



ΔΙΚΑΙΟΥΧΟΣ: Ερευνητικό Κέντρο Φρέντερικ

ΤΙΤΛΟΣ ΠΑΡΑΔΟΤΕΟΥ: ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΟΥ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ (3.6.2)

3.6.2.1 Έκθεση ανάδειξης θέσεων θεματικού ενδιαφέροντος σχετικά με τα «Στοιχεία Νερού» ως εργαλείο ενίσχυσης της ελκυστικότητας των περιοχών φυσικού και πολιτισμικού ενδιαφέροντος, και της βελτίωσης της προσβασιμότητας και ασφάλειας της επισκεψιμότητάς τους.

Ημερομηνία: Μάρτιος 2022

Το παραδοτέο αυτό ετοιμάστηκε από το Ερευνητικό Κέντρο Φρέντερικ (Frederick Research Center) στο πλαίσιο της πράξης *Υδάτινοι δρόμοι και ιστορίες στο E4 και στα Γεωπάρκα της Ανατολικής Μεσογείου* (Ακρωνύμιο: WaterWays), η οποία συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΤΠΑ) και εθνικούς πόρους της Ελλάδας και της Κύπρου στο πλαίσιο του Προγράμματος Συνεργασίας INTERREG-V Ελλάδα-Κύπρος 2014-2020.



Αναφορά κειμένου:

Νικόλας-Γιώργος Ηλιάδης, Roxanne Suzette Lorilla, Γιώργος Κεφαλάς (2022). Έκθεση ανάδειξης θέσεων θεματικού ενδιαφέροντος στην περιοχή Μαραθάσας – Αξιολογώντας της οικοσυστημικές υπηρεσίες της περιοχής και τους υδάτινους πόρους. *Υδάτινοι δρόμοι και ιστορίες στο E4 και στα Γεωπάρκα της Ανατολικής Μεσογείου* (Ακρωνύμιο: WaterWays). Ερευνητικό Κέντρο Φρέντερικ, Λευκωσία, Κύπρος.

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα	3
Κατάλογος Πινάκων	4
Κατάλογος Εικόνων.....	4
Περίληψη	6
1 Εισαγωγή.....	8
1.1 Η περιοχή μελέτης της Μαραθάσας.....	8
1.1.1 Το υδάτινο στοιχείο στην περιοχή της Μαραθάσας	12
1.1.2 Η Μαραθάσα ως περιοχή αναψυχής και ευεξίας	14
1.2 Η αποτίμηση των οικοσυστημικών υπηρεσιών και λειτουργιών των ορεινών περιοχών ...	15
1.2.1 Η οικολογική και λειτουργική αξία του νερού	18
1.3 Αντικείμενο μελέτης	18
2 Μεθοδολογία.....	19
2.1 Διαχρονική παρακολούθηση κάλυψης γης.....	19
2.1.1 Δορυφορικά δεδομένα	19
2.1.2 Προ-επεξεργασία και ταξινόμηση δορυφορικών εικόνων.....	20
2.1.3 Έλεγχος ακρίβειας ταξινομήσεων.....	25
2.1.4 Ανίχνευση Αλλαγών	25
2.2 Χαρτογράφηση οικοσυστημικών υπηρεσιών.....	26
2.2.1 Παροχή τροφής από καλλιέργειες.....	26
2.2.2 Παροχή πρώτων υλών από ξυλεία	27
2.2.3 Παροχή νερού	27
2.2.4 Ρύθμιση του κλίματος.....	27
2.2.5 Αποτροπή διάβρωσης.....	28
2.2.6 Διατήρηση σημαντικών πληθυσμών και ενδιαιτημάτων	30
2.2.7 Αναψυχή	31
2.2.8 Συνολική παροχή οικοσυστημικών υπηρεσιών.....	32
3 Αποτελέσματα	33
3.1 Διαχρονική παρακολούθηση κάλυψης γης.....	33
3.2 Χαρτογράφηση οικοσυστημικών υπηρεσιών.....	38
4 Συζήτηση – Συμπεράσματα	44
Βιβλιογραφία	47
Παραρτήματα	50

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Εκτάσεις και Ποσοστά Κάλυψης Χρήσεων/Καλύψεων γης (Πηγή: CLC, 2018).	9
Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά δορυφορικών εικόνων Landsat 5TM.	19
Πίνακας 3. Χαρακτηριστικά δορυφορικών εικόνων Landsat 8 OLI/TIRS.....	20
Πίνακας 4. Δείκτες Βλάστησης.	24
Πίνακας 5. Οι οικοσυστημικές υπηρεσίες που χαρτογραφήθηκαν καθώς και οι δείκτες υπολογισμού τους.	26
Πίνακας 6. Ποσότητα δεσμευμένου άνθρακα για κάθε κατηγορία κάλυψης γης.....	28
Πίνακας 7. Έλεγχος ακρίβειας ταξινόμησης για το έτος 1990.	33
Πίνακας 8. Έλεγχος ακρίβειας ταξινόμησης για το έτος 2000.	33
Πίνακας 9. Έλεγχος ακρίβειας ταξινόμησης για το έτος 2010.	34
Πίνακας 10. Έλεγχος ακρίβειας ταξινόμησης για το έτος 2021.	34
Πίνακας 11. Ποσοστό έκτασης οικοσυστημικών υπηρεσιών ανάλογα με την ένταση παροχής.....	39

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1. Χάρτης χρήσεων/Καλύψεων γης (Πηγή: CLC, 2018).	9
Εικόνα 2. Διάγραμμα πληθυσμιακών δεδομένων ανά κοινότητα για την περιοχή Μαραθάσας	11
Εικόνα 3. Αποτελέσματα ταξινομήσεων με βάση τις δύο προσεγγίσεις ανάλυσης.	21
Εικόνα 4. Βήματα αντικειμενοστραφούς ανάλυσης εικόνων.	21
Εικόνα 5. Σχήμα ταξινομικής διαδικασίας.....	23
Εικόνα 6. Κανόνας και αποτέλεσμα κατάτμησης εικόνας.....	24
Εικόνα 7. Κανόνες και αποτέλεσμα ταξινομικής διαδικασίας.	25
Εικόνα 8. Διάγραμμα μεθοδολογίας χαρτογράφησης οικοσυστημικής υπηρεσίας αναψυχής.	31
Εικόνα 9. Ποσοστό έκτασης των καλύψεων γης για τα έτη 1990, 2000, 2010 και 2021.	35
Εικόνα 10. Χάρτες καλύψεων γης για τα έτη 1990, 2000, 2010, 2021.....	36
Εικόνα 11. Χάρτες μεταβολών κάλυψης γης.....	37
Εικόνα 12. Συνολική Παροχή Οικοσυστημικών Υπηρεσιών.	38
Εικόνα 13. Οικοσυστημική Υπηρεσία: Παροχή Τροφής από Καλλιέργειες.	40
Εικόνα 14. Οικοσυστημική Υπηρεσία: Παροχή Ξυλείας.....	41
Εικόνα 15. Οικοσυστημική Υπηρεσία: Παροχή Νερού.....	41
Εικόνα 16. Οικοσυστημική Υπηρεσία: Ρύθμιση του Κλίματος.....	42
Εικόνα 17. Οικοσυστημική Υπηρεσία: Αποτροπή Διάβρωσης.	42
Εικόνα 18. Οικοσυστημική Υπηρεσία: Διατήρηση Σημαντικών Πληθυσμών και Ενδιαιτημάτων.	43
Εικόνα 19. Οικοσυστημική Υπηρεσία: Αναψυχή.....	43
Εικόνα 20. Οικοσυστημικές Υπηρεσίες: Παροχή Νερού και Αναψυχή, το υδρογραφικό δίκτυο και οι οικισμοί.....	46
Εικόνα 21. Συνολική Παροχή Οικοσυστημικών Υπηρεσιών & το Υδρογραφικό Δίκτυο.	50

Εικόνα 22. Οικοσυστημική Υπηρεσία: Παροχή Τροφής από Καλλιέργειες & το Υδρογραφικό Δίκτυο.	51
Εικόνα 23. Οικοσυστημική Υπηρεσία: Παροχή Ξυλείας & το Υδρογραφικό Δίκτυο.	52
Εικόνα 24. Οικοσυστημική Υπηρεσία: Αποτροπή Διάβρωσης & το Υδρογραφικό Δίκτυο.	53
Εικόνα 25. Οικοσυστημική Υπηρεσία: Διατήρηση Σημαντικών Πληθυσμών και Ενδιαιτημάτων & το Υδρογραφικό Δίκτυο.....	54
Εικόνα 26. Οικοσυστημική Υπηρεσία: Ρύθμιση του Κλίματος & το Υδρογραφικό Δίκτυο.	55
Εικόνα 27. Οικοσυστημική Υπηρεσία: Παροχή Νερού & το Υδρογραφικό Δίκτυο.	56
Εικόνα 28. Οικοσυστημική Υπηρεσία: Αναψυχή & το Υδρογραφικό Δίκτυο.	56

Περίληψη

Η ανθρώπινη ευημερία είναι σε μεγάλο βαθμό εξαρτώμενη από την ακεραιότητα των οικοσυστημάτων και των υπηρεσιών που προσφέρουν. Οι παρεχόμενες από τα οικοσυστήματα υπηρεσίες μπορεί να είναι υλικές, όπως η τροφή, η ξυλεία, το νερό κ.ά., αλλά και άυλες όπως είναι η ρύθμιση του κλίματος, η διατήρηση σημαντικών πληθυσμών και η αναψυχή. Κάνοντας ειδική μνεία στην υπηρεσία αναψυχής, η ανάδειξη και αξιοποίηση των ορεινών δασικών και παραδασόβιων οικοσυστημάτων, θεωρείται ένα κρίσιμο πεδίο διαλόγου για τη δημιουργία αναπτυξιακών στρατηγικών τέτοιων περιοχών. Ιδιαίτερα στον ορεινό Μεσογειακό όγκο, όπου παρατηρείται μία παρατεταμένη πληθυσμιακή συρρίκνωση και γήρανση, η ανάδειξη και η διαχείρισή τους θα πρέπει να θεωρείται ως το κύριο μέσω βιώσιμης ανάπτυξής τους. Μία τέτοια περίπτωση ορεινού Μεσογειακού όγκου, με την μείξη φυσικών οικοσυστημάτων και ορεινών κοινοτήτων, αποτελεί η περιοχή της Μαραθάσας. Η περιοχή της Μαραθάσας αποτελεί γεωγραφική περιοχή του ορεινού όγκου της οροσειράς του Τροόδους, και καταλαμβάνει έκταση ~208 Km², δηλαδή το 2,2% της ολικής έκτασης της Κύπρου. Η περιοχή ορίζεται από τα διοικητικά όρια των 14 κοινοτήτων της περιοχής, που ανήκουν στην Επαρχία Λευκωσίας (183 Km²): Γερακιές, Καλοπαναγιώτης, Κάμπος, Μηλικούρι, Μουτουλλάς, Οίκος, Πεδουλάς, Τσακίστρα και στην Επαρχία Λεμεσού (25 Km²): Άγιος Δημήτριος, Καμινάρια, Λεμύθου, Παλαιόμυλος, Πρόδρομος, Τρεις Ελιές. Το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής της Μαραθάσας, καταλαμβάνεται από τα κρατικά δάση Πάφου και Τροόδους.

Στο παραπάνω πλαίσιο, αντικείμενο της παρούσας μελέτης είναι η αξιολόγηση και ο καθορισμός των θεματικών περιοχών ανάδειξης του στοιχείου του νερού στην Μαραθάσα. Ειδικότερα, η μελέτη στοχεύει (i) στην ανάλυση της δυναμικής μεταβολής του δασικού τοπίου, (ii) στην διαχρονική χαρτογράφηση της παροχής βασικών οικοσυστημικών υπηρεσιών και (iii) στην ανάδειξη των περιοχών που δυνητικά μπορούν να αξιοποιηθούν για διάφορες αναπτυξιακές δραστηριότητες. Για την επίτευξη των παραπάνω το μεθοδολογικό πλαίσιο στηρίχθηκε σε δύο πυλώνες, όπου (i) έγινε η χαρτογράφηση της κάλυψης γης, για τέσσερις χρονιές μελέτης (1990, 2000, 2010, και 2021) με τη χρήση αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης και στη συνέχεια (ii) χαρτογραφήθηκαν εφτά, σημαντικές για την περιοχή της Μαραθάσας, οικοσυστημικές υπηρεσίες. Η χαρτογράφηση των οικοσυστημικών υπηρεσιών στηρίχθηκε σε δείκτες και πολυκριτηριακά μοντέλα τα οποία λαμβάνουν υπόψη τους τόσο τα δεδομένα κάλυψης γης που παρήχθησαν στο πλαίσιο της μελέτης, όσο και δεδομένα τα οποία διατίθενται χωρίς κόστος από εθνικούς και διεθνείς οργανισμούς/φορείς. Θα πρέπει να τονιστεί ότι, τόσο για τη χαρτογράφηση της κάλυψης γης όσο και των οικοσυστημικών υπηρεσιών, εφαρμόστηκαν μεθοδολογικές προσεγγίσεις οι οποίες μπορούν να αναπαραχθούν άμεσα, για την συστηματική παρακολούθηση της περιοχής μελέτης.

Τα αποτελέσματα της δυναμικής μεταβολής της κάλυψης γης ανέδειξαν την υψηλή δυναμική που υπάρχει στην περιοχή, καθώς κατά τη διάρκεια των τριάντα χρόνων μελέτης, η πυκνή δασική

βλάστηση παρουσίασε μία σχετική αύξηση κατά 25%, αντίθετα με τις γυμνές από βλάστηση περιοχές που μειώθηκαν κατά 59% από τις εκτάσεις που διατηρούσαν το 1990. Η δυναμική που παρουσιάστηκε στην κάλυψη γης είχε ως αποτέλεσμα και τη διαμόρφωση αντίστοιχης εικόνας και στην παροχή των οικοσυστημικών υπηρεσιών. Συγκεκριμένα, η τάση πύκνωσης της βλάστηση είχε ως αποτέλεσμα την αυξημένη παροχή στις υπηρεσίες «παροχής ξυλείας», «ρύθμισης του κλίματος» και «αποτροπής διάβρωσης». Αντίθετα, η ομογενοποίηση του τοπίου, όπως παρουσιάζεται από την αύξηση της πύκνωσης, είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της υπηρεσίας «διατήρηση σημαντικών πληθυσμών», δείκτης που στηρίζεται στην ποικιλότητα του τοπίου.

Το κύριο, όμως, αντικείμενο μελέτης του έργου σχετίζεται με το νερό και συγκεκριμένα τον καθορισμό θεματικών περιοχών ανάδειξης του πόρου. Έτσι, στην παρούσα μελέτη, το νερό χρησιμοποιήθηκε στη χαρτογράφηση δύο οικοσυστημικών υπηρεσιών (i) στην παροχή νερού και (ii) στην αναψυχή. Σχετικά με την υπηρεσία παροχής νερού, από τη χαρτογράφηση φάνηκε ότι η πλειονότητα εγκαταστάσεων παροχής νερού βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα της περιοχής, με εξαίρεση έναν πυρήνα γεωτρήσεων που εντοπίζεται στο κεντρικό τμήμα. Στην υπηρεσία αναψυχής, τα σημεία που συνδέονται με το νερό (γέφυρες και οι νερόμυλοι) έπαιξαν καθοριστικό ρόλο ως σημεία ανάδειξης. Χωρικά, η μέγιστη παροχή εντοπίζεται στο ανατολικό τμήμα της μελετώμενης περιοχής, και ιδιαίτερα σε περιοχές με σημαντικά πολιτιστικά χαρακτηριστικά/υποδομές και υψηλής ποιότητας φυσικά οικοσυστήματα. Παράλληλα, η παρουσία νερού είναι άμεσα συνδεδεμένη και με την ύπαρξη και ανάδειξη των οικισμών. Είναι χαρακτηριστικό ότι οι περιοχές όπου εντοπίζονται οικισμοί μαζί με παρουσία νερού, ή θέσεις με πολιτιστικά στοιχεία όπως νερόμυλοι, γέφυρες, κλπ., μπορούν να χαρακτηριστούν ως ένα *hot-spot* δραστηριοτήτων αναψυχής.

Εν κατακλείδι, η παρούσα μελέτη είναι ένα πρώτο βήμα για την ανάδειξη του φυσικού πλούτου της Μαραθάσας, δείχνοντας τις σημαντικές υπηρεσίες που προσφέρει ή που δύναται να προσφέρει. Παράλληλα, αποτελεί ένα πλαίσιο αξιολόγησης της περιοχής, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία ενός αναπτυξιακού σχεδίου με γνώμονα τις αρχές της βιώσιμης διαχείρισης των πόρων. Η βιώσιμη διαχείριση απαιτεί την υιοθέτηση μιας ολιστικής προσέγγισης στην ανάδειξη μιας περιοχής ως προς την κοινωνική, οικονομική και περιβαλλοντική αξία, συμβάλλοντας σημαντικά στην αποφυγή μακροπρόθεσμων συνεπειών στην ανθρώπινη ευημερία και στην οικολογική ακεραιότητα.

1 Εισαγωγή

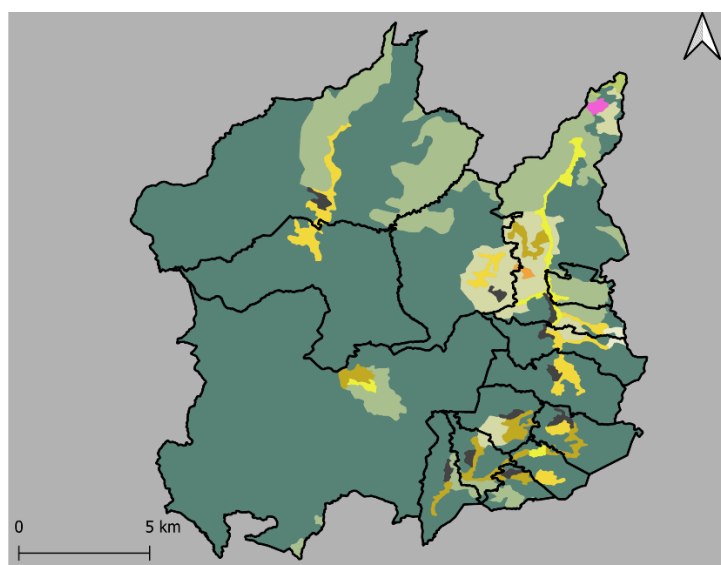
Το έργο «Υδάτινοι Δρόμοι και Ιστορίες στο Ε4 και στα Γεωπάρκα της Ανατολικής Μεσογείου» (Ακρωνύμιο: Waterways), αποσκοπεί στη βελτίωση και ενίσχυση της ελκυστικότητας περιοχών φυσικού και πολιτιστικού ενδιαφέροντος μέσω της προστασίας και ανάδειξης σημαντικών «στοιχείων νερού» στην περιοχή της Μαραθάσας στην Κύπρο και στην περιοχή της Σητείας στην Κρήτη. Η ανάδειξη του στοιχείου του νερού στην περιοχή Μαραθάσας και της ζωογόνου σημασίας που αυτό έχει για τον άνθρωπο και τη φύση, αποτελεί αναγνώριση του συγκριτικού πλεονεκτήματος της περιοχής αυτής, παρέχοντας μοναδικές αναπτυξιακές ευκαιρίες και δυνατότητες βιώσιμης ανάπτυξης των τοπικών κοινοτήτων και ανάδειξης τους σε γεωτουριστικούς προορισμούς αριστείας. Ως εκ τούτου, η πράξη WaterWays στοχεύει στο να προβάλει την αξία και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της γεωλογικής και πολιτιστικής κληρονομιάς της Μαραθάσας, ενισχύοντας έμμεσα και άμεσα την προστασία και διατήρηση του φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος και την ευαισθητοποίηση των πολιτών σχετικά με την κλιματική αλλαγή και την αειφόρο ανάπτυξη. Για τον σκοπό αυτό η πράξη έχει ενσωματώσει, μεταξύ άλλων, σειρά εργασιών για την αποτύπωση και ανάδειξη των «στοιχείων νερού» επί του μονοπατιού Ε4 αλλά και εντός του Γεωπάρκου Τροόδους, που εμπίπτουν στα όρια εξάπλωσης της Κοιλιάδας Μαραθάσας. Μέσα από την εργασία αυτή θα επιτευχθεί η αναγνώριση θέσεων και θεματικών περιοχών με ιδιαίτερο ενδιαφέρον ως προς την βελτίωση της ελκυστικότητας των περιοχών φυσικού και πολιτισμικού ενδιαφέροντος της περιοχής δράσης της Πράξης στην Κύπρο.

1.1 Η περιοχή μελέτης της Μαραθάσας

Η περιοχή της Μαραθάσας αποτελεί γεωγραφική περιοχή του ορεινού όγκου της οροσειράς του Τροόδους, και καταλαμβάνει έκταση ~208 Km², δηλαδή το 2,2% της ολικής έκτασης της Κύπρου. Η περιοχή της Μαραθάσας ορίζεται από τα διοικητικά όρια των 14 κοινοτήτων της περιοχής, που ανήκουν στην Επαρχία Λευκωσίας (183 Km²): Γερακιές, Καλοπαναγιώτης, Κάμπος, Μηλικούρι, Μουτουλλάς, Οίκος, Πεδουλάς, Τσακίστρα και στην Επαρχία Λεμεσού (25 Km²): Άγιος Δημήτριος, Καμινάρια, Λεμύθου, Παλαιόμυλος, Πρόδρομος, Τρεις Ελιές. Το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής της Μαραθάσας, καταλαμβάνεται από τα κρατικά δάση Πάφου και Τροόδους (Εικόνα 1, Πίνακας 1).

Οι ιστορικές αναφορές για την περιοχή της Μαραθάσας χάνονται μέσα στους αιώνες. Παρόλο που δεν υπάρχει ακριβής προσδιορισμός της πρώτης εγκατάστασης των οικισμών στην περιοχή της Μαραθάσας, αυτή εκτιμάται ότι σημειώθηκε κατά την περίοδο των αραβικών επιδρομών (647 - 965 μ.Χ.) (Πασχάλη 2013, Κουντούρης 2018), όταν οι κάτοικοι των παραλιακών περιοχών αναζήτησαν ασφαλέστερους χώρους στο εσωτερικό του νησιού. Επίσης, η κατά περιόδους ίδρυση κοινοτήτων που έχουν αναπτυχθεί στην περιοχή της Μαραθάσας, ενδέχεται να σχετίζεται με την εγκατάσταση και ανάπτυξη μοναστηριών που δημιουργήθηκαν στον ορεινό όγκο του νησιού κατά την Βυζαντινή περίοδο (325 μ.Χ. - 1192 μ.Χ.) (Κοκκινόφτας 1992). Η Μαραθάσα ως γεωγραφική περιοχή απαντάται

από τα Μεσαιωνικά χρόνια (κατά τη Βυζαντινή περίοδο στο νησί) (Μεγάλη Κυπριακή Εγκυκλοπαίδεια - Λήμμα 9, Κουντούρης 2018).



Χρήσεις/Καλύψεις Γης (CLC, 2018)

■ Δάση Κωνοφόρων	■ Ελαιώνες
■ Δάση Πλατυφύλλων	■ Δενδρώδεις Καλλιέργειες
■ Μεταβατική Βλάστηση	■ Αμπελώνες
■ Σκληροφυλλική Βλάστηση	■ Μικτές Αγροτικές Εκτάσεις
■ Αραιή Βλάστηση	■ Μη-Συνεχής Αστικός Ιστός
■ Αγροτικές Εκτάσεις με Στοιχεία Φυσικής Βλάστησης	■ Περιοχές Εξορύξεων

Εικόνα 1. Χάρτης χρήσεων/Καλύψεων γης (Πηγή: CLC, 2018).

Πίνακας 1. Εκτάσεις και Ποσοστά Κάλυψης Χρήσεων/Καλύψεων γης (Πηγή: CLC, 2018).

