

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ



ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Διαχειριστικό Σχέδιο Εκτίμησης του Κινδύνου Ρύπανσης (Τρωτότητα)
Υπογείων Υδάτων Νομού Ρεθύμνου με τη χρήση GIS»

ΒΑΣΙΛΗΣ Δ. ΑΝΔΡΩΝΗΣ

Επιβλέπων Καθηγητής: Γεώργιος Π. Καρατζάς

Τριμελής Επιτροπή:

Καρατζάς Γεώργιος

Νικολαΐδης Νικόλαος

Παρανυχιανάκης Νικόλαος

ΧΑΝΙΑ,

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2009

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Καταρχήν, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Καρατζά Γεώργιο, Καθηγητή και Πρόεδρο του Τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος που μου έδωσε την ευκαιρία να συνεργαστώ μαζί του. Επιπλέον, τον ευχαριστώ για την καθοδήγηση, την βοήθεια και τον πολύτιμο χρόνο που μου αφιέρωσε ώστε να ολοκληρωθεί η παρούσα διπλωματική εργασία.

Για τη πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε τόσο κατά τη χρήση των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (GIS) όσο και για την όλη συνεργασία που είχαμε κατά το χρονικό διάστημα που διήρκεσε η εργασία, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Κουργιαλά Νεκτάριο διδακτορικό φοιτητή του Τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος.

Επιπρόσθετα, ευχαριστώ, τον κ. Μπουλουκάκη Γενικό Γραμματέα της Υπηρεσίας Υδάτων της Περιφέρειας Κρήτης για τις σημαντικές πληροφορίες και τα δεδομένα που μου προσέφερε για το βάθος υδροφορέα, τις περιοχές υφαλμύρινσης και τις περιοχές που εμφανίζουν υψηλή συγκέντρωση νιτρικών στο νομό Ρεθύμνου. Ακόμη ευχαριστώ τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, τον Καθηγητή κ. Νικολαΐδη Νικόλαο και τον Λέκτορα κ. Παρανυχιανάκη Νικόλαο του Τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές μου και ιδιαίτερα την Ποθουλάκη Δέσποινα για την βοήθεια που μου προσέφερε όλα αυτά τα χρόνια καθώς και την οικογένειά μου που στηρίζει τις επιλογές μου και είναι δίπλα μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με την εκτίμηση του κινδύνου ρύπανσης των υπογείων υδάτων στο νομό Ρεθύμνου με χρήση GIS. Σκοπός της είναι να καταλήξουμε στη δημιουργία ενός σχεδίου που θα αποτελέσει διαχειριστικό εργαλείου εκτίμησης της ρύπανσης των υπογείων υδάτων της περιοχής του νομού Ρεθύμνου.

Η ρύπανση των υδάτων αποτελεί ίσως το μεγαλύτερο κίνδυνο για τη ύπαρξη και συνέχεια της ανθρωπότητας. Οι δυσμενείς επιπτώσεις κάθε μορφής ρύπανσης των υδατικών πόρων ενός αγροτικού οικοσυστήματος επηρεάζουν όχι μόνο την ανθρώπινη υγεία αλλά είναι δυνατόν να προκαλέσουν μη αναστρέψιμες οικολογικές καταστροφές σε αυτό. Συνεπώς τα υπόγεια ύδατα είναι σημαντικά για την ανθρώπινη ζωή και η προσφορά σημαντικών πληροφοριών για τον έλεγχο, τη διαχείριση και την αξιοποίηση τους αποτελεί ένα βοήθημα για την επιβίωση του ανθρώπου.

Η εργασία αποτελείται από 5 κεφάλαια στα οποία παρουσιάζονται κάποια εισαγωγικά στοιχεία για το αντικείμενο μελέτης, χαρακτηριστικά στοιχεία της υπό μελέτη περιοχής, πληροφορίες για τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS), εφαρμογή του GIS για εκτίμηση επικινδυνότητας στη ρύπανση υπογείων υδάτων, συνδυασμός χαρτών, προτάσεις και συμπεράσματα.

Συγκεκριμένα:

➤ Κεφάλαιο 1

Αρχικά, γίνεται αναφορά στους όρους των επιφανειακών και υπογείων υδάτων καθώς και στην σημαντικότητά τους. Στη συνέχεια αναλύεται ο όρος της εκτίμησης της επικινδυνότητας της ρύπανσης στα υπόγεια

ύδατα. Επιπλέον γίνεται μια ανασκόπηση στις μεθόδους που έχουν αναπτυχθεί για τον εντοπισμό περιοχών που είναι ευπαθείς στην ρύπανση. Τελικά, το κεφάλαιο αυτό καταλήγει με τον σκοπό της παρούσας διπλωματικής.

➤ Κεφάλαιο 2

Αρχικά, γίνεται περιγραφή της υπό μελέτη περιοχής, όπου δίνονται κάποια βασικά χαρακτηριστικά όπως φυσική γεωγραφία και κλίμα, πανίδα - χλωρίδα, κ.α.

➤ Κεφάλαιο 3

Γίνεται περιγραφή των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών, των εργαλείων τους και των δυνατοτήτων τους.

➤ Κεφάλαιο 4

Γίνεται η ανάλυση του κάθε παράγοντα που μπορεί να επηρεάσει τη ρύπανση των υπογείων υδάτων. Στη συνέχεια οι παράγοντες αυτοί απεικονίζονται χωρικά σε χάρτες, όπου ο συνδυασμός τους έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία των τελικών χαρτών οι οποίοι περιγράφουν την τρωτότητα των υπογείων υδάτων.

➤ Κεφάλαιο 5

Γίνεται σχολιασμός των αποτελεσμάτων και εξαγωγή συμπερασμάτων για την τρωτότητα ρύπανσης των υπογείων υδάτων της περιοχής. Τέλος πραγματοποιούνται προτάσεις αντιμετώπισης του προβλήματος.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | ΣΕΛΙΔΕΣ |
|--|---------|
| 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 10 |
| 2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ | |
| 2.1 Γενικά | 14 |
| 2.2 Φυσική Γεωγραφία και Κλίμα | 15 |
| 2.3 Χλωρίδα- Πανίδα | 17 |
| 2.4 Μετεωρολογικά Στοιχεία | 20 |
| 3. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (GIS) | |
| 3.1 Ορισμός | 23 |
| 3.2 Συστατικά ενός ΓΣΠ | 25 |
| 3.3 Βασικές Αρχές των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών | 27 |
| 3.4 Χαρτογραφικά Δεδομένα | 28 |
| 3.5 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα των ΓΠΣ | 32 |
| 3.6 Γενικές γνώσεις εφαρμογής ArcView Gis 9.2 | 34 |
| 3.7 Arc Map | 35 |
| 3.8 Γεωγραφικά Δεδομένα που υποστηρίζει το Arc GIS | 42 |
| 4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ GIS ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ | |
| 4.1 Δημιουργία αρχείων shapefile | 45 |
| 4.2 Μεθοδολογία | 47 |

| | | |
|------------|--|-----|
| 4.3 | Ανάλυση κάθε παράγοντα | 49 |
| 4.4 | Περιγραφή μεθοδολογίας | 91 |
| 4.5 | Εργαλείο συνδυασμού θεματικών επιπέδων | 102 |
| 5. | ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ | 105 |
| 6. | ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 111 |

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: *Ρύπανση Υπόγειων Υδάτων*

Εικόνα 2: *Χάρτης ν. Ρεθύμνου*

Εικόνα 3: *Σχηματική απόδοση της διαδικασίας σχεδιασμού και λήψης αποφάσεων με τη βοήθεια ΓΣΠ*

Εικόνα 4: *Σχηματική απόδοση των συστατικών ενός ΓΣΠ*

Εικόνα 5: *Σχηματική περιγραφή δεδομένων που μπορούν να εισαχθούν από διαφορετικές πηγές σε ένα ΓΣΠ*

Εικόνα 6: *Παραδείγματα από τις τρεις κατηγορίες Χωρικών Δεδομένων*

Εικόνα 7: *Παρουσίαση δεδομένων σε μορφή διανύσματος (δεξιά) και σε μορφή κανάβου (αριστερά)*

Εικόνα 8: *Παράδειγμα μη χωρικών δεδομένων για γραμμικά δεδομένα*

Εικόνα 9: *Εκκίνηση του προγράμματος ArcMap*

Εικόνα 10: *Εκκίνηση του προγράμματος ArcMap*

Εικόνα 11: *Εκκίνηση του προγράμματος ArcMap*

Εικόνα 12: *Εργαλειοθήκη του προγράμματος ArcMap*

Εικόνα 13: *Εργαλειοθήκη Georeferencing του προγράμματος ArcMap*

Εικόνα 14: *Εικονίδιο View Link Table*

Εικόνα 15: *Δημιουργία shapefile αρχείου*

Εικόνα 16: *Σχεδιασμός στο περιβάλλον του προγράμματος ArcMap*

Εικόνα 17: *Table shapefile αρχείου*

Εικόνα 18: *Το shapefile αρχείο της γεωλογίας Ν. Ρεθύμνου*

Εικόνα 19: *Το shapefile αρχείο των χρήσεων γης*

Εικόνα 20: *Το shapefile αρχείο του βάθους του υδροφορέα*

Εικόνα 21: *Το shapefile αρχείο του κύριου και δευτερεύοντος οδικού δικτύου*

Εικόνα 22: Το shapefile αρχείο των κύριων ποταμών Ν. Ρεθύμνου

Εικόνα 23: Το shapefile αρχείο των οικισμών Ν. Ρεθύμνου

Εικόνα 24: Το shapefile αρχείο των περιοχών Natura Ν. Ρεθύμνου

Εικόνα 25: Το shapefile αρχείο των περιοχών υφαλμύρινης Ν.

Ρεθύμνου

Εικόνα 26: Το shapefile αρχείο περιοχών με υψηλή συγκέντρωση σε νιτρικά Ν. Ρεθύμνου

Εικόνα 27: Raster αρχείο που περιγράφει την τρωτότητα των υπογείων υδάτων σε σχέση με τη γεωλογία

Εικόνα 28: Raster αρχείο που περιγράφει την τρωτότητα των υπογείων υδάτων σε σχέση με τις χρήσεις γης

Εικόνα 29: Raster αρχείο που περιγράφει την τρωτότητα των υπογείων υδάτων σε σχέση με το βάθος του υδροφορέα

Εικόνα 30: Raster αρχείο που περιγράφει την τρωτότητα των υπογείων υδάτων σε σχέση με το οδικό δίκτυο

Εικόνα 31: Raster αρχείο που περιγράφει την τρωτότητα των υπογείων υδάτων σε σχέση με τους ποταμούς

Εικόνα 32: Raster αρχείο που περιγράφει την τρωτότητα των υπογείων υδάτων σε σχέση με τους οικισμούς

Εικόνα 33: Raster αρχείο που περιγράφει την τρωτότητα των υπογείων υδάτων σε σχέση με τις περιοχές Natura

Εικόνα 34: Raster αρχείο που περιγράφει την τρωτότητα των υπογείων υδάτων σε σχέση με τις περιοχές υφαλμύρινης

Εικόνα 35: Raster αρχείο που περιγράφει την τρωτότητα των υπογείων υδάτων σε σχέση με τα νιτρικά

Εικόνα 36: Διάγραμμα αλληλεξάρτησης μεταξύ των παραγόντων που επηρεάζουν την τρωτότητα των υπογείων υδάτων

Εικόνα 37: Το εργαλείο Raster Calculator από το πρόγραμμα ArcMap για τη δημιουργία των τελικών χαρτών

Εικόνα 38: Τρωτότητα υπογείων υδάτων για το 1^ο σενάριο

Εικόνα 39: Τρωτότητα υπογείων υδάτων για το 2^ο σενάριο

Εικόνα 40: Τελικός χάρτης 1^{ου} σεναρίου με τις περιοχές που εμφανίζουν πολύ υψηλή και υψηλή τρωτότητα

Εικόνα 41: Τελικός χάρτης 2^{ου} σεναρίου με τις περιοχές που εμφανίζουν πολύ υψηλή και υψηλή τρωτότητα υπογείων υδάτων

Εικόνα 42: Τελικός χάρτης 1^{ου} σεναρίου με τις περιοχές που εμφανίζουν πολύ χαμηλή τρωτότητα ρύπανσης υπογείων υδάτων

Εικόνα 43: Τελικός χάρτης 2^{ου} σεναρίου με τις περιοχές που εμφανίζουν πολύ χαμηλή τρωτότητα ρύπανσης υπογείων υδάτων

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 : Μέθοδοι Εισαγωγής Γεωγραφικών Δεδομένων

Πίνακας 2 : Ποσοτικά δεδομένα (τιμές) ή περιγραφικά των 9 παραγόντων

Πίνακας 3: Σχέση αλληλεπίδρασης ενός παράγοντα σε σχέση με τους άλλους παράγοντες

Πίνακας 4: 1^ο ΣΕΝΑΡΙΟ (Σταθερή τιμή βαρών για κάθε μια κλάση)

Πίνακας 5 : 2^ο ΣΕΝΑΡΙΟ (Κυμαινόμενη τιμή βαρών για κάθε μια κλάση)

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως είναι γνωστό, κάθε υδάτινος χώρος δεν είναι κατ' ανάγκη διαθέσιμος και δεν μπορεί να διατεθεί για χρήση. Για να είναι κάποιος υδάτινος χώρος, **πόρος**, πρέπει ο υδάτινος όγκος του να είναι διαθέσιμος ή και να μπορεί να διατεθεί για χρήση σε επαρκή ποσότητα, κατάλληλη ποιότητα, ενώ θα πρέπει να προσδιορίζεται και η χρονική περίοδος μέσα στην οποία μπορεί να ικανοποιήσει τη συγκεκριμένη ζήτηση. Ένας **υδατικός πόρος**, είναι δυνατό ήδη να χρησιμοποιείται ή να αποτελεί αποθηκευτικό δυναμικό στρατηγικής για το μέλλον. Αυτό όμως που καθορίζει αυτόν τον πόρο είναι η τρέχουσα και η μελλοντική του αξιοπιστία, ενώ είναι δυνατό μεταβολές στο φυσικό περιβάλλον και στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες μιας περιοχής, να επηρεάσουν το μέγεθος, την αξιοπιστία ή και να ακυρώσουν τη χρήση του (Σούλιος, 1995, Τσακίρης, 1996).

Μια διάκριση των υδάτινων πόρων που μπορεί να πραγματοποιηθεί, είναι μεταξύ επιφανειακών και υπογείων υδάτων. Στους επιφανειακούς υδατικούς πόρους ανήκουν τα ποτάμια, οι χείμαρροι, οι λίμνες, τα έλη, οι βάλτοι, οι λιμνοθάλασσες, οι λιμνοδεξαμενές και οι ταμιευτήρες, ενώ στους υπόγειους υδατικούς πόρους περιλαμβάνονται τα νερά των γεωτρήσεων, των πηγαδιών, των πηγών και των υπόγειων υδροφόρων στρωμάτων (Taub, 1984, CEC, 1992, Boon et al., 1992). Τα επιφανειακά ύδατα είναι εύκολο να διακριθούν μιας και συγκεντρώνονται σε λεκάνες απορροής. Εν αντίθεση οι υπόγειοι υδατικοί πόροι δεν είναι ευδιάκριτοι. Καθένας υδροφόρος μπορεί να έχει διαφορετικά χημικά και υδραυλικά

χαρακτηριστικά, να έχει διαφορετική πηγή ή περιοχή εμπλουτισμού και διαφορετική περιοχή εκφόρτισης, (Καλλέργης). Όσον αφορά τις πηγές ρύπανσης τους (Εικόνα 1) μπορεί να είναι είτε σημειακές (βιομηχανίες, αστικά λύματα, χωματερές) είτε μη σημειακές (αγροτικές δραστηριότητες, εισροή θαλασσινού νερού), (Φυτιανός, 2008). Αξίζει να σημειωθεί ότι ένα μεγάλο ποσοστό (περίπου 30%) του "φρέσκου νερού" του πλανήτη μας εντοπίζεται στα υπόγεια νερά ενώ σχεδόν το υπόλοιπο στους πόλους. Αυτό τα καθιστά βασική πηγή νερού και σημαίνει ότι είναι επιτακτική ανάγκη να διαχειρίζονται με μεγάλη προσοχή, να προστατεύονται και να εκτιμάται ο κίνδυνος ευπάθειας τη ρύπανσης τους (Alberta Government site, 1995-2007).

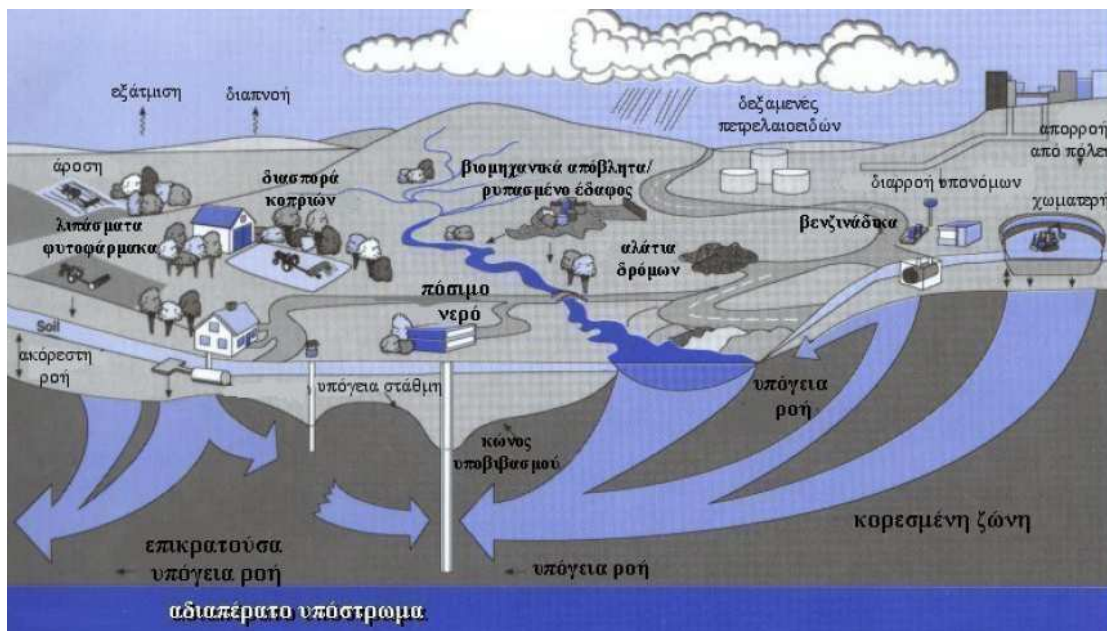
Η εκτίμηση επικινδυνότητας (ή εκτίμηση κινδύνου), είναι ένα από τα βασικά μεθοδολογικά εργαλεία που διαπραγματεύονται θέματα εντοπισμού ευπαθών περιοχών στην ρύπανση. Σε επίπεδο στρατηγικής, η εκτίμηση κινδύνου χρησιμοποιείται στη διαμόρφωση αποφάσεων κατά τη διαδικασία σχεδιασμού μέτρων αντιμετώπισης της ρύπανσης. Η εκτίμηση περιβαλλοντικού κινδύνου των υπογείων υδάτων χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των εναλλακτικών επιλογών διαχείρισης κινδύνου ή και των μέτρων που απαιτούνται για την αποτροπή, τον έλεγχο ή την ελαχιστοποίηση των κινδύνων προς το περιβάλλον. Θεμελιώδης αρχή της προσέγγισης εκτίμησης κινδύνου, είναι η ακολουθία: «Πηγή - Μονοπάτι - Αποδέκτης», (Source - Pathway - Receptor), που είναι και η πλέον εφαρμοζόμενη μεθοδολογία. Συγκεκριμένα, «Πηγή» είναι κάθε παράμετρος που θα μπορούσε να έχει επιπτώσεις στο περιβάλλον. «Αποδέκτης» είναι κάθε παράγοντας του περιβάλλοντος που θα μπορούσε να υποστεί επιπτώσεις από την «Πηγή», και «Μονοπάτι» είναι η διαδρομή μέσω της οποίας η «Πηγή» μπορεί να επιδράσει στον «Αποδέκτη». Παράλληλα, η μεθοδολογία έχει ως στόχο να παρέχει μια καλή προσέγγιση της τάξης μεγέθους των κινδύνων και

να αποτελεί ένα γρήγορο και εύχρηστο εργαλείο συγκριτικής αξιολόγησης τους. Έτσι, γίνεται εύκολος ο εντοπισμός των περισσότερων επικινδυνών περιοχών, οι οποίοι χρήζουν άμεσης αντιμετώπισης (www.grapsas.blogspot.com).

Η εκτίμηση επικινδυνότητας όσον αφορά τα υπόγεια ύδατα αποτελεί αντικείμενο με εξαιρετικό ενδιαφέρον, μιας και επικεντρώνεται σε περιοχές που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής στην προστασία των υπογείων υδάτων τους. Ο όρος τρωτότητα υπογείων υδάτων περιλαμβάνει δύο βασικές παραμέτρους: φυσική (εγγενής) τρωτότητα και ειδική τρωτότητα (Gogu and Dassagues 2000). Το αντικείμενο της έρευνας είναι ο καθορισμός της τρωτότητας των υπογείων υδάτων, όπου οι ρυπαντές τους προέρχονται από ανθρώπινες δραστηριότητες και επηρεάζουν τα εγγενή υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής.

Μέχρι τώρα, έχουν αναπτυχθεί αρκετές μέθοδοι (τεχνικές) ανάλυσης επικινδυνότητας των υδάτων. Ακολουθεί αναφορά των πιο διαδεδομένων από αυτών: η DRASTIC μέθοδος (Alleret al. 1987), η GOD μέθοδος (Foster 1987), το AVI πρόγραμμα εκτίμησης (Van Stempvoort et al. 1993), η SINTACS μέθοδος (Civita 1994), η ISIS μέθοδος (Civita and De Regibus 1995), η ιρλανδική άποψη (Daly et al. 2002), η γερμανική μέθοδος (Gemitzi et al. 2006) και η EPIK (Doerfiger et al. 1999). Η σύγκριση μεταξύ των τεχνικών που αναπτύχθηκαν για την εκτίμηση επικινδυνότητας των υπογείων υδάτων πραγματοποιήθηκε από τους Gogu και Dassargu. (2000) και από τον Gogu et al. (2003), οι οποίοι κατέληξαν στο γεγονός ότι υπάρχει μεγάλη διακύμανση στα αποτελέσματα που εξήγαγε η κάθε μέθοδος και σε αρκετές περιπτώσεις υπάρχει διαφωνία μεταξύ των τεχνικών. Ο λόγος της μη συμφωνίας των αποτελεσμάτων έγκειται στο γεγονός ότι η τρωτότητα των υπογείων υδάτων δεν αποτελεί μετρήσιμη ποσότητα και αυτό έχει ως συνέπεια τις περισσότερες φορές, την εξαγωγή αμφιλεγόμενων αποτελεσμάτων. Σε

πρόσφατες έρευνες (Dixon et al. 2005) ωστόσο, έγινε προσπάθεια να συγκριθούν τα αποτελέσματα που εξήγαγε η κάθε μέθοδος ερμηνεύοντας τα με τη βοήθεια μεθόδων ευαισθησίας.



Εικόνα 1: Ρύπανση Υπόγειων Υδάτων (Αντωνόπουλος, 2001)

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να αναπτυχθεί μια μέθοδος εκτίμησης του κινδύνου ρύπανσης των υπογείων υδάτων του νομού Ρεθύμνου. Κατά την προσπάθεια μας αυτή λήφθηκαν υπόψη μια σειρά από παράγοντες, που επηρεάζουν την τρωτότητα των υπογείων υδάτων, οι οποίοι συνδυαζόμενοι μεταξύ τους και με τους κατάλληλους συντελεστές βαρύτητας που τους προσδώσαμε εξήγαγαν ένα τελικό χάρτη περιγραφής του κινδύνου.

2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1 Γενικά

Ο νομός Ρεθύμνου (Εικόνα 2) είναι ένας από τους τέσσερις νομούς της Κρήτης. Έχει όρια Ανατολικά το νομό Ηρακλείου και δυτικά το νομό Χανίων, ενώ βόρεια βρέχεται από το Κρητικό και νότια από το Λυβικό Πέλαγος. Ακόμα εκτείνεται από τα Λευκά Όρη ως το Ψηλορείτη και έχει έκταση **1496 km²** και πληθυσμό **81936** κατοίκους, (απογραφή 2001).

Ο νομός Ρεθύμνου είναι ο πιο ορεινός της Κρήτης. Από τα 1.496 km² τα 510 είναι γεωργική γη, τα 933 βοσκότοποι, τα 36 καλύπτονται από οικισμούς και μόνο τα 17 km² καλύπτονται από μεσογειακά δάση βελανιδιάς, πεύκου και σφένδαμου, (www.creta-info.gr).

Ο νομός Ρεθύμνου υποδιαιρείται σε τέσσερις επαρχίες: Ρεθύμνου, Μυλοποτάμου, Αμαρίου και Αγίου Βασιλείου. Η επαρχία Ρεθύμνου βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα του νομού, η επαρχία Μυλοποτάμου στην ανατολική πλευρά του και συνορεύει με το νομό Ηρακλείου, η επαρχία Αμαρίου είναι στο μέσο του νομού και συνορεύει με τις άλλες τρεις επαρχίες του και η επαρχία Αγίου Βασιλείου στα νότια βρέχεται από το Λιβυκό Πέλαγος. Οι κυριότερες πόλεις και χωριά της περιοχής είναι το Ρέθυμνο, το Πέραμα, η Αγία Γαλήνη, τα Ανώγεια, το Αμάρι, το Μπαλί, η Επισκοπή, το Πέραμα και το Σπήλι, (www.dafermos.gr).



Εικόνα 2: Χάρτης ν. Ρεθύμνου (www.4crete.gr)

2.2 Φυσική Γεωγραφία και Κλίμα

Το έδαφος του νομού είναι στο μεγαλύτερο μέρος του ορεινό με σχετικά μικρές αλλά ενδιαφέρουσες εναλλαγές στη μορφολογία, όπως εντυπωσιακά φαράγγια, πολυάριθμα σπήλαια, κατάφυτες κοιλάδες και μικρά ποτάμια. Οι πεδινές εκτάσεις περιορίζονται στα βόρεια παράλια και στις περιοχές ανάμεσα στους ορεινούς όγκους. Ομοίως περιορισμένα είναι και τα ποτάμια που εκτός από το Γεροπόταμο ή Αυλοπόταμο που πηγάζει από τον ορεινό Μυλοπόταμο και εκβάλλει στα δυτικά του Πανόρμου και τον Μεγάλο Ποταμό που καταλήγει στη Λίμνη του Πρέβελι, όλοι οι άλλοι στα βόρεια, είναι δευτερεύοντες και συνήθως έχουν νερό μόνο κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Τον κύριο λόγο λοιπόν

στη μορφολογία του εδάφους του νομού έχουν τα όρη και οι οροσειρές. Έτσι, στα ανατολικά δεσπόζει η Ίδη ή Ψηλορείτης, το ψηλότερο βουνό της Κρήτης, που το ύψος του φθάνει τα 2456 m. και ο ορεινός του όγκος καταλαμβάνει περίπου το 1/5 της συνολικής έκτασης του νομού. Η οροσειρά του Κέδρους (1777m.) που αναπτύσσεται στα νοτιοδυτικά του Ψηλορείτη οριοθετεί μαζί μ' αυτόν την πανέμορφη κοιλάδα του Αμαρίου. Στο βορειοανατολικό άκρο του νομού υψώνεται ο Κουλούκουνας ή Ταλαία Όρη (1083m.), ακριβώς νότια της πόλης του Ρεθύμνου ο Βρύσινας (858m.) και στα νοτιοδυτικά ο Κρυονερίτης (1312m.), η ανατολικότερη κορυφή του δεύτερου σε μέγεθος ορεινού όγκου της Κρήτης, των Λευκών Ορέων.

Το ζεστό καλοκαίρι και η μακρά περίοδος βροχοπτώσεων που διαρκεί από το φθινόπωρο ως τον Απρίλιο περίπου, οδηγούν στο να χαρακτηρίσουμε το κλίμα "εύκρατο μεσογειακό". Κυρίαρχο ρόλο στα καιρικά φαινόμενα της περιοχής διαδραματίζουν και οι ισχυροί βόρειοι και νότιοι άνεμοι, (www.rethymnon.gr)

2.3 ΧΛΩΡΙΔΑ- ΠΑΝΙΔΑ

2.3.1 Χλωρίδα

Εκτός από τα δέντρα και τα φυτά που συναντούμε και σε άλλα μέρη της Ελλάδας και του ευρύτερου μεσογειακού χώρου, στην Κρήτη υπάρχει ακόμα μεγάλος αριθμός ενδημικών φυτών, γεγονός που εξηγείται από τη γεωγραφική απομόνωση του νησιού που ευνόησε την

ανάπτυξη τοπικών ειδών ήδη από την αρχαιότητα. Υπολογίζεται ότι υπάρχουν γύρω στα 2000 είδη φυτών από τα οποία τα 160 είναι ενδημικά και φύονται αποκλειστικά και μόνο στο νησί. Δυστυχώς, σε σχέση με το παρελθόν η βλάστηση έχει περιοριστεί σημαντικά και τα αλλοτινά κατάφυτα βουνά, όπως ο Ψηλορείτης ή Ίδη (=δασωμένο βουνό), σήμερα έχουν σχεδόν απογυμνωθεί κυρίως λόγω της ανεξέλεγκτης βοσκής αιγοπροβάτων και των πυρκαγιών. Παράλληλα οι λιγοστές πεδινές εκτάσεις έχουν αναγκαστικά χρησιμοποιηθεί για γεωργικές καλλιέργειες και οι παραθαλάσσιες συχνά για την εγκατάσταση θερμοκηπίων, με αποτέλεσμα οι βιότοποι να έχουν περιοριστεί σημαντικά και ορισμένα από τα σπάνια είδη φυτών να κινδυνεύουν να εξαφανιστούν. Επειδή η ανάπτυξη της χλωρίδας εξαρτάται από τη θερμοκρασία και τη μορφολογία του εδάφους, η κατάταξη γίνεται με βάση το υψόμετρο που επηρεάζει τους παραπάνω παράγοντες. Έτσι, στην παραθαλάσσια ζώνη μπορεί να συναντήσει κανείς φυτά που ευνοούνται από την υγρασία και τη θαλασσινή αλμύρα, όπως το κρινάκι της θάλασσας (*Pancratium maritimum*) και τα αρμυρίκια (*Tamarix cretica*) καθώς και τον περίφημο κρητικό Φοινικά του Θεοφράστη (*Phoenix theophrastii*). Στην πεδινή ζώνη που φθάνει μέχρι το υψόμετρο των 300 μέτρων μπορεί να βρεί κανείς τους θάμνους της Μεσογειακής μακίας, όπως το Σχίνο (*Pistacia lentiscus*) και το Πουρνάρι (*Quercus coccifera*) καθώς και την Πικροδάφνη (*Nerium oleander*), τη Λιγαριά (*Vitex agnus-castus*), το Χαμομήλι (*Chamomilla recutita*), τη Μέντα (*Mentha spicata*), τη Μυρτιά (*Myrtus communis*), τα Ρείκια (*Erica*), τους Σταφυλίνακες (*Daucus carota*), τα Αγριοσέλινα (*Smyrniium*), τις Δενδρομολόχες (*Alcea pallida cretica*), την κοινή παπαρούνα (*Papaver rhoeas*), τη Λαδανιά (*Cistus incanus-creticus*) και τον Κρητικό Έβενο (*Ebenus cretica*). Η ημιορεινή ζώνη φθάνει περίπου ως τα 800 μ. και περιλαμβάνει θάμνους όπως το Πουρνάρι (*Quercus coccifera*), το Σχίνο (*Pistacia lentiscus*), το Θυμάρι

(*Thymus capitatus*), η Κουμαριά (*Arbutus unedo*), ο Αγγάραθος (*Phlomis cretica*), το Σφεντάμι (*Acer sempervirens*), η Βρυωνιά (*Bryonia cretica*), τα Σπάρτα (*Spartium junceum*), ο Στύρακας (*Styrax officinalis*) κ.α., αγριολούλουδα όπως το κρητικό Κυκλάμινο (*Cyclamen creticum*), την Ίριδα (*Iris cretica*), τη Δρακοντιά (*Dracungulus*), τη Μαχαιρίδα (*Gladiolis italicus*), την Τουλίπα (*Tulipa orphanidea*), τα Βολβολούλουδα (*Muscari commosum*), διάφορα είδη της κρητικής ορχιδέας και δέντρα όπως η Χαρουπιά (*Ceratonia siliqua*), και η Βελανιδιά (*Quercus*). Η ζώνη που εκτείνεται από τα 800 έως τα 1800μ. είναι η ορεινή στην οποία ευδοκιμούν τα Πουρνάρια (*Quercus coccifera*) και το Κρητικό Σφεντάμι (*Acer sempervirens*) καθώς και θάμνοι και αγριολούλουδα όπως οι κίτρινες Βιολέτες (*Erysimum creticum*), η Τουλίπα (*Tulipa cretica*), η Κρητική Αγριαψιθιά (*Achillea cretica*), οι Αγριομενεξέδες (*Viola cretica*), ο Κρόκος (*Crocus Oreocreticus*) κ.α. Ιδιαίτερου ενδιαφέροντος χώροι για την πλούσια χλωρίδα τους είναι τα φαράγγια που αποτελούν πραγματικούς παράδεισους με αγριολούλουδα και θάμνους, πολλά από τα οποία μάλιστα είναι ενδημικά και σπάνια, καθώς εκεί η αγριάδα και το δυσπρόσιτο του περιβάλλοντος τα προστατεύουν από τον ανθρώπινο παράγοντα. Στην πραγματικότητα μπορεί να δει κανείς φυτά όλων των ειδών, όλα εκείνα που περιλαμβάνονται στις παραπάνω ζώνες, μια και τα φαράγγια ξεκινούν από ορεινές ή ημιορεινές περιοχές και καταλήγουν στη θάλασσα. Επίσης, αν κάποιος είναι τυχερός, μπορεί να διακρίνει τον περίφημο κρητικό Δίκταμο (*Origanum dictamnus*.), (www.rethymnon.gr).

2.3.2 Πανίδα

Για την πανίδα ισχύουν περίπου ανάλογα πράγματα με τη χλωρίδα, μια και η ανάπτυξή της εξαρτάται τόσο από περιβαλλοντολογικούς

παράγοντες όσο και από το υψόμετρο και τη θερμοκρασία. Έτσι, και σ' αυτή την περίπτωση, θα ταξινομήσουμε τα ζώα και τα πουλιά που ζούν στην Κρήτη, και ειδικότερα στο Ρέθυμνο, με βάση τις υψομετρικές ζώνες. Στην παραθαλάσσια ζώνη και μάλιστα στις βραχώδεις ακτές φωλιάζει ο γνωστός Γλάρος καθώς και το Γεράκι (*Falco Eleonore*) που έρχεται στην Κρήτη από την Αφρική κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, ενώ στις αμμώδεις παραλίες γεννά τα αυγά της η θαλάσσια χελώνα *caretta - caretta*. Στην πεδινή ζώνη, δηλαδή στις πεδιάδες και τους χαμηλούς λόφους, συναντάει κανείς λαγούς, νυφίτσες, ασβούς, σκατζόχοιρους, αγροπόντικες (*Apodeus sylvaticus-creticus*), νυχτερίδες, και πουλιά, όπως σπουργίτια (*Passer domesticus*), καρδερίνες (*Carduelis carduelis*), χελιδόνια (*Delichon urbica*), κουρούνες (*Corvus corone*), σπίνους(*Fringilacoelembis*)κ.α.

