



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΜΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

Διπλωματική Εργασία



**«ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΗΣ
ΕΔΑΦΟΚΑΛΥΨΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ ΤΟΥ
ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΥ ΠΗΛΙΟΥ»**

Χαροκόπος Ιωάννης
Γεωλόγος Α.Π.Θ.

Θεσσαλονίκη –Μάρτιος 2010



ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Πρόλογος	1
Ευχαριστίες	1
1. Εισαγωγή	2
1.1 Σκοπός εργασίας	3
2. Τηλεπισκόπηση.....	4
2.1 Βασικές έννοιες τηλεπισκόπησης	4
2.2 Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα	6
2.3 Φασματικές ιδιότητες αντικειμένων	7
2.4 Δορυφορικές εικόνες	8
2.5 Διακριτική ικανότητα	10
3. Διαθέσιμα δεδομένα (λογισμικά και μεθοδολογία).....	12
3.1 Εικόνες ASTER	12
3.2 ENVI.....	13
3.3 Corine Land Cover.....	15
4. Περιοχή Μελέτης.....	20
4.1 Φυσική γεωγραφία.....	20
4.2 Κλιματικά στοιχεία	23
4.3 Γεωλογικά στοιχεία.....	25
4.4 Υδρογεωλογικά στοιχεία	28
4.5 Προστατευόμενες περιοχές.....	29
5. Ψηφιακή επεξεργασία δορυφορικών εικόνων ASTER και GIS.....	30
5.1 Ψηφιακή επεξεργασία των εικόνων ASTER 2005 και 2007	30
5.2 Επιβλεπόμενη ταξινόμηση των δορυφορικών εικόνων	32
5.3 Εισαγωγή των δεδομένων ASTER στο πρόγραμμα ArcGIS για τον εντοπισμό διαχρονικών αλλαγών στην περιοχή μελέτης	34
5.4 Καλύψεις γης της περιοχής μελέτης με το Corine Land Cover.....	35
5.5 Δεδομένα υπαίθρου.....	37
5. Συμπεράσματα	39
6. Βιβλιογραφία	41

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	45
----------------	----

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Οι κυριότεροι ηλεκτρομαγνητικοί δέκτες τηλεπισκόπησης (Ασάρας, 2006).....	6
Πίνακας 2: Σύστημα ταξινόμησης κάλυψης γης του CORINE 2000 (Ασάρας, 2010).	16
Πίνακας 3: Εκτάσεις (m) των χρήσεων γης της περιοχής Ανατολικού Πηλίου όπως προέκυψαν από το Corine Land Cover 2000.	36

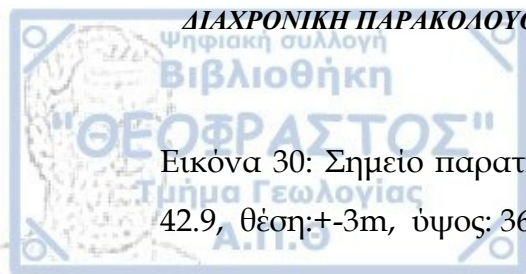
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1: Μαγνησία και περιοχή Ανατολικού Πηλίου (Κουκίδου, 2010).....	20
Χάρτης 2: Γεωγραφία της λεκάνης απορροής Πηνειού ποταμού (Κουκίδου, 2009)	21
Χάρτης 3: Η περιοχή σε εικόνα ASTER, πριν την πυρκαγιά του 2007 (ημερομηνία λήψης 2005).	30
Χάρτης 4: Η περιοχή σε εικόνα ASTER μετά την πυρκαγιά (ημερομηνία λήψεως 2007).....	31
Χάρτης 5: Εικόνα ASTER πριν την πυρκαγιά (2005), μετά από επεξεργασία με την μέθοδο της επιβλεπόμενης ταξινόμησης.	32
Χάρτης 6: Εικόνα ASTER μετά την πυρκαγιά (2007), μετά από επεξεργασία με την μέθοδο της επιβλεπόμενης ταξινόμησης.	33
Χάρτης 7: Η έκταση της καμένης γης και γενικά της κάλυψης γης στην περιοχή του ανατολικού Πηλίου μετά την πυρκαγιά του 2007	34
Χάρτης 8: Καλύψεις γης με το Corine Land Cover 2000 στην περιοχή Μαγνησίας.	35
Χάρτης 9: Σημεία παρατήρησης που λήφθηκαν τα δεδομένα των συντεταγμένων και φωτογραφίες από το Ανατολικό Πήλιο	38

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Σχηματική παράσταση της ροής ενέργειας στην περιοχή του ανακλώμενου ηλιακού φάσματος (Ασάρας, 2006).	7
Εικόνα 2: Εντολή για την απεικόνιση των χρήσεων γης στο κάθε πολύγωνο.	17
Εικόνα 3: Εντολή για τον υπολογισμό του συνολικού εμβαδού.	18
Εικόνα 4: Εντολή για τον υπολογισμό του εμβαδού κάθε πολυγώνου ξεχωριστά	18
Εικόνα 5: Εντολή για τον υπολογισμό κάθε πολυγώνου ξεχωριστά.	19
Εικόνα 6: Περιοχή Ανατολικού Πηλίου (εικόνα από Google Earth)	22
Εικόνα 7: Μέση μηνιαία τιμή υγρασίας (URL 9)	24
Εικόνα 8: Μέση μηνιαία τιμή θερμοκρασίας (URL 9)	24
Εικόνα 9: Παλαιογεωγραφική αναπαράσταση της Πανγαίας στην περίοδο του Ανωτέρου Τριαδικού - Κατωτέρου Ιουρασικού. Απεικονίζονται οι θέσεις και οι τεκτονικές σχέσεις μεταξύ Λαυρασίας, Παλαιο-Τηθύος, Κιμμερικής ηπείρου, Νεο-Τηθύος και Γκοντβάνας. (Κατά Sengör et al. 1984).....	25
Εικόνα 10: Γεωλογικός-Γεωτεχνικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής του Βόλου (Ι.Γ.Μ.Ε., 1993).	26
Εικόνα 11: Γραφική παράσταση των εκτάσεων χρήσεων γης της περιοχής Μαγνησίας όπως προέκυψε από το Corine Land Cover 2000.....	36
Εικόνα 12: Γραφική παράσταση των εκτάσεων χρήσεων γης της περιοχής Ανατολικού Πηλίου όπως προέκυψε από το Corine Land Cover.	37
Εικόνα 13: Σημείο παρατήρησης 1: Συντεταγμένες: N 39 18 47.8, E 023 04 54.5, θέση: +4m, ύψος -6m.	46
Εικόνα 14: Σημείο παρατήρησης 2: Συντεταγμένες: N 39 18 06.7, E 023 08 12.1, θέση: +4m, ύψος 28m.	46
Εικόνα 15: Σημείο παρατήρησης 3: Συντεταγμένες: N 39 17 14.3, E 023 10 52.3, θέση: +4m, ύψος 299m.	47

Εικόνα 16: Σημείο παρατήρησης 4: Συντεταγμένες: N 39 17 21.5, E 023 11 03.2, θέση: +3m, ύψος: 324m.	47
Εικόνα 17: Σημείο παρατήρησης 5: Συντεταγμένες: N 39 17 00.0, E 023 12 03.8, θέση: +5m, ύψος: 365m.	48
Εικόνα 18: Σημείο παρατήρησης 6: Συντεταγμένες: N 39 17 00.3, E 023 12 16.4, θέση: +4m, ύψος: 378m.	49
Εικόνα 19: Σημείο παρατήρησης 7: Συντεταγμένες: N 39 16 52.0, E 023 12 16.4, θέση +4m, ύψος: 371m.	49
Εικόνα 20: Σημείο παρατήρησης 8: Συντεταγμένες: N 39 16 15.0, E 023 12 10.3, θέση: +5m, ύψος: 225m.	50
Εικόνα 21: Σημείο παρατήρησης 9: Συντεταγμένες: N 39 15 21.1, E 023 12 34.0, θέση: +11m, ύψος: 262m.	50
Εικόνα 22: Σημείο παρατήρησης 10: Συντεταγμένες: N 39 14 02.3, E 023 13 12.0, θέση: +5m, ύψος: 251m.	51
Εικόνα 23: Σημείο παρατήρησης 11: Συντεταγμένες: N 39 12 40.4, E 023 12 57.4, θέση: +13m, ύψος: 231m.	51
Εικόνα 24: Σημείο παρατήρησης 12: Συντεταγμένες: N 39 12 29.7 E 023 13 12.1, θέση: +4m, ύψος: 193m.	52
Εικόνα 25: Σημείο παρατήρησης 13: Συντεταγμένες: N 39 14 06.8, E 023 14 45.1, θέση: +5m, ύψος: 362m	52
Εικόνα 26: Σημείο παρατήρησης 14: Συντεταγμένες: N 39 15 00.5, E 023 15 33.7, θέση: +3m, ύψος: 243m.	53
Εικόνα 27: Σημείο παρατήρησης 15: Συντεταγμένες: N 39 15 05.1, E 023 15 36.6, θέση: +3m, ύψος: 241m	53
Εικόνα 28: Σημείο παρατήρησης 16: Συντεταγμένες: N 39 15 04.4, E 023 15 38.6, θέση: +4m, ύψος: 230m	54
Εικόνα 29: Σημείο παρατήρησης 17: Συντεταγμένες: N 39 14 08.3, E 023 14 46.0, θέση: +3m, ύψος: 354m	54



Εικόνα 30: Σημείο παρατήρησης 18: Συντεταγμένες: N 39 14 02.7, E 023 14 42.9, θέση:+-3m, ύψος: 363m	55
Εικόνα 31: Σημείο παρατήρησης 19: Συντεταγμένες: N 39 13 37.5, E 023 14 21.3, θέση:+-3m, ύψος:330m	55
Εικόνα 32: Σημείο παρατήρησης 20: Συντεταγμένες: N 39 13 16.2, E 023 13 33.3, θέση:+-5m, ύψος:307m	56
Εικόνα 33: Σημείο παρατήρησης 21: Συντεταγμένες: N 39 13 55.1, E 023 13 17.3, θέση:+-3m, ύψος:25m	56
Εικόνα 34: Σημείο παρατήρησης 22: Συντεταγμένες: N 39 16 08.1, E 023 12 09.0, θέση:+-4m, ύψος:320m	57
Εικόνα 35: Σημείο παρατήρησης 23: Συντεταγμένες: N 39 16 27.5, E 023 12 45.1, θέση:+-4m, ύψος:359m	58
Εικόνα 36: Σημείο παρατήρησης 24: Συντεταγμένες: N 39 16 20.8, E 023 13 25.6, θέση:+-3m, ύψος:333m.	59
Εικόνα 37: Σημείο παρατήρησης 25: Συντεταγμένες: N 39 16 18.1, E 023 13 35.1, θέση:+-3m, ύψος:326m	60
Εικόνα 38: Σημείο παρατήρησης 26: Συντεταγμένες: N 39 16 24.1, E 023 14 01.7, θέση:+-4m, ύψος:340m	60
Εικόνα 39: Σημείο παρατήρησης 27: Συντεταγμένες: N 39 16 44.8, E 023 14 33.2, θέση:+-5m, ύψος:332m	61
Εικόνα 40: Σημείο παρατήρησης 28: Συντεταγμένες: N 39 17 00.4, E 023 15 22.7, θέση:+-4m, ύψος:320m	61
Εικόνα 41: Σημείο παρατήρησης 29: Συντεταγμένες: N 39 17 11.5, E 023 15 31.6, θέση:+-4m, ύψος:318m.	62
Εικόνα 42: Σημείο παρατήρησης 30: Συντεταγμένες: N 39 17 25.8, E 023 15 56.9, θέση:+-4m, ύψος:290m	62



Πρόλογος

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία ανατέθηκε στο πλαίσιο του Προπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του τμήματος Γεωλογίας και έχει ως τίτλο: «*Διαχρονική παρακολούθηση της εδαφοκάλυψης και των χρήσεων γης του Ανατολικού Πηλίου*».

Η ανάθεση του θέματος έγινε από τον καθηγητή του τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας του τμήματος Γεωλογίας κ. Αστάρα Θεόδωρο, ενώ στην εκπόνηση της εργασίας συνέβαλε και ο λέκτορας καθηγητής κ. Οικονομίδης Δημήτριος.

Ευχαριστίες

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν, στην εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Ένα μεγάλο και ειλικρινές ευχαριστώ στον κ. Αστάρα Θεόδωρο καθηγητή του τμήματος Γεωλογίας Α.Π.Θ. για την ανάθεση του θέματος και τη σημαντικότερη συμβολή του στην παρούσα Εργασία.

Επίσης, ευχαριστώ θερμά τον καθηγητή, κ. Οικονομίδη Δημήτριο, λέκτορας του τμήματος Γεωλογίας, για την παροχή του λογισμικού και των απαιτούμενων αρχείων για την εκπόνηση της Εργασίας καθώς και για τις πληροφορίες του σε θέματα λειτουργίας των προγραμμάτων ENVI και ArcGIS, που είναι εγκατεστημένο στον τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας.

Θερμότερες και ειλικρινείς ευχαριστίες στη φίλη Κουκίδου Ειρήνη, γεωλόγο, για τις πολύτιμες συμβουλές τους και την ηθική υποστήριξη.

Ένα πολύ μεγάλο και εκ βάθους καρδιάς ευχαριστώ, στην οικογένειά μου, για την στήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια.

1. Εισαγωγή

Η αυξανόμενη εξάρτηση από γεωχωρικές πληροφορίες καθιστά όλο και πιο σημαντική την γρήγορη εύρεση και τον καθορισμό των απαιτούμενων χαρακτηριστικών πάνω σε δορυφορικές εικόνες.

Είναι συνεπώς απαραίτητη η ανάπτυξη εργαλείων και διαδικασιών που βοηθούν στην εύκολη και ακριβή συλλογή πληροφοριών από εικόνες, τα οποία θα είναι απαραίτητα για εμπορικές, κυβερνητικές, και ερευνητικές εφαρμογές.

Στην παρούσα εποχή έχουν αναπτυχθεί προγράμματα όπως το GIS και το ENVI που χρησιμοποιούνται από τους επιστήμονες διαφόρων κλάδων και τους αναλυτές εικόνων για την άντληση πληροφοριών από πολλούς τύπους γεωχωρικών εικόνων.

Στα προγράμματα αυτά βασίστηκε και η παρούσα εργασία για την επεξεργασία και την ανάλυση δορυφορικών εικόνων, ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα για το μέγεθος της καταστροφής που προκλήθηκε στην περιοχή Ανατολικού Πηλίου από τις πυρκαγιές του 2007.

1.1 Σκοπός εργασίας

Στόχος της εργασίας αυτής είναι η ολοκληρωμένη χαρτογράφηση και ο εντοπισμός αλλαγών εδαφοκάλυψης/χρήσεων γης, με τη συνδυαστική χρήση τεχνικών ανάλυσης δορυφορικών εικόνων, Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και GPS.

Το φυσικό περιβάλλον του Πηλίου στις 4/8/2007 υπέστη μια τεράστια καταστροφή εξαιτίας των πυρκαγιών. Το δάσος και οι καλλιέργειες που καταστράφηκαν από τις φωτιές στη Μαγνησία εκτείνονται σε χιλιάδες στρέμματα, ενώ ιδιαίτερα υψηλό ήταν το κόστος πυρόσβεσης και ακόμη υψηλότερο υπολογίζεται ότι θα είναι το κόστος αποκατάστασης.

Ο εντοπισμός των αλλαγών στην εδαφοκάλυψη μεταξύ 2005 και 2007 και η δημιουργία βάσης δεδομένων θα βοηθήσει στη διαχρονική παρακολούθηση του φυσικού πλούτου με στόχο την προστασία του. Για την ολοκλήρωση της εργασίας χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικές εικόνες **ASTER** του δορυφορικού συστήματος **TERRA**, έτους λήψεως 2005 και 2007. Δημιουργήθηκαν ψηφιοποιημένοι χάρτες βλάστησης, πλούσια βάση δεδομένων για το Ανατολικό Πήλιο και αναπτύχθηκε μεθοδολογία η οποία στο μέλλον θα επιτρέψει την παρακολούθηση οποιασδήποτε μεταβολής στην εδαφοκάλυψη.

2. Τηλεπισκόπηση

Τα δεδομένα των δορυφορικών εικόνων που έχουν χρησιμοποιηθεί στην παρούσα εργασία αναφέρονται σε εικόνες του **ASTER** δορυφορικού συστήματος **TERRA** με ημερομηνία λήψης το Μάιο του 2005 και το καλοκαίρι του 2007.

Για την ανάλυση της δορυφορικής εικόνας, την γεωμετρική διόρθωση της, την μείωση του όγκου της πληροφορίας που περιέχει στην ανακλώμενη περιοχή του φάσματος και την ταυτόχρονη συσχέτιση των διαφορετικής διακριτικότητας εικόνων χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα **ENVI**, και **Corine Land Cover 2000**.

2.1 Βασικές έννοιες τηλεπισκόπησης

Η λέξη Τηλεπισκόπηση συντίθεται από το αρχαίο επίρρημα «τήλε» (=μακρόθεν, από μακριά), ως πρώτο συνθετικό της, και το ρήμα «επισκοπέω - ώ» που σημαίνει εξετάζω, βλέπω από ψηλά, επιθεωρώ. Τηλεπισκόπηση (REMOTE SENSING), επομένως ορίζεται ως η επιστήμη μέτρησης από μακριά, με τη βοήθεια δεκτών (τους απεικονιστές ή συστήματα απεικόνισης/εικονοληψίας) της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (κυρίως μεταξύ 0,4μm-30cm), η οποία ανακλάται, σκεδάζεται ή εκπέμπεται από ένα ή περισσότερα αντικείμενα πάνω στην επιφάνεια της γης, με τελικό σκοπό να προσδιοριστούν, με την βοήθεια των συστημάτων οπτικής και ψηφιακής επεξεργασίας εικόνων, η φύση και οι ιδιότητες των αντικειμένων αυτών. (Αστάρας, 2006).

Τα στοιχεία Τηλεπισκόπησης χρησιμοποιούνται σήμερα για παρακολούθηση κλιματολογικών μεταβολών, παρατήρηση ωκεανών, ανίχνευση ορυκτών πόρων, μελέτη βλάστησης αλλά επίσης και καταγραφή κτηματικής περιουσίας για τη φορολόγηση της, στο κτηματολόγιο, στην κατασκοπία, κλπ. Επίσης, ο στόχος ή το αντικείμενο της Τηλεπισκόπησης μπορεί να είναι είτε πολύ μεγάλο, όπως η Γη, ή η Σελήνη και οι άλλοι πλανήτες, είτε πολύ μικρό, όπως τα βιολογικά κύτταρα, που ερευνούνται με μικροσκόπια στην ιατρική και στη βιολογία (URL 8).