Κατηγορία Χρήσης/Κάλυψης γης	Ha	%
Δάση Κωνοφόρων	74.678,16	81,66
Δάση Πλατυφύλλων	28,25	0,03
Μεταβατική Βλάστηση	12.217,51	13,36
Σκληροφυλλική Βλάστηση	1898,15	2,08
Αραιή Βλάστηση	226,53	0,25
Αγροτικές Εκτάσεις με Στοιχεία Φυσικής Βλάστησης	645,68	0,71
Ελαιώνες	198,69	0,22
Δενδρώδεις Καλλιέργειες	829,55	0,91
Αμπελώνες	80,56	0,09
Μικτές Αγροτικές Εκτάσεις	310,34	0,34
Μη-Συνεχής Αστικό Ιστός	291,61	0,32
Περιοχές Εξορύξεων	41,77	0,05

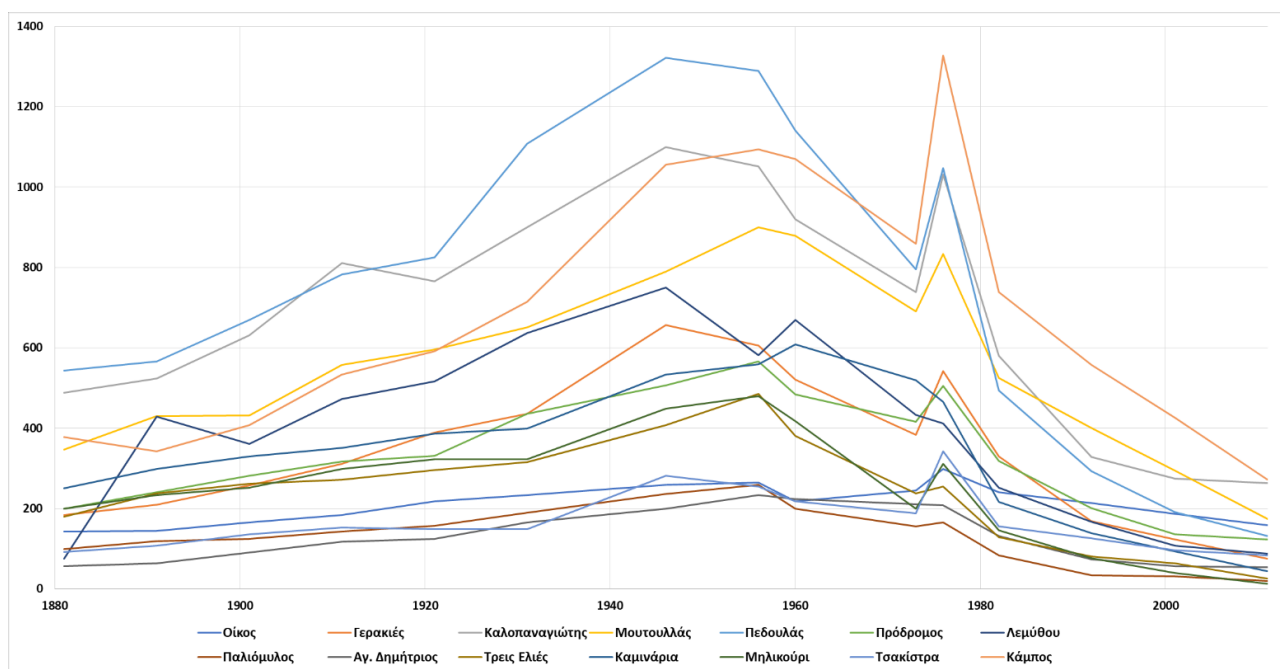
Το τοπίο της Μαραθάσας χαρακτηρίζεται από ορεινή τοπογραφία με ψηλές βουνοκορφές, με την υψηλότερη να είναι η κορυφή *North Shoulder* (North Shoulder), γνωστή και ως Κοκκινόροττος, στα νοτιοανατολικά της κοινότητας του Πεδουλά, με υψόμετρο 1709 m. Στην περιοχή της Μαραθάσας βρίσκεται και η κορυφή του Τριπύλου (1362 m), η οποία αποτελεί και την υψηλότερη κορυφή του Δάσους Πάφου. Στην περιοχή διακρίνονται τα πυριγενή πετρώματα, τα οποία μέσα από τις διάφορες αποθέσεις έχουν δώσει στην περιοχή σειρά άλλων πετρωμάτων όπως: χαρτζβουργίτη, δουνίτη,

βερλίτη, πυροξενίτη, γάββρους, πλαγιογρανίτες, διαβάση, ορίζοντα βάσης και πίλλου-λαβες (Μεγάλη Κυπριακή Εγκυκλοπαίδεια – Λήμμα 9, Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης 2002). Οι μηχανικές και χημικές ιδιότητες των πετρωμάτων αυτών συμβάλλουν ώστε να παρουσιάζουν διαφορετικό βαθμό αντίδρασης στα διάφορα διαβρωτικά φαινόμενα, με αποτέλεσμα να δημιουργούν ιδιαίτερα γεωμορφώματα μέσα από το πέρασμα των αιώνων (Μεγάλη Κυπριακή Εγκυκλοπαίδεια – Λήμμα 9, Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης 2002, Κωνσταντίνου και Παναγίδης 2013). Πετρώματα όπως οι δουνίτες και οι λάβες (που είναι σχετικά μαλακά πετρώματα) αποσαθρώνονται εύκολα δημιουργώντας ομαλές πλαγιές και αποστρογγυλωμένες κορυφές (Κωνσταντίνου και Παναγίδης 2013). Αντίθετα, πιο σκληρά πετρώματα όπως οι διαβάσεις και οι γράββροι, δίνουν τοπογραφία (τραχεία ή πιο ήπια) με βαθιές και στενές κοιλάδες με απότομες πλαγιές (Κωνσταντίνου και Παναγίδης 2013). Τα ιδιαίτερα αυτά γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής, έχουν οδηγήσει τους γεωεπιστήμονες να ενσωματώσουν την περιοχή της Μαραθάσας στο Γεωπάρκο Τροόδους. Είναι ενδεικτικό, άλλωστε, ότι εννέα (9) από του 50 γεώτοπους¹ του Γεωπάρκου βρίσκονται ενός της Μαραθάσας. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της περιοχής αποτελεί ο σχηματισμός φαραγγιών (με διάφορα μήκη και εκτάσεις), τα οποία προέκυψαν ως αποτέλεσμα από την μεταβολή της επιφάνειας της θάλασσας, και των θαλάσσιων αναβαθμίδων, αλλά και της εξέλιξης των ποταμών. Το φαινόμενο αυτό είναι αντιληπτό και στις μέρες μας, κατά μήκος του ποταμού Σέτραχου. Τα εδάφη της ευρύτερης περιοχής διακρίνονται στα πυριτιούχα εδάφη και στα φαιοχώματα (Μεγάλη Κυπριακή Εγκυκλοπαίδεια – Λήμμα 9). Τα πυριτιούχα εδάφη σχηματίστηκαν στα θρυμματισμένα λόγω μηχανικής αποσάθρωσης βασικά πυριγενή πετρώματα του Τροόδους. Τα εδάφη αυτά καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο τμήμα της Μαραθάσας. Όσο για τα φαιοχώματα, αυτά είναι αβαθή και αναπτύσσονται πάνω σε λάβες. Τέτοια εδάφη εμφανίζονται στο βόρειο τμήμα του χωριού Καλοπαναγιώτη και στο νοτιοδυτικό όριο του χωριού Μηλικουρίου (Μεγάλη Κυπριακή Εγκυκλοπαίδεια – Λήμμα 9).

Η Μαραθάσα, λόγω του ορεινού της ανάγλυφου, χαρακτηρίζεται από ψυχρούς χειμώνες και δροσερά καλοκαίρια. Οι μήνες Ιανουάριος και Φεβρουάριος είναι οι ψυχρότεροι μήνες του έτους, με την θερμοκρασία να καταγράφει τιμές κάτω του 0°C. Στις ψηλές κορυφές της Μαραθάσας σε υψόμετρο πάνω των 1000 m κατά τους χειμερινούς μήνες καταγράφεται χιονόπτωση (Μεγάλη Κυπριακή Εγκυκλοπαίδεια – Λήμμα 9). Η χιονόπτωση σημειώνεται όταν ψυχρά μέτωπα από τα δυτικά, ή ψυχρές πολικές ή αρκτικές αέριες μάζες από τα βόρεια, επηρεάζουν την Κύπρο. Οι ψηλότερες κορυφές της Μαραθάσας δέχονται μέση ετήσια βροχόπτωση 1000 mm, ενώ προς τις πεδινές περιοχές η μέση ετήσια βροχόπτωση μειώνεται σταδιακά μέχρι και τα 400 mm (Μεγάλη Κυπριακή Εγκυκλοπαίδεια – Λήμμα 9). Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες το κλίμα της περιοχής είναι δροσερό, με τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο να είναι οι πλέον θερμοί μήνες με μέση τιμή θερμοκρασίας ~28°C.

¹ <https://www.prettymap.gr/troodos/geosites/el.html>

Οι κλιματολογικοί παράγοντες σε συνδυασμό με το υδατικό ισοζύγιο της περιοχής λειτούργησαν καταλυτικά ώστε η δραστηριότητα της γεωργίας, όπως έχει αναφερθεί πιο πάνω, να αναπτυχθεί έντονα στην Μαραθάσα. Κατά τις αρχές της δεκαετίας του 1980, πριν, δηλαδή, να παρατηρηθεί το φαινόμενο της αστυφιλίας και της σταδιακής γήρανσης του πληθυσμού των κοινοτήτων της Μαραθάσας, το 98% της καλλιεργήσιμης γης χαρακτηριζόταν είτε από μόνιμες φυτείες (Μεγάλη Κυπριακή Εγκυκλοπαίδεια – Λήμμα 9), κυρίως φυλλοβόλων οπωροφόρων δέντρων (κερασιές, μηλιές, αχλαδιές, δασμασκηνιές και ροδακινιές), ή/και εσπεριδοειδών (λεμονιές, μανταρινιές, κλεμεντίνες και προτοκαλιές). Επίσης στην περιοχή υπήρχαν και ξηρικές καλλιέργειες, όπως αμπέλια, αμυγδαλιές και ελιές. Δημογραφικά στοιχεία των κοινοτήτων της Μαραθάσας αποτυπώνουν την πορεία των πληθυσμιακών διακυμάνσεων σε διάφορες χρονικές περιόδους, από τα τέλη του 19^{ου} αιώνα μέχρι και στις μέρες μας. Τα πληθυσμιακά δεδομένα της περιοχής μαρτυρούν την πληθυσμιακή αύξηση που είχε η Μαραθάσα από τα τέλη του 19^{ου} αιώνα (1881) μέχρι και τα μέσα του 20^{ου} αιώνα (1956), ενώ το φαινόμενο της αστυφιλίας, από τα τέλη της δεκαετίας του 1980 και μετά, φαίνεται να συνέβαλε σταδιακά στην μείωση του πληθυσμού στην περιοχή (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Διάγραμμα πληθυσμιακών δεδομένων ανά κοινότητα για την περιοχή Μαραθάσας

Από το διάγραμμα των δημογραφικών δεδομένων, πέρα από τον συνολικό αριθμό των κατοίκων της περιοχής Μαραθάσας, μπορεί να εξαχθούν και παρατηρήσεις αναφορικά με την κατανομή του πληθυσμού στις διάφορες κοινότητες. Εξετάζοντας αυτή την παράμετρο, διαπιστώνεται ότι οι κοινότητες της βόρειας Μαραθάσας (Πεδουλάς, Μουτουλλάς, Καλοπαναγιώτης, Οίκος, Γερακιές) και δυτικής Μαραθαθάσας (Κάμπος, Τσακίστρα, Μηλικούρι) παρουσίαζαν διαχρονικά πληθυσμιακή άνθηση σε σχέση με τις κοινότητες της νότιας Μαραθαθάσας (Πρόδρομος, Λεμούθου, Αγ. Δημήτριος, Παλιόμυλος, Τρεις Ελιές, Καμινάρια). Οι πληθυσμιακές σχέσεις των διαφόρων γεωγραφικών περιοχών της Μαραθαθάσας είναι άμεσα συνδεδεμένες με την οικονομική δραστηριότητα κυρίως στον

πρωτογενή τομέα της οικονομίας που είχε αναπτυχθεί στην περιοχή κατά τις διάφορες χρονικές περιόδους.

1.1.1 Το υδάτινο στοιχείο στην περιοχή της Μαραθάσας

Το έντονο ορεινό ανάγλυφο της Μαραθάσας αποτελεί τον ανώτερο υδροκρίτη (ορεινό τμήμα) λεκανών απορροής σημαντικών ποτάμιων συστημάτων του νησιού. Τα ποτάμια αυτά συστήματα, συνήθως δενδροειδούς τύπου, διακρίνονται από πλέγμα ρυακιών και ρεμάτων που σχηματίζουν κεντρικούς ποταμούς οι οποίοι διατηρούν τη ροή τους στη μεγαλύτερη διάρκεια του χρόνου. Εντούτοις, η παροχή τους διαφοροποιείται ανάλογα με την εποχή του έτους, με την μεγαλύτερη παροχή να παρατηρείται κατά τους χειμερινούς μήνες, ενώ κατά την περίοδο του καλοκαιριού η παροχή μειώνεται αισθητά. Οι ποταμοί που σχηματίζονται στη περιοχή της Μαραθάσας είναι οι ποταμοί Σέτραχος (Μάραθος), Ξερός, Λιμνίτης και Κάμπος, που χύνονται στον κόλπο της Μόρφου, καθώς και παραπόταμοι ή τμήματα των ποταμών Διαρίζου και Ξεροπόταμου που χύνονται στη νότια θαλάσσια περιοχή της επαρχίας Πάφου. Στην πορεία κάποιων από τους ποταμούς αυτούς, έχουν κατασκευαστεί φράγματα, των οποίων το νερό συγκράτησης αξιοποιείται για σκοπούς άρδευσης στις εγγύς σε αυτά περιοχές. Αυτά τα φράγματα είναι το φράγμα Καλοπαναγιώτη (έτος κατασκευής: 1966, χωρητικότητα: 363.000 m³), το φράγμα Καφίζιδων (έτος κατασκευής: 1953, χωρητικότητα: 113.000 m³), το φράγμα Τσακίστρας (έτος κατασκευής: 2000, χωρητικότητα: 100.000 m³), αλλά και το υδαφράγμα Προδρόμου (έτος κατασκευής: 1962, χωρητικότητα: 110.000 m³) (Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων 2009).

Ταυτόχρονα με την επιφανειακή ροή του νερού μέσα από το υδρογραφικό δίκτυο, καταλυτικό ρόλο ως προς το υδατικό ισοζύγιο της Μαραθάσας, διαδραματίζει η παρουσία του υπόγειου νερού. Του νερού δηλαδή που βρίσκεται στον υδροφόρο ορίζοντα της περιοχής. Στους σχηματισμούς των πετρωμάτων εντός της Μαραθάσας, όπως και όλης της οροσειράς του Τροόδους, διακρίνονται αριθμός ρηγμάτων (Κωνσταντίνου και Παναγίδης 2013). Ο τεκτονισμός, που συνόδευε την ανύψωση του Τροόδους και κατ' επέκταση και την περιοχή της Μαραθάσας, προκάλεσε τον έντονο θρυμματισμό των πετρωμάτων και τα κατέστησε υδροπερατά. Τα ρήγματα αυτά συμβάλλουν στον εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων της περιοχής, αφού μέσω αυτών γίνεται η κίνηση (και διήθηση) του επιφανειακού νερού, σε μεγάλα βάθη κατά μήκος ρηγμάτων, προς τα υπόγεια στρώματα των πετρωμάτων (Κωνσταντίνου και Παναγίδης 2013). Το γεωλογικό αυτό γεγονός αποτελεί και την κύρια αιτία εμφάνισης εκφόρτισης του υπόγειου νερού του, σε φυσικές πηγές σε διάφορα υψόμετρα. Ο υδροφόρος ορίζοντας της Μαραθάσας αποτελεί τμήμα του γενικότερου υδροφόρου ορίζοντα της οροσειράς του Τροόδους. Ο υδροφορέας Τροόδους αποτελεί τον πιο πολύπλοκο, παραγωγικό και δυναμικό υδροφορέα του νησιού, με χωρητικότητα που φτάνει περίπου τα 90 εκατομμύρια κυβικά μέτρα (m³) νερού². Οι πηγές στην οροσειρά του Τροόδους αποτέλεσαν τον

² http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/wdd.nsf/page72_gr/page72_gr?opendocument

πλέον καθοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη παραπλήσιων οικισμών, τόσο στην αρχαιότητα, όσο και στους νεότερους χρόνους, γιατί προμήθευαν το απαραίτητο νερό ολόκληρο το χρόνο, σε ένα νησί στο οποίο δεν βρέχει καθόλου το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου.

Ιδιαίτερη μνεία ως προς τα χαρακτηριστικά στοιχεία της υδρολογίας της Μαραθάσας, θα πρέπει να γίνει και στον σημαντικό αριθμό φυσικών πηγών που παρατηρούνται σε όλο το γεωγραφικό εύρος της περιοχής, καθώς επίσης και στο μοναδικό για το νησί φαινόμενο των θειούχων πηγών που απαντώνται σημειακά, στις κοινότητες Καλοπαναγιώτη³, Μουτουλλά και Τριών Ελιών (Κουντούρης 2018). Οι φυσικές πηγές που αναβλύζουν τόσο εντός οικισμών όσο και εντός των δασικών εκτάσεων της Μαραθάσας, αποτελέσαν πηγή ζωής για τους οικισμούς της Μαραθάσας, αλλά και για τη φύση της περιοχής. Το συγκρότημα πηγών Χάρτζιη κοντά στο χωριό Πρόδρομος, η πηγή στην Πλατάνια στον Πεδουλά, οι πηγές Μουχτάρη στη Λεμύθου, Αγίας Τριάδας στις Γερακιές, Ευρετούρες στον Κάμπο, η Κάτω Βρύση στον Μουτουλλά κ.ά., αποτέλεσαν σημεία αναφοράς για κάθε κοινότητα ξεχωριστά (Μεγάλη Κυπριακή Εγκυκλοπαίδεια - Λήμμα 9). Δεν είναι τυχαίο ότι η παρουσία των πηγών στις κοινότητες της Μαραθάσας, αποτέλεσε σημεία αναφοράς ως προς την ανάπτυξη αριθμού επαγγελματικών δραστηριοτήτων για τους κατοίκους της περιοχής (βλ. Πασχάλη 2013, Κουντούρης 2018). Η ανάπτυξη της γεωργικής δραστηριότητας, με την καλλιέργεια εκτάσεων με μόνιμες καλλιέργειες καρποφόρων δέντρων (φρουτόδεντρα), οι καρποί των οποίων εμπορεύονταν σε όλο το νησί, ήταν μια πτυχή από την διαθεσιμότητα νερού άρδευσης. Η παρουσία πηγών, άριστης ποιότητας νερού, συνέβαλε στην ανάπτυξη του επαγγέλματος του νερούλα (κυρίως στις κοινότητες Πεδουλά, Μουτουλλά και Καλοπαναγιώτη) που ασχολούνταν με την εμπορία του νερού, στην ανάπτυξη της βυρσοδεψίας με την επεξεργασία και εμπορία δερμάτων ζώων (κοινότητα Πεδουλά), του μεταξοσκωληκοτρόφου (σηροτρόφου), του μπογιατζή βρακών, του μυλωνά κ.ά. (βλ. Πασχάλη 2013, Κουντούρης 2018). Επίσης, η πλούσια παρουσία πηγών στα δάση, αλλά και ο πλούσιος υδροφόρος ορίζοντας, συνέβαλαν στην ανάπτυξη εκτεταμένων δασών στην ευρύτερη περιοχή της Μαραθάσας. Η εγγύτητα των δασών αυτών με τις κοινότητες της Μαραθάσας, αλλά και το δυναμικό παραγωγικό των δασικών αυτών εκτάσεων, συνέβαλαν στην ανάπτυξη των επαγγελμάτων του ξυλοκόπου/ ξυλέμπορα, του σκαφά (στην κοινότητα Μουτουλλά), του πισσά (δεν θα εξηγήσεις τι είναι ο πισσας;)κ.ά. Άξια αναφοράς για την περιοχή της Μαραθάσας αποτελεί η παρουσία των θειούχων πηγών, κυρίως στην κοινότητα Καλοπαναγιώτη, αλλά και στις κοινότητες Μουτουλλά και Τριών Ελιών. Οι πηγές αυτές, με ιδιαίτερες ιαματικές ιδιότητες ή/και χρηστικές ιδιότητες, αποτέλεσαν σημείο αναφοράς για την ανάπτυξη εμπορικών δραστηριοτήτων στις κοινότητες αυτές μέσα στους αιώνες (από την Ελληνιστική περίοδο μέχρι και λίγο πριν τα τέλη του 20^{ου} αιώνα – 1970). Το φαινόμενο των θειούχων πηγών στην περιοχή Μαραθάσας (Καλοπαναγιώτης, Τρεις Ελιές), παρουσιάζει ξεχωριστό ενδιαφέρον και ενδιαφέρουσες ιδιαιτερότητες, αφού τα πετρώματα της περιοχής δεν χαρακτηρίζονται από θειούχες ενώσεις. Τα θειούχα νερά, που πηγάζουν μέσα από τα πετρώματα του

³ <https://kalopanayiotis.com.cy/sightseeing/healing-waters/>

Τροόδους, αποκτούν τα μεταλλικά συστατικά τους (στα οποία οφείλονται και οι χημικές τους ιδιότητες) κατά τη διαδρομή τους μέχρι την επιφάνεια της Γης.

1.1.2 Η Μαραθάσα ως περιοχή αναψυχής και ευεξίας

Η Μαραθάσα διαχρονικά αποτέλεσε σημαντικό παραθεριστικό κέντρο στον ορεινό όγκο του νησιού. Από την Ελληνιστική περίοδο με τη λειτουργία του Ασκληπιείου⁴, λίγο πιο νότια από τη θέση που σήμερα βρίσκεται η Μονή του Αγίου Ιωάννη του Λαμπαδιστή (Καλοπαναγιώτης), η Μαραθάσα αποτελούσε προορισμό ξεκούρασης, αναψυχής και ευεξίας για τους βασιλείς των περιοχών της βόρειας ακτής του νησιού (Πασχάλη 2013). Ακόμη, κατά τη Βυζαντινή περίοδο, καθώς και την περίοδο της Ενετοκρατίας, ιστορικά κείμενα καταδεικνύουν την Μαραθάσα ως περιοχή την οποία επέλεγαν οι άρχοντες και οι βασιλείς του νησιού για αναψυχή (κυνήγι) και ξεκούραση (βλ. Πασχάλη 2013, Κουντούρης 2018).

Στο πιο πρόσφατο παρελθόν και συγκεκριμένα στη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα, οι κοινότητες της Βόρειας Μαραθάσας (Καλοπαναγιώτης και Μουτουλλάς) αλλά και η κοινότητα του Προδρόμου, αποτέλεσαν ξακουστά κέντρα τουριστικού προορισμού για ολόκληρο το νησί. Στην πλειοψηφία των κοινοτήτων αυτών είχαν αναπτυχθεί τουριστικές μονάδες, προσφέροντας υπηρεσίες υψηλής ποιότητας, δημιουργώντας ένα προϊόν αναψυχής που σε φήμη ξεπερνούσε τα όρια της Κύπρου. Στην προβολή της περιοχής ως τουριστικό θέρετρο αναδεικνυόταν η φυσική ομορφιά του τοπίου και το ιδιαίτερα δροσερό του κλίμα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, ενώ δεν ήταν λίγες οι περιπτώσεις προβολής και διαφήμισης των ιαματικών ιδιοτήτων των θειούχων νερών στις κοινότητες Καλοπαναγιώτη και Μουτουλλά (βλ. Κουντούρης 2018). Εντούτοις, μετά το 1960 η άνθηση της περιοχής ως τουριστικού προορισμού λαμβάνει μια αντίστροφη και σταδιακή φθίνουσα πορεία, αφού η ανάπτυξη άλλων τουριστικών περιοχών/ προορισμών στο νησί ή και ακόμη η στροφή της αγοράς τουρισμού σε άλλες μορφές αναψυχής, συνέβαλαν στην ολοένα και λιγότερη ζήτηση ευκαιριών αναψυχής και ξεκούρασης στον ορεινό όγκο του Τροόδους.

Σήμερα στην περιοχή της Μαραθάσας λειτουργεί μικρός αριθμός οργανωμένων ξενοδοχειακών μονάδων, στις κοινότητες Καλοπαναγιώτη και Πεδουλά, καθώς επίσης και μικρά αγροκαταλύματα σε άλλες κοινότητες. Επίσης, στην περιοχή έχει αναπτυχθεί ένα δίκτυο μονοπατιών μελέτης της φύσης, τα οποία, ανάλογα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους, προσφέρονται για περιπατητικές εξορμήσεις ή άλλες δραστηριότητες αναψυχής, από άτομα όλων των ηλικιακών ομάδων. Τα μονοπάτια βρίσκονται άλλοτε εντός δασικών εκτάσεων (υπό την ευθύνη του Τμήματος Δασών) αναδεικνύοντας στοιχεία της φύσης της περιοχής, άλλοτε εντός στοχευμένων γεωδιαδρομών προβάλλοντας στοιχεία του Γεωπάρκου Τροόδους, ή/και εντός των ορίων των κοινοτήτων της

⁴ <https://kalopanayiotis.com.cy/sightseeing/healing-waters/>

περιοχής, προβάλλοντας και αναδεικνύοντας σημεία πολιτιστικού, αρχαιολογικού και περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος.

Με την μεταβολή των κοινωνικών και οικονομικών δομών της κυπριακής κοινωνίας, οι ορεινές περιοχές του νησιού αποτελούν περισσότερο προορισμούς αναψυχής και εσωτερικού τουρισμού, παρά επιλογή μόνιμης εγκατάστασης και επαγγελματικής δραστηριότητας. Η Μαραθάσα είναι ένας αξιόλογος προορισμός αναψυχής ή/και θεματικού τουρισμού, αφού αποτελεί γεωγραφική περιοχή του νησιού με σημαντικά στοιχεία ανάδειξης και προβολής τόσο γεωλογικής, όσο και φυσικής και πολιτιστικής κληρονομιάς. Οι φυσικές πηγές, τα αγιάσματα, οι μόνες και εκκλησίες αγίων της Ορθόδοξης Εκκλησίας, με κάποιες εξ' αυτών να συμπεριλαμβάνονται στα Μνημεία του Παγκόσμιου Καταλόγου Πολιτιστικής Κληρονομιάς της Ουνέσκο, συμβάλλουν στην ανάπτυξη και στην προώθηση εκπαιδευτικών και γεωτουριστικών δραστηριοτήτων με ποιοτικά υψηλές προδιαγραφές.

Επίσης, από τα νότια όρια της περιοχής διέρχεται το Ευρωπαϊκό μονοπάτι μεγάλων αποστάσεων E4⁵. Το μονοπάτι E4 με αφετηρία το Γιβραλτάρ στην Ισπανία, διέρχεται από την Ισπανία, Γαλλία, Ελβετία, Γερμανία, Αυστρία, Ουγγαρία, Ρουμανία, Βουλγαρία, Ελλάδα (καταλήγοντας στην Κρήτη) και από εκεί εκτείνεται στην Κύπρο. Αποτελεί περιπατητική διαδρομή συνολικού μήκους 12.000 Km. Στην Κύπρο το Μονοπάτι E4⁶ έχει συνολικό μήκος 645 Km, και αφετηρία τις εγκαταστάσεις του Διεθνούς Αεροδρομίου Λάρνακας. Μέσα από πεζοπορία που διέρχεται από όλες τις επαρχίες της ελεύθερης Κύπρου, το Μονοπάτι καταλήγει στο Διεθνές Αεροδρόμιο Πάφου. Από την περιοχή της Μαραθάσας το E4 διέρχεται κατά 60 Km. Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι στα όρια της Μαραθάσας υπάρχουν οκτώ εκδρομικοί χώροι και ένας κατασκηνωτικός χώρος, υπό την ευθύνη του Τμήματος Δασών, υποδομές οι οποίες προσφέρουν στους επισκέπτες οργανωμένους χώρους αναψυχής και ημερήσιας εξόρμησης στη φύση.