Τα ίδια είδη ζώων και πουλιών αλλά με μεγαλύτερη συχνότητα συναντά κανείς και στην ημιορεινή ζώνη, όπου υπάρχουν ακόμα ορισμένα είδη αρπακτικών πουλιών, όπως τα κοράκια (*Corvus corax*) και τα κοτσύφια (*Turbus merula*). Ο παράδεισος όμως των αρπακτικών πουλιών, όπως ο γυπαετός (*Gyapetus barbatus*) και όλα τα προηγούμενα, είναι η ορεινή ζώνη. Εκεί ζει ακόμα το σπάνιο πλέον κρητικό αγριοκάτσικο (*Capra aegagrus*) και ο κρητικός αγριόγατος (*Felix silvestris*) .(www.rethymnon.gr)

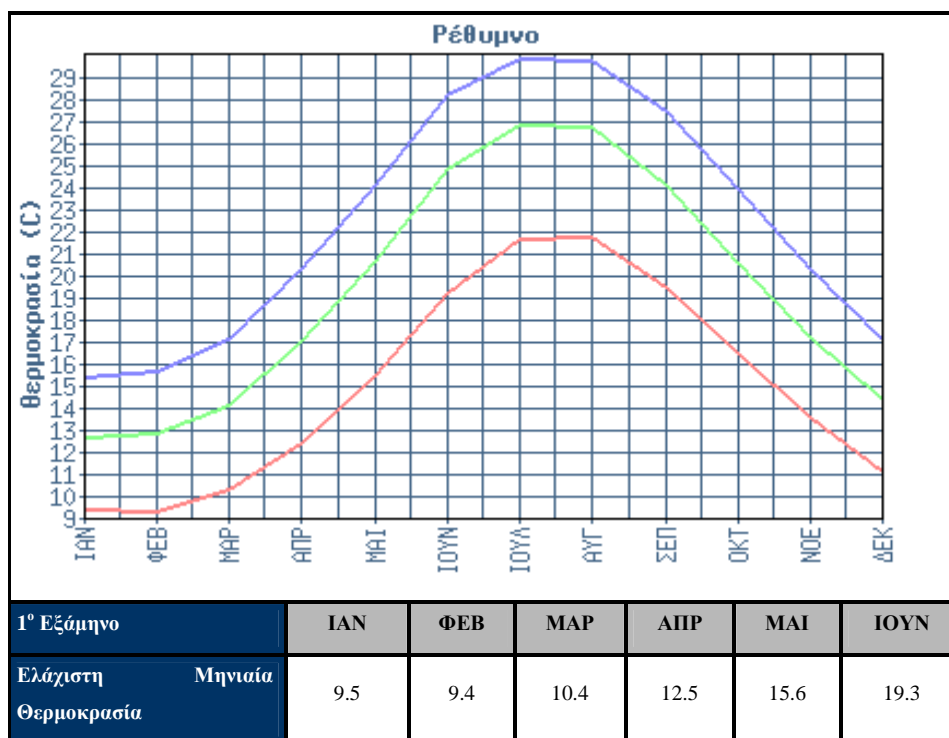
2.4 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

2.4.1 Γραφήματα για τη θερμοκρασία, την υγρασία και την βροχόπτωση στο νομό Ρεθύμνου.

2.4.1.1 Θερμοκρασία

Η Κρήτη έχει ένα προνομιακό κλίμα λόγω της γεωγραφικής της θέσης. Υπάρχει μία διαφοροποίηση ανάμεσα στις ορεινές από τις πεδινές περιοχές του νομού. Στις ορεινές περιοχές συναντάμε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Σύμφωνα με το παρακάτω γράφημα για το νομό Ρεθύμνου η ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία παρατηρείται κατά το μήνα Φεβρουάριο ενώ η μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία παρατηρείται κατά το μήνα Ιούλιο.

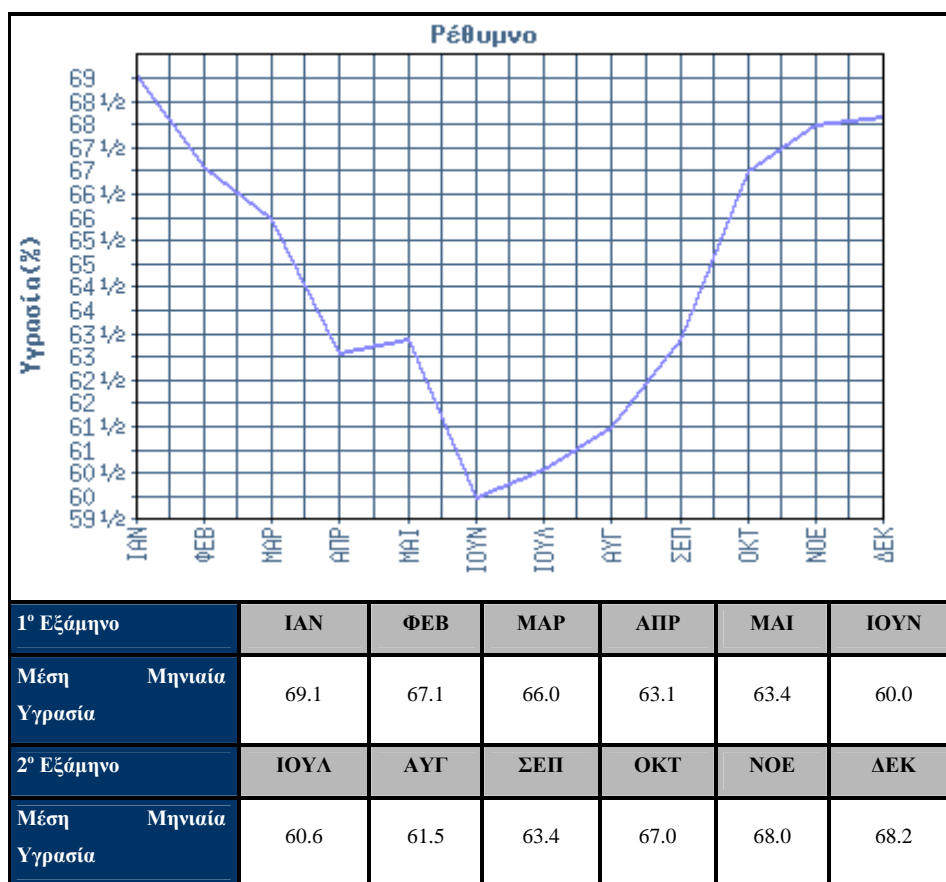
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ: 1957-1997



| | | | | | | | |
|-------------------------|---------|------|------|------|------|------|------|
| Μέση Θερμοκρασία | Μηνιαία | 12.8 | 12.9 | 14.2 | 17.1 | 20.7 | 24.9 |
| Μέγιστη Θερμοκρασία | Μηνιαία | 15.5 | 15.7 | 17.2 | 20.4 | 24.2 | 28.2 |
| 2 ^ο Εξάμηνο | | ΙΟΥΛ | ΑΥΓ | ΣΕΠ | ΟΚΤ | ΝΟΕ | ΔΕΚ |
| Ελάχιστη Θερμοκρασία | Μηνιαία | 21.7 | 21.8 | 19.5 | 16.6 | 13.7 | 11.2 |
| Μέση Θερμοκρασία | Μηνιαία | 26.9 | 26.8 | 24.2 | 20.6 | 17.3 | 14.5 |
| Μέγιστη Θερμοκρασία | Μηνιαία | 29.9 | 29.8 | 27.5 | 24.0 | 20.4 | 17.2 |

2.4.1.2 Υγρασία

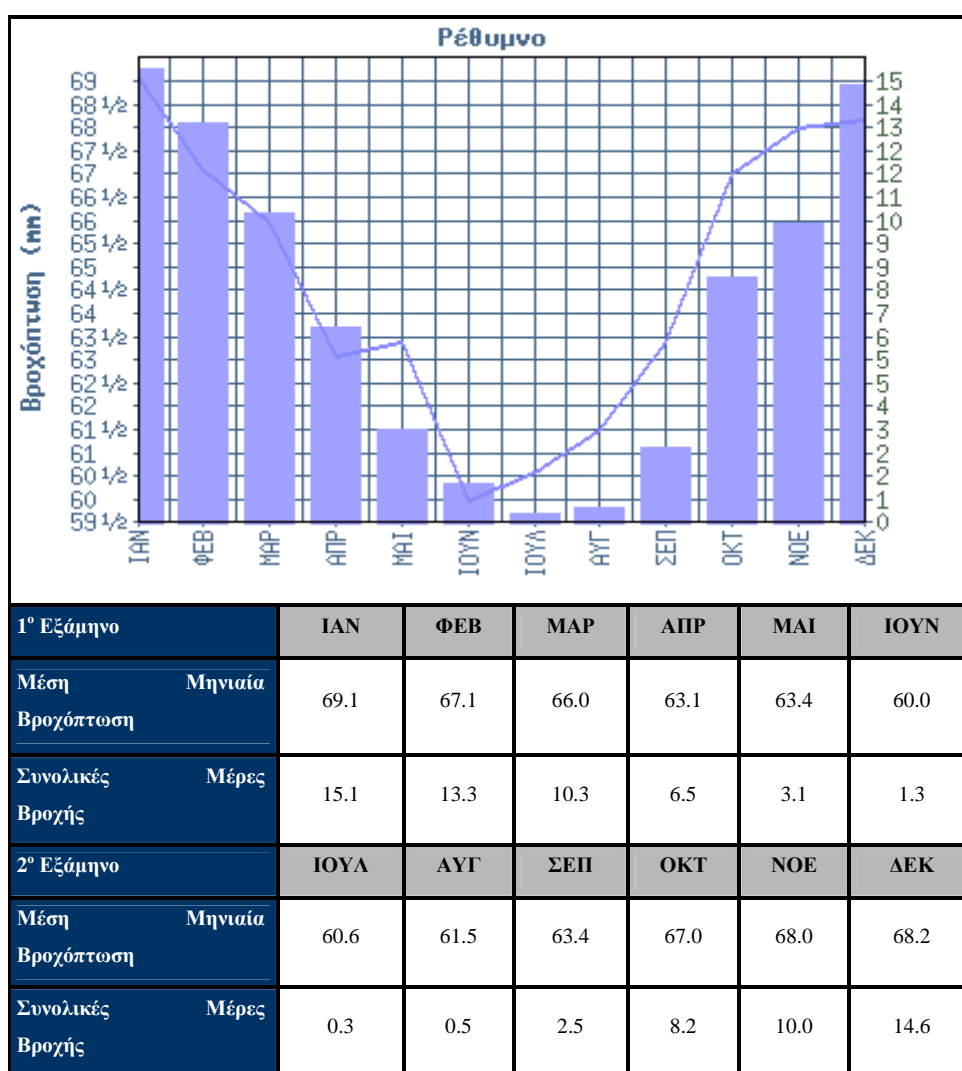
Σύμφωνα με το παρακάτω γράφημα η μέση ατμοσφαιρική σχετική υγρασία είναι ελάχιστη τον Ιούνιο και μέγιστη τον Δεκέμβριο.



2.4.1.3Βροχόπτωση

Η Κρήτη γενικά παρουσιάζει σημαντική ανισοκατανομή του ετήσιου όγκου βροχόπτωσης, τόσο γεωγραφικά όσο και φυσιογραφικά, εμφανίζοντας βροχοβαθμίδα από τις μεγαλύτερες στην Ελλάδα. Η μέση μηνιαία βροχόπτωση είναι μέγιστη το Δεκέμβριο και τον Ιανουάριο και ελάχιστη τον Ιούλιο και τον Αύγουστο, οι οποίοι είναι σχεδόν άνομβροι σε ολόκληρη την πεδινή Κρήτη (www.meteo.gr).

Το γράφημα που ακολουθεί μας δείχνει τις τιμές της βροχόπτωσης για το νομό Ρεθύμνου επαληθεύοντας τα παραπάνω.



WWW.ECONOMICS.GR

3. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (GIS)

3.1 Ορισμός

Οι γεωγραφικές πληροφορίες περιγράφονται ως οι πληροφορίες που συνδέονται με μια συγκεκριμένη τοποθεσία πάνω, κάτω ή στην επιφάνεια της γης και αυτός ο σύνδεσμος μπορεί να είναι οι συντεταγμένες ενός χάρτη, μια περιοχή ή ακομη και μια οδός. Ολοι χρησιμοποιούμε γεωγραφικές πληροφορίες γιατί χρειαζόμαστε να γνωρίζουμε που βρισκόμαστε, προς τα που κατευθυνόμαστε, σε τι απόσταση βρισκόμαστε και τι θα συναντήσουμε. Τέλος, οι γεωγραφικές πληροφορίες προσφέρουν γνώσεις οι οποίες είναι απαραίτητες για τη σωστή διαχείριση του περιβάλλοντος καθώς και για τον σχεδιασμό νέων στόχων.

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών - ΓΣΠ (Geographic Information Systems (GIS)) είναι μια μοντέρνα τεχνολογία που έχει μεταβάλλει δραστικά τον τρόπο που δουλεύουμε με τις γεωγραφικές πληροφορίες. Ένα μεγάλο μέρος χωρικών δεδομένων σε ηλεκτρονική μορφή είναι αποθηκευμένο από διάφορους οργανισμούς σε όλο τον κόσμο. Τα ΓΣΠ είναι σχεδιασμένα ώστε να διαχειρίζονται αυτές τις πληροφορίες για την επίλυση απλών θεμάτων ή για ακριβή ανάλυση σε πολύπλοκους συνδυασμούς. Αποτελούν λοιπόν ένα πολύτιμο εργαλείο τόσο για τη λήψη αποφάσεων όσο και για την έρευνα.

Για να ορίσουμε τα ΓΣΠ μπορούμε είτε να εξηγήσουμε τη λειτουργία τους είτε να εστιάσουμε στις συνιστώσες τους. Αναλύοντας τα αρχικά ΓΣΠ μπορούμε να έχουμε μία ολοκληρωμένη εικόνα για τα συστήματα αυτά, επομένως :

⇒ Γ (Γεωγραφικά) :

Δηλώνει ενδιαφέρον για την χωρική ταυτότητα ή την τοποθεσία συγκεκριμένων αντικειμένων είτε στην κάτω, είτε στην πάνω, είτε στην επιφάνεια της γης.

⇒ Σ (Συστήματα) :

Δηλώνει την ανάγκη για καταρτισμένο επιστημονικό προσωπικό, μονάδες υπολογιστών και λογισμικά ώστε να γίνει συλλογή δεδομένων, επεξεργασία δεδομένων και παρουσίαση αυτών με σκοπό την λήψη αποφάσεων.

⇒ Π (Πληροφοριών) :

Δηλώνει την ανάγκη πληροφόρησης προκειμένου να παρθούν αποφάσεις. Τα δεδομένα ερμηνεύονται προκειμένου να δημιουργηθούν πληροφορίες χρήσιμες για τη λήψη αποφάσεων.

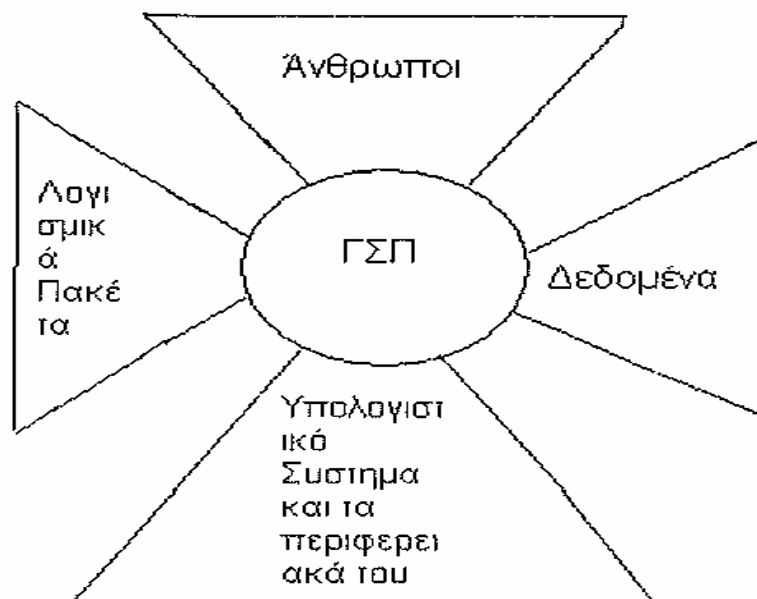


Εικόνα 3: Σχηματική απόδοση της διαδικασίας σχεδιασμού και λήψης αποφάσεων με τη βοήθεια ΓΣΠ (Μανιάτης, 1996)

Συνοπτικά τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, είναι ένα εργαλείο, ένα υπολογιστικό σύστημα συλλογής, αποθήκευσης, διαχείρισης, ανάλυσης και παρουσίασης δεδομένων όπου έχουν την ίδια γεωαναφορά. Το τελικό αποτέλεσμα των ΓΣΠ είναι οι θεματικοί χάρτες (Εικόνα 3). Τα ΓΣΠ αποτελούν σημαντικό εργαλείο για τη διαχείριση φυσικών πόρων, για επιστημονικές έρευνες, για τον αναπτυξιακό σχεδιασμό καθώς και για άλλες εφαρμογές. (Μανιάτης, 1996).

3.2 Συστατικά ενός ΓΣΠ

Τα συστατικά για να λειτουργήσει σωστά ένα ΓΣΠ είναι το ανθρώπινο δυναμικό, τα δεδομένα, το υπολογιστικό σύστημα και τα περιφερειακά του και το λογισμικό (Εικόνα 4).



Εικόνα 4: Σχηματική απόδοση των συστατικών ενός ΓΣΠ (Μανιάτης, 1996)

3.2.1 ΑΝΘΡΩΠΟΙ

Το προσωπικό που χειρίζεται αυτά τα συστήματα (ΓΣΠ) πρέπει να είναι άρτια εκπαιδευμένο. Μια σειρά ανθρώπων που ασχολούνται με τη διαχείριση αυτών των συστημάτων είναι:

- Οι τεχνικοί
- Οι επιστήμονες
- Οι σύμβουλοι
- Οι χαρτογράφοι
- Οι αναλυτές
- Οι υπεύθυνοι Βάσεων Δεδομένων

3.2.2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Τα δεδομένα που εισάγονται στα ΓΣΠ χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- Χωρικά Δεδομένα
- Μη χωρικά Δεδομένα

3.2.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΙ ΤΑ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΑ ΤΟΥ

- Έναν προσωπικό υπολογιστή ή έναν σταθμό εργασίας
- Ένα σύστημα απεικόνισης, το οποίο υποστηρίζει έγχρωμες και υψηλής ανάλυσης απεικονίσεις
- Ένα σύστημα αποθήκευσης μεγάλης χωρητικότητας

- Ένα σύστημα εισαγωγής δεδομένων
 - ❖ Ψηφιοποιητές
 - ❖ Σαρωτές
- Ένα σύστημα παρουσίασης των αποτελεσμάτων σε έντυπη μορφή
 - ❖ Εκτυπωτές
 - ❖ Αυτόματους σχεδιαστές

3.2.4 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ

Το λογισμικό των ΓΣΠ κρίνει απαραίτητο λογισμικό δημιουργίας Βάσης Δεδομένων, δυνατότητας ψηφιοποίησης, επεξεργασίας, ανάλυσης δεδομένων, αποθήκευσης και εξαγωγής δεδομένων.

3.3 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

3.3.1 Αρχή της αλληλεπίθεσης των επιπέδων

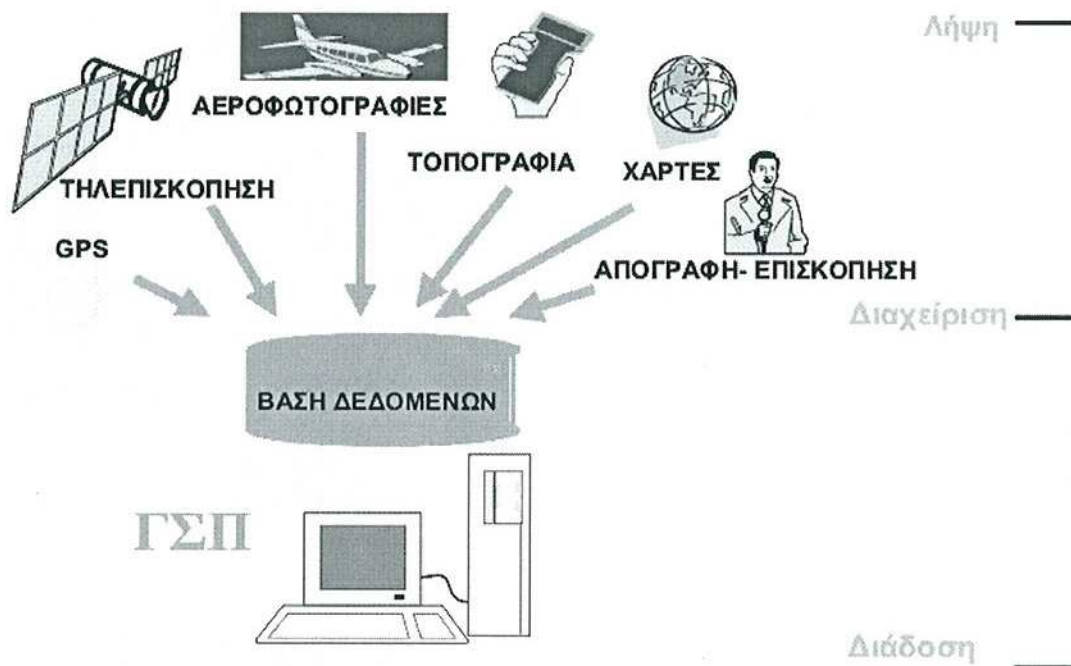
Η λειτουργία των ΓΣΠ βασίζεται σε μία βάση δεδομένων όπου αποτελείται από πληροφοριακά επίπεδα που αφορούν την ίδια περιοχή. Κάθε επίπεδο αποτελείται ή από τοπογραφικά, δορυφορικά δεδομένα ή από περιγραφικές πληροφορίες (π.χ είδος βλάστησης, είδος πετρωμάτων κ.τλ.). Όλα τα παραπάνω επίπεδα είναι αυστηρά προσανατολισμένα με σκοπό να καθίσταται δυνατός ο συνδυασμός μεταξύ τους ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη. Ο συνδυασμός των δεδομένων αποτελεί τον σημαντικότερο σκοπό αυτών των συστημάτων. Τα βασικά επίπεδα

μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε υπό-επίπεδα όπως για παράδειγμα τύποι δρόμων, εθνικοί, επαρχιακοί, κ.τλ..

Η σωστή κατηγοριοποίηση των επιπέδων κάνει πιο εύχρηστη την διαχείριση τους και ο χρήστης ελέγχει πιο εύκολα τα αντικείμενα που θέλει να επεξεργαστεί. Έτσι λοιπόν τα ονόματα που δίνονται στα επίπεδα πρέπει να είναι εύκολα και να περιγράφουν αυτά που περιέχει το επίπεδο ώστε ο χρήστης να τα αντιλαμβάνεται άμεσα, (Μανιάτης, 1996)

3.4 Χαρτογραφικά Δεδομένα

Ένας χάρτης αναπαριστά γεωγραφικά χαρακτηριστικά ή άλλα χωρικά φαινόμενα συνδυάζοντας τα χωρικά δεδομένα με τις ιδιότητες των χαρακτηριστικών. Πιθανές πηγές προέλευσης των δεδομένων αποτελούν οι αισθητήρες οργάνων, οι ήδη υπάρχοντες αναλογικοί χάρτες και οί επί τόπου μετρήσεις. Τα χωρικά δεδομένα περιγράφουν τη θέση των αντικειμένων πάνω στη γη και την μεταξύ των αντικειμένων χωρική σχέση (π.χ την μικρότερη ταχύτητα ή την εγγύτητα). Οι μη χωρικές πληροφορίες περιγράφουν τις ιδιότητες των αντικειμένων όπως το όνομα τους, το είδος τους ή ποσοτικές πληροφορίες όπως το μήκος ή την περίμετρο τους.



Εικόνα 5: Σχηματική περιγραφή δεδομένων που μπορούν να εισαχθούν από διαφορετικές πηγές σε ένα ΓΣΠ, (Μανιάτης, 1996)

Επομένως ανάλογα με το περιεχόμενο των δεδομένων που εισάγονται στα ΓΣΠ διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

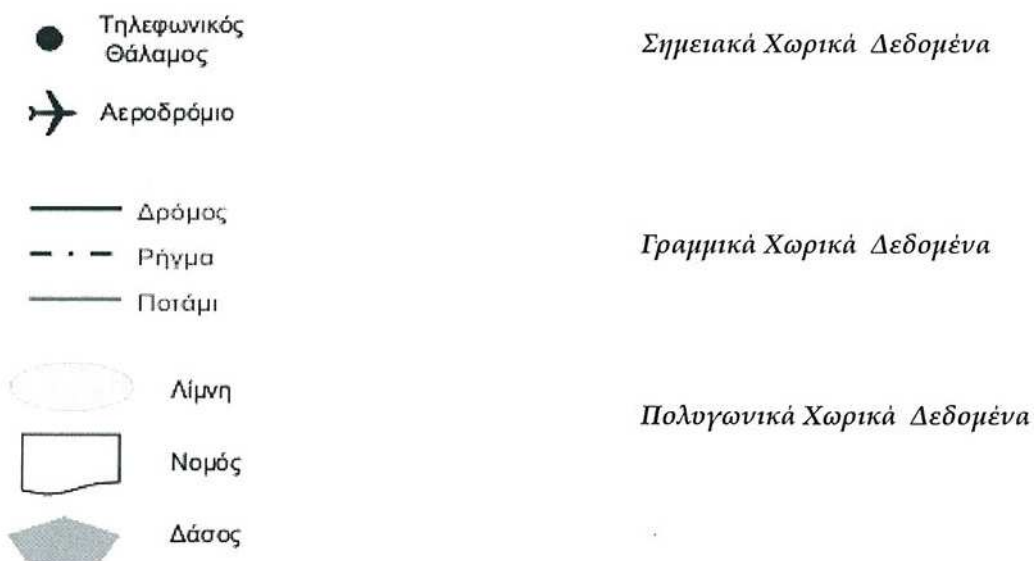
3.4.1 ΧΩΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Τα χωρικά δεδομένα διατίθενται όλο και περισσότερο σε ψηφιακή μορφή. Τα δεδομένα είναι διαθέσιμα από κυβερνητικές υπηρεσίες και άλλες πηγές (π.χ Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (ΓΥΣ), Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), καθώς επίσης και από δορυφορικές εικόνες που προέρχονται από δορυφόρους όπως SPOT και Landsat.

Τα δεδομένα αυτά αναπαρίστανται από σημεία όταν πρόκειται για παράδειγμα για γεωτρήσεις, δέντρα, ταχυδρομεία, κ.τ.λ. και από γραμμές όταν πρόκειται για χαρακτηριστικά όπως ποτάμια, δρόμοι, κ.τ.λ. (Εικόνα 6).

Συγκεκριμένα:

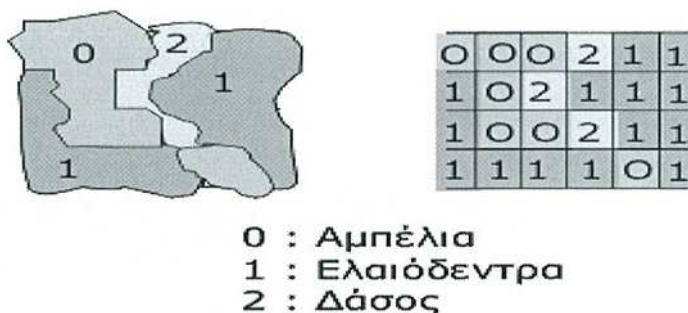
- **Σημειακά Χαρακτηριστικά (point features):** Το σημειακό χαρακτηριστικό αντιπροσωπεύει μια μόνο χωρική τοποθεσία.
- **Γραμμικά Χαρακτηριστικά (line features):** Ένα γραμμικό χαρακτηριστικό αποτελείται από μια ομάδα ενωμένων συντεταγμένων και αντιπροσωπεύει ένα γραμμικό σχήμα ενός χαρακτηριστικού.
- **Πολυγωνικά Χαρακτηριστικά (polygon features):** Ένα πολυγωνικό χαρακτηριστικό αποτελείται από μία κλειστή ομοιογενή περιοχή.



Εικόνα 6: Παραδείγματα από τις τρεις κατηγορίες Χωρικών Δεδομένων (Μανιάτης, 1996)

Τα χωρικά δεδομένα μετατρέπονται σε ψηφιακή μορφή και μπορούν να έχουν δύο μορφές. Αυτές είναι:

- **Μορφή Διανύσματος ή Πολυγώνου (vector):** Η δομή αυτή έχει ως βασική μονάδα το διάνυσμα και είναι κατάλληλη για την περίπτωση που τα χωρικά δεδομένα μπορούν να οριστούν με τη χρήση γραμμών και όταν απαιτείται ο εντοπισμός των αντικειμένων στο χώρο (Εικόνα 7). Το πλεονέκτημα αυτής της μορφής είναι ότι απαιτείται λιγότερος χώρος στον υπολογιστή και μπορούμε με ευκολία μεμονωμένα να ανακτήσουμε, να επεξεργαστούμε και να εντοπίσουμε τα δεδομένα.
- **Μορφή Κανάβου (raster):** Στη δομή αυτή η περιοχή υποδιαιρείται σε όμοια τετράγωνα (Εικόνα 7). Ο εντοπισμός του σημείου ορίζεται από μία στήλη και μία γραμμή του κανάβου.



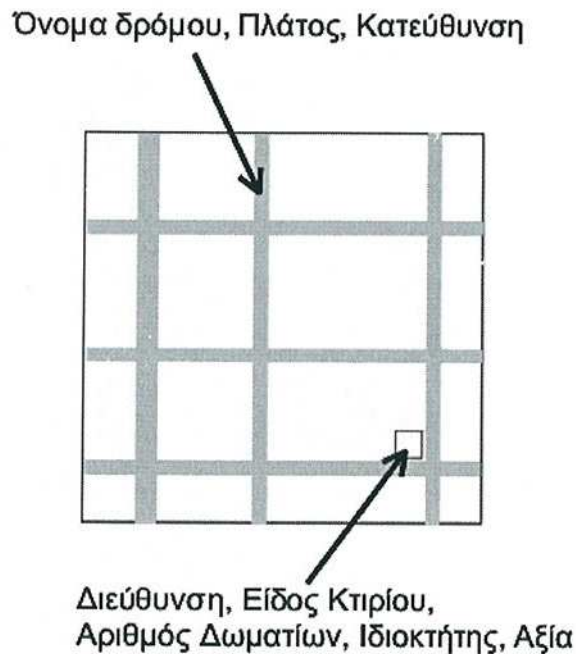
Εικόνα 7: Παρουσίαση δεδομένων σε μορφή διανύσματος (δεξιά) και σε μορφή κανάβου (αριστερά), (Μανιάτης, 1996).

3.4.2 ΜΗ ΧΩΡΙΚΑ (Ή ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ) ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Τα μη χωρικά δεδομένα περιγράφουν τις ιδιότητες των αντικειμένων. Για παραδειγμα ένα μη χωρικό δεδομένο που σχετίζεται με ένα δρόμο μπορεί να είναι το όνομα του, το πλάτος του, το μήκος του, κ.τ.λ. (Εικόνα 8). Τα μη χωρικά δεδομένα αποθηκεύονται σε μια βάση

δεδομένων ξέχωρα από το γραφικό τμήμα του χάρτη.

Τα λογισμικά πακέτα του GIS διατηρούν εσωτερικούς δεσμούς κάθε γραφικής οντότητας του χάρτη με τη γραφική πληροφορία. Η φύση των δεσμών ποικίλει ανάλογα με το λογισμικό πακέτο.



Εικόνα 8: Παράδειγμα μη χωρικών δεδομένων για γραμμικά δεδομένα, (Μανιάτης, 1996).

3.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΓΣΠ

3.5.1 Πλεονεκτήματα

⇒ Τα δεδομένα καταλαμβάνουν μικρό χώρο αφού διατηρούνται σε ψηφιακή μορφή.

⇒ Είναι ικανά να διαχειρίζονται μεγάλες ποσότητες χωρικών πληροφοριών.

⇒ Είναι ικανά να διαχωρίζουν τις πληροφορίες σε επίπεδα και να τις συνδυάζουν με άλλα επίπεδα πληροφοριών.

⇒ Αναπτύχθηκαν μετά το συνδυασμό πολλών και διαφορετικών

τεχνικών. ·

- ⇒ Το τελικό προϊόν είναι θεματικοί χάρτες.
- ⇒ Παρέχουν νέους τρόπους ανάλυσης και μοντελοποίησης δεδομένων.
- ⇒ Έχουν τη δυνατότητα εύκολης ενημέρωσης της βάσης δεδομένων η οποία επιτρέπει τον αποτελεσματικό εντοπισμό και την ανάλυση των μεταβολών που έλαβαν χώρα μεταξύ δύο ή περισσότερων χρονικών μεταβολών.
- ⇒ Η ανάγκη χειρωνακτικών μεθόδων μειώνεται.
- ⇒ Η ανάλυση τις περισσότερες φορές έχει μικρό κόστος σε σχέση με άλλες προγενέστερες μεθόδους.
- ⇒ Ζώντας στην εποχή της πληροφόρησης προσφέρουν ικανοποιητική επαγγελματική αποκατάσταση.
- ⇒ Μέσα σε μόνο μία απλή βάση δεδομένων χαρτογραφούν, μοντελοποιούν, αναζητούν και αναλύουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων.
- ⇒ Στηρίζουν τις κλασσικές μεθόδους γεωγραφικής ανάλυσης.

3.5.2 Μειονεκτήματα

- ⇒ Το κόστος απόκτησης τέτοιων συστημάτων είναι υψηλό.
- ⇒ Η σωστή χρήση του συστήματος απαιτεί άρτια κατάρτιση από το ανθρώπινο δυναμικό.
- ⇒ Προκύπτουν προβλήματα κατά την καταχώρηση και τη μετατροπή προϋπαρχόντων δεδομένων.

