ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

«Διαχείριση Νερού για Γεωργική Χρήση: Ανάγκες, Επικρατούσες Πρακτικές και Μέτρα Βελτιστοποίησης»

Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Λιβανίου Ιωάννας

Επιβλέπων Καθηγητής:
Παλαιολόγος Ευάγγελος

Εξεταστική Επιτροπή:
Παρανυχιανάκης Νικόλαος
Καρατζάς Γεώργιος

Χανιά, Μάρτιος 2010

«Το νερό δεν είναι εμπορικό προϊόν όπως όλα τα άλλα αλλά αποτελεί κληρονομιά που πρέπει να προστατεύεται και να τυγχάνει της κατάλληλης μεταχείρισης.»

Directive 2000/60/EC

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας την παρούσα διπλωματική εργασία θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Παλαιολόγο Ευάγγελο, Καθηγητή του τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος, για την καθοδήγηση, την βοήθεια, την άριστη συνεργασία και τον πολύτιμο χρόνο που μου προσέφερε κατά την εκπόνηση της εργασίας και κυρίως γιατί μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα, που αποτελεί ένα μεγάλο πρόβλημα στις μέρες μας.

Επίσης τον κ. Παρανυχιανάκη Νικόλαο για την επίσης πολύτιμη βοήθεια του και τις διορθώσεις του κατά την εκπόνηση της εργασίας.

Στην συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω, την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος, για την άμεση εξυπηρέτηση και αποστολή όλων των δεδομένων που τους ζήτησα για την περιοχή μελέτης, καθώς και τη Διεύθυνση Εγγείων Βελτιώσεων και Υδατικών Πόρων, του Νομού Χανίων, που όταν τους επισκέφτηκα έδειξαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον και μου παρείχαν πληροφορίες και δεδομένα για ό,τι τους ζήτησα.

Ευχαριστώ πολύ τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, τον κ. Παρανυχιανάκη Νικόλαο, και τον κ. Καρατζά Γεώργιο για την συμμετοχή και αξιολόγηση της παρούσας εργασίας.

Θα ήθελα, επίσης να ευχαριστήσω πολύ τους γονείς μου και την αδερφή μου, που αν και είμαι μακριά τους, με στηρίζουν και είναι πάντα δίπλα μου. Καθώς επίσης και το θείο μου που ήταν παρών πάντα σε ό,τι και αν του ζητούσα.

Τέλος, τους συμφοιτητές και φίλους μου για τις αξέχαστες στιγμές που περάσαμε στα Χανιά.

Περίληψη

Το νερό είναι ίσως το πολυτιμότερο αγαθό που μας προσφέρει η φύση. Χρησιμοποιείται για την κάλυψη αναγκών των αστικών και τουριστικών περιοχών, της γεωργίας, της κτηνοτροφίας, της βιομηχανίας αλλά και για τη διατήρηση της αειφόρου λειτουργίας των υγροτόπων.

Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εκτίμηση των υδατικών αναγκών στο νομό Χανίων, για το έτος 2007 καθώς γίνεται και πρόβλεψη για τα έτη 2011, 2021 και 2031. Βασικό κομμάτι που εξετάζεται είναι η χρήση του νερού στη γεωργία καθώς καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό κατανάλωσης στο νομό, αλλά και σε ολόκληρη τη χώρα.

Αναλυτικά, τα μέρη που περιλαμβάνει η διπλωματική εργασία είναι:

Αρχικά, συγκεντρώθηκαν στοιχεία που αφορούν τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά του συνόλου του νησιού αλλά και πιο συγκεκριμένα για την περιοχή μελέτης, την έκταση και την μορφολογία, τη διοικητική δομή, τη γεωλογία και γεωμορφολογία, μετεωρολογικά στοιχεία και κλίμα, δημογραφικά στοιχεία του νομού. Τέλος, υδρολιθικά χαρακτηριστικά του νομού Χανίων.

Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στα συστήματα άρδευσης. Ο τρόπος λειτουργίας τους καθώς επίσης και μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα του καθενός, ώστε να γίνει η κατάλληλη επιλογή ανάλογα με την περίπτωση.

Το κύριο κομμάτι της παρούσας εργασίας είναι η εκτίμηση των συνολικών υδατικών αναγκών για το νομό Χανίων. Για το λόγο αυτό, αρχικά υπολογίζονται οι ανάγκες ύδρευσης, στις οποίες περιλαμβάνονται οι αστικές και οι τουριστικές ανάγκες της περιοχής. Στη συνέχεια, οι ανάγκες σε άρδευση, οι ανάγκες στην κτηνοτροφία, στην βιομηχανία και τέλος οι ανάγκες για την παραγωγή ενέργειας στο νομό. Απαραίτητα στοιχεία για τον προσδιορισμό των παραπάνω αναγκών, είναι ο πληθυσμός, οι αφίξεις των τουριστών και ο συνολικός αριθμός των αρδευόμενων εκτάσεων. Τα στοιχεία αυτά συλλέχτηκαν από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος, αλλά και από άλλους τοπικούς φορείς.

Τέλος, πραγματοποιείται σχολιασμός των συμπερασμάτων και αναφέρονται προτάσεις για τη μείωση των απωλειών και την κάλυψη των συνεχώς αυξανόμενων αναγκών σε νερό στη γεωργία, καθώς επίσης τρόπους εξοικονόμησης νερού, γεγονός που θα έχει σαν αποτέλεσμα την εξοικονόμηση νερού στο σύνολο των υδροδοτικών

αναγκών του νομού, λόγω της κυρίαρχης θέσης που κατέχει η γεωργία στην κατανάλωση νερού. Για να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα του νερού άρδευσης θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην ορθολογική διαχείριση του νερού τόσο σε θέματα καθαρά τεχνικά όσο και σε κοινωνικό-οικονομικά.

Περιεχόμενα

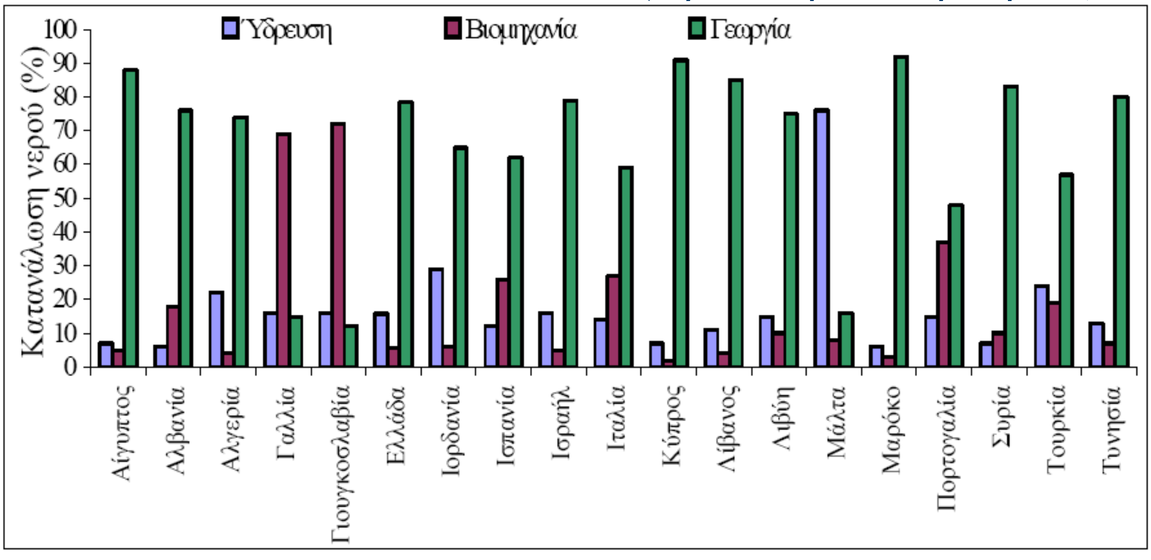
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Η ανθρωπότητα σήμερα είναι περισσότερο από ποτέ αντικείμενο αυξημένης πίεσης για χρήση των υδατικών πόρων, λόγω αύξησης του πληθυσμού και της βιομηχανικής ανάπτυξης. Η ζήτηση σε νερό τον 20ο αιώνα αυξανόταν εκθετικά. Εάν η παγκόσμια ζήτηση νερού συνεχίσει να αυξάνεται πιο γρήγορα από τον πληθυσμό (όπως έκανε από το 1950), περίπου 2% το χρόνο, θα διπλασιασθεί σε 35 χρόνια.

Η έλλειψη νερού έχει επισημανθεί σαν ένα από τα κυρίαρχα προβλήματα για τις γενιές που έρχονται, αν και τις συνέπειές της, τις έχουν ήδη υποστεί σε κάποιες περιοχές της γης. Αναγνωρίζεται σήμερα ότι η έλλειψη νερού αποτελεί μια τεράστια απειλή για τη παγκόσμια σταθερότητα και αν δεν διαχειριστεί σωστά και για τη παγκόσμια ανάπτυξη και οικονομία. Το νερό, λέγεται, ότι θα είναι το πετρέλαιο του 21ου αιώνα. Ήδη πολλές χώρες, όπως η Τουρκία και το Ισραήλ, χρησιμοποιούν το νερό σαν μέσο διπλωματικής πίεσης, ενώ οι ΗΠΑ φλερτάρουν με την ιδέα της απελευθέρωσης της αγοράς του νερού (Χαρτζουλάκης και Μπερτάκη, 2009).

Οι αγροτικές καλλιέργειες αποτελούν τον κυριότερο καταναλωτή νερού, με συμμετοχή που ανέρχεται στο 70% σε παγκόσμιο επίπεδο, πάνω από 80% στις περισσότερες χώρες της Μεσογείου και κοντά στο 87% στην Ελλάδα. Αυτό το ποσοστό που διαφέρει σημαντικά από άλλες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ), έχει θεωρηθεί από πολλούς ως δείκτης της κυριαρχίας της αγροτικής παραγωγής στην Ελλάδα και εν τέλει ως δείκτης οικονομικής υπανάπτυξης (Παπαμιχαήλ, 2006), σχήμα 1.1.

Σχήμα 1.1: Κατανάλωση νερού από τους διάφορους τομείς στις Μεσογειακές χώρες. (Χαρτζουλάκης και Μπερτάκη, 2009).



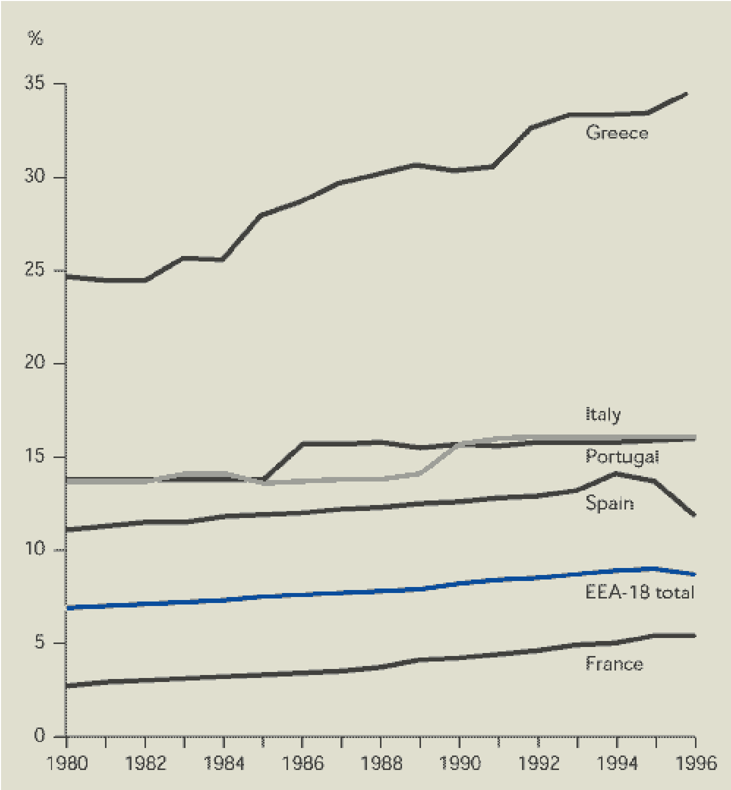
Ωστόσο, αυτό δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα, δεδομένου ότι το ποσοστό αυτό, καθώς και οι διαφοροποιήσεις σε σχέση με άλλες ευρωπαϊκές χώρες, επιβάλλονται από φυσικούς παράγοντες και κυρίως την κλιματολογία της χώρας. Στην Ελλάδα, η εξατμισοδιαπνοή της θερινής περιόδου είναι ιδιαίτερα υψηλή (πλησιάζοντας το 1m) ενώ οι βροχοπτώσεις τείνουν να είναι μηδενικές. Σε πολλές περιοχές, όπως π.χ. στη Κρήτη, το 70-80% της ετήσιας βροχόπτωσης λαμβάνει χώρα σε 3-4 μήνες. Αυτή η κατάσταση επιδεινώνεται από το γεγονός της ταυτόχρονης αύξησης της ζήτησης τόσο από τη γεωργία όσο και το τουρισμό και την οικιακή χρήση κατά τη διάρκεια της θερμής και ξηρής περιόδου. Η έλλειψη σε ποσότητα θα πρέπει να συνδυασθεί και με τη υποβάθμιση της ποιότητας λόγω της μόλυνσης των επιφανειακών και υπογείων νερών και την έλλειψη έργων υποδομής.

Αντίθετα στις χώρες του Βορρά, λόγω χαμηλότερων θερμοκρασιών και υψηλότερου ύψους βροχής το καλοκαίρι οι αρδευτικές ανάγκες είναι πολύ περιορισμένες ή και μηδενικές. Όπως χαρακτηριστικά φαίνεται στο σχήμα 1.2, στη χώρα μας το ποσοστό της αρδευόμενης έκτασης επί της συνολικής ξεπερνά κατά πολύ τον ευρωπαϊκό μέσο όρο αλλά και εκείνο των άλλων μεσογειακών χωρών της Ευρώπης.

Έχει κατά συνέπεια ιδιαίτερη βαρύτητα η ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης και η διερεύνηση δυνατοτήτων εξοικονόμησης νερού μέσα από κατάλληλες ενέργειες και επεμβάσεις.

Στην Ελλάδα, η αύξηση των αρδευόμενων εκτάσεων υπήρξε ραγδαία κατά τα τελευταία 50 χρόνια. Εκτιμάται ότι κατά τη 10ετία του ’40 οι αρδευόμενες εκτάσεις ήταν κάπου μεταξύ 2 και 2,5 εκατομμυρίων στρεμμάτων, για να ξεπεράσει σήμερα τα 13 εκατομμύρια. Αυτό συντέλεσε στην αλματώδη αύξηση της γεωργικής παραγωγής που, κατ’ αρχή, εξασφάλισε την αυτάρκεια της χώρας σε βασικά γεωργικά προϊόντα και με την παράλληλη εισαγωγή νέων καλλιεργειών και ποικιλιών αύξησε το εύρος των προσφερομένων προϊόντων για εσωτερική κατανάλωση και για εξαγωγή.
Συγκεκριμένα, το ποσοστό των αρδευόμενων γεωργικών γαιών στην Ελλάδα ανέρχεται στο 32% του συνόλου, ενώ περίπου το 60% των πεδινών εδαφών αρδεύεται (Ελληνική Επιτροπή για την Καταπολέμηση της Ερημοποίησης, 2001). Ειδικότερα, από τα συλλογικά εγγειοβελτιωτικά έργα αρμοδιότητας του Υπουργείου Γεωργίας αρδεύεται ποσοστό 40% της συνολικά αρδευόμενης έκτασης, δηλαδή 5.200.000 στρέμματα επί συνόλου 13.200.000 (Κουτσογιάννης).

Σχήμα 1.2: Αρδευόμενη επιφάνεια ως ποσοστό της συνολικής για διάφορες χώρες της Ευρώπης (Πηγή: FAO, Eurostat/NewCronos).



Είναι γεγονός ότι το υφιστάμενο σύστημα αρδεύσεων στην Ελλάδα οδηγεί σε μεγάλη σπατάλη νερού. Τα αίτια είναι πολλά, ένα από τα κυριότερα είναι ο μη σωστός προσδιορισμός των απαιτήσεων σε νερό των καλλιεργειών, με αποτέλεσμα σε πολλές περιπτώσεις να δαπανείται περισσότερο νερό απ'ότι πραγματικά χρειάζεται.

Ένα άλλο βασικό αίτιο απώλειας νερού έχει να κάνει με τον τρόπο εφαρμογής του στο πεδίο. Στην περίπτωση αυτή οι απώλειες εξαρτώνται από τη μέθοδο άρδευσης που εφαρμόζεται και από την εμπειρία και επιδεξιότητα του αρδευτή. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι οι επιφανειακές μέθοδοι, όπου καλύπτουν μεγάλο ποσοστό των μεγαλύτερων πεδιάδων της χώρας (35-40%), παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες απώλειες σε επιφανειακή απορροή και βαθιά διήθηση. Λιγότερες απώλειες παρατηρούνται με διάφορα συστήματα καταιονισμού τα οποία χρησιμοποιούνται κατά 50-55% περίπου και τέλος ακόμα μικρότερες έχουν τα συστήματα μικροάρδευσης τα οποία χρησιμοποιούνται μόνο κατά 10% (Υπουργείο Γεωργίας, 2002). Αν και τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση στα ποσοστά και του καταιονισμού και της στάγδην άρδευσης (π.χ. στην Κρήτη η στάγδην άρδευση φτάνει το 80%· Περιφέρεια Κρήτης,

2002), η αποτελεσματικότητα των αρδεύσεων έχει ακόμα σημαντικά περιθώρια βελτίωσης.
Επίσης, άλλο σημαντικό αίτιο απώλειας νερού έχει να κάνει με τον τρόπο μεταφοράς του στο χωράφι. Τα περισσότερα αρδευτικά δίκτυα είναι πεπαλαιωμένα με αποτέλεσμα οι διαρροές λόγω παλαιότητας, ελλιπούς συντήρησης και μη σωστής λειτουργίας να αυξάνονται. Οι απώλειες αυτές μπορούν να φτάσουν μέχρι το 70%, ενώ σε μικρά δίκτυα που χρησιμοποιούν νερό τοπικών γεωτρήσεων μόλις το 10-15%

Πολλές είναι ακόμη οι περιπτώσεις όπου το νερό παρέχεται στους αγρότες δωρεάν με αποτέλεσμα, η μη καταμέτρηση και τιμολόγηση του όγκου νερού που χρησιμοποιήθηκε από κάθε καταναλωτή, να οδηγεί στη σπάταλη χρήση του.

Όλα αυτά αλλά και πολλά άλλα, έχουν σαν αποτέλεσμα την αυξημένη ζήτηση νερού για άρδευση, η οποία με τη σειρά της ασκεί ισχυρότατη πίεση στους διαθέσιμους επιφανειακούς και υπόγειους υδατικούς πόρους της χώρας.

Μοναδική λύση για τη μείωση των απωλειών και την κάλυψη των αυξανόμενων αναγκών σε νερό της γεωργίας είναι η ορθολογική διαχείριση και η αποτελεσματική χρήση του. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί τόσο με πιο αποδοτικές μεθόδους άρδευσης (π.χ. στάγδην αντί επιφανειακών μεθόδων), και τη χρήση εναλλακτικών υδατικών πόρων (π.χ. επαναχρησιμοποίηση νερού), όσο με επιλογή καλλιεργειών λιγότερο υδροβόρων.
Επομένως, η εξοικονόμηση νερού στην άρδευση, λόγω της κυρίαρχης θέσης που κατέχει στην κατανάλωση νερού, θα έχει σαν αποτέλεσμα την εξοικονόμηση νερού στο σύνολο των υδροδοτικών αναγκών της χώρα μας.

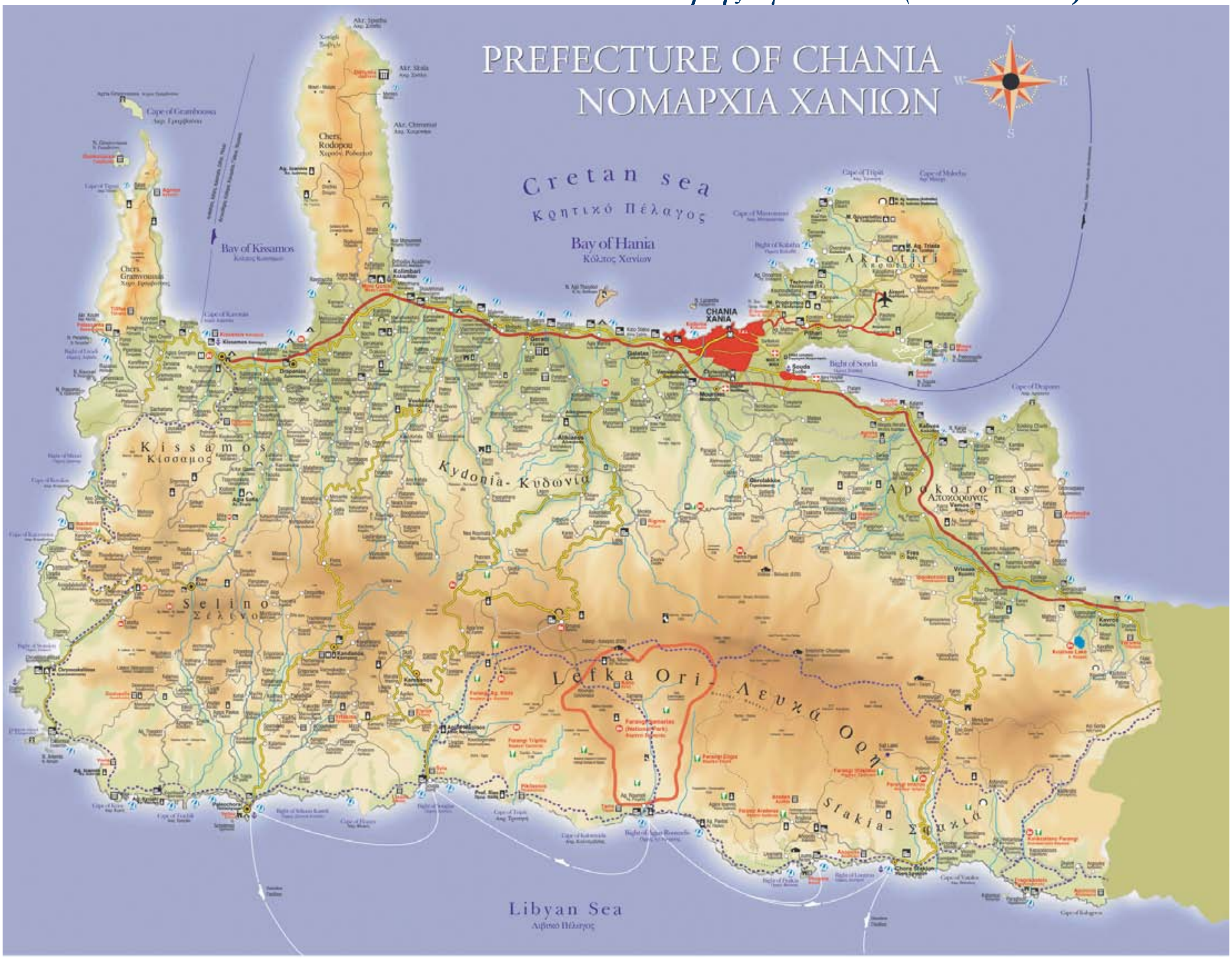
Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να γίνει μία εκτίμηση των αναγκών σε νερό για το νομό Χανίων, ώστε να δούμε τι ποσοστό καταναλώνεται από τη γεωργία. Επίσης, γίνεται αναφορά στις σύγχρονες επικρατούσες μεθόδους άρδευσης και ανάλογα με τα συμπεράσματα προτείνονται μέτρα που μπορούν να ληφθούν ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες και να γίνεται πιο ορθολογική χρήση του νερού. Σαν έτος αναφοράς λαμβάνεται το έτος 2007, καθώς επίσης γίνεται πρόβλεψη για τα έτη 2011, 2021 και 2031.

Κεφάλαιο 2: Περιοχή Μελέτης

2.1 Γενικά χαρακτηριστικά του νομού Χανίων

Ο Νομός Χανίων (εικόνα 2.1) είναι το δυτικότερο τμήμα της Κρήτης με έκταση 2.376 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Συνορεύει ανατολικά με το Νομό Ρεθύμνης ενώ βρέχεται στις τρεις άλλες πλευρές του, σε έκταση 350 χιλιόμετρων ακτής, από την ζεστή Μεσόγειο θάλασσα, το Κρητικό Πέλαγος στο βορρά και το Λυβικό στο νότο (http://www.chania.eu). Υποδιαιρείται σε πέντε επαρχίες: Σελίνου, Κυδωνίας, Κισσάμου, Αποκόρωνα και Σφακίων. Οι κυριότερες πόλεις του νομού είναι τα Χανιά, και το Καστέλι στην Κίσσαμο. Οι κυριότερες κωμοπόλεις είναι η Παλαιόχωρα και η Κάντανος στο Σέλινο και η χώρα Σφακίων στα Σφακιά (www.crete-region.gr).

*Εικόνα 2.1: Χάρτης νομού Χανίων (**www.chania.eu**).*



Με πρωτεύουσα τα Χανιά, ο Νομός Χανίων έχει πληθυσμό 150.193 κατοίκους (απογραφή 2001, Ε.Σ.Υ.Ε.), συγκεντρώνει δηλαδή ποσοστό 1,3% του πληθυσμού της χώρας (www.istologos.gr).

Παράγει 1,2% του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος της χώρας, αναλογία σχεδόν σταθερή από το 1995, από το οποίο το 77% προέρχεται από τις υπηρεσίες, με σημαντική τη συμβολή του τουρισμού (16% από υπηρεσίες ξενοδοχείων και εστιατορίων). Στη γεωργία αναλογεί 9% του προϊόντος του νομού και εκεί παράγεται 1,6% του συνολικού γεωργικού προϊόντος της χώρας. Είναι η 4η παραγωγός περιοχή ελαιολάδου της χώρας με 9% της συνολικής παραγωγής και η 5η στην παραγωγή εσπεριδοειδών με 11% το 2004 (www.economis.gr).

2.2 Διοικητική Δομή

Τα Χανιά διοικητικά χωρίζεται σε εικοσιπέντε (25) δήμους, οι οποίοι απαρτίζονται από εκατόν εξήντα τρία (163) Δημοτικά Διαμερίσματα (Δ.Δ). Οι δήμοι και τα δημοτικά διαμερίσματα που απαρτίζουν τους δήμους αυτούς καθώς επίσης και τον πληθυσμό των δήμων στις δύο τελευταίες απογραφές (1991, 2001) παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 2.2.