1.2 Η αποτίμηση των οικοσυστημικών υπηρεσιών και λειτουργιών των ορεινών περιοχών

Τα φυσικά οικοσυστήματα και το περιβάλλον γενικότερα, παρέχουν σειρά υπηρεσιών, οι οποίες αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της λειτουργικής δομής των οικοσυστημάτων, ενώ ταυτόχρονα αποτελούν σημαντικά στοιχεία για την ανάπτυξη της ζωής και του ανθρώπινου πολιτισμού στον πλανήτη μας. Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ της δομής και των διαδικασιών του οικοσυστήματος, που αποτελούν τα δομικά στοιχεία των λειτουργιών του οικοσυστήματος, μπορεί να είναι φυσικές, χημικές ή βιολογικές (Costanza et al. 1997, TEEB 2010), συμβάλλοντας στις διαδικασίες που στηρίζουν την ικανότητα του οικοσυστήματος να παρέχει αγαθά και υπηρεσίες. Τα διάφορα αγαθά και υπηρεσίες που παρέχουν τα οικοσυστήματα προς τον άνθρωπο χαρακτηρίζονται ως ιδιαιτέρως

⁵ <https://www.era-ewv-ferp.org/e-paths/>

⁶ http://media.visitcyprus.com/media/eBrochures/ipod/E4_GREEK_cnt.pdf

σημαντικά για την υγεία και την ευημερία του. Μέσα από τη λειτουργική δομή των οικοσυστημάτων ο άνθρωπος λαμβάνει στοιχεία τροφής και νερού, ή επηρεάζεται έμμεσα από τη ρύθμιση του κλίματος, ή το περιβάλλον επιδρά καταλυτικά στην πνευματική εκπλήρωση και την αισθητική απόλαυσή του (Millennium Ecosystem Assessment 2005).

Η προσπάθεια αποτίμησης της αξίας των οικοσυστημικών υπηρεσιών που υποστηρίζονται από τα οικοσυστήματα της γης και ωφελούν τον άνθρωπο, συνέβαλε στην ανάπτυξη συγκεκριμένων συστημάτων ταξινόμησης των οικοσυστημικών υπηρεσιών. Τα συστήματα αυτά, τα οποία χαρακτηρίζονται από δυναμική φύση εξέλιξης και ανάπτυξης, όσο η γνώση γύρω από την έννοια των οικοσυστημικών υπηρεσιών ενισχύεται και εξελίσσεται, διακρίνονται στα εξής: (i) το *Millennium Ecosystem Assessment* (MA), (ii) την μελέτη ενσωμάτωσης της οικονομικής αξίας στα οικοσυστήματα και την βιοποικιλότητα (The Economics of Ecosystem and Biodiversity – TEEB) και (iii) την κοινή παγκόσμια ταξινόμηση οικοσυστημικών υπηρεσιών (Common International Classification of Ecosystem Services – CICES). Η MA είναι η πρώτη μεγάλης κλίμακας εκτίμηση των οικοσυστημάτων και παρέχει ένα πλαίσιο που έχει υιοθετηθεί και επεξεργαστεί περαιτέρω από τα TEEB και CICES. Η MA οργανώνει τις οικοσυστημικές υπηρεσίες σε τέσσερις βασικές κατηγορίες: (i) Υπηρεσίες παροχής (Provisioning services), (ii) Ρυθμιστικές υπηρεσίες (Regulating services), (iii) Πολιτιστικές υπηρεσίες (Cultural services) και (iv) Υπηρεσίες υποστήριξης (Supporting services). Η TEEB προτείνει μία τυπολογία τεσσάρων κύριων κατηγοριών, διαιρεμένων σε 22 οικοσυστημικές υπηρεσίες, ακολουθώντας την ταξινόμηση MA (TEEB 2010): (i) Υπηρεσίες παροχής (Provisioning services), (ii) Ρυθμιστικές υπηρεσίες (Regulating services), (iii) Υπηρεσίες βιοτόπων/ενδιατημάτων (Habitat services) και (iv) Πολιτιστικές υπηρεσίες (Cultural services). Μία σημαντική διαφορά που υιοθετήθηκε από την TEEB ήταν η παράλειψη των υπηρεσιών υποστήριξης, οι οποίες στην TEEB θεωρούνται ως ένα υποσύνολο των οικολογικών διαδικασιών. Αντιθέτως, οι υπηρεσίες βιοτόπων έχουν αναγνωρισθεί ως μία ξεχωριστή κατηγορία για να επισημανθεί η σημαντικότητα των οικοσυστημάτων να παρέχουν βίοτοπο σε μεταναστευτικά είδη και είδη «προστάτες των γονιδίων». Έτσι, η ιεραρχική δομή της κατηγοριοποίησης κατά CICES έχει σχεδιαστεί με τρόπο τέτοιο ώστε οι κατηγορίες σε κάθε επίπεδο να μην αλληλεπικαλύπτονται. Οι κατηγορίες στα κατώτερα επίπεδα υιοθετούν τα χαρακτηριστικά ή τις ιδιότητες των ανώτερων επιπέδων. Ως αποτέλεσμα, η κατηγοριοποίηση αυτή μπορεί να θεωρηθεί ως μία αυστηρή ταξινόμηση των οικοσυστημικών υπηρεσιών (Haines-Young and Potschin 2013). Έτσι, σύμφωνα με την CICES, οι οικοσυστημικές υπηρεσίες παρέχονται με τη μορφή: (i) Προμηθευτικών υπηρεσιών (Provisioning services), (ii) Ρυθμιστικών υπηρεσιών και υπηρεσιών Διατήρησης (Regulating and Maintenance services), και (iii) Πολιτιστικών υπηρεσιών (Cultural services).

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει ραγδαία αύξηση μελετών εκτίμησης των οικοσυστημικών υπηρεσιών καθώς αποτελούν ένα σημαντικό εργαλείο προώθησης και κατανόησης της σημαντικότητας των οικοσυστημάτων (Burkhard and Maes 2017). Ένα από τα ζητούμενα της μελέτης των οικοσυστημικών υπηρεσιών αποτελεί η χαρτογράφηση και η αξιολόγηση των τύπων οικοσυστημάτων και των

υπηρεσιών που προσφέρουν στους ανθρώπους⁷. Η Ευρωπαϊκή Ένωση αναγνωρίζει τη σημαντικότητα της χαρτογράφησης των οικοσυστημικών υπηρεσιών για τη στήριξη πολιτικής, λόγω του μεγάλου εύρους εφαρμογών, όπως η αύξηση ευαισθητοποίησης (*awareness raising*), η ρύθμιση προτεραιοτήτων (*priority setting*) και η λήψη αποφάσεων (*decision making*) (Burkhard and Maes 2017). Μέσα από την χαρτογραφική απεικόνιση των οικοσυστημικών υπηρεσιών των οικοσυστημάτων σε διάφορες κλίμακες (τοπική, περιφερειακή, εθνική, ευρωπαϊκή), επιτυγχάνεται η παρουσίαση των πραγματικών συνθηκών στο χώρο, ενώ αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για την μετάδοση σύνθετων δεδομένων και πληροφοριών για τη σημαντικότητα των οικοσυστημάτων. Όσον αφορά την αποτίμηση, συμβάλλει στη βελτίωση της λήψης αποφάσεων, εξασφαλίζοντας ότι οι πολιτικές πρακτικές λαμβάνουν πλήρως υπόψη το κόστος και τα οφέλη του φυσικού περιβάλλοντος και τονίζουν τις επιπτώσεις μη βιώσιμων πολιτικών στην ανθρώπινη ευημερία.

Ωστόσο, σύμφωνα με τους Renard et al. (2015) η χωρική καταγραφή και αποτύπωση των οικοσυστημικών υπηρεσιών για μία μόνο χρονική στιγμή δεν αρκεί για την ενσωμάτωσή τους στον σχεδιασμό του τοπιακού χώρου. Επιπλέον, αναφέρουν ότι η υιοθέτηση μίας ιστορικής προσέγγισης σε θέματα οικολογίας δείχνει τις επιδράσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στα τοπία και στις λειτουργίες των οικοσυστημάτων. Οι λειτουργίες που επιτελούνται σε ένα οικοσύστημα είναι το υποσύνολο των αλληλεπιδράσεων μεταξύ της δομής αυτού και των διαδικασιών που στηρίζουν την ικανότητα του οικοσυστήματος να παρέχει αγαθά και υπηρεσίες. Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ της δομής και των διαδικασιών του οικοσυστήματος, που αποτελούν τα δομικά στοιχεία των λειτουργιών του οικοσυστήματος, μπορεί να είναι φυσικές, χημικές ή βιολογικές (Costanza et al. 1997, TEEB 2010).

Η χαρτογράφηση οικοσυστημικών υπηρεσιών είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων που αφορά τη διαχείριση προστατευόμενων περιοχών. Η επιλογή των κατάλληλων οικοσυστημικών υπηρεσιών είναι απαραίτητο να γίνεται σύμφωνα με τον στόχο της μελέτης, τη σημαντικότητα χαρτογράφησης τους για την περιοχή μελέτης και την ύπαρξη των απαραίτητων δεδομένων. Ειδικότερα, για τη μελέτη οικοσυστημικών υπηρεσιών σε μία προστατευόμενη περιοχή, οι υπηρεσίες ρύθμισης και διατήρησης και οι πολιτιστικές υπηρεσίες δεν πρέπει να λείπουν, ενώ οι υπηρεσίες παροχής κατέχουν μικρότερο αλλά όχι ασήμαντο ρόλο. Η μελέτη επίδρασης αποσκοπεί στον εντοπισμό μελλοντικών συνεπειών προτεινόμενων δράσεων για την παροχή πληροφοριών στη λήψη αποφάσεων. Η χαρτογράφηση οικοσυστημικών υπηρεσιών μπορεί να συμβάλει στη μείωση πιθανότητας μη υλοποίησης ενός έργου ή στην μείωση της καθυστέρησης ενεργειών λόγω απρόβλεπτων συνεπειών, βελτιώνοντας έτσι τα συνολικά αποτελέσματα ενός προτεινόμενου έργου (Burkhard and Maes 2017).

⁷ https://edozoume.gr/wp-content/uploads/2021/03/A3Brochure3High_FINAL-compressed.pdf

1.2.1 Η οικολογική και λειτουργική αξία του νερού

Το νερό αποτελεί έναν από τους θεμελιώδεις φυσικούς πόρους για τη ζωή στον πλανήτη μας, ενώ αποτέλεσε από τα προϊστορικά χρόνια αναπόσπαστο κομμάτι σύστασης κάθε πολιτισμού, καθορίζοντας τη βιωσιμότητα ολόκληρων λαών. Είναι χαρακτηριστικό ότι το νερό αποτελεί το κύριο συστατικό στοιχείο του πλανήτη μας, αφού καλύπτει σχεδόν το 70% της επιφάνειας της Γης, προσδίδοντάς της και τον χαρακτηρισμό *υδρόγειος*, δηλαδή ύδωρ + γη. Μέσα από την εμπάθυνση της γνώσης για τους υδάτινους πόρους, είναι πλέον αποδεκτό ότι οι υδάτινες πηγές, τα ποτάμια και τα υδάτινα σώματα της γης είναι ανανεώσιμες, αλλά όχι ανεξάντλητες ή σταθερής ποιότητας ως προς τα χαρακτηριστικά του νερού (Φράγκου και Καλλής 2010). Επίσης, το νερό στους υπόγειους υδροφορείς (υπόγεια ύδατα) ανανεώνεται, αλλά σε πολλές των περιπτώσεων με αργό ρυθμό που πρακτικά το καθιστά πεπερασμένο πόρο.

Άξια αναφοράς αποτελεί η μελέτη των βροχομετρικών στοιχείων των τελευταίων 100 χρόνων, για το σύνολο της Κύπρου. Τα στοιχεία αυτά καταδεικνύουν ότι ο συνολικός όγκος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (βροχής και χιονιού) στην Κύπρο ανέρχεται στα 4600 εκατομμύρια m³ (κυβικά μέτρα) τον χρόνο. Από αυτά, τα 3500 εκατομμύρια m³, δηλαδή του 80% των κατακρημνισμάτων επιστρέφουν ξανά στην ατμόσφαιρα μέσω εξάτμισης και διαπνοής, τα 600 εκατομμύρια m³ ρέουν επιφανειακά, ενώ τα υπόλοιπα 450 εκατομμύρια m³ διεισδύουν στο έδαφος και εμπλουτίζουν τους υπόγειους υδροφορείς⁸.

1.3 Αντικείμενο μελέτης

Αντικείμενο της μελέτης αυτής αποτελεί η αξιολόγηση και ο καθορισμός των θεματικών περιοχών ανάδειξης του στοιχείου του νερού στην Μαραθάσα, εφαρμόζοντας χαρτογραφικές μεθόδους αναλύσεων και αποτίμησης του πόρου αυτού. Για το σκοπό αυτό θα διεξαχθεί ανάλυση της χωροχρονικής αποτύπωσης καλύψεων γης, καθώς επίσης και χωροχρονική αξιολόγηση των οικοσυστημικών υπηρεσιών και λειτουργιών στην περιοχή μελέτης.

Επίσης, η μελέτη θα περιλαμβάνει αναλυτική περιγραφή της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε τόσο για τη χαρτογράφηση όσο και για την εκτίμηση των οικοσυστημικών υπηρεσιών στην περιοχή μελέτης.

⁸<http://www.troodos-geo.org/cgibin/hweb?-A=11&-V=troodos>

2 Μεθοδολογία

2.1 Διαχρονική παρακολούθηση κάλυψης γης

2.1.1 Δορυφορικά δεδομένα

Τα χαρτογραφικά αποτελέσματα των χρήσεων/καλύψεων γης αποτελούν το κυριότερο δεδομένο για τη χαρτογράφηση οικοσυστημικών υπηρεσιών. Τέτοια δεδομένα συχνά προέρχονται από την ανάλυση δορυφορικών δεδομένων ή/και από επιτόπια έρευνα. Γνωρίζοντας την επίδραση των μεταβολών χρήσεων/καλύψεων γης στην παροχή οικοσυστημικών υπηρεσιών, τα δεδομένα αυτά έχουν μεγάλη αξία στην κατανόηση των αλλαγών στη ροή των οικοσυστημικών υπηρεσιών (Burkhard & Maes, 2017). Έτσι, για τη χαρτογράφηση της κάλυψης γης χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικές εικόνες Landsat 5 TM και Landsat 8 OLI για τα έτη 1990, 2000, 2010 και 2021, με ημερομηνίες καταγραφής. Η λήψη των εικόνων έγινε μέσω της πλατφόρμας <https://earthexplorer.usgs.gov/>, η οποία παρέχει πληθώρα γεωχωρικών δεδομένων, όπως δεδομένα ενεργητικής και παθητικής τηλεπισκόπησης, ψηφιακά μοντέλα εδάφους, αεροφωτογραφίες, δορυφορικά δεδομένα (εμπορικά και μη), και δεδομένα χρήσεων/καλύψεων γης.

Landsat 5 TM

Οι εικόνες από τον δορυφόρο Landsat 5 TM (χρησιμοποιήθηκαν για τα έτη 1990, 2000 και 2010) κατέγραφαν δεδομένα από επτά κανάλια του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Γεωμετρικά, τα δεδομένα έχουν διακριτική ικανότητα 30 μέτρων, εκτός του θερμικού καναλιού, το οποίο έχει ανάλυση 120 μέτρα (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά δορυφορικών εικόνων Landsat 5TM.

Φασματικό κανάλι	Μήκος κύματος (μm)	Όνομα/ φασματική θέση	Διακριτική ικανότητα (m)
1	0.485	Μπλε	30
2	0.560	Πράσινο	30
3	0.660	Κόκκινο	30
4	0.830	Εγγύς Υπέρυθρο 1	30
5	1.650	Εγγύς Υπέρυθρο 2	30
6	11.450	Θερμικό Υπέρυθρο	120
7	2.215	Μέσο Υπέρυθρο	30

Landsat 8 OLI

Οι εικόνες από τον δορυφόρο Landsat 8 OLI/TIRS (χρησιμοποιήθηκαν για το έτος 2021) καταγράφουν δεδομένα από έντεκα κανάλια του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Γεωμετρικά, τα δεδομένα έχουν διακριτική ικανότητα 30 μέτρων, εκτός των θερμικών καναλιών που έχουν 100 μέτρα και του πανχρωματικού που έχει 15 μέτρα (Πίνακας 3).

Πίνακας 3. Χαρακτηριστικά δορυφορικών εικόνων Landsat 8 OLI/TIRS.

Φασματικό κανάλι	Μήκος κύματος (μm)	Όνομα/ φασματική θέση	Διακριτική ικανότητα (m)
1	0.44	Μπλε	30
2	0.560	Πράσινο	30
3	0.660	Κόκκινο	30
4	0.830	Εγγύς Υπέρυθρο 1	30
5	1.650	Εγγύς Υπέρυθρο 2	30
6	11.450	Θερμικό Υπέρυθρο	120
7	2.215	Μέσο Υπέρυθρο	30

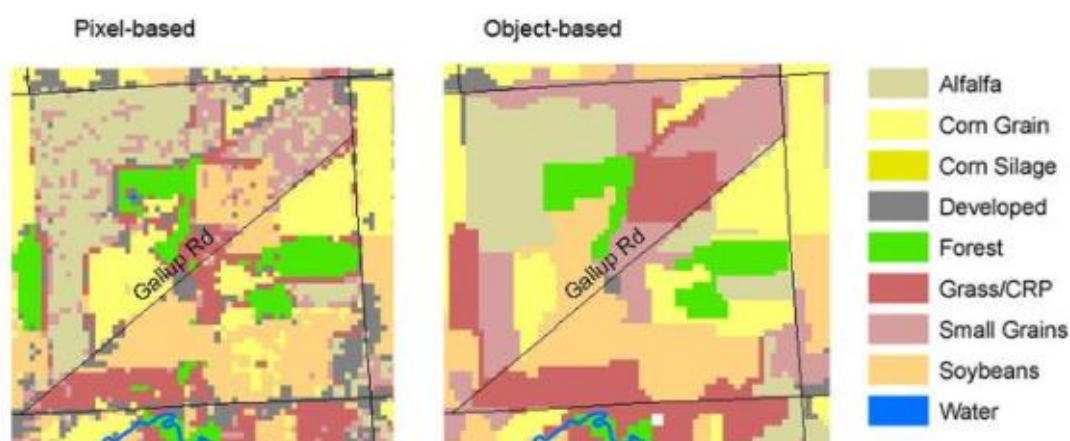
2.1.2 Προ-επεξεργασία και ταξινόμηση δορυφορικών εικόνων

Το στάδιο της προ-επεξεργασίας των δορυφορικών εικόνων σχετίζεται με τη ραδιομετρική και γεωμετρική διόρθωση των εικόνων. Κατά τις διαδικασίες αυτές βελτιώνεται η ποιότητα των εικόνων κάνοντας εφικτή την εύρεση και αξιολόγηση των ανθρωπογενών και φυσικών χαρακτηριστικών μιας περιοχής με μεγαλύτερη ακρίβεια. Για τους σκοπούς του παρόντος έργου λήφθηκαν γεωμετρικά διορθωμένες εικόνες σε Επίπεδο 1 (γεωμετρική διόρθωση σε *UTM WGS84*). Ως προς τις ραδιομετρικές/ατμοσφαιρικές διορθώσεις εφαρμόστηκε απόλυτη ατμοσφαιρική διόρθωση με τη χρήση του αλγορίθμου Απομάκρυνσης Σκοτεινότερου Αντικειμένου (*Dark Object Subtraction - DOS*) στο λογισμικό *ENVI 5.5*.

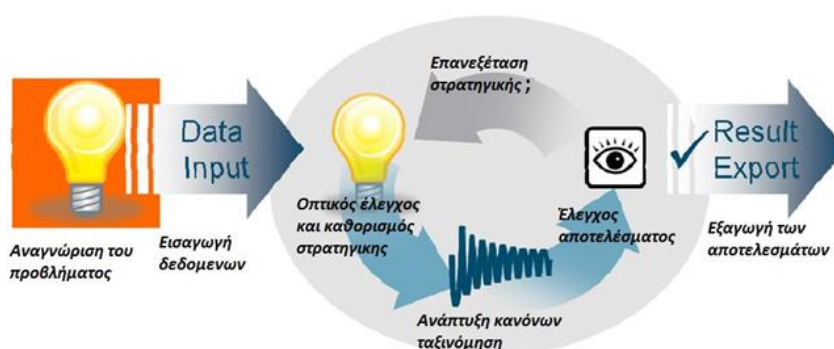
Η χαρτογράφηση των καλύψεων γης, βασίστηκε στις αρχές της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης (*Object-oriented image analysis – OBIA*), όπου το βασικό της πλεονέκτημα, σε σχέση με την ανάλυση της οποίας η χωρική μονάδα είναι το εικονοστοιχείο (*pixel-based classification*), είναι η δημιουργία αντικειμένων, τα οποία αναπαριστούν οντότητες με εννοιολογική σημασία (όπως αντικείμενα με ίδια

φασματικά χαρακτηριστικά, όμοια χαρακτηριστικά μεγέθους/σχήματος κλπ.). Με τον τρόπο αυτό, μειώνεται αισθητά το φαινόμενο του «αλατοπίπερου» (*salt-and-pepper effect*) που είναι εμφανές στις ταξινομήσεις με χωρική μονάδα το εικονοστοιχείο (Εικόνα 3). Για τους σκοπούς της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης έχουν δημιουργηθεί λογισμικά που εξειδικεύονται αποκλειστικά σε αυτό (π.χ. *eCognition Developer*), ή έχουν ενταχθεί αλγόριθμοι αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης σε νεότερες εκδόσεις παραδοσιακών λογισμικών τηλεπισκόπησης (π.χ. *ENVI 5*).

Η αντικειμενοστραφής ταξινόμηση εικόνων στηρίζεται σε τρία βασικά βήματα, όπως αποτυπώνεται και στην εικόνα 4. Το πρώτο βήμα είναι, πέραν από την αναγνώριση του προβλήματος και την είσοδο των δεδομένων σε κάποιο ειδικό λογισμικό, ο οπτικός έλεγχος που καθορίζει τους βασικούς άξονες που θα πλαισιώσουν την ταξινόμηση. Στη συνέχεια, αναπτύσσονται μία σειρά κανόνων ταξινόμησης, οι οποίοι ελέγχονται και αναθεωρούνται σε περιπτώσεις όπου το αποτέλεσμα δεν είναι το επιθυμητό.



Εικόνα 3. Αποτελέσματα ταξινομήσεων με βάση τις δύο προσεγγίσεις ανάλυσης.



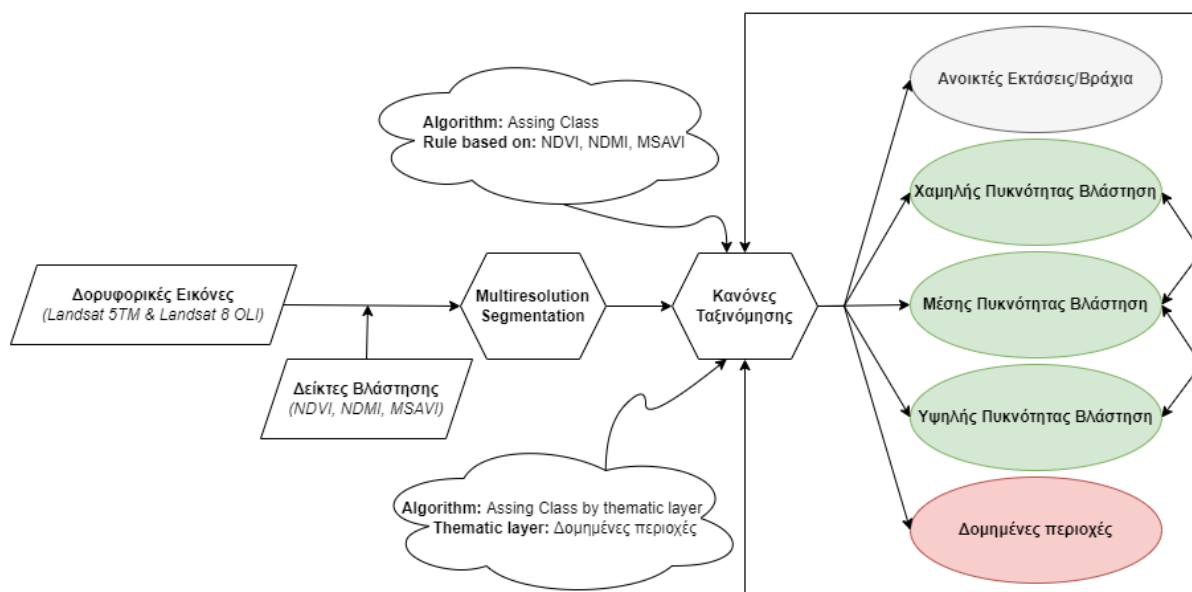
Εικόνα 4. Βήματα αντικειμενοστραφούς ανάλυσης εικόνων.

