

Σχέση της δομής και της διάρθρωσης του λιβαδικού τοπίου με τον κίνδυνο ερημοποίησης

Α. Χατζηπασχάλη, Δ. Χουβαρδάς, Χ. Ευαγγέλου και Ι. Ισπικούδης

Α.Π.Θ., Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Λιβαδικής Οικολογίας (286), 54124 Θεσσαλονίκη, email: afchatzi@yahoo.gr

Περίληψη

Η ερημοποίηση αποτελεί ένα σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα, με έντονες κοινωνικές και οικονομικές προεκτάσεις. Αποτελεί μέρος της εξελικτικής πορείας του πλανήτη, η οποία καταστρέφει παραγωγικές εκτάσεις και απειλεί παραδοσιακά τοπία εδώ και πολλούς αιώνες. Η Ελλάδα λόγω του ορεινού της χαρακτήρα, διατηρεί λιβαδικά (βοσκόμενα) τοπία με απότομες υψομετρικές διαφορές και μεγάλες κλίσεις που όταν υπερβόσκονται απειλούνται με ερημοποίηση. Σκοπός της παρούσας έρευνας να διερευνηθεί η σχέση της δομής και της διάρθρωσης του βοσκόμενου τοπίου με τον κίνδυνο ερημοποίησης του. Ως περιοχή έρευνας επιλέχθηκαν πέντε τοπικές κοινότητες της Επαρχίας Λαγκαδά - Θεσσαλονίκης (Κολχικό, Λοφίσκος, Κρυονέρι, Εξάλφος, Όσσα) που συνιστούν ένα τυπικό λιβαδικό τοπίο της κεντρικής Μακεδονίας. Για την ερμηνεία της δομής και της διάρθρωσης του τοπίου επιλέχθηκαν 8 δείκτες από τις κατηγορίες μετρήσεων κατάτμησης, περιμέτρου, σχήματος, διασποράς και ποικιλότητας. Για την εκτίμηση του κινδύνου ερημοποίησης εφαρμόστηκε το μοντέλο του δείκτη ESAI (Environmentally Sensitive Area's Index) σε απλοποιημένη προσαρμογή. Κατά την εφαρμογή του μοντέλου έγινε συνδυασμός μεταβλητών που σχετίζονται με το έδαφος, τη βλάστηση, το κλίμα και τη διαχείριση. Με βάση τον δείκτη ESAI, οι περιοχές διακρίθηκαν σε κρίσιμες, ευαίσθητες, δυνητικές και μη απειλούμενες, όσον αφορά την ερημοποίηση. Για την επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν τα λογισμικά ERDAS Imagine 9.1, FRAGSTATS 3.3 και ArcView 9.3. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του κινδύνου ερημοποίησης και των δεικτών που μετρούν την κατάτμηση, πυκνότητα περιμέτρου, τη διασπορά και την ποικιλότητα, ενώ για τους δείκτες μέτρησης σχήματος δεν προέκυψαν ασφαλή συμπεράσματα. Συμπεραίνεται ότι οι δείκτες τοπίου που παρουσίασαν κάποια τάση σε σχέση με τον δείκτη ESAI μπορούν δυνητικά να χρησιμοποιηθούν ως δείκτες κινδύνου ερημοποίησης.

Λέξεις κλειδιά: Δείκτης ESAI, Δείκτες τοπίου και κινδύνου ερημοποίησης.

Εισαγωγή

Ένα σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα αποτελεί η ερημοποίηση, με ποικίλες κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις. Με βάση τη Συνθήκη των Ηνωμένων Εθνών για την Καταπολέμηση της Ερημοποίησης (European Commission 1997), η ερημοποίηση ορίζεται ως 'η υποβάθμιση των γαιών στις ξηρές, ημί-ξηρες και ξηρές ύφωγρες περιοχές, που προκαλείται από διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων και των κλιματικών αλλαγών, καθώς και των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων'. Στην Ελλάδα το 35% της έκτασης βρίσκεται σε υψηλό κίνδυνο ερημοποίησης ή έχει ήδη ερημοποιηθεί (Κοσμάς 2005). Οι κύριοι παράγοντες που δημιουργούν ερημοποίηση στην Ελλάδα είναι η κλίση, η έκθεση, η γεωλογία, το κλίμα και οι ανθρώπινες δραστηριότητες (Υassoglou 1990).