Πίνακας 2.2: Διοικητική δομή και Πληθυσμός Νομού Χανίων

	ΔΗΜΟΣ	**ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ**	
		1991	**2001**
	ΔΗΜΟΣ ΑΚΡΩΤΗΡΙΟΥ	6.237	9.773
	Δ.Δ.Αρωνίου		
	Δ.Δ.Κουνουπιδιανών		
	Δ.Δ.Μουζουρά		
	Δ.Δ.Στερνών		
	Δ.Δ.Χωρδακίου		
	ΔΗΜΟΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΥ ΣΕΛΙΝΟΥ	1.539	1.205
	Δ.Δ.Καμπανού		
	Δ.Δ.Επανωχωρίου		
	Δ.Δ.Ροδοβανίου		
	Δ.Δ.Σκάφης		
	Δ.Δ.Σούγιας		
	Δ.Δ.Τεμενίων		
	ΔΗΜΟΣ ΑΡΜΕΝΩΝ	3.253	3.095
	Δ.Δ.Καλυβών		
	Δ.Δ.Αρμένων		
	Δ.Δ.Καρών Αποκορρώνου		
	Δ.Δ.Μαχαιρών		
	Δ.Δ.Νέου Χωρίου Αποκορρώνου		
	Δ.Δ.Ραμνής		
	Δ.Δ.Στύλου		

	ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΑΣΗ ΓΩΝΙΑΣ	526	582
	Κ.Δ.Ασή Γωνιάς		
	ΔΗΜΟΣ ΒΑΜΟΥ	2.536	2.697
	Δ.Δ.Βάμου		
	Δ.Δ.Γαβαλοχωρίου		
	Δ.Δ.Κάινας		
	Δ.Δ.Καλαμιτσίου Αλεξάνδρου		
	Δ.Δ.Κεφαλά		
	Δ.Δ.Κοκκίνου Χωρίου		
	Δ.Δ.Ξηροστερνίου		
	Δ.Δ.Πλάκας		
	Δ.Δ.Σελλίων		
	ΔΗΜΟΣ ΒΟΥΚΟΛΙΩΝ	3.260	3.215
	Δ.Δ.Βουκολιών		
	Δ.Δ.Ανώσκελης		
	Δ.Δ.Κακοπέτρου		
	Δ.Δ.Νέου Χωρίου Κυδωνίας		
	Δ.Δ.Νεριανών		
	Δ.Δ.Παλαιών Ρουμάτων		
	Δ.Δ.Πολεμαρχίου		
	Δ.Δ.Ταυρωνίτου		
	Δ.Δ.Χρυσαυγής		
	ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΓΑΥΔΟΥ	115	97
	Κ.Δ.Γαύδου		
	ΔΗΜΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΥΠΟΛΕΩΣ	1.996	2.414
	Δ.Δ.Κουρνά		
	Δ.Δ.Γεωργιουπόλεως		
	Δ.Δ.Καλαμιτσίου Αμυγδαλίου		
	Δ.Δ.Καστέλλου		
	Δ.Δ.Φυλακής		
	ΔΗΜΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ	8.730	10.636
	Δ.Δ.Μουρνιών		
	Δ.Δ.Νεροκούρου		
	ΔΗΜΟΣ ΘΕΡΙΣΟΥ	5.165	6.517
	Δ.Δ.Βαμβακοπούλου		
	Δ.Δ.Αγιάς		
	Δ.Δ.Βαρύπετρου		
	Δ.Δ.Θερίσου		
	Δ.Δ.Περιβολίων Κυδωνίας		
	ΔΗΜΟΣ ΙΝΝΑΧΩΡΙΟΥ	1.673	1.178
	Δ.Δ.Έλους		
	Δ.Δ.Αμυγδαλοκεφαλίου		
	Δ.Δ.Βάθης		
	Δ.Δ.Βλάτους		
	Δ.Δ.Κάμπου		
	Δ.Δ.Κεφαλίου		
	Δ.Δ.Περιβολίων Κισσάμου		
	Δ.Δ.Στροβλών		
	ΔΗΜΟΣ ΚΑΝΤΑΝΟΥ (ΚΑΝΔΑΝΟΥ)	1.694	1.344
	Δ.Δ.Κανδάνου (Καντάνου)		
	Δ.Δ.Κακοδικίου		

	Δ.Δ.Πλεμενιανών		
	ΔΗΜΟΣ ΚΕΡΑΜΙΩΝ	1.509	1.325
	Δ.Δ.Παππαδιανών		
	Δ.Δ.Δρακόνας		
	Δ.Δ.Κάμπων		
	Δ.Δ.Κοντοπούλων		
	Δ.Δ.Μαλάξας		
	Δ.Δ.Πλατυβόλας		
	ΔΗΜΟΣ ΚΙΣΣΑΜΟΥ	6.558	7.453
	Δ.Δ.Κισσάμου		
	Δ.Δ.Γραμβουσής		
	Δ.Δ.Καλαθενών		
	Δ.Δ.Καλλεργιανών		
	Δ.Δ.Κουκουναράς		
	Δ.Δ.Λουσακιών		
	Δ.Δ.Πλατάνου		
	Δ.Δ.Πολυρρηνίας		
	Δ.Δ.Σηρικαρίου		
	ΔΗΜΟΣ ΚΟΛΥΜΒΑΡΙΟΥ	5.114	4.932
	Δ.Δ.Κολυμβαρίου		
	Δ.Δ.Αφράτων		
	Δ.Δ.Βασιλοπούλου		
	Δ.Δ.Βουβών		
	Δ.Δ.Γλώσσης		
	Δ.Δ.Δελιανών		
	Δ.Δ.Δρακόνας		
	Δ.Δ.Επισκοπής		
	Δ.Δ.Ζυμπραγού		
	Δ.Δ.Καλυδονίας		
	Δ.Δ.Καμισιανών		
	Δ.Δ.Καρών Κισσάμου		
	Δ.Δ.Νοχιών		
	Δ.Δ.Πανεθήμου		
	Δ.Δ.Ραβδούχας		
	Δ.Δ.Ροδωπού		
	Δ.Δ.Σπηλιάς		
	ΔΗΜΟΣ ΚΡΥΟΝΕΡΙΔΑΣ	2.003	2.328
	Δ.Δ.Βρυσών Αποκορρώνου		
	Δ.Δ.Αλικάμπου		
	Δ.Δ.Βαφέ		
	Δ.Δ.Εμπροσνέρου		
	Δ.Δ.Μάζης		
	Δ.Δ.Νίπους		
	ΔΗΜΟΣ ΜΥΘΗΜΝΗΣ	3.386	4.599
	Δ.Δ.Δραπανιά		
	Δ.Δ.Βουλγάρω		
	Δ.Δ.Καλουδιανών		
	Δ.Δ.Μαλαθύρου		
	Δ.Δ.Περβολακίων		
	Δ.Δ.Ποταμίδας		
	Δ.Δ.Ρόκκας		
	Δ.Δ.Σασάλου		
	Δ.Δ.Σφακοπηγαδίου		

	Δ.Δ.Τοπολίων		
	Δ.Δ.Φαλελιανών		
	Δ.Δ.Χαιρεθιανών		
	ΔΗΜΟΣ ΜΟΥΣΟΥΡΩΝ	4.886	2.839
	Δ.Δ.Αλικιανού		
	Δ.Δ.Βατολάκκου		
	Δ.Δ.Καράνου (Καρών)		
	Δ.Δ.Κουφού		
	Δ.Δ.Λάκκων		
	Δ.Δ.Μεσκλών		
	Δ.Δ.Ορθουνίου		
	Δ.Δ.Πρασέ		
	Δ.Δ.Σέμπρωνα		
	Δ.Δ.Σκινέ		
	Δ.Δ.Φουρνέ		
	Δ.Δ.Ψαθογιάννου		
	ΔΗΜΟΣ ΝΕΑΣ ΚΥΔΩΝΙΑΣ (ΓΑΛΑΤΑ)	5.007	7.368
	Δ.Δ.Δαράτσου		
	Δ.Δ.Αγίας Μαρίνης		
	Δ.Δ.Γαλατά		
	Δ.Δ.Σταλού		
	ΔΗΜΟΣ ΠΕΛΕΚΑΝΟΥ	3.464	3.753
	Δ.Δ.Παλαιοχώρας		
	Δ.Δ.Βοθιανών		
	Δ.Δ.Βουτά		
	Δ.Δ.Σαρακήνας		
	Δ.Δ.Σκλαβοπούλας		
	ΔΗΜΟΣ ΠΛΑΤΑΝΙΑ	5.044	5.118
	Δ.Δ.Γερανίου		
	Δ.Δ.Βλαχερωνιτίσσης		
	Δ.Δ.Βρυσών Κυδωνίας		
	Δ.Δ.Ζουνακίου		
	Δ.Δ.Κοντομαρίου		
	Δ.Δ.Κυπαρίσσου		
	Δ.Δ.Μάλεμε		
	Δ.Δ.Μανολιοπούλου		
	Δ.Δ.Μοδίου		
	Δ.Δ.Ντερέ		
	Δ.Δ.Ξαμουδοχωρίου		
	Δ.Δ.Πλατανιά		
	Δ.Δ.Σιριλίου		
	ΔΗΜΟΣ ΣΟΥΔΑΣ	6.573	6.745
	Δ.Δ.Σούδας		
	Δ.Δ.Καλαμίου		
	Δ.Δ.Τσικαλαριών		
	ΔΗΜΟΣ ΣΦΑΚΙΩΝ	2.162	2.419
	Δ.Δ.Χώρας Σφακίων		
	Δ.Δ.Αγίας Ρουμέλης		
	Δ.Δ.Αγίου Ιωάννου		
	Δ.Δ.Ανωπόλεως		
	Δ.Δ.Ασκύφου		
	Δ.Δ.Ασφένδου		

	Δ.Δ.Ίμπρου		
	Δ.Δ.Πατσιανού		
	Δ.Δ.Σκαλωτής		
	ΔΗΜΟΣ ΦΡΕ	1.267	1.049
	Δ.Δ.Φρε		
	Δ.Δ.Μελιδονίου		
	Δ.Δ.Παϊδοχωρίου		
	Δ.Δ.Πεμονίων		
	Δ.Δ.Τζιτζιφέ		
	ΔΗΜΟΣ ΧΑΝΙΩΝ	50.077	53.373
	Δ.Δ. Χανίων		

2.3 Φυσικό Περιβάλλον

Στην υπό μελέτη περιοχή μας υπάρχουν τα οικοσυστήματα της πεδινής και ημιορεινής ζώνης ενώ κυριαρχεί η αυτοφυής υποβαθμισμένη βλάστηση. Η χλωρίδα της περιοχής αναπτύσσεται από δένδρα, θάμνους και από ποώδη βλάστηση. Συγκεκριμένα παρατηρούνται φρύγανα, αστιβίδες, θυμάρια, αφάνες, ασπάλαθοι, θρύμινα αλλά και αραιές στοιβάδες από ξυλώδη βλάστηση σκληρόφυλλων και αείφυλλων, όπως: σχοίνος, χαρουπιά, ερείκη, πρίνος, κ.α. Ανθρωπογενείς κυρίως επιδράσεις, όπως πυρκαγιές, παράνομη βόσκηση και υπερβόσκηση, διάνοιξη αγροτικών δρόμων, αρδευτικά έργα στις ορεινές περιοχές, ανεξέλεγκτος τουρισμός και διάφορες οικιστικές δραστηριότητες, είναι από τα κυριότερα αίτια υποβάθμισης του φυσικού περιβάλλοντος του νησιού (Καρτεράκης, 2005).

Ένα μεγάλο τμήμα του φυσικού περιβάλλοντος των Χανίων αποτελείται, λόγω της ιδιαίτερης πανίδας και χλωρίδας του, από προστατευόμενες περιοχές για κυνήγι, δρυμούς και βιότοπους (λίμνη Αγιάς, λίμνη Κουρνά, νήσοι Γαύδος και Γαυδοπούλα, Ελαφονήσι κ.ά. προστατεύονται από το «Natura 2000») (www.chania.eu).

2.4 Μετεωρολογικά στοιχεία – Κλίμα

Η επίδραση των κλιματικών αλλαγών στη διαχείριση του νερού και στα συσχετιζόμενα κοινωνικό-οικονομικά συστήματα είναι εδώ και καιρό στο ενδιαφέρον διαφόρων ερευνητών. Προκειμένου να είναι σε θέση να προβλέψουν τις επιδράσεις, μόλις γίνεται μία κλιματική αλλαγή, έχει υιοθετηθεί η αρχή ‘το παρελθόν είναι το κλειδί για το μέλλον’.

Αν και η συνολική ποσότητα του νερού στη γη γενικά θεωρείται ότι έχει παραμείνει σταθερή κατά τη διάρκεια της καταγεγραμμένης ιστορίας, περίοδοι πλημμύρας και ξηρασίας έχουν προκαλέσει τη σκέψη του ανθρώπου για να εξελίξει την ικανότητα του να ελέγχει τους διαθέσιμους σε αυτόν υδατικούς πόρους. Αυτή την περίοδο, η ταχεία αύξηση του πληθυσμού, μαζί με την επέκταση της άρδευσης και της βιομηχανικής ανάπτυξης, στρεσάρουν την ποσότητα και την ποιότητα του φυσικού συστήματος. Λόγω των αυξανόμενων προβλημάτων, ο άνθρωπος έχει αρχίσει να συνειδητοποιεί ότι δεν μπορεί πλέον να ακολουθεί τη ‘χρήση και απόρριψη’ σαν μεθοδολογία είτε με τους υδατικούς πόρους είτε με οποιοδήποτε άλλο φυσικό πόρο. Κατά συνέπεια, η ανάγκη για μια συνεκτική πολιτική της λογικής διαχείρισης των υδατικών πόρων έχει γίνει εμφανής (Chartzoulakis et al., 2001).

2.4.1 Το κλίμα στο παρελθόν

Διάφορες μελέτες για τις αλλαγές του κλίματος στην περιοχή της Μεσογείου κατά τη διάρκεια του Holocene δείχνουν ότι το κλίμα της επηρεάστηκε κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού από μια υποτροπική υψηλής πίεσης ζώνη, η οποία είχε σαν αποτέλεσμα ζεστές και ξηρές καιρικές συνθήκες. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα η περιοχή επηρεάζεται από τα μέσο-εγκάρσια χαμηλά βαρομετρικά, τα οποία φέρνουν κρύο καιρό και βροχοπτώσεις. Μελέτες βασισμένες στην ανάλυση απολιθωμένης γύρης δείχνουν ότι κατά τη διάρκεια της Χαλκολιθικής και της πρώιμης εποχής του Ορείχαλκου, το κλίμα της Κρήτης ήταν πιο κρύο και υγρό από τώρα. Το γεγονός ότι είδη χαρακτηριστικά της κεντρικής Ευρώπης, όπως εκείνα των γενών Betula, Fracinus, Cotylus, Carpinus, και Tila που δεν ευδοκιμούν πια στην Κρήτη, φανερώνουν τα στοιχεία μιας κρύας και υγρής περιόδου. Από την άλλη μεριά, στο τέλος της Χαλκολιθικής εποχής (περίπου 3000 Π.Χ.) και της μέσης περιόδου της εποχής του Ορείχαλκου (περίπου 2100-1600 Π.Χ.), τα διάφορα διαγράμματα γύρης που μελετώνται, αποκαλύπτουν μία χαρακτηριστική πτώση της φυλλοβόλου βελανιδιάς και στην ευαίσθητη της Κεντρικής Ευρώπης γύρη δέντρων, όπως εκείνη των ειδών Betula και Tila (Angelakis & Spyridakis, 1996).

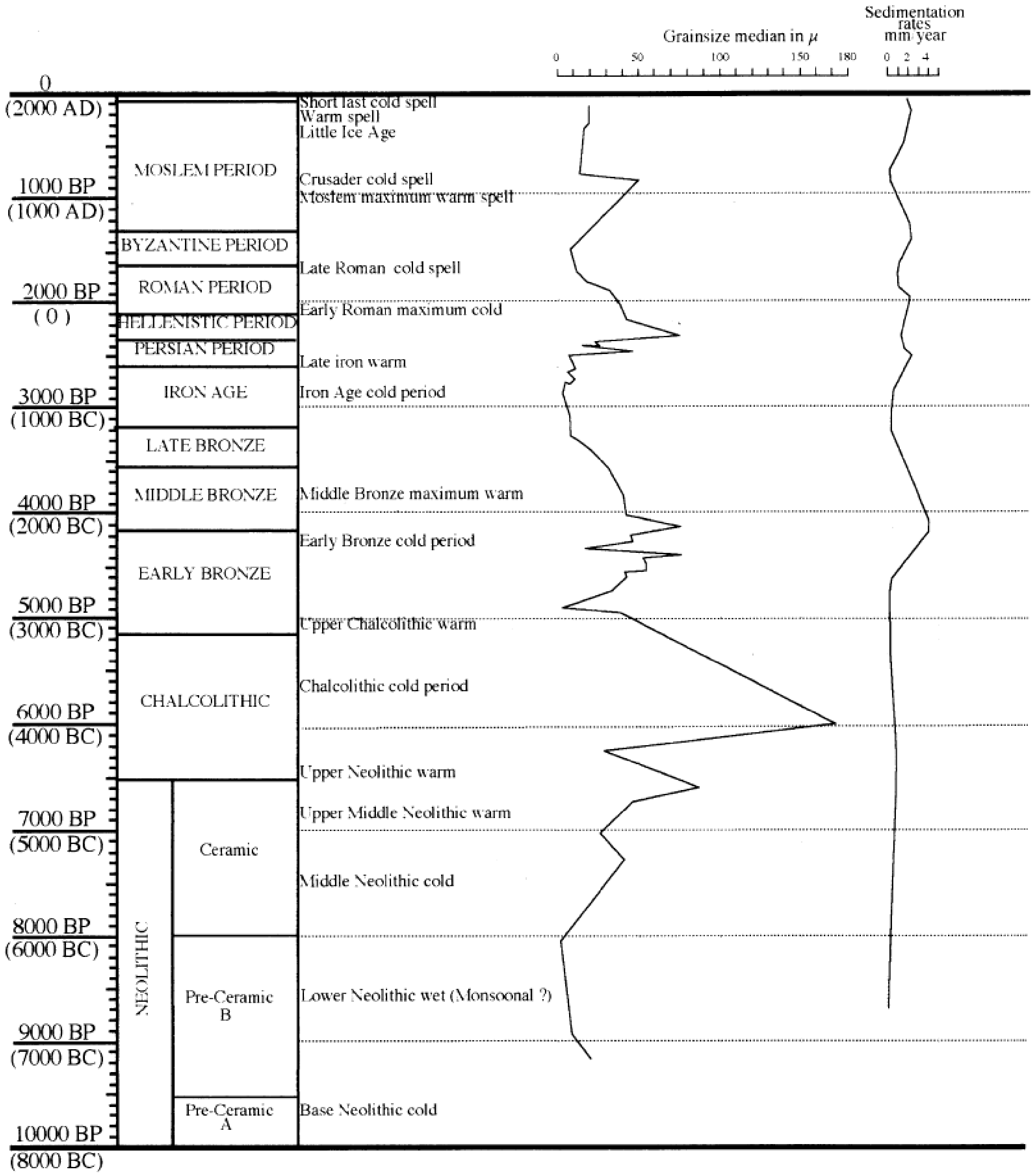
Από τα παραπάνω, καθώς και από παρόμοια σενάρια για κλιματικές αλλαγές στην περιοχή του Ισραήλ, οι Paepe (1984), Issar και makover-Levin (1996) και Issar (1995) έβγαλαν τα ακόλουθα συμπεράσματα: (α) μία υγρή, και πιο πιθανόν, κρύα περίοδος υπήρξε κατά τη διάρκεια της Χαλκολιθικής περιόδου (περίπου 4500-3000 Π.Χ.), εκτός από το τελευταίο έτος της όπου το κλίμα έγινε θερμό και ξηρό, (β) μια μικρή θερμή περίοδος στην πρώιμη Χαλκολιθική επικράτησε περίπου 3000 Π.Χ., (γ) μια κρύα και υγρή περίοδος επικράτησε κατά το μεγαλύτερο μέρος της πρώιμης εποχής του Ορείχαλκου (περίπου 3000-2200 Π.Χ.), (δ) μια θερμή περίοδος άρχισε περίπου 2200 Π.Χ. και επεκτάθηκε μέχρι περίπου το 1500 Π.Χ., (ε) από το 1500 περίπου έως 600 Π.Χ., (Εποχή του Σιδήρου) υπήρξε μια άλλη κρύα και υγρή περίοδος, (στ) από το 600 περίπου έως 300 Π.Χ. το κλίμα ήταν μάλλον θερμό και ξηρό, (ζ) κατά τη διάρκεια της ρωμαϊκής περιόδου επικράτησε μια πιο κρύα και πιο υγρή περίοδος, (η) τέλος, ένα θερμό και ξηρό κλίμα επικράτησε κατά τη διάρκεια της Αραβικής περιόδου όπου άγγιξε το ψηλότερο σημείο θερμοκρασιών και της ξηρασίας (εικόνα 2.3).

Παρόλο που λίγα έχουν γίνει γνωστά για τον πρώιμο Μινωικό πολιτισμό, τα υπάρχοντα στοιχεία δείχνουν συνεχή πολιτιστική αύξηση της Κρήτης. Αξίζει να σημειωθεί ότι το πολιτιστικό αυτό άνθισμα σημειώθηκε κατά τη διάρκεια των κρύων και υγρών περιόδων. Επιπλέον, οι Μίνωες θεωρούνται παγκοσμίως ένας από τους μεγαλύτερους και λαμπρότερους από όλους τους αρχαίους πολιτισμούς (Angelakis & Spyridakis, 1996).

2.4.2 Το κλίμα σήμερα

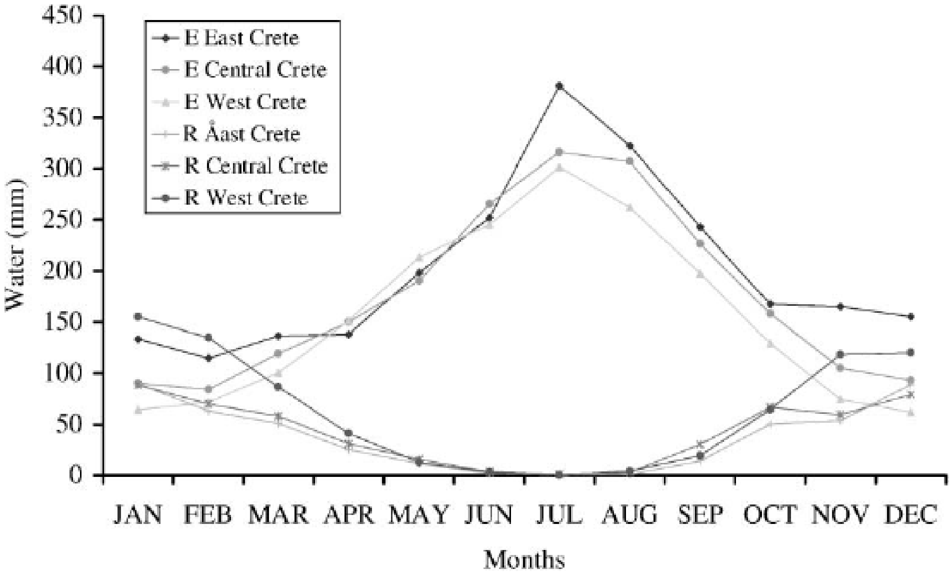
Το κλίμα της Κρήτης σήμερα χαρακτηρίζεται εύκρατο θερμό έως μεσογειακό θερμό ημί-υγρό, με υγρούς και σχετικά κρύους χειμώνες και ξηρά και θερμά καλοκαίρια. Στις ορεινές περιοχές ειδικά του δυτικού τμήματος εμφανίζεται και το ορεινό κλίμα. Οι ετήσιες βροχοπτώσεις κυμαίνονται από 300 έως 700mm στις περιοχές με χαμηλό υψόμετρο και παραθαλάσσιες (Ιεράπετρα 312mm, Ηράκλειο 512 mm και Χανιά 665 mm) και από 700 έως 1000 mm στις πεδιάδες της ηπειρωτικής χώρας, ενώ στις ορεινές περιοχές φτάνει και μέχρι 2000 mm. Τέτοιες μεγάλες κλιματολογικές διαφορές οφείλονται στη σύνθετη κάθετη και οριζόντια διανομή της Κρήτης. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα που αρχίζει το Νοέμβριο, ο καιρός είναι άστατος λόγω συνεχών αλλαγών από χαμηλές σε υψηλές πιέσεις. Μια μείωση των βροχοπτώσεων έχει εμφανιστεί στις τελευταίες δύο δεκαετίες στην κοιλάδα της Μεσσαράς. Εντούτοις, μακροχρόνια στοιχεία από σειρές βροχοπτώσεων σε όλη την Κρήτη, δεν παρουσιάζουν κάποια σημαντική αλλαγή στο ύψος των κατακρημνίσεων (Markou-Iakovaki, 1979; Macheras & Koliva- Machera, 1990).

Εικόνα 2.3: Correlation between sedimentation sections in Greece (Paepe, 1984).



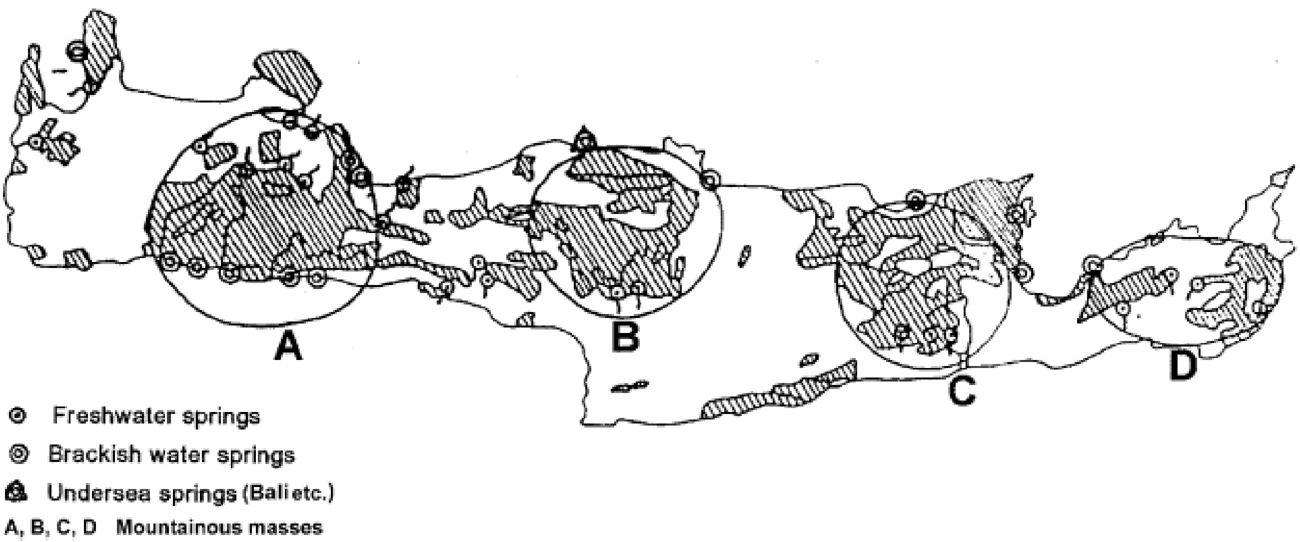
Παρά τις ιδιαίτερα υψηλές κατακρημνίσεις (600mm στις πεδιάδες και 2000mm στα βουνά). Υπολογίζεται ότι από τη συνολική πτώση στις πεδιάδες, το χρόνο περίπου 65% χάνεται σαν εξατμισοδιαπνοή, 21% απορροή στη θάλασσα και μόνο το 14% πηγαίνει για την επαναφόρτιση των υπόγειων υδάτων. Οι βροχοπτώσεις δεν είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες καθ’όλη τη διάρκεια του έτους, και συγκεντρώνονται κυρίως τους χειμερινούς μήνες ενώ περίοδος ξηρασίας εκτείνεται περισσότερο από έξι μήνες (Μάιος με Οκτώβριος), (εικόνα 2.4).

Εικόνα 2.4: Average rainfall and evaporation class a-pan in Crete, (Chartzoulakis et al., 1997).



Όπως παρατηρείται, περισσότερο από το ένα τρίτο των συνολικών κατακρημνίσεων εμφανίζεται κατά μήκος της βόρειας ακτής του νησιού στις τρεις κύριες ορεινές εκτάσεις (Λευκά Όρη, Ίδη και Δίκτη). Αυτά τα τρία βουνά εκτείνονται σε μία περιοχή 1900 km^2 και αποτελούνται κυρίως από μάζες ασβεστόλιθων ιδιαίτερα καρστικών όπως φαίνεται στην εικόνα 2.5.

Εικόνα 2.5: Χάρτης με τους κύριους ορεινούς όγκους της Κρήτης και σημαντικότερες καρστικές πηγές (A=Λευκά Όρη, B=Ίδη, C=Δίκτη, D=Σητεία), (Chartzoulakis et al., 2001) .



