



Πολυτεχνείο Κρήτης

Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ
ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΑΛΙΩΝ - ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ
ΜΟΝΤΕΛΟΥ WEAP ΚΑΙ ΕΞΕΤΑΣΗ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΩΝ
ΣΕΝΑΡΙΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΟΥ
ΜΑΡΚΑΚΗ ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ

ΧΑΝΙΑ, ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ, 2020

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για μη κερδοσκοπικό σκοπό, εκπαιδευτικού ή ερευνητικού χαρακτήρα, με την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για άλλη χρήση θα πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πολυτεχνείου Κρήτης.



Πολυτεχνείο Κρήτης

Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΑΛΙΩΝ - ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ
ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ WEAP ΚΑΙ ΕΞΕΤΑΣΗ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΟΥ
ΜΑΡΚΑΚΗ ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ :
Καθηγητής Γεώργιος Καρατζάς
Καθηγητής Νικόλαος Νικολαΐδης
Μεταδιδακτορικός Ερευνητής Τριχάκης Ιωάννης

Περίληψη

Το νερό είναι ένας από τους σημαντικότερους φυσικούς πόρους και ίσως το πιο ζωτικό αγαθό στη ζωή καθώς είναι αδύνατη η ύπαρξη ζωής στο πλανήτη δίχως τη παρουσία νερού. Οι συνεχώς αυξημένες ανάγκες για ύδρευση και άρδευση που επικρατούν τα τελευταία χρόνια, η ρύπανση των επιφανειακών αλλά και υπόγειων υδάτων καθώς και η κλιματική αλλαγή δημιουργούν σημαντικά προβλήματα, με αποτέλεσμα να κρίνεται επιτακτική η ανάγκη λήψης κατάλληλων μέτρων για την ορθή διαχείριση του νερού και της εξοικονόμησης του.

Στη Κρήτη, και πιο συγκεκριμένα στο νομό Ηρακλείου, η κατανάλωση νερού αυξάνεται με ραγδαίους ρυθμούς, με αποτέλεσμα την εμφάνιση προβλημάτων όσον αφορά την ποιότητα και τη ποσότητα του νερού. Το πρόβλημα αυτό γίνεται εντονότερο κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, καθώς η Κρήτη αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους τουριστικούς προορισμούς παγκοσμίως με χιλιάδες τουρίστες κάθε χρόνο να την επισκέπτονται.

Με τη βοήθεια του διαχειριστικού μοντέλου WEAP, καταγράφηκε η υπάρχουσα κατάσταση της περιοχής μελέτης και αναλύθηκαν τα αποτελέσματα αυτής. Επιπλέον, δημιουργήθηκαν μελλοντικά πιθανά σενάρια για την ανάδειξη πιθανών προβλημάτων σχετικά με την επάρκεια των υδατικών πόρων και της κάλυψης των αναγκών ύδρευσης και άρδευσης, όπου και παρουσιάζονται εκτενώς. Τα σενάρια αυτά είναι η αύξηση του πληθυσμού της περιοχής μελέτης, η αύξηση της γεωργίας, η αύξηση των ξενοδοχειακών μονάδων καθώς και η αύξηση μέσης ημερήσιας κατανάλωσης νερού ανά κάτοικο.

Το WEAP, εφαρμόστηκε στην ευρύτερη περιοχή Μαλίων – Χερσονήσου, όπου κατά την υφιστάμενη κατάσταση παρουσιάστηκαν προβλήματα στην επάρκεια νερού για τη κάλυψη των αναγκών κατά τους μήνες ξηρασίας και μήνες αύξησης της τουριστικής κίνησης, κυρίως για άρδευση. Η εφαρμογή των σεναρίων ανέδειξε πιθανές αδυναμίες στη ζήτηση και παροχή νερού και εξάντληση των υδροφορέων, δημιουργώντας ερωτήματα και κρίνοντας αναγκαία την ορθή διαχείριση των υδατικών πόρων.

Abstract

Water is one of the most important natural resources and perhaps the most vital asset in life, as it is impossible for life to exist without the presence of water. The increasing need for water supply and irrigation, the pollution of surface and groundwater as well as climate change create significant problems, resulting in the urgent need of proper water management and savings.

In Crete, and more specifically in the Prefecture of Heraklion, water consumption is increasing rapidly, and as a result problems regarding the quality and quantity of the water have surfaced. These problems become more acute especially during the summer months, as Crete is one of the most important tourist destinations in the world attracting thousands of visitors every year.

With the help of the WEAP management model, the current situation of the study area was recorded and its results were analyzed. In addition, future possible scenarios have been created to highlight potential problems related to the adequacy of water resources and the coverage of water supply, where they are presented extensively below. These scenarios simulate: the increase of the population, the increase of agriculture, the increase of hotel units and the increase of the daily average water consumption per person.

WEAP was conducted in the wider area of Malia - Hersonissos, where during the current situation there were problems with the coverage of water needs during the drought and high tourist season, mainly for irrigation. The implementation of the scenarios highlighted possible weaknesses in water demand and supply as well as depletion of aquifers, therefore the proper management of water resources is necessary.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς το κ. Γεώργιο Καρατζά, επιβλέποντα της διπλωματικής μου εργασίας και καθηγητή μου, για την εύρεση του παρόντος θέματος και την ουσιαστική καθοδήγησή του καθ' όλη αυτή τη διάρκεια αυτής.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον κ.Τριχάκη Ιωάννη για την πολύτιμη βοήθεια του και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της δουλειάς μου, για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου και τις πολύτιμες υποδείξεις του, όπως και για την εξαιρετική συνεργασία, μα πάνω από όλα για την απεριόριστη υπομονή που έδειξε σε εμένα.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Βαρουχάκη Εμμανουήλ και την κα. Βοζινάκη Ειρήνη για τις πολύτιμες πληροφορίες που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Δε θα μπορούσε να λείπει ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου και στους φίλους μου, που μέσα σε όλα αυτά τα χρόνια στάθηκαν δίπλα μου και με στήριξαν με πολύ αγάπη.

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	4
Abstract.....	5
Ευχαριστίες	6
Πίνακας Περιεχομένων	7
Κατάλογος Εικόνων.....	9
Κατάλογος Πινάκων	11
1. Εισαγωγή	12
1.1 Διαχείριση Υδατικών Πόρων	12
1.1.1 Μελλοντικοί Στόχοι Διαχείρισης Υδατικών Πόρων	13
Νομοθετικό Πλαίσιο.....	15
1.2 Λεκάνες Απορροής	18
1.3 Φυσικά Χαρακτηριστικά.....	20
1.3.1 Υδρογραφία	23
1.4 Κλίμα.....	24
1.5 Φυσικοί Πόροι	25
1.6 Πληθυσμός	27
1.7 Χρήσεις Γης	29
1.7.1 Κύριες Χρήσεις Νερού.....	29
1.8 Κατηγορίες Χρήσεων Νερού	30
1.8.1 Οικιακή Χρήση	30
1.8.2 Βιομηχανική Χρήση.....	31
1.8.3 Γεωργοκτηνοτροφική Χρήση	36
2 Διαχειριστικό Μοντέλο WEAP	39
2.1 Γενικά.....	39
2.2 Εφαρμογή του WEAP στην ευρύτερη περιοχή Μαλίων-Χερσονήσου	46
2.2.1 Καθορισμός γενικών παραμέτρων	46
2.3 Δημιουργία Κόμβων Ζήτησης.....	48
2.3.1 Κόμβοι ζήτησης για Ύδρευση	49
2.3.2 Κόμβος Ζήτησης για Άρδευση.....	51
2.3.3 Κόμβοι Προσφοράς.....	53
2.3.4 Άλλοι κόμβοι προσφοράς (Other Supply)	56
2.3.5 Κόμβοι Ταμιευτήρων	57
2.3.6 Προτεραιότητα Κόμβων και Σύνδεσμοι Μεταφοράς.....	59
2.3.7 Ροή Επιστροφής	59
2.3.8 Κόμβος Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων	60
3 Αποτελέσματα Υφιστάμενης Κατάστασης	62

3.1	Γενικά.....	62
3.2	Έλλειμμα Κόμβων Ζήτησης.....	62
3.3	Κάλυψη Αναγκών Κόμβων (Coverage)	64
3.4	Αποθηκευτικότητα Υδροφορέων (Storage).....	65
4	Καθορισμός Σεναρίων	67
4.1	Γενικά.....	67
4.2	1 ^ο Σενάριο: Αύξηση Πληθυσμού	67
4.3	2 ^ο Σενάριο: Αύξηση Γεωργίας.....	70
4.4	3 ^ο Σενάριο: Αύξηση του αριθμού των Ξενοδοχείων	73
4.5	4 ^ο Σενάριο: Αύξηση ημερήσιας ανάγκης ζήτησης κατοίκων σε ύδρευση.....	76
5	Σύνοψη-Συμπεράσματα.....	78
6	Βιβλιογραφία.....	80
7	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	83
8	84

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1. Στάδια Ολοκληρωμένης Διαχείρισης [Τσακίρης, 2012].....	13
Εικόνα 2. Διαθεσιμότητα Υδατικών Πόρων ανα τον κόσμο [FAO, 2007]	14
Εικόνα 3. Ταξινόμηση της οικολογικής κατάστασης και αντίστοιχος χρωματικός κώδικας, σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ [ΕΛΚΕΘΕ].....	15
Εικόνα 4. Υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας [Γενική Γραμματεία Υδάτων]	16
Εικόνα 5. Λεκάνες απορροής Κρήτης [Σχέδιο Διαχείρισης Λεκάνης Απορροής Κρήτης, ΥΠΕΚΑ].	18
Εικόνα 6. Σχηματική απεικόνιση Λεκανών Απορροής.....	19
Εικόνα 7. Χάρτης της περιοχής μελέτης	20
Εικόνα 8. Υδρολιθολογικός Χάρτης Κρήτης [Σχέδιο Διαχείρισης Λεκάνης Απορροής Κρήτης, ΥΠΕΚΑ].....	23
Εικόνα 9. Κλιματικός Χάρτης Ελλάδας [Κατερίνα Κλωνάρη, Τμήμα Γεωγραφίας Πανεπιστημίου Αιγαίου].....	24
Εικόνα 10. Ποταμός Αποσελέμη [www.cretanbeaches.com]	25
Εικόνα 11. Δάσος Αζιλάκων [Δ. Αναστασάκης]	25
Εικόνα 12. Υγρότοπος του ποταμού Μαλίων [www.newsbeast.gr]	26
Εικόνα 13. Κουμαρόδαςος [Δήμος Χερσονήσου]	26
Εικόνα 14. Λίμνη Λαγαρά [Α. Γενναράκης]	27
Εικόνα 15. Χάρτης Χρήσης Γης (2006).....	29
Εικόνα 16. Γεωργική Χρήση Νερού	36
Εικόνα 17. Κτηνοτροφική Χρήση Νερού	37
Εικόνα 18. Χρήσεις Νερού κατα τον 20 ^ο αιώνα [www.fao.org].....	38
Εικόνα 19. Σχηματική Περιγραφή Διαχείρισης Υδατικών Πόρων	40
Εικόνα 20. Σχηματική Απεικόνιση (Schematic) [weap21.org].....	41
Εικόνα 21. Δεδομένα (Data) [weap21.org].....	42
Εικόνα 22. Αποτελέσματα (Results) [weap21.org].....	43
Εικόνα 23. Περιληπτική Σύνοψη (Overviews) [weap21.org].....	44
Εικόνα 24. Σημειώσεις (notes) [weap21.org]	45
Εικόνα 25. Κόμβοι Ζήτησης στο Χάρτη	49
Εικόνα 26. Ετήσιες Ανάγκες Ύδρευσης.....	50
Εικόνα 27. Κόμβος Γεωργίας.....	51
Εικόνα 28. Εμβαδόν Αρδευόμενης Περιοχής.....	52
Εικόνα 29. Κόμβοι Προσφοράς στο Χάρτη	53
Εικόνα 30. Αρχική Αποθήκευση Υδροφορέα	54
Εικόνα 31. Φυσική Επαναφόρτιση Υδροφορέα	55
Εικόνα 32. Άλλοι κόμβοι προσφοράς (Other Supply) στο χάρτη.....	56
Εικόνα 33. Αποθηκευτική Χωρητικότητα Ταμιευτήρα.....	57
Εικόνα 34. Αρχική Αποθήκευση Ταμιευτήρα	58
Εικόνα 35. Καμπύλη Στάθμης-Όγκου Ταμιευτήρα	58
Εικόνα 36. Σχηματική Απεικόνιση Ροών Επιστροφής (Return Flow)	59
Εικόνα 37. Κόμβοι επιστροφής.....	60
Εικόνα 38. Σχηματική Απεικόνιση Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων (WWTP).....	61
Εικόνα 39. Επιλογή Γραφήματος Unmet Demand	62
Εικόνα 40. Γράφημα Μέσου Μηνιαίου Ελλείμματος Κόμβων ανά Χρονιά	63
Εικόνα 41. Φυσική Προσφορά (Inflows to Area)	63
Εικόνα 42. Γράφημα Ποσότητας Νερού που παραδίδεται στους Κόμβους (Supply Delivered)	64
Εικόνα 43. Γράφημα Ποσότητας Νερού Εισαγωγής και Εξαγωγής των Κόμβων Ζήτησης (Demand Site Inflows and Outflows)	64
Εικόνα 44. Κάλυψη Αναγκών (Coverage).....	65
Εικόνα 45. Διάγραμμα Αποθηκευτικότητας Υδροφορέα (Storage).....	65
Εικόνα 46. Διάγραμμα Εισόδου - Εξόδου Νερού από τους Υδροφορείς (Groundwater Inflows and Outflows).....	66

Εικόνα 47. Εισαγωγή Αύξησης Πληθυσμού στο σενάριο Αύξησης Πληθυσμού	68
Εικόνα 48. Νέο Εμβαδόν Καλλιεργήσιμης Περιοχής για Σενάριο Αύξησης Γεωργίας	70
Εικόνα 49. Ανάγκες Κόμβων Ζήτησης στο σενάριο Αύξησης Γεωργίας (Water Demand)	71
Εικόνα 50. Έλλειμμα κόμβων ζήτησης	71
Εικόνα 51. Κάλυψη αναγκών των κόμβων ζήτησης	72
Εικόνα 52. Τροποποίηση τιμής για των αριθμό των κλινών	73
Εικόνα 53. Τροποποίηση τιμής Πισινών Ξενοδοχείων	74
Εικόνα 54. Διάγραμμα Κόμβων Ζήτησης στο σενάριο " Αύξηση Ξενοδοχείων"	74
Εικόνα 55. Διάγραμμα Ελλείμματος Κόμβων στο σενάριο " Αύξηση Ξενοδοχείων "	75
Εικόνα 56. Ανάγκες Ζήτησης Νερού στο Σενάριο Αύξησης Ημερήσιας Κατανάλωσης.....	76
Εικόνα 57. Έλλειμμα κόμβων στο σενάριο αύξησης μέσης ημερήσιας κατανάλωσης	77

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Έκταση Λεκανών Απορροής.....	18
Πίνακας 2. Πληθυσμός Περιοχών Μελέτης κατά το έτος 2011 [ΕΛΣΤΑΤ].....	27
Πίνακας 3. Πληθυσμός Περιοχών Μελέτης κατά το έτος 2001{ΕΛΣΤΑΤ}	28
Πίνακας 4. Αντιστοιχία Χρήσεων με Καταναλώσεων [ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΝΕΡΟΥ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΓΙΑ ΤΑ ΣΧΟΛΕΙΑ ΤΗΣ ΝΟΤΙΑΣ ΕΥΡΩΠΗΣ]	30
Πίνακας 5. Ημερήσια Κατανάλωση ανά περιοχή	31
Πίνακας 6. Ξενοδοχειακές Μονάδες ανά Αστέρια [Ξενοδοχειακό Επιμελητήριο Ελλάδας]	32
Πίνακας 7. Άθροισμα και Μέσος Όρος Κλινών	33
Πίνακας 8. Κατανάλωση νερού ανά Αστέρια και με Πληρότητα	34
Πίνακας 9. Χρήσεις νερού Ξενοδοχείου [Gosling et al,2011]	34
Πίνακας 10. Ανάγκες νερού Ξενοδοχείων για τη πισίνα	35
Πίνακας 11. Ανάγκες Αιγοπροβάτων σε νερό	37
Πίνακας 12. Κόμβοι Ζήτησης.....	48
Πίνακας 13. Κόμβοι Προσφοράς	55
Πίνακας 14. Τεχνικά Στοιχεία Φράγματος Αποσελέμη	84
Πίνακας 15. Μηνιαίες Βροχοπτώσεις Αβδού Ηρακελίου [Αποκεντρωμένη Διοίκηση Κρήτης].....	86
Πίνακας 16. Αλγόριθμος για τη διανομή νερού στο WEAP [Yates, et al., 2005]	87
Πίνακας 17. Κατανάλωση Νερού για Κτηνοτροφία [Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων]	87
Πίνακας 18. Φυτικοί συντελεστές μη καλλιεργητικών χρήσεων γης [Allen et al,1998, Μιμίκου,Μπαλτάς, 2006]	88
Πίνακας 19. Συντελεστές καλλιεργητικών χρήσεων γης [Μιμίκου,Μπαλτάς 2006, FAO, 2012].....	88

1.Εισαγωγή

Η διαχείριση των υδατικών πόρων, πάντα ήταν από τα σημαντικότερα ζητήματα που απασχόλησαν τον άνθρωπο, καθώς το νερό έχει αναγνωριστεί για τη καθοριστική σημασία του στην ύπαρξη της ζωής, τη διατήρηση του περιβάλλοντος καθώς και για την προώθηση της ανάπτυξης.[Agarwal et al., 2000] Οι υδάτινοι όγκοι, που διακινούνται στο φυσικό περιβάλλον και πέφτουν στην επιφάνεια της γης με τη μορφή των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (βροχή, χιόνι, χαλάζι κ.λπ.), ανέρχονται σε 120.000 km³ ετησίως, που αντιστοιχούν στο 1% των συνολικών επιφανειακών υδατικών συγκεντρώσεων και στο 0.001% των αντίστοιχων υπογείων. [Στουρνάρας, 2007] Από τα αρχαία κι όλες χρόνια βλέπουμε πόσο σημαντικό κομμάτι ήταν το νερό για την ανάπτυξη των περιοχών, χτίζοντας τις περισσότερες πόλεις πλησίον υδάτινου σώματος.

Ενώ όμως τα τελευταία χρόνια ο πληθυσμός της γης έχει τριπλασιαστεί, παρατηρείται ότι οι ανάγκες κατανάλωσης νερού έχουν εξαπλασιαστεί. Στην Ελλάδα, έχουμε μια κατανάλωση της τάξης του 7% των μέσων ετήσιων ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων, ποσοστό που δείχνει τη μη ορθή διαχείριση υδατικών πόρων [Δ.Ε.Υ.Α.ΜΠ].

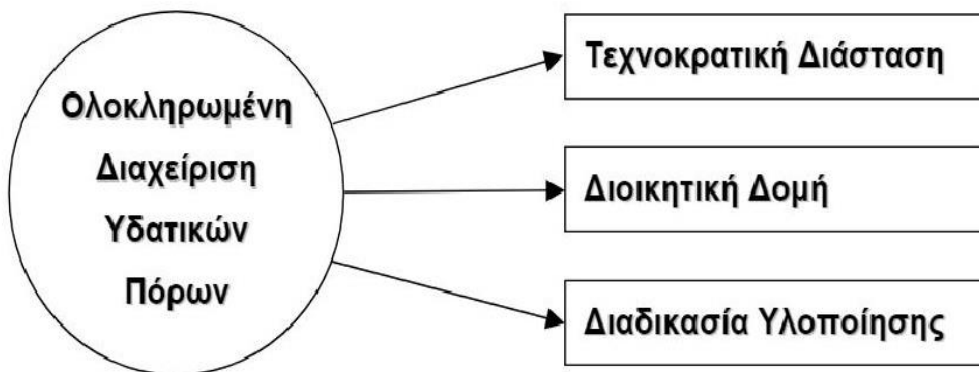
1.1 Διαχείριση Υδατικών Πόρων

Μια από τις πιο σημαντικές παραμέτρους για την ανάπτυξη έργων υδατικών πόρων είναι η ορθή διαχείριση τους, η οποία συναντάται και ως water management.

Ως Διαχείριση Υδατικών Πόρων νοείται μια δυναμική διαδικασία που έχει ως σκοπό τη πληρέστερη δυνατή κάλυψη των σημερινών και μελλοντικών αναγκών, για κάθε χρήση με βάση έναν ορθολογικό προγραμματισμό που στηρίζεται σε αντικειμενικά κριτήρια και διαδικασίες, διατηρώντας έτσι τους πόρους και παρέχοντας προστασία στο περιβάλλον. Σε πολλές περιοχές ανά τον κόσμο, όπου η ρύπανση των υδατικών πόρων καθώς και η έλλειψη νερού είναι αμελητέα, δεν πραγματοποιείται διαχείριση των υδατικών πόρων ή είναι υποτυπώδης [Μακρή, 2012]. Αντιθέτως, όσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος έλλειψης νερού και ρύπανσης του, τόσο αυξάνεται η προσοχή του μεγάλου κοινού προς αυτή.

Οι αρχές που διέπουν τη βιώσιμη διαχείριση αποτελούνται από την ποσοτική και ποιοτική ικανοποίηση των αναγκών σε νερό, την εξασφάλιση νερού για μελλοντική χρήση, τη προστασία του περιβάλλοντος και τη διατήρηση της ισορροπίας των οικοσυστημάτων.

Στη Κρήτη παρόλο που οι υδάτινοι πόροι είναι αρκετά ικανοποιητικοί σε διαθεσιμότητα, η ανομοιομορφία των πόρων, η μορφολογία του νησιού καθώς και η άνοδος του βιοτικού επιπέδου που διαρκώς προκαλεί αυξανόμενη ζήτηση νερού, αποτελούν προβλήματα που καλείται να λύσει η διαχείριση των υδατικών πόρων. Η ποιοτική κατάσταση των πόρων δε διαθέτει ιδιαίτερα προβλήματα, παρά μόνο σε κάποιες συγκεκριμένες περιοχές. Παρόλα αυτά, η ανάγκη για αναβάθμιση της ποιότητας κρίνεται απαραίτητη καθώς μέσω των Ευρωπαϊκών οδηγιών υπάρχουν συνεχώς νέες αναθεωρήσεις.



Εικόνα 1. Στάδια Ολοκληρωμένης Διαχείρισης [Τσακίρης, 2012]

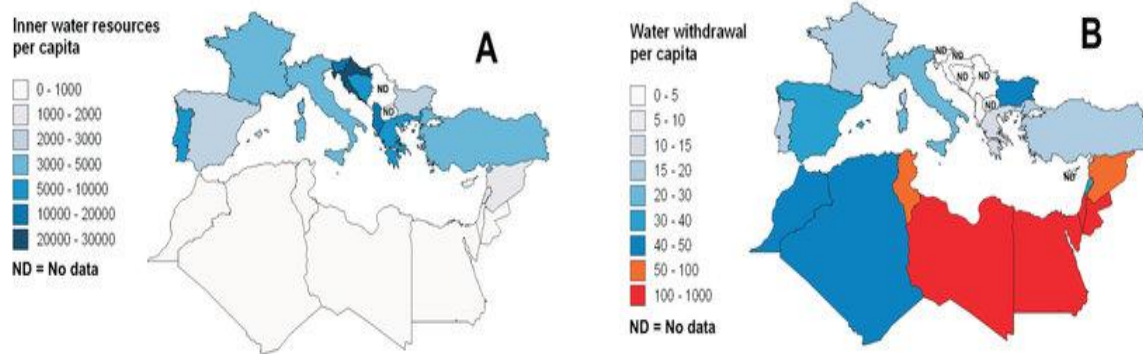
Για την εφαρμογή μιας ολοκληρωμένης διαχείρισης ενδείκνυται η λήψη ενεργειών σε τεχνοκρατικό και οργανωτικό επίπεδο όπως και κατά τη διαδικασία της υλοποίησης.

Στο τεχνοκρατικό επίπεδο περιέχονται οι μελέτες και τα σχέδια διαχείρισης που συντάσσονται από ειδικούς-επιστήμονες, στο οργανωτικό επίπεδο περιέχονται οι δράσεις των φορέων και οργανισμών για την εποπτεία και τη διαχείριση και τέλος στη διαδικασία της υλοποίησης εντάσσονται τα χρονοδιαγράμματα, οι δείκτες απόδοσης καθώς και η συνεργασία όλων για την ορθή διαχείριση των υδατικών πόρων.

1.1.1 Μελλοντικοί Στόχοι Διαχείρισης Υδατικών Πόρων

Με σκοπό να εξασφαλιστεί η ολοκληρωμένη διαχείριση των Υδατικών Πόρων στη χώρα μας θα πρέπει να υλοποιηθούν τα παρακάτω:

- Δημιουργία ενός Master Plan διαχείρισης της ποιότητας και της ποσότητας των υδάτων, συμπεριλαμβανομένης της δημιουργίας μιας εύκολα προσβάσιμης τράπεζας δεδομένων υδρολογικών και μετεωρολογικών πληροφοριών σε επίπεδο χώρας ,
- Δημιουργία δικτύων παρακολούθησης για τα επιφανειακά, υπόγεια και παράκτια ύδατα.
- Εκτίμηση των ρυπαντικών φορτίων αστικής ή βιομηχανικής προέλευσης που ανιχνεύονται στο υδατικό περιβάλλον της χώρας και ο καθορισμός ευαίσθητων περιοχών.
- Δημιουργία ενός προγράμματος για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων και των υγρών βιομηχανικών αποβλήτων, σε εθνικό επίπεδο, δίνοντας προτεραιότητα στις ευαίσθητες περιοχές και στις πόλεις με πληθυσμό άνω των 2.000 κατοίκων, όπως ορίζει και η σχετική οδηγία της Ευρωπαϊκής επιτροπής.
- Προώθηση ολοκληρωμένων καθαρών τεχνολογιών στη βιομηχανία με στόχο τη μείωση της ρύπανσης από ύδατα βιομηχανικής προέλευσης.[Καραβίτης,Αγγελίδης, 2005]



Εικόνα 2. Διαθεσιμότητα Υδατικών Πόρων ανα τον κόσμο [FAO, 2007]

Νομοθετικό Πλαίσιο

Η Οδηγία Πλαίσιο 2000/60/EK δημοσιεύθηκε στην εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων το έτος 2000 και είναι υπεύθυνη για την ορθή προστασία αλλά και διαχείριση των υδατικών πόρων. Είναι ένα νομοθέτημα που δείχνει τη τάση για μια ολοκληρωμένη διαχείριση σε διεθνές επίπεδο. Σκοπός της οδηγίας είναι η συμμετοχή όλων των ενδιαφερόμενων στη διαδικασία της διαχείρισης, καθώς οι στόχοι θα επιτευχθούν με κοινά βήματα από όλα τα κράτη. Σημαντική παράμετρος είναι ότι τα κράτη-μέλη είναι υπεύθυνα για την εφαρμογή της Οδηγίας, επομένως και για την επιλογή του κατάλληλου διοικητικού σχήματος.

Για την ενσωμάτωση της Οδηγίας 2000/60/EK στο εθνικό δίκαιο εκδόθηκε ο Ν. 3199/2003 που έχει σκοπό τη προστασία και τη διαχείριση των υδάτων. Αξίζει να αναφερθεί ότι ο Ν. 3199/2003 αποτελεί στην ουσία την ελληνική μετάφραση της ορολογίας που καθιερώθηκε μέσω της 2000/60/EK. Με την εφαρμογή του Ν. 3199/2003 ορίζονται οι κατηγορίες των υδατικών πόρων (επιφανειακά ύδατα, υπόγεια ύδατα, ποτάμια, λίμνες κ.α.) καθώς επίσης γίνεται και εκτενής αναφορά στη διοικητική οργάνωση του εθνικού φορέα διαχείρισης, συγκροτώντας Εθνική Επιτροπή Υδάτων, Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων, Διεύθυνση Υδάτων της Περιφέρειας καθώς και Περιφερειακό Συμβούλιο Υδάτων.

Τέλος, έρχεται η οδηγία 2006/118/EK να συμπληρώσει τη πρόληψη της υποβάθμισης της κατάστασης των υπογείων υδάτων καθώς και το περιορισμό των ρύπων σε αυτά.

Κατάταξη οικολογικής ποιότητας	Χρωματισμός
Υψηλή	
Καλή	
Μέτρια	
Ελλιπής	
Κακή	

Εικόνα 3. Ταξινόμηση της οικολογικής κατάστασης και αντίστοιχος χρωματικός κώδικας, σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/EK [ΕΛΚΕΘΕ]

Με το νόμο πλαίσιο που αφορά τη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων στη χώρα μας, δημιουργήθηκαν 14 υδατικά διαμερίσματα, μέσω της διαίρεσης της χώρας με υδρολογικά κριτήρια. Επίσης υπήρξε εκσυγχρονισμός της ισχύουσας νομοθεσίας, σε σχέση με την ορθή διαχείριση των πόρων.



Εικόνα 4. Υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας [Γενική Γραμματεία Υδάτων]

Τα κύρια στοιχεία-στόχοι της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ είναι (Μακρόπουλος, 2010):

- Προστασία όλων των υδάτων: ποταμοί, λίμνες, παράκτια και υπόγεια.
- Θέτει φιλόδοξους στόχους για να εξασφαλίσει ότι όλα τα ύδατα θα ανταποκρίνονται στην «καλή οικολογική κατάσταση» έως το 2015.
- Δημιουργεί σύστημα διαχείρισης σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού.
- Απαιτεί διασυνοριακή συνεργασία μεταξύ χωρών και όλων των εμπλεκόμενων μερών (στην περίπτωση των διεθνών περιοχών λεκάνης απορροής ποταμού).
- Εξασφαλίζει ενεργό συμμετοχή όλων των φορέων, συμπεριλαμβανομένων των μη κυβερνητικών μηχανισμών και των τοπικών αρχών, στις δραστηριότητες της διαχείρισης των υδάτων.
- Εξασφαλίζει μείωση κι έλεγχο της ρύπανσης από όλες τις πηγές όπως η γεωργία, η βιομηχανική δραστηριότητα, οι αστικές περιοχές κ.λ.π
- Απαιτεί πολιτικές τιμολόγησης του νερού κι εξασφαλίζει ότι ο ρυπαίνων πληρώνει.
- Δίνεται έμφαση στην αντιμετώπιση των πλημμυρών και ξηρασιών.

Ωστόσο η εφαρμογή του νόμου πλαίσιο στη Κρήτη είναι δύσκολη καθώς η Κρήτη παρουσιάζει πολλές ιδιαιτερότητες. Ενώ το νησί διαθέτει πλεόνασμα σε υδατικούς πόρους σε σύγκριση με τις ανάγκες του, αρκετοί είναι οι παράγοντες μείωσης της πραγματικής διαθέσιμης ποσότητας αλλά και δυσκολίας της αξιοποίησής τους. Οι σημαντικότεροι παράγοντες δυσκολίας είναι η μη ομοιόμορφη κατανομή της ζήτησης ύδατος, η οποία δυσχεραίνει ακόμα περισσότερο τους ξηρούς μήνες λόγω αρδευτικής και τουριστικής περιόδου, η γεωμορφολογία και η γεωλογική δομή του νησιού όπου ευνοείται η κατείσδυση και αποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων νερού στους υπόγειους καρστικούς υδροφορείς, η υπερεκμετάλλευση των λεκανών και των υδροφορέων που έχει ως αποτέλεσμα τη πτώση της ποσότητας των υδροφορέων και την υφαλμύρωση των πηγών καθώς και η ρύπανση των υδροφορέων από τον άνθρωπο.

1.2 Λεκάνες Απορροής

Ως λεκάνη απορροής, εννοούμε τη περιοχή της επιφάνειας του εδάφους, η οποία κλίνει προς ένα ιδιαίτερο σημείο εκφόρτισης και περικλείεται από τον υδροκρίτη και καταλήγει σε ένα κεντρικό σύστημα, στη περίπτωση της παρούσας διπλωματικής σε ένα ποτάμι.

Για να οριστούν τα όρια μιας λεκάνης απορροής που αποστραγγίζεται σε ένα υδρογραφικό δίκτυο, είναι αναγκαία η κατασκευή του υδροκρίτη, της νοητής αυτής γραμμής που συνδέει τα ψηλότερα σημεία των υψωμάτων της επιφάνειας της Γης (λόφοι, βουνοκορφές) και διαχωρίζει τη ροή των όμβριων υδάτων.



