

# Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών *Διαχείριση και*

*Προστασία Περιβάλλοντος*

## Μεταπτυχιακή Διατριβή



Εκτίμηση της Οικολογικής Ακεραιότητας σε Τοπία της  
Επαρχίας Πάφου

Αναστάσιος Μαλλούρης

Επιβλέπων Καθηγητής  
Δρ. Ιωάννης Βογιατζάκης

Δεκέμβριος 2015

# **Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου**

**Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών**

**Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών *Διαχείριση και  
Προστασία Περιβάλλοντος***

## **Μεταπτυχιακή Διατριβή**

**Εκτίμηση της Οικολογικής Ακεραιότητας σε Τοπία της  
Επαρχίας Πάφου**

**Αναστάσιος Μαλλούρης**

**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 2015**

ΛΕΥΚΗ ΣΕΛΙΔΑ

## Περίληψη

Η οικολογική ακεραιότητα είναι μια βασική ιδιότητα των οικοσυστημάτων που δείχνει την ικανότητα τους για αυτοοργάνωση και ως επόμενο την αντοχή τους στο χρόνο κάτω από διαφόρων τύπων διαταραχές. Στην περιοχή της επαρχίας Πάφου, που αποτελεί την περιοχή μελέτης, και γενικότερα σε χώρες της Μεσογείου υπάρχει μια μακρά ιστορία ανθρώπινης παρέμβασης που καθόρισε σε μεγάλο βαθμό την εξέλιξη των οικοσυστημάτων και τις δομές από τις οποίες χαρακτηρίζονται. Οι επεμβάσεις αυτές παρόλη την μακρόχρονη ιστορία τους φαίνεται ότι πιθανά να είχαν θετικό αντίκτυπο στην βιοποικιλότητα. Η θετική επίδραση ανθρωπογενών επιδράσεων συνάδει και με αποτελέσματα της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής αφού ημιφυσικά τοπία, που διαμορφώθηκαν σε συνάρτηση με την παρουσία του ανθρώπου, εκτιμήθηκαν να έχουν τον ίδιο βαθμό οικολογικής ακεραιότητας με δασικά τοπία που είχαν ιστορικά δεχτεί τον μικρότερο βαθμό ανθρωπογενούς παρέμβασης και χαρακτηρίζονται ως φυσικά. Αυτά τα ημιφυσικά τοπία φαίνεται να αλλοιώνονται λόγω δραστικών κοινωνικοοικονομικών αλλαγών όπως οι μετακινήσεις πληθυσμού στα αστικά κέντρα. Ως επόμενο για την διατήρηση αυτών των σημαντικών ημιφυσικών περιοχών πρέπει να ληφθούν δράσεις. Πριν την λήψη δράσεων προηγουμένως πρέπει να έχει γίνει εκτίμηση της οικολογικής τους κατάστασης. Αυτό μπορεί να γίνει μόνο όταν έχουν αναπτυχθεί κατάλληλες μέθοδοι που να χαρακτηρίζονται από ακρίβεια, χαμηλό κόστος και με εφαρμογή σε μικρό χρονοδιάγραμμα. Αυτό είναι και το αντικείμενο διερεύνησης της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής που πραγματεύεται δύο τρόπους με τους οποίους μπορεί να γίνει μια τέτοια εκτίμηση. Αυτοί οι τρόποι διαφοροποιούνται στις πηγές δεδομένων που χρησιμοποιούν αλλά και στη φύση των δεδομένων. Η πρώτη μέθοδος συνίσταται με τη χρήση δεδομένων ποιοτικής φύσης που καταγράφονται στο πεδίο στα πλαίσια της αξιολόγησης του χαρακτήρα των τοπίων (LCA) ενώ η δεύτερη μέθοδος με χαρτογραφικά δεδομένα και κυρίως ποσοτικής φύσης. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για κάθε μέθοδο αλλά και ανάμεσα στις μεθόδους δείχνουν ότι μπορούν να εξαχθούν αξιόπιστα και ακριβή αποτελέσματα χρησιμοποιώντας ποιοτικά δεδομένα από την LCA, ενώ η προσέγγιση μέσω χαρτογραφικών δεδομένων παρουσιάζει υστέρηση στο εύρος της διαβάθμισης που μπορεί να εξαχθεί από τα χαρακτηριστικά των ΜΠΤ που πιθανόν να οφείλεται σε ακαταλληλότητα των δεδομένων (που είναι διαθέσιμα και χρησιμοποιήθηκαν) στην κλίμακα που εφαρμόστηκε η ανάλυση. Κατά την ανάλυση με δεδομένα της LCA παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα σε αρκετούς τύπους τοπίων (LCT's) αλλά και αξιοσημείωτες διαβαθμίσεις σε τοπία του ίδιου τύπου.

## Summary

Ecological integrity is a fundamental property of ecosystems showing their capacity for self-organization and resistance under different types of disturbances. The district of Paphos, which was set as the study area, has a long history of human intervention like all other Mediterranean countries which has largely defined the evolution of ecosystems and their specific structures. These interventions go way back in time but despite these facts it seems that they most likely had a positive impact on biodiversity. This positive effect of anthropogenic influences is confirmed by the results of the present master thesis. Several semi-natural landscapes, formed largely by human intervention, were estimated having the same degree of ecological integrity as forest landscapes, which historically had the least amount of anthropogenic intervention and are considered as natural. The semi-natural landscapes that were shaped through thousands of years are starting to deform due to recent socio-economic changes such as population movements to urban centres. An important step to maintain these important semi-natural areas should be taken. But before taking action the ecological integrity of the sites must be assessed. Thus appropriate methods must be developed that are characterized by precision, low cost and with a short implementation schedule. The subject of investigation of this master thesis is developing such methods and implementing them in the study area. Two approaches are made so this can be done. These approaches differ in the data sources used and in the nature of the data. The first method involves using qualitative data recorded in the field as part of the assessment of landscape character (LCA) and the second method uses map data, that mostly are quantitative. The results of the statistical analysis for each method, as well as between the two methods show that reliable and accurate results can be exported using qualitative data from the LCA. The mapping data approach seems somewhat deficient in the range of the gradient that it can produce between the sites of different ecological integrity. This can probably be due to inadequacy of the data (which are available and used) in the used scale of the applied analysis. In contrast the LCA data analysis showed statistically significant differences between several types of landscapes (LCT's) and in several cases made an interesting gradient of the ecological integrity of same character landscapes.

## **Ευχαριστίες**

Πρώτα να ευχαριστήσω τον επιβλέπον της μεταπτυχιακής μου διατριβής Αναπληρωτή Καθηγητή Δρ. Ιωάννη Βογιατζάκη για το ενδιαφέρον, την βοήθεια και την καθοδήγηση του κατά την διάρκεια της διατριβής μου αλλά και για το γνήσιο ενδιαφέρον του και ως ακαδημαϊκού υπεύθυνου σε κάθε στάδιο των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Επίσης να ευχαριστήσω και την Δρ. Παρασκευή Μανωλάκη για την καθοδήγηση και τις υποδείξεις της κατά το στάδιο της στατιστικής ανάλυσης και την ανιδιοτελή προθυμία της για βοήθεια.

Ευχαριστώ ακόμα και τον Δρ. Σάββα Ζώτο και κο. Βασίλη Τρίγκα για την προθυμία τους για βοήθεια κατά την ανάλυση των χαρτογραφικών δεδομένων.

Τέλος θέλω να εκφράσω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην σύζυγο μου Χρύσα για την συνεχή στήριξη της, στην μικρή μου Αντωνία για τον ενθουσιασμό της που η μεταπτυχιακή διατριβή έφτανε στο τέλος της και στον μικρό Χάρη που διευκόλυνε την επιθυμία για δουλειά τις βραδινές ώρες. Η διατριβή είναι αφιερωμένη και στους τρεις.

Τάσος Μαλλούρης

# Περιεχόμενα

<b>1</b>	<b>Εισαγωγή</b>	1
1.1	Καταγραφή προβλήματος	1
1.2	Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης	2
1.3	Σκοποί και στόχοι	4
1.4	Περιοχή μελέτης	5
1.4.1	Τοπία της Επαρχίας Πάφου	5
1.4.2	Εξέλιξη στα οικοσυστήματα των τοπίων της επαρχίας Πάφου	6
<b>2</b>	<b>Βιβλιογραφική Ανασκόπηση</b>	11
2.1	Εισαγωγή	11
2.2	Ιστορική αναδρομή	13
2.2.1	Εμφάνιση και εξέλιξη του πεδίου της οικολογίας τοπίου	14
2.2.2	Η μετάβαση από τα Οικοσυστήματα στην Οικολογία Τοπίου	15
2.2.3	Εμφάνιση της έννοιας της οικολογικής ακεραιότητας	18
2.3	Θεωρητικό Πλαίσιο της Οικολογίας Τοπίου	19
2.3.1	Ορισμός του τοπίου	21
2.3.2	Αξιολόγηση του χαρακτήρα του τοπίου	22
2.3.3	Θεωρητικές προσεγγίσεις της οικολογικής ακεραιότητας	23
2.4	Βιβλιογραφική ανασκόπηση	29
2.4.1	Μελέτες περιπτώσεων	29
2.4.2	Δείκτες οικολογικής ακεραιότητας	31
2.4.3	Συμπεράσματα	44
<b>3</b>	<b>Μεθοδολογία</b>	45
3.1	Σκοπός	45
3.2	Στόχοι	45
3.3	Ερευνητικά ερωτήματα	46
3.4	Μέθοδος συλλογής δεδομένων	46
3.4.1	Δεδομένα από καταγραφές πεδίου	46
3.4.2	Χαρτογραφικά δεδομένα	49
3.5	Λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν για συλλογή χαρτογραφικών δεδομένων	55
3.5.1	QGIS	55
3.5.2	Fragstats	55
3.6	Ανάλυση των αποτελεσμάτων	55
<b>4</b>	<b>Αποτελέσματα</b>	57
4.1	Αποτελέσματα εκτίμησης της οικολογικής ακεραιότητας με δεδομένα πεδίου	57
4.1.1	Χαρακτηριστικά του δείγματος για τις μεταβλητές πρώτης και δεύτερης κύριας συνιστώσας	60
4.2	Αποτελέσματα εκτίμησης της οικολογικής ακεραιότητας με χαρτογραφικά δεδομένα	66
4.2.1	Χαρακτηριστικά του δείγματος για τις μεταβλητές πρώτης και δεύτερης κύριας συνιστώσας	70
4.3	Συγκριτική παρουσίαση αποτελεσμάτων από τις δύο μεθόδους	75
<b>5</b>	<b>Συζήτηση – Συμπεράσματα - Εισηγήσεις</b>	78
5.1	Συζήτηση και Συμπεράσματα	78
5.2	Περιορισμοί της μελέτης	82
5.3	Εισηγήσεις	82
	<b>Βιβλιογραφία</b>	84

# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

Η επαρχία Πάφου αποτελεί ένα ετερογενή χώρο με περιοχές διαφορετικού χαρακτήρα. Αποτελεί δηλαδή ένα μείγμα από διαφορετικά χωρικά τμήματα που μέσω των χρόνων και των γενεών των ανθρώπων που αλληλεπιδρούσαν με αυτά έχουν αναπτύξει και διαφορετικούς χαρακτήρες. Αυτοί οι διαφορετικοί χαρακτήρες είναι αντιληπτοί και από τον παρατηρητή όταν μπορεί να παρατηρήσει το χώρο σε μεγάλη κλίμακα όπως π.χ. όταν βρίσκεται σε κάποιο εναέριο μέσο. Αυτά τα μεγάλα χωρικά τμήματα είναι τα τοπία. Τα τοπία αποτελούν χωρικές εκτάσεις σε αδρές κλίμακες και είναι μωσαϊκά που αποτελούνται από συγκεκριμένα τμήματα που σαν ψηφίδες συγκροτούν και δημιουργούν συγκεκριμένη εντύπωση στον παρατηρητή.

Τα τοπία ως χωρικές οντότητες αποτελούμενες από συγκεκριμένα τμήματα μπορούν να επαναλαμβάνονται στο χώρο όταν αυτά τα επιμέρους τμήματα που τα απαρτίζουν βρίσκονται σε κατάλληλη διαρρύθμιση. Αυτή η σύσταση και χωρική διαρρύθμιση των τμημάτων είναι που δίνει το διαφορετικό χαρακτήρα σε κάθε τοπίο και επίσης δίνει την ικανότητα για τις χαρακτηριστικές οικολογικές διεργασίες του εκάστοτε τοπίου. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό σε κάθε μονάδα τοπίου είναι η οικολογική του ακεραιότητα δηλαδή η ικανότητα του να διατηρεί τον χαρακτήρα του και να ανακάμπτει όταν παρουσιάζονται διαφόρων τύπων διαταραχές. Η εκτίμηση της οικολογικής ακεραιότητας των τοπίων της επαρχίας Πάφου είναι το αντικείμενο της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής.

### 1.1 Καταγραφή προβλήματος

Τα τοπία της επαρχίας Πάφου και γενικότερα της Μεσογείου υπόκεινται σε καινούρια είδη και βαθμούς πίεσης από τι στο παρελθόν. Αυτές οι πιέσεις οφείλονται κυρίως σε κλιματικές αλλαγές (Allen, 2003) στις μετακινήσεις των πληθυσμών, στην ανάπτυξη του τουρισμού και στις αλλαγές των χρήσεων γης προκαλώντας μεταβολές στις δομές



και στην σύνθεση των τοπίων. Ιδιαίτερα σε ορεινά αγροοικοσυστήματα παρουσιάζονται μεταβολές με τελικό αποτέλεσμα την εγκατάλειψη αγροτικών περιοχών που προκαλεί την υποβάθμιση της χλωρίδας και πανίδας που προσαρμόστηκε σε αυτές τις περιοχές (Zamora, et al., 2007) . Έτσι παρουσιάζεται η ανάγκη της εκτίμησης της οικολογικής τους ακεραιότητας και του χαρακτήρα τους, που διαμορφώθηκε σε μεγάλο βάθος χρόνου, ούτως ώστε με κατάλληλες δράσεις και σχεδιασμούς να διασφαλιστεί και η μελλοντική παρουσία τους με τα πολλαπλά οφέλη που προσφέρουν.

## **1.2 Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης**

Η διαχείριση των οικοσυστημάτων για την επίτευξη της αειφορίας τους είναι μια από τις σημαντικές προκλήσεις που έχει να αντιμετωπίσει ο άνθρωπος. Με την αειφορία διασφαλίζεται η παρουσία των οικοσυστημάτων για τις μελλοντικές γενεές για να μπορούν να καρπώνονται τα οφέλη που προκύπτουν. Αυτά τα οφέλη μπορεί να είναι αισθητικής-πολιτιστικής φύσης αλλά και υλικά οφέλη όπως για παράδειγμα οι πρώτες ύλες, όπως ίνες και ξυλεία που προμηθεύεται άμεσα ο άνθρωπος ή πιθανόν να είναι άγρια είδη που μπορούν να αποτελέσουν βασικά είδη των καλλιεργειών του μέλλοντος (Butler & Oluoch-Kosura, 2006). Έτσι εκτός από τα άμεσα εκμεταλλεύσιμα είδη φυτών και ζώων υπάρχει και η εν δυνάμει ικανότητα πολλών ειδών να τύχουν χρήσης στο μέλλον προς άμεσο ανθρώπινο όφελος, οικονομικό ή άλλο. Επίσης υπάρχουν και τα έμμεσα οφέλη μέσω των διαφόρων οικοσυστημικών διεργασιών που προσφέρουν, που για να πραγματοποιηθούν με τεχνολογικά μέσα θα ήταν οικονομικά αδύνατο. Οι διεργασίες που έχουν άμεσο όφελος στον άνθρωπο χαρακτηρίζονται ως υπηρεσίες (περιορισμένη αναφορά τους αναγράφεται στον Πίνακα: 1.1) ενώ υπάρχουν και πιθανές λειτουργίες – υπηρεσίες που ακόμα δεν είναι άμεσα αντιληπτές από την επιστημονική κοινότητα (De Groot, et al., 2002). Για να πραγματοποιούνται αυτές οι οικοσυστημικές διεργασίες σε βάθος χρόνου πρέπει τα οικοσυστήματα να είναι οικολογικά ακέραια. Η οικολογική ακεραιότητα για ένα οικοσύστημα δείχνει την ικανότητα του να διατηρεί τις δομές και τις οικοσυστημικές λειτουργίες μέσω στοιχείων και διεργασιών που είναι χαρακτηριστικές για την βιογεωγραφική του περιοχή (Dorren, et al., 2004).

Τα τοπία είναι δυναμικά συστήματα με αποκρίσεις σε διαφόρων ειδών πιέσεις που ποικίλουν. Η κατάσταση τους μέχρι τα τελευταία χρόνια δεν είχε μελετηθεί και οι οποιεσδήποτε δράσεις για καταγραφή οικολογικών προβλημάτων και την διαχείριση

γινόταν με βάση μιας προσέγγισης των μεμονωμένων οικοσυστημάτων και αυτό λόγω της παρουσίας σημαντικών ειδών ή και συναθροίσεων από είδη ενδιαφέροντος. Αυτή η προσέγγιση χωρίς αμφιβολία αποτελούσε ένα σημαντικό βήμα στην διαχείριση γιατί για την προστασία κάποιου είδους ή ειδών προστατευόταν ολόκληρο το οικοσύστημα λόγω μιας πιο σφαιρικής αντίληψης των αλληλεπιδράσεων των ζωντανών οργανισμών. Ένα σημαντικό όμως μειονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι θεωρεί το οικοσύστημα ως ένα κλειστό σύστημα, αγνοώντας τον γύρω από αυτό χώρο και τις σημαντικές αλληλεπιδράσεις που έχουν. Πλέον γίνεται μια στροφή στην μελέτη των οικοσυστημάτων και γενικά του χώρου σε πιο αδρές κλίμακες όπου λαμβάνουν χώρα διεργασίες μεταξύ των οικοσυστημάτων που πριν αγνοούνταν και η προηγούμενη προσέγγιση διαχείρισης και προστασίας οικοσυστημάτων για προστασία των ειδών τώρα ανάγεται σε διαχείριση και προστασία των τοπίων για προστασία των οικοσυστημάτων τους. Έτσι η εκτίμηση της οικολογικής ακεραιότητας των τοπίων αποτελεί την βάση για την εν συνεχεία εκτίμηση των αιτιών που μπορεί να την διακυβεύουν και τις μετέπειτα διαχειριστικές δράσεις και παρακολούθηση (Hobbs, 1997).

Η οικολογική ακεραιότητα των τοπίων αποτελεί μια σημαντική παράμετρο για την λήψη αποφάσεων ολιστικής διαχείρισης των οικοσυστημάτων, για παράδειγμα ως προς τις χρήσεις γης, μέσω των Δηλώσεων Πολιτικής που καθορίζονται από πολιτικές αποφάσεις. Επίσης με τέτοιες μεθόδους μπορεί να γίνεται κατορθωτή η παρακολούθηση της εξέλιξης των τοπίων σε αδρές χρονικές κλίμακες.

**Πίνακας 1.1:** . Λειτουργίες, αγαθά και υπηρεσίες φυσικών και ημιφυσικών οικοσυστημάτων (από De Groot et al. (2002) τροποποιημένος)

α/α	Λειτουργίες	Αγαθά και υπηρεσίες
1	Ρύθμιση αερίων	Δέσμευση διοξειδίου του άνθρακα και απελευθέρωση οξυγόνου
2	Ρύθμιση κλίματος	Μείωση ακραίων θερμοκρασιών και αύξηση των βροχοπτώσεων
3	Αποτροπή διαταραχών	Προστασία από πλημμύρες
4	Ρύθμιση υδάτων	Ρύθμιση απορροής και φυσικής άρδευσης
5	Κατακράτηση εδαφών	Αποτροπή διάβρωσης
6	Επικονίαση	Επικονίαση καλλιεργειών
7	Βιολογικός έλεγχος	Έλεγχος των πληθυσμών επιβλαβών οργανισμών
8	Χώροι αναπαραγωγής	Θηράματα για κυνήγι και ψάρεμα
9	Πρώτες ύλες	Ξυλεία, Δέρματα
10	Γενετικοί πόροι	Φαρμακευτικές ουσίες
11	Αισθητική πληροφορία	Αισθητικά ευχάριστο σκηνικό

### 1.3. Σκοποί και στόχοι

Σκοπός της μεταπτυχιακής διατριβής είναι η εξαγωγή ενός ενιαίου δείκτη που να χαρακτηρίζει την οικολογική ακεραιότητα των τοπίων στην επαρχία Πάφου. Αυτός ο δείκτης βασίζεται σε παραμέτρους του τοπίου που αντικατοπτρίζουν την δομή του και τη σύσταση του και συνδυάζονται για την εξαγωγή ενός ενιαίου βαθμού. Κρίνεται σκόπιμο να αναπτυχθεί μια μεθοδολογία για την ταχεία εκτίμηση σε αδρή κλίμακα των οικοσυστημάτων και κατ' επέκταση των τοπίων ούτως ώστε αυτή η πληροφόρηση να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην διαχείριση, στην παρακολούθηση και στην χάραξη πολιτικής.

Η προσέγγιση του τελικού στόχου έγινε με δύο διαφορετικά σετ δεδομένων ακολουθώντας κοινή μεθοδολογία. Ο στόχος ήταν να γίνει εκτίμηση της οικολογικής ακεραιότητας των διαφόρων τύπων τοπίου στην επαρχία Πάφου με την πρώτη μέθοδο να αντλεί ποιοτικά δεδομένα για τα τοπία που προέκυψαν από μελέτες «Αξιολόγησης του Χαρακτήρα του Τοπίου (AXT)» και σαν δεύτερη μέθοδο την χρήση χαρτογραφικών δεδομένων, κυρίως ποσοτικών, με προέλευση από έρευνες για τις χρήσεις Γης, για την ερμηνεία και για την φυσικότητα των τοπίων. Επιπρόσθετοι στόχοι είναι η ερμηνεία των τυχόν διαφοροποιήσεων που θα προκύψουν ανάμεσα στα τοπία καθώς και η σύγκριση των αποτελεσμάτων από τις δύο προσεγγίσεις με σημαντικό τμήμα την ερμηνεία των συγκλίσεων και αποκλίσεων που παρουσιάζουν.

## 1.4 Περιοχή μελέτης

Η περιοχή μελέτης περικλείεται από τα όρια της επαρχίας Πάφου, και καλύπτει σχεδόν ολόκληρη την έκταση της. Η επαρχία Πάφου καλύπτει το δυτικό μέρος του νησιού καλύπτοντας συνολική έκταση 1396 km<sup>2</sup> και περιλαμβάνει τρεις γεωλογικές ζώνες το σύμπλεγμα των Μαμωνιών, τον Οφιόλιθο Τροόδους και την Ιζηματογενή ακολουθία Τροόδους και περιλαμβάνει σημαντικούς φυσικούς βιοτόπους όπως το δάσος Πάφου και το εθνικό πάρκο Ακάμα. Στην Εικόνα 1.1 φαίνεται η περιοχή μελέτης διαχωρισμένη στις επιμέρους Μονάδες Περιγραφής Τοπίου (ΜΠΤ) ταξινομημένων ανά τύπο (LCT).

### 1.4.1 Τοπία της Επαρχίας Πάφου

Τα τοπία της επαρχίας Πάφου παρουσιάζουν ετερογένεια που εμφανίζεται σε σχετικά μικρή έκταση. Η παρουσία αυτού του φαινομένου οφείλεται σε σημαντικά χαρακτηριστικά όπως η ταχεία εναλλαγή του υψομέτρου, από το επίπεδο της θάλασσας μέχρι τα μεγάλα υψόμετρα του δάσους Πάφου, το ανάγλυφο και η ετερογένεια του εδάφους. Αυτά τα βασικά γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά αποτελούν αβιοτικούς παράγοντες που με την σειρά τους καθορίζουν και άλλους αβιοτικούς παράγοντες όπως η έκθεση, η ποσότητα βροχόπτωσης και η κατακράτηση υγρασίας στο έδαφος. Σε κάθε περιοχή λόγω των αβιοτικών παραγόντων που αποτελούν μια μήτρα καθορίζεται και η ανάπτυξη των διαφόρων τύπων οικοσυστημάτων κάθε περιοχής.

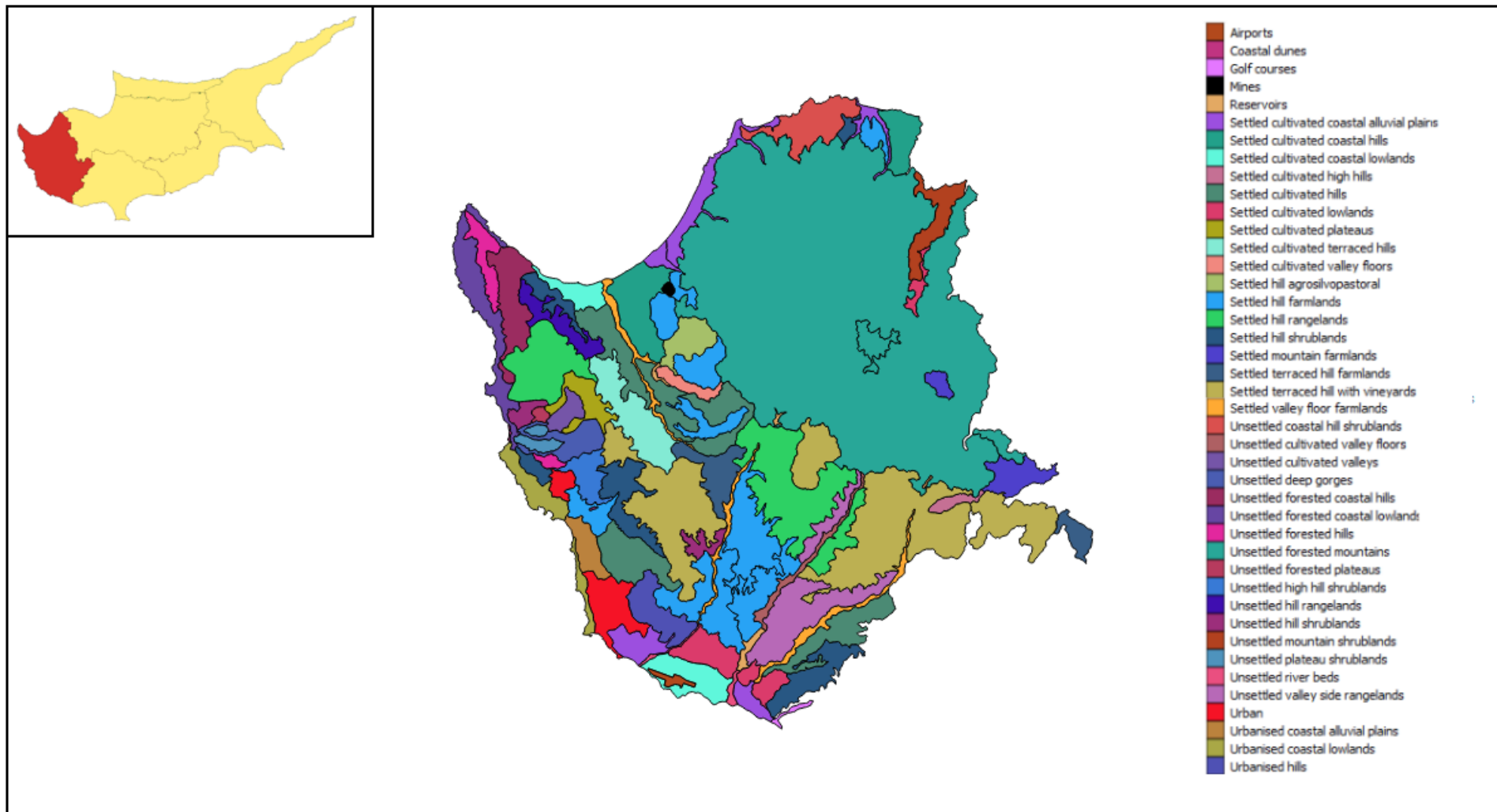
Βιοτικοί και αβιοτικοί παράγοντες είχαν καθοριστική σημασία στην εγκατάσταση των πρώτων κατοίκων του νησιού όπως για παράδειγμα η εγγύτητα πλησίον σε υδάτινους πόρους. Η παρουσία των ανθρώπων και οι πρακτικές τους ως προς τη χρήση της γης με τη σειρά τους επέδρασαν πάνω στα υφιστάμενα οικοσυστήματα. Η μακρόχρονη παρουσία του ανθρώπου στα επιμέρους τμήματα με την ανάπτυξη των οικισμών του αλλά και η ιστορική και μέχρι και σήμερα χρήση της γης στην ύπαιθρο αποτελούν ένα είδος μνήμης του τοπίου. Αυτά τα επιμέρους συστατικά, της γεωμορφολογίας, των οικοσυστημάτων, των οικισμών και άλλων ανθρωπογενών χρήσεων γης είναι αυτά που κάνουν το ένα τοπίο να ξεχωρίζει από το άλλο. Όπως και σε άλλες περιοχές της Μεσογείου έτσι και στην επαρχία Πάφου ισχύει αυτό που είχε αναφέρει ο Attenborough το 1987 ότι οι μεσογειακές περιοχές παρουσιάζουν ειδικό ενδιαφέρον αφού υπήρξαν από τις πρώτες περιοχές που άρχισε η εκμετάλλευση της γης από τον άνθρωπο και έχει

ολοκληρωθεί ένας πλήρης κύκλος ο οποίος σε άλλα μέρη της γης μόλις έχει ξεκινήσει. (Perevolotsky & Seligman, 1998)

#### **1.4.2 Εξέλιξη στα οικοσυστήματα των τοπίων της επαρχίας Πάφου**

Ο χώρος της Μεσογείου παρουσιάζει διάφορα χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν τα τοπία του σχέση με αυτά στην υπόλοιπη Ευρώπη αλλά και άλλων όμοιων βιογεωγραφικών περιοχών του κόσμου. Αυτά τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των τοπίων της μεσογείου οφείλονται στην μακρά ιστορική αλληλεπίδραση του ανθρώπου με αυτά. Ο άνθρωπος με τη χρήση της φωτιάς αλλά και άλλων διαταραχών έφερε ένα πολύ πιο έντονο καθεστώς διαταραχών που επηρέασε σε μεγάλο βαθμό τα τοπία σε σχέση με τα τοπία στον υπόλοιπο κόσμο (Pausas & Vallejo, 1999, Vogiatzakis, et al., 2006).

Μετά την τελευταία εποχή των παγετώνων κατά το Τεταρτογενές ακολούθησε μια υγρή περίοδος που ευνόησε την εξάπλωση και κυριαρχία των αειθαλών σκληρόφυλλων και πεύκων. Η λεκάνη της μεσογείου ήταν καλυμμένη με τέτοια δάση. Τα δάση όμως αποτελούσαν εμπόδια στην αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού. Σταδιακά τα δάση άρχισαν να αποψιλώνονται και στη θέση τους πλέον υπήρχαν εκτάσεις λιβαδιών που μπορούσαν να καλλιεργηθούν. Η επόμενη αύξηση του πληθυσμού σε αυτές τις περιοχές υποβάθμισε ακόμη περισσότερο τα γύρο δάση σε συνδυασμό και με την προοδευτική αλλαγή του κλίματος σε πιο ξηρό. Τα δάση αποψιλώθηκαν σε πολλές χρονικές στιγμές της ιστορίας αφού η Κύπρος αποτέλεσε πηγή ξυλείας για την αρχαία Αίγυπτο το 1400 π.Χ. , ήταν πηγή ξυλείας και την εποχή του Μεγάλου Αλεξάνδρου για την κατασκευή του ναυτικού του στόλου, καθώς και κατά τον μεσαίωνα κυρίως για την δημιουργία των ναυτικών στόλων της εκάστοτε εποχής (Tomaselli, 1977).



**Εικόνα 1.1:** Περιοχή μελέτης διαχωρισμένη στις υπό μελέτη ΜΠΤ ταξινομημένες ανά τύπο. (Vogiatzakis et al. 2015)

Αυτό παρατηρείται και στα τοπία του χώρου μελέτης της επαρχίας Πάφου. Η ετερογένεια του χώρου οφείλεται εν μέρει σε διαφοροποιήσεις των εδαφολογικών και γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών αλλά και λόγω του διαφορετικού βαθμού αλληλεπίδρασης με τον ανθρωπογενή παράγοντα. Έτσι τα οικοσυστήματα παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία και ετερογένεια. Πολλά από αυτά είναι μάλιστα αποτελέσματα την συνεξέλιξης με τον άνθρωπο, όπως για παράδειγμα τα φρύγανα, και σε άλλες περιπτώσεις δεν θα εμφανίζονταν, τουλάχιστον όπως τα γνωρίζουμε σήμερα. Ο άνθρωπος με δραστηριότητες όπως η υλοτομία, η βόσκηση των οικόσιτων ζώων και οι καύσεις για την δημιουργία βοσκοτοπιών είχαν ως αποτέλεσμα την εμφάνιση των εν λόγω οικοσυστημάτων που από πολλούς θεωρούνται ως υποβαθμισμένα (Naveh, 1975). Η υπερβόσκηση χαρακτηριστικά ήταν και αυτή μαζί με τη φωτιά, από τις σημαντικότερες πιέσεις που δέχτηκαν τα μεσογειακά οικοσυστήματα (Cowling, et al., 1996). Ιδιαίτερα η βόσκηση από κατσίκες, σύμφωνα με αναφορές για τις χρήσεις γης στην Κύπρο από το 1908 είχε χαρακτηριστεί από τους συγγραφείς ως η ρίζα άλλων δεινών όπως η διάβρωση και οι πλημμύρες. Είναι χαρακτηριστική η αναφορά στη βόσκηση από κατσίκες ότι «αποτελούν χειρότερη κατάρα από τις ακρίδες αφού σε αντίθεση με τις ακρίδες που κατέστρεφαν την βλάστηση για μια μόνο εποχή οι κατσίκες κατέστρεφαν την βλάστηση μόνιμα» (Perevolotsky & Seligman, 1998).

