

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών *Διαχείριση και Προστασία
Περιβάλλοντος*

Μεταπτυχιακή Διατριβή



Χωρική Ανάλυση Οικοσυστημικών Υπηρεσιών στην Κύπρο
Θεοφάνης Κούμπης

Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Ιωάννης Βογιατζάκης

Δεκέμβριος 2016

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών *Διαχείριση και Προστασία
Περιβάλλοντος*

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Χωρική Ανάλυση Οικοσυστημικών Υπηρεσιών στην Κύπρο
Θεοφάνης Κούμπης

Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Ιωάννης Βογιατζάκης

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στη Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Δεκέμβριος 2016

ΛΕΥΚΗ ΣΕΛΙΔΑ

Περίληψη

Η έννοια των οικοσυστημικών υπηρεσιών είναι απόλυτα συνδεδεμένη με το χώρο ενσωματώνοντας έτσι, τόσο την περιβαλλοντική (προσφορά) όσο και την κοινωνικο-οικονομική διάσταση (ζήτηση). Η ανάλυση των οικοσυστημικών υπηρεσιών είναι απαραίτητη για την κατανόηση της συνεισφοράς του φυσικού περιβάλλοντος στην ανθρώπινη ευημερία, για τη μετάδοση και τη διάχυση ουσιαστικών πληροφοριών για το ρόλο που διαδραματίζουν τα φυσικά συστήματα στην κοινωνία και για την υποστήριξη της διαδικασίας λήψης αποφάσεων σε επίπεδο πολιτικής και διαχείρισης.

Στην παρούσα διατριβή, πραγματοποιήθηκε η χωρική ανάλυση τριών ρυθμιστικών υπηρεσιών (ποιότητα βιοτόπου, επικοινωνία, αποθήκευση άνθρακα) και μίας πολιτισμικής υπηρεσίας (αναψυχή). Η χωρική ανάλυση πραγματοποιήθηκε για ολόκληρο το νησί της Κύπρου, το 3ο μεγαλύτερο και το πλέον ανατολικότερο νησί της Μεσογείου. Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας δεν εντοπίστηκε αντίστοιχη προσπάθεια χωρικής ανάλυσης ΟΥ σε εθνικό επίπεδο για την περιοχή μελέτης. Η μέθοδος που επιλέχθηκε ήταν συνδυασμός συναρτήσεων οικολογικής λειτουργίας (για τις υπηρεσίες ποιότητας βιοτόπου και επικοινωνίας), η πληθοποριστική μέθοδος (crowdsourcing) χαρτογράφησης για την υπηρεσία της αναψυχής και η χωρική συνάθροιση ποσοτήτων ανά διαμέρισμα άνθρακα για την υπηρεσία αποθήκευσης άνθρακα. Η χαρτογράφηση της προσφοράς ποιότητας βιοτόπου έγινε με χρήση δεδομένων κάλυψης γης και απόψεων ειδικών, η προσφορά και η ζήτηση της επικοινωνίας χαρτογραφήθηκαν με βάση γνώμες ειδικών, δεδομένα κάλυψης γης και με βιβλιογραφικά δεδομένα. Η προσφορά της υπηρεσίας αποθήκευσης άνθρακα απεικονίστηκε σύμφωνα με τις οδηγίες του IPCC, την κάλυψη γης και εδαφολογικά δεδομένα, ενώ η ζήτηση της αναψυχής χαρτογραφήθηκε με βάση τη χωρική κατανομή της θέσης λήψης φωτογραφιών που είναι μεταφορτωμένες στο flickr. Η χαρτογράφηση των ΟΥ εκτελέστηκε με το λογισμικό ανάλυσης InVEST, το οποίο χρησιμοποιείται ευρύτατα για μελέτες τοπικής, περιφερειακής, εθνικής και ηπειρωτικής κλίμακας. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων βασίστηκε στη χωρική συσχέτιση της κατά χώρο παροχής/ζήτησης υπηρεσιών με τον τύπο κάλυψης γης και εκτελέστηκε με τη χρήση λογισμικών GIS και υπολογιστικών φύλλων. Τα αποτελέσματα εξήχθησαν σε πλεγματική δομή και αποδόθηκαν σε χάρτες κατάλληλης χρωματικής διαβάθμισης. Οι περιορισμοί διαθεσιμότητας δεδομένων και η χρήση γενικευμένης περιγραφής της κάλυψης γης υποχρέωσαν τη χρήση εκτεταμένων παραδοχών, ενώ σημαντικά στοιχεία του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος δεν αποδόθηκαν με τη λεπτομέρεια που θα απέδιδε πληρέστερα τους παράγοντες που υποβαθμίζουν το φυσικό περιβάλλον και μειώνουν το επίπεδο παροχής ΟΥ. Από την ανάλυση των υπηρεσιών προέκυψε ότι η οροσειρά Τρόδος και τα υπόλοιπα δασικά συμπλέγματα της Κύπρου είναι οι κυριότεροι πάροχοι των υπηρεσιών που εξετάστηκαν. Οι μεγάλες επιφάνειες της γεωργικής γης και της γης που καλύπτεται από σκληροφυλλική βλάστηση είναι σε θέση να συμβάλουν σημαντικά στην παροχή ΟΥ υπό την κατάλληλη διαχείριση. Η εκτέλεση του μοντέλου αναψυχής επέτρεψε τη χρονική ανάλυση της επισκεψιμότητας και αποκάλυψε την αυξημένη προτίμηση των προστατευόμενων περιοχών έναντι των υπολοίπων φυσικών επιφανειών. Η χρήση λεπτομερέστερων χωρικά και πληρέστερων ποιοτικά δεδομένων που θα εισαχθούν στα μοντέλα που εκτελέστηκαν, εκτιμάται ότι θα βελτιώσει σημαντικά την ακρίβεια της χωρικής αποτύπωσης της προσφορά ή της ζήτησης των ΟΥ.

Summary

The concept of the ecosystem services is inextricably related with the concept of space thus incorporating both the environmental (supply) and the socio-economic (demand) dimension. The evaluation of the ecosystems services is of central importance towards aiding the decision making process on political level. Mapping the ecosystem services is a critical stage towards building our understanding with regards to the supply and demand variables as important flows of information can be captured and analyzed.

This study is based on the analysis of three regulating and one cultural services (quality of habitat, pollination, carbon storage and recreation). The spatial analysis refers to the whole island of Cyprus, the third biggest island in the Mediterranean and the island closest to its eastern part. The literature review conducted as part of the thesis, did not show any relative study regarding the spatial analysis of the ecosystem services on national level. The method chosen was a combination of ecological production function (for habitat quality and pollination service), crowdsourcing method for the mapping recreation and the spatial aggregation of quantities per carbon pool for carbon storage service. The mapping of habitat quality was conducted using land cover data and expert's opinion, the supply and demand of pollination service was mapped on the basis of expert's opinion, land cover data and literature data. The supply of carbon storage service was mapped according to the IPCC guidelines, land cover and soil data, while the demand of recreation mapped based on the spatial distribution of images uploaded to web photo-share platform flickr. The mapping of the ecosystem services was conducted using the model analysis suite InVEST, renowned for its use in ecosystem services studies on local, regional, national and continental level whilst the analysis of the final results was based on a cross reference supply/demand model according to land coverage and with the aid of GIS and Excel software. The results are extracted onto grids and rendered on color coded maps and show that: The majority of the ecosystem services derive from Troodos mountainous area as well as Cyprus's forests, the large agricultural areas and the areas covered by sclerophyllous vegetation have the potential to positively impact the ecosystem services under better management. Finally the analysis of the recreational model designed and used revealed the recreational trends in time, revealing the fact that habitats under protection attract more visits. This study is making use of justified assumptions - when data are not available – and as far as its limitations are concerned, it does not dwell in detail on the factors of the man-made environment that degrade the natural environment and reduce the quality and quantity of the ecosystem services. However, if more detailed data (in quantity and dimensions) are inserted in the same models, our understanding of the ecosystems and their services regarding Cyprus Island will be improved.

Ευχαριστίες

Η παρούσα διατριβή θα ήταν αδύνατο να ολοκληρωθεί χωρίς την ενθάρρυνση, την επιστημονική και εκπαιδευτική υποστήριξη του επιβλέποντος καθηγητή Δρ. Ιωάννη Βογιατζάκη τον οποίο ευχαριστώ θερμά για την κατανόηση, τη συμπαράσταση και την παρότρυνση που μου παρείχε.

Οφείλω να ευχαριστήσω επίσης τον Δρ. Μενέλαο Σταυρινίδη, επίκουρο καθηγητή του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου και την κα Άντρη Βαρνάβα, γεωπόνο και διδακτορική φοιτήτρια για τα εντομολογικά στοιχεία που μου παρείχαν.

Ευχαριστίες οφείλω και στην ευγενική και υπομονετική συνάδελφό μου, Τούντα Ελένη που είχε την υπομονή να διαβάσει τα κείμενα και να υποδείξει συντακτικές βελτιώσεις.

Τέλος επιθυμώ να ευχαριστήσω τον Δρ. Κώστα Ποϊραζίδη, αναπληρωτή καθηγητή του ΤΕΙ Ιονίων Νήσων για την ευκαιρία που μου έδωσε το 2012 να παρακολουθήσω τη διάλεξη του Καθηγητή. Stefan Dullinger στη Ζάκυνθο, διάλεξη που πυροδότησε το ενδιαφέρον μου για το αντικείμενο το οποίο τέσσερα χρόνια αργότερα είχα τη χαρά να μελετήσω.

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή	1
1.1	Εισαγωγή	1
1.2	Καταγραφή προβλήματος	3
1.3	Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης	4
1.4	Σκοποί και στόχοι.....	5
1.5	Διατύπωση των κεντρικών εννοιών.....	6
2	Βιβλιογραφική ανασκόπηση	13
2.1	Εισαγωγή	14
2.2	Ιστορική Αναδρομή	15
2.3	Θεωρητικό Πλαίσιο	16
2.4	Η χαρτογράφηση των ΟΥ σήμερα	21
2.4.1	Διεθνής πραγματικότητα	25
2.4.2	Έρευνα οικοσυστημικών υπηρεσιών στην Κύπρο.....	49
2.5	Συμπεράσματα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας	52
3	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	56
3.2	Ερευνητικά Ερωτήματα.....	56
3.3	Σχεδιασμός.....	56
3.3.1	Επιλογή μεθόδου χαρτογράφησης ΟΥ	56
3.3.2	Επιλογή και περιγραφή περιοχής μελέτης.....	57
3.3.3	Επιλογή Υπηρεσιών	62
3.3.4	Λογισμικό Χαρτογράφησης Οικοσυστημικών Υπηρεσιών.....	62
3.3.5	Διαθεσιμότητα δεδομένων	63
3.3.6	Επικουρικά εργαλεία	63
3.3.7	Γλώσσα και τοπικές ρυθμίσεις.....	63
3.4	Μέθοδος Συλλογής Δεδομένων	64
3.5	Περιγραφή ερευνητικών εργαλείων.....	65
3.5.1	Μοντέλο ποιότητας βιοτόπου.....	65
3.5.2	Μοντέλο επικοινωνίας	68
3.5.3	Μοντέλο αναψυχής	70
3.5.4	Μοντέλο αποθήκευσης άνθρακα	71
3.6	Διαδικασία	74
3.6.1	Εκτέλεση μοντέλου ποιότητας οικοτόπου (δεδομένα εισόδου και παράμετροι)	74

3.6.2	Εκτέλεση μοντέλου επικοινωνίας (δεδομένα εισόδου και παράμετροι)	74
3.6.3	Εκτέλεση μοντέλου αναψυχής (δεδομένα εισόδου και παράμετροι).....	75
3.6.4	Εκτέλεση μοντέλου αποθήκευσης άνθρακα (δεδομένα εισόδου και παράμετροι).....	76
3.6.5	Ανάλυση αποτελεσμάτων.....	80
4	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	82
4.1	Ποιότητα Βιοτόπου.....	82
4.2	Επικοινωνία.....	84
4.3	Αναψυχή.....	86
4.4	Αποθήκευση άνθρακα.....	90
4.5	Θέσεις υψηλής παροχής ΟΥ.....	92
5	ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ	94
5.1	Συζήτηση.....	94
5.2	Περιορισμοί.....	95
5.3	Συμπεράσματα.....	97
5.4	Εισηγήσεις	99
	Παραρτήματα	100
	Α Μοντέλα InVEST	100
	Β Πίνακες εισόδου μοντέλων InVEST	103
	Γ Οικολογία Bombus terrestris	108
	Βιβλιογραφία.....	112

1 Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή

Οικοσυστημικές Υπηρεσίες (ΟΥ) είναι τα οφέλη (οι υπηρεσίες και τα αγαθά) που αποκτούν οι άνθρωποι από τα οικοσυστήματα (Millennium Ecosystem Assessment, , 2005). Ο ορισμός αυτός εμφανίζεται με αρκετές παραλλαγές στη διεθνή βιβλιογραφία χωρίς όμως να μεταβάλλεται η κεντρική ιδέα (Πίνακας 1.1). Το σύγχρονο επιστημονικό πεδίο των ΟΥ έχει τις βάσεις του στα οικονομικά του περιβάλλοντος. Η οικονομική θεώρηση της φύσης και η αντίληψη του φυσικού κεφαλαίου ως συντελεστή παραγωγής, εμφανίζεται στη κλασική οικονομική θεωρία από τον 18^ο αιώνα έως τα μέσα του 19^{ου} χωρίς όμως να αντιμετωπίζεται ως ένας πόρος ικανός να παράξει άμεσα αξίες για την ευημερία του ανθρώπου. Σύμφωνα με τους Erik Gómez-Baggethun et al. (2010) οι κλασικοί οικονομολόγοι εξέτασαν τη φύση (το έδαφος, η ξυλεία, τα ορυχεία και τα αλιεύματα) στο πλαίσιο των συντελεστών παραγωγής, ενώ παράλληλα θεωρούσαν τα φυσικά αγαθά ανεξάντλητα και επομένως μικρής οικονομικής σημασίας συγκριτικά με το συντελεστή της εργασίας. Η άποψη αυτή αναθεωρήθηκε στα τέλη του 19^{ου} από το Μαρξ ο οποίος διατύπωσε τη θέση ότι η αξία προέρχεται από το συνδυασμό φύσης και εργασίας, άποψη που εγκαταλείφθηκε στη συνέχεια λόγω της αυξημένης σημασίας που αποδόθηκε στην τεχνολογική εξέλιξη, τη δυνατότητα υποκατάστασης των φυσικών αγαθών και την οργάνωση της εργασίας (Gómez-Baggethun et al. 2010). Κατά τη διάρκεια του Μεσοπόλεμου, αναπτύχθηκε κάποιας μορφής προβληματισμός σχετικά με τη σπανιότητα των πόρων και τις συνέπειες της εξάντλησης, ο οποίος περιορίστηκε μόνο στα αγαθά που παρουσιάζουν ανταλλακτική αξία, ενώ στη συνέχεια εξαφανίσθηκε λόγω της κυρίαρχης οικονομικής αντίληψης για τη σπουδαιότητα του κεφαλαίου και της εργασίας. Μετά τα μέσα του 20^{ου} αιώνα και υπό τη γενικότερη επίδραση των προβληματισμών για το περιβάλλον και τους φυσικούς πόρους, η οικονομική επιστήμη εξέτασε την οικονομική διάσταση του περιβάλλοντος και εμφανίσθηκαν οι μέθοδοι αποτίμησης μη αγοραίων αγαθών προκειμένου να ληφθούν υπόψη σε κόστος – όφελος οι μελέτες που υποστήριζαν τη διαδικασία λήψης αποφάσεων (Common and Stagl, 2005).

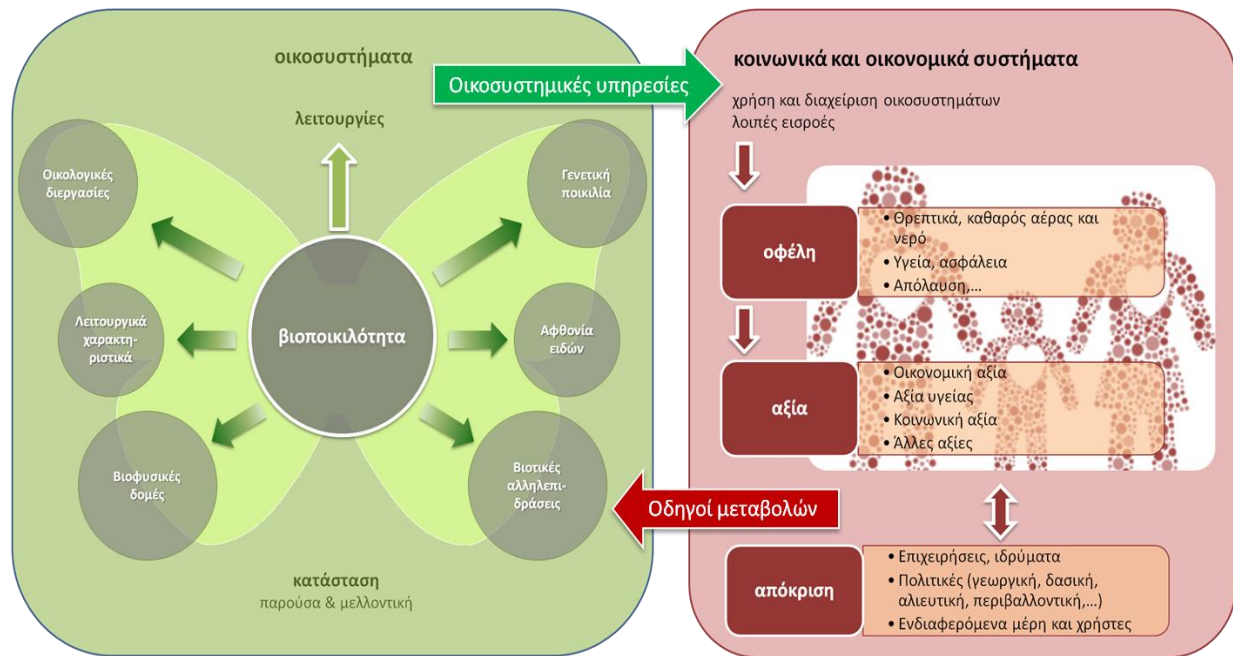
Η σύγχρονη έννοια των οικοσυστημικών υπηρεσιών περιγράφεται από το Westman (1977), ο οποίος αναφέρεται στη διαδικασία λήψης κοινωνικά αποδεκτών αποφάσεων με βάση τη σύγκριση ζημιάς – οφέλους, ενώ παράλληλα σημειώνει την αναγκαιότητα και τη σημασία της λογιστικής αποτίμησης των «φυσικών» υπηρεσιών αλλά και τη δυσκολία της διαδικασίας αυτής. Η έννοια των οικοσυστημικών υπηρεσιών είναι απόλυτα συνδεδεμένη με το χώρο ποσοτικά ενσωματώνοντας έτσι τόσο την οικολογική διάσταση (προσφορά) όσο και την κοινωνικοοικονομική διάσταση (ζήτηση).

Πίνακας 1.1: Ορισμοί της έννοιας των οικοσυστημικών υπηρεσιών.

Ορισμός	Συγγραφέας
Η ικανότητα των φυσικών διεργασιών και στοιχείων να παρέχουν αγαθά και υπηρεσίες που ικανοποιούν τις ανθρώπινες ανάγκες, άμεσα ή έμμεσα.	De Groot, 1992
Οι συνθήκες και οι διαδικασίες διαμέσου των οποίων να φυσικά οικοσυστήματα και τα είδη που τα συνθέτουν, υποστηρίζουν και πραγματώνουν την ανθρώπινη ζωή.	Daily, 1997
Τα άμεσα και τα έμμεσα οφέλη που αποκομίζουν οι άνθρωποι από τις λειτουργίες των οικοσυστημάτων.	Costanza et al., 1997
Τα οφέλη που αποκτούν οι άνθρωποι από τα οικοσυστήματα.	MA, 2005
Στοιχεία της φύσης που απολαμβάνονται, καταναλώνονται ή χρησιμοποιούνται για την παροχή ανθρώπινης ευημερίας	Boyd and Banzhaf, 2006
Τα πολυάριθμα οφέλη – μικρά και μεγάλα – που τα οικοσυστήματα παρέχουν στους ανθρώπους.	World Resources Institute, 2011
Η συνεισφορά της δομής και των λειτουργιών οικοσυστήματος- σε συνδυασμό με άλλες εισροές- στην ευημερία του ανθρώπου.	Brukhard et.al., 2012

Η ικανότητα των οικοσυστημάτων να παρέχουν υπηρεσίες και αγαθά συνδέεται άμεσα με χαρακτηριστικά όπως η δομή και ο τύπος των οικοσυστημάτων, η έκθεση σε διαταραχές, η αλλοίωση και ο κατακερματισμός του τοπίου (De Groot, et al., 2000), ενώ η ποσότητα των υπηρεσιών που παράγονται εξαρτάται από το μέγεθος των οικοσυστημάτων και τη χωρική διαμόρφωση του τοπίου (Brukhard et al., 2012). Υπό αυτή την έννοια η χωρική απεικόνιση των ΟΥ δηλαδή η χαρτογράφησης τους, αποτελεί κρίσιμο στάδιο κατά την εκτίμηση της προσφοράς και της ζήτησης των υπηρεσιών και των αγαθών που προσφέρονται από τη φύση.

Στο έργο MAES (2015), οι ΟΥ προσδιορίζονται ως η ροή του αποτελέσματος των λειτουργιών των οικοσυστημάτων από τη φύση προς την κοινωνία. Τα φυσικά συστήματα μέσω της αλληλεπίδρασης του βιοτικού και αβιοτικού περιβάλλοντος (διαμέσου των δυνάμεων της ύλης και της ενέργειας) επιτελούν φυσικές λειτουργίες οι οποίες είναι τα αποτελέσματα του υποσυστήματος του οποίου είναι μέρος. Οι εκροές των διεργασιών αυτών εκλαμβάνονται από την κοινωνία ως ωφέλειες όπως η θρέψη, η ασφάλεια, η πρόσβαση σε πόσιμο νερό, η ρύθμιση του κλίματος, η ψυχική/πνευματική ικανοποίηση κ.α. οι οποίες είναι σημαντικές και απαραίτητες για την ανθρώπινη ευημερία. Η ζήτηση των υπηρεσιών και αγαθών επιβάλλει τη ρύθμιση της κατανάλωσης μέσα από πολιτικά, θεσμικά και διαχειριστικά συστήματα τα οποία με τη σειρά τους διαμορφώνουν τις κινητήριες δυνάμεις που επηρεάζουν και μεταβάλλουν την ικανότητα των οικοσυστημάτων να επιτελούν λειτουργίες χρήσιμες στην κοινωνία (Σχήμα 1.1).



Σχήμα 1.1: Εννοιολογικό πλαίσιο για την εκτίμηση των οικοσυστημάτων στην ΕΕ (απόδοση από MAES 2015).

1.2 Καταγραφή προβλήματος

Η ανάλυση των ΟΥ είναι μια σύνθετη διαδικασία καταγραφής, μελέτης και διαχείρισης των συστημάτων υποστήριξης της ζωής στη γη μέσα από μια ανθρωποκεντρική προσέγγιση, όπου επιδιώκεται η διεπιστημονική έρευνα για την παροχή εργαλείων λήψης αποφάσεων και διαχείρισης. Η ανάγκη για την ύπαρξη – σύνθεση ιδέας τονίζεται εμφατικά από τους Daily, Ehrlich and Alberti (20:1996) οι οποίοι σημειώνουν ότι η «ανθρωπότητα έχει φθάσει σε εκείνο το σημείο όπου κάθε κυβικό εκατοστό της βιόσφαιρας θα έπρεπε να διαχειρίζεται στο πλαίσιο ενός παγκόσμιου σχήματος προοριζόμενου να συγκρατήσει τις ανθρωπογενείς επιπτώσεις σε ένα βιώσιμο επίπεδο ώστε να εξασφαλισθούν τα φυσικά συστήματα διατήρησης της ζωής και η ανθρώπινη ευημερία». Η επιτυχημένη και αποτελεσματική διαχείριση των φυσικών συστημάτων προϋποθέτει τη διεπιστημονική συνεργασία μεταξύ:

- Οικολόγων, κλιματολόγων, υδρογεωλόγων, τοξικολόγων, ωκεανογράφων, για να μελετήσουν τη βιωσιμότητα των φυσικών συστημάτων υπό τις ανθρωπογενείς επεμβάσεις, τη σχέση βιοποικιλότητας και οικοσυστημικών διεργασιών. Γενικότερα, να αποσαφηνίσουν τους κανόνες της φύσης και να τους κοινοποιήσουν στους υπόλοιπους επιστήμονες.
- Οικονομολόγων, για να βοηθήσουν την κοινωνία να καθορίσει τους αναγκαίους περιορισμούς της ανάπτυξης που θα αποτρέψουν οικολογικές καταστροφές, να μελετήσουν τους οικονομικά αποτελεσματικούς τρόπους διασφάλισης – προστασίας των φυσικών συστημάτων, να συγκρίνουν και να αξιολογήσουν τις επιπτώσεις από διαφορετικά σενάρια και στρατηγικές καθώς επίσης και εναλλακτικούς τρόπους για τη μείωση της κατανάλωσης φυσικών πόρων. Καλούνται να βρουν τις καλύτερες στρατηγικές που θα μετατρέψουν τους σκοπούς διαχείρισης της φύσης σε πολιτικές επίτευξης αυτών.
- Τεχνολόγων (γεωπόνοι, μηχανικοί, αρχιτέκτονες, χωροτάκτες κλπ), για να δημιουργήσουν αποτελεσματικά εργαλεία και μηχανισμούς παραγωγής/ κάρπωσης/ μετατροπής/

οργάνωσης των υλικών συστατικών της ανθρώπινης ευημερίας. Ο ρόλος τους είναι να αναπτύξουν ανώτερες τακτικές αποτελεσματικής παροχής τροφής, νερού, ενέργειας, μεταφορών, επικοινωνιών κλπ.

- Πολιτικών επιστημόνων, νομικών και συμπεριφοριολόγων για το σχεδιασμό «σοφών» νόμων και θεσμών που θα καθιστούν τα κοινωνικά συστήματα ανθεκτικά έναντι στην εξαπάτηση και σε στρεβλά κίνητρα, την επιτυχημένη ενσωμάτωση πολιτικών στο εθνικό και το διεθνές δίκαιο και γενικότερα να διερευνήσουν τον καλύτερο τρόπο για τη δόμηση των διαδικασιών χάραξης πολιτικής. Ο ρόλος τους είναι να ωθήσουν τα έθνη και τους λαούς να συμμετάσχουν στη διαδικασία.

Εξαιτίας της ενσωμάτωσης πολλών παραγόντων, η έννοια των οικοσυστημικών υπηρεσιών παρέχει ένα πολύτιμο πλαίσιο για τον ορισμό και την ανάλυση των δεσμών και των εξαρτήσεων μεταξύ των ανθρώπινων και των φυσικών συστημάτων. Οι Bukhard et al. (2010) συνοψίζουν τα σημαντικότερα ερωτήματα που καλείται να απαντήσει η σύγχρονη έρευνα για τις οικοσυστημικές υπηρεσίες:

1. Ποιες έννοιες και μέθοδοι απαιτούνται για την περιγραφή, τη μοντελοποίηση και την ποσοτικοποίηση των οικοσυστημικών υπηρεσιών σε διαφορετικές και πολλαπλές χωρικές κλίμακες;
2. Πως επιτυγχάνεται η γεφύρωση των εννοιών: πολυλειτουργικότητα – οικοσυστημικές υπηρεσίες – περιβαλλοντικοί λογαριασμοί;
3. Ποιες είναι οι δυνατότητες και οι περιορισμοί της οικονομικής αποτίμησης;
4. Ποιος είναι ο διακριτός ρόλος των υποστηρικτικών υπηρεσιών, της οικολογικής ακεραιότητας και της βιοποικιλότητας;
5. Πως εφαρμόζεται στην πράξη η έννοια των οικοσυστημικών υπηρεσιών;
6. Πως επιτυγχάνεται η διεπιστημονική συνεργασία;

1.3 Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης

Η χαρτογράφηση των ΟΥ είναι σημαντική για την κατανόηση της προσφοράς ΟΥ σε διαφορετικές κλίμακες αλλά και του πώς τα φυσικά συστήματα ανταποκρίνονται στη ζήτηση, έχοντας πάντοτε υπόψη ότι οι αντίστοιχοι πόροι συχνά είναι άνισα κατανομημένοι στο χώρο και η ζήτηση πολλές φορές παρουσιάζεται σε διαφορετικό χώρο (Fisher et al, 2009) όπως στην περίπτωση των παραγωγικών υπηρεσιών που πρέπει να καταναλωθούν σε απόσταση (Mononen, et al., 2017). Η χαρτογράφηση της προσφοράς και τη ζήτησης ΟΥ καλείται να εξυπηρετήσει τους εξής στόχους (Balvanera et al., 2001, Daily and Matson, 2008, Nelson et al., 2009):

- Την αποτύπωση των ειδών και των επιπέδων παροχής ΟΥ υπό διαφορετικά καθεστώτα διαχείρισης.
- Τη χωρική αρμονία της παροχής μεταξύ των διαφορετικών υπηρεσιών.
- Την εκτίμηση των συνεργειών και των ανταγωνιστικών ανταλλαγών μεταξύ των ΟΥ και της βιοποικιλότητας.
- Την πρόβλεψη των μεταβολών του επιπέδου παροχής υπηρεσιών στο πλαίσιο των κοινωνικών αναγκών υπό διαφορετικά δημογραφικά, κλιματικά και χωρικά σενάρια.

- Το χωρικό προσδιορισμό των συνεπειών από τις περιβαλλοντικές μεταβολές, τη στόχευση των σχεδίων διατήρησης και την αποτελεσματικότητα των επενδύσεων στη διαχείριση των φυσικών πόρων.
- Τη διακυβέρνηση των ΟΥ μέσω στρατηγικών επιλογών όπως ο χωροταξικός σχεδιασμός.
- Την παρακολούθηση της κατάστασης του περιβάλλοντος υπό τις ανθρωπογενείς πιέσεις και την αποτελεσματική στόχευση των προσπαθειών προστασίας – διατήρησης της βιοποικιλότητας ώστε να λαμβάνονται ορθές αποφάσεις σε επίπεδο πολιτικών και επενδύσεων, απαιτούν τη σαφή χωρική αποτύπωση της προσφοράς και της ζήτησης των ΟΥ.

Στην ευρωπαϊκή στρατηγική για τη βιοποικιλότητα με ορίζοντα το 2020, ορίζεται ως πρωταρχικός στόχος η ανάσχεση της απώλειας βιοποικιλότητας και της υποβάθμισης των οικοσυστημικών υπηρεσιών στην ΕΕ μέχρι το 2020 και η αποκατάστασή τους στο βαθμό του εφικτού, με παράλληλη ενίσχυση της συμβολής της ΕΕ στην αποτροπή της απώλειας βιοποικιλότητας παγκοσμίως (EC, 2011). Στο πλαίσιο αυτό καθορίζεται μεταξύ άλλων ως δράση, η «*Διατήρηση και βελτίωση των οικοσυστημάτων και των υπηρεσιών που παρέχουν*» για την επίτευξη της οποίας επιδιώκεται ότι «*Τα κράτη μέλη, επικουρούμενα από την Επιτροπή, θα χαρτογραφήσουν και θα εκτιμήσουν την κατάσταση των οικοσυστημάτων και των οικοσυστημικών υπηρεσιών στην επικράτειά τους μέχρι το 2014 και μέχρι το 2020 θα εκτιμήσουν την οικονομική αξία των υπηρεσιών αυτών και θα προωθήσουν την ενσωμάτωσή της στα συστήματα λογιστικής και υποβολής στοιχείων σε ενωσιακό και εθνικό επίπεδο*».

Στο πλαίσιο αυτό και δεδομένου ότι έως σήμερα δεν έχει υπάρξει αντίστοιχη μελέτη στην Κύπρο, η εκπόνηση της παρούσας εργασίας παρουσιάζει πρόσθετο ερευνητικό ενδιαφέρον. Το μεγάλο εύρος τεχνικών και μεθόδων (Brown, 2005, Eigenbrod et al., 2010, Daily et al., 2011, Martnez-Harms and Balvanera, 2012, Crossman et al., 2013) σε συνδυασμό με την απουσία ολοκληρωμένης χωρικής ανάλυσης ΟΥ σε εθνικό επίπεδο αποτέλεσαν το έναυσμα για την εκπόνηση της παρούσας διατριβής. Παρά την ευρωπαϊκή πρωτοβουλία MAES (European Commission, 2016) για τη χαρτογράφηση των ΟΥ σε πανευρωπαϊκή κλίμακα, η ανάγκη για την υποστήριξη εθνικών και τοπικών πολιτικών, για την αξιολόγηση αποφάσεων που σχετίζονται με τη χωροταξία αλλά και για μια διευρυμένη θεώρηση της ικανότητας των οικοσυστημάτων να υποστηρίξουν τη ζωή και την ευημερία, οδήγησαν στη διερευνητική χωρική ανάλυση ενός ενδεικτικού αριθμού ΟΥ.

1.4 Σκοποί και στόχοι

Στην παρούσα διατριβή εξετάζεται η διαδικασία της χαρτογράφησης οικοσυστημικών υπηρεσιών στην Κύπρο. Η επιλογή μεθόδων, εργαλείων και ο έλεγχος διαθεσιμότητας και καταλληλότητας των δεδομένων που απαιτούνται, αποτέλεσαν κεντρικά ερωτήματα που προσεγγίστηκαν μέσα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και την επί χάρτου χωρική ανάλυση των ΟΥ. Η ύπαρξη πλήθους μεθόδων, προσεγγίσεων και τεχνικών για τη χαρτογράφηση των οικοσυστημικών υπηρεσιών σε συνδυασμό με τη διαθεσιμότητα γεωχωρικών δεδομένων, δίνει τη δυνατότητα εμβάθυνσης στο αντικείμενο της μοντελοποίησης των ΟΥ.

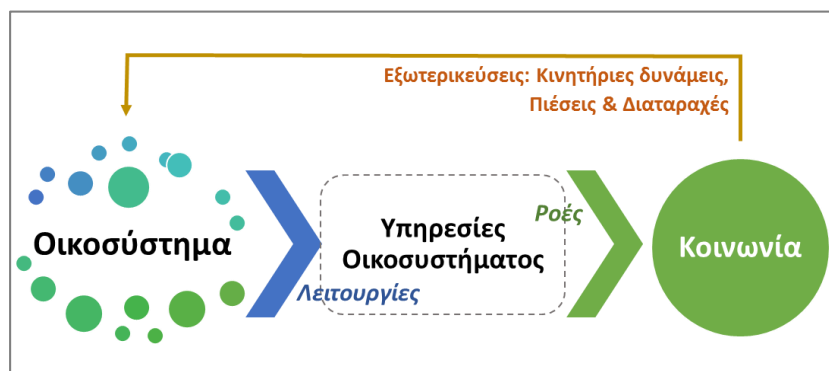
Σκοπός της μεταπτυχιακής διατριβής είναι η αξιολόγηση της διαδικασίας χαρτογράφησης οικοσυστημικών υπηρεσιών στην Κύπρο και των εργαλείων μοντελοποίησης που απαιτούνται. Για την επίτευξη του παραπάνω σκοπού τίθενται οι εξής στόχοι:

- Η αξιολόγηση της καταλληλότητας των εργαλείων μοντελοποίησης

- Η χαρτογράφηση περισσότερων από μίας οικοσυστημικών υπηρεσιών.
- Ο εντοπισμός θέσεων αυξημένου ενδιαφέροντος.

1.5 Διατύπωση των κεντρικών εννοιών

Παρά το λιτό ορισμό του όρου, η έννοια των οικοσυστημικών υπηρεσιών είναι μια θεωρητική και μάλλον ανύπαρκτη έννοια για τον πραγματικό κόσμο των φυτών, των ζώων και όλων των οργανισμών. Για να εμφανισθεί μια οικοσυστημική υπηρεσία, πρέπει να συλληφθεί η έννοιά της ως το αποτέλεσμα μιας φυσικής λειτουργίας που γίνεται αντιληπτή από τον άνθρωπο, μέσω μια διαπιστωμένης σχέσης λειτουργίας - οφέλους (Σχήμα 1.2). Όταν τα κοινωνικά συστήματα αισθανθούν την έλλειψη ή την απειλή της απώλειας των ευεργετημάτων που ενσυνείδητα ή ασυνείδητα (βιωματικά) απολαμβάνουν από την συνύπαρξή τους με τη φύση, η συνειδητοποίηση της ωφέλειας είναι εντονότερη και εξωτερικεύεται με τη μορφή πιέσεων προς τα οικοσυστήματα για παροχή ΟΥ.



Σχήμα 1.2: Αφαιρετική αναπαράσταση οικοσυστημικής σχέσης φυσικών και κοινωνικοοικονομικών συστημάτων.

Η αλληλεπίδραση μπορεί να εμφανίζεται τόσο στο πεδίο της προσφοράς δηλαδή εκεί που εμφανίζονται οι οικολογικές λειτουργίες που δημιουργούν τις προϋποθέσεις παραγωγής υπηρεσιών, όσο και στο πεδίο της ζήτησης, δηλαδή στις θέσεις που η κοινωνία ζητά και καταναλώνει τις υπηρεσίες. Οι Sharp, et al. (2015) ορίζουν το χώρο αυτό συνολικά, ως οικοσυστημικό πεδίο, δηλαδή το χώρο όπου παράγεται και καταναλώνεται η υπηρεσία μαζί με το χώρο που απαιτείται για να επιτευχθεί η ροή της υπηρεσίας. Το οικοσυστημικό πεδίο μπορεί να είναι ένας χώρος που παρεμβάλλονται και άλλες υπηρεσίες είτε με μορφή προσφοράς ή ζήτησης είτε ως ροής.

Χαρτογράφηση Οικοσυστημάτων

Είναι η χωρική διάκριση των οικοσυστημάτων επί τη βάση ενός συστήματος τυπολογίας το οποίο σε μεγάλο βαθμό εξαρτάται από το σκοπό και την κλίμακα της μελέτης. Μπορεί επίσης να συμπεριλαμβάνει τη χαρτογράφηση της λειτουργικής και της κατάστασης της υγείας των οικοσυστημάτων ως αποτέλεσμα διαδικασιών παρακολούθησης και εκτίμησης (MAES, 2016).

Προσφορά ΟΥ

Είναι η ικανότητα των οικοσυστημάτων να παρέχουν υπηρεσίες και αγαθά που είναι αναγκαία ή επιθυμητά για την ευημερία του ανθρώπου. Η ικανότητα αυτή στα φυσικά συστήματα μπορεί να

περιγραφεί με βάση την ποσότητα και τη διάρκεια της προσφοράς. Γίνεται λόγος για την ποσότητα της υπηρεσίας που παρέχεται, την ένταση και την πυκνότητα αυτής αλλά δεν γίνεται λόγος για καλή ή μέτρια ποιότητα υπηρεσίας, γιατί αυτή είναι περιεγραμμένη και χαρακτηρισμένη με βάση την οικολογική λειτουργία από την οποία προέρχεται (Wolff, Schulp and Verburg, 2015). Άλλωστε αυτού του είδους η ποσοτικοποίηση είναι το καθαυτό αντικείμενο της αποτίμησης των οικοσυστημικών υπηρεσιών. Για παράδειγμα δεν είναι δυνατό μεταξύ δύο διαφορετικών εδαφών, ενός φτωχού και ενός γόνιμου να διακριθεί η αποδόμηση της οργανικής ύλης ως μια καλή ή μια μέτρια υπηρεσία, παρά μόνο να δοθεί ένα δείκτης ποσοτικής αξιολόγησης π.χ. ο ρυθμός αποδόμησης νεκρής οργανικής ύλης, προκειμένου στη συνέχεια να αποτιμηθεί με χρηματικές ή άλλες μονάδες η αξία της υπηρεσίας και να καταστεί συγκρίσιμη. Άλλες όμως υπηρεσίες, όπως οι πολιτισμικές, που εμπεριέχουν έναν υψηλό βαθμό υποκειμενικότητας, μπορεί να αξιολογηθούν, μια από τις πλέον υποκειμενικές υπηρεσίες όσο αφορά τη ζήτηση, η αναψυχή, αποτιμάται ποσοτικά με βάση τις κοινωνικές προτιμήσεις (Adamowicz et al., 2011).

Ως προσφορά των οικοσυστημικών υπηρεσιών χαρακτηρίζεται η ικανότητα μιας διακριτής περιοχής να παρέχει ένα σύνολο οικοσυστημικών αγαθών και υπηρεσιών για μια χρονική περίοδο. (Wolff, Schulp and Verburg, 2015). Η προσφορά των οικοσυστημικών υπηρεσιών χαρακτηρίζεται από τη σύνδεση των φυσικών χαρακτηριστικών με την ικανότητα των οικοσυστημάτων να επιτελούν λειτουργίες οι οποίες είναι ωφέλιμες για την κοινωνία σε συνδυασμό με την ικανότητά τους να αντιστέκονται ή να προσαρμόζονται εύκολα σε φυσικές ή ανθρωπογενείς διαταραχές. Αξίζει να σημειωθεί ότι η κατανάλωση οικοσυστημικών υπηρεσιών μπορεί να εμφανίζει εξωτερικεύσεις προς τα φυσικά συστήματα (όπως πιέσεις, διαταραχές ή μεταβολές), τα οποία ανάλογα με την υγεία, την ανθεκτικότητα και την ακεραιότητά τους, μπορούν να απορροφήσουν αυτές τις εξωτερικεύσεις και να εμφανίσουν μείωση της ροής των υπηρεσιών. Στην περίπτωση αυτή, μπορούμε να μιλήσουμε για τα κοινωνικά κόστη, ορίζοντάς αυτά ως τις απώλειες που προκαλεί η κατανάλωση των υπηρεσιών, τα οποία σχετίζονται άμεσα με τις ανταλλαγές οικοσυστημικών υπηρεσιών (trade-offs).

Όπως προαναφέρθηκε, το επίπεδο προσφοράς μιας υπηρεσίας είναι ο συνδυασμός της λειτουργικής ικανότητας και της έκτασης που καταλαμβάνει το οικοσύστημα που είναι υπεύθυνο για την παραγωγή της υπηρεσίας, κάτι που σημαίνει ότι, η έκταση, ως κύριος πολλαπλασιαστικός παράγοντας πρέπει επίσης να αποδίδεται με ανάλογη ακρίβεια κατά το στάδιο αξιολόγησης της υπηρεσίας (Eigenbrod et al., 2010).

Ζήτηση ΟΥ

Η ζήτηση των οικοσυστημικών υπηρεσιών ενσωματώνει τόσο την κοινωνική όσο και την οικονομική πτυχή της έννοιας. Ως κοινωνική ζήτηση μπορεί να χαρακτηριστεί η ποσότητα της υπηρεσίας που επιθυμεί να απολαύσει η κοινωνία, προκειμένου να επιδιώκεται η ικανοποίηση προϋποθέσεων και ορίων που η ίδια έχει θέσει προς όφελος των μελών της. Είναι οι συνθήκες που συμβάλλουν στην ευημερία του ανθρώπου. Η ζήτηση μπορεί επίσης να είναι ένα μέγεθος που προσδιορίζεται από διακρατικές ή κοινωνικές συμφωνίες με σκοπό την αντιμετώπιση οικουμενικών προβλημάτων, ή να διαμορφώνεται από τον ψυχισμό, την προσωπικότητα και την αλληλεπίδραση κάθε μοναδικού χρήστη με τη χωρική μονάδα που προσφέρει την υπηρεσία, όπως στις περιπτώσεις της αναψυχής και της απόλαυσης του τοπίου, υπηρεσίες που καταναλώνονται επί τόπου (Adamowicz et al., 2011).

Ζήτηση οικοσυστημικών υπηρεσιών κατά τους Burkhard et al. (2012), είναι το άθροισμα όλων των οικοσυστημικών αγαθών και υπηρεσιών που καταναλώνονται. Η παραλαβή των οικοσυστημικών υπηρεσιών από την κοινωνία αντιπροσωπεύει μια ροή (Villamagna, Angermeier and Bennett, 2013). Η ροή αυτή μπορεί να είναι ο ρυθμός παροχής της υπηρεσίας όπως για παράδειγμα η δέσμευση εδαφικού άνθρακα ανά εκτάριο ή να είναι κάποιος λόγος όπως ο αριθμός των παρατηρούμενων επισκεπτών προς τη χωρητικότητα ενός χώρου αναψυχής. Εάν στο οικοσυστημικό πεδίο η απόσταση μεταξύ θέσης παραγωγής και θέσης κατανάλωσης είναι σημαντική πρέπει να μελετηθούν ενδείξεις για απώλειες ροών. Εάν κατά τη διαδρομή της κίνησης του νερού από πηγές σε ορεινά υδατικά συστήματα προς τις πόλεις και τους οικισμούς, παρεμβάλλονται γεωργικές χρήσεις (υπηρεσία παραγωγής τροφής) και προκαλούν αύξηση της εισροής θρεπτικών, τότε η υπηρεσία φθάνει υποτιμημένη στον καταναλωτή. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι η ζήτηση είναι η ποσότητα του καθαρού νερού που φθάνει στο υδραγωγείο και επαρκεί για τις ανάγκες των κατοίκων, όμως η προσφορά του δάσους που επιτελεί την υδρολογική λειτουργία μπορεί να είναι μεγαλύτερη της ζήτησης. Οι Villamagna, Angermeier and Bennett (2013) ορίζουν τη ζήτηση ως την ποσότητα μιας υπηρεσίας που είναι απαιτητή από την κοινωνία και τη διακρίνουν ανάλογα με τον τύπο της υπηρεσίας: για τις ρυθμιστικές υπηρεσίες, ζήτηση είναι το ποσό που απαιτείται για να επιτευχθεί ένα προκαθορισμένο επίπεδο προστασίας, για τις παραγωγικές είναι το ποσό που απαιτείται ανά μονάδα χώρου και χρόνου πολλαπλασιασμένο με τον αριθμό των δυνητικών χρηστών, ενώ για τις πολιτισμικές υπηρεσίες ζήτηση είναι η επιθυμητή ατομική ή συνολική χρήση.

Κινητήριες Δυνάμεις

Είναι οι δυνάμεις που καθορίζουν ή επηρεάζουν τη ζήτηση των ΟΥ. Συνδέονται με τα δημογραφικά, κοινωνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά του ωφελούμενου πληθυσμού, το κίνδυνο που μετριάζεται από τις ΟΥ (π.χ. αποτροπή πλημμύρας) καθώς επίσης και με τις προσδοκίες και τα οράματα της κοινωνίας (Wolff, Schulp and Verburg. 2015).

Συστήματα ταξινόμησης ΟΥ

Η ανάγκη για τη δημιουργία ενός αποτελεσματικού πλαισίου αξιολόγησης και σύγκρισης των ΟΥ έχει οδηγήσει στη δημιουργία ιεραρχικών συστημάτων ταξινόμησης με βασικό κριτήριο το είδος των ωφελειών για την κοινωνία (Wallace, 2007). Τα κύρια συστήματα ταξινόμησης είναι το σύστημα CICES (MAES, 2015) που έχει υιοθετηθεί από την Ε.Ε., το σύστημα της Χιλιετούς Αξιολόγησης των Οικοσυστημάτων (MA, 2005) και το σύστημα TEEB (TEEB, 2010) (Πίνακας 1.2).

Πίνακας 1.2: Συστήματα ταξινόμησης ΟΥ.

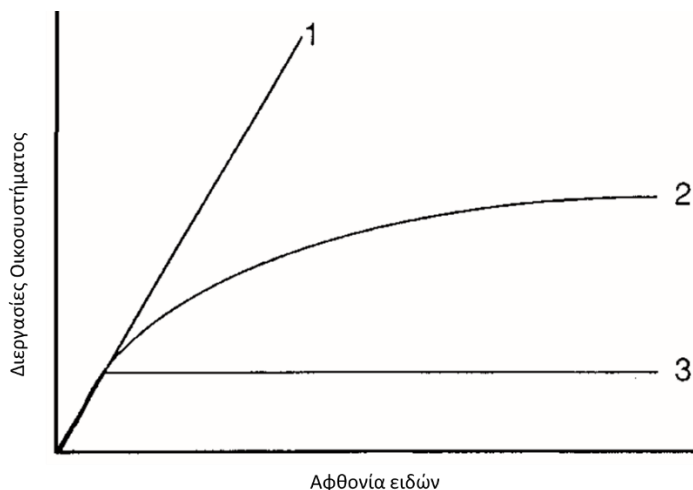
Κατηγορίες ΜΑ	Κατηγορίες ΤΕΕΒ	Κατηγορίες CICES v4.3 (ομάδες)
<i>Η κατηγοριοποίηση χαρακτηρίζεται από την οικουμενική αναγνώριση και χρησιμοποιείται σε έρευνες υποενοτήτων της βιόσφαιρας.</i>	<i>Πρόκειται για την αναθεώρηση της ταξινόμησης ΜΑ με βάση τις εξελισσόμενες έρευνες στην Ευρώπη.</i>	<i>Η διάκριση γίνεται ιεραρχικά, με βάση τις ταξινομήσεις ΜΑ & ΤΕΕΒ σε ένα φωλιασμένο σχήμα που εξυπηρετεί τις ανάγκες της αποτίμησης.</i>
Τροφή	Τροφή	Βιομάζα [θρέψη]
		Βιομάζα (Ύλες από φυτά, ζώα και φύκη για γεωργική χρήση)
Γλυκό νερό	Νερό	Πόσιμο νερό
		Νερό για λοιπές χρήσεις
Ίνες, ξυλεία	Πρώτες Ύλες	Βιομάζα (ίνες και λοιπές ύλες από φυτά, φύκη και ζώα για άμεση χρήση και επεξεργασία)
Γενετικοί πόροι	Γενετικοί πόροι	Βιομάζα (γενετικό υλικό από όλους τους οργανισμούς)
Βιοχημικά	Φαρμακευτικοί πόροι	Βιομάζα (ίνες και λοιπές ύλες από φυτά, φύκη και ζώα για άμεση χρήση και επεξεργασία)
Καλλωπιστικοί πόροι	Καλλωπιστικοί πόροι	Βιομάζα (ίνες και λοιπές ύλες από φυτά, φύκη και ζώα για άμεση χρήση και επεξεργασία)
		Ενεργειακοί πόροι βασιζόμενοι στη βιομάζα
		Μηχανική ενέργεια
Ρύθμιση ποιότητας αέρα	Ρύθμιση ποιότητας αέρα	Μετριασμός ροών αέρα/αερίων
Καθαρισμός και επεξεργασία νερού	Επεξεργασία νερού (καθαρισμός)	Μετριασμός (αποβλήτων, τοξικών και λοιπών επιβλαβών) από οργανισμούς
		Μετριασμός (αποβλήτων, τοξικών και λοιπών επιβλαβών) από οικοσυστήματα
Ρύθμιση υδάτων	Ρύθμιση ροής υδάτων	Μετριασμός ροών υγρών
	Μετριασμός ακραίων φαινομένων	
Ρύθμιση διάβρωσης	Αποτροπή διάβρωσης	Μετριασμός ροής μαζών
Ρύθμιση κλίματος	Ρύθμιση κλίματος	Σύνθεση ατμόσφαιρας και ρύθμιση κλίματος
Σχηματισμός εδαφών	Διατήρηση γονιμότητας εδαφών	Σχηματισμός και σύνθεση εδαφών
Επικονίαση	Επικονίαση	Διατήρηση κύκλου ζωής, προστασία βιοτόπων κα γενετική προστασία

Κατηγορίες MA	Κατηγορίες TEEB	Κατηγορίες CICES v4.3 (ομάδες)
Ρύθμιση επιβλαβών	Βιολογικός έλεγχος	Έλεγχος επιβλαβών και ασθενειών
Ρύθμιση ασθενειών		
Πρωτογενής παραγωγή Κύκλοι θρεπτικών	Διατήρηση κύκλου ζωής μεταναστευτικών ειδών	Διατήρηση κύκλου ζωής, προστασία βιοτόπων κα γενετική προστασία
		Σχηματισμός και σύνθεση εδαφών
		Διατήρηση υδατικών συνθηκών
	Διατήρηση γενετικής ποικιλίας	Σχηματισμός και σύνθεση εδαφών
Πνευματικές και θρησκευτικές αξίες	Πνευματικές εμπειρίες	Πνευματισμός και/ή εμβληματικά στοιχεία
Αισθητικές αξίες	Αισθητικές πληροφορίες	Διανοητική και αναπαραστατική αλληλεπίδραση
Πολιτισμική ποικιλία	Έμπνευση για πολιτισμό, τέχνες και σχεδίαση	Διανοητική και αναπαραστατική αλληλεπίδραση
		Πνευματισμός και/ή εμβληματικά στοιχεία
Αναψυχή και οικοτουρισμός	Αναψυχή και τουρισμός	Φυσικές και βιωματικές αλληλεπιδράσεις
Συστημική γνώση και εκπαιδευτικές αξίες	Πληροφορίες για γνωσιακή ανάπτυξη	Διανοητική και αναπαραστατική αλληλεπίδραση
		Λοιπά πολιτισμικά αγαθά (ύπαρξη, αναζήτηση)

Βιοποικιλότητα & Οικοσυστημικές Υπηρεσίες

Τα οικοσυστήματα, τα τοπία και τα είδη είναι οι εκφάνσεις της βιοποικιλότητας. Κατά τη μελέτη των ΟΥ η βιοποικιλότητα αντιμετωπίζεται ως υπηρεσία ή ως χαρακτηριστικό που επηρεάζει την παροχή υπηρεσιών (Sharp, et al., 2016).

Ως υπηρεσία η βιοποικιλότητα μπορεί να χαρακτηριστεί υποστηρικτική υπηρεσία η οποία επηρεάζει δομικά τις διεργασίες και τις λειτουργίες των οικοσυστημάτων, επομένως ρυθμίζει έμμεσα τις υπόλοιπες οικοσυστημικές υπηρεσίες και όταν αυξάνει λειτουργεί ως πολλαπλασιαστικός παράγοντας. Ο Tillman (1997) εξηγεί αρκετά πειστικά τους βασικούς λόγους για τους οποίους η αύξηση της βιοποικιλότητας πρέπει να συσχετισθεί θετικά με την αύξηση της ικανότητας των οικοσυστημάτων να παρέχουν υπηρεσίες και αγαθά. Ο πρώτος λόγος είναι το φαινόμενο του ανταγωνισμού των ειδών: Όταν σε κάθε οικοσύστημα η παραγωγικότητα των ειδών π.χ. των φυτών είναι δεδομένη για κάθε είδος και με κάποιο από αυτά να είναι νομοτελειακά το πλέον παραγωγικό, η ύπαρξη μιας μεγάλης δεξαμενής ειδών οδηγεί σε αύξηση του ανταγωνισμού και στην κυριαρχία του πλέον ανταγωνιστικού είδους. Με τις υπόλοιπες παραμέτρους σταθερές, η αύξηση της ποικιλότητας ειδών συνεπάγεται αύξηση της πιθανότητας ύπαρξης ενός είδους υψηλής παραγωγικότητας. Αυτό αναμένεται να προκαλέσει αύξηση της παραγωγικότητας του βιότοπου και να παράξει μια ασυμπτωματική καμπύλη μεταξύ ποικιλότητας και παραγωγικότητας (Σχήμα 1.3). Ταυτόχρονα όσο αυξάνει ο αριθμός των ειδών μεγαλώνει η δυνητική παραγωγική ικανότητα του συστήματος και παράλληλα οι περισσότερες ανταγωνιστικές διεργασίες μεγεθύνουν τις διαφορές μεταξύ των ειδών ευνοώντας με τον τρόπο αυτό την παραγωγικότητα ή τη λειτουργία του οικοσυστήματος σε κάποιο άλλο τμήμα του.



Σχήμα 1.3: Σχέση μεταξύ βιοποικιλότητας και οικοσυστημικών διεργασιών, προσαρμογή από Tillman, 1997.

Στο σχήμα 1.3 διακρίνονται τρεις ενδεχόμενες σχέσεις μεταξύ οικοσυστημικών διεργασιών (π.χ. παραγωγικότητα, ανθεκτικότητα) και βιοποικιλότητας. Η καμπύλη 1 παρουσιάζει την περίπτωση όπου κάθε είδος που προστίθεται ή αφαιρείται από το οικοσύστημα έχει την ίδια επίπτωση στη διεργασία, καμπύλη 3: μετά την παρουσία πεπερασμένου αριθμού ειδών, η προσθήκη νέων ειδών δεν έχει καμία επίπτωση στη διεργασία, καμπύλη 2: ασυμπτωτική

καμπύλη, η πιο πιθανή σχέση, κάθε είδος που προστίθεται μοιράζεται ολοένα και μεγαλύτερο ποσοστό των χαρακτηριστικών του με τα συνυπάρχοντα είδη και επομένως επιδρά λιγότερα στη λειτουργία του οικοσυστήματος από ότι τα αρχικά είδη.

Ο δεύτερος λόγος για τον οποίο η βιοποικιλότητα αυξάνει την παραγωγικότητα των οικοσυστημάτων είναι η συμπληρωματική χρήση των πόρων από ποικίλα είδη. Καθώς διαφορετικά είδη έχουν διαφορετικές απαιτήσεις σε κρίσιμους πόρους, απαραίτητους για την επιβίωση και την ανάπτυξη, η διαφοροποίηση της κατανομής των πόρων αυτών στο χώρο επιτρέπει την κατάληψη μεγαλύτερου εύρους του βιοτόπου από διαφορετικά είδη και επομένως την αύξηση της παραγωγικότητας του οικοσυστήματος. Όσο αυξάνεται η ποικιλία των ειδών, κάθε προστιθέμενο είδος συμβάλει στην καλύτερη κάλυψη των φυσικών συνθηκών που χαρακτηρίζονται ως περιοριστικοί παράγοντες για την ανάπτυξη.

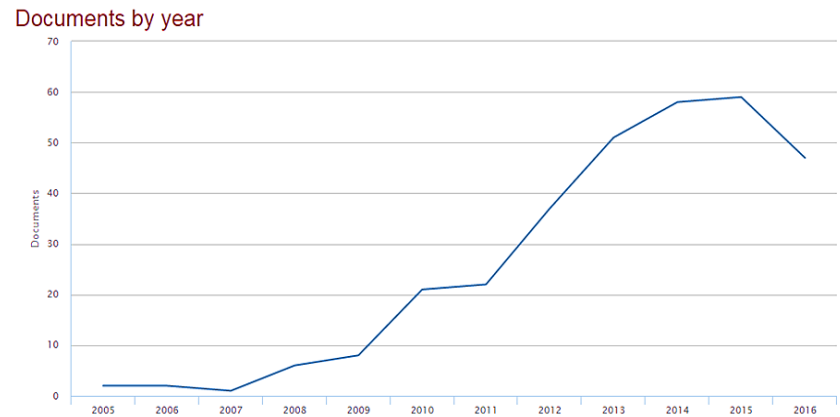
Η απώλεια της βιοποικιλότητας αναμένεται να έχει διαφορετικής έντασης επιπτώσεις στην παροχή οικοσυστημικών υπηρεσιών ανάλογα με τον τύπο του οικοσυστήματος που παρέχει την υπηρεσία και τις συνέπειες στη σταθερότητα, τη λειτουργικότητά και τη βιωσιμότητά του οικοσυστήματος (Tillman, 1997). Η παραγωγικότητα των φυτών μειώνεται όταν η τοπική βιοποικιλότητα φθίνει όπως και η ανθεκτικότητα των οικοσυστημάτων έναντι σε διαταραχές, ενώ επίσης μπορεί να επηρεασθούν οικοσυστημικές διεργασίες όπως οι κύκλοι των θρεπτικών, η ρύθμιση του υδρολογικού κύκλου, ο έλεγχος των παρασίτων και των επιβλαβών ειδών (Naeem et al., 1997). Τα οικοσυστήματα επιτυγχάνουν επίπεδα βιωσιμότητας όταν λειτουργούν σε περιόδους αρκετά μεγάλες ώστε να εξισορροπήσουν του κύκλους των διαταραχών και τους ρυθμούς απώλειας και ανάκτησης των θρεπτικών και της οργανικής ουσίας. Η μείωση της βιοποικιλότητας οδηγεί σε μεγαλύτερες απώλειες οργανικών και θρεπτικών οι οποίες με τη σειρά τους προκαλούν μείωση της γονιμότητας και της παραγωγικότητας και κατ'επέκταση σε μεταβολές της αφθονίας των ειδών και της σύνθεσης των βιοκοινοτήτων. Νεότερες έρευνες επιβεβαιώνουν τα παραπάνω, ενώ οι περιπτώσεις όπου διατυπώνεται η θέση ότι τα χαρακτηριστικά της βιοποικιλότητας συσχετίζονται αρνητικά με την παροχή οικοσυστημικών υπηρεσιών, όπως η παροχή νερού σε σχέση με την έκταση του βιοτόπου, την ηλικία, την υπέργεια βιομάζα, είναι πολύ λίγες σε συγκριτικά με εκείνες που υποστηρίζουν τη θετική συσχέτιση ΟΥ και βιοποικιλότητας (Harrison et al., 2014).