Μερικές από τις ιστορικές χρονολογίες της Τηλεπισκόπησης είναι επιγραμματικά οι ακόλουθες (URL 8):

1826. Η Τηλεπισκόπηση ξεκινάει με την ανακάλυψη της φωτογραφίας. Στη συνέχεια αναπτύσσονται νέοι τύποι φιλμ ώστε να γίνεται καταγραφή φωτογραφιών και σε ζώνες εκτός του ορατού φάσματος (URL 8).

1939. Αναπτύσσεται η υπέρυθρη φωτογραφία και το Radar κατά τη διάρκεια του Δευτέρου Παγκοσμίου πολέμου (URL 8).

1960. Δίδεται μεγάλη ώθηση στην Τηλεπισκόπηση από τον ανταγωνισμό στις διαστημικές και δορυφορικές έρευνες κατά τη διάρκεια του ψυχρού πολέμου και από τη δημιουργία της Αμερικανικής Αεροναυτικής και Διαστημικής Υπηρεσίας NASA (National Aeronautics and Space Administration) (URL 8).

1970. Εκτοξεύονται δορυφόροι, όπως ο αμερικανικός δορυφόρος Landsat-1 (1972), για την παρατήρηση της επιφάνειας της γης (URL 8).

1982. Κατασκευάζεται η δεύτερη γενιά δεκτών και δορυφόρων Landsat με θεματικό χαρτογράφο TM (thematic mapper) (URL 8).

1980. Άλλοι δορυφόροι Τηλεπισκόπησης εκτοξεύονται από χώρες όπως η Ινδία (IRS-1a, IRS-1b), η Ιαπωνία (MOS-1, MOS-1b), και η Ρωσία (URL 8).

1986. Εκτοξεύεται ο γαλλικός δορυφόρος SPOT-1 (URL 8).

1986. Αναπτύσσονται τα εικονοληπτικά φασματόμετρα (Imaging Spectrometers), όπως τα Geoscan II (32 κανάλια), MONITEQ (288 κανάλια), CASI (288 κανάλια) της Intres Research, το MEIS FM (64 κανάλια) του καναδικού κέντρου Τηλεπισκόπησης (Canadian Centre for Remote Sensing), AVIRIS, κ.ά. (URL 8).

1990. Δημιουργείται το EOS (Earth Observing Systems) στις ΗΠΑ για την παροχή δεδομένων στην παρακολούθηση παγκόσμιων μεταβολών, το Radarsat στον Καναδά και ο Ευρωπαϊκός δορυφόρος Earth Resources Satellite (ERS-1) με συσκευές Radar του τύπου SAR (Synthetic Aperture Radar) (URL 8).

2.2 Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Ως ηλεκτρομαγνητικό φάσμα μπορεί να ορισθεί ως η ταξινόμηση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σύμφωνα με το μήκος κύματος ή σύμφωνα με τη συχνότητα ή την ενέργεια (Αστάρας, 2006).

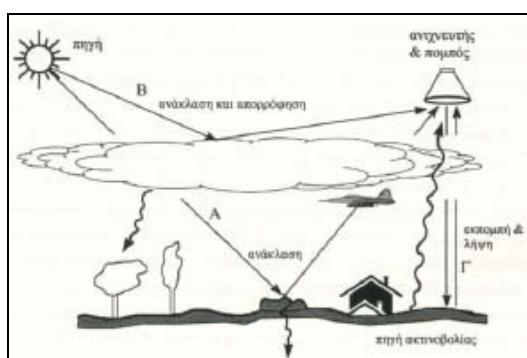
Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα χωρίζεται σε ζώνες που παρουσιάζουν παρόμοια χαρακτηριστικά και εκτείνεται από τις ακτίνες γάμμα (μικρό μήκος κύματος και υψηλή ενέργεια), μέχρι τα ραδιοκύματα (μεγάλο μήκος κύματος και χαμηλή ενέργεια). Οι φασματικές ζώνες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος χωρίζονται, σύμφωνα με το μήκος κύματος, στον πίνακα της παρακάτω εικόνας (Πίνακας 1).

Πίνακας 1: Οι κυριότεροι ηλεκτρομαγνητικοί δέκτες τηλεπισκόπησης (Αστάρας, 2006).

Ατμοσφαιρικά παράθυρα (περιοχές φάσματος)	Ανεικονιστές (χωρίς τη χρήση εικόνων)	Απεικονιστές (με χρήση εικόνων)
Ορατό 0,4-0,75μm	✓ Φασματόμετρο (spectrometer) ✓ Laser ranger	✓ Φωτογραφική κάμερα ✓ T.V. κάμερα ✓ Οπτικός σαρωτής ✓ Laser Radar (Lidar) ✓ Εικονοληπτικό φασματόμετρο
Κοντινό & βραχύ-υπέρυθρο 0,75-3μm	✓ Φασματόμετρο	✓ Φωτογραφική κάμερα ✓ T.V. κάμερα ✓ Οπτικός σαρωτής ✓ Laser Radar (Lidar) ✓ Εικονοληπτικό φασματόμετρο
Μέσο υπέρυθρο 3-5μm	✓ Φασματόμετρο ✓ Υπέρυθρο ραδιόμετρο	✓ Οπτικός σαρωτής ✓ Lidar ✓ Εικονοληπτικό φασματόμετρο
Μακρινό υπέρυθρο 8-14μm	✓ Υπέρυθρο ραδιόμετρο	✓ Οπτικός σαρωτής ✓ Lidar ✓ Εικονοληπτικό φασματόμετρο
Μικροκύματα 5mm-1m	✓ Μικροκυματικό ραδιόμετρο ✓ Σκεδασίμετρα ραντάρ (Radar scatterometers)	✓ Μικροκυματικό σαρωτικό ραδιόμετρο ✓ Μικροκυματικό ραντάρ

Για την Τηλεπισκόπηση, το πιο σημαντικό τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος είναι εκείνο που δημιουργείται από την ακτινοβολία του Ηλίου. Πυρηνικές αντιδράσεις στον Ήλιο παράγουν ένα πλήρες φάσμα ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας, το οποίο διαδίδεται στο διάστημα χωρίς μεγάλες αλλαγές στον χαρακτήρα του (Αγγελοπούλου, 2003). Καθώς αυτή η ακτινοβολία πλησιάζει τη Γη, διέρχεται από την ατμόσφαιρα και τελικά καταλήγει στη γήινη επιφάνεια. Τμήμα αυτής της ακτινοβολία ανακλάται από τη γήινη επιφάνεια (π.χ. Α στην εικόνα 2).

Η ανακλώμενη αυτή ακτινοβολία είναι εκείνη στην οποία βασίζεται η λήψη των συμβατικών φωτογραφιών. Επίσης, τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται από την επιφάνεια της Γης και επανεκπέμπεται ως θερμική πλέον ακτινοβολία. Η θερμική αυτή ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να σχηματίζει ειδικές απεικονίσεις Τηλεπισκόπησης, που, όμως, διαφέρουν σημαντικά από τις αεροφωτογραφίες που δημιουργούνται από ανακλώμενη ενέργεια. Τέλος για την Τηλεπισκόπηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης τεχνητή ακτινοβολία, όπως αυτή που παράγεται από τα Radar. Οι αρχές του συστήματος Τηλεπισκόπησης φαίνονται στην εικόνα 1 (Αστάρης, 2006).



Εικόνα 1: Σχηματική παράσταση της ροής ενέργειας στην περιοχή του ανακλώμενου ηλιακού φάσματος (Αστάρης, 2006).

2.3 Φασματικές ιδιότητες αντικειμένων

Χρησιμοποιώντας την θεωρία της Τηλεπισκόπησης, μπορούμε να μελετήσουμε τα αντικείμενα με τα χαρακτηριστικά τους γνωρίσματα εξετάζοντας την ακτινοβολία που ανακλάται ή εκπέμπεται από αυτά. Χρησιμοποιώντας λοιπόν φωτογραφικές μηχανές, οπτικομηχανικούς σαρωτές, Radar, εικονοληπτικά φασματόμετρα και άλλα όργανα Τηλεπισκόπησης, μπορούμε να μελετήσουμε τη φασματική απόκριση των αντικειμένων σε διάφορα μήκη κύματος (Αγγελοπούλου, 2003).

Κάθε υλικό παρουσιάζει ξεχωριστή κατανομή της ανακλώμενης, εκπεμπόμενης ή απορροφούμενης ακτινοβολίας σε σχέση με το μήκος κύματος λ . Η μελέτη της φασματικής αυτής απόκρισης μας επιτρέπει τη διάκριση ενός αντικειμένου από κάποιο άλλο ή την αξιολόγηση της πληροφορίας σχετικά με το σχήμα, το μέγεθος, τις φυσικές ή χημικές ιδιότητες των αντικειμένων ή φαινομένων. Η μορφή της καμπύλης της φασματικής απόκρισης ενός αντικειμένου ή φαινομένου σε σχέση με το μήκος κύματος λ ονομάζεται φασματική ταυτότητα ή φασματική υπογραφή του

αντικειμένου ή του φαινομένου και είναι μοναδική για κάθε αντικείμενο. (Μερτίκας, 1999). Η φασματική αυτή ταυτότητα (spectral signature) του αντικειμένου, καταγράφεται κατάλληλα από τους διάφορους δέκτες (sensors), όπως των δορυφόρων LANDSAT ή άλλων αερομεταφορέων (Αστάρας, 2006)

2.4 Δορυφορικές εικόνες

Οι δέκτες των δορυφόρων συλλέγουν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που ανακλάται ή εκπέμπεται από τα διάφορα αντικείμενα στη γη. Τα δεδομένα αυτά μέσω συστημάτων τηλεπικοινωνίας των δορυφόρων με τους σταθμούς στη γη, συγκεντρώνονται και καταγράφονται ψηφιακά σε κατάλληλες μαγνητικές ταινίες ή άλλα αποθηκευτικά μέσα μεγάλης χωρητικότητας ώστε να μπορούν να διατεθούν σε κάθε ενδιαφερόμενο (Αστάρας, 2006).

Η δορυφορική εικόνα περιγράφεται από τη συνάρτηση $f(x,y)$ όπου τα x,y συμβολίζουν συντεταγμένες και η τιμή της συνάρτησης f είναι ανάλογη της φωτεινότητας (ένταση ακτινοβολίας) της εικόνας στη θέση (x,y) .

Για να είναι δυνατή η επεξεργασία της εικόνας στους υπολογιστές πρέπει η συνάρτηση f να μετατραπεί από συνεχή σε διακριτή μορφή, δηλαδή να ψηφιοποιηθεί. Η ψηφιακή εικόνα είναι πίνακας αποτελούμενος από ψηφιακούς αριθμούς, που απεικονίζουν τη χωρική κατανομή συγκεκριμένου πεδίου ή παραμέτρου. Η παράμετρος μπορεί να είναι η ανάκλαση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, η εκπομπή αυτής, η θερμοκρασία του σώματος, δεδομένα τοπογραφικού ανάγλυφου κ.λ.π (Αγγελοπούλου, 2003).

Όταν ο ανιχνευτής μεταφράζει ένα ηλεκτρομαγνητικό σήμα σε ηλεκτρικό για επικοινωνία με τον σταθμό λήψης δεδομένων, αυτόματα αυτό αναπαράγεται, στην εικόνα ως εικονοστοιχείο ή ψηφίδα εικόνας (pixel) (Αστάρας, 2010).

Η διαδικασία της ψηφιοποίησης πραγματοποιείται σε δύο στάδια: τη δειγματοληψία (sampling) και την κωδικοποίηση. Κατά το στάδιο της δειγματοληψίας επιλέγονται οι μετρήσεις σε κάθε ψηφίδα. Στο στάδιο της κωδικοποίησης χρησιμοποιούνται μόνο τα ψηφία 0 και 1 (δυαδικό σύστημα), για να παρασταθούν οι τιμές των μετρήσεων

δηλαδή είναι: $DN=2m$ όπου το DN είναι ο αριθμός των διαβαθμίσεων του τόνου του γκριζου, m ο αριθμός των δυαδικών αριθμών (Αγγελοπούλου, 2003).

Κάθε εικονοστοιχείο έχει ψηφιακή τιμή (DN), που καταγράφεται από σειρά δυαδικών αριθμών. Συγκεκριμένα τα συστήματα καταγραφής χρησιμοποιούν 8-bits δηλαδή $2^8=256$ διαβαθμίσεις του τόνου του γκριζου. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να αναπαραχθούν είτε σε φωτογραφική μορφή είτε σε ψηφιακή σε συμβατά μέσα αποθήκευσης (Αγγελοπούλου, 2003).

Τα 8-bits αναφέρονται αποκλειστικά σε θέμα καταγραφής και αποθήκευσης των δεδομένων και όχι επεξεργασίας αυτών. Έτσι οι διαθέσιμες δορυφορικές εικόνες είναι καταγραμμένες σε μορφή 8-bits, δηλαδή οι τιμές που λαμβάνουν τα εικονοστοιχεία αυτών βρίσκονται στο εύρος 0 έως 255 (256 ακέραιες τιμές). Οι εικόνες που λαμβάνουμε από τους δορυφόρους είναι ασπρόμαυρες. Η χαμηλότερη ένταση έχει τιμή $DN=0$ η οποία αντιστοιχεί στο μαύρο (ελάχιστη φωτεινότητα) και η υψηλότερη ένταση έχει τιμή $DN=255$ η οποία αντιστοιχεί σε λευκό (μέγιστη φωτεινότητα) (Αγγελοπούλου, 2003).

Οι περισσότερες ψηφιακές εικόνες δημιουργούνται από τις γραμμές σάρωσης. Κάθε γραμμή σάρωσης αποτελείται από το πλήθος επί μέρους ψηφίδων. Οι διαστάσεις της καταγραφόμενης περιοχής εξαρτώνται από το στιγμιαίο οπτικό πεδίο του συστήματος σάρωσης που χρησιμοποιήθηκε για τη λήψη της εικόνας.

Η κίνηση του δορυφόρου γίνεται από το Βορρά προς το Νότο την ημέρα και από το Νότο προς το Βορρά τη νύχτα (ανιούσα φορά). Οι δέκτες, η λειτουργία των οποίων βασίζεται στην ανακλώμενη ηλιακή ενέργεια, λαμβάνουν δεδομένα μόνο κατά την κατιούσα φορά. Τα radar όμως και οι δέκτες της εκπεμπόμενης θερμικής ακτινοβολίας λαμβάνουν δεδομένα ανεξάρτητα του ηλιακού φωτισμού και συνεπώς μπορούν να συλλέγουν δεδομένα κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύκτας. (Μερτίκας, 1999)

Το εμβαδόν της γήινης επιφάνειας από την οποία καταγράφεται η ακτινοβολία ορίζεται ως στιγμιαίο οπτικό πεδίο εδάφους GIFOV του ανιχνευτή. Αυτό εξαρτάται: από α) τις διαστάσεις του ανιχνευτή, β) τη γραμμική ταχύτητα της πλατφόρμας του αισθητήρα, γ) το ύψος πτήσης της πλατφόρμας, δ) τη συχνότητα ταλάντωσης του

κατόπτρου, και ε) τη συχνότητα δειγματοληψίας του σήματος που προέρχεται από τον ανιχνευτή (Αγγελοπούλου, 2003).

Το στιγμιαίο οπτικό πεδίο εδάφους GIFOV μετρείται σε ακτίνια (rad) και αναφέρεται στην επίκεντρο γωνία $\Delta\theta$ κύκλου με κέντρο τον ανιχνευτή και με ακτίνα το ύψος πτήσης h και η οποία βαίνει του στοιχείου της γήινης επιφάνειας. Από αυτήν τη γωνιακή τιμή $\Delta\theta$ και το ύψος της πτήσης h της πλατφόρμας μπορεί να καθοριστεί το GIFOV του ανιχνευτή στο έδαφος.

2.5 Διακριτική ικανότητα

Η διακριτική ικανότητα (Resolution) αναφέρεται στη μέγιστη ανάλυση μέτρησης και σχετίζεται με την ικανότητα συστήματος καταγραφής να διακρίνει αντικείμενα. Διακρίνεται σε φασματική, ραδιομετρική, χωρική και διαχρονική (Αγγελοπούλου, 2003, Αστάρας, 2010).

Η φασματική διακριτική ικανότητα (spectral resolution), καθορίζει την ικανότητα ενός συστήματος να διακρίνει μεμονωμένους στόχους διαφορετικής φασματικής ταυτότητας, όπως η βλάστηση, τύπους ορυκτών και πετρωμάτων κλπ. Η χρήση πολλαπλών φασματικών ζωνών καταγραφής, μικρού εύρους, αυξάνει την ικανότητα διάκρισης στόχων. Η φασματική διακριτική ικανότητα ενός δέκτη δεν είναι εύκολο να αυξηθεί, υπάρχει ένα όριο (Αγγελοπούλου, 2003).

Η υψηλή φασματική διακριτική ικανότητα μειώνει το λόγο σήματος-θορύβου που λαμβάνουμε, επειδή ο λόγος αυτός είναι ανάλογος της αύξησης ή μείωσης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στο δέκτη. Η μείωση της φασματικής ζώνης συνεπάγεται μείωση της καταγραφόμενης ακτινοβολίας στο δέκτη και αύξηση θορύβου.

Το σήμα είναι η πληροφορία που θέλουμε να λάβουμε, ενώ ο θόρυβος είναι τα ανεπιθύμητα σήματα τυχαία ή συστηματικά και προκαλείται από τα μηχανικά ή ηλεκτρονικά συστήματα του οργάνου καταγραφής.

Η ραδιομετρική διακριτική ικανότητα (radiometric resolution) ή δυναμικό εύρος του οργάνου, αναφέρεται στον αριθμό των διαβαθμίσεων που χρησιμοποιούνται για την ψηφιοποίηση της έντασης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Ο αριθμός των

διαβαθμίσεων εκφράζεται από τον αριθμό των ψηφιακών τιμών (bits) που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή της μέγιστης τιμής. Γενικά όσος περισσότερα είναι τα επίπεδα διαβαθμίσεων τόσο πιο μεγάλη είναι η ευκρίνεια της εικόνας που λαμβάνουμε (Αγγελοπούλου, 2003, Αστάρας, 2010).