Παρόλο που σχεδόν όλα τα μεσογειακά οικοσυστήματα θεωρούνται διαταραγμένα εντούτοις η λεκάνη της μεσογείου αποτελεί ένα χώρο με αυξημένη βιοποικιλότητα. Αυτό αποτελεί και το αντικείμενο διαφωνίας δύο σχολών σκέψης για την παρούσα κατάσταση της Μεσογείου. Η μια είναι η άποψη του «Κατεστραμμένου τοπίου» λόγω της συσσώρευσης της υποβάθμισης από τις ανθρώπινες δραστηριότητες δια μέσου των αιώνων, ενώ η άλλη άποψη είναι αυτή στις θεωρίας της «Χαμένης Εδέμ» που οι άνθρωποι συμμετείχαν στην διατήρηση της βιοποικιλότητας που εμφανίστηκε μετά την τελευταία παγετώδη περίοδο (Blondel, 2006) . Σύμφωνα και με τον Shantz (1947) οι θαμνώδεις βιοκοινότητες σε ποικίλες περιοχές μεσογειακού κλίματος και εκτός της Μεσογείου, όπως της Καλιφόρνιας και της Νότιας Αφρικής, πρέπει να θεωρούνται κοινότητες «fire climax» δηλαδή βιοκοινότητες που έχουν διαμορφωθεί και εξελιχθεί κάτω από ένα καθεστώς πίεσης από πυρκαγιές φυσικών αιτιών πολύ πριν παρουσιαστεί η ανθρώπινη παρουσία (Naveh, 1975).

Ποικίλες θεωρίες δυναμικής και μη δυναμικής ισορροπίας έχουν χρησιμοποιηθεί για να ερμηνεύσουν την πλούσια βιοποικιλότητα που παρουσιάζεται στα φαινομενικά υποβαθμισμένα οικοσυστήματα. Οι υψηλή βιοποικιλότητα αποδόθηκε σε διάφορα φαινόμενα όπως η έντονη χωρική ετερογένεια της διαθεσιμότητας των πόρων αλλά και λόγω των διαταραχών. Η βόσκηση, ως βασικού τύπου διαταραχή της μεσογείου μπορεί ανάλογα με την ένταση της να μεγιστοποιήσει την βιοποικιλότητα αφού υπάρχει μια άριστη τιμή έντασης, ενώ οι διακυμάνσεις από αυτή την τιμή έχουν ως αποτέλεσμα την μείωση της βιοποικιλότητας είτε λόγω της επικράτησης ξυλωδών ειδών (σε χαμηλό βαθμό βόσκησης) είτε λόγω της επικράτησης μη βρώσιμων ειδών (σε υψηλό βαθμό βόσκησης) (Naveh & Whittaker, 1980). Όπως εξηγεί ο Pignatti (1979), με όρους θερμοδυναμικής, η εντροπία είναι σε χαμηλό βαθμό (αυξημένη τάξη) σε αδιατάρακτες συνθήκες και με την βόσκηση αυξάνεται η εντροπία – αταξία δημιουργώντας έτσι νέες ευκαιρίες για εποίκισμο με άλλα είδη. Εν συνεχεία η πολύ αυξημένη βόσκηση μειώνει την εντροπία –αυξημένη τάξη αφού γίνεται παράγοντας επιλογής των ειδών που αντέχουν στο ποδοπάτημα και που δεν είναι βρώσιμα. Γενικά οι συχνά επαναλαμβανόμενες διαταραχές όπως η βόσκηση και οι πυρκαγιές αλλάζουν συνεχώς την ισορροπία των δυναμικών σχέσεων που παρουσιάζουν τα οικοσυστήματα δημιουργώντας νέες οικοθέσεις και έτσι νέες ευκαιρίες για ανάπτυξη διαφορετικών ειδών κάθε φορά (Cowling, et al., 1996).

Λόγω της ετερογένειας του χώρου και κυρίως της γεωμορφολογίας η ένταση της ανθρώπινης επέμβασης δεν ήταν ιστορικά ομοιογενής σε όλο το χώρο. Η πρώτη εγκατάσταση των κατοίκων έγινε τουλάχιστον πριν 10600 έτη. Οι πρώτοι αυτοί μόνιμοι κάτοικοι βάσισαν την οικονομία τους κυρίως στην γεωργοκτηνοτροφία. Οι πρώτοι οικισμοί με την πάροδο των χρόνων αυξήθηκαν σταδιακά σε έκταση όπως και οι καλλιέργειες τους (Vigne, et al., 2012). Οι λιγότερο προσβάσιμες ημιορεινές και λιγότερο εύφορες περιοχές αποτέλεσαν χώρους βοσκής ενώ περιοχές δύσβατες και απομακρυσμένες από οικισμούς παρουσίασαν μικρό βαθμό ανθρωπογενούς επίδρασης. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να εμφανίζονται οικοσυστήματα που αποτελούν σχεδόν αμιγώς το αποτέλεσμα των αβιοτικών παραγόντων και των τοπικών συνθηκών που επικρατούν. Αυτή η ανομοιογενής επίδραση του ανθρώπου είναι γενικό χαρακτηριστικό πολλών μεσογειακών περιοχών που είχαν εποίκιστεί από τον πρώιμο άνθρωπο. Έτσι διακρίνονται περιοχές με έντονη συνεξέλιξη με την ανθρώπινη παρουσία αλλά και άλλες με πολύ μικρότερο βαθμό επηρεασμού από τον άνθρωπο (Archibold, 2012).



Οι τύποι των διαταραχών στα τοπία της Μεσογείου, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, παρουσιάζουν μεταβολές. Αυτές οφείλονται λόγω των αλλαγών στις κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες. Τέτοιες αλλαγές αποτελούν μετακινήσεων του πληθυσμού στα αστικά κέντρα, οι επιδοτήσεις για αφαίρεση μόνιμων καλλιεργειών όπως π.χ. αμπέλια, η ανάπτυξη του τουρισμού στην ύπαιθρο και η εισαγωγή ξενικών ειδών. Οι αλλαγές αυτές δεν έχουν πάντα την ίδια φύση αφού σε διάφορα τοπία γίνεται εντατικοποίηση των χρήσεων γης για καλλιέργειες ενώ σε άλλες αντιθέτως παρουσιάζεται εγκατάλειψη των καλλιεργειών και έτσι παρατηρείται εξάπλωση των φυσικών και ημιφυσικών διαπλάσεων (Cowling, et al., 1996, Pausas & Vallejo, 1999, Vogiatzakis, et al., 2006).

Οι βασικοί τύποι βλάστησης που εμφανίζονται στην Κύπρο και στην περιοχή μελέτης είναι δάση κωνοφόρων πλατύφυλλων ή και μεικτά δάση, η ψηλή μακκία βλάστηση και χαμηλή, φρύγανα και λειμώνες. Σημαντικός παράγοντας εξέλιξης των διαφόρων τύπων οικοσυστημάτων ήταν οι διαφόρων τύπων διαταραχές. Σε πολλές εκτάσεις παρατηρείται βλάστηση που αποτελεί τύπους που αναπτύχθηκαν κάτω από τις ανθρώπινες πιέσεις, ενώ σε άλλη περίπτωση το κλίμα και το έδαφος θα όριζαν διαφορετική διάπλαση.

# Κεφάλαιο 2

## Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται ανάλυση των βασικών εννοιών τις οποίες πραγματεύεται η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή που αφορούν κατά κύριο λόγο τις έννοιες του τοπίου, της οικολογικής ακεραιότητας και γενικά της οικολογίας τοπίου και των βασικών πτυχών της δηλαδή των προτύπων και των διεργασιών που παρατηρούνται στα τοπία που ακολουθούν και αυτά το βασικό αξίωμα στην βιολογία ότι δομές και λειτουργίες είναι αλληλοεξαρτώμενες.

### 2.1 Εισαγωγή

Η προστασία του φυσικού περιβάλλοντος προϋποθέτει και την ανάλογο θεωρητικό υπόβαθρο σύμφωνα με το οποίο μπορεί να γίνει η επιλογή των κατάλληλων περιοχών για προστασία, η αξιολόγηση της κατάστασης τους, η λήψη μέτρων απάμβλυνσης των προβλημάτων και πιέσεων που υφίστανται καθώς και η παρακολούθηση τους. Οι κυριότερες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τις προαναφερόμενες δράσεις είναι κυρίως μέθοδοι εκτίμησης της κατάστασης κάθε εν λόγω περιοχής που βασίζονται στην αξιολόγηση της σύστασης και δομής των χαρακτήρων οι οποίοι θεωρούνται σημαντικοί-χαρακτηριστικοί και για τους οποίους είχε γίνει και η αρχική πρόταση και επιλογή της τοποθεσίας όπως π.χ. συγκεκριμένα είδη, συναθροίσεις ειδών και ενδιαίτηματα. Η κατάσταση της περιοχής είναι ένα μέτρο έμμεσης εκτίμησης της ποιότητας της και δείχνει το αν το καθεστώς διαχείρισης επιτυγχάνει τους στόχους που έχουν τεθεί (Gaston, et al., 2006). Αυτή η κατά περίπτωση αξιολόγηση κάθε περιοχής λαμβάνοντας μόνο ένα περιορισμένο εύρος μετρήσεων, και σε πολλές περιπτώσεις την παρουσία επιθυμητών ειδών -βιοποικιλότητα, δεν μπορεί να δείξει ή δείχνει ελάχιστο μέρος των οικολογικών λειτουργιών του οικοσυστήματος που ανήκει η περιοχή και έτσι

δεν μπορεί να αποτυπώσει την οικολογική ακεραιότητα του (Gaston et al., 2006, Rees et al., 2013). Αυτές οι προσεγγίσεις στην χωρική κλίμακα μελέτης που λάμβαναν χώρα δίνουν σημαντικές πληροφορίες στους μελετητές μόνο στην συγκεκριμένη χωρική κλίμακα και απομονώνοντας την κάθε εν λόγω περιοχή. Η αξία χρήσης τέτοιων μεθόδων όμως βρίσκει εφαρμογή μόνο σε συγκεκριμένες περιπτώσεις ενώ στις πλείστες αποκρύπτει μέρος της συνολικής εικόνας και της πληροφορίας που εμπεριέχει. Αυτή η μερική εικόνα σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να καταδείξει το αντίθετο από ότι η ολοκληρωμένη εικόνα ενός φαινομένου.

Όπως αναφέρουν οι Angermeier και Karr (1994), σε σχέση με τις μεθόδους εκτίμησης της κατάστασης των οικοσυστημάτων, θα ήταν πιο ορθή μια στροφή στην εκτίμηση της οικολογικής ακεραιότητας των οικοσυστημάτων παρά στην εκτίμηση της βιοποικιλότητας για την λήψη των αποφάσεων πολιτικής όσον αφορά την διαχείριση των εκάστοτε περιοχών. Αυτές οι δύο έννοιες, βιοποικιλότητας και οικολογικής ακεραιότητας, παρόλο που συσχετίζονται περιλαμβάνουν διαφορετικές συνιστώσες και έτσι αποτυπώνουν διαφορετικές όψεις των οικοσυστημάτων. Η βιοποικιλότητα ορίζεται ως η ποικιλότητα των ζωντανών οργανισμών στα οικοσυστήματα όπου διαβιούν και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορα ταξινομικά επίπεδα, από επίπεδο πληθυσμού όπου αποτυπώνει την ποικιλότητα που παρουσιάζει λόγω διαφορών στο γενετικό υλικό μέχρι επίπεδο βιοκοινότητας που αποτυπώνει εξελικτικά σχετιζόμενες συναθροίσεις ειδών με δυναμικές σχέσεις κατανομής και αφθονίας. Σε αντίθεση με την έννοια της βιοποικιλότητας, που αποτελεί μια συλλογική ιδιότητα των στοιχείων του οικοσυστήματος, και μπορεί να εκφραστεί με τον αριθμό των αντικειμένων-τάξα, η έννοια της οικολογικής ακεραιότητας αποτελεί μια συνθετική ιδιότητα που εκφράζεται μέσω των αντικειμένων του οικοσυστήματος αλλά και των λειτουργιών που οφείλονται σε αυτά, που τα διατηρούν και που αντικατοπτρίζουν φυσικές εξελικτικές και βιογεωγραφικές διεργασίες (Angermeier, et al., 1996).

Η πρώτη αναφορά στον όρο οικολογική ακεραιότητα γίνεται από τον Aldo Leopold το 1949 όταν στο σύγγραμμά του περί της ηθικής της γης (φιλοσοφία για τη χρήση της Γης από τον άνθρωπο) αναφέρει ότι «κάτι είναι ορθό όταν τείνει να διατηρεί την ακεραιότητα, τη σταθερότητα και την γοητεία της βιοκοινότητας και αποτελεί σφάλμα όταν προκαλεί το αντίθετο» (Andreasen, et al., 2001). Ο πιο ξεκάθαρος ορισμός γίνεται αρκετά έτη μετά το 1981 από τους Karr και Dudley (1981) αφού, σύμφωνα με τους

ίδιους, ο ορισμός που περιλαμβάνονταν στην ομοσπονδιακή νομοθεσία των ΗΠΑ για τα καθαρά ύδατα (Clean Water Act) ήταν ασαφής. Όπως οι ίδιοι όρισαν η οικολογική ακεραιότητα είναι «η ικανότητα υποστήριξης και διατήρησης μιας κοινότητας οργανισμών που να περιγράφεται ως ισορροπημένη, ενσωματωμένη και με ικανότητα προσαρμογής και που επιπρόσθετα έχει σύνθεση, ποικιλότητα και δομική οργάνωση παρόμοια με αυτή του φυσικού περιβάλλοντος της περιοχής» (Karr & Dudley, 1981). Ένα οικοσύστημα που παρουσιάζει οικολογική ακεραιότητα μπορεί να αντέξει και να ανακάμψει από τις πλείστες φυσικές καθώς και από αρκετές ανθρωπογενείς διαταραχές (Karr & Dudley, 1981).

Εν τέλει η οικολογική ακεραιότητα για να μπορεί να προσδιοριστεί σε μεγάλο βαθμό βεβαιότητας πρέπει να γίνει αναγωγή του επιπέδου της χωρικής κλίμακας της μελέτης σε πιο αδρή κλίμακα, λόγω του ότι τα οικοσυστήματα δεν είναι κλειστά συστήματα αλλά ανοικτά με ποικίλες μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις. Μόνο τότε μπορεί να υπάρξει ολοκληρωμένη εικόνα για την οικολογική ακεραιότητα και τέτοιες αδρές κλίμακες είναι το αντικείμενο μελέτης της οικολογίας τοπίου. Σε αυτές τις αδρές κλίμακες τα χαρακτηριστικά της γενικής δομής, της σύνθεσης και της χωρικής διαρρύθμισης των στοιχείων (οικοσυστημάτων) ενός τοπίου είναι αυτά που έχουν εξέχοντα ρόλο στην επίτευξη των σημαντικών οικολογικών διεργασιών που εξασφαλίζουν την αντοχή τους και την χρονική διάρκεια τους (Pimentel, et al., 2000).

## **2.2 Ιστορική αναδρομή**

Η οικολογία τοπίου αποτελεί ένα από τα σύγχρονα πεδία του κλάδου της οικολογίας που εμφάνισε ανάπτυξη τις τελευταίες τρεις δεκαετίες με την ανάπτυξη του θεωρητικού πλαισίου και με την σημαντική ώθηση που δόθηκε με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και ειδικά της πληροφορικής και της δορυφορικής τεχνολογίας με αποτέλεσμα την ανάπτυξη των GIS και της παρουσίας ευπρόσιτου και μεγάλου όγκου χαρτογραφικών δεδομένων.

### **2.2.1 Εμφάνιση και εξέλιξη του πεδίου της οικολογίας τοπίου**

Ο Troll ήταν αυτός που επινόησε τον όρο Οικολογία τοπίου και ο ίδιος είχε σπουδάσει αρχικά βιολογία έπειτα όμως έγινε γεωγράφος. Έδειξε ενδιαφέρον για την συνεκτική εικόνα των τοπίων μέσω των εναέριων φωτογραφιών και ταυτόχρονα ενδιαφέρθηκε με την έννοια των οικοσυστημάτων που είχε ορίσει ο Tansley το 1935 (Turner, et al.,

2001). Το πεδίο της οικολογίας τοπίου αναπτύχθηκε πρώτα σε Γερμανόφωνες ευρωπαϊκές χώρες στις δεκαετίες του 1950 και 1960 όπου συσχετίστηκε με τον σχεδιασμό των χρήσεων γης και με την αρχιτεκτονική τοπίου. Η έμφαση δόθηκε κυρίων στην καταγραφή, ταξινόμηση και χαρτογράφηση των τοπίων. Στην βόρεια Αμερική ο όρος της Οικολογίας Τοπίου εμφανίζεται μετά την δεκαετία του 1980 μετά από Ευρωπαϊκά συμπόσια και εργαστήρια όπου παρευρίσκονται και επιστήμονες από την Αμερική. Οι Forman και Gordon με το άρθρο τους στο περιοδικό *BioScience* το 1981 δίνουν μια σειρά όρων που είναι οι κοινοί όροι που χρησιμοποιούνται και σήμερα, το κατάτμημα (patch), ο διάδρομος (corridor) και η μήτρα (matrix) (Turner, et al., 2001).

Κατά την δεκαετία του 1980 που γίνεται η εγκατάσταση του πεδίου της Οικολογίας Τοπίου στην βόρεια Αμερική η έρευνα για τα τοπία έχει παρουσιάσει άλματα προόδου με την συμβολή επιστημόνων, από διαφορετικά πεδία, που βρίσκουν κοινό έδαφος στο τρίπτυχο των οικολογικών, κοινωνικών και οικονομικών παραμέτρων. Στα πρώιμα στάδια πριν την ανάπτυξη του τομέα υπήρξαν ψήγματα των βασικών θεωριών που εμπερικλείει, σε διάφορα πεδία αφού τα χωρικά πρότυπα κατανομής των οργανισμών όπως και η γεωγραφική εξάπλωση τους ήταν από παλαιότερα θέματα ενδιαφέροντος για διαφόρους τομείς όπως π.χ. η βοτανική. Ο Von Humboldt με την μελέτη του το 1807 είχε περιγράψει την κατανομή των ζωνών χλωρίδας κατά γεωγραφικό πλάτος και κατά υψόμετρο. Αυτές οι πρώτες βιογεωγραφικές μελέτες επηρέασαν μετέπειτα τον Clements στην θεωρία του για την οικολογική διαδοχή και την εξέλιξη της σε κατάσταση κλιμαξ σε συγκεκριμένο τύπο ανάλογα με το μακροκλίμα της ευρύτερης περιοχής (Turner, 1989). Η προσέγγιση του Clements ήταν όμως περισσότερο χρονικής φύσης και δεν ασχολήθηκε με την χωρική διάταξη των στοιχείων. Ο Gleason στις μελέτες του για την διαδοχή του δάσους εκτός από την χρονική διάσταση της διαδοχής είχε παρατηρήσει και την χωρική διάσταση όπου προοδευτικά το δάσος που μελετούσε εξαπλωνόταν σε βάρος ενός εγγύς λιβαδιού. Υποστήριζε ότι τα χωρικά ετερογενή πρότυπα ήταν σημαντικά και έπρεπε να ερμηνεύονται ως αποκρίσεις στην χωρική διαβάθμιση του περιβάλλοντος. Επίσης σε αντίθεση με τον Clements θεώρησε ότι η κατάσταση κλιμαξ δεν ήταν πάντα επιτεύξιμη αλλά μπορούσε να εμφανιστεί παλινδρόμηση στην διαδοχή κάτω από τις διακυμάνσεις των αβιοτικών συνθηκών όπως το κλίμα. (McIntosh, 1975). Η πρώτη ταυτόχρονη μελέτη των χωρικών και χρονικών προτύπων έγινε από τον Watt το 1947 που έδειξε ότι η κατανομή των διαφορετικών σειρών διαδοχής εμφανιζόταν ως ένα πρότυπο κατατμημάτων στο τοπίο

που ήταν συνεχές αφού διατηρούταν από τη χρονική μεταβολή που συνέβαινε σε κάθε σημείο.

Οι βασικές θεωρίες και έννοιες της σύγχρονης οικολογίας τοπίου καθορίστηκαν εν τέλει σε δύο σημαντικές συναντήσεις στις αρχές του 1980. Πρώτα στην Ολλανδία το 1982 πραγματοποιήθηκε συνάντηση επιστημόνων του ευρωπαϊκού χώρου ενώ σε σύντομο χρονικό διάστημα το 1983 πραγματοποιήθηκε και στην βόρεια Αμερική εργαστήριο για την ανταλλαγή ιδεών και άλλων πιθανών εννοιών στην οικολογία τοπίου (Risser, et al., 1983). Σε αυτές τις συναντήσεις έγιναν οι πρώτες συλλογικές και οργανωμένες προσπάθειες για να τεθούν οι βασικές αρχές που διέπουν την αλληλεπίδραση των προτύπων και των διεργασιών που παρουσιάζονται στα τοπία (Turner, et al., 2001).

### **2.2.2 Η μετάβαση από τα Οικοσυστήματα στην Οικολογία Τοπίου**

Η οικολογία τοπίου είναι ένας από τους πιο πρόσφατους κλάδους στον ευρύ τομέα της οικολογίας που απαραίτητα αναπτύχθηκε για να επιλύσει προβλήματα που δεν μπορούσαν να προσεγγιστούν μέσω της μελέτης των οικοσυστημάτων όπως και τα οικοσυστήματα χρησιμοποιήθηκαν είχαν χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτικές προσεγγίσεις για την διαχείριση μεμονωμένων ειδών. Ο Franklin (1993) παραθέτει ένα πολύ απλό λόγο γιατί υποχρεωτικά τελικά πρέπει η διαχείριση να γίνεται σε πιο αδρές κλίμακες και αυτός είναι η τεράστια αφθονία των ειδών που πρέπει να διατηρηθεί, όχι μόνο αυτών που αντιλαμβανόμαστε μακροσκοπικά αλλά και άλλων όπως μυκήτων και βακτηρίων, ούτως ώστε να μπορούν να γίνονται οι βασικές διεργασίες των οικοσυστημάτων. Φυσικά αναγνωρίζει τις διεργασίες που γίνονται σε αδρές κλίμακες που σε λεπτομερείς κλίμακες δεν μπορεί κάποιος να αντιληφθεί.

Στην αρχή της ανάπτυξης της οικολογίας με την μελέτη των οικοσυστημάτων ο ερευνητής εστίαζε σε περιορισμένες χωρικές εκτάσεις με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά δηλαδή σε συγκεκριμένες συναθροίσεις βιοτικών παραγόντων δηλ. φυτικών, ζωικών, μυκήτων κλπ, κάτω από τον έλεγχο και επίδραση των αβιοτικών παραγόντων όπως η δομή του εδάφους και ο τύπος του, η ηλιοφάνεια, η βροχόπτωση κλπ. Αυτή η προσέγγιση διευκολύνει και έχει πλεονεκτήματα για την μελέτη συγκεκριμένων διεργασιών όπως η ροή ύλης και θρεπτικών εντός του οικοσυστήματος, της δομής και σύνθεσης του καθώς και των άλλων λειτουργιών του. Σε άλλες περιπτώσεις γινόταν μόνο μελέτη των βιοκοινοτήτων με βασικά ερωτήματα που αφορούσαν τις

διακυμάνσεις της βιοποικιλότητας των ειδών και χωρίς στέρεο θεωρητικό υπόβαθρο που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για των νόμων που διέπουν τις σχέσεις στη βιοκοινότητα και στην εξαγωγή γενικεύσεων (Logeau, 2010). Όμως με την πρόοδο και την ανάπτυξη του ευρύτερου τομέα της οικολογίας έγινε εμφανές ότι αυτή η προσέγγιση παρουσίαζε και πολλούς περιορισμούς (O'Neill, 2001). Σύμφωνα με τον Farina (2008) οι MacArthur και Wilson με το βιβλίο τους *The Theory of Island Biogeography* (1967) και η εστίαση του MacArthur 1972 στην οικολογική γεωγραφία, έθεσαν τις βάσεις για την πρόοδο από την επικρατούσα θεώρηση της οικολογικής μονάδας του οικοσυστήματος προς την ευρύτερη μονάδα του τοπίου, ενός μωσαϊκού οικοσυστημάτων σε πολύ μεγαλύτερη κλίμακα όπου οι ροές ύλης και ενέργειας δεν διακόπτονται στα όρια ενός συγκεκριμένου οικοσυστήματος αλλά κινούνται στα προσκείμενα οικοσυστήματα που απαρτίζουν το τοπίο (Farina, 2006), (Farina, 2008). Όπως ο McIntosh (2012) αναφέρει υπήρξε η τάση των ιδίων των οικολόγων για απλοποίηση των οικοσυστημάτων, άποψη που συμεριζόταν και ο MacArthur. Τα οικοσυστήματα θεωρούνταν ως ομοιογενή συστήματα με ομοιογενή σύνθεση οργανισμών με τις οικολογικές διεργασίες να έχουν σταθερούς ρυθμούς και να υπάρχει εις αεί μια συνέχεια κάτω από κατάσταση δυναμικής ισορροπίας και κάτω από μια ηθολογική άποψη της θείας πρόνοιας εντυπωμένης βαθιά στο κοινό αίσθημα. Ο ίδιος στο άρθρο του συνεχίζει και αναφέρει ότι σύμφωνα και με άλλους ερευνητές, όπως ο Kareiva (1985), η άποψη για την ομοιογένεια των οικοσυστημάτων έρχεται σε αντίθεση με τις πλείστες βασικές υποθέσεις της οικολογικής θεωρίας. Αντιθέτως οι προοδευτικοί ερευνητές έδωσαν έμφαση στην σημαντικότητα της παρουσίας του μωσαϊκού και της ετερογένειας του χώρου στις οικολογικές διεργασίες.

Η οικολογία τοπίου θέτει ένα ευρύτερο πλαίσιο μελέτης των συστημάτων αφού σημαντικές διεργασίες λαμβάνουν χώρα σε μεγαλύτερες κλίμακες και επίσης μπορούν να παρατηρηθούν καινούρια πρότυπα οργάνωσης (δομής) που παρουσιάζουν νέες ιδιότητες και νέες λειτουργίες. Σύμφωνα με τον Hobbs (1997) οι επιπτώσεις και οι αποκρίσεις των συστημάτων στις παγκόσμιες αλλαγές γίνονται ευκολότερα κατανοητές όταν κάποιος μελετά τα συστήματα στο επίπεδο του τοπίου (Hobbs, 1997). Οι αλλαγές στο τοπίο έχουν άμεσες επιπτώσεις στις οικολογικές διεργασίες αφού και το χωρικό πρότυπο ενός τοπίου πηγάζει πολύ συχνά από τις οικολογικές διεργασίες. Η βόσκηση π.χ. από μεγάλα θηλαστικά δημιουργεί ασυνέχειες στη βλάστηση δημιουργώντας έτσι κατατμήματα, διαδρόμους και εναλλαγές στον κυρίαρχο τύπο

βλάστησης που κυριαρχεί. Η διαρρύθμιση αυτών των χωρικών στοιχείων από την άλλη επηρεάζει με την σειρά της τις μετακινήσεις των οργανισμών στο τοπίο και την χρήση των πόρων, τροφικών και άλλων. Εκτός από οικολογικές διεργασίες οι διαταραχές, π.χ. πυρκαγιές, ολισθήσεις του εδάφους κλπ. αποτελούν παράγοντες για την δημιουργία ετερογένειας στο τοπίο (O'Neill, et al., 1997).

Με την χρήση των θεωριών της οικολογίας τοπίου γίνονται ποικίλες μελέτες όπως π.χ. μελέτες που αφορούν τα πρότυπα εξάπλωσης μεταδοτικών ασθενειών και μελέτες για την εξακρίβωση της επίδρασης που έχουν μεγάλα φυτοφάγα, όπως π.χ. οι ελέφαντες και οι άλκες, στην δομή και στην χωρική διαρρύθμιση των στοιχείων του τοπίου. Στις μεγάλες λειτουργικές κλίμακες του τοπίου περιλαμβάνονται διεργασίες που αφορούν το τρίπτυχο των οικολογικών, των κοινωνικών και οικονομικών διεργασιών. Σύμφωνα με τον O'Neil (2001) η αλλαγή στη προσέγγιση από το επίπεδο οικοσυστήματος στο επίπεδο του τοπίου οφείλεται κατά πάσα πιθανότητα στο πλήθος αναπάντητων ερωτημάτων και γκρίζων ζωνών που υπάρχει δυσκολία στην προσέγγιση για τη μελέτη τους βάση του γνωστικού επιπέδου της οικολογίας (Farina, 2006).

Η οικολογία τοπίου αποτελεί μια σύγχρονη θεωρία για την ερμηνεία των οικολογικών προτύπων και διεργασιών που συμβαίνουν στο τοπίο, ένα ανοικτό σύστημα προς τις ροές ενέργειας και ύλης. Είναι ένα από τα σύγχρονα εργαλεία της οικολογίας για να ερμηνεύσει τις προκλήσεις της οικολογικής τοπολογίας όπως την ορίζουν οι Thompson, et al., 2001 δηλαδή με την οικολογική τοπολογία καθορίζονται τα χωροχρονικά πεδία των αιτιατών για τις οικολογικές δομές και διεργασίες. Η μετακύλιση σε μεγαλύτερες κλίμακες από την κλίμακα του οικοσυστήματος, χωρικές και χρονικές, είναι απαραίτητη για την ερμηνεία των διεργασιών που συμβαίνουν σε μεγάλες εκτάσεις και εντέλει και σε παγκόσμια κλίμακα καθώς και την επιτυχή μοντελοποίηση και πρόβλεψη των πιθανών αποτελεσμάτων από επεμβάσεις στα οικοσυστήματα και από τις πρακτικές διαχείρισης των οικοσυστημάτων που έγιναν είτε στο παρελθόν είτε γίνονται κατά την παρούσα χρονική στιγμή.

### **2.2.3 Εμφάνιση της έννοιας της οικολογικής ακεραιότητας**

Η οικολογική ακεραιότητα είναι μια έννοια που εισήχθη από τον Aldo Leopold το 1944. Είναι μια έννοια που χρειάστηκε για να οριστούν οι απαραίτητες προϋποθέσεις για την σταθερότητα των βιοκοινοτήτων και που εφαρμόστηκε από τους Karr και



Dudley (1981) για τον χαρακτηρισμό υδάτινων σωμάτων βάση της δράσης US Clean Water Act στις ΗΠΑ (Müller & Burkhard, 2007). Οι Karr και Dudley (1981) στη μελέτη τους για τα υδάτινα συστήματα των ΗΠΑ αναφέρουν ότι οι μέχρι τότε μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων είναι ανεπαρκείς και ότι μια περιεκτική ανάλυση σε συνάρτηση με βιολογικές παραμέτρους θα ήταν περισσότερο ενδεικτική για την κατάσταση των υδάτινων σωμάτων. Αυτό όπως οι ίδιοι αναφέρουν το τρίπτυχο φυσικοχημικών και βιολογικών παραμέτρων, συμβαδίζει με τον (τότε) νεοεισεχθέντα όρο της οικολογικής ακεραιότητας που όρισαν ως «τη ικανότητα για υποστήριξη και διατήρηση μιας ισορροπημένης, ενσωματωμένης, προσαρμοστικής κοινότητας οργανισμών με χαρακτηριστικά σύστασης ειδών, ποικιλότητας και λειτουργικής οργάνωσης που να είναι συγκρίσιμη με αυτήν των φυσικών ενδιαιτημάτων της περιοχής».

Οι Woodley & Kay, 1993 έδωσαν την βασική θεωρία που υποστηρίζει την έννοια της οικολογικής ακεραιότητας βάση των εννοιών των ανοικτών θερμοδυναμικών συστημάτων με τις ικανότητες τους για αυτοοργάνωση και ενσωμάτωση διεργασιών σε άμεση σχέση με τους ζωντανούς οργανισμούς ως ανοικτά θερμοδυναμικά συστήματα. Η προσέγγιση των Woodley βασίστηκε στις αντιλήψεις του Bertalanffy ότι κατά την μετάβαση των ζωντανών συστημάτων από απλά σε πιο πολύπλοκα παρουσιάζεται μια προοδευτική ενσωμάτωση των μερών, που γίνονται βαθμιαία ολοένα και πιο εξαρτώμενα από το σύνολο και ταυτόχρονα γίνεται και προοδευτική διαφοροποίηση των μερών του ζωντανού συστήματος όπου γίνονται συνεχώς και πιο εξειδικευμένα και το σύστημα παρουσιάζει ένα μεγάλο εύρος αποκρίσεων από ότι πριν. Τελικά τα διαφορετικά μέρη εξειδικεύονται σε μόνο μια λειτουργία ενώ παράλληλα γίνεται επικέντρωση σε μέρη που κυριαρχούν στις αποκρίσεις του συστήματος. Αυτή η αντίληψη του Bertalanffy παρουσιάζει συνέπεια με τις βασικές αντιλήψεις της οικολογικής διαδοχής που ξεκινά με βασικά είδη που αποτελούν την βάση για προσέλκυση και άλλων ειδών με το οικοσύστημα προοδευτικά να εξελίσσεται σε ολοένα πιο πολύπλοκο σύστημα με εξειδικευμένους οργανισμούς να καταλήγουν σε συγκεκριμένες οικοθέσεις ενώ παράλληλα υπάρχουν και τα βασικά είδη κλειδιά που κυριαρχούν στις βασικές διεργασίες του οικοσυστήματος.