Παρά τη σημαντικότητα που διαφαίνεται να έχει η βιοποικιλότητα σε σχέση με την ικανότητα των οικοσυστημάτων να παρέχουν υπηρεσίες, η καθαυτή μελέτη της οικολογίας οικοσυστημικών υπηρεσιών είναι ιδιαίτερα περιορισμένη (Cowling et al., 2008) καθώς ένα πολύ μεγάλο ποσοστό της σχετικής έρευνας περιορίζεται στη χαρτογράφηση της προσφοράς και της ζήτησης των υπηρεσιών χωρίς να μελετά το θεμελιώδη ρόλο της βιοποικιλότητας και χωρίς να εξετάζει κρίσιμους περιβαλλοντικούς παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η παροχή των υπηρεσιών (Kremen, 2005).

Σε επίπεδο αγαθού, η υπηρεσία η βιοποικιλότητα μπορεί να χαρακτηριστεί ως τελική υπηρεσία όπως στην περίπτωση της δυνητικής αξίας των φαρμακευτικών φυτών και της διατήρησης των γενετικών πόρων (σποραποθήκη άγριας φύσης) που είναι απαραίτητοι για τη βελτίωση των καλλιεργητικών ποικιλιών (Mace, et al., 2012).

2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

- Σκοπός της Ενότητας Η κατανόηση των πρόσφατων μεθόδων και τεχνικών που χρησιμοποιούνται για τη χωρική μοντελοποίηση των οικοσυστημικών υπηρεσιών.
- Περιγραφή Ενότητας Η χαρτογράφηση των Οικοσυστημικών Υπηρεσιών (ΟΥ) είναι η χωρική απεικόνιση της κατανομής της προσφοράς και της ζήτησης των ωφελειών και των αγαθών που ρέουν από τα οικοσυστήματα προς την κοινωνία. Υπό αυτή την έννοια η επισκόπηση της ιδιαίτερα μεγάλης έκτασης βιβλιογραφίας ΟΥ, περιορίζεται στη χωρική έννοια των οικοσυστημικών υπηρεσιών και στη μεθοδολογία που προτείνεται για την χαρτογράφησή τους.
- Μεθοδολογική Προσέγγιση Ενότητας Η συγγραφή του παρόντος κεφαλαίου βασίστηκε:
- A. Στην έρευνα βιβλιογραφίας: Χρησιμοποιήθηκε η βιβλιογραφική βάση δεδομένων Scopus. Στην αναζήτηση περιεχομένου τέθηκε ως όρος αναζήτησης οι λέξεις κλειδιά «Ecosystem Services Mapping» περιορίζοντας την αναζήτηση στα επιστημονικά πεδία: Περιβαλλοντικές Επιστήμες, Επιστήμες Γεωργίας και Βιολογίας, Επιστήμες της Γης για τα έτη 2005-2016 (Σχήμα 2.1). Τα αποτελέσματα εξήχθησαν σε μορφή υπολογιστικού φύλλου και ταξινομήθηκαν με βάση α) το έτος δημοσίευσης και β) το πλήθος των αναφορών.
- B. Στις εμβληματικές προσπάθειες αξιολόγησης και χαρτογράφησης των οικοσυστημικών υπηρεσιών, διεθνούς εμβέλειας.
- Γ. Στα διαθέσιμα λογισμικά εργαλεία που εντοπίστηκαν μέσω της επιγραμμικής βάσης δεδομένων EBM Tools Database (2016) όπου αναζητήθηκαν λογισμικά εργαλεία με εστίαση στην χαρτογράφηση υπηρεσιών.



Σχήμα 2.1: Διαχρονική εξέλιξη δημοσιεύσεων με λέξεις κλειδιά "ecosystems services mapping" κατά τα έτη 2005-2016, πηγή Scopus, 2016.

2.1 Εισαγωγή

Η χαρτογράφηση των ΟΥ αφορά την κατανόηση των σχέσεων μεταξύ ανθρώπου και περιβάλλοντος μελετώντας την ισορροπία προσφοράς και ζήτησης ΟΥ σε μια προσπάθεια επιδίωξης της αρμονικής (αειφορικής) συνύπαρξης κοινωνίας και περιβάλλοντος. Η λήψη αποφάσεων και η χάραξη πολιτικών για την επίτευξη της αειφορίας, μπορούν να βελτιωθούν με σαφείς και ακριβείς μεθόδους ποσοτικοποίησης της προσφοράς και της ζήτησης ΟΥ, απαίτηση που καλείται να ικανοποιήσει η διαδικασία της χαρτογράφησης λαμβάνοντας υπόψη την ετερογένεια και τη διακύμανση στο χώρο και στο χρόνο (Martnez-Harms and Balvanera, 2012, Crossman et al., 2013). Η έννοια του χώρου παρέχει το υλικό και το άυλο πλαίσιο εντός του οποίου τίθενται τα ερωτήματα, κατανοούνται οι αξίες, επιλύονται οι συγκρούσεις και λαμβάνονται οι αποφάσεις, ενώ η έννοια του χρόνου αντικατοπτρίζει τις προσδοκίες και τα οράματα της κοινωνίας που επιδιώκει τη μεγιστοποίηση του οφέλους από το φυσικό κεφάλαιο (Daily, et al., 2011) και την εξασφάλιση της καταπίστευσης του κεφαλαίου στις μελλοντικές γενιές. Σύμφωνα με τους Crossman et al. (2013) η χαρτογράφηση των οικοσυστημικών υπηρεσιών μπορεί να αφορά:

- Την απεικόνιση της προσφοράς ή/και της ζήτησης υπηρεσιών και αγαθών που παρέχονται από τη φύση σε παγκόσμιο, ηπειρωτικό, εθνικό, περιφερειακό ή τοπικό επίπεδο.
- Τη δημιουργία ενός κοινού πλαισίου για την ενσωμάτωση της οικολογικής και της οικονομικής διάστασης στις πολιτικές και τις κοινωνικές αποφάσεις, προκειμένου να εκτιμηθεί ακριβέστερα η οικονομική (χρηματική ή μη) αξία των φυσικών συστημάτων.

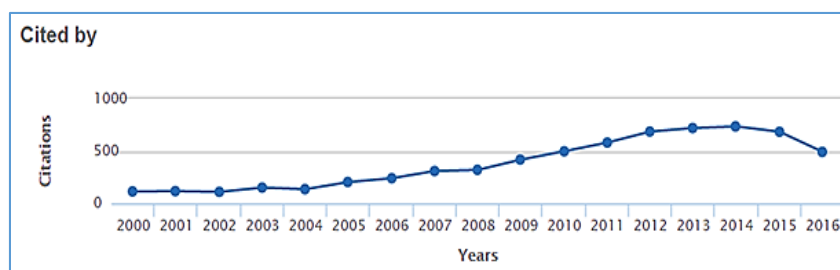
Η χωρική μοντελοποίηση των οικοσυστημικών υπηρεσιών αποτελεί κλάδο του σχετικά νέου επιστημονικού πεδίου των οικοσυστημικών υπηρεσιών και στόχος της είναι η συνεισφορά στην αξιολόγηση και αποτίμηση της αξίας και της σημασίας των φυσικών συστημάτων για την ευημερία του ανθρώπου σήμερα και στο μέλλον. Η μέτρηση, η μοντελοποίηση και η παρακολούθηση των οικοσυστημικών λειτουργιών αποτελούν το θεμέλιο της εκτίμησης των οικοσυστημικών υπηρεσιών και κατ' επέκταση τη βάση για την

αιφορική χρήση της βιοποικιλότητας, των οικοσυστημάτων και γενικότερα του φυσικού κεφαλαίου. Οι διαδικασίες αυτές απαιτούν τη ποσοτική συσχέτιση της οικοσυστημικής λειτουργίας με δείκτες και μετρικές, κάτι που μπορεί να επιτευχθεί διαμέσου της χαρτογράφησης, των μετρήσεων πεδίου, της συλλογής γνώμης ειδικών και της δόμησης μοντέλων (Carpenter et al., 2009, Seppelt et al., 2011). Η διαμόρφωση, η σύνθεση, η παραγωγικότητα, η εγγύτητα, το μέγεθος, η γειτνίαση και η λειτουργικότητα των οικοσυστημάτων, αποτελούν χαρακτηριστικά από τα οποία εξαρτώνται οι φυσικές διεργασίες και οι δομές των υποσυστημάτων που είναι σε θέση να εκτελούν λειτουργίες και να αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους ώστε να παράγουν αγαθά και υπηρεσίες χρήσιμα και αναγκαία στον άνθρωπο (De Groot, et al., 2002). Σε ένα πρώτο επίπεδο, οι μέθοδοι εκτίμησης των ΟΥ μπορεί να διακριθούν σε πέντε γενικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις (Brown, 2005, Chan et al, 2006, Martnez-Harms, and Balvanera, 2012,):

- i. Σε μεθόδους κατά τις οποίες σε κάθε μονάδα γης και ανά τύπο κάλυψης γης, αποδίδεται μια σταθερή χρηματική αξία με βάση προγενέστερες μετρήσεις από άλλες περιοχές με παρόμοια χαρακτηριστικά κάλυψης γης και από ίδιες ή διαφορετικές κλίμακες έρευνας.
- ii. Μέθοδοι που στηρίζονται σε χωρικές μετρήσεις κοινωνικών αξιών οι οποίες αποδίδονται από τοπικές κοινωνικές ομάδες διαμέσου ερευνών προτιμήσεων οι οποίες στη συνέχεια συνδυάζονται με βιοφυσικά χαρακτηριστικά.
- iii. Οικολογικές μεθόδους κατά τις οποίες η παροχή ΟΥ εκτιμάται με τη μοντελοποίηση οικολογικών (κλίμα, κάλυψη γης, υδρολογία κ.α.) και κοινωνικών μεταβλητών (πληθυσμός, προσβάσεις, κοινωνική στρωμάτωση κ.α.), η κατηγορία αυτή παρουσιάζει το μεγαλύτερο εύρος τεχνικών.
- iv. Μέθοδοι κατά τις οποίες γίνεται προβολή των αξιών των ΟΥ με βάση πρωτογενή δεδομένα. Σε αυτές τις περιπτώσεις εξάγεται η αξία της υπηρεσίας με βάση μια περιβαλλοντική παράμετρο (π.χ. κάλυψη γης) προκειμένου να αποτυπωθεί η κατανομή της υπηρεσίας στο χώρο.
- v. Μέθοδοι παλινδρόμησης κατά τις οποίες συσχετίζονται δείγματα υπηρεσιών (εξαρτημένες μεταβλητές) με διαθέσιμες ποσοτικές περιβαλλοντικές μεταβλητές (ανεξάρτητες μεταβλητές).

2.2 Ιστορική Αναδρομή

Οι μέθοδοι χαρτογράφησης και αποτίμησης των οικοσυστημικών υπηρεσιών βασίστηκαν αρχικά στη μέθοδο μεταφοράς αξιών κατά την οποία χρησιμοποιούνται εμπειρικές και ερευνητικές εκτιμήσεις της αξίας των αγαθών που παράγονται από συγκεκριμένους βιοτόπους, οι οποίες στη συνέχεια μεταφέρονται σε παρόμοιους βιοτόπους διαφορετικών περιοχών (Burkhard, et al., 2010). Στα τέλη της δεκαετίας του 90' οι Costanza et al. (1997) δημοσίευσαν την εργασία ορόσημο με τίτλο «*Η αξία των οικοσυστημικών υπηρεσιών του κόσμου και το φυσικό κεφάλαιο*», η οποία έως σήμερα καταγράφει 6.693 ετεροαναφορές και εξακολουθεί να αναφέρεται σε εκατοντάδες άρθρα (Σχήμα 2.2), αποτελώντας την πλέον σημαίνουσα εργασία από όσες έχουν επηρεάσει τον κλάδο των οικονομικών του περιβάλλοντος κατά την περίοδο 2004-2014 (Costanza et al., 2016).



Σχήμα 2.2: Αναφορές στη δημοσίευση των Costanza et al., 1997, πηγή: Scopus, 2016.

Στη δημοσίευση εκτιμάται η αξία 17 οικοσυστημικών υπηρεσιών, χερσαίων και θαλάσσιων οικοσυστημάτων, χρησιμοποιώντας ένα μεγάλο εύρος τεχνικών οικονομικής αποτίμησης της ετήσιας χρηματικής αξίας των υπηρεσιών και των αγαθών που προέρχονται από το φυσικό κεφαλαίο από προγενέστερες έρευνες. Η συνολική αποτίμηση γίνεται με την αναγωγή αυτών των αξιών ανά μονάδα επιφάνειας και ανά τον κόσμο για κάθε τύπο οικοσυστήματος με βάση τη μέθοδο μεταφοράς αξιών.

Η μέθοδος μεταφοράς αξιών χαρακτηρίζεται ως ιδιαίτερα ελκυστική διότι είναι γρήγορη και χαμηλού κόστους, χρησιμοποιείται σε μελέτες πολύ μεγάλης κλίμακας, ενώ από αρκετούς συγγραφείς αξιολογείται ως μέθοδος υψηλού σφάλματος (Nelson, et al., 2009, Eigenbrod, et al., 2010), διότι υποθέτει ότι σε κάθε επιφάνεια όμοιου βιότοπου, η ποσότητα και η ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών και αγαθών είναι σταθερή, ανεξάρτητα από τη σπανιότητα, τη διαμόρφωση, το μέγεθος, την εγγύτητα σε πληθυσμιακά κέντρα και τις επικρατούσες κοινωνικές πρακτικές και αξίες. Επιπρόσθετα, η υπόθεση μιας συνολικής σταθερής αξίας ανά επιφάνεια περιορίζει τον κοινωνικό, οικονομικό και οικολογικό ρεαλισμό της μεθόδου αφού η διαδικασία της αποτίμησης αποτυγχάνει να εξετάσει την παροχή κάθε διακριτής υπηρεσίας και αποδίδει μια σταθερή αξία αγνοώντας τις διαφορές μεταξύ των περιοχών (Tallis and Polasky, 2011).

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η έννοια των οικοσυστημικών υπηρεσιών καλείται να υπηρετήσει την κοινωνική ευημερία και να εξασφαλίσει κατά το δυνατό τις προϋποθέσεις μιας βιώσιμης ανάπτυξης, αναδείχθηκε η ανάγκη μιας περισσότερο κοινωνικής και οικολογικής προσέγγισης. Η προσέγγιση αυτή είχε προταθεί αρκετά νωρίς από συγγραφείς όπως ο de Groot (2002), που προτείνει την αξιολόγηση των υπηρεσιών διαμέσου των υποκείμενων οικολογικών διαδικασιών και δομών, ώστε να λαμβάνεται υπόψη η ικανότητα των οικοσυστημάτων να καλύπτουν τις κοινωνικές ανάγκες ανάλογα με τα οικολογικά και τοπικά χαρακτηριστικά. Η ευρεία αποδοχή της κοινωνικο-οικολογικής προσέγγισης, δηλαδή της αξιολόγησης των οικοσυστημικών υπηρεσιών με βάση τα βιοτικά και αβιοτικά χαρακτηριστικά των οικοσυστημάτων οφείλεται σε σημαντικό βαθμό στην Αξιολόγηση των Οικοσυστημάτων της Χιλιετίας (Carpenter et al., 2009) την οποία ακολούθησαν πλήθος ερευνών, μεθοδολογιών και εργασιών που βρίσκονται σε εξέλιξη έως σήμερα.

2.3 Θεωρητικό Πλαίσιο

Οι Cowling et al. (2008) ορίζουν τη χαρτογράφηση των οικοσυστημικών υπηρεσιών ως «βιοφυσική εκτίμηση», ένα επιμέρους στάδιο της συνολικής φάσης εκτίμησης μαζί με την κοινωνική και την οικονομική εκτίμηση, στο πλαίσιο μιας ολιστικής προσέγγισης που

αποσκοπεί στην αποτελεσματική ενσωμάτωση της έννοιας των οικοσυστημικών υπηρεσιών στη διαχείριση των οικοσυστημάτων. Η διαδικασία της βιοφυσικής εκτίμησης περιλαμβάνει την απόκτηση γνώσης για τον τύπο και τη θέση των βιοφυσικών χαρακτηριστικών που παρέχουν οικοσυστημικές υπηρεσίες, τις χωρικές και χρονικές ροές των υπηρεσιών σε σχέση με τους ωφελούμενους, των συνεπειών των μεταβολών λόγω της διαχείρισης στη χέρσο και στα ύδατα και τέλος, ένα δυναμικό μοντέλο εκτίμησης μελλοντικών μεταβολών στο τοπίο.

Για την επίλυση του προβλήματος της χαρτογράφησης τα αναγκαία δεδομένα μπορεί να διακριθούν σε πρωτογενή, δηλαδή σε εκείνα που συλλέγονται απευθείας από την περιοχή μελέτης και σε δευτερογενή, εκείνα που είναι ήδη διαθέσιμα (Martnez-Harms and Balvanera, 2012). Η διάκριση με βάση τη μεθοδολογική προσέγγιση στο υποκείμενο της έρευνας οδηγεί σύμφωνα με τους Potschin and Haines-Young, (2013) σε τρεις βασικές κατηγορίες:

Τη βιοτοπική προσέγγιση: Είναι ιδιαίτερα κοινή και έχει χρησιμοποιηθεί σε έργα μεγάλης κλίμακας όπως το Millennium Ecosystem Assessment (2005), κατά την οποία ως βασική υπόθεση εκλαμβάνεται ότι είναι εφικτό να χρησιμοποιηθούν θεωρητικές ομάδες οικοτόπων ως βάση για την εκτίμηση της κατάστασης και της προοπτικής των οικοσυστημάτων. Η εκτίμηση των υπηρεσιών γίνεται με βάση τα αποθέματα και την κατάσταση στοιχείων βιοποικιλότητας σε επίπεδο οικοτόπου ή και σε ευρύτερα επίπεδα. Στα πλεονεκτήματα της βιοτοπικής προσέγγισης περιλαμβάνονται η δυνατότητα τεκμηρίωσης του πολυλειτουργικού χαρακτήρα των οικοσυστημάτων, η δυνατότητα αξιοποίησης υφιστάμενων δεδομένων βιοποικιλότητας και οικοτόπων, η εστίαση στη δυνητική ικανότητα των οικοσυστημάτων να παρέχουν υπηρεσίες και η δυνατότητα σύνδεσης με υφιστάμενα πλαίσια προστασίας – διατήρησης. Στα μειονεκτήματα συγκαταλέγονται η αδυναμία διάκρισης της σημαντικότητας των επιμέρους βιοτόπων στην παροχή ΟΥ, η αδυναμία κατανόησης του πως ο συνδυασμός των βιοτόπων επηρεάζει συνολικά την ικανότητα του τοπίου να παρέχει ΟΥ, ενώ η εστίαση στην παροχή καθιστά δύσκολη την κατανόηση των κοινωνικών αναγκών σε ΟΥ (ζήτηση).

Τη συστημική προσέγγιση: Κεντρική ιδέα αποτελεί η αντιμετώπιση των ΟΥ ως ένα σύνολο λειτουργικών σχέσεων ανάλογων της έννοιας του οικοσυστήματος. Σε γενικές γραμμές η προσέγγιση βασίζεται σε δομικές και λειτουργικές σχέσεις και προϋποθέτει τη δόμηση μιας συνάρτησης οικολογικής παραγωγής. Η συνάρτηση αυτή εκφράζει τον τρόπο με τον οποίο η παροχή των ΟΥ μεταβάλλεται ανάλογα με τις αλλαγές των άμεσων και έμμεσων κινητήριων δυνάμεων (drivers of change) που είναι σε θέση να επηρεάσουν τις οικοσυστημικές λειτουργίες. Η κατηγορία αυτή αναμένεται να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στο εγγύς μέλλον δεδομένου ότι, είναι πλέον διαθέσιμα τα κατάλληλα αναλυτικά εργαλεία όπως το InVEST (Sharp et al., 2016), το Solves (Wood et al., 2013) και το ARIES (Villa et al., 2014). Η προσέγγιση επιτρέπει τη συνολική εκτίμηση της κατάστασης και της τάσης της υπηρεσίας, ενώ η εκτίμηση των συνεπειών από εναλλακτικές καταστάσεις μεταβλητών και υποθετικά σενάρια, είναι εφικτή και σχετικά εύκολη. Οι μέθοδοι που στηρίζονται στη συνάρτηση οικολογικής λειτουργίας, επιτρέπουν τη διαδικασία της γενίκευσης και τον έλεγχο παραδοχών και υποθέσεων, ενώ είναι δυνατή η εξέταση της ισορροπίας μεταξύ προσφοράς και ζήτησης. Στον αντίποδα, η αποτελεσματικότητα της μεθόδου περιορίζεται από την ελλιπή υφιστάμενη γνώση των σύνθετων σχέσεων που

απαιτούνται για τη μοντελοποίηση των οικοσυστημικών λειτουργιών και περισσότερο στις περιπτώσεις πολλαπλών λειτουργιών. Η βαθμονόμηση και ο έλεγχος των μοντέλων σε τοπικό επίπεδο μπορεί να είναι ανέφικτα εξαιτίας της έλλειψης δεδομένων, ενώ η διαδικασία απαιτεί χρόνο, δεδομένα και κατά περίπτωση εκτεταμένες παραδοχές.

Την προσέγγιση του τόπου: Η αξιολόγηση των ΟΥ με βάση τον τόπο, εξετάζει τις υπηρεσίες ως δέσμες ΟΥ στην μονάδα του χώρου, οι οποίες παρουσιάζουν ισχυρό κοινωνικό ενδιαφέρον και έντονη απήχηση. Επιχειρείται η αποκάλυψη του πώς διαφορετικές ομάδες ατόμων αντιμετωπίζουν τη θέση και τη σημαντικότητα που αποδίδουν στις ΟΥ, σύμφωνα με τις αξίες, τις προσδοκίες και τα ιδανικά τους, ενώ από τη διαδικασία αναμένεται η κατανόηση των χαρακτηριστικών του χώρου (θέση) που τον καθιστούν μοναδικό και του αποδίδουν την αίσθηση της τοπικότητας (*sense of place*). Είναι διαδικασία ευαίσθητη στη διαβούλευση και στη διαχρονική αλλαγή εξαιτίας της βαρύτητας που δίνεται στις μεταβολές του παρελθόντος και τις προσδοκίες του μέλλοντος. Η προσέγγιση επιτρέπει την καλύτερη κατανόηση του τοπικού περιεχομένου, σε επίπεδο αξιών και προτεραιοτήτων, την εξέταση ζητημάτων ανταλλαγών (*trade-offs*), συγκρούσεων και συνεργειών, επιτρέποντας έτσι τη διαμόρφωση λύσεων βασισμένων στα τοπικά χαρακτηριστικά, οράματα και προσδοκίες. Ο πολυσυμμετοχικός χαρακτήρας της διαδικασίας καθιστά την προσέγγιση κατάλληλη για έργα και πολιτικές που βασίζονται στην προσαρμοστική διαχείριση. Στα μειονεκτήματα συμπεριλαμβάνονται η δυσκολία γενίκευσης εξαιτίας της μοναδικότητας του τόπου και η δυσκολία μετρήσεων ή μοντελοποίησης σε τοπική κλίμακα εξαιτίας του υψηλού βαθμού αβεβαιότητας και έλλειψης δεδομένων βάσης. Η εφαρμογή της μεθόδου απαιτεί το συνδυασμό πολλών διαφορετικών ειδών δεξιοτήτων και ικανοτήτων από τους αναλυτές για να αντιμετωπισθούν οι διεπιστημονικές προκλήσεις που παρουσιάζονται κατά την ανάλυση των δεδομένων, ενώ ταυτόχρονα καθίσταται δαπανηρή και χρονοβόρα.

Η ευρείας κλίμακας (παγκόσμια) αποτίμηση της κατάστασης των οικοσυστημάτων και των υπηρεσιών που παρέχουν στον άνθρωπο, η οποία ολοκληρώθηκε στο πλαίσιο της Χιλιετούς Αξιολόγησης των Οικοσυστημάτων – Millennium Ecosystem Assessment (Alcamo and Bennett, 2003) όπως περιγράφεται παρακάτω. Αν και θεωρείται ορόσημο στο επιστημονικό πεδίο των οικοσυστημικών υπηρεσιών, δεν παρείχε τα κατάλληλα εργαλεία για την αξιολόγηση των ΟΥ σε τοπικό, περιφερειακό και εθνικό επίπεδο, παρά το γεγονός ότι σε αυτές τις κλίμακες λαμβάνονται οι περισσότερες αποφάσεις που επηρεάζουν τα οικοσυστήματα. Για την πλήρωση του κενού αυτού, προτάθηκε η προσέγγιση των «Συναρτήσεων Οικολογικής Λειτουργίας» οι οποίες επιχειρούν να μετατρέψουν τη παραγωγικότητα του οικοσυστήματος σε υπηρεσίες και αγαθά με βάση την κατάστασή του και τις διεργασίες που εκτελούνται σε αυτό (Tallis & Polasky, 2011). Στο σημείο αυτό, πρέπει να διευκρινισθεί ότι η συνάρτηση οικολογικής λειτουργίας (αγγλ. *ecological production function*) είναι διαφορετική έννοια από εκείνη της οικοσυστημικής λειτουργίας (αγγλ. *ecosystem function*) που ορίζουν οι De Groot, et al. (2000), καθώς η πρώτη είναι μια υπολογιστική και ποσοτικοποιημένη εκτίμηση με σαφή αναφορά στην παραγωγική ικανότητα μίας ή περισσότερων ΟΥ, ενώ η δεύτερη χρησιμοποιείται κατά την εννοιολογική περιγραφή των ΟΥ και αναφέρεται στην ικανότητα των φυσικών διεργασιών και φυσικών στοιχείων να παρέχουν αγαθά και υπηρεσίες που ικανοποιούν τις ανάγκες του ανθρώπου.

Ως απλούστερη μέθοδο χαρτογράφησης οικοσυστημικών υπηρεσιών οι Maes, et al. (2012), προτείνουν τη λήψη πληροφορίας με βάση τη χρήση/κάλυψη γης, τεχνική που σημειώνουν ότι μπορεί να εφαρμοσθεί σε έρευνες μεγάλης κλίμακας, σε περιοχές όπου η κυρίαρχη οικοσυστημική υπηρεσία συνδέεται απ' ευθείας με τη χρήση/κάλυψη της γης, καθώς επίσης και σε περιοχές όπου είτε η διαθεσιμότητα δεδομένων και εξειδικευμένων γνώσεων είναι ανύπαρκτης, είτε η έρευνα εστιάζει στον εντοπισμό της παρουσίας ΟΥ και όχι στην ποσοτικοποίηση τους. Η σύνδεση της κάλυψης/χρήσης γης με στατιστικά δεδομένα ενδείκνυται όταν πρόκειται να ποσοτικοποιηθούν παραγωγικές υπηρεσίες όπως η παραγωγή τροφής, ξυλείας ή νερού, είναι απλή και δημοφιλής λόγω της διαθεσιμότητας των αναγκαίων δεδομένων, τα οποία όμως συνήθως απουσιάζουν για την εκτίμηση των μη παραγωγικών ΟΥ όπως οι πολιτισμικές.

Σε ένα δεύτερο επίπεδο, οι μέθοδοι χαρτογράφησης μπορούν να διακριθούν σε εκείνες που στηρίζονται σε μοντέλα οικοσυστημικών λειτουργιών, σύμφωνα με τις φυσικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε αυτά και σε εκείνες που χρησιμοποιούν δεδομένα αναπλήρωσης ή υποκατάστασης (*proxies*) τα οποία τις περισσότερες φορές έχουν τη μορφή χωρικών δεικτών (π.χ. παραγωγή θερμίδων τροφής ανά εκτάριο, τόνοι αποθηκευμένου άνθρακα ανά τετρ. χλμ. κλπ). Οι Egoi, et al. (2012) διαχωρίζουν τους χωρικούς δείκτες δεδομένων αναπλήρωσης σε πρωτογενείς και σε δευτερογενείς. Οι πρώτοι αναφέρονται στα δεδομένα αναπλήρωσης που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της υπηρεσίας (π.χ. αναψυχή), ενώ οι δεύτεροι στα δεδομένα που χρειάζονται για να υπολογισθεί ο πρωτογενής δείκτης (π.χ. πυκνότητα μονοπατιών ανά εκτάριο).

Οι Eigenbrod, et al. (2010) και Schägner, et al. (2013) και διακρίνουν επίσης τις μεθόδους χαρτογράφησης των οικοσυστημικών υπηρεσιών ανάλογα με το εάν χρησιμοποιούνται ή όχι πρωτογενή δεδομένα από την περιοχή μελέτης και με βάση τον τρόπο δόμησης των μοντέλων που αναπτύσσονται. Οι μέθοδοι αυτές είναι:

A. Μέθοδοι με χρήση αντιπροσωπευτικών δεδομένων

Είναι μέθοδοι που αξιοποιούν αντιπροσωπευτικά δεδομένα από ολόκληρη την περιοχή. Ενδείκνυται για τη χαρτογράφηση ετερογενών οικοσυστημικών υπηρεσιών και προσφέρουν καλύτερη εκτίμηση του επιπέδου παροχής της υπηρεσίας. Η ακρίβεια των μεθόδων αυτών εξαρτάται από τη χωρική πυκνότητα του δείγματος ενώ είναι δαπανηρές και χρονοβόρες. Χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις μικρών περιοχών και σε περιπτώσεις αδρομερούς ανάλυσης.

B. Μέθοδοι με δεδομένα υποκατάστασης (ή δεδομένα αναπλήρωσης)

Περιλαμβάνονται οι μέθοδοι χαρτογράφησης που χρησιμοποιούν μονοδιάστατα κάποια μεταβλητή υποκατάστασης (*proxy*) βιοφυσικού τύπου, όπως η χρήση/κάλυψη γης, για την αναπαράσταση οικοσυστημικών διεργασιών και την παροχή χαρτών ΟΥ. Αρκετές φορές μπορεί να παρεμβάλλεται κάποιου είδους μοντελοποίηση με τη χρήση συναρτήσεων οικολογικών λειτουργιών, λαμβάνοντας υπόψη τις τοπικές οικολογικές συνθήκες. Όταν επιλέγεται η χρήση συναρτήσεων, η μέθοδος μπορεί να εφαρμοσθεί σε έρευνες τοπικού επιπέδου. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν δεδομένα υποκατάστασης χρησιμοποιούνται ευρύτατα και περισσότερο από κάθε άλλη τεχνική εξαιτίας της υψηλής και άμεσης

διαθεσιμότητας των απαιτούμενων δεδομένων και του χαμηλού κόστους. Στην ίδια κατηγορία περιλαμβάνονται τα μοντέλα οικοσυστημικών υπηρεσιών που βασίζονται στην εκτίμηση των παραγωγικών οικολογικών λειτουργιών και οι μέθοδοι μεταφοράς αξιών. Οι Serrpelt et al. (2011) αναφέρουν ότι τα δύο τρίτα των ερευνών βασίζονται σε δεδομένα υποκατάστασης με τη σύνδεση χαρτών κάλυψης γης με δείκτες οικοσυστημικών υπηρεσιών. Η κάλυψη γης, παρά τα μειονεκτήματα που παρουσιάζει στη χαρτογράφηση ΟΥ, χρησιμοποιείται ευρέως για δύο επιπλέον λόγους (Fooley et al., 2005, Andrew et al., 2014): α) εξαιτίας της υψηλής διαθεσιμότητας δεδομένων σε ποικίλες κλίμακες και με δυνατότητα σχετικά εύκολης επικαιροποίησης και β) εξαιτίας της ισχυρής συσχέτισης μεταξύ της μεταβολής κάλυψης γης και της παροχής ΟΥ. Οι μέθοδοι υποκατάστασης είναι γενικά οι λιγότερο ακριβείς και τα αποτελέσματά τους αποτελούν μια αδρομερή εκτίμηση της πραγματικότητας, με τα μεγαλύτερα σφάλματα να παρουσιάζονται στις μεθόδους μεταφοράς ωφελειών (Eigenbrod, et al., 2010). Τα σφάλματα οφείλονται κυρίως στο γεγονός ότι η κάλυψη γης θεωρείται σταθερή και αδιαβάθμητη κατά μήκος του τοπίου, εισάγοντας κατά τον τρόπο αυτό ένα σφάλμα αυθαίρετης βιοφυσικής γενίκευσης. Η μείωση του σφάλματος μπορεί να επιτευχθεί εάν εισαχθεί ένα πρόσθετο επίπεδο που αντιπροσωπεύει την υφιστάμενη γνώση για τη σχέση της εξεταζόμενης υπηρεσίας και των δεδομένων που χρησιμοποιούνται όπως η στάθμιση της χρήσης γης με την απόσταση από οικισμούς ή ο συνδυασμός της κάλυψης βλάστησης με την τρωτότητα των εδαφών έναντι της διάβρωσης.

Γ. Μέθοδοι με μη επικυρωμένα μοντέλα

Στις περιπτώσεις έλλειψης πρωτογενών δεδομένων, μπορεί να χρησιμοποιηθούν μη βαθμονομημένα και μη επικυρωμένα μοντέλα που βασίζονται σε πιθανούς λογικούς συνδυασμούς ερμηνευτικών μεταβλητών με βάση τη γνώμη ειδικών ή/και ανάλογα βιβλιογραφικά δεδομένα. Στις μεθόδους αυτές υπάρχει ο κίνδυνος ακαταλληλότητας των ερμηνευτικών μεταβλητών σε σχέση με τα διαθέσιμα δεδομένα.

Δ. Επικυρωμένα μοντέλα

Είναι μέθοδοι κατά τις οποίες αναπτύσσεται ένα μοντέλο με βάση δείγμα που έχει ληφθεί από ένα χωρικό υποσύνολο της περιοχής μελέτης. Η διαθεσιμότητα πρωτογενών ή δευτερογενών δεδομένων αξιοποιείται για την επικύρωση του μοντέλου. Είναι λιγότερο δαπανηρές από τις μεθόδους αντιπροσωπευτικού δείγματος σε βάρος όμως της απόδοσης της ετερογένειας λόγω του χωρικού περιορισμού του δείγματος.

Ε. Απόλυτα μοντέλα

Είναι η λιγότερο χρησιμοποιούμενη μέθοδος, κατά την οποία αξιοποιούνται πληροφορίες για την αξία της υπηρεσίας. Σχετίζονται με τη διακύμανση των χαρακτηριστικών του οικοσυστήματος και των ωφελούμενων. Οι χωρικά κατανομημένες αξίες των υπηρεσιών αποδίδονται με μια συνάρτηση αξιών για να προκύψει η αξία της προσφοράς της υπηρεσίας ανά χώρο.

2.4 Η χαρτογράφηση των ΟΥ σήμερα

Οι Crossman et al. (2013) χαρακτηρίζουν την ποικιλία των μεθόδων χαρτογράφησης οικοσυστημικών υπηρεσιών ως ανάλογη των τρόπων που μπορεί κάποιος να μοντελοποιήσει τις ΟΥ, κάτι που έχει ως αποτέλεσμα να εμφανίζεται ένα μεγάλο εύρος μεθόδων, εργαλείων και προσεγγίσεων. Από την επισκόπηση των εργασιών χαρτογράφησης οικοσυστημικών υπηρεσιών προκύπτουν τα ακόλουθα (Brown, 2005, Daily et al., 2010, Egoh et al., 2012, Crossman et al., 2013, Liqueste et al., 2015):

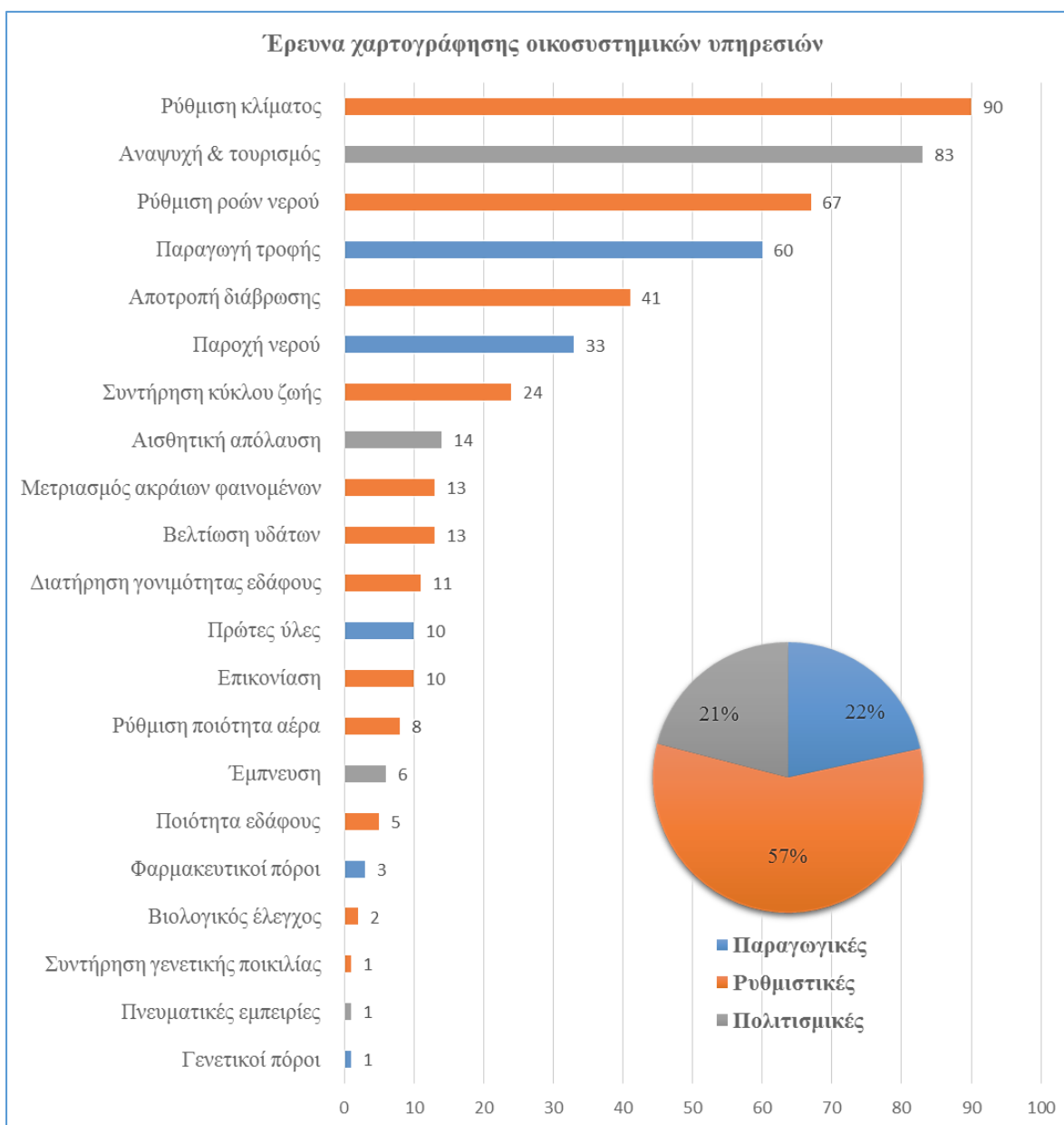
Η αποθήκευση και η συσσώρευση άνθρακα, η παραγωγή τροφής, η παροχή νερού και η ποιότητα του νερού είναι οι συχνότερα χαρτογραφημένες επιμέρους ΟΥ (Σχήμα 2.3), ενώ όσο αφορά τις ομάδες, συχνότερα μελετώνται οι ρυθμιστικές υπηρεσίες χρησιμοποιώντας κυρίως δευτερογενή δεδομένα όπως η κάλυψη γης και δεδομένα τηλεπισκόπησης. Η χαρτογράφηση στηρίζεται κυρίως σε μη αυστηρές σχέσεις, εφαρμόζοντας μη επικυρωμένα μοντέλα και δεδομένα αναπλήρωσης όπως η κάλυψη γης, το έδαφος, η βλάστηση καθώς και δείκτες που σχετίζονται με τα θρεπτικά, παρά τη σημαντική πιθανότητα σφάλματος. Όσο αφορά την κλίμακα χαρτογράφησης, πιο συχνά επιλέγεται εκείνη του κράτους ή της περιφέρειας, με την τελευταία να κυριαρχεί, ενώ όταν αποτυπώνονται ρυθμιστικές και παραγωγικές υπηρεσίες κατά κανόνα η κλίμακα αυξάνεται.

Παραγωγικές Υπηρεσίες

Στις παραγωγικές υπηρεσίες συμπεριλαμβάνεται πάντοτε η παραγωγή τροφής, η οποία τις περισσότερες φορές εξετάζεται με βάση τη χρήση/κάλυψη γης σε συνδυασμό με στατιστικά δεδομένα και σπανιότερα με προσομοιώσεις, συνδυάζοντας την αγροτική δραστηριότητα με εδαφικά και κλιματικά δεδομένα.

Για τη χαρτογράφηση των υπηρεσιών που σχετίζονται με την παραγωγή νερού η χωρική έκταση συνήθως ταυτίζεται με την υδρολογική λεκάνη. Η ανάλυση μπορεί να περιορίζεται από τον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου, όταν τα διαθέσιμα δεδομένα είναι περιορισμένα, έως τη δόμηση πολύπλοκων χωρικών μοντέλων προσομοίωσης ή μοντέλων δυναμικής αποθήκευσης νερού και υδρομάστευσης που απαιτούν χωρικές και χρονικές πληροφορίες υψηλής ανάλυσης και καλά μελετημένες υδρολογικές λεκάνες.

Οι υπηρεσίες που σχετίζονται με την παραγωγή πρώτων υλών εκτιμώνται με βάση την κατά χώρο εκτίμηση της μάζας ή του όγκου που συγκομίζεται, κάτι που είναι εφικτό στις περιπτώσεις που η μελετούμενη υπηρεσία αφορά περιοχές υπό διαχείριση. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις οι ποσότητες αυτές μπορεί να εκτιμηθούν με βάση δημογραφικά δεδομένα, δεδομένα οικονομικά ενεργού πληθυσμού και σε συνδυασμό με πληροφορίες για τη θέση, την έκταση και το είδος της παραγωγικής γης.



Σχήμα 2.3: Συχνότητα χαρτογράφησης ΟΥ με βάση τα ευρήματα των Egoth et al., 2012.

Η χαρτογράφηση των γενετικών και φαρμακευτικών υπηρεσιών, παρά την ευρεία αναγνώριση της σημαντικότητάς τους, είναι εξαιρετικά σπάνια και περιορίζεται σε ελάχιστες έρευνες, μικρά γεωγραφικά περιοχών με βάση την κάλυψη γης.

Ρυθμιστικές Υπηρεσίες

Η ρύθμιση του κλίματος, είναι η συχνότερα χαρτογραφημένη ΟΥ και γίνεται με μοντελοποίηση χρησιμοποιώντας ως δεδομένα υποκατάστασης δευτερογενή δεδομένα, όπως η ποσοτικοποίηση των αποθεμάτων άνθρακα στο έδαφος και στη βιομάζα με βάση την κάλυψη γης. Οι σχέσεις μεταξύ τύπου κάλυψης γης βαθμονομούνται με μετρήσεις πεδίου ή με γενικούς κανόνες παραδοχών (IPCC, 2006). Οι ροές άνθρακα αποδίδονται με βάση τις μεταβολές χρήσης γης ή τις μεθόδους διαχείρισης, ενώ η μελέτη με βάση άλλα αέρια

του θερμοκηπίου είναι σπάνια. Η τηλεπισκόπηση αποτελεί μια εναλλακτική μέθοδο χαρτογράφησης με την αξιοποίηση δεικτών πρωτογενούς παραγωγής για την εκτίμηση των μεταβολών του καθαρού ισοζυγίου άνθρακα.

Η ρύθμιση της ποιότητας του αέρα χαρακτηρίζεται δύσκολη εξαιτίας της υψηλής χωρικής αβεβαιότητας, της έλλειψης ποσοτικών πληροφοριών και του ιδιαίτερα τοπικού χαρακτήρα της υπηρεσίας. Περιορίζεται σε εκτιμήσεις απομάκρυνσης αέριων ρύπων από τα δένδρα στο αστικό και περιαστικό περιβάλλον, εφαρμόζοντας σχέσεις που συνδέουν το δείκτη φυλλικής επιφάνειας με μετεωρολογικά δεδομένα, ταχύτητες εναπόθεσης και συγκέντρωσης ρύπων.

Ο μετριασμός των ακραίων καιρικών φαινομένων τις περισσότερες φορές αποδίδεται με βάση την ικανότητα της κάλυψης γης να επιβραδύνει την επιφανειακή απορροή, συνεκτιμώντας το είδος και τον τύπο της βλάστησης. Στις περιπτώσεις που εξετάζεται η προστασία από κυματικές καταιγίδες, η παρουσία μαγκρόβιων δασών και κοραλλιογενών υφάλων είναι τα συχνότερα χρησιμοποιούμενα δευτερογενή δεδομένα.

Η ρύθμιση των ροών ύδατος σχετίζεται με την επίδραση των συστημάτων εσωτερικών υδάτων στη ρύθμιση των υδρολογικών ροών. Συνήθως γίνεται με μοντέλα που εξετάζουν τη φυσική άρδευση και παροχέτευση και την προστασία από ακραίες εκφορτίσεις ποταμών, χρησιμοποιώντας υδρολογικά μοντέλα που τροφοδοτούνται από πληροφορίες υδρολογίας, τοπογραφίας, εδάφους, βλάστησης, χρήσης γης, κάλυψης και μετεωρολογίας. Επίσης η ρύθμιση των ροών υδάτων χαρτογραφείται με βάση τους παρόχθιους βιότοπους και προκειμένου να προσδιορισθούν οι συνέπειες διαφορετικών χρήσεων γης στην ικανότητα της παρόχθιας ζώνης να μετριάσει τη ροή.

Η υπηρεσία επεξεργασίας των αποβλήτων αναφέρεται κυρίως στην ικανότητα της βλάστησης και των ανώτερων (υψομετρικά) εσωτερικών υδάτων να συγκρατούν θρεπτικά και ιζήματα που προέρχονται από αγροτικές δραστηριότητες. Επίσης έχει χαρτογραφηθεί η παροχή θρεπτικών σε υδροβιότοπους και τέλματα από γειτονικές γεωργικές γαίες. Οι αναλύσεις αυτές χρησιμοποιούν μοντέλα διάβρωσης όπως το ULSE (Lafren and Flanagan, 2013), για την εκτίμηση της μεταφοράς ιζήματος και μπορεί να λαμβάνουν υπόψη υδρολογία, γεωργικές εισροές, καλλιέργειες, τύπους εδάφους, κάλυψη γης κ.α. Λίγες έρευνες έχουν εστιάσει στη χαρτογράφηση της ικανότητας των οικοσυστημάτων να αφομοιώνουν περιττώματα ζωικής ή ανθρώπινης προέλευσης.

Η αποτροπή της διάβρωσης είναι υπηρεσία που χαρτογραφείται με μεθόδους παρόμοιες με εκείνες που χρησιμοποιούνται για τη χαρτογράφηση της δυνατότητας συγκράτησης θρεπτικών και ιζημάτων. Σκοπός της χαρτογράφησης είναι η εκτίμηση της δυνατότητας ενός τοπίου ή μιας υδρολογικής μονάδας (λεκάνη – υπολεκάνη) να συγκρατεί το έδαφος, η οποία κατά κανόνα υπολογίζεται ως συνάρτηση της κάλυψης βλάστησης, της τοπογραφίας, και της διαβρωσιμότητας του εδάφους με τη χρήση της εξίσωσης USLE.

Η διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους έχει χαρτογραφηθεί σε περιορισμένη έκταση από έρευνες που αξιοποιούν βάσεις εδαφολογικών δεδομένων, δεδομένα κάλυψης γης, στοιχεία για το βάθος του εδάφους, την κάλυψη με οργανικά υπολείμματα, πληθυσμιακά

δεδομένα γαιοσκωλήκων και μετρήσεις ικανότητας ορυκτοποίησης θρεπτικών από τα φυτά.

Η υπηρεσία της επικονίασης χαρτογραφείται χρησιμοποιώντας δεδομένα κάλυψης και χρήσης γης, δεδομένα οικοτόπων επικονιαστών σε συνδυασμό με την παρουσία γεωργικής γης και των αντίστοιχων γεωργικών αποδόσεων.

Η παροχή οικοτόπου χαρτογραφείται με βάση την ανάγκη για κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν τα είδη και του πώς οι παράγοντες αυτοί μεταβάλλονται σε συνάρτηση με τις μεταβολές των οικοτόπων και του κλίματος. Χρησιμοποιούνται δεδομένα κατανομής ειδών, χρήση και κάλυψη γης, τοπογραφικές και κλιματικές παράμετροι, χαρακτηριστικά εδάφους και θέσεις ικανές να προκαλέσουν διαταραχές και υποβάθμιση.

Η υπηρεσία διατήρησης της γενετικής ποικιλίας παρέχεται κυρίως σε θέσεις υψηλού ενδημισμού των οποίων η χαρτογράφηση έχει μακρά ιστορία στο πεδίο της προστασίας και διατήρησης. Οι περισσότερες έρευνες προσεγγίζουν την αποτύπωση της υπηρεσίας μέσω των υπηρεσιών που σχετίζονται με τη διατήρηση του κύκλου ζωής.

Πολιτισμικές υπηρεσίες

Η υπηρεσία της παροχής αισθητικής δηλαδή η απόλαυση και ευχαρίστηση που απολαμβάνει κάποιος από τη σκηνική ομορφιά, αναλύεται με βάση ερωτηματολόγια, συνεντεύξεις, ή χαρτογράφηση της ελκυστικότητας του τοπίου χρησιμοποιώντας στοιχεία όπως η φυσικότητα, η θέα κλπ. Κοινή επίσης μέθοδος είναι η χρησιμοποίηση της αξίας των ακινήτων που γειτνιάζουν ή βρίσκονται εντός των φυσικών περιοχών, όπως επίσης και ο υπολογισμός της οριακής τιμής που οι άνθρωποι είναι πρόθυμοι να πληρώσουν για ένα τέτοιο ακίνητο. Η χρήση αξιών συνδυάζεται με μετρητικές αποστάσεων, αγοραπωλησιών και θέσεων σε σχέση με φυσικά χαρακτηριστικά.

Οι ευκαιρίες αναψυχής και τουρισμού είναι η πιο συχνά χαρτογραφημένη πολιτισμική υπηρεσία, λόγω της σχετικά απλής ποσοτικοποίησης και της ύπαρξης πληθώρας μεθόδων για την εκτίμηση της αξίας (ηδονική, κόστος ταξιδιού, προθυμία πληρωμής κλπ). Οι μέθοδοι συχνά ενσωματώνουν τοπικές πληροφορίες αναψυχής και τουρισμού όπως ο αριθμός των θηραμάτων, ο αριθμός των διανυκτερεύσεων, το πλήθος των εκδρομέων, οι θέσεις διήμερευσης, η πυκνότητα των υποδομών πρόσβασης κλπ. Στις έρευνες αυτές σημαντικά στοιχεία είναι η κάλυψη γης και η προσβασιμότητα.

Η έμπνευση (πολιτισμός, τέχνες κλπ) παρουσιάζει μικρό αριθμό ερευνών που κυρίως εστιάζουν στις αξίες της πολιτιστικής κληρονομιάς και εκφράζονται με ποιοτικούς όρους, ενώ και σε αυτήν την κατηγορία, η χρήση/κάλυψη γης χρησιμοποιείται ως βασική πληροφορία εισόδου.

Η μελέτη των πολιτισμικών υπηρεσιών σε τοπικό επίπεδο μπορεί να αποτυγχάνει να συλλάβει εμβληματικές υπηρεσίες εκτός της περιοχής μελέτης αλλά υψηλής αξίας για την τοπική κοινωνία, όπως η πολιτιστική κληρονομιά (Plieninger, et al., 2013). Παράλληλα η κλίμακα θεώρησης, η προσβασιμότητα, τα χαρακτηριστικά του ευρύτερου τοπίου και η απόσταση του χρήστη από στοιχεία του τοπίου, στοιχεία που διαμορφώνουν την υπηρεσία ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης (de Groot et.al, 2010), καθιστούν περισσότερο

περίπλοκο τον προσδιορισμό της επιθυμητής κλίμακας μελέτης. Τέλος ενώ οι περισσότερες υπηρεσίες σχετίζονται με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του τοπίου, πολιτισμικές υπηρεσίες όπως η έμπνευση και πνευματικότητα δεν μπορούν να συσχετισθούν με ένα συγκεκριμένο πρότυπο τοπίου λόγω των διαφορετικών θεωρήσεων για τις αξίες της φύσης που διαμορφώνονται από διαφορετικές κοινωνίες.

2.4.1 Διεθνής πραγματικότητα

Οικοσυστημική Αξιολόγηση της Χιλιετίας - Millennium Ecosystem Assessment

Η Οικοσυστημική Αξιολόγηση της Χιλιετίας (MEA) θεωρείται ορόσημο για την εκτίμηση και την αξιολόγηση των ΟΥ σε παγκόσμιο επίπεδο (Carpenter et al., 2009, Martnez-Harms, and Balvanera, 2012, Lele, 2013, Costanza et al., 2016). Ένας από τους βασικούς στόχους του έργου ήταν η ενοποίηση της υφιστάμενης γνώσης για την κατανόηση των σχέσεων μεταξύ φύσης, οικονομίας και κοινωνίας (MEA, 2005β). Για την επίτευξη του στόχου αυτού ήταν απαραίτητη η κατά χώρο αποτύπωση της κατάστασης των οικοσυστημάτων και η εκτίμηση των παρεχόμενων υπηρεσιών. Για τη μελέτη των φυσικών και τροποποιημένων συστημάτων δημιουργήθηκαν δέκα κλάσεις συστημάτων:

1. Παράκτια: περιοχές μεταξύ της ισοβαθούς των 50μ και της ισοΰψους των 50μ.
2. Αγροτικές εκτάσεις: στην κλάση εκτός από τις καλλιέργειες συμπεριλήφθηκαν οι βοσκότοποι και οι μικτές επιφάνειες.
3. Άνυδρα: Συμπεριελήφθησαν οι ημιάνυδρες, οι υπεράνυδρες και ξηρές ύφυγρες επιφάνειες.
4. Δασικά: Συμπεριελήφθησαν δάση συστηματικά κατακλυζόμενα, καμένες επιφάνειες, και μωσαϊκά δασών με άλλες κλάσεις.
5. Εσωτερικά ύδατα: Σημαντικότεροι ποταμοί, λίμνες, αποθέματα και υγράτοποι.
6. Νησιά: Νησιά ωκεανών και παράκτια νησιά.
7. Θαλάσσια: Περιοχές πέρα από την ισοβαθή των 50μ.
8. Ορεινά: Αλπικά συστήματα.
9. Πολικά: Συμπεριελήφθησαν αρκτικοί και υποαρκτικοί τύποι βλάστησης καθώς επίσης τα συστήματα το Νότιο και Βόρειου Πόλου.
10. Αστικά: Τεχνητές/Δομημένες επιφάνειάς.

Η χαρτογράφηση των δέκα κλάσεων κυρίως στηρίχθηκε σε έρευνες τηλεπισκόπησης, στη γεωχωρική βάση «*Global Land Cover 2000*», στη βάση δεδομένων των Ην. Εθνών «*13th UN List of Protected Areas*», σε εθνικές στατιστικές γεωργίας, καθώς επίσης και σε δεδομένα που παρήχθησαν κατά τη διάρκεια του έργου. Οι πηγές δεδομένων, οι μέθοδοι και οι πληροφορίες που αντλήθηκαν αναφέρονται στον Πίνακα 2.1.

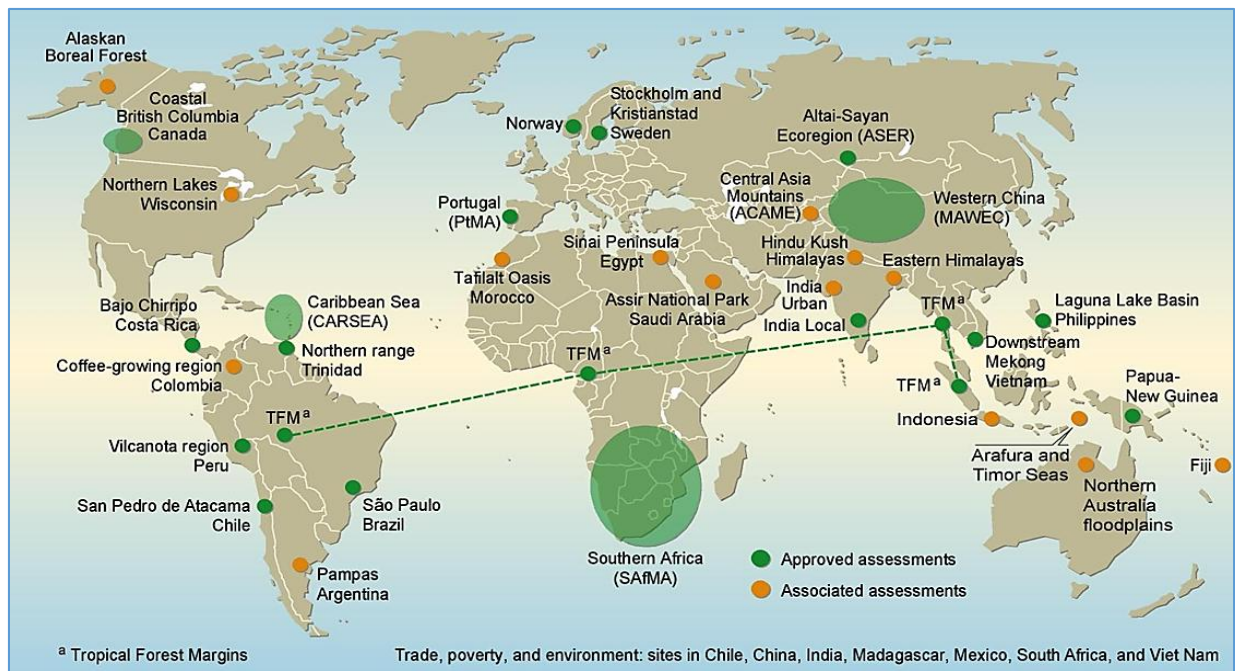
Πίνακας 2.1: Προέλευση δεδομένων και μέθοδοι ανάλυσης για την εκτίμηση της κατάστασης και των τάσεων των οικοσυστημάτων, πηγή: MEA, 2005.

Τύπος ζητούμενης πληροφορίας	Τηλεπισκόπηση & GIS	Απογραφές φυσικών πόρων & βιοποικιλότητας	Κοινωνικο-οικονομικά δεδομένα	Μοντέλα Οικοσυστημάτων	Δείκτες κατάστασης οικοσυστημάτων	Τοπική & παραδοσιακή γνώση	Περιπτωσιολογικές μελέτες απόκρισης οικοσυστημάτων σε
Έκταση και κατάσταση οικοσυστημάτων	X	X			X		
Ποιοτική, ποσοτική και χωρική κατανομή υπηρεσιών		X		X			
Εξαρτώμενος ανθρώπινος πληθυσμός			X			X	X
Τάσεις στην κατάσταση των οικοσυστημάτων και στην παροχή των υπηρεσιών	X	X		X	X	X	X
Απόκριση κατάστασης οικοσυστημάτων και ΟΥ σε κινητήριες δυνάμεις.				X	X	X	X

Η εκτίμηση της κατάστασης των ΟΥ πραγματοποιήθηκε με βάση βιβλιογραφικά ευρήματα (δημοσιευμένες έρευνες με έγκυρα δεδομένα και μοντέλα), τοπική γνώση, ενώ αξιοποιήθηκαν επιπλέον 33 περιπτωσιολογικές μελέτες προκειμένου να ενσωματωθεί η τοπική διάσταση της γνώσης (Χάρτης 2.1). Τα στοιχεία αυτά συνδυάστηκαν σε ένα σχήμα πολλαπλών κλιμάκων σε τοπικό, περιφερειακό, παγκόσμιο επίπεδο ή σε επίπεδο μεγάλων υδρολογικών λεκανών. Για τη συμπλήρωση κενών γνώσεων, την εξέταση δυναμικών διεργασιών ή την απόκτηση στοιχείων που από τη φύση τους δεν ήταν διαθέσιμα (π.χ. τροφικές σχέσεις, λειτουργίες οικοσυστημάτων, υδρολογικοί κύκλοι κ.α.) χρησιμοποιήθηκαν αριθμητικά μοντέλα προσομοίωσης. Η αξιολόγηση των φυσικών συστημάτων συμπεριελάμβανε εθνικές απογραφές φυσικών πόρων, στατιστικές γεωργίας, αλιείας και δασοπονίας, έρευνες βιοποικιλότητας και στατιστικές εκμετάλλευσης υδάτων.

Επιγραμματικά, τα επιμέρους στάδια του έργου ήταν:

- Ταυτοποίηση και κατηγοριοποίηση των οικοσυστημάτων και των υπηρεσιών.
- Ταυτοποίηση δεσμών-σχέσεων μεταξύ ΟΥ και κοινωνιών.
- Εντοπισμός άμεσων και έμμεσων κινητήριων δυνάμεων που επιδρούν στα οικοσυστήματα και τις υπηρεσίες.
- Επιλογή δεικτών για την εκτίμηση της κατάστασης των οικοσυστημάτων, της ευημερίας και των κινητήριων δυνάμεων (Πίνακας 2.2).
- Εκτίμηση ιστορικών τάσεων σχέσεων μεταξύ κατάστασης οικοσυστημάτων, υπηρεσιών και κινητήριων δυνάμεων.



Χάρτης 2.1: Γεωγραφική κατανομή περιπτώσιολογικών ερευνών περιφερειακής και τοπικής κλίμακας που αξιοποιήθηκαν από τη ΜΕΑ. Πηγή: ΜΑ, 2005α.

