήσεων γης
- Ανίχνευσης αλλαγών στο υδατικό δυναμικό των λιμνών
- Ανίχνευσης διαφορών μεταξύ των βιοφυσικών στοιχείων μιας περιοχής

Έτσι τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών μπορούν να συμβάλλουν στην καταγραφή, παρακολούθηση και αξιολόγηση της συνολικής κατάστασης των ειδών και των οικοτόπων.

1.4 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΟΙΚΟΤΟΠΩΝ-ΔΙΑΒΡΩΣΗ

Το 2001, έρευνα μέσω ερωτηματολογίων σε 870 μόνιμους κάτοικους της ευρύτερης περιοχής του Εθνικού Πάρκου Β. Πίνδου έδειξε ότι οι ίδιοι θέτουν ιεραρχικά τους εξής στόχους προστασίας της περιοχής. Η προστασία της χλωρίδας και πανίδας της περιοχής (98.3%), η προστασία των φυσικών σχηματισμών και του τοπίου (24.3%) και η ανάπτυξη της περιοχής (2.9%) (Trakolis, 2001).

Η υποβάθμιση των οικοτόπων είναι από τις κύριες απειλές της βιοποικιλότητας. Με τον όρο βιοποικιλότητα εννοούμε την ποικιλία των δομών με τις οποίες εκφράζεται η ζωή σε όλα τα επίπεδα της οργάνωσης της (Βώκου 2008). Σε αυτές τις προστατευόμενες ζώνες, σταδιακά η ποιότητα του ενδιαιτήματος υποβαθμίζεται. Οι περισσότερες απειλές ιεραρχούνται στα σχέδια διαχείρισης των προστατευόμενων περιοχών. Οι κυριότερες απειλές που οδηγούν στην υποβάθμιση των οικοτόπων είναι:

- Η μείωση της περιοχής κατανομής των ειδών
- Ο κατακερματισμός του ενδιαιτήματος
- Η απώλεια της αντιπροσωπευτικότητας του

Ο κίνδυνος της διάβρωσης συντελεί τόσο στην απώλεια της αντιπροσωπευτικότητας του οικοτόπου, όσο και στον κατακερματισμό του ενδιαιτήματος αυξάνοντας τον βαθμό τρωτότητας του οικοτόπου και των ειδών που βρίσκονται μέσα σε αυτόν. Έχοντας υπόψιν την βραδεία διαδικασία σχηματισμού του εδάφους οποιαδήποτε απώλεια αυτού μεγαλύτερη από 1 t/ha/yr θεωρείται ως μη αναστρέψιμη για χρονική περίοδο διάρκειας 50-100 έτη. Απώλειες 20-40 t/ha/yr κατά την διάρκεια δυνατών καταιγίδων πλέον παρατηρούνται συχνά πλέον στην Ευρώπη, ενώ σε ακραία γεγονότα η απώλεια εδάφους είναι μεγαλύτερη από 100 t/ha/yr. (Φλαμπούρης, 2008) Μετά από το πέρας μεγάλου χρονικού διαστήματος τα αποτελέσματα της διάβρωσης γίνονται αισθητά.

Οι στόχοι για την αποτροπή της διάβρωσης πρέπει να είναι, η μείωση της σε σημείο που να επιτυγχάνεται η αύξηση της γονιμότητας των εδαφών, η εξασφάλιση των θρεπτικών στοιχείων στα φυτά με την επιβράδυνση της έκπλυσης λόγω της επιφανειακής απορροής και τέλος η αύξηση και η διατήρηση της οργανικής ουσίας της περιοχής.

1.5 ΣΚΟΠΟΙ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

ΣΚΟΠΟΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

- 1. Σκοπός της παρούσας διατριβής είναι η δημιουργία ενός εργαλείου λήψης αποφάσεων (Decision Support Tool) που θα συμβάλει στην διαχείριση των οικοτόπων (Special Protection Areas-SPA) στην ευρύτερη περιοχή των Πηγών Αώου .**

Η εξόρυξη της απαραίτητης πληροφορίας μέσω θεματικών επιπέδων με παράλληλη υποστήριξη της γεωβάσης μπορεί να λειτουργήσει ως εργαλείο λήψης αποφάσεων για την ιεράρχηση του χωρικού σχεδιασμού μιας προστατευόμενης περιοχής. Το φιλτράρισμα αυτής της γεωπληροφορίας με την βοήθεια συγκεκριμένων κριτηρίων προστασίας των οικοτόπων δημιουργεί νέα θεματικά επίπεδα που λειτουργούν ως υπόβαθρα ιεράρχησης προτεραιοτήτων. Η ιεράρχηση των προτεραιοτήτων σε μια προστατευόμενη περιοχή είναι κομβικό σημείο για την κατανομή των πόρων, των αρμοδιοτήτων, του προσωπικού και του εξοπλισμού λειτουργώντας ρυθμιστικά στην διαχείριση των οικοτόπων.

ΣΤΟΧΟΙ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

- 1. Ο εντοπισμός περιοχών υψηλού κινδύνου διάβρωσης με την χρήση της παγκόσμιας εξίσωσης εδαφικής απώλειας (USLE) και η δημιουργία ενός χάρτη εκτίμησης ρίσκου διάβρωσης.**

Το έδαφος ρυθμίζει την κίνηση και την κατανομή του νερού, καταστρέφει τους παθογόνους μικροοργανισμούς, διασπάει τις τοξικές ενώσεις και συμβάλει στην παραγωγική δομή του οικοσυστήματος. Η διάβρωση του μειώνει τις λειτουργικές δυνατότητες αυτού του πόρου και παράλληλα μεταβάλλονται οι φυσικές του ιδιότητες (πορώδες, δομή, υφή κ.λ.π). Το μοντέλο διάβρωσης που επεξεργαστήκαμε μας δίνει μια πολύ σημαντική πληροφορία για την περιοχή

έρευνας, εντοπίζει τις περιοχές υψηλού κινδύνου διάβρωσης. Έτσι με την παρούσα διατριβή δημιουργείται ένας χάρτης επικινδυνότητας διάβρωσης της περιοχής (7βάθμιας κλίμακας) ο οποίος μπορεί να συμβάλει στην λήψη αποφάσεων. Συγκεκριμένα, περιοχές που διατρέχουν υψηλό κίνδυνο διάβρωσης δέχονται μεγάλη πίεση εξαιτίας των μορφών της διάβρωσης (φυλλοειδής, αυλακωτή, χαραδρωτή) και της απόθεσης των διαβρωσιγενών υλικών με αποτέλεσμα την αλλοίωση της δομής και των ποιοτικών χαρακτηριστικών της περιοχής, πέρα από την απώλεια του ιδίου του ανανεώσιμου πόρου. Η έντονη διαβρώσιμότητα συντελεί στην περιβαλλοντική υποβάθμιση λόγω των ρυπαντών που μεταφέρονται και απορροφούνται από τα φερτά υλικά. Τέλος λόγω του εκτεταμένου δικτύου διάβρωσης μειώνεται και η προσβασιμότητα των επισκεπτών στις προστατευόμενες περιοχές

2. Η διερεύνηση της συσχέτισης των περιοχών υψηλού κινδύνου διάβρωσης με τους τύπους οικοτόπων για τον καθορισμό προτεραιοτήτων προστασίας.

Το φαινόμενο της διάβρωσης και η σημασία των τύπων οικοτόπων της περιοχής συνδέονται κάτω από την σκέπη των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Επιτυγχάνοντας την αλληλεπίθεση μεταξύ θεματικών επιπέδων εντοπίζουμε τους τύπους οικοτόπων που δέχονται την μεγαλύτερη διάβρωση (Ton/Ha/Yr) και με την μέθοδο της πολυκριτηριακής ανάλυσης εξάγονται θεματικά επίπεδα ιεράρχησης προτεραιοτήτων προστασίας των οικοτόπων από το φαινόμενο της διάβρωσης. Η προστασία και διατήρηση των οικοτόπων ιδιαίτερης αξίας καθώς και η προστασία και διατήρηση των σπανίων, απειλούμενων, ενδημικών και προστατευόμενων ειδών της χλωρίδας πρέπει να συμπεριλαμβάνονται στις άμεσες προτεραιότητες προστασίας της περιοχής.

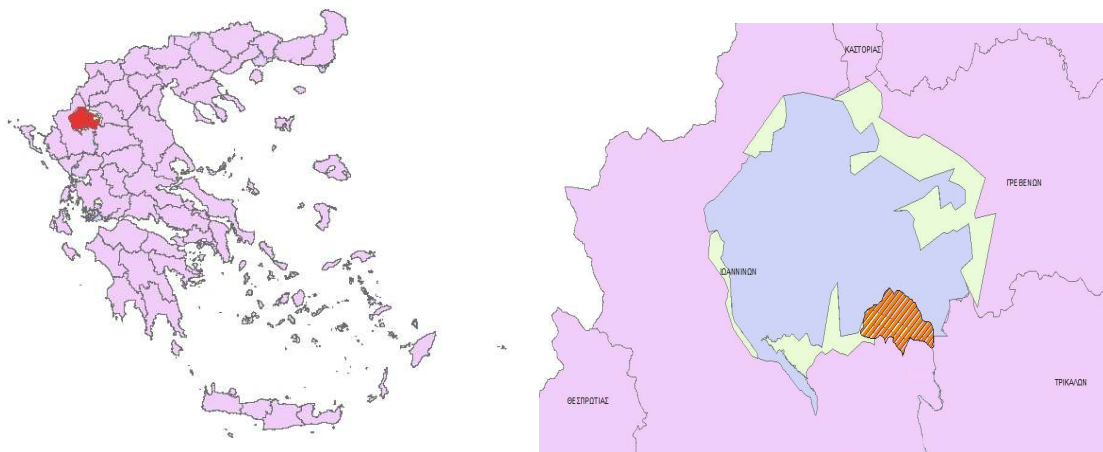
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

2.1 ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

2.1.1 Λεκάνη απορροής των Πηγών ποταμού Αώου

Η λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου βρίσκεται στο Βορειοδυτικό τμήμα της Ελληνικής χερσονήσου και συγκεκριμένα στο Ανατολικό τμήμα του Νομού Ιωαννίνων στα σύνορα του Νοτιοδυτικού άκρου του νομού Γρεβενών και στα σύνορα του Βορειοδυτικού τμήματος του Νομού Τρικάλων. Τοποθετείται στην νότια περιοχή του Ζαγορίου η οποία αποτελεί μέρος του Εθνικού Πάρκου Βόρειας Πίνδου και συγκεκριμένα της περιφερειακής ζώνης (Π4) αυτού.

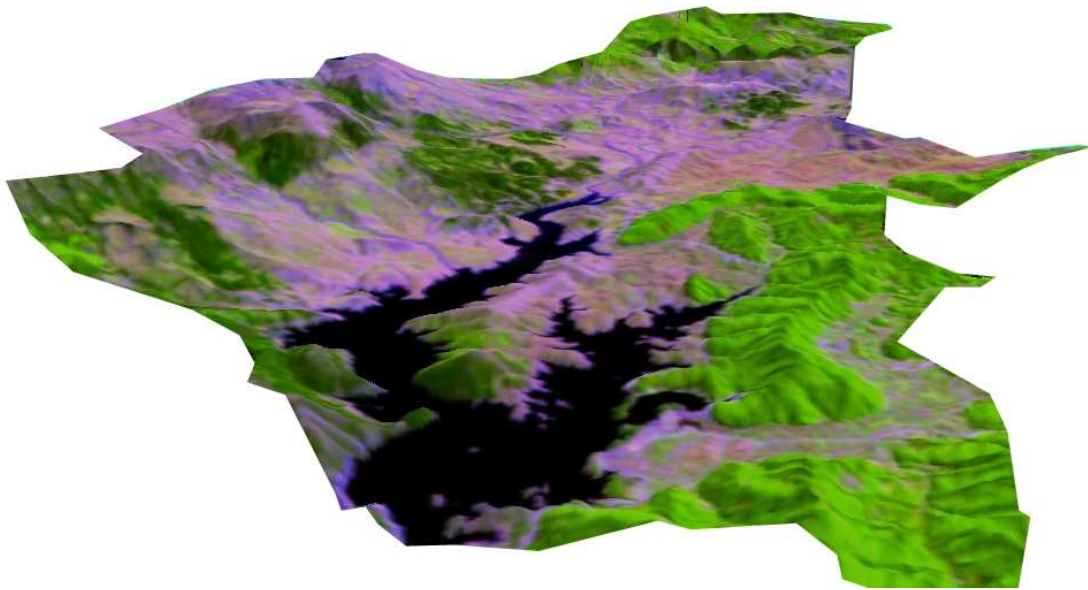


Εικ1. Όρια εθνικού πάρκου Β. Πίνδου (μπλέ χρώμα), Περιφερειακή ζώνη (ΕΠΒΠ)(Πράσινο χρώμα), Λεκάνη απορροής Πηγών Αώου (Πορτοκαλί διαγράμμιση)

Η Λεκάνη απορροής έχει εμβαδό 9.000 εκταρίων (ha) και περίμετρο 48 χιλιομέτρων (km). Βρίσκεται στο Βόρειο τμήμα της οροσειράς της Πίνδου, συνορεύει Δυτικά με το Δημοτικό Δάσος του Φλαμπουραρίου, Νότια με το δημοτικό διαμέρισμα της

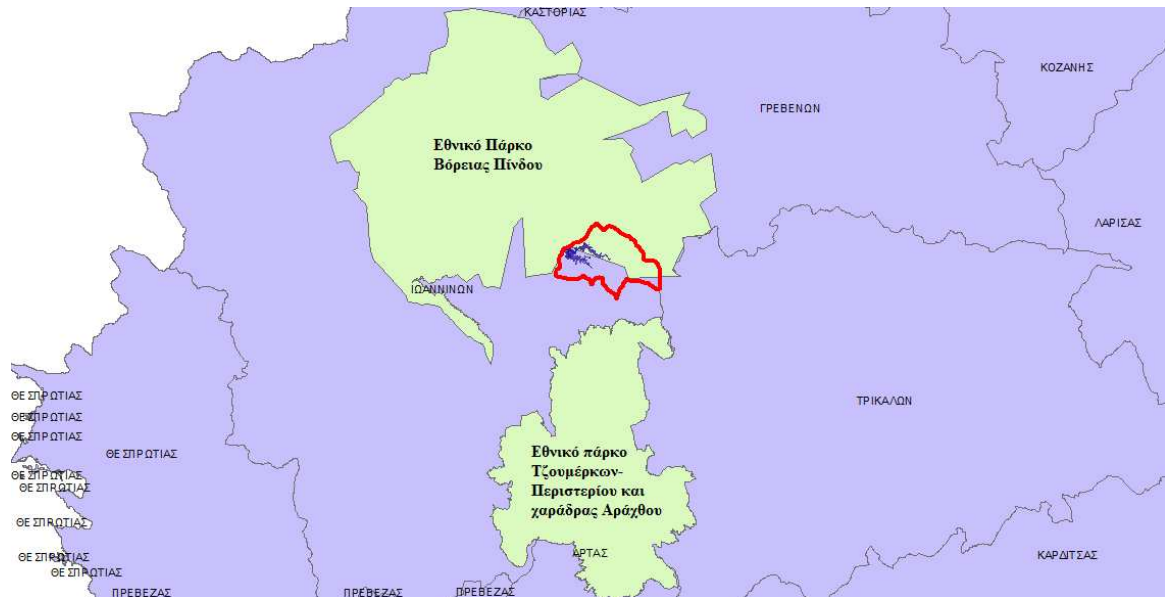
Χρυσοβίτσας, δυτικά με τον αυχένα της περιοχής Κατάρας και Βόρεια με τον εθνικό δρυμό της Βάλια Κάλντα (Περιοχή λιμνών Φλέγγα).

Η τεχνητή λίμνη της λεκάνης των Πηγών Αώου δημιουργήθηκε σταδιακά, ως συνέπεια της κατασκευής του υδροηλεκτρικού φράγματος το 1987 και αποτελεί έναν υγρότοπο που συμβάλλει στην ετερογένεια της περιοχής.



Εικ2 Λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου. Ζώνη φυλλοβόλων πλατύφυλλων (Οξιά)-(πράσινο σκούρο), ζώνη κωνοφόρων (πράσινο ανοιχτό). (Δορυφορική εικόνα Landsat 2006/ RGB: 5,4,3)

Βρίσκεται σε καίρια θέση πάνω στην ραχοκοκαλιά των ορεινών όγκων της βαλκανικής χερσονήσου. Αποτελεί φυσική συνέχεια του Εθνικού Πάρκου Βόρειας Πίνδου και του Εθνικού Πάρκου Αράχθου-Περιστερίου-Τζουμέρκων, καθώς και των προστατευόμενων περιοχών του Γράμμου και της Αλβανίας. Έτσι η συγκεκριμένη λεκάνη απορροής διασφαλίζει την οικολογική συνέχεια ανάμεσα στα δύο Εθνικά Πάρκα λειτουργώντας παράλληλα ως μεταβατική ζώνη στην σύνδεση των πληθυσμών και στην αποφυγή διάσπασης της οικολογικής συνοχής. Μέσα στους ειδικούς σκοπούς του διαχειριστικού σχεδίου του ΕΠΒΠ είναι και η προστασία και διατήρηση των σπάνιων, απειλούμενων και προστατευόμενων ειδών πανίδας και των ενδιαιτημάτων αυτών.



Εικ3 Η λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου, αποτελεί φυσική συνέχεια του Εθνικού Πάρκου Βόρειας Πίνδου και του Εθνικού Πάρκου Αράχθου-Περιστερίου-Τζουμέρκων.

2.1.2 Εθνικό Πάρκο Βόρειας Πίνδου (ΕΠΒΠ)

Το Εθνικό Πάρκο της Βόρειας Πίνδου βρίσκεται στη βορειοδυτική Ελλάδα στα όρια των Νομών Ιωαννίνων και Γρεβενών. Έχει έκταση περίπου 2000 km² και είναι το μεγαλύτερο Εθνικό Πάρκο της χώρας μας. Περιλαμβάνει δύο Εθνικούς Δρυμούς: Βίκου-Αώου και Πίνδου (Βάλια Κάλντα), καθώς και τη μεταξύ τους γεωγραφική περιοχή. Από αυτά το ΕΠΒΠ καταλαμβάνει έκταση 147.200 Ha ενώ οι Περιφερειακές ζώνες 49.700 Ha. Από τα 147.200 Ha οι Περιοχές Προστασίας της Φύσης καταλαμβάνουν έκταση 12.300 Ha ενώ οι Ζώνες διατήρησης Οικοτόπων και Ειδών 36.400 Ha. Το ΕΠΒΠ (Εθνικό Πάρκο Βόρειας Πίνδου) προστατεύεται από μια σειρά Διεθνών Συμβάσεων και Κοινοτικών Οδηγιών. Στην περιοχή της Πίνδου βρίσκονται περισσότερα από 1.100 είδη φυτών, σημαντικό μέρος από τα οποία είναι τα ενδημικά.

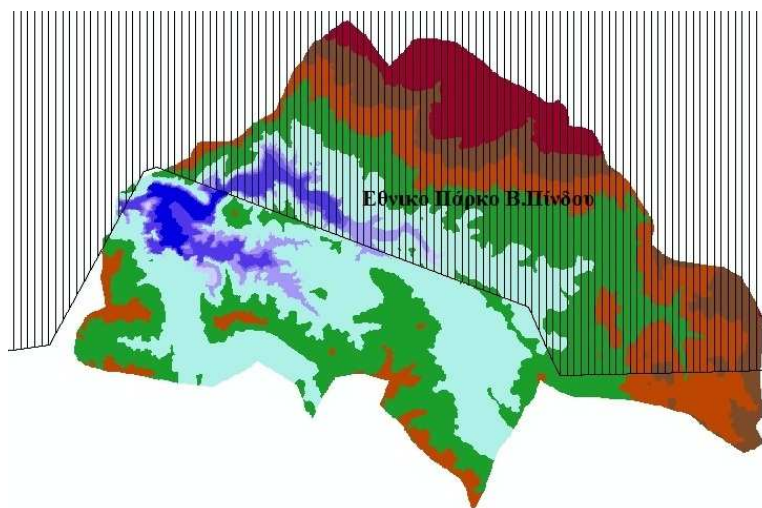
Οι τύποι οικοτόπων κατά την έννοια της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ, που απαντούν στην ενιαία προστατευόμενη περιοχή του Εθνικού Πάρκου της Βόρειας Πίνδου που περιλαμβάνει εννέα (9) περιοχές του Δικτύου Natura 2000 ανέρχονται σε 25 τύπους Από αυτούς τους 25 τύπους οικοτόπων που απαντώνται στην περιοχή μελέτης, έξι (6) είναι τύποι οικοτόπων προτεραιότητας και οι οποίοι διατρέχουν κίνδυνο υποβάθμισης/εξαφάνισης από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Στην περιοχή έχουν θεσμοθετηθεί 11 Καταφύγια Θηραμάτων (Καταφύγια Άγριας Ζωής). Έχουν καταγραφεί 24 είδη πανίδας του Ελληνικού Κόκκινου Βιβλίου (κατηγορίες

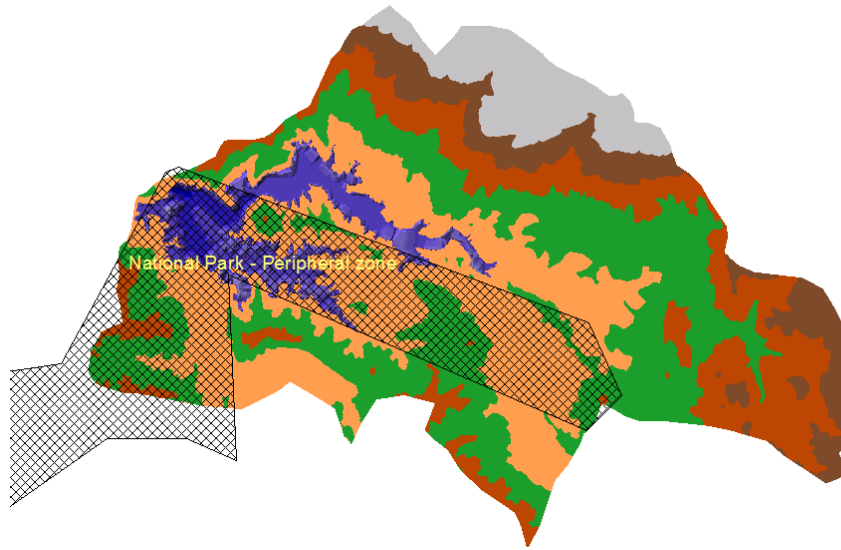
Κινδυνεύοντα 5, Τρωτά 11 και Σπάνια 8), 7 είδη που περιλαμβάνονται στον παγκόσμιο κατάλογο των απειλούμενων ειδών της IUCN και 80 είδη SPEC (3 είδη SPEC1, 25 είδη SPEC2 και 52 είδη SPEC3). Η περιοχή αξιολογείται με την ανώτερη βαθμολογία από άποψη διατήρησης κυρίως για την ομάδα των θηλαστικών, τόσο λόγω της παρουσίας των νυχτερίδων, η πλειοψηφία των οποίων είναι σπάνια και προστατευόμενα είδη, όσο και των μεγάλων θηλαστικών (αρκούδα, λύγκας, αγριόγιδο κ.λπ).

2.1.3 Καθεστώς προστασίας της λεκάνης των Πηγών Αώου

Η λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου προστατεύεται από την Ευρωπαϊκή και Εθνική νομοθεσία. Το μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης εντάσσεται στην κύρια ζώνη του εθνικού πάρκου Β. Πίνδου και ένα άλλο στην περιφερειακή ζώνη (Π4) του Εθνικού πάρκου Β. Πίνδου.



Εικ4 Εθνικού Πάρκου Β. Πίνδου μέσα στην λεκάνη απορροής



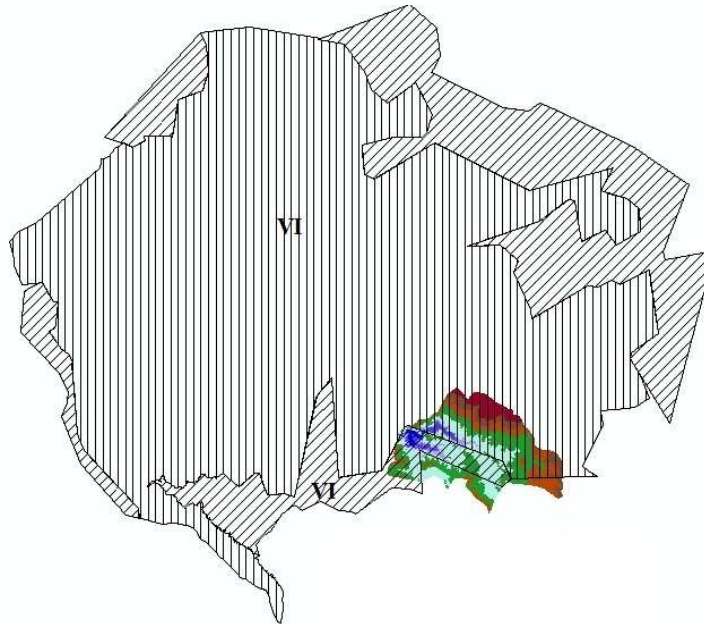
Εικ5 Όρια περιφερειακής ζώνης (Π4-μαύρη διαγράμμιση) Εθνικού Πάρκου Β. Πίνδου μέσα στην λεκάνη απορροής.

Σύμφωνα με το διαχειριστικό σχέδιο (ΕΠΒΠ) στις περιοχές της Περιφερειακής Ζώνης του Εθνικού Πάρκου, στόχος είναι ο έλεγχος των χρήσεων γης, των δραστηριοτήτων και των έργων που ενδέχεται να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον του Εθνικού Πάρκου, καθώς και η διατήρηση και αποκατάσταση περιοχών σημαντικών για την προστασία της αρκούδας (*Ursus arctos*).

Παράλληλα, στην Περιφερειακή ζώνη υποστηρίζονται δραστηριότητες με στόχο την ήπια ανάπτυξη της περιοχής, καθώς και την ανάπτυξη ήπιων μορφών αναψυχής. Στην περιοχή αυτή επιτρέπεται να εκτελούνται έργα, να γίνονται έρευνες και να ασκούνται δραστηριότητες, κυρίως παραδοσιακού χαρακτήρα.

Τα ίδια όρια του ΕΠΒΠ που διέρχεται μέσα από την λεκάνη απορροής ανήκουν στην κατηγορία VI της προστατευόμενης ζώνης σύμφωνα με την κατάταξη IUCN

Κατηγορία VI: “Μια περιοχή που περιέχει τα κυρίως χωρίς τροποποιήσεις φυσικά συστήματα, διοικούμενα για να εξασφαλίσουν τη μακροπρόθεσμες προστασία και τη συντήρηση της βιολογικής ποικιλομορφίας, παρέχοντας συγχρόνως μια βιώσιμη ροή των φυσικών προϊόντων και των υπηρεσιών για να ικανοποιήσει τις κοινοτικές ανάγκες”



Εικ6. Η Λεκάνη απορροής και η προστατευόμενη ζώνη (IUCN-Κατηγορία VI).

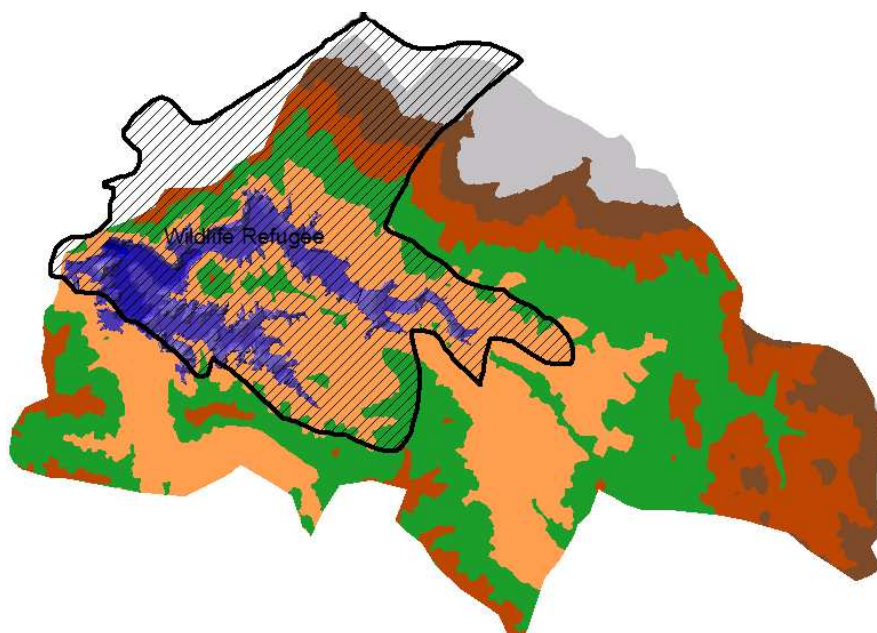
2.1.3.1 Καταφύγια Άγριας Ζωής

Ο Δασικός Κώδικας παρέχει επίσης τη δυνατότητα χαρακτηρισμού ορισμένων περιοχών ως Καταφυγίων Θηραμάτων-Καταφύγια Άγριας ζωής, Ελεγχόμενων Κυνηγετικών Περιοχών και Εκτροφείων Θηραμάτων (άρθρο 253 του Ν. 86/1969 όπως τροποποιήθηκε με το άρθρο 3 του Ν. 177/1985). Οι περιοχές αυτές αποσκοπούν στην «προστασίαν και διάσωσιν του φυσικού περιβάλλοντος της χώρας εν γένει, καθώς επίσης και προς το σκοπό της διατήρησης, ανάπτυξης και εκμετάλλευσης του θηραματικού πλούτου και της άγριας πανίδας εν γένει».

Μια σημαντική έκταση εντός ορίων της λεκάνης απορροής των Πηγών Αώου χαρακτηρίζεται ως:

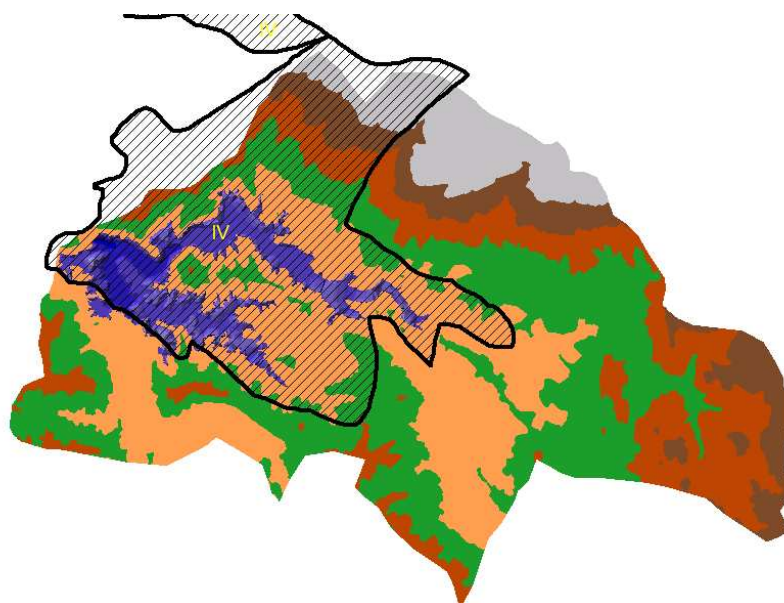
- Καταφύγιο Θηραμάτων Μαυροβούνι – Μουτσιάρα (Μέτσοβο – Χρυσοβίτσα – Γρεβενίτι) Έτος κήρυξης: 1976 (Αριθ. Απόφ. 38083/2188/76, ΦΕΚ 757/Β/76)

Το καταφύγιο Άγριας Ζωής, αρμοδιότητας του Δασαρχείου Μετσόβου επεκτείνεται στην περιοχή των Δήμου Μετσόβου και Κοινοτήτων Χρυσοβίτσας και Γρεβενιτίου Ν. Ιωαννίνων έχει αρχική έκταση 15.000στρ. και υφιστάμενη έκταση 23.000στρ. Εντός ορίων του Καταφυγίου έχει απαγορευθεί η άσκηση κυνηγίου επ' αόριστον (Αριθ. Απόφ. 2251/94, ΦΕΚ 643/Β/94).



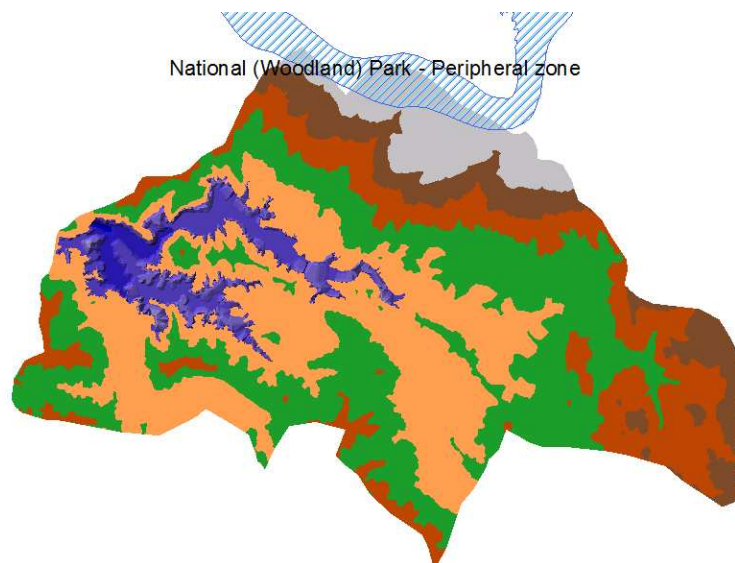
Εικ7. Καταφύγιο Άγριας Ζωής: Μαυροβούνι – Μουτσιάρα στην περιοχή έρευνας.

Τα ίδια όρια ανήκουν στην κατηγορία IV των προστατευόμενων ζωνών IUCN. Χαρακτηρίζεται ως διοικητική περιοχή βιοτόπων και ειδών δηλαδή ως μια «περιοχή του εδάφους ή της θάλασσας υποκείμενου στην ενεργό επέμβαση για διοικητικούς λόγους ώστε να εξασφαλιστεί η συντήρηση των βιότοπων ή/και για να καλύψει τις απαιτήσεις των συγκεκριμένων ειδών» (Κατηγορία IV-IUCN)



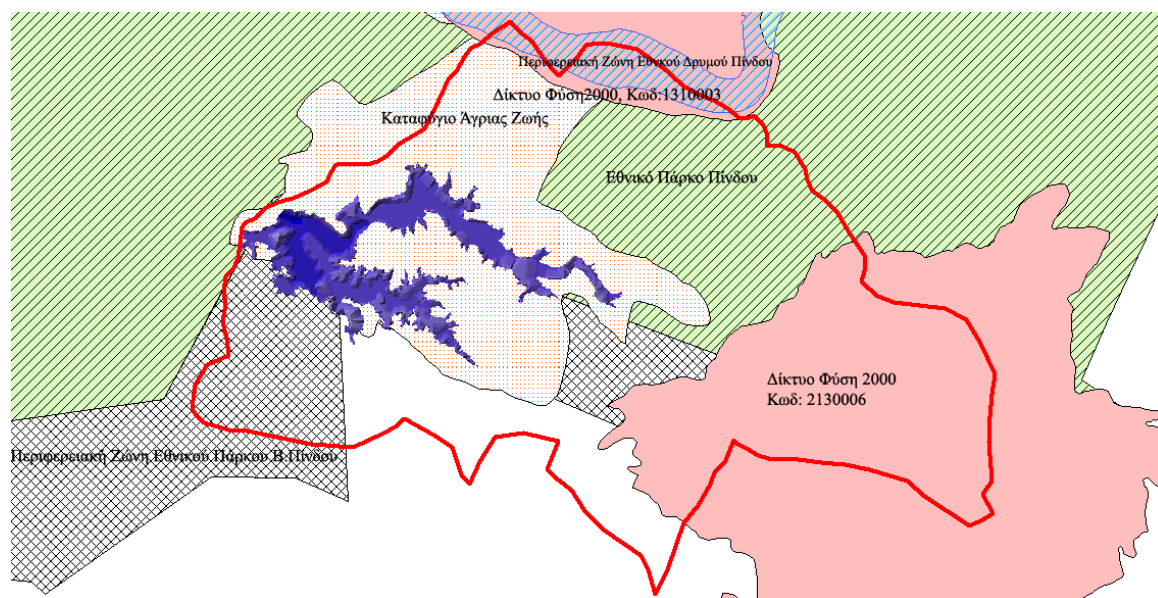
Εικ8. Όρια κατηγορίας IV των προστατευόμενων ζωνών- IUCN.

Τέλος ένα μικρό τμήμα του Βόρειου τμήματος της λεκάνης απορροής προστατεύεται και από την περιφερειακή ζώνη του Εθνικού Δρυμού Πίνδου- Βάλια Κάλντα στην οποία βρίσκονται οι παγετώδεις λίμνες Φλέγγα.

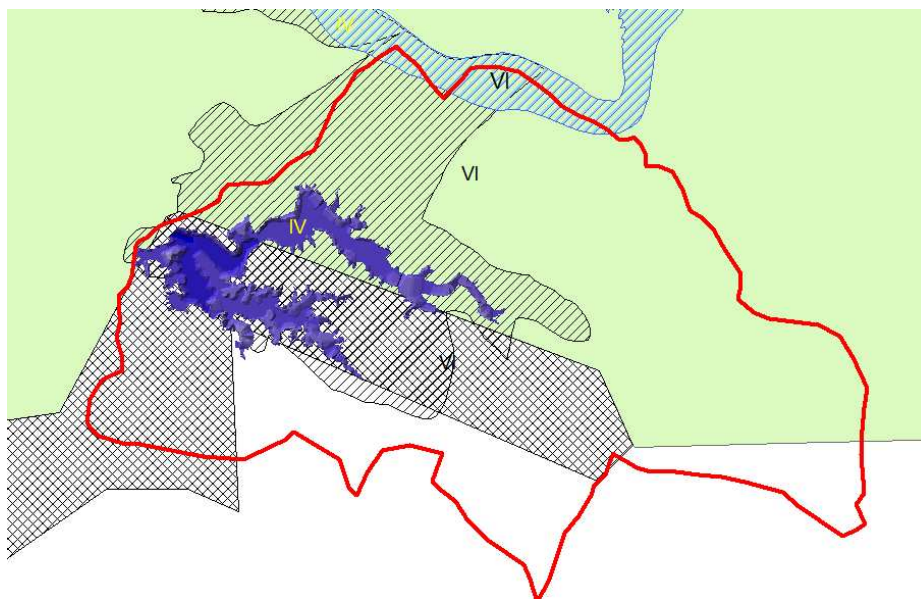


Εικ9. Τμήμα Βόρειου τμήματος της λεκάνης απορροής που προστατεύεται και από την περιφερειακή ζώνη του Εθνικού Δρυμού Πίνδου- Βάλια Κάλντα.

Όλα τα παραπάνω αναδεικνύουν την σημασία της περιοχής των Πηγών Αώου ως ρυθμιστή τόσο των οικολογικών όσο των υδάτινων και βιολογικών παραγόντων.



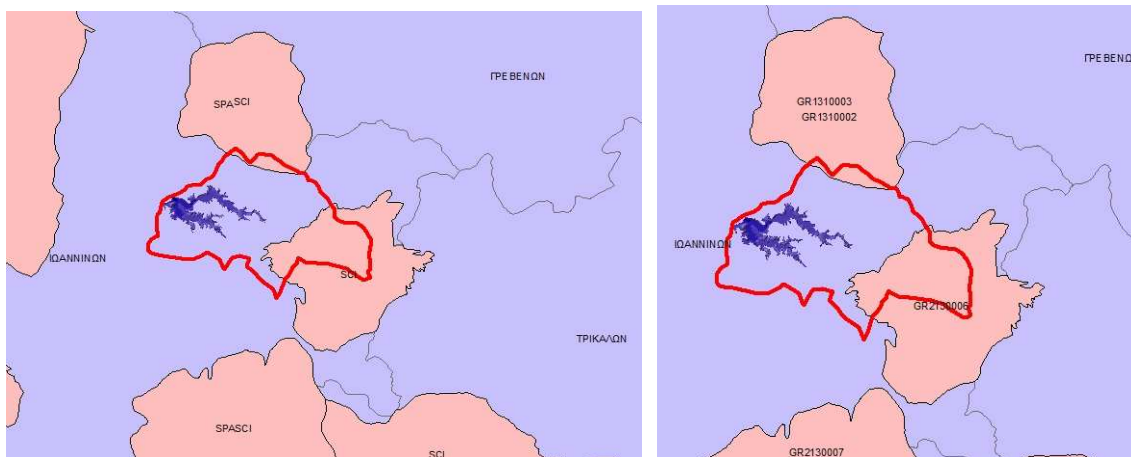
Εικ10.Συνολική απεικόνιση του καθεστώτος προστασίας της περιοχής έρευνας.



Εικ11. Συνολική απεικόνιση των κατηγοριών προστατευόμενων ζωνών της περιοχής έρευνας (IUCN)

2.1.4 Το Δίκτυο Φύση 2000 και η λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου

Η λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου αποτελεί μία σημαντική μεταβατική συνέχεια στο δίκτυο Φύση 2000 της ευρύτερης περιοχής.



Εικ 12,13. Η λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου αποτελεί μία σημαντική μεταβατική συνέχεια στο δίκτυο Φύση 2000 της ευρύτερης περιοχής

Μέσα στην περιοχή έρευνας τοποθετούνται 2 ζώνες κοινοτικού ενδιαφέροντος (SCI)
Συγκεκριμένα:

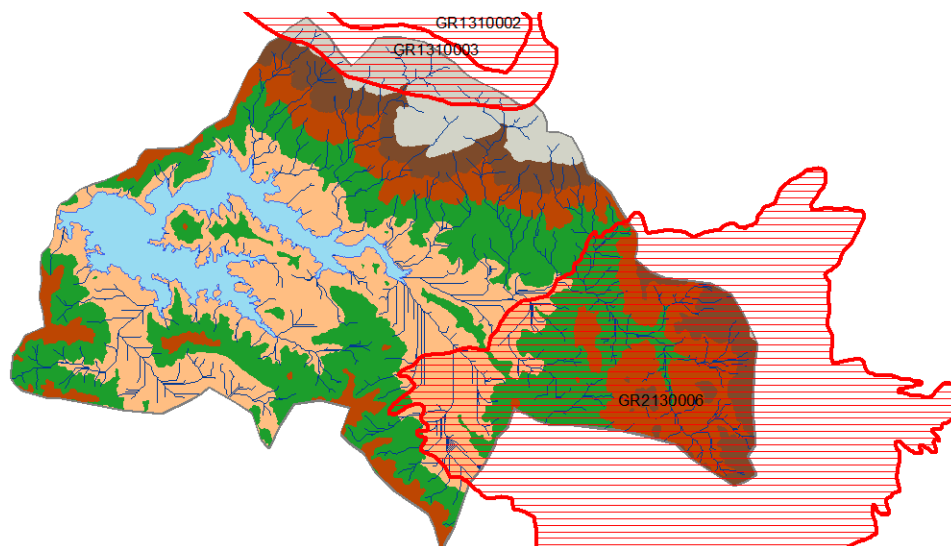
Περιοχές Κοινοτικού Ενδιαφέροντος (SCI):

α) **GR 1310003**: Εθνικός Δρυμός Πίνδου (Βάλια Κάλντα)-Ευρύτερη περιοχή

Περιλαμβάνει περιοχές με μοναδικότητα τύπων οικοτόπων ή/ και ειδών των Παραρτημάτων I και II αντίστοιχα, περιοχές υψηλής αξίας όσον αφορά την βιοποικιλότητα, την παρουσία τύπων οικοτόπων και ειδών προτεραιότητας των Παραρτημάτων I και II αντίστοιχα και, τέλος, περιοχές στις οποίες απαντά υψηλός αριθμός άλλων σημαντικών για την Ελλάδα ειδών.

β) **GR 2130006**: Περιοχή Μετσόβου (Ανήλιο – Κατάρα)

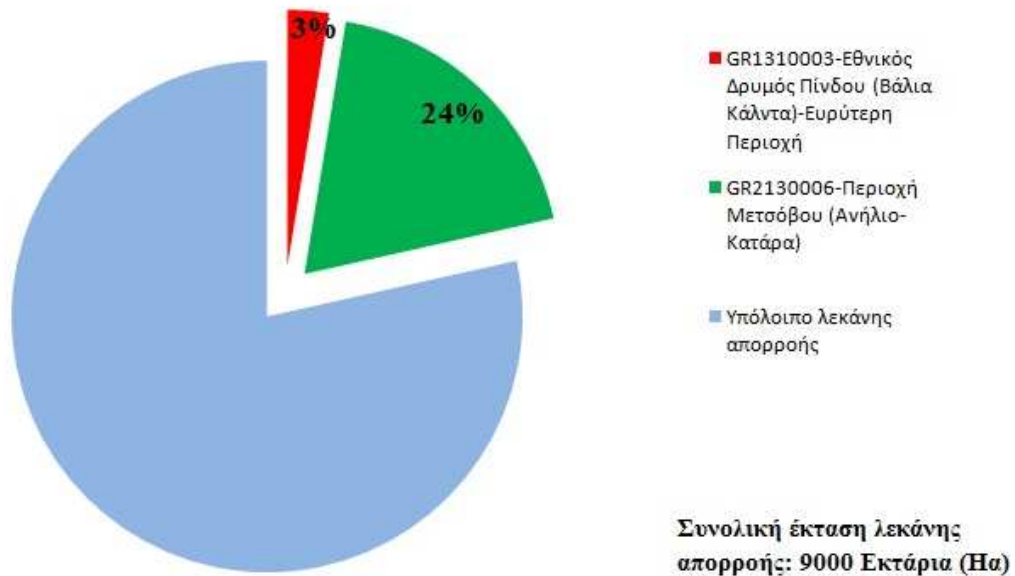
Περιλαμβάνει περιοχές με μοναδικότητα τύπων οικοτόπων ή/ και ειδών των Παραρτημάτων I και II.



Εικ14. Χάρτης Περιοχών του δικτύου Natura 2000

Η περιοχή Κοινοτικού ενδιαφέροντος Μετσόβου (Ανήλιο-Κατάρα) καλύπτει κατά 27% στην λεκάνη απορροής ενώ η περιοχή Κοινοτικού ενδιαφέροντος, Εθνικός Δρυμός Πίνδου (Βάλια Κάλντα)-Ευρύτερη περιοχή συμμετέχει στην λεκάνη απορροής κατά 3%.