Η Ελλάδα λόγω του ορεινού της χαρακτήρα, διατηρεί λιβαδικά (βοσκόμενα) τοπία που όταν συνδυάζονται με ισχυρές κλίσεις και υπερβόσκηση απειλούνται με κατάρρευση δηλαδή με ερημοποίηση (Ευαγγέλου 2005). Η ποσοτικοποίηση της δομής και διάρθρωσης των λιβαδικών αυτών τοπίων επιτυγχάνεται με τους δείκτες τοπίου, οι οποίοι μπορούν να αποτελέσουν χρήσιμο εργαλείο για την εκτίμηση της υγείας τους (Χουβαρδάς κ.α. 2011) και επομένως της ευαισθησίας τους στον κίνδυνο ερημοποίησης. Η παρούσα εργασία έχει σαν

στόχο τη διερεύνηση της πιθανής σχέσης μεταξύ της δομής και της διάρθρωσης του βοσκημένου τοπίου με τον κίνδυνο ερημοποίησης.

Μέθοδοι και υλικά

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στην επαρχία Λαγκαδά και συγκεκριμένα στο λιβαδικό τοπίο που διαμορφώνεται από πέντε τοπικές κοινότητες της επαρχίας Λαγκαδά (Κολχικό, Λοφίσκος, Κρουνερί, Εξάλωφος και Όσσα), με κύριες χρήσεις γης τη κτηνοτροφική και γεωργική.

Για την ερμηνεία του τοπίου ως πρωτογενές υλικό χρησιμοποιήθηκε η παγχρωματική δορυφορική εικόνα Alos Prism (2008), με διακριτική ικανότητα 2,5 μέτρα. Στις δορυφορικές εικόνες εφαρμόστηκε μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση (unsupervised classification) με τη χρήση του αλγορίθμου ISODATA με τη βοήθεια του λογισμικού πακέτου ERDAS Imagine 9.1. Από τη μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση προέκυψαν 10 κλάσεις χρήσεων γης και μία αταξινόμητη. Οι επεξεργασμένες δορυφορικές εικόνες εισήχθησαν σε περιβάλλον ArcGIS 9.3, όπου και χρησιμοποιήθηκε κάναβος μεγέθους (1000x1000 m) σχηματίζοντας 168 επιφάνειες. Στη συνέχεια διαχωρίστηκαν οι δορυφορικές εικόνες στις επιφάνειες αυτές και σε κάθε μία υπολογίστηκαν οι δείκτες τοπίου με τη χρήση του λογισμικού FRAGSTATS 3.3. Οι δείκτες που επιλέχθηκαν με κριτήριο την αντιπροσώπευση όσο το δυνατό περισσότερων κατηγοριών ήταν οι εξής (McGarical and Marks, 1995): Αριθμός χωροψηφίδων (Number of patches - NP) και μέσο μέγεθος χωροψηφίδας (Mean patch size - MPS) ως δείκτες κατάτμησης, πυκνότητα περιμέτρου (Edge Density - ED), ως δείκτη ποιότητας οικοτόνων - κρασπέδων, μέσος δείκτης σχήματος (Mean shape index - MSI) και μέση κλασματική διάσταση χωροψηφίδας - Mean fractal index (FRAC_MN) ως δείκτες σχήματος, ο δείκτης διασποράς και γειτνίασης - Interspersion Juxtaposition Index (IJI) και οι δείκτες ποικιλότητας και ομοιογένειας του - Shannon's diversity index (SDI) και Shannon's Evenness Index (SEI) ως δείκτες ποικιλότητας. Οι μαθηματικές εξισώσεις των παραπάνω δεικτών μπορούν να αναζητηθούν στην εργασία των McGarical and Marks (1995).