Η επιλογή των δεικτών έγινε λαμβάνοντας υπόψη τους τελικούς αποδέκτες της οριστικής έκθεσης για την κατάσταση των οικοσυστημάτων και των υπηρεσιών, δηλαδή πολιτικούς, λήπτες αποφάσεων και γενικότερα ενδιαφερόμενα μέρη που πρέπει να συλλάβουν εύκολα τα συμπεράσματα της αξιολόγησης χωρίς αναγκαστικά την προϋπόθεση αντίστοιχου επιστημονικού υπόβαθρου. Η εκτίμηση της κατάστασης των οικοσυστημάτων έγινε με τη χρήση δεικτών από ποικίλα πεδία όπως οικολογικά, δημογραφικά, βιοχημικά κλπ. έχοντας υπόψη ότι η βιοφυσική κατάσταση των οικοσυστημάτων δεν αντικατοπτρίζει άμεσα την αιτία ή/και το αποτέλεσμα των κινητήριων δυνάμεων, μπορεί όμως να συμβάλει στη διαμόρφωση των αναγκαίων πολιτικών πρωτοβουλιών, κατευθύνοντας την προσοχή στις αλλαγές που έχουν μεγαλύτερη σημασία. Η χρήση δεικτών για την εκτίμηση της κατάστασης των παραγωγικών υπηρεσιών, δεδομένου ότι αποδίδουν ποσότητες αγαθών (π.χ. συγκομιδή γεωργικών προϊόντων) είναι εύκολα αντιληπτοί από τους φορείς που είναι υπεύθυνοι για τη χάραξη πολιτικών (Πίνακας 2.2). Τούτο όμως δεν ισχύει σε άλλες περιπτώσεις όπως δείκτες ρυθμιστικών υπηρεσιών (π.χ. ρυθμός εξατμισοδιαπνοής) οι οποίοι δεν είναι πάντοτε εύκολα ερμηνεύσιμοι. Η επιλογή των δεικτών βασίστηκε σε επτά κριτήρια:

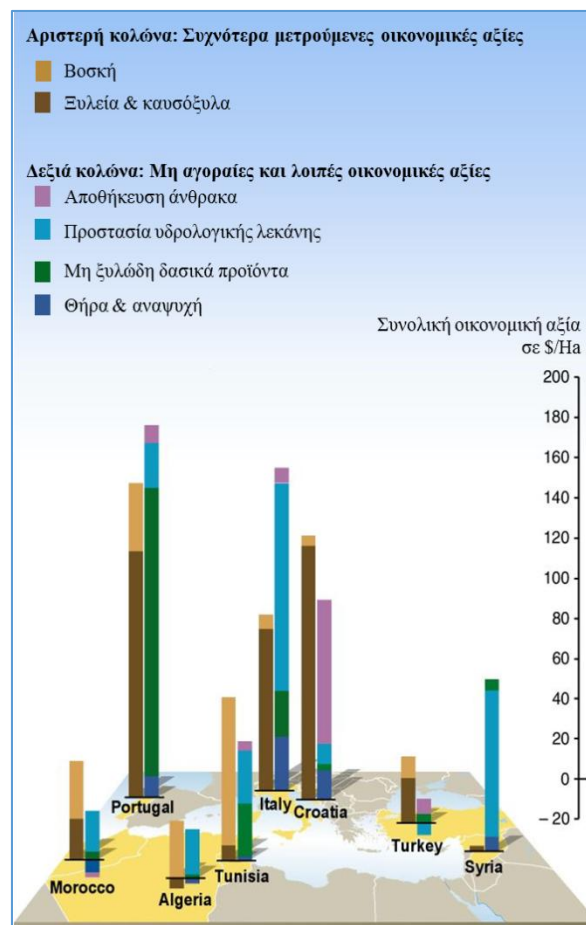
- i. Την ικανότητα του δείκτη να παρέχει πληροφορίες για αλλαγές σημαντικών διεργασιών.
- ii. Την ευαισθησία του δείκτη να εντοπίζει σημαντικές αλλαγές αλλά ταυτόχρονα να αγνοεί εκείνες που οφείλονται στη φυσική παραλλακτικότητα.
- iii. Την ικανότητα του δείκτη να εντοπίζει αλλαγές στην κατάλληλη χωρική και χρονική κλίμακα χωρίς η ένδειξη να αλλοιώνεται από την παραλλακτικότητα.
- iv. Την υποστήριξη του δείκτη από γενικώς αποδεκτά εννοιολογικά μοντέλα.

- v. Τη διαθεσιμότητα των δεδομένων που απαιτούνται και τη σχετικά απλή διαδικασία συλλογής τους.
- vi. Τη διαθεσιμότητα των συστημάτων που απαιτούνται για τον υπολογισμό του δείκτη.
- vii. Την κατανόηση του δείκτη από τους διαμορφωτές πολιτικών και τους λήπτες αποφάσεων.

Πίνακας 2.2: Παραδείγματα δεικτών κατάστασης οικοσυστημάτων και επιπέδου παροχής ΟΥ, πηγή: ΜΑ, 2005.

Δείκτες κατάστασης οικοσυστημάτων		
Κατάσταση Οικοσυστήματος	Δείκτης	Μονάδες
Κατάσταση βλάστησης	Κατάτμηση τοπίου	Μέση επιφάνεια χωροψηφίδας
Κατάσταση εδάφους	Θρεπτικά εδάφους	Συγκέντρωση θρεπτικών
	Αλατότητα Εδάφους	Συγκέντρωση αλάτων
Κατάσταση βιοποικιλότητας	Αφθονία ειδών	Αριθμός ειδών / επιφάνεια
	Απειλούμενα είδη	Ποσοστό απειλούμενων ειδών
Κατάσταση εσωτερικών υδάτων	Παρουσία ρυπαντών	Συγκέντρωση ρύπων
Δείκτες ΟΥ		
Υπηρεσία	Δείκτης	Μονάδες
Παραγωγή υπηρεσίας	Παραγωγή τροφής	Συγκομιδή (βάρος ανά εκτάριο και έτος)
Ικανότητα μετριασμού πλημμυρών	Μεταβολή παροχής ανά μονάδα κατακρημνίσματος	Εκφόρτιση λεκάνης (κ.μ. ανά δευτερόλεπτο
Ικανότητα παροχής βιολογικών αγαθών	Βιολογικά προϊόντα ή δυνητική αξία	Αριθμός προϊόντων ή οικονομική αξία

Η χωρική εργασία επικεντρώθηκε σε υπολογιστικά, συναθροιστικά και αναγωγικά αντικείμενα, ανά οικοσύστημα και περιοχή, και τα αποτελέσματα αποδόθηκαν σε χάρτες όσο αφορά την κατάσταση των οικοσυστημάτων. Η απόδοση των πληροφοριών για τις ΟΥ έγινε με πίνακες και διαγράμματα χωρίς να δίνεται έμφαση στη χαρτογραφική απόδοση παρά μόνο για λόγους έμφασης της επικοινωνίας του κειμένου (Σχήμα 2.4).



Σχήμα 2.4: Παράδειγμα παρουσίασης αξίας οικοσυστημικών υπηρεσιών δασών, πηγή MEA, 2005

Από τα αποτελέσματα του έργου προέκυψε ότι το 60% των ΟΥ βρίσκονται σε φθίνουσα κατάσταση λόγω της πυροδοτούμενης από τον άνθρωπο υποβάθμισης της κατάστασης των οικοσυστημάτων και της μη αειφορικής χρήσης των φυσικών πόρων (Πίνακας 2.3). Στις πιο σημαντικές περιπτώσεις μείωσης παροχής ΟΥ και υποβάθμισης της κατάστασης των οικοσυστημάτων, κατά το διάστημα 1950-2000, συμπεριλαμβάνονται η ραγδαία αύξηση της συγκέντρωσης νιτρικών στο νερό, η μείωση της ικανότητας αντιμετώπισης επιβλαβών οργανισμών, η μείωση της αφθονίας επικονιαστών, η κατανάλωση νερού με ρυθμό μεγαλύτερο της παραγωγής, ο διπλασιασμός των ροών βιολογικά διαθέσιμου αζώτου και ο τριπλασιασμός του φωσφόρου, η μείωση της ικανότητας μετριασμού φυσικών καταστροφών, η απώλεια των κοραλλιογενών υφάλων κατά 20% και των μακρόβιων δασών κατά 35%, η ομογενοποίηση της κατανομής των ειδών, η αύξηση του ρυθμού εξαφάνισης των ειδών κατά 1.000 φορές, η απειλή εξαφάνισης του 10-30% των θηλαστικών, πτηνών και αμφίβιων, η μείωση της ικανότητας αυτοκαθαρισμού της ατμόσφαιρας, η μείωση της υπηρεσίας καθαρισμού νερού κ.α. Ο διπλασιασμός του ανθρώπινου πληθυσμού είχε ως αποτέλεσμα τη ραγδαία αύξηση της ζήτησης ΟΥ η παραγωγή τροφής αυξήθηκε $2^{1/2}$ φορές, η συγκομιδή ξυλείας για παραγωγή χαρτιού τριπλασιάστηκε και η εγκατεστημένη ισχύς υδροηλεκτρικών διπλασιάστηκε.

Πίνακας 2.3: Η εξέλιξη της παροχής ΟΥ την τελευταία 50ετία, πηγή ΜΕα, 2005

Παραγωγικές Υπηρεσίες		Κατάσταση	Ρυθμιστικές Υπηρεσίες		Κατάσταση
Τροφή	καλλιέργειες	↑	Ρύθμιση ποιότητας αέρα	↓	
	κτηνοτροφία	↑	Παγκόσμια ρύθμιση κλίματος	↑	
	αλίευση	↓	Περιφερειακή και τοπική ρύθμιση κλίματος	↓	
	ιχθυοκαλλιέργειες	↑	Ρύθμιση υδάτων	+/-	
	τροφή άγριας φύσης	↓	Ρύθμιση διάβρωσης	↓	
Ίνες	ξύλεια	+/-	Καθαρισμός & επεξεργασία νερού	↓	
	βαμβάκι, μετάξι	+/-	Ρύθμιση ασθeneιών	+/-	
	καυσόξυλα	↓	Ρύθμιση επιβλαβών	↓	
Γενετικοί πόροι		↓	Επικοινωνία	↓	
Βιοχημικοί, φαρμακευτικοί πόροι		↓	Ρύθμιση φυσικών κινδύνων	↓	
Καθαρό νερό		↓	Πολιτισμικές Υπηρεσίες		Κατάσταση
			Πνευματικές και θρησκευτικές αξίες	↓	
			Αισθητικές αξίες	↓	
			Αναψυχή και οικότουρισμός	+/-	

Η ΜΕΑ τεκμηρίωσε τη σημασία των ΟΥ για την ανθρώπινη ευημερία και απέδειξε ότι ανθρωπογενείς δραστηριότητες που ασκούνται με μη βιώσιμο τρόπο, απειλούν τη συνέχεια της παροχής των υπηρεσιών αυτών (Naidoo et al, 2008).

Οι Carpenter et al. (2006) αναφέρουν ότι η έρευνα ΜΕΑ περιορίστηκε σε αρκετούς τομείς εξαιτίας της έλλειψης των κατάλληλων δεδομένων και συγκεκριμένα σε:

- i. Χρονοσειρές δεδομένων αλλαγών κάλυψης γης σε παγκόσμια κλίμακα.
- ii. Επαρκείς πληροφορίες για τη θέση και το ρυθμό ερημοποίησης.
- iii. Χάρτες παγκόσμιας κατανομής υγροβιότοπων.
- iv. Συστηματοποιημένη γνώση για τα αποθέματα, τις ροές και την οικονομική αξία αρκετών υπηρεσιών.
- v. Γνώση για τ βαθμό εξάρτησης της ανθρωπότητας από τις ΟΥ και ειδικότερα από υπηρεσίες εκτός αγοράς.
- vi. Εκτιμήσεις τοπικής και περιφερειακής κλίμακας.
- vii. Στοιχεία για τους δεσμούς μεταξύ φυσικών και κοινωνικοοικονομικών συστημάτων.

Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services (MAES) – Χαρτογράφηση και αξιολόγηση των Οικοσυστημάτων και των υπηρεσιών τους

Το εννοιολογικό μοντέλο αξιολόγησης και χαρτογράφησης των οικοσυστημάτων και των οικοσυστημικών υπηρεσιών MAES έχει δομηθεί με την παραδοχή ότι η επωφελής για την

κοινωνία και την οικονομία παροχή των οικοσυστημικών υπηρεσιών, εξαρτάται από τη φυσική (χωρική) πρόσβαση στα οικοσυστήματα και από τη βιοφυσική κατάσταση στην οποία αυτά βρίσκονται. Αποτελεί τη μεθοδολογία που έχει υιοθετηθεί από την Ε.Ε. είναι (European Commission, 2012) και περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

1. Ανάπτυξη τυπολογίας οικοσυστημικών υπηρεσιών ώστε να χρησιμοποιηθεί ως η βάση της ανάλυσης.
2. Χαρτογράφηση των φυσικών ορίων των οικοσυστημάτων.
3. Εκτίμηση των πιέσεων στα οικοσυστήματα.
4. Εκτίμηση της κατάστασης των οικοσυστημάτων
5. Διερεύνηση της σχέσης πιέσεων – βιοποικιλότητας.
6. Χαρτογράφηση ικανότητας παροχής ΟΥ.

Η ανάπτυξη του κοινού πλαισίου αξιολόγησης - χαρτογράφησης στηρίχθηκε σε έξι κατηγορίες πιλοτικών περιπτωσιολογικών μελετών (Πίνακας 2.4) που υλοποιήθηκαν σε Κ-Μ της Ε.Ε. προκειμένου να εξετασθούν οι δυνατότητες μέτρησης και παρακολούθησης της βιοποικιλότητας και της κατάστασης των οικοσυστημάτων σε εθνική και ευρωπαϊκή κλίμακα.

Πίνακας 2.4: Περιπτωσιολογικές μελέτες MAES, πηγή Maes et al., 2015.

<i>Φύση</i>	Αναφέρεται στη δυνατότητα αξιοποίησης των διαθέσιμων πληροφοριών κατάστασης διατήρησης ειδών και οικοτόπων (στο πλαίσιο της οδηγίας για του οικοτόπους) για την εκτίμηση της κατάστασης των οικοσυστημάτων
<i>Καλλιέργειες (αγροτο-οικοσυστήματα)</i>	Αναφέρονται στη διερεύνηση υφιστάμενων δεικτών και διαθέσιμων δεδομένων που μπορούν να αξιοποιηθούν για την εκτίμηση της βιοποικιλότητας, της κατάστασης των οικοσυστημάτων και των υπηρεσιών που αυτά παρέχουν.
<i>Δάση</i>	
<i>Εσωτερικά ύδατα</i>	
<i>Θάλασσα</i>	
<i>Λογιστική φυσικού κεφαλαίου</i>	Αναφέρεται στη δυνατότητα αποτίμησης του φυσικού κεφαλαίου και ενσωμάτωσης της αξίας στους εθνικούς και ενωσιακούς λογαριασμούς.

Η χαρτογράφηση των οικοσυστημικών υπηρεσιών ως δράση της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχει το χαρακτήρα της ενοποιημένης χαρτογράφησης για το σύνολο των κρατών-μελών του Ευρωπαϊκού Οικονομικού Χώρου (ΕΟΧ) καθώς επίσης της Τουρκίας και της Ελβετίας. Σκοπός είναι η σύνθεση μιας ολοκληρωμένης και εναρμονισμένης εκτίμησης της κατάστασης των οικοσυστημάτων και των ΟΥ σε ευρωπαϊκό επίπεδο που θα επιτρέπει τις συγκρίσεις μεταξύ των κρατών-μελών. Η διαδικασία διακρίνεται σε έξι επιμέρους στάδια (E.C., 2016):

1. *Ταξινόμηση Οικοσυστημάτων*: Περιλαμβάνει τον ορισμό της τυπολογίας των οικοσυστημάτων που ενδείκνυται για την κλίμακα της περιοχής μελέτης και σύμφωνα με τα βιοτικά και αβιοτικά χαρακτηριστικά (Πίνακας 2.5).

2. *Χαρτογράφηση πιέσεων οικοσυστημάτων:* Εκτίμηση των άμεσων και έμμεσων πιέσεων.
3. *Εκτίμηση της κατάστασης των οικοσυστημάτων:* Χρήση δεδομένων οικοτόπων, ειδών και ποιοτικών περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών για τον ορισμό της κατάστασης των οικοσυστημάτων με βάση τις ευρωπαϊκές οδηγίες για τους οικοτόπους, τα πουλιά, τα ύδατα, την οδηγία πλαίσιο για τη θαλάσσια στρατηγική και λοιπών δεδομένων.
4. *Χαρτογράφηση της κατάστασης των οικοσυστημάτων:* Η διαδικασία της χωρικής απεικόνισης του προηγούμενου σταδίου ολοκληρώνεται εφόσον υπάρχουν επαρκή και λεπτομερή δεδομένα.
5. *Σχέσεις μεταξύ κατάστασης οικοσυστημάτων και οικοσυστημικών υπηρεσιών:* Συλλογή πληροφοριών (ποιοτικών και ποσοτικών) για το πώς η κατάσταση των οικοσυστημάτων επηρεάζει την ποιότητα οικοτόπου, τη βιοποικιλότητα και την ικανότητά τους να παρέχουν υπηρεσίες.
6. *Χαρτογράφηση ικανότητας παροχής οικοσυστημικών υπηρεσιών:* Συνδυασμός χαρτών οικοσυστημάτων με δεδομένα κατάστασης, λειτουργιών και ικανότητας παροχής υπηρεσιών.

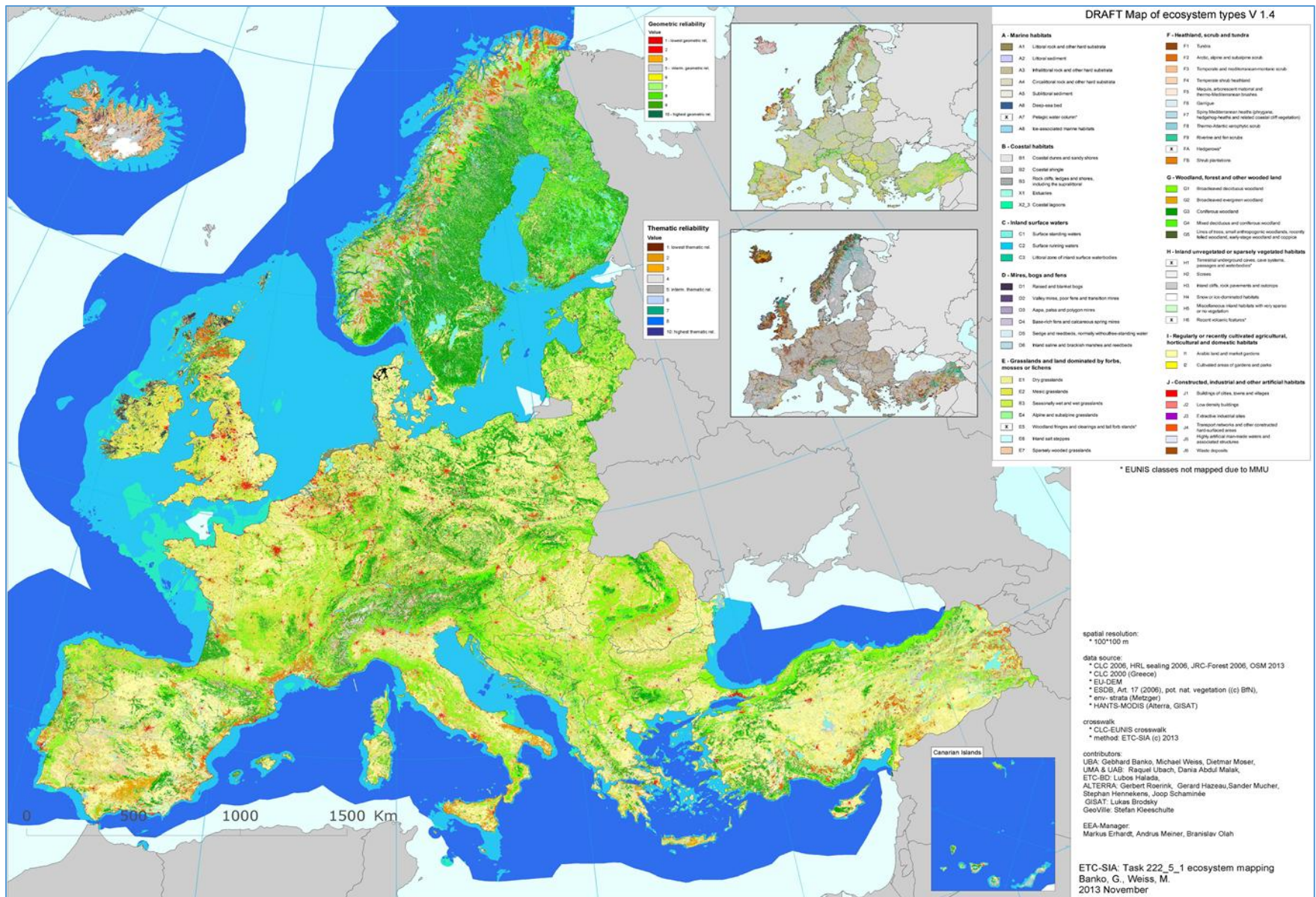
Στο πλαίσιο της στρατηγικής για τη βιοποικιλότητα της Ε.Ε. η χαρτογράφηση των οικοσυστημάτων ορίζεται ως η χωρική οριοθέτηση των οικοσυστημάτων σύμφωνα με την οριστικοποιημένη ταξινόμηση αυτών. Η χαρτογράφηση των οικοσυστημάτων βασίστηκε στο έργο χαρτογράφησης κάλυψης γης Corine λόγω της διαθεσιμότητας, της θεσμοθετημένης ενημέρωσής του και της φωλιασμένης μορφής των κλάσεων που επιτρέπει την αξιοποίηση σε διαφορετικά επίπεδα ανάλυσης (EEA, 2013). Το θεματικό επίπεδο κάλυψης γης επαναχαρτογραφήθηκε χρησιμοποιώντας την υπέρθεση μεταξύ των κατηγοριών οικοτόπων EUNIS (κατηγορία 1) και των τύπων οικοσυστημάτων MAES κατηγορίας 2 (Πίνακας 2.5) προκειμένου να παραχθεί ο χάρτης των οικοσυστημάτων της Ευρώπης (Χάρτης 2.2).

Στη συνέχεια, ακολούθησε ο εννοιολογικός προσδιορισμός και η χωρική αναπαράσταση των πιέσεων που είναι σε θέση να υποβαθμίσουν τα οικοσυστήματα υπό την έννοια των κινητήριων δυνάμεων ανθρωπογενούς προέλευσης. Σε αυτές συμπεριλήφθηκαν οι μεταβολές οικοτόπων λόγω κατάτμησης τοπίου, σφράγισης, διάβρωσης και υποβάθμισης του εδάφους, η κλιματική αλλαγή, η υπερεκμετάλλευση των φυσικών πόρων, τα εισβλητικά είδη, η ρύπανση και η αύξηση των θρεπτικών.

Η αξιολόγηση της κατάστασης των οικοσυστημάτων βασίστηκε στα αποτελέσματα των αναφορών στο πλαίσιο εφαρμογής των οδηγιών 2009/147/ΕΟΚ (περί της διατήρησης των αγρίων πτηνών), 92/43/ΕΟΚ (περί διατήρησης φυσικών οικοτόπων), 2000/60/ΕΚ (οδηγία πλαίσιο για τα νερά), 2008/56/ΕΚ (οδηγία πλαίσιο για το θαλάσσιο περιβάλλον). Το στάδιο της χαρτογράφησης της κατάστασης των οικοσυστημάτων θα υλοποιηθεί με βάση δείκτες ΟΥ, βρίσκεται σε εξέλιξη όπως και τα υπόλοιπα στάδια δηλαδή αξιολόγηση των συνεπειών στη βιοποικιλότητα και η χαρτογράφηση της παροχής και της ζήτησης οικοσυστημικών υπηρεσιών.

Πίνακας 2.5: Τυπολογία οικοσυστημάτων και κλάσεις χαρτογράφησης οικοσυστημάτων κατά MAES, πηγή European Commission, 2016

Κατηγορίες MAES		Κλάσεις χαρτογράφησης οικοσυστημάτων	
Κύρια κατηγορία οικοσυστήματος (επίπεδο 1)	Τύπος οικοσυστήματος (επίπεδο 2)	Ταξινόμηση οικοτόπων EUNIS (επίπεδο 1)	Ταξινόμηση οικοτόπων EUNIS (επίπεδο 2)
Χερσαία	Αστικό	J Δομημένες, βιομηχανικές και λοιπές τεχνητές επιφάνειες	
	Καλλιέργειες	I Συστηματικά ή πρόσφατα καλλιεργούμενες γεωργικές & χορτολιβαδικές εκτάσεις	
	Λιβάδια	E Λιβάδια και γη που κυριαρχούν βρύα, πόες ή λειχήνες	
	Δάση και δασικές εκτάσεις	G Δάση και δασώδης εκτάσεις	Δάση αείφυλλων και φυλλοβόλων πλατύφυλλων
			Μικτά δάση κωνοφόρων – φυλλοβόλων πλατύφυλλων
			Μικτά δάση κωνοφόρων – αείφυλλων πλατύφυλλων
	Θαμνώνες & Ερεικώνες		Τούνδρα
			Αρκτικοί, αλπικοί και υπαλπικοί θαμνώνες και λειμώνες
			Μεσογειακοί θάμνοι και φρύγανα
			Ερεικώνες
Γη με αραιή βλάστηση	H Εκτάσεις με αραιή ή καθόλου βλάστηση	Λιθώνες και κρημνοί	
		Βιότοποι όπου επικρατεί χιόνι ή πάγος	
		Ποικίλοι βιότοποι με λίγη ή καθόλου βλάστηση	
Γη με αραιή βλάστηση	B Παράκτιοι οικοτόποι	Παράκτιες αμμοθίνες και αμμώδεις ακτές	
		Χαλικώδεις & βοτσαλώδεις ακτές	
		Γκρεμοί, βραχώδεις ακτές και διαπαλιρροιακές ζώνες	
Υγρότοποι	D Τέλματα, τυρφώνες και βάλτοι		
Γλυκά ύδατα	Ποταμοί & Λίμνες	C Εσωτερικά επιφανειακά ύδατα (γλυκά)	Εσωτερικά ύδατα και ακτές



Χάρτης 2.2: Οικοσυστήματα της Ευρώπης, πηγή: European Commission, 2016.

Έργο «Φυσικό Κεφάλαιο»

Το έργο «Φυσικό Κεφάλαιο» (αγγλ.: *Natural Capital Project*) είναι μια συνεργασία μεταξύ του Παγκόσμιου Ταμείου για τη Φύση (*World Wildlife Fund*), του Πανεπιστημίου Στάνφορντ (*Stanford University*), του Πανεπιστημίου της Μινεσότα (*University of Minnesota*) και του Οργανισμού Προστασίας της Φύσης (*Nature Conservancy*). Σκοπός του έργου είναι η ανάπτυξη πρακτικών εννοιών και αξιόπιστων εργαλείων από το πεδίο των οικοσυστημικών υπηρεσιών που η εφαρμογή τους θα αναδείξει τη σημαντικότητα της οικοσυστημικής προσέγγισης στη διαδικασία λήψης αποφάσεων και θα ενθαρρύνει τις δομές της ηγεσίας στην υιοθέτηση προσεγγίσεων που προστατεύουν τη βιοποικιλότητα και εξασφαλίζουν την παροχή ωφελειών και αγαθών από τη φύση (Sharp, et al., 2015).

Το έργο «Φυσικό Κεφάλαιο» αποσκοπεί στην ενσωμάτωση της αξίας της φύσης σε όλες τις αποφάσεις που επηρεάζουν το περιβάλλον και την ευημερία των ανθρώπων και εστιάζει στην προαγωγή της χαρτογράφησης/εκτίμησης των οικοσυστημικών υπηρεσιών. Η προσέγγιση αυτή επικεντρώνεται στην ποσοτική και ποιοτική αξιολόγηση της συμβολής των οικοσυστημάτων στην ευημερία του ανθρώπου και αναμιγνύει έννοιες από το πεδίο της οικονομίας, της πολιτικής και της οικολογίας όπως:

- *Ευημερία του ανθρώπου*: Η δυνατότητα της πρόσβασης του ανθρώπινου πληθυσμού σε τροφή, ενέργεια και στέγη αποδεκτής ποιότητας ώστε να ικανοποιούνται οι ανάγκες και να διασφαλίζονται η υγεία και η κοινωνική συνοχή.
- *Φυσικό Κεφάλαιο*: Το σύνολο των ενεργητικών στοιχείων που παρέχονται από τα φυσικά συστήματα, ακόμα και εάν αυτά έχουν τροποποιηθεί από τον άνθρωπο. Τα στοιχεία αυτά μπορεί να χρησιμοποιηθούν μεμονωμένα ή σε συνδυασμό με άλλα στοιχεία για την παραγωγή οικοσυστημικών υπηρεσιών και αγαθών ωφέλιμων για τους ανθρώπους.
- Οι *οικοσυστημικές υπηρεσίες* μπορεί να μετρηθούν με βιοφυσικά ή με οικονομετρικά μεγέθη όπως το κόστος αποφυγής ζημιών ή με μετρητικές ευημερίας όπως ο πληθυσμός που επηρεάζεται από μια πλημμύρα, το προσδόκιμο ζωής κλπ.
- *Βιοποικιλότητα*: Η βιοποικιλότητα δε θεωρείται καθαυτή οικοσυστημική υπηρεσία αλλά ως ένα χαρακτηριστικό των υγείων οικοσυστημάτων που υποστηρίζει την καλύτερη παροχή των υπηρεσιών.
- *Οικοσυστημικό πεδίο (serviceshed)*: Εννοιολογική περιοχή που παρέχει μια οικοσυστημική υπηρεσία σε συγκεκριμένους χρήστες. Το οικοσυστημικό πεδίο μπορεί να είναι δυναμικό και εξαρτάται από την κλίμακα της οικοσυστημικής λειτουργίας στο τοπίο, δηλαδή από τον τρόπο με τον οποίο ο άνθρωπος βιώνει την υπηρεσία. Το οικοσυστημικό πεδίο αποτελείται από:
 - Τη χωρική ενότητα που παρέχει την οικοσυστημική υπηρεσία, δηλαδή τη θέση παραγωγής της υπηρεσίας ή τα όρια του οικοσυστήματος ή των οικοσυστημάτων από τα οποία ρέει η υπηρεσία. Η έννοια αυτή δεν περιγράφει τη ζήτηση κάποιας συγκεκριμένης υπηρεσίας αλλά τη θέση και την ταυτότητα των ωφελούμενων ανθρώπων όπως επίσης και τις συσχετιζόμενες περιοχές που παρέχουν την υπηρεσία. Τα χαρακτηριστικά της χωρικής ενότητας προσδιορίζονται από:

- Την παροχή της υπηρεσίας, δηλαδή τη θέση όπου οι οικολογικές διεργασίες παράγουν μια συγκεκριμένη υπηρεσία
 - Τη θεσμική πρόσβαση στην υπηρεσία, δηλαδή η επίσημη ή ανεπίσημη νομική ή εθιμική ρύθμιση της πρόσβασης.
 - Τη φυσική πρόσβαση στην υπηρεσία.
- Τους λήπτες αποφάσεων: Οντότητες (άτομα, υπηρεσίες και οργανισμοί) επιφορτισμένες με τον προσδιορισμό και την εφαρμογή δράσεων, πρωτοβουλιών και πολιτικών. Έχουν τη δυνατότητα να λάβουν αποφάσεις για τη διαχείριση της γης σε μια συγκεκριμένη περιοχή παροχής οικοσυστημικής υπηρεσίας και συνιστούν την ομάδα οντοτήτων που πρέπει να πειστούν για τα ευρήματα και τις συστάσεις.
 - Τα ενδιαφερόμενα μέρη: Οντότητες που έχουν άμεσο ενδιαφέρον σε συγκεκριμένες διαχειριστικές αποφάσεις. Είναι ο πληθυσμός των ατόμων προς τον οποίο ρέει η οικοσυστημική υπηρεσία ή από τον οποίο προέρχεται ιδιοκτησιακά η υπηρεσία αυτή. Οποιοδήποτε άτομο, επιχείρηση, ή οργανισμός τοπικής αυτοδιοίκησης που μπορεί να συνδεθεί με τη φυσική οικονομία μιας συγκεκριμένης περιοχής μπορεί να θεωρηθεί ως ενδιαφερόμενο μέρος.
 - Την αξία της υπηρεσίας: Είναι η θέση όπου συναντώνται η προσφορά και η ζήτηση μιας υπηρεσίας.

Η προσέγγιση του έργου «Φυσικό Κεφάλαιο» διακρίνει τις οικοσυστημικές υπηρεσίες σε τέσσερις κατηγορίες:

- i. Παραγωγικές: Οι υπηρεσίες που παρέχουν υλικά αγαθά όπως η ξυλεία, το νερό και τα αλιεύματα.
- ii. Ρυθμιστικές: Οι υπηρεσίες που επιτελούν κάποιας μορφής ρύθμιση όπως ο έλεγχος των πλημμυρών και η ρύθμιση του κλίματος.
- iii. Πολιτισμικές: Οι άυλες ωφέλειες όπως η αναψυχή, η αισθητική και τα πνευματικά οφέλη.
- iv. Υποστηρικτικές: Οι θεμελιώδεις φυσικές διεργασίες όπως η ανακύκλωση θρεπτικών, η φωτοσύνθεση και η επικονίαση. Οι υπηρεσίες αυτής της κατηγορίας υποστηρίζουν τις υπόλοιπες υπηρεσίες.

2.5. Λογισμικά για τη χαρτογράφηση ΟΥ

2.5.1. InVEST (*Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs*)

Για την ανάλυση, χαρτογράφηση και αποτίμηση των υπηρεσιών έχει δημιουργηθεί το λογισμικό InVEST (*Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs*) που αποτελεί ένα σύνολο μοντέλων τα οποία στηρίζονται στην προσέγγιση της συνάρτησης οικολογικής παραγωγής για τη χαρτογράφηση και αξιολόγηση μιας ευρείας ομάδας ΟΥ (Tallis and Polasky, 2009). Η λειτουργία του InVEST έχει σχεδιασθεί σε τρία επίπεδα πολυπλοκότητας:

Το πρώτο επίπεδο περιλαμβάνει τα πιο απλά μοντέλα που είναι εύκολο να κατανοηθούν από τρίτους και ταυτόχρονα διατηρούν την αξιοπιστία τους ώστε να είναι κατάλληλα για την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων. Απαιτούν δεδομένα τα περισσότερα από τα οποία

είναι διαθέσιμα στο διαδίκτυο και καλύπτουν ολόκληρο τον κόσμο. Αντλούν πληροφορίες από τη βιβλιογραφία, σύνολα παγκόσμιων δεδομένων, τοπική γνώση, απόψεις ειδικών και διαδικτυακές θέσεις γεωχωρικών δεδομένων. Λόγω της απλότητάς τους είναι κατάλληλα για εφαρμογή σε μελέτες στοιχειοθέτησης και σχεδιασμού όπου στόχος είναι η κατανόηση για το τι υπάρχει στην περιοχή και πως λειτουργεί.

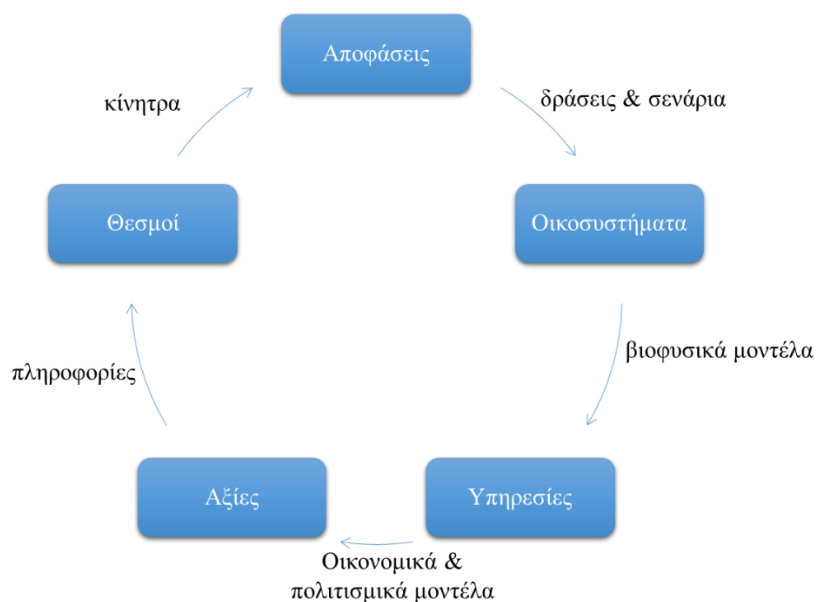
Το δεύτερο επίπεδο ενσωματώνει μοντέλα πιο πολύπλοκα που απαιτούν περισσότερα δεδομένα και προορίζεται να αντιμετωπίσει την οικολογική πολυπλοκότητα, ή όταν τα μοντέλα του 1^{ου} επιπέδου είναι πολύ γενικά ή έχουν τη τάση δημιουργίας σφαλμάτων (π.χ. σφάλματα γενίκευσης). Χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που απαιτούνται ποσοτικές εκτιμήσεις ΟΥ για τη λήψη αποφάσεων που σχετίζονται με πληρωμές ΟΥ ή όπου απαιτείται ο ακριβής προσδιορισμός ορίων μετριάσμου. Απαιτούν περισσότερα δεδομένα, παραμέτρους, χρόνο και είναι δυσκολότερα στην εφαρμογή τους. Θεωρούνται καλύτερα μοντέλα γιατί ενσωματώνουν περισσότερη οικολογική πολυπλοκότητα, επιτρέποντας πιο ξεκάθαρες εκτιμήσεις και καλύτερη ενσωμάτωση της χωρικής και χρονικής ετερογένειας.

Το τρίτο επίπεδο βρίσκεται υπό ανάπτυξη προκειμένου να συμπεριλάβει ανώτερα μοντέλα και να επιτρέψει σε αναλυτές να τροποποιήσουν τα υπάρχοντα.

Τα μοντέλα του InVEST χρησιμοποιούν ως βάση, δεδομένα κάλυψης γης, βιοφυσικά και οικονομικά δεδομένα για τη δημιουργία αξιών ΟΥ, συνδυάζοντας τις συναρτήσεις οικολογικής λειτουργίας με μεθόδους οικονομικής εκτίμησης. Τα μοντέλα περιλαμβάνουν εκτιμήσεις – χαρτογραφήσεις για την αποθήκευση άνθρακα, την παραγωγή ξυλείας, τον καθαρισμό των υδάτων, την παραγωγή αιολικής ενέργειας, την αφθονία των επικοινωνιών, την αποφυγή βυθοκόρησης, την παροχή σκηνικής ποιότητας, την αναψυχή και τον τουρισμό, την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας, την απόσβεση της κυματικής ενέργειας, την ποιότητα οικοτόπου, την ποιότητα του θαλάσσιου ύδατος, την τρωτότητα των παράκτιων περιοχών κ.α. Το InVEST χαρακτηρίζεται από:

- Την εστίαση στις οικοσυστημικές υπηρεσίες παρά στις βιοφυσικές διεργασίες.
- Τη χωρική σαφήνεια.
- Την παραγωγή αποτελεσμάτων σε βιοφυσικούς και σε οικονομικούς όρους.
- Τη δυνατότητα δημιουργίας και εξέτασης πιθανών μελλοντικών καταστάσεων (σενάρια).
- Την κλιμάκωση της ανάλυσης ανάλογα με τη διαθεσιμότητα των δεδομένων και το επίπεδο γνώσης του αναλυτή.
- Την ικανότητα αποκάλυψης των σχέσεων μεταξύ πολλών ΟΥ.

Η ανάλυση με το InVEST μπορεί να αξιοποιηθεί στο πλαίσιο ενός κυκλικού έργου στο οποίο προσδιορίζονται τα συστήματα του φυσικού κεφαλαίου, οι υπηρεσίες που αυτά παρέχουν, προσδιορίζονται και αξιολογούνται οι ωφέλειες που ρέουν προς την κοινωνία με τη χρήση πολιτισμικών και οικονομικών μοντέλων, ενημερώνονται οι θεσμοί που είναι επιφορτισμένοι με τη λήψη αποφάσεων οι οποίες μπορεί να μεταβάλλουν την κατάσταση του συστήματος και λαμβάνονται οι αποφάσεις με βάση τη μελέτη της υφιστάμενης και της επιδιωκόμενης κατάστασης.



Σχήμα 2.5: Ο κύκλος ζωής του InVEST, απόδοση με βάση τους Sharp et.al, 2016.

Το InVEST, έχει χρησιμοποιηθεί σε έργα και μελέτες είτε ως το βασικό/αποκλειστικό εργαλείο για τη χαρτογράφηση των ΟΥ είτε σε συνδυασμό μεθόδων που μπορεί ταυτόχρονα να περιλαμβάνουν μεθόδους βασισμένες σε χωρικά συσχετισμένους δείκτες τιμών παραγωγών ή μοντέλα εκτίμησης παρουσίας ειδών βασισμένα στην οικολογία των ειδών και στη διαθεσιμότητα βιοτόπων (Kennedy et al., 2016). Οι Maes et al. (2014) χαρακτηρίζουν το InVEST ως ένα εργαλείο δομημένων μοντέλων σε περιβάλλον GIS με δυνατότητα να ενσωματώνει τις βιοφυσικές διεργασίες και την τοπική γνώση παρέχοντας έναν ανώτερο τρόπο χαρτογράφησης των ΟΥ, πέρα από τη σύνδεση δεικτών με δεδομένα αναπλήρωσης. Έχει χρησιμοποιηθεί για την εξέταση των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής στα παράκτια οικοσυστήματα, εξετάζοντας την τρωτότητα των ακτών με βάση μορφολογικά χαρακτηριστικά των ακτών και την παρουσία παράκτιων υγροτόπων (Ruckelshaus et al., 2016). Οι Nelson, et al. (2009) χρησιμοποίησαν το InVEST για να εξετάσουν τις συνέπειες τριών σεναρίων μεταβολής χρήσεων γης στις υδρολογικές υπηρεσίες, στη διατήρηση του εδάφους, στην αποθήκευση άνθρακα, στη διατήρηση της βιοποικιλότητας και στις αξίες αγοραίων αγαθών όπως τα τρόφιμα, η ξυλεία και η κατοικία. Χρησιμοποίησαν ως υφιστάμενη κατάσταση τους προϋπάρχοντες χάρτες χρήσεων γης επί των οποίων σε συνεργασία με άλλους οργανισμούς πρόβλεψαν πιθανές μελλοντικές χωρικές μεταβολές με βάση τα τρία σενάρια. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει την αξιολόγηση της οικοσυστημικής αξίας με βάση την παροχή και την παραγωγή επιμέρους υπηρεσιών και αγαθών αντί της ενιαίας αποτίμησης που δίνονται από άλλες μεθόδους όπως η μέθοδος μεταφοράς αξιών. Με τον τρόπο αυτό, εξετάζεται το ποιες υπηρεσίες ενισχύονται και ποιες υποβαθμίζονται στην ίδια περιοχή και υπό διαφορετικές υποθετικές συνθήκες. Οι συνθήκες αφορούν το είδος της κάλυψης γης και τις μεταβολές χωρίς να λαμβάνονται υπόψη εξιδεικευμένες τοπικές συνθήκες. Η ανάλυση έδειξε ότι όταν οι επιλογές των διαχειριστών γης επικεντρώνονται στην παραγωγή αγοραίων αγαθών με αποκλειστικά κριτήρια αναμένεται η δημιουργία μοτίβων χρήσης γης που οδηγούν σε μειωμένη παροχή ΟΥ και σε απώλεια της βιοποικιλότητας.

Το InVEST εκτελείται σε αυτόνομο περιβάλλον εργασίας χωρίς χαρτογραφική αναπαράσταση ή ως ενσωματωμένη επέκταση του λογισμικού ArcGIS¹. Η Υπηρεσία Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (2016) εκτιμά ότι για τη χρήση του απαιτείται μέση ή ανώτερη επιστημονική κατάρτιση του χρήστη σε θέματα ΟΥ και επαγγελματικές δεξιότητες GIS.

2.5.2. Άλλα λογισμικά για τη χαρτογράφηση ΟΥ

Πέρα από το λογισμικό InVEST, υπάρχει σημαντικό πλήθος λογισμικών που αποσκοπούν είτε στην καθαυτή χαρτογράφηση και αξιολόγηση ΟΥ, είτε στην εκτίμηση πληροφοριών που είναι απαραίτητες στη διαδικασία αυτή. Ακολουθεί μια σύντομη αναφορά σε λογισμικά που αξιολογήθηκαν πρόσφατα από την Υπηρεσία Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (EPA, 2016) και στη συγκριτική τους αξιολόγηση (Πίνακας 2.6).

TESSA, Toolkit for Ecosystem Service Site-Based Assessment.

Είναι ένα σύνολο μεθοδολογικών προσεγγίσεων για τη χρηματική ή μη, εκτίμηση των ΟΥ σε χερσαία και υδάτινα οικοσυστήματα, εύκολα παραμετροποιήσιμο που προσαρμόζεται και υποστηρίζει τις υπηρεσίες ρύθμισης κλίματος, προστασίας από πλημμύρες, παροχής νερού, αναψυχής και βελτίωσης ποιότητας νερού. Η μεθοδολογία εκτελείται σε 6 στάδια: περιγραφή της περιοχής μελέτης, ταχεία αξιολόγηση, εντοπισμό εφικτών εναλλακτικών λύσεων, επιλογή μεθόδων εκτίμησης, ανάλυση και επικοινωνία. Οι λειτουργίες περιλαμβάνουν εργαστήρια ενδιαφερόμενων μερών, εισαγωγή γνώμης ειδικών, χαρτογράφηση, ενσωμάτωση βιβλιογραφίας, μετρήσεις πεδίου, έρευνες ερωτηματολογίων, μοντελοποίηση και ανάλυση.

Co\$ting Nature. Είναι διαδικτυακή εφαρμογή με αντικείμενο τη χαρτογράφηση - εκτίμηση δυνητικών και πραγματικών ΟΥ και πιέσεων με βάση προβαθμονομημένες τιμές. Αναπτύχθηκε για την υποστήριξη διαδικασιών σχεδιασμού μέσω της χωρικής και χρονικής ανάλυσης σεναρίων μεταβολών κάλυψης γης. Η λειτουργικότητά του διακρίνεται σε στατική και δυναμική: η στατική αφορά στη χαρτογράφηση στατικών ωφελειών και ωφελούμενων με τη χρήση δεδομένων παγκόσμιας κάλυψης και διακρίνοντας τις ωφέλειες σε καταναλισκόμενες (πραγματικές) και μη (δυνητικές). Η δυναμική λειτουργικότητα επιτυγχάνεται μέσω της ενσωμάτωσης σεναρίων μεταβολών κάλυψης γης. Υποστηρίζει τις υπηρεσίες παροχής νερού, αναψυχής, βιοποικιλότητας, αποθήκευσης άνθρακα, μετριασμού κινδύνων.

ARIES, Artificial Intelligence for Ecosystem Services. Πρόκειται για συλλογή στοχαστικών μοντέλων που υποστηρίζεται από ρουτίνες τεχνητής νοημοσύνης με σκοπό την αποκάλυψη των συνδέσεων μεταξύ κοινωνικών και φυσικών συστημάτων. Το ARIES εκτελείται αξιοποιώντας τεχνολογία υπολογιστικού νέφους (*cloud computing*) και χρησιμοποιεί αλγόριθμους που παράγουν χάρτες ροής ΟΥ λαμβάνοντας υπόψη τους φυσικούς πόρους, τους ωφελούμενους, τις θέσεις εντατικής κατανάλωσης και τις ροές στο τοπίο. Υποστηρίζει τις υπηρεσίες αποθήκευσης και συσσώρευσης άνθρακα, μετριασμού πλημμυρών, ρύθμισης ιζήματος, παραγωγής νερού, παραγωγής αλιευμάτων, επικοινωνίας, αναψυχής, αισθητικής.

¹ www.arcgis.com

SolVES, Social Values for Ecosystem Services. Είναι εφαρμογή βασισμένη σε περιβάλλον GIS, με σκοπό τη χωρική απεικόνιση των αξιών που ρέουν προς τους ωφελούμενους των ΟΥ. Είναι κοινωνικά προσανατολισμένο και δίνει έμφαση στις άυλες αξίες, συνδυάζοντας μοντελοποίηση και απόψεις κοινού για να δημιουργήσει χωρικούς δείκτες κοινωνικής αξίας. Έχει τη δυνατότητα εφαρμογής μεταφοράς αξιών με βάση προηγούμενες αναλύσεις με το ίδιο λογισμικό και υποστηρίζει τις εξής αξίες: αισθητικής, βιοποικιλότητας, πολιτισμικές, μελλοντικές, εσωτερικές, μαθησιακές, υποστήριξης ζωής, αναψυχής, ιστορικές, πνευματικές, υποκατάστασης και θεραπευτικές.

Πίνακας 2.6: Σύγκριση λογισμικών ανάλυσης και χαρτογράφησης ΟΥ, πηγή: EPA, 2016

Χαρακτηριστικό	InVEST	TESSA	Co\$tingNature	ARIES	SolVES
Διαθεσιμότητα	Ελεύθερο & ανοικτού κώδικα	Ελεύθερο	Επί πληρωμή	Ελεύθερο & ανοικτού κώδικα	Ελεύθερο & ανοικτού κώδικα
Περιβάλλον	Τοπική εγκατάσταση ή πρόσθετο στο ArcGIS	Εγχειρίδιο εφαρμογής διαδικασιών	Διαδικτυακό	Περιβάλλον ανάπτυξης	Πρόσθετο στο ArcGIS
Κλίμακα ανάλυσης	Τοπική - Παγκόσμια	Τοπική	Περιφερειακή - Παγκόσμια	Τοπική - Παγκόσμια	Τοπική - Παγκόσμια
Τύπος ανάλυσης	Ποσοτική	Ποσοτική / Ποιοτική	Ποσοτική	Ποσοτική	Ποσοτική
Απαιτήση δεδομένων	Χαμηλή - Υψηλή	Χαμηλή - Μέση	Χαμηλή	Χαμηλή - Υψηλή	Χαμηλή - Μέση
Μονάδες αποτίμησης	Χρηματικές / Μη χρηματικές	Χρηματικές / Μη χρηματικές	Μη χρηματικές	Μη χρηματικές	Μη χρηματικές
Χαρτογραφικά αποτελέσματα	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
Απαιτήσεις λογισμικού	Απεικόνιση αποτελεσμάτων σε GIS	Σύνδεση στο διαδίκτυο	Σύνδεση στο διαδίκτυο	Σύνδεση στο διαδίκτυο	ArcGIS
Απαιτήση χρόνου	Χαμηλή - Υψηλή	Χαμηλή - Υψηλή	Μέση - Υψηλή	Μέση - Υψηλή	Χαμηλή - Μέση
Απαιτήσεις δεξιοτήτων	Μέσες - Υψηλές	Χαμηλές	Χαμηλές	Μέσες - Υψηλές	Χαμηλές
Υποστήριξη	Υψηλή	Μέση	Μέση	Χαμηλή	Μέση
Κόστος	Χαμηλό - Υψηλό	Χαμηλό - Μέσο	Χαμηλό - Μέσο	Χαμηλό - Μέσο	Μέσο - Υψηλό

Τέλος στον πίνακα 2.7 παρατίθενται τα λογισμικά που αναφέρονται στη διαδικτυακή βάση δεδομένων EBM Tools (2016).

Πίνακας 2.7: Λογισμικά για την ανάλυση ΟΥ (αποκλειστικά ή επικουρικά), πηγή: EBM Tools Database, 2016.

Λογισμικό	Περιγραφή	Οικοσυστημικό πεδίο	Περιβάλλον λειτουργίας	Κατηγορία
AGWA Automated Geospatial Watershed Assessment Tool	Παρέχει ποιοτικές εκτιμήσεις επιφανειακής απορροής και διάβρωσης σε σχέση με τις μεταβολές του τοπίου	Λεκάνη απορροής	ArcGIS	Μοντέλο
ARIES - ARtificial Intelligence for Ecosystem Services	Διαδικτυακό εργαλείο για την εκτίμηση και αποτίμηση ΟΥ με δυνατότητα εξέτασης σεναρίων, αριστοποίηση σχημάτων πληρωμών .	Παράκτια, εσωτερικά ύδατα, χερσαία, υδρολογικές λεκάνες, υγροβιότοποι, ποταμοί.	Web Client	Μοντέλο
ArcSWAT Soil and Water Assessment Tool	Μοντέλο σε επίπεδο λεκάνης απορροής με δυνατότητα πρόβλεψης των συνεπειών διαχείρισης στο ίζημα, τις συγκεντρώσεις αγροχημικών με βάση το τύπο του εδάφους, τη χρήση γης και την αγροτική δραστηριότητα.	Λεκάνη απορροής	ArcGIS	Μοντέλο
C-Plan, the Conservation Planning System	Εκτιμά την αξία στοιχείων του τοπίου με βάση χαρακτηριστικά όπως σύνθεση ειδών, είδη βλάστησης κλπ και αποδίδει περιοχές υψηλής οικολογικής αξίας.	Τοπίο	Τοπική εγκατάσταση	Χωρική ανάλυση
CITYgreen	Αναλύει παραμέτρους που σχετίζονται με τις ΟΥ σε αστικό περιβάλλον όπως επιφανειακή απορροή, μεταβολές ποιότητάς υδάτων, απομάκρυνση αέριων ρύπων, αποθήκευση άνθρακα.	Αστικό & περιαστικό περιβάλλον	ArcGIS	Χωρική ανάλυση
Co\$ting Nature	Διαδικτυακή πλατφόρμα για τη χρηματική αποτίμηση των ΟΥ σε προσδιορισμένο πλήθος ωφελούμενων με βάση υφιστάμενα δεδομένα χωρικής ανάλυσης 1km ² και 0,1km ² .	Χέρσος	Web	Χωρική ανάλυση & proxies
Dyna-Plan	Προσομοίωση δυναμικής δασικών οικοσυστημάτων με δυνατότητα μελέτης συνεπειών από τη διαχείριση και από διαταραχές στη σύνθεση των	Δάση	Web	Προσομοίωση

Λογισμικό	Περιγραφή	Οικοσυστημικό πεδίο	Περιβάλλον λειτουργίας	Κατηγορία
	ειδών, στους βιότοπους πανίδας και στη δέσμευση άνθρακα.			
EAR - Ecosystem Assessment & Reporting Tool	Συνδυάζει παραμέτρους βιωσιμότητας, απειλών και προστασίας για να καταδείξει θέσεις που χρήζουν προστασίας, διαχείρισης και ιεραρχεί αυτές με βάση την αποτελεσματικότητα.	Χερσαία, παράκτια και υδάτινα οικοσυστήματα	ArcGIS/Web	Μοντέλο
LCM- The Land Change Modeler	Αναλύει τις συνέπειες στη βιοποικιλότητα και τους οικότοπους με βάση μελλοντικές μεταβολές στην κάλυψη γης.	Χέρσος	Idrisi GIS	Μοντέλο
Marxan	Παρέχει τη δυνατότητα σχεδιασμού περιοχών διατήρησης-προστασίας και αξιολόγησης υφιστάμενων.	Χερσαία, παράκτια και υδάτινα οικοσυστήματα	Τοπική εγκατάσταση	Μοντέλο
Minimum-Data Tradeoff Analysis Model (TOA-MD)	Λογισμικό προσομοίωσης για την εκτίμηση των συνεπειών από τη γεωργία και την ιχθυοκαλλιέργεια, την ανάλυση ΟΥ και την εκτίμηση των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής.	Χερσαία και υδάτινα οικοσυστήματα	Excel	Προσομοίωση
Multi-scale Integrated Models of Ecosystem Services (MIMES)	Σύνολο μοντέλων για τη λήψη αποφάσεων σε επίπεδο χωροταξίας και θαλάσσιου σχεδιασμού. Τα μοντέλα ποσοτικοποιούν επαγωγικά τις αλλαγές των ΟΥ στη χέρσο και στη θάλασσα, σε τοπική περιφερειακή ή παγκόσμια κλίμακα με βάση χωρικά δεδομένα, χρονοσειρές και υπό διαφορετικά σενάρια.	Χερσαία και υδάτινα οικοσυστήματα	Τοπική εγκατάσταση	Μοντέλο / Προσομοίωση
SELES- Spatially Explicit Landscape Event Simulator	Δίνει τη δυνατότητα δόμησης χωρικών και διαχρονικών μοντέλων με την ενσωμάτωση φυσικών / ανθρωπογενών διεργασιών και παρακολουθεί δείκτες σε ορισμένα χωρικά και χρονικά υποσύνολα	Χερσαία και υδάτινα οικοσυστήματα	Τοπική εγκατάσταση (απαιτείται παραμετροποίηση με προγραμματισμό)	Μοντέλο

Λογισμικό	Περιγραφή	Οικοσυστημικό πεδίο	Περιβάλλον λειτουργίας	Κατηγορία
Social Values for Ecosystem Services (SolVES)	<p>Παρέχει χωρικές εκτιμήσεις, ποσοτικοποιήσεις κοινωνικών αξιών (αισθητική, βιοποικιλότητα, αναψυχή κ.α.) οι οποίες μπορούν να αναλυθούν σε υποσύνολα των ενδιαφερόμενων μερών με βάση τα χαρακτηριστικά και τις προτιμήσεις τους. Συνδυάζει τις μη χωρικές μεταβλητές κοινωνικών ερευνών με χαρακτηριστικά τοπίου όπως αποστάσεις από σημαίνοντες φυσικούς χώρους, κυρίαρχο τύπο τοπίου κλπ. Έχει τη δυνατότητα να μεταφέρει αποτελέσματα κοινωνικών αξιών σε περιοχές με έλλειψη πρωτογενών δεδομένων.</p>	Χερσαία και υδάτινα οικοσυστήματα	ArcGIS & Maxtran	Μοντέλο

Τοπίο – Μήτρα Αξιολόγησης

Οι Burkhard et al. (2010) προτείνουν μια ενδιαφέρουσα χαρτογραφική προσέγγιση βασισμένη στην έννοια του τοπίου χρησιμοποιώντας κατηγοριοποιημένους και χαρτογραφήσιμους δείκτες που ανταποκρίνονται σε ποικίλες κλίμακες προσφοράς και ζήτησης ΟΥ. Στην εργασία τους, ορίζουν ως προσφορά την υφιστάμενη και πραγματική δυνατότητα μιας συγκεκριμένης περιοχής να παρέχει μια συγκεκριμένη δέσμη υπηρεσιών σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Ως ζήτηση ορίζουν το σύνολο των οικοσυστημικών αγαθών και υπηρεσιών που καταναλώνονται ή χρησιμοποιούνται σε μια περιοχή για ένα χρονικό διάστημα.

Η χαρτογράφηση της ζήτησης βασίζεται σε μια μήτρα η οποία συνδέει την κάλυψη γης με δύο ομάδες μετρήσιμων μεταβλητών. Η πρώτη ομάδα περιέχει επτά δείκτες προερχόμενους από το πεδίο της οικολογίας τοπίου και η ενσωμάτωσή τους έχει ως στόχο την εκτίμηση της οικολογικής ακεραιότητας, δηλαδή της ικανότητας υποστήριξης και διατήρησης των διεργασιών και των δομών που είναι σημαντικές και απαραίτητες για την οικολογική ικανότητα αυτοοργάνωσης των οικοσυστημάτων (Burkhard et al., 2009). Η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει δείκτες που απεικονίζουν την προσφορά των οικοσυστημικών υπηρεσιών (τρεις κατηγορίες). Κάθε δείκτης συσχετίζεται με τις κατηγορίες κάλυψης γης ορίζοντας την ικανότητα της γης να συνεισφέρει στην υποστήριξη των συνθηκών που αποδίδονται από κάθε δείκτη και αποδίδοντας μια τιμή από 0 (μηδενική ικανότητα) έως 5 (μέγιστη ικανότητα). Οι τιμές αποδίδονται με βάση τη γνώμη ειδικών (προηγούμενες έρευνες), αλλά οι συγγραφείς προτείνουν πιο ολοκληρωμένες εκτιμήσεις από δεδομένα παρακολούθησης, αποτελέσματα μοντέλων, συνεντεύξεις και στατιστικές.

Πίνακας 2.8: Μήτρα αξιολόγησης οικολογικής ακεραιότητας και προσφοράς ΟΥ ανά τύπο κάλυψης γης, πηγή: Burkhard et al., 2010.

