

ΜΟΝΤΕΛΟ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΥΠΕΡΘΕΣΗΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ GIS ΣΤΟ ΝΗΣΙ ΚΥΘΝΟΣ

Άννα Δόσιου, ΑΜ: 222305, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών, Λεωφ. Ελευθερίου Βενιζέλου, 70, GR-176 76 Καλλιθέα, Αθήνα, gp222305@hua.gr

Περίληψη

Η μέθοδος της σταθμισμένης πολυκριτηριακής ανάλυσης και της υπέρθεσης των επιπέδων χρησιμοποιείται στην συγκεκριμένη εργασία για να ερευνηθεί η επιδεκτικότητα σε διάβρωση της Κύθνου. Αυτή η μέθοδος ενδείκνυται γιατί συνδυάζει πολλά κριτήρια που επηρεάζουν την διαβρωσιμότητα, τα οποία έχουν επαναταξινομηθεί σε κοινή κλίμακα αναφοράς. Στο πλαίσιο της εκπόνησης της εργασίας παράχθηκαν ο χάρτης του ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου(DEM) και οι χάρτες επιδεκτικότητας σε διάβρωση για την βλάστηση, την λιθολογία, την κλίση, τον προσανατολισμό, την απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο, και την απόσταση από την ακτογραμμή. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται δύο σενάρια με ανάλογους συντελεστές βαρύτητας, στα οποία συνδυάζονται όλα τα κριτήρια για να απεικονιστεί η γενική επιδεκτικότητα σε διάβρωση του νησιού. Τα αποτελέσματα της εργασίας είναι καίριας σημασίας, καθώς αποδίδουν την διαβρωσιμότητα του εδάφους την Κύθνου, άρα τις επικίνδυνες περιοχές που χρήζουν άμεσης προστασίας και μέριμνας από τους αρμόδιους φορείς, ώστε να αποφευχθούν καταστάσεις κρίσεις και φυσικές καταστροφές.

Λέξεις Κλειδιά

Χαρτογραφική Υπέρθεση, Πολυκριτηριακή Ανάλυση, Διαβρωσιμότητα, Επαναταξινόμηση, Συντελεστές Βαρύτητας, Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών

1. Εισαγωγή - Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Η Κύθνος βρίσκεται στα βορειοδυτικά του νομού Κυκλαδών και ο Πειραιάς βρίσκεται 56 ναυτικά μίλια μακριά. Η έκταση της ισούται με 99,4 km², και το 2011 οι κάτοικοι της ήταν 1456 (Φιλιππαίου, 2013).

Κύριο μέλημα αυτής της εργασίας είναι μέσω της μεθόδου σταθμισμένης πολυκριτηριακής ανάλυσης και της υπέρθεσης των επιπέδων διάφορων χαρακτηριστικών, να απεικονιστεί ένα απλοποιημένο μοντέλο που θα αναδεικνύει την επιδεκτικότητα σε διάβρωση της Κύθνου. Για να επιτευχθεί αυτό, τα δεδομένα επεξεργάζονται, επαναταξινομούνται, μετατρέπονται σε raster και vector αρχεία, το ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο αναλύεται και επεξεργάζεται, και γίνεται υπέρθεση επιπέδων ψηφιδωτών δεδομένων, αλλά έπειτα και διανυσματικών, για να απεικονιστούν δύο διαφορετικά σενάρια επιδεκτικότητας του συνόλου των χαρακτηριστικών της Κύθνου σε διάβρωση. Επίσης, αφού τα αποτελέσματα είναι σε μορφή raster και vector, είναι χρήσιμη η σύγκριση τους για μελλοντική χρήση της ανάλογης μορφής δεδομένων σε παρόμοια μελέτη.

Με την πολυκριτηριακή ανάλυση τα γεωγραφικά δεδομένα συνδυάζονται και μετασχηματίζονται, ώστε να προκύψει μία καίρια απόφαση που θα καθορίσει αντιμετώπιση της περιοχής μελέτης. Τα αποτελέσματα αυτής της μεθόδου, δηλαδή στην συγκεκριμένη περίπτωση ο χάρτης επιδεκτικότητας σε διάβρωση, μπορούν να χρησιμεύσουν συμβουλευτικά προς τους αρμόδιους φορείς για την καταληλότητα της περιοχής μελέτης για ανάλογες χρήσεις (Rikalovic, Cosic, & Lazarevic, 2014). Με αυτή τη μέθοδο μπορούν να συγκριθούν ταυτόχρονα πολλα κριτήρια, είτε είναι σύμφωνα είτε αντίθετα, για να παρθεί η ορθότερη απόφαση (Ryan & Nimick, 2019).

Η πολυκριτηριακή ανάλυση είναι ισχυρή μέθοδος αφού συνδυάζει τις απλές ενέργειες σύλληψης και εκτέλεσης, τα ποιοτικά και ποσοτικά κριτήρια, και είναι δυνατό να λάβουν αποφάσεις σε σχέση με αυτήν πολλές ομάδες ανθρώπων (πχ. ειδικοί επιστήμονες, διαχειριστές, ομάδες πολιτών). Είναι μια εξισωτική μέθοδος που αξιολογεί το πόσο συμμετέχει το κάθε κριτήριο στο να επιτευχθεί ο στόχος, βάσει των συντελεστών βαρύτητας. Ποσοτικά οι συντελεστές βαρύτητας λαμβάνουν τιμές από 0 -1, και το άθροισμα τους ισούται με τον αριθμό 1. Τα δεδομένα ομογενοποιούνται αφού επαναταξινομούνται σε τακτική κλίμακα, και οι χρήσιμες μεταβλητές διαμορφώνονται έτσι ώστε να ανήκουν σε μία συγκεκριμένη κλίμακα με ενιαία μονάδα αναφοράς (Χαλκιάς, 2015). Ένα αρνητικό της μεθόδου της πολυκριτηριακής ανάλυσης που πολλοί επιστήμονες το επισημαίνουν είναι οι πίνακες επαναταξινόμησης και οι τιμές που είναι προκαθορισμένες χωρίς περιθώριο αλλαγών.

Τα βήματα για να υλοποιηθεί μια πολυκριτηριακή ανάλυση είναι (Ryan & Nimick, 2019):

1. Καθορισμός του προβλήματος και του στόχου.
2. Προσδιορισμός χαρακτηριστικών/κριτηρίων και περιορισμών, βάσει της βιβλιογραφίας και ειδικών.
3. Μετατροπή των τιμών σε κοινή κλίμακα, ώστε να είναι εφικτή η σύγκρισή τους και η ορθή παρουσίασή τους σε λογικά τεκμηριωμένους αριθμούς.
4. Καθορισμός της σημασίας του κάθε κριτηρίου σε σχέση με τα υπόλοιπα αλλά και με τον στόχο.
5. Συνδυασμός και άθροισμα των επιπέδων.
6. Ανάλυση και επαλήθευση των αποτελεσμάτων.

Η ανάλυση μπορεί να γίνει τόσο με ψηφιδωτά (raster) όσο και με διανυσματικά (vector) δεδομένα.

Τα vector δεδομένα είναι κατάλληλα για εργασία με πολλά διαφορετικά επίπεδα που αποσκοπούμε σε δυαδικό αποτέλεσμα, δηλαδή μόνο το αν είναι θετικό ή αρνητικό. Αντίθετα, τα raster δεδομένα αποφέρουν την καταλληλότητα της περιοχής σε κατάταξη, και όχι μόνο στο ποια περιοχή είναι η πλήρως αποδεκτή, και μπορούν να συνδυαστούν με διάφορους συντελεστές βαρύτητας για το κάθε χαρακτηριστικό (Gandhi, 2021). Επιπλέον, τα raster αρχεία έχουν ένα κοινό σημείο αναφοράς, ενώ τα διανυσματικά αρχεία που έχουν προέλθει από μετατροπή (raster → vector) περιλαμβάνουν και επιπλέον σημεία με τιμή 0 που δεν έχουν νόημα και είναι σφάλμα της μετατροπής.

Η διάβρωση του εδάφους είναι ύψιστης σημασίας και εξετάζεται σε αυτή την εργασία, καθώς ευθύνεται μακροπρόθεσμα για πολλές περιβαλλοντικές επιπτώσεις λόγω των υδάτινων πόρων που γεμίζουν με ιλύ, και της απώλειας της βιοποικιλότητας. Η διαβρωσιμότητα του εδάφους επηρεάζεται κυρίως από την βροχόπτωση, τον τύπο του εδάφους, την τοπογραφία, την βλάστηση, και τις χρήσεις γης (Pereira, et al., 2022).

Για την επαναταξινόμηση του επιπέδου της βλάστησης είναι απαραίτητος ο πίνακας που επεξηγεί τους κωδικούς και την ονοματολογία της κάλυψης γης (Corine Land Cover) (Πίνακας 1).

Ελληνική ονοματολογία CORINE LAND COVER

Πρώτο επίπεδο	Δεύτερο επίπεδο	Τρίτο επίπεδο
1. Τεχνητές επιφάνειες	1.1 Αστικός ιστός	1.1.1 Συνεχής αστικός ιστός 1.1.2 Ασυνεχής αστικός ιστός
	1.2 Βιομηχανικές-εμπορικές ζώνες και δίκτυα μεταφορών	1.2.1 Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες 1.2.2 Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα 1.2.3 Ζώνες λιμένων 1.2.4 Αεροδρόμια
	1.3 Ορυχεία, χώροι απορρίψεως απορριμμάτων και χώροι οικοδόμησης	1.3.1 Χώροι εξόρυξεως ορυκτών 1.3.2 Χώροι απορρίψεως απορριμμάτων 1.3.3 Χώροι οικοδόμησης
	1.4 Τεχνητές μη γεωργικές ζώνες πράσινου	1.4.1 Περιοχές αστικού πρασίνου 1.4.2 Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής
2. Γεωργικές περιοχές	2.1 Αρόσιμη γη	2.1.1 Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη 2.1.2 Μόνιμα αρδευόμενη γη 2.1.3 Ορυζώνες
	2.2 Μόνιμες καλλιέργειες	2.2.1 Αμπελώνες 2.2.2 Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς 2.2.3 Ελαιώνες
	2.3 Λιβάδια	2.3.1 Λιβάδια
	2.4 Ετερογενείς γεωργικές περιοχές	2.4.1 Επήσιες καλλιέργειες που σχετίζονται με μόνιμες καλλιέργειες 2.4.2 Σύνθετες καλλιέργειες 2.4.3 Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης 2.4.4 Γεωργο-δασικές περιοχές
3. Δάση και ημι-φυσικές περιοχές	3.1 Δάση	3.1.1 Δάσος πλατύφυλλων 3.1.2 Δάσος κωνοφόρων 3.1.3 Μικτό δάσος
	3.2 Συνδυασμοί θαμνώδους ή/και ποώδους βλάστησης	3.2.1 Φυσικοί βοσκότοποι 3.2.2 Θάμνοι και χερσότοποι 3.2.3 Σκληροφυλλική βλάστηση 3.2.4 Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις
	3.3 Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση	3.3.1 Παραλίες, αμμόλοφοι, Άμμουδιές 3.3.2 Απογυμνωμένοι βράχοι 3.3.3 Εκτάσεις με αραιή βλάστηση 3.3.4 Αποτεφρωμένες εκτάσεις 3.3.5 Παγετονές και άνευ χιόνι
	4. Υγρότοποι	4.1 Υγρότοποι ενδοχώρας 4.2 Παραθαλάσσιοι υγρότοποι
5. Υδάτινες επιφάνειες	5.1 Χερσαία ύδατα	5.1.1 Υδατορρεύματα 5.1.2 Επιφάνειες στάσιμου ύδατος
	5.2 Θαλάσσια ύδατα	5.2.1 Παράκτιες λιμνοθάλασσες 5.2.2 Εκβολές ποταμών 5.2.3 Θάλασσες και ωκεανοί

Πίνακας 1: Ονοματολογία Corine Land Cover (Δημήτρη, 2021)

2. Δεδομένα

Για την διεκπεραίωση της εργασίας για το νησί της Κύθνου χρησιμοποιήθηκαν έξι επίπεδα διανυσματικών δεδομένων, τα οποία είναι σημειακά, γραμμικά και πολυγωνικά. Πιο συγκεκριμένα, το επίπεδο με τις κορυφές του νησιού καθορίζει τις 181 κορυφές του και την μικρότερη και την μέγιστη τιμή τους, 30m και 356m αντίστοιχα, ενώ το επίπεδο των ισοϋψών καμπυλών δείχνει ότι το υψόμετρο κυμαίνεται από 0m – 340m. Ακόμα, αξιοποιήθηκαν τα επίπεδα των ψηφιοποιημένων δρόμων, που χωρίζονται σε βασικούς και επαρχιακούς, και του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής. Επιπλέον, δύο σημαντικά διανυσματικά επιπεδά είναι αυτό της λιθολογίας, το οποίο διαχωρίζει τους σχηματισμούς σε χαλαρούς, ημισυνεκτικούς και συνεκτικούς, και αυτό των χρήσεων γης, που απεικονίζει αναλυτικά όλες τις χρήσεις γης που συναντώνται στην Κύθνο, στις τεχνητές επιφάνειες, στις γεωργικές περιοχές και στα δάση και στις ημιφυσικές περιοχές.