Η άνοιξη διαρκεί λίγο λόγω των κρύων μετώπων που συχνά επηρεάζουν την περιοχή το Μάρτιο, ενώ ο Μάιος είναι ιδιαίτερα θερμός εξαιτίας της εμφάνισης των πρώτων νότιων ανέμων και της εξαφάνισης της δράσης των χαμηλών πιέσεων. Οι βόρειοι άνεμοι κυριαρχούν στο νησί. Το καλοκαίρι, οι βόρειοι άνεμοι υπερισχύουν δημιουργώντας πολύ ξηρές συνθήκες, οι οποίοι ενισχύονται επίσης από τις χαμηλές πιέσεις που επικρατούν στην Ανατολική Μεσόγειο και διακόπτονται μόνο από κάποιες καταιγίδες τροπικής προέλευσης.

Κύματα θερμότητας στις πεδινές περιοχές κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού μπορούν να έχουν μεγάλη διάρκεια, αφού επηρεάζονται από νότιους ανέμους που πνέουν από την Αφρική. Η θερμοκρασία της περιοχής παρουσιάζει μεγάλη παραλλαγή. Η Κρήτη βρίσκεται μεταξύ των ισόθερμων 18,5-19 ^{o}C με ένα ετήσιο θερμοκρασιακό εύρος 14-15 ^{o}C. Τα νότια και νοτιοανατολικά παράλια της Κρήτης είναι από τις θερμότερες περιοχές της χώρας. Κατά τη διάρκεια της κρύας περιόδου, η θερμοκρασία αυξάνεται όσο μειώνεται το υψόμετρο, ενώ στη θερμή περίοδο και κυρίως από το Μάιο έως τον Αύγουστο, η θερμοκρασία αυξάνεται από τις ακτές προς την ενδοχώρα και κυρίως στις πεδιάδες. Το χειμώνα, η χαμηλότερη θερμοκρασία σπάνια πέφτει κάτω από τους 0^{o}C στις πεδινές περιοχές, γενικά ο παγετός είναι φαινόμενο ανύπαρκτο στο νοτιοανατολικό τμήμα του διαμερίσματος και σπανιότατο στις υπόλοιπες περιοχές. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, μπορούν να εμφανιστούν θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 40^{o}C. Η ετήσια θερμοκρασία έχει αυξηθεί και 0,3^{o}C τις τελευταίες δύο δεκαετίες (Angelakis, Cosmas, & Monopolis, 1997).

Η μέση ετήσια νέφωση κυμαίνεται μεταξύ 3,5 και 4,5 βαθμίδων. Η μέση ετήσια σχετική υγρασία του νησιού είναι χαμηλή και κυμαίνεται μεταξύ 65% και 68% (Itia, Εθνικό πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων).

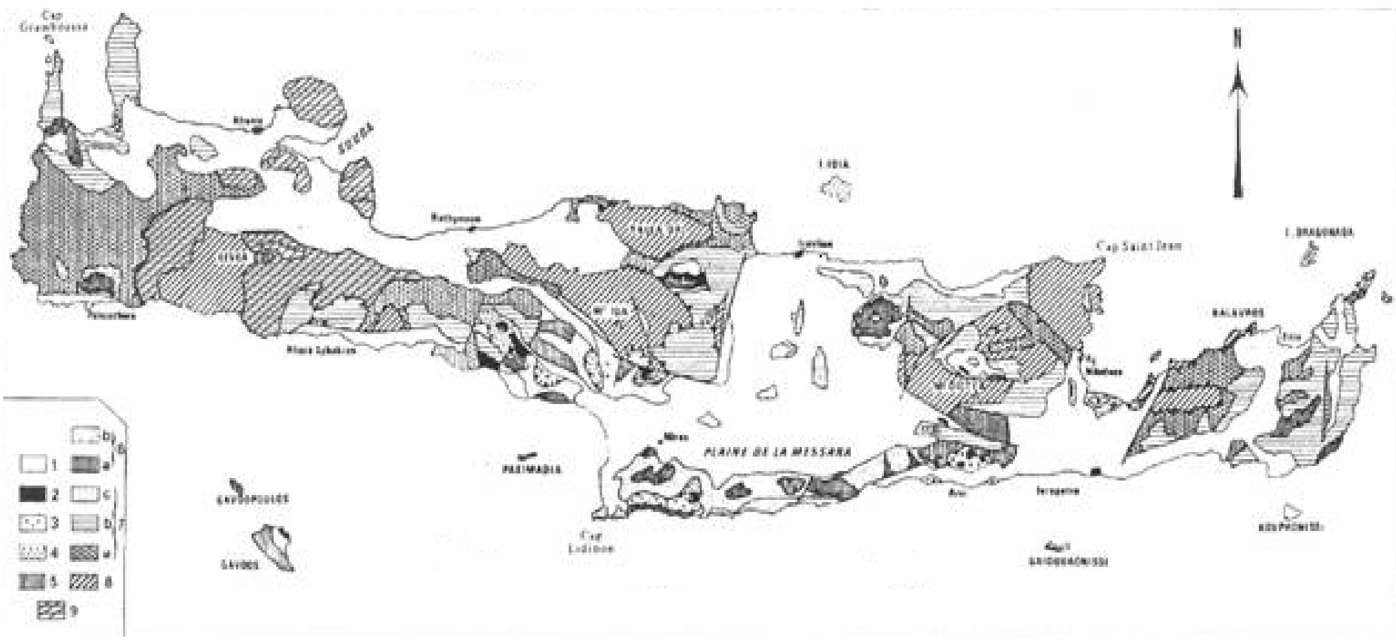
2.5 Γεωλογική δομή Κρήτης

Η μορφολογία της Κρήτης χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη τριών βασικών ζωνών: την ζώνη με υψόμετρο 400 m και άνω (υψηλή ή ορεινή), τη ζώνη από 200-400 m (μέση) και την χαμηλή ζώνη που αφορά τις περιοχές που εκτείνονται από την επιφάνεια της θάλασσας έως τα 200 m υψόμετρο. Οι δύο πρώτες ζώνες καταλαμβάνουν σχεδόν τα 3/5 του νησιού και αποτελούν μια συνεχή οροσειρά από τα δυτικά προς τα ανατολικά, διακοπτόμενη από μικρές κοιλάδες και φαράγγια. Η οροσειρά αυτή έχει έξι κορυφές που ξεπερνούν τα 2.000 m. Τα κύρια ορεινά συγκροτήματα είναι: τα Λευκά όρη (2.454 m), ο Ψηλορείτης (ή Ίδη, 2.456 m), το όρος Δίκτη (2.147 m) και τα όρη Σητείας (1.476 m). Προς τα δυτικά και νότια οι υπώρειες των ορέων είναι απότομες και φθάνουν με μεγάλη κλίση προς τη θάλασσα ενώ προς τα βόρεια του νησιού το ανάγλυφο είναι πιο ήπιο και λοφώδες (πεδιάδες Χανίων, Ρεθύμνου και Μαλλίων). Η μεγαλύτερη πεδιάδα του νησιού βρίσκεται στο νότιο-κεντρικό τμήμα του (πεδιάδα Μεσσαράς), ενώ στο νότιο-ανατολικό αναπτύσσεται η πεδιάδα της Ιεράπετρας.

Η γεωλογική δομή της Κρήτης συνδέεται άμεσα με τη συνολική γεωλογική δομή της Ελλάδας, η οποία χωρίζεται σε διάφορες γεωτεκτονικές ζώνες. Κάθε ζώνη, χαρακτηρίζεται από ορισμένη και χαρτογραφίσιμη στρωματογραφική-λιθολογική διαδοχή των πετρωμάτων της όπως αυτά προέκυψαν από την επαλληλία των τεκτονικών γεγονότων που οδήγησαν στη δημιουργία του ορογενούς.

Η Κρήτη έχει μια σύνθετη γεωλογική δομή και έχουν διατυπωθεί διαφορετικές απόψεις σχετικά με τη δομή της, γεγονός που οφείλεται στην γεωτεκτονική της θέση σε σχέση με τις δυο συγκλίνουσες λιθοσφαιρικές πλάκες, της Αφρικανικής και της Ευρασιατικής. Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνεται η γεωλογική δομή του νησιού.

Εικόνα 2.6: Γεωλογικός χάρτης της Κρήτης (τροποποιημένος από Boneau, 1973). Στο υπόμνημα: 1. Νεογενή και Τεταρτογενή ιζήματα, 2. Οφιόλιθοι, 3. κάλυμμα Αστερουσιών, 4. καλ. Βάτου, 5. καλ. Σπηλίου και Πρέβελη, 6. καλ. Πίνδου (ασβεστόλιθοι, ραδιολαρίτες και φλύσχης), 7. καλ. Τρίπολης (ασβεστόλιθοι, φλύσχης), 7α. Καλ. Φυλλιτών-Χαλαζιτών, 8. καλ. Πλακωδών ασβεστόλιθων και 9. καλ. Τρυπαλίου, (Crinno Emeric).



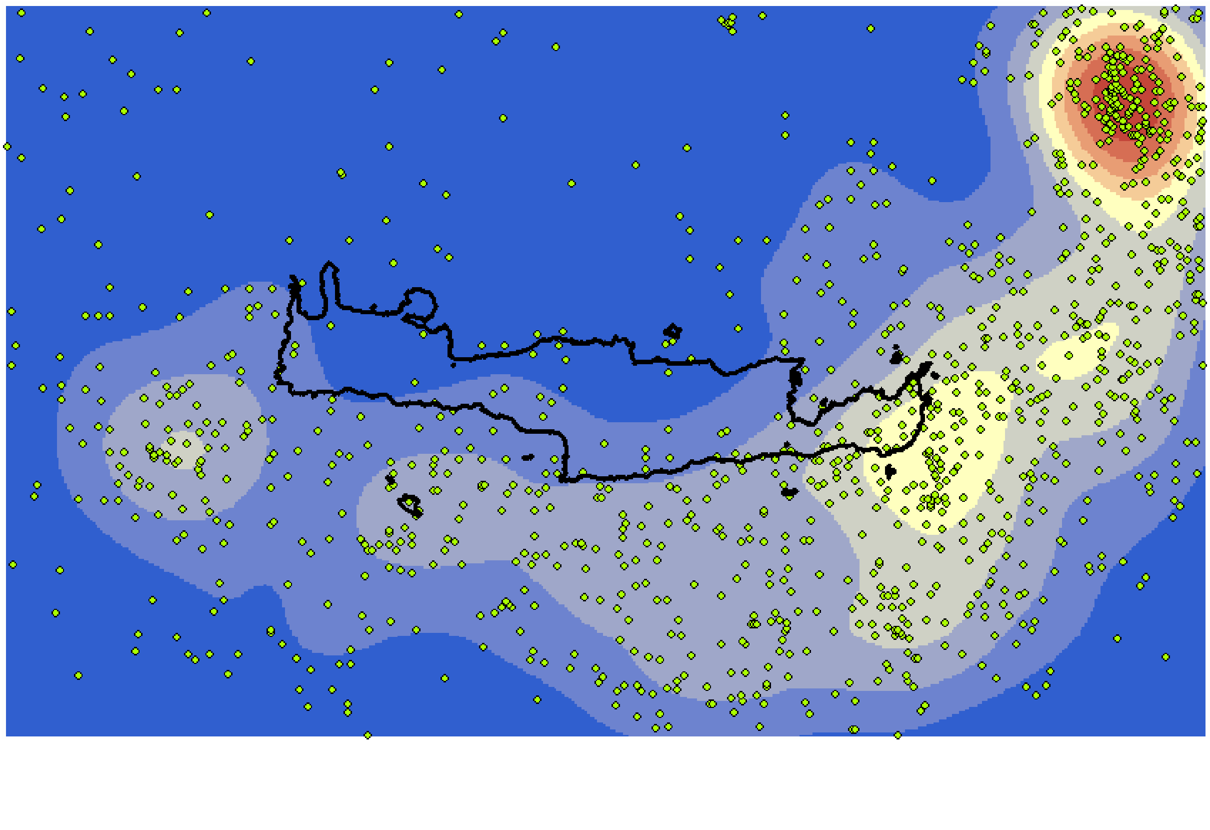
Όπως προκύπτει από το γεωλογικό χάρτη το μεγαλύτερο τμήμα του νησιού καλύπτεται από νεογενή- τεταρτογενή ιζήματα. Οι τρεις κύριοι ορεινοί όγκοι του νησιού (Λευκά Όρη, Ψηλορείτης και Δίκτη) αποτελούνται από ασβεστολιθικά πετρώματα (δολομίτες και ασβεστόλιθοι), ενώ μεγάλες περιοχές στα πεδινά καλύπτονται από νεογενή ιζήματα συμπεριλαμβανομένων ασβεστόλιθων, μαργών και ψαμμιτών (sandstones). Στην περιοχή υπάρχουν επίσης ορθο-χαλαζίτες, φιλίτες, φλίσχη τεταρτογενή (quartenary) πετρώματα και προσχωσιγενή (αλουβιακές) αποθέσεις (Higgins *et al.*, 1996).

2.6 Σεισμικότητα

Τα σεισμολογικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία του παρακάτω χάρτη, είναι από το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του Αστεροσκοπείου Αθηνών. Τα δεδομένα αφορούν της σεισμική δραστηριότητα από το 1950 μέχρι το Μάιο του 2005. Τα στοιχεία επικεντρώνονται στη γύρω περιοχή ολόκληρης της Κρήτης.

Στο χάρτη 2.7 απεικονίζονται τόσο τα επίκεντρα των σεισμών μεγέθους πάνω από 4R, όπως έχουν καταγραφεί από το φορέα, καθώς επίσης και η πυκνότητα των αντίστοιχων επικέντρων.

Εικόνα 2.7: Χάρτης Σεισμών, Web mapping Application, Crinno Emeric.



2.7 Γεωλογία

Τα γεωλογικά πετρώματα από τα οποία αποτελείται η περιοχή του Νομού Χανίων μπορούν να χωριστούν σε 4 ευρύτερες κατηγορίες, (www.geology.gr) οι οποίες είναι οι ακόλουθες:

Α) Ασβεστολοθικά - Δολομιτικά πετρώματα

Ο ασβεστόλιθος είναι μονόμεικτο πέτρωμα αποτελούμενο κυρίως από ασβεστίτη. Η απόθεση του ανθρακικού ασβεστίου μπορεί να είναι είτε χημική είτε βιογενής από συσσώρευση και συμπαγοποίηση των σκελετικών στοιχείων διαφόρων ζωικών ή φυτικών οργανισμών μετά το θάνατό τους. Είναι πολύ διαδεδομένο πέτρωμα και υπάρχει άφθονο στη χώρα μας ιδιαίτερα στη δυτική Ελλάδα. Ο δολομίτης είναι πέτρωμα μονόμεικτο, το οποίο αποτελείται κυρίως από δολομίτη. Σχηματίζεται όταν ένα μέρος του ασβεστίου του $CaCO_3$ του ασβεστολίθου αντικατασταθεί από μαγνήσιο (δολομιτίωση). Μπορεί να υπάρχουν όλα τα ενδιάμεσα σε σύσταση πετρώματα μεταξύ ασβεστόλιθου και δολομίτη.

Β) Φυλλίτες - Χαλαζίτες- Σχιστόλιθοι

Οι φυλλίτες είναι πετρώματα κυρίως ιζηματογενών πετρωμάτων και ιδιαίτερα αργιλικών σχιστολίθων, των οποίων αποτελούν το πρώτο στάδιο της μεταμόρφωσης. Κύρια ορυκτολογικά συστατικά των φυλλιτών είναι ο χαλαζίας και ο μαρμαρυγίας (σερικίτης). Οι φυλλίτες έχουν συνήθως χρώμα μαύρο, καστανό, φαιό ή πράσινο. Το μαύρο χρώμα τους οφείλεται στην παρουσία ανθρακούχων ουσιών. Οι χαλαζίτες είναι κρυσταλλοσχιτώδη πετρώματα τα οποία προέρχονται από τη μεταμόρφωση χαλαζιακών ψαμμιτών. Τα πετρώματα αυτά είναι συνήθως συμπαγή και πολύ σκληρά (σκληρότητα 7). Τα πετρώματα των χαλαζιτών έχουν συνήθως χρώμα ερυθρωπό ή λευκό. Οι ερυθροί χαλαζίτες οφείλουν το χρώμα τους στην παρουσία οξειδίων του σιδήρου, ενώ οι λευκοί χαλαζίτες στερούνται σιδηρούχων οξειδίων. Οι σχιστόλιθοι είναι κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα. Το όνομα σχιστόλιθος, άλλωστε, προέρχεται από την ιδιότητα που παρουσιάζει το πέτρωμα να σχίζεται σε πλάκες. Υπάρχουν πολλοί τύποι σχιστόλιθων, που χαρακτηρίζονται γεωλογικά από το επικρατέστερο ορυκτολογικό τους συστατικό, όπως για παράδειγμα μαρμαρυγιακοί, χαλαζιακοί, αμφιβολιτικοί σχιστόλιθοι κ.λ.π.

Γ) Μάργες – Ασβεστομάργες

Η μάργα είναι ιζηματογενής σχηματισμός, που χημικά και ορυκτολογικά κυμαίνεται μεταξύ ασβεστόλιθου και αργίλου. Η τυπική μάργα περιέχει 35-65% άργιλο. Μπορούν να βρεθούν όλες οι ενδιάμεσες συστάσεις μεταξύ ασβεστόλιθου και μάργας. Ομάδα ενδιάμεσων συστάσεων μεταξύ ασβεστολίθου και μάργας αποτελούν οι ασβεστομάργες ή μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι όπως συνηθίζεται να ονομάζονται.

Δ) Τεταρτογενή ιζήματα

Τα τεταρτογενή ιζήματα είναι τοποθετημένα πάνω σε όλους τους σχηματισμούς τόσο του αλπικού υποβάθρου όσο και των νεογενών αποθέσεων και αποτελούνται από χερσαίες, θαλάσσιες έως λιμνοθαλάσσιες αποθέσεις, άμμων, κροκαλών, αργίλων και χαλίκων ασύνδετων έως ελαφρά συγκολλημένων.

2.8 Υδρολιθικά στοιχεία

Οι υδρολογικές συνθήκες καθορίζονται στο νομό από μερικούς βασικούς παράγοντες, π.χ. ύψος βροχής, κλίσεις εδάφους, θερμοκρασία κ.α. Σημαντικός όμως παράγων είναι η γεωλογία του, και η τεκτονική του δομή.

Στο νομό υπάρχουν τρεις κύριες υδρολιθικές ομάδες πετρωμάτων (Εικόνα 2.8):

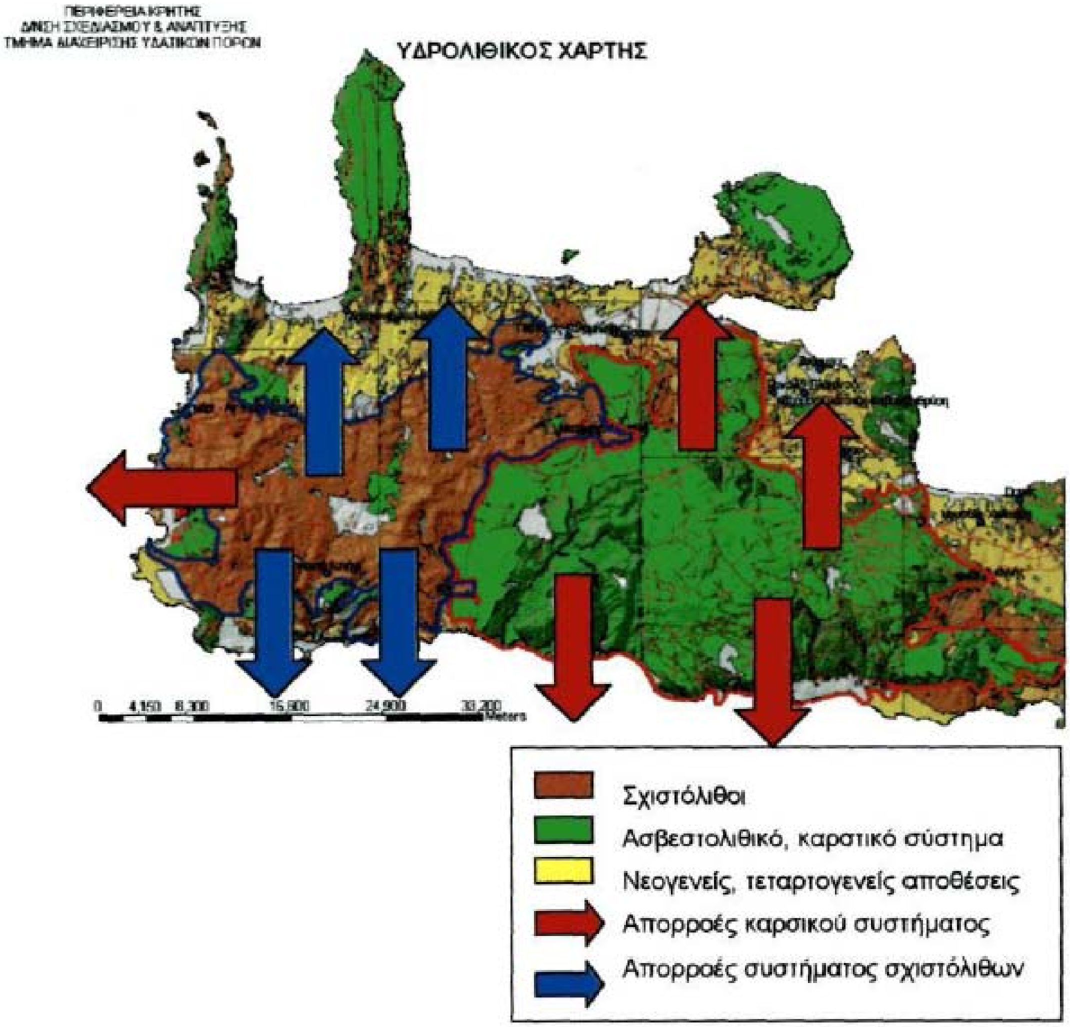
Ασβεστολιθικό καρστικό σύστημα των Λευκών Ορέων

Οι σχιστόλιθοι (Φυλλίτες / Χαλαζίτες)

Οι νεογενείς, και τεταρτογενείς αποθέσεις (προσχώσεις)

Η πιο σημαντική υδρολιθική ομάδα πετρωμάτων είναι το καρστικό ασβεστολιθικό σύστημα των Λ. Ορέων, η οποία βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα του νομού, με απορροές προς βορρά και νότο. Η ομάδα αυτή χαρακτηρίζεται από υψηλό συντελεστή κατείσδυσης (50%), έτσι ώστε, μεγάλες ποσότητες νερού να διακινούνται ετησίως υπόγεια μέσου αυτής. Η υπόγεια διαδρομή του νερού εμπλουτίζει τους υπόγειους ταμιευτήρες, οι οποίοι υπάρχουν στον γεωλογικό αυτό σχηματισμό, σε διάφορες θέσεις και υψόμετρα. π.χ. Αγυιά (+40m), Κουφός (+50m), Μεσκλά (+210m), Στύλος(+17m), Αρμένοι (+18m), Ελαιονώρα (+1m), Κουρνάς (+15m) κ.α.

Εικόνα 2.8: Υδρολιθικός Χάρτης, (Βοζινάκης και Κουγιάννη, 2004).



Η δεύτερη υδρολιθική ομάδα είναι εκείνη των σχιστόλιθων που βρίσκεται στο δυτικό τμήμα του νομού (Κίσσαμο και Σέλινο). Καταλαμβάνει περίπου 500 Km^2, με ένα μέσο ύψος βροχής 700 mm/έτος. Ο μεγάλος συντελεστής επιφανειακής απορροής (95%), που την χαρακτηρίζει, έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία ενός πλούσιου επιφανειακού υδρογραφικού δικτύου στην περιοχή (π.χ. Ταυρωνίτης, με τους παραποτάμους του, Δεκασιμιότη ή Ντεριανό, Σεμπρωνιότη, Ρουματιανό, τον Τυφλό ποταμό, τον Κακοπέρατο κ.α. που απορρέουν βόρεια, και Πελεκανιώτη, Σαρακινιώτη, Κακοδικιανό κ.α. με απορροές νότια). Το συνολικό ισοζύγιο της παραπάνω ζώνης εκτιμάται περί τα $300*10^6$ m^3/έτος.

Η τρίτη υδρολιθική ομάδα είναι οι Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις (Μάργες, Μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, ψαμμίτες, άργιλοι κ.α.). Η υδρολογική συμπεριφορά των παραπάνω πετρωμάτων είναι μικτή. Μερικά συστατικά τους ευνοούν τις επιφανειακές απορροές, και άλλα τις υπόγειες υδροφορίες. Τα πετρώματα αυτά βρίσκονται στο βορειοδυτικό τμήμα του νομού στην Κίσσαμο, στο βορειοκεντρικό Κάμπο Χανίων, στην εσωτερική ζώνη της περιοχής Σκινέ, Φουρνέ, Αλικιανού, Βατόλακο, στο βόρειο τμήμα της λεκάνης του ποταμού Κοιλιάρη κ.α. Στις περιοχές αυτές υπάρχουν υπόγειες δεξαμενές, με σημαντικό υδατικό απόθεμα, το οποίο εκτιμάται σε αρκετές δεκάδες 10^6 $τη^3$ νερού /έτος. Η τροφοδοσία με νερό, των παραπάνω υπόγειων δεξαμενών γίνεται είτε από την βροχόπτωση που δέχονται, είτε από μετάγγιση νερού από τους δύο προηγούμενους γεωλογικούς σχηματισμούς, δεδομένου ότι βρίσκονται σε υψηλότερα σχετικά υψόμετρα (Βοζινάκης και Κουγιάννη, 2004).

Κεφάλαιο 3: Συστήματα Άρδευσης

3.1 Γενικά

Οι ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό, με φυσικό τρόπο μπορούν να καλυφθούν από τη βροχή και το νερό που είναι αποθηκευμένο στο έδαφος. Στην περίπτωση που οι παραπάνω πηγές είναι ανεπαρκείς, είναι αναγκαίο για την κανονική ανάπτυξη και απόδοση των καλλιεργειών να δοθεί πρόσθετο νερό με άρδευση. Επομένως, σκοπός της άρδευσης είναι ο εφοδιασμός των καλλιεργειών με το απαραίτητο νερό για την ανάπτυξη και μεγιστοποίηση της αποδόσεώς τους, σε συνδυασμό με υψηλή ποιότητα προϊόντων. Η εφαρμογή νερού στις καλλιέργειες μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορες μεθόδους, όπως ***η επιφανειακή άρδευση***, ***η άρδευση με καταιονισμό*** και ***οι τοπικές μέθοδοι άρδευσης*** (μικροεκτοξευτήρες, μικροσωλήνες, άρδευση με σταγόνες και η υποεπιφανειακή άρδευση).

Τα τελευταία έτη τείνουν να επικρατήσουν οι τοπικές μέθοδοι άρδευσης ιδιαίτερα σε περιοχές με ημί(ξηρο) κλίμα όπως η Χώρα μας.

Στις ενότητες που ακολουθούν επιχειρείται μία συνοπτική παρουσίαση των μεθόδων άρδευσης και των κριτηρίων επιλογής.

3.2 Κριτήρια Επιλογής του Κατάλληλου Συστήματος Άρδευσης

3.2.1 Γενικά

Μεταξύ των τομέων κατανάλωσης νερού, την πρώτη θέση όπως ήδη έχει αναφερθεί σε προηγούμενη ενότητα, κατέχει η άρδευση καλλιεργειών και χώρων πρασίνου και γι'αυτό κάθε βελτίωση στον τομέα αυτό ερμηνεύεται σε όφελος μεγάλων ποσοτήτων νερού. Εδώ θα πρέπει να διευκρινισθεί ότι για τη φυσιολογική ανάπτυξη των φυτών απαιτείται συγκεκριμένος όγκος νερού ανεξάρτητα από το σύστημα άρδευσης που θα εφαρμοστεί. Επομένως, όταν μιλάμε για όφελος σε καμιά περίπτωση δεν εννοούμε περιορισμό των αναγκών των φυτών σε νερό. Το όφελος αναφέρεται στον περιορισμό των απωλειών μεταφοράς και διανομής του αρδευτικού νερού καθώς και στον ακριβή υπολογισμό των απαιτήσεων τους σε νερό. Η σωστή επιλογή συστήματος άρδευσης και μεθοδολογίας υπολογισμούς των απαιτήσεων των καλλιεργειών σε νερό μπορεί να συμβάλει στην κατεύθυνση αυτή.