3.6 Γενικές γνώσεις εφαρμογής ArcView Gis 9.2

Η τελευταία έκδοση του ArcView Gis 9.2 , αποτελεί έναν συνδυασμό πολλών λογισμικών για μικρότερες εφαρμογές, όπου ένα από αυτά είναι και το ArcView Gis Desktop. Το ArcView Gis Desktop οποίο είναι διαθέσιμο σε τρεις εκδόσεις όπου η κάθε μία καλύπτει ανάγκες διαφορετικών χρηστών :

- ArcView : Επικεντρώνεται στην αναλυτική χρήση, στη χαρτογράφηση και στην ανάλυση δεδομένων.
- ArcEditor : Προσφέρει ότι ακριβώς και το ArcView και επιπλέον χωρικές επεξεργασίες ενώ επιτρέπει και τη δημιουργία δεδομένων.
- ArcInfo : Αποτελεί ένα ολοκληρωμένο, επαγγελματικό πακέτο το οποίο συνδυάζει την λειτουργικότητα με πλήθος εργαλείων χωρικής επεξεργασίας. Επιπλέον, περιέχει τα περισσότερα εργαλεία ανάλυσης χωρικών δεδομένων

Το ArcView Gis Desktop αποτελείται από τα εξής 4 υποσύνολα:

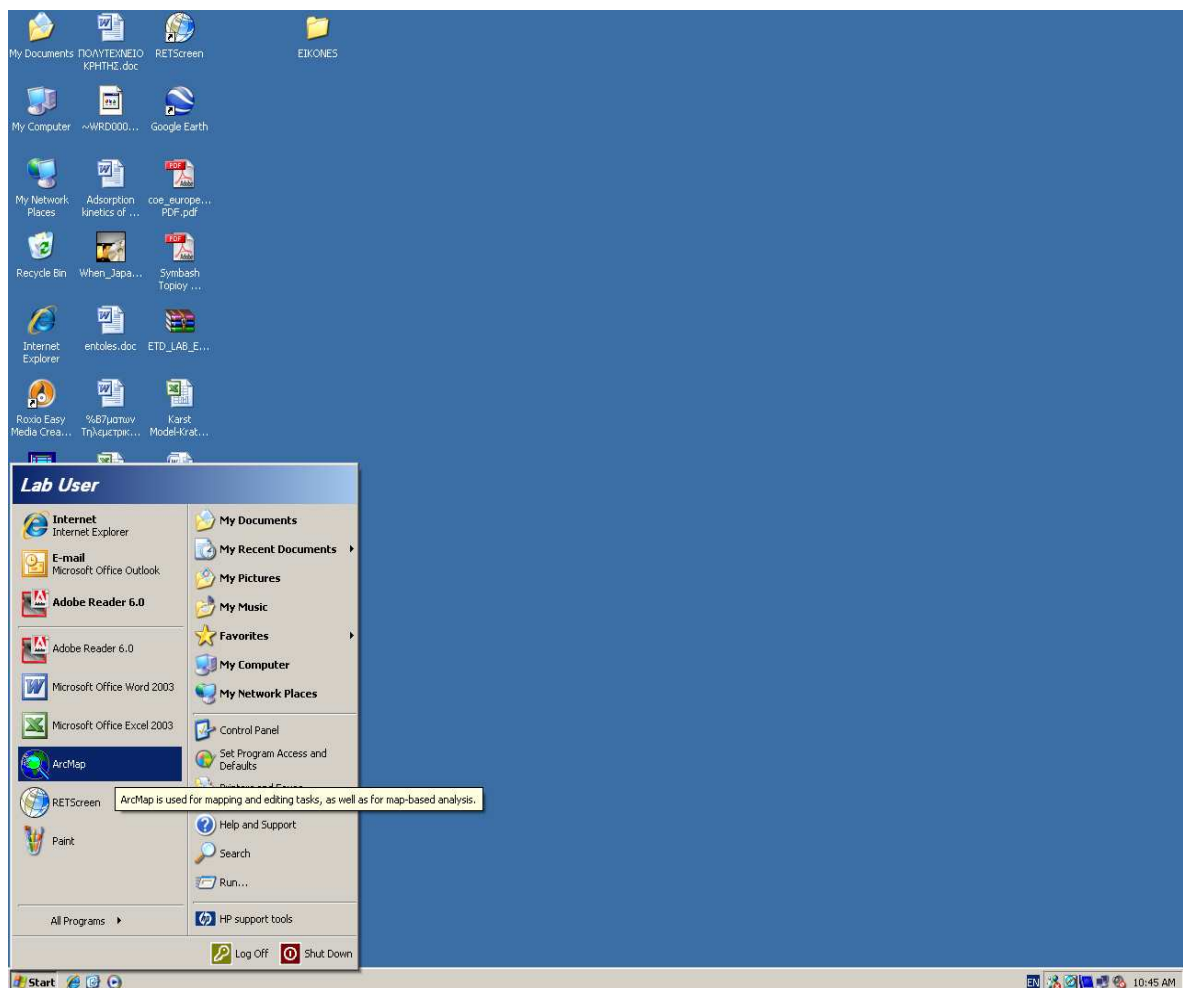
- ⇒ Arc Catalog (Διαχείριση Δεδομένων)
- ⇒ Arc Tool Box (Προγραμματισμός εξειδικευμένων εντολών)
- ⇒ **Arc Map (Σύνθεση και ανάλυση χαρτών)**
- ⇒ Arc Scene (3D)

3.7 Arc Map

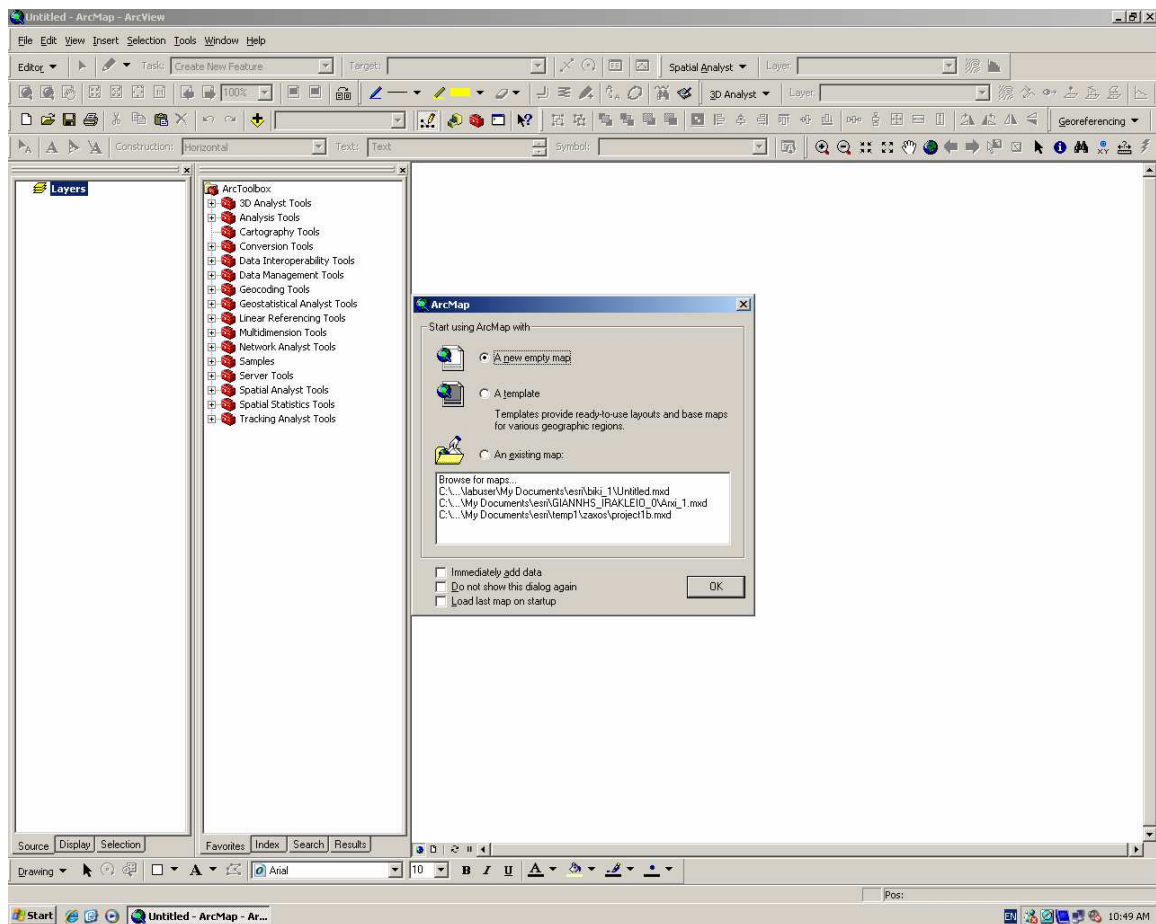
3.7.1 Εκκίνηση Arc Map

Για την καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας και χρήσης του προγράμματος παρατίθενται εικόνες από το περιβάλλον του.

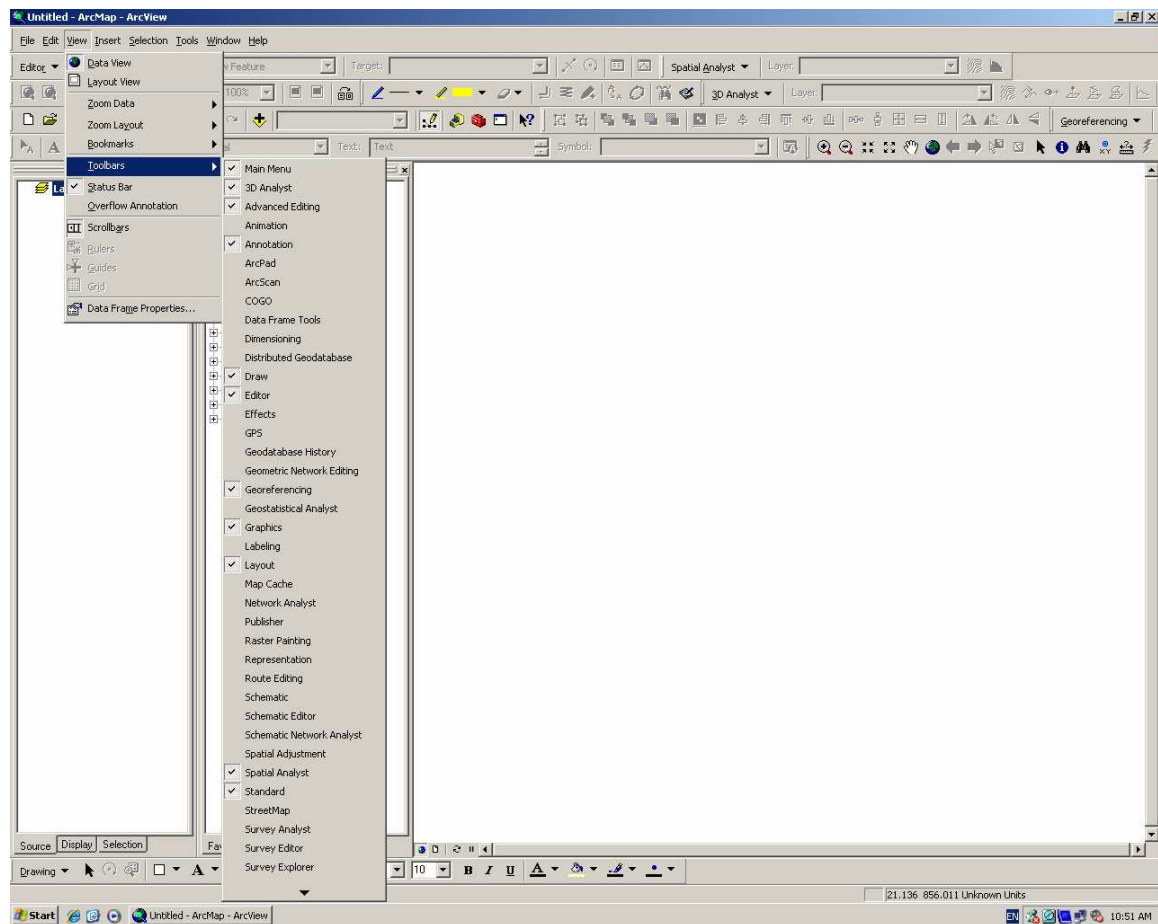
Αρχικά παρουσιάζονται οι εικόνες όπου γίνεται η εκκίνηση του προγράμματος (Εικόνες 9 και 10) και έπειτα η εργαλειοθήκη που διαθέτει το πρόγραμμα (Εικόνες 11 και 12).



Εικόνα 9: Εκκίνηση του προγράμματος ArcMap

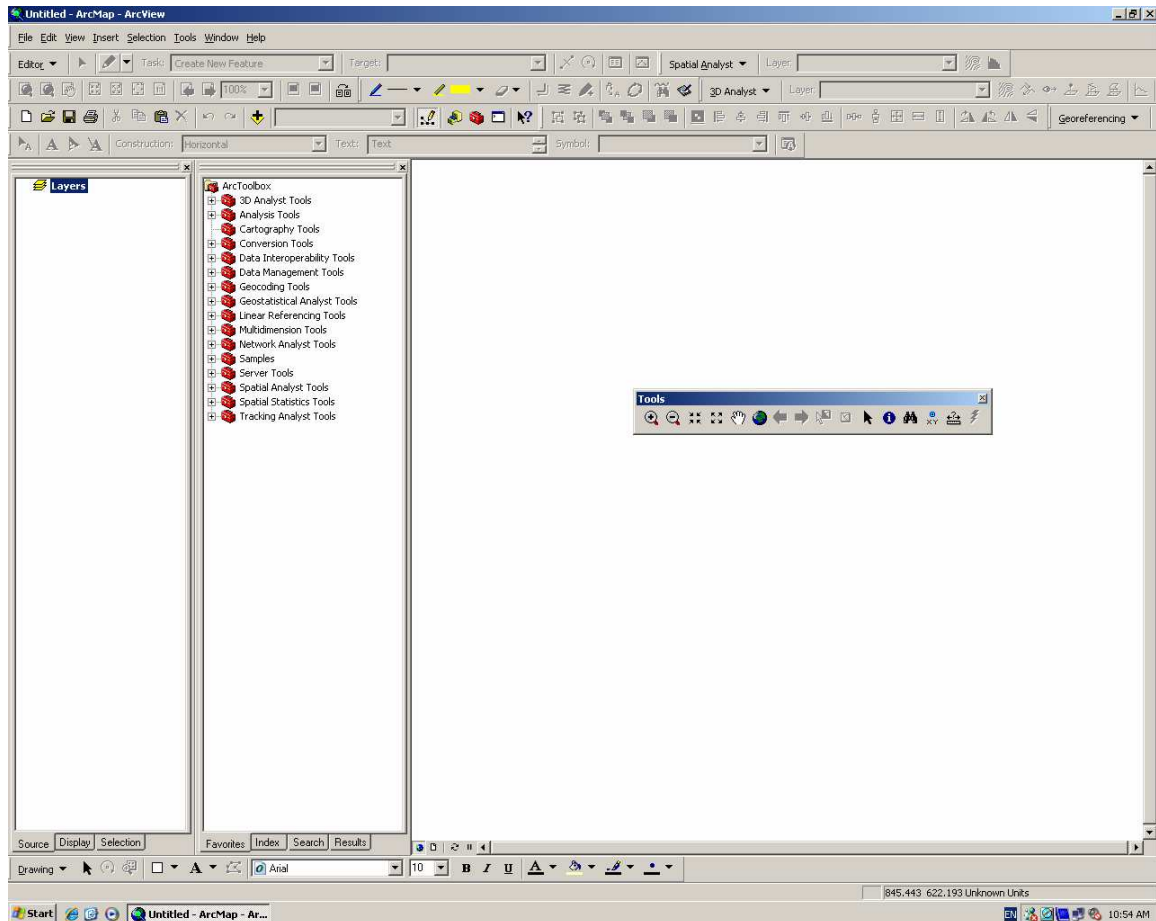


Εικόνα 10: Εκκίνηση του προγράμματος ArcMap



Εικόνα 11: Εκκίνηση του προγράμματος ArcMap

3.7.2 Εργαλειοθήκη (Tools)



Εικόνα 12: Εργαλειοθήκη του προγράμματος ArcMap

Παρακάτω παρουσιάζονται-περιγράφονται μερικά από τα πιο βασικά εργαλεία διαχείρισης του προγράμματος.

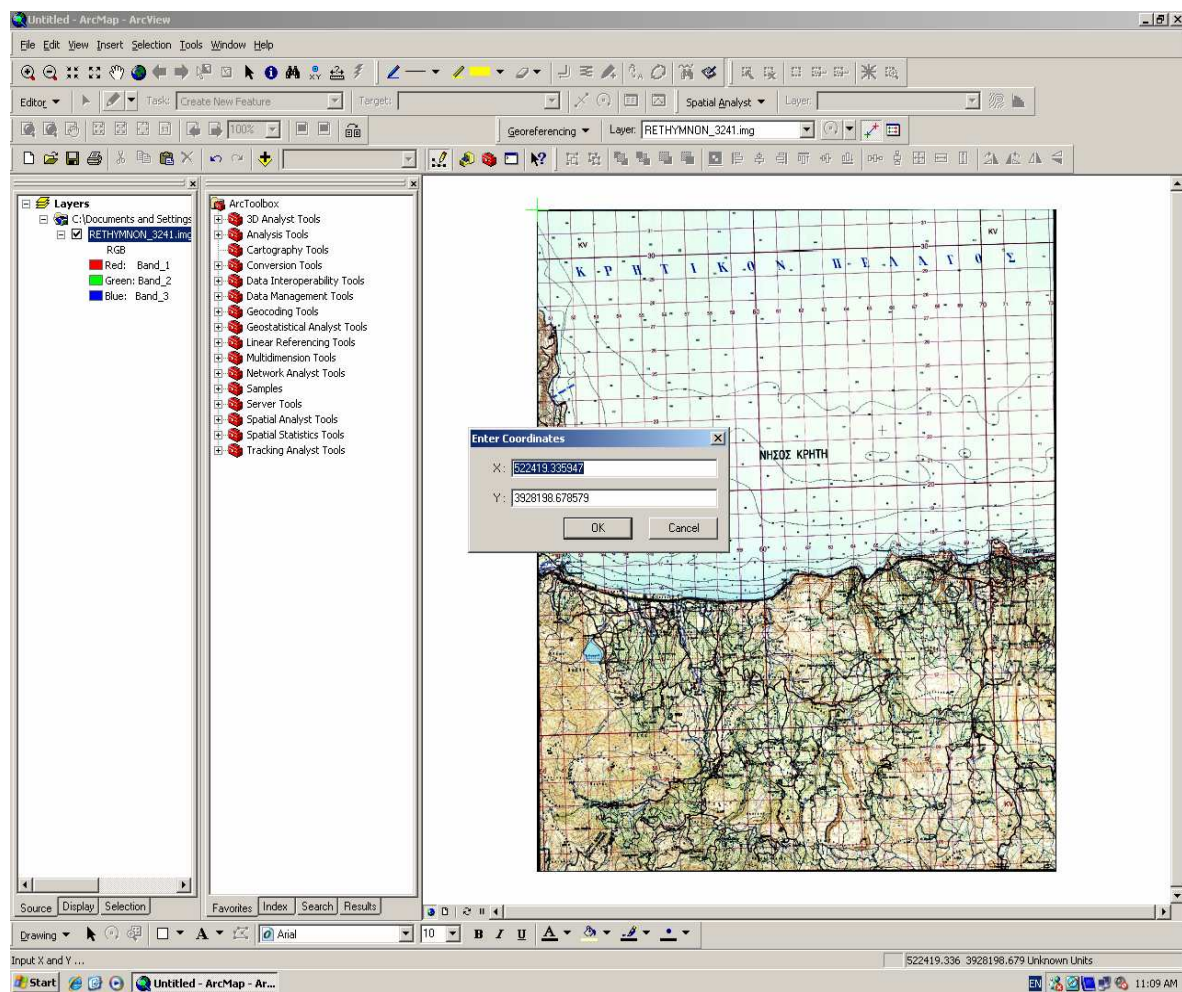
- Μεγέθυνση (Zoom in)
- Σμίκρυνση (Zoom out)
- Προκαθορισμένη μεγέθυνση από το κέντρο της οθόνης (Fixed zoom in)
- Προκαθορισμένη σμίκρυνση από το κέντρο της οθόνης (Fixed

zoom out)

- Μετακίνηση του χάρτη (Pan)
- Εστίαση-μεγέθυνση σε όλη την περιοχή (Full Extent)
- Εστίαση-μεγέθυνση στο προηγούμενο όριο (Go back to previous extend)
- Επιλογή χωρικών χαρακτηριστικών (Select Features)
- Επιλογή γραφικών και κειμένου (Select Elements)
- Εμφάνιση πληροφοριών (χωρικών και περιγραφικών) οι οποίες συνδέονται με τα χαρακτηριστικά (Identify the geographic feature or place you click on)
- Εύρεση Οντοτήτων (Find)
- Μέτρηση αποστάσεων (measure)
- Ενεργοποίηση συνδέσεων με άλλα έγγραφα (Hyperlink)

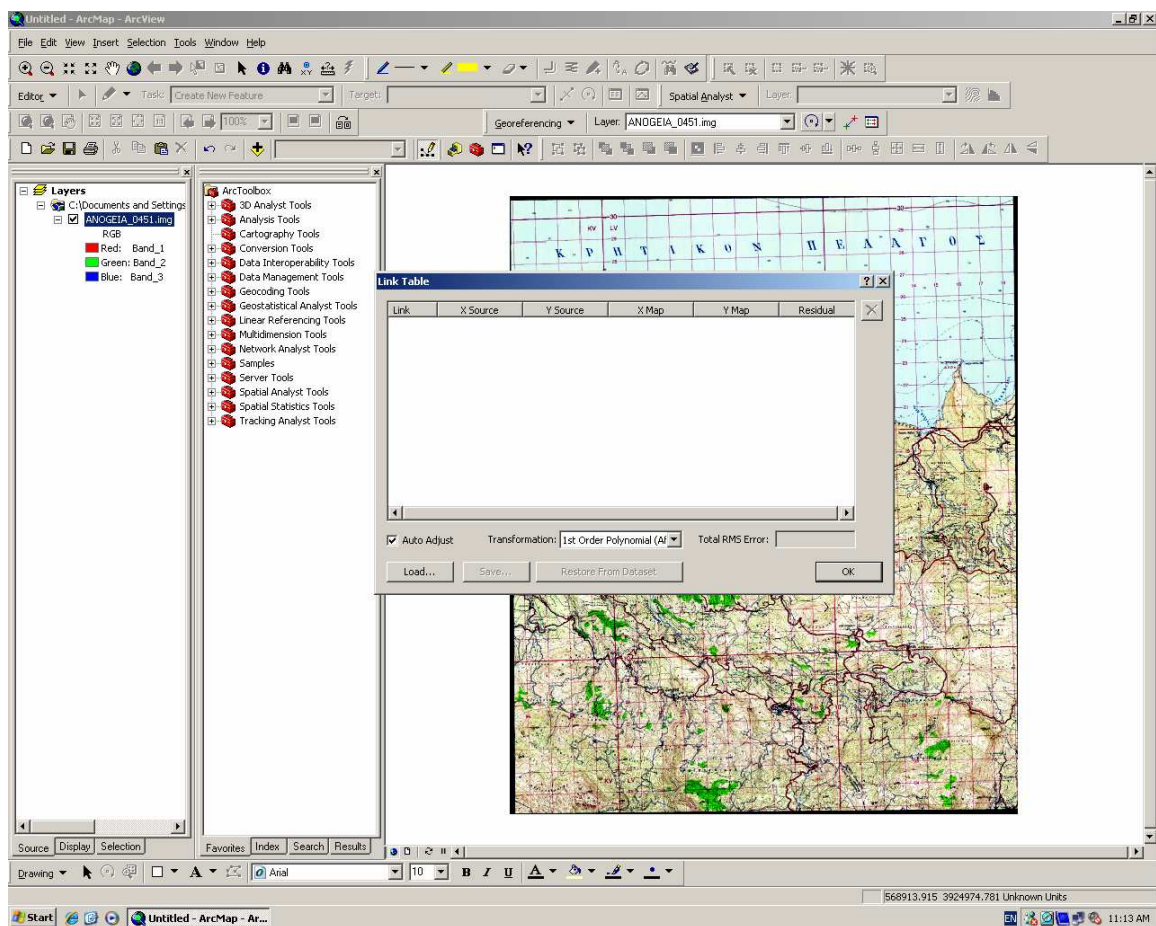
3.7.3 Γεωαναφορά Χάρτη

Αφού εισάγουμε τον σαρωμένο χάρτη στο ArcMap έπειτα εισάγουμε τις συντεταγμένες (x,y) των τεσσάρων ακρών του χάρτη, (Εικόνα 13).



Εικόνα 13: Εργαλειοθήκη Georeferencing του προγράμματος ArcMap

Στην συνέχεια ενεργοποιούμε το εικονίδιο View Link Table (Εικόνα 14) για την ακρίβεια εισαγωγής των σημείων / Total RMS Error.



Εικόνα 14: Εικονίδιο View Link Table

Στην περίπτωση που θέλουμε να γεωαναφέρουμε έναν χάρτη σε έναν ήδη γεωαναφερμένο χάρτη, κάνουμε χρήση του εργαλείου γεωαναφοράς Add Control points και προσπαθούμε να ταυτίσουμε τον χάρτη που θέλουμε να γεωαναφέρουμε με τον ήδη γεωαναφερμένο χάρτη.

Έπειτα, ενεργοποιούμε το εικονίδιο View Link Table για την επίτευξη ακρίβειας εισαγωγής των σημείων/ Total RMS Error. Το Total RMS Error να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο (ESRI, 2006. Arc View 9.2 User Manuals).

Το τελικό στάδιο στην διαδικασία γεωαναφοράς είναι η αποθήκευση του τελικού γεωαναφερμένου πλέον χάρτη. Αυτή η διαδικασία λαμβάνει χώρα με την εντολή Rectify στην εργαλειοθήκη γεωαναφοράς "Georeferencing".

3.8 Γεωγραφικά Δεδομένα που υποστηρίζει το Arc GIS

Ακολουθεί μία σύντομη περιγραφή των γεωγραφικών δεδομένων που υποστηρίζει το ArcGIS.:

➤ **Σχηματικά αρχεία (*shapefiles*)** : Περιέχει γεωγραφικά και περιγραφικά δεδομένα τα οποία μας δίνουν την δυνατότητα να τα διορθώσουμε μέσα από το περιβάλλον του ArcView. Περιέχει ή μόνο σημεία, ή μόνο γραμμές, ή μόνο πολύγωνα. Ένα shapefile αρχείο αποτελείται από 4 αρχεία με επεκτάσεις (shp, sbn, sbx, dbf) και προβολικό σύστημα (prj).

➤ **Αρχεία θεματικών επιπέδων (*ARC/INFO Coverage*)** : Ένα αρχείο θεματικών επιπέδων είναι μία βάση χωρικών δεδομένων που αποθηκεύει γεωγραφική και περιγραφική πληροφορία σε ένα σύνολο αρχείων. Περιέχει γραμμές και πολύγωνα, σημεία και πολύγωνα αλλά όχι ταυτόχρονα σημεία και πολύγωνα.

➤ **Ψηφιδωτά αρχεία (*ARC/INFO Grids*)** : Αυτά τα αρχεία αποτελούνται από ψηφιδωτά (raster) δεδομένα, κατάλληλα για να περιγράψουν γεωγραφικά φαινόμενα τα οποία διαφέρουν στο χώρο. Ένα αρχείου τύπου grid αποτελείται από αρχεία που συνδέουν δύο υποφακέλους, ο ένας με μοναδικό όνομα επιπέδου πληροφορίας (grid name), ενώ στον υποφάκελο info συνδέονται επιπρόσθετες πληροφορίες, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και από άλλα grids αρχεία.

➤ **Εικόνες (*Images*)** : Με αυτά τα αρχεία μας δίνεται η δυνατότητα να προσθέσουμε αεροφωτογραφίες, δορυφορικές εικόνες και σαρωμένα

έντυπα μέσα στο Arc GIS. Οι εικόνες αυτές, αφού διορθωθούν γεωμετρικά μπορούν να δημιουργήσουν ένα ιδανικό υπόβαθρο για να παράγουμε σχηματικά αρχεία.

3.8.1 Εισαγωγή Δεδομένων

Η εισαγωγή χωρικών δεδομένων αποτελεί μια χρονοβόρα και δαπανηρή διαδικασία στην εφαρμογή ενός ΓΣΠ. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία πηγών γεωγραφικών δεδομένων, μεθόδων απόκτηση τους και διαδικασιών δημιουργίας και εισαγωγής δεδομένων στο ΓΣΠ.

Όσον αφορά τη συλλογή των δεδομένων ξεχωρίζουμε τις πρωτοταγείς και τις δευτεροταγείς μεθόδους, τόσο για τα διανυσματικά όσο και για τα ψηφιδωτά μοντέλα δεδομένων.

Πρωτοταγείς πηγές δεδομένων είναι εκείνες που προέρχονται από άμεσες μετρήσεις. Για τα ψηφιδωτά δεδομένα οι άμεσες μετρήσεις είναι οι δορυφορικές εικόνες και οι ψηφιακές αεροφωτογραφίες και για τα διανυσματικά οι μετρήσεις υπαίθρου με τοπογραφικά όργανα ή GPS (όργανα δορυφορικού εντοπισμού θέσης).

Δευτεροταγείς πηγές δεδομένων είναι εκείνες που αναφέρονται στη χρήση δεδομένων που είναι ήδη συλλεγμένα και βρίσκονται σε μορφή ακατάλληλη για τη συγκεκριμένη εφαρμογή. Παράδειγμα για τα ψηφιδωτά δεδομένα είναι η σάρωση αναλογικών χαρτών ή αεροφωτογραφιών και για τα διανυσματικά δεδομένα η ψηφιοποίηση των χαρτών αυτών ή η μετατροπή των ψηφιδωτών σε διανυσματικά δεδομένα, (Πίνακας 1).

Πίνακας 1 : Μέθοδοι Εισαγωγής Γεωγραφικών Δεδομένων

| | | |
|-------------|--|--|
| | Ψηφιδωτά Δεδομένα | Διανυσματικά Δεδομένα |
| Πρωτογενή | Τηλεπισκόπηση | Μετρήσεις Υπαίθρου |
| | | Μετρήσεις GRS |
| Δευτερογενή | Σάρωση | Παραδοσιακή Ψηφιοποίηση |
| | | Heads up Ψηφιοποίηση |
| | | COGO |
| | Μετατροπή Διανυσμάτων σε Ψηφιδωτά Δεδομένα | Αυτόματη Μετατροπή Ψηφιδωτών σε Διανυσματικά Δεδομένα |
| | | Ημιαυτόματη Μετατροπή |

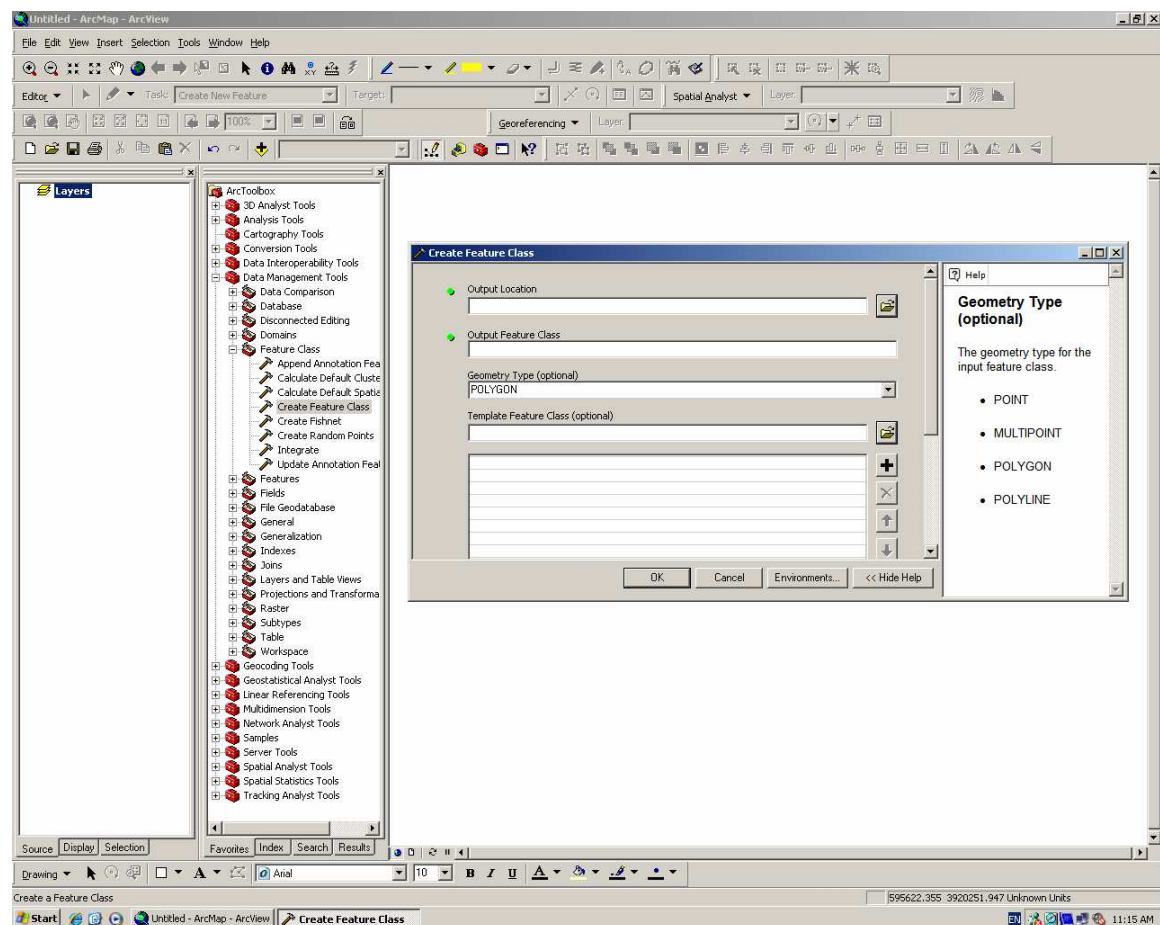
Βασικό εργαλείο για την εισαγωγή δευτερογενών δεδομένων και τη δημιουργία πρωτογενών δεδομένων καθώς και για τη διόρθωση τους είναι τα κύρια προϊόντα του ArcGIS. Συγκεκριμένα με το ArcMap και το ArcCatalog έχουμε τη δυνατότητα να εισάγουμε, να δημιουργήσουμε ή να διορθώσουμε γεωγραφικά και περιγραφικά δεδομένα σε διανυσματική ή ψηφιδωτή μορφή. Με το ArcMap, το ArcCatalog και τη συνδρομή του ArcToolBox μπορούμε να διαχειριστούμε οποιαδήποτε μορφή αρχείου, είτε αρχεία που καταλαμβάνει αυτόματα το ArcGIS (shapes), αρχεία θεματικών επιπέδων (coverages) και αρχεία γεωβάσεων (geodatabases) . Το λογισμικό ArcGIS έχει τη δυνατότητα να δημιουργεί χαρακτηριστικά εύκολα και γρήγορα, διατηρώντας τη χωρική συνοχή της γεωγραφικής μας βάση (Μανιάτης, 1996).

4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ GIS ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ

4.1 Δημιουργία αρχείου shapefile (περιοχή μελέτης)

Για να δημιουργήσουμε ένα αρχείο shapefile,

- ⇒ επιλέγουμε από το μενού Feature Class
- ⇒ create feature class και
- ⇒ επιλέγουμε κάθε φορά το γεωμετρικό τύπου που θέλουμε να έχει το shapefile αρχείο μας (Εικόνα 15).



