

**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα

**ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΜΑΣΤΕΡ

*Γεωγραφική και γεωμορφομετρική
αναπαράσταση του συστήματος
γεωταξινόμησης CORINE:
Εφαρμογή στο Νομό Φθιώτιδας.*

Αγλαΐα Παπαντώνη

Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Γεώργιος Μηλιαρέσης

Μάιος, 2015

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

*Γεωγραφική και γεωμορφομετρική αναπαράσταση του συστήματος
γεωταξινόμησης CORINE: Εφαρμογή στο Νομό Φθιώτιδας*

Αγλαΐα Παπαντώνη

Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Γεώργιος Μηλιαρέσης

Μάιος, 2015

Πίνακας περιεχομένων

Αφιερώσεις.....	iv
Ευχαριστίες	v
Ελληνική Περίληψη	vi
Αγγλική Περίληψη	vii
Πίνακες / Σχήματα / Εικόνες.....	viii

Κεφάλαιο Πρώτο – Εισαγωγή..... 1

1.1. Επιπτώσεις των ανθρωπογενών παρεμβάσεων στο περιβάλλον	5
1.2. Οι εξελίξεις στις τεχνολογίες χαρτογράφησης του φυσικού περιβάλλοντος	8
1.3. Συστήματα γεωταξινόμησης καλύψεων/χρήσεων γης	11
1.4. Καταγραφή του προβλήματος	11
1.5. Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης	13
1.6. Σκοποί και στόχοι.....	14

Κεφάλαιο Δεύτερο – Βιβλιογραφική Ανασκόπηση..... 16

2.1. Εισαγωγή	16
2.2. Οι καλύψεις και οι χρήσεις γης	17
2.2.1. Ερμηνεία των καλύψεων και χρήσεων γης.....	19
2.2.2. Το σύστημα γεωταξινόμησης U.S. Geological Survey	21
2.2.3. Το σύστημα γεωταξινόμησης CORINE	24
2.3. Εφαρμογές των καλύψεων και των χρήσεων γης.....	27
2.4. Υψομετρία	30
2.4.1. Γεωμορφομετρία.....	31
2.4.2. Προσομοίωση ροής και εντοπισμός υδρογραφικού δικτύου.....	33
2.4.3. Εντοπισμός και μορφομετρική ανάλυση λεκανών	35
2.5. Παραδειγματικές περιπτώσεις	37
2.5.1. Παρακολούθηση αλλαγών στις καλύψεις/χρήσεις γης.....	37
2.5.2. Εκτίμηση κινδύνου διάβρωσης εδάφους	40
2.5.3. Καθορισμός επιφανειακής ακτινοβολίας (θερμικής εκπομπής)	43

Κεφάλαιο Τρίτο – Μεθοδολογία	47
3.1. Σκοπός και στόχοι	47
3.2. Ερευνητικά ερωτήματα	48
3.3. Σχεδιασμός	48
3.4. Περιοχή μελέτης	49
3.5. Δεδομένα – Τυποποίηση και ακρίβεια	51
3.5.1. Γεωγραφικά δεδομένα	51
3.5.2. Ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο εδάφους	56
3.5.3. Καλύψεις γης CORINE	61
3.6. Γεωγραφία καλύψεων γης	67
3.7. Παραμετρική αναπαράσταση των καλύψεων γης ως προς την τοπογραφία	69
3.7.1. Υψόμετρο (Height, H)	69
3.7.2. Κλίση (Slope, S)	71
3.7.3. Διάνυσμα της κλίσης (Aspect).....	72
3.7.4. Δείκτης σύγκλισης (Convergence Index, C).....	73
3.7.5. Τοπογραφικός δείκτης υγρασίας (Topographic Wetness Index, TWI)	74
3.7.6. Κατά βάθος διάβρωση (Vertical distance to channel network, VDC).....	76
3.7.7. Σχετική θέση ως προς την κλίση (Relative slope position, RSP)	77
3.7.8. Τοπικό βάθος κοιλάδων (Valley depth, VD)	79
3.8. Τοπογραφική ταξινόμηση των καλύψεων γης	80
 Κεφάλαιο Τέταρτο – Σχολιασμός Αποτελεσμάτων.....	 89
 Κεφάλαιο Πέμπτο – Συμπεράσματα.....	 94
 Βιβλιογραφία.....	 96

*Στους γονείς μου, Κώστα & Αφρούλα
στην Χριστίνα, στον Χρήστο.*

Ευχαριστίες

Αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου Δρ. Γεώργιο Μηλιαρέση για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντας μου την παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή. Οι γνώσεις που μου μετέδωσε, οι συμβουλές του και η υποστήριξη που μου προσέφερε ήταν πολύτιμες τόσο κατά τη συγγραφή της διατριβής όσο και κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, Κώστα και Αφρούλα, που μου έδωσαν τη δυνατότητα να ασχοληθώ με τις μεταπτυχιακές σπουδές μου, στηρίζοντάς με ηθικά και οικονομικά, αλλά και την αδερφή μου, Χριστίνα, που μου συμπαραστάθηκε και με εμπύχωνε σε όλη τη διαδρομή.

Ευχαριστώ μέσα από την καρδιά μου τον Χρήστο, που με προέτρεψε να ξεκινήσω αυτό το μεταπτυχιακό και με ανέχτηκε μέχρι να το ολοκληρώσω.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους με βοήθησαν με τον τρόπο τους, συγγενείς, φίλοι, καθηγητές και συμφοιτητές.

Ελληνική Περίληψη

Για την αντιμετώπιση των φυσικών καταστροφών και της κλιματικής αλλαγής είναι αναγκαίο να ληφθούν μέτρα όπως α) η αποτελεσματικότερη χρήση των υδάτινων πόρων, β) η προσαρμογή των προδιαγραφών κατασκευής κτιρίων ώστε να είναι ανθεκτικά στις κλιματικές συνθήκες και σε ακραία καιρικά φαινόμενα, γ) η κατασκευή αντιπλημμυρικών έργων, δ) η ανάπτυξη ανθεκτικών στην ξηρασία καλλιέργειών, ε) η κατασκευή αναχωμάτων για την προστασία από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, στ) η επιλογή δασικών ειδών λιγότερο ευάλωτων στις πυρκαγιές, κ.λπ. Σε αυτό το πλαίσιο πρέπει να ληφθούν υπόψη χωροταξικοί παράγοντες, αφού η χωροταξία είναι μια διαδικασία ρύθμισης των αντιθέσεων που εκφράζονται στον χώρο από τις δραστηριότητες διαφορετικών ομάδων πολιτών και την κατανομή των χρήσεων και των καλύψεων γης. Επομένως, πρέπει να εξετασθεί η υπάρχουσα κατάτμηση του φυσικού περιβάλλοντος σε αντικείμενα καλύψεων/χρήσεων γης από τα λειτουργικά συστήματα γεωταξινόμησης και να παραμετροποιηθεί σε σχέση με την υψομετρική πληροφορία και τα παράγωγα της δεδομένα, αφού η υψομετρία προσδιορίζει σε ένα μεγάλο βαθμό την επιδεκτικότητα σε φυσικές καταστροφές (πλημμύρες, πυρκαγιές κλπ). Η κατάτμηση του γεωγραφικού χώρου σε χωρικά υποσύνολα (με βάση τις μορφομετρικές υπογραφές που αντιστοιχούν σε κάθε κάλυψη γης) είναι σημαντική γιατί θα δοθεί η δυνατότητα προσδιορισμού της καταλληλότητας των χωρικών υποσυνόλων σαν συνάρτηση της χωρικής μεταβολής των δεικτών, που κατ' επέκταση θα επιτρέψει την χωροθέτηση – εγκατάσταση χρήσεων και δραστηριοτήτων όπως καλλιέργειες, επέκταση σχεδίων πόλεων, χωροθέτηση τουριστικών εγκαταστάσεων κλπ. Σε αυτή τη μεταπτυχιακή διατριβή προσδιορίζονται γεωμορφομετρικοί και γεωγραφικοί παράμετροι (δείκτες) που διασυνδέονται με τις καλύψεις γης σε μια πολύ-παραμετρική πλεγματική αναπαράσταση. Η πολυδιάστατη παραμετρική αναπαράσταση αναλύεται στατιστικά και υποβοηθά την ερμηνεία της ανάπτυξης των καλύψεων γης σαν συνάρτηση του πεδίου, τον προσδιορισμό της βιοφυσικής τους καταλληλότητας στο δεδομένο γεωγραφικό περιβάλλον ανάπτυξης τους και στην επικινδυνότητα τους (καλύψεις, χρήσεις) σαν συνάρτηση της υπάρχουσας κατάστασης και της επερχόμενης κλιματικής αλλαγής. Η υλοποίηση πραγματοποιείται στα όρια του Νομού Φθιώτιδας και προσδιορίζονται α) οι μορφομετρικοί δείκτες που μπορούν να προσδιοριστούν από ΨΥΜΕ και να ανατεθούν στις καλύψεις γης, β) οι μορφομετρικές υπογραφές που είναι διαθέσιμες για κάθε κατηγορία κάλυψης γης, γ) οι χωρικές ζώνες στις οποίες μπορεί να καταταμηθεί ο νομός Φθιώτιδας ως προς τις μορφομετρικές υπογραφές των καλύψεων γης και δ) η διαφοροποίηση των μορφομετρικών υπογραφών μεταξύ των καλύψεων γης και η ερμηνεία της ως προς το γεωγραφικό περιβάλλον και τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Αγγλική Περίληψη

In order to deal with natural disasters and climate change is necessary to take measures such as: a) the efficient use of water resources, b) adaptation of buildings construction specifications, c) flood protection works, d) drought-resistant crops, e) selection of forestry species less vulnerable to fires, etc. In this context should be taken into account country planning factors. We must therefore examine the existing fragmentation of the natural environment objects coverages/land use of the operating systems and geotaxinomis is be parameterized relative to the elevation information and the differential derivatives of the data. Actually, elevation determines susceptibility to natural disasters. That fragmentation of geographic space in spatial subsets (based on morphometric signatures corresponding to each land cover) is important because it will allow the determination of the suitability of spatial subsets as a function of the spatial variation of indicators, which will allow the installation of uses and activities such as farming, urban expansion plans, location of tourist facilities etc. In this thesis, identified geomorphometric and geographical parameters (indicators) interface with the land cover in a multi-parametric grid representation. The multidimensional parametric representation is analyzed statistically and assists the interpretation of the development of land cover as a function of the field, the determination of terrain suitability - given their geographical environment and development in their risk (covers, uses) as a function of the existing situation and the upcoming climate change. The implementation is carried out within the limits of the prefecture of Fthiotida and determined a) the morphometric indicators that might be identified by DEM and land cover data, b) the morphometric signatures that are available for each land cover class, c) the spatial zones may be split the prefecture of Fthiotida in terms of the morphometric signatures of land cover and d) the variation of morphometric signatures between land cover and its interpretation as to the geographical environment and human activities.

Πίνακες / Σχήματα / Εικόνες

Πίνακες

Πίνακας 2.2.1.1. Καθορισμός των κανόνων σύνθεσης του clutter (E) που αντιστοιχεί στις ψηφιακές εικόνες X,Y,Z. Μαθηματικά οι σχέσεις A1-A7 εκφράζονται ως $E = \max \{X,Y,Z\}$ (Μηλιαρέσης, 2003).

Πίνακας 2.2.2.1. Σύστημα ταξινόμησης χρήσεων/καλύψεων γης της US Geological Survey.

Πίνακας 2.2.3.1. Το σύστημα γεωταξινόμησης CORINE (2 από τα 3 επίπεδα).

Πίνακας 2.5.3.1. Οι αρχικές κατηγορίες και οι τάξεις που προέκυψαν από επαναταξινόμηση – ομαδοποίηση των τάξεων του CLC2000 (Stathopoulou, et al., 2009).

Πίνακας 3.5.3.1. Κατηγοριοποιήσεις CORINE σύμφωνα με την αγγλική ορολογία.

Πίνακας 3.5.3.2. Επιφανειακή εξάπλωση των κατηγοριοποιήσεων CORINE στο νομό Φθιώτιδας (σε στρέμματα και σε ποσοστό %).

Πίνακας 3.6.1. Η επιφανειακή εξάπλωση των κατηγοριοποιήσεων CORINE που εντοπίζονται στην περιοχή μελέτης (σε pixels και σε ποσοστό % της συνολικής επιφάνειας). Με μπλε χρώμα σημειώνονται οι κύριες επιφανειακές εμφανίσεις (>0,50%).

Πίνακας 3.7.1.1. Παραμετρική αναπαράσταση των καλύψεων γης που εντοπίζονται στην περιοχή μελέτης με βάση το υψόμετρο. Δίνεται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση.

Πίνακας 3.7.2.1. Παραμετρική αναπαράσταση των καλύψεων γης που εντοπίζονται στην περιοχή μελέτης με βάση την κλίση (σε μοίρες). Δίνεται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση.

Πίνακας 3.5.4.2. Παραμετρική αναπαράσταση των καλύψεων γης που εντοπίζονται στην περιοχή μελέτης με βάση τον δείκτη σύγκλισης. Δίνεται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση.

Πίνακας 3.7.5.1. Παραμετρική αναπαράσταση των καλύψεων γης που εντοπίζονται στην περιοχή μελέτης με βάση τον τοπογραφικό δείκτη υγρασίας. Δίνεται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση.

Πίνακας 3.7.6.1. Παραμετρική αναπαράσταση των καλύψεων γης που εντοπίζονται στην περιοχή μελέτης με βάση την κατά βάθος διάβρωση. Δίνεται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση.

Πίνακας 3.7.7.1. Παραμετρική αναπαράσταση των καλύψεων γης που εντοπίζονται στην περιοχή μελέτης με βάση την σχετική θέση ως προς την κλίση. Δίνεται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση.

Πίνακας 3.7.8.1. Παραμετρική αναπαράσταση των καλύψεων γης που εντοπίζονται στην περιοχή μελέτης με βάση το τοπικό βάθος κοιλάδων. Δίνεται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση.

Πίνακας 3.8.1. Αναπαράσταση των καλύψεων γης με βάση την μέση τοπογραφική έκφραση κάθε κάλυψης.

Πίνακας 3.8.2. Τυποποιημένα εσωτερικά γινόμενα (συσχετίσεις).

Πίνακας 3.8.3. Η σύγκλιση σε κάθε μια από τις 27 επαναλήψεις (με ακρίβεια 3 δεκαδικών).

Πίνακας 3.8.4. Η οργάνωση των καλύψεων γης σε 5 κατηγορίες ανάλογα με την τοπογραφική έκφραση και η μέση απόσταση των καλύψεων γης που ανήκουν σε κάθε κατηγορία από το κέντρο βάρους κάθε κατηγορίας.

Πίνακας 3.8.5. Τα κέντρα βάρους κάθε κατηγορίας κάλυψης γης ως προς την τυποποιημένη τοπογραφική έκφραση.

Πίνακας 3.8.6. Ο πίνακας διαχωρισμού των κέντρων βάρους των πέντε κατηγοριών (στην κύρια διαγώνιο η απόσταση είναι μηδέν).

Πίνακας 3.8.7. Ο αριθμός των διανυσμάτων καλύψεων γης ανά τάξη.

Πίνακας 3.8.8. Τα κέντρα βάρους κάθε κατηγορίας ως προς τη μη τυποποιημένη τοπογραφική έκφραση των διανυσμάτων.

Σχήματα

Σχήμα 3.4.1. Ο νομός Φθιώτιδας και οι λεκάνες απορροής του (ιδία επεξεργασία).

Σχήμα 3.5.1.1. Βάση δεδομένων GADM (GADM, 2014).

Σχήμα 3.5.1.2. Τα διοικητικά όρια του νομού Φθιώτιδας.

Σχήμα 3.5.1.3. Οι δήμοι του νομού Φθιώτιδας.

Σχήμα 3.5.1.4. Τα δημοτικά διαμερίσματα του νομού Φθιώτιδας.

Σχήμα 3.5.1.5. Τα δημοτικά διαμερίσματα του νομού Φθιώτιδας και οι ονομασίες τους.

Σχήμα 3.5.1.6. Οι οικιστικές συγκεντρώσεις του νομού Φθιώτιδας.

Σχήμα 3.5.1.7. Το οδικό δίκτυο του νομού Φθιώτιδας (OSM, 2014).

Σχήμα 3.5.1.8. Το οδικό δίκτυο του νομού Φθιώτιδας.

Σχήμα 3.5.1.9. Διαθεσιμότητα του υδρογραφικού δικτύου της Ελλάδας (Geodata Rivers, 2014).

Σχήμα 3.5.1.10. Το υδρογραφικό δίκτυο του νομού Φθιώτιδας.

Σχήμα 3.5.2.1. Το ΨΥΜΕ της περιοχής μελέτης. Όσο μικρότερο είναι το υψόμετρο τόσο πιο λευκή είναι η απεικόνιση. Το υψόμετρο στην περιοχή κυμαίνεται από 0m έως 2290m.

Σχήμα 3.5.2.2. Χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου. Ο χάρτης δημιουργήθηκε με τον ήλιο τοποθετημένο στις 315° αζιμούθιο και σε ύψος 45° .

Σχήμα 3.5.2.3. Έγχρωμος χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου. Ο ήλιος έχει οριστεί με αζιμούθιο στις 315° και ύψος 45° .

Σχήμα 3.5.2.4. Οι ισοϋψείς καμπύλες στην περιοχή μελέτης (ισοδιάσταση 100m).

Σχήμα 3.5.2.5. Τρισδιάστατη απεικόνιση του χάρτη σκιασμένου ανάγλυφου.

Σχήμα 3.5.2.6. Κατακόρυφη προοπτική του χάρτη σκιασμένου ανάγλυφου.

Σχήμα 3.5.3.1. Οι κατηγοριοποιήσεις Corine, ο χρωματικός συνδυασμός και οι κωδικοί τους.

Σχήμα 3.5.3.2. Διαθεσιμότητα Corine 2000 (Geodata Corine, 2014).

Σχήμα 3.5.3.3. Διαδραστικός χάρτης της Ελλάδας (Corine Subsetting, 2014).

Σχήμα 3.5.3.4. Corine Land Cover 2000 raster data – Version 16 (Corine Raster, 2014).

Σχήμα 3.5.3.5. Η χωρική κατανομή των κατηγοριοποιήσεων CORINE στο νομό Φθιώτιδας.

Σχήμα 3.5.3.6. Ποσοστιαία κατανομή των καλύψεων γης στο νομό Φθιώτιδας σε μορφή ιστογράμματος.

Σχήμα 3.6.1. Οι κύριες επιφανειακές εμφανίσεις στο νομό Φθιώτιδας.

Σχήμα 3.7.1.1. Έγχρωμος χάρτης του υψομέτρου και υπόμνημα.

Σχήμα 3.7.2.1. Έγχρωμος χάρτης της κλίσης και υπόμνημα. Η κλίση δίνεται σε radians ($\pi=3,1415926$ και αντιστοιχεί σε 180°).

Σχήμα 3.7.3.1. Έγχρωμος χάρτης του διανύσματος της κλίσης (σε radians) και υπόμνημα.

Σχήμα 3.7.4.1. Έγχρωμος χάρτης του δείκτη σύγκλισης και υπόμνημα.

Σχήμα 3.7.5.1. Έγχρωμος χάρτης που υποδηλώνει τον τοπογραφικό δείκτη υγρασίας και υπόμνημα.

Σχήμα 3.7.6.1. Έγχρωμος χάρτης που υποδηλώνει την κατά βάθος διάβρωση και υπόμνημα.

Σχήμα 3.7.7.1. Έγχρωμος χάρτης που υποδηλώνει την σχετική θέση ως προς την κλίση.

Σχήμα 3.7.8.1. Χάρτης που υποδηλώνει το τοπικό βάθος κοιλάδων με διαβαθμίσεις του γκρίζου.

Σχήμα 3.8.1. Προεπισκόπηση των διανυσμάτων (SPSS/Screen cut).

Σχήμα 3.8.2. Τυποποιημένα διανύσματα (SPSS/Screen cut).

Σχήμα 3.8.3. Τα κέντρα βάρους ως προς την τυποποιημένη τοπογραφική έκφραση. Το διάγραμμα προέκυψε από τα δεδομένα του Πίνακα 3.8.5. Η τάξη 4 δεν συμπεριελήφθη γιατί εμπεριέχει μόνο μια κάλυψη γης (outlier).

Εικόνες

Εικόνα 2.5.1.1. Οι κατηγορίες χρήσης γης στην περιοχή μελέτης για τα έτη (α) 1981, (β) 1992 και (γ) 2004 (Sönmez, et al., 2009).

Εικόνα 2.5.2.1. Χάρτης πιθανού κινδύνου διάβρωσης του εδάφους – PSER (Zhu, 2012).

Εικόνα 2.5.2.2. Χάρτης πραγματικού κινδύνου διάβρωσης του εδάφους – ASER (Zhu, 2012).

Εικόνα 2.5.3.1. Χάρτης συντελεστή θερμικής εκπομπής (ε) της ευρύτερης περιοχής της Αθήνας. Οι τιμές του ε κυμαίνονται από 0,89 (ανοιχτό καφέ) μέχρι 0,98 (σκούρο πράσινο) (Stathopoulou, et al., 2009).

Εικόνα 2.5.3.2. Χάρτης καλύψεων/χρήσεων γης της ευρύτερης περιοχής της Αθήνας, όπως αναπαράχθηκα από το CLC2000 (Stathopoulou, et al., 2009).

Κεφάλαιο Πρώτο

Εισαγωγή

Το φυσικό περιβάλλον αποτελείται από συγκεκριμένες οντότητες οι οποίες συμμετέχουν σε φυσικές διεργασίες και έχουν διαφορετικούς κύκλους ζωής. Οι οντότητες αυτές συνθέτουν ένα εννοιολογικό πλαίσιο στο οποίο οργανώνονται αντικείμενα, φυσικές διεργασίες και οι τρόποι διασύνδεσης διαφορετικών αντικειμένων μεταξύ τους (Dengiz and Akgül, 2005). Τα φυσικά αντικείμενα βρίσκονται σε διαρκή μεταβολή είτε εξαιτίας της συμμετοχής τους σε περιοδικούς κύκλους (εποχικές αλλαγές, κύκλος ζωής - θανάτου κλπ) είτε λόγω ασυνεχών διεργασιών που διαταράσσουν την ισορροπία του υποσυνόλου στο οποίο ανήκουν (Zhu, 2012). Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι η εμφάνιση αλλαγών στην επιφάνεια της γης. Στις μέρες μας, ο εντοπισμός των αλλαγών περιλαμβάνει κυρίως τις μεταβολές που ήταν αποτέλεσμα φυσικών διεργασιών, συμπεριλαμβανομένων των φυσικών καταστροφών και των ανθρωπογενών παρεμβάσεων. Επιπλέον, τα τεχνολογικά μέσα που έχουμε στη διάθεση μας για την καταγραφή των φυσικών αλλαγών στο περιβάλλον έχουν εξελιχθεί δραστικά σε σημείο να μας δίνουν την δυνατότητα όχι μόνο καταγραφής αλλά και μοντελοποίησης της εξέλιξης των αλλαγών του φυσικού περιβάλλοντος (Vaitkus and Vaitkuvienė, 2005).

Η έννοια του περιβάλλοντος είναι πολυδιάστατη. Σύμφωνα με έναν αρκετά απλοποιημένο αλλά κοινά αποδεκτό ορισμό, περιβάλλον είναι *«το σύνολο των φυσικών εξωτερικών συνθηκών και επιδράσεων που επηρεάζουν τον τρόπο σύμφωνα με τον οποίο τα έμβια όντα ζουν και αναπτύσσονται μέσα σ' αυτό»* (Bishop, et al., 2012). Πρόκειται δηλαδή για ένα ανοικτό και δυναμικό σύστημα, μια σύνθετη οντότητα στοιχείων και σχέσεων, δομημένο και αδόμητο, που μεταβάλλεται διαρκώς. Σε αυτό το πλαίσιο, ο άνθρωπος είναι ταυτόχρονα υποκείμενο και αντικείμενο που συνδέεται αναπόσπαστα με το περιβάλλον και αλληλεπιδρά με αυτό (Giallonardo, et al., 2011).

Παρόλο που το περιβάλλον πρέπει να αντιμετωπίζεται ως ολότητα, μπορεί να διακριθεί σε δύο απόλυτα αλληλένδετα και αλληλοσυμπληρούμενα υποσύνολα: το φυσικό και το ανθρωπογενές ή ανθρώπινο περιβάλλον (Kesgin and Nurlu, 2009). Το φυσικό περιβάλλον

συγκροτείται από τα φυσικά οικοσυστήματα ενώ το ανθρωπογενές περιβάλλον αποτελείται από συστήματα που δημιουργήθηκαν με ανθρώπινη παρέμβαση. Στην πραγματικότητα ο διαχωρισμός του φυσικού περιβάλλοντος από το ανθρωπογενές είναι αυθαίρετος, αφού στις μέρες μας είναι ανύπαρκτη φύση στην οποία δεν έχει παρέμβει ή διαμορφώσει ο άνθρωπος. Καθώς δεν υπάρχει σαφές όριο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κριτήριο διάκρισης ο βαθμός επέμβασης του ανθρώπου στο περιβάλλον (Costea and Haidu, 2010).

Ως φυσικό περιβάλλον νοείται η φύση ή αλλιώς το σύνολο των οικοσυστημάτων στα οποία δεν έχει παρέμβει καθόλου ή έχει παρέμβει ελάχιστα ο άνθρωπος (Onur, et al., 2009). Πρόκειται για μια σύνθετη ενότητα που περιλαμβάνει το σύνολο των αβιοτικών (αέρας, νερό, έδαφος) και των βιοτικών παραγόντων (χλωρίδα, πανίδα) που εξασφαλίζουν, επηρεάζουν και προάγουν τη ζωή μέσα από πολύπλοκες σχέσεις αλληλεπίδρασης και αλληλεξάρτησης, καθιστώντας το φυσικό περιβάλλον αυτάρκες και αυτοσυντηρούμενο (Yilmaz, 2010). Το φυσικό περιβάλλον περιλαμβάνει τα δάση, τα λιβάδια, τα ποτάμια, τις λίμνες, τις θάλασσες, τους ωκεανούς και τις γεωμορφολογικές δομές (Kurosui, et al., 2001). Το αβιοτικό ή γεωφυσικό περιβάλλον διαμορφώνεται από διάφορους φυσικούς παράγοντες (Feranec, et al., 2007) όπως η θερμοκρασία, το νερό, το φως, η υγρασία, το έδαφος, τα ανόργανα, θρεπτικά συστατικά κλπ, δρα συνδυαστικά στους οργανισμούς και ρυθμίζει τις δραστηριότητές τους (Feranec, et al., 2010). Ταυτόχρονα οι οργανισμοί επιδρούν σε αυτό, διαφοροποιώντας το ή ρυθμίζοντάς το. Το βιοτικό περιβάλλον συγκροτείται από τους οργανισμούς, μεταξύ των οποίων αναπτύσσεται ένα πολύπλοκο σύστημα συμπληρωματικών και ανταγωνιστικών σχέσεων, μέσω του οποίου οι οργανισμοί οργανώνονται σε πληθυσμούς και κοινότητες, τις βιοκοινωνίες (Gallego and Bamps, 2008). Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των οργανισμών σε συνδυασμό με τις αλληλεπιδράσεις με το δίκτυο των αβιοτικών παραγόντων οργανώνουν τελικά το περιβάλλον σε μια αδιάσπαστη λειτουργική ενότητα (Gallego, et al., 2011, Chang, 2008).

Τα βασικά στοιχεία του φυσικού περιβάλλοντος είναι το έδαφος, το νερό και η ατμόσφαιρα (Geist and Lambin, 2002).

- Το έδαφος είναι ένα μείγμα από αποσθρωμένο υλικό πετρωμάτων, οργανική ύλη σε αποσύνθεση, θρεπτικά συστατικά, μέταλλα, αέρα, οξυγόνο, υγρασία και δισεκατομμύρια μικροοργανισμούς που διασπούν την οργανική ύλη (αποικοδομητές). Αυτοί οι μικροοργανισμοί καθιστούν το έδαφος ζωντανό, γόνιμο και παραγωγικό. Η δημιουργία

του εδάφους είναι αποτέλεσμα της επίδρασης του ανάγλυφου, του κλίματος, της βλάστησης, των μικροοργανισμών του εδάφους και του χρόνου πάνω στα πετρώματα και τα μητρικά υλικά (Ramankutty and Snyder, 2007). Παρόλο που το έδαφος σχηματίζεται με ιδιαίτερα αργούς ρυθμούς (π.χ. για τη δημιουργία 1cm ασβεστολιθικού εδάφους χρειάζονται 5-10 αιώνες) θεωρείται ανανεώσιμος φυσικός πόρος (Sobrinho and Raissouni, 2000). Το έδαφος σε αλληλεπίδραση με το κλίμα μιας περιοχής σχηματίζουν τους βιότοπους, στους οποίους ζει η φυτοκοινότητα (ανώτερα και κατώτερα είδη φυτών) και η ζωοκοινότητα (ανώτερα και κατώτερα είδη ζώων), οπότε η προστασία του και η διατήρηση των εδαφικών συνθηκών είναι καθοριστική για την επιβίωση της βιοκοινότητας. Η κατάσταση του εδάφους εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες (Jasiewicz and Stepinski, 2013).

- Το νερό είναι το βασικό συστατικό της γης. Περίπου το 70% της επιφάνειας του πλανήτη καλύπτεται από νερό ενώ οι οργανισμοί αποτελούνται και αυτοί κυρίως από νερό σε ποσοστό που μπορεί να αγγίξει το 98% του βάρους τους (Rahman, et al., 2009). Η ποσότητα του νερού στην υδρόσφαιρα διαιωνίζεται μέσω ενός κύκλου ζωής με κινητήρια δύναμη την ηλιακή ενέργεια, τον υδρολογικό κύκλο (εξάτμιση – συμπύκνωση – υγροποίηση – κατακρημνίσματα – διήθηση – επιφανειακή απορροή – εξάτμιση). Ο υδρολογικός κύκλος επιτρέπει στο νερό να «αναπαράγεται» και εξασφαλίζει τις ανταλλαγές μεταξύ της υδρόσφαιρας, της ατμόσφαιρας, της λιθόσφαιρας και της βιόσφαιρας. Παρόλο που ο συνολικός όγκος του νερού στη γη είναι περίπου 1δις 500 km³, μόνο ένα μικρό ποσοστό είναι χρησιμοποιήσιμο (Langhammer and Vilimek, 2008). Το 97% του αποθέματος είναι αλμυρό νερό και αποτελεί τους ωκεανούς και τις θάλασσες, ενώ από το υπόλοιπο 3% (γλυκό νερό) μόνο το ¼ αποτελεί τα επιφανειακά γλυκά νερά, τα υπόγεια νερά και τους υδρατμούς της ατμόσφαιρας. Ο υδρολογικός κύκλος δηλαδή κινητοποιεί μια πολύ μικρή ποσότητα νερού και ο άνθρωπος μπορεί να χρησιμοποιήσει άμεσα για την κάλυψη των αναγκών του μόλις το 0,01% του γλυκού νερού. Το νερό θεωρείται ανανεώσιμος πόρος εφόσον ο υδρολογικός κύκλος εξασφαλίζει τη συνεχή παρουσία του στη φύση, όμως η άνιση κατανομή του στη γη και οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στον κύκλο επηρεάζουν την ποιότητα και τη διαθεσιμότητά του (Kumar, et al., 2010).
- Η ατμόσφαιρα είναι ένα λεπτό στρώμα αέρα που περιβάλλει τη γη και εκτείνεται σε ύψος 1000km περίπου (Manzo, et al., 2013). Η πυκνότητά της ελαττώνεται όσο

απομακρυνόμαστε από την επιφάνεια της γης, με το 99% της μάζας της να περιέχεται στα πρώτα 40km. Επιπλέον η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας μεταβάλλεται με το ύψος και ανάλογα με τις θερμοκρασιακές μεταβολές διακρίνονται τα παρακάτω στρώματα, ξεκινώντας από την επιφάνεια της γης: τροπόσφαιρα, στρατόσφαιρα, μεσόσφαιρα και θερμόσφαιρα (Dwivedi, et al., 2005). Στην στρατόσφαιρα περιέχεται το προστατευτικό στρώμα του όζοντος που περιβάλλει ολόκληρο τον πλανήτη και συγκρατεί περίπου το 99% της επιβλαβούς υπεριώδους ακτινοβολίας, επιτρέποντας τη συνέχιση της ζωής στη γη. Η κατ' όγκο σύσταση του καθαρού και ξηρού αέρα κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας είναι: 78,08% άζωτο, 20,95% οξυγόνο, 0,93% αργό, 0,03% διοξείδιο του άνθρακα και 0,01% υπόλοιπα αέρια (Ne, He, Kr, H₂, O₃). Τέλος στην ατμόσφαιρα υπάρχουν και υδρατμοί που δημιουργούν την υγρασία του αέρα. Οι πιο σημαντικές λειτουργίες της ατμόσφαιρας είναι ότι συντηρεί τη ζωή πάνω στον πλανήτη, προφυλάσσει από την επικίνδυνη ηλιακή ακτινοβολία και από την κοσμική ακτινοβολία, προστατεύει την επιφάνεια της γης από την πτώση μετεωριτών, ρυθμίζει τις θερμοκρασιακές μεταβολές, δημιουργεί τα μετεωρολογικά φαινόμενα και το χρώμα στον ουρανό. Τα τελευταία χρόνια οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν προκαλέσει σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα στην ατμόσφαιρα (Coblentz, et al., 2014).

Τα στοιχεία του φυσικού περιβάλλοντος στο οποίο ενσωματώνονται οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις και τα παραγόμενα προϊόντα ομαδοποιούνται σε ένα εννοιολογικό πλαίσιο στο οποίο κάθε φυσική ή ανθρωπογενής διεργασία ή αντικείμενο ταξινομείται σε μία κατηγορία ή εξειδίκευση (Cheng, et al., 2011). Ένα γενικό εννοιολογικό πλαίσιο οργάνωσης θα πρέπει να περιλαμβάνει τις παρακάτω κατηγοριοποιήσεις: α) χερσαία οικοσυστήματα, β) υδατικά οικοσυστήματα, γ) γεωργικές εκμεταλλεύσεις, δ) βιομηχανικό περιβάλλον, ε) περιοχές εξόρυξης, στ) τεχνητές λίμνες και ζ) δομημένο περιβάλλον (Mavrakis, et al., 2013, Καραμέρης, 2011).

Τους προηγούμενους αιώνες, ο εντοπισμός αλλαγών στην επιφάνεια της γης περιελάμβανε μεταβολές που: α) στην πλειονότητα τους ήταν αποτέλεσμα φυσικών διεργασιών, συμπεριλαμβανομένων των φυσικών καταστροφών (πυρκαγιές, ηφαιστειακές εκρήξεις, πλημμύρες κλπ) και β) ήταν λιγότερο αποτέλεσμα των ανθρωπογενών επιδράσεων.

Στις μέρες μας η κατάσταση έχει τροποποιηθεί δραστικά, αφού οι αλλαγές στην επιφάνεια της γης οφείλονται κατά πλειοψηφία είτε άμεσα (π.χ. αποψίλωση δασικών εκτάσεων στον

Αμαζόνιο με ταυτόχρονη αλλαγή χρήσης γης από δασική σε γεωργική) είτε έμμεσα (π.χ. εκπομπές αέριων ρύπων που συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου) στις ανθρωπογενείς παρεμβάσεις (Haack and Bechdol, 2000).

Οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις διακρίνονται σε αυτές που επικεντρώνονται στην εκμετάλλευση των φυσικών και ενεργειακών πόρων (γεωργία, ορυκτά καύσιμα, υδάτινοι πόροι κλπ) και σε αυτές που αλλάζουν την κάλυψη και τη χρήση της επιφάνειας της γης προκειμένου να γίνουν έργα υποδομής που εξυπηρετούν την εκμετάλλευση των φυσικών πόρων (λιμάνια, συγκοινωνιακά έργα κλπ) ή για να εξυπηρετήσουν ανάγκες που σχετίζονται με την οικιστική δραστηριότητα (Olteanu, et al., 2009). Επιπλέον, οι ανθρωπογενείς επιδράσεις εκφράζονται και από τις συνέπειες μεγάλων περιβαλλοντικών καταστροφών που τα αίτια τους σε πολύ μεγάλο ποσοστό είναι συνάρτηση των αλόγιστων παρεμβάσεων των ανθρώπων στις φυσικές διεργασίες (Sifakis, et al., 2004).

1.1 Επιπτώσεις των ανθρωπογενών παρεμβάσεων στο περιβάλλον

Οι παρεμβάσεις του ανθρώπου στο περιβάλλον έχουν σαν συνέπεια την άνοδο της θερμοκρασίας, την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, τη διάβρωση και την καταστροφή του εδαφικού ορίζοντα, την αύξηση της συχνότητας των ραγδαίων βροχοπτώσεων με τα συνεπαγόμενα πλημμυρικά φαινόμενα κλπ, δηλαδή με λίγα λόγια συντελούν τα μέγιστα στο φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής (Castilla and Hay, 2007).

Στα πλαίσια της κλιματικής και ενεργειακής πολιτικής της η Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) κατάρτισε ένα δυναμικό στρατηγικό πλαίσιο με ορίζοντα το 2030 που βρίσκεται υπό διαρκή αναθεώρηση – επικαιροποίηση σχετικά με τους στόχους και τις πολιτικές της ΕΕ για την αλλαγή του κλίματος, την ενέργεια, την προστασία από ανθρωπογενείς καταστροφές (Kindu, et al., 2013).

Η λήψη μέτρων προσαρμογής προϋποθέτει την εκτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής μεταβολής σε διάφορους τομείς της οικονομικής και κοινωνικής δραστηριότητας σε τοπικό επίπεδο αλλά και τον προσδιορισμό του οικονομικού αποτελέσματος των επιπτώσεων αυτών (Yuksel, et al., 2008). Οι σημαντικότερες διαταραχές που θα προκληθούν σύμφωνα με τις

αναλύσεις και μελέτες που έχουν διεξαχθεί περιλαμβάνουν επιπτώσεις στη δημόσια υγεία, στην αγροτική παραγωγή, στη διαθεσιμότητα και ποιότητα των υδατικών πόρων, στη διαθεσιμότητα γης, στην ποιότητα των φυσικών οικοσυστημάτων, στη βιοποικιλότητα, στην προσφορά και ζήτηση ενέργειας, στη συχνότητα εμφάνισης ακραίων καιρικών φαινομένων, (Goldgof, et al., 1990) κλπ. Η ένταση των προαναφερθέντων κλιματικών αλλαγών και των συνεπαγόμενων επιπτώσεων δεν θα είναι η ίδια σε όλες τις περιοχές του πλανήτη, ενώ σε ορισμένες γεωγραφικές περιοχές και σε συγκεκριμένους τομείς είναι ακόμη δυνατόν να προκύψουν και οφέλη (Aydin and Tecimen, 2010).

Για την αντιμετώπιση των φυσικών καταστροφών και της κλιματικής αλλαγής είναι αναγκαίο να ληφθούν μέτρα σε εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο (Khalyani et al. 2012) όπως:

- μέτρα πιο αποτελεσματικής χρήσης των υδάτινων πόρων
- κατασκευή αντιπλημμυρικών έργων
- προστασία από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας με ανύψωση των αναχωμάτων
- ανάπτυξη καλλιεργειών που να είναι ανθεκτικότερες στην ξηρασία
- επιλογή δασικών ειδών και δασοκομικών πρακτικών λιγότερο ευάλωτων στις καταιγίδες και τις πυρκαγιές,
- εκπόνηση χωροταξικών σχεδίων και τη δημιουργία διαδρόμων για να διευκολυνθεί η μετανάστευση των ειδών
- προσαρμογή των υφιστάμενων προδιαγραφών κατασκευής κτιρίων, ώστε να είναι ανθεκτικά στις μελλοντικές κλιματικές συνθήκες και σε ακραία καιρικά φαινόμενα.

Σε αυτό το πλαίσιο πρέπει να ληφθούν υπόψη χωροταξικοί παράγοντες (Hirata, et al., 2001). Η χωροταξία είναι μια διαδικασία ρύθμισης των αντιθέσεων που εκφράζονται στον χώρο από τις δραστηριότητες διαφορετικών ομάδων πολιτών και από την κατανομή των χρήσεων γης. Στόχος της χωροταξίας είναι η ρύθμιση και οργάνωση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων (Tappan, et al., 2000) και λειτουργιών με την ορθολογική κατανομή, διάρθρωση και ανάπτυξη των φυσικών πόρων, των οικονομικών, κοινωνικών, πολιτιστικών και δημογραφικών δεδομένων και με συντονισμό της εφαρμογής των προγραμμάτων ανάπτυξης σε συγκεκριμένες εδαφικές ενότητες ώστε να βελτιωθούν η ισορροπία του δικτύου των πόλεων, οι σχέσεις πόλης – υπαίθρου, η διαχείριση των φυσικών και πολιτιστικών πόρων και η προστασία του περιβάλλοντος (Campling, et al., 2005).

Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν μέρος της οικολογίας των δασικών οικοσυστημάτων της χώρας μας και είναι φαινόμενο σύνθετο που ακολουθεί τους νόμους της φύσης. Οι δασικές πυρκαγιές, με τη δημιουργία τοπίων καταστροφής, επηρεάζουν αρνητικά την ανθρώπινη ψυχολογία και έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στις ανθρώπινες δραστηριότητες επειδή συμβάλουν στη σταδιακή ερημοποίηση των πληγέντων περιοχών (Pfeifer, et al., 2013). Βέβαια έχει διαπιστωθεί ότι οι δασικές πυρκαγιές μπορεί να συμβάλουν θετικά στην φυσική ανανέωση και αύξηση της βιοποικιλότητας των δασικών οικοσυστημάτων αλλά και αρνητικά, προκαλώντας την πλήρη υποβάθμιση τους, όταν οι πυρκαγιές είναι επαναλαμβανόμενες σε μικρά σχετικά χρονικά διαστήματα στον ίδιο τόπο (Hulley, et al., 2014). Είναι εύλογη λοιπόν η ανησυχία που υπάρχει και η σημασία που δίνεται στο πρόβλημα των δασικών πυρκαγιών σε σχέση με την κλιματική αλλαγή και την άνοδο της θερμοκρασίας, με δεδομένο μάλιστα ότι περισσότερο από το 10% της έκτασης της χώρας μας καλύπτεται σήμερα από άγονες και βραχώδεις εκτάσεις, γεγονός οφειλόμενο κατά μεγάλο μέρος στην επανάληψη του κύκλου των πυρκαγιών (Wulder, et al., 2010).