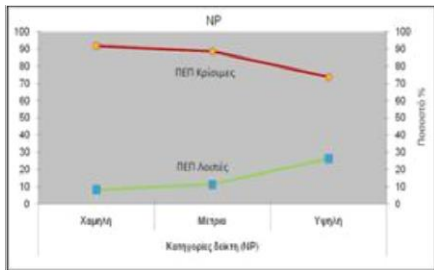
Για την εκτίμηση της ερημοποίησης χρησιμοποιήθηκε μια απλοποιημένη εκδοχή του δείκτη ESAI (Environmentally Sensitive Area's Index) (Ευαγγέλου και Παπαναστάσης 2006), ο οποίος εκτιμά τις Περιβαλλοντικά Ευαίσθητες Περιοχές (ΠΕΠ). Για τον καθορισμό των ΠΕΠ χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις δείκτες ποιότητας, οι οποίοι εκτιμήθηκαν με μεταβλητές που σχετίζονται με το έδαφος, τη βλάστηση, το κλίμα και τη διαχείριση μιας περιοχής. Η εκτίμηση των παραπάνω μεταβλητών, όπως και του δείκτη ESAI έγινε με την εισαγωγή και επεξεργασία των δεδομένων με τη βοήθεια των λογισμικού προγράμματος ArcGIS 9.3, ταξινομώντας το τοπίο σε τέσσερις κατηγορίες ευαισθησίας στην ερημοποίηση (Κρίσιμη, Ευαίσθητη, Δυνητική, Μη απειλούμενη) (Χατζηπασχάλη 2012)

Η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ της δομής και της διάρθρωσης τοπίου με την ερημοποίηση, έγινε με τη συσχέτιση των δεικτών τοπίου και των αποτελεσμάτων του δείκτη ESAI. Πιο συγκεκριμένα, στις 168 επιφάνειες έγινε ταξινόμηση του κάθε δείκτη τοπίου σε τρεις κλάσεις τιμής (χαμηλή, μέτρια και υψηλή). Στη συνέχεια, στις ίδιες επιφάνειες υπολογίστηκαν οι κατηγορίες ΠΕΠ του δείκτη ESAI σε εκατοστιαία ποσοστά. Λόγω της πολύ μικρής κάλυψης της περιοχής έρευνας από τις κατηγορίες Μη Απειλούμενες και Δυνητικές ΠΕΠ, αυτές ενσωματώθηκαν με την κατηγορία Ευαίσθητες και θα αναφέρονται στα αποτελέσματα ως «Λοιπές ΠΕΠ». Το αποτέλεσμα ήταν η παραγωγή μιας σειράς πινάκων (ένας για κάθε δείκτη τοπίου) στους οποίους συσχετίστηκε κάθε μία από τις τρεις κατηγορίες των δεικτών τοπίου με το αντίστοιχο εκατοστιαίο ποσοστό των κατηγοριών των ΠΕΠ (Κρίσιμες και Λοιπές).

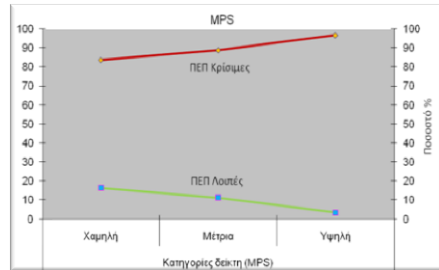
Αποτελέσματα και συζήτηση

Στην κατηγορία δεικτών μέτρησης κατάτμησης διαφαίνεται μια τάση μείωσης του κινδύνου ερημοποίησης, όσο πιο σύνθετο παρουσιάζεται το μωσαϊκό στο τοπίο. Το σύνθετο

μωσαϊκό εκφράζεται από την υψηλή κατηγορία τιμών του δείκτη NP (περισσότερες χωρονηφίδες ανά μονάδα επιφάνειας) και από τη χαμηλή κατηγορία τιμών του δείκτη MPS (μικρότερο μέσο μέγεθος χωρονηφίδας). Αναλυτικότερα, παρατηρείται μείωση των Κρίσιμων ΠΕΠ καθώς αυξάνεται ο αριθμός των χωρονηφίδων ανά μονάδα επιφάνειας (Εικόνα 1) και αντίστοιχη μείωση των Κρίσιμων ΠΕΠ καθώς μειώνεται το μέσο μέγεθος χωρονηφίδας (Εικόνα 2).

