

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΝΗΣΟ ΖΑΚΥΝΘΟ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Μπαθρέλλος Γεώργιος¹, Σκυλοδήμου Χαρίκλεια^{1,*} και Χουσιανίτης Κωνσταντίνος²

¹Τομέας Γεωγραφίας & Κλιματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Παν/πολη, Ζωγράφου, 15784, Τηλ: 210-7274882, Email: gbathrellos@geol.uoa.gr, hskilodimou@geol.uoa.gr

²Τομέας Γεωφυσικής & Γεωθερμίας, Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Παν/πολη, Ζωγράφου, 15784, chousia@geol.uoa.gr.

Περίληψη

Η χωρική και η ποσοτική εκτίμηση της επιφανειακής εδαφικής διάβρωσης στην νήσο Ζάκυνθο υλοποιήθηκε χρησιμοποιώντας την Παγκόσμια Εξίσωση Εδαφικής Απώλειας (ΠΕΕΑ) και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Στην παρούσα μελέτη τα δεδομένα, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν, είναι η μορφολογία, η λιθολογία, η βροχόπτωση και οι χρήσεις γης της περιοχής μελέτης. Μία ψηφιακή βάση δεδομένων αναπτύχθηκε και οι παράγοντες που επιδρούν στην εδαφική διάβρωση υπολογίσθηκαν. Σύμφωνα με την Παγκόσμια Εξίσωση Εδαφική Απώλειας, οι παράγοντες αυτοί είναι: ο συντελεστής διαβρωτικότητας της βροχής (R), ο συντελεστής διαβρωσιμότητας του εδάφους (K), ο τοπογραφικός συντελεστής (LS), ο συντελεστής φυτοκάλυψης (C) και ο συντελεστής διαχείρισης εδαφών κατά της διάβρωσης. Ο κάθε παράγοντας ποσοτικοποιήθηκε και ακολούθησε η αριθμητική βαθμονόμηση του ανάλογα με το πόσο επηρεάζει τις διεργασίες της διάβρωσης. Το τελικό αποτέλεσμα της εφαρμοζόμενης μεθοδολογίας ήταν η δημιουργία του χάρτη της μέσης ετήσιας εδαφικής διάβρωσης της περιοχής μελέτης. Οι περιοχές που παρουσιάζουν πολύ υψηλές τιμές εδαφικής απώλειας βρίσκονται στο ανατολικό, νοτιοανατολικό και νοτιοδυτικό τμήμα του νησιού. Οι υψηλές τιμές της εδαφικής διάβρωσης σχετίζονται με την πιθανή εκδήλωση κατολισθητικών και πλημμυρικών φαινομένων. Η χωρική και ποσοτική κατανομή της διάβρωσης, είναι ένα χρήσιμο εργαλείο που μπορεί να εφαρμοστεί από την πολιτεία στα πλαίσια της διαχείρισης φυσικών καταστροφών.

SOIL EROSION ASSESSMENT USING GIS IN ZAKYNTOS ISLAND

BathrellosGeorge¹, Skilidimou Hariklia^{1,*} and Chousianitis Kostantinos²

¹Department of Geography & Climatology, Faculty of Geology & Geoenvironment, National & Kapodistrian University of Athens, University Campus, Zografou, 15784 Athens, Greece, gbathrellos@geol.uoa.gr, hskilodimou@geol.uoa.gr

²Department of Geophysics - Geothermics, Faculty of Geology and Geoenvironment, National and Kapodistrian University of Athens, 15784 Zografou, Athens - Greece, chousia@geol.uoa.gr.

Abstract

The spatial and quantitative assessment of soil loss on the island of Zakynthos was implemented using the Universal Soil Loss Equation (USLE) and Geographic Information Systems. In this research the used data were: the morphology, the lithology, the rainfall and the land use of the study area. A database was created and the factors influencing soil erosion were calculated. The USLE used factors are: rainfall erosivity soil erodibility (K), slope length and steepness (LS), cropping management (C) and conservation supporting practice (P). Each factor was quantified and rated according to the influence in the erosion processes. The final result of the applied methodology was the creation of an average annual soil erosion map of the study area. The areas with very high soil loss are located at the eastern, south-eastern and south-western part of the

island. The high rates of soil loss are related to the possible occurrence of floods and landslides. The spatial and quantitative distribution of soil erosion is a useful tool that can be implemented by the government for the management of the natural disasters.

