

Slide 1

Καλησπέρα σας, ονομάζομαι Κυριακή Ὁεοχάρη και θα σας παρουσιάσω την διπλωματική μου εργασία, με τίτλο "ΤΙΤΛΟΣ"

Πριν ξεκινήσουμε θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον Κο Νικολαΐδη, για τις γνώσεις του και την βοήθειά του, ώστε να γίνει η διπλωματική εργασία.

Slide 2

Αρχικά θα ξεκινήσουμε με μία μικρή εισαγωγή για την κλιματική αλλαγή στην Κρήτη, και στην συνέχεια γιατί επιλέχτηκε το υδρολογικό μοντέλο SWAT, και κάποιες πληροφορίες για την περιοχή μελέτης. Στην συνέχεια η μεθοδολογία που ακολούθησα, τα αποτελέσματά μου, και κάποια συμπεράσματα και προτάσεις που προέκυψαν.

Slide 5

Παρουσιάζεται το υδρολογικό μοντέλο SWAT, γιατί μπορεί να προσομοιώσει μεγάλες λεκάνες απορροής, με πολύπλοκες υδρολογικές διεργασίες με τη χρήση λίγων δεδομένων εισόδου όπως:

- Τύπος εδάφους
- Χρήσεων γης
- Μετεωρολογικών δεδομένων

και δίνει αποτελέσματα των απορροών και των ποιοτικών παραμέτρων του επιφανειακού νερού.

Στην εικόνα που παρουσιάζεται, είναι ο υδρολογικός κύκλος από το μοντέλο SWAT όπου η βροχόπτωση είναι η κύρια είσοδος νερού, όπου ένα μέρος της χάνεται λόγω της εξάτμισης και της διαπνοής. Ένα άλλο διήθεται και συμβάλλει σε πλευρική και υπογεία ροή. Ένα άλλο σε επιφανειακή απορροή.

Πάνω φαίνεται η εξίσωση του μοντέλου, όπου υπολογίζεται η μεταβολή αποθήκευσης του νερού.

Slide 6

Η περιοχή μελέτης μου είναι ο ποταμός Μύρτος και το Φράγμα των Μπραμιανών. Φαίνεται ο χάρτης του ποταμού όπου βρίσκεται στην Ανατολική Κρήτη. Έχει έκταση περίπου 96 τετραγωνικά χιλιόμετρα.

(Ξεκινάει από τη νότια πλευρά του όρους Δείκτη, μέχρι το Λιβικό πέλαγος)

Επίσης η λεκάνη παρουσιάζει έντονο ανάγλυφο, με μεγάλο εύρος υψομέτρων, όπου επιρρεάζει την γρήγορη απορροή των υδάτων, και έχει υψηλές κλίσεις στα ανάντι τμήματά του και μικρότερες στα κατόντι του.

Slide 7

Το Φράγμα των Μπραμιανών είναι το βασικό υδατικό έργο της περιοχής. Χρησιμοποιείται μόνο για αρδρευτικούς σκοπούς. Η μέγιστη χωρητικότητά του είναι 16 εκατομμύρια κυβικά μέτρα. Όπως βλέπουμε και από την εικόνα του Φράγματος, δέχεται μεγάλες πιέσεις λόγω των καλλιεργειών και των θερμοκηπίων που υπάρχουν στην περιοχή, όπου οι καλλιέργειες και τα θερμοκήπια αρδρεύονται κυρίως από γεωτρήσεις, όπου θα το δούμε αργότερα στην παρουσίαση.

Slide 8

Τώρα περνάμε στον σκοπό της διπλωματικής μου, όπου είναι η διαχείριση των υδάτινων πόρων της περιοχής μελέτης. Ο δεύτερος σκοπός είναι η εκτίμηση του υδατικού ισοζυγίου και της επιφανειακής απορροής ('64 έως '20) με τη χρήση SWAT. Τέλος, η αξιολόγηση της συμβολής του ταμιευτήρα Μπραμιανών στην κάλυψη των αρδρευτικών αναγκών της περιοχής.

Slide 9

Ακολουθεί η μεθοδολογία μου, όπου αρχικά εισέρχονται δεδομένα εισόδου στο SWAT, όπου τα δεδομένα είναι:

- οι μεωρολογικοί σταθμοί Male, Mithi (για την βροχοπτώση)
- Καστέλ, Καψάλι (για την θερμοκρασία)
- Οι χρήσεις γης της περιοχής
- Πετρώματα
- Χάρτες και συντεταγμένες της περιοχής

Μετά το SWAT μας δίνει δεδομένα εξόδου:

- τον χάρτη λεκάνης απορροής
- και τα υδρολογικά δεδομένα της

Όπου γίνεται η βαθμονόμισή τους, βάση με τα πραγματικά δεδομένα ακι η επαλήθευση του μοντέλου με τους τρεις στατιστικούς δείκτες:

- NSE (ένεση)
- PBIAS (πί-μπιάς)
- RSR

και αφού είδαμε ότι το μοντέλο προσομοιώνει τις πραγματικές τιμές πολύ καλά, προχωράμε στην εισαγωγή των νέων δεδομένων για το 2000 μέχρι το 2020.