Εικόνα 15: Δημιουργία shapefile αρχείου

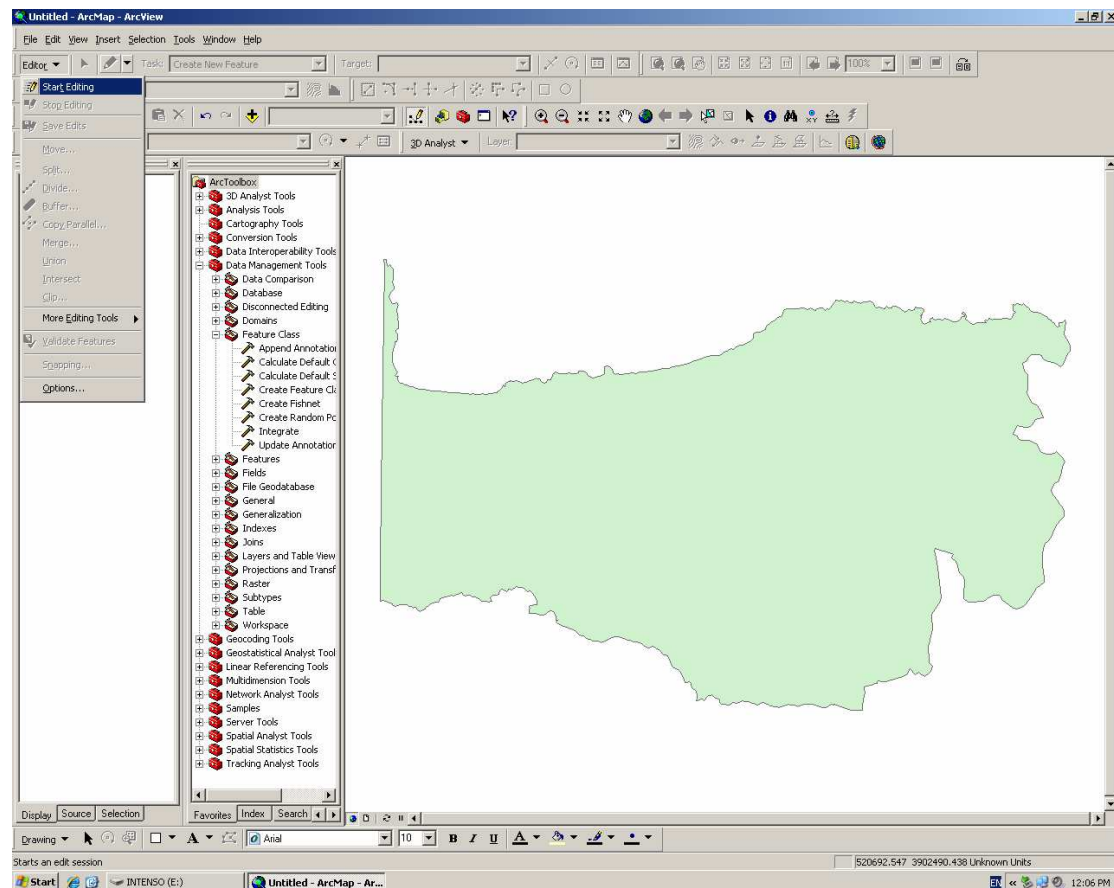
Έτσι δημιουργείται ένα νέο shapefile αρχείο πολυγώνου (Polygon). Στη συνέχεια στο δημιουργημένο αρχείο shapefile σχεδιάζουμε την περιοχή μελέτη μας. Αυτό πραγματοποιείται με την παρακάτω διαδικασία:

Εργαλείο σχεδιασμού (editor) ⇒

⇒σχεδιάζω (start editing) ⇒

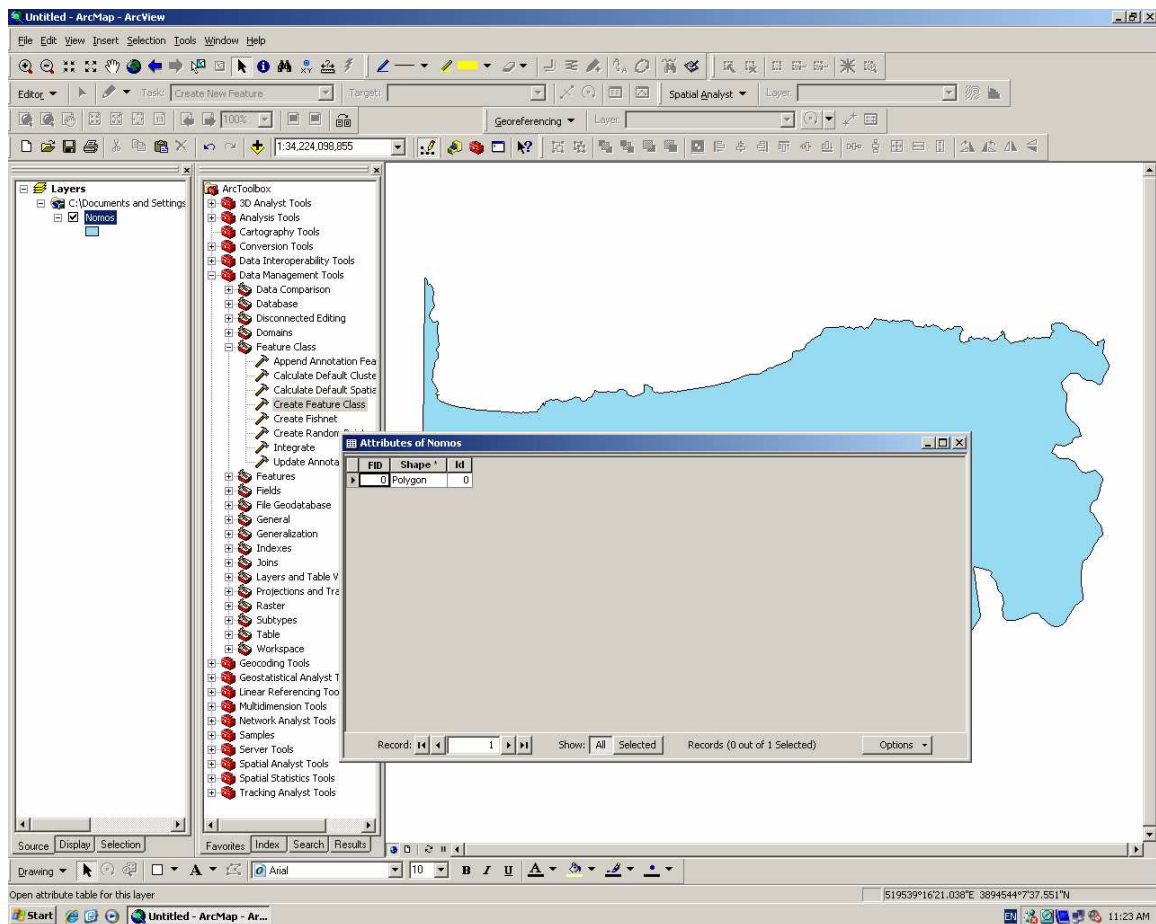
⇒παύση σχεδιασμού (stop editing) ⇒

⇒αποθήκευση (save) (Εικόνα 16).



Εικόνα 16: Σχεδιασμός στο περιβάλλον του προγράμματος ArcMap

Συγχρόνως τα δεδομένα που εισάγουμε καταγράφονται στον πίνακα (table), (Εικόνα 17), κάθε shapefile αρχείου.



Εικόνα 17: Table shapefile αρχείου

4.2 Μεθοδολογία

Στην συγκεκριμένη έρευνα εξετάστηκε ένας αριθμός παραγόντων (9 παράγοντες) για την εκτίμηση του μεγέθους ευπάθειας ρύπανσης των υπογείων υδάτων για την περιοχή μελέτης. Η διαδικασία έχει ως εξής:

1. Αρχικά δημιουργήσαμε shapefile αρχεία για κάθε έναν από τους παράγοντες
2. Στη συνέχεια μετατρέψαμε τα αρχεία shapefile σε αρχεία raster για τη δημιουργία 9 τελικών χαρτών (κάθε χάρτης αντιστοιχεί σε έναν παράγοντα).
3. Κάθε ένας από τους 9 χάρτες (αρχεία raster) ταξινομήθηκε σε 5 κοινές κλάσεις για όλους τους χάρτες ώστε να μπορέσουμε στη

συνέχεια να τους συνδυάσουμε σε μια κοινή κλίμακα.

4. Έπειτα κατασκευάσαμε δύο σενάρια, όπου σε κάθε ένα τοποθετήσαμε διαφορετικούς συντελεστές βαρύτητας για τον κάθε παράγοντα.
5. Μετά από τον συνδυασμό των 9 χαρτών και σύμφωνα με τα δύο σενάρια καταλήξαμε σε δύο τελικούς χάρτες (ένα για κάθε σενάριο) που απεικονίζουν την εκτίμηση κινδύνου ρύπανσης των υπογείων υδάτων της υπό μελέτη περιοχής.

Οι 9 παράγοντες που χρησιμοποιήσαμε για την εκτίμηση κινδύνου στην ρύπανση είναι:

- 1) Η γεωλογία
- 2) Οι χρήσεις γης
- 3) Το βάθος του υδροφορέα
- 4) Το οδικό δίκτυο
- 5) Τα ποτάμια
- 6) Οι οικισμοί
- 7) Οι περιοχές Natura
- 8) Οι περιοχές που εμφανίζουν το φαινόμενο της υφαλμύρισης
- 9) Οι περιοχές που εμφανίζουν υψηλή συγκέντρωση νιτρικών

4.3 Ανάλυση κάθε παράγοντα

1^{ος} Παράγοντας : Γεωλογία

Η γεωλογία της Κρήτης χαρακτηρίζεται από μια αλληλουχία φάσεων διαφορετικής ηλικίας και σχηματισμών που συμμετέχουν στη δομή της νήσου.

Η Κρήτη αποτελείται από ένα αυτόχθον έως παραυτόχθον σύστημα πετρωμάτων που περιλαμβάνει την ημι-μεταμορφωμένη ενότητα των πλακωδών ασβεστόλιθων και τους υποκείμενους ασβεστόλιθους, δολομίτες, με παρεμβολές σχιστόλιθων (Ιόνιος Ζώνη) ένα αλλόχθονο σύστημα, με επιμέρους καλύμματα, επωθημένο πάνω στο αυτόχθον και από τα νεότερα ιζήματα του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς.

Το αλλόχθονο σύστημα αποτελείται από αλληπάλλληλα τεκτονικά καλύμματα επωθημένα το ένα πάνω στο άλλο με την ακόλουθη σειρά, από το κατώτερο προς το ανώτερο :

- Ανθρακικό κάλυμμα Ομαλού – Τρυπαλίου. Περιλαμβάνει ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους έως μάρμαρα, δολομίτες, δολομιτικούς ασβεστόλιθους, ραουβάκες και ανθρακικά κροκαλολατυποπαγή
- Τεκτονικό κάλυμμα Φυλλιτών – Χαλαζιτών. Περιλαμβάνει φυλλίτες, μεταψαμμίτες, χαλαζίτες και σχιστόλιθους, κροκαλοπαγή, ποικίλης σύστασης
- Ζώνη Τρίπολης. Περιλαμβάνει τους σχηματισμούς του φλύσχη, μεσοπαχυστρωματώδεις ασβεστόλιθους και δολομίτες.
- Ζώνη Πίνδου. Περιλαμβάνει τους σχηματισμούς του φλύσχη, λεπτοστρωματώδεις ασβεστόλιθους και στρώματα κερατολίθων.
- Οφιολιθικό κάλυμμα. Αποτελεί ένα σύνθετο πολύμεικτο τεκτονικό

κάλυμμα με ποικιλία λιθολογικών σχηματισμών (οφιόλιθοι, γνεύσιοι, αμφιβολίτες, φλυσχοειδή ιζήματα, γρανίτες κ.α.)

- Τα νεογενή και πλειοπλειστοκαινικά ιζήματα αναπτύσσονται σε μεγάλες εκτάσεις. Αποτελούνται από ιζήματα χερσαίας, ποτάμιας, υφάλμυρης και θαλάσσιας φάσης.
- Τα τεταρτογενή ιζήματα είναι τοποθετημένα πάνω σε όλους τους σχηματισμούς τόσο του αλπικού υποβάθρου όσο και των νεογενών αποθέσεων και αποτελούνται από χερσαίες, θαλάσσιες έως λιμνοθαλάσσιες αποθέσεις, άμμων, κροκαλών, αργίλων και χαλίκων ασύνδετων έως ελαφρά συγκολλημένων, (www.geo.auth.gr).

Συγκεκριμένα για το νομό Ρεθύμνου οι παραπάνω σχηματισμοί φαίνονται αναλυτικά στον παρακάτω χάρτη.

Η κατηγοριοποίηση αυτού του παράγοντα (φαίνεται στο αρχείο raster) έγινε με βάση τη διαπερατότητα που εμφανίζουν οι γεωολογικοί αυτοί σχηματισμοί. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαπερατότητα του γεωολογικού σχηματισμού τόσο πιο μεγάλος είναι ο κίνδυνος ρύπανσης των υπογείων υδάτων στις αντίστοιχες περιοχές. Όπως θα δούμε και παρακάτω τα ανθρακικά πετρώματα είναι γεωολογικοί σχηματισμοί που εμφανίζουν πολύ μεγάλη διαπερατότητα (Gemitzi A., et al 2006), τα πετρώματα αυτά ονομάζονται και καρστικοί σχηματισμοί. Οι καρστικοί σχηματισμοί θεωρούνται αρκετά ευπαθή περιβάλλοντα στην ρύπανση, εξαιτίας της ανομοιογενούς τους δομής. Το είδος αυτών των σχηματισμών θεωρείται σαν ένα δίκτυο αγωγών υψηλής διαπερατότητας όπου περιέχει μεγάλους όγκους βράχων υψηλής διαπερατότητας. Εξαιτίας της μεγάλης διαπερατότητας των καρστικών σχηματισμών το επίπεδο νερού στα εδάφη αυτά είναι χαμηλό (Doerfiger, Jeammin, Zwahlen, 1999). Στα

ανθρακικά πετρώματα ανήκουν:

- Ανθρακικά Αλλοχθόνων Σειρών
- Ανθρακικά Τεκτονικού Καλύμματος Ζώνης Τρίπολης
- Ανθρακικά Τεκτονικού Καλύμματος Ζώνης Τρυπαλίου
- Ανθρακικά Τεκτονικού Καλύμματος Ζώνης Πίνδου

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που εμφανίζουν μεγάλη διαπερατότητα είναι:

- Ενότητα Πλακωδών Ασβεστόλιθων
- Τεταρτογενή
- Οφιολιθικό Σύμπλεγμα Αλλοχθόνων Σειρών

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που εμφανίζουν μέτρια διαπερατότητα είναι:

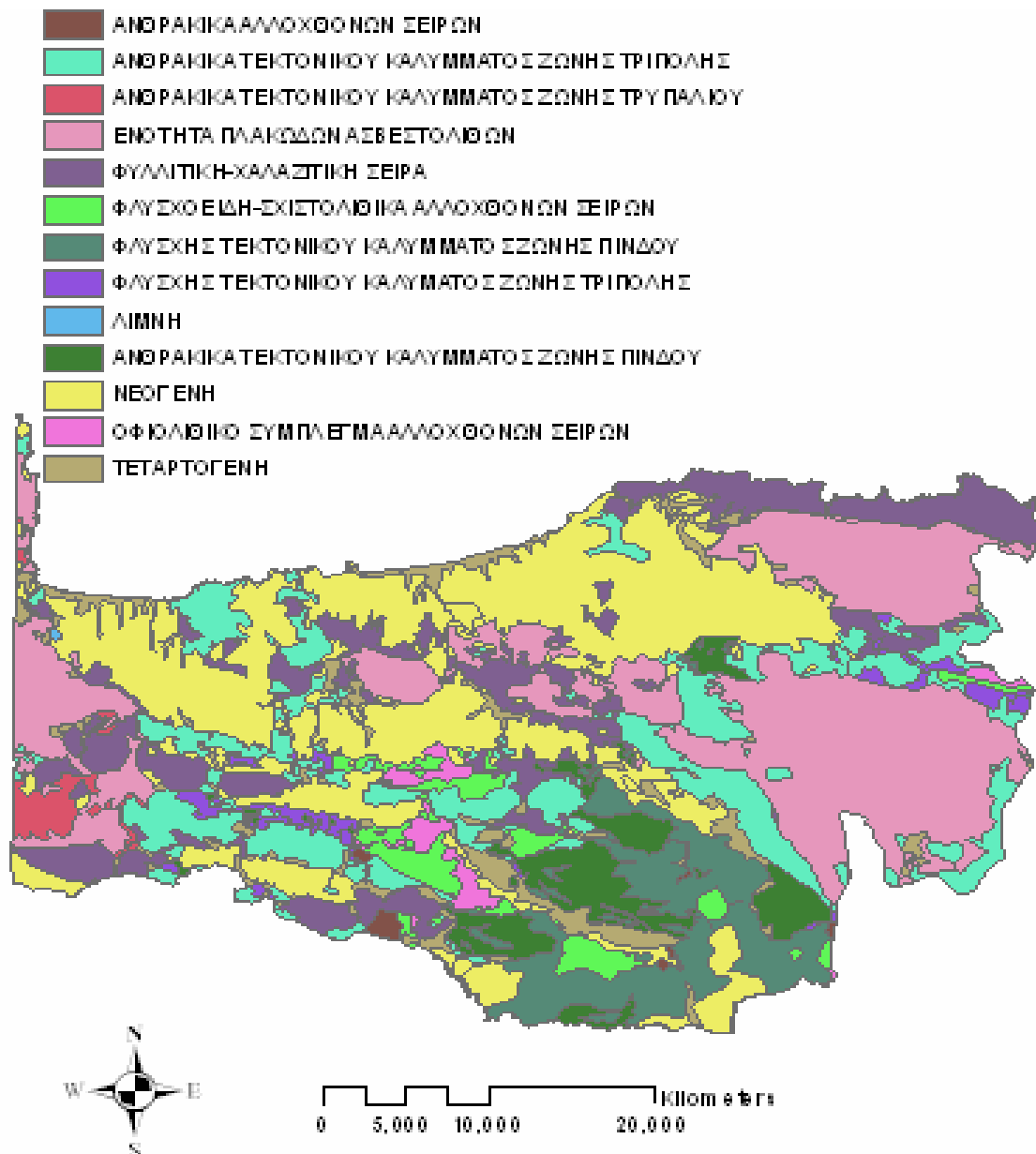
- Νεογενή

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που εμφανίζουν μικρή διαπερατότητα είναι:

- Φλυσχοειδή-Σχιστολιθικά Αλλοχθόνων Σειρών
- Φλύσχης Τεκτονικού Καλύμματος Ζώνης Πίνδου
- Φλύσχης Τεκτονικού Καλύμματος Ζώνης Τρίπολης

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που εμφανίζουν πολύ μικρή διαπερατότητα είναι:

- Φυλλιτική-Χαλαζιτική Σειρά



Εικόνα 18: Το shapefile αρχείο της γεωλογίας Ν. Πεθύνου

Η δημιουργία του αρχείου shapefile γεωλογία, όσον αφορά την περιοχή μελέτης (Εικόνα 18) έγινε:

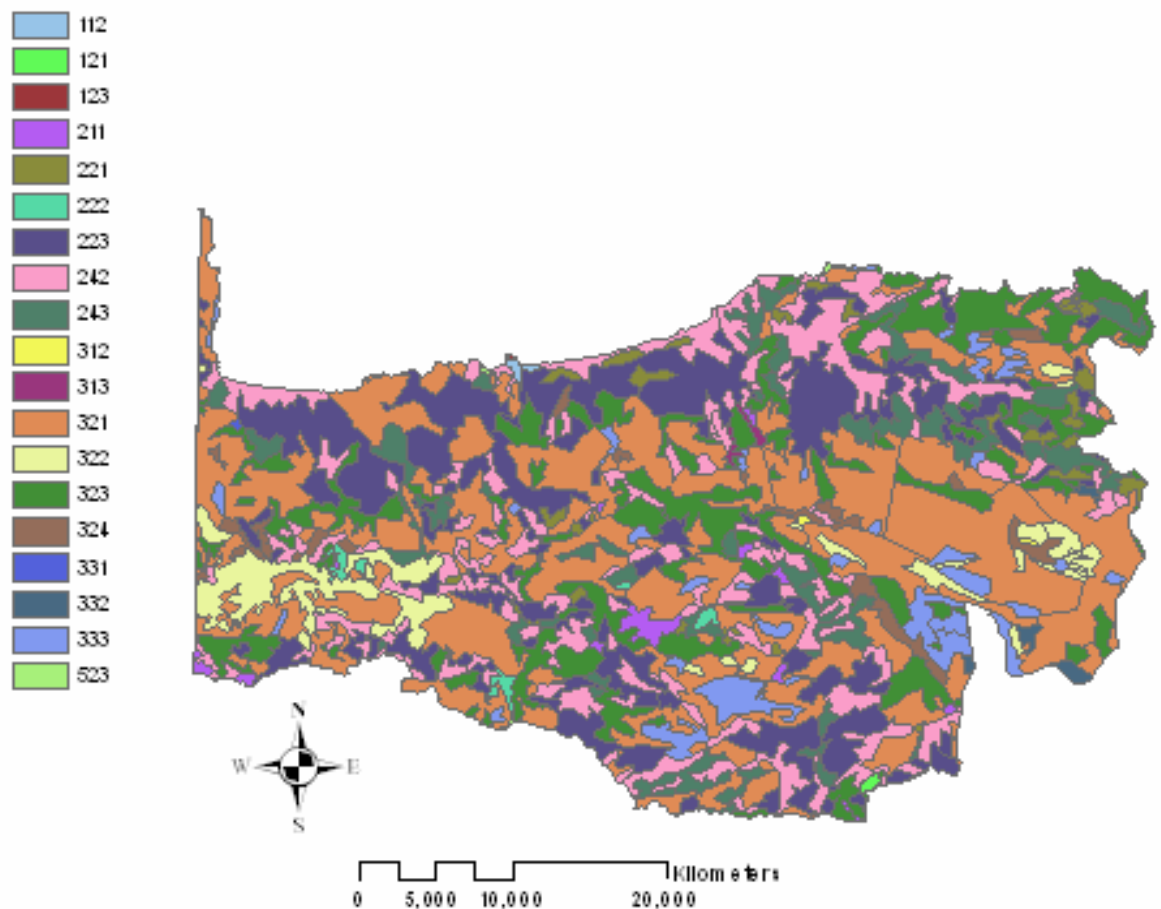
- ⇒ αρχικά με την εισαγωγή του γεωλογικού χάρτη στο πρόγραμμα (Arc Map GIS),
- ⇒ στη συνέχεια γεωαναφέραμε τον χάρτη μας και

⇒ μέσω της ψηφιοποίησης αυτού δημιουργήσαμε το αρχείο shapefile (με τη διαδικασία που προαναφέραμε) των διαφόρων γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής μελέτης μας.

2^{ος} Παράγοντας : Χρήσεις γης

Αυτός ο παράγοντας περιλαμβάνει όλους τους τύπους των χρήσεων γης που συναντάμε στη υπό μελέτη περιοχή μας. Τα δεδομένα για τις χρήσεις γης τα συλλέξαμε με τη βοήθεια του προγράμματος Corine Land Cover 2000.

Στις χρήσεις γης περιλαμβάνονται περιοχές, (Εικόνα 19), με πυκνά δάση, αραιά δάση, λιβάδια, αγροτικές και αστικές, περιοχές με έντονη ανθρώπινη δραστηριότητα, κ.τ.λ. Ο διαχωρισμός αυτών των περιοχών σε 5 κλάσεις έγινε με βάση το ποσοστό της φυτοκάλυψης. Συγκεκριμένα όσο μεγάλη έκταση ριζικού συστήματος έχουμε τόσο αυξάνεται η συγκράτηση ρύπων στην ακόρεστη ζώνη. Επομένως όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό της φυτοκάλυψης τόσο πιο μικρός είναι ο κίνδυνος ευπάθειας στην ρύπανση των υδάτων. Για παράδειγμα οι περιοχές όπου οι χρήσεις γης προέκυψαν μετά από έντονη ανθρώπινη δραστηριότητα (επέμβαση στην φυτοκάλυψη) παρουσιάζουν αυξημένο κίνδυνο στην ρύπανση των υπογείων υδάτων.



Εικόνα 19: Το shapefile αρχείο των χρήσεων γης (Corine 2000)

Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά οι χρήσεις γης για την περιοχή μελέτης, (Εικόνα 19)

Μη Συνεχής Αστική Περιοχή (Κωδικός 112):

Οι μη συνεχείς αστικές περιοχές περιλαμβάνουν κατοικήσιμες εκτάσεις γύρω από τα όρια των περιοχών των αστικών κέντρων και είναι κυρίως αστικές περιοχές της υπαίθρου. Αυτές οι περιοχές αποτελούνται από συγκροτήματα διαμερισμάτων, μονοκατοικίες, κήπους, δρόμους και πάρκα.

Λιμάνια (Κωδικός 123):

Οι περιοχές αυτές περιλαμβάνουν αποβάθρες, ναυπηγεία και μαρίνες. Για την σκιαγράφηση τέτοιων περιοχών απαιτείται η γεωγραφική αποτύπωση της περιοχής. Η χρήση τοπογραφικών χαρτών και φωτογραφιών αποτελούν σημαντικό εργαλείο.

Μη αρδευόμενες καλλιεργήσιμες περιοχές (Κωδικός 211):

Οι περιοχές αναφέρονται σε εκτάσεις σπαρμένες με δημητριακά, όσπρια, φυτά με βρώσιμες ρίζες και εδάφη αγρανάπαυσης. Περιλαμβάνουν περιοχές με λουλούδια, δέντρα καθώς επίσης αρωματικά φυτά, βότανα και φυτά κατάλληλα για μαγείρεμα. Αποκλείονται οι μόνιμοι βοσκότοποι.

Αμπελώνες (Κωδικός 221):

Περιοχές σπαρμένες με αμπέλια. Για τον εντοπισμό τέτοιων περιοχών δεν απαιτείται μόνο οι χρήση αεροφωτογραφιών αλλά και πεδολογικών χαρτών. Ένα σημαντικό στοιχείο ύπαρξης αμπελιών είναι οι περιοχές αυτές να είναι κατηφορικές.

Περιοχές με βλάστηση καρποφόρων δέντρων και μούρα (Κωδικός 222):

Περιοχές με καρποφόρα δέντρα (καστανιές, καρυδιές) και θάμνους. Οι αεροφωτογραφίες για τον εντοπισμό τέτοιων περιοχών δε αποτελούν σημαντικό εργαλείο. Απαιτούνται συμπληρωματικά δεδομένα όπως τοπογραφικοί χάρτες και μεγάλης ποικιλίας θεματικοί χάρτες.

Ελαιώνες (Κωδικός 223):

Περιοχές σπαρμένες με ελιές αλλά και ανάμεικτα σπαρμένες με ελιές και αμπέλια.

Σύνθετες πρότυπες καλλιέργειες (Κωδικός 242):

Περιλαμβάνει καλλιεργήσιμες εκτάσεις που σπέρνονται για ένα έτος, βοσκότοπους και γενικά καλλιεργήσιμες περιοχές μη σταθερής διάρκειας. Η χρήση αεροφωτογραφιών αποτελεί σημαντικό εργαλείο για τον εντοπισμό αυτών των περιοχών καθώς επίσης και οι τοπογραφικοί χάρτες βοηθούν στην αποκάλυψη του βιοφυσικού περιεχομένου αυτών των περιοχών.

Αγροτικές εκτάσεις υε σημαντική φυσική βλάστηση (Κωδικός 243):

Περιοχές με σημαντική φυσική βλάστηση.

Κωνοφόρα Δάση (Κωδικός 312):

Περιλαμβάνει εκτάσεις με βλάστηση κυρίως κωνοφόρων δέντρων, ημίθαμνων και θάμνων.

Μεικτά Δάση (Κωδικός 313):

Περιλαμβάνει εκτάσεις με βλάστηση που συνδυάζει πλατύ φύλλωμα και κυρίως κωνοφόρα δέντρα, ημίθαμνους και θάμνους.

Φυσικά λιβάδια (Κωδικός 321):

Χαμηλής παραγωγικότητας λιβάδια. Συχνά βρίσκονται σε ανώμαλα και ανομοιογενή εδάφη. Πολλές φορές τέτοιες περιοχές τις συναντάμε σε βραχώδης και δεντρώδης εκτάσεις. Αυτή η κατηγορία χρήσης γης συναντάται σε περιοχές με έντονη αγροτική δραστηριότητα.

Άγονες περιοχές και χερσότοποι (Κωδικός 322):

Βλάστηση με μικρή και περιορισμένη κάλυψη όπου κυριαρχούν οι θάμνοι, οι ημίθαμνοι και οι πόες. Όπως για παράδειγμα ψυχανθή, ακανθώδεις θάμνοι, ρείκι, κ.τ.λ.

Σκληρόφυλλη Βλάστηση (Κωδικός 323):

Θαμνώδης σκληρόφυλλη βλάστηση (μακί). Τα μακί είναι πυκνή βλάστηση που αποτελούνται από πολυάριθμους θάμνους που φυτρώνουν συνήθως σε πυρολιθικά εδάφη στην περιοχή της Μεσογείου.

Μεταβατικές δασώδεις εκτάσεις / θάμνοι (Κωδικός 324):

Περιοχές με θαμνώδη και ποώδη βλάστηση με διάσπαρτα δέντρα.

Ακροθαλασσιές, αμμόλοφοι και αμμουδιές (Κωδικός 331):

Παραλιακές περιοχές από άμμο και βότσαλα σε αμμουδιές ή ηπειρωτικές εκτάσεις, περιλαμβάνει κοίτες και κανάλια ροής με χειμαρρώδη συστήματα. Οι παραλιακές περιοχές πρέπει να έχουν λιγότερο από 100 m πλάτος για να συμπεριληφθούν σε αυτή την κατηγορία χρήσης γης.

Βραχώδεις περιοχές (Κωδικός 332):

Περιλαμβάνει απότομες περιοχές καλυμμένες με λίθους, γκρεμνούς, σημεία συνάντησης κοιτάσματος με την επιφάνεια του εδάφους, περιοχές που έχουν υποστεί διαβρώσεις, βράχους και ξέρες.

Περιοχές με αραιή βλάστηση (Κωδικός 333):

Περιοχές με τούνδρες, στέπες και έρημους καθώς και διάσπαρτες περιοχές με μεγάλο ύψος βλάστηση.

Παράκτια Ζώνη (Κωδικός 523):

Όπως με τη σκιαγράφιση της ακτής και εξ αιτίας της μεταβλητότητας των παλιρροιών, είναι σημαντικό να καθοριστεί αυτός ο τίτλος βάσει των πληροφοριών (0 περίγραμμα) που εμφανίζονται για τους τοπογραφικούς χάρτες

Βιομηχανικές ή Εμπορικές μονάδες (Κωδικός 121)

Οι τεχνητά εμφανισμένες περιοχές (τσιμέντο, ασφαλτος κ.α) χωρίς βλάστηση καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής, η οποία περιέχει επίσης και κτήρια ή/και βλάστηση.

Αυτή η κατηγορία κάλυψης εδάφους προσδιορίζεται κυρίως με την ενίσχυση τοπογραφικών χάρτων ή αεροφωτογραφιών. Είναι δυνατό να ανιχνευθούν και να σκιαγραφηθούν οι νέες βιομηχανικές περιοχές που δεν περιλαμβάνονται ακόμα στους τοπογραφικούς χάρτες κάνοντας δυνατή τη σύγκριση της σύστασης και της δομής τους με τους τομείς αυτού του τύπου που εμφανίζονται ήδη στους χάρτες. Χαρακτηριστικά η σύσταση θα είναι ετερογενής. Οι περιοχές κάτω από 121 αντιπροσωπεύουν τα ολόκληρα βιομηχανικά ή εμπορικά συγκροτήματα, συμπεριλαμβανομένων των οδών προσπέλασης, των εξωραϊσμένων περιοχών, των υπαίθριων σταθμών αυτοκινήτων, περιοχών απορρίψεων κ.λπ.

Η δημιουργία του shapefile αρχείου των χρήσεων γης έγινε

- ⇒ αρχικά με την εισαγωγή του χάρτη, από το πρόγραμμα Corine Land Cover 2000 στο πρόγραμμα (Arc Map GIS),
- ⇒ στη συνέχεια γεωαναφέραμε τον χάρτη μας και
- ⇒ καταλήξαμε στη μετατροπή του χάρτη σε αρχείο shapefile.

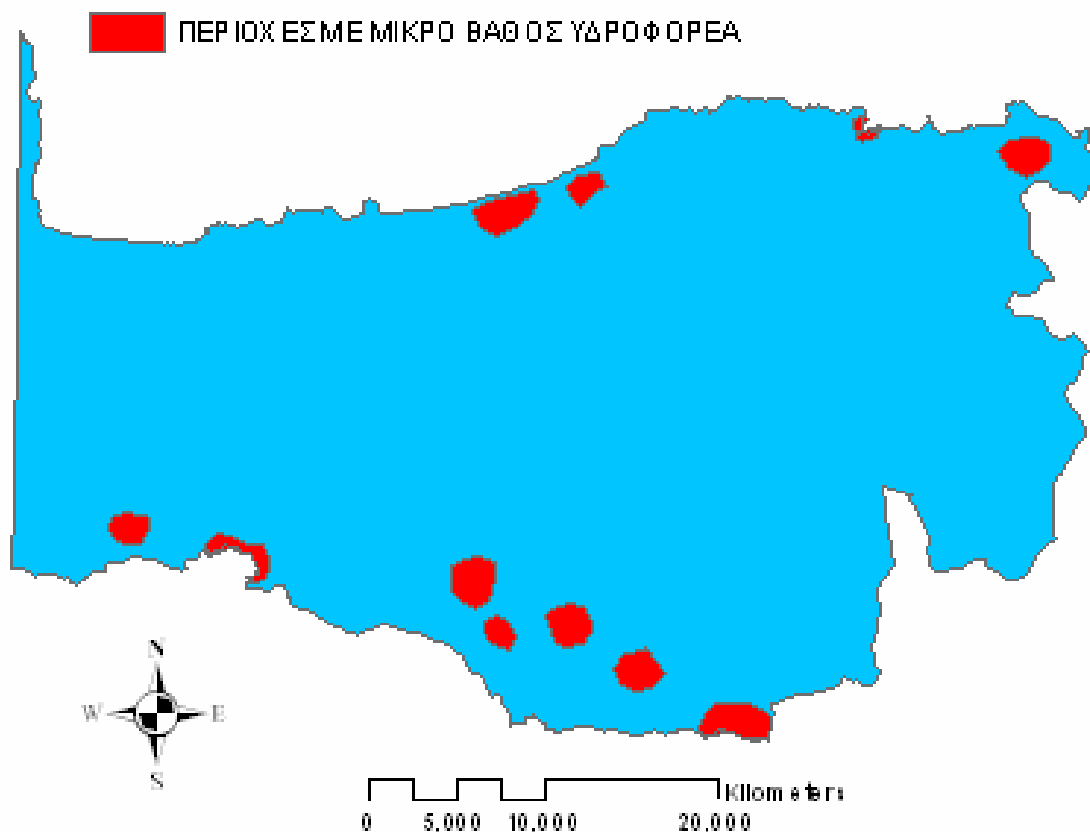
3^{ος} Παράγοντας: Βάθος του υδροφορέα σε σχέση με την επιφάνεια του εδάφους

Με τη βοήθεια του Γενικού Γραμματέα της Υπηρεσίας Υδάτων της Περιφέρειας Κρήτης κ. Μπουλουκάκη εντοπίσαμε στο χάρτη τις περιοχές όπου το βάθος του υδροφορέα ήταν μικρό. Έτσι για παράδειγμα οι περιοχές πλησίον της ακτογραμμής παρουσιάζουν μηδενικό βάθος ενώ οι περιοχές στα κεντρικά του νομού παρουσιάζουν μεγαλύτερο βάθος υδροφορέα. Η κατηγοριοποίηση λοιπόν αυτού του παράγοντα έγινε με βάση το βάθος του υδροφορέα. Επομένως, όσο πιο χαμηλό βάθος συναντάμε τόσο αυξάνεται η ευπάθεια στην ρύπανση. Οι περιοχές λοιπόν με μηδενικό βάθος εμφανίζουν και τον μεγαλύτερο κίνδυνο στην ρύπανση.