Μια πιο σύγχρονη θεώρηση υιοθετώντας τον ορισμό των Karr και Dudley (1981) η οικολογική ακεραιότητα ορίζεται ως η ικανότητα του οικοσυστήματος να συντηρεί και

να διατηρεί μια βιοκοινότητα, της οποίας η σύσταση, η ποικιλότητα, και η λειτουργική οργάνωση είναι συγκρίσιμη με άλλες, παρομοίων φυσικών οικοσυστημάτων, μιας περιοχής. Η βιοκοινότητα μαζί με τους αβιοτικούς παράγοντες ορίζουν την δομική οργάνωση του οικοσυστήματος και ως αποτέλεσμα και τις λειτουργίες του. Αυτό δεν σημαίνει όμως ότι πρέπει να υπάρχει πλήρης ταύτιση μεταξύ των συγκρινόμενων οικοσυστημάτων (εξεταζόμενου και προτύπου) παρά μόνο το εξεταζόμενο οικοσύστημα να μπορεί να τοποθετείται εντός του εύρους φυσικής διακύμανσης του συγκεκριμένου τύπου βάση των σημαντικότερων οικολογικών χαρακτηριστικών του και δηλαδή των στοιχείων σύστασης, δομής και διεργασιών και ταυτόχρονα να μπορεί να αυτοοργανώνεται, να αυτοσυντηρείται και να ανακάμπτει όταν εμφανίζονται διαφόρων τύπων διαταραχές, φυσικές ή ανθρωπογενείς (Parrish, et al., 2003).

## **2.3 Θεωρητικό Πλαίσιο της Οικολογίας Τοπίου**

Η οικολογία τοπίου είναι ένα από τα σύγχρονα πεδία της οικολογίας. Η μελέτη των οικοσυστημάτων ως κλειστά συστήματα με σαφή όρια όπου σε αυτά δεν υπάρχουν εκροές ύλης και ενέργειας είναι πλέον παρωχημένη (O'Neill, 2001). Η σύγχρονη θεώρηση των οικοσυστημάτων γίνεται σε μεγαλύτερες χρονικές και χωρικές κλίμακες όπου παρουσιάζονται αλληλεπιδράσεις ανάμεσα σε ένα μωσαϊκό οικοσυστημάτων που αποτελεί το τοπίο. Τα τοπία πλέον αποτελούν, ως συστήματα, τις βασικές δομικές και λειτουργικές μονάδες στην οικολογία. Όπως στο παρελθόν τα οικοσυστήματα είχαν χαρακτηριστεί μέσω της σύνθεσης τους και της δομής τους έτσι και τα τοπία σαν μωσαϊκά οικοσυστημάτων αλλά και ανθρωπίνων κατασκευών- οικισμών μπορούν να προσδιοριστούν και να τυποποιηθούν βάση της σύστασης και χωροδιάταξης των επιμέρους τμημάτων τους.

Σημαντικές ιδιότητες και λειτουργίες πηγάζουν από την δομή των τοπίων. Μια σημαντική ιδιότητα που είναι και το αντικείμενο της μεταπτυχιακής διατριβής είναι η οικολογική ακεραιότητα τους. Η οικολογική ακεραιότητα στο τοπίο πηγάζει από την δομική του οργάνωση. Αποτελεί την εγγενή ιδιότητα των οικοσυστημάτων του και κατ' επέκταση και του τοπίου να αυτοοργανώνονται και να επανακάμπτουν στην αρχική τους δομή και σύνθεση μετά από διαταραχές. Έτσι είναι ο βασικός παράγοντας της διατήρησης και παρουσίας των τοπίων στο χρόνο (Green & Sadedin, 2005). Η εκτίμηση της οικολογικής ακεραιότητας ενός τοπίου μπορεί να πραγματοποιηθεί με την αξιολόγηση των επιμέρους τμημάτων και δομών του.

Η έννοια της οικολογικής ακεραιότητας είχε εισαχθεί από τον A.Leopold το 1944 για να χαρακτηριστούν οι δομές, οι λειτουργίες και οι ιδιότητες του οικοσυστήματος που είναι υπεύθυνες για την σταθερότητα των βιοκοινοτήτων του. Ως εκ τούτου αυτές οι δομές και λειτουργίες, όπως για παράδειγμα τα μονοπάτια ροής ενέργειας και ύλης, αποτελούν θεμέλιο λίθο και προϋπόθεση για τις υπερκείμενες δομές και λειτουργίες του οικοσυστήματος (Kandziara, et al., 2013) (Müller & Burkhard, 2007).

Ως οικολογική ακεραιότητα ορίζεται ως η ικανότητα του οικοσυστήματος να συντηρεί και να διατηρεί μια βιοκοινότητα, της οποίας η σύσταση, η ποικιλότητα, και η λειτουργική οργάνωση είναι συγκρίσιμη με άλλες, παρομοίων φυσικών οικοσυστημάτων, μιας περιοχής. Η βιοκοινότητα μαζί με τους αβιοτικούς παράγοντες ορίζουν την δομική οργάνωση του οικοσυστήματος και ως αποτέλεσμα και τις λειτουργίες του. Αυτό δεν σημαίνει όμως ότι πρέπει να υπάρχει πλήρης ταύτιση μεταξύ των συγκρινόμενων οικοσυστημάτων παρά μόνο το εκάστοτε οικοσύστημα να μπορεί να τοποθετείται εντός του εύρους φυσικής διακύμανσης του συγκεκριμένου τύπου και να μπορεί να αυτοοργανώνεται, να αυτοσυντηρείται και να ανακάμπτει όταν εμφανίζονται διαφόρων τύπων διαταραχές, φυσικές ή ανθρωπογενείς (Parrish, et al., 2003).

Σύμφωνα με τους Crabbé et al. (2000) η κατάσταση που βρίσκεται ένα οικολογικά ακέραιο οικοσύστημα δεν είναι μια απολύτως αδιατάρακτη κατάσταση, που ούτως ή άλλως πλέον δεν υφίσταται σε κανένα οικοσύστημα. Ένα ,σχετικά, μη διαταραγμένο οικοσύστημα από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες πρέπει να μπορεί να χαρακτηριστεί ως υγιές, να παρουσιάζει ανθεκτικότητα και πλήρη ικανότητα για αυτοοργάνωση. Σύμφωνα με τους ίδιους οι πολιτικές πρέπει να αποσκοπούν ώστε ο άνθρωπος να μάθει να μην αλλοιώνει πλέον τέτοια οικοσυστήματα που αποτελούν πυρήνες διατήρησης και παράλληλα να μπορεί να διαβιώσει σε τοπία όπου υπήρχε από προηγουμένως η παρουσία και να τα διαχειρίζεται με τέτοιο τρόπο ούτως ώστε να μπορούν παρόλη την παρουσία του να είναι οικολογικά ακέραια και έτσι να μπορούν να διατηρούν τις δομές και τις διεργασίες του αναλλοίωτες και για τις μελλοντικές γενεές.

### 2.3.1 Ορισμός του τοπίου

Το τοπίο είναι μια μετρίσιμη μονάδα, μια μονάδα περιγραφής της γης και αποτελεί μωσαϊκό με πολλαπλά επί μέρους τμήματα φυσικά και ανθρωπογενή που δημιουργούν ένα χαρακτηριστικό χωρικό πρότυπο. Αυτά τα τμήματα του μωσαϊκού που αποτελεί το τοπίο παρουσιάζονται σε αδρές κλίμακες που είναι εύκολα αντιληπτές από τον άνθρωπο. Εμφανίζονται ως κατατμήματα οικοσυστημάτων, τεμαχίων αγροτικής γης, συστάδων βλάστησης και υδάτινων μαζών. Το τοπίο αποτελεί μια έκταση χιλιομέτρων, ένα σύμπλεγμα από οικοσυστήματα φυσικά και ημιφυσικά που αλληλεπιδρούν και που επαναλαμβάνονται στο χώρο. Η βασική δομή των τοπίων συνίσταται από τα οικοσυστήματα που αποτελούν κατατμήματα που τοποθετούνται σε ένα γενικά ομοιογενή χώρο που ονομάζεται μήτρα και το πρότυπο που σχηματίζεται είναι αποτέλεσμα πολύπλοκων αλληλεπιδράσεων ανάμεσα σε φυσικές, βιολογικές αλλά και κοινωνικές δυνάμεις. Αυτές οι δυνάμεις δημιουργούν ένα καθεστώς διαταραχών που παρουσιάζονται στα οικοσυστήματα του τοπίου. Αυτές οι διαταραχές μπορεί να είναι φυσικές όπως π.χ. ολισθήσεις της γης ή μπορεί να είναι ανθρωπογενείς όπως πυρκαγιές, υλοτομία κλπ. (Forman & Godron, 1981) (Turner, 1989).

Σε κάθε τοπίο τα στοιχεία-κατατμήματα αυτού του μωσαϊκού διαχωρίζονται με ζώνες μετάβασης ή αλλιώς οικοτόνους που μπορεί να είναι αρκετά προοδευτικοί δηλαδή να καλύπτουν μεγάλη έκταση για την μετάβαση από το ένα οικοσύστημα στο άλλο. Σε άλλες περιπτώσεις αυτή η μετάβαση μπορεί να είναι αρκετά απότομη. Αυτό σχετίζεται με το πώς διακυμαίνονται οι περιβαλλοντικές αλλαγές σε σχέση με την απόσταση αλλά και λόγω των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Προοδευτική μετάβαση από το ένα τμήμα στο άλλο παρουσιάζεται συχνότερα σε αδιατάρακτα τμήματα που δεν έχουν δεκτεί ανθρωπογενή παρέμβαση. Από την άλλη τμήματα με εμφανή ανθρώπινη παρέμβαση παρουσιάζουν συχνά απότομες μεταβολές κατά την μετάβαση από το ένα κατάτμημα στο επόμενο. Η εμφάνιση αυτών των διακριτών ορίων εκτός από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες μπορεί να οφείλεται σε διάφορους παράγοντες όπως η ποικιλότητα που εμφανίζεται στο υπόστρωμα (έδαφος) και στην μορφολογία του καθώς και οι φυσικές διαταραχές. Τα στοιχεία που αποτελούν το εκάστοτε τοπίο είναι χωρικής φύσεως και συνυφαίνουν χαρακτηριστικά και επαναλαμβανόμενα πρότυπα στον χώρο (Forman, 1995).

Το όριο ανάμεσα στα τοπία είναι σχετικά ευδιάκριτο και οφείλει την παρουσία του στην εναλλαγή κυρίως της γεωμορφολογίας ή στο είδος και τη συχνότητα των διαταραχών που παρουσιάζονται. Κάθε τοπίο είναι ένα δυναμικό σύστημα όπου μεταξύ στα συνιστώσα του μέρη εμφανίζονται ροές ενέργειας, ύλης και ειδών οργανισμών και εν τέλει παρατηρούνται και δυναμικές αποκρίσεις των οικοσυστημάτων του κάτω από αυτές τις μεταβολές (Forman & Godron, 1981).

### **2.3.2 Αξιολόγηση του χαρακτήρα του τοπίου**

Στην αξιολόγηση των τοπίων δίνεται έμφαση στην αξιολόγηση του χαρακτήρα του τοπίου (ΑΧΤ). Ο χαρακτήρας του τοπίου οφείλεται στο πρότυπο των δομικών στοιχείων ενός τοπίου και εμφανίζεται κάτω από την επίδραση παραγόντων της γεωμορφολογίας, του εδάφους, της βλάστησης, των χρήσεων γης, της διαρρύθμισης των καλλιεργειών και των οικισμών (Swanwick, 2004).

Όπως αναφέρει ο Farina (2006) η διεξαγωγή μελετών για το τοπίο απαιτεί τον εκ των προτέρων ορισμό ενός χωρικού πλαισίου εργασίας και αυτό όσον αφορά την κλίμακα. Αυτό είναι απαραίτητο αφού αναλόγως της κλίμακας της έρευνας το τοπίο μπορεί να περιγραφεί σε αδρή κλίμακα περιφέρειας (1:250 000) καθώς και σε πιο λεπτομερή τοπική κλίμακα (1:50 000). Σε κάθε περίπτωση γίνεται ορισμός των θεμελιωδών μονάδων περιγραφής του τοπίου που χαρακτηρίζονται ως Μονάδες Περιγραφής Τοπίου (ΜΠΤ). Οι ΜΠΤ αποτελούν σχετικά ομογενείς και διακριτές μονάδες γης που ορίζονται από γνωρίσματα των φυσικών χαρακτηριστικών όπως η γεωμορφολογία και οι τύποι βλάστησης καθώς και από γνωρίσματα του πολιτιστικού χαρακτήρα του κάθε τοπίου όπως είναι οι οικισμοί (Warnock & Griffiths, 2015).

Για τον καθορισμό των ΜΠΤ και των τοπίων σε μια περιοχή μελέτης γίνεται χρήση των κατάλληλων χαρτογραφικών δεδομένων γεωμορφολογίας, εδαφικού τύπου, εδαφοκάλυψης και οικισμών που με την μέθοδο της υπέρθεσης χαρτών έχουν ως αποτέλεσμα την δημιουργία χαρτών με ομογενείς μονάδες γης δηλαδή των τοπίων και των ΜΠΤ στα οποία ανήκουν. Επιπρόσθετα με εργασία πεδίου γίνεται η τελική επικύρωση των πληροφοριών που χρησιμοποιήθηκαν για την χαρτογράφηση με παρατήρηση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του κάθε τοπίου, επιβεβαίωση των περιεχομένων του τοπίου, την τροποποίηση συνόρων, συμπλήρωση φύλλου εκτίμησης κάθε τοπίου, πραγματοποίηση φωτογραφικής επισκόπησης και συλλογής

πληροφοριών για την οικολογική και πολιτιστική ακεραιότητα του κάθε τοπίου (Jaber, et al., 2015).

Στην πιο αδρή κλίμακα χαρακτηρισμού των τοπίων (1:250 000) χρησιμοποιούνται τέσσερις (4) παράμετροι-γνωρίσματα για τον προσδιορισμό κάθε διακριτής μονάδας. Αυτά είναι η φυσιογραφία, ο εδαφικός τύπος, η κάλυψη γης και οι οικισμοί. Οι πρώτες δύο παράμετροι ορίζουν τη φυσική διάσταση του τοπίου, το υπόστρωμα στο οποίο εμφανίζονται τα διάφορα πρότυπα κάλυψης γης, που ορίζουν την έκταση της φυσικής βλάστησης, καθώς και το πρότυπο εξάπλωσης των οικισμών που ορίζουν την πολιτιστική διάσταση του χαρακτήρα του τοπίου (Farina, 2006). Σε αυτό το επίπεδο η ΑΧΤ αποσκοπεί στην εξεύρεση διαφορετικών αδρών προτύπων σε μεγάλο εύρος διακύμανσης (Swanwick, 2004).

Σε τοπικό επίπεδο επαρχίας (κλίμακα 1:50 000) οι προαναφερόμενες παράμετροι-γνωρίσματα διαχωρίζονται σε επιμέρους συνιστώντα τμήματα, πράγμα αναγκαίο, για να αποδοθεί μεγαλύτερη λεπτομέρεια για να γίνει διάκριση των αδρών τύπων του τοπίου σε ακόμα πιο λεπτομερείς (Swanwick, 2004). Γίνεται διάκριση της φυσιογραφίας σε γεωμορφολογία και γεωλογία για το χαρακτηρισμό της δομής των ΜΠΤ, ο εδαφικός τύπος διακρίνεται σε γεωλογία και εδάφη για χαρακτηρισμό των εδαφών καθώς και του μητρικού πετρώματος, η κάλυψη γης διακρίνεται σε κάλυψη φυσικής βλάστησης αλλά και της κάλυψης αγροτικών περιοχών και οι οικισμοί σε οικιστικές περιοχές και τη δομή των αγροτικών περιοχών (Farina, 2006).

### **2.3.3 Θεωρητικές προσεγγίσεις της οικολογικής ακεραιότητας**

Η οικολογική ακεραιότητα ως κρίσιμης σημασίας χαρακτηριστικό για να μπορεί να εκτιμηθεί πρέπει να πλαισιώνεται από ένα κατάλληλο θεωρητικό υπόβαθρο αποτελούμενο από σαφείς νόμους ή μοντέλα που να μπορούν να εξηγήσουν τις βασικές κινητήριες δυνάμεις που την διέπουν. Ποικίλες και διαφορετικές προσεγγίσεις έχουν αναπτυχθεί από τους μελετητές με αποτέλεσμα να υπάρχουν και διακριτοί τρόποι μελέτης ενός οικοσυστήματος για την κατάδειξη της οικολογικής του ακεραιότητας. Αυτό δεν αποτελεί αρνητικό στοιχείο γιατί μελετώντας τις προσεγγίσεις που έχουν βρεθεί από την σχετικά πρόσφατη βιβλιογραφία φαίνεται ότι οι διαφορετικές προσεγγίσεις συγκλίνουν και ταυτίζονται όταν αναφέρονται σε παρόμοια κλίμακα μελέτης ενός οικοσυστήματος. Έτσι απεναντίας οι ποικίλες προσεγγίσεις δίνουν τα

απαραίτητα εργαλεία στον μελετητή αναλόγως των δεδομένων, του χρόνου και άλλων παραμέτρων που πλαισιώνουν μια μελέτη να μπορεί να προσεγγίσει ένα οικοσύστημα με ένα ευέλικτο τρόπο.

Η πρώτη αξιοσημείωτη προσέγγιση για την εκτίμηση της οικολογικής ακεραιότητας έγινε από τον Karr (1991) με την ανάπτυξη του Δείκτη Βιολογικής Ακεραιότητας (Index of Biological Integrity, IBI) που σύμφωνα με τον ίδιο ήταν μια σημαντική παράμετρος για την εκτίμηση της κατάστασης των υδάτινων πόρων. Μέχρι τότε ακόμα οι μέθοδοι για την εκτίμηση της καλής κατάστασης των υδάτων βασιζόνταν σε παραμέτρους κυρίως μη βιολογικούς παράλο που σε πολλές περιπτώσεις υδάτινων πόρων είχε μειωθεί η ικανότητα τους για υποστήριξη βιολογικών δραστηριοτήτων, γεγονός που προοιωνίζε την αρχή προβλημάτων. Αυτού του είδους η διαχείριση, βασιζόμενη σε συγκεκριμένες καταγραφές, κυρίως φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών, ήταν ελλιπής αφού δεν μπορούσε να δείξει τα σύνθετα χαρακτηριστικά των οικοσυστημάτων όπως η έννοια της οικολογικής ακεραιότητας. Με την ανάπτυξη του IBI προωθήθηκε μια ολιστική αντιμετώπιση της καταγραφής της κατάστασης των οικοσυστημάτων, με βιολογικούς όρους, και κυρίως των υδάτινων οικοσυστημάτων που συνιστούσαν υδάτινους πόρους, που ήταν και το πεδίο μελέτης του Karr. Στον δείκτη οικολογικής ακεραιότητας όπως τον προσέγγισε ο Karr (1991) ενσωματώθηκαν ποικίλες ιδιότητες της βιοκοινότητας των ψαριών και σε ποικίλα επίπεδα μελέτης όπως πληθυσμού, βιοκοινότητας και οικοσυστήματος. Όπως και ο ίδιος αναφέρει ο δείκτης αυτός μπορούσε να εφαρμοστεί για την ανάπτυξη παρομοίων δεικτών που να αφορούν άλλες ταξινομικές ομάδες όπως π.χ. υδρόβια μαλάκια, αρθρόποδα και εν τέλει να δημιουργηθεί ένας πιο περιεκτικός δείκτης που να αφορά περισσότερες ταξινομικές ομάδες. Οι μετρικές που χρησιμοποίησαν οι Karr et al. άνηκαν σε τρεις κύριες κατηγορίες, α) αυτές που αφορούσαν την αφθονία των ειδών ιχθυοπανίδας καθώς και η σύνθεση των ειδών βάση της οικοθέσης και άλλων χαρακτηριστικών τους όπως π.χ. βενθικά, στήλης νερού, μη ανεκτικά κλπ, β) αυτές που αφορούσαν τα τροφικά επίπεδα των ψαριών που ήταν διαχωρισμένα σε παμφάγα, εντομοφάγα και κορυφαίοι θηρευτές που τρέφονταν κατά κύριο λόγο με άλλα είδη ψαριών και γ) αυτές που αφορούσαν την αφθονία των ειδών σε συνάρτηση με την κατάσταση τους δηλ. αν έφεραν παράσιτα, όγκους, ασθένειες κλπ. Βάση των πιο πάνω μετρικών γινόταν και η εξαγωγή της βαθμολογίας για τον δείκτη IBI (Karr, 1991).

Περίπου μια δεκαετία μετά την ανάπτυξη του IBI οι Andreasen et al (2001) αναγνωρίζουν την σαφή έλλειψη ενός συνολικού δείκτη που να μπορεί να εφαρμοστεί σε χερσαία οικοσυστήματα και τις ελλείψεις και την πολυπλοκότητα των δεικτών που αναπτύσσονται σε τοπικό επίπεδο. Έτσι προχωρούν στην ανάπτυξη ενός θεωρητικού πλαισίου εργασίας που βάση του οποίου να μπορεί να γίνεται σύνθεση ενός ολοκληρωμένου δείκτη που με σαφήνεια να μπορεί να δείξει την οικολογική ακεραιότητα χερσαίων οικοσυστημάτων σε κάθε περίπτωση. Σύμφωνα με τους ίδιους ένας περιεκτικός δείκτης οικολογικής ακεραιότητας θα πρέπει να ενσωματώνει όλα τα μέρη και διαδικασίες του οικοσυστήματος. Όσον αφορά μετρικές για την βιολογική πτυχή του οικοσυστήματος αυτές ποικίλουν από οικοσύστημα σε άλλο όμως είναι σημαντικό να υπάρχουν τέσσερις πυλώνες όσον αφορά τα είδη, διαχωρίζοντας τα σε είδη α) που αποτελούν στόχο, β) που αποτελούν δείκτες, γ) που αποτελούν βασικά-χαρακτηριστικά είδη του οικοσυστήματος και δ) στα ξενικά είδη. Η προσεκτική επιλογή ειδών είναι σημαντική και έχει βοηθήσει σε ποικίλες περιπτώσεις όπως η επιλογή καταφυγίων. Επίσης τα είδη (ή και ταξινομικές ομάδες) δείκτες δρουν ως ανάδοχα είδη και για ολόκληρο το οικοσύστημα αφού λόγω των χαρακτηριστικών τους παρουσιάζουν την ανάλογη ευαισθησία για να μπορούν να δείχνουν τις μεταβολές του βιοτικού ή αβιοτικού περιβάλλοντος τους (Steinitz, 1990). Επίσης είδη ή ομάδες από είδη κλειδιά είναι σημαντικά λόγω του ότι ο ρόλος τους στο οικοσύστημα είναι δυσανάλογα μεγάλος με την αφθονία τους. Τέλος όσον αφορά τα ξενικά είδη αυτά αποτελούν ένα πολύ σημαντικό μέρος της σύνθεσης ενός οικοσυστήματος αφού μπορούν να αλλάξουν δραστικά τα χαρακτηριστικά της βιοκοινότητας ή και ολόκληρου του οικοσυστήματος. Εκτός των μετρικών που αφορούν στην σύνθεση των ειδών ιδιαίτερες σημαντικές και ιδιαίτερα σε μεγάλες κλίμακες είναι αυτές που αφορούν την δομική οργάνωση του οικοσυστήματος όπως το ποσοστό ενδιαιτήματος στο τοπίο, το μέσο μέγεθος των κατατμημάτων, η μέση απόσταση μεταξύ των, η συνδεσιμότητα των κατατμημάτων κλπ. Αυτές οι μετρικές είναι ικανές να δείξουν τον κατακερματισμό του τοπίου, την απώλεια ενδιαιτήματος και την απομόνωση των διακριτών κατατμημάτων όταν πλέον οι οργανισμοί δεν μπορούν να διασπαρθούν λόγω απροσπέλαστων στοιχείων (π.χ. ανοιχτή έκταση-αγροτικές καλλιέργειες). Τέλος σημαντικές είναι και οι μετρικές που καταγράφουν λειτουργίες εντός του οικοσυστήματος όπως η θήρευση, η βόσκηση, ο υδρολογικός κύκλος κλπ και αυτές πρέπει να συνδυάζονται με οργανισμούς που παρουσιάζουν ευαισθησία σε αλλαγές ούτως ώστε να αποτυπώνεται με



μεγαλύτερη ακρίβεια και η οικολογική ακεραιότητα του οικοσυστήματος (Andreasen, et al., 2001).

Δείκτες για την εκτίμηση της οικολογικής ακεραιότητας αποκλειστικά σε μεγάλες κλίμακες - επίπεδο τοπίου καταγράφονται στην μελέτη των O'Neil et al (1999) όπου αναφέρουν την μεγάλη σημασία σε τέτοιας κλίμακας μελέτη για την καλύτερη αποτύπωση της οικολογικής ακεραιότητας από πλευράς της χωρικής δομής των στοιχείων του οικοσυστήματος καθώς και μετρικές που μπορούν να αποτυπώσουν επιπρόσθετα την παραγωγικότητα και την οργάνωση του. Η ανάπτυξη της οικολογίας τοπίου δίνει το θεωρητικό πλαίσιο για την ανάπτυξη τέτοιων χωρικών μετρικών που μπορούν να αποτυπώσουν μέσω της οργάνωσης τους και ζωτικές λειτουργίες του οικοσυστήματος. Παραδείγματα τέτοιων μετρικών είναι μέση αναλογία περιμέτρου και επιφάνειας των κατατμημάτων, η μετάδοση (εγγύτητα των κατατμημάτων), η σχετική επιφάνεια κατατμήματος, η διάσταση φράκταλ και τα είδη κάλυψης. Αυτές οι μετρικές σύμφωνα με τους μελετητές είναι έγκυρες για τις πλείστες περιπτώσεις στα εύκρατα κλίματα του πλανήτη (O'Neill, et al., 1999).

Σε ποιο πρόσφατες μελέτες (Müller, 2005, Müller & Maren, 2012) αναπτύσσεται ένα θεωρητικό υπόβαθρο που προσπαθεί να εξηγήσει την εξέλιξη των οικοσυστημάτων όσον αφορά την δομή, την σύνθεση και τις λειτουργίες τους καθώς και ιδιότητες τους όπως η οικολογική ακεραιότητα τους ή σε κάποιες περιπτώσεις την ιδιότητα τους να παρουσιάζουν εξαιρετική ευαισθησία. Αυτό το καινούριο θεωρητικό υπόβαθρο βασίζεται στην θεωρία της προσέγγισης προσανατολισμού (orientor approach) που στηρίζεται σε τρεις πυλώνες, στις ιδέες των συστημάτων θερμοδυναμικής που δεν βρίσκονται σε δυναμική ισορροπία, στην ανάπτυξη δικτύων και στην θεωρία διαδοχής (Kandziora, et al., 2013). Όπως αναφέρει ο Muller 2005 η έννοια της οικολογικής αυτοοργάνωσης είναι βασικό στοιχείο της προσέγγισης προσανατολισμού γιατί τα αυτό-οργανούμενα συστήματα μπορούν να δημιουργήσουν τάξη που είναι αντιληπτή στον μακροσκοπικό κόσμο δεδομένης της επαρκούς ροής ενέργειας. Έτσι σαν ανοικτά συστήματα τα οικοσυστήματα μέσω της ροής ενέργειας που δέχονται, ως επί το πλείστον με την μορφή ηλιακής ακτινοβολίας, και των μονοπατιών ροής ενέργειας που δημιουργούνται αναπτύσσουν και παρουσιάζουν σαφείς δομές και βαθμίδες οργάνωσης που διατηρούνται χρονικά (Müller, 2005). Τα ποσά ενέργειας έχουν επιπτώσεις και στο βαθμό πολυπλοκότητας των δομών του οικοσυστήματος. Αυτό

φαίνεται όταν γίνεται σύγκριση των τροπικών οικοσυστημάτων που είναι δέκτες μεγάλων ποσών ενέργειας και παρουσιάζουν μεγάλο βαθμό πολυπλοκότητας σε σχέση με οικοσυστήματα σε μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη όπου η δομή τους γίνεται συνεχώς και πιο απλή (Woodley, 2010).

Η ανάπτυξη, μέσω των σταδίων διαδοχής, των οικοσυστημάτων παρουσιάζει μια ολοένα αυξανόμενη πολυπλοκότητα της βιοκοινότητας (π.χ. δομές, βιοποικιλότητα). Αυτά τα χαρακτηριστικά σε κάθε οικοσύστημα κλίνουν προς μια κατάσταση που είναι χαρακτηριστική για τις συγκεκριμένες συνθήκες της τοποθεσίας ως αποτέλεσμα των κυριότερων οικολογικών λειτουργιών. Κάθε μια μεταβλητή που οδηγεί προς μια σταθερή κατάσταση μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένας παράγοντας προσανατολισμού (orientor) που οδηγεί προς αυτή την κατάσταση. Εν τέλει ένα οικοσύστημα μπορεί να έχει μια συνεχή ανάπτυξη με συνεχώς μειούμενο ρυθμό φτάνει ασυμπτωτικά προς την κατάσταση ωριμότητας όπως την ονόμασε ο Odum (1969). Σε αυτή την κατάσταση παρουσιάζεται και η μέγιστη εντροπία του οικοσυστήματος και ως αποτέλεσμα και η απαιτούμενη είσοδος ενέργειας για την διατήρηση του. Η εξέργεια (διαθέσιμη ενέργεια υπό μορφή ύλης ή δομών) του συστήματος όσο πλησιάζει προς την ωριμότητα τείνει να μεγιστοποιηθεί αφού η το σύστημα παρουσιάζει πλέον την μέγιστη φέρουσα ικανότητα του ως αποθήκη οργανικών ουσιών (βιομάζα) και πολυπλοκότητας τους μέσω ολοένα πιο πολύπλοκων τροφικών πλεγμάτων και ως αποτέλεσμα μονοπατιών για τις ροές ύλης και ενέργειας. (Müller, 2005)

Μέσω της πιο πάνω θεωρητικής προσέγγισης στην πράξη προτείνονται οι ακόλουθοι δείκτες του πίνακα 1 που αντιπροσωπεύουν την κατάσταση οργάνωσης του οικοσυστήματος. Οι δείκτες ταξινομούνται σε 5 διαφορετικές ομάδες παραγόντων προσανατολισμού και μπορούν να προσδιοριστούν μέσω συγκεκριμένων μεταβλητών.

**Πίνακας 2.1:** αντιπροσωπευτικοί δείκτες οργάνωσης οικοσυστημάτων και τοπίων (από Müller, 2005 τροποποιημένος)

Ομάδα προσανατολισμού	παράγοντα	Δείκτης	Πιθανές μεταβλητές
Βιοτικές δομές		Βιοποικιλότητα	Αριθμός ειδών
Αβιοτικές δομές		Ετερογένεια βιότοπου	Δείκτης ετερογένειας
Ισοζύγιο ενέργειας		Δέσμευση ενέργειας, παραγωγή εντροπίας μετά από εξόδους εξατμισοδιαπνοής και αναπνοής Svirezhen και Steinborn Μεταβολική αποδοτικότητα	Μεικτή ή καθαρή παραγωγή, παραγωγή εντροπίας κατά Aoki Αναπνοή ανά βιομάζα
Ισοζύγιο νερού		Βιοτικές ροές νερού	Διαπνοή ανά εξατμισοδιαπνοή
Ισοζύγιο ύλης		Ικανότητα αποθήκευσης θρεπτικών ουσιών	Εκπλύσης νιτρικών, ενδοβιοτικό άζωτο, οργανικός άνθρακας

Οι Reza και Abdullah (2011) με κοινό θεωρητικό υπόβαθρο όπως ο Müller (2005) και οι Müller & Maren (2012) ανέπτυξαν μια μέθοδο για την ανάπτυξη ενός περιφερειακού δείκτη οικολογικής ακεραιότητας. Αυτός πρέπει να συνιστάται από δείκτες που αντιπροσωπεύουν τις σημαντικές παραμέτρους του οικοσυστήματος όπως δομικές, λειτουργικές και σύστασης του (Reza, et al., 2013). Αντιπροσωπευτικοί δείκτες για κάθε συστατικό μέρος είναι οι εξής:

1) Όσον αφορά την σύσταση το οικοσύστημα μπορεί να αντιπροσωπεύεται από μια ομάδα ζωτικών ειδών που χαρακτηρίζουν το εν λόγω οικοσύστημα. Αυτά μπορούν να περιλαμβάνουν σημαντικά είδη που συμμετέχουν σε μεγάλο βαθμό στις σημαντικές λειτουργίες του οικοσυστήματος, είδη που παρουσιάζουν ευαισθησία σε πιέσεις, είδη που είναι απειλούμενα καθώς και ξενικά είδη. Για την αξιολόγηση των ειδών είναι απαραίτητη η γνώμη εμπειρογνομόνων.

2) Για την δομή του οικοσυστήματος, δείκτες που βασίζονται σε μετρήσεις που αφορούν δομικά στοιχεία τείνουν να είναι πιο σημαντικοί από αυτούς που βασίζονται στην σύνθεση των οργανισμών. Έτσι μπορούν να χρησιμοποιούνται μετρικές τοπίου όπως, αριθμός κατατμημάτων, μέση έκταση κατατμημάτων, δείκτης εγγύτητας κατατμημάτων κλπ. Αυτές οι μετρικές δείχνουν και την λειτουργική σχέση μεταξύ των κατατμημάτων μέσω του χαρακτηριστικού της συνδεσιμότητας. Η συνδεσιμότητα μπορεί να είναι δομική και να αφορά την οργάνωση των κατατμημάτων στο τοπίο ή λειτουργική όπου αφορά τις αποκρίσεις κάθε οργανισμού στο τοπίο.

