

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΣΕΡΡΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ**

*Ο Καθορισμός του Συντελεστή Απορροής σε Αστικό και Περι-  
Αστικό Περιβάλλον με τη Χρήση Εργαλείων GIS.Εφαρμογή στην  
πόλη της Αλεξανδρούπολης.*

## **Υπεύθυνη Δήλωση**

Οι παρακάτω υπογράφωντες δηλώνουμε ότι είμαστε συγγραφείς της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Κάθε βοήθεια την οποία είχαμε για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην πτυχιακή εργασία. Αναφέρονται οι όποιες πηγές, από τις οποίες λήφθηκαν δεδομένα, ιδέες ή φράσεις για χρήση. Δηλώνουμε ότι αυτή η πτυχιακή εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά και μετά την παρουσίαση και την επαρκή αξιολόγηση αποτελεί πνευματική περιουσία του Τμήματος Γεωπληροφορικής και Τοπογραφίας του ΤΕΙ Σερρών, σε εφαρμογή της §4.8. του κανονισμού πτυχιακών εργασιών του τμήματος.

Στον πίνακα που ακολουθεί, οι συμβάλλοντες (*συγγραφείς και επιβλέπων*) στην εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας, **υπογράφοντας** στην αντίστοιχη στήλη, δηλώνουμε υπεύθυνα ότι επιθυμούμε

να διατίθενται τα στοιχεία σε τρίτους, μετά από έγγραφη άδεια του/ης Προϊσταμένου/ης του Τμήματος.

να παραχωρηθεί στο τμήμα εκδόσεων και Βιβλιοθήκης του ΤΕΙ Σερρών το δικαίωμα να διαθέτει το πλήρες κείμενο της πτυχιακής σε ψηφιακή μορφή από το Διαδίκτυο (*αφορά δηλαδή τη «γκρίζα βιβλιογραφία» που παράγεται στο Ίδρυμα*).

**Πτυχιακή Εργασία της**

Προς τρίτους

Βιβλιοθήκη

Γκουλιαμάνη Ειρήνη

## **Επιβλέπων Πτυχιακής Εργασίας**

Κωνσταντινίδης Αλέξανδρος

### **ΣΕΡΡΕΣ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2011 ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με τίτλο << Συντελεστής Απορροής στο αστικό και περι-αστικό Περιβάλλον της Αλεξανδρούπολης και επεξεργασία αποτελεσμάτων σε περιβάλλον Γ.Π.Σ.>> μου ανατέθηκε από τον καθηγητή Εφαρμογών και μόνιμο επιστημονικό συνεργάτη του Τεχνολογικού Ιδρύματος Σερρών κ. Κωνσταντινίδη Αλέξανδρο, τον Ιανουάριο του 2011.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Κωνσταντινίδη Αλέξανδρο, για την ανάθεση του θέματος και την πολύτιμη και δημιουργική συνεργασία. Επίσης, θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για την ευκαιρία που μου έδωσε να αποκτήσω αρκετές γνώσεις στον τομέα αυτό και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας αυτής αλλά και κατά τη διάρκεια της πρακτικής μου άσκησης ως επιβλέπων καθηγητής.

Ευχαριστώ τους καθηγητές της τριμελούς επιτροπής, κ. Παπαθεοδώρου Κωνσταντίνο Δρ. γεωλόγο και αναπληρωτή του τμήματος και κ. Ντούρο Κωνσταντίνο, καθηγητή των Γ.Σ.Π. για τις αξιόλογες συμβουλές και παρατηρήσεις τους, όπως επίσης και την κ. Τζάνου Δρ. Περιβαλλοντολόγο για τις πολύτιμες επισημάνσεις της περί τον συντελεστή απορροής.