Η χωρική διακριτική ικανότητα (spatial resolution), αναφέρεται στη μέτρηση του μικρότερου αντικειμένου στη Γη που μπορεί να παρατηρηθεί από τον ανιχνευτή. Εξαρτάται από το μέγεθος των ψηφίδων της εικόνας και αντιστοιχεί στην ικανότητα ενός συστήματος να διακρίνει αντικείμενα στη γεωμετρική τους διάσταση. Η χωρική διακριτική ικανότητα, περιγράφεται επίσης από το στιγμιαίο οπτικό πεδίο ενός δέκτη (GIFOV).

Τέλος, η διαχρονική διακριτική ικανότητα (temporal resolution), αναφέρεται στο πόσο συχνά μπορεί να επαναληφθεί η λήψη εικόνων μιας περιοχής. Για παράδειγμα ο δορυφόρος Landsat επιστρέφει πάνω από την ίδια περιοχή της γήινης επιφάνειας και καταγράφει εικόνες διαστάσεων 185Km x 185Km κάθε 18 ημέρες (Landsat-1,2 και 3) ή κάθε 16 ημέρες (Landsat 4/5, Landsat 7 183Km x 170Km, ASTER 60Km x 60Km). Ο γαλλικός δορυφόρος SPOT επαναλαμβάνει την κάλυψη της ίδιας περιοχής κάθε 26 ημέρες. Άρα η διαχρονική ανάλυση του Landsat και ASTER είναι σαφώς καλύτερη από του SPOT, αν και ο SPOT έχει τη δυνατότητα καθημερινής κάλυψης, αν του ζητηθεί (Μερτίκας, 1999).

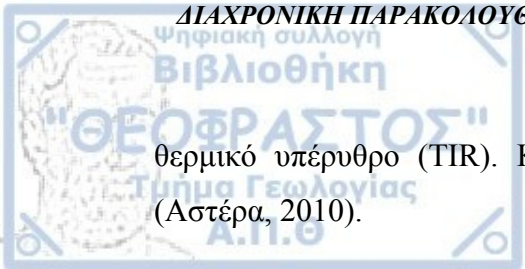
3. Διαθέσιμα δεδομένα (λογισμικά και μεθοδολογία)

3.1 Εικόνες ASTER

Η διεθνής υπηρεσία βιομηχανίας (MITI) εκτόξευσε το 1992 έναν Ιαπωνικό δορυφόρο (JERS-1), με κύριο σκοπό, να ερευνήσει και να συλλέξει πληροφορίες για τη γη. Τον JERS-1 τον χρησιμοποιούσαν γεωλόγοι και για αυτό η MITI αναπτυσσόταν όλο και περισσότερο. Αυτό το πετύχαινε διότι εξασφάλιζε όλο και περισσότερο λεπτομερή γεωλογικά στοιχεία που βοηθούσαν στην καλύτερη κατανόηση φαινομένων όπως ηφαιστειακές δραστηριότητες, το οποίο θα μπορούσαν να επιδράσουν σημαντικά στο παγκόσμιο περιβάλλον (Αγγελοπούλου, 2003). Αντίθετη αντίδραση υπήρξε για την ανάπτυξη και εξέλιξη του ASTER. Ο δορυφόρος TERRA εκτοξεύθηκε τον Δεκέμβριο του 1999 ενώ ο ανιχνευτής (ραδιόμετρο) ASTER βρισκόταν επί της πλακέτας στο πρώτο σχέδιο εκτόξευσης του σχεδίου EOS. Η υπηρεσία MITI είναι ένα Ιαπωνικό σύστημα παρακολούθησης πληροφοριών (JAROS) για την αξιοποίηση του αισθητήρα ανίχνευσης και ανάλυση κέντρου δορυφορικών δεδομένων (ERSDAC) για αξιοποίηση των στοιχείων εφαρμογής και των γήινων επεξεργασμένων δεδομένων.

Η επιστημονική ομάδα του αισθητήρα ASTER αρχικά καθόρισε το σκοπό σχεδίασης του, σύστημα επεξεργασίας γήινων στοιχείων και τη λειτουργία του αισθητήρα ανίχνευσης. Από τότε που το σχέδιο ASTER είναι μέρος του σχεδίου EOS, το σχέδιο ASTER διευθύνεται κάτω από το κλειστό συντονισμό της Ιαπωνίας και των Η.Π.Α. Η συνεισφορά της Ιαπωνίας είναι στον τομέα ανάπτυξης του αισθητήρα ανίχνευσης, δημιουργώντας το πιο κατάλληλο σχέδιο παρακολούθησης. Επίσης η Ιαπωνία έχει αναλάβει την επεξεργασία δεδομένων από ακατέργαστα στοιχεία με αναγνωρισμένη διάταξη και τέλος την δυνατότητα απόκτησης δεδομένων για χρήστες ASTER (Αγγελοπούλου, 2003).

Ο Aster καλύπτει μια ευρεία φασματική περιοχή με 14 μπάντες από το ορατό στο θερμικό υπέρυθρο με υψηλή χωρική ανάλυση και ραδιομετρική ανάλυση. Επίσης, η επιπλέον κοντινή υπέρυθρη ζώνη παρέχει στερεοσκοπική κάλυψη. Η χωρική ικανότητα ποικίλει ανάλογα με το μήκος κύματος : 15m στο ορατό και κοντινό υπέρυθρο (VNIR), 30m στο υπέρυθρο βραχέος κύματος (SWIR) και 90m στο



θερμικό υπέρυθρο (TIR). Κάθε εικόνα ASTER καλύπτει περιοχή 60 x 60 Km (Αστέρα, 2010).

Ο ASTER μπορεί να αποκτήσει στοιχεία από όλη τη γη με μέσο κύκλο καθήκοντος 8% ανά τροχιά. Αυτό σημαίνει απόκτηση 650 εικόνων ανά ημέρα, οι οποίες επεξεργάζονται σε επίπεδο 1A και από αυτές 150 σε επίπεδο 1B. Οι εικόνες 1A και 1B μεταφέρονται σε αρχεία του συστήματος πληροφοριών (EOSDIS) και υποβάλλονται σε διαδικασίες για παραγωγή υψηλότερου επιπέδου προϊόντα. Όλα τα στοιχεία, αρχεία ASTER αποθηκεύονται και διανέμονται σε μορφή HDF-EOS.

Ο αισθητήρας (ραδιόμετρο) ASTER προσφέρει εικόνα με διακριτική ικανότητα 15m, 30m και 90m κοντινό υπέρυθρο (VNIR), βραχύ υπέρυθρο (SWIR) και το θερμικό υπέρυθρο (TIR) με χωρική ανάλυση 90 μ. Στο κοντινό υπέρυθρο (ζώνη 3B) προσφέρονται εικόνες για τη στερεοσκοπική απεικόνιση (Αστάρας, 2010).

3.2 ENVI

Το ENVI είναι το κορυφαίο λογισμικό για την επεξεργασία και ανάλυση γεωχωρικών εικόνων που χρησιμοποιούνται από επιστήμονες, ερευνητές, αναλυτές εικόνων, και επαγγελματίες GIS σε όλο τον κόσμο. Το λογισμικό ENVI συνδυάζει την πιο εξελιγμένη φασματική επεξεργασία εικόνας και την τεχνολογία ανάλυσης της με ένα φιλικό προς το χρήστη περιβάλλον εργασίας ώστε να βοηθήσουν στη λήψη σημαντικών πληροφοριών από τις εικόνες (ENVI Brochure).

Το ENVI υποστηρίζει πολλούς τύπους εικόνων και περισσότερους από 70 τύπους δεδομένων. Διαθέτει ένα εύχρηστο και φιλικό προς το χρήστη περιβάλλον εύκολης και γρήγορης επεξεργασίας και διαχείρισης των εικόνων. Μπορεί να επεξεργαστεί μεγάλο όγκο δεδομένων, επίσης έχει δυνατότητα τρισδιάστατης απεικόνισης και δημιουργεί αρχεία που είναι συμβατά με το λογισμικό ArcGIS (ENVI Brochure).

Το ENVI διαθέτει αυτοματοποιημένα εργαλεία που επιτρέπουν την γρήγορη και εύκολη προετοιμασία της εικόνας για περαιτέρω ανάλυση. Με το λογισμικό ENVI μπορούν να εκτελεστούν οι εξής εργασίες (ENVI Brochure):

1. Καταχώρηση 2 ή περισσότερων εικόνων
2. Ρύθμιση εικόνας
3. Διόρθωση εικόνας από ατμοσφαιρικές παρεμβολές
4. Δημιουργία διανυσματικών θεματικών επιπέδων
5. Αναγνώριση περιοχών ενδιαφέροντος
6. Δημιουργία ψηφιακών μοντέλων υψομέτρου (DEM's)
7. Εκτέλεση ενεργειών σμίκρυνσης και μεγέθυνσης, φωτεινότητας, μωσαϊκού αναγλύφου, αλλαγής μεγέθους, περιστροφής και μετατροπής των δεδομένων σε άλλο τύπο.

Για την περαιτέρω ανάλυση των εικόνων το λογισμικό ENVI διαθέτει εργαλεία όπως (ENVI Brochure):

1. Υπολογισμός στατιστικών παραμέτρων όπως μέσος όρος, ελάχιστη και μέγιστη τιμή, τυπική απόκλιση, της εικόνας.
2. Δημιουργία γεωχωρικών στατιστικών όπως η συσχέτιση και η μέση διαφορά
3. Εξαγωγή γραμμικών στοιχείων.
4. Σύνθεση εικόνας ραντάρ.
5. Υπολογισμός κύριων συνιστωσών.
6. Εντοπισμός αλλαγών.
7. Μέτρηση στοιχείων.
8. Προσομοίωση τοπογραφικών χαρακτηριστικών.
9. Εφαρμογή κοινών και καθορισμένων από τον χρήστη φίλτρων.
10. Εκτέλεση απλού φάσματος και σύνθετων μαθηματικών εξισώσεων.

3.3 Corine Land Cover

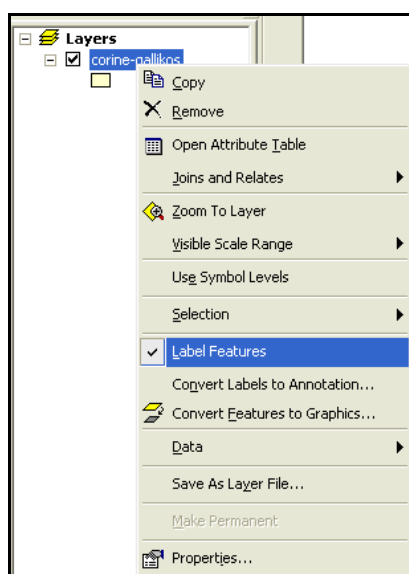
Το πρόγραμμα IMAGE 2000 and Corine Land Cover (CLC) 2000, είναι μία κοινή πρωτοβουλία της Επιτροπής της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του θυγατρικού οργανισμού σχετικά με το περιβάλλον. Το Corine Land Cover είναι μια πλήρης διαθέσιμη βάση δεδομένων που πλέον συμπεριλαμβάνει δορυφορικές εικόνες Landsat 7 ETM του ιταλικού και Ευρωπαϊκού εδάφους, κάλυψη εδάφους και χάρτες καταγραφής αλλαγών (Κουκίδου, 2009, Αστάρας, 2010). Η Ιταλική εθνική αρχή που διαχειρίζεται το πρόγραμμα και τα προϊόντα του είναι η APAT (αντιπροσωπεία για την προστασία του περιβάλλοντος και τεχνικές υπηρεσίες). Βασισμένο σε δορυφορικές εικόνες SPOT, LANDSAT TM και MSS, σε αεροφωτογραφίες, τοπογραφικούς χάρτες και χάρτες βλάστησης, χωρίζει τις χώρες αυτές σε 44 κατηγορίες χρήσεων γης οι οποίες φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 2.).

Πίνακας 2: Σύστημα ταξινόμησης κάλυψης γης του CORINE 2000 (Αστάρας, 2010).

Χρήσεις γης		
1 Τεχνητές επιφάνειες	1.1 Αστικές κατασκευές	1.1.1 Συνεχείς αστικές κατασκευές
		1.1.2 Ασυνεχείς αστικές κατασκευές
	1.2 Βιομηχανικές, εμπορικές & μεταφορικές μονάδες	1.2.1 Βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες
		1.2.2 Δρόμοι, σιδηροδρομικές γραμμές & σχετικές εκτάσεις
		1.2.3 Λιμάνια
		1.2.4 Αεροδρόμια
	1.3 Μεταλλεία, σκουπιδότοποι & εργοτάξια	1.3.1 Χώροι εξόρυξης μεταλλευμάτων
		1.3.2 Εργοτάξια
2. Αγροτικές εκτάσεις	2.1 Ετήσιες καλλιέργειες	2.1.1 Μη αρδευόμενες οργώσιμες εκτάσεις
		2.1.2 Μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις
		2.1.3 Ορυζώνες
	2.2 Μόνιμες καλλιέργειες	2.2.1 Αμπελώνες
		2.2.2 Οπωρώνες
		2.2.3 Ελαιώνες
	2.3 Βοσκότοποι	2.3.1 Βοσκοτόπια
		2.4.1 Ετήσιες καλλιέργειες συνδυασμένες με μόνιμες
	2.4 Ετερογενείς αγροτικές εκτάσεις	2.4.2 Πολύπλοκα σχέδια καλλιέργειας
		2.4.3 Εκτάσεις από αγροτικές καλλιέργειες, σε συνδυασμό με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης
		2.4.4 Αγροτικές- Δασικές εκτάσεις
3. Δάση & ημιφυσικές περιοχές	3.1 Δάση	3.1.1 Δάση Πλατύφυλλων
		3.1.2 Δάση Κωνοφόρων
		3.1.3 Μικτά Δάση
	3.2 Θάμνοι & χορτολίβαδα	3.2.1 Φυσικά χορτολίβαδα
		3.2.2 Χέρσα γη
		3.2.3 Σκληρόφυλλη βλάστηση
		3.2.4 Μεταβατικές εκτάσεις- ξυλώδεις θάμνοι
	3.3 Ανοιχτές περιοχές με λίγη ή καθόλου βλάστηση	3.3.1 Παραλίες, αμμοθίνες
		3.3.2 Γυμνά βράχια
		3.3.3 Εκτάσεις με σποραδική βλάστηση
		3.3.4 Καμένες εκτάσεις
		3.3.5 Παγετώνες & αιώνια χιονοσκεπείς εκτάσεις
4. Υγρότοποι	4.1 Υγρότοποι στην ενδοχώρα	4.1.1 Έλη της ενδοχώρας
		4.1.2 Τυρφώδη έλη
		4.2.1 Αλατώδη έλη
		4.2.2 Αλυκές
		4.2.3 Επίπεδα & παλίρροιες
5. Υδάτινοι όγκοι	5.1 Υδάτινοι όγκοι της ενδοχώρας	5.1.1 Υδάτινα ρεύματα
		5.1.2 Υδάτινοι
	5.2 Θαλάσσιοι & παραθαλάσσιοι υδάτινοι όγκοι	5.2.1 Παράκτιες λιμνοθάλασσες
		5.2.2 Εκβολές (Δέλτα) ποταμών
		5.2.3 Πελάγη & ωκεανοί

Αρχικά, χαράχθηκαν και ψηφιοποιήθηκαν τα όρια της περιοχής μελέτης και στη συνέχεια εισήχθηκαν στο ArcGIS ώστε να προσδιορίσουμε τα επιθυμητά όρια του αρχείου των χρήσεων γης από το Corine Land Cover 2000 (Κουκίδου, 2009).

Προκειμένου να εξαχθεί ο χάρτης με τις χρήσεις γης, έγινε εισαγωγή του αρχείου στο ArcMap μέσω της επιλογής add data. Στη συνέχεια, με δεξί κλικ στο αρχείο αυτό επιλέχθηκε η εντολή Label features για να εμφανιστούν οι κωδικοί των χρήσεων γης στο κάθε πολύγωνο κάλυψης γης (Εικόνα 2). Στη συνέχεια, ακολούθησε η δημιουργία του χάρτη αφού έγινε η επιλογή των καταλλήλων χρωμάτων (Κουκίδου, 2009).



Εικόνα 2: Εντολή για την απεικόνιση των χρήσεων γης στο κάθε πολύγωνο.

Για τον υπολογισμό του συνολικού εμβαδού των πολυγώνων κάλυψης γης ακολουθήθηκαν τα παρακάτω βήματα (Κουκίδου, 2009):

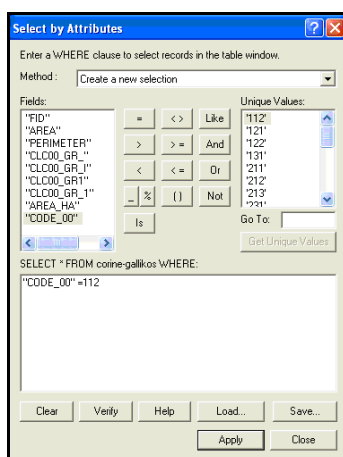
- Open Attribute table
- πεδίο Area_Ha (δεξί κλικ)
- Statistics → υπολογισμός συνολικού εμβαδού σε εκτάρια (Εικόνα 3).

CLC00_GR_1	CLC00_GR_2	CLC00_GR_3	CLC00_GR_4	AREA_1
1208	1207	1227	1228	
1411	1410	1424	1423	
1574	1573	1578	1577	
1642	1641	1653	1652	
1655	1654	1660	1659	
1605	1604	1603	1602	
1852	1851	1850	1858	
1914	1913	1917	1918	
1928	1927	1924	1923	
1966	1965	1964	1963	
1969	1968	2001	2000	2405,07 324
2031	2030	2066	2065	72,83 243
2034	2033	2066	2065	61,47 323
2039	2038	2064	2063	124,19 311
2048	2047	2072	2071	25,38 243
2054	2053	2080	2079	433,55 243
2057	2056	2076	2075	65,05 112
2059	2057	2070	2077	133,05 323
2068	2067	2095	2094	49,91 243
2071	2070	2084	2083	80,64 323
2085	2084	2102	2101	41,03 311
2091	2090	2097	2098	162,15 321
2125	2124	2140	2139	84,78 311
2133	2132	2148	2147	672,19 211
2146	2145	2154	2153	387,52 324
2147	2146	2157	2156	131,26 323

Εικόνα 3: Εντολή για τον υπολογισμό του συνολικού εμβαδού.