Οι περιοχές αυτές για τον ν. Ρεθύμνου είναι: περιοχή Σκαλέτα, Πρίνος, Λατσιμάς, Σίσες, Μπαλί, Σαχτούρια, Αγ. Γαλήνη, Πλακιάς, Ροδάκινο, Κεραμέ, Δριμίσκος και Ακούμια.

Η δημιουργία του shapefile αρχείου του βάθους του υδροφορέα (Εικόνα 20) έγινε

- ⇒ αρχικά με την εισαγωγή του χάρτη του Ν. Ρεθύμνου με τα όρια της περιοχής,
- ⇒ στη συνέχεια με τη βοήθεια της δυνατότητας που μας προσφέρει το πρόγραμμα GIS σχεδιάσαμε τις περιοχές που ήταν μικρό το βάθος του υδροφορέα και
- ⇒ καταλήξαμε στη μετατροπή του χάρτη σε αρχείο shapefile .



Εικόνα 20: Το shapefile αρχείο του βάθους του υδροφορέα σε σχέση με την επιφάνεια του εδάφους

4^{ος} Παράγοντας: Οδικό δίκτυο

Το οδικό δίκτυο αποτελεί πηγή εκπομπών βλαβερών χημικών και προκαλεί ρύπανση των υπογείων υδάτων σε περίπτωση ατυχήματος. Το οδικό δίκτυο χωρίστηκε σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη περιλαμβάνει τις κεντρικές αρτηρίες της περιοχής οι οποίες χωρίζονται σε πέντε ζώνες (buffer) των 100m, 200m, 300m, 400m, 500 m. Αντίστοιχα οι περιοχές που βρίσκονται κοντά στην κεντρική αρτηρία παρουσιάζουν μεγαλύτερο κίνδυνο τρωτότητας υπογείων υδάτων. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τις μη κεντρικές αρτηρίες του οδικού δικτύου. Και αυτή η

κατηγορία περιλαμβάνει πέντε ζώνες με μικρότερες αποστάσεις όμως αφού ο κίνδυνος τρωτότητας ελαττώνεται. Οι πέντε αυτές ζώνες είναι : 20m, 40m, 60m, 80m, 100 m. Έτσι η ζώνη επίδρασης από το οδικό δίκτυο φθάνει σε απόσταση 500 m και 100 m αντίστοιχα (Gemitzi et al 2006).

Η δημιουργία του shapefile αρχείου του οδικού δικτύου (Εικόνα 21) έγινε:

- ⇒ αρχικά με την εισαγωγή του χάρτη του Ν. Ρεθύμνου με τα όρια της περιοχής,
- ⇒ στη συνέχεια με τη βοήθεια της δυνατότητας που μας προσφέρει το πρόγραμμα GIS σχεδιάσαμε τις κύριες κεντρικές και περιφερειακές αρτηρίες του οδικού δικτύου του νομού και
- ⇒ καταλήξαμε στη μετατροπή του χάρτη σε αρχείο shapefile.

Στην περίπτωση του οδικού δικτύου όπως και για τα ποτάμια της περιοχής θα πρέπει να δημιουργήσουμε στο shapefile αρχείο μας ζώνες επιρροής (buffer). Η διαδικασία περιγράφεται παρακάτω.

Ζώνες επιρροής/περιμετρικές ζώνες (buffer zones)

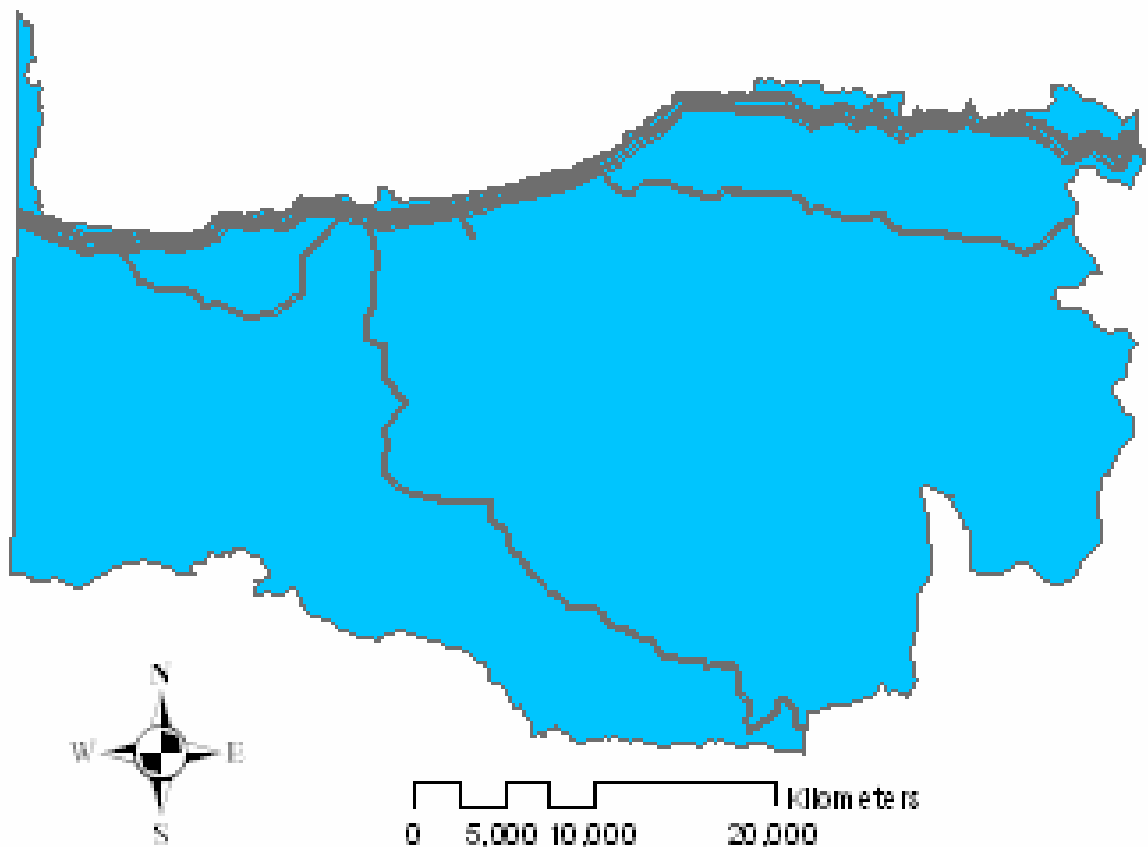
Δημιουργία δακτυλίων (περιμετρικών ζωνών) γύρω από τα στοιχεία ενός επιπέδου. Πρόκειται για ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο για τη εύρεση στοιχείων που βρίσκονται εντός συγκεκριμένων περιοχών (εντός των ζωνών που δημιουργούνται). Ζώνες επιρροής κατασκευάσαμε για τους δρόμους και τους τρεις κυριότερους ποταμούς του Ν. Ρεθύμνου.

Η διαδικασία που ακολουθήσαμε είναι η εξής:

- ⇒ Εισάγουμε το shapefile όπου στην δεδομένη περίπτωση είναι οι δρόμοι,
- ⇒ ενεργοποιούμε την κατάσταση editor για το συγκεκριμένο

shapefile προκειμένου να δημιουργήσουμε ζώνες επιρροής (buffer) .

⇒ Με τη βοήθεια του εργαλείου Multiple Ring Buffer του προγράμματος GIS έχουμε τη δυνατότητα να δημιουργήσουμε τις 5 ζώνες επιρροής για τις αντίστοιχες αποστάσεις (ESRI, 2006. Arc View 9.2 User Manuals).



***Εικόνα 21: Το shapefile αρχείο του κύριου και δευτερεύοντος οδικού δικτύου
N. Ρεθύμνου***

5^{ος} Παράγοντας: Ποτάμια

Ο νομός Ρεθύμνου έχει τρία κύρια ποτάμια συστήματα. Οι ποταμοί αυτοί είναι ο Γεροπόταμος ή Αυλοπόταμος που πηγάζει από τον ορεινό Μυλοπόταμο και εκβάλλει στα δυτικά του Πανόρμου, τον Μεγάλο Ποταμό που καταλήγει στη Λίμνη του Πρέβελη και τον ποταμό Πετρές.

Κάθε ποτάμι αποτελεί αποδέκτη αποβλήτων που πιθανόν να μην έχουν υποστεί επεξεργασία, ως εκ τούτο περιοχές που βρίσκονται κοντά στις κοίτες των ποταμών αναμένεται να εμφανίζουν αυξημένο κίνδυνο όσον αφορά την ευπάθεια στην ρύπανση των υπογείων υδάτων. Οι περιοχές που βρίσκονται κοντά στα ποτάμια χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι περιοχές που βρίσκονται κοντά στο κύριο κομμάτι του ποταμού και η δεύτερη στις περιοχές πλησίον των παραποτάμων.

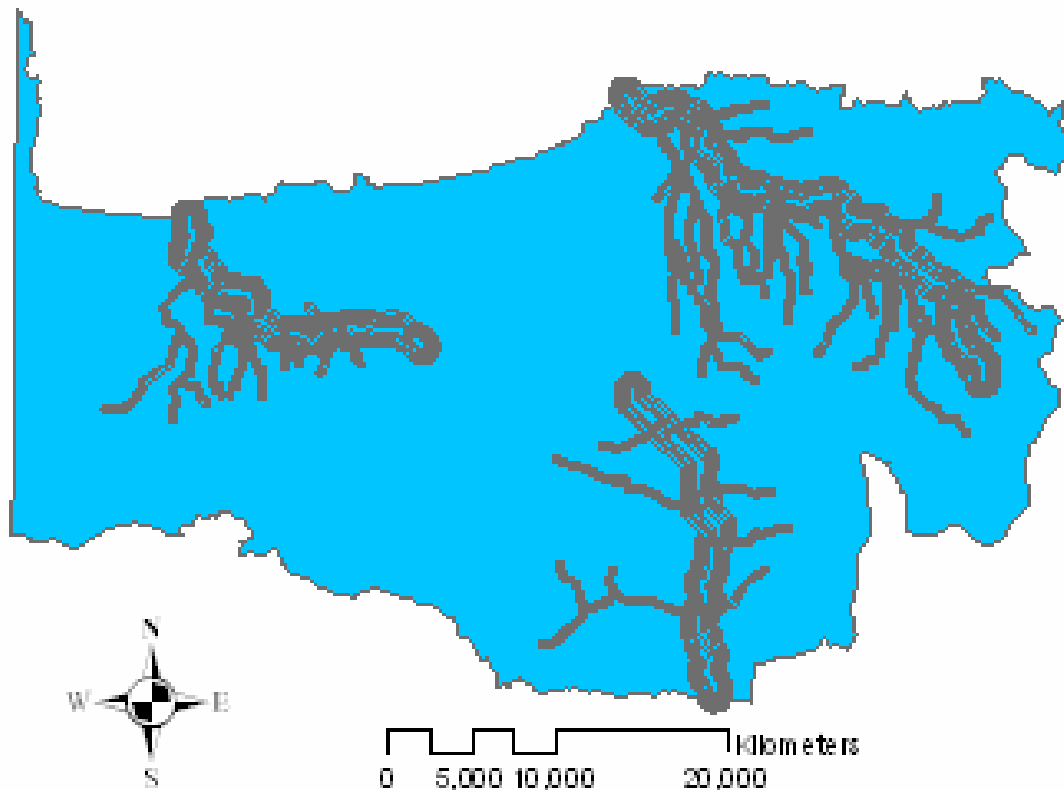
Η πρώτη κατηγορία χωρίζεται σε πέντε ζώνες με αποστάσεις 200m, 400m, 600m, 800m, 1000 m αντίστοιχα από τις όχθες των ποταμών, ενώ η δεύτερη κατηγορία σε πέντε ζώνες με αποστάσεις 40m, 80m, 120m, 160m, 200 m αντίστοιχα από τις όχθες των παραποτάμων. Έτσι οι ζώνες επίδρασης για τους ποταμούς φθάνει σε απόσταση 1000 m και 200 m αντίστοιχα για τις δύο ζώνες, (Gemitzi et al 2006).

Η δημιουργία του shapefile αρχείου των ποταμών (Εικόνα 22) έγινε:

- ⇒ αρχικά με την εισαγωγή του χάρτη του Ν. Ρεθύμνου με τα όρια της περιοχής,
- ⇒ στη συνέχεια με τη βοήθεια που μας προσφέρει το πρόγραμμα σχεδιάσαμε τους τρεις κύριους ποταμούς του νομού και
- ⇒ καταλήξαμε στη μετατροπή του χάρτη σε αρχείο shapefile.

Στην περίπτωση των ποταμών της περιοχής θα πρέπει να

δημιουργήσουμε στο αρχείο shapefile μας ζώνες επιρροής σύμφωνα με τη διαδικασία που περιγράψαμε προηγουμένως (όπως το οδικό δίκτυο).



Εικόνα 22: Το shapefile αρχείο των κύριων ποταμών Ν. Ρεθύμνου

6^{ος} Παράγοντας: Οικισμοί

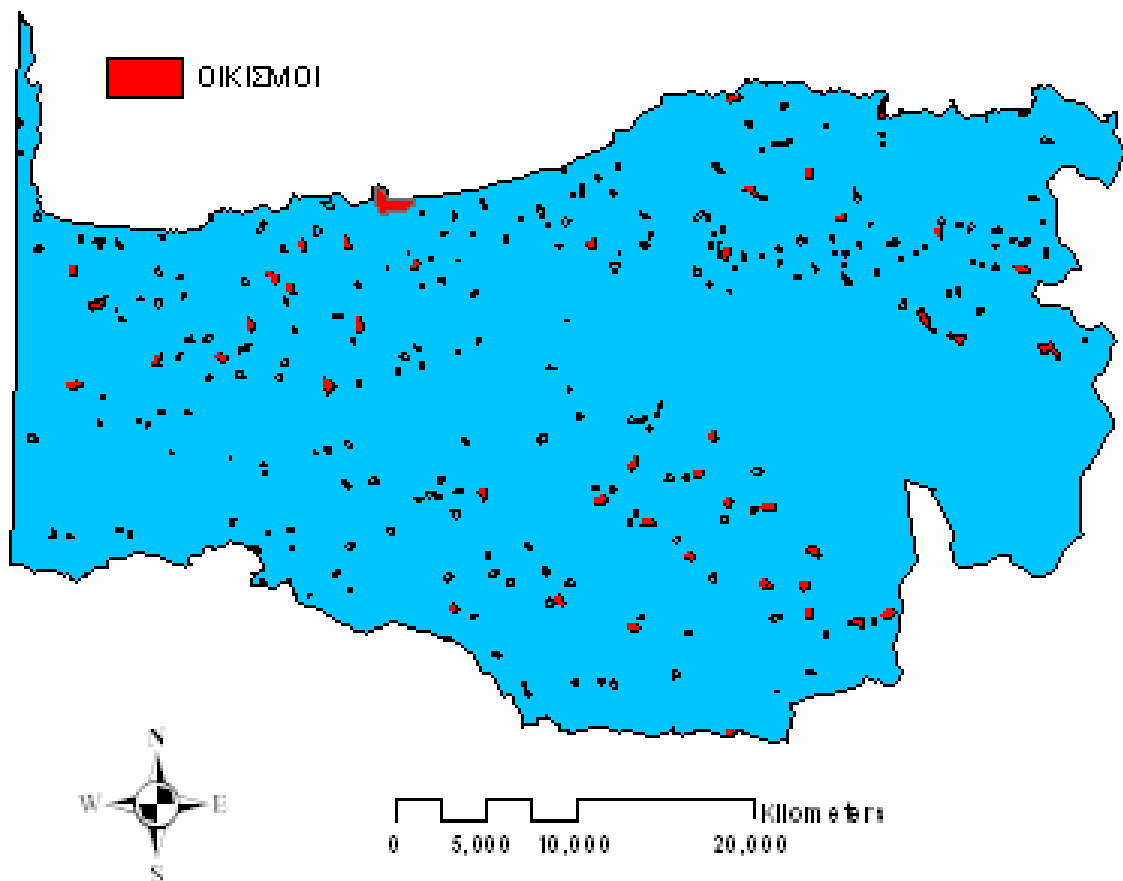
Εκτός από την παρουσία αστικών κέντρων η ευπάθεια των υπογείων υδάτων στην ρύπανση επηρεάζεται και από την έκταση που καταλαμβάνει ο κάθε οικισμός του νομού. Αυτοί οι δύο παράμετροι δεν ενσωματώνονται στον παράγοντα της χρήσης γης. Η ζώνη επίδρασης

γύρω από κάθε οικισμό δημιουργείται με βάση την έκταση (m^2).

Επομένως όσο μεγαλύτερη έκταση έχει ο κάθε οικισμός τόσο αυξάνεται ο κίνδυνος ρύπανσης (Gemitzi et al 2006). Έτσι για παράδειγμα όπως θα διαπιστώσουμε και παρακάτω η πόλη του Ρεθύμνου, ως η μεγαλύτερη πόλη σε έκταση του νομού Ρεθύμνου παρουσιάζει των μεγαλύτερο κίνδυνο ρύπανσης στα υπόγεια ύδατα.

Η δημιουργία του shapefile αρχείου των οικισμών (Εικόνα 23) έγινε:

- ⇒ αρχικά με την εισαγωγή του χάρτη των οικισμών στο πρόγραμμα (Arc Map GIS) και
- ⇒ στη συνέχεια μετατρέπουμε τον χάρτη σε αρχείο shapefile .



Εικόνα 23: Το shapefile αρχείο των οικισμών Ν. Ρεθύμνου

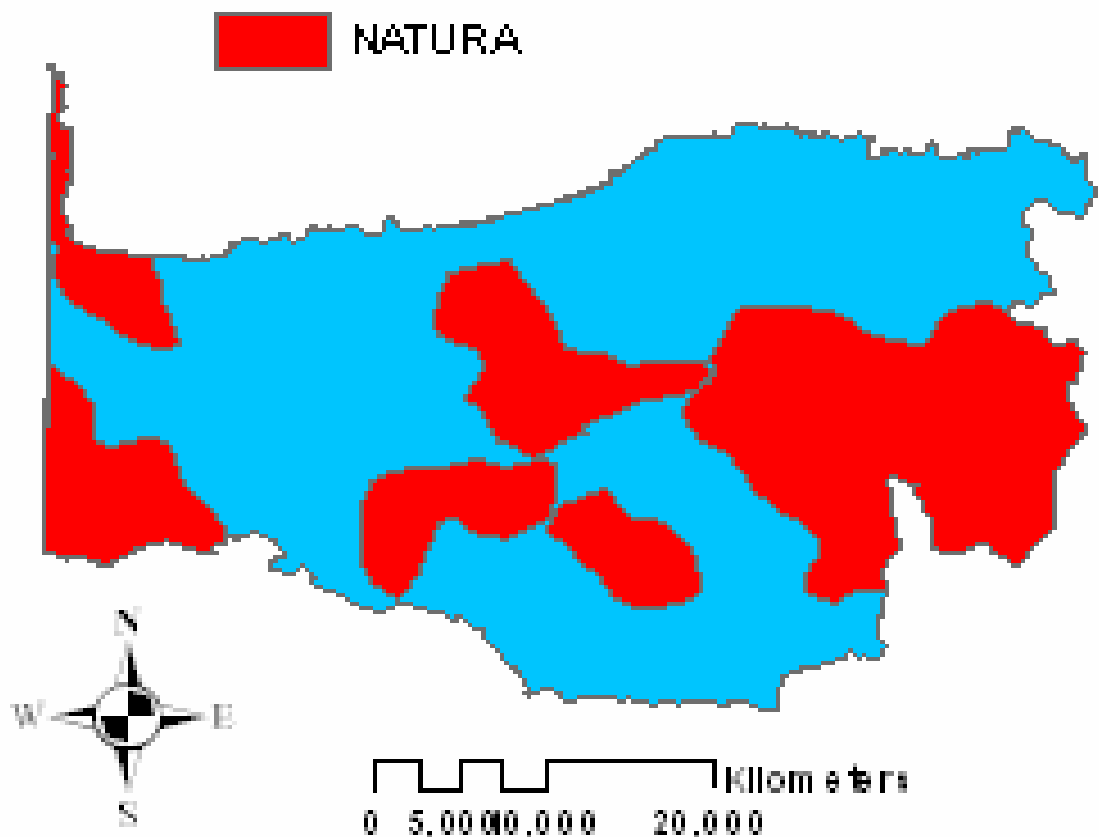
7^{ος} Παράγοντας: Περιοχές Natura

Η περιοχή που ερευνάται περιλαμβάνει περιοχές που ανήκουν στα ευρωπαϊκά δίκτυα Natura τα οποία προστατεύονται από την ελληνική νομοθεσία, τη νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης ή άλλες παγκόσμιες συνθήκες όπως τη συνθήκη του Ramsar (1971). Βιομηχανικές ή αγροτικές δραστηριότητες απαγορεύονται στις περιοχές αυτές, έτσι η παρουσία τέτοιων περιοχών που προστατεύονται από διεθνείς οργανισμούς δεν συμβάλλουν στην αύξηση της στην ρύπανση των υπογείων υδάτων στην περιοχή.

Σε αυτή την περίπτωση οι συγκεκριμένες περιοχές παρουσιάζουν χαμηλό κίνδυνο ρύπανσης των υπογείων υδάτων αφού προστατεύονται από διεθνής συνθήκες (Gemitzi et al 2006).

Η δημιουργία του shapefile αρχείου των περιοχών Natura (Εικόνα 24) έγινε:

- ⇒ αρχικά με την εισαγωγή του χάρτη των περιοχών Natura στο πρόγραμμα (Arc Map GIS) και
- ⇒ στη συνέχεια μετατρέπουμε τον χάρτη σε αρχείο shapefile με την γνωστή διαδικασία.



Εικόνα 24: Το shapefile αρχείο των περιοχών Natura N. Ρεθύμνου

8^{ος} Παράγοντας: Περιοχές Υφαλμύρισης

Με τον όρο διείσδυση του αλμυρού νερού εννοούμε την αύξηση της αλατότητας του υπόγειου νερού σε συγκεκριμένη τοποθεσία και βάθος. Το φαινόμενο αυτό είναι ιδιαίτερα έντονο σε παράκτιους υδροφορείς και προκαλεί προβλήματα στην ποιότητα των υπογείων υδάτων. Η μελέτη του φαινομένου είναι σημαντική αφού αποτελεί την συνηθέστερη ρύπανση του γλυκού νερού. Το αλμυρό νερό που παρατηρείται στους υδροφορείς προέρχεται από:

- Θαλασσινό νερό σε παράκτιες περιοχές
- Θαλασσινό νερό που διείσδυσε σε υδροφορείς κατά το παρελθόν
- Αλάτι από δρόμους αλατιού ή λεπτές στρώσεις αλατιού ή από διασπορά σε γεωλογικούς σχηματισμούς
- Υπολείμματα εξάτμισης νερού σε παλιρροιακές λίμνες, κοιλάδες, κ.τ.λ.
- Νερό από αρδευόμενη γη που καταλήγει σε ρυάκια
- Λύματα υψηλής αλατότητας ανθρώπινης προέλευσης

Η υφαλμύρινη των υδάτων των υπόγειων υδροφορέων σε περιοχές που είναι κοντά με τη θάλασσα οφείλεται σε πρωτογενείς και δευτερογενείς παράγοντες:

- Οι πρωτογενείς παράγοντες σχετίζονται με την μεταβολή του φυσικού εμπλουτισμού του υδροφορέα και συνήθως συνδέεται με την ελάττωση των ποσοτήτων υδάτων που φθάνουν στους υδροφορείς. Τέτοιες περιπτώσεις αφορούν καρστικούς υδροφορείς και πρόκειται για περιοδική αλμυρότητα που σχετίζεται με τις βροχοπτώσεις.
- Οι δευτερογενείς παράγοντες συνδέονται με την υπερβολική άντληση. Τέτοια φαινόμενα είναι συνήθη σε εντατικά καλλιεργούμενες παράκτιες πεδινές εκτάσεις και λαμβάνουν χώρα σε ελεύθερους και περιορισμένους υδροφορείς.

Η αλμύρινη των παράκτιων καρστικών υδροφόρων οριζόντων λαμβάνει χώρα υπό τα εξής σενάρια:

- Όταν οι καρστικοί αγωγοί βρίσκονται σε υδραυλική επικοινωνία με τη θάλασσα σε όλο το μήκος.
- Όταν το στεγανό διάφραγμα ανάμεσα στο καρστικό σύστημα και τη θάλασσα διαταραχθεί κατά θέσεις από τη διάβρωση ή τον τεκτονισμό.

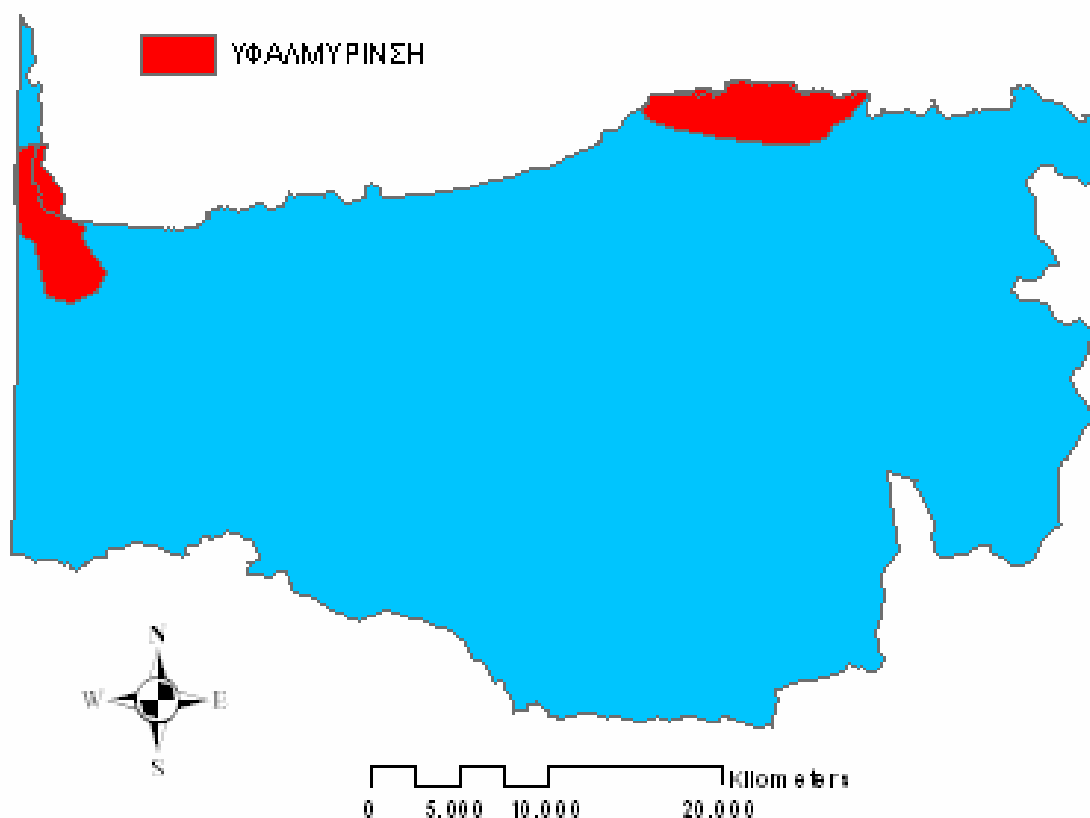
- Όταν το στεγανό διάφραγμα είναι πολύ ρηχό, οπότε η κυκλοφορία γίνεται κάτω από αυτό.

Οι μηχανισμοί αυτοί οδηγούν και σε αυτογενή υφαλμύριση, χωρίς την ύπαρξη ανθρώπινης δραστηριότητας.

Στις περιοχές που βρίσκονται κοντά σε ακτές και όπου οι γεωλογικοί σχηματισμοί το επιτρέπουν, εντοπίζεται αλμυρό νερό σε μεγάλη απόσταση από την ακτή. Στις περιοχές που εξετάζουμε έχουμε εισχώρηση αλμυρών υδάτων σύμφωνα από μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί. Ωστόσο φαινόμενα υφαλμύρισης συναντάμε πιο έντονα σε περιοχές κοντά στις ακτές. Οι περιοχές αυτές εμφανίζουν μεγάλο κίνδυνο στην ρύπανση των υδάτων, (Βροντάκη, 2001).

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι περιοχές που εμφανίζουν το φαινόμενο της υφαλμύρισης (Εικόνα 25). Για την περιοχή μελέτης μας οι περιοχές αυτές είναι:

- ✓ Γεωργιούπολη (παρουσιάζεται φυσική υφαλμύριση)
- ✓ Περιοχή Σκαλέτα
- ✓ Πλατανιά
- ✓ Πρίνο
- ✓ Πετρές
- ✓ Γεροπόταμος



Εικόνα 25: Το shapefile αρχείο των περιοχών υφαλμύρισης Ν. Πελοπόννησος

9^{ος} Παράγοντας: Περιοχές με υψηλή συγκέντρωση νιτρικών

Νιτρορύπανση υδατικών συστημάτων

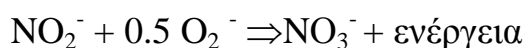
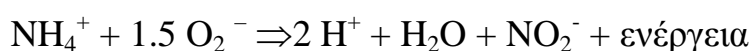
Η ΥΑ 161/1997/Β-519, που αφορά την «Προστασία των υδάτων από νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης», ορίζει ως νιτρορύπανση την άμεση ή έμμεση απόρριψη στο υδάτινο περιβάλλον αζωτούχων ενώσεων γεωργικής προέλευσης, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται για την

ανθρώπινη υγεία, βλάβες στους ζώντες οργανισμούς και στα υδατικά οικοσυστήματα ή ζημιές στις εγκαταστάσεις αναψυχής ή να παρακωλύονται άλλες θεμιτές χρήσεις των υδάτων. Η κύρια πηγή αζωτούχων ενώσεων είναι τα γεωργικά λιπάσματα, τα οποία χρησιμοποιούνται με σκοπό την τόνωση της ανάπτυξης των φυτών. Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται σύμφωνα με την παραπάνω απόφαση η ζωική κοπριά, τα κατάλοιπα ιχθυοτροφείων και η λυματολάσπη.

Κύκλος του Αζώτου (N)

Η παρουσία του αζώτου στη φύση έχει ποικίλες μορφές, όπως είναι η αμμωνία (NH_3), η αμμωνιακή ρίζα (NH_4^+), το αέριο μοριακό άζωτο (N_2), η νιτρώδης ρίζα (NO_2^-) και η νιτρική ρίζα (NO_3^-). Οι ενώσεις αυτές είναι δυνατόν να τροποποιηθούν μέσα στο φυσικό, χερσαίο και υδατικό, περιβάλλον διαμέσου διαφόρων μετασχηματισμών, όπως είναι η δέσμευση αερίου N_2 , η αμμωνιοποίηση/ανοργανοποίηση του οργανικού αζώτου, η νιτροποίηση της αμμωνιακής ρίζας, η ακινητοποίηση αζώτου είτε με πρόσληψη από τη βλάστηση, αλλά και από το μικροβιακό πληθυσμό και η απονιτροποίηση με ή χωρίς αφομοίωση. Κάθε μια διεργασία μπορεί να πραγματοποιηθεί από συγκεκριμένους μικροοργανισμούς. (Heng, 1996)

Κατά τη διαδικασία της νιτροποίησης, αμμωνιακές αζωτούχες ενώσεις οξειδώνονται παρουσία των αυτοτροφικών βακτηρίων *Nitrosomonas* και *Nitrobacter* σε νιτρώδεις και στη συνέχεια νιτρικές ενώσεις. (Canter, 1997)



Οι κυρίαρχες μορφές αζώτου, που απαντώνται σε επιφανειακούς αποδέκτες ύδατος όπως είναι τα ποτάμια και οι λίμνες, είναι κυρίως το διαλυμένο ανόργανο άζωτο N (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), το διαλυμένο οργανικό άζωτο και τα διακριτοποιημένα σωματίδια αζώτου. Η διάχυση των νιτρικών ενώσεων στο υπέδαφος γίνεται ταχύτητα διαμέσου της φυσικής υπόγειας ροής. Οι νιτρικές ενώσεις διαλύονται πολύ εύκολα στο νερό, παρουσία διαλυμένου οξυγόνου και είναι δυνατόν να μεταφερθούν σε αρκετά μεγάλες αποστάσεις, όταν το εδαφικό υλικό είναι ιδιαίτερα διαπερατό.

ΠΗΓΕΣ ΝΙΤΡΟΡΥΠΑΝΣΗΣ

Οι κύριες πηγές νιτρορύπανσης προέρχονται κατά κύριο λόγο από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Η υπόγεια διάθεση των οικιακών υγρών αποβλήτων σε σηπτικές δεξαμενές και καταβόθρες οι οποίες όμως δεν εκκενώνονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα, όπως προβλέπεται, με αποτέλεσμα να λειτουργούν ως απορροφητικοί βόθροι και με αυτόν τον τρόπο επιβαρύνουν ακόμα περισσότερο το έδαφος και τους υπόγειους υδροφορείς. Επίσης, η ανεξέλεγκτη διάθεση στερεών αποβλήτων στο υπέδαφος, επιβαρύνει την ποιότητα των επιφανειακών και υπογείων υδάτων, λόγω της έκπλυσης που προκαλεί το νερό που διέρχεται από τη μάζα των στερεών αποβλήτων. Η διείσδυση των νιτρικών ενώσεων στα υπόγεια ύδατα και εν συνεχεία η επιφανειακή απορροή τους στα επιφανειακά νερά εξαρτάται από τις τοπικές εδαφικές συνθήκες, τη στράγγιση, τη βροχόπτωση και τις επιφανειακές συνθήκες απόθεσης. Το νερό έκπλυσης είναι πλούσιο σε ανόργανα συστατικά, όπως χλωριόντα, σίδηρο, μόλυβδο, χαλκό, νάτριο, νιτρικά, αμμωνία και ποικιλία οργανικών ουσιών. Όταν περιέχονται και στερεά βιομηχανικά απόβλητα,

τότε στο νερό έκπλυσης μπορεί να περιλαμβάνονται επικίνδυνες ουσίες όπως κυανιούχα, κάδμιο και χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες.