3) Οι λειτουργικές μετρικές δείχνουν διαδικασίες όπως βιογεωχημικές, υδρολογικές, οικολογικές και εξελικτικές. Αυτές ανήκουν σε βιοτικές διαδικασίες όπως σχέσεις θηρευτή-θηράματος και ανταγωνισμού, σε αβιοτικές όπως η διάβρωση των εδαφών και η όξυνση τους καθώς και μεικτές (βιοτικές-αβιοτικές) όπως η διαδοχή και η αποικοδόμηση (Reza & Abdullah, 2011).

Ο Theobald (2013) χρησιμοποίησε μια διαφορετική προσέγγιση για την εκτίμηση της οικολογικής ακεραιότητας τοπίων στις ΗΠΑ βάση των ανθρωπογενών επιπτώσεων στο τοπίο από όλους τους τομείς χρήσεων γης όπως, γεωργία, μεταφορές, φράγματα κλπ. Αυτή η προσέγγιση βρίσκει εφαρμογή σε μεγαλύτερες κλίμακες. Με την μελέτη του ο Theobald αναπτύσσει μια επίσημη και αναλυτική μέθοδο που επιτρέπει τόσο αντισταθμιστικές όσο και συνεργιστικές επιδράσεις όταν μελετούνται πολλαπλοί παράγοντες πίεσης ούτως ώστε να γίνετε κατορθωτή α) η περιγραφή κοινών πιέσεων σε τοπία των ΗΠΑ, β) η εκτίμηση του βαθμού αλλαγής από κάθε ανθρωπογενή πίεση ξεχωριστά, γ) ο συνδυασμός των πιέσεων σαν μια κοινή συνισταμένη, δ) η ενσωμάτωση του χωρικού πλαισίου του τοπίου στις μετρήσεις, ε) η επικύρωση των εκτιμήσεων χρησιμοποιώντας μια εθνική βάση δεδομένων της κατάστασης των λεκανών απορροής, στ) η εξέταση των επιπτώσεων τριών μεθόδων ομαδοποίησης των δεδομένων από του τοπίου στην διαχείριση και ζ) η περιγραφή γενικών αποτελεσμάτων και αρχικών εφαρμογών του παρόν σετ δεδομένων (Theobald, 2013).

## **2.4 Βιβλιογραφική ανασκόπηση**

Μέσα από την επισκόπηση της βιβλιογραφίας είναι εμφανής η σημαντική αύξηση τις τελευταίες τρεις δεκαετίες του αριθμού των μελετών περιπτώσεων, όπου βάση των θεωρητικών πλαισίων που έχουν αναπτυχθεί πραγματεύονται άμεσα την ανάπτυξη και εφαρμογή δεικτών οικολογικής ακεραιότητας με ποικίλες προσεγγίσεις. Στα ακόλουθα τμήματα γίνεται αναφορά σε μελέτες περιπτώσεων από την Διεθνή αλλά και από την βιβλιογραφία Κύπρου και Ελλάδας και αναλυτική αναφορά στους χρησιμοποιηθέντες δείκτες.

### **2.4.1 Μελέτες περιπτώσεων**

Η οικολογική ακεραιότητα ενός οικοσυστήματος ή τοπίου έχει μετρηθεί με ποικίλους δείκτες, αναλόγως της περίπτωσης. Σε πολλές περιπτώσεις έχουν χρησιμοποιηθεί συγκεκριμένες ομάδες οργανισμών δεικτών φυτικών και ζωικών που η παρουσία τους

και η αφθονία τους συχνά σχετίζονται με σημαντικές οικοσυστημικές διεργασίες και έτσι μπορούν να αποτελούν ένδειξη της οικολογικής ακεραιότητας ενός οικοσυστήματος.

Στην μελέτη του Avenant (2011) αναφέρετε στην εν δυνάμει χρηστικότητα τρωκτικών και άλλων μικρών θηλαστικών ως δεικτών σε λειμώνες της Νοτίου Αφρικής. Στα συγκεκριμένα οικοσυστήματα οι διακυμάνσεις στη κοινότητα των μικρών θηλαστικών αντικατοπτρίζουν παραμέτρους των οικοσυστημάτων όπως η δομή και η πολυπλοκότητα τους, οι βροχοπτώσεις και η πρωτογενής παραγωγή, η θήρευση καθώς και το ιστορικό διαταραχών της βλάστησης και των κατατμημάτων λόγω ποικίλων παραγόντων όπως πυρκαγιές, ποδοπάτημα και βόσκηση και η εισαγωγή ξενικών ειδών. Η έκθεση του οικοσυστήματος σε διαφόρους τύπους διαταραχών και για εκτεταμένο χρονικό διάστημα οδηγεί σε απώλεια της οικολογικής ακεραιότητας που σχετίζεται με παραμέτρους όπως η εισβολή ξενικών ειδών και η επόμενη διαταραχή στις ροές ενέργειας και ύλης, σε αλλαγές της δομής και της γονιμότητας τους εδάφους και στην απώλεια λειτουργιών του οικοσυστήματος. Αυτές οι αλλαγές αντικατοπτρίζονται στην κοινότητα των μικρών θηλαστικών λόγω της επόμενης μείωσης της αφθονίας των ειδών σύμφωνα. Αυτό συνάδει και με την καμπύλη του Tilman (1982) που προβλέπει αύξηση των ειδών μετά από διαταραχές μέχρι το σημείο ωριμότητας (κλίμαξ) του οικοσυστήματος όπου παρατηρείται μια δευτερογενής μείωση του αριθμού των ειδών, γιατί το οικοσύστημα χωρίς να χάνει την ακεραιότητα του γίνεται ευαίσθητο στις διαταραχές. Αυτό συμβαίνει γιατί σε κατάσταση κλίμαξ χάνει μέρος της προσαρμοστικότητας του (Avenant, 2011). Αυτό υποστηρίζεται και από τον Muller (2005) που σύμφωνα με τον οποίο οικοσύστημα γίνεται εύθρυπτο λόγω του υψηλού βαθμού εσωτερικής συνδεσιμότητας και βελτιστοποίησης των εσωτερικών του δομών. Έτσι οι διάφορες διαταραχές έχουν το όφελος της «αναμόχλευσης» των δομών και λειτουργιών του διατηρώντας την προσαρμοστικότητα και την οικολογική του ακεραιότητα.

Για την μέτρηση της οικολογικής ακεραιότητας σε δάση της Βορείου Αμερικής από τους Hartwell και Droege (2001) χρησιμοποιήθηκε μια ποιο συγκεκριμένη ταξινομική ομάδα σπονδυλωτών, οι χερσαίες σαλαμάνδρες της οικογένειας Plethodontidae. Σύμφωνα με τους ιδίους η αφθονία και η ευαισθησία τους σε πιέσεις τις κάνει κατάλληλες σαν δείκτη της οικολογικής ακεραιότητας. Οι σαλαμάνδρες αυτής της οικογένειας, λόγω της

μεγάλης αφθονίας τους και του μεγάλου εύρους προσαρμογών τους, πιθανόν να έχουν σημαντικούς ρόλους στο οικοσύστημα όπως η επεξεργασία θρεπτικών ουσιών του εδάφους που εν συνεχεία χρησιμοποιούνται από φυτικούς οργανισμούς και έτσι συνδράμει στην ανάπτυξη και παραγωγικότητα του δάσους. Τέτοιες συσχετίσεις έχουν παρατηρηθεί και σε άλλα οικοσυστήματα όπως δάση κωνοφόρων όπου μικρά θηλαστικά ήταν κρίσιμης σημασίας για την ανάπτυξη της μυκόριζας σε αυτά τα δάση. Οι αλλαγές στους αριθμούς αυτών των σαλαμάνδρων αντικατοπτρίζουν τις αλλαγές στους αριθμούς των ασπόνδυλων του δάσους, της στρωμνής των φύλλων, της υγρασίας, του pH και άλλων χαρακτηριστικών του ενδιαιτήματος τους. Αυτό σε συνδυασμό με την ψηλή ευαισθησία και πιστότητα κάθε είδους στο ενδιαίτημα του μπορούν να δώσουν στοιχεία για μεταβολές σε μικρό διάστημα και έτσι να είναι κατορθωτή η έγκαιρη πρόβλεψη επερχομένων αλλαγών έναντι σε διαφόρους παράγοντες πίεσης (Hartwell & Droege, 2001).

Οι Reza et al (2013) σε δάση της Μαλαισίας ανέπτυξαν δείκτες για την καταλληλότητα του ενδιαιτήματος για τέσσερα είδη μεγάλων θηλαστικών τα οποία θεώρησαν ως είδη ομπρέλα. Για την ανάπτυξη αυτών των δεικτών χρησιμοποίησαν τις απόψεις εμπειρογνομόνων, κατάλληλα μοντέλα καθώς και συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών. Τα συγκεκριμένα είδη ομπρέλα επιλέχθηκαν λόγω της αναγκαιότητας διαχείρισης τους αφού είτε είχαν χαρακτηριστεί ως κινδυνεύοντα είτε ως τρωτά αλλά και λόγω του ότι τα μεγάλα σε μέγεθος είδη παρουσιάζουν ιδιαίτερη ευαισθησία, λόγω της βιολογίας τους, σε υποβάθμιση του ενδιαιτήματος τους. Η ενοποίηση των δεικτών που αναπτύχθηκαν μπορούν να αντανακλούν τις βασικές παραμέτρους της οικολογικής ακεραιότητας της περιοχής δηλ. τις δομές, τις λειτουργίες και την σύνθεση της (Reza and Abdullah, 2011).

#### **2.4.2 Δείκτες οικολογικής ακεραιότητας.**

Η οικολογική ακεραιότητα περιλαμβάνει τρία βασικά μέρη που είναι η χημική, φυσική και βιολογική ακεραιότητα. Ένας κατάλληλος δείκτης οικολογικής ακεραιότητας θα πρέπει να μπορεί να περιλάβει αυτές τις ιδιότητες ενός οικοσυστήματος και πρέπει να πληροί ένα δίπτυχο. Να είναι επιστημονικά σωστός και τεκμηριωμένος καθώς και να είναι εύκολος στην πρακτική εφαρμογή του (Kandziora, et al., 2013).

Σύμφωνα και με τον Muller (2005) για τους παράγοντες προσανατολισμού, το σετ των δεικτών που χρησιμοποιούνται είναι μια ομάδα ειδικών που χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει δομικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά του οικοσυστήματος σε ένα αναπτυσσόμενο περιβάλλον. Για κάθε δείκτη θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα διαθέσιμα δεδομένα γιατί, για πολλούς ο υπολογισμός τους είναι δύσκολος και απαιτεί μεγάλο όγκο αναλυτικών δεδομένων που υπάρχουν μόνο για συγκεκριμένες τοποθεσίες ενώ άλλοι μπορούν να μετρηθούν μονό με την χρήση εφαρμοσμένων μοντέλων. Έτσι πρέπει να γίνεται απομείωση των μεταβλητών που θα χρησιμοποιηθούν σε αυτούς που μπορούν να μετρούνται και να υπολογίζονται εύκολα σε πολλαπλές επαναλήψεις. Τα βασικότερα υποσυστήματα που πρέπει να συνυπολογίζονται γιατί αντανακλούν την οργάνωση του οικοσυστήματος είναι:

- 1) Οι δομές του οικοσυστήματος που περιλαμβάνουν τους βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες και τον ολοένα αυξανόμενο βαθμό πληροφορίας, ετερογένειας και πολυπλοκότητας που χαρακτηρίζουν την εξέλιξη κάθε οικοσυστήματος.
- 2) Οι λειτουργίες του οικοσυστήματος, όπου λόγω και της αυξητικής τάσης των δομικών του στοιχείων (βιοτικοί- αβιοτικοί παράγοντες), γίνονται και αυτές ολοένα και πιο πολύπλοκες, όπως τα ισοζύγια ενέργειας, ύλης και νερού και η φέρουσα αποθηκευτική ικανότητα του οικοσυστήματος όπως π.χ. από άποψη βιομάζας.

Σύμφωνα με τους Andreassen et al. (2001) Kandziora et al. (2013) και Reza & Abdullah (2011) ο κάθε δείκτης που αναπτύσσεται πρέπει να είναι επιστημονικά ορθός και χρήσιμος και οι προϋποθέσεις αυτές ικανοποιούνται αν πληροί τα πιο κάτω χαρακτηριστικά:

1. να είναι σχετικός με το υπό μελέτη οικοσύστημα και στους στόχους κάθε προγράμματος,
2. Να είναι πολύ-επίπεδος, δηλαδή να μπορεί να εφαρμοστεί σε ποικίλες χρονικές και χωρικές κλίμακες για να μπορεί να εξυπηρετήσει τα επιστημονικά και διαχειριστικά ερωτήματα στην κατάλληλη κλίμακα που είναι η βέλτιστη για την εκάστοτε περίπτωση.
3. να είναι περιβαλλοντικά ουδέτερος
4. Να είναι θεμελιωμένος στη φυσική ιστορία, δηλαδή να γίνεται επιλογή των οργανισμών δεικτών από τους εμπειρογνώμονες λαμβάνοντας υπόψη την συσχέτιση

τους με τα διάφορα ενδιααιτήματα καθώς και από τον ευρύτερο τους ρόλο στο οικοσύστημα.

5. Να είναι ευνόητος και βοηθητικός, δηλαδή να έχει αξία χρήσης στους πολίτες και στους λήπτες αποφάσεων και να μην αποτελεί εξειδικευμένη πηγή πληροφόρησης μόνο για τους σχετικούς με το πεδίο επιστήμονες. Ο δείκτης πρέπει να είναι κατανοητός και γι αυτό πρέπει να σχετίζεται χρήσεις και αξίες κατανοητές από το κοινό. Με το να είναι εύκολα κατανοητός ενισχύει και την διαφάνεια ώστε να εξυπηρετεί το δημόσιο συμφέρον

6. Να είναι ευέλικτος αφού τα οικοσυστήματα είναι δυναμικά συστήματα με συνεχείς αλλαγές και ισορροπούν σε διάφορα σημεία δυναμικής ισορροπίας. Επίσης να μπορεί να ενσωματώνει νέα δεδομένα και νέα στοιχεία που κατά την εξέλιξη της γνώσης πλέον θεωρούνται σημαντικά.

7. Να παρουσιάζει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά σε σχέση με την μέτρηση του. Οι μετρήσεις του να σχετίζονται άμεσα με το φαινόμενο ενδιαφέροντος, να είναι βολικός, εύκολος και οικονομικός σε επανάληψη των μετρήσεων, να μπορεί να προβλέψει από νωρίς την τάση για αλλαγή, να μπορεί να εφαρμοστεί σε ευρεία περιοχή, να μπορεί να παρέχει μια συνεχή εκτίμηση σε μεγάλο εύρος πιέσεων, να είναι σχετικά ανεξάρτητος από το μέγεθος του δείγματος και να μπορεί να διακρίνει τις αλλαγές που προκαλούνται από ανθρωπογενείς πιέσεις από τις φυσικές αλλαγές παρουσιάζοντας κατάλληλες αποκρίσεις που να διαφοροποιούνται από το φυσικό εύρος διακύμανσης,.

8. Να είναι περιεκτικός και να ενσωματώνει όλα τα συστατικά ενός καθορισμένου οικοσυστήματος όπως τα υποσυστήματα-οικοτόπους του και τις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις. Επιπρόσθετα θα πρέπει να περιλαμβάνονται μετρικές τριών σημαντικών συνιστωσών κάθε οικοσυστήματος, σύνθεσης, δομής και λειτουργίας.

α) η σύνθεση του οικοσυστήματος εστιάζει στους βιοτικούς παράγοντες-οργανισμούς του όπου και θα πρέπει να γίνεται επιλογή συγκεκριμένων ειδών ή τάξα με κριτήρια όπως να έχουν σημαντικό ρόλο σε οικοσυστημικές λειτουργίες, να παρουσιάζουν ευαισθησία, να είναι σπάνια ή κινδυνεύοντα είδη. Σε πολλές περιπτώσεις συγκεκριμένα είδη αποτελούν ομπρέλα και για μεγάλο αριθμό υπόλοιπων ειδών. Τα ξενικά είδη είναι επίσης σημαντικά και πρέπει να περιλαμβάνονται αφού μπορούν να επηρεάζουν οικολογικές λειτουργίες και να αλλοιώνουν την δομή των οικοσυστημάτων.

β) η δομή ενός οικοσυστήματος επηρεάζει άμεσα και τις λειτουργίες του. Έτσι ως αποτέλεσμα μετρικές που αφορούν την δομή του σε μεγάλες κλίμακες π.χ. τοπίου μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή δεικτών σε γρήγορο χρόνο και με μικρό



κόστος. Τέτοιες μετρικές είναι αυτές που καταγράφουν τα είδη και μεγέθη των κατατμημάτων, τις αποστάσεις μεταξύ τους, την διακύμανση στα μεγέθη τους και την συνδεσιμότητα του τοπίου.

γ) η λειτουργία του οικοσυστήματος περιλαμβάνει τόσο βιοτικές όσο και αβιοτικές διεργασίες που είναι απαραίτητες για την υγεία και την ακεραιότητα του. Χρήσιμες μετρικές που αντικατοπτρίζουν την ακεραιότητα του οικοσυστήματος όσον αφορά τις βιοτικές διεργασίες είναι η θήρευση, η φυτοφαγία και ο ανταγωνισμός, όσον αφορά τις αβιοτικές είναι η αποσάθρωση και η υδροπερίοδος και οι μεικτές είναι η αποικοδόμηση, οι διαταραχές και η διαδοχή.

Ακολουθεί ανασκόπηση σημαντικών μετρικών και δεικτών οικολογικής ακεραιότητας που έχουν εφαρμοστεί σε διάφορες μελέτες πετιπτώσεων.

### **Περιφερειακός Δείκτης Οικολογικής Ακεραιότητας (REIE)**

Στην μελέτη των Reza & Abdullah (2011) της Μαλαισιανής χερσονήσου χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες τέσσερις μετρικές του τοπίου που επεξηγούνται ακολούθως και που φαίνονται στον Πίνακα. Αυτές οι μετρικές αντιπροσωπεύουν την δομική και λειτουργική οργάνωση του πεδίου για την εξαγωγή εν τέλει του Περιφερειακού Δείκτη Οικολογικής Ακεραιότητας (RIEI).

1. Η μετρική κατακερματισμού που χρησιμοποίησαν οι ερευνητές παίρνει τιμές από 0 έως 1, με σκορ 0 να αντιστοιχεί στην απουσία κατακερματισμού ενώ το σκορ 1 σε πλήρως κατεστραμμένο τοπίο. Για την εξαγωγή αυτής της μετρικής λαμβάνονται υπόψη τα στοιχεία της μέσου όρου έκτασης των κατατμημάτων, του αριθμού τους και του μικρότερου σε έκταση κατατμήματος.

2. Ως μετρική του δείκτη αντιπροσωπευτικότητας του τοπίου όρισαν την έκταση των προστατευόμενων περιοχών του τοπίου σε σχέση με την ευρύτερη περιοχή. Με αντιπροσώπευση του με σε βαθμό τουλάχιστον 10% της προστατευόμενης περιοχής, σύμφωνα με τους μελετητές θεωρείται ότι αντιπροσωπεύεται επαρκώς.

3. Χρησιμοποιήθηκε και ως δείκτης η οικολογική ευαισθησία του τοπίου μέσω της ευαισθησίας του τοπίου σε φαινόμενα διάβρωσης. Για την εξαγωγή του δείκτη αυτού

συνυπολογίζονται η έκταση των εδαφών που είναι ευαίσθητα στη διάβρωση καθώς και η ευαισθησία που έχουν σύμφωνα με τον τύπο του τοπίου.

4. Ο δείκτης συνδεσιμότητας του τοπίου δείχνει το βαθμό που το τοπίο διευκολύνει ή εμποδίζει την μετακίνηση των οργανισμών σε κατατμήματα που αποτελούν πόρους για τον εκάστοτε οργανισμό. Η συνδεσιμότητα μπορεί να μελετηθεί μέσω δύο προσεγγίσεων, α) δομικής που δείχνει την Ευκλείδεια απόσταση μεταξύ των κατατμημάτων δηλαδή την ελάχιστη απόσταση μεταξύ τους και β) λειτουργικής που δείχνει τις ηθολογικές αποκρίσεις των οργανισμών στα πρότυπα οργάνωσης του τοπίου και την πιθανότητα μετακίνησης τους από το ένα κατάτμημα στο άλλο

5. Ο τελικός δείκτης εξάγεται μέσω της ενσωμάτωσης όλων των προαναφερόμενων μετρικών. Σε κάθε μετρική μπαίνει συντελεστής ειδικού βάρους κάθε μετρικής λόγω της σημαντικότητας που έχει στην οικολογική ακεραιότητας.

**Πίνακας 2.2:** Μετρικές Οικολογικής ακεραιότητας (από Reza & Abdullah 2011, τροποποιημένος)

α/α	Μετρική	Τύπος
1	Κατακερματισμός	$FR = MPS (Nf-1)/Nc$
2	Αντιπροσωπευτικότητα	$RPI = (Pi/Le) \times 100$
3	Οικολογική Ευαισθησία	$SW_i = \sum_{j=1}^n \frac{B_{ij}}{B_i} S_{ij}$
4	Συνδεσιμότητα του τοπίου	Δομική: $S = \sum_{i=1}^n A_i^c \sum_{j \neq 1} D(d_{ij}, \alpha) A_j^b$  Λειτουργική: $T_i = \sum_{k=1}^n W_{ik} A_k \left( \frac{A_i}{\bar{A}} \right)$
5	Τελικός δείκτης Οικολογικής Ακεραιότητας	$RIEI = \alpha FI + \beta SI + \gamma CI + \delta RI$

## **Τρωκτικά και μικρά θηλαστικά ως δείκτες οικολογικής ακεραιότητας**

Στην μελέτη του Avenant (2011) χρησιμοποιήθηκαν μικρά θηλαστικά ως δείκτες αφού παρουσιάζουν πλεονεκτήματα περιλαμβανομένων της ευκολίας σύλληψης και αναγνώρισης τους, της προσαρμογής τους σε συγκεκριμένα περιβάλλοντα και της ταχείας αναπαραγωγής τους δείχνοντας απόκριση σε μεταβολές της βλάστησης όπως π.χ. εποχικές.

## **Δείκτης καταλληλότητας ενδιαιτημάτων**

Οι Reza et al. (2013) ανέπτυξαν το δείκτη καταλληλότητας ενδιαιτημάτων (Habitat Suitability Index – HSI) βάση οικολογικών παραγόντων που συλλογικά καθορίζουν την καταλληλότητα του ενδιαιτήματος για ένα οργανισμό. Μέσω της εκτίμησης του ενδιαιτήματος για αυτόν τον οργανισμό έμμεσα γίνεται εκτίμηση της γενικής κατάστασης αφού επιλέγονται είδη που αποτελούν κινδυνεύοντα ή τρωτά, π.χ. κορυφαίοι θηρευτές και έτσι μέσω των βιολογικών τους απαιτήσεων δίνεται μια εικόνα καταλληλότητας του ενδιαιτήματος που συνδέεται άμεσα με την οικολογική ακεραιότητα του τοπίου. Τα είδη που επιλέγονται για αυτό το λόγο χαρακτηρίζονται ως είδη ομπρέλα αφού έμμεσα μέσω της εκτίμησης των δικών του αναγκών εκτιμάται και η συνολική κατάσταση του τοπίου που περιλαμβάνει όλα τα υπόλοιπα είδη. Στην μελέτη τους οι Reza et al. (2013) έλαβαν υπόψη ποικίλες μετρικές και ως είδη ομπρέλα όρισαν τα εξής: *T. indicus*, *H. malayanus malayanus*, *P. tigris jacksoni*, *R. unicolor cambojensis*.

Χρησιμοποίησαν τις ακόλουθες εννέα (9) μετρικές (Πίνακας 2.3) με πληροφορίες από διάφορες πηγές και για κάθε μια προσδιορίστηκε ένα σκορ με τιμές από 0 έως 3. Η βαθμολόγηση των ενδιαιτημάτων γινόταν βάση των αναγκών για κάθε είδος ομπρέλα και για κάθε μετρική δινόταν σκορ μηδέν για την χειρίστη της κατάσταση ενώ σκορ 3 για την άριστη της κατάσταση. Αναλυτικά οι μετρικές όπως και σχόλια για την εκτίμηση κάθε μιας φαίνονται στον Πίνακα: 2.3.

**Πίνακας 2.3:** Μετρικές δείκτη καταλληλότητας ενδιαιτημάτων και βαθμολόγηση τους (από Reza et al. 2013 τροποποιημένος)

α/α	Μετρική	Βαθμοί				Εργαλεία Μέτρησης
		0	1	2	3	
1	Μέγεθος κατατμήματος	Ακατάλληλο μέγεθος για τη παρουσία του είδους	Ελάχιστο μέγεθος ζωτικού χώρου	Μέτριο μέγεθος ζωτικού χώρου	Μεγάλο μέγεθος ζωτικού χώρου	Μέσω GIS
2	Ποιότητα ενδιαιτήματος/κατάστημα	Ακατάλληλο	Χαμηλή	Μέτρια	Υψηλή	Κρίση εμπειρογνομώνων και βιβλιογραφία
3	Συνδεσιμότητα Καταστημάτων	<0,2	0,2-0,5	0,51-0,75	>0,75	Ολοκληρωτικός βαθμός συνδεσιμότητας (PIC) λογισμικού Conefor Sensinode 2.2
4	Πυκνότητα οδικού δικτύου	Πολύ πυκνό	Αρκετά Πυκνή	Μέτρια	Χαμηλή	Κρίση εμπειρογνομώνων
5	Διαθεσιμότητα τροφής	Καθόλου	Χαμηλή	Μέτρια	Υψηλή	Εκτίμηση εμπειρογνομώνων και βιβλιογραφία.
6	Εγγύτητα σε νερό	Μη διαθέσιμη πηγή	Χαμηλή	Μέτρια	Υψηλή	Χαρτογραφικά δεδομένα χρήσεων γης σε GIS
7	Υψόμετρο	Ακατάλληλο	Χαμηλή καταλληλότητα	Μέτρια καταλληλότητα	Υψηλή καταλληλότητα	Από Ψηφιακό Μοντέλο Υψομέτρου και βιβλιογραφία
8	Πιέσεις - στρες	Μη ανεκτές	Υψηλές	Μέτριες	Χαμηλές ή απύσες	Κρίση εμπειρογνομώνων από μελέτη χαρτών χρήσεων γης
9	Ανθρώπινη καταπάτηση (δραστηριότητες όπως κυνήγι, υλοτομία κλπ)	Πάρα πολύ υψηλή	Πολύ υψηλή	Μέτρια	Χαμηλή	Κρίση εμπειρογνομώνων

Το άθροισμα από τα σκορ (0 – 27) χρησιμοποιήθηκε ως σκορ κάθε είδους για κάθε περιοχή για την εξαγωγή χαρτών καταλληλότητας και την τελική εξαγωγή συνθετικού χάρτη καταλληλότητας από τα τέσσερα είδη ομπρέλα.

### Δείκτης οικολογικής ακεραιότητας βάση οικοσυστημικών μοντέλων

Στην μελέτη των Burkhard et al (2011) για τη Βόρεια θάλασσα της Γερμανίας έγινε εκτίμηση της οικολογικής ακεραιότητας του θαλάσσιου οικοσυστήματος λόγω της ανάπτυξης Θαλάσσιων Αιολικών Πάρκων. Μέσω προσομοιώσεων σε υπολογιστικά μοντέλα και με υπάρχοντα δεδομένα έγιναν προβλέψεις για τις επιπτώσεις στην οικολογική ακεραιότητα του χώρου μέσω δεικτών που αναφέρονται στον Πίνακα 2.4. Οι δείκτες υπολογίστηκαν με τα υπολογιστικά μοντέλα α) ESREM που αναπτύχθηκε για το οικοσύστημα της Βορείου Θάλασσας και την μοντελοποίηση των βιοχημικών και βιολογικών αλληλεπιδράσεων β) Ecorpath για την προσομοίωση των τροφικών πλεγμάτων του οικοσυστήματος γ) το μοντέλο υδροδυναμικής MIKE21 και δ) με χαρτογραφικά δεδομένα για θαλασσοπούλια μέσω GIS. Οι πιο πάνω δείκτες συνδέθηκαν με τα αποτελέσματα του ενός να αποτελούν τις παραμέτρους εισόδου για το επόμενο μοντέλο.

**Πίνακας 2.4:** Μετρικές οικολογικής ακεραιότητας για την Βόρεια Θάλασσα της Γερμανίας (από Burkhard et al. 2011 τροποποιημένος)

α/α	Μετρική	Προέλευση δεδομένων	Διεργασία ή ιδιότητα του οικοσυστήματος
1	Πρόσληψη ενέργειας	Μοντέλο ESREM	Καθαρή πρωτογενής παραγωγή
2	Παραγωγή εντροπίας	Μοντέλο Ecorpath	Παραγωγή άνθρακα ανά έτος λόγω αναπνοής
3	Ικανότητα αποθήκευσης	Μοντέλο Ecorpath	Αποθηκευμένος άνθρακας στη βιομάζα
4	Κύλιση θρεπτικών	Μοντέλο ESREM	Εισροές και εκροές θρεπτικών κατά το χειμώνα
5	Απώλειες θρεπτικών	Μοντέλο ESREM	Απώλειες θρεπτικών κατά τη μεταφορά τους
6	Βιοποικιλότητα	Δεδομένα GIS	Βιοποικιλότητα θαλασσοπουλιών
7	Αβιοτική ετερογένεια	Μοντέλο MIKE21	Τυρβώδης ροή και παράμετροι ιζημάτων
8	Οργάνωση	Μοντέλο Ecorpath	Ανθεκτικότητα οικοσυστήματος

## Δείκτης βιολογικής ακεραιότητας (Index of Biological Integrity – IBI)

Ο IBI (Karr, 1991) αποτελεί έναν από τους πρώτους δείκτες που αναπτύχθηκαν για την εκτίμηση της οικολογικής ακεραιότητας με μετρικές που αντιπροσωπεύουν σημαντικές ιδιότητες και διεργασίες του οικοσυστήματος και όχι απλώς με την μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων. Υπολογίστηκαν δώδεκα (12) μετρικές που άνηκαν σε τρεις κατηγορίες α) της αφθονίας των ψαριών και της σύνθεσης της βιοκοινότητας τους, β) για την σύσταση των τροφικών επιπέδων και γ) για την αφθονία των ψαριών και την φυσική τους κατάσταση. Κάθε μετρική βαθμολογείται με σκορ 1,3 ή 5 βάση της απόκλισης της από την θεωρητικά αναμενόμενη σε ίδιου τύπου περιοχή με διαταραγμένη με άριστο το βαθμό 5 και χειρίστο το βαθμό 1.

**Πίνακας 2.5:** Μετρικές οικολογικής ακεραιότητας για την εξαγωγή του δείκτη IBI (από Karr 1991, τροποποιημένος)

α/α	Μετρική	Βαθμός	Σχόλια
<b>Μετρικές για αφθονία ειδών και σύνθεσης</b>			
1	Ολικός αριθμός ειδών ψαριών (τοπικών)	Σκορ 1, 3 ή 5	Απόκλιση από φυσική κατάσταση
2	Αριθμοί και είδη βενθικών ψαριών	Σκορ 1, 3 ή 5	>>
3	Αριθμοί και είδη ψαριών που ζουν στην στήλη του νερού	Σκορ 1, 3 ή 5	>>
4	Αριθμοί και είδη μακρόβιων ψαριών	Σκορ 1, 3 ή 5	>>
5	Αριθμοί και είδη μη ανεκτικών (ευαίσθητων) ψαριών	Σκορ 1, 3 ή 5	>>
6	Ποσοστό ατόμων ανεκτικών ψαριών	Σκορ 1, 3 ή 5	Σκορ 5 για <5, 3 για 5-20 και 1 για >20
<b>Μετρικές για τη σύσταση τροφικών επιπέδων</b>			
7	Ποσοστό παμφάγων ατόμων	Σκορ 1, 3 ή 5	Σκορ 5 για <20, 3 για 20-45 και 1 για >45
8	Ποσοστό εντομοφάγων κυπρινοειδών (άτομα)	Σκορ 1, 3 ή 5	Σκορ 45 για <5, 3 για 45-20 και 1 για <20
9	Ποσοστό ατόμων που τρέφονται με ψάρια (κορυφαίοι θηρευτές)	Σκορ 1, 3 ή 5	Σκορ 5 για >5, 3 για 5-1 και 1 για <1

**Μετρικές για την αφθονία ψαριών και φυσική κατάσταση**

10	Αριθμός ατόμων στο δείγμα	Σκορ 1, 3 ή 5	Για το σκορ αυτής της μετρικής γίνεται συνυπολογισμός με το μέγεθος του ποταμού-ρφακίου και άλλων παραγόντων
11	Ποσοστό υβριδίων	Σκορ 1, 3 ή 5	Σκορ 5 για 0, 3 για 0-1 και 1 >1
12	Ποσοστό ατόμων με ασθένειες, όγκους, ζημιές σε πτερύγια και σκελετικές ανωμαλίες	Σκορ 1, 3 ή 5	Σκορ 5 για 0, 3 για 0-1 και 1 >1

Ο τελικός δείκτης IBI αποτελεί το άθροισμα των 12 μετρικών και η εκτίμηση της οικολογικής ακεραιότητας υπολογίστηκε βάση των κλάσεων που όρισαν οι ερευνητές όπως φαίνονται στον Πίνακα 2.6.

