

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΥΔΡΟΥΛΙΚΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΤΟΥ ΥΠΟΦΑΝΤΟΥ
ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΒΟΥΛΗΣ

ΠΡΟΪΒΛΕΠΟΝΤΕΣ

ΧΡΗΣΤΟΣ ΚΑΙΜΟΠΟΥΛΟΣ: ΟΔΗΓΩΝ ΕΠΙΘΕΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΩΡ
ΧΡΗΣΤΟΣ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑΝΣ: ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΕΠΙΘΕΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΩΡ

ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
ΔΙΠΛΩΜΑΤΗΡΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2007

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η συμπεριφορά του υπόγειου υδροφορέα της υπολεκάνης Βόλβης, καθώς και η αλληλεπίδρασή του με τη λίμνη Βόλβη. Η περιοχή της λίμνης Βόλβης συγκεντρώνει αυξημένο ενδιαφέρον λόγω του ότι η συγκεκριμένη λίμνη είναι η δεύτερη σε μέγεθος λίμνη στον ελλαδικό χώρο, με το οικοσύστημά της να προστατεύεται από τη συνθήκη Ramsar, αλλά και λόγω του συνεχώς αυξανόμενου όγκου των προβλημάτων με τα οποία έρχεται αντιμέτωπη η ευρύτερη λεκάνη Μυγδονίας τις τελευταίες δεκαετίες και τα οποία καθιστούν τη συνολική κατάσταση μη βιώσιμη για το οικοσύστημα και τον άνθρωπο.

Η παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε με χρήση του υπολογιστικού προγράμματος MODFLOW το οποίο και θεωρείται από τα πιο αξιόπιστα υπολογιστικά προγράμματα για την επίλυση προβλημάτων που αφορούν τα υπόγεια νερά. Ως πακέτο ροής επιλέχθηκε το πακέτο block centered flow package- BCF, ενώ ως πακέτο επίλυσης επιλέχθηκε το πακέτο της υπερχαλάρωσης κατά τομές (slice successive overrelaxation package). Οι παράγοντες οι οποίοι μελετήθηκαν είναι το υδραυλικό φορτίο του υδροφορέα, η επίδρασή του στον όγκο νερού της λίμνης καθώς και τα υδατικά ισοζύγια του υδροφορέα και της λίμνης και η μεταξύ τους αλληλεπίδραση.

Για το υδατικό ισοζύγιο της λίμνης μελετήθηκε η χρονική περίοδος μεταξύ 01/ 06/ 1971 και 01/ 06/ 1981. Τα δεδομένα εισόδου αφορούσαν την αρχική πιεζομετρία και τις οριακές συνθήκες του υδροφορέα, δηλαδή το όριο σταθερού φορτίου το οποίο εφαρμόστηκε στο δυτικό όριο του υδροφορέα, το όριο σταθερής παροχής το οποίο εφαρμόστηκε περιμετρικά του υδροφορέα και με το οποίο προσομοιάστηκε η είσοδος στον υδροφορέα των κατακρημνισμάτων που κατεισδύουν και την υπολογιζόμενη παροχή των εφαρμοζόμενων αντλήσεων για τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Επίσης ως δεδομένα εισόδου χρησιμοποιήθηκαν παράγοντες της λίμνης όπως η αρχική στάθμη, το ανάγλυφο του πυθμένα, ο παράγοντας διαρροής από τον πυθμένα της λίμνης, η ποσότητα των κατακρημνισμάτων τα οποία καταλήγουν απευθείας στη λίμνη, η ποσότητα του νερού της λίμνης το οποίο εξατμίζεται, η ποσότητα του νερού το οποίο απορρέει προς τη λίμνη, καθώς και η ποσότητα του νερού το οποίο εκρέει από αυτήν.