3. Μεθοδολογία

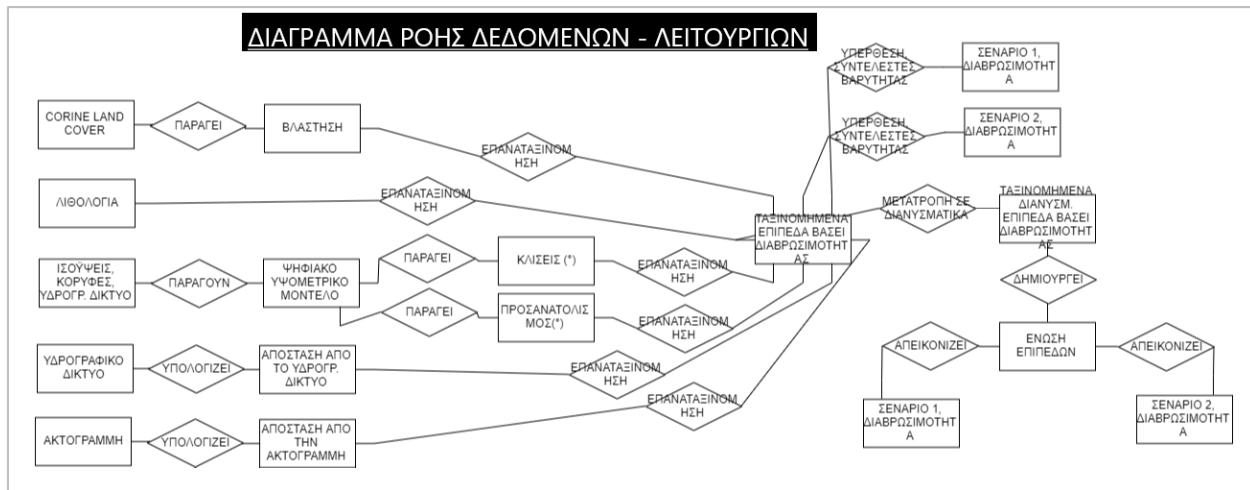
Για την εκπόνηση της εργασίας χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcMap 10.4 και τα αρχικά δεδομένα, από τα οποία μετά από πολλές ενέργειες και διαδικασίες παράχθηκαν οι χάρτες δύο σεναρίων επιδεκτικότητας σε διάβρωση για το νησί της Κύθνου. Το σύστημα αναφοράς των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν, είναι το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ 87). Το διάγραμμα που ακολουθεί (Διάγραμμα 1) αποσαφηνίζει τη ροή των λειτουργιών που πραγματοποίηθηκαν.

Στο πρώτο στάδιο των εργασιών, ορίστηκε η διάσταση των ψηφίδων ίση με 50X50 μέτρα για να ξεκινήσει ορθά η επεξεργασία των δεδομένων. Τα διανυσματικά (vector) πολυγωνικά δεδομένα της κάλυψης γης και της λιθολογίας μετατράπηκαν σε ψηφιδωτά δεδομένα (raster), και από το επίπεδο κάλυψης της γης (Corine Land Cover) παράχθηκε το layer της βλάστησης. Επίσης, για να δημιουργηθεί το Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο(DEM – Digital Elevation Model), συνδυάστηκαν στο πρώτο βήμα τα επίπεδα ισοϋψών, ρεμάτων και κορυφών της Κύθνου, και στο δεύτερο βήμα το παραγόμενο διανυσματικό αρχείο κόπηκε στα όρια της ισοϋψούς με τιμή 0m για να σχηματιστεί το τελικό αρχείο

DEM. Από το DEM παράχθηκαν τα επίπεδα του προσανατολισμού και των κλίσεων. Ακόμη, υπολογίστηκαν οι αποστάσεις από το υδρογραφικό δίκτυο και από την ακτρογραμμή του νησιού.

Στο δεύτερο στάδιο, όλα τα νέα ψηφιδωτά επίπεδα που δημιουργήθηκαν επαναταξινομήθηκαν βάσει των πινάκων 2 – 7, ώστε να έχουν όλα μια κοινή κλίμακα και να συνδυαστούν με την επιδεκτικότητα σε διάβρωση του κάθε χαρακτηριστικού σε κάθε σημείο. Η τιμή 1 αφορά περιοχές με πολύ μικρή, η τιμή 5 σε περιοχές με μέση, η τιμή 9 σε περιοχές με πολύ μεγάλη επιδεκτικότητα σε διάβρωση, και οι ενδιάμεσες τιμές έχουν ενδιάμεσες τιμές επιδεκτικότητας (Χαλκιάς, 2015). Τα επαναταξινομημένα δεδομένα στη συνέχεια μετατράπηκαν σε vector αρχεία, ώστε να γίνει η σύγκριση τους με τα raster αρχεία ως προς τα οφέλη του καθενός.

Τα δεδομένα που προέκυψαν μετά την επαναταξινόμηση συνδυάστηκαν μέσω του πίνακα 8 και των συντελεστών βαρύτητας για να απεικονιστούν δύο σενάρια, όπου η κάθε μεταβλητή έχει άλλη βαρύτητα κάθε φορά, άρα επηρεάζεται η επιδεκτικότητα σε διάβρωση όλων των χαρακτηριστικών που εξετάζονται. Εν τέλει, από τα δύο σενάρια παράχθηκαν τέσσερις χάρτες σεναρίων, αφού απεικονίστηκε το κάθε σενάριο τόσο από ψηφιδωτά όσο και από διανυσματικά δεδομένα. Οι χάρτες ψηφιδωτών δεδομένων του σεναρίου 1 και 2 περιέχουν και τους επαναταξινομημένους δρόμους βάσει της επιδεκτικότητάς τους σε διάβρωση.



Διάγραμμα 1: Διάγραμμα Ροής Δεδομένων – Λειτουργιών

4. Ανάλυση Δεδομένων και Αποτελέσματα

Όλα τα δεδομένα επαναταξινομήθηκαν βάσει των αριθμών 1 – 9 για να υπάρχει μια κοινή κλίμακα αναφοράς τους ως προς την επιδεκτικότητά τους σε διάβρωση. Η επαναταξινόμηση βασίστηκε στους ακόλουθους πίνακες:

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΒΛΑΣΤΗΣΗ		
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΚΩΔΙΚΟΣ	ΔΙΑΒΡΩΣΙΜΟΤΗΤΑ
Ασυνεχής Αστικός Ιστός	1.1.2.	2
Χώροι Οικοδόμησης	1.3.3.	1
Εγκαταστάσεις Αθλητισμού και Αναψυχής	1.4.2.	1
Μη Αρδευόμενη Αρόσιμη Γη	2.1.1.	5
Λιβάδια	2.3.1.	8
Σύνθετες Καλλιέργειες	2.4.2.	6
Γη που χρησιμοποιείται για Γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα Φυσικής Βλάστησης	2.4.3.	5
Φυσικοί Βοσκότοποι	3.2.1.	8
Σκληροφυλλική Βλάστηση	3.2.3	4
Εκτάσεις με Αραιή Βλάστηση	3.3.3.	7
Αποτεφρωμένες Εκτάσεις	3.3.4.	9

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ		
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΚΩΔΙΚΟΣ	ΔΙΑΒΡΩΣΙΜΟΤΗΤΑ
Χαλαροί Σχηματισμοί	1	9
Συνεκτικοί Σχηματισμοί	2	3
Ημισυνεκτικοί Σχηματισμοί	3	7

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΚΛΙΣΕΙΣ	
ΤΙΜΕΣ (°)	ΔΙΑΒΡΩΣΙΜΟΤΗΤΑ
0 – 5	1
5 – 10	3
10 – 15	5
15 – 20	7
20 – 40	9

ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ	
ΤΙΜΕΣ (m)	ΔΙΑΒΡΩΣΙΜΟΤΗΤΑ
0 – 50	9
50 – 100	8
100 – 250	5
250 – 2000	1

ΠΙΝΑΚΑΣ 6: ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗ	
ΤΙΜΕΣ (m)	ΔΙΑΒΡΩΣΙΜΟΤΗΤΑ
0 – 50	9
50 – 100	5
100 – 3000	1

ΠΙΝΑΚΑΣ 7: ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ		
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΤΙΜΕΣ (°)	ΔΙΑΒΡΩΣΙΜΟΤΗΤΑ
ΒΒΔ – Β	-1 – 0	4
Β – ΒΑ	0 – 45	7
ΒΑ – ΝΑ	45 – 135	4
ΝΑ – ΝΔ	135 – 225	8
ΝΔ – ΒΔ	225 – 315	4
ΒΔ – Β	315 – 360	7

Τα δύο διαφορετικά μοντέλα που κατασκευάστηκαν με τους συντελεστές βαρύτητάς τους είναι τα ακόλουθα:

	ΠΙΝΑΚΑΣ 8: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ					
	ΒΛΑΣΤΗΣΗ	ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΚΛΙΣΗ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗ
ΣΕΝΑΡΙΟ 1	0.16	0.16	0.20	0.16	0.16	0.16
ΣΕΝΑΡΙΟ 2	0.1	0.2	0.4	0.1	0.1	0.1

Ο πρώτος χάρτης που παράχθηκε είναι αυτός που απεικονίζει το ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο (DEM – Digital Elevation Model) της περιοχής μελέτης (χάρτης 1). Από τον χάρτη προκύπτει ότι τα υψηλότερα σημεία βρίσκονται κυρίως στα ΒΔ και στο κεντρικό μέρος του νησιού, ενώ τα χαμηλότερα, όπως είναι λογικό, κοντά στην ακτογραμμή.

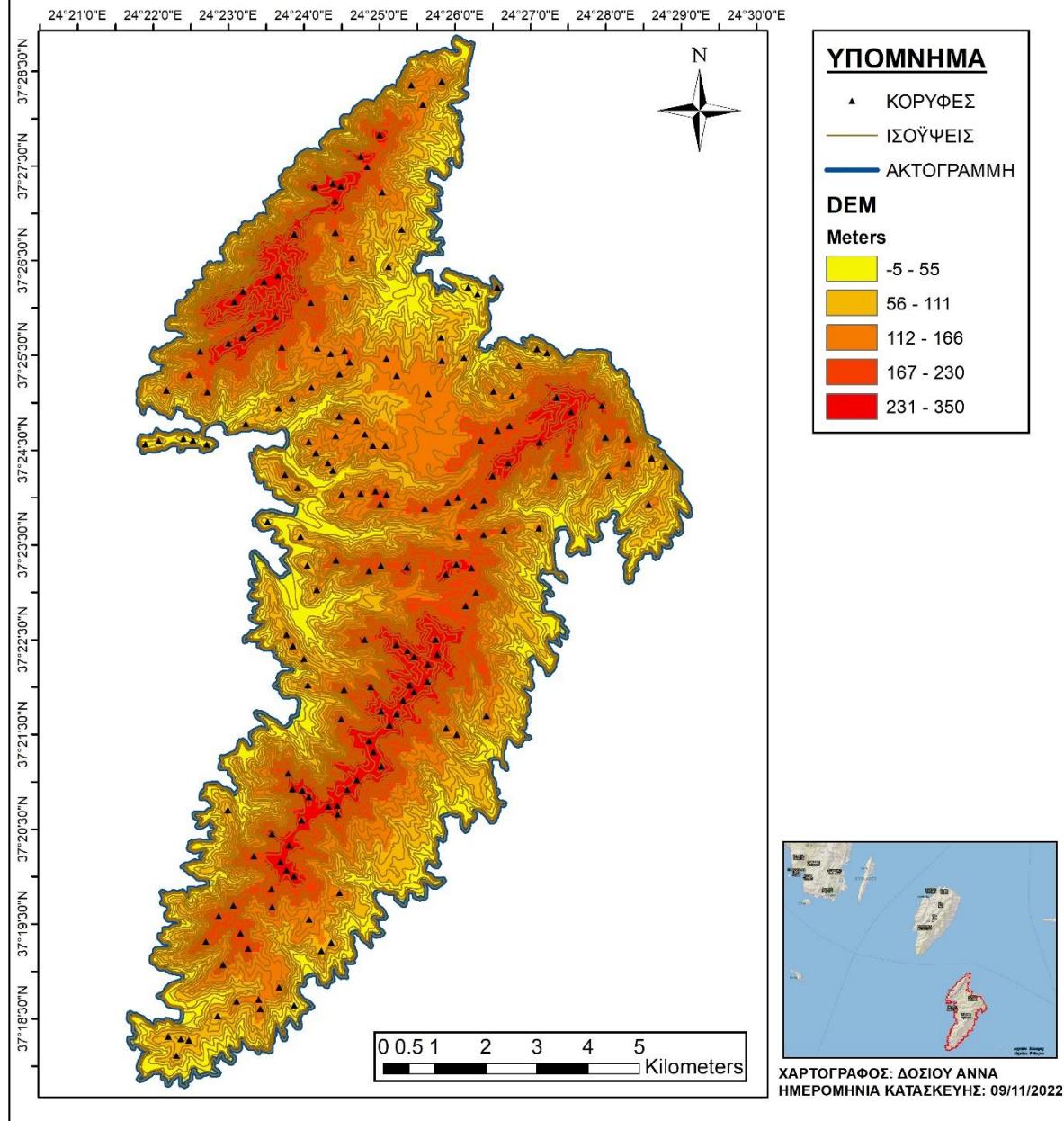
Από τους χάρτες της βλάστησης (χάρτης 2, χάρτης 3) παρατηρείται ότι στην Κύθνο κυριαρχεί η βλάστηση με διαβρωσιμότητα 8, δηλαδή τα λιβάδια και οι φυσικοί βοσκότοποι. Μεγάλη έκταση