Τα πλημμυρικά φαινόμενα ήδη πλήττουν την τελευταία δεκαετία την Ευρώπη, τόσο τις Βόρειες όσο και τις Νότιες χώρες. Στα πλαίσια της περιβαλλοντικής πολιτικής της και έχοντας ως στόχο να βοηθηθούν τα Κράτη Μέλη στην πρόληψη, τον περιορισμό και την αντιμετώπιση των πλημμυρών, η Ε.Ε. εξέδωσε την Οδηγία 2007/60/EK «για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας» (Ε.Κ., 2007). Με την 2007/60/EK σε συνδυασμό με την οδηγία πλαίσιο 2000/60/EK (οδηγία πλαίσιο για τα ύδατα) δημιουργήθηκε το ευρωπαϊκό πλαίσιο για τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας. Η διαδικασία διαχείρισης του κινδύνου πλημμυρών που προτείνει η Οδηγία απαιτεί μακροπρόθεσμο σχεδιασμό και υλοποιείται σε τρία στάδια:

α) μέχρι το τέλος του 2011: τα Κράτη Μέλη θα πρέπει να πραγματοποιήσουν μια προκαταρκτική εκτίμηση των κινδύνων πλημμύρας για τις λεκάνες απορροής ποταμών και με αυτό τον τρόπο να προσδιορίσουν τις περιοχές με σοβαρή πιθανότητα πλημμύρας.

β) μέχρι το τέλος του 2013: σε περιοχές στις οποίες πράγματι υφίστανται κίνδυνοι για ζημιές από πλημμύρες οφείλουν να εκπονήσουν χάρτες επικινδυνότητας και χάρτες κινδύνων πλημμύρας, στους οποίους θα αποτυπώνονται οι αρνητικές συνέπειες των πλημμυρών στον πληθυσμό, σε εγκαταστάσεις κλπ.

γ) μέχρι το 2015: για τις περιοχές υψηλής επικινδυνότητας που εντοπίστηκαν θα πρέπει να καταρτισθούν σχέδια διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας, τα οποία πρέπει να

περιλαμβάνουν μέτρα για τη μείωση της πιθανότητας πλημμύρας και τον περιορισμό των πιθανών της επιπτώσεων. Τα σχέδια αυτά θα καλύπτουν μεν όλες τις φάσεις του κύκλου διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας αλλά θα εστιάζουν κυρίως σε μέτρα πρόληψης (π.χ. πρόληψη των ζημιών από πλημμύρες με την αποφυγή κατασκευής οικιών και βιομηχανιών σε περιοχές που απειλούνται σήμερα ή που θα απειληθούν στο μέλλον από πλημμύρες ή προσαρμογή των μελλοντικών αναπτυξιακών προγραμμάτων στους κινδύνους πλημμύρας), στην προστασία (λήψη μέτρων μείωσης της πιθανότητας πλημμυρών ή/και περιορισμού των επιπτώσεων των πλημμυρών σε συγκεκριμένες τοποθεσίες) και στην ετοιμότητα (παροχή οδηγιών στο κοινό σχετικά με το τι πρέπει να κάνει σε περίπτωση πλημμύρας).

Τα παραπάνω τρία στάδια θα επαναλαμβάνονται σε εξαετείς κύκλους ώστε να εξασφαλιστεί η συνεκτίμηση των μακροπρόθεσμων εξελίξεων. Στις περιπτώσεις διεθνών λεκανών απορροής ποταμών προβλέπεται συντονισμός μεταξύ των εμπλεκόμενων χωρών ώστε να μην μετατεθούν τα προβλήματα από τη μια περιοχή στην άλλη. Τέλος, θα πρέπει να εξασφαλιστεί η ενεργός συμμετοχή όλων των ενδιαφερόμενων μερών στην κατάρτιση και επικαιροποίηση των σχεδίων διαχείρισης κινδύνου πλημμυρών και τα σχέδια, οι εκτιμήσεις και οι χάρτες κινδύνου θα πρέπει να δημοσιοποιούνται (Υ.Π.Ε.Κ.Α, 2014).

1.2 Οι εξελίξεις στις τεχνολογίες χαρτογράφησης του φυσικού περιβάλλοντος

Η σύγχρονη τεχνολογία μας παρέχει λογισμικό και υπολογιστικά συστήματα που επιτρέπουν την καταγραφή και μοντελοποίηση της φυσικής πραγματικότητας (Chavez, 1996) σε περιβάλλον Η/Υ (Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών – ΓΣΠ). Παράλληλα, οι εξελίξεις της τεχνολογίας στη δορυφορική τηλεπισκόπηση μας επιτρέπει τη χαρτογράφηση της επιφάνειας της γης με όλο και μεγαλύτερη χωρική διακριτική ικανότητα και σε μήκη κύματος πέρα του ορατού τμήματος του φάσματος, επιτρέποντας τη διάκριση των ειδών της βλάστησης και την καταγραφή βιοφυσικών πληροφοριών όπως η θερμοκρασία και η υγρασία (Mather, 1987). Ένα παράδειγμα χαρτογραφικού δορυφορικού συστήματος είναι η σειρά των δορυφόρων Landsat. Το πρώτο σύστημα Landsat τέθηκε σε λειτουργία από τη NASA το 1972 με σκοπό την αποτύπωση των καλύψεων της γήινης επιφάνειας παγκοσμίως και σε τακτή βάση και μέχρι σήμερα έχουν εκτοξευτεί οκτώ (8) δορυφόροι Landsat. Στις μέρες μας η χρήση των δεδομένων Landsat έχει εξελιχθεί και πλέον αποτελούν βασική πηγή δεδομένων

για την αντιμετώπιση βασικών ζητημάτων της επιστήμης, αλλά και πολύτιμος πόρος για τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων σε διαφορετικούς τομείς όπως η γεωργία, η δασοκομία, η χρήση της γης, για τη διαχείριση των υδάτινων πόρων και την εξερεύνηση φυσικών πόρων (Bayramin, et al., 2006).

Τα ΓΣΠ και οι χαρτογραφικοί δορυφόροι αποτελούν τα τεχνολογικά μέσα που χρησιμοποιούνται σήμερα για την καταγραφή των καλύψεων γης και των φυσικών ή ανθρωπογενών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα σε μια περιοχή (Bashir, et al., 2013). Η χρήση γης περιλαμβάνει τις δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα και συνάγονται είτε άμεσα είτε έμμεσα από την κάλυψη γης. Ο προσδιορισμός των καλύψεων/χρήσεων γης γίνεται έχοντας ως ελάχιστη επιφανειακή οντότητα το εικονοστοιχείο (χωρική διακριτική ικανότητα) της δορυφορικής εικόνας που χρησιμοποιούμε (Achard, et al., 2007). Επιπλέον, η περιοδική και επαναληπτική αποτύπωση της επιφάνειας της γης από δορυφορικά καταγραφικά συστήματα με μεγάλη συχνότητα μας δίνει τη δυνατότητα εντοπισμού των αλλαγών στις καλύψεις/χρήσεις γης που είναι είτε μόνιμες, όπως για παράδειγμα η αποψίλωση δασών και η αλλαγή της χρήσης σε γεωργική, είτε παροδικές, που σχετίζονται κυρίως με εποχικές αλλαγές (Wang and D' Sa, 2010) στη διάρκεια του έτους, όπως για παράδειγμα οι καλλιέργειες βαμβακιού.

Ένα παράδειγμα χρήσης της σύγχρονης τεχνολογίας για την καταγραφή των καλύψεων και χρήσεων γης και των αλλαγών τους αποτελεί η υδρογραφική λεκάνη του Αμαζόνιου. Πιο συγκεκριμένα, τα δεδομένα που συγκέντρωσε η υπηρεσία διαστήματος της Βραζιλίας από δορυφόρους καταγράφουν την αποψίλωση μιας έκτασης 465km² στη διάρκεια του Μαΐου, σχεδόν πενταπλάσιας σε σύγκριση με την αποψίλωση η οποία είχε καταγραφεί τον Μάιο του 2012 (Souza, et al., 2013). Από τον Αύγουστο, τον μήνα που η Βραζιλία αρχίζει κάθε χρόνο να συλλέγει δεδομένα για τις εκτάσεις του τροπικού δάσους που έχουν αποψιλωθεί, συνολικά έχει καταγραφεί η καταστροφή 2.338km² τροπικού δάσους – μιας έκτασης που είναι αυξημένη κατά 35% σε σχέση με ένα χρόνο νωρίτερα. Η περιοχή αυτή, που ισούται με την έκταση της πόλης της Νέας Υόρκης επί τρία, είναι ήδη μεγαλύτερη από τα συνολικά 2.051km² που είχε μετρηθεί ότι αποψιλώθηκαν κατά τους 12 μήνες της προηγούμενης μέτρησης, η οποία ολοκληρώθηκε τον Ιούλιο του 2012. Τα στοιχεία αυτά είναι πάντως μειωμένα σε σύγκριση με την εποχή της ραγδαίας αποψίλωσης των προηγούμενων δεκαετιών, όταν υλοτόμοι, αγρότες και μεσίτες ακινήτων κατέστρεφαν με ιδιαίτερα ταχείς ρυθμούς το τροπικό δάσος, γεγονός που προκάλεσε παγκόσμια κατακραυγή (Zhu, et al.,

2000). Χρειάζονται όμως πιο πλήρη στοιχεία και έρευνα πεδίου για να επαληθευτεί η πλήρης έκταση και το είδος της αποψίλωσης του τροπικού δάσους του Αμαζονίου (Souza, et al., 2013). Ένα μέρος της, για παράδειγμα, ίσως οφείλεται σε δασικές πυρκαγιές ή φυσικά φαινόμενα (Foley, et al., 2007).

Η νέα, σύγχρονη μορφή υψομετρικής πληροφορίας που είναι διαθέσιμη στις μέρες μας, επιτρέπει την παραμετροποίηση του ανάγλυφου και τον προσδιορισμό βιοφυσικών και γεωμορφομετρικών παραμέτρων (Miliareisis and Paraschou, 2011). Για παράδειγμα, η υψομετρική πληροφορία συσχετίζεται άμεσα με τη θερμοκρασία, η οποία είναι αντιστρόφως ανάλογη με το υψόμετρο, τη χλωρίδα, αφού μετά από ένα συγκεκριμένο ύψος παρατηρείται μόνο ποώδης βλάστηση, τις βροχοπτώσεις, οι οποίες αυξάνονται μέχρι το υψόμετρο των 1000m και στη συνέχεια μειώνονται (Jenson and Dominique, 1988, Ehsani and Quiel, 2008) κλπ. Από το παράδειγμα γίνεται σαφές ότι το υψόμετρο από μόνο του προσδιορίζει τη βιοφυσική υπογραφή μιας περιοχής (θερμοκρασία, υγρασία, χλωρίδα κλπ) και την καταλληλότητά της για την ανάπτυξη της βλάστησης, της πανίδας και των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων (Miliareisis, 2013). Η πρώτη παράγωγος του υψομέτρου (κλίση και προσανατολισμός) προσδιορίζει ακόμη περισσότερο την βιοφυσική υπογραφή. Έτσι, για παράδειγμα, η κλίση συσχετίζεται με τη διάβρωση του εδάφους, την απόθεση φερτών υλικών, την απορροή, τον δείκτη υγρασίας κλπ, ενώ ο προσανατολισμός συσχετίζεται με παραμέτρους όπως το μέγεθος και η διάρκεια των σκιάσεων, η έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία, η αιολική έκθεση (Buchanan, et al., 2013). Επιπροσθέτως, η δεύτερη παράγωγος του υψομέτρου (καμπυλότητα) προσδιορίζει συγκλίνουσες ή αποκλίνουσες απορροές, το χαρακτήρα της ηλιακής και αιολικής έκθεσης κλπ (Jasiewicz and Stepinski, 2013).

Η διαμόρφωση του ανάγλυφου επηρεάζει είτε θετικά είτε αρνητικά την ανάπτυξη των καλύψεων γης (Yokoyama, et al., 2002) και δημιουργεί περισσότερο ή λιγότερο πρόσφορες περιοχές για την ανάπτυξη συγκεκριμένων δραστηριοτήτων και χρήσεων, δηλαδή καθορίζει σε ένα βαθμό την οικονομική δραστηριότητα σε μια ζώνη (Pike, 2001).

Επομένως εάν συνδέσουμε την υψομετρική πληροφορία και τα παράγωγά της με τα συστήματα γεωταξινόμησης καλύψεων/χρήσεων γης θα μπορέσουμε να αξιολογήσουμε τις χρήσεις και τις καλύψεις γης (Kallimanis and Koutsias, 2013) σε σχέση με την εξάρτηση της βιοφυσικής τους κατάστασης από την υψομετρική πληροφορία και να αξιολογήσουμε ή και

να χωροθετήσουμε δραστηριότητες ή/και να εκτιμήσουμε την επιδεκτικότητα σε φυσικές καταστροφές, όπως πυρκαγιές, πλημμύρες κλπ (Barredo and Engelen, 2010).

1.3 Συστήματα γεωταξινόμησης καλύψεων/χρήσεων γης

Στις μέρες μας, η περιοδική χαρτογράφηση των καλύψεων και χρήσεων γης είναι ένα πολύτιμο εργαλείο και διεξάγεται τόσο σε επίπεδο κράτους όσο και σε παγκόσμια κλίμακα. Δηλαδή η χαρτογράφηση των καλύψεων – χρήσεων γης (Lillesand, et al., 2008) εφόσον πραγματοποιείται σε περιοδική βάση είναι ένα εργαλείο με το οποίο προσδιορίζονται οι τρέχουσες δραστηριότητες και αποτελεί ένα υπόβαθρο που προσδιορίζει το οικοσύστημα, τους φυσικούς πόρους, το περιβάλλον και την οικονομική δραστηριότητα μιας περιοχής (Waser and Schwarz, 2006). Η χαρτογράφηση μας επιτρέπει τον προσδιορισμό του είδους των αλλαγών που έλαβαν χώρα στην περιοχή εφόσον έχει ληφθεί και η διαφορετική διάσταση και επιπλέον μας δίνει την δυνατότητα να ληφθούν αποφάσεις σε σχέση με την οικονομία, το περιβάλλον (Miliareisis, 2009) κλπ, προβαίνοντας σε επανακαθορισμό – επαναχωροθέτηση των καλύψεων γης και των δραστηριοτήτων σε σχέση με το αναπτυξιακό μοντέλο, την κλιματική αλλαγή, τους φυσικούς κινδύνους.

Στην Ευρώπη, το σύστημα γεωταξινόμησης CORINE καταγράφει τις καλύψεις – χρήσεις γης σε όλη την Ευρωπαϊκή Ένωση σε τρία επίπεδα λεπτομέρειας (Neumann, et al., 2009). Το πρώτο επίπεδο προβλέπει πέντε (5) κύριες κατηγοριοποιήσεις που διαχωρίζονται σε 44 δευτερεύουσες κατηγορίες. Τα στάδια σύνθεσης ενός χάρτη καλύψεων – χρήσεων γης περιλαμβάνουν α) τον προσδιορισμό των κατηγοριοποιήσεων που είναι συνάρτηση της κλίμακας και της εφαρμογής και β) την περιοδική χαρτογράφηση με μεθοδολογίες τηλεπισκόπισης (Sonmez, et al., 2009).

1.4 Καταγραφή του προβλήματος

Στις μέρες μας, οι αλλαγές στην επιφάνεια της γης οφείλονται κατά πλειοψηφία είτε άμεσα (π.χ. αποψίλωση δασικών εκτάσεων στον Αμαζόνιο με ταυτόχρονη αλλαγή χρήσης γης από δασική σε γεωργική) είτε έμμεσα (π.χ. εκπομπές αέριων ρύπων που συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου) στις ανθρωπογενείς παρεμβάσεις. Αυτές οι παρεμβάσεις του ανθρώπου

έχουν σαν συνέπεια την άνοδο της θερμοκρασίας, την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, την διάβρωση και την καταστροφή του εδαφικού ορίζοντα, την αύξηση της συχνότητας των ραγδαίων βροχοπτώσεων με τα συνεπαγόμενα πλημμυρικά φαινόμενα, την επιδείνωση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής κλπ (Castilla and Hay, 2007). Σε αυτό το πλαίσιο, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει καταρτίσει ένα δυναμικό στρατηγικό πλαίσιο που βρίσκεται υπό διαρκή αναθεώρηση – επικαιροποίηση και, με ορίζοντα το 2030, έχει υιοθετήσει πολιτικές και έχει θέσει στόχους σχετικά με την αλλαγή του κλίματος, την ενεργειακή ασφάλεια και αυτοδυναμία και την προστασία του περιβάλλοντος από ανθρωπογενείς καταστροφές.

Για την αντιμετώπιση των φυσικών καταστροφών και της κλιματικής αλλαγής είναι αναγκαίο να ληφθούν μέτρα για την αποτελεσματικότερη χρήση των υδάτινων πόρων, να κατασκευαστούν αντιπλημμυρικά έργα, να ανυψωθούν τα αναχώματα για την προστασία από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, να αναπτυχθούν καλλιέργειες που να είναι ανθεκτικότερες στην ξηρασία, να επιλέγονται δασικά είδη και δασοκομικές πρακτικές λιγότερο ευάλωτες στις καταιγίδες και τις πυρκαγιές, να εκπονηθούν χωροταξικά σχέδια και να δημιουργηθούν διάδρομοι για τη μετανάστευση των ειδών, να προσαρμοστούν οι υφιστάμενες προδιαγραφές κατασκευής των κτιρίων ώστε να αντέχουν στις μελλοντικές κλιματικές συνθήκες και σε ακραία καιρικά φαινόμενα και διάφορα άλλα μέτρα. Στο σχεδιασμό και τη λήψη μέτρων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη χωροταξικοί παράγοντες αφού από τον ορισμό της η χωροταξία είναι μια διαδικασία ρύθμισης των αντιθέσεων που εκφράζονται στον χώρο από τις δραστηριότητες διαφορετικών ομάδων πολιτών και την κατανομή των χρήσεων και των καλύψεων γης.

Επομένως πρέπει να εξετασθεί η υπάρχουσα κατάτμηση του φυσικού περιβάλλοντος σε αντικείμενα καλύψεων – χρήσεων γης από τα λειτουργικά συστήματα γεωταξινόμησης και να παραμετροποιηθεί σε σχέση με την υψομετρική πληροφορία και τα παράγωγα της δεδομένα, αφού η υψομετρία προσδιορίζει σε ένα μεγάλο βαθμό την επιδεκτικότητα σε φυσικές καταστροφές όπως πλημμύρες, πυρκαγιές κλπ. Δηλαδή η κατάτμηση του γεωγραφικού χώρου σε χωρικά υποσύνολα με βάση τις μορφομετρικές υπογραφές που αντιστοιχούν σε κάθε κάλυψη γης είναι σημαντική γιατί παρέχει τη δυνατότητα προσδιορισμού της καταλληλότητας των χωρικών υποσυνόλων σαν συνάρτηση της χωρικής μεταβολής των δεικτών και επιτρέπει την κατάλληλη χωροθέτηση – εγκατάσταση χρήσεων και δραστηριοτήτων όπως την χωροθέτηση των καλλιεργειών, την επέκταση σχεδίων πόλεων, την χωροθέτηση τουριστικών εγκαταστάσεων κλπ.

1.5 Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης

Το σύστημα γεωταξινόμησης – κατηγοριοποίησης CORINE (Coordination of Information on the Environment) είναι η ευρωπαϊκή χωρική βάση δεδομένων καλύψεων/χρήσεων γης και είναι διαθέσιμη από τον διαδικτυακό τόπο του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος. Πρόκειται για μια πλεγματική χωρική βάση δεδομένων καλύψεων γης η οποία προέρχεται από την οπτική ερμηνεία δορυφορικών εικόνων υψηλής ανάλυσης του Θεματικού Χαρτογράφου Landsat-TM και του SPOT-XS (Μηλιαρέσης, 2003). Αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1980 και από τότε ενημερώνεται και αναθεωρείται διαρκώς. Περιλαμβάνει 5 κύριες και 44 δευτερεύουσες κατηγοριοποιήσεις και οργανώνεται ιεραρχικά σε 3 επίπεδα λεπτομέρειας.

Οι θεματικοί χάρτες καλύψεων/χρήσεων γης CORINE έχουν συντεθεί τρεις φορές για το σύνολο της Ευρώπης, το 1990, το 2000 και το 2006 και παρέχουν μια στατιστική εικόνα των καλύψεων και των χρήσεων γης για τις δεδομένες χρονικές στιγμές (δεδομένες λήψεις δορυφορικών εικόνων). Επί του παρόντος, οι αναθεωρημένοι χάρτες για το 2012 βρίσκονται στο στάδιο της παραγωγής. Η διαχρονική αποτύπωση των καλύψεων και χρήσεων γης επιτρέπει τον εντοπισμό των αλλαγών στην επιφάνεια της γης και αποτυπώνει τη δυναμική κατάσταση των οικοσυστημάτων και του περιβάλλοντος στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ενώ αποτελεί εκτίμηση των φυσικών πόρων και της οικονομικής δραστηριότητας.

Η νέα, σύγχρονη μορφή υψομετρικής πληροφορίας – τα ψηφιακά υψομετρικά μοντέλα εδάφους (ΨΥΜΕ) – που είναι πλέον διαθέσιμη μας επιτρέπει την παραμετροποίηση του ανάγλυφου και τον προσδιορισμό βιοφυσικών και γεωμορφομετρικών παραμέτρων (Μηλιαρέσης, 2006). Η γεωμορφομετρία προσδιορίζει την αιολική έκθεση, τις βροχοπτώσεις (συνάρτηση του υψομέτρου και του προσανατολισμού), το είδος της βλάστησης, τις ζώνες χιονιού, την επιφανειακή απορροή, ενώ από τα ψηφιακά υψομετρικά μοντέλα εδάφους προκύπτουν μια σειρά βιοφυσικοί δείκτες οι οποίοι προσδιορίζουν την βιοφυσική καταλληλότητα σαν συνάρτηση της παραμετροποίησης του πεδίου (Pike, 2001).

1.6 Σκοποί και στόχοι

Σε αυτή την μεταπτυχιακή διατριβή θα προσδιορισθούν γεωμορφομετρικοί και γεωγραφικοί παράμετροι (δείκτες) και θα διασυνδεθούν με τις καλύψεις γης σε μια πολύ-παραμετρική πλεγματική αναπαράσταση. Η πολυδιάστατη παραμετρική αναπαράσταση θα αναλυθεί στατιστικά και θα υποβοηθήσει την ερμηνεία της ανάπτυξης των καλύψεων γης σαν συνάρτηση του πεδίου, τον προσδιορισμό της βιοφυσικής τους καταλληλότητας στο δεδομένο γεωγραφικό περιβάλλον ανάπτυξης τους και την επικινδυνότητα τους (καλύψεις, χρήσεις) σαν συνάρτηση της υπάρχουσας κατάστασης και της επερχόμενης κλιματικής αλλαγής.

Μερικά δυνητικά ερευνητικά ερωτήματα ακολουθούν:

- Ποιοί μορφομετρικοί δείκτες μπορούν να προσδιοριστούν από τα ΨΥΜΕ και να ανατεθούν στις καλύψεις γης;
- Ποιές μορφομετρικές υπογραφές είναι διαθέσιμες για κάθε κατηγορία κάλυψης γης;
- Σε ποιές χωρικές ζώνες μπορεί να καταταμηθεί ο νομός Φθιώτιδας ως προς τις μορφομετρικές υπογραφές των καλύψεων γης που εντοπίζονται στην περιοχή;
- Ποια η διαφοροποίηση των μορφομετρικών υπογραφών μεταξύ των καλύψεων γης και πως ερμηνεύεται με βάση το γεωγραφικό περιβάλλον και τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες;

Θα γίνει παραδειγματική υλοποίηση – εφαρμογή στο νομό Φθιώτιδας. Ο νομός Φθιώτιδας (πλέον Περιφερειακή Ενότητα Φθιώτιδας), με έκταση 4.441km² και πρωτεύουσα την Λαμία, βρίσκεται στο βορειοανατολικό τμήμα της Στερεάς Ελλάδας, είναι ορεινής έως ημιορεινής μορφολογίας και βρέχεται από θάλασσα στα ανατολικά. Η περιοχή διαθέτει αρκετά σημαντικό υδατικό δυναμικό. Οι κύριες λεκάνες απορροής (ΛΑ) είναι του Σπερχείου και της ΒΑ Παραλίας Καλλίδρομου. Βασικό υδρογραφικό στοιχείο του νομού είναι ο Σπερχειός ποταμός, ο οποίος διαρρέει σε όλο του το μήκος την περιοχή από τα δυτικά προς τα ανατολικά και διαμορφώνει με τις προσχώσεις του τον μυλό του Μαλιακού κόλπου, ενώ συναντάμε τμήμα του Βοιωτικού Κηφισού και μικρότερους ποταμούς και χείμαρρους μόνιμης και περιοδικής ροής. Το κλίμα ποικίλει λόγω της γεωγραφικής θέσης και του ανάγλυφου της περιοχής από ηπειρωτικό έως θαλάσσιο μεσογειακό (Ε.Γ.Υ. 2013).

Η περιοχή έχει πληθυσμό 158.231 κατοίκους με βάση την απογραφή του 2011. Κύριες οικονομικές δραστηριότητες είναι η γεωργία, η κτηνοτροφία, η αλιεία, η βιομηχανία, το εμπόριο και οι υπηρεσίες. Οι γεωργικές (εντατικές και μη) καλλιέργειες και οι κτηνοτροφικές δραστηριότητες εντοπίζονται σε ολόκληρο το νομό. Η βιομηχανική δραστηριότητα εντοπίζεται στην ΛΑ Σπερχειού και στην Βιομηχανική Περιοχή Λαμίας (μονάδες μεταποίησης, επεξεργασίας γάλακτος, χαρτιού, βαμβακοελαιουργεία κλπ), ενώ στο νομό είναι αναπτυγμένες και διάφορες μορφές τουρισμού.

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Εισαγωγή

Στόχος της βιβλιογραφικής ανασκόπησης είναι να παρουσιαστούν οι παράμετροι του προβλήματος που είναι οι καλύψεις γης και η γεωμορφομετρία, όπως αυτή προκύπτει από τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους. Επιπλέον θα δοθούν παραδειγματικές εφαρμογές από τη διεθνή βιβλιογραφία προκειμένου να τονιστεί η αλληλοσυσχέτιση των καλύψεων γης και της γεωμορφομετρίας, καθώς και οι φυσικές καταστροφές που λαμβάνουν χώρα σαν συνάρτηση της γεωμορφομετρικής υπογραφής των καλύψεων/χρήσεων γης σε συγκεκριμένα γεωγραφικά περιβάλλοντα. Πιο συγκεκριμένα:

- Ορίζονται οι έννοιες κάλυψη γης, χρήση γης και παρουσιάζονται οι τεχνικές καταγραφής τους από δορυφορικές εικόνες σε ένα περιβάλλον γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών. Παρουσιάζονται τα πλέον διαδεδομένα συστήματα γεωταξινόμησης χρήσεων/καλύψεων γης α) CORINE (Ευρωπαϊκή Ένωση) και β) US Geological Survey (ΗΠΑ). Παρουσιάζονται οι εφαρμογές της κάλυψης και της χρήσης γης σε τομείς που αφορούν στο περιβάλλον όπως στην υδρολογία, στη διαχείριση γης, στην κλιματική αλλαγή, στις φυσικές καταστροφές, στην παρακολούθηση και διαχείριση των φυσικών πόρων.
- Παρουσιάζεται η πλέον σύγχρονη τεχνική απεικόνιση του ανάγλυφου (ψηφιακά υψομετρικά μοντέλα εδάφους) και ορίζονται οι γεωμορφομετρικές παράμετροι που μπορούν να εξαχθούν από αυτά όπως και ενδεικτικές εφαρμογές (κλίση, προσομοίωση ροής, εντοπισμός και αναπαράσταση υδρογραφικών λεκανών).
- Μια σειρά από παραδειγματικές περιπτώσεις από τη σύγχρονη βιβλιογραφία καταδεικνύει την αλληλεξάρτηση των καλύψεων/χρήσεων γης και της γεωμορφομετρίας

και τους πιθανούς κινδύνους και φυσικές καταστροφές που πηγάζουν από αυτή την αλληλοσυσχέτιση.

2.2 Οι καλύψεις και οι χρήσεις γης

Οι πληροφορίες που περιγράφουν τις πραγματικές καλύψεις που εντοπίζονται στην επιφάνεια της γης αποτελούν ισχυρό πλεονέκτημα στο σχεδιασμό και μοντελοποίηση του κόσμου μας (Olteanu, 2009) και η χαρτογράφηση των καλύψεων (land cover) και των χρήσεων (land use) γης αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα πεδία εφαρμογών της φωτοερμηνείας – τηλεπισκόπησης (Campbell, 1997, Lo, 1998).

Η κάλυψη γης είναι η παρατηρούμενη (βίο) φυσική κάλυψη της γήινης επιφάνειας (Jansen and Di Gregorio, 2003). Αναφέρεται στις φυσικές (βλάστηση, νερό) και τις τεχνητές οντότητες (καλλιέργειες, κτίσματα, δρόμοι) που αναγνωρίζονται – ερμηνεύονται από μια τηλεπισκοπική εικόνα να καλύπτουν μια εδαφική μονάδα.

Από την άλλη, η χρήση γης χαρακτηρίζεται από τις ρυθμίσεις, τις δραστηριότητες και τις εισροές που εφαρμόζουν οι άνθρωποι σε έναν ορισμένο τύπο κάλυψης γης (συγκεκριμένο τύπο εδαφικής μονάδας) και περιλαμβάνει δραστηριότητες όπως γεωργική, βιομηχανική, εμπορική, κατασκευαστική, μεταφορική, αναψυχής κλπ (Jansen and Di Gregorio, 2003). Όλες αυτές οι δραστηριότητες δεν είναι αναγνωρίσιμες σε δορυφορικές εικόνες.

Η στενή σχέση μεταξύ της χρήσης και της κάλυψης γης συχνά προκαλεί σύγχυση μεταξύ των δύο όρων. Στην πραγματικότητα οι όροι χρησιμοποιούνται αδιακρίτως σε πολλούς χάρτες, όπου φυσικές και ημιφυσικές περιοχές περιγράφονται ως κάλυψη της γης ενώ γεωργικές και αστικές περιοχές περιγράφονται ως χρήση γης. Ωστόσο, η χρήση γης είναι η λειτουργία της κάλυψης γης για τις ανθρώπινες δραστηριότητες και επομένως οι όροι δεν είναι συνώνυμοι.

Επιπλέον οι δύο τομείς στερούνται αντιστοιχία ένα προς ένα. Για παράδειγμα, η κατηγορία χρήσης γης αναψυχή μπορεί να εφαρμοστεί σε διαφορετικές κατηγορίες κάλυψης γης όπως π.χ. στο νερό (αθλήματα), σε αστικές (Luna Park) ή σε δάσος (περιαστικό πάρκο). Η σύγχυση των δύο όρων οδηγεί σε ασάφειες και δυσαρμονίες στην γεωταξινόμηση και ως εκ τούτου, οι όροι θα πρέπει να διαχωρίζονται (Meinel and Hennersdorf, 2002). Η διαφοροποίηση της χρήσης και της κάλυψης γης γίνεται αντιληπτή και μέσα από το ακόλουθο παράδειγμα: σε

μια εδαφική ενότητα περι – αστικής γης μπορεί να υπάρχουν μονοκατοικίες και η χρήση γης να καταγράφεται ως αστική περιοχή ή περιοχή κατοικίας ενώ υποσύνολα της ίδιας εδαφικής ενότητας θα μπορούσαν ως προς την κάλυψη γης να χαρακτηριστούν ως πεζοδρόμιο, δρόμος, γρασίδι (Μηλιαρέσης, 2003).

Επισημαίνεται ότι οι κατηγοριοποιήσεις για τις καλύψεις γης συνάγονται απευθείας από δορυφορικές εικόνες ενώ οι κατηγορίες χρήσεων γης (ανθρώπινες δραστηριότητες/φυσικές διεργασίες) δεν προκύπτουν πάντα απευθείας από τη φωτοερμηνεία δορυφορικών εικόνων, αλλά πολλές φορές χρειάζονται επιπρόσθετα στοιχεία από άλλες πηγές δεδομένων, όπως από τοπογραφικούς χάρτες και επίγειες παρατηρήσεις προκειμένου να τη συνάγουμε.

Οι αλλαγές στις χρήσεις/καλύψεις γης επηρεάζουν τις κλιματικές και καιρικές συνθήκες σε τοπική και παγκόσμια κλίμακα και οι επιπτώσεις τους μπορεί να οδηγήσουν στην υπερθέρμανση του πλανήτη (IPCC, 2000). Επιπλέον, μπορούν να επηρεάσουν τη βιολογική ποικιλομορφία, να συμβάλουν στον κατακερματισμό των δασών, να οδηγήσουν σε διάβρωση του εδάφους, να αλλάξουν τις λειτουργίες του οικοσυστήματος, να διαταράξουν κοινωνικο – πολιτιστικές πρακτικές και να εντείνουν τις φυσικές καταστροφές (Mas, et al., 2004). Η παγκόσμια, συνεχής παρακολούθηση των αλλαγών κρίνεται αναγκαία και τα επικαιροποιημένα δεδομένα καλύψεων και χρήσεων γης βοηθούν στην αξιολόγηση και στην καλύτερη προβολή των μελλοντικών τάσεων σε τοπικό, εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο (Giri, et al., 2005). Η καταγραφή των χρήσεων και των καλύψεων γης σε γήινη (μικρή) κλίμακα, σε εθνική κλίμακα αλλά και σε τοπικό επίπεδο (μεγάλη κλίμακα) πηγάζει από το ενδιαφέρον και τη σημασία που έχει δοθεί στην καταγραφή της οικονομικής ανάπτυξης (μεγάλη – μεσαία κλίμακα) και στην υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος (μικρή κλίμακα).

2.2.1 Ερμηνεία των καλύψεων και των χρήσεων γης

Από πρακτικής πλευράς, η ερμηνεία των χρήσεων και καλύψεων γης περιλαμβάνει κυρίως την οριοθέτηση επιφανειακών μονάδων (πολύγωνα) από δορυφορικές φωτογραφίες, όπως γεωργική γη, αστικές συγκεντρώσεις, βιομηχανικές περιοχές. Όμως η φωτοερμηνεία των καλύψεων/χρήσεων γης μπορεί να περιλαμβάνει και τα γραμμικά στοιχεία, όπως τις γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος, το οδικό δίκτυο, συστάδες δένδρων κατά μήκος ορίων ιδιοκτησιών ή στην μεσαία λωρίδα δρόμων αλλά και σημειακά στοιχεία, δηλαδή οικίες (ανάλογα με την κλίμακα του παραγόμενου προϊόντος), πηγές νερού κλπ. Τα γραμμικά και τα σημειακά στοιχεία συνήθως βοηθούν στην οριοθέτηση και στο χαρακτηρισμό των πολυγώνων όμως μπορεί να αντιπροσωπεύονται και σαν αυτόνομες οντότητες στην τελική αναπαράσταση που θα προκύψει. Για παράδειγμα, σε μια φωτοερμηνεία χρήσεων/καλύψεων γης για εφαρμογές σταθερής και ασύρματης τηλεφωνίας στο τελικό προϊόν απαιτείται και η απεικόνιση των απομονωμένων οικιών – αγροικιών στις αγροτικές περιοχές, προκειμένου να γίνει χαρακτηρισμός των πολυγώνων ανάλογα με την πυκνότητα των κατοικιών και να εκτιμηθεί η ζήτηση τηλεφωνικών υπηρεσιών.

Από πλευράς ψηφιακής αναπαράστασης, το αποτέλεσμα της φωτοερμηνείας των χρήσεων και καλύψεων γης είναι δεδομένα σε διανυσματική (vector) μορφή ή σε μορφή πλέγματος (raster). Όταν ερμηνεύουμε ποιοτικά μια δορυφορική φωτογραφία συνήθως σχεδιάζουμε μια σειρά από πολύγωνα, γραμμές και σημεία σε επίπεδα πληροφορίας που είναι σε υπέρθεση (Campbell, 1997). Κατά αυτό τον τρόπο προκύπτουν δεδομένα σε διανυσματική μορφή, τα οποία συνήθως μετατρέπονται σε πλεγματική μορφή (raster) δημιουργώντας μια ψηφιακή εικόνα κατηγοριοποιήσεων (cluster). Το clutter ερμηνεύεται σαν μια ψηφιακή εικόνα στην οποία η τιμή φωτεινότητας κάθε εικονοστοιχείου αντιστοιχεί στην επικρατούσα κάλυψη/χρήση γης. Η μετατροπή γίνεται ανά επίπεδο πληροφορίας ξεχωριστά και τα στάδια της μετατροπής παρουσιάζονται στο παράδειγμα που ακολουθεί (Μηλιαρέσης, 2003).

Αρχικά οι επιφανειακές μονάδες (πολύγωνα) γεωργικής γης μετατρέπονται σε πλεγματική μορφή με μέγεθος εικονοστοιχείου 20m. Κάθε εικονοστοιχείο χαρακτηρίζεται με την τιμή φωτεινότητας 0 εάν δεν εμπεριέχεται σε πολύγωνο γεωργικής γης ή με την τιμή 1 εάν είναι εντός εξ ολοκλήρου ή καλύπτεται σε ποσοστό >50% σε πολύγωνο γεωργικής γης. Με αυτό τον τρόπο προκύπτει μια δυαδική ψηφιακή εικόνα X(1,0) που εμπεριέχει δύο θεματικές

τάξεις (1,0). Στη συνέχεια μετατρέπεται το επίπεδο πληροφορίας που εμπεριέχει τις θέσεις των αγροικιών (σημειακά στοιχεία) σε πλεγματική μορφή με μέγεθος εικονοστοιχείου 20m. Κάθε εικονοστοιχείο χαρακτηρίζεται σαν αγροικία και αντιστοιχίζεται στην τιμή φωτεινότητας 2 εάν εμπεριέχει θέση αγροικίας ενώ στην αντίθετη περίπτωση του αντιστοιχίζεται η τιμή 0. Έπειτα γίνεται η μετατροπή του επιπέδου πληροφορίας που εμπεριέχει τους δρόμους (γραμμικά στοιχεία) σε πλεγματική μορφή το ίδιο σύστημα αναφοράς με τα δύο προηγούμενα. Στα εικονοστοιχεία από τα οποία διέρχεται γραμμή οδικού δικτύου ανατίθεται τιμή φωτεινότητας 3. Τέλος γίνεται σύνθεση των τριών δυαδικών ψηφιακών εικόνων X(1,0), Y(2,0) και Z(3,0) σε μία σύνθετη εικόνα (cluster) E(1,2,3,0). Η σύνθεση γίνεται με κανόνες άλγεβρας εικόνων, η οποία καθορίζει την επικρατούσα τιμή που θα αντιστοιχίζεται σε ένα εικονοστοιχείο (Πίνακας 2.2.1.1).

Πίνακας 2.2.1.1. Καθορισμός των κανόνων σύνθεσης του cluster (E) που αντιστοιχεί στις ψηφιακές εικόνες X,Y,Z. Μαθηματικά οι σχέσεις A1-A7 εκφράζονται ως $E = \max \{X,Y,Z\}$ (Μηλιαρέσης, 2003).

ΣΧΕΣΗ	ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ			CLUSTER
	X (1,0)	Y(2,0)	Z(3,0)	E (3,2,1,0)
A1	1	2	3	3
A2	1	0	3	3
A3	1	2	0	2
A4	0	2	3	3
A5	1	0	0	1
A6	0	2	0	2
A7	0	0	3	3
A8	0	0	0	0

Οι κατηγοριοποιήσεις των καλύψεων/χρήσεων γης μπορούν να προέλθουν και από αυτοματοποιημένες διαδικασίες ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας. Επιπλέον, ψηφιακές εικόνες κατηγοριοποιήσεων μπορούν να παραχθούν από πιο πολύπλοκες τεχνικές ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας, όπως η ταξινόμηση δορυφορικών εικόνων.

Η εφαρμογή τεχνικών ποιοτικής φωτοερμηνείας σε σχέση με την εφαρμογή τεχνικών ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας οδηγεί σε κατηγοριοποιήσεις που παρουσιάζουν διαφορές. Όταν ο άνθρωπος ερμηνεύει μια ψηφιακή εικόνα και ορίζει κάποια όρια θεματικών τάξεων, η ελάχιστη χαρτογραφική μονάδα που χρησιμοποιεί έχει πολύ μεγαλύτερο μέγεθος από την

χωρική και ραδιομετρική διακριτική ικανότητα της ψηφιακής εικόνας. Αυτό σχετίζεται καταρχήν με την περιορισμένη ευαισθησία της ανθρώπινης όρασης (ραδιομετρικά και χωρικά) που οδηγεί σε περιορισμένη αντίληψη της υψής και στην ομαδοποίηση γειτονικών εικονοστοιχείων σε ενιαίες οντότητες εάν η οντότητα που προκύπτει έχει συγκεκριμένο μέγεθος. Ακόμη έχει σχέση με την αδυναμία συγκέντρωσης και ανάλυσης όλης της εικόνας ταυτόχρονα, δηλαδή υπάρχει ένας μέγιστος αριθμός θεματικών κατηγοριών που μπορεί να ερμηνευθεί και να αναλυθεί. Όταν ο αριθμός αυτός αυξάνει, τότε οι μικρότερες σε έκταση κατηγορίες ομαδοποιούνται σε μεγαλύτερες. Ακόμα και εάν χρησιμοποιηθεί ψηφιακή οθόνη και διαδοχικές μεγεθύνσεις δεν μπορούν να συσχετιστούν ποσοτικά οι κατηγοριοποιήσεις που προκύπτουν στην συγκεκριμένη μεγέθυνση της περιοχής που βλέπουμε με τις κατηγοριοποιήσεις γειτονικών περιοχών που δεν βλέπουμε. Επιπλέον, με τις διαδοχικές μεγεθύνσεις χάνεται η έννοια της σημαντικότητας μιας κατηγοριοποίησης που προκύπτει σαν συνάρτηση της έκτασης που καταλαμβάνει. Δηλαδή υπάρχουν περιορισμοί λόγω των πεπερασμένων δυνατοτήτων της ανθρώπινης όρασης αλλά και νοητικοί περιορισμοί. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι εικόνες κατηγοριοποιήσεων που προκύπτουν από ποιοτική φωτοερμηνεία να είναι γενικευμένες σε σχέση με αυτές των ψηφιακών ταξινομήσεων που έχουν πολύ μικρότερη ελάχιστη χαρτογραφική μονάδα (πλησιάζει τις διαστάσεις του εικονοστοιχείου της δορυφορικής εικόνας), μεγαλύτερη πολυπλοκότητα και μεγαλύτερο βαθμό διαφοροποίησης. Σε γενικές γραμμές το προϊόν της ψηφιακής επεξεργασίας εξαρτάται και από τους αλγορίθμους, τις μεθοδολογίες και τις αρχικές συνθήκες που ορίζει ο χρήστης, ενώ υπάρχουν δυνατότητες γενίκευσης της εικόνας που προκύπτει, όπως για παράδειγμα α) φιλτράρισμα με βάση το μέγεθος και β) φιλτράρισμα με βάση την επικρατούσα κατηγοριοποίηση στην γειτονιά ενός εικονοστοιχείου (majority filtering).