Σε τεχνικό επίπεδο, το πρώτο στάδιο ανάλυσης είναι η κατάτμηση των δορυφορικών εικόνων σε αντικείμενα. Η διαδικασία αυτή είναι καθοριστική για την εξέλιξη και την ποιότητα/ακρίβεια των χαρτογραφικών αποτελεσμάτων. Στόχος της κατάτμησης είναι να δημιουργηθούν αντικείμενα, όσο το δυνατόν μεγαλύτερα, αλλά και όσο μικρότερα απαιτούνται, για να αποδίδεται στο κάθε

αντικείμενο παρόμοια πληροφορία. Από την κατάτμηση παράγονται τα πρωτογενή δεδομένα, που χρησιμοποιούνται στη συνέχεια για περαιτέρω επεξεργασία. Το λογισμικό *eCognition Developer*, που χρησιμοποιείται για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης, επιτρέπει στον χρήστη τον καθορισμό τριών βασικών παραμέτρων: (i) την παράμετρο κλίμακας (*scale parameter*), που επηρεάζει το μέσο μέγεθος των αντικειμένων, (ii) το χρώμα (*color*), που ρυθμίζει την επιρροή του χρώματος των εικονοστοιχείων στον σχηματισμό των αντικειμένων, και (iii) την ομαλότητα/συμπαγότητα (*smoothness/compactness*), που σχετίζεται με το πόσο συμπαγή ή όχι θα είναι τα αντικείμενα που θα δημιουργηθούν. Το δεύτερο στάδιο είναι η δημιουργία της ιεραρχικής δομής των κλάσεων της ταξινόμησης. Η ιεράρχηση των κλάσεων συνίσταται για την οργάνωσή τους, μέσω της διάκρισης των κλάσεων, σε μητρικές και θυγατρικές. Επίσης, η διαδικασία αυτή επιτρέπει τη δημιουργία τοπολογικών δομών, όπου επιτρέπεται να γίνονται ταξινομήσεις σε διαφορετικές κλίμακες ταυτοχρόνως (Baatz, 2000).

Αφού καθοριστούν τα αντικείμενα και δημιουργηθεί η ιεραρχική δομή των κλάσεων, ο χρήστης διαμορφώνει μία σειρά από κανόνες. Η εφαρμογή των κανόνων μπορεί να γίνεται είτε σταδιακά (με ιεραρχικό τρόπο), είτε στο σύνολό τους, αφού πρώτα κάθε κατηγορία κάλυψης χαρακτηρίζεται με βάση τα φασματικά χαρακτηριστικά, το σχήμα ή/και την τραχύτητά της. Κατά τη διαμόρφωση των κανόνων, τις περισσότερες φορές γίνεται χρήση και της ασαφούς λογικής, καθώς με τον τρόπο αυτό παρέχεται η δυνατότητα διαχείρισης των σφαλμάτων, που προέρχονται από πιθανόν λανθασμένες εκτιμήσεις (Molenaar, 1998). Είναι σημαντικό να γραφτεί ότι η στρατηγική που ακολουθείται στην αντικειμενοστραφή ταξινόμηση επηρεάζει και την τακτική που ακολουθείται στην προηγούμενη διαδικασία, αυτή της κατάτμησης της εικόνας. Αυτό συμβαίνει καθώς τα προς ταξινόμηση αντικείμενα θα πρέπει να είναι αντίστοιχα της κλάσης στην οποία θα ταξινομηθούν, υπό την έννοια του μεγέθους, του σχήματος, του προσανατολισμού και άλλων τοπολογικών χαρακτηριστικών. Έτσι, η κατάτμηση είναι το συστατικό και το προπαρασκευαστικό βήμα για την αντικειμενοστραφή ταξινόμηση (Συλλαίος et al., 2007).

Σχετικά με τη διαδικασία που εφαρμόστηκε στην παρούσα εργασία, η ταξινόμηση βασίστηκε σε ένα ταξινομικό επίπεδο στο οποίο χαρτογραφήθηκαν πέντε διαφορετικές καλύψεις γης (Εικόνα 5), και συγκεκριμένα (i) οι ανοικτές εκτάσεις και τα βράχια, (ii) η χαμηλής-, (iii) η μέσης- και (iv) η υψηλής-πυκνότητας βλάστηση, καθώς και οι αστικές/δομημένες περιοχές. Για την κατάτμηση των εικόνων, χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος *multiresolution segmentation*, όπου ορίστηκαν οι τιμές 15, 0,1 και 0,8 για τις παραμέτρους *scale parameter*, σχήματος, και συνάφειας, αντίστοιχα. Η ταξινομική διαδικασία εφαρμόστηκε εξ ολοκλήρου με τη χρήση σαφών κανόνων (*crisp rules*) σε επιλεγμένους δείκτες βλάστησης, που παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.

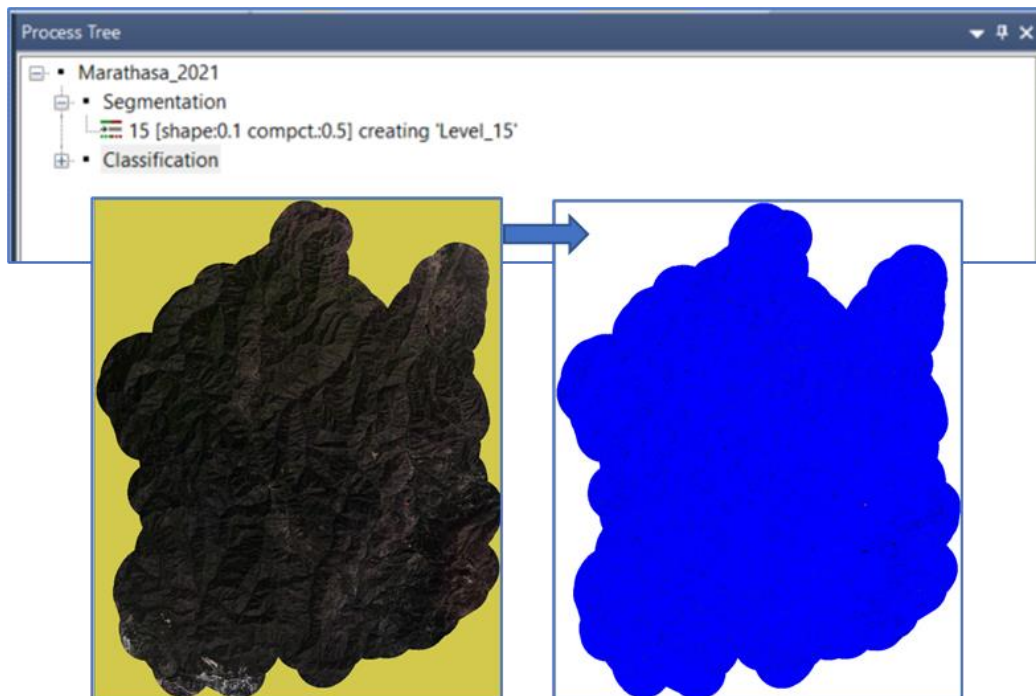


Εικόνα 5. Σχήμα ταξινομικής διαδικασίας.

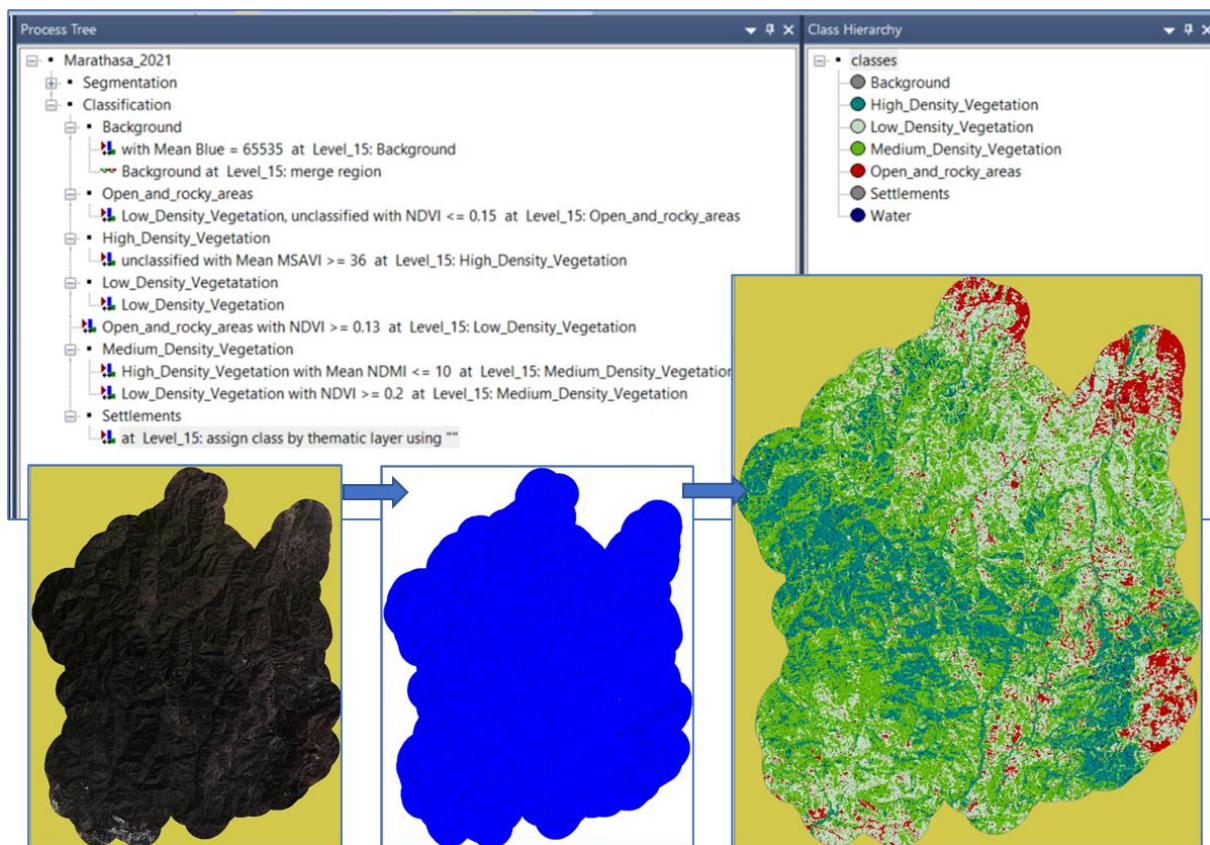
Η ροή της ταξινόμησης ακολούθησε την ιεραρχική δομή, όπου αρχικά έγινε ο διαχωρισμός του υποβάθρου και της περιοχής μελέτης με τη χρήση του δείκτη φωτεινότητας (*Brightness*), με τις χαμηλότερες τιμές να διακρίνουν το υπόβαθρο. Στη συνέχεια, με τη χρήση του Κανονικοποιημένου Δείκτη Βλάστησης (*Normalized Differencing Vegetation Index – NDVI*), διαχωρίστηκαν οι περιοχές που καλύπτονταν με βλάστηση από αυτές με ανοικτές εκτάσεις/βράχια. Στη συνέχεια με βάση τον Κανονικοποιημένο Δείκτη Βλάστησης *NDVI*, τον Κανονικοποιημένο Δείκτη Υγρασίας (*Normalized Differencing Moisture Index – NDMI*) και τον Τροποποιημένο Εδαφικός - Προσαρμοσμένο Δείκτη Βλάστησης (*Modified Soil-Adjusted Vegetation Index - MSAVI*), έγινε η διάκριση και η ταξινόμηση των τριών κατηγοριών βλάστησης, όπου οι αυξημένες τιμές και των τριών δεικτών αναφέρονται σε υψηλότερης πυκνότητας βλάστηση. Τέλος, μέσω θεματικού επιπέδου, που προέκυψε από ψηφιοποίηση πολύ-υψηλής ανάλυσης (*very-high resolution*) εικόνας, ταξινομήθηκαν οι δομημένες περιοχές. Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά την διαδικασία της ταξινόμησης, αναπτύχθηκαν κανόνες οι οποίοι διορθώνουν και επαναταξινομούν αντικείμενα που ταξινομήθηκαν σε πρώιμο στάδιο σε κάποιο επίπεδο πυκνότητας βλάστησης. Παρακάτω, παρατίθενται εικόνες (Εικόνες 6 και 7) που παρουσιάζουν την ταξινομική διαδικασία μέσα από το λογισμικό.

Πίνακας 4. Δείκτες Βλάστησης.

Δείκτης βλάστησης	Εξίσωση
Normalized Differencing Vegetation Index (NDVI)	$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$
Modified Soil-Adjusted Vegetation Index (EVI)	$MSAVI = \frac{2\rho_{NIR} + 1 - \sqrt{(2\rho_{NIR} + 1)^2 - 8(\rho_{NIR} - \rho_{red})}}{2}$
Normalized Differencing Moisture Index (NDMI)	$NDMI = \frac{NIR - SWIR1}{NIR + SWIR1}$



Εικόνα 6. Κανόνας και αποτέλεσμα κατάτμησης εικόνας.



Εικόνα 7. Κανόνες και αποτέλεσμα ταξινομικής διαδικασίας.

2.1.3 Έλεγχος ακρίβειας ταξινομήσεων

Στο πλαίσιο της μελέτης, ο έλεγχος ακρίβειας ταξινόμησης έγινε μέσω σημειακών δεδομένων ελέγχου (*ground-truth data*) που συλλέχθηκαν από οπτική ερμηνεία σε εικόνες πολύ υψηλής ανάλυσης (*very-high resolution*) και αεροφωτογραφίες. Για τον υπολογισμό του ελάχιστου αριθμού δειγμάτων δεδομένων ελέγχου, εφαρμόστηκε η μέθοδος που προτάθηκε από τους Congalton et al. (1990). Στη συνέχεια δημιουργήθηκαν πίνακες σύγχυσης (*confusion matrices*), απ' όπου υπολογίστηκαν οι δείκτες ολικής ακρίβειας (*overall accuracy*), η ακρίβεια αναλυτή και χρήστη (*producer's and user's accuracy*), καθώς και ο στατιστικός δείκτης Kappa.

2.1.4 Ανίχνευση Αλλαγών

Η ανίχνευση μεταβολών των καλύψεων γης έγινε με μετα-ταξινομικές τεχνικές, όπου δημιουργήθηκαν πίνακες μεταβολών (*transition matrices*) και χάρτες που παρουσιάζουν τις εκτάσεις που παρέμειναν σταθερές και αυτές που μεταβλήθηκαν. Για τους σκοπούς αυτής της ανάλυσης, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcGIS Pro V2.9.

2.2 Χαρτογράφηση οικοσυστημικών υπηρεσιών

Για τη χαρτογράφηση των οικοσυστημικών υπηρεσιών στην περιοχή μελέτης χρησιμοποιήθηκε ως βάση η «Κοινή Παγκόσμια Ταξινόμηση Οικοσυστημικών Υπηρεσιών» (CICES), απ' όπου ήταν δυνατό να υπολογιστούν συνολικά επτά υπηρεσίες. Η επιλογή των οικοσυστημικών υπηρεσιών βασίστηκε στη σημαντικότητά τους στο πλαίσιο μελέτης του έργου, καθώς και στα διαθέσιμα δεδομένα που παρασχέθηκαν. Ειδικότερα, χαρτογραφήθηκαν δύο οικοσυστημικές υπηρεσίες παροχής, τρεις υπηρεσίες ρύθμισης και διατήρησης, καθώς και μία πολιτισμική οικοσυστημική υπηρεσία (Πίνακας 5).

Πίνακας 5. Οι οικοσυστημικές υπηρεσίες που χαρτογραφήθηκαν καθώς και οι δείκτες υπολογισμού τους.

Κατηγορία	Οικοσυστημική Υπηρεσία	Δείκτης Χαρτογράφησης	Απαιτούμενα Δεδομένα
Υπηρεσίες Παροχής	Παροχή τροφής από καλλιέργειες	Παρουσία καλλιεργήσιμων εκτάσεων	1
	Παροχή πρώτων υλών από ξυλεία (MT)	Ποσοστό εκτάσεων με δυνατότητα παροχής ξυλείας	2
	Παροχή Νερού (WS)	Γεωτρήσεις/Ταμιευτήρες	3
Υπηρεσίες Ρύθμισης και Διατήρησης	Ρύθμιση του κλίματος (CR)	Υπόγεια και υπέργεια δέσμευση του άνθρακα	2, 4
	Αποτροπή διάβρωσης (EP)	Αποτροπή από τη διάβρωση	2, 5, 6,7
	Διατήρηση σημαντικών πληθυσμών και ενδιαιτημάτων (NS)	Δείκτης ποικιλότητας τοπίου (<i>Shannon's Diversity Index</i> (SHDI))	2
Πολιτισμικές Υπηρεσίες	Αναψυχή (RC)	Δείκτης ικανότητας για αναψυχή	2, 5, 8, 9

Απαιτούμενα Δεδομένα:

- 1: Δεδομένα χρήσεων γης CORINE
- 2: Δεδομένα καλύψεων γης
- 3: Σημειακά και διανυσματικά αρχεία αποτύπωσης γεωτρήσεων και ταμιευτήρων
- 4: Πίνακες όπου αναγράφονται οι δεσμευμένοι τόνοι άνθρακα ανά εκτάριο κάλυψης γης
- 5: Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους
- 6: Πλεγματικό αρχείο εδαφικής διάβρωσης (K-factor)
- 7: Πλεγματικό αρχείο διάβρωσης προερχόμενης από τη βροχόπτωση (R-factor)
- 8: Διανυσματικά αρχεία μονοπατιών
- 9: Σημειακά αρχεία σημείων ενδιαφέροντος

2.2.1 Παροχή τροφής από καλλιέργειες

Για την υπηρεσία «διατροφής από καλλιέργειες» απομονώθηκαν από τα δεδομένα χρήσεων γης του CORINE, μόνο οι κατηγορίες εκείνες που αφορούν τις αγροτικές καλύψεις (αγροτικές εκτάσεις με

στοιχεία φυσικής βλάστηση, ελαιώνες, δενδρώδεις καλλιέργειες, αμπελώνες, μικτές αγροτικές εκτάσεις) για τη δημιουργία του δείκτη «παρουσίας καλλιεργήσιμων εκτάσεων». Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο δείκτης αναφέρεται στις εκτάσεις που δυνητικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για γεωργική δραστηριότητα και όχι στο παραγωγικό δυναμικό της περιοχής. Λόγω της διαθεσιμότητας των δεδομένων CORINE, η συγκεκριμένη οικοσυστημική υπηρεσία χαρτογραφήθηκε για τα έτη 2000, 2012 και 2018.

2.2.2 Παροχή πρώτων υλών από ξυλεία

Η χαρτογράφηση της οικοσυστημικής υπηρεσίας «παροχή πρώτων υλών από την ξυλεία» συνήθως γίνεται είτε μέσω της εκτίμησης του όγκου ξυλείας και των προϊόντων που εξάγονται από αυτή, είτε μέσω της χαρτογράφησης/εκτίμησης της βιομάζας (Sutherland et al., 2016). Παρόλα αυτά όμως, καθώς η λεπτομερής και ακριβής εκτίμηση των παραπάνω παραμέτρων απαιτεί εκτεταμένες εργασίες στο πεδίο, όλο και συχνότερα χρησιμοποιούνται δείκτες τηλεπισκόπησης ή/και δεδομένα χρήσεων/καλύψεων γης (Lorilla et al., 2018). Έτσι, λαμβάνοντας υπόψη τα διαθέσιμα δεδομένα καθώς και την έκταση της μελετώμενης περιοχής, για τη χαρτογράφηση αυτής της οικοσυστημικής υπηρεσίας χρησιμοποιήθηκαν τα παραγόμενα από τη μελέτη δεδομένα καλύψεων γης. Συγκεκριμένα, για κάθε χρονιά μελέτης απομονώθηκαν οι κατηγορίες καλύψεων που αφορούν τις δασικές καλύψεις γης με σκοπό τη δημιουργία ενός δείκτη αποτύπωσης του ποσοστού εκτάσεων που μπορούν να παρέχουν ξυλεία.

2.2.3 Παροχή νερού

Για τη χαρτογράφηση της οικοσυστημικής υπηρεσίας «παροχή νερού» χρησιμοποιήθηκαν σημειακά και διανυσματικά χωρικά δεδομένα γεωτρήσεων και ταμιευτήρων, αντίστοιχα. Συγκεκριμένα, με τη χρήση του εργαλείου *Kernel – density*, που παρέχεται στο λογισμικό ArcGIS Pro, υπολογίστηκε η πυκνότητα και εγγύτητα των πηγών παροχής νερού εντός της περιοχής μελέτης. Να σημειωθεί ότι λόγω περιορισμένων δεδομένων, η συγκεκριμένη υπηρεσία χαρτογραφήθηκε μόνο για μία χρονιά μελέτης.

2.2.4 Ρύθμιση του κλίματος

Καθώς η υπηρεσία παροχής του κλίματος, τις περισσότερες φορές, εκφράζεται από παράγοντες που επηρεάζουν τις κλιματικές μεταβολές και όχι από διάφορες κλιματικές μεταβλητές, οι μέθοδοι που ακολουθούνται είναι κυρίως προσεγγίσιμες (Cushman et al., 2006). Η πιο κοινή μέθοδος χαρτογράφησης της υπηρεσίας αυτής είναι η ποσοτικοποίηση του χερσαίου αποθέματος άνθρακα στο έδαφος και στη βλάστηση με τη χρήση δεδομένων καλύψεων γης. Άλλωστε, όπως αναφέρεται και στην παγκόσμια επιστημονική βιβλιογραφία, η σχέση ανάμεσα στις διάφορες χρήσεις/καλύψεις γης και στη δέσμευση του άνθρακα είναι πολύ ισχυρή, επιτρέποντας τη χρήση τέτοιων δεδομένων για τον υπολογισμό/χαρτογράφηση της υπηρεσίας ρύθμισης του κλίματος. Έτσι, στη μελέτη αυτή

εφαρμόστηκε η προσέγγιση των Maes et al. (2012), όπου τα παραγόμενα από τη μελέτη δεδομένα κάλυψης γης αντιστοιχήθηκαν με δεδομένα αποθήκευσης άνθρακα. Παράλληλα, αξιοποιήθηκε και η μελέτη των Ma et al. (2019), όπου κάθε κατηγορία κάλυψης γης χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένη ποσότητα δεσμευμένου άνθρακα στο φύλλωμα της βλάστησης και στο έδαφος. Συγκεκριμένα, κάθε τύπος κάλυψης γης ταξινομήθηκε ως προς την ποσότητα δέσμευσης (τόνοι (t) ανά εκτάριο (ha)) υπέργειας βιομάζας, υπόγειας βιομάζας, εδαφικού άνθρακα και νεκρής οργανικής ύλης. Οι προαναφερθέντες τέσσερις παράγοντες αθροίστηκαν, με σκοπό την εκτίμηση της συνολικής ποσότητας άνθρακα που δεσμεύεται από κάθε κατηγορία κάλυψης γης (Πίνακας 6).

Πίνακας 6. Ποσότητα δεσμευμένου άνθρακα για κάθε κατηγορία κάλυψης γης

(Προσαρμοσμένο από Ma et al. 2019).

Κατηγορία κάλυψης γης	Υπέργεια βιομάζα (t/ha)	Υπόγεια βιομάζα (t/ha)	Νεκρή οργανική ύλη (t/ha)	Εδαφικός άνθρακας (t/ha)	Συνολική ποσότητα δεσμευμένου άνθρακα (t/ha)
Υψηλής πυκνότητας βλάστηση	87.00	21.75	5.11	85.05	198.91
Μέσης πυκνότητας βλάστηση	3.82	10.68	0.36	81.0	95.86
Χαμηλής πυκνότητας βλάστηση	0.16	0.64	0.00	86.39	90.19
Ανοικτές Εκτάσεις/Βράχια	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

2.2.5 Αποτροπή διάβρωσης

Η οικοσυστημική υπηρεσία «αποτροπή διάβρωσης» στοχεύει στη χαρτογράφηση και αξιολόγηση μίας περιοχής όσον αφορά τη συγκράτηση του εδάφους. Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης χρησιμοποιήθηκε η προσέγγιση που προτάθηκε από τους Guerra et al. (2016), η οποία βασίζεται στην παγκόσμια εξίσωση απώλειας εδάφους (*Universal Soil Loss Equation – USLE*). Η βάση αυτής της μεθοδολογίας λαμβάνει υπόψη μία σειρά παραγόντων βλάστησης, εδάφους, βροχόπτωσης, και τοπογραφίας, σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$A = R \times LS \times K \times C \times P$$

Όπου: A: η ποσότητα της απώλειας του εδάφους, R: η διαβρωσιμότητα λόγω βροχόπτωσης, LS: ο παράγοντας τοπογραφίας, K: η επιφανειακή απορροή, C: ο παράγοντας κάλυψης από βλάστηση και P: ο παράγοντας πρακτικών διατήρησης.

Για την εκτίμηση της οικοσυστημικής υπηρεσίας διαμορφώνεται η παραπάνω εξίσωση στους τρεις πρώτους παράγοντες για τη δημιουργία της διαθρωτικής επίπτωσης (*Structural impact-Y*) με τη χρήση της εξίσωσης $Y=R \times LS \times K$, και η μείωση της επίπτωσης (*ES mitigated impact*) που καθορίζεται από $\beta_e = Y \times a$ (όπου $a = C$). Έτσι, ακολουθώντας τις παραπάνω εξισώσεις, η πραγματική παροχή της υπηρεσίας αποτροπής διάβρωσης υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Es = Y - \beta_e.$$

Αναλυτικότερα οι παράγοντες που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

R-factor

Είναι ο παράγοντας που υπολογίζει τη διάβρωση των εδαφών που προκαλείται από τη βροχόπτωση. Ο υπολογισμός του παράγοντα στηρίζεται στη μέση μηνιαία βροχόπτωση και στη συνολική ετήσια βροχόπτωση. Η σχέση υπολογισμού είναι:

$$R = 10^{1.93 \times \log \sum \frac{p_i^2}{P} - 1.52}$$

όπου: p_i η μέση μηνιαία βροχόπτωση του μήνα i και P η συνολική ετήσια βροχόπτωση. Να σημειωθεί, ότι ο δείκτης λήφθηκε υπολογισμένος από το *Joint Research Centre*, και κρατήθηκε σταθερός για τους υπολογισμούς της υπηρεσίας σε κάθε χρονιά μελέτης.