Για τον υπολογισμό του εμβαδού των επιμέρους πολυγώνων ακολουθήθηκαν τα παρακάτω βήματα (Κουκίδου, 2009):

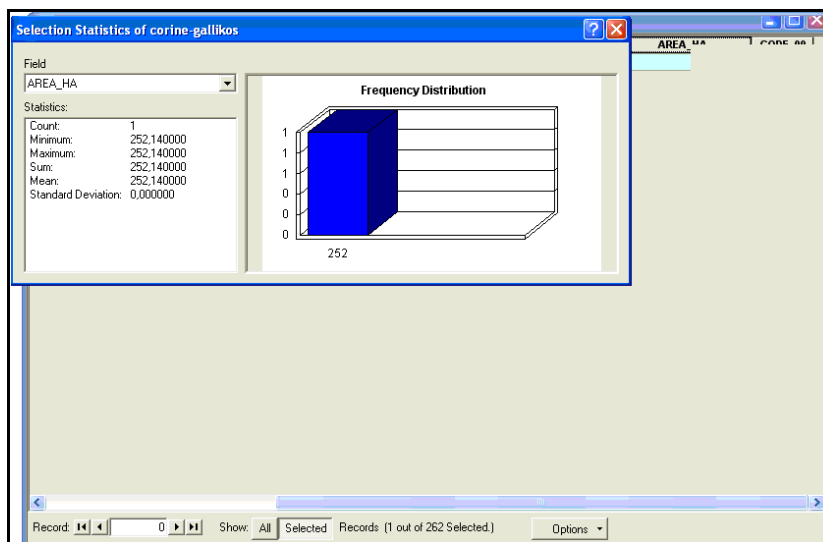
- Δεξί κλικ στο αρχείο,
- Open Attribute table,
- πεδίο Code (δεξί κλικ),
- Sort Descending → ομαδοποίηση των χρήσεων γης σύμφωνα με τους κωδικούς πεδίο Code (δεξί κλικ),
- Options,
- Select by attributes (Εικόνα 4).



Εικόνα 4: Εντολή για τον υπολογισμό του εμβαδού κάθε πολυγώνου ξεχωριστά

- Get unique values,
- Επιλογή του κωδικού (πχ 112),
- Apply,
- Selected,

- πεδίο Area_Ha (δεξί κλικ),
- Statistics → υπολογισμός του εμβαδού του πολυγώνου με τον επιλεγμένο κωδικό (πχ 112) σε εκτάρια (Εικόνα 5). Εν συνεχεία, επαναλήφθηκε η ίδια διαδικασία για τον υπολογισμό του εμβαδού των πολυγώνων με τους υπόλοιπους κωδικούς (Κουκίδου, 2009).



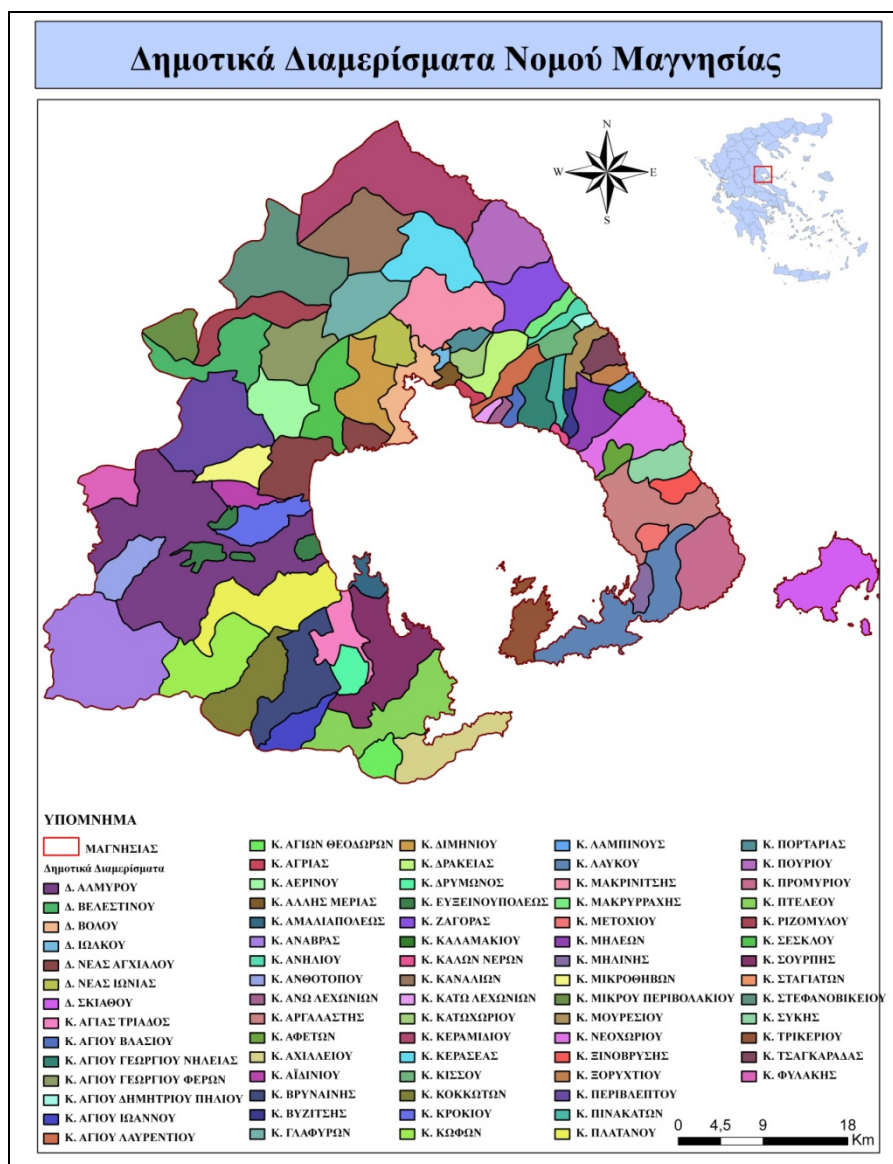
Εικόνα 5: Εντολή για τον υπολογισμό κάθε πολυγώνου ξεχωριστά.

4. Περιοχή Μελέτης

Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε με την περιοχή του Ανατολικού Πηλίου. Η περιοχή αυτή ανήκει στο νομό Μαγνησίας που βρίσκεται γεωγραφικά $38^{\circ} 37' 20''$ Ν $27^{\circ} 25' 47''$ Ε. (Εικόνα 6).

4.1 Φυσική γεωγραφία

Το Πήλιο (1624m) βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα της Θεσσαλίας (νομό Μαγνησίας), και εκτείνεται με κατεύθυνση ΒΔ προς ΝΑ σχηματίζοντας λωρίδα γης που διαχωρίζει τον Παγασητικό κόλπο με το Αιγαίο (Χάρτης 1).



Χάρτης 1: Μαγνησία και περιοχή Ανατολικού Πηλίου (Κουκίδου, 2010)

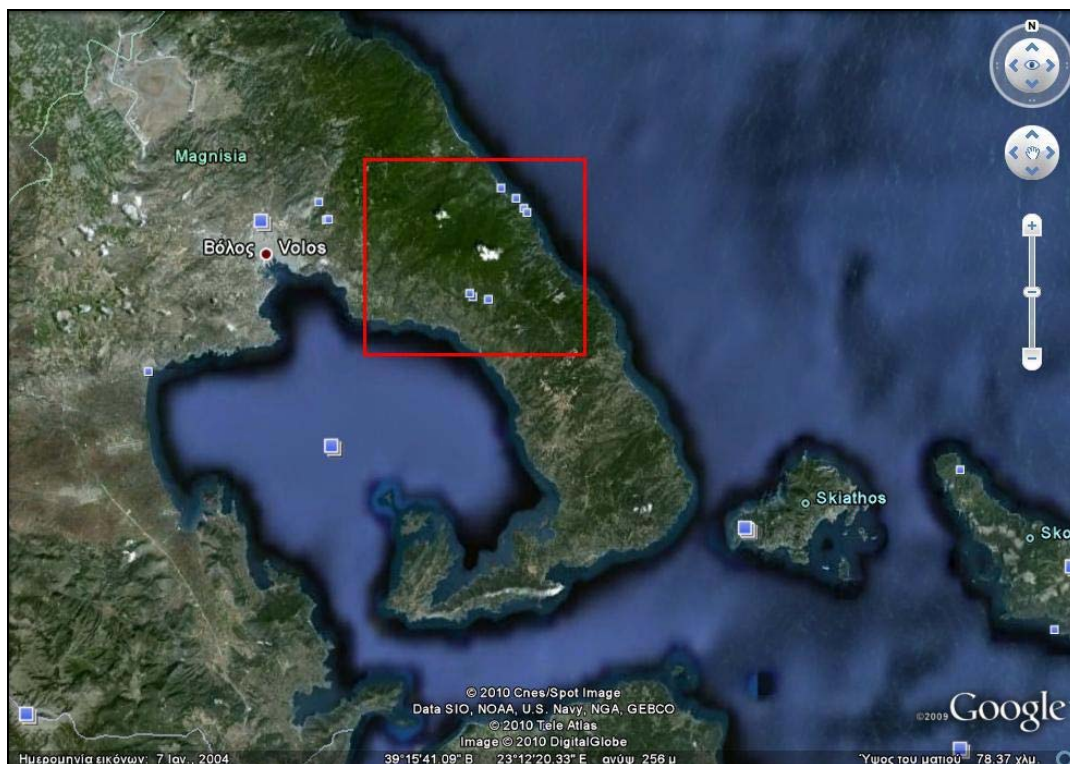
Το ανάγλυφο του νομού Μαγνησίας διαμορφώνεται (Χάρτης 2) βασικά από τους ορεινούς όγκους Μαυροβουνίου Πηλίου και του βόρειου τμήματος της Όθρυς, μεταξύ των οποίων σχηματίζονται οι πεδιάδες του Αλμυρού και του Βόλου Βελεστίνου, τις οποίες χωρίζει η χαμηλή βουνοσειρά του Χαλκοδονίου (Καλλέργης, 1971).



Χάρτης 2: Γεωγραφία της λεκάνης απορροής Πηνειού ποταμού (Κουκίδου, 2009)

Το Μαυροβούνι, ασβεστολιθικό και κρυσταλλικό όρος με πολλά δάση, ιδίως στο νότιο τμήμα του, καταλαμβάνει το βορειότερο τμήμα του νομού και συνεχίζεται στον νομό Λαρίσης, όπου βρίσκεται και η ψηλότερη κορυφή του (1.054 μ.). Προέκτασή του προς τα νότια αποτελεί το Πήλιο, το βασικό βουνό του νομού Μαγνησίας. Η Όθρυς κλείνει τον νομό Μαγνησίας προς τα νότια και τον χωρίζει από τον νομό Φθιώτιδος· η ψηλότερη κορυφή της (Γερακοβούνι, 1.726 μ.) βρίσκεται στα σύνορα ακριβώς των δύο νομών, αρχίζει από το ακρωτήριο Σταυρός, στην είσοδο του Παγασητικού, και προχωρεί στα δυτικά με κορυφές ολοένα ψηλότερες, για να φτάσει στον ψηλότερο όγκο της στο νοτιοδυτικό τμήμα του νομού (Ξεροβούνι, 1.454 μ.· Αραπάς 1.291 μ.). Προς την ακτή του Παγασητικού και απέναντι από το Τρίκερι,

υψώνεται απομονωμένο το Χλωμό όρος. Η πεδιάδα του Αλμυρού, που απλώνεται μεταξύ του Χαλκοδονίου και της Όθρυος, είναι η βασική πεδιάδα του νομού Μαγνησίας (Sogreah, 1974).



Εικόνα 6: Περιοχή Ανατολικού Πηλίου (εικόνα από Google Earth)

Η πεδιάδα Βόλου Βελεστίνου, χαμηλή περιοχή μεταξύ Χαλκοδονίου και Πηλίου, αποτελεί συνέχεια της μεγάλης πεδιάδας της Λάρισας. την περιοχή αυτή βρίσκεται και η αποξηραμένη σήμερα λίμνη Κάρλα ή Βοιβηίς. Η ακτή του νομού Μαγνησίας στο Αιγαίο είναι γενικά αλίμενη, καθώς το Μαυροβούνι και το Πήλιο κλείνουν απότομα προς τη θάλασσα, και μόνο σε λίγα σημεία σχηματίζονται χαμηλές παραλιακές ζώνες, όπου βρίσκονται μερικά από τα ωραιότερα χωριά του Πηλίου (Κωνσταντινίδης, Περγιαλιώτης 1986).

Πιο νότια, μετά το ακρωτήριο Σηπιάς, η ακτή κάμπτεται προς τα δυτικά και σχηματίζει την είσοδο του Παγασητικού κόλπου, ο οποίος έχει σχηματιστεί από ευρεία καταβύθιση ύστερα από διαρρήξεις, στις οποίες οφείλονται και οι σεισμοί της περιοχής (Μαχαίρα κ.α., 1998).

Ο Παγασητικός αρχίζει από τα ακρωτήρια Καβούλια (στο Τρίκερι) δεξιά και Σταυρός αριστερά. Ο εσωτερικός διαμελισμός του παρουσιάζει αρκετή ποικιλία: στη δυτική

ακτή του σχηματίζονται οι όρμοι Πτελεού, Νιε, Μαλιάπολης, Σούρπης και ο μεγαλύτερος όρμος του Αλμυρού· στον μυχώ του σχηματίζεται ο κόλπος του Βόλου· στον ανατολικό του βραχίονα, που σχηματίζεται από το Πήλιο, η ακτή παρουσιάζει μεγαλύτερη ποικιλία· ανατολικά της εισόδου του βρίσκονται τα νησάκια Παλαιό Τρίκερι, Πυθού, Στρογγύλη κ.ά (Panagopoulos, 1996). Το υδρογραφικό δίκτυο της Μαγνησίας είναι περιορισμένο. Η Όθρυς διαρρέεται από μικρούς ποταμούς, οι οποίοι αποχετεύουν συγχρόνως και την πεδιάδα του Αλμυρού: Πλατανόρεμα, Κοκάριος, Χολόρεμα (Panagopoulos et al., 2006). Τα νερά του Πηλίου αποχετεύονται κατευθείαν στο Αιγαίο.

Η χερσόνησος έχει έντονο ανάγλυφο (κυρίως ημιορεινό και ορεινό) και η μορφολογία της χαρακτηρίζεται από τη γειτνιάσή της με το Αιγαίο. Το τοπίο εμφανίζει σημαντική ποικιλομορφία (καλλιέργειες, φρυγανότοποι, θαμνώνες, δάση, παράκτιες περιοχές, οικισμοί, χείμαρροι).

4.2 Κλιματικά στοιχεία

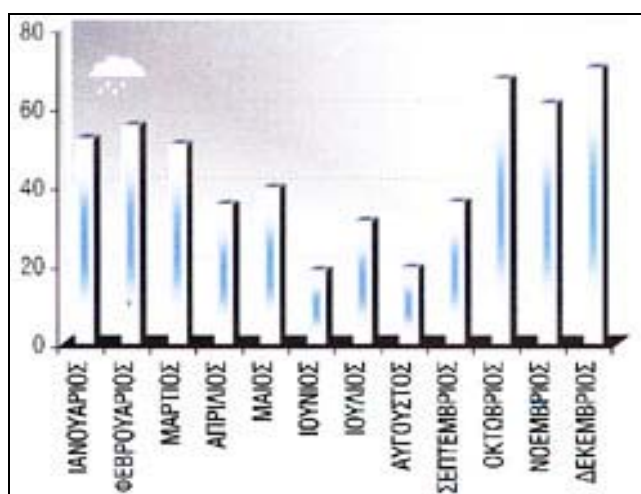
Η περιοχή του Πηλίου παρουσιάζει, ανάλογα με τις επιμέρους περιοχές είτε κλίμα υγρό, που χαρακτηρίζεται από μεγάλης διάρκειας και πολύ θερμό καλοκαίρι, με ήπιους χειμώνες και πολύ υγρές όλες τις εποχές του έτους, είτε κλίμα χερσαίο μεσογειακό, που χαρακτηρίζεται από πολύ θερμά και ξηρά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες. Το βιοκλίμα παρουσιάζει, αυξανόμενου του υψομέτρου, μετάβαση από τον ασθενή μεσο-μεσογειακό προς τον υπομεσογειακό χαρακτήρα (Τσαντήλας κ.α., 2003).

Το κλίμα της Μαγνησίας παρουσιάζει αρκετές διαφοροποιήσεις στις διάφορες περιοχές της, γενικά όμως είναι εύκρατο, επειδή η περιοχή δέχεται την ευεργετική επίδραση της θάλασσας. Ο Βόλος έχει μέση ετήσια θερμοκρασία 16,9°C, με μέση Ιανουαρίου 7,6°C και Ιουλίου 26,6°C. Οι βροχοπτώσεις δεν είναι μεγάλες (500600 χιλιοστά)· εξαίρεση αποτελεί το ανατολικό Πήλιο (Μαχαίρα κ.α., 1998).

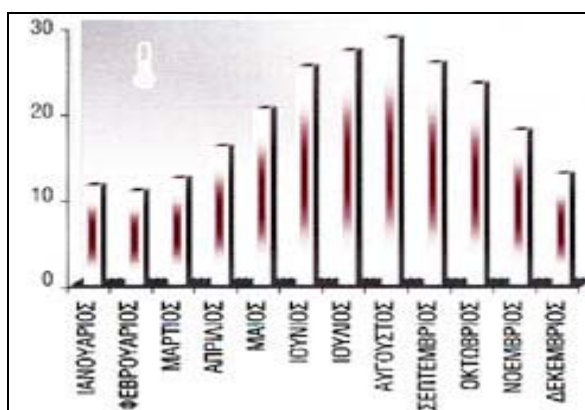
Το κλίμα του Πηλίου επηρεάζεται από τους υγρούς ανέμους που φυσούν από το Αιγαίο, με αποτέλεσμα οι ανατολικές πλαγιές να έχουν πιο δροσερά καλοκαίρια και πιο ψυχρούς χειμώνες από τις δυτικές.

Στη χαμηλότερη ζώνη του βουνού επικρατεί τυπικά μεσογειακό κλίμα, με ήπιο και βροχερό χειμώνα αλλά παρατεταμένο και ξηρό καλοκαίρι (Εικόνα 8).

Στις περιοχές με υψόμετρο πάνω από 1400m, ο χειμώνας είναι βαρύς με χιόνι που μπορεί να φθάσει τα 2 με 4m, πάχος στις ανατολικές πλαγιές, ενώ το καλοκαίρι είναι δροσερό (Εικόνα 7) (Τσαντήλας κ.α., 2003).