Ξανατρέχουμε το SWAT και μας δίνει το ετήσιο υδατικό ισοζύγιο για το '64 μέχρι το '20 για τον Μύρτο και τα Μπραμιανά και τις παροχές τους.

Κανονικά με αυτά τα δεδομένα εξόδου του SWAT, θα γινόταν το ισοζύγιο του Φράγματος και κάποια σενάρια για το πώς μπορούμε να καλύψουμε τις αρδρευτικές ανάγκες της περιοχής. Όμως όπως αναφέραμε και στην εισαγωγή, το Φράγμα των Μπραμιανών δέχεται αρκετές πιέσεις λόγω των θερμοκηπίων και των καλλιέργειών, όπου αρδρεύονται με γεωτρήσεις. Δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα για την αρδρευόμενη ποσότητα, ούτε για τη συχνότητα των χρήσεων τους.

Οπότε η διπλωματική περιορίστηκε στην αξιολόγηση των παροχών του Μύρτου και των Μπραμιανών για την κάλυψη των αρδρευτικών αναγκών.

Slide 10

Όα παρουσιάζουν τώρα τα διαγράμματα της επαλήθευσης του ποταμού Μύρτου και του Φράγματος Μπραμιανών

Αρχικά βλέπουμε το διάγραμμα της επαλήθευσης για τον Μύρτο, όπου με πορτοκαλί χρώμα είναι οι μοντελοποιημένες παροχές σε κυβικά μέτρα ανά δευτερόλεπτο, και με μπλε χρώμα οι πραγματικές παροχές.

Ο πίνακας που είναι από κάτω δείχνει τα όρια των τριών στατιστικών δεικτών, και αν η βαθμονόμηση είναι καλή (Good) ή Πολύ καλή (Very Good).

Όπως βλέπουμε και από το διάγραμμα οι μοντελοποιημένες τιμές σφεδόν ταυτίζονται με τις πραγματικές, οπότε αυτό δείχνει μία καλή βαθμονόμηση, και το βλέπουμε και από τους δείκτες μας, πιο συγκεκριμένα

- ο NSE (ένεση) είναι 0.94, όπου είναι στο Very Good.
- Επίσης ο PBIAS (πί-μπάις) είναι 1.73 όπου και αυτός είναι στο Very Good
- Ο RSR είναι 0.07, και αυτός στο Very Good

Επίσης έγινε ακόμα ένας έλεγχος για να δούμε εάν το μοντέλο προσομοιώνει σε ικανοποιητικό βαθμό τις πραγματικές τιμές.

Slide 11

Οπότε Φτιάχτηκε το διάγραμμα της συχέτησης των παροχών του Μύρτου για το διάστημα '64 - '81 όπου βλέπουμε στον άξονα y τις παροχές από την προσωμοίωση του SWAT, ενώ στον άξονα x τις πραγματικές παροχές. Βλέπουμε ότι ο συντελεστής συσχέτισης R τετράγωνο είναι πολύ καλός (0,9943), και επιβεβαιώνει την ακρίβεια του μοντέλου για τον ποταμό Μύρτο.

Slide 12

Τώρα περνάμε στο Φράγμα των Μπραμιανών, όπου ακολούθησε η ίδια λογική.

Βλέπουμε με γκρι χρώμα τις μοντελοποιημένες παροχές του SWAT, ενώ με πορτοκαλί τις πραγματικές παροχές. Και οι δύο παροχές είναι σε κυβικά μέτρα ανά second.

Σε αντίθεση με τον Μύρτο, η επαλήθευση του μοντέλου έγινε για τα έτη '64 - '79.

Όπως και πριν, κάτω είναι ο πίνακας των τριών συντελεστών για την καλή και πολύ καλή βαθμονόμηση.

Πάνω βλέπουμε τους τρεις στατιστικούς δείκτες της επαλήθευσης.

- Ο NSE (ένεση) είναι 0.68 και είναι στα ικανοποιητικά
- Ο $PBIAS$ (πί-μπιάς) είναι -0.41 που είναι στα πολύ καλά
- Ο RSR είναι πάλι στα πολύ καλά

Οπότε βλέπουμε ότι το μοντέλο και για το Φράγμα των Μπραμιανών είναι αρκετά ικανοποιητικό.