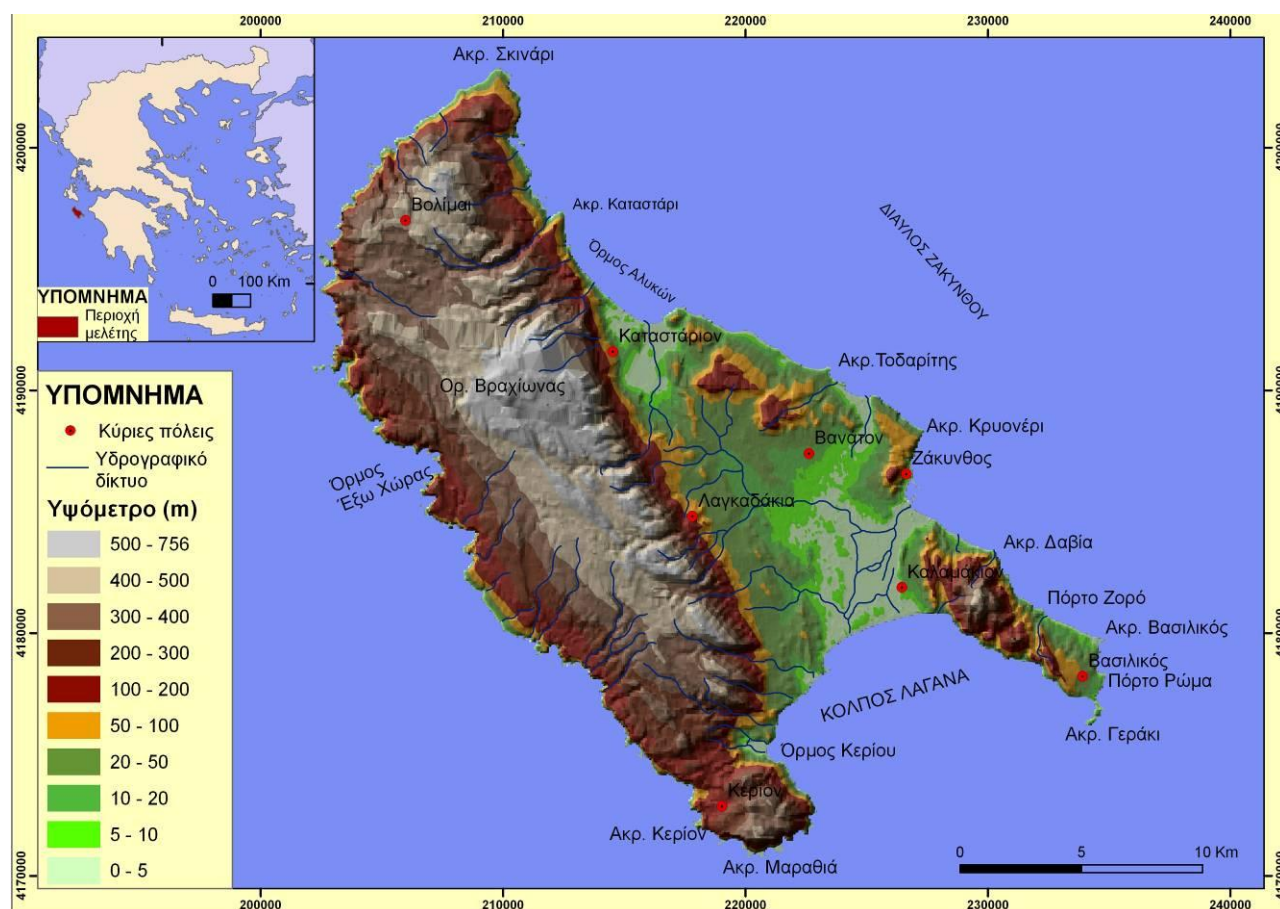
Λέξεις κλειδιά: Διάβρωση, Παγκόσμια Εξίσωση Εδαφικής Απώλειας, Ζάκυνθος, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Key words: Erosion, Universal Soil Loss Equation, Zakynthos, Geographic Information Systems

1. Εισαγωγή

Η εδαφική διάβρωση είναι ένας κίνδυνος που συνδέεται παραδοσιακά με τη γεωργία στις τροπικές και ημι-ερημικές περιοχές και είναι μία σημαντική μορφή υποβάθμισης του εδάφους, που αποτελεί έναν άμεσο κίνδυνο για την παραγωγικότητα των εδαφών και τη βιώσιμη γεωργία. Εντούτοις, σήμερα η διάβρωση έχει γίνει ένα παγκόσμιο ζήτημα εξαιτίας των περιβαλλοντικών συνεπειών της. Η διάβρωση όχι μόνο προκαλεί αρνητικές οικονομικές συνέπειες στις καλλιεργούμενες εκτάσεις αλλά έχει επιπτώσεις στην ποιότητα των υδάτων και είναι υπεύθυνη για τη μεταφορά ιζημάτων, προκαλώντας πολλά προβλήματα όπως οι πλημμύρες λάσπης (Julien, 1998; Morgan, 1995). Ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα αφορά τις ορεινές περιοχές, όπου η διάβρωση σε ασταθές και χαλαρό γεωλογικό υλικό οδηγεί σε χαραδρωτή διάβρωση και στην συνέχεια σε μετακινήσεις υλικών εξαιτίας της βαρύτητας (Lee, 2004).

Η εδαφική διάβρωση είναι ένα πρόβλημα, που παρουσιάζει ευρύ ενδιαφέρον στην Ευρώπη. Χιλιάδες έτη εντατικής καλλιέργειας στις Μεσογειακές χώρες έχουν οδηγήσει σε εκτενείς απώλειες εδαφών εξαιτίας της διάβρωσης (Brückner and Hoffmann, 1992). Ιδιαίτερα για την Ελλάδα, το πρόβλημα της διάβρωσης χρονολογείται εδώ και τουλάχιστον 2.500 χιλιάδες διότι ο Πλάτων αναφέρει ότι υπήρχαν περιοχές στη χώρα με προβλήματα διάβρωσης και υποβάθμισης εδαφών (Dregne, 2002).



Σχήμα 1. Η περιοχή μελέτης με τα απόλυτα υψόμετρα και το υδρογραφικό δίκτυο.

Σήμερα η σημασία της προστασίας των εδαφών από τη διάβρωση έχει πλέον ευρέως διαπιστωθεί σε εθνικό, ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο, στα πλαίσια της βιώσιμης ανάπτυξης. Για

το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί διάφορα εμπειρικά μοντέλα εκτίμησης της εδαφικής απώλειας. Η Παγκόσμια Εξίσωση Εδαφικής Απώλειας (ΠΕΕΑ) είναι ένα εμπειρικό μοντέλο, που υπολογίζει την ετήσια απώλεια εδάφους και εφαρμόστηκε για πρώτη φορά από την Υπηρεσία Διατήρησης Εδαφών και την Υπηρεσία Αγροτικών Ερευνών σε 37 πολιτείες των ΗΠΑ (Wischmeier and Smith, 1978).

Σύγχρονο εργαλείο ανάλυσης και μοντελοποίησης δεδομένων της διάβρωσης αποτελούν τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Beskow *et al.*, 2009), τα οποία μπορούν να διαχειριστούν ένα μεγάλο όγκο χωρικών και χρονικών πληροφοριών σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών.