Τα πιο γνωστά συστήματα κατηγοριοποίησης χρήσεων γης/κάλυψης γης με την χρήση δεδομένων τηλεπισκόπησης είναι το σύστημα της U.S. Geological Survey στις Η.Π.Α και το CORINE στην Ευρώπη.

2.2.2 Το σύστημα γεωταξινόμησης U.S. Geological Survey

Το σύστημα της U.S. Geological Survey είναι από τα πιο γνωστά συστήματα ταξινόμησης χρήσεων και καλύψεων γης με την χρήση δεδομένων τηλεπισκόπησης και αφορά στις Η.Π.Α. Το σύστημα αυτό σχεδιάστηκε λαμβάνοντας υπόψη τις παρακάτω παραμέτρους:

- Η αναγνώριση των κατηγοριοποιήσεων γίνεται αποκλειστικά από δορυφορικές φωτογραφίες.
- Οι κατηγορίες χρήσεων γης και καλύψεων γης ομαδοποιούνται σε ένα ενιαίο πλαίσιο.
- Το ελάχιστο επίπεδο ακρίβειας της φωτοερμηνείας πρέπει να είναι τουλάχιστον 85%.
- Η ακρίβεια για κάθε κατηγορία πρέπει να είναι περίπου η ίδια.
- Η επιλογή των κατηγοριοποιήσεων πρέπει να είναι τέτοια έτσι ώστε διαφορετικοί ερμηνευτές με δεδομένα που έχουν ληφθεί σε διαφορετικές χρονικές στιγμές να οδηγούνται σε σχεδόν ίδια αποτελέσματα.
- Το σύστημα ταξινόμησης να μπορεί να εφαρμοστεί σε εκτεταμένες περιοχές.
- Η χρήση γης πρέπει να μπορεί να συνάγεται από τις κατηγορίες κάλυψης γης.
- Να μπορεί να γίνεται χρήση δορυφορικών δεδομένων που έχουν ληφθεί σε διαφορετικές εποχές τους έτους.
- Οι κατηγοριοποιήσεις να μπορούν να διαιρεθούν σε πιο λεπτομερειακές υποκατηγορίες με χρήση δεδομένων μεγαλύτερης χωρικής διακριτικής ικανότητας.
- Να είναι δυνατή η συνάθροιση κατηγοριών.

Το σύστημα της US Geological Survey είναι ένα σύστημα πολλαπλών επιπέδων. Σχεδιάστηκε για να χρησιμοποιεί τέσσερα (4) επίπεδα πληροφορίας και διαμορφώθηκε έτσι ώστε σε κάθε επίπεδο να μπορούν να γίνουν ερμηνείες διαφορετικής κλίμακας από δορυφορικά καταγραφικά συστήματα με διαφορετικές χωρικές διακριτικές ικανότητες.

Το επίπεδο I είναι κατάλληλο για εφαρμογές πολύ μικρής κλίμακας (1:250.000). Σε αυτό το επίπεδο μπορούν να χρησιμοποιηθούν δορυφορικά δεδομένα από το σύστημα MSS του δορυφόρου Landsat με χωρική διακριτική ικανότητα 80m. Το επίπεδο II είναι κατάλληλο για καταγραφές μεγαλύτερης κλίμακας, όπως σε επίπεδο χώρας (1:100.000). Σε αυτό το επίπεδο μπορούν να χρησιμοποιηθούν δεδομένα του θεματικού χαρτογράφου (με μέγεθος εικονοστοιχείου 30m) ή του SPOT (με μέγεθος εικονοστοιχείου 20m). Για τα επίπεδα III και IV απαιτούνται δορυφορικές φωτογραφίες μεγαλύτερης διακριτικής ικανότητας ή αεροφωτογραφίες μεσαίας και μεγάλης κλίμακας σε συνδυασμό με συμπληρωματικές πηγές δεδομένων, όπως επίγειος έλεγχος, χάρτες κλπ (Zhu, et al., 2000). Στον Πίνακα 2.2.2.1 παρουσιάζονται τα επίπεδα I και II.

Για τις Η.Π.Α. έχουν δημιουργηθεί χάρτες χρήσεων/καλύψεων γης σε κλίμακα 1:250.000 (Επίπεδο I) που καλύπτουν όλη την χώρα και είναι διαθέσιμοι σε ψηφιακή μορφή μέσω του διαδικτύου (US Geological Survey 1:250.000 landuse-landcover digital vector maps). Επιπλέον, η χώρα καλύπτεται μερικώς και στο Επίπεδο II, με χάρτες κλίμακας 1:100.00.

Πίνακας 2.2.2.1. Σύστημα ταξινόμησης χρήσεων/καλύψεων γης της US Geological Survey.

ΕΠΙΠΕΔΟ I	ΕΠΙΠΕΔΟ II
1. Αστική γη	11 – Οικιστική
	12 – Εμπορική γη (παροχή υπηρεσιών)
	13 – Βιομηχανική
	14 – Μεταφορές, επικοινωνίες
	15 – Βιομηχανικά, εμπορικά συγκροτήματα
	16 – Μικτή αστική ή οικοδομημένη γη
	17 – Άλλου είδους αστική γη
2. Γεωργική γη	21 – Καλλιέργειες βοσκότοποι
	22 – Οπωροφόρα, αμπέλια
	23 – Θερμοκήπια
	24 – Λοιπές γεωργικές εκτάσεις
3. Βοσκότοποι	31 – Ποώδεις
	32 – Με θάμνους και χαμόδεντρα
	33 – Μικτοί
4. Δασική γη	41 – Φυλλοβόλα δέντρα
	42 – Αειθαλή δέντρα
	43 – Μικτά
5. Νερό	51 – Ρέματα & κανάλια
	52 – Λίμνες
	53 – Δεξαμενές
	54 – Κόλποι, εκβολές ποταμών
6. Υγροβιότοποι	61 – Με δασική κάλυψη
	62 – Χωρίς δασική κάλυψη
7. Άγονη γη	71 – Επιφανειακές αποθέσεις άλατος
	72 – Ακτές
	73 – Αμμώδεις περιοχών ακτών
	74 – Βράχια
	75 – Ορυχεία, Λατομεία
	76 – Μεταβατικές περιοχές
	77 – Μικτή άγονη γη
8. Τούνδρα	81 – Με θάμνους
	82 – Ποώδης τούνδρα
	83 – Γυμνό από βλάστηση έδαφος
	84 – Υδάτινες/υγρές εκτάσεις
	85 – Μικτή Τούνδρα
9. Χιόνια	91 – Ζώνες αιώνιου χιονιού
	92 – Πάγοι

Οι ορισμοί των χρήσεων/καλύψεων γης για το επίπεδο I της US Geological Survey δίνονται παρακάτω:

1. Αστική γη: η γη καλύπτεται κυρίως από κτίρια (πόλεις, κομποπόλεις, χωριά, οικιστικές ζώνες γύρω από αυτοκινητοδρόμους, κ.α.)
2. Γεωργική γη: η γη που χρησιμοποιείται για καλλιέργειες (αμπέλια, φυτώρια, ελαιώνες, θερμοκήπια, κ.α.).
3. Βοσκότοπος: η γη όπου η φυσική βλάστηση είναι χορτάρι, θάμνοι και ποώδη φυτά και προορίζεται κυρίως για φυσική βοσκή.
4. Δασική γη: περιλαμβάνει δέντρα με πυκνότητα της κόμης μεγαλύτερη του 10% και η οποία περιλαμβάνει δέντρα που παράγουν ξυλεία ή ασκούν επιρροή στο κλίμα ή στο υδατικό ισοζύγιο.
5. Υδάτινες μάζες: η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει ποτάμια, κανάλια, λίμνες, εκβολές ποταμών, κόλπους.
6. Υγροβιότοποι: περιοχές όπου ο υδροφόρος ορίζοντας είναι πολύ κοντά στην επιφάνεια ή για ένα σημαντικό χρονικό διάστημα (εποχικά) πάνω από την επιφάνεια του εδάφους.
7. Άγονη γη (χέρσα): είναι γη με περιορισμένη δυνατότητα υποστήριξης της ζωής στην οποία το λιγότερο από το 1/3 της επιφάνειας καλύπτεται από βλάστηση.
8. Τούνδρα: αναφέρεται σε περιοχές χωρίς δέντρα πέρα από το όριο των βορείων κωνοφόρων δασών ή πάνω από το υψομετρικό όριο δεντροκάλυψης οροσειρών.
9. Περιοχές αιωνίου χιονιού: περιοχές που σκεπάζονται μόνιμα ή για μεγάλο χρονικό διάστημα από χιόνια.

2.2.3 Το σύστημα γεωταξινόμησης CORINE

Το CORINE (Coordination of Information on the Environment) είναι η ευρωπαϊκή χωρική βάση δεδομένων καλύψεων/χρήσεων γης. Επί του παρόντος καλύπτει 38 χώρες και στο μέλλον αναμένεται να επεκτείνει τη γεωγραφική της κάλυψη. Αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1980 από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος και είναι γνωστό ως πρόγραμμα CORINE Land Cover (CLC). Στόχος του προγράμματος ήταν συλλογή πληροφοριών και η δημιουργία μιας ολοκληρωμένης ποσοτικής βάσης δεδομένων κάλυψης γης για όλη την Ευρώπη που θα χρησίμευε στην τυποποίηση του συνόλου των πληροφοριών μεταξύ των κρατών-μελών της Ένωσης, στην ανάπτυξη μεθοδολογικής βάσης, στην διαχρονική

παρακολούθηση των μεταβολών, στην περιβαλλοντική ανάλυση, θα συνέβαλε στη χάραξη της περιβαλλοντικής πολιτικής και στην ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στις άλλες πολιτικές και θα διασφάλιζε την βέλτιστη χρήση των οικονομικών και φυσικών πόρων (Feranec, et al., 2007b).

Οι θεματικοί χάρτες CORINE παράχθηκαν από την οπτική ερμηνεία δορυφορικών εικόνων υψηλής ανάλυσης του Θεματικού Χαρτογράφου Landsat-TM και του SPOT-XS στο γεωγραφικό πληροφοριακό σύστημα ArcInfo. Έχουν κλίμακα 1:100.000, η ελάχιστη μονάδα χαρτογράφησης (Minimum Mapping Unit - MMU) είναι ορισμένη στα 25ha ή 0,25 km² και το ελάχιστο πλάτος ορίστηκε στα 100m (EEA, 2007). Έχουν εκδοθεί θεματικοί χάρτες για το 1990, το 2000 και το 2006, ενώ η αναθεωρημένη έκδοση του 2012 βρίσκεται στο στάδιο παραγωγής.

Το CORINE ταξινομεί τις καλύψεις γης και εν μέρει τις χρήσεις γης σε 5 κύριες και 44 δευτερεύουσες κατηγοριοποιήσεις και οργανώνεται ιεραρχικά σε 3 επίπεδα λεπτομέρειας (Πίνακας 2.2.3.1). Ο βασικός διαχωρισμός λαμβάνει χώρα στο πρώτο επίπεδο, όπου αξιολογούνται τα δεδομένα κλίμακας από 1:500.000 έως 1:100.000 και κάτω. Το δεύτερο επίπεδο αφορά τις υποκατηγορίες του πρώτου και αξιολογούνται δεδομένα μεσαίας κλίμακας, δηλαδή από 1:100.000 έως 1:250.000. Το τρίτο επίπεδο σχηματίζεται από τις υποκατηγορίες του δευτέρου και αφορά δεδομένα κλίμακας 1:25.000 έως 1:50.000 (Heymann, et al., 1994). Επιπλέον, σε εθνικό επίπεδο, ορισμένες χώρες όπως η Ιταλία, έχουν συνθέσει ένα εκτεταμένο υπόμνημα που συμπεριλαμβάνει πιο λεπτομερείς κατηγορίες με σκοπό την καλύτερη απογραφή συγκεκριμένων ενδιαιτημάτων.

Το CORINE έχει το πλεονέκτημα ότι είναι διαθέσιμο σε ολόκληρη την ΕΕ και αποτελεί την πιο λεπτομερή βάση δεδομένων αυτή τη στιγμή, ειδικά σε σχέση με το αστικό τοπίο. Ενημερώνεται-αναθεωρείται διαρκώς.

Το σύστημα κατηγοριοποίησης καλύψεων/χρήσεων γης CORINE είναι διαθέσιμο από τον διαδικτυακό τόπο του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος σε διανυσματική και σε πλεγματική μορφή.

Πίνακας 2.2.3.1. Το σύστημα γεωταξινόμησης CORINE (2 από τα 3 επίπεδα).

<p>1. Artificial surfaces</p> <ul style="list-style-type: none">a. Urban fabricb. Industrial, commercial and transport unitsc. Mine, dump and construction sitesd. Artificial, non-agricultural vegetated areas <p>2. Agricultural areas</p> <ul style="list-style-type: none">a. Arable landb. Permanent cropsc. Pasturesd. Heterogeneous agricultural areas <p>3. Forest and semi natural areas</p> <ul style="list-style-type: none">a. Forestsb. Scrub and/or herbaceous vegetation associationsc. Open spaces with little or no vegetation <p>4. Wetlands</p> <ul style="list-style-type: none">a. Inland wetlandsb. Maritime wetlands <p>5. Water bodies</p> <ul style="list-style-type: none">a. Inland watersb. Marine waters <p>6. NODATA</p> <p>7. UNCLASSIFIED</p>
--

2.3 Εφαρμογές των καλύψεων και των χρήσεων γης

Η γνώση της κάλυψης και της χρήσης γης διαδραματίζει στις μέρες μας σημαντικό ρόλο στους περισσότερους τομείς που αφορούν στο περιβάλλον: στην υδρολογία, στη διαχείριση γης, στην κλιματική αλλαγή, στις φυσικές καταστροφές, στην παρακολούθηση και διαχείριση των φυσικών πόρων (Lambin and Geist, 2006).

Μέσα από την ενδελεχή ανασκόπηση της εγχώριας και διεθνούς βιβλιογραφίας εντοπίστηκε μια πληθώρα μελετών σε σχέση με τις περιβαλλοντικές εφαρμογές των καλύψεων και χρήσεων γης.

Αρχικά, ένας μεγάλος αριθμός μελετών πραγματοποιείται τον εντοπισμό και την παρακολούθηση των διαχρονικών αλλαγών στις καλύψεις/χρήσεις γης με στόχο την εκτίμηση της ανθρώπινης επίδρασης στο περιβάλλον και την πρόβλεψη των μελλοντικών εξελίξεων. Στην μελέτη των Sönmez, et al. (2009) καθορίστηκε η έκταση των αλλαγών στις χρήσεις γης στην περιοχή Κεμέρ (Αττάλεια, Τουρκία) που έλαβαν χώρα στο διάστημα 1981 – 2004 με τη βοήθεια αεροφωτογραφιών, δορυφορικών εικόνων IKONOS και του CLC και αναλύθηκε η επίδραση των αλλαγών στους φυσικούς πόρους της περιοχής και η κοινωνικο-οικονομική πολιτική που οδήγησε σε αυτές. Συνδυάζοντας την φωτοερμηνεία δορυφορικών εικόνων Landsat MSS και Landsat ETM με την βάση CORINE και με τοπογραφικές πληροφορίες σχετικά με τη γεωργική χρήση γης, οι Vaitkus and Vaitkuvienė (2005) ανέλυσαν τις αλλαγές στις καλύψεις γης στην παράκτια ζώνη της Λιθουανίας από το 1975 έως το 2000. Οι Kindu, et al. (2013) ανέλυσαν τις αλλαγές στη χρήση/κάλυψη γης που έλαβαν χώρα στο τοπίο της περιοχής Munessa – Shashemene στα υψίπεδα της Αιθιοπίας για μια περίοδο 39 ετών (1973 – 2012). Χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικές εικόνες των Landsat MSS, TM, ETM+ και RapidEye και η ταξινόμηση βασίστηκε στην τεχνική object-based εικόνας. Στη Ρουμανία, έγινε σύγκριση της χωρικής βάσης LCCS (Land Cover Classification System) για τα έτη 2000 και 2003 και της βάσης δεδομένων CLC για τα έτη 2000 και 2006 και διαπιστώθηκαν οι αλλαγές μεγάλης κλίμακας που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια των ετών στις καλύψεις/χρήσεις γης της περιοχής (Olteanu, et al., 2009).

Μια μεγάλη ομάδα μελετών εστιάζει στη διάβρωση και στην εκτίμηση του κινδύνου διάβρωσης του εδάφους από διάφορα αίτια. Στην περιοχή Danjiangkou Reservoir στην Κίνα

εκτιμήθηκε ο πραγματικός κίνδυνος διάβρωσης του εδάφους με τη συνδυασμένη χρήση του CORINE, των GIS και της τηλεπισκόπησης και εντοπίστηκαν οι περιοχές με υψηλό κίνδυνο διάβρωσης ώστε να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα πρόληψης (Zhu, 2012). Οι Aydin and Tecimen (2010), λαμβάνοντας υπόψη τις καλύψεις γης, εδαφικές, κλιματικές και τοπογραφικές παραμέτρους, εφάρμοσαν την μεθοδολογία CORINE και αξιολόγησαν τον διαχρονικό κίνδυνο διάβρωσης του εδάφους στη λεκάνη απορροής του φράγματος Elmali στην Κωνσταντινούπολη και, επιπλέον, επισήμαναν τις πραγματικές ετήσιες διαφορές στη φυτοκάλυψη της περιοχής. Η ίδια μέθοδος εφαρμόστηκε στην εκτίμηση της διάβρωσης στη λίμνη Rawal στο Πακιστάν (Bashir, et al., 2013). Για τον πραγματικό κίνδυνο διάβρωσης από νερό στα εδάφη της Πολωνίας οι Wawer and Nowocień (2007) βασίστηκαν στον ποιοτικό δείκτη (PWER) εκτίμησης του πιθανού κινδύνου διάβρωσης από νερό (μεθοδολογία Józefaciuks) και συμπεριέλαβαν τον παράγοντα χρήση γης, καθώς και έναν συντελεστή για τις τεχνικές πρόληψης της διάβρωσης για την παραγωγή ενός ψηφιακού χάρτη πραγματικού κινδύνου. Ως πηγή δεδομένων χρησιμοποίησαν τον ψηφιοποιημένο χάρτη πιθανής διάβρωσης σε κλίμακα 1:300.000 και το CLC2000 για τη χρήση γης.

Άλλη μια εφαρμογή των καλύψεων/χρήσεων γης σχετίζεται με την εκτίμηση της ποιότητας των φυσικών πόρων και την αειφόρο χρήση τους. Η αξιολόγηση της ποιότητας της γης, δηλαδή της κατάστασης και της ικανότητας της γης για σκοπούς παραγωγής, διατήρησης και διαχείρισης, είναι καθοριστική για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με την αειφόρο χρήση της και τις πρακτικές συντήρησης της βιοποικιλότητας των οικοσυστημάτων. Οι Dengiz and Baskan (2009) σε μελέτη τους προσδιόρισαν τις ιδιότητες της ποιότητας γης βασιζόμενοι στο μοντέλο CORINE. Χρησιμοποιώντας δεδομένα από μελέτη πεδίου, τον ψηφιακό χάρτη του εδάφους, το DEM, δορυφορικές εικόνες Landsat TM και κλιματικά δεδομένα και αναλύοντας τα με τεχνικές τηλεπισκόπησης και GIS, χαρτογράφησαν την πραγματική ποιότητα γης κάτω από τις ισχύουσες συνθήκες διαχείρισης στην προστατευόμενη περιοχή της Salt Lake (Τουρκία). Με την εκτίμηση της ποιότητας των επιφανειακών υδάτων στη γεωργική λεκάνη απορροής του ποταμού Liswarta στην Πολωνία ασχολήθηκαν οι Matysik et al. (2015). Συνδυάζοντας τις βάσεις καλύψεων/χρήσεων γης CLC2000 και CLC2006 με εργαστηριακές αναλύσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού σε περιβάλλον GIS, υπέδειξαν τις αιτίες ποιοτικής υποβάθμισης του νερού (φυσικές και ανθρωπογενείς) σαν συνάρτηση των χρήσεων γης και πρότειναν τρόπους αντιμετώπισης και προστασίας των υδάτων στην περιοχή.

Επίσης στη βιβλιογραφία εντοπίστηκαν και πιο εξειδικευμένες εφαρμογές των καλύψεων και των χρήσεων γης. Οι Stathopoulou, et al. (2007) στη μελέτη τους, με χρήση της γεωγραφικής βάσης δεδομένων CLC2000 για την Αθήνα, δορυφορικών δεδομένων Landsat και της μεθόδου NDVI^{THM}, καθόρισαν και συσχέτισαν ποσοτικά την επιφανειακή θερμική εκπομπή (ακτινοβολία) με τις διάφορες καλύψεις/χρήσεις γης της περιοχής. Η στατιστική ανάλυση φανέρωσε σημαντικές διαφορές της επιφανειακής θερμικής εκπομπής (ε) σε σχέση με τους τύπους αστικής κάλυψης γης που εξετάστηκαν. Το 2011, οι Σταθοπούλου και Καρτάλης αποτύπωσαν χωρικά την ημερήσια και νυχτερινή επιφανειακή αστική θερμονησίδα για την πόλη της Αθήνας με συνδυαστική χρήση δορυφορικών εικόνων υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας (θερμικές εικόνες TM και ASTER), της βάσης CORINE Land Cover 2000 και δεδομένων GIS. Στην ίδια μελέτη χαρτογράφησαν και τον δείκτη ποιότητας ζωής, συνδυάζοντας μεταβλητές του φυσικού περιβάλλοντος από δορυφορικές εικόνες Landsat TM/ETM+ και τα δεδομένα κάλυψης/χρήσης γης από τα CLC90 και CLC2000 με κοινωνικο-οικονομικές μεταβλητές από τις εθνικές απογραφές.

Πολλοί μελετητές έχουν χρησιμοποιήσει τα δεδομένα καλύψεων και χρήσεων γης για εφαρμογές που σχετίζονται με την ανάλυση μορφών τοπίου και τη βιοποικιλότητα. Οι Giallonardo et al. (2011) στη μελέτη τους διερεύνησαν τις διαφορές στη χλωριδική σύνθεση μεταξύ των κατηγοριών του CLC χρησιμοποιώντας χάρτη κλίμακας 1:5.000 και ανέλυσαν τις σχέσεις μεταξύ των χλωριδικών συνόλων και τις τάξεις του CORINE, τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά και τη χωρική δομή. Η διαφοροποίηση στην κατανομή των φυτών εξηγήθηκε από τις καλύψεις γης αλλά δεν επαληθεύτηκε η συσχέτιση κάθε τάξης κάλυψης με συγκεκριμένο χλωριδικό μοτίβο. Ακόμη, κάποιοι δείκτες δομής τοπίου βασισμένοι στα δεδομένα CORINE έχουν κατά καιρούς χρησιμοποιηθεί ως δείκτες πλούτου των φυτικών ειδών (Gimona, et al., 2009). Επιπρόσθετα, οι χάρτες κάλυψης γης έχουν χρησιμοποιηθεί σε υδροτοπικά οικοσυστήματα για τον εντοπισμό πιθανών συνδέσεων μεταξύ των συνθηκών του υδροτόπου και του γύρω τοπίου (Weiers, et al., 2004).

Τέλος, οι βάσεις δεδομένων καλύψεων/χρήσεων γης έχουν χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θεματικών χαρτών πληθυσμιακής πυκνότητας. Οι Gallego, et al. (2011) στη μελέτη τους αξιοποίησαν το CLC2000 ως κύρια πηγή δεδομένων σε συνδυασμό με στοιχεία από τη Eurostat, έρευνα πεδίου για τις καλύψεις/χρήσεις γης και πληθυσμιακά δεδομένα από τις στατιστικές αρχές για την παραγωγή του δασυμετρικού χάρτη της Ε.Ε σε ανάλυση 100m.

2.4 Υψομετρία

Η πιο συνηθισμένη αναπαράσταση της υψομετρικής πληροφορίας είναι με ισοϋψείς καμπύλες σε τοπογραφικούς χάρτες.

Η πρόσβαση και η αξιοποίηση της πληροφορίας αυτής είναι δύσκολη και χρονοβόρα. Επιπλέον στους τοπογραφικούς χάρτες παρατηρείται κατά κανόνα α) γενίκευση της τοπογραφίας από τους χειριστές των φωτογραμμετρικών οργάνων και β) τυχαία ή συστηματικά σφάλματα. Αυτό έχει σαν συνέπεια οι χάρτες που παράχθηκαν με παραδοσιακές μεθόδους να προσφέρουν μόνο μια γενική εικόνα του ανάγλυφου της περιοχής μελέτης. Επιπλέον, δευτερογενή στοιχεία όπως η κλίση και η καμπυλότητα που καθορίζουν την ταχύτητα και τον τρόπο απορροής (συγκλίνουσα ή αποκλίνουσα) δεν είναι δυνατό να προσδιορισθούν αξιόπιστα και να αποτελέσουν την βάση για συγκριτικές μελέτες.

Η πρώτη προσπάθεια για τη σύνθεση ψηφιακών υψομετρικών δεδομένων έγινε με την ψηφιοποίηση ισοϋψών καμπυλών από τοπογραφικούς χάρτες. Κατά αυτό τον τρόπο έγινε η σύνθεση του πρώτου ψηφιακού χάρτη της Ελλάδος από την Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού, ψηφιοποιώντας τις ισοϋψείς καμπύλες με ισοδιάσταση 20m. Στην προσπάθεια αυτή δεν χρησιμοποιήθηκαν τοπογραφικοί χάρτες κλίμακας 1:50.000 αλλά χάρτες κλίμακας 1:5.000 προκειμένου η αποτύπωση (ψηφιοποίηση) των ισοϋψών καμπυλών να γίνει με μεγαλύτερη οριζοντιογραφική ακρίβεια.

Στην εποχή μας η τεχνολογία προσφέρει νέες τεχνικές προσδιορισμού της υψομετρικής πληροφορίας με ενεργητικά τηλεπισκοπικά συστήματα (μικροκυματική τηλεπισκόπηση – SRTM, αυτοματοποιημένη σύνθεση ΨΥΜΕ από εικόνες στο εγγύς υπέρυθρο – ASTER). Οι τεχνικές αυτές παρόλο που παρουσιάζουν τα δικά τους προβλήματα είναι περισσότερο αξιόπιστες σε σχέση με τις παραδοσιακές τεχνικές, δηλαδή οι προδιαγραφές ακρίβειας της υψομετρικής αναπαράστασης είναι πολύ καλύτερες ιδιαίτερα σε σχέση με τον προσδιορισμό της κλίσης και της καμπυλότητας.

Η πρώτη ψηφιακή αναπαράσταση είναι αυτή των ψηφιακών υψομετρικών καμπυλών (κάθε ψηφιακή καμπύλη αποτελείται από σημεία με το ίδιο υψόμετρο ενώ για κάθε σημείο της ο Η/Υ γνωρίζει τις συντεταγμένες του καθώς και πιο σημείο προηγείται και πιο σημείο

ακολουθεί). Το πλεονέκτημα που μας δίνουν οι ψηφιακές ισοϋψείς καμπύλες είναι ότι παρέχουν την ίδια εποπτεία του χώρου με αυτή των τοπογραφικών χαρτών. Όμως η επεξεργασία αυτής της αναπαράστασης του υψομέτρου στους H/Y δεν είναι εύκολη.

Η πιο συνήθης και εύχρηστη υπολογιστικά αναπαράσταση είναι αυτή ενός τετραγωνικού δικτύου στις κορυφές του οποίου υπάρχει η τιμή του υψομέτρου. Αυτή η αναπαράσταση ονομάζεται ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο εδάφους (ΨΥΜΕ).

Η αξιολόγηση του ΨΥΜΕ γίνεται βάση της οριζοντιογραφικής και υψομετρικής του ακρίβειας (Μηλιαρέσης, 2003). Η οριζοντιογραφική ακρίβεια καθορίζει την διάσταση του (απόσταση μεταξύ των κορυφών) που ισούται με το διπλάσιο της οριζοντιογραφικής του ακρίβειας. Με όρους κλίμακας, η εμπειρική αντιστοιχία της διάστασης του ΨΥΜΕ στην κλίμακα του τοπογραφικού χάρτη είναι: διάσταση 30m → κλίμακα 1:50.000, διάσταση 50m → κλίμακα 1:100.000, διάσταση 100m → κλίμακα 1:250.000. Η υψομετρική ακρίβεια για δεδομένα που έχουν προέλθει από ψηφιοποίηση ισοϋψών είναι ίση με το $\frac{1}{2}$ της ισοδιάστασης, δηλαδή εάν ο τοπογραφικός χάρτης ήταν κλίμακας 1:50.000 με ισοδιάσταση 20m τότε η υψομετρική ακρίβεια του ΨΥΜΕ είναι $\pm 10\text{m}$.

2.4.1 Γεωμορφομετρία

Η χρησιμότητα της υψομετρικής πληροφορίας είναι μεγάλη αφού επιτρέπει τον προσδιορισμό βιοφυσικών και γεωμορφομετρικών παραμέτρων. Πιο συγκεκριμένα, η υψομετρία καθορίζει ως ένα βαθμό την ταχύτητα του ανέμου, τις βροχοπτώσεις, τις ζώνες χιονόπτωσης, το είδος της βλάστησης. Επιπλέον η πρώτη (μέτρο κλίσης και προσανατολισμός) και η δεύτερη παράγωγος του υψομέτρου επιτρέπουν τον προσδιορισμό μιας σειράς σημαντικών παραμέτρων που σχετίζονται με την επιφανειακή απορροή. Για παράδειγμα από τη διεύθυνση (aspect) του διανύσματος της κλίσης (gradient) σε ένα σημείο καθορίζεται η διεύθυνση απορροής, το μέτρο της κλίσης (slope) σχετίζεται με την ταχύτητα της επιφανειακής απορροής ενώ η καμπυλότητα ρυθμίζει το είδος της απορροής (συγκλίνουσα ή αποκλίνουσα).

Για τον προσδιορισμό του μέτρου της κλίσης και του διανύσματος της κλίσης σε ένα ΨΥΜΕ (τετραγωνικό δίκτυο) θεωρούμε ένα υποσύνολο διαστάσεων 3x3 σε κάθε σημείο του ΨΥΜΕ

(οι παράμετροι υπολογίζονται σε μια γειτονιά διαστάσεων 3x3). Ο προσδιορισμός γίνεται με τον τελεστή SOBEL (Mather, 1987).

Έστω ότι η γειτονιά 3x3 γύρω από το σημείο Ω προσδιορίζεται από το ακόλουθο σχήμα:

A	B	C
D	Ω	F
G	H	I

Αρχικά προσδιορίζονται οι μερικές παράγωγοι κατά τις διευθύνσεις Δ-Α ($\frac{dH}{dx}$) και Β-Ν ($\frac{dH}{dy}$):

$$\frac{dH}{dx} = (C + 2 \times F + I) - (A + 2 \times D + G) \quad (1)$$

$$\frac{dH}{dy} = (A + 2 \times B + C) - (G + 2 \times H + I) \quad (2)$$

Στη συνέχεια προσδιορίζεται το μέτρο της κλίσης και το διάνυσμα της κλίσης από τις εξισώσεις (3) και (4) αντίστοιχα:

$$slope = \sqrt{\left(\frac{dH}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dH}{dy}\right)^2} \quad (3)$$

$$aspect = \arctan\left(\frac{-\frac{dH}{dy}}{\frac{dH}{dx}}\right) \quad (4)$$

Το μέτρο της κλίσης λαμβάνει τιμές από 0° έως 90° ενώ οι τιμές της διεύθυνσης της κλίσης κυμαίνονται από 0° έως 360° (αζιμούθιο).

Πολλές φορές η διεύθυνση της κλίσης τυποποιείται στις οκτώ γεωγραφικές διευθύνσεις που ορίζονται σε μια πλεγματική εικόνα, όπως φαίνεται παρακάτω:

ΒΔ	B	ΒΑ
Δ		Α
ΝΔ	N	ΝΑ

Στην οθόνη του υπολογιστή η απεικόνιση του μέτρου της κλίσης γίνεται συνήθως με αντιστροφή της φωτεινότητας, δηλαδή όσο μικρότερο είναι το μέτρο της κλίσης τόσο πιο λευκός είναι ο φωτογραφικός τόνος.

Με φωτοερμηνεία του μέτρου της κλίσης είναι εφικτός ο εντοπισμός υδρογραφικών δικτύων μεγάλης τάξης, ο εντοπισμός ρηγμάτων εφόσον έχουν τοπογραφική έκφραση και ο καθορισμός διαφόρων φυσιογραφικών ενοτήτων (ορεινοί όγκοι, πεδινές εκτάσεις, πρηνή). Με φωτοερμηνεία εικόνων της διεύθυνσης της κλίσης (προσανατολισμού) επιτυγχάνεται ο εντοπισμός ζωνών με ομοιόμορφη διεύθυνση απορροής, ο προσδιορισμός υδροκριτών, ο εντοπισμός των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου 1^{ης} τάξης. Οι αρνητικές τιμές υποδηλώνουν σημεία του ΨΥΜΕ στα οποία το διάνυσμα της κλίσης είναι απροσδιόριστο. Αυτό συμβαίνει όταν όλα τα σημεία σε μια γειτονιά διαστάσεων 3x3 έχουν το ίδιο υψόμετρο. Σε αυτή την περίπτωση το μέτρο της κλίσης είναι μηδέν.

2.4.2 Προσομοίωση ροής και εντοπισμός υδρογραφικού δικτύου

Η προσομοίωση της ροής του νερού είναι απαραίτητη σε πολλές εφαρμογές της γεωμορφολογίας, της υδρολογίας και της ψηφιακής επεξεργασίας εικόνων. Η προσομοίωση της κίνησης αποτυπώνεται σε μια τρισδιάστατη ψηφιακή επιφάνεια που αντιστοιχεί στην τοπογραφία μιας περιοχής ή αποτυπώνεται στο φωτογραφικό τόνο κάποιου ψηφιακού πολυφασματικού σαρωτή ενός δορυφορικού συστήματος τηλεπισκόπησης.

Το εξαγόμενο από το αρχικό ΨΥΜΕ επίπεδο του διανύσματος της κλίσης αποτυπώνει το ΨΥΜΕ με τη μορφή ενός διανυσματικού πεδίου, σε κάθε σημείο του οποίου αποτυπώνεται ένα διάνυσμα με εύρος τιμών τις οκτώ γεωγραφικές διευθύνσεις (B, N, A, Δ, ΒΑ, ΒΔ, ΝΑ, ΝΔ) που ορίζονται σε μια πλεγματική αναπαράσταση. Η προσομοίωση ροής βασίζεται σε δύο αρχές που προσδιορίζουν ότι σε κάθε σημείο του ΨΥΜΕ εισέρχεται μια και μόνο σταγόνα νερό και ότι το ταξίδι κάθε σταγόνας είναι σύμφωνο με το διάνυσμα της κλίσης. Επιπλέον θεωρούμε ότι η συνολική απορροή μεταβαίνει εξ ολοκλήρου από το κεντρικό σημείο της γειτονιάς 3x3 σε μία από τις οκτώ διευθύνσεις.

Για την προσομοίωση της ροής θεωρούμε ότι σε κάθε κορυφή του ΨΥΜΕ είναι εγκατεστημένοι μετρητές που καταμετρούν τις σταγόνες που περνούν από κάθε κορυφή. Όταν κάθε σταγόνα διασχίσει τα όρια της περιοχής που καλύπτει το ΨΥΜΕ τότε οι μετρητές

έχουν καταγράψει το σύνολο των σταγόνων που διέρχονται από την κάθε κορυφή. Αυτή η καταγραφή εκφράζει το εμβαδόν της λεκάνης που απορρέει προς κάθε κορυφή του ΨΥΜΕ. Η διαδικασία δεν είναι ιδανική γιατί πολλές φορές δημιουργούνται στο διανυσματικό πεδίο παγίδες ροής, δηλαδή η ροή παγιδεύεται σε ένα κλειστό μονοπάτι και δεν υπάρχει διέξοδος (όπως για παράδειγμα η παγίδα καθρέπτης). Η ερμηνεία των παγίδων ροής οδηγεί σε γεωμορφές που αντιστοιχούν σε βυθίσματα (καταβόθρες, δολίνες κλπ). Επιπρόσθετα, δημιουργούνται παγίδες ροής και από μικρά σφάλματα στην τιμή του υψομέτρου ειδικά σε περιοχές με ομοιόμορφο υψόμετρο. Ενώ στην φύση η απορροή συνεχίζεται εν μέρει ή εξ – ολοκλήρου υπόγεια, στο περιβάλλον του υπολογιστή δημιουργείται πρόβλημα το οποίο αντιμετωπίζεται με μεταβολή των υψομέτρων σε ένα παραλληλόγραμμο που εγγράφει την παγίδα ροής, έτσι ώστε από φυσικής πλευράς να γίνει υπερχειλίση της παγίδας. Δημιουργείται δηλαδή ένα μονοπάτι διαφυγής των σταγόνων που οδηγεί στο σημείο υπερχειλίσης (Jenson and Dominique, 1988). Με τη μέθοδο αυτή αντιμετωπίζονται επαναληπτικά ακόμη και διασυνδεδεμένες παγίδες ροής.

Βέβαια, η παραπάνω προσομοίωση ροής που προέκυψε από την τυποποίηση του διάνυσματος της κλίσης στις οκτώ διευθύνσεις δεν είναι ρεαλιστική. Στην πραγματικότητα το διάνυσμα της κλίσης λαμβάνει τιμές από 0° έως 360° και όχι τις διακριτές τιμές 0° , 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° και 315° . Θεωρητικά, εάν σε ένα σημείο το διάνυσμα της κλίσης είναι 115° τότε ένα μέρος της απορροής πρέπει να κατευθύνεται προς τη διεύθυνση 90° και ένα άλλο προς τη διεύθυνση 135° . Από φυσικής πλευράς, η απορροή μπορεί να διαχέεται προς περισσότερες διευθύνσεις ανάλογα με τον όγκο του νερού που καταλήγει σε ένα σημείο. Η χρονική στιγμή και η ποσότητα του νερού που θα φτάσει στο σημείο εξαρτάται από τη σχετική θέση του σημείου στο γεωμορφολογικό περιβάλλον, δηλαδή πόσο κοντά βρίσκεται στην εκβολή της λεκάνης ή σε κλάδο μεγάλης τάξης του υδρογραφικού δικτύου ή πόσο μακριά βρίσκεται από τους υδροκρίτες, ενώ η σύγκλιση ή η απόκλιση της απορροής στους υδροκρίτες εξαρτάται από τη μορφολογία του εδάφους (τοπογραφία).

Από την προσομοίωση της ροής (ψηφιακό αρχείο της απορροής) είναι δυνατός ο εντοπισμός του υδρογραφικού δικτύου, με βάση την υπόθεση ότι όσο μεγαλύτερη είναι η απορροή τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα ένα σημείο να ανήκει στο υδρογραφικό δίκτυο. Αυτό στην πράξη υλοποιείται επιλέγοντας μια τιμή αποκοπής (threshold) η οποία προσδιορίζει ότι, εάν σε ένα σημείο η απορροή είναι μεγαλύτερη της τιμής αποκοπής, τότε το σημείο αυτό ανήκει στο υδρογραφικό δίκτυο. Το αποτέλεσμα είναι μια δυαδική εικόνα στην οποία τα σημεία που

ανήκουν στο υδρογραφικό δίκτυο συμβολίζονται με 1 και τα υπόλοιπα σημεία με 0. Στην περίπτωση που θεωρηθεί μια μικρότερη τιμή αποκοπής αναμένεται να αυξηθεί το μήκος των κλάδων πρώτης τάξης ενώ αναμένεται να προστεθούν και νέοι κλάδοι πρώτης τάξης.

Για τον εντοπισμό του υδρογραφικού δικτύου ακολουθούνται τα εξής βήματα: α) προεπεξεργασία του ΨΥΜΕ ώστε να γίνει υπερχειλίση των παγίδων ροής, β) προσομοίωση της ροής και γ) επιλογή της τιμής αποκοπής.

Τις παράκτιες ή θαλάσσιες περιοχές που μπορεί να εντοπίζονται στο ΨΥΜΕ ο αλγόριθμος υπερχειλίσης των παγίδων ροής τις εκλαμβάνει σαν ένα τεράστιο βύθισμα και προσπαθεί να βρει σημεία υπερχειλίσης οπότε δημιουργεί κλάδους του υδρογραφικού δικτύου μέσα στην θάλασσα (πλασματικοί κλάδοι). Για την αντιμετώπιση αυτής της ιδιαιτερότητας απαιτείται ένα πρόσθετο βήμα που περιλαμβάνει τον εντοπισμό της θαλάσσιας περιοχής με την εφαρμογή λογικής συνθήκης και τον πολλαπλασιασμό της δυαδικής εικόνας (Not Sea) με την δυαδική εικόνα του υδρογραφικού δικτύου. Για την σωστή αφαίρεση των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου που έχουν επεκταθεί στην θάλασσα ζώνη θα πρέπει στην δυαδική εικόνα Not Sea η τιμή 0 να αντιστοιχεί στην θάλασσα και η τιμή 1 στην ξηρά, δηλαδή η λογική σχέση που παράγει την εικόνα Not Sea είναι: υψόμετρο > 0 ή υψόμετρο < 0 (και όχι υψόμετρο = 0 ή υψόμετρο < 1). Άλλο ένα πρόβλημα μπορεί να παρουσιαστεί στις επίπεδες ζώνες με μεγάλη έκταση, τις οποίες ο αλγόριθμος υπερχειλίζει δημιουργώντας παράλληλους κλάδους, όπως και στη θάλασσα. Όμως η κλίση σε αυτές τις ζώνες είναι ίση ή πλησιάζει τις 0° οπότε μπορούν να εντοπισθούν και να αποκλειστούν από την επεξεργασία με τον ίδιο τρόπο που αντιμετωπίστηκε η θαλάσσια ζώνη.

2.4.3 Εντοπισμός και μορφομετρική ανάλυση λεκανών

Ως υδρολογική λεκάνη (λεκάνη απορροής) σε ένα σημείο του υδρογραφικού δικτύου ορίζεται η συνολική επιφάνεια που αποστραγγίζεται από το συγκεκριμένο σημείο. Ο ορισμός υποδηλώνει ότι όλες οι απορροές που δημιουργούνται κατά την διάρκεια μιας βροχόπτωσης πρέπει υποχρεωτικά να διέρθουν από το συγκεκριμένο σημείο. Πρακτικά, η υδρολογική λεκάνη μπορεί να οριστεί για κάθε σημείο της γήινης επιφάνειας και εξυπηρετεί τον σχεδιασμό ενός τεχνικού έργου, όπως για παράδειγμα τον σχεδιασμό λιμνοδεξαμενών, τη διευθέτηση χειμάρρων, τη χωροθέτηση οικισμών (εκτίμηση της απορροής σε συνδυασμό με

ακραία καιρικά φαινόμενα). Η υδρολογική λεκάνη ανήκει σε – είναι ένα υποσύνολο μιας υδρογραφικής λεκάνης. Οι υδρογραφικές λεκάνες ορίζονται από τους υδροκρίτες σε συνδυασμό με το υδρογραφικό δίκτυο μιας περιοχής. Τα όρια της υδρογραφικής λεκάνης καθορίζονται πάντα από τους υδροκρίτες, με μόνη εξαίρεση το σημείο εκβολής της λεκάνης, στο οποίο διασταυρώνονται σχεδόν κατά κανόνα δύο κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου. Στα σημεία εκβολής τέμνεται το δίκτυο υδροκρίτων με το υδρογραφικό δίκτυο.