Τη σημαντικότερη πηγή νιτρορύπανσης αποτελούν οι πάσης φύσεως αγροτικές δραστηριότητες, γεωργικές και κτηνοτροφικές. Η υπέρμετρη χρήση αζωτούχων σκευασμάτων με σκοπό τη βελτίωση και προστασία της παραγωγής έχει ως αποτέλεσμα την παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων νιτρικών ενώσεων στο υπέδαφος. Οι υψηλές συγκεντρώσεις αζωτούχων ενώσεων παρατηρούνται όχι μόνο σε περιοχές με αυξημένη γεωργική δραστηριότητα, αλλά επίσης και σε περιοχές όπου παρατηρείται συγκέντρωση ζωικών αποβλήτων και φυτικών υπολειμμάτων. Τα οργανικά υπολείμματα παραμένουν στο έδαφος μετά τη συγκομιδή και υφίστανται στη συνέχεια ανοργανοποίηση και νιτροποίηση από τα βακτήρια. Σε πολλές περιπτώσεις η άροση των καλλιεργούμενων εδαφών επιταχύνει τη διαδικασία νιτροποίησης των αζωτούχων ενώσεων, που βρίσκονται στο υπέδαφος λόγω της εισροής οξυγόνου, (Αντωνόπουλος, 2001)

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΝΙΤΡΟΡΥΠΑΝΣΗΣ

Η ανώτατη επιτρεπόμενη συγκέντρωση νιτρικών ριζών (NO_3^-) στο πόσιμο νερό σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ) και την Ευρωπαϊκή Επιτροπή υπεύθυνη για την ποιότητα των υδάτων δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα 50mg/l η οποία ισοδυναμεί με 11.3mg/l ($\text{NO}_3\text{-N}$). Συγκεκριμένα όρια που αφορούν τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συγκέντρωσης (NO_3^-) σε νωπά λαχανικά από 11-700 mg/Kg και σε

κρέατα 500 ppm/Kg για (NO_3^-) και 200 ppm/Kg για (NO_2^-) έχουν επίσης θεσπιστεί.

Επιπτώσεις νιτρορύπανσης στο περιβάλλον

Οι σημαντικότερες επιπτώσεις της νιτρορύπανσης στο περιβάλλον αφορούν:

1. την υποβάθμιση της ποιότητας των επιφανειακών υδάτων, λιμνών και ποταμιών, λόγω της ανάπτυξης του φαινομένου του ευτροφισμού και
2. τη ρύπανση των υπογείων υδροφόρων στρωμάτων από όπου γίνεται η άμεση άντληση ποσοτήτων πόσιμου ύδατος.

Η αύξηση της τοξικότητας των υδάτων λόγω της νιτρορύπανσης έχει επίσης επιπτώσεις και στο ζωικό βασίλειο.

Η παρουσία αυξημένων συγκεντρώσεων αζωτούχων και φωσφορικών ενώσεων σε επιφανειακούς υδατικούς αποδέκτες, όπως οι λίμνες και τα ποτάμια, έχει ως συνέπεια την ανάπτυξη της υδρόβιας βλάστησης και της βιομάζας στο νερό, με αποτέλεσμα την μείωση του διαλυμένου οξυγόνου στους αποδέκτες και τη δημιουργία τοξικών και δύσσομων αερίων και τη μετατροπή των υδατικών αποδεκτών σε νεκρές ζώνες ύδατος, αφού είναι αδύνατη η επιβίωση οποιουδήποτε ζωικού υδρόβιου οργανισμού.

Στην περίπτωση των υπογείων υδάτων, η ρύπανση από φωσφορικές και καλιούχες ενώσεις είναι αρκετά μικρή, λόγω της περιορισμένης κινητικότητας που παρουσιάζουν οι ενώσεις αυτές στο έδαφος. Αντίθετα, η υψηλή διαλυτότητα των νιτρικών ενώσεων στο νερό, έχει ως αποτέλεσμα την μεταφορά των ενώσεων αυτών μέσω της υπόγειας φυσικής ροής στα υπόγεια υδροφόρα στρώματα και τους

αποδέκτες. Η παρουσία των νιτρικών ενώσεων δεν προέρχονται μόνο από την εφαρμογή γεωργικών λιπασμάτων, αλλά και από την αποσύνθεση ζωικών και φυτικών οργανισμών, υπολείμματα φυτών και οργανικής ουσίας στο έδαφος, καθώς και από την υπόγεια διάθεση οικιακών υγρών αποβλήτων σε σηπτικές δεξαμενές.

Επιπτώσεις νιτρορύπανσης στον άνθρωπο

Η παρουσία αυξημένων ποσοτήτων νιτρικών (>70 mg/Kg) και νιτρωδών (>20 mg/Kg) ενώσεων στον ανθρώπινο οργανισμό, λόγω της ευρείας χρήσης αμμωνιακών κυρίως λιπασμάτων στη γεωργία, μπορούν να αποβούν επικίνδυνες για την υγεία του. Χαρακτηριστικές περιπτώσεις αποτελούν η μεθαιμογλοβιναιμία ή σύνδρομο της κυάνωσης των βρεφών (blue-baby syndrome) και ο καρκίνος του στομάχου.

Η φύση των νιτρικών δεν είναι τοξική, όταν όμως εισέλθουν στο αίμα συμβάλουν στην άμεση οξείδωση του Fe^{++} της αιμοσφαιρίνης σε Fe^{+++} με αποτέλεσμα τη δημιουργία της μεθαιμοσφαιρίνης η οποία σε υψηλά ποσοστά στο αίμα είναι δυνατόν να οδηγήσει σε ασφυξία λόγω της αδυναμίας της να μεταφέρει οξυγόνο στους περιφερικούς ιστούς. Κατά τη διαδικασία αυτή γίνεται ταυτόχρονη αναγωγή των νιτρικών ριζών σε νιτρώδεις ενώσεις οι οποίες είναι ιδιαίτερα τοξικές. Η παρουσία νιτρωδών ενώσεων στο αίμα είναι δυνατόν να προκαλέσουν το σχηματισμό νιτροζαμινών ενώσεων που είναι υπεύθυνες για την ανάπτυξη καρκίνου σε πολλά όργανα του ανθρώπινου σώματος. Η συσσώρευση τέλος νιτρικών ριζών στον ανθρώπινο οργανισμό είναι δυνατόν να προκαλέσει βλάβες στο θυρεοειδή, ταχυκαρδία και άλλες ηπιότερης μορφής παθολογικές ασθένειες

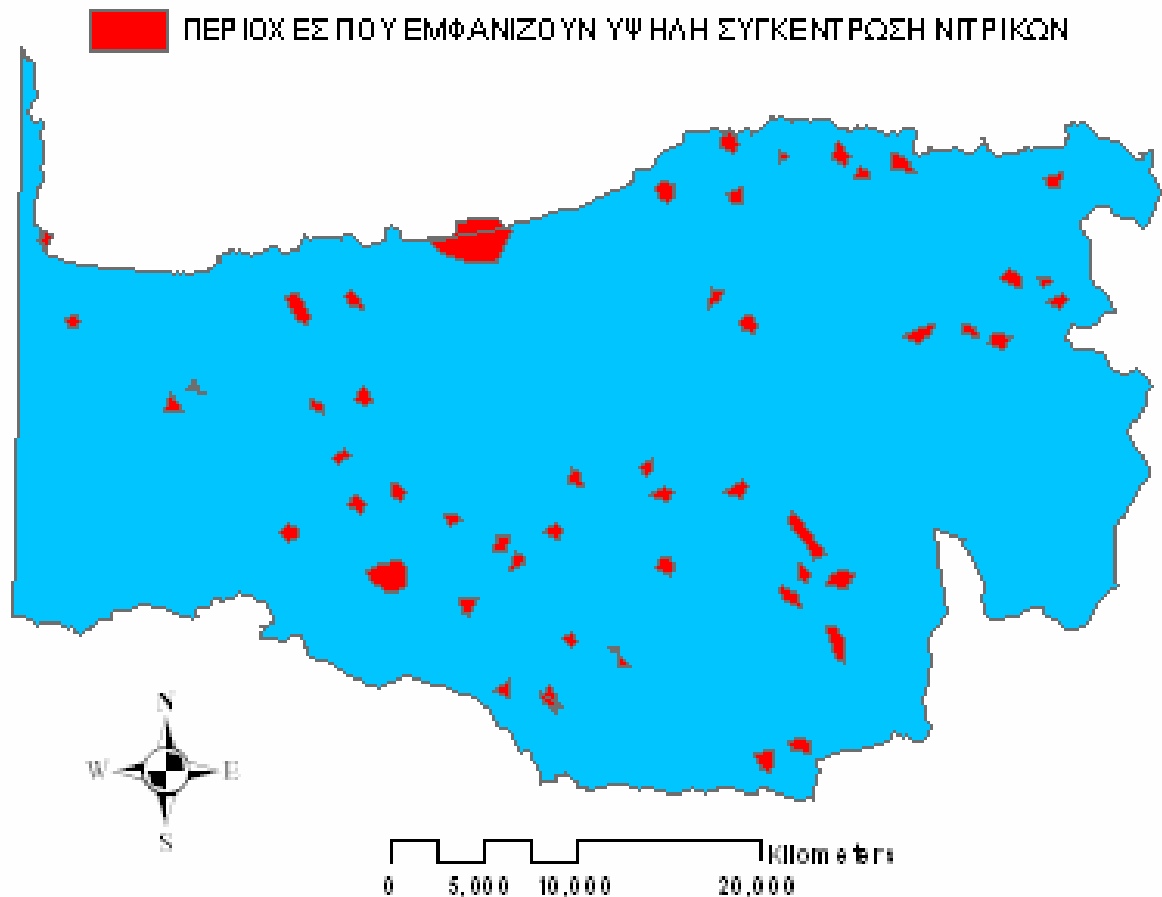
ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η γεωργική δραστηριοποίηση των σύγχρονων καλλιεργητών πρέπει να βασίζεται σε πρακτικές φιλικές προς το περιβάλλον οι οποίες θα συμβάλλουν όσο το δυνατόν περισσότερο, στην προστασία του εδαφικού ανάγλυφου, της χλωρίδας και της πανίδας κάθε περιοχής. Η ανάπτυξη μιας ολοκληρωμένης διαχείρισης της γεωργικής παραγωγής σε εθνικό επίπεδο θα συμβάλλει καθοριστικά στον προγραμματισμό της γεωργικής παραγωγής, καθώς και στη διαρκή ενημέρωση των καλλιεργητών σχετικά με σύγχρονες πρακτικές, οι οποίες αυξάνουν την οικονομική απόδοση με τη ελάχιστη δυνατή επιβάρυνση του περιβάλλοντος.

Ο σωστός προγραμματισμός, σχετικά με την εφαρμογή των διαφόρων φυτό-προστατευτικών προϊόντων κατά τη διάρκεια της γεωργικής καλλιέργειας και συγκομιδής, θα μειώσει σημαντικά τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Επίσης, η μετατροπή των συμβατικών καλλιεργειών σε βιολογικές, θα μειώσει σημαντικά τις εισροές, τη χρήση διαλυτών ουσιών, φυτο-προστατευτικών προϊόντων και χημικών συνθετικών λιπασμάτων.

Επίσης, η ανάπτυξη σύγχρονων συστημάτων παρακολούθησης της ποιότητας των υδάτων, επιφανειακών και υπογείων, καθώς και του εδαφικού υλικού στο οποίο εφαρμόζονται ποικίλες αγροτικές δραστηριότητες, είναι επιβεβλημένη αποσκοπώντας στη διασφάλιση και προστασία του περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας. Η ανάπτυξη μεθοδολογιών, που θα εξασφαλίζουν τη ορθολογική αλλά και ταυτόχρονα και τη βέλτιστη διαχείριση των αποθεμάτων φρέσκου νερού, που βρίσκονται στα υπόγεια υδροφόρα στρώματα θα συμβάλλει καθοριστικά στον περιορισμό της νιτρορύπανσης σε περιοχές με αυξημένη γεωργική δραστηριότητα. Τέλος, η δημιουργία ενός βέλτιστου

συστήματος διαχείρισης των αντλούμενων παροχών από το υπέδαφος θα εξασφαλίσει την επάρκεια ύδατος σε περιόδους ξηρασίας, διασφαλίζοντας με τον τρόπο αυτό την αγροτική παραγωγή καθώς επίσης και την αναχαίτιση και τον περιορισμό του φαινομένου της υφαλμύρινσης σε παράκτιες κυρίως περιοχές όπου το πρόβλημα λόγω υπεράντλησης είναι ιδιαίτερα αυξημένο, (www.technicalreview.gr).



Εικόνα 26: Το shapefile αρχείο περιοχών με υψηλή συγκέντρωση νιτρικών στο ν. Πεθόμνου

4.3.1 Ταξινόμηση των αρχείων raster σε κλάσεις

Μέχρι τώρα δημιουργήσαμε 9 χάρτες σε μορφή shapefile, και ο κάθε χάρτης αντιστοιχεί σε ένα παράγοντα ρύπανσης των υπογείων υδάτων. Για να δημιουργήσουμε τον τελικό μας χάρτη(αυτόν που συνδυάζει τους 9 τελικούς χάρτες) θα πρέπει να ταξινομήσουμε τα 9 αρχεία raster σε κλάσεις.

Κατατάξαμε λοιπόν τα αρχεία shapefile σε 5 τάξεις ώστε να επιτύχουμε ομοιόμορφο προσδιορισμό των 9 χαρτών και να μπορέσουμε στο τέλος να τους συνδυάσουμε.

Έτσι οι 5 κλάσεις που χρησιμοποιήσαμε στην ταξινόμηση είναι οι εξής:

- Very high (πολύ υψηλός κίνδυνος ρύπανσης)
- High (υψηλός κίνδυνος ρύπανσης)
- Moderate (μέσος κίνδυνος ρύπανσης)
- Low (χαμηλός κίνδυνος ρύπανσης)
- Very low (πολύ χαμηλός κίνδυνος ρύπανσης)

Οπότε όλα τα ποσοτικά δεδομένα (τιμές) ή περιγραφικά δεδομένα των 9 παραγόντων (χαρτών) καταγράφηκαν σε 5 κλάσεις σύμφωνα με τον πίνακα:

Πίνακας 2: Ποσοτικά δεδομένα (τιμές) ή περιγραφικά δεδομένα των 9 παραγόντων

| Παράγοντες | Περιγραφική Κλίμακα | Ποσοτικά ή Περιγραφικά Δεδομένα | |
|-----------------|---------------------|--------------------------------------|-------|
| Γεωλογία | Very High | Ανθρακικά | |
| | High | Τεταρτογ-οφιολιθ-ενοτ.πλακ.ασβεστ | |
| | Moderate | Νεογενή | |
| | Low | Φλύσχις | |
| | Very Low | Φυλλίτες- Χαλαζίτες-Σχιστόλιθοι | |
| Χρήσεις Γης | Very High | 123,332 | |
| | High | 112,211 ,242,322 | |
| | Moderate | 121, 221 ,222,223,321 ,331 ,333 ,523 | |
| | Low | 243,324 | |
| | Very Low | 312,313,323 | |
| Βάθος Υδροφορέα | Very High | Μικρό βάθος | |
| | Very Low | Μεγαλύτερο βάθος | |
| Οδικό Δίκτυο | Very High | 100m | 20m |
| | High | 200m | 40 m |
| | Moderate | 300 m | 60 m |
| | Low | 400 m | 80 m |
| | Very Low | 500 m | 100m |
| Ποτάμια | Very High | 200m | 40 m |
| | High | 400 m | 80 m |
| | Moderate | 600 m | 120 m |
| | Low | 800 m | 160m |
| | Very Low | 1000m | 200 m |
| Οικισμοί | Very High | 528034 -1770433 m ² | |
| | High | 272530 - 528034 m ² | |
| | Moderate | 133023 - 272530 m ² | |
| | Low | 43462 - 133023 m ² | |
| | Very Low | 0 - 43462 m ² | |
| Natura | Very High | Μη προστατευόμενες περιοχές | |
| | Very Low | Προστατευόμενες Περιοχές | |
| Υφαλμύριση | Very High | Εμφάνιση φαινομένου Υφαλμύρισης | |
| | Very Low | Μη εμφάνιση φαινομένου Υφαλμύρισης | |
| Νιτρικά | Very High | Πολύ μεγάλη συγκέντρωση | |
| | High | Μεγάλη συγκέντρωση | |
| | Moderate | Μέτρια συγκέντρωση | |
| | Very Low | Πολύ μικρή συγκέντρωση | |

4.3.2 Πρότυπα προγράμματα ταξινόμησης (CLASSIFICATION)

Η ταξινόμηση των ποσοτικών δεδομένων μπορεί να γίνει είτε με δικιά μας επιλογή των κλάσεων είτε μέσω του ArcMap επιλέγοντας ένα από τα έξι πρότυπα προγράμματα ταξινόμησης (ESRI, 2006. Arc View 9.2 User Manuals.)

1. Natural breaks (*Jenks*) : Η ταξινόμηση βασίζεται στους φυσικούς συνδυασμούς που ενυπάρχουν στα δεδομένα μας. Το πρόγραμμα ταυτοποιεί τα σημεία που συναθροίζονται στις κλάσεις και τα τακτοποιεί σε ομάδες με ίδιες τιμές αυξάνοντας τις διαφορές μεταξύ της κάθε κλάσης.

2. Quantile : Κάθε κλάση εμπεριέχει έναν ίσο αριθμό από χαρακτηριστικά στοιχεία. Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη σε γραμμικά κατανεμημένα δεδομένα. Επειδή τα χαρακτηριστικά στοιχεία ομαδοποιούνται με βάση των αριθμό τους, ο τελικός χάρτης που θα προκύψει μπορεί να είναι παραπλανητικός.

3. Equal Interval: Αυτό το πρόγραμμα ταξινόμησης χωρίζει μία σειρά από χαρακτηριστικές τιμές σε ισομεγέθους υποσειρές, επιτρέποντας μας να καθορίσουμε τον αριθμό των διαστημάτων μέσω του ArcMap. Για παράδειγμα, αν οι χαρακτηριστικές μας τιμές έχουν έκταση από 0-300 και έχουμε τρεις κλάσεις, κάθε κλάση θα έχει έκταση 100 τιμών, δηλ. 0-100, 101-200, 201-300. Αυτή η μέθοδος δίνει έμφαση στο σύνολο κάθε μιας χαρακτηριστικής τιμής σε σχέση με τις υπόλοιπες τιμές. Είναι η καλύτερη μέθοδος για να εφαρμοστεί σε στενά συνδεδεμένα δεδομένα, όπως η θερμοκρασίες.

4. Defined Interval: Αυτή η μέθοδος μας επιτρέπει να προσδιορίσουμε το διάστημα ανάμεσα από ίσες χωρισμένες χαρακτηριστικές τιμές. Επιπλέον προσδιορίζει τον αριθμό των

διαστημάτων σε ίσα διαστήματα ταξινόμησης. Το ArcMap αυτόματα προσδιορίζει τον αριθμό των διαστημάτων.

5. Standard Deviation: Αυτή η μέθοδος παρουσιάζει πόσο μία χαρακτηριστική τιμή διαφέρει από το μέσο όρο. Το ArcMap υπολογίζει το μέσο όρο των τιμών και την πρότυπη απόκλιση από το μέσο όρο.

6. Geometrical Interval: Αυτή η μέθοδος ταξινομεί τα διαστήματα των κλάσεων με βάση γεωμετρικές σειρές. Ο γεωμετρικός συντελεστής μπορεί να αλλάζει βελτιστοποιώντας κάθε φορά την έκταση της κλάσης. Ο αλγόριθμος δημιουργεί γεωμετρικά διαστήματα που ελαχιστοποιούν το τετράγωνο του αθροίσματος του στοιχείου κάθε κλάσης.

Η ταξινόμηση που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία για την δημιουργία των 5 κλάσεων έγινε με την βοήθεια του πρώτου πρότυπου προγράμματος ταξινόμησης **Natural breaks (Jenks)**.

4.3.3 Μετατροπή αρχείων shapefile κάθε παράγοντα σε αρχεία raster

Στη συνέχεια παρατίθενται οι 9 χάρτες για κάθε παράγοντα μετά την μετατροπή τους σε αρχεία raster (Εικόνες 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34 και 35). Μετά την κατηγοριοποίηση των 9 παραγόντων (χαρτών) σε 5 κλάσεις προκειμένου να γίνει ο συνδυασμός τους σε έναν τελικό χάρτη, απαραίτητη είναι η μετατροπή αυτών των χαρτών σε χάρτη τύπου κανάβου (raster).

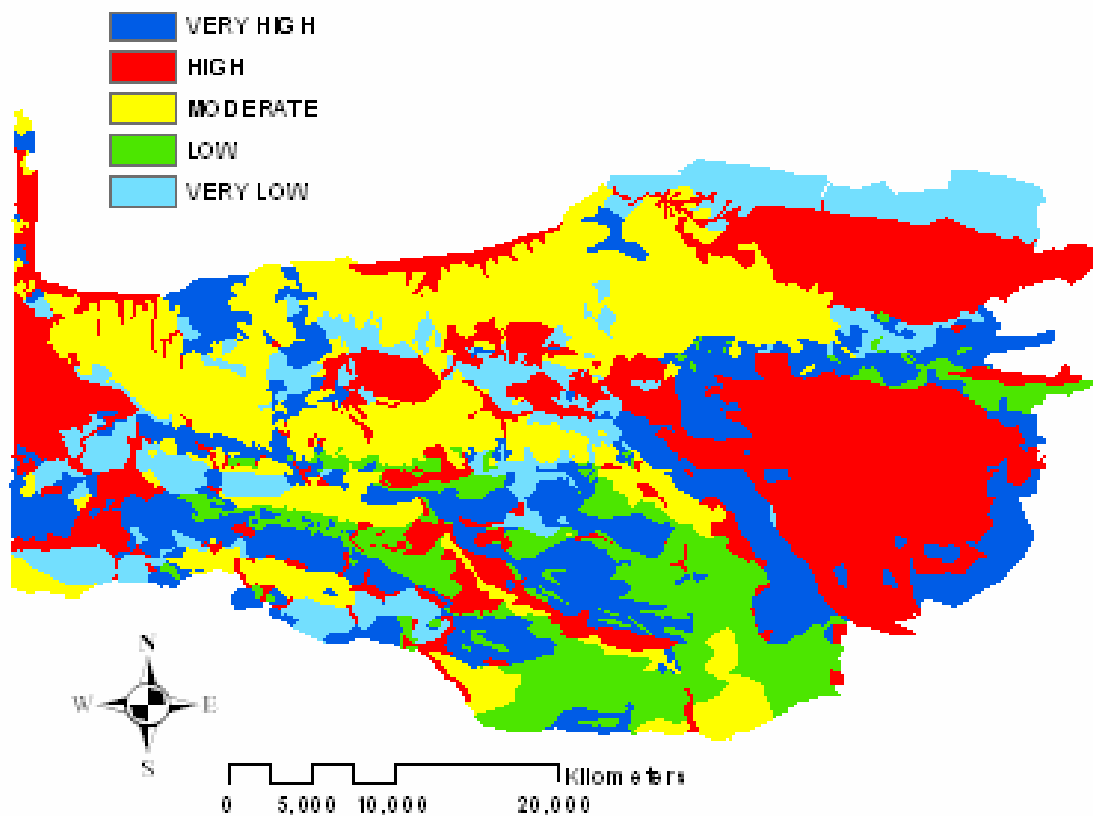
Προκειμένου να μετατρέψουμε τους 9 χάρτες τύπου shapefile σε αρχεία raster εφαρμόζουμε την ακόλουθη διαδικασία:

⇒ προσθέτουμε το αντίστοιχο shapefile που θέλουμε να μετατρέψουμε σε αρχείο raster.

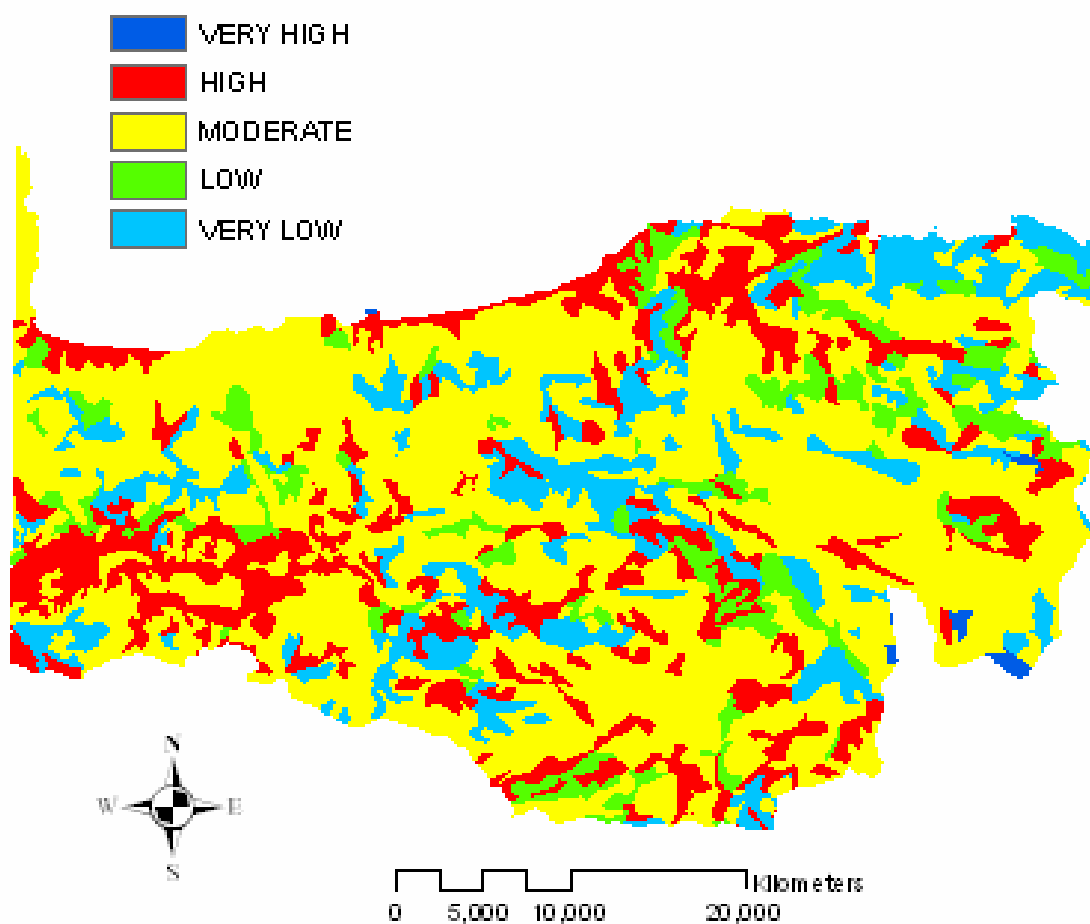
⇒ Επιλέγουμε Spatial Analyst,

- ⇒ Έπειτα Convert και
- ⇒ στη συνέχεια την εντολή feature to Raster.

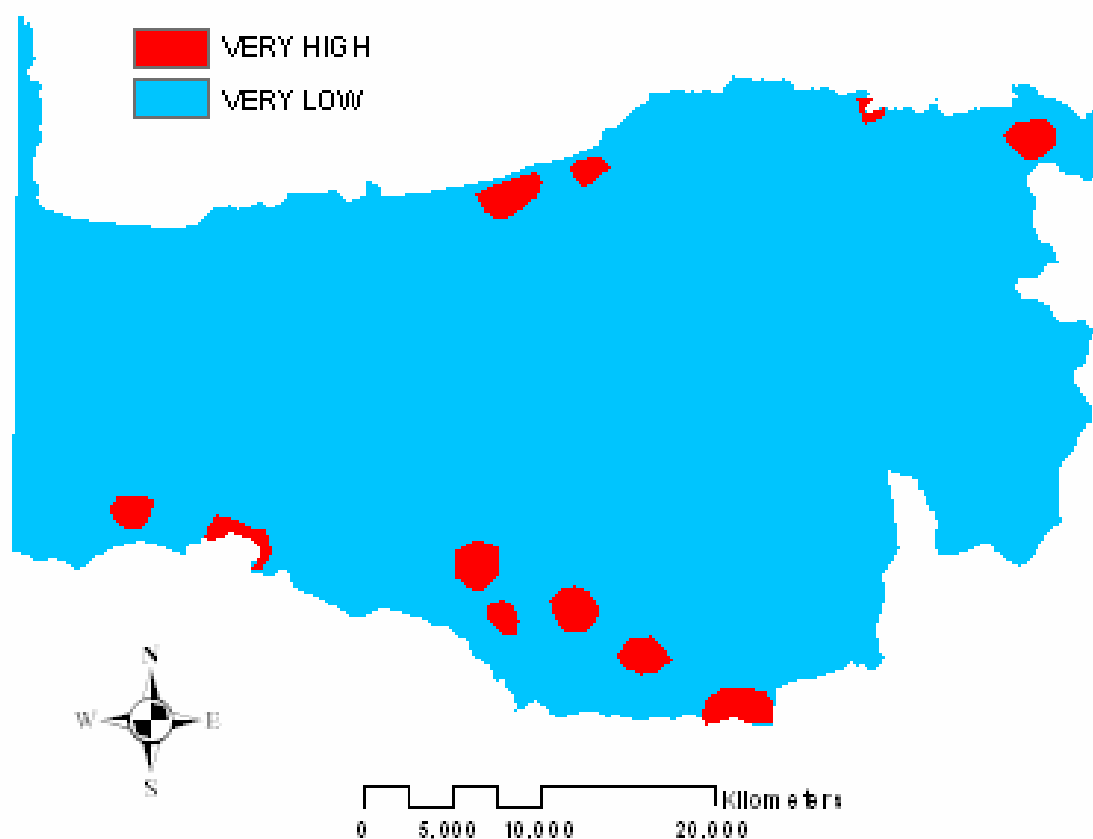
Οπότε και έχουμε τα παρακάτω αρχεία raster:



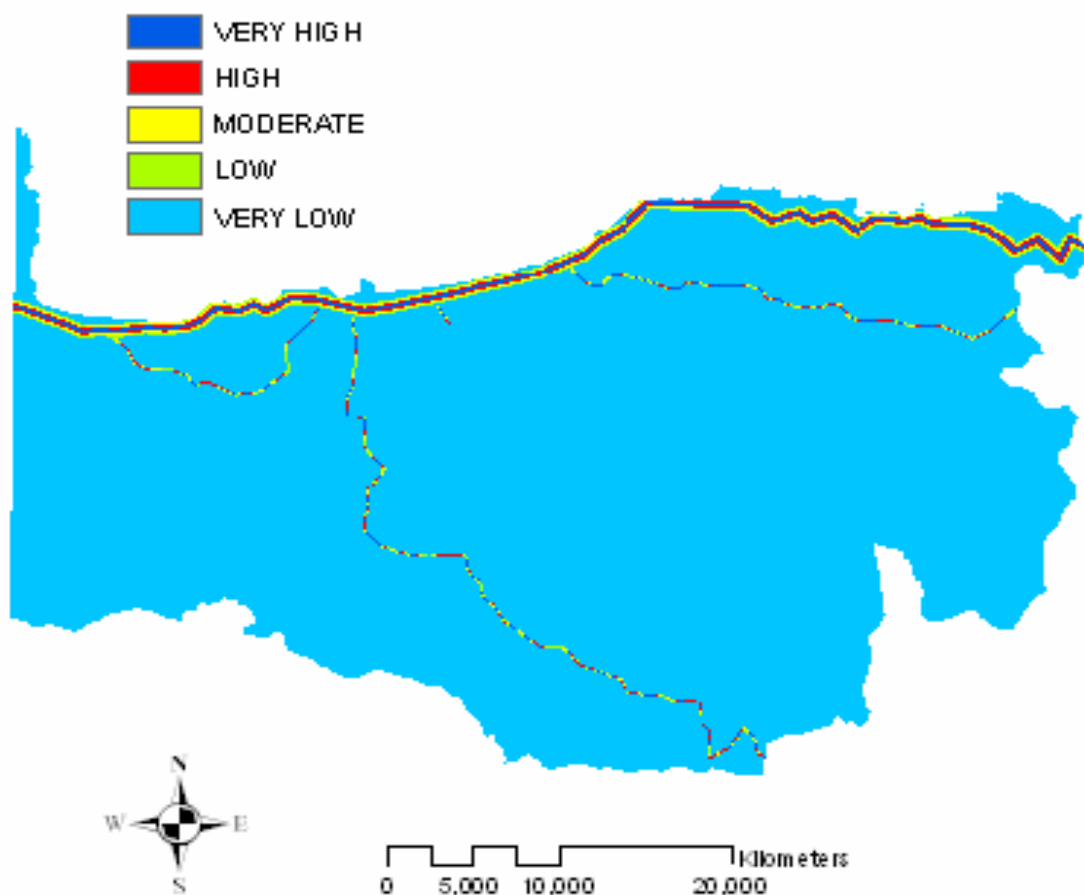
Εικόνα 27: Raster αρχείο που περιγράφει την τρωτότητα των υπογείων υδάτων σε σχέση με τη γεωλογία



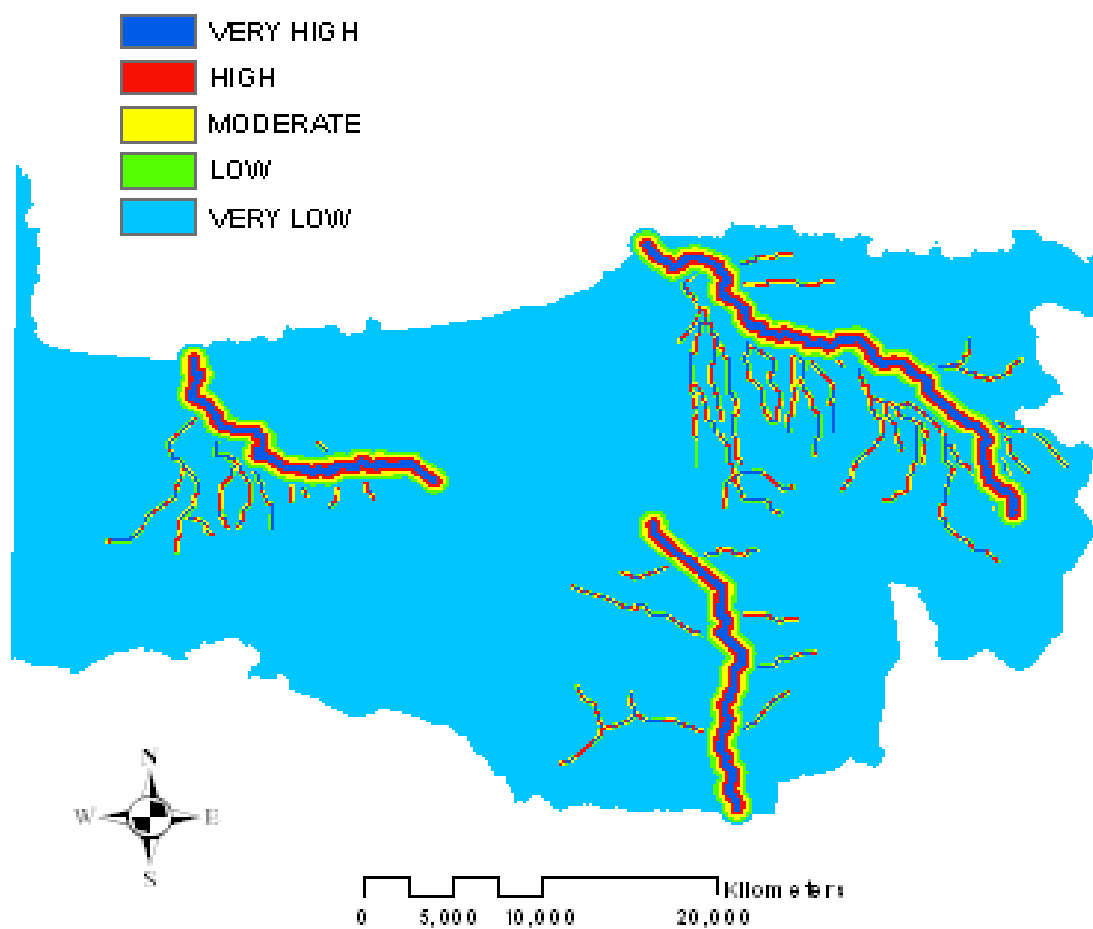
Εικόνα 28: Raster αρχείο που περιγράφει την τρωτότητα των υπογείων υδάτων σε σχέση με τις χρήσεις γης