Στην παρούσα εργασία γίνεται μια προσπάθεια να καθοριστούν χωρικά και ποσοτικά οι ευάλωτες περιοχές στην διάβρωση με την χρήση ΠΕΕΑ σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Ως περιοχή μελέτης επιλέχθηκε η Ζάκυνθος, η οποία αποτελεί ένα από τα νησιά του Ιονίου Πελάγους. Η Ζάκυνθος καλύπτει μία έκταση περίπου 407Km², το απόλυτο υψόμετρο του νησιού κυμαίνεται από 0 έως 756m και έχει ένα σχετικά αναπτυγμένο υδρογραφικό δίκτυο (Σχήμα 1). Μορφολογικά μπορεί να διαιρεθεί σε τρεις περιοχές: μία ορεινή, που καταλαμβάνει το δυτικό, βόρειο και νοτιοανατολικό τμήμα του νησιού, μία ημι-ορεινή που εκτείνεται στις παρυφές των ορεινών όγκων και μία πεδινή, που αναπτύσσεται στο κεντρικό και ανατολικό τμήμα του.

2. Δεδομένα και Μεθοδολογία

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω δεδομένα: τοπογραφικοί χάρτες κλίμακας 1:50.000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού, γεωλογικός χάρτης κλίμακας 1:50.000 του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.), δεδομένα χρήσεων γης από το πρόγραμμα CORINE (Bossard *et al.*, 2000), δεδομένα βροχόπτωσης της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ.).

2.1 Η Παγκόσμια Εξίσωση Εδαφικής Απώλειας (ΠΕΕΑ)

Η ΠΕΕΑ αποτελεί την πρώτη εμπειρική εξίσωση, η οποία έχει εφαρμοστεί σε περισσότερες από εκατό χώρες. Η εφαρμογή της οδηγεί στον υπολογισμό της ετήσιας απώλειας εδάφους, που οφείλεται στην διάβρωση, σε τόνους ανά εκτάριο ή τετραγωνικό χιλιόμετρο. Η εξίσωση εξετάζει την επίδραση πέντε παραγόντων για την εκτίμηση της διάβρωσης μιας περιοχής. Κάθε ένας από τους παράγοντες είναι η αριθμητική εκτίμηση των ιδιαίτερων συνθηκών, που επιδρούν στην απώλεια του εδάφους. Οι αριθμητικές τιμές των παραγόντων μπορούν να ποικίλουν ανάλογα με τις φυσικογεωγραφικές συνθήκες, που επικρατούν σε μία περιοχή, όπως είναι για παράδειγμα το κλίμα ή η μορφολογία. Η εξίσωση εκφράζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (1)$$

όπου A είναι η τιμή της ετήσιας απώλειας εδάφους σε τόνους ανά μονάδα επιφάνειας (t/ha year), R ο συντελεστής διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης (MJ mm/ha h year), K ο συντελεστής εδαφικής διαβρωσιμότητας (t h/MJ mm), LS ο τοπογραφικός συντελεστής (καθαρός αριθμός), C ο συντελεστής της φυτοκάλυψης (καθαρός αριθμός) και P ο συντελεστής διαχείρισης εδαφών κατά της διάβρωσης. Οι μονάδες μέτρησης της ετήσιας απώλειας εδάφους (A) προκύπτουν από τους συντελεστές R και K, οι οποίοι και αντιπροσωπεύουν την αιτία και το αποτέλεσμα της διάβρωσης. Ο συντελεστής διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης (R) αντιπροσωπεύει τη διαβρωτική δύναμη της βροχής στο έδαφος, ανεξάρτητα από τον τύπο του εδάφους, ενώ ο συντελεστής εδαφικής διαβρωσιμότητας (K) το μέτρο της ανθεκτικότητας του συγκεκριμένου είδους εδάφους στις διαβρωτικές διεργασίες. Οι υπόλοιποι παράγοντες της εξίσωσης μπορούν να θεωρηθούν ως συντελεστές προσαρμογής.

2.2 Υπολογισμός των συντελεστών της ΠΕΕΑ

Μία βάση δεδομένων δημιουργήθηκε για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας με τη χρήση του λογισμικού πακέτου ARC/GIS 9.3. Όλες οι γεω-πληροφορίες των συντελεστών ψηφιοποιήθηκαν, αναλύθηκαν και εισήχθησαν στη βάση δεδομένων ως διαφορετικά επίπεδα πληροφοριών. Όλα τα επίπεδα ήταν σε μορφή διανυσματική (vector) και μετατράπηκαν σε ψηφιδωτά (raster) αρχεία με μέγεθος κυψελίδας (pixel cell size) 50x50 m.

2.2.1 Συντελεστής διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης (R)

Ο συντελεστής R αξιολογεί την διαβρωτική ικανότητα της βροχόπτωσης σε μία περιοχή. Η τιμή του συντελεστή εκφράζεται από το συνολικό ετήσιο μέσο άθροισμα των δεικτών EI₃₀ της κινητικής ενέργειας της κάθε καταιγίδας (E) με μέγιστο τριαντάλεπτη ένταση της βροχόπτωσης της

καταιγίδας (I_{30}) (Wischmeier, and Smith, 1978; Renard *et al.*, 1997). Στην παρούσα εργασία εξαιτίας της έλλειψης δεδομένων χρησιμοποιήθηκε μία γραμμική σχέση για τον υπολογισμό του R σε συνάρτηση με τη μέση ετήσια βροχόπτωση. Ο υπολογισμός του συντελεστή δίνεται από την παρακάτω εξίσωση η οποία προτάθηκε από τον Φλαμπούρη (2008):

$$R = a P_i \quad (2)$$

όπου P_i είναι η μέση ετήσια βροχόπτωση (mm) και ο συντελεστής αναλογίας $a = 1,2$ (MJ/ha hour year). Για τον υπολογισμό της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία της τελευταίας 20ετίας από τον μετεωρολογικό σταθμό της Ε.Μ.Υ. στην Ζάκυνθο. Η μέση ετήσια τιμή ανέρχεται στα 825 mm και αποτελεί μία υψηλή τιμή για τον Ελληνικό χώρο. Στην συνέχεια με την εφαρμογή της εξίσωσης 2 υπολογίστηκε ο συντελεστής R.