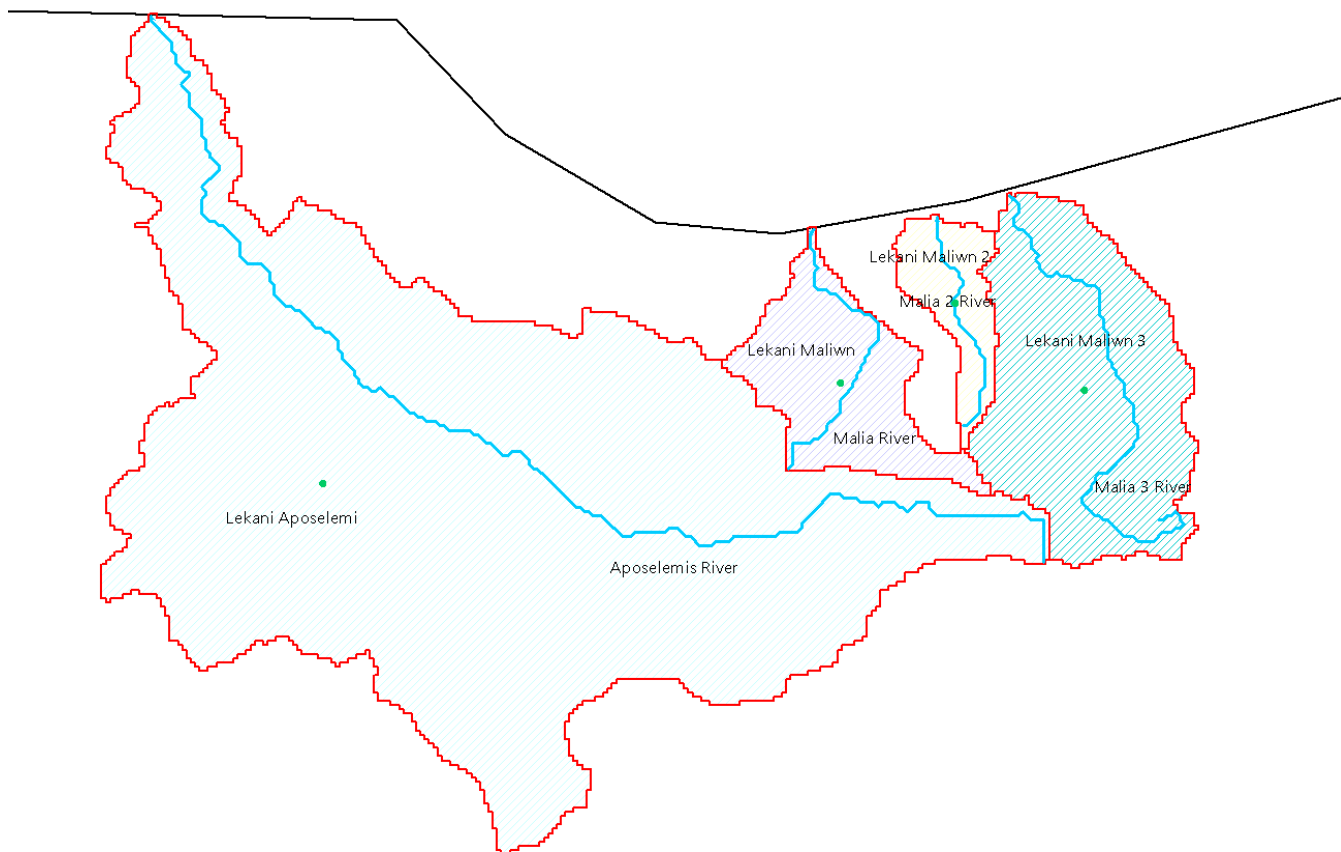
Εικόνα 5. Λεκάνες απορροής Κρήτης [Σχέδιο Διαχείρισης Λεκάνης Απορροής Κρήτης, ΥΠΕΚΑ]

Το υδατικό διαμέρισμα που εξετάζουμε στη παρούσα διπλωματική περιέχει τέσσερις λεκάνες απορροής, άλλες πολύ μικρές και άλλες πολύ μεγάλες με μέσο όρο έκτασης 4.014 εκτάρια. Πιο συγκεκριμένα, η λεκάνη απορροής με τη μεγαλύτερη έκταση στο μοντέλο, είναι αυτή που περιέχει το ποτάμι του Αποσελέμη και ονομάστηκε ως Λεκάνη Απορροής Αποσελέμη. Έπειτα ακολουθεί η Λεκάνη Απορροής Μαλίων, η οποία εμπεριέχει το ποτάμι των Μαλίων καθώς και δύο ακόμα λεκάνες απορροής πλησίον της περιοχής των Μαλίων, όπου και ονομάστηκαν Λεκάνη Απορροής 2 και Λεκάνη Απορροής 3 αντίστοιχα (Εικόνα 6. Σχηματική απεικόνιση Λεκανών Απορροής).

Λεκάνες Απορροής	Έκταση (ha)
Λεκάνη Απορροής Αποσελέμη	12.108
Λεκάνη Απορροής Μαλίων	1.124
Λεκάνη Απορροής Μαλίων 2	485
Λεκάνη Απορροής Μαλίων 3	2.338

Πίνακας 1. Έκταση Λεκανών Απορροής

Η λεκάνη απορροής του Αποσελέμη, ξεκινάει νοτίως του οροπεδίου του Καθαρού στα σύνορα των δήμων Αγίου Νικολάου και Ιεράπετρας. Στη συνέχεια αφού διασχίσει το οροπέδιο Καθαρού εισέρχεται στο οροπέδιο Λασιθίου μέσω του φαράγγιού του Χαυγά. Στο παρελθόν, επειδή τα νερά του Αποσελέμη δε έβρισκαν υπέργειο πέρασμα από το οροπέδιο Λασιθίου, στην κυριολεξία εξαφανίζονταν στην περιοχή του Χώνου και υπογείως κατέβαιναν στην επαρχία Πεδιάδος του νομού Ηρακλείου. Εκεί βρίσκεται σήμερα το φράγμα του Αποσελέμη.

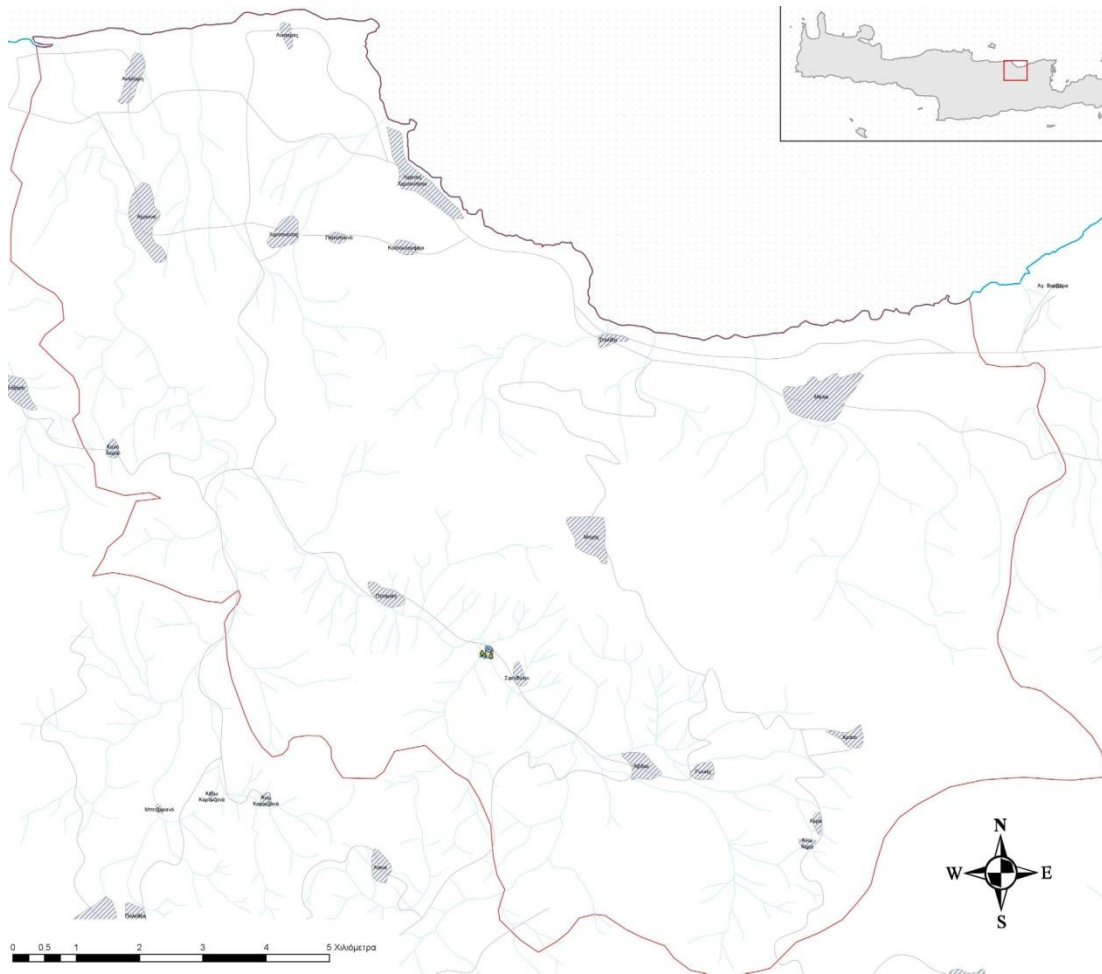


Εικόνα 6. Σχηματική απεικόνιση Λεκανών Απορροής

1.3 Φυσικά Χαρακτηριστικά

Κατά τη μελέτη μας, εξετάσαμε ένα μεγάλο κομμάτι του νομού Ηρακλείου. Μέσα σε αυτό το μεγάλο κομμάτι υπάρχουν οι εξής περιοχές:

Κερά, Άνω Κερά, Γωνιές, Αβδού, Σφενδύλι, Ποταμιές, Καλό Χωριό, Ανάληψη, Αγριανά, Ανισσαράς, Χερσονήσος, Πισκοπιανό, Κουτουλουφάρι, Λιμένας Χερσονήσου, Αποσελέμης, Μάλια, Σταλίδα, Μοχός και Κράσι.



Εικόνα 7. Χάρτης της περιοχής μελέτης

Σύμφωνα με στοιχεία του Δήμου Χερσονήσου:

Τα Μάλια, είναι μια κωμόπολη με έκταση 60,72 km² και υψόμετρο 20 m, ενώ διοικητικά ανήκει στο Δήμο Χερσονήσου και βρίσκεται στο νομό Ηρακλείου. Περιέχει υδροβιότοπο με σπάνια χλωρίδα και πανίδα και είναι ιδιαίτερα σημαντική περιοχή καθώς μέσω των νερών της υδρεύεται το Ηράκλειο. Χαρακτηρίζεται από συνολικό μήκος ακτογραμμής 6 km ενώ οι παραλίες διαθέτουν ψιλή άμμο και ρηγά καταγάλανα νερά.

Η Σταλίδα, βρίσκεται 34 km ανατολικά από το Ηράκλειο, 3 km μετά τη Χερσονήσο και 3 km πριν τα Μάλια, είναι ένα παραλιακό θέρετρο του δήμου Χερσονήσου ενώ διοικητικά ανήκει και αυτή στο Δήμο Χερσονήσου και συγκεκριμένα στο δημοτικό διαμέρισμα Μοχού. Οι παραλίες είναι αμμώδεις με νερά ρηγά και πολύ καθαρά.

Ο Μοχός, είναι ένας μεγάλος οικισμός της επαρχίας Πεδιάδας, βρίσκεται 12 km νότια της Σταλίδας, ανήκει διοικητικά στο Δήμο Χερσονήσου και βρίσκεται σε υψόμετρο 400m. Έδρα του δήμου είναι οι Γούρνες και ανήκει στο γεωγραφικό διαμέρισμα Κρήτης. Κατά τη διοικητική διαίρεση της Ελλάδας με το σχέδιο “Καποδίστριας”, μέχρι το 2010, ο Μοχός ανήκε στο Τοπικό Διαμέρισμα Μοχού, του πρώην Δήμου Μαλίων του Νομού Ηρακλείου. Ο Μοχός έχει υψόμετρο 399 m από την επιφάνεια της θάλασσας.

Το Κράσι, βρίσκεται περίπου 8 km μετά το Μοχό ανήκει στον Δήμο Χερσονήσου της Περιφερειακής Ενότητας Ηρακλείου και έχει υψόμετρο 595 m από την επιφάνεια της θάλασσας. Στα βορειοανατολικά του χωριού, στις βόρειες υπώρειες της Σελένας σώζονται δάση αζιλάκων, πουρναριών και σφενδάμης. Εξαίρεση αποτελεί το μικρό οροπέδιο στα πόδια του οικισμού και στην βόρειο ανατολική του πλευρά το οποίο έχει πολύ εύφορο έδαφος και καλύπτει με τις καλλιέργειες του ένα μεγάλο μέρος των διατροφικών αναγκών των κατοίκων, γι’ αυτό και κατά κύριο λόγο οι κάτοικοι του χωριού ασχολούνται με τη κτηνοτροφία και την καλλιέργεια ελαιόδεντρων.

Η Κερά, είναι ένα ορεινό χωριό σε υψόμετρο 680 m στα σύνορα με το Οροπέδιο Λασιθίου και πρώην κοινότητα της επαρχίας Πεδιάδος στο νομό Ηρακλείου. Αποτελείται από τη Κερά και την Άνω Κερά. Βρίσκεται μέσα σε κατάφυτη κοιλάδα (ρυάκι της Παναγίας) με άφθονα νερά, γεγονός που δίνει το πλεονέκτημα στους κατοίκους να ασχοληθούν με τις καλλιέργειες ελαιόδεντρων. Οι κάτοικοι της Κεράς έχουν προϋστορία ως μυλωνάδες και αυτό γιατί το τρεχούμενο νερό της περιοχής ήταν τόσο που μπορούσε να κινήσει πολλούς νερόμυλους.

Οι Γωνίες ή Γωνιές, είναι χωριό και πρώην κοινότητα της επαρχίας Πεδιάδας στο Δήμο Χερσονήσου του νομού Ηρακλείου, είναι ένα χωριό που διαθέτει πυκνή βλάστηση γεμάτο δέντρα και βότανα. Βρίσκεται στην είσοδο των φαραγγιών της Παναγίας και της Ρόζας. Είναι χωριό κτισμένο αμφιθεατρικά στους δυτικούς πρόποδες του βουνού Σελένα, σε υψόμετρο 290μ., στο δρόμο προς το Οροπέδιο Λασιθίου. Το χωριό περιέχει πηγές με τρεχούμενο νερό σχεδόν καθ’ όλη τη διάρκεια του χρόνου.

Το Αβδού, βρίσκεται σε ημιορεινή τοποθεσία, στους πρόποδες του όρους Σελένα, κοντά στα σύνορα με τον νομό Λασιθίου και στην κοιλάδα του ποταμού Αποσελέμη. Η κοινότητα είναι χαρακτηρισμένη ως αγροτικός ορεινός οικισμός και βρίσκεται στη μέση του καταπράσινου κάμπου της, με έκταση 11,747 km² και υψόμετρο 230 m.

Το Σφενδύλι, είναι ένα χωριό που βρίσκεται μόλις 38 m μακριά από το Ηράκλειο και χρονολογείται από το 1577. Είναι μέσα στα όρια της τεχνητής λίμνης του Αποσελέμη και γι’ αυτό πλέον δε κατοικείται καθώς το μεγαλύτερο μέρος του χωριού είναι βυθισμένο.

Οι Ποταμιές, είναι ένα χωριό που ανήκει στο Δήμο Χερσονήσου και βρίσκεται σε υψόμετρο 170 m. Διαθέτει μεγάλη έκταση με δασική βλάστηση, πλούσια πανίδα και σπάνια ορνιθοπανίδα καθώς βρίσκεται στη δεξιά όχθη του Αποσελέμη και υπάρχει αφθονία σε νερό, γι’ αυτό το λόγο και οι κάτοικοι του ασχολούνται με τη γεωργία κατά κύριο λόγο.

Το Καλό Χωριό, είναι χωριό της επαρχίας Πεδιάδος του Ηρακλείου με πράσινο, μέσα στο οποίο υπάρχει πηγή και τρεχούμενα νερά σε απόσταση πεντακόσια μέτρα περίπου από το κέντρο του. Βρίσκεται σε υψόμετρο 320 m και η κύρια ασχολία των κατοίκων είναι η ελαιοκαλλιέργεια.

Η Ανάληψη ανήκει στον δήμο Χερσονήσου της Περιφερειακής Ενότητας Ηρακλείου που βρίσκεται στην Περιφέρεια Κρήτης, έχει υψόμετρο 12 m.

Τα Αγριανά, ανήκουν στο δήμο Χερσονήσου της Περιφερειακής Ενότητας Ηρακλείου, έχει σαν έδρα τις Γούρνες και έχει υψόμετρο 78 m. Έχει πλούσια χλωρίδα και πανίδα καθώς και αποτελεί φυσική συνέχεια του βιότοπου των εκβολών του Αποσελέμη.

Ο Ανισσαράς, ανήκει στον Δήμο Χερσονήσου της Περιφερειακής Ενότητας Ηρακλείου, είναι μια μεγάλη, λοφώδης περιοχή που εκτείνεται ακριβώς έξω από τη Χερσόνησο και έχει υψόμετρο 6 m.

Η Χερσόνησος, είναι χωριό και πρώην κοινότητα της επαρχίας Πεδιάδος στο νομό Ηρακλείου. Είναι ένα χωριό με πολύ πράσινο, οι κάτοικοι ασχολούνται κατά κύριο λόγο με τη γεωργία και τη καλλιέργεια πρώιμων κηπευτικών, ενώ βρίσκεται σε υψόμετρο 100 m.

Το Πισκοπιανό, είναι χωριό που ανήκει στο Δημοτικό διαμέρισμα Λιμένος Χερσονήσου, στο νομό Ηρακλείου. Βρίσκεται στις πλαγιές του βουνού Χάρακας σε υψόμετρο 90 m και η κύρια ασχολία των κατοίκων είναι ο τουρισμός και η καλλιέργεια πρώιμων κηπευτικών σε θερμοκήπια.

Το Κουτουλουφάρι, είναι χωριό στην επαρχία Πεδιάδας, στο Δημοτικό διαμέρισμα Λιμένος Χερσονήσου, του νομού Ηρακλείου και είναι χτισμένο στην πλαγιά του βουνού Πυργιά σε υψόμετρο 100 m. Η κύρια ασχολία των κατοίκων είναι η καλλιέργεια πρώιμων κηπευτικών σε θερμοκήπια.

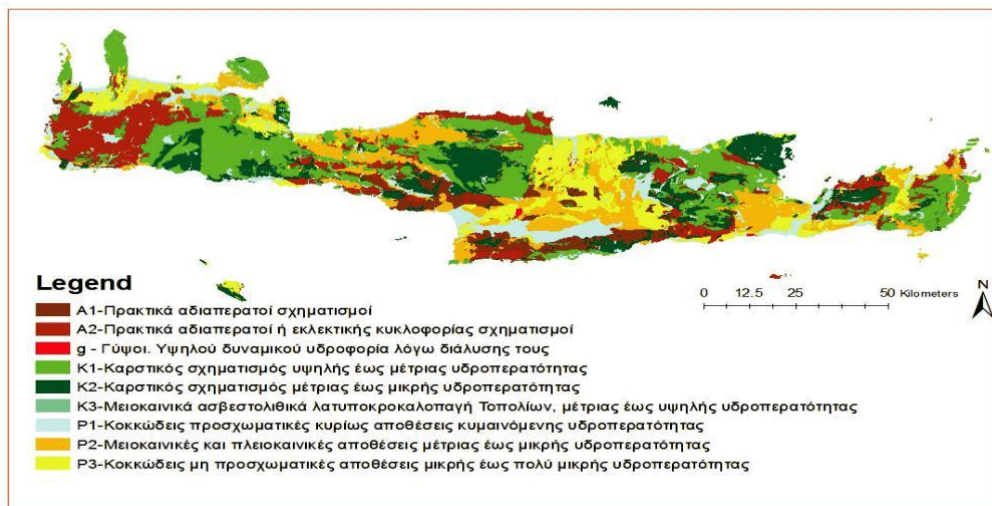
Ο Λιμένας Χερσονήσου, είναι μια παραθαλάσσια κωμόπολη και πρώην κοινότητα της επαρχίας Πεδιάδος στο νομό Ηρακλείου και ανήκει διοικητικά στο Δήμο Χερσονήσου, ενώ συναντάται σε υψόμετρο 10 m. Βρίσκεται στη βόρεια ακτή της κεντρικής Κρήτης καθώς επίσης είναι και το μεγαλύτερο τουριστικό θέρετρο της Κρήτης όπου είναι διάσημο για τις παραλίες του. Κύρια ασχολία των κατοίκων είναι ο τουρισμός και η ελαιοκομία.

1.3.1 Υδρογραφία

Λόγω του μικρού πλάτους του νησιού, τα ποτάμια δεν είναι μεγάλα σε μέγεθος εν αντιθέσει με αυτά των υπόλοιπων περιοχών της Ελλάδας ενώ σε πολλές περιοχές λόγω της ορμής του νερού που κατεβαίνει προς τη θάλασσα, δεν προλαβαίνουν να δημιουργηθούν ποτάμια.[Δήμος Νέας Αλικαρνασσού] Συχνή είναι η εμφάνιση καρστικών φαινομένων καθώς μεγάλη ποσότητα επιφανειακών νερών απορροφούνται από τα ασβεστολιθικά πετρώματα.

Κοιτώντας τον υδρολογικό χάρτη παρατηρούμε ότι η Κρήτη γενικότερα αποτελείται από ένα αλλόχθονο σύστημα με αλληπάλληλα τεκτονικά καλύμματα επωθημένα το ένα πάνω στο άλλο.

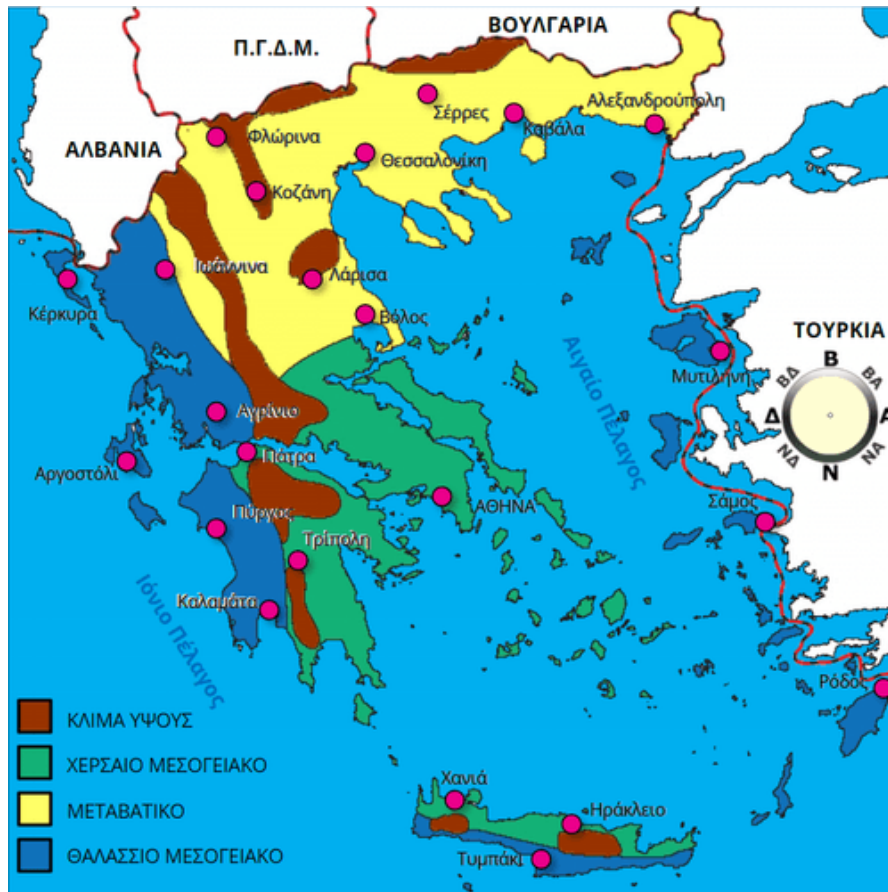
Όσον αφορά τις περιοχές Χερσόνησος, Μάλια αλλά και Σταλίδα καθώς και σε όλους σχεδόν τους παραθαλάσσιους οικισμούς της περιοχής μελέτης μας, κοντά στη θαλάσσια περιοχή συναντώνται κοκκωειδής προσχωματικές αποθέσεις κυμαινόμενης υδατοπερατότητας. Λίγο νοτιότερα και κοντά στη στις περιοχές του Μοχού , των Γωνιών και πλησίον των οικισμών Ποταμιές και Σφενδύλι, παρατηρείται ένα μεγάλο κομμάτι καρστικού σχηματισμού με μεγάλη υδροπερατότητα. Στις περιοχές Κράσι, Άνω Κερά και Αβδού συναντάται ένας καρστικός σχηματισμός με μεγάλη περατότητα, ενώ στο νότιο άκρο της περιοχής υπάρχει ένα τμήμα πρακτικά αδιαπερατού σχηματισμού.



Εικόνα 8. Υδρολιθολογικός Χάρτης Κρήτης [Σχέδιο Διαχείρισης Λεκάνης Απορροής Κρήτης, ΥΠΕΚΑ]

1.4 Κλίμα

Το κλίμα στις περιοχές της παρούσας διπλωματικής είναι εύκρατο και ανήκει στη Μεσογειακή ζώνη καθώς το ίδιο κλίμα χαρακτηρίζει και όλο το νησί γενικότερα. Οι θερμοκρασίες κατά τους καλοκαιρινούς μήνες είναι υψηλές αλλά ανεκτές, με μέση μέγιστη θερμοκρασία να κυμαίνεται στους 20-30°C, ενώ η θερμοκρασία μειώνεται όσο το υψόμετρο ανεβαίνει. Κατά τους χειμερινούς μήνες οι θερμοκρασίες δεν είναι ιδιαίτερα χαμηλές σε σχέση με την υπόλοιπη Ελλάδα, ενώ η μέση θερμοκρασία κυμαίνεται στους 10-15°C.[<https://www.ipcc.ch>]



Εικόνα 9. Κλιματικός Χάρτης Ελλάδας [Κατερίνα Κλωνάρη, Τμήμα Γεωγραφίας Πανεπιστημίου Αιγαίου]

Συγκεκριμένα για το νομό Ηρακλείου, το βόρειο τμήμα του νομού ανήκει στον ημίξηρο βιοκλιματικό όροφο με χειμώνα θερμό, ενώ υπόλοιπο τμήμα του ανήκει στον ύψυγρο βιοκλιματικό όροφο με ήπιο χειμώνα. Θερμότεροι μήνες είναι οι Ιούλιος και ο Αύγουστος και ο Γενάρης θεωρείται ο πιο κρύος του χρόνου. Η ηλιοφάνεια είναι ιδιαίτερα έντονη, καθώς στο κομμάτι της μελέτης μας ο μέσος ετήσιος αριθμός ωρών ηλιοφάνειας είναι 2700 ώρες το χρόνο. Η ομίχλη όπως και η πάχνη είναι σπάνια φαινόμενα, καθώς ο μέσος συνολικός αριθμός ομίχλης είναι ίσος με λιγότερο από 1 μέρα.[Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία]

Όσον αφορά την υγρασία, παρατηρείται ότι στα κομμάτια της μελέτης μας η μέση ατμοσφαιρική υγρασία είναι ελάχιστη τους καλοκαιρινούς μήνες και μέγιστη τους χειμερινούς ενώ στο βόρειο κομμάτι η μέση ελάχιστη σχετική υγρασία μειώνεται από τα δυτικά προς τα ανατολικά.

1.5 Φυσικοί Πόροι



Εικόνα 10. Ποταμός Αποσελέμη [www.cretanbeaches.com]

Ποταμός Αποσελέμης

Έχει καταγραφεί από το Εθνικό Κέντρο Βιοτόπων και Υγροτόπων με αριθμό ΕΚΒΥ 431395000. Το Φαράγγι του Αποσελέμη κατακλύζεται από εντυπωσιακούς γεωλογικούς σχηματισμούς, ξυλώδης παρόχθια βλάστηση και ιστορικά μνημεία. Εκατέρωθεν του ποταμού Αποσελέμη έχει ιδρυθεί καταφύγιο άγριας ζωής. Στις εκβολές του ποταμού Αποσελέμη, οι οποίες είναι αμμόφιλες, αλοφυτικές και με παραποτάμια βλάστηση, στο μονίμως κατακλυζόμενο έλος (αλμυρού – υφάλμυρου νερού) παρατηρείται, πλούσια ορνιθοπανίδα κατά τις μεταναστευτικές περιόδους. Τα κυριότερα είδη της πανίδας του φαράγγιού του Αποσελέμη είναι ο σκαντζόχοιρος, ο λαγός, η ζουρίδα, το καλογυναικάρι, η βιτσίδα, ο κοτσυφός, τ' αγριοπερίστερα, τα λαδεράκια, οι ασκορδαλλοί, τα σπουργίτια, οι σαύρες, τα φίδια, οι χοχλιοί κλπ. Η παραποτάμια βλάστηση δίνει ένα διαφορετικό χρώμα στην περιοχή με τα μεγάλα δένδρα όπως τα πλατάνια (*Platanus orientalis*) και τις καρυδιές (*Juglans regia*). Η ανθρώπινες παρεμβάσεις είναι έντονες, κυρίως από την πλευρά της Ανάληψης αλλοιώνοντας εν μέρει τη φυσικότητα του τοπίου.



Εικόνα 11. Δάσος Αζιλάκων [Δ. Αναστασάκης]

Το Δάσος Αζιλάκων

Μέρος προστατευόμενης περιοχής του ευρωπαϊκού δικτύου προστατευόμενων περιοχών «Natura 2000», GR4320002 SCI. Δίκτη: Οροπέδιο Λασιθίου, Καθαρό, Σελένα, Κράσι, Σελάκανος, Χαλασμένη Κορφή στα Β.Α. της Τοπικής Κοινότητας Κρασίου, ένα μικρό δάσος από αζίλακες στους πρόποδες του Όρους Σελένα (800 μ) όπου σώζονται εκτός των άλλων δάση πουρναριών και σφενδάμης.



Εικόνα 12. Υγρότοπος του ποταμού Μαλίων [www.newsbeast.gr]

Υγρότοπος του ποταμού των Μαλίων

Αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους και ελάχιστους καλά διατηρημένους φυσικούς παράκτιους υγροτόπους της Κρήτης με έκταση 146 στρέμματα. Μοναδική αξία έχει ο καλαμιώνας που εμπεριέχεται στην υγροτοπική περιοχή, αφού πρόκειται για τον μεγαλύτερο σε έκταση καλαμιώνα του νησιού και έναν από τους ελάχιστους στα νησιά του Αιγαίου. Ο υγρότοπος αποτελεί αναπόσπαστη οικολογική ενότητα με τις αμμοθίνες στα βόρεια και τους θαμνότοπους στα ανατολικά. Το οικολογικό αυτό μωσαϊκό έχει μεγάλη βιολογική σημασία, αφού αποτελεί μεταξύ άλλων και σημαντική περιοχή για τη ξεκούραση και τον ανεφοδιασμό ενός μεγάλου αριθμού μεταναστευτικών πουλιών. Αποτελεί δείκτη της επάρκειας και της ποιότητας του επιφανειακού νερού. Επίσης, έχει μεγάλη πολιτιστική σημασία καθώς υπάρχουν ανθρώπινες δραστηριότητες και ευρήματα από τη Μινωική εποχή.



Εικόνα 13. Κουμαρόδασος [Δήμος Χερσονήσου]

Κουμαρόδασος

Δασική βλάστηση 3000 στρεμμάτων στην περιφέρεια των οικισμών Χερσονήσου, Λιμένα Χερσονήσου, Κουτουλουφαρίου και Πισκοπιανού. Τα φυτικά είδη του Κουμαρόδασους είναι υψηλοί θάμνοι και κατ' επίφαση μονάχα το ονομάζουν δάσος. Αποτελεί τμήμα ευρύτερης δασικής έκτασης, όπου απαντώνται και άλλα είδη εκτός από τις κουμαριές και τις αντράχνες που κυριαρχούν όπως ο πρίνος, η αγριελιά, η βελανιδιά, η χαρουπιιά, αλλά και θαμνώδης και φρυγανώδης βλάστηση με κυρίαρχα είδη το σχοίνο, τον ασπάλαθο, την αστοιβίδα, την αγκαραθιά, τη φασκομηλιά κ.λπ. Εξάλλου, στην περιοχή εντοπίζεται για πρώτη φορά ένα σπάνιο φυλλοβόλο δένδρο ενδημικό της Κρήτης, το «Ανέγνωρο δέντρο» ή Αμπελιτσιά (*Zelkova abelicea*), ύψους ως 10μ. Το χαρακτηριστικό της ευρύτερης περιοχής του Κουμαρόδασους είναι η μικρή απόστασή του από τους γύρω οικισμούς και το ανάγλυφο της περιοχής, όπου επικρατούν ήπιες κλίσεις.



Εικόνα 14. Λίμνη Λαγαρά [Α. Γενναράκης]

Λίμνη Λιγαρά στην Δημοτική Κοινότητα Μοχού

Μικρή λίμνη επιφάνειας περίπου 4 στρεμμάτων (φυσική κοιλάτητα που έχει υποστεί συμπληρωματικές εκβαθύνσεις).

1.6 Πληθυσμός

Σύμφωνα με τη τελευταία απογραφή του 2011 από την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία βλέπουμε ότι η Κρήτη συγκεντρώνει περίπου το 5,4% του πληθυσμού της χώρας και αν συγκρίνουμε τις δύο τελευταίες απογραφές, αυτή του 2001 με αυτή του 2011, μπορούμε να διακρίνουμε ότι υπάρχει μια τάση αύξησης του πληθυσμού ανάμεσα τους.

Περιοχές	2011
Κερά	19
Άνω Κερά	65
Γωνιές	401
Αβδού	357
Σφένδυλο	43
Ποταμιές	371
Καλό Χωριό	290
Ανάληψη	1343
Αγριανά	346
Ανισσαράς	191
Χερσόνησος	1115
Πισκοπιανό	286
Κουτουλουφάρι	357
Λιμένας Χερσονήσου	2968
Αποσελέμης	11
Μάλια	3224
Σταλίδα	1237
Μοχός	825
Κράσι	147

Πίνακας 2. Πληθυσμός Περιοχών Μελέτης κατά το έτος 2011 [ΕΛΣΤΑΤ]

Πιο συγκεκριμένα, από τα αποτελέσματα της Ελληνικής Στατιστικής Υπηρεσίας κατά την τελευταία απογραφή του 2011, οι περιοχές της παρούσας διπλωματικής μας έδωσαν τα εξής αποτελέσματα: Η Δημοτική Ενότητα Μαλίων σαν σύνολο απαρτίζεται από 5433 κατοίκους, εκ των οποίων 3224 από αυτούς ανήκουν στη Δημοτική Κοινότητα Μαλίων (Μάλια), 825 άτομα ανήκουν στη Δημοτική Κοινότητα Μοχού (Μοχός), 1237 ανήκουν στη Σταλίδα και 147 άτομα ανήκουν στο Κράσι. Η Δημοτική Ενότητα Χερσονήσου συνολικά απαρτίζεται από 6871 κατοίκους, εκ των οποίων στη Δημοτική Κοινότητα Λιμένος Χερσονήσου αντιστοιχούν 4.308 κάτοικοι, στη Δημοτική Κοινότητα Χερσονήσου 2.468 κάτοικοι, στη Τοπική Κοινότητα Αβδού 357 κάτοικοι, στη Τοπική Κοινότητα Γωνιών Πεδιάδος 401 κάτοικοι, στη Τοπική Κοινότητα Κεράς 84 κάτοικοι και στη Τοπική Κοινότητα Ποταμιών 371 κάτοικοι. Ο πληθυσμός κάθε περιοχής κατά τη τελευταία απογραφή του 2011 αναφέρεται αναλυτικά στο Πίνακα 2.