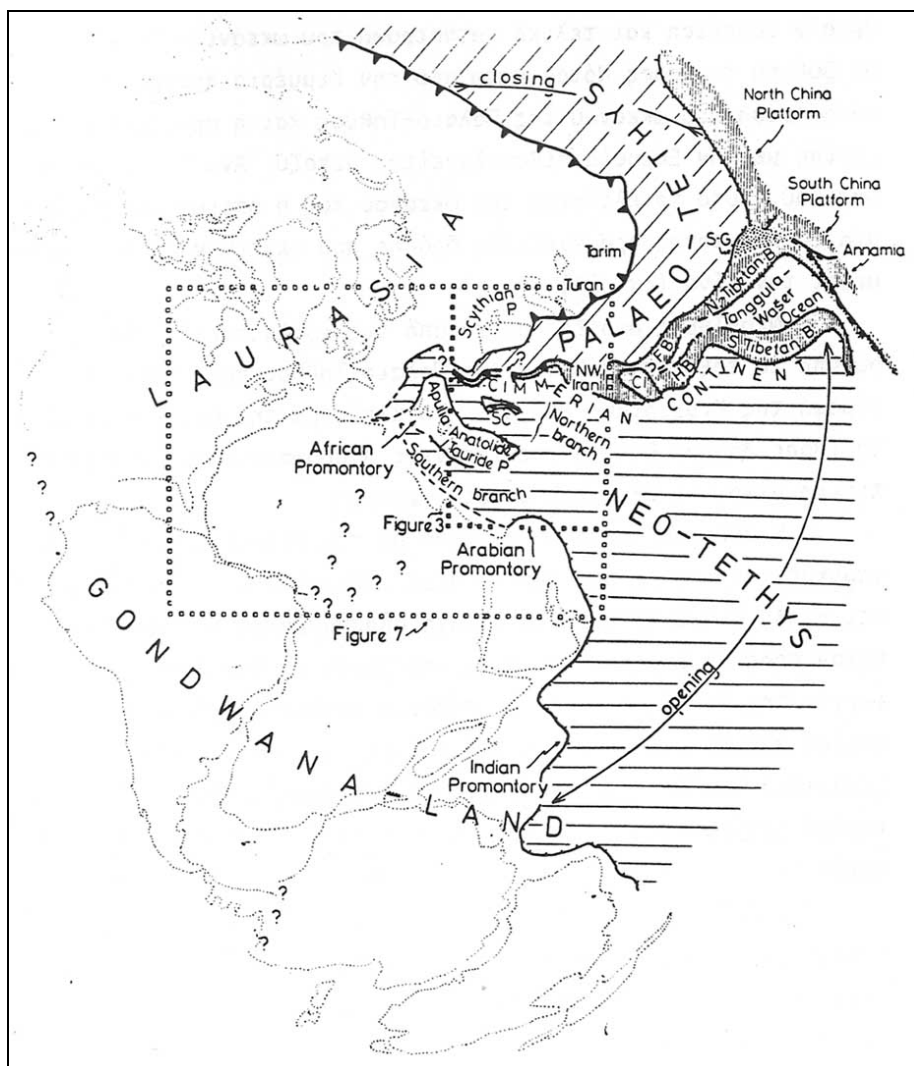
Εικόνα 7: Μέση μηνιαία τιμή υγρασίας (URL 9)



Εικόνα 8: Μέση μηνιαία τιμή θερμοκρασίας (URL 9)

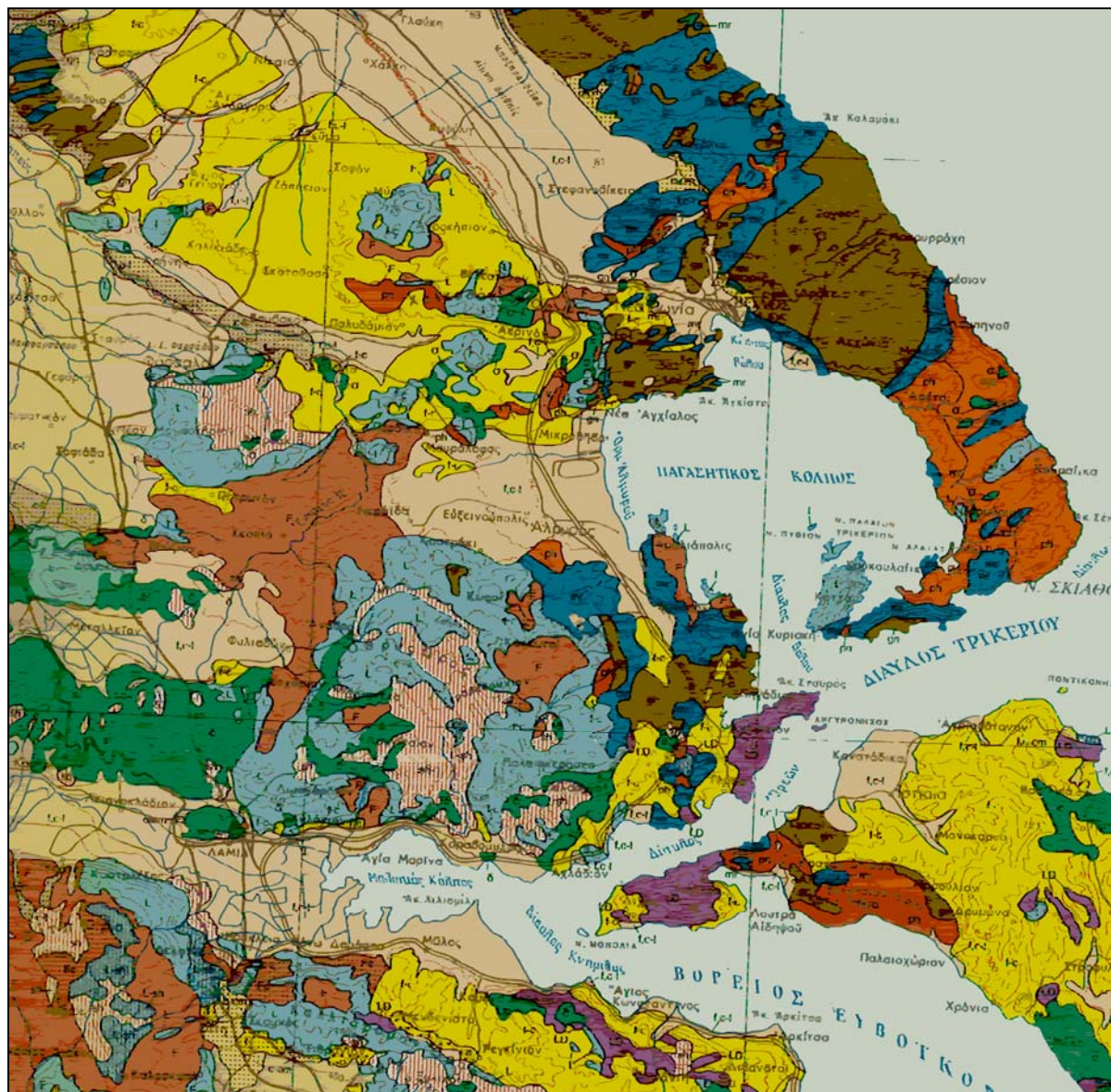
4.3 Γεωλογικά στοιχεία

Η περιοχή του νομού Μαγνησίας ανήκει στην Πελαγονική ζώνη (Εικόνα 10). Η Πελαγονική αποτελεί το ύβωμα που χώριζε την αύλακα της Αλμωπίας στα ανατολικά από την αύλακα της Πίνδου στα δυτικά. Η υποθαλάσσια ράχη της Πελαγονικής θεωρούταν ότι διακόπτονταν από δύο διαύλους. Οι σύγχρονες απόψεις θεωρούν την Πελαγονική ένα μεγάλο ηπειρωτικό τέμαχος τμήμα της Κιμμερικής ηπείρου που αποσπάστηκε από την Γκοντβάνα και εκατέρωθεν του οποίου αναπτύχθηκαν δύο ωκεάνιες περιοχές της Παλαιο-Τηθύος και Νεό-Τηθύος (Εικόνα 9) από τις οποίες προήλθαν με επώθηση οι οφειόλιθοι (Μουντράκης, 1985).



Εικόνα 9: Παλαιογεωγραφική αναπαράσταση της Πανγαίας στην περίοδο του Ανωτέρου Τριαδικού - Κατωτέρου Ιουρασικού. Απεικονίζονται οι θέσεις και οι τεκτονικές σχέσεις μεταξύ Λαυρασίας, Παλαιο-Τηθύος, Κιμμερικής ηπείρου, Νεο-Τηθύος και Γκοντβάνας. (Κατά Sengör et al. 1984)

Η Πελαγονική (Εικόνα 10) συγκροτείται από κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο, τους γνευσιωμένους γρανίτες, τα ημιμεταμορφωμένα Πέρμο-Τριαδικά πετρώματα, τα δύο ανθρακικά καλύμματα Τριαδικού-Ιουρασικού, τους οφειόλιθους και τα Άνω Κρητιδικά επικλυσιογενή ιζήματα (Μουντράκης, 1985).



Εικόνα 10: Γεωλογικός-Γεωτεχνικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής του Βόλου (Ι.Γ.Μ.Ε., 1993).

Τα πετρώματα στο μεγαλύτερο μέρος του Ανατολικού Πηλίου είναι μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι, φυλλίτες και γνεύσιοι καθώς και μάρμαρα, ενώ σποραδικά εμφανίζονται ασβεστολιθικά πετρώματα και φλύσχης.

Πιο συγκεκριμένα η περιοχή μελέτης αποτελείται από τους παρακάτω σχηματισμούς (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2008):

- ✓ Αλλούβια Ολοκαίνου στα παράλια,
- ✓ Τεταρτογενείς θαλάσσιους και λιμναίους σχηματισμούς μη διαχωριζόμενους στην περιοχή της πρώην λίμνης Κάρλας,
- ✓ Νεογενείς λιμναίες αποθέσεις κροκαλοπαγών μαργών και αργίλου με στρώματα λιγνίτη στην περιοχή του Αλμυρού,
- ✓ Φλύσχη σε Βελεστίνο, Σκιάθο και Σκόπελο,
- ✓ Κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους , βιοσπαρουδίτες (Τριαδικού και Κατ. Ιουρασικού) και δολομίτες με τοπική εμφάνιση της φάσης Hallstatt στο Μαυροβούνι, Πήλιο και Χλωμό Όρος,
- ✓ Κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους, βιοσπαρουδίτες Α. Κρητιδικού στο Βελεστίνο, στο ακρωτήριο Τρίκερι, Α. Πήλιο (μεταμορφωμένοι), Γιούρα, Κυρά-Παναγιά, Αλόννησο, Περιστέρα, Παλούκι Σκοπέλου.
- ✓ Σχιστοκερατολιθική διάπλαση (κερατόλιθοι, ψαμμίτες, πηλίτες, φακοί ασβεστόλιθων και εγκλωβισμένα στρώματα οφιολίθων, στο Ν. Πήλιο, Σκιάθο, Αγκίστρι, περιοχή Βελανιδιά ΒΑ Ν. Αγχιάλου.
- ✓ Οφθαλμογενέσιοι, γνεύσιοι, σχιστόλιθοι, αμφιβολίτες (Παλαιοζωϊκού-Τριαδικού) στο Κ. Πήλιο.
- ✓ Οφιοίλιθοι στην περιοχή του Βελεστίνου.
- ✓ Βασάλτης Πλειόκαινου στις Μικροθήβες.
- ✓ Πρασινοσχιστόλιθοι, φυλλίτες και γραουβάκες στη Β. Σκόπελο και στην περιοχή Πτελεού-Γαβριανής-Δρυμώνα.

Όσον αφορά στα εδάφη, στο Πήλιο επικρατούν οι ερυθρές, μελανόφαιες και φαιές ρετζίνες, τα ποτζολικά και δασικά εδάφη, τα οποία είναι πλούσια σε οργανικές ουσίες.

4.4 Υδρογεωλογικά στοιχεία

Το επιφανειακό υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής αποστραγγίζει λεκάνες απορροής με έκταση περίπου 1.506 km² με μέγιστο υψόμετρο 1.529 m, παρουσιάζει ιδιαίτερη πυκνότητα, ενώ πρέπει να σημειωθεί ότι η συντριπτική πλειοψηφία των υδατορευμάτων δεν είναι συνεχούς ροής και παρουσιάζει έντονα φαινόμενα χειμαρρικότητας. Υπάρχουν βέβαια και υδατορεύματα που συντηρούνται από πηγές (Κακόρεμα, Μέγα, Φελούκα, Κισσιώτικο, Βρύχωνας, Κουφάλας, Κακοσκάλι και Πλατανόραμα) (Παρασκούδη κ.α., 1989).

Το μεγάλο ετήσιο ύψος βροχής, οι χιονοπτώσεις, τα πετρώματα και η πυκνή βλάστηση της περιοχής δημιουργούν ευνοϊκές προϋποθέσεις για την εμφάνιση πολυάριθμων πηγών, από τις οποίες γίνεται κατά κύριο λόγο η υδροληψία σε όλα τα δημοτικά διαμερίσματα και τους οικισμούς που βρίσκονται εντός της περιοχής (Καλλέργης κ.α., 1980). Ο αριθμός των πηγών με ικανοποιητική παροχή (> 35 m³/h) είναι σημαντικός και η δίαίτά τους είναι σχετικά σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (Ευαγγελόπουλος, 2003).

Στις πεδινές εκτάσεις, υπάρχουν αρκετές γεωτρήσεις, που στοχεύουν στην ικανοποίηση των αυξημένων απαιτήσεων κυρίως του γεωργικού τομέα.

4.5 Προστατευόμενες περιοχές

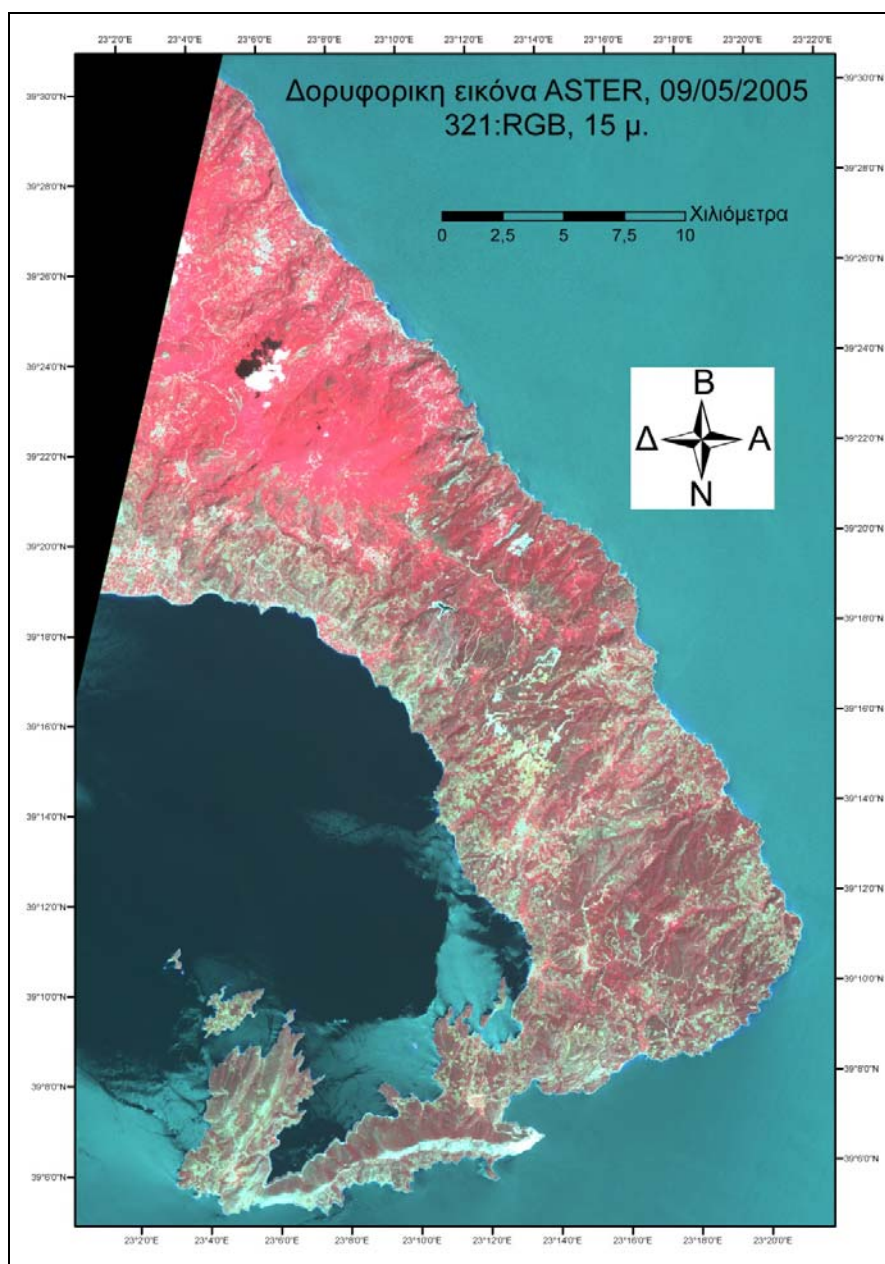
Η ποιότητα και η σημασία της περιοχής του Πηλίου καθορίζονται από οικολογικές, οικονομικές, ιστορικές και αισθητικές παραμέτρους. Η οικολογική του αξία έγκειται στην ποικιλία βιοτόπων με καλή έως άριστη δομή και κατάσταση διατήρησης που υποστηρίζουν πλούσιες σε είδη κοινωνίες. Η περιοχή συνδυάζει την πυκνή δασική βλάστηση (φυλλοβόλα και παραποτάμια δάση) και την αναπτυγμένη μακία βλάστηση καθώς και τους παράκτιους και θαλάσσιους βιότοπους του Αιγαίου (Κουτσερής, 2003).

Στην περιοχή μελέτης συναντάται η περιοχή «Όρος Πήλιο και παράκτια θαλάσσια ζώνη» η οποία περιλαμβάνει 19 τύπους οικοτόπων, και πιο συγκεκριμένα θαλάσσιες και παράκτιες περιοχές, περιοχές εσωτερικών υδάτων και δάση. Το τμήμα του όρους του Πηλίου που έχει συμπεριληφθεί στον Εθνικό κατάλογο του Δικτύου «ΦΥΣΗ 2000» αφορά τμήματα των Δήμων Πορταριάς, Αγριάς, Αρτέμιδας, Μηλεών, Κάρλας, κοινότητας Μακρινίτσας και ολόκληρους της Δήμους Ζαγοράς και Μουρεσίου και καταλαμβάνει έκταση 304.870 στρ. (Κουτσερής, 2003).