2.2.2 Συντελεστής εδαφικής διαβρωσιμότητας (K)

Ο συντελεστής K αποτελεί μια εμπειρική έκφραση της διαβρωσιμότητας του εδάφους και είναι μία συνάρτηση των ιδιοτήτων του. Οι ιδιότητες του εδάφους που επηρεάζουν τον συντελεστή K είναι κυρίως η υφή του εδάφους, δηλαδή το ποσοστό άμμου, ιλύος και αργίλου που περιλαμβάνει, η οργανική ύλη, τη δομή του εδάφους και η διαπερατότητα του (Karydas *et al.*, 2009). Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας εξαιτίας της έλλειψης εδαφολογικών δεδομένων για τον υπολογισμό του συντελεστή εδαφικής διαβρωσιμότητας χρησιμοποιήθηκαν οι γεωλογικοί σχηματισμοί από τον γεωλογικό χάρτη (Ι.Γ.Μ.Ε., 1980) της περιοχής μελέτης.

Η νήσος Ζάκυνθος δομείται από αλπικούς σχηματισμούς που ανήκουν στις Εξωτερικές Ελληνίδες και συγκεκριμένα στις γεωτεκτονικές ζώνες Παξών και Ιονίου καθώς και μεταλπικές αποθέσεις. Τα πετρώματα της ζώνης των Παξών εμφανίζονται στο δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης και αποτελούνται κυρίως από Ανω - Κρητιδικούς ασβεστολίθους, Ηωκαινικούς μαργαϊκούς ασβεστολίθους και από Μειοκαινικές μάργες, ιλυολίθους και ψαμμίτες. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της Ιονίου ζώνης αποτελούνται από Τριαδικούς κλαστικούς σχηματισμούς, γύψους με ανυδρίτη και ασβεστολίθους. Οι μεταλπικοί σχηματισμοί αποτελούνται από Πλειοκαινικές μάργες, μαργαϊκούς ψαμμίτες και ψαμμίτες με αργιλομάργες, Πλειστοκαινικές χαλαρές ή συνεκτικές θαλάσσιες αποθέσεις και Ολοκαινικές παράκτιες αποθέσεις, προσχώσεις και ερυθρογαίες. (Ι.Γ.Μ.Ε., 1980).

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής ομαδοποιήθηκαν ανάλογα την συνεκτικότητά τους την αντοχή τους στην διάβρωση, την διαπερατότητά τους και τη διηθητικότητά τους. Σε κάθε έναν από αυτούς δόθηκε μία ανάλογη αριθμητική τιμή του συντελεστή K όπως φαίνεται στον Πίνακα 1. Η χωρική απεικόνιση του συντελεστή εδαφικής διαβρωσιμότητας παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.

Πίνακας 1. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί και οι αντίστοιχες τιμές του συντελεστή εδαφικής διαβρωσιμότητας (K)

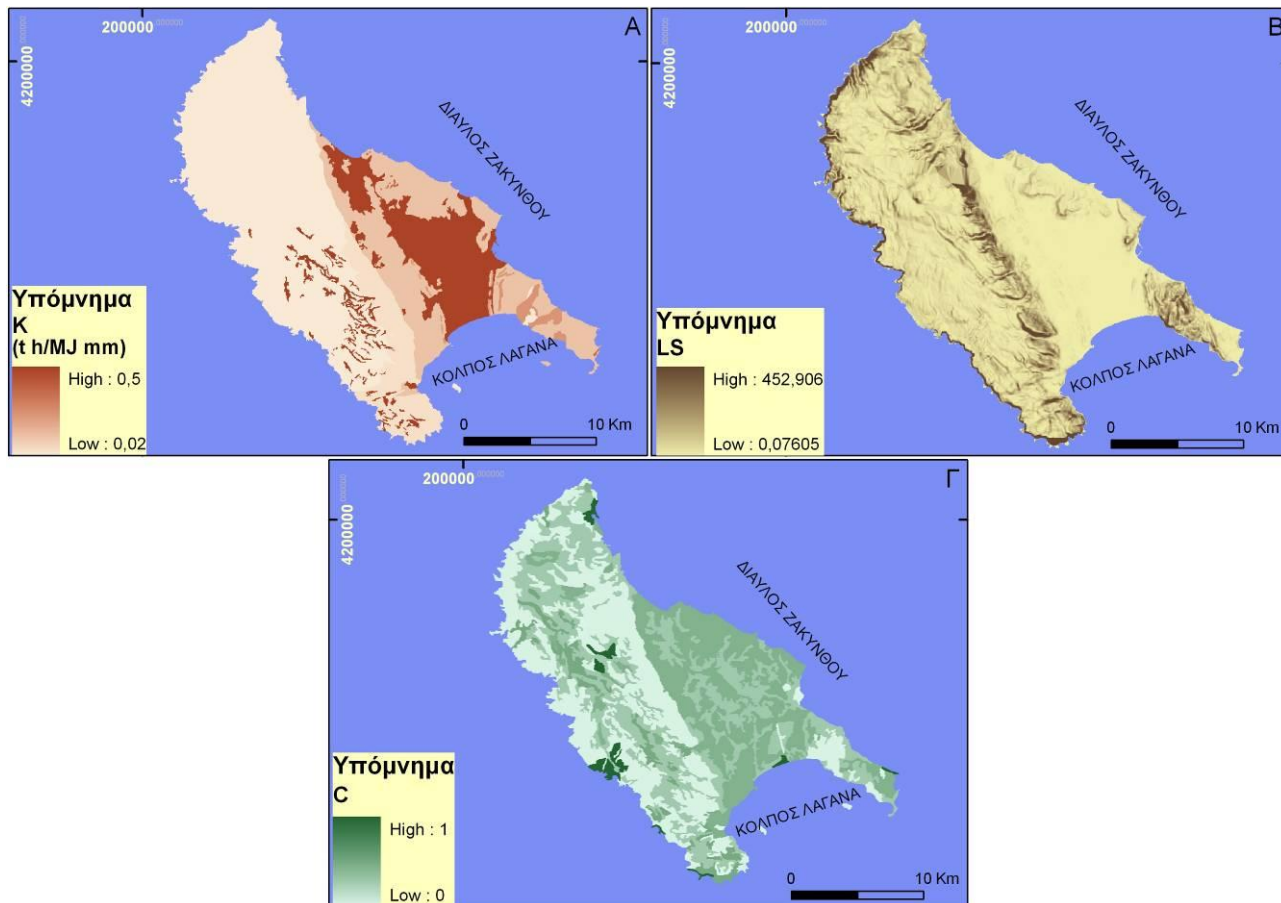
ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ K
Ολοκαινικές χαλαρές αποθέσεις με επικράτηση λεπτομερών	0,5
Ολοκαινικές χαλαρές αποθέσεις μικτών φάσεων	0,4
Πλειστοκαινικές χαλαρές ή συνεκτικές αποθέσεις	0,3
Μάργες, μαργαϊκοί ψαμμίτες και ψαμμίτες με αργιλομάργες	0,1
Γύψος	0,2
Μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι	0,04
Ασβεστόλιθοι	0,02