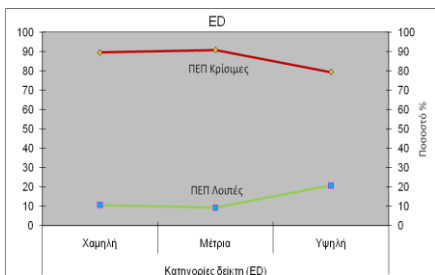


Εικόνα 1. Συσχέτιση του δείκτη NP με την κατηγορία ΠΕΠ

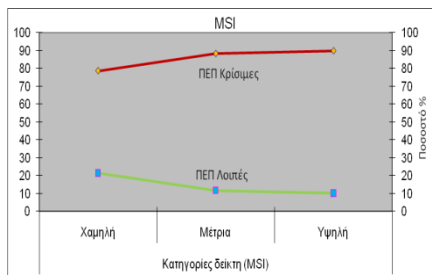


Εικόνα 2. Συσχέτιση του δείκτη MPS με την κατηγορία ΠΕΠ

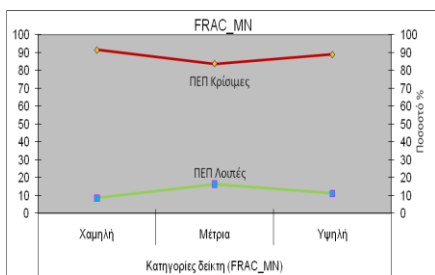
Για το δείκτη ED προκύπτει αντίστοιχη τάση αφού είναι εμφανές ότι στις υψηλές τιμές του δείκτη, η κατηγορία Κρίσιμες ΠΕΠ παρουσιάζει μειωμένα ποσοστά. Επομένως από τα στοιχεία που αναφέρθηκαν συμπεραίνεται ότι η αυξημένη ποσότητα κρασπεδικών βιοτόπων (υψηλή τιμή ED) και πιθανά η μεγάλη βιοποικιλότητα που τη συνοδεύει, μπορεί να συσχετίζεται με μικρότερο κίνδυνο ερημοποίησης (Εικόνα 3). Στους δείκτες μέτρησης σχήματος (Εικόνα 4 και 5) δεν διαφαίνεται κάποια ξεκάθαρη εικόνα όσον αφορά στη σχέση μεταξύ των δεικτών μέτρησης σχήματος και των ΠΕΠ. Για τον δείκτη MSI παρατηρήθηκε τάση αύξησης του ποσοστού των Κρίσιμων ΠΕΠ κατά την αύξηση της τιμής του δείκτη, ενώ για το δείκτη $Frac_{mn}$ δε προκύπτει κάποια αντίστοιχη τάση. Κατά τον Χουβαρδά (2007) οι δείκτες αυτοί αποτελούν κριτήριο με ιδιαίτερη βαρύτητα για την εκτίμηση της αξίας του τοπίου μόνο σε διαχρονικές μελέτες. Εφόσον η παρούσα έρευνα δεν αποτελεί διαχρονική έρευνα για αυτό πιθανό τα αποτελέσματα των δεικτών μέτρησης σχήματος δεν εκφράζουν κάποια εμφανή συσχέτιση με τις κατηγορίες ΠΕΠ. Από την επεξεργασία των στοιχείων του δείκτη IPI (Εικόνα 6), σε σχέση με την κατηγορία ΠΕΠ προκύπτει τάση μείωσης του ποσοστού των Κρίσιμων ΠΕΠ κατά την αύξηση της διασποράς των χωρονηφίδων στο τοπίο. Από τον τελευταίο αυτό δείκτη όσο και από τους δείκτες κατάτμησης NP και MPS προκύπτει ότι όσο καλύτερη παρουσιάζεται η κατανομή και μεγαλύτερη η διασπορά των χωρονηφίδων στο τοπίο και επομένως το μωσαϊκό γίνεται πλουσιότερο, τόσο μειώνεται ο κίνδυνος ερημοποίησης.