5. Ψηφιακή επεξεργασία δορυφορικών εικόνων ASTER και GIS

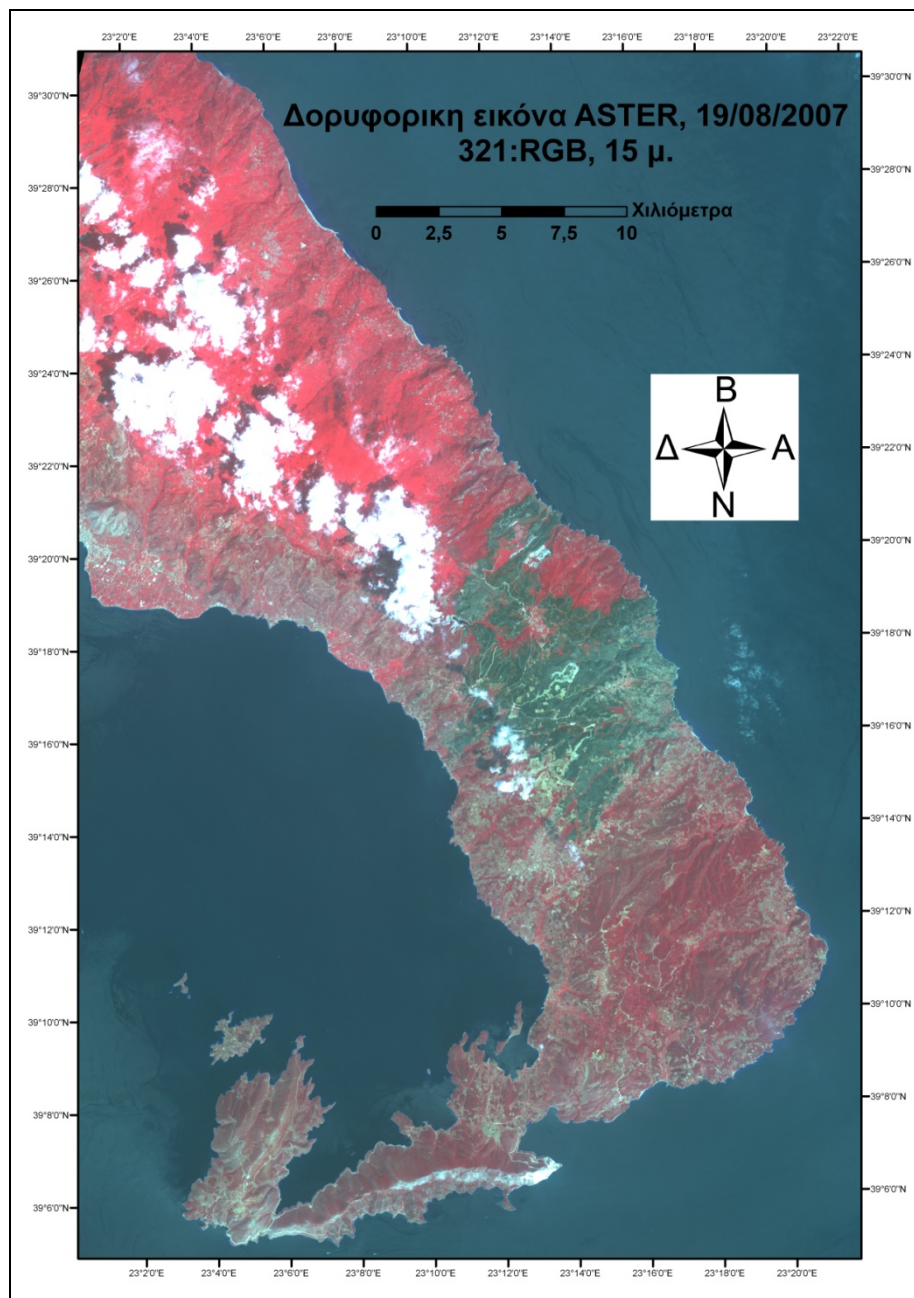
5.1 Ψηφιακή επεξεργασία των εικόνων ASTER 2005 και 2007

Στον χάρτη 3 απεικονίζεται ο νομός Μαγνησίας στη δορυφορική εικόνα ASTER με διακριτική ικανότητα $\pm 15\text{m}$, που λήφθηκε το 2005, δύο χρόνια, δηλαδή πριν από την καταστροφική πυρκαγιά του 2007. Όπως παρατηρείται στην εικόνα υπάρχουν κυρίως ερυθρά χρώματα που αντιστοιχούν σε φυσική βλάστηση.



Χάρτης 3: Η περιοχή σε εικόνα ASTER, πριν την πυρκαγιά του 2007 (ημερομηνία λήψης 2005).

Στον χάρτη 4 απεικονίζεται ο νομός Μαγνησίας στη δορυφορική εικόνα ASTER που λήφθηκε το 2007, μετά την πυρκαγιά και είναι και πάλι με διακριτική ικανότητα $\pm 15\text{m}$. Στην εικόνα αυτή σε σύγκριση με τον χάρτη 3 παρατηρείται πως στο ΒΑ τμήμα της περιοχής μελέτης τα ερυθρά χρώματα έχουν γίνει πράσινα και αντιστοιχεί στην καμένη έκταση.

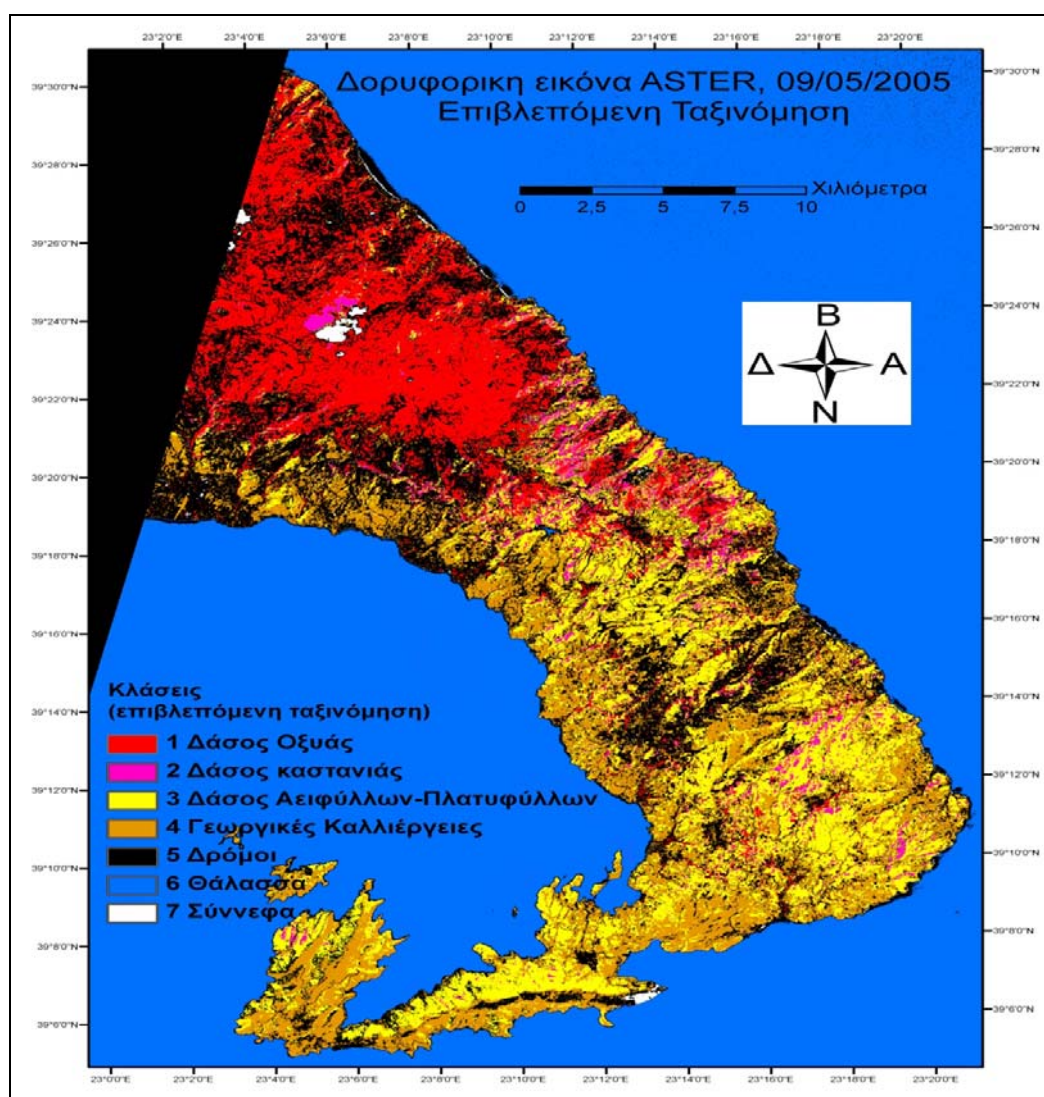


Χάρτης 4: Η περιοχή σε εικόνα ASTER μετά την πυρκαγιά (ημερομηνία λήψεως 2007).

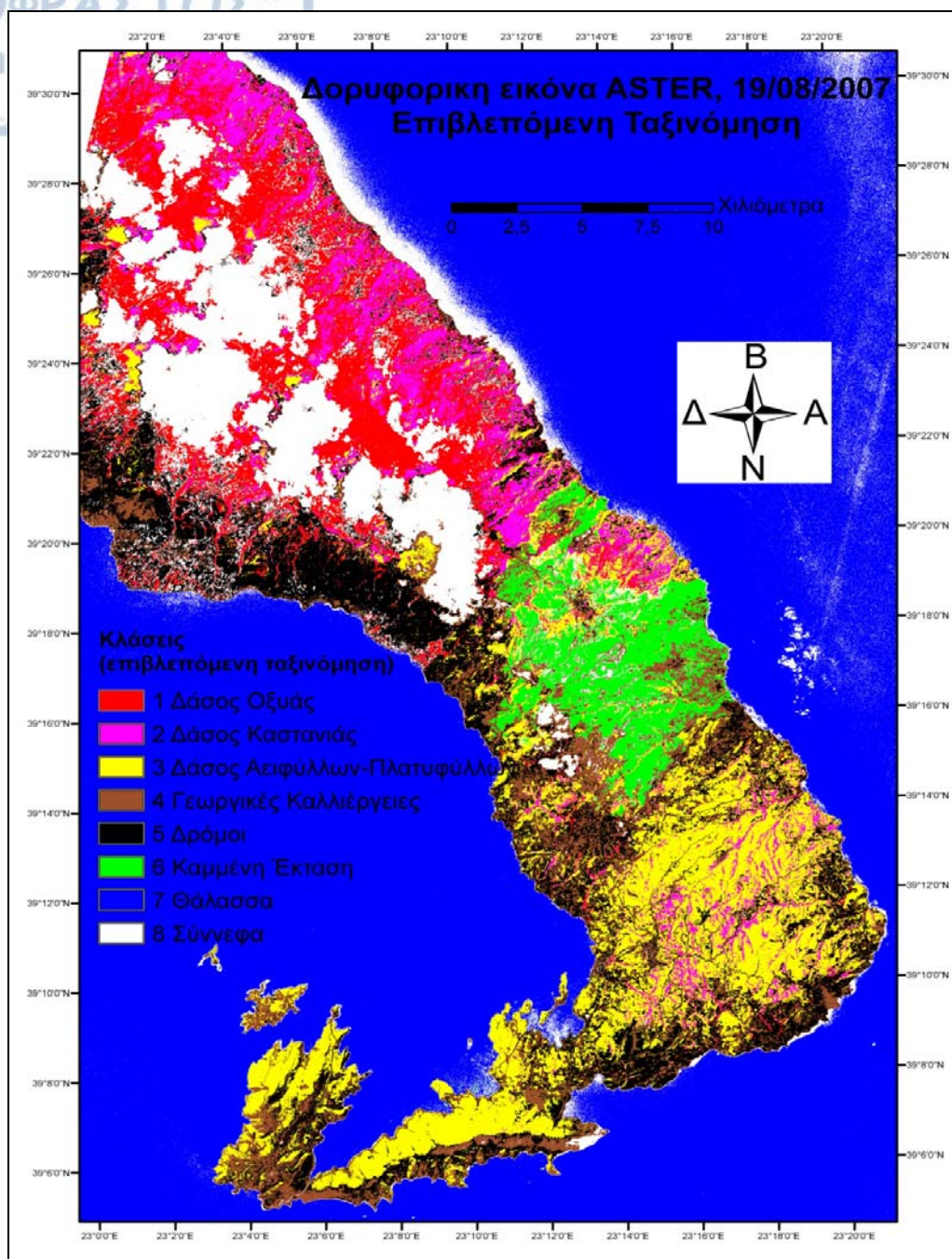
5.2 Επιβλεπόμενη ταξινόμηση των δορυφορικών εικόνων

Με την βοήθεια του λογισμικού ENVI, έγινε η “επιβλεπόμενη ταξινόμηση” (Αστάρας, 2010) των δορυφορικών εικόνων ASTER, πριν και μετά την πυρκαγιά.

Όπως φαίνεται στην παρακάτω δορυφορική εικόνα ASTER (Χάρτης 5), που αφορά την βλάστηση της Μαγνησίας, πριν την μεγάλη πυρκαγιά του 2007, παρατηρούμε ότι περίπου το 60% του εδάφους της Μαγνησίας καλύπτεται από Αείφυλλα και Πλατύφυλλα δάση, το 30% από δάση οξυάς, ενώ υπάρχουν και ελάχιστες εμφανίσεις (περίπου 10%) από δάση καστανιάς και γεωργικές καλλιέργειες. Πιο συγκεκριμένα στην περιοχή Ανατολικού Πηλίου συναντώνται δάση Αειφύλλων και Πλατυφύλλων.



Χάρτης 5: Εικόνα ASTER πριν την πυρκαγιά (2005), μετά από επεξεργασία με την μέθοδο της επιβλεπόμενης ταξινόμησης.

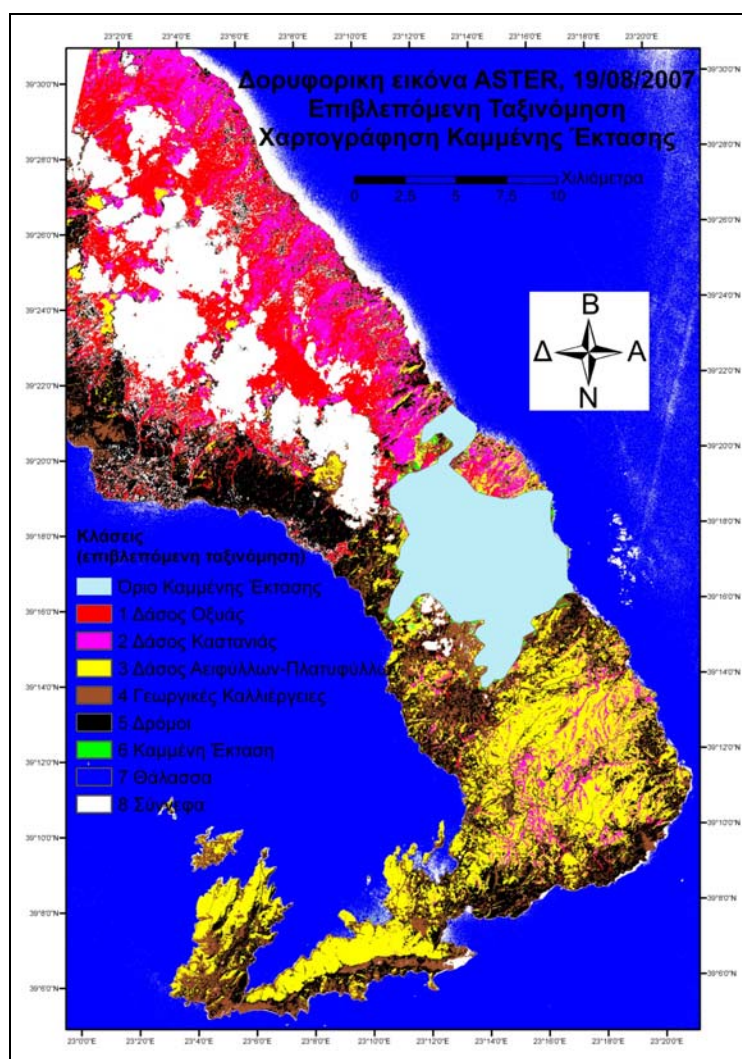


Χάρτης 6: Εικόνα ASTER μετά την πυρκαγιά (2007), μετά από επεξεργασία με την μέθοδο της επιβλεπόμενης ταξινόμησης.

Όπως φαίνεται στην παραπάνω δορυφορική εικόνα ASTER (Χάρτης 6), που αφορά την βλάστηση της Μαγνησίας, μετά την μεγάλη πυρκαγιά του 2007, παρατηρούμε ότι περίπου το 40% του εδάφους της Μαγνησίας καλύπτεται από Αείφυλλα και Πλατύφυλλα δάση, το 10% από δάση οξυάς και 10% από δάση καστανιάς. Σε μεγάλη έκταση (περίπου 20%) συναντώνται δρόμοι και γεωργικές καλλιέργειες, ενώ τέλος το 20% της περιοχής είναι καμένες εκτάσεις. Οι καμένες αυτές εκτάσεις βρίσκονται κυρίως στην περιοχή Ανατολικού Πηλίου.