Ευχαριστώ τους κυρίους Παπαντωνίου Γιάννη, Σισμανίδη Άρη, Θεόδωρο Γιουβανάκη και Χατζηφιλιππίδη από το τμήμα Τοπογραφίας και Πολεοδομίας της Νομαρχίας, καθώς και Τεχνικής Υπηρεσίας του Δήμου Αλεξανδρούπολης για την πολύτιμη βοήθειά τους στην συλλογή των πρωτογενων και όχι μόνο δεδομένων ώστε να μπορέσει η παρούσα εργασία να ξεκινήσει και να διεκπεραιωθεί.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσης τους συμφοιτητές μου Ιωάννα Δάγκα, Κωνσταντία Δημάδη, Ιωάννη Μανωλιό και Γιώργο Καπουσίτζη για όλη την ψυχολογική στήριξη, συμπαράσταση, κατανόηση και πίστη μου έδειξαν καθ όλη τη διάρκεια της πτυχιακής μου εργασίας, όπως επίσης και την πολύ ιδιαίτερη φίλη Δώρα Κοτζακωνσταντινίδου που είναι συνέχεια στο πλευρό μου.

Ιδιαίτερη αναφορά θα ήθελα να κάνω στον πατέρα μου Ιωάννη για το χρόνο που μου αφιέρωσε και για τη συμβολή του στην συλλογή πληροφοριών, μια διαδικασία δύσκολη και χρονοβόρα. Εξίσου σημαντική για την ολοκλήρωση της εργασία ήταν και η βοήθεια και συμπαράσταση της μητέρας μου Μάρθας στην οποία οφείλω πολλά.

Τέλος, ολοκληρώνοντας τον κύκλο των σπουδών μου με την παρούσα πτυχιακή εργασία, θα ήθελα να την αφιερώσω στα αδέρφια μου Χρήστο και Μαρίζα και σ ένα ιδιαίτερο για μένα άτομο, που άφησε το δικό του χρώμα στα 4.5 χρόνια της φοιτητικής μου ζωής.

## **Περιεχόμενα**

[Συντελεστής Απορροής στο Αστικό Περιβάλλον της Αλεξανδρούπολης και επεξεργασία αποτελεσμάτων σε περιβάλλον Γ.Π.Σ. 1](#)

[Περιεχόμενα 1](#)

[ΠΕΡΙΛΗΨΗ 2](#)

[EXECUTIVE SUMMARY 3](#)

[ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 4](#)

[Εισαγωγή 4](#)

[1.1 Γενική τοποθέτηση του προβλήματος 4](#)

[1.2 Αντικείμενο 4](#)

[1.3 Σκοπός 4](#)

[1.4 Στόχος 4](#)

[1.5 Διάρθρωση της πτυχιακής εργασίας 4](#)

[ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 5](#)

## ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΝΝΟΙΩΝ 5

2.1 Το φαινόμενο της στεγανοποίησης 5

2.2 Στεγανοποίηση και νερό 6

2.3 Προστασία εδάφους - Μέθοδοι άρσης στεγανοποίησης 6

2.4 Περαιτά υλικά κάλυψης επιφανειών 6

Γενικά χαρακτηριστικά – Πλεονεκτήματα 6

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 7

### ΤΑ GIS ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ 7

3.1. Τα ΓΠΣ 7

3.2. Γιατί λογισμικό ΓΠΣ και όχι ΣΧΑ;; 7

3.3 Παρόμοιες εργασίες 7

3.4 Πως υπολογιζόταν μέχρι τώρα;;; 7

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 7

### ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ 7

4.1. Μετεωρολογικά και κλιματολογικά στοιχεία 7

4.2 Έδαφος – Γεωλογικά χαρακτηριστικά 8

4.3 Υδρολογικά στοιχεία 8

4.4 Σεισμικότητα- Σεισμική επικινδυνότητα 8

4.5 Γεωτεχνικά χαρακτηριστικά 8

4.6 Οικοσυστήματα- Χλωρίδα και Πανίδα 8

4.7 Φυσικό Τοπίο 9

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 9

### ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ 9

#### 5. Γενικά 9

5.1. Τα βήματα που ακολουθήθηκαν ήταν: 9

#### 5.2 Προεργασία για τον υπολογισμό του συντελεστή απορροής 11

5.2.1 Δημιουργία Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους (ΨΜΕ) της περιοχής και κλίσης 12

5.2.2 Εξαγωγή χάρτη κλίσεων της περιοχής μελέτης. 12

5.2.3 Σύγκριση ψηφιακών μοντέλων srtm, aster με tin 12

5.2.4. Κλίση σε κάθε γεωλογική ενότητα 13

5.3 Καταγραφή του φαινομένου της στεγανοποίησης στις αστικές και ημιαστικές περιοχές της πόλης της Αλεξανδρούπολης. 13