Slide 13

Έγινε πάλι έλεγχος της συσχέτισης των αθροιστικών παροχών όπως και στου Μύρτου. Βλέπουμε ότι ο συντελεστής συσχέτισης είναι 0,9971. Οπότε βλέπουμε και από εδώ ότι και αυτό το μοντέλο είναι εξίσου ικανοποιητικό.

Slide 14

Τώρα περνάμε στα αποτελέσματά μας, όπου παρουσιάζεται το ετήσιο υδατικό ισοζύγιο για την λεκάνη απορροής του ποταμού Μύρτου και του Φράγματος των Δραμιανών για τα έτη '64 - 2020. Βλέπουμε ότι η βρχοπτώση είναι περίπου 580 χιλιοστά. Επίσης το μεγαλύτερο ποσοστό είναι η πλευρική υπογεια ροή με περίπου 41.5%. Μετά είναι η εξάτμιση και διαπνοή περίπου στα 38% όπου αυτό δείχνει την έντονη επίδραση του κλίματος και της βλάστησης. Μετά είναι η επιφανειακή απορροή (περίπου

13%). Μετά η συμβολή του ρηχού υδροφόρεα, 2%. Στα πιο μικρά ποσοστά είναι η επαναεξάρτηση και η βαθιά διήθηση του υπόγειου υδρογορέα. Αυτό δείχνει περιορισμένη τροφοδοσία των βαθύτερων υδροφόρων. Τέλος, η μεταβολή αποθήκευσης νερού (δηλαδή το ΔS) είναι -1.85 χιλιοστά, δηλαδή πρακτικά μηδενική. Αυτό λέει ότι οι εκροές είναι οριακά μεγαλύτερες από τις εισροές. Για αυτό το λόγο μειώνεται η ποσότητα νερού στο σύστημα.

Slide 15

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι αθροιστικές παροχές του Μύρτου και του Φράγματος.

Πρώτα βλέπουμε τις αθροιστικές παροχές για την περίοδο των 51 ετών.

Με μπλε χρώμα βλέπουμε τις αθροιστικές παροχές σε εκατομμύρια κυβικά το χρόνο, και με πορτοκαλί τη μέση ετήσια αθροιστική παροχή.

Ακόμα από το διάγραμμα μπορούμε να δούμε ότι η πορεία της παροχής είναι σχεδόν ακαθόριστη, με τις τιμές της να αλλάζουν απότομα σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα.

Η μικρότερη ετήσια παροχή που καταγράφηκε ήταν 10 εκατομμύρια κυβικά για το έτος 1995.

Η μέγιστη καταγράφηκε το 2020 με 60 εκατομμύρια κυβικά, λόγω των έντονων καιρικών συνθηκών που επικρατούσαν στην περιοχή.

Η μέση ετήσια παροχή ισούται περίπου με 29 εκατομμύρια κυβικά τον χρόνο.

Slide 16

Όπως και πριν, με την ίδια λογική κατασκευάστηκε διάγραμμα παροχής και για το Φράγμα των Μπραμιανών.

Βλέπουμε ότι με μπλε χρώμα είναι οι ετήσιες αθροιστικές παροχές, και με πορτοκαλί η μέση ετήσια αθροιστική παροχή.

Εδώ είναι πολύ ενδιαφέρον να δούμε ότι ο μέγιστος όγκος του Φράγματος είναι 16 εκατομμύρια κυβικά μέτρα, και αυτή την τιμή δεν την φτάνει σχεδόν ποτέ, εκτός του 2020 λόγω των έντονων καιρικών φαινομένων.

Η μικρότερη ετήσια παροχή ήταν 4 εκατομμύρια κυβικά, το 1995

Η μεγαλύτερη το 2020, στα 16 εκατομμύρια κυβικά

Η μέση 9 εκατομμύρια κυβικά

Slide 17

Εκτός από τα δεδομένα της προσομοίωσης, υπάρχουν και (ελλειπή) δεδομένα της πλήρωσης του Φράγματος από τον ΤΟΕΒ Ιεράπετρας, που τα καταγράφει από το 2015 έως και σήμερα. Τα δεδομένα αυτά συμβαδίζουν με την προσομοίωση για το διάστημα που είναι διαθέσιμα, με μικρές διαφορές. Η μικρή αυτή διαφορά μπορεί να εξηγηθεί από τον δείκτη *NSE* (ένεση), που είναι στα όρια του ικανοποιητικού.

Από αυτά τα δεδομένα και από την προσομοίωση είναι εμφανές ότι η πλήρωση του Φράγματος είναι αδύνατη, εκτός εάν υπάρξουν ακράια καιρικά φαινόμενα, σαν το 2020.