2.2.4 Τοπογραφικός Συντελεστής (LS)

Αυτός ο συντελεστής εκφράζει την επίδραση της τοπογραφίας στην εδαφική διάβρωση και μπορεί να διαιρεθεί στους συντελεστές L και S που αντιπροσωπεύουν αντίστοιχα το μήκος της κλιτύς και την κλίση της. Όσο πιο απότομη κλίση έχει το πρηνές μίας κλιτύς τόσο μεγαλύτερο είναι το ποσό της εδαφικής απώλειας εξαιτίας της διάβρωσης. Επιπλέον, όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος του πρηνούς συσσωρεύεται μεγαλύτερη επιφανειακή απορροή με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ταχύτητα ροής του ύδατος και να ευνοείται η διάβρωση (Desmet and Govers, 1996). Ο τοπογραφικός συντελεστής προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό των δύο επιμέρους συντελεστών του. Στην παρούσα εργασία για τον υπολογισμό του LS χρησιμοποιήθηκε μία εξίσωση που έχει προταθεί από τον Morgan (1986) και η μαθηματική της έκφραση είναι:

$$LS = (L/22)0.5 \times (0.065 + 0.045.S + 0.0065.S^2) \quad (3)$$

όπου L είναι το μήκος της κλιτύς (m) και χρησιμοποιήθηκε το μέγεθος κυψελίδας των 50 μέτρων και S η επί τοις εκατό κλίση. Η κλίση υπολογίσθηκε από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους της περιοχής μελέτης ύστερα από την απαραίτητη επεξεργασία στο περιβάλλον του ΓΣΠ. Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους προέκυψε από τις ψηφιοποιημένες ισοϋψείς καμπύλες ισοδιάστασης 20m των προαναφερθέντων τοπογραφικών χαρτών. Η χωρική απεικόνιση του τοπογραφικού συντελεστή δίνεται στο Σχήμα 2.



Σχήμα 2. Οι παράγοντες της ΠΕΕΑ. Α. ο συντελεστής εδαφικής διάβρωσιμότητας K, Β. ο τοπογραφικός Συντελεστής (LS) και Γ. ο συντελεστής φυτοκάλυψης (C)

2.2.4 Συντελεστής φυτοκάλυψης (C)

Ο συντελεστής φυτοκάλυψης αντανακλά την επίδραση των καλλιέργειών και τις πρακτικές διαχείρισής τους στην εδαφική διάβρωση. Σχετίζεται κυρίως με το ποσοστό κάλυψης της βλάστησης και εκφράζει το μέτρο της μείωσης της εδαφικής διάβρωσης που οφείλεται σε αυτό. Τα δάση και η πυκνή χλόη παρουσιάζουν πυκνή κάλυψη του εδάφους με αποτέλεσμα να παρέχουν την καλύτερη προστασία από την διάβρωση. Μικρά σε μέγεθος φυτά όπως είναι το σιτάρι, που έχουν μέσο ποσοστό κάλυψης, αποτελούν εμπόδιο στην απόπλυση των εδαφών. Απεναντίας καλλιέργειες, όπως είναι το καλαμπόκι και κυρίως τα νεαρά φυτά που παρέχουν αραιή κάλυψη, ευνοούν την εδαφική διάβρωση (Morgan, 1995). Οι χρήσεις γης του προγράμματος CORINE χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό του συντελεστή φυτοκάλυψης. Σε κάθε χρήση γης δόθηκε μία αριθμητική τιμή στον συντελεστή K βασισμένη στην διεθνή βιβλιογραφία (Cebecauer *et al.*, 2000; Bilasco *et al.*, 2009) και προσαρμοσμένη στις ανάγκες της παρούσας εργασίας (Πίνακας 2). Η χωρική απεικόνιση του συντελεστή φυτοκάλυψης δίνεται στο Σχήμα 2.