Κατά την απογραφή του 2001 από την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία έχουμε τα εξής αποτελέσματα: Ο Δήμος Χερσονήσου με το πρόγραμμα Καποδίστριας είχε σαν έδρα του τη Χερσόνησο και αποτελούνταν από 6 δημοτικά διαμερίσματα. Το Δημοτικό Διαμέρισμα Λιμένος Χερσονήσου όπου σε αυτό περιέχονται οι οικισμοί Λιμήν Χερσονήσου, Ανισσαράς, Κουτουλουφάρι και το Πισκοπιανό. Το Δημοτικό Διαμέρισμα Αβδού όπου συναντάται ο οικισμός Αβδού, το Δημοτικό Διαμέρισμα Γωνιών Πεδιάδος όπου μέσα σε αυτό ανήκουν οι Γωνιές, το Δημοτικό Διαμέρισμα Κεράς όπου συναντώνται οι οικισμοί Κερά και Άνω Κερά. Το Δημοτικό Διαμέρισμα Ποταμιών με τους οικισμούς Ποταμιές και Σφεντύλι και το Δημοτικό Διαμέρισμα Χερσονήσου, το πιο μεγάλο σε έκταση διαμέρισμα με τους οικισμούς Χερσόνησος, ο Αννισσαράς, Αγριανά, Ανάληψη και Αποσελέμης.

Περιοχές	2001
Κερά	19
Άνω Κερά	70
Γωνιές	491
Αβδού	320
Σφένδυλο	92
Ποταμιές	484
Καλό Χωριό	299
Ανάληψη	995
Αγριανά	264
Ανισσαράς	278
Χερσόνησος	947
Πισκοπιανό	428
Κουτουλουφάρι	538
Λιμένας Χερσονήσου	2953
Αποσελέμης	42
Μάλια	3725
Σταλίδα	958
Μοχός	1167
Κράσι	323

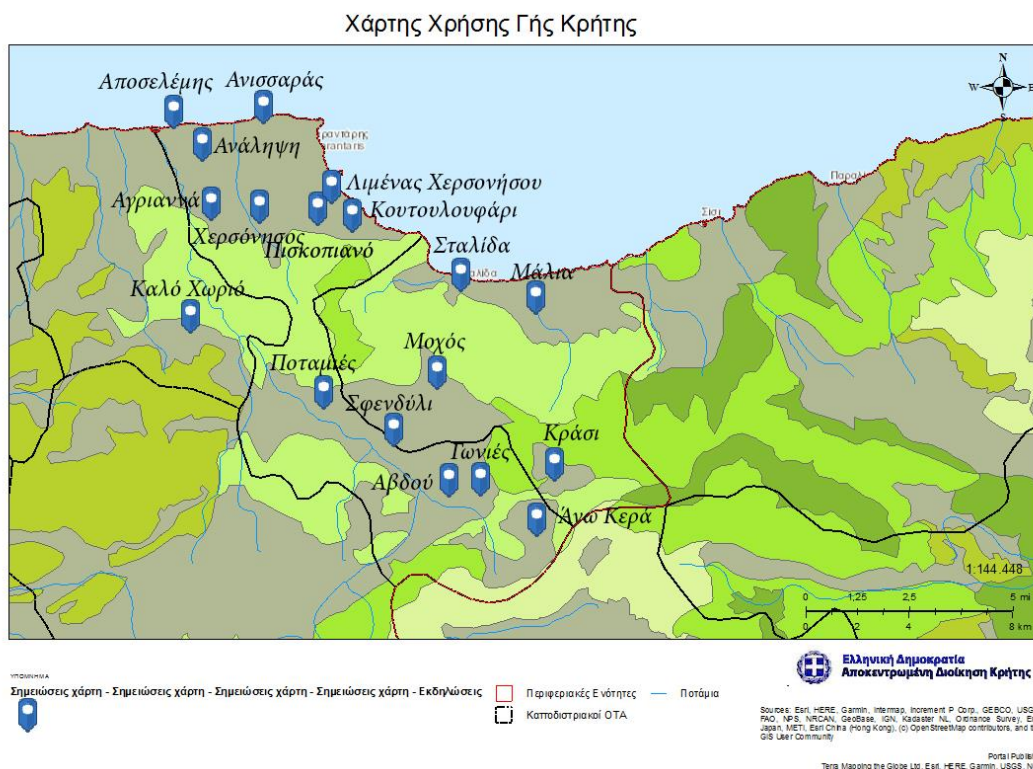
Πίνακας 3. Πληθυσμός Περιοχών Μελέτης κατά το έτος 2001{ΕΛΣΤΑΤ}

Ο δήμος Χερσονήσου είχε συνολικά 8.497 κατοίκους και έκταση 70.984 στρέμματα. Ο Δήμος Μαλίων συνολικά απαρτιζόταν από 6212 πολίτες, εκ των οποίων στα Μάλια υπαγόταν 3722 πολίτες, στο Κράσι 348 πολίτες και στη Δημοτική Ενότητα Μοχού (Μοχός, Σταλίδα) 2142 πολίτες. Ο πληθυσμός κάθε περιοχής κατά την απογραφή του 2001 αναφέρεται αναλυτικά στο Πίνακα 3.

Παρόλο που η Κρήτη σαν νησί είχε μια αυξητική τάση ως προς το μέγεθος του πληθυσμού της, στις περιοχές που εξετάστηκαν υπάρχει μείωση του πληθυσμού συγκριτικά με την απογραφή του 2001.

1.7 Χρήσεις Γης

Όπως παρατηρείται σύμφωνα με δεδομένα της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης, οι περιοχές μελέτης μας έχουν ένα σημαντικό ποσοστό από δασώδης-ημιφυσικές εκτάσεις (βοσκότοποι), αλλά και ένα ακόμα μεγάλο ποσοστό από γεωργικές εκτάσεις. Σχεδόν όλες οι περιοχές έχουν ως χρήσεις γης αγροτική χρήση (agriculture) αλλά και ένα μικρό ποσοστό από βοσκοτόπια.



Εικόνα 15. Χάρτης Χρήσης Γης (2006)

1.7.1 Κύριες Χρήσεις Νερού

Όπως γνωρίζουμε, το νησί της Κρήτης δε διαθέτει κάποιο μεγάλο ποτάμι. Αυτό συμβαίνει λόγω του μικρού πλάτους του νησιού και της θέσης του στο χάρτη, της μεγάλης ορμής του νερού όπως επίσης και ότι το νησί ενισχύεται μόνο με νερό σε μορφή κατακρημνισμάτων όπως βροχές και χιόνια στα ορεινά, όπου και σε αυτά το μεγαλύτερο μέρος τους (67%) λόγω του ύψους της θερμοκρασίας σχεδόν σε όλο το χρόνο, εξατμίζεται. Η ύπαρξη των βουνών της και το χώρισμα της ανάμεσα σε Ανατολή και Δύση έχουν ως συνέπεια την άνιση

κατανομή βροχόπτωσης τόσο ως προς τα ανατολικά και δυτικά, αλλά και σε πεδινές και ορεινές περιοχές. Ένα γεωλογικό στοιχείο που επηρεάζει τα επιφανειακά νερά, είναι η συχνή αλλαγή διαφορετικών πετρωμάτων στο επιφανειακό στρώμα όπως για παράδειγμα η ροή του ποταμού να εναλλαχθεί από επιφανειακή σε υπόγεια.

Έτσι λοιπόν, παρατηρείται διαφορετικό ετήσιο όγκο βροχόπτωσης στις περιοχές που βρίσκονται βόρεια (Σταλίδα, Μάλια) σε σχέση με τις πιο νότιες περιοχές με μεγαλύτερο υψόμετρο (Μοχός, Κράσι).

1.8 Κατηγορίες Χρήσεων Νερού

Ξεκινώντας ένα σύστημα διανομής νερού, ένα από τα πιο σημαντικά τμήματα του είναι η ζήτηση νερού (water demand) ή χρήση νερού (water use). Για να είναι όμως ένα τέτοιο σύστημα επιτυχημένο θα πρέπει να καλύπτει κάποιος όρους.

Οι συγκεκριμένοι όροι αναφέρονται ως εξής:

1.8.1 Οικιακή Χρήση

Στον όρο οικιακή χρήση περιλαμβάνεται το νερό της πόσης, της καθαριότητας, το νερό που χρειάζεται για το μαγείρεμα καθώς και άλλες ανάγκες μίας οικίας.

Χρήση	Λίτρα	Μπουκάλια
Καζανάκι	9/φορά	6
Γεμάτη Μπανιέρα	150	100
Ντούζ	15/λεπτό	10
Πλύσιμο Χεριών-Προσώπου	15/λεπτό	20
Πλυντήριο Ρούχων	150/φορά	100
Πλυντήριο Πιάτων	50/φορά	33
Πλύσιμο Φρούτων-Λαχανικών	15/λεπτό	10
Πλύσιμο πιάτων στο χέρι	150/ημέρα	100
Πλύσιμο αυτοκινήτου	150/φορά	100

Πίνακας 4. Αντιστοιχία Χρήσεων με Καταναλώσεων [Εξοικονόμηση νερού, Ολοκληρωμένο Εκπαιδευτικό Πρόγραμμα για τα σχολεία της Νότιας Ευρώπης]

Στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια σχεδόν όλα τα νοικοκυριά έχουν πρόσβαση σε δίκτυο ύδρευσης. Το νερό αυτό προέρχεται κατά κύριο λόγο από δημοτικές ή δημόσιες υπηρεσίες. Μέσω των υπηρεσιών αυτών αντλείται και περισυλλέγεται το νερό, αποθηκεύεται, επεξεργάζεται και τέλος διανέμεται στο δίκτυο.

Έτσι λοιπόν, για τον υπολογισμό της οικιακής χρήσης σε κάθε περιοχή αλλά και συνολικά θα λαμβάνεται υπόψιν η μέση ημερήσια κατανάλωση (200lt/day).

Περιοχές	Ημερήσια κατανάλωση (lt/day)
Κερά	3800
Άνω Κερά	13000
Γωνιές	80200
Αβδού	71400

Σφένδυλο	8600
Ποταμιές	74200
Καλό Χωριό	58000
Ανάληψη	268600
Αγριανά	69200
Ανισσαράς	38200
Χερσόνησος	223000
Πισκοπιανό	57200
Κουτουλουφάρι	71400
Λιμένας Χερσονήσου	593600
Αποσελέμης	2200
Μάλια	644800
Σταλίδα	247400
Μοχός	165000
Κράσι	29400

Πίνακας 5. Ημερήσια Κατανάλωση ανά περιοχή

1.8.2 Βιομηχανική Χρήση

Τουρισμός

Ένα σημαντικό κεφάλαιο και βαριά βιομηχανία των περιοχών μας, αποτελεί ο τουρισμός. Είναι ένας τομέας συνεχώς αναπτυσσόμενος, με μεγάλες επενδύσεις σε ξενοδοχειακές μονάδες.

Ένα από τα μειονεκτήματα του τουρισμού είναι ότι πιέζει σε μεγάλο βαθμό τα τοπικά περιβαλλοντικά συστήματα στα οποία συναντάται και ειδικότερα το κομμάτι των υδατικών πόρων. Οι ευαίσθητες περιοχές είναι συνήθως οι παράκτιες, καθώς εκεί συγκεντρώνεται ο μεγαλύτερος όγκος του τουρισμού στη Κρήτη. Μία ακόμη δυσκολία για την ορθή διαχείριση των πόρων αποτελεί το γεγονός ότι η ακριβής καταγραφή της τουριστικής κίνησης είναι αδύνατη αφού η ΕΣΥΕ και ο ΕΟΤ καταγράφουν μόνο τουριστικά καταλύματα ξενοδοχειακού τύπου, δηλαδή ξενοδοχεία και επιπλωμένα διαμερίσματα ενώ δεν περιλαμβάνονται τα ενοικιαζόμενα δωμάτια.

Λόγω της εποχικότητας που παρουσιάζεται, απαιτείται αύξηση στην κατανάλωση νερού σε μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

Τέλος, η φετινή τουριστική σεζόν (2020) είχε σημαντική πτώση στον αριθμό των επισκεπτών σε τουριστικές περιοχές τόσο τοπικά όσο και παγκόσμια λόγω του COVID-19, ωστόσο αποτελεί μια συγκυρία που είναι σπάνια.

1.8.2.1 Άμεση Κατανάλωση

Σύμφωνα με έρευνα [Εργαστήριο Ερευνών και Δορυφόρων Λογαριασμών Τουρισμού, Πανεπιστήμιο Πατρών, 2014] τη χρονιά 2013 επισκέφθηκαν τη Χερσόνησο 993.584 επισκέπτες και υπήρξαν στην ευρύτερη περιοχή της Χερσονήσου 7.197.067 διανυκτερεύσεις.

Χωρίζοντας τις ξενοδοχειακές μονάδες των περιοχών μας ανά αστέρια έχουμε:

	Μάλια	Σταλίδα	Γωνιάς	Αβδού	Ανάληψη	Ανισσαράς	Χερσόνησος	Πισκοπιανό	Κουτουλουφάρι	Λιμένας Χερσονήσου	Αποσελέμης
5*	6	2	0	0	4	6	1	0	0	4	2
4*	16	7	1	1	1	4	3	0	0	35	3
3*	14	13	0	0	2	1	2	4	3	19	0

Άλλα *	46	22	0	1	6	5	6	3	22	36	2
Με πισίνα			0	0	6	16	5	1	1	52	5

Πίνακας 6. Ξενοδοχειακές Μονάδες ανά Αστέρια [Ξενοδοχειακό Επιμελητήριο Ελλάδας]

Όπως παρατηρείται, τα Μάλια, ο Ανισσαράς και ο Λιμένας Χερσονήσου είναι οι περιοχές που διαθέτουν τις περισσότερες πολυτελείς ξενοδοχειακές μονάδες και έπειτα ακολουθεί η Σταλίδα και το Κουτουλουφάρι όπου μέσα σε αυτές λειτουργούν αρκετές ξενοδοχειακές μονάδες λιγότερων αστερών. Γεωγραφικά, οι ξενοδοχειακές υποδομές συγκεντρώνονται στο βόρειο παραλιακό κομμάτι με αποτέλεσμα η τουριστική κίνηση να αντιμετωπίζει πολύ περιορισμένη διάχυση προς την ενδοχώρα.

Περιοχές	Άθροισμα Κλινών
Αβδού	38
4*	38
Ανάληψη	1714
3*	146
4*	62
5*	1506
Ανισσαρά	6071
3*	102
4*	2057
5*	3912
Αποσελέμης	1082
4*	488
5*	594
Γωνιές	840
4*	840
Κουτουλουφάρι	304
3*	304
Λιμένας Χερσονήσου	14272
3*	1823
4*	10604
5*	1845
Μάλια	7827
2*	926
3*	1609
4*	3547
5*	1745
Περιοχές εκτός Σταλίδας και Μαλλίων	2650
2*	2650
Πισκοπιανά	182
3*	182
Σταλίδα	4373
2*	504

3*	1038
4*	1619
5*	1212
Χερσόνησος	936
3*	83
4*	191
5*	662
Συνολικά	40289

Πίνακας 7. Άθροισμα και Μέσος Όρος Κλινών

Σύμφωνα με το πίνακα, στο Λιμένα Χερσονήσου παρατηρείται το μεγαλύτερο ποσοστό κλινών της περιοχής μελέτης μας, ενώ ακολουθούν τα Μάλια, όπου έχουν σχεδόν διπλάσιο αριθμό κλινών σε σχέση με τη Σταλίδα. Μεγάλες ξενοδοχειακές μονάδες με πολλές κλίνες συναντώνται επίσης και στον Ανισσαρά, ενώ οι υπόλοιπες περιοχές, όπου δε συναντάται μεγάλη τουριστική κίνηση, δε διαθέτουν σημαντική ποσότητα ξενοδοχειακών μονάδων. Ο αριθμός των κλινών των ξενοδοχείων 4 αστέρων (4*) είναι ο μεγαλύτερος και στις δύο περιοχές μελέτης μας, όπου συναντάται τουρισμός.

Η διαφοροποίηση των ξενοδοχειακών υποδομών ανάλογα με τα αστέρια είναι πολύ σημαντική για τη μελέτη μας, αφού όσο πιο πολλά αστέρια έχει μια ξενοδοχειακή μονάδα, τόσο μεγαλύτερη είναι και η κατανάλωση νερού την ημέρα ανά άτομο.

Συγκεκριμένα, για ξενοδοχεία των 5 αστέρων (5*) λαμβάνεται σαν ημερήσια κατανάλωση ανά επισκέπτη ανά ημέρα 450 lt/day, για ξενοδοχεία 4 αστέρων (4*) η κατανάλωση ανά επισκέπτη ανά ημέρα αντιστοιχεί σε 350 lt/day, για ξενοδοχεία 3 αστέρων (3*) σε 300 lt/day ανά επισκέπτη ανά ημέρα.[Μάρη, 2020]

Σε ξενοδοχεία 2 αστέρων (2*) και κάτω λαμβάνονται καταναλώσεις πολύ κοντά σε καταναλώσεις οικιακής χρήσης που αντιστοιχεί σε 250lt/day [Caldwell, 1991]

Με γνώμονα τα στατιστικά της ΕΛΣΤΑΤ για τη πληρότητα των ξενοδοχείων του Δήμου Χερσονήσου κατά το έτος 2015, το επί τοις εκατό ποσοστό πληρότητας κλινών αγγίζει τα 68,5%.

Περιοχές	Άθροισμα Κλινών	Καταναλώσεις ανά Ημέρα	Νερού	Με πληρότητα 68,5%
Αβδού	38			
4*	38	13300		9110,5
Ανάληψη	1714			
3*	146	43800		30003
4*	62	21700		14864,5
5*	1506	677700		464224,5
Ανισσαρά	6071			
3*	102	30600		20961
4*	2057	719950		493165,75
5*	3912	1760400		1205874
Αποσελέμης	1082			
4*	488	170800		116998
5*	594	267300		183100,5

Γωνιές	840		
4*	840	294000	201390
Κουτουλουφάρι	304		
3*	304	91200	62472
Λιμένας Χερσονήσου	14272		
3*	1823	546900	374626,5
4*	10604	3711400	2542309
5*	1845	830250	568721,25
Μάλια	7827		
2*	926	231500	158577,5
3*	1609	482700	330649,5
4*	3547	1241450	850393,25
5*	1745	785250	537896,25
Περιοχές εκτός Σταλίδας και Μαλλίων	2650		
2*	2650	662500	453812,5
Πισκοπιανά	182		
3*	182	54600	37401
Σταλίδα	4373		
2*	504	126000	86310
3*	1038	311400	213309
4*	1619	566650	388155,25
5*	1212	545400	373599
Χερσόνησος	936		
3*	83	24900	17056,5
4*	191	66850	45792,25
5*	662	297900	204061,5
Συνολικά	40289	14576400	9984834

Πίνακας 8. Κατανάλωση νερού ανά Αστέρια και με Πληρότητα

Ακόμα και αν η Κρήτη θεωρείται από τους καλύτερους τουριστικούς προορισμούς παγκόσμιος, δεν υπάρχει επαρκή βιβλιογραφία για τη συνολική χρήση νερού από τους επισκέπτες. Και αυτό γιατί η κατανάλωση νερού για τις ανάγκες του τουρισμού εμπίπτει σε άμεση ή έμμεση κατανάλωση, όπου άμεση είναι η απευθείας κατανάλωση του νερού και έμμεση μέσω των δραστηριοτήτων που μπορεί ένας τουρίστας να εξασκεί.

Κατανάλωση Νερού	Ξενοδοχεία
Πότισμα Κήπων	50%
Καθαριότητες	5%
Υγιεινή Επισκεπτών	20%
Πλυντήρια	5%
Εστιατόρια	5%
Πισίνα	15%

Πίνακας 9. Χρήσεις νερού Ξενοδοχείου [Gosling et al,2011]

1.8.2.2 Έμμεση κατανάλωση

Λόγω του υψηλού ανταγωνισμού ανάμεσα στις ξενοδοχειακές μονάδες στους τουριστικούς προορισμούς, οι μονάδες προσπαθούν συνεχώς να προσφέρουν νέες υπηρεσίες και δραστηριότητες, οι οποίες έχουν σαν αποτέλεσμα μεγάλες καταναλώσεις νερού.

Μία από αυτές και ίσως από τις πιο σημαντικές, είναι η πισίνα του εκάστοτε ξενοδοχείου, η οποία συναντάται σε πάρα πολλά ξενοδοχεία.

Σύμφωνα με τα δεδομένα που έχουμε στη κατοχή μας οι ξενοδοχειακές μονάδες που περιλαμβάνουν πισίνα στις εγκαταστάσεις τους εντοπίζονται στις περιοχές των Μαλίων και της Σταλίδας και πιο συγκεκριμένα τα ξενοδοχεία με πισίνα στα Μάλια είναι 2,25 φορές περισσότερα απ' ό τι στη Σταλίδα.

Για την εύρεση των αναγκών νερού των πισινών της κάθε περιοχής προσεγγιστικά, χρησιμοποιήθηκε σα δεδομένο ένα μέσο βάθος 1,80m.

Περιοχές Ξενοδοχ είων	Μάλ ια	Σταλί δα	Ανάλη ψη	Ανισσα ράς	Χερσόν ησος	Πισκοπι ανό	Κουτουλο υφάρι	Λιμένας Χερσονή σου	Αποσελ έμης
Ξενοδοχ εία με πισίνα	61	27	6	16	5	1	1	52	5
Ανάγκες νερού για πισίνα	349 87	1548 6	3441	9177	2868	574	574	29825	2868

Πίνακας 10. Ανάγκες νερού Ξενοδοχείων για τη πισίνα

1.8.3 Γεωργοκτηνοτροφική Χρήση

Με τον όρο γεωργοκτηνοτροφική χρήση νοείται η χρήση για τις ανάγκες της γεωργίας (κήποι, περιβόλια, κ.α.) καθώς και για τις ανάγκες της κτηνοτροφίας.

1.8.3.1 Γεωργική χρήση



Εικόνα 16. Γεωργική Χρήση Νερού [ΕΛ.Ι.ΑΜΕΠ]

Η γεωργία είναι μια δραστηριότητα που χρειάζεται μεγάλες ποσότητες νερού καθώς η ποσότητα και η ποιότητα του νερού είναι σημαντικός παράγοντας για τη παραγωγή τροφίμων όπως και για την ασφάλειά τους. Το ένα τρίτο του νερού που χρησιμοποιείται στην Ευρώπη αφορά τη γεωργία. Παρ' όλα αυτά, στις περιοχές της μελέτης μας, τα παραγόμενα προϊόντα δεν έχουν μεγάλες απαιτήσεις νερού.

Η χρήση νερού για γεωργία μπορεί να προέρθει από φυσικές αλλά και από εναλλακτικές πηγές. Ποτάμια και λίμνες είναι κάποιες από τις φυσικές και νερό από επαναχρησιμοποίηση αστικών λυμάτων είναι μια εναλλακτική πηγή. Όποιος τρόπος πηγής νερού και να επιλεγεί για τη γεωργία, η ποιότητα του νερού θα πρέπει να είναι καλή για να επιτευχθεί ποιότητα και απόδοση των καλλιεργειών.

Στις περιοχές μελέτης μας, κατά κύριο λόγο υπάρχει παραγωγή ελαιολάδου, όπως και σε όλο το νησί της Κρήτης. Κατά προσέγγιση και αναλογικά με την έκταση των περιοχών, μέσα σε αυτές υπάρχουν περίπου 3010736 ελαιόδεντρα σε μία συνολική έκταση 147km². Έτσι λαμβάνοντας ως αναγκαία ποσότητα για την άρδευση του ελαιόδεντρου τα 250m³/στρέμμα/έτος, για την αναγκαία αυτή άρδευση θα χρειαστεί 752683950 m³.

1.8.3.2 Κτηνοτροφική Χρήση



Εικόνα 17. Κτηνοτροφική Χρήση Νερού [zoosos.gr]

Η κτηνοτροφία, είναι ένας σημαντικός παράγοντας χρήσης των υδάτινων πόρων, καθώς ανέκαθεν είχε μεγάλο υδατικό αποτύπωμα και σε σύγκριση με φρούτα και λαχανικά χρειάζεται συγκριτικά περισσότερο νερό.

Στο νομό Ηρακλείου, όπως και σε όλο το νησί της Κρήτης, κυριαρχεί διαχρονικά η ενασχόληση με αίγες και πρόβατα στο τομέα της κτηνοτροφίας.

	Πρόβατα	Αίγες
Νομός Ηρακλείου	453093	188270
Περιοχές Μελέτης	81557	33889

Πίνακας 10. Αριθμός Αιγοπροβάτων [Περιφέρεια Κρήτης]

Οι ανάγκες των αιγοπροβάτων σε νερό εξαρτώνται από την ηλικία του ζώου, το κλίμα, τη θερμοκρασία περιβάλλοντος κ.α., σα μέσος όρος χρησιμοποιήθηκε η τιμή των 9 λίτρα ανά ζώο ανά ημέρα. [Οι ανάγκες σε ποσότητα και ποιότητα νερού για τα παραγωγικά ζώα, Vasileios Bampidis, V.N. Anthitsa, 2017]

Έτσι οι ανάγκες σε νερό για όλα τα αιγοπρόβατα της περιοχής μελέτης μας είναι οι ακόλουθες:

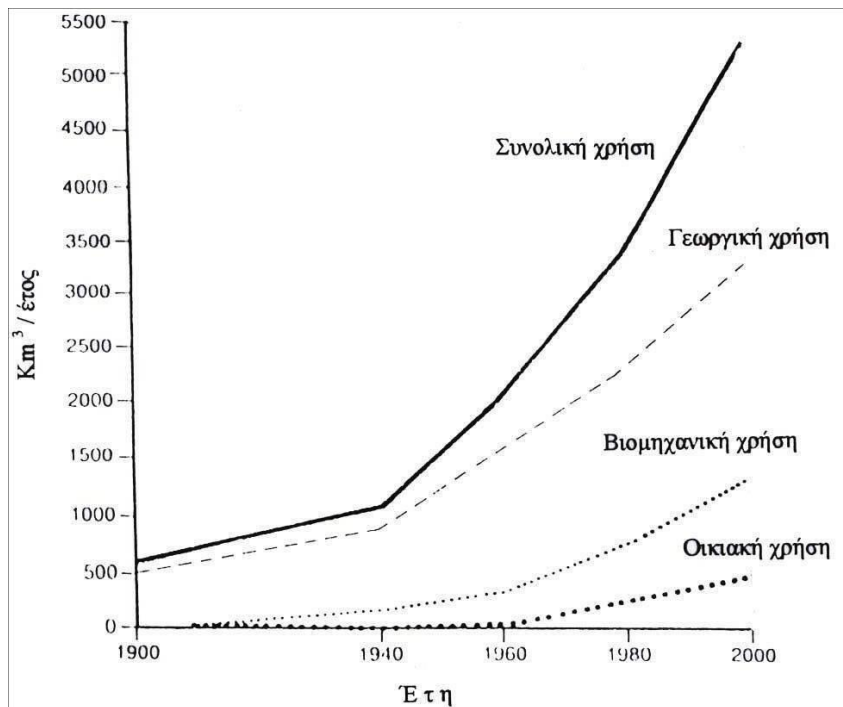
	Πρόβατα	Αίγες
Ανάγκες σε νερό (m ³)	734011	304997

Πίνακας 11. Ανάγκες Αιγοπροβάτων σε νερό

Η χρήση του νερού αυξάνεται συνεχώς ανά τα χρόνια με πολύ γρήγορους ρυθμούς, ειδικότερα μετά το 1950, όπου υπήρξε ανάπτυξη της χώρας και οι ανάγκες για νερό αυξήθηκαν. Σύμφωνα με το διάγραμμα της (βλ. Εικόνα 18), η γεωργική χρήση κατείχε τη πρώτη θέση σε κατανάλωση νερού ξεπερνώντας τη βιομηχανική χρήση αλλά και την οικιακή χρήση κατά τον 20^ο αιώνα.

Ο ρυθμός αυτός της αύξησης θα πρέπει να μειωθεί τα προσεχή χρόνια γιατί παράλληλα αυξάνεται το κόστος του νερού, οπότε και αναγκαστικά θα πρέπει να αποβεί περισσότερο αποδοτικότερη η χρήση του. Κάτι παρεμφερές συνέβη στις αρχές της δεκαετίας του 1970 με την ενεργειακή κρίση του πετρελαίου. Φαίνεται όμως ότι ανα τα χρόνια η αύξηση της γεωργικής χρήσης είναι μικρότερη

από την αύξηση των υπολοίπων χρήσεων (βιομηχανική, οικιακή και αναψυχή). [Καραβίτης, Αγγελίδης, 2005]



Εικόνα 18. Χρήσεις Νερού κατά τον 20^ο αιώνα [www.fao.org]

Σύμφωνα με το διάγραμμα πληθυσμού ανά εκτάσεων άρδευσης, παρατηρείται ότι τα τελευταία χρόνια η συνολική αύξηση κατανάλωσης νερού είναι 3 φορές μεγαλύτερη από την αύξηση του πληθυσμού με ότι αυτό συνεπάγεται, και κατά κύριο λόγο συμβαίνει στις αναπτυσσόμενες χώρες της δύσης. [Καραβίτης, Αγγελίδης, 2005]

2 Διαχειριστικό Μοντέλο WEAP

2.1 Γενικά

Πολλές περιοχές τα τελευταία χρόνια αντιμετωπίζουν προβλήματα διαχείρισης του νερού. Καθώς ζητήματα όπως η ποιότητα του νερού, η κατανομή των πηγών αλλά και οι πολιτικές διαχείρισης γίνονται ολοένα και πιο σημαντικά και ενώ τα πλέον συμβατικά μοντέλα προσομοίωσης δεν έχουν μεγάλες δυνατότητες, υπήρξε η ανάγκη για ένα νέο, ολοκληρωμένο εργαλείο διαχείρισης υδατικών πόρων.

Το μοντέλο WEAP (Water Evaluation and Planning system) είναι ένα υπολογιστικό εργαλείο που έχει σα στόχο την ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων μέσω της ενσωμάτωσης μεταβλητών όπως η ζήτηση, η ποιότητα του νερού καθώς και η διατήρηση του οικοσυστήματος.

Το Ινστιτούτο Περιβάλλοντος της Στοκχολμς ήταν ο βασικός υποστηρικτής για την ανάπτυξη του και το Hydrologic Engineering Center of the US Army Corps of Engineers χρηματοδότησε σημαντικά για τις βελτιώσεις του. Ένας μεγάλος αριθμός οργανισμών, συμπεριλαμβανομένων των: Ηνωμένα Έθνη, Παγκόσμια Τράπεζα (World Bank), USAID, US EPA, IWMI, Water Research Foundation (formerly AwwaRF) και το Global Infrastructure Fund of Japan έχουν προσφέρει στήριξη στο έργο και το χρησιμοποιούν.

Το WEAP έχει εφαρμοστεί σε αξιολογήσεις υδατικών συστημάτων σε δεκάδες χώρες, συμπεριλαμβανομένων: Ηνωμένες Πολιτείες, Μεξικό, Βραζιλία, Γερμανία, Γκάνα, Burkina Faso, Κένυα, Νότια Αφρική, Μοζαμβίκη, Αίγυπτος, Ισραήλ, Ομάν, Κεντρική Ασία, Ινδία, Σρι Λάνκα, Νεπάλ, Κίνα, Νότια Κορέα, και Ταυλάνδη.

Μεγάλο πλεονέκτημα του WEAP είναι ότι προσφέρει ολοκληρωμένη προσέγγιση των υδατικών συστημάτων, δίνοντας στον κάτοχο πρόσβαση στους παράγοντες αυτούς που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη για μια ορθή τρέχουσα αλλά και μελλοντική διαχείριση. [www.weap21.org]

Επίσης διακρίνεται για τη δυνατότητα που έχει να εφαρμόζεται σε απλές λεκάνες μέχρι σύνθετα συστήματα ποταμών, αφού σαν βασική αρχή έχει το υδατικό ισοζύγιο. Επιπλέον, μπορεί να προσομοιώσει ένα εύρος φυσικών και τεχνητών στοιχείων αυτών των συστημάτων, όπως είναι η βροχή και η απορροή όμβριων υδάτων, η βασική παροχή και η επαναφόρτιση του υπόγειου υδροφορέα από κατακρημνίσεις, κλαδικές αναλύσεις ζήτησης, διατήρηση υδάτων, δικαιώματα και προτεραιότητες σε θέματα κατανομής υδατικών πόρων, λειτουργίες ταμιευτήρων, παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας, παρακολούθηση ρύπανσης και της ποιότητας του νερού, αξιολογήσεις ευπάθειας και απαιτήσεις οικοσυστήματος. Η ενότητα της οικονομικής ανάλυσης επιτρέπει στο χρήστη να πραγματοποιήσει συγκρίσεις κόστους-οφέλους για τα έργα.