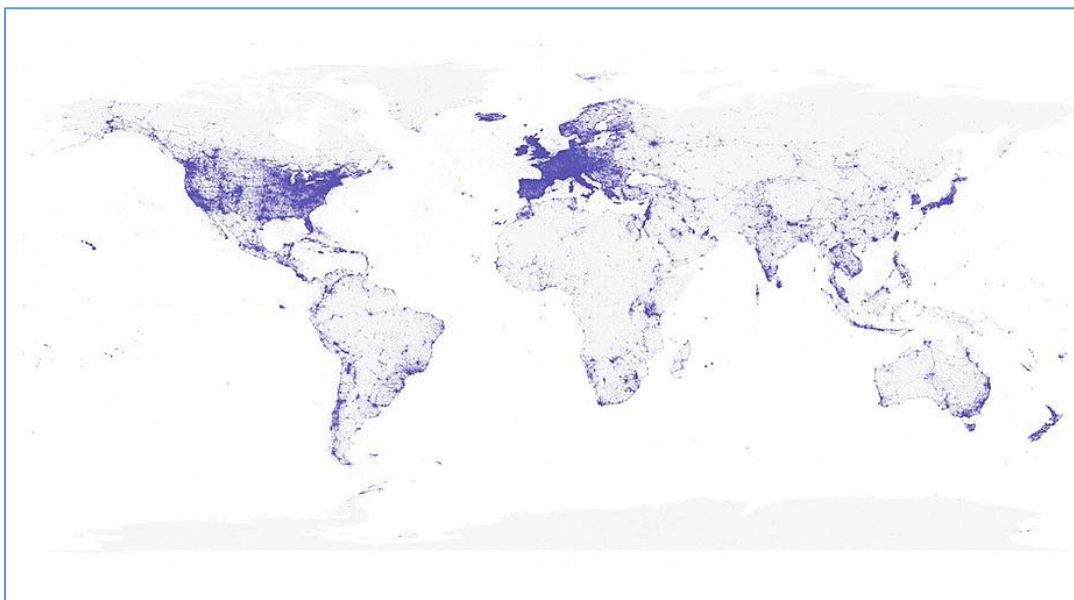
Κάλυψη γης	Οικολογική	Αβιοτική ετερογένεια	Βιοποικιλότητα	...	Ρυθμιστικές Υπηρεσίες,	Τοπική ρύθμιση κλίματος	Προστασία από	...	Παραγωγικές	Καλλιέργειες	Βοσκή	...	Πολιτισμικές			
Δάσος κωνοφόρων																
Δάσος πλατύφυλλων																
...																

Η εργασία επαναλαμβάνεται αντίστοιχα για την αξιολόγηση της ζήτησης των ΟΥ με τη διαφορά ότι δεν συμπεριλαμβάνεται η ομάδα αξιολόγησης της οικολογικής ακεραιότητας. Στη συνέχεια συνδέονται και αθροίζονται οι πίνακες ζήτησης και προσφοράς ώστε να

εκτιμηθεί το ισοζύγιο ΟΥ. Οι τρεις πίνακες είναι εύκολο να αποδοθούν γεωγραφικά μέσω της κοινής μεταβλητής κάλυψης γης. Η προτεινόμενη μέθοδος μπορεί να ενσωματώνει τη χρονική μεταβολή μεταβάλλοντας είτε το γεωγραφικό περιεχόμενο της ανεξάρτητης μεταβλητής (μεταβολή κάλυψης γης) είτε την ποσοτική παράμετρο της ζήτησης με βάση τις δημογραφικές, κοινωνικές και οικονομικές μεταβολές του ωφελούμενου πληθυσμού.

Κοινωνικά δίκτυα & διαδικτυακές υπηρεσίες διαμοιρασμού περιεχομένου

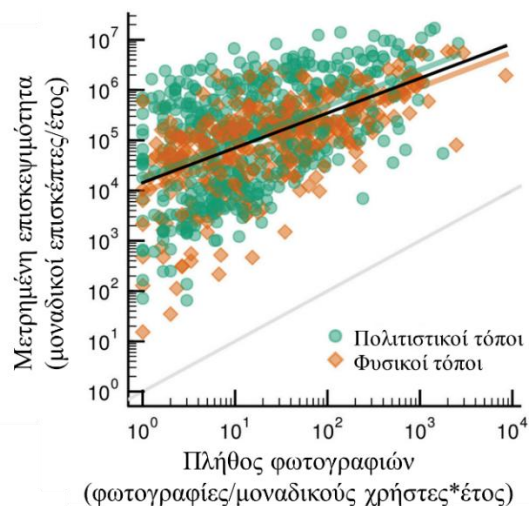
Η χαρτογράφηση των πολιτισμικών υπηρεσιών και ειδικότερα εκείνων που σχετίζονται με την επί τόπου κατανάλωση αυτών, όπως ο τουρισμός φύσης και η αναψυχή, απαιτούν τη χρήση δεδομένων που περιγράφουν τη θέση, την επισκεψιμότητα, το τοπίο, τις υποδομές των χώρων αναψυχής και τις υποδομές που σχετίζονται με την πρόσβαση από το εξωτερικό περιβάλλον (Adamonicz et al., 2011). Από αυτά, η πλέον δυναμική και δύσκολο να συλλεχθεί πληροφορία είναι αυτή της επισκεψιμότητας, τόσο όσο αφορά το χρόνο της επίσκεψης όσο και τα φυσικά χαρακτηριστικά του τόπου που προσελκύει τους επισκέπτες. Οι Wood et al, (2013) μελέτησαν την χωρική και χρονική κατανομή 197εκατ. γεωκωδικοποιημένων εικόνων που έχουν μεταφορτωθεί στην εφαρμογή διαμοιρασμού flickr² (Χάρτης 2.1) και τη συνέκριναν με δεδομένα πραγματικής επισκεψιμότητας τουριστικών προορισμών φύσης και πολιτισμού (Σχήμα 2.6).



Χάρτης 2.3: Θέση 197εκατ. γεωκωδικοποιημένων εικόνων που μεταφορτώθηκαν στο flickr κατά το διάστημα 2005-2012, πηγή: Wood et al., 2013.

Από την ανάλυση προέκυψε στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών και με βάση αυτό προχώρησαν στη χρονική ανάλυση ενώ η πληροφορία του τόπου μόνιμης κατοικίας των επισκεπτών επέτρεψε την εκτίμηση της απόστασης ταξιδιού.

² www.flickr.com



Σχήμα 2.6: Συσχέτιση μεταξύ πλήθους φωτογραφιών και πραγματικής επισκεψιμότητας σε τόπους πολιτιστικού και φυσικού ενδιαφέροντος, πηγή: Wood et al., 2013.

Η αξιοποίηση παρόμοιων δεδομένων από εφαρμογές διαμοιρασμού πολυμέσων και από μέσα κοινωνικής δικτύωσης, αναφέρεται ως πληθοποριστική μέθοδος³ (*crowdsourcing mapping*) λόγω του παθητικού και εθελοντικού χαρτογραφικού ρόλου που αποδίδεται στους επισκέπτες οι οποίοι διαμοιράζουν τις εικόνες. Η μέθοδος είναι ιδιαίτερα γρήγορη και αποδοτική γιατί επιτρέπει αυτοματοποιημένη χωρική συνάθροιση σε χρονικό διάστημα που επιλέγει ο αναλυτής και ανεξάρτητα από την απόστασή του από την περιοχή μελέτης. Σε ορισμένες περιπτώσεις απαιτείται η συγγραφή κώδικα και η συλλογή δεδομένων και μεταδεδομένων γίνεται από/προς βάσεις δεδομένων ενώ σε άλλες περιπτώσεις παρέχεται έτοιμο το απαραίτητο υπολογιστικό περιβάλλον (Sharp et al., 2015). Οι Casalegno et al., (2013) εφάρμοσαν παρόμοια μέθοδο σε τοπική κλίμακα, χρησιμοποιώντας 113.686 φωτογραφίες από την εφαρμογή διαμοιρασμού Panoramio⁴, προκειμένου να εξετάσουν συσχέτιση με υποστηρικτικές και παραγωγικές υπηρεσίες, καθώς επίσης και το ανταγωνιστικό ή συνεργατικό χαρακτήρα αυτών με τις υπηρεσίες αναψυχής και τουρισμού. Οι Richards και Friess (2015) χρησιμοποίησαν σε τοπικό επίπεδο εικόνες από το flickr τις οποίες στη συνέχεια ταξινόμησαν με βάση την εστιακή απόσταση για να διακρίνουν την «πρόθεση» των επισκεπτών: αποτύπωση τοπίου, κοινωνική επαφή, παρατήρηση οργανισμών, επιδιώκοντας να απεικονίσουν κατά χώρο τα στοιχεία ελκυστικότητας του τοπίου. Οι Tenerelli, Demšar, και Luque (2016) προτείνουν την εφαρμογή της πληθοποριστικής χαρτογράφησης πολιτισμικών υπηρεσιών συνδυάζοντάς τη με τη μελέτη του τοπίου από εικόνες τηλεπισκόπησης, χάρτες κάλυψης γης και γνώμες ειδικών. Ένας παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη είναι η αντιπροσωπευτικότητα των επισκεπτών που διαθέτουν λογαριασμούς σε αντίστοιχες διαδικτυακές εφαρμογές, χαρακτηριστικό που μπορεί να ποικίλει σημαντικά μεταξύ κοινωνικών ή και εθνικών ομάδων (Guerrero et al., 2016).

³ Συναντάται και ως *VGI*, *Volunteer Geographic Information* (Εθελοντική γεωγραφική πληροφορία).

⁴ www.panoramio.com, η Google τερμάτισε τη λειτουργία της υπηρεσίας την 4/11/2016.

Τηλεπισκόπηση

Η Τηλεπισκόπηση, δηλαδή η παρακολούθηση και η μελέτη φαινομένων και χαρακτηριστικών στην επιφάνεια της γης μέσω της μελέτης της αλληλεπίδρασης ύλης και ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (Μερτίκας, 1999), χρησιμοποιείται ευρέως για την καταγραφή της βλάστησης, την παρακολούθηση των μεταβολών χρήσεων γης (Volante et al., 2012), τη βιοφυσική παρακολούθηση καλλιεργειών (Palacios-Orueta, 2012) την αποτύπωση των συνεπειών φυσικών ή ανθρωπογενών διαταραχών, τη χωρική και χρονική ανάλυση του τοπίου (Shoshany, 2000) και την εκτίμηση της βιομάζας δασών (Muukkonen and Heiskanen, 2005) κ.α.

Η Τηλεπισκόπηση έχει χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα στην ποσοτικοποίηση και τη χαρτογράφηση των χαρακτηριστικών και των λειτουργιών των οικοσυστημάτων, (De Araujo Barbosa, Atkinson, and Dearing, 2015). Οι παραγωγικές ΟΥ και ειδικότερα εκείνες που σχετίζονται με την πρωτογενή παραγωγή, έχουν άμεση συνάφεια με το καθαυτό αντικείμενο της τηλεπισκόπησης, ενώ οι ρυθμιστικές υπηρεσίες συνδέονται έμμεσα και απαιτούν τον υπολογισμό ενδιάμεσων στοιχείων (ΜΑ, 2005β). Οι δύο αυτές κατηγορίες ΟΥ συνδέονται συχνότερα με τις εφαρμογές τηλεπισκόπησης, ενώ οι υποστηρικτικές και οι πολιτισμικές φαίνεται ότι παρουσιάζουν την μικρότερη ενσωμάτωση αποτελεσμάτων από εικόνες παρατήρησης γης.

Η πλειοψηφία των ερευνών στο πεδίο των ΟΥ αφορά τη χαρτογράφηση της κάλυψης γης δεδομένου ότι αυτή είναι το πιο κοινό στοιχείο που χρησιμοποιείται ως πληροφορία υποκατάστασης στη χαρτογράφηση των ΟΥ. Επιπλέον η δυνατότητα σύνθεσης δεικτών από τις εικόνες τηλεπισκόπησης, επιτρέπει τον υπολογισμό μεταβλητών που σχετίζονται με τη φυσιολογία των φυτών ή τις διαταραχές των οικοσυστημάτων αξιοποιώντας δείκτες όπως σφριγηλότητας βλάστησης, δείκτες αξιοποίησης αζώτου, δείκτες νεκρού/ξηρού οργανικού άνθρακα, δείκτες χρωστικών που σχετίζονται με το στρες ή την υγεία της βλάστησης, δείκτες φορτίου καυσίμου, δείκτες καμένων επιφανειών (

Πίνακας 2.9). Με τη αξιοποίηση αυτών των πληροφοριών είναι εφικτή η χωρική αποτύπωση οικοσυστημικών λειτουργιών και αξιολόγησης αποτελεσμάτων ανθρωπογενών επεμβάσεων αποκατάστασης (Malmstrom et al., 2009). Το μεγάλο εύρος των χωρικών αναλύσεων, η ενιαία και συνεχής κάλυψη συγκεκριμένων περιοχών, η διαθεσιμότητα ιστορικών δεδομένων και η δυνατότητα χρονικού προγραμματισμού λήψης δεδομένων, καθιστά την Τηλεπισκόπηση ιδιαίτερα ελκυστικό εργαλείο στην υποστήριξη της συλλογής δεδομένων υποκατάστασης σε κλίμακα και χρόνο σύμφωνα με τις ανάγκες της μελέτης.

Πίνακας 2.9: Δυνατότητες τηλεπισκόπησης να παρέχει χωρικά δεδομένα σχετικά με τις ΟΥ, πηγή: Andrew, 2014

ΟΥ ή Λειτουργία Οικοσυστήματος	Προϊόντα Τηλεπισκόπησης	Πηγή
<i>Λειτουργικές ομάδες φυτών</i>	Χρωστικές, ξηρή ουσία, υγρασία, δείκτες φυλλικής επιφάνειας	Φασματική ανάλυση ή μοντέλα μετάδοσης ακτινοβολίας
	Τραχύτητα, ύψος, κατακόρυφη δομή	LiDAR, μικροκυματικές εικόνες, στερεοζεύγη
	Μορφές ζωής	Ταξινόμηση κάλυψης γης
	Φαινολογία	Διαχρονική τηλεπισκόπηση
<i>Είδη</i>	Χάρτες ειδών	Χημική ταυτοποίηση, υπερφασματομετρία, υφή εικόνας, LiDAR
	Χάρτες καταλληλότητας βιοτόπων	Τοπογραφία, κλίμα, κάλυψη γης, παραγωγικότητα κλπ
<i>Βιοποικιλότητα</i>	Φασματική ποικιλία	Βιοχημική διακύμανση, NDVI,
	Περιβαλλοντικά υποκατάστατα	Παραγωγικότητα, τοπογραφία, κάλυψη γης, διαταραχές κλπ
<i>Αφθονία λειτουργικών στοιχείων</i>	Κλάσμα βλάστησης, κλάσμα νεκρής οργανικής ύλης	Φασματικός διαχωρισμός, συνεχή πεδία Landsat/MODIS
<i>Βιομάζα</i>	Δομή συστάδας	LiDAR, μικροκυματικές εικόνες, στερεοζεύγη
<i>Αποθήκευση άνθρακα</i>		
<i>Φωτοσύνθεση</i>	Παραγωγικότητα	Κλάσμα φωτοσυνθετικής ακτινοβολίας, Καθαρή πρωτογενής παραγωγή
<i>Συσώρευση άνθρακα</i>		
<i>Διαταραχές</i>	Μεταβολές βιομάζας, κάλυψη γης	Διαχρονική τηλεπισκόπηση
	Εντοπισμός πυρκαγιών	Θερμικές ανωμαλίες
	Παρακολούθηση ξηρασίας	Περιεχόμενο υγρασίας, θερμοκρασία επιφάνειας
	Καταπόνηση φυτών	Φασματικοί δείκτες
<i>Χαρακτηριστικά εδάφους</i>	Υφή εδάφους, υγρασία, χημεία	Μικροκυματικές εικόνες, υπερφασματομετρία
<i>Εξατμισοδιαπνοή</i>	Εξατμισοδιαπνοή	Θερμικές εικόνες, κλιματικά δεδομένα
<i>Υδρολογικοί παράμετροι</i>	Κατακρημνίσματα	Μικροκυματικές εικόνες
	Υγρασία εδάφους	
	Έκταση υδάτων/χιονιού	Μικροκυματικές εικόνες, εικόνες ορατού & υπέρυθρου
	Στάθμη υδάτων	Μικροκυματική υψομετρία
	Υπόγεια ύδατα	Βαρυτική έρευνα, ροές επιφανειακών υδάτων
<i>Δομή τοπίου</i>	Μετρητικές τοπίου	Κάλυψη γης, ετερογένεια
<i>Ταξινόμηση οικοσυστημάτων</i>	Ταξινόμηση οικοσυστημάτων	Παραγωγικότητα, κλιματικά δεδομένα, τοπογραφία, κάλυψη γης κ.α.

Συμμετοχική χαρτογράφηση (PPGIS)

Οι πολιτισμικές υπηρεσίες ορίζονται ως η συμβολή των οικοσυστημάτων στα υλικά και άυλα οφέλη που προέρχονται από τις σχέσεις ανθρώπου-οικοσυστήματος. Κατά βάση οι πολιτισμικές υπηρεσίες δεν αντιπροσωπεύουν το όφελος καθαρά οικολογικών λειτουργιών αλλά εκφράζουν το αποτέλεσμα σύνθετων και δυναμικών σχέσεων μεταξύ του ανθρώπου και του οικοσυστήματος στο επίπεδο του τοπίου. Θεωρείται ότι είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν με τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται στις παραγωγικές και τις ρυθμιστικές υπηρεσίες, ενώ σημαντικό είναι ότι πρόκειται για υπηρεσίες όπου η προσφορά και η ζήτηση ταυτίζονται χωρικά (καταναλώνονται επί τόπου). Συνδέονται λιγότερο με την ανθρώπινη ευημερία από ότι οι παραγωγικές και ρυθμιστικές υπηρεσίες. Η υποβάθμιση των ρυθμιστικών και παραγωγικών υπηρεσιών μπορεί έως κάποιο βαθμό να υποκατασταθεί από κοινωνικοοικονομικά μέσα, αλλά οι πολιτισμικές υπηρεσίες είναι αναντικατάστατες (Milcu et al., 2013, Plieninger et al., 2013).

Οι πολιτισμικές υπηρεσίες και ειδικότερα εκείνες των οποίων η παροχή τους σχετίζεται με τη διαμόρφωση του τοπίου μπορεί να αποτυπωθούν σε χάρτη με τη χωρική ανάλυση σημειακών δεδομένων στα οποία έχει αποδοθεί μια υποθετική χρηματική αξία ή μια ανεξάρτητη τιμή που έχουν συλλεχθεί μέσω συνεντεύξεων ή ταχυδρομικών ερευνών στα οποία συμπεριλαμβάνονται χωρικά ερωτηματολόγια σε μορφή χάρτη. Οι μέθοδοι των κοινωνικών ερευνών ταιριάζουν καλύτερα σε αυτές τις περιπτώσεις λόγω της έντονης αλληλεπίδρασης ανθρώπου – τοπίου και του κοινωνικού πλαισίου μέσα στο οποίο διαμορφώνεται η προσφορά και η ζήτηση και τα αποτελέσματα είναι δυνατό να αναλύονται με μεθόδους γεωστατιστικής (Brown, 2016). Οι Plieninger et al. (2013) συνδύασαν χάρτες και ερωτηματολόγια που συμπληρώθηκαν και απαντήθηκαν από ένα δείγμα 93 συνεντεύξεων για μια περιοχή 30.102ha και 12.800 κατοίκων. Οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να καταδείξουν σε χάρτη έως και τρεις θέσεις όπου αναγνωρίζουν την προσφορά κάθε υπηρεσίας και απαντώντας στην ερώτηση «σε ποιες περιοχές βρίσκεται ή χρησιμοποιείται η υπηρεσία X». Κατά τη χωρική ανάλυση οι απαντήσεις αθροίστηκαν ανά υπηρεσία, ανά πολύγωνα χρήσεων γης και ανά χωρική μονάδα. Για τη μελέτη της μορφής και του προτύπου της χωρικής διαμόρφωσης των υπηρεσιών υπολογίστηκαν η ένταση, η αφθονία και ποικιλία του συνόλου των υπηρεσιών όπως ορίζονται:

- Ένταση: Ο συνολικός αριθμός των υποδείξεων θέσεων ως περιοχές παροχής υπηρεσιών.
- Αφθονία: Ο αριθμός των διαφορετικών υπηρεσιών ανά χώρο.
- Ποικιλότητα: Ο λόγος του πλήθους των υπηρεσιών ανά χωρική μονάδα προς τη κατανομή των υπηρεσιών, σύμφωνα με το δείκτη ποικιλότητας του Shannon.

2.4.2 Έρευνα οικοσυστημικών υπηρεσιών στην Κύπρο

Η Κύπρος ως περιοχή μελέτης, εντάσσεται πλέον σε όλα τα έργα μελέτης και χαρτογράφησης των οικοσυστημικών υπηρεσιών σε πανευρωπαϊκό επίπεδο (Liquete et al, 2015, European Commission, 2016, Skoulikidis et al., 2017). Η ανάγκη για την εκτίμηση των

ΟΥ τονίζεται στην 5^η έκθεση για την Βιοποικιλότητα του Κυπριακού Τμήματος Περιβάλλοντος προς τα Ηνωμένα Έθνη (2014), όπου επιπλέον προτείνεται η διεξαγωγή ερευνών για την εκτίμηση της αξίας της επικονίασης σε γεωργικές εκτάσεις λόγω της δυνατότητας βελτίωσης της γεωργικής απόδοσης και του περιορισμού της χρήσης αγροχημικών.

Σε τοπικό ή εθνικό επίπεδο η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας έδειξε περιορισμένη έρευνα τόσο σχετικά με τη χωρική αποτύπωση της προσφοράς – ζήτησης ΟΥ όσο και γενικότερα στο ζήτημα της αξιολόγησης των ΟΥ στο πλαίσιο της ευρωπαϊκής πολιτικής για το περιβάλλον και σύμφωνα με τη μεθοδολογία MAES. Ακολουθούν τα κυριότερα ευρήματα:

Οι Giannakis et al. (2016) συνδύασαν τα αποτελέσματα επί τόπου συνεντεύξεων με μικροκλιματικά δεδομένα για να μελετήσουν την ικανοποίηση του κοινού από τις υπηρεσίες που παρέχει το πάρκο Πεδιαίου στη Λευκωσία. Η έρευνα αποκάλυψε τη διακύμανση της συνειδητοποίησης των ΟΥ υπηρεσιών που μπορεί να παρέχονται στο περιαστικό περιβάλλον, καθώς η αντίληψη του κοινού για τις ευκαιρίες σωματικής άσκησης και κοινωνικής συναναστροφής ξεπέρασε σημαντικά την αντίληψη για τις υπηρεσίες ρύθμισης κλίματος, μετριασμού των πλημμυρών και απόλαυσης της φύσης που παρέχονται από τα φυσικά ή τροποποιημένα οικοσυστήματα κοντά στα αστικά κέντρα. Από τη συλλογή στοιχείων απουσίαζε η χωρική διάσταση και τα αποτελέσματα δεν περιλάμβαναν τη χωρική ή χρονική αξιολόγηση της παροχής των υπηρεσιών στην περιοχή μελέτης.

Ο Ciftcioglu (2016) μελέτησε την παροχή παραγωγικών υπηρεσιών και ειδικότερα την παραγωγή τροφής για ιδιοκατανάλωση ή ενίσχυση του εισοδήματος (συλλογή φυτών, καρπών, μανιταριών, αλίευση ιχθύων) στην περιοχή της Λεύκας⁵ μέσω μια διαδοχικής έρευνας κοινού (προκαταρκτικές συνεντεύξεις, ομαδικές συζητήσεις, δόμηση και συμπλήρωση ερωτηματολογίου) η οποία κατέδειξε τη συνεργατική σχέση μεταξύ παραγωγής τροφής και απόλαυσης της φύσης. Στα αποτελέσματα δεν υπήρξαν χωρικές αναπαραστάσεις της προσφοράς ή της ζήτησης των υπηρεσιών.

Οι Tamprakis et al. (2014) εξέτασαν τις απόψεις της τοπικής κοινωνίας στο όρος Τρόδος όσο αφορά την αξία των δασικών οικοσυστημάτων μέσω ερωτηματολογίων χωρίς να συμπεριλάβουν τη χωρική διάσταση και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι μη αγοραίες αξίες είναι σημαντικότερες από τα υλικά δασικά αγαθά. Οι ρυθμιστικές υπηρεσίες που σχετίζονται με το κλίμα και την ατμόσφαιρα κατατάσσονται πρώτες με βάση τις απόψεις των κατοίκων, ακολουθούν οι υπηρεσίες που σχετίζονται με την υποστήριξη βιοτόπων, την αναψυχή και τελευταίες στην κατάταξη είναι οι παραγωγικές υπηρεσίες (παραγωγή ξυλείας). Αξίζει προσοχής το γεγονός ότι οι παραγωγικές και ρυθμιστικές υπηρεσίες που σχετίζονται με τους υδατικούς πόρους κατατάσσονται στο μέσο της σχετικής κλίμακας παρά τη σπανιότητα του νερού στην ευρύτερη περιοχή.

Αρκετές εργασίες και μελέτες κρατικών υπηρεσιών της Κύπρου, Πανεπιστημίων και περιβαλλοντικών οργανώσεων περιέχουν εκτεταμένες ή περιορισμένες αναφορές στην αξία και τα οφέλη των οικοσυστημάτων. Σε ορισμένες μελέτες που αφορούν έργα προστασίας και διατήρησης εμφανίζονται περιορισμένες βιβλιογραφικές αναφορές στην έννοια των

⁵ Κατεχόμενη περιοχή.

Οικοσυστημικών Υπηρεσιών χωρίς να γίνεται αναλυτική έρευνα (Υπηρεσία Θήρας και Πανίδας, 2016), ενώ σε κάποιες άλλες εμφανίζονται τεχνικές για την ιεράρχηση μέτρων προστασίας οικοσυστημικών λειτουργιών όπως η ανάλυση SWOT (Ζόγκαρης, Χατζηνικολάου και Δημητρίου, 2013) χωρίς να εξετάζονται ζητήματα παροχής οικοσυστημικών υπηρεσιών. Σε ορισμένα δασικά διαχειριστικά σχέδια, η αξιολόγηση των ΟΥ γίνεται έμμεσα μέσω της αξιολόγησης των οικοσυστημικών λειτουργιών χωρίς να υπάρχει και πάλι σαφής αναφορά στην έννοια των ΟΥ. Στις περιπτώσεις αυτές η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται αξιοποιεί δεδομένα πεδίου για να εκτιμηθεί η κατάσταση των λειτουργιών με τη χρήση σταθμισμένων παραμέτρων (Τμήμα Δασών, 2012). Η προστασία του εδάφους έναντι της διάβρωσης, η παραγωγή νερού, η παροχή βιοτόπων πανίδας και η αναψυχή αξιολογούνται κατά χώρο με βάση βιοτικά και αβιοτικά χαρακτηριστικά, σε καθένα από τα οποία αποδίδεται ένας συντελεστής βαρύτητας προκειμένου να αξιολογηθεί με ένα σχετικό αποτέλεσμα το κατά πόσο συνεισφέρουν τα επιμέρους τμήματα του δάσους στην παροχή «δασικών λειτουργιών». Από τη μεθοδολογία απουσιάζει η έννοια της ζήτησης, αν και διατυπώνεται έμμεσα στις προτάσεις που σχετίζονται με την ποσοτική καταγραφή της ζήτησης για θήρα και αναψυχή. Σε κάποια άλλα σχέδια διαχείρισης αναφέρονται περιγραφικά κάποιες οικοσυστημικές λειτουργίες και κάποιες, κυρίως αυτές που σχετίζονται με την υδρολογία, προσεγγίζονται σε γενικό επίπεδο με απλές τεχνικές επιμερισμού ποσοστών κάλυψης γης ανά υδρολογική λεκάνη (Τμήμα Δασών, 2012), ενώ σε άλλες περιπτώσεις προτείνεται η χρήση δεικτών με βάση επιτόπιες έρευνες και δειγματοληπτικές καταγραφές, χωρίς να χρησιμοποιείται ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο αξιολόγησης (Κουνναμάς και άλλοι, 2016).

Μια από τις πιο ολοκληρωμένες εργασίες που σχετίζονται με τις οικοσυστημικές λειτουργίες είναι η μελέτη για τα κριτήρια και τους δείκτες της αειφόρου διαχείρισης των κυπριακών δασών (Τμήμα Δασών, 2006) στην οποία καταγράφονται και ποσοτικοποιούνται βασικές οικοσυστημικές υπηρεσίες όπως η παραγωγή πρώτων υλών, η αποθήκευση άνθρακα, η αναψυχή, η προστασία από τη διάβρωση, η παραγωγή νερού κλπ. Η αποτίμηση γίνεται κυρίως με δεδομένα απογραφών και εθνικών λογαριασμών χωρίς να εξετάζεται η χωρική διάσταση της ζήτησης και της προσφοράς και τα αποτελέσματα δίνονται σε μορφή πίνακα χωρίς να υπάρχει κάποια χωρική ένδειξη, εκτός από τις περιπτώσεις των πολιτισμικών υπηρεσιών στην οποίες παρατίθενται τοπωνύμια και βασικά μεγέθη χωρητικότητας των αντίστοιχων υποδομών.

Από τη βιβλιογραφική έρευνα για την έως σήμερα μελέτη των οικοσυστημικών υπηρεσιών στην Κύπρο, προκύπτει ότι αυτή είναι περιορισμένη, αν και υπάρχουν αρκετές άμεσες ή έμμεσες αναφορές κυρίως μέσω της έννοιας των λειτουργιών του οικοσυστήματος, ενώ σε όλες τις περιπτώσεις δε χρησιμοποιείται κάποιο από τα υφιστάμενα πλαίσια αξιολόγησης. Σε κανένα σχέδιο διαχείρισης – προστασίας δεν εντοπίστηκε η χρήση μεθόδων χαρτογράφησης ΟΥ ή η χρήση αναλυτικής μεθοδολογίας ως εργαλείο για τη διαμόρφωση και επιλογή εναλλακτικών λύσεων, ενώ η προσέγγιση της έννοιας των οικοσυστημικών λειτουργιών γίνεται κυρίως στα δασικά οικοσυστήματα και στις προστατευόμενες περιοχές. Η χωρική μοντελοποίηση σε εθνικό επίπεδο περιορίζεται σε έργα και απογραφές διακρατικής εμβέλειας, κυρίως μέσω προγραμμάτων της ΕΕ, ενώ σε τοπικό επίπεδο η έρευνα διεξάγεται αποκλειστικά μέσω κοινωνικών ερευνών.

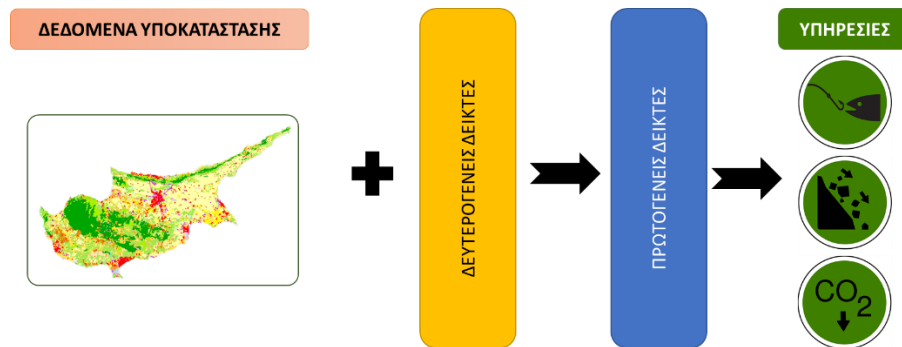
2.5 Συμπεράσματα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας

Η ανάλυση των οικοσυστημικών υπηρεσιών είναι απαραίτητη για την ολοκληρωμένη κατανόηση της αντίστοιχης έννοιας, την αξιοποίηση της ικανότητας μετάδοσης ουσιαστικών πληροφοριών για το ρόλο που διαδραματίζουν τα φυσικά συστήματα στην κοινωνία και τη λήψη αποφάσεων σε επίπεδο πολιτικής και διαχείρισης. Ως ανάλυση νοείται η χωρική αξιολόγηση της προσφοράς και της ζήτησης μιας ή ενός συνόλου υπηρεσιών (και αγαθών) σε ένα ορισμένο χωρικό πλαίσιο τοπικής έως και παγκόσμιας κλίμακας και σε μία δεδομένη χρονική στιγμή ή μεταξύ δύο ή και περισσότερων χρονικών αναφορών. Ως ανάλυση νοείται επίσης η αξιολόγηση των σχέσεων μεταξύ των ΟΥ, ανταγωνιστικών ή συνεργατικών και η επακόλουθη αναζήτηση πιθανών δεσμών (ομάδων) ΟΥ με παρόμοια χαρακτηριστικά, όσο αφορά τις κοινωνικές, φυσικές και οικονομικές συνθήκες που διαμορφώνουν την προσφορά και τη ζήτηση.

Η μέθοδος μεταφοράς αξιών για την εκτίμηση της αξίας των ΟΥ που χρησιμοποιήθηκε κατά τα πρώτα στάδια εξέλιξης του ερευνητικού πεδίου, δε θεωρείται πλέον κατάλληλη λόγω των σφαλμάτων που ενσωματώνει αλλά λόγω της μη επίτευξης των στόχων που επιδιώκει η έρευνα ΟΥ. Η Αξιολόγηση των Οικοσυστημάτων της Χιλιετίας, έδωσε σημαντική ώθηση στην ολιστική προσέγγιση κοινωνίας – περιβάλλοντος στο πλαίσιο της έρευνας ΟΥ, αν και επικρίθηκε για το ότι δεν συμπεριέλαβε υπηρεσίες και αγαθά που προσφέρονται από το αβιοτικό περιβάλλον. Οι προσεγγίσεις που έχουν επικρατήσει σήμερα στη ανάλυση ΟΥ είναι δύο:

A) *Η βιοτοπική μεθοδολογία.* Τα οικοσυστήματα εξετάζονται με βάση την ικανότητα να παρέχουν υπηρεσίες και αγαθά αφού πρώτα ομαδοποιηθούν και γενικευθούν σε ομάδες οικοτόπων ή και σε ευρύτερες κλάσεις. Η ποιοτική και ποσοτική κατά χώρο αξιολόγηση γίνεται με βάση δεδομένα πεδίου, βιβλιογραφίας, τοπική γνώση και γνώμες ειδικών τα οποία αποδίδονται σε δομή πίνακα και ακολουθεί η διαδικασία ανάπτυξης δεικτών που πρωτογενώς ή δευτερογενώς αποτυπώνουν την ικανότητα των οικοσυστημάτων να παρέχουν ΟΥ αλλά και αντανακλούν με τον κατάλληλο βαθμό ευαισθησίας τις συνέπειες των κινητήριων δυνάμεων που είναι σε θέση να επηρεάσουν την ικανότητα αυτή. Στη συνέχεια οι δείκτες συνδέονται με την έκταση των οικοσυστημάτων (όπως αυτά έχουν γενικευθεί και αναπαρασταθεί στο χώρο) και ανάγονται στις ζητούμενες ποσότητες (Σχήμα 2.7). Σημαντική παράμετρος της διαδικασίας είναι η χρήση των χωρικών γενικεύσεων αντί των πραγματικών βιοφυσικών λειτουργιών που λαμβάνουν χώρα στα επιμέρους υποσυστήματα. Το στάδιο αυτό είναι αναπόφευκτο λόγω της πολυπλοκότητας, της αλληλεπίδρασης και της δυσκολίας να οριοθετηθεί απόλυτα και με σαφήνεια (π.χ. με μια οριογραμμή στο χάρτη) το που, πως, πότε και για πόσο χρόνο μια φυσική διεργασία σχηματίζει (ενδεχομένως μαζί και με πλήθος άλλων) μια οικοσυστημική λειτουργία η οποία στη συνέχεια αποδίδεται ως υπηρεσία με κοινωνικούς και οικονομικούς όρους. Τα δεδομένα της γενίκευσης αποτελούν τα δεδομένα αναπλήρωσης (συν. υποκατάστασης, αγγλ. *proxies*), είναι κυρίως χωρικά ενώ συχνότερα χρησιμοποιείται η κάλυψη γης. Η πληροφορία αυτή χρησιμοποιείται αυτούσια ή μετά από επεξεργασία και επαναχαρτογράφηση, κατά την

οποία συγχωνεύεται και συνδυάζεται με άλλα δεδομένα που περιγράφουν πληρέστερα το βιοτικό και αβιοτικό περιβάλλον, ώστε να ενισχυθεί η οικολογική διάσταση της ανάλυσης.



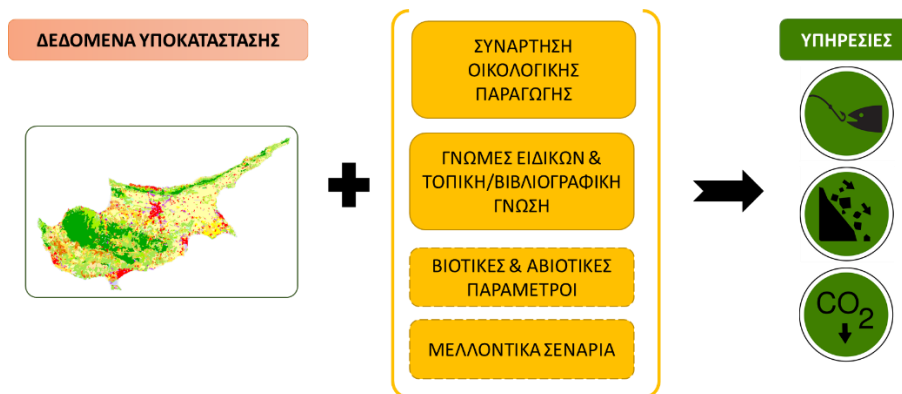
Σχήμα 2.7: Σχηματική αναπαράσταση της βιοτοπικής μεθοδολογίας.

Η διαχρονική ανάλυση επιτυγχάνεται με την αντίστοιχη χρήση δεδομένων υποκατάστασης σε διαφορετικά χρονικά σημεία, τα οποία μπορεί να αναφέρονται σε ιστορικά δεδομένα (χρονοσειρές) είτε σε εύλογες πιθανές μελλοντικές καταστάσεις (σενάρια) με μορφή χωρικών αναπαραστάσεων του μέλλοντος όπως αυτό ενδεχομένως διαμορφωθεί υπό τις ανθρωπογενείς δυνάμεις.

B) *Η συνάρτηση οικολογικής λειτουργίας (συστημική προσέγγιση).* Σε αυτή την προσέγγιση κάθε υπηρεσία μελετάται με βάση την αντίστοιχη συνάρτηση οικολογικής λειτουργίας, η οποία αποτελεί ένα δομημένο και επικυρωμένο μοντέλο, εξειδικευμένο στη συγκεκριμένη υπηρεσία και ταυτόχρονα κατάλληλα γενικευμένο ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί σε όσο το δυνατό περισσότερες βιογεωγραφικές περιοχές και να μην περιορίζεται από τις ειδικές τοπικές συνθήκες. Κοινό χαρακτηριστικό με τη βιοτοπική προσέγγιση είναι η χρήση δεδομένων αναπλήρωσης, απαραίτητων για την εκτέλεση του μοντέλου, το οποίο όμως τις περισσότερες φορές πρέπει να τροφοδοτηθεί από πρόσθετα χωρικά και περιγραφικά δεδομένα κοινωνικής, οικονομικής ή οικολογικής φύσης (Σχήμα 2.8). Τα δεδομένα αυτά μπορεί να προέρχονται από τη βιβλιογραφία, την έρευνα πεδίου, τις γνώμες ειδικών και την τοπική γνώση. Τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται μπορεί να είναι σχετικά απλά έως ιδιαίτερα πολύπλοκα, ενώ η διαχρονικότητα εξετάζεται με τη χρήση σεναρίων όπως και στην προηγούμενη περίπτωση.

Και οι δύο προσεγγίσεις παρουσιάζουν μεγάλο εύρος παραλλαγών κυρίως όσο αφορά τον τρόπο συλλογής των δεδομένων εισόδου. Αυτά μπορεί να προέρχονται από έτοιμα δεδομένα αρχείου, να συλλέγονται με μεθόδους κοινωνικής έρευνας, συμμετοχικής χαρτογράφησης, τηλεπισκόπησης ή να προέρχονται από την εκτέλεση τρίτων βιοφυσικών ή κοινωνικών μοντέλων. Το είδος της εξεταζόμενης υπηρεσίας καθορίζει σε σημαντικό βαθμό τον τρόπο συλλογής αυτών των στοιχείων. Οι πολιτισμικές υπηρεσίες στηρίζονται περισσότερο σε αποτελέσματα κοινωνικών ερευνών ενώ οι παραγωγικές σε βιβλιογραφικά ή πρωτογενή δεδομένα. Η δυσκολία συλλογής στοιχείων και η συγγένεια με το πεδίο των επιστημών περιβάλλοντος αντικατοπτρίζονται στη διακύμανση του πλήθους των δημοσιευμένων εργασιών ανά κατηγορία ΟΥ. Έτσι, θέματα που πρόσφατα έχουν μελετηθεί έντονα (π.χ. κλιματική αλλαγή) έχουν την τάση να εξετάζονται συχνότερα από άλλα λιγότερο διερευνημένα (π.χ. σχέση λαογραφίας – φύσης). Άλλος παράγοντας που επηρεάζεται από τη

φύση της υπηρεσίας είναι η κλίμακα μελέτης. Υπηρεσίες που από τη φύση τους είναι οικουμενικού ενδιαφέροντος εξετάζονται σε παγκόσμια ή σε ηπειρωτική κλίμακα ενώ υπηρεσίες τοπικού ενδιαφέροντος υποχρεωτικά ανάγονται στις αντίστοιχες κλίμακες. Ένα πρόσθετο χαρακτηριστικό που επηρεάζει την κλίμακα είναι το μέγεθος των οικοσυστημάτων υπό την έννοια της επιφάνειας που στην πραγματικότητα συντελούνται οι φυσικές διεργασίες ως ενιαίο σύνολο. Το μέγεθος της περιοχής μελέτης επηρεάζει λιγότερο την κλίμακα μελέτης καθώς μεγάλες περιοχές με υψηλή παραλλακτικότητα οικοσυστημάτων πρέπει να μελετηθούν στην κατάλληλη κλίμακα ώστε να μειωθεί το σφάλμα γενίκευσης, αλλά όχι σε αναντίστοιχα μεγάλη λεπτομέρεια η οποία θα οδηγήσει στη θεώρηση των φυσικών κύκλων ως μεταβολή της ικανότητας παροχής ΟΥ.



Σχήμα 2.8: Σχηματική απεικόνιση της συστημικής προσέγγισης.

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας διακρίθηκαν δύο ερευνητικοί πόλοι. Ο ευρωπαϊκός πόλος με κέντρο την Ε.Ε. και ο αμερικανικός πόλος με κέντρο τις ΗΠΑ. Ο πρώτος διακρίνεται από τη θεσμοθετημένη πρωτοβουλία MAES στο πλαίσιο της ευρωπαϊκής πολιτικής για το περιβάλλον και προσεγγίζει το θέμα με βάση τη βιοτοπική μέθοδο. Επιδιώκει μια κάθετη και οριζόντια αποτύπωση της κατάστασης (το δυνατό περισσότερες υπηρεσίες για τη μέγιστη δυνατή επιφάνεια) σε όλες τις βιογεωγραφικές περιοχές της Ευρώπης με έναν κοινό και ενιαίο τρόπο, ώστε να ανταποκρίνεται στο πολυσυμμετοχικό σχήμα διακυβέρνησης και λήψης αποφάσεων στην Ε.Ε. Στο πλαίσιο αυτό, απαιτείται πλήθος δεδομένων εισόδου, αρκετά όμως από τα οποία δεν ενημερώνονται σε συστηματική βάση, χαρακτηριστικό που αναπόφευκτα θα οδηγήσει σε εκπτώσεις στο μέλλον. Άγνωστο επίσης είναι προς το παρόν ο τρόπος αξιοποίησης των οικονομικών αποτιμήσεων και της ένταξης αυτών στους εθνικούς οικονομικούς λογαριασμούς, δηλαδή ο τρόπος με τον οποίο θα «κατέλθει» η έννοια των ΟΥ από το επίπεδο της έρευνας σε εφαρμογές λήψης αποφάσεων, σε σχέδια και διατήρησης και θα χρησιμοποιηθεί για πληρωμές και αποζημιώσεις σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο.

Ο δεύτερος πόλος χαρακτηρίζεται ως περιπτωσιολογικός, καθώς στις ΗΠΑ η συστημική προσέγγιση εφαρμόζεται σε συγκεκριμένες περιπτώσεις οι οποίες από την αρχή έχουν θέσει ως στόχο την ενσωμάτωση της έννοιας σε πληρωμές ΟΥ ή την αξιοποίηση στο πλαίσιο διαμόρφωσης και επιλογής εναλλακτικών λύσεων. Η προσέγγιση αυτή απαιτεί τη συλλογή δεδομένων με υψηλότερη ένταση αλλά σε μικρότερη έκταση και με μικρότερη παραλλακτικότητα τύπων οικοσυστημάτων, χαρακτηριστικό που οδηγεί σε ένα

υποχρεωτικά διευρυμένο διεπιστημονικό τρόπο εργασίας, ο οποίος απαιτεί δεδομένα ακριβείας που είναι συχνά δύσκολο και δαπανηρό να αποκτηθούν.

3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Ερευνητικά Ερωτήματα

Το κυρίαρχο ερώτημα της παρούσας διατριβής είναι αν η χωρική μοντελοποίηση με τη βοήθεια δεδομένων υποκατάστασης παρέχει ικανοποιητική αποτύπωση βασικών οικοσυστημικών υπηρεσιών στην Κύπρο. Το ερώτημα διακρίνεται στα εξής υποερωτήματα:

1. Τα διαθέσιμα δεδομένα κάλυψης γης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα υποκατάστασης για τη χαρτογράφηση των ΟΥ;
2. Η χρήση δεδομένων υποκατάστασης και συγκεκριμένα οι απόψεις ειδικών μπορούν να αξιοποιηθούν στη χαρτογράφηση των ΟΥ;
3. Η εφαρμογή της πληθοποριστικής χαρτογράφησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη χωρική ανάλυση ΟΥ;
4. Ποιες είναι οι περιοχές εκείνες οι οποίες παρουσιάζουν μεγάλη συγκέντρωση οικοσυστημικών υπηρεσιών (hotspots);

3.2 Σχεδιασμός

3.2.1 Επιλογή μεθόδου χαρτογράφησης ΟΥ

Για την επιλογή της μεθόδου χαρτογράφησης αξιολογήθηκαν τέσσερις περιοριστικοί παράγοντες όπως προκύπτουν από τα μεθοδολογικά ερωτήματα:

- Η μέθοδος να εφαρμόζεται χωρίς την ανάγκη πραγματοποίησης επί τόπου επισκέψεων για τον εντοπισμό των φυσικών λειτουργιών των οικοσυστημάτων.
- Η μέθοδος να είναι ανεξάρτητη από την ύπαρξη αναλυτικών βιοφυσικών δεδομένων για την περιοχή μελέτης.
- Η μέθοδος να αποδίδει αποτελέσματα που παρουσιάζουν κοινωνικό και οικονομικό ενδιαφέρον για την περιοχή μελέτης.
- Το επίπεδο διεπιστημονικότητας που απαιτείται κατά τη φάση συλλογής δεδομένων, να προσεγγίζεται κατά το δυνατό μέσα από τη διεθνή βιβλιογραφία ή μέσω διεθνώς αποδεκτών μεθόδων.

Για τη χαρτογράφηση των υπηρεσιών επιλέχθηκε η μέθοδος των συναρτήσεων οικολογικής παραγωγής με τη χρήση δομημένων μοντέλων (Tallis and Pollasky, 2011) και η μέθοδος της πληθοποριστικής χαρτογράφησης με την αξιοποίηση διαδικτυακών εφαρμογών διαμοιρασμού περιεχομένου (Wood et al., 2013). Και οι δύο μέθοδοι είναι κατάλληλες για την εξ αποστάσεως μελέτη, η πρώτη για παραγωγικές και ρυθμιστικές υπηρεσίες και η δεύτερη για πολιτισμικές υπηρεσίες. Η συνάρτηση παραγωγικής λειτουργίας προτιμήθηκε έναντι της χρήσης πρωτογενών και δευτερογενών δεικτών (βιοτοπική προσέγγιση) διότι προσφέρει μια περισσότερο αναλυτική προσέγγιση στην απάντηση των ερωτημάτων και δίνει τη δυνατότητα ενσωμάτωσης κοινωνικών ή οικονομικών χαρακτηριστικών υπό τη μορφή πιέσεων στα οικοσυστήματα. Η προσέγγιση επιτρέπει τη συνολική εκτίμηση της

κατάστασης και της τάσης της υπηρεσίας, ενώ η εκτίμηση των συνεπειών από εναλλακτικές καταστάσεις μεταβλητών και υποθετικά σενάρια είναι εφικτή και σχετικά εύκολη. Οι μέθοδοι που στηρίζονται στη συνάρτηση οικολογικής λειτουργίας επιτρέπουν τη διαδικασία της γενίκευσης και τον έλεγχο παραδοχών και υποθέσεων, ενώ είναι δυνατή η εξέταση της ισορροπίας μεταξύ προσφορά και ζήτησης.

3.2.2 Επιλογή και περιγραφή περιοχής μελέτης

Ως περιοχή μελέτης επιλέχθηκε ολόκληρη η Κύπρος. Η επιλογή βασίστηκε στο συνδυασμό των ακόλουθων χαρακτηριστικών:

- Στο ενδιαφέρον που προκύπτει λόγω της περιορισμένης έρευνας ΟΥ για το σύνολο της νήσου.
- Στη δυνατότητα ενσωμάτωσης της τοπικής (ή και παραδοσιακής) γνώσης.
- Στη διαθεσιμότητα δεδομένων κάλυψης γης που χρησιμοποιούνται από την πλειοψηφία των μεθόδων χαρτογράφησης όπως έδειξε η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας.

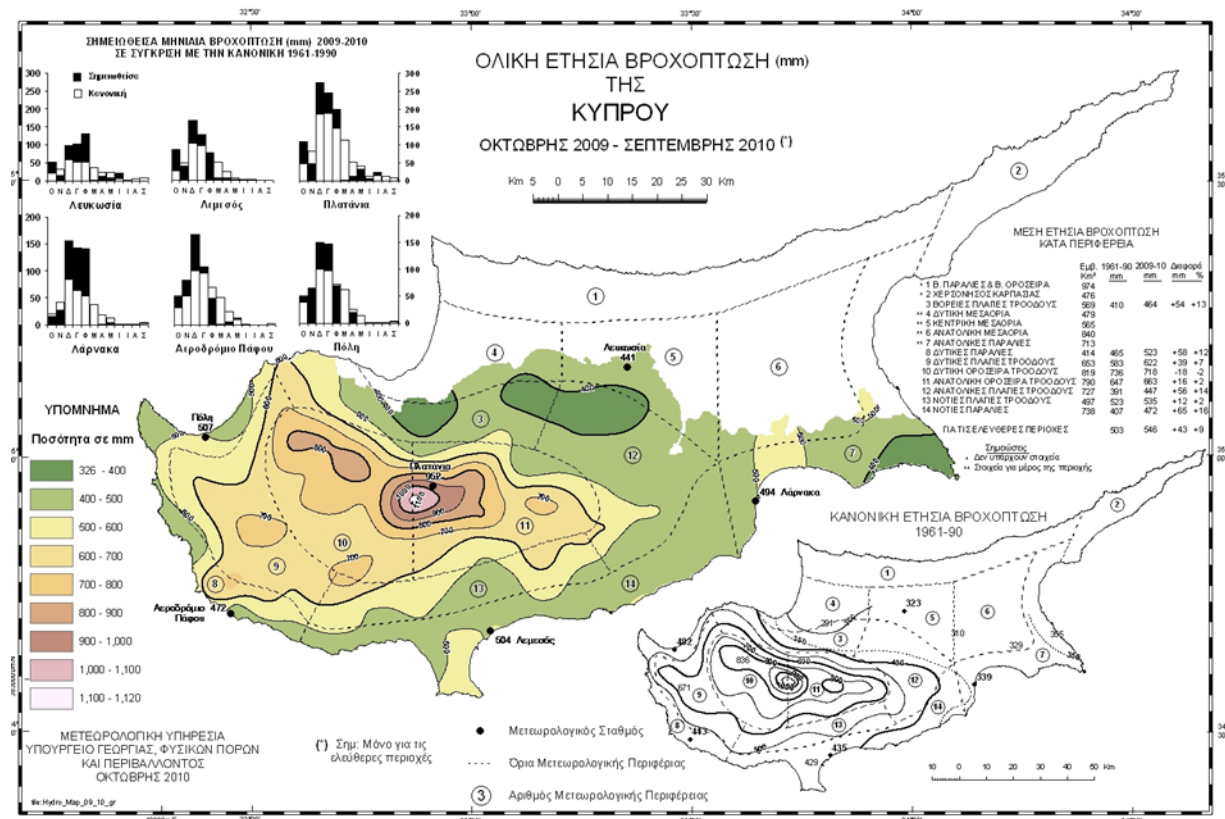
Περιγραφή περιοχής μελέτης

Η Κύπρος είναι το τρίτο σε μέγεθος νησί της Μεσογείου με μέγεθος 9.251χλμ² και βρίσκεται στο ανατολικότερο τμήμα της λεκάνης. Ο πληθυσμός υπολογίζεται σε 940.00⁶ εκ των οποίων οι 848.300 κατοικούν στο μη κατεχόμενο τμήμα του νησιού.

Γεωμορφολογικά στο νησί διακρίνονται τέσσερις ζώνες. Η οροσειρά του Τροόδους στο κεντρικό-δυτικό μέρος του νησιού με υψηλότερη κορυφή τον Όλυμπο (1.951μ), η επιμήκης οροσειρά του Πενταδακτύλου, κατά μήκος των βόρειων ακτών του νησιού με μέγιστο υψόμετρο περίπου 1.000μ, η πεδιάδα της Μεσαορίας, μεταξύ των οροσειρών Τροόδους και Πενταδακτύλου με υψόμετρο έως 180μ και οι παράλιες πεδιάδες και κοιλάδες κατά μήκος των ακτών (Εικόνα 3.1).

⁶ Δε συνυπολογίζονται οι Τούρκοι έποικοι.

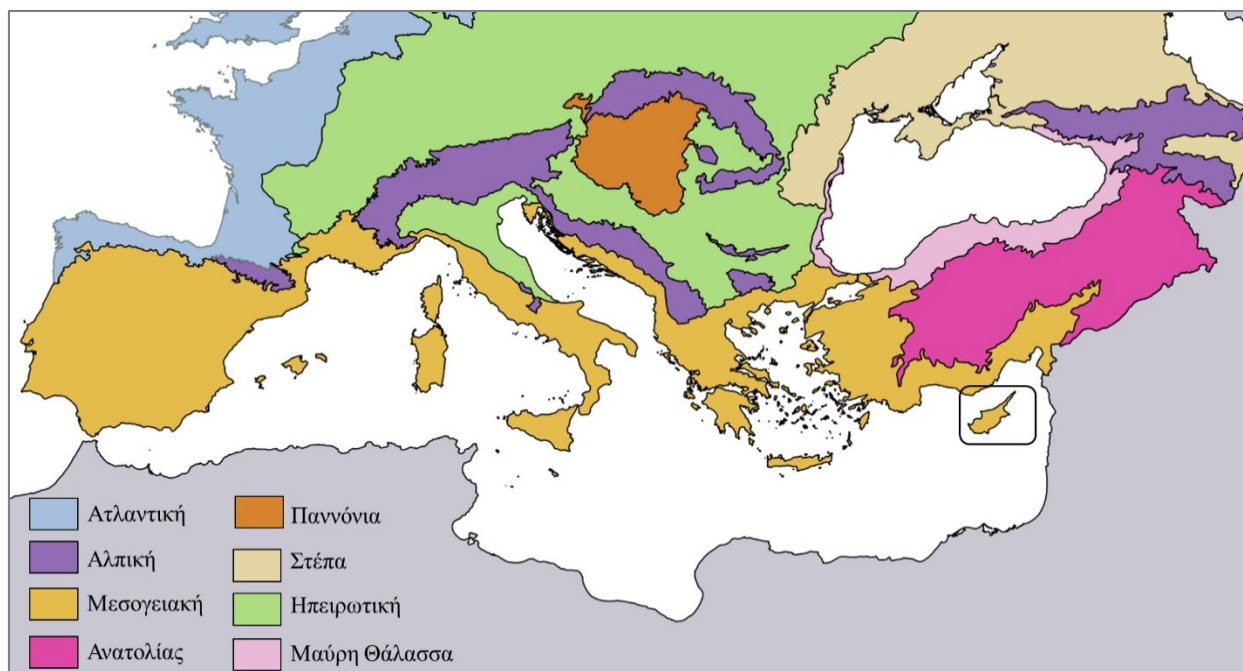
10°C στην κεντρική πεδιάδα και 3°C στις κορυφές του Τροόδους, με μέσες ελάχιστες θερμοκρασίες 5°C και 0°C αντίστοιχα (Τμήμα Μετεωρολογίας, 2016).



Σχήμα 3.1: Κατανομή βροχοπτώσεων, πηγή: Μετεωρολογική Υπηρεσία, 2016

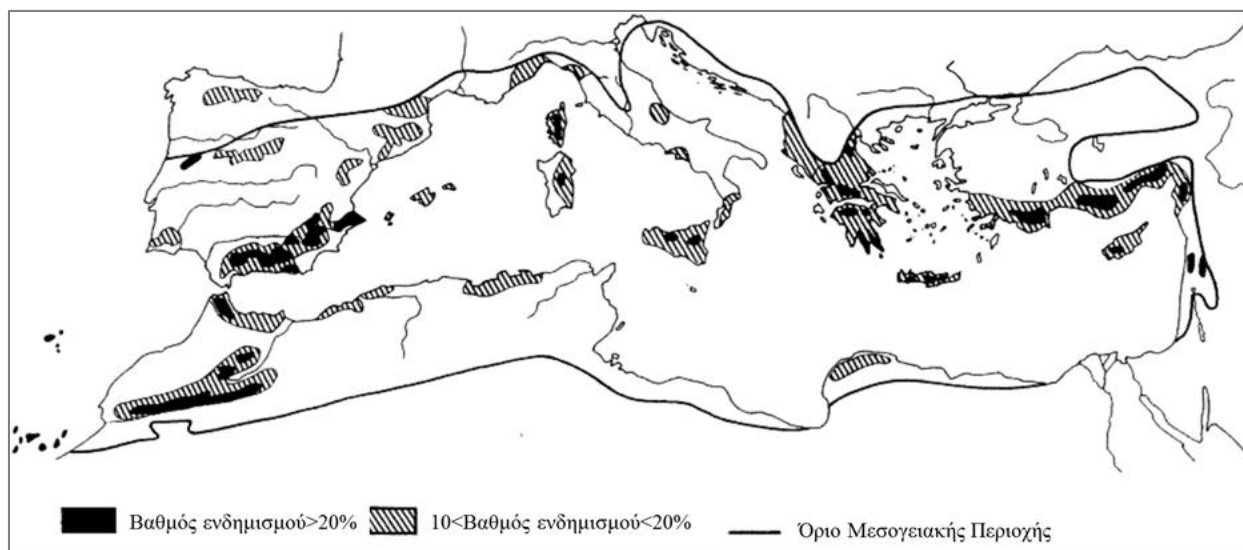
Η κλιματική αλλαγή στην Κύπρο είναι εμφανής: Κατά τον 20^ο αιώνα οι βροχοπτώσεις μειώθηκαν κατά 60-80mm ενώ η εξατμισοδιαπνοή αυξήθηκε μεταξύ 1976-2006 κατά 17% (Skoulikidis et al., 2017). Για τα μέσα του 21^{ου} αιώνα προβλέπεται αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1°C το χειμώνα και κατά 2°C το καλοκαίρι, μείωση των βροχοπτώσεων κατά 2-8% και αύξηση των ακραίων θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (Hadjinicolaou et al., 2011).

Βιογεωγραφικά η Κύπρος ανήκει στη μεσογειακή ζώνη (Σχήμα 3.2), ενώ σύμφωνα με τους Delipetrou et al., 2007 η περιοχή κατατάσσεται βιοκλιματικά από την Μεσογειακή - Μεσοφυτική έως τη Ευροφυτική - Ωκεάνια ζώνη με διαβαθμίσεις από τη Θέρμο-Μεσογειακή στα πεδινά έως την Υπερμεσογειακή στα ορεινά.



Σχήμα 3.2: Βιογεωγραφικές ζώνες της Μεσογειακής λεκάνης και της ευρύτερης περιοχής, απόδοση με βάση ΕΕΑ, 2016.

Η Κύπρος κατατάσσεται στα κέντρα υψηλού ενδημισμού της Μεσογείου (Σχήμα 3.3). Στην περιοχή έχουν καταγραφεί 1.620 είδη φυτών (1744 taxa) από τα οποία τα 143 taxa είναι ενδημικά με κέντρο υψηλότερου ενδημισμού την οροσειρά του Τρόοδος όπου καταγράφονται 45 ενδημικά και με πιο χαρακτηριστικούς σχηματισμούς αυτούς του Κέδρου (*Cedrus brevifolia*), της Μαύρης Πεύκης (*Pinus nigra* subsp. *palassiana*) και της Λατζιάς (*Quercus alnifolia*) (Delipetrou et al., 2007, Médail and Quézel, 1997).