LS-factor

Είναι ο παράγοντας επιρροής της τοπογραφίας στα διαβρωτικά φαινόμενα, και υπολογίζεται από την σχέση:

$$LS = \left(flowacc \times \frac{[cell\ resolution]}{22,1} \right)^{0,4} \times \left(\frac{\sin(slopedeg \times 0.01745)}{0.09} \right)^{14} \times 1.4$$

Όπου: *flowacc*: η συσσωρευμένη ροή, *cell resolution*: η χωρική διακριτική ικανότητα του πλεγματού αρχείου και *slope*: το επίπεδο κλίσεων εκφρασμένο σε μοίρες. Καθώς κατά τη διάρκεια των 30 ετών μελέτης δεν αναμένονται μεταβολές στο ανάγλυφο της περιοχής, ο παράγοντας παρέμεινε σταθερός για τους υπολογισμούς της υπηρεσίας σε κάθε χρονιά μελέτης.

K-factor

Ο παράγοντας K είναι μία εμπειρική προσέγγιση του βαθμού ευπάθειας ενός συγκεκριμένου εδαφικού τύπου στις διεργασίες διάβρωσης. Για την εκτίμηση του παράγοντα γίνεται η χρήση της παρακάτω εξίσωσης, η οποία προτάθηκε από τους Wischmeir and Smith (1978):

$$K = \left[\frac{(2.1 \times 10^{-4} M^{1.14} (12 - a) + 3.25(s - 2) + 2.5(p - 3))}{100} \right] \times 0.1317$$

όπου: a: το ποσοστό οργανικής ύλης, s: ο παράγοντας εδαφικής δομής, p: η διαπερατότητα εδάφους και M: η δομή επιφανειακής εδαφικής στρώσης. Να σημειωθεί ότι ο δείκτης λήφθηκε υπολογισμένος από το *Joint Research Centre*, και κρατήθηκε σταθερός για τους υπολογισμούς της υπηρεσίας σε κάθε χρονιά μελέτης.

C-factor

Ένας από τους βασικότερους παράγοντες για τον υπολογισμό της οικοσυστημικής υπηρεσίας αποτροπής της διάβρωσης είναι η βλάστηση, παράγοντας που λαμβάνεται υπόψη κατά τη μεθοδολογική προσέγγιση που προτάθηκε από τον Guerra et al. (2016). Έτσι, για κάθε χρονιά μελέτης υπολογίστηκε ο παράγοντας C με βάση τον δείκτη βλάστησης NDVI, σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

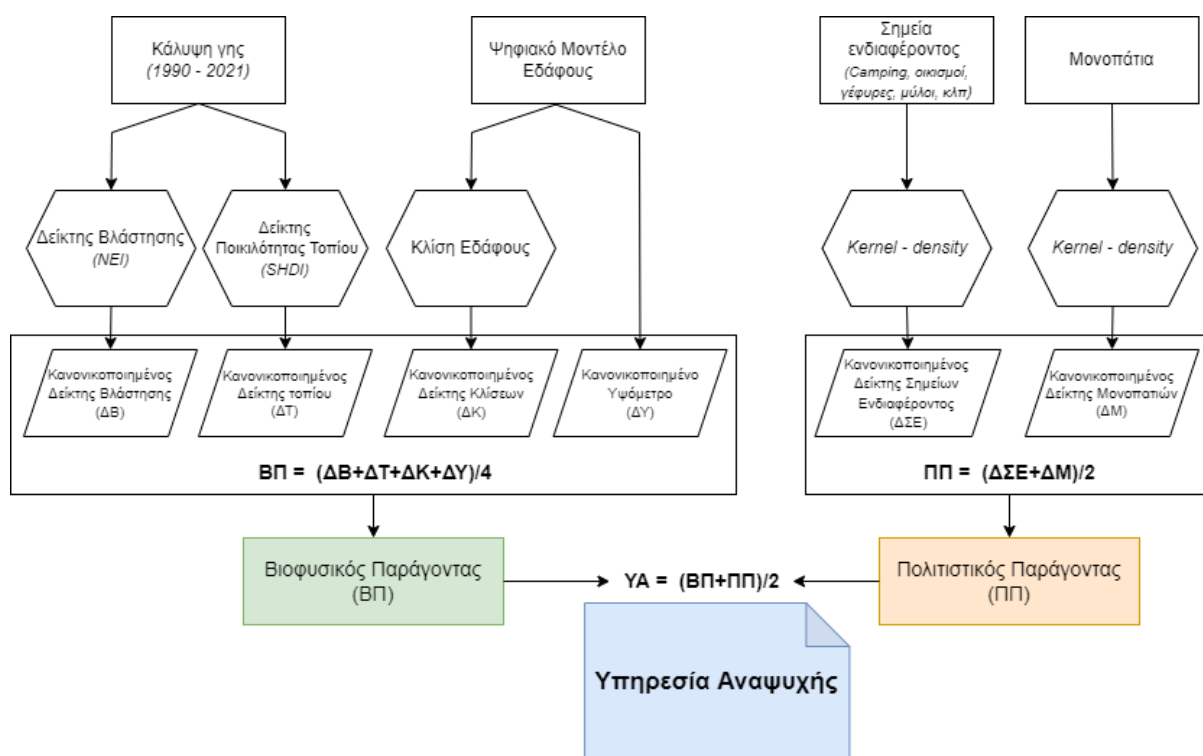
$$C = e \left[-a \times \frac{NDVI}{(b - NDVI)} \right] \quad \alpha \ \& \ b = 1.$$

2.2.6 Διατήρηση σημαντικών πληθυσμών και ενδιαιτημάτων

Η χαρτογράφηση και εκτίμηση της οικοσυστημικής υπηρεσίας «διατήρηση σημαντικών πληθυσμών και ενδιαιτημάτων» γίνεται συνήθως μέσω της εύρεσης της καταλληλότητας των βιοτόπων ενός συγκεκριμένου είδους (ή ομάδας ειδών) ή/και της βιοποικιλότητας, βάση διαφόρων ανεξάρτητων μεταβλητών που ορίζουν τη χωρική κατανομή του είδους. Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχει πληθώρα μελετών που στοχεύουν στην λεπτομερή και ακριβή μοντελοποίηση της καταλληλότητας βιοτόπων, μοντελοποίηση η οποία είναι ιδιαίτερα απαιτητική, ως προς τα δεδομένα εισόδου, καθώς απαιτούνται συνήθως δεδομένα κατανομής ειδών, χαρακτηριστικά εδάφους, τοπογραφικές και κλιματικές μεταβλητές, δεδομένα χρήσεων/καλύψεων γης, κ.α. Με σκοπό την ταχεία αναγνώριση περιοχών που δυνητικά μπορούν να διατηρήσουν διαφορετικά είδη, οι Schindler et al. (2008) ανέπτυξαν μία μεθοδολογική προσέγγιση που χρησιμοποιεί δεδομένα χρήσεων/καλύψεων γης, για τον υπολογισμό της δομής και διάρθρωσης του τοπίου. Από την παραπάνω μελέτη, φάνηκε ότι η ποικιλότητα του τοπίου διαδραματίζει σημαντικότερο ρόλο στη διατήρηση των πληθυσμών, κάτι που αναγνωρίστηκε και από τους Potshumus et al. (2010) και Willemen et al. (2012). Αξίζει να αναφερθεί, ότι τόσο η μελέτη των Potshumus et al. (2010) όσο και των Willemen et al. (2012), έκαναν χρήση του δείκτη ποικιλότητας τοπίου, για τη χαρτογράφηση της κατανομής ειδών και της οικοσυστημικής υπηρεσίας διατήρησης σημαντικών πληθυσμών και ενδιαιτημάτων. Έτσι, με βάση τα παραπάνω, στο πλαίσιο της μελέτης, για τη χαρτογράφηση αυτής της υπηρεσίας υπολογίστηκε ο δείκτης ποικιλότητας τοπίου Shannon (SHDI) μέσω του λογισμικού FRAGSTAT.

2.2.7 Αναψυχή

Στη διεθνή βιβλιογραφία χαρτογράφησης οικοσυστημικών υπηρεσιών, η αποτύπωση και εκτίμηση της υπηρεσίας αναψυχής είναι ίσως η πιο διαδεδομένη, καθώς θεωρείται απλή στην ποσοτικοποίηση της, ενώ έχουν αναπτυχθεί και διάφορα μεθοδολογικά πλαίσια ανάλογα με τις ανάγκες και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των μελετώμενων περιοχών. Οι μεταβλητές/παράγοντες οι οποίοι κυρίως χρησιμοποιούνται είναι τα ιδιαίτερα πολιτιστικά στοιχεία της περιοχής, οι διάφορες ποδηλατικές και περιπατητικές διαδρομές, η φυσικότητα και η ελκυστικότητα του τοπίου, η προσβασιμότητα και οι υποδομές (Maes et al. 2012, Lorilla et al. 2018, Casado – Arzuaga et al. 2014, Frank et al. 2013). Για τη χαρτογράφηση της υπηρεσίας αναψυχής στη Μαραθάσα, αναπτύχθηκε πολυκριτηριακό μοντέλο το οποίο λαμβάνει υπόψη τα ιδιαίτερα τοπιακά χαρακτηριστικά της περιοχής, υπάρχουσες υποδομές αναψυχής καθώς και σημείων ιδιαίτερου πολιτισμικού ενδιαφέροντος που βρίσκονται στη ευρύτερη περιοχή. Έτσι, το μοντέλο αποτελείται από δύο κύριους παράγοντες, (i) τον βιοφυσικό παράγοντα και (ii) τον πολιτιστικό παράγοντα, με την ένωση των οποίων εξάγεται η οικοσυστημική υπηρεσία (Εικόνα 8).



Εικόνα 8. Διάγραμμα μεθοδολογίας χαρτογράφησης οικοσυστημικής υπηρεσίας αναψυχής.

Βιοφυσικός Παράγοντας

Ο βιοφυσικός παράγοντας αποτελείται από τέσσερις μεταβλητές (i) τη βλάστηση, (ii) την ποικιλότητα του τοπίου, (iii) την τραχύτητα του εδάφους (κλίσεις) και (iv) το υψόμετρο.

- **Βλάστηση:** στη βάση του δείκτη φυσικότητας (Baiaomonte et al. 2015), υπολογίστηκε δείκτης ο οποίος προσομοιάζει την καλυπτικότητα των εδαφών από φυσική βλάστηση, καθώς η βασική παραδοχή είναι ότι περιοχές που καλύπτονται από πυκνή δασική βλάστηση είναι περισσότερο ελκυστικές σε δραστηριότητες αναψυχής. Έτσι, οι κατηγορίες καλύψεων γης βαθμονομήθηκαν ως προς τον βαθμό πύκνωσής τους ως: 1: ανοικτές εκτάσεις/βράχια, 2: χαμηλής πυκνότητας βλάστηση, 3: μέσης πυκνότητας βλάστηση, και 4: υψηλής πυκνότητας βλάστηση και στη συνέχεια ενώθηκαν με βάση την παρακάτω σχέση:

$$NEI = \frac{FC1 + 2 * FC2 + 3 * FC3 + 4 * FC4}{4 * (FC1 + FC2 + FC3 + FC4)}$$

όπου: NEI: δείκτης βλάστησης, FC1: ανοικτές εκτάσεις/βράχια, FC2: χαμηλής πυκνότητας βλάστηση, FC3: μέσης πυκνότητας βλάστηση, FC4: υψηλής πυκνότητας βλάστηση.

- **Ποικιλότητα τοπίου:** όπως έδειξε μελέτη σε άλλες νησιωτικές περιοχές της Μεσογείου (Lorilla et al. 2018, 2020) τοπία με υψηλή ποικιλότητα παρέχουν υψηλές δυνατότητες αναψυχής, και για το λόγο αυτό ο δείκτης ποικιλότητας Shannon υπολογίστηκε και λήφθηκε υπόψη στην περίπτωση της Μαραθάσας. Ο υπολογισμός του δείκτη έγινε με τη χρήση των δεδομένων καλύψεων γης που παρήχθησαν στην παρούσα μελέτη.
- **Τραχύτητα εδάφους και Υψόμετρο:** Οι μεταβλητές τραχύτητας εδάφους (κλίσεις) και το υψόμετρο χρησιμοποιήθηκαν συνδυαστικά ώστε να βρεθούν οι περιοχές εκείνες στις οποίες η πρόσβαση είναι περισσότερο δύσκολη.

Πολιτιστικός Παράγοντας

Ο πολιτιστικός παράγοντας αποτελείται από τέσσερις μεταβλητές (i) τις υπάρχουσες τουριστικές υποδομές για camping, (ii) τα ιδιαίτερα σημεία ενδιαφέροντος (νερόμυλοι, γέφυρες, μοναστήρια κλπ.), (iii) τις υπάρχουσες περιπατητικές διαδρομές, (iv) τους οικισμούς. Για τη δημιουργία των παραπάνω μεταβλητών, τα διαθέσιμα σημειακά και διανυσματικά γεωγραφικά δεδομένα επεξεργάστηκαν μέσω του εργαλείου Kernel – density του λογισμικού ArcGIS Pro απ' όπου εξήχθησαν πλεγματικά αρχεία συνεχόμενων τιμών που δείχνουν την πυκνότητα και εγγύτητα των επιμέρους στοιχείων.

2.2.8 Συνολική παροχή οικοσυστημικών υπηρεσιών

Με σκοπό την υπέρθεση όλων των υπηρεσιών σε έναν ενιαίο δείκτη συνολικής παροχής οικοσυστημικών υπηρεσιών, η κανονικοποίηση των τιμών κάθε υπηρεσίας σε μία κοινή κλίμακα είναι απαραίτητη. Έτσι, οι τιμές των δεικτών κάθε υπηρεσίας μετατράπηκαν σε τιμές κανονικοποιημένης κλίμακας 0-1, όπου το 0 αντιστοιχεί στην ελάχιστη παροχή και το 1 στη μέγιστη (Liquete et al., 2015). Η σχέση κανονικοποίησης των υπηρεσιών είναι:

$$ES' = \frac{ES - ES_{min}}{ES_{max} - ES_{min}}$$

όπου: ES' : η κανονικοποιημένη οικοσυστημική υπηρεσία, ES_{max} : η μέγιστη τιμή και ES_{min} : η ελάχιστη τιμή της οικοσυστημικής υπηρεσίας. Επιπλέον, για τη σύγκριση των οικοσυστημικών υπηρεσιών, υπολογίστηκε η έκταση που καταλαμβάνουν τρεις κατηγορίες παροχής υπηρεσιών (χαμηλή παροχή, μέση παροχή, υψηλή παροχή), όπως κατηγοριοποιούνται με τη μέθοδο ίσων διαστημάτων (*Equal Intervals*).

3 Αποτελέσματα

3.1 Διαχρονική παρακολούθηση κάλυψης γης

Το σχήμα αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης που εφαρμόστηκε για τη χαρτογράφηση της κάλυψης γης, φάνηκε να ήταν ιδιαίτερα αποτελεσματικό, καθώς όπως εξάχθηκε από τον έλεγχο ακρίβειας και παρουσιάζεται στους πίνακες 7 έως 10, η θεματική και χωρική ολική ακρίβεια (ΟΑ) των ταξινομήσεων ήταν σε όλες τις περιπτώσεις πάνω από 88%. Η υψηλότερη ακρίβεια επιτεύχθηκε για το έτος 2021 (ΑΟ = 91%), ενώ αντίθετα η μικρότερη για το έτος 2000 (ΑΟ = 88%). Στις επιμέρους κατηγορίες κάλυψης το μικρότερο ποσοστό ακρίβειας παρουσίασαν οι εκτάσεις που καλύπτονται από χαμηλής πυκνότητας βλάστηση (ΡΑ = 83% - για τα έτη 1990, 2000 και 2010), ενώ την υψηλότερη ακρίβεια παρουσίασε η κατηγορία με τις ανοιχτές εκτάσεις/βράχια (ΡΑ = 97%). Πάντως, σε κάθε περίπτωση, τα αποτελέσματα ακρίβειας ταξινομήσεων ήταν εντός των ορίων που ορίζονται (ΑΟ > 85%) ώστε να πραγματοποιηθεί η μετα-ταξινομική διαδικασία ανίχνευσης αλλαγών.

Πίνακας 7. Έλεγχος ακρίβειας ταξινόμησης για το έτος 1990.

1990						
	ΥΠΒ	ΜΠΒ	ΧΠΒ	Α/Β	Total	UA
ΥΠΒ	32	4	0	0	36	0.89
ΜΠΒ	3	30	2	0	35	0.86
ΧΠΒ	0	1	29	2	32	0.91
Α/Β	0	0	4	33	37	0.89
Total	35	35	35	35	140	
PA	0.91	0.86	0.83	0.94	0.94	
OA	0.89					
Kappa	0.85					

*ΥΠΒ: Υψηλής πυκνότητας βλάστηση, ΜΠΒ: Μέσης πυκνότητας βλάστηση, ΧΠΒ: Χαμηλής πυκνότητας βλάστηση, Α/Β: Ανοικτές εκτάσεις και βράχια, UA: User's accuracy, PA: Producer's accuracy, OA: Overall accuracy

Πίνακας 8. Έλεγχος ακρίβειας ταξινόμησης για το έτος 2000.

2000						
	ΥΠΒ	ΜΠΒ	ΧΠΒ	Α/Β	Total	UA

ΥΠΒ	30	2	0	0	32	0.94
ΜΠΒ	5	33	5	0	43	0.77
ΧΠΒ	0	0	29	1	33	0.88
A/B	0	0	1	31	32	0.97
Total	35	35	35	35	140	
PA	0.86	0.94	0.83	0.91		
OA	0.88					
Kappa	0.84					

*ΥΠΒ: Υψηλής πυκνότητας βλάστηση, ΜΠΒ: Μέσης πυκνότητας βλάστηση, ΧΠΒ: Χαμηλής πυκνότητας βλάστηση, A/B: Ανοικτές εκτάσεις και βράχια, UA: User's accuracy, PA: Producer's accuracy, OA: Overall accuracy

Πίνακας 9. Έλεγχος ακρίβειας ταξινόμησης για το έτος 2010.

2010						
	ΥΠΒ	ΜΠΒ	ΧΠΒ	A/B	Total	UA
ΥΠΒ	33	2	0	0	35	0.94
ΜΠΒ	2	31	3	0	36	0.86
ΧΠΒ	0	2	29	3	34	0.85
A/B	0	0	3	32	35	0.91
Total	35	35	35	35	140	
PA	0.94	0.89	0.83	0.91		
OA	0.89					
Kappa	0.86					

*ΥΠΒ: Υψηλής πυκνότητας βλάστηση, ΜΠΒ: Μέσης πυκνότητας βλάστηση, ΧΠΒ: Χαμηλής πυκνότητας βλάστηση, A/B: Ανοικτές εκτάσεις και βράχια, UA: User's accuracy, PA: Producer's accuracy, OA: Overall accuracy

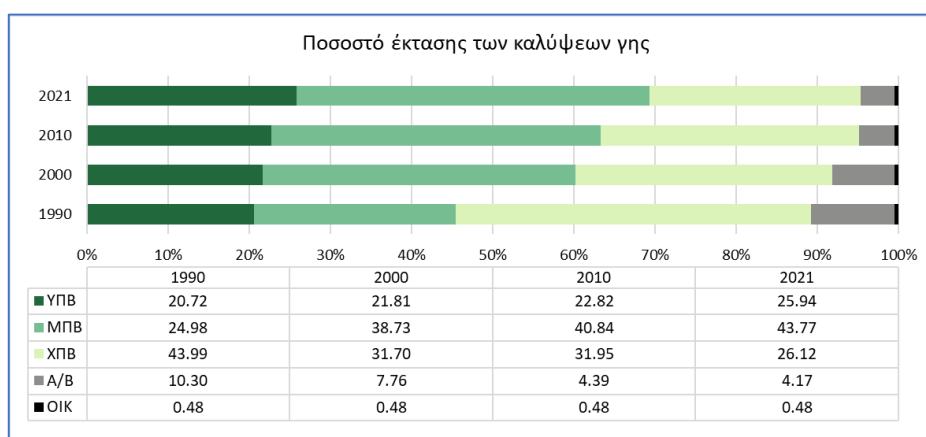
Πίνακας 10. Έλεγχος ακρίβειας ταξινόμησης για το έτος 2021.

2021						
	ΥΠΒ	ΜΠΒ	ΧΠΒ	A/B	Total	UA
ΥΠΒ	32	3	0	0	35	0.91
ΜΠΒ	3	31	2	0	36	0.86
ΧΠΒ	0	1	31	1	33	0.94
A/B	0	0	2	34	36	0.94
Total	35	35	35	35	140	
PA	0.91	0.89	0.89	0.97		
OA	0.91					
Kappa	0.89					

*ΥΠΒ: Υψηλής πυκνότητας βλάστηση, ΜΠΒ: Μέσης πυκνότητας βλάστηση, ΧΠΒ: Χαμηλής πυκνότητας βλάστηση, A/B: Ανοικτές εκτάσεις και βράχια, UA: User's accuracy, PA: Producer's accuracy, OA: Overall accuracy

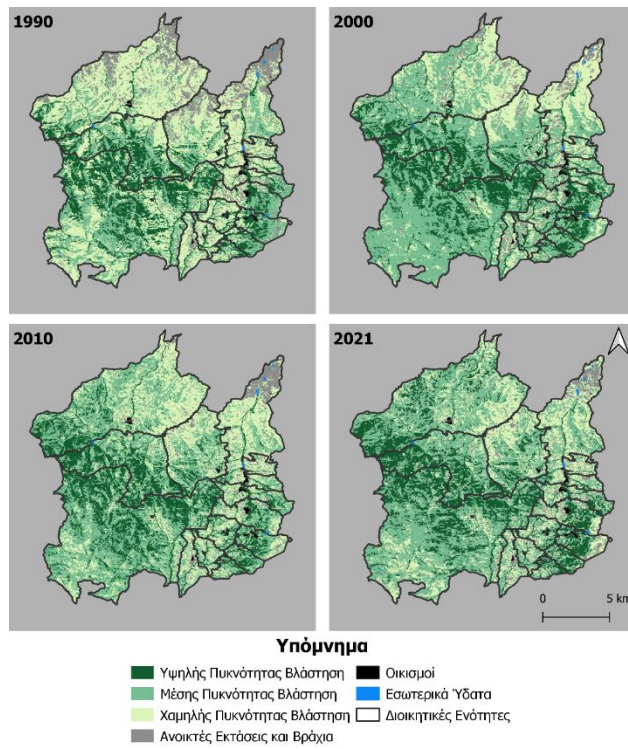
Σχετικά με τα αποτελέσματα των ταξινομήσεων, από το διάγραμμα (Εικόνα 9) και από την εικόνα 10, φαίνεται ότι οι κύριες κατηγορίες κάλυψης γης στη περιοχή της Μαραθάσας είναι αυτές της χαμηλής και της μέσης πυκνότητας βλάστησης, καθώς για όλες τις χρονιές μελέτης καταλαμβάνουν ποσοστό

άνω του 90% αθροιστικά. Οι εκτάσεις που καλύπτονται από υψηλής πυκνότητας βλάστηση φαίνεται να παρουσιάζουν αυξητική τάση με την πάροδο των ετών, καθώς στα 30 χρόνια μελέτης αυξήθηκαν κατά 5,22% συνολικά ή 25% με όρους σχετικής μεταβολής. Αντίθετα, πτωτική είναι η πορεία που έχουν οι ανοιχτές εκτάσεις/βράχια καθώς κατά την περίοδο μελέτης μειώθηκαν κατά 6,3% συνολικά ή 59% με όρους σχετικής μεταβολής. Οι ενδιάμεσες καταστάσεις της βλάστησης (μέσης και χαμηλής πυκνότητας) παρουσίασαν αξιοσημείωτη δυναμική, καθώς διαδραματίζουν κομβικό ρόλο στα στάδια της δευτερογενούς διαδοχής. Έτσι, οι εκτάσεις με χαμηλής πυκνότητας βλάστηση, με την πάροδο των ετών μειώθηκαν από σχεδόν 44% σε 26%, με συνεπακόλουθη την αύξηση της μέσης πυκνότητας βλάστησης από σχεδόν 25% το 1990 σε 44% το 2021.