Πίνακας 2. Οι χρήσεις γης και οι τιμές του συντελεστή φυτοκάλυψης (C)

Χρήση γης	Συντελεστής C
Συνεχής αστική οικοδόμηση	0,001
Διακεκομμένη αστική οικοδόμηση	0,05
Εμπορική-βιοτεχνική ζώνη	0,05

Ζώνη λιμανιού	0,001
Αεροδρόμια	0,005
Χώροι εξόρυξης ορυκτών	0,05
Περιοχές αστικού πράσινου	0,05
Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής	0,05
Μη αρδεύσιμη αρόσιμη γη	0,05
Αμπελώνες	0,05
Ελαιώνες	0,08
Λιβάδια	0,005
Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας	0,08
Γη που καλύπτεται κυρίως από τη γεωργία με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης	0,05
Δάσος κωνοφόρων	0,001
Μικτό δάσος	0,001
Φυσικοί βοσκότοποι	0,2
Σκληροφυλλική βλάστηση	0,005
Μεταβατικές δασώδεις θαμνώδεις εκτάσεις	0,09
Παραλίες αμμόλοφοι αμμουδιές	1
Απογυμνωμένες εκτάσεις	1
Εκτάσεις με αραιή βλάστηση	0,05
Παραθαλάσσιοι βάλτοι	0

2.2.5 Συντελεστής διαχείρισης εδαφών κατά της διάβρωσης (P)

Ο συντελεστής P αντανακλά τις επιπτώσεις των πρακτικών, που υιοθετούνται για την αντιμετώπιση της διάβρωσης, όπως για παράδειγμα η δημιουργία αναβαθμιδών, η καλλιέργεια κατά μήκος των ισοϋψών καμπύλων που μειώνουν το ποσό και το ποσοστό της απορροής των υδάτων και ως εκ τούτου και το μέγεθος της διάβρωσης. Η τιμή του P κυμαίνεται από 0 έως 1 ανάλογα με τα μέτρα που έχουν ληφθεί για την αντιμετώπιση της διάβρωσης. Όσο μικρότερη είναι η τιμή του συντελεστή, τόσο πιο αποτελεσματικό είναι το μέτρο για τη μείωση της διάβρωσης. Ωστόσο, στην παρούσα μελέτη, η τιμή του P θεωρήθηκε ίση με 1 διότι σε μια κλίμακα 1:50.000 δεν ήταν δυνατόν να συγκεντρωθούν δεδομένα όσον αφορά τις πρακτικές αντιμετώπισης της διάβρωσης.

3. Αποτελέσματα

Η εφαρμογή της ΠΕΕΑ, σε περιβάλλον ΓΣΠ, έγινε με τον πολλαπλασιασμό των προαναφερθέντων πέντε παραγόντων. Με τον τρόπο αυτό παρήχθη ο χάρτης της χωρικής κατανομής της μέσης ετήσιας εδαφικής απώλειας ανά εκτάριο (A) για τη νήσο Ζάκυνθο. Επειδή οι τιμές της εδαφικής απώλειας ήταν συνεχείς, κατηγοριοποιήθηκαν σε πέντε κατηγορίες οι οποίες χαρακτηρίστηκαν και ως προς την δυνητική επικινδυνότητά στην διάβρωση και είναι: (i) < 1 πολύ χαμηλή, (ii) 1 - 5 χαμηλή, (iii) 5 – 10 μέση, (iv) 10 – 20 υψηλή, και (v) >20 (t/ha year) πολύ υψηλή. Η χωρική κατανομή των τιμών δίνεται στο Σχήμα 3.

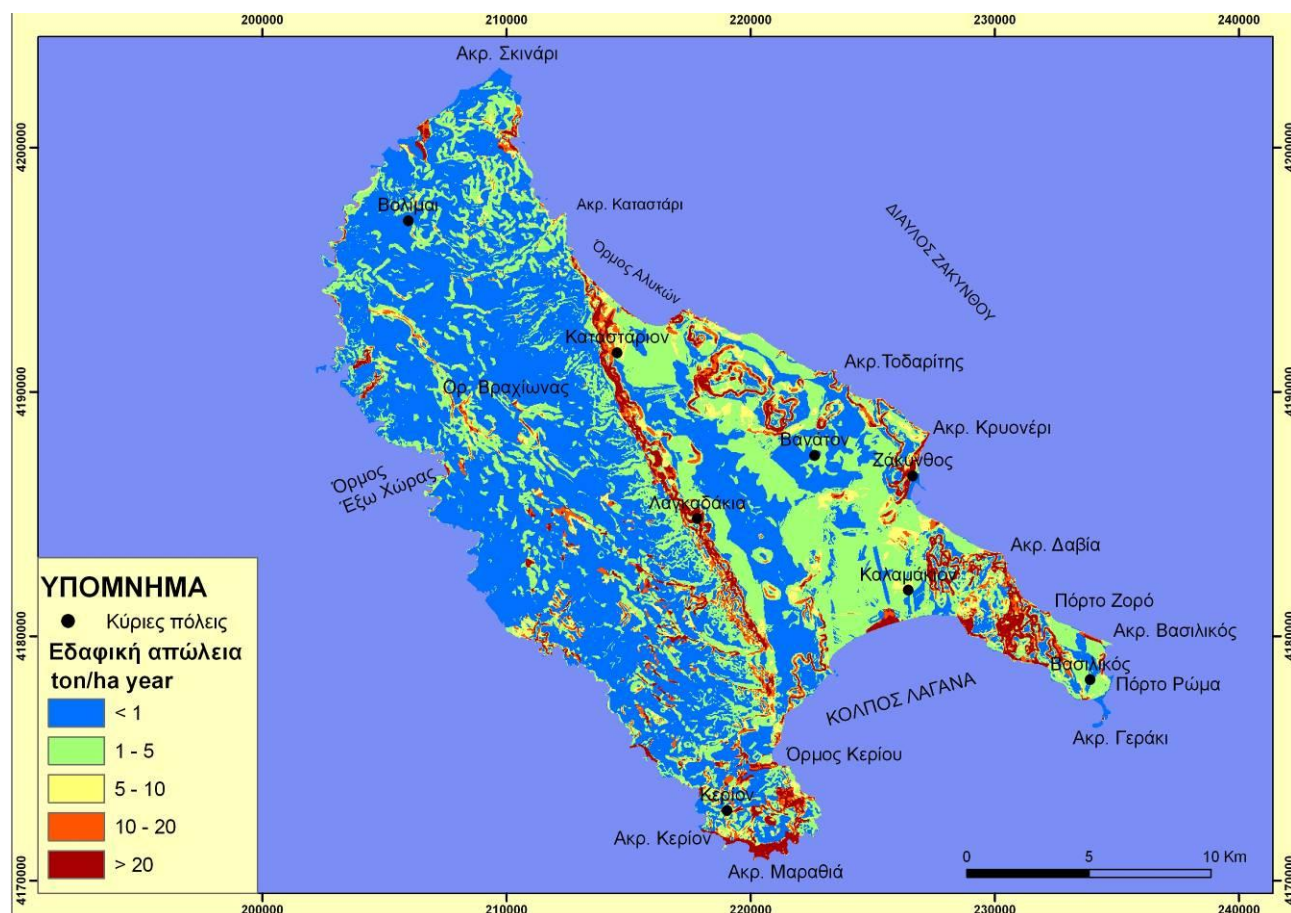
Η ποσοστιαία κατανομή των εκτάσεων, της κάθε κατηγορίας σε σχέση με τη συνολική έκταση είναι: (i) 53,7% για τη πολύ χαμηλή, (ii) 30,9% για τη χαμηλή, (iii) 6,1% για τη μέση, (iv) 5,0% για τη υψηλή, και (v) 4,3% για τη πολύ υψηλή επικινδυνότητας σε διάβρωση. Όπως προκύπτει από τα παραπάνω η μεγαλύτερη σε έκταση ζώνη είναι η πολύ χαμηλής επικινδυνότητας σε διάβρωση και η μικρότερη πολύ υψηλής.