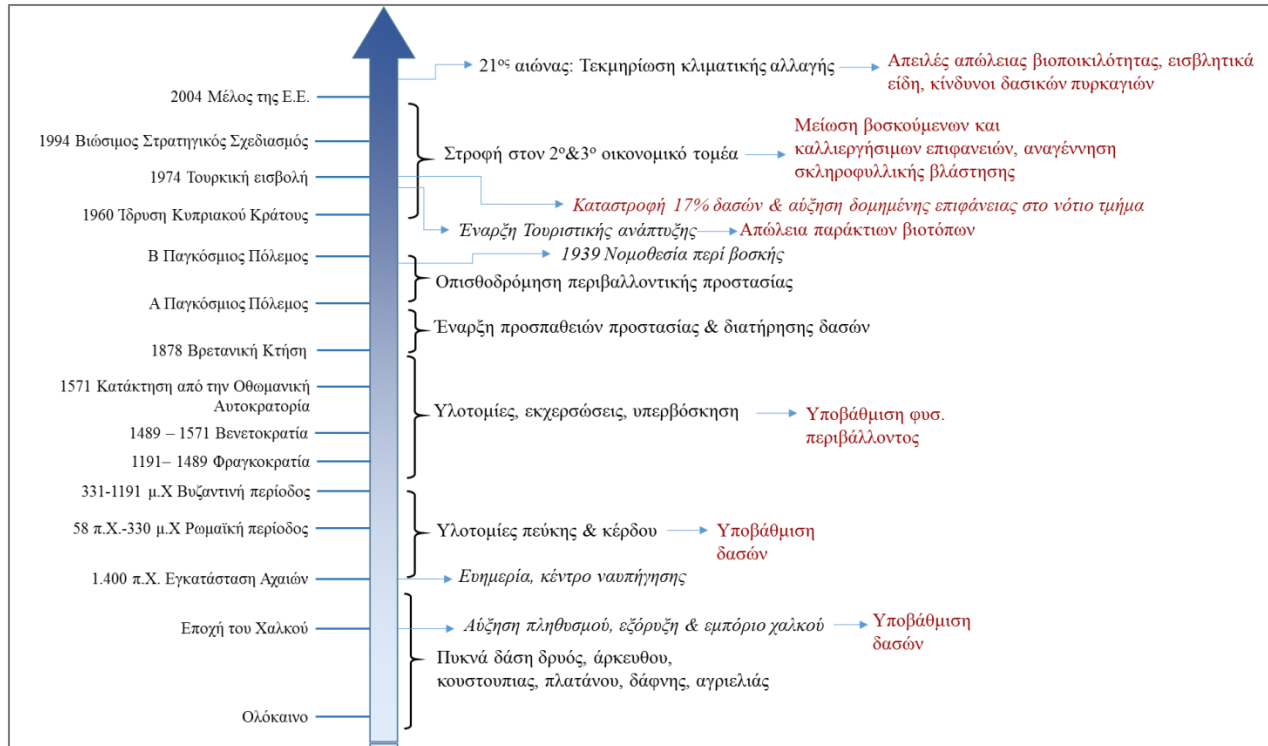


Σχήμα 3.3: Βιογεωγραφικές θέσεις με υψηλό ενδημισμό στη Μεσογειακή λεκάνη, πηγή: Médail and Quézel, 1997.

Το πιο διαδεδομένο είδος είναι η Τραχεία Πεύκη (*Pinus brutia*) που καταλαμβάνει το 66% των δασών του νησιού και η οποία στην οροσειρά του Πενταδάκτυλου απαντάται σε μίξη

με το Αειθαλές Κυπαρίσσι (*Cupressus sempervirens*). Σε υψόμετρα μεγαλύτερα των 1.000μ εμφανίζονται στον υπόροφο πευκοδασών τα ορεινά είδη Άρκευθου *Juniperus foetidissima*, *J. oxycedrus* και *J. excelsa*. Η βλάστηση στα χαμηλότερα υψόμετρα κυριαρχείται είτε από θαμνώδεις σχηματισμούς αγριελιάς, μακί και πουρναριού είτε από ημισφαιρικούς σχηματισμούς φρυγάνων. Στις παράκτιες θέσεις επικρατεί η Φοινικική Άρκευθος (*Juniperus phoenicea*) και στις ημιάνυδρες περιοχές της ενδοχώρας η Μοσφιλιά (*Crataegus azarolus*) και η Παλλούρα (*Zizyphus lotus*) (Delipetrou et al., 2007).

Το κυπριακό τοπίο έχει διαμορφωθεί κάτω από ανθρωπογενείς πιέσεις δεκάδων αιώνων, με τη βοσκή, τη εκχέρσωση και τη φωτιά να πυροδοτούν την υποβάθμιση (Σχήμα 3.4).



Σχήμα 3.4: Η εξέλιξη του φυσικού περιβάλλοντος της Κύπρου υπό την ανθρώπινη κοινωνική και οικονομική ιστορία. Απόδοση με βάση τους Delipetrou et al., 2007.

Κατά το 2^ο μισό του 20^{ου} αιώνα οι μεταβολές της κάλυψης γης επέφεραν θετικές και αρνητικές συνέπειες στο φυσικό περιβάλλον: Οι δομημένες επιφάνειες αυξήθηκαν από το 0,17 σε 7,07%, οι δενδρώδεις καλλιέργειες από 31,81% σε 3,86%, και η μη παραγωγική γη από 0,37 σε 3,64% ενώ η αρόσιμη γη αυξήθηκε από 39,64% σε 43,96%. Στον αντίποδα τα δάση, οι δασώδεις εκτάσεις και οι θαμνώνες αυξήθηκαν από 10,1% σε 40,63% και οι βοσκότοποι μειώθηκαν από 17,5% σε 0,09%.

Οι προσπάθειες προστασίας και διατήρησης που απέδωσαν με αποτέλεσμα τη συγκράτηση της υποβάθμισης και της απώλειας των βιοτόπων, φαίνεται ότι σταδιακά κρίνονται ανεπαρκείς υπό την επίδραση της κλιματικής αλλαγής που επαναφέρει στη συζήτηση την ανάγκη προσαρμογής της διαχείρισης.

3.2.3 Επιλογή Υπηρεσιών

Η επιλογή των προς χαρτογράφηση υπηρεσιών βασίστηκε σε μια διαδοχική διαδικασία δοκιμών και ελέγχων στο πλαίσιο της μεθοδολογίας, προκειμένου να καταγραφούν οι τεχνικές απαιτήσεις των εργαλείων χαρτογράφησης (δεδομένα και παράμετροι), ενώ η οριστικοποίηση των υπηρεσιών πραγματοποιήθηκε μετά την ολοκλήρωση δοκιμαστικών χαρτογραφήσεων όπως περιγράφεται παρακάτω. Διερευνήθηκε η δυνατότητα χαρτογράφησης της υπηρεσίας αποθήκευσης άνθρακα, της επικοινωνίας, της παραγωγής τροφής, της παραγωγής νερού, της ρύθμισης θρεπτικών στα εσωτερικά ύδατα και της ικανότητας παροχής βιότοπων (ποιότητα βιότοπου). Τέλος, λήφθηκε υπόψη η σημαντικότητα των εξεταζόμενων υπηρεσιών σύμφωνα με τα ευρήματα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση για την περιοχή της Κύπρου, όπως για παράδειγμα η επικοινωνία και η αποθήκευση άνθρακα. Η αναψυχή επιλέχθηκε εξ αρχής εξαιτίας της υψηλής κοινωνικής και οικονομικής σημαντικότητας για την περιοχή μελέτης. Ο τουρισμός και η εστίαση στην Κύπρο είναι η δεύτερη σημαντικότερη δραστηριότητα από άποψη δημιουργίας θέσεων εργασίας με 37.345 θέσεις κατά μ.ο. το 2015. Το ίδιο έτος τα 2.659 εκατ. τουριστών που την επισκέφθηκαν συνεισέφεραν στο ΑΕΠ κατά 2,11€ δις (Στατιστική Υπηρεσία, 2016).

3.2.4 Λογισμικό Χαρτογράφησης Οικοσυστημικών Υπηρεσιών

Για τη χαρτογραφική εκτίμηση των οικοσυστημικών υπηρεσιών επιλέχθηκε η πλατφόρμα μοντέλων ΟΥ InVEST (Sharp et al., 2016). Πρόκειται για ένα σύνολο μοντέλων τα οποία στηρίζονται στην προσέγγιση της συνάρτησης οικολογικής παραγωγής για τη χαρτογράφηση και αξιολόγηση μιας ευρείας ομάδας ΟΥ (Tallis and Polasky, 2009). Στη διεθνή βιβλιογραφία οι αναφορές στο InVEST σε άρθρα έρευνας δημοσιευμένων σε περιοδικά κριτών, ανέρχονται σε 249 για το χρονικό διάστημα 2012-2016 (Scopus, 2016). Το λογισμικό έχει αξιολογηθεί από την Υπηρεσία Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (2016) ως αξιόπιστο αλλά και υψηλών απαιτήσεων εργαλείο για τη χαρτογράφηση και ανάλυση των ΟΥ.

Για την κατανόηση του τρόπου λειτουργίας του λογισμικού και των απαιτήσεων των επιμέρους μοντέλων εκτίμησης οικοσυστημικών υπηρεσιών οικοσυστημάτων της χέρσου πραγματοποιήθηκαν δύο στάδια δοκιμών. Στο πρώτο στάδιο, έγινε δοκιμαστική εκτέλεση μοντέλων χαρτογράφησης ΟΥ αξιοποιώντας τα βοηθητικά δεδομένα που παρείχε η ομάδα ανάπτυξης του InVEST. Με το πέρας των δοκιμών επιλέχθηκαν οι υπηρεσίες που εξετάστηκαν κατά τη διάρκεια του πρώτου σταδίου με βάση τη διαθεσιμότητα των δεδομένων για την περιοχή μελέτης και την καταλληλότητα των μοντέλων της κλίμακας εργασίας. Στο δεύτερο στάδιο, επίσης έγιναν δοκιμές με γεωχωρικά δεδομένα από την περιοχή μελέτης, σε περιορισμένη έκταση και με τυχαίες παραδοχές παραμέτρων, προκειμένου να ελεγχθεί η συμβατότητα και η καταλληλότητά τους με τις απαιτήσεις του λογισμικού. Τα δεδομένα αυτά προήλθαν από διατεμαχισμούς, αποκοπές και μετατροπές συνόλων γεωχωρικών δεδομένων και ο έλεγχος συμβατότητάς τους με το InVEST αποδείχθηκε επιβεβλημένος. Στο ίδιο στάδιο, καταγράφηκαν οι ακριβείς απαιτήσεις των παραμέτρων που απαιτούνταν ώστε να κατηγοριοποιηθούν αναλόγως στη διαδικασία συλλογής δεδομένων. Οι δοκιμαστικές εκτιμήσεις πραγματοποιήθηκαν με την έκδοση InVEST 3.2.0 και οι κύριες με την έκδοση 3.3.0. Με βάση τα όσα προαναφέρθηκαν

προηγούμενως και μετά την ολοκλήρωση των δοκιμών, αποφασίσθηκε ότι στο ερευνητικό και αναλυτικό τμήμα της διατριβής θα εξετασθούν οι υπηρεσίες της αναψυχής, της επικοινωνίας, της αποθήκευσης άνθρακα και της υποστήριξης βιοποικιλότητας (ποιότητα οικοτόπου).

3.2.5 Διαθεσιμότητα δεδομένων

Η πληροφορία κάλυψης γης χρησιμοποιήθηκε ως πληροφορία υποκατάστασης των φυσικών χαρακτηριστικών του τοπίου και για το σκοπό αυτό αξιοποιήθηκαν το διανυσματικό και το πλεγματικό αρχείο του Corine Land Cover 2006 (CLC) . Το CLC έχει χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα στη χαρτογράφηση ΟΥ (Burkhard, et al. 2009, Burkhard et al. 2012), στη διαχρονική μελέτη των μεταβολών κάλυψης γης και παροχής ΟΥ (Feranec et al., 2007, Kroll et al. 2012) και στη μελέτη της σχέσης μεταξύ αλλαγών χρήσης γης και βιοποικιλότητας (Falcucci, Maiorano and Boitani, 2007). Η ίδια πληροφορία χρησιμοποιήθηκε κατά το στάδιο ανάλυσης των αποτελεσμάτων και για τη δημιουργία ορίου περιοχής μελέτης.

Για την εκτέλεση του μοντέλου επικοινωνίας χρησιμοποιήθηκε ως αντιπροσωπευτικό είδος το *Bombus terrestris ssp. dalmatinus* Dalla Torre 1882, το μοναδικό είδος βομβίνων που έχει ως κέντρο εξάπλωσης τη Μεσόγειο και χαρακτηρίζεται ως είδος ευρείας εξάπλωσης (Goulson, et al., 2002). Απαντάται στη νοτιοανατολική Γαλλία, στη βόρειο Ιταλία, στη Βαλκανική, στην Ανατολία, τον Καύκασο, το βόρειο Ιράν, στα νότια Ουράλια και στην οροσειρά Αλτάι (Rasmont, Michez, and De Meulemeester, 2008). Το έντομο χρησιμοποιείται εμπορικά για την επικοινωνία θερμοκηπιακών καλλιεργειών, κυρίως ντομάτας. Ελεύθερο στη φύση και κατά τη διάρκεια του χειμώνα εξαρτάται άμεσα από τη βοσκή ανθών κουμαριάς και η εμφάνιση βασιλισσών στις αποικίες εμφανίζει συγχρονισμό με την άνθιση αυτής. Σε συνθήκες εργαστηρίου δείχνει ισχυρή προτίμηση σε ιτιές και σε κράμβες (Rasmont, et al., 2005).

Για την εκτέλεση του μοντέλου άνθρακα χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα και οι συντελεστές μετατροπής που δίνονται στις οδηγίες εκπόνησης εθνικών απογραφών αερίων του θερμοκηπίου της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC, 2006).

Για την εκτέλεση του μοντέλου της αναψυχής χρησιμοποιήθηκαν οι γεωκωδικοποιημένες εικόνες της εφαρμογής διαμοιρασμού περιεχομένου flickr έτους 2005-2014 οι οποίες προσπελάστηκαν από το μοντέλο αναψυχής του InVEST. Η γεωγραφική θέση των εικόνων συνδυάστηκε με τα όρια των προστατευόμενων περιοχών του Δικτύου Natura 2000.

3.2.6 Επικουρικά εργαλεία

Για τη γεωχωρική ανάλυση και χωρική παρουσίαση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών ArcGIS 10.2.2. και Manifold GIS 8.0.15. Για την περιγραφική ανάλυση και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων σε πίνακες και σχήματα χρησιμοποιήθηκε το υπολογιστικό φύλλο Excel 2013.

3.2.7 Γλώσσα και τοπικές ρυθμίσεις

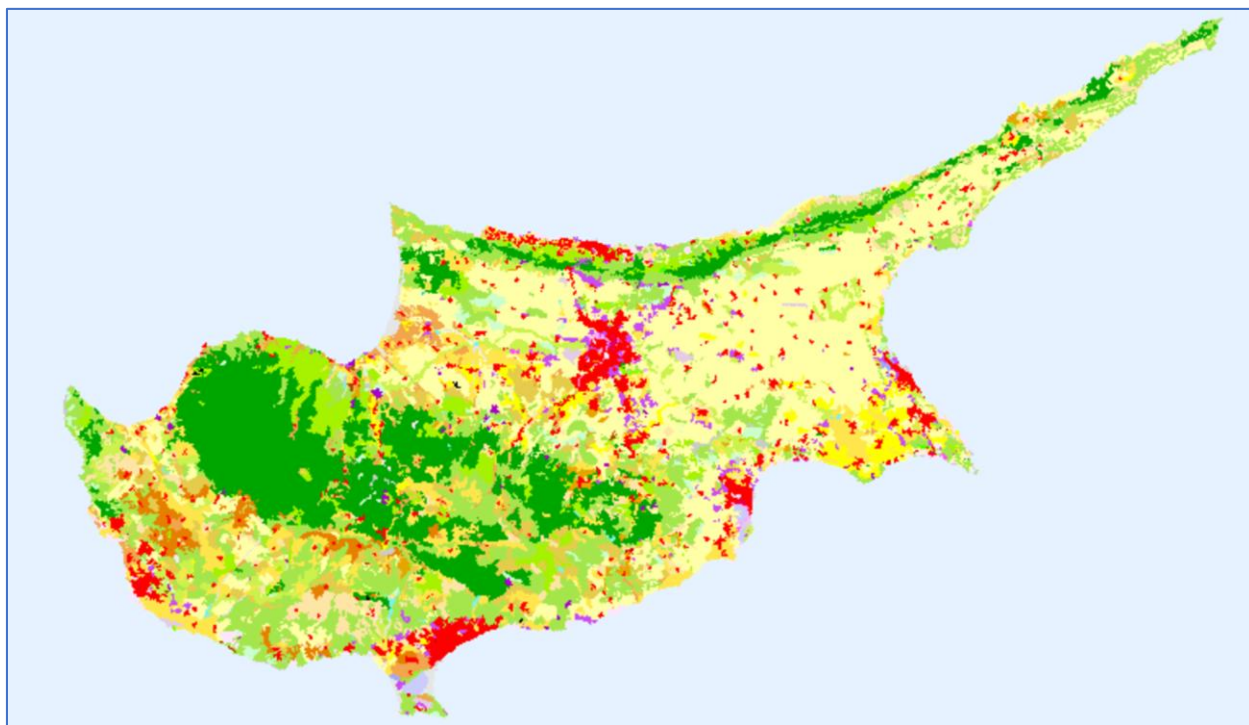
Όλοι οι πίνακες, τα πεδία και οι τιμές των περιγραφικών και των γεωχωρικών δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για ανάλυση στο InVEST και στα επικουρικά εργαλεία,

συντάχθηκαν στο αγγλικό αλφάβητο και για λόγους επιστημονικής ορθότητας κρίθηκε σκόπιμο να αποδοθούν στην αγγλική γλώσσα. Επίσης σε όλα τα αριθμητικά πεδία ως δεκαδική υποδιαστολή χρησιμοποιήθηκε η τελεία λόγω των απαιτήσεων του InVEST. Η χαρτογραφική προβολή που χρησιμοποιήθηκε για όλα τα γεωχωρικά δεδομένα είναι η Παγκόσμια Εγκάρσια Μερκατορική, ζώνης 36 και Datum WGS84 (UTM zone 36 / WGS84).

3.3 Μέθοδος Συλλογής Δεδομένων

Κάλυψη γης

Οι κλάσεις κάλυψης γης του CLC 2006 λήφθηκαν σε διανυσματική και σε πλεγματική δομή από τη θέση διαμοιρασμού δεδομένων της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Περιβάλλοντος (ΕΕΑ, 2016). Επίσης λήφθηκαν τα αντίστοιχα μεταδεδομένα για την απόδοση του ορθού συμβολισμού.



Εικόνα 3.2: Δεδομένα Corine 2006 περιοχής μελέτης, απόδοση με βάση ΕΕΑ, 2016.

Καθεστώς προστασίας

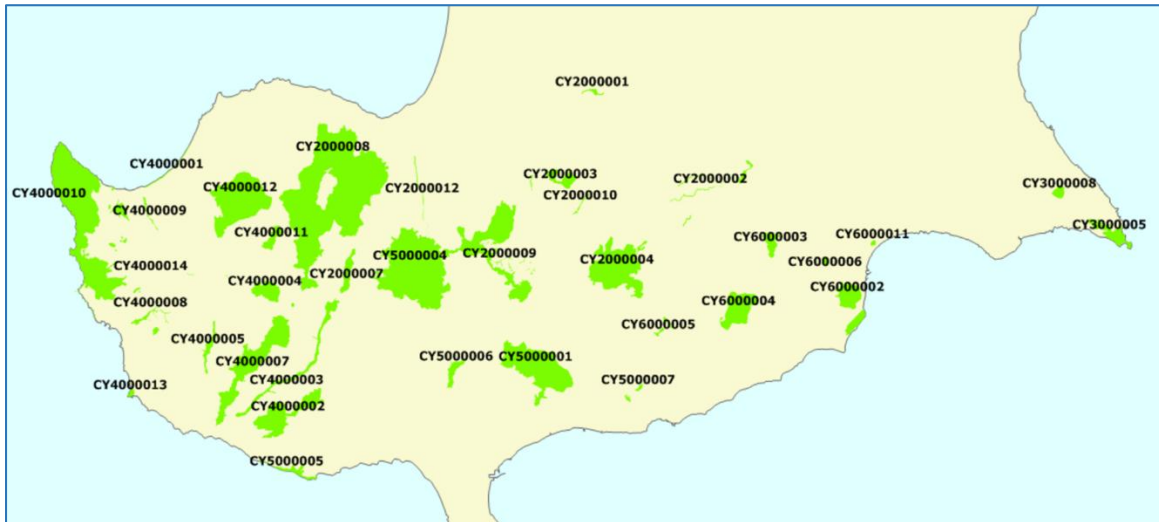
Τα όρια των περιοχών του δικτύου Natura 2000 (Εικόνα 3.3) λήφθηκαν σε διανυσματική δομή από τη θέση διαμοιρασμού δεδομένων της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Περιβάλλοντος (ΕΕΑ, 2016).

Αβιοτικό περιβάλλον

Η συλλογή εδαφολογικών πληροφοριών για την περιοχή μελέτης στηρίχτηκε στον εδαφολογικό χάρτη της Κύπρου (Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης, 1995).

Βιβλιογραφικά δεδομένα

Οι πληροφορίες που συλλέχθηκαν από τη βιβλιογραφία αξιοποιήθηκαν για τις εκτιμήσεις του στοιχειακού άνθρακα στα διαμερίσματα αποθήκευσης, για τη χωρική και εποχική κατανομή των επικονιαστικών πόρων και για τη λήψη στοιχείων βιολογίας-οικολογίας του επικονιαστή που χρησιμοποιήθηκε. Αναφέρονται στο υπόλοιπο του παρόντος κεφαλαίου και στο Παράρτημα Β.



Εικόνα 3.3: Περιοχές ενταγμένες στο δίκτυο Natura 2000, πηγή ΕΕΑ, 2016.

Τοπική γνώση

Α) Για τη εξακρίβωση της ικανότητας των κλάσεων CLC να υποστηρίζουν τους βιοτόπους, τα δεδομένα συλλέχθηκαν από προσωπική επικοινωνία (Βογιατζάκης, 2016).

Β) Για τη εξακρίβωση του δυνητικού κινδύνου των κλάσεων CLC να υποβαθμίζουν τους βιοτόπους, τα δεδομένα συλλέχθηκαν από προσωπική επικοινωνία (Βογιατζάκης, 2016).

Γ) Για τον έλεγχο της ικανότητας των κλάσεων CLC να υποστηρίζουν την παρουσία του επιλεγμένου είδους επικονιαστή, τα δεδομένα συλλέχθηκαν από προσωπική επικοινωνία (Σταυρινίδης και Βαρναβά, 2016).

3.4 Περιγραφή ερευνητικών εργαλείων

3.4.1 Μοντέλο ποιότητας βιοτόπου

Το μοντέλο ποιότητας βιοτόπου στο InVEST αντιμετωπίζει τη βιοποικιλότητα περισσότερο ως ένα χαρακτηριστικό των οικοσυστημάτων παρά ως μια υπηρεσία. Το μοντέλο θεωρεί ότι κάθε τύπος κάλυψης γης έχει μια συγκεκριμένη ικανότητα υποστήριξης της βιοποικιλότητας η οποία μπορεί να επηρεασθεί αρνητικά όταν εκτεθεί σε μία ή περισσότερες απειλές. Το InVEST αξιοποιεί την πληροφορία κάλυψης γης και τη συνδυάζει με την πληροφορία για τις απειλές της βιοποικιλότητας ώστε να δημιουργήσει χάρτες

ποιότητας βιοτόπων. Οι τύποι κάλυψης εισάγονται σε μορφή πλεγματού αρχείου με γνωστό το μοναδικό αριθμό κάθε τύπου. Οι απειλές προσδιορίζονται κατά την ανάλυση (δεν υπάρχει περιορισμός στο πλήθος) και κάθε απειλή χαρτογραφείται επίσης σε ένα πλεγματού αρχείο, γεωμετρικά παρόμοιο με το πλεγματού αρχείο των τύπων κάλυψης γης. Η μεταξύ τους σύνδεση επιτυγχάνεται με έναν πίνακα όπου συνδέονται οι απειλές με τους τύπους κάλυψης γης προκειμένου να ορισθεί με μια σχετική κλίμακα τιμών 0-1 η ευαισθησία κάθε τύπου κάλυψης σε κάθε απειλή (Πίνακας 3.1 **Error! Reference source not found.**). Σε ένα δεύτερο πίνακα περιγράφονται οι απειλές με όρους σχετικής σημαντικότητας, απόστασης και τύπου εξασθένησης (Πίνακας 3.2).

Πίνακας 3.1: Παράδειγμα πίνακα κάλυψης γης όπου προσδιορίζεται η ικανότητα του δάσους να υποστηρίζει τη βιοποικιλότητα και η ευαισθησία του στη γεωργία, στην παρουσία οδικού δικτύου και στην ύπαρξη δομημένου περιβάλλοντος.

LULC	NAME	HABITAT	L_AGR	L_ROAD	L_URB
1	Forest	1	0,4	0,6	1

Κωδικός κάλυψης γης
Περιγραφή κάλυψης γης
Ικανότητα τύπου κάλυψης να στηρίζει τη βιοποικιλότητα
Ευαισθησία στη γεωργία
Ευαισθησία στην κατάτμηση οδ. δικτύου
Ευαισθησία στο δομημένο περιβάλλον

Πίνακας 3.2: Πίνακας απειλών.

THREAT	MAX_DIST	WEIGHT	DECAY
AGR	1	0.3	linear

Κωδική ονομασία απειλής
Η απόσταση (km) εξασθένησης. Μετά από αυτή οι συνέπειες της απειλής είναι μηδενικές
Η σημαντικότητα των συνεπειών της απειλής σε σχέση με τις υπόλοιπες
Ο τύπος εξασθένησης σε σχέση με την απόσταση

Έστω α_{ik} το σκορ της απειλής i σε κάθε κελί k . Η επίπτωση της απειλής μετριάζεται από τέσσερις παράγοντες:

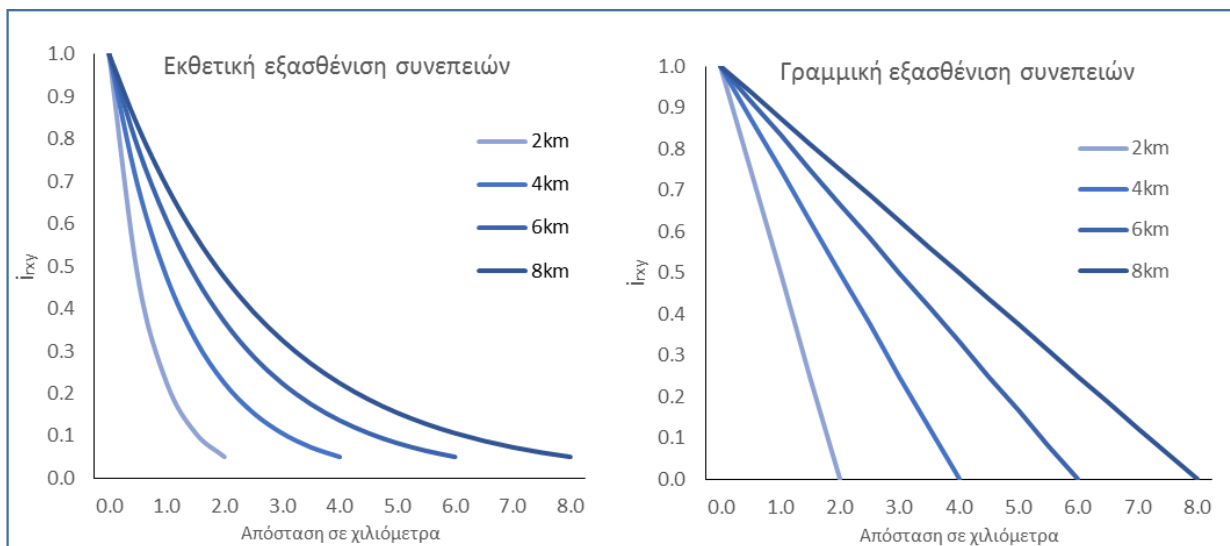
1. *Σχετική επίπτωση απειλής*: Κάποιες από τις απειλές που λαμβάνονται υπόψη, είναι σε θέση να υποβαθμίσουν δυνητικά το βιότοπο σε διαφορετικό βαθμό. Η βαρύτητα της απειλής i είναι w_i και μπορεί να λάβει τιμές από 0 έως 1 (με ενδιάμεσες δεκαδικές τιμές χωρίς περιορισμό στο πλήθος των δεκαδικών ψηφίων). Ο ορισμός της βαρύτητας είναι σχετικός, έτσι εάν η εντατική γεωργία οριστεί με βαρύτητα 1 και το δομημένο περιβάλλον οριστεί με βαρύτητα 0,5, αυτό σημαίνει ότι η γεωργία αναμένεται να επιφέρει αρνητικές επιπτώσεις (υποβάθμιση) στους βιότοπους σε διπλάσιο βαθμό από ότι το ανθρωπογενές περιβάλλον.
2. *Απόσταση απειλής – ενδιαιτήματος*: Οι συνέπειες της απειλής σε ένα βιότοπο συναρτώνται από την απόσταση μεταξύ θέσης απειλής και ενδιαιτήματος: όσο

αυξάνεται η απόσταση μειώνεται η υποβάθμιση που προκαλείται, επομένως τα κελιά του πλεγματοειδούς αρχείου που βρίσκονται εγγύτερα στην απειλή α θα υποστούν μεγαλύτερη υποβάθμιση από εκείνα που βρίσκονται σε μεγαλύτερη απόσταση. Η παράμετρος της απόστασης δηλώνει τον ρυθμό εξασθένησης των συνεπειών της απειλής (σε συνάρτηση με την απόσταση), ο οποίος μπορεί να είναι γραμμικός ή εκθετικός. Η συνέπεια της απειλής r που προέρχεται από τη θέση y , r_y , σε ένα κελί βιοτόπου x είναι i_{rxy} και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\text{Για γραμμική εξασθένηση: } i_{rxy} = 1 - \left(\frac{d_{xy}}{d_{r \max}}\right) \quad [3.1]$$

$$\text{Για εκθετική εξασθένηση: } i_{rxy} = \exp\left(-\left(\frac{2,99}{d_{r \max}}\right) d_{xy}\right) \quad [3.2]$$

Όπου: d_{xy} η ευθεία απόσταση μεταξύ x και y και $d_{r \max}$ η απόσταση στην οποία μηδενίζονται οι συνέπειες της απειλής r . Η μεταβολή των συνεπειών i της απειλής r δίνεται στο Σχήμα 3.5 για την περίπτωση της γραμμικής και για την περίπτωση της εκθετικής εξασθένησης.



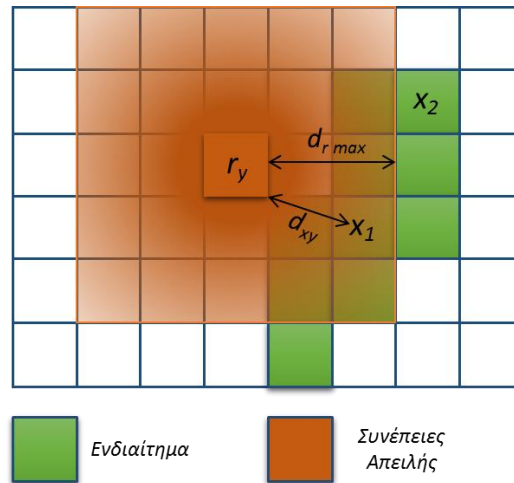
Σχήμα 3.5: Διαγράμματα εξασθένησης συνεπειών. Αριστερά: εκθετική εξασθένηση συνεπειών για τέσσερις περιπτώσεις απόστασης μηδενισμού. Δεξιά: η γραμμική εξασθένηση έχει ως αποτέλεσμα την εντονότερη διαφοροποίηση των συνέπειών. Τα διαγράμματα παρήχθησαν από τους τύπους 3.1 και 3.2.

Εφόσον κατά τον υπολογισμό των συνεπειών, για ένα τυχαίο κελί x , ισχύει ότι $i_{rxy} > 0$, τότε αυτό το κελί βρίσκεται εντός της ζώνης υποβάθμισης που προκαλείται από το κελί r_y .

3. **Καθεστώς προστασίας:** Η προστασία του τοπίου διαμέσου του μετριασμού των συνεπειών των απειλών μπορεί να είναι θεσμική (π.χ. προστατευόμενες περιοχές), φυσική (π.χ. θέσεις σε μεγάλα υψόμετρα ή σε απόκρημνες πλαγιές), νομική ή κοινωνική. Το μοντέλο υιοθετεί τη λογική ότι όσο προστατευμένο περισσότερο είναι (περιορισμένη πρόσβαση) ένα κελί τόσο λιγότερο επηρεάζεται από τις γειτονικές απειλές, ανεξάρτητα από το είδος τους. Εάν, το επίπεδο πρόσβασης μιας απειλής στη θέση x είναι $\beta_x \in [0,1]$ όπου η τιμή 1 δηλώνει πλήρη πρόσβαση, τότε καθώς

μειώνεται το β_x , θα μειώνονται επίσης με γραμμικό τρόπο οι συνέπειες της απειλής στη θέση x .

4. *Σχετική ευαισθησία ενδιαιτημάτων*: Έστω $S_{jr} \in [0,1]$ η σχετική ευαισθησία του ενδιαιτηματος j στην απειλή r , όπου η τιμή 1 δηλώνει μέγιστη ευαισθησία. Το μοντέλο κάνει την παραδοχή ότι όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή S_{jr} τόσο θα αυξάνεται η υποβάθμιση του j από την απειλή r .



Σχήμα 3.6: Σχηματική αναπαράσταση μοντέλου ποιότητας βιοτόπους κατά Talis and Polaski, 2010.

Η υποβάθμιση που επιφέρει η απειλή r στο κελί x του ενδιαιτηματος j δίνεται από τον ακόλουθο τύπο 3:

$$D_{xj} = \sum_{r=1}^R \sum_{y=1}^{Y_r} \left(\frac{w_r}{\sum_{r=1}^R w_r} \right) r_y i_{rxy} \beta_x S_{jr} \quad [3.3]$$

Όπου:

D_{xj}	ο βαθμός υποβάθμισης απειλής r	i_{rxy}	η συνέπεια της απειλής r που προέρχεται από τη θέση y στη θέση x .
w_r	η σχετική επίπτωση της απειλής r	β_x	το επίπεδο πρόσβασης των απειλών στη θέση x .
r_y	η συνέπεια της απειλής r που προέρχεται από τη θέση y .	S_{jr}	η σχετική ευαισθησία του ενδιαιτηματος j έναντι της απειλής r .
y	όλα τα κελιά του πλεγματού χάρτη	Y_r	υποσύνολο κελιών του πλεγματού χάρτη r

Από την εκτέλεση του μοντέλου ποιότητας βιοτόπου, προκύπτει ένα πλεγματού αρχείο όπου σε κάθε ψηφίδα έχει αποδοθεί μια τιμή 0-1 που αποδίδει την ποιότητα του βιοτόπου με βάση την ικανότητα κάλυψης γης να υποστηρίζει τη βιοποικιλότητα και σε συνδυασμό με τις πραγματικές απειλές στις οποίες είναι εκτεθειμένη κάθε ψηφίδα.

3.4.2 Μοντέλο επικοινωνίας

Η χαρτογράφηση της αφθονίας των επικοινωνιστών και των καλλιεργειών που τις έχουν ανάγκη (Παράρτημα Γ), βοηθά στην πρόβλεψη των συνεπειών από τη λήψη αποφάσεων και τη χάραξη πολιτικών στις υπηρεσίες επικοινωνίας και στο γεωργικό εισόδημα. Οι αγρότες μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτούς τους χάρτες για να χωροθετήσουν τις

καλλιέργειές τους έξυπνα με βάση τις ανάγκες τους σε επικονίαση και τη διαθεσιμότητα των επικονιαστών. Τα σχέδια διατήρησης φύσης μπορούν να επωφεληθούν από τις πληροφορίες αυτές ώστε οι προτεινόμενες δράσεις και επενδύσεις να ωφελούν ταυτόχρονα τη γεωργία και τη βιοποικιλότητα. Το InVEST εξετάζει την επικονίαση με βάση τους επικονιαστές άγριας φύσης και όχι με βάση τους πληθυσμούς των μελισσών που διατηρούνται σε κυψέλες από μελισσοκόμους. Το μοντέλο βασίζεται στην παραδοχή ότι η παρουσία επικονιαστών στη φύση εξαρτάται α) από τη διαθεσιμότητα χώρων κατάλληλων για φωλεοποίηση, και β) από τη διαθεσιμότητα τροφής (άνθη). Ο συνδυασμός αυτών των δύο παραμέτρων αξιοποιείται για τη δημιουργία χαρτών παρουσίας επικονιαστών κατά μήκος του τοπίου. Στη συνέχεια, ο χάρτης παρουσίας επικονιαστών χρησιμοποιείται εκ νέου σε συνδυασμό με την ακτίνα πτήσης για να εκτιμηθεί ο αριθμός των επικονιαστών που πιθανά να επισκεφθεί κάθε τμήμα (κελί) της γεωργικής γης. Για την αποτίμηση της υπηρεσίας, εφαρμόζεται μια συνάρτηση απόδοσης σε κάθε κελί της γεωργικής γης για να μεταφραστεί η παρουσία επικονιαστών σε αξία καλλιέργειας και στη συνέχεια αποδίδονται οι τιμές αυτές στα κελιά που παρέχουν τους επικονιαστές (χάρτες παρουσίας επικονιαστών).

Το μοντέλο απαιτεί την πληροφορία της κάλυψης γης ώστε να είναι εφικτή η εκτίμηση της δυνατότητας φωλεοποίησης και η διαθεσιμότητα της τροφής (ανθικοί πόροι) ανά τύπο κάλυψης γης. Η χωρική πληροφορία πρέπει να δίνεται σε πλεγματική δομή αρχείου (raster) συμβατή με το πρότυπο αναπαράστασης γεωχωρικών δεδομένων GDAL (*Geospatial Data Abstraction Library*). Η τιμή κάθε ψηφίδας πρέπει να είναι γνωστή και μοναδική για κάθε τύπο κάλυψης. Στη συνέχεια, απαιτείται η δημιουργία ενός πίνακα συσχέτισης όπου κάθε τύπος κάλυψης γης μέσω της μοναδικής του τιμής, συσχετίζεται με αυτές τις παραμέτρους (Παράρτημα Β) οι οποίες λαμβάνουν τιμές 0-1 με επιτρεπτή τη χρήση δεκαδικών ψηφίων. Τα δεδομένα αυτά μπορεί να συλλεχθούν με βάση έρευνα πεδίου ή γνώμη ειδικών. Η διαθεσιμότητα των ανθικών πόρων μπορεί να εξετασθεί για διαφορετικές εποχές ενώ προτείνεται (εάν αυτό έχει σημασία με βάση τις πραγματικές συνθήκες) η στρωμάτωση των περιοχών σύμφωνα με τη δυνατότητα φωλεοποίησης των συντεχνιών επικονιαστών (π.χ. έντομα που φωλεοποιούν στο εδάφος, έντομα που φωλεοποιούν σε κοιλάτες κορμών δένδρων κλπ). Ως συντεχνία (guild) ορίζεται ένα σύνολο οργανισμών που εκμεταλλεύονται ίδιους ή παρόμοιους περιβαλλοντικούς πόρους με παρόμοιο τρόπο (Rathcke, 1976). Τέλος απαιτείται η ακτίνα πτήσης για την αναζήτηση τροφής ανά είδος ή συντεχνία (εύρος βοσκής). Η απόσταση πτήσης των επικονιαστών επηρεάζει την παρουσία τους στο τοπίο και το επίπεδο της υπηρεσίας που παρέχουν στις καλλιέργειες, καθώς όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση πτήσης τόσο μεγαλύτερη η πιθανότητα παροχής της υπηρεσίας στις απομακρυσμένες θέσεις. Το μοντέλο εκτιμά το βαθμό παρουσίας κάθε είδους επικονιαστή σε κάθε κελί με βάση τη φωλεοποίηση και την τροφή, όπως επίσης και στα γειτονικά κελιά με βάση τη μέση ακτίνα πτήσης. Το αποτέλεσμα είναι ένας χάρτης παρουσίας με τιμές 0-1 που αναπαριστά τους πόρους επικονίασης (παροχή) και όχι τις υπηρεσίες, για τον υπολογισμό των οποίων απαιτείται και η ζήτηση (γεωργικές καλλιέργειες).

Για την εκτίμηση των επικονιαστικών υπηρεσιών, συνδυάζεται ο χάρτης των επικονιαστικών πόρων με την ακτίνα πτήσης και υπολογίζεται ένας δείκτης επίσκεψης επικονιαστών σε κελιά που αντιστοιχούν σε καλλιέργειες. Το αποτέλεσμα είναι ένας χάρτης

παροχής της υπηρεσίας στις θέσεις ζήτησης, δηλαδή στα κελιά του αρχείου κάλυψης γης που αντιστοιχεί σε γεωργικές επιφάνειες.

Η αποτίμηση της υπηρεσίας γίνεται με βάση μια απλή συνάρτηση κορεσμού: όσο αυξάνει η παροχή υπηρεσίας σε ένα κελί γεωργικής γης αυξάνει και η απόδοση της παραγωγής. Εάν ζητηθεί, στη συνάρτηση συνυπολογίζεται ο βαθμός εξάρτησης της γονιμοποίησης του φυτού από επικονιαστές (τιμή 1 εάν εξαρτάται αποκλειστικά από συντεχνίες επικονιαστών και 0 εάν εξαρτάται αποκλειστικά από τον άνεμο). Επίσης λαμβάνεται υπόψη ο βαθμός παρουσίας επικονιαστών για να επιτευχθεί το 50% της παραγωγής που εξαρτάται από την επικονίαση.

3.4.3 Μοντέλο αναψυχής

Το μοντέλο αναψυχής εξετάζει τη χωρική και εποχική επισκεψιμότητα ενός τόπου και επιτρέπει την αναζήτηση συσχετίσεων με βάση τα χαρακτηριστικά του. Η προσέγγιση αυτή επιχειρεί να αντιμετωπίσει τη δυσκολία και το υψηλό κόστος της επί τόπου συλλογής δεδομένων για το πλήθος των επισκεπτών, στοιχεία που αντικαθίστανται από το συνολικό κατά έτος αριθμό εικόνων που μεταφορτώνονται στη διαδικτυακή εφαρμογή διαμοιρασμού περιεχομένου flickr. Η χρήση των δεδομένων υποκατάστασης βασίζεται στη στατιστική παρατήρηση ότι ο αριθμός των επισκεπτών που επισκέπτονται ένα μέρος ανά έτος συσχετίζεται με τον αριθμό των φωτογραφιών που μεταφορτώνονται στη βάση δεδομένων του flickr.

Κάθε άτομο που μεταφορτώνει γεωκωδικοποιημένες εικόνες θεωρείται για το μοντέλο ως ένας μοναδικός επισκέπτης και κάθε ημέρα επίσκεψης στο τοπίο τεκμηριώνεται από την ύπαρξη μίας τουλάχιστο εικόνας ανά ημέρα. Η μοναδικότητα του ατόμου αποδεικνύεται από το όνομα του χρήστη στο flickr και η διάκριση του τόπου προκύπτει από ένα κανονικό πλέγμα κελιών (κάνναβος) που δημιουργείται από το μοντέλο με παραμέτρους που ορίζει ο αναλυτής. Το μοντέλο καταμετρά ανά κελί τον αριθμό των χρηστών που έχουν μεταφορτώσει μια τουλάχιστο εικόνα ανά ημέρα, μέγεθος που καλείται φωτοημέρα (*PhotoUserDay - PUD*). Έτσι για μια περιοχή (δηλαδή για το κελί του καννάβου x_i) ο αριθμός φωτοημερών ορίζεται ως το πλήθος των χρηστών X που την ημέρα H μεταφόρτωσαν ο καθένας τουλάχιστο μία εικόνα που είχε ληφθεί στη θέση x_i). Η ανάλυση μπορεί να εκτελεσθεί για οποιοδήποτε χρονικό διάστημα μεταξύ 2005-2014 με δυνατότητα ορισμού χρονικού υποσυνόλου σε επίπεδο έτους. Το αποτέλεσμα είναι ένας κάνναβος ίδιων διαστάσεων με τον αρχικό, όπου σε κάθε κελί έχει αποδοθεί ο μέσος ετήσιος αριθμός φωτοημερών (*PUD_YR_AVG*). Οι υπολογισμοί εκτελούνται σε έναν εξυπηρετητή (*server*) που διαθέτει το Natural Capital Project και τα αποτελέσματα επιστρέφονται στον αναλυτή μέσω διαδικτύου μέσα από το περιβάλλον εργασίας του μοντέλου αναψυχής.

Για την εκτέλεση του μοντέλου απαιτείται ο ορισμός των ακόλουθων παραμέτρων:

- *Area of Interest*: Η περιοχή ενδιαφέροντος ορίζεται με ένα πολύγωνο σε μορφή αρχείου shapfile. Απαιτείται προσοχή ώστε τα όρια της περιοχής να σχεδιασθούν με τρόπο ώστε να συμπεριληφθούν και οι ακραίες θέσεις φωτοημερών.
- *Start Year and End Year*: Η χρονική περίοδος μελέτης σε έτη. Το μέγιστο εύρος είναι (στην έκδοση InVEST 3.3.0) είναι 2005 έως 2014.

- *Grid Type*: Η γεωμετρία των κελιών του καννάβου, μπορεί να αναφέρεται σε ορθογώνιο τετράγωνο ή σε κανονικό εξάγωνο.
- *Grid Size*: Το μέγεθος των κελιών του καννάβου εκφρασμένο σε μονάδες ίδιες με εκείνες του προβολικού συστήματος της περιοχής μελέτης. Εάν το κελί του καννάβου είναι τετράγωνο αναφέρεται στο μήκος πλευράς, εάν είναι εξάγωνο αναφέρεται στη διάμετρο.

Η εκτέλεση του μοντέλου θα παράξει τα εξής αποτελέσματα:

- *PUD_YR_AVG*: Διανυσματικό αρχείο με πολύγωνα πανομοιότυπης μορφής με εκείνα του καννάβου. Το αρχείο απεικονίζει την κατανάλωση της υπηρεσίας δηλαδή τη ζήτηση της αναψυχής. Ο πίνακας των ιδιοτήτων θα περιέχει τα εξής πεδία για κάθε κελί καννάβου:
 - *poly_id*: μοναδικός αριθμός αναγνώρισης κάθε κελιού.
 - *PUD_YR_AVG*: μέσος ετήσιος αριθμός φωτοημερών κελιών
 - *PUD_month*: μέσος μηνιαίος αριθμός φωτοημερών.
- *monthly_table.csv*: αρχείο κειμένου κατάλληλο για τη μηνιαία ανάλυση της εποχικότητας. Για κάθε κελί του καννάβου δίνονται ο μοναδικός αριθμός του κελιού και ο αριθμός φωτοημερών για κάθε μήνα κάθε έτους.

3.4.4 Μοντέλο αποθήκευσης άνθρακα

Τα φυσικά συστήματα ρυθμίζουν το κλίμα της γης προσθέτοντας και αφαιρώντας αέρια του θερμοκηπίου όπως το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο (CH₄), το υποξείδιο (N₂O) και τα οξείδια του αζώτου NO_x, μέσα από ένα πλήθος διεργασιών που λαμβάνουν χώρα στην υδρόσφαιρα, τη λιθόσφαιρα και την ατμόσφαιρα. Η αποθήκευση και η διατήρηση του άνθρακα στο έδαφος και στη βιομάζα, αποτρέπει την απελευθέρωσή του στην ατμόσφαιρα όπου εκεί θα συνεισφερε στη κλιματική αλλαγή (Sharp, et al., 2015). Εκτός από την αποθήκευση του άνθρακα πολλά οικοσυστήματα συνεισφέρουν στην δέσμευση CO₂ από την ατμόσφαιρα συσσωρεύοντάς το με την πάροδο του χρόνου στα φυτά και στο έδαφος. Ο ρόλος του εδάφους στην αποθήκευση άνθρακα είναι εξαιρετικά σημαντικός δεδομένου ότι η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα εκτιμάται σε 770 Pg, η ποσότητα του άνθρακα που βρίσκεται στο έδαφος σε 2.300Pg και η ποσότητα που αποθηκεύεται στη βιόσφαιρα σε 610 Pg (Lal, 2002).

Το μοντέλο του InVEST μελετά την αποθήκευση και τη δέσμευση του άνθρακα και διακρίνει έως πέντε διαμερίσματα (δεξαμενές) άνθρακα:

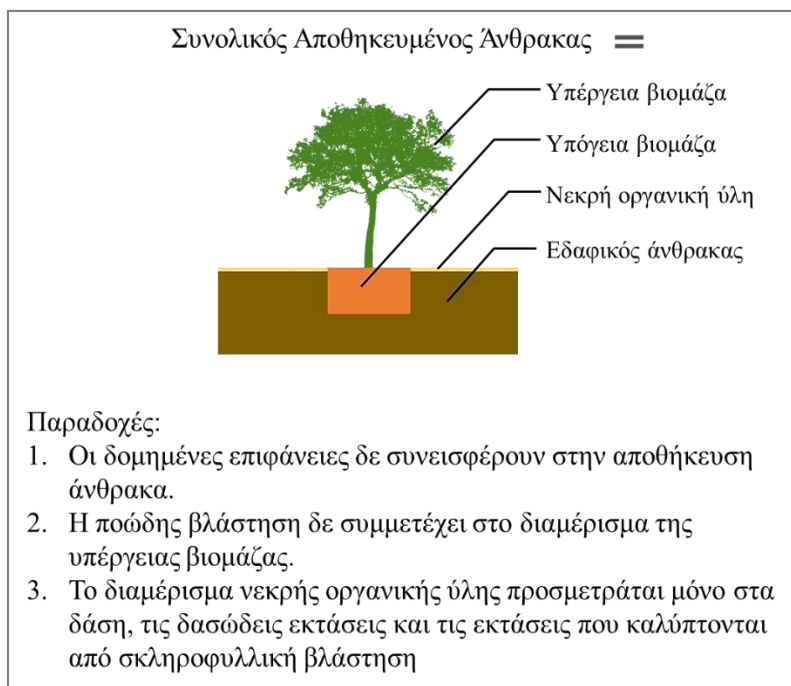
1. Υπέργεια βιομάζα: περιλαμβάνει όλη τη βιομάζα που βρίσκεται στο υπέργειο τμήμα των ζωντανών φυτών.
2. Υπόγεια βιομάζα: περιλαμβάνει το σύνολο του ριζικού συστήματος των φυτών και των συμβιωτικών οργανισμών.
3. Εδαφικός άνθρακας: Ο άνθρακας που βρίσκεται στο έδαφος.
4. Νεκρή οργανική ύλη: περιλαμβάνει τη νεκρή οργανική ύλη που βρίσκεται συσσωρευμένη στην επιφάνεια του εδάφους, όπως επίσης και τα καμένα και ιστάμενα νεκρά ξυλώδη φυτά.

5. Παραγωγή ξυλείας: περιλαμβάνει τα ξυλώδη δασικά προϊόντα που συγκομίζονται (καυσόξυλα, ξυλοκάρβουνο, πριστή ξυλεία κλπ).

Για κάθε τμήμα της επιφάνειας του εδάφους, όπως αυτό αναπαρίσταται από ένα κωδικοποιημένο πλεγματοκό αρχείο κάλυψης γης, υπολογίζεται ο αποθηκευμένος άνθρακας στα τέσσερα πρώτα διαμερίσματα. Το πλεγματοκό αρχείο συσχετίζεται με ένα αρχείο κειμένου οριοθετημένο με κόμμα, (csv) όπου έχουν προστεθεί τέσσερα πεδία που αντιστοιχούν στις τέσσερις δεξαμενές άνθρακα. Κάθε πεδίο περιλαμβάνει την ποσότητα άνθρακα που βρίσκεται αποθηκευμένη στο συγκεκριμένο τύπο κάλυψης γης και για κάθε διαμέρισμα. Αν ο χρήστης τροφοδοτήσει το μοντέλο με ένα πλεγματοκό αρχείο παρούσας κάλυψης γης και ταυτόχρονα με ένα δεύτερο αρχείο μελλοντικής κάλυψης γης, το μοντέλο μπορεί να υπολογίσει την καθαρή μεταβολή στη διάρκεια του χρόνου (συσσώρευση ή απώλεια) και στη συνέχεια την αξία (κοινωνική ή χρηματιστηριακή κλπ) του άνθρακα. Το μελλοντικό σενάριο μπορεί να αντικατοπτρίζει:

1. Μεταβολές στην κάλυψη γης λόγω αποφάσεων που σχετίζονται με τη χωροταξία.
2. Μεταβολές στη χωρητικότητα των διαμερισμάτων άνθρακα λόγω μεταβολής των οικοσυστημάτων (υποβάθμιση ή διαδοχή). Με αυτό τον τρόπο μπορεί να αποδοθούν οι μεταβολές που οφείλονται στην ωρίμανση των δασών (κάτι που μεταφράζεται ως αύξηση της υπέργειας και της υπόγειας βιομάζας) ή στις συνέπειες των πιέσεων και των απειλών στις οποίες υπόκεινται τα φυσικά συστήματα (πυρκαγιές, ασθένειες, επιδημίες κλπ).

Το αποτέλεσμα, είναι ένα πλεγματοκό αρχείο αποθήκευσης άνθρακα και οι υπολογισμοί αναφέρονται σε Mg C ανά ψηφίδα.



Σχήμα 3.7: Σχηματική αναπαράσταση διαμερισμάτων αποθήκευσης άνθρακα με βάση τους Sharp et al., 2016.

Για τον υπολογισμό του άνθρακα που απομακρύνεται από την ατμόσφαιρα μέσω της αφαίρεσης οργανικής ύλης υπό μορφή ξυλωδών δασικών προϊόντων (5^η δεξαμενή), απαιτείται ένα πρόσθετο διανυσματικό αρχείο με τις επιφάνειες υλοτομίας και με πληροφορίες για το δασικό προϊόν, τη συχνότητα απόληψης και το ρυθμό αποσύνθεσης των τελικών προϊόντων.

Όταν το μοντέλο εκτελείται μεταξύ δύο σεναρίων κάλυψης γης (υφιστάμενο και μελλοντικό) μπορεί να γίνει ανάλυση αβεβαιότητας εφόσον αντί μιας σταθερής τιμής ποσότητας άνθρακα ανά τύπο κάλυψης γης και διαμέρισμα, τροφοδοτηθεί με τη μέση τιμή άνθρακα (ανά κάλυψη γης και ανά διαμέρισμα) μέγεθος που αντιπροσωπεύει την αναμενόμενη ποσότητα και με την τυπική απόκλιση (του ίδιου μεγέθους) που αντιπροσωπεύει την αβεβαιότητα της εκτίμησης. Σε αυτή την περίπτωση, παράγονται επιπρόσθετα ένα πλεγματοαρχείο εμπιστοσύνης που αναπαριστά το βαθμό βεβαιότητας όσον αφορά το που θα αυξηθεί και που θα μειωθεί η αποθήκευση άνθρακα και ένα πλεγματοαρχείο τυπικής απόκλισης των ποσοτήτων άνθρακα.

Εάν ο αναλυτής επιθυμεί να εξετάσει τις επιπτώσεις της αποδάσωσης και της υποβάθμισης των δασών στην προσπάθεια για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, το μοντέλο περιλαμβάνει ανάλυση σεναρίου REDD (Reducing Emissions from Forest Degradation and Deforestation). Το REDD συνιστά ένα σχήμα μείωσης των εκπομπών με βάση το οποίο ενισχύονται οικονομικά τα αναπτυσσόμενα κράτη που μειώνουν τις εκπομπές C λόγω αποφυγής αποδάσωσης (Gibbs et al., 2007). Σε αυτή την περίπτωση απαιτούνται τρία πλεγματοαρχεία κάλυψης γης: Το υφιστάμενο, το μελλοντικό αρχείο βάσης και το μελλοντικό σενάριο REDD το οποίο αντιπροσωπεύει τη μελλοντική κάλυψη γης με βάση το σχεδιασμό και τη χάραξη πολιτικών στο πλαίσιο του REDD για τη βελτίωση τη δέσμευσης άνθρακα.

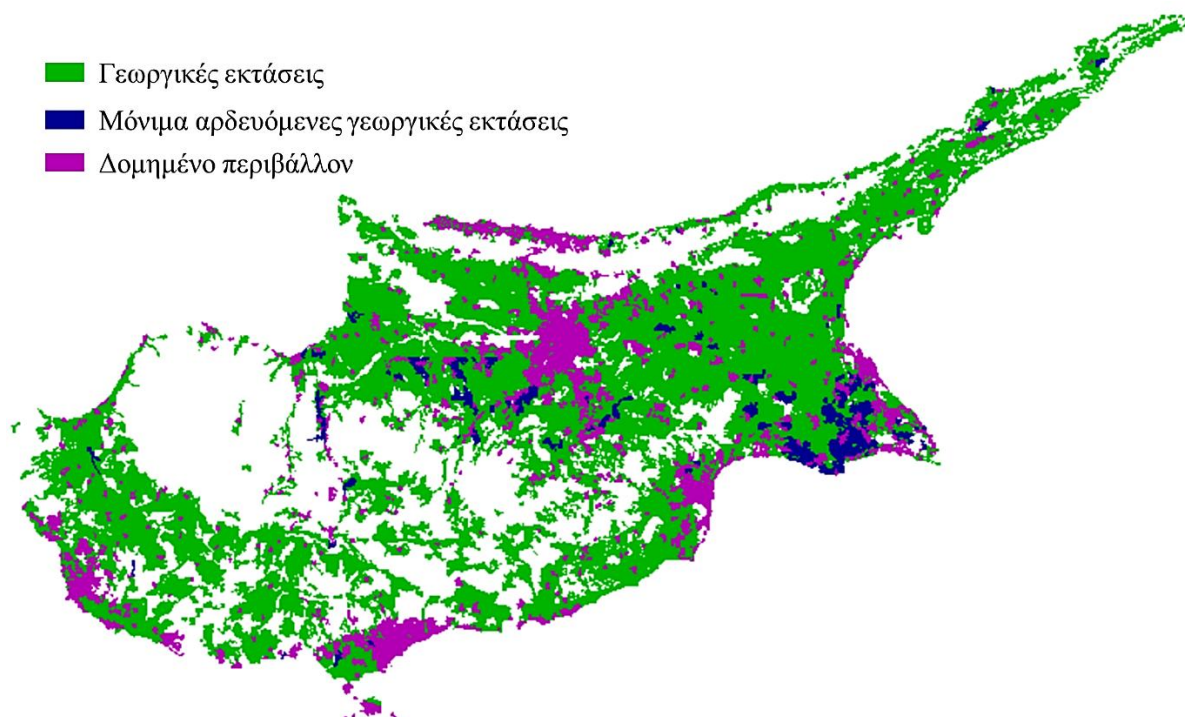
Από την εκτέλεση του μοντέλου προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

- *Tot_C_cur*: Πλεγματοαρχείο που δείχνει την ποσότητα άνθρακα που βρίσκεται αποθηκευμένη σε κάθε εικονοστοιχείο σύμφωνα με την υφιστάμενη κάλυψη γης. Η ποσότητα είναι το άθροισμα όλων των διαμερισμάτων άνθρακα, η ελάχιστη τιμή μπορεί να είναι 0 και οι μονάδες είναι Mg στοιχειακού άνθρακα.
- *Tot_C_fut*: Πλεγματοαρχείο που δείχνει την ποσότητα άνθρακα που βρίσκεται αποθηκευμένη σε κάθε εικονοστοιχείο σύμφωνα με τη μελλοντική κάλυψη γης. Η ποσότητα είναι το άθροισμα όλων των διαμερισμάτων άνθρακα, η ελάχιστη τιμή μπορεί να είναι 0 και οι μονάδες είναι Mg στοιχειακού άνθρακα.
- *Sequest*: Πλεγματοαρχείο που δείχνει τη διαφορά μεταξύ αποθηκευμένου άνθρακα σήμερα και μελλοντικά (με βάση τα αντίστοιχα αρχεία κάλυψης γης). Οι αρνητικές τιμές δηλώνουν απώλεια στις αποθηκευμένες ποσότητες άνθρακα μεταξύ χρόνου έναρξης και χρόνου λήξης και οι θετικές αύξηση.
- *Conf*: Πλεγματοαρχείο που δηλώνει τη βεβαιότητα μεταβολής των ποσοτήτων του αποθηκευμένου άνθρακα σήμερα και μελλοντικά. Οι τιμές κυμαίνονται από -1 που δηλώνει απόλυτη βεβαιότητα ότι οι ποσότητες θα μειωθούν έως 1 που δηλώνει απόλυτη βεβαιότητα ότι οι ποσότητες θα αυξηθούν.

3.5 Διαδικασία

3.5.1 Εκτέλεση μοντέλου ποιότητας οικοτόπου (δεδομένα εισόδου και παράμετροι)

Στις παραδοχές του μοντέλου τέθηκαν ως απειλές οι μόνιμα αρδευόμενες γεωργικές εκτάσεις, οι υπόλοιπες γεωργικές εκτάσεις (πλην ελαιώνων, και μικτών εκτάσεων) καθώς επίσης και το σύνολο του δομημένου και ισχυρά τροποποιημένου από τον άνθρωπο περιβάλλοντος (Εικόνα 3.4).



Εικόνα 3.4: Η κατανομή των απειλών στην περιοχή μελέτης.

Οι πίνακες απειλών και οι πίνακες κάλυψης γης που χρησιμοποιήθηκαν παρατίθενται στο Παράρτημα Β.