καταλαμβάνουν και η σκληροφυλλική βλάστηση με επιδεκτικότητα σε διάβρωση 4, και με διαβρωσιμότητα 5 οι εκτάσεις μη αρδευόμενης αρόσιμης γης και οι γεωργικές περιοχές με σημαντικά τμήματα βλάστησης. Αποτεφρωμένες εκτάσεις, με διαβρωσιμότητα 9, εντοπίζονται μόνο κοντά στην ακτογραμμή δυτικά από το κέντρο του νησιού.

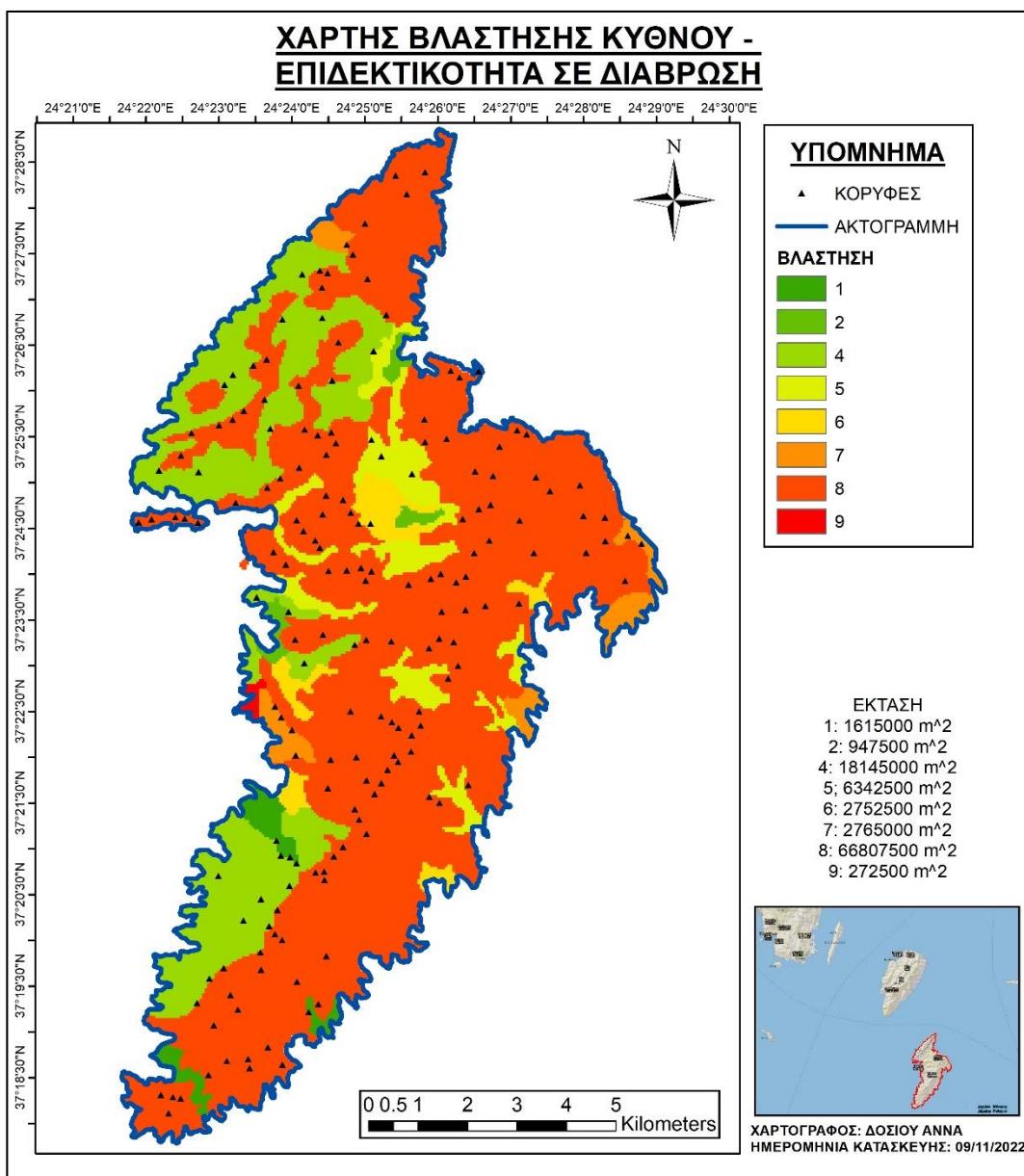
Οι χάρτες της λιθολογίας (χάρτης 4, χάρτης 5) αναδεικνύουν ότι η μεγαλύτερη έκταση του νησιού καλύπτεται από συνεκτικούς σχηματισμούς οι οποίοι δεν διαβρώνονται εύκολα, σημαντική έκταση καταλαμβάνουν οι ημισυνεκτικοί σχηματισμοί, ενώ υπάρχουν και λίγοι χαλαροί σχηματισμοί με διαβρωσιμότητα 9 που δηλώνει ότι διαβρώνονται στο μέγιστο δυνατό.

Οι κλίσεις της Κύθνου είναι πολύ μεγάλες κυρίως κοντά στην ακτογραμμή του δυτικού και ανατολικού τμήματός της, στις οποίες προσδίδεται η τιμή επιδεκτικότητας 9 αφού λόγω έντονης κλίσης διαβρώνονται πολύ εύκολα αυτές οι περιοχές (χάρτης 6, χάρτης 7). Συναντώνται μέτριες προς μεγάλες κλίσεις, με διαβρωσιμότητα 5 και 7 αντίστοιχα, καθόλη την έκταση του νησιού, ενώ η κύρια επίπεδη περιοχή βρίσκεται στο κέντρο της Κύθνου και απεικονίζεται με σκούρο πράσινο χρώμα και τον αριθμό 1.

ΧΑΡΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΥΘΝΟΥ

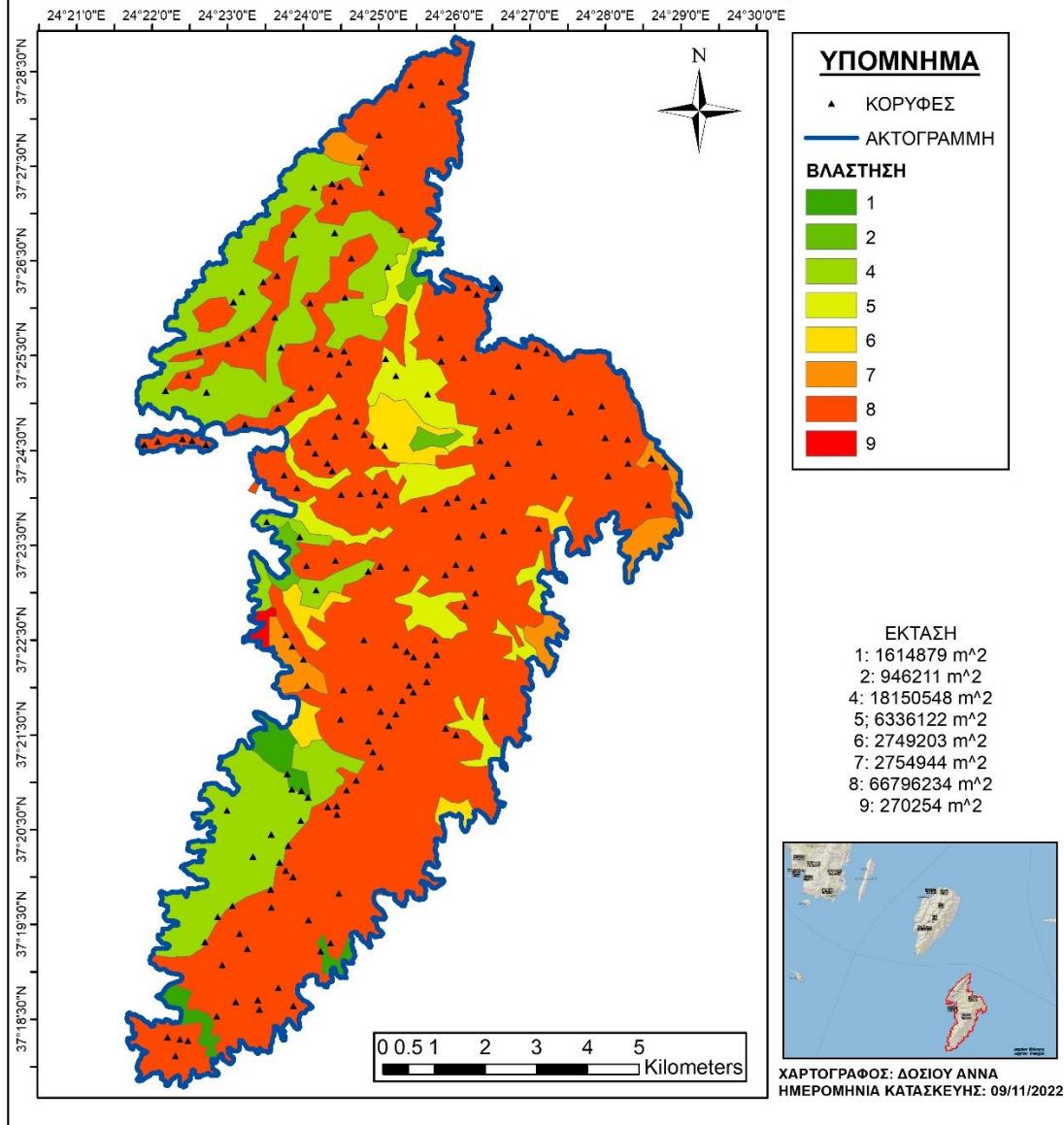


Χάρτης 1: Χάρτης Ψηφιακού Υψομετρικού Μοντέλου Κύθνου

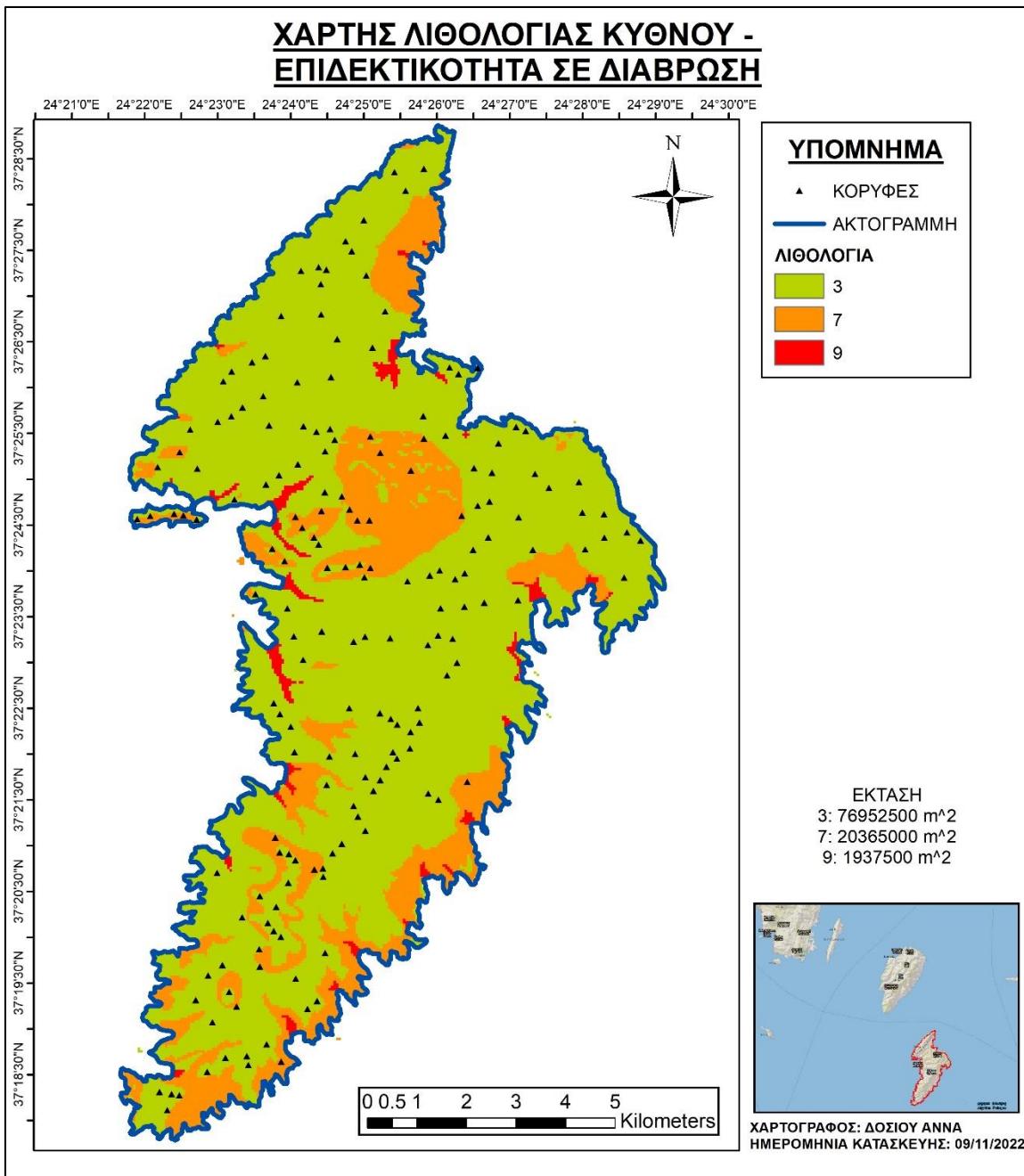


Χάρτης 2: Χάρτης Βλάστησης Κύθνου- Επιδεκτικότητα σε Διάβρωση - Ψηφιδωτά Δεδομένα

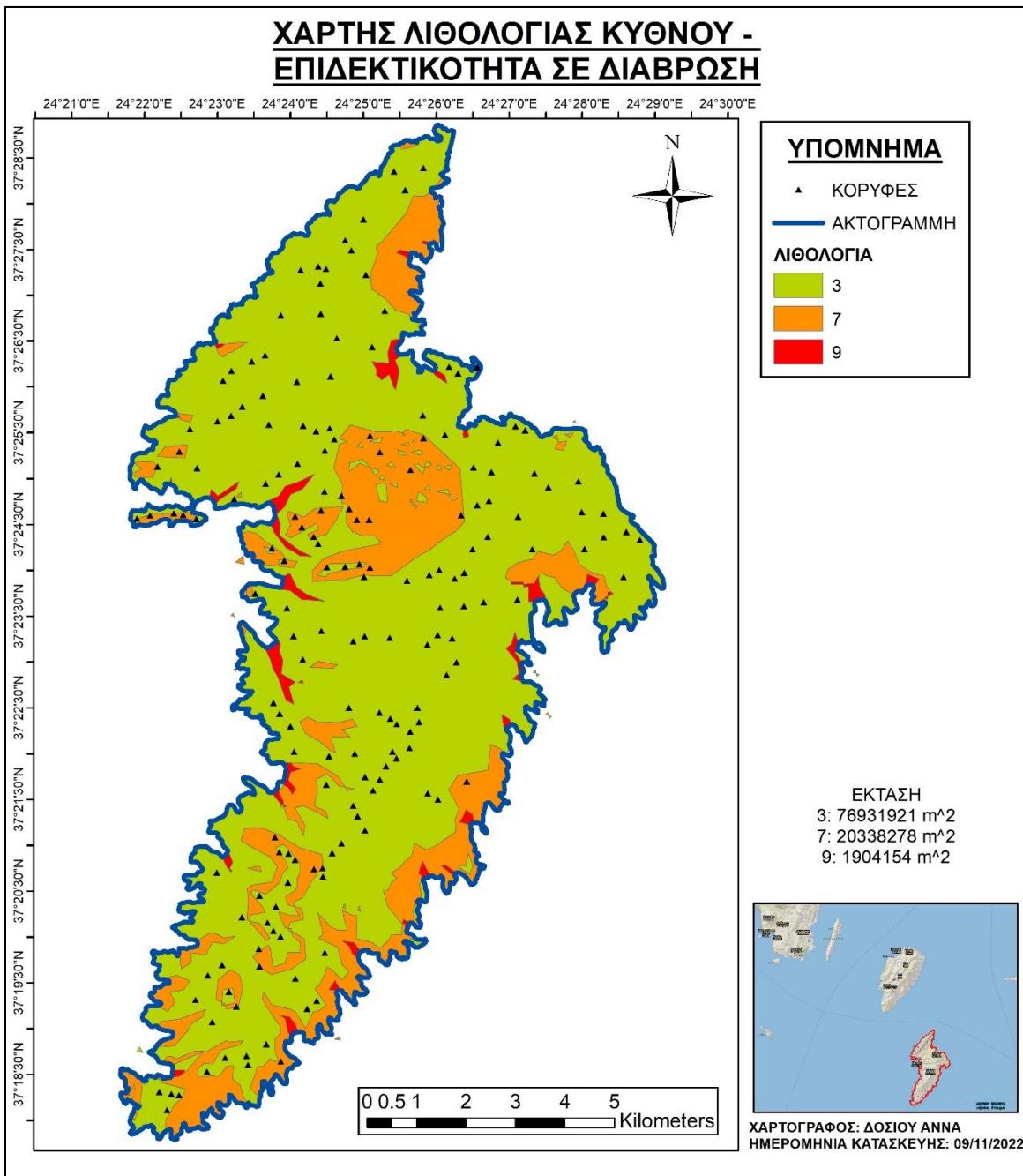
ΧΑΡΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ ΚΥΘΟΝΟΥ - ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΔΙΑΒΡΩΣΗ



Χάρτης 3: Χάρτης Βλάστησης Κύθνου- Επιδεκτικότητα σε Διάβρωση - Διανυσματικά Δεδομένα

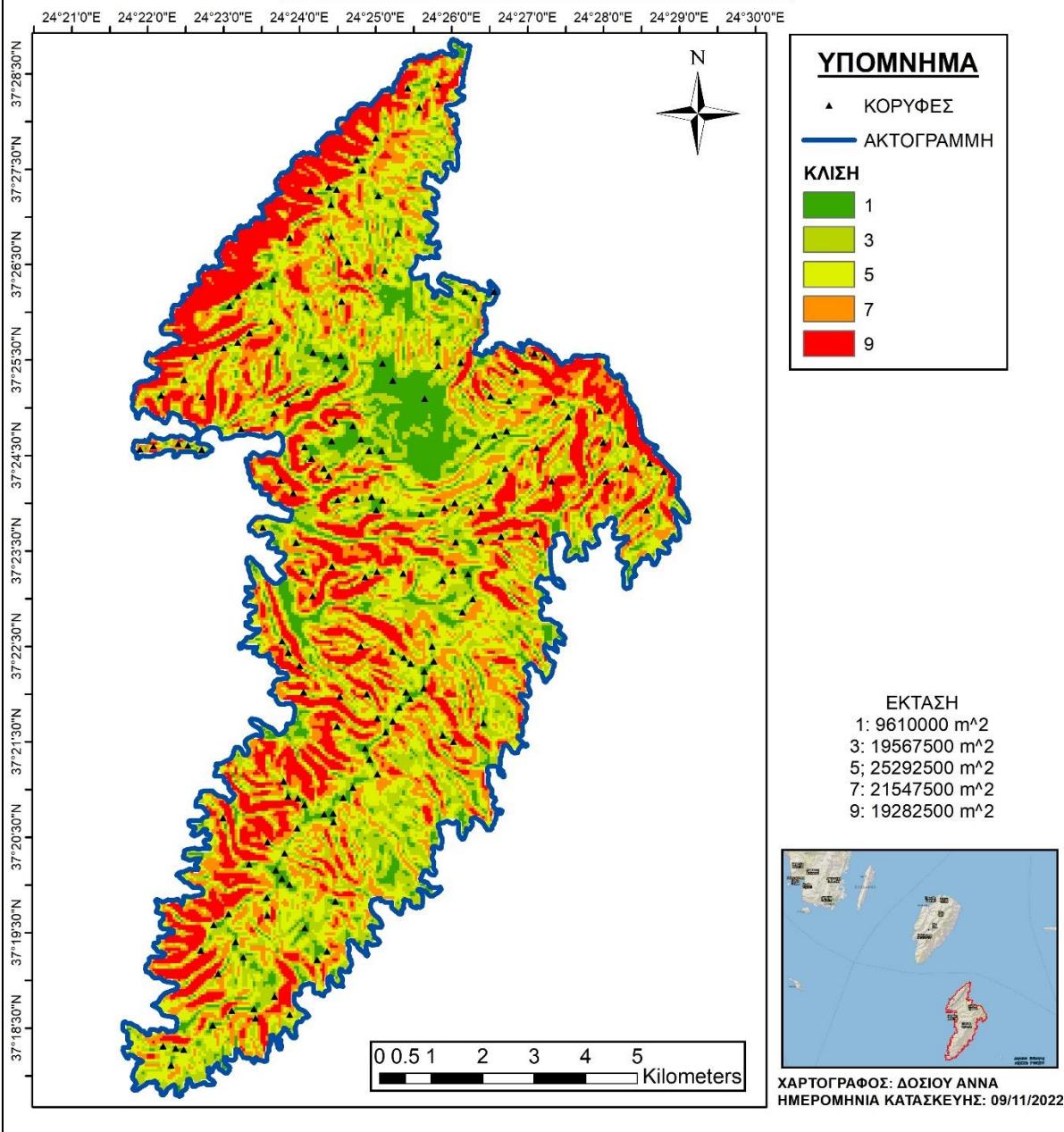


Χάρτης 4: Χάρτης Λιθολογίας Κύθνου - Επιδεκτικότητα σε Διάβρωση - Ψηφιδωτά Δεδομένα

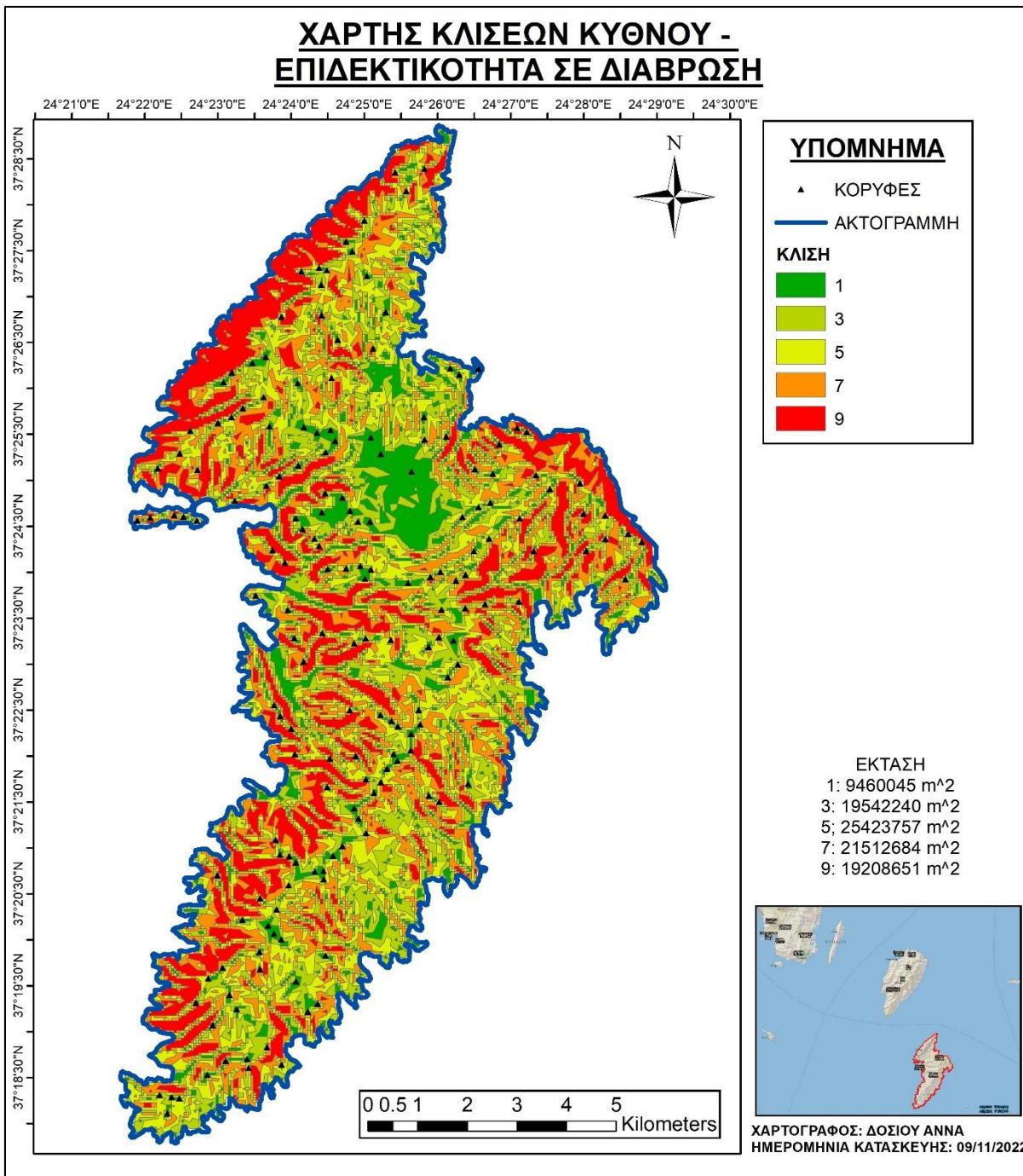


Χάρτης 5: Χάρτης Λιθολογίας Κύθνου - Επιδεκτικότητα σε Διάβρωση - Διανυσματικά Δεδομένα