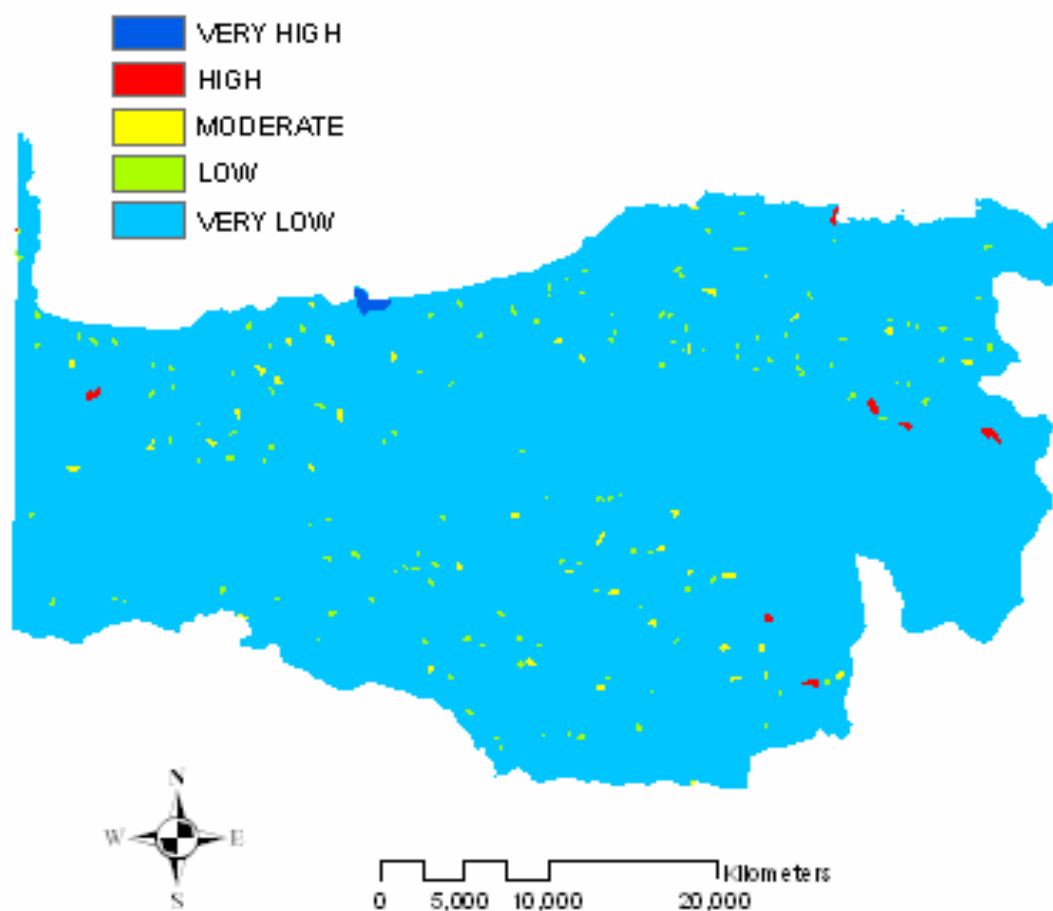
Εικόνα 29 : Raster αρχείο που περιγράφει την τρωτότητα των υπογείων υδάτων σε σχέση με το βάθος του υδροφορέα



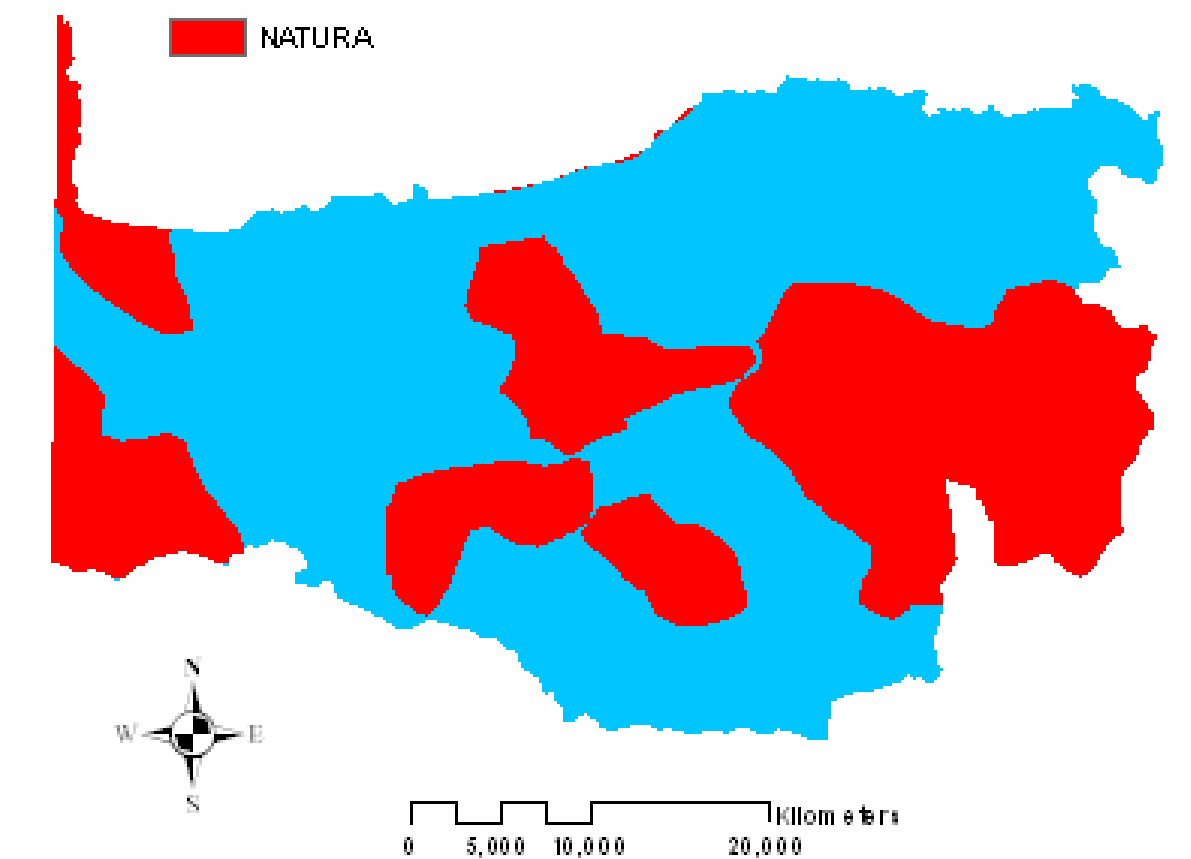
Εικόνα 30 : Raster αρχείο που περιγράφει την τρωτότητα των υπογείων υδάτων σε σχέση με το οδικό δίκτυο



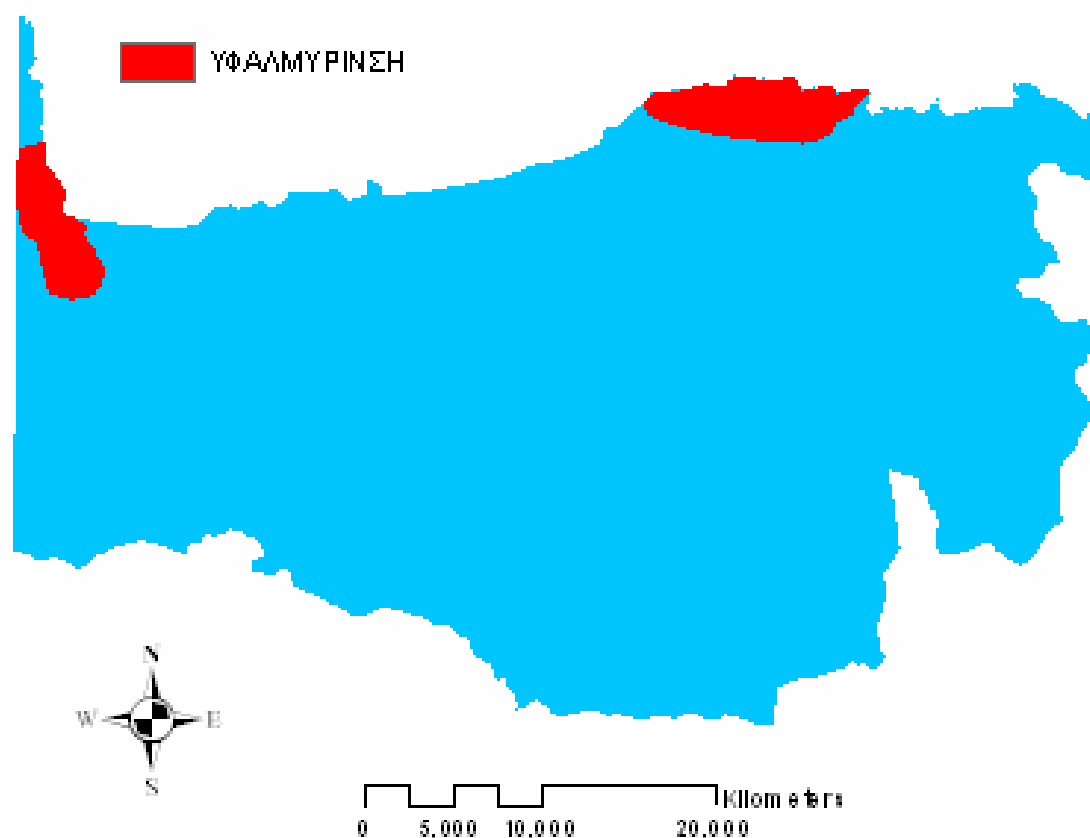
Εικόνα 31: Raster αρχείο που περιγράφει την τρωτότητα των υπογείων υδάτων σε σχέση με τους ποταμούς



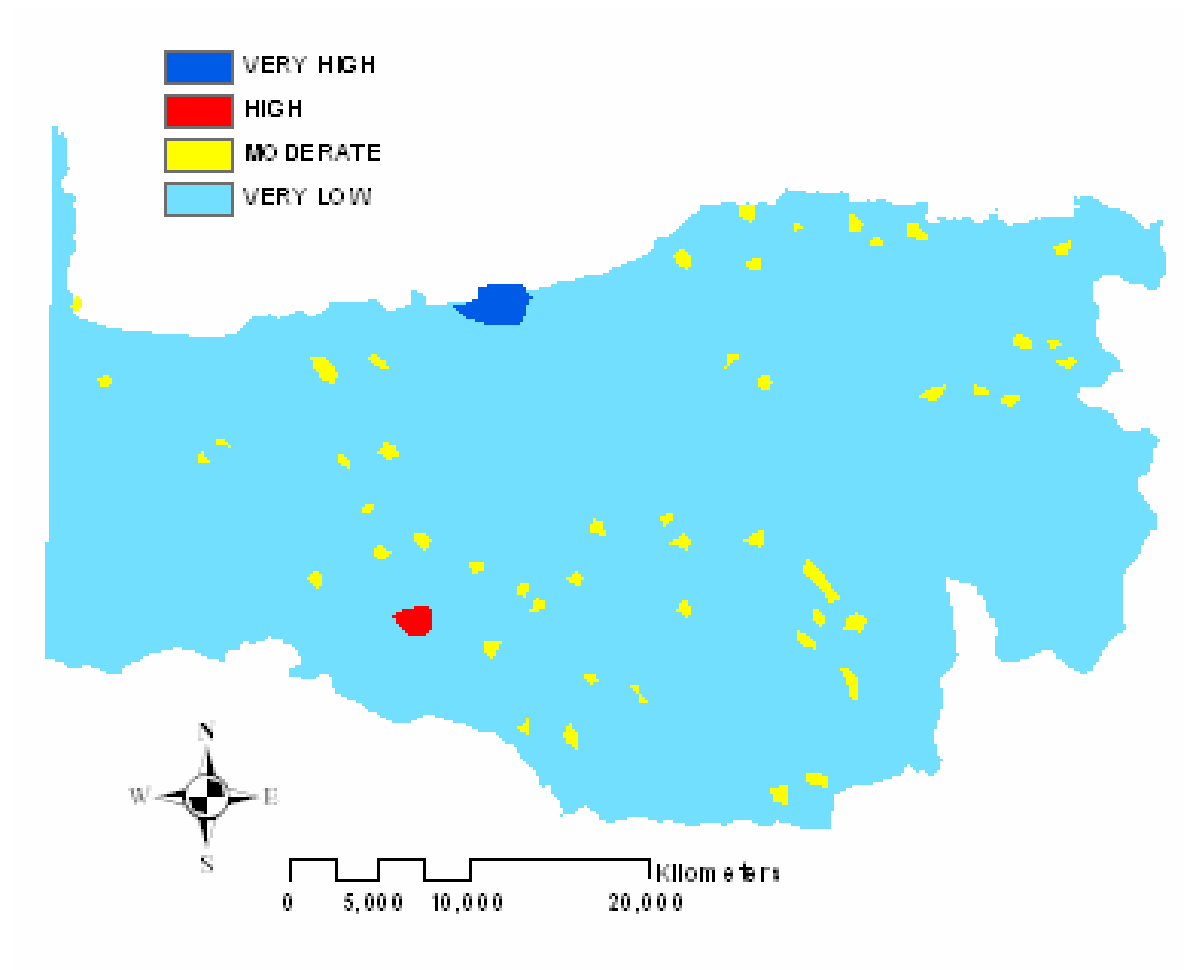
Εικόνα 32: Raster αρχείο που περιγράφει την τρωτότητα των υπογείων υδάτων σε σχέση με τους οικισμούς



Εικόνα 33 : Raster αρχείο που περιγράφει την τρωτότητα των υπογείων υδάτων σε σχέση με τις περιοχές Natura



Εικόνα 34: Raster αρχείο που περιγράφει την τρωτότητα των υπογείων υδάτων σε σχέση με τις περιοχές υφαλμύρισης



Εικόνα 35: Raster αρχείο που περιγράφει την τρωτότητα των υπογείων υδάτων σε σχέση με τα νιτρικά

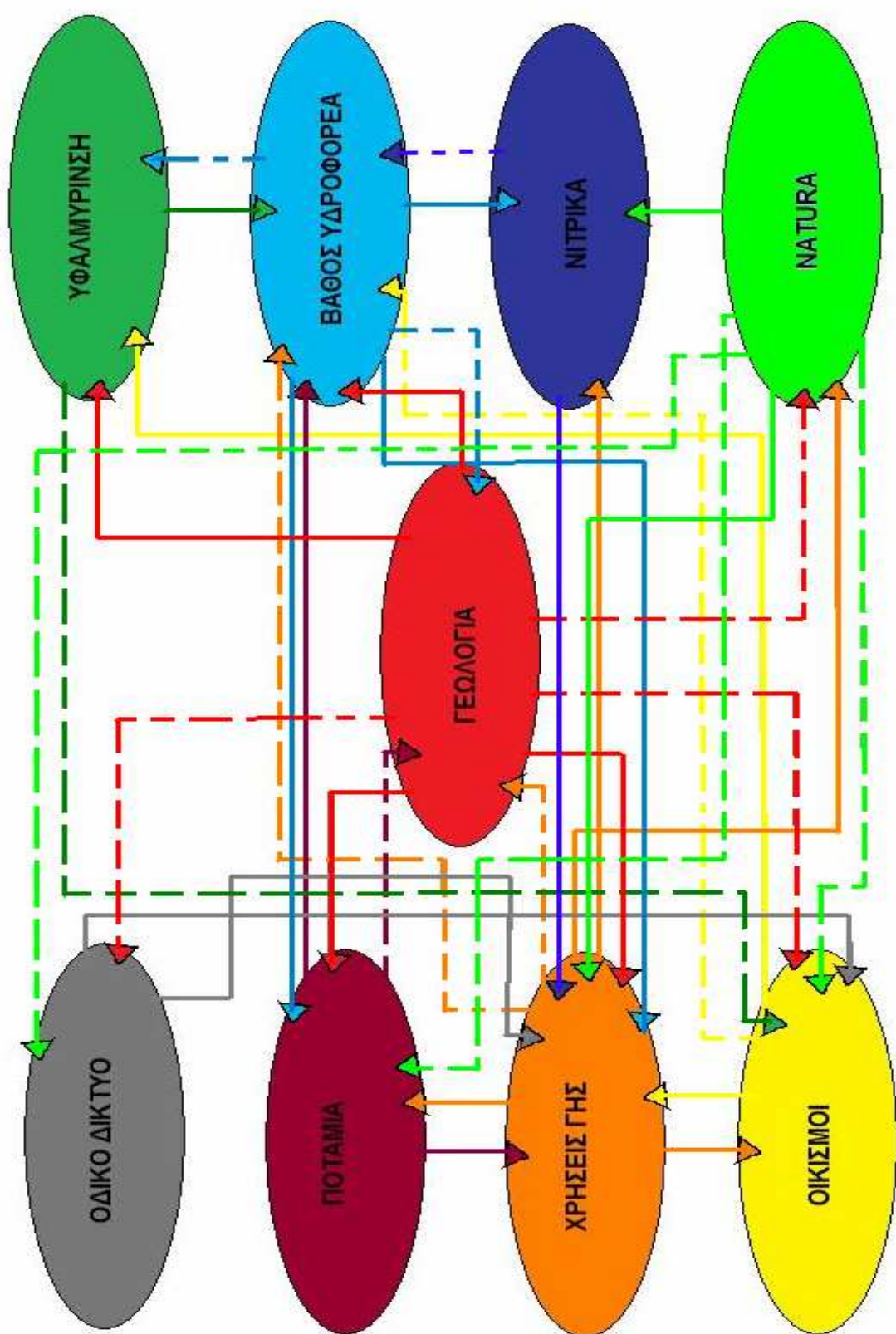
4.4 Περιγραφή μεθοδολογίας

Καταρχήν πρέπει να υπολογιστεί ο βαθμός επίδρασης που έχει ο κάθε παράγοντας στην ευπάθεια ρύπανσης των υπογείων υδάτων έτσι ώστε συνδυαστούν σωστά οι 9 χάρτες raster. Η επίδραση αυτή εκφράζεται με βάση τον συντελεστή βαρύτητας που δίνουμε στο κάθε περιγραφικό επίπεδο. Ο συντελεστής βαρύτητας παίρνει τιμές από (0-10 points).

Στην παρούσα μελέτη περίπτωση υπάρχουν πέντε κύρια περιγραφικά επίπεδα για να υποδηλώσουμε τον βαθμό επίδρασης κάθε παράγοντα. Τα πέντε επίπεδα αυτά είναι : very high, high, moderate, low και very low. Το επίπεδο very high μπορεί να πάρει μέχρι τον ανώτερο συντελεστή βαρύτητας με τιμή 10 pts, ενώ το επίπεδο very low μπορεί να πάρει μέχρι και τον ελάχιστο συντελεστή βαρύτητας με τιμή 1 pt. Τα ενδιάμεσα επίπεδα (high, moderate, low) παίρνουν τιμές μικρότερες από 10 pts και μεγαλύτερες από 1 pt.

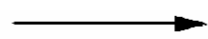
Επειδή ο υπολογισμός του βαθμού επίδρασης για κάθε παράγοντα ξεχωριστά δεν εξάγει μία ολοκληρωμένη εικόνα για την τρωτότητα στη ρύπανση, θα πρέπει να γίνει ο συνδυασμός όλων των παραγόντων μεταξύ τους με σκοπό να καταλήξουμε σε έναν ολοκληρωμένο-τελικό χάρτη.

Κάθε ένας από τους παράγοντες δεν έχει τον ίδιο βαθμό επίδρασης στην ρύπανση των υπογείων υδάτων (Shaban, Kwalie, Abdallah, 2006). Επομένως είναι απαραίτητο να δούμε την αλληλεπίδραση του κάθε παράγοντα σε σχέση με τον άλλον. Με σκοπό να υπολογίσουμε τον βαθμό επίδρασης κάθε παράγοντα κατασκευάζουμε το παρακάτω διάγραμμα (Εικόνα 36).



Εικόνα 36 : Διάγραμμα αλληλεξάρτησης μεταξύ των παραγόντων που επηρεάζουν την τρωτότητα των υπογείων υδάτων

Όπου:



Κύρια επίδραση (Major effect)



Δευτερεύουσα επίδραση (Minor effect)

Η επίδραση του κάθε παράγοντα σε έναν άλλο παράγοντα μπορεί να είναι κύρια ή δευτερεύουσα. Οι επιδράσεις που εμφανίζονται στην παραπάνω εικόνα αναγράφονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3: Σχέση αλληλεπίδρασης ενός παράγοντα σε σχέση με τους άλλους παράγοντες

| ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ | ΚΥΡΙΑ ΕΠΙΔΡΑΣΗ | ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑ ΕΠΙΔΡΑΣΗ |
|----------------------|--|------------------------------------|
| 1. ΓΕΩΛΟΓΙΑ | Χρήσεις γης, Υφαλμύριση, Βάθος Υδροφορέα, Ποτάμια | Natura, Οδικό Δίκτυο |
| 2.ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ | Οικισμοί, Natura, Ποτάμια, Νιτρικά | Γεωλογία, Βάθος Υδροφορέα |
| 3.ΒΑΘΟΣ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ | Χρήσεις Γης , Ποτάμια, Νιτρικά | Γεωλογία, Υφαλμύριση |
| 4.ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ | Χρήσεις Γης, Οικισμοί | |
| 5.ΟΙΚΙΣΜΟΙ | Χρήσεις Γης, Υφαλμύριση | Βάθος Υδροφορέα |
| 6.ΠΟΤΑΜΙΑ | Χρήσεις Γης, Βάθος Υδροφορέα | Γεωλογία |
| 7.NATURA | Χρήσεις Γης, Νιτρικά | Ποτάμια, Οδικό Δίκτυο, Οικισμοί |
| 8.ΥΦΑΛΜΥΡΙΝΣΗ | Βάθος Υδροφορέα | Οικισμοί |
| 9.ΝΙΤΡΙΚΑ | Χρήσεις Γης | Βάθος Υδροφορέα |

Σύμφωνα με το διάγραμμα όταν η επίδραση μεταξύ δύο παραγόντων είναι σημαντική (κύρια) παίρνει την τιμή 1, ενώ όταν η επίδραση είναι δευτερεύουσας σημασίας παίρνει την τιμή 1/2.

Το διάγραμμα δείχνει ότι η **γεωλογία** είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας επίδρασης στην ρύπανση των υπογείων υδάτων. Έτσι για παράδειγμα η γεωλογία επηρεάζει άμεσα της χρήσεις γης της περιοχής, το φαινόμενο της υφαλμύρινσης, το βάθος του υδροφορέα και τη ροή των ποταμών και έμμεσα τις προστατευόμενες περιοχές (Natura), το οδικό δίκτυο και τους οικισμούς. Ο παράγοντας **χρήσεις γης** όπως διαπιστώνουμε και από το διάγραμμα παρουσιάζει σημαντική επίδραση στην ρύπανση των υπογείων υδάτων. Συγκεκριμένα εμφανίζει σημαντική επίδραση στους οικισμούς, στα ποτάμια, στις περιοχές με αυξημένη συγκέντρωση σε νιτρικά και στις περιοχές Natura και δευτερεύουσα επίδραση στη γεωλογία και στο βάθος του υδροφορέα. **Το βάθος του υδροφορέα** με τη σειρά του επηρεάζει σημαντικά τους παράγοντες χρήσεις γης, ποτάμια και περιοχές με αυξημένη συγκέντρωση σε νιτρικά και δευτερευόντως τη γεωλογία και το φαινόμενο υφαλμύρινσης που εμφανίζεται στην περιοχή. **Οι οικισμοί** επιδρούν σημαντικά στο φαινόμενο της υφαλμύρινσης και στις χρήσεις γης και λιγότερο στο βάθος του υδροφορέα. **Τα ποτάμια** επηρεάζουν σημαντικά το βάθος του υδροφορέα και τις χρήσεις γης και λιγότερο τη γεωλογία. Παρόμοια επίδραση εμφανίζουν και οι **περιοχές Natura** με κύρια επίδραση στις χρήσεις γης και στις περιοχές με αυξημένη συγκέντρωση σε νιτρικά και δευτερεύουσα επίδραση στα ποτάμια, το οδικό δίκτυο και τους οικισμούς. Ο παράγοντας **οδικό δίκτυο** εμφανίζει μόνο κύρια επίδραση στους παράγοντες χρήσεις γης και οικισμούς. Το φαινόμενο της υφαλμύρινσης και οι περιοχές με αυξημένη συγκέντρωση σε νιτρικά σύμφωνα με το σκαρίφημα προκύπτει ότι εμφανίζουν την μικρότερη επίδραση στη ρύπανση. Οι **περιοχές με αυξημένη συγκέντρωση σε**

νιτρικά για παράδειγμα επηρεάζουν άμεσα τις χρήσεις γης και έμμεσα το βάθος του υδροφορέα ενώ **το φαινόμενο υφαλμύρινης** εμφανίζει κύρια επίδραση στο βάθος του υδροφορέα και δευτερεύουσα στους οικισμούς.

Μέσω της αλληλεπίδρασης αυτής μεταξύ των διαφόρων παραγόντων προκύπτει το τελικό άθροισμα των points για τον κάθε παράγοντα.

- Γεωλογία : $4 \text{ major} + 3 \text{ minor} = 4(1) + 3(0,5) = 5,5 \text{ pts}$
- Χρήσεις γης : $3 \text{ major} + 2 \text{ minor} = 3(1) + 2(0,5) = 4 \text{ pts}$
- Βάθος υδροφορέα : $3 \text{ major} + 2 \text{ minor} = 3(1) + 2(0,5) = 4 \text{ pts}$
- Οδικό δίκτυο : $2 \text{ major} = 2(1) = 2 \text{ pts}$
- Οικισμοί: $2 \text{ major} + 1 \text{ minor} = 2(1) + 1(0,5) = 2,5 \text{ pts}$
- Ποτάμια : $2 \text{ major} + 1 \text{ minor} = 2(1) + 1(0,5) = 2,5 \text{ pts}$
- Νιτρικά: $1 \text{ major} + 1 \text{ minor} = 1(1) + 1(0,5) = 1,5 \text{ pts}$
- Υφαλμύριση : $1 \text{ major} + 1 \text{ minor} = 1(1) + 1(0,5) = 1,5 \text{ pts}$
- Natura : $2 \text{ major} + 3 \text{ minor} = 2(1) + 3(0,5) = 3,5 \text{ pts}$

Ωστόσο για να πραγματοποιηθεί μία πλήρης εκτίμηση για το βαθμό επίδρασης κάθε παράγοντα θα πρέπει να συνδυαστεί ο βαθμός επίδρασης με τα βάρη κάθε παράγοντα που έχουμε δώσει.

Για να την εξαγωγή τελικών αποτελεσμάτων και κατά συνέπεια τελικού χάρτη πραγματοποιήσαμε δύο σενάρια (Πίνακες 4 και 5) όπου αλλάξαμε τα βάρη σε κάποιους από τους παράγοντες.

Πίνακας 4:1° ΣΕΝΑΠΙΟ (Σταθερές τιμές βαρών για κάθε μία κλάση)

| Factor | Descriptive Scale | Weight (a) | Rate (b) | Weighted rating(a*b) | Total | Percentages (%) |
|-----------------|-------------------|------------|----------|----------------------|--------|-----------------|
| Γεωλογία | Very High | 10 | 5,5 | 55 | 167,75 | 25,76 |
| | High | 8 | | 44 | | |
| | Moderate | 6,5 | | 35,75 | | |
| | Low | 4 | | 22 | | |
| | Very Low | 2 | | 11 | | |
| Χρήσεις Γης | Very High | 10 | 4 | 40 | 122 | 18,74 |
| | High | 8 | | 32 | | |
| | Moderate | 6,5 | | 26 | | |
| | Low | 4 | | 16 | | |
| | Very Low | 2 | | 8 | | |
| Βάθος Υδροφορέα | Very High | 10 | 4 | 40 | 48 | 7,38 |
| | Very Low | 2 | | 8 | | |
| Οδικό Δίκτυο | Very High | 10 | 2 | 20 | 61 | 9,37 |
| | High | 8 | | 16 | | |
| | Moderate | 6,5 | | 13 | | |
| | Low | 4 | | 8 | | |
| | Very Low | 2 | | 4 | | |
| Ποτάμια | Very High | 10 | 2,5 | 25 | 76,25 | 11,72 |
| | High | 8 | | 20 | | |
| | Moderate | 6,5 | | 16,25 | | |
| | Low | 4 | | 10 | | |
| | Very Low | 2 | | 5 | | |
| Οικισμοί | Very High | 10 | 2,5 | 25 | 76,25 | 11,72 |
| | High | 8 | | 20 | | |
| | Moderate | 6,5 | | 16,25 | | |
| | Low | 4 | | 10 | | |
| | Very Low | 2 | | 5 | | |
| Natura | Very High | 10 | 3,5 | 35 | 42 | 6,45 |
| | Very Low | 2 | | 7 | | |
| Υφαλμύρυνση | Very High | 10 | 1,5 | 15 | 18 | 2,76 |
| | Very Low | 2 | | 3 | | |
| Νιτρικά | Very High | 10 | 1,5 | 15 | 39,75 | 6,1 |
| | High | 8 | | 12 | | |
| | Moderate | 6,5 | | 9,75 | | |
| | Very Low | 2 | | 3 | | |
| Total | | | | | 651 | 100 |

Σενάριο 1

Συνεπώς το ποσοστό επίδρασης κάθε παράγοντα είναι:

- Γεωλογία : $(167,75/651)*100 = 25,76 \%$
- Χρήσεις γης : $(122/651)*100 = 18,74 \%$
- Ύψος υδροφορέα : $(48/651)*100 = 7,38 \%$
- Οδικό δίκτυο : $(61/651)*100 = 9,37 \%$
- Οικισμοί: $(76,25/651)*100 = 11,72 \%$
- Ποτάμια : $(76,25/651)*100 = 11,72 \%$
- Νιτρικά: $(39,75/651)*100 = 6,1 \%$
- Υφαλμύριση : $(18/651)*100 = 2,76 \%$
- Natura : $(42/651)*100 = 6,45 \%$

Ο ολικός συντελεστής βαρύτητας όλων των παραγόντων ισούται με :

$$= 167,75 + 122 + 48 + 61 + 76,25 + 76,25 + 39,75 + 18 + 42 = 651$$

Όσον αφορά το 2^ο σενάριο δεν αλλάξαμε τους βαθμούς επίδρασης μεταξύ των παραγόντων παρά μόνο τα βάρη των παραγόντων χρήσεων γης, οδικού δικτύου και οικισμών.