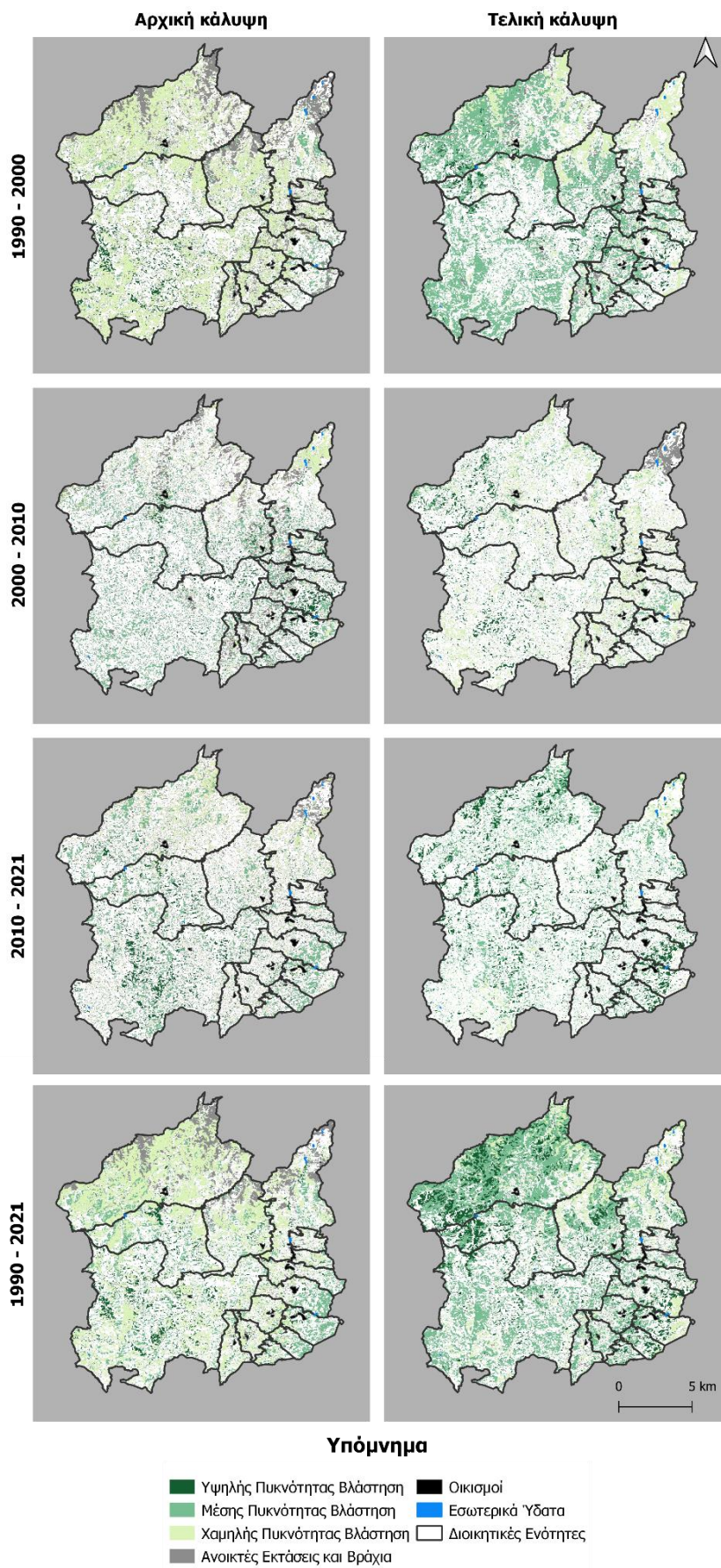


Εικόνα 9. Ποσοστό έκτασης των καλύψεων γης για τα έτη 1990, 2000, 2010 και 2021.
(ΥΠΒ: Υψηλής πυκνότητας βλάστηση, ΜΠΒ: Μέσης πυκνότητας βλάστηση, ΧΠΒ: Χαμηλής πυκνότητας βλάστηση, Α/Β: Ανοιχτές εκτάσεις και θράχια, ΟΙΚ: Οικισμοί)

Χωρικά, φάνηκε ότι το βόρειο τμήμα της μελετώμενης περιοχής καλύπτεται κυρίως από ανοιχτές εκτάσεις/βράχια και από αραιή βλάστηση, ενώ αντίθετα το κεντρικό και νότιο τμήμα καταλαμβάνεται από πυκνή και δασική βλάστηση (Εικόνα 9). Όπως φαίνεται και από την εικόνα 10, στο βόρειο τμήμα της περιοχής πραγματοποιήθηκαν και οι περισσότερες μεταβολές, καθώς εκεί παρατηρήθηκε μία σταδιακή πύκνωση της βλάστησης. Συγκεκριμένα, εκτάσεις που το 1990 χαρτογραφήθηκαν ως ανοιχτές εκτάσεις/βράχια ή/και χαμηλής πυκνότητας βλάστηση, το 2021 ταξινομήθηκαν ως υψηλής πυκνότητας βλάστηση, με τη σταδιακή μεταβολή να συμβαίνει καθ' όλη την περίοδο μελέτης. Πέραν, όμως, των βόρειων περιοχών, παρόμοιο πρότυπο πύκνωσης παρουσιάστηκε και στο ανατολικό τμήμα της Μαραθάσας, με την υψηλότερη ένταση μεταβολής να παρατηρείται από το 2000 και έπειτα (Εικόνα 10).



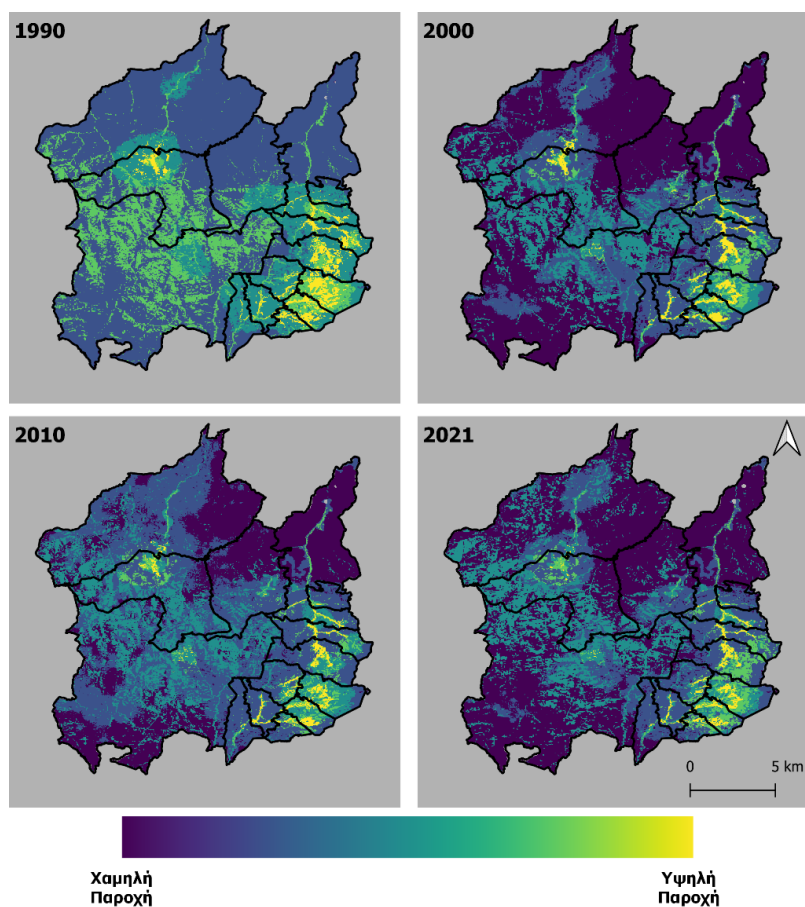
Εικόνα 10. Χάρτες καλύψεων γης για τα έτη 1990, 2000, 2010, 2021.



Εικόνα 11. Χάρτες μεταβολών κάλυψης γης.

3.2 Χαρτογράφηση οικοσυστημικών υπηρεσιών

Όπως φαίνεται από την εικόνα 12, η συνολική παροχή οικοσυστημικών υπηρεσιών ήταν μειωμένη στο βόρειο/βορειοανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης για όλες τις χρονιές που εξετάστηκαν. Αντίθετα, στο κεντρικό/ κεντρο-ανατολικό τμήμα της περιοχής η συνολική παροχή οικοσυστημικών υπηρεσιών ήταν αναλογικά μεγαλύτερη, με διαχρονική τάση αύξησης της συνολικής παροχής. Η αύξηση αυτή συνέβηκε κυρίως λόγω της δευτερογενούς διαδοχής, η οποία αποτυπώνεται μέσω της αύξησης της πύκνωσης της βλάστησης, και έχει ως αποτέλεσμα να δρα ευεργετικά για ορισμένες οικοσυστημικές υπηρεσίες (όπως παροχή ξυλείας, αποτροπή διάβρωσης κτλ.). Ως προς τις εκτάσεις που καταλαμβάνει κάθε κατηγορία έντασης παροχής οικοσυστημικών υπηρεσιών (βλ. #2.2.8), από τον Πίνακα 11 φαίνεται ότι οι εκτάσεις με μειωμένη παροχή είναι η πλειονότητα σε όλες τις χρονιές μελέτης, όμως με μία σαφή τάση μείωσης από 72,91% το 1990, σε 57,15% το 2021 (δηλ. -15,76% απόλυτη μεταβολή ή -74,4% σχετική μεταβολή στην συνολική έκταση της κλάσης). Αντίθετα, αυξητική τάση παρατηρείται τόσο στις εκτάσεις με μέση παροχή, όσο και στις εκτάσεις με αυξημένη παροχή υπηρεσιών. Ειδικότερα οι περιοχές με μέση παροχή φαίνεται το 2021 να καταλαμβάνουν κατά 15,45% περισσότερες εκτάσεις από ότι το 1990, με τη σχετική μεταβολή της κατηγορίας να είναι 79,7%. Οι περιοχές με μεγάλη παροχή παρουσιάζουν πιο ήπια αύξηση, καθώς κατά την τριακονταετή περίοδο μελέτης αυξήθηκαν κατά 0,29% (ή 3,8% σχετική αύξηση).



Εικόνα 12. Συνολική Παροχή Οικοσυστημικών Υπηρεσιών.

Πίνακας 11. Ποσοστό έκτασης οικοσυστημικών υπηρεσιών ανάλογα με την ένταση παροχής.

ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ	ΠΑΡΟΧΗ	1990	2000	2010	2021
FP**	Μικρή		94,76	94,76	94,76
	Μέση		0,00	0,00	0,00
	Μεγάλη		5,24	5,24	5,24
MT	Μικρή	78,54	78,11	76,36	73,09
	Μέση	0,00	0,00	0,00	0,00
	Μεγάλη	21,46	21,89	23,64	26,91
WS	Μικρή		83,89		
	Μέση		10,68		
	Μεγάλη		5,43		
CR	Μικρή	10,29	4,86	4,39	4,18
	Μέση	68,99	74,00	72,79	69,84
	Μεγάλη	20,72	21,14	22,82	25,98
EP	Μικρή	7,79	4,12	3,26	2,72
	Μέση	88,80	91,90	89,53	89,41
	Μεγάλη	3,41	3,98	7,21	7,86
NS	Μικρή	30,97	40,85	24,39	27,63
	Μέση	47,45	46,76	58,90	54,28
	Μεγάλη	21,58	12,38	16,71	18,09
RC	Μικρή				56,47
	Μέση				39,11
	Μεγάλη				4,30
TOTAL ES***	Μικρή	72,91	60,93	56,99	57,15
	Μέση	19,38	31,33	35,17	34,83
	Μεγάλη	7,72	7,75	7,84	8,01

*FP: Παροχή Τροφής από Καλλιέργειες, MT: Παροχή Ξυλείας, WS: Παροχή Νερού, CR: Ρύθμιση του Κλίματος, EP: Αποτροπή Διάβρωσης, NS: Διατήρηση σημαντικών πληθυσμών και ενδιαιτημάτων, RC: Αναψυχή, TOTAL ES: Συνολική Παροχή Οικοσυστημικών Υπηρεσιών.

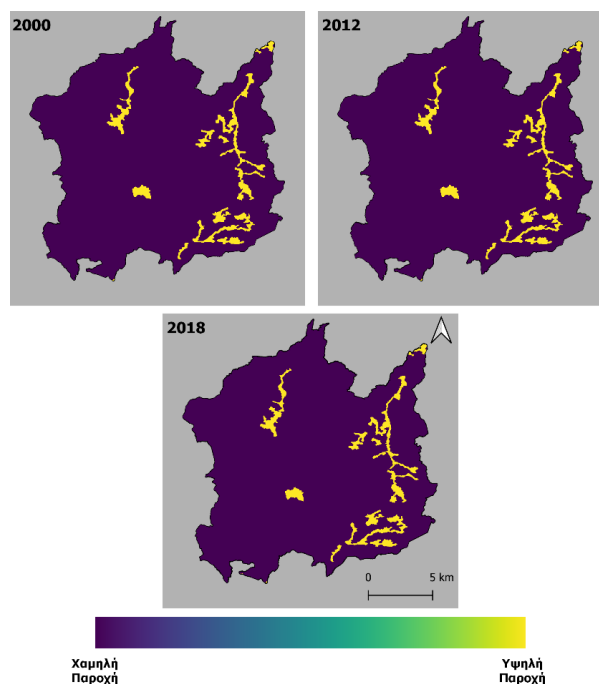
**Τα έτη μελέτης για την οικοσυστημική υπηρεσία «Παροχή Τροφής από Καλλιέργειες (FP)» είναι τα 2000, 2012 και 2018.

*** Για λόγους συγκρισιμότητας των αποτελεσμάτων, η υπηρεσία «Παροχή Τροφής από Καλλιέργειες» δεν λήφθηκε υπόψη στον υπολογισμό των ποσοστών έκτασης της συνολικής παροχής οικοσυστημικών υπηρεσιών.

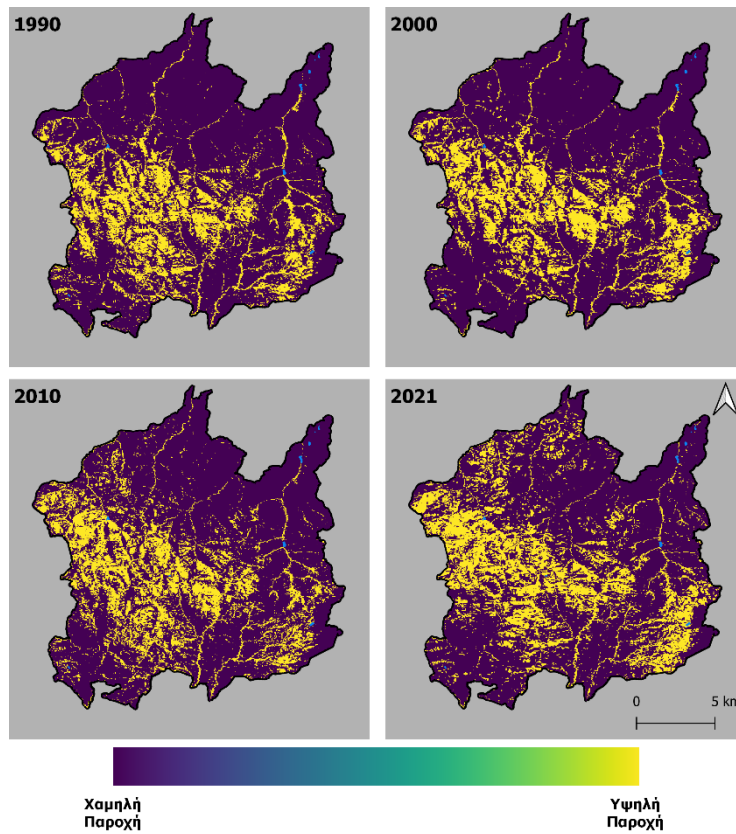
Για τις επιμέρους οικοσυστημικές υπηρεσίες, από τα δεδομένα χρήσεων/καλύψεων γης προέκυψε ότι η υπηρεσία «παροχή τροφής από καλλιέργειες» κατά την περίοδο 2000-2018 παρέμεινε σταθερή, καλύπτοντας περίπου το 5% της περιοχής (Εικόνα 13). Η τάση πύκνωσης που παρατηρήθηκε στα αποτελέσματα χαρτογράφησης των καλύψεων γης, είχε σαφή επίδραση στην σταδιακή αύξηση της παροχής των οικοσυστημικών υπηρεσιών «παροχή ξυλείας», «ρύθμιση του κλίματος» και «προστασία από διάβρωση» (Εικόνες 14, 16 και 17). Ειδικότερα, η αύξηση των δύο πρώτων υπηρεσιών, είναι ακριβώς ίδιας έντασης, καθώς οι εκτάσεις με τη μέγιστη παροχή αυξήθηκαν και στις δύο περιπτώσεις κατά περίπου 5% (ή 25% σχετική μεταβολή), και εντοπίζονται κυρίως στο κεντρικό/κεντρο-ανατολικό τμήμα της περιοχής (Πίνακας 11). Για την οικοσυστημική υπηρεσία «αποτροπή διάβρωσης» οι περιοχές που παρέχουν τα μέγιστα υπερδιπλασιάστηκαν στην πάροδο

των τριάντα ετών, καθώς από το 3.41% που καταλάμβαναν το 1990, έφτασαν το 2021 να καλύπτουν το 7.86%, αύξηση που αντιστοιχεί σε σχετική μεταβολή 130% (Πίνακας 11).

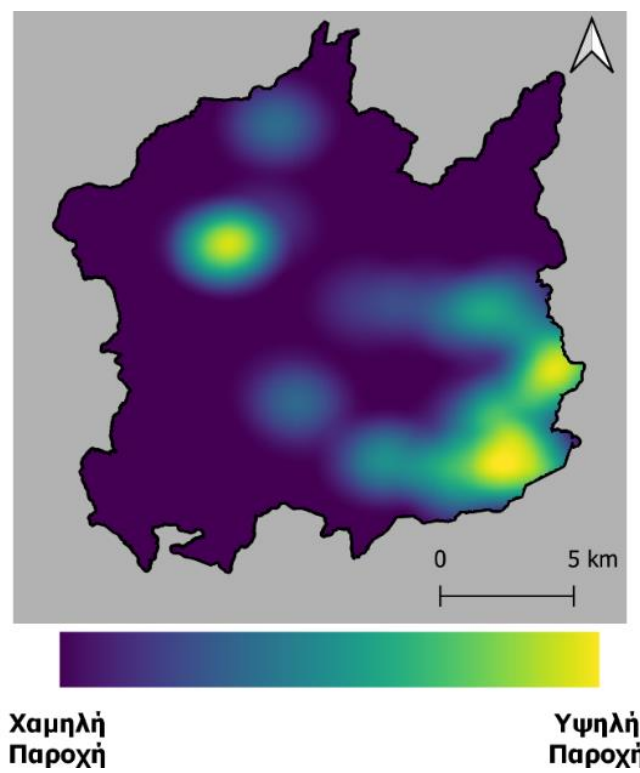
Η χαρτογράφηση της οικοσυστημικής υπηρεσίας «παροχή νερού», που υπολογίστηκε για μία μόνο χρονική περίοδο, λαμβάνει υπόψη τους ταμειυτήρες νερού και τις γεωτρήσεις που υπάρχουν στην περιοχή. Από τον χάρτη πυκνότητας που δημιουργήθηκε (Εικόνα 15) φαίνεται ότι η πλειονότητα εγκαταστάσεων παροχής νερού βρίσκονται στο ανατολικό τμήμα της περιοχής, με εξαίρεση έναν πυρήνα γεωτρήσεων που εντοπίζεται στο κεντρικό τμήμα. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η διαχρονική μεταβολή της οικοσυστημικής υπηρεσίας «διατήρηση σημαντικών πληθυσμών και ενδιαιτημάτων», καθώς, όπως φαίνεται από τον Πίνακα 11 και την εικόνα 18, οι εκτάσεις που παρέχουν τη μέγιστη τιμή της υπηρεσίας μειώθηκαν κατά 3,46% (ή 16,2% σχετική μείωση). Η μείωση αυτή εντοπίζεται κυρίως στο κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης και σχετίζεται με αύξηση της πύκνωσης της βλάστησης (από μέσης πυκνότητας σε υψηλής πυκνότητας βλάστηση) που οδήγησε σε ένα περισσότερο ομοιογενές τοπίο. Αντίθετα, στο νότιο τμήμα της περιοχής, η αναβάθμιση της βλάστησης από ανοικτές εκτάσεις/βράχια, ή/και αραιή βλάστηση, σε πιο πυκνές δομές, συνέβαλε στην αύξηση της ετερογένειας του τοπίου και κατά συνέπεια στην αύξηση της παροχής της οικοσυστημικής υπηρεσίας. Τέλος, για την οικοσυστημική υπηρεσία «αναψυχής», χωρικά, η μέγιστη παροχή εντοπίζεται στο ανατολικό τμήμα της μελετώμενης περιοχής (Εικόνα 19), αφού εκεί ο πολιτιστικός παράγοντας είναι ιδιαίτερα αυξημένος (μεγάλος αριθμός σημείων ενδιαφέροντος, τουριστικών καταλυμάτων κλπ.). Αντίθετα, η μειωμένη παροχή εντοπίζεται στο βόρειο τμήμα, περιοχή όπου καλύπτεται από υποβαθμισμένους τύπους βλάστησης ή ανοικτές εκτάσεις και βράχια, γεγονός που οδηγεί σε μειωμένο βιοφυσικό παράγοντα.



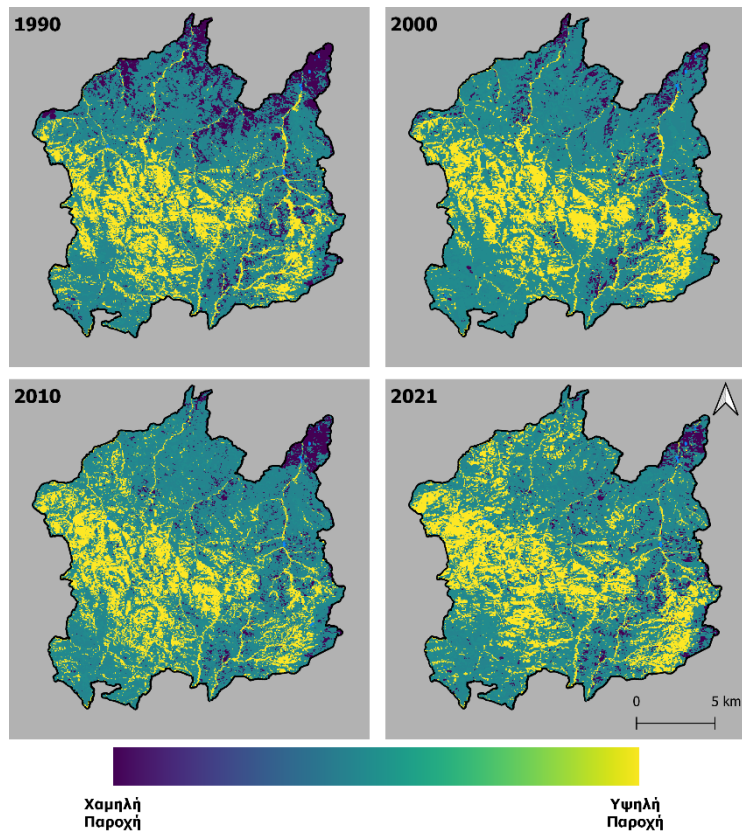
Εικόνα 13. Οικοσυστημική Υπηρεσία: Παροχή Τροφής από Καλλιέργειες.



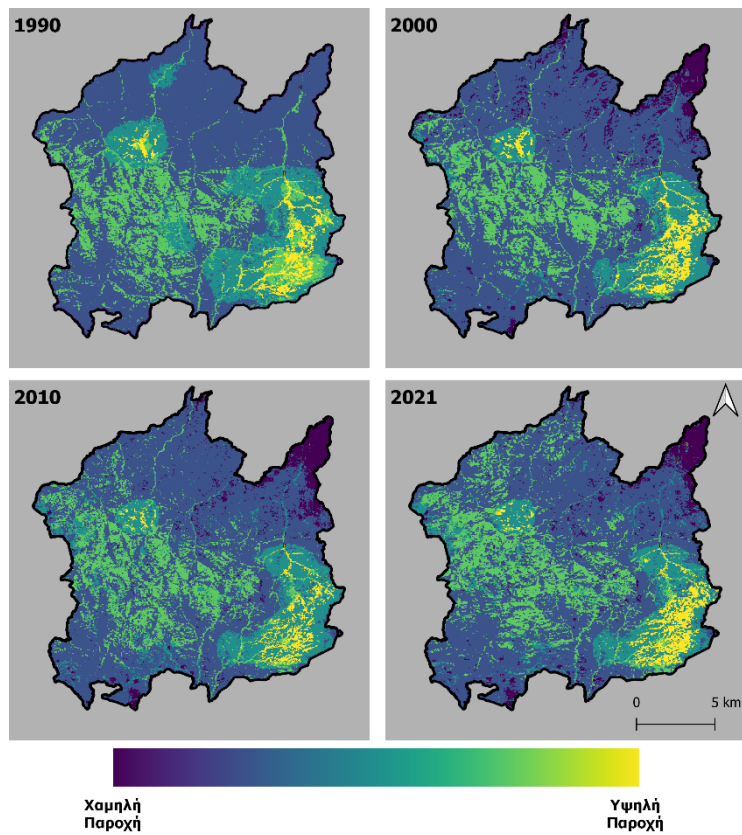
Εικόνα 14. Οικοσυστημική Υπηρεσία: Παροχή Ξυλείας.



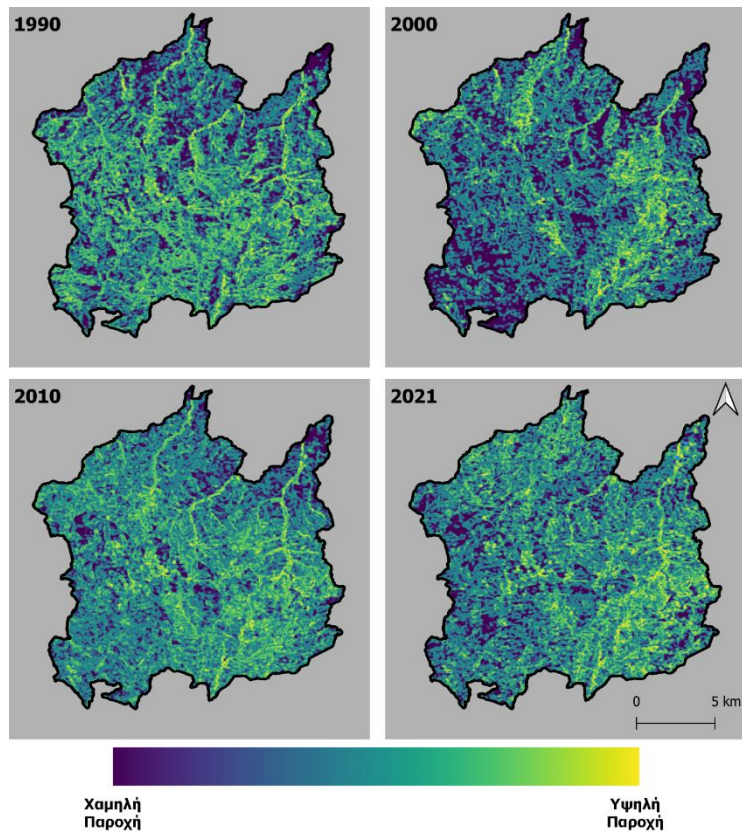
Εικόνα 15. Οικοσυστημική Υπηρεσία: Παροχή Νερού.