ΧΑΡΤΗΣ ΚΛΙΣΕΩΝ ΚΥΘΝΟΥ - ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΔΙΑΒΡΩΣΗ



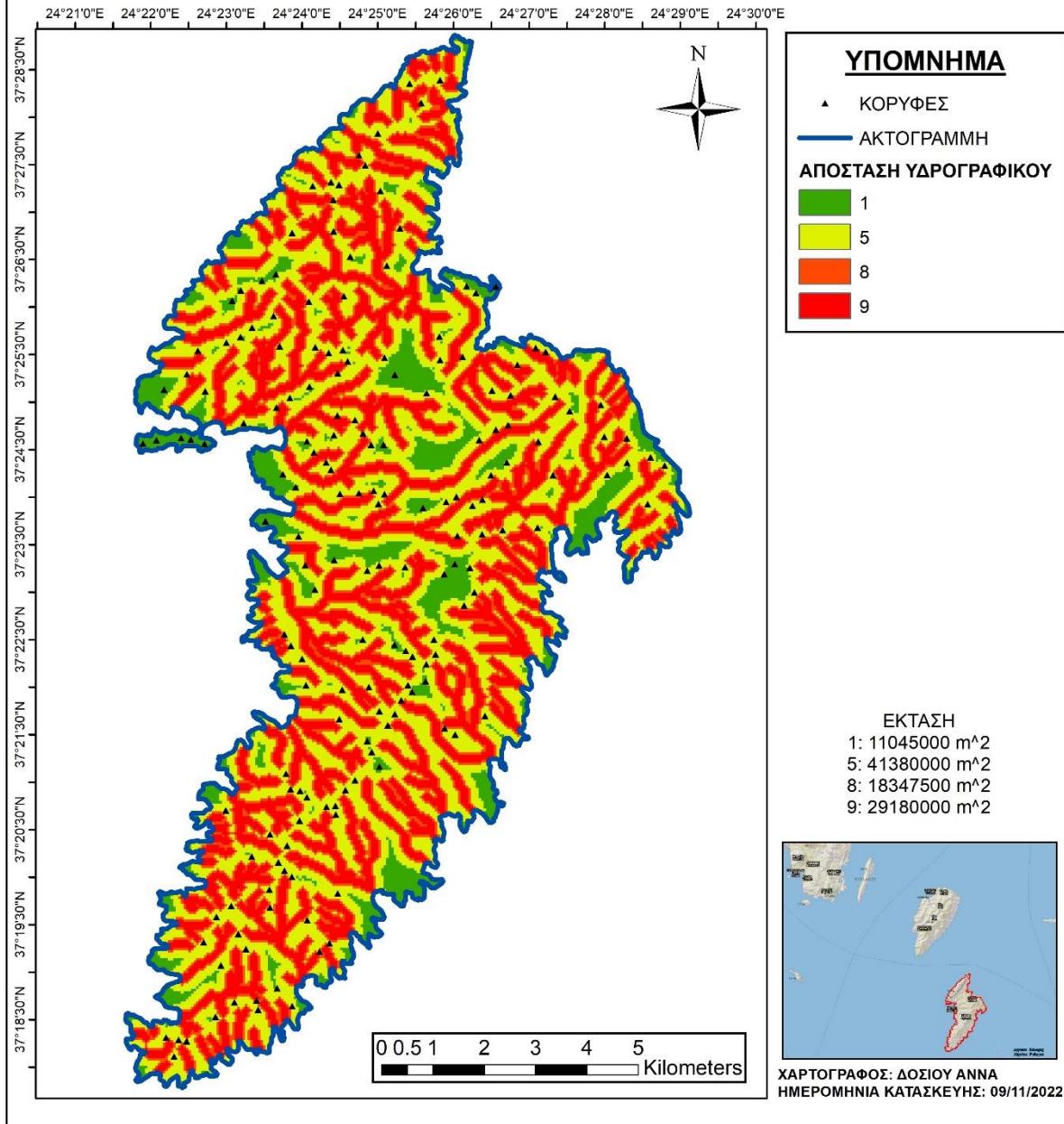
Χάρτης 6: Χάρτης Κλίσεων Κύθνου - Επιδεκτικότητα σε Διάβρωση - Ψηφιδωτά Δεδομένα



Χάρτης 7: Χάρτης Κλίσεων Κύθνου - Επιδεκτικότητα σε Διάβρωση - Διανυσματικά Δεδομένα

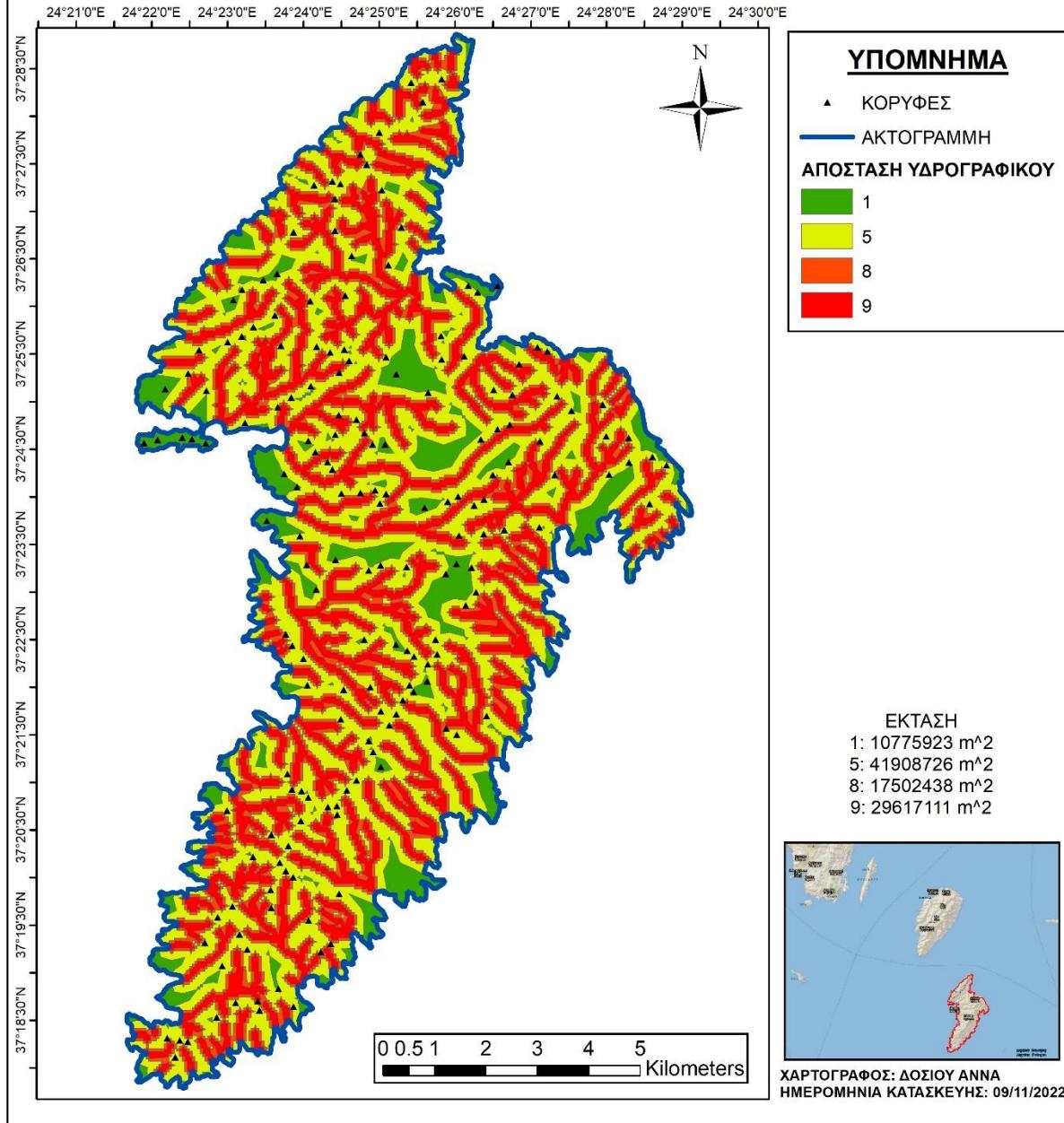
Από τους χάρτες 8 και 9, εύκολα γίνεται αντιληπτό ότι όσο πιο κοντά στο υδρογραφικό δίκτυο βρίσκεται μια περιοχή, τόσο υψηλότερο βαθμό διάβρωσης παρουσιάζει. Έτσι, οι περιοχές με αριθμό διαβρωσιμότητας 8 και 9 ακολουθούν την πορεία του υδρογραφικού δικτύου, σε όλη την Κύθνο. Οι εκτάσεις με αριθμό διάβρωσης 5 παρουσιάζονται ανάλογα όμως σε λίγο μεγαλύτερη απόσταση από τα ρέματα.

**ΧΑΡΤΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΑΠΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ
ΚΥΘΝΟΥ - ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΔΙΑΒΡΩΣΗ**



Χάρτης 8: Χάρτης Απόστασης από Υδρογραφικό Δίκτυο Κύθνου - Επιδεκτικότητα σε Διάβρωση - Ψηφιδωτά Δεδομένα