Χωρικά οι πολύ υψηλές τιμές της εδαφικής απώλειας εμφανίζονται κυρίως στο ανατολικό και νότιο τμήμα της περιοχής μελέτης. Στο ανατολικό τμήμα οι πολύ υψηλές τιμές, που παρουσιάζονται ανατολικά και νοτιοανατολικά του όρους Βραχίονας, οφείλονται κυρίως στις υψηλές τιμές του LS (LS>30). Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τις υψηλές τιμές του K εξαιτίας της εμφάνισης σχηματισμών όπως είναι οι μάργες, μαργαϊκοί ψαμμίτες και ψαμμίτες με αργιλομάργες καθώς και οι χαλαρές Ολοκαινικές αποθέσεις ευνοούν τις διαβρωτικές διεργασίες. Στους παραπάνω λόγους οφείλονται οι υψηλές τιμές που παρατηρούνται ανατολικότερα στην περιοχή του Κασταρίου και Βανάτου. Στην περιοχή που βρίσκεται δυτικά της πόλης της Ζακύνθου και στο Ακρωτήριο Κρουονέρι οι πολύ υψηλές τιμές της εδαφικής απώλειας οφείλονται τόσο στην επικράτηση σχηματισμών, όπως είναι οι μάργες μαργαϊκοί ψαμμίτες, ψαμμίτες και οι Τεταρτογενείς αποθέσεις, αλλά και στις χρήσεις γης όπως γη, που καλύπτεται κυρίως από τη γεωργία, με

σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης που παρουσιάζουν μέσες προς υψηλές τιμές του συντελεστή C.

Στο νοτιοανατολικό τμήμα οι επικρατούσες υψηλές τιμές του K σε συνδυασμό με τις υψηλές τιμές του συντελεστή C ευνοούν την εμφάνιση των υψηλών τιμών εδαφικής απώλειας, ενώ στο νοτιοδυτικό τμήμα στο γεγονός αυτό συντελεί και το απότομο ανάγλυφο που παρουσιάζει υψηλές τιμές μορφολογικής κλίσης με υψηλές αντίστοιχα τιμές του συντελεστή LS.

Τα παραπάνω αποτελέσματα δείχνουν ότι οι ρυθμοί διάβρωσης της περιοχής μπορούν να φτάσουν σε υψηλά επίπεδα και θα πρέπει να ληφθούν μέτρα για τον μετριασμό και την αντιμετώπιση της. Οι περιοχές πολύ υψηλής επικινδυνότητας σε διάβρωση συχνά παρουσιάζουν προβλήματα εκδήλωσης κατολισθήσεων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα κατολισθητικά φαινόμενα της παράκτιας περιοχής του Ακρωτηρίου Κρουονερίου (Λέκκας και Αντωνίου, 2004) η οποία βρίσκεται στην ζώνη πολύ υψηλής επικινδυνότητας σε διάβρωση.



Σχήμα 3 Οι τιμές της εδαφικής απώλειας στην Ζάκυνθο

Επιπροσθέτως, η μεγάλη απώλεια εδάφους από περιοχές με έντονη διάβρωση πιθανά να προκαλέσει αυξημένο κίνδυνο εκδήλωσης πλημμυρών κυρίως στις χαμηλές παράκτιες περιοχές όμως είναι η περιοχή του κόλπου Λαγανά και του όρμου Αλυκών. Τέτοια φαινόμενα μπορεί να προκληθούν διότι οι περιοχές που έχουν διαβρωθεί έχουν χάσει την ικανότητα κατείσδυσης του ύδατος με αποτέλεσμα να αυξάνεται η επιφανειακή απορροή και να εκδηλώνονται πλημμύρες στα κατάντη προξενώντας καταστροφές και υλικές ζημιές. Επιπλέον η συσσώρευση και απόθεση, μέσω του υδρογραφικού δικτύου, μεγάλου όγκου διαβρωσιγενών υλικών σε περιοχές χαμηλού και ήπιου ανάγλυφου είναι δυνατόν να προκαλέσουν εκτεταμένες υλικές ζημιές.