Συγκεκριμένα ενώ στο 1^ο σενάριο η αντιστοιχία μεταξύ χαρακτηρισμού επίδρασης και βαρών ήταν ίδια για όλους τους παράγοντες, δηλαδή :

| | |
|-----------|-----|
| Very High | 10 |
| High | 8 |
| Moderate | 6,5 |
| Low | 4 |
| Very Low | 2 |

στο 2^ο σενάριο η αντιστοιχία στους τρεις προαναφερθέντες παράγοντες άλλαξε και πήρε την μορφή :

| | |
|-----------|---|
| Very High | 8 |
| High | 6 |
| Moderate | 4 |
| Low | 2 |
| Very Low | 1 |

Οι υπόλοιποι 6 παράγοντες διατήρησαν την αντιστοιχία του 1 σεναρίου.
Επομένως :

Πίνακας 5 : 2° ΣΕΝΑΡΙΟ (Κυμαινόμενες τιμές βαρών για κάθε μια κλάση)

| Factor | Descriptive Scale | Weight (a) | Rate (b) | Weighted rating(a*b) | Total | Percentages (%) |
|-----------------|-------------------|------------|----------|----------------------|--------|-----------------|
| Γεωλογία | Very High | 10 | 5,5 | 55 | 167,75 | 29,41 |
| | High | 8 | | 44 | | |
| | Moderate | 6,5 | | 35,75 | | |
| | Low | 4 | | 22 | | |
| | Very Low | 2 | | 11 | | |
| Χρήσεις Γης | Very High | 8 | 4 | 32 | 84 | 14,73 |
| | High | 6 | | 24 | | |
| | Moderate | 4 | | 16 | | |
| | Low | 2 | | 8 | | |
| | Very Low | 1 | | 4 | | |
| Βάθος Υδροφορέα | Very High | 10 | 4 | 40 | 48 | 8,42 |
| | Very Low | 2 | | 8 | | |
| Οδικό Δίκτυο | Very High | 8 | 2 | 16 | 42 | 7,37 |
| | High | 6 | | 12 | | |
| | Moderate | 4 | | 8 | | |
| | Low | 2 | | 4 | | |
| | Very Low | 1 | | 2 | | |
| Ποτάμια | Very High | 10 | 2,5 | 25 | 76,25 | 13,37 |
| | High | 8 | | 20 | | |
| | Moderate | 6,5 | | 16,25 | | |
| | Low | 4 | | 10 | | |
| | Very Low | 2 | | 5 | | |
| Οικισμοί | Very High | 8 | 2,5 | 20 | 52,5 | 9,2 |
| | High | 6 | | 15 | | |
| | Moderate | 4 | | 10 | | |
| | Low | 2 | | 5 | | |
| | Very Low | 1 | | 2,5 | | |
| Natura | Very High | 10 | 3,5 | 35 | 42 | 7,37 |
| | Very Low | 2 | | 7 | | |
| Υφαλμύριση | Very High | 10 | 1,5 | 15 | 18 | 3,16 |
| | Very Low | 2 | | 3 | | |
| Νιτρικά | Very High | 10 | 1,5 | 15 | 39,75 | 6,97 |
| | High | 8 | | 12 | | |
| | Moderate | 6,5 | | 9,75 | | |
| | Very Low | 2 | | 3 | | |
| Total | | | | | 570,25 | 100 |

Σενάριο 2

Συνεπώς το ποσοστό επίδρασης κάθε παράγοντα είναι:

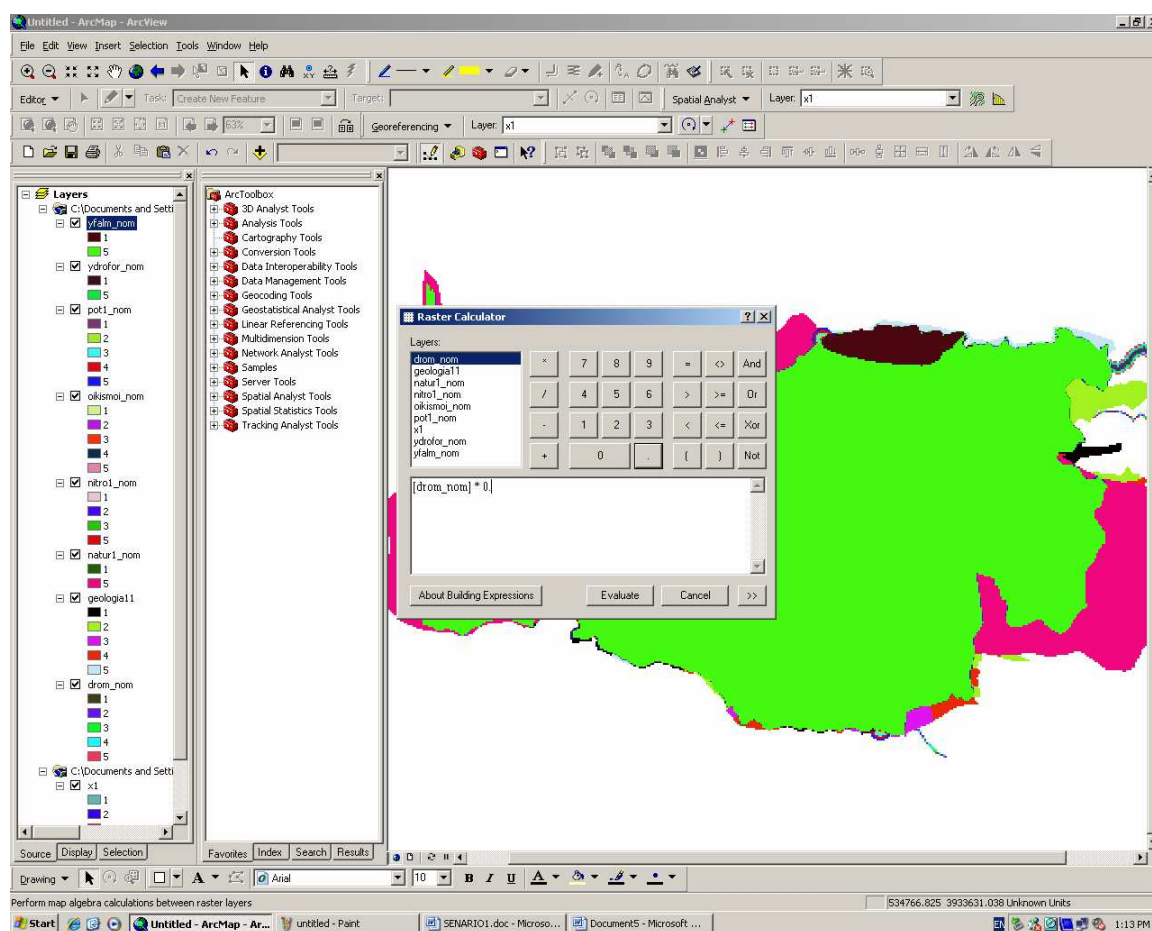
- Γεωλογία : $(167,75/570,25)*100 = 29,41 \%$
- Χρήσεις γης : $(84/570,25)*100 = 14,73 \%$
- Ύψος υδροφορέα : $(48/570,25)*100 = 8,42 \%$
- Οδικό δίκτυο : $(42/570,25)*100 = 7,37 \%$
- Οικισμοί: $(52,5/570,25)*100 = 9,2 \%$
- Ποτάμια : $(76,25/570,25)*100 = 13,37 \%$
- Νιτρικά : $(39,75/570,25)*100 = 6,97 \%$
- Υφαλμύριση : $(18/570,25)*100 = 3,16 \%$
- Natura : $(42/570,25)*100 = 7,37 \%$

Ο ολικός συντελεστής βαρύτητας όλων των παραγόντων ισούται με :

$$= 167,75 + 84 + 48 + 42 + 52,5 + 76,25 + 39,75 + 18 + 42 = 570,25$$

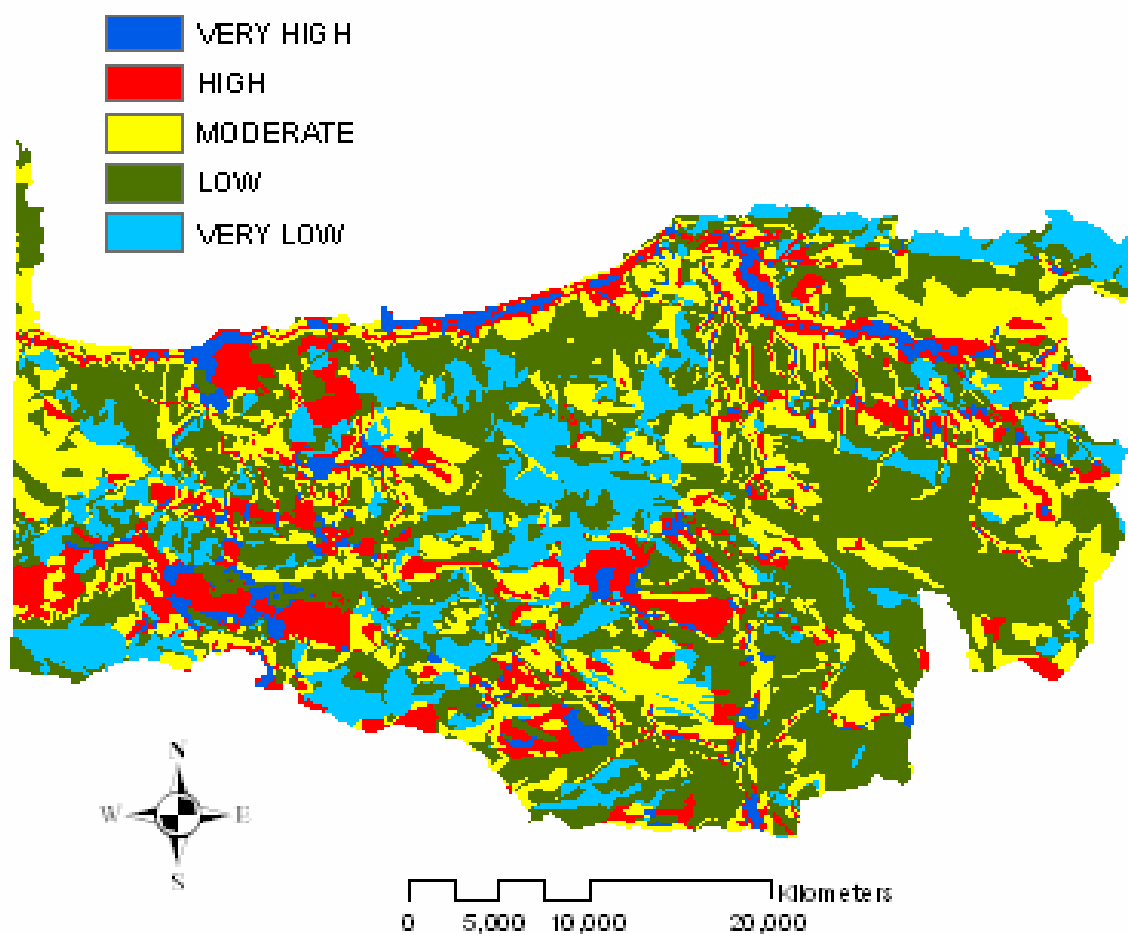
4.5 Εργαλείο συνδυασμού θεματικών επιπέδων

Για τη δημιουργία των τελικών χαρτών χρησιμοποιήθηκε από το ArcMap πρόγραμμα του GIS το εργαλείο **Raster Calculator** (Εικόνα 39) το οποίο συνδυάζει τα θεματικά επίπεδα τύπου raster των 9 χαρτών με βάση τους συντελεστές βαρύτητας που προέκυψαν για τον κάθε χάρτη.

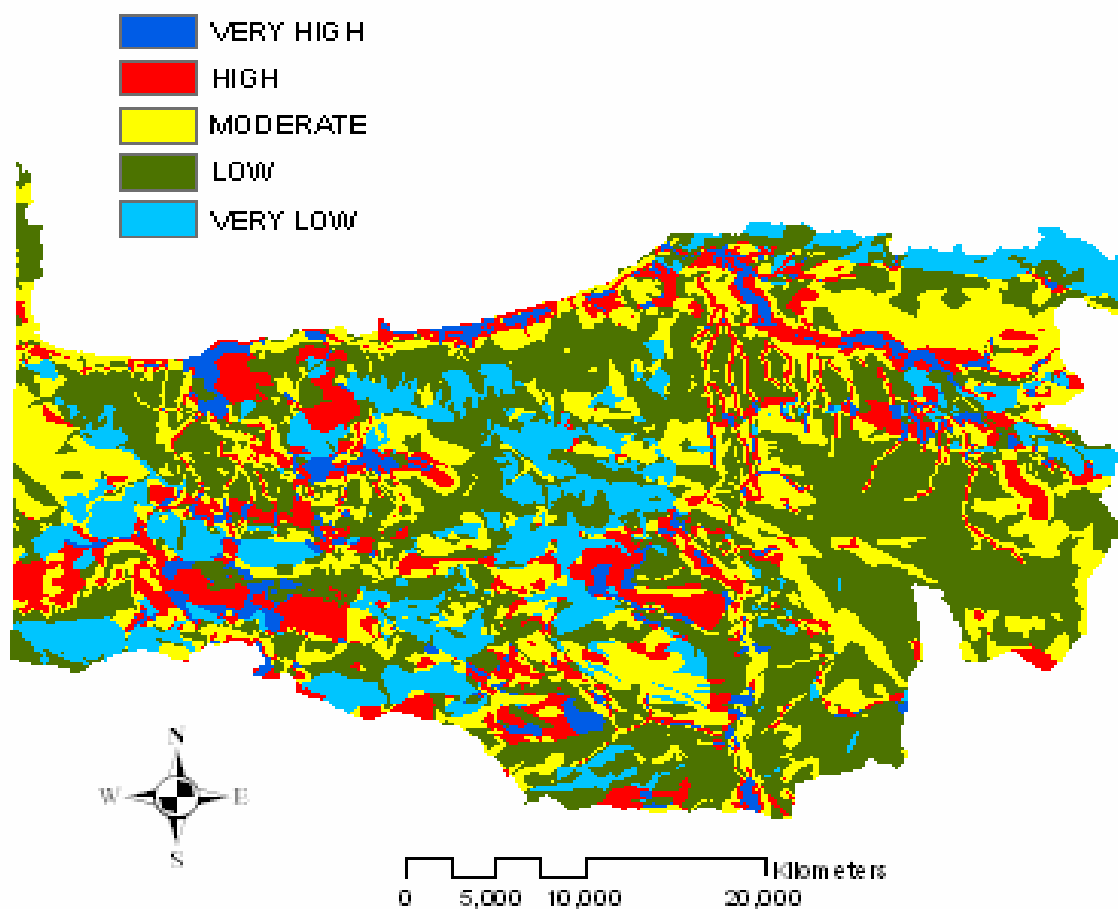


Εικόνα 37: Το εργαλείο Raster Calculator από το πρόγραμμα ArcMap για τη δημιουργία των τελικών χαρτών

Με τη βοήθεια του εργαλείου Raster Calculator καταλήξαμε σε 2 τελικούς χάρτες. Σύμφωνα με τα 2 διαφορετικά σενάρια που εφαρμόσαμε οι τελικοί μας χάρτες (Εικόνα 38,39) μας βοηθάνε να αποκτήσουμε μια πιο σαφή εικόνα της επικινδυνότητας των υπογείων υδάτων της περιοχής.



Εικόνα 38: Τρωτότητα υπογείων υδάτων για το 1 σενάριο*



Εικόνα 39: Τρωτότητα υπογείων υδάτων για το 2^ο σενάριο

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Ολοκληρώνοντας την παρούσα διπλωματική εργασία καταλήγουμε σε σημαντικά συμπεράσματα όσον αφορά τον κίνδυνο ρύπανσης των υπογείων υδάτων του Νομού Ρεθύμνου. Παρατηρούμε ότι η περιοχή που μελετήθηκε εμφανίζει αυξημένη επικινδυνότητα ρύπανσης μετά τον συνδυασμό των παραγόντων που συμβάλλουν στην επιδείνωση του φαινομένου. Αυτό επιβεβαιώνεται μέσα από τους τελικούς χάρτες (Εικόνες 38 και 39), οι οποίοι παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για τις περιοχές εκείνες που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής και ορθής διαχείρισης.

Η διπλωματική εργασία έγινε με σκοπό να εκτιμηθεί η επικινδυνότητα ρύπανσης των υπογείων υδάτων του νομού, συνδυάζοντας παράγοντες που συμβάλλουν στην τρωτότητα τους. Αυτό επιτεύχθηκε μέσω της χρήσης του προγράμματος GIS, έχοντας ως αποτέλεσμα να εξάγουμε τους τελικούς χάρτες (Εικόνες 38 και 39).

Οι χάρτες αυτοί χωρίζουν ολόκληρο το νομό σε 5 ζώνες ανάλογα με την επικινδυνότητα που παρουσιάζουν οι συγκεκριμένες περιοχές στην ευπάθεια ρύπανσης. Επιπρόσθετα, οι τελικοί χάρτες εμφανίζουν σε αρκετά ικανοποιητικό βαθμό την πραγματική κατάσταση του κινδύνου των υπογείων υδάτων στο νομό Ρεθύμνου.

Συγκεκριμένα, αν παρατηρήσουμε τους χάρτες που απεικονίζουν τις περιοχές που εμφανίζουν πολύ υψηλή και υψηλή τρωτότητα (Εικόνες 40 και 41) σε συνδυασμό με τους χάρτες των αρχείων raster (Εικόνες 27 έως 35) κάθε παράγοντα καταλήγουμε στα παρακάτω συμπεράσματα:

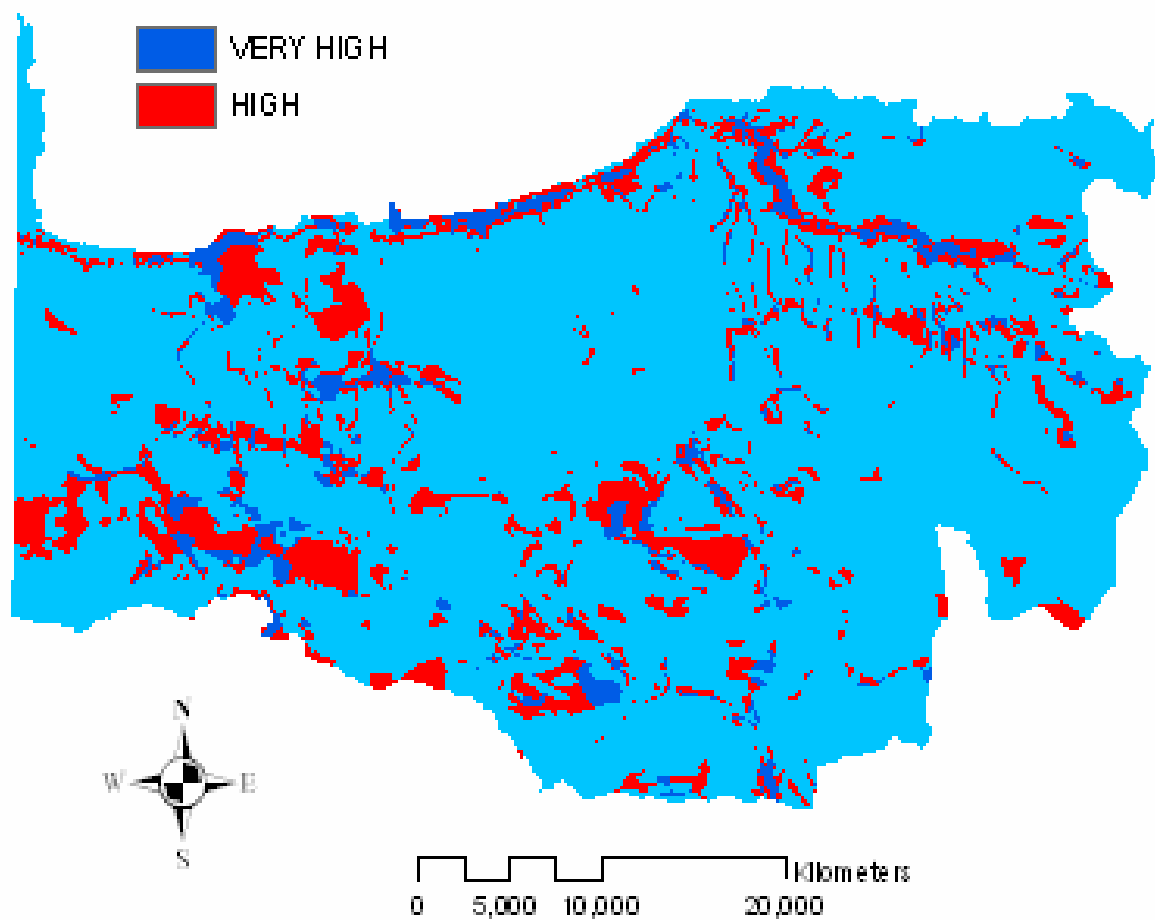
- ♦ Η σημαντικότητα της γεωλογίας, ως παράγοντα συμβολής στον κίνδυνο ρύπανσης των υπογείων υδάτων είναι αυξημένη και αυτό γίνεται αντιληπτό αν παρατηρήσουμε ότι περιοχές με διαπερατά εδάφη (καρστικοί σχηματισμοί) εμφανίζουν μεγάλη επικινδυνότητα.

- ♦ Ο παράγοντας χρήσεις γης συμβάλλει σημαντικά στην αύξηση της

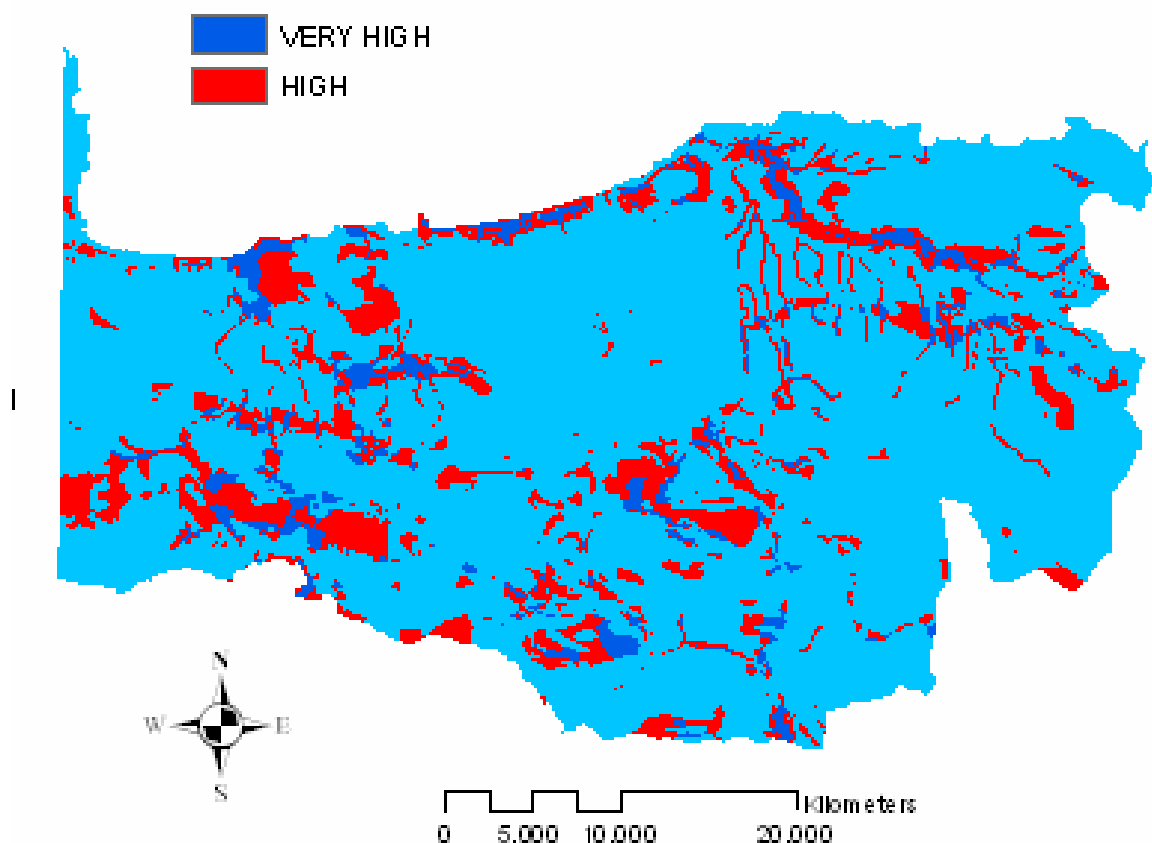
επικινδυνότητας και πιο συγκεκριμένα στις περιοχές που είναι έντονη η ανθρώπινη παρέμβαση (εγκαταστάσεις εξόρυξης μεταλλευμάτων, κ.τ.λ.) ή σε περιοχές που έχουν καταστραφεί από πυρκαγιές.

♦ Οι παράγοντες οδικό δίκτυο και τους κεντρικούς ποταμούς του νομού, παρατηρούμε ότι επηρεάζουν σημαντικά τον κίνδυνο ρύπανσης στις περιοχές κοντά στην κεντρική αρτηρία του οδικού δικτύου και στις περιοχές πολύ κοντά στις όχθες των ποταμών (Γεροπόταμο, Μεγάλο ποταμό, Πετρές).

♦ Εξίσου σημαντικό κίνδυνο ρύπανσης των υπογείων υδάτων παρουσιάζουν οι περιοχές με χαμηλό βάθος υδροφορέα και οι περιοχές που εμφανίζουν το φαινόμενο υφαλμύρινσης. Όπως είναι φανερό και από τους χάρτες (Εικόνες 38 έως 41) οι περιοχές αυτές είναι παραθαλάσσιες.



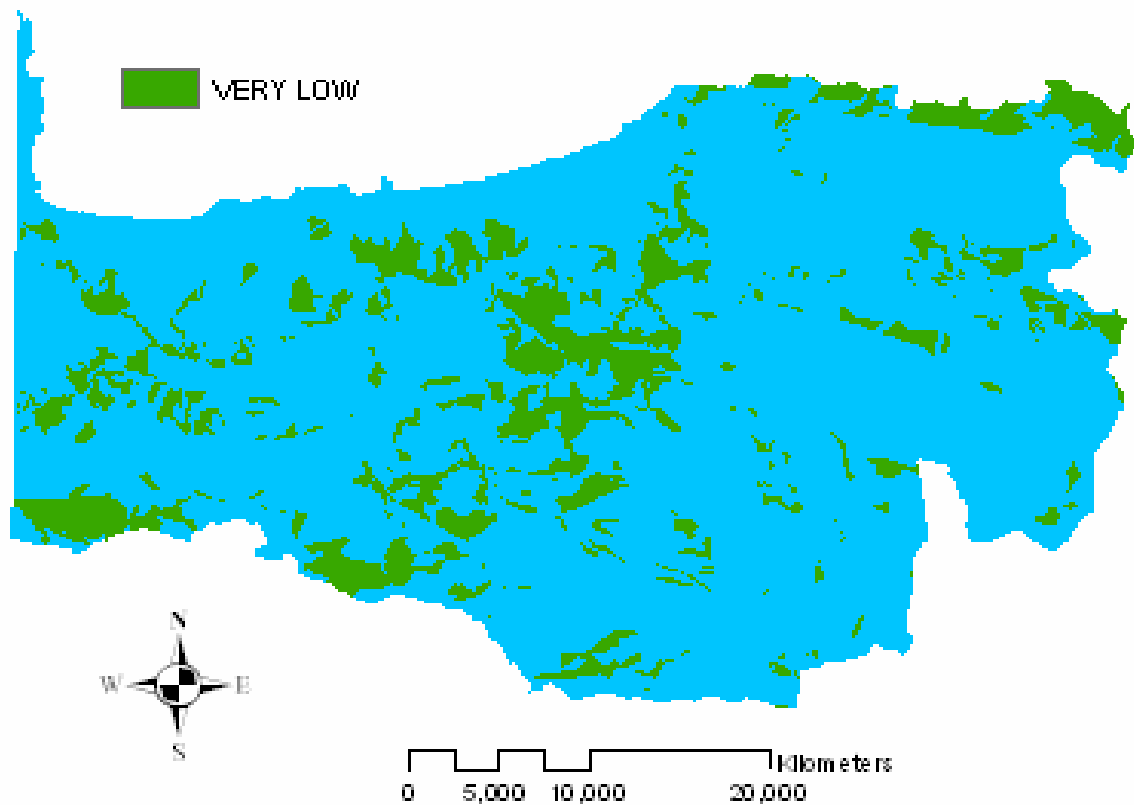
Εικόνα 40: Τελικός χάρτης 1^{οο} σεναρίου με τις περιοχές που εμφανίζουν πολύ υψηλή και υψηλή τρωτότητα υπογείων υδάτων



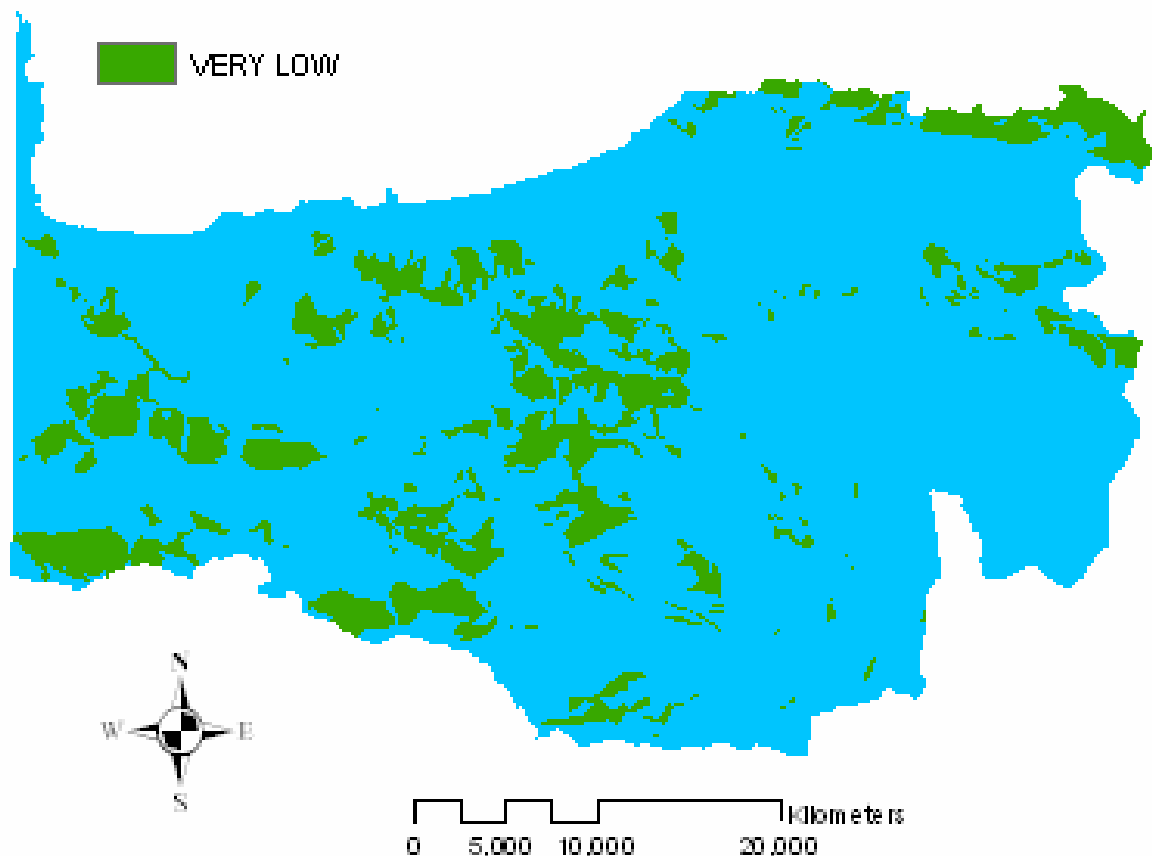
Εικόνα 41: Τελικός χάρτης 2^ο σεναρίου με τις περιοχές που εμφανίζουν πολύ υψηλή και υψηλή τρωτότητα υπογείων υδάτων

Αξίζει να επισημανθούν οι περιοχές του νομού που κινδυνεύουν λιγότερο από την ρύπανση των υπογείων υδάτων τους αλλά και να αναφερθούν οι λόγοι που συντελούν σε αυτό. Αν προσέξουμε τους χάρτες που περιγράφουν τις λιγότερο επικίνδυνες περιοχές (Εικόνες 42 και 43) συμπεραίνουμε ότι οι περιοχές που βρίσκονται σε συγκεκριμένα σημεία στην νότιο-δυτική πλευρά, στην βόρειο – ανατολική, αλλά και κεντρικά του νομού και συγκεκριμένα οι πιο ορεινές εμφανίζουν πολύ χαμηλή τρωτότητα ρύπανσης. Αυτό μπορεί εύκολα να κατανοηθεί αν λάβουμε υπόψη μας ότι η γεωλογία στις περιοχές αυτές αποτελείται από συμπαγές και βραχώδεις σχηματισμούς όπου αυτό καθιστά δύσκολο τη

ροή των υπογείων υδάτων και κατά συνέπεια των επηρεασμό τους από εξωγενείς παράγοντες. Επιπλέον οι περιοχές χαμηλής τρωτότητας περιλαμβάνουν περιοχές Natura που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής τόσο από τις τοπικές Αρχές όσο και από διεθνής οργανισμούς.



Εικόνα 42: Τελικός χάρτης 1^ο σεναρίου με τις περιοχές που εμφανίζουν πολύ χαμηλή τρωτότητα υπογείων υδάτων



Εικόνα 43: Τελικός χάρτης 2^ο σεναρίου με τις περιοχές που εμφανίζουν πολύ χαμηλή τρωτότητα υπογείων υδάτων

Αναντίλεκτα, καταλήγουμε ότι η μελέτη του κινδύνου ρύπανσης των υπογείων υδάτων μιας περιοχής παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, αφού προσφέρει πληροφορίες οι οποίες με την κατάλληλη αξιοποίησή τους αποτελούν πολύτιμο διαχειριστικό εργαλείο. Οι πληροφορίες αυτές δίνουν την δυνατότητα σε διάφορους φορείς (πολιτεία, τοπικούς δήμους, ιδιώτες) να κατανοήσουν την υπάρχουσα κατάσταση των υπογείων υδάτων τους να λάβουν μέτρα αποτροπής από τυχόν κινδύνους ρύπανσης τους και να βελτιώσουν την ποιότητα τους.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Alberta Government site, 1995-2007. Understanding Groundwater.
2. Aller L, Bennet T., Petty JR., Hackett G., 1987. DRASTIC: a standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeologic settings, Ada OK, Robert S(eds) Kerr Environmental Research Laboratory, US Environmental Protection Agency Report EPA-600/2-87-035, pp 622.
3. Civita M., 1994. Le carte della vulnerabilit  degli acquiferi all'inquinamento. Teoria and pratica (Aquifer vulnerability maps to pollution), Bologna.
4. Dally D., Dassargues A., Drew D., Dunne S., Goldscheider N., Neale S., Popescu IC., Zwahlen F., 2002. Main concepts of 'European approach' to karst-ground-water-vulnerability assessment and mapping, *Hydrogeol J* 10:340-345.
5. Dixon B., Scott HD., Dixon JC., Steele KF., 2002. Prediction of aquifer vulnerability to pesticides using fuzzy rule-based models at the regional scale, *Phys Geogr* 23:130-153.
6. Doerfliger N., Jeannin PY., Zwahlen F., 1999. Water vulnerability assessment in karst environments: a new method of defining protection areas using a multi-attribute approach and GIS tools (EPIK method), *Environ Geol* 39:165-176.
7. ESRI, 2006. Arc View 9.2 User Manuals, Environmental Systems Research, USA.
8. Gemitzi A., Petalas C, Tsihrintzis V., Pissinakis V., 2006. Assessment of groundwater vulnerability to pollution: a combination of GIS, fuzzy logic and decision making techniques, *Environ Geol* 49:653-73.

9. Gogu RC., Dassargues A., 2000. Current trends and future challenges in groundwater vulnerability assessment using overlay and index methods, *Environ Geol* 39:549-559.
10. Gogu RC., Hallet V. , 2003. Comparison of aquifer vulnerability assessment techniques. Application to the Neblon river basin (Belgium), *Environ Geol* 44:881-892.
11. Shaban A., Kwalie M., Abdallah C., 2006. Use of remote sensing an GIS to determine recharge potential dia zones : the case of Occidental Lebanon, *Environmental Journal* 14:433-443.
12. Van Stempvoort DR. ,Ewert L, Wassenaar L, 1993. Aquifer Vulnerability Index : A geographic information system - compatible method for groundwater vulnerability mapping, *Canadian Water Resources Journal* 18:25-37.
13. Heng H,H., “Modeling of the Hydrochemical Response of a Watershed to Nitrogen Loadings”, The University of Connecticut, 1996
14. Canter L., “Nitrates in Groundwater”, Lewis Publishers CPC Press Inc., 1997
15. Αντωνόπουλος Β.Ζ., “Ποιότητα και Ρύπανση Υπογείων Νερών”, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 2001.
16. Σούλιος Γ., 1986. Γενική υδρολογία, Τομ.1, Univ. Stud. Press, Θεσ/νίκη 295σ.
17. Τσακίρης Γ., 1966. Διαχείριση υδατικών πόρων μεγάλης κλίμακας. Διεθνείς εμπειρίες και προοπτικές. Πρακ.Δ. Συν. Διαχ. Υδατ. Πόρων, ΤΕΕ, Λάρισα
18. Βροντάκη Ε., 2001. Υφαλμύρωση σε Παράκτιους Υδροφορείς - Τρόποι Ανίχνευσης με τη χρήση Γεωφυσικών Μεθόδων, Διπλωματική εργασία, Χανιά.
19. Καλλέργης Γ. Διαχείριση ή Σοφή Χρήση των Υπόγειων Νερών, Εργαστήριο Υδρογεωλογίας-Τεχνικής Γεωλογίας, Πάτρα.

20. Μανιάτης Ι., 1996. Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Θεσσαλονίκη.
21. Φυτιανός Κ., 2008. Ρύπανση Υδάτινων Πόρων, παρουσίαση ημερίδας.
22. Αντωνόπουλος Β. (2001) .Σημειώσεις μαθήματος «Ρύπανση και προστασία του περιβάλλοντος» Τμήμα Γεωπονίας Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

www.meteo.gr

www.grapsas.blogspot.com

www.economis.gr

www.4crete.gr

www.dafermos.gr

www.creta-info.gr

www.rethymnon.gr

www.geo.auth.gr