Σε γενικές γραμμές, ο υπόγειος υδροφορέας της υπολεκάνης Βόλβης για το χρονικό διάστημα το οποίο μελετήθηκε και με τα δεδομένα τα οποία ήταν διαθέσιμα, επέδειξε μια βιώσιμη συμπεριφορά. Λαμβάνοντας όμως υπόψη την αύξηση του όγκου του νερού το οποίο αντλείται από τον υπόγειο υδροφορέα αλλά και το γενικότερο πρόβλημα υποβάθμισης της ποιότητας και της ποσότητας των νερών της λεκάνης Μυγδονίας το οποίο παρατηρείται τα τελευταία χρόνια, καθίσταται επιτακτική η ανάγκη για μια πιο συστηματική και ολοκληρωμένη προσέγγιση της υφιστάμενης και της μελλοντικής κατάστασης. Οποιαδήποτε μέτρα προστασίας και αν παρθούν θα πρέπει αφενός να εξασφαλίζουν την καλή ποιότητα των νερών, τα οποία καταλήγουν στη λίμνη και τον υπόγειο υδροφορέα και αφετέρου να διαφυλάττουν την επαρκή ποσότητα των νερών, επιφανειακών και υπόγειων, η οποία προστατεύει το οικοσύστημα και το καθιστά μακροχρόνια βιώσιμο.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
2. ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	4
2.1. ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ.....	4
2.2. ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	5
3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ.....	6
3.1. ΤΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ MODFLOW.....	6
3.1.1. Το μαθηματικό μοντέλο.....	6
3.1.2. Η συνθήκη της διακριτοποίησης.....	7
3.1.3. Η εξίσωση πεπερασμένων διαφορών.....	9
3.1.4. Οι επαναλήψεις.....	16
3.1.5. Διατύπωση των προς λύση εξισώσεων.....	19
3.1.6. Τύποι ομοιωμάτων κελιών και προσομοίωση των ορίων.....	20
3.1.7. Η εννοιολογική πλευρά της κατακόρυφης διακριτοποίησης.....	21
3.2. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ.....	26
3.2.1. Συνολική δομή.....	26
3.2.2. Όρια διατάξεων και όρια υδροφορέα.....	37
3.2.3. Ογκομετρικό ισοζύγιο.....	38
3.2.4. Παραχώρηση χώρου στο δίσκο.....	42
3.2.5. Τρισδιάστατοι δείκτες για τις διατάξεις του μοντέλου.....	42
3.2.6. Διάρθρωση των δεδομένων εισόδου.....	42
3.2.7. Διάρθρωση των δεδομένων εξόδου.....	44
3.2.8. Το κύριο πρόγραμμα.....	47
3.3. Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΥΠΕΡΧΑΛΑΡΩΣΗΣ ΚΑΤΑ ΤΟΜΕΣ.....	52
3.3.1. Αντίληψη και εφαρμογή.....	52
3.3.2. Η είσοδος του πακέτου της διαδοχικής υπερχαλάρωσης κατά τομές.....	57
3.3.3. Τεκμηρίωση των επιμέρους λειτουργιών για το πακέτο της διαδοχικής υπερχαλάρωσης κατά τομές.....	58
3.4. ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ- Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗΣ KRIGING.....	59
3.4.1. Εισαγωγή.....	59
3.4.2. Συνήθης τεχνική Kriging.....	59
3.4.3. Απλή τεχνική Kriging.....	62
3.4.4. Καθολική τεχνική Kriging.....	62
3.4.5. Επιλογές Kriging.....	62
4. ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ GMS 6.0.....	75
4.1. ΤΟ ΚΥΡΙΟ ΜΕΝΟΥ.....	75
4.2. Η ΠΑΛΕΤΑ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ.....	76
4.3. ΤΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΣΥΝΤΑΞΗΣ.....	79
4.4. ΤΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΤΩΝ ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΒΗΜΑΤΩΝ.....	79
4.5. Η ΜΠΑΡΑ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ.....	80
4.6. Ο ΕΞΕΡΕΥΝΗΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	80
4.7. ΤΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΓΡΑΦΙΚΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ.....	81

5. Η ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	82
5.1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΜΥΤΛΟΝΙΑΣ.....	82
5.2. ΓΕΝΙΚΗ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΒΟΛΒΗΣ.....	83
5.3. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	84
5.4. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ.....	85
5.5. ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	85
5.6. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ.....	87
6. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ.....	88
6.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	88
6.1.1. Εφαρμογή του κανάβου στην περιοχή μελέτης.....	88
6.1.2. Υπολογισμός των υδραυλικών παραμέτρων.....	89
6.1.2.1. Υπολογισμός της αποθηκευτικότητας.....	89
6.1.2.2. Υπολογισμός της διοχετευτικότητας.....	92
6.2. ΑΡΧΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ.....	96
6.3. ΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ.....	97
6.3.1. Όριο σταθερού φορτίου.....	97
6.3.2. Όριο σταθερής παροχής.....	98
6.3.3. Αντλήσεις.....	101
6.3.4. Λίμνη.....	102
6.4. ΠΑΚΕΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ.....	106
6.4.1. Βασικό πακέτο (Global/ Basic Package).....	106
6.4.2. Πακέτο ροής (Flow Package).....	112
6.4.3. Πακέτο επίλυσης (Solver Package).....	114
7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ.....	115
7.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	115
7.1.1 Κατανομή του φορτίου στο χώρο και στο χρόνο.....	115
7.1.2 Κατανομή της ροής από κελί σε κελί (Cell to Cell Flow- CCF) στο χώρο και στο χρόνο.....	137
7.1.3 Συνολικό ισοζύγιο όγκου.....	147
7.1.4 Ισοζύγιο όγκου της λίμνης.....	157
7.2 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ.....	164
7.2.1 Η λίμνη.....	164
7.2.2 Ο υπόγειος υδροφορέας.....	167
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	170
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	172