**Πίνακας 2.6:** Κλάσεις οικολογικής ακεραιότητας βάση του σκορ για το δείκτη IBI (από Karr 1991, τροποποιημένος)

α/α	Σκορ	Κλάση οικολογικής ακεραιότητας
1	58-60	Εξαιρετική
2	48-52	Καλή
3	40-44	Μέτρια
4	28-34	Κακή
5	12-22	Πολύ κακή
6	0	Δειγματοληψία χωρίς ψάρια-μη εκτίμηση.

\* Ενδιάμεσα σκορ πχ 54 τοποθετούνταν κατηγοριοποιούνταν βάση ενδεδειγμένης μελέτης των μετρικών και γνώμης των εμπειρογνομόνων.

**Σύστημα δεικτών για την εκτίμηση της οικολογικής ακεραιότητας διαχειριζομένων δασών**

Οι Rempel et al. (2015) για την εξαγωγή δείκτη οικολογικής ακεραιότητας χρησιμοποίησαν μετρικές που να δείχνουν την κατάσταση του δάσους όσον αφορά την δομή και την σύσταση του καθώς και μετρικές που να δείχνουν της πραγματοποίηση των λειτουργιών του όπως φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα

Όσον αφορά τις μετρικές δομής και σύστασης του δάσους ο βαθμός κάθε μετρικής υπολογίστηκε βάση της απόκλισης της από τις θεωρητικά αναμενόμενες σε ίδια

τοποθεσία χωρίς διαταραχές. Ο δείκτης OSI που υπολογίστηκε περιγράφει την συνολική ομοιότητα των κοινοτήτων μεταξύ δύο περιοχών και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παρακολούθηση των θετικών ή αρνητικών τάσεων της κοινότητας.

**Πίνακας 2.7:** Μετρικές οικολογικής ακεραιότητας σε διαχειριζόμενα δάση από τους Rempel et al. (2015).

α/α	Μετρική	Σχόλια
<b>Μετρικές δομής και σύστασης του δάσους (κατάσταση δάσους –condition)</b>		
1	Ηλικία κυρίαρχων δέντρων της συστοιχίας	Μέσος όρος σε έτη
2	Εκατοστιαία κάλυψη του θόλου στη συστοιχία	Εκατοστιαίος μέσος όρος
3	Εκτίμηση μέσου ύψους δέντρων της συστοιχίας από φωτογραφία	Μέσος όρος ύψους
4	Αναλογία όγκου φυλλοβόλων	Αναλογία
5	Αναλογία νεαρών δενδρυλλίων	Αναλογία
6	Αναλογία υγροτόπων	Αναλογία
7	Αναλογία ώριμου δάσους	Αναλογία
8	Πυκνότητα ακμής και αναλογία από ώριμα δέντρα και ενδιάμεσων σταδίων	Μέτρα ανά εκτάριο
9	Κατάσταση του Δάσους μέσω προσομοίωσης Λογισμικό BFOLDS	Φυσιολογική μέση μεταβλητότητα και διακύμανση της σύστασης των περιοχών
<b>Μετρικές λειτουργικότητας του ενδιαιτήματος (δασικά πτηνά)</b>		
	<b>Μετρική</b>	<b>Τύπος</b>
10	Κατοίκηση από δασικά πτηνά	$OSI = \frac{1}{s} \sum_t \frac{\min(f, h)}{\max(f, h)} \times 100$

### **Δείκτης οικολογικής ακεραιότητας για δασικά οικοσυστήματα**

Οι Tierney et al. (2009) έκαναν εκτιμήσεις της οικολογικής ακεραιότητας εύκρατων δασικών οικοσυστημάτων χρησιμοποιώντας 13 μετρικές βασιζόμενες σε βασικές ομάδες μετρικών όπως για την δομή του τοπίου, για την δομή του δάσους και για τη σύσταση του δάσους. Οι μετρικές δεν χρησιμοποιήθηκαν για εξαγωγή ενιαίου δείκτη αλλά μελετώνται ξεχωριστά αφού σύμφωνα με τους μελετητές η κάθε μια δείχνει διαφορετική όψη της οικολογικής ακεραιότητας.



Για κάθε μετρική υπήρχαν τρεις διαβαθμίσεις για το σκορ της α) Καλή β) Προσοχή γ)Σημαντική Ανησυχία που φαίνονται στον Πίνακα 2.8 με τον τρόπο εκτίμησης τους.

**Πίνακας 2.8:** Μετρικές οικολογικής ακεραιότητας σε δασικές εκτάσεις (από Tierney et al. 2009 τροποποιημένος

α/α	Μετρική	Βαθμός		
		Καλή	Προσοχή	Σημαντική Ανησυχία
<b>Δομή του τοπίου</b>				
1	Μέγεθος δασικών κατατμημάτων	>60ha	10-50ha	<10ha
2	Ανθρωπογενείς χρήσεις γης	<10%	10-40%	>40%
<b>Δομή δάσους</b>				
3	Δομική κλάση συστάδας	<p>≥ 70%,</p> <p>Συστάδες με σύσταση ≥ 70% με είδη βραδείας ανάπτυξης έχουν καλή κατάσταση ενώ όταν σε &lt;70% χρήζουν προσοχής ή άμεσης προσοχής. Δάση σκληρόξυλων-ελάτης σε ψηλά υψόμετρα</p> <hr/> <p>≥ 30%</p> <p>Συστάδες με σύσταση ≥ 30% με είδη βραδείας ανάπτυξης έχουν καλή κατάσταση ενώ όταν σε &lt;30% χρήζουν προσοχής ή άμεσης προσοχής. Δάση σκληρόξυλων-ελάτης σε χαμηλά υψόμετρα</p> <hr/> <p>≥ 25%</p> <p>Συστάδες με σύσταση ≥ 25% με είδη βραδείας ανάπτυξης έχουν καλή κατάσταση ενώ όταν σε &lt;25% χρήζουν προσοχής ή άμεσης προσοχής. Σε άλλα δασικά οικοσυστήματα</p>	<70%	<30%
4	Νεκρά όρθια δέντρα	<p>≥ 10% των όρθιων δέντρων είναι νεκρά και ≥ 10% των μέτριων προς μεγάλων δέντρων είναι νεκρά</p>	<p>&lt; 10% των όρθιων δέντρων είναι νεκρά και &lt; 10% των μέτριων προς μεγάλων δέντρων είναι νεκρά</p>	<p>&lt; 5% των όρθιων δέντρων είναι νεκρά και &lt; 5% των μέτριων προς μεγάλων δέντρων είναι νεκρά</p>
5	Όγκος πεσμένων δέντρων	>15% του όγκου των ζώντων δέντρων	5-15% του όγκου των ζώντων δέντρων	<5% του όγκου των ζώντων δέντρων

Σύσταση δάσους							
6	Αναγέννηση δάσους	Αναλογία δενδρυλλίων $\geq 0$		Αναλογία δενδρυλλίων $\leq 0$		Δείκτης έξω από τα αποδεκτά όρια	
7	Κατάσταση δενδρωδών ειδών	Προβλήματα κόμης <10% χωρίς παρουσία παρασίτων προτεραιότητας 1 και 2		Προβλήματα κόμης 10-50% ή παρουσία παρασίτων προτεραιότητας 2		Προβλήματα κόμης >50% ή παρουσία παρασίτων προτεραιότητας 1	
8	Βιοτική ομογενοποίηση	Καμία αλλαγή		Αυξανόμενη ομογενοποίηση			
9	Είδη δείκτες-εισβλητικά ξενικά είδη	Κανένα ξενικό είδος στα περισσότερα τεμάχια		1-3 ξενικά είδη δείκτες ανά τεμάχιο		4 ή περισσότερα ξενικά είδη δείκτες ανά τεμάχιο	
10	Είδη δείκτες - βόσκιση από ελάφια	Καμία μείωση στη συχνότητα των περισσότερων ευαίσθητων στη βόσκιση ειδών = Καλή κατάσταση		Μείωση στη συχνότητα των περισσότερων ευαίσθητων στη βόσκιση ειδών ή αύξηση στη συχνότητα ειδών που δεν βοσκούνται		Μείωση στη συχνότητα των περισσότερων ευαίσθητων στη βόσκιση ειδών και αύξηση στη συχνότητα ειδών που βοσκούνται	

#### Λειτουργίες

11	Ρυθμός αύξησης και θνησιμότητας δενδρωδών ειδών	Μέση αύξηση $\geq 60\%$ και θνησιμότητα $\leq 1,6\%$		Μέση αύξηση <60% ή θνησιμότητα >1,6%			
12	Χημεία εδάφους-στρες από όξυνση	Αναλογία εδάφους >4 Ca:Al		Αναλογία εδάφους 1-4 Ca:Al		Αναλογία εδάφους <1 Ca:Al	
13	Χημεία εδάφους-κορεσμός από άζωτο	Αναλογία εδάφους >25 C:N		Αναλογία C:N εδάφους 20 - 25		Αναλογία εδάφους <20 C:N	

Παράσιτα προτεραιότητας 1: Asian longhorned beetle, emerald ash borer και sudden oak death.

Παράσιτα προτεραιότητας 2: Hemlock woolly adelgid, balsam woolly adelgid, beech bark disease και butternut canker.

### Δείκτης Οικολογικής ακεραιότητας βάσης της AXI

Οι Vogiatzakis et al. (2015) ανέπτυξαν δείκτη οικολογικής ακεραιότητας για την οικολογική ακεραιότητα των τοπίων της Κύπρου σε αδρή κλίμακα Level 1 (1:250 000) χρησιμοποιώντας ποιοτικές μετρικές από τις καταγραφές πεδίου κατά την αξιολόγηση του χαρακτήρα του τοπίου χρησιμοποιώντας δηλαδή τον χαρακτήρα του τοπίου ως ανάδοχο για την ένδειξη της οικολογικής του ακεραιότητας. Σύμφωνα με τους ίδιους οι μέθοδοι ταχείας εκτίμησης της κατάστασης έχουν χαμηλό κόστος αφού απαιτούν λιγότερο χρόνο όπως και λιγότερο εξειδικευμένους μελετητές. Οι μετρικές που χρησιμοποιήθηκαν αποτελούν και αυτές που θα χρησιμοποιηθούν στην μια προσέγγιση

της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής χρησιμοποιούμενες όμως σε πιο λεπτομερή κλίμακα Level 2 (1: 50 000). Αυτές συνοπτικά ήταν οι δείκτες Naturalness, Overall Habitat Continuity, Dominant Habitat Type, No of main habitat types και Management Intensity. Αναλυτική περιγραφή τους γίνεται στον Πίνακα 3.2 του επομένου κεφαλαίου.

### **2.4.3. Συμπεράσματα**

Όπως φαίνεται από την βιβλιογραφική ανασκόπηση ποικίλες προσεγγίσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή δεικτών οικολογικής ακεραιότητας και εκτίμησης της. Σύμφωνα με την κλίμακα, τα διαθέσιμα δεδομένα, του χρόνου και του κόστους γίνονται και οι ανάλογες προσεγγίσεις που όμως, ειδικά οι πιο σύγχρονες, παρουσιάζουν τον κοινό παρονομαστή της χρήσης μετρικών που αναφέρονται στην δομή και την σύνθεση των υπό μελέτη τοπίων ή οικοσυστημάτων. Οι μετρικές αυτές μπορεί να παίρνονται με δειγματοληψίες πεδίου, μέσω GIS, μέσω υπολογιστικών μοντέλων όμως ταυτίζονται στο γεγονός ότι προσεγγίζουν την ιδιότητα της οικολογικής ακεραιότητας μέσω των δομών, της σύνθεσης και των διεργασιών που μπορεί να πραγματοποιήσει το εν λόγω οικοσύστημα ή τοπίο.

# Κεφάλαιο 3

## Μεθοδολογία

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή αποσκοπεί στην εκτίμηση της οικολογικής ακεραιότητας των τοπίων της επαρχίας Πάφου, την ερμηνεία των πιθανών διαφοροποιήσεων ανάμεσα στα διαφορετικά είδη τοπίων αλλά και των διαφορών ανάμεσα στα ίδια είδη τοπίων. Για την επίτευξη των επιμέρους στόχων της διατριβής χρησιμοποιήθηκαν χαρτογραφικά σε GIS και ποιοτικά δεδομένα από καταγραφές AXΤ που αναλύθηκαν με λογισμικό πακέτο στατιστικής.

### 3.1 Σκοπός

Ο σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι η εκτίμηση της οικολογικής ακεραιότητας των τοπίων της επαρχίας Πάφου με ταχείες μεθόδους εκτίμησης που να μπορούν να εξυπηρετήσουν αδρές κλίμακες μελέτης των οικοσυστημάτων των τοπίων

### 3.2 Στόχοι

Βασικοί στόχοι της μεταπτυχιακής διατριβής είναι

- α) Εξαγωγή δείκτη της οικολογικής ακεραιότητας των τοπίων μέσω χαρτογραφικών δεδομένων και ερμηνεία των τυχών διαφορών ανάμεσα στους διαφορετικούς τύπους τοπίων αλλά και μεταξύ των τοπίων του ίδιου τύπου.
- β) Εξαγωγή δείκτη της οικολογικής ακεραιότητας των τοπίων μέσω δεδομένων της Αξιολόγησης του Χαρακτήρα του Τοπίου από καταγραφές πεδίου και ερμηνεία των τυχών διαφορών ανάμεσα στους διαφορετικούς τύπους τοπίων αλλά και μεταξύ των τοπίων του ίδιου τύπου.
- γ) Σύγκριση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων ανάμεσα στις δύο μεθόδους και των τυχών αποκλίσεων τους.

### **3.3 Ερευνητικά ερωτήματα**

Βασικά ερευνητικά ερωτήματα που πραγματεύεται η μεταπτυχιακή διατριβή είναι:

- α) Έχουν όλοι οι τύποι ΜΠΤ της επαρχίας Πάφου τον ίδιο βαθμό οικολογικής ακεραιότητας;
- β) Μπορεί να εκτιμηθεί ο βαθμός οικολογικής ακεραιότητας με την ίδια ακρίβεια τόσο με την χρήση δεδομένων του χαρακτήρα του τοπίου από καταγραφές πεδίου όσο και με την χρήση χαρτογραφικών δεδομένων;

### **3.4 Μέθοδος συλλογής δεδομένων**

Τα δεδομένα της παρούσας εργασίας προήλθαν από τις εξής πηγές:

- α) από τις τυποποιημένες καταγραφές τοπίων για την επαρχία Πάφου και από τα χαρτογραφικά δεδομένα των τοπίων της Πάφου που έγιναν στα πλαίσια του ερευνητικού έργου MedScapes.
- β) από χαρτογραφικά δεδομένα από τις καταγραφές των χρήσεων γης της Κύπρου βάση του ευρύτερου προγράμματος CORINE της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Περιβάλλοντος που διενεργήθηκε από το Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος της Κύπρου.
- γ) από χαρτογραφικά δεδομένα των περιοχών του δικτύου Natura 2000 που είχαν εγκριθεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή βάση προτάσεων του Τμήματος Περιβάλλοντος του Υπουργείου Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος της Κύπρου.
- δ) από χαρτογραφικά δεδομένα από μελέτη DISMED του δείκτη ευαισθησίας στην ερημοποίηση για την Κύπρο.
- ε) από χαρτογραφικά δεδομένα του δείκτη Heremoby από την μελέτη του ΚΟΑ για υπολογισμό 28 αγρο-περιβαλλοντικών δεικτών.

#### **3.4.1 Δεδομένα από καταγραφές πεδίου**

Τα δεδομένα από το πεδίο καταγράφηκαν σε τυποποιημένους πίνακες από τους ερευνητές του προγράμματος Medscapes βάση του υποδείγματος του Πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1. Φύλλο καταγραφών AXT (Vogiatzakis et al. 2015).

FIELD SURVEY SHEET

Location:

Date: / /

Code:

Visual character - in what way do the following contribute to local character and sense of place?						
LANDFORM	Dominant	NATURAL FEATURES	Prominent			
	Prominent		Widespread			
	Apparent		Localised			
	Insignificant		Insignificant			
WOODLAND / SCRUB COVER (Anything > 1m)	Dominant	INDICATOR SPECIES	Prominent			
	Prominent		Widespread			
	Apparent		Localised			
	Insignificant		Insignificant			
LAND USE  Fruit trees:	Prominent	FIELD PATTERN	Prominent (only 1 pattern)			
	Consistent		Consistent			
	Variable		Variable			
	Insignificant		Insignificant			
SETTLEMENT & BUILDINGS  Traditional building style/materials:	Prominent (very dense)	OTHER FEATURES (e.g landmark trees)	Prominent			
	Consistent (just villages)		Widespread			
	Variable		Localised			
	Insignificant		Insignificant			
<b>Organisation of elements</b>						
Scale: <i>intimate</i> <i>small</i> <i>medium</i> <i>large</i>		Views: <i>filtered</i> <i>framed</i> <i>open</i> <i>exposed</i>				
<b>Ecological integrity</b> - how well does the countryside function as habitat for wildlife?						
"Naturalness" of LDU		Mostly Natural /Semi-natural   +/- even mixture of natural and cultivated   Mostly cultivated				
Overall habitat continuity		+/- continuous	linked patches	separate patches	fragmented	
No. of main habitat types		1	2	3	4	
Dominant type		herbaceous/grass	dwarf scrub	low scrub	tall scrub	woodland
Intensity of management		low	medium	high	very high	
<b>Cultural integrity</b> - assess impact of recent change & note significance of any incongruous features						
Change of use (if not visible check maps for significant changes)				<i>widespread</i>		
				<i>localised</i>		
				<i>insignificant</i>		
Survival of cultural pattern:				<i>intact</i>		
				<i>modified</i>		
				<i>fragmented</i>		
Visual impact of change:				<i>high</i>		
				<i>moderate</i>		
				<i>low</i>		
<b>Photographs:</b>						

Κατά την συμπλήρωση του Φύλλου Έρευνας Πεδίου καταγράφονταν περιγραφικά δεδομένα όπως η γεωμορφολογία, η κάλυψη της γης από φυσικές ή ημιφυσικές εκτάσεις, οι χρήσεις γης, η παρουσία οικισμών κ.α.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για ανάλυση ήταν οι τυποποιημένες καταγραφές που αναφέρονται στο τμήμα Ecological Integrity του φύλλου. Έγινε καταγραφή σύμφωνα με την κρίση των ερευνητών για πέντε (5) διαφορετικές παραμέτρους για κάθε τοπίο, α) της φυσικότητας του τοπίου, β) της συνέχειας του ενδιαιτήματος, γ) του αριθμού των κυρίων τύπων ενδιαιτήματος, δ) του κυρίαρχου τύπου ενδιαιτήματος και ε) της έντασης της διαχείρισης σύμφωνα με τον ορισμό και τις κλίμακες που αναφέρονται στον Πίνακα 3.2.

**Πίνακας 3.2:** Ορισμοί και κλίμακες βαθμολόγησης για του δείκτες Οικολογικής Ακεραιότητας που καταγράφηκαν στο πεδίο (από Vogiatzakis et al., 2015 τροποποιημένος).

Δείκτης	Ορισμός	Κλίμακα
Naturalness (Φυσικότητα)	Πόσο κοντά βρίσκεται ένα τοπίο στη φυσική του κατάσταση βάσει της αντίληψης για τη φυσική του κατάσταση σύμφωνα με την κύρια χρήση γης.	1. Κυρίως φυσικό 2. Μεικτό φυσικό και καλλιεργήσιμο 3. Κυρίως καλλιεργήσιμο 4. Κυρίως αστικοποιημένο
Overall Habitat Continuity (Συνέχεια του ενδιαιτήματος)	Η συνέχεια των φυσικών/ημι-φυσικών ενδιαιτημάτων σαν σύνολο εντός της μήτρας ενός συγκεκριμένου τοπίου.	1. Συνεχές 2. Συνδεδεμένα κατατμήματα 3. Ξεχωριστά κατατμήματα 4. Κατακερματισμένο
Dominant Habitat Type (Κυρίαρχος τύπος ενδιαιτήματος)	Ο κυρίαρχος τύπος ενδιαιτήματος που καλύπτει περισσότερο από το 75% της έκτασης του τοπίου. Οι τύποι ενδιαιτημάτων ορίζονται βάσει των κυρίαρχων μορφών ζωής.	1. Ποώδης 2. Νάνοι θάμνοι 3. Χαμηλοί θαμνώνες 4. Ψηλοί θαμνώνες 5. Δασικός
No of main habitat types (Αριθμός κύριων τύπων ενδιαιτήματος)	Αριθμός βασικών τύπων ενδιαιτήματος που είναι παρόν σε ένα τοπίο.	1-5
Management Intensity (Ένταση διαχείρισης)	Εκτίμηση του βαθμού των μεταβολών ενός τοπίου που οφείλονται στον άνθρωπο και είναι ορατές μέσω παρατήρησης εντός του πεδίου.	1. Χαμηλός 2. Μέτριος 3. Υψηλός 4. Πολύ υψηλός

Συνολικά στην επαρχία Πάφου καταγράφηκαν συνολικά 32 διαφορετικοί τύποι τοπίων σε 83 διαφορετικά τοπία που καλύπτουν στην συνολική της έκταση.

### 3.4.2 Χαρτογραφικά δεδομένα

Τα χαρτογραφικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν πάρθηκαν από τρεις μελέτες που έγιναν στην Κύπρο, α) από το Πρόγραμμα Corine, β) από την μελέτη DISMED για καθορισμό ευαίσθητων περιοχών της Κύπρου για ερημοποίηση και γ) από την μελέτη των Μαρτίνου et al. (2014) για τον υπολογισμό αγρό-περιβαλλοντικών δεικτών όπου χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης Hemeroby.

#### Πρόγραμμα Corine

Το πρόγραμμα Corine (Corine Land Cover – CLC) είναι ένα πανευρωπαϊκό πρόγραμμα συντονισμού για το περιβάλλον μέσω της καταγραφής των χρήσεων γης σε κλίμακα 1:100000. Στην Κύπρο το πρόγραμμα έλαβε χώρα το 2003 και ολοκληρώθηκε το 2005. Δημιουργήθηκε μια εκτενής παγκύπρια έρευνα και υπάρχει η αντίστοιχη βάση δεδομένων των χρήσεων γης διαχωρισμένων σε τρία (3) επίπεδα κλάσεων. Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή χρησιμοποιήθηκε το δεύτερο επίπεδο που παρουσιάζει ανάλυση 15 κλάσεων που φαίνονται στον Πίνακα 3.3 (MOA, 2005). Στην Εικόνα 3.1 φαίνονται οι κλάσεις τρίτου επιπέδου για ολόκληρη την Κύπρο.

**Πίνακας 3.3:** Τύποι των χρήσεων γης από τις καταγραφές του προγράμματος Corine σε 2ο επίπεδο.

Κωδικός	Τύπος	Κωδικός	Τύπος
1.1	Urban fabric	3.1	Forest
1.2	Industrial, commercial and transport unit	3.2	Shrub and/or herbaceous vegetation associations
1.3	Mine, dump and construction site	3.3	Open spaces with little or no vegetation
1.4	Artificial, nonagricultural vegetated areas	4.1	Inland wetlands
2.1	Arable land	4.2	Coastal wetlands
2.2	Permanent crops	5.1	Inland waters
2.3	Pastures	5.2	Marine waters
2.4	Heterogeneous agricultural areas		

Από τη χαρτογράφηση των χρήσεων γης εξάχθηκαν τέσσερις μετρικές των ΜΠΤ με την χρήση του λογισμικού Fragstats. Αυτές ήταν οι μετρικές ENN\_MN και SIEI που εξάχθηκαν άμεσα μέσω του λογισμικού ενώ άλλες μετρήσεις που εξάχθηκαν χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό δύο νέων μετρικών, του Fragmentation Index και Natural\_habitat cover. Οι προαναφερόμενες μετρικές επεξηγούνται στον Πίνακα 3.4.



Οι μετρικές ENN\_MN, SIEI και Fragmentation Index επιλέχθηκαν γιατί μετρούν την δομική οργάνωση των κατατμημάτων του τοπίου και η μετρική Natural\_habitat cover γιατί δείχνει την σύνθεση του. Δομή και σύνθεση έχουν άμεση σχέση με τις διεργασίες που γίνονται και με την οικολογική του ακεραιότητα και γι' αυτό επιλέχθηκαν.

**Πίνακας 3.4:** Μετρικές που εξάχθηκαν μέσω των δεδομένων κάλυψης γης Corine.

α/α	Μετρική	Ορισμός	Χαρακτηριστικό που μετρά
1	ENN_MN	Εγγύς γειτνίαση μέσω ευκλείδειας μέσης απόστασης	Δείχνει την συνδεσιμότητα των κατατμημάτων υπολογίζοντας την ελάχιστη απόσταση ανάμεσα στις ακμές δύο κατατμημάτων του ίδιου τύπου.
2	SIEI	Simpson's Evenness Index	Δείχνει την ομοιομορφία στην κάλυψη του τοπίου από διαφορετικούς τύπους κατατμημάτων. Παίρνει τιμή 0 όταν υπάρχει μόνο ένα κατάτμημα και μεγιστοποιείται παίρνοντας τιμή 1 όταν υπάρχουν διαφορετικοί τύποι κατατμημάτων με ομοιόμορφη έκταση κάλυψης
3	Natural_Habitat	Κάλυψη του τοπίου φυσικά και ημιφυσικά κατατμημάτων	Δείχνει την φυσικότητα του τοπίου μέσω της αναλογία κάλυψης από φυσικούς τύπους με κώδικες 31 και 32 από το CLC.
4	Fragmentation Index	Δείκτης κατακερματισμού	Δείχνει τον κατακερματισμό του τοπίου και παίρνει τιμές από 0 για ενιαίο τοπίο με μόνο ένα κατάτμημα μέχρι 1 για πλήρως κατακερματισμένο τοπίο (Reza & Abdullah, 2011)

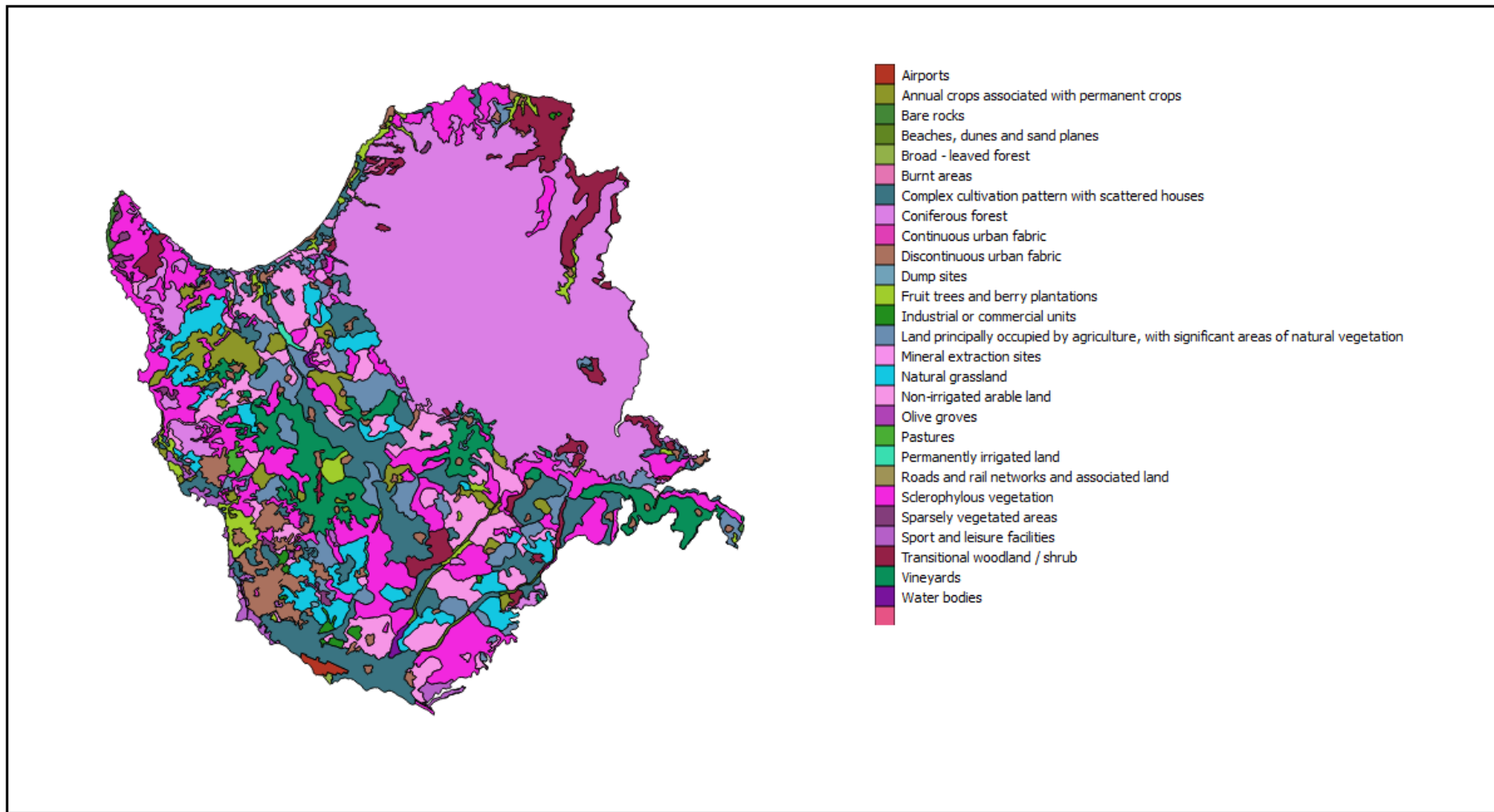
### Μελέτη DISMED

Η μελέτη DISMED (Desertification Information System to Support National Action Programmes in the Mediterranean) Πραγματοποιήθηκε το 2007 από την εταιρία I.A.CO. Ltd με ανάθεση από το τμήμα Περιβάλλοντος του Υπουργείου Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος για την χρήση του δείκτη SDI (Sensitivity to Desertification Index) (I.A.C.O.Ltd, 2007). Ο δείκτης αναπτύχθηκε μέσω δεδομένων της ποιότητας του εδάφους, του κλίματος και της βλάστησης και τα αποτελέσματα των καταγραφών στην Κύπρο (Εικόνα 3.2.) χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή. Επιλέχθηκε γιατί αντικατοπτρίζει ποιοτικά εδαφολογικά και άλλα στοιχεία του τοπίου σημαντικά για την οικολογική του ακεραιότητα.