3.5.2 Εκτέλεση μοντέλου επικονίασης (δεδομένα εισόδου και παράμετροι)

Η εκτέλεση του μοντέλου απαιτεί αρχικά τον προσδιορισμό των συντεχνιών των ειδών, της θέσης φωλεοποίησης (π.χ. έδαφος), της εποχικότητας αναζήτησης τροφής και της ακτίνας πτήσης.

Πίνακας 3.3: Απόσπασμα πίνακα ορισμού συντεχνίας επικοινωνιστή. SPECIES το όνομα είδους ή συντεχνίας, σε μορφή κειμένου ή αριθμού, N_# η συντεχνία φωλεοποίησης για κάθε επικοινωνιστή με τιμές 0 =μη αξιοποιούμενος τύπος φωλεοποίησης) ή 1 (αξιοποιούμενος τύπος φωλεοποίησης), μπορεί να αφορά έδαφος, κοιλότητες δένδρων κλπ και μπορεί να εισαχθεί απεριόριστος αριθμός τύπων φωλεοποίησης (π.χ NS_ground, NS_cavities κλπ). FS_#: Η εποχική τροφική δραστηριότητα (0 για μηδενική δραστηριότητα ή 1 για μέγιστη). Αν δεν υπάρχει η πληροφορία εισάγεται μία στήλη για όλες τις εποχές π.χ. FS_allyear. ALPHA: Η μέση απόσταση (μέτρα) που διανύει το είδος για αναζήτηση τροφής.

SPECIES	N_grnd	N_cav	F_spr	F_sum	F_aut	F_win	Alpha
Bombus	0	1	1	1	0	0	1500

Στη συνέχεια εισάγεται η δυνατότητα κάθε κατηγορίας κάλυψης γης (κλάσεις CLC) παρέχει καταφύγιο και τροφή ανά εποχή σε κάθε συντεχνία επικοινωνιστών. Η συσχέτιση γίνεται μέσω του ψηφιακού αριθμού κάθε κελιού (DN) του CLC ο οποίος χρησιμοποιείται σε έναν πίνακα αναφοράς παρόμοιο με τον πίνακα 3.4. Τέλος υπάρχει η δυνατότητα ορισμού των κατηγοριών κάλυψης γης που αποτελούν γεωργικές εκτάσεις (εάν δεν ορισθεί το μοντέλο θα θεωρήσει ότι όλη η περιοχής μελέτης έχει ανάγκη επικοινωνιστών).

Πίνακας 3.4: Ενδεικτικός πίνακας εποχικών επικοινωνιστικών πόρων ανά κάλυψη γης. LULC: Η κωδικοποίηση των κατηγοριών κάλυψης γης (DNs). N_#: Καταλληλότητα φωλεοποίησης, τιμές από 0 έως 1 (δύο δεκαδικά). Πρέπει να υπάρχει αντιστοιχία με τον πίνακα συντεχνιών. F_#: Εποχική αφθονία τροφής, τιμές από 0 έως 1 (έως δύο δεκαδικά). Πρέπει να υπάρχει απόλυτη αντιστοιχία με τον πίνακα ειδών.

LULC	DESCRIPTION	N_ground	F_spr	F_sum	F_aut	F_wint
1	Continuous urban fabric	0	0	0	0	0
2	Discontinuous urban fabric	0.1	0.5	0.4	0.3	0.1

Αναλυτικά οι δύο πίνακες που εισήχθησαν στο μοντέλο δίνονται στο Παράρτημα Β. Για την εκτίμηση της αξίας των επικοινωνιστικών υπηρεσιών απαιτείται επίσης η σταθερά ημίσεως κορεσμού (τιμές από 0 έως 1) η οποία δηλώνει το μέγεθος αφθονίας επικοινωνιστών που απαιτείται για την επίτευξη του 50% της παραγωγής που εξαρτάται από την επικοινωνιστή. Βιβλιογραφικά προτείνεται η τιμή 0,125 (Sharp et al., 2016).

3.5.3 Εκτέλεση μοντέλου αναψυχής (δεδομένα εισόδου και παράμετροι)

Για τη δημιουργία καννάβου επιλέχθηκε κελί σχήματος εξάγωνου προκειμένου να ανταποκρίνεται καλύτερα στην ακανόνιστη μορφή του εξωτερικού περιγράμματος. Το μέγεθος του κελιού ορίστηκε σε 2χλμ (διάμετρος) μετά από διαδοχικές δοκιμές με έναρξη τη διάμετρο των 10χλμ. Για τον προσδιορισμό της επιφάνειας αναζήτησης εικόνων, το πολύγωνο της περιοχής μελέτης διευρύνθηκε σε απόσταση ίση με τη διάμετρο των κελιών του καννάβου (2χλμ) προκειμένου να συμπεριληφθούν όλες οι περιοχές πλησίον της ακτογραμμής (Χάρτης 3.1).



Χάρτης 3.1: Διευρυμένος προσδιορισμός της περιοχής μελέτης κατά 2χλμ και δημιουργία εξαγωνικού κανάβου ακτίνας 2χλμ..

Το χρονικό εύρος αναζήτησης εικόνων προσδιορίστηκε στο διάστημα 2005-2014 ώστε να αξιοποιηθεί το σύνολο των εικόνων.

3.5.4 Εκτέλεση μοντέλου αποθήκευσης άνθρακα (δεδομένα εισόδου και παράμετροι)

Η εκτέλεση του μοντέλου έγινε για τα εξής τέσσερα διαμερίσματα άνθρακα: υπέργεια βιομάζα, υπόγεια βιομάζα, εδαφικός άνθρακας, άνθρακας στη νεκρή οργανική ύλη.

Κάλυψη Γης

Πρόκειται για πλεγματοειδές αρχείο (raster) μορφής συμβατής με GDAL κωδικοποιημένο, δηλαδή η τιμή κάθε εικονοστοιχείου αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη κάλυψη γης. Απαιτείται τουλάχιστο η υφιστάμενη κατάσταση (lulc_cur), ενώ εάν πρέπει να υπολογισθεί η διαχρονική συσσώρευση άνθρακα ή η χρηματική αξία της υπηρεσίας απαιτείται και η μελλοντική κατάσταση (lulc_fut). Τα αρχεία πρέπει υποχρεωτικά να είναι σε προβολικό σύστημα του οποίου μονάδα είναι το μέτρο. Χρησιμοποιήθηκε το πλεγματοειδές αρχείο CLC ως υφιστάμενη κατάσταση.

Διαμερίσματα άνθρακα για εργασία χωρίς ανάλυση αβεβαιότητας

Αρχείο κειμένου οριοθετημένο με κόμμα (csv). Το αρχείο περιέχει την ποσότητα άνθρακα που βρίσκεται σε κάθε διαμέρισμα και σε κάθε τύπο κάλυψης γης (σε συμφωνία με το αντίστοιχο πλεγματοειδές αρχείο). Τα πεδία του αρχείου είναι:

1. C_{above}: ο άνθρακας που βρίσκεται στην υπέργεια βιομάζα, σε Mg/ha.
2. C_{below}: ο άνθρακας που βρίσκεται στην υπόγεια βιομάζα, σε Mg/ha.
3. C_{soil}: ο άνθρακας που βρίσκεται αποθηκευμένος στο έδαφος, σε Mg/ha
4. C_{dead}: ο άνθρακας που βρίσκεται στη νεκρή οργανική ύλη στην επιφάνεια του εδάφους σε Mg/ha.
5. Lucode: ο κωδικός αριθμός του τύπου κάλυψης γης, πρέπει να είναι ακέραιος αριθμός.
6. LULC_Name: Όνομα τύπου κάλυψης γης, ελεύθερο πεδίο.

Οι ποσότητες αποθηκευμένου άνθρακα ανά τύπο κάλυψης γης βασίσθηκαν στις οδηγίες για την εκπόνηση εθνικών απογραφών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή των Ηνωμένων Εθνών (IPCC, 2006). Για όσες κατηγορίες κάλυψης γης ήταν αδύνατο να εκτιμηθεί η ποσότητα άνθρακα, αυτή θεωρήθηκε μηδενική. Η περιοχή μελέτης κατατάχθηκε κλιματικά και οικολογικά:

- Κλιματική ενότητα: Υποτροπικά ξηρά δάση
- Κλιματική περιοχή: Ζεστή ξηρή εύκρατη
- Οικολογική ζώνη: Υποτροπικά ξηρά δάση (Scs). Περιοδική ξηρασία: Βροχές κατά το χειμώνα, ξηρό καλοκαίρι.

Όπου ήταν αδύνατη η ακριβής συσχέτιση μεταξύ περιοχής μελέτης και πινάκων IPCC, οι τιμές λήφθηκαν από την πλησιέστερη κλιματική και βιογεωγραφική περιοχή.

Διαμέρισμα υπέργειας βιομάζας

Για τις πολυετείς καλλιέργειες η ποσότητα ορίσθηκε σε 9t C/ha (τροπική ξηρή περιοχή) ενώ για τις περιοχές σε αγρανάπαυση οι τιμές είναι ανάλογες της διάρκειας αγρανάπαυσης:

- 1 έτους: 35 εύρος 27-44 (t βιομάζας /ha)
- 2 ετών: 12 εύρος 7-21 (t βιομάζας /ha)
- 6 ετών: 16 εύρος 4-64 (t βιομάζας /ha)

Για τα δάση χρησιμοποιήθηκαν οι συντελεστές μετατροπής βιομάζας σε στοιχειακό άνθρακα του Πίνακα 3.5 ενώ η βιομάζα υπολογίσθηκε σύμφωνα με τον Πίνακα 3.6.

Πίνακας 3.5: Συντελεστές μετατροπής βιομάζας σε C, πηγή: IPCC, 2006.

Περιοχή	Τμήμα δένδρου	Συντελεστής
Γενική μέση τιμή	Σύνολο	0,47
Τροπική & Υποτροπική	Σύνολο	0,47 (0,44-0,49)
	Ξύλο	0,49
	Ξύλο όταν d<10cm	0,46
	Ξύλο όταν d≥10cm	0,49
	Φύλλωμα	0,47
	Φύλλωμα όταν d<10cm	0,43
	Φύλλωμα όταν d≥10cm	0,46

Πίνακας 3.6: Εκτίμηση βιομάζας δασών, πηγή: IPCC, 2006.

Κλιματική περιοχή	Οικολογική Ζώνη	Υπέργεια βιομάζα φυσικών δασών	Υπέργεια βιομάζα δασικών φυτειών	Αύξηση βιομάζας φυσικών δασών	Αύξηση βιομάζας δασικών φυτειών
		Σε t ξηρής ουσίας / ha		Σε t ξηρής ουσίας / ha * yr	
Υποτροπική	Ξηρό δάσος	130	60	2,4	8,0
	Στέπα	70	30	1,0	5,0
	Ορεινά συστήματα	40	90	1,0	5,0

Διαμέρισμα υπόγειας βιομάζας

Η υπόγεια βιομάζα εκτιμήθηκε με βάση το λόγο R (Υπόγεια/Υπέργεια Βιομάζα) σύμφωνα με τον πίνακα 3.7.

Πίνακας 3.7: Σχέση υπόγειου/υπέργειου τμήματος, πηγή: IPCC, 2006.

Κλιματική περιοχή	Οικολογική Ζώνη	Υπέργεια βιομάζα	R : Υπόγεια/Υπέργεια Βιομάζα
Υποτροπική	Ξηρό δάσος	<20 t/ha	0,56 (0,27-0,68)
		> 20 t/ha	0,28 (0,27-0,68)
	Στέπα		0,32 (0,26-0,71)
	Ορεινά συστήματα		Δεν υπάρχει εκτίμηση

Για τους τύπους κάλυψης γης με ελάχιστη υπέργεια βιομάζα, αλλά σημαντική υπόγεια (π.χ. λιβάδια, στέπες, φρύγανα) χρησιμοποιήθηκε ο πίνακας 3.8.

Πίνακας 3.8: Ποσότητα υπόγειας βιομάζας, πηγή IPCC, 2006.

Κλιματική Ζώνη IPCC	Μέγιστη υπέργεια βιομάζα (t ξ.ο./ha)	Συνολική μη ξυλώδης βιομάζα υπέργεια & υπόγεια (t ξ.ο./ha)
Θερμή εύκρατη ξηρή	1,6	6,1
Τροπική ξηρή	2,3	8,7

Διαμέρισμα εδαφικού άνθρακα

Για τον υπολογισμό του εδαφικού άνθρακα χρησιμοποιήθηκε ο εδαφολογικός χάρτης της περιοχής μελέτης (Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης, 1995) σε συνδυασμό με τον Πίνακα 3.9. Οι τύποι εδαφών της περιοχής μελέτης μεταφέρθηκαν στο σύστημα WRB2014 (*World Reference Base for Soil Resources*) με βάση τις οδηγίες της Διεθνούς Ένωσης Εδαφολογικών Επιστημών (IUSS, 2015).

Πίνακας 3.9: Ποσότητα εδαφικού άνθρακα ανά εδαφικό τύπο (tn/ha), πηγή: IPCC, 2006.

Κλιματική Ζώνη IPCC	HAC	LAC	Sandy	Spodic	Volcanic	Wetland
Θερμή εύκρατη ξηρή	38	24	19	-	70	88
Τροπική ξηρή	38	35	31	-	50	86

Το σύνολο των εδαφών της περιοχής μελέτης κατατάσσεται στην κατηγορία HAC (αργιλικά εδάφη υψηλής δραστηριότητας) στην οποία περιλαμβάνονται εδάφη ελαφριά ή μέτρια διαβρωμένα που προέρχονται από αργιλικά πυριτικά ορυκτά (IPCC, 2006). Στην κατηγορία περιλαμβάνονται οι εδαφικοί τύποι: Leptosols, Vertisols, Kastanozems, Chernozems, Phaeozems, Luvisols, Alisols, Albeluvisols, Solonetz, Calcisols, Gypsisols, Umbrisols, Cambisols, Regosols.

Η ποσότητα του εδαφικού άνθρακα ανά κάλυψη γης διορθώθηκε με βάση το είδος και την ένταση της ανθρώπινης δραστηριότητας σύμφωνα με τον Πίνακα 3.10.

Πίνακας 3.10: Συντελεστές διόρθωσης εδαφικού άνθρακα, πηγή: IPCC, 2006

Παράγοντας	Επίπεδο διαχείρισης	Θερμοκρασιακό καθεστώς	Καθεστώς υγρασίας	Συντελεστής μείωσης
Χρήση γης	Μακροχρόνια καλλιέργεια	Εύκρατο	Ξηρό	0,80
Χρήση γης	Δενδρώδεις καλλιέργειες	Όλα	Ξηρό/Υγρό	1,00
Χρήση γης	Λιβάδια μέτρια υποβαθμισμένα	Εύκρατο	-	0,95
Βάθος εδάφους	Απογυμνωμένοι βράχοι	Όλα	-	0,10
Άρωση	Μέτριο	Όλα	Ξηρό/Υγρό	1,00
Μίξη καλλιεργειών	Μέτριο	Εύκρατο	Ξηρό	1,10
Χρήση γης	Μη εντατική ή εγκαταλειμμένη	Εύκρατο	Ξηρό	0,93

Ο πίνακας ποσοτήτων άνθρακα που εισήχθηκε στο μοντέλο αποθήκευσης άνθρακα παρατίθεται στο Παράρτημα Β.

Διαμέρισμα νεκρού άνθρακα

Για την εκτίμηση των ποσοτήτων νεκρού άνθρακα στην επιφάνεια του εδάφους εκτιμήθηκαν οι ποσότητες στα δάση, τις δασώδεις εκτάσεις και τις εκτάσεις που καλύπτονται από σκληροφυλλική βλάστηση σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα 3.11.

Πίνακας 3.11: Ποσότητα άνθρακα στη νεκρή οργανική ύλη, πηγή IPCC, 2006

Κλίμα	Τύπος Δάσους			
	Φυλλοβόλα Πλατύφυλλα	Βελονοφόρα Αειθαλή	Φυλλοβόλα Πλατύφυλλα	Βελονοφόρα Αειθαλή
	Βελονοτάπητας και φυλλοτάπητας (t C/ha)		Νεκρό ξύλο (t C/ha)	
Θερμό εύκρατο ξηρό	28,2 (23,4-33,0)	20,3 (17,3-21,1)	-	-
Υποτροπικό	2,8 (2-3)	4,1	-	-

3.5.5 Ανάλυση αποτελεσμάτων

Ανάλυση αποτελεσμάτων μοντέλου ποιότητας βιοτόπου

Το πλεγματοεικό αρχείο ποιότητας βιοτόπου απεικονίσθηκε με βαθμιδωτό χρωματισμό 5 κλάσεων εύρους 0,2. Στη συνέχεια μετατράπηκε σε διανυσματικό αρχείο σημείων το οποίο συσχετίσθηκε με το διανυσματικό αρχείο πολυγώνων κλάσεων CLC. Τα αποτελέσματα ομαδοποιήθηκαν ανά κλάση CLC. Υπολογίσθηκαν η μέση τιμή της ποιότητας βιοτόπου ανά κλάση και το άθροισμα της ποιότητας βιοτόπου ανά κλάση για το σύνολο της περιοχής μελέτης.

Ανάλυση αποτελεσμάτων μοντέλου επικοινωνίας

Το αποτέλεσμα της παρουσίας επικοινωνιών στο τοπίο οπτικοποιήθηκε με βάση χρωματικό κώδικα. Ο δείκτης αφθονίας μετατράπηκε σε σημεία τα οποία αθροίστηκαν ανά πολύγωνο κλάσης CLC για να εξετασθεί η σημαντικότητα των τύπων κάλυψης γης. Στη συνέχεια ο ίδιος δείκτης απεικονίσθηκε μόνο για τις γεωργικές εκτάσεις, εξαιρώντας τους ελαιώνες και τους αμπελώνες. Ο δείκτης αφθονίας κατωφλιώθηκε στο 0,5 για να προκύψουν οι πλέον σημαντικές για τη γεωργία, θέσεις παροχής της υπηρεσίας.

Ανάλυση αποτελεσμάτων μοντέλου αναψυχής

Το γεωχωρικό αποτέλεσμα του μοντέλου οπτικοποιήθηκε με βάση χρωματικό κώδικα και χρήση του μέσου ετήσιου αριθμού φωτοημερών και ακολούθησε απομόνωση των κελιών που είχαν τουλάχιστο μία φωτοημέρα ανά έτος ώστε να καταδειχθούν οι πλέον επισκέψιμες θέσεις. Στη συνέχεια μετατράπηκε από πολυγωνική δομή σε τοπολογία σημείου διατηρώντας όλα τα περιγραφικά δεδομένα και συνδυάσθηκε με την πληροφορία CLC προκειμένου κάθε σημείο να κληρονομήσει τον τύπο κάλυψης γης. Σε επόμενο στάδιο αφού αφαιρέθηκαν τα δεδομένα επισκεψιμότητας δομημένων και τεχνητών επιφανειών, η επισκεψιμότητα αναλύθηκε με χωρική υπέρθεση με βάση την κάλυψη γης φυσικών και ημιφυσικών τύπων και ακολούθησε η σύγκριση της προτίμησης μεταξύ των

φυσικών/ημιφυσικών περιοχών και των περιοχών που εντάσσονται στο δίκτυο Natura. Ως φυσικές/ημιφυσικές περιοχές χαρακτηρίστηκαν όλοι οι μη δομημένοι τύποι κάλυψης γης εξαιρουμένων των μόνιμα αρδευόμενων εκτάσεων. Τέλος ελέγχθηκε το πλήθος του αριθμού φωτοημερών σε σχέση με το μήνα επίσκεψης για να εκτιμηθεί η εποχικότητα ζήτησης της υπηρεσίας.

Ανάλυση αποτελεσμάτων μοντέλου αποθήκευσης άνθρακα.

Το πλεγματικό αποτέλεσμα του μοντέλου οπτικοποιήθηκε με βάση χρωματικό κώδικα και χρήση της ποσότητας αποθηκευμένου άνθρακα ανά ψηφίδα (100μ). Στη συνέχεια υπερτέθηκε με τα διανυσματικά δεδομένα τύπου κάλυψης γης (CLC) και οι τιμές των ψηφίδων αθροίστηκαν ανά πολύγωνο. Για κάθε κατηγορία κάλυψης γης υπολογίστηκε η συνολική αποθηκευμένη ποσότητα άνθρακα και η ποσότητα ανά εκτάριο γης.

Προσδιορισμός θέσεων υψηλού επιπέδου παροχής ΟΥ.

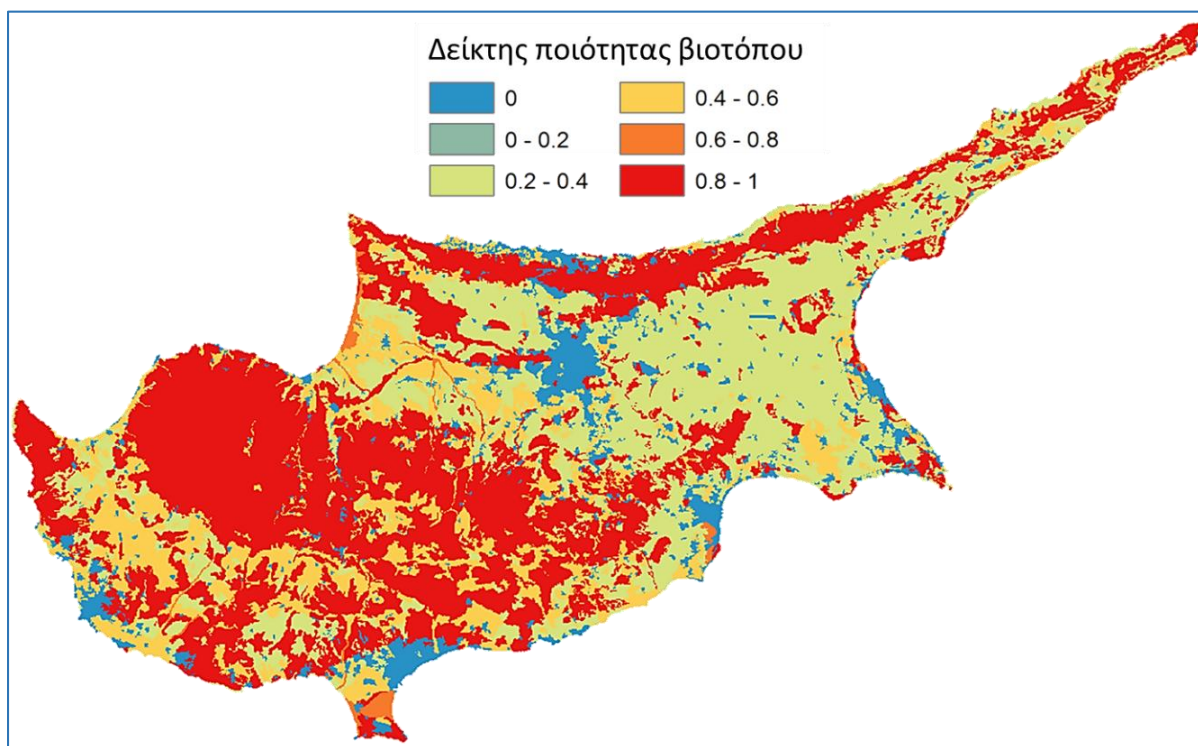
Η κατάδειξη των περιοχών που είναι οι πλέον σημαντικές από την άποψη παροχής οικοσυστημικών υπηρεσιών, υπολογίστηκε με βάση το άθροισμα των επιμέρους υπηρεσιών και σύμφωνα με τα πλεγματικά αρχεία χαρτογράφησης των υπηρεσιών που παρήχθησαν για την αποθήκευση άνθρακα, την ποιότητα βιοτόπου και την επικοινωνία. Κατά τη συνάθροιση έγινε η παραδοχή ότι και οι τρεις υπηρεσίες είναι ίσης σημαντικότητας και ότι δεν εμφανίζονται συγκρούσεις μεταξύ τους. Το πλεγματικό αρχείο του άνθρακα ανατάχθηκε ως προς τις τιμές των ψηφίδων ώστε η μέγιστη τιμή να αντιστοιχεί σε τιμή 1. Αυτό απαιτήθηκε διότι τα πλεγματικά αρχεία επικοινωνίας και ποιότητας βιοτόπου είχαν εύρος τιμών 0-1. Η υπηρεσία της αναψυχής δε συνυπολογίστηκε για δύο λόγους: α) διότι το αποτέλεσμα του μοντέλου επιστρέφει την ζήτηση της υπηρεσίας και όχι την προσφορά όπως στις υπόλοιπες τρεις και β) διότι υπάρχουν ενδείξεις ότι η σχέση μεταξύ της αναψυχής και των άλλων υπηρεσιών όπως η επικοινωνία είναι ανταγωνιστική και όχι συνεργατική.

Ακολούθησε η συσχέτιση μεταξύ των κλάσεων κάλυψης γης με το αποτέλεσμα της συνάθροισης των υπηρεσιών για να εξετασθεί ποιοι είναι οι πλέον σημαντικοί τύποι κάλυψης γης σε ποσοτικούς και σε ποιοτικούς όρους.

4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

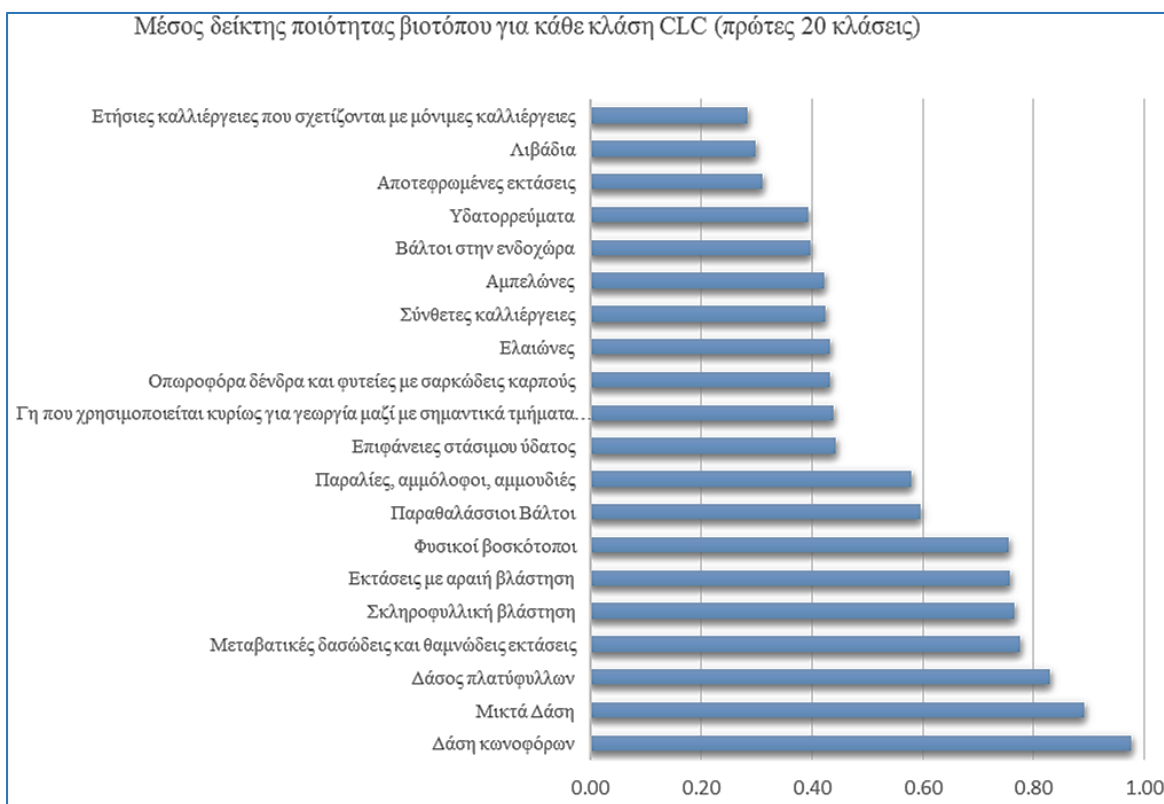
4.1 Ποιότητα Βιοτόπου

Το πλεγματικό αρχείο ποιότητας βιοτόπου αντιπροσωπεύει την προσφορά της υπηρεσίας υποστήριξης βιοτόπων. Αναλύθηκε με βάση τις τιμές των ψηφίδων οι οποίες ανταποκρίνονται σε ένα δείκτη ποιότητας βιοτόπου με τιμές από 0 – πλήρως ακατάλληλη ψηφίδα έως 1 απόλυτα επιθυμητή ψηφίδα (Χάρτης 4.1).

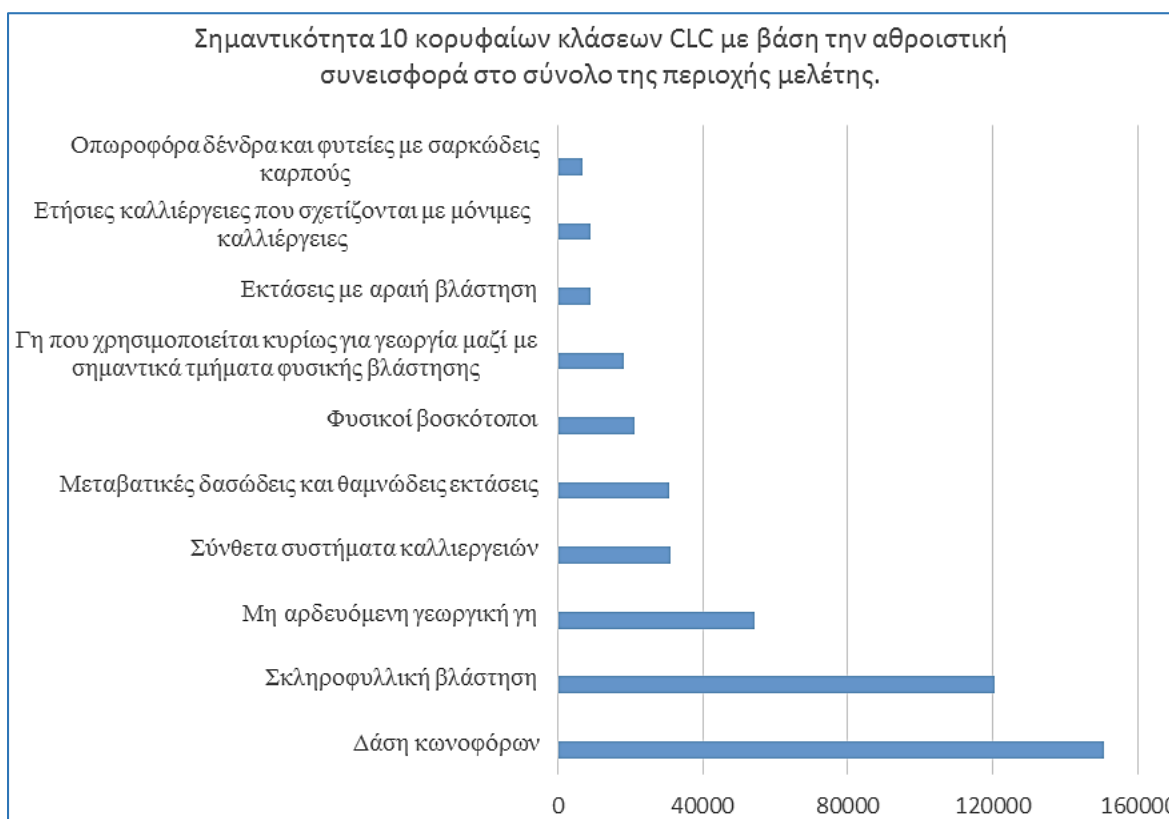


Χάρτης 4.1: Αποτελέσματα μοντέλου ποιότητας βιοτόπου.

Από τον υπολογισμό της μέσης τιμής ποιότητας βιοτόπου, είναι ξεκάθαρο ότι τα δάση (και οι τρεις τύποι) αποτελούν τον καλύτερο τύπο κάλυψης γης που υποστηρίζει τη βιοποικιλότητα, ενώ σημαντικός είναι ο ρόλος των μακί και των φρυγάνων ακόμα και σε αραιές πυκνότητες (Σχήμα 4.1). Εάν η ίδια πληροφορία εξετασθεί στο σύνολο της περιοχής μελέτης το αποτέλεσμα δίνει διαφορετική ερμηνεία. Στις 10 πιο σημαντικές κλάσεις δεν συμπεριλαμβάνονται οι δύο από τους τρεις τύπους δασών (μικτά και πλατύφυλλων), ενώ κλάσεις που βρίσκονται στις τελευταίες θέσεις σημαντικότητας φαίνονται να διαδραματίζουν πολύ σημαντικότερο ρόλο (Σχήμα 4.2). Στην πρώτη περίπτωση αποδίδεται η ποιότητα της υπηρεσίας, δηλαδή ποιες θέσεις είναι σε θέση να παρέχουν με καλύτερο τρόπο την υπηρεσία, ενώ στη δεύτερη αποδίδεται το μέγεθος της προσφοράς.



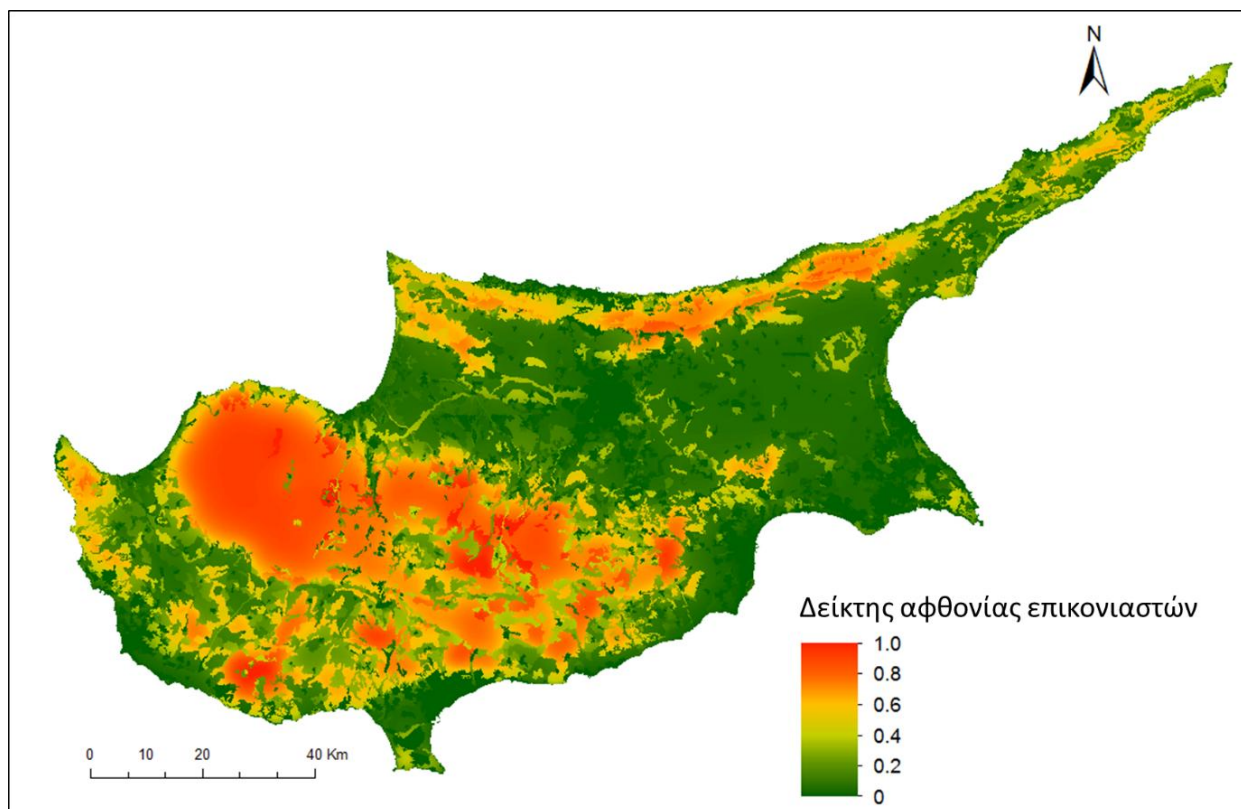
Σχήμα 4.1: Μέση τιμή δείκτη ποιότητας βιοτόπου ανά κλάση CLC.



Σχήμα 4.2: Αθροιστική συνεισφορά κλάσεων CLC στην ποιότητα βιοτόπου για ολόκληρη της περιοχή μελέτης.

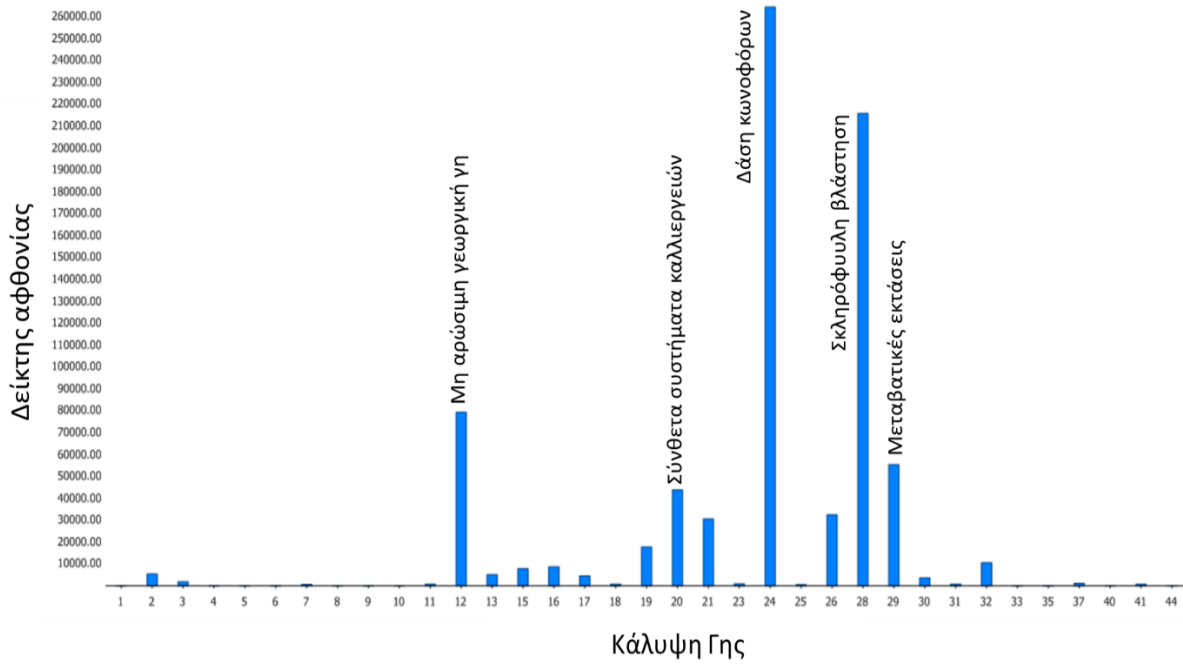
4.2 Επικονίαση

Η αφθονία των επικονιαστών στο τοπίο ισοδυναμεί με την προσφορά της επικονιαστικής υπηρεσίας και απεικονίζεται στο Χάρτη 4.2. Μεγάλο τμήμα της Κύπρου στερείται της υπηρεσίας. Σε αυτές τις θέσεις η υλοποίηση έργων διατήρησης και προστασίας θα συμβάλει συνεργατικά στη γεωργική οικονομία λόγω μείωσης των κόστων παραγωγής.



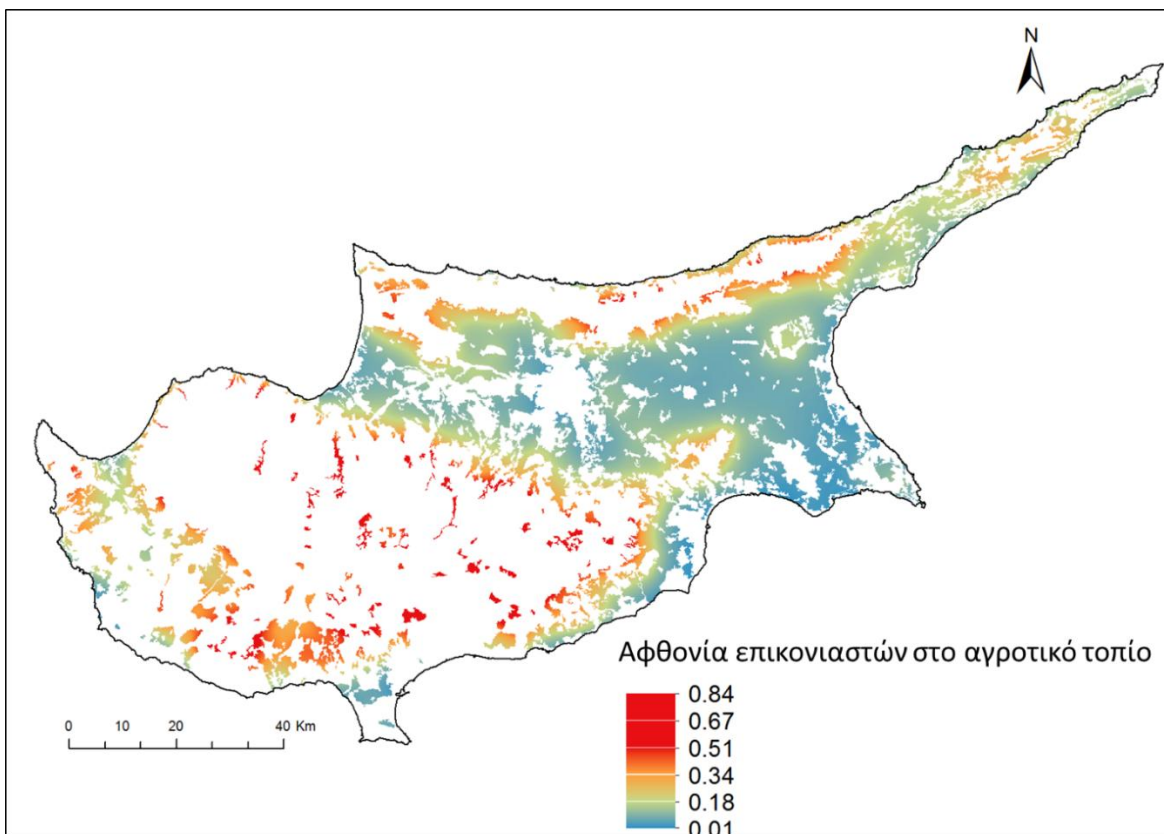
Χάρτης 4.2: Προσφορά επικονίασης με βάση της αφθονία του *B. Terrestris* στο τοπίο.

Σε απόλυτα μεγέθη οι πιο σημαντικές εκτάσεις για την επικονίαση είναι (κατά φθίνουσα σειρά): τα δάση κωνοφόρων, οι εκτάσεις σκληρόφυλλων, η μη αρόσιμη γεωργική γη, οι μεταβατικές δασώδεις εκτάσεις, τα σύνθετα συστήματα καλλιεργειών, οι λειμώνες και η γη που καλύπτεται κυρίως από γεωργικές καλλιέργειες και σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης (Σχήμα 4.3).



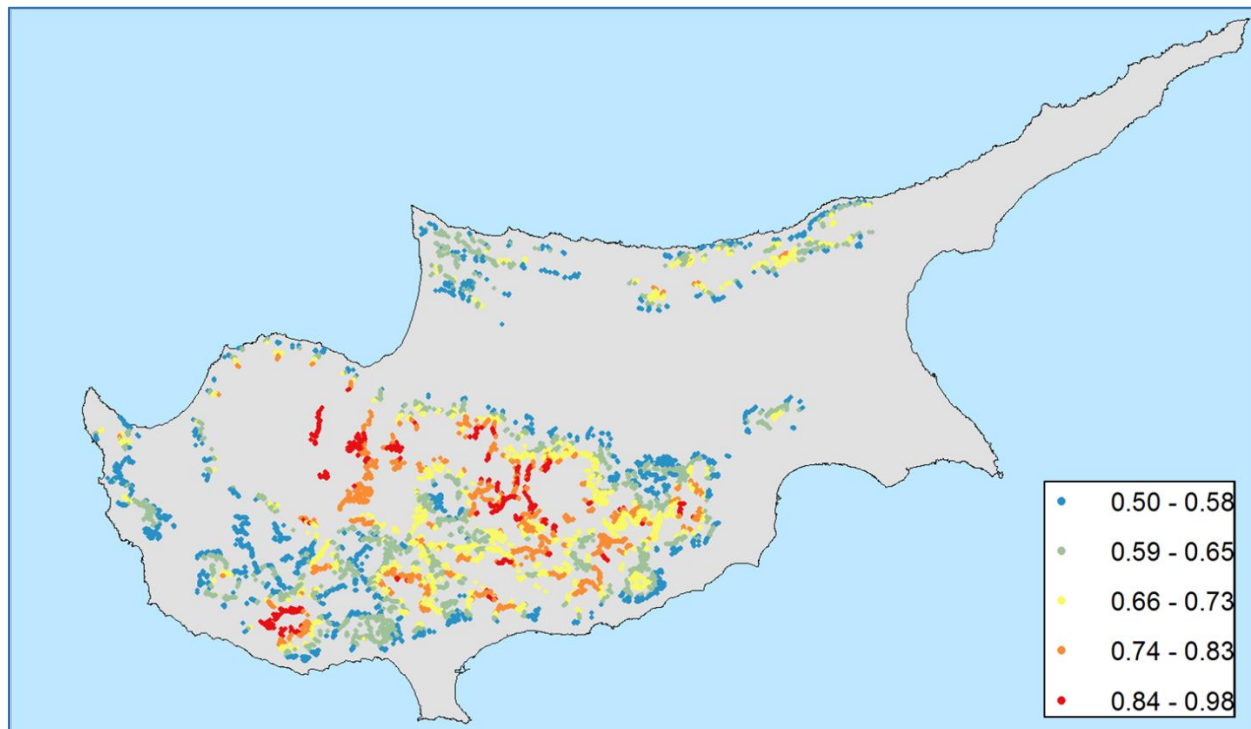
Σχήμα 4.3: Ιστόγραμμα κατανομής αφθονίας επικονιαστών ανά κατηγορία κάλυψης γης.

Η ζήτηση της υπηρεσίας, ισοδυναμεί με την παρουσία των επικονιαστών στις κατηγορίες κάλυψης γης που έχουν αγροτικό χαρακτήρα και δυνητικά επωφελούνται της υπηρεσίας όπως απεικονίζεται στο Χάρτη 4.3.



Χάρτης 4.3: Η παροχή της υπηρεσίας της επικονίασης στις γεωργικές εκτάσεις της Κύπρου.

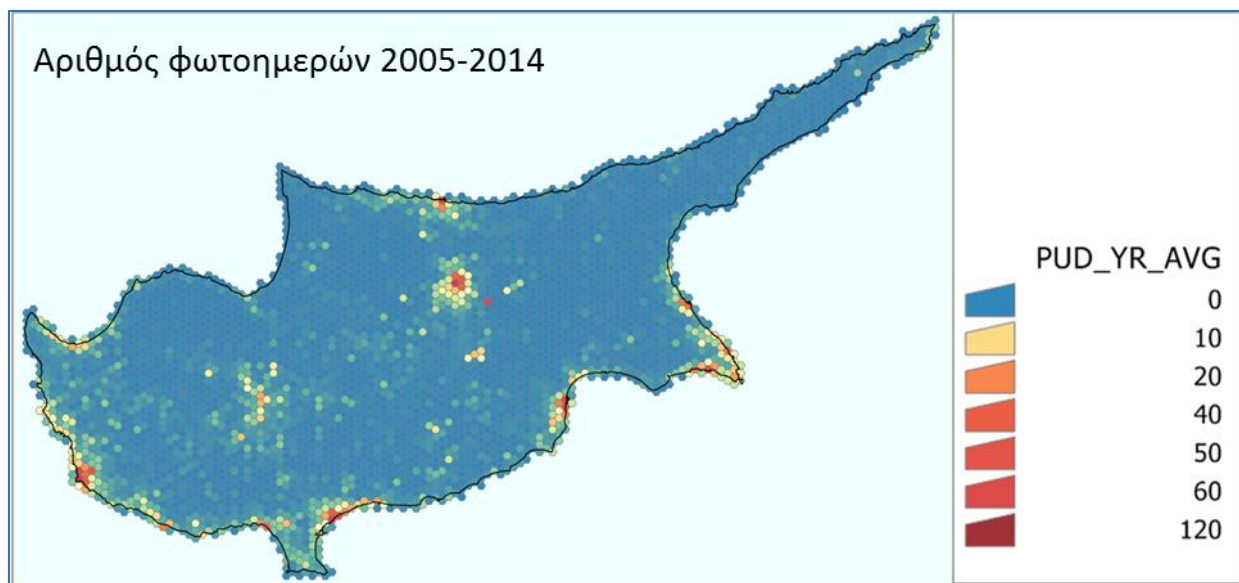
Για την υποστήριξη της διαδικασίας λήψης αποφάσεων ο Χάρτης 4.4 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη χωροθέτηση καλλιεργειών που εξαρτώνται σε σημαντικό βαθμό από την επικονίαση προκειμένου να αποφευχθεί η χρήση ορμονών γονιμοποίησης, να αυξηθεί η απόδοση των καλλιεργειών και να μειωθεί το κόστος παραγωγής από την ανάγκη χρήσης αυξητικών ορμονών ή προμήθειας εμπορικών επικονιαστών.



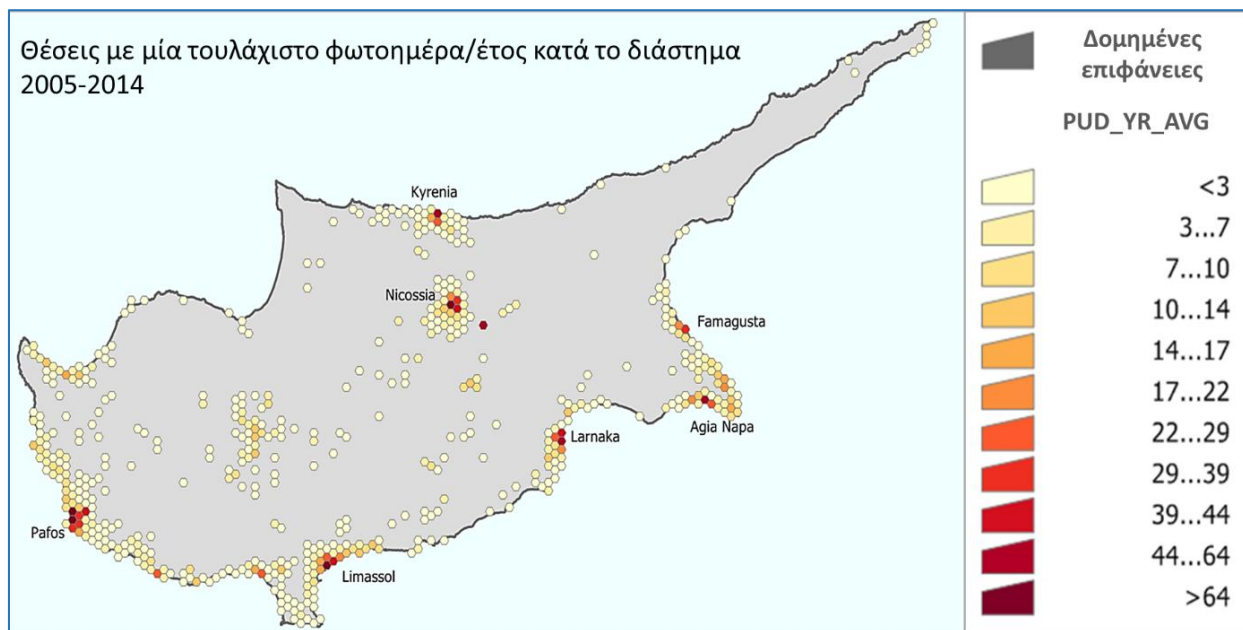
Χάρτης 4.4: Στο χάρτη εμφανίζονται οι περιοχές που έχουν σημαντική παρουσία επικονιαστών (δείκτης παρουσίας $\geq 0,5$) και συμπίπτουν με επιφάνειες που αποτελούν γεωργική γη. Σε αυτές τις θέσεις η καλλιέργεια ειδών που εξαρτώνται από την επικονίαση (π.χ. τομάτα, καρπούζι, κολοκύθι κλπ) αναμένεται να υποστηριχθεί από την αυξημένη παροχή της υπηρεσίας.

4.3 Αναψυχή

Από το αποτέλεσμα του μοντέλου αναψυχής προκύπτει ότι η επισκεψιμότητα στην περιοχή μελέτης συγκεντρώνεται γύρω από τα μεγάλα αστικά κέντρα ενώ μια ενδιαφέρουσα συγκέντρωση εντοπίζεται στην περιοχή του όρους Τρόδος. Σε αρκετές περιπτώσεις παρουσιάζεται συγκέντρωση στην παράκτια ζώνη (Χάρτης 4.5) η οποία είναι ανάλογη της απόστασης από τις μεγάλες παράκτιες πόλεις. Η κατωφλίωση των τιμών φωτοημερών σε μία τουλάχιστο ημέρα ανά έτος, αποκαλύπτει μικρά κέντρα χαμηλής επισκεψιμότητας διάσπαρτα στην ενδοχώρα, αλλά μόνο για το τμήμα της ελεύθερης Κύπρου. Στην κατεχόμενη Κύπρο η επισκεψιμότητα συγκεντρώνεται στα αστικά κέντρα που βρίσκονται στην ακτή και στο Ριζοκάρπασο (Χάρτης 4.6).

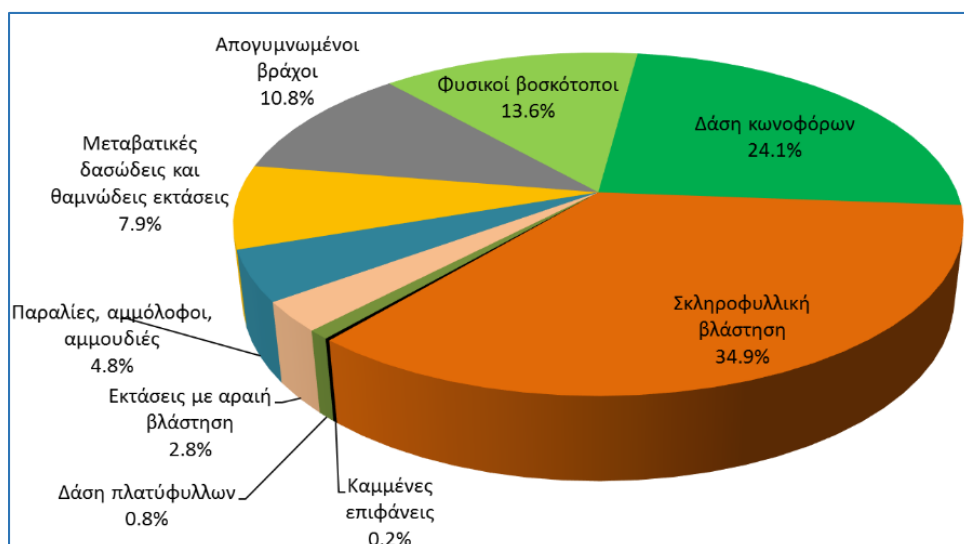


Χάρτης 4.5: Αριθμός φωτοημερών 2005-2014. Η απεικόνιση αναπαριστά τη ζήτηση αναψυχής.

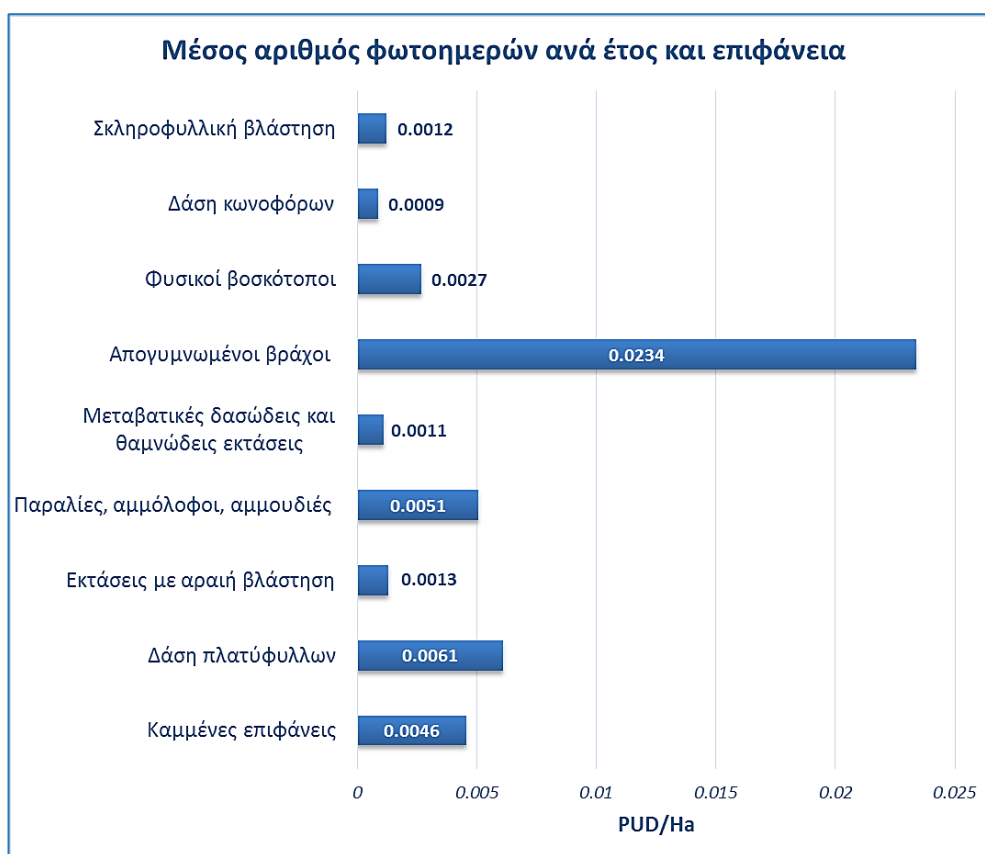


Χάρτης 4.6: Κατωφλιωμένος αριθμός φωτοημερών 2005-2014.

Η μελέτη της επισκεψιμότητας με βάση την κάλυψη γης, χαρακτηρίζει πρώτες σε προτίμηση τις περιοχές που καλύπτονται από σκληροφυλλική βλάστηση (34,9%), αμέσως μετά τα δάση κωνοφόρων (24,1%) και τους φυσικούς λειμώνες (13,6%). Το μεγάλο ποσοστό της πρώτης ερμηνεύεται λόγω της μεγάλης έκτασης που καταλαμβάνει ο συγκεκριμένος τύπος στην περιοχή μελέτης. Ο τύπος «απογυμνωμένοι βράχοι» εμφανίζει προτίμηση 10,8% και πιθανότητα εξηγείται από τις επισκέψεις στην παράκτια ζώνη ενώ οι μεταβατικές εκτάσεις εμφανίζουν ποσοστό 7,9% (Σχήμα 4.4). Το μικρό μερίδιο επισκεψιμότητας σε χώρους αμμουδιών και ακτών ερμηνεύεται λόγω της μικρής συμμετοχής του τύπου της συγκεκριμένης κάλυψης και της συχνής αντιστοίχισης των παράκτιων περιοχών στην κατηγορία της σκληροφυλλικής βλάστησης.



Σχήμα 4.4: Συσχέτιση επισκεψιμότητας και τύπου κάλυψης γης.



Σχήμα 4.5: Επισκεψιμότητα ανά τύπο κάλυψης και εκτάριο ανά έτος.

Οι προτιμήσεις ανά τύπο κάλυψης γης και ανά εκτάριο δείχνουν ότι οι απογυμνωμένοι βράχοι, τα δάση πλατύφυλλων και οι παραλίες είναι οι πιο εντατικά επισκεπτόμενοι τύποι κάλυψης γης με 0,0234, 0,0061 και 0,0051 φωτοημέρες ανά έτος και ανά εκτάριο (Σχήμα 4.5).



Χάρτης 4.7: Σύγκριση περιοχών δικτύου Natura και λοιπών φυσικών/ημιφυσικών περιοχών με βάση τη μέση ετήσια επισκεψιμότητα.

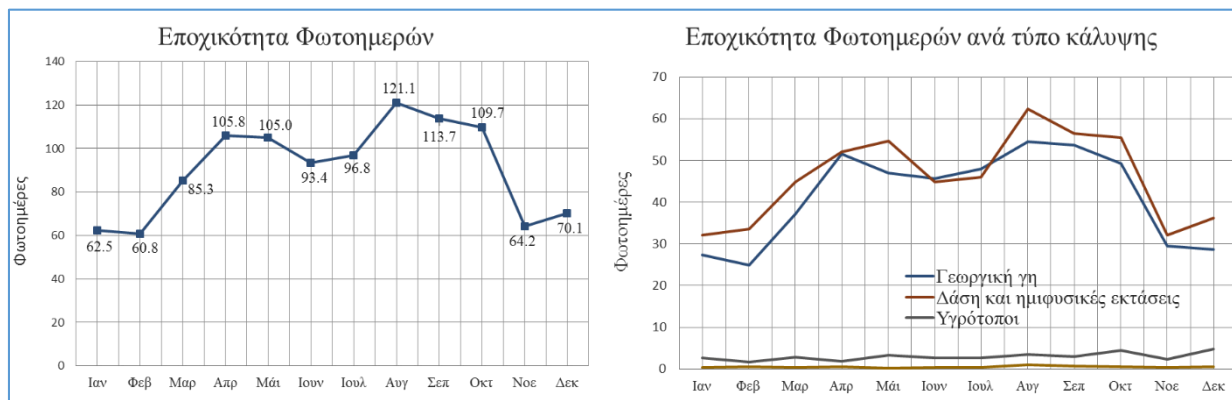
Η ανάλυση των αποτελεσμάτων της σύγκρισης μεταξύ φυσικών/ημιφυσικών επιφανειών και περιοχών δικτύου Natura, (Χάρτης 4.7) έδειξε στις φυσικές και ημιφυσικές επιφάνειες ότι η ζήτηση για αναψυχή επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την ύπαρξη περιοχών ενταγμένων στο δίκτυο Natura 2000 όπου η επισκεψιμότητα ανά εκτάριο είναι έως και 4 φορές μεγαλύτερη από ότι στις υπόλοιπες περιοχές (Πίνακας 4.1).