Ποσοστό συμμετοχής του Δικτύου Natura 2000 στην λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου



Σχήμα 1. Εκατοστιαίο ποσοστό κάλυψης του Δικτύου Natura 2000 στην λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου

2.1.5 Τόποι Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ/SCI)

Στην λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου υπάρχουν οι παρακάτω τύποι οικοτόπων (SCI):

α) **GR 1310003:** Εθνικός Δρυμός Πίνδου (Βάλια Κάλντα)-Ευρύτερη περιοχή:

- **9130:** *Neutrophilous (Asperulo – Fagetum) beech forests-* Δάση οξιάς της *Asperulo –Fagetum*

Κοινότητες με *Fagus sylvatica*. Φυτοκοινωνιολογικά εντάσσονται στην κλάση *Querc-Fagetea*, στην τάξη *Fagetalia sylvaticae* και στην συνένωση *Fagion moesiacaellenicum*. Στην περιοχή του Μετσόβου διακρίνεται η φυτοκοινωνία *Geranio striati-Fagetum sylvaticae* σε σερπεντίνες και σε υψόμετρα 1500-1650 m

- **9540:** *Mediterranean pine forests with endemic esogean pines, including pinus-* Μεσογειακά πευκοδάση με ενδημικά είδη πεύκων της Μεσογείου

Η *Pinus heldreichii* σχηματίζει σε αυτόν τον τύπο οικοτόπου σταθμούς σε σερπεντίνη ή ασβεστόλιθο στις υψηλότερες θέσεις όπου σχηματίζει και τα δασοόρια. Είναι ενδημικό είδος της κεντρικής Βαλκανικής. Η σημερινή εξάπλωσή του είναι έντονα επηρεασμένη

από τη βόσκηση η οποία δρα αρνητικά στην αναγέννησή της. Παρά ταύτα αναγεννάται στην περιοχή με σχετική ευκολία. Φυτοκοινωνιολογικά εντάσσεται στην κλάση *Vaccinio-Piceetea*, στην τάξη *Vaccinio-Piceetalia* και στην συνένωση *Vaccinio-Piceion*.

- **4090:** *Endemic oro-Mediterranean heaths with gorse-* Ενδημικά ορεινά μεσογειακά χέρσα εδάφη με ακανθώδεις θάμνους

Κοινότητες με κύρια είδη τα: *Buxus sempervirens*, *Bornmuellera tymphaea*, *Peltaria emarginata*, *Alyssum heldreichii*. Φυτοκοινωνιολογικά εντάσσονται στην κλάση *Daphno-Festucetea*, στην τάξη *Daphno-Festucetalia* και στην συνένωση *Eryngio-Bromion*. Διακρίνεται δε η κοινότητα με κύρια είδη τα: *Buxus sempervirens*, *Bornmuellera tymphaea*. Η κοινότητα αυτή απαντάται σε εκτάσεις με ελάχιστη κλίση και σε υψόμετρα 1400-1600 μ. και σε εκθέσεις Α, ΝΑ, Ν. στην περιοχή της Βάλια Κάλντα και του Μετσόβου. Εμφανίζονται πολυάριθμα ενδημικά είδη όπως *Bornmuellera tymphaea*, *Peltaria emarginata*, *Alyssum heldreichii*, *Minuartia baldacii*.

β) GR 2130006: Περιοχή Μετσόβου (Ανήλιο – Κατάρρα):

- **9110:** *Acidophilous (Luzulo – Fagetum) beech forests* (Δάση οξιάς της *Luzulo-Fagetum*)

Ο οικοτόπος αυτός περιλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος των δασικών συστάδων οξιάς της περιοχής. Αναπτύσσεται σε οφιολιθικό υπόστρωμα. Ο υπόροφος των δασών είναι πολύ φτωχός, τόσο ως προς τον αριθμό των ειδών, όσο και την κάλυψη. Στη σύνθεση του συμμετέχουν τα είδη *Poa nemoralis*, *Mycelis muralis*, *Doronicum orientale*, *Veronica chamaedrys*, *Lathyrus venetus*, *Viola riviniana*, *Helleborus cyclophyllus*, *Neottia nidus-avis*, *Hieracium murorum*, *Potentilla micrantha*, *Aremonia agrimonoides*, *Galium rotundifolium*, *Luzula sylvatica*, *Orthilia secunda*.

- **5210:** *Mediterranean arborescent matorral : juniperus formatios* (Δενδρώδη matorrals με *Juniperus* spp.)

Ο οικοτόπος αυτός περιλαμβάνει ξηρά, αραιά, βοσκημένα λιβάδια, τα οποία αναπτύσσονται σε πλαγιές με πυριτικό (φλύσχη) ή οφιολιθικό (γάββροι) υπόστρωμα, σε υψόμετρα 1200-1400 μ και κυριαρχούνται από τα είδη *Bornmuellera tymphaea* και *Alyssum murale*. Στη δομή τους συμμετέχουν επίσης τα *Poa bulbosa*, *Bromus squarrosus*, *Cynosurus echinatus*, *Carduus tmoleus*, *Cirsium eriophorum*, *Euphorbia myrsinites*, *Hieracium horreanum* κ.ά.

- **4090:** *Endemic oro-Mediterranean heaths with gorse* (Ενδημικά ορεινά μεσογειακά χέρσα εδάφη με ακανθώδεις θάμνους)

Περιγράφηκε πιο πάνω

- **9540:** *Mediterranean pine forests with endemic esogean pines, including pinus* (Μεσογειακά πευκοδάση με ενδημικά είδη πεύκων της Μεσογείου)

Περιγράφηκε πιο πάνω

- **9270:** *Hellenic beech forests with Abies borissi Regis* (Ελληνικά δάση οξιάς με *Abies borissi-regis*)

Κοινότητες με κύρια είδη τα: *Abies borisii-regis*, *Helleborus cyclophylus*, *Lathyrus venetus*. Φυτοκοινωνιολογικά εντάσσονται στην κλάση Querc-Fagetea, στην τάξη *Fagetalia sylvaticae* και στη συνένωση *Fagion hellenicum*

- **6210:** Semi-natural dry grasslands on calcareous substrates (*Festuco Brometal*)- (Ημιφυσικοί ξηροφυτικοί λειμώνες σε ασβεστολιθικό υπόστρωμα-*σημαντικές περιοχές με ορχεοεοδή)

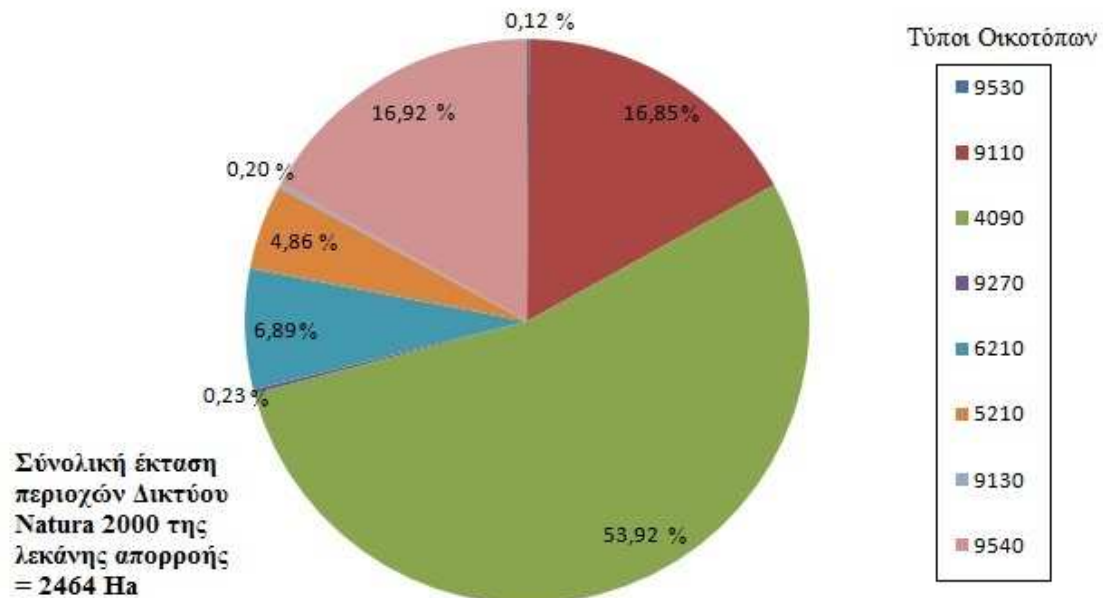
Περιλαμβάνει ξηρά, αραιά, βοσκημένα λιβάδια, τα οποία αναπτύσσονται σε πλαγιές με πυριτικό (φλύσχης) ή οφιολιθικό (γαββροι) υπόστρωμα, σε υψόμετρα 1200-1400 μ και κυριαρχούνται από τα είδη *Bornmuellera tymphaea* και *Alyssum murale*. Στη δομή τους συμμετέχουν επίσης τα *Poa bulbosa*, *Bromus squarrosus*, *Cynosurus echinatus*, *Carduus tmoleus*, *Cirsium eriophorum*, *Euphorbia myrsinites*, *Hieracium hoppeanum* κ.ά.

- **9530*:** Mediterranean pine forests with endemic black pine (Υπο-μεσογειακά πευκοδάση με ενδημικά μαυρόπευκα)

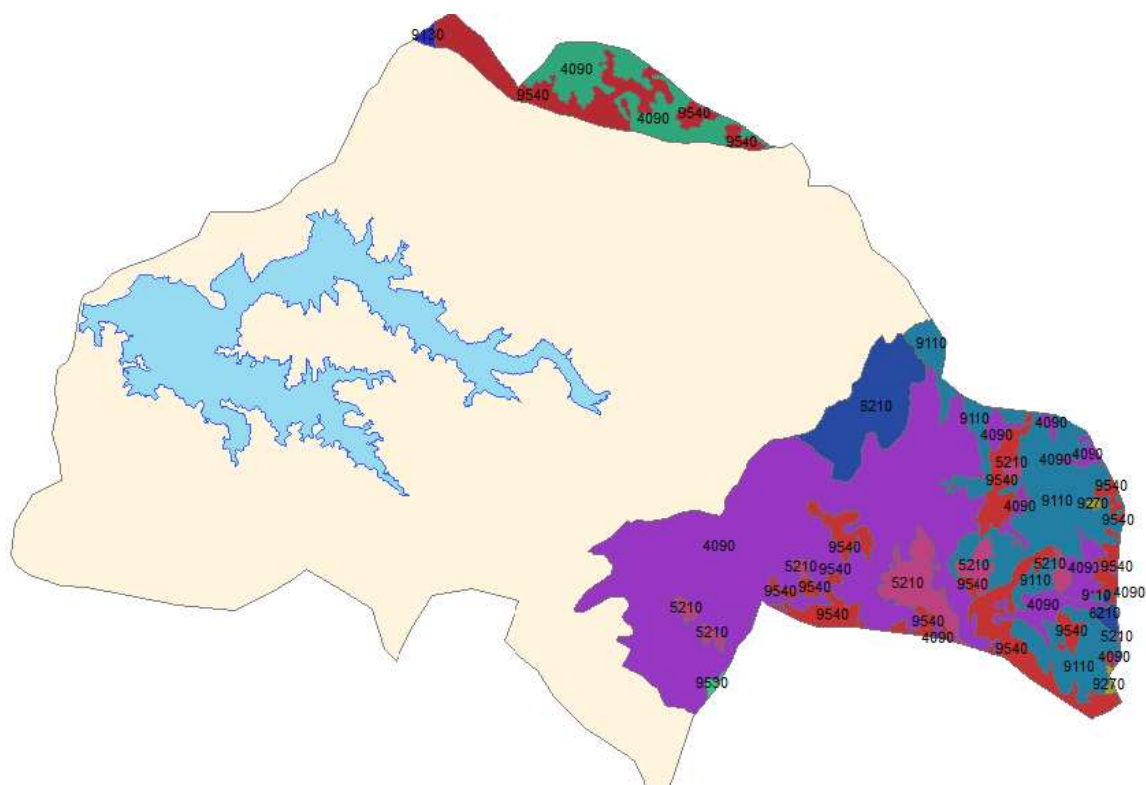
Αποτελεί οικοτόπο προτεραιότητας. Περιλαμβάνει κύρια είδη, όπως: *Pinus nigra ssp. pallasiana*, *Sesleria robusta*. Φυτοκοινωνιολογικά εντάσσονται στην κλάση *Quercetea pubescentis*, στην τάξη *Quercetalia pubescentis* και στην συνένωση *Pino-Chamaecytision*.

Το ποσοστό συμμετοχής ανά τύπο οικοτόπου στην ζώνη Natura 2000 της λεκάνης απορροής απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα:

Συνολικό ποσοστό συμμετοχής (%) ανα τύπο οικοτόπου στις περιοχές Natura 2000 της λεκάνης απορροής των Πηγών Αώου



Σχήμα 2. Ποσοστό συμμετοχής ανα τύπο οικοτόπου στην ζώνη Natura 2000 της λεκάνης απορροής



Εικ15. Οικότοποι στην περιοχή έρευνας, που περιλαμβάνονται στο Παράρτημα της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ.

2.1.6 Ο Αώος ποταμός, οι Πηγές του και το υδροηλεκτρικό Φράγμα των Πηγών.

2.1.6.1 Αώος ποταμός

Ο Αώος είναι ποταμός της Ηπείρου με συνολικό μήκος 260 χλμ. Απ' αυτά, τα 70 χλμ βρίσκονται σε ελληνικό έδαφος και τα υπόλοιπα 190 σε αλβανικό. Ο Αώος πηγάζει από την βόρεια Πίνδο και αρχικά διαρρέει μία χαράδρα ανάμεσα στα όρη Τύμφη και Σμόλικα. Νοτιοδυτικά της Κόνιτσας εισέρχεται στην Αλβανία και εκβάλλει στην Αδριατική θάλασσα. Είναι το μοναδικό ποτάμι της Ελλάδας που «ξενιτεύεται». Η υπολεκάνη του Αώου καλύπτεται και αυτή σε μεγάλο ποσοστό από αδιαπέρατους σχηματισμούς των οφιολίθων και του φλύσχη. Μικρό μέρος της διαδρομής του γίνεται μέσα στους ανθρακικούς σχηματισμούς της Τύμφης.

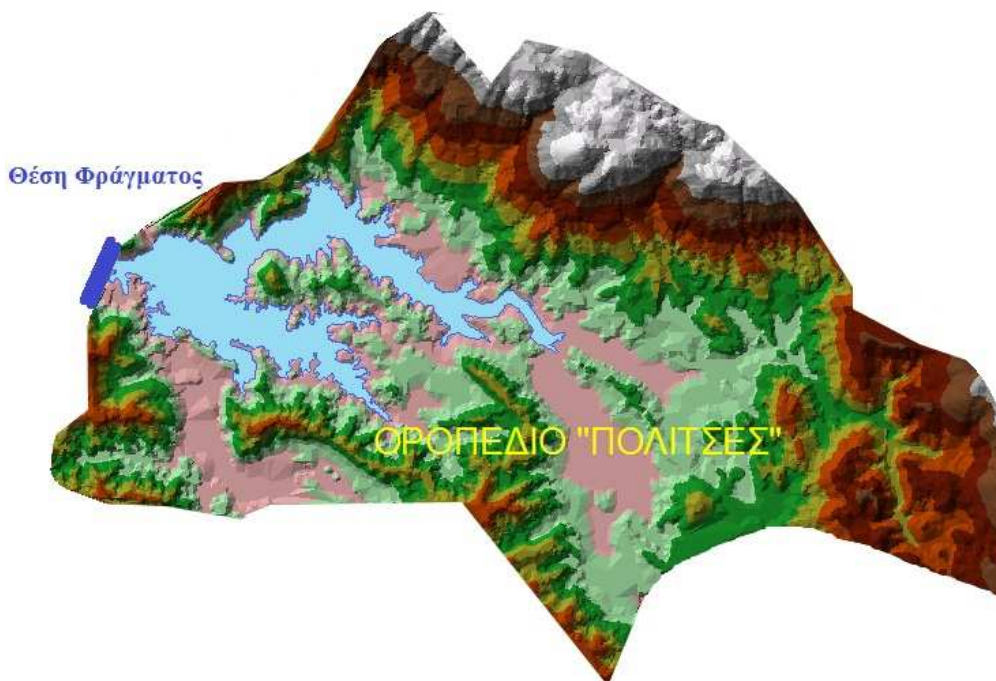


Εικ16,Φωτ. 1. Αώος ποταμός στον Ελληνοαλβανικό χώρο (αριστερά). Άποψη του ποταμού στην περιοχή της Κόνιτσας (δεξιά)

Τα νερά του πηγάζουν από την Βωβούσα Ζαγορίου, από τον Εθνικό Δρυμό Βάλια Κάλντα και από τις Πολιτσιές του Μετσόβου (Λεκάνη Πηγών Αώου) όπου και κατασκευάστηκε το 1987 το Υδροηλεκτρικό φράγμα της ΔΕΗ με αποτέλεσμα την τεχνητή λίμνη των Πηγών Αώου.

2.1.6.2 Πηγές Αώου

Η κατασκευή του υδροηλεκτρικού φράγματος της ΔΕΗ το 1987 στο οροπέδιο «Πολιτσές», στο Δ.Δ Χρυσοβίτσας, στους πρόποδες του Μαυροβουνίου (υψόμετρο: 1350μ), δημιούργησε την τεχνητή λίμνη των Πηγών Αώου με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το εργοστάσιο που τροφοδοτεί με νερό. Στην συνέχεια όμως εξελίχθηκε σε σημαντικό βιότοπο και χώρο αναψυχής της περιοχής.



Εικ17. Το οροπέδιο «Πολιτσές» και η θέση φράγματος σε τρισδιάστατο μοντέλο εδάφους TIN (αριστερά) και στην πραγματικότητα (δεξιά).

Λόγω της ομορφιάς του τοπίου γύρω από την λίμνη, η περιοχή των πηγών (Εθνικός Δρυμός Βίκου-Αώου), αναπτύσσεται τουριστικά με γοργούς ρυθμούς. Λίγο βορειότερα των πηγών του Αώου βρίσκεται και ο Εθνικός Δρυμός Πίνδου-Βάλια Κάλντα.

2.1.6.3 Υδροηλεκτρικό Φράγμα των Πηγών Αώου

Στην συγκεκριμένη λεκάνη απορροής και συγκεκριμένα 15 χλμ από την περιοχή του Μετσόβου βρίσκεται ο ταμιευτήρας του Υδροηλεκτρικού Έργου των Πηγών Αώου. Είναι επιφάνειας 11,5 τ.χλμ. και χωρητικότητας 263 εκατομ. κ.μ. Από εδώ το νερό οδηγείται στον υπόγειο σταθμό παραγωγής, 440 μέτρα χαμηλότερα, με σήραγγα μήκους 3 χλμ. και διαμέτρου 3,5 μέτρων και από εκεί με άλλη σήραγγα 2900 μ. και διαμέτρου 4,7 μ. στον ποταμό Μετσοβίτικο, παραπόταμο του Άραχθου και ενισχύει την παραγωγή του ΥΗΣ Πουρναρίου.

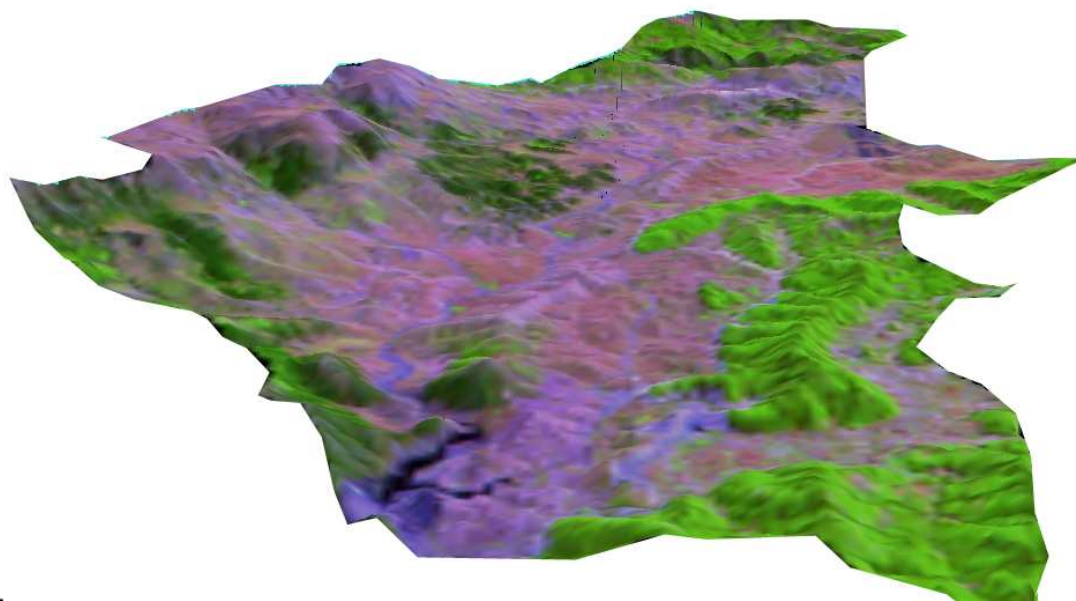


Εικ18. Υπόγεια μεταφορά νερού στον Υδροηλεκτρικό σταθμό της Χρυσοβίτσας.

Η ανώτατη στάθμη είναι σε υψόμετρο 1343μ. και η υδατόπτωση 680μ. Η εγκατεστημένη ισχύς είναι 210 MW (δύο μονάδες των 105MW) και συνολικά το έργο περιλαμβάνει 7 φράγματα, 9 σήραγγες, 3 κατακόρυφα φρεάτια, και υπόγειο συγκρότημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Καραπαντελάκης, 1990).

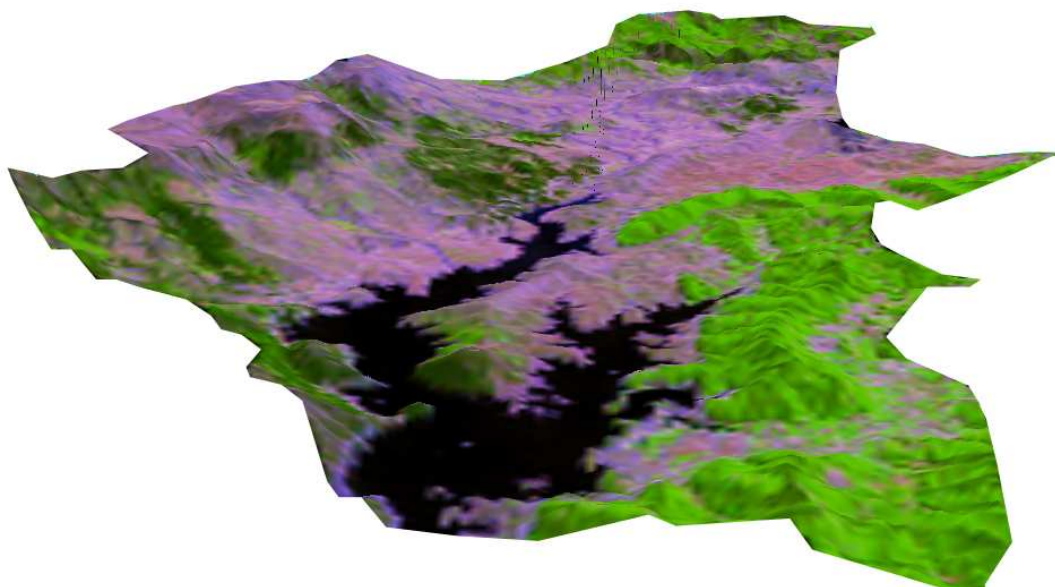
Η πολύπλοκη γεωλογική δομή της περιοχής του Υδροηλεκτρικού έργου σε συνδυασμό με το πλήθος των κατασκευών είχαν ως συνέπεια την ποικιλότητα των γεωτεχνικών κατασκευών. Το κύριο φράγμα θεμελιώθηκε σε σερπεντινωμένους περιδοτίτες και η θέση του βρίσκεται κοντά στο μέτωπο επώθησης των οφιόλιθων πάνω στο πινδικό φλύσχη. Το βοηθητικό φράγμα θεμελιώθηκε σε παχυστρωματώδεις ψαμμίτες, πέτρωμα που παρουσιάζει έντονη αποσάθρωση.

Από τα παραπάνω συμπεραίνει κανείς ότι το έντονο γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής συντελεί στην δημιουργία προβλημάτων διάβρωσης.

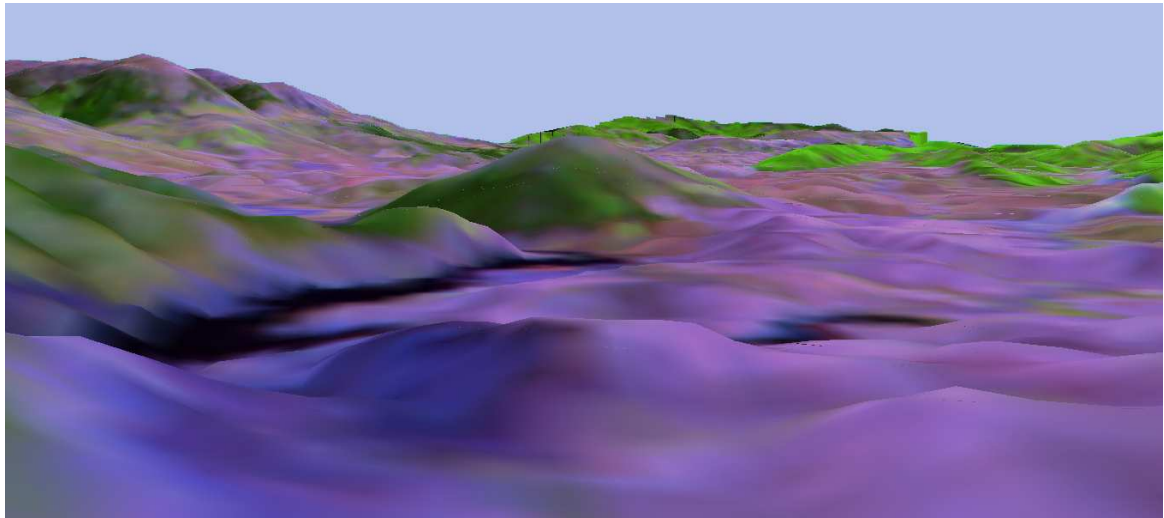


Εικ19. Τρισδιάστατη απεικόνιση της λεκάνης απορροής το έτος 1988. Συνδυασμός τρισδιάστατου μοντέλου εδάφους και δορυφορικής εικόνας Landsat 1988 (DTM) [RGB: 5,4,3]. Ζώνη φυλλοβόλων πλατύφυλλων (Οξιιά)-(πράσινο σκούρο), ζώνη κωνοφόρων (πράσινο ανοιχτό)

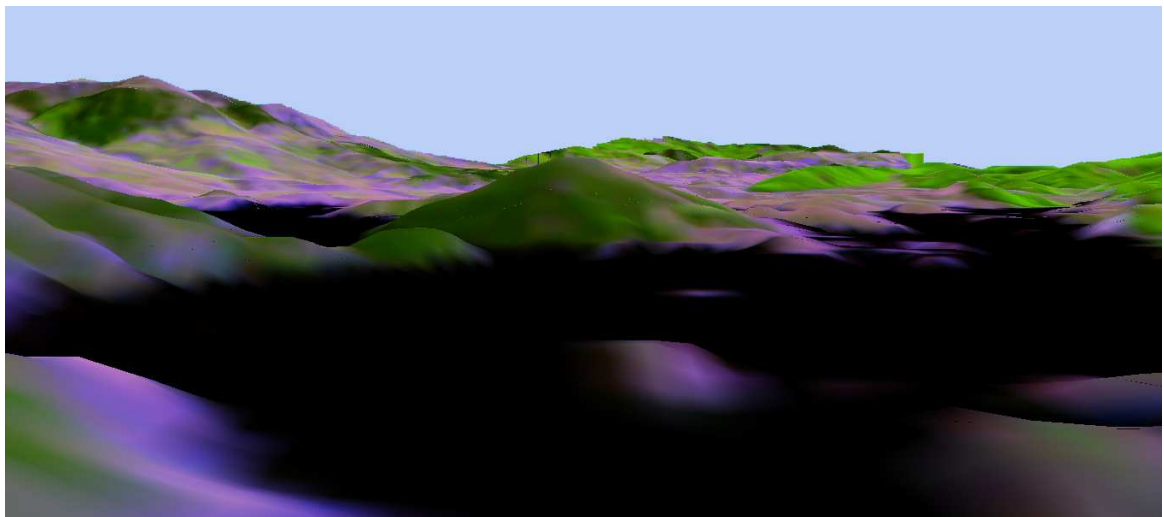
Όπως φαίνεται και στο πάνω δορυφορικό ανάγλυφο της λεκάνης των Πηγών Αώου το μεγαλύτερο βάθος της λίμνης φτάνει τα 80μ. κοντά στο σημείο του φράγματος. Διαχρονικά οι βροχοπτώσεις της περιοχής και η συγκράτηση του νερού έδωσε το παρακάτω αποτέλεσμα.



Εικ20. Τρισδιάστατη απεικόνιση της λεκάνης απορροής το έτος 2006. Συνδυασμός τρισδιάστατου μοντέλου εδάφους και δορυφορικής εικόνας Landsat 2006 (DTM) [RGB: 5,4,3]. Ζώνη φυλλοβόλων πλατύφυλλων (Οξιιά)-(πράσινο σκούρο), ζώνη κωνοφόρων (πράσινο ανοιχτό)



Εικ21. Τρισδιάστατη απεικόνιση της λεκάνης απορροής από την θέση του φράγματος το έτος 1988 κατά την φάση δημιουργίας της τεχνητής λίμνης (Επεξεργασία ψηφιακού δορυφορικού αναγλύφου μέσω ArcGis/ArcInfo-Erdas Imagine 9.3.) Σκούρο μπλε: Συγκέντρωση νερού



Εικ22. Τρισδιάστατη απεικόνιση της τεχνητής λίμνης από την θέση του φράγματος το έτος 2006 (Επεξεργασία ψηφιακού δορυφορικού αναγλύφου μέσω ArcGis/ArcInfo-Erdas Imagine 9.3). Σκούρο μπλε: Λίμνη



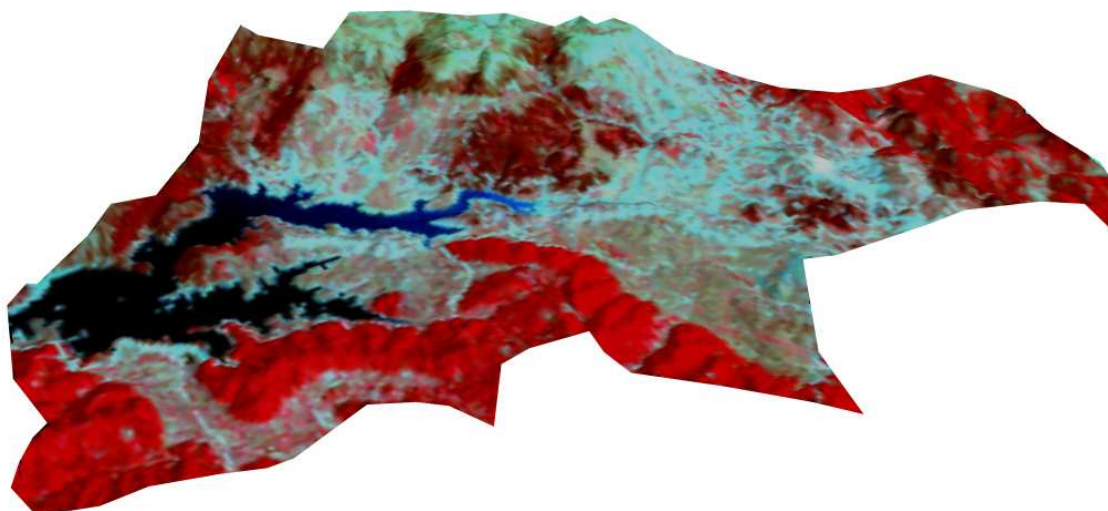
Φωτ.2. Άποψη της τεχνητής λίμνης από την θέση φράγματος το έτος 2010.

2.1.7 Χλωρίδα και οικολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης των Πηγών Αώου

Στην περιοχή της Πίνδου βρίσκονται περισσότερα από 1.100 είδη φυτών μεγάλο ποσοστό των οποίων είναι ενδημικά. Οι ονομασίες *Pindicus* και *Pindicola* σε ορισμένα από τα έως σήμερα γνωστά είδη είναι ποικιλίες που καταδεικνύουν ότι η τυπική τοποθεσία τους (*locus classicus*) βρίσκεται στην Πίνδο. Πολλά από αυτά είναι ενδημικά της Πίνδου ή ακόμη ενδημικά ενός και μόνο βουνού της. Αναλυτικότερα στοιχεία για είδη χλωρίδας της περιοχής δίνονται στην ανάλυση των τύπων οικοτόπων της περιοχής.

2.1.7.1 Ζώνες βλάστησης

Το χερσαίο οικοσύστημα περιβάλλει τον υδάτινο πόρο της περιοχής μελέτης, το υψόμετρο και η γεωλογία της περιοχής δημιουργούν ευνοϊκές συνθήκες στην επικράτηση των ψυχρόβιων φυλλοβόλων πλατύφυλλων όπως η οξυά (*Fagus sylvatica*), ορεινών μεσογειακών κωνοφόρων όπως η μαύρη πεύκη (*Pinus nigra*) καθώς και μεικτών σχηματισμών αυτών αλλά και υπαλπικών λιβαδιών στην περιοχή.



Εικ23. Λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου. Κόκκινο ανοιχτό: φυλλοβόλα πλατύφυλα (Οξιά), Κόκκινο σκούρο: ζώνη κωνοφόρων. (Δορυφορική εικόνα Landsat 2006/ RGB: 4,3,2)

Η οικολογική διάπλαση της περιοχής ανήκει στην ζώνη δασών Οξιάς και ορεινών παραμεσόγειων κωνοφόρων Fagetalia.

2.1.7.2 Οικοσυστήματα μεσογειακών κωνοφόρων Μαύρης πεύκης

Η Μαύρη πεύκη σχηματίζει τύπους οικοτόπου προτεραιότητας για προστασία σύμφωνα με την Κοινοτική Οδηγία 92/43. Αποτελεί το κυρίαρχο είδος της περιοχής και αυτό συνδέεται με την εμφάνιση των οφιολιθικών πετρωμάτων, τα οποία δεσπόζουν σ' αυτό το χώρο.



Φωτ3,4. Οικοσύστημα μαύρης πεύκης (αριστερα). Μαύρη και οξυά εκατέρωθεν της λίμνης (δεξια)

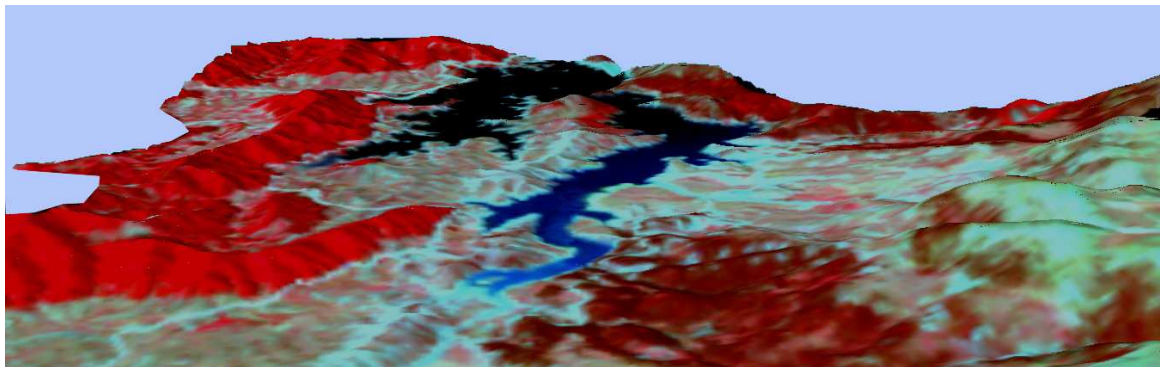
Η μαύρη πεύκη είναι ένα ημιφωτόφυτο - ημισκιάφυτο είδος και από μια ορισμένη ηλικία και πέρα διασπάται μόνιμα η συγκόμωση των συστάδων της με αποτέλεσμα να

δημιουργείται μια πυκνή παρεδαφιαία βλάστηση από αγρωστώδη και ποώδη φυτά, πολλά από τα οποία είναι άριστα κτηνοτροφικά φυτά. Το γεγονός αυτό συντέλεσε ώστε να δέχονται τα δάση της Μαύρης πεύκης ισχυρές πιέσεις βοσκής από τη νομαδική κτηνοτροφία.



Φωτ. 5,6. Πίεση βόσκησης από ελεύθερη κτηνοτροφία στις Πηγές Αώου (Μάιος 2010)

Η Μαύρη πεύκη αντέχει στη μεγάλη συγκέντρωση μαγνησίου που παρατηρείται σε εδάφη που εδράζονται σε σερπεντίνες. Ορισμένοι μάλιστα υποστηρίζουν ότι απαιτεί μαγνήσιο για την ευδοκίμησή της. Επειδή τα άλλα ανταγωνιστικά είδη όπως η Οξιά δεν αντέχουν στο μαγνήσιο η Μαύρη πεύκη έχει κυριαρχήσει στην περιοχή των οφιολιθικών πετρωμάτων. Τα οικοσυστήματα αυτά είναι οικοσυστήματα των τελικών σταδίων διαδοχής και δεν πρόκειται να αντικατασταθούν από άλλα γιατί κανένα άλλο είδος δεν αντέχει στο μαγνήσιο. Συνοδό είδος είναι το *Buxus sempervirens* (Πυξάρι) που αναφέραμε παραπάνω.



Εικ. 24,25. Απεικόνιση κατάστασης βλάστησης από την θέση θέας των Λιμνών Φλέγγα ύστερα από ψηφιακή επεξεργασία το 1988(πάνω) 2006 (κάτω). Εμφανής η εξάπλωση των κωνοφόρων (σκούρο κόκκινο).

Το ξύλο της είναι πολύτιμο και κατάλληλο για πολλές χρήσεις. Οικοδομικό, επιπλοποιίας για επενδύσεις και ως στύλοι της ΔΕΗ. Σε μεγάλη ηλικία δημιουργεί εγκάρδιο ερυθρού

χρώματος, το οποίο πωλείται πολλές φορές μετά από επιλογή, ως oregon pine. Έτσι σε πολλές περιοχές των Γρεβενών εμφανίζεται έντονη υποβάθμιση των οικοσυστημάτων μαύρης πεύκης λόγω της έντονης εκμετάλλευσης αυτών κατά το παρελθόν. Στα οικοσυστήματα της Μαύρης πεύκης που είναι και τα επικρατέστερα στην περιοχή μελέτης, εμφανίζεται επίσης έντονη διάβρωση και υποβάθμιση του εδάφους η οποία οφείλεται στις ληστρικές υλοτομίες του παρελθόντος και στην υπερβόσκηση.

2.1.7.3 Οικοσυστήματα ψυχροβιότερων φυλλοβόλων πλατύφυλλων - Δάση Οξιάς

Εδώ το κλίμα είναι ορεινό μεσογειακό και πλησιάζει προς το κλίμα της Κεντρικής Ευρώπης. Οι χειμώνες είναι δριμύτεροι, τα χιόνια διαρκούν μερικούς μήνες και η ξηρή περίοδος χωρίς να εξαφανίζεται εντελώς, περιορίζεται σημαντικά στους 1 - 1 1/2 μήνες.



Φωτ.7. Εντυπωσιακή δομή συστάδας οξιάς πλησίον του υδάτινου οικοσυστήματος της λίμνης (Απρίλιος 2010).

Έτσι ευνοείται η εξάπλωση της οξιάς (*Fagus sylvatica*). Επειδή τα δάση οξιάς είναι απομακρυσμένα από τους οικισμούς, η ανθρώπινη επίδραση εκδηλώνεται κυρίως με τη βοσκή και τη επιλογική υλοτομία ατόμων κατάλληλων για ειδικές χρήσεις. Ιδιαίτερα από τους κατοίκους της Μηλιάς, Μετσόβου χρησιμοποιούνταν το ξύλο της Οξιάς για κατασκευές γεωργικών εργαλείων (δίκρανα, σβάρνες αλωνίσματος), αντικειμένων οικιακής χρήσεως (γουδιά), ειδών γλυπτικής και κυρίως για την κατασκευή σαμαριών για τα υποζύγια και βαρελιών (δούγκες). Οι επιλεκτικές αυτές υλοτομίες σε συνδυασμό με τη βοσκή οδήγησαν σε μια οικολογική και γενετική υποβάθμιση αρκετών οικοσυστημάτων της.

2.1.8 Ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στην περιοχή της λεκάνης των Πηγών Αώου

2.1.8.1 Βόσκησι-Γεωργικές καλλιέργειες

Όλα τα οικοσυστήματα της περιοχής έχουν υποστεί στο παρελθόν και μερικά υφίστανται ακόμη και σήμερα μια έντονη επίδραση των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων. Η περιοχή ήταν κατά τη διάρκεια της τουρκοκρατίας αλλά και μετά την απελευθέρωση μια από τις πιο πυκνοκατοικημένες περιοχές της ορεινής ζώνης. Η ενάσκηση της γεωργίας γίνονταν εντατικά με συνέπεια την εκχέρσωση της μεγαλύτερης επιφάνειας δασών. Η μόνιμη βόσκησι συνετέλεσε επίσης στην υποβάθμιση και συχνά οδήγησε στην κατάρρευση των δασικών αλλά και των υπαλπικών οικοσυστημάτων. Όλα αυτά είχαν ως συνέπεια την έντονη διάβρωση των εδαφών, τη μείωση της παραγωγικής ικανότητας τους και την εμφάνιση πολλών καταστρεπτικών χειμάρρων.

Σήμερα ασκείται νομαδική κτηνοτροφία στις Πηγές Αώου (Μάιος-Σπτέμβριος) και γεωργικές δραστηριότητες (καλλιέργεια πατάτας) πλησίον της λίμνης.



Φωτ. 8,9. Νομαδική κτηνοτροφία και καλλιέργειες πατάτας στην λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου.

2.1.8.2 Αλιεία

Στην τεχνητή Λίμνη των Πηγών Αώου ποταμού η άσκηση της αλιείας γενικά απαγορεύεται με βάση την υπ. αριθμό 1023/2/2-β απόφαση του Δ/ντή της Αστυνομικής Δ/σης Ιωαννίνων. Κατ' εξαίρεση επιτρέπεται μόνον κατόπιν σχετικής άδειας και σύμφωνα με τους όρους και προϋποθέσεις που καθορίζονται με τις ισχύουσες διατάξεις καθώς και αποφάσεις του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας.

2.1.8.3 Τουρισμός



Φωτ. 10,11. Ανθρώπινες δραστηριότητες στην τεχνητή λίμνη των Πηγών Αώου

Οι βασικές δραστηριότητες στην περιοχή της λίμνης είναι η ποδηλασία, η φωτογράφιση, και ο περίπατος του περίγυρου της. Λόγω της θελκτικής τοποθεσίας του τοπίου και της εύκολης προσβασιμότητας του από το επαρχιακό οδικό δίκτυο Γρεβενών-Μετσόβου η επισκεψιμότητα είναι σχετικά υψηλή κατά τους θερινούς μήνες του έτους τόσο από του κατοίκους των γύρω περιοχών όσο και από περιηγητές.

Οι δυνατότητες οικοτουριστικής αξιοποίησης της περιοχής είναι υψηλές λόγω και των κοντινών γραφικών και ιστορικών οικισμών όσο και των διαδρομών της ευρύτερης περιοχής. Ο φυσιολατρικός, οικολογικός, ορειβατικός και χιονοδρομικός τουρισμός μπορούν να συνδυαστούν με την επίσκεψη της περιοχής της τεχνητής λίμνης των Πηγών Αώου και τις δυνατότητες σχεδιασμού και λειτουργίας τουριστικών δικτύων εντός του Πάρκου.

2.2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ

2.2.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΥΨΗΛΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ (ΣΤΟΧΟΣ 1):

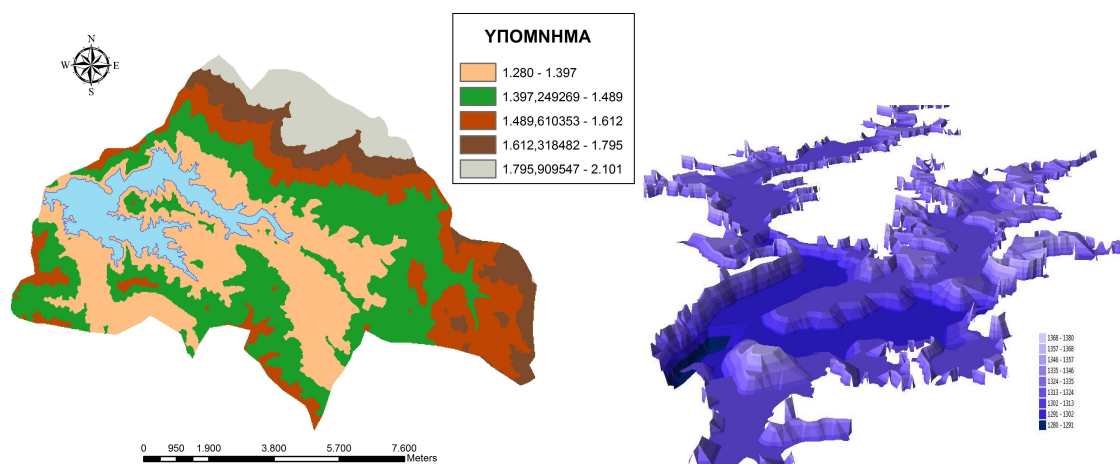
Για την εκτίμηση του κινδύνου διάβρωσης της λεκάνης απορροής, εφαρμόζουμε το χωρικό μοντέλο εδαφικής απώλειας USLE στο γεωγραφικό πακέτο.



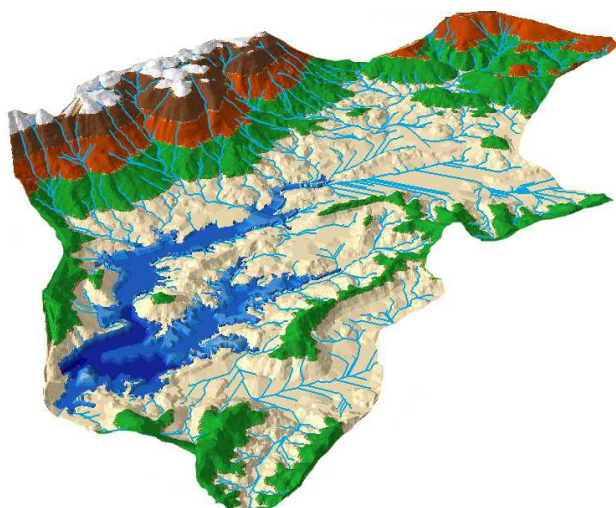
Εικ.26. Γραφική απεικόνιση χωρικού μοντέλου εδαφικής απώλειας USLE

2.2.1.1 Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (Digital Elevation Model)

Για την μεταφορά αυτών των πεδογενετικών διεργασιών στο Η/Υ και την επίλυση χωρικών εξισώσεων, η ψηφιοποίηση της περιοχής μελέτης θεωρείται επιτακτική ανάγκη. Έτσι η ψηφιοποίηση του χάρτη της περιοχής (Κλίμακα 1:50.000) με ισοδιάσταση 20μ. θα μας δώσει με μεγάλη ακρίβεια (40τ.μ./pixel) το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM). Από αυτό το τρισδιάστατο υπόβαθρο θα εξάγουμε τον τοπογραφικό παράγοντα (LS) που είναι μια παράμετρος επίλυσης του χωρικού μοντέλου εδαφικής απώλειας USLE.