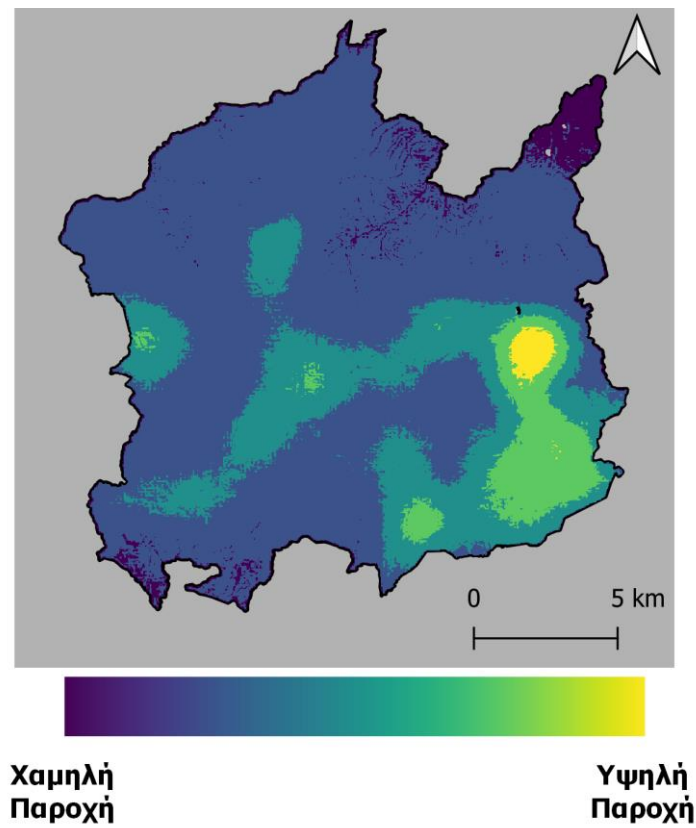
Εικόνα 16. Οικοσυστημική Υπηρεσία: Ρύθμιση του Κλίματος.



Εικόνα 17. Οικοσυστημική Υπηρεσία: Αποτροπή Διάβρωσης.



Εικόνα 18. Οικοσυστημική Υπηρεσία: Διατήρηση Σημαντικών Πληθυσμών και Ενδιαιτημάτων.



Εικόνα 19. Οικοσυστημική Υπηρεσία: Αναψυχή.

4 Συζήτηση – Συμπεράσματα

Αντικείμενο μελέτης της παρούσας έκθεσης ήταν η χαρτογράφηση και διαχρονική παρακολούθηση των καλύψεων γης και της παροχής οικοσυστημικών υπηρεσιών στην περιοχή της Μαραθάσας. Έτσι, διενεργήθηκαν δύο μεθοδολογικά στάδια (i) χαρτογράφηση των καλύψεων γης και (ii) υπολογισμός και χαρτογράφηση της παροχής οικοσυστημικών υπηρεσιών. Η περίοδος μελέτης ήταν τριάντα χρόνια, από το 1990 έως το 2021, με ενδιάμεσες χρονιές μελέτης το 2000 και το 2010.

Για την χαρτογράφηση της κάλυψης γης έγινε η χρήση της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης σε εικόνες μέσης ανάλυσης Landsat 5TM και Landsat 8OLI, παρέχοντας λεπτομερή και υψηλής θεματικής και χωρικής ακρίβειας χαρτογραφικά αποτελέσματα. Είναι σημαντικό να ειπωθεί ότι, η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε, και η οποία προτάθηκε από τους Kefalas et al. (2018), στηρίζεται αποκλειστικά σε κανόνες που λαμβάνουν υπόψη δείκτες βλάστησης, γεγονός που επιτρέπει την αναπαραγωγή της και σε άλλες χρονιές μελέτης. Η ιδιαιτερότητα αυτή την καθιστά ένα σημαντικό εργαλείο συστηματικής παρακολούθησης της δομής και διάρθρωσης του τοπίου. Όπως φάνηκε από τα χαρτογραφικά αποτελέσματα, η περιοχή μελέτης παρουσίασε υψηλή δυναμική, με το βασικό πρότυπο που παρατηρήθηκε να είναι η αναβάθμιση της βλάστησης. Η μεταβολή αυτή έγινε κυρίως σε περιοχές που καλύπτονταν με καθόλου ή αραιή βλάστηση στα βόρεια και ανατολικά τμήματα της Μαραθάσας. Το παρατηρούμενο πρότυπο συναντάται σε άλλα δάση της Μεσογείου και ερμηνεύεται από το καθεστώς της μειωμένης ανθρωπογενούς όχλησης (μαζικός τουρισμός και κτηνοτροφία) και της μειωμένης συχνότητας πυρκαγιάς που θεωρούνται ως οι κύριοι παράγοντες μεταβολής του Μεσογειακού τοπίου (Kefalas et al., 2019; Tzanopoulos and Vogiatzakis, 2011; Blondel et al., 2010).

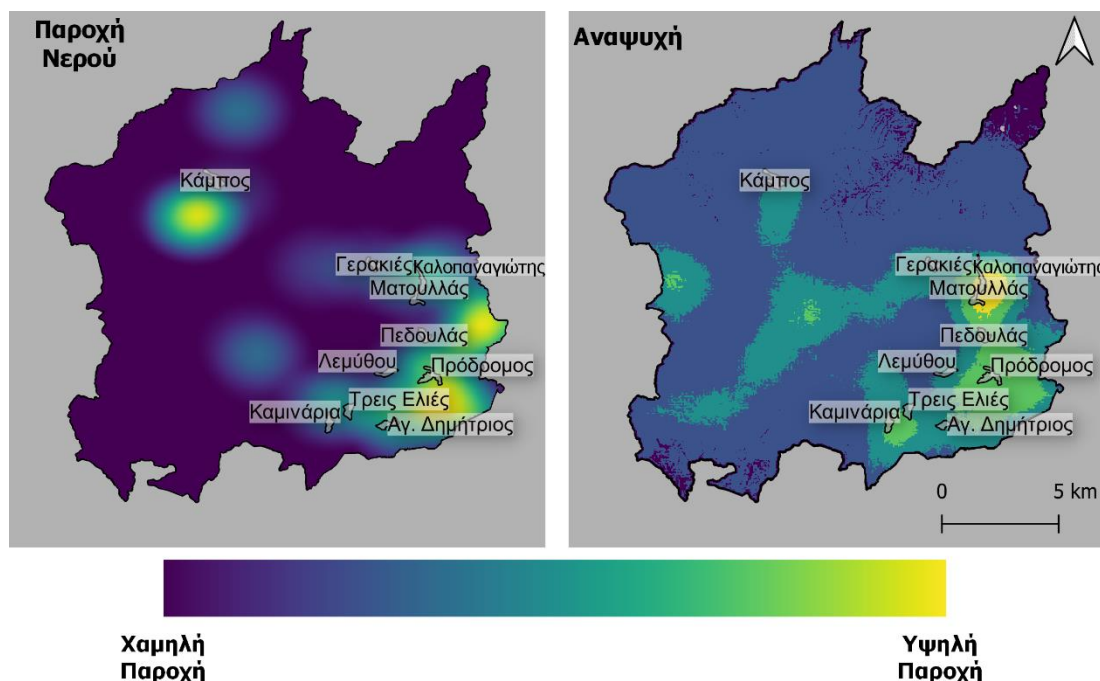
Όπως στην περίπτωση της κάλυψης γης, έτσι και στην περίπτωση των οικοσυστημικών υπηρεσιών, η χαρτογράφηση στηρίχτηκε σε δείκτες και χωρικά μοντέλα τα οποία είναι δυνατό να αναπαραχθούν με λίγα και σχετικά απλά δεδομένα εισόδου. Το γεγονός αυτό αφενός επιτρέπει τον υπολογισμό των οικοσυστημικών υπηρεσιών σε διάφορες χρονικές περιόδους και αφετέρου κάνει εφικτή τη διαχρονική σύγκριση των αποτελεσμάτων. Σχετικά με τη χωρική κατανομή των οικοσυστημικών υπηρεσιών, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι περιοχές που καλύπτονται από υποβαθμισμένου τύπου οικοσυστήματα (εντοπίζονται κυρίως στα βόρεια τμήματα της περιοχής μελέτης) παρέχουν μειωμένης έντασης οικοσυστημικές υπηρεσίες. Το παραπάνω πρότυπο συναντάται και σε άλλες περιοχές της Μεσογείου, όπως τα Ιόνια Νησιά, όπου φάνηκε πως οι βραχώδεις περιοχές ή αυτές που καλύπτονται από φρύγανα παρέχουν μικρό αριθμό οικοσυστημικών υπηρεσιών (Lorilla et al., 2018).

Η μεγάλη δυναμική της βλάστησης που παρατηρήθηκε στην περιοχή, και αναγνωρίστηκε ως αναβάθμιση της κατάστασής της, οδήγησε στην σταδιακή αύξηση της παροχής ορισμένων οικοσυστημικών υπηρεσιών. Συγκεκριμένα, η υπηρεσιά «παροχή ξυλείας», «ρύθμιση του κλίματος» και «αποτροπή διάβρωσης», αυξήθηκε καθώς ο υπολογισμός/χαρτογράφηση τους είναι άμεσα συνδεδεμένες με δασικές καλύψεις γης. Αντίθετα, η υπηρεσιά «διατήρηση σημαντικών πληθυσμών

και ενδiciaτημάτων» έδειξε μία τάση μείωσης, καθώς σχετίζεται αποκλειστικά με τη δομή του τοπίου της περιοχής και όχι με τη σύνθεσή του. Έτσι, σε περιοχές όπου η δασική βλάστηση έγινε ακόμα πιο πυκνή και έντονη, το τοπίο της περιοχής έγινε λιγότερο ποικίλο, με αποτέλεσμα τη μειωμένη παροχή της υπηρεσίας. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερος κρίσιμο και χρήζει μελλοντικής παρακολούθησης, καθώς όπως φάνηκε και από αντίστοιχες μελέτες, η ομογενοποίηση ή η απώλεια της ποικιλότητας των τοπίων είναι ένας σημαντικός παράγοντας μείωσης της βιοποικιλότητας των δασικών οικοσυστημάτων (Schindler et al., 2012). Θα πρέπει όμως να τονιστεί ότι η διατήρηση της ετερογένειας του τοπίου δεν θα πρέπει να ταυτίζεται ή να συνδυάζεται με ενέργειες ή καταστάσεις που οδηγούν στη διάσπαση των οικοτόπων. Σχετικά με την οικοσυστημική υπηρεσία «παροχή τροφής από καλλιέργειες», φάνηκε ότι οι εκτάσεις που δυνητικά είναι καλλιεργήσιμες παρέμειναν σταθερές την περίοδο 2000 – 2018, παρουσιάζοντας μόνο μία πολύ μικρή αύξηση ενός εκταρίου το 2018. Πέραν όμως της απόλυτης έκτασης της δυνητικά καλλιεργήσιμης γης, σταθερή παρέμεινε και η αναλογία καλλιεργήσιμης γης ως προς τις άλλες χρήσεις γης, καθώς, σύμφωνα με τα δεδομένα του CORINE, τόσο οι εκτάσεις με φυσική βλάστηση όσο και οι περιοχές με μη-συνεχή αστικό ιστό (οικισμοί) παρέμειναν σταθερές καταλαμβάνοντας το 97,4% και 0,3% της περιοχής μελέτης, αντίστοιχα. Αξίζει να σημειωθεί ότι, πέραν της συνολικής έκτασης της καλλιεργήσιμης γης, σταθερές παρέμειναν και οι επιμέρους εκτάσεις των καλλιεργειών, με τις πιο αυξημένες να είναι οι δενδρώδεις καλλιέργειες (42% της αγροτικής γης), ακολουθούμενες από τις μικτές καλλιέργειες (19%). Παρόλα αυτά, με γνώμονα την αστυφιλία που μαστίζει τον ορεινό όγκο της περιοχής της Μαραθάσας, σε συνδυασμό με την συρρίκνωση και τη γήρανση του πληθυσμού, μεγάλο μέρος της διαθέσιμης καλλιεργήσιμης γης παραμένει ανεκμετάλλευτο. Τέλος, η υπηρεσία «αναψυχή» χαρτογραφήθηκε συνδυάζοντας εξ ίσου τη φυσική και πολιτιστική συνισταμένη της Μαραθάσας. Τα αποτελέσματα της χαρτογράφησης για αυτή την υπηρεσία έδειξαν ότι περιοχές που συνδυάζουν έντονη φυσική βλάστηση και έντονο πολιτιστικό ενδιαφέρον έχουν υψηλές δυνατότητες για τουριστική ανάπτυξη.

Το κύριο, όμως, αντικείμενο μελέτης του έργου σχετίζεται με το νερό, και συγκεκριμένα με τον καθορισμό θεματικών περιοχών ανάδειξης του πόρου. Είναι γνωστό ότι η παροχή νερού συμβάλλει στην κοινωνική ευημερία, αφενός με την ικανοποίηση των ανθρώπινων αναγκών για υπηρεσίες παροχής γλυκού νερού για άρδευση, για πόσιμο νερό και μεταξύ άλλων για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, και αφετέρου με την παροχή ρυθμιστικών και πολιτιστικών υπηρεσιών όπως η αναψυχή και η διατήρηση της βιοποικιλότητας (Sánchez-Canales et al., 2012). Στην παρούσα μελέτη, το νερό χρησιμοποιήθηκε στη χαρτογράφηση δύο οικοσυστημικών υπηρεσιών: (i) στην παροχή νερού και (ii) στην αναψυχή. Για την οικοσυστημική υπηρεσία παροχής νερού χρησιμοποιήθηκαν οι ταμιευτήρες και οι γεωτρήσεις που υπάρχουν στην περιοχή, οι οποίες εντοπίζονται κυρίως στο ανατολικό τμήμα. Στην υπηρεσία αναψυχής, σημαντικό ρόλο στον καθορισμό του πολιτιστικού παράγοντα έπαιξαν σημεία που συνδέονται με το νερό, όπως είναι οι γέφυρες και οι νερόμυλοι. Από το χαρτογραφικό αποτέλεσμα φάνηκε η ιδιαίτερη συνεισφορά αυτών των στοιχείων, καθώς οι περιοχές με αυξημένη παροχή συμπίπτουν με τα εν λόγω σημεία. Παράλληλα, όπως φαίνεται και από την εικόνα 20, η

παρουσία νερού είναι άμεσα συνδεδεμένη και με την ύπαρξη και ανάδειξη των οικισμών. Είναι χαρακτηριστικό ότι οι περιοχές όπου εντοπίζονται οικισμοί μαζί με παρουσία νερού (ή άλλων όμορων στοιχείων π.χ. μύλοι, γέφυρες, κλπ.) μπορούν να χαρακτηριστούν ως ένα *hot-spot* δραστηριοτήτων αναψυχής.



Εικόνα 20. Οικοσυστημικές Υπηρεσίες: Παροχή Νερού και Αναψυχή, το υδρογραφικό δίκτυο και οι οικισμοί.

Παράλληλα, για τις υπόλοιπες οικοσυστημικές υπηρεσίες, από την υπέρθεση του επιπέδου του υδρογραφικού δικτύου με τα επίπεδα των επιμέρους οικοσυστημικών υπηρεσιών (Εικόνες 21 – 28 του Παραρτήματος) φαίνεται η μεγάλη συνεισφορά του νερού στην αυξημένη παροχή. Η σύνδεση του νερού και της παροχής των οικοσυστημικών υπηρεσιών γίνεται κυρίως μέσω της ύπαρξης της παρόχθιας βλάστησης η οποία, όπως φαίνεται και από τα αποτελέσματα καλύψεων γης, παρουσίασε μια σταθερότητα κατά τη μελετώμενη περίοδο. Έτσι, περιοχές γύρω από ποτάμια/ρέματα, πέρα από αυξημένη δυνατότητα για αναψυχή, παρέχουν επίσης αυξημένες πρώτες ύλες (παροχή ξυλείας), αυξημένη προστασία από διαβρωτικά φαινόμενα, ενώ λειτουργούν και ως θερμά σημεία (*hot-spots*) βιοποικιλότητας (Böck et al., 2018). Ωστόσο, δεδομένου ότι οι Μεσογειακές περιοχές έχουν αναγνωριστεί παγκοσμίως μέσα στις πιο ευάλωτες περιοχές στην κλιματική αλλαγή, η συχνότητα ακραίων κλιματικών φαινομένων μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τη διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων με αποτέλεσμα την έλλειψη πόσιμου νερού, αυξημένο κίνδυνο δασικών πυρκαγιών, αλλαγές στην κατανομή των ειδών καθώς και μείωση της γεωργικής παραγωγικότητας (Schröter et al., 2005). Έτσι, η υιοθέτηση μιας ολιστικής προσέγγισης στην ανάδειξη μια περιοχής ως προς την κοινωνική, οικονομική και περιβαλλοντική αξία μπορεί να συνεισφέρει στη βιώσιμη διαχείριση των φυσικών πόρων, συμβάλλοντας σημαντικά στην αποφυγή μακροπρόθεσμων συνεπειών στην ανθρώπινη ευημερία και στην οικολογική ακεραιότητα.

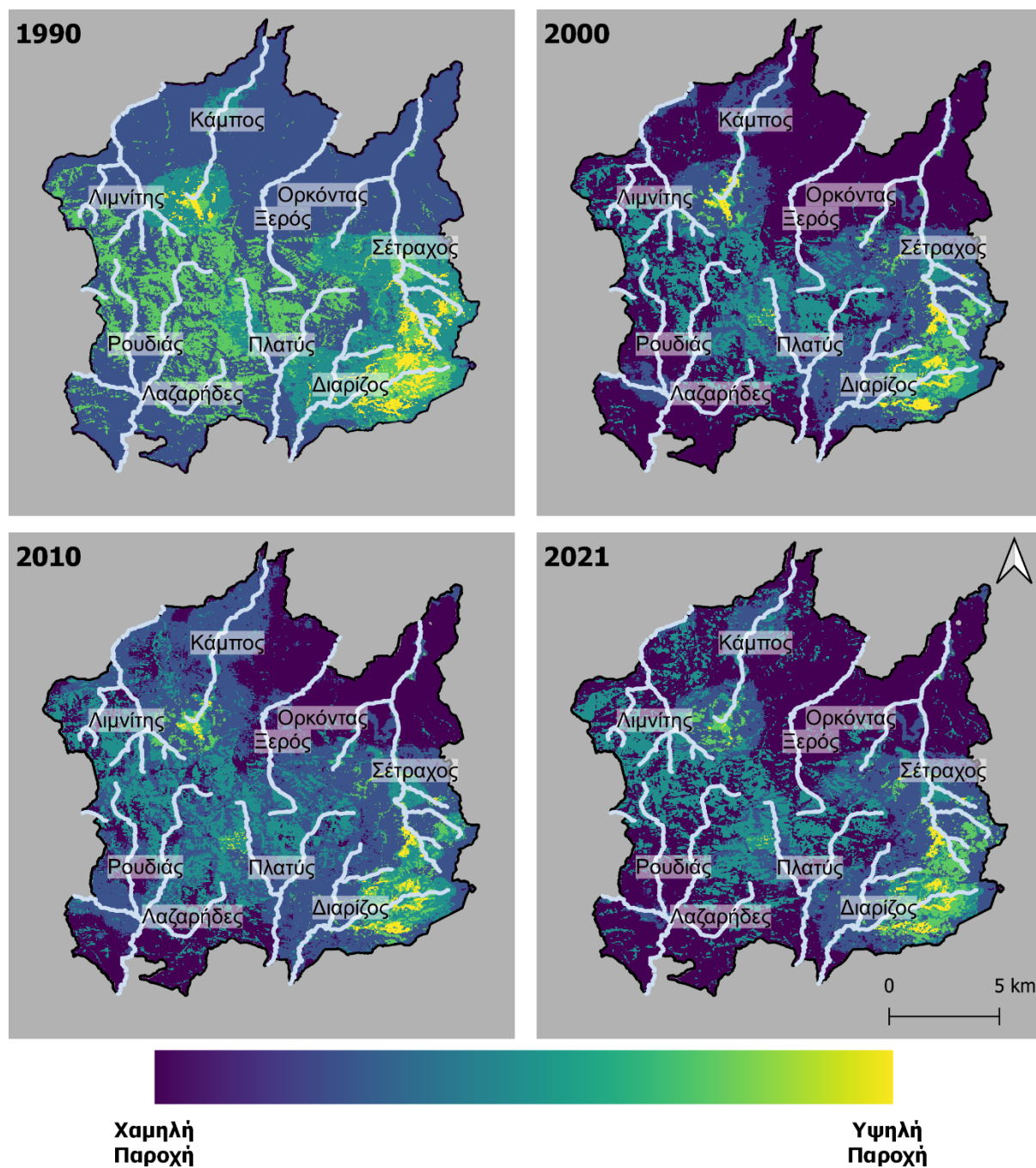
Βιβλιογραφία

- Κοκκινόφτας Κ. (1992) Η συμβολή του κλήρου των χωριών της περιοχής Μαραθάσας στους αγώνες του Ελληνισμού κατά τους τελευταίους δυο αιώνες. Περιοδικό: Ορθόδοξη Μαρτυρία, *Αρ. 7*. 36.
- Κουντούρης Φ. (2018) Μουτουλλάς – Ρίζες και Βιώματα. Τόμος Α'. Λευκωσία, Κύπρος.
- Κωνσταντίνου Γ., Παναγίδης Ι. (2013) Κύπρος και Γεωλογία. Επιστήμη – Περιβάλλον – Πολιτισμός. Πολιτιστικό Ίδρυμα Τράπεζας Κύπρου. Λευκωσία, Κύπρος.
- Μεγάλη Κυπριακή Εγκυκλοπαίδεια (1988) Λήμμα 9. Φιλόκυπρος, Λευκωσία, Κύπρος.
- Πασχάλη Μ. (2013) Σόλοι και Μαραθάσα. Λευκωσία, Κύπρος.
- Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων (2009) Φράγματα της Κύπρου. Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος. Λευκωσία, Κύπρος.
- Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης (2002) Η Γεωλογία της Κύπρου. Δελτίο Αρ. 10, Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος. Λευκωσία, Κύπρος.
- Baatz, M. (2000). Multiresolution Segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 58(3–4), 12–23.
- Baiamonte, G., Domina, G., Raimondo, F. M., & Bazan, G. (2015). Agricultural landscapes and biodiversity conservation: a case study in Sicily (Italy). *Biodiversity and Conservation*, 24, 3201–3216. <https://doi.org/10.1007/s10531-015-0950-4>.
- Blondel, J., Aronson, J., Bodiou, J.-Y., & Boeuf, G. (2010). The Mediterranean Region- Biological Diversity in Space and Time, 384.
- Böck, K., Polt, R., Schülting, L. (2018). Ecosystem Services in River Landscapes. In: Schmutz, S., Sendzimir, J. (eds) *Riverine Ecosystem Management*. Aquatic Ecology Series, vol 8. Springer, Cham.
- Burkhard, B., & Maes, J. (2017). *Mapping Ecosystem Services*. Pensoft Publishers. Sofia. <https://doi.org/10.3897/ab.e12837>.
- Casado-Arzuaga, I., Onaindia, M., Madariaga, I., & Verburg, P. H. (2014). Mapping recreation and aesthetic value of ecosystems in the Bilbao Metropolitan Greenbelt (northern Spain) to support landscape planning. *Landscape Ecology*, 29(8), 1393–1405. <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9945-2>.
- Costanza R., D'Arge R., de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R. V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., van den Belt M. (1997) The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Nature*, 387: 253–260.
- Cushman, R. M., Kaiser, D. P., Jones, S. B., & Olsen, L. M. (2006). Major World Ecosystem Complexes Ranked by Carbon in Live Vegetation: A Database (NDP-017). Oak Ridge National Laboratory. Oak Ridge, USA. <https://doi.org/10.3334/CDIAC/lue.ndp017>.