Πίνακας 4.1: Σύγκριση επισκεψιμότητας μεταξύ φυσικών/ημιφυσικών περιοχών και περιοχών ενταγμένων στο δίκτυο Natura.

Σύνολο φωτοημερών ανά έτος σε φυσικές/ημιφυσικές επιφάνειες	1.260
Σύνολο φωτοημερών ανά έτος σε περιοχές του δικτύου Natura	465
Σύνολο επιφάνειας	9.248 km ²
Σύνολο επιφάνειας φυσικών/ημιφυσικών περιοχών	8.465 km ²
Σύνολο επιφάνειας περιοχών δικτύου Natura	752 km ²
Σύνολο φωτοημερών/έτος και εκτάριο σε φυσικές/ημιφυσικές επιφάνειες	14,9
Σύνολο φωτοημερών/έτος και εκτάριο σε περιοχές του δικτύου Natura	61,8

Η ανάλυση του μέσου αριθμού φωτοημερών ανά μήνα στο σύνολο της περιοχής (εξαιρουμένων των δομημένων επιφανειών και των περιοχών εντατικής γεωργίας) έδειξε σταδιακή αύξηση από το χειμώνα προς το καλοκαίρι με μέγιστο κατά τον Αύγουστο με 121,1 φωτοημέρες και διατήρηση υψηλής επισκεψιμότητας έως και τον Οκτώβριο με 109,7 φωτοημέρες. Οι μήνες της άνοιξης παρουσιάζουν τιμές μεγαλύτερες από τη μέση ετήσια τιμή (90,7) ενώ μόνο ο Νοέμβριος και οι χειμερινοί μήνες εμφανίζουν τιμές χαμηλότερες του

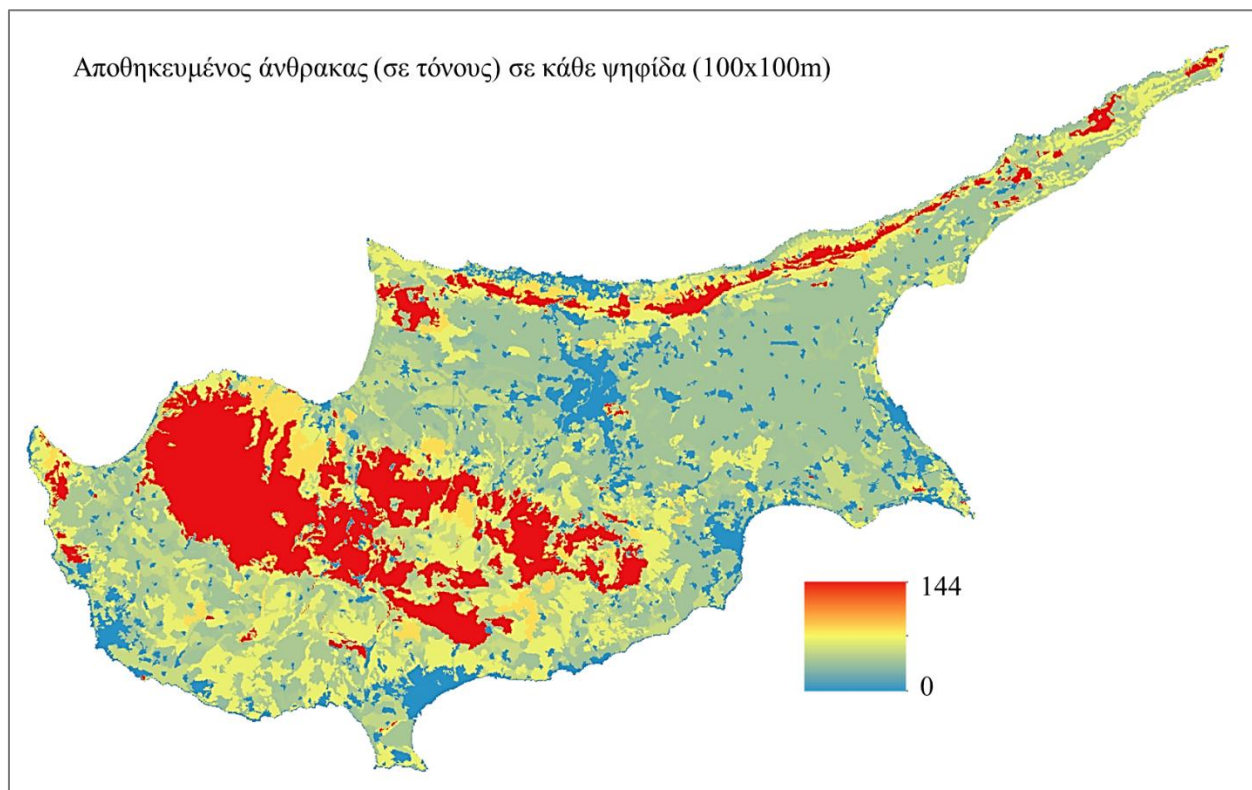
μ.ο. Η εποχικότητα χαρακτηρίζεται από δύο κορυφαίες τιμές: μία τον Απρίλιο η οποία διατηρείται και τον Μάιο με μικρή μείωση προς τις τιμές του μ.ο. τους μήνες Ιούνιο & Ιούλιο και μια δεύτερη κατά τον Αύγουστο, η οποία φθίνει κατά τους επόμενους μήνες (Σχήμα 2.1).



Σχήμα 4.6: Συνολική μηνιαία εποχική επισκεψιμότητα (αριστερά) και μηνιαία εποχική επισκεψιμότητα ανά τύπο κάλυψης γης (δεξιά)

4.4 Αποθήκευση άνθρακα

Στην περιοχή μελέτης βρέθηκε ότι συνολικά βρίσκονται αποθηκευμένοι 58.003,7 χιλ τόνοι άνθρακα στα τέσσερα διαμερίσματα που εξετάστηκαν. Οι οροσειρές του Τρόδος και του Πενταδάκτυλου είναι οι μεγαλύτερες αποθήκες, με σημαντικές επίσης ποσότητες βόρεια της Μορφου, βορειοδυτικά της Πάφου στη χερσόνησο Ακαμά και στις περιοχές δυτικά της Λάρνακας (Χάρτης 4.8).



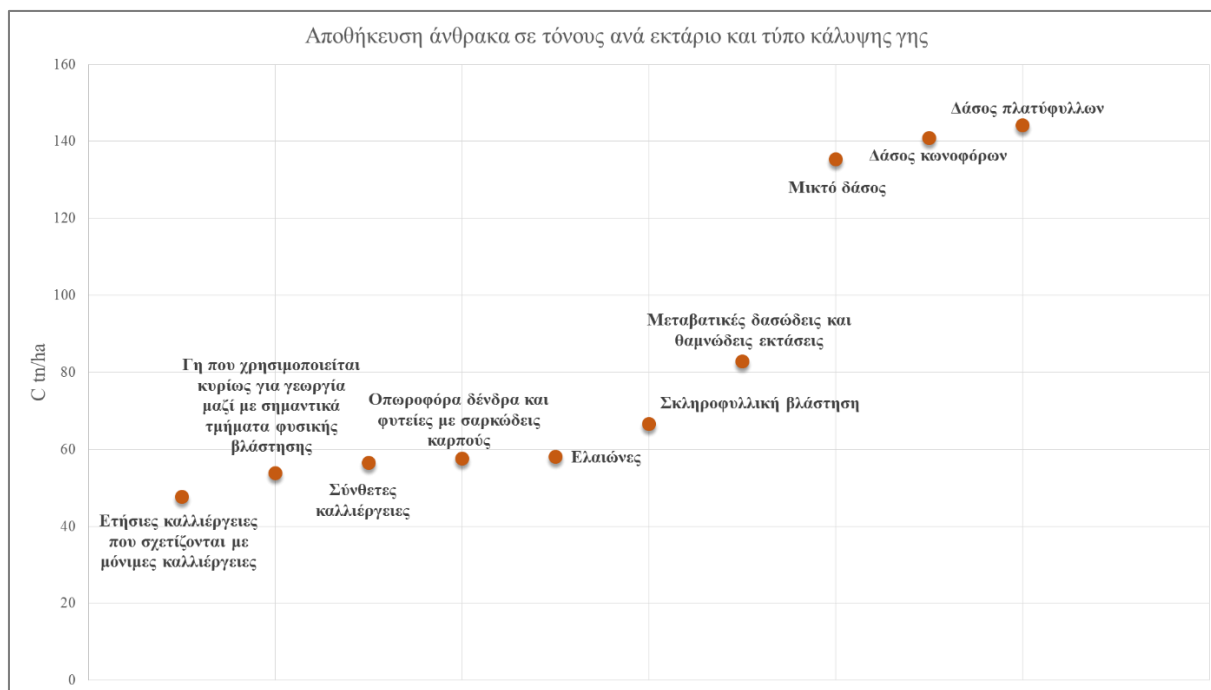
Χάρτης 4.8: Αποθηκευμένος άνθρακας στα τέσσερα διαμερίσματα της περιοχής μελέτης.

Η μεγαλύτερη ποσότητα άνθρακα (37%) βρίσκεται στα δάση κωνοφόρων (21.718,5 χιλ τόνοι), στις περιοχές που καλύπτονται από σκληροφυλλική βλάστησης (18%, 10.523,8 χιλ τόνοι), στη μη αρδευόμενη γεωργική γη (16%, 9.327,9 χιλ τόνοι), στις σύνθετες καλλιέργειες (7%, 4.139,8 χιλ τόνοι), στις μεταβατικές δασώδεις – θαμνώδεις εκτάσεις (6%, 3.283,3 χιλ τόνοι) και η γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης (4%, 2.254 χιλ τόνοι). Οι μικρότερες ποσότητες βρίσκονται στα υδατορέματα (200 τόνοι), στις αποτεφρωμένες εκτάσεις (11,2 χιλ τόνοι) στα στάσιμα εσωτερικά ύδατα (22,1 χιλ τόνοι) και στις περιοχές αστικού πρασίνου (40,1 χιλ τόνοι). Οι ποσότητες αναφέρονται αθροιστικά για όλους τους τύπους κάλυψης γης στο (Σχήμα 4.7).



Σχήμα 4.7: Συνολική ποσότητα αποθηκευμένου άνθρακα σε χιλ. τόνους ανά τύπο κάλυψης γης (CLC).

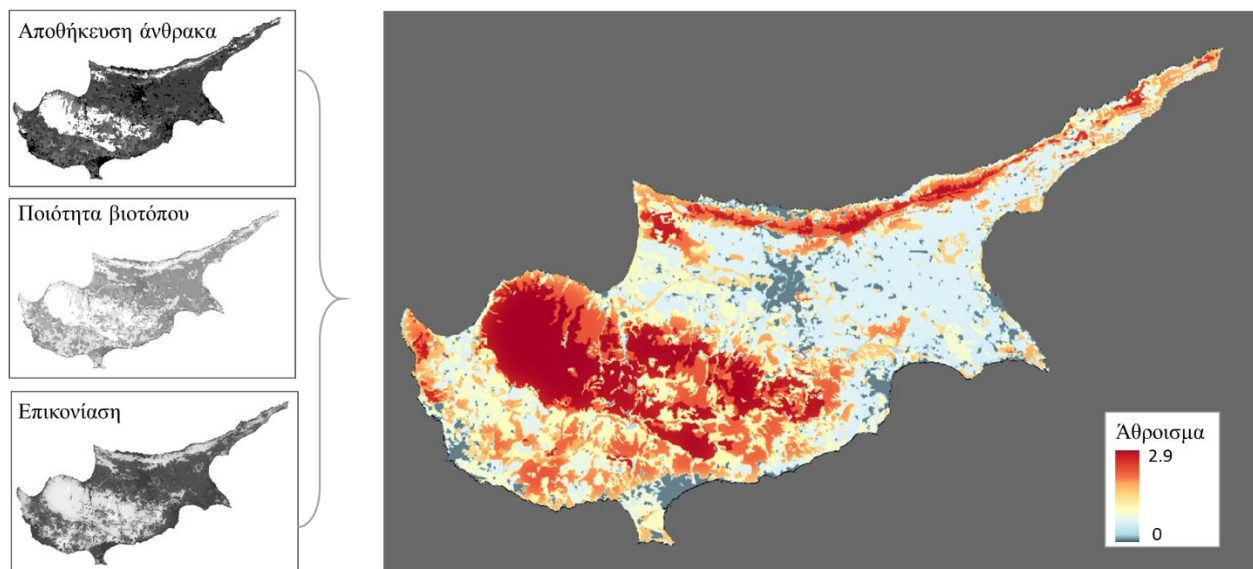
Όσον αφορά την αποθήκευση άνθρακα ανά τύπο κάλυψης γης και επιφάνεια, οι εκτάσεις που καλύπτονται από δάση πλατύφυλλον δεσμεύουν 144tn/ha, οι εκτάσεις δασών κωνοφόρων 141tn/ha, τα μικτά δάση 135tn/ha, οι μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις 83tn/ha και οι επιφάνειες που καλύπτονται από σκληροφυλλική βλάστηση 67tn/ha. Σημαντική είναι επίσης η δυνατότητα αποθήκευσης άνθρακα των εκτάσεων που καλύπτονται από ελαιώνες, οποροφόρα δένδρα και σύνθετες καλλιέργειες με 58, 58 και 57 τόνους άνθρακα ανά εκτάριο αντίστοιχα (Σχήμα 4.8).



Σχήμα 4.8: Ικανότητα αποθήκευσης άνθρακα ανά τύπο κάλυψης γης, ποσότητες σε τόνους ανά εκτάριο γης.

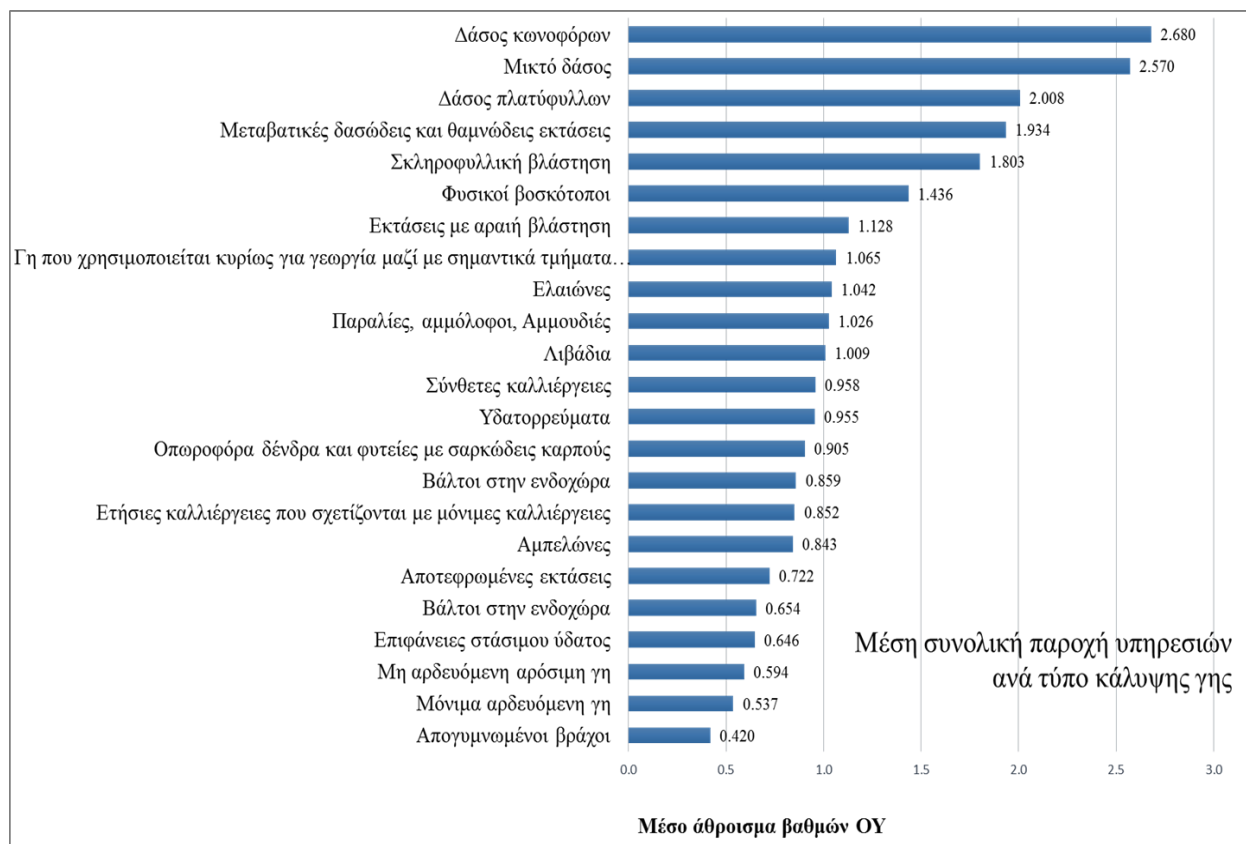
4.5 Θέσεις υψηλής παροχής ΟΥ

Η αθροιστική παροχή των υπηρεσιών αποθήκευσης άνθρακα, επικονίασης και ποιότητας βιοτόπου, είναι υψηλότερη στα δασικά οικοσυστήματα του Τρόοδος και του Πενταδάκτυλου, στην περιοχή της Μόρφου και στο ακρωτήριο Ακαμά. Η κοιλάδα της Μεσαορίας παρουσιάζει τη χαμηλότερη παροχή των ΟΥ που μελετήθηκαν, ενώ η περιοχή της Πάφου και εκείνη δυτικά της Λάρνακας εμφανίζουν επιφάνειες με σημαντική παροχή υπηρεσιών (Χάρτης 4.9).



Χάρτης 4.9: Αθροιστική παροχή οικοσυστημικών υπηρεσιών στην περιοχή μελέτης.

Τα δάση κωνοφόρων, τα μικτά δάση και τα δάση πλατύφυλλων εμφανίζουν την υψηλότερη μέση παροχή ΟΥ (2,7, 2,57 και 2,00 αντίστοιχο άθροισμα), με τις μεταβατικές δασώσεις-θαμνώδεις εκτάσεις τη σκληροφυλλική βλάστηση και τους φυσικούς βοσκότοπους να ακολουθούν (1,93, 1,80 και 1,44 αντίστοιχα). Οι επιφάνειες που εμφανίζουν το χαμηλότερο επίπεδο παροχής ΟΥ είναι οι απογυμνωμένοι βράχοι και η μόνιμα και η μη μόνιμα αρδευόμενη γεωργική γη (Σχήμα 4.9).



Σχήμα 4.9: Μέσο επίπεδο παροχής οικοσυστημικών υπηρεσιών ανά κατηγορία κάλυψης γης.

5 ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ

5.1 Συζήτηση

Η χαρτογράφηση των ΟΥ θα πρέπει να αποδοθεί κατά το ορθότερο ως «χωρική ανάλυση ΟΥ» δεδομένου ότι η κατά χώρο απεικόνιση της προσφοράς ή της ζήτησης ΟΥ είναι το σύνθετο αποτέλεσμα διαδοχικών σταδίων και όχι η αφαιρετική απεικόνιση χαρακτηριστικών της επιφάνειας της γης. Τα στάδια αυτά ξεκινούν από την οριοθέτηση της προς ανάλυση έκτασης, τον εντοπισμό των ΟΥ και τον προσδιορισμό του περιεχομένου των δεδομένων που απαιτούνται, συνεχίζουν με τη συλλογή και προετοιμασία των δεδομένων ανάλογα με τη μέθοδο που ακολουθείται, την εκτέλεση της μεθόδου μέσω των κατάλληλων εργαλείων και την ανάλυση των αποτελεσμάτων (De Groot and Hein, 2007). Το τελικό στάδιο, αυτό της επικοινωνίας, εξαρτάται από τους αποδέκτες των αποτελεσμάτων και η απλότητα ή πολυπλοκότητα της παρουσίασης εξαρτάται από το υπόβαθρο του κοινού και το σκοπό της διάθεσης των αποτελεσμάτων (ενημέρωση, ευαισθητοποίηση, χάραξη πολιτικών, λήψη διαχειριστικών μέτρων κ.α.). Σε κάθε περίπτωση το κοινωνικό και οικολογικό πλαίσιο της περιοχής μελέτης δηλαδή οι ανάγκες (προσδοκίες, αξίες και οράματα) των ανθρώπων σε υλικά και άυλα αγαθά που παράγονται εν τοις πράγμασι από τα οικοσυστήματα, είναι εκείνα που περιορίζουν και καθοδηγούν τη διαδικασία της ανάλυσης.

Η ανάλυση και η χωρική μοντελοποίηση πρέπει να βασίζεται σε έγκυρα δεδομένα που να λαμβάνονται συστηματικά σε συχνότητα ανάλογη των διαχρονικών μεταβολών που παρατηρούνται αλλά χωρίς να εισέρχεται σφάλμα λόγω της φυσικής ετερογένειας. Η επιλογή της μεθόδου που θα εφαρμοσθεί εξαρτάται περισσότερο από το σκοπό της ανάλυσης παρά από τη διαθεσιμότητα των δεδομένων και τα ειδικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης. Σε περιπτώσιολογικές μελέτες που εξετάζουν παραγωγικές ή ρυθμιστικές υπηρεσίες και που τα αποτελέσματα προορίζονται για τη λήψη αποφάσεων προτείνεται η χρήση συναρτήσεων οικολογικής παραγωγής (λειτουργίας), ενώ όταν επιδιώκεται η ευρύτερη θεώρηση της κατάστασης του περιβάλλοντος και του επιπέδου παροχής ΟΥ με σκοπό τη χάραξη πολιτικών ή την ευαισθητοποίηση και την ενημέρωση, προτείνεται η βιοτοπική μέθοδος. Για την ανάλυση των πολιτισμικών υπηρεσιών απαιτείται η διευρυμένη κοινωνική συμμετοχή παράλληλα με την αξιολόγηση του τοπίου και των υποδομών που σχετίζονται με την προσβασιμότητα του τόπου.

Σε όλες τις περιπτώσεις ανάλυσης ΟΥ, κρίσιμος παράγοντας είναι ο τρόπος με τον οποίο θα περιγράφουν ο χώρος, η ακεραιότητα των οικοσυστημάτων και οι απειλές αυτών (Eigenbrod et al., 2010, De Groot and Hein, 2007). Η χρήση δεδομένων υποκατάστασης υψηλής γενίκευσης όπως το σύνολο δεδομένων κάλυψης γης Corine, δεν επιτυγχάνει να αποδώσει την κατάτμηση του τοπίου σε περιοχές με έντονη την ανθρώπινη δραστηριότητα όπως η Κύπρος, με αποτέλεσμα αφενός να υπερεκτιμάται η παροχή ΟΥ και αφετέρου να χάνεται η δυνατότητα εκτίμησης ΟΥ από επιμέρους φυσικά συστήματα που δεν αντιπροσωπεύονται στις αντίστοιχες κατηγορίες κάλυψης γης (Kandzioga, Burkhard and Müller, 2013). Ταυτόχρονα όμως δε θα πρέπει να υποεκτιμάται η άμεση πρόσβαση στα δεδομένα και η δυνατότητα διαχρονικής μελέτης που προσφέρουν δεδομένα όπως το Corine, δηλαδή η δυνατότητα εξαγωγής αποτελεσμάτων μέσω διαχρονικών ερευνών, σταθερής μεθοδολογίας και τυπολογίας. Η χρήση μετρικών από την οικολογία τοπίου (τοπιακή προσέγγιση) μπορεί να μειώσει τη γενίκευση των δεδομένων υποκατάστασης και σύμφωνα με τους Syrbe and Walz (2012) πρέπει να εφαρμοσθεί σε τρεις χώρους: τη θέση που παράγεται η υπηρεσία, τη θέση που καταναλώνεται και το χώρο μέσω του οποίου μεταφέρεται, κάτι που αναμένεται να αυξήσει το κόστος συλλογής δεδομένων.

Η κατά χώρο ανάλυση των ΟΥ και η επιλογή μεθοδολογίας και λεπτομέρειας μπορεί να χαρακτηρισθούν ως ένα παίγνιο ανταλλαγής ακρίβειας – κόστους. Υψηλής ακρίβειας αποτελέσματα απαιτούν υψηλότερο κόστος λόγω της υψηλής εξειδίκευσης κατά τη συλλογή πρωτογενών δεδομένων αλλά και της δόμησης και επικύρωσης των μοντέλων που απαιτούνται. Τα χαρακτηριστικά αυτά προσθέτουν δύο επιπλέον ερωτήματα: α) όσο αφορά τη δυνατότητα σύγκρισης με άλλες αντίστοιχες έρευνες αλλά και β) όσο αφορά την δυνατότητα επανάληψης της έρευνας στην ίδια ή γειτονικές περιοχές. Στον αντίποδα, η ευκολία και το χαμηλό κόστος χρήσης δεδομένων αναπλήρωσης εξασφαλίζει την ολοκλήρωση της εργασίας, τη συγκρισιμότητα και τη δυνατότητα διαχρονικής ανάλυσης, θυσιάζοντας όμως την ακρίβεια των αποτελεσμάτων και την αντιπροσώπευση των οικοσυστημικών λειτουργιών.

5.2 Περιορισμοί

Η χρησιμοποίηση των μοντέλων του Invest για τη χαρτογράφηση των επιλεγμένων υπηρεσιών παρουσίασε ποικίλο βαθμό δυσκολίας όπως προέκυψε κατά την προετοιμασία των δεδομένων εισόδου. Η ιεράρχηση της δυσκολίας και των προβλημάτων που ενέκυψαν είναι η ακόλουθη (από το ευκολότερο προς το δυσκολότερο):

1. Αναψυχή
2. Επικοινωνία
3. Ποιότητα βιοτόπου
4. Αποθήκευση άνθρακα

Το μοντέλο της αναψυχής βασίζεται σε φωτογραφίες που μεταφορτώνουν οι επισκέπτες σε μέσα κοινωνικής δικτύωσης. Είναι άγνωστο σε ποιο βαθμό επιδεικνύουν αυτή τη συμπεριφορά οι συστηματικοί επισκέπτες οι οποίοι μπορεί να προσθέτουν περιεχόμενο μόνο την πρώτη φορά που θα επισκεφθούν έναν τόπο αλλά όχι τις υπόλοιπες. Επίσης η

αδυναμία πρόσβασης στις ίδιες τις φωτογραφίες και σε στοιχεία των χρηστών (π.χ. τόπος διαμονής) περιορίζει τη δυνατότητα επιπλέον ανάλυσης των αποτελεσμάτων για την εξαγωγή συμπερασμάτων όπως κίνητρο επίσκεψης ή απόσταση που διανύθηκε.

Το μοντέλο της επικοινωνίας βασίστηκε σε γνώμες ειδικών, όσο αφορά την παρουσία και επιβίωση του επικονιαστή στις κατηγορίες κάλυψης γης και σε βιβλιογραφικά δεδομένα όσο αφορά την οικολογία του (τροφικές – εποχικές προτιμήσεις και πτήση). Η έλλειψη εντομολογικών πληθυσμιακών δεδομένων και η απουσία ερευνών τροφικής συνήθειας από την περιοχή μελέτης υποκαταστάθηκε όπως αναφέρθηκε παραπάνω, όμως η απουσία αντίστοιχων ερευνών δεν επέτρεψε την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Η ζήτηση που υπολογίστηκε με βάση την ύπαρξη γεωργικής γης είναι δυνητική καθώς δεν ήταν διαθέσιμα δεδομένα για το είδος και την ένταση των καλλιεργειών.

Το μοντέλο της ποιότητας βιοτόπου βασίστηκε κυρίως στις κατηγορίες κάλυψης γης και στη γνώμη ειδικών. Η γενίκευση των δεδομένων Corine, απέτυχε να αποδώσει σημαντικές απειλές που προέρχονται από είδη κάλυψης και δεν αποτυπώθηκαν με κύρια την κατάτμηση λόγω των δικτύων υποδομών (οδικό δίκτυο, υπέργεια δίκτυα μεταφοράς ενέργειας κλπ). Επίσης η αντιμετώπιση των οικοσυστημάτων (κατά κλάσεις κάλυψης γης) ως επιφάνειες σταθερής και αδιακύμαντης οικολογικής λειτουργίας, οδηγεί στην υπερεκτίμηση αυτής και κατά συνέπεια σε υπερεκτίμηση της παροχής των αντίστοιχων ΟΥ. Αντίστοιχο πρόβλημα προκύπτει και από την κατηγοριοποίηση των κλάσεων γης που χαρακτηρίστηκαν ως απειλές, όπως για παράδειγμα οι γεωργικές εκτάσεις των οποίων οι συνέπειες στην ποιότητα βιοτόπων θεωρήθηκαν μονοδιάστατες, ανεξάρτητα από την μέθοδο και την ένταση της διαχείρισης που εφαρμόζεται στην πραγματικότητα.

Το μοντέλο αποθήκευσης άνθρακα βασίστηκε στις οδηγίες της Διακυβερνητικής Επιτροπής Κλιματικής Αλλαγής (IPCC, 2006). Σε αυτές εντοπίστηκαν αρκετές ελλείψεις όσο αφορά το συσχετισμό των κατηγοριών και των μεγεθών με την περιοχή μελέτης τόσο από βιογεωγραφική άποψη όσο και από την ανάγκη απόδοσης τιμών σε κάθε κατηγορία κάλυψης γης, κάτι που οδήγησε αναπόφευκτα σε εκτεταμένες παραδοχές. Τα δεδομένα Corine που χρησιμοποιήθηκαν, όπως προαναφέρθηκε, ανάγουν την ποσότητα της υπέργειας και υπόγειας ποσότητας βιομάζας σε σταθερές τιμές με αποτέλεσμα να παρουσιάζονται οι βέλτιστες προϋποθέσεις αποθήκευσης άνθρακα και όχι οι πραγματικές συνθήκες.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, τα περισσότερα προβλήματα προέκυψαν από τον τρόπο αναπαράστασης των οικοσυστημάτων και των ανθρωπογενών απειλών, τόσο σε επίπεδο ταξινόμησης όσο και σε επίπεδο παραγωγικών οικολογικών λειτουργιών και ποσοτικοποίησης των κινδύνων. Οι ελλείψεις αυτές οδήγησαν σε εκτεταμένες παραδοχές και γενικεύσεις οι οποίες είναι βέβαιο ότι επηρέασαν τα αποτελέσματα σε ποσοτικό αλλά όχι και σε ποιοτικό επίπεδο, αφού η τήρηση των σχετικών αναλογιών βασίστηκε σε έγκυρα δεδομένα.

5.3 Συμπεράσματα

Πρωταρχικό συμπέρασμα από την ανάλυση των αποτελεσμάτων, μεμονωμένα και συνολικά, είναι ότι στην περιοχή μελέτης η βιοποικιλότητα είναι ανάλογη της παροχής των ΟΥ. Η οροσειρά του Τρόοδος, με το μεγαλύτερο ποσοστό ενδημισμού, παρουσιάζει υψηλού επιπέδου παροχή και στις τέσσερις υπηρεσίες που μελετήθηκαν όπως αντίστοιχα και οι υπόλοιπες εκτάσεις που εμφανίζουν υψηλή ποικιλία ειδών (Πενταδάκτυλος, Δάσος Πάφου κλπ). Σημαντικότερα (πολυτιμότερα) οικοσυστήματα για την Κύπρο είναι τα δασικά, όμως προσοχή πρέπει να δοθεί στις εκτάσεις που καλύπτονται από σκληροφυλλική βλάστηση, στη μη αρδευόμενη γεωργική γη και στα σύνθετα συστήματα καλλιεργειών. Η σημαντικά μεγάλη έκταση που καταλαμβάνουν αυτές οι κατηγορίες κάλυψης γης οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η εφαρμογή μέτρων προστασίας για την πρώτη και ηπιότερης διαχείρισης για τις υπόλοιπες θα έχει σημαντικά αποτελέσματα σε ποσοτικούς όρους. Μέτρα εξορθολογισμού και αξιοποίησης της βοσκής και ενθάρρυνσης ήπιων γεωργικών πρακτικών θα συμβάλουν στην αύξηση της παροχής των υπηρεσιών ποιότητας βιοτόπου και αποθήκευσης άνθρακα.

Η σημαντική συμβολή των γεωργικών εκτάσεων στην αποθήκευση άνθρακα εξηγείται λόγω της μεγάλης έκτασης που καταλαμβάνει η κατηγορία κάλυψης γης σε συνδυασμό με την αποθήκευση άνθρακα κυρίως στο έδαφος αλλά και στη βιομάζα των δενδρωδών καλλιεργειών και των αμπελιών. Σε απόλυτα μεγέθη τα δάση κωνοφόρων, τα μακί αλλά και οι γεωργικές εκτάσεις κατατάσσονται στις πλουσιότερες αποθήκες άνθρακα της περιοχής μελέτης. Η ποσότητα άνθρακα που υπολογίστηκε στα δάση της Κύπρου διαφέρει από αντίστοιχες εκτιμήσεις άλλων εργασιών όπως των Schulz, Nabuurs nad Verburg (2008), κάτι που πιθανά να οφείλεται στη διαφορά των θεωρητικών ποσοτήτων που λαμβάνονται υπόψη για τις χωρικές εκτιμήσεις αλλά και στην εκτεταμένη γενίκευση των δεδομένων αναπλήρωσης που εισάγονται στο μοντέλο, πολλαπλασιάζοντας με τον τρόπο αυτό τη διαφορά.

Η υπηρεσία της επικονίασης εμφανίζεται ενισχυμένη στα δάση, τις μεταβατικές εκτάσεις, τη σκληροφυλλική βλάστηση και υπάρχουν αρκετές θέσεις στην αμιγώς γεωργική γη οι οποίες μπορούν να υποστηριχθούν από την υπηρεσία εφόσον καλλιεργούνται με είδη που εξαρτώνται από την επικονίαση. Υπολογίστηκε ότι ένα ποσοστό 2,5% της συνολικής γεωργικής γης παρουσιάζει σκορ επικονίασης μεγαλύτερο από 0,5 (με βάση τον επιλεγμένο επικονιαστή). Αυτό σημαίνει ότι έργα προστασίας και δημιουργίας επιμηκών φυσικών περιοχών κατάλληλων για φωλεοποίηση (π.χ. φυτοφράκτες) σε περιοχές όπως η πεδιάδα της Μεσαορίας θα συμβάλουν στην αύξηση της παροχής της υπηρεσίας δηλαδή εκεί όπου η ζήτηση είναι δεδομένη.

Η αναψυχή στην περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από την τοπικότητα και την εποχικότητα. Η διαφορά επισκεψιμότητας μεταξύ αστικών περιοχών και φυσικών – ημιφυσικών επιφανειών εμφανίζει αναλογία 6:1. Εξαιρώντας τις πρώτες, εντοπίστηκε υψηλή προτίμηση στα δασικά οικοσυστήματα, σε περιοχές που καλύπτονται από σκληροφυλλική βλάστηση αλλά και στους φυσικούς λειμώνες. Κέντρο υψηλής επισκεψιμότητας αποτελεί η οροσειρά του Τρόοδος, χαρακτηριστικό που εξηγείται τόσο από την ελκυστικότητα του τοπίου (βιοποικιλότητα και ποικιλία αναγλύφου) όσο και από την προσβασιμότητα και τις

υποδομές που υπάρχουν όπως το οδικό δίκτυο, οι θέσεις διημέρευσης κλπ (Tampakis et al., 2014).

Η τοπικότητα της αναψυχής αναδείχθηκε επίσης στις περιοχές που είναι ενταγμένες στο δίκτυο Natura, όπου βρέθηκε ότι η επισκεψιμότητα ανά εκτάριο γης είναι έως και 4 φορές μεγαλύτερη από ότι στις υπόλοιπες φυσικές και ημιφυσικές περιοχές. Το εύρημα αυτό επιβεβαιώνει την κοινωνική και οικονομική σημασία των περιοχών προστασίας στην Ε.Ε. (Gantioler et al., 2010). Η προτίμηση των επισκεπτών μπορεί να ερμηνευθεί με δύο συμπληρωματικούς τρόπους: α) Οι περιοχές του δικτύου διαθέτουν ιδιαίτερα φυσικά χαρακτηριστικά τα οποία εκτιμώνται από τους επισκέπτες και επομένως η σχεδίαση του δικτύου είναι επιτυχής παρέχοντας εκτός από περιβαλλοντική προστασία και κοινωνική-οικονομική αξία. β) Η ίδια η φύση του δικτύου προσελκύει επισκέπτες οι οποίοι συλλέγοντας εκ των προτέρων πληροφορίες αποφασίζουν για τον προορισμό προσδοκώντας αισθητική και αναψυχητική ικανοποίηση μέσα από την επαφή με μοναδικά ή σπάνια χαρακτηριστικά. Και στις δύο περιπτώσεις όταν το ζητούμενο είναι η μεγιστοποίηση των κοινωνικών και οικονομικών ωφελειών, αυτό αποδείχθηκε ότι επιτυγχάνεται.

Όσο αφορά την εποχικότητα της αναψυχής αυτή αναδείχθηκε στα δάση, τις περιοχές σκληροφυλλικής βλάστησης, τις μεταβατικές εκτάσεις, τους φυσικούς λειμώνες αλλά και στις περιοχές που χαρακτηρίζονται ως αγροτικές. Σε αυτές τις επιφάνειες παρατηρήθηκαν δύο χρονικά σημεία υψηλής επισκεψιμότητας: ένα υψηλό κατά τα μέσα της άνοιξης και ένα δεύτερο στα μέσα και τέλη του καλοκαιριού. Στην πρώτη περίπτωση εκτιμάται ότι το κίνητρο της εποχικής συμπεριφοράς είναι η επιθυμία επαφής με τη φύση ενώ στη δεύτερη η αναζήτηση ανακούφισης από τις υψηλές θερμοκρασίες.

Τέλος κρίνεται σκόπιμο να διατυπωθούν τα βασικά συμπεράσματα από τη χρήση του InVEST για τη χωρική ανάλυση των ΟΥ:

- Τα μοντέλα του InVEST είναι διαβαθμισμένης δυσκολίας και ορισμένα εξ αυτών είναι ιδιαίτερα απλά και εύχρηστα. Ο χαρακτηρισμός του, ως εργαλείο που απαιτεί πληθώρα δεδομένων (ASWM, 2016) δεν επαληθεύεται για όλα τα μοντέλα.
- Η ανάλυση απαιτεί καλή οργάνωση των χωρικών δεδομένων που θα εισαχθούν. Η καλή γνώση λογισμικών διαχείρισης γεωγραφικών πληροφοριών (GIS) είναι υποχρεωτική.
- Όσο αφορά την απόδοση των αποτελεσμάτων αυτή κάλυψε πλήρως τις ανάγκες της ανάλυσης που ακολούθησε και λόγω της πλεγματικής της δομής, κρίνεται ότι τα αποτελέσματα του InVEST μπορούν να εφαρμοσθούν σε οποιοδήποτε αναλυτικό εργαλείο υποστηρίζει την είσοδο αντίστοιχων γεωχωρικών δεδομένων.
- Η ανάλυση των αποτελεσμάτων απαιτεί τη χρήση εργαλείων στατιστικής, γεωχωρικής και υπολογιστικής ανάλυσης.
- Η χρήση του InVEST σε περιπτώσιολογικές μελέτες τοπικής ή περιφερειακής κλίμακας απαιτεί υψηλό επίπεδο διεπιστημονικής συνεργασίας στο βαθμό που η εξειδικευμένη γνώση δεν μπορεί να υποκατασταθεί από βιβλιογραφικά ευρήματα ή υφιστάμενα δεδομένα.

5.4 Εισηγήσεις

Για την παραπέρα αξιοποίηση υπολογιστικών εργαλείων όπως το InVEST και με σκοπό την εκτίμηση της προσφοράς ή της ζήτησης των οικοσυστημικών υπηρεσιών που εξετάστηκαν προτείνονται:

- I. Η χρήση δεδομένων υποκατάστασης καλύτερης ανάλυσης και πιο αξιόπιστης απόδοσης της πραγματικότητας όπως ταξινομήσεις από εικόνες τηλεπισκόπησης και κοινά διευρωπαϊκά έργα χαρτογράφησης. Το διαχρονικό αρχείο δορυφορικών LANDSAT (1985-σήμερα) και το ευρωπαϊκό πρόγραμμα παρακολούθησης Sentinel προσφέρουν ελεύθερα δεδομένα κατάλληλα για το σκοπό αυτό. Εναλλακτικά και για μελέτες τοπικής κλίμακας στο εξωαστικό περιβάλλον προτείνεται η χρήση των δεδομένων Urban Atlas του προγράμματος Copernicus υπό την προϋπόθεση ότι οι μη δομημένες επιφάνειες θα εμπλουτισθούν με βιοφυσικά δεδομένα.
- II. Η ενσωμάτωση χωρικών πληροφοριών για τις γεωργικές μεθόδους που εφαρμόζονται με διάκριση σε συμβατικές, εντατικές και εκτατικές θα βοηθήσει στην εκτίμηση των συνεπειών της γεωργίας στην παροχή ΟΥ αλλά και στην καθαυτή εκτίμηση της υποστήριξης των διατροφικών πόρων.
- III. Η χρήση δεικτών βλάστησης (από πολυφασματικές ή υπερφασματικές εικόνες) που σχετίζονται με την παραγωγικότητα των οικοσυστημάτων, την αξιοποίηση του αζώτου, την παρουσία νεκρού άνθρακα και τη συγκέντρωση χρωστικών στη βλάστηση μπορεί να συμβάλει άμεσα στην εκτίμηση της παροχής των παραγωγικών υπηρεσιών και έμμεσα στην εκτίμηση των ρυθμιστικών υπηρεσιών αλλά και της ακεραιότητας των οικοσυστημάτων.
- IV. Οι κίνδυνοι και οι απειλές για τα οικοσυστήματα προτείνεται να αποδοθούν με τη χρήση μετεωρολογικών εικόνων νυχτερινής λήψης (DMSP/OLS). Οι εικόνες αυτές έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για την παρακολούθηση της αστικής εξάπλωσης (Agariou et al., 2015, Small et al., 2011) και τη χωρική ανάλυση της σχέσης ΑΕΠ/Αξίας ΟΥ (Sutton and Costanza, 2002). Η χρήση των υπέρυθρων μικρού κύματος εικόνων νυχτερινής λήψης για την αξιολόγηση της διαταραχής του τοπίου παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον.
- V. Η περεταίρω εξειδίκευση πληροφοριών αποθήκευσης και συσσώρευσης άνθρακα ανάλογα με τις βιογεωγραφικές περιοχές και τις βιοκλιματικές ζώνες της Ευρώπης.
- VI. Ο συνδυασμός των μέσων κοινωνικής δικτύωσης και των πληθοποριστικών μεθόδων χαρτογράφησης για την ανάλυση των πολιτισμικών υπηρεσιών.

Παραρτήματα

A Μοντέλα InVEST

Περιβάλλον μοντέλου ποιότητας βιοτόπου

The screenshot shows the 'Habitat Quality' window of the InVEST software. The interface includes a menu bar (File, Development), a title bar (Habitat Quality), and a main panel with various input fields and checkboxes. A status bar at the bottom contains 'Reset', 'Run', and 'Quit' buttons. A green message box at the bottom of the main panel reads: 'Parameters have been loaded from the most recent run of this model. [Reset to defaults](#)'.

Annotations on the left side of the image point to specific parameters in the interface:

- Υφιστάμενη Κάλυψη Γης (raster) - points to 'Current Land Cover (Raster)'
- Μελλοντική Κάλυψη Γης (raster) - points to 'Future Land Cover (Raster) (Optional)' and 'Baseline Land Cover (Raster) (Optional)'
- Κίνδυνοι & Απειλές (raster) - points to 'Folder Containing Threat Rasters (required)' and 'Threats Data'
- Πίνακας απειλών - points to 'Sensitivity of Land Cover Types to Each Threat, File (CSV)'
- Πίνακας ευαισθησίας βιοτόπων - points to 'Sensitivity of Land Cover Types to Each Threat, File (CSV)'

Parameter	Value / Path
Workspace	er_cyprus/New Habitat\Small
Results Suffix (Optional)	
Current Land Cover (Raster)	rpus/New Habitat/land_cur.tif
Future Land Cover (Raster) (Optional)	
Baseline Land Cover (Raster) (Optional)	
Folder Containing Threat Rasters (required)	er_cyprus/New Habitat\Small
Threats Data	yprus/New Habitat/Threat.csv
Accessibility to Threats (Vector) (Optional)	
Sensitivity of Land Cover Types to Each Threat, File (CSV)	_cyprus/New Habitat/Sens.csv
Half-Saturation Constant	0.5

Περιβάλλον μοντέλου επικονίασης

Κάλυψη Γης

Πίνακας συσχέτισης

Πίνακας συντεχνιών

Ωφελούμενοι τύποι κάλυψης γης

Parameters have been loaded from the most recent run of this model. [Reset to defaults](#)

Περιβάλλον μοντέλου αναψυχής

Πίνακας συσχέτισης

Χρονικό εύρος αναζήτησης εικόνων

Τύπος & διάσταση πλέγματος

Note, this computer must have an Internet connection in order to run this model.

Parameters have been loaded from the most recent run of this model. [Reset to defaults](#)

Περιβάλλον μοντέλου αποθήκευσης άνθρακα

Workspace: D:\Data\Thesis\Invest_project\Carbon2

Results Suffix (Optional):

The biophysical model and valuation model may be run independently or together. In order to run the valuation model, either the biophysical model must be run with 'Calculate Sequestration' checked, or inputs must be provided under the 'Sequestration Data' section below.

Run Biophysical Model

Calculate Sequestration

REDD Scenario Analysis

Current Land Use/Land Cover

Current Land Use/Land Cover (Raster): project/Carbon2/corine/w001001.adf

Year of Land Cover: 2000

Future Land Use/Land Cover

Baseline (Raster): .\3.0_x86\Base_Data\Terrestrial\lulc_samp_fut\hdr.adf

REDD Policy (Raster): .\InVEST_3.3.0_x86\Carbon\input\lulc_samp_redd.tif

Year of Land Cover: 2030

Carbon Pools: .\ct\Carbon2\Carbon_pools_September.csv

Current Harvest Rate Map (Optional): 3.0_x86\Carbon\input\harv_samp_cur.shp

Future Harvest Rate Map (Optional): 3.0_x86\Carbon\input\harv_samp_fut.shp

Data for Uncertainty Analysis (enable to trigger uncertainty analysis)

Sequestration data (required for valuation if biophysical model is not run)

Sequestration Raster:

Start Year of Sequestration Measurement:

Final Year of Sequestration Measurement:

Run Valuation Model

Parameters have been loaded from the most recent run of this model. [Reset to defaults](#)

Reset Run Quit

Υφιστάμενη Κάλυψη Γης (raster)

Μελλοντική Κάλυψη Γης (raster)

Δεδομένα διαμερισμάτων άνθρακα

Β Πίνακες εισόδου μοντέλων InVEST

Πίνακας τύπων και ευαισθησίας κάλυψης γης μοντέλου ποιότητας βιοτόπου.

LULC	NAME	HABITAT	L_urb	L_irri	L_agri
111	Continuous urban fabric	0	0	0	0
112	Discontinuous urban fabric	0	0	0	0
121	Industrial or commercial units	0	0	0	0
122	Road and rail networks and associated land	0	0	0	0
123	Port areas	0	0	0	0
124	Airports	0	0	0	0
131	Mineral extraction sites	0	0	0	0
132	Dump sites	0	0	0	0
133	Construction sites	0	0	0	0
141	Green urban areas	0	0	0	0
142	Sport and leisure facilities	0	0	0	0
211	Non irrigated arable land	0.2	0.2	0.3	0.2
212	Permanently irrigated land	0.2	0.2	0.3	0.2
221	Vineyards	0.4	0.6	0.3	0.2
222	Fruit trees and berry plantations	0.4	0.4	0.3	0.2
223	Olive groves	0.4	0.4	0.3	0.2
231	Pastures	0.2	0.2	0.3	0.2
241	Annual crops	0.2	0.2	0.3	0.2
242	Complex cultivation patterns	0.4	0.6	0.3	0.2
243	Land principally occupied by agriculture with significant areas of natural vegetation	0.4	0.8	0.3	0.2
312	Coniferous forest	1	1	1	1
311	Broad leaved forest	1	1	1	1
313	Mixed forest	1	1	1	1
321	Natural grassland	0.8	1	1	1
323	Sclerophyllous vegetation	0.8	1	1	1
324	Transitional woodland/shrub	0.8	1	1	1
331	Beaches dunes and sand plains	0.6	1	0.8	0.6
332	Rock	0.2	1	0.8	0.6
333	Sparsely vegetated areas	0.8	1	0.8	0.6
334	Burnt areas	0.2	1	1	1
411	Inland marshes	0.4	1	0.8	0.6
421	Salt marshes	0.6	1	0.8	0.6
511	Water courses	0.4	0.8	0.8	0.6
512	Water bodies	0.4	0.8	0.8	0.6

Πίνακας απειλών μοντέλου ποιότητας βιοτόπου

MAX_DIST	WEIGHT	THREAT	DECAY
1.5	0.7	urb	linear
1	0.6	irri	linear
0.7	0.5	agri	linear

Πίνακας οικολογίας συντεχνίας Bombus

SPECIES	NS_ground	NS_tree	FS_spr	FS_sum	FS_aut	FS_wint	ALPHA
Bombus	1	0	0.5	0.7	0.5	0.2	1750

Πίνακας επικονιαστικών πόρων (ανά τύπο κάλυψης γης και εποχή)

LULC	DESCRIPTION	LULC_GROUP	N_ground	N_tree	F_spr	F_sum	F_aut	F_wint
1	Continuous urban fabric	Artificial	0	0	0	0	0	0
2	Discontinuous urban fabric	Artificial	0	0	0	0	0	0.1
3	Industrial or commercial units	Artificial	0	0	0	0	0	0
4	Road and rail networks and associated land	Artificial	0	0	0	0	0	0
5	Port areas	Artificial	0	0	0	0	0	0
6	Airports	Artificial	0	0	0	0	0	0
7	Mineral extraction sites	Artificial	0	0	0	0	0	0
8	Dump sites	Artificial	0	0	0	0	0	0
9	Construction sites	Artificial	0	0	0	0	0	0
10	Green urban areas	Artificial	0	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1
11	Sport and leisure facilities	Artificial	0	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1
12	Non-irrigated arable land	Agricultural	0.2	0	0.2	0.2	0.2	0.1
13	Permanently irrigated land	Agricultural	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0.2
14	Rice fields	Agricultural	0	0	0	0	0	0
15	Vineyards	Agricultural	0.2	0	0.1	0.1	0.1	0.1
16	Fruit trees and berry plantations	Agricultural	0.2	0.2	0.5	0.2	0.3	0.2
17	Olive groves	Agricultural	0.4	0.2	0.5	0.2	0.3	0.1
18	Pastures	Agricultural	0.6	0	0.6	0.5	0.3	0.2
19	Annual crops associated with permanent crops	Agricultural	0.4	0	0.1	0.1	0.1	0
20	Complex cultivation patterns	Agricultural	0.3	0	0.1	0.1	0.1	0.1
21	Land principally occupied by agriculture	Agricultural	0.4	0	0.3	0.3	0.2	0.1
22	Agro-forestry areas	Agricultural	0.4	0.1	0.3	0.3	0.2	0.1
23	Broad-leaved forest	Forests	0.7	0.3	0.7	0.6	0.7	0.1
24	Coniferous forest	Forests	0.7	0.3	0.8	0.7	0.6	0.4
25	Mixed forest	Forests	0.7	0.3	0.7	0.6	0.7	0.1
26	Natural grasslands	Scrub	0.7	0	0.7	0.5	0.5	0.2

LULC	DESCRIPTION	LULC_GROUP	N_ground	N_tree	F_spr	F_sum	F_aut	F_wint
27	Moors and heathland	Scrub	0.7	0	0.7	0.7	0.6	0.4
28	Sclerophyllous vegetation	Scrub	0.8	0.1	0.9	0.8	0.7	0.8
29	Transitional woodland shrub	Scrub	0.7	0.2	0.8	0.6	0.5	0.6
30	Beaches dunes sands	Semi	0.4	0	0.2	0.1	0.1	0
31	Bare rocks	Semi	0	0	0	0	0	0
32	Sparsely vegetated areas	Semi	0.1	0.05	0.1	0.1	0.1	0
33	Burnt areas	Semi	0	0	0	0	0	0
34	Glaciers and perpetual snow	Semi	0	0	0	0	0	0
35	Inland marshes	Wetlands	0	0	0	0	0	0
36	Peat bogs	Wetlands	0	0	0	0	0	0
37	Salt marshes	Wetlands	0	0	0	0	0	0
38	Salines	Wetlands	0	0	0	0	0	0
39	Intertidal flats	Wetlands	0	0	0	0	0	0
40	Water courses	Water	0	0	0	0	0	0
41	Water bodies	Water	0	0	0	0	0	0
42	Coastal lagoons	Water	0	0	0	0	0	0
43	Estuaries	Water	0	0	0	0	0	0
44	Sea and ocean	Water	0	0	0	0	0	0

Πίνακας ποσοτήτων άνθρακα ανά διαμέρισμα και τύπο κάλυψης γης, ποσότητες σε τόνους ανά εκτάριο

Πεδία πίνακα: LULC_Name: κατηγορία κάλυψης γης, ABOV_BIOMASS: υπέργεια βιομάζα, ABOV_BIOMASS_f: συντελεστής μετατροπής βιομάζας σε C, C_ABOVE_MEAN: άνθρακας στο διαμέρισμα υπέργειας βιομάζας, R/S Ratio: λόγος υπέργειας/υπόγειας βιομάζας, BEL_BIOMASS: υπόγεια βιομάζα, C_BELOW_MEAN: άνθρακας υπόγειας βιομάζας, Man_conv_f_CS: συντελεστής υποβάθμισης εδαφικού άνθρακα λόγω ανθρωπ. δραστηριότητας, Default_vl: βιβλιογραφική ποσότητα εδαφικού άνθρακα, C_SOIL_MEAN: ποσότητα εδαφικού άνθρακα, C_DEAD_MEAN: ποσότητα άνθρακα νεκρής οργανικής ύλης. Οι ποσότητες άνθρακα δίνονται σε tn/ha.

LULC_Name	ABOV_BIOMASS	ABOV_BIOMASS_f	C_ABOVE_MEAN	R/S Ratio	BEL_BIOMASS	C_BELOW_MEAN	Man_conv_f_CS	Default_vl	C_SOIL_MEAN	C_DEAD_MEAN
Continuous urban fabric	0	-	0	-	0	0	0	38	0	0
Discontinuous urban fabric	0	-	0	-	0	0	0	38	0	0
Industrial or commercial units	0	-	0	-	0	0	0	38	0	0
Road and rail networks and associated land	0	-	0	-	0	0	0	38	0	0
Port areas	0	-	0	-	0	0	0	38	0	0
Airports	0	-	0	-	0	0	0	38	0	0
Mineral extraction sites	0	-	0	-	0	0	0	38	0	0
Dump sites	0	-	0	-	0	0	0	38	0	0
Construction sites	0	-	0	-	0	0	0	38	0	0
Green urban areas	15	0.46	6.9	0.28	1.932	0.541	0.8	38	30.4	0
Sport and leisure facilities	0	-	0	-	0	0	0	38	0	0
Non irrigated arable land	0	-	0	-	0	0	0.95	38	36.1	0
Permanently irrigated land	0	-	0	-	0	0	1	38	38	0
Rice fields	0	-	0	-	0	0	1	38	38	0
Vineyards	41	-	9	-	0	0	0.8	38	30.4	0
Fruit trees and berry plantations	41	-	9	-	0	0	1	38	38	0.2
Olive groves	41	-	9	-	0	0	1	38	38	0.2
Pastures	0	-	0	-	0	0	1	38	38	0
Annual crops associated with permanent crops	0	-	0	-	0	0	1.04	38	39.52	0
Complex cultivation patterns	0	-	9	-	0	0	1.1	38	41.8	0

<i>LULC_Name</i>	ABOV_B IOMASS	ABOV_BIO MASS_f	C_ABOVE_MEAN	R/S Ratio	BEL_BIOMASS	C_BELOW_MEAN	Man_conv_f_CS	Default_vl	C_SOIL_MEAN	C_DEAD_MEAN
<i>Land principally occupied by agriculture with significant areas of natural vegetation</i>	0	-	9	-	0	0	0.93	38	35.34	0.5
<i>Agro-forestry areas</i>	41	0.46	18.86	0.28	11.48	5.281	0.93	38	35.34	1
<i>Broad leaved forest</i>	130	0.47	61.1	0.56	72.8	34.22	1	38	38	4.1
<i>Coniferous forest</i>	130	0.49	63.7	0.56	72.8	35.67	1	38	38	2.8
<i>Mixed forest</i>	130	0.48	62.4	0.56	72.8	34.94	1	38	38	3.45
<i>Natural grasslands</i>	0.8	0.46	0	0.56	4	1.84	1	38	38	0
<i>Moors and heathland</i>	1.6	0.46	0	0.56	3	1.38	1	38	38	0
<i>Sclerophyllous vegetation</i>	41	0.46	18.86	0.28	4.6	2.116	1	38	38	2.8
<i>Transitional woodland shrub</i>	61	0.46	28.06	0.28	17.08	7.857	1	38	38	2
<i>Beaches dunes sands</i>	0	-	0	-	0	0	1	38	38	0
<i>Bare rocks</i>	0	-	0	-	0	0	0.1	38	3.8	0
<i>Sparsely vegetated areas</i>	1.6	0.46	0.736	-	0	0	0.8	38	30.4	0
<i>Burnt areas</i>	0	-	0	-	0	0	0.8	38	30.4	0
<i>Glaciers and perpetual snow</i>	0	-	0	-	0	0	0	38	0	0
<i>Inland marshes</i>	0	-	0	-	0	0	1	38	38	0
<i>Peat bogs</i>	0	-	0	-	0	0	0	38	0	0
<i>Salt marshes</i>	0	-	0	-	0	0	1	38	38	0
<i>Salines</i>	0	-	0	-	0	0	0	38	0	0
<i>Intertidal flats</i>	0	-	0	-	0	0	0	38	0	0
<i>Water courses</i>	0	-	0	-	0	0	0	38	0	0
<i>Water bodies</i>	0	-	0	-	0	0	0	38	0	0
<i>Coastal lagoons</i>	0	-	0	-	0	0	1	38	38	0
<i>Estuaries</i>	0	-	0	-	0	0	1	38	38	0
<i>Sea and ocean</i>	0	-	0	-	0	0	0	38	0	0

Γ Οικολογία *Bombus terrestris*

Στο τέλος του χειμώνα οι βασίλισσες βγαίνουν από τη χειμέρια νάρκη και ξεκινούν τη δημιουργία αποικιών σε τρεις κύριες φάσεις. Κατά την πρώτη η βασίλισσα δημιουργεί λίγα κελιά στα οποία εναποθέτει 10 διπλοειδή αυγά από τα οποία εκκολάπτονται εργάτριες οι οποίες βοηθούν τη βασίλισσα στην ωοτοκία, φροντίζουν την αποικία και αναζητούν τροφή. Η δεύτερη φάση ξεκινά όταν νυμφωθούν τα αυγά της πρώτης και κατά την οποία εμφανίζονται 35 επιπλέον εργάτριες. Κατά τη τρίτη φάση παρατηρείται η μεγαλύτερη ωοτοκία (σε καθημερινή βάση) με σκοπό τη δημιουργία επιπλέον εργατριών. Στο τέλος της τρίτης φάση η



Βασίλισσα *B. terrestris*:
Holger Casselmann, CC BY-SA 3.0

βασίλισσα εναποθέτει απλοειδή αυγά από τα οποία θα προκύψουν αρσενικά άτομα. Η τρίτη φάση ολοκληρώνεται με το στάδιο του ανταγωνισμού κατά το οποίο παρατηρείται ωοφαγία, επιθετική συμπεριφορά μεταξύ των εργατριών και μεταξύ των εργατριών και της βασίλισσας και παραμέληση καθηκόντων (Yeninar, et al., 2000). Οι (Walther-Hellwig & Frankl, 2000) μελέτησαν την ακτίνα πτήσης του *ssp. Dalmatinus* με πειράματα σύλληψης – επανασύλληψης και βρήκαν ότι απόσταση που διένυσε προς αναζήτηση τροφής κυμάνθηκε μεταξύ 650-1750μ. Η μέγιστη απόσταση μπορεί να είναι σημαντικά μεγαλύτερη ανάλογα με την ποιότητα και την ποσότητα της τροφής, χαρακτηριστικά που καθορίζουν τη σχέση κόστους-οφέλους ενέργειας και που μπορεί να οδηγήσουν το έντομο σε μέγιστες αποστάσεις 5,5χλμ, ενώ για να επιστρέψει το έντομο στην αποικία του μπόρεσε να διανύσει αποστάσεις έως και 9,8χλμ (Goulson & Stout, 2001). Το είδος φωλεοποιεί στο έδαφος και σπανιότερα σε κοιλότητες δένδρων, σε περιαστικούς κήπους, αγρούς, ανοίγματα δασών, λιβάδια, φρύγανα και εγκαταλειμμένες φωλιές τρωκτικών. Οι (Goulson, et al., 2002) αναφέρουν ότι στους περιαστικούς κήπους οι αποικίες παρουσιάζουν μεγαλύτερη αύξηση βάρους σε σύγκριση με αποικίες σε επιφάνειες συμβατικής γεωργίας, ενώ μέτρα ενίσχυσης της βιοποικιλότητας σε γεωργικές εκτάσεις δεν επηρεάζουν σημαντικά την ποιότητα του οικοτόπου λόγω τους μεγάλου εύρους βοσκής.