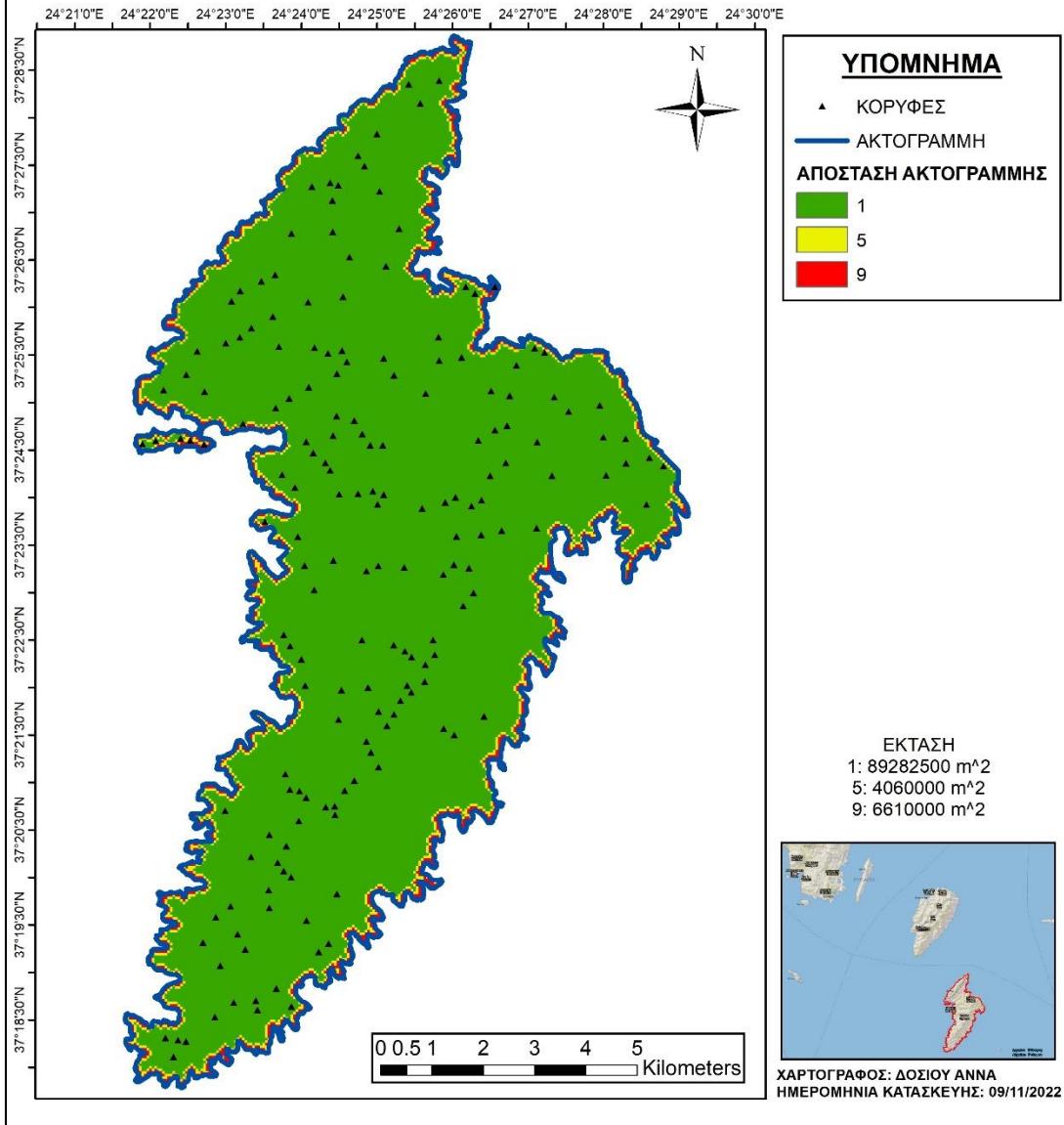
ΧΑΡΤΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΑΠΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΥΘΝΟΥ - ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΔΙΑΒΡΩΣΗ



Χάρτης 9: Χάρτης Απόστασης από Υδρογραφικό Δίκτυο Κύθνου - Επιδεκτικότητα σε Διάβρωση - Διανυσματικά Δεδομένα

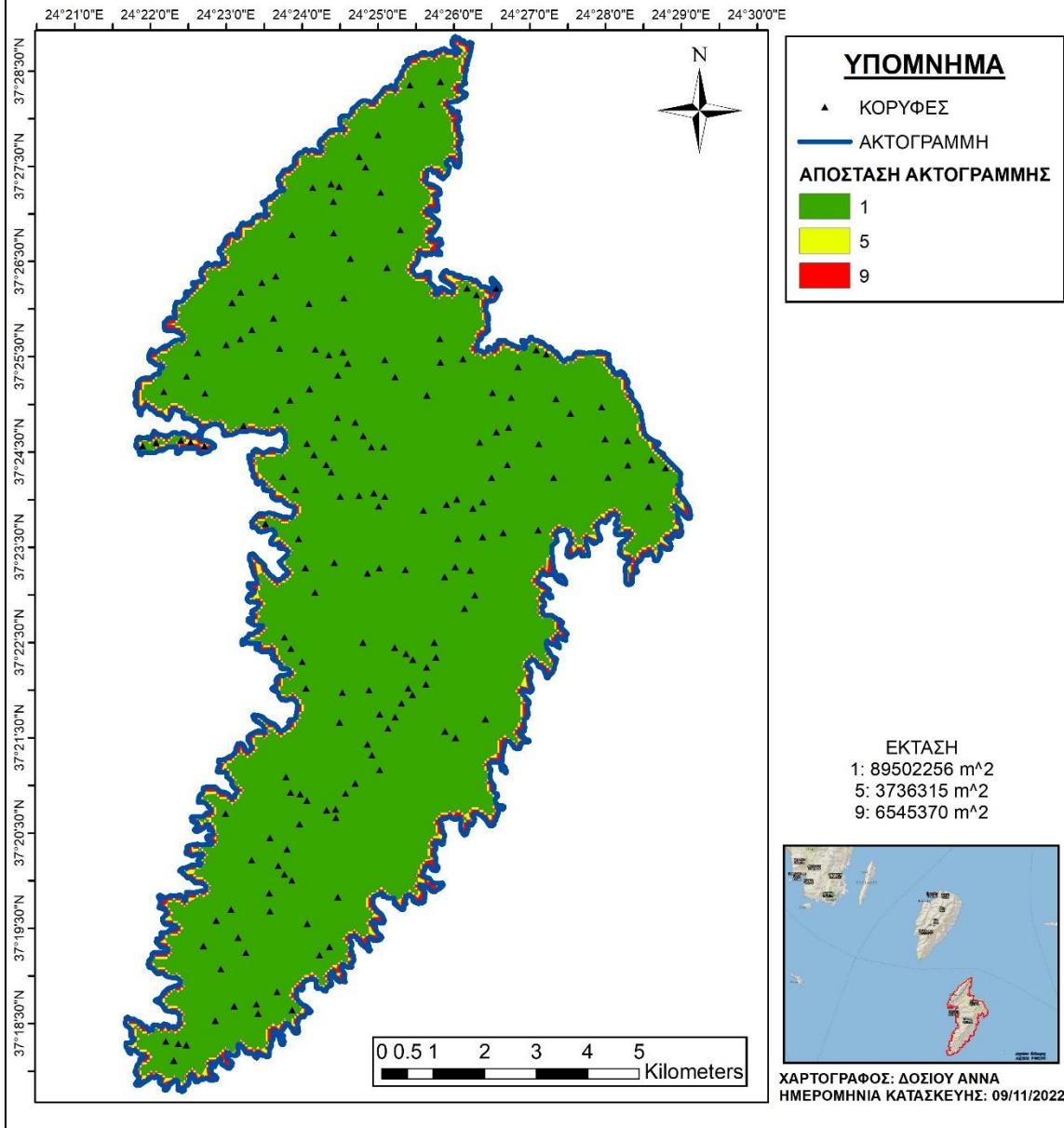
Οι περιοχές που βρίσκονται πιο κοντά στην ακτογραμμή διαβρώνονται ευκολότερα από αυτές που βρίσκονται στην ενδοχώρα (χάρτης 10, χάρτης 11). Με κόκκινο και κίτρινο χρώμα απεικονίζονται οι εκτάσεις με διαβρωσιμότητα 9 και 5 αντίστοιχα, που απέχουν 0-100m από την ακτή. Όλες οι υπόλοιπες περιοχές με τιμή διαβρωσιμότητας 1 δεν επηρεάζονται από την ακτογραμμή, καθώς είναι απομακρυσμένη.

**ΧΑΡΤΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΑΠΟ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗ ΚΥΘΝΟΥ -
ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΔΙΑΒΡΩΣΗ**



Χάρτης 10: Χάρτης Απόστασης από Ακτογραμμή Κύθνου - Επιδεκτικότητα σε Διάβρωση - Ψηφιδωτά Δεδομένα

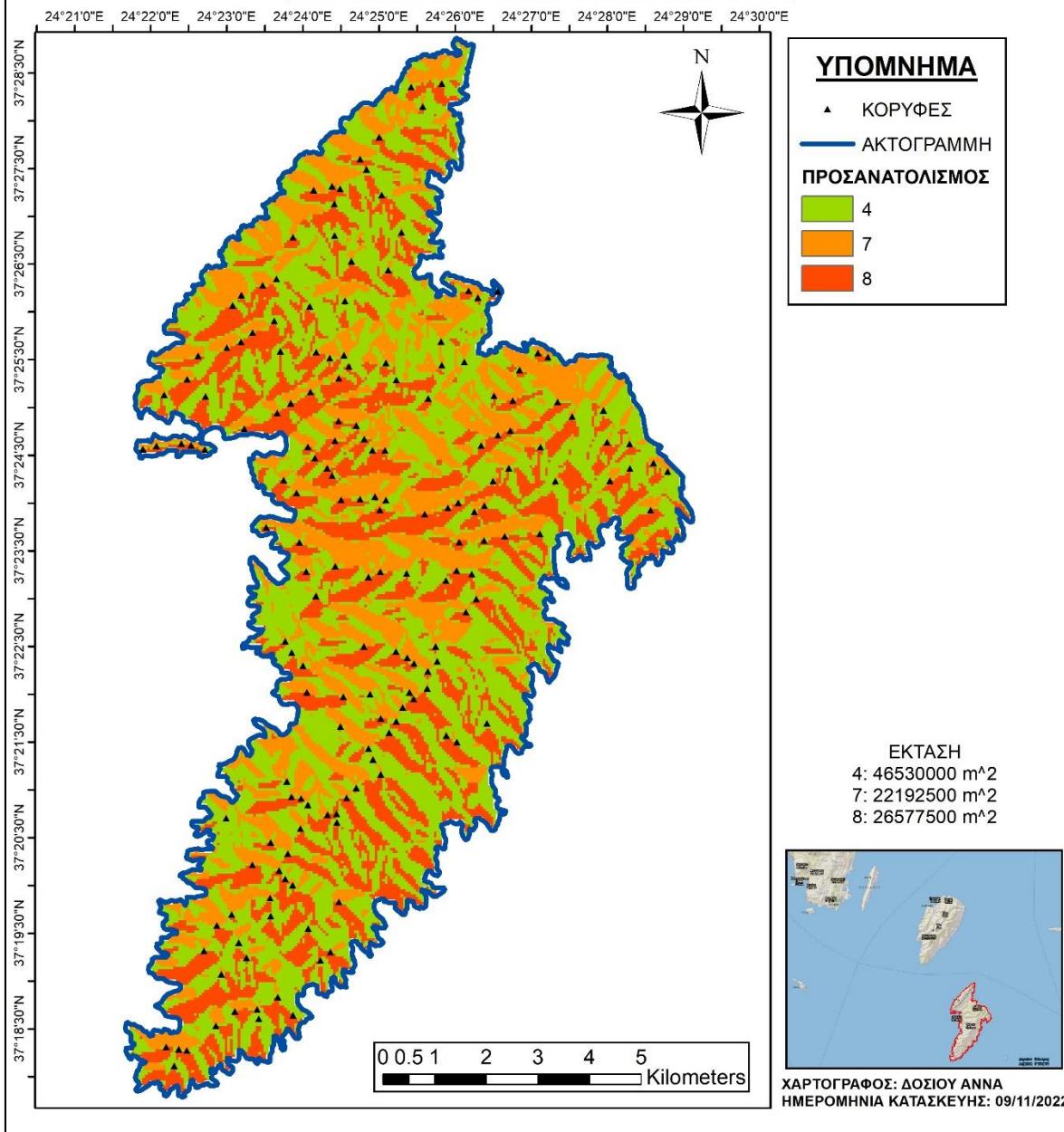
ΧΑΡΤΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΑΠΟ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗ ΚΥΘΝΟΥ - ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΔΙΑΒΡΩΣΗ