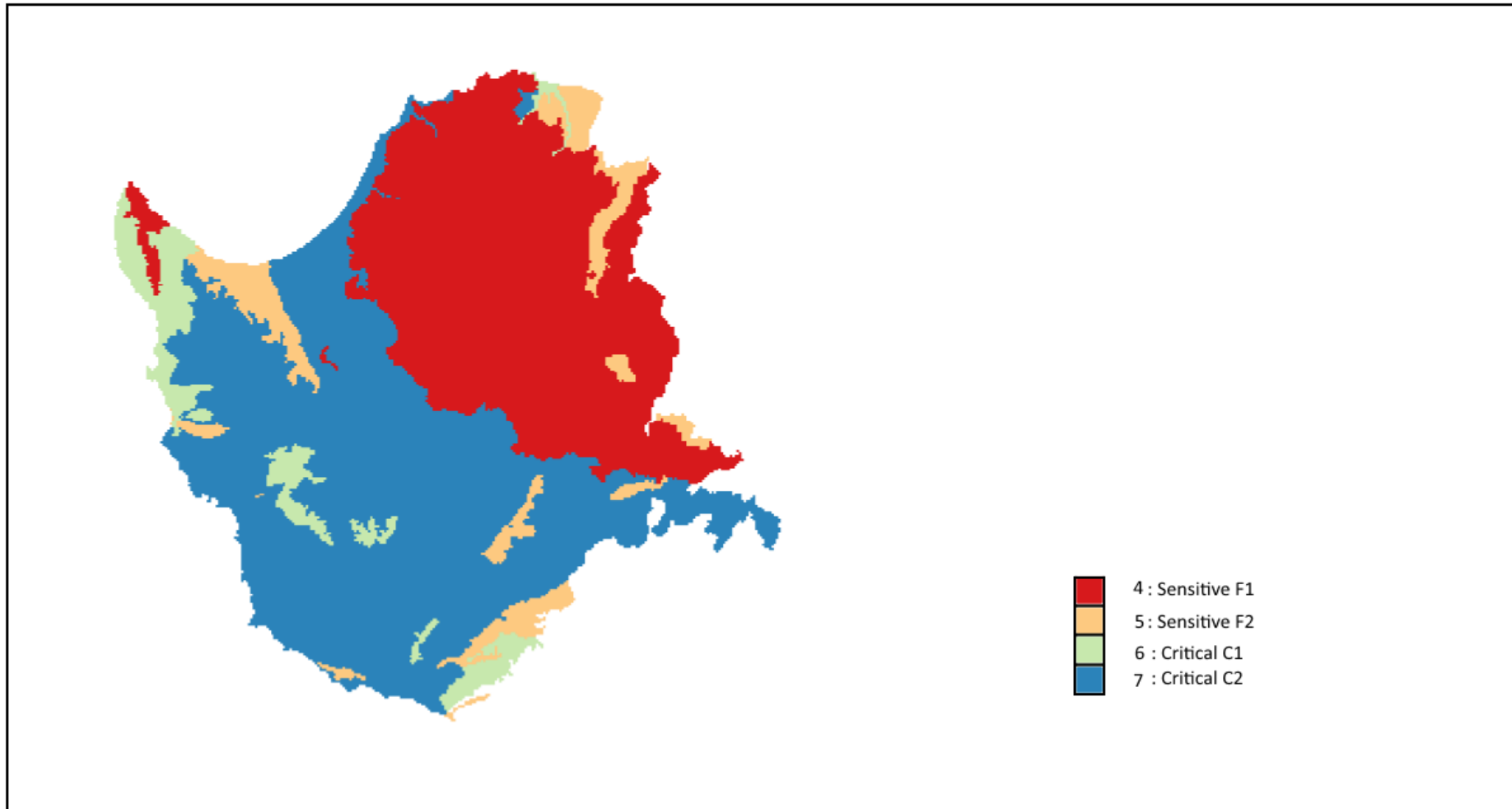
### Μελέτη υπολογισμού Αγρο-Περιβαλλοντικών δεικτών

Από την μελέτη αυτή για τον υπολογισμό 28 αγρο-περιβαλλοντικών δεικτών χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης Hemeroby (Εικόνα 3.3) που δείχνει το μέγεθος της

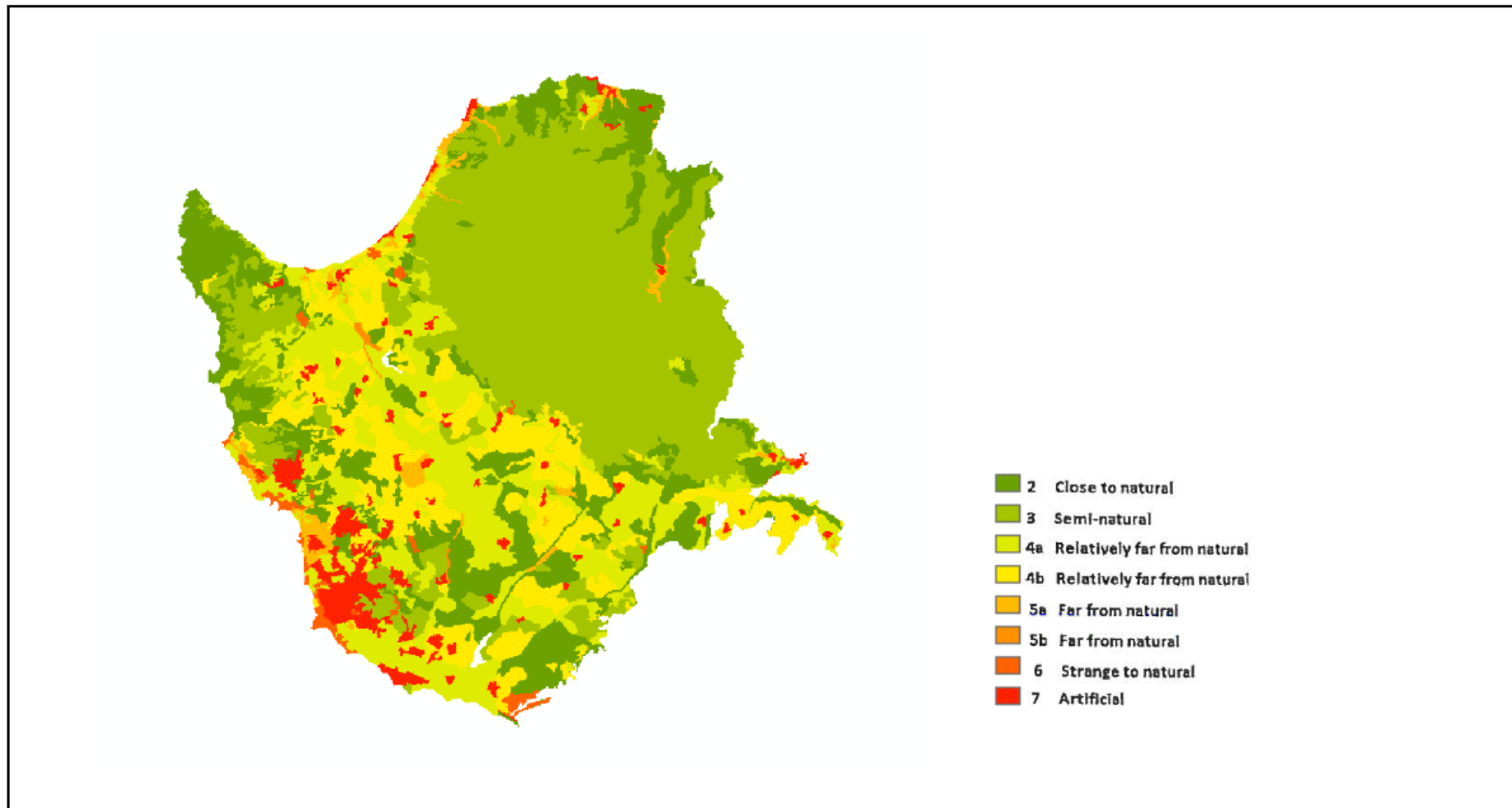
απόκλισης που παρουσιάζει η βλάστηση σε μια περιοχή λόγω ανθρωπογενών δραστηριοτήτων από την πιθανή φυσική βλάστηση που θα υπήρχε (Μαρτινού και συν., 2014). Επιλέχθηκε γιατί είναι ένδειξη της φυσικότητας της περιοχής και των πιέσεων που υφίσταται.



**Εικόνα 3.1:** Δεδομένα Corine για τις χρήσεις γης σε τρίτο επίπεδο για την έκταση που καλύπτει η περιοχή μελέτης(CORINE report)



**Εικόνα 3.2:** Δείκτης ευαισθησίας στην ερημοποίηση για την έκταση που καλύπτει η περιοχή μελέτης (I.A.C.O.Ltd, 2007).



Εικόνα 3.3: Δείκτης Heteroby για την έκταση που καλύπτει η περιοχή μελέτης (Μαρτινού και συν.. 2014)

## **3.5 Λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν για συλλογή χαρτογραφικών δεδομένων**

Για την συλλογή και επεξεργασία των χαρτογραφικών δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν δύο (2) λογισμικά. Το λογισμικό QGIS για την επεξεργασία των χαρτών και την εξαγωγή ποσοτικών πρωτογενών δεδομένων και εν συνεχεία το λογισμικό Fragstats για την εξαγωγή δευτερογενών δεδομένων-μετρικών.

### **3.5.1 QGIS**

Είναι λογισμικό ανοικτού κώδικα που παρέχεται δωρεάν και στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή χρησιμοποιήθηκε η τελευταία σταθερή έκδοση υπ' αριθμό 2.12. Έχει πλήθος λειτουργιών και εντολών για την επεξεργασία χαρτών. Οι λειτουργίες του εμπλουτίζονται συνεχώς με νέες εκδόσεις αλλά κυρίως και μέσω της ενσωμάτωσης της υποστήριξης «plugins» δηλαδή τμημάτων κώδικα που δημιουργούν οι χρήστες και μπορεί ο χρήστης να τα εγκαταστήσει ανάλογα με τις ανάγκες του. Χρησιμοποιήθηκαν στην μεταπτυχιακή διατριβή τα βασικότερα των εργαλείων του QGIS για επεξεργασία χαρτών που ήταν σε διανυσματική μορφή (vector) και για την επεξεργασία χαρτών που ήταν σε μορφή ψηφιδωτού (raster).

### **3.5.2 Fragstats**

Λογισμικό που εκδόθηκε το 1995 και έχει χρησιμοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό για των υπολογισμό μεγάλου αριθμού μετρικών του τοπίου σε κατηγοριοποιημένους χάρτες. Χρησιμοποιήθηκε για την ταχεία εξαγωγή μετρικών και δεικτών που αφορούν τα τοπία, τα μεμονωμένα κατατμήματα τους καθώς και συλλογικά των κλάσεων (τύπων κατατμημάτων).

## **3.6 Ανάλυση των αποτελεσμάτων**

Έγιναν δύο ξεχωριστές αναλύσεις για τα δύο σετ δεδομένων και ακολουθήθηκε η ίδια μεθοδολογία. Χρησιμοποιήθηκαν η μέθοδος της κατηγορικής ανάλυσης κυρίων συνιστωσών (CATPCA) λόγω του ότι και τα δύο σετ δεδομένων εμπεριείχαν και ποιοτικά δεδομένα. Χρησιμοποιήθηκαν οι πέντε (5) καταγεγραμμένες μεταβλητές από τις καταγραφές πεδίου και επτά (7) μεταβλητές από χαρτογραφικά δεδομένα.

Μέσω της αρχικής ανάλυσης σε κάθε περίπτωση απορρίφθηκαν 2 μεταβλητές από την πρώτο σετ δεδομένων και 3 μεταβλητές από το δεύτερο σετ δεδομένων. Κριτήρια για την απόρριψη μεταβλητών ήταν η υψηλή συσχέτιση ( $r > 0,6$ ) με άλλη μεταβλητή αφού θα ενίσχυε την βαρύτητα της κύριας συνιστώσας χωρίς να προσδίδει επιπλέον πληροφορία καθώς και ο βαθμός φόρτωσης των μεταβλητών στις δύο πρώτες κύριες συνιστώσες με κριτήριο να είναι  $> 0,6$ . Και στις δύο περιπτώσεις κρατήθηκαν δύο κύριες συνιστώσες με την πρώτη να εξηγεί και στα δύο σετ δεδομένων την διακύμανση τους σε ποσοστό μεγαλύτερο του  $> 50\%$ . Επίσης κρατήθηκαν για την καλύτερη απεικόνιση και γραφική ερμηνεία του διαγράμματος διασποράς.

Στη συνέχεια έγινε έλεγχος κανονικότητας για τα σκορ των ΜΤΠ όσον αφορά την πρώτη κύρια συνιστώσα ούτως ώστε να διαπιστωθεί η διάταξη τους. Ο έλεγχος κανονικότητας έγινε με τα τεστ Kolmogorov-Smirnov (K-S), Shapiro-Wilk (S-W) καθώς και οπτικού ελέγχου των ιστογραμμάτων κατανομής και των Q-Q plot. Διαπιστώθηκε ότι και στις δύο περιπτώσεις των δύο σετ δεδομένων τα σκορ δεν ακολουθούσαν κανονική κατανομή και έτσι χρησιμοποιήθηκε μη παραμετρικός έλεγχος Kruskal-Wallis όπου διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις ομάδες των ΜΠΤ ( $\text{sig} < 0,05$ ). Ακολούθως έγινε ανάλυση post hoc με έλεγχο Dunn-Bonferroni για την σύγκριση των ομάδων των ΜΠΤ ανά ζεύγη και την εύρεση στατιστικά σημαντικών διαφορών ανάμεσα τους.

# Κεφάλαιο 4

## Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα από την ανάλυση των δεδομένων χωρίζονται σε τρία μέρη. Πρώτα καταγράφονται τα αποτελέσματα με την χρήση των δεδομένων από την AXI, έπειτα τα αποτελέσματα με την χρήση χαρτογραφικών δεδομένων και τέλος τοποθετούνται συγκριτικά σε κοινούς άξονες για περαιτέρω ανάλυση και σχολιασμό

### 4.1 Αποτελέσματα εκτίμησης της οικολογικής ακεραιότητας με δεδομένα πεδίου

Η αρχική ανάλυση έγινε και με τις πέντε (5) μεταβλητές. Από τον αρχικό έλεγχο CATPCA των πέντε μεταβλητών απορρίφθηκαν οι μεταβλητές *Habitat\_continuity* και *No\_of\_main\_habitat\_types* που παρουσίασαν υψηλό συντελεστή συσχέτισης ( $r > 0,7$ ) με την μεταβλητή *Naturalness* με τιμές  $r = 0,705$  και  $r = 0,999$  αντίστοιχα και παράλληλα είχαν χαμηλότερο βαθμό φόρτωσης στην πρώτη κύρια συνιστώσα από ότι η μεταβλητή *Naturalness*. Τιμή φόρτωσης πρώτης κύριας συνιστώσας για την μεταβλητή *Naturalness* 0,96, για την μεταβλητή *Habitat\_continuity* 0,95 και για την μεταβλητή *No\_of\_main\_habitat\_types* 0,83.

Στην ανάλυση που έγινε με τις τρεις μεταβλητές που κρατήθηκαν η πρώτη κύρια συνιστώσα παρουσίασε ιδιοτιμή 1,89 με αντιπροσώπευση ποσοστού 62,83% της συνολικής διακύμανσης των τιμών και είχε θετική συσχέτιση με την μεταβλητή *Naturalness* και την μεταβλητή *Intensity\_of\_management* και αρνητική συσχέτιση με την μεταβλητή *Dominant Type*.

Η δεύτερη κύρια συνιστώσα παρουσίασε ιδιοτιμή 0,74 με αντιπροσώπευση ποσοστού 24,79% της συνολικής διακύμανσης των τιμών και είχε θετική συσχέτιση με την



μεταβλητή Dominant\_type και αρνητική συσχέτιση με την μεταβλητή Naturalness. Η μεταβλητή Intensity\_of\_management παρουσίασε χαμηλό βαθμό φόρτωσης στην δεύτερη κύρια συνιστώσα >0,3.

**Πίνακας 4.1:** Συντελεστές συσχέτισης μεταβλητών και ιδιοτιμές κυρίων συνιστωσών – αρχική ανάλυση CATPCA.

Μεταβλητή	Naturalness	Habitat_continuity	No_of_main_habitat_types	Dominant_type	Intensity_of_management
Naturalness	1.000	0,705	0,999	0,065	0,462
Habitat_continuity	0,705	1.000	0,697	-0,138	0,355
No_of_main_habitat_types	0,999	0,697	1.000	0,083	0,451
Dominant_type	0,065	-0,138	0,083	1.000	-0,328
Intensity_of_management	0,462	0,355	0,451	-0,328	1.000
Dimension	1	2	3	4	5
Eigenvalue	2,901	1,216	0,581	0,301	0,001

**Πίνακας 4.2:** Βαθμοί φόρτωσης των μεταβλητών στις δύο πρώτες κύριες συνιστώσες – αρχική ανάλυση CATPCA.

Μεταβλητή	Dimension	
	1	2
Naturalness	0,955	0,208
Habitat_continuity	0,827	-0,012
No_of_main_habitat_types	0,950	0,227
Dominant_type	-0,094	0,929
Intensity_of_management	0,628	-0,507

**Πίνακας 4.3:** Συντελεστές συσχέτισης μεταβλητών και ιδιοτιμές κυρίων συνιστωσών – τελική ανάλυση CATPCA.

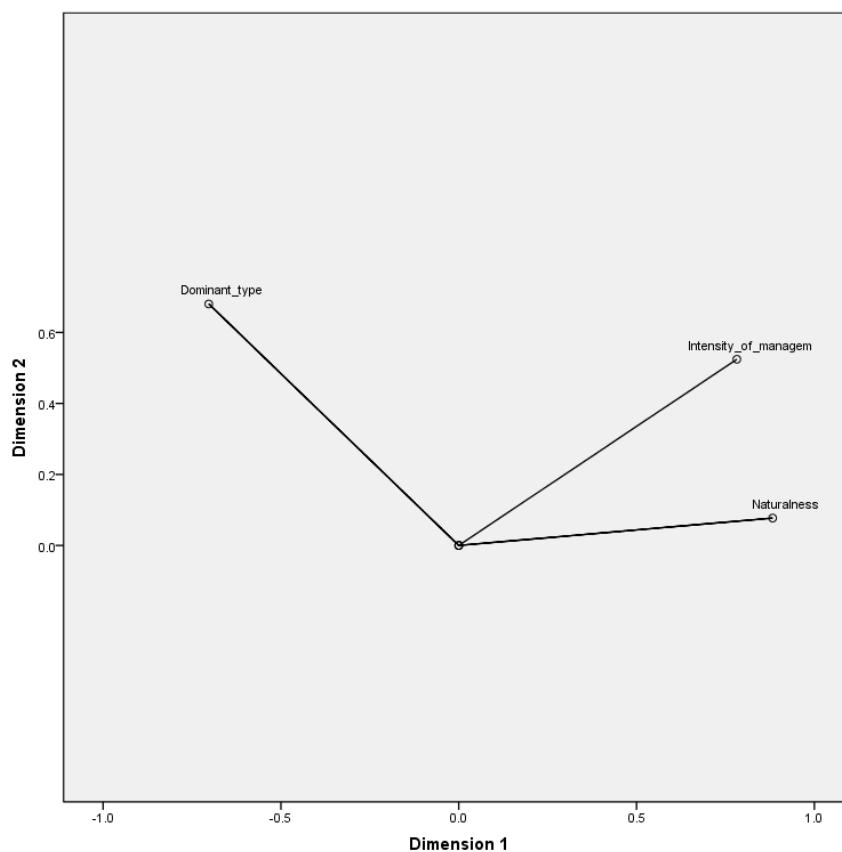
Μεταβλητή	Naturalness	Dominant_type	Intensity_of_management
Naturalness	1,000	-0,472	0,575
Dominant_type	-0,472	1,000	-0,263
Intensity_of_management	0,575	-0,263	1,000
Dimension	1	2	3
Eigenvalue	1,885	0,744	0,371

**Πίνακας 4.4:** Βαθμοί φόρτωσης των μεταβλητών στις δύο πρώτες κύριες συνιστώσες –τελική ανάλυση CATPCA.

	Dimension	
	1	2
Naturalness	.883	.077
Dominant_type	-.703	.680
Intensity_of_management	.782	.524

**Πίνακας 4.5:** Ποσοστά διακύμανσης των μεταβλητών που αντιπροσωπεύει η κάθε κύρια συνιστώσα – τελική ανάλυση CATPCA.

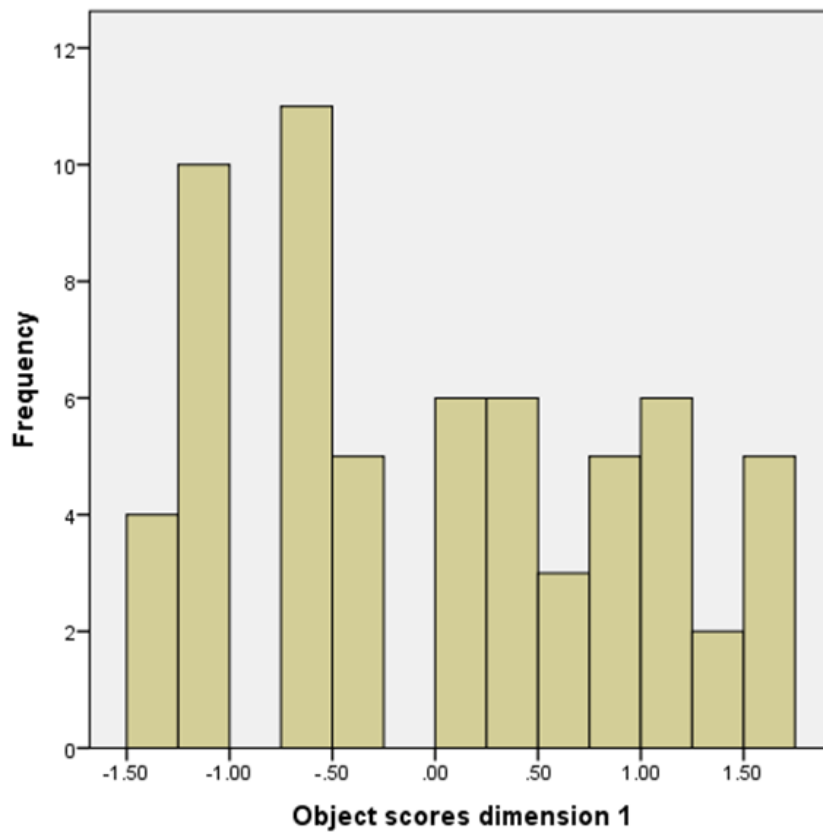
Μεταβλητή	Dimension		Σύνολο
	1	2	
Naturalness	0,779	0,006	0,785
Dominant_type	0,494	0,463	0,957
Intensity_of_management	0,612	0,275	0,887
Active Total	1,885	0,744	2,629
% of Variance	62,830	24,796	87,626



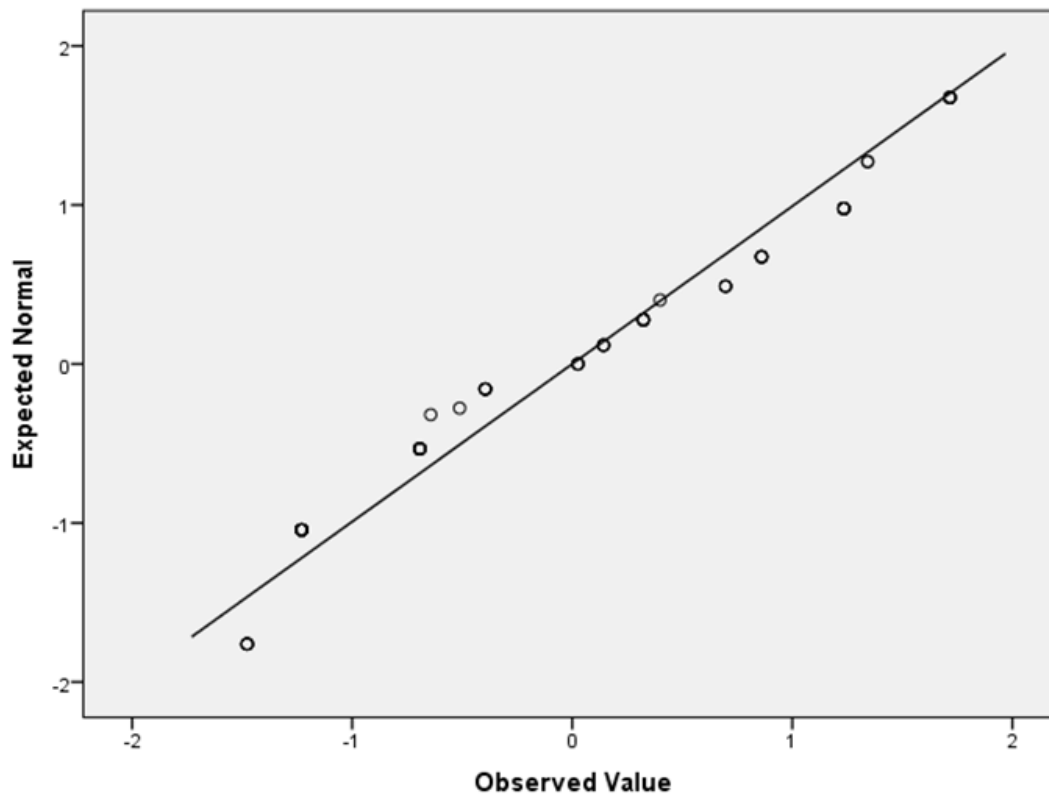
**Διάγραμμα 4.1:** Διανύσματα φόρτωσης των μεταβλητών στις PC1 και PC2.

#### 4.1.1 Χαρακτηριστικά του δείγματος για τις μεταβλητές πρώτης και δεύτερης κύριας συνιστώσας.

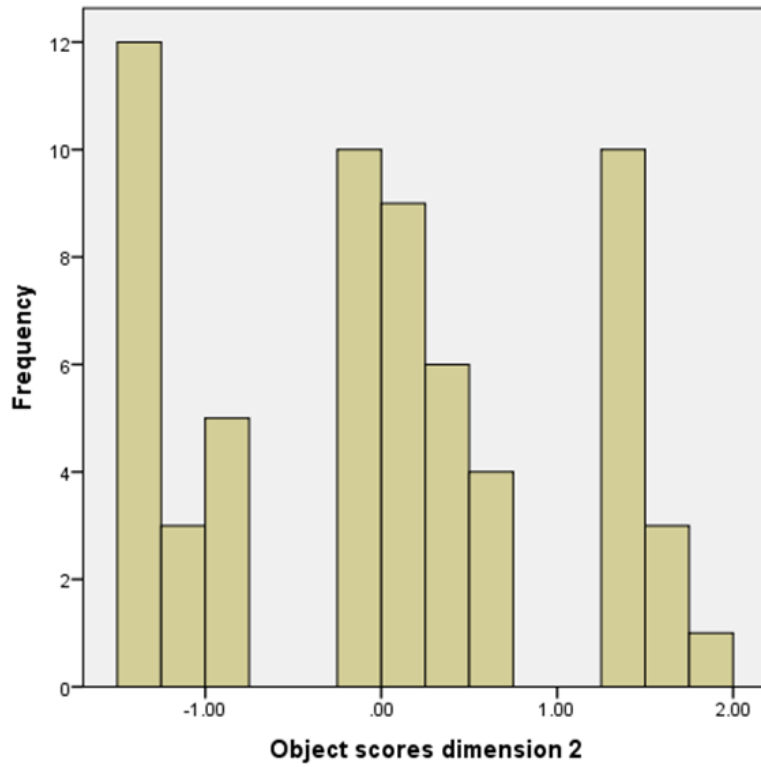
Οι τιμές του ελέγχου κανονικότητας παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $\text{sig} < 0,05$ ) της κατανομής των δειγμάτων από την κανονική κατανομή που για την πρώτη κύρια συνιστώσα ήταν  $\text{sig} = 0,011$  για το K-S τεστ και  $\text{sig} = 0,001$  για το S-W και για την δεύτερη ήταν  $\text{sig} = 0,002$  για το K-S τεστ και  $\text{sig} = 0,000$  για το S-W τεστ. Η μη κανονική κατανομή επιβεβαιώθηκε οπτικά και από το ιστόγραμμα συχνοτήτων και από τα κανονικά διαγράμματα Q-Q και για τις δύο μεταβλητές. Έτσι για την ακόλουθη ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν μη παραμετρικά τεστ.



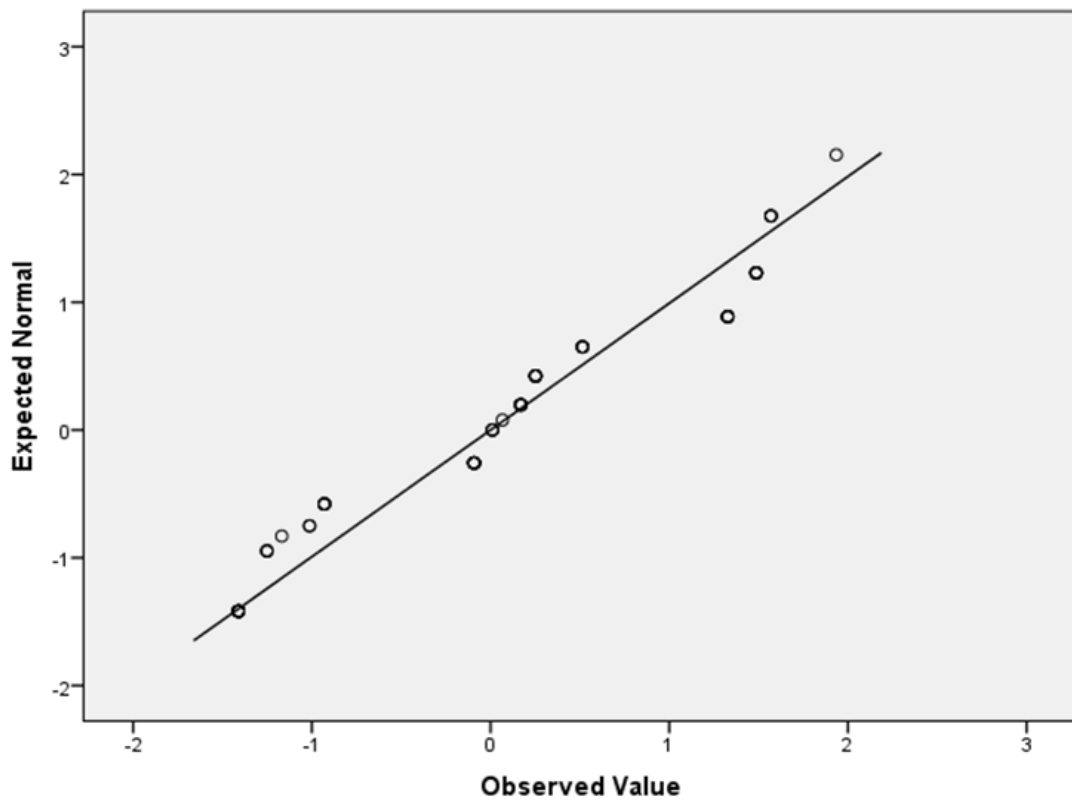
Διάγραμμα 4.2: Ιστόγραμμα συχνότητων των σκορ των ΜΙΠΤ της PC1.



Διάγραμμα 4.3: Κανονικό διάγραμμα Q-Q κατανομής των σκορ των ΜΙΠΤ της PC1.



**Διάγραμμα 4.4:** Ιστόγραμμα συχνοτήτων των σκορ των MIIT της PC2.



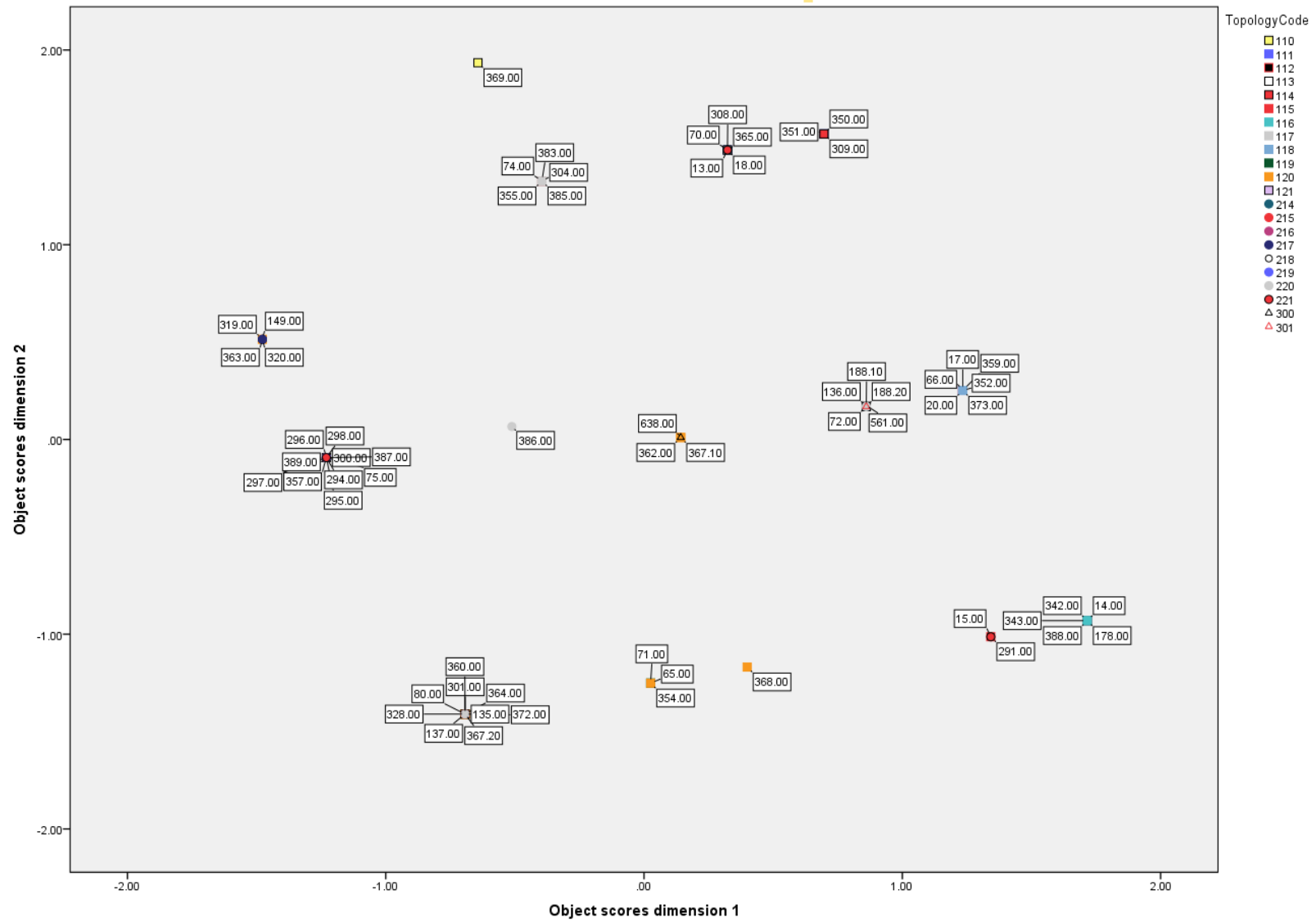
**Διάγραμμα 4.5:** Κανονικό διάγραμμα Q-Q κατανομής των σκορ των MIIT της PC2.