Ένα ακόμα σημαντικό πλεονέκτημα του διαχειριστικού αυτού προγράμματος είναι η δυνατότητα της ύπαρξης υφιστάμενης κατάστασης καθώς και μελλοντικών σεναρίων που μπορεί να αναπαραστήσει ο χρήστης, κάνοντας ιδιαίτερα εύκολη την εξέταση των αποτελεσμάτων του κάθε σεναρίου.

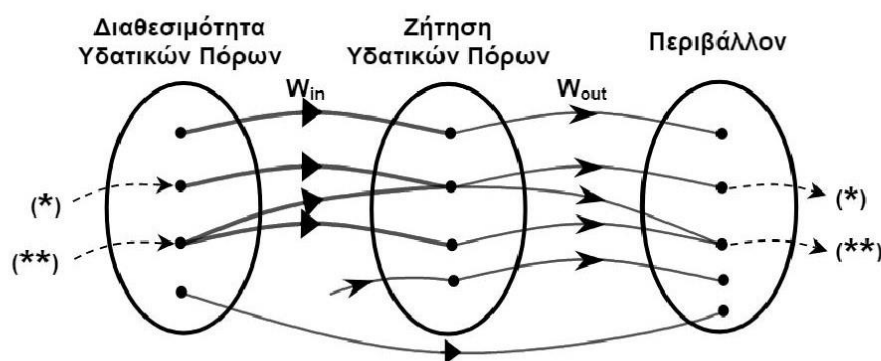
Ο αναλυτής αναπαριστά το σύστημα ως προς τους διάφορους διαθέσιμους πόρους (π.χ ποτάμια, ρυάκια, υπόγεια ύδατα, ταμιευτήρες και μονάδες αφαλάτωσης), την απόληψη, μεταφορά και επεξεργασία υγρών αποβλήτων, τη ζήτηση νερού, τη ρύπανση και τις απαιτήσεις του οικοσυστήματος. Η δομή των δεδομένων και το επίπεδο λεπτομέρειας μπορούν εύκολα να προσαρμοστούν στις απαιτήσεις και στη διαθεσιμότητα των δεδομένων για ένα συγκεκριμένο σύστημα και μια συγκεκριμένη ανάλυση.

Οι εφαρμογές του WEAP περιλαμβάνουν διάφορα βήματα.

- **Ορισμός της μελέτης:** Ορίζεται το χρονοδιάγραμμα, τα όρια του χώρου, οι συνιστώσες του συστήματος και η διατύπωση του προβλήματος.
- **Τρέχοντες υπολογισμοί:** Αναπτύσσεται μια αποτύπωση της τρέχουσας ζήτησης νερού, των ρυπαντικών φορτίων, των πόρων και των προμηθειών του συστήματος. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί και ως βήμα βαθμονόμησης κατά την ανάπτυξη μιας εφαρμογής.

- **Σενάρια:** Μπορεί να διερευνηθεί μια σειρά εναλλακτικών υποθέσεων για τις μελλοντικές επιδράσεις των πολιτικών, του κόστους, του κλίματος, για παράδειγμα στη ζήτηση νερού, την προσφορά νερού, την υδρολογία και τη ρύπανση. (Οι δυνατότητες των σεναρίων παρουσιάζονται στην επόμενη ενότητα.)
- **Αξιολόγηση:** Τα σενάρια αξιολογούνται με γνώμονα την επάρκεια του νερού, το κόστος και το όφελος, τη συμμόρφωση με τους περιβαλλοντικούς στόχους, και την ευαισθησία ως προς την αβεβαιότητα έναντι σε μεταβλητές -«κλειδιά».

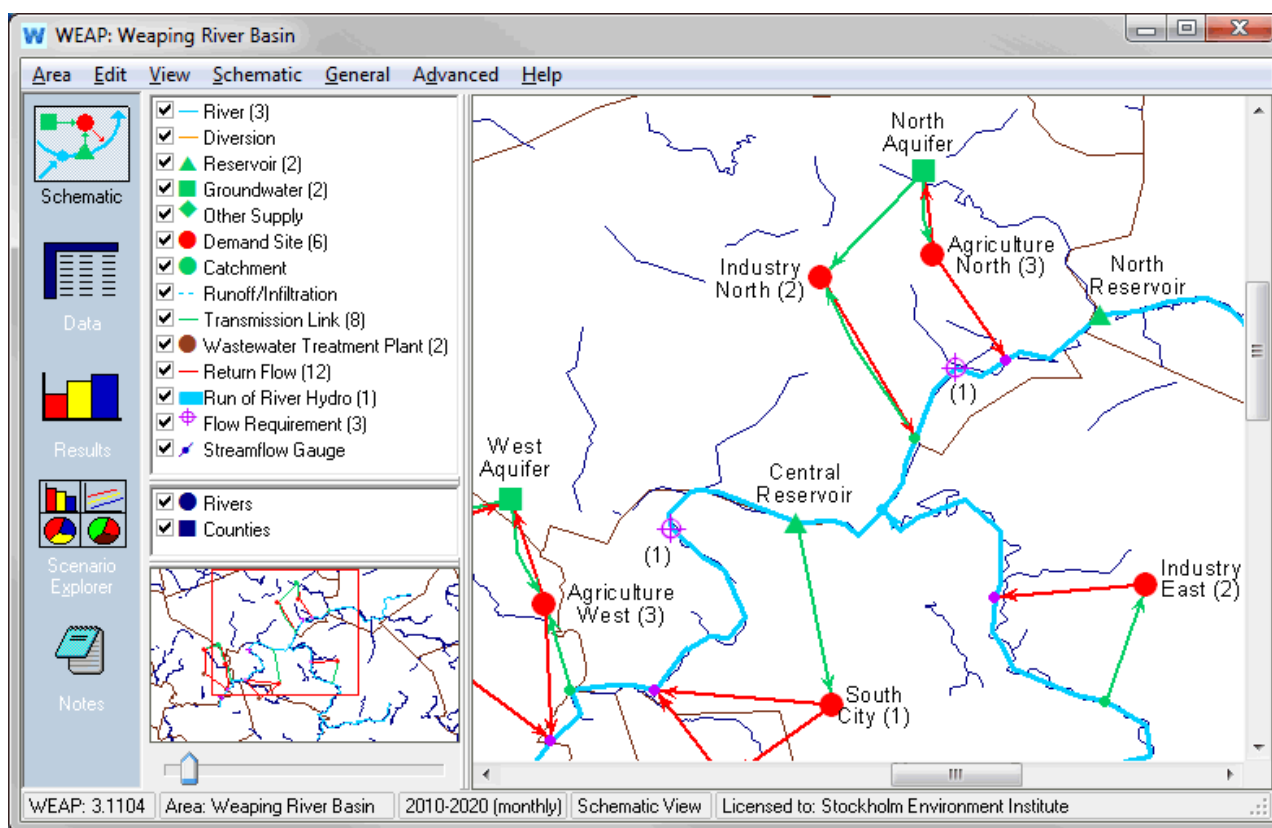
Αυτί οι παραπάνω λόγοι αποτέλεσαν σημείο αναφοράς έτσι ώστε για τη παρούσα διπλωματική εργασία να χρησιμοποιηθεί το WEAP για τη διαχείριση των κόμβων, την εισαγωγή σεναρίων και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.



Εικόνα 19. Σχηματική Περιγραφή Διαχείρισης Υδατικών Πόρων

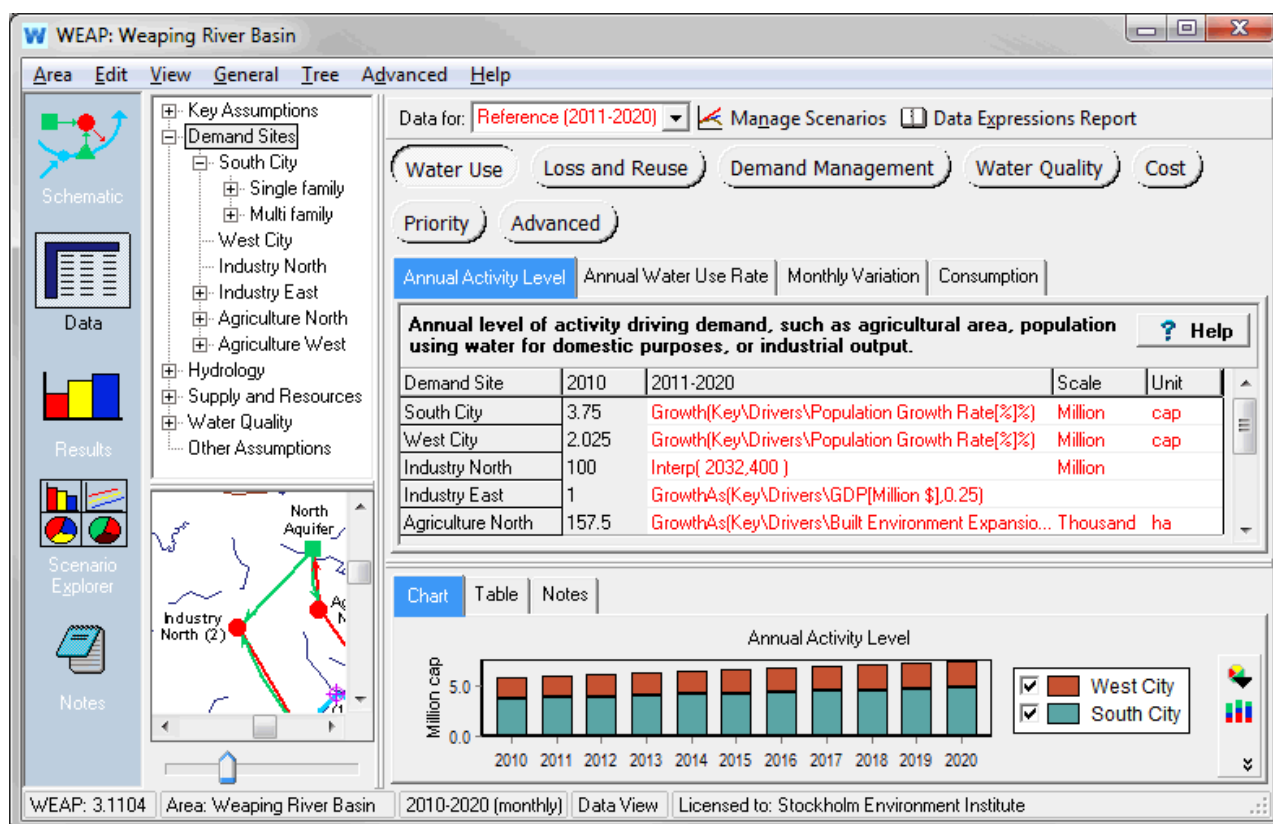
Το μοντέλο WEAP αποτελείται από πέντε βασικές θεματικές ενότητες: τη σχηματική απεικόνιση (Schematic), τα δεδομένα (Data), τα αποτελέσματα (Results), την περιληπτική σύνοψη (Overviews) και τις σημειώσεις (Notes).

Σχηματική απεικόνιση (Schematic): Περιλαμβάνει όλα τα εργαλεία, τα οποία βασίζονται σε περιβάλλον GIS για τον ευκολότερο σχεδιασμό του συστήματος. Αντικείμενα όπως κόμβοι ζήτησης, κόμβοι προσφοράς κ.α. μπορούν να δημιουργηθούν και να τοποθετηθούν στο σύστημα με τη διαδικασία drag and drop των από το μενού. Τέλος δύναται η προσθήκη αρχείων διανυσματικής μορφής (vector files) ή αρχεία ψηφιδωτών (raster files) τύπου ArcGIS ή άλλων τύπων GIS ως φόντο στα διάφορα επίπεδα πληροφορίας (layers).



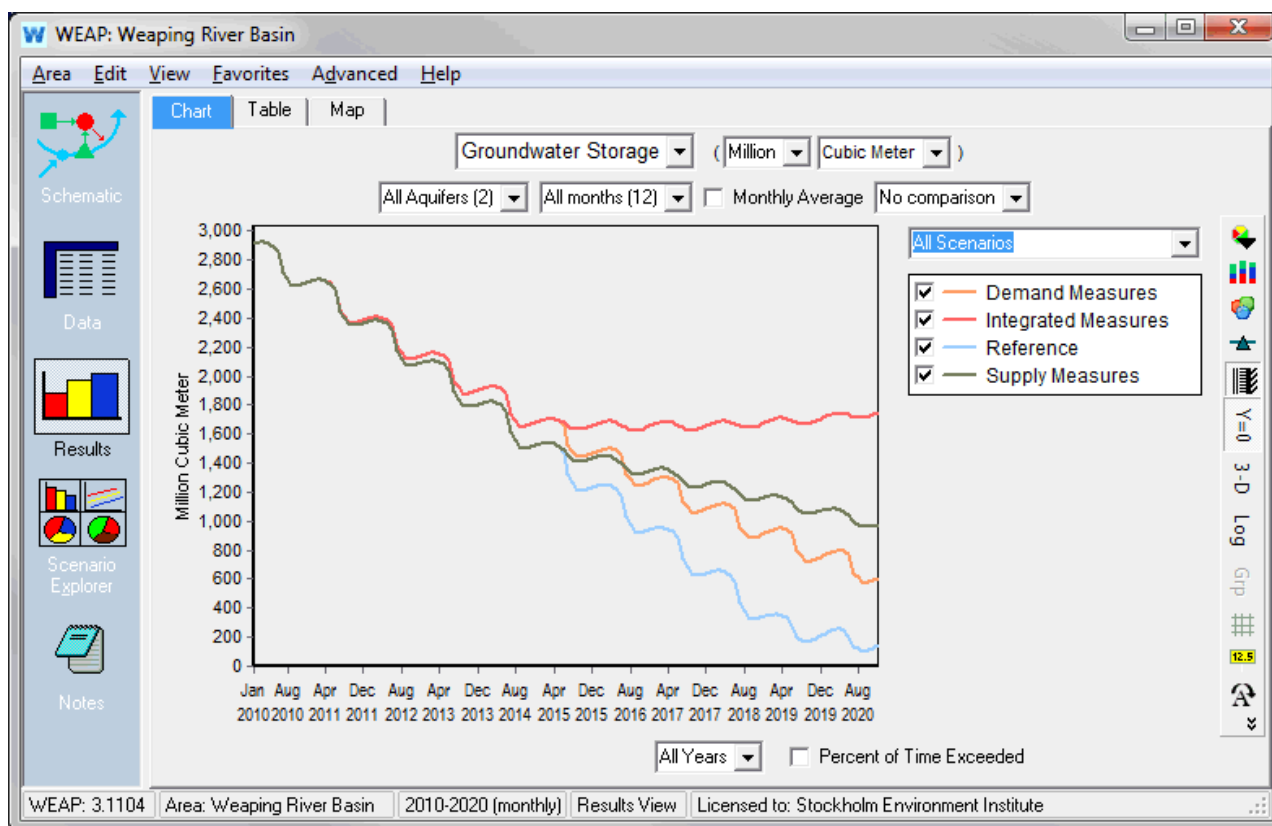
Εικόνα 20. Σχηματική Απεικόνιση (Schematic) [weap21.org]

Δεδομένα (Data): Στην ενότητα αυτή δίνεται η δυνατότητα της δημιουργίας μεταβλητών και σχέσεων, της εισόδου υποθέσεων χρησιμοποιώντας μαθηματικές εξισώσεις δυναμικά συνδεδεμένες με αρχεία Excel.



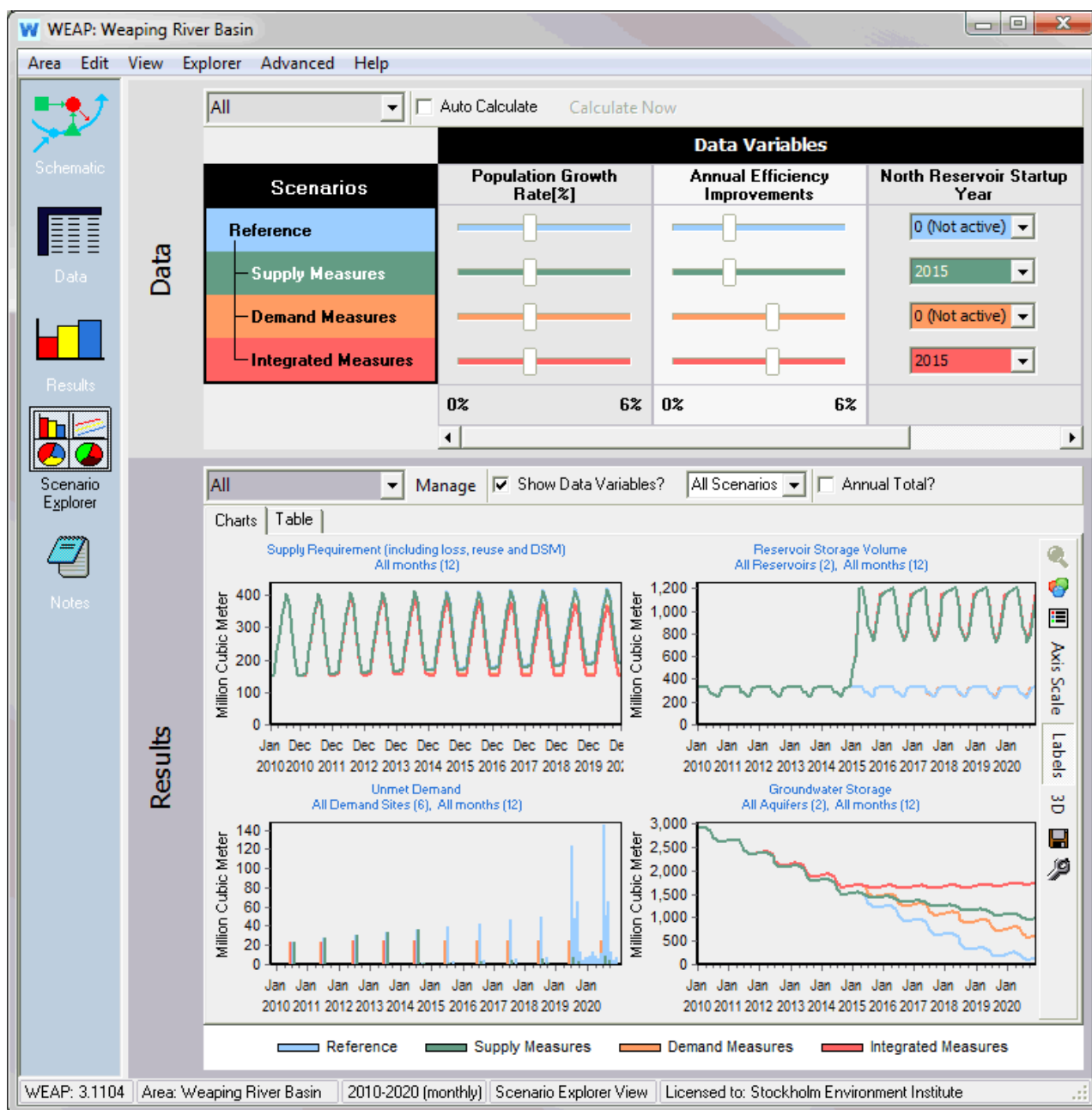
Εικόνα 21. Δεδομένα (Data) [weap21.org]

Αποτελέσματα (Results): Η θεματική ενότητα των αποτελεσμάτων επιτρέπει την απεικόνιση όλων των αποτελεσμάτων του μοντέλου, σε διαγράμματα, πίνακες όπως και στη σχηματική απεικόνιση.



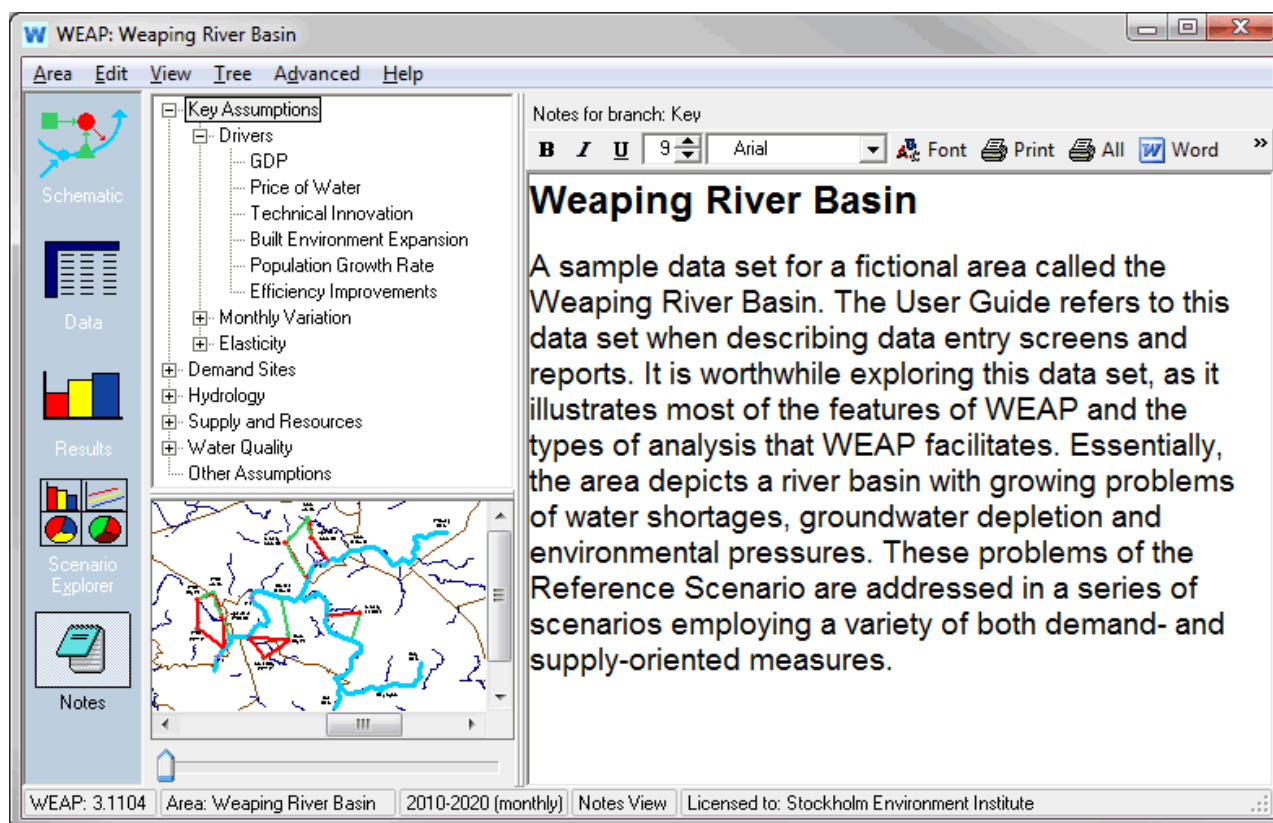
Εικόνα 22. Αποτελέσματα (Results) [weap21.org]

Περιληπτική σύνοψη (Overviews): Η περιληπτική σύνοψη επιτρέπει τη σύγκριση συγκεκριμένων παραμέτρων και δεικτών.



Εικόνα 23. Περιληπτική Σύνοψη (Overviews) [weap21.org]

Σημειώσεις (Notes): Η ενότητα των σημειώσεων δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη, να δημιουργήσει σημειώσεις σχετικά με τα δεδομένα εισόδου και τα σενάρια.



Εικόνα 24. Σημειώσεις (notes) [weap21.org]

2.2 Εφαρμογή του WEAP στην ευρύτερη περιοχή Μαλίων-Χερσονήσου

2.2.1 Καθορισμός γενικών παραμέτρων

Αρχικά, για τον καθορισμό των ορίων της ευρύτερης περιοχής Μαλίων – Χερσονήσου (περιοχή μελέτης) δημιουργήθηκε ένα πολύγωνο σε περιβάλλον GIS καθώς και έπειτα καθορίστηκαν οι γενικές παράμετροι, οι οποίες και έμειναν σταθερές στην εκτέλεση των σεναρίων. Ξεκινώντας, επιλέγουμε τη χρονιά έναρξης καθώς και το χρονικό βήμα.

Κατά την εκτέλεση του μοντέλου μας, χρησιμοποιήσαμε ως αρχική χρονιά για τις προσομοιώσεις μας σε υφιστάμενη κατάσταση (current accounts year) αυτή του 2020 καθώς και ως τελική χρονιά προσομοιώσεων (last year of scenarios) τη χρονιά του 2030, ως χρονικό βήμα (timesteps per year) επιλέχθηκε το 12.

Years and Time Steps

Time Horizon

Current Accounts Year: 2020

Last Year of Scenarios: 2030

Time Steps per Year

12

☒ Add Leap Days?

Time Step Boundary

☒ Based on calendar month

☐ All time steps are equal length

☐ Set time step length manually

Water Year Start

January

#	Title	Abbrev.	Length	Begins	Ends
1	January	Jan	31	1 Jan	31 Jan
2	February	Feb	29	1 Feb	29 Feb
3	March	Mar	31	1 Mar	31 Mar
4	April	Apr	30	1 Apr	30 Apr
5	May	May	31	1 May	31 May
6	June	Jun	30	1 Jun	30 Jun
7	July	Jul	31	1 Jul	31 Jul
8	August	Aug	31	1 Aug	31 Aug
9	September	Sep	30	1 Sep	30 Sep
10	October	Oct	31	1 Oct	31 Oct

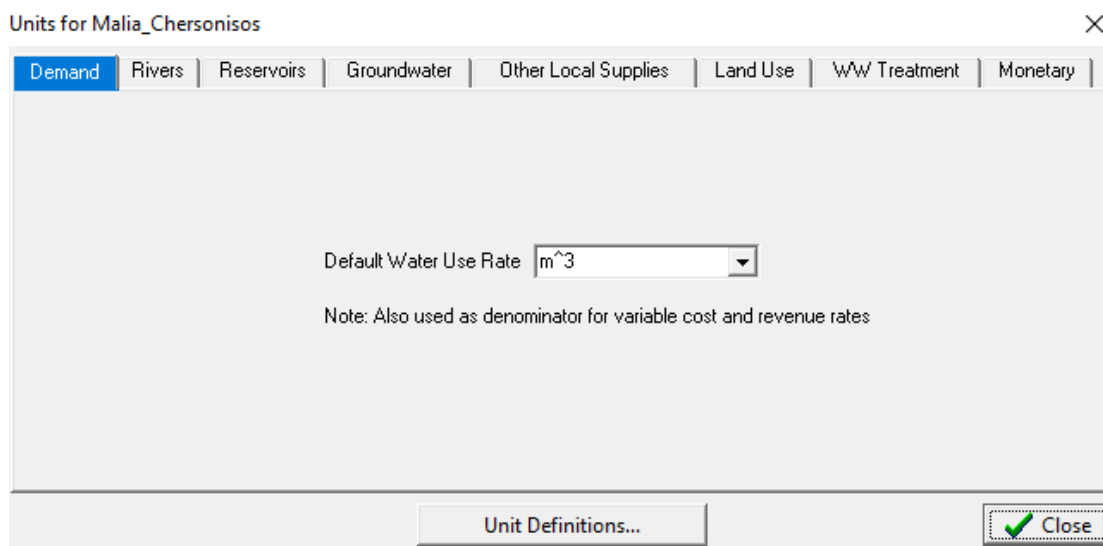
Time Step Name Format: October / Oct

The study period will run from January, 2020 to December, 2030.

Help Close

Εικόνα 4. Καθορισμός Χρονιάς και Βήματος

Κατά την εκτέλεση του WEAP, όλες οι μονάδες μας επιλέχθηκαν να είναι σε σύστημα SI (International System of Units), με εξαίρεση τις μονάδες μέτρησης του χρόνου όπου είναι σε ημέρες (days).



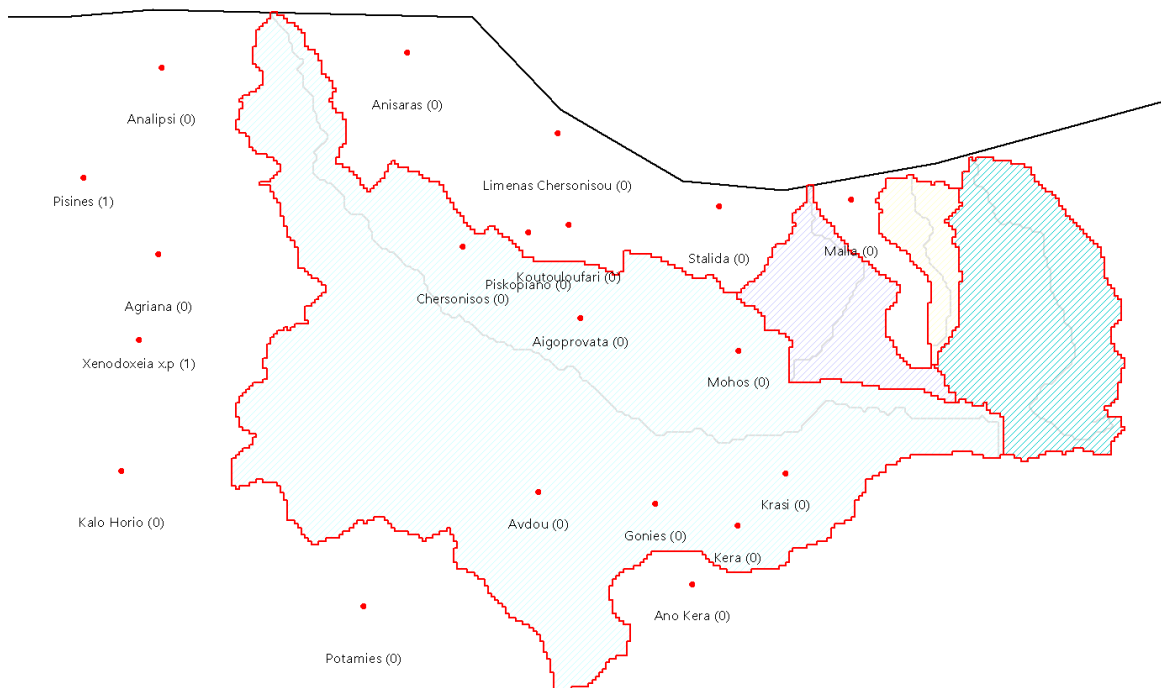
Εικόνα 5. Καθορισμός μονάδων μέτρησης

2.3 Δημιουργία Κόμβων Ζήτησης

Η επιλογή των κόμβων ζήτησης στη περιοχή μελέτης μας περιλαμβάνει κόμβους για τις ανάγκες ύδρευσης (στα χωριά Κερά, Άνω Κερά, Γωνιές, Αβδού, Σφενδύλι, Ποταμιές, Καλό Χωριό, Ανάληψη, Αγριανά, Ανισσαράς, Χερσόνησος, Πισκοπιανό, Κουτουλουφάρι, Λιμένας Χερσονήσου, Αποσελέμης, Μάλια, Σταλίδα, Μοχός και Κράσι), κόμβο άρδευσης για τις ανάγκες νερού της γεωργίας, ξεχωριστό κόμβο για τις ανάγκες της κτηνοτροφίας καθώς αξίζει να αναφερθεί ότι όσον αφορά την ύδρευση του τουρισμού (ξενοδοχεία) δημιουργήθηκε διαφορετικός κόμβος για τα ξενοδοχεία αλλά και ξεχωριστός κόμβος για τις πισίνες των ξενοδοχείων για πιο ενδελεχή έρευνα, καλύτερο προσδιορισμό των σεναρίων αλλά και των αποτελεσμάτων που θα μας δοθούν.