5.3 Εισαγωγή των δεδομένων ASTER στο πρόγραμμα ArcGIS για τον εντοπισμό διαχρονικών αλλαγών στην περιοχή μελέτης

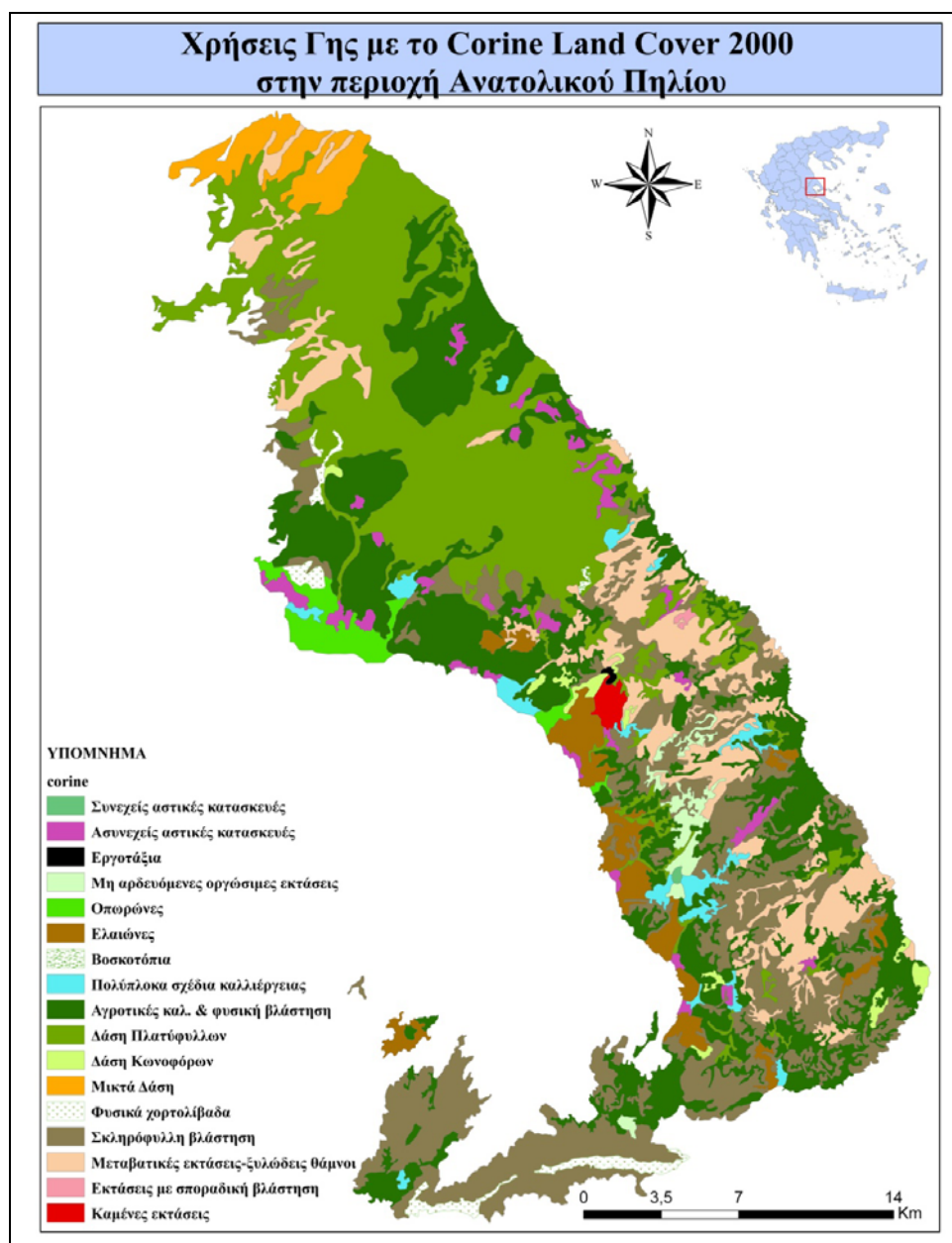
Συγκρίνοντας τις δύο εικόνες ASTER (Χάρτης 5 και 6) παρατηρούμε πως στο διάστημα μετά την πυρκαγιά του 2007 αυξήθηκαν οι δρόμοι και οι γεωργικές εκτάσεις που δηλώνει πως οι προηγουμένως φυσικές εκτάσεις υπέστησαν ανθρώπινες παρεμβάσεις. Οι πυρκαγιές έλαβαν χώρα στην περιοχή Ανατολικού Πηλίου καίγοντας περίπου 20% δασικών εκτάσεων με Αείφυλλη και Πλατύφυλλη βλάστηση. Η έκταση αυτή υπολογίστηκε με τη μέθοδο εμβαδομέτρησης με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ArcGIS) και αντιστοιχεί σε 61.57 km² βλάστησης (Χάρτης 7).



Χάρτης 7: Η έκταση της καμένης γης και γενικά της κάλυψης γης στην περιοχή του ανατολικού Πηλίου μετά την πυρκαγιά του 2007

5.4 Καλύψεις γης της περιοχής μελέτης με το Corine Land Cover

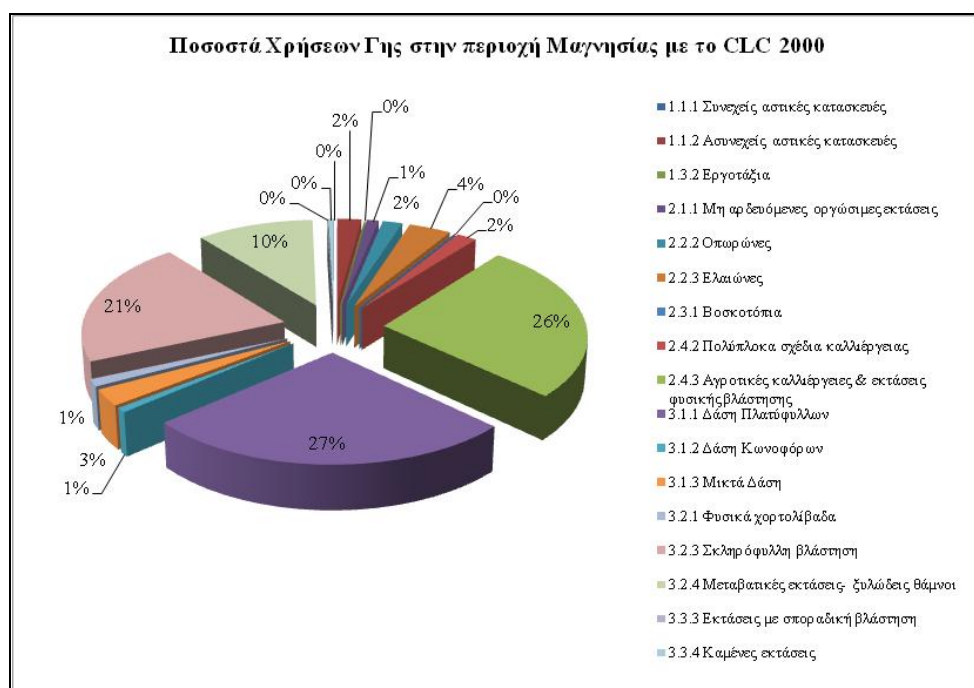
Για να έχουμε μια ευρύτερη εικόνα της περιοχής και την επίδραση που δέχθηκε από την πυρκαγιά μελετήθηκαν οι καλύψεις γης (land cover) όπως προέκυψαν από το Corine Land Cover με τη βοήθεια του λογισμικού ArcGIS. Τα αποτελέσματα των καλύψεων γης αναλύθηκαν τόσο με μορφή χάρτη (Χάρτης 8) όσο και με μορφή γραφικών παραστάσεων (Εικόνες 11 και 12) από τα δεδομένα των εκτάσεων που εξήχθησαν από το ArcGIS και φαίνονται στον πίνακα 3.



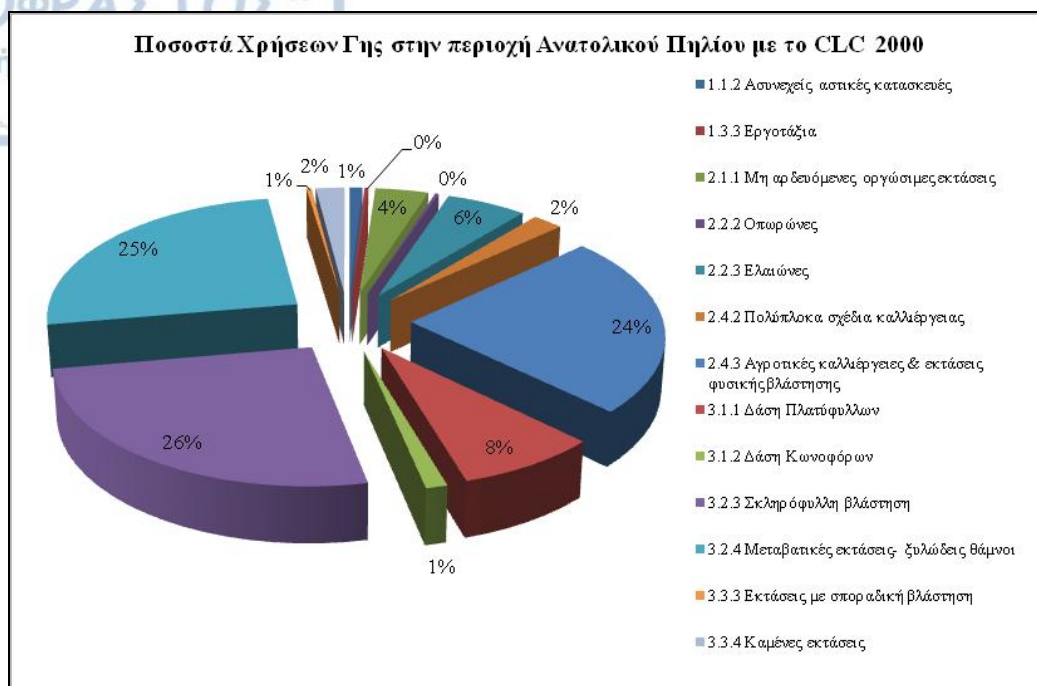
Χάρτης 8: Καλύψεις γης με το Corine Land Cover 2000 στην περιοχή Μαγνησίας.

Πίνακας 3: Εκτάσεις (m) των χρήσεων γης της περιοχής Ανατολικού Πηλίου όπως προέκυψαν από το Corine Land Cover 2000.

Χρήσεις γης			Έκταση (m)
1 Τεχνητές επιφάνειες	1.1 Αστικές κατασκευές	1.1.1 Συνεχείς αστικές κατασκευές	284.460
		1.1.2 Ασυνεχείς αστικές κατασκευές	13.514.134
	1.3 Μεταλλεία, σκουπιδότοποι & εργοτάξια	1.3.2 Εργοτάξια	312.645
2. Αγροτικές εκτάσεις	2.1 Ετήσιες καλλιέργειες	2.1.1 Μη αρδευόμενες οργώσιμες εκτάσεις	6.744.730
		2.2.2 Οπωρώνες	11.108.653
		2.2.3 Ελαιώνες	23.748.365
	2.3 Βοσκότοποι	2.3.1 Βοσκοτόπια	314.040
	2.4 Ετερογενείς αγροτικές εκτάσεις	2.4.2 Πολύπλοκα σχέδια καλλιέργειας	11.479.038
		2.4.3 Εκτάσεις που κυρίως καλύπτονται από αγροτικές καλλιέργειες, σε συνδυασμό με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης	166.512.866
3. Δάση & ημιφυσικές περιοχές	3.1 Δάση	3.1.1 Δάση Πλατύφυλλων	170.213.364
		3.1.2 Δάση Κωνοφόρων	4.873.292
		3.1.3 Μικτά Δάση	17.365.109
	3.2 Θάμνοι & χορτολίβαδα	3.2.1 Φυσικά χορτολίβαδα	7.715.008
		3.2.3 Σκληρόφυλλη βλάστηση	131.192.366
		3.2.4 Μεταβατικές εκτάσεις- ξυλώδεις θάμνοι	65.600.198
	3.3 Ανοιχτές περιοχές με λίγη ή καθόλου βλάστηση	3.3.3 Εκτάσεις με σποραδική βλάστηση	432.379
		3.3.4 Καμένες εκτάσεις	2.409.360



Εικόνα 11: Γραφική παράσταση των εκτάσεων χρήσεων γης της περιοχής Μαγνησίας όπως προέκυψε από το Corine Land Cover 2000.



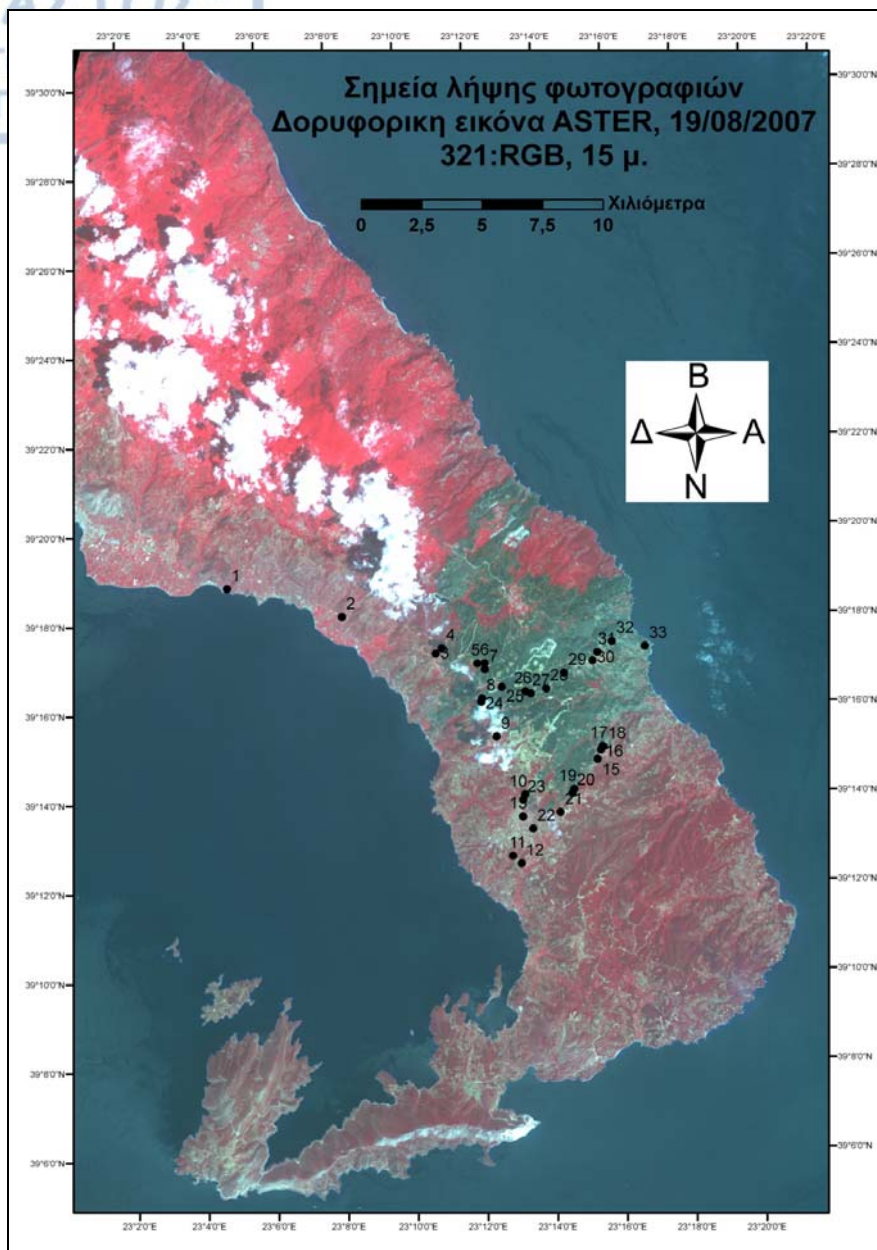
Εικόνα 12: Γραφική παράσταση των εκτάσεων χρήσεων γης της περιοχής Ανατολικού Πηλίου όπως προέκυψε από το Corine Land Cover.

Όπως φαίνεται τόσο από την γραφική παράσταση της εικόνας 12, το χάρτη των χρήσεων γης (Χάρτης 8) όσο και από τον πίνακα 3, η περιοχή Ανατολικού Πηλίου καλύπτεται κυρίως από αγροτικές εκτάσεις και εκτάσεις φυσικής βλάστησης (περίπου 24%), από σκληρόφυλλη βλάστηση και μεταβατικές εκτάσεις με θάμνους σε ποσοστά περίπου 25,6% και 25,3% αντίστοιχα. Σημαντική είναι επίσης και η πληροφορία που παίρνουμε για την περιοχή από το Corine Land Cover σχετικά με τις καμένες εκτάσεις κατά το έτος 2000, που φαίνεται να αποτελούν μόλις το 2%.

5.5 Δεδομένα υπαίθρου

Μετά την καταγραφή των υπαρχόντων καλύψεων γης από τις επεξεργασμένες δορυφορικές εικόνες και του CLC 2000, ακολούθησε η επίσκεψη στην ύπαιθρο, που λήφθηκαν μετρήσεις GPS και φωτογραφίες.

Κατά την επίσκεψη στην περιοχή του Ανατολικού Πηλίου καταγράφηκαν 33 σημεία παρατήρησης για τα οποία πάρθηκαν δεδομένα συντεταγμένων χρησιμοποιώντας GPS καθώς και φωτογραφίες. Στον χάρτη 9 φαίνεται η θέση των σημείων αυτών πάνω στην εικόνα ASTER, ενώ οι αντίστοιχες φωτογραφίες που λήφθηκαν για κάθε θέση παρατίθενται στο παράρτημα.



Χάρτης 9: Σημεία παρατήρησης που λήφθηκαν τα δεδομένα των συντεταγμένων και φωτογραφίες από το Ανατολικό Πήλιο

6. Συμπεράσματα

Η περιοχή που μελετήθηκε είναι το Ανατολικό Πήλιο διοικητικά ανήκει στο νομό Μαγνησίας, ενώ από γεωλογική άποψη ανήκει στην Πελαγονική ζώνη. Κατά την μελέτη της περιοχής έγινε επίσκεψη και καταγραφή 33 σημείων παρατήρησης (Χάρτης 2) για τα οποία συγκεντρώθηκαν δεδομένα συντεταγμένων, υψομέτρου καθώς και φωτογραφικό υλικό (Παράρτημα).

Σκοπός της μελέτης ήταν η χρήση νέων τεχνολογιών όπως τα λογισμικά ENVI και ArcGIS ώστε καταγραφούν οι επιπτώσεις στην περιοχή μετά από τις καταστροφικές πυρκαγιές του 2007.

Έτσι χρησιμοποιώντας δορυφορικές εικόνες ASTER και μετά από επεξεργασία τους με το λογισμικό ENVI (επιβλεπόμενη ταξινόμηση) διαπιστώθηκε πως τα δάση Πλατυφύλλων Αειφύλλων που σύμφωνα με τον χάρτη 5 καταλάμβαναν το 60% του νομού Μαγνησίας μετά την πυρκαγιά του 2007 και σύμφωνα με τον χάρτη 6 φαίνεται να μειώθηκαν κατά 20%. Με τη βοήθεια του ArcGIS έγινε εμβαδομέτρηση της καμένης έκτασης η οποία βρίσκεται εξ' ολοκλήρου στο Ανατολικό Πήλιο (περιοχή μελέτης) και υπολογίστηκε περίπου στα 61.000km².

Θέλοντας να αναλύσουμε περαιτέρω τις επιπτώσεις της πυρκαγιάς χρησιμοποιήθηκε το Corine Land Cover για την εύρεση των χρήσεων γης κατά το 2000. Και στη συνέχεια συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα από το Corine Land Cover με τα αποτελέσματα των εικόνων ASTER όπως αυτά προέκυψαν μετά από επεξεργασία με το πρόγραμμα ENVI τόσο πριν (2005) όσο και μετά (2007) από τις πυρκαγιές.