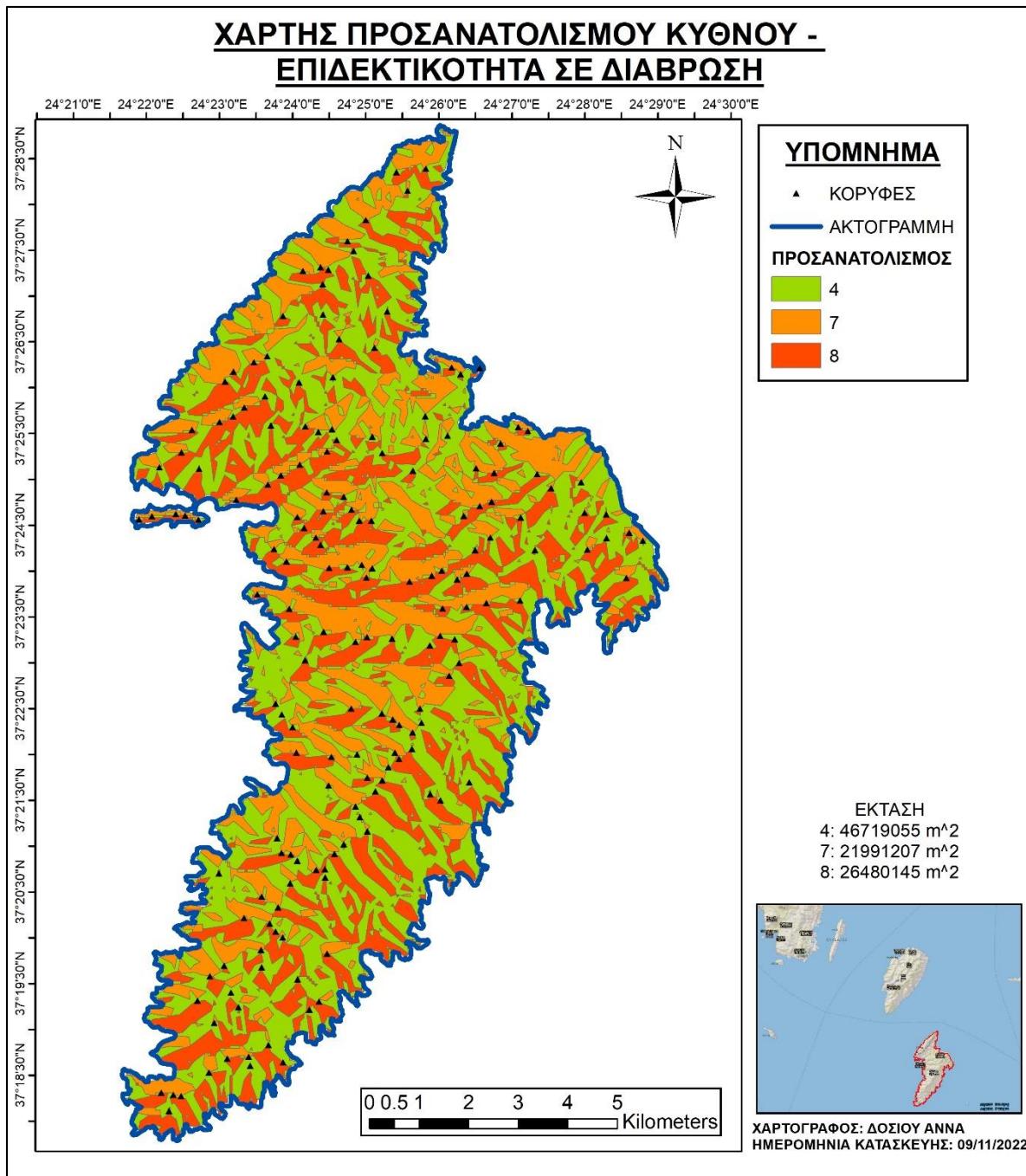
Χάρτης 11: Χάρτης Απόστασης από Ακτογραμμή Κύθνου - Επιδεκτικότητα σε Διάβρωση - Διανυσματικά Δεδομένα

Η διάβρωση που σχετίζεται με τον προσανατολισμό στην Κύθνο επικεντρώνεται στην τιμή 4, αφού αυτή χαρακτηρίζει την μεγαλύτερη έκταση (46530000 m^2) του νησιού (χάρτης 12, χάρτης 13). Παρατηρείται ότι στα ανατολικά της Κύθνου επικρατούν μόνο οι προσανατολισμοί με τιμή επιδεκτικότητας σε διάβρωση 4 και 8, άρα εκεί δεν εντοπίζεται μόνο ο προσανατολισμός των πλαγιών που είναι ίσος με $0 - 45^\circ$ και $315 - 360^\circ$.

ΧΑΡΤΗΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ ΚΥΘΟΝΥ - ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΔΙΑΒΡΩΣΗ



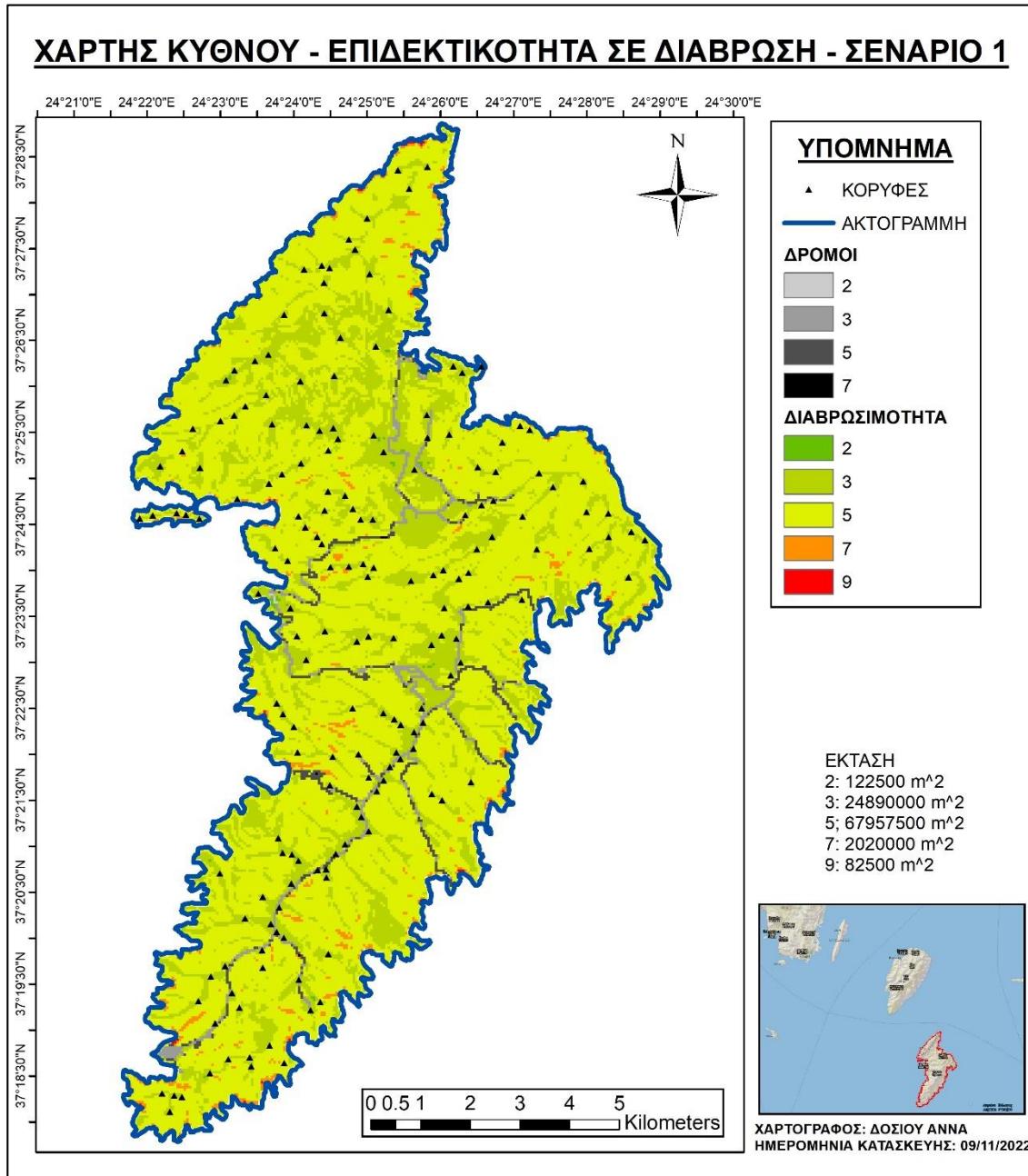
Χάρτης 12: Χάρτης Προσανατολισμού Κύθνου - Επιδεκτικότητα σε Διάβρωση - Ψηφιδωτά Δεδομένα



Χάρτης 13: Χάρτης Προσανατολισμού Κύθνου - Επιδεκτικότητα σε Διάβρωση - Διανυσματικά Δεδομένα

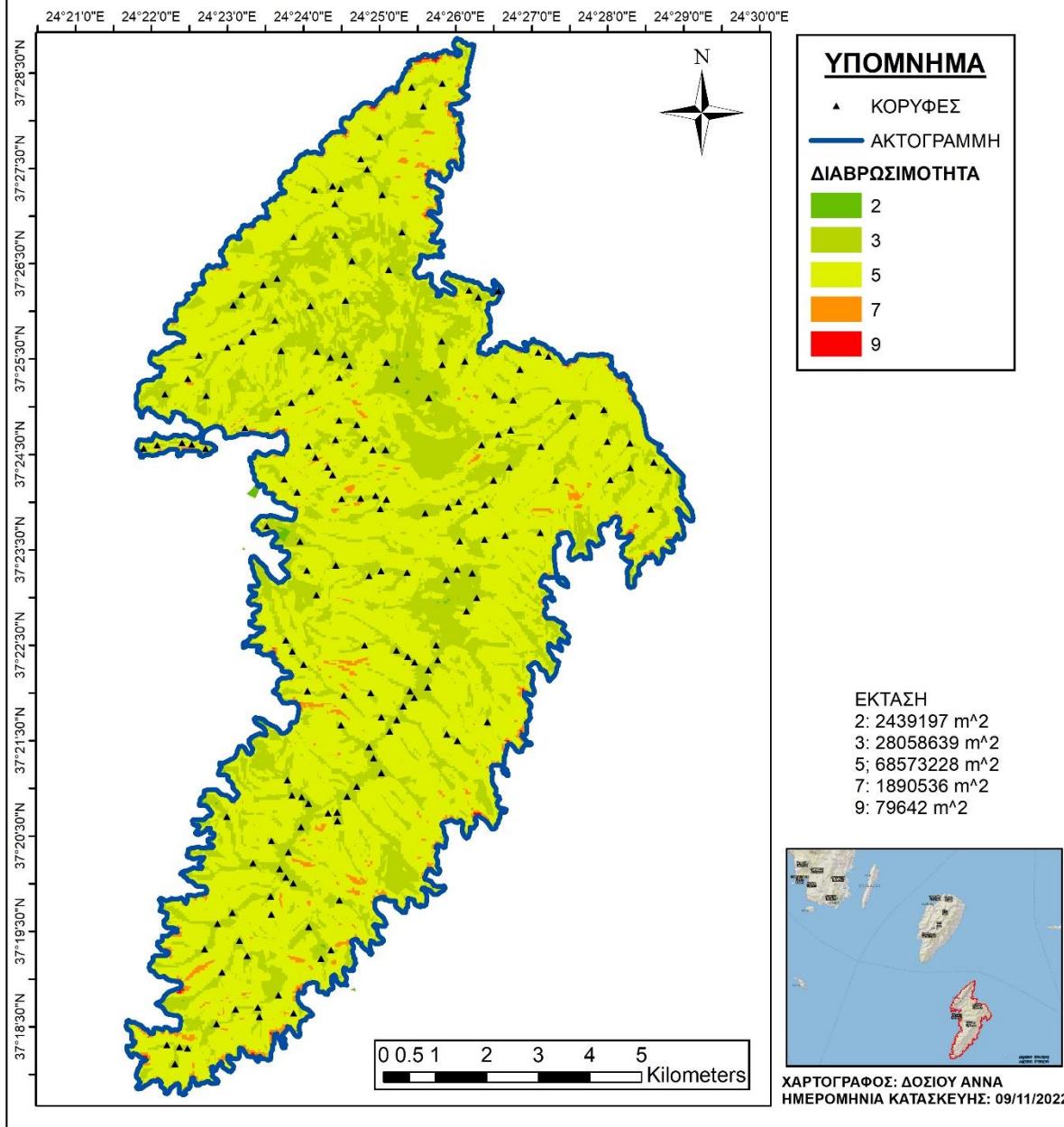
Βάσει των διαφορετικών συντελεστών βαρύτητας παράχθηκαν δύο σενάρια, που συνδυάζουν όλα τα προηγούμενα δεδομένα για να παραχθούν οι τελικοί χάρτες επιδεκτικότητας σε διάβρωση. Ειδικότερα, από το σενάριο 1 (χάρτης 14, χάρτης 15) προκύπτει ότι το νησί κατά κύριο λόγο παρουσιάζει διαβρωσιμότητα με τιμή 5, σε εμβαδό 67957500 m². Υψηλή διαβρωσιμότητα, δηλαδή τιμές 7 και 9, χαρακτηρίζουν κυρίως περιοχές κοντά στην ακτογραμμή. Επίσης, στους χάρτες 16 και 17 του σεναρίου 2

παρατηρείται, συγκριτικά με το σενάριο 1, αύξηση των εκτάσεων υψηλής διαβρωσιμότητας και μείωση αυτών που έχουν μέτρια, τιμής 5.