Κόμβος	Περιγραφή
Ποταμιές	Ύδρευση για Ποταμιές
Πισίνες Ξενοδοχείων	Νερό μόνο για πισίνες Ξενοδοχείων
Ξενοδοχεία (χωρίς πισίνες)	Ύδρευση όλων των Ξενοδοχείων
Αιγοπρόβατα (Κτηνοτροφία)	Νερό για τις ανάγκες κτηνοτροφίας
Άνω Κερά	Ύδρευση για Άνω Κερά
Κερά	Ύδρευση για Κερά
Κράσι	Ύδρευση για Κράσι
Μοχός	Ύδρευση για Μοχό
Γωνιές	Ύδρευση για Γωνιές
Αβδού	Ύδρευση για Αβδού
Ανάληψη	Ύδρευση για Ανάληψη
Καλό Χωριό	Ύδρευση για Καλό Χωριό
Μάλια	Ύδρευση για Μάλια
Σταλίδα	Ύδρευση για Σταλίδα
Λιμένας Χερσονήσου	Ύδρευση για Λιμένας Χερσονήσου
Κουτουλουφάρι	Ύδρευση για Κουτουλουφάρι
Πισκοπιανό	Ύδρευση για Πισκοπιανό
Χερσόνησος	Ύδρευση για Χερσόνησο
Αγριανά	Ύδρευση για Αγριανά
Ανισσαράς	Ύδρευση για Ανισσαρά

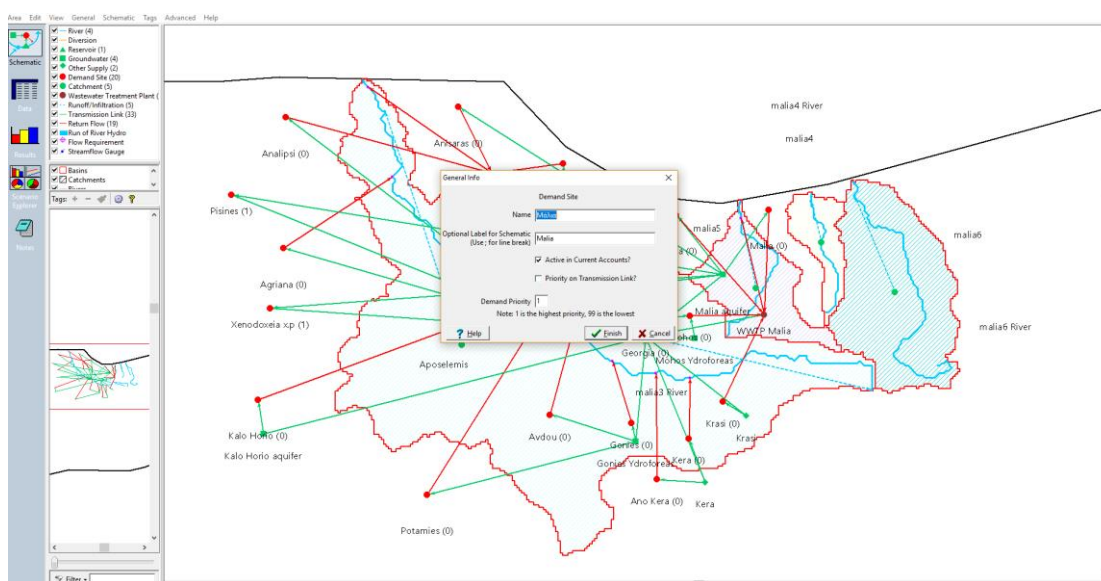
Πίνακας 12. Κόμβοι Ζήτησης



Εικόνα 25. Κόμβοι Ζήτησης στο Χάρτη

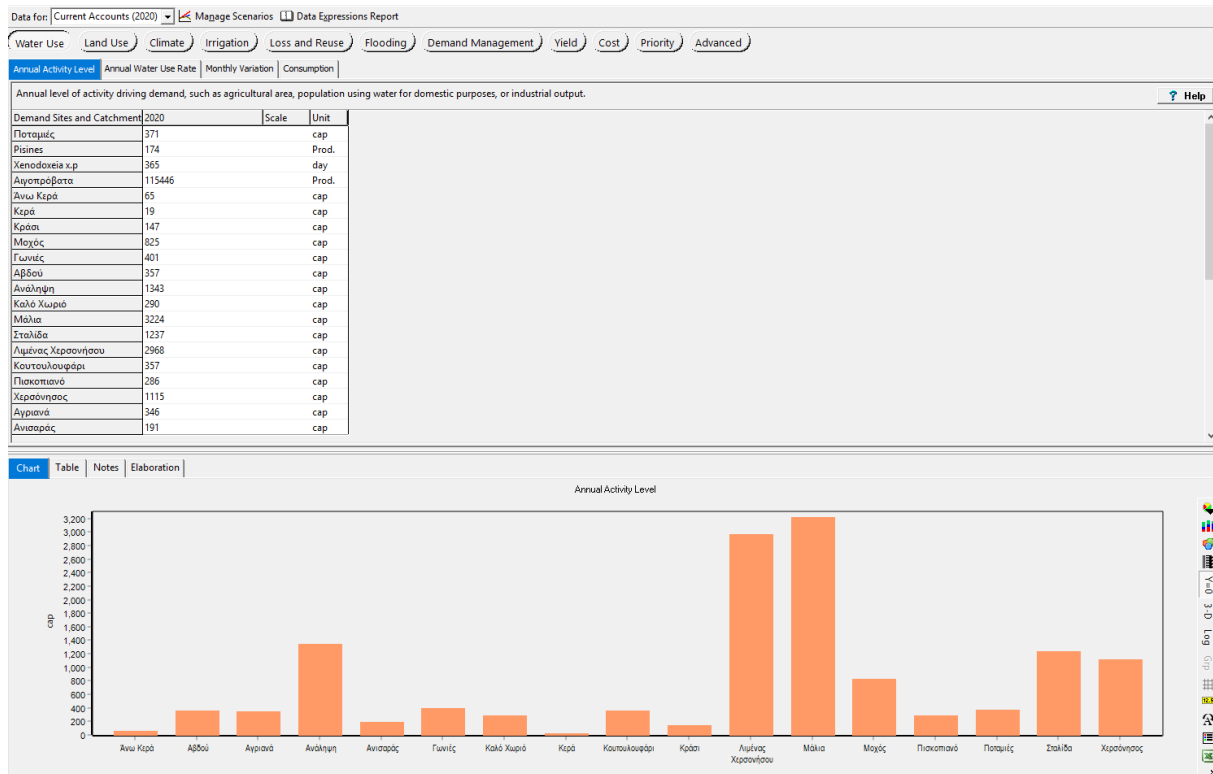
2.3.1 Κόμβοι ζήτησης για Ύδρευση

Για τη δημιουργία του πρώτου κόμβου ζήτησης τραβάμε από το κουτάκι αριστερά και αφήνουμε το κέρσορα επάνω στο χάρτη μας (Schematic) με τη διαδικασία του “drag&drop”. Όπως βλέπουμε στη φόρμα που εμφανίζεται, ζητείται να δοθεί η ονομασία του κόμβου, η ονομασία του κόμβου πάνω στο χάρτη (schematic) καθώς και τη προτεραιότητα της ζήτησης (όπου 1 είναι η υψηλότερη).



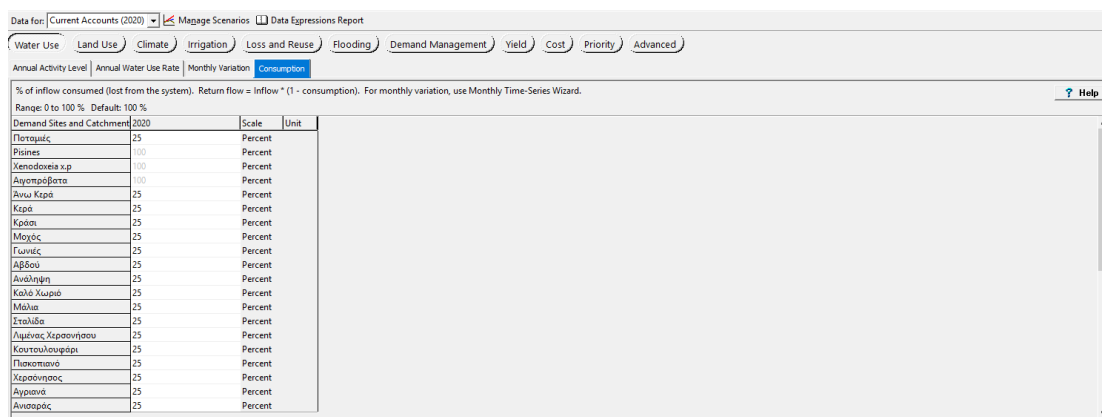
Εικόνα 6. Δημιουργία Κόμβου Ζήτησης

Για την είσοδο των μηνιαίων απαιτήσεων νερού στο μοντέλο, έγιναν πρώτα υπολογισμοί των αναγκών κάθε περιοχής σε νερό στο περιβάλλον του Excel, όπου και αργότερα τοποθετήθηκαν μέσα στο πρόγραμμα από την επιλογή water use, χρησιμοποιώντας μέσα στην καρτέλα Annual Activity Level την επιλογή cap. ως unit και βάζοντας τον πληθυσμό της εκάστοτε περιοχής. Έπειτα μέσα από την καρτέλα Annual Water User Rate συμπληρώθηκαν οι ανάγκες σε νερό για κάθε άτομο στην περιοχή.



Εικόνα 26. Ετήσιες Ανάγκες Ύδρευσης

Στην καρτέλα Consumption (κατανάλωση) για την ύδρευση στα χωριά έχει θεωρηθεί 25%, δηλαδή δε καταναλώνεται ολόκληρο το νερό που λαμβάνεται στους κόμβους, γι' αυτό και προστέθηκε ροή επιστροφής (return flow) για τη ποσότητα του νερού που απομένει. Εξαίρεση αποτελούν οι κόμβοι που απευθύνονται στα ξενοδοχεία, στις πισίνες των ξενοδοχείων καθώς και ο κόμβος της κτηνοτροφίας, όπου εκεί έχει θεωρηθεί 100% κατανάλωση (καταναλώνεται όλη η ποσότητα νερού που φτάνει στους κόμβους).

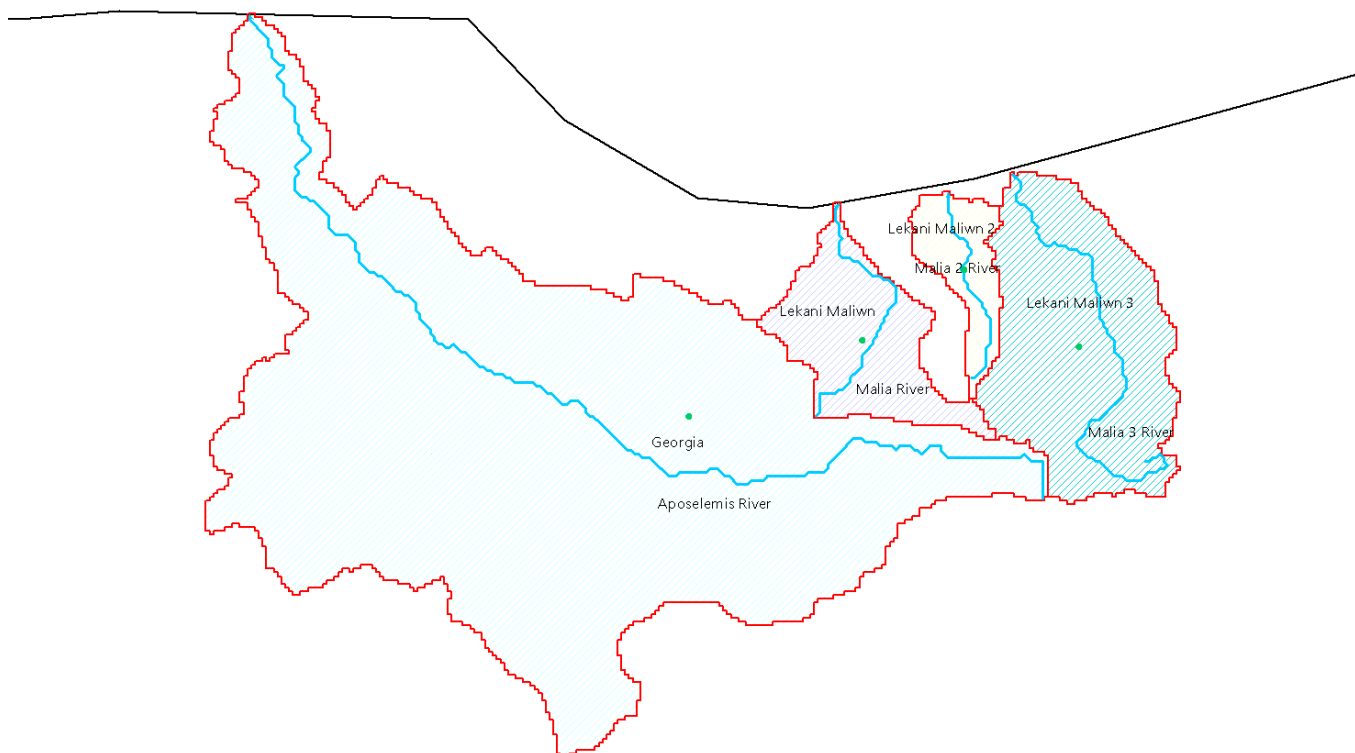


Εικόνα 7. Ποσοστιαία κατανάλωση κόμβων ύδρευσης

Το ποσοστό κατανάλωσης ορίστηκε ως 25%, καθώς θεωρήθηκε ότι υπάρχουν απώλειες στο σύστημα μας (π.χ. λόγω διαρροών του δικτύου μεταφοράς).

2.3.2 Κόμβος Ζήτησης για Άρδευση

Για τη δημιουργία κόμβου άρδευσης χρησιμοποιούμε τον ίδιο ακριβώς τρόπο που χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία κόμβων ζήτησης για ύδρευση. Πάνω στο χάρτη σχηματικής απεικόνισης (Schematic) με τη διαδικασία του “drag & drop”, σύρθηκε η επιλογή Catchment αυτή τη φορά επάνω στο χάρτη. Δημιουργήθηκε ένας κόμβος ζήτησης με το όνομα «Γεωργία», όπου και είναι ο κόμβος ζήτησης του μοντέλου ως προς την άρδευση.



Εικόνα 27. Κόμβος Γεωργίας

Όσον αφορά την άρδευση λήφθηκε υπόψιν ότι στις περιοχές μελέτης μας δε παρουσιάζεται σημαντική ποσότητα άλλων αρδευόμενων φυτών ή δέντρων πέρα από τα ελαιόδεντρα. Έτσι, αφού με τη βοήθεια του GIS βρέθηκε το εμβαδόν της περιοχής, συμπληρώθηκε μέσα στην καρτέλα Land Use ως 60,3 τετραγωνικά χιλιόμετρα όπως επίσης βρέθηκε και συμπληρώθηκε και ο αριθμός Kc που αντιστοιχεί στο είδος των δέντρων της περιοχής μας.



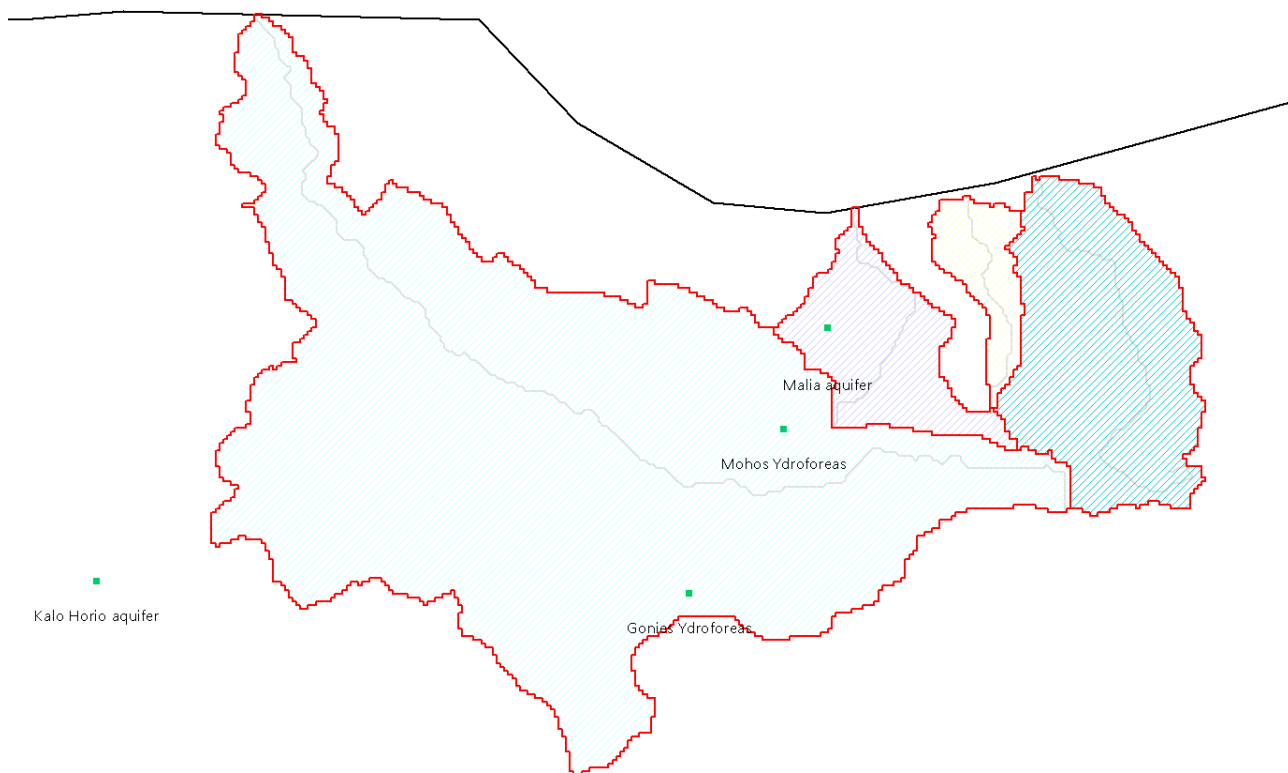
Εικόνα 28. Εμβαδόν Αρδευόμενης Περιοχής

2.3.3 Κόμβοι Προσφοράς

Μέσα στο σύνολο κόμβων που υπάρχουν στο μοντέλο μας, εκτός από κόμβους ζήτησης, υπάρχουν και οι κόμβοι προσφοράς, οι οποίοι είναι αυτοί που τροφοδοτούν με νερό τους υπόλοιπους κόμβους.

Στη περιοχή της μελέτης μας προσφέρουν νερό υδροφορείς αλλά και πηγές, πιο συγκεκριμένα οι υδροφορείς είναι: Υδροφορέας Καλού Χωριού, Υδροφορέας Μοχού, Υδροφορέας Μαλίων και ο Υδροφορέας του χωριού Γωνιές.

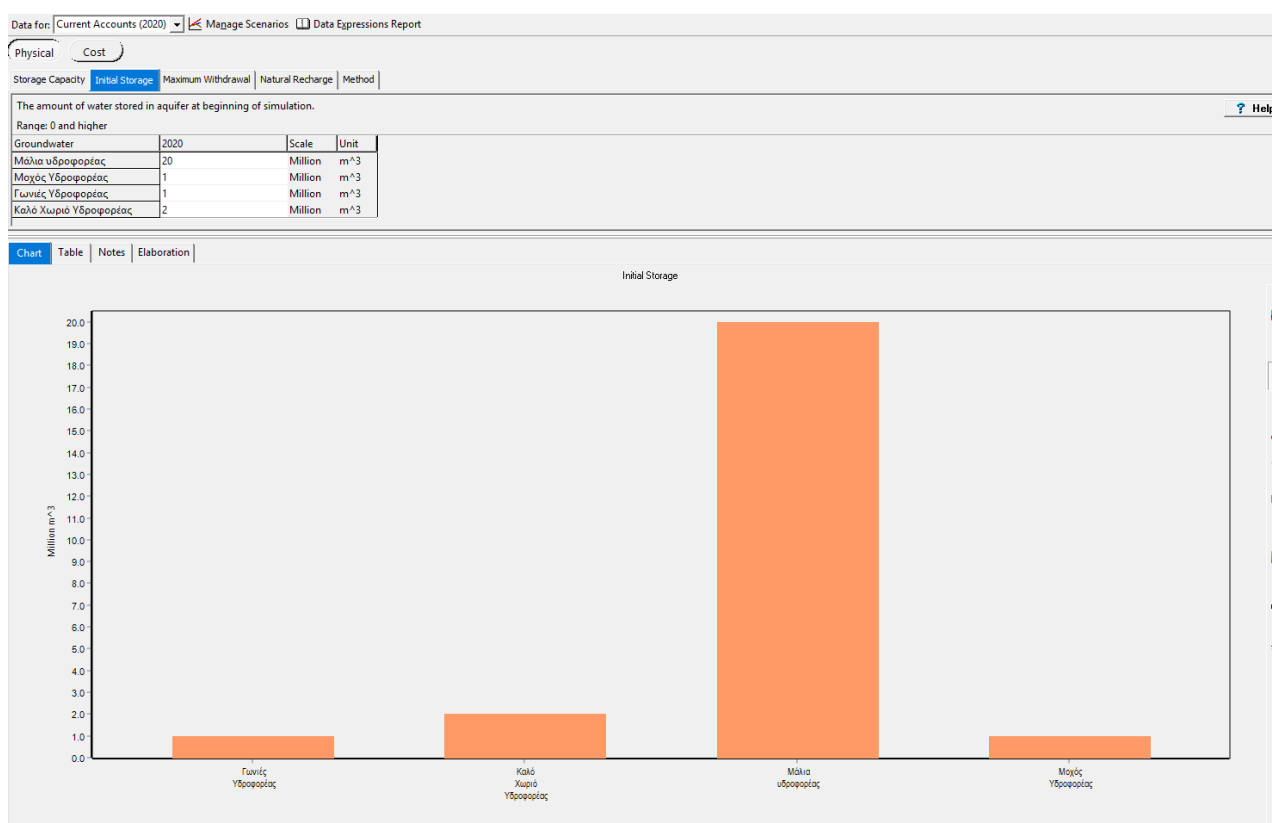
Για τη σχηματική απεικόνιση η μέθοδος είναι η ίδια ακριβώς με τους κόμβους ζήτησης (“drag & drop”), με τη διαφορά ότι αυτή τη φορά σύρθηκε το εικονίδιο Groundwater επάνω στο χάρτη.



Εικόνα 29. Κόμβοι Προσφοράς στο Χάρτη

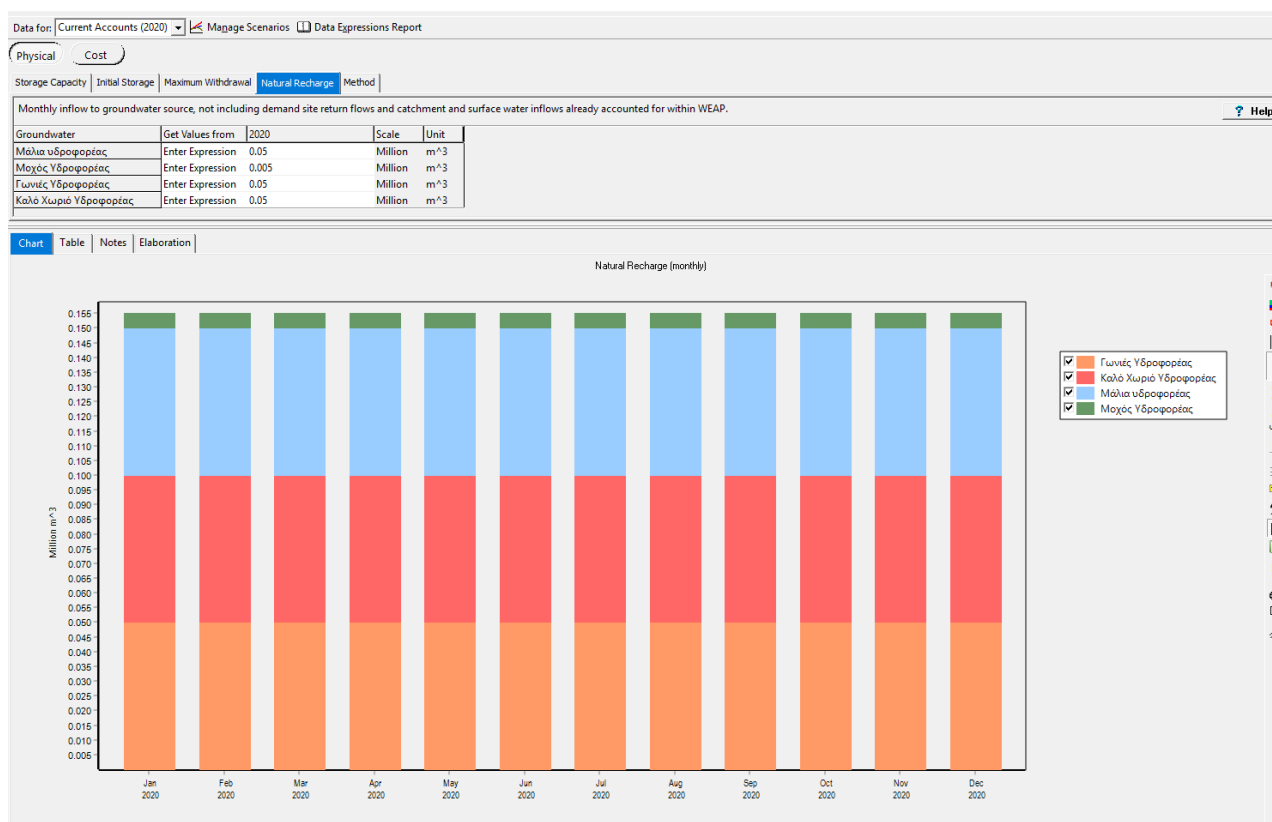
Κατά τη διάρκεια εισαγωγής των δεδομένων στους υπόγειους υδροφορείς συμπληρώθηκαν οι τιμές για: την αποθηκευτική χωρητικότητα του υδροφορέα (storage capacity), όπου δεν ήταν δυνατή ή εύρεση μιας τιμής, οπότε και θεωρήθηκαν ότι έχουν απεριόριστη χωρητικότητα.

Η αρχική αποθήκευση (initial storage) συμπληρώθηκε κατά προσέγγιση ως 20 εκατομμύρια κυβικά μέτρα για τον υδροφορέα των Μαλίων, όπου είναι και ο μεγαλύτερος της περιοχής. Ακολούθως θεωρήθηκε ότι ο υδροφορέας του Μοχού και των Γωνιών έχουν ως αρχική αποθήκευση 1 εκατομμύριο κυβικά μέτρα και ο υδροφορέας του Καλού Χωριού έχει ως αρχική αποθήκευση 2 εκατομμύρια κυβικά μέτρα.



Εικόνα 30. Αρχική Αποθήκευση Υδροφορέα

Η φυσική επαναφόρτιση (natural recharge), θεωρήθηκε ως 0,05 εκατομμύρια κυβικά μέτρα για τους υδροφορείς των Μαλίων, Καλού Χωριού και Γωνιών ενώ για τον υδροφορέα του Μοχού, η φυσική επαναφόρτιση θεωρήθηκε ως 0,005 εκατομμύρια κυβικά.



Εικόνα 31. Φυσική Επαναφόρτιση Υδροφορέα

Όπως παρατηρούμε, ο κάθε υδροφορέας δίνει στο πιο κοντινό οικισμό και όλοι οι κόμβοι προσφοράς συμβάλλουν στη προσφορά για γεωργία. Ο μεγαλύτερος υδροφορέας είναι αυτός των Μαλίων, ο οποίος προσφέρει νερό σε πολλούς οικισμούς, όπως επίσης είναι και από τους πιο σημαντικούς καθώς είναι ο υδροφορέας πάνω στον οποίο βασίζεται όλος ο τουρισμός της περιοχής, αφού τα Μάλια, ο Ανισαράς και η Σταλίδα είναι οι κατά κόρον τουριστικές περιοχές της μελέτης μας, με εκατοντάδες ξενοδοχεία που ανεβάζουν τη ζήτηση νερού στα ύψη.

Κόμβος Προσφοράς	Κόμβοι που λαμβάνουν
Υδροφορέας Καλό Χωριό	Καλό Χωριό, Γεωργία
Υδροφορέας Γωνιές	Γωνιές, Αβδού, Ποταμιές, Γεωργία
Υδροφορέας Μοχού	Μοχός, Γεωργία
Υδροφορέας Μαλίων	Ανισαράς, Σταλίδα, Μάλια, Ξενοδοχεία, Πισίνες, Γεωργία

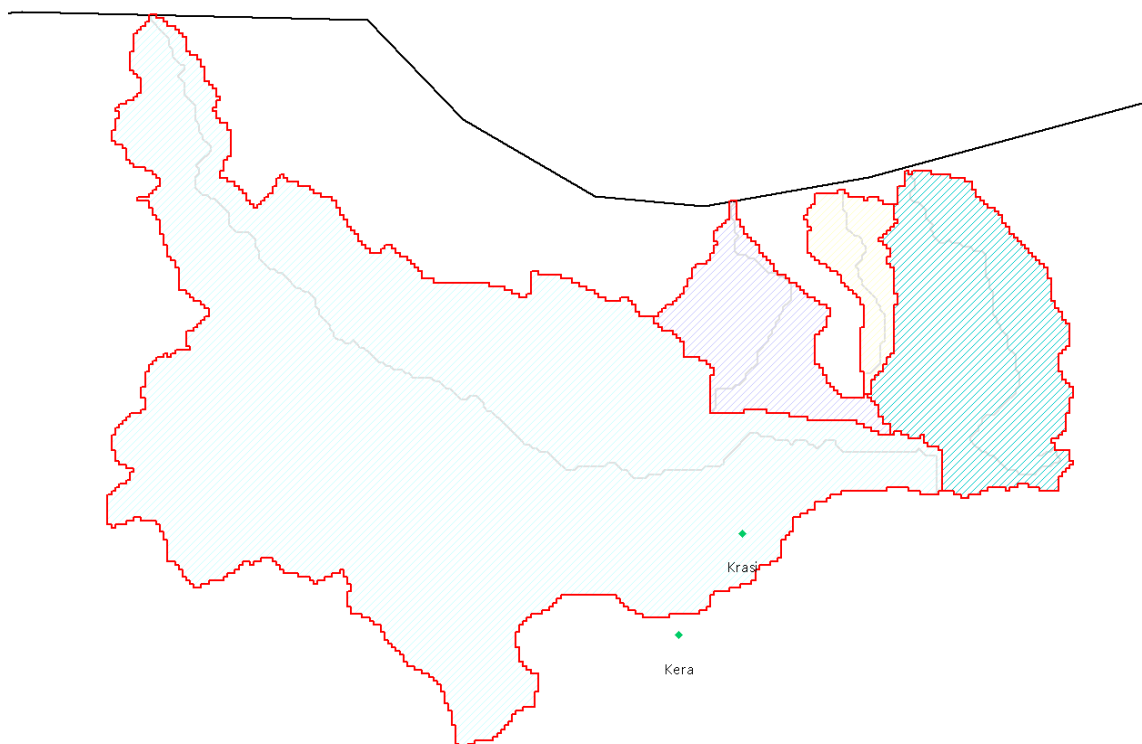
Πίνακας 13. Κόμβοι Προσφοράς

2.3.4 Άλλοι κόμβοι προσφοράς (Other Supply)

Μία ακόμα περίπτωση κόμβου προσφοράς νερού αποτελούν οι πηγές. Στη περιοχή μελέτης μας περιέχονται δύο πηγές, μία στη περιοχή του χωριού Κερά και μία ακόμη στη περιοχή του Κράσι, όπου τροφοδοτούν με νερό τα χωριά πλησίον της πηγής.

Πηγές	Κόμβοι που λαμβάνουν
Πηγή Κερά	Κερά, Άνω Κερά, Γεωργία
Πηγή Κράσι	Κράσι, Γεωργία

Για τη δημιουργία των πηγών σε σχηματική απεικόνιση χρησιμοποιήθηκε και εδώ η ίδια μέθοδος όπως προηγουμένος με μόνη διαφορά ότι σύρθηκε το εικονίδιο Other Supply αυτή τη φορά. Κατά την εισαγωγή δεδομένων των πηγών στο μοντέλο μας, ορίστηκε για εισροή (inflow) τα βροχομετρικά δεδομένα που υπάρχουν στη βάση δεδομένων του WEAP.

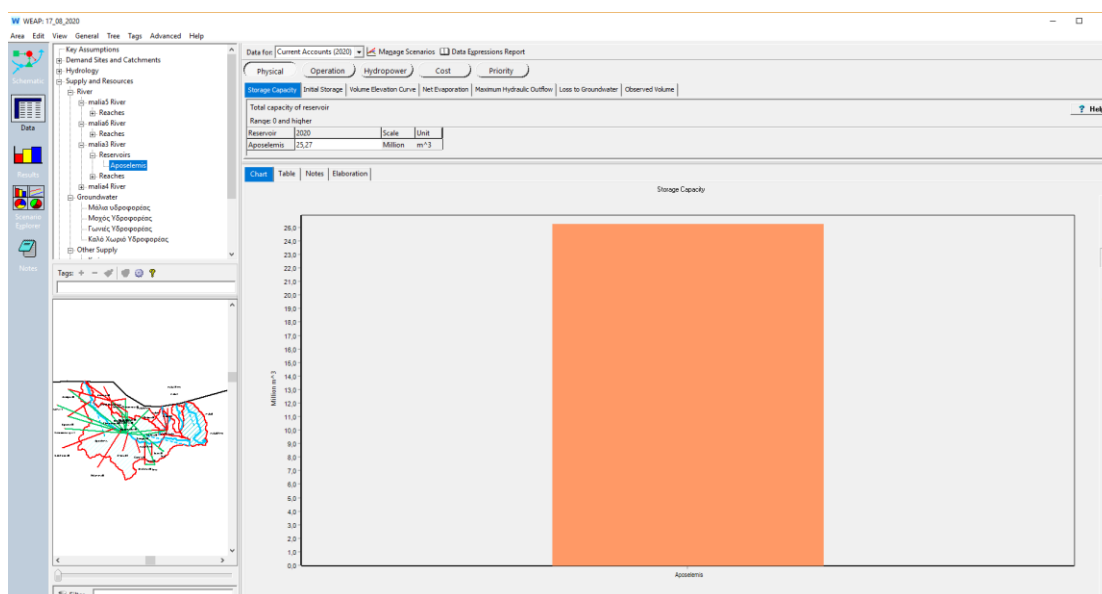


Εικόνα 32. Άλλοι κόμβοι προσφοράς (Other Supply) στο χάρτη

2.3.5 Κόμβοι Ταμιευτήρων

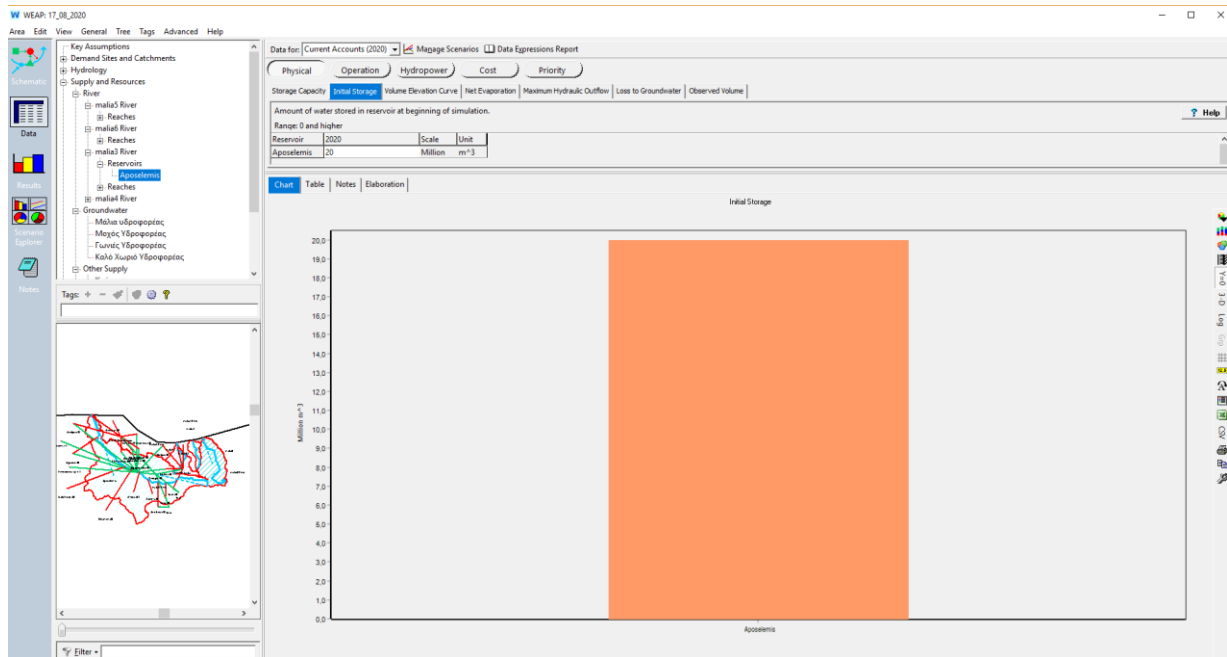
Εκτός από υδροφορείς και πηγές, σημαντική ποσότητα νερού προσφέρουν και τα φράγματα. Στη περιοχή μελέτης μας υπάρχει το φράγμα του Αποσελέμη, το οποίο αποτελεί ίσως τον κυριότερο κόμβο προσφοράς νερού του μοντέλου μας, αφού μέσω του φράγματος οι περισσότερες περιοχές της μελέτης μας λαμβάνουν ποσότητες νερού.