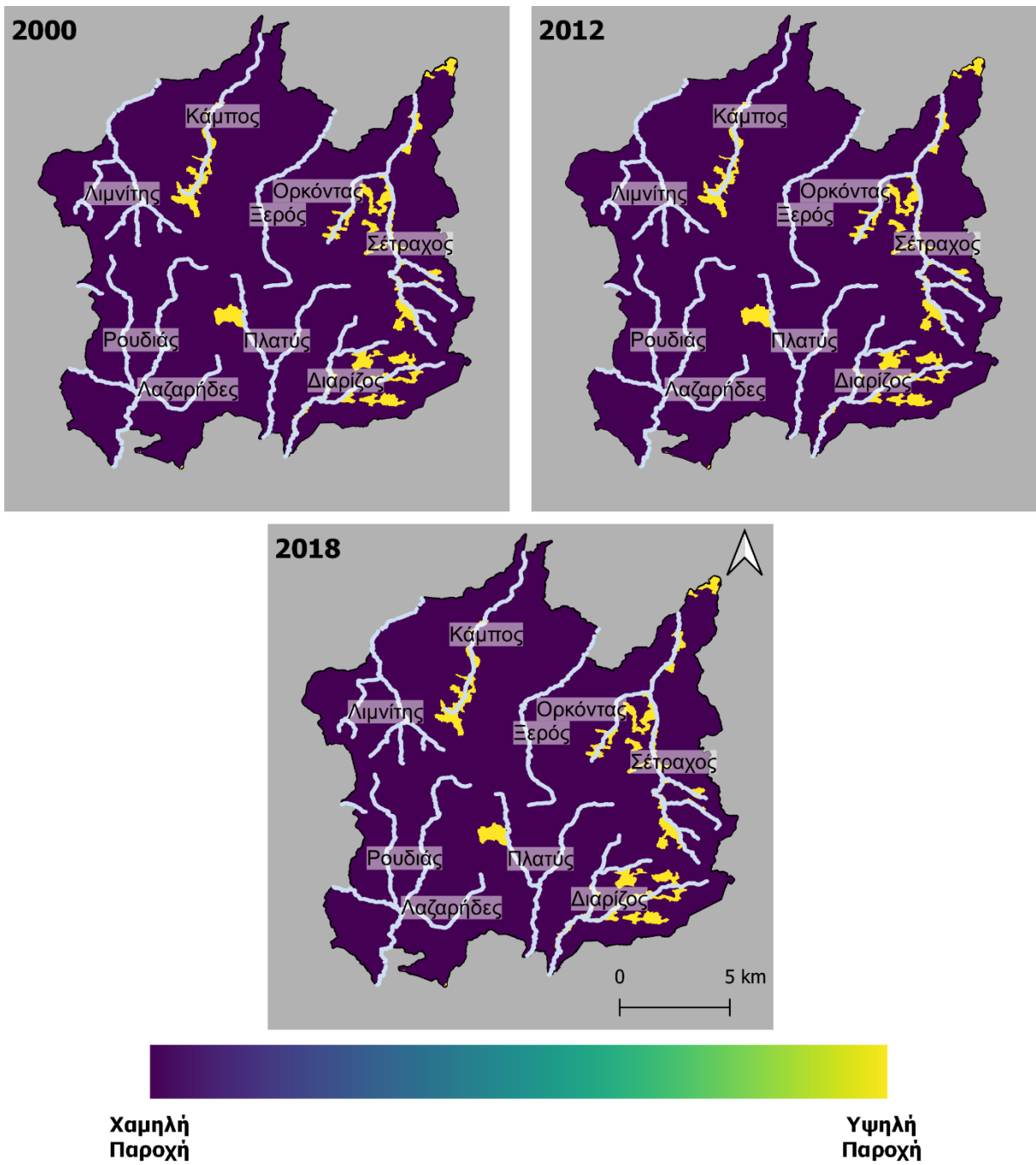
- Frank, S., Fürst, C., Koschke, L., Witt, A., & Makeschin, F. (2013). Assessment of landscape aesthetics — Validation of a landscape metrics-based assessment by visual estimation of the scenic beauty. *Ecological Indicators*, 32, 222–231. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.03.026>.
- Guerra, C. A., Maes, J., Geijzendorffer, I., & Metzger, M. J. (2016). An assessment of soil erosion prevention by vegetation in Mediterranean Europe: Current trends of ecosystem service provision. *Ecological Indicators*, 60, 213–222. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.06.043>.
- Haines-Young, R., & Potschin, M. (2013). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012/2012. EEA Framework Contract No EEA/IEA/09/003. United Kingdom: Centre for Environmental Management, University of Nottingham. Retrieved from www.cices.eu.
- Kefalas, G., Poirazidis, K., Xofis, P., & Kalogirou, S. (2018). Mapping and Understanding the Dynamics of Landscape Changes on Heterogeneous Mediterranean Islands with the Use of OBIA: The Case of Ionian Region, Greece. *Sustainability*, 10, 2986. <https://doi.org/10.3390/su10092986>.
- Liquete, C., Kleeschulte, S., Dige, G., Maes, J., Grizzetti, B., Olah, B., & Zulian, G. (2015). Mapping green infrastructure based on ecosystem services and ecological networks: A Pan-European case study. *Environmental Science and Policy*, 54, 268–280. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.07.009>.
- Lorilla, R. S., Poirazidis, K., Kalogirou, S., Detsis, V., & Martinis, A. (2018). Assessment of the spatial dynamics and interactions among multiple ecosystem services to promote effective policy making REFERENCES RS. LORILLA 169 across Mediterranean island landscapes. *Sustainability*, 10(9), 3285. <https://doi.org/10.3390/su10093285>.
- Ma, S., Smailes, M., Zheng, H., & Robinson, B. E. (2019). Who is Vulnerable to Ecosystem Service Change? Reconciling Locally Disaggregated Ecosystem Service Supply and Demand. *Ecological Economics*, 157, 312–320. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.11.026>.
- Maes, J., Egoh, B., Willemen, L., Liquete, C., Vihervaara, P., Schägner, J. P., ... Bidoglio, G. (2012). Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. *Ecosystem Services*, 1(1), 31–39. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.06.004>.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press. Washington, DC. Retrieved from <https://www.millenniumassessment.org/en/Synthesis.html>.
- Posthumus, J.R. Rouquette, J. Morris, D.J.G. Gowing, T.M. Hess. (2010). A framework for the assessment of ecosystem goods and services; a case study on lowland floodplains in England *Ecological Economics*, Volume 69, Issue 7, 2010, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.02.011>.
- Renard D., Rhemtulla J.M., Bennett E.M. (2015) Historical dynamics in ecosystem service bundles. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 112: 13411–13416.

- Sánchez-Canales, M., Benito, A. L., Passuello, A., Terrado, M., Ziv, G., Acuña, V., ... & Elorza, F. J. (2012). Sensitivity analysis of ecosystem service valuation in a Mediterranean watershed. *Science of the total environment*, 440, 140-153.
- Schindler, S., Poirazidis, K., & Wrška, T. (2008). Towards a core set of landscape metrics for biodiversity assessments: A case study from Dadia National Park, Greece. *Ecological Indicators*, 8, 502–514. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2007.06.001>.
- Schröter, D., Cramer, W., Leemans, R., Prentice, I. C., Araújo, M. B., Arnell, N. W., ... & Zierl, B. (2005). Ecosystem service supply and vulnerability to global change in Europe. *science*, 310(5752), 1333-1337.
- Sutherland, I. J., Bennett, E. M., & Gergel, S. E. (2016). Recovery trends for multiple ecosystem services reveal non-linear responses and long-term tradeoffs from temperate forest harvesting. *Forest Ecology and Management*, 374, 61–70. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.04.037>.
- TEEB (2010). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity Ecological and Economic Foundations*. Edited by Pushpam Kumar. Earthscan, London and Washington.
- Tzanopoulos, J., & Vogiatzakis, I. N. (2011). Processes and patterns of landscape change on a small Aegean island: The case of Sifnos, Greece. *Landscape and Urban Planning*, 99(1), 58–64. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.08.014>.
- Willemsen, L., Veldkamp, A., Verburg, P. H., Hein, L., & Leemans, R. (2012). A multi-scale modelling approach for analysing landscape service dynamics. *Journal of Environmental Management*, 100, 86–95. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.01.022>.
- Wischmeier, W.H. and Smith, D.D. (1978). *Predicting Rainfall Erosion Losses. A Guide to Conservation Planning*. The USDA Agricultural Handbook No. 537, Maryland.

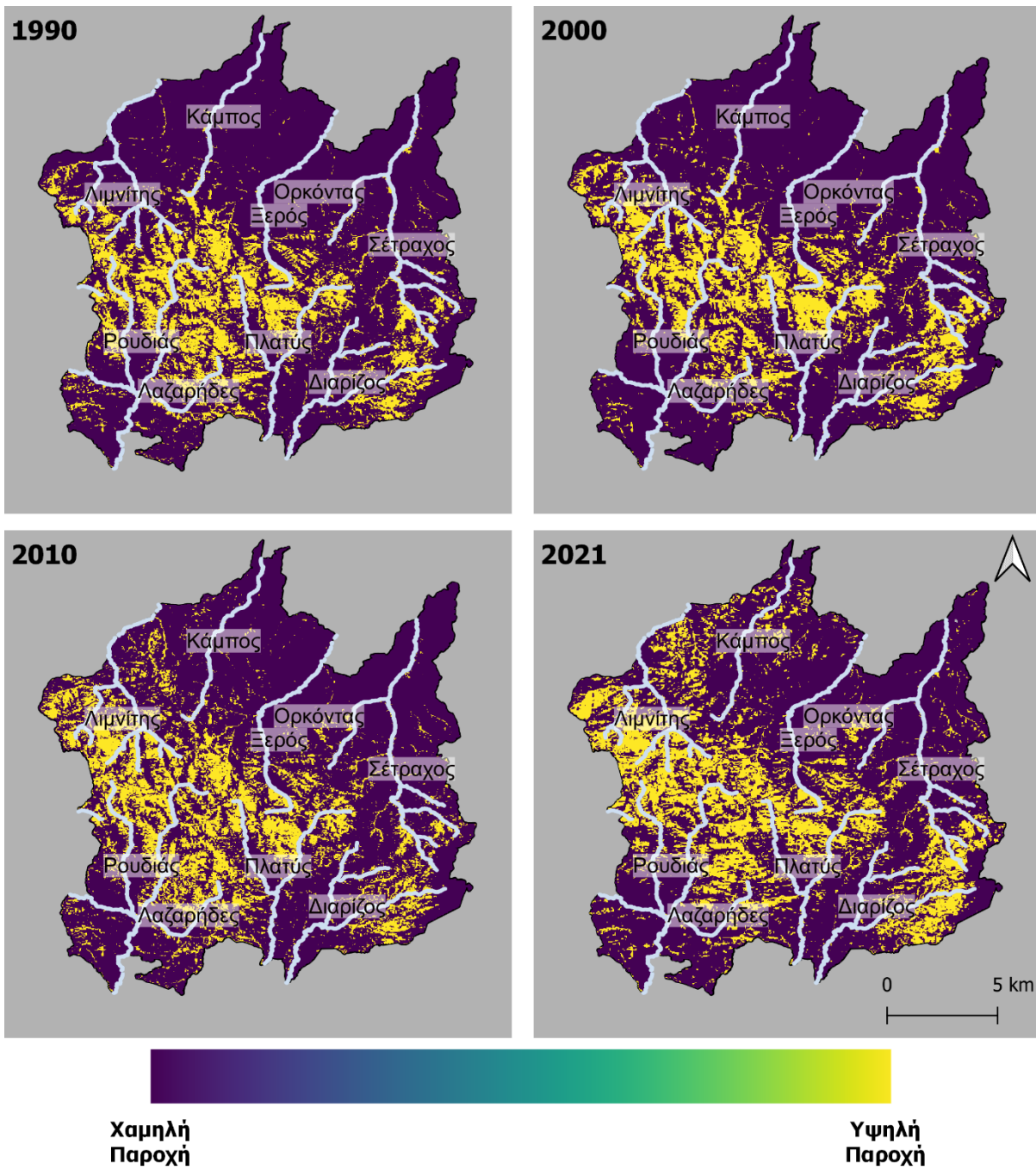
Παραρτήματα



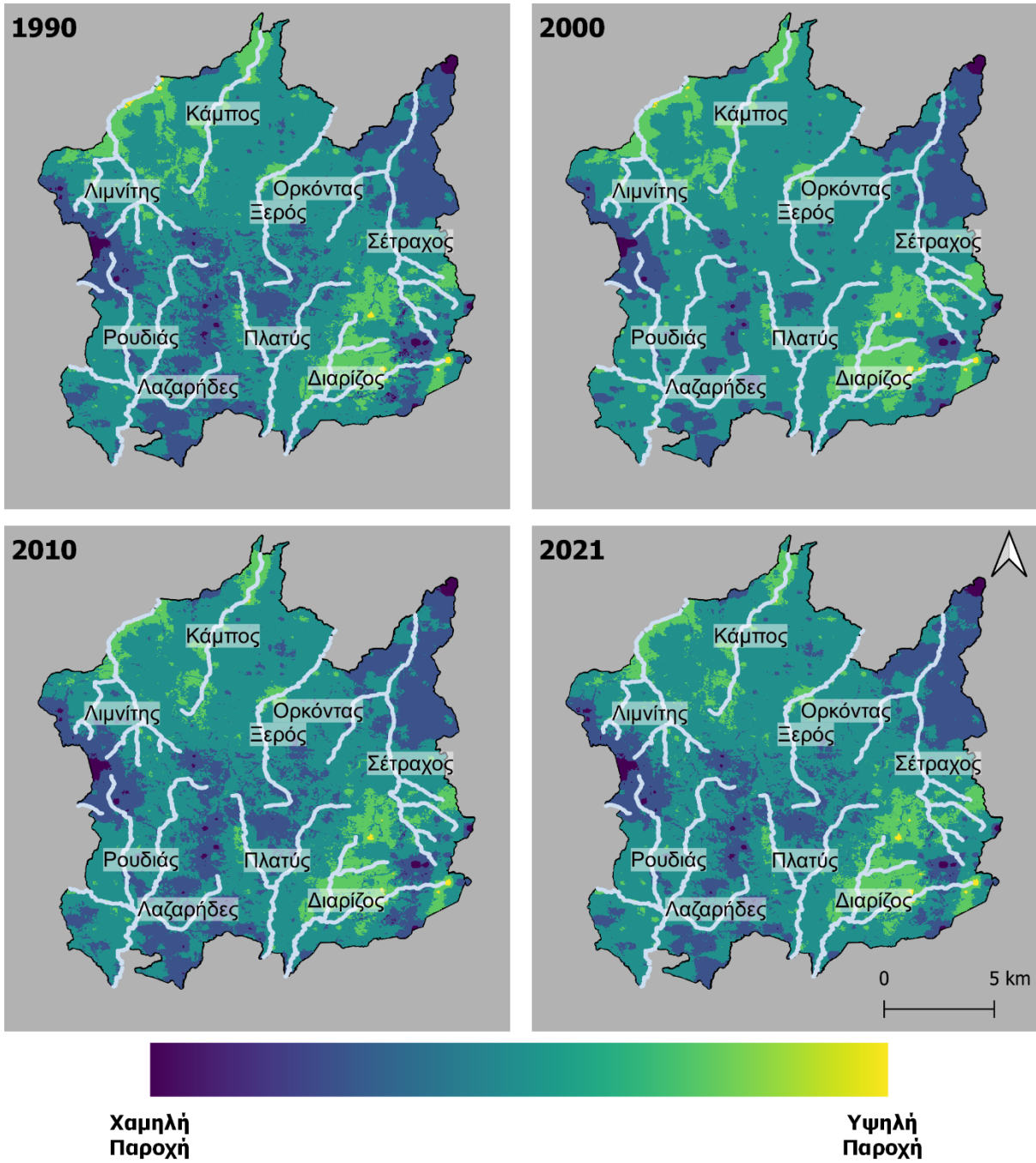
Εικόνα 21. Συνολική Παροχή Οικοσυστημικών Υπηρεσιών & το Υδρογραφικό Δίκτυο.



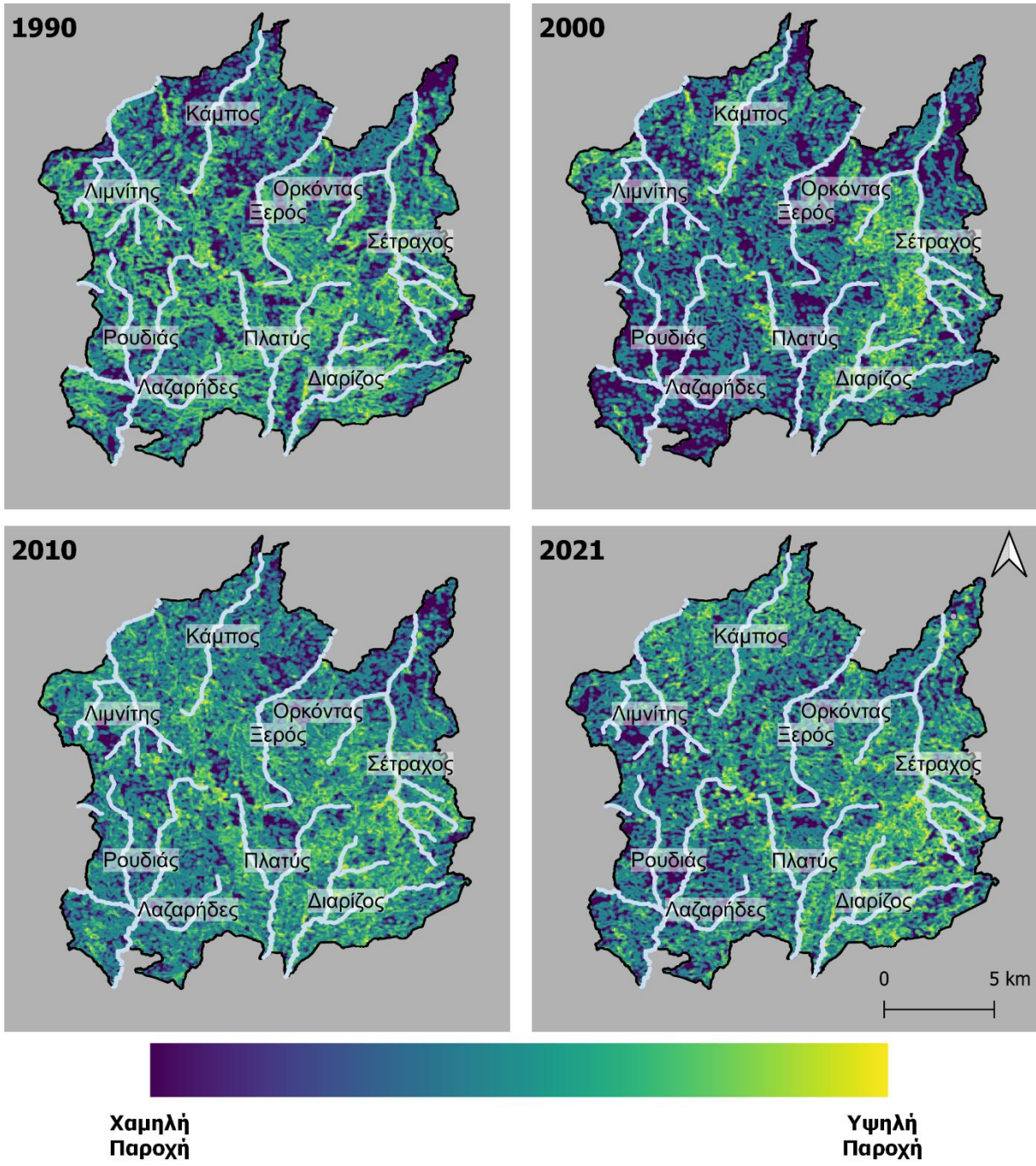
Εικόνα 22. Οικοσυστημική Υπηρεσία: Παροχή Τροφής από Καλλιέργειες & το Υδρογραφικό Δίκτυο.



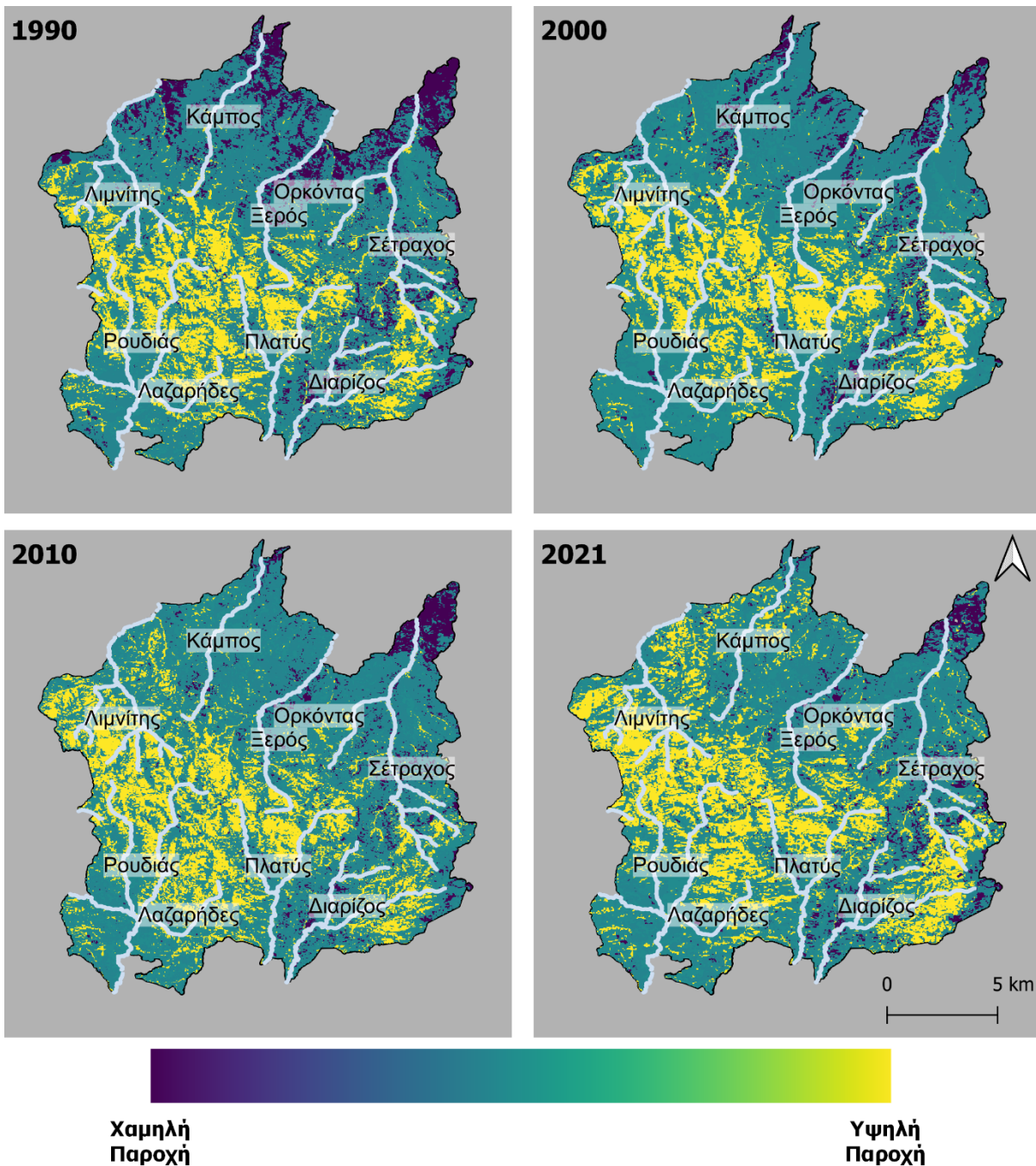
Εικόνα 23. Οικοσυστημική Υπηρεσία: Παροχή Ξυλείας & το Υδρογραφικό Δίκτυο.



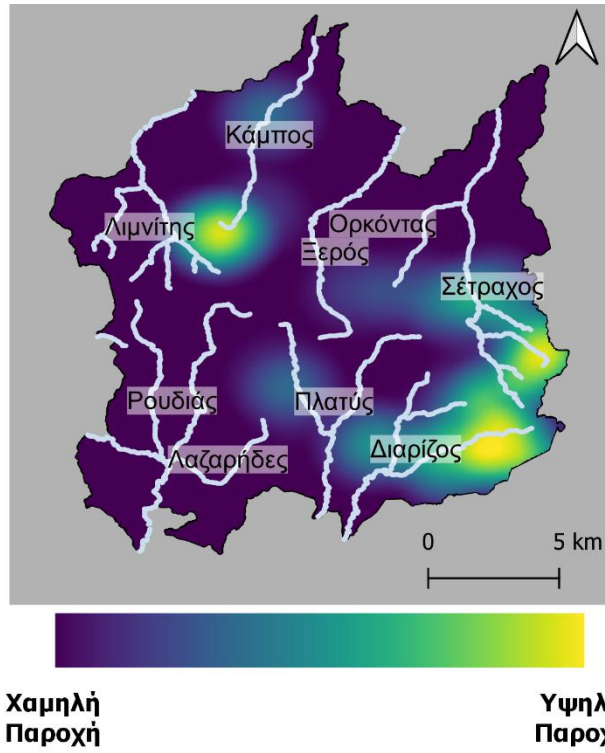
Εικόνα 24. Οικοσυστημική Υπηρεσία: Αποτροπή Διάβρωσης & το Υδρογραφικό Δίκτυο.



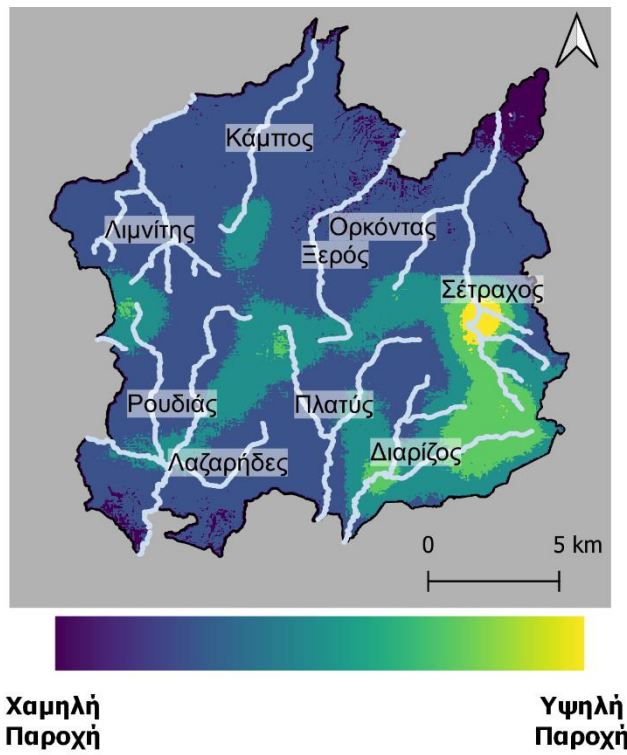
Εικόνα 25. Οικοσυστημική Υπηρεσία: Διατήρηση Σημαντικών Πληθυσμών και Ενδιαιτημάτων & το Υδρογραφικό Δίκτυο.



Εικόνα 26. Οικοσυστημική Υπηρεσία: Ρύθμιση του Κλίματος & το Υδρογραφικό Δίκτυο.



Εικόνα 27.Οικοσυστημική Υπηρεσία: Παροχή Νερού & το Υδρογραφικό Δίκτυο.



Εικόνα 28.Οικοσυστημική Υπηρεσία: Αναψυχή & το Υδρογραφικό Δίκτυο.