Με σκοπό τη διευκόλυνση στην εκλογή του συστήματος άρδευσης γίνεται μία συνοπτική αναφορά στους βασικούς παράγοντες-κριτήρια που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, όπως π.χ. το κλίμα, το έδαφος, τα φυτά και ο τρόπος καλλιέργειας τους, οι διαθέσιμες ποσότητες νερού, το διαθέσιμο εργατικό και τεχνικό δυναμικό, το επίπεδο ανάπτυξης του αγρότη και το κόστος των έργων (Θεοχάρης, 2000).

3.2.2 Το κλίμα

Όπως είναι γνωστό, το κλίμα προσδιορίζει κατά βάση την ποσότητα του νερού που εξατμίζεται από την επιφάνεια του εδάφους και την ποσότητα που καταλήγει στην ατμόσφαιρα με το μηχανισμό της διαπνοής των φυτών. Από τους παράγοντες του κλίματος ιδιαίτερη σημασία έχουν οι άνεμοι και η θερμοκρασία.

Έτσι, αν στην περιοχή φυσούν συχνά άνεμοι με ταχύτητα μεγαλύτερη από 4-5 m/sec τότε απαγορεύεται η εφαρμογή του συστήματος καταιονισμού, γιατί είναι αδύνατη η εξασφάλιση ομοιόμορφης άρδευσης, με αποτέλεσμα την εμφάνιση στο έδαφος κηλίδων με περίσσεια νερού και κηλίδων με ανεπάρκεια νερού.

Επίσης, η επικράτηση γενικά υψηλών θερμοκρασιών κάνει προβληματική την εφαρμογή του καταιονισμού, γιατί μεγάλες ποσότητες νερού χάνονται λόγω της έντονης εξάτμισης του νερού. Για το λόγο αυτό, ακόμη και όταν για μια περιοχή η θερμοκρασία εγκατάστασης του συστήματος καταιονισμού δεν είναι απαγορευτική, δε συνιστάται η λειτουργία του δικτύου τις μεσημβρινές ώρες.

Στις παραπάνω περιπτώσεις ενδείκνυνται οι τοπικές μέθοδοι άρδευσης.

Στην περίπτωση σοβαρών ελλείψεων νερού, θα πρέπει να προτείνονται καλλιέργειες ανθεκτικές στην ξηρασία.

Αν η περιοχή πλήττεται από παγετούς, ο καταιονισμός αποτελεί ένα μέσο αντιπαγετικής προστασίας (Θεοχάρης, 2000).

3.2.3 Το έδαφος

Εάν η προς άρδευση περιοχή είναι ανώμαλη και παρουσιάζει μεγάλες κλίσεις, τότε αποκλείεται η επιφανειακή άρδευση. Επίσης η επιφανειακή άρδευση αποκλείεται στην περίπτωση εδαφών με μεγάλη διηθητικότητα (π.χ. αμμώδη εδάφη με διηθητικότητα μεγαλύτερη από 20 cm/h) γιατί τα μήκη των αυλακιών πρέπει να είναι μικρά και η πυκνότητα τους μεγάλη. Αυτό κάνει ασύμφορη την εφαρμογή της μεθόδου γιατί η έκταση που καταλαμβάνει το δίκτυο είναι μεγάλη, τα έξοδα συντήρησης αυξημένα και η κυκλοφορία των μηχανημάτων προβληματική. Επίσης, αν η υπόγεια στάθμη του νερού βρίσκεται σε μικρό βάθος από την επιφάνεια του εδάφους, πάλι η επιφανειακή άρδευση δεν ενδείκνυται, γιατί στην πράξη δεν είναι εύκολος ο έλεγχος των ποσοτήτων του εφαρμοζόμενου νερού και ο κίνδυνος ανύψωσης της υπόγειας στάθμης στο βάθος του κυρίου ριζοστρώματος των φυτών είναι μεγάλος. Φαίνεται τελικά ότι η επιφανειακή άρδευση έχει αρκετά μειονεκτήματα και για αυτό το λόγο έχει αντικατασταθεί στο μεγαλύτερο μέρος της Χώρας μας.

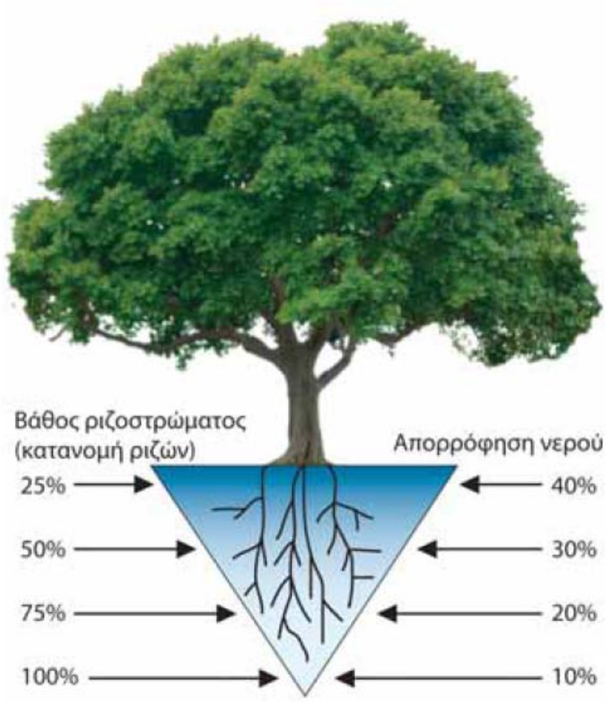
Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις τη λύση προσφέρει το σύστημα άρδευσης με σταγόνες, ή με παραλλαγές του καταιονισμού (μικροεκτοξευτήρες κ.λπ.), (Θεοχάρης, 2000).

Στον Πίνακα 3.1 και στο διάγραμμα 3.2 φαίνονται οι μέσες διαθέσιμες ποσότητες νερού για διάφορους τύπους εδαφών και για βάθος 50 εκατοστών εδάφους.

Πίνακας 3.1: Μέσες τιμές διαθέσιμου νερού από εδάφη διαφορετικής σύστασης για 50 εκατοστά βάθους εδάφους, (Νάνος, 2009).

Εδαφικός τύπος	Διαθέσιμο νερό (cm)
Ελαφρά αμμώδη εδάφη	3,8
Αμμοπηλώδη εδάφη	6,3
Αργιλοπηλώδη εδάφη	8,0
Αργιλώδη εδάφη	9,7

Διάγραμμα 3.2:Σχέση βάθους ριζοστρώματος και απορρόφησης νερού όπου φαίνεται ότι το 50% των ριζών απορροφούν το 70% του νερού (Νάνος, 2009).



3.2.4 Το είδος των φυτών και ο τρόπος καλλιέργειας

Μια χαρακτηριστική περίπτωση που το είδος της καλλιέργειας επιβάλλει με τρόπο σαφή το σύστημα άρδευσης, είναι η καλλιέργεια του ρυζιού, το οποίο υποχρεωτικά αρδεύεται με επιφανειακή άρδευση και μάλιστα με κατάκλυση.

Τα οπωροφόρα μπορούν να αρδεύονται με όλα τα συστήματα άρδευσης εκτός εάν άλλοι προσδιοριστικοί παράγοντες επιβάλλουν το ένα ή το άλλο σύστημα.

Η άρδευση με σταγόνες είναι δυνατή σε όλα τα οπορωφόρα, αρκεί μόνο το νερό να είναι καλής ποιότητας, γιατί αν περιέχει άλατα και δεν προβλεφθεί ικανοποιητική απόπλυση, υπάρχει μεγάλος κίνδυνος αλάτωσης των εδαφών.

Σε καλλιέργειες με θερμοκήπια μπορούν να εφαρμοσθούν επίσης όλα τα συστήματα, αλλά τελευταία φαίνεται να κερδίζει έδαφος η αυτοματοποιημένη άρδευση με σταγόνες (Θεοχάρης, 2000).

3.2.5 Η διαθέσιμη ποσότητα και η ποιότητα νερού

Όταν η διαθέσιμη ποσότητα νερού είναι πολύ μικρή, τότε ενδείκνυται η άρδευση με σταγόνες. Η επιφανειακή άρδευση λόγω των αυξημένων απωλειών νερού από βαθιά διήθηση απαιτεί μεγαλύτερες παροχές και από αυτή την άποψη, δε διαθέτει την προσαρμοστικότητα των άλλων συστημάτων άρδευσης. Εκτός από τη διαθέσιμη ποσότητα, σημαντικό ρόλο στην επιλογή του κατάλληλου συστήματος άρδευσης παίζει και η ποιότητα του.

Όταν το νερό είναι κρύο και οι καλλιέργειες παρουσιάζουν σχετική ευπάθεια σε αυτό ή όταν το νερό περιέχει άλατα και προκαλεί εγκαύματα στο φύλλωμα των καλλιεργειών, τότε πρέπει να αποφεύγεται το σύστημα καταιονισμού. Ως προς την επιλογή του συστήματος άρδευσης με αλατούχο νερό, η άρδευση με σταγόνες πρέπει να χρησιμοποιείται με μεγάλη προσοχή, γιατί, συνήθως με το σύστημα αυτό, επειδή κατά κανόνα δεν γίνεται συστηματική απόπλυση, όταν οι βροχοπτώσεις στην περιοχή του έργου δεν είναι αρκετές για την απομάκρυνση των αλάτων, υπάρχει κίνδυνος σοβαρής αλάτωσης του εδάφους. Η εξυγίανση του απαιτεί την προσαγωγή μεγάλων ποσοτήτων νερού, που σημαίνει στην ουσία νέο αρδευτικό δίκτυο.

Πάντως, γενικός κανόνας στη χρήση αλατούχων νερών είναι η ενδεδειγμένη σε κάθε περίπτωση απόπλυση των εδαφών για την αποφυγή αλάτωσης τους.

Επίσης τα αλατούχα νερά, προκαλούν σοβαρά προβλήματα εμφράξεων στους σταλακτήρες του συστήματος άρδευσης με σταγόνες λόγω καθίζησης των διαλυμένων αλάτων στην έξοδο του νερού (Θεοχάρης, 2000).

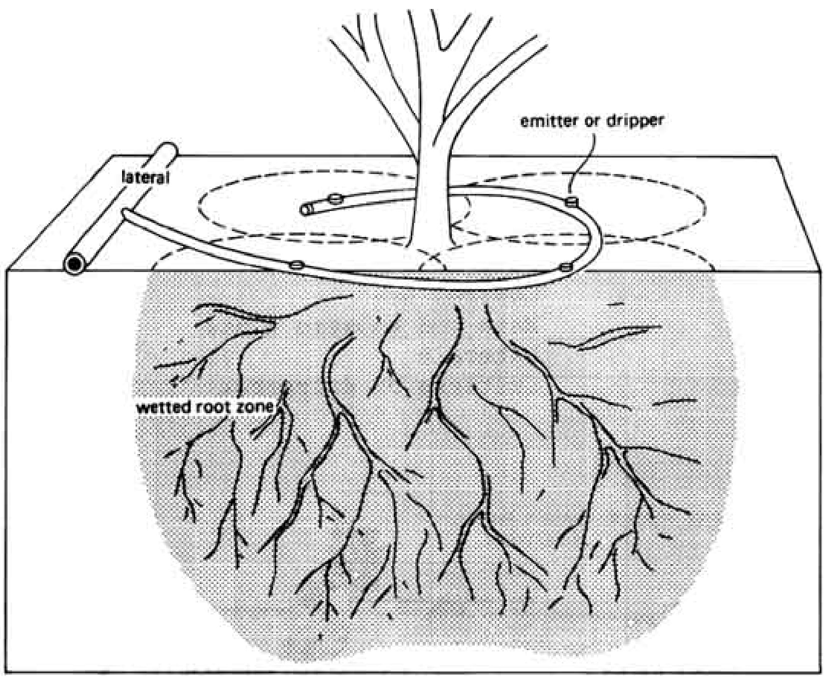
3.3 Άρδευση με Σταγόνες (Στάγδην Άρδευση)

3.2.1 Περιγραφή Μεθόδου

Η άρδευση με σταγόνες ή στάγδην άρδευση είναι ένας τρόπος αρδεύσεως κατά τον οποίο το νερό εφαρμόζεται στο έδαφος σε μικρές ποσότητες με τη μορφή σταγόνων, έτσι που κάθε φυτό χωριστά να εφοδιάζεται με την απαραίτητη για την κανονική του ανάπτυξη και απόδοση υγρασία. Η μέθοδος αναπτύχθηκε τα τελευταία χρόνια, είναι πολύ αποτελεσματική όταν εφαρμόζεται σωστά και προσφέρεται κατ'εξοχή για αυτοματισμούς και προσφέρει οικονομία σε εργατικά χέρια. Ιδιαίτερα, η μέθοδος προσφέρεται για περιπτώσεις που η διαθέσιμη παροχή αρδεύσεως είναι πολύ μικρή, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να εφαρμοστούν οι άλλες μέθοδοι αρδεύσεως. Το μεγάλο της πλεονέκτημα είναι ότι, πέρα από το γεγονός ότι αξιοποιεί μικρές παροχές νερού, μπορεί να εφαρμοστεί σε περιοχές με εξαιρετικά ανώμαλη τοπογραφία χωρίς την ανάγκη ισοπεδώσεων (Παπαζαφειρίου, 1998).

Η άρδευση με σταγόνες αποτελεί μια τεχνική που προορίζεται να θέσει το νερό και τα λιπάσματα κατευθείαν στη διάθεση των ριζών με διανεμητές ειδικά σχεδιασμένους και υπολογισμένους για πολύ μικρές παροχές, έτσι ώστε η κίνηση του νερού στην επιφάνεια του εδάφους να είναι αρκετά περιορισμένη και να μην δημιουργείται «λίμνασμα νερού».

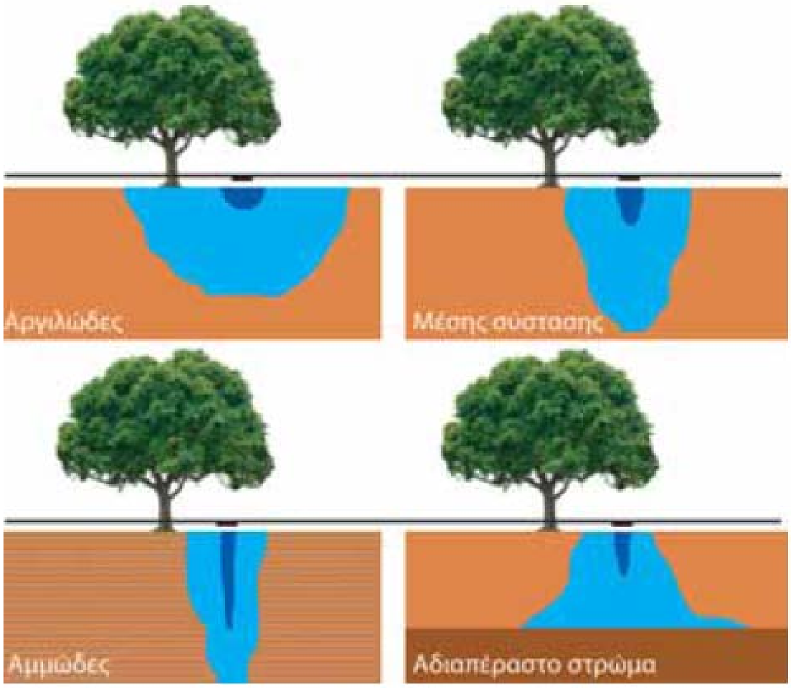
Σχήμα 3.3: Άρδευση με σταγόνες (FAO, 1992).



Όπως και με κάθε μέθοδο, η άρδευση πρέπει να καλύπτει τις σε νερό ανάγκες της καλλιέργειας, όπως αυτές εκφράζονται με την εξατμισοδιαπνοή (ΕΤ). Πολλές καλλιέργειες, ιδιαίτερα οπωρώνες με νεαρά δένδρα, δεν καλύπτουν ολόκληρη την επιφάνεια του εδάφους με το φύλλωμα τους. Αν με την άρδευση υγραίνεται ολόκληρη η επιφάνεια, σημαντικό μέρος του νερού χάνεται σαν εξάτμιση από το ακάλυπτο έδαφος και σαν διαπνοή από ζιζάνια που αναπτύσσονται ανάμεσα στα δένδρα. Στην άρδευση με σταγόνες οι απώλειες αυτές περιορίζονται κατά πολύ γιατί, όπως αναφέρθηκε, μέρος μόνο της επιφάνειας του εδάφους υγραίνεται (30% συνήθως στους οπωρώνες) και δεν ευνοείται η ανάπτυξη των ζιζανίων γιατί μεγάλο μέρος του χωραφιού παραμένει ξερό. Έτσι, το μεγαλύτερο μέρος της ΕΤ καλύπτεται από τη διαπνοή της καλλιέργειας (Παπαζαφειρίου, 1998).

Το νερό εφαρμόζεται σε σημεία με μικρή επιφάνεια διαβροχής του επιφανειακού εδάφους, εκμηδενίζεται η επιφανειακή κίνησή του και διάβρωση, εισέρχεται στο έδαφος και κινείται εν μέρει οριζόντια και ανάλογα τη σύσταση και το βάθος του εδάφους, περισσότερο ή λιγότερο βαθιά στο ριζόστρωμα (σχεδιάγραμμα παρακάτω).

Σχήμα 3.4: Διαβροχή του εδάφους από το σταλακτήρα ανάλογα με τη σύστασή του (Νάνος, 2009).



Φωτογραφία 3.5: Επιφανειακή Στάγδην Άρδευση.

3.3.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Άρδευσης με Σταγόνες

Πλεονεκτήματα

Σε γενικές γραμμές είναι τα ακόλουθα:

a. **Αύξηση των αποδόσεων**

Η εύκολη απορρόφηση των υδατικών διαλυμάτων και ο συνεχής εφοδιασμός του ριζοστρώματος των φυτών με θρεπτικά στοιχεία ιδίως όταν στο αρδευτικό νερό διαλύονται λιπάσματα, αποτελεί βασικό παράγοντα για την αύξηση των αποδόσεων με τη μέθοδο αυτή. Πειράματα και εφαρμογές σε πολλές χώρες του κόσμου απέδειξαν ότι με την άρδευση με σταγόνες η αύξηση των αποδόσεων κυμαίνεται συνήθως από 25-50% για δενδρώδεις καλλιέργειες και 30-70% για τις κηπευτικές. Σε πολλές δε περιπτώσεις παρατηρήθηκε εκτός από τις υψηλές αποδόσεις, καλύτερη ανάπτυξη των φυτών, καλύτερη ποιότητα και μεγαλύτερη πρωιμότητα.

b. **Ευνοϊκές συνθήκες ανάπτυξης και απόδοσης των φυτών.**

Η συχνή και με βραδύ ρυθμό χορήγηση του νερού με μικρές παροχές δεν εκτοπίζει τον αέρα μέσα από το έδαφος και έτσι δημιουργούνται ευνοϊκότερες συνθήκες για το ριζικό σύστημα των φυτών. Τα φυτά δεν παθαίνουν το λεγόμενο στην εποχή μας stress από απότομες μεταβολές της εδαφικής υγρασίας κάτω από τις οποίες αναγκάζονται να περιορίσουν τη διαπνοή τους και κατ’αυτόν τον τρόπο να δημιουργήσουν προϊόντα χονδρόφλουδα κατώτερης ποιότητας.

Γενικά, όσο μικρότερη είναι η συχνότητα των αρδεύσεων, δηλαδή μεσολαβεί μεγαλύτερο χρονικό διάστημα μεταξύ αυτών, τόσο υψηλότερη είναι και η τάση, που εκφράζει τη δύναμη της συγκράτησης του νερού από τους κόκκους του εδάφους.

c. Οικονομία αρδευτικού νερού.

Επειδή με τη μέθοδο αυτή ποτίζεται μία μικρή έκταση εδάφους γύρω από το φυτό, υπάρχουν πολύ ελαττωμένες απώλειες από την εξάτμιση. Το νερό πηγαίνει κατευθείαν στο ριζόστρωμα και δεν παρασύρεται από τον αέρα ώστε να εξατμίζεται πριν πέσει στο έδαφος όπως γίνεται στην περίπτωση της τεχνητής βροχής.

Γενικά υπολογίζεται ότι η οικονομία νερού σε σχέση με την άρδευση με καταιονισμό ανέρχεται σε 20-25%, σε σχέση δε με την επιφανειακή άρδευση, σε 50% περίπου.

Έκτος αυτών με τη μέθοδο αυτή δεν ποτίζονται υποχρεωτικά και οι εκτάσεις που βρίσκονται έξω από τα όρια του χωραφιού όπως συμβαίνει στην τεχνητή βροχή.

d. Χαμηλό κόστος αντλητικού συγκροτήματος και δικτύου.

Αφού η ποσότητα νερού ανά μονάδα επιφάνειας στη μονάδα του χρόνου (παροχή) είναι μικρή, η απαιτούμενη ισχύς των συγκροτημάτων είναι μικρότερη από τις άλλες μεθόδους.

e. Αξιοποίηση μικρών παροχών και χρησιμοποίηση χαμηλών πιέσεων.

Το πλεονέκτημα αυτό έχει ιδιαίτερη αξία σε περιοχές που το νερό είναι λίγο και δεν είναι δυνατόν να αξιοποιηθεί με καμιά άλλη μέθοδο. Με ορισμένη παροχή, είναι δυνατό κατά την άρδευση με σταγόνες, να αρδευτεί μεγαλύτερη έκταση απ'ότι με τα συμβατικά συστήματα άρδευσης.

f. Δυνατότητα αξιοποίησης αλατούχων νερών.

Τα συστήματα άρδευσης με σταγόνες δίνουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν, για την άρδευση των καλλιεργειών, αλατούχα νερά γιατί:

- Με την απευθείας χορήγηση νερού στο έδαφος χωρίς να βρέχεται το φύλλωμα των φυτών, αποφεύγονται ζημιές στα φύλλα από την αυξημένη οσμωτική πίεση που δημιουργείται με την αύξηση της συγκέντρωσης αλάτων καθώς το νερό εξατμίζεται από βρεχόμενο φύλλωμα.
- Με τη μεγάλη συχνότητα των αρδεύσεων η υδατοπεριεκτικότητα του εδάφους βρίσκεται σε συνεχώς υψηλά επίπεδα με αποτέλεσμα η συγκέντρωση των αλάτων στο εδαφικό διάλυμα και στη συνέχεια η οσμωτική τάση στο έδαφος να διατηρείται συνεχώς σε χαμηλά επίπεδα, το δε ριζόστρωμα να βρίσκεται σε ανεκτές συνθήκες τάσης. Αυτό εξασφαλίζεται περισσότερο με τη συχνότητα των ποτισμάτων.

g. Ανεξαρτητοποίηση της άρδευσης από τον άνεμο.

Η χορήγηση του νερού πάνω ή πολύ κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, ανεξαρτητοποιεί την εφαρμογή από τον άνεμο και δεν υπόκειται στη δυσμενή επίδραση αυτού, όπως συμβαίνει με την τεχνητή βροχή.

h. Άρδευση επικλινών και ανώμαλων εδαφών.

Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί σε επικλινή και ανώμαλα εδάφη, τα οποία θα ήταν αδύνατο, ή πολύ δαπανηρό, να ποτιστούν με άλλες μεθόδους.

i. Οικονομία εργατικών.

Τα δίκτυα άρδευσης με σταγόνες, ως μόνιμα δίκτυα, δεν χρειάζονται ημερομίσθια για την λειτουργία τους.

j. Μείωση των ζιζανίων.

Όπως έχει αναφερθεί, το έδαφος βρέχεται κατά τμήματα, που αποτελούν μέρος της όλης έκτασης, την οποία καταλαμβάνει η καλλιέργεια. Κατά συνέπεια τα ζιζάνια αναπτύσσονται στα τμήματα αυτά του εδάφους και εύκολα μπορούν να ελεγχθούν με οικονομικά ζιζανιοκτόνα και πολλές φορές, εφόσον υπάρχουν οι προϋποθέσεις, η καταπολέμηση γίνεται μέσου του ίδιου δικτύου.

k. Ευκολία λίπανσης.

Υπάρχει δυνατότητα να χορηγηθούν αρκετά λιπάσματα διαλυμένα μέσα στο αρδευτικό νερό με κατάλληλους υδρολιπαντήρες. Έτσι, το λίπασμα χορηγείται κατευθείαν στο ριζόστρωμα.

l. Εύκολη κυκλοφορία μέσα στο χωράφι.

Η διατήρηση σε ξερή κατάσταση της λωρίδας μεταξύ των φυτών επιτρέπει την κυκλοφορία για την εκτέλεση διαφόρων καλλιεργητικών εργασιών κατά την περίοδο της άρδευσης, όπως συγκομιδή καρπών, διάφορες μεταφορές, κ.λπ.

m. Έλεγχος ασθενειών και εντόμων.

Με τον τρόπο που χορηγείται το νερό στα φυτά χωρίς αυτά να βραχούν στο φύλλωμα, δεν δημιουργούνται ευνοϊκές συνθήκες για την ανάπτυξη των μυκητολογικών και εντομολογικών προσβολών (Θεοχάρης, 2000).

Μειονεκτήματα

Η γρήγορη διάδοση της μεθόδου τα τελευταία χρόνια, αναμφίβολα οφείλεται στα σοβαρά αγρονομικά πλεονεκτήματα που αναφέρθηκαν. Όμως κατά την εφαρμογή της αντιμετωπίζονται σε μικρό η μεγάλο βαθμό και διάφορα προβλήματα τα οποία αποτελούν μειονεκτήματα. Τα κυριότερα από αυτά είναι:

a. Βουλώματα (εμφράξεις) .

Κατά τη λειτουργία των συγκροτημάτων με σταγόνες παρουσιάζονται συνήθως βουλώματα στους σταλακτήρες από οργανικά ή ανόργανα υλικά, που μεταφέρονται από το αρδευτικό νερό, από ιζήματα διαφόρων ενώσεων και από την ανάπτυξη διαφόρων μικροοργανισμών μέσα στο δίκτυο (φυσικές, χημικές, ή βιολογικές εμφράξεις). Επίσης, βουλώματα μπορεί να προκληθούν και από την ανάπτυξη μέσα στο δίκτυο διαφόρων μικροοργανισμών (βακτήρια, μύκητες, κ.λπ.)

b. Κίνδυνος συγκέντρωσης αλάτων στο έδαφος.

Στις περιπτώσεις χρησιμοποίησης νερού που περιέχει άλατα, δημιουργείται πάντοτε μια αυξημένη συγκέντρωση από αυτά περιμετρικά, στα όρια μεταξύ της υγρής και ξερής φάσης του εδάφους. Και όταν μεν σημειώνονται ικανοποιητικές συγκεντρώσεις το πρόβλημα καταντά ασήμαντο, γιατί με τις βροχές απομακρύνονται τα άλατα στα βαθύτερα στρώματα, όταν όμως οι βροχοπτώσεις είναι ανεπαρκείς, τότε πρέπει να γίνουν εκπλύσεις με επί πλέον αρδεύσεις.

Σπουδαίο ρόλο στην αντιμετώπιση του προβλήματος παίζει η παράταση των αρδεύσεων μέχρι τις αρχές του χειμώνα.

c. **Εμφάνιση τροφοπενιών στα φυτά**.