5.3.1 Corine 14

[5.4 Εξαγωγή χάρτη περατότητας των εδαφών της αστικής και ημιαστικής περιοχής της Αλεξανδρούπολης. 16](#)

[5.5 Μοντέλο υπολογισμού του συντελεστή απορροής 18](#)

[5.6 Χάρτης μεταβολής του συντελεστή απορροής 23](#)

[ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 24](#)

[ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 24](#)

[ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ 25](#)

[ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α 25](#)

[ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β 27](#)

[Βιβλιογραφία 34](#)

[Διαδίκτυο 34](#)

Ευρετήριο

**Πίνακας 1:** Στατιστικά στοιχεία αναφορικά με το ποσοστό κάλυψης από αδιαπέρατα υλικά στην ευρύτερη περιοχή της Αλεξανδρούπολης,σελ 56

**Πίνακας 2:** Συντελεστές περατότητας γεωλογικών σχηματισμών και πετρωμάτων (Καλλέργης, 1999). Σελ62

**Πίνακας 3:** Μεταβολή του C1 λόγω περατότητας και κλίσης στις πεδινές - αγροτικές περιοχές της περιοχής μελέτης Περατότητα ^ σελ. 66

**Πίνακας 3.1:** Μεταβολή του C1 για τη χρήση γης «καλλιεργήσιμες εκτάσεις» στις πεδινές - αγροτικές περιοχές της περιοχής μελέτης Περατότητα ^ σελ.67

**Πίνακας 3.2:** Μεταβολή του C1 για τη χρήση γης «βιομηχανικές περιοχές» στις πεδινές - αγροτικές περιοχές της περιοχής μελέτης Περατότητα ^ σελ.67

**Πίνακας 3.3:** Μεταβολή του C1 για τη χρήση γης «θαμνώδης έκταση» στις πεδινές - αγροτικές περιοχές της περιοχής μελέτης Περατότητα σελ.68

**Πίνακας 3.4:** Μεταβολή του C1 για τη χρήση γης «χέρσα γη» στις πεδινές - αγροτικές περιοχές της περιοχής μελέτης Περατότητα ^ σελ.68

**Πίνακας 4** Ενδεικτική μεταβολή του C2 για αδιαπέρατες επιφάνειες.Κλίση σελ.69

**Πίνακας 5:** Ενδεικτική μεταβολή του C<sub>1</sub> για τη χρήση γης «καλλιεργούμενες εκτάσεις» στις ημιορεινές και ορεινές περιοχές Κλίση ^ σελ 70

**Πίνακας 5.1:** Ενδεικτική μεταβολή του C<sub>1</sub> για τη χρήση γης «αραιοκατοικημένη δόμηση» στις αστικές περιοχές Κλίση ^ σελ 71

**Πίνακας 5.2:** Ενδεικτική μεταβολή του  $C_1$  για τη χρήση γης «πυκνοκατοικημένη δόμηση» στις αστικές περιοχές Κλίση σελ 71

**Πίνακας 5.3:** Ενδεικτική μεταβολή του  $C_1$  για τη χρήση γης «δρόμοι» στις αστικές περιοχές Κλίση ^ σελ 71

**Πίνακας 5.4:** Ενδεικτική μεταβολή του  $C_1$  για τη χρήση γης «πάρκα» στις αστικές περιοχές Κλίση ^ σελ 71

**Πίνακας 6:** Ενδεικτική μεταβολή του  $C_2$  για αδιαπέρατες επιφάνειες στις αστικές - ημιορεινές και ορεινές περιοχές Κλίση σελ 71

**Πίνακας 7:** Στατιστικά στοιχεία αναφορικά με το συντελεστή απορροής σελ.75

**Σχήμα 1: Παραδείγματα διάκενων: α) καλή διαβάθμιση υλικού με υψηλό πορώδες, β) φτωχή διαβάθμιση με μικρό πορώδες, γ) καλή διαβάθμιση σε πορώδη χαλίκια με υψηλό πορώδες, δ) καλή διαβάθμιση με παρουσία ορυκτής ύλης και μειωμένο πορώδες, ε) πορώδες από διάλυση, στ) πορώδες από ρηγμάτωση (Meinzer, 1923). Σελ 62**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματεύεται την αποτίμηση και παρακολούθηση της στεγανοποίησης με βάση το προτεινόμενο μοντέλο-συντελεστής απορροής στις αστικές και περι-αστικές περιοχές της πόλης της Αλεξανδρούπολης. Η περιοχή μελέτης περιλαμβάνει τον αστικό ιστό της Αλεξανδρούπολης καθώς και τους οικισμούς που βρίσκονται γύρω από αυτή σε ακτίνα 2-3 χλμ, Χιλή, Εξώπολη, Μαΐστρος, Απαλός, καλύπτοντας συνολική έκταση περίπου 36,56km<sup>2</sup>