Εικ.27,28. Ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM) και Τριγωνικό Δίκτυο λίμνης (TIN) (Μέγιστο βάθος 78μ.)



Εικ.29 .Δίκτυο Τριγώνων (*Triangular Irregular Network*) της λεκάνης απορροής

2.2.1.2 Μετεωρολογικά δεδομένα

Ο παράγοντας βροχόπτωσης R της παγκόσμιας εξίσωσης διάβρωσης εκφράζει το ρυθμό επιρροής της βροχής στη διάβρωση του εδάφους. Για τον υπολογισμό του πρέπει να εκφράσουμε χωρικά την εξίσωση της βροχοβαθμίδας στην λεκάνη απορροής. Για τον υπολογισμό της βροχοβαθμίδας της περιοχής χρησιμοποιούμε τις μέσες ετήσιες τιμές των κατακρημνισμάτων 12 σταθμών της ευρύτερης περιοχής.

2.2.1.3 Δεδομένα κάλυψης βλάστησης και χρήσεων γης

Η αποτελεσματικότητα της προστασίας που παρέχει η βλάστηση στην διάβρωση του εδάφους, μειώνοντας την κινητική ενέργεια των σταγόνων της βροχής, εκφράζεται από τον συντελεστή φυτοκάλυψης C στο μοντέλο διάβρωσης USLE. Σε μια απλοποιημένη προσπάθεια εύρεσης του συντελεστή φυτοκάλυψης C, η επιστημονική κοινότητα έχει αντιστοιχήσει βιβλιογραφικά τους κωδικούς των κατηγοριών της γεωβάσης Corine (CLC2000) με τους συντελεστές φυτοκάλυψης C. Έτσι χρησιμοποιούμε την βάση δεδομένων του συστήματος Corine Land Cover 2000 (CLC 2000). Η συγκεκριμένη βάση δεδομένων περιλαμβάνει χάρτες που υποστηρίζονται από μια γεωβάση δεδομένων χρήσεων γης εντός των Ευρωπαϊκών συνόρων.

Ένας δεύτερος τρόπος υπολογισμού του συντελεστή φυτοκάλυψης C για την εξαγωγή συμπερασμάτων όσον αφορά τον βαθμό επιρροής της βλάστησης στην εδαφική απώλεια, είναι ο υπολογισμός του Δείκτη Βλάστησης (NDVI) μέσω επεξεργασίας δορυφορικών εικόνων. Για την εξαγωγή του NDVI της περιοχής χρησιμοποιήθηκαν οι δορυφορικές εικόνες Landsat ETM 1998/2006. Στο σημείο αυτό είναι σκόπιμο να αναφερθεί ότι οι τιμές του συντελεστή φυτοκάλυψης C μέσω της δορυφορικής εικόνας είναι τις περισσότερες φορές υπερβολικές γιατί εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως η εποχή λήψης της εικόνας, η σωστή ατμοσφαιρική διόρθωση, η δομή της συστάδας, η πυκνότητα της κόμης κ.α. γι' αυτό και δεν ενσωματώνονται στο κύριο σώμα της διατριβής αλλά παρατίθενται στο τέλος (Παράρτημα I)

2.2.1.4 Εδαφολογικά και γεωλογικά δεδομένα της περιοχής

Ο παράγοντας διαβρωσιμότητας K της παγκόσμιας εξίσωσης διάβρωσης είναι ένα μέτρο αντίστασης του εδάφους στην απόσταση και την μεταφορά των εδαφικών σωματιδίων από την βροχόπτωση και την απορροή. Στην παρούσα διατριβή, σε πρώτη φάση χρησιμοποιούμε το ψηφιοποιημένο γεωλογικό υπόβαθρο (1:50.000) της περιοχής για να συσχετίσουμε τους γεωλογικούς σχηματισμούς με τις βιβλιογραφικές τιμές του συντελεστή K. Λαμβάνοντας υπόψη την στενή σχέση των εδαφολογικών δεδομένων και των γεωλογικών σχηματισμών (Karydas et al. 2008) επαληθεύουμε τις τιμές αυτές του παράγοντα K στο πεδίο με στρωματοποιημένη δειγματοληψία 15 σημείων (βάθους 30cm)

στο εδαφος (Kouli et al 2009). Οι εδαφολογικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο (ΕΘΙΑΓΕ) για την εύρεση της Μηχανική σύστασης (μέθοδος Βουγιούκου) και της Οργανικής ουσίας. Παράλληλα πραγματοποιήθηκε η σήμανση των δειγματοληπτικών σημείων με GPS στο Γεωγραφικό Σύστημα Αναφοράς ΕΓΣΑ '87.



Φωτ.12,13. Δειγματοληψία στο πεδίο και σήμανση επιφανειών με GPS

2.2.2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΥΨΗΛΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΜΕ ΤΟΥΣ ΤΥΠΟΥΣ ΟΙΚΟΤΟΠΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (ΣΤΟΧΟΣ 2):

Για την διερεύνηση του ποσοστού διάβρωσης των τύπων οικοτόπων της περιοχής χρησιμοποιήθηκαν δημόσια χωρικά δεδομένα των Τόπων Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ/SCI) του Δικτύου Natura 2000 (ΥΠΕΧΩΔΕ-Ορια Natura 2000, GIS δεδομένα). Έπειτα από κατάλληλη επεξεργασία στο γεωγραφικό πακέτο πληροφοριών προσαρμόστηκαν στην λεκάνη απορροής της περιοχής με την απαραίτητη υποστήριξη της γεωβάσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΕΞΙΣΩΣΗΣ ΕΛΑΦΙΚΗΣ ΑΠΩΛΕΙΑΣ (USLE) ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΩΝ ΠΗΓΩΝ ΑΩΟΥ (ΣΤΟΧΟΣ 1)

3.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1.1 Η παγκόσμια εξίσωση απώλειας του εδάφους (USLE)

Για τον υπολογισμό της διάβρωσης έχουν δημιουργηθεί τα φυσικά μοντέλα και τα εμπειρικά μοντέλα. Τα εμπειρικά μοντέλα βασίζονται στην παρατήρηση, είναι απλά και χρειάζονται λιγότερα δεδομένα. Τα φυσικά μοντέλα βασίζονται στην επίλυση εξισώσεων, όπως της στερεοπαροχής.

Το μοντέλο διάβρωσης USLE (Wischmeier and Smith, 1965, 1978) υπολογίζει το μέσο ετήσιο ρυθμό διάβρωσης A ανά μονάδα επιφάνειας της λεκάνης απορροής. Έτσι, η ποσότητα του εδάφους που χάνεται με την επιφανειακή και αυλακωτή διάβρωση υπολογίζεται με βάση την παρακάτω εμπειρική εξίσωση που είναι γνωστή και ως γενική εξίσωση απώλειας εδάφους Universal Soil Loss Equation (USLE):

$$A = R * K * L * S * C * P$$

Όπου,

A = Μέση ετήσια απώλεια βάρους εδάφους ανά μονάδα επιφανείας και χρόνου (ton/ha/yr)

R = ο συντελεστής βροχόπτωσης [$MJ \cdot mm \cdot ha^{-1} \cdot hour^{-1} \cdot year^{-1}$]

K = ο συντελεστής διαβρωσιμότητας του εδάφους [$ton \cdot ha \cdot hr \cdot ha^{-1} \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$]

L = ο συντελεστής του μήκους κλίσεως

S = ο συντελεστής κλίσεως του εδάφους

C = ο συντελεστής φυτοκάλυψης και διαχείρισης του εδάφους

P = ο συντελεστής συμπληρωματικών έργων ελέγχου διαβρώσεων



Εικ30. Σχηματική απεικόνιση της αλληλεπίθεσης ($A=LS*R*K*C*P$) των συντελεστών διάβρωσης για την δημιουργία θεματικού επιπέδου της εδαφικής απώλειας στην λεκάνη απορροής.

Υπολογίζοντας τους παραπάνω συντελεστές και εφαρμόζοντας την παραπάνω εξίσωση μπορούμε να υπολογίσουμε την μέση ετήσια διάβρωση (Renard et al., 1997) για την περιοχή έρευνας.

3.1.1.1 Συντελεστής αναγλύφου ($L*S$)

Ο Συντελεστής LS ονομάζεται συντελεστής αναγλύφου χαρακτηρίζει την τοπογραφική διαμόρφωση του εδάφους και είναι διαφορετικός για κάθε λεκάνη. Όσο πιο μεγάλες και απότομες είναι οι κλίσεις σε μια περιοχή τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος διάβρωσης του εδάφους (Haan ,1999).

Ο τοπογραφικός παράγοντας LS αναφέρεται στην κλίση του εδάφους. Αποτελείται από το γινόμενο του συντελεστή μήκους κλιτύος L (Slope-Length Factor) και του συντελεστή κλίσης κλιτύος S (Slope-Gradient/Steepness factor). Μια αύξηση της τιμής των δύο συντελεστών L και S, επιφέρει σημαντική αύξηση της εδαφικής διάβρωσης, διότι οι πιο απότομες κλίσεις (S) παράγουν τις υψηλότερες ταχύτητες ροής και οι μακρύτερες κλίσεις (L) συσσωρεύουν επιφανειακή απορροή από μεγαλύτερες περιοχές με αποτέλεσμα την αύξηση πάλι της ταχύτητας ροής. Κατά συνέπεια η αύξηση και των

δύο συντελεστών οδηγούν στην αυξανόμενη δυνατότητα εδαφικής διάβρωσης (Stefano, et al. 2000).

Στην διαδικασία της μοντελοποίησης της διάβρωσης στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, ο τοπογραφικός παράγοντας LS στερούμενος διαστάσεων, υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$LS = \left(\frac{FA \cdot CS}{22.13} \right)^{0.4} \cdot \left[\sin \left(\frac{s}{0.0896} \right) \right]^{1.3}$$

Όπου FA= Συσσώρευση της ρέουσας κίνησης (Flow Accumulation)

CS= Η διάσταση του κάρναβου του Τρισδιάστατου Μοντέλου Εδάφους (D.E.M)

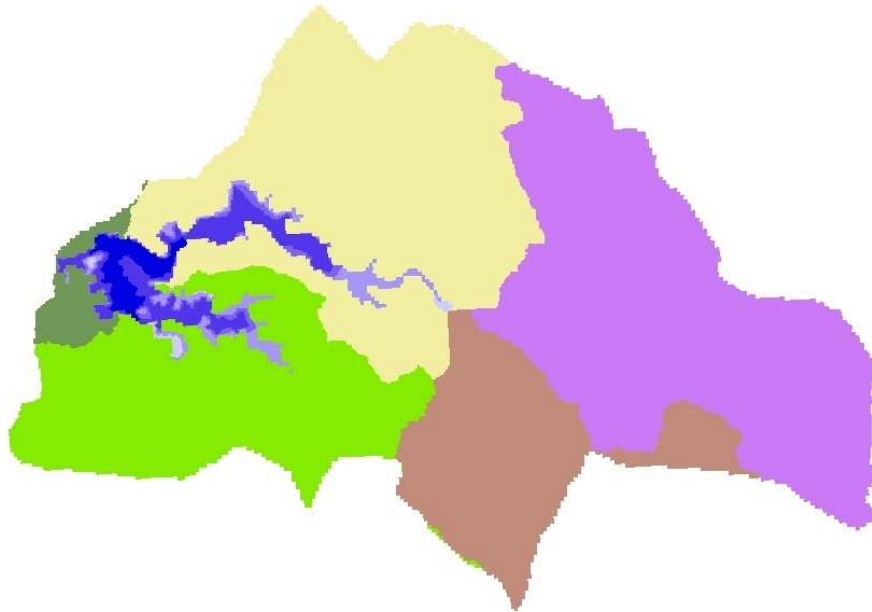
S= Η κλίση του εδάφους που αντιπροσωπεύεται για κάθε κάρναβο στο τρισδιάστατο πλέγμα της περιοχής

Στην συνέχεια ο Engel (1996) προσαρμόζει την εξίσωση στο περιβάλλον των ΓΣΠ η οποία και εφαρμόζεται μέσω της προέκτασης Spatial Analyst στο ArcInfo για να εξάγει το τελικό θεματικό επίπεδο του LS παράγοντα.

$$LS = \text{Pow}([\text{flowacc}] * 20 / 22.13, 0.4) * \text{Pow}((\sin([\text{Slope}] * 3.14 / 180) / 0.0896), 1.3)$$

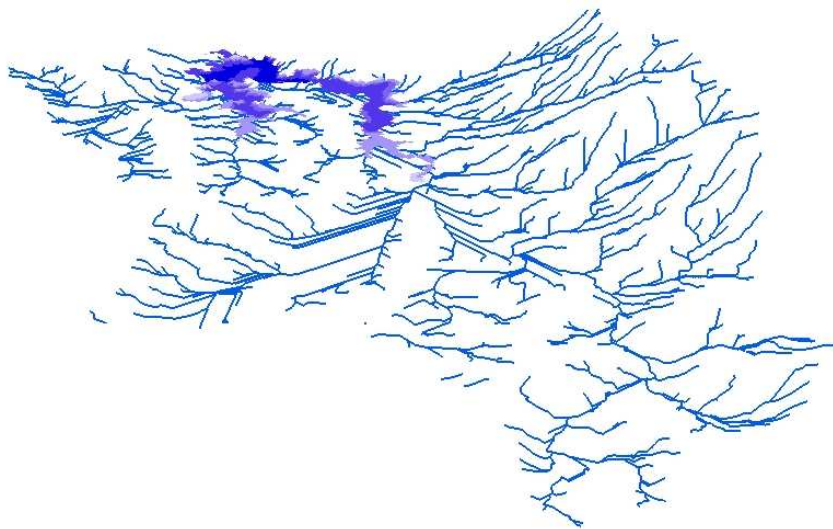
Ο υπολογισμός του θεματικού επιπέδου της συσσώρευσης ροής [Flow Accumulation] γίνεται με μια συγκεκριμένη διαδικασία μέσω της προέκτασης Hydro Tool του ArcGis και ο υπολογισμός των κλίσεων της περιοχής χωρικά γίνεται μέσω της ανάλυσης της τρισδιάστατης επιφάνειας (Surface Analysis) του.

Η διαδικασία περιλαμβάνει τον διαχωρισμό της λεκάνης απορροής σε επιμέρους λεκάνες βάση του ανάγλυφου.

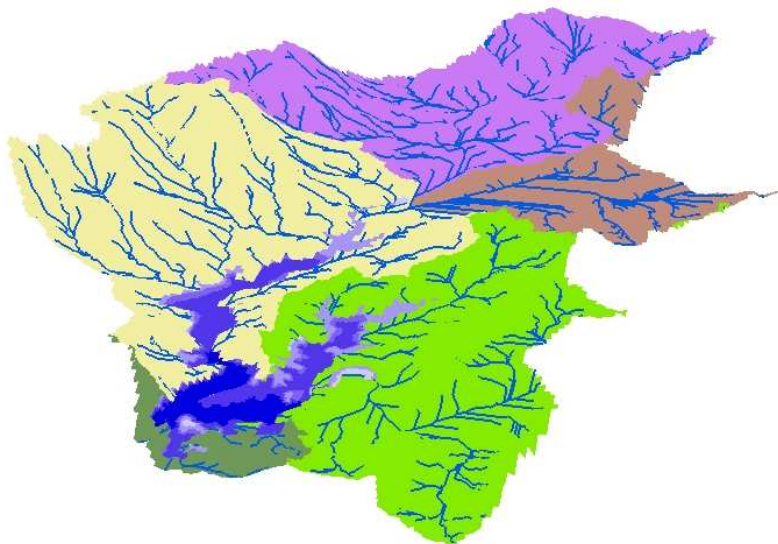


Εικ31. Διαχωρισμός λεκάνης απορροής σε επιμέρους, μικρότερης κλίμακας λεκάνες

Στην συνέχεια ακολουθεί ο υπολογισμός των ρεμάτων της λεκάνης που στραγγίζουν μέσα στην λίμνη.

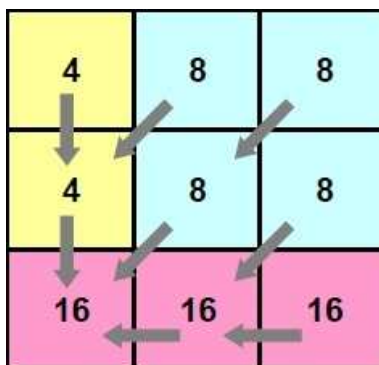


Εικ.32. Υπολογισμός ρεμάτων με βάση το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (D.E.M)

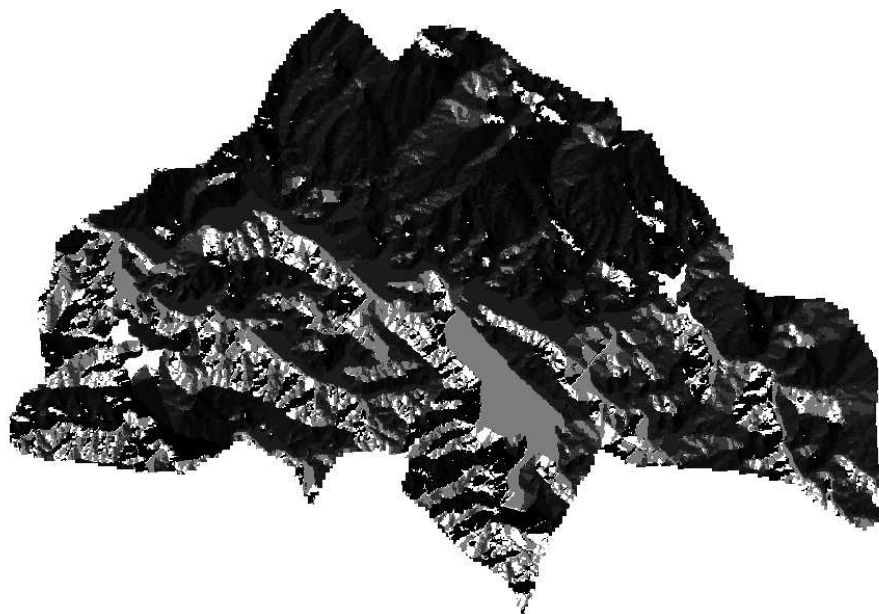


Εικ33. Γενική απεικόνιση υδρολογικών χαρακτηριστικών της λεκάνης

Ακολουθεί ο υπολογισμός της κατεύθυνσης των ρεμάτων (FlowDirection) μέσω υπολογισμών βασισμένων στην τιμή του υψομέτρου που είναι περασμένη σε κάθε κানাβο (τετράγωνο) ξεχωριστά, πραγματικής επιφάνειας 40 τ.μ², της λεκάνης απορροής.

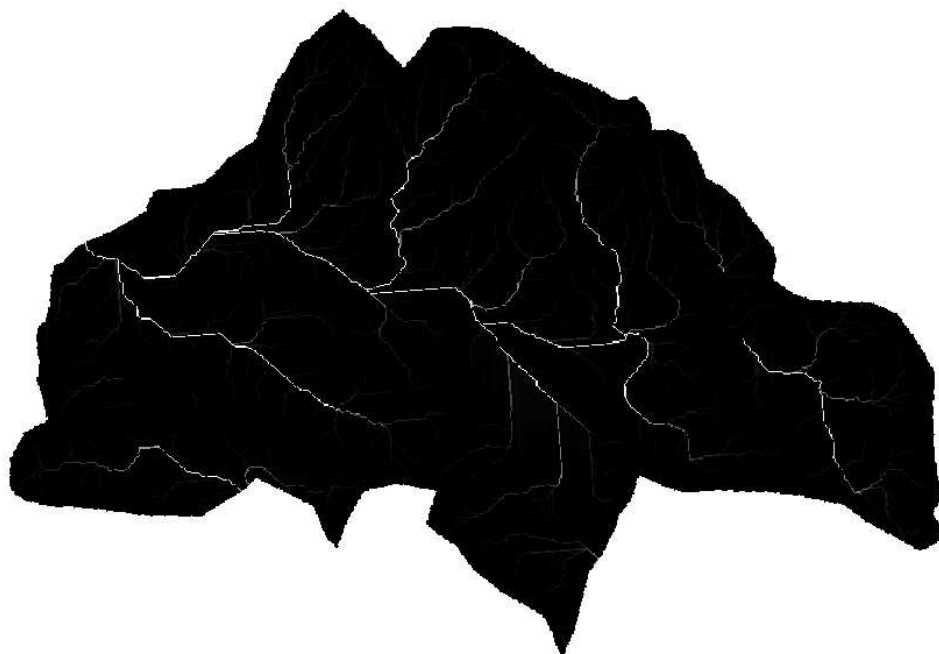


Εικ.34. Κατεύθυνση ροής με βάση την τις τιμές των υψομέτρων



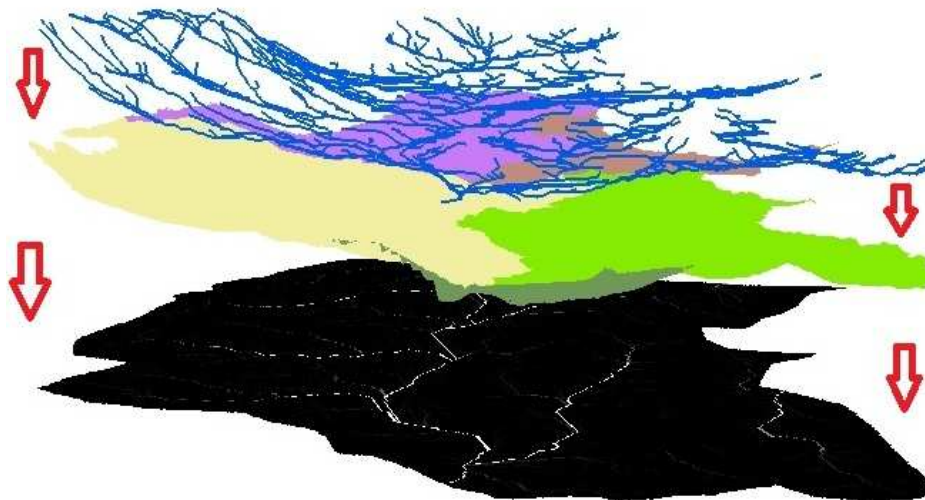
Εικ.35. Τρισδιάστατο ανάγλυφο κατευθύνσεων ροής στην περιοχή

Με την συμβολή των παραπάνω επιπέδων υπολογίζεται σε η συσσώρευση της καθοδικής ροής των ρεμάτων για κάθε κάρναβο ξεχωριστά για όλη την περιοχή ξεχωριστά.

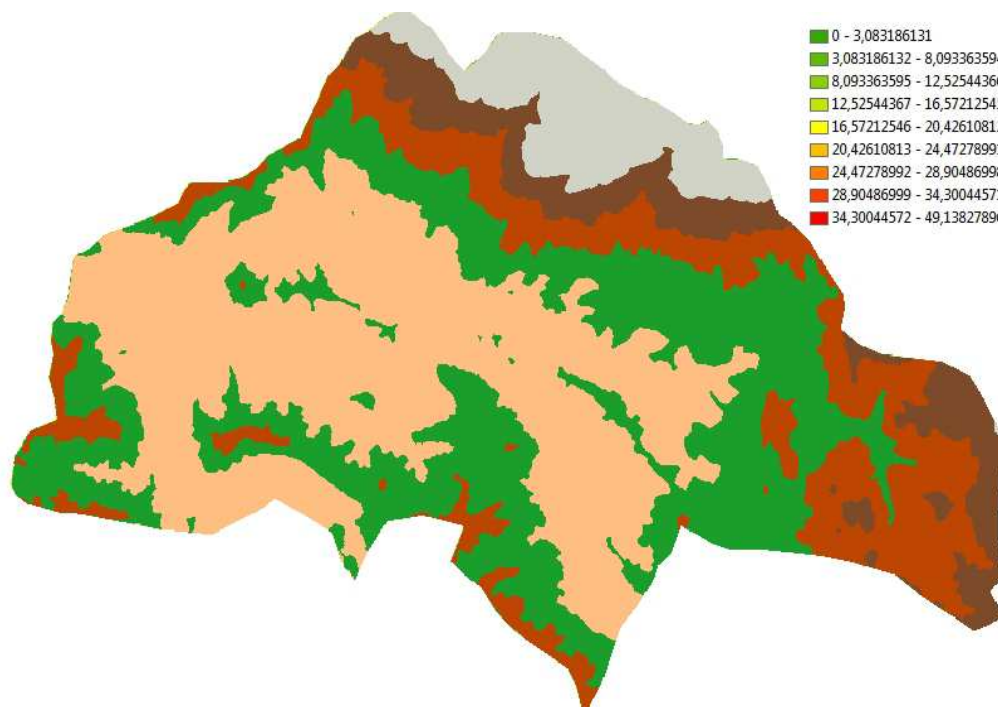


Εικ.36. Συσσώρευση Ροής (Flow Accumulation) της περιοχής των Πηγών Βίκου-Αώου

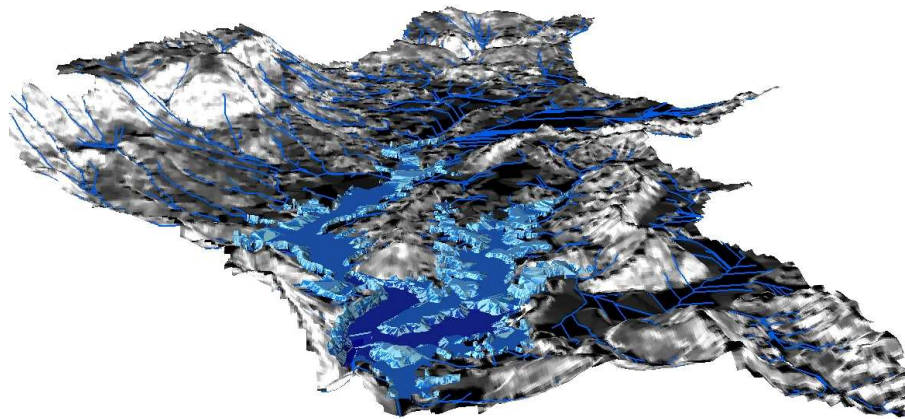
Η αλληλεπίθεση των επιπέδων της συσσωρευμένης ροής και των κλίσεων μέσω της εξίσωσης (Moore and Burch 1986a,1986b, Engel 1996) μας δίνει το τελικό θεματικό επίπεδο του τοπογραφικού παράγοντα LS που είναι απαραίτητος για την εξαγωγή του χάρτη διάβρωσης της λεκάνης.



Εικ.37. Εξαγωγή πληροφορίας από το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής έρευνας

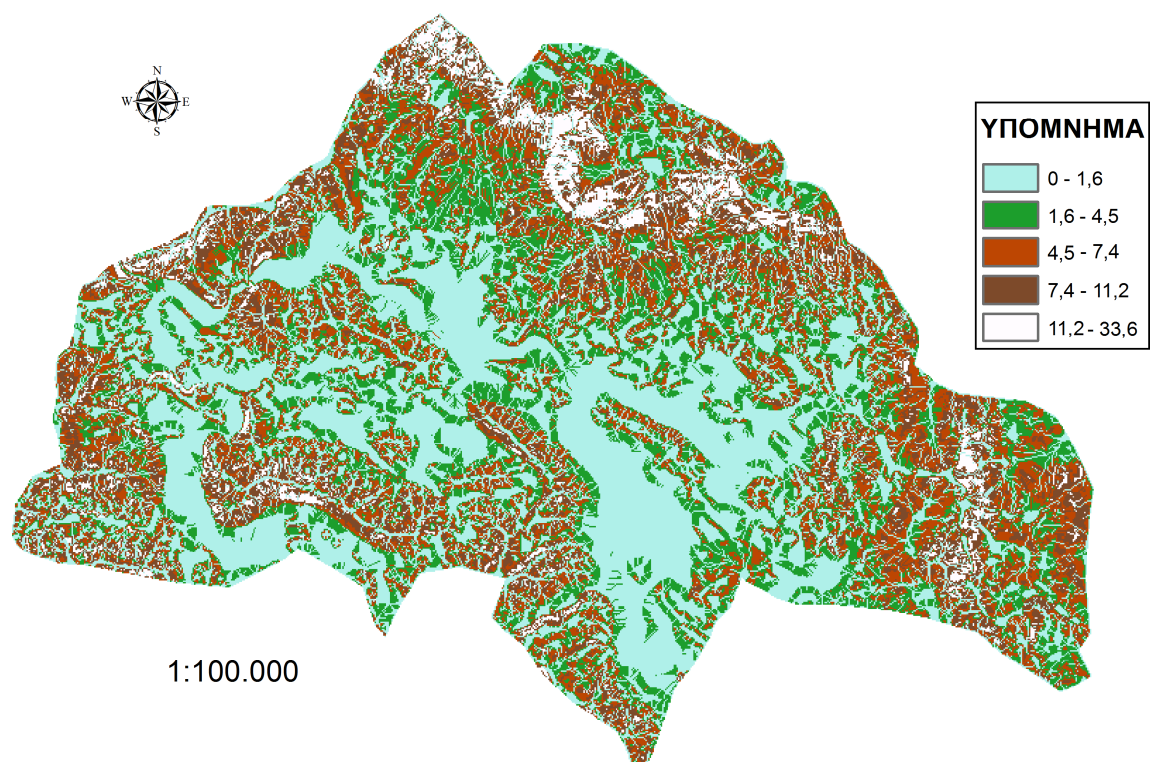


Εικ.38.Θεματικό επίπεδο κλίσεων της λεκάνης απορροής (Υπολογισμός σε μοίρες)

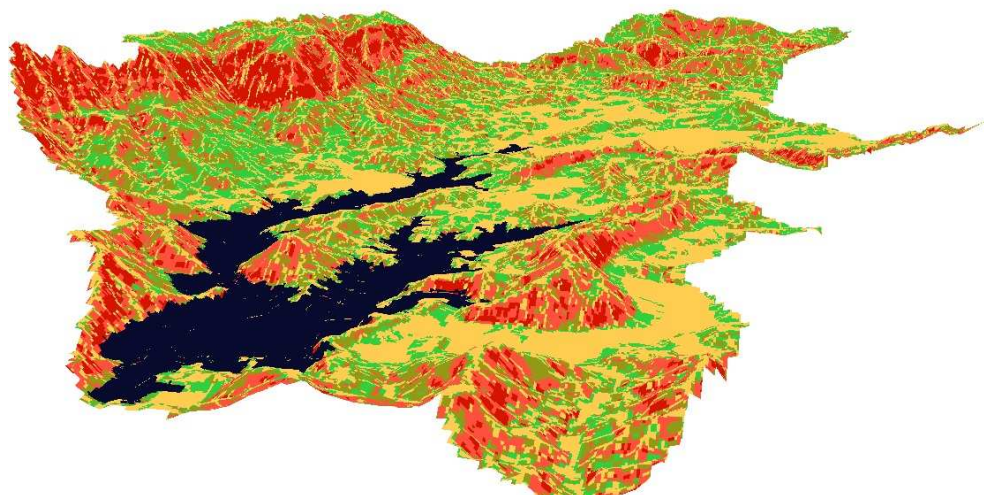


Εικ.39. Τρισδιάστατο επίπεδο κλίσεων της λεκάνης απορροής σε μοίρες

Το τελικό αποτέλεσμα του αναλύφου LS είναι το παρακάτω επίπεδο, το οποίο θα συμβάλει στην συνέχεια στην επίλυση της παγκόσμιας εξίσωσης εδαφικής απώλειας για την περιοχή μας:



Εικ.40. Ο τοπογραφικός παράγοντας LS της περιοχής έρευνας.



Εικ.41. Τρισδιάστατη εικόνα του παράγοντα αναγλύφου LS. Συνολική απεικόνιση του μήκους και του μεγέθους των κλίσεων.

3.1.1.2 Συντελεστής διαβρωτικότητας βροχής R

Ο παράγων R εκφράζει το ρυθμό επιρροής της βροχής στη διάβρωση. Όσο μεγαλύτερη η ένταση και η διάρκεια της βροχόπτωσης, τόσο μεγαλύτερο και το μέγεθος της διάβρωσης.

Ο συντελεστής αυτός είναι συνάρτηση της κινητικής ενέργειας της βροχόπτωσης, της μέγιστης έντασης στο χρονικό διάστημα των 30min και του ολικού ύψους βροχής.

Για την παραγωγή δεδομένων του παράγοντα R στην περιοχή μας χρησιμοποιούμε την εξίσωση της βροχοβαθμίδας. Όταν το δίκτυο των βροχομετρικών σταθμών της περιοχής δεν είναι αρκετά πυκνό ώστε να καλύπτει όλη την έκταση η χάραξη των ισοϋετών καμπυλών γίνεται με την μέθοδο της βροχοβαθμίδας. Έτσι κατασκευάζεται ο βροχομετρικός χάρτης της περιοχής.

Για την εφαρμογή της μεθόδου, πρέπει να τηρούνται οι απαραίτητες προϋποθέσεις:

A) Το δίκτυο των σταθμών να είναι καλά κατανομημένο ως προς την επιφάνεια και το υψόμετρο

B) Να υπάρχει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των τιμών χ και ψ (regression analysis)

Γ) Να υπάρχουν τουλάχιστον 5 βροχόμετρα. (Λαμπράκης Ν.)

Οι παράγοντες που επιδρούν στην κατανομή των κατακρημνισμάτων απλοποιούνται ενώ δεχόμαστε ότι σε αυτή επιδρά μόνο το υψόμετρο, δηλαδή μεταξύ των κατακρημνισμάτων ψ (mm) και του υψομέτρου χ (mm), υπάρχει η γραμμική σχέση :

$$\Psi = \alpha\chi + \beta$$

Όπου α : Η αύξηση των κατακρημνισμάτων ψ ανά μονάδα αύξησης υψομέτρου χ
 β : Η τιμή των κατακρημνισμάτων που αντιστοιχεί σε μηδενικό υψόμετρο

Έτσι επιλύουμε την γραμμική σχέση:

$$P_m = a * (\text{altitude}) + b \quad (1)$$

Όπου a , b οι σταθεροί παράμετροι που προέκυψαν από την στατιστική ανάλυση των δεδομένων.

Στην συνέχεια η τιμή του P_m μπορεί να αντικατασταθεί στην παρακάτω εξίσωση οποία θα μας δώσει το τελικό αποτέλεσμα του συντελεστή διαβρωτικότητας της βροχής για την περιοχή μας. (Shresta 1997, Onyando et al. 2005):

$$R = P_m * a \quad (2)$$

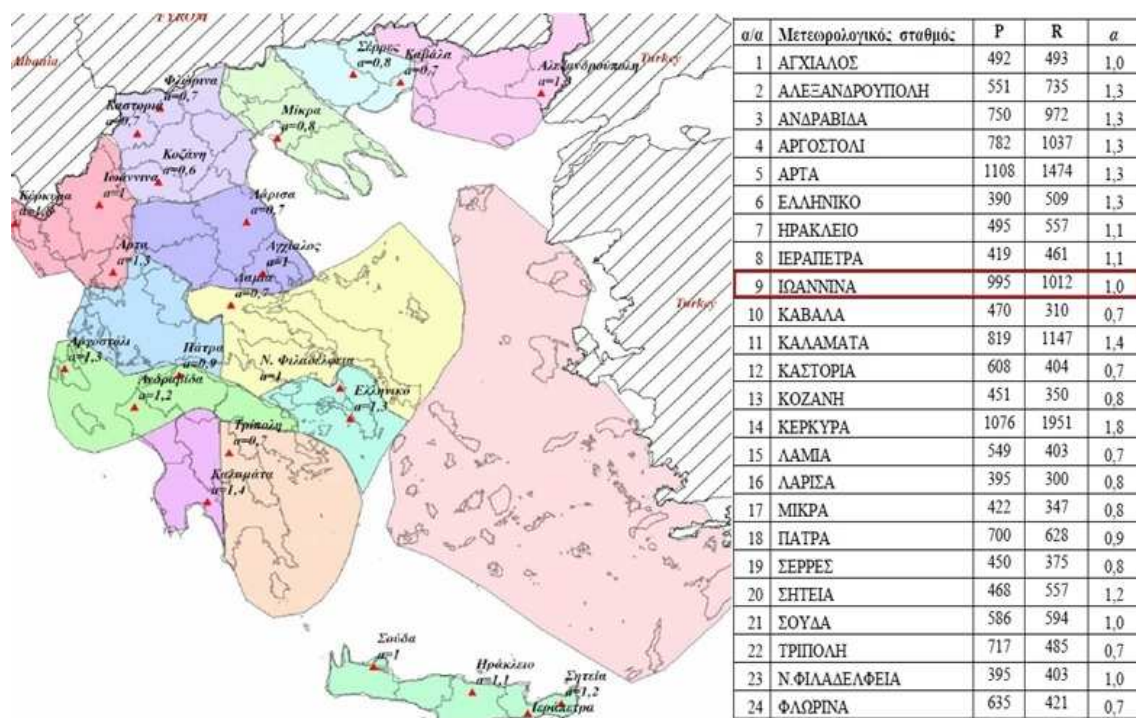
Όπου :

P = η μέση ετήσια βροχόπτωση (σε mm)

R = η μέση τιμή του παράγοντα βροχόπτωσης (σε MJ · mm · ha⁻¹ · hour⁻¹ · year⁻¹)

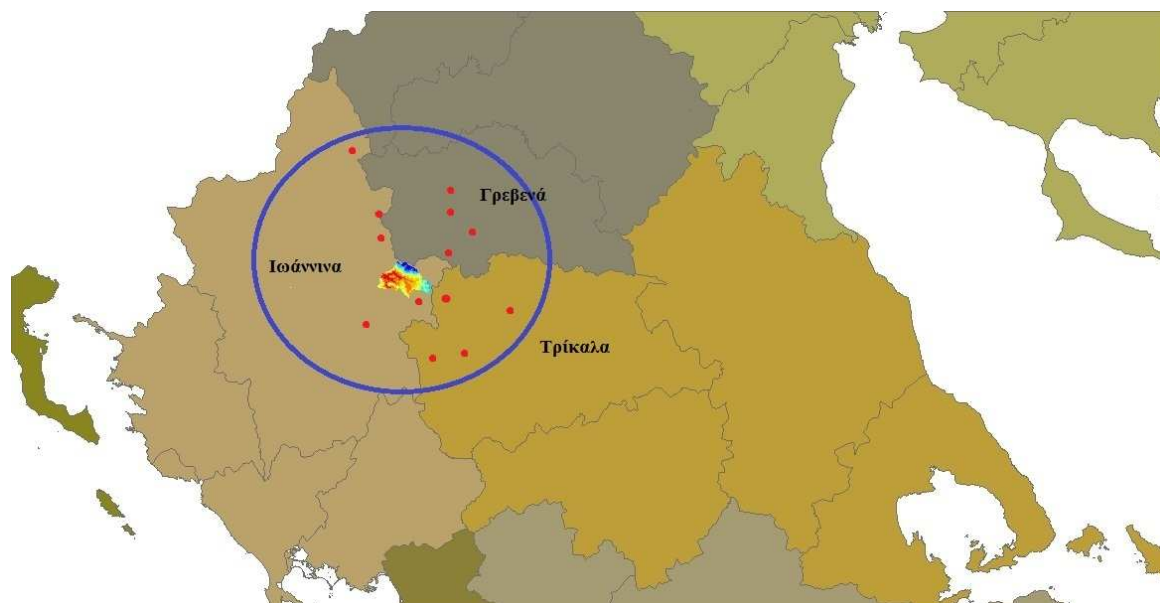
a = συντελεστής αναλογίας με διαστάσεις (σε MJ · ha⁻¹ · hour⁻¹ · year⁻¹)

Μετά από στατιστική επεξεργασία 24 σταθμών της Ελληνικής Επικράτειας για την χρονική περίοδο 1961-2006 ο Φλαμπούρης (2008) μας δίνει τις τιμές του συντελεστή αναλογίας a . Για την ζώνη επιρροής των Ιωαννίνων ο συντελεστής αναλογίας a ισούται με την μονάδα ($a=1$).



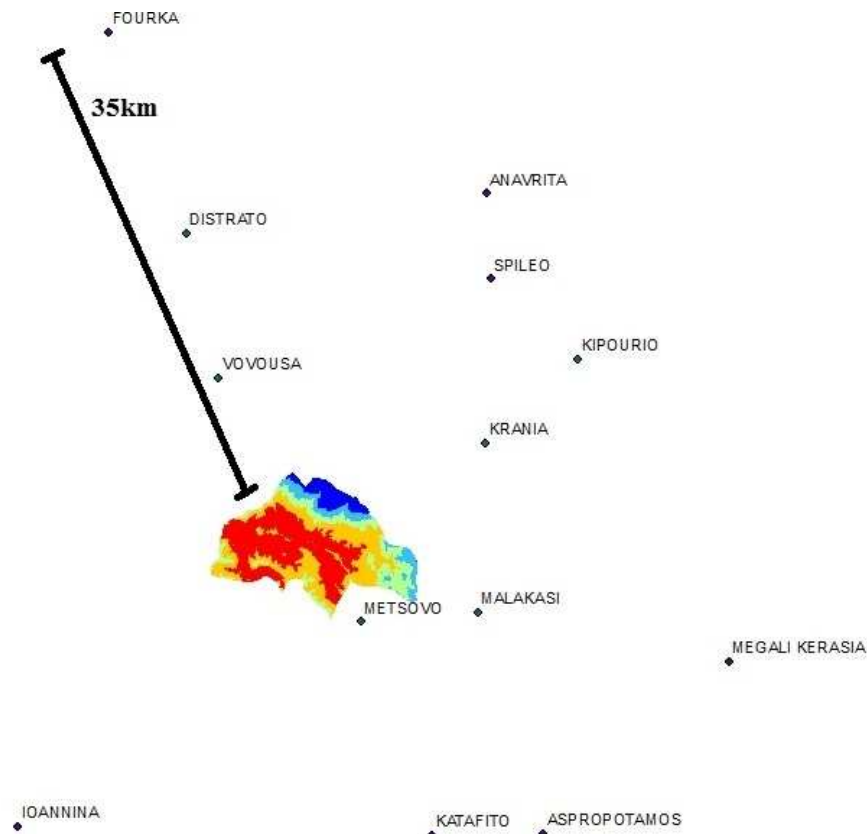
Εικ.42. Χάρτης τιμών συντελεστή αναλογίας α για την Ελληνική επικράτεια (Φλαμπούρης 2008)

Για τον σκοπό της εύρεσης της βροχοβαθμίδας της περιοχής μου, αναλύθηκαν τα δεδομένα των 12 παρακάτω σταθμών της ευρύτερης περιοχής της λεκάνης. Από τις μέσες μηνιαίες τιμές των κατακρημνισμάτων υπολογίστηκαν οι μέσες ετήσιες τιμές των κατακρημνισμάτων.



Εικ.43. Γεωγραφική θέση των 12 μετεωρολογικών σταθμών στην ευρύτερη περιοχή έρευνας

Οι σταθμοί επιλέχθηκαν με σκοπό την ομοιόμορφη κατανομή τους στην ευρύτερη περιοχή και ακολούθως την εντονότερη επιρροή τους πάνω στην περιοχή της περιοχής έρευνας. Ο πιο απομακρυσμένος σταθμός της ευρύτερης περιοχής που επιλέχθηκε για την στατιστική συσχέτιση των παραγόντων υψομέτρου-βροχόπτωσης είναι αυτός της Φούρκας (Νομός Ιωαννίνων) και απέχει 35km σε ευθεία από την περιοχή έρευνας.

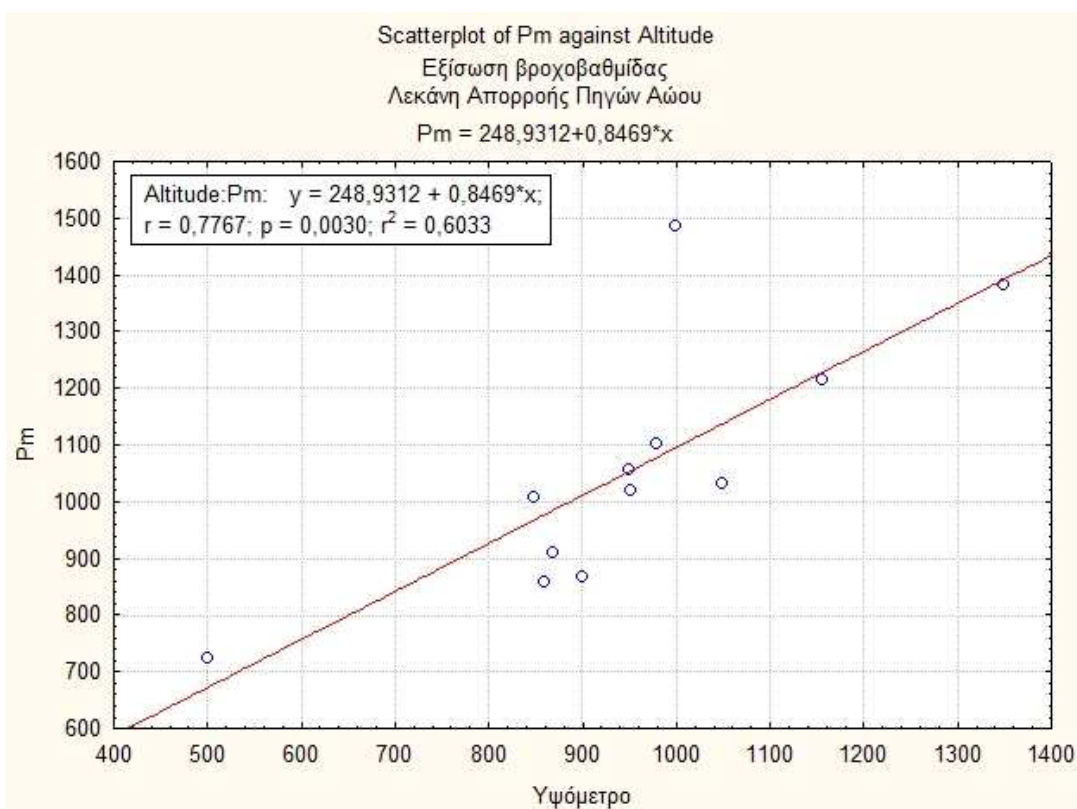


Εικ.44. Χωρική κατανομή των μετεωρολογικών σταθμών στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης απορροής.