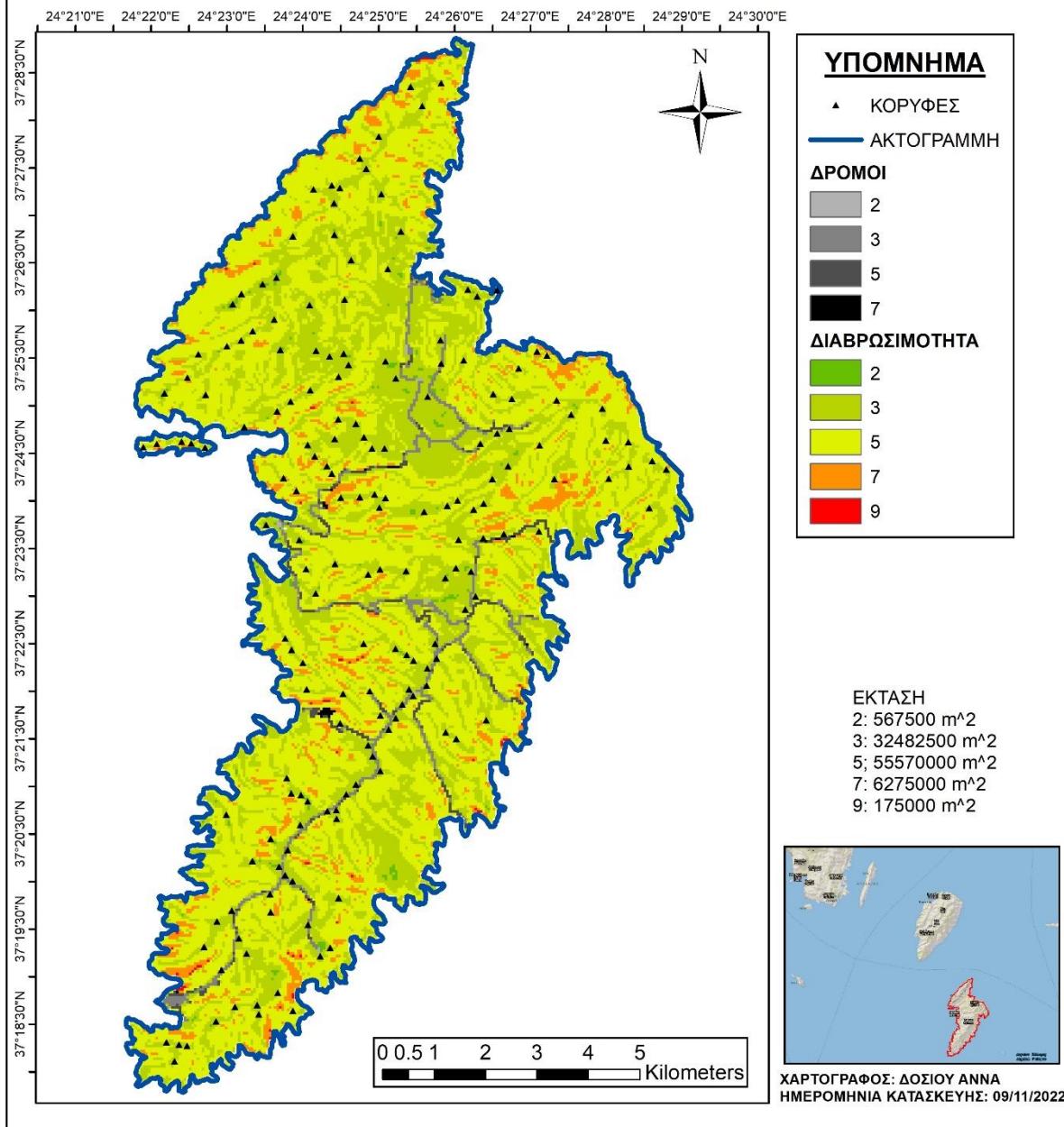
Χάρτης 14: Χάρτης Κύθνου - Επιδεκτικότητα σε Διάβρωση - Σενάριο 1 - Ψηφιδωτά Δεδομένα

ΧΑΡΤΗΣ ΚΥΘΝΟΥ - ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΔΙΑΒΡΩΣΗ - ΣΕΝΑΡΙΟ 1



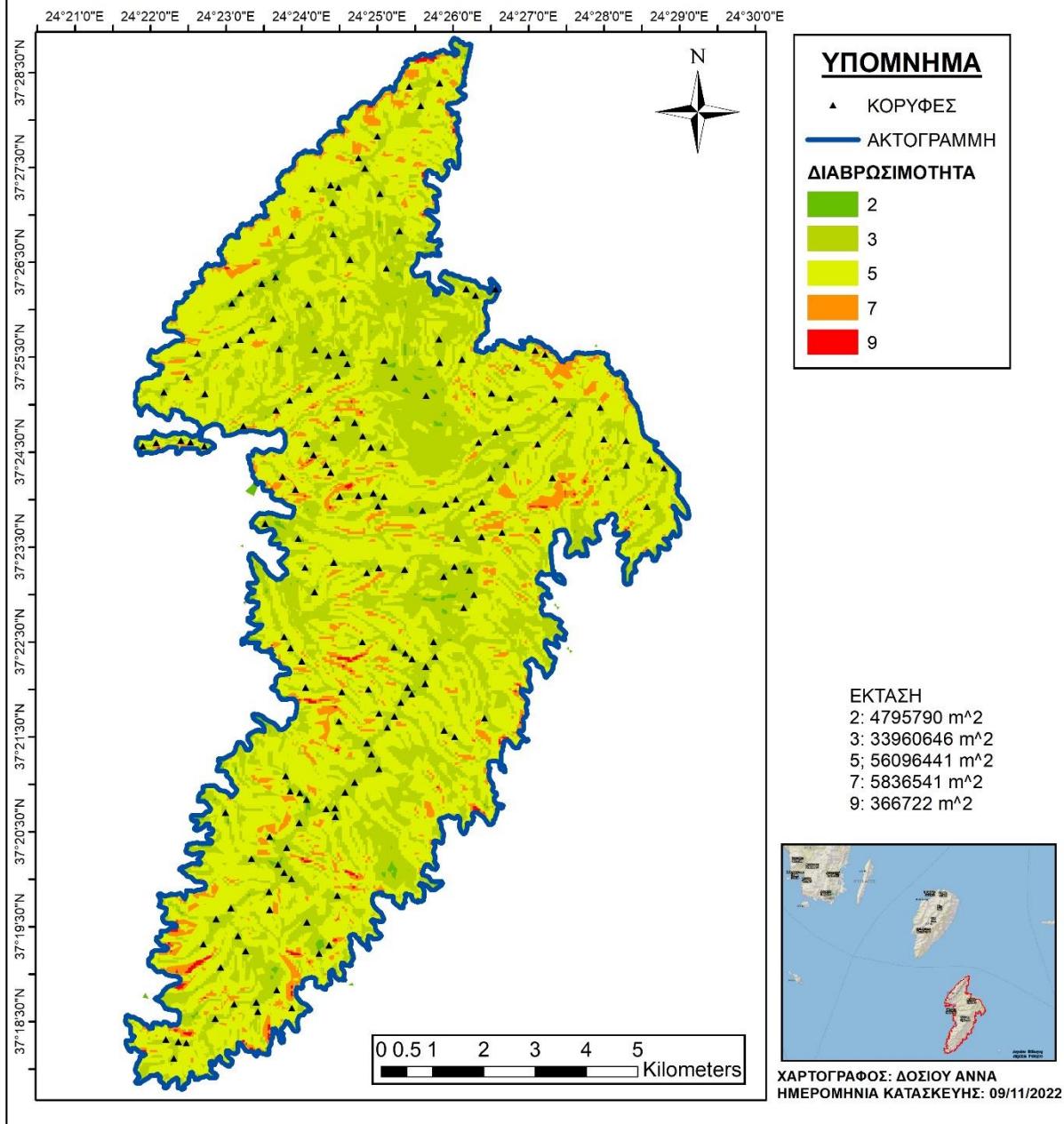
Χάρτης 15: Χάρτης Κύθνου - Επιδεκτικότητα σε Διάβρωση - Σενάριο 1 - Διανυσματικά Δεδομένα

ΧΑΡΤΗΣ ΚΥΘΝΟΥ - ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΔΙΑΒΡΩΣΗ - ΣΕΝΑΡΙΟ 2



Χάρτης 16: Χάρτης Κύθνου - Επιδεκτικότητα σε Διάβρωση - Σενάριο 2 - Ψηφιδωτά Δεδομένα

ΧΑΡΤΗΣ ΚΥΘΝΟΥ - ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΔΙΑΒΡΩΣΗ - ΣΕΝΑΡΙΟ 2



Χάρτης 17: Χάρτης Κύθνου - Επιδεκτικότητα σε Διάβρωση - Σενάριο 2 - Διανυσματικά Δεδομένα

5. Συζήτηση – Συμπεράσματα

Η επιδεκτικότητα σε διάβρωση μιας περιοχής εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, οι οποίοι όταν συνδυάζονται με κοινή κλίμακα αναφοράς, παράγουν την διαβρωσιμότητα της περιοχής μελέτης. Αυτή την χρησιμοποιούν οι ειδικοί για να αξιολογήσουν την επικινδυνότητα, τις ενέργειες που χρειάζεται να λάβουν χώρα, καθώς και τις δυνατότητες του εδάφους. Στους χάρτες που δημιουργήθηκαν είναι πολύ σημαντικές οι εκτάσεις που καταλαμβάνουν τα διαφορετικά κριτήρια στο νησί. Ειδικότερα, στον χάρτη του προσανατολισμού η διαβρωσιμότητα κυρίως είναι μέτρια (τιμή 4), στον χάρτη της απόστασης από την ακτογραμμή η διαβρωσιμότητα είναι κυρίως μικρή (τιμή 1), και στον χάρτη της απόστασης από το υδρογραφικό δίκτυο η διαβρωσιμότητα είναι κυρίως μέτρια (τιμή 5). Επίσης, στον χάρτη της λιθολογίας η επιδεκτικότητα σε διάβρωση κυρίως εκτιμάται μικρή – μέτρια (τιμή 3), στον χάρτη κλίσεων εκτιμάται μέτρια (τιμή 5), και στον χάρτη βλάστησης η διαβρωσιμότητα είναι κυρίως μεγάλη (τιμή 8).

Από τους χάρτες των δύο σεναρίων συμπεραίνεται ότι στο σενάριο 2 η διαβρωσιμότητα της Κύθνου είναι εντονότερη από ότι στο σενάριο 1. Γενικώς, είναι προφανές ότι η διαβρωσιμότητα είναι αυξημένη κοντά στις ακτογραμμές, σε απότομες πλαγιές, κοντά στο υδρογραφικό δίκτυο, σε χαλαρή λιθολογία, σε αραιή βλάστηση, και σε προσανατολισμούς, στην συγκεκριμένη περιοχή μελέτης, 135 - 225°. Επιπρόσθετα, σε τέτοιου είδους μελέτες με τη μέθοδο της πολυκριτηριακής ανάλυσης και υπέρθεση επιπέδων είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται τα ψηφιδωτά δεδομένα γιατί είναι πιο κοντά στην πραγματικότητα από τα vector δεδομένα, άρα πιο έμπιστα για όλες τις αναλύσεις, με μικρότερα σφάλματα.

Η πολιτεία, η αρμόδιοι φορείς και η επιστημονική κοινότητα κρίνεται απαραίτητο να μελετήσει σε βάθος την συγκεκριμένη περιοχή, και να λάβει τα κατάλληλα μέτρα προστασίας στις επικίνδυνες εκτάσεις του νησιού. Με αυτό τον τρόπο θα προστατευθούν οι κάτοικοι, οι δρόμοι και οι οικισμοί από μελλοντικές πιθανές φυσικές καταστροφές.

6. Βιβλιογραφικές Αναφορές

Ελληνική Βιβλιογραφία

Δημήτρη, Π. (2021). *Συγκριτική αξιολόγηση Γεωχωρικών Δεδομένων Κάλυψης Γης*. Αθήνα: Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας.

Φιλιππαίου, Κ. Γ. (2013). *Υδατικοί Πόροι με Έμφαση στα Υπόγεια Νερά Νήσου Κύθνου*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Χαλκιάς, Χ. (2015). *Γεωγραφική Ανάλυση με την αξιοποίηση της Γεωπληροφορικής*. Αθήνα: ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΩΝ.

Ξένη Βιβλιογραφία

Gandhi, U. (2021). *Multi Criteria Overlay Analysis (QGIS3)*. Retrieved from QGIS Tutorials and Tips: https://www.qgistutorials.com/en/docs/3/multi_criteria_overlay.html

Pereira, M. D., Cabral, J. B., Camara, M. A., Maldonado, F. D., Becegato, V. A., Paulino, A. T., & Ramalho, F. L. (2022). *Estimation of susceptibility to erosion-soil loss in drainage basins: a case study*. Springer Nature B.V.

Rikalovic, A., Cosic, I., & Lazarevic, D. (2014). GIS Based Multi-Criteria Analysis for Industrial Site Selection. *ELSEVIER*, pp. 1054 – 1063.

Ryan, S., & Nimick, E. (2019, August 12). *Multi-Criteria Decision Analysis and GIS*. Retrieved from ArcGIS StoryMaps: <https://storymaps.arcgis.com/stories/b60b7399f6944bca86d1be6616c178cf>