Με το μη παραμετρικό τεστ Kruskal-Wallis (K-W) βρέθηκε ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους διαφορετικούς τύπους τοπίων. Για την πρώτη κύρια συνιστώσα βρέθηκε τιμή sig=0,003 και για την δεύτερη sig=0,09. Έγινε ανάλυση post hoc με τον έλεγχο Dunn-Bonferroni για την πολλαπλή σύγκριση των ομάδων τοπίων ανά ζεύγη. Στον Πίνακα 4.7 παρουσιάζονται μόνο ζεύγη τοπίων με στατιστικά σημαντικές διαφορές (sig<0.05)

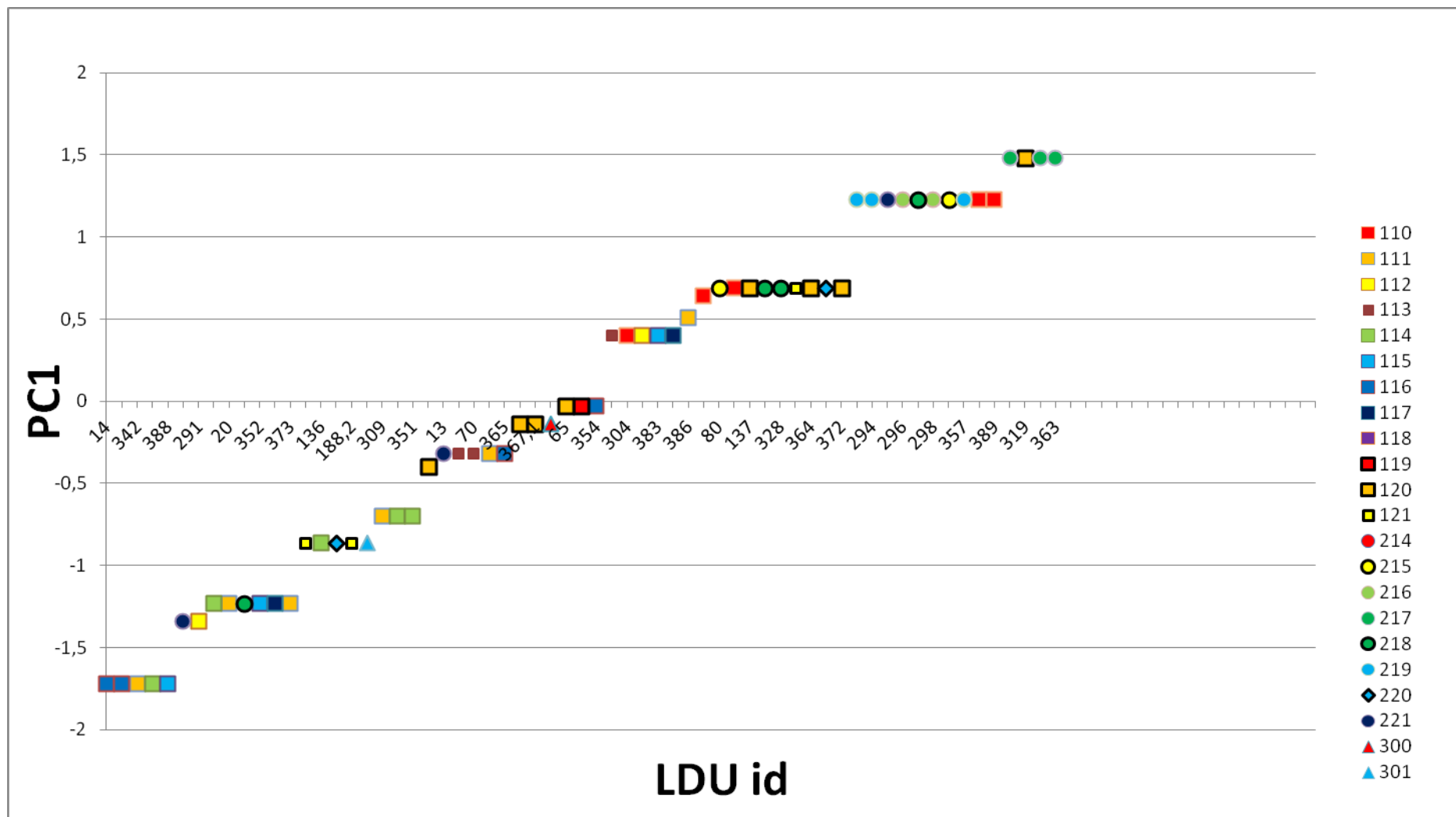
**Πίνακας 4.6:** Αποτελέσματα ελέγχου Dun-Bonferroni – στατιστικά σημαντικές διαφορές σε LCT's για το σκορ της PC1.

Κωδικός LCT	110	111	114	115	116	216	217	219	
									110: Settled hill shrublands
110		0,014	0,014		0,042				
									111: Settled hill with vineyards (terraced non terraced)
111	0,014					0,044	0,002	0,008	
									114: Settled cultivated coastal alluvial plains
114	0,014					0,044	0,002	0,008	
									115: Settled cultivated hills (coastal and non coastal)
115							0,024		
									116: Settled cultivated lowlands(coastal and non coastal)
116	0,042						0,004	0,018	
									216: Unsettled forested hills (coastal and non)
216		0,044	0,044						
									217: Unsettled forested mountains
217		0,002	0,002	0,024	0,004				
									219: Unsettled plateau shrublands
219		0,008	0,008		0,018				

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.7 στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται μεταξύ ΜΠΤ χωρίς οικισμούς με κυρίως με δασικές εκτάσεις και ΜΠΤ με οικισμούς και καλλιέργειες. Αξιοσημείωτες είναι και οι διαφορές ανάμεσα σε τοπία με οικισμούς και καλλιέργειες διαφορετικού τύπου ενώ στατιστικά μη σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις περιοχές χωρίς οικισμούς.



Διάγραμμα 4.6: Διασπορά των ΜΠΤ με άξονες την PC1 και την PC2 (ετικέτες τα ID's των ΜΠΤ)



**Διάγραμμα 4.7:** Διασπορά των ΜΠΤ για το σκορ της PC1 με ανεστραμμένα σκορ [PC1x (-1)] (για σχέση ανάλογη σκορ PC1 και οικολογικής ακεραιότητας)



Οι ΜΠΤ τοποθετήθηκαν σύμφωνα με τα σκορ τους σε διαγράμματα διασποράς 4.6 και 4.7. Όπως παρατηρείται από τα διαγράμματα συγκεκριμένοι τύποι τοπίων έχουν επαναλαμβανόμενα χαμηλά σκορ, όπως ο τύπος 114: Settled cultivated coastal alluvial plains, άλλοι έχουν συνεχή ψηλά σκορ όπως ο τύπος 217 Unsettled forested mountains και άλλοι έχουν αρκετό εύρος διακύμανσης των σκορ τους με χαμηλές αλλά και ψηλές τιμές φτάνοντας τις χαμηλότερες αλλά και τις υψηλότερες τιμές όπως ο τύπος 120 Settled hill farmlands.

## 4.2 Αποτελέσματα εκτίμησης της οικολογικής ακεραιότητας με χαρτογραφικά δεδομένα

Η αρχική ανάλυση έγινε και με τις έξι (6) μεταβλητές. Από τον αρχικό έλεγχο CATPCA των έξι μεταβλητών απορρίφθηκαν οι μεταβλητές Hemeroby και ENN\_MN (ευκλείδια μέση απόσταση λόγω του σχετικά χαμηλού βαθμού φόρτωσης που είχαν στις δύο πρώτες κύριες συνιστώσες (PC1 και PC2). Οι υπόλοιπες τέσσερις (4) μεταβλητές εμφάνισαν υψηλό βαθμό φόρτωσης και χαμηλό συντελεστή συσχέτισης (r) και έτσι κρατήθηκαν για την περαιτέρω ανάλυση.

**Πίνακας 4.7:** Συντελεστές συσχέτισης μεταβλητών και ιδιοτιμές κυρίων συνιστωσών – αρχική ανάλυση CATPCA

Μεταβλητή	Desertificatio n	Hemeroby	Fragmentation (Reiza's fragmentation Index)	SIEI (Simpson's Evennes Index)	Natural_Habit at (Corine classes 31 and 32)	ENN_MN (Ευκλείδια μέση απόσταση)
Desertification	1,000	0,258	-0,024	-0,165	-0,490	-0,013
Hemeroby	0,258	1,000	-0,016	-0,031	-0,180	-0,006
Fragmentation Reiza's fragmentation Index	-0,024	-0,016	1,000	0,610	-0,329	0,535
SIEI Simpson's Evennes Index	-0,165	-0,031	0,610	1,000	-0,374	0,335
Natural_Habitat Corine classes 31 and 32	-0,490	-0,180	-0,329	-0,374	1,000	-0,242
ENN_MN	-0,013	-0,006	0,535	0,335	-0,242	1,000
Dimension	1	2	3	4	5	6
Eigenvalue	2,250	1,555	0,828	0,707	0,394	0,266

**Πίνακας 4.9:** Βαθμοί φόρτωσης των μεταβλητών στις δύο πρώτες κύριες συνιστώσες – αρχική ανάλυση CATPCA.

	Dimension	
	1	2
Desertification	-0,153	0,856
Hemeroby	-0,094	0,599
Fragmentation Reiza's fragmentation Index	-0,842	-0,230
SIEI Simpson's Evenness Index	-0,771	-0,287
Natural_Habitat Corine classes 31 and 32	0,660	-0,541
ENN_MN	-0,692	-0,187

Στην ανάλυση που έγινε με τις τέσσερις μεταβλητές που κρατήθηκαν η πρώτη κύρια συνιστώσα παρουσίασε ιδιοτιμή 1,89 με αντιπροσώπευση ποσοστού 47,32% της συνολικής διακύμανσης των τιμών και είχε αρνητικές συσχετίσεις με τις μεταβλητές Fragmentation index και SIEI και θετική με την μεταβλητή Natural\_habitat ενώ η συσχέτιση με την μεταβλητή Desertification ήταν χαμηλού βαθμού.

Η δεύτερη κύρια συνιστώσα παρουσίασε ιδιοτιμή 1,38 με αντιπροσώπευση ποσοστού 34,50% της συνολικής διακύμανσης των τιμών και είχε θετική συσχέτιση με την μεταβλητή Dominant\_type και θετική συσχέτιση με την μεταβλητή Desertification και αρνητική συσχέτιση με την μεταβλητή Natural\_habitat ενώ οι μεταβλητές Fragmentation\_Index και SIEI παρουσίασαν χαμηλό βαθμό φόρτωσης στην δεύτερη κύρια συνιστώσα >0,4.

**Πίνακας 4.10:** Συντελεστές συσχέτισης μεταβλητών και ιδιοτιμές κυρίων συνιστωσών – τελική ανάλυση CATPCA.

	Desertification	Fragmentation Reiza's fragmentation Index	SIEI Simpson's Evennes Index	Natural_Habitat Corine classes 31 and 32
Desertification	1.000	-.047	-.224	-.462
Fragmentation Reiza's fragmentation Index	-.047	1.000	.610	-.329
SIEI Simpson's Evennes Index	-.224	.610	1.000	-.374
Natural_Habitat Corine classes 31 and 32	-.462	-.329	-.374	1.000
Dimension	1	2	3	4
Eigenvalue	1.893	1.380	.463	.264

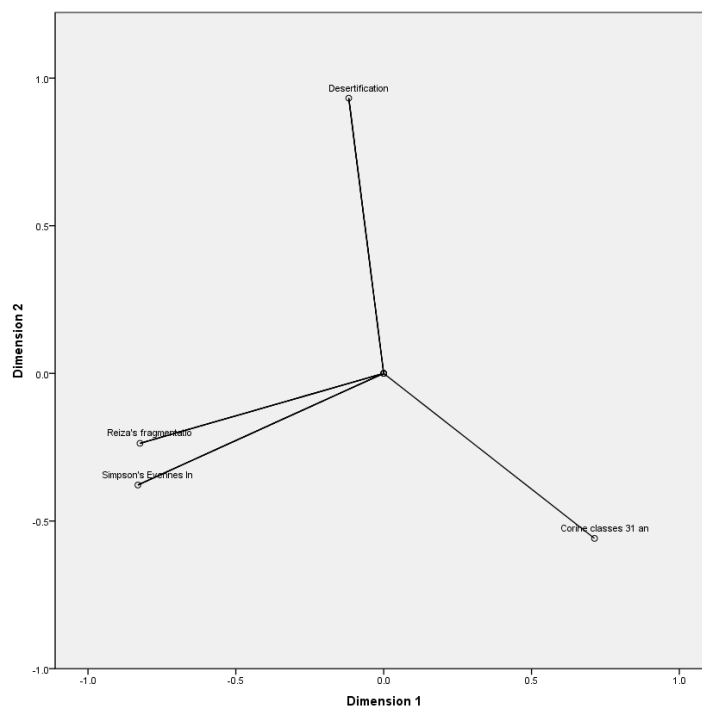
**Πίνακας 4.11:** Ποσοστά διακύμανσης των μεταβλητών που αντιπροσωπεύει η κάθε κύρια συνιστώσα – τελική ανάλυση CATPCA.

	Dimension		Total
	1	2	
Desertification	0,014	0,869	0,883
Fragmentation Reiza's fragmentation Index	0,679	0,056	0,736
SIEI Simpson's Evennes Index	0,691	0,143	0,834
Natural_Habitat Corine classes 31 and 32	0,508	0,312	0,821
Active Total	1,893	1,380	3,273
% of Variance	47,325	34,500	81,824

**Πίνακας 4.12:** Βαθμοί φόρτωσης των μεταβλητών στις δύο πρώτες κύριες συνιστώσες –τελική ανάλυση CATPCA.

	Dimension	
	1	2
Desertification	-0,118	0,932
Fragmentation Reiza's fragmentation Index	-0,824	-0,237
SIEI Simpson's Evennes Index	-0,831	-0,378
Natural_Habitat Corine classes 31 and 32	0,713	-0,559

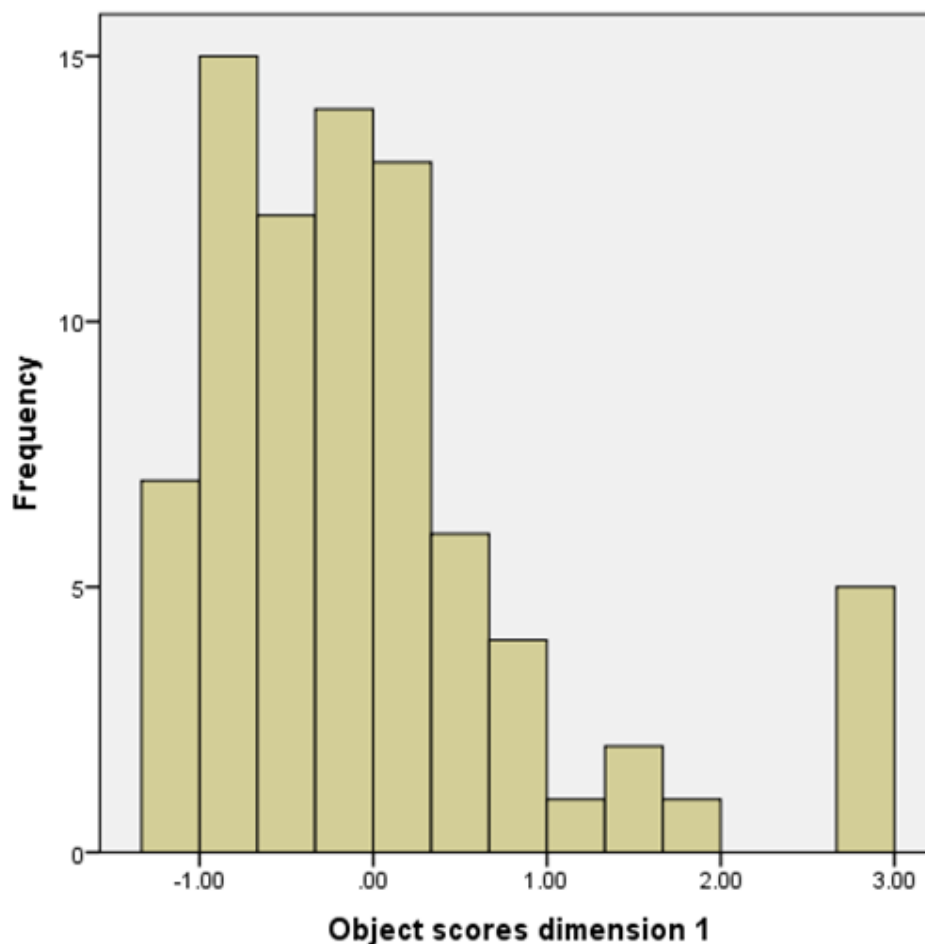
Με τις δύο κύριες συνιστώσες αντιπροσωπεύεται το 81,85% της συνολικής διακύμανσης των τιμών του συνόλου των τεσσάρων μετρικών οικολογικής ακεραιότητας που επιλέχθηκαν. Στην πρώτη κύρια μεταβλητή από αριστερά προς δεξιά παρουσιάζεται βαθμιδωτά αύξηση του ποσοστού κάλυψης φυσικών οικοτόπων, μείωσης του κατακερματισμού και μείωσης της ομοιόμορφης κατανομής της έκτασης στα κατατμήματα. Από κάτω προς τα πάνω παρουσιάζεται κυρίως αύξηση του δείκτη ερημοποίησης όπως και μείωση του ποσοστού κάλυψης φυσικών οικοτόπων.



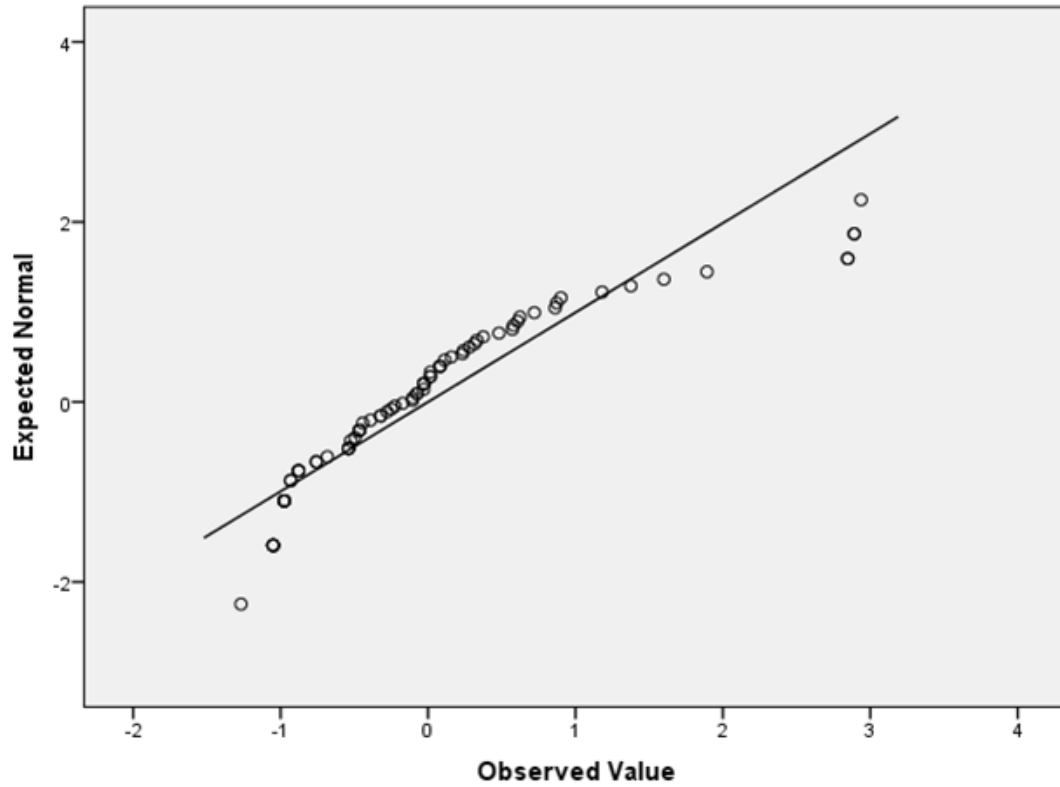
**Διάγραμμα 4.8:** Διανύσματα φόρτωσης των μεταβλητών στις PC1 και PC2.

#### 4.2.1 Χαρακτηριστικά του δείγματος για τις μεταβλητές πρώτης και δεύτερης κύριας συνιστώσας.

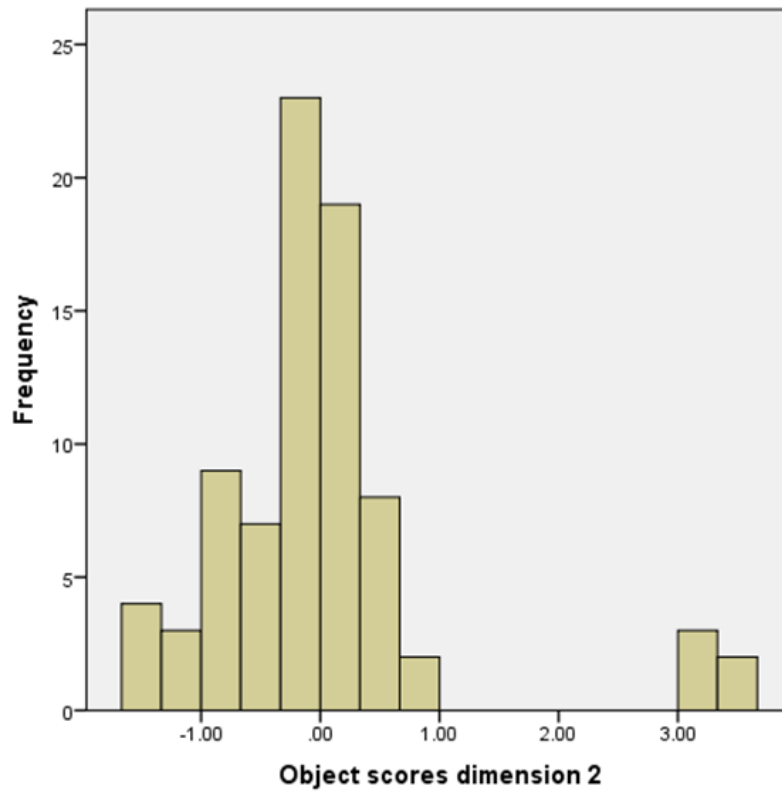
Οι τιμές του ελέγχου κανονικότητας παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $\text{sig} < 0,05$ ) της κατανομής των δειγμάτων από την κανονική κατανομή που και για τις δύο κύριες συνιστώσες οι τιμές ήταν  $\text{sig} = 0,000$  για το K-S τεστ και  $\text{sig} = 0,000$  για το S-W τεστ. Η μη κανονική κατανομή επιβεβαιώθηκε οπτικά και από το ιστόγραμμα συχνοτήτων και από τα κανονικά διαγράμματα Q-Q και για τις δύο μεταβλητές. Έτσι για την ακόλουθη ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν μη παραμετρικά τεστ.



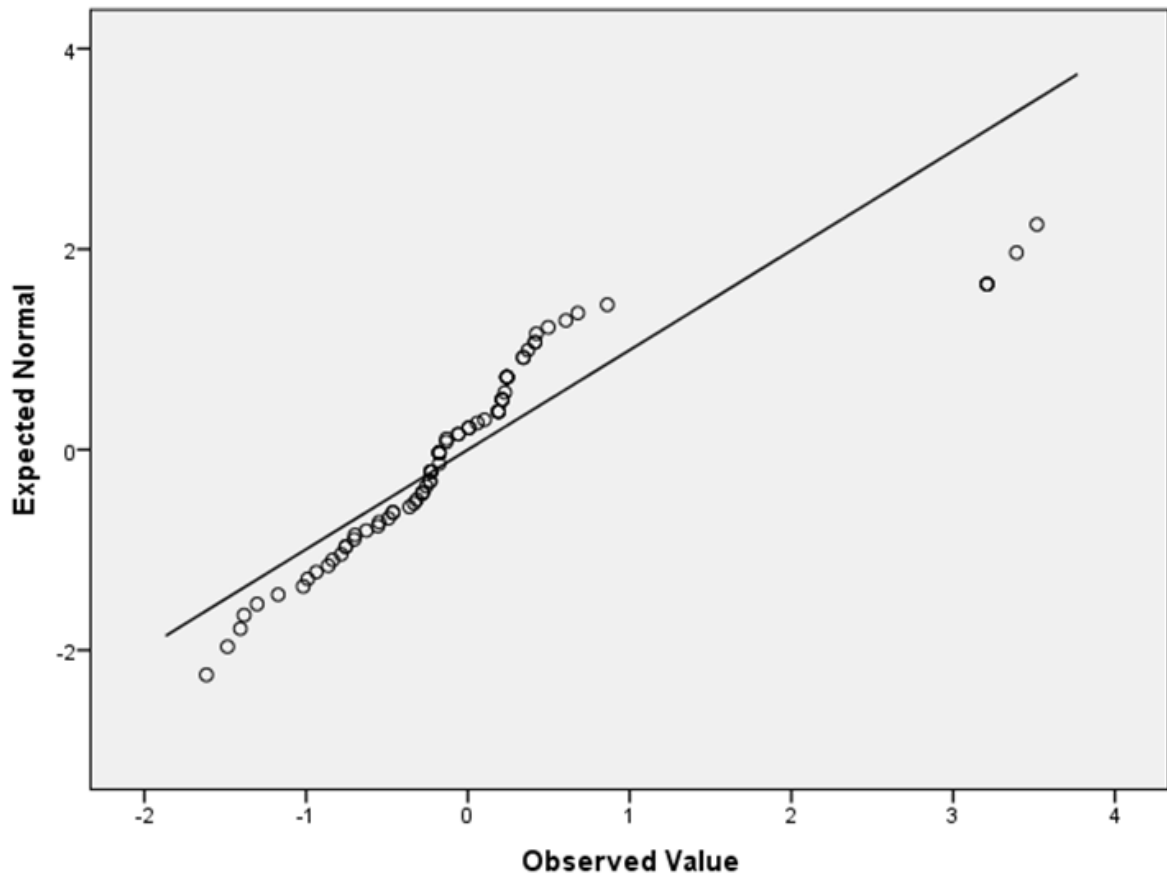
**Διάγραμμα 4.9:** Ιστόγραμμα συχνοτήτων των σκορ των ΜΠΤ της PC1.



**Διάγραμμα 4.10:** Κανονικό διάγραμμα Q-Q κατανομής των σκορ των ΜΠΤ της PC1.



**Διάγραμμα 4.11:** Ιστόγραμμα συχνοτήτων των σκορ των ΜΠΤ της PC2.



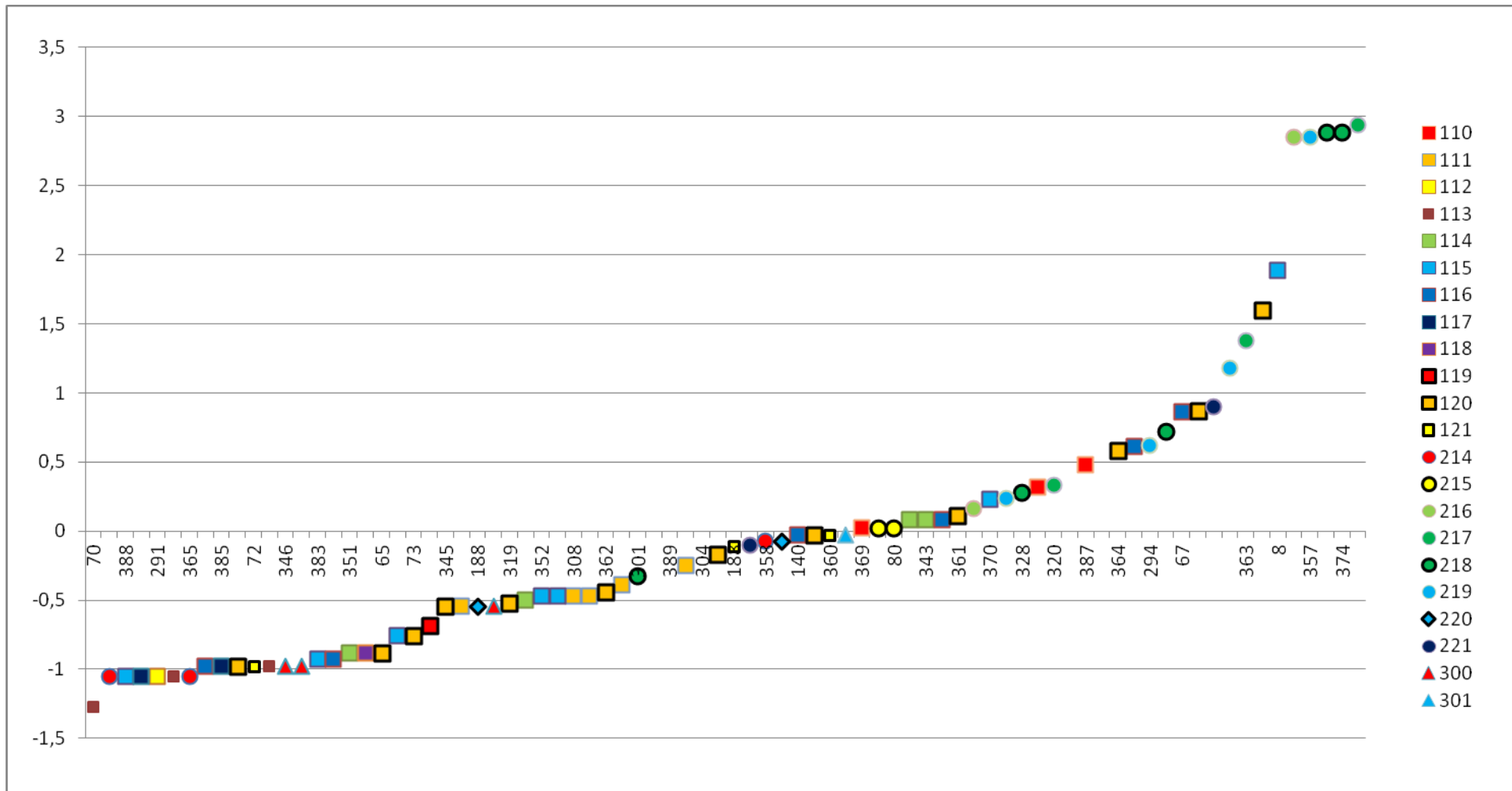
**Διάγραμμα 4.12:** Κανονικό διάγραμμα Q-Q κατανομής των σκορ των ΜΠΤ της PC2.

Με το μη παραμετρικό τεστ Kruskal-Wallis (K-W) βρέθηκε ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους διαφορετικούς τύπους τοπίων μόνο για την πρώτη κύρια συνιστώσα με τιμή  $\text{sig}=0,005$  ενώ για την δεύτερη η τιμή  $\text{sig}=0,09$  δείχνει την μη παρουσία στατιστικά σημαντικών διαφορών. Έγινε ανάλυση post hoc με τον έλεγχο Dunn-Bonferroni για την πολλαπλή σύγκριση των ομάδων τοπίων ανά ζεύγη.

Βάση της ομαδοποίησης που έγινε παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα μόνο ανάμεσα στους κωδικούς ομάδων τοπίων 113: Settled valley floor farmlands με 217: Unsettled forested mountains με  $\text{sig}=0,05$  και 113: Settled valley floor farmlands με 218: Unsettled hill shrublands (coastalhigh hill and non) με  $\text{sig}=0,05$ .