Η αιτία της εμφάνισης τροφοπενιών αποτελεί το γεγονός της ανάπτυξης του ριζικού συστήματος στο ίδιο πάντοτε τμήμα εδάφους, σε εκείνο δηλαδή που συνεχώς υγραίνεται από τους σταλακτήρες. Γι’ αυτόν ακριβώς το λόγο η λίπανση πρέπει να εφαρμόζεται μαζί με την άρδευση και να είναι πλήρης (Θεοχάρης, 2000).

3.4 Υποεπιφανειακή Άρδευση

3.4.1 Περιγραφή Μεθόδου

Η υποεπιφανειακή άρδευση συνίσταται στην τεχνητή ρύθμιση της στάθμης του υπόγειου νερού (με προσθήκη νερού) σε κατάλληλο υψόμετρο ώστε να εξασφαλίζεται η καλύτερη αναλογία νερού και αέρα μέσα στο ριζόστρωμα των καλλιεργειών. Έτσι, η υποεπιφανειακή άρδευση μπορεί να θεωρηθεί σαν το αντίστροφο της στράγγισης.

Η μέθοδος αυτή είναι πολύ διαδεδομένη σε βροχερές περιοχές γιατί συνδυάζεται άριστα με το υπάρχον σύστημα στράγγισης των νερών της βροχής. Έτσι, κατά τις περιόδους ξηρασίας, όταν η εξάτμιση είναι μεγαλύτερη από τη βροχόπτωση, εμποδίζεται η ροή του νερού στις τάφρους στράγγισης και με αυτό τον τρόπο ρυθμίζεται το ύψος της υπόγειας στάθμης, για τον εφοδιασμό των καλλιεργειών με νερό (Θεοχάρης, 2000).

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή οι πλευρικοί σωλήνες τοποθετούνται σε ένα συγκεκριμένο βάθος κάτω από την επιφάνεια του εδάφους κάτι βέβαια που εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας και τη συνήθη καλλιεργητική πρακτική. Από την άλλη πλευρά, το επιφανειακό έδαφος δεν συγκεντρώνει μεγάλα ποσοστά εδαφικής υγρασίας με αποτέλεσμα την εξάλειψη στον μέγιστο βαθμό της επιφανειακής εξάτμισης. Έτσι, διατηρώντας την επιφάνεια του εδάφους ξηρή μπορούν πιο εύκολα να πραγματοποιηθούν οι διάφορες καλλιεργητικές εργασίες και επίσης μειώνονται οι ασθένειες των φυτών και το σάπισμα της ρίζας, ενώ διατηρείται σε ικανοποιητικά επίπεδα η δομή και υφή του επιφανειακού εδάφους με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται καλύτερος αερισμός του εδάφους και αποτελεσματικότερη διήθηση του νερού της βροχής εντός των χαμηλότερων στρωμάτων της εδαφικής κατανομής (Phene et al., 1993). Τα υλικά άρδευσης δεν εκτίθενται σε ακραίες καιρικές συνθήκες και κυρίως στον ήλιο, γεγονός που συνεπάγεται και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Χρησιμοποιώντας λοιπόν αντίστοιχες μεθόδους, το αρδευτικό νερό και τα υδατοδιαλυτά λιπάσματα μεταφέρονται απευθείας στην ενεργή ζώνη του ριζοστρώματος, κάτι που αποτελεί μεγάλο πλεονέκτημα ειδικότερα για τα δυσκίνητα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους (Solomon, 1993). Επίσης, η μόνιμη τοποθέτηση αυτών των συστημάτων κάτω από την επιφάνεια του εδάφους μειώνει μακροπρόθεσμα το κόστος εργασίας. Επίσης είναι απαραίτητη η επιφανειακή άρδευση προφυτρωτικά (Sakellariou-Markantonaki, et al., 2007).

Η υπόγεια στάγδην άρδευση υπερέχει της επιφανειακής στάγδην, τόσο σε ποσοτικούς όσο και σε ποιοτικούς δείκτες ανάπτυξης, παραγωγικότητας και αποδοτικότητας σε νερό άρδευσης. Η υπεροχή αυτή βέβαια είναι αναμενόμενη εξαιτίας της μείωσης των απωλειών λόγω εξάτμισης του επιφανειακού εδάφους και της αμεσότερης προσέγγισης του αρδευτικού νερού από το ενεργό ριζόστρωμα των φυτών (Sakellariou-Markantonaki, et al., 2007).

3.4.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Μεθόδου

Οι συγκριτικοί παράγοντες για το εάν η υποεπιφανειακή άρδευση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ή όχι, είναι οι παρακάτω:

Πλεονεκτήματα:

a. Είναι αποτελεσματική σε ξηρά εδάφη με μικρή υδατοϊκανότητα και υψηλή υδραυλική αγωγιμότητα.
b. Οι απαιτήσεις σε εργατικά χέρια είναι μικρές.
c. Η ανάπτυξη αγριόχορτων είναι ελάχιστη επομένως και τα έξοδα καταπολεμήσεως των είναι ελάχιστα.
d. Δεν χρειάζονται ισοπεδώσεις, αυλακώσεις κ.λ.π.
e. Η εξάτμιση νερού είναι ελάχιστη.
f. Η ανάπτυξη των καλλιεργειών είναι καλή.

Μειονεκτήματα:

a. Επηρεάζονται τα γειτονικά κτήματα.
b. Η ποιότητα των νερών πρέπει να είναι καλή για να αποφευχθούν προβλήματα αλατώδης των εδαφών.
c. Χρειάζεται εντατικότερη στράγγιση και απόπλυση των εδαφών για τον έλεγχο της περιεκτικότητας των σε άλατα.
d. Η βλάστηση των σπόρων δεν είναι ομοιόμορφη εάν ο έλεγχος της υπόγειας στάθμης είναι ακανόνιστος (Θεοχάρης, 2000).

Κεφάλαιο 4: Εκτίμηση των Υδατικών Αναγκών στο Νομό Χανίων

4.1 Εισαγωγή

Το νερό είναι ίσως το πολυτιμότερο αγαθό που μας παρέχει η φύση. Είναι ένας φυσικός πόρος απαραίτητος για την ανάπτυξη, την υγιεινή, διαβίωση, την ίδια τη ζωή. Χρησιμοποιείται για την κάλυψη αναγκών των αστικών και τουριστικών περιοχών, της γεωργίας, της βιομηχανίας και βιοτεχνίας αλλά και για τη διατήρηση της αειφόρου λειτουργίας των υγροτόπων.

Για το λόγο αυτό γίνεται μία προσπάθεια εκτίμησης των αναγκών σε νερό για ύδρευση και άρδευση στο Νομό Χανίων, όπου είναι η περιοχή μελέτης. Για να γίνει αυτή η εκτίμηση χρησιμοποιήθηκαν πληθυσμιακά δεδομένα, από τα επίσημα στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδος (Ε.Σ.Υ.Ε) για το έτος 2007, καθώς επίσης και στοιχεία που αφορούν την τουριστική υποδομή σε κλίνες και την αντίστοιχη κάλυψή τους, από το Ξενοδοχειακό Επιμελητήριο Ελλάδας και από την Ε.Σ.Υ.Ε.. Για τους επιμέρους υπολογισμούς, έγιναν διάφορες παραδοχές, που αφορούν στις απώλειες των δικτύων, το ποσοστό των μη δηλωμένων τουριστικών κλινών και κυρίως των κλινών των ενοικιαζόμενων δωματίων κλπ, οι οποίες παρουσιάζονται αναλυτικά στα επιμέρους υποκεφάλαια.

Επομένως οι υδατικές ανάγκες διακρίνονται στις εξής κατηγορίες, ανάλογα με την χρήση του νερού:

- αστική χρήση
- τουριστική χρήση
- κτηνοτροφική χρήση
- γεωργική χρήση
- βιομηχανική χρήση
- παραγωγή ενέργειας
- περιβάλλον
- αισθητική αναβάθμιση

4.2 Ανάγκες σε Ύδρευση

Οι ανάγκες νερού για ύδρευση επικεντρώνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Οικιακές ανάγκες μόνιμων κατοίκων
- Εποχιακές ανάγκες και τουριστική χρήση

Για τον προσδιορισμό των αναγκών σε νερό ύδρευσης, ο πληθυσμός διακρίνεται σε μόνιμο και εποχιακό (παραθεριστικός τουρισμός).

Ο υπολογισμός των αναγκών έγινε για το έτος 2007, το οποίο θεωρείται έτος αναφοράς, και για τα έτη 2011, 2021 και 2031 (έτη πρόβλεψης).

4.2.1 Αστικές Υδατικές Ανάγκες

4.2.1.1 Γενικά

Στην αστική κατανάλωση περιλαμβάνεται το νερό που καταναλώνεται για οικιακή χρήση και για δημόσιες χρήσεις.

4.2.1.2 Πληθυσμιακά στοιχεία

Από απογραφές της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδος (Ε.Σ.Υ.Ε.) είναι διαθέσιμος ο πληθυσμός τόσο για την Κρήτη, όσο και για το Νομό Χανίων αλλά και για κάθε δημοτικό διαμέρισμα ξεχωριστά.

Πιο συγκεκριμένα, ο πληθυσμός της Κρήτης σύμφωνα με τα στοιχεία της Ε.Σ.Υ.Ε. σημειώνει αύξηση από την απογραφή του 1991 μέχρι το έτος 2008. Ο συνολικός πληθυσμός του νησιού για το 2008 ανέρχεται σε 606.263 κατοίκους, ενώ ο αντίστοιχος στο νομό Χανίων, όπου και εξετάζουμε, ανέρχεται σε 150.408 κατοίκους. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι μεταβολές του πληθυσμού τόσο σε ολόκληρη τη χώρα, όσο και την Κρήτη αλλά και στο νομό Χανίων ξεχωριστά, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των επίσημων απογραφών του 1991 και 2001 καθώς και στοιχεία του 2005 και 2008.

4.2.2.3 Μόνιμος Πληθυσμός

Πίνακας 4.1.: Πληθυσμιακή εξέλιξη μόνιμου πληθυσμού[1] (Ε.Σ.Υ.Ε., 2009).

Έτη	**1991**	**2001**	**Μεταβολή 1991-2001 (%)**	**2005**	**2007**	**Μεταβολή 2001-2007 (%)**
Σύνολο Χώρας	10.192.911	10.931.206	**6,75**	11.082.751	11.171.740	**0,79**
Κρήτη	534.314	593.958	**10,04**	601.263	604.469	**2,13**
Νομός Χανίων	131.208	149.239	**12,08**	149.906	**150.193**	**0,19**

Όπως προκύπτει ο ρυθμός αύξησης του πληθυσμού σε ολόκληρο το νησί είναι σημαντικά υψηλότερος από τον αντίστοιχο της χώρας κατά το διάστημα 1991-2001. Τα επόμενα χρόνια η αύξηση γίνεται με μικρότερους ρυθμούς. Στο νομό Χανίων τώρα, η αύξηση του πληθυσμού το διάστημα 1991-2001 είναι 12,08% όμως στη συνέχεια μειώνεται αρκετά και μέχρι το 2007 η αύξηση είναι πολύ μικρότερη σε ποσοστό μόλις 0,19%.

Σύμφωνα με στοιχεία της περιφέρειας Κρήτης του 1991 ο αστικός πληθυσμός της Κρήτης ανερχόταν στο 42% με τάση αύξησης, ο αγροτικός πληθυσμός στο 46%, ενώ ο ημιαστικός παρέμενε σταθερός με ποσοστό 12% (Περιφέρεια Κρήτης, 1991).

Στο δήμο Χανίων διαμένουν 53.373 κάτοικοι από το σύνολο των 150.193 για το έτος 2008 σύμφωνα με τα στοιχεία της Ε.Σ.Υ.Ε..

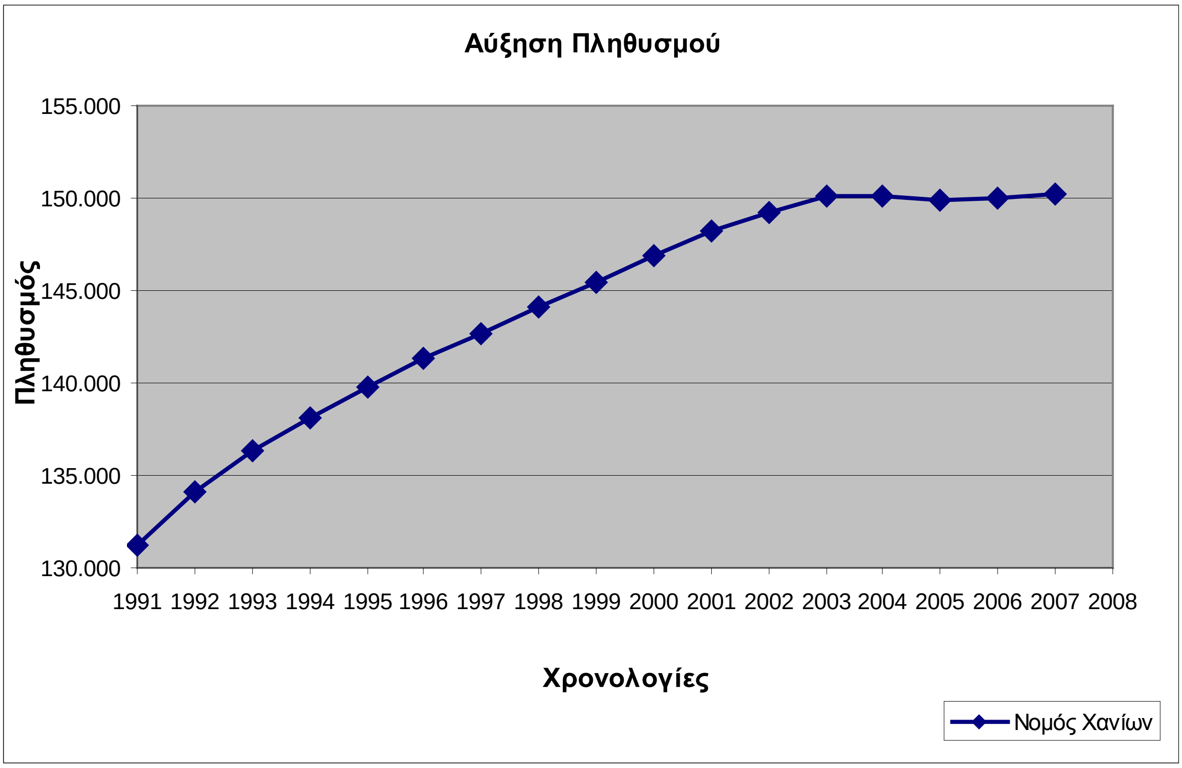
Παρακάτω φαίνεται και γραφικά η αύξηση του πληθυσμού στο Νομό Χανίων από το έτος 1991 έως το 2007 (Ε.Σ.Υ.Ε., 2009). Παρατηρούνται μικρές αυξήσεις όσο περνούν τα χρόνια.

[1] Τα στοιχεία της απογραφής πληθυσμού είναι διαθέσιμα από την ιστοσελίδα της ΕΣΥΕ, www.statistics.gr

Πίνακας 4.2 : Πληθυσμός ανά έτος από το 1991-2007 (ΕΣΥΕ, 2009).

Έτη	Κρήτη	Νομός Χανίων
1991	534.134	131.208
1992	544.112	134.160
1993	551.543	136.313
1994	558.206	138.124
1995	564.574	139.751
1996	570.714	141.291
1997	576.503	142.722
1998	581.951	144.133
1999	586.751	145.489
2000	590.825	146.852
2001	593.958	148.239
2002	596.486	149.225
2003	598.896	150.106
2004	599.925	150.106
2005	601.263	149.906
2006	602.658	150.008
2007	604.469	150.193

Διάγραμμα 4.3: Αύξηση πληθυσμού από το 1991-2007, (Ε.Σ.Υ.Ε., 2009).



Το νερό που απαιτείται για πόση και άλλες οικιακές χρήσεις αποτελεί ένα σημαντικό ποσοστό της συνολικής ζήτησης νερού. Το ποσοστό του νερού που αντλείται για αστική χρήση κυμαίνεται από περίπου 6,5% στη Γερμανία και περισσότερο από 50% στο Ηνωμένο Βασίλειο (United Nations Environment Programme, UNEP).

Η κατανομή πληθυσμού και η πυκνότητα είναι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων. Η αύξηση της αστικοποίησης μεγαλώνει τη ζήτηση νερού και μπορεί να οδηγήσει στην υπερεκμετάλλευση των τοπικών υδατικών πόρων (UNEP).

Το υψηλότερο βιοτικό επίπεδο αλλάζει συνεχώς τη ζήτηση του νερού. Αυτό αντικατοπτρίζεται κυρίως στην αύξηση της οικιακής χρήσης νερού, ιδιαίτερα για την προσωπική υγιεινή. Το μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού των ευρωπαϊκών χωρών έχουν εσωτερικές τουαλέτες, ντους και/ή λουτρά για καθημερινή χρήση. Το αποτέλεσμα είναι ότι το μεγαλύτερο μέρος της αστικής κατανάλωσης νερού είναι για οικιακή χρήση. Το περισσότερο, από τη χρήση του νερού στα νοικοκυριά είναι: WC (33%), μπάνιο και ντους (20-32%), και για τα πλυντήρια ρούχων και πλυντήρια πιάτων (15%). Το ποσοστό του νερού που χρησιμοποιείται για το μαγείρεμα και για πόσιμο (3%) είναι ελάχιστο σε σύγκριση με τις άλλες χρήσεις (UNEP).

Για τον υπολογισμό των αστικών υδατικών αναγκών χρησιμοποιείται ***η ειδική κατανάλωση νερού με συνυπολογισμό των υδατικών απωλειών***. Παρακάτω, παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τον υπολογισμό των αστικών υδατικών αναγκών στο Νομό Χανίων.

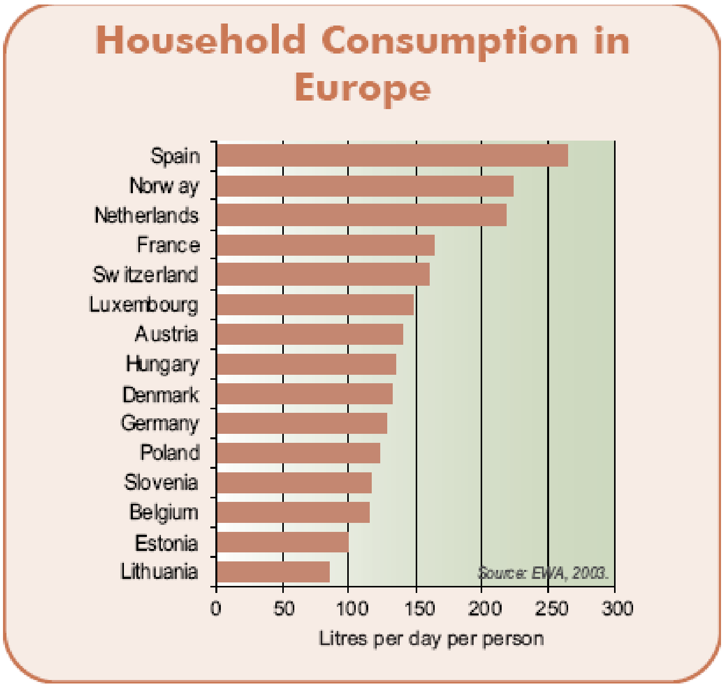
Όπως φαίνεται και στον πίνακα 4.4, η μεγαλύτερη ημερήσια κατανάλωση εμφανίζεται στην Ισπανία με 260-270 lt/ημέρα/κάτοικο. Δυστυχώς δεν έχουμε δεδομένα για την Ελλάδα αλλά υπολογίζουμε ότι η ημερήσια κατανάλωση κυμαίνεται στα 200 lt/ημέρα/κάτοικο, ανάλογα βέβαια σε ποια πόλη της Ελλάδος βρισκόμαστε.

Οι κάτοικοι των ανεπτυγμένων χωρών καταναλώνουν περίπου δέκα φορές περισσότερο νερό την ημέρα, από τους κατοίκους σε αναπτυσσόμενες χώρες. Υπολογίζεται ότι κατά μέσο όρο ένας κάτοικος σε αναπτυγμένη χώρα, καταναλώνει 500-600 lt/ημέρα (300 m^3/έτος), σε σύγκριση με τα 60-150 lt/ημέρα (20 m^3/έτος), που καταναλώνει ένας κάτοικος σε αναπτυσσόμενη χώρα (UNESCO, 2000).

Στις αναπτυσσόμενες χώρες της Ασίας, της Αφρικής και της Λατινικής Αμερικής, η δημόσια κατανάλωση νερού αντιπροσωπεύει περίπου τα 50-100 lt/κάτοικο/ημέρα.

Ενώ αντίστοιχα η κατανάλωση αυτή μπορεί να φτάσει τα 20-60 lt/κάτοικο/ημέρα σε χώρες με έλλειψη νερού (UNESCO).

Πίνακας 4.4: Κατανάλωση νερού από τα Ευρωπαϊκά νοικοκυριά, (UNEP).

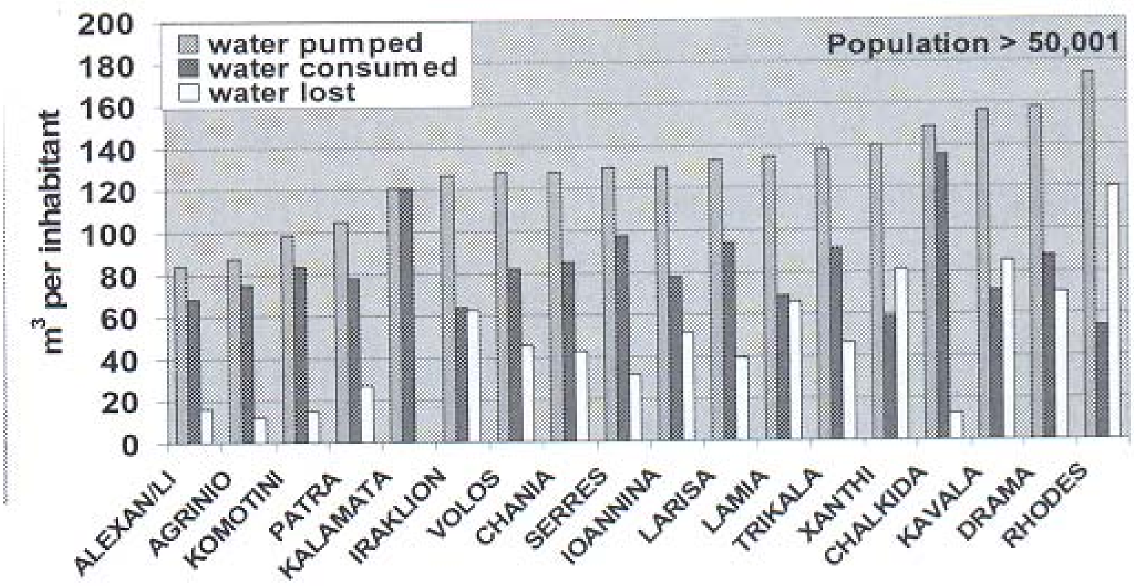


Όσο αναφορά τα ελληνικά δεδομένα τώρα, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα 4.5, η ελάχιστη κατανάλωση αυξάνεται όσο μικρότερη είναι η πόλη ενώ αντίθετα σταθεροποιείται όσο περισσότερο πληθυσμό έχει. Τα Χανιά ανήκουν στην κατηγορία με πληθυσμό μεγαλύτερο (>) των 50.000 κατοίκων. Όπως φαίνεται, για το έτος 2006 το νερό που αντλήθηκε ήταν 340 lt/κάτοικο/ημέρα. Από αυτά όμως τα 228 lt καταναλώθηκαν και τα υπόλοιπα 112 lt ήταν οι απώλειες του δικτύου ύδρευσης (Kanakoudis and Tsitsifli, 2009).

Επομένως, η **μέση ημερήσια κατανάλωση νερού λαμβάνεται 200 lt/κάτοικο/ημέρα** για όλους τους δήμους, μετά από σύγκριση με την κατανάλωση των άλλων ευρωπαϊκών χωρών, αλλά και δεδομένα κατανάλωσης άλλων περιοχών της Ελλάδας.

Σημειώνεται ότι για τον υπολογισμό των αναγκών ύδρευσης, για το έτος αναφοράς, λαμβάνεται υπόψη και **συντελεστής απωλειών ίσος με 30%** της συνολικής ζήτησης, αφού σε ορισμένες περιοχές οι απώλειες, που παρουσιάζονται λόγω παλαιότητας του δικτύου, είναι πολύ υψηλές. Όπως φαίνεται άλλωστε και από το διάγραμμα 4.5, οι απώλειες είναι της τάξεως του 33% (Kanakoudis and Tsitsifli, 2009).

Διάγραμμα 4.5 : Νερό που καταναλώθηκε και τραβήχτηκε σε m³ για το έτος 2006, ανά κάτοικο (Kanakoudis and Tsitsifli, 2009).



Επομένως, η μέση ημερήσια κατανάλωση με τον υπολογισμό των απωλειών του δικτύου γίνεται ίση με ***290 lt/κάτοικο/ημέρα.***

Άρα, η **ετήσια κατανάλωση** υπολογίζεται με τον τύπο:

ετήσια κατανάλωση (lt)= μέση ημερήσια κατανάλωση (lt/κάτοικο/day) * κάτοικοι * 365(days)

και σε εκατομμύρια m^3 (ή Mm^3) θα είναι:

$$\text{ετήσια κατανάλωση}(Mm^3) = \text{ετήσια κατανάλωση}(lt)/\,10^6$$

Τα αποτελέσματα για την ετήσια κατανάλωση νερού φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 4.6: Ετήσια αστική κατανάλωση (σε Mm^3).

	Πληθυσμός 2007	**Ειδική κατανάλωση (lt/κατ./day)**	**Ετήσια κατανάλωση (Mm^3)**
Νομός Χανίων	150.193	290	**15.898**

Οι αστικές υδατικές ανάγκες, όμως, μεταβάλλονται από μήνα σε μήνα, παρουσιάζοντας τις μεγαλύτερες τιμές κατά τους θερινούς μήνες. Έτσι, προκειμένου να κατανεμηθεί η ετήσια κατανάλωση σε κάθε μήνα του έτους, έγινε χρήση συντελεστών, οι οποίοι είναι το ποσοστό επί της ετήσιας κατανάλωσης που αντιστοιχεί σε κάθε μήνα.

Πίνακας 4.7: Μηνιαία ποσοστά ετήσιας αστικής κατανάλωσης νερού (Λουκάς και Μυλόπουλος, 2003).