	Σταθμοί	Υψόμετρο	Μέσο ετήσιο ποσοστό κατακρημνισμάτων (Pm)	Υπηρεσία	Περίοδος
1	Κρασιά	952	1018,7	ΕΘΙΑΓΕ	1961-1990
2	Κηπουριό	868	908,6	ΔΕΗ	1965-1992
3	Μαλακάσι	849	1006,8	ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ	1974-1994
4	Δίστρατο	950	1056,3	ΔΕΗ	1971-1992
5	Βαβούσα	1000	1485,8	ΔΕΗ	1967-1992
6	Μέτσοβο	1156	1215,418	ΕΘΙΑΓΕ	1953-1992
7	Σπήλαιο	900	867,2	ΔΕΗ	1966-1990
8	Κατάφυτο	980	1102,3	ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ	1975-1990
9	Ασπροπόταμος	1050	1031,7	ΕΘΙΑΓΕ	1960-1986
10	Αναβρυτά	860	858	ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ	1979-1991
11	Μεγάλη Κερασιά	500	722,6	ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ	1974-1994
12	Φούρκα	1350	1381	ΔΕΗ	1973-1992
		Ανεξάρτητη Μεταβλητή**	Εξαρτημένη*		

Πίνακας 2. Μετεωρολογικά στοιχεία των σταθμών

Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων (Regression Analysis) έγινε με το στατιστικό πακέτο Statistica. Εφόσον γνωρίζουμε ότι υπάρχει γραμμική συσχέτιση δημιουργούμε την εξίσωση μέσω της ευθείας παλινδρόμησης που συνδέει τις μεταβλητές. Η εύρεση των τιμών α και β που δίνουν την πραγματική ευθεία πραγματοποιείται με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων. Παρακάτω παρουσιάζεται η ευθεία της παλινδρόμησης ή ελαχίστων τετραγώνων .



Σχήμα 3. Διάγραμμα μεταβολής της βροχόπτωσης συναρτήσει του απόλυτου υψομέτρου

Στο παραπάνω διάγραμμα ορθογωνίων συντεταγμένων, όλα τα ζεύγη τιμών (σημεία) αντιπροσωπεύουν το καθένα ένα μετεωρολογικό σταθμό της ευρύτερης περιοχής. Δεν βρίσκονται σε μια ευθεία αλλά έχουν κάποια διασπορά που εκφράζεται με τον συντελεστή συσχέτισης των χ και ψ .

Η εξίσωση της μεταβολής την βροχόπτωσης συναρτήσει του υψομέτρου για την περιοχή των πηγών Αώου είναι η παρακάτω:

$$Y = 0,8469 * x + b \quad (1)$$

$$P_m = 0,8469 * (\text{altitude}) + 248,9312$$

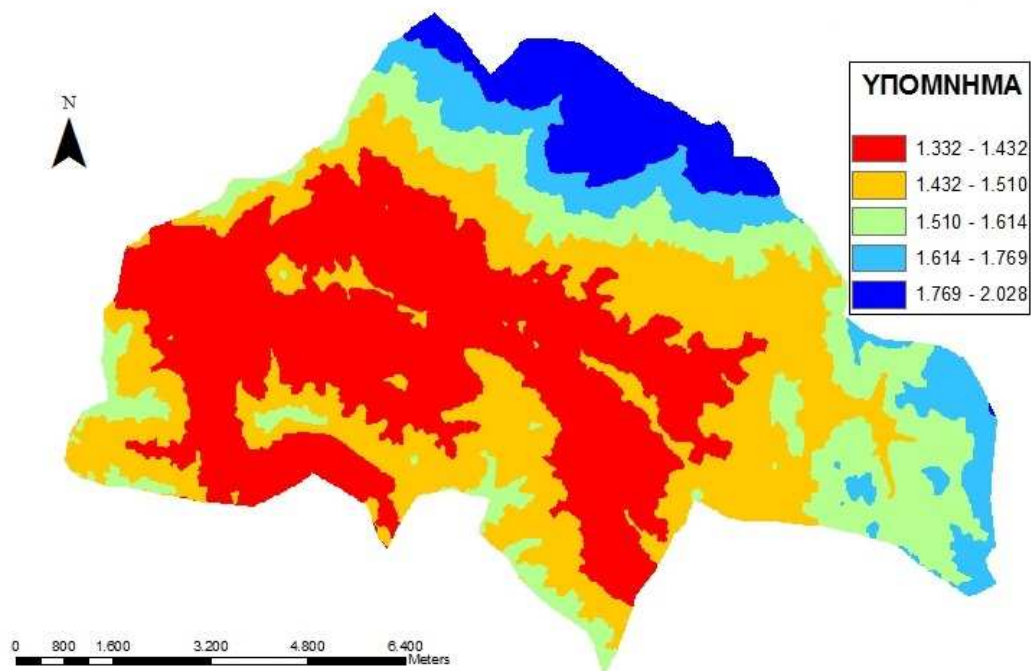
Έτσι υπολογίζουμε την αντιστοιχία του ύψους βροχής-υψομέτρου της περιοχής έρευνας. Στην περιοχή έρευνας ανά 85 m υψομέτρου η μέση ετήσια βροχόπτωση αυξάνεται κατά 72mm. Το τετράγωνο του συντελεστή συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών έχει τιμή $r^2=0,6033$. Αυτό σημαίνει ότι το μοντέλο **επεξηγεί το 60% της συνολικής μεταβλητότητας** της εξαρτημένης μεταβλητής των κατακρημνισμάτων για την περιοχή.

Στην συνέχεια γίνεται η αντικατάσταση στην εξίσωση:

$$R = P_m * a \quad (2)$$

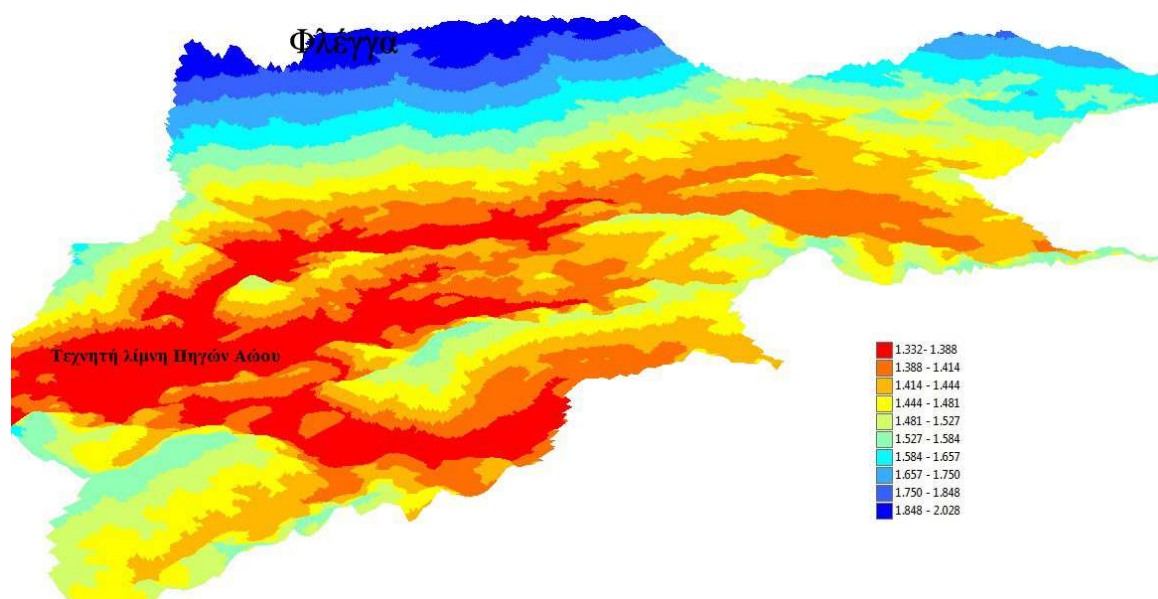
Όπου $a=1$ για την περιοχή Ιωαννίνων (Φλαμπούρης 2008) που τοποθετείται η λεκάνη απορροής μου γεωγραφικά και στην συνέχεια εξάγεται το χωρικό αποτέλεσμα του παράγοντα διαβρωτικότητας (R) της περιοχής.

Έτσι με αφετηρία τη κατασκευή του τρισδιάστατου μοντέλου εδάφους (DEM), με την χωρική ανάλυση της επιφανείας (spatial analysis) του γεωγραφικού πακέτου ArcGis και την σχέση μεταξύ υπερθαλάσσιου ύψους και βροχόπτωσης, η οποία προέκυψε από την στατιστική ανάλυση των μετεωρολογικών δεδομένων της ευρύτερης περιοχής εκτιμήθηκε ο συντελεστής R.



Εικ. 45. Χωρική απεικόνιση του συντελεστή διαβρωτικότητας (R) της λεκάνης των Πηγών Αώου.

Χαρακτηριστικό γνώρισμα της φυσιογνωμίας της λεκάνης απορροής που επηρεάζει τις χρήσεις γης, την βλάστηση και τις κλιματολογικές συνθήκες είναι η μεγάλη υψομετρική διαφορά της λεκάνης που ξεκινάει από τον πυθμένα της τεχνητής λίμνης (1280 μ.), συνεχίζει με τις καλλιέργειες πατάτας πλησίον της λίμνης (1340μ) και καταλήγει στις φυσικές λίμνες στην Τοποθεσία Φλέγγα (Εθνικός Δρυμός Βάλια Κάλντα) υψόμετρο 2036μ. Το ανώτερο υψόμετρο της λεκάνης φτάνει τα 2101μ. .



Εικ.46. Τρισδιάστατη χωρική απεικόνιση 10 κλάσεων του συντελεστή διαβρωτικότητας (R) της λεκάνης των Πηγών Αώου.

Δεδομένου της μεγάλης διαφοράς υψομέτρου οι καιρικές συνθήκες στην λεκάνη μεταβάλλονται έντονα και έτσι ο παράγοντας R διαφέρει αρκετά από σημείο σε σημείο όπως αποδεικνύεται στην χωρική ανάλυση.



Φωτ. 14. Έντονες κλιματικές μεταβολές στην λεκάνη απορροής. Στον ορίζοντα η τοποθεσία Φλέγγα (Υψόμετρο: 2036μ)

3.1.1.3 Συντελεστής διαβρωσιμότητας εδάφους (K)

Ο συντελεστής διαβρωσιμότητας K είναι ένα μέτρο αντίστασης του εδάφους όσον αφορά την αποκόλληση των σωματιδίων λόγω της βροχόπτωσης και την μεταφορά τους με την απορροή σύμφωνα με τους Mitchell and Budenzer (1980).

Η τιμή του παράγοντα K εξαρτάται τόσο από την μηχανική σύσταση του εδάφους όσο και από την περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία (Chmelova *et al.* 2002). Επίσης έχει βρεθεί ότι και το γεωλογικό υπόβαθρο συμμετέχει στην διαμόρφωση της τιμής του K (Lastoria *et al.*, 2008, Myronidis *et al.* 2009).

Στην παρούσα διατριβή υπολογίσαμε την τιμή του K για την λεκάνη απορροής με βάση:

α) Την μηχανική σύσταση από δείγματα που συλλέξαμε και την περιεκτικότητά τους σε οργανική ουσία (Van der Knijff *et al.*, 1999)

β) Το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής (Lastoria *et al.*, 2008)

3.1.1.3.1 Ο υπολογισμός τους παράγοντα διαβρωσιμότητας K

Ο αρχική παραμετρική εξίσωση υπολογισμού του παράγοντα διαβρωσιμότητας του εδάφους K (Wishmeier and Smith 1978) δίνεται στο εγχειρίδιο του Αμερικάνικου Υπουργείου Γεωργίας (USDA) βασισμένη σε εκτεταμένα δεδομένα διάβρωσης, (περισσότερες από 10000 πειραματικές επιφάνειες, από 50 τοποθεσίες 24 πολιτειών της Αμερικής):

$$K=2.8*10^{-7}*M^{1.14} (1.2-a)+4,3*10^{-3} (b-2)+ 3.3 (c-3)$$

Όπου:

M είναι το μέγεθος των εδαφικών σωμάτων ((% ιλύος+%πολύ λεπτή άμμος)*(100-% άργιλος)

a : Το ποσοστό της οργανικής ουσίας

b: ο αριθμός που καθορίζεται σύμφωνα με την δομή του εδάφους,

1 για πολύ λεπτή κοκκομετρική σύσταση (very fine granulae)

2 για λεπτή κοκκομετρική σύσταση (granular)

3 για πιο χοντρή σύσταση (coarse granular)

4 για ογκώδη σύσταση (lattice or massive)

c: η αποξηραντική κλάση του εδάφους, (από 1 έως 6)

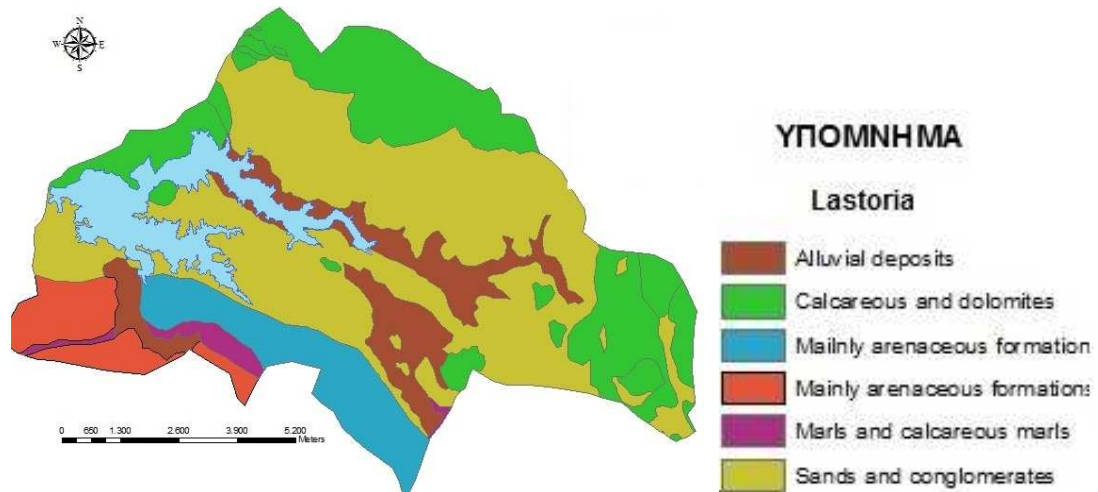
Η διαβρωσιμότητα του εδάφους ποικίλει ανάλογα με την μηχανική σύσταση και την κατανομή της οργανικής ουσίας στον χώρο Έτσι η διαβρωσιμότητα των εδαφολογικών χαρακτηριστικών των εδαφών και το μητρικό πέτρωμα βασίζονται σε ένα συνδυασμό των κυρίαρχων εδαφολογικών χαρακτηριστικών (soil texture) και του τύπου του μητρικού πετρώματος (parent material). Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω μπορούμε να κατανοήσουμε την στενή σχέση των εδαφολογικών δεδομένων και των γεωλογικών σχηματισμών (C.Karydas, 2008)

Ο υπολογισμός του παράγοντα διαβρωσιμότητας K για την εφαρμογή της USLE στο πεδίο είναι η πιο δύσκολη διαδικασία καθώς οι μετρήσεις από τα νομογραφήματα της επιστημονικής κοινότητας πρέπει να επαληθευτούν με χρονοβόρες μετρήσεις ακριβείας στο πεδίο έρευνας (Myronidis et al. 2009). Πολλές προσπάθειες έχουν γίνει στο παρελθόν (Lastoria et al. 2008, Λυκούδη κ.ά 2001) για την προσαρμογή των τιμών του παράγοντα K σε ένα συνδυαστικό πίνακα γεωλογίας και μητρικού πετρώματος έτσι ώστε να απλοποιηθεί η διαδικασία υπολογισμού του.

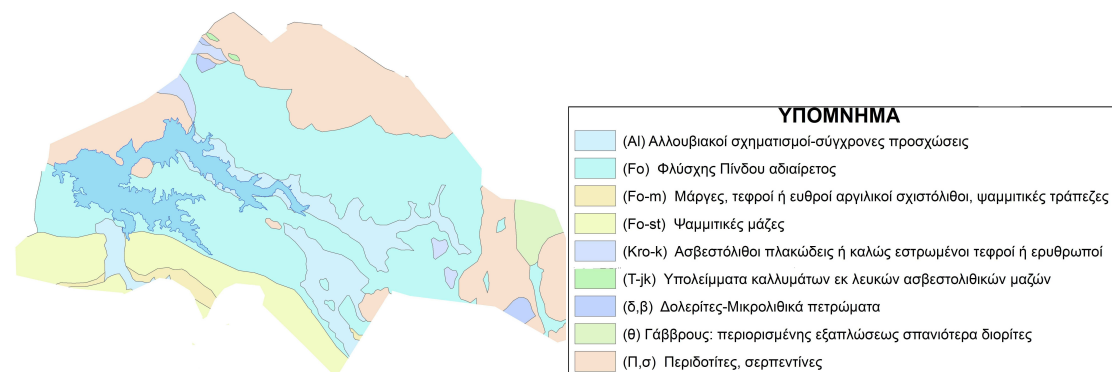
Τέλος υπάρχει η δυνατότητα προσδιορισμού του παράγοντα K μέσω της κοκκομετρικής υφής των εδαφών από ειδικό πίνακα που δημιουργήθηκε για τον σκοπό αυτό έπειτα από αναλυτικές μετρήσεις εδαφολογικών δειγμάτων όλης της Ιταλικής Επικράτειας (Van der Knijff *et al.* ,1999)

3.1.1.3.2 Υπολογισμός παραμέτρου K από το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής

Στην παρούσα διατριβή, σε πρώτη φάση χρησιμοποιούμε το ψηφιοποιημένο γεωλογικό υπόβαθρο (1:50.000) της περιοχής για να συσχετίσουμε τους γεωλογικούς σχηματισμούς τόσο με τις διεθνείς βιβλιογραφικές τιμές του συντελεστή K (Lastoria *et al.*, 2008) όσο και με τις ελληνικές βιβλιογραφικές τιμές (Λυκούδη κ.ά 2001). Αργότερα θα επαληθεύσουμε τις τιμές αυτές με τις αντίστοιχες εδαφολογικές αναλύσεις στο πεδίο έρευνας (Kouli *et al.* 2009, Van der Knijff *et al.* ,1999).



Εικ.47. Χαρακτηρισμός γεωλογικών χαρακτηριστικών της περιοχής έρευνας με βάση τις βιβλιογραφικές τιμές του συντελεστή K (Lastoria *et al.*, 2008)



Εικόνα.48. Γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής των Πηγών Αώου

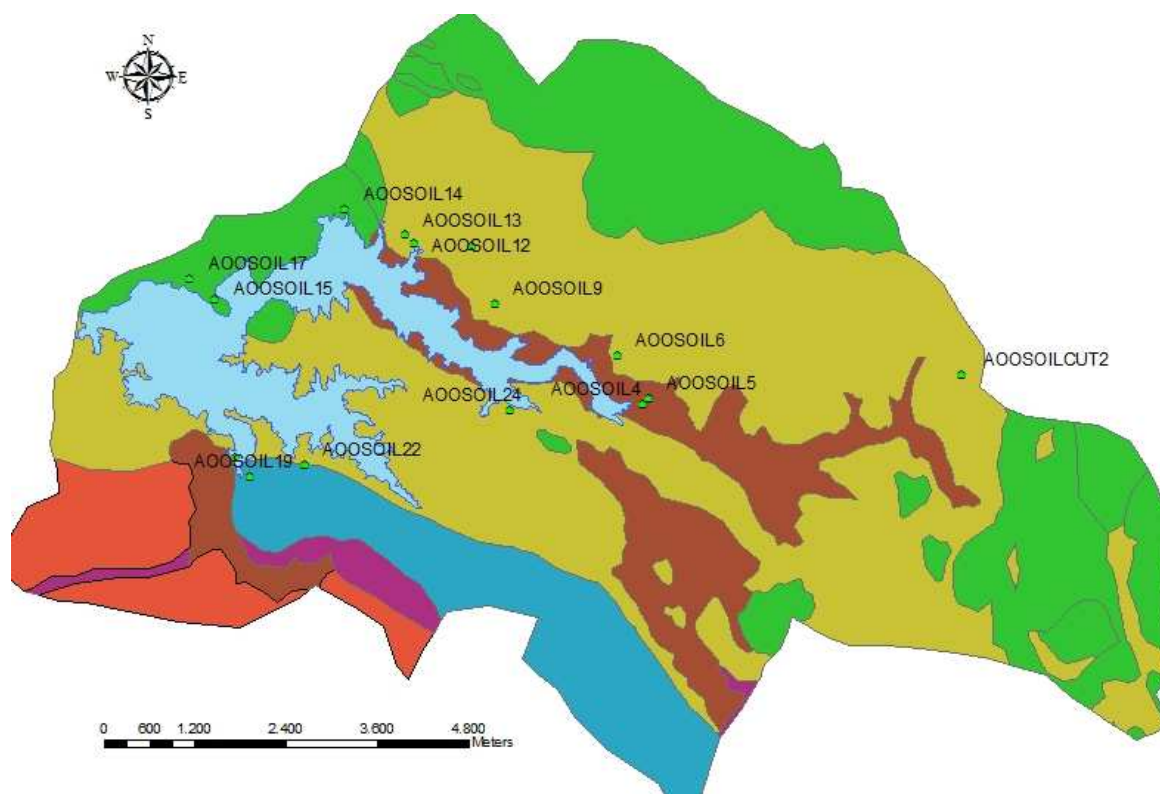
Γεωλογία περιοχής έρευνας	LASTORIA B. (2008)	K (erodibility factor)
(Al) Αλλουβιακοί σχηματισμοί-σύγχρονες προσχώσεις	Allouviial deposits	0.029
(Fo) Φλύσχης Πίνδου αδιαίρετος	Sands and conglomerates	0.052
(Fo-m) Μάργες, τεφροί ή ευθροί αργιλικοί σχιστόλιθοι, ψαμμιτικές τράπεζες	Marls and calcareous marls	0.020
(Fo-st) Ψαμμιτικές μάζες	Mainly arenaceous formations	0.020
(Kro-k) Ασβεστόλιθοι πλακώδεις ή καλώς εστρωμένοι τεφροί ή ερυθρωποί	Calcareous and dolomites	0.013
(T-jk) Υπολείμματα καλλυμάτων εκ λευκών ασβεστολιθικών μαζών	Calcareous and dolomites	0.013
(δ,β) Δολερίτες-Μικρολιθικά πετρώματα	Calcareous and dolomites	0.013
(θ) Γάββρους: περιορισμένης εξαπλώσεως σπανιότερα διορίτες	Calcareous and dolomites	0.013
Λιμνη	Lakes	0
(Π,σ) Περιδοτίτες, σερπεντίνες	Calcareous and dolomites	0.013

Πίνακας 3 . Συσχέτιση των Γεωλογικών χαρακτηριστικών της περιοχής μελέτης με βιβλιογραφικές τιμές.

3.1.1.3.3 Υπολογισμός παραμέτρου K από το εδαφολογικό υπόβαθρο της περιοχής

Στην συνέχεια και αφού έχουμε πλέον τις ακριβείς τιμές του συντελεστή διαβρωσιμότητας K από το γεωλογικό υπόβαθρο της λεκάνης απορροής θα επαληθεύσουμε στο πεδίο τις συγκεκριμένες τιμές. Σκοπός μας είναι ο προσδιορισμός της κοκκομετρικής σύστασης του εδάφους για να αντιστοιχήσουμε τις αντίστοιχες τιμές του K για κάθε δομή του εδάφους ξεχωριστά (Silleos et al, 1999), Van der Knijff et al. (1999, 2002).

Η συλλογή των 15 δειγμάτων (Στρωματοποιημένη δειγματοληψία) έγινε στο πεδίο τον Απρίλιο και Μάιο 2010 με σκοπό τον προσδιορισμό της Μηχανικής σύστασης (C%,S%,Si%) αυτών όσο και της Οργανικής ουσίας (O.O%). Τα εδαφολογικά δείγματα προέρχονται από βάθος 30εκ. Η ανάλυση αυτών στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε στο Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας (ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε)-Ινστιτούτο Εδαφολογίας Θεσσαλονίκης με την Μέθοδο Βουγιούκου (Προσδιορισμός Μηχανικής Σύστασης) .



Εικ.49. Διασπορά δειγματοληπτικών επιφανειών στην λεκάνη απορροής.

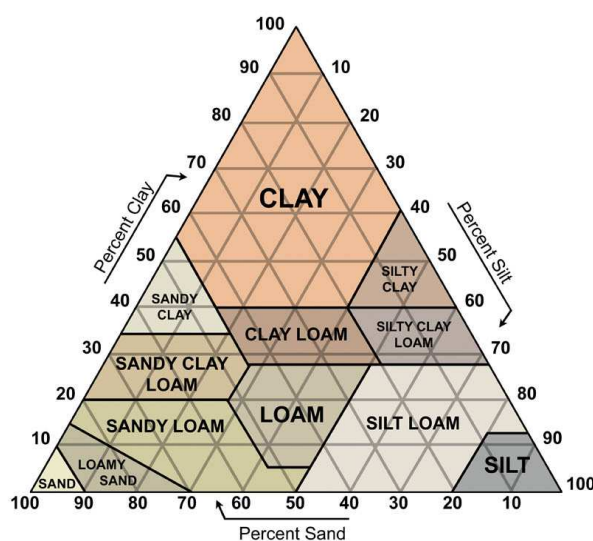
3.1.1.3.4 Μηχανική Σύσταση- Προσδιορισμός της Μηχανικής Σύστασης με την Μέθοδο Βουγιούκου

Κοκκομετρική σύσταση ή μηχανική σύσταση ενός εδάφους είναι η εκατοστιαία περιεκτικότητα του σε άμμο, ιλύ και άργιλο. Η κοκκομετρική σύσταση του εδάφους σχετίζεται και με άλλες ιδιότητες του (Αλιφραγκής 2008).

Μηχανική σύσταση (Μέθοδος Βουγιούκου): Η μέθοδος του Βουγιούκου θεωρείται από της πλέον ακριβείς και εύχρηστες μεθόδους. Παρασκευάζεται πάστα εδάφους και χρησιμοποιείται διάλυμα μεταφωσφορικού νατρίου $[(NaPO_3)_n]$ για τη διάλυση των κολλοειδών που περιέχονται στο έδαφος. Με την τοποθέτηση της στο Μίξερ επιτυγχάνεται ο διαμερισμός του εδάφους με ένα συνδυασμό χημικών και μηχανικών μέσων. Όταν το εδαφικό αιώρημα μεταφερθεί σε κύλινδρο μηχανικής σύστασης, μετράται η θερμοκρασία του με θερμόμετρο Fahrenheit. Η μέθοδος στηρίζεται στο γεγονός ότι τα πιο βαριά κλάσματα του εδάφους καθιζάνουν πιο γρήγορα. Πραγματοποιούνται δύο μετρήσεις με τη βοήθεια πυκνόμετρου, η μία μετά την πάροδο 40 sec από την ανακίνηση του αιωρήματος και η άλλη μετά από δύο ώρες. Η πρώτη αντιστοιχεί στο άθροισμα της ιλύος και του αργίλου καθώς η άμμος έχει καθιζάνει, και η δεύτερη στην άργιλο όπου μετά από την πάροδο των δύο ωρών έχει καθιζάνει και η ιλύς.

Η επι της εκατό περιεκτικότητα του εδάφους σε κάθε κλάσμα υπολογίζεται με βάση τη διαφορά της θερμοκρασίας του δείγματος από τους 68° F.

Τα εδάφη χωρίζονται σε τρεις κύριες κατηγορίες: στα αμμώδη εδάφη, στα πηλώδη εδάφη και στα αργιλλώδη, ανάλογα με την επικρατούσα περιεκτικότητα τους σε άμμο (S), πηλό (L) ή άργιλλο (C). Ανάλογα με τις επιμέρους υποκατηγορίες (π.χ. LS= πηλώδης άμμος, SL= αμώδης πηλός, Si= ιλύς, SCL= αμμώδης αργιλλοπηλός κλπ) που ανήκουν, μπορούν να χαρακτηρισθούν ως: ελαφρά (LS και S), μέτρια ελαφρά (SL), μέσα (L, SiL, Si), μέτρια βαριά (CL, SCL, SiCL) ή βαριά εδάφη (SL, SiC, C).

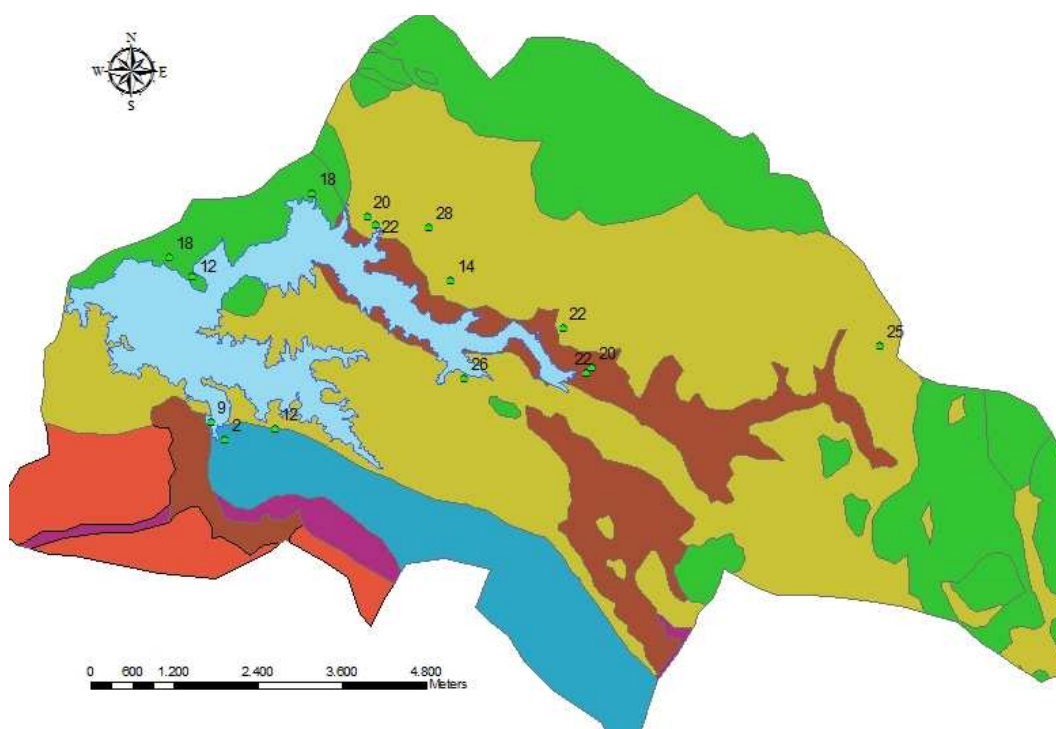


Εικ.50. Τριγωνομετρική ταξινόμηση της μηχανικής σύστασης των εδαφών (USDA)

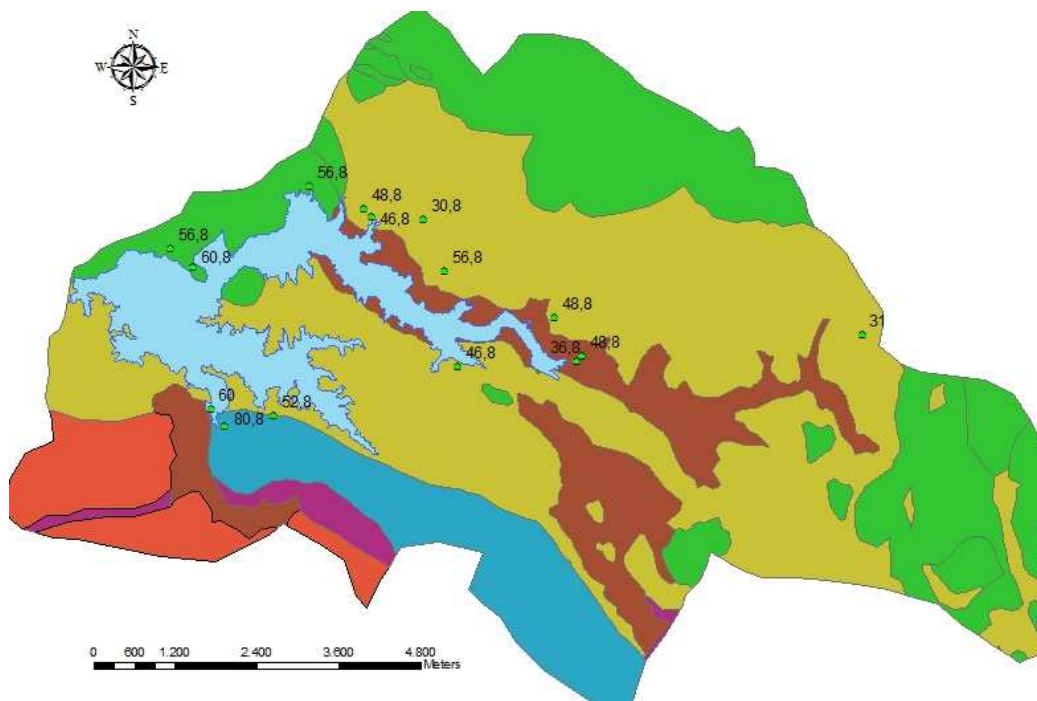
Οι εργαστηριακές αναλύσεις των εδαφολογικών δειγμάτων έδωσαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ	ΒΑΘΟΣ (cm)	ΑΡΓΙΛΟΣ (C)	ΙΛΥΣ (Si)	ΑΜΜΟΣ (S)	ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ (O.O)	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ (Soil Texture)
ΑΟΟΣΟΙΛ4	0-30	22	41,2	36,8	2,40	L
ΑΟΟΣΟΙΛ5	0-30	20	31,2	48,8	1,59	L
ΑΟΟΣΟΙΛ6	0-30	22	29,2	48,8	2,83	L
ΑΟΟΣΟΙΛ9	0-30	14	29,2	56,8	2,51	SL
ΑΟΟΣΟΙΛ11	0-30	28	41,2	30,8	2,76	CL
ΑΟΟΣΟΙΛ12	0-30	22	31,2	46,8	0,61	L
ΑΟΟΣΟΙΛ13	0-30	20	31,2	48,8	1,51	L
ΑΟΟΣΟΙΛ14	0-30	18	25,2	56,8	2,49	SL
ΑΟΟΣΟΙΛ15	0-30	12	27,2	60,8	2,84	SL
ΑΟΟΣΟΙΛ17	0-30	18	25,2	56,8	4,07	SL
ΑΟΟΣΟΙΛ19	0-30	2	17,2	80,8	0,82	LS
ΑΟΟΣΟΙΛ22	0-30	12	35,2	52,8	3,15	SL
ΑΟΟΣΟΙΛ24	0-30	26	27,2	46,8	1,82	L
ΑΟΟΣΟΙΛCUT1	0-30	9	31	60	3,17	SL
ΑΟΟΣΟΙΛCUT2	0-30	25	44	31	6,21	L

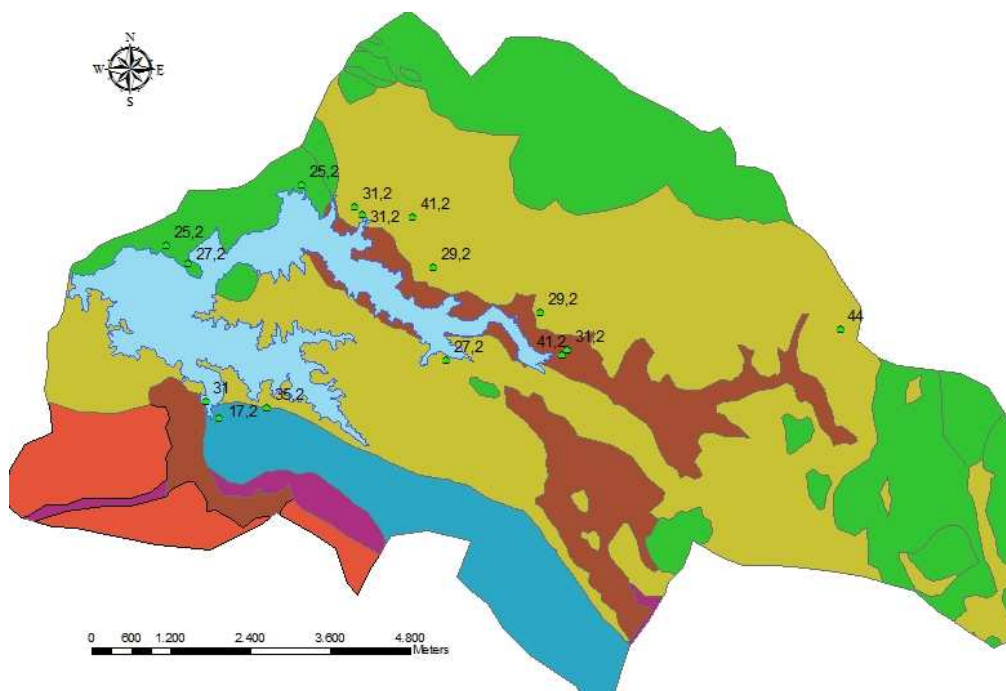
Πίνακας 4. Αποτελέσματα εργαστηριακών αναλύσεων



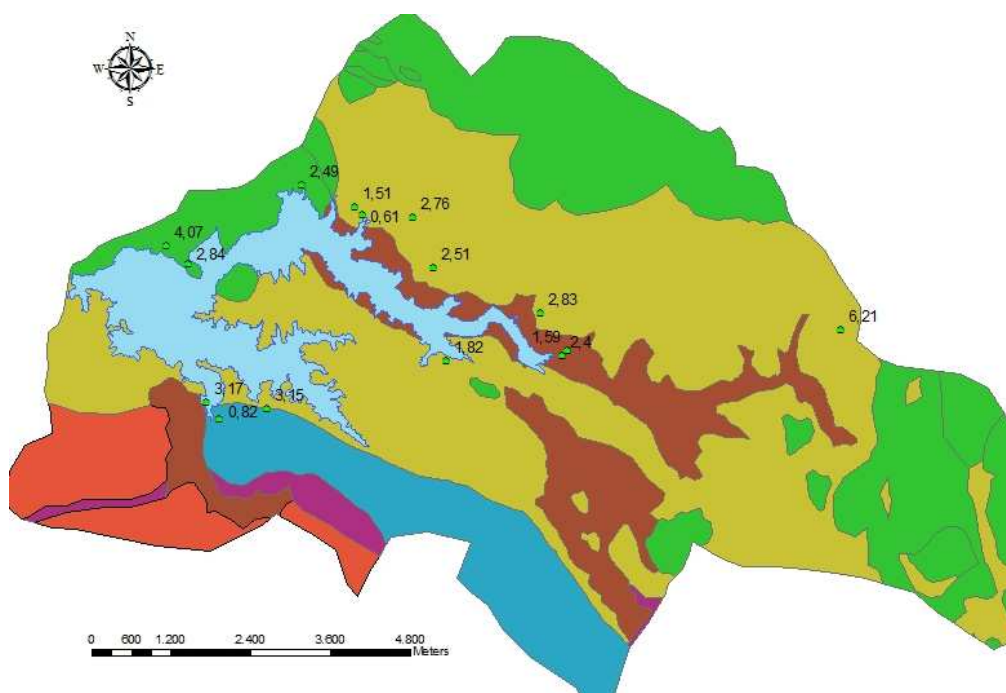
Εικ.51. Σημειακή χωρική κατανομή των ποσοστών της Αργίλου (Clay) στην λεκάνη απορροής



Εικ.52 Σημειακή χωρική κατανομή των ποσοστών της Άμμου (Sand) στην λεκάνη απορροής



Εικ.53. Σημειακή χωρική κατανομή των ποσοστών της Ιλύος (Silt) στην λεκάνη απορροής



Εικ.54. Σημειακή χωρική κατανομή των ποσοστών της Οργανικής ουσίας (Organic Matter) στην λεκάνη απορροής

3.1.1.3.5 Επαλήθευση τιμών παραμέτρου K (Συνδυασμός εδαφολογικού- γεωλογικού υποβάθρου της περιοχής)

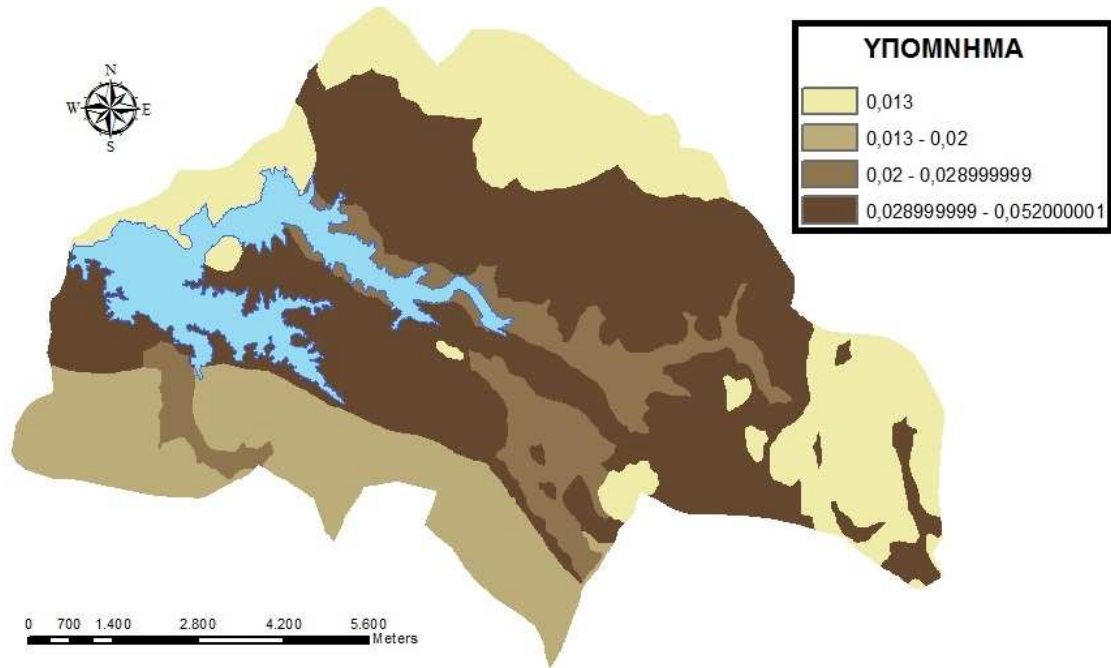
Ανάλογα με την κοκκομετρική σύσταση του εδάφους και το ποσοστό σε άργιλο και άμμο μπορεί να προσδιοριστεί εμμέσως με ένα πιο γενικευμένο τρόπο ο συντελεστής K (Van der Knijff *et al.* ,1999).

Soil Samples	Clay	Silt	Sand	(O.O)	Texture	SOIL SAMPLES	GEOLOGY-PARENT MATERIAL
						(Van der Knijff et al. ,1999)	(Lastoria B, 2008)
AOOSOIL4	22	41,2	36,8	2,40	L	0,0311	0,029
AOOSOIL5	20	31,2	48,8	1,59	L	0,0311	0,029
AOOSOIL6	22	29,2	48,8	2,83	L	0,0311	0,052
AOOSOIL9	14	29,2	56,8	2,51	SL	0,0311	0,052
AOOSOIL11	28	41,2	30,8	2,76	CL	0,0311	0,052
AOOSOIL12	22	31,2	46,8	0,61	L	0,0311	0,052
AOOSOIL13	20	31,2	48,8	1,51	L	0,0311	0,052
AOOSOIL14	18	25,2	56,8	2,49	SL	0,0311	0,013
AOOSOIL15	12	27,2	60,8	2,84	SL	0,0311	0,013
AOOSOIL17	18	25,2	56,8	4,07	SL	0,0311	0,013
AOOSOIL19	2	17,2	80,8	0,82	LS	0,0115	0,02
AOOSOIL22	12	35,2	52,8	3,15	SL	0,0311	0,052
AOOSOIL24	26	27,2	46,8	1,82	L	0,0311	0,052
AOOSILCUT1	9	31	60	3,17	SL	0,0311	0,052
AOOSILCUT2	25	44	31	6,21	L	0,0311	0,052
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ 'K erodibility factor'						0,029793333	0,039

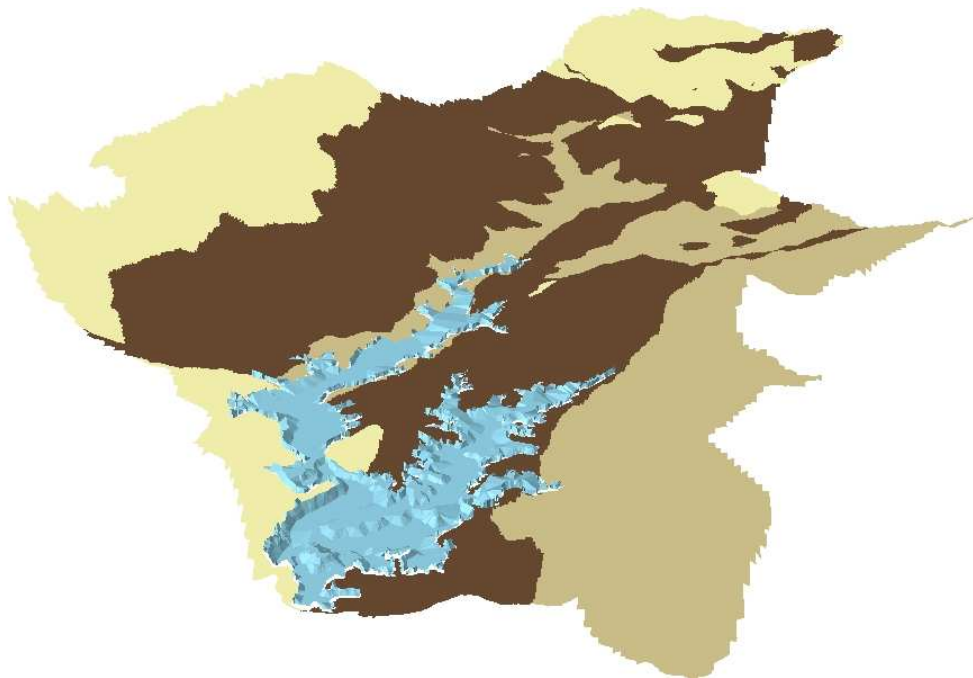
Πίνακας 5. Διασταύρωση Συντελεστή διαβρωσιμότητας K από εδαφολογικής και γεωλογικής σκοπιάς.

Οι βιβλιογραφικές τιμές των γεωλογικών χαρακτηριστικών του παράγοντα K (0.039) για ολόκληρη την λεκάνη απορροής συμβαδίζουν με τις εδαφολογικές μετρήσεις K(0.030) στο πεδίο έρευνας.

Στην συνέχεια μέσω της παραμετροποίησης στο γεωγραφικό πακέτο ArcGis παίρνουμε το τελικό αποτέλεσμα για την χωρική κατανομή του παράγοντα διαβρωσιμότητας K στην λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου.