4. Συμπεράσματα

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας εφαρμόστηκε η Παγκόσμια Εξίσωση Εδαφικής Απώλειας (ΠΕΕΑ) σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφορίας για την χωρική και ποσοτική εκτίμηση της επιφανειακής εδαφικής διάβρωσης στην νήσο Ζάκυνθο. Οι παράγοντες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ο συντελεστής διαβρωτικότητας της βροχής (R), ο συντελεστής διαβρωσιμότητας του εδάφους (K), ο τοπογραφικός συντελεστής (LS), ο συντελεστής

φυτοκάλυψης (C) και ο συντελεστής διαχείρισης εδαφών κατά της διάβρωσης. Κάθε ένας από τους συντελεστές αυτούς ποσοτικοποιήθηκε και βαθμονομήθηκε ανάλογα με την επίδρασή του στις διαβρωσιγενείς διεργασίες.

Το αποτέλεσμα της εφαρμοζόμενης μεθοδολογίας ήταν η δημιουργία του χάρτη της μέσης ετήσιας εδαφικής διάβρωσης της περιοχής μελέτης. Ανάλογα με τις τιμές της εδαφικής απώλειας η περιοχή κατηγοριοποιήθηκε σε πέντε διαβαθμισμένες ζώνες επικινδυνότητας ως προς τη διάβρωση: (i) πολύ χαμηλή, (ii) χαμηλή, (iii) μέση, (iv) υψηλή και (v) πολύ υψηλή. Η ποσοστιαία αναλογία των εκτάσεων των πέντε κατηγοριών είναι αντίστοιχα: (i) 53,7%, (ii) 30,9%, (iii) 6,1%, (iv) 5,0% και (v) 4,3%. Οι περιοχές πολύ υψηλής επικινδυνότητας στη διάβρωση εντοπίζονται στο ανατολικό και το νότιο τμήμα του νησιού και σχετίζονται με την πιθανή μελλοντική εκδήλωση κατολισθητικών και πλημμυρικών φαινομένων στο νησί.

Η χωρική και ποσοτική κατανομή της εδαφικής απώλειας και η οριοθέτηση των επικίνδυνων περιοχών στη διάβρωση, είναι ένας σημαντικός παράγοντας, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο από την πολιτεία όσο και από τις τοπικές αρχές στα πλαίσια της διαχείρισης των φυσικών καταστροφών ή για την κατασκευή έργων που σχετίζονται με την ανάπτυξη μιας περιοχής.

Βιβλιογραφία

- I.Γ.Μ.Ε., 1980: Γεωλογικός χάρτης Φύλλο "ΖΑΚΥΝΘΟΣ" κλίμακα 1:50.000
- Λέκκας Ε. και Α. Αντωνίου, 2004: *Αντιμετώπιση Κατολισθητικών Φαινομένων σε Περιοχές Ιδιαίτερης Περιβαλλοντικής Σημασίας: Η Περίπτωση του Κόκκινου Βράχου Ζακύνθου*. Το Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο της Ελληνικής Γεωγραφικής Εταιρίας, Μυτιλήνη, 14 - 17 Οκτωβρίου 2004.
- Φλαμπούρης Κ., 2008. *Μελέτη της επίδρασης του παράγοντα βροχόπτωσης R στον νόμο RUSLE*. Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τομέας Υδραυλικής και Τεχνικής Περιβάλλοντος.
- Beskow, S, C.R. Mello, L.D. Norton, N. Curi, M.R. Viola, J.C. Avanzi, 2009: Soil erosion prediction in the Grande River Basin, Brazil using distributed modeling. *Catena*, **79**, 49 - 59.
- Bilasco S., Horvath, C., Cocean, P., Sorocovschi, V., Oncu, M., 2009: Implementation of the USLE model using GIS techniques. Case study the Someșean Plateau. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, **4 (2)**, 123 - 132 .
- Bossard M, J. Feranec, J. Otahel, 2000. *CORINE land cover technical guide – Addendum 2000*. European Environment Agency, Copenhagen.
- Brückner H. and G., Hoffmann, 1992: Human-induced erosion processes in Mediterranean countries. *Geοδκο plus*, **III**, p.97 – 110.
- Cebecauer, T., M. Suri, J. Hofierka, E. Fulajaitar, 2000: Corine land cover in the context of soil erosion assessment at regional scale. http://www.corine.dfd.dlr.de/media/download/ws-clc_celecauer_et-al.pdf.
- Desmet P.J., and G. Govers, 1996: A GIS-procedure for the automated calculation of the USLE LS-factor on topographically complex landscape units. *Soil Water Conserv*, **51(5)**, 427–433
- Dregne H. E., 2002. Land Degradation in the Drylands. *Arid Land Research and Management*, **16**, 99 – 132.
- Julien P.Y., 1998: *Erosion and Sedimentation*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- Karydas, C., T. Sekuloska, G. Silleos, 2009: Quantification and site-specification of the support practice factor when mapping soil erosion risk associated with olive plantations in the Mediterranean island of Crete. *Environmental Monitoring and Assessment* **149**, 19-28.
- Lee, S., 2004: Soil erosion assessment and its verification using the Universal Soil Loss Equation and Geographic Information System: a case study at Boun, Korea. *Environmental Geology*, **45**, 457 – 465.
- Morgan R.P.C., 1995: *Soil Erosion and Conservation*. Longman, Essex, U.K.
- Morgan, R. P. C., 1986. *Soil erosion and conservation*. Ed. by D. A. Davidson. Longman Scientific and Technical, Longman Group UK Limited.
- Renard, K.G., G.R. Foster, G.A. Weesies, D.K. McCool, D.C. Yoder, 1997: *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. Agriculture Handbook N.703, U.S. Department of Agriculture Research Service, Washington, DC, USA.
- Wischmeier, W.H. and D.D. Smith, 1978: *Predicting rainfall erosion losses*. Agriculture Handbook, n. 537, Agriculture Research Service, US Department of Agriculture, Washington, DC, USA.