Από τη μορφομετρική ανάλυση μιας υδρολογικής ή υδρογραφικής λεκάνης μπορούν να προσδιοριστούν χρήσιμες παράμετροι που συσχετίζονται με την υδρολογική της ανάλυση, όπως για παράδειγμα η επιφανειακή απορροή. Οι παράμετροι αυτές σχετίζονται τόσο με το δισδιάστατο σχήμα της λεκάνης όσο και με το ανάγλυφο της. Επιπλέον, μια λεκάνη μπορεί να μελετηθεί με βάση τα χαρακτηριστικά του υδρογραφικού δικτύου που εμπεριέχεται σε αυτή.

Οι βασικοί μορφομετρικοί δείκτες είναι οι ακόλουθοι: α) το μέγεθος, που καθορίζει την ποσότητα νερού που δέχεται μια λεκάνη (εμβαδόν, περίμετρος, μέγιστο μήκος), β) το ανάγλυφο, που καθορίζει την ταχύτητα απορροής, την παροχή φερτών υλικών (μέσο υψόμετρο, διακύμανση υψομέτρου, στάδιο εξέλιξης, κλίση), γ) η ανάλυση υδρογραφικού δικτύου, δ) δείκτες σχήματος (επιμήκυνση, δείκτης μορφής, δείκτης κυκλικότητας, δείκτης συγκέντρωσης) και ε) πρότυπο του υδρογραφικού δικτύου.

Από την επιφανειακή απορροή μπορεί να προσδιοριστούν οι ζώνες διάβρωσης του εδάφους. Η διάβρωση έχει άμεση σχέση με την τοπογραφία, με τις ιδιότητες του εδάφους (βάθος εδαφικού ορίζοντα, σύσταση), με παράγοντες όπως η βλάστηση και γενικότερα με τη γεομορφομετρία. Μερικοί βασικοί δείκτες που συσχετίζουν την επίδραση απορροής – γεομορφομετρίας είναι: ο δείκτης υγρασίας (Wetness Index – WI), ο δείκτης Relative Stream Power (RSP), ο δείκτης μήκος κλίσης (Slope Length – L), ο δείκτης Length Slope Factor (LS) ή ο Sediment Transport Capacity Index (STCI) και ο δείκτης RUSLE.

2.5 Παραδειγματικές περιπτώσεις

Τα συστήματα τηλεπισκόπησης και γεωγραφικών πληροφοριών αποτελούν αποτελεσματικά εργαλεία για την απόκτηση πληροφοριών σχετικά με τους φυσικούς πόρους της γης γρήγορα και με ακρίβεια, ενώ παρέχουν και ένα μέσο αποτελεσματικής ροής των πληροφοριών. Επιπλέον, αυτά τα συστήματα είναι κατάλληλα για τον προσδιορισμό των καλύψεων και των χρήσεων γης και την παρακολούθηση των διαχρονικών αλλαγών τους (Sönmez, et al., 2009).

Σε αυτή την ενότητα θα αναφερθούμε εκτενώς σε κάποιες χαρακτηριστικές παραδειγματικές περιπτώσεις των περιβαλλοντικών εφαρμογών του συστήματος καλύψεων/χρήσεων γης CORINE και της υψομετρίας (του ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου εδάφους DEM).

2.5.1 Παρακολούθηση αλλαγών στις καλύψεις/χρήσεις γης

Στην μελέτη των Sönmez, et al. (2009) καθορίστηκαν οι αλλαγές στις καλύψεις και στις χρήσεις γης που έλαβαν χώρα τα τελευταία 23 χρόνια στην πόλη Κεμέρ (επαρχία της Αττάλειας στην Τουρκία) με τη βοήθεια της τηλεπισκόπησης και των GIS. Βασικοί στόχοι της μελέτης ήταν ο καθορισμός της έκτασης των αλλαγών στις χρήσεις γης στην περιοχή Κεμέρ στην ακτή της Αττάλειας από το 1981 και μετά, η ανάλυση των επιδράσεων αυτών των αλλαγών στους φυσικούς πόρους της περιοχής και η ανάλυση της κοινωνικο – οικονομικής πολιτικής που ασκήθηκε στην περιοχή αυτό το χρονικό διάστημα και οδήγησε στις αλλαγές χρήσης γης. Πιο συγκεκριμένα, έγινε σύγκριση της χρήσης γης στην περιοχή μελέτης για τρεις διαφορετικούς χρόνους της περιόδου 1981 – 2004 και αξιολογήθηκε η αποτελεσματικότητα των δορυφορικών δεδομένων υψηλής ανάλυσης και των GIS για την εκτίμηση των αλλαγών της χρήσης γης εντός της περιοχής μελέτης.

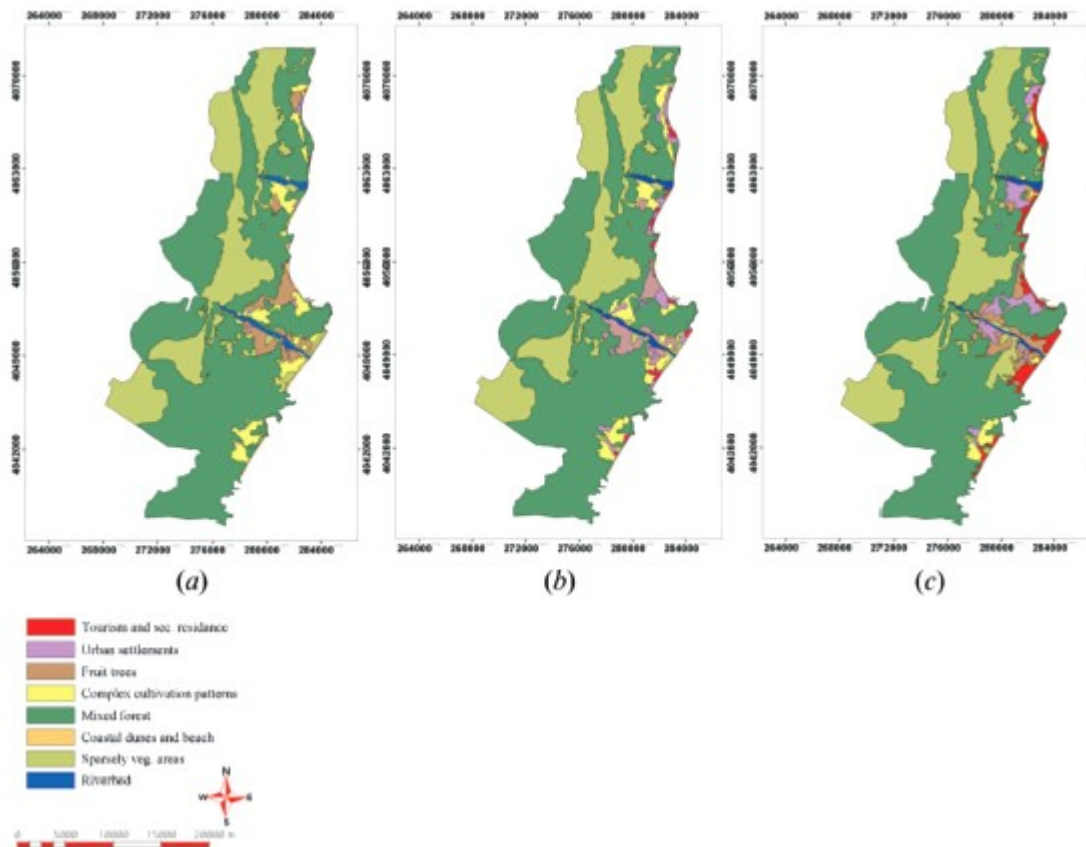
Η περιοχή μελέτης καλύπτει μια έκταση 28.200 εκταρίων, συμπεριλαμβάνει τον Εθνικό Δρυμό Olimpos – Beydaglari και εκτείνεται στη μεσογειακή ακτή, δυτικά της Αττάλειας. Η περιοχή παρουσιάζει φυσικό, πολιτιστικό, ιστορικό και τουριστικό ενδιαφέρον τόσο σε εθνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο. Περιλαμβάνει πολλά αλληλοεξαρτώμενα και ευαίσθητα οικοσυστήματα: φυσικά δάση, γεωργική γη με ετήσιες και πολυετείς καλλιέργειες, το εθνικό πάρκο, ένα πολύτιμο παράκτιο οικοσύστημα, ιστορικά αξιοθέατα και τουριστικές υποδομές

και, έχει υποστεί, με την πάροδο του χρόνου, έντονες αλλαγές στις χρήσεις και τις καλύψεις γης.

Στην μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε στερεοσκοπική ερμηνεία αεροφωτογραφιών και οπτική ερμηνεία εικόνων IKONOS υψηλής ανάλυσης και οι αλλαγές του τύπου κάλυψης γης για χρονικό διάστημα άνω των 23 ετών προσδιορίστηκαν με την αξιοποίηση του CORINE Land Cover (CLC). Σε αυτό το πλαίσιο, εξετάστηκαν οχτώ διαφορετικοί τύποι κάλυψης γης και οι αλλαγές τους αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας δεδομένα από το 1981, το 1992 και το 2004. Για την ανίχνευση των αλλαγών στις καλύψεις/χρήσεις γης χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα τοπογραφικοί χάρτες του 1986 σε κλίμακα 1:25.000, ασπρόμαυρο στερεό ζεύγος αεροφωτογραφιών από το 1981 και το 1992 και εικόνες από μίξη παγχρωματικού και πολυφασματικών καναλιών IKONOS του 2004 (PAN: 0.45–0.90mm και VNIR: 0.45–0.88 mm, χωρικής ανάλυσης 1m και 11-bit ραδιομετρική διακριτική ικανότητα).

Ο προσδιορισμός της χρήσης γης και των τύπων κάλυψης γης πραγματοποιήθηκε σε δύο στάδια. Στην πρώτη φάση της μελέτης χρησιμοποιήθηκαν ως βάση οι τύποι χρήσης/κάλυψης γης από τις κατηγοριοποιήσεις του CORINE (Heymann, et al., 1994). Στη συνέχεια δημιουργήθηκε υπόμνημα με τις κατηγορίες χρήσεων και καλύψεων γης λαμβάνοντας υπόψη τις οικολογικές και κοινωνικο – πολιτισμικές συνθήκες της περιοχής καθώς και το CORINE. Το υπόμνημα περιελάμβανε τρία επίπεδα: τέσσερις κατηγορίες στο πρώτο επίπεδο, έξι στο δεύτερο επίπεδο και οκτώ κατηγορίες στο τρίτο. Στη δεύτερη φάση της μελέτης και με βάση το υπόμνημα που δημιουργήθηκε κατά την πρώτη φάση, ερμηνεύθηκαν σε τρεις διαστάσεις αεροφωτογραφίες του 1981 και του 1992 με στερεοσκόπιο, ενώ δορυφορικά δεδομένα IKONOS ερμηνεύθηκαν οπτικά στο περιβάλλον του υπολογιστή. Στη συνέχεια, τοπογραφικοί χάρτες του 1986 και τα όρια των καλύψεων/χρήσεων γης που προσδιορίστηκαν από ασπρόμαυρες αεροφωτογραφίες του 1981 (κλίμακας 1:20.000) και του 1992 (κλίμακας 1:40.000) χρησιμοποιώντας στερεοσκοπική ερμηνεία, μεταφέρθηκαν στο περιβάλλον του υπολογιστή με σαρωτή υψηλής ανάλυσης. Αυτά τα πλεγματικά σύνολα δεδομένων γεωαναφέρθηκαν με αναδόμηση των τιμών των εικονοστοιχείων με τη μέθοδο μετασχηματισμού πολυώνυμου δεύτερης τάξεως, χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα TNTmips. Μετά και τις απαραίτητες γεωμετρικές διορθώσεις τα δεδομένα (όρια καλύψεων/χρήσεων γης) ψηφιοποιήθηκαν σε διανυσματική μορφή. Επιπλέον, τα όρια των καλύψεων/χρήσεων γης προσδιορίστηκαν σε διανυσματική μορφή και από δορυφορικά δεδομένα IKONOS (μίξη παγχρωματικού και πολυφασματικών καναλιών), που αναλύθηκαν και ερμηνεύθηκαν οπτικά

(Feranec, et al., 2007a, Dwivedi, et al., 2005). Τέλος, τα όρια των καλύψεων/χρήσεων γης που λήφθηκαν από τις αεροφωτογραφίες και τα δορυφορικά δεδομένα ερμηνεύθηκαν σε περιβάλλον GIS και με μια σειρά από ειδικά σχεδιασμένα ερωτήματα εντοπίστηκαν οι αλλαγές της χρήσης γης για πάνω από 23 χρόνια, από το 1981 ως το 2004 (Εικόνα 2.5.1.1).



Εικόνα 2.5.1.1. Οι κατηγορίες χρήσης γης στην περιοχή μελέτης για τα έτη (α) 1981, (β) 1992 και (γ) 2004 (Sönmez, et al., 2009).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αστική χρήση της γης αυξήθηκε περίπου 10 φορές, από 86,3 εκτάρια σε 931,0 εκτάρια, ενώ η χρήση γης για τουριστικές υποδομές και για δευτερεύουσα κατοικία αυξήθηκε σχεδόν 140 φορές, από 5,3 εκτάρια σε 715,8 εκτάρια. Αντίθετα, παρατηρήθηκαν μειώσεις 65,8% στα πολύπλοκα σχήματα καλλιέργειας, 37,2% στις παράκτιες αμμοθίνες και παραλίες και 2,1% στις μόνιμες καλλιέργειες. Αυτή η αλλαγή στη χρήση γης αντανακλά την μεγάλης κλίμακας καθαρή απώλεια των φυσικών πόρων της περιοχής και η τάση αυτή δεν αντανακλά βιώσιμη διαχείριση τους. Κατά το τελευταίο τέταρτο του αιώνα, η πιο σημαντική αιτία για τις αλλαγές στις χρήσεις γης στην περιοχή Κεμέρ φαίνεται να προκαλείται από την πίεση που ασκείται από τον τουρισμό και την δευτερεύουσα κατοικία (Sönmez, et al., 2009).

2.5.2 Εκτίμηση κινδύνου διάβρωσης εδάφους

Η διάβρωση αποτελεί μια από τις κύριες απειλές για τους εδαφικούς και υδάτινους πόρους της περιοχής Danjiangkou Reservoir στην Κίνα. Στόχος της μελέτης (Zhu, 2012) ήταν η αναπαράσταση της Εκτίμησης Κινδύνου Διάβρωσης (χωρική κατανομή) στην περιοχή προκειμένου να εντοπιστούν οι περιοχές με υψηλό κίνδυνο διάβρωσης του εδάφους και να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα πρόληψης της διάβρωσης.

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στο άνω τμήμα του ποταμού Han στη Κίνα και καλύπτει έκταση περίπου 6486 km². Ανήκει σε υποτροπική ζώνη και έχει υγρό κλίμα, με το 84,5% των βροχοπτώσεων να εμφανίζεται στη διάρκεια των μουσώνων. Στην περιοχή απαντώνται οροσειρές χαμηλού και ενδιάμεσου ανάγλυφου, λόφοι, πεδιάδες και απότομες πλαγιές ενώ υπάρχουν και μεγάλες γεωργικές καλλιέργειες. Επιλέχθηκε λόγω του διαδεδομένου προβλήματος εδαφικής διάβρωσης που οφείλεται εν μέρει στην τοπογραφία της περιοχής και στις ακατάλληλες γεωργικές πρακτικές που εφαρμόζονται.

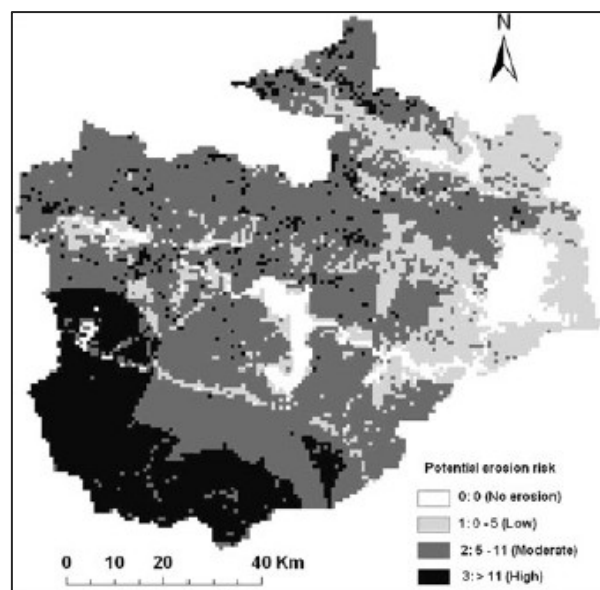
Ο πραγματικός Κίνδυνος Διάβρωσης του εδάφους (εφεξής ASER) σε αυτή την εργασία εκτιμήθηκε με τη συνδυασμένη χρήση του CORINE Land Cover, των GIS και της τηλεπισκόπησης (Yuksel, et al., 2008). Οι κυριότεροι παράγοντες διάβρωσης που μελετήθηκαν ήταν η διάβρωση του εδαφικού ορίζοντα, η επιφανειακή απορροή, η τοπογραφία και η φυτοκάλυψη και προσδιορίστηκαν αντίστοιχα από μετεωρολογικά δεδομένα, από έρευνα πεδίου και ανάλυση δειγμάτων εδάφους, από το ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο εδάφους (DEM) και από τις χρήσεις/καλύψεις γης (LULC). Επίσης, για τη δημιουργία της ταξινόμησης των χρήσεων και των καλύψεων γης χρησιμοποιήθηκαν εικόνες Landsat 5 TM. Οι βάσεις δεδομένων για την εκτίμηση του ASER με την μέθοδο CORINE που απαιτήθηκαν ήταν η επιφανειακή απορροή, η διάβρωση του εδαφικού ορίζοντα, η κλίση και η επιφανειακή κάλυψη. Οι παράμετροι αυτές εκφράστηκαν σαν τέσσερις ξεχωριστοί δείκτες (Bashir, et al., 2013, Aydin and Tecimen, 2010).

Ο δείκτης επιφανειακής απορροής υπολογίστηκε σαν συνάρτηση τη υφής του εδάφους, του βάθους και του βάθους του κροκαλοπαγούς στρώματος. Η υφή και το βάθος του εδάφους ταξινομήθηκαν σε τρεις κατηγορίες ενώ το βάθος του κροκαλοπαγούς στρώματος σε δύο. Τα δεδομένα για τις παραμέτρους προέκυψαν από έρευνα πεδίου, δειγματοληψία και ανάλυση

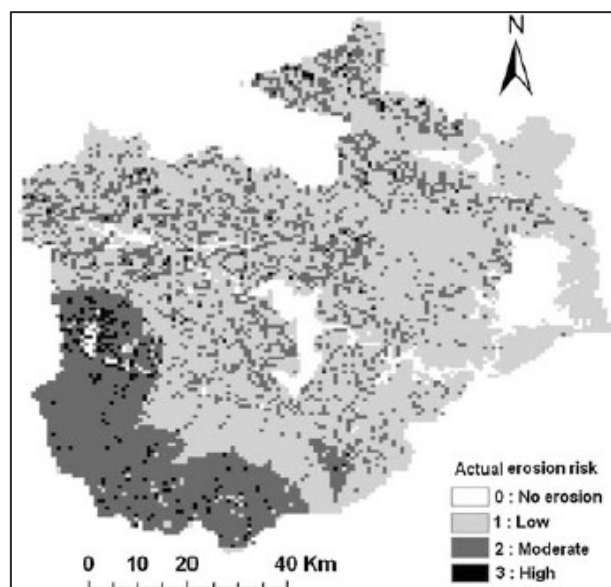
του εδάφους της περιοχής (Αύγουστος του 2009). Για κάθε μία σχηματίστηκε ένα επίπεδο δεδομένων σε περιβάλλον GIS. Με υπέρθεση των τριών επιπέδων δημιουργήθηκε ο χάρτης επιφανειακής απορροής που περιελάμβανε τρεις κατηγορίες περιοχών: χαμηλής, μέτριας και υψηλής διάβρωσης. Οι κατοικημένες – δομημένες περιοχές και οι όγκοι νερού προσδιορίστηκαν ως μηδενικής διάβρωσης. Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν μετεωρολογικά δεδομένα (θερμοκρασία και κατακρήμνιση) από τέσσερις μετεωρολογικούς σταθμούς για να υπολογιστούν δύο κλιματικοί δείκτες, ο τροποποιημένος δείκτης Fournier (MFI) και ο δείκτης ξηρασίας Bagnouls – Gausson (BGI). Στο CORINE ο MFI χωρίζεται σε πέντε κατηγορίες και ο BGI σε τέσσερις. Με συνδυασμό των δεικτών προέκυψε ο δείκτης διάβρωσης του εδαφικού ορίζοντα και παράχθηκε ένας χάρτης με τρεις κατηγορίες: χαμηλής, μέτριας και υψηλής διάβρωσης. Από το DEM της περιοχής (ανάλυσης 30m) παράχθηκε ο χάρτης με τις κλίσεις της περιοχής μελέτης. Προέκυψαν τέσσερις κατηγορίες κλίσεων. Έπειτα δημιουργήθηκε ένας χάρτης φυτοκάλυψης γης (LULC) από δορυφορικά δεδομένα Landsat 5 TM (path/row: 125/36, 125/37, 17 Σεπτεμβρίου 2007) στα οποία έγινε γεωμετρική διόρθωση με σημεία ελέγχου από τοπογραφικούς χάρτες κλίμακας 1:50.000, επαναδειγματοληψία, ραδιομετρική και ατμοσφαιρική διόρθωση, ενώ χρησιμοποιήθηκε και έγχρωμο σύνθετο (False Color Composite B4B5B3: RGB) της περιοχής. Τα δεδομένα επικυρώθηκαν με έρευνα πεδίου και χρησιμοποιήθηκαν ως δείγματα και για τον έλεγχο της ακρίβειας της επιβλεπόμενης ταξινόμησης. Οι κατηγορίες LULC προσδιορίστηκαν με βάση την απεικόνιση του Συστήματος Ταξινόμησης γης της Κίνας και καταγράφηκαν δέκα κατηγορίες. Η διαβαθμισμένη εικόνα φυτοκάλυψης επαναταξινομήθηκε σε δύο κατηγορίες (πλήρως προστατευμένο και όχι πλήρως προστατευόμενο). Με υπέρθεση των χαρτών επιφανειακής απορροής, διάβρωσης του εδαφικού ορίζοντα και κλίσεων σχηματίστηκε ο χάρτης του πιθανού κινδύνου διάβρωσης του εδάφους (PSER), που παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.5.2.1. Τέλος οι χάρτες PSER και LULC συνδυάστηκαν για την δημιουργία του τελικού χάρτη ASER (Εικόνα 2.5.2.2).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι για το 59,1% της περιοχής μελέτης ο πραγματικός κίνδυνος διάβρωσης ASER είναι χαμηλός, για το 31,2% μέτριος και για το 2,3% ο κίνδυνος διάβρωσης είναι υψηλός, ενώ στο σύνολό της η περιοχή βρίσκεται σε χαμηλά έως μέτρια επίπεδα κινδύνου διάβρωσης. Οι περιοχές με μέτριο έως υψηλό κίνδυνο διάβρωσης εντοπίζονται κυρίως στο νοτιοδυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης και σποραδικά στο βόρειο τμήμα της. Οι περιοχές που διατρέχουν χαμηλό κίνδυνο διάβρωσης βρίσκονται κυρίως στα ανατολικά. Επιπλέον, σύμφωνα με τα αποτελέσματα, για το 7,4% της περιοχής μελέτης δεν υπάρχει

πιθανός κίνδυνος διάβρωσης PSER ενώ το 73,1% βρίσκεται κάτω από χαμηλό (20,5%) και μέτριο (52,6%) κίνδυνο. Παρόλο που το μοντέλο CORINE εφαρμόζεται κυρίως στις ευρωπαϊκές και μεσογειακές χώρες, η χωρική σύγκριση του πραγματικού χάρτη Εκτίμησης Κινδύνου Διάβρωσης και της έρευνας πεδίου σε αυτή τη μελέτη υποδεικνύει πως το CORINE σε συνδυασμό με τα συστήματα τηλεπισκόπησης και GIS δίνει τη δυνατότητα παραγωγής χρήσιμων πληροφοριών για τον κίνδυνο διάβρωσης με μικρό κόστος, μεγαλύτερη ακρίβεια και σχετικά χαμηλές απαιτήσεις σε δεδομένα και χρόνο (Zhu, 2012, Dengiz and Akgül, 2005) και μπορεί να εφαρμοστεί στην περιοχή των μουσώνων στην Κίνα (Zhu, 2012).



Εικόνα 2.5.2.1. Χάρτης πιθανού κινδύνου διάβρωσης του εδάφους – PSER (Zhu, 2012).



Εικόνα 2.5.2.2. Χάρτης πραγματικού κινδύνου διάβρωσης του εδάφους – ASER (Zhu, 2012).

2.5.3 Καθορισμός επιφανειακής ακτινοβολίας (θερμικής εκπομπής)

Τα υλικά εκπέμπουν θερμική ακτινοβολία σε διαφορετικά μήκη κύματος, ανάλογα με τον συντελεστή επιφανειακής θερμικής εκπομπής, ϵ . Στη μελέτη αυτή (Stathopoulou, et al., 2007) εξετάστηκε το ενδεχόμενο της συνδυασμένης χρήσης των πληροφοριών για την εδαφοκάλυψη και τις χρήσεις γης που παρέχονται από τη βάση δεδομένων CORINE Land Cover (CLC) και των δορυφορικών δεδομένων Landsat για τον καθορισμό και την ποσοτική συσχέτιση της επιφανειακής θερμικής εκπομπής (ϵ) με τις διάφορες καλύψεις/χρήσεις γης που περιγράφουν μια ορισμένη περιοχή, ιδίως αστική. Η μέθοδος εφαρμόστηκε στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας (Ελλάδα) προκειμένου να εκτιμηθεί η ικανότητα ακτινοβολίας των διαφόρων τύπων κάλυψης γης που βρίσκονται μέσα στο αστικό περιβάλλον.

Στην μελέτη χρησιμοποιήθηκε η έκδοση του CORINE για την Ελλάδα για το έτος 2000 (CLC2000) σε διανυσματική μορφή. Συγκεκριμένα, επιλέχθηκε το τμήμα (γεωγραφική έκταση) που αντιστοιχεί στη μητροπολιτική πόλη της Αθήνας (περιοχή ενδιαφέροντος). Η επεξεργασία των δεδομένων του CORINE βοηθά στην επιλογή των τύπων κάλυψης γης που χρησιμοποιούνται στη συνέχεια για τον καθορισμό της επιφανειακής θερμικής εκπομπής (ϵ).

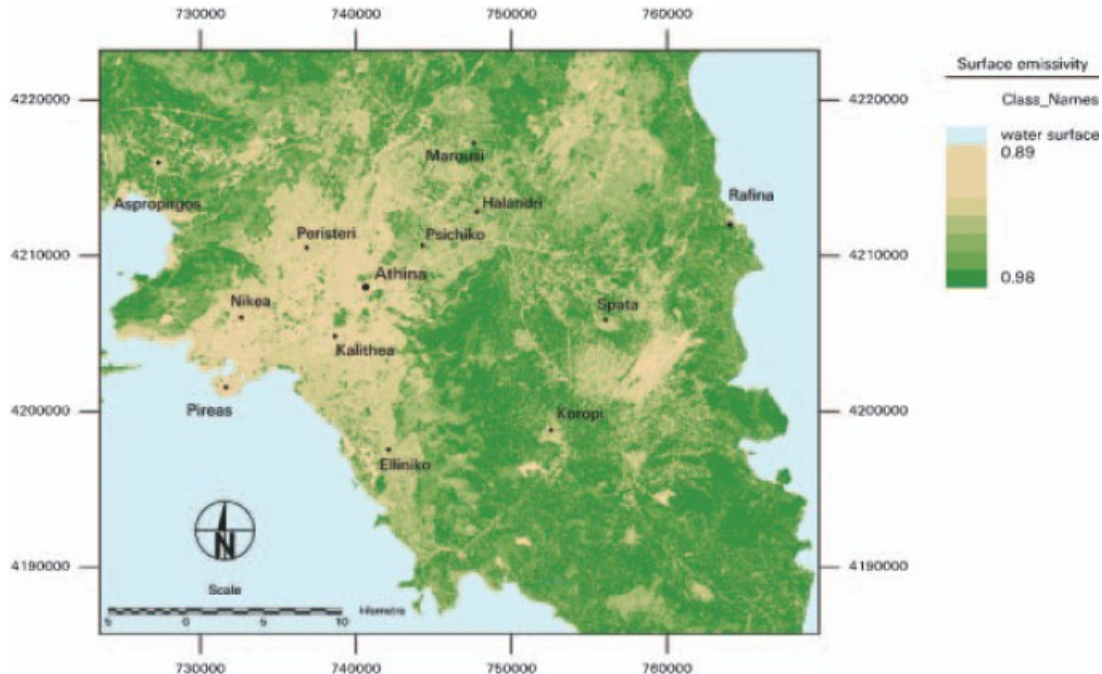
Χρησιμοποιήθηκε επίσης μια δορυφορική εικόνα Landsat TM που λήφθηκε στις 8 Απριλίου του 1999 και ώρα 08:44 UTC πάνω από την ευρύτερη περιοχή της Αθήνας. Η εικόνα επιλέχθηκε τόσο για τις διαυγείς ατμοσφαιρικές συνθήκες όσο και για την εποχή που λήφθηκε, που αντιστοιχεί στο μέσο της άνοιξης. Η αστική βλάστηση σε αυτή την περίπτωση αποτελείται κυρίως από χόρτα, χαμηλούς θάμνους και δέντρα σκιάς (κωνοφόρα και φυλλοβόλα) που φύονται σε αυλές, πάρκα και κατά μήκος των δρόμων και μπορεί να θεωρηθεί πράσινη και σε πλήρη ανάπτυξη. Η εικόνα ήταν ραδιομετρικά και γεωμετρικά διορθωμένη με διάσταση εικονοστοιχείου 30m για όλα τα κανάλια, συμπεριλαμβανομένου του θερμικού και προβεβλημένη στο σύστημα UTM, zone 34N στο WGS84. Η επεξεργασία της δορυφορικής εικόνας στοχεύει στην εκτίμηση της επιφανειακής θερμικής ακτινοβολίας (Land surface emissivity – LSE).

Ως προς την μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην μελέτη, αρχικά η δορυφορική εικόνα γεωαναφέρθηκε και ταυτοποιήθηκε ως προς τα δεδομένα καλύψεων γης χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες παραμέτρους προβολής, προκειμένου να διασφαλισθεί η χωρική συνοχή και η

ακρίβεια γεωαναφοράς μεταξύ των δύο βάσεων δεδομένων. Στη συνέχεια ο κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης (NDVI) υπολογίστηκε από τα κανάλια ερυθρό (TM3) και κοντινό υπέρυθρο (TM4) του αισθητήρα TM του Landsat, αφού προηγουμένως η δορυφορική εικόνα διορθώθηκε ατμοσφαιρικά με την μέθοδο COST (Chavez, 1996). Για την εκτίμηση του ε προτιμήθηκε η μέθοδος NDVI^{THM} (Sobrino and Raissouni, 2000) με ελάχιστες τροποποιήσεις ώστε να εφαρμόζεται στα δεδομένα αυτής της μελέτης. Η μέθοδος υλοποιήθηκε για αστικό περιβάλλον οπότε τα εικονοστοιχεία θεωρήθηκαν ως μίγμα βλάστησης – τεχνητών υλικών και όχι μείγμα βλάστησης – γυμνού εδάφους, οπότε χρησιμοποιήθηκε ως μέση τιμή επιφανειακής εκπομπής (ε) για τα τεχνητά υλικά η τιμή $0,92 \pm 0,03$ στο εύρος μήκους κύματος 10.05 – 12.05 mm. Προέκυψε ο χάρτης του συντελεστή θερμικής εκπομπής ε (Εικόνα 2.5.3.1). Ακολούθησε η επεξεργασία των κατηγοριών της βάσης CORINE για τον καθορισμό ενοποιημένης ονοματολογίας για χρήση αποκλειστικά στην ανάλυση εκπομπής. Πραγματοποιήθηκε επαναταξινόμηση των 11 αρχικών κατηγοριών καλύψεων/χρήσεων γης που υπάρχουν στο Επίπεδο I, Κατηγορία 1 (Συνεχής αστικός ιστός) με ομαδοποίηση των τάξεων βάσει κοινών χαρακτηριστικών. Η νέα ομαδοποίηση εξυπηρέτησε την χωρική διάκριση μεταξύ των κατοικημένων περιοχών και των περιοχών αστικής χρήσης και καθόρισε τις κατηγορίες που σχετίζονται με τη θερμική νησίδα. Η νέα ταξινόμηση παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.5.3.1. Προέκυψε ένα νέο πολυγωνικό επίπεδο με 461 πολύγωνα που ταξινομήθηκαν σε επτά διαφορετικούς τύπους κάλυψης γης: οικιστική περιοχή με πυκνή δόμηση, οικιστική περιοχή με μεσαία δόμηση, βιομηχανική/εμπορική περιοχή, περιοχή αστικών χρήσεων, αγροτική περιοχή, δασική περιοχή και υδάτινες επιφάνειες (Εικόνα 2.5.3.2). Τέλος, με υπέρθεση του ενοποιημένου διανυσματικού επιπέδου καλύψεων γης στο χάρτη που αποτυπώνει τον συντελεστή επιφανειακής θερμικής εκπομπής που προήλθε από την εικόνα Landsat υπολογίστηκαν οι μέσες τιμές του ε με τις σταθερές αποκλίσεις για κάθε κατηγορία κάλυψης γης από τους επιλεγμένους τύπους αστικών/μη-αστικών καλύψεων (εκτός από τις υδάτινες επιφάνειες).

Τα στατιστικά στοιχεία για την επιφανειακή θερμική εκπομπή ανάλογα με τον τύπο εδαφοκάλυψης δείχνουν πως οι υψηλότερες τιμές του ε εντοπίζονται στις περιοχές με αφθονία βλάστησης, δηλαδή στις δασικές και αγροτικές περιοχές (οι μέσες τιμές κυμαίνονται στο $0,980 \pm 0,004$ και $0,975 \pm 0,003$ αντίστοιχα). Ακολουθούν οι οικιστικές περιοχές μεσαίας δόμησης, οι βιομηχανικές/εμπορικές περιοχές, οι αστικών χρήσεων και τέλος οι οικιστικές περιοχές πυκνής δόμησης ($0,929 \pm 0,019$). Με Ανάλυση Διασποράς (ANOVA) υποδηλώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές της επιφανειακής θερμικής εκπομπής (ε) σε σχέση με τους

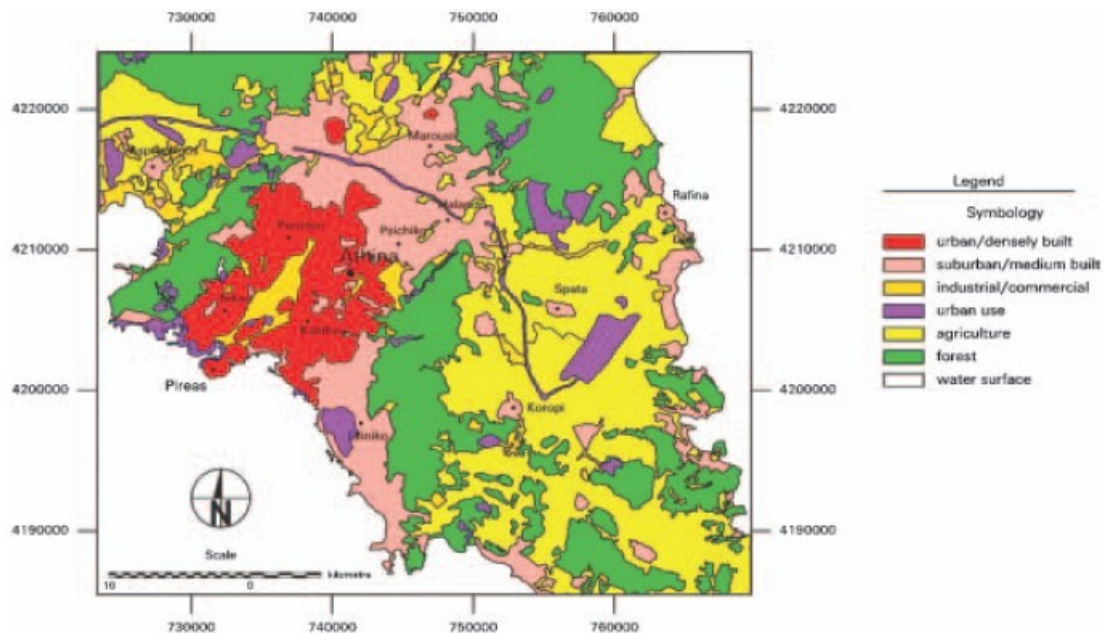
τέσσερις διαφορετικούς τύπους αστικής κάλυψης γης που εξετάστηκαν ($F=22,30$, $p<0,001$). Στο ANOVA συμμετείχαν περισσότερες από δύο κατηγορίες αστικής κάλυψης γης και για διασαφήνιση των τύπων που διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους και την διάκριση των αντίστοιχων κατηγοριών αστικής κάλυψης γης εφαρμόστηκε το Tamhane's T2 post hoc τεστ. Για τον έλεγχο της ακρίβειας των αποτελεσμάτων της μεθόδου αυτής της μελέτης η εκτιμώμενη μέση τιμή εκπομπής για κάθε τύπο κάλυψης γης συγκρίθηκε με μετρήσεις που αναφέρονται στη βιβλιογραφία για επιφάνειες αντιπροσωπευτικές των εκάστοτε τύπων. Επιπλέον, τα στατιστικά αποτελέσματα απέδειξαν ότι η μέθοδος είναι πολύ αποτελεσματική και μπορεί να παρέχει τις τιμές ακτινοβολίας των διαφορετικών τύπων κάλυψης γης με καλή ακρίβεια και επομένως μπορεί ποσοτικά να συνδεθεί η επιφανειακή θερμική εκπομπή (ϵ) με τον τύπο της επιφάνειας. Τέλος, η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί σε όλες τις πόλεις που περιλαμβάνονται στη βάση δεδομένων CLC και μπορεί να υποστηρίξει εφαρμογές όταν δεν είναι γνωστές οι επί τόπου, μεγάλης κλίμακας μετρήσεις της ϵ για τους διάφορους τύπους κάλυψης γης, ιδιαίτερα στις αστικές περιοχές, όπως μελέτες αστικού μικροκλίματος για το φαινόμενο της Θερμικής Νησίδας με χρήση δορυφορικών δεδομένων TIR και αλγόριθμων LST (Stathopoulou, et al., 2007).



Εικόνα 2.5.3.1. Χάρτης συντελεστή θερμικής εκπομπής (ϵ) της ευρύτερης περιοχής της Αθήνας. Οι τιμές του ϵ κυμαίνονται από 0,89 (ανοιχτό καφέ) μέχρι 0,98 (σκούρο πράσινο) (Stathopoulou, et al., 2009).

Πίνακας 2.5.3.1. Οι αρχικές κατηγορίες και οι τάξεις που προέκυψαν από επαναταξινόμηση – ομαδοποίηση των τάξεων του CLC2000 (Stathopoulou, et al., 2009).

CLC2000 class	New class	Label
1.1.1 Continuous urban fabric	1	Urban/densely built
1.1.2 Discontinuous urban fabric	2	Suburban/medium built
1.2.1 Industrial or commercial units	3	Industrial/commercial
1.2.2 Road and rail networks and associated land	4	Urban use
1.2.3 Port areas	4	Urban use
1.2.4 Airports	4	Urban use
1.3.1 Mineral extraction sites	4	Urban use
1.3.2 Dump sites	4	Urban use
1.3.3 Construction sites	4	Urban use
1.4.1 Green urban areas	2	Suburban/medium built
1.4.2 Sport and leisure facilities	2	Suburban/medium built
2. Agricultural areas	5	Agriculture
3. Forests and semi-natural areas	6	Forest
4. Wetlands	7	Water surfaces
5. Water bodies	7	Water surfaces



Εικόνα 2.5.3.2. Χάρτης καλύψεων/χρήσεων γης της ευρύτερης περιοχής της Αθήνας, όπως αναπαράχθηκα από το CLC2000 (Stathopoulou, et al., 2009).

Μεθοδολογία

3.1 Σκοπός και στόχοι

Η μεθοδολογική προσέγγιση στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή περιλαμβάνει την θεώρηση των περιβαλλοντικών προβλημάτων με βάση την βιβλιογραφική ανασκόπηση της περιοχής. Αφού γίνει σύνοψη των περιβαλλοντικών προβλημάτων θα καθοριστεί το εννοιολογικό πλαίσιο και θα περιγραφεί πιο επισταμένα το πρόβλημα. Στη συνέχεια θα καθοριστεί ο μεθοδολογικός στόχος και τα ερευνητικά ερωτήματα που αναμένονται να απαντηθούν κατά την ολοκλήρωση και εφαρμογή της μεθοδολογίας.

Παράλληλα, σε όλα τα στάδια της μεταπτυχιακής διατριβής, θα αναζητηθούν τα πλέον κατάλληλα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν. Τα δεδομένα θα περιγραφούν τόσο ως προς την διαθεσιμότητα και πρόσβαση των χρηστών σε αυτά, όσο και ως προς την δομή τους (χωρική διακριτική ικανότητα κλπ).

Στη συνέχεια θα προσδιορισθούν οι τεχνικές επεξεργασίας και ανάλυσης των δεδομένων καθώς και οι πληροφορίες που θα εξαχθούν από αυτά. Η επιλογή των τεχνικών θα βασιστεί σε προηγούμενες ερευνητικές προσπάθειες. Παραδειγματικές περιπτώσεις επεξεργασίας αντίστοιχων δεδομένων σε άλλες περιοχές έχουν ήδη περιγραφεί στα προηγούμενα στάδια, προκειμένου να αντληθεί εμπειρία προτού γίνει εφαρμογή αυτών των τεχνικών στα δεδομένα της εξεταζόμενης περιοχής μελέτης.

Στο τελικό στάδιο της μεθοδολογίας θα υλοποιηθούν οι τεχνικές στην περιοχή μελέτης και θα εξαχθούν αποτελέσματα με την μορφή θεματικών χαρτών και στατιστικών αναπαραστάσεων.