Εικ55. Χωρική μεταβολή του συντελεστή διαβρωσιμότητας K στην λεκάνη απορροής



Εικ.56. Τρισδιάστατη απεικόνιση της χωρική μεταβολής του συντελεστή διαβρωσιμότητας K στην λεκάνη απορροής

3.1.1.4 Συντελεστής Φυτοκάλυψης C

Για την εφαρμογή του μοντέλου μας επιβάλλεται να γνωρίζουμε τον συντελεστή φυτοκάλυψης C (vegetation cover factor). Ο παράγοντας C καθορίζει την

αποτελεσματικότητα της προστασίας που παρέχει η βλάστηση για την αποτροπή της διάβρωσης του εδάφους, μειώνοντας την κινητική ενέργεια των σταγόνων της βροχής. Έτσι ο συντελεστής φυτοκάλυψης C εκφράζει την ποσοτική επίδραση της φυτοκάλυψης και του τρόπου χειρισμού των επιφανειών στην διάβρωση και κατ' επέκταση στην υποβάθμιση του εδάφους. Η πολυπλοκότητα στην εκτίμηση του έγκειται στην μεγάλη ποικιλία μεθόδων καλλιέργειας και εκμετάλλευσης των εδαφών (Στεφανίδης κ.ά, 2007).

Ο συντελεστής C (crop/vegetation cover and management factor) συμπεριλαμβάνει τις διαφορές στην πυκνότητα και στην δομή της κόμης, στην βλάστηση και αντιπροσωπεύει ουσιαστικά τον προστατευτικό ρόλο αυτής όσο και της μεθόδου διαχείρισης της γης (Cebecauer and Hofierka 2007).

3.1.1.4.1 Υπολογισμός του συντελεστή φυτοκάλυψης C

Για τον υπολογισμό του συντελεστή φυτοκάλυψης χρησιμοποιείται ευρέως η βάση δεδομένων του συστήματος Corine Land Cover 2000 (CLC 2000). Η συγκεκριμένη βάση δεδομένων περιλαμβάνει χάρτες που υποστηρίζονται από μια γεωβάση κατηγοριοποιημένων πληροφοριών, η οποία μας ενημερώνει για τις καλύψεις χρήσεων γης εντός των Ευρωπαϊκών συνόρων.

Η κατασκευή της βάσης δεδομένων Corine αποτελεί την ολοκλήρωση μιας μακρόχρονης συλλογής στοιχείων (1990-2000) με ταυτόχρονη γεωγραφική κάλυψη όλης της Ευρώπης. (Feranec et al., 2005). Στην βάση αυτή καταγράφονται με κωδικό (CLC) όλες οι χρήσεις γης με σχετικά καλή ακρίβεια ενώ παραχωρούνται πληροφορίες για κάθε κωδικό χρήσης γης, οι οποίες χωρίζονται σε 3 επίπεδα. Το πρώτο επίπεδο, παρέχει μια γενική πληροφορία για την κατηγορία χρήσης γης μιας περιοχής και καταλήγοντας στο τρίτο επίπεδο η πληροφορία εξειδικεύεται.

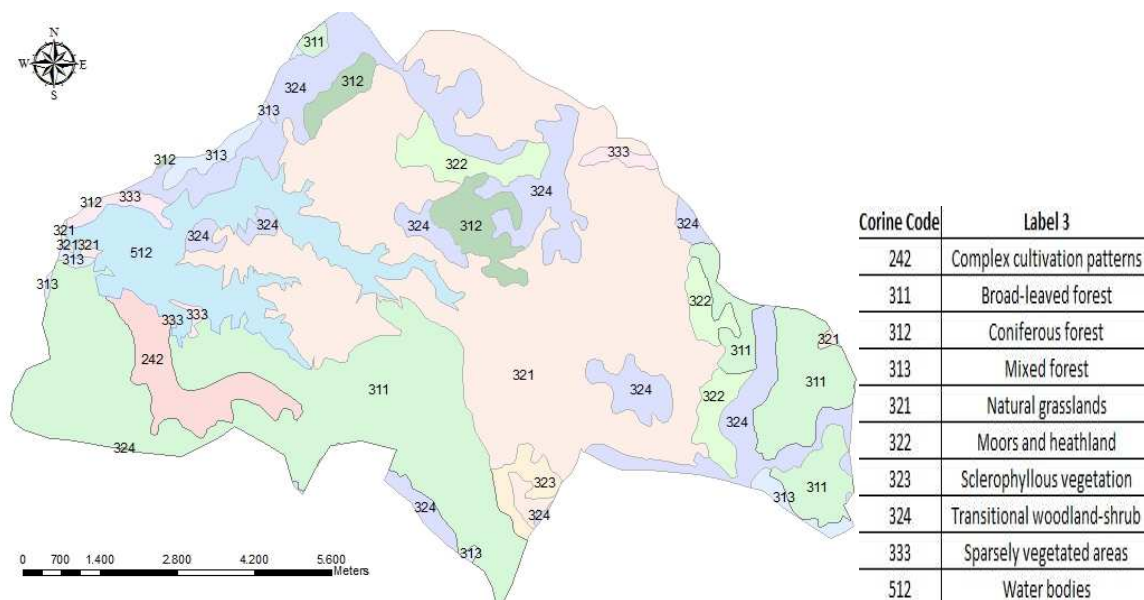
Πρώτο επίπεδο	Δεύτερο επίπεδο	Τρίτο επίπεδο
1. ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΣ	1.1 ΑΣΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ	1.1.1. Συνεχής αστικός ιστός 1.1.2. Ασυνεχής αστικός ιστός
	1.2 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ-ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ	1.2.1 Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες 1.2.2 Οδικά και αεροδρομικά δίκτυα 1.2.3 Ζώνες λιμένων 1.2.4 Αεροδρόμια
	1.3 ΟΡΥΧΕΙΑ, ΧΩΡΟΙ ΑΠΟΡΡΙΨΕΩΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΧΩΡΟΙ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΗΣ	1.3.1 Χώροι εξορύξεως ορυκτών 1.3.2 Χώροι απορρίψεως απορριμμάτων 1.3.3 Χώροι οικοδόμησης
	1.4 ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΜΗ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΠΡΑΣΙΝΟΥ	1.4.1 Περιοχές αστικού πρασίνου 1.4.2 Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής
2. ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	2.1 ΑΡΩΣΙΜΗ ΓΗ	2.1.1 Μη αρδευόμενη αρώσιμη γη 2.1.2 Μόνιμα αρδευόμενη γη 2.1.3 Ορυζώνες
	2.2 ΜΟΝΙΜΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	2.2.1 Αμπελώνες 2.2.2 Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς 2.2.3 Ελαιώνες
	2.3 ΛΙΒΑΔΙΑ	2.3.1 Λιβάδια
	2.4 ΕΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	2.4.1 Ετήσιες καλλιέργειες που σχετίζονται με μόνιμες καλλιέργειες 2.4.2 Σύνθετες καλλιέργειες 2.4.3 Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης 2.4.4 Γεωργο-δασικές περιοχές
3. ΔΑΣΗ ΚΑΙ ΗΜΙ-ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	3.1 ΔΑΣΗ	3.1.1 Δάσος πλατυφυλλων 3.1.2 Δάσος κωνοφόρων 3.1.3 Μικτό δάσος
	3.2 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΘΑΜΝΩΔΟΥΣ ΗΚΑΙ ΠΟΔΩΔΟΥΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	3.2.1 Φυσικοί βοσκότοποι 3.2.2 Θάμνοι και χερσότοποι 3.2.3 Σκληροφυλλική βλάστηση 3.2.4 Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις
	3.3 ΑΝΟΙΧΤΟΙ ΧΩΡΟΙ ΜΕ ΛΙΓΗ Η ΚΑΘΟΛΟΥ ΒΛΑΣΤΗΣΗ	3.3.1 Παραλίες, αμμόλοφοι, Αμμουδιές 3.3.2 Απογυμνωμένοι βράχοι 3.3.3 Εκτάσεις με αραιή βλάστηση 3.3.4 Αποτεφρωμένες εκτάσεις 3.3.5 Παγετώνες και αίτσιο χιόνι
4. ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ	4.1 ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ ΕΝΔΟΧΩΡΑΣ	4.1.1 Βάλτοι στην ενδοχωρά 4.1.2 Τυρφώνες
	4.2 ΠΑΡΑΘΑΛΑΣΣΙΟΙ ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ	4.2.1 Παραθαλάσσιοι βάλτοι 4.2.2 Αλυκές 4.2.3 Ζώνες που καλύπτονται από παλιρροιακά ύδατα
5. ΥΔΑΤΙΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΣ	5.1 ΧΕΡΣΙΑΙΑ ΥΔΑΤΑ	5.1.1 Υδατορρέματα 5.1.2 Επιφανειακές στάσιμου ύδατος
	5.2 ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΥΔΑΤΑ	5.2.1 Παράκτιες λιμνοθάλασσες 5.2.2 Εκβολές ποταμών 5.2.3 Θάλασσες και ωκεανοί

Πίνακας 6. Η βάση δεδομένων Corine Land Cover σε 3 επίπεδα.

Η βάση του Corine μας παρέχει πληροφορίες για αλλαγές χρήσεων γης σε μια δασική έκταση που συνέβησαν ύστερα από συγκεκριμένα γεγονότα όπως πυρκαγιά, εντατικοποίηση της γεωργίας και αποψίλωση δασικών εκτάσεων. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα παρακολούθησης των δασοκομικών πρακτικών, των γεωργικών χειρισμών καθώς και την κατηγοριοποίηση των αγροτεμαχίων.

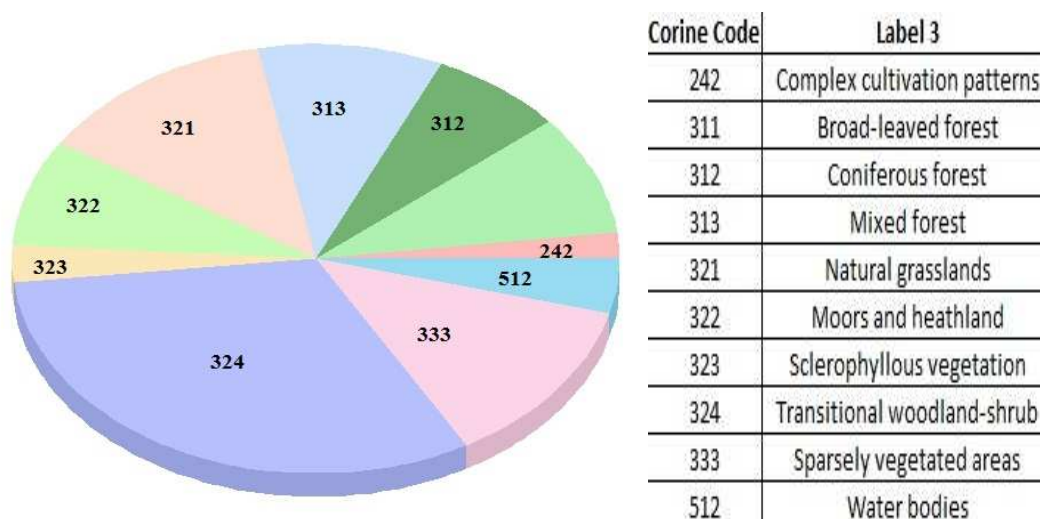
3.1.1.4.2 Υπολογισμός συντελεστή φυτοκάλυψης C (Corine Land Cover project)

Οι χρήσεις γης κατανέμονται χωρικά στην λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου με την βοήθεια των χωρικών δεδομένων της βάσης Corine Land Cover project.



Εικ. 57. Κωδικοί ταξινόμησης (CLC2000) και γεωγραφικό υπόβαθρο χάρτη Corine Land Cover της περιοχής.

Κατανομή κάλυψης γης (Corine Land Cover 2000)



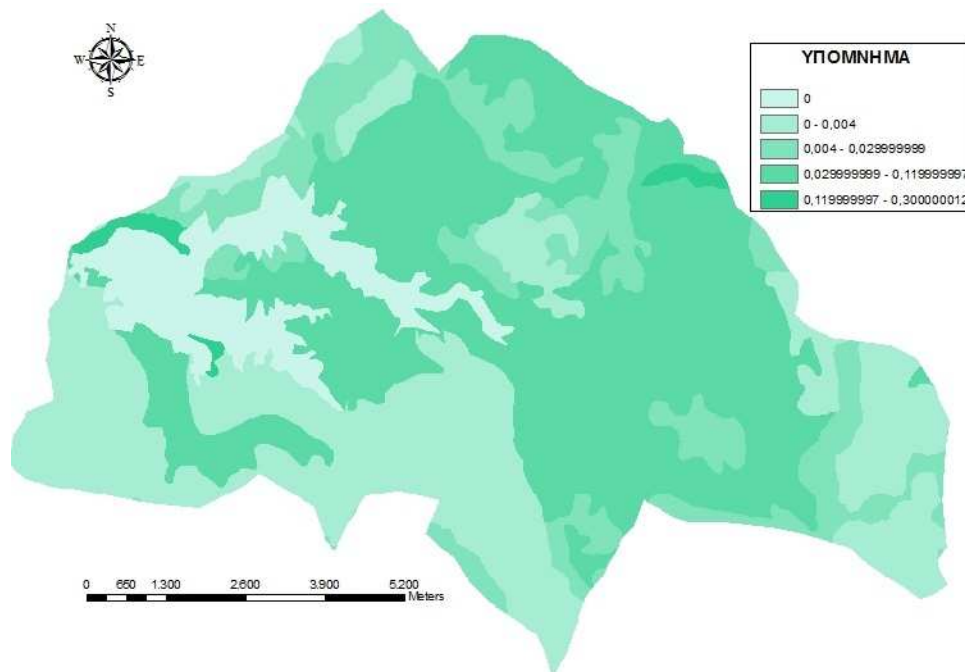
Εικ.58. Διάγραμμα κατανομής κάλυψης χρήσεων γης (CLC 2000) στην λεκάνη απορροής.

Σε μια απλοποιημένη προσπάθεια εύρεσης του συντελεστή φυτοκάλυψης C, η έχουν αντιστοιχηθεί βιβλιογραφικά οι κωδικοί των κατηγοριών της γεωβάσης Corine (CLC2000) με τους συντελεστές φυτοκάλυψης C. Με βάση αυτή την αντιστοίχιση παρουσιάζονται οι τιμές του συντελεστή C για την περιοχή μελέτης των Πηγών Αώου.

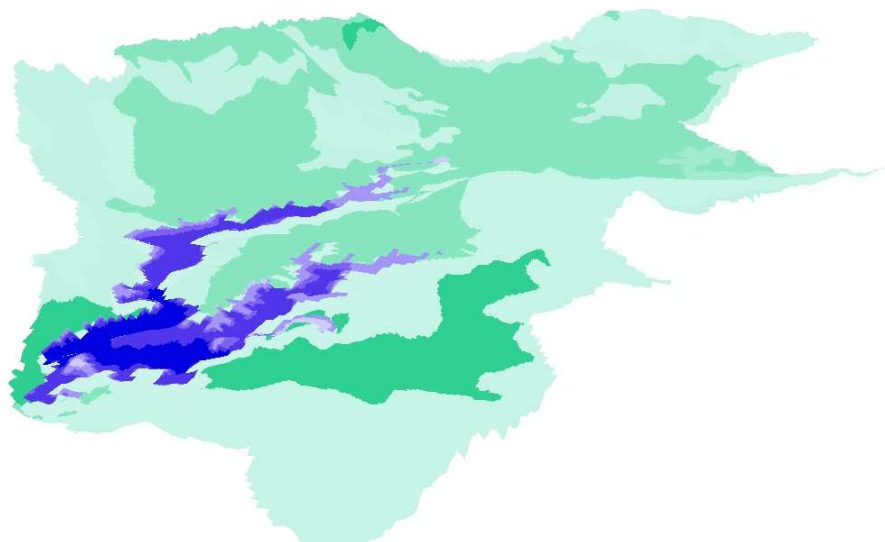
Corine Code	Label 1	Label 2	Label 3	C factor
242	Agricultural areas	Heterogeneous agricultural areas	Complex cultivation patterns	0,12
311	Forest and semi natural areas	Forests	Broad-leaved forest	0,004
312	Forest and semi natural areas	Forests	Coniferous forest	0,004
313	Forest and semi natural areas	Forests	Mixed forest	0,004
321	Forest and semi natural areas	Scrub and/or herbaceous vegetation associations	Natural grasslands	0,05
322	Forest and semi natural areas	Scrub and/or herbaceous vegetation associations	Moors and heathland	0,05
323	Forest and semi natural areas	Scrub and/or herbaceous vegetation associations	Sclerophyllous vegetation	0,03
324	Forest and semi natural areas	Scrub and/or herbaceous vegetation associations	Transitional woodland-shrub	0,007
333	Forest and semi natural areas	Open spaces with little or no vegetation	Sparsely vegetated areas	0,3
512	Water bodies	Inland waters	Water bodies	0

Πίνακας 7. Αντιστοίχιση τιμών συντελεστή φυτοκάλυψης C με κωδικούς ταξινόμησης χρήσεων γης Corine Land Cover (CLC2000) στην περιοχή των Πηγών Αώου. (Lasteria et al 2008), (Cebecauer and Hofierka 2007), (Λυκούδη και Ζαρρής 2001).

Αφου παραμετροποιήσω μέσα στο πακέτο ArcGis/ArcInfo την πληροφορία της γεωβάσης (Corine) με τις βιβλιογραφικές τιμές του συντελεστή φυτοκάλυψης για κάθε πολύγωνο του 3ου επιπέδου, εξάγω την πληροφορία του συντελεστή φυτοκάλυψης C για όλη την περιοχή έρευνας.

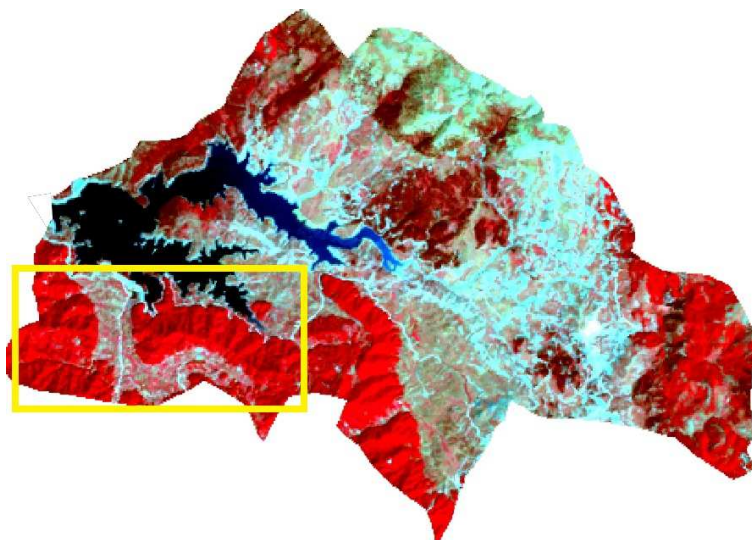


Εικ59. Τελικός χάρτης Συντελεστή Φυτοκάλυψης (C) της περιοχής.



Εικ.60. Τρισδιάστατη απεικόνιση του συντελεστή C (Corine Land Cover)

Η ζώνη δάσους πλατύφυλλων (311/ Broad-leaved forest) της οξιάς εμπεριέχει τιμή συντελεστή φυτοκάλυψης 0,004 που το καθιστά πιο προστατευτικό κομμάτι μέσα στην λεκάνη ενώ την μέγιστη τιμή απροστάτευτης έκτασης από άποψη φυτοκάλυψη περιλαμβάνουν οι εκτάσεις αραιής βλάστησης (333/ sparsely vegetated areas) με τιμή 0,3. Στην ζώνη σύνθετων καλλιεργειών (242/ Complex cultivation patterns), με τιμή συντελεστή 0,12 οφείλεται ένα μέρος της διάβρωσης της λεκάνης.



Εικ.61. Δορυφορική εικόνα Landsat (RGB: 4,3,2) της περιοχής έρευνας. Διακρίνεται με έντονο κόκκινο χρώμα η ζώνη πλατυφύλλων και ανάμεσα τους η ζώνη σύνθετων καλλιεργειών (ροζ στίγματα: αρδεύσιμη γη).

3.1.1.4.3 Υπολογισμός συντελεστή φυτοκάλυψης C μέσω του Δείκτη NDVI (Επεξεργασία δορυφορικών εικόνων)

Ένας δεύτερος τρόπος υπολογισμού του συντελεστή φυτοκάλυψης για την εξαγωγή συμπερασμάτων όσον αφορά τον βαθμό επιρροής της βλάστησης στην εδαφική απώλεια, είναι ο υπολογισμός του Δείκτη Βλάστησης (NDVI) μέσω επεξεργασίας δορυφορικών εικόνων. Ο δείκτης βλάστησης NDVI είναι ποσοτική έκφραση η οποία υπολογίζεται από τις τιμές λαμπρότητας των δορυφορικών δεδομένων και σχετίζονται κυρίως με την βλάστηση και την βιομάζα (Καρτέρης 2004). Ο δείκτης NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) έχει ευρεία χρήση και έχει αποδειχθεί ότι είναι αποτελεσματικός για την αναγνώριση διαφορετικών οικοτύπων, για την παρακολούθηση και φαινομενικών προτύπων επιφανειών καλυμμένων με βλάστηση. Για τον υπολογισμό του δείκτη NDVI χρησιμοποιήθηκαν οι δορυφορικές εικόνες LANDSAT ETM των χρονολογιών 1988 και 2006 της περιοχής.

Στο σημείο αυτό είναι σκόπιμο να αναφερθεί ότι οι τιμές του συντελεστή φυτοκάλυψης C μέσω της δορυφορικής εικόνας είναι τις περισσότερες φορές υπερμεγεθυμένες λόγω διάφορων παράγοντων όπως η εποχή λήψης της εικόνας, η σωστή ατμοσφαιρική διόρθωση, η δομή της συστάδας, η πυκνότητα της κόμης κ.α. Γι αυτό κρίνεται σκόπιμο η επαλήθευση του συντελεστή φυτοκάλυψης από τις έτοιμες τιμές της επιστημονικής βιβλιογραφίας, με βάση τους χάρτες Corine.

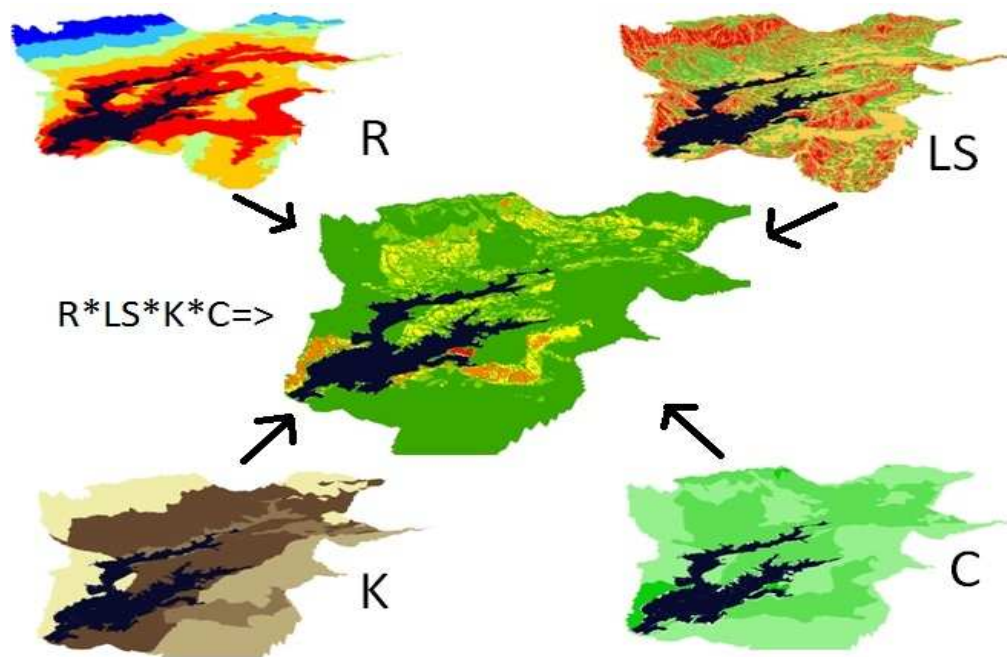
Η εξερεύνηση κυρίως μέσω δορυφορικών δεδομένων στην παρούσα διατριβή επίκειται στο γεγονός της αναζήτησης των διαδοχικών αλλαγών που συντελούνται διαχρονικά μέσα στο τοπίο. Τα αποτελέσματα του δείκτη φυτοκάλυψης C και του μοντέλου USLE μέσω της επεξεργασίας των δορυφορικών εικόνων του 1998/2006 παρατίθενται στο τέλος της διατριβής (Παράρτημα I).

3.1.1.5 Συντελεστής ελέγχου διάβρωσης (P)

Ο συντελεστής ελέγχου διάβρωσης, εκφράζει την ανθρώπινη παρέμβαση για την προστασία από την διάβρωση. Είναι ανάλογος της κλίσης και εξαρτάται από τις πρακτικές και τις κατασκευές (π.χ φράγματα) ελαχιστοποίησης της διάβρωσης οι οποίες εφαρμόζονται στην λεκάνη. Για την παρούσα διατριβή ο συντελεστής P λαμβάνεται ίσος με την μονάδα (P=1) διότι δεν έχουν υλοποιηθεί μέτρα προστασίας από την διάβρωση στην λεκάνη απορροής.

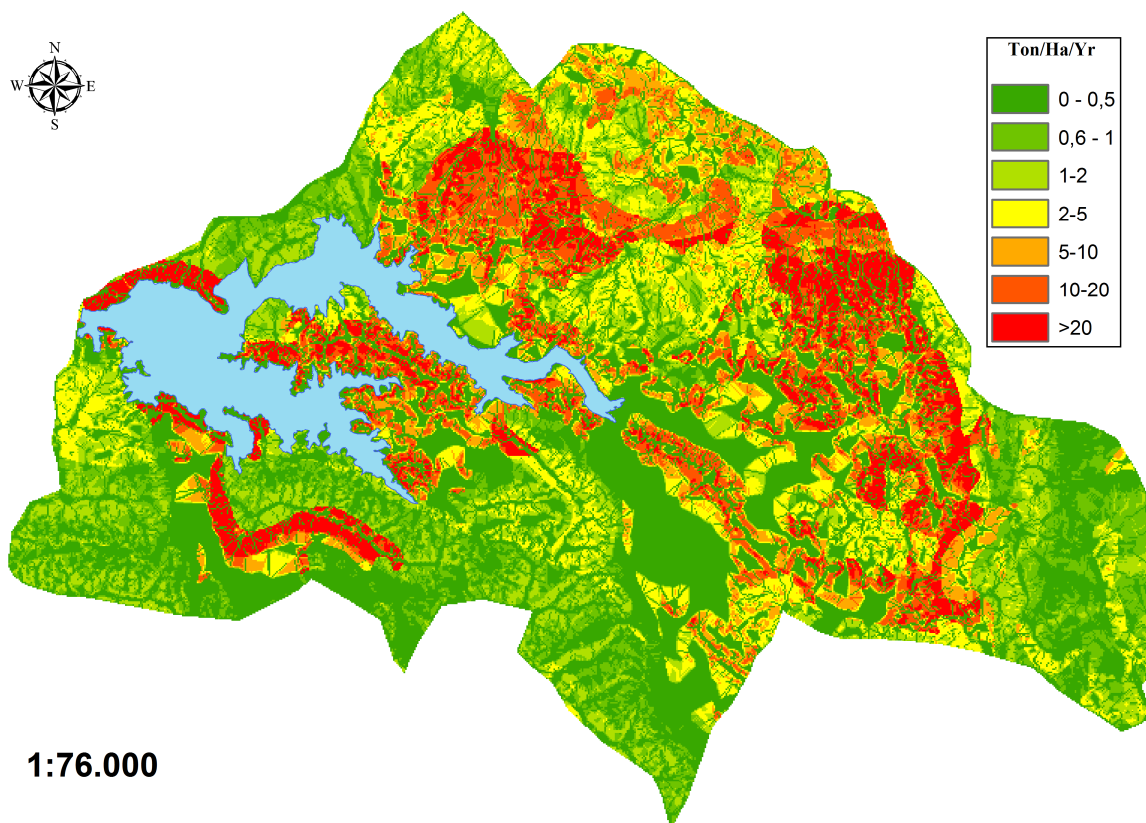
3.1.2 Σύνθεση επιπέδων για την εφαρμογή του μοντέλου USLE

Μετά το πέρας της εκτίμησης των συντελεστών της διάβρωσης (LS,R,K,C,P) σειρά έχει η αλληλεπίθεση τους με σκοπό την εξαγωγή του χάρτη διάβρωσης με τις χωρικές εκτιμήσεις των ιζημάτων της λεκάνης απορροής. Η διαδικασία εξαγωγής ενός τελικού χάρτη εδαφικής απώλειας της περιοχής με την βοήθεια του γεωγραφικού πακέτου ArcGis / Spatial Analyst περιλαμβάνει την αλληλεπίθεση των παραπάνω επιπέδων.



Εικ.62. Εξαγωγή τελικού χάρτη εδαφικής απώλειας της περιοχής (Γεωγραφικό Πακέτο: ArcGis)

Το αποτέλεσμα εφαρμογής της παγκόσμιας εξίσωσης για την εδαφική απώλεια είναι το παρακάτω (Τόνοι/Εκτάριο/Χρόνο):



Εικ.63. Χάρτης πρόβλεψης διάβρωσης της λεκάνης απορροής των Πηγών Αώου (Ton/Ha/Year)

3.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

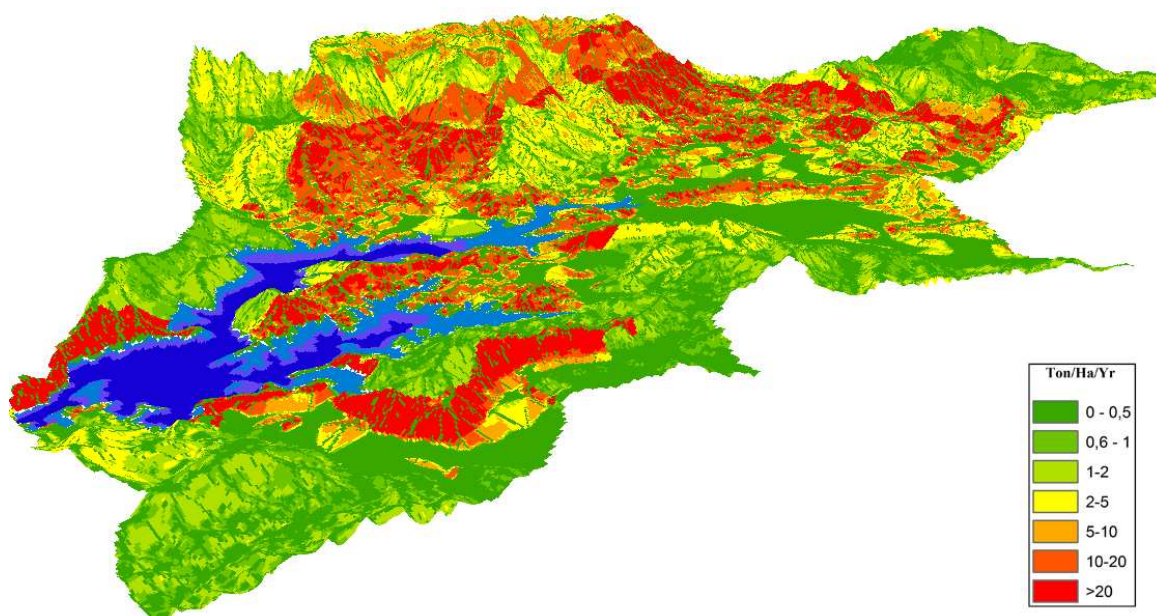
Ο μέσος όρος εδαφικού ιζήματος που αποκολλάται σε ετήσια βάση, συνολικά, για ολόκληρη την λεκάνη απορροής υπολογίστηκε σε 8,69 (ton/ha/year).

Για να υπάρξει μέτρο σύγκρισης, στην δασωμένη περιοχή της Κασσάνδρας Χαλκιδικής πριν την πυρκαγιά του 2006 το μέσο ετήσιο στερεοφορτίο υπολογίζεται σε 2,8 (ton/ha/year) ενώ μετά την πυρκαγιά σε 29,5 (ton/ha/year) (Myronidis et al. 1999).

Τα τελικά αποτελέσματα χωρίζονται σε 7 κλάσεις κινδύνου διάβρωσης:

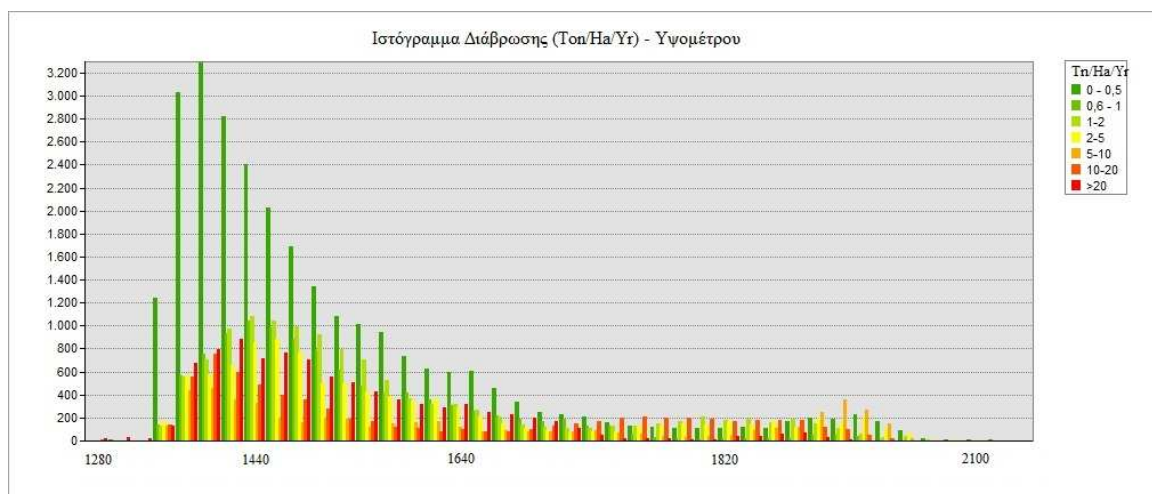
Κλάση Διάβρωσης	Εκτίμηση κινδύνου	Βαθμός διάβρωσης (Ton/ha/yr)	Risk Assessment
7	Πολύ επικίνδυνη	>20	Very severe
6	Επικίνδυνη	10-20	
5	Μεγάλου βαθμού	5-10	Moderate
4	Μεσαίου βαθμού	2-5	
3	Χαμηλού βαθμού	1-2	Very slight
2	Πολύ Χαμηλού βαθμού	0,6-1	
1	Ακίνδυνη	0-0,5	Harmless

Πίνακας 8. Ερμηνεία κλάσεων διάβρωσης της περιοχής έρευνας.



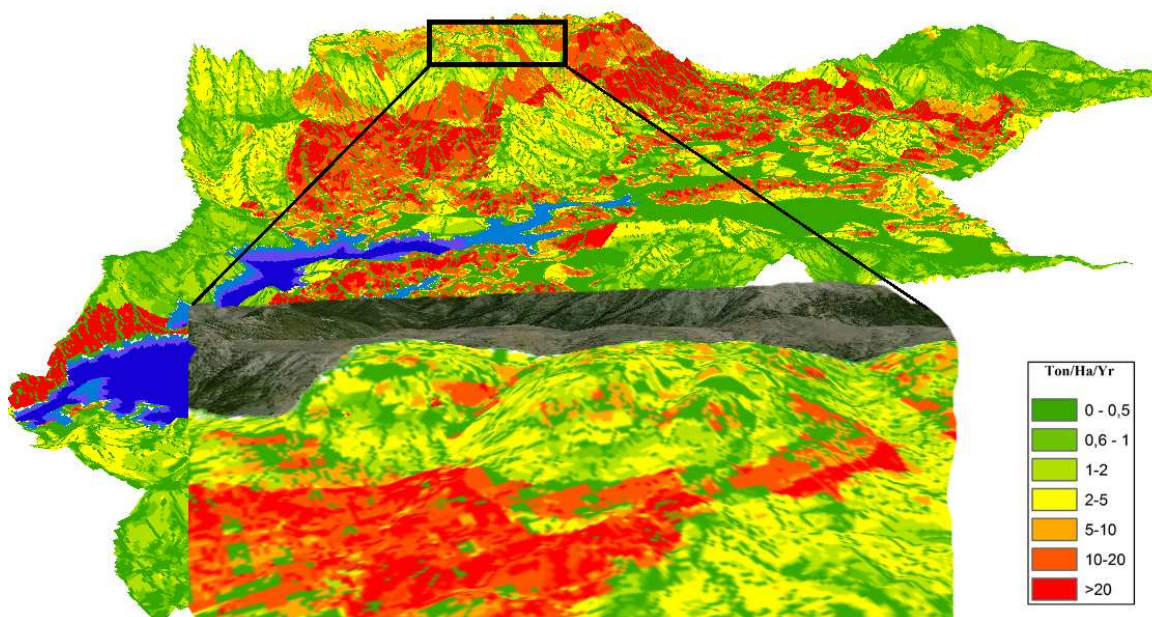
Εικ.64. Τρισδιάστατη απεικόνιση χωρικού μοντέλου διάβρωσης USLE για την περιοχή της λίμνης Αώου

Η εξαγωγή πληροφορίας από το παρακάτω ιστόγραμμα συσχέτισης κλάσεων διάβρωσης με υψόμετρο ερμηνεύει το πρόβλημα της διάβρωσης στην περιοχή των Πηγών Αώου.



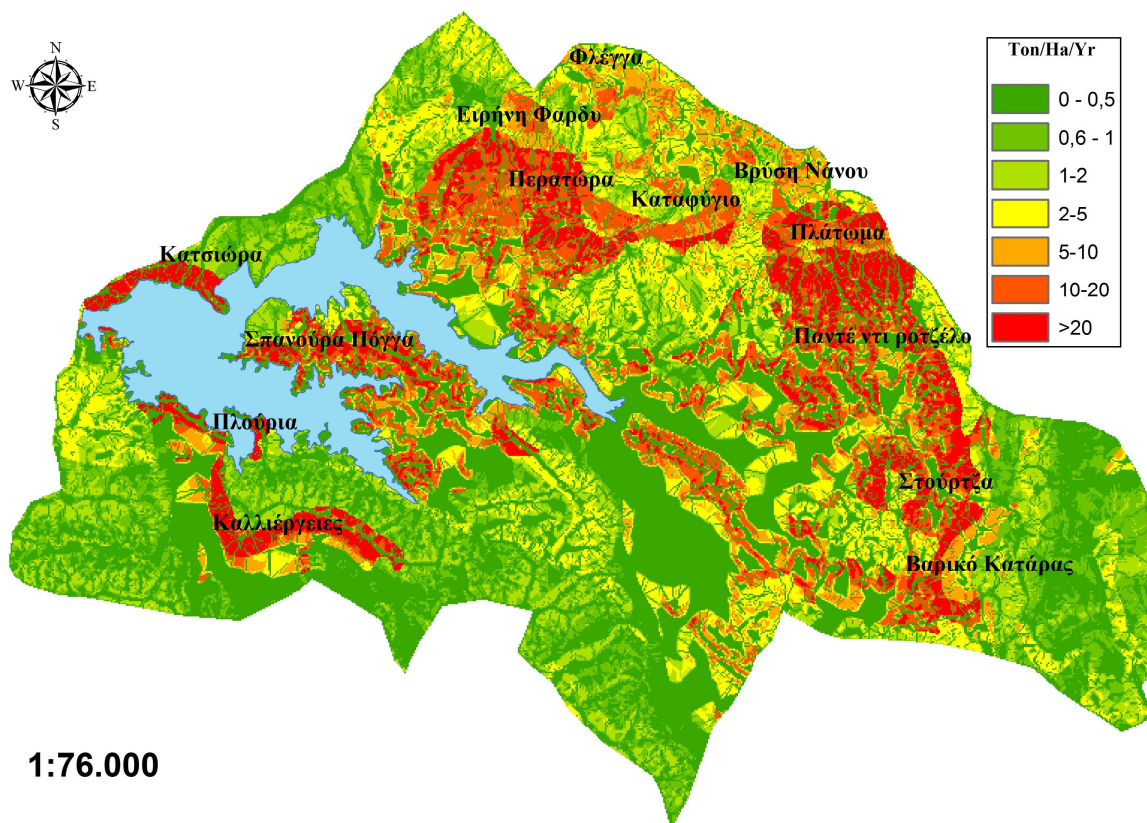
Εικ.65. Ιστόγραμμα συσχέτισης Κλάσεων διάβρωσης-Υψομέτρου

Σε υψόμετρο άνω των 1840μ. παρατηρείται μία διαβρωτική τάση, ενδεικτική όμως της αραιής βλάστησης της περιοχής καθώς αγγίζουμε τα φυσικά δασοόρια των κωνοφόρων (Γυμνές εκτάσεις στα τοπωνύμια: «Βρύση Νάνου» και «Πλάτωμα»)



Εικ.66. Μεγέθυνση τοποθεσίας «Φλέγγα» όπου παρατηρείται και διαβρωτική τάση 7ης κλάσης διαβρώσεων (Usle επίπεδο σε υπόβαθρο Google Earth) .

Όμως, παρατηρείται μια έντονη διαβρωτική τάση και σε χαμηλά για την λεκάνη υψόμετρα (1300μ-1640μ) ενδεικτικό των ασταθών πετρωμάτων της περιοχής, της αραιής βλάστησης και των χρήσεων γης (καλλιέργειες).



Εικ.67. Τοπωνύμια περιοχής με έντονη διαβρωτική δραστηριότητα.

Στην λεκάνη απορροής έντονη διαβρωτική τάση προκύπτει στα τοπωνύμια : “Βρύση Νάνου”, “Πλούρια”, “Κατσιώρα”, “Πλάτωμα”, “Πάντε ντι Ροτζέλο”, “Στούρτζα”, “Βαρικό Κατάρας”, “Σπάνουρα Πόγγα”, “Περատώρα”, “Καταφύγιο”, “Ειρήνη Φαρδύ” και στις καλλιέργειες χωραφιών.



Φωτ. 15,16. Κατολισθήσεις στα πρηνή του δρόμου πλησίον της λίμνης (Τοπωνύμιο: «Κατσιώρα»)

3.2.1 Ο ρόλος των γεωλογικών σχηματισμών στο φαινόμενο της διάβρωσης

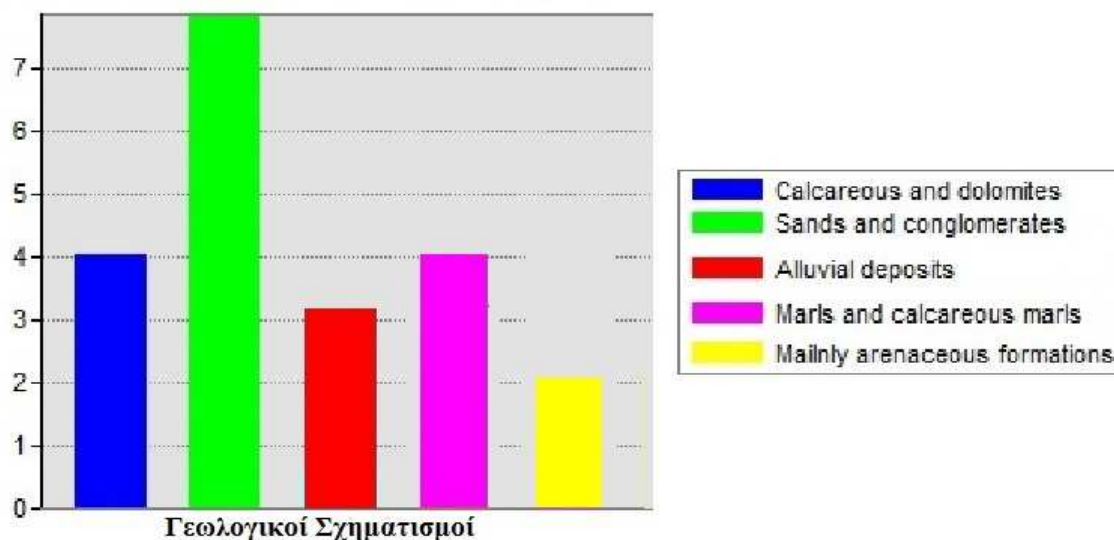
Η διάβρωση είναι μια φυσική διαδικασία που ομαλοποιεί το ανάγλυφο της περιοχής και αντιστέκεται στην δημιουργία ανάγλυφου (ορογενέσεις). Η γεωλογική ή φυσική διάβρωση, είναι αναπόφευκτη και αποκαθιστά στην φύση την ισορροπία της τοπογραφίας του πλανήτη. Ο προβληματισμός επίκειται στο γεγονός ότι οι ανθρωπογενείς επιδράσεις επιταχύνουν τις διεργασίες της διάβρωσης και έχουν οδηγήσει σε περιβαλλοντική ανισορροπία (Αντωνιάδης 2001).

Geology formations (Lastoria B.)	Γεωλογικοί Σχηματισμοί (IGME)	Ton/Ha/Year	
Calcareous and dolomites	(Kro-k) Ασβεστόλιθοι πλακώδεις ή καλώς εστρωμένοι τεφροί ή ερυθρωποί	1,97	4,05
	(T-jk) Υπολείμματα καλλυμάτων εκ λευκών ασβεστολιθικών μαζών	0,42	
	(δ,β) Δολερίτες-Μικρολιθικά πετρώματα	0,55	
	(θ) Γάββρους: περιορισμένης εξαπλώσεως σπανιότερα διορίτες	0,6	
	(Π,σ) Περιδοτίτες, σερπεντίνες	4,51	
Sands and conglomerates	(Fo) Φλύσχη Πίνδου αδιαίρετος	7,85	
Alluvial deposits	(Al) Αλλουβιακοί σχηματισμοί-σύγχρονες προσχώσεις	3,22	
Marls and calcareous marls	(Fo-m) Μάργες, τεφροί ή ευθροί αργιλικό σχιστόλιθοι, ψαμμιτικές τράπεζες	4,06	
Mainly arenaceous formations	(Fo-st) Ψαμμιτικές μάζες	2,2	

Πίνακας 9. Συσχετισμός Γεωλογικών Σχηματισμών και απώλεια εδάφους (ton/ha/yr) στην λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου.

Στην περιοχή της λεκάνης απορροής, ο γεωλογικός σχηματισμός του Φλύσχη αποτελείται από επάλληλες στρώσεις μάργας και πηλολίθων που εναλλάσσονται με κροκαλοπαγή και ψαμίτες (Αλιφραγκης 2008). Η απώλεια εδάφους στο ιζηματογενές αυτό πέτρωμα, στην λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου, αγγίζει τα 7,85 (ton/ha/year) σε ετήσιο ρυθμό.

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της Μάργας αποτελείται από μαλακά και χαλαρά ιζήματα αργίλου (35-65%) και CaCO₃ (65-35%). Στα ιζηματογενή αυτά πετρώματα η μέση ετήσια τιμή της εδαφικής διάβρωσης στην περιοχή έρευνας, υπολογίστηκε σε 4,06 (ton/ha/year).



Σχήμα4. Συσχετισμοί Γεωλογικών Σχηματισμών-Διάβρωσης στην περιοχή των Πηγών Αώου.