Ως συνέπεια της ταχείας ανάπτυξης των τελευταίων ετών στην περιοχή, ο Δ. Αλεξανδρούπολης αναδείχθηκε σε σημαντικό οικονομικό κέντρο της ευρύτερης περιοχής του νομού Έβρου. Οι οικονομικές δραστηριότητες που εντοπίζονται στο Δήμο σχετίζονται τόσο με τον πρωτογενή κλάδο της παραγωγής (γεωργοκτηνοτροφικές δραστηριότητες), όσο με το δευτερογενή (μεταποίηση) και τον τριτογενή (παροχή υπηρεσιών). Η ευρύτητα των δραστηριοτήτων συνετέλεσε στη ραγδαία αύξηση του μόνιμου πληθυσμού του Δ.Δ. ο οποίος (σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΣΥΕ για το έτος 2001) ανέρχεται στους 49.176 κατοίκους, έναντι των 38.939 το έτος 1991 (αύξηση 27,7%). Συμπληρωματικά, σύμφωνα με τη ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟ Α.Ε. και το δελτίο αποτελεσμάτων δείκτη S10 μεταβολή πληθυσμού αστικών κέντρων Κατά τη δεκαετία 1991-2001, στην Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, παρατηρείται η μεγαλύτερη αύξηση του αστικού πληθυσμού (14,4%)

Η κατασκευή των απαιτούμενων από την πληθυσμιακή αύξηση υποδομών, είχε ως συνέπεια την κάλυψη της επιφάνειας του εδάφους με αδιαπέρατα από το νερό υλικά

όπως: σκυρόδεμα, άσφαλτος, μέταλλο κ.α. Η ανθρωπογενής στεγανοποίηση του εδάφους στις αστικές περιοχές, μεταξύ άλλων, μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά της ροής των υδάτων. Έτσι, η επιφανειακή απορροή αυξάνεται δραματικά τόσο σε όγκο, όσο και σε ταχύτητα, προκαλώντας ακραία πλημμυρικά φαινόμενα. Είναι μάλιστα διεθνώς αποδεκτή η σύνδεση μεταξύ βαθμού στεγανοποίησης και κινδύνου πλημμυρών, ιδιαίτερα μάλιστα σε οικισμούς δομημένους χωρίς ικανοποιητικό σχεδιασμό.

Πέραν των μεταβολών στο υδρολογικό καθεστώς των αστικοποιημένων περιοχών, η στεγανοποίηση του εδάφους έχει σημαντικό αντίκτυπο και στις βιολογικές λειτουργίες που μπορεί αυτό να υποστηρίζει. Μπορεί μάλιστα να επιφέρει και πλήρη παύση των συγκεκριμένων λειτουργιών.

Λαμβάνοντας υπόψη πως το έδαφος είναι ένα «ζωντανό» υλικό, για τη δημιουργία λίγων εκατοστών του οποίου απαιτούνται εκατοντάδες χρόνια, είναι εύκολα κατανοητό πως το έδαφος μπορεί να θεωρηθεί ως ένας μη ανανεώσιμος φυσικός πόρος που βρίσκεται σε κίνδυνο. Οι συνέπειες της υποβάθμισης των λειτουργιών του εδάφους έχουν άμεσο αντίκτυπο στην υγεία του ανθρώπου, στη βιοποικιλότητα, στην αλλαγή του κλίματος, αλλά και στην κοινωνική ευμάρεια και ποιότητα ζωής του πολίτη. Όπως είναι εύκολα κατανοητό, η παρακολούθηση και η εκτίμηση του κινδύνου της στεγανοποίησης είναι μία αναγκαία δράση, τόσο προς την κατεύθυνση της βελτίωσης της ποιότητας ζωής, όσο και της οικονομικής ανάπτυξης.