Για τις καλύψεις γης CORINE (Miliaresis, 2009) του νομού Φθιώτιδας θα προσδιορισθούν βιοφυσικοί, γεωμορφομετρικοί και γεωγραφικοί παράμετροι (δείκτες) και θα διασυνδεθούν ανά κάλυψη γης σε μια πολύ-παραμετρική πλεγματική αναπαράσταση. Η πολυδιάστατη

παραμετρική αναπαράσταση θα αναλυθεί στατιστικά και θα υποβοηθήσει την ερμηνεία της ανάπτυξης των καλύψεων γης σαν συνάρτηση του πεδίου, τον προσδιορισμό της βιοφυσικής τους καταλληλότητας στο δεδομένο γεωγραφικό περιβάλλον ανάπτυξης τους και στην δυνητική επικινδυνότητα τους (καλύψεις, χρήσεις) σαν συνάρτηση της υπάρχουσας κατάστασης και της επερχόμενης κλιματικής αλλαγής (Sönmez, et al., 2009). Οι βιοφυσικοί, γεωμορφομετρικοί και γεωγραφικοί παράμετροι θα προσδιοριστούν από τα ελεύθερα ψηφιακά δεδομένα (Miliarexis and Delikaraoglou, 2009).

3.2 Ερευνητικά ερωτήματα

Η κατάτμηση του γεωγραφικού χώρου σε χωρικά υποσύνολα με βάση τις μορφομετρικές βιοφυσικές υπογραφές που αντιστοιχούν σε κάθε κάλυψη γης είναι σημαντική γιατί θα δοθεί η δυνατότητα προσδιορισμού της καταλληλότητας των χωρικών υποσυνόλων σαν συνάρτηση της χωρικής μεταβολής των δεικτών και θα επιτρέψει την χωροθέτηση –εγκατάσταση χρήσεων και δραστηριοτήτων όπως την χωροθέτηση των καλλιεργειών, την επέκταση σχεδίων πόλεων, την χωροθέτηση τουριστικών εγκαταστάσεων κλπ.

3.3 Σχεδιασμός

Σε αυτή την μεταπτυχιακή διατριβή θα ακολουθηθούν τα παρακάτω στάδια:

- Θα προσδιοριστούν βιοφυσικοί μορφομετρικοί δείκτες από το ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο εδάφους (ΨΥΜΕ) προκειμένου να ανατεθούν στις καλύψεις γης που εντοπίζονται στο νομό Φθιώτιδας (περιοχή μελέτης).
- Θα προσδιοριστούν οι βιοφυσικές μορφομετρικές υπογραφές που είναι διαθέσιμες για κάθε κατηγορία κάλυψης γης της περιοχής μελέτης.
- Θα καταταμηθεί ο νομός Φθιώτιδας σε χωρικές ζώνες ως προς τις βιοφυσικές μορφομετρικές υπογραφές των καλύψεων γης.
- Θα εντοπιστούν οι διαφοροποιήσεις των βιοφυσικών υπογραφών μεταξύ των ζωνών και θα ερμηνευτούν με βάση το γεωγραφικό περιβάλλον και τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες που εντοπίζονται στην περιοχή μελέτης.

3.4 Περιοχή μελέτης

Ο νομός Φθιώτιδας (πλέον Περιφερειακή Ενότητα Φθιώτιδας), με έκταση 4.441km² και πρωτεύουσα την Λαμία, βρίσκεται στο βορειοανατολικό τμήμα της Στερεάς Ελλάδας μεταξύ των παραλλήλων 38°30'Β και 39°17'Β και των μεσημβρινών 21°50'Α και 23°23'Α (Βικιπαίδεια, 2015). Συνορεύει στα βόρεια με τις Περιφερειακές Ενότητες (Π.Ε.) Λάρισας και Μαγνησίας, δυτικά με τις Π.Ε. Ευρυτανίας και Καρδίτσας, νότια με τις Π.Ε. Φωκίδας, Βοιωτίας και Αιτωλοακαρνανίας ενώ στα ανατολικά βρέχεται από θάλασσα (βόρειος Ευβοϊκός κόλπος, Μαλιακός κόλπος και Δίαυλος των Ωρεών).

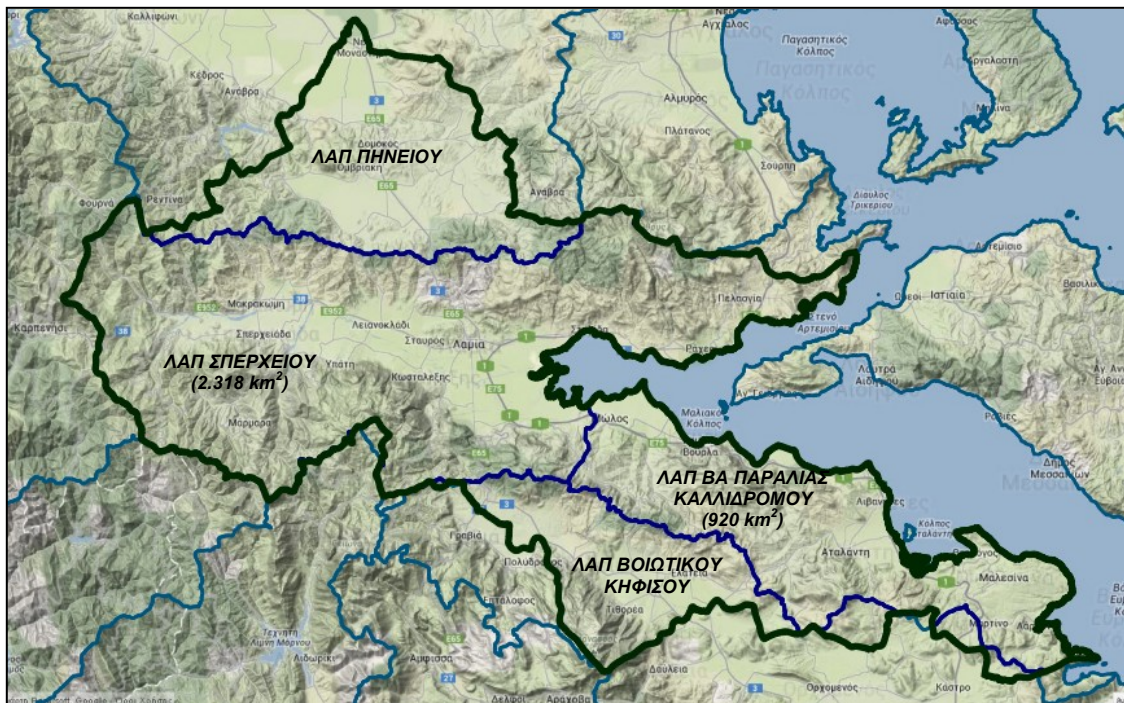
Η Φθιώτιδα είναι ορεινής έως ημιορεινής μορφολογίας αφού αποτελείται σε ποσοστό 42,2% (1.873km²) από ημιορεινές περιοχές, κατά 37,9% (1685 km²) από ορεινές και το υπόλοιπο 19,9% (882km²) είναι πεδινές περιοχές. Οι κύριοι ορεινοί όγκοι της περιοχής είναι οι νοτιοανατολικές απολήξεις της νότιας Πίνδου στα ΒΔ, ο Τυμφρηστός και η Καλλιακούδα στα νότια, τα Βαρδούσια όρη, η Οίτη και το Καλλίδρομο στα ΝΔ και η Όθρυς στα ΒΑ. Η μεγαλύτερη πεδιάδα της περιοχής είναι η λεκάνη του Σπερχείου (Βικιπαίδεια, 2015). Το 22,2% της έκτασης της περιοχής καλύπτεται από δάση (πεύκα και έλατα).

Η περιοχή διαθέτει αρκετά σημαντικό υδατικό δυναμικό (Ε.Γ.Υ. 2013). Οι κύριες λεκάνες απορροής (ΛΑ) είναι του Σπερχείου και της ΒΑ Παραλίας Καλλίδρομου και μικρά τμήματα της ΛΑ Βοιωτικού Κηφισού και Πηνειού (Σχήμα 3.4.1). Το νομό διαρρέει σε όλο του το μήκος από τα δυτικά προς τα ανατολικά ο Σπερχειός ποταμός (μήκους 80km), ενώ συναντάμε τμήμα του Βοιωτικού Κηφισού και μικρότερους ποταμούς και χείμαρρους μόνιμης και περιοδικής ροής (Γοργοπόταμος, Ξηριάς). Οι εκβολές του Σπερχείου (στον Μαλιακό κόλπο) αποτελούν το μόνο μεταβατικό υδατικό σύστημα στην περιοχή (προστατευόμενος οικότοπος – NATURA 2000), υπάρχουν σημαντικά υπόγεια υδατικά συστήματα (Σπερχείου, Αταλάντης) και αρκετές ιαματικές πηγές. Στα ανατολικά εντοπίζονται παράκτια υδατικά συστήματα. Τέλος στην περιοχή έχουν κατασκευαστεί τεχνικά υδατικά συστήματα (αντιπλημμυρικά έργα) με σημαντικότερο την τάφρο Λαμίας (Ε.Γ.Υ. 2013).

Η γεωγραφική θέση και το ανάγλυφο της περιοχής συμβάλλουν στη μεγάλη κλιματική ποικιλία. Το κλίμα στο εσωτερικό της Φθιώτιδας είναι ηπειρωτικό, με θερμά καλοκαίρια, ψυχρούς χειμώνες και μεγάλες ημερήσιες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις. Στις ορεινές περιοχές είναι ηπειρωτικό με χαμηλότερες θερμοκρασίες και ήπιες θερμοκρασιακές

διακυμάνσεις ενώ στα παράλια το κλίμα χαρακτηρίζεται θαλάσσιο μεσογειακό. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής στη λεκάνη του Σπερχείου εκτιμάται στα 905mm. Η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται από 11° C μέχρι 18° C, ανάλογα με το υψόμετρο και την απόσταση από τη θάλασσα (Ε.Γ.Υ. 2013).

Η περιοχή έχει πληθυσμό 158.231 με βάση την απογραφή του 2011. Η οικονομία στο νομό παρουσιάζει αξιόλογη και ισορροπημένη ανάπτυξη λόγω της γεωγραφικής θέσης αλλά και της ποικιλίας των φυσικών πόρων που διαθέτει. Κύριες οικονομικές δραστηριότητες είναι η γεωργία (σιτηρά, βαμβάκι, καπνός), η κτηνοτροφία, η αλιεία (στις παράκτιες περιοχές), η βιομηχανία, το εμπόριο και οι υπηρεσίες, ενώ ανάπτυξη παρουσιάζει και ο τομέας του τουρισμού. Οι γεωργικές (εντατικές και μη) καλλιέργειες και οι κτηνοτροφικές δραστηριότητες εντοπίζονται σε ολόκληρο το νομό. Η βιομηχανική δραστηριότητα εντοπίζεται στην ΛΑ Σπερχείου και στη Βιομηχανική Περιοχή Λαμίας (μονάδες μεταποίησης, επεξεργασίας γάλακτος, χαρτιού, βαμβακοελαιουργεία κλπ). Οι τουριστικές δραστηριότητες είναι ποικίλες και περιλαμβάνουν από πολιτιστικό και θρησκευτικό τουρισμό μέχρι περιβαλλοντικό/περιηγητικό και ιαματικό τουρισμό.



Σχήμα 3.4.1. Ο νομός Φθιώτιδας και οι λεκάνες απορροής του (ίδια επεξεργασία).

3.5 Δεδομένα – Τυποποίηση και ακρίβεια

Σε αυτή την ενότητα γίνεται αναφορά στις πηγές των δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν (διαθεσιμότητα δεδομένων και πρόσβαση) και περιγράφεται η δομή των δεδομένων αυτών. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται τα γεωγραφικά δεδομένα της περιοχής μελέτης (όρια νομών, Καποδιστριακοί δήμοι, οικιστικές συγκεντρώσεις, οδικό και υδρογραφικό δίκτυο), το Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο Εδάφους SRTM – 3 και οι καλύψεις/χρήσεις γης CORINE.

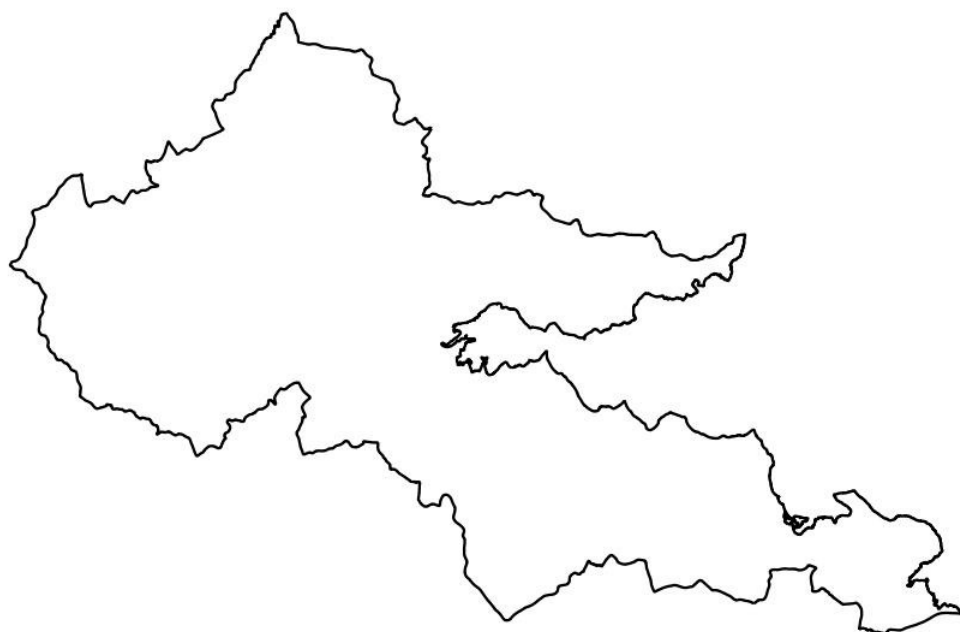
3.5.1 Γεωγραφικά δεδομένα

Όρια νομών, Καποδιστριακοί δήμοι και οικιστικές συγκεντρώσεις

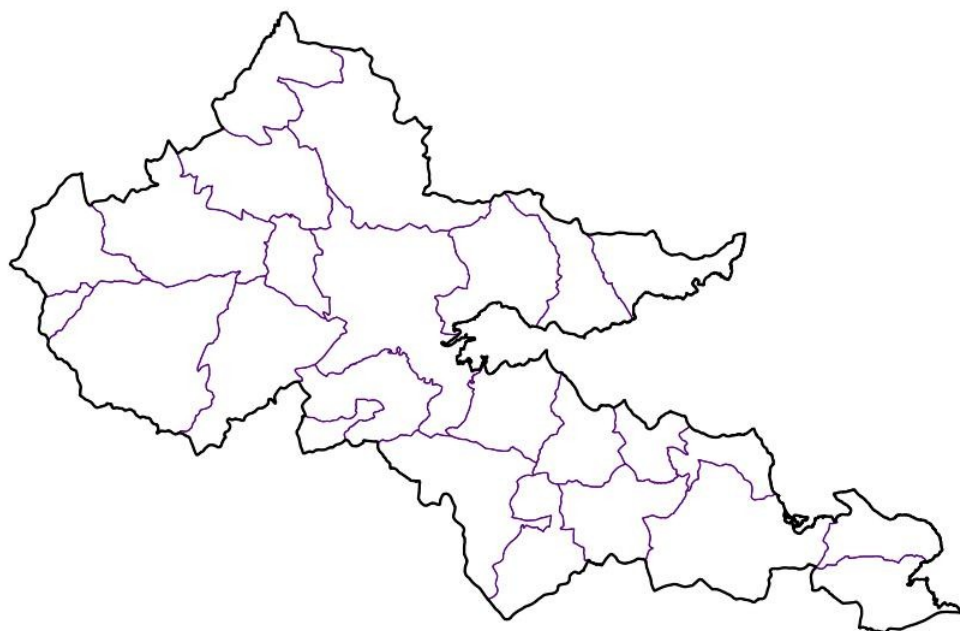
Τα όρια του νομού, των δήμων, των δημοτικών διαμερισμάτων και οι οικιστικές συγκεντρώσεις είναι διαθέσιμα από τη γεωγραφική βάση δεδομένων GADM (GADM, 2014). Η GADM παρέχει διοικητικές διαιρέσεις σε διάφορα επίπεδα λεπτομέρειας για όλη τη γη τα οποία είναι διαθέσιμα είτε σαν ενιαία διανυσματικά επίπεδα πληροφορίας σε τυποποίηση shapefile (.shp) είτε σαν υποσύνολα που αντιστοιχούν στις διοικητικές διαιρέσεις των χωρών. Τα δεδομένα αυτά υπόκεινται σε διαρκή αναθεώρηση.



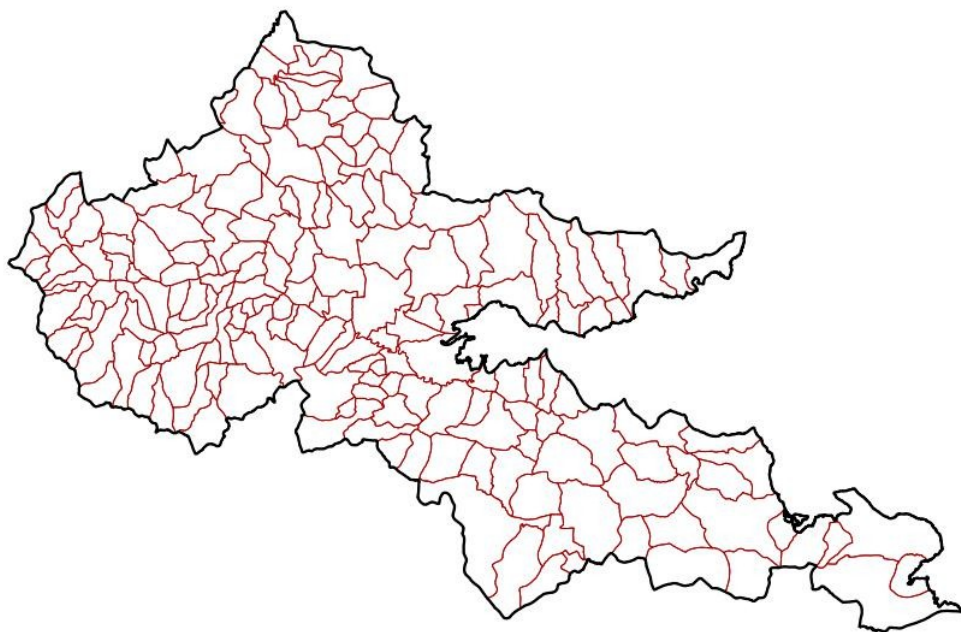
Σχήμα 3.5.1.1. Βάση δεδομένων GADM (GADM, 2014).



Σχήμα 3.5.1.2. Τα διοικητικά όρια του νομού Φθιώτιδας.



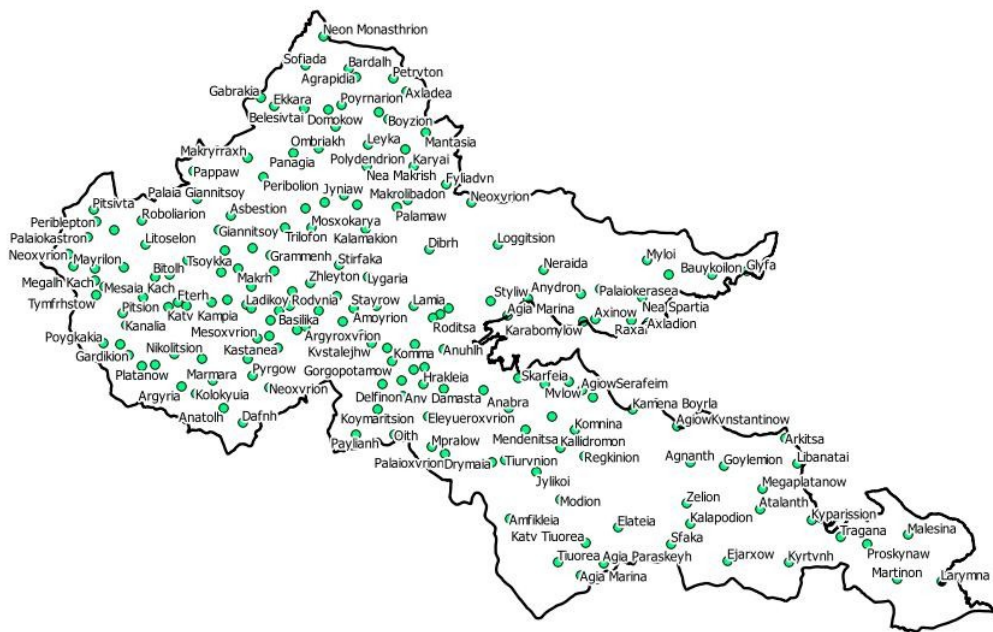
Σχήμα 3.5.1.3. Οι δήμοι του νομού Φθιώτιδας.



Σχήμα 3.5.1.4. Τα δημοτικά διαμερίσματα του νομού Φθιώτιδας.



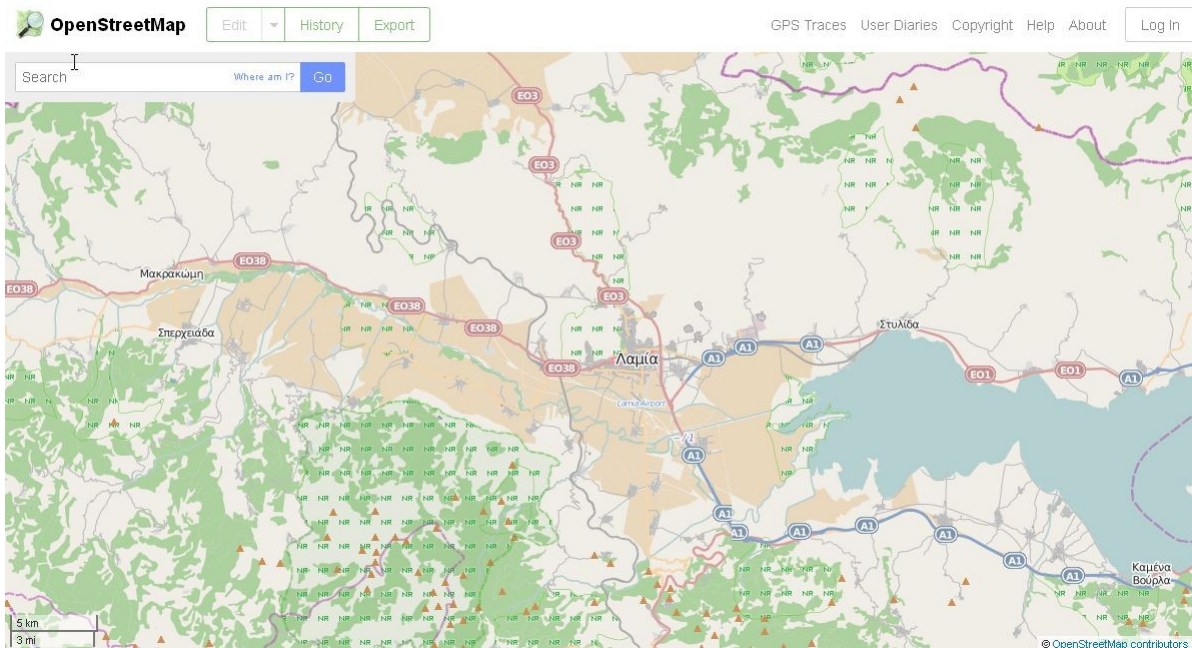
Σχήμα 3.5.1.5. Τα δημοτικά διαμερίσματα του νομού Φθιώτιδας και οι ονομασίες τους.



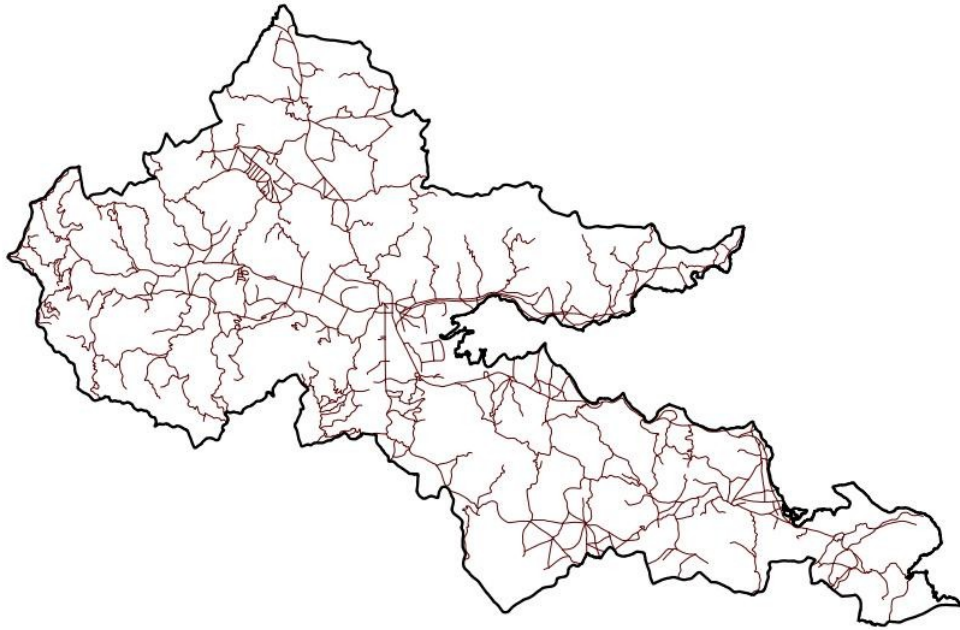
Σχήμα 3.5.1.6. Οι οικιστικές συγκεντρώσεις του νομού Φθιώτιδας.

Οδικό δίκτυο

Το οδικό δίκτυο είναι διαθέσιμο από το OpenStreetMap (OSM, 2014).



Σχήμα 3.5.1.7. Το οδικό δίκτυο του νομού Φθιώτιδας (OSM, 2014).



Σχήμα 3.5.1.8. Το οδικό δίκτυο του νομού Φθιώτιδας.

Υδρογραφικό δίκτυο

Το υδρογραφικό δίκτυο της Ελλάδας είναι διαθέσιμο στη διεύθυνση Geodata Rivers (2014).

Υδρογραφικό δίκτυο

Περίληψη

Το αρχείο περιλαμβάνει το υδρογραφικό δίκτυο της Ελλάδας

Διάθεση:	2010-05-13
Τελευταία Ενημέρωση:	2010-05-13
Συχνότητα Ενημέρωσης:	Ετησίως

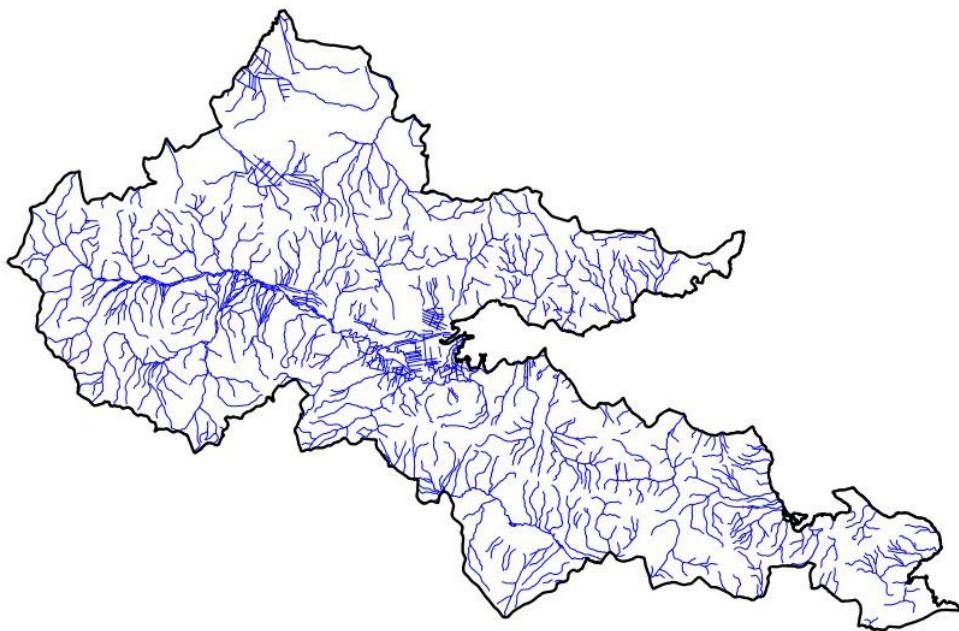
Πρόσβαση

SHP
GML
KML
Χάρτης

Λεπτομέρειες

Άδεια:	Creative Commons Αναφορά Προέλευσης (CC BY v.3.0)
Έκδοση:	ver. 1.0
Γεωγραφική Κάλυψη:	16.76871,30.655429,33.188516,43.339883
Χρονική Κάλυψη:	-
Μοναδικό Αναγνωριστικό:	c07a4eb3-05a7-4bd2-9c25-1f1bb2f3f281
Μεταδεδομένα:	Μεταδεδομένα

Σχήμα 3.5.1.9. Διαθεσιμότητα του υδρογραφικού δικτύου της Ελλάδας (Geodata Rivers, 2014).



Σχήμα 3.5.1.10. Το υδρογραφικό δίκτυο του νομού Φθιώτιδας.

3.5.2 Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο Εδάφους

Το ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο εδάφους SRTM – 3 (SRTM 90m DEM) είναι διαθέσιμο από το διαδίκτυο για το σύνολο σχεδόν της επιφάνειας της γης (SRTM DEM, 2014), παρέχοντας πρόσβαση σε υψηλής ποιότητας υψομετρικά δεδομένα.

Η δημιουργία του ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου εδάφους SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) αποτελεί μια κοινή προσπάθεια της Εθνικής Υπηρεσίας Αεροναυτικής και Διαστήματος (National Aeronautics and Space Administration – NASA) και της Υπηρεσίας Τηλεπισκόπησης και Χαρτογραφίσεων του Αμερικανικού Στρατού (National Imagery and Mapping Agency – NIMA) με τη συμμετοχή των διαστημικών υπηρεσιών της Ιταλίας και της Γερμανίας. Στόχος του προγράμματος ήταν η σύνθεση του ΨΥΜΕ σε γήινη κλίμακα με συμβολομετρία μικροκυματικών τηλεπισκοπικών εικόνων (Jarvis, et al., 2008).

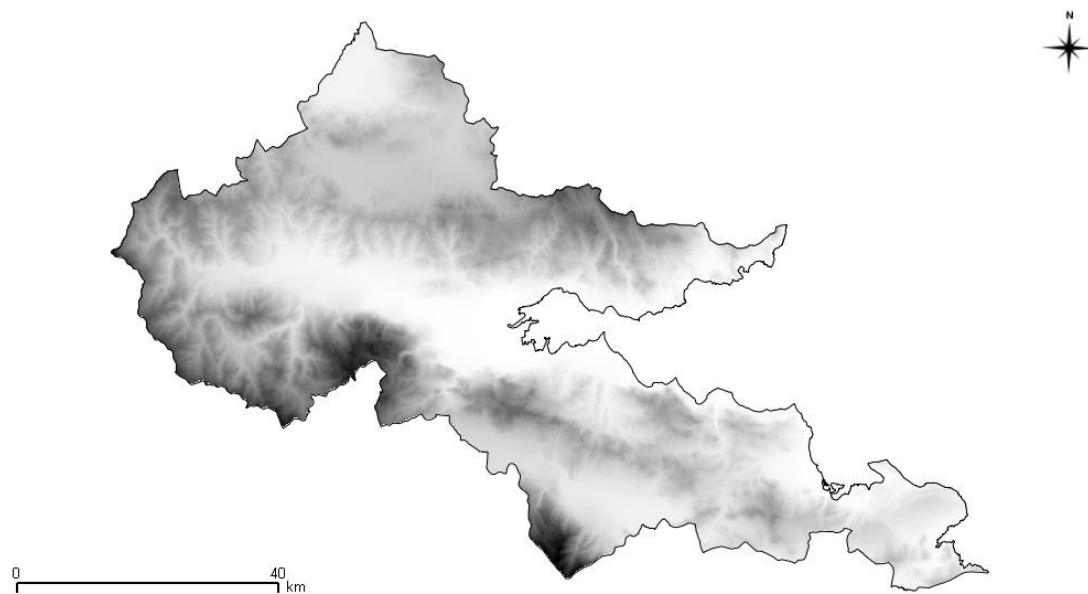
Το όργανο καταγραφής SRTM κάλυψε πάνω από το 80% της επιφάνειας της γης, λειτουργούσε σε μήκος κύματος C (Spaceborne Imaging Radar, SIR – C) και συνέλεξε δεδομένα κάθετα ως προς την διεύθυνση πτήσης του διαστημικού λεωφορείου (Space Shuttle) που το έφερε, με απόσταση πλευρικής σάρωσης 225km (Farr and Kobrick, 2000).

Έχουν παραχθεί υψομετρικά δεδομένα σε δύο διαφορετικές διακριτικές ικανότητες: σε 3 δεύτερα της μοίρας, χωρική ανάλυση περίπου 90m (SRTM – 3) και σε 1 δεύτερο της μοίρας (SRTM – 1). Η υψομετρική ακρίβεια των δεδομένων είναι 16m (Hensley, et al., 2001). Μόνο τα δεδομένα SRTM – 3 διατίθενται ελεύθερα στο διαδίκτυο. Τα δεδομένα SRTM – 1 σύμφωνα με τους υπεύθυνους του προγράμματος δεν απελευθερώνονται για να μην καταστραφούν οι τοπικές αγορές (local markets) ψηφιακών δεδομένων. Κατά άλλους, τα δεδομένα υψηλής διακριτικής ικανότητας (SRTM – 1) αναμένεται να χρησιμοποιηθούν για στρατιωτικούς σκοπούς (πλοήγηση πυραύλων), δεδομένης της ικανότητας του SRTM να αποτυπώνει τα υψηλότερα σημεία (Digital Elevation Model) της επιφάνειας, όπως δέντρα, σπίτια και όχι το υψόμετρο του εδάφους (Digital Terrain Model).

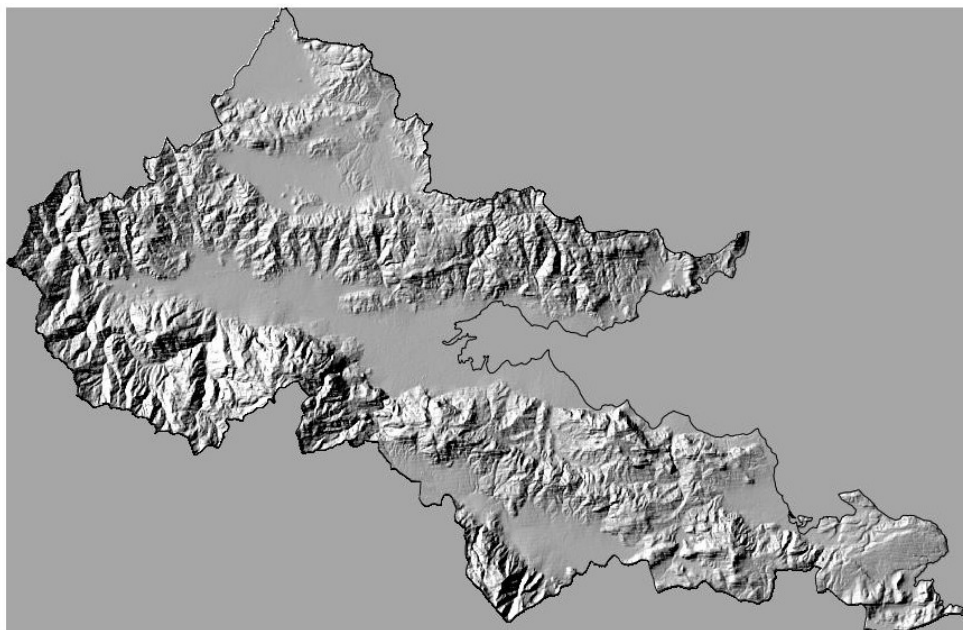
Σε όρους κλίμακας, η διαφορά των δεδομένων SRTM – 1 από τα SRTM – 3 αντιστοιχεί στην διαφορά των ΨΥΜΕ που έχουν παραχθεί από χάρτες 1:50.000 σε σχέση με ΨΥΜΕ που παράχθηκαν από χάρτες κλίμακας 1:250.000. Σε όρους υψομετρικής ακρίβειας και σύμφωνα με τις προδιαγραφές της ASPRS τα δεδομένα SRTM – 3 πρέπει να παρουσιάζουν ΜΤΣ (μέσο τετραγωνικό σφάλμα) στο διάστημα 15 – 30m ενώ για τα SRTM – 1 πρέπει να είναι ΜΤΣ < 7m (Miliareisis, 2007).

Τα δεδομένα SRTM – 3 προέρχονται από όργανο καταγραφής ενεργητικού συστήματος τηλεπισκόπησης (SAR) και ως εκ τούτου σύμφωνα με τους Maune, et al. (2001) παρουσιάζουν τα παρακάτω προβλήματα: α) εντοπίζονται σημεία χωρίς δεδομένα (voids) που αντιστοιχούν κυρίως σε υδάτινες επιφάνειες (ιδιαίτερα στις ακτογραμμές αναμένεται πολύ μεγάλο σφάλμα) και β) εντοπίζονται σημεία με πολύ μεγάλο σφάλμα στο υψόμετρο (spurious peaks or pits). Προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα στα υψομετρικά δεδομένα SRTM – 3 που έχουν ήδη απελευθερωθεί στο διαδίκτυο η NIMA προβαίνει σε περαιτέρω επεξεργασία (διορθώσεις) των δεδομένων με βάση υψομετρικά δεδομένα που έχουν προέλθει από άλλες πηγές, όπως αεροφωτογραφίες, τοπογραφικούς χάρτες, έρευνα πεδίου κλπ.

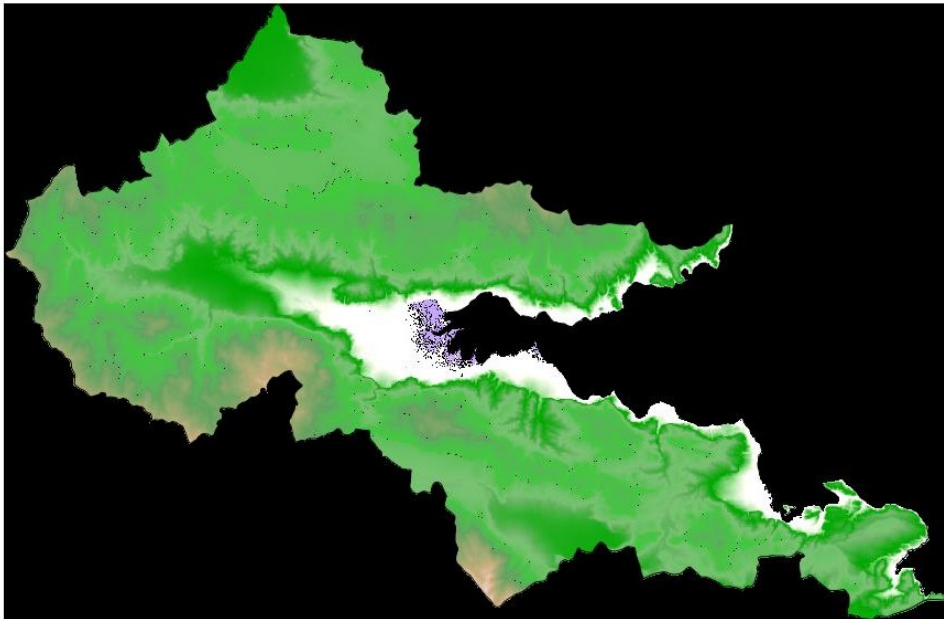
Ακολουθούν οπτικοποιήσεις που περιλαμβάνουν το ΨΥΜΕ της περιοχής, χάρτες σκιασμένου ανάγλυφου και τρισδιάστατες απεικονίσεις που προέκυψαν από την επεξεργασία του ΨΥΜΕ της περιοχής μελέτης (Σχήματα 3.5.2.1 έως 3.5.2.6). Για τις ανάγκες της μεταπτυχιακής αυτής διατριβής χρησιμοποιήθηκε απόσπασμα από το SRTM – 3 της Ελλάδας σε ελλειψοειδές αναφοράς WGS84.



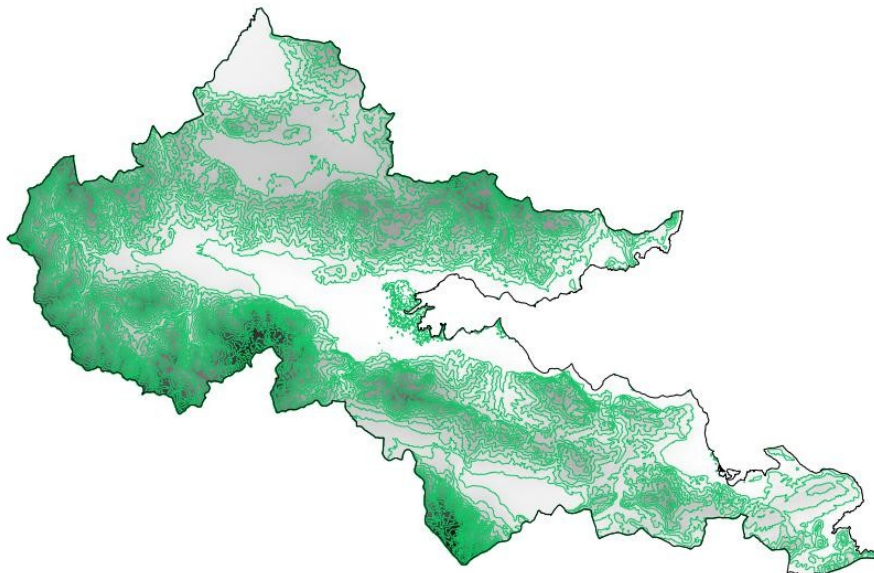
Σχήμα 3.5.2.1. Το ΨΥΜΕ της περιοχής μελέτης. Όσο μικρότερο είναι το υψόμετρο τόσο πιο λευκή είναι η απεικόνιση. Το υψόμετρο στην περιοχή κυμαίνεται από 0m έως 2290m.



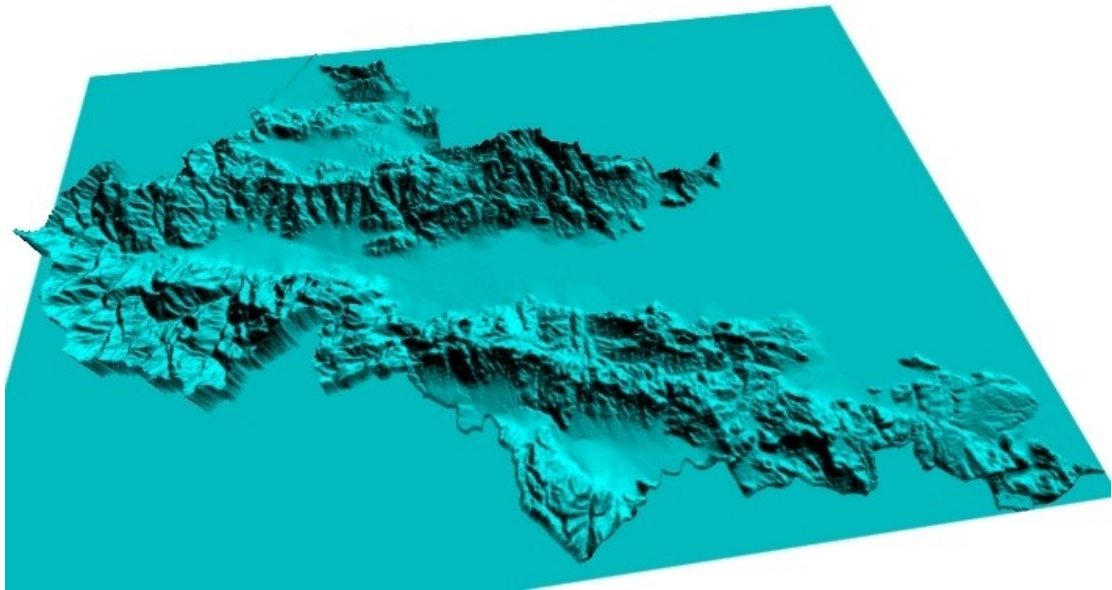
Σχήμα 3.5.2.2. Χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου. Ο χάρτης δημιουργήθηκε με τον ήλιο τοποθετημένο στις 315° αζιμούθιο και σε ύψος 45° .