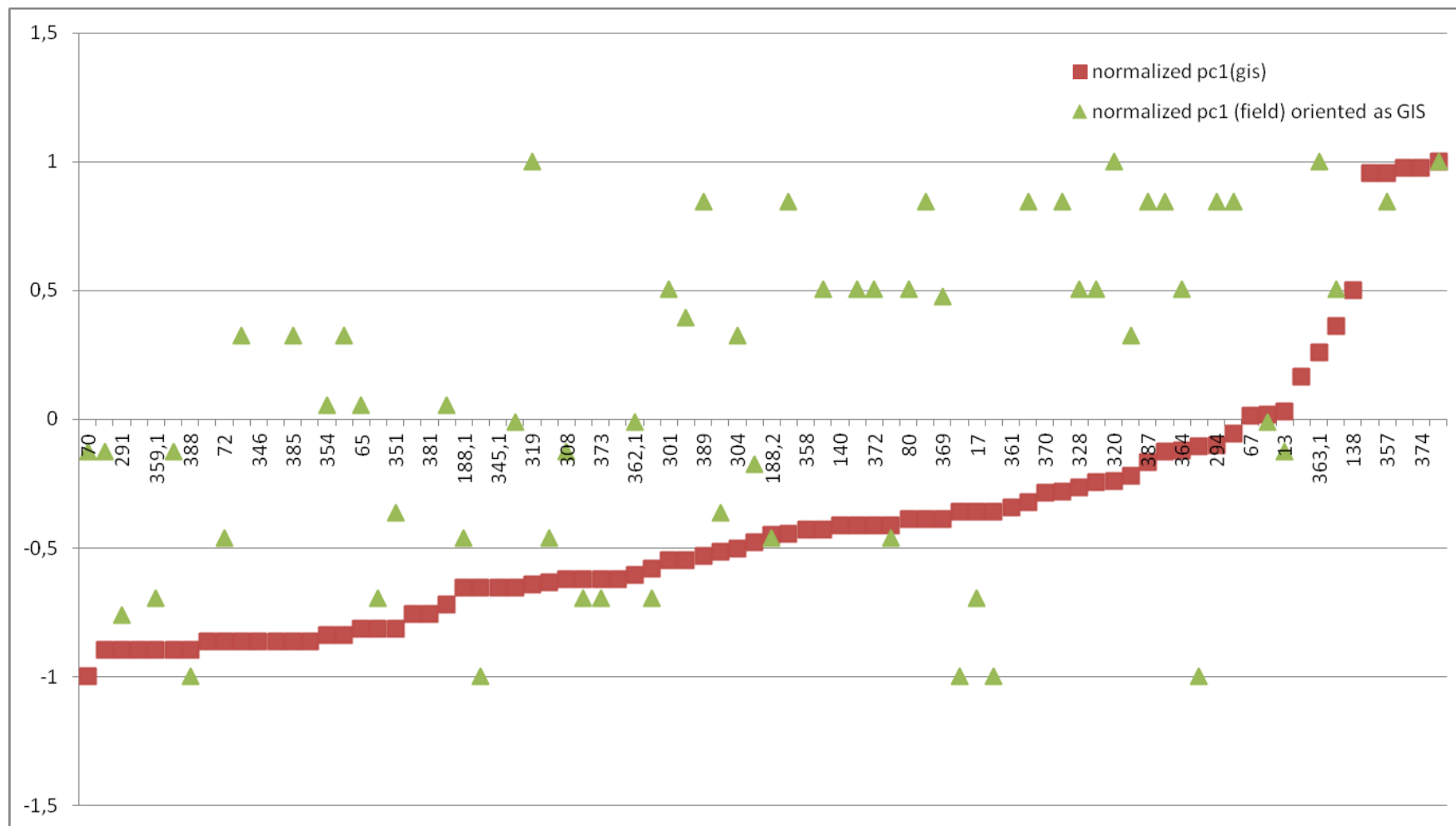


**Διάγραμμα 4.14:** Διασπορά των ΜΠΤ για το σκορ της PC1.

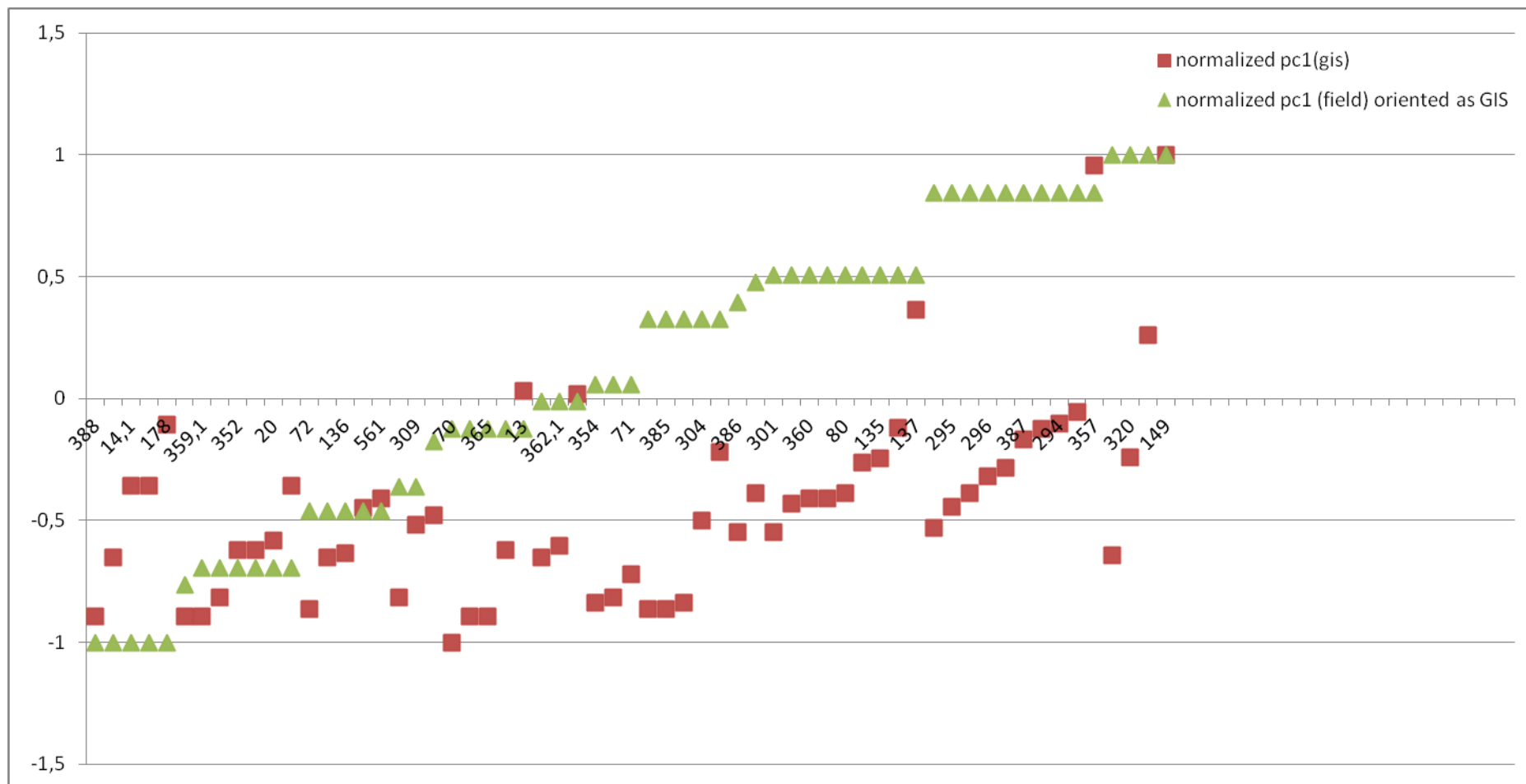
Οι ΜΠΤ τοποθετήθηκαν σύμφωνα με τα σκορ τους σε διαγράμματα διασποράς 4.13 και 4.14. Δημιουργείται διάκριση όσον αφορά κάποιους τύπους ΜΠΤ όπως οι τύποι 216: Unsettled forested hills (coastal and non), και 217: Unsettled forested mountains ενώ σε αρκετούς άλλους τύπους παρατηρείται έντονη διακύμανση τόσο σε ψηλά όσο και σε χαμηλά σκορ όπως π.χ. στους τύπους 115: Settled cultivated hills (coastal and non coastal) και 120: Settled hill farmlands

### **4.3 Συγκριτική παρουσίαση αποτελεσμάτων από τις δύο μεθόδους.**

Όπως φαίνεται από τα διαγράμματα 4.14 και 4.15 μεταξύ των δύο μεθόδων υπάρχουν αποκλίσεις των σκορ των δύο PC1 για τα ίδια LDU's. Συγκλίσεις παρουσιάζονται στα δύο άκρα των PC1 και από τις δύο μεθόδους. Κοινά LDU's παρουσιάζουν επικάλυψη ανάμεσα στα σκορ τους ανάμεσα στις δύο προσεγγίσεις και αυτό παρατηρείται έντονα τόσο σε χαμηλά αρνητικά και σε ψηλά θετικά σκορ των δύο PC1. Έντονη απόκλιση των σκορ μπορεί να παρατηρηθεί ευκολότερα στο διάγραμμα 4.15 όπου τοπία με σκορ της PCF1 κοντά στο μηδέν ή και θετικά παρουσιάζονται κατά κύριο λόγο με αρνητικά σκορ της PCG1.



**Διάγραμμα 4.14:** Διασπορά των ΜΠΤ για το σκορ της PC1 (χαρτογραφικών δεδομένων) και PC1 [δεδομένων πεδίου και με συντελεστή  $x(-1)$ ], με τυποποιημένα σκορ -1 μέχρι +1 και με διάταξη αναφοράς τα αποτελέσματα από τα χαρτογραφικά δεδομένα.



**Διάγραμμα 4.15:** Διασπορά των ΜΠΤ για το σκορ της PC1 (χαρτογραφικών δεδομένων) και PC1 [δεδομένων πεδίου και με συντελεστή  $x(-1)$ ], με τυποποιημένα σκορ -1 μέχρι +1 και με διάταξη αναφοράς τα αποτελέσματα από τα δεδομένα πεδίου.

# Κεφάλαιο 5

## Συζήτηση – Συμπεράσματα – Εισηγήσεις

Με την παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή πραγματοποιήθηκε τόσο εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης των ΜΠΤ της επαρχίας Πάφου όσο και εκτίμηση των δύο εναλλακτικών αλλά και συμπληρωματικών μεθόδων με τις οποίες πραγματοποιήθηκε αυτό, εντάσσοντας την στο ευρύτερο πλαίσιο ανάπτυξης μεθόδων αξιολόγησης της κατάστασης των τοπίων της Μεσογείου. Οι δύο μέθοδοι, που διέφεραν στην προέλευση των δεδομένων, πεδίου και χαρτογραφικών αλλά και της φύσης τους, ποιοτικών και ποσοτικών, έδειξαν να διαβαθμίζουν τα τοπία από το σύνολο του δείγματος και στις δύο περιπτώσεις. Παρουσίασαν συγκλίσεις των αποτελεσμάτων τους, ιδιαίτερα σε τοπία που τοποθετούνταν στα άκρα του φάσματος της οικολογικής ακεραιότητας αλλά και αποκλίσεις σε τοπία στο μέσο του φάσματος.

### 5.1 Συζήτηση και Συμπεράσματα

Στον μεσογειακό χώρο υπάρχει ανάπτυξη στο τομέα της οικολογίας τοπίου. Γίνεται έρευνα όσον αφορά κυρίως στον τομέα της Αξιολόγησης του Χαρακτήρα του Τοπίου που αποτελεί πρωταρχικά ένα εργαλείο ταξινόμησης και περιγραφής των τοπίων (Jaber, et al., 2015) αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν εργαλείο για την εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης τους (Vogiatzakis, et al., 2015).

Η εκτιμήσεις για την οικολογική κατάσταση των τοπίων έχουν ενδιαφέρον αφού οι πιέσεις και οι διαταραχές που εμφάνισαν τα πρότυπα που παρατηρούνται αλλάζουν και τα ίδια τα τοπία αποκρίνονται με ποικιλόμορφους τρόπους έναντι σε αυτούς τους παράγοντες. Οι μέχρι τώρα διαχειριστικές προσπάθειες σημαντικών οικοσυστημάτων

και η χάραξη πολιτικής στην με τοπικά σχέδια και με την δήλωση πολιτικής πρέπει να περιλαμβάνει τις παραμέτρους που εμπεριέχουν τον χαρακτήρα της κάθε περιοχής καθώς και τις διάφορες πτυχές των τοπίων.

Με την παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή έγινε ανάλυση της οικολογικής ακεραιότητας των τοπίων της επαρχίας Πάφου. Ανάλογη εκτίμηση της οικολογικής ακεραιότητας σε τοπία της Κύπρου έχει πραγματοποιηθεί στην μελέτη των Vogiatzakis et al. (2015) με σύγκριση της οικολογικής ακεραιότητας ανάμεσα σε τοπία τριών διαφορετικών τύπων σε παγκύπρια κλίμακα και με οικολογικά χαρακτηριστικά τους που καταγράφηκαν με εργασία εντός πεδίου και παρουσιάζοντας διαβάθμιση της οικολογικής του ακεραιότητας. Επιπρόσθετα στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή χρησιμοποιήθηκαν και υφιστάμενα χαρτογραφικά δεδομένα για την ανάπτυξη δεύτερης μεθόδου. Συγκρινόμενες οι δύο μέθοδοι παρουσίασαν συγκλίσεις αλλά και αποκλίσεις στα αποτελέσματά τους. Η διαβάθμιση που εμφανίστηκε στα αποτελέσματα και των δύο μεθόδων αντιπροσωπεύει σε μεγάλο βαθμό την οικολογική ακεραιότητα.

Η διαβάθμιση της οικολογικής ακεραιότητας των τοπίων της επαρχίας Πάφου παρουσιάζει ως καθοριστικό παράγοντα που δημιουργεί στατιστικά σημαντικές διαφορές την ανθρώπινη παρουσία στα τοπία υπό την μορφή οικισμών. Η παρουσία στατιστικά σημαντικών διαφορών παρουσιάστηκε και κατά τις δύο μεθόδους διαφοροποιώντας σε δύο ομάδες τα τοπία Settled και Unsettled δείχνοντας και την αξιοπιστία των επιλεχθέντων μετρικών για την εκπροσώπηση της οικολογικής ακεραιότητας. Επίσης παρουσιάστηκε σύγκλιση των αποτελεσμάτων και από τις δύο μεθόδους ειδικά σε τοπία με μικρό βαθμό οικολογικής ακεραιότητας και σε τοπία με μεγάλο βαθμό οικολογικής ακεραιότητας.

Σύμφωνα με την ανάλυση των δεδομένων πεδίου τα τοπία διαβαθμίστηκαν βάση των μεταβλητών Naturalness, Dominant type και Intensity of management. Η πρώτη κύρια συνιστώσα έδειξε την διαβάθμιση της οικολογικής ακεραιότητας ανάμεσα στις ΜΠΤ αλλά και ανάμεσα στους LCT's. Τοπία με την μικρότερη αρνητική τιμή (μεγαλύτερη απόλυτη τιμή) στην πρώτη κύρια συνιστώσα ήταν τα πιο οικολογικά ακέραια αφού παρουσίαζαν μεγάλη φυσικότητα, μικρή ένταση διαχείρισης και δασικό κυρίαρχο τύπο βλάστησης. Τοπία με την μεγαλύτερη οικολογική ακεραιότητα ήταν κατά κύριο λόγο αυτά των τύπων Unsettled forested mountains (217), Unsettled plateau shrublands (219) και Unsettled forested hills (coastal and non) (216). Αντίθετα τοπία με την μεγαλύτερη θετική τιμή ήταν τα λιγότερο οικολογικά ακέραια με μικρή φυσικότητα, μεγάλη ένταση

διαχείρισης και με κυρίαρχο τύπο βλάστησης τα ποώδη φυτά. Τοπία με την μικρότερη οικολογική ακεραιότητα ήταν κατά κύριο λόγο αυτά των τύπων Settled cultivated valley floors (118), Settled cultivated coastal lowlands (116), Settled cultivated coastal alluvial plains (114) και Settled terraced hill with vineyards (111).

Όπως διαπιστώθηκε ορισμένοι τύποι τοπίων όπως ο τύπος 120: Settled hill farmlands παρουσίασαν αρκετή ετερογένεια των ΜΤΠ που περιλαμβάνουν από μέτρια μέχρι πολύ ψηλά σκορ όμοια με των δασικών τοπίων που σε κάθε περίπτωση είχαν το μέγιστο σκορ. Διαπιστώθηκε ότι με την προσέγγιση για την εκτίμηση της οικολογικής ακεραιότητας με δεδομένα πεδίου από την LCA ότι δημιουργήθηκε μια ικανή διαβάθμιση που θα μπορούσε ο μελετητής να χρησιμοποιήσει για να εκτίμηση της οικολογικής ακεραιότητας του τοπίου. Φαίνεται ότι η τυποποίηση των καταγραφών σε συνάρτηση με την αίσθηση του τόπου που δέχεται ο εκάστοτε μελετητής κατά τις καταγραφές πεδίου είναι ικανές να αποδώσουν σε μεγάλο βαθμό, τουλάχιστον συγκριτικά, τις διαβαθμίσεις από τα οικολογικά αkéραια τοπία ως τα μη οικολογικά ακέραια δημιουργώντας και την κατάλληλη διαβάθμιση στο μέσο της κλίμακας.

Επίσης η ομαδοποίηση των τοπίων σύμφωνα με τον τύπο τους έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά την μεταξύ τους οικολογική ακεραιότητα. Η οικολογική ακεραιότητα σε εννέα τύπους τοπίων διέφερε στατιστικά σημαντικά από 1 μέχρι 4 άλλους τύπους τοπίων.

Με την χρήση των χαρτογραφικών στην ανάλυση τα τοπία διαβαθμίστηκαν βάση των μεταβλητών Desertification, Fragmentation Index (FI), Simpson's Evenness Index (SIEI) και Natural Habitat cover. Τοπία με την μεγαλύτερη θετική τιμή στη πρώτη κύρια συνιστώσα ήταν τα πιο οικολογικά ακέραια αφού παρουσίαζαν μεγάλη κάλυψη σε φυσικά ενδιατήματα (κωδικοί 31 και 32 του Corine Land Cover 2006), μικρό βαθμό κατακερματισμού, μικρό βαθμό του δείκτη ομοιομορφίας του Simpson στην πρώτη κύρια συνιστώσα (και συμπληρωματικά μικρό βαθμό ερημοποίησης στην δεύτερη κύρια συνιστώσα). Αυτές οι συνδυασμένες μετρικές αντιπροσωπεύουν ένα φυσικό τοπίο με μικρό βαθμό κατακερματισμού (FI) και με μικρό βαθμό ομοιομορφίας των κατατμημάτων (SIEI) δείχνοντας ότι και ο όποιος κατακερματισμός υπάρχει η μεγαλύτερη έκταση του τοπίου εξακολουθεί να καλύπτεται από ενιαία μεγάλα κατατμήματα. Τοπία με την μεγαλύτερη οικολογική ακεραιότητα ήταν κατά κύριο λόγο αυτά των τύπων Unsettled forested mountains (217), Unsettled hill shrublands (coastal,

high hill and non) (218) Unsettled plateau shrublands (219) και Unsettled forested hills (coastal and non) (216).

Στο άλλο άκρο τοπία με την μικρότερη αρνητική τιμή (μεγαλύτερη απόλυτη τιμή) ήταν τα λιγότερο οικολογικά ακέραια με μικρή κάλυψη σε φυσικά ενδιατήματα (κωδικοί 31 και 32 του Corine Land Cover 2006), μεγάλο βαθμό κατακερματισμού και μεγάλο βαθμό του δείκτη ομοιομορφίας του Simpson στην πρώτη κύρια συνιστώσα (και συμπληρωματικά μεγάλο βαθμό ερημοποίησης στην δεύτερη κύρια συνιστώσα). Τοπία με την μικρότερη οικολογική ακεραιότητα ήταν κατά κύριο λόγο αυτά των τύπων Settled valley floor farmlands (113), Settled cultivated terraced hills (117), Settled cultivated valley floors (118) και Settled terraced hill with vineyards (111).

Η ομαδοποίηση των τοπίων σύμφωνα και με τον τύπο τους έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά την οικολογική τους ακεραιότητα μόνον ανάμεσα σε δύο ζεύγη τύπων τοπίου, με την μεγαλύτερη απόκλιση του μέσου όρου, του τύπου 113 με την χαμηλότερη οικολογική ακεραιότητα με αυτά του τύπου 217 και 218 με την υψηλότερη οικολογική ακεραιότητα, χωρίς να δείχνει την απαραίτητη ευαισθησία για τον εντοπισμό στατιστικά σημαντικών διαφορών ανάμεσα στους διαφορετικούς τύπους τοπίου.

Φαίνεται ότι η μέθοδος μέσω χαρτογραφικών δεδομένων που είναι επί τους παρόντος διαθέσιμα και χρησιμοποιήθηκαν υστερεί σε αρκετό βαθμό για να έχει αξία χρήσης στο παρόν στάδιο. Παρόλη την αφθονία των δεδομένων και τις ακρίβειες που μπορεί να έχει μια τέτοια μέθοδος αυτή η ακρίβεια δημιουργεί και πιθανά σφάλματα. Αυτό μπορεί να έχει ως πιθανές αιτίες:

1) τις απότομες εναλλαγές που πάντα παρουσιάζονται όταν χαρτογραφικά γίνεται η μετάβαση από την μια χρήση γης στην άλλη. Χαρτογραφικά θα μπορούσε δοθέντος ικανού χρόνου να μοντελοποιηθεί όμως αυτό ξεφεύγει από τα επιθυμητά όρια που ορίζει η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή που είναι η ακριβείς εκτιμήσεις με εξοικονόμηση χρόνου και κόστους. Αντίθετα μέσω καταγραφών πεδίου ο μελετητής μπορεί να έχει καλύτερη εντύπωση των οικοτόνων που μπορεί να υπάρχουν σε ευρείες οι στενές ζώνες σε σύντομο χρόνο.

2) όταν γίνεται χρήση χαρτογραφικών δεδομένων η μη ακριβής επικάλυψη ορίων ανάμεσα στην ίδια περιοχή από δύο διαφορετικές πηγές χαρτογραφικών δεδομένων δημιουργεί επίσης μεγάλη ανακρίβεια. Παρόλη την χρήση φίλτρων για την απομόνωση



μη επιθυμητών υπολειμματικών κατατμημάτων εντούτοις αυτά επηρέασαν σε μεγάλο βαθμό τα αποτελέσματα. Αυτό είναι εμφανές σε περιπτώσεις όπως το δάσος Πάφου όπου η μη ακριβείς επικάλυψη των ορίων από δύο ξεχωριστούς χάρτες έδωσε την παρουσία 56 κατατμημάτων που εν συνεχεία καθόρισαν ότι υπήρχε πρόβλημα κατακερματισμού στο τοπίο πράγμα που δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα. Η ανθρώπινη κρίση μπορεί, εντός του πεδίου, αυτομάτως αποτελεί φίλτρο σε τέτοιου είδους περιπτώσεις.

## 5.2 Περιορισμοί της μελέτης

Η εκτίμηση της οικολογικής ακεραιότητας με τις μεθόδους που ακολουθήθηκαν παρουσιάζει κάποια μειονεκτήματα. Ο βασικότερος περιορισμός της μεθόδου είναι ότι αποτελεί συγκριτική προσέγγιση με τα αποτελέσματα να μην μπορούν να ερμηνευθούν εν απουσία γνώσης των περιοχών μελέτης. Για παράδειγμα εάν το δείγμα εμπεριέχει μόνο τοπία κακής και μέτριας οικολογικής κατάστασης αυτά θα αναχθούν στα δύο άκρα του δείκτη με αποτέλεσμα τα μέτρια οικολογικά τοπία να εκτιμηθούν ως άριστα και τα κακά πιθανώς έως και μέτρια. Αυτό μπορεί να δημιουργήσει λανθασμένες εντυπώσεις σε μη καταρτισμένα άτομα.

Υπάρχει επίσης το θέμα της χρονικής και χωρικής κλίμακας. Οι μεταβολές που μπορούν να ανιχνεύσουν αυτές οι μέθοδοι είναι αυτές που συμβαίνουν σε αδρές χρονικές και χωρικές κλίμακες. Δεν μπορούν έτσι να έχουν εφαρμογή για λεπτομερή χωρική απεικόνιση αλλά και για συστηματική παρακολούθηση, η αξία χρήσης τους έγκειται στις αδρές κλίμακες που είναι πιο δύσκολο να τις αντιληφθεί ο άνθρωπος.

## 5.3 Εισηγήσεις

Συμπερασματικά, με τα παρόντα δεδομένα, φαίνεται ότι η εκτίμηση της οικολογικής ακεραιότητας των τοπίων μπορεί να γίνει με μεγαλύτερη αξιοπιστία και ακρίβεια μέσω ποιοτικών μεταβλητών που καταγράφονται στο πεδίο παρά από χαρτογραφικά δεδομένα (που υπάρχουν διαθέσιμα στον παρόν χρόνο). Θα είχε ουσία μια περαιτέρω διερεύνηση της εφαρμογής και των δύο μεθόδων στην πιο αδρή κλίμακα πρώτου επιπέδου (Level 1). Είναι πιθανό η εφαρμογή των χαρτογραφικών δεδομένων του

τοπίου να μπορεί να απεικονίσει καλύτερα την κατάσταση τοπίων όταν μελετώνται σε αυτές τις πιο αδρές κλίμακες αναφοράς (Level 1) και εκεί να βρίσκεται η πραγματική αξία χρήσης τους. Πιθανόν να μην παρουσιάζονται τα προβλήματα των χαρτογραφικών δεδομένων που παρουσιάστηκαν στο Level 2 της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής ή αν παρουσιάζονται να έχουν λιγότερες επιδράσεις στην εξαγωγή των δεικτών. Επίσης ίσως σε τέτοια κλίμακα να χάνεται το πλεονέκτημα της επιτόπιας επίσκεψης και η απλή προσθήκη των επιμέρους τοπίων (Level 2) να μην δίνει ολοκληρωμένη εικόνα.

# Βιβλιογραφία

- Allen, H., 2003. Response of past and present Mediterranean ecosystems to environmental change. *Progress in physical geography*, 27(3), pp. 359-377.
- Andreasen, J. K., O'Neil, R. V., Noss, R. & Slosser, N. C., 2001. Considerations for the development of a terrestrial index of ecological integrity. *Ecological indicators*, 1(1), pp. 21-35.
- Angermeier, P. L., Karr & R., J., 1996. Biological integrity versus biological diversity as policy directives: protecting biotic resources. *Ecosystem Management*, pp. 264-275.
- Archibold, O., 2012. *Ecology of world vegetation*. s.l.:Springer Science & Business Media..
- Avenant, N., 2011. The potential utility of rodents and other small mammals as indicators of ecosystem 'integrity' of South African grasslands. *Wildlife Research*, 38(7), pp. 626-639.
- Blondel, J., 2006. The 'design' of Mediterranean landscapes: a millennial story of humans and ecological systems during the historic period. *Human Ecology*, 34(5), pp. 713-729.
- Burkhard, B. και συν., 2011. Ecosystem based modeling and indication of ecological integrity in the German North Sea—Case study offshore wind parks. *Ecological Indicators* 11, 1(11), pp. 168-174.
- Butler, C. & Oluoch-Kosura, W., 2006. Linking future ecosystem services and future human well-being. *Ecology and Society*, 11(1).
- Cowling, R. και συν., 1996. Plant diversity in Mediterranean-climate regions. *Trends in Ecology & Evolution*, 11(9), pp. 362-366.
- Crabbé, P., Lech, R. & Westra, L., 2000. *Implementing Ecological Integrity*. s.l.:Springer Netherlands.
- De Groot, R., Wilson, M. & Boumans, R., 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological economics*, 41(3), pp. 393-408.
- Dorren, L. και συν., 2004. Integrity, stability and management of protection forests in the European Alps. *Forest Ecology and Management*, 195(1), pp. 165-176.
- Farina, A., 2006. *Principles and Methods in Landscape Ecology. Towards a Science of Landscape*. 2nd επιμ. Urbino: Springer.
- Farina, A., 2008. *Ecology, Cognition and Landscape. Linking Natural and Social Systems*. 2nd επιμ. Urbino: Springer Science+Business Media.
- Forman, R. & Godron, M., 1981. Patches and structural components for a landscape ecology. *BioScience*, 31(10), pp. 733-740.
- Forman, R. T., 1995. *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. s.l.:Cambridge University Press.

- Forman, R. T., 1995. Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape Ecology*, 10(3), pp. 133-142.
- Forman, R. T., 1995. Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape Ecology*, 10(3), pp. 133-142.
- Franklin, J. F., 1993. Preserving biodiversity: species, ecosystems, or landscapes?. *Ecological applications*, 3(2), pp. 202-205.
- Gaston, K. J. και συν., 2006. The ecological effectiveness of protected areas: the United Kingdom. *Biological Conservation*, 132(1), pp. 76-87.
- Green, D. & Sadedin, S., 2005. Interactions matter—complexity in landscapes and ecosystems. *Ecological Complexity*, 2(7), pp. 117-130.
- Hartwell, H. W. & Droege, S., 2001. A Case for Using Plethodontid Salamanders for Monitoring Biodiversity and Ecosystem Integrity. *CONSERVATION BIOLOGY*, 15(3), pp. 558-569.
- Hobbs, R., 1997. Future landscapes and the future of landscape ecology. *Landscape and urban planning*, 37(1), pp. 1-9.
- I.A.C.O.Ltd, 2007. *Desertification Information System to Support National Action Programmes in the Mediterranean*, Lefkosia: MANRE.
- Jaber, N. και συν., 2015. *Travelling in the eastern Mediterranean with landscape character assessment..* s.l., International Society for Optics and Photonics., pp. 953505-953505.
- Kandziora, M., Burkhard, B. & Müller., F., 2013. Interactions of ecosystem properties, ecosystem integrity and ecosystem service indicators—A theoretical matrix exercise. *Ecological Indicators*, Τόμος 28, pp. 54-78.
- Karr, J. R., 1991. Biological integrity: a long-neglected aspect of water resource management. *Ecological applications*, 1(1), pp. 66-84.
- Karr, J. R. & Dudley, D. R., 1981. Ecological Perspective on Water Quality Goals. *Environmental Management*, 5(1), pp. 55-68.
- Loreau, M., 2010. Linking biodiversity and ecosystems: towards a unifying ecological theory.. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1537), pp. 49-60.
- McIntosh, P. R., 2012. Concept and Terminology oh Homogeneity and Heterogeneity in Ecology. Στο: J. Kolasa & S. T. Picket, επμ. *Ecological Heterogeneity*. s.l.:Springer Science & Business Media, pp. 24-43.
- McIntosh, R., 1975. HA Gleason-" individualistic ecologist" 1882-1975: his contributions to ecological theory. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, pp. 253-273.
- MOA, 2005. *CORINE Land Cover 2000 (CLC2000). Final Report.*, Lefkosia: Ministry of Agriculture, Natural Resources and Environment.
- Müller, F., 2005. Indicating ecosystem and landscape organisation. *Ecological Indicators*, 5(4), pp. 280-294.

- Müller, F. & Burkhard, B., 2007. An ecosystem based framework to link landscape structures, functions and services. *Multifunctional Land Use*, Τόμος Springer Berlin Heidelberg, pp. 37-63.
- Müller, F. & Maren, L., 2012. *Eco targets, goal functions, and orientors*. s.l.:Springer Science & Business Media.
- Naveh, Z., 1975. The evolutionary significance of fire in the Mediterranean region. *Vegetatio*, 29(3), pp. 199-208.
- Naveh, Z. & Whittaker, R., 1980. Structural and floristic diversity of shrublands and woodlands in northern Israel and other Mediterranean areas. *Vegetatio*, 41(3), pp. 171-190.
- O'Neill, R., 2001. IS IT TIME TO BURY THE ECOSYSTEM CONCEPT?(WITH FULL MILITARY HONORS, OF COURSE!). *Ecology*, 82(12), pp. 3275-3284.
- O'Neill, R. και συν., 1997. Monitoring environmental quality at the landscape scale. *BioScience*, pp. 513-519.
- O'Neill, R. V., Riitters, K. H., Wickham, J. D. & Jones, K. B., 1999. Landscape pattern metrics and regional assessment. *Ecosystem health*, 5(4), pp. 225-233.
- Parrish, J. D., Braun, D. P. & Unnasch, R. S., 2003. Are we conserving what we say we are? Measuring ecological integrity within protected areas. *BioScience*, 53(9), pp. 851-860.
- Pausas, J. & Vallejo, V., 1999. The role of fire in European Mediterranean ecosystems. *Remote sensing of large wildfires*, pp. 3-16.
- Perevolotsky, A. & Seligman, N., 1998. Role of grazing in Mediterranean rangeland ecosystems. *Bioscience*, pp. 1007-1017.
- Pignatti, S., 1979. Plant geographical and morphological evidences in the evolution of the Mediterranean flora (with particular reference to the Italian representatives). *Webbia*, pp. 243-255.
- Pimentel, D., Westra, L. & Noss, R., 2000. *Ecological integrity: integrating environment, conservation, and health*. s.l.:Island Press.
- Rees, S. E. E. V. S. E. L. J. S. C. G. C. S. L., Solandt, J.-L., Boyer, M. & Attrill, M. J., 2013. A legal and ecological perspective of 'site integrity' to inform policy development and management of Special Areas. *Marine pollution bulletin*, 72(1), pp. 14-21.
- Rempel, R. S. και συν., 2015. An indicator system to assess ecological integrity of managed forests. , 60, 860-869. *Ecological Indicators*, Τόμος 60, pp. 860-869.
- Reza, M. I. H. & Abdullah, S. A., 2011. Regional Index of Ecological Integrity: A need for sustainable management of natural resources. *Ecological indicators*, 11(2), pp. 220-229.
- Reza, M. I. H. S. A. A., Shukor, B. M. N. & Mohd, H. I., 2013. Integrating GIS and expert judgment in a multi-criteria analysis to map and develop a habitat suitability index: A case study of large mammals on the Malayan Peninsula. *Ecological Indicators*, Τόμος 34, pp. 149-158.
- Risser, P. G., Karr, J. R. & Forman, R. T., 1983. *Landscape Ecology. Directions and Approaches*, Illinois: Illinois Natural History Survey.

- Steinitz, C., 1990. Toward a sustainable landscape with high visual preference and high ecological integrity: the loop road in Acadia National Park, USA.. *Landscape and urban planning*, 19(3), pp. 213-250.
- Swanwick, C., 2004. Countryside planning: New approaches to management and conservation. Στο: *The assessment of countryside and landscape character in England: an overview* . s.l.:s.n., pp. pp.109-124..
- Theobald, D. M., 2013. A general model to quantify ecological integrity for landscape assessments and US application. *Landscape ecology*, 28(10), pp. 1859-1874.
- Thompson, J. και συν., 2001. Frontiers of Ecology As ecological research enters a new era of collaboration, integration, and technological sophistication, four frontiers seem paramount for understanding how biological and physical processes interact over multiple spatial and temporal. *BioScience*, 51(1), pp. 15-24.
- Tierney, G. L. και συν., 2009. Monitoring and evaluating the ecological integrity of forest ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(6), pp. 308-316.
- Tomaselli, R., 1977. The degradation of the Mediterranean maquis. *Ambio*, pp. 356-362.
- Turner, M., 1989. Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual review of ecology and systematics*, pp. 171-197.
- Turner, M., Gardner, R. & O'neill, R., 2001. *Landscape ecology in theory and practice: pattern and process*. s.l.:Springer Science & Business Media.
- Vigne, J. D. και συν., 2012. First wave of cultivators spread to Cyprus at least 10,600 y ago. *Proceedings of the National Academy of Sci of Sciences*, 109(22), pp. 8445-8449.
- Vogiatzakis, I. και συν., 2006. Landscape typology in the Mediterranean context: a tool for habitat restoration. *Journal of Mediterranean Ecology*, 7(1), p. 23.
- Vogiatzakis, I. N. και συν., 2015. Assessing the ecological integrity of landscapes in Cyprus. *Journal of Mediterranean Ecology*, Τόμος 13, pp. 29-35.
- Vogiatzakis, I.N., Manolaki, P., Trigkas, V. (eds) 2015. WP5: LCA Training and Implementation. Final Report, MEDSCAPES Project.
- Warnock, S. & Griffiths, G., 2015. Landscape Characterisation: The Living Landscapes Approach in the UK. *Landscape Research*, 40(3), pp. 261-278.
- Woodley, S., 2010. Ecological Integrity and Canada's National Parks. *The George Wright Society*, 27(2), p. 151-160.
- Woodley, S. & Kay, J., 1993. *Ecological integrity and the management of ecosystems*. s.l.:CRC Press.
- Zamora, J., Verdú, J. & Galante, E., 2007. Species richness in Mediterranean agroecosystems: spatial and temporal analysis for biodiversity conservation. *Biological conservation*, 134(1), pp. 113-121.
- Μαρτινού, Α. και συν., 2014. Υπολογισμός των 28 Αγρο-Περιβαλλοντικών Δεικτών που συνδέονται με το Πρόγραμμα Αγροτικής Ανάπτυξης. Τελική Έκθεση, Λευκωσία: s.n.