%	ΟΚΤ	ΝΟΕΜ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ
	8	5	5	5	5	6	8	10	12	13	13	10

Τελικά, υπολογίσθηκαν οι μέσες μηνιαίες υδατικές ανάγκες, σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

μέσες υδατικές ανάγκες (Mm^3)=ετήσια κατανάλ. (Mm^3)*ποσοστό αντίστοιχου μήνα/100

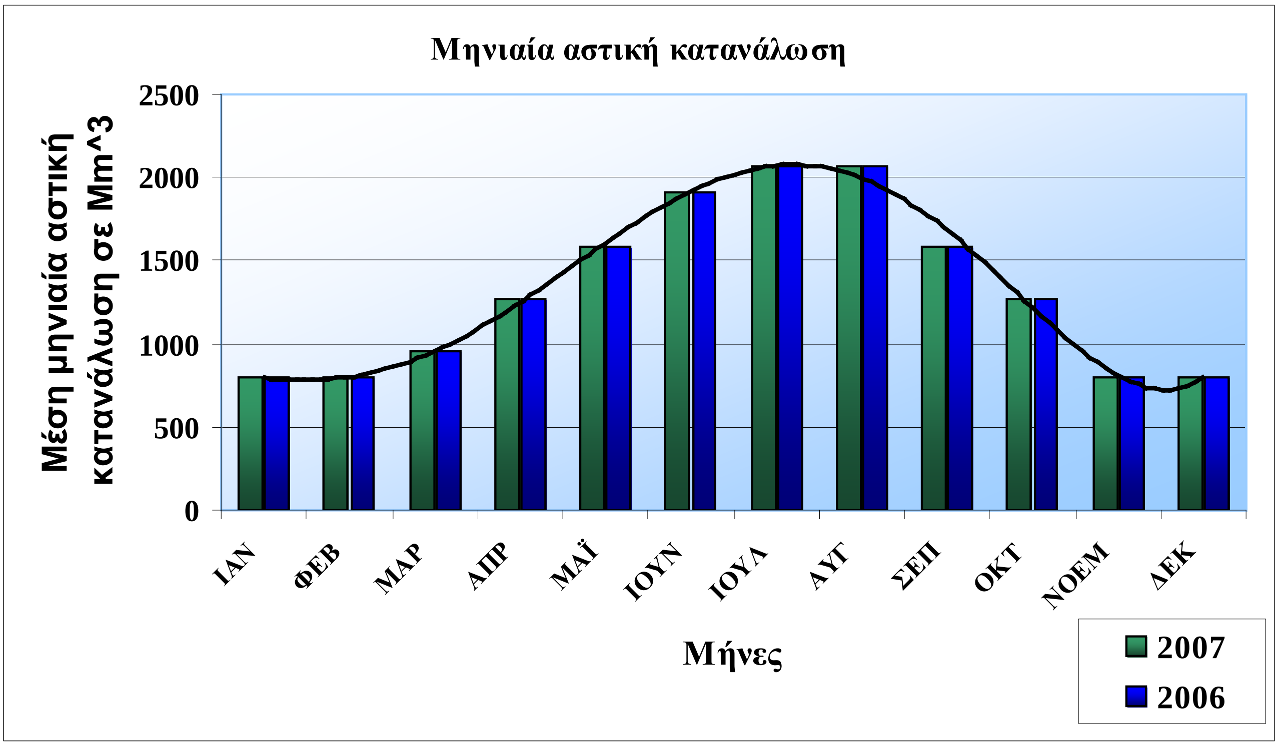
και τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4.8: Μέσες μηνιαίες αστικές υδατικές ανάγκες για τα έτη 2006 και 2007 (σε Mm^3).

Μήνες		Ποσοστά (%)	Μέσες υδατικές Ανάγκες (Mm^3)
2006	**ΙΑΝ**	5	793,915
	ΦΕΒ	5	793,915
	ΜΑΡ	6	952,698
	ΑΠΡ	8	1270,26
	ΜΑΪ	10	1587,83
	ΙΟΥΝ	12	1905,4
	ΙΟΥΛ	13	2064,18
	ΑΥΓ	13	2064,18
	ΣΕΠ	10	1587,83
	ΟΚΤ	8	1270,26
	ΝΟΕΜ	5	793,915
	ΔΕΚ	5	793,915

Μήνες		Ποσοστά (%)	Μέσες υδατικές Ανάγκες (Mm^3)
2007	**ΙΑΝ**	5	794,895
	ΦΕΒ	5	794,895
	ΜΑΡ	6	953,874
	ΑΠΡ	8	1.271,83
	ΜΑΪ	10	1.589,79
	ΙΟΥΝ	12	1.907,75
	ΙΟΥΛ	13	2.066,73
	ΑΥΓ	13	2.066,73
	ΣΕΠ	10	1.589,79
	ΟΚΤ	8	1.271,83
	ΝΟΕΜ	5	794,895
	ΔΕΚ	5	794,895

Διάγραμμα 4.9: Γραφική αναπαράσταση των παραπάνω πινάκων.



Όπως φαίνεται και στο παραπάνω διάγραμμα, οι αστικές υδατικές ανάγκες είναι μεγαλύτερες κατά τους θερινούς μήνες, όπως ήταν άλλωστε αναμενόμενο, και πιο συγκεκριμένα τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Επίσης παρατηρούμε ότι η αύξηση της κατανάλωσης από το 2006 στο 2007 είναι πάρα πολύ μικρή, γεγονός αναμενόμενο από τη στιγμή που αύξηση του πληθυσμού ήταν επίσης πολύ μικρή (πληθυσμός 2006: 150.008 κάτοικοι, πληθυσμός 2007: 150.193 κάτοικοι).

Ο συντελεστής συσχέτισης της καμπύλης είναι R^2= 0,9938. Πολύ κοντά στο 1 δηλαδή.

4.2.2 Τουριστικές Υδατικές Ανάγκες

4.2.2.1 Γενικά

Ο νομός Χανίων είναι ένας από τους πρώτους προορισμούς για διακοπές, τόσο κατά τη χειμερινή όσο και κατά τη θερινή περίοδο. Το 1999, ο συνολικός αριθμός τουριστών στην Κρήτη, ήταν μεγαλύτερος από 2 εκατομμύρια. Η βιομηχανία των τουριστών, απαιτεί επίσης μεγάλες ποσότητες νερού, με τη μέγιστη κατανάλωση να γίνεται κατά τη διάρκεια της περιόδου αιχμής (Chartzoulakis et al., 2001).

Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ο αριθμός του πληθυσμού να αυξάνεται κατακόρυφα αυτές τις περιόδους λόγω της μεγάλης αύξησης τουριστών.

Ως **εποχιακός πληθυσμός** χαρακτηρίζονται οι τουρίστες και οι παραθεριστές. Ως παραθεριστές αναφέρονται οι κάτοχοι δεύτερης κατοικίας στο νησί, οι φιλοξενούμενοι για κάποιο χρονικό διάστημα και οι επισκέπτες του νησιού για λόγους εργασίας.

Ο αριθμός των τουριστικών κλινών ανά Δήμο και το ποσοστό πληρότητας των κλινών προσδιορίστηκε με βάση σχετικά στοιχεία που ελήφθησαν από το Ξενοδοχειακό Επιμελητήριο Ελλάδας και την Ε.Σ.Υ.Ε..

Από τα στοιχεία του Ξενοδοχειακού Επιμελητηρίου Ελλάδας προκύπτει ότι στην περιοχή μελέτης υπάρχουν 490 ξενοδοχεία και ομοειδή καταλύματα και 6 τουριστικά κάμπινγκ. Ο συνολικός αριθμός των κλινών των ξενοδοχείων είναι 34.691 και των τουριστικών κάμπινγκ 856 (ΓΓ Ε.Σ.Υ.Ε., ΤΜΗΜΑ ΤΟΥΡΙΣΜΟΥ, Δυναμικότητα καταλυμάτων ξενοδοχειακού τύπου και κάμπινγκ, έτος 2007).

Πίνακας 4.10: Δυναμικότητα καταλυμάτων ξενοδοχειακού τύπου και κάμπινγκ, έτος 2007(Ε.Σ.Υ.Ε.).

	Αριθμός Καταλυμάτων			**Αριθμός Κλινών**		
	Ξενοδοχειακά και ομοειδή καταλύματα	**Τουριστικά Κάμπινγκ**	**Σύνολο**	**Ξενοδοχειακά και ομοειδή καταλύματα**	**Τουριστικά Κάμπινγκ**	**Σύνολο**
Νομός Χανίων	490	6	496	34.691	856	35.547

Ο αριθμός των τουριστικών κλινών των ξενοδοχείων, για να ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα, προσαυξάνεται κατά 20%, ποσοστό που αντιστοιχεί σε κλίνες που δεν είναι δηλωμένες (Ε.Σ.Υ.Ε.). Με βάση αυτή την παραδοχή προκύπτει ότι ο συνολικός αριθμός των πραγματικών τουριστικών κλινών στα Χανιά είναι 41.629.

Για να υπολογίσουμε την κατανάλωση από τους τουρίστες, όπως φαίνεται παρακάτω, θα χρησιμοποιήσουμε τις διανυκτερεύσεις στα ξενοδοχειακά καταλύματα και κάμπινγκ για τα έτη 2006 και 2007. Επομένως, θα προσαυξηθούν και αυτές κατά 20%, σαν ποσοστό των κλινών που δεν είναι δηλωμένες. Επίσης, παρουσιάζεται και ο αριθμός των αφίξεων αλλοδαπών και ημεδαπών για τα ίδια έτη.

4.2.2.2 Υπολογισμοί

Για να υπολογίζουμε την κατανάλωση νερού από τους τουρίστες χρησιμοποιούμε τον αριθμό των τουριστών που διανυκτέρευσαν στα ξενοδοχειακά καταλύματα και κάμπινγκ, από στοιχεία απογραφής του 2006 και του 2007 (Ε.Σ.Υ.Ε.) ανά μήνα. Στο νομό Χανίων, λειτουργούν όπως αναφέραμε 41.629 τουριστικές κλίνες για το έτος 2007 και παρουσιάζουν πληρότητα 70%. Στους επόμενους πίνακες φαίνονται αναλυτικά τα δεδομένα.

Πίνακας 4.11: Διανυκτερεύσεις τουριστών για τα έτη 2006-2007. (Ε.Σ.Υ.Ε.).

		Διανυκτερεύσεις σε ξενοδοχειακά καταλύματα	**Διανυκτερεύσεις σε κάμπινγκ**
		Νομός Χανίων	
2006	**ΙΑΝ**	8.393	0
	ΦΕΒ	5.761	0
	ΜΑΡ	12.924	0
	ΑΠΡ	117.557	8
	ΜΑΪ	349.796	115
	ΙΟΥΝ	482.099	189
	ΙΟΥΛ	571.188	1.383
	ΑΥΓ	576.039	3.321
	ΣΕΠ	471.185	0
	ΟΚΤ	203.967	0
	ΝΟΕΜ	11.339	0
	ΔΕΚ	9.223	0
	Σύνολο	**2.819.471**	**5.016**
		Νομός Χανίων	
2007	**ΙΑΝ**	9.541	0
	ΦΕΒ	12.273	0
	ΜΑΡ	26.540	0
	ΑΠΡ	120.972	0
	ΜΑΪ	398.792	682
	ΙΟΥΝ	543.633	1.347
	ΙΟΥΛ	676.335	3.854
	ΑΥΓ	689.750	4.631
	ΣΕΠ	551.297	192
	ΟΚΤ	157.217	4
	ΝΟΕΜ	28.684	0
	ΔΕΚ	10.521	0
	Σύνολο	**3.225.555**	**10.710**

Πίνακας 4.12: Αφίξεις τουριστών σε ξενοδοχειακά καταλύματα και κάμπινγκ για τα έτη 2006-2007 (Ε.Σ.Υ.Ε.).

		Αφίξεις σε ξενοδοχειακά καταλύματα	Αφίξεις σε κάμπινγκ
		Νομός Χανίων	
2006	ΙΑΝ	4.701	0
	ΦΕΒ	3.332	0
	ΜΑΡ	6.154	0
	ΑΠΡ	31.146	6
	ΜΑΪ	55.255	29
	ΙΟΥΝ	68.016	120
	ΙΟΥΛ	76.438	588
	ΑΥΓ	80.123	1.278
	ΣΕΠ	68.722	0
	ΟΚΤ	30.769	0
	ΝΟΕΜ	5.428	0
	ΔΕΚ	4.437	0
	Σύνολο	**434.521**	**2.021**
		Νομός Χανίων	
2007	ΙΑΝ	5.261	0
	ΦΕΒ	6.669	0
	ΜΑΡ	11.554	0
	ΑΠΡ	26.764	0
	ΜΑΪ	67.239	218
	ΙΟΥΝ	79.805	324
	ΙΟΥΛ	92.171	1.374
	ΑΥΓ	92.946	1.535
	ΣΕΠ	80.001	107
	ΟΚΤ	25.327	2
	ΝΟΕΜ	9.563	0
	ΔΕΚ	5.410	0
	Σύνολο	**502.710**	**3.560**

Όπως αναφέραμε ο αριθμός των διανυκτερεύσεων προσαυξάνεται κατά 20% επειδή προσαυξήσαμε και τις ξενοδοχειακές κλίνες ώστε να συμπεριλάβουμε και αυτές όπου δεν είναι δηλωμένες, αλλά και τους παραθεριστές δηλαδή τους κατοίκους όπου έχουν δεύτερη κατοικία στα Χανιά ή φιλοξενούνται σε φιλικά ή συγγενικά σπίτια.

Πίνακας 4.13: Πραγματικός αριθμός Διανυκτερεύσεων για τα έτη 2006-2007 με 20% προσαύξηση.

		Διανυκτερεύσεις σε ξενοδοχειακά καταλύματα	**Διανυκτερεύσεις σε κάμπινγκ**
		Νομός Χανίων	
2006	**ΙΑΝ**	10.072	0
	ΦΕΒ	6.913	0
	ΜΑΡ	15.509	0
	ΑΠΡ	141.068	10
	ΜΑΪ	419.755	138
	ΙΟΥΝ	578.519	227
	ΙΟΥΛ	685.426	1.660
	ΑΥΓ	691.247	3.985
	ΣΕΠ	565.422	0
	ΟΚΤ	244.760	0
	ΝΟΕΜ	13.607	0
	ΔΕΚ	11.068	0
	Σύνολο	**3.383.365**	**6.019**
		Νομός Χανίων	
2007	**ΙΑΝ**	11.449	0
	ΦΕΒ	14.728	0
	ΜΑΡ	31.848	0
	ΑΠΡ	154.166	0
	ΜΑΪ	478.550	818
	ΙΟΥΝ	652.360	1.616
	ΙΟΥΛ	811.602	4.625
	ΑΥΓ	287.700	5.557
	ΣΕΠ	661.556	230
	ΟΚΤ	188.660	5
	ΝΟΕΜ	34.421	0
	ΔΕΚ	12.625	0
	Σύνολο	**3.870.666**	**12.852**

Στην περιοχή της Μεσογείου, υπολογίστηκε το 1990 ότι 135 εκατομμύρια τουρίστες (διεθνείς και εγχώριοι) παρέμειναν κατά μήκος των ακτών, αυτό αντιπροσώπευε περισσότερο από το ήμισυ του συνολικού τουρισμού σε όλες τις χώρες της Μεσογείου και διπλασίασε το παράκτιο πληθυσμό. Ο αριθμός αυτός αυξήθηκε σε 187,5 εκατομμύρια το 1997. Ο τουρισμός διαθέτει ένα ευρύ φάσμα πιέσεων στο τοπικό περιβάλλον. Οι επιπτώσεις στην ποσότητα του νερού (σύνολο και αιχμής) εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα του νερού σε σχέση με το χρόνο και τον τόπο της ζήτησης νερού από τον τουρισμό και για την ικανότητα των συστημάτων ύδρευσης να καλύψουν τις υψηλές απαιτήσεις κυρίως στις περιόδους αιχμής (UNEP).

Η τουριστική χρήση του νερού είναι γενικά υψηλότερη από ό, τι η χρήση νερού από τους μόνιμους κατοίκους. Ένας τουρίστας καταναλώνει περίπου 300 λίτρα/ημέρα τη στιγμή που η κατανάλωση στα Ευρωπαϊκά νοικοκυριά είναι περίπου 150-200 λίτρα. Επιπλέον, ψυχαγωγικές δραστηριότητες, όπως πισίνες, γκολφ, θαλάσσια σπορ, συμβάλουν στην άσκηση πίεσης στους υδάτινους πόρους (UNEP).

Χαρακτηριστικό παράδειγμα στο νησί Μαγιόρκα όπου, βρίσκεται στις Βαλεαρίδες νήσους, πολύ διαδεδομένο τουριστικό θέρετρο:

Μαγιόρκα (κατανάλωση ανά ημέρα και ανά κεφαλή):

- Κατανάλωση από κάτοικο αγροτικών περιοχών: 140 lt
- Κατανάλωση από κάτοικο στις αστικές περιοχές:250 lt
- Μέση Κατανάλωση τουριστικών: 440 lt
- Πολυτελή κατανάλωση τουριστικών:880 lt (UNEP).

Επομένως, με βάση τα παραπάνω θεωρήθηκε ότι η μέση ημερήσια κατανάλωση είναι ***300lt/διανυκτέρευση.*** Οι απώλειες του δικτύου ύδρευσης, όπως αναφέρθηκε και στον υπολογισμό των ετήσιων αστικών αναγκών υπολογίζονται στο 30%, άρα στα 130lt/διανυκτέρευση. Επομένως, συνολικά η μέση ημερήσια κατανάλωση αντιστοιχεί σε ***430lt/διανυκτέρευση***.

Με χρήση του τύπου:

$$\textit{κατανάλωση } (Mm^3) = \textit{διανυκτερεύσεις} * 430(lt/\textit{διανυκτέρευση})/10^6$$

(όπου κατανάλωση και διανυκτερεύσεις είναι ανά μήνα), προκύπτει ο παρακάτω πίνακας 4.14.

Πίνακας 4.14: Τουριστική κατανάλωση ανά μήνα για τα έτη 2006-2007 (σε Mm^3).

		Κατανάλωση σε ξενοδοχειακά καταλύματα *(σε Mm^3)*	**Κατανάλωση σε κάμπινγκ** *(σε Mm^3)*
		Νομός Χανίων	
2006	**ΙΑΝ**	4,3	0
	ΦΕΒ	2,9	0
	ΜΑΡ	6,6	0
	ΑΠΡ	60,6	0,004
	ΜΑΪ	180,5	0,06
	ΙΟΥΝ	248,8	0,1
	ΙΟΥΛ	294,7	0,7
	ΑΥΓ	297,2	1,7
	ΣΕΠ	243,1	0
	ΟΚΤ	105,2	0
	ΝΟΕΜ	5,8	0
	ΔΕΚ	4,8	0
	Σύνολο	**1.455**	2,6
		Νομός Χανίων	
2007	**ΙΑΝ**	4,9	0
	ΦΕΒ	6,3	0
	ΜΑΡ	13,7	0
	ΑΠΡ	62,4	0
	ΜΑΪ	205,8	0,4
	ΙΟΥΝ	280,5	0,7
	ΙΟΥΛ	349	2
	ΑΥΓ	356	2,4
	ΣΕΠ	284,5	0,01
	ΟΚΤ	81,1	0,002
	ΝΟΕΜ	14,8	0
	ΔΕΚ	5,5	0
	Σύνολο	**1.665**	**5,5**

Στη συνέχεια, υπολογίζεται η συνολική κατανάλωση για ξενοδοχεία και κάμπινγκ για το νομό ανά μήνα και τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα 4.15.

Πίνακας 4.15: Συνολική (ξενοδοχεία και κάμπινγκ) τουριστική κατανάλωση ανά μήνα για τα έτη 2006-2007(σε Mm³).

		Συνολική Κατανάλωση *(σε Mm³)*			**Συνολική Κατανάλωση *(σε Mm³)***
		Νομός Χανίων			**Νομός Χανίων**
2006	**ΙΑΝ**	4,3	2007	**ΙΑΝ**	4,9
	ΦΕΒ	2,9		**ΦΕΒ**	6,3
	ΜΑΡ	6,6		**ΜΑΡ**	13,7
	ΑΠΡ	60,604		**ΑΠΡ**	62,4
	ΜΑΪ	180,56		**ΜΑΪ**	206,2
	ΙΟΥΝ	248,9		**ΙΟΥΝ**	281,2
	ΙΟΥΛ	295,4		**ΙΟΥΛ**	351
	ΑΥΓ	298,9		**ΑΥΓ**	358,4
	ΣΕΠ	243,1		**ΣΕΠ**	284,51
	ΟΚΤ	105,2		**ΟΚΤ**	81,102
	ΝΟΕΜ	5,8		**ΝΟΕΜ**	14,8
	ΔΕΚ	4,8		**ΔΕΚ**	5,5
	Σύνολο	**1.457,6**		**Σύνολο**	**1.670,5**

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 4.15 παρατηρείται αιχμή στην κατανάλωση από τον Μάιο μέχρι τον Σεπτέμβριο, όπως άλλωστε ήταν αναμενόμενο.

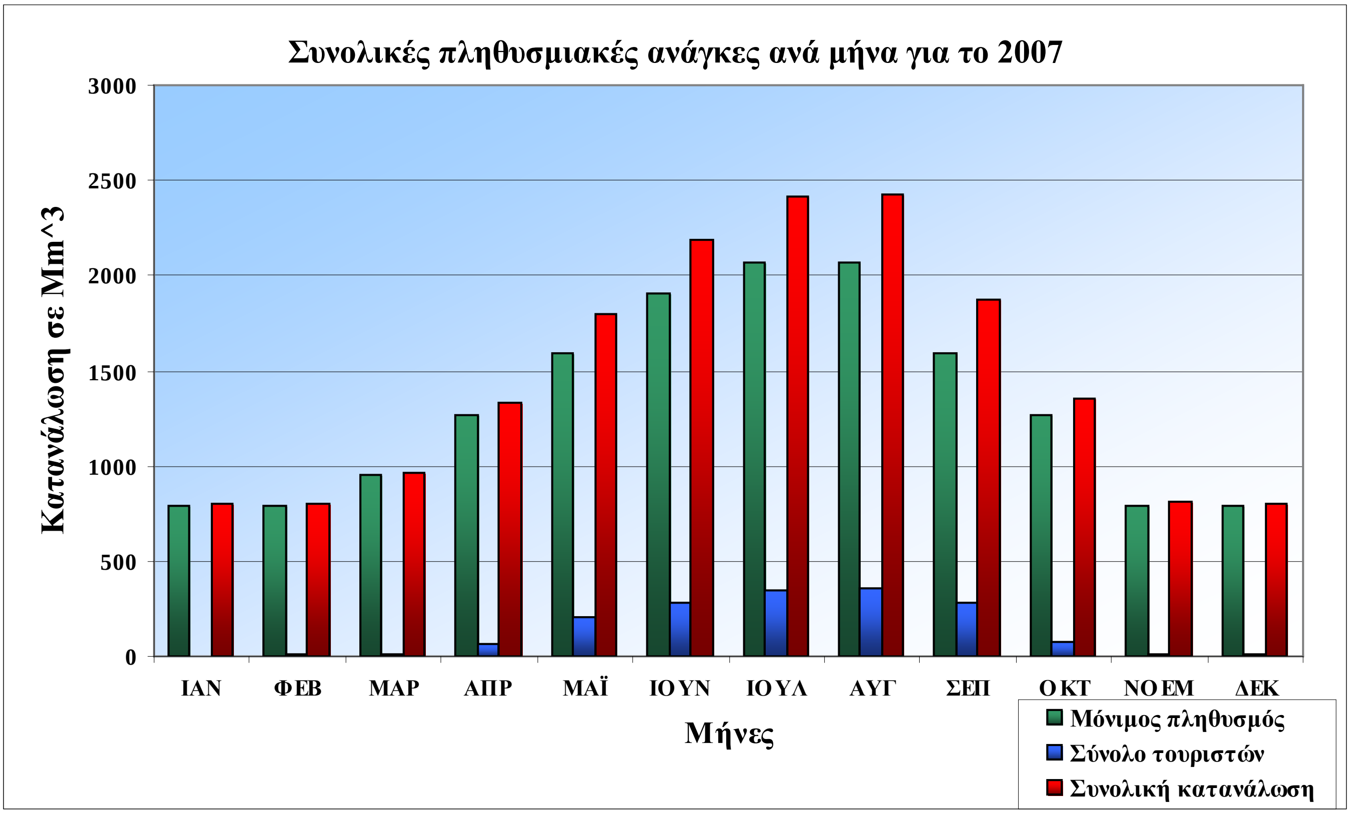
Επομένως, με βάση όλα τα παραπάνω, οι συνολικές ανάγκες ύδρευσης για το έτος αναφοράς 2007, παρουσιάζονται στον πίνακα 4.16.

Πίνακας 4.16: Συνολικές ανάγκες ύδρευσης για το έτος 2007, σε Mm³.

		Συνολική Κατανάλωση *(σε Mm³)*
Μήνες		**Νομός Χανίων**
2007	**ΙΑΝ**	799,8
	ΦΕΒ	801,2
	ΜΑΡ	967,6
	ΑΠΡ	1.334
	ΜΑΪ	1.796
	ΙΟΥΝ	2.189
	ΙΟΥΛ	2.418
	ΑΥΓ	2.425
	ΣΕΠ	1.874
	ΟΚΤ	1.353
	ΝΟΕΜ	809,7
	ΔΕΚ	800,3
	Σύνολο	**17.568**

Από τους παραπάνω υπολογισμούς προκύπτει ότι οι συνολικές ανάγκες ύδρευσης για το Νομό Χανίων για το έτος 2007 ήταν περίπου **17.568 Mm³.**

Διάγραμμα 4.17: Συνολικό διάγραμμα αναγκών ύδρευσης για το έτος 2007.



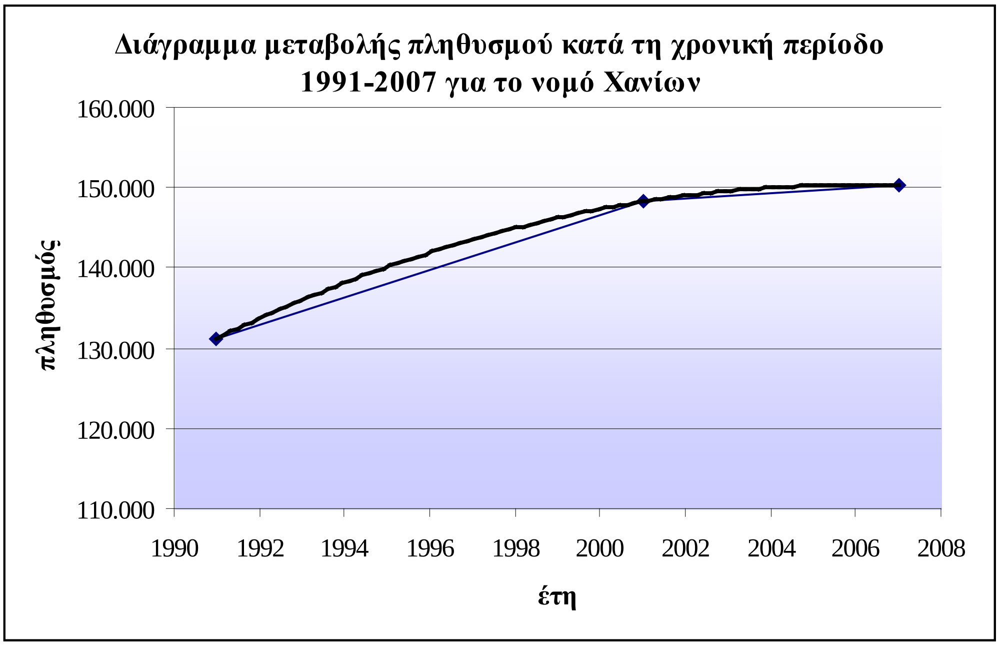
Όπως παρατηρείται από το παραπάνω συγκεντρωτικό διάγραμμα, οι ανάγκες αυξάνονται κατά τις περιόδους όπου έχουμε αυξημένη άφιξη τουριστών, δηλαδή από τον Απρίλιο μέχρι τον Οκτώβριο. Φαίνεται ότι όλες ακολουθούν τις ίδια κατανομή γεγονός αναμενόμενο, αφού τους πρώτους μήνες (χειμερινούς) η κατανάλωση είναι μικρότερη και από Απρίλιο- Οκτώβριο, με μήνες αιχμής Ιούλιο- Αύγουστο, φτάνουν στο μέγιστο και στη συνέχεια αρχίζουν πάλι να πέφτουν στα επίπεδα που ήταν τους πρώτους μήνες.

4.3 Εκτίμηση πληθυσμού για τα έτη πρόβλεψης (2011, 2021, 2031)

Η εκτίμηση του μελλοντικού μόνιμου πληθυσμού για τα έτη πρόβλεψης, δηλαδή το 2011, το 2021 και το 2031, γίνεται λαμβάνοντας υπόψη την εξέλιξη του πληθυσμού, όπως αυτή παρουσιάστηκε παραπάνω, με βάση τα επίσημα στοιχεία των απογραφών πληθυσμού της Ε.Σ.Υ.Ε. για τα έτη 1991, 2001 και 2007.