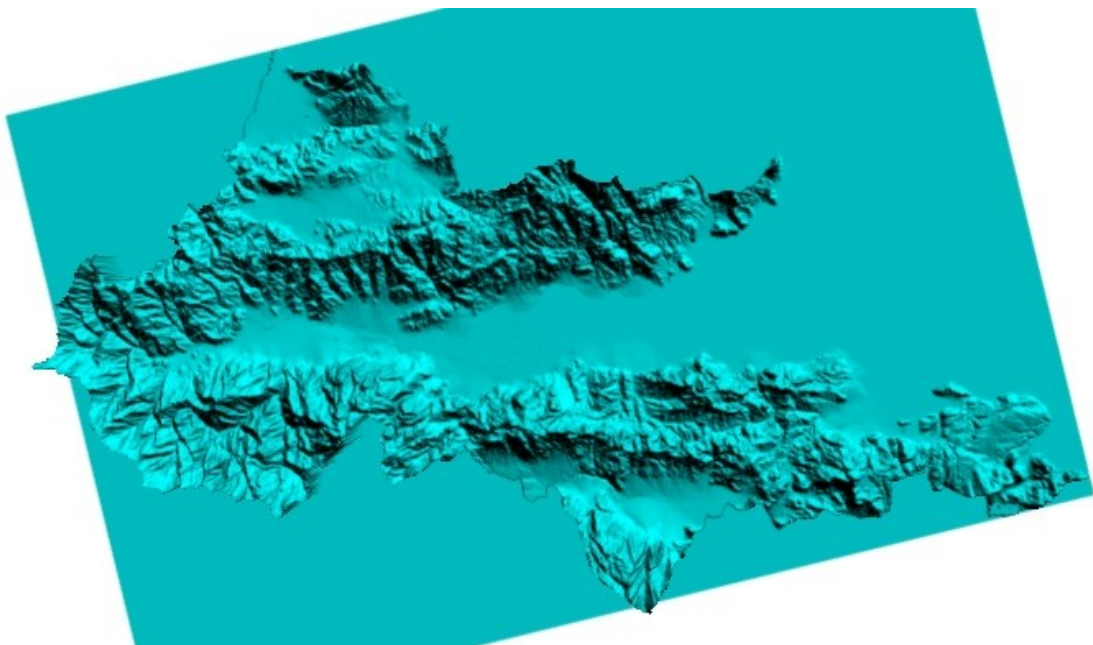
Σχήμα 3.5.2.3. Εγχρωμος χάρτης σκιασμένου ανάγλυφου. Ο ήλιος έχει οριστεί με αζιμούθιο στις 315° και ύψος 45° .



Σχήμα 3.5.2.4. Οι ισοΰψείς καμπύλες στην περιοχή μελέτης (ισοδιάσταση 100m).



Σχήμα 3.5.2.5. Τρισδιάστατη απεικόνιση του χάρτη σκιασμένου ανάγλυφου.



Σχήμα 3.5.2.6. Κατακόρυφη προοπτική του χάρτη σκιασμένου ανάγλυφου.

3.5.3 Καλύψεις γης CORINE

Η χαρτογράφηση των καλύψεων και των χρήσεων γης αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα πεδία εφαρμογών της φωτοερμηνείας – τηλεπισκόπησης (Campbell, 1997, Lo, 1998). Η κάλυψη γης είναι η παρατηρούμενη (βίο) φυσική κάλυψη της γήινης επιφάνειας. Αναφέρεται στις φυσικές (βλάστηση, νερό) και τις τεχνητές οντότητες (καλλιέργειες, κτίσματα, δρόμοι) που αναγνωρίζονται – ερμηνεύονται από μια τηλεπισκοπική εικόνα να καλύπτουν μια εδαφική μονάδα. Η χρήση γης χαρακτηρίζεται από τις ρυθμίσεις, τις δραστηριότητες και τις εισροές που εφαρμόζουν οι άνθρωποι σε έναν ορισμένο τύπο κάλυψης γης (συγκεκριμένο τύπο εδαφικής μονάδας) και περιλαμβάνει δραστηριότητες όπως γεωργική, βιομηχανική, εμπορική, κατασκευαστική, μεταφορική, αναψυχής κλπ (Jansen and Di Gregorio, 2003). Η χρήση γης επομένως αποτελεί συνδυαστικό κρίκο μεταξύ της κάλυψης γης και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων που εκμεταλλεύονται και μεταμορφώνουν το τοπίο (Geist and Lambin 2002, Nagendra, et al., 2004).

Οι ευρωπαϊκοί θεματικοί χάρτες καλύψεων/χρήσεων γης CORINE έχουν προκύψει από την οπτική ερμηνεία δορυφορικών εικόνων υψηλής ανάλυσης στο γεωγραφικό πληροφοριακό σύστημα ArcInfo. Έχουν εκδοθεί θεματικοί χάρτες για το 1990, το 2000 και το 2006. Για τους σκοπούς της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής θα χρησιμοποιηθεί η έκδοση του 2000, που βασίστηκε στη διορθωμένη έκδοση του CLC1990 και σε οπτική φωτοερμηνεία δορυφορικών εικόνων του Ενισχυμένου Θεματικού Χαρτογράφου Landsat ETM+. Το CORINE Land Cover 2000 (CLC2000) περιλαμβάνει δεδομένα καλύψεων/χρήσεων γης σε κλίμακα 1:100.000, έχει χαρτογραφική ακρίβεια στα 100m και προβάλλεται στο Ελλειψοειδές Σύστημα Γεωγραφικής Αναφοράς ETRS89 (πρότυπο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για δεδομένα με πανευρωπαϊκή κάλυψη). Έχει χωρική διακριτική ικανότητα 100m στο προβολικό σύστημα Lambert Azimuthal – Equal Area με ελλειψοειδές αναφοράς το GRS80 και τα υψόμετρα μετρούνται (κατακόρυφο σύστημα αναφοράς) ως προς το European Terrestrial Reference System 1989 (Miliaresis, 2009).

Το CLC2000 ταξινομεί τις καλύψεις γης και εν μέρει τις χρήσεις γης σε 5 κύριες και 44 δευτερεύουσες κατηγοριοποιήσεις και οργανώνεται ιεραρχικά σε 3 επίπεδα λεπτομέρειας τα οποία παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.5.3.1. Η γενίκευση γίνεται από το Επίπεδο 3 προς το Επίπεδο 1.

Πίνακας 3.5.3.1. Κατηγοριοποιήσεις CORINE σύμφωνα με την αγγλική ορολογία.

CLC	LABEL 1	LABEL 2	LABEL 3	
1	Artificial surfaces	Urban fabric	Continuous urban fabric	
2			Discontinuous urban fabric	
3		Industrial, commercial and transport units	Industrial or commercial units	
4			Road and rail networks and associated land	
5			Port areas	
6			Airports	
7		Mine, dump and construction sites	Mineral extraction sites	
8			Dump sites	
9			Construction sites	
10		Artificial, non-agricultural vegetated areas	Green urban areas	
11			Sport and leisure facilities	
12	Agricultural areas	Arable land	Non-irrigated arable land	
13			Permanently irrigated land	
14			Rice fields	
15		Permanent crops	Vineyards	
16			Fruit trees and berry plantations	
17			Olive groves	
18		Pastures	Pastures	
19		Heterogeneous agricultural areas	Annual crops associated with permanent crops	
20			Complex cultivation patterns	
21			Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation	
22			Agro-forestry areas	
23	Forest and semi natural areas	Forests	Broad-leaved forest	
24			Coniferous forest	
25			Mixed forest	
26		Scrub and/or herbaceous vegetation associations	Natural grasslands	
27			Moors and heathland	
28			Sclerophyllous vegetation	
29			Transitional woodland-shrub	
30		Open spaces with little or no vegetation	Beaches, dunes, sands	
31			Bare rocks	
32			Sparsely vegetated areas	
33			Burnt areas	
34			Glaciers and perpetual snow	
35		Wetlands	Inland wetlands	Inland marshes
36				Peat bogs
37	Maritime wetlands		Salt marshes	
38			Salines	
39			Intertidal flats	
40	Water bodies	Inland waters	Water courses	
41			Water bodies	
42		Marine waters	Coastal lagoons	
43			Estuaries	
44			Sea and ocean	
48	NODATA	NODATA	NODATA	
49	UNCLASSIFIED	UNCLASSIFIED LAND SURFACE	UNCLASSIFIED LAND SURFACE	
50		UNCLASSIFIED WATER BODIES	UNCLASSIFIED WATER BODIES	

Η ελληνική ορολογία των 44 κατηγοριοποιήσεων (Επίπεδο 3) του CORINE δίνονται στο Σχήμα 3.5.3.1.

■ 1 Συνεχής αστικός ιστός	■ 22 Περιοχές αγροδοασοπονίας
■ 2 Ασυνεχής αστικός ιστός	■ 23 Δάση πλατύφυλλων
■ 3 Βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες	■ 24 Δάση κωνοφόρων
■ 4 Οδικό, σιδηροδρομικό δίκτυο	■ 25 Μικτά Δάση
■ 5 Λιμάνια	■ 26 Ποολίβαδα
■ 6 Αεροδρόμια	■ 27 Τυρφοέλη και χαμηλή ξυλώδης βλάστηση
■ 7 Μεταλλευτικές περιοχές	■ 28 Σκληρόφυλλη βλάστηση
■ 8 Χώροι απόθεσης απορριμμάτων	■ 29 Ζώνες μεταβατικής δασικής βλάστησης
■ 9 Εργοτάξια	■ 30 Παραλίες, αμμοθίνες και αμμώδεις εκτάσεις
■ 10 Περιοχές αστικού πρασίνου	■ 31 Βράχια
■ 11 Εγκαταστάσεις αναψυχής και αθλητισμού	■ 32 Περιοχές με σποραδική βλάστηση
■ 12 Μη αρδευόμενες αρόσιμες εκτάσεις	■ 33 Καμένες περιοχές
■ 13 Μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις	■ 34 Παγετώνες και αιώνιο χιόνι
■ 14 Οριζώνες	■ 35 Χερσαία έλη
■ 15 Αμπελώνες	■ 36 Τυρφώνες
■ 16 Οπωρώνες και καλλιέργειες κερασιών	■ 37 Αλατούχα έλη
■ 17 Ελακώνες	■ 38 Αλυκές
■ 18 Βοσκοτόπια	■ 39 Παλιρροϊκοί σχηματισμοί
■ 19 Ετήσιες μόνιμες καλλιέργειες	■ 40 Υδάτινα ρεύματα
■ 20 Συμπλέγματα καλλιεργειών	■ 41 Λίμνες, αποταμιευτήρες και αντιπλημμυρικές ζώνες
■ 21 Αγροτικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό φυσικής βλάστησης	■ 42 Λιμνοθάλασσες
	■ 43 Εκβολές ποταμών
	■ 44 Θάλασσα και ωκεανοί

Σχήμα 3.5.3.1. Οι κατηγοριοποιήσεις Corine, ο χρωματικός συνδυασμός και οι κωδικοί τους.

Το CORINE για την Ελλάδα και για το έτος 2000 είναι διαθέσιμο σε διανυσματική και πλεγματική μορφή στην ηλεκτρονική διεύθυνση (Geodata Corine, 2014), όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.5.3.2. Επιπλέον παρέχεται στους χρήστες η δυνατότητα να κατεβάσουν το απόσπασμα CORINE της περιοχής ενδιαφέροντος τους (Corine Subsetting, 2014) μέσω ενός διαδραστικού χάρτη (Σχήμα 3.5.3.3).

Το σύστημα CORINE είναι διαθέσιμο από τον διαδικτυακό τόπο του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος. Προτιμάται όμως η πρόσβαση στους χάρτες CORINE να πραγματοποιείται από την ιστοσελίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Corine Publications, 1995) και πιο συγκεκριμένα από τη διεύθυνση Corine Datasets (2014) επειδή τα δεδομένα υπόκειται σε διαρκή αναθεώρηση και οι πιο πρόσφατες εκδόσεις αναρτώνται σε αυτή την ιστοσελίδα. Η πλέον πρόσφατη αναθεωρημένη έκδοση είναι διαθέσιμη στον σύνδεσμο Corine Raster (2014). Απόσπασμα της ιστοσελίδας παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.5.3.4.

Στην μεταπτυχιακή διατριβή θα χρησιμοποιηθεί απόσπασμα (επιλεγμένη περιοχή μελέτης) σε πλεγματική μορφή από τη βάση CLC2000 για την Ελλάδα.

Δημόσια, Ανοικτά Δεδομένα

Corine 2000

Περίληψη
Κάλυψη γης για την Ελλάδα και το έτος 2000, σύμφωνα με τα παραδοτέα του προγράμματος CORINE της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Διάθεση:	2010-07-02
Τελευταία Ενημέρωση:	2010-07-02
Συχνότητα Ενημέρωσης:	-

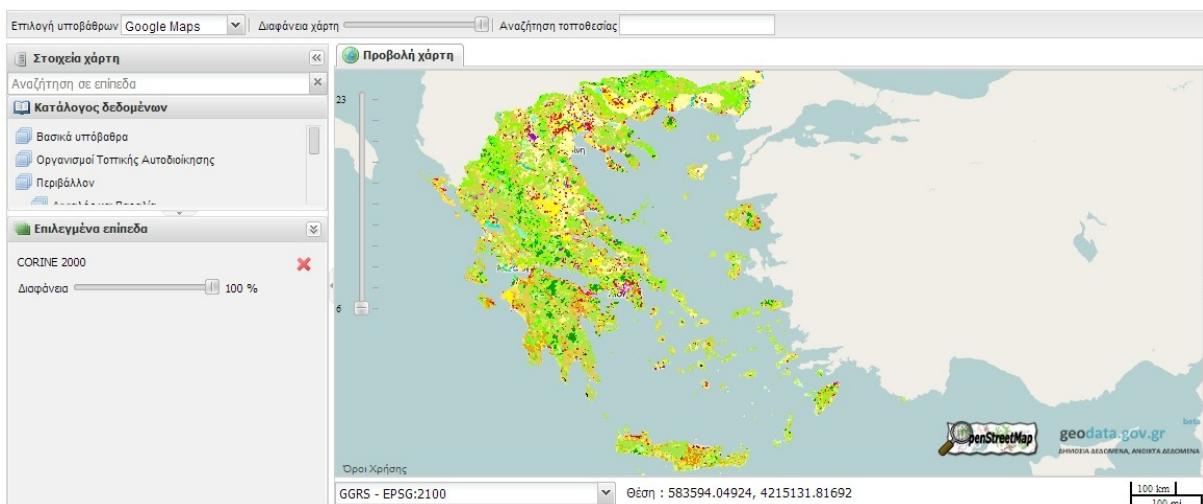
Πρόσβαση

[SHP](#) [Χάρτης](#)

Λεπτομέρειες

Άδεια:	Creative Commons Αναφορά Προέλευσης (CC BY v.3.0)
Έκδοση:	ver. 1.0
Γεωγραφική Κάλυψη:	16.505038,30.391757,33.913614,44.064981
Μοναδικό Αναγνωριστικό:	57d0f331-6950-4deb-a2f6-30e560915a2e
Μεταδεδομένα:	Μεταδεδομένα

Σχήμα 3.5.3.2. Διαθεσιμότητα Corine 2000 (Geodata Corine, 2014).



Σχήμα 3.5.3.3. Διαδραστικός χάρτης της Ελλάδας (Corine Subsetting, 2014).

Corine Land Cover 2000 raster data

Data Created 07 May 2012 Published 11 Jun 2012 Last modified 08 Jan 2013, 03:29 PM

i This is the latest published version. See older versions.

Topics: Land use Natural resources

Version 16 (04/2012) - Raster data on land cover for the CLC2000 inventory

GIS data Additional information Metadata

CLC 2000 - 100m

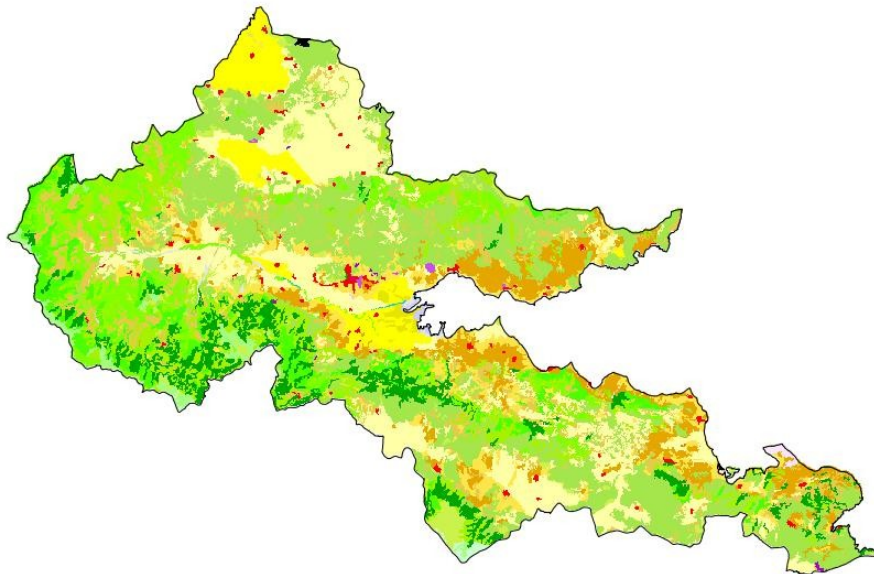
g100_00.zip (ZIP archive)
69.93 MB Download file

CLC 2000 - 250m

g250_00.zip (ZIP archive)
20.64 MB Download file

Σχήμα 3.5.3.4. Corine Land Cover 2000 raster data – Version 16 (Corine Raster, 2014).

Η γεωγραφική κατανομή των καλύψεων γης CORINE στο νομό Φθιώτιδας δίνεται στο Σχήμα 3.5.3.5.

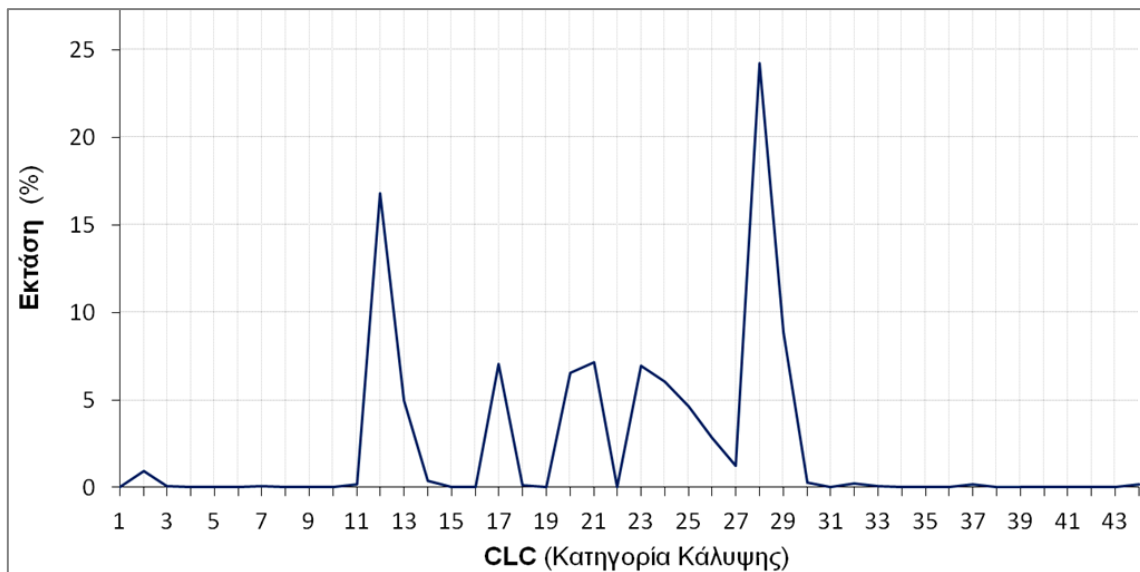


Σχήμα 3.5.3.5. Η χωρική κατανομή των κατηγοριοποιήσεων CORINE στο νομό Φθιώτιδας.

Η επιφανειακή εξάπλωση των καλύψεων (και χρήσεων) γης στο νομό Φθιώτιδας δίνεται με τη μορφή πίνακα (Πίνακας 3.5.3.2) και διαγραμματικά (Σχήμα 3.5.3.6). Οι καλύψεις γης παρουσιάζονται ως προς την επιφανειακή εξάπλωση με ποσοστό επί της επιφανειακής έκτασης του νομού και σε στρέμματα.

Πίνακας 3.5.3.2. Επιφανειακή εξάπλωση των κατηγοριοποιήσεων CORINE στο νομό Φθιώτιδας (σε στρέμματα και σε ποσοστό %).

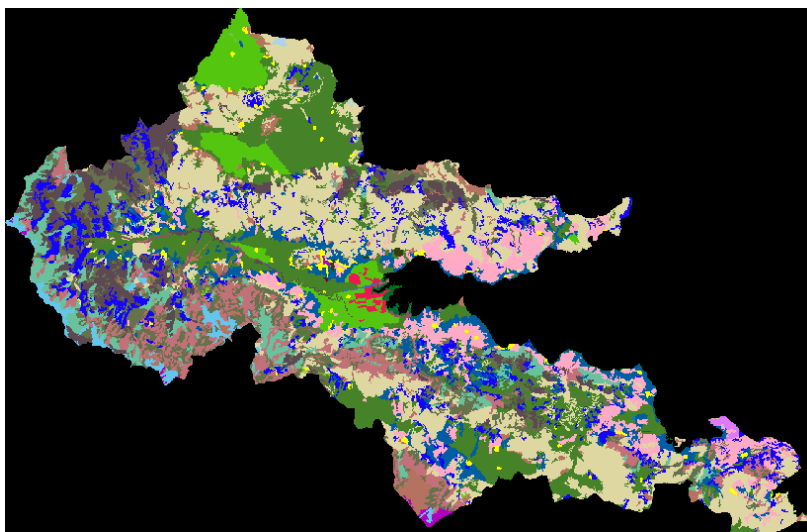
CLC	ΕΠΙΠΕΔΟ 3	ΣΤΡΕΜΜΑΤΑ	%
1	Συνεχής αστικός ιστός	910	0,02
2	Ασυνεχής αστικός ιστός	40570	0,93
3	Βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες	4110	0,09
4	Οδικό, σιδηροδρομικό δίκτυο	0	0,00
5	Λιμάνια	0	0,00
6	Αεροδρόμια	310	0,01
7	Μεταλλευτικές περιοχές	2680	0,06
8	Χώροι απόθεσης απορριμμάτων	0	0,00
9	Εργοτάξια	0	0,00
10	Περιοχές αστικού πράσινου	0	0,00
11	Εγκαταστάσεις αναψυχής και αθλητισμού	7470	0,17
12	Μη αρδευόμενες αρόσιμες εκτάσεις	729540	16,79
13	Μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις	216020	4,97
14	Ορυζώνες	15780	0,36
15	Αμπελώνες	690	0,02
16	Οπωρώνες και καλλιέργειες κερασιών	0	0,00
17	Ελαιώνες	305910	7,04
18	Βοσκοτόπια	5670	0,13
19	Ετήσιες μόνιμες καλλιέργειες	0	0,00
20	Συμπλέγματα καλλιέργειών	283270	6,52
21	Αγροτικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό φυσικής βλάστησης	309560	7,13
22	Περιοχές αγροδασοπονίας	0	0,00
23	Δάση πλατύφυλλων	302120	6,96
24	Δάση κωνοφόρων	261650	6,02
25	Μικτά δάση	201560	4,64
26	Ποολίβαδα	124340	2,86
27	Τυρφοέλη και χαμηλή ξυλώδης βλάστηση	53620	1,23
28	Σκληρόφυλλη βλάστηση	1052400	24,23
29	Ζώνες μεταβατικής δασικής βλάστησης	384310	8,85
30	Παραλίες, αμμοθίνες και αμμώδεις εκτάσεις	12710	0,29
31	Βράχια	0	0,00
32	Περιοχές με σποραδική βλάστηση	9950	0,23
33	Καμένες περιοχές	3020	0,07
34	Παγετώνες και αιώνιο χιόνι	0	0,00
35	Χερσαία έλη	0	0,00
36	Τυρφώνες	0	0,00
37	Αλατούχα έλη	7000	0,16
38	Αλυκές	0	0,00
39	Παλιρροϊκοί σχηματισμοί	0	0,00
40	Υδάτινα ρεύματα	1470	0,03
41	Λίμνες, αποταμιευτήρες και αντιπλημμυρικές ζώνες	0	0,00
42	Λιμνοθάλασσες	0	0,00
43	Εκβολές ποταμών	300	0,01
44	Θάλασσα και ωκεανοί	6960	0,16
		4343900	100,00



Σχήμα 3.5.3.6. Ποσοστιαία κατανομή των καλύψεων γης στο νομό Φθιώτιδας σε μορφή ιστογράμματος.

3.6 Γεωγραφία καλύψεων γης

Σε αυτή την ενότητα θα γίνει παραμετρική αναπαράσταση του συνόλου των καλύψεων γης που εντοπίζονται στην περιοχή μελέτης. Ως κύριες επιφανειακές εμφανίσεις ορίζονται αυθαίρετα οι καλύψεις γης με επιφανειακή εξάπλωση $>0.50\%$. Η διάκριση αυτή αποσκοπεί στη σύσταση δύο ομάδων καλύψεων γης με βάση την σημαντικότητα της επιφανειακής τους εξάπλωσης. Η διάκριση αποτυπώνεται στο Σχήμα 3.6.1 και στον Πίνακα 3.6.1, από τον οποίο συμπεραίνουμε ότι δεκατρείς (13) καλύψεις γης συνθέτουν το 98,04 % της επιφάνειας του νομού.



Σχήμα 3.6.1. Οι κύριες επιφανειακές εμφανίσεις στο νομό Φθιώτιδας.

Πίνακας 3.6.1. Η επιφανειακή εξάπλωση των κατηγοριοποιήσεων CORINE που εντοπίζονται στην περιοχή μελέτης (σε pixels και σε ποσοστό % της συνολικής επιφάνειας). Με μπλε χρώμα σημειώνονται οι κύριες επιφανειακές εμφανίσεις (>0,50%).

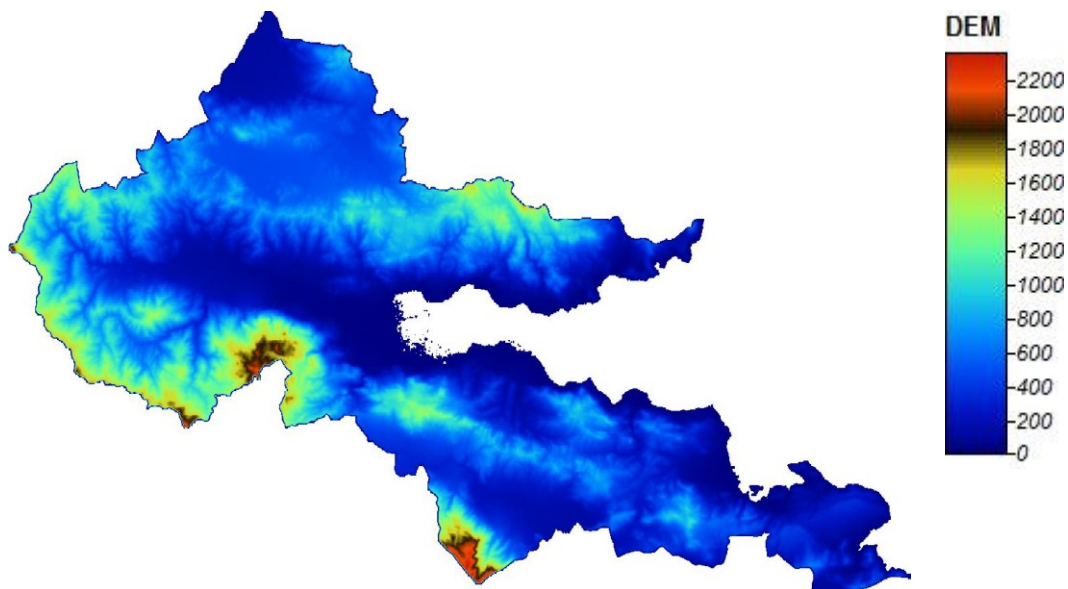
CLC	ΕΠΙΠΕΔΟ 3	Pixels	%
1	Συνεχής αστικός ιστός	91	0.021
2	Ασυνεχής αστικός ιστός	4057	0.934
3	Βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες	411	0.095
6	Αεροδρόμια	31	0.007
7	Μεταλλευτικές περιοχές	268	0.062
11	Εγκαταστάσεις αναψυχής και αθλητισμού	747	0.172
12	Μη αρδευόμενες αρόσιμες εκτάσεις	72954	16.80
13	Μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις	21602	5.00
14	Ορυζώνες	1578	0.363
15	Αμπελώνες	69	0.016
17	Ελαιώνες	30591	7.00
18	Βοσκοτόπια	567	0.131
20	Συμπλέγματα καλλιεργειών	28327	6.50
21	Αγροτικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό φυσικής βλάστησης	30956	7.10
23	Δάση πλατύφυλλων	30212	7.00
24	Δάση κωνοφόρων	26165	6.00
25	Μικτά δάση	20156	4.60
26	Ποολίβαδα	12434	2.90
27	Τυρφοέλη και χαμηλή ξυλώδης βλάστηση	5362	1.20
28	Σκληρόφυλλη βλάστηση	105240	24.20
29	Ζώνες μεταβατικής δασικής βλάστησης	38431	8.80
30	Παραλίες, αμμοθίνες και αμμώδεις εκτάσεις	1271	0.293
32	Περιοχές με σποραδική βλάστηση	995	0.229
33	Καμένες περιοχές	302	0.070
37	Αλατούχα έλη	700	0.161
40	Υδάτινα ρεύματα	147	0.034
43	Εκβολές ποταμών	30	0.007
44	Θάλασσα και ωκεανοί	696	0.160
			100.00

3.7 Παραμετρική αναπαράσταση των καλύψεων γης ως προς την τοπογραφία

Σε αυτή την ενότητα θα προσδιοριστεί μια σειρά από τοπογραφικές παραμέτρους, θα παρουσιαστούν οι εφαρμογές τους και στη συνέχεια οι παράμετροι αυτές θα χρησιμοποιηθούν στην αναπαράσταση των καλύψεων γης που παρουσιάζουν μεγάλη επιφανειακή εξάπλωση στην περιοχή μελέτης.

3.7.1 Υψόμετρο (Height, H)

Το υψόμετρο H παρουσιάζεται με τη μορφή έγχρωμου χάρτη στο Σχήμα 3.7.1.1. Συσχετίζεται με το ύψος της βροχόπτωσης (αυξάνεται όσο αυξάνεται το υψόμετρο), την θερμοκρασία (μειώνεται όσο αυξάνεται το υψόμετρο), το είδος της βλάστησης που αναπτύσσεται, όπως δάση, ποώδης βλάστηση, κλπ (Mark, 1975). Η παραμετρική αναπαράσταση των καλύψεων γης που είναι διαθέσιμες στην περιοχή μελέτης παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.7.1.1.



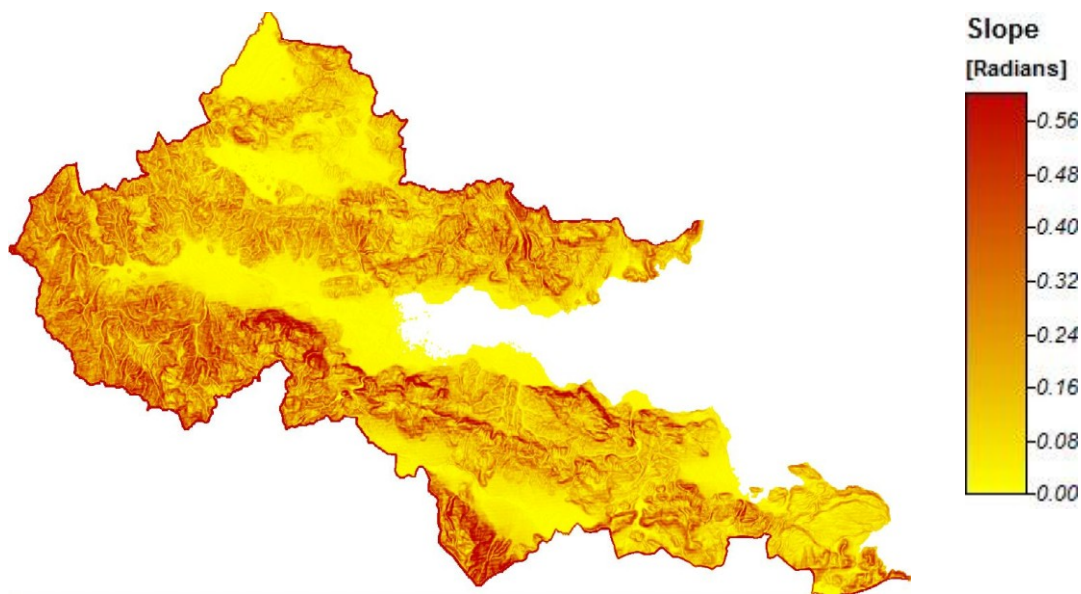
Σχήμα 3.7.1.1. Έγχρωμος χάρτης του υψομέτρου και υπόμνημα.

Πίνακας 3.7.1.1. Παραμετρική αναπαράσταση των καλύψεων γης που εντοπίζονται στην περιοχή μελέτης με βάση το υψόμετρο. Δίνεται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση.

CLC	ΕΠΙΠΕΔΟ 3	mean	st.dev
1	Συνεχής αστικός ιστός	92.8	29.6
2	Ασυνεχής αστικός ιστός	201.9	212.5
3	Βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες	152.2	156.5
6	Αεροδρόμια	11.6	0.7
7	Μεταλλευτικές περιοχές	344.2	343.1
11	Εγκαταστάσεις αναψυχής και αθλητισμού	71.7	42.4
12	Μη αρδευόμενες αρόσιμες εκτάσεις	313.5	195.1
13	Μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις	163.2	172.9
14	Ορυζώνες	0.3	1.5
15	Αμπελώνες	113.5	56.2
17	Ελαιώνες	125.5	102.5
18	Βοσκοτόπια	519.9	250.8
20	Συμπλέγματα καλλιεργειών	178.4	178.2
21	Αγροτικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό φυσικής βλάστησης	492.7	257.8
23	Δάση πλατύφυλλων	758.0	267.6
24	Δάση κωνοφόρων	960.2	418.1
25	Μικτά δάση	873.4	390.1
26	Ποολίβαδα	892.6	658.6
27	Τυρφοέλη και χαμηλή ξυλώδης βλάστηση	1571.5	247.6
28	Σκληρόφυλλη βλάστηση	496.8	257.4
29	Ζώνες μεταβατικής δασικής βλάστησης	789.3	392.4
30	Παραλίες, αμμοθίνες και αμμώδεις εκτάσεις	130.8	136.9
32	Περιοχές με σποραδική βλάστηση	1845.3	352.4
33	Καμένες περιοχές	458.9	108.1
37	Αλατούχα έλη	-0.6	1.0
40	Υδάτινα ρεύματα	9.3	12.1
43	Εκβολές ποταμών	-0.9	1.2
44	Θάλασσα και ωκεανοί	2.1	7.3

3.7.2 Κλίση (Slope, S)

Η κλίση S παρουσιάζεται με τη μορφή έγχρωμου χάρτη στο Σχήμα 3.7.2.1. Το μέτρο της κλίσης προσδιορίζει την επιδεκτικότητα της επιφάνειας στη διάβρωση, προσδιορίζει σε ένα βαθμό την ταχύτητα απορροής, τη βατότητα της επιφάνειας κλπ. (Minaar and Evans, 2008). Η παραμετρική αναπαράσταση των καλύψεων γης που είναι διαθέσιμες στην περιοχή μελέτης παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.7.2.1.



Σχήμα 3.7.2.1. Έγχρωμος χάρτης της κλίσης και υπόμνημα. Η κλίση δίνεται σε radians ($\pi=3,1415926$ και αντιστοιχεί σε 180°).

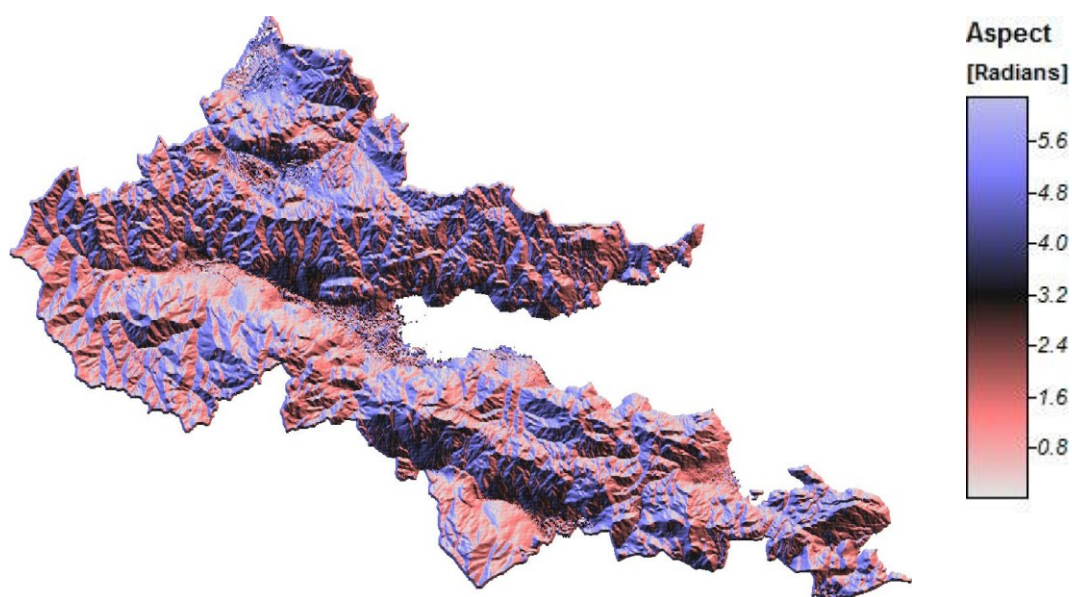
Πίνακας 3.7.2.1. Παραμετρική αναπαράσταση των καλύψεων γης που εντοπίζονται στην περιοχή μελέτης με βάση την κλίση (σε μοίρες). Δίνεται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση.

CLC	ΕΠΙΠΕΔΟ 3	mean	st.dev.
1	Συνεχής αστικός ιστός	6.3	4.0
2	Ασυνεχής αστικός ιστός	4.6	3.9
3	Βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες	4.4	2.7
6	Αεροδρόμια	0.4	0.3
7	Μεταλλευτικές περιοχές	16.7	13.8
11	Εγκαταστάσεις αναψυχής και αθλητισμού	8.5	4.9
12	Μη αρδευόμενες αρόσιμες εκτάσεις	4.1	5.6
13	Μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις	1.0	2.9
14	Ορυζώνες	0.4	0.2
15	Αμπελώνες	1.8	0.9
17	Ελαιώνες	5.7	4.7

18	Βοσκοτόπια	8.3	6.3
20	Συμπλέγματα καλλιεργειών	4.6	4.4
21	Αγροτικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό φυσικής βλάστησης	11.0	6.5
23	Δάση πλατύφυλλων	15.5	9.3
24	Δάση κωνοφόρων	19.2	11.2
25	Μικτά δάση	18.6	10.0
26	Ποολίβαδα	14.3	13.5
27	Τυρφοέλη και χαμηλή ξυλώδης βλάστηση	21.2	17.9
28	Σκληρόφυλλη βλάστηση	13.0	8.6
29	Ζώνες μεταβατικής δασικής βλάστησης	16.3	10.2
30	Παραλίες, αμμοθίνες και αμμώδεις εκτάσεις	1.9	3.0
32	Περιοχές με σποραδική βλάστηση	34.2	20.4
33	Καμένες περιοχές	16.3	16.0
37	Αλατούχα έλη	0.4	0.3
40	Υδάτινα ρεύματα	0.6	0.3
43	Εκβολές ποταμών	0.4	0.2
44	Θάλασσα και ωκεανοί	2.3	5.0

3.7.3 Διάνυσμα της κλίσης (Aspect)

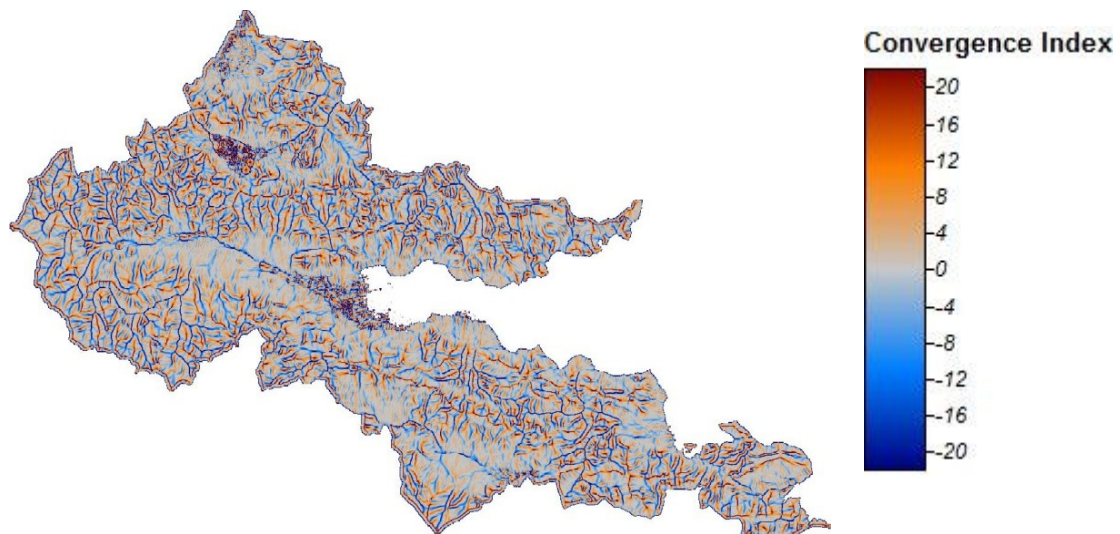
Το διάνυσμα της κλίσης παρουσιάζεται με τη μορφή έγχρωμου χάρτη στο Σχήμα 3.7.3.1. Προσδιορίζει την διεύθυνση (από 0 – 360°) προς την οποία κλίνει η επιφάνεια σε ένα σημείο του ΨΥΜΕ (Romstad and Etzelmüller, 2009).