Οι (Gurel, et al., 2008) μελέτησαν τη τροφική συμπεριφορά του *B. terrestris ssp. Dalmatinus* στα παράλια της Αττάλειας και βρήκαν ότι προτιμά περιοχές με θάμνους, φρύγανα, μακί. Σε περιοχές με υψόμετρο 500-700μ η βασίλισσα εμφανίζει έντονη δραστηριότητα από το Φεβρουάριο έως τα τέλη Απριλίου, ενώ οι εργάτριες από τα μέσα Μαρτίου έως τα τέλη Ιουλίου. Το φθινόπωρο και χειμώνα εμφανίζει υψηλή προτίμηση στην κουμαριά (*Arbutus unedo* L.), τη μουσουλιά (*Eriobotrya japonica* Thunb.), τη λυγαριά (*Vitex agnus-castus* L.) και μέτρια προτίμηση στην κληματίδα (*Clematis cirrhosa* L.). Την άνοιξη εμφανίζει υψηλή προτίμηση στο λούπινο (*Lupinus varius* L.), τη λυγαριά (*Vitex agnus-castus* L.) και χαμηλή προτίμηση σε αγριοαχλαδιά (*Pyrus elaeagrifolia* Pallas), το λωτό (*Lotus corniculatus* L.), τη βοϊδόγλωσσα ή ανχούζα (*Anchusa azurea* Miller), στο έχιο ή καττουδικιά (*Echium angustifolium* Miller) και στο έχιο ή τουλπάνι ή μανούνι (*Echium italicum* L.). Το καλοκαίρι εμφανίζει υψηλή προτίμηση στη λυγαριά (*Vitex agnus-castus* L.). Σε περιοχές με χαμηλότερο υψόμετρο (0-100μ), η βασίλισσα εμφανίζει έντονη δραστηριότητα από το Νοέμβριο έως τα τέλη Φεβρουαρίου, ενώ οι εργάτριες από τα τέλη Ιανουαρίου έως τις αρχές Ιουλίου.

Πίνακας εποχικών προτιμήσεων βοσκής ανθοφόρων του επικονιαστή σε υψόμετρο 0-100, πηγή: Gurel, et al., 2008.

Ανθοφόρο είδος	Περίοδος Βοσκής				Προτίμηση
	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	
<i>Arbutus andrachne</i>	✓				Υ
<i>Coronilla emerus</i>	✓				Υ
<i>Quercus spp.</i>	✓				Υ
<i>Ptilostemon chamaepeuce</i>	✓	✓			Υ
<i>Salvia fruticosa</i>	✓	✓			Υ
<i>Carduus nutans</i>	✓	✓			Υ
<i>Alcea pallida</i>	✓	✓			Υ
<i>Salvia virgata</i>		✓			Υ
<i>Hypericum scabrum</i>		✓			Υ
<i>Vitex agnus-castus</i>	✓	✓	✓		Υ
<i>Cephalaria dipsacoides</i>		✓			Υ
<i>Gonocytisus angulatus</i>		✓			Υ
<i>Delphinium peregrinum</i>		✓			Υ
<i>Echinops ritro</i>		✓			Υ
<i>Anagyris foetida</i>	✓				Μ
<i>Rosa canina</i>	✓				Μ
<i>Jasminium fruticans</i>	✓				Μ
<i>Fumaria officinalis</i>	✓				Μ
<i>Vicia sativa</i>	✓				Μ
<i>Coronilla varia</i>	✓				Μ
<i>Pterocephalus plumosus</i>	✓				Μ
<i>Astragalus tmoleus.</i>		✓			Μ
<i>Salvia tomentosa</i>		✓			Μ
<i>Medicago sativa</i>		✓			Μ
<i>Sideritis pisidica</i>		✓			Μ
<i>Clematis cirrhosa</i>	✓		✓	✓	Χ
<i>Acer sempervirens</i>	✓				Χ
<i>Styrax officinalis</i>	✓				Χ
<i>Potentilla recta</i>	✓	✓			Χ
<i>Malva sylvestris</i>	✓	✓			Χ

Ανθοφόρο είδος	Περίοδος Βοσκής				Προτίμηση
	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	
<i>Lotus corniculatus</i>	✓	✓			X
<i>Convolvulus scammonia</i>		✓			X
<i>Rubus sanctus Schreber</i>		✓			X
<i>Umbilicus erectus</i>		✓			X
<i>Opopanax hispidus</i>		✓			X
<i>Rhus coriaria</i>		✓			X
<i>Melissa officinalis</i>		✓			X
<i>Centaurea solstitialis</i>		✓			X
<i>Clematis flammula</i>		✓			X
<i>Althaea cannabina</i>		✓			X

Πίνακας καλλιεργειών που επηρεάζονται θετικά από επικωνιαστές, δηλαδή: αύξηση της καρπόδεσης /σποροπαραγωγής, αύξηση βάρους καρπών, βελτίωση ποιότητας σπόρων/καρπών, αύξηση γύρης, πηγή Klain et al., 2007.

Είδος	Αγαθό	Αύξηση παραγωγής	Αύξηση παραγωγής σπόρων προς σπορά	Αύξηση παραγωγής σπόρων και στελεχών αγενούς αναπαραγωγής	Μερική αύξηση παραγωγής
<i>Solanum tuberosum</i>	Πατάτα			✓	
	Φρέσκα λαχανικά				✓
<i>Glycine max, G. soja</i>	Σόγια	✓			
<i>Ipomoea batatas</i>	Γλυκοπατάτα			✓	
<i>Lycopersicon esculentum</i>	Τομάτα	✓			
<i>Citrus aurantifolia, C. aurantium, C. bergamia, C. grandis, C. limetta, C. limon, C. maxima, C. medica (var.cedrata), C. myrtifolia, C. paradisi, C. reticulata, C. sinensis, C. unshiu, Fortunella japonica</i>	Περγαμόντο Γκρέιπφρουτ Κουμκουάτ Λεμόνι Μοσχολέμονο Μανταρίνι Πορτοκάλι Νεράντζι Κλημεντίνι	✓			
<i>Citrullus lanatus</i>	Καρπούζι	✓			
<i>Brassica chinensis, B. oleracea</i>	Λάχανο Κουνουπίδι		✓		
<i>Gossypium hirsutum, G. barbadense, G. arboreum, G. herbaceum</i>	Βαμβάκι	✓			
<i>Malus domestica</i>	Μήλο	✓			
<i>Allium cepa, A. ascalonicum,</i>	Κρεμμύδι Ασκαλώνιο		✓		

Είδος	Αγαθό	Αύξηση παραγωγής	Αύξηση παραγωγής σπόρων προς σπορά	Αύξηση παραγωγής σπόρων και στελεχών αγενούς αναπαραγωγής	Μερική αύξηση παραγωγής
<i>Brassica napus</i>	Ελαιοκράμβη	✓			
<i>Cucumis sativus</i>	Αγγούρι	✓			
<i>Arachis hypogaea</i>	Φιστίκι	✓			
<i>Solanum melongena</i>	Μελιτζάνα	✓			
<i>Cucumis melo</i>	Πεπόνι	✓			
<i>Helianthus annuus</i>	Ηλιανθος	✓			
<i>Capsicum annuum, C. frutescens, Pimenta dioica</i>	Πιπεριές (διαφ.)	✓			
<i>Daucus carota</i>	Καρότο		✓		
<i>Lactuca sativa, Cichorium intybus, C. endivia</i>	Μαρούλι Ραδίκι				
<i>Cucurbita maxima, C. mixta, C. moschata, C. pepo</i>	Κοκοκύθι (διαφ.)	✓			
<i>Pyrus communis</i>	Αχλάδι	✓			
<i>Phaseolus spp. (P. vulgaris, P. lunatus, P. angularis, P. aureus, P. mungo, P. coccineus, P. calcaratus, P. aconitifolius, P. acutifolius)</i>	Φασόλι (διαφ.)	✓			
<i>Prunus persica, Persica laevis</i>	Ροδάκινο Νεκταρίνι	✓			
<i>Allium sativum</i>	Σκόρδο			✓	
<i>Prunus domestica, P. spinosa</i>	Δαμάσκηνο Κορόμηλο Τσάπουρνο	✓			
<i>Asparagus officinalis</i>	Σπαράγγι		✓		
<i>Vigna spp., V. unguiculata, V. subterranean (syn. Voandzeia subterranea), Phaseolus spp.</i>	Φασόλι πράσινο (διαφ.)	✓			
<i>Vicia faba</i>	Κουκιά Φάβα Φασόλι	✓			

Βιβλιογραφία

- Adamowicz, W.L., Naidoo, R., Nelson, E., Polasky, S., Zhang, J. 2011. Nature-based tourism and recreation. In: P. Kareiva, Tallis, H., Ricketts, T., Gretchen, D., eds. *Natural capital: Theory and practice of mapping ecosystem services*. New York: Oxford University Press, pp. 112-151. Ch.11. [Επιγραμμικό] Διαθέσιμο στο https://books.google.gr/books/about/Natural_Capital.html?id=dAU0YMB_rdEC&redir_esc=y.
- Agapiou, A., Alexakis, D.D., Lysandrou, V., Sarris, A., Cuca, B., Themistocleous, K., Hadjimitsis, D.G. 2015. Impact of urban sprawl to cultural heritage monuments: The case study of Paphos area in Cyprus. *Journal of Cultural Heritage*, 16 (5), pp. 671-680. Διαθέσιμο μέσω Science Direct DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.culher.2014.12.006>.
- Alcamo, J. & Bennett, E., 2003. *Ecosystems and human well-being: a framework for assessment. Millennium Ecosystem Assessment (Program)*. Washington, D.C.: Island Press. [Επιγραμμικό]. Διαθέσιμο στο <http://www.millenniumassessment.org/en/Framework.html>.
- Andrew, M.E., Wulder, M.A., Nelson, T.A. 2014. Potential contributions of remote sensing to ecosystem service assessments. *Progress in Physical Geography*, 38 (3), pp. 328-353. Διαθέσιμο μέσω SAGE Journals DOI: [10.1177/0309133314528942](https://doi.org/10.1177/0309133314528942)
- Balvanera, P., Daily, G.C., Ehrlich, P.R., Ricketts, T.H., Bailey, S.-A., Kark, S., Kremen, C., Pereira, H. 2001. Conserving biodiversity and ecosystem services. *Science*, 291 (5511), p. 2047. [Επιγραμμικό]. Διαθέσιμο στο <http://science.sciencemag.org/content/291/5511/2047>.
- Bello, F., Lavorel, S., Diaz, S., Harrington, R., Cornelissen, J., Bardgett, Berg, M., Capriotti, P., Feld, Chr., Hering, D., Potts, S., Sandin, L., Sousa, J., Storkey, J., Wardle, D., Harrison, P. 2010. Towards an assessment of multiple ecosystem processes and services via functional traits. *Biodiversity and Conservation*, pp. 2873-2893. Διαθέσιμο μέσω Springer Link DOI: [10.1007/s10531-010-9850-9](https://doi.org/10.1007/s10531-010-9850-9).
- Brown, G. 2005. Mapping spatial attributes in survey research for natural resource management: Methods and applications. *Society and Natural Resources*, 18 (1), pp. 17-39. Διαθέσιμο μέσω Taylor & Francis Online. DOI: [10.1080/08941920590881853](https://doi.org/10.1080/08941920590881853).
- Burkhard, B., Kroll, F., Nedkov, S. & Müller, F., 2012. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators* Volume 21, pp. 17-29. Διαθέσιμο μέσω Science Direct DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.019>.
- Burkhard, B., Petrosillo, I. & Costanza, R., 2010. Ecosystem services – Bridging ecology, economy and social sciences. *Ecological Complexity*, 7(3), pp. 257-259. Διαθέσιμο μέσω Science Direct DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecocom.2010.07.001>.
- Burkhard, B., Kroll, F., Müller, F., Windhorst, W. 2009. Landscapes' capacities to provide ecosystem services - A concept for land-cover based assessments. *Landscape Online*, 15 (1), pp. 1-22. [Επιγραμμικό]. Διαθέσιμο στο http://www.landscapeonline.de/archiv/2009/15/Burkhard_etal_LO15_2009.pdf.
- Carpenter, S.R., Mooney, H.A., Agard, J., Capistrano, D., Defries, R.S., Diaz, S., Dietz, T., Duraiappah, A.K., Oteng-Yeboah, A., Pereira, H.M., Perrings, C., Reid, W.V., Sarukhan, J., Scholes, R.J., Whyte, A. 2009. Science for managing ecosystem services: Beyond the Millennium Ecosystem Assessment. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106 (5), pp. 1305-1312. [Επιγραμμικό] Διαθέσιμο στο <ftp://193.194.138.98/GEOSS%20Midterm%20Evaluation/Document%20Analysis/Peer%20Reviewed%20Literature-%20research%20articles%20abstracts%20presentations/ID21.ScienceManagingEcosystemServices.pdf>
- Carpenter, S.R., DeFries, R., Dietz, T., Mooney, H.A., Polasky, S., Reid, W.V., Scholes, R.J. 2006. Millennium ecosystem assessment: Research needs. *Science*, 314 (5797), pp. 257-258. [Επιγραμμικό]. Διαθέσιμο στο <http://cedarcreek.umn.edu/biblio/fulltext/t2018.pdf>.
- Chan, K.M., Shaw, M.R., Cameron, D.R., Underwood, E.C., Daily, G.C. 2006. Conservation planning for ecosystem services. *PLoS biology*, 4 (11), pp. e379. [Επιγραμμικό], διαθέσιμο στο <http://people.sc.fsu.edu/~pbeerli/BSC3052/restricted/papers/conservation-planning-2006.pdf>.
- Ciftcioglu, G.C. 2016. Revealing major terrestrial- and marine species-based provisioning ecosystem services provided by the socio-ecological production landscapes and seascapes of Lefke Region in North Cyprus.

Environment, Development and Sustainability, pp. 1-25. Article in Press. Διαθέσιμο μέσω Springer Link [DOI: 10.1007/s10668-016-9877-5](https://doi.org/10.1007/s10668-016-9877-5)

Coastal-Marine Ecosystem-Based Management (EBM) Tools Network. 2016. *EBM Tools Database*. [Επιγραμμικό] Διαθέσιμο στο <https://ebmtoolsdatabase.org/tools>.

Common, M., Stagl, S. 2005. Ecological economics: An introduction(2005) Ecological Economics: An Introduction, pp. 1-560. Cambridge: Cambridge University Press [Επιγραμμικό] Διαθέσιμο στο http://library.uniteddiversity.coop/Measuring_Progress_and_Eco_Footprinting/Ecological_Economics-An%20Introduction.pdf.

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 (6630), pp. 253-260. [DOI: 10.1038/387253a0](https://doi.org/10.1038/387253a0)

Costanza, R., Howarth, R.B., Kubiszewski, I., Liu, S., Ma, C., Plumecocq, G., Stern, D.I. 2016. Influential publications in ecological economics revisited. *Ecological Economics*, 123, pp. 68-76. Διαθέσιμο μέσω Science Direct [DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.01.007](http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.01.007).

Cowling, R.M., Egoh, B., Knight, A.T., O'Farrell, P.J., Reyers, B., Rouget, M., Roux, D.J., Welz, A., Wilhelm-Rechman, A. 2008. An operational model for mainstreaming ecosystem services for implementation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105 (28), pp. 9483-9488. [Επιγραμμικό] Διαθέσιμο στο <https://tropicalbiodiversityinitiative.files.wordpress.com/2013/04/cowling-et-al-2008-pnas-an-operational-model-of-mainstreaming-ecosystemservices-for-implementation1.pdf>

Crossman, N.D., Burkhard, B., Nedkov, S., Willemsen, L., Petz, K., Palomo, I., Drakou, E.G., Martín-Lopez, B., McPhearson, T., Boyanova, K., Alkemade, R., Egoh, B., Dunbar, M.B., Maes, J. 2013. A blueprint for mapping and modelling ecosystem services. *Ecosystem Services*, 4, pp. 4-14. Διαθέσιμο μέσω Science Direct [DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.02.001](http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.02.001).

Daily, G., Kareiva, P., Polasky, S., Ricketts, T., Tallis, H. 2011. Mainstreaming natural capital into decisions. In: P. Kareiva, Tallis, H., Ricketts, T., Gretchen, D., eds. *Natural Capital. Theory and practice of mapping ecosystems services*. Oxford University Press, pp. 36-65, Ch.1. [Επιγραμμικό] Διαθέσιμο στο https://books.google.gr/books/about/Natural_Capital.html?id=dAU0YMB_rdEC&redir_esc=y.

Daily, G.C., Matson, P.A. 2008. Ecosystem services: From theory to implementation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105 (28), pp. 9455-9456. [Επιγραμμικό]. Διαθέσιμο στο <http://www.pnas.org/content/105/28/9455.full.pdf>.

Daily, G.C., Ehrlich, P.R., Alberti, M. 1996. Managing earth's life support systems: the game, the players, and getting everyone to play. *Ecological Applications*, 6 (1), pp. 19-21. Διαθέσιμο μέσω Wiley Online Library [DOI: 10.2307/2269542](https://doi.org/10.2307/2269542)

De Araujo Barbosa, C.C., Atkinson, P.M., Dearing, J.A. 2015. Remote sensing of ecosystem services: A systematic review. *Ecological Indicators*, 52, pp. 430-443. Διαθέσιμο μέσω Science Direct [DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.01.007](http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.01.007).

De Groot, R., van der Perk, J., Chiesura, A. & Marguliew, S., 2000. Ecological Functions and Socioeconomic Values of Critical Natural Capital as a Measure for Ecological Integrity and Environmental Health. In: P. Crabbé, A. Holland, L. Ryszowski & L. Westra, eds. *Implementing Ecological Integrity: Restoring Regional and Global Environmental and Human Health*. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers, pp. 191-214. Διαθέσιμο μέσω [Springer Link](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-0811-1_11).

De Groot, R.S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., Willemsen, L. 2010. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity*, 7(3), pp. 260-272. Διαθέσιμο μέσω Science Direct [DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.10.006](http://dx.doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.10.006).

De Groot, R., Hein, L. 2007. Concept and valuation of landscape functions at different scales. In eds

Mander, Ü., Wiggering, H., Helming, K. Multifunctional Land Use: Meeting Future Demands for Landscape Goods and Services, pp. 15-36. Ch. 1. Springer. Διαθέσιμο μέσω [Springer Link](https://doi.org/10.1007/978-3-642-00000-0_1).

Department of Environment, Ministry of Agriculture, Natural Resources and Environment, Republic of Cyprus. 2014. Fifth national report to the United Nations Convention on Biological Diversity. Nicosia, pp. 25. [Επιγραμμικό]. Διαθέσιμο στο <https://www.cbd.int/doc/world/cy/cy-nr-05-en.pdf>.

- Dixon, R.K., Brown, S., Houghton, R.A., Solomon, A.M., Trexler, M.C., Wisniewski, J. 1994. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science*, 263 (5144), pp. 185-190. Διαθέσιμο μέσω JSTOR www.jstor.org/stable/2882371.
- Egoh, B., Drakou, E., Dunbar, D., Maes, J., Willemsen, L. 2012. *Indicators for mapping ecosystem services: a review*. Luxembourg: Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability. [Επιγραμμικό] Διαθέσιμο στο <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/11111111/26749/1/lbna25456enn.pdf>.
- Elsevier. 2016. Scopus database. [Επιγραμμικό] Διαθέσιμο στο <https://www.scopus.com>.
- Eigenbrod, F., Armsworth, P.R., Anderson, B.J., Heinemeyer, A., Gillings, S., Roy, D.B., Thomas, C.D., Gaston, K.J. 2010. The impact of proxy-based methods on mapping the distribution of ecosystem services. *Journal of Applied Ecology*, 47(2), pp. 377-385. Διαθέσιμο μέσω Wiley Online Library DOI: [10.1111/j.1365-2664.2010.01777.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01777.x)
- Environmental Protection Agency, Association of State Wetland Managers (ASWM). 2016. A comparative analysis of ecosystem service valuation decision support tools for wetland restoration. Windham, Maine, pp 37. [Επιγραμμικό]. Διαθέσιμο στο http://www.aswm.org/pdf/lib/ecosystem_service_valuation_032116.pdf.
- European Commission, Directorate-General for the Environment. 2016. Mapping and assessment of ecosystems and their services. Mapping and assessing the condition of Europe's ecosystems: progress and challenges: 3rd report - final. European Union, Brussels. [Επιγραμμικό] Διαθέσιμο στο http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/ecosystem_assessment/pdf/3rdMAESReport_Condition.pdf.
- European Commission, Directorate-General for the Environment. 2011. Estimating the economic value of the benefits provided by the tourism/recreation and employment supported by Natura 2000. [Επιγραμμικό] Διαθέσιμο στο http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/financing/docs/Estimating_economic_value.pdf.
- European Environment Agency (EEA). 2016. Natura 2000 data - the European network of protected sites > Natura 2000 End 2015 – Shapefile. [Επιγραμμικό] Διαθέσιμο στο <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/natura-7#tab-gis-data>.
- European Environment Agency (EEA). 2016. Corine Land Cover 2006 seamless vector data. [Επιγραμμικό]. Διαθέσιμο στο <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/clc-2006-vector-4#tab-metadata>.
- European Environment Agency (EEA). 2016. Corine Land Cover 2006 raster data. [Επιγραμμικό]. Διαθέσιμο στο <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/clc-2006-raster-4>.
- European Environmental Agency. 2013. Available data for mapping and assessing ecosystems in Europe. [Επιγραμμικό]. Διαθέσιμο στο http://projects.eionet.europa.eu/eea-ecosystem-assessments/library/working-document-data-availability/ecosystem-assessment-data-availability_report_03-june-2013/download/en/1/Ecosystem%20assessment%20data%20availability_Report_03%20June%202013.pdf
- European Environmental Agency. 1999. Environmental indicators: Typology and overview. Technical report No 25/1999. EEA, Copenhagen. [Επιγραμμικό]. Διαθέσιμο στο <http://www.eea.europa.eu/publications/TEC25>.
- Feranec, J., Jaffrain, G., Soukup, T., Hazeu, G. 2010. Determining changes and flows in European landscapes 1990-2000 using CORINE land cover data. *Applied Geography*, 30 (1), pp. 19-35. Διαθέσιμο μέσω Science Direct DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2009.07.003>.
- Fisher, B., Turner, R.K., Morling, P. 2009. Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*, 68 (3), pp. 643-653. Διαθέσιμο μέσω Science Direct DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.09.014>.
- Foley, J.A., DeFries, R., Asner, G.P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., Chapin, F.S., Coe, M.T., Daily, G.C., Gibbs, H.K., Helkowski, J.H., Holloway, T., Howard, E.A., Kucharik, C.J., Monfreda, C., Patz, J.A., Prentice, I.C., Ramankutty, N., Snyder, P.K. 2005. Global consequences of land use. *Science*, 309 (5734), pp. 570-574. [Επιγραμμικό]. Διαθέσιμο στο http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/rome2007/docs/Global_Consequences_of_Land_Use.pdf.
- Gantioler S., Rayment M., Bassi S., Kettunen M., McConville A., Landgrebe R., Gerdes H., ten Brink P. 2010. Costs and Socio-Economic Benefits associated with the Natura 2000 Network. Final report to the European Commission, DG Environment on Contract ENV.B.2/SER/2008/0038. Institute for European Environmental Policy / GHK / Ecologic, Brussels [Επιγραμμικό] Διαθέσιμο στο http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/financing/docs/natura2000_costs_benefits.pdf.

- Giannakis, E, Bruggeman, A., Poulou, P., Zoumidis, C., Eliades, M. 2016. Linear Parks along Urban Rivers: Perceptions of Thermal Comfort and Climate Change Adaptation in Cyprus. *Sustainability* 2016, 8(10). [Επιγραμμικό] Διαθέσιμο στο <http://www.mdpi.com/2071-1050/8/10/1023/htm>.
- Gibbs, H.K., Brown, S., Niles, J.O., Foley, J.A. 2007. Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: Making REDD a reality. *Environmental Research Letters*, 2 (4), art. no. 045023. [Επιγραμμικό] Διαθέσιμο στο <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/2/4/045023/pdf>.
- Gómez-Baggethun, E., de Groot, R., Lomas, P.L., Montes, C. 2010. The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes. *Ecological Economics*, 69 (6), pp. 1209-1218. Διαθέσιμο μέσω Science Direct DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.007>.
- Goulson, D., Hughes, W.O.H., Derwent, L.C., Stout, J.C. 2002. Colony growth of the bumblebee, *Bombus terrestris*, in improved and conventional agricultural and suburban habitats. *Oecologia*, 130 (2), pp. 267-273. Διαθέσιμο μέσω Springer Link DOI: [10.1007/s004420100803](https://doi.org/10.1007/s004420100803).
- Goulson, D., Stout, J.C. 2001. Homing ability of the bumblebee *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) (2001) *Apidologie*, 32 (1), pp. 105-111. [Επιγραμμικό]. Διαθέσιμο στο <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00891756/document>.
- Guerrero, P., Møller, M., Olafsson, A.S., Snizek, B. 2016. Revealing Cultural Ecosystem Services through Instagram Images: The Potential of Social Media Volunteered Geographic Information for Urban Green Infrastructure Planning and Governance. *Urban Planning*, 1(2), pp. 1-17. [Επιγραμμικό]. Διαθέσιμο στο <http://www.cogitatiopress.com/ojs/index.php/urbanplanning/article/view/609>.
- Gurel, F., Gosterit, A., Eren, Ö. 2008. Life-cycle and foraging patterns of native *Bombus terrestris* (L.) (Hymenoptera, Apidae) in the Mediterranean region. *Insectes Sociaux*, 55 (2), pp. 123-128. Διαθέσιμο μέσω Springer Link DOI: [10.1007/s00040-008-0984-7](https://doi.org/10.1007/s00040-008-0984-7).
- Hadjinicolaou, P., Giannakopoulos, C., Zerefos, C., Lange, M.A., Pashiardis, S., Lelieveld, J. 2011. Mid-21st century climate and weather extremes in Cyprus as projected by six regional climate models. *Regional Environmental Change*, 11 (3), pp. 441-457. Διαθέσιμο μέσω Springer Link DOI: [10.1007/s10113-010-0153-1](https://doi.org/10.1007/s10113-010-0153-1).
- IPCC. 2006. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use*, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eds. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K.IGES, Japan. [Επιγραμμικό]. Διαθέσιμο στο <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>.
- IUSS Working Group WRB. 2015. *World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome. [Επιγραμμικό] Διαθέσιμο στο <http://www.fao.org/3/a-i3794e.pdf>.
- Harrison, P.A., Berry, P.M., Simpson, G., Haslett, J.R., Blicharska, M., Bucur, M., Dunford, R., Egoh, B., Garcia-Llorente, M., Geamănă, N., Geertsema, W., Lommelen, E., Meiresonne, L., Turkelboom, F. 2014. Linkages between biodiversity attributes and ecosystem services: A systematic review. *Ecosystem Services*, 9, pp. 191-203. Διαθέσιμο μέσω Science Direct DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.05.006>.
- Kandziora, M., Burkhard, B., Müller, F. 2013. Mapping provisioning ecosystem services at the local scale using data of varying spatial and temporal resolution. (2013) *Ecosystem Services*, 4, pp. 47-59. Διαθέσιμο μέσω Science Direct DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.04.001>.
- Kennedy, C., Hawthorne, P., Miteva, D., Baumgarten, L., Sochi, K., Matsumoto, M., Evans, J., Polasky, S., Hamel, P., Vieira, E., Develey, P.F., Sekercioglu, C., Davidson, A., Uhlhorn, E., Kiesecker, J., 2016. Optimizing land use decision-making to sustain Brazilian agricultural profits, biodiversity and ecosystem services, *Biological Conservation*, In Press. Διαθέσιμο μέσω Science Direct DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2016.10.039>.
- Klein, A.M., Vaissière, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., Tscharntke, T. 2007. *Importance of pollinators in changing landscapes for world crops*. *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society*, 274 (1608), pp. 303-313. [Επιγραμμικό]. Διαθέσιμο στο <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/274/1608/303>.
- Kremen, C. 2005. Managing ecosystem services: What do we need to know about their ecology? (2005) *Ecology Letters*, 8 (5), pp. 468-479. Διαθέσιμο μέσω Wiley Online Library DOI: [10.1111/j.1461-0248.2005.00751.x](https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00751.x).

- Kroll, F., Müller, F., Haase, D., Fohrer, N. 2012. Rural-urban gradient analysis of ecosystem services supply and demand dynamics. *Land Use Policy*, 29 (3), pp. 521-535. Διαθέσιμο μέσω Science Direct DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2011.07.008>.
- Lal, R. 2002. Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. *Environmental Pollution*, 116 (3), pp. 353-362. Διαθέσιμο μέσω Science Direct DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00211-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00211-1).
- Lafren, J., Flanagan, D. 2013. The development of U. S. soil erosion prediction and modeling. *International Soil and Water Conservation Research*, 1(2), pp. 1-11. Διαθέσιμο μέσω Science Direct DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S2095-6339\(15\)30034-4](http://dx.doi.org/10.1016/S2095-6339(15)30034-4).
- Layke, C., Mapendembe, A., Brown, C., Walpole, M., Winn, J. 2012. Indicators from the global and sub-global Millennium Ecosystem Assessments: An analysis and next steps. (2012) *Ecological Indicators*, 17, pp. 77-87. Διαθέσιμο μέσω Science Direct DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.025>.
- Lele, S., Springate-Baginski, O., Lakerveld, R., Deb, D., Dash, P. 2013. Ecosystem services: Origins, contributions, pitfalls, and alternatives. *Conservation and Society*, 11 (4), pp. 343-358. [Επιγραμμικό]. Διαθέσιμο στο <http://www.conservationandsociety.org/article.asp?issn=0972-4923;year=2013;volume=11;issue=4;spage=343;epage=358;aulast=Lele>.
- 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, pp. 268-280. Διαθέσιμο μέσω Science Direct DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2015.07.009>.
- Mace, G., Norris, K. & Fitter, A., 2012. Biodiversity and ecosystem services: a multilayered relationship. *Trends in Ecology & Evolution*, 27(1), pp. 19-26. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2011.08.006>.
- MAES, 2015. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*, Luxembourg: Publications Office of the European Union. [Επιγραμμικό] Διαθέσιμο στο http://catalogue.biodiversity.europa.eu/uploads/document/file/1340/MAES_report_urban_ecosystems.pdf.
- Maes J, Teller A, Erhard M, Liquete C, Braat L, Berry P, Egoh B, Puydarrieux P, Fiorina C, Santos F, Paracchini ML, Keune H, Wittmer H, Hauck J, Fiala I, Verburg PH, Condé S, Schägner JP, San Miguel J, Estreguil C, Ostermann O, Barredo JI, Pereira HM, Stott A, Laporte V, Meiner A, Olah B, Royo Gelabert E, Spyropoulou R, Petersen JE, Maguire C, Zal N, Achilleos E, Rubín A, Ledoux L, Brown C, Raes C, Jacobs S, Vandewalle M, Connor D, Bidoglio G. 2013. Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. An analytical framework for ecosystem assessments under action 5 of the EU biodiversity strategy to 2020. Publications office of the European Union, Luxembourg. [Επιγραμμικό] Διαθέσιμο στο http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/ecosystem_assessment/pdf/MAESWorkingPaper2013.pdf.
- Maes, J. et al., 2012. Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. *Ecosystem Services*, 1(1), pp. 31-39. Διαθέσιμο μέσω Science Direct DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.06.004>.
- Maes, J., Fabrega, N., Zulian, G., Barbosa, A., Vizcaino, P., Ivits, E., Polce, C., Vandecasteele, I., Marí Rivero, I., Guerra, C., Castillo, C., Vallecillo, S., Baranzelli, C., Barranco, R., Batista e Silva, F., Jacobs-Crisoni, C., Trombetti, M., Lavalle, C., 2015. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*, Luxembourg: Publications Office of the European Union. Διατίθεται επιγραμμικά: <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/mapping-and-assessment-ecosystems-and-their-services-trends-ecosystems-and-ecosystem>
- Malmström, C.M., Butterfield, H.S., Barber, C., Dieter, B., Harrison, R., Qi, J., Riaño, D., Schrottenboer, A., Stone, S., Stoner, C.J., Wirka, J. 2009. Using remote sensing to evaluate the influence of grassland restoration activities on ecosystem forage provisioning services. *Restoration Ecology*, 17 (4), pp. 526-538. Διαθέσιμο μέσω [Wiley Online Library](#).
- MA (Millennium Assessment). 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends*, Washington: Island Press. Επιγραμμικό. Διαθέσιμο στο <http://www.millenniumassessment.org/en/Condition.html>.
- MA (Millennium Assessment). 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Ecosystems and Human Well-being: General Synthesis*, Washington: Island Press. Επιγραμμικό. Διαθέσιμο στο <http://www.millenniumassessment.org/en/Synthesis.html>.

- Martnez-Harms, M.J., Balvanera, P. 2012. Methods for mapping ecosystem service supply: A review. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystems Services and Management*, 8 (1-2), pp. 17-25. την . Διαθέσιμο μέσω Taylor & Francis Online. Διαθέσιμο μέσω Taylor and Francis Online [DOI: http://dx.doi.org/10.1080/21513732.2012.663792](https://doi.org/10.1080/21513732.2012.663792).
- Médail, F., Quézel, P. 1997. Hot-spots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean Basin. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 84 (1), pp. 112-127. Διαθέσιμο μέσω JSTOR [DOI: 10.2307/2399957](https://doi.org/10.2307/2399957).
- Milcu, A.I., Hanspach, J., Abson, D., Fischer, J. 2013. Cultural ecosystem services: A literature review and prospects for future research. *Ecology and Society*, 18 (3), art. no. 44. [Επιγραμματικό]. Διαθέσιμο στο <http://www.ecologyandsociety.org/vol18/iss3/art44/#overview>.
- Mononen, L., Vihervaara, P., Repo, T., Korhonen, K.T., Ihalainen, A., Kumpula, T. Comparative study on biophysical ecosystem service mapping methods—a test case of carbon stocks in Finnish Forest Lapland. *Ecological Indicators*, 73, pp. 544-553. Διαθέσιμο μέσω ScienceDirect [DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.10.003](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.10.003)
- Muukkonen, P., Heiskanen, J. 2005. Estimating biomass for boreal forests using ASTER satellite data combined with standwise forest inventory data. *Remote Sensing of Environment*, 99 (4), pp. 434-447. Διαθέσιμο μέσω Science Direct [DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2005.09.011](https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.09.011)
- Naeem, S., Chapin III, Ch., Costanza, R., Ehrlich, P., Golley, F., Hooper, D., Lawton, J., O'Neill, R., Mooney, H., Sala, O., Symstad, A., Tilman, D. 1997. Biodiversity and Ecosystem Functioning: Maintaining Natural Life Support Processes. *Ecological Society of America: Issues in Ecology*, number 4, pp. 1-14. Διατίθεται επιγραμματικά: <http://www.esa.org/esa/wp-content/uploads/2013/03/issue4.pdf>.
- Naidoo, R., Balmford, A., Costanza, R., Fisher, B., Green, R.E., Lehner, B., Malcolm, T.R., Ricketts, T.H. 2008. Global mapping of ecosystem services and conservation priorities. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105 (28), pp. 9495-9500. Διαθέσιμο μέσω JSTOR [DOI: 10.1073/pnas.0707823105](https://doi.org/10.1073/pnas.0707823105)
- Nelson, E., Mendoza, G., Regetz, J., Polasky, S., Tallis, H., Cameron, D.R., Chan, K.M.A., Daily, G.C., Goldstein, J., Kareiva, P.M., Lonsdorf, E., Naidoo, R., Ricketts, T.H., Shaw, M.R.. 2009. Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(1), pp. 4-11. Διαθέσιμο μέσω Wiley Online Library [DOI: 10.1890/080023](https://doi.org/10.1890/080023)
- Novara, A., Gristina, L., La Mantia, T., Rühl, J. 2013. Carbon dynamics of soil organic matter in bulk soil and aggregate fraction during secondary succession in a Mediterranean environment. (2013) *Geoderma*, 193-194, pp. 213-221. Διαθέσιμο μέσω Science Direct [http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.08.036](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.08.036).
- Palacios-Orueta, A., Huesca, M., Whiting, M.L., Litago, J., Khanna, S., Garcia, M., Ustin, S.L. 2012. Derivation of phenological metrics by function fitting to time-series of Spectral Shape Indexes AS1 and AS2: Mapping cotton phenological stages using MODIS time series. *Remote Sensing of Environment*, 126, pp. 148-159. Διαθέσιμο μέσω Science Direct [DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2012.08.002](https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.08.002).
- Plieninger, T., Dijksb, S., Oteros-Rozasc, E. & Bielingd, C., 2013. Assessing, mapping, and quantifying cultural ecosystem services at community level. *Land Use Policy*, Volume 33, pp. 118-129. Διαθέσιμο μέσω Science Direct [DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.12.013](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.12.013).
- Potschin, M., Haines-Young, R. 2013. Landscapes, sustainability and the place-based analysis of ecosystem services. *Landscape Ecology*, 28 (6), pp. 1053-1065. Διαθέσιμο μέσω Springer Link [DOI: 10.1007/s10980-012-9756-x](https://doi.org/10.1007/s10980-012-9756-x)
- Raskin, P.D.. 2005. Global scenarios: Background review for the Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems*, 8 (2), pp. 133-142. Διαθέσιμο μέσω Springer Link [DOI: 10.1007/s10021-004-0074-2](https://doi.org/10.1007/s10021-004-0074-2)
- Rasmont, P., Coppée, A., Michez, D., De Meulemeester, T. 2008. An overview of the *Bombus terrestris* (L. 1758) subspecies (Hymenoptera: Apidae). *Annales de la Societe Entomologique de France*, 44 (2), pp. 243-250. Διαθέσιμο μέσω Taylor & Francis Online. [DOI: http://dx.doi.org/10.1080/00379271.2008.10697559](https://doi.org/10.1080/00379271.2008.10697559).
- Rasmont, P., Regali, A., Ings, T.C., Lognay, G., Baudart, E., Marlier, M., Delcarte, E., Viville, P., Marot, C., Falmagne, P., Verhaeghe, J.-C., Chittka, L. 2005. Analysis of pollen and nectar of *Arbutus unedo* as a food source for *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Economic Entomology*, 98 (3), pp. 656-663. [Επιγραμματικό]. Διαθέσιμο στο [http://chittkalab.sbcs.qmul.ac.uk/2005/Rasmont et al 05 J Econ Entomol.pdf](http://chittkalab.sbcs.qmul.ac.uk/2005/Rasmont%20et%20al%2005%20J%20Econ%20Entomol.pdf).
- Rathcke, B. J., 1976. Competition and Coexistence with A Guild of Herbivorous Insects. *Ecology*, 57(1), pp. 76-87. Διαθέσιμο μέσω JSTOR.

- Reyers, B., Biggs, R., Cumming, G. S., Elmqvist, T., Hejnowicz, A. P. and Polasky, S. (2013), Getting the measure of ecosystem services: a social-ecological approach. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11: 268–273. doi:10.1890/120144. Διαθέσιμο μέσω Wiley Online Library DOI: [10.1890/120144](https://doi.org/10.1890/120144).
- Richards, D.R., Friess, D.A. A rapid indicator of cultural ecosystem service usage at a fine spatial scale: Content analysis of social media photographs. 2015. *Ecological Indicators*, 53, pp. 187-195. Διαθέσιμο μέσω Science Direct DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.01.034>.
- Ruckelshaus, M.H., Guannel, G., Arkema, K., Verutes, G., Griffin, R., Guerry, A., Silver, J., Faries, J., Brenner, J., Rosenthal, A. 2016. Evaluating the Benefits of Green Infrastructure for Coastal Areas: Location, Location, Location. *Coastal Management*, 44 (5), pp. 504-516. Διαθέσιμο μέσω Taylor & Francis Online DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/08920753.2016.1208882>.
- Ruckelshaus, M., McKenzie, E., Tallis, H., Guerry, A., Daily, G., Kareiva, P., Polasky, S., Ricketts, T., Bhagabati, N., Wood, S.A., Bernhardt, J. 2015. Notes from the field: Lessons learned from using ecosystem service approaches to inform real-world decisions. *Ecological Economics*, Volume 33, pp. 11-21. Διαθέσιμο μέσω Science Direct DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.07.009>.
- Schägnler, J., Brander, L., Maes, J. & Hartje, V., 2013. Mapping ecosystem services' values: Current practice and future prospects. *Ecosystem Services*, Volume 4, pp. 33-46. Διαθέσιμο μέσω Science Direct DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.02.003>.
- Schulp, C., Lautenbach, S. & Verburg, P., 2014. Quantifying and mapping ecosystem services: Demand and supply of pollination in the European Union. *Ecological Indicators*, Τόμος 36, pp. 131-141. Διαθέσιμο μέσω Science Direct DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.07.014>.
- Seppelt, R., Dormann, C.F., Eppink, F.V., Lautenbach, S., Schmidt, S. 2011. A quantitative review of ecosystem service studies: Approaches, shortcomings and the road ahead. *Journal of Applied Ecology*, 48 (3), pp. 630-636. Διαθέσιμο μέσω Wiley Online Library DOI: [10.1111/j.1365-2664.2010.01952.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01952.x)
- Sharp, R., Tallis, H.T., Ricketts, T., Guerry, A.D., Wood, S.A., Chaplin-Kramer, R., Nelson, E., Ennaanay, D., Wolny, S., Olwero, N., Vigerstol, K., Pennington, D., Mendoza, G., Aukema, J., Foster, J., Forrest, J., Cameron, D., Arkema, K., Lonsdorf, E., Kennedy, C., Verutes, G., Kim, C.K., Guannel, G., Papenfus, M., Toft, J., Marsik, M., Bernhardt, J., Griffin, R., Glowinski, K., Chaumont, N., Perelman, A., Lacayo, M. Mandle, L., Hamel, P., Vogl, A.L., Rogers, L., and Bierbower, W. 2016. *inVEST +VERSION+ User's Guide*. The Natural Capital Project, Stanford University, University of Minnesota, The Nature Conservancy, and World Wildlife Fund.. [Επιγραμμικό]. Διαθέσιμο στο <http://data.naturalcapitalproject.org/nightly-build/invest-users-guide/html/>.
- Sherrouse, B.C., Clement, J.M., Semmens, D.J. 2011. A GIS application for assessing, mapping, and quantifying the social values of ecosystem services. *Applied Geography*, 31 (2), pp. 748-760. Διαθέσιμο μέσω ScienceDirect DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.08.002>.
- Shoshany, M. 2000. Satellite remote sensing of natural Mediterranean vegetation: A review within an ecological context. *Progress in Physical Geography*, 24 (2), pp. 153-178. Διαθέσιμο μέσω του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου (πανεπιστημιακές Σημειώσεις ΜΠΣ ΔΠΠ).
- Skoulikidis, N.T., Sabater, S., Datry, T., Morais, M.M., Buffagni, A., Dörflinger, G., Zogaris, S., del Mar Sánchez-Montoya, M., Bonada, N., Kalogianni, E., Rosado, J., Vardakas, L., De Girolamo, A.M., Tockner, K. 2017. Non-perennial Mediterranean rivers in Europe: Status, pressures, and challenges for research and management. (2017) *Science of the Total Environment*, 577, pp. 1-18. Διαθέσιμο μέσω Science Direct DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.147>.
- Small, C., Elvidge, C.D., Balk, D., Montgomery, M. 2011. Spatial scaling of stable night lights. *Remote Sensing of Environment*, 115 (2), pp. 269-280. Διαθέσιμο μέσω Science Direct DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2010.08.021>.
- Sutton, P.C., Costanza, R. 2002. Global estimates of market and non-market values derived from nighttime satellite imagery, land cover, and ecosystem service valuation. *Ecological Economics*, 41 (3), pp. 509-527. Διαθέσιμο μέσω Science Direct DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00097-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00097-6).
- Syrbe, R.-U., Walz, U. 2012. Spatial indicators for the assessment of ecosystem services: Providing, benefiting and connecting areas and landscape metrics. *Ecological Indicators*, 21, pp. 80-88. Διαθέσιμο μέσω Science Direct DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.02.013>.

- Tallis, H. & Polasky, S., 2011. Assessing multiple ecosystem services: an integrated tool for the real world. In: P. Kareiva, Tallis, H., Ricketts, T., Gretchen, D., eds. *Natural capital: Theory and practice of mapping ecosystem services*. New York: Oxford University Press, pp. 112-151. Ch.3. Διαθέσιμο στο https://books.google.gr/books/about/Natural_Capital.html?id=dAU0YMB_rdEC&redir_esc=y.
- Tampakis, S., Karanikola, P., Tsantopoulos, G., Andrea, V. 2014. The role of forest protected areas: A gateway community resident approach, case evidence from Cyprus. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 12 (1), pp. 374-377. [Επιγραμμικό] Διαθέσιμο στο https://www.academia.edu/21284542/The_role_of_forest_protected_areas_a_gateway_community_resident_approach_case_evidence_from_Cyprus?auto=download.
- TEEB The Economics of Ecosystems and Biodiversity, 2010. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB*, TEEB. [Επιγραμμικό] Διαθέσιμο στο <http://doc.teebweb.org/wp-content/uploads/Study%20and%20Reports/Reports/Synthesis%20report/TEEB%20Synthesis%20Report%202010.pdf>.
- Tenerelli, P., Demšar, U., Luque, S. 2016. Crowdsourcing indicators for cultural ecosystem services: A geographically weighted approach for mountain landscapes. *Ecological Indicators*, 64, pp. 237-248. Διαθέσιμο μέσω Science Direct DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.12.042>.
- Tilman, D., 1997. Biodiversity and ecosystem functioning. In: D. Gretchen, ed. *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Washington, D.C.: Island Press, pp. 93-112. [Επιγραμμικό] Διαθέσιμο στο <http://willsull.net/la370/resources/Ecology/Daily.pdf>.
- UNEP-WCMC, 2011. *Developing ecosystem service indicators: Experiences and lessons learned from sub-global assessments and other initiatives*, Montréal, Canada: Secretariat of the Convention on Biological Diversity. [Επιγραμμικό] Διαθέσιμο στο <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-58-en.pdf>.
- Delipetrou, P., Makhzoumi, J., Dimopoulos, P., Georghiou, K. 2008. Cyprus. In: Vogiatzakis, I.N., Pungetti, G., Mannion, A.M. eds. *Mediterranean Island Landscapes. Natural and Cultural Approaches*. Springer, pp. 171-205. Ch.9.
- Vaccari, F.P., Lugato, E., Gioli, B., D'Acqui, L., Genesio, L., Toscano, P., Matese, A., Miglietta, F. 2012. Land use change and soil organic carbon dynamics in Mediterranean agro-ecosystems: The case study of Pianosa Island. *Geoderma*, 175-176, pp. 29-36. Διαθέσιμο μέσω Science Direct DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.01.021>.
- Villa, F., Bagstad, K.J., Voigt, B., Johnson, G.W., Portela, R., Honzák, M., Batker, D. 2014. A methodology for adaptable and robust ecosystem services assessment. *PLoS ONE*, 9 (3) [Επιγραμμικό] Διαθέσιμο στο <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0091001>.
- Villamagna, A.M., Angermeier, P.L., Bennett, E.M. 2013. Capacity, pressure, demand, and flow: A conceptual framework for analyzing ecosystem service provision and delivery. *Ecological Complexity*, 15, pp. 114-121. Διαθέσιμο μέσω Science Direct DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecocom.2013.07.004>.
- Volante, J.N., Alcaraz-Segura, D., Mosciaro, M.J., Viglizzo, E.F., Paruelo, J.M. 2012. Ecosystem functional changes associated with land clearing in NW Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 154, pp. 12-22. Διαθέσιμο μέσω Science Direct DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.01.021>.
- Walther-Hellwig, K., Frankl, R. 2000. Foraging habitats and foraging distances of bumblebees, *Bombus* spp. (Hym., Apidae), in an agricultural landscape. *Journal of Applied Entomology*, 124 (7-8), pp. 299-306. Διαθέσιμο μέσω Wiley Online Library DOI: [10.1046/j.1439-0418.2000.00484.x](https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2000.00484.x).
- Walpole, M., Almond, R.E.A., Besançon, C., Butchart, S.H.M., Campbell-Lendrum, D., Carr, G.M., Collen, B., Collette, L., Davidson, N.C., Dulloo, E., Fazel, A.M., Galloway, J.N., Gill, M., Goverse, T., Hockings, M., Leaman, D.J., Morgan, D.H.W., Revenga, C., Rickwood, C.J., Schutyser, F., Simons, S., Stattersfield, A.J., Tyrrell, T.D., Vié, J.-C., Zimsky, M. 2009. Tracking progress toward the 2010 biodiversity target and beyond *Science*, 325 (5947), pp. 1503-1504. [Επιγραμμικό]. Διαθέσιμο στο https://cmsdata.iucn.org/downloads/tracking_progress_toward_the_2010_biodiversity_target.pdf.
- Wallace, K.J. 2007. Classification of ecosystem services: Problems and solutions. (2007) *Biological Conservation*, 139 (3-4), pp. 235-246. Διαθέσιμο μέσω Science Direct DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2007.07.015>.

- Westman, W.E. 1977. How much are nature's services worth? Measuring the social benefits of ecosystem functioning is both controversial and illuminating. (1977) *Science*, 197 (4307), pp. 960-964. [Επιγραμμικό] Διαθέσιμο στο <http://science.sciencemag.org/content/197/4307/960> DOI: 10.1126/science.197.4307.960
- Wolff, S., Schulp, C.J.E., Verburg, P.H. 2015. Mapping ecosystem services demand: A review of current research and future perspectives. *Ecological Indicators*, 55, art. no. 2350, pp. 159-171. Διαθέσιμο μέσω Science Direct DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.03.016>.
- Wood, S.A., Guerry, A.D., Silver, J.M., Lacayo, M. 2013. Using social media to quantify nature-based tourism and recreation. *Scientific Reports*, 3, art. no. 2976. [Επιγραμμικό] Διαθέσιμο στο <http://www.nature.com/articles/srep02976>.
- World Bank, 2004. *How much is an ecosystem worth? assessing the economic value of conservation*, Washington, DC: World Bank. [Επιγραμμικό]. Διαθέσιμο στο <http://documents.worldbank.org/curated/en/376691468780627185/pdf/308930PAPER0Ecosystem0worth01public1.pdf>.
- World Travel and Tourism Council. 2016. *Travel and Tourism: Economic Impact*. [Επιγραμμικό] Διαθέσιμο στο <http://www.wttc.org/-/media/files/reports/economic-impact-research/regions-2016/world2016.pdf>.
- Zhang, W., Ricketts, T.H., Kremen, C., Carney, K., Swinton, S.M. 2007. Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological Economics*, 64 (2), pp. 253-260. Διαθέσιμο μέσω Science Direct DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.02.024>.
- Yeninar, H., Duchateau, M.J., Kaftanoglu, O., Velthuis, H. 2000. Colony developmental patterns in different local populations of the Turkish bumble bee, *Bombus terrestris dalmatinus*. *Journal of Apicultural Research*, 39 (3-4), pp. 107-116. Διαθέσιμο μέσω Taylor & Francis Online DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00218839.2000.11101030>.
- Βογιατζάκης Ι.Ν. 2016: Εκτίμηση ικανότητας παροχής βιοτόπων των κλάσεων κάλυψης γης του συστήματος ταξινόμησης Corine στην περιοχή της Κύπρου. Λευκωσία, προσωπική επικοινωνία, 28-7-2016.
- Ζόγκαρης, Σ., Τζιωρτζής, Ι., Χατζηνικολάου, Γ., Δημητρίου, Η. 2013. Αξιολόγηση κατάστασης υδάτινων σωμάτων και προτεινόμενα έργα για την αποκατάσταση της παρόχθιας ζώνης σε επιλεγμένους ποταμούς στην Κύπρο. Παροχή υπηρεσιών για τον καθορισμό δράσεων υδρομορφολογικής αποκατάστασης και αποκατάστασης παρόχθιων ζωνών υδάτινων σωμάτων της Κύπρου, ετοιμασία των ΠΕΕΠ και παρακολούθηση υλοποίησης των έργων. Έργο ΥΥ09/2012, Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων, ΠΡΩΤΟ ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ. Σελ. 110. [Επιγραμμικό]. Διαθέσιμο στο <http://www.moa.gov.cy/moa/fd/fd.nsf/a5e0199a400ea5d8c2257060003da28b/02b25cee37256860c2257ab10021873b?OpenDocument>.
[http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/Wdd.nsf/all/F36A0ABDBC8E8597C2257B6600248723/\\$file/Axiologisi_Idaton_potamon2012.pdf?openelement](http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/Wdd.nsf/all/F36A0ABDBC8E8597C2257B6600248723/$file/Axiologisi_Idaton_potamon2012.pdf?openelement).
- Κουνναμάς, Κ, Λοιζίδης, Γ., Τζωρτζή, Α., Ανδρέου, Μ., Ηλιάδης, Ν. 2016. Προκαταρκτική μελέτη παρακολούθησης των κοινωνικοοικονομικών παραγόντων και των λειτουργιών του οικοσυστήματος. Παραδοτέο στο έργο "Improving lowland forest habitats for Birds in Cyprus". [Επιγραμμικό]. Διαθέσιμο στο <http://www.lifeformbirds.eu/images/deliverables/Preliminary-study-on-monitoring-socioeconomic-aspects-and-ecosystem-functions-12102016.pdf>.
- Μανωλάκη Π., Βογιατζάκης Ι.Ν, 2014. Μελέτη σκοπιμότητας για την επαναδημιουργία του οικοτόπου προτεραιότητας *5220: Θαμνώνες με *Ziziphus*, στο Εθνικό Δασικό Πάρκο Ριζοελιάς. Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου. Λευκωσία. [Επιγραμμικό]. Διαθέσιμο στο <http://www.life-rizoelia.eu/docs/FeasibilityStudyFinalOUC.pdf>
- Μερτίκας, Σ. 1999. Τηλεπισκόπηση και Ψηφιακή Ανάλυση Εικόνας. Αθήνα. Εκδ. ΙΩΝ, σελ.449.
- Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου. 2016. Το κλίμα της Κύπρου. [Επιγραμμικό] Διαθέσιμο στο http://www.moa.gov.cy/moa/ms/ms.nsf/DMLcyclclimate_gr/DMLcyclclimate_gr?OpenDocument.
- Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου - ΥΣΤΑΤ. 2016. Στατιστικά θέματα > Εργασία > Απασχόληση. [Επιγραμμικό]. Διαθέσιμο στο http://www.mof.gov.cy/mof/cystat/statistics.nsf/labour_31main_gr/labour_31main_gr?OpenForm&sub=1&sel=1.
- Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου - ΥΣΤΑΤ. 2015. Δημογραφική Έκθεση. Σειρά II, Αρ.Έκθ. 52. [Επιγραμμικό]. Διαθέσιμο στο [http://www.mof.gov.cy/mof/cystat/statistics.nsf/All/70008808DEA438F8C2257833003402FB/\\$file/DEMOGRAPHIC_REPORT-2015-301116.pdf?OpenElement](http://www.mof.gov.cy/mof/cystat/statistics.nsf/All/70008808DEA438F8C2257833003402FB/$file/DEMOGRAPHIC_REPORT-2015-301116.pdf?OpenElement).

Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου - ΥΣΤΑΤ. 2006. Στατιστικές Περιβάλλοντος 2006. [Επιγραμμικό]. Διαθέσιμο στο [http://www.mof.gov.cy/mof/cystat/statistics.nsf/All/54940C87C26BBC79C225717F002E228C/\\$file/ENVIRONMNT_STATISTICS-2006-01062006.pdf?OpenElement](http://www.mof.gov.cy/mof/cystat/statistics.nsf/All/54940C87C26BBC79C225717F002E228C/$file/ENVIRONMNT_STATISTICS-2006-01062006.pdf?OpenElement).

Σταυρινίδης, Μ., Βαρναβά, Α. 2016: Συσχέτιση παρουσίας *Bombus terrestris dalmatinus* με τις κλάσεις κάλυψης γης του συστήματος ταξινόμησης Corine στην περιοχή της Κύπρου. Λευκωσία, προσωπική επικοινωνία, 7-6-2016.

Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης Υπουργείου Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Κυπριακή Δημοκρατία. 1995. *Γεωλογικής Χάρτης της Κύπρου*. [[Επιγραμμικό]] Διαθέσιμο στο [http://www.moa.gov.cy/moa/gsd/gsd.nsf/All/764812E4831AF0FFC2256FB30032D909/\\$file/GeologicalMapOfCyprus_250k_gr.jpg?OpenElement](http://www.moa.gov.cy/moa/gsd/gsd.nsf/All/764812E4831AF0FFC2256FB30032D909/$file/GeologicalMapOfCyprus_250k_gr.jpg?OpenElement) [Προσπελάσθηκε 25-4-2016]

Τμήμα Δασών Υπουργείου Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Κυπριακή Δημοκρατία. 2012. Ετοιμασία Διαχειριστικού Σχεδίου για τα Δάση Λεμεσού, Αγίου Μάμα και Ακαπνούς. [Επιγραμμικό]. Διαθέσιμο στο <http://www.moa.gov.cy/moa/fd/fd.nsf/a5e0199a400ea5d8c2257060003da28b/02b25cee37256860c2257ab10021873b?OpenDocument>.

Τμήμα Δασών Υπουργείου Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Κυπριακή Δημοκρατία. 2012. Διαχειριστικό Σχέδιο Δάσους Μαχαιρά. [Επιγραμμικό]. Διαθέσιμο στο [http://www.moa.gov.cy/moa/fd/fd.nsf/all/4B08A7C6B1335C6BC22579F0002EC2FF/\\$file/%CE%B4%CF%83%CF%87%20%CE%B5%CE%B8%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%85%20%CE%B4%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%85%20%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%BA%CE%BF%CF%85%20%CE%BC%CE%B1%CF%87%CE%B1%CE%B9%CF%81%CE%B1.pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/fd/fd.nsf/all/4B08A7C6B1335C6BC22579F0002EC2FF/$file/%CE%B4%CF%83%CF%87%20%CE%B5%CE%B8%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%85%20%CE%B4%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%85%20%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%BA%CE%BF%CF%85%20%CE%BC%CE%B1%CF%87%CE%B1%CE%B9%CF%81%CE%B1.pdf).

Τμήμα Δασών Υπουργείου Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Κυπριακή Δημοκρατία. 2006. Κριτήρια και Δείκτες για την Αειφόρο Διαχείριση των Κυπριακών Δασών. [Επιγραμμικό]. Διαθέσιμο στο [http://www.moa.gov.cy/moa/fd/fd.nsf/All/7AB2DA3E3CD11C4DC22571D8002DD63F/\\$file/%CE%9A%CE%A1%CE%99%CE%A4%CE%97%CE%A1%CE%99%CE%91%20%CE%9A%CE%91%CE%99%20%CE%94%CE%95%CE%99%CE%9A%CE%A4%CE%95%CE%A3%20%CE%93%CE%99%CE%91%20%CE%91%CE%95%CE%99%CE%A6%CE%9F%CE%A1%CE%9F%20%CE%94%CE%99%CE%91%CE%A7%CE%95%CE%99%CE%A1%CE%99%CE%A3%CE%97%20%CE%A4%CE%A9%CE%9D%20%CE%9A%CE%A5%CE%A0%CE%A1%CE%99%CE%91%CE%9A%CE%A9%CE%9D%20%CE%94%CE%91%CE%A3%CE%A9%CE%9D.pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/fd/fd.nsf/All/7AB2DA3E3CD11C4DC22571D8002DD63F/$file/%CE%9A%CE%A1%CE%99%CE%A4%CE%97%CE%A1%CE%99%CE%91%20%CE%9A%CE%91%CE%99%20%CE%94%CE%95%CE%99%CE%9A%CE%A4%CE%95%CE%A3%20%CE%93%CE%99%CE%91%20%CE%91%CE%95%CE%99%CE%A6%CE%9F%CE%A1%CE%9F%20%CE%94%CE%99%CE%91%CE%A7%CE%95%CE%99%CE%A1%CE%99%CE%A3%CE%97%20%CE%A4%CE%A9%CE%9D%20%CE%9A%CE%A5%CE%A0%CE%A1%CE%99%CE%91%CE%9A%CE%A9%CE%9D%20%CE%94%CE%91%CE%A3%CE%A9%CE%9D.pdf)

Υπηρεσία Θήρας και Πανίδας, Υπουργείο Εσωτερικών, Κυπριακή Δημοκρατία. 2016. Διαχειριστικό Σχέδιο Περιοχής ΖΕΠ "ΚΟΙΛΑΔΑ ΛΙΜΝΑΤΗ". Ετοιμάστηκε από: I.A.CO Environmental and Water Consultants και Πτηνολογικό Σύνδεσμο Κύπρου. Λευκωσία. [Επιγραμμικό]. Διαθέσιμο στο http://www.iaco.com.cy/uploads/11_31_03_2016/1.pdf.