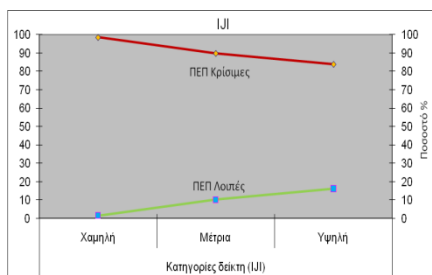
Εικόνα 3. Συσχέτιση του δείκτη ED με την κατηγορία ΠΕΠ



Εικόνα 4. Συσχέτιση του δείκτη MSI με την κατηγορία ΠΕΠ

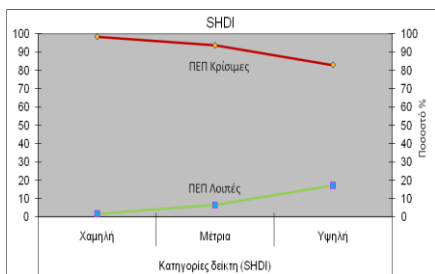


Εικόνα 5. Συσχέτιση του δείκτη FRAC_MN με την κατηγορία ΠΕΠ

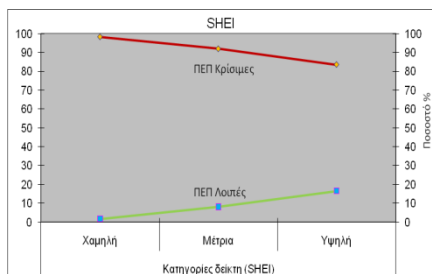


Εικόνα 6. Συσχέτιση του δείκτη IJI με την κατηγορία ΠΕΠ

Τέλος, οι δείκτες μέτρησης της ποικιλότητας (Εικόνα 7 και 8) που επιλέχθηκαν να μελετηθούν παρουσιάζουν σχέση με τις ΠΕΠ, καθώς παρατηρείται μείωση του ποσοστού της κατηγορίας Κρίσιμες ΠΕΠ όσο αυξάνεται η ισοκατανομή και η αφθονία των χωρονηφίδων στο τοπίο. Επομένως η μείωση του κινδύνου ερημοποίησης μπορεί να σχετίζεται με το μεγάλο αριθμό χρήσεων γης που συμμετέχουν σε ένα τοπίο καθώς και με την ομοιόμορφη κατανομή των κλάσεων χωρονηφίδων στο χώρο.



Εικόνα 7. Συσχέτιση του δείκτη SHDI με την κατηγορία ΠΕΠ



Εικόνα 8. Συσχέτιση του δείκτη SHEI με την κατηγορία ΠΕΠ

Συμπεράσματα

Οι δείκτες μέτρησης κατάτμησης, πυκνότητας περιμέτρου, διασποράς καθώς και ποικιλότητας, που σχετίζονται άμεσα με την δομή και τη διάρθρωση του βοσκομένου τοπίου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως δείκτες κινδύνου ερημοποίησης.