Σχήμα 3.7.3.1. Έγχρωμος χάρτης του διανύσματος της κλίσης (σε radians) και υπόμνημα.

3.7.4 Δείκτης σύγκλισης απορροής (Convergence Index, C)

Ο δείκτης σύγκλισης C παρουσιάζεται με τη μορφή έγχρωμου χάρτη στο Σχήμα 3.7.4.1. Προσδιορίζει τον αριθμό των σταγόνων που περνάνε από ένα σημείο όταν γίνει μια ισοδυναμική προσομοίωση ροής σε μία γειτονιά 3x3 (Pike, et al., 2008). Η παραμετρική αναπαράσταση των καλύψεων γης που είναι διαθέσιμες στην περιοχή μελέτης παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.7.4.1.



Σχήμα 3.7.4.1. Έγχρωμος χάρτης του δείκτη σύγκλισης και υπόμνημα.

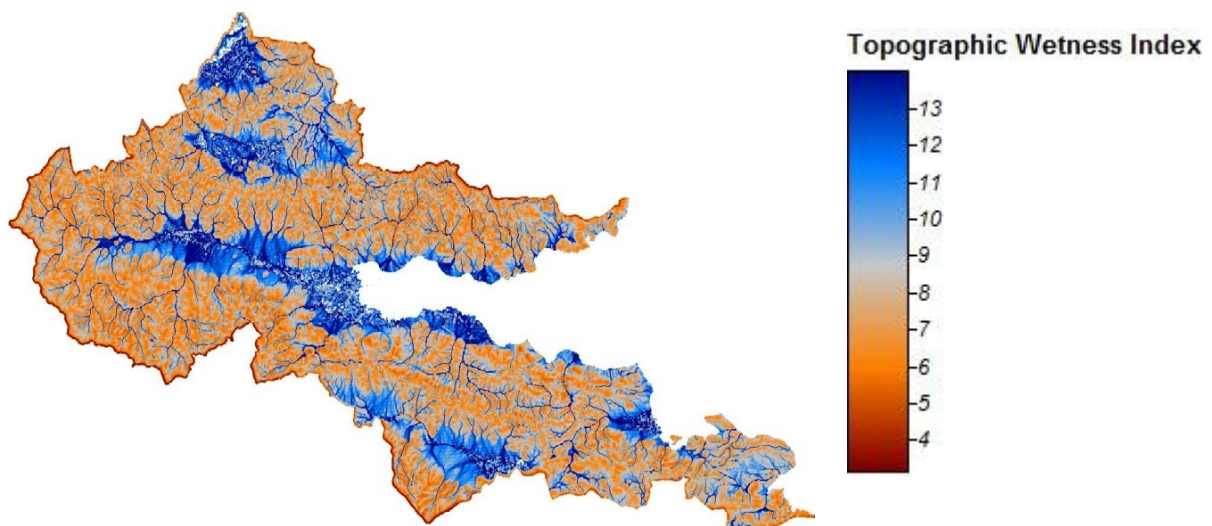
Πίνακας 3.5.4.2. Παραμετρική αναπαράσταση των καλύψεων γης που εντοπίζονται στην περιοχή μελέτης με βάση τον δείκτη σύγκλισης. Δίνεται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση.

CLC	ΕΠΙΠΕΔΟ 3	mean	st.dev
1	Συνεχής αστικός ιστός	0.86	1.83
2	Ασυνεχής αστικός ιστός	2.34	4.43
3	Βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες	1.79	2.45
6	Αεροδρόμια	5.26	6.17
7	Μεταλλευτικές περιοχές	2.06	2.82
11	Εγκαταστάσεις αναψυχής και αθλητισμού	5.20	9.11
12	Μη αρδευόμενες αρόσιμες εκτάσεις	2.57	5.77
13	Μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις	3.39	8.20
14	Ορυζώνες	1.77	6.28
15	Αμπελώνες	0.23	0.54
17	Ελαιώνες	2.21	4.55
18	Βοσκοτόπια	6.13	8.79
20	Συμπλέγματα καλλιεργειών	1.89	4.44
21	Αγροτικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό φυσικής βλάστησης	3.19	6.44

23	Δάση πλατύφυλλων	3.35	6.76
24	Δάση κωνοφόρων	3.45	6.60
25	Μικτά δάση	3.05	6.55
26	Ποολίβαδα	4.93	8.80
27	Τυρφοέλη και χαμηλή ξυλώδης βλάστηση	5.68	10.63
28	Σκληρόφυλλη βλάστηση	3.97	7.26
29	Ζώνες μεταβατικής δασικής βλάστησης	3.65	7.29
30	Παραλίες, αμμοθίνες και αμμώδεις εκτάσεις	0.75	1.86
32	Περιοχές με σποραδική βλάστηση	7.42	13.24
33	Καμένες περιοχές	5.12	7.91
37	Αλατούχα έλη	0.04	0.94
40	Υδάτινα ρεύματα	5.29	9.44
43	Εκβολές ποταμών	0.00	0.00
44	Θάλασσα και ωκεανοί	0.22	1.33

3.7.5 Τοπογραφικός δείκτης υγρασίας (Topographic Wetness Index, TWI)

Ο δείκτης TWI υποδηλώνει την υγρασία του εδάφους με βάση τοπογραφικά κριτήρια (Moore, et al., 1991), δηλαδή υποδηλώνει περιοχές στις οποίες έχουμε συγκέντρωση της επιφανειακής απορροής σε συνδυασμό με μειωμένες τιμές της κλίσης. Ο δείκτης παρουσιάζεται με τη μορφή έγχρωμου χάρτη στο Σχήμα 3.7.5.1. Η παραμετρική αναπαράσταση των καλύψεων γης που είναι διαθέσιμες στην περιοχή μελέτης παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.7.5.1.



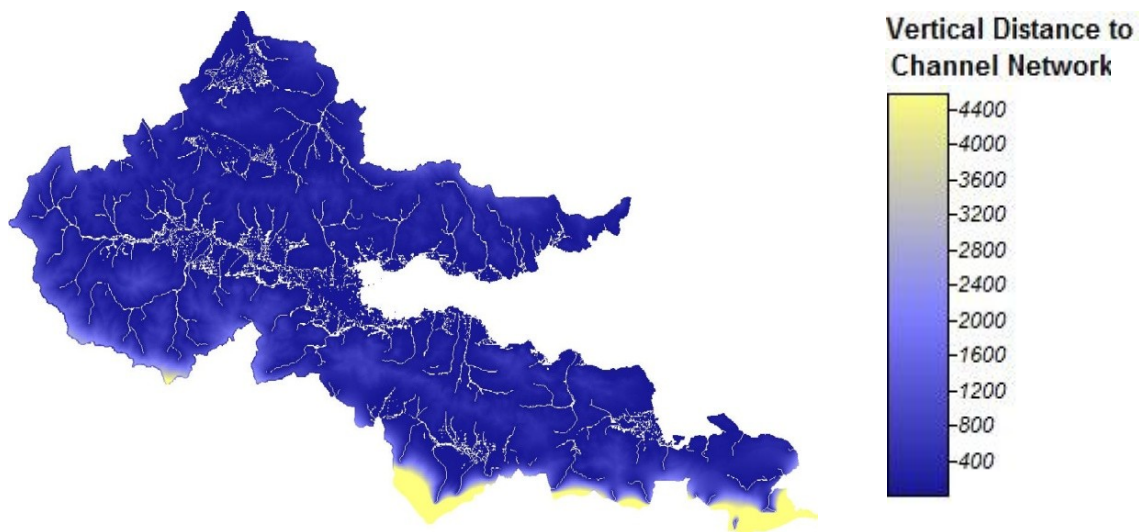
Σχήμα 3.7.5.1. Έγχρωμος χάρτης που υποδηλώνει τον τοπογραφικό δείκτη υγρασίας και υπόμνημα.

Πίνακας 3.7.5.1. Παραμετρική αναπαράσταση των καλύψεων γης που εντοπίζονται στην περιοχή μελέτης με βάση τον τοπογραφικό δείκτη υγρασίας. Δίνεται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση.

CLC	ΕΠΙΠΕΔΟ 3	mean	st.dev
1	Συνεχής αστικός ιστός	9.4	1.93
2	Ασυνεχής αστικός ιστός	9.7	2.27
3	Βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες	10.3	2.57
6	Αεροδρόμια	11.1	2.18
7	Μεταλλευτικές περιοχές	8.2	2.52
11	Εγκαταστάσεις αναψυχής και αθλητισμού	7.4	1.77
12	Μη αρδευόμενες αρόσιμες εκτάσεις	10.1	3.07
13	Μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις	10.7	4.84
14	Ορυζώνες	3.3	5.34
15	Αμπελώνες	12.9	1.89
17	Ελαιώνες	9.7	2.57
18	Βοσκοτόπια	7.8	2.40
20	Συμπλέγματα καλλιεργειών	10.1	3.08
21	Αγροτικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό φυσικής βλάστησης	8.2	2.20
23	Δάση πλατύφυλλων	7.6	2.08
24	Δάση κωνοφόρων	7.2	1.78
25	Μικτά δάση	7.3	1.86
26	Ποολίβαδα	7.4	2.36
27	Τυρφοέλη και χαμηλή ξυλώδης βλάστηση	6.5	1.70
28	Σκληρόφυλλη βλάστηση	7.6	1.85
29	Ζώνες μεταβατικής δασικής βλάστησης	7.5	1.99
30	Παραλίες, αμμοθίνες και αμμώδεις εκτάσεις	10.7	7.03
32	Περιοχές με σποραδική βλάστηση	5.5	1.49
33	Καμένες περιοχές	6.8	0.92
37	Αλατούχα έλη	0.0	0.34
40	Υδάτινα ρεύματα	7.2	5.56
43	Εκβολές ποταμών	0.0	0.00
44	Θάλασσα και ωκεανοί	1.6	3.54

3.7.6 Κατά βάθος διάβρωση (Vertical distance to channel network, VDC)

Ο δείκτης VDC υποδηλώνει την κατακόρυφη απόσταση (υψομετρική διαφορά) ενός σημείου από το εγγύτερο σημείο του υδρογραφικού δικτύου (van Niekerk, 2010, Mark, 1975), δηλαδή υποδηλώνει την κατακόρυφη κατάτμηση της επιφάνειας. Ο δείκτης παρουσιάζεται με τη μορφή έγχρωμου χάρτη στο Σχήμα 3.7.6.1. Η παραμετρική αναπαράσταση των καλύψεων γης που είναι διαθέσιμες στην περιοχή μελέτης παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.7.6.1.



Σχήμα 3.7.6.1. Έγχρωμος χάρτης που υποδηλώνει την κατά βάθος διάβρωση και υπόμνημα.

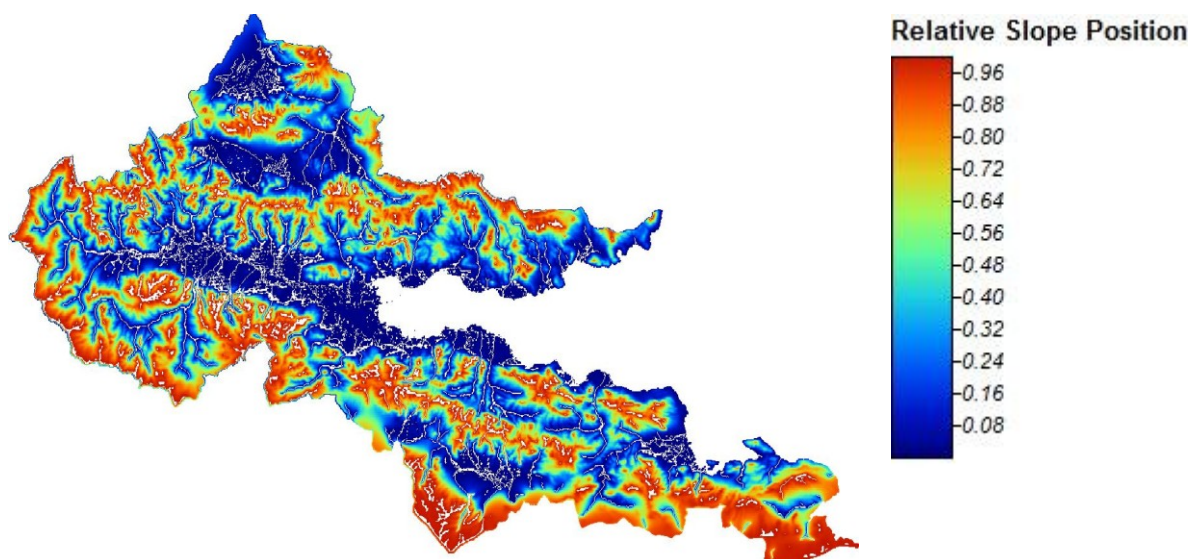
Πίνακας 3.7.6.1. Παραμετρική αναπαράσταση των καλύψεων γης που εντοπίζονται στην περιοχή μελέτης με βάση την κατά βάθος διάβρωση. Δίνεται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση.

CLC	ΕΠΙΠΕΔΟ 3	mean	st.dev
1	Συνεχής αστικός ιστός	33	21
2	Ασυνεχής αστικός ιστός	93	258
3	Βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες	17	19
6	Αεροδρόμια	1	1
7	Μεταλλευτικές περιοχές	5448	7504
11	Εγκαταστάσεις αναψυχής και αθλητισμού	64	42
12	Μη αρδευόμενες αρόσιμες εκτάσεις	252	1265
13	Μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις	22	422
14	Ορυζώνες	0	0
15	Αμπελώνες	0	1
17	Ελαιώνες	107	655

18	Βοσκοτόπια	585	1085
20	Συμπλέγματα καλλιεργειών	79	341
21	Αγροτικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό φυσικής βλάστησης	231	772
23	Δάση πλατύφυλλων	296	336
24	Δάση κωνοφόρων	778	1500
25	Μικτά δάση	505	519
26	Ποολίβαδα	1803	3249
27	Τυρφοέλη και χαμηλή ξυλώδης βλάστηση	1921	2549
28	Σκληρόφυλλη βλάστηση	663	2002
29	Ζώνες μεταβατικής δασικής βλάστησης	456	837
30	Παραλίες, αμμοθίνες και αμμώδεις εκτάσεις	1	3
32	Περιοχές με σποραδική βλάστηση	11464	5098
33	Καμένες περιοχές	337	93
37	Αλατούχα έλη	0	0
40	Υδάτινα ρεύματα	1	1
43	Εκβολές ποταμών	0	0
44	Θάλασσα και ωκεανοί	901	3268

3.7.7 Σχετική θέση ως προς την κλίση (Relative slope position, RSP)

Ο δείκτης RSP είναι ποσοστιαίος (οι τιμές του κυμαίνονται από 0 έως 1) και υποδηλώνει την απόσταση (ποσοστιαία) από τις εγγύτερες επίπεδες περιοχές (Reuter, et al., 2006). Ο δείκτης της σχετική θέση ως προς την κλίση παρουσιάζεται με τη μορφή έγχρωμου χάρτη στο Σχήμα 3.7.7.1. Η παραμετρική αναπαράσταση των καλύψεων γης που είναι διαθέσιμες στην περιοχή μελέτης παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.7.7.1.



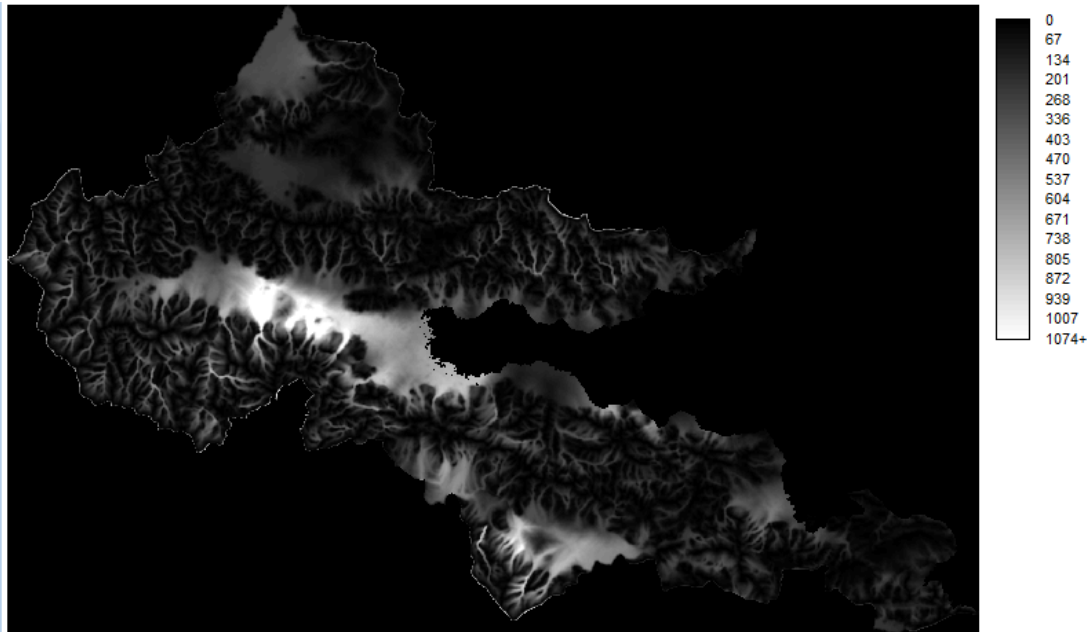
Σχήμα 3.7.7.1. Έγχρωμος χάρτης που υποδηλώνει την σχετική θέση ως προς την κλίση.

Πίνακας 3.7.7.1. Παραμετρική αναπαράσταση των καλύψεων γης που εντοπίζονται στην περιοχή μελέτης με βάση την σχετική θέση ως προς την κλίση. Δίνεται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση.

CLC	ΕΠΙΠΕΔΟ 3	mean	st.dev
1	Συνεχής αστικός ιστός	0.27	0.12
2	Ασυνεχής αστικός ιστός	0.20	0.27
3	Βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες	0.08	0.09
6	Αεροδρόμια	0.01	0.00
7	Μεταλλευτικές περιοχές	0.47	0.44
11	Εγκαταστάσεις αναψυχής και αθλητισμού	0.25	0.18
12	Μη αρδευόμενες αρόσιμες εκτάσεις	0.24	0.29
13	Μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις	0.02	0.05
14	Ορυζώνες	0.00	0.00
15	Αμπελώνες	0.00	0.00
17	Ελαιώνες	0.17	0.23
18	Βοσκοτόπια	0.49	0.35
20	Συμπλέγματα καλλιεργειών	0.16	0.25
21	Αγροτικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό φυσικής βλάστησης	0.40	0.30
23	Δάση πλατύφυλλων	0.54	0.31
24	Δάση κωνοφόρων	0.65	0.32
25	Μικτά δάση	0.62	0.31
26	Ποολίβαδα	0.52	0.39
27	Τυρφοέλη και χαμηλή ξυλώδης βλάστηση	0.76	0.37
28	Σκληρόφυλλη βλάστηση	0.52	0.32
29	Ζώνες μεταβατικής δασικής βλάστησης	0.56	0.33
30	Παραλίες, αμμοθίνες και αμμώδεις εκτάσεις	0.01	0.03
32	Περιοχές με σποραδική βλάστηση	0.70	0.45
33	Καμένες περιοχές	0.65	0.20
37	Αλατούχα έλη	0.00	0.00
40	Υδάτινα ρεύματα	0.00	0.00
43	Εκβολές ποταμών	0.00	0.00
44	Θάλασσα και ωκεανοί	0.11	0.28

3.7.8 Τοπικό βάθος κοιλάδων (Valley depth, VD)

Ο δείκτης VD αποτυπώνει την υψομετρική διαφορά σε ένα παράθυρο 3x3 (Qin, et al., 2009, Miliareisis, 2006) και παρουσιάζεται με τη μορφή έγχρωμου χάρτη στο Σχήμα 3.7.8.1. Η παραμετρική αναπαράσταση των καλύψεων γης που είναι διαθέσιμες στην περιοχή μελέτης παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.7.8.1.



Σχήμα 3.7.8.1. Χάρτης που υποδηλώνει το τοπικό βάθος κοιλάδων με διαβαθμίσεις του γκριζου.

Πίνακας 3.7.8.1. Παραμετρική αναπαράσταση των καλύψεων γης που εντοπίζονται στην περιοχή μελέτης με βάση το τοπικό βάθος κοιλάδων. Δίνεται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση.

CLC	ΕΠΙΠΕΔΟ 3	mean	st.dev
1	Συνεχής αστικός ιστός	0,36	0,24
2	Ασυνεχής αστικός ιστός	0,63	0,28
3	Βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες	0,55	0,26
6	Αεροδρόμια	0,96	0,00
7	Μεταλλευτικές περιοχές	0,62	0,29
11	Εγκαταστάσεις αναψυχής και αθλητισμού	0,42	0,24
12	Μη αρδευόμενες αρόσιμες εκτάσεις	0,61	0,29
13	Μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις	0,73	0,26
14	Ορυζώνες	0,27	0,43

15	Αμπελώνες	0,84	0,02
17	Ελαιώνες	0,59	0,28
18	Βοσκοτόπια	0,50	0,26
20	Συμπλέγματα καλλιεργειών	0,67	0,27
21	Αγροτικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό φυσικής βλάστησης	0,51	0,27
23	Δάση πλατύφυλλων	0,50	0,28
24	Δάση κωνοφόρων	0,49	0,27
25	Μικτά δάση	0,49	0,27
26	Ποολίβαδα	0,51	0,28
27	Τυρφοέλη και χαμηλή ξυλώδης βλάστηση	0,53	0,29
28	Σκληρόφυλλη βλάστηση	0,48	0,27
29	Ζώνες μεταβατικής δασικής βλάστησης	0,51	0,28
30	Παραλίες, αμμοθίνες και αμμώδεις εκτάσεις	0,67	0,39
32	Περιοχές με σποραδική βλάστηση	0,52	0,28
33	Καμένες περιοχές	0,48	0,26
37	Αλατούχα έλη	0,01	0,07
40	Υδάτινα ρεύματα	0,69	0,40
43	Εκβολές ποταμών	0,00	0,00
44	Θάλασσα και ωκεανοί	0,25	0,37

3.8 Τοπογραφική ταξινόμηση των καλύψεων γης

Το πρώτο στάδιο της επεξεργασίας των παραμέτρων που προσδιορίστηκαν στην προηγούμενη ενότητα περιλαμβάνει τον καθορισμό της τοπογραφικής ομοιότητας των καλύψεων γης με βάση τη μέση τοπογραφική τους έκφραση. Αυτό θα γίνει με τον προσδιορισμό του τυποποιημένου εσωτερικού γινομένου των διανυσμάτων (Miliareisis, 2009) για όλα τα δυνατά ζεύγη καλύψεων γης, δηλαδή κάθε κάλυψη γης αντιπροσωπεύεται με ένα διάνυσμα της μορφής [H, S, C, TWI, VDC, RSP, VD], ενώ το τυποποιημένο εσωτερικό γινόμενο αντιστοιχεί στον συντελεστή συσχέτισης και παίρνει τιμές από -1 έως 1, ανάλογα με το βαθμό ομοιότητας (Landau and Everitt, 2004).

Πίνακας 3.8.1. Αναπαράσταση των καλύψεων γης με βάση την μέση τοπογραφική έκφραση κάθε κάλυψης.

CLC	ΕΠΙΠΕΔΟ 3	%	H	S	C	TWI	VDC	RSP	VD
1	Συνεχής αστικός ιστός	0,021	92,8	6,3	0,86	9,4	33	0,27	0,36
2	Ασυνεχής αστικός ιστός	0,934	201,9	4,6	2,34	9,7	93	0,20	0,63
3	Βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες	0,095	152,2	4,4	1,79	10,3	17	0,08	0,55
6	Αεροδρόμια	0,007	11,6	0,4	5,26	11,1	1	0,01	0,96
7	Μεταλλευτικές περιοχές	0,062	344,2	16,7	2,06	8,2	5448	0,47	0,62
11	Εγκαταστάσεις αναψυχής και αθλητισμού	0,172	71,7	8,5	5,20	7,4	64	0,25	0,42
12	Μη αρδευόμενες αρόσιμες εκτάσεις	16,80	313,5	4,1	2,57	10,1	252	0,24	0,61
13	Μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις	5,00	163,2	1,0	3,39	10,7	22	0,02	0,73
14	Ορυζώνες	0,363	0,3	0,4	1,77	3,3	0	0,00	0,27
15	Αμπελώνες	0,016	113,5	1,8	0,23	12,9	0	0,00	0,84
17	Ελαιώνες	7,00	125,5	5,7	2,21	9,7	107	0,17	0,59
18	Βοσκοτόπια	0,131	519,9	8,3	6,13	7,8	585	0,49	0,50
20	Συμπλέγματα καλλιεργείων	6,50	178,4	4,6	1,89	10,1	79	0,16	0,67
21	Αγροτικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό φυσικής βλάστησης	7,10	492,7	11,0	3,19	8,2	231	0,40	0,51
23	Δάση πλατύφυλλων	7,00	758,0	15,5	3,35	7,6	296	0,54	0,50
24	Δάση κωνοφόρων	6,00	960,2	19,2	3,45	7,2	778	0,65	0,49
25	Μικτά δάση	4,60	873,4	18,6	3,05	7,3	505	0,62	0,49
26	Ποολίβαδα	2,90	892,6	14,3	4,93	7,4	1803	0,52	0,51
27	Τυρφοέλη και χαμηλή ξυλώδης βλάστηση	1,20	1571,5	21,2	5,68	6,5	1921	0,76	0,53
28	Σκληρόφυλλη βλάστηση	24,20	496,8	13,0	3,97	7,6	663	0,52	0,48
29	Ζώνες μεταβατικής δασικής βλάστησης	8,80	789,3	16,3	3,65	7,5	456	0,56	0,51
30	Παραλίες, αμμοθίνες και αμμώδεις εκτάσεις	0,293	130,8	1,9	0,75	10,7	1	0,01	0,67
32	Περιοχές με σποραδική βλάστηση	0,229	1845,3	34,2	7,42	5,5	11464	0,70	0,52
33	Καμένες περιοχές	0,070	458,9	16,3	5,12	6,8	337	0,65	0,48
37	Αλατούχα έλη	0,161	-0,6	0,4	0,04	0,0	0	0,00	0,01
40	Υδάτινα ρεύματα	0,034	9,3	0,6	5,29	7,2	1	0,00	0,69
43	Εκβολές ποταμών	0,007	-0,9	0,4	0,00	0,0	0	0,00	0,00
44	Θάλασσα και ωκεανοί	0,160	2,1	2,3	0,22	1,6	901	0,11	0,25

Το εσωτερικό γινόμενο θα προσδιοριστεί στο λογισμικό στατιστικής ανάλυσης SPSS. Προεπισκόπηση ενός υποσυνόλου από τα διανύσματα των καλύψεων γης στο λογισμικό περιβάλλον SPSS δίνεται στο Σχήμα 3.8.1. Ο Πίνακας 3.8.2 εμπεριέχει τα εσωτερικά γινόμενα των διανυσμάτων που προέκυψαν.

	CLC	H	S	C	TWI	VDC	RSP	VD
1	1	92,780220	6,252895	,8592	9,417470	33,0989	,2652	,3576
2	2	201,942570	4,592688	2,3440	9,662881	93,0350	,2036	,6258
3	3	152,177610	4,445766	1,7918	10,337283	17,2117	,0845	,5547
4	6	11,645161	,397185	5,2551	11,130272	1,3226	,0070	,9635
5	7	344,164180	16,715054	2,0579	8,152715	5448,3694	,4689	,6176
6	11	71,744310	8,530295	5,2005	7,404999	63,6881	,2470	,4191
7	12	313,549380	4,126469	2,5730	10,121799	252,3127	,2385	,6147
8	13	163,175220	,996192	3,3855	10,671592	21,5217	,0206	,7330
9	14	,288973	,387080	1,7738	3,264160	,1679	,0005	,2734
10	15	113,478264	1,757560	,2309	12,893407	,4638	,0022	,8355
11	17	125,545910	5,714561	2,2080	9,693225	107,3361	,1663	,5938
12	18	519,929440	8,258082	6,1318	7,790133	584,5503	,4925	,4963
13	20	178,449250	4,550573	1,8915	10,068786	79,3732	,1597	,6712
14	21	492,735530	10,952991	3,1897	8,172579	231,1136	,4031	,5149
15	23	757,988950	15,455320	3,3533	7,604167	295,5087	,5415	,4997
16	24	960,241150	19,161910	3,4546	7,207306	777,6855	,6522	,4924

Σχήμα 3.8.1. Προεπισκόπηση των διανυσμάτων (SPSS/Screen cut).

Πίνακας 3.8.2. Τυποποιημένα εσωτερικά γινόμενα (συσχετίσεις).

	H	S	C	TWI	VDC	RSP	VD
H	1						
S	0,922	1					
C	0,620	0,595	1				
TWI	-0,044	-0,051	0,146	1			
VDC	0,656	0,714	0,421	-0,138	1		
RSP	0,858	0,926	0,598	-0,025	0,459	1	
VD	0,054	0,012	0,338	0,888	0,033	-0,016	1

Στη συνέχεια θα γίνει ομαδοποίηση των καλύψεων γης σε κατηγορίες ανάλογα με την τοπογραφική τους έκφραση. Πιο συγκεκριμένα, οι καλύψεις γης που εντοπίστηκαν στην περιοχή μελέτης θα ομαδοποιηθούν σε κατηγορίες με τη μέθοδο της εξερευνητικής ανάλυσης

συσσωρεύσεων. Η επιλεχθείσα μεθοδολογία δεν χρειάζεται καμία εκ των προτέρων πληροφορία ή γνώση για τις τάξεις στις οποίες πρόκειται να οργανωθούν τα αντικείμενα.

Η παραμετρική αναπαράσταση τυποποιείται έτσι ώστε η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση για κάθε παράμετρο να είναι 0 και 1 αντίστοιχα (αφού τα εύρη τιμών των παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το αριθμητικό εύρος). Δηλαδή από τα διανύσματα αφαιρείται η μέση τιμή για κάθε τοπογραφική έκφραση και διαιρείται με την αντίστοιχη τυπική απόκλιση, γίνεται δηλαδή τυποποίηση των μετρήσεων αφού αυτές παρουσιάζουν διαφορετικά εύρη τιμών (Σχήμα 3.8.2).

Στην συνέχεια χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος των K – Κέντρων (K – Means Clustering Algorithm) που περιγράφει ο Mather (1987) στον οποίο η Ευκλείδεια απόσταση κάθε αντικειμένου από τα κέντρα των τάξεων καθορίζει την ένταξη του ή μη σε κάποια από τις τάξεις. Στο τέλος κάθε επανάληψης υπολογίζονται καινούργια κέντρα για κάθε τάξη. Το καινούργιο κέντρο προσδιορίζεται από τις τιμές των παραμέτρων του αντικειμένου που είναι εγγύτερα στο κέντρο βάρους των αντικειμένων που απαρτίζουν (κατά την τρέχουσα επανάληψη) την συγκεκριμένη τάξη. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται επαναληπτικά μέχρι να μην παρατηρείται πλέον αλλαγή στα κέντρα βάρους.

	CLC	ZH	ZS	ZC	ZTWI	ZVDC	ZRSP	ZVD
1	1	-.67160	-.32591	-1,08866	,58754	-.38490	-.13240	-.75540
2	2	-.44276	-.52314	-.35590	,66541	-.35920	-.36748	,53940
3	3	-.54709	-.54059	-.62842	,87938	-.39172	-.82211	,19614
4	6	-.84169	-1,02156	1,08070	1,13099	-.39853	-1,11777	2,16944
5	7	-.14462	,91697	-.49712	,18625	1,93746	,64501	,49972
6	11	-.71570	-.05536	1,05373	-.05099	-.37178	-.20211	-.45839
7	12	-.20880	-.57852	-.24290	,81101	-.29089	-.23452	,48554
8	13	-.52403	-.95040	,15804	,98546	-.38987	-1,06608	1,05648
9	14	-.86550	-1,02276	-.63730	-1,36481	-.39902	-1,14256	-1,16190
10	15	-.62821	-.85995	-1,39871	1,89040	-.39890	-1,13630	1,55140
11	17	-.60292	-.38986	-.42303	,67503	-.35307	-.50983	,38470
12	18	,22385	-.08770	1,51335	,07121	-.14841	,73486	-.08601
13	20	-.49201	-.52814	-.57922	,79419	-.36506	-.53498	,75845
14	21	,16684	,23245	,06141	-,19256	-,29998	,39365	,00391
15	23	,72290	,76732	,14219	,01221	-,27237	,92201	-,06927
16	24	1,14689	1,20766	,19218	-,11371	-,06558	1,34413	-,10453

Σχήμα 3.8.2. Τυποποιημένα διανύσματα (SPSS/Screen cut).

Η εξερευνητική ανάλυση συσσωρεύσεων ολοκληρώθηκε σε 27 επαναλήψεις, έχοντας ως αποτέλεσμα την οργάνωση των καλύψεων γης σε 5 τάξεις με διαφορετική τοπογραφική αναπαράσταση. Το κριτήριο σύγκλισης ήταν να σταματήσει η επαναληπτική διαδικασία όταν παρατηρηθεί μηδενική αλλαγή στα εκτιμώμενα κέντρα βάρους των κατηγοριών. Η μεταβολή στα κέντρα βάρους των κατηγοριών στη διάρκεια της κάθε επανάληψης δίνεται με ακρίβεια 3 δεκαδικών ψηφίων στον Πίνακα 3.8.3.

Πίνακας 3.8.3. Η σύγκλιση σε κάθε μια από τις 27 επαναλήψεις (με ακρίβεια 3 δεκαδικών).

ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ	Η ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΣΤΑ ΚΕΝΤΡΑ ΒΑΡΟΥΣ ΤΩΝ 5 ΤΑΞΕΩΝ				
	ΤΑΞΗ 1	ΤΑΞΗ 2	ΤΑΞΗ 3	ΤΑΞΗ 4	ΤΑΞΗ 5
1	,647	,744	2,123	,000	2,038
2	,129	,848	,391	,000	,255
3	,026	,141	,323	,000	,224
4	,005	,228	,186	,000	,019
5	,001	,046	,021	,000	,002
6	,000	,009	,002	,000	,000
7	,000	,002	,000	,000	,000
8	,000	,000	,000	,000	,000
9	,000	,000	,000	,000	,000
10	,000	,000	,000	,000	,000
11	,000	,000	,000	,000	,000
12	,000	,000	,000	,000	,000
13	,000	,000	,000	,000	,000
14	,000	,000	,000	,000	,000
15	,000	,000	,000	,000	,000
16	,000	,000	,000	,000	,000
17	,000	,000	,000	,000	,000
18	,000	,000	,000	,000	,000
19	,000	,000	,000	,000	,000
20	,000	,000	,000	,000	,000
21	,000	,000	,000	,000	,000
22	,000	,000	,000	,000	,000
23	,000	,000	,000	,000	,000
24	,000	,000	,000	,000	,000
25	,000	,000	,000	,000	,000
26	,000	,000	,000	,000	,000
27	,000	,000	,000	,000	,000

Μετά το τέλος των 27 επαναλήψεων οι καλύψεις γης ομαδοποιήθηκαν σε 5 τάξεις ανάλογα με την τοπογραφική έκφραση. Η μέση απόσταση των καλύψεων γης που ανήκουν σε κάθε τάξη από το κέντρο βάρους κάθε κατηγορίας παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.8.4, δηλαδή ο πίνακας μας δείχνει πόσο κοντά είναι μια κάλυψη γης στο κέντρο βάρους της τάξης στην οποία ανήκει.

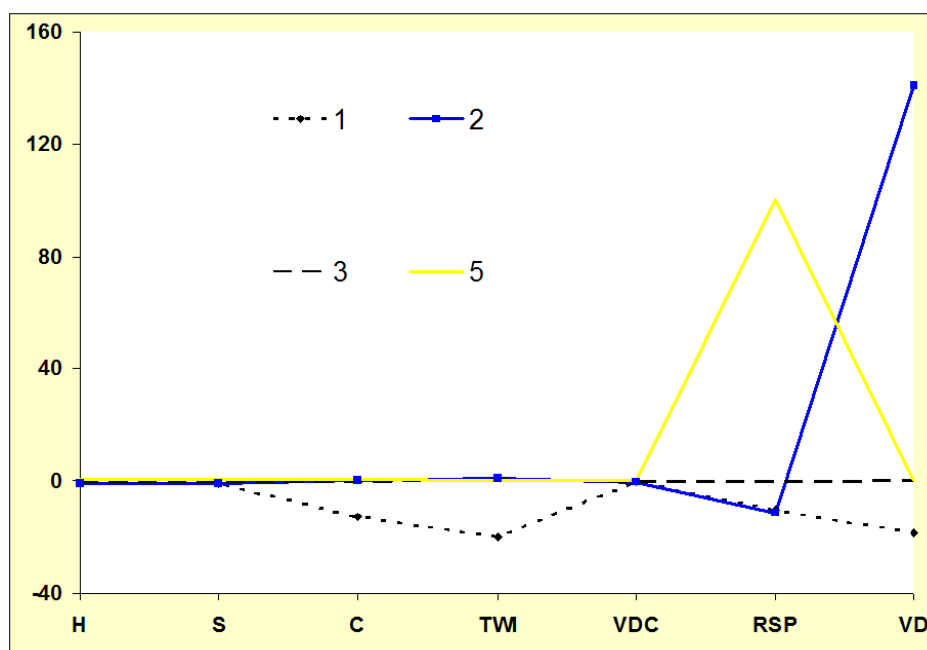
Πίνακας 3.8.4. Η οργάνωση των καλύψεων γης σε 5 κατηγορίες ανάλογα με την τοπογραφική έκφραση και η μέση απόσταση των καλύψεων γης που ανήκουν σε κάθε κατηγορία από το κέντρο βάρους κάθε κατηγορίας.

ΚΑΛΥΨΗ ΓΗΣ	CLC	ΤΑΞΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ
Ορυζώνες	14	1	1,133
Αλατούχα έλη	37		0,774
Εκβολές ποταμών	43		0,809
Θάλασσα και ωκεανοί	44		0,762
Αεροδρόμια	6	2	1,167
Μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις	13		0,412
Αμπελώνες	15		1,815
Υδάτινα ρεύματα	40		1,467
Συνεχής αστικός ιστός	1	3	1,264
Ασυνεχής αστικός ιστός	2		0,350
Βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες	3		0,451
Εγκαταστάσεις αναψυχής και αθλητισμού	11		1,865
Μη αρδευόμενες αρόσιμες εκτάσεις	12		0,551
Ελαιώνες	17		0,185
Συμπλέγματα καλλιεργειών	20		0,564
Παραλίες, αμμοθίνες και αμμώδεις εκτάσεις	30		1,184
Περιοχές με σποραδική βλάστηση	32	4	0,000
Μεταλλευτικές περιοχές	7	5	2,340
Βοσκοτόπια	18		1,467
Αγροτικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό φυσικής βλάστησης	21		1,153
Δάση πλατύφυλλων	23		0,526
Δάση κωνοφόρων	24		0,807
Μικτά δάση	25		0,774
Ποολίβαδα	26		0,640
Τυρφοέλη και χαμηλή ξυλώδης βλάστηση	27		2,209
Σκληρόφυλλη βλάστηση	28		0,670
Ζώνες μεταβατικής δασικής βλάστησης	29		0,397
Καμένες περιοχές	33		0,978

Τα κέντρα βάρους κάθε κατηγορίας ως προς την τυποποιημένη τοπογραφική έκφραση των διανυσμάτων δίνονται στον Πίνακα 3.8.5. και διαγραμματικά στο Σχήμα 3.8.3. Ο διαχωρισμός των κατηγοριών, δηλαδή το πόσο διαφοροποιείται η μία από την άλλη κατηγορία ως προς την απόσταση των κέντρων βάρους εμφανίζεται στον Πίνακα 3.8.6.

Πίνακας 3.8.5. Τα κέντρα βάρους κάθε κατηγορίας κάλυψης γης ως προς την τυποποιημένη τοπογραφική έκφραση.

	ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΚΕΝΤΡΑ ΒΑΡΟΥΣ				
	ΤΑΞΗ 1	ΤΑΞΗ 2	ΤΑΞΗ 3	ΤΑΞΗ 4	ΤΑΞΗ 5
H	-0,86567	-0,71014	-0,53411	3,00231	0,68852
S	-0,96141	-0,95683	-0,47283	2,99462	0,76918
C	-1,2622	0,23431	-0,42587	2,14920	0,48814
TWI	-2,0099	0,92283	0,66848	-0,66546	-0,03036
VDC	-0,30250	-0,39653	-0,36441	4,51721	0,10857
RSP	-1,0436	-1,1143	-0,48961	1,53319	1,00142
VD	-1,8360	1,40716	0,23677	0,05052	-0,02083



Σχήμα 3.8.3. Τα κέντρα βάρους ως προς την τυποποιημένη τοπογραφική έκφραση. Το διάγραμμα προέκυψε από τα δεδομένα του Πίνακα 3.8.5. Η τάξη 4 δεν συμπεριελήφθη γιατί εμπεριέχει μόνο μια κάλυψη γης (outlier).

Πίνακας 3.8.6. Ο πίνακας διαχωρισμού των κέντρων βάρους των πέντε κατηγοριών (στην κύρια διαγώνιο η απόσταση είναι μηδέν).

ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ					
ΤΑΞΗ	1	2	3	4	5
1	0	4,626	3,582	8,803	4,477
2	4,626	0	1,590	8,281	3,561
3	3,582	1,590	0	7,804	2,622
4	8,803	8,281	7,804	0	5,761
5	4,477	3,561	2,622	5,761	0

Από τον Πίνακα 3.8.6 συνάγεται ότι οι τάξεις 1 και 4 διαφέρουν περισσότερο μεταξύ τους, ενώ τα κέντρα για τα ζεύγη των τάξεων 2 και 3 απέχουν την μικρότερη απόσταση.

Ο Πίνακας 3.8.7 υποδεικνύει τον αριθμό των κατηγοριών καλύψεων γης που εντάσσονται ως προς την ομοιότητα της τοπογραφικής έκφρασης σε κάθε μια τάξη.

Πίνακας 3.8.7. Ο αριθμός των διανυσμάτων καλύψεων γης ανά τάξη.

		ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΛΥΨΕΩΝ ΓΗΣ ΑΝΑ ΤΑΞΗ
ΤΑΞΗ	1	4
	2	4
	3	8
	4	1
	5	11
Σύνολο		28

Τα κέντρα βάρους κάθε κατηγορίας ως προς τη μη τυποποιημένη τοπογραφική έκφραση των διανυσμάτων δίνονται στον Πίνακα 3.8.8.