Από το Corine Land Cover προκύπτει ότι στην περιοχή Ανατολικού Πηλίου το 24% των εκτάσεων καταλαμβάνονται από αγροτικές καλλιέργειες ενώ το 51% από φυσική βλάστηση (Χάρτης 8, Πίνακας 2, Εικόνα 13). Αντιστοίχως για το νομό Μαγνησίας το 27% των εκτάσεων αντιστοιχούν σε αγροτικές καλλιέργειες και το 57% σε εκτάσεις με φυσική βλάστηση (Χάρτης 8, Εικόνα 12). Συνεπώς κατά το έτος 2000 η περιοχή στο μεγαλύτερό της τμήμα καλύπτονταν από φυσική βλάστηση. Όπως φαίνεται από την δορυφορική εικόνα ASTER του 2005 η αναλογία αυτή των εκτάσεων με φυσική βλάστηση συνεχίζει να υφίσταται.

Αντίθετα το 2007 μετά τις πυρκαγιές παρατηρείται μια έντονη αλλαγή κυρίως στην περιοχή του Ανατολικού Πηλίου λόγω των καμένων εκτάσεων που καταλαμβάνουν το 80% περίπου της περιοχής μελέτης και παράλληλα σε όλο το νομό Μαγνησίας καθώς παρατηρήθηκε αύξηση των ανθρωπογενών παρεμβάσεων δηλαδή αυξήθηκαν οι δρόμοι και οι καλλιεργούμενες-αγροτικές εκτάσεις.

Λαμβάνοντας υπόψη τις επιπτώσεις στο περιβάλλον (φυσικό και πολιτιστικό) και στους φυσικούς πόρους από την ανεξέλεγκτη ανάπτυξη και ένταση των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων αλλά και από την εμφάνιση ακραίων φυσικών φαινομένων όπως στην προκειμένη περίπτωση των πυρκαγιών του 2007, γίνεται αντιληπτή η ανάγκη δημιουργίας ενός εργαλείου για την καταγραφή, διαχείριση, επεξεργασία και ανάλυση τιμών φυσικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικών μεταβλητών ώστε να ενισχύσει στη λήψη αποφάσεων και στο σχεδιασμό ευρύτερων στρατηγικών αποκατάστασης.

Είναι αδιαμφισβήτητο ότι οι γεωεπιστήμες, τόσο μέσω επίγειων παρατηρήσεων όσο και μέσω δορυφορικών τηλεπισκοπικών τεχνικών, μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στην ανάπτυξη ευρείας και ισχυρής βάσης δεδομένων η οποία εξάλλου αποτελεί και τη βασική υποδομή τόσο για την υλοποίηση έργων μεγάλης κλίμακας όσο και τη μοντελοποίηση περιοχών επικινδυνότητας.

Με την παραπάνω εργασία φάνηκε πως με τη χρήση των παραπάνω εργαλείων δηλαδή των λογισμικών ENVI και ArcGIS γίνεται πλέον εύκολη η πρόσβαση σε πληροφορίες που αφορούν τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής και ακόμη πιο εύκολη η σύγκριση και η ανάπτυξη σχεδίων για την γρήγορη, άμεση και ακριβή επέμβαση, ώστε να διασφαλιστεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο η αποκατάσταση του πολύτιμου φυσικού περιβάλλοντος.

7. Βιβλιογραφία

Ελληνική

Sogreah Grenoble. (1974): Μελέτη αναπτύξεως υπογείων υδάτων πεδιάδος Θεσσαλίας. Τελική έκθεση- Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Δ/ση Γεωργικής Αναπτύξεως και Ερευνών & Υ.Ε.Β.

Αγγελοπούλου Ε. (2003): Επεξεργασία δορυφορικών εικόνων ASTER για την περιοχή της Κρήτης, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, σ. 217.

Αστάρας Θ. (2006): Τηλεπισκόπηση-Φωτοερμηνεία στις γεωεπιστήμες. Πανεπιστημιακές διδακτικές σημειώσεις, Α.Π.Θ. Τμήμα Γεωλογίας, σ. 318.

Αστάρας Θ. (2010): Τηλεπισκόπηση-Φωτοερμηνεία στις γεωεπιστήμες. Γκιούρδας Εκδοτική, Αθήνα, σ. 451.

Ευαγγελόπουλος Α. (2003): Κατάσταση εκμετάλλευσης υπόγειων υδροφορέων υδρογεωλογικής λεκάνης Ανατολικής Θεσσαλίας (πεδιάδα Λάρισας).

Καλλέργης Γ. (1986): Εφαρμοσμένη υδρογεωλογία

Καλλέργης Γ., Παπανικολάου Ν. (1971): Γεωλογική και γεωφυσική έρευνα επί της στεγανότητας της λεκάνης Κάρλας.

Καλλέργης Γ., Σκαγιά Σ.Δ., Ι.Γ.Μ.Ε. (1980): Απογραφή καρστικών πηγών Ελλάδος ΙΙΙ Θεσσαλία.

Κουκίδου Ε., κ.α., 2009: «Οικολογική ποιότητα υδάτων σε επίπεδο λεκάνης απορροής. Περίπτωση Αξιού ποταμού». Μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών με τίτλο «Οικολογική ποιότητα και διαχείριση υδάτων σε επίπεδο λεκάνης απορροής» των τμημάτων Βιολογίας, Γεωλογίας και Πολιτικών Μηχανικών, Α.Π.Θ.

Κουκίδου Ε., κ.α., 2010: «Εφαρμογή μαθηματικών μοντέλων για την προσομοίωση του υπόγειου υδροφόρου συστήματος της λεκάνης Τυρνάβου», Μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών με τίτλο «Οικολογική ποιότητα και διαχείριση υδάτων σε

επίπεδο λεκάνης απορροής» των τμημάτων Βιολογίας, Γεωλογίας και Πολιτικών Μηχανικών, Α.Π.Θ.

Κουτσερής Ε. (2003): Γενικές κατευθύνσεις περιοχών NATURA 2000, SPA και διαχείριση υδάτινων πόρων (Οδηγία 2000/60), φορείς διαχείρισης και περιφερειακά άγρο-περιβαλλοντικά μέτρα.

Κωνσταντινίδης Δ., Περγιαλιώτης Π. (1986): Ανάπτυξη υπόγειων υδάτων Θεσσαλίας. Μαθηματικά μοντέλα. Αναρρύθμιση των μοντέλων υπόγειων υδροφορέων- Υπουργείο Γεωργίας, Δ/ση Γεωλογίας-Υδρολογίας.

Μαχαίρα Γρ. Α.Ε., Παπαρηγορίου Σ., Παπαγεωργίου- Τορτοπίδη Ν., Περλέρος Β., Λαζαρίδης ΑΤΕΜ, Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. (1998): Επαναδημιουργία λίμνης Κάρλας περιβαλλοντική- τεχνική έκθεση, μελέτη κόστους οφέλους και υποστηρικτικές μελέτες.

Μουντράκης Δ. (1985): Γεωλογία Ελλάδος, Θεσσαλονίκη, University Studio Press.

Παρασχούδη Β., Μαρίνου Π, Βαϊναλή Δ. Αθήνα (1989): Υδρογεωλογικά καρστικά και προσχωματικά συστήματα και σύνδεση των διαφόρων λεκανών της ευρύτερης περιοχής Βόλου-Κάρλας-Βελεστίνου-Περιβλέπτου.

Σούλιος Γ. (1986): Γενική υδρογεωλογία, πρώτος τόμος, University studio press, Θεσσαλονίκη.

Τσαντήλας Χ.Δ, Τσιτσίας Κ. (2003): Χρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων για άρδευση γεωργικών καλλιεργειών στη Θεσσαλία.

Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. (2008): Τεχνική Υποστήριξη της Κεντρικής Υπηρεσίας Υδάτων για την «Κατάρτιση του Μεσοχρόνιου Προγράμματος Προστασίας και Διαχείρισης του Υδατικού Δυναμικού της Χώρας». Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Εκπόνηση ΕΜΠ, Αθήνα.



ASTER user handbook, 2002.

Caputo R. (1990): Geological and structural study of the recent and brittle deformation of the Neogene-Quaternary basins of Thessaly (central Greece), PhD. Dissertation, Thessaloniki, Aristotle University of Thessaloniki.

Compagnie Generale de Geophysique, (1972): Reconnaissance par prospection electique dans la plaine de Thessalie (Grece), France, CGG.

Constandinidis D. (1978): Hydrodynamique d' un system aquifer heterogene. Hydrogeologie de la Thessalie orientale, Ph.D. dissertation, Grenoble, Universite

ENVI Brochure:. Get the Information You Need from Imagery.

Filintas A., Dioudis P., Koutseris E., Papadopoulos A. (2007): Soils nitrates GIS mapping, irrigation water and applied N-fertilizer effects in soils nitrogen depletion in a drip irrigated experimental field in Thessaly basin.

Karyotis Th., Panagopoulos A., Tasoglou S., (2003). Water quality in Thessaly and factors affecting pollution. Workshop "Lessons resulting from guidance document testing related to Art. 5 in Pilot River Basins", jointly organized by EUROPEAN COMMISSION and the JOINT RESEARCH CENTRE, in the framework of the EC pilot project "Integrated Testing in Pilot River Basins", Belgirate.

Koutseris E., Dioudis P., Filintas A. (2007): Strategic and operational environmental planning of aquatic resources in Thessaly basin in Greece.

Loukas A., and Vasiliades L. (2004): Probabilistic analysis of drought spatiotemporal

Panagopoulos A. (1996): A methodology for groundwater resources management of a typical alluvial aquifer system in Greece, Ph.D. dissertation. The University of Birmingham, Birmingham.

Panagopoulos A. , Karyotis A., Georgiou Th., Tsitouras Al., (2006). Groundwater natural background levels and threshold definition in the EASTERN Thessaly groundwater body (Pinios River Basin, Central Greece). Greek Case Study Report, BRIDGE Project, 23 p., http://nfp-at.eionet.europa.eu/irc/Download/kYqcU52kZC_elgMI1LURCUUpDHMDbdCSY4NZP0IHyztHfI_IP9fFEyRH_3GtTUmSzhyQChIFXPS1Oea4_--ov/Greek_Case_Study_Report_v2.doc.

Δικτυακοί τόποι

URL 1: <http://kireas.org>

URL 2: <http://www.parnitha.eu>

URL 3: <http://www.minenv.gr>

URL 4: <http://www.ypan.gr>

URL 5: <http://www.minagric.gr>

URL 6: www.itia.ntua.gr

URL 7: <http://www.thessalia.gr>

URL 8: <http://www.wikipedia.com>

URL 9: <http://www.magnesia-tourism.gr/magnesia/klima.asp>

URL 10: <http://www.pelion-paths.gr/Pelion-Nature.aspx?ln=gr>

URL 11: <http://www.iama.gr/ethno/faskomilo/Fwtiadis.pdf>



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Εικόνα 13: Σημείο παρατήρησης 1: Συντεταγμένες: N 39 18 47.8, E 023 04 54.5, θέση+4m, ύψος - 6m.



Εικόνα 14: Σημείο παρατήρησης 2: Συντεταγμένες: N 39 18 06.7, E 023 08 12.1, θέση+4m, ύψος 28m.



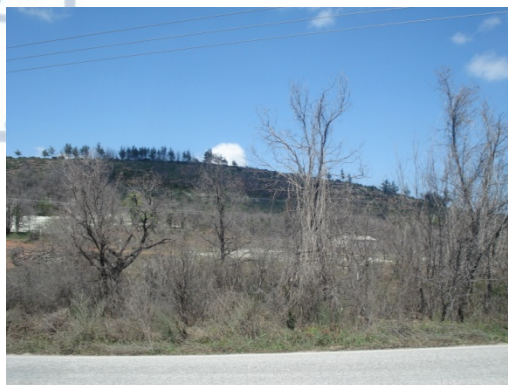
Εικόνα 15: Σημείο παρατήρησης 3: Συντεταγμένες: N 39 17 14.3, E 023 10 52.3 θέση: +4m, ύψος: 299m.



Εικόνα 16: Σημείο παρατήρησης 4: Συντεταγμένες: N 39 17 21.5, E 023 11 03.2, θέση: +3m, ύψος: 324m.



Εικόνα 17: Σημείο παρατήρησης 5: Συντεταγμένες: N 39 17 00.0, E 023 12 03.8, θέση: +/-5m, ύψος: 365m.



Εικόνα 18: Σημείο παρατήρησης 6: Συντεταγμένες: N 39 17 00.3, E 023 12 16.4, θέση: +4m, ύψος: 378m.



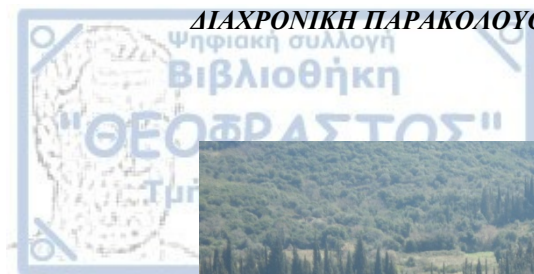
Εικόνα 19: Σημείο παρατήρησης 7: Συντεταγμένες: N 39 16 52.0, E 023 12 16.4, θέση: +4m, ύψος: 371m.



Εικόνα 20: Σημείο παρατήρησης 8: Συντεταγμένες: N 39 16 15.0, E 023 12 10.3, θέση: +5m, ύψος: 225m.



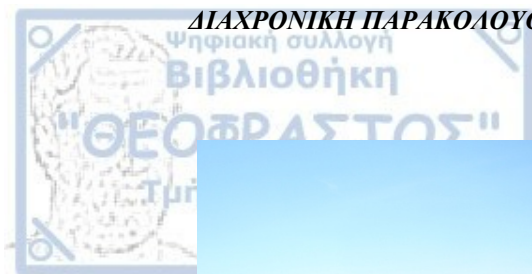
Εικόνα 21: Σημείο παρατήρησης 9: Συντεταγμένες: N 39 15 21.1, E 023 12 34.0, θέση: +11m, ύψος: 262m.



Εικόνα 22: Σημείο παρατήρησης 10: Συντεταγμένες: N 39 14 02.3, E 023 13 12.0, θέση: +5m, ύψος: 251m.



Εικόνα 23: Σημείο παρατήρησης 11: Συντεταγμένες: N 39 12 40.4, E 023 12 57.4, θέση: +13m, ύψος 231m.



Εικόνα 24: Σημείο παρατήρησης 12: Συντεταγμένες: N 39 12 29.7 E 023 13 12.1, θέση: +4m, ύψος: 193m.



Εικόνα 25: Σημείο παρατήρησης 13: Συντεταγμένες: N 39 14 06.8, E 023 14 45.1, θέση: +5m, ύψος: 362m



Εικόνα 26: Σημείο παρατήρησης 14: Συντεταγμένες: N 39 15 00.5, E 023 15 33.7, θέση: +3m, ύψος: 243m.



Εικόνα 27: Σημείο παρατήρησης 15: Συντεταγμένες: N 39 15 05.1, E 023 15 36.6, θέση: +3m, ύψος: 241m



Εικόνα 28: Σημείο παρατήρησης 16: Συντεταγμένες: N 39 15 04.4, E 023 15 38.6, θέση: +4m, ύψος: 230m



Εικόνα 29: Σημείο παρατήρησης 17: Συντεταγμένες: N 39 14 08.3, E 023 14 46.0, θέση: +3m, ύψος: 354m



Εικόνα 30: Σημείο παρατήρησης 18: Συντεταγμένες: N 39 14 02.7, E 023 14 42.9, θέση: +3m, ύψος: 363m



Εικόνα 31: Σημείο παρατήρησης 19: Συντεταγμένες: N 39 13 37.5, E 023 14 21.3, θέση: +3m, ύψος: 330m



Εικόνα 32: Σημείο παρατήρησης 20: Συντεταγμένες: N 39 13 16.2, E 023 13 33.3, θέση: +5m, ύψος: 307m



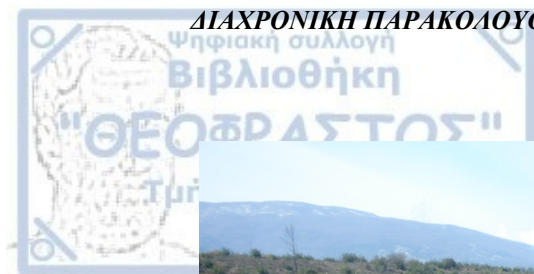
Εικόνα 33: Σημείο παρατήρησης 21: Συντεταγμένες: N 39 13 55.1, E 023 13 17.3, θέση: +3m, ύψος: 25m



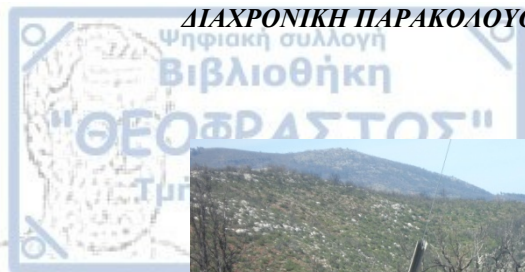
Εικόνα 34: Σημείο παρατήρησης 22: Συντεταγμένες: N 39 16 08.1, E 023 12 09.0, θέση: +4m, ύψος: 320m



Εικόνα 35: Σημείο παρατήρησης 23: Συντεταγμένες: N 39 16 27.5, E 023 12 45.1, θέση: +4m, ύψος: 359m



Εικόνα 36: Σημείο παρατήρησης 24: Συντεταγμένες: N 39 16 20.8, E 023 13 25.6, θέση: +3m, ύψος: 333m.



Εικόνα 37: Σημείο παρατήρησης 25: Συντεταγμένες: N 39 16 18.1, E 023 13 35.1, θέση: +3m, ύψος: 326m



Εικόνα 38: Σημείο παρατήρησης 26: Συντεταγμένες: N 39 16 24.1, E 023 14 01.7, θέση: +4m, ύψος: 340m



Εικόνα 39: Σημείο παρατήρησης 27: Συντεταγμένες: N 39 16 44.8, E 023 14 33.2, θέση: +5m, ύψος: 332m



Εικόνα 40: Σημείο παρατήρησης 28: Συντεταγμένες: N 39 17 00.4, E 023 15 22.7, θέση: +4m, ύψος: 320m



Εικόνα 41: Σημείο παρατήρησης 29: Συντεταγμένες: N 39 17 11.5, E 023 15 31.6, θέση: +4m, ύψος: 318m.



Εικόνα 42: Σημείο παρατήρησης 30: Συντεταγμένες: N 39 17 25.8, E 023 15 56.9, θέση: +4m, ύψος: 290m