Τα Βασικά Πυριγενή πετρώματα της περιοχής (Γάββροι, Περιδοτίτες) μαζί με τα Πυριτικά πετρώματα και τα Ανθρακικά Πετρώματα (Ασβεστόλιθοι) που περιέχουν CO_3^{2-} , κατατάχθηκαν στην ομάδα “Calcareous and Dolomites” (Lastoria 2008) , με ετήσιο ρυθμό διάβρωσης 4,05 (ton/ha/year).

Ακολουθούν οι αλλουβιακές αποθέσεις διάφορων εδαφικών υλικών των οποίων η μεταφορά οφείλεται στην μεταφορική δύναμη του νερού με 3,22 (ton/ha/yr) και μετά οι ψαμμιτικές μάζες με 2,2 (ton/ha/yr).

Η διάβρωση μπορεί να επηρεάσει τις περιοχές παρουσίας των ενδημικών φυτών και κυρίως αυτές του σερπεντίνη σε υψηλό βαθμό με ετήσιο ρυθμό διάβρωσης 4,5 ton/ha/yr ποσοστό ανησυχητικό για την ποικιλία των σερπεντινοδίαιτων φυτών.

3.2.2 Ο ρόλος των χρήσεων γης και της βλάστησης στο φαινόμενο της διάβρωσης

Η ταχύτητα της διάβρωσης επιταχύνεται όταν δεν υπάρχουν οι κατάλληλες αντιστάσεις του εδάφους. Το έδαφος δημιουργεί τους δικούς του μηχανισμούς προστασίας, δημιουργώντας τις κατάλληλες συνθήκες για την συγκράτηση υγρασίας, θρεπτικών συστατικών που είναι απαραίτητα για την διαδοχική εμφάνιση της βλάστησης.

Corine Codes (CLC 2000)	Corine (Label 3)	Ονοματολογία Corine Land Cover	Ton/ha/year
333	Sparsely vegetated areas	Εκτάσεις με αραιή βλάστηση	43,27920151
322	Moors and heathland	Θάμνοι και χερσότοποι	14,88589954
242	Complex cultivation patterns	Σύνθετες καλλιέργειες	13,97249985
321	Natural grasslands	Φυσικοί βοσκότοποι	8,183919907
323	Sclerophyllous vegetation	Σκληροφυλλική βλάστηση	2,518949986
324	Transitional woodland-shrub	Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις	1,529620051
312	Coniferous forest	Δάσος κωνοφόρων	1,182019949
313	Mixed forest	Μικτό δάσος	0,723411024
311	Broad-leaved forest	Δάσος πλατύφυλλων	0,646040022
512	Water bodies	Επιφάνειες στάσιμου ύδατος	0
Ετήσιος Μέσος Όρος στεροφορτίου της λεκάνης απορροής των Πηγών Αώου:			8,692156184

Πίνακας 10. Συσχέτιση χρήσεων γης και εδαφικής απώλειας στο πεδίο έρευνας.

Η βλάστηση συμβάλλει θετικά, διαδραματίζοντας έναν προστατευτικό ρόλο έναντι της διάβρωσης στην λεκάνη απορροής. Συγκεκριμένα, στο πεδίο έρευνας, η μέση ετήσια τιμή της εδαφικής απώλειας για περιοχές που δεν καλύπτονται από βλάστηση αγγίζει τα 43,27 (ton/ha/year). Το εκτεταμένο ριζικό σύστημα των φυτών, βοηθά την συγκράτηση των εδαφικών σωματιδίων και παράλληλα ενισχύει τον αερισμό του εδάφους.



Φωτ.17,18. Το εκτεταμένο ριζικό σύστημα των φυτών, βοηθά την συγκράτηση των εδαφικών σωματιδίων

Οι εκτάσεις της περιοχής της λίμνης των Πηγών Αώου που καλύπτονται από θαμνότοπους και χερσότοπους (Moors and Heathland) δέχονται διάβρωση της τάξεως του 14,88 (ton/ha/yr). Τα μικρότερης ανάπτυξης μειώνουν κυρίως την ταχύτητα απορροής ενώ τα φυτά με μεγάλη διάρκειας ζωής (δέντρα, θάμνοι) καλύπτουν μεγαλύτερη περιοχή σε μονιμότερη βάση και μειώνουν την κρουστική δύναμη της βροχής πάνω στην επιφάνεια.

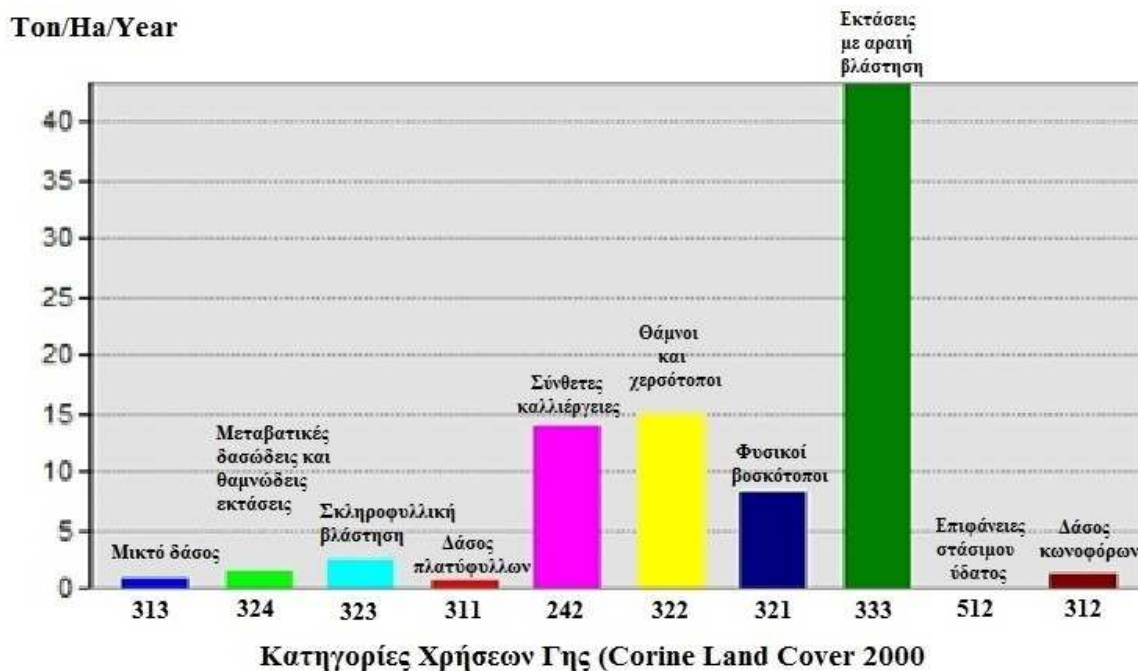
Η περιοχή της λεκάνης απορροής στην οποία ασκείται εκτενώς η ανθρώπινη δραστηριότητα με την καλλιέργεια των χωραφιών υφίστανται τον 3^ο κατά σειρά μεγαλύτερο βαθμό διάβρωσης της περιοχής (Μέσος ετήσιος ρυθμός: 13,97 ton/ha/yr) μετά τις εκτάσεις με αραιή βλάστηση και χερσότοπους ενώ οι φυσικοί βοσκότοποι 8,1 (ton/ha/yr). Η εντατική καλλιέργεια σε μια περιοχή επηρεάζει την κατάσταση της λεκάνης απορροής λόγω της μόνιμης και σταθερής απογυμνωμένης επιφάνειας αλλά και το θρεπτικό ισοζύγιο της περιοχής καθώς εξαντλούνται οι θρεπτικές ουσίες που καταναλώνονται από τα φυτά των καλλιεργειών.



Φωτ.19. Καλλιέργειες πατάτας πλησίον της λίμνης

Επιπροσθέτως οι εντατικές γεωργικές πρακτικές εκμετάλλευσης της γης (εντατικές καλλιέργειες, φυτοπροστατευτικά σκευάσματα και λιπασματα) πλησίον της λίμνης, μειώνουν την οργανική ουσία του εδάφους. Η μείωση της οργανικής ουσίας του εδάφους επηρεάζει αρνητικά τον συντελεστή διαβρωτικότητας του εδάφους ‘K’ (Torri D., 1997) με αποτέλεσμα τόσο την αύξηση του συντελεστή στερεοαπορροής όσο και της παραγωγικότητας των εδαφών.

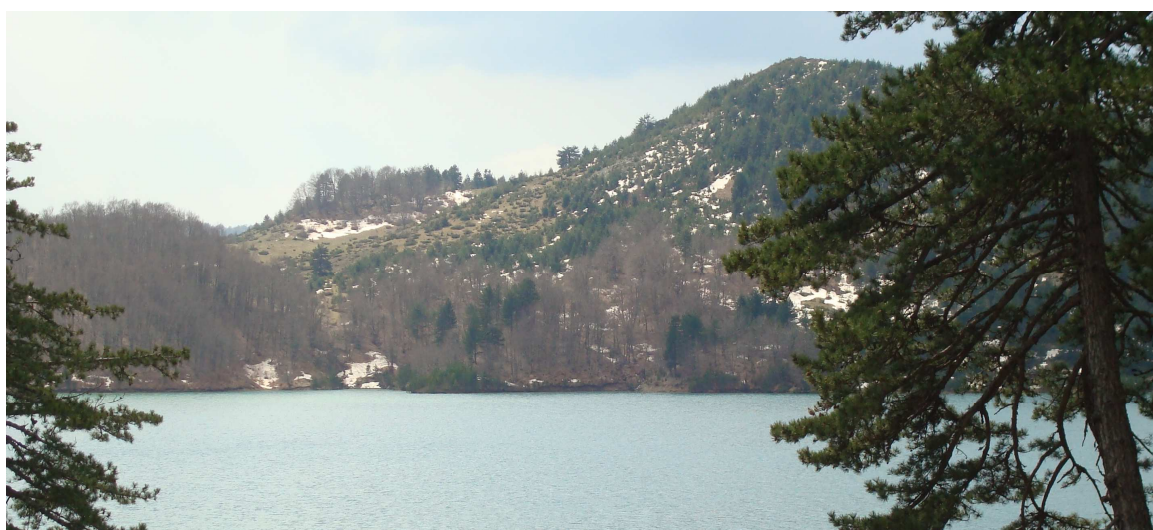
Επίσης, οι εκτάσεις σκληροφυλλικής βλάστησης (Κωδικός Corine:323) χάνουν ετησίως 2,51 (ton/ha/yr) και οι μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις διαβρώνονται με ετήσιο ρυθμό κατά 1,52 (ton/ha/yr).



Σχήμα 5. Διάγραμμα συσχετισμού Κωδικών Corine με τιμές διάβρωσης στην λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου.

Η Ελλάδα ως ορεινή Μεσογειακή χώρα χαρακτηρίζεται από ποικιλία κλιματολογικών χαρακτηριστικών, εδαφικών τύπων και από μικροπεριβάλλοντα. Έτσι, προκύπτει μεγάλη ποικιλία δασικών τύπων οικοσυστημάτων, κωνοφόρων, πλατύφυλλων και μεικτών δασών (Zagas 1990, Tsitsoni 1991, Ganatsas 1993, Zagas et al 1999).

Έτσι δημιουργείται ένα τοπίο που εξυπηρετεί τόσο αισθητικούς σκοπούς, με εναλλαγές χρωμάτων στο τοπίο, όσο και προστατευτικούς σκοπούς από αυτή την μείξη των δασοπονικών ειδών.



Φωτ.20. Αισθητικό αποτέλεσμα μεικτού δάσους κωνοφόρων-πλατύφυλλων πλησίον της λίμνης (Απρίλιος 2010).

Η μέση ετήσια εδαφική απώλεια για την περιοχή της λεκάνης που καλύπτεται από συστάδες κωνοφόρων (CLC2000: 312) είναι 1,18 (ton/ha/year). Η αντίστοιχη τιμή για τις συστάδες πλατύφυλλων (CLC2000: 311) για την περιοχή έρευνας είναι 0,64 (ton/ha/year). Ενώ για μικτά δάση (CLC2000: 313) είναι 0,72 (ton/ha/year). Επιπροσθέτως το μικτό δάσος πέρα από την έτονη αντιδιαβρωτική τάση συμβάλλει στην αισθητική αναβάθμιση του τοπίου. Τα μικτά δάση έχουν καλύτερο αισθητικό αποτέλεσμα από τα αμιγή (Belouard et al. 2003).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Η ΕΞΟΥΣΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΤΩΝ ΤΥΠΩΝ ΟΙΚΟΤΟΠΩΝ ΚΑΙ Ο ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΩΝ (ΣΤΟΧΟΣ 2)

4.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

4.1.1 Η Χωρική Ανάλυση και η μέθοδος της Επικάλυψης

Η Χωρική Ανάλυση θεωρείται κατά πολλούς η καρδιά κάθε ΓΣΠ, αφού εμπεριέχει όλες τις επεξεργασίες και μεθόδους που εφαρμόζονται στα γεωγραφικά δεδομένα ώστε να δημιουργούν πληροφορίες που υποστηρίζουν χωρικές αποφάσεις, ανακαλύπτοντας δομές και διαδικασίες που δεν ήταν εκ των προτέρων αντιληπτές. Με λίγα λόγια η Χωρική Ανάλυση είναι η διαδικασία μετατροπής άμορφων δεδομένων σε πολύτιμες πληροφορίες. Οι αναλυτικές διαδικασίες έχουν αυθαίρετα διαφοροποιηθεί σε τρεις κατηγορίες:

- α) Προαναλυτικές διαδικασίες
- β) Αναλύσεις διανυσματικών δεδομένων
- γ) Αναλύσεις κανναβικών δεδομένων

Η μέθοδος της επικάλυψης (Overlay) είναι ίσως η πιο θεμελιώδης διαδικασία χωρικής ανάλυσης σε ένα ΓΣΠ. Η επικάλυψη πραγματοποιείται μεταξύ πολυγωνικών επιπέδων με αποτέλεσμα την δημιουργία ενός νέου πολυγωνικού επιπέδου, το οποίο περιέχει περιγραφικά χαρακτηριστικά και από όλα τα πρωτογενή πολυγωνικά επίπεδα. Για τον υπολογισμό της επίπτωσης του φαινομένου της διάβρωσης στους τύπους οικοτόπων της λεκάνης απορροής των Πηγών Αώου, συνδυάζουμε το τελικό επίπεδο του κινδύνου

διάβρωσης της περιοχής (επικαλυπτόμενο επίπεδο) με τα χωρικά δεδομένα των τύπων οικοτόπων της περιοχής-Γεωβάση “Natura 2000” (επιθέμενο επίπεδο).

4.1.2 Καθορισμός κριτηρίων ιεράρχησης προτεραιοτήτων προστασίας

Στους 5 στόχους του διαχειριστικού σχεδίου της προστατευόμενης περιοχής του Εθνικού Πάρκου Βόρειας Πίνδου τίθενται η προστασία και διατήρηση των ιδιαίτερα σημαντικών οικοτόπων που έχουν εντοπιστεί, καταγραφεί και χαρτογραφηθεί. Έτσι με την μέθοδο της **πολυκριτηριακής ανάλυσης** δημιουργούμε χάρτες ιεράρχησης προτεραιοτήτων προστασίας των οικοτόπων της περιοχής έρευνας με κυρίαρχο κριτήριο την προστασία αυτών από την διάβρωση.

1^η προτεραιότητα: Η εύρεση του τύπου οικοτόπου με την μεγαλύτερη Μέση Έτήσια Διάβρωση (Ton/Ha/Yr) και η εκτίμηση κατανομής του κινδύνου διάβρωσης μέσα σε αυτόν.

2^η προτεραιότητα: Η εύρεση συγκεκριμένων σημείων, των τύπων οικοτόπων που επηρεάζονται πρωτίστως από ενδεχόμενη ζημιά στο έδαφος, και απειλούνται με υψηλό κίνδυνο διάβρωσης.

Οι δασικοί τύποι οικοτόπων (9130,9540,9530,9110,9270) είναι αυτοί οι οποίοι επηρεάζονται κυρίως από αλλαγές της κατάστασης των εδαφικού πόρου. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τους (Δημόπουλος κ.α 2005) για την αξιολόγηση των επιδράσεων στους δασικούς τύπους οικοτόπων μπορούν να εφαρμοστούν τα ακόλουθα κριτήρια:

- Ζημιά στα εδάφη
- Ζημιά στην δασική βλάστηση
- Κατάτμηση, διαταραχή και καταστροφή

3^η προτεραιότητα: Η εύρεση συγκεκριμένων σημείων όλων των τύπων οικοτόπων της λεκάνης απορροής που δέχονται καταστροφική πίεση (>20 Ton/Ha/Yr) λόγω διάβρωσης.

4^η προτεραιότητα: Η εύρεση συγκεκριμένων σημείων όλων των τύπων οικοτόπων της λεκάνης απορροής που δέχονται επικίνδυνη πίεση (10-20 Ton/Ha/Yr) λόγω διάβρωσης.

5^η προτεραιότητα: Η εύρεση συγκεκριμένων σημείων όλων των τύπων οικοτόπων της λεκάνης απορροής που δέχονται πίεση μεγάλου βαθμού (5-10 Ton/Ha/yr) λόγω διάβρωσης.

Η δημιουργία ενός τελικού χάρτη προτεραιοτήτων θα συμβάλλει ως εργαλείο λήψης αποφάσεων για την προστασία και ορθολογικότερη διαχείριση των οικοτόπων της λεκάνης απορροής των Πηγών Αώου, από το φαινόμενο της διάβρωσης.

4.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

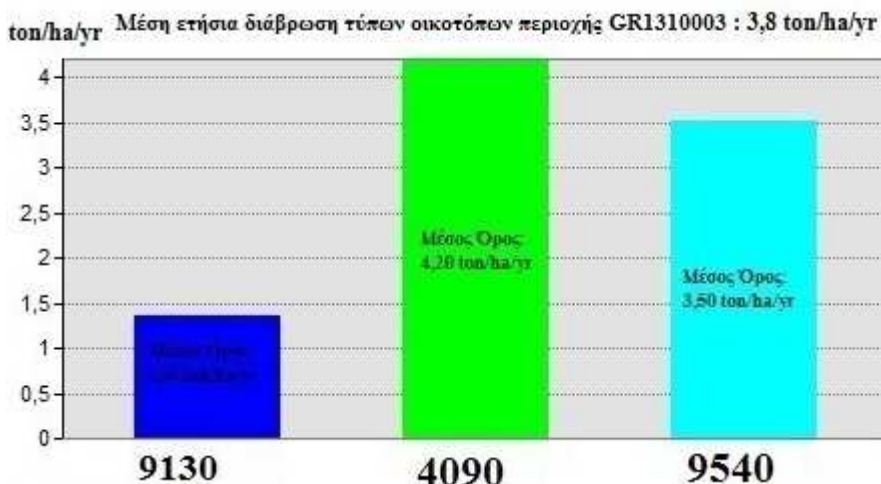
4.2.1 Αποτελέσματα επίπτωσης της διάβρωσης στους τύπους οικοτόπων της λεκάνης απορροής των Πηγών Αώου

Ο συνδυασμός των αποτελεσμάτων εφαρμογής της εξίσωσης εδαφικής απώλειας και της γεωγραφικής κατανομής των οικοτόπων στην λεκάνη απορροής, έδωσαν τα παρακάτω αποτελέσματα της Μέσης Ετήσιας Διάβρωσης (Τόνου/Εκτάριο/Χρόνο) για κάθε τύπο οικοτόπου, ξεχωριστά:

- Συγκεκριμένα, η περιοχή GR1310003 (Εθνικός Δρυμός Πίνδου-Ευρύτερη περιοχή) του δικτύου Natura 2000 δέχεται διάβρωση μεσαίου βαθμού (Μέση ετήσια διάβρωση:3,8 Ton/Ha/Yr) μέσα στην λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου.

Κωδικός Natura2000:GR1310003 (Εθνικός Δρυμός Πίνδου-Ευρύτερη περιοχή)		
Κωδικοί οικοτόπων	Περιγραφή	Μέση ετήσια Διάβρωση (ton/ha/yr)
4090	Endemic oro-Mediterranean heaths with gorse (Ενδημικά ορεινά μεσογειακά χέρσα εδάφη με ακανθώδεις θάμνους)	4,2
9540	Mediterranean pine forests with endemic esogean pines, including pinus (Μεσογειακά πευκοδάση με ενδημικά είδη πεύκων της Μεσογείου)	3,5
9130	Neutrophilous beech forests (Δάση οξιάς της Asperulo-Fagetum)	1,36

Πίνακας 11. Αποτελέσματα διάβρωσης για κάθε τύπο οικοτόπου , στην λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου με κωδικό περιοχής: GR1310003

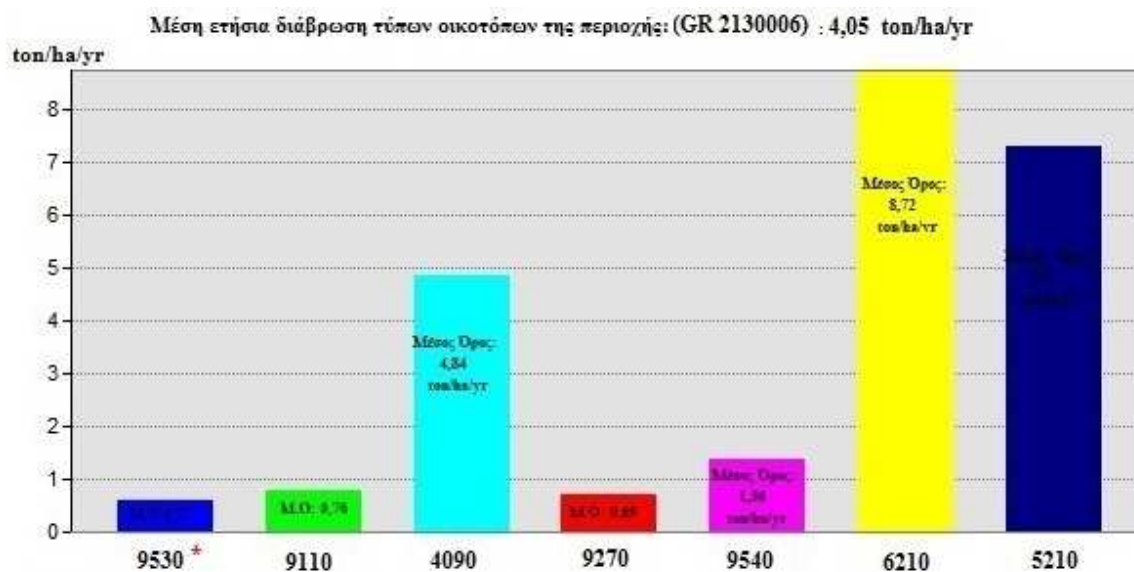


Σχήμα 6. Μέση ετήσια διάβρωση για κάθε τύπο οικοτόπου , στην λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου με κωδικό περιοχής: GR1310003

- Η περιοχή GR2130006 (Περιοχή Μετσόβου,Ανήλιο-Κατάρα) του δικτύου Natura 2000 δέχεται διάβρωση μεσαίου βαθμού (Μέση ετήσια διάβρωση:4,05 Ton/Ha/Yr) μέσα στην λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου.

Κωδικός Natura2000:GR2130006 (Περιοχή Μετσόβου,Ανήλιο-Κατάρα)		
Κωδικός οικοτόπων	Περιγραφή	Μέση ετήσια Διάβρωση (ton/ha/yr)
6210	Semi -natural dry grasslands on calcareous substrates (Ημιφυσικοί ξηροφυτικοί λιμώνες σε ασβεστολιθικό υπόστρωμα (Festuco-Brometalia)- *σημαντικές περιοχές για ορχεοειδή)	8,72
5210	Mediterranean arborescent matorral: Juniperus formations (Δενδρώδη matorrals με Juniperus spp.)	7,27
4090	Endemic oro-Mediterranean heaths with gorse (Ενδημικά ορεινά μεσογειακά χέρσα εδάφη με ακανθώδεις θάμνους)	4,84
9540	Mediterranean pine forests with endemic esogean pines, including pinus (Μεσογειακά πευκοδάση με ενδημικά είδη πεύκων της Μεσογείου)	1,36
9110	Acidophilous (Luzulo – Fagetum) beech forests (Δάση οξιάς της Luzulo-Fagetum)	0,76
9270	Hellenic beech forests with Abies borissi regis (Ελληνικά δάση οξυάς με Abies borissi-regis)	0,69
9530*	Mediterranean pine forests with endemic black pine (Υπο-μεσογειακά πευκοδάση με ενδημικά μαυρόπευκα)	0,57

Πίνακας 12. Αποτελέσματα διάβρωσης για κάθε τύπο οικοτόπου , στην λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου με κωδικό περιοχής: GR2130006



Σχήμα 7. Μέση ετήσια διάβρωση για κάθε τύπο οικοτόπου , στην λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου με κωδικό περιοχής: GR2130006

Αναλυτικότερα:

6210: Semi-natural dry grasslands on calcareous subst rates-*important orchid sites. (Ημιφυσικοί ξηροφυτικοί λειμώνες σε ασβεστολιθικό υπόστρωμα-*σημαντικές περιοχές με ορχεοειδή) . Ο οικοτόπος αυτός διαβρώνεται με μέσο ετήσιο ρυθμό 8,72 ton/ha/yr (Μεγάλου βαθμού διάβρωση). Ξεπερνάει τον συνολικό ετήσιο ρυθμό διάβρωσης ολόκληρης της λεκάνης απορροής που αντιστοιχεί στα 8,6 ton/ha/yr.. Σε συγκεκριμένα σημεία του αποκολλάται ετησίως 22-36 ton/ha/yr εδαφικού υλικού ενώ σε άλλα σημεία του ακόμη και 61-153 ton/ha/yr, αρκετά επικίνδυνες τιμές για την βιωσιμότητα του οικοτόπου. Ο συνδυασμός γεωλογικού υποστρώματος σερπεντίνης και αρκετών ενδημικών ειδών προσδίδουν στον οικοτόπο μια ξεχωριστή σημασία όχι μόνο από χλωριδική άποψη, αλλά και από άποψη καλαισθησίας του τοπίου, διότι παρά την υπερβόσκηση και τη διάβρωση δεν οδηγήθηκε σε ερημοποίηση. Παρά ταύτα τα σημάδια της υποβάθμισης είναι έντονα. Και εδώ οι εκτάσεις αυτές αποτελούν για την περιοχή χαρακτηριστικά τοπιακά στοιχεία και πρέπει να προστατευτούν και να διαχειριστούν σωστά. Σύμφωνα με το διαχειριστικό σχέδιο του Εθνικού Πάρκου Βόρειας Πίνδου(ΕΠΒΠ) σημαντικά είδη χλωρίδας απαντώνται στον συγκεκριμένο τύπο οικοτόπου στην περιοχή. Τα σημαντικότερα δίνονται παρακάτω:

Επιστημονικό Όνομα	Ενδημισμός	Καθεστώς προστασίας
<i>Allium achaium</i> Boiss and Heldr ex Boiss	Ενδημικό Ελλάδα	Προεδρικό Διάταγμα, IUCN
<i>Alyssum chalcidicum</i> Janka	Ενδημικό Ελλάδα	
<i>Asperula aristata</i>	Ενδημικό Ελλάδα	
<i>Bormuelleria baldacii</i> ssp. <i>Rechingeri</i> Greuter	Τοπικό Ενδημικό	
<i>Bormuelleria tymphaea</i> (Hauskn)	Ενδημικό Ελλάδα	
<i>Botrychium simplex</i> Hitchc	Ενδημικό Ελλάδα	Είδος προτεραιότητας(Παράρτημα I Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ, Παράρτημα I Σύμβαση Βέρνης
<i>Centaurea grisebanchii</i>	Ενδημικό Ελλάδα	
<i>Centaurea lacerata</i>	Τοπικό Ενδημικό	
<i>Centaurea pawlowskii</i> Phitos	Ενδημικό Βαλκανίων	
<i>Centaurea vlachorum</i> Hartring	Τοπικό Ενδημικό	Εθνικό Κόκκινο Κατάλογο: "Τρωτό"
<i>Dactyloriza baumanniana</i>	Ενδημικό Ελλάδα	
<i>Festuca kortitnicensis</i>	Ενδημικό Βαλκανίων	
<i>Fritillaria thessala</i>	Ενδημικό Ελλάδα	
<i>Galium pisoderium</i>	Ενδημικό Ελλάδα	
<i>Helictorion aetolicum</i>	Ενδημικό Βαλκανίων	
<i>Orphys helenae</i> Renz	Ενδημικό Ελλάδα	Προεδρικό Διάταγμα, Red Data Book: "Σπάνιο", IUCN
<i>Orchis provincialis</i>	Ευρείας εξάπλωσης	Παράρτημα I Σύμβαση Βέρνης
<i>Orobanche rechingeri</i> gilli	Ευρείας εξάπλωσης	Προεδρικό Διάταγμα
<i>Pseudorchis frivaldi</i>	Ενδημικό Βαλκανίων	
<i>Scorzonera doriae</i>	Ενδημικό Βαλκανίων	Προεδρικό Διάταγμα, IUCN
<i>Leptoplax emarginata</i>	Ενδημικό Ελλάδα	
<i>Lilium carniolicum</i>	Ενδημικό Βαλκανίων	
<i>Matricaria tempskyana</i>	Τοπικό Ενδημικό	
<i>Minuartia verna</i>	Ενδημικό Ελλάδα	
<i>Narthecium scardicum</i>	Ενδημικό Βαλκανίων	Προεδρικό Διάταγμα, IUCN
<i>Onosma pygmaea</i>	Τοπικό Ενδημικό	
<i>Traxacum copidophylloides</i>	Ενδημικό Ελλάδα	
<i>Thesium vlachorum</i> Alden	Τοπικό Ενδημικό	Red Data Book: "Άμεσα Κινδυνεύου"
<i>Verbascum longifolium</i>	Ενδημικό Βαλκανίων	
<i>Verbascum speciosum</i>	Ενδημικό Ελλάδα	
<i>Veronica chamaedrys</i>	Ενδημικό Ελλάδα	

Πίνακας.13. Σημαντικά είδη χλωρίδας στον οικότοπο 6210 του ΕΠΒΠ.

5210: Mediterranean arborescent matorral:Juniperus formations (Δενδρώδη matorrals με *Juniperus* spp. Ο συγκεκριμένος οικότοπος υφίσταται διάβρωση με μέσο ετήσιο ρυθμό απώλειας 7,27 ton/ha/yr (Μεγάλου βαθμού). Ο οικότοπος αυτός υφίσταται έντονη διάβρωση σε ορισμένα σημεία του με ετήσιο ρυθμό 22-36 ton/ha/yr. Περιλαμβάνει ξηρά, αραιά, βοσκημένα λιβάδια, τα οποία αναπτύσσονται σε πλαγιές με πυριτικό (φλύσχης) ή οφιολιθικό (γάββροι) υπόστρωμα, σε υψόμετρα 1200-1400 μ και κυριαρχούνται από τα είδη *Bornmuelleria tymphaea* και *Alyssum murale*. Στη δομή τους συμμετέχουν επίσης τα

Poa bulbosa, *Bromus squarrosus*, *Cynosurus echinatus*, *Carduus tmoleus*, *Cirsium eriophorum*, *Euphorbia myrsinites*, *Hieracium hoppeanum* κ.ά..

4090: Endemic oro-Mediterranean heaths with gorse (Ενδημικά ορεινά μεσογειακά χέρσα εδάφη με ακανθώδεις θάμνους)

Ο συγκεκριμένος οικότοπος υφίσταται διάβρωση με μέσο ετήσιο ρυθμό απώλειας 4,20 ton/ha/yr (Μεσαίου βαθμού). Ο ίδιος οικότοπος δέχεται αντίστοιχο μέγεθος διάβρωσης και στις δύο περιοχές του Δικτύου Natura 2000 όπου και εντοπίζεται, μέσα στην λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου. Στην περιοχή μας εμφανίζεται με στεπτόμορφα λιβάδια τα οποία προστατεύουν το έδαφος. Κατά τους θερινούς μήνες σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται ως βοσκότοποι. Γι'αυτό το λόγο (αλόγιστη και έντονη βόσκηση) η φυσικότητα αυτών των οικοσυστημάτων θα πρέπει να θεωρηθεί ιδιαίτερα περιορισμένη. Επίσης είναι ιδιαίτερα σημαντικός, λόγω της σπανιότητας της σύνθεσης της βλάστησης στην Ελλάδα και της παρουσίας σημαντικών φυτικών ειδών:

Επιστημονικό Όνομα	Ενδημισμός	Καθεστώς προστασίας
<i>Alyssum smolikanum</i> Nyarady	Ενδημικό Βαλκανίων	Προεδρικό Διάταγμα, IUCN
<i>Aurinia gionae</i>	Ενδημικό Ελλάδας	
<i>Bormuelleria baldaccii</i> Hauskn	Τοπικό Ενδημικό	
<i>Euphorbia deflexa</i>	Ενδημικό Ελλάδας	
<i>Festuca polita</i>	Ενδημικό Ελλάδας	
<i>Marrubium velutinum</i> Sibth.et Sm	Ενδημικό Ελλάδας	
<i>Rindea Graeca</i> Boiss and Heldr	Ενδημικό Ελλάδας	Προεδρικό Διάταγμα, IUCN

Πίνακας 14. Σημαντικά είδη χλωρίδας στον οικότοπο 4090 του ΕΠΒΠ

Στην συνέχεια, ακολουθούν οι δασικοί τύποι οικοτόπων (9540,9130,9110,9270,9530) οι οποίοι αν και συγκριτικά με τους υπόλοιπους υφίστανται χαμηλότερες τιμές διάβρωσης, επηρεάζονται πρωτίστως από αλλαγές στην δομή του εδάφους.

9540: Mediterranean pine forests with endemic esogean pines, including pinus

(Μεσογειακά πευκοδάση με ενδημικά είδη πεύκων της Μεσογείου)

Ο μέσος ετήσιος ρυθμός διάβρωσης σε αυτόν τον τύπο οικοτόπου, μέσα στην λεκάνη απορροής αγγίζει τους 3,5 Ton/Ha/Yr (Μεσαίου βαθμού). Ο οικότοπος είναι ιδιαίτερα σημαντικός λόγω της περιορισμένης εξάπλωσης του *P. heldreichii* στην Ελλάδα.

Τα δάση λευκόδερμης πεύκης, *Pinus heldreichii*, καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση σε αυτήν την περιοχή. Η *Pinus heldreichii* απαντάται στην περιοχή του Δρυμού της Βάλια

Κάλντα στα νοτιότερα όρια εξάπλωσής της (Λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου). Αποτελεί ενδημικό είδος της κεντρικής Βαλκανικής. Συναντάται στην περιοχή κυρίως σε σερπεντινικά εδάφη και δευτερευόντως σε φλύσχη. Οι συστάδες είναι αραιές και έντονα υποβαθμισμένες. Η βόσκηση και οι πυρκαγιές κυρίως συνετέλεσαν σ’ αυτό και γι’ αυτό η σημερινή εξάπλωσή της είναι έντονα επηρεασμένη από τη βόσκηση η οποία δρα αρνητικά στην αναγέννησή της. Παρά ταύτα αναγεννάται στην περιοχή με σχετική ευκολία. Άτομα λευκόδερμου πεύκου συμμετέχουν επίσης στη σύνθεση των ορομεσογειακών ερεικώνων (οικότοπος 4090). Στην περιοχή μας εμφανίζεται με χαρακτηριστικά είδη: *Buxus sempervirens*, *Vaccinium myrtillus*. δεν σχηματίζουν όμως πολύ πυκνές συστάδες. Σημαντική είναι η συμμετοχή ενδημικών ειδών στον υποόροφο:

Επιστημονικό Όνομα	Ενδημισμός	Καθεστώς Προστασίας
<i>Alyssum heldreichii</i> Hausskn	Ενδημικό Ελλάδας	Προεδρικό Διάταγμα
<i>Silene radicata</i> ssp. <i>rechingeri</i>	Τοπικό Ενδημικό	
<i>Taraxacum nudum</i> Van Soest	Τοπικό Ενδημικό	
<i>Thesium vlachorum</i> Alden	Τοπικό Ενδημικό	

Πίνακας 15. Σημαντικά είδη χλωρίδας στον οικότοπο 9540 του ΕΠΒΠ



Φωτ.21. *Buxus sempervirens* (πυξάρι) στην περιοχή έρευνας

9130: Neutrophilous beech forests (Δάση οξιάς της *Asperulo-Fagetum*)

Ο μέσος ετήσιος ρυθμός διάβρωσης σε αυτόν τον τύπο οικοτόπου, μέσα στην λεκάνη απορροής αγγίζει τους 3,5 Ton/Ha/Yr (Χαμηλού βαθμού).

Αποτελεί έναν πολύτιμο οικότοπο με ιδιαίτερη οικολογική, περιβαλλοντική και οικονομική αξία. Η σημασία και σπουδαιότητα των δασών οξιάς για τον κόσμο των ζώων είναι μεγάλη. Οι παλαιότερες ανθρώπινες επεμβάσεις και η έντονη βόσκηση έχουν περιορίσει σημαντικά την επέκταση των δασών οξιάς. Παρ’ όλα αυτά η χώρα μας και ιδιαίτερα η περιοχή μας διαθέτει ακόμα αρκετά δάση με περιορισμένη αραιά υπόροφη

βλάστηση. Τα δάση οξιάς έχουν μεγάλη αισθητική αξία, ενώ συμβάλλουν στην αύξηση της βιοποικιλότητας και της σταθερότητας των οικοσυστημάτων της περιοχής. Αποτελούν ενδιαίτημα για πολλά είδη. Καταλαμβάνουν περιορισμένες εκτάσεις και απαντούν με περισσότερο ή λιγότερο αμιγή μορφή. Ο υπόροφος τους είναι σχετικά φτωχός σε είδη.

9110: Acidophilous (Luzulo – Fagetum) beech forests (Δάση οξιάς της Luzulo-Fagetum)

Ο μέσος ετήσιος ρυθμός διάβρωσης σε αυτόν τον τύπο οικοτόπου, μέσα στην λεκάνη απορροής αγγίζει τους 0,76 Ton/Ha/Yr (Πολύ Χαμηλού βαθμού).

Έχει μεγάλη οικολογική, οικονομική και αισθητική αξία και απειλείται από την υπερεκμετάλλευση και τη βόσκηση. Έχει καλή αντιπροσωπευτικότητα, διατήρηση και συνολική εκτίμηση.

9270: Hellenic beech forests with *Abies borissi regis* (Ελληνικά δάση οξιάς με *Abies borissi-regis*)

Ο μέσος ετήσιος ρυθμός διάβρωσης σε αυτόν τον τύπο οικοτόπου, μέσα στην λεκάνη απορροής αγγίζει τους 0,76 Ton/Ha/Yr (Πολύ Χαμηλού βαθμού).

Στην λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου και συγκεκριμένα στην ζώνη-Μετσόβου (Ανήλιο – Κατάρα)- υπάρχουν εκτεταμένες συστάδες σε αρκετά καλή κατάσταση, με πλούσιο υπόροφο. Χαρακτηριστική είναι και η παρουσία της οξιάς σε μίξη με την ελάτη σε ποσοστά όμως λιγοστά. Τόσο τα αμιγή δάση ελάτης όσο και η μίξη με την οξυά προσδίδουν ιδιαίτερη ομορφιά στο τοπίο με ιδιαίτερη οικολογική και περιβαλλοντική αξία. Έχει μεγάλη οικολογική και αισθητική αξία, λόγω της πολύ καλής κατάστασης διατήρησης της δομής του και της παρουσίας σπάνιων ειδών χλωρίδας και πανίδας (αρκούδα, ζαρκάδι, αγριόγατος, αγριογούρουνο). Το μεγαλύτερο πρόβλημα των τελευταίων ετών είναι η κατά τόπους και η εκτεταμένη μορφή προσβολών που φαίνεται να οφείλονται είτε στην ηλικία των δασών, είτε στις κλιματικές συνθήκες των τελευταίων ετών. Παρόλες τις υπαρκτές επιδράσεις που ασκούνται πάνω στα συγκεκριμένα οικοσυστήματα στην περιοχή τα δάση ελάτης εξακολουθούν να βρίσκονται σε καλή υγιή κατάσταση. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να γίνεται σωστή και ορθολογική διαχείριση για να αποφύγουμε μελλοντικές δυσάρεστες εξελίξεις πάνω στην υγεία αυτών των οικοσυστημάτων. Ο πλούσιος υπόροφος τους αποτελείται από τα παρακάτω είδη:

Επιστημονικό Όνομα	Ενδημισμός	Καθεστώς Προστασίας
Acer heldreichii Orph. Ex. Boiss.	Ενδημικό Βαλκανίων	Προεδρικό Διάταγμα
Atropa bella-donna L.	Ευρείας εξάπλωσης	Προεδρικό Διάταγμα
Galium pisoderium Krendi	Ενδημικό Ελλάδας	
Marrubium velutinum Sibth. et Sm.	Ενδημικό Ελλάδας	

Πίνακας 16. Σημαντικά είδη χλωρίδας στον οικοτόπο 9270 του ΕΠΒΠ

9530*:Mediterranean pine forests with endemic black pine (Υπο-μεσογειακά πευκοδάση με ενδημικά μαυρόπευκα)

Ο μέσος ετήσιος ρυθμός διάβρωσης σε αυτόν τον τύπο οικοτόπου, μέσα στην λεκάνη απορροής αγγίζει τους 0,57 Ton/Ha/Yr (Πολύ Χαμηλού βαθμού).

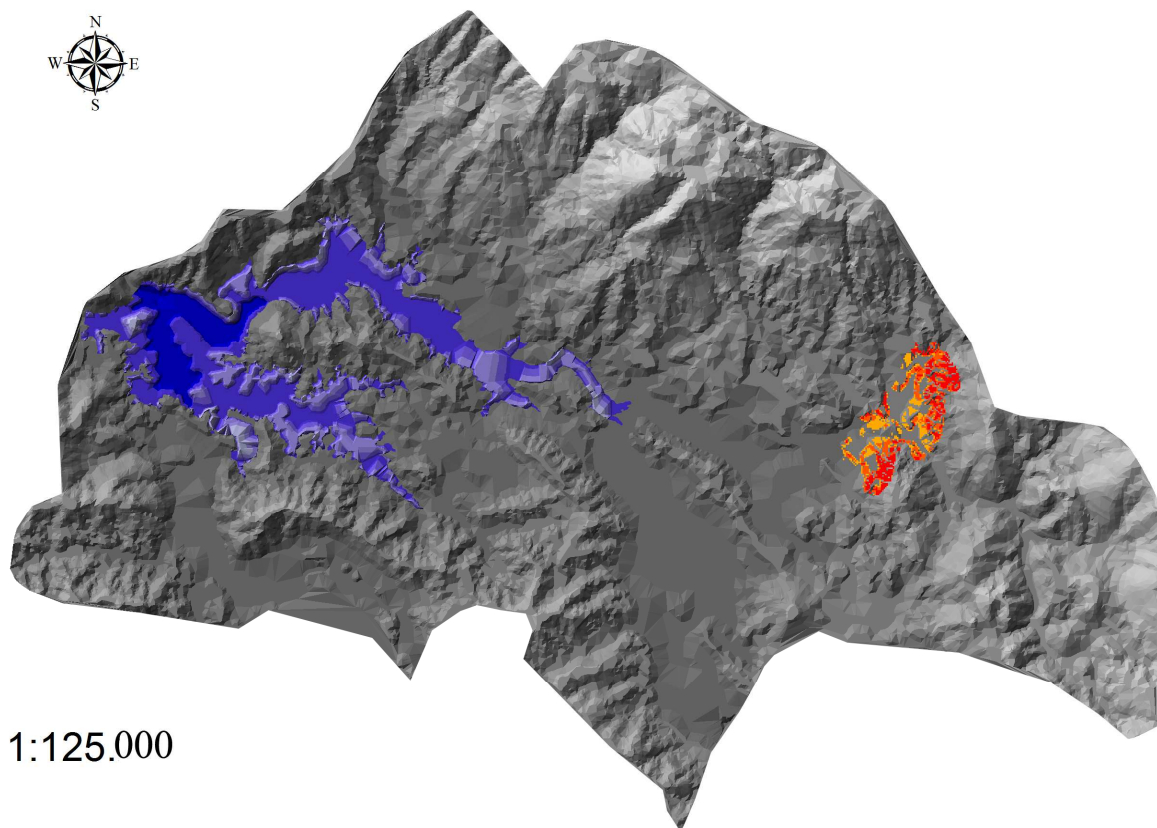
Ο οικοτόπος αυτός καταλαμβάνει μόλις 3Ha από τα 9000Ha του συνόλου της λεκάνης απορροής (Ποσοστό:0,034%). Παρόλαυτα, ανήκει στους τύπους οικοτόπων προτεραιότητας, οι οποίοι διατρέχουν κίνδυνο υποβάθμισης/εξαφάνισης από την Ευρωπαϊκή Ένωση και ως εκ τούτου έχουν προτεραιότητα στις προσπάθειες διαχείρισης με σκοπό τη διατήρηση. Στην ευρύτερη περιοχή του Μετσόβου τα δάση της μαύρης πεύκης καταλαμβάνουν σημαντικές εκτάσεις σε υψόμετρα κυρίως 1400-1650 m.