Πίνακας 3.8.8. Τα κέντρα βάρους κάθε κατηγορίας ως προς τη μη τυποποιημένη τοπογραφική έκφραση των διανυσμάτων.

ΤΑΞΗ	H	S	C	TWI	VDC	RSP	VD
1	0,20	0,90	0,51	1,23	225,20	0,026	0,134
2	74,40	0,94	3,54	10,47	6,00	0,008	0,806
3	158,40	5,02	2,20	9,67	80,90	0,172	0,563
4	1845,30	34,20	7,42	5,47	11463,80	0,702	0,525
5	741,60	15,47	4,05	7,47	1183,80	0,562	0,510

Κεφάλαιο Τέταρτο

Σχολιασμός αποτελεσμάτων

Η διαμόρφωση του ανάγλυφου μιας περιοχής επηρεάζει είτε θετικά είτε αρνητικά την ανάπτυξη των καλύψεων γης και δημιουργεί περισσότερο ή λιγότερο πρόσφορες περιοχές για την ανάπτυξη συγκεκριμένων δραστηριοτήτων και χρήσεων, δηλαδή καθορίζει σε ένα βαθμό την οικονομική δραστηριότητα σε μια ζώνη. Επομένως αν συνδέσουμε την υψομετρική πληροφορία και τα παράγωγά της με τα συστήματα γεωταξινόμησης καλύψεων – χρήσεων γης θα μπορέσουμε να αξιολογήσουμε τις χρήσεις και τις καλύψεις γης σε σχέση με την εξάρτηση της βιοφυσικής τους κατάστασης από την υψομετρική πληροφορία και να αξιολογήσουμε ή και να χωροθετήσουμε δραστηριότητες ή/και να εκτιμήσουμε την επιδεκτικότητα σε φυσικές καταστροφές, όπως πυρκαγιές, πλημμύρες κλπ. Οι δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό της μέσης γεωμορφομετρικής έκφρασης των καλύψεων γης περιλαμβάνουν τους βασικούς δείκτες (υψόμετρο, κλίση) αλλά και συνθετικούς δείκτες που σχετίζονται με το σχήμα της επιφάνειας, την κατάτμηση της και την σχετική θέση της ως προς το υδρογραφικό δίκτυο και τους υδροκρίτες. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάστηκαν οι δείκτες:

Υψόμετρο (H):

Η υψομετρική πληροφορία συσχετίζεται άμεσα με τη θερμοκρασία, η οποία είναι αντιστρόφως ανάλογη με το υψόμετρο, την αιολική ενέργεια, που αυξάνεται όσο αυξάνει το υψόμετρο, τις βροχοπτώσεις, οι οποίες αυξάνονται μέχρι το υψόμετρο των 1000m και μετά μειώνονται, τη χλωρίδα, αφού μετά από ένα συγκεκριμένο ύψος παρατηρείται μόνο ποώδης βλάστηση κλπ. Είναι σαφές ότι το υψόμετρο από μόνο του προσδιορίζει τη βιοφυσική υπογραφή μιας περιοχής (θερμοκρασία, υγρασία, χλωρίδα κλπ) και την καταλληλότητά της για την ανάπτυξη της βλάστησης, της πανίδας και των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων.

Κλίση (S):

Από την πρώτη παράγωγο του υψομέτρου λαμβάνουμε το μέτρο κλίσης και τον προσανατολισμό και μπορεί να προσδιοριστεί ακόμη περισσότερο η βιοφυσική υπογραφή της

περιοχής. Η κλίση συσχετίζεται με τη διάβρωση του εδάφους, την απόθεση φερτών υλικών, την ταχύτητα της επιφανειακής απορροής, τον δείκτη υγρασίας, ενώ ο προσανατολισμός συσχετίζεται με το μέγεθος και τη διάρκεια των σκιάσεων, την έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία, την αιολική έκθεση κλπ. Από τη δεύτερη παράγωγο του υψομέτρου λαμβάνουμε την καμπυλότητα η οποία προσδιορίζει συγκλίνουσες ή αποκλίνουσες απορροές, το χαρακτήρα της ηλιακής και αιολικής έκθεσης κλπ.

Δείκτης σύγκλισης απορροής (C):

Ο δείκτης C προσδιορίζει τον αριθμό των σταγόνων που περνάνε από ένα σημείο σε μια ισοδυναμική προσομοίωση ροής. Είναι ταυτόχρονα δείκτης σχετικής θέσης, αντιπροσωπεύει δηλαδή πόσο κοντά ή μακριά είναι ένα σημείο από τους υδροκρίτες και το υδρογραφικό δίκτυο, αλλά και σχήματος, δείχνοντας πόσο καμπύλη ή κυρτή είναι η επιφάνεια στο δεδομένο σημείο.

Τοπογραφικός δείκτης υγρασίας (TWI):

Ο δείκτης TWI υποδηλώνει την υγρασία του εδάφους με βάση τοπογραφικά κριτήρια δηλαδή υποδηλώνει περιοχές στις οποίες έχουμε συγκέντρωση της επιφανειακής απορροής σε συνδυασμό με μειωμένες τιμές της κλίσης.

Κατά βάθος διάβρωση (VDC):

Ο δείκτης VDC υποδηλώνει την κατακόρυφη κατάτμηση της επιφάνειας, δηλαδή την υψομετρική διαφορά (κατακόρυφη απόσταση) ενός σημείου από το εγγύτερο σημείο του υδρογραφικού δικτύου.

Σχετική θέση ως προς την κλίση (RSP):

Ο δείκτης RSP είναι ποσοστιαίος και υποδηλώνει την απόσταση (ποσοστιαία) από τις εγγύτερες επίπεδες περιοχές. Οι τιμές του κυμαίνονται από 0 έως 1.

Τοπικό βάθος κοιλάδων (VD):

Ο δείκτης VD δείχνει την υψομετρική διαφορά σε ένα παράθυρο 3x3.

Η αναπαράσταση των καλύψεων γης με βάση την μέση τοπογραφική έκφραση κάθε κάλυψης προβάλλεται στον Πίνακα 3.8.1.

Στον πίνακα συσχέτισης της παραμετρικής αναπαράστασης των καλύψεων γης (Πίνακας 3.8.2) παρατηρούμε ότι υπάρχουν διανύσματα με θετική ομοιότητα, όπως τα H και S. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, η ομοιότητα υποδηλώνει ότι οι καλύψεις κατανέμονται με τέτοιο τρόπο στο ανάγλυφο έτσι ώστε εκεί που έχω μεγάλο υψόμετρο έχω και μεγάλη κλίση. Ακόμη, σύμφωνα πάντα με τον Πίνακα 3.8.2, υπάρχουν τοπογραφικοί δείκτες ως προς τους οποίους η κατανομή των καλύψεων γης στο ανάγλυφο δεν παρουσιάζει ομοιότητα, όπως οι RSP και TWI.

Προκειμένου να προσδιορισθεί ο τρόπος οργάνωσης σε τάξεις/ομάδες των αντικειμένων των καλύψεων γης χρησιμοποιήθηκε μια εξερευνητική μεθοδολογία ανάλυσης συσσωρεύσεων. Ο λόγος που επιλέχθηκε αυτή η μεθοδολογία είναι ότι τα υπάρχοντα δεδομένα και παρατηρήσεις που υπάρχουν για την φύση και η περιγραφή της οργάνωσης των καλύψεων γης σε ομάδες με βάση την παραμετρική τους αναπαράσταση είναι μάλλον ασαφή. Επιπλέον, αν και υπάρχουν στην διάθεση μας αρκετά δεδομένα με την μορφή παραμέτρων – τιμών για κάθε αντικείμενο, δεν είμαστε βέβαιοι όχι μόνο για το πως αυτά τα δεδομένα οργανώνονται σε τάξεις αλλά και για το πως οι παράμετροι των αντικειμένων διαφοροποιούνται από τάξη σε τάξη. Επιπροσθέτως, δεν υπάρχει στη διάθεση μας ένα μοντέλο που να χαρακτηρίζει με ποσοτικό τρόπο τις καλύψεις γης ανάλογα με την παραμετρική τους αναπαράσταση.

Η εξερευνητική ανάλυση συσσωρεύσεων χρειάστηκε 27 επαναλήψεις για να ολοκληρωθεί. Μετά τις 27 επαναλήψεις οι καλύψεις γης ομαδοποιήθηκαν βάση της τοπογραφικής τους έκφρασης σε πέντε (5) τάξεις (κατηγορίες).

Η οργάνωση των καλύψεων γης σε 5 κατηγορίες ανάλογα με την τοπογραφική έκφραση και η μέση απόσταση των καλύψεων γης που ανήκουν σε κάθε κατηγορία από το κέντρο βάρους κάθε κατηγορίας παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.8.4. Δηλαδή ο Πίνακας 3.8.4 μας δείχνει πόσο κοντά είναι μια κάλυψη γης στο κέντρο βάρους της τάξης στην οποία ανήκει. Παρατηρούμε ότι στην Τάξη 5 η κατηγορία «*Ζώνες μεταβατικής δασικής βλάστησης*» είναι εγγύτερα στο κέντρο βάρους της τάξης (απόσταση 0,397), ενώ οι καλύψεις γης «*Μεταλλευτικές περιοχές*» και «*Τυρφοέλη και χαμηλή ξυλώδης βλάστηση*» απέχουν την μέγιστη απόσταση από το κέντρο βάρους της τάξης 5 (2,340 και 2,209 αντίστοιχα). Ιδιαιτερότητα παρατηρείται στην Τάξη 4 η οποία εμπεριέχει μια μόνο κάλυψη γης, τις «*Περιοχές με σποραδική βλάστηση*» και στην ουσία πρόκειται για ένα outlier ως προς την τοπογραφική έκφραση.

Στον Πίνακα 3.8.6 εμφανίζεται ο διαχωρισμός των κατηγοριών, δηλαδή το πόσο διαφοροποιείται η μία κατηγορία από την άλλη ως προς την απόσταση των κέντρων βάρους τους. Από τον Πίνακα 3.8.6 συνάγεται ότι οι τάξεις 1 και 4 διαφέρουν περισσότερο μεταξύ τους (8,803), ενώ τα κέντρα για τα ζεύγη των τάξεων 2 και 3 απέχουν την μικρότερη απόσταση (1,590).

Η ερμηνεία της παραμετρικής αναπαράστασης των τάξεων (κέντρα βάρους) από τους Πίνακες 3.8.5 και 3.8.8 και το Σχήμα 3.8.3 υποδεικνύει ότι:

- Η *Τάξη 4*, που εμπεριέχει ένα μόνο αντικείμενο κάλυψης γης, διαφοροποιείται πολύ από τις υπόλοιπες ως προς το υψόμετρο (H), την κλίση (S) και τον δείκτη της κατά βάθος διάβρωσης (VDC). Δηλαδή η κάλυψη γης «*Περιοχές με σποραδική βλάστηση*» που εντάσσεται στην τάξη 4 αντιστοιχεί σε περιοχές με πολύ μεγάλο υψόμετρο και κλίση ενώ παρουσιάζεται κατάτμηση του ανάγλυφου (χαραδρώσεις). Πράγματι, στην περιοχή αυτής της τάξης αντιμετωπίζουμε δυσκολία στην πρόσβαση, υπάρχει χαμηλή βατότητα λόγω της μεγάλης κλίσης, της διακύμανσης του υψομέτρου και των χαραδρώσεων, ενώ σε συνδυασμό με το πολύ μεγάλο υψόμετρο, σε αυτή την τάξη θα αναμένεται ένα αλπικό τοπίο με ποώδη, διάσπαρτη βλάστηση.
- Η *Τάξη 1* παρουσιάζει το πλέον επίπεδο ανάγλυφο (έχει την μικρότερη κλίση) με το μικρότερο υψόμετρο και την μικρότερη κατάτμηση. Άλλωστε σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται οι καλύψεις γης «*Ορυζώνες*», «*Αλατούχα έλη*», «*Εκβολές ποταμών*» και «*Θάλασσα και ωκεανοί*».
- Η *Τάξη 3* περιλαμβάνει τις καλύψεις γης που σχετίζονται με Αστικές περιοχές και με Μόνιμες καλλιέργειες. Η τάξη αυτή παρουσιάζει μικρό τοπογραφικό δείκτη υγρασίας και μικρότερη δυνατή εγγύτητα σε επίπεδες περιοχές ως προς την *Τάξη 2* (που περιλαμβάνει «*Μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις*», «*Αμπελώνες*», «*Υδάτινα ρεύματα*» και «*Αεροδρόμια*»), γεγονός που συνάδει με τον τρόπο χωροθέτησης σε αυτό το γεωγραφικό περιβάλλον (οικιστικές ζώνες σε σχετικά υψηλότερα σημεία για αποφυγή πλημμυρών).
- Τέλος η *Τάξη 5*, που περιλαμβάνει δασικές και δενδρώδεις εκτάσεις από φυσική βλάστηση, βοσκοτόπια, ζώνες μεταβατικής βλάστησης, μεταλλευτικές και καμένες περιοχές, παρουσιάζει την μεγαλύτερη απόσταση από επίπεδες περιοχές (RSP=0,562),

γεγονός που είναι αναμενόμενο, αφού οι μόνιμες καλλιέργειες χωροθετούνται κατά προτεραιότητα σε περιοχές υψηλής βατότητας (με μικρή κλίση, επίπεδες).

Κεφάλαιο Πέμπτο

Συμπεράσματα

Η οργάνωση των καλύψεων γης σε τάξεις ανάλογα με την τοπογραφική έκφραση ομαδοποίησε τις καλύψεις γης της περιοχής μελέτης σε 5 κατηγορίες:

- την *Τάξη 1*, που παρουσιάζει το πλέον επίπεδο ανάγλυφο και περιλαμβάνει τις περιοχές με την μικρότερη κλίση *S*, με το μικρότερο υψόμετρο *H* και την μικρότερη κατάτμηση.
- την *Τάξη 2*, που παρουσιάζει τον μεγαλύτερο τοπογραφικό δείκτη υγρασίας (*TWI*) και τη μικρότερη δυνατή εγγύτητα σε επίπεδες περιοχές (*RSP*) και περιλαμβάνει κατά βάση αρδευόμενες εκτάσεις και υδάτινα ρεύματα.
- την *Τάξη 3*, που παρουσιάζει μικρότερο τοπογραφικό δείκτη υγρασίας (*TWI*) και τη μικρότερη δυνατή εγγύτητα σε επίπεδες περιοχές ως προς την *Τάξη 2* που περιλαμβάνει αρδευόμενες εκτάσεις, γεγονός που είναι σε συμφωνία με τον τρόπο χωροθέτησης σε αυτό το γεωγραφικό περιβάλλον.
- την *Τάξη 4*, που διαφοροποιείται πολύ από τις υπόλοιπες ως προς το υψόμετρο (*H*), την κλίση (*S*) και τον δείκτη της κατά βάθος διάβρωσης (*VDC*). Αντιστοιχεί σε περιοχές με πολύ μεγάλο υψόμετρο και κλίση ενώ παρουσιάζεται μεγάλη κατάτμηση του ανάγλυφου.
- την *Τάξη 5*, η οποία παρουσιάζει την μεγαλύτερη απόσταση από επίπεδες περιοχές (*RSP*) και περιλαμβάνει περιοχές με αρκετά μεγάλο υψόμετρο.

Αυτές οι ομαδοποιήσεις των καλύψεων στις 5 προαναφερθείσες τάξεις βασιστήκαν σε παραμετρική αναπαράσταση που λαμβάνει υπόψη τους παρακάτω απλούς και σύνθετους δείκτες:

- την *Υψομετρική πληροφορία (H)*, που συσχετίζεται άμεσα με τη θερμοκρασία, τη χλωρίδα, την αιολική ενέργεια, τις βροχοπτώσεις κλπ.

- την *Κλίση (S)*, που συσχετίζεται με τη διάβρωση του εδάφους, την απόθεση φερτών υλικών, την ταχύτητα απορροής, τον δείκτη υγρασίας κλπ.
- τον *Δείκτη σύγκλισης απορροής (C)*, που είναι ταυτόχρονα δείκτης σχετικής θέσης, αντιπροσωπεύει δηλαδή πόσο κοντά ή μακριά είναι ένα σημείο από τους υδροκρίτες και το υδρογραφικό δίκτυο, αλλά και σχήματος, δείχνοντας πόσο καμπύλη ή κυρτή είναι η επιφάνεια στο δεδομένο σημείο.
- τον *Τοπογραφικό δείκτη υγρασίας (TWI)*, που υποδηλώνει την υγρασία του εδάφους με βάση τοπογραφικά κριτήρια, δηλαδή υποδηλώνει περιοχές στις οποίες έχουμε συγκέντρωση της επιφανειακής απορροής σε συνδυασμό με μειωμένες τιμές της κλίσης.
- την *Κατά βάθος διάβρωση (VCD)*, που υποδηλώνει την κατακόρυφη κατάτμηση της επιφάνειας.
- την *Σχετική θέση ως προς την κλίση (RSP)*, που υποδηλώνει την ποσοστιαία απόσταση από τις εγγύτερες επίπεδες περιοχές.
- και το *Τοπικό βάθος κοιλάδων (VD)*, που δείχνει την υψομετρική διαφορά σε ένα παράθυρο 3x3.

Με τους παραπάνω συσχετισμούς καθίσταται σαφές ότι επιτυγχάνεται ο καθορισμός της βιοφυσικής υπογραφής κάθε τάξης και παράλληλα προσδιορίζονται οι καλύψεις γης της περιοχής μελέτης που ανήκουν σε κάθε τάξη και η τοπογραφική καταλληλότητα κάθε τάξης για την ανάπτυξη της βλάστησης, των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων κλπ.

Βιβλιογραφία

Abbriano, R., Carranza, M., Hogle, S., Levin, R., Netburn, A., Seto, K., Snyder, S. and Franks, P., 2011. Deepwater Horizon Oil Spill: A Review of the Planktonic Response. *Oceanography*, 24(3): 294-301.

Achard, F., Eva, H., Mayaux, P., Stibig, H., Defries, R. and Hansen, M., 2007. Pan-tropical monitoring of deforestation. *Environmental Research Letters*, 2(4).

Awange, J., et al., 2013. *Environmental Geoinformatics: Monitoring and Management*, Springer-Verlag, Berlin, pp.561.

Aydin, A. and Tecimen, H., 2010. Temporal soil erosion risk evaluation: a CORINE methodology application at Elmali dam watershed, Istanbul. *Environmental Earth Sciences*, 6(7): 1457-1465.

Barredo, J. and Engelen, G., 2010. Land Use Scenario Modeling for Flood Risk Mitigation. *Sustainability* (2071-1050), 2(5): 1327-1344.

Bashir, S., Baig, M., Ashraf, M., Anwar, M., Bhalli, M., and Munawar, S., 2013. Risk assessment of soil erosion in Rawal Watershed using geoinformatics techniques. *Science International*, 25(3): 583-588.

Bayramin, I., Erpul, G. and Erdoğan, H., 2006. Use of CORINE Methodology to Assess Soil Erosion Risk in the Semi-Arid Area of Beypazarı, Ankara. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30(2): 81-100.

Bishop, M.P., James, L.A., Shroder, J.F., Walsh, S.J., 2012. Geospatial Technologies and Digital Geomorphological Mapping: Concepts, Issues and Research. *Geomorphology*, 137(1): 5-26.

Buchanan, B., Fleming, M., Schneider, R., Richards, B., Archibald, J., Qiu, Z. and Walter, M., 2013. Evaluating topographic wetness indices across central New York agricultural landscapes. *Hydrology & Earth System Sciences Discussions*, 10(11): 14041-14093.

Βικιπαίδεια, ελεύθερη εγκυκλοπαίδεια, 2015. Λήμμα: Νομός Φθιώτιδας. Διαθέσιμο στο: <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%BF%CE%BC%CF%8C%CF%82_%CE%A6%CE%B8%CE%B9%CF%8E%CF%84%CE%B9%CE%B4%CE%B1%CF%82>. Τελευταία ενημέρωση 24 Φεβρουαρίου 2015 (προσπελάστηκε στις 16-04-2015)

Campbell, J. 1997. Landuse and landcover inventory. In: R. Warren, ed. *Manual of Photographic Interpretation*. American Society of Photogrammetry. Washington D.C., pp.335-364.

Campling, P., Terres, J., Vande Walle, S., Van Orshoven, J. and Crouzet, P., 2005. Estimation of nitrogen balances from agriculture for EU-15: spatialisation of estimates to river basins using the CORINE Land Cover. *Physics and Chemistry of the Earth - Parts A/B/C*, 30(1-3): 25-34.

Castilla, G. and Hay, G., 2007. Uncertainties in land use data. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(6) : 1857-1868.

Chaichi Tehrani, N., D'Sa, E., Osburn, C., Bianchi, T. and Schaeffer, B., 2013. Chromophoric Dissolved Organic Matter and Dissolved Organic Carbon from Sea-Viewing Wide Field-of-View Sensor (SeaWiFS), Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) and MERIS Sensors: Case Study for the Northern Gulf of Mexico. *Remote Sensing*, 5(3): 1439-1464.

Chang, K., 2008. *Introduction to Geographic information Systems*, Fourth edition. New York: Mc Graw-Hill Publishing, 418 pages.

Chavez, P., 1996. Image-based atmospheric corrections revisited and improved. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62: 1025–1036.

Cheng, W. et al., 2011. Structure and Contents of Layered Classification System of Digital Geomorphology for China. *Journal of Geographical Sciences*, 21(5): 771-790.

CLC, 2000. Corine land cover 100m, ver. 5. European Environment Agency (©EEA, Copenhagen), Available at: <[http:// dataservice.eea.eu.int/](http://dataservice.eea.eu.int/)> (προσπελάστηκε στις 15-03-2014).

Coblentz, D., Pabian, F., Prasad, L., 2014. Quantitative Geomorphometrics for Terrain Characterization. *International Journal of Geosciences*, 5: 247-266.

Corine Publications, 2014. Corine Land Cover, E.E.A. Available at: <<http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>> (προσπελάστηκε στις 15-03-2014)

Corine Datasets, 2014. Available at: <<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data#c12=corine+land+cover+version+13>> (προσπελάστηκε στις 15-03-2014)

Corine Raster 2014. Available at: <<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2000-raster-2>> (προσπελάστηκε στις 15-03-2014)

Corine Subsetting 2014. Corine Landcover Subsetting. Available at: <<http://geodata.gov.gr/maps/?zoom=6&lat=4616796&lon=2978536&layers=corine2000&layeropacity=100&baselayer=google&baselayeropacity=100>> (προσπελάστηκε στις 15-03-2014)

Costea, G. and Haidu, I., 2010. Detection of recent spatial changes regarding landuse in small basins from the Apuseni Natural Park. *Geographia Technica*, 12: 11-17.

Dengiz, O. and Akgül, S., 2005. Soil erosion risk assessment of the Gölbasý Environmental Protection Area and its vicinity using the CORINE Model. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29(6): 439-448.

Dengiz, O. and Baskan, O., 2009. Land quality assessment and sustainable land use in Salt Lake (Tuz Gölü) specially protected area. *Environmental Monitoring and Assessment*, 148(1-4): 233-243.

Dwivedi, R., Sreenivas, K. and Ramana, K., 2005. Landuse/landcover change analysis in part of Ethiopia using Landsat Thematic Mapper data. *International Journal of Remote Sensing*, 26(7): 1285-1287.

Ehsani, A.H. and Quiel, F., 2008. Geomorphometric Feature Analysis Using Morphometric Parameterization and Artificial Neural Networks. *Geomorphology*, 99: 1-12.

European Environment Agency (EEA), 2007. CLC2006 technical guidelines. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. Available at: <http://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2007_17> (προσπελάστηκε στις 15-03-2014)

Ειδική Γραμματεία Υδάτων (Ε.Γ.Υ.), 2013. Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας. Διαθέσιμο στο: <https://dl.dropboxusercontent.com/u/56943937/GR07_RBMP.pdf> (προσπελάστηκε στις 15-07-2014)

Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο (Ε.Κ.), Οδηγία 2007/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2007, για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας (Κείμενο που παρουσιάζει ενδιαφέρον για τον ΕΟΧ). Διαθέσιμο στο: <<http://ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=VWgl%2b6AhMdU%3d&tabid=252>> (προσπελάστηκε στις 15-03-2015)

Farr, T. and Kobrick, M., 2000. Shuttle Radar Topography Mission produces a wealth of data. *EOS, Transactions American Geophysical Union*, 81: 583-585.

Feranec, J., Hazeu, G., Christensen, S. and Jaffrain, G., 2007a. CORINE land cover change detection in Europe (case studies of The Netherlands and Slovakia). *Land Use Policy*, 24: 234-247.

Feranec, J., Hazeu, G., Jaffrain, G. and Cebecauer, T., 2007b. Cartographic Aspects of Land Cover Change Detection (Over- and Underestimation in the I&CORINE Land Cover 2000 Project). *Cartographic Journal*, 44(1): 44-54.

Feranec, J., Jaffrain, G., Soukup, T. and Hazeu, G., 2010. Determining changes and flows in European landscapes 1990–2000 using CORINE land cover data. *Applied Geography*, 30(1): 19-35.

Foley, J., Asner, G., Costa, M., Coe, M., DeFries, R., Gibbs, H., Howard, E., Olson, S., Patz, J., Ramankutty, N and Snyder, P., 2007. Amazonia revealed: Forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(1): 25-32.

GADM, 2014. Global Administrative Divisions Ver 2.0. Available at: <http://www.gadm.org/> (προσπελάστηκε στις 15-03-2014)

Gallego, F.J, Batista, F., Rocha, C., and Mubareka, S., 2011. Disaggregating population density of the European Union with CORINE land cover. *International Journal of Geographical Information Science*, 25(12): 2051-2069.

Gallego, J. and Bamps, C., 2008. Using CORINE land cover and the point survey LUCAS for area estimation. *International Journal of Applied Earth Observation & Geoinformation*, 10(4): 467-475.

Geist, H. and Lambin, E., 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience*, 52(2): 143-150.

Geodata Corine 2014. Corine Landcover, Greece, Geodata. Available at: http://geodata.gov.gr/geodata/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=16&sobi2Id=54&Itemid= (προσπελάστηκε στις 15-03-2014)

Geodata Rivers, 2014. River network, Greece, Geodata. Available at: http://geodata.gov.gr/geodata/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=18&sobi2Id=19&Itemid= (προσπελάστηκε στις 15-03-2014)

Giallonardo, T., Landi, M., Frignani, F., Geri, F., Lastrucci, L. and Angiolini, C., 2011. CORINE land cover and floristic variation in a Mediterranean wetland. *Environmental Monitoring and Assessment*, 182(1-4): 141-154.

Gimona, A., Messenger, P. and Occhi, M., 2009. CORINE based landscape indices weakly correlate with plant species richness in a northern European landscape transect. *Landscape Ecology*, 24(1): 53–64.

Giri, C., Zhu, Z. and Reed, B., 2005. A comparative analysis of the Global Land Cover 2000 and MODIS land cover data sets. *Remote Sensing of Environment*, 94(1): 123-132.

Goldgof, D., Huang, T. and Lee, H., 1990. Terrain Analysis from Curvature Profiles. *International Journal of Imaging Systems & Technology*, 2(3): 169-182.

Haack, B. and Bechdol, M., 2000. Integrating multisensor data and radar texture measures for land cover mapping. *Computers and Geosciences*, 26: 411-241.

Hensley S., Munjy, R. and Rosen, P., 2001. Interferometric synthetic aperture radar (IFSAR). In: D. Maune, ed. *Digital elevation model technologies and applications: the DEM user's manual*. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Bethesda, Maryland, pp.143-206.

Heymann, Y., Steenmans, C., Croisille, G. and Bossard, M., 1994. CORINE Land Cover. Technical Guide. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, pp.136

Hirata, M., Kogab, N., Shinjo, H., Fujita, H., Gintzburger, G. and Miyazaki, A., 2001. Vegetation classification by satellite image processing in a dry area of north-eastern Syria. *International Journal of Remote Sensing*, 22(4): 507-516.

Hulley, G., Veraverbeke, S. and Hook, S., 2014. Thermal-Based Techniques for Land Cover Change Detection Using a new Dynamic MODIS Multispectral Emissivity Product (MOD21). *Remote Sensing of Environment*, 140: 755-765.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2000. Land Use, Land – Use Change and Forestry: A Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press: Cambridge, UK/New York.

Jansen, L. and Di Gregorio, A., 2003. Land – use data collection using the “land cover classification system”: results from a case study in Kenya. *Land Use Policy*, 20(2): 131-148.

Jarvis A., Reuter, H.I., Nelson, A. and Guevara, E., 2008. Hole-filled seamless SRTM data V4, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT). Available at: <http://srtm.csi.cgiar.org> (προσπελάστηκε στις 16-03-2015)

Jasiewicz, J. and Stepinski, T., 2013. Geomorphons-a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms. *Geomorphology*, 182: 147-156.

Jenson, S. and Dominique, J., 1988. Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 54(11): 1593-1600.

Kallimanis, A. and Koutsias, N., 2013. Geographical patterns of Corine land cover diversity across Europe: The effect of grain size and thematic resolution. *Progress in Physical Geography*, 37(2): 161-177.

Καραμέρης, Κ., 2011. Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος. Ινστιτούτο διαρκούς εκπαίδευσης ενηλίκων, Γενική γραμματεία εκπαίδευσης ενηλίκων, ΥΠ.Ε.Π.Θ. Διαθέσιμο στο: http://blogs.sch.gr/kkiourtsis/files/2011/06/diaxeirisi_perivallontos_ekpaideytiko_yliko.pdf (προσπελάστηκε στις 20-04-2014)

Kesgin, B. and Nurlu, E., 2009. Land cover changes on the coastal zone of Candarli Bay, Turkey using remotely sensed data. *Environmental Monitoring and Assessment*, 157(1-4): 89-96.

Khalyani A.H., et al., 2012. Classification of Landsat Images Based on Spectral and Topographic Variables for Landcover Change Detection in Zagros forests. *International Journal of Remote Sensing*, 33(21): 6956-6974.

Kindu, M., Schneider, T., Teketay, D. and Knoke, T., 2013. Land Use/Land Cover Change Analysis using Object-Based Classification approach in Munessa – Shashemene Landscape of the Ethiopian Highlands. *Remote Sensing*, 5(5): 2411-2435.

Kumar, A., Jayappa, K.S. and Deepika, B., 2010. Application of Remote Sensing and Geographic Information System in Change Detection of the Netravati and Gurgur River Channels, Karnataka, India. *Geocarto*, 25(5): 397-425.

Kurosu, T., Yokoyama, S., Fujita, M. and Chiba, K., 2001. Land use classification with textural analysis and the aggregation technique using multi-temporal JERS-1 L-band SAR images. *International Journal of Remote Sensing*, 22(4): 595-613.

Lambin, E. and Geist, H., 2006. Land – Use and Land – Cover Change. Local Processes and Global Impact. Berlin, Heidelberg: Springer - Verlag, pp.236

Landau, S. and Everitt, B., 2004. A handbook of statistical analyses using SPSS. New York: Chapman & Hall/CRC.

Langhammer J. and Vilímek V., 2008. Landscape changes as a factor affecting the course and consequences of extreme floods in the Otava river basin, Czech Republic. *Environmental Monitoring and Assessment*, 144(1-3): 53-66.

Lillesand, T., Kiefer, R.W. and Chipman, J., 2008. Remote Sensing and Image Interpretation, 6th ed. New York: John Wiley & Sons, p.768.

Lo C.P., 1998. Applications of Imaging Radar to landuse and landcover mapping. In: F. Henderson and A. Lewis, eds. *Principles & Applications of Imaging Radar*. New York: John Wiley & Sons, pp.705-732.

Manzo, G. et al., 2013. GIS techniques for regional-scale landslide susceptibility assessment: The Sicily (Italy) case study. *International Journal of Geographical Information Science*, 27(7): 1433-1452.

Mark, D., 1975. Geomorphometric parameters: A review and evaluation. *Geografiska Annaler Series A: Physical Geography*, 57 (3-4): 165-177.

Mas, J., Velázquez, A., Díaz – Gallegos, J., Mayorga – Saucedo, R., Alcántara, C., Bocco, G., Castro, R., Fernández, T. and Pérez – Vega, A., 2004. Assessing land use/cover changes: a nationwide multirate spatial database for Mexico. *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation*, 5(4): 249-261.

Mather P., 1987. *Computer Processing of Remotely-Sensed Images*. New York, John Wiley & Sons, p.352

Matysik, M., Absalon, D. and Ruman, M., 2015. Surface water quality in relation to land cover in agricultural catchments (Liswarta River Basin Case Study). *Polish Journal of Environmental Studies*, 24(1): 175-184.

Maune, D.F., Maitra, J.B. and McKay, E.J., 2001. Accuracy standards. In: D. Maune, ed. *Digital elevation model technologies and applications: the DEM user's manual*. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Bethesda, Maryland, pp.61-82.

Mavrakis, A., Agelakis, A. and Theoharatos, G., 2013. Forest Fire Indices in Greece During the Forest Fire Events of Summer 2007. *Advances in Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics*, 4: 223-229.

Meinel, G. and Hennersdorf, J., 2002. Classifications systems of land cover and land use and their challenges for picture processing of Remote Sensing data – Status of international discussion and programs. In: *Proceedings of the 3rd International Symposium Remote sensing of urban areas*, Istanbul, 472-479.

Miliaresis G. and Delikaraoglou D., 2009. Effects of Percent Tree Canopy Density and DEM Mis-registration to SRTM/NED Vegetation Height Estimates. *Remote Sensing*, 1(2): 36-49.

Miliaresis G.C., 2007. An upland object based modeling of the vertical accuracy of the SRTM-1 elevation dataset. *Journal of Spatial Science*, 52(1): 13-28.

Miliaresis, G. and Paraschou, C., 2011. An evaluation of the accuracy of the ASTER GDEM and the role of stack number: A case study of Nisiros Island, Greece. *Remote Sensing Letters*, 2(2): 127-135.

Miliaresis, G., 2009. The terrain signatures of administrative units: a tool for environmental assessment. *Environmental Monitoring and Assessment*, 150(1-4): 385-396.

Miliaresis, G., 2013. Thermal anomaly mapping from night MODIS imagery of USA, a tool for environmental assessment. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(2): 1601-1612.

Miliaresis, G.C., 2006. Geomorphometric mapping of Asia Minor from GLOBE digital elevation model. *Geografiska Annaler Series A: Physical Geography*, 88(3): 209–221.

Minár, J. and Evans, I., 2008. Elementary forms for land surface segmentation: The theoretical basis of terrain analysis and geomorphological mapping. *Geomorphology*, 95(3-4): 236-259.

Moore, I.D., Grayson, R.B. and Ladson, A.R., 1991. Digital terrain modeling: a review of hydrological, geomorphological and biological applications. *Hydrological Processes*, 5(1): 3-30.

Μηλιαρέσης Γ., 2006. Ειδικές Εφαρμογές στο ArcGIS. Αθήνα: Εκδόσεις ΙΩΝ, σελ. 241.

Μηλιαρέσης Γ., 2003. Φωτοερμηνεία – Τηλεπισκόπηση. Αθήνα: Εκδόσεις ΙΩΝ, σελ. 248.

Nagendra, H., Munroe, D. K., and Southworth, J., 2004. From pattern to process: landscape fragmentation and the analysis of land use/land cover change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 101(2): 111-115.

Neumann, K., Herold, M., Hartley, A. and Schmullius, C., 2007. Comparative assessment of CORINE2000 and GLC2000: Spatial analysis of land cover data for Europe. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 9(4): 425-437.

Olteanu V., Badea, A., Dana, I., Moise, C., Jivanescu, I. and Poenaru V., 2009. Change detection in land cover GIS databases, LCCS and CLC. *Annals Of DAAAM & Proceedings of the 20th International DAAAM Symposium*, 20(1): 1263-1264.

Onur, I., Maktav, D., Sari, M. and Sönmez, N., 2009. Change detection of land cover and land use using remote sensing and GIS: a case study in Kemer, Turkey. *International Journal of Remote Sensing*, 30(7): 1749-1757.

OSM, 2014. OpenStreetMap. Available at: <<http://www.openstreetmap.org/#map=11/38.8988/22.4409>> (προσπελάστηκε στις 15-03-2014)

Pfeifer, M., Platts, P.J., Burgess, N.D., Swetnam, R.D., Willcock, S., Lewis, S.L. and Marchant, R., 2013. Land Use Change and Carbon Fluxes in East Africa Quantified Using Earth Observation Data and Field Measurements. *Environmental Conversation*, 40(3): 241-252.

Pike R.J., Evans I.S. and Hengl T., 2008. Geomorphometry: a brief guide. In: T. Hengl and H. Reuter, eds. *Geomorphometry: Concepts, Software, Applications. Developments in Soil Science*, vol. 33. Amsterdam: Elsevier, pp.3–30.

Pike, R.J., 2001. Digital Terrain Modeling and Industrial Surface Metrology- Converging Realms. *Professional Geographer*, 53: 263-274.

Qin, C., Zhu, A., Li, B., Pei, T, Zhou, C, and Shi, X., 2009. Quantification of spatial gradation of slope positions. *Geomorphology*, 110(3-4): 152-161.

Rahman, M., Shi, Z. and Chongfa, C., 2009. Soil erosion hazard evaluation - An integrated use of remote sensing, GIS and statistical approaches with biophysical parameters towards management strategies. *Ecological Modelling*, 220: 1724-1734.

Ramankutty, N and Snyder, P., 2007. Amazonia revealed: Forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(1): 25-32.

Reuter, H., Wendroth, O. and Kersebaum, K., 2006. Optimisation of relief classification for different levels of generalization. *Geomorphology*, 77(1-2): 79-89.

Romstad B. and Etzelmüller B., 2009. Structuring the digital elevation model into landform elements through watershed segmentation of curvature. In: R. Purves, S. Gruber, R. Straumann and T. Hengl, eds. *Proceedings of Geomorphometry 2009*. University of Zurich. Zurich, Switzerland, pp.55–60.

Sifakis, N., Paronis, D. and Keramitsoglou, I., 2004. Combining AVHRR imagery with CORINE Land Cover data to observe forest fires and to assess their consequences. *International Journal of Applied Earth Observation & Geoinformation*, 5(4): 263-274.

Sobrino, J. and Raissouni, N., 2000. Toward remote sensing methods for land cover dynamic monitoring: application to Morocco. *International Journal of Remote Sensing*, 21(2): 353-366.

Sönmez, N.K., Onur, I., Sari, M. and Maktav, D., 2009. Monitoring changes in land cover/use by CORINE methodology using aerial photographs and IKONOS satellite images: a case study for Kemer, Antalya, Turkey. *International Journal of Remote Sensing*, 30(7): 1771-1778.

Souza, J., Siqueira, J., Sales, M., Fonseca, A., Ribeiro, J., Numata, I., Cochrane, M., Barber, C., Roberts, D. and Barlow, J., 2013. Ten-Year Landsat Classification of Deforestation and Forest Degradation in the Brazilian Amazon. *Remote Sensing*, 5(11): 5493-5513.

SRTM DEM, 2014. SRTM 90m Digital Elevation Data. Available at: <http://srtm.csi.cgiar.org/> (προσπελάστηκε στις 15-03-2014)

Stathopoulou, M., Cartalis, C. and Petrakis, M., 2007. Integrating Corine Land Cover data and Landsat TM for surface emissivity definition: application to the urban area of Athens, Greece. *International Journal of Remote Sensing*, 28(15): 3291-3304.

Σταθοπούλου, Μ. και Καρτάλης, Κ., 2011. Χαρτογράφηση της αστικής θερμονησίδας και του δείκτη ποιότητας ζωής για την πόλη της Αθήνας με συνδυαστική χρήση δορυφορικών εικόνων υψηλής χωρικής κλίμακας και δεδομένων GIS. Στο: APENEΠ (Αρχιτεκτονική,

Ενέργεια & Περιβάλλον στα κτίρια και τις πόλεις), Εθνικό Συνέδριο, Αθήνα, 3-4 Μαΐου 2011. Διαθέσιμο στο:

<http://arenep2011.conferences.gr/fileadmin/ARENEP/2011/content/presentations/ARENEP_2011_Stathopoulou.pdf> (προσπελάστηκε στις 01-03-2015)

Tappan, G., Wood, E., Lietzow, R. and Hadj, A., 2000. Use of Argon, Corona, and Landsat imagery to assess 30 years of land resource changes in west-central Senegal. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 66(6): 727-735.

Vaitkus, G. and Vaitkuvienė, D., 2005. Land cover changes in the Lithuanian coastal zone during 1975-2000. *Acta Zoologica Lituanica*, 15(2): 183-187.

van Niekerk, A., 2010. A comparison of land unit delineation techniques for land evaluation in the Western Cape, South Africa. *Land Use Policy*, 27(3): 937-945.

Wang, F. and D'Sa, E., 2010. Potential of MODIS EVI in Identifying Hurricane Disturbance to Coastal Vegetation in the Northern Gulf of Mexico. *Remote Sensing*, 2(1): 1-18.

Waser, L. and Schwarz, M., 2006. Comparison of large-area land cover products with national forest inventories and CORINE land cover in the European Alps. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8(3): 196-207.

Wawer, R and Nowocień, E., 2007. Digital Map of Water Erosion Risk in Poland: A Qualitative, Vector-Based Approach. *Polish Journal of Environmental Studies*, 16(5): 763-770.

Weiers, S., Bock, M., Wissen, M. and Rossner, G., 2004. Mapping and indicator approaches for the assessment of habitats at different scales using remote sensing and GIS methods. In: *Development of European Landscapes, Landscape and Urban Planning*, 67(1): 43-65.

Wulder, M., White, J., Gillis, M., Walsworth, N., Hansen, M. and Potapov, P., 2010. Multiscale satellite and spatial information and analysis framework in support of a large-area forest monitoring and inventory update. *Environmental Monitoring and Assessment*, 170(1-4): 417-433.

Yilmaz, R., 2010. Monitoring land use/land cover changes using CORINE land cover data: a case study of Silivri coastal zone in Metropolitan Istanbul. *Environmental Monitoring & Assessment*, 165(1-4): 603-615.

Yokoyama, R., Shirasawa, M. and Pike, R., 2002. Visualizing Topography by Openness: A New Application of Image Processing to Digital Elevation Models. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 68(3): 257-265.

Yuksel, A., Gundogan, R. and Akay, A.E., 2008. Using the remote sensing and GIS technology for erosion risk mapping of Kartalkaya Dam Watershed in Kahramanmaras, Turkey. *Sensors*, 8(8): 4851-4865.

Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (Υ.Π.Ε.Κ.Α.), 2014. Υδατικοί Πόροι. Πλημμύρες. Διαθέσιμο στο: <<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=252&language=el-GR>> (προσπελάστηκε στις 20-04-2014)

Zhu, M., 2012. Soil erosion risk assessment with CORINE model: case study in the Danjiangkou Reservoir region, China. *Stochastic Environmental Research & Risk Assessment*, 26(6): 813-822.

Zhu, Z., Yang, L., Stehman, S. and Czaplewski, R., 2000. Accuracy assessment for the U.S. Geological Survey regional land-cover mapping program: New York and New Jersey Region. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 66(12): 1425-1435.