Με το συνήθη τρόπο drag & drop, σύρθηκε το τριγωνικό εικονίδιο reservoir επάνω στη σχηματική απεικόνιση του μοντέλου μας, ώστε να δημιουργηθεί ένας κόμβος ταμιευτήρα. Έπειτα στην εισαγωγή των δεδομένων του ταμιευτήρα στην καρτέλα, εισχωρήθηκε η τιμή για την αποθηκευτική χωρητικότητα του ταμιευτήρα, η οποία για το φράγμα του Αποσελέμη είναι 25,27 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού.



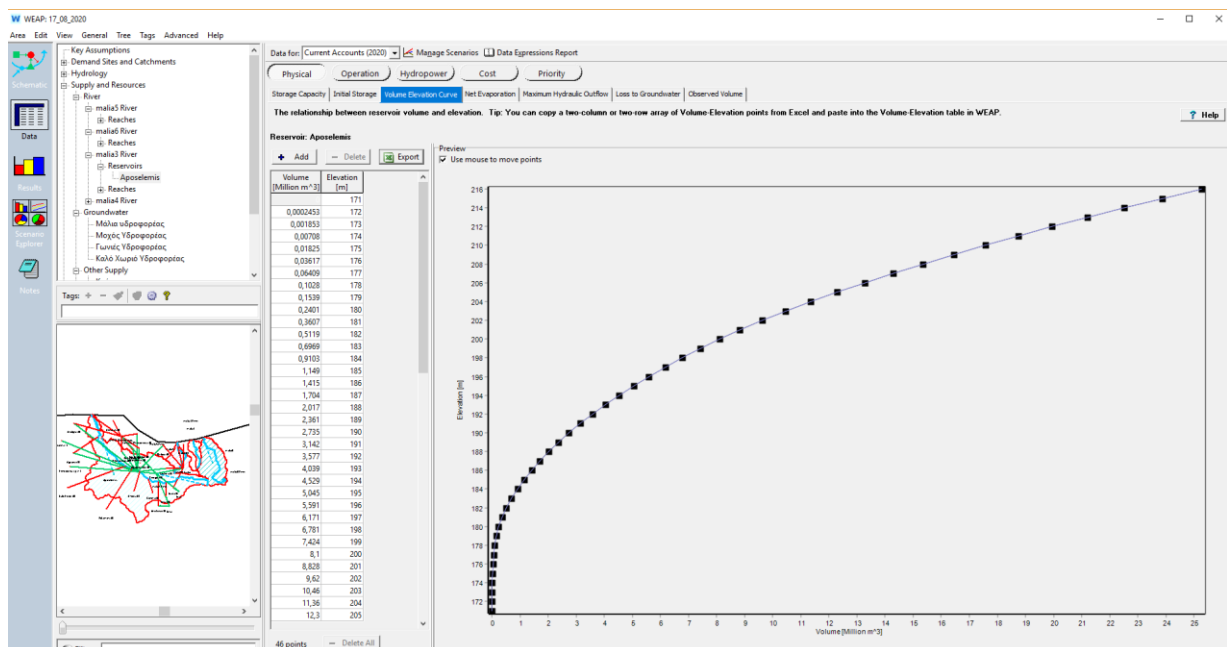
Εικόνα 33. Αποθηκευτική Χωρητικότητα Ταμιευτήρα

Στη καρτέλα αρχική αποθήκευση (Initial Storage), αφού το φράγμα βρίσκεται ήδη σε λειτουργία εδώ και χρόνια, έχει αρχική ποσότητα, η οποία σε επικοινωνία με τον Οργανισμό Ανάπτυξης Κρήτης για τον Ιούλιο του 2020 είναι 20 εκατομμύρια κυβικά μέτρα.



Εικόνα 34. Αρχική Αποθήκευση Ταμιευτήρα

Έπειτα εισχωρούνται οι τιμές της καμπύλης μεταξύ όγκου και στάθμης νερού του ταμιευτήρα, αφού επικρατεί η θεώρηση πως ένας ταμιευτήρας έχει σχήμα κυλίνδρου. Μέσω Excel έγινε εισαγωγή όλων των τιμών της στάθμης του φράγματος του Αποσελέμη από το ύψος 171m μέχρι το ύψος των 216m.



Εικόνα 35. Καμπύλη Στάθμης-Όγκου Ταμιευτήρα

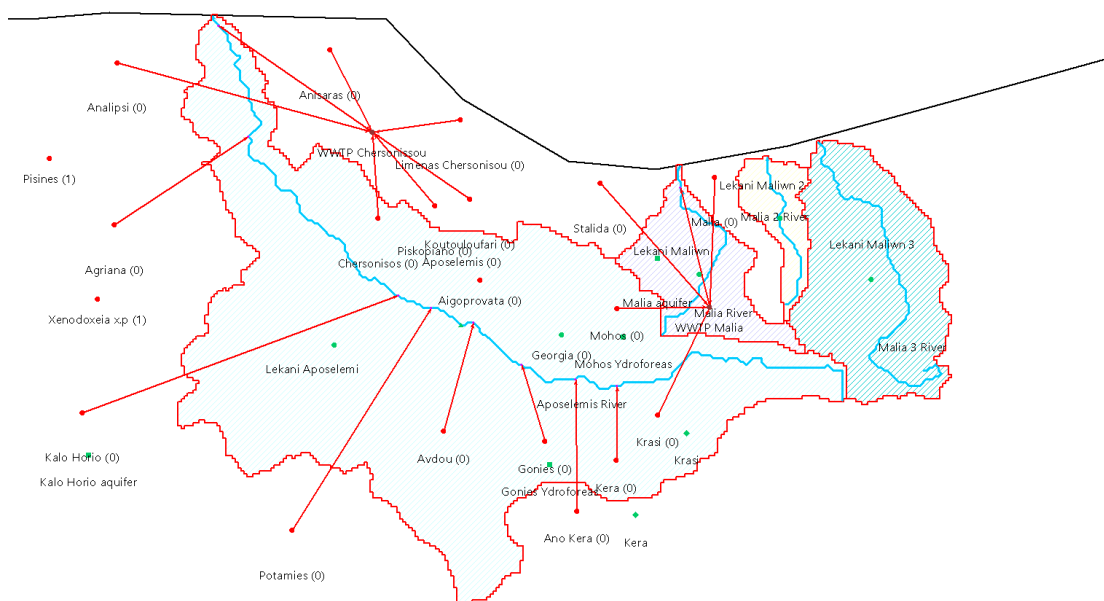
Τέλος, στην ενότητα απώλειες προς υπόγεια ύδατα (Loss to Groundwater), εισήχθησαν οι ποσότητες των απωλειών προς τους υδροφορείς, όπου θεωρήθηκε στη δική μας μελέτη ότι είναι μηδέν.

2.3.6 Προτεραιότητα Κόμβων και Σύνδεσμοι Μεταφοράς

Για την ένωση κόμβων καθώς και για τη μεταφορά νερού από έναν κόμβο προσφοράς σε έναν κόμβο ζήτησης, το μοντέλο χρησιμοποιεί την επιλογή transmission link (σύνδεσμος μεταφοράς). Για τη δημιουργία ενός transmission link απαιτείται η διαδικασία του drag & drop, ξεκινώντας το από τον κόμβο που δρα ως προσφοράς νερού στον κόμβο που δρα ως ζήτησης νερού. Κατά τη δημιουργία ενός συνδέσμου μεταφοράς, είναι πολύ σημαντική η επιλογή του αριθμού της προτεραιότητας που ζητείται να συμπληρωθεί. Οι κόμβοι ζήτησης που έχουν μοναδικό κόμβο προσφοράς και καλύπτονται πάντα από αυτόν, έχουν πάντα by default προτεραιότητα 1. Στη παρούσα διπλωματική, όλοι οι σύνδεσμοι μεταφοράς που καταλήγουν σε ύδρευση έχουν μεγαλύτερη προτεραιότητα από την άρδευση και από τις δραστηριότητες των ξενοδοχείων, καθώς η παροχή νερού στα νοικοκυριά είναι σημαντικότερη από την άρδευση και από την βιομηχανική χρήση των ξενοδοχείων.

2.3.7 Ροή Επιστροφής

Ένα ακόμη χρήσιμο εργαλείο του WEAP που βοηθάει στη διαχείριση του νερού είναι η επιλογή της ροής επιστροφής (return flow). Η ροή επιστροφής χρησιμοποιείται όταν το νερό που φτάνει στους κόμβους δεν καταναλώνεται ολόκληρο, και μέσω αυτής το εναπομένον νερό μπορεί να διοχετευθεί σε ποτάμια ή στη θάλασσα, όπως επίσης και σε διαθέσιμη Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων.



Εικόνα 36. Σχηματική Απεικόνιση Ροών Επιστροφής (Return Flow)

Για την εισαγωγή των ροών επιστροφής στη σχηματική απεικόνιση, χρησιμοποιήθηκε η διαδικασία drag and drop και σύρθηκε το εικονίδιο Return Flow με κατεύθυνση από τους κόμβους προς τους παραλήπτες που αναφέραμε πιο πάνω. Συνολικά στο μοντέλο μας σχηματίστηκαν 19 ροές επιστροφής.

Κόμβος Επιστροφής	Προς
Ανισαράς	ΕΕΛ Χερσονήσου
ΕΕΛ Χερσονήσου	Ποτάμι Αποσελέμη

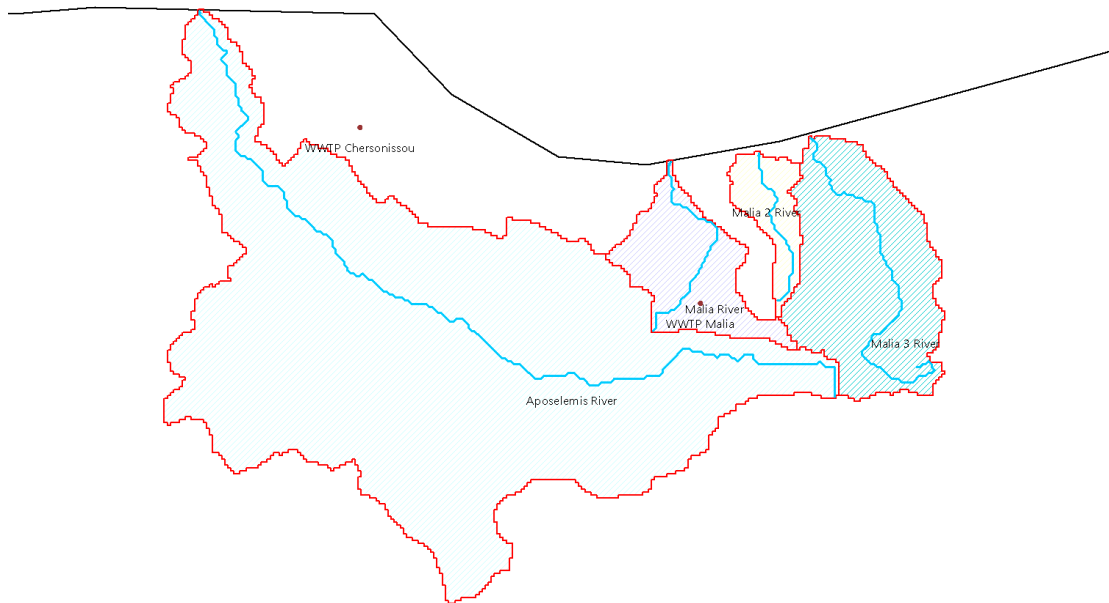
Ανάληψη	ΕΕΛ Χερσονήσου
Αγριανά	Ποτάμι Αποσελέμη
Χερσόνησος	ΕΕΛ Χερσονήσου
Πισκοπιανό	ΕΕΛ Χερσονήσου
Κουτουλουφάρι	ΕΕΛ Χερσονήσου
Λιμένας Χερσονήσου	ΕΕΛ Χερσονήσου
Καλό Χωριό	Ποτάμι Αποσελέμη
Ποταμιές	Ποτάμι Αποσελέμη
Αβδού	Ποτάμι Αποσελέμη
Γωνιές	Ποτάμι Αποσελέμη
Άνω Κερά	Ποτάμι Αποσελέμη
Κερά	Ποτάμι Αποσελέμη
Κράσι	ΕΕΛ Μαλίων
Μοχός	ΕΕΛ Μαλίων
Σταλίδα	ΕΕΛ Μαλίων
ΕΕΛ Μαλίων	Ποτάμι Μαλίων
Μάλια	ΕΕΛ Μαλίων

Εικόνα 37. Κόμβοι επιστροφής

2.3.8 Κόμβος Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων

Ένας πολύ σημαντικός κόμβος που υπάρχει στο μοντέλο μας είναι αυτός της Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ). Στη περιοχή μελέτης μας υπάρχουν δύο τέτοιες εγκαταστάσεις, η ΕΕΛ Χερσονήσου και η ΕΕΛ Μαλίων/Σταλίδας.

Για την εισαγωγή των Κόμβων Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων η διαδικασία είναι η ίδια ακριβώς με τους προηγούμενους κόμβους, όπου αυτή τη φορά το καφέ εικονίδιο με την ονομασία Wastewater Treatment Plant είναι αυτό που σέρνεται επάνω στη σχηματική απεικόνιση.



Εικόνα 38. Σχηματική Απεικόνιση Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων (WWTP)

ΕΕΛ Χερσονήσου

Η ΕΕΛ Χερσονήσου, εξυπηρετεί τη Χερσόνησο, όλο το παραλιακό της μέτωπο, το λιμένα καθώς και την Άνω Χερσόνησο, ενώ σε αυτή τη μονάδα γίνονται διαδικασίες ώστε να εξυπηρετείται και η Ανάληψη μέσω αυτής.

Σε αυτή, γίνεται επαναχρησιμοποίηση υδάτων για άρδευση (μόνο ελαιόδεντρα) από την οποία εξυπηρετούνται περιοχές που βρίσκονται πλησίον του βιολογικού και εκτιμάται πολύ προσεγγιστικά ότι εξυπηρετούνται έως και 8000 στρέμματα.

ΕΕΛ Μαλίων/Σταλίδας

Η ΕΕΛ Μαλίων/Σταλίδας εξυπηρετεί το βόρειο παραλιακό μέτωπο Μαλίων και Σταλίδας καθώς και τα χωριά Μοχός και Κράσι.

Σε αυτή, γίνεται επαναχρησιμοποίηση υδάτων για άρδευση (μόνο ελαιόδεντρα) σε περιοχές γύρω από το βιολογικό μόνο και εκτιμάται προσεγγιστικά ότι εξυπηρετούνται περίπου 1500 έως και 2000 στρέμματα.

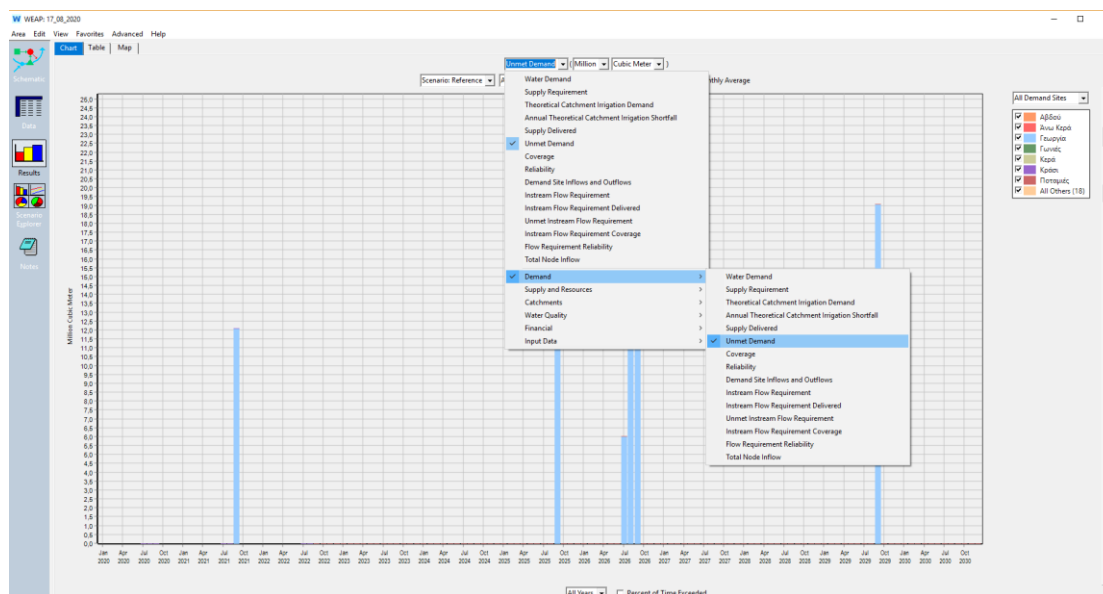
3 Αποτελέσματα Υφιστάμενης Κατάστασης

3.1 Γενικά

Μετά το πέρας της εισαγωγής όλων των δεδομένων αλλά και της δημιουργίας κόμβων στη σχηματική απεικόνιση του μοντέλου, αρχίζει η διαδικασία της εκτέλεσης του μοντέλου μας. Μέσα από τη διαδικασία του τρεξίματος και της αναπαράστασης των αποτελεσμάτων, ο χρήστης είναι σε θέση να δει τυχόν ελλείμματα σε κόμβους, αν οι κόμβοι προσφοράς μπορούν να εκπληρώσουν τις ανάγκες των κόμβων ζήτησης, τις ποσότητες του νερού που υπάρχουν στην είσοδο και έξοδο των υπόγειων νερών, καθώς και την αποθηκευτικότητά τους. Το WEAP έχει την ικανότητα αναπαράστασης των αποτελεσμάτων σε μορφή εικόνων, διαγραμμάτων και πινάκων, αλλά και εκφράζοντας τα αποτελέσματα σε μέρες, μήνες ή σε ετήσια βάση, δίνοντας τη δυνατότητα ευκολότερης και πιο ενδελεχούς έρευνας αυτών.

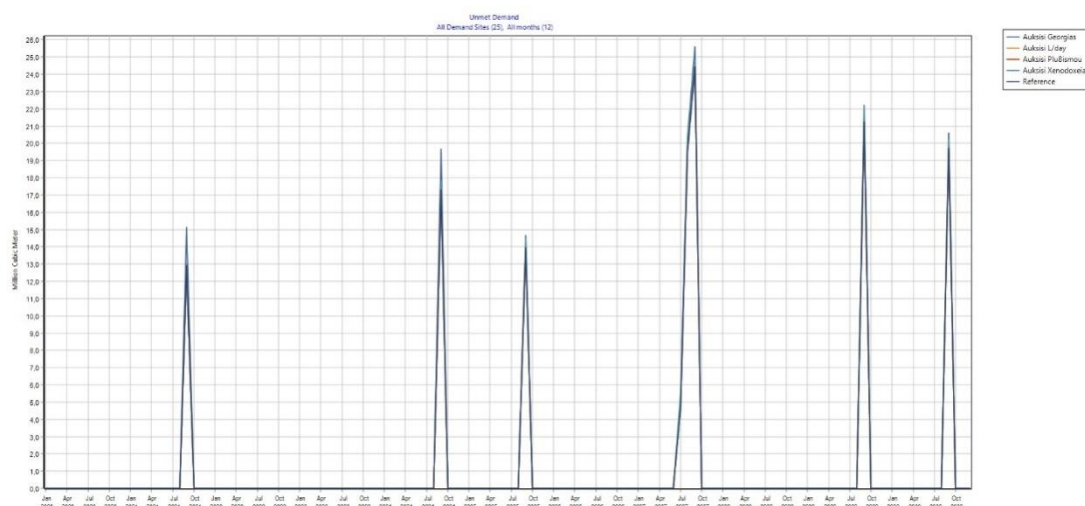
3.2 Έλλειμμα Κόμβων Ζήτησης

Το έλλειμμα των κόμβων ζήτησης (Unmet Demand) αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι έρευνας της υφιστάμενης κατάστασης και μέσω του μοντέλου μας, δύναται να παρουσιαστεί σε ετήσια ή μέση μηνιαία βάση. Μέσω του γραφήματος, μας δίνεται η δυνατότητα να παρατηρήσουμε ποιους μήνες υπάρχει έλλειμμα στους κόμβους μας, δηλαδή ποιους μήνες το νερό από τους κόμβους προσφοράς, δεν καλύπτει πλήρως τους κόμβους ζήτησης. Τα αίτια εμφάνισης ελλειμμάτων στους κόμβους είναι η αδυναμία κάλυψης των αναγκών με ανανεώσιμα αποθέματα.



Εικόνα 39. Επιλογή Γραφήματος Unmet Demand

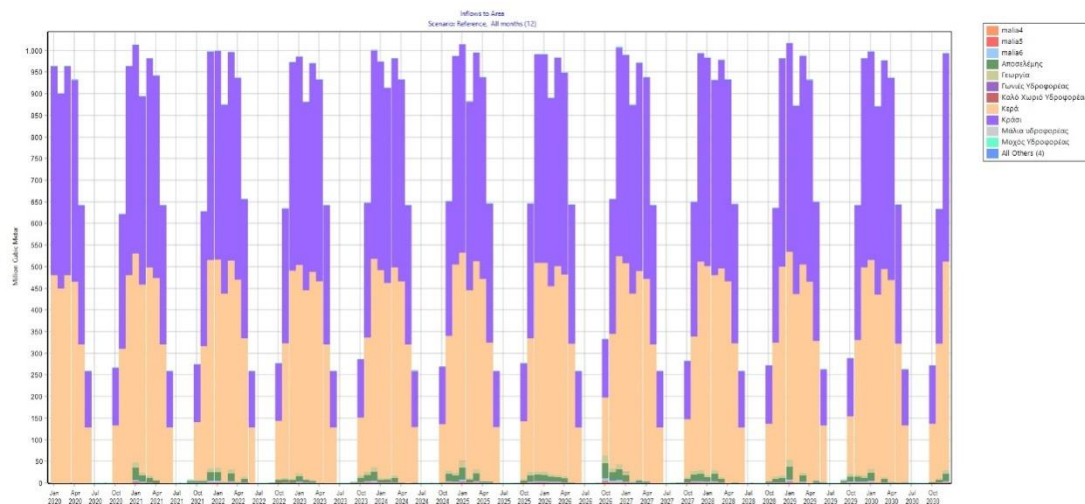
Για την επιλογή της ένδειξης γραφήματος των Ελλειμμάτων των Κόμβων Ζήτησης (Unmet Demand), χρησιμοποιήθηκε η ενότητα «Results». Εκεί, ζητήθηκε σαν προβολή η ζήτηση (Demand) και πιο συγκεκριμένα το έλλειμμα των κόμβων ζήτησης (Unmet Demand).



Εικόνα 40. Γράφημα Μέσου Μηνιαίου Ελλείμματος Κόμβων ανά Χρονιά

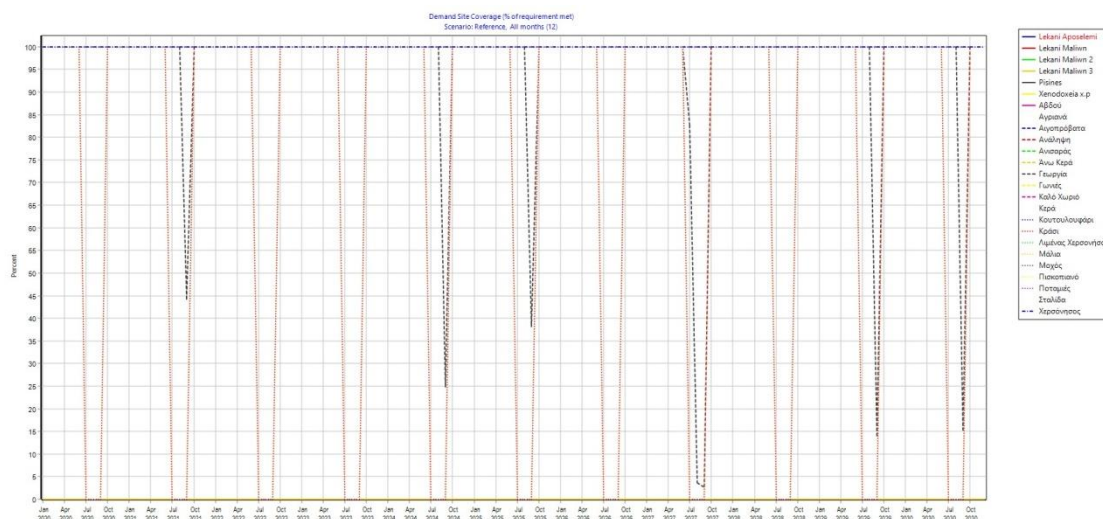
Όπως βλέπουμε στο γράφημα από τα αποτελέσματα του μοντέλου μας στην υφιστάμενη κατάσταση, μεγαλύτερο ποσοστό ελλείμματος δημιουργείται στο κόμβο της γεωργίας κατά τους χρόνους εξέτασης 2020-2030, για τους μήνες Ιούλιο μέχρι και Οκτώβριο για τις χρονιές 2021, 2025, 2026 αλλά και 2029. Τους μήνες αυτούς, η εμφάνιση των ελλειμμάτων οφείλεται στη μειωμένη φυσική προσφορά καθώς και στο γεγονός ότι κατά τη διάρκεια του εκάστοτε έτους, οι βροχοπτώσεις ήταν περιορισμένες.

Με τον όρο φυσική προσφορά νοείται, η ποσότητα του νερού που συγκεντρώνεται στους υπόγειους υδροφορείς και στους επιφανειακούς ταμειυτήρες και παρέχει νερό στους κόμβους ζήτησης.



Εικόνα 41. Φυσική Προσφορά (Inflows to Area)

Για ορθότερη κατανόηση των αποτελεσμάτων σημαντική κρίνεται και η παρουσίαση των γραφημάτων των ποσοτήτων νερού που παραδίδονται στους κόμβους ζήτησης (Supply Delivered) καθώς και των ποσοτήτων που εισέρχονται και εξέρχονται στους κόμβους ζήτησης (Demand Site Inflow and Outflow).



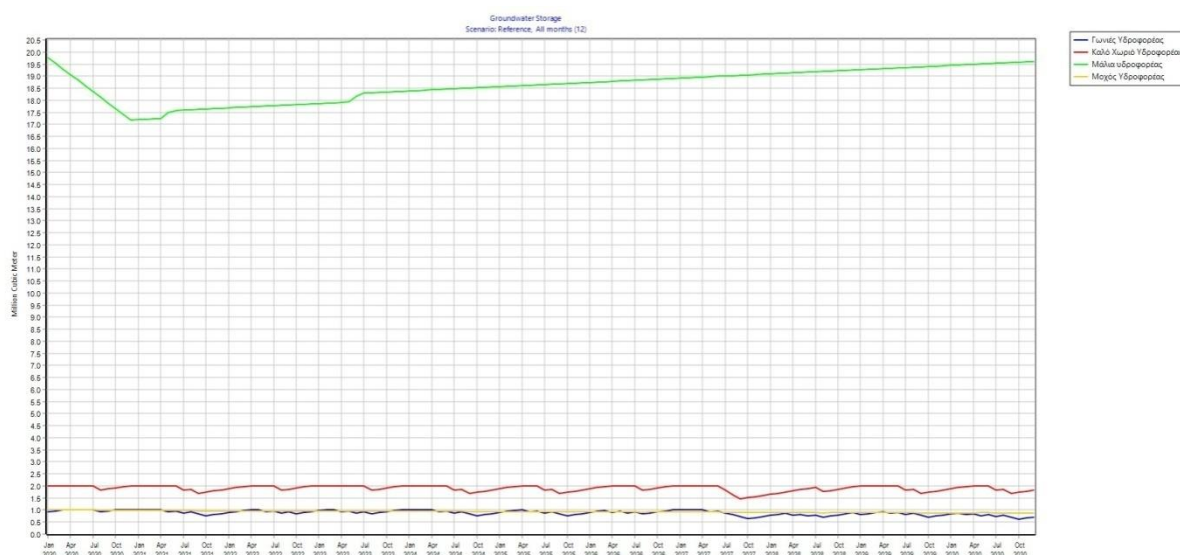
Εικόνα 44. Κάλυψη Αναγκών (Coverage)

Σύμφωνα με το διάγραμμα των αποτελεσμάτων του μοντέλου όσον αφορά την κάλυψη των αναγκών των κόμβων σε υφιστάμενη κατάσταση, οι κόμβοι γεωργία και ο κόμβος του χωριού Κράσι, φαίνεται να παρουσιάζουν το μεγαλύτερο πρόβλημα τους μήνες ξηρασίας (Ιούλιος-Σεπτέμβριος).

Το αποτέλεσμα του διαγράμματος είναι αναμενόμενο για τη γεωργία, αφού το χρονικό διάστημα που παρουσιάζονται οι ελλειμματικές καλύψεις νερού, αποτελεί εποχή όπου δεν υπάρχουν βροχοπτώσεις. Αναμενόμενο είναι επίσης το αποτέλεσμα και για το χωριό Κράσι, το οποίο λαμβάνει νερό από πηγή πλησίον του χωριού και για τους καλοκαιρινούς μήνες, το νερό στη πηγή στερεύει.

3.4 Αποθηκευτικότητα Υδροφορέων (Storage)

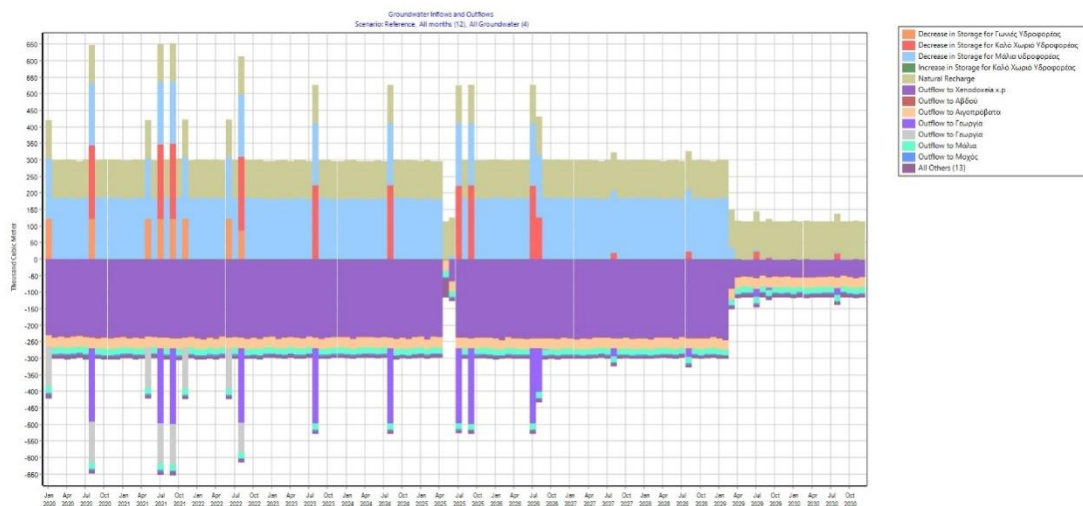
Με τον όρο αποθηκευτικότητα υδροφορέων (Storage), νοείται ως η ποσότητα νερού που αποθηκεύεται στους υδροφορείς. Αποτελεί σημαντική παράμετρο, καθώς η ποσότητα αυτή είναι υπεύνη για τη διάθεση νερού από τους υδροφορείς σε περιόδους ξηρασίας, όπου δεν υπάρχουν βροχοπτώσεις.



Εικόνα 45. Διάγραμμα Αποθηκευτικότητας Υδροφορέα (Storage)

Όπως παρατηρείται στο διάγραμμα για την αποθηκευτικότητα των υδροφορέων σε υφιστάμενη κατάσταση, παρουσιάζονται προβλήματα στους υδροφορείς του Καλού Χωριού και των Γωνιών καθώς από τη χρονιά του 2022 παρατηρείται επικίνδυνη πτώση τιμής της αποθηκευτικότητας για τον υδροφόρα του Καλού Χωριού και το ίδιο συμβαίνει και για τον υδροφόρα του Καλού Χωριού από το έτος 2026, το οποίο σημαίνει ότι υπάρχει έλλειμμα σε αυτές τις χρονιές.

Για καλύτερη κατανόηση της αποθηκευτικότητας του υδροφόρα αλλά και των ελλειμμάτων στους υδροφορείς, χρειάζεται η παρατήρηση του διαγράμματος σχετικά με τις ποσότητες που εισέρχονται και εξέρχονται από τους υδροφορείς (Inflows and Outflows).