4.2.2 Ιεράρχηση προτεραιοτήτων προστασίας των τύπων οικοτόπων της λεκάνης απορροής από το φαινόμενο της διάβρωσης

1^η προτεραιότητα: Προτεραιότητα άμεσης ανάγκης θα ήταν να διαφυλάξουμε την αντιπροσωπευτικότητα εκείνων των οικοτόπων που δέχονται τον υψηλότερο κίνδυνο αλλοίωσης των χαρακτηριστικών τους. Ο παρακάτω χάρτης απεικονίζει τον οικοτόπο 6210 (Ημιφυσικοί ξηροφυτικοί λειμώνες σε ασβεστολιθικό υπόστρωμα-*σημαντικές περιοχές με ορχεοειδή), ο οποίος σύμφωνα με το μοντέλο διάβρωσης USLE δέχεται την μεγαλύτερη μέση ετήσια διάβρωση (8,7 ton/ha/yr) στην λεκάνη απορροής- στο συγκεκριμένο σημείο της. Ο κίνδυνος να χαθεί η αντιπροσωπευτικότητά του είναι εμφανής. Η απεικόνιση συνοδεύεται από την κατανομή των κλάσεων κινδύνου διάβρωσης μέσα στον οικοτόπο. Στην συγκεκριμένη περιοχή του οικοτόπου 6210 :

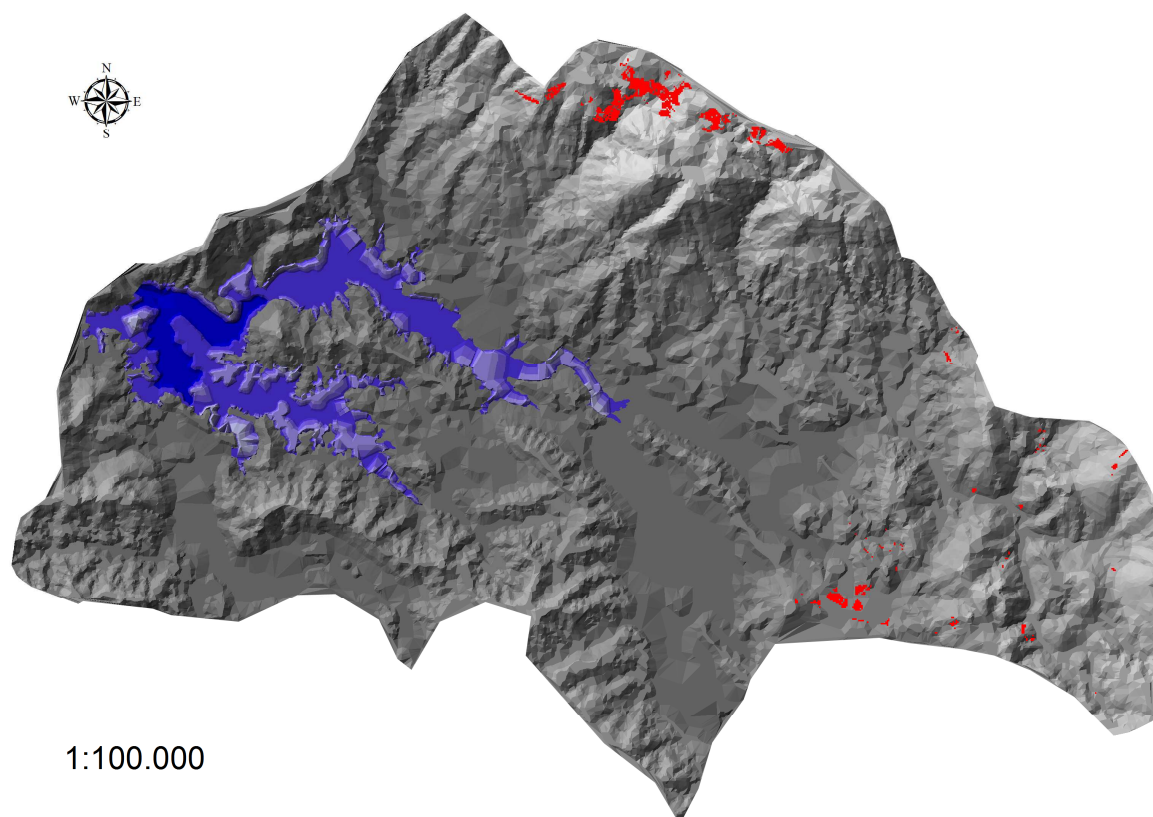
- **28,04 εκτάρια** (16,51% του συνόλου του οικοτόπου 6210) δέχονται μέση ετήσια διάβρωση άνω των 20 Ton/Ha/Yr (Πολύ Επικίνδυνη-Very Severe)
- **28,24 εκτάρια** (16,63% του συνόλου του οικοτόπου 6210) δέχονται μέση ετήσια διάβρωση 10-20 Ton/Ha/Yr (Επικίνδυνη)

- **24,4 εκτάρια** (14,3% του συνόλου του οικοτόπου 6210) δέχονται μέση ετήσια διάβρωση 5-10 Ton/Ha/Yr (Μεγάλου βαθμού)



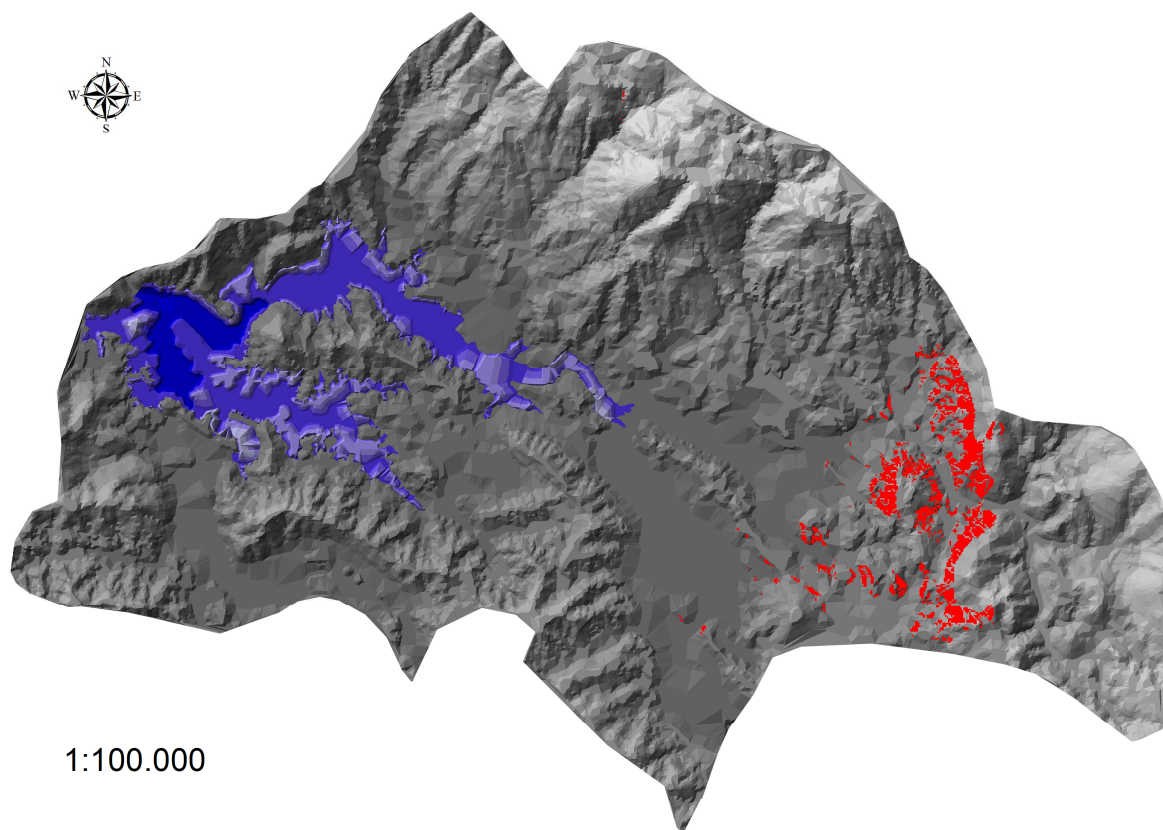
Εικ.68. Χάρτης 1^{ης} προτεραιότητας. Προστασία οικοτόπου, της λεκάνης απορροής με τον μεγαλύτερο ρυθμό διάβρωσης

2^η προτεραιότητα: Άμεσης προτεραιότητας προστασίας χρίζουν οι δασικοί οικοτόποι οι οποίοι σύμφωνα με τους Δημόπουλο (2005 κ.α) επηρεάζονται από επιδράσεις στο έδαφος. Έτσι, τα σημεία των δασικών οικοτόπων (9130,9540,9539,9110,9270) που υφίστανται μέση ετήσια διάβρωση άνω των 20 Ton/Ha/Yr (Πολύ επικίνδυνη) αποδίδονται παρακάτω (κόκκινο χρώμα). Έτσι **54 εκτάρια** (6,3% του συνόλου των δασικών οικοτόπων της λεκάνης απορροής) των δασικών οικοτόπων της περιοχής των Πηγών Αώου μπορεί να παίξουν αρνητικό ρόλο στην διαδικασία της αναγέννησης εξαιτίας της εδαφικής απώλειας και της καταστροφής του πόρου.



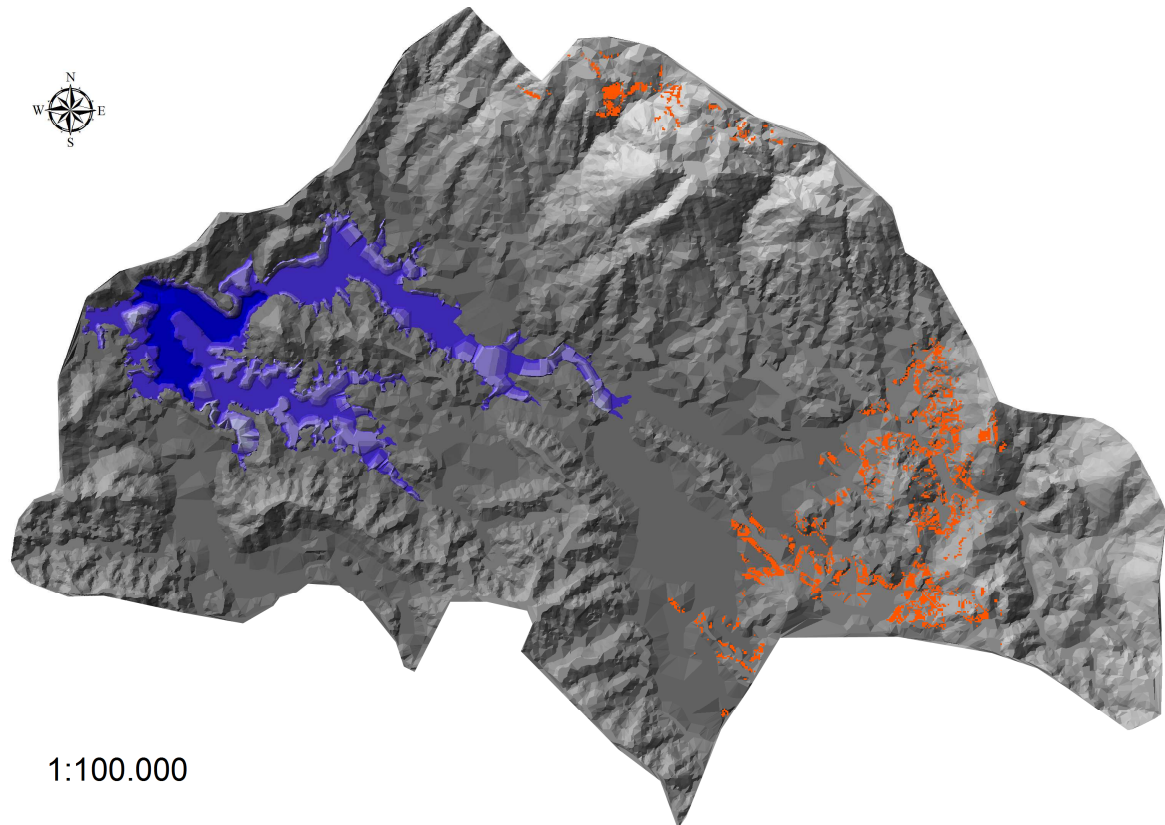
Εικ.69. Χάρτης 2^{ης} προτεραιότητας. Προστασία των δασικών οικοτόπων της λεκάνης απορροής που δέχονται καταστροφικό ρυθμό διάβρωσης (>20 Ton/Ha/Yr).

3η προτεραιότητα: Η προστασία και η διατήρηση της καλύτερης δυνατής κατάστασης των οικοτόπων αποτελούν βασικές αρχές διαχείρισης των οικοτόπων. Στον παρακάτω χάρτη απεικονίζονται εκείνες οι περιοχές όλων των οικοτόπων της λεκάνης απορροής οι οποίες δέχονται πολύ επικίνδυνο βαθμό διάβρωσης (>20 Ton/Ha/Yr). Έτσι 54 εκτάρια (Ποσοστό 5,75%, της συνολικής έκτασης των οικοτόπων) του Δικτύου «Φύση 2000» που διέρχονται από την λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου δέχονται καταστροφική πίεση λόγω διάβρωσης.



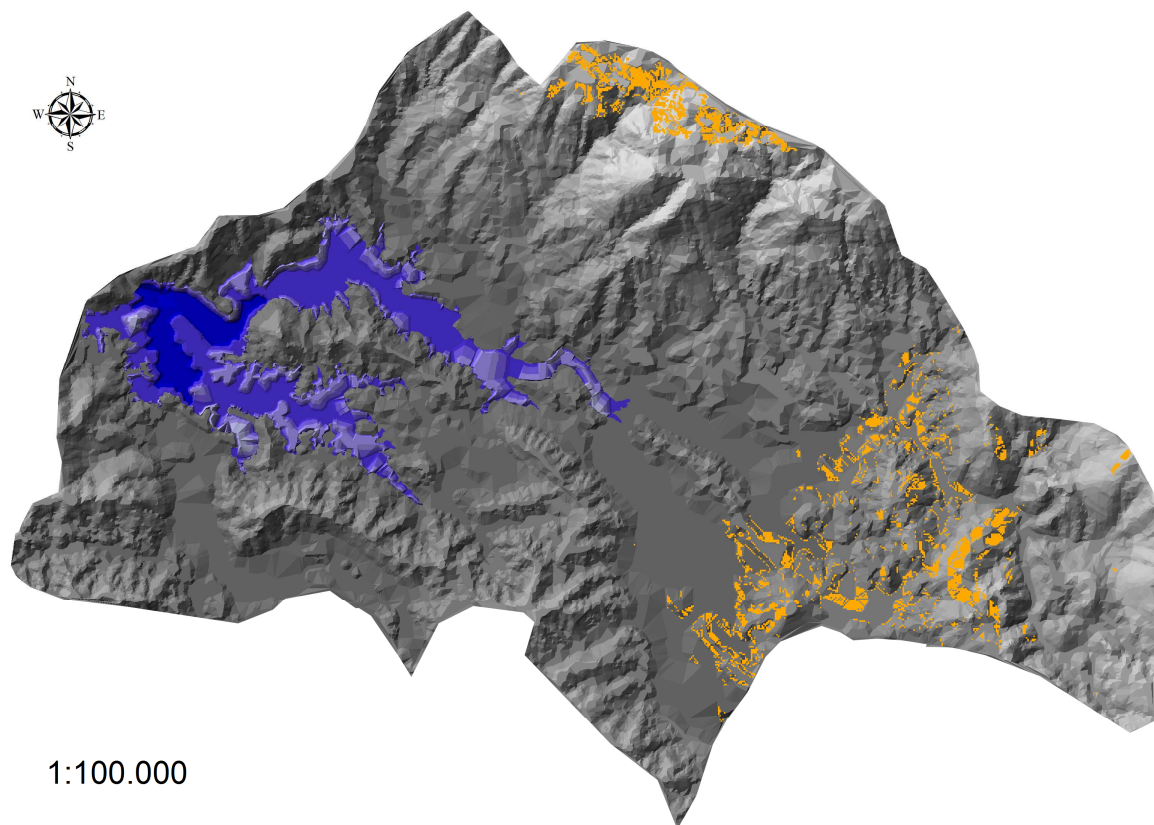
Εικ.70. Χάρτης 3^{ης} προτεραιότητας. Προστασία συγκεκριμένων σημείων, όλων των οικοτόπων της λεκάνης απορροής, που δέχονται καταστροφικό ρυθμό διάβρωσης (>20 Ton/Ha/Yr).

4^η προτεραιότητα: Στον επόμενο χάρτη απεικονίζονται εκείνες οι περιοχές όλων των οικοτόπων της λεκάνης απορροής οι οποίες δέχονται επικίνδυνο βαθμό διάβρωσης (10-20 Ton/Ha/Yr). Έτσι 163 εκτάρια (Ποσοστό 6,64%, της συνολικής έκτασης των οικοτόπων) του Δικτύου «Φύση 2000» που διέρχονται από την λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου δέχονται επικίνδυνο βαθμό διάβρωσης.



Εικ.71. Χάρτης 4^{ης} προτεραιότητας. Προστασία συγκεκριμένων σημείων, όλων των οικοτόπων της λεκάνης απορροής, που δέχονται επικίνδυνο ρυθμό διάβρωσης (10-20 Ton/Ha/Υτ).

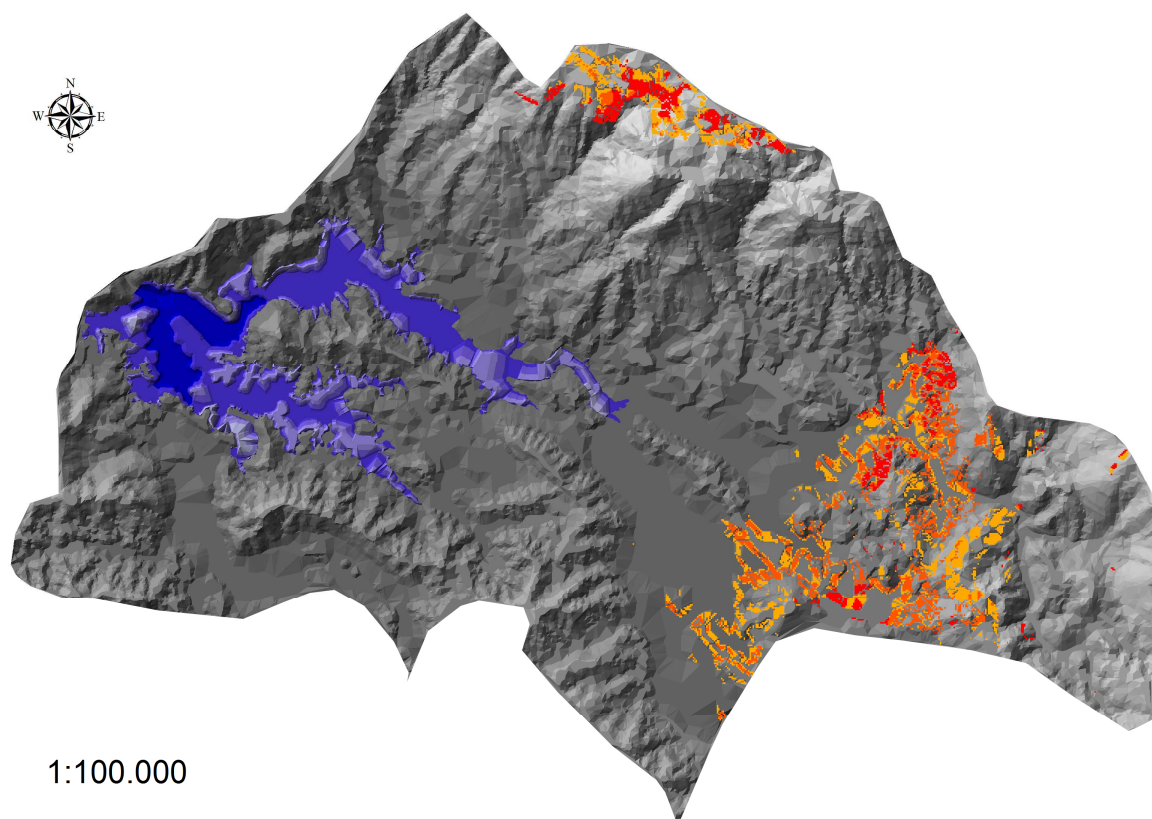
5^η προτεραιότητα: Τέλος, 242 εκτάρια (Ποσοστό 9,83%, της συνολικής έκτασης των οικοτόπων) του Δικτύου «Φύση 2000» που διέρχονται από την λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου δέχονται διάβρωση μεγάλου βαθμού.



Εικ.72. Χάρτης 5^{ης} προτεραιότητας. Προστασία συγκεκριμένων σημείων, όλων των οικοτόπων της λεκάνης απορροής, που δέχονται διάβρωση μεγάλου βαθμού (5-10 Ton/Ha/Yr).

Τελικός χάρτης Προτεραιοτήτων

Συνολικά, το **22,2%** (459 Ha) των τύπων οικοτόπων του Δικτύου Natura 2000 που διέρχονται μέσα από την λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου δέχονται από πολύ μεγάλες έως και καταστροφικές πιέσεις ενώ το **48%** ενός συγκεκριμένου οικοτόπου (6210) κινδυνεύει να χάσει την αντιπροσωπευτικότητα του και να υποβαθμιστεί λόγω αυτών των ρυθμών διάβρωσης της περιοχής.8



Εικ.73.Συνολικός χάρτης ιεράρχησης προτεραιοτήτων προστασίας των τύπων οικοτόπων από το φαινόμενο της διάβρωσης, στην λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου.

4.2.3 Μέτρα για την διαχείριση και την προστασία

Οι προστατευόμενες περιοχές θα πρέπει να διαχειρίζονται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να διατηρούν αντιπροσωπευτικά οικοσυστήματα στην φυσική τους κατάσταση. Οι προστατευόμενες περιοχές επιτελούν ένα πλήθος λειτουργιών τόσο οικολογικών και κοινωνικών όσο και οικονομικών, όπως η προστασία των εδαφών, η διατήρηση σημαντικών οικολογικών διαδικασιών, η προστασία της βιοποικιλότητας, η προστασία τοπίων μοναδικής αξίας, η προστασία των εδαφών, η διατήρηση της ποιότητας της ατμόσφαιρας, η προστασία αντιπροσωπευτικών βιοτόπων και σπάνιων ειδών, η παροχή ευκαιριών οικότουριστικής ανάπτυξης, η συμβολή στην επιστημονική έρευνα και περιβαλλοντική εκπαίδευση, η συμβολή στην αειφορική χρήση των φυσικών πόρων, η προστασία του φυσικού περιβάλλοντος και της πολιτιστικής κληρονομιάς, η προστασία των υδάτινων πόρων και η προστασία των πόρων των οποίων η αξία δεν έχει ακόμα αναγνωριστεί (Ζάγκας κ.ά, 2007).

- Παρακολούθηση (monitoring)

Η συστηματική παρακολούθηση (monitoring) των παραμέτρων οι οποίες είναι κρίσιμες για τους οικοτόπους, όπως η παρακολούθηση της αντιπροσωπευτικότητας, του ποσοστού κάλυψης, της κατάστασης διατήρησης και της συνολικής εκτίμησης του οικοτόπου (αριθμός σπάνιων ειδών, φυτοκάλυψη, καθεστώς προστασίας) αποτελούν σημαντική συνθήκη προστασίας των οικοτόπων. Έτσι κρίνεται απαραίτητη η καταγραφή, χαρτογράφηση και παρακολούθηση των ειδών και των οικοτόπων που κινδυνεύουν σύμφωνα με την παραπάνω ιεράρχηση των προτεραιοτήτων.

- Ζωνώσεις

Για να αντιμετωπιστεί η ποικιλία των αλληλοσυγκρουόμενων απαιτήσεων σε προστατευόμενες ζώνες, γίνεται ζώνωση των περιοχών. Οι ζωνώσεις εξετάζουν τους στόχους διαχείρισης και διαχωρίζουν περιοχές στις οποίες μπορεί να ασκηθούν ορισμένες δραστηριότητες. Με την κατάλληλη απόσταση από τους οικοτόπους της περιοχής και την ζώνωση σε περιοχές που η εκτίμηση κινδύνου διάβρωσης είναι χαμηλή, η ήπια βόσκηση θα είχε ένα ρόλο συμμετοχής.

- Εναπόθεση οργανικής ουσίας

Εναπόθεση οργανικής ουσίας σε σημεία των οικοτόπων που συνδυάζουν έντονη διαβρωτική δραστηριότητα και σημαντικά είδη χλωρίδας για την μείωση αυτής της δραστηριότητας

- Χάρτες ιεράρχησης προτεραιοτήτων ως μοχλός πίεσης χρηματοδότησης

Η συνολική ιεράρχηση των προτεραιοτήτων των οικοτόπων για την επιβίωση αυτών και των ειδών τους από φυσικές διαταραχές όπως φωτιά, διάβρωση, βόσκηση μπορεί να λειτουργήσει ως μοχλός πίεσης στα κέντρα λήψης αποφάσεων για την αύξηση της χρηματοδότησης για την διαχείριση των οικοτόπων

- Μητρώο ανθρωπογενών πιέσεων

Προκειμένου να παρακολουθούνται οι πιέσεις και να εκτιμώνται οι επιπτώσεις τους δίπλα σε ζώνες προστασίας που ενσωματώνονται ανθρώπινες δραστηριότητες, προτείνεται η εκπόνηση μελέτης και η δημιουργία βάσης δεδομένων στην οποία θα

καταγράφονται συστηματικά και διαχρονικά στοιχεία όπως : Λιπάσματα, φυτοφάρμακα, είδη και ποσότητες ανά γεωργό, τα οποία θα συμπεριλαμβάνονται με τις ακριβείς συντεταγμένες της αγροτικής έκτασης στο γεωργικό μητρώο της περιοχής.

- Εκπόνηση σεμιναρίων στον αγροτικό πληθυσμό για τον ορθολογικό σχεδιασμό των καλλιεργειών

Η ευαισθητοποίηση και η παρακίνηση των άμεσα ενδιαφερόμενων επαγγελματικών ομάδων, θα μπορούσε να συμβάλει στην απομείωση του συντελεστή διάβρωσης της λεκάνης απορροής Έτσι, η προτίμηση σε δενδρώδεις καλλιέργειες, εκεί που ο κίνδυνος διάβρωσης είναι μεγαλύτερος και η αποφυγή γεωργικών πρακτικών που συντελούν στην απομείωση της οργανικής ουσίας και ενθάρρυνση πρακτικών που την εμπλουτίζουν (αμειψισπορά, αγρανάπαυση). Τέλος θετική συμβολή στον ορθολογικό σχεδιασμό των καλλιεργειών θα ήταν η χρήση καλλιεργητικών πρακτικών που συντελούν στην μείωση των κλίσεων του αναγλύφου, η άροση κατά ισοϋψείς και η δημιουργία αναβαθμών

- Μελέτη ειδικής διαχείρισης ορεινών λιβαδιών

Μελέτη ειδικής διαχείρισης βοσκούμενων εκτάσεων: που θα περιλαμβάνει από την μία την αναλυτική καταγραφή της βιοποικιλότητάς των ορεινών λιβαδιών και ιδιαίτερα της απειλούμενης πανίδας και της χλωρίδας τους, με συστηματικό τρόπο καθώς και η χαρτογράφηση της σταβλισμένης και εντατικής κτηνοτροφία της περιοχής στις υφιστάμενες κτηνοτροφικές μονάδες. Θα πρέπει να καταγράφεται ο αριθμός αδείας τους, η απόφαση έγκρισης περιβαλλοντικών όρων, η δυναμικότητά τους, το είδος, η ποιότητα των αποβλήτων τους και ο αποδέκτης.

- Ορθολογικός σχεδιασμός των χρήσεων γης

Ορθολογικός σχεδιασμός των χρήσεων γης ώστε να μειώνεται ο συντελεστής απορροής να διατηρείται και να προστατεύεται η βλάστηση

- Ο προστατευτικός ρόλος του δάσους και η δασοπονία πολλαπλών σκοπών

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει διαφοροποιηθεί η ιεράρχηση στις προτεραιότητες της ελληνικής Δασοπονίας και η ξυλοπονία σε πολλές περιπτώσεις βρίσκεται σε δεύτερη

μοίρα. Στην πράξη σπάνια επιδιώκεται η επίτευξη ενός μόνο σκοπού, αλλά καταβάλλεται προσπάθεια συνδυασμού περισσότερων από έναν, δηλαδή εφαρμόζουμε τη δασοπονία πολλαπλών σκοπών (προστασία, υδρολογικός σκοπός, αναψυχή κ.λ.π.) (Τσιτσώνη κ.ά 2006). Ο προστατευτικός ρόλος του δασικού οικοσυστήματος συμβάλει σε μέγιστο βαθμό την απομείωση του συντελεστή διάβρωσης της λεκάνης απορροής.

- Ανάπτυξη - ανάδειξη των οικοτόπων της περιοχής

Ανάπτυξη και ανάδειξη των οικοτόπων μέσα από την προστασία και διατήρηση των αρχιτεκτονικών, ιστορικών και πολιτισμικών χαρακτηριστικών των κατοικημένων ευρύτερων περιοχών (π.χ Μετσόβου)

- Προστασία της ανάκαμψης των οικοσυστημάτων τα οποία βρίσκονται σε φάση ανάκαμψης

Οι λανθασμένες πρακτικές παλιότερων δεκαετιών διαχείρισης του δασικού πλούτου της περιοχής οδήγησαν σε αποψιλωτικές υλοτομίες και υπερβόσκηση με αποτέλεσμα την εκχέρσωση δασικών τμημάτων, την ερημοποίηση μεγάλων εκτάσεων και την γενικότερη υποβάθμιση του οικοσυστήματος. Προστασία της ανάκαμψης των οικοσυστημάτων μαύρης πεύκης (*Pinus nigra*) τα οποία βρίσκονται σε φάση ανάκαμψης (μείωση βόσκησης, πυρκαγιών, κλπ) και αειφορική διαχείριση των παραγωγικών συστάδων της λεκάνης απορροής ενισχύοντας τον προστατευτικό ρόλο του δάσους στην λεκάνη απορροής.

Αντιδιαβρωτικά έργα- Φυτοτεχνικές διευθετήσεις –Συντήρηση οδικού δικτύου.

Τα αντιδιαβρωτικά-αντιπλημμυρικά έργα ήπιας μορφής όπως οι φυτοτεχνικές διευθετήσεις, με την παράλληλη εγκαθίδρυση βλάστησης, η συντήρηση του οδικού δικτύου και οι τεχνικές συγκράτησης των κατολισθήσεων στα πρανή των δρόμων συμβάλουν τόσο στην αντιδιαβρωτική προστασία της λεκάνης όσο και στην προστασία των επισκεπτών στον χώρο. Συμβάλλοντας στην ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από αυτά τα έργα ελαχιστοποιώντας παράλληλα την οχληση της γενικότερης αρχιτεκτονικής του τοπίου, προτείνονται:

-Τεχνικά έργα για την συγκράτηση του εδάφους (τοίχοι αντιστήριξης, κλαδοπλέγματα, κορμοφράγματα κ.λ.π) κατά μήκος των ισοϋψών.

-Διευθέτηση χειμαρικών ρευμάτων για τον περιορισμό της απαγωγής των φερτών υλικών από τα ορεινά προς τα πεδινά και της εμφάνισης πλημμύρων. Τα έργα της διευθέτησης, μεσομακροπρόθεσμα, λειτουργούν αντιδιαβρωτικά για το σύνολο της λεκάνης απορροής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο αποτελεσματικός έλεγχος της εδαφικής διάβρωσης απαιτεί μια χωρική και ποσοτική εκτίμηση της εδαφικής απώλειας, όπου τα αποτελέσματα μπορούν να αποτελέσουν οδηγό για την ορθολογική περιβαλλοντική διαχείριση των φυσικών πόρων. Ο εντοπισμός των περιοχών με αυξημένη διαβρωσιμότητα, μας βοηθά να λαμβάνουμε τα κατάλληλα μέτρα που προκύπτουν από τις έντονες διαβρωτικές διεργασίες.

Στην περιοχή μας (Λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου) το **22,2%** (459 Ha) των τύπων οικοτόπων του Δικτύου Natura 2000 που διέρχονται μέσα από την λεκάνη απορροής των Πηγών Αώου δέχονται από πολύ μεγάλες έως και καταστροφικές πιέσεις ενώ το **48%** ενός συγκεκριμένου οικότοπου (6210) κινδυνεύει να χάσει την αντιπροσωπευτικότητα του και να υποβαθμιστεί λόγω αυτών των ρυθμών διάβρωσης της περιοχής.

Συνεπώς το γνωσιακό υπόβαθρο σε συνδυασμό με την εξαγωγή και ανάλυση της χωρικής πληροφορίας μπορεί να βοηθήσει τους διαχειριστές μιας προστατευόμενης περιοχής στην διαδικασία λήψης αποφάσεων δράσης σε τοπικό, εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο

5.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Οι παρακάτω στόχοι της διατριβής, επετεύχθησαν:

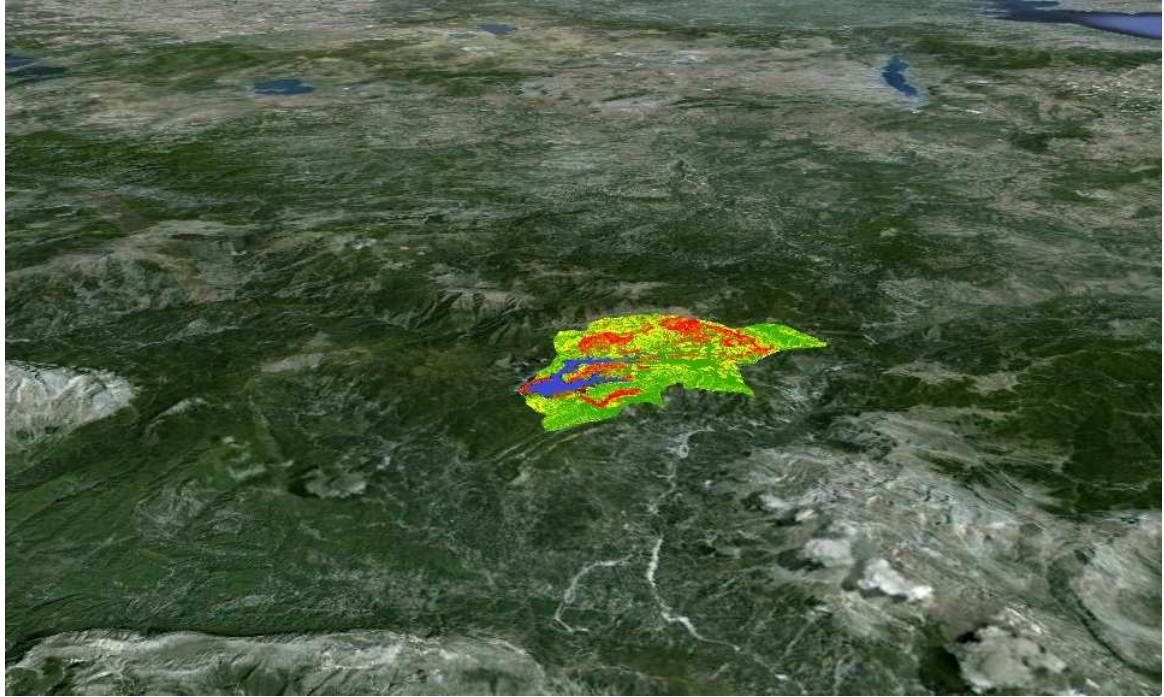
- Ο εντοπισμός περιοχών υψηλού κινδύνου διάβρωσης με την χρήση της παγκόσμιας εξίσωσης εδαφικής απώλειας (USLE) και η δημιουργία ενός χάρτη εκτίμησης ρίσκου διάβρωσης.
- Η διερεύνηση της συσχέτισης των περιοχών υψηλού κινδύνου διάβρωσης με τους τύπους οικοτόπων για τον καθορισμό προτεραιοτήτων προστασίας.

Δημιουργήθηκε έτσι ένα εργαλείο λήψης αποφάσεων (Decision Support Tool) που μπορεί να συμβάλει στην ορθολογικότερη διαχείριση των οικοτόπων (Special Protection Areas-SPA) στην ευρύτερη περιοχή των Πηγών Αώου.

Η μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να επεκταθεί σε ζητήματα:

- Εισβολών σε υποβαθμισμένους τύπους οικοτόπων, ανεπιθύμητων ειδών τα οποία ευνοούνται από το φαινόμενο της διάβρωσης με αποτέλεσμα την αλλοίωση των χαρακτηριστικών της περιοχής.
- Η έρευνα σύνδεσης των δύο τόπων κοινοτικής σημασίας (TKΣ) με την δημιουργία κατάλληλων οικοδιαδρόμων διαμέσου της λεκάνης απορροής και η ενίσχυση της συνοχής του Δικτύου Natura 2000.
- Η δημιουργία διαδικτυακού (Web-GIS) χάρτη κινδύνου διάβρωσης των προστατευόμενων περιοχών σε εθνικό επίπεδο.

Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών παρέχουν την δυνατότητα δημοσιοποίησης της πληροφορίας μέσω του διαδικτύου. Έτσι σε πιλοτικό επίπεδο, το τελικό αποτέλεσμα μπορεί να συνδεθεί με μια κοινή και ευρέως διαδεδομένη διαδικτυακή πηγή γεωγραφικής πληροφορίας, το Google Earth με παράλληλη υποστήριξη φωτογραφικού υλικού της περιοχής, ως υπόβαθρο. Η δημοσιοποίηση της γεωγραφικής πληροφορίας (χωρική εκτίμηση κινδύνου διάβρωσης) των προστατευόμενων περιοχών σε Πανελλαδικό επίπεδο, στο Διαδίκτυο συμβάλει τόσο στην ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης όσο και στην ενημέρωση και την συνεργασία των ενδιαφερόμενων φορέων της πολιτείας.



Εικ.74. Εξαγωγή και δημοσιοποίηση θεματικού επιπέδου μοντέλου διάβρωσης (USLE) για την περιοχή της λεκάνης απορροής των Πηγών Αώου, στο Google Earth.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αλιφραγκής (2008), ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ (Γένεση-Ιδιότητες-Ταξινόμηση), Τόμος Ι, Εκδόσεις ΑΪΒΑΖΗ, Θεσσαλονίκη 2008
- Αντωνιάδης Β. (2001), Εδαφολογία: Τα εδάφη στα οικοσυστήματα. Πανεπιστημιακές Παραδόσεις. Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Αργιαλός Δ. και Τζώτσος Α. (2007). Αντικειμενοστραφής Ανάλυση Εικόνας στην Τηλεπισκόπηση. Θεωρία και Εφαρμογές. ΤΕΕ: Τηλεπισκόπηση Εξελίξεις και Εφαρμογές ΕΜΠ 22-23 Φεβρουαρίου 2007. Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης. Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Belouard T, Bourean J C and Guero M C, (2003). Forest Landscapes. Editions de Mouza, pp 199.
- Chmelova, R. & B. Sarapatka (2002). Soil erosion by water: contemporary research methods and their use. *Geographica* 37.
- Cebecauer Tomáš , Hofierka Jaroslav (2007), The consequences of land-cover changes on soil erosion distribution in Slovakia, *Geomorphology* 98: 187–198.
- Δημόπουλος Π., Ε Bergmeier, K. Θεοδωρόπουλος, P. Fischer & M. Τσιαφούλη (2005). Οδηγός παρακολούθησης τύπων οικοτόπων & φυτικών ειδών στις περιοχές Δικτύου Natura 2000 με Φορείς Διαχείρισης στην Ελλάδα. ISBN:960-233-168-2
- Δημόπουλος Π., Παντής Ι.Δ., Τζανουδάκης Δ., Βαγενάς Δ. (2008) Αειφορική Διαχείριση Προστατευόμενων Περιοχών. Εκδόσεις Παππας. ISBN:978-960-89071-2-6
- Δημόπουλος Π. (2005) Οικολογική χαρτογράφηση. Εκδόσεις: Πανεπιστημιακό Τυπογραφείο Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.
- Desmet, P.J.J., Govers, G., (1996). A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *J. Soil Water Conserv.* 51: 427–433.
- Engel (1996) Estimating Soil Erosion Using RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) Using ArcView
- Feranec, J., Otahel, J., Cebecauer, T., Machkova, N., Novacek, J., (2005). Land cover changes of Slovakia in period 1990–2000. In: Kleinn, Ch., Nieschulze, J., Sloboda, B. (Eds.), *Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt*, 138: 139–147
- Φλαμπούρης Κ, (2008). Μελέτη της επίδρασης του παράγοντα βροχόπτωσης R στον νόμο RUSLE. Διδακτορική Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικής και Τεχνικής Περιβάλλοντος
- Foster, G.R., McCool D.K. , Renard K.G, Moldenhauer W.C. (1981) *Conversion of the Universal Soil Loss Equation to SI metric units. Journal of Soil and Water Conservation* 36(6):355-359
- Φωτάκης Δ., Σιδηρόπουλος Ε., Τζιάφας Γ., Εμμανουλούδης Δ., Μυρωνίδης Δ., Ρίγγος Β., Σιώτης Γ., (2007) Αποτίμηση του κινδύνου διάβρωσης του εδάφους στην χερσόνησο της Σιθωνίας με τη χρήση της παγκόσμιας εξίσωσης εδαφικής απώλειας. Πρακτικά 13^{ου} Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου, Ελληνικής

- Δασολογικής Εταιρίας, «Ανάπτυξη Ορεινών Περιοχών. Προστασία Φυσικού Περιβάλλοντος» Καστοριά 7-10 Οκτωβρίου 2007. Τόμος I, : 379-389
- Ganatsas, P. (1993). Stand structure and natural regeneration of Spruce forests in Elatia Drama (North Greece). PhD. thesis Aristotle University of Thessaloniki pp.206.
- Gitas I., Douros Kostas, Minakou C., Silleos G., Karydas C. (2009). Multi-temporal soil erosion risk assessment in N. Chalkidiki using a modified usle raster model. EARSel eProceedings 8, 1/2009
- Haan C.T, Barfield B.J, Haves J.C, (1994). Design Hydrology and Sedimentology for Small Catchments, Publisher: Academic Press, ISBN-10: 0123123402
- Jain, S. K., Kumar, S. , Varghese, J., (2001). ‘Estimation of soil erosion for Himalayan watershed using GIS technique’, *Water Resour. Manage.* 15, 41–54.
- Καραπαντελάκης Κ. (1991), Γεωτεχνικά προβλήματα στις υπόγειες κατασκευές και στις θεμελιώσεις φραγμάτων του ΥΗΕ Πηγών Αώου, Πρακτικά 5^{ου} Επιστημονικού Συνεδρίου Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας 1991, : 327-343
- Καρτέρης Μ. (2004) Τηλεπισκόπηση Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Δασικής Διαχειριστικής και Τηλεπισκόπησης. Εκδόσεις: Πανεπιστημιακό Τυπογραφείο.
- Karydas C., Sekuloska T., Silleos G., (2008) Quantification and site-specification of the support practice factor when mapping soil erosion risk associated with olive plantations in the Mediterranean island of Crete’, *Environmental Monitoring and Assessment* 149:19-28.
- Kouli M., Soupios P., Vallianatos F.(2009). Soil erosion prediction using the Revised Universal Soil LossEquation (RUSLE) in a GIS framework, *Chania, Northwestern Crete, Greece, Environ Geol* 57:483–497
- Λαμπράκης Ν., Διαδουκτακός σημειώσεις μαθήματος «Εφαρμοσμένη Υδρογεωλογία»<http://geosector.geology.upatras.gr/hydrogeology/index.php/el/mathimata.html> Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Εφαρμοσμένης Γεωλογίας και Γεωφυσικής
- Lastoria, B., Miserocchi, F., Lanciani, A., Monacelli, G. (2008), An estimated erosion map for the Aterno-Pescara River Basin, *European Water* 21/22 : 29-39
- Ε. Λυκούδη, Ζαρρής, Δ., και Δ. Κουτσογιάννης,(2001) Τελική Έκθεση, *Διερεύνηση των αποθέσεων φερτών υλικών σε υδροηλεκτρικούς ταμιευτήρες*, Ανάδοχος: Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο,σελ. 243
- Μάρης Φ., Βασιλείου Α., Παυλίδης Θ., (2005) Εκτίμηση στερεοπαροχής στην λεκάνη απορροής του φράγματος Προβατόνα Έβρου με την παγκόσμια εξίσωση εδαφικής απώλειας εδάφους με χρήση συστήματος γεωγραφικής πληροφορίας. *Πρακτικά 12^{ου} Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου, Ελληνικής Δασολογικής Εταιρίας, «Δάσος και Νερό. Προστασία Φυσικού Περιβάλλοντος»* Δράμα 2-5 Οκτωβρίου 2005.Τόμος I, : 57-69
- Mitasova, H., Hofierka, J., Zlocha, M., Iverson, L.R., (1996) Modellingtopographic potential for erosion and deposition using GIS.*Int. J. Geogr. Inform. Syst.*, 10: 629–641.
- Mitchell, J., Bubenzer G., Soil Loss Estimation (1980) *John Wiley and Sons Ltd*, pp. 17-62
- Mirco G., Rusco R. , Luca M.,(2003) Soil Erosion Risk in Italy: a revised USLE approach, EUROPEAN COMMISSION JOINT RESEARCH CENTRE 2003

-
- Moore and Burch (1986). Physical Basis of the Length-Slope in the universal soil loss equation. *Soil Sci. Soc. Amer J.* 50:1294-1298
- Myronidis, D.I., Emmanouloudis, D. a, Mitsopoulos, I. a & Riggos, E.E. (2009) Soil Erosion Potential after Fire and Rehabilitation Treatments in Greece. *Environmental Modeling & Assessment*, 15: 239-250.
- Onyando K., Kisouan P., Chemelil P. (2005). Estimation of Potential Soil Erosion for River Perkerra Catchment in Kenya, *Water Resources Management* 19: 133–143
- Primack R., Διαμαντόπουλος Ι., Αριανούτσου Μ., Δανηλίδης Δ., Βαλάκος Σ., Παφίλης Π., Παντής Ι. (2007) Διατήρηση και προστασία της βιοποικιλότητας. Εκδόσεις αει. ISBN:978-960-87714-5-1
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K., Yoder, D.C., (1997). Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), *USDA. Agriculture Handbook, vol. 703. Agricultural Research Service, Washington, DC.* 384 pp.
- Rogler H., Schertmann U. (1981) Erosivität der Niederschläge und Isoerodentenkarte Bayerns. *Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung*, 22: 99-112.
- Shrestha, D. P. (1997) *Soil Erosion Modeling, ILWIS 2.1 for Windows, Application Guide*, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, The Netherlands, pp. 323–341
- Silleos N., Hachikyan A., Topaloglou C., Takavakoglou V, Alexandridis T, Kofidis S. , Lazarova M., Karydas C. Environmental assessment of agricultural pressures and impacts in Lake Kerkini by the implementation of Directive 2001/42/EC at Strymon River basin. INTERREG IIB
- Stathis, D. (1998). Meteorological features of Pindos from hydrological point of view. Ph.D. dissertation, Aristotelian University of Thessaloniki, Greece
- Στεφανίδης Π., Στάθης Δ., Τζιαφάνη Φ., (2007) Εκτίμηση στερεοφορτίου λεκάνης απορροής του χειμάρρου Μοδίου με την εξίσωση εδαφικής διάβρωσης και τη χρήση Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών. Πρακτικά 13^{ου} Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου, Ελληνικής Δασολογικής Εταιρίας, «Ανάπτυξη Ορεινών Περιοχών. Προστασία Φυσικού Περιβάλλοντος» Καστοριά 7-10 Οκτωβρίου 2007. Τόμος II, Σελ.65-71
- Stefano C., Ferro V., Porto P., (2000). Length Slope Factors for applying the Revised Universal Soil Loss Equation at Basin Scale in Southern Italy. *J. agric. Engng Res.* 75: 349-364
- Torri D. , Poesen J , Borselli L. (1997), Predictability and uncertainty of the soil erodibility factor using a global dataset, *Catena*, 31:311-322
- Τσιτούρα Π., Κουρμαντζής Ι., Καϊμάκη Σ., NERCO-N. Χλύκας και Συνεργάτες Α.Ε.Μ. Α.Ε.(2010) Σχέδιο Διαχείρισης Προστατευόμενης Περιοχής Βόρειας Πίνδου (ΥΠΟ ΕΓΚΡΙΣΗ). Φορέας Διαχείρισης Β. Πίνδου.
- Tsitsoni, T. (1991). Stand structure and conditions determining natural regeneration after fire in the Aleppo pine forests of Kassandra Peninsula (Chalkidiki, Greece). Ph.D. Thesis, Thessaloniki, 150 pp.
- Τσιτσώνη, Θ., Ζάγκας, Θ., Γκανάτσας Π. (2006). Δασοκομία και Διαμόρφωση Φυσικού Τοπίου. Πρακτικά Επιστημονικής Δημερίδας «Φυσικό Τοπίο». Δράμα, 26-27 Μαΐου 2006.
- Trakolis D., (2001) Perceptions, Preferences, and Reactions of Local Inhabitants in Vikos-Aoos National Park, Greece. *Environmental Management*, 28: 665–676

- Van der Knijff, J.M., Jones, R.J.A., Montanarella, L. (1999). Soil erosion risk assessment in Italy. European Soil Bureau. EUR 19044 EN, 52pp
- Van der Knijff, J.M., Jones, R.J.A., and Montanarella, L. (2002). Soil Erosion Risk Assessment in Italy. Proceedings of the third International Congress Man and Soil at the Third Millennium. Geoforma Ediciones, Logrono.p.1903-1913
- Van der Knijff J.M., Jones R.J.A, Montanarella L. (1999) Soil Erosion Risk - Assessment in Italy, European Soil Bureau
- Yang, C.C., Prasher S. O., Landry V, Ramaswamy H. S. (2003). Development of an Image Processing System and a Fuzzy Algorithm for Site-Specific Herbicide Applications. *Precision Agriculture* 4(1): 5-18.
- Yassoglou, N., (1996) Greece. Soil mapping and soil databases. In: *Soil Databases to Support Sustainable Development*. C. Le Bas and M. Jamagne (eds.) European Soil Bureau Research Report No. 2, p.57-60. EUR 16371 EN. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- White M, Thornton E., Running W. (1997) A continental phenology model for monitoring vegetation responses to interannual climatic variability. *Global Biogeochemical Cycles*, 11 :217-234.
- Wishmeier, W. H. and Smith, D.D., (1978), Predicting Rainfall Erosion - A Guide to Conservation Planning, *U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 537, Washington D.C. Agric.*, Washington, DC.,63 p.
- Zagas, T., Tsitsoni, T., Ganatsas, P. (1999). Perspectives of Silviculture as discipline in Greece. *Silva Gadavensis*. 64 :17-23
- Zagas, T. (1990). Conditions of natural settlement of Scoch pine in territory of Rhodopi. Doctoral thesis. Scientific Annals of the Dep. of Forestry and Nat. Environment. Aristotle Univ. of Thessaloniki. 10 :160.
- Zagas, T., Tsitsoni, T., Hatzistathis, A. 2001. The mixed forests of Greece. *Silva Gandavensis* 66:68-75.
- Ζάγκας Θ., Τσιτσώνη Θ., Γκανάτσας Π., Βλάχος Χ., και Γιαννακόπουλος Α., 2007 .Η ανάδειξη της λεκάνης του Κρικελλοπόταμου ως μοχλός ανάπτυξης της περιοχής. Πρακτικά 13^{ου} Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου, Ελληνικής Δασολογικής Εταιρίας, «Ανάπτυξη Ορεινών Περιοχών-Προστασία Φυσικού Περιβάλλοντος» Καστοριά 7-10 Οκτωβρίου 2007. Τόμος Ι, Σελ. 100-109

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Υπολογισμός συντελεστή φυτοκαλύψης C (Επεξεργασία δορυφορικών εικόνων)

Ένας δεύτερος τρόπος υπολογισμού του συντελεστή φυτοκάλυψης για την εξαγωγή συμπερασμάτων όσον αφορά τον βαθμό επιρροής των της βλάστησης στην εδαφική απώλεια, είναι ο υπολογισμός του Δείκτη Βλάστησης (NDVI) μέσω επεξεργασίας δορυφορικών εικόνων.