Παρακάτω παρουσιάζεται διαγραμματικά (διάγραμμα 4.18) η μεταβολή του πληθυσμού κατά τη χρονική περίοδο 1991-2007, για το νομό, προκειμένου να εξαχθούν σχετικά συμπεράσματα και να οριστούν οι παραδοχές, που θα ληφθούν υπόψη για την εκτίμηση του μελλοντικού μόνιμου πληθυσμού για τα έτη πρόβλεψης.

Διάγραμμα 4.18: Μεταβολή πληθυσμού κατά τη χρονική περίοδο 1991-2007 για το νομό Χανίων.



Από το παραπάνω διάγραμμα προκύπτει ότι ο μόνιμος πληθυσμός έχει ανοδικές τάσεις, με μεγάλο ποσοστό κατά την δεκαετία 1991-2001 και μικρότερο την επταετία 2001-2007.

4.3.1 Μέθοδοι εκτίμησης εξέλιξης μελλοντικού πληθυσμού

Είναι προφανές ότι για τον προσδιορισμό των μελλοντικών ζητήσεων νερού είναι απαραίτητη κατ΄ αρχήν η πρόβλεψη του πληθυσμού, όπως αναφέρθηκε.

Η εκτίμηση της εξέλιξης του πληθυσμού μπορεί να γίνει με πολλές μεθόδους, οι οποίες χωρίζονται σε τρεις σημαντικές κατηγορίες: τις μαθηματικές, τις αναλογικές και τις σύνθετες. Κάθε μέθοδος επιλέγεται ανάλογα με την περίπτωση και τα δεδομένα που υπάρχουν.

Μαθηματικές μέθοδοι

Οι κύριες μαθηματικές μέθοδοι είναι:

- Σταθερός ρυθμός αύξησης (Γραμμική αύξηση)
- Αναλογικός ρυθμός αύξησης (Γεωμετρική αύξηση)
- Απλή γραμμική παλινδρόμηση
- Καμπύλη S

Πιο αναλυτικά για κάθε μέθοδο τώρα ώστε να δούμε ποια αντιστοιχεί στην περίπτωση μας.

- ***Σταθερός ρυθμός αύξησης (Γραμμική αύξηση):***

Η μέθοδος υποθέτει σταθερή ετήσια αύξηση (άνθρωπος/έτος) σύμφωνα με τη σχέση:

$$\frac{\Delta P}{\Delta t} = \alpha = \sigma\tau\alpha\theta.$$

Η παραπάνω σχέση μπορεί να γραφεί:

$$P_n = P_0 + \alpha \cdot (t_n - t_0)$$

όπου:

P_n =ο πληθυσμός για το έτος πρόβλεψης,

t_n = το έτος πρόβλεψης,

P_0 = ο πληθυσμός ενός αρχικού έτους to και

α= συντελεστής που μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

α=$(P_2$-$P_1)$/$(t_2$-$t_1)$=σταθ., όπου πιο ειδικά α= $(P_t$-$P_0)$/(t-0) (Τσακίρης, 2008).

Μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι για να εφαρμοστεί χρειάζεται η αύξηση του πληθυσμού να είναι διαχρονικά σταθερή, επομένως δεν μπορούμε να την εφαρμόσουμε στη δική μας περίπτωση.

- ***Αναλογικός ρυθμός αύξησης (Γεωμετρική αύξηση)***

Η μέθοδος αυτή ισχύει όταν ο ετήσιος ρυθμός αύξησης του πληθυσμού είναι σταθερά ανάλογος του ετήσιου πληθυσμού:

$$\frac{dP}{dt} = a \cdot P \neq \sigma\tau\alpha\theta.$$

$$P_n = P_0 \cdot (1+a)^n$$

όπου: P_0 ο σημερινός πληθυσμός, P_n ο πληθυσμός μετά από n έτη και a η σταθερή ετήσια ποσοστιαία αύξηση του πληθυσμού.
Η εκτίμηση του a γίνεται επίσης με βάση τις απογραφές πληθυσμού δύο προηγούμενων ετών ως εξής:

$$a = \exp\left[\frac{1}{(t_2 - t_1)}\left(\ln P_2 - \ln P_1\right)\right]^{-1}$$

Η γεωμετρική αύξηση οδηγεί σε ραγδαία αύξηση του πληθυσμού και θα πρέπει να αποφεύγεται για μεγάλες πόλεις και μακροχρόνιες προβλέψεις (Τσακίρης, 2008).

Η εκτίμηση του μελλοντικού πληθυσμού με βάση τις προαναφερόμενες μεθόδους παρουσιάζει το εξής **μειονέκτημα**. Αυτές οι μέθοδοι αποτελούν μονοπαραμετρικές συναρτήσεις, με μοναδική παράμετρο τον σταθερό αριθμό αύξησης των κατοίκων, ή τον ετήσιο ρυθμό αύξησης, α. Με βάση λοιπόν τις δύο προηγούμενες θεωρήσεις γίνεται έμμεσα η παραδοχή ότι η «χωρητικότητα» σε κατοίκους είναι απεριόριστη, κάτι το οποίο δεν συμβαίνει στην πραγματικότητα.

- ***Απλή γραμμική παλινδρόμηση:***

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή ισχύει:

$$P_i = K_m \cdot t_f + b$$

Όπου οι συντελεστές K_m, b υπολογίζονται από απλή γραμμική παλινδρόμηση με βάση δεδομένα προηγούμενων ετών (ΚΟΛΥΒΑ-ΜΑΧΑΙΡΑ και ΜΠΟΡΑ-ΣΕΝΤΑ, 1998).
Στην παλινδρόμηση σχεδιάζουμε την εξάρτηση μιας τυχαίας μεταβλητής Y, που την ονομάζουμε εξαρτημένη μεταβλητή, από κάποια άλλη μεταβλητή X που την ονομάζουμε ανεξάρτητη μεταβλητή (Κουγιουμτζής, 2009).

- ***Καμπύλη S***

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή ο πληθυσμός μιας περιοχής αυξάνει μέχρι ένα ανώτατο σημείο, το οποίο ονομάζεται πληθυσμός «κορεσμού», ακολουθώντας μια καμπύλη σχήματος S, σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

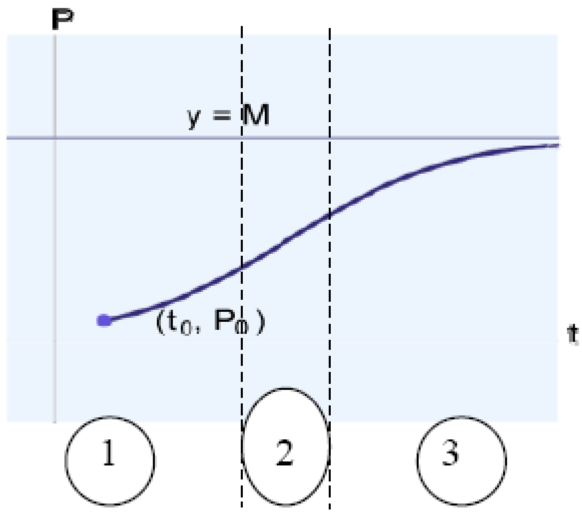
$$P_t = \frac{P_{sat}}{1 + a\exp\{bt\}}$$

Διακρίνονται τρεις περιοχές στην λογιστική καμπύλη, όπως φαίνονται στο παρακάτω:

(1) Εκθετική αύξηση (ραγδαία αύξηση)

(2) Ήπια σταθερή αύξηση (αριθμητική αύξηση)

(3) Αύξηση φθίνοντος ρυθμού.



Η λογιστική καμπύλη προτείνεται για μακροχρόνιες προβλέψεις ενώ προσομοιάζει την εξέλιξη διαφόρων φυσικών κοινωνιών (Τσακίρης, 2008). Επίσης, η μέθοδος αυτή δεν ενδείκνυται για περιοχές μικρών πληθυσμών.

Οι μαθηματικές μέθοδοι πρόβλεψης πληθυσμού έχουν το **πλεονέκτημα** ότι μπορούν να εφαρμοστούν εύκολα. Το **μειονέκτημα** τους είναι ότι αγνοούν άλλους παράγοντες, όπως ρυθμούς γεννήσεων και θανάτων, καθώς επίσης και το βιοτικό επίπεδο της περιοχής.

Σύνθετες μέθοδοι

Η πλέον συνήθης σύνθετη μέθοδος, που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του πληθυσμού μιας περιοχής, εκφράζεται από την σχέση:

$$P_t = P_i + N + M$$

Όπου N είναι η καθαρή φυσική αύξηση κατά την διάρκεια της περιόδου για την οποία γίνεται πρόβλεψη και M η καθαρή μετανάστευση κατά τη διάρκεια της περιόδου αυτής. Όμως, εμείς στους υπολογισμούς μας δεν λαμβάνουμε υπόψη στοιχεία σχετικά με την καθαρή μετανάστευση, επομένως η μέθοδος αυτή δεν εφαρμόσιμη στην περίπτωσή μας.

4.3.2 Υπολογισμοί

Όπως παρουσιάστηκαν παραπάνω υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι ώστε να εκτιμήσουμε τον μελλοντικό πληθυσμό. Στην παρούσα εργασία επιλέγεται να χρησιμοποιηθεί **η μέθοδος της γεωμετρικής αύξησης** και αυτό γιατί τα τελευταία χρόνια η αύξηση που παρατηρείται στον πληθυσμό του νομού Χανίων, είναι πολύ μικρή και σχεδόν σταθερή. Επομένως, όπως αναφέραμε είναι και πιο εύκολη στην εφαρμογή σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους εκτίμησης, οπότε, θα την εφαρμόσουμε και στην περίπτωσή μας.

Παρατηρώντας την αύξηση του πληθυσμού την τελευταία επταετία, όπου τα δεδομένα είναι πιο πρόσφατα, θεωρούμε ότι ο ρυθμός αύξησης του πληθυσμού στο νομό Χανίων, θα είναι σταθερός και υπολογίστηκε από τον παρακάτω τύπο:

$$a = \exp\left[\frac{1}{(t_2 - t_1)}\left(\ln P_2 - \ln P_1\right)\right]^{-1}$$

Επομένως, ο ρυθμός αύξησης είναι ίσος με α=0,002

Ο μελλοντικός πληθυσμός υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$P_n = P_0 \cdot (1 + a)^n$$

όπου: P_0 ο σημερινός πληθυσμός, P_n ο πληθυσμός μετά από n έτη και a η σταθερή ετήσια ποσοστιαία αύξηση του πληθυσμού.

Πίνακας 4.19: Μόνιμος Πληθυσμός για τα έτη πρόβλεψης.

Έτη πρόβλεψης	Πληθυσμός
2011	151.398
2021	154.453
2031	157.570

Εποχιακός πληθυσμός

Η εκτίμηση του μελλοντικού εποχιακού πληθυσμού για τα έτη πρόβλεψης, τα οποία είναι το 2011, το 2021 και το 2031, γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τα εξής, όσον αφορά στην αύξηση του αριθμού των τουριστικών κλινών και την πληρότητα τους:

- Ο ετήσιος ρυθμός αύξησης των τουριστικών κλινών, λαμβανομένου υπόψη του μέσου ποσοστού αύξησης των τουριστικών κλινών σε επίπεδο χώρας, που είναι 2%, λαμβάνεται: για την δεκαετία 2001-2011 ίσος με 20%, για τη δεκαετία 2011-2021 ίσος με 15% και για την δεκαετία 2021-2031 ίσος με 10%.
- Η μέση πληρότητα των τουριστικών κλινών θεωρείται ότι θα παραμείνει ίδια με αυτή του έτους αναφοράς (2007), δηλαδή 70%

Με βάση τα ανωτέρω προκύπτει ο αριθμός των τουριστικών κλινών και των διανυκτερεύσεων (βασιζόμενοι στα στοιχεία για το έτος αναφοράς).

Πίνακας 4.20: Πραγματικός αριθμός τουριστικών κλινών για τα έτη πρόβλεψης.

	2011	2021	2031
Τουριστικές κλίνες	49.955	57.448	63.193

Αντίστοιχα οι διανυκτερεύσεις σε ξενοδοχειακά καταλύματα και κάμπινγκ θα είναι:

Πίνακας 4.21: Πραγματικός αριθμός διανυκτερεύσεων για τα έτη πρόβλεψης.

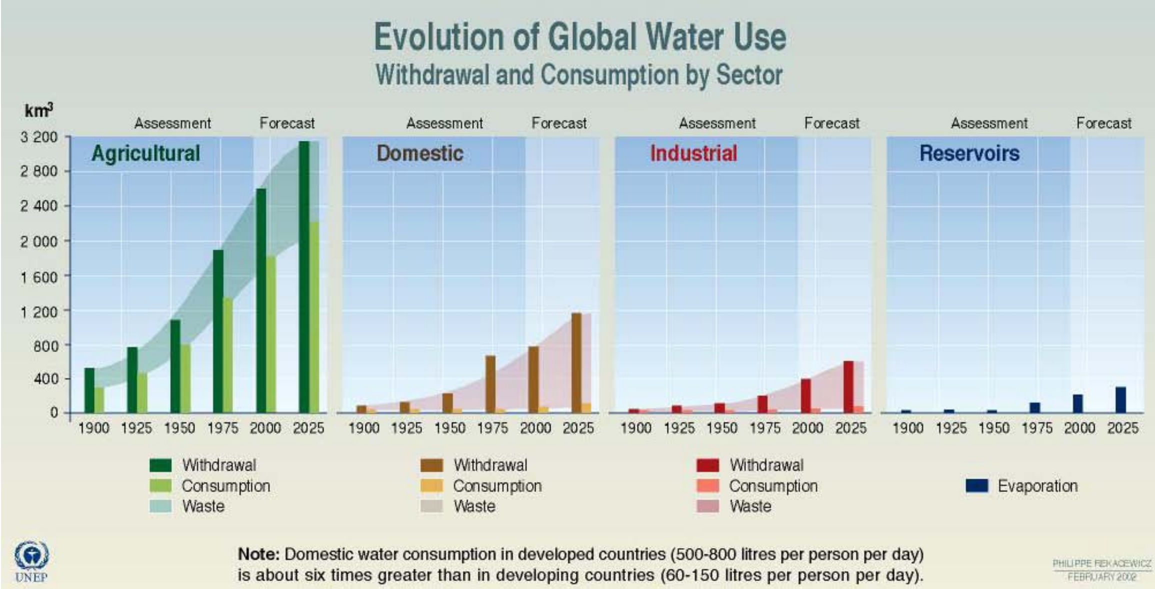
	2011	**2021**	**2031**
ΙΑΝ	13.739	15.800	17.380
ΦΕΒ	17.674	20.325	22.357
ΜΑΡ	38.218	43.950	48.345
ΑΠΡ	185.981	213.878	235.266
ΜΑΪ	576.199	662.629	728.892
ΙΟΥΝ	788.382	906.639	997.303
ΙΟΥΛ	980.591	1.127.679	1.240.447
ΑΥΓ	345.516	397.343	437.078
ΣΕΠ	793.873	912.954	1.004.250
ΟΚΤ	226.392	260.351	286.386
ΝΟΕΜ	41.305	47.501	52.251
ΔΕΚ	15.150	17.423	19.165
Σύνολο	**4.660.222**	**5.359.255**	**5.895.180**

4.3.3 Εκτίμηση μελλοντικών αναγκών ύδρευσης για τα έτη πρόβλεψης

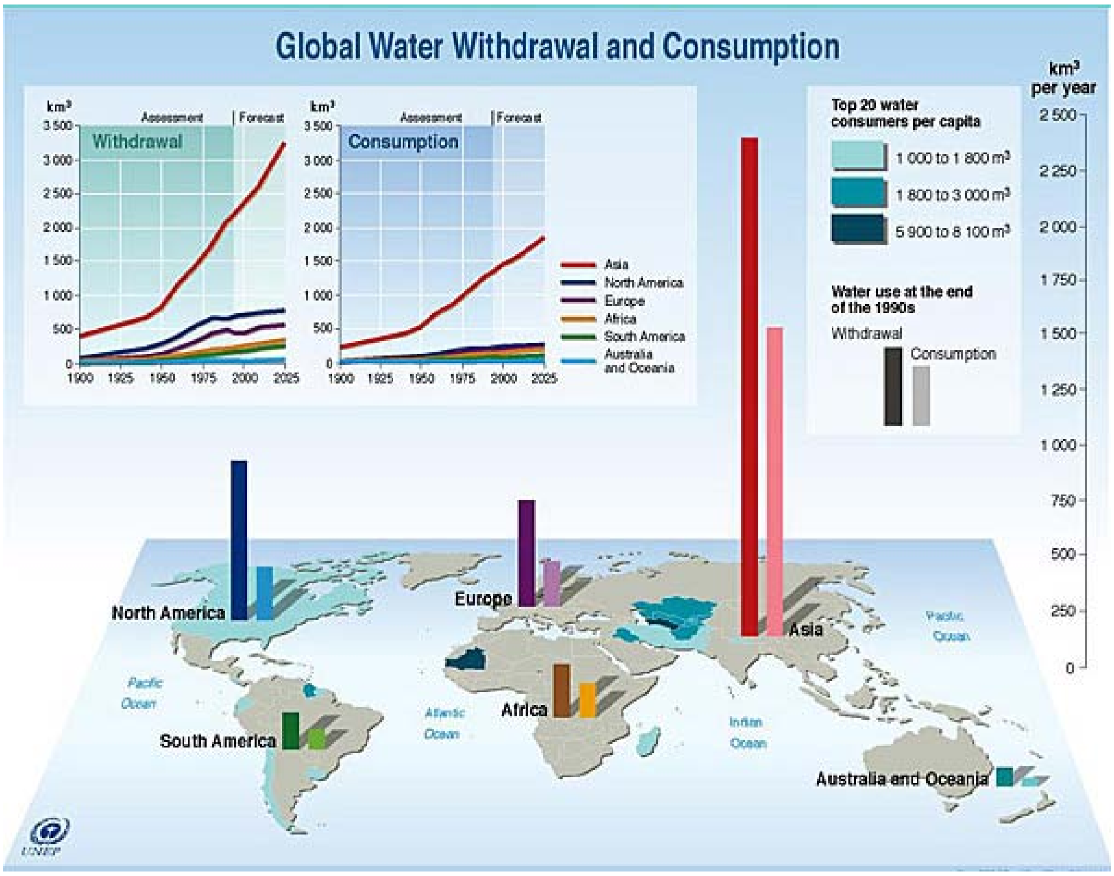
Για τα έτη πρόβλεψης (2011, 2021, 2031) οι ανάγκες σε ύδρευση υπολογίζονται, όπως και για το έτος αναφοράς (2007) με βάση τη μέση κατανάλωση ανά κάτοικο και ανά διανυκτέρευση στο νομό.

Επίσης, όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 4.2.1.3 η κατανάλωση νερού ποικίλει ανάλογα με την χώρα και αυξάνεται συνεχώς. Όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα 4.22 και 4.23 η κατανάλωση αυξάνεται. Επομένως και εμείς για τα έτη πρόβλεψης θα θεωρήσουμε μεγαλύτερη μέση ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο.

Διάγραμμα 4.22: Παγκόσμια χρήση νερού για οικιακή χρήση και μελλοντικά (UNEP).



Διάγραμμα 4.23: Παγκόσμια κατανάλωση νερού (UNEP).



Στο μέλλον, οι ετήσιες παγκοσμίως καταναλώσεις εκτιμούνται ότι θα αυξηθούν από 10-12% κάθε 10 χρόνια.

Για τα έτη πρόβλεψης, η μέση ημερήσια κατανάλωση θεωρήθηκε ίση με ***250 lt/κάτοικο/ημέρα***, ενώ για τον εποχιακό πληθυσμό ίση με ***350 lt/διανυκτέρευση***.

Σημειώνεται ότι για τον υπολογισμό των αναγκών ύδρευσης, για τα έτη πρόβλεψης, λαμβάνεται υπόψη και ο συντελεστής απωλειών ίσος με 20% της συνολικής ζήτησης, συντελεστής μικρότερος του 30% που ελήφθη για το έτος αναφοράς, δεδομένης της συνεχούς βελτίωσης των δικτύων ύδρευσης, με τα έργα αντικατάστασης τους, που εκτελούνται και την καλύτερη συντήρησή τους.

Άρα, η μέση ημερήσια κατανάλωση γίνεται ***360 lt/κάτοικο/ημέρα*** για τον μόνιμο πληθυσμό και ***500 lt/κάτοικο/ημέρα*** για τον εποχιακό.

Ο υπολογισμός των μηνιαίων καταναλώσεων, θα γίνεται με βάση την διαδικασία, η οποία αναλυτικά αναφέρθηκε παραπάνω «Υπολογισμός αναγκών ύδρευσης για το έτος αναφοράς 2007». Ακολουθούν πίνακες που δείχνουν τις ανάγκες σε νερό ύδρευσης για τα τρία έτη πρόβλεψης.

Πίνακες 4.24: Συνολική κατανάλωση νερού ύδρευσης για τα έτη πρόβλεψης.

2011	**Συνολική Κατανάλωση *(σε Mm^3)***
ΙΑΝ	1.369
ΦΕΒ	1.371
ΜΑΡ	1.654
ΑΠΡ	2.273
ΜΑΪ	3.013
ΙΟΥΝ	3.664
ΙΟΥΛ	4.033
ΑΥΓ	3.716
ΣΕΠ	3.122
ΟΚΤ	2.293
ΝΟΕΜ	1.383
ΔΕΚ	1.370
Σύνολο	**29.582**

2021	**Συνολική Κατανάλωση *(σε Mm^3)***
ΙΑΝ	1.398
ΦΕΒ	1.400
ΜΑΡ	1.690
ΑΠΡ	2.331
ΜΑΪ	3.112
ΙΟΥΝ	3.790
ΙΟΥΛ	4.178
ΑΥΓ	3.813
ΣΕΠ	3.237
ΟΚΤ	2.354
ΝΟΕΜ	1.414
ΔΕΚ	1.399
Σύνολο	**30.482**

2031	**Συνολική Κατανάλωση *(σε Mm^3)***
ΙΑΝ	1.427
ΦΕΒ	1.429
ΜΑΡ	1.726
ΑΠΡ	2.387
ΜΑΪ	3.201
ΙΟΥΝ	3.902
ΙΟΥΛ	4.307
ΑΥΓ	3.906
ΣΕΠ	3.338
ΟΚΤ	2.412
ΝΟΕΜ	1.444
ΔΕΚ	1.428
Σύνολο	**31.311**

Διάγραμμα 4.25: Συγκριτικό διάγραμμα για τις συνολικές ανάγκες ύδρευσης.

Όπως φαίνεται και από το παραπάνω διάγραμμα, οι ανάγκες ύδρευσης για το νομό Χανίων, αυξάνονται όπως είναι φυσικό. Αρχικά η αύξηση είναι πιο μεγάλη μετά όμως είναι κάπως μικρότερη.

4.4 Ανάγκες σε άρδευση

4.4.1 Γενικά

Στα ελληνικά νησιά η άρδευση αποτελεί μια σημαντική χρήση υδατικών πόρων, η οποία όμως, στη συντριπτική πλειοψηφία των νησιών, δεν βρίσκεται σε πρώτη προτεραιότητα, εξαιτίας της στενότητας διαθέσιμων υδατικών πόρων, της έλλειψης γεωργικής γης υψηλής αξίας και του οικονομικού προσανατολισμού των νησιών στον τουρισμό.

Η φύση είναι γενναιόδωρη, αλλά όχι πάντα αξιόπιστη. Η άρδευση έχει αναπτυχθεί κυρίως σε ξηρές περιοχές, όπου οι βροχοπτώσεις δεν αρκούν ώστε να προσφέρουν στα φυτά το νερό που χρειάζονται για να αναπτυχθούν. Συχνά, η άρδευση σε υγρές ή ημί-υγρές περιοχές καλείται συμπληρωματική άρδευση. Παρόλα αυτά κάθε είδους άρδευση είναι συμπληρωματική στις φυσικές βροχοπτώσεις και η ποσότητα του νερού με την οποία πρέπει να αρδευτεί μία έκταση είναι αντιστρόφως ανάλογη των κατακρημνίσεων. Ο παρακάτω πίνακας 4.26, δείχνει τις περιοχές της γης σε σχέση με τις κατακρημνίσεις. Οι ξηρές και ημί-ξηρές περιοχές, καταλαμβάνουν το 55% της συνολικής έκτασης της γης (Thorne and Peterson, 1954).

Πίνακας 4.26: Περιοχές της γης σε σχέση με τις κατακρημνίσεις, (Thorne and Peterson, 1954).

Κλιματολογική Ταξινόμηση	**Ετήσιες Κατακρημνίσεις σε mm**	**Ποσοστό σε έκταση γης**
Ξηρό	Λιγότερο από 254	25
Ημί-ξηρό	254-508	30
Ημί-υγρό	508-1.016	20
Υγρό	1.160-1.524	11
Υγρό	1.524-2.032	9
Πολύ υγρό	Περισσότερο από 2.032	5

Με βάση την παραπάνω ταξινόμηση αλλά και με βάση τα στοιχεία για τις ετήσιες κατακρημνίσεις στο νησί, η Κρήτη που θεωρείται ημι-υγρή (700-1000mm ετησίως). Το μεγαλύτερο ποσοστό του νερού που καταναλώνεται στο νησί, σύμφωνα με προηγούμενες μελέτες, αντιστοιχεί στην άρδευση σε ποσοστό 84,5% περίπου σε σχέση με την ολική κατανάλωση,(Chartzoulakis et al., 2001). Αυτό είναι απόλυτα λογικό από τη στιγμή που διαθέτει μεγάλο αριθμό καλλιεργήσιμων εκτάσεων και εξάγει μεγάλες ποσότητες προϊόντων και στην υπόλοιπη Ελλάδα.

Οι παράγοντες που καθιστούν οικονομικά κερδοφόρα την άρδευση των καλλιεργειών, είναι οι μεγάλες διαθέσιμες ποσότητες νερού άρδευσης και οι ενιαίες εκτάσεις γεωργικής γης. Στα μεγαλύτερα νησιά, όπως η Κρήτη, γίνεται μια προσπάθεια για άρδευση μέσω οργανωμένων δικτύων, το σύνηθες όμως είναι η άρδευση να γίνεται κυρίως μέσω ιδιωτικών γεωτρήσεων και τοπικών μικρών συλλογικών δικτύων.

Η συνεχής ζήτηση νερού για άρδευση, άσκησε, όπως ήταν φυσικό, ισχυρότατη πίεση πάνω στους διαθέσιμους υδατικούς πόρους της χώρας. Τη μεγαλύτερη πίεση έχουν δεχτεί οι υπόγειοι υδατικοί πόροι, για τους οποίους η απόληψη νερού, είναι κατά κανόνα, μεγαλύτερη από τη φυσική διαδικασία αναπλήρωσής τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, στην Κρήτη υπάρχουν πολλές παραθαλάσσιες περιοχές στις οποίες είναι πολύ έντονο το φαινόμενο της υφαλμύρινσης εξαιτίας της αλόγιστης απόληψης νερού, από παράνομες και μη γεωτρήσεις, (Χανιά: μεγάλο πρόβλημα στην περιοχή των Φαλασσάρνων, λόγω των μεγάλων εκτάσεων με θερμοκήπια).