Βιβλιογραφία

- Ευαγγέλου, Χ.Κ. 2005. Χρησιμοποίηση του δείκτη Περιβαλλοντικά Ευαίσθητων Περιοχών (ESAI) για την εκτίμηση του κινδύνου ερημοποίησης σε λιβαδικές εκτάσεις με τη χρήση των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Τμήμα Δασολογίας και φυσικού Περιβάλλοντος. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Ευαγγέλου, Χ.Κ. και Παπαναστασής Β.Π. 2006. Εκτίμηση του κινδύνου ερημοποίησης σε λιβαδικές εκτάσεις με βάση το δείκτη ESAI. Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Λιβαδοπονικού Συνεδρίου Ηράκλειο Κρήτης, 1-3 Νοεμβρίου 2006. Σελ. 347-352.
- Κοσμάς, Κ. 2005. Ερημοποίηση γης – Προβλήματα και μέτρα αντιμετώπισης. Πρακτικά συνεδρίου: Ελληνικοί υδάτινοι πόροι – Μια ρεαλιστική προσέγγιση.
- Χατζηπασχάλη, Α. 2012. Η σχέση της δομής και της διάρθρωσης του λιβαδικού τοπίου με την ερημοποίηση. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Τμήμα Δασολογίας και φυσικού Περιβάλλοντος. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Χουβαρδάς Δ. 2007. Εκτίμηση της διαχρονικής επίδρασης των κτηνοτροφικών συστημάτων και χρήσεων γης στα τοπία με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS). Διδακτορική διατριβή. Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Θεσσαλονίκη.
- Χουβαρδάς, Δ. Μπούσμπουρας, Δ., Ισπικούδης, Ι., Κουράκλη, Π. και Μ. Δαγλάρογλου. 2011. Εφαρμογή συστήματος παρακολούθησης του περιβάλλοντος στον Νομό Καστοριάς με τη χρήση δεικτών υγείας τοπίου. Επιστημονική επετηρίδα της Σχολής Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος. Τόμος - Αφιέρωμα προς τιμή του αειμνηστού Καθηγητή Νικόλαου Ι Στάμου. ΤΟΜΟΣ ΜΕ/2002/45, σελίδες 16.
- EUROPEAN COMMISSION, 1997: Addressing Desertification: A Review of EC Policies, programmes, financial instruments and projects.
- McGarical and Marks, 1995. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Gen Tech. Rep. PNW-GTR-351. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 122p
- Yassoglou, N.J., 1990. Desertification in Greece. In: Rubio J.L. and Rickson R.J., (eds). Strategies to Combat Desertification in Mediterranean Europe. Brussels:1990, Commission of the European Communities- Agriculture, EUR11175 EN/ES, pp.148-62.

Relationship of the structure and pattern of pastoral landscapes with desertification risk

A.Chatzipaschali, D. Chouvardas, Ch. Evangelou and I. Ispikoudis

Laboratory of Range Ecology, Aristotle University of Thessaloniki, P.O. Box 286
GR-54124, Thessaloniki, Greece

Abstract

Desertification is a major environmental issue, with profound social and economic implications. It is considered being a part of the evolutionary forces of the planet, which destroys productive areas and threatens traditional landscapes. Mountainous Greece reserves pastoral (traditional) landscapes with steep elevation that are being threatened with collapse when they are overgrazed. Research dealing with the study of landscape in relation to desertification threats is rare and for that reason it came as an objective of the study. So the aim of the present study was to investigate the possible relationship between the landscape structure and pattern with desertification risk. Five local communities (Kolchiko, Lofiskos Kryoneri, Exalofos, Ossa) of Lagadas county were chosen as study area, which constitute a typical pastoral landscape of Central Macedonia. Landscape pattern was evaluated with landscape indices (fragmentation, edge, shape, interspersion and diversity metrics). The risk of desertification was evaluated by a simplified version of ESAI (Environmentally Sensitive Area's Index). According to ESAI, four different types of areas concerning desertification were identified: the critical, the fragile, the potential and the non-threatened. Remote sensing and GIS software (ERDAS Imagine 9.1, FRAGSTATS 3.3 and ArcView 9.3) was used for data processing. The results showed that there is possible correlation between desertification risk and landscape indices measuring fragmentation, Edge Density, Diversity and Interspersion. It is concluded that the previous landscape indices in correlation with ESAI can potentially be used as indicators of desertification risk.

Key words: ESAI, Landscape metrics and desertification.