Στο ανωτέρω πλαίσιο διενεργήθηκε η εκτίμηση του κινδύνου της στεγανοποίησης στη περιοχή μελέτης της πόλης της Αλεξανδρούπολης. Εξαιτίας της στενής σχέσης μεταξύ στεγανοποίησης και επιφανειακής απορροής, επιχειρήθηκε επιπλέον η εκτίμηση του συντελεστή απορροής. Το πνεύμα που ακολουθήθηκε ήταν η διατύπωση μίας απλής, πλην όμως ακριβούς, μεθοδολογίας εκτίμησης των δύο παραμέτρων (κίνδυνος στεγανοποίησης-συντελεστής απορροής) ώστε, να διασφαλίζεται ο γενικός της χαρακτήρας και η επαναληπτικότητά της. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν χάρτες γενικής χρήσεως της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Γ.Υ.Σ.) κλίμακας 1:50.000, δορυφορικές εικόνες προερχόμενες από το λογισμικό Google Earth, ορθοφωτοχάρτες του 1996 και του 2003 από την ηλεκτρονική σελίδα του κτηματολογίου [www.ktimatologo.gr](http://www.ktimatologo.gr). Η επεξεργασία των δεδομένων αυτών έγινε μέσω του λογισμικού Arcgis 9.3 . Για την απόκτηση μίας όσο το δυνατό πιο λεπτομερούς εικόνας για την υφιστάμενη κατάσταση της περιοχής αναφορικά με τη στεγανοποίηση και το συντελεστή απορροής, η περιοχή μελέτης διακριτοποιήθηκε σε ένα πλήθος μικρότερων τμημάτων.

Τα αποτελέσματα της προτεινόμενης μεθοδολογίας καταγράφουν ένα σχετικά χαμηλό βαθμό στεγανοποίησης της περιοχής μελέτης: μόλις το 22,2% της συνολικής έκτασης της περιοχής μελέτης εμφανίζει ποσοστά κάλυψης μεγαλύτερα του 60%. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί πως, η έλλειψη παρόμοιων διερευνήσεων στο παρελθόν δεν επιτρέπει την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικών με τις μεταβολές της στεγανοποίησης με το χρόνο. Συνεπώς, η παρούσα διερεύνηση μπορεί να αποτελέσει ως επίπεδο αναφοράς για μελλοντικές δράσεις.

Παρά τα χαμηλά επίπεδα στεγανοποίησης που εμφανίζει η περιοχή, οι τιμές του συντελεστή απορροής στο 50% περίπου της έκτασης, είναι υψηλές. Το γεγονός αυτό

μπορεί να αποδοθεί στις τιμές της μεγάλης βιομαχανικής περιοχής και την πυκνοκατοικημένη δόμηση, που παρατηρούνται στο μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας διερεύνησης, ο συντελεστής απορροής και η στεγανοποίηση στις αστικές περιοχές του Δήμου Αλεξανδρούπολης κυμαίνονται σε ποσοστό από 80 έως και 90%. Ακόμη και αν τα συγκεκριμένα ποσοστά παραμένουν σταθερά σε σχέση με το παρελθόν, το ύψος τους είναι τέτοιο που συνιστά την ανάληψη δράσεων με σκοπό τη μείωσή τους. Επιπλέον, προτείνεται η ανάληψη δράσεων και στις όμορες των αστικών αγροτικές περιοχές. Η διατύπωση κανόνων και πρακτικών μείωσης της στεγανοποίησης, θα επιφέρει τη μελλοντική ισόρροπη ανάπτυξη των περιοχών αυτών και θα αποφευχθεί ο κίνδυνος βαριάς αστικοποίησής τους.

Παρόμοιες μελέτες-διερευνήσεις θα πρέπει να λάβουν χώρα στο μέλλον, ώστε να μπορεί να καταγραφεί η μεταβολή της στεγανοποίησης και του συντελεστή απορροής με το χρόνο. Με τον τρόπο αυτό, θα μπορούν να εκτιμηθούν τα αποτελέσματα των μέτρων εναντίων της στεγανοποίησης.

Τέλος, υπενθυμίζεται πως ο βαθμός στεγανοποίησης του εδάφους για τη περιοχή μελέτης υπολογίζεται πως έχει την τιμή 49,8%