Ο δείκτης βλάστησης είναι ποσοτική έκφραση η οποία υπολογίζεται από τις τιμές λαμπρότητας των δορυφορικών δεδομένων από τις τιμές λαμπρότητας των δορυφορικών δεδομένων και σχετίζονται κυρίως με την βλάστηση και την βιομάζα (Καρτέρης 2004).

Ο δείκτης NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) έχει ευρεία χρήση και έχει αποδειχθεί ότι είναι αποτελεσματικός για την αναγνώριση διαφορετικών οικοτύπων, για την παρακολούθηση και φαινομενικών προτύπων επιφανειών καλυμμένων με βλάστηση. Για τον υπολογισμό του χρησιμοποιείται ο παρακάτω τύπος:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

Όπου NIR, η αντανάκλαση της υπέρυθρης ακτινοβολίας και RED η αντανάκλαση της ακτινοβολίας του ερυθρού διαύλου του δορυφόρου.

Οι τιμές του κυμαίνονται από -1 έως +1.

Υπολογισμός NDVI μέσω δορυφορικών εικόνων Landsat ETM .

Για τον υπολογισμό του δείκτη NDVI χρησιμοποιήθηκαν οι δορυφορικές εικόνες LANDSAT ETM των χρονολογιών 1988 και 2006 της περιοχής.

Στο σημείο αυτό είναι σκόπιμο να αναφερθεί ότι οι τιμές του συντελεστή φυτοκάλυψης C είναι τις περισσότερες φορές υπερβολικές μέσω της δορυφορικής εικόνα γιατί εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως η εποχή λήψης της εικόνας, η σωστή ατμοσφαιρική διόρθωση, η δομή της συστάδας, η πυκνότητα της κόμης κ.α. Γι αυτό κρίνεται σκόπιμο η επαλήθευση του συντελεστή φυτοκάλυψης από τις έτοιμες τιμές της επιστημονικής

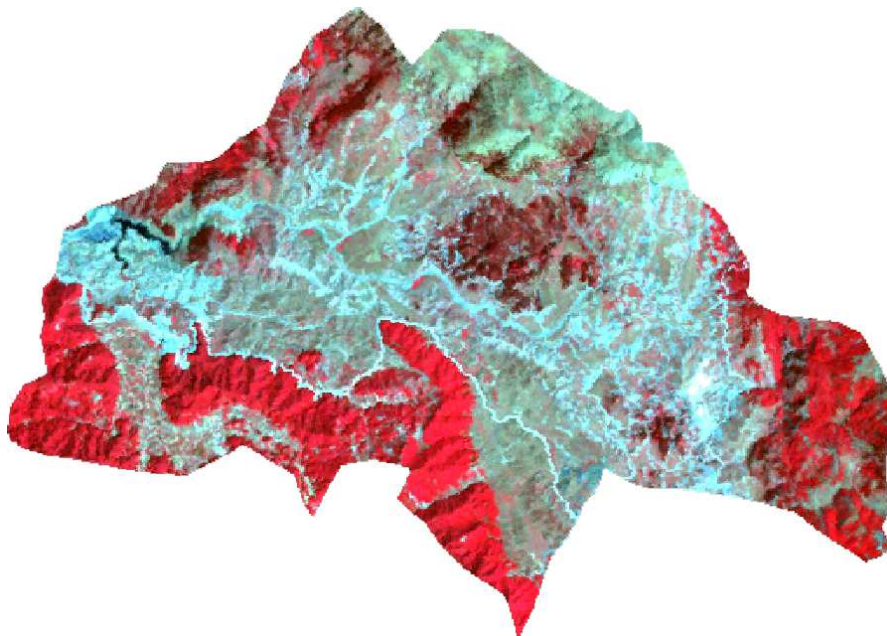
βιβλιογραφίας, με βάση τους χάρτες Corine. Η εξερεύνηση κυρίως μέσω δορυφορικών δεδομένων στην παρούσα διατριβή επίκειται στο γεγονός της αναζήτησης διαδοχικών αλλαγών που συντελούνται διαχρονικά μέσα στο τοπίο.

Διαδικασία επεξεργασίας εικόνων

Η διαδικασία περιλαμβάνει την επεξεργασία των δορυφορικών εικόνων Landsat 1988 και Landsat 2006 ξεχωριστά μέσω της σουίτας λογισμικού τηλεπισκοπικών εφαρμογών ERDAS IMAGINE 9.1

Η διαδικασία περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

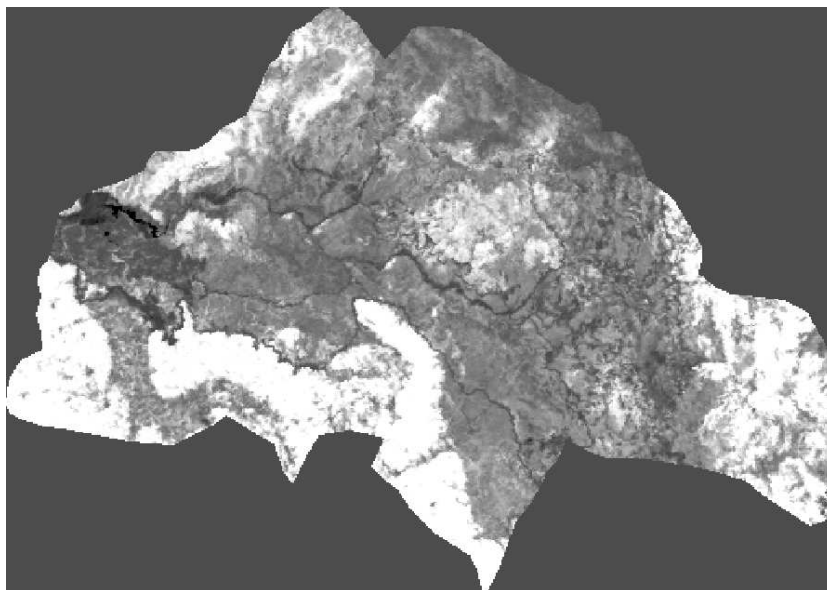
- 1) Αφαίρεση θερμικού-ελαττωματικού διαύλου της εικόνας διατηρώντας μόνο τους διαύλους 1,2,3,4,5,7.
- 2) Ατμοσφαιρική διόρθωση της εικόνας για να αποφορτίσουμε τις τιμές της εικόνας από τυχόν ατμοσφαιρικές παρεμβολές, διότι κατά την διέλευση της μέσα στην ατμόσφαιρα η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία αλληλεπιδρά με τα μόρια των αιωρούμενων σωματιδίων, καθώς και των αέριων συστατικών της πρώτης.



Εικ.74 Δορυφορική εικόνα, χρονολογίας 1988, της λεκάνης απορροής που έχει υποστεί ατμοσφαιρική διόρθωση (RGB: 4,3,2)

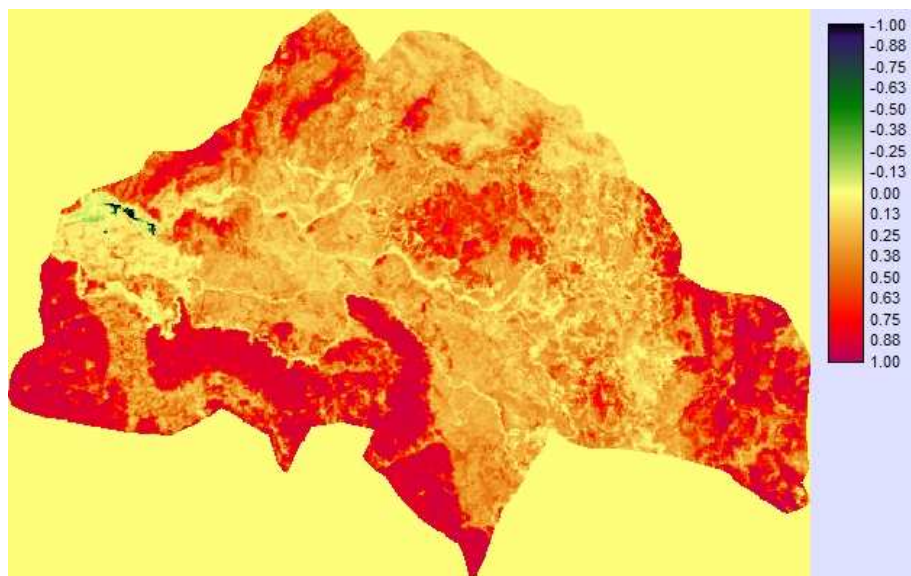
- 3) Γεωμετρική διόρθωση (γεωαναφορά) της εικόνας στο Ελληνικό γεωγραφικό σύστημα αναφοράς (ΕΓΣΑ '87)

- 4) Ο υπολογισμός του δείκτη NDVI της περιοχής (“ERDAS Imagine 9.1”).
- 5) Τέλος, ο υπολογισμός του συντελεστή φυτοκάλυψης C μέσω του NDVI (“IDRISI Andes”)

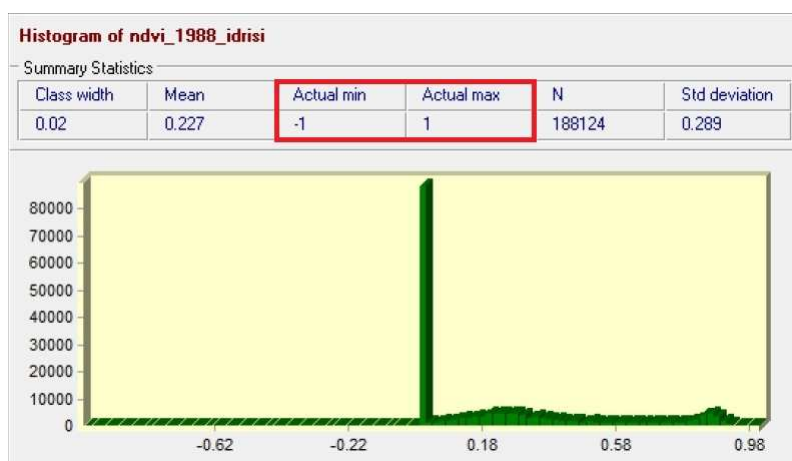


Εικ.75. Δείκτης βλάστησης NDVI της περιοχής (χρονολογία: 1988). Στο άσπρο φόντο ξεχωρίζει η έντονη βλάστηση με τιμές ‘1’ που αντανακλά η έντονη παρουσία της χλωροφύλλης και με έντονο μαύρο η νεκρή περιοχή της βλάστησης με τιμές ‘-1’ (νερό) (Erdas Imagine 9.1)

Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε η επαναταξινόμηση των στοιχείων των δορυφορικών εικόνων σε ομαδοποιημένες κατηγορίες μέσω της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης στο ειδικό τηλεπισκόπικο πακέτο “IDRISI Andes” (Clark Labs), με την μέθοδο της ασαφούς λογικής (Fuzzy logic) και την εξίσωση της φθίνουσας σιγμοειδούς καμπύλης (monotonically decreasing sigmoidal function). Η επεξεργασία αυτή επιχειρήθηκε με σκοπό να συμπεριλάβουμε στον υπολογισμό του συντελεστή φυτοκάλυψης C παράγοντες αβεβαιότητας, όπως η δομή της κόμης, η σκίαση, ο βαθμός πυκνότητας του εδάφους και η κατάσταση της βλάστησης (Yang et al., 2003), (Karydas et al. 2008).



Εικ.76.Δείκτης βλάστησης NDVI της περιοχής (χρονολογία: 1988). Στο άσπρο φόντο ξεχωρίζει η έντονη βλάστηση με τιμές '1' που αντανακλά η έντονη παρουσία της χλωροφύλλης και με έντονο μαύρο η νεκρή περιοχή της βλάστησης με τιμές '-1' (νερό) (IDRISI Andes)



Εικ.77. Ιστόγραμμα ψηφιακών υπογραφών (-1 έως 1) του δείκτη βλάστηση Χρονολογία 1988). (IDRISI Andes)

Αντικειμενοστραφής ανάλυση εικόνας:

Η αντικειμενοστραφής ανάλυση της εικόνας δεν θα μπορούσε να λειτουργήσει εφόσον δεν υπήρχε το κομμάτι της ταξινόμησης. Μια πολύ διαδεδομένη μέθοδος ταξινόμησης είναι η ασαφής ταξινόμηση (fuzzy), όπου για κάθε αντικείμενο υπολογίζεται ένας ασαφής βαθμός συμμετοχής σε κάθε μια από τις διαθέσιμες προς ταξινόμηση κατηγορίες. Μετά την διαδικασία της κατάτμησης, ο βαθμός συμμετοχής υπολογίζεται με βάση τα

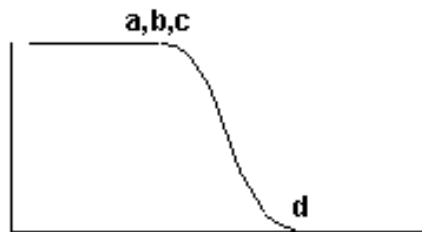
χαρακτηριστικά τα οποία έχει η κάθε κατηγορία και την ομοιότητα προς αυτά του αντικειμένου που είναι υποψήφιο προς ταξινόμηση (διαδικασία αλγορίθμου). Στη συνέχεια, ο μέγιστος βαθμός συμμετοχής ταξινομεί το αντικείμενο στην κατηγορία για την οποία αυτός έχει προκύψει. (Αργιαλάς και Τσώτσος 2007).

Η σιγμοειδής (s-shaped) κατηγοριοποιημένη εξίσωση είναι η πιο διαδεδομένη στο θεωρητικό υπόβαθρο της ασαφούς λογικής (Fuzzy Set Theory) και υπολογίζεται μέσω του παρακάτω συνημίτονου:

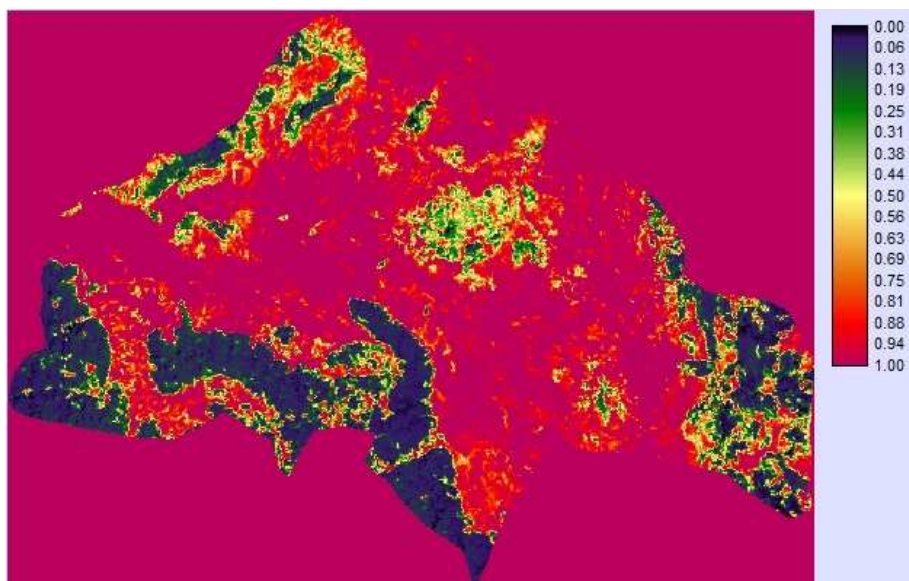
$$\mu = \cos^2 a$$

όπου **a** (σε περίπτωση φθίνουσας μονοτονίας)

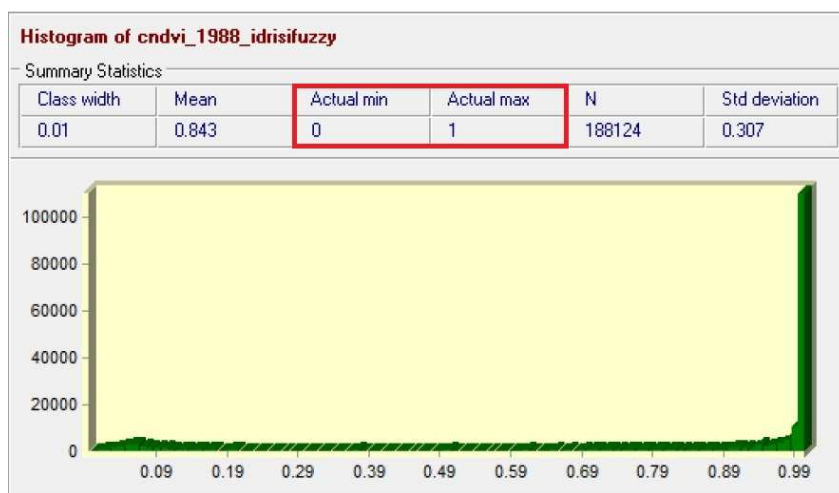
$$a = (x - \text{pointc}) / (\text{pointd} - \text{pointc}) * \pi / 2$$



Για το NDVI η τιμή c ισούται με 0.2 και η d με 1. Αυτό σημαίνει ότι ο συντελεστής φυτοκάλυψης C με 1 όταν ο δείκτης βλάστησης (NDVI) είναι μικρότερος από 0.2 και τείνει στο 0 όταν ο δείκτης βλάστησης ισούται με 1. Η τιμή 0.2 χρησιμοποιήθηκε ως ουδός για τον χαρακτηρισμό των περιοχών με βλάστηση και αυτών χωρίς βλάστηση (White et al. 1997).

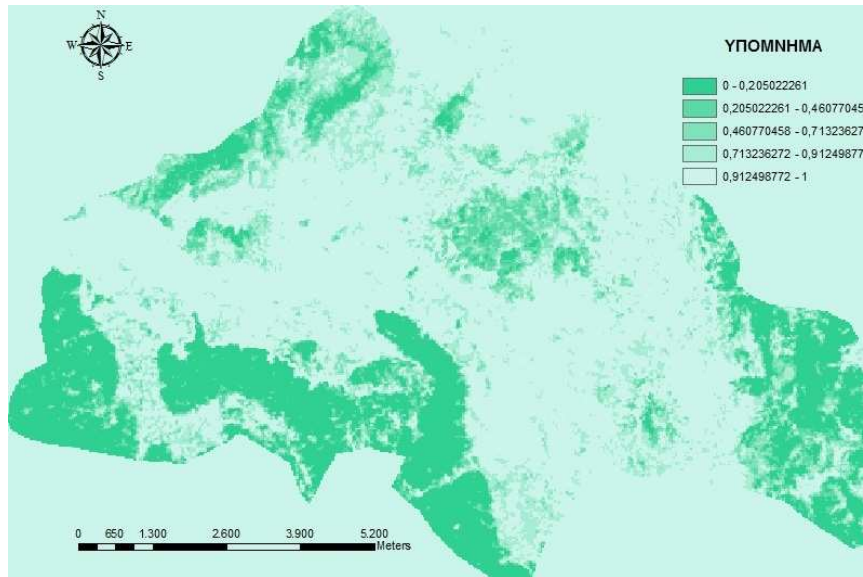


Εικ78.Αντικειμενοστραφής ταξινόμηση του δείκτη βλάστησης (NDVI) της Δορυφορικής εικόνας Landsat (1988). Οι περιοχές με βλάστηση έχουν μηδενικές τιμές.



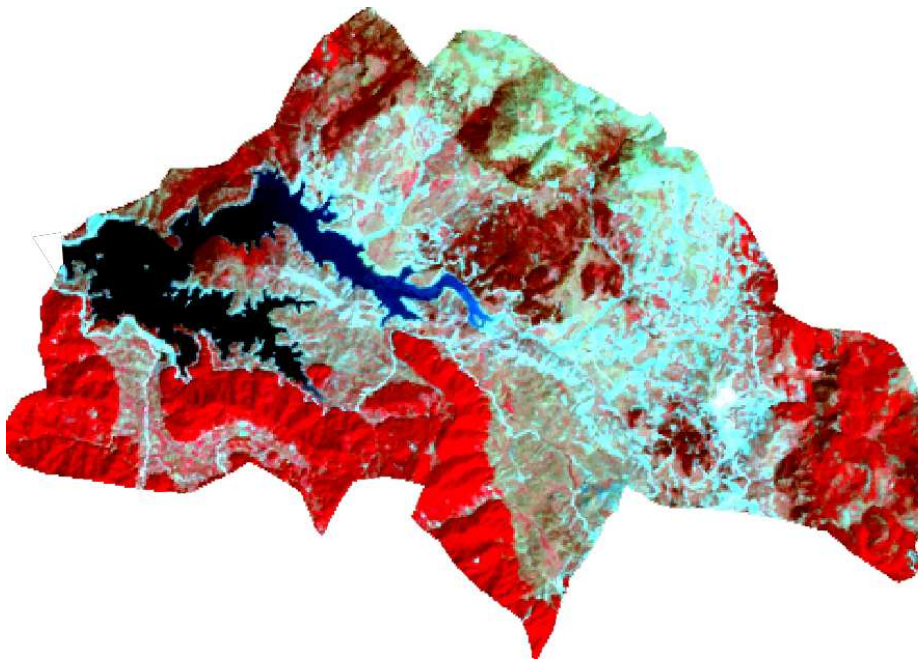
Εικ.79.Ιστόγραμμα ψηφιακών υπογραφών (0 έως 1) της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης (fuzzy theory set) του δείκτη βλάστηση (χρονολογία 1988). (IDRISI Andes).

Έτσι καταλήγουμε στον χάρτη του συντελεστή C (C factor) για την δορυφορική εικόνα του 1988.

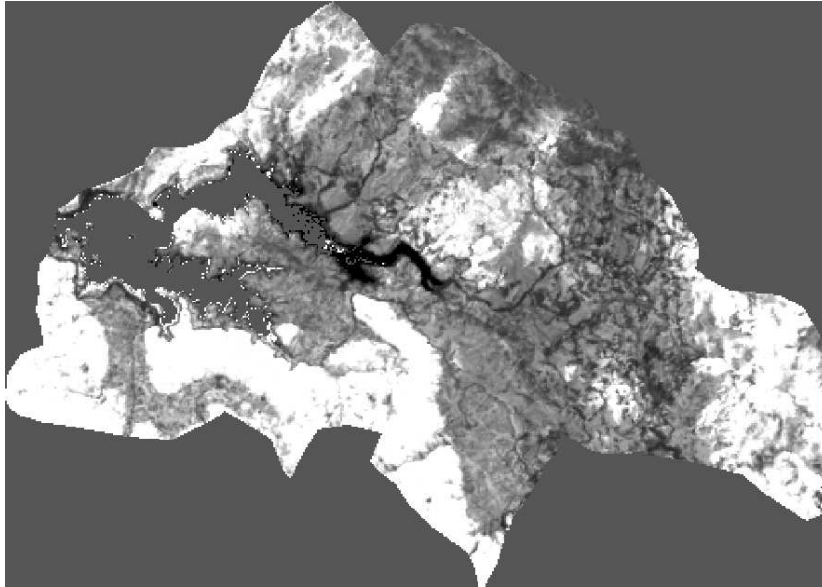


Εικ.80.Τελικός χάρτης Συντελεστή Φυτοκάλυψης (C) της περιοχής (Δορυφορική εικόνα 1988).

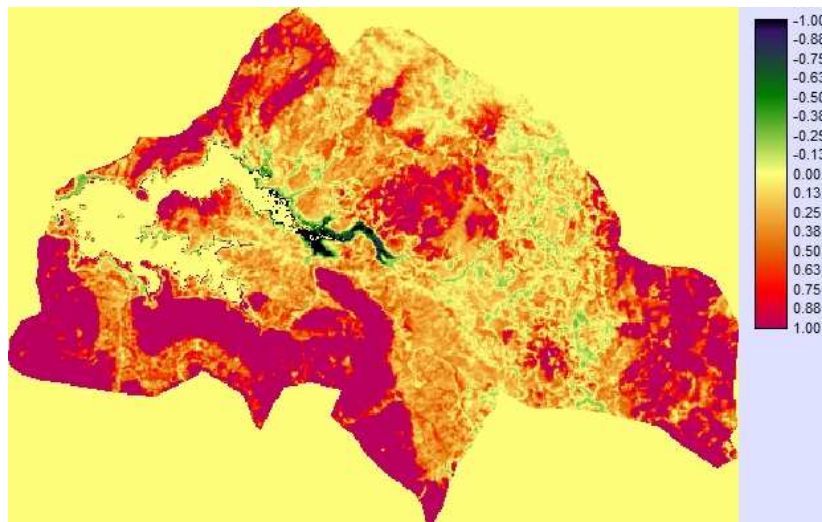
Η ίδια διαδικασία εξαγωγής του συντελεστή φυτοκάλυψης C επαναλαμβάνεται και για την δορυφορική εικόνα του 2006.



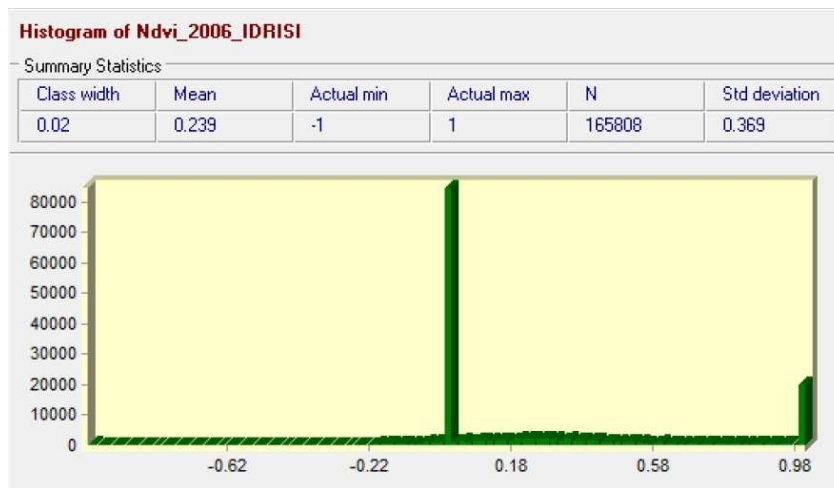
Εικ.81. Δορυφορική εικόνα, χρονολογίας 2006, της λεκάνης απορροής που έχει υποστεί ατμοσφαιρική διόρθωση (RGB: 4,3,2)



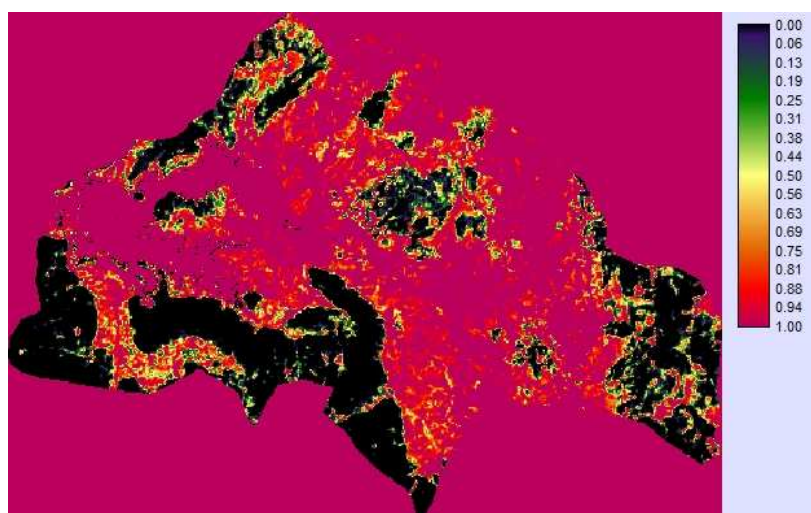
Εικ.82.Δείκτης βλάστησης NDVI της περιοχής (χρονολογία: 2006). Στο άσπρο φόντο ξεχωρίζει η έντονη βλάστηση με τιμές '1' που αντανακλά η έντονη παρουσία της χλωροφύλλης και με έντονο μαύρο η νεκρή περιοχή της βλάστησης με τιμές '-1' (νερό) (Erdas Imagine 9.1)



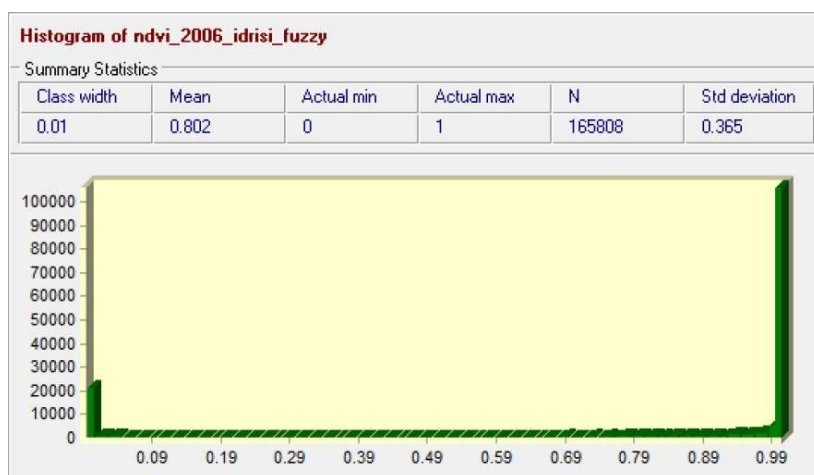
Εικ.83.Δείκτης βλάστησης NDVI της περιοχής (χρονολογία: 2006). Στο άσπρο φόντο ξεχωρίζει η έντονη βλάστηση με τιμές '1' που αντανακλά η έντονη παρουσία της χλωροφύλλης και με έντονο μαύρο η νεκρή περιοχή της βλάστησης με τιμές '-1' (νερό) (IDRISI Andes)



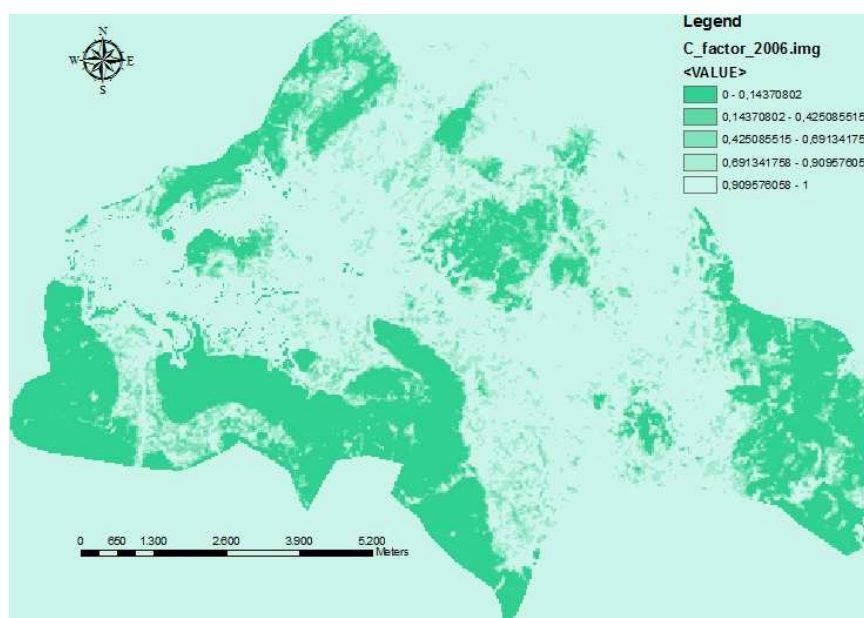
Εικ.84.Ιστογράμμο ψηφιακών υπογραφών (-1 εώς 1) του δείκτη βλάστηση Χρονολογία 2006). (IDRISI Andes)



Εικ.85.Αντικειμενοστραφής ταξινόμηση του δείκτη βλάστησης (NDVI) της Δορυφορικής εικόνας Landsat (2006). Οι περιοχές με βλάστηση έχουν μηδενικές τιμές.



Εικ.86 .Ιστόγραμμα ψηφιακών υπογραφών (0 έως 1) της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης (fuzzy theory set) του δείκτη βλάστηση (χρονολογία 2006). (IDRISI Andes).



Εικ.87.Τελικός χάρτης Συντελεστή Φυτοκάλυψης (C) της περιοχής (Δορυφορική εικόνα 2006).

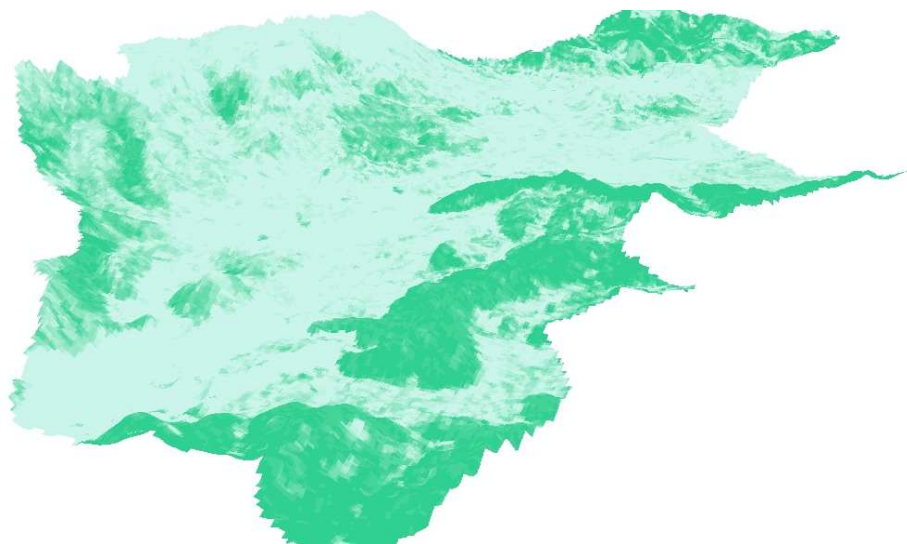
Η αύξηση της βλάστησης κυρίως σε επίπεδο κωνοφόρων είναι αυτή που δίνει μια αυξητική πορεία στην τιμή του συντελεστή.

ΣΥΝΟΨΗ

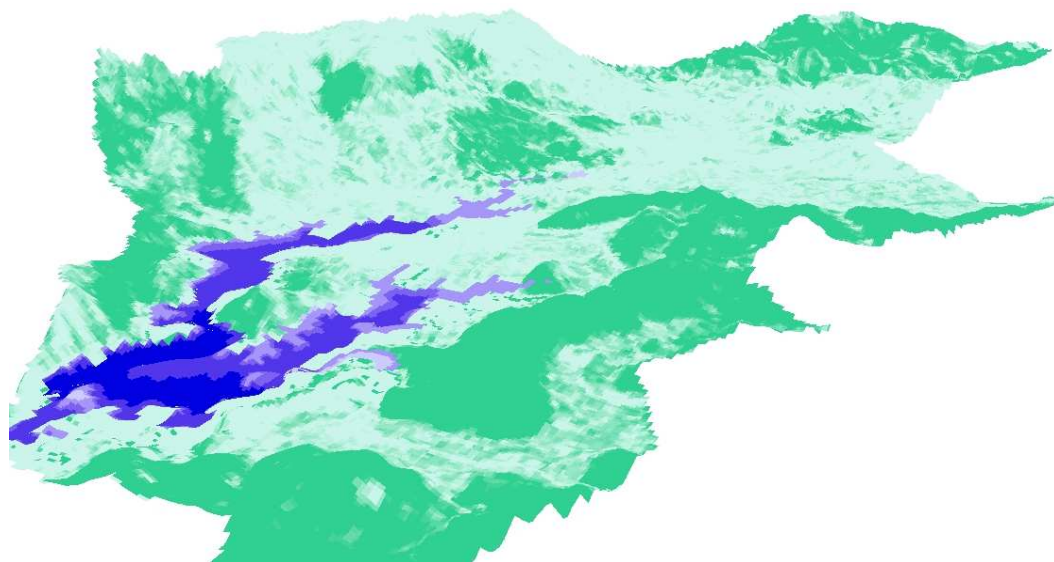
Εργασίες της επιστημονικής κοινότητας έχουν αποδείξει ότι η εκτίμηση των τιμών του συντελεστή φυτοκάλυψης (C factor) μέσω του δείκτη βλάστησης (NDVI) πολλές φορές δεν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα, καθώς διακρίνονται υπερβολικά υψηλές τιμές ιδίως για τις δασωμένες και χορτολιβαδικές εκτάσεις (Van der Knijff et al.

1999,2000) . Για τον σκοπό αυτό προτείνεται η επαλήθευση και ο έλεγχος των τιμών από τις τυποποιημένες ορθές τιμές της βάσης δεδομένων του Corine (Gitas et al. 2009) (Kouli et al.2009) .

Στην παρούσα διατριβή χρησιμοποιείται για τον εξαγωγή τελικών συμπερασμάτων του τελικού ο ορθός συντελεστής φυτοκάλυψης της βάσης δεδομένων του Corine Land Project).



Εικ.88.Τρισδιάστατη απεικόνιση του συντελεστή C (Επεξεργασία δορυφορικής εικόνας, Landsat 1988).

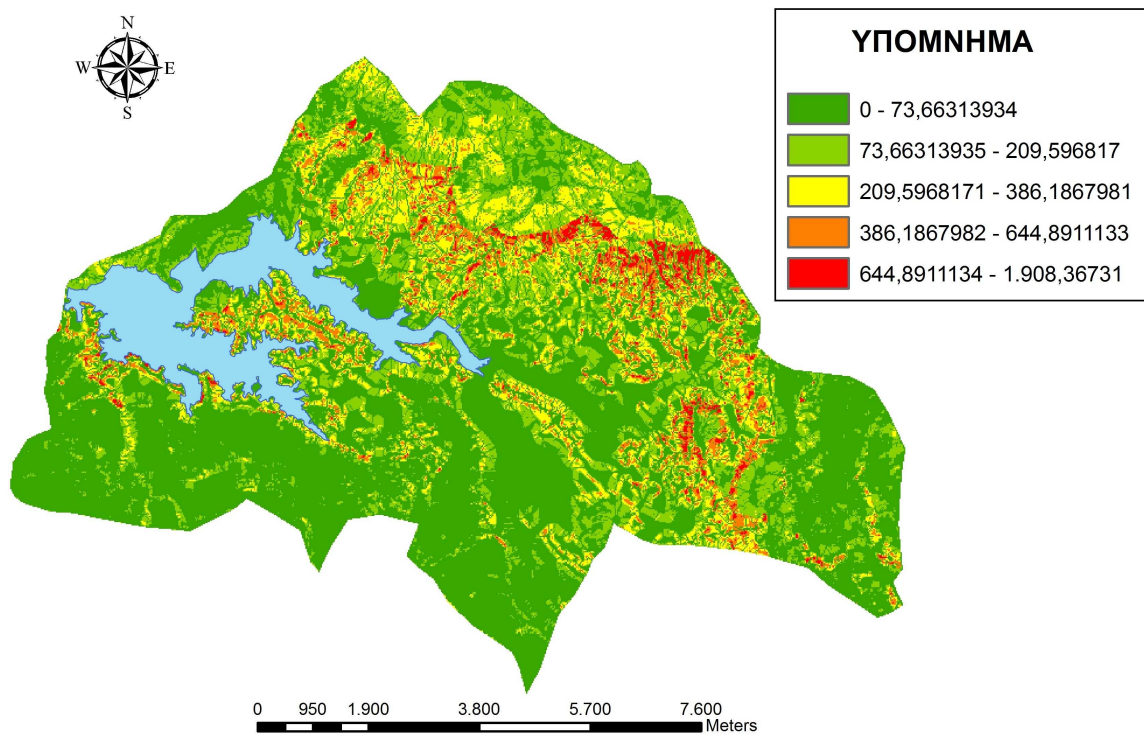


Εικ.89.Τρισδιάστατη απεικόνιση του συντελεστή C (Επεξεργασία δορυφορικής εικόνας, Landsat 2006).

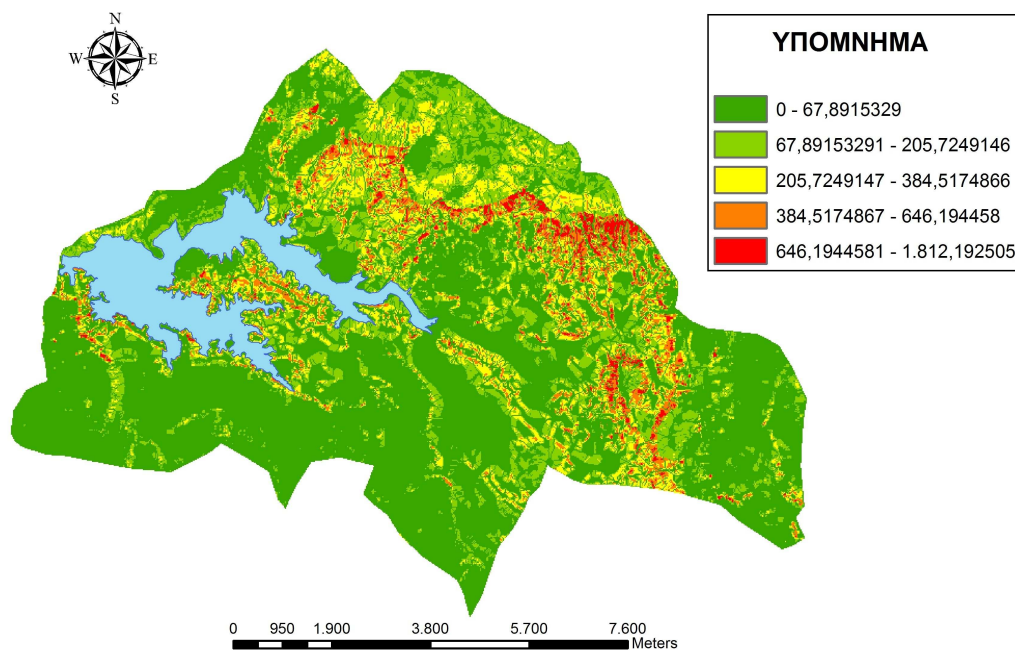
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ USLE ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ (NDVI)

Όπως ειπώθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο η μέθοδος της εξαγωγής του συντελεστή φυτοκάλυψης (C) από τις δορυφορικές εικόνες δίνει υψηλά ποσοστά εκτίμησης της στερεοαπορροής με αποτέλεσμα μη ρεαλιστικό.

Έτσι μας βοηθάει να βγάλουμε χρήσιμα συμπεράσματα όσον αφορά την διαδοχή της βλάστησης και της φυτοκάλυψης, χωρίς όμως να κάνουμε ποσοτικές εκτιμήσεις, όπως στην περίπτωση της εξαγωγής του συντελεστή φυτοκάλυψης από την βάση δεδομένων Corine Land Cover 2000.



Εικ.90. Τελικός χάρτης διάβρωσης της περιοχής των Πηγών Αώου χρονολογίας 1988, με δείκτη φυτοκάλυψης C υπολογισμένο από δορυφορική εικόνα Landsat (NDVI)



Εικ.91 Τελικός χάρτης διάβρωσης της περιοχής των Πηγών Αώου χρονολογίας 2006, με δείκτη φυτοκάλυψης C υπολογισμένο από δορυφορική εικόνα Landsat (NDVI)

Έτσι οι ποσοτικές εκτιμήσεις των υπομνημάτων των δύο δορυφορικών εικόνων, αν και μη ρεαλιστικές, μας δίνουν το χρήσιμο συμπέρασμα ότι η διάβρωση στην περιοχή υπέστη μείωση αυτήν την διάρκεια των 21 ετών κυρίως λόγω της αύξησης της φυτοκάλυψης και της προστατευτικής της λειτουργίας.