Slide 18

Για να στηρίξουμε αυτό το συμπέρασμα, Φτιάχτηκε το διάγραμμα πιθανότητας μη-πλήρωσης του ταμιευτήρα, όπου στον άξονα *y* είναι η πιθανότητα να μην γεμίσει το Φράγμα, και στον άξονα *x* η αθροιστική παροχή ανά έτος.

Από αυτό το διάγραμμα, μπορούμε να επιβεβαιώσουμε πως η πιθανότητα να μην είναι γεμάτο το Φράγμα ($x = 16$ εκατομμύρια) είναι της τάξεως του 95%.

Slide 19

Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αρδρευτικών αναγκών, όπου υπολογίστηκαν με τη χρήση του χάρτη άρδρευσης από την επίσημη ιστοσελίδα του ΤΟΕΒ Ιεράπετρας, όπου δείχνει ότι το Φράγμα τροφοδοτεί την δημοτική ενότητα Ιεράπετρας, και τον δήμο της Ιεράπετρας.

Δίπλα βρέθηκαν τα στρέμματα που εξυπηρετεί το Φράγμα σε κάθε περιοχή από τα δεδομένα της ΕΛΣΤΑΤ για το 2020.

Βλέπουμε τα περισσότερα στρέμματα είναι δενδρώδεις που είναι 40 χιλιάδες για τον δήμο Ιεράπετρας και 31 χιλιάδες για την Δημοτική Ενότητα Ιεράπετρας.

Τα θερμοκήπια για όλη την περιοχή είναι 11 χιλιάδες περίπου.

Slide 20

Τώρα βλέπουμε πως υπολογίστηκαν οι ετήσιες αρδρευτικές ανάγκες όπου από πριν έχουμε υπολογίσει πως χρειαζόμαστε 8

χιλιάδες εκτάρια, δηλαδή 86 εκατομμύρια 367 χιλιάδες τετραγωνικά μέτρα αρδρευόμενη έκταση.

Με πολλαπλασιασμό 0.5 μέτρα ανά χρόνο υπολογίζεται ότι οι ετήσιες αρδρευτικές ανάγκες είναι 43 εκατομμύρια κυβικά μέτρα ανά έτος.

Από τις μέσες αθροιστικές παροχές, είναι προφανές πως δεν αρκούν για να καλυφθούν οι αρδρευτικές ανάγκες. Δεν υπάρχει σενάριο εκτροπής που θα ικανοποιήσει τις ανάγκες αυτές. Ακόμα και εάν όλη η παροχή του ποταμού Μύρτου τροφοδοτούνταν στον Φράγμα των Μπραμιανών, κάτι ανέφικτο λόγω των καταστροφικών οικολογικών επιπτώσεων που θα ακολουθούσαν, δεν θα ήταν αρκετό για τις ανάγκες της περιοχής.

Η κάλυψη της ανάγκης γίνεται μέσω γεωτρήσεων.

Slide 21

Εδώ φαίνεται ο χάρτης των γεωτρήσεων της περιοχής, όπου βλέπουμε με σκούρο μπλε τις γεωτρήσεις, και με ανοιχτό γαλάζιο τα πηγάδια.

Η ποσότητα των πηγαδιών θα ήταν πολύ μεγάλη ακόμα και αν δεν ήταν τόσο κοντά στη θάλασσα. Η απόστασή τους από τη θάλασσα τα κάνει να επιβαρρύνουν τον υδροφόρο ορίζοντα περισσότερο. Μάλιστα, φαινόμενα τοπικής εφ'αλμύρισης έχουν ήδη αρχίσει να εμφανίζονται από τον Μάιο του 2025, βάσει του δήμου της Ιεράπετρας.

Το γεγονός ότι δεν υπάρχουν δεδομένα άντλησης για τα πηγάδια είναι ανησυχητικό.

Slide 22

Περνάμε στα συμπεράσματα και τις προτάσεις:

- Δυσκολία της μοντελοποίησης του ταμειυτήρα των Μπραμιανών, λόγω της έλλειψης αξιοπίστων δεδομένων γεωτρήσεων
- Επίσης η αδυναμία κάλυψης αρδρευτικών αναγκών και η αδυναμία πλήρωσης του Φράγματος των Μπραμιανών
- Λόγω αυτού έχουμε εξάρτηση από τους υπογείους υδροφόρους, με κίνδυνο υφ'αλμύρισης
- Μία πρόταση είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα παρακολούθησης των γεωτρήσεων για τη βιώσιμη διαχείριση των υδάτινων πόρων

ΤΕΛΟΟΟΟΟΟΟΣ ΤΑ ΚΑΤΑΦΕΡΕΣ ΑΓΑΠΗ < 3