Εικόνα 46. Διάγραμμα Εισόδου - Εξόδου Νερού από τους Υδροφορείς (Groundwater Inflows and Outflows)

4 Καθορισμός Σεναρίων

4.1 Γενικά

Αφού η διαδικασία της ανάλυσης των αποτελεσμάτων σε υφιστάμενη κατάσταση έχει πραγματοποιηθεί, επόμενη διαδικασία είναι ο καθορισμός και η εφαρμογή των σεναρίων που θα εισάγουμε στο μοντέλο μας. Ως σενάριο νοείται μία ορθή περιγραφή μιας κατάστασης που θα συμβεί σε μελλοντικό χρόνο, υπό το πρίσμα πιθανών μελλοντικών καταστάσεων. Έτσι, τα σενάρια που θα εφαρμοστούν στη παραπάνω διαδικασία δεν αποτελούν προγνωστικά μοντέλα αλλά περιγραφή πιθανών μελλοντικών εκδοχών.

Το WEAP, μας δίνει τη δυνατότητα προσθήκης μελλοντικών διαχειριστικών σεναρίων, όπου εφαρμόζονται πιθανές καταστάσεις που ίσως συναντηθούν στο μέλλον, ικανές να επιδράσουν στη λειτουργικότητα του συστήματος.

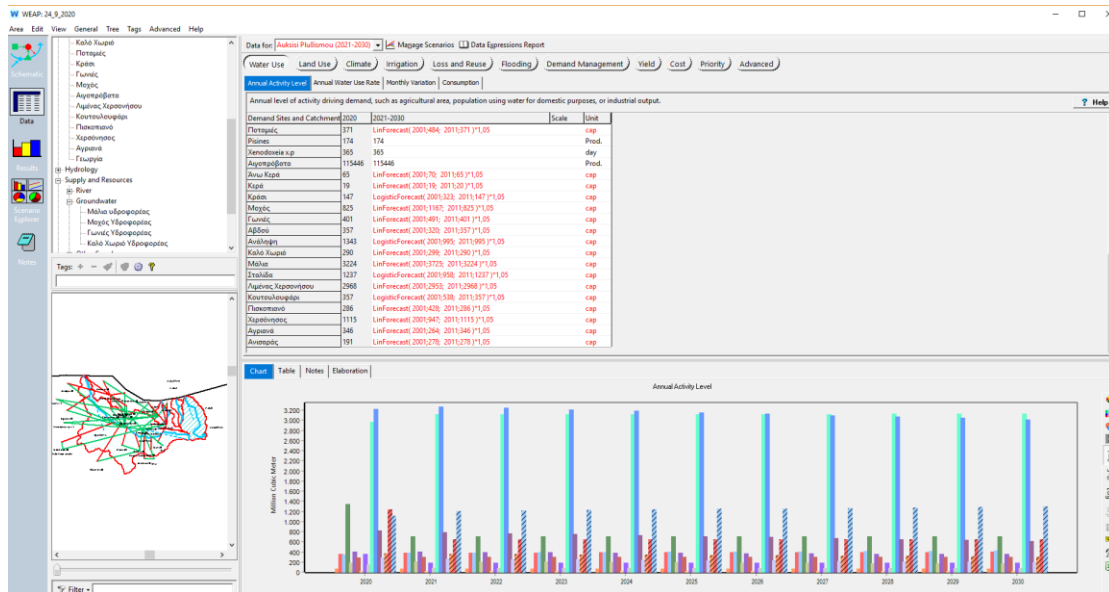
Τα σενάρια που θα εφαρμοστούν, θα έχουν ως αποτέλεσμα τη διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων που αναλύσαμε και αφορούσαν τη υφιστάμενη κατάσταση, καθώς αναμένεται να υπάρξουν διαφορές στη προσφορά και ζήτηση του κάθε κόμβου.

Το πρώτο στάδιο για τη κατάστρωση των σεναρίων ανάπτυξης αποτελείται από τη μελέτη και την αξιολόγηση των υπάρχοντων σχεδίων και μελετών που έχουν εκπονηθεί από διάφορους φορείς για την υπό μελέτη περιοχή και εν συνεχεία τα σχέδια αυτά συμπληρώνονται με τη συνεργασία των φορέων.

Παρακάτω, θα εφαρμόσουμε τέσσερα σενάρια, τα οποία είναι σχεδόν ρεαλιστικά και δημιουργήθηκαν λαμβάνοντας υπόψιν κοινωνικούς και οικονομικούς συντελεστές και ίσως αυτές οι παραδοχές θα μπορούσαν να παρουσιαστούν στο μέλλον, στη συνέχεια θα εξετάσουμε τα αποτελέσματα κάθε σεναρίου ξεχωριστά και θα γίνει διατύπωση των συμπερασμάτων κάθε σεναρίου.

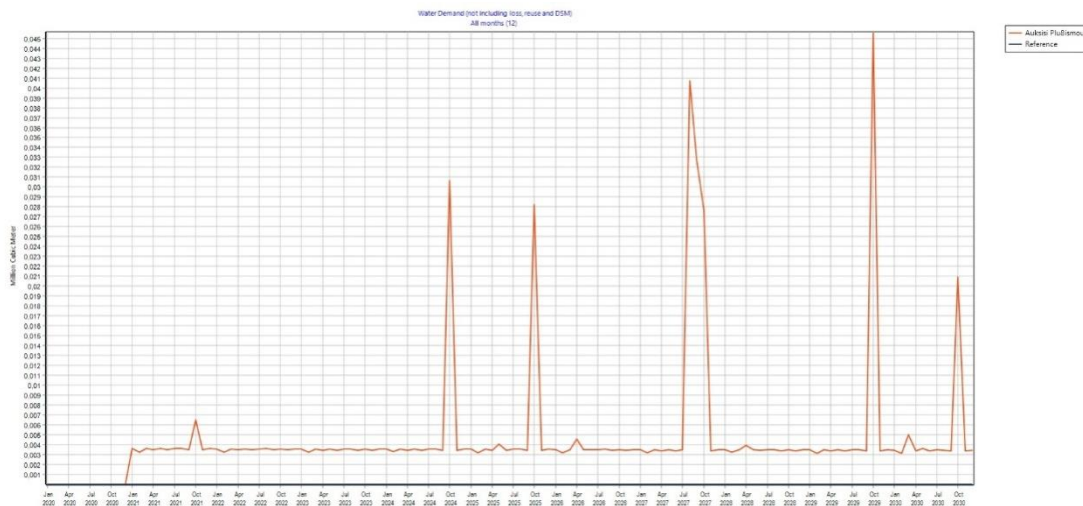
4.2 1^ο Σενάριο: Αύξηση Πληθυσμού

Το πρώτο σενάριο που θα εφαρμοστεί στο μοντέλο μας, αφορά την αύξηση του πληθυσμού της περιοχής μελέτης μας. Με αφορμή τα προηγούμενα έτη, όπου ο πληθυσμός της περιοχής είχε αυξητική τάση και όλο και περισσότεροι άνθρωποι εγκαθίστανται στις ευρύτερες περιοχές Μαλίων αλλά και Χερσονήσου, επιλέξαμε ως σενάριο την αύξηση του πληθυσμού κατά 5%.

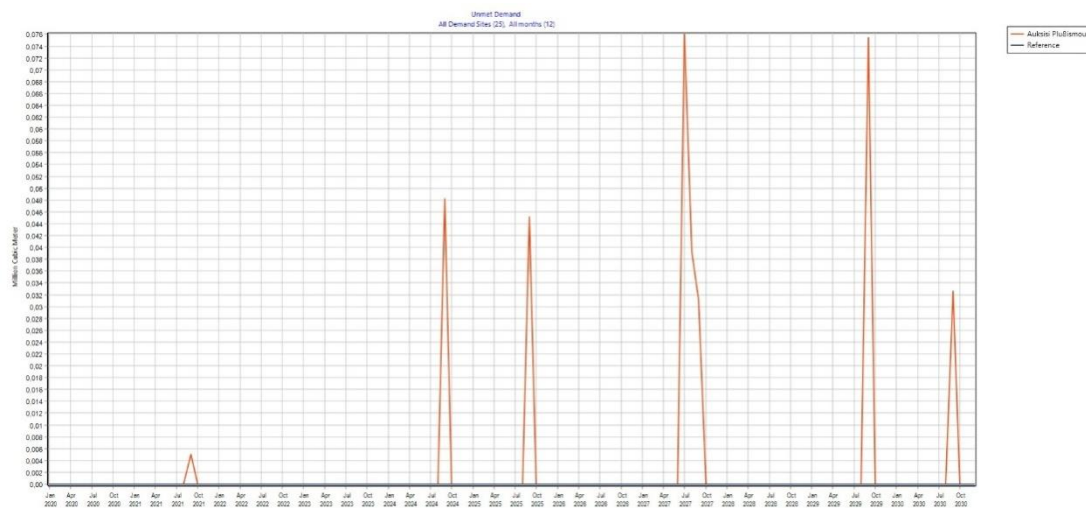


Εικόνα 47. Εισαγωγή Αύξησης Πληθυσμού στο σενάριο Αύξησης Πληθυσμού

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο υπολογισμός του πληθυσμού για τις χρονιές 2020 έως 2030, έγινε με τη μέθοδο Time Series Forecasting. Η μέθοδος αυτή, αναλύει δεδομένα προηγούμενων ετών και είναι σε θέση να προσεγγίσει μελλοντικές τιμές βασισμένες πάνω στην ανάλυση αυτών των τιμών προηγούμενων ετών.



Όπως παρατηρείται, υπάρχει μια μικρή αύξηση ζήτησης στους κόμβους, η οποία αναμένεται με την αύξηση αυτή του πληθυσμού. Παρ' όλα αυτά η τιμή αυτή δε δύναται να δημιουργήσει κάποιο πρόβλημα στο μοντέλο μας.

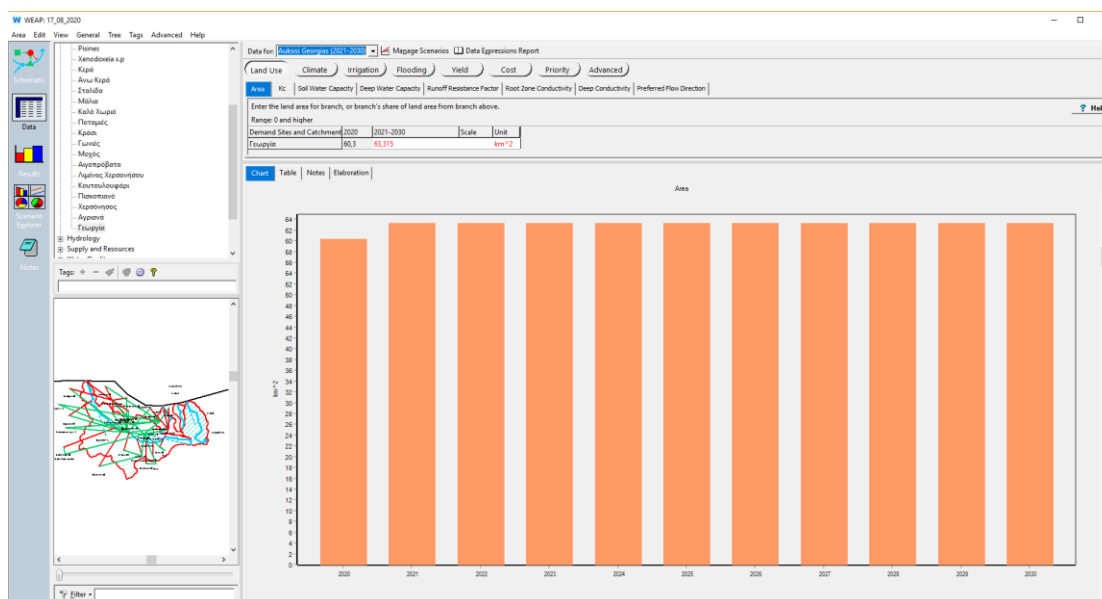


Ομοίως και στο γράφημα που αφορά το έλλειμμα των κόμβων, παρατηρείται μια μικρής τάξης αύξηση του ελλείμματος κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, σε βαθμό όμως που δεν εμπνέει ανησυχία.

4.3 2^ο Σενάριο: Αύξηση Γεωργίας

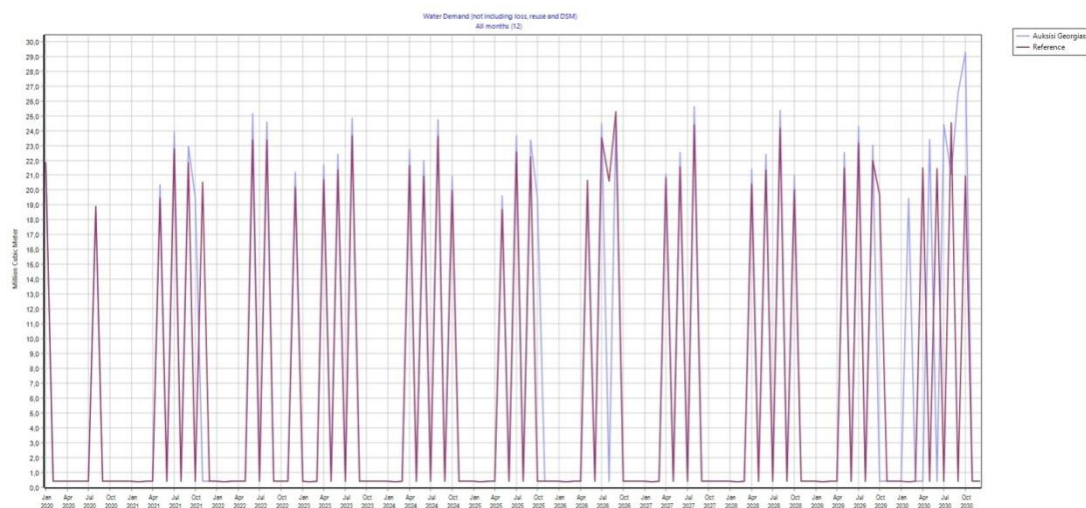
Το δεύτερο σενάριο που θα εφαρμοστεί στο μοντέλο, έχει να κάνει με τη γεωργία. Ήδη από την εποχή που ξεκίνησε η κρίση στην Ελλάδα, ένα σημαντικό ποσοστό ανθρώπων που ζούσαν σε μεγάλα αστικά κέντρα, γύρισαν στα χωριά και άρχισαν να ασχολούνται με τη γεωργία. [Σπανού, Ζωγράφος, 2014] Επίσης όσο η τεχνολογία προχωρά, η συγκομιδή των καρπών γίνεται ευκολότερη και πιο ξεκούραστη, γεγονός που ωθεί τους έχοντες καλλιέργειες να τις αυξήσουν. Γι' αυτό το λόγο, επιλέξαμε ως δεύτερο σενάριο την αύξηση των καλλιεργειών κατά 5%.

Για να επιτευχθεί η εφαρμογή του σεναρίου της αύξησης της γεωργίας, χρειάστηκε να γίνουν αλλαγές, οι οποίες αφορούσαν την αύξηση του εμβαδόν της καλλιεργήσιμης περιοχής, πιο συγκεκριμένα από 60,3 km² που είχε σα τιμή σε υφιστάμενη κατάσταση, η τιμή του εμβαδόν της καλλιεργήσιμης έκτασης διαμορφώθηκε στα 63,315 km².



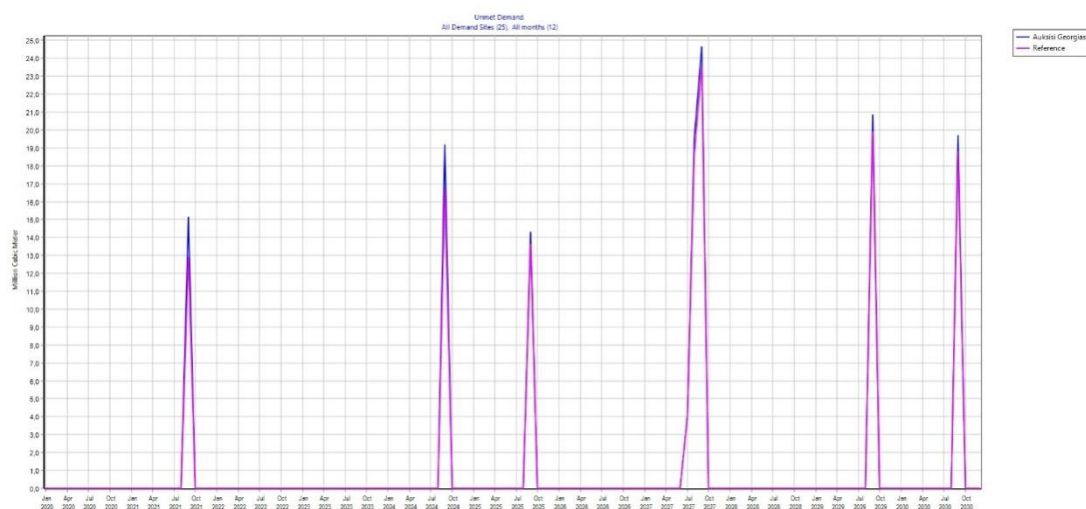
Εικόνα 48. Νέο Εμβαδόν Καλλιεργήσιμης Περιοχής για Σενάριο Αύξησης Γεωργίας

Όπως αναμένεται, θα υπάρξει αύξηση των απαιτήσεων για προσφορά νερού στο κόμβο της Γεωργίας, καθώς η έκταση της καλλιεργήσιμης γης μεγάλωσε, γεγονός που θα επηρεάσει και το συνολικές ανάγκες ζήτησης των κόμβων.

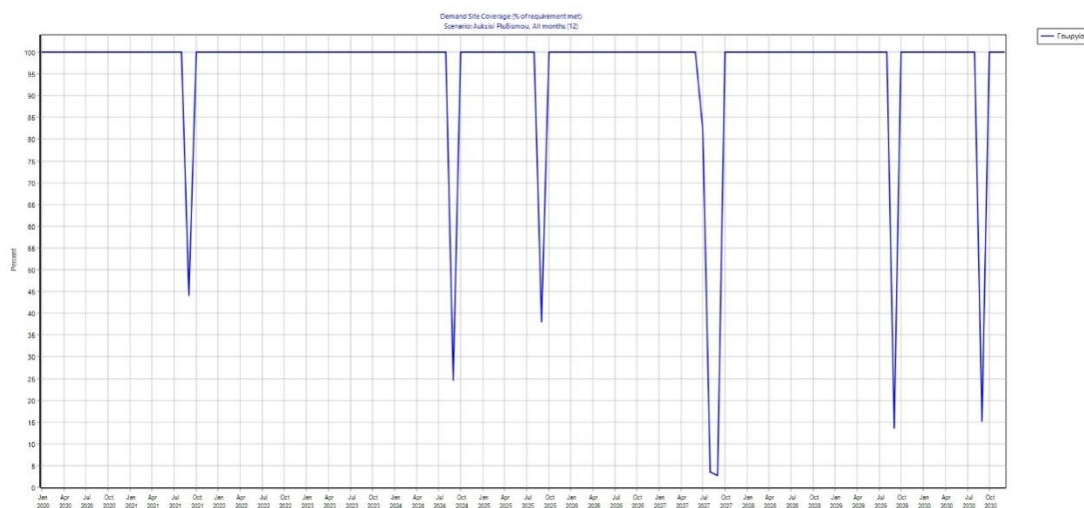


Εικόνα 49. Ανάγκες Κόμβων Ζήτησης στο σενάριο Αύξησης Γεωργίας (Water Demand)

Όπως παρατηρείται από το γράφημα των αναγκών νερού των κόμβων ζήτησης του μοντέλου μας στο σενάριο αυτό, υπάρχουν αρκετά αυξημένες ανάγκες νερού λόγω της αύξησης της έκτασης της καλλιεργήσιμης γης, ειδικότερα σε περιόδους που επικρατεί ξηρασία. (Μάιος-Οκτώβριος)



Εικόνα 50. Έλλειμμα κόμβων ζήτησης



Εικόνα 51. Κάλυψη αναγκών των κόμβων ζήτησης

Σύμφωνα με τα διαγράμματα ελλειμμάτων των κόμβων ζήτησης καθώς και της ποσοστιαίας κάλυψης σε νερό των κόμβων ζήτησης, παρατηρείται αδυναμία κάλυψης των αναγκών των κόμβων σε νερό τους καλοκαιρινούς μήνες, η οποία σε κάποιες χρονιές έντονης ξηρασίας παρουσιάζει τεράστιο έλλειμμα.

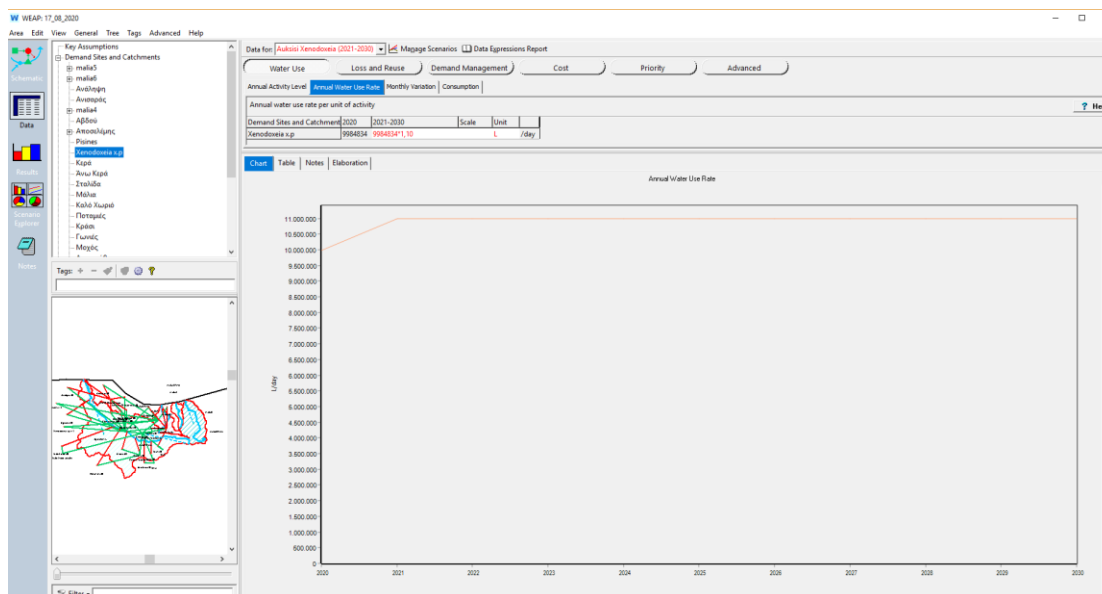
4.4 3^ο Σενάριο: Αύξηση του αριθμού των Ξενοδοχείων

Στην ευρύτερη περιοχή Μαλίων – Χερσονήσου, υπάρχουν αρκετές παραθαλάσσιες περιοχές που οι κάτοικοι τους βιοπορίζονται από τη βαριά βιομηχανία του τουρισμού. Γεγονός είναι ότι χρονιά με χρονιά παρατηρείται σημαντική αύξηση του αριθμού των κλινών των περιοχών αυτών, καθώς πολλοί είναι αυτοί που επενδύουν στη κατασκευή ξενοδοχείων.

Για το λόγο αυτό, σα τρίτο σενάριο επιλέχθηκε η αύξηση του αριθμού των ξενοδοχείων, με γνώμονα ότι σύμφωνα με τους ειδικούς, είναι πολύ πιθανό αυτή η παραδοχή να γίνει πραγματικότητα στο μέλλον.

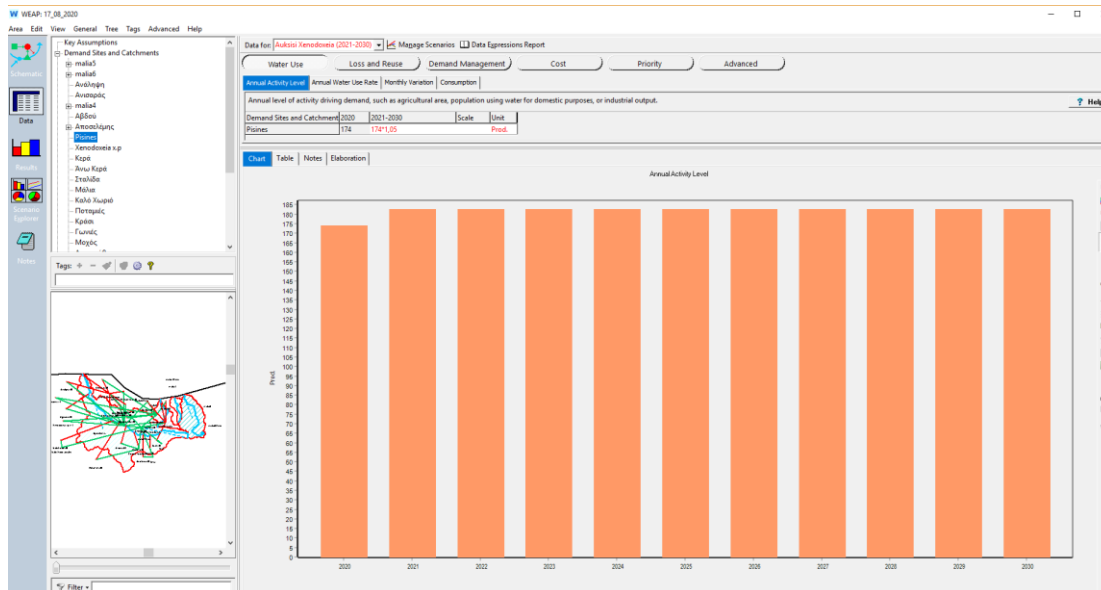
Για το σενάριο αυτό θα χρειαστεί η τροποποίηση του κόμβου Ξενοδοχεία και του κόμβου Πισίνες, καθώς άλλος συντελεστής αύξησης θα χρησιμοποιηθεί στις κλίνες των ξενοδοχείων και άλλος στις πισίνες των ξενοδοχείων. Στα ξενοδοχεία για το σενάριο αυτό θεωρούμε αύξηση των κλινών κατά 10% και στις πισίνες των ξενοδοχείων θεωρούμε αύξηση της τάξεως του 5%.

Για τη τροποποίηση της τιμής του αριθμού των κλινών και της αύξησης τους χρησιμοποιήσαμε τη καρτέλα όπου αναγράφονται τα L/day που εφαρμόστηκαν για την υφιστάμενη κατάσταση, όπου και πολλαπλασιάστηκε η τιμή της με το 1,10.



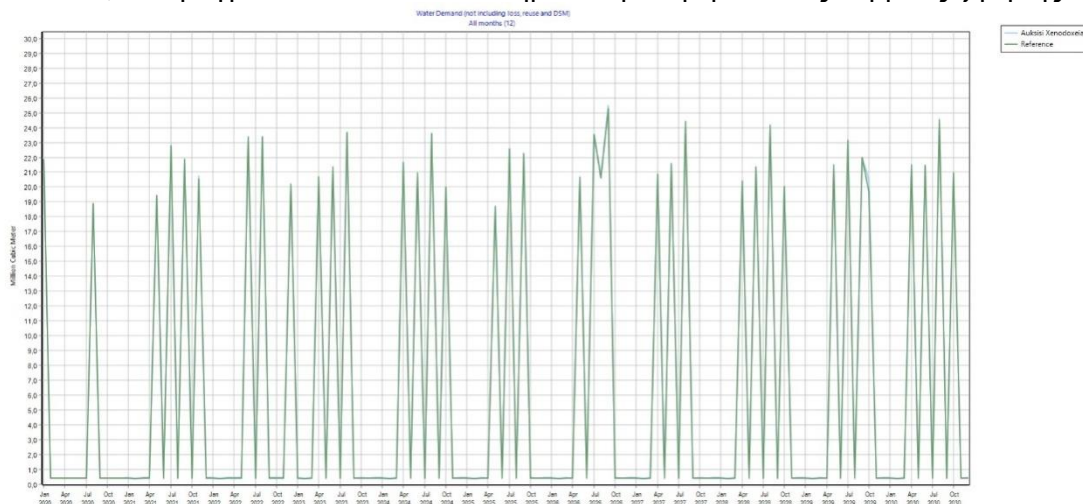
Εικόνα 52. Τροποποίηση τιμής για των αριθμό των κλινών

Ομοίως, για την αύξηση των πισινών των ξενοδοχείων κατά 5% χρησιμοποιήθηκε η καρτέλα Annual Activity Level και η τιμή που εισχωρήθηκε ήταν η τιμή που είχε εφαρμοστεί στις πισίνες για τον υπολογισμό κατά την υφιστάμενη κατάσταση, πολλαπλασιασμένος κατά 1,05.



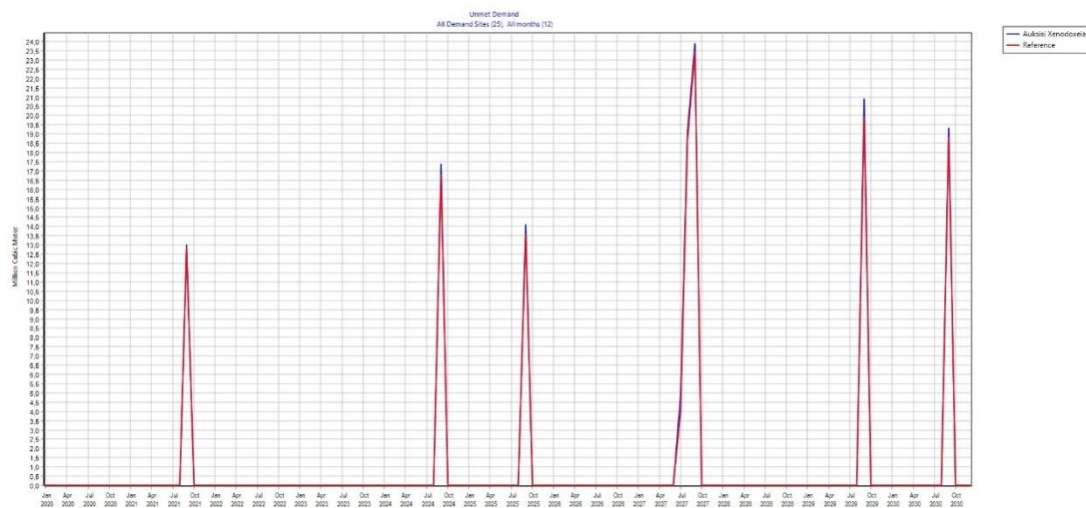
Εικόνα 53. Τροποποίηση τιμής Πισινών Ξενοδοχείων

Κατά την έρευνα των αποτελεσμάτων του σεναρίου αυτού, σύμφωνα με το διάγραμμα Water Demand, δε πραγματοποιείται κάποια σημαντική διαφορά στους κόμβους ζήτησης του μοντέλου.



Εικόνα 54. Διάγραμμα Κόμβων Ζήτησης στο σενάριο "Αύξηση Ξενοδοχείων"

Ακόμα, σύμφωνα με το διάγραμμα των ελλειμμάτων (Unmet Demand), με την αύξηση των κλινών και των πισινών, παρατηρείται ένα πολύ μικρή τάξης έλλειμμα άνω του ελλείμματος που είχε δημιουργηθεί σε υφιστάμενη κατάσταση.

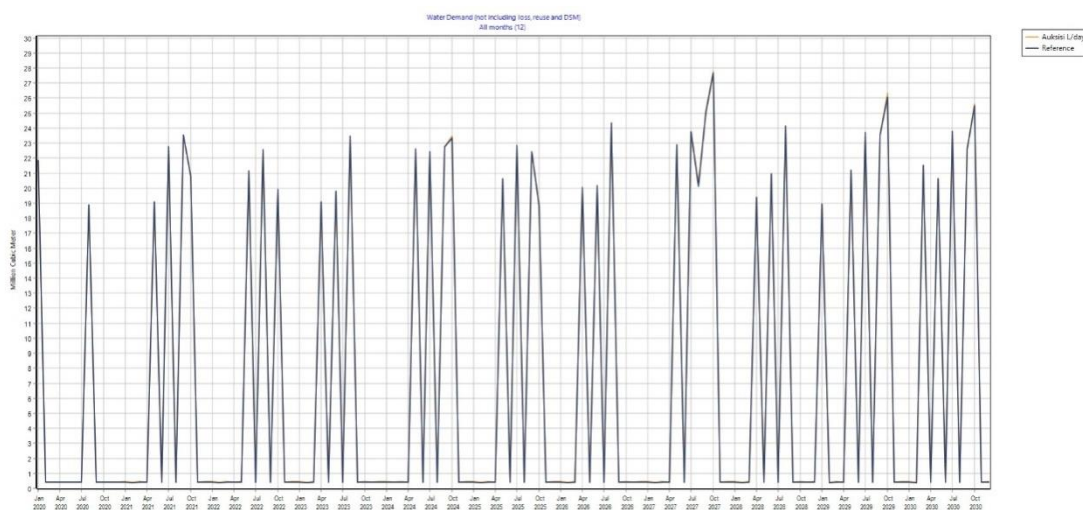


Εικόνα 55. Διάγραμμα Ελλείμματος Κόμβων στο σενάριο " Αύξηση Ξενοδοχείων "

4.5 4^ο Σενάριο: Αύξηση ημερήσιας ανάγκης ζήτησης κατοίκων σε ύδρευση

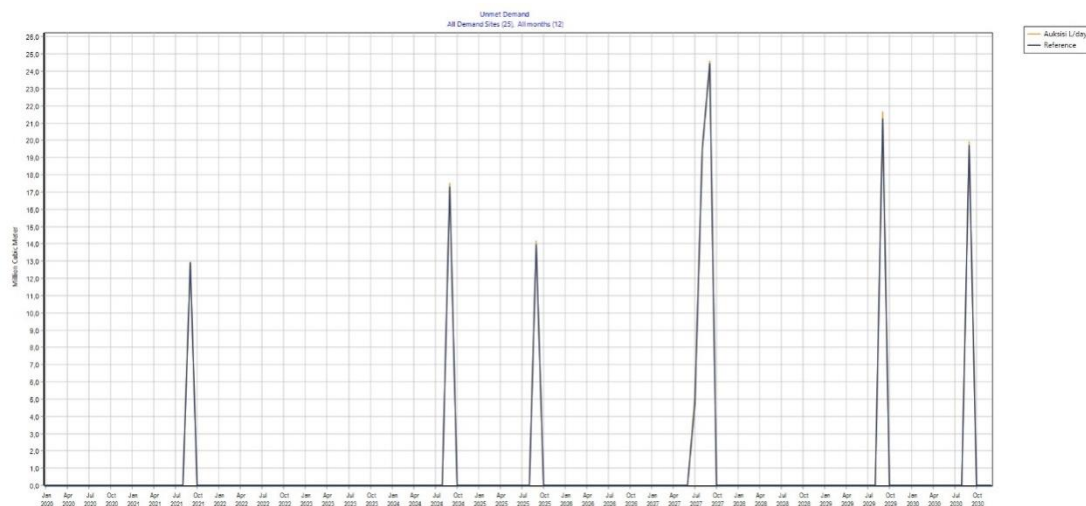
Το τελευταίο σενάριο, είναι αυτό της αύξησης των λίτρων που δαπανά καθημερινά ο μέσος άνθρωπος. Κατά την εισαγωγή των δεδομένων στο μοντέλο για την εφιστάμενη κατάσταση επιλέχθηκε και από εμάς σαν μέση κατανάλωση ανά κάτοικο τα 200L ανά ημέρα, τιμή αρκετά συνηθισμένη καθώς στις περισσότερες έρευνες χρησιμοποιείται η τιμή αυτή σα μέση κατανάλωση νερού ανά κάτοικο του Δυτικού κόσμου.

Παρόλα αυτά, η μέση ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο δείχνει να ανεβαίνει όσο περνάνε τα χρόνια, γι' αυτό το λόγο αξίζει να εξεταστεί η διαφορά που θα προκύψει μέσω των αποτελεσμάτων εάν σημειωθεί αύξηση 25% και η τιμή διαμορφωθεί σε 250L ανά κάτοικο ανά ημέρα.



Εικόνα 56. Ανάγκες Ζήτησης Νερού στο Σενάριο Αύξησης Ημερήσιας Κατανάλωσης

Όπως αναμένεται, σύμφωνα με το διάγραμμα (Water Demand) παρουσιάζεται μια μικρή αύξηση στους κόμβους ζήτησης, καθώς οι ανάγκες για πρόσληψη νερού από τους συγκεκριμένους κόμβους μεγάλωσαν κατά 25%.



Εικόνα 57. Έλλειμμα κόμβων στο σενάριο αύξησης μέσης ημερήσιας κατανάλωσης

Ομοίως, σύμφωνα με το διάγραμμα το έλλειμμα στους κόμβους παρουσιάζει μια μικρή αύξηση στο σενάριο αυτό. Οι μήνες που παρουσιάζεται αύξηση στα ελλείμματα είναι από Απρίλιο μέχρι Οκτώβριο, μήνες δηλαδή ξηρότητας και μήνες όπου υπάρχει μεγάλη τουριστική κίνηση.

Εν κατακλείδι, η αύξηση της ημερήσιας κατανάλωσης νερού κατά 25% ανά κάτοικο, ανά ημέρα, ανεβάζει ελάχιστα τις ανάγκες ζήτησης νερού, κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες, η αύξηση αυτή όμως δεν είναι ικανή να δημιουργήσει πρόβλημα στους κόμβους του μοντέλου.

5 Σύνοψη-Συμπεράσματα

Το νερό είναι ένας φυσικός πόρος που έχει μεγάλη σημασία γιατί είναι από τους βασικούς παράγοντες για τη ζωή και την ανάπτυξη. Όμως, τα τελευταία χρόνια λόγω της αύξησης των αναγκών νερού, το αγαθό αυτό τείνει σε ανεπάρκεια σε πολλές περιοχές, καθιστώντας απολύτως αναγκαία την εύρεση λύσης μέσω της εξοικονόμησης και της ορθής διαχείρισης των υδατικών πόρων.

Στην Κρήτη, ένα νησί με έντονη παρουσία τουρισμού κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, έχουν αρχίσει να παρουσιάζονται προβλήματα ανεπάρκειας κάλυψης αναγκών άρδευσης και ύδρευσης. Παρόλο που η Κρήτη έχει επάρκεια υδατικών πόρων, και ειδικότερα η περιοχή των Μαλίων, η τεράστια ξενοδοχειακή ανάπτυξη που σημειώνεται στη περιοχή καθώς και η σταδιακή αύξηση του μόνιμου πληθυσμού δημιουργούν ερωτηματικά για τη κάλυψη των αναγκών μελλοντικά.

Το υπολογιστικό εργαλείο διαχείρισης WEAP που χρησιμοποιήθηκε, δίνει τη δυνατότητα διαχείρισης των υδατικών πόρων στο χρήστη, καθώς μπορεί να προσομοιώσει με μεγάλη ακρίβεια την υφιστάμενη κατάσταση που επικρατεί στην περιοχή και να εξάγει τα αποτελέσματα αυτής.

Στη παρούσα διπλωματική εργασία, η ευρύτερη περιοχή των Μαλίων και Χερσονήσου χωρίστηκε σε 4 λεκάνες απορροής. Μία μεγάλη που περιέχει το ποτάμι του Αποσελέμη, μία λίγο μικρότερη που περιέχει το ποτάμι των Μαλίων και δύο μικρότερες πλησίον της περιοχής των Μαλίων.

Όσον αφορά την υφιστάμενη κατάσταση, η οποία εφαρμόστηκε για τις χρονιές 2021-2030, δεν παρουσιάζεται κάποιο ιδιαίτερο πρόβλημα καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, πλην των μηνών ξηρασίας (Μάιος-Οκτώβριος), όπου και συμπίπτει η απότομη αύξηση της τουριστικής κίνησης. Στους μήνες αυτούς παρουσιάζεται ανεπάρκεια άρδευσης των περιοχών μελέτης, παρουσιάζοντας μικρότερες ή μεγαλύτερες διακυμάνσεις ανά χρονιές ανάλογα με της βροχοπτώσεις της κάθε χρονιάς.

Πρόβλημα παρουσιάζεται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και στο χωριό Κράσι, όπου οι πηγές άντλησης νερού της περιοχής στερεύουν και η χρήση νερού για άρδευση πρέπει να περιοριστεί.

Σημαντικό ρόλο στη δημιουργία ελλειμμάτων στους κόμβους, έχει όπως βλέπουμε η περιορισμένη ποσότητα βροχοπτώσεων. Μία χρονιά με λιγοστή βροχόπτωση είναι σίγουρο ότι θα δημιουργήσει προβλήματα στην επάρκεια άντλησης νερού από τους υδροφορείς. Η λύση σε μία τέτοια περίπτωση είναι κατά κύριο λόγο ο εμπλουτισμός των υδροφορέων και τα ορθά υδραυλικά έργα που θα περιλαμβάνουν μελέτες από εξειδικευμένους μηχανικούς. Ακόμα θα χρειαστεί επανασχεδιασμός των σημείων ύπαρξης γεωτρήσεων καθώς και εφαρμογή του νομικού πλαισίου για φαινόμενα υπεράντλησης νερού.

Τα πιθανά σενάρια που χρησιμοποιήθηκαν στο μοντέλο περιλαμβάνουν την αύξηση του πληθυσμού της περιοχής μελέτης, την αύξηση της γεωργίας, την αύξηση των ξενοδοχειακών μονάδων καθώς και την αύξηση της μέσης ημερήσιας κατανάλωσης νερού ανά κάτοικο.

Κατά το σενάριο της αύξησης του πληθυσμού στη περιοχή μελέτης κατά 5%, παρατηρείται μια αναμενόμενη αύξηση στους κόμβους ζήτησης νερού καθώς η ποσότητα νερού που θα πρέπει να αντληθεί από τους κόμβους προσφοράς αυξάνεται. Ακόμα, υπάρχει μια ελάχιστη αύξηση του ελλείμματος κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες που όμως δεν εμπνέει κάποια ανησυχία.

Το σενάριο αύξησης της γεωργίας που περιλαμβάνει αύξηση της έκτασης της καλλιεργήσιμης γης κατά 5%, δείχνει ότι κατά την εφαρμογή του υπάρχει σημαντική αύξηση ζήτησης νερού για άρδευση καθώς και παρουσιάζεται σημαντικό έλλειμμα στους κόμβους του μοντέλου, κυρίως τους θερινούς μήνες.

Στο σενάριο αύξησης των ξενοδοχειακών μονάδων, αυξάνοντας τις κλίνες κατά 10% και τις πισίνες κατά 5%, παρατηρείται μικρή αύξηση των αναγκών σε νερό από τους κόμβους ζήτησης, όπως και μιας μικρής τάξης αύξηση του ελλείμματος σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση.

Στο τελευταίο σενάριο, εξετάστηκε η αύξηση της μέσης ημερήσιας κατανάλωσης νερού ανά κάτοικο στη περιοχή μελέτης. Αφού προστέθηκαν 50 επιπλέον λίτρα ανά κάτοικο, ανά ημέρα τα αποτελέσματα του σεναρίου αυτού έδειξαν μια πολύ μικρή αύξηση των αναγκών νερού σε κόμβους ζήτησης, όπως και απειροελάχιστο έλλειμμα σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση.

Συνοψίζοντας, όσον αφορά τα σενάρια σημαντικότερα προβλήματα μπορεί να προκαλέσει η αύξηση της γεωργίας, καθώς είναι το σενάριο που παρουσιάζει το μεγαλύτερο έλλειμμα στους κόμβους του μοντέλου, ειδικότερα τους θερινούς μήνες. Η αντιμετώπιση αυτού του φαινομένου απαιτεί διαφοροποίηση της μέγιστης δυνατής ποσότητας άντλησης, έτσι ώστε να μπορέσει να αντληθεί μεγαλύτερη ποσότητα από τους υδροφορείς.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι σημαντικότερο ρόλο διαδραματίζει η ορθή διαχείριση, και για την ύδρευση αλλά και για την άρδευση, καθώς μόνο μέσω αυτής θα είναι δυνατή η εξοικονόμηση νερού. Η λήψη μέτρων κρίνεται αναγκαία για να επιτευχθεί ορθή διαχείριση και πιο συγκεκριμένα, στη περίπτωση εξοικονόμησης νερού για αρδευτική χρήση δύναται να επιλεγεί η αντικατάσταση των συνηθισμένων μεθόδων άρδευσης, με νέες πιο προηγμένες, λιγότερο δαπανηρές σε νερό μεθόδους καθώς και η μείωση των απωλειών στα δίκτυα. Ως μέτρο εξοικονόμησης του νερού που προορίζεται για ύδρευση, δύναται να επιλεγεί η αύξηση της τιμολογιακής πολιτικής έπειτα από ένα μέγιστο όριο κυβικών μέτρων ανά μήνα.

6 Βιβλιογραφία

Βιβλία

- Botsialas, C., Yioxas, G., Vassilakis, Emm., Stournaras, G., 2010. Study and correlation of hydrogeological, tectonic and hydrochemical conditions of fractured rocks in Tinos Island (Aegean Sea, Hellas), IAH Conference. Krakow, Poland.
- Caldwell, L.K., 1991. Futures for the Mediterranean Basin: The Blue Plan, Le Plan Bleu: Avenirs du Bassin Mediterranéen. JSTOR.
- Center, J.S., SEI-US, n.d. WEAP (Water Evaluation And Planning) [WWW Document]. URL <https://www.weap21.org> (accessed 10.17.20).
- Chartzoulakis, K.S., Paranychiakis, N.V., Angelakis, A.N., 2001. Water resources management in the Island of Crete, Greece, with emphasis on the agricultural use. *Water Policy* 3, 193–205. [https://doi.org/10.1016/S1366-7017\(01\)00012-5](https://doi.org/10.1016/S1366-7017(01)00012-5)
- DIRECTIVE_2000_60_EK.pdf, n.d.
- Geler, T., Marmol, E., Silva, J., Guzmán, M., Durruti, Y., Abraham, N., González, F., López-Seijas, T., Hervis, G., Amezttoy, I., Vidal, B., Crestaz, E., Trichakis, I., Marletta, L., Carmona-Moreno, C., 2016. GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS UTILIZANDO EL MODELO WEAP (WATER EVALUATION AND PLANNING SYSTEM).
- Graebing, D., 2020. Water management in ancient Greece: The Inopos reservoir on Delos.
- Hunink, J., Simons, G., Suárez-Almiñana, S., Solera, A., Andreu, J., Giuliani, M., Zamberletti, P., Grillakis, M., Koutroulis, A., Tsanis, I., Schasfoort, F., Contreras, S., Ercin, E., Bastiaanssen, W., 2019. A Simplified Water Accounting Procedure to Assess Climate Change Impact on Water Resources for Agriculture across Different European River Basins. *Water* 11, 1976. <https://doi.org/10.3390/w11101976>
- Kallikazarou, n.d. Ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων στο νησί της Καλύμνου με εφαρμογή του λογισμικού weap.
- O'Reilly, C., Chatman, J., Caldwell, D., 1991. People and Organizational Culture: A Profile Comparison Approach to Assessing Person-Organization Fit. *Acad. Manage. J.* 34, 487–516. <https://doi.org/10.2307/25640>
- Orgaz, F., Testi, L., Villalobos, F., Fereres, E., 2006. Water requirements of olive orchards-II: Determination of crop coefficients for irrigation scheduling. *Irrig. Sci.* 24, 77–84. <https://doi.org/10.1007/s00271-005-0012-x>
- Pappa, A., Dokou, Z., Karatzas, G., 2017. Saltwater intrusion management using the SWI2 model: application in the coastal aquifer of Hersonissos, Crete, Greece. *DESALINATION WATER Treat.* 99, 49–58. <https://doi.org/10.5004/dwt.2017.21550>
- Psomas, A., Panagopoulos, Y., Konsta, D., Mimikou, M., 2016. Designing Water Efficiency Measures in a Catchment in Greece Using WEAP and SWAT Models. *Procedia Eng.* 162, 269–276. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.058>
- Tsagarakis, K., Dialynas, G., Angelakis, A., 2004. Water Resources Management in Crete (Greece) Including Water Recycling and Reuse and Proposed Quality Criteria. *Agric. Water Manag.* 66, 35–47. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2003.09.004>
- Tsagarakis, K.P., Dialynas, G.E., Angelakis, A.N., 2004. Water resources management in Crete (Greece) including water recycling and reuse and proposed quality criteria [WWW Document]. URL [/paper/Water-resources-management-in-Crete-\(-Greece-\)-and-Tsagarakis-Dialynas/f0dc0e4c381ac24e19fd91a01627f92118da8e62](http://paper/Water-resources-management-in-Crete-(-Greece-)-and-Tsagarakis-Dialynas/f0dc0e4c381ac24e19fd91a01627f92118da8e62) (accessed 10.20.20).
- Yang, L., Hao, M., Cao, Q., Liu, K., Xiao, L., Pei, L., Wu, X., 2020. Quantitative Impact and Research on Water Supply Management and Demand in Beijing under the WEAP Model. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 514, 022055. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/514/2/022055>

- Yaykiran, S., Cuceloglu, G., Ekdal, A., 2019. Estimation of Water Budget Components of the Sakarya River Basin by Using the WEAP-PGM Model. Water 11, 271. <https://doi.org/10.3390/w11020271>
- Η συμμετοχή των φραγμάτων στη διαχείριση των υδατικών πόρων στην Περιοχή Λεκάνης Απορροής Ποταμού των νησιών του Αιγαίου (GR14), n.d.
- Μιμίκου,Μπαλτάς, ΤΕΧΝΙΚΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ 6η ΕΚΔΟΣΗ
- Κορνίδης, n.d. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ WEAP. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ,.
- Λεκάνη απορροής, 2018.
- Τσακίρης, Γ., 2013. ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ: Τεχνική Υδρολογία. Εκδόσεις Συμμετρία.
- Τσακίρης, Γ., n.d. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΙΡΗΝΗ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.
- Καραβίτης, Χ., Αγγελίδης, Σ., n.d. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Ιστοσελίδες

WEAP_Tutorial.pdf, n.d.

Αναζήτηση Χαρτών - ΥΠΕΝ - Γεωχωρικές Πληροφορίες & Χάρτες [WWW Document], n.d. URL <http://mapsportal.ypen.gr/maps/?limit=20&offset=0> (accessed 10.17.20).

Μάρη, Ι., 2020. Προφορική Επικοινωνία με Αποκεντρωμένη Διοίκηση Κρήτης.

Ξενοδοχειακό Επιμελητήριο Ελλάδας, n.d. Ανάγκες νερού Ξενοδοχείων.

Οδηγία 2007/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 23ης Οκτωβρίου 2007 , για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας (Κείμενο που παρουσιάζει ενδιαφέρον για τον ΕΟΧ), 2007. , 288.

Το νερό σε αριθμούς | ΔΕΥΑΜΠ, n.d. URL <http://www.deyamp.gr/oikologia-periballon-nero/to-nero-se-arithmous/> (accessed 10.17.20).

Φράγμα Αποσελέμη – ΟΑΚΑΕ, n.d. URL <https://oakae.gr/fragmenta-aposelemi/> (accessed 10.17.20).

Φυσικοί Πόροι | Φυσικοί Πόροι | Περιήγηση στο Δήμο | Δήμος Χερσονήσου [WWW Document], n.d. URL <https://www.hersonisos.gr/hersonisos/naturalresources/naturalresorsespage.html> (accessed 10.15.20).

CretanBeaches.com - Ταξιδιωτικός Οδηγός Κρήτης [WWW Document], n.d. URL <https://www.cretanbeaches.com/el/> (accessed 11.7.20).

IPCC — Intergovernmental Panel on Climate Change [WWW Document], n.d. URL <https://www.ipcc.ch/> (accessed 11.7.20).

Δήμος Χερσονήσου [WWW Document], n.d. URL <https://www.hersonisos.gr/> (accessed 11.7.20).

ΕΜΥ, Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία [WWW Document], n.d. URL <http://www.hnms.gr/emy/el/> (accessed 11.7.20).

Κεντρική Σελίδα ΕΛΣΤΑΤ - ELSTAT [WWW Document], n.d. URL <https://www.statistics.gr/> (accessed 11.7.20).

Περιγραφή [WWW Document], n.d. . wfd.hcmr.gr. URL <https://wfd.hcmr.gr/περιγραφή-του-έργου/> (accessed 11.7.20).

7 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ταμιευτήρας	Τεχνικά Στοιχεία
Συνολική χωρητικότητα ταμιευτήρα	36.2x10 ⁶ m ³
Ωφέλιμη (+216.00)	27.3x10 ⁶ m ³
Ανώτατη Στάθμη Πλημμύρας (Α.Σ.Π.).	+221.00
Ανώτατη Στάθμη Λίμνης (Α.Σ.Λ.).	+216.00
Κατώτατη Στάθμη Λίμνης (Κ.Σ.Λ.).	+184.00
Επιφάνεια Λίμνης	1.60 km ²
Φράγμα	
Όγκος	3.350.000 m ³
Ύψος (από τη θεμελίωση)	61.00 m
Υψόμετρο θεμελίωσης	+162.00
Υψόμετρο Στέψης	+223.00
Πλάτος Στέψης	8.00 m
Μήκος Στέψης	660.00 m
Κλίση Πρανών	ανάντη 1:3 κατόντη 1:2.5
Κυρίως Ανάντη Πρόφραγμα (Κ.Α.Π.)	
Όγκος	~300.000 m ³
Ύψος (από τη θεμελίωση)	23.00 m
Υψόμετρο θεμελίωσης	+165.00
Υψόμετρο Στέψης	+188.00
Πλάτος Στέψης	5.00 m
Μήκος Στέψης	350 m
Κλίση Πρανών	1:3
Υπερχειλιστής	
Μέγιστο πλάτος διώρυγας	40 m
Υψόμετρο Στέψης	+216.00,
Qεκρ. (1:50.000)	1000 m ³ /s
Αγωγός Εκτροπής (Ορθογωνική διατομή)	
πλάτος / ύψος (θολωτή στέψη)	4.50 m / 4.00 m
Μήκος αγωγού	324.00 m
Υψόμετρο Εισόδου	+171.00 m
Υψόμετρο Εξόδου	+169.00 m
Σύστημα Υδροληψίας	
3 στόμια υδροληψίας Φ1000	Y1 = +192.0 Y2 = +200.0, Y3= +208.00
1 στόμιο εκκένωσης-υδροληψίας Φ1000	YE = +184.0
Αγωγός υδροληψίας- εκκένωσης	Φ1000
Αγωγός αποχέτευσης φερτών	Φ600 (+179.5)

8

Πίνακας 14. Τεχνικά Στοιχεία Φράγματος Αποσελέμη

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ								Α.Μ. 201						
ΤΜΗΜΑ ΕΓΓ. ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ								ΑΡΙΘΜ. ΣΤΟ ΧΑΡΤΗ: 18						
ΣΤΑΘΜΟΣ: ΑΒΔΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ								ΠΛΑΤ. 35ο 14'						
ΟΡΓΑΝΟ: ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΟ								ΣΥΝΤ{						
ΥΔΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ: ΑΠΟΣΕΛΕΜΗ								ΜΗΚ. 25ο 26'						
ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΑΠΟ: 1964								ΥΨΟΜ. 230Μ						
ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΣΕ ΜΜ														
ΥΔΡ.ΕΤ ΟΣ	ΣΕΠ .	ΟΚΤ .	ΝΟΕ .	ΔΕΚ .	ΙΑΝ. .	ΦΕ Β.	ΜΑ Ρ.	ΑΠΡ .	ΜΑΙ. .	ΙΟΥ Ν.	ΙΟΥ Λ.	ΑΥ Γ	ΣΥΝ.	
1964-65				17.8	166. 1	191. 8	120. 5	79.5	42.5	3.0	0.0	0.0		
1965-66	0.0	24.6	10.5	110. 4	159. 0	45.0	101. 4	16.3	20.0	6.0	0.0	0.0	493.2	
1966-67	140. 0	12.1	64.0	177. 6	135. 6	115. 8	198. 7	36.6	6.0	0.0	0.0	0.0	886.4	
1967-68	5.0	342. 3	59.4	94.8	218. 4	69.9	117. 2	63.7	3.5	4.5	0.0	0.0	978.7	
1968-69	37.0	150. 4	256. 4	99.5	299. 5	15.6	88.5	76.5	16.0	0.0	0.0	0.0	1039. 4	
1969-70	0.0	13.5	54.3	137. 6	85.1	68.4	148. 6	63.8	15.2	0.0	0.0	0.0	586.5	
1970-71	7.6	83.5	158. 3	85.1	167. 9	133. 1	49.4	46.5	0.0	9.0	0.0	1.6	742.0	
1971-72	10.0	25.5	114. 2	49.7	74.5	57.3	98.9	60.8	126. 1	4.8	20.0	5.3	647.1	
1972-73	1.2	133. 2	53.5	127. 2	268. 8	78.2	54.4	58.5	0.0	0.0	0.0	0.0	775.0	
1973-74	21.5	110. 5	91.8	43.0	129. 5	108. 0	80.0	29.7	0.0	0.0	0.0	0.0	614.0	
1974-75	3.0	4.0	118. 3	139. 3	257. 9	151. 4	25.4	6.4	42.6	0.0	0.0	0.0	748.3	
1975-76	0.0	30.5	56.0	251. 3	268. 1	153. 0	233. 5	58.0	31.0	0.0	0.0	0.0	1081. 4	
1976-77	0.0	137. 3	150. 5	52.8	48.7	84.0	82.8	76.7	0.0	0.0	0.0	0.0	632.8	
1977-78	232. 0	46.4	28.5	384. 4	242. 3	93.5	116. 7	20.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1164. 3	
1978-79	15.5	115. 0	180. 7	234. 7	81.4	73.2	80.3	32.4	34.8	182. 0	0.0	0.0	1030. 0	
1979-80	8.5	40.8	244. 9	195. 0	66.4	195. 2	72.3	80.3	5.0	0.0	0.0	0.0	908.4	
1980-81	10.0	35.5	24.3	82.5	411. 5	165. 6	10.3	13.0	1.6	0.0	0.0	0.0	754.3	
1981-82	0.0	0.0	117. 9	45.3	56.8	227. 9	121. 7	38.8	41.7	26.0	0.0	18. 0	694.1	
1982-83	0.0	18.3	229. 0	206. 9	64.9	117. 4	110. 4	63.9	0.0	0.0	33.0	0.0	843.8	
1983-84	0.0	2.2	66.4	74.3	122. 0	178. 2	114. 7	20.9	0.0	83.0	0.0	15. 8	677.5	
1984-85	0.0	9.9	289. 2	150. 7	224. 3	143. 5	96.9	80.7	0.0	0.0	0.0	0.0	995.2	
1985-86	0.0	60.1	43.5	110. 2	75.5	110. 2	76.8	0.0	62.0	8.0	0.0	0.0	546.3	
1986-87	230. 6	21.4	130. 8	196. 4	102. 0	147. 0	147. 0	233. 4	34.6	0.0	0.0	0.0	1243. 2	
1987-88	0.0	2.8	77.2	145. 9	58.4	249. 3	60.4	10.4	63.0	1.5	0.0	0.0	668.9	

1988-89	0.0	208. 0	81.5	115. 4	108. 6	14.9	113. 2	0.0	41.1	0.0	0.0	0.0	682.7
1989-90	0.0	79.9	161. 1	42.0	90.8	87.4	7.5	12.6	0.8	6.9	0.0	2.4	491.4
1990-91	13.5	56.8	93.4	103. 7	199. 6	160. 3	26.6	49.1	14.1	1.4	0.0	0.0	718.5
1991-92	1.0	161. 3	51.0	359. 5	44.1	105. 9	60.7	23.2	50.7	8.0	0.0	0.0	865.4
1992-93	0.0	0.0	42.8	144. 6	162. 8	94.7	53.6	19.8	71.8	9.0	0.0	0.0	599.1
1993-94	0.0	103. 5	171. 3	26.5	272. 6	112. 5	45.8	9.8	9.1	0.0	0.0	0.0	751.1
1994-95	0.0	266. 7	240. 3	118. 0	104. 8	69.6	98.3	11.8	1.6	1.0	5.5	0.0	917.6
1995-96	6.0	35.3	95.8	63.5	138. 0	172. 7	190. 7	34.3	17.0	0.0	0.0	0.0	753.3
1996-97	50.0	92.5	20.0	193. 8	103. 0	206. 0	313. 7	61.0	15.2	0.0	0.0	0.0	1055. 2
1997-98	11.5	120. 9	190. 9	116. 8	62.9	40.9	257. 7	59.0	26.5	0.0	0.0	0.0	887.1
1998-99	0.0	59.8	74.9	313. 2							0.0	0.0	
1999-00	48.0	3.0	17.0	108. 0	0.0	85.5	54.1	47.9	77.3	0.0	0.0	0.0	440.8
2000-01	0.0	40.0	151. 0	140. 5	149. 5	243. 5	12.0	49.0	45.0	0.0	0.0	7.0	837.5
2001-02	0.0	7.5	95.0	593. 5	345. 5	43.0	81.5	60.5	0.0	0.0	0.0	65. 5	1292. 0
2002-03	97.5	128. 0	209. 0	267. 0	147. 2	365. 0	337. 5	114. 0	74.0	0.0	0.0	0.0	1739. 2
2003-04	0.0	6.5	125. 5	344. 5	361. 5	193. 5	39.5	44.5	13.0	0.0	0.0	0.0	1128. 5
2004-05	0.0	65.5	178. 5	111. 5	286. 0	175. 0	42.0	74.5	85.0	0.0	4.5	4.0	1026. 5
Μεγ. ύψο ς	232. 0	342. 3	289. 2	593. 5	411. 5	365. 0	337. 5	233. 4	126. 1	182. 0	33.0	65. 5	1739. 2
Ελ. Ύψος	0.0	0.0	10.5	17.8	0.0	14.9	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	440.8
Μ.Ο	23.7	71.4	115. 5	151. 8	159. 0	128. 6	103. 5	48.5	27.2	8.9	1.5	2.9	844.5

Πίνακας 15. Μηνιαίες Βροχοπτώσεις Αβδού Ηρακλείου [Αποκεντρωμένη Διοίκηση Κρήτης]

For each $p=1$ to P for each demand priority

For each $f=1$ to $F \in (D_k^{p,t-n})$ for each supply preference to demand, k

maximize (Coverage to all demand sites $k \in N$ with priority p)

$$Z = C_p$$

subject to

$$\sum_{j=1}^n x_{j,i}^p - \sum_{r=1}^m x_{i,r}^p + S_i^{t-1} = S_i^t \quad \text{mass balance constraint with storage for node } i \text{ to node } r$$

$$\sum_{j=1}^F x_{j,k}^p = D_k^{p,t-n} \quad \text{demand node constraint for demand } k \text{ from } j \text{ sources}$$

$$\sum_{j=1}^F x_{j,k}^p = D_k^{p,t-n} * c_k^p \quad \text{coverage constraint for demand } k \text{ from } j \text{ sources}$$

$$\sum_{j=1}^m x_{j,k}^p \geq D_k^{p,t-n} * c_k^p \quad \text{coverage constraint for ifr and reservoirs } k \text{ from } j \text{ sources}$$

$$c_k^p = C \quad \text{equity constraint for demand site } k \text{ with priority } p$$

$$c_k^p \geq C \quad \text{equity constraint for ifr and reservoirs with priority } p$$

$$0 \leq c_k^p \leq 1 \quad \text{bound for demand site coverage variables (not ifr or reservoirs)}$$

$$x_{i,i}^{>p} = 0 \quad \text{for demand sites } i \text{ with priority } > p$$

$$x_{i,k}^p \geq 0 \quad \text{for demand sites } k \text{ with priority } = p$$

$$x_{i,k}^f \geq 0 \quad \text{for demand sites } k \text{ with preference } = f$$

$$x_{i,k}^{>f} = 0 \quad \text{for demand sites } k \text{ with preference } > f$$

Solve LP, then

1. Evaluate shadow prices (h_k^p) of each equity constraint, is $h_k^p > 0$?
2. If so, set $x_{j,k}^p$ and c_k to optimal values from solution
3. Remove equity constraints with $h_k^p > 0$

Next iteration for current priority, p

4. Set $x_{i,k}^f$ to optimal values

Next f

Next p

Πίνακας 16. Αλγόριθμος για τη διανομή νερού στο WEAP [Yates, et al., 2005]

Είδος ζώου	Υδατικές ανάγκες (l/ημέρα)	Υγρά απόβλητα (l/kg ZB / ημέρα)	Μέσο βάρος (kg)	Υγρά απόβλητα (l/ημέρα)	Νερό πλύσης (l/ημέρα)	Συνολική εκροή νερού	Ποσοστό κατανάλωσης νερού (%)
Μοσχάρια	80	0,046	450,0	20,7	14	34,7	56,6
Αιγο- πρόβατα	8	0,036	60,0	2,2	0	2,2	73,0
Χοίροι	80	0,051	60,0	3,1	18	21,1	73,7
Πουλερικά	0,2	0,066	1,8-2,2	0,13	0,04	0,17	14,0

Πίνακας 17. Κατανάλωση Νερού για Κτηνοτροφία [Κοινοπραξία Διαχείρισης Υδάτων]

Μήν ας	Φυτικός συντελεστής (K _c)				
	Αστική γη	Δάσ ος	Βοσκότο ποι	Υγρότο ποι	Αγροανάπαυσ η
Οκτ	0,01	1,30	0,20	0,49	0,01
Νοε	0,01	0,70	0,01	0,60	0,01
Δεκ	0,01	0,50	0,01	0,60	0,01
Ιαν	0,01	0,50	0,01	0,60	0,01
Φεβ	0,01	0,50	0,01	0,60	0,01
Μαρ	0,01	0,50	0,16	0,60	0,01
Απρ	0,01	0,70	0,45	0,60	0,01
Μαΐ	0,01	1,00	0,65	0,80	0,01
Ιουν	0,01	1,30	0,75	1,00	0,01
Ιουλ	0,01	1,30	0,78	1,18	0,01
Αυγ	0,01	1,30	0,74	1,15	0,01
Σεπ	0,01	1,30	0,55	1,15	0,01

Πίνακας 18. Φυτικοί συντελεστές μη καλλιεργητικών χρήσεων γης [Allen et al,1998, Μιμίκου,Μπαλτάς, 2006]

Μήν ας	Φυτικός συντελεστής (K _c)						
	Βαμβά κι	Αραβόσιτ ος	Σιτά ρι	Ζαχαρό- τευτλα	Μηδικ ή	Ελαιόδεντ ρα	Οπωροφό ρα
Οκτ	0,60	0,01	0,01	0,01	0,63	0,60	0,55
Νοε	0,01	0,01	0,30	0,01	0,42	0,65	0,20
Δεκ	0,01	0,01	0,38	0,01	0,01	0,50	0,20
Ιαν	0,01	0,01	0,54	0,01	0,01	0,50	0,20
Φεβ	0,01	0,01	0,70	0,01	0,01	0,50	0,20
Μαρ	0,01	0,01	0,86	0,01	0,57	0,65	0,45
Απρ	0,01	0,40	1,01	0,31	0,74	0,60	0,59
Μαΐ	0,30	0,78	1,05	0,69	0,89	0,55	0,84
Ιουν	0,45	1,05	0,25	0,96	0,98	0,50	0,94
Ιουλ	0,90	1,05	0,01	1,01	1,00	0,45	0,90
Αυγ	1,00	0,60	0,01	0,83	0,95	0,45	0,87
Σεπ	1,00	0,01	0,01	0,01	0,84	0,55	0,87

Πίνακας 19. Συντελεστές καλλιεργητικών χρήσεων γης [Μιμίκου,Μπαλτάς 2006, FAO, 2012]