Ο υπολογισμός των αναγκών για άρδευση, στην περιοχή μελέτης, έγινε για το έτος 2005, διότι δεν υπήρχαν στοιχεία για το 2007 που θεωρήσαμε έτος αναφοράς στον υπολογισμό των αναγκών της ύδρευσης. Υποθέσαμε ότι δεν υπάρχει διαφορά και υπολογίσαμε τις συνολικές ανάγκες σαν να είναι το έτος αναφοράς. Επίσης, ο υπολογισμός των αναγκών της άρδευσης, έγινε και για τα έτη 2011, 2021 και 2031 (έτη πρόβλεψης). Στοιχεία για την κατανομή των αρδευόμενων ή μη εκτάσεων, ανά ομάδα καλλιεργειών, στην περιοχή μελέτης ελήφθησαν από την Ε.Σ.Υ.Ε., η οποία ομαδοποιεί τις γεωργικές εκτάσεις σε 4 βασικές κατηγορίες καλλιεργειών: α) αροτραίες[2] β) δενδρώδεις γ) αμπέλια και σταφιδάμπελα δ) λοιπές καλλιεργούμενες εκτάσεις[3], και εμφανίζει τόσο τη συνολική έκταση αυτών όσο και την αρδευόμενη έκτασή τους.

[2] Στις αροτραίες καλλιέργειες περιλαμβάνονται οι εκτάσεις που καλύπτονται από καλλιέργειες που υπόκεινται στο σύστημα της εναλλαγής των καλλιεργειών (αμειψισπορά). Επίσης, περιλαμβάνονται και πολυετείς καλλιέργειες που αντιμετωπίζονται ως κηπευτικά ή καλλωπιστικά φυτά (σπαράγγια, φράουλες, τριαντάφυλλα, διακοσμητικοί θάμνοι που καλλιεργούνται για λουλούδια ή τα φύλλα τους κλπ.).

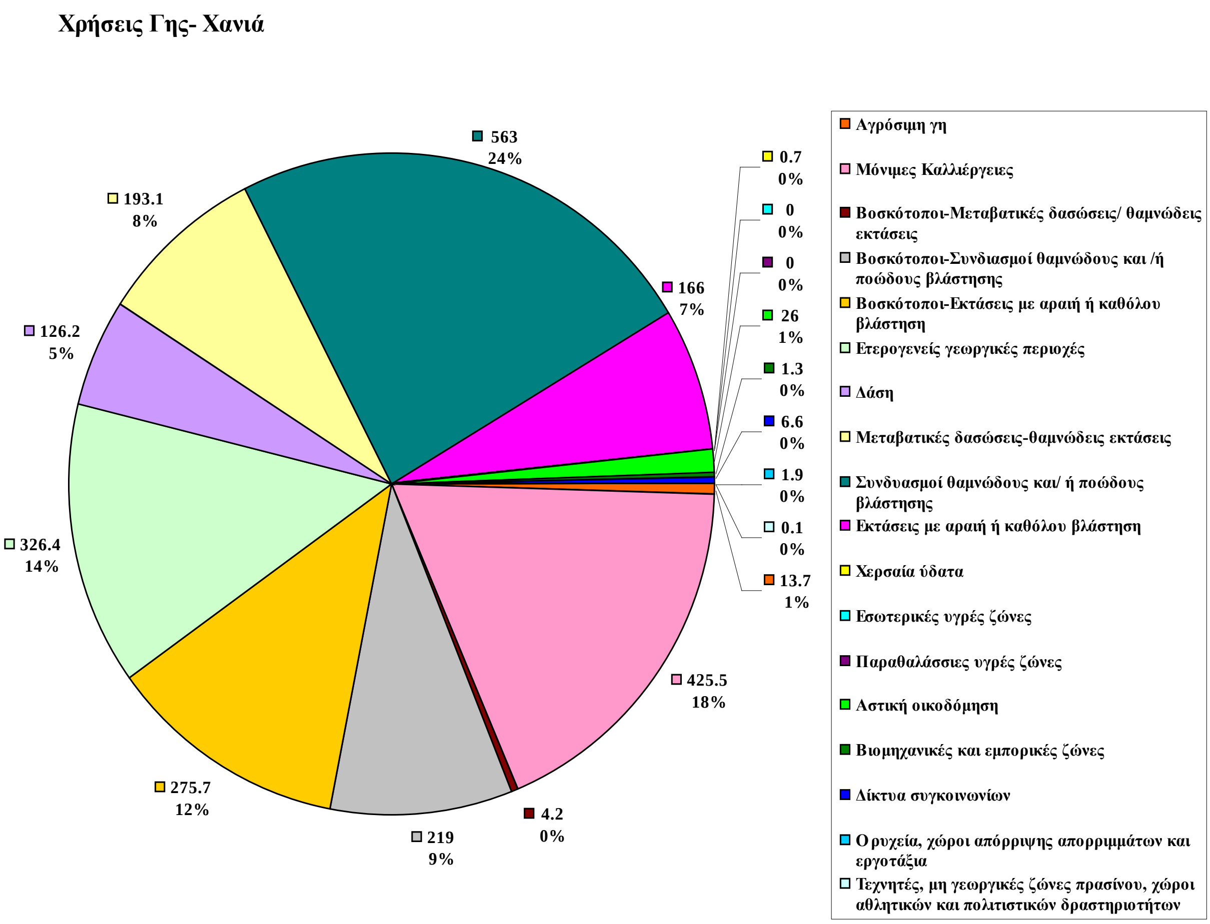
[3] περιλαμβάνονται: οι οικογενειακοί λαχανόκηποι, τα μόνιμα λιβάδια και βοσκοτόπια, τα φυτώρια και τις άλλες πολυετείς φυτείες

4.4.2 Χρήσεις γης

Η ταξινόμηση των περιοχών με βάση την χρήση γης τους είναι: γεωργικές περιοχές όπως μόνιμες καλλιέργειες και βοσκότοποι, φυσικές που συμπεριλαμβάνουν εκτάσεις δασώδεις, θαμνώδεις και ερημικές, εκτάσεις που καλύπτονται από νερά, όπως οι λίμνες και τεχνητές περιοχές όπου συγκαταλέγονται τα αστικά οικοδομήματα, οι βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες, τα δίκτυα συγκοινωνιών, τα ορυχεία, οι χώροι αθλητικών και πολιτιστικών δραστηριοτήτων. Οι χρήσεις γης για το νομό Χανίων, όπως προκύπτουν από την επεξεργασία στοιχείων της Ε.Σ.Υ.Ε. για το έτος 2000 παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα 4.27.

Οι γεωργικές περιοχές καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο τμήμα του νησιού με έκταση 1.264,5 km^2 και ποσοστό 53,8% επί της ολικής εκτάσεως. Τα δάση και οι ημι-φυσικές εκτάσεις κατέχουν το 44,6% ενώ τα νερά και οι τεχνητές περιοχές το υπόλοιπο 1,6%.

Σχήμα 4.27: Κατανομή της έκτασης του νομού Χανίων κατά βασικές κατηγορίες χρήσης/κάλυψης.



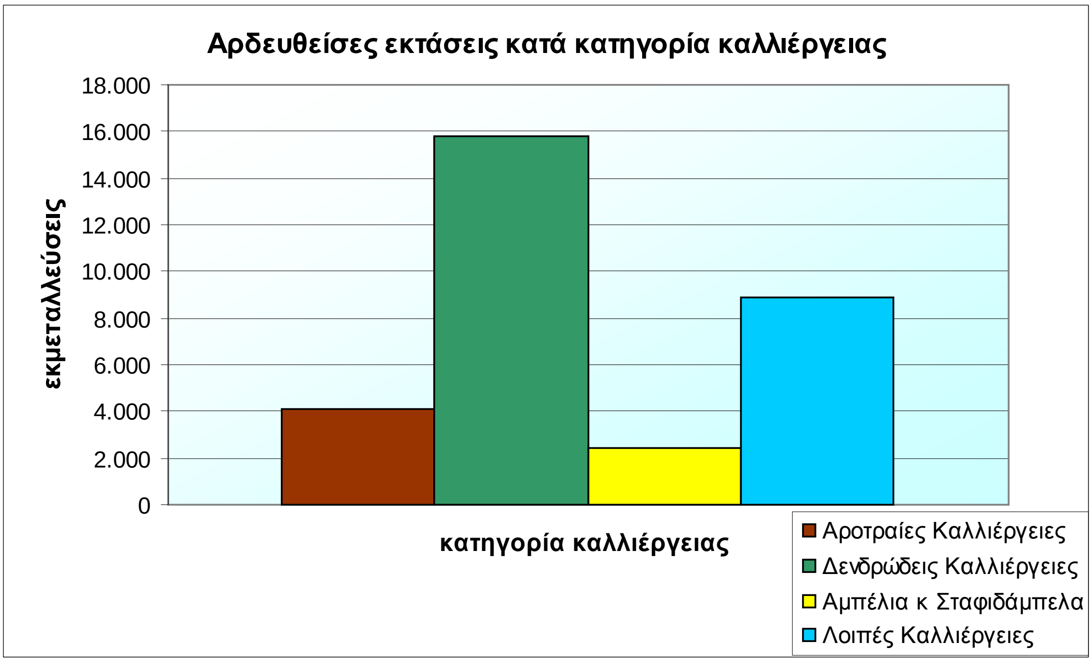
Οι αγροτικές υδατικές ανάγκες για το Νομό Χανίων υπολογίζονται και εξαρτώνται από τις παραμέτρους: το είδος καλλιεργειών, τον τρόπο άρδευσης και τον τρόπο μεταφοράς του νερού στις αρδευόμενες εκτάσεις. Οι υπολογισμοί για το Νομό Χανίων παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω.

4.4.3 Καλλιέργειες στο Νομό Χανίων

Με βάση στοιχεία της Ε.Σ.Υ.Ε. (2005) το σύνολο των γεωργικών εκμεταλλεύσεων στο Νομό Χανίων ανέρχεται στις 22.719, από τις οποίες οι 19.355 είναι οι εκμεταλλεύσεις που ποτίστηκαν ή μπορούν να ποτιστούν τουλάχιστον μία φορά (αρδευόμενες εκτάσεις) και οι 18.180 οι εκμεταλλεύσεις που ποτίστηκαν τουλάχιστον μία φορά (αρδευθείσες εκτάσεις). Από αυτές τώρα, οι 4.112 ήταν αροτραίες καλλιέργειες, οι 15.796 δενδρώδεις καλλιέργειες, οι 2.438 αμπέλια και σταφιδάμπελα, ενώ οι 8.872 είναι λοιπές καλλιεργούμενες εκτάσεις (κυρίως κηπευτικά) (διάγραμμα 4.28).

Όπως φαίνεται και στον πίνακα 4.29 (Ε.Σ.Υ.Ε.), η γεωργική γη στο νησί είναι 240.432 στρέμματα αρδευόμενης γης. Από αυτά τα 12.130 στρέμματα είναι αροτραίες καλλιέργειες, τα 216.270 στρέμματα είναι δενδρώδεις καλλιέργειες, τα 6.543 στρέμματα είναι αμπέλια και σταφιδάμπελα και τα 5.489 στρέμματα είναι άλλες καλλιέργειες.

Διάγραμμα 4.28: Αρδευθείσες εκτάσεις, (Ε.Σ.Υ.Ε., 2005).



Πίνακας 4.29: Εκμεταλλεύσεις με Αρδευθείσες εκτάσεις, κατά κατηγορία καλλιέργειας και κατά τάξεις μεγέθους της χρησιμοποιούμενης γεωργικής έκτασης των εκμεταλλεύσεων αυτών. (ΕΣΥΕ, Έρευνα διάρθρωσης γεωργικών και κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων έτους 2005).

Εκτάσεις σε Στρέμματα

	ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΙΣ ΜΕ ΑΡΔΕΥΘΕΙΣΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ		**ΑΡΔΕΥΘΕΙΣΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ**							
			ΑΡΟΤΡΑΙΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ		**ΔΕΝΔΡΩΔΕΙΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ**		**ΑΜΠΕΛΙΑ ΚΑΙ ΣΤΑΦΙΔΑΜΠΕΛΑ**		**ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ**	
	ΕΚΜ/ΣΕΙΣ	***ΕΚΤΑΣΕΙΣ***	***ΕΚΜ/ΣΕΙΣ***	***ΕΚΤΑΣΕΙΣ***	***ΕΚΜ/ΣΕΙΣ***	***ΕΚΤΑΣΕΙΣ***	***ΕΚΜ/ΣΕΙΣ***	***ΕΚΤΑΣΕΙΣ***	***ΕΚΜ/ΣΕΙΣ***	***ΕΚΤΑΣΕΙΣ***
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
ΝΟΜΟΣ ΧΑΝΙΩΝ	18.180	240.432	4.112	12.130	15.796	216.270	2.438	6.543	8.872	5.489
Μέχρι 4,9 στρ.	2.964	7.412	180	213	2.555	6.490	126	107	1.113	601
5 - 9,9 στρ.	3.115	15.581	236	522	2.777	14.109	230	251	1.153	699
10 - 19,9 στρ.	4.114	38.745	679	1.115	3.760	35.551	388	755	2.004	1.324
20 - 29,9 στρ.	2.198	30.926	482	1.079	1.852	28.246	415	877	1.244	724
30 - 49,9 στρ.	2.191	45.475	759	2.060	1.891	41.523	425	1.192	1.211	700
50 - 79,9 στρ.	1.282	34.683	520	1.765	1.074	31.546	254	951	784	421
80 - 99,9 στρ.	533	12.390	324	1.089	421	10.477	176	589	366	236
100 - 149,9 στρ.	614	19.419	350	713	533	17.815	183	645	332	246
150 - 199,9 στρ.	275	7.560	150	491	240	6.424	71	511	182	134
200 - 249,9 στρ.	117	4.833	60	280	93	4.503	12	14	53	36
250 - 299,9 στρ.	175	7.833	96	554	150	7.081	41	123	88	75
300 - 399,9 στρ.	222	5.634	105	1.368	177	3.996	40	182	130	88
400 - 499,9 στρ.	96	2.332	35	98	88	2.155	10	55	37	24
500 - 999,9 στρ.	255	4.795	122	687	159	3.796	59	146	157	166
1000 στρ. και άνω	28	2.815	15	97	25	2.557	8	147	17	14

4.4.4 Εξατμισοδιαπνοή-Ορισμοί

Ο όρος **εξάτμιση** (evaporation) χρησιμοποιείται στην υδρολογία για να περιγράψει, τόσο φαινομενολογικά, όσο και ποσοτικά, τη μετατροπή του νερού από την υγρή στην αέρια φάση (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999). Ο φυσικός ρυθμός εξάτμισης καθορίζεται από τρεις θεμελιώδεις παράγοντες: (α) τη φυσική διαθεσιμότητα (παρουσία) του νερού σε υγρή φάση, (β) τη διαθεσιμότητα ενέργειας στην επιφάνεια του νερού για την πραγματοποίηση της εξάτμισης και (γ) την ευκολία με την οποία με την οποία διαχέονται οι υδρατμοί στην ατμόσφαιρα.

Η μετατροπή του νερού σε υδρατμούς που πραγματοποιείται στους πόρους της χλωρίδας, και ιδίως των φυλλωμάτων των φυτών, είναι γνωστή ως **διαπνοή** (transpiration). Το νερό των φυτών απορροφάται από το έδαφος μέσω των ριζών και μέσω του αγγειακού συστήματος οδηγείται στους πόρους των φυλλωμάτων, γνωστούς ως στόματα, απ' όπου διαπνέεται. Η βασική διαφορά της διαπνοής από την εξάτμιση από υδάτινες επιφάνειες ή βρεγμένο έδαφος, έγκειται στο γεγονός ότι τα κύτταρα των φυτών ελέγχουν το ρυθμό της διαπνοής, μέσω της ρύθμισης των ανοιγμάτων των στομάτων.

Με τον όρο υδατοκατανάλωση (water consumption) των καλλιεργειών[4] εννοούμε την ολική ποσότητα που χρησιμοποιείται για τη διαπνοή των φυτών, την εξάτμιση από τις επιφάνειες φυτών και εδάφους καθώς και την ποσότητα που χρειάζεται για κατασκευή των ιστών και του κορμού. Σε μια κανονική περίοδο αναπτύξεως η ποσότητα που παραμένει στο φυτό για τη δόμηση του είναι λιγότερο από το 1% της συνολικής ποσότητας που καταναλώθηκε στην εξάτμιση και τη διαπνοή (Τσακίρης, 2004).

Το σύνολο των πραγματικών απωλειών νερού από την εξάτμιση εδαφών και από την διαπνοή της χλωρίδας αποδίδεται μαζικά με τον όρο **εξατμισοδιαπνοή** (ή διεθνώς evapotranspiration). Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι η εξατμισοδιαπνοή από εδαφικές επιφάνειες, φυτοκαλυμμένες ή όχι, εξαρτάται από την διαθεσιμότητα νερού στο έδαφος (και κατά συνέπεια και στους ιστούς των φυτών), ενώ δεν συμβαίνει το

[4] Ο όρος υδατοκατανάλωση είναι επίσης γνωστός σαν *Χρήσιμη Κατανάλωση ή Αναγκαία Κατανάλωση* (Consumptive Use).

ίδιο με την εξάτμιση από υδάτινες επιφάνειες (π.χ. λίμνες, όπου προφανώς η διαθεσιμότητα νερού είναι δεδομένη και δεν αποτελεί περιοριστικό παράγοντα).

Αντικειμενικός σκοπός της άρδευσης είναι ο εφοδιασμός των καλλιεργειών με το απαραίτητο νερό για την κανονική ανάπτυξη και μεγιστοποίηση της απόδοσής τους σε συνδυασμό με υψηλή ποιότητα προϊόντων (Παπαζαφειρίου, 1998).

Το είδος των φυτών που απαρτίζουν τις διάφορες καλλιέργειες διαφέρουν μεταξύ τους σε ότι αφορά τη βλαστική τους περίοδο, το βάθος και την πυκνότητα του ριζικού συστήματος, την πυκνότητα, την έκταση και την ανακλαστικότητα του φυλλώματος και τον τρόπο που καλλιεργούνται. Οι διαφορές αυτές συνεπάγονται αντίστοιχες διαφοροποιήσεις της εξατμισοδιαπνοής από καλλιέργεια σε καλλιέργεια.

Γενικά, η εξατμισοδιαπνοή είναι φαινόμενο εξάτμισης που γίνεται κάτω από ειδικές συνθήκες. Για να υπάρξει εξάτμιση χρειάζεται ενέργεια και, συγκεκριμένα, για την εξάτμιση ενός γραμμαρίου νερού χρειάζεται ενέργεια ίση περίπου με 590cal. Στη φύση η πηγή που προμηθεύει την ενέργεια αυτή στις καλλιέργειες είναι ο ήλιος. Το μέγεθος και ο ρυθμός της εξατμισοδιαπνοής είναι συνάρτηση της κινητικότητας των υδρατμών που, κατά κύριο λόγο, διαμορφώνεται από την ταχύτητα του ανέμου, τη σχετική υγρασία και τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας.

Τα παραπάνω δείχνουν ότι η εξατμισοδιαπνοή μιας καλλιέργειας διαμορφώνεται:

- από τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας και το ποσοστό κάλυψης του εδάφους από το φύλλωμά της και
- από τους κλιματικούς παράγοντες, κυριότεροι από τους οποίους είναι η καθαρή ηλιακή ακτινοβολία, η ταχύτητα του ανέμου, η σχετική υγρασία και η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας (Τερζίδη και Παπαζαφειρίου, 1997).

Το νερό που χρειάζεται για την κανονική ανάπτυξη και βέλτιστη απόδοση μιας καλλιέργειας εκφράζεται με τον όρο *ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας* και αντιπροσωπεύεται από την ***εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας (ET_C),*** είναι δε η εξατμισοδιαπνοή αυτή που το νερό που καταναλώνεται που είναι ελεύθερη από κάθε είδους φυτικές ασθένειες, αναπτύσσεται σε μεγάλα χωράφια, χωρίς περιορισμούς στη διαθεσιμότητα νερού και θρεπτικών στοιχείων και επιτυγχάνεται το μέγιστο της απόδοσης κάτω από τις συνθήκες του περιβάλλοντος στο οποίο αναπτύσσεται. Κατά τον ορισμό αυτό η ET_c είναι ισοδύναμη με τη ***μέγιστη εξατμισοδιαπνοή*** $\boldsymbol{ET_{max}}$. Το νερό που καταναλώνεται από μια καλλιέργεια κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες ενός χωραφιού (πλήρης ή μερική διαθεσιμότητα εδαφικής υγρασίας, προσβολή ή όχι από ασθένειες, γονιμότητα του χωραφιού κ.α.) αναφέρεται σαν ***πραγματική εξατμισοδιαπνοή*** $\boldsymbol{ET_a}$ της οποίας, το άνω όριό της είναι η ET_{max}.

Η επίδραση του κλίματος στην εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας εκφράζεται από την ***εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ή βασική εξατμισοδιαπνοή*** $\boldsymbol{ET_r}$ η οποία ορίζεται σαν η εξατμισοδιαπνοή από μια καλλιέργεια “αναφοράς ή βάσης” που αναπτύσσεται δυναμικά κάτω από πλήρους επάρκειας νερού. Η εξατμισοδιαπνοή κάθε άλλης καλλιέργειας διαφέρει από τη βασική εξατμισοδιαπνοή σαν συνέπεια των διαφορών που παρουσιάζουν τα χαρακτηριστικά της, μορφολογικά και φυσιολογικά, από αυτά της καλλιέργειας βάσης. Η διαφοροποίηση της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας ET_c *από τη βασική εξατμισοδιαπνοή* ET_r εκφράζεται από το φυτικό συντελεστή k_c, έτσι που να διαμορφώνεται η βασική σχέση:

$$ET_c = k_c \cdot ET_r \text{ ή } k_c = \frac{ET_c}{ET_r}$$

Ο υπολογισμός της βασικής εξατμισοδιαπνοής γίνεται με διαδικασίες που βασίζονται σε μετρήσιμες κλιματικές παραμέτρους. Για το σκοπό αυτό έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι που διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τον αριθμό και το είδος των κλιματικών παραμέτρων που χρησιμοποιούν και τον τρόπο διασύνδεσης τους (Παπαζαφειρίου, 1998).

4.4.5 Μέθοδοι Εκτίμησης της Εξατμισοδιαπνοής

4.4.5.1 Εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής με μεθόδους συνδυασμού

Ο **Penman** (1948) ήταν ο πρώτος που έκανε εφικτή την εκτίμηση της εξάτμισης από μετρήσεις θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας και ταχύτητας ανέμου σε μία μόνο στάθμη της ατμόσφαιρας, μέσα από το συνδυασμό των δύο γνωστών τρόπων εκτίμησής της (εξίσωση μεταφοράς και εξίσωση ενεργειακού ισοζυγίου). Ως τότε η εκτίμηση της εξάτμισης προϋπέθετε τη μέτρηση όλων αυτών των παραγόντων σε δύο επίπεδα (επιφάνεια και ατμόσφαιρα). Η εξίσωση Penman κανονικά εφαρμόζεται για την εκτίμηση της εξάτμισης από υδάτινη επιφάνεια. Μια βασική παραδοχή για την ανάπτυξή της, η οποία ευσταθεί για υδάτινη επιφάνεια, είναι ότι οι υδρατμοί κοντά στην επιφάνεια είναι κορεσμένοι. Η παραδοχή αυτή δεν ευσταθεί στην περίπτωση της διαπνοής, όπου οι υδρατμοί δεν είναι κορεσμένοι στην επιφάνεια των φύλλων. Παρόλη την αδυναμία της αυτή, η μέθοδος Penman έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως και για την εκτίμηση της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής από εδαφικές επιφάνειες (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999).

Η **εξίσωση του Penman** είναι:

$$E' = \frac{(\Delta \cdot R_n)}{(\Delta + y) \cdot \lambda} + \frac{(\gamma \cdot F(u) \cdot D)}{(\Delta + \gamma)}$$

όπου:

Δ: η κλίση της καμπύλης της πίεσης κορεσμού υδρατμών

R_n : η ολική καθαρή ενέργεια ακτινοβολίας

γ: ψυχρομετρικός συντελεστής

λ: λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης

D : το έλλειμμα κορεσμού στην ατμόσφαιρα και είναι ίσο με: $D=e^{*}T_a{}^{*}(1-U)$

F(u): η συνάρτηση ανέμου και υπολογίζεται από τη σχέση: F(u)=0,13+0,14u.

Για να αντιμετωπίσει την παραπάνω αδυναμία της μεθόδου Penman, ο Monteith (1965) αναδιατύπωσε τη μέθοδο εισάγοντας την επιφανειακή αντίσταση των στομάτων (r_s) των φυλλωμάτων στην εξάτμιση. Προέκυψε έτσι η αποκαλούμενη μέθοδος **Penman-Monteith,** η οποία είναι κατάλληλη για την εκτίμηση της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής των φυτών και ειδικότερα της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς. Η ίδια μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την εκτίμηση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, με τη διαφορά ότι δεν αρκούν πλέον τα τυπικά για τη μέθοδο Penman μετεωρολογικά δεδομένα αλλά χρειάζονται και μετρήσεις της επιφανειακής αντίστασης των φυλλωμάτων. Η χρήση της μεθόδου Penman-Monteith τείνει να γενικευτεί τα τελευταία χρόνια σε εκτιμήσεις εξατμισοδιαπνοής, λόγω της ακριβέστερης περιγραφής του φαινομένου (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999).

Ο Monteith κατέληξε λοιπόν στην ακόλουθη τροποποιημένη σχέση Penman, γνωστή ως **εξίσωση Penman-Monteith:**

$$E' = \frac{(\Delta \cdot R_n)}{(\Delta + y^{'}) \cdot \lambda} + \frac{(\gamma \cdot F(u) \cdot D)}{(\Delta + \gamma^{'})}$$

όπου F(u)= $\frac{\varepsilon \cdot \rho_{\alpha}}{p \cdot r_{a}}$

Το 1977 οι Doorenbos and Pruitt πρότειναν ελαφρές τροποποιήσεις της μεθόδου Penman, για να την κάνουν κατάλληλη για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς. Μία τροποποίηση στη μέθοδο αυτή είναι η εισαγωγή του συντελεστή αναγωγής c, ο οποίος λαμβάνει υπόψη τις διαφορές των μετεωρολογικών συνθηκών που επικρατούν σε ένα τόπο μεταξύ ημέρας και νύχτας καθώς και η συνάρτηση ανέμου.

Από τη δεκαετία του 1970 μέχρι πρόσφατα η μέθοδος Doorenbos-Pruitt αποτέλεσε το διεθνές πρότυπο, γνωστό και ως πρότυπο F.A.O. (Food and Agriculture Organization), εκτίμησης των υδατικών αναγκών των καλλιεργειών. Ως αποτέλεσμα όλων των τροποποιήσεων της μεθόδου Penman, η μέθοδος Doorenbos-Pruitt παρουσιάζει την τάση υπερεκτίμησης της εξατμισοδιαπνοής (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999).

Η υπολογιστική πολυπλοκότητα των παραπάνω μεθόδων οδήγησε πολλούς ερευνητές στην αναζήτηση απλοποιήσεών της. Μια αρκετά διαδεδομένη, εύχρηστη και ικανοποιητικά ακριβής απλοποίηση είναι αυτή των **Priestley and Taylor** (1972). Η μέθοδος αυτή, χρησιμοποιεί μόνο τον ενεργειακό όρο της εξίσωσης Penman, τον οποίο επαυξάνει κατά 30% παραλείποντας τελείως τον όρο μεταφοράς. Κατά συνέπεια για την εφαρμογή της δε χρειάζεται να είναι γνωστή η ταχύτητα ανέμου και τα παρεπόμενα μεγέθη (τραχύτητα, επιφανειακή αντίσταση κλπ.) (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999).

4.4.5.2 Εμπειρικές μέθοδοι εκτίμησης της εξατμισοδιαπνοής

Μια άλλη κατηγορία απλοποιημένων μεθόδων προέκυψε με καθαρά εμπειρικές θεωρήσεις, χωρίς τη θεωρητική βάση των μεθόδων συνδυασμού, που περιγράφηκαν παραπάνω, οι οποίες απαιτούν πολύπλοκους υπολογισμούς και πολλά δεδομένα εισόδου. Αρκετές από αυτές βασίζονται στη θερμοκρασία και μόνο, ενώ άλλες είναι πιο σύνθετες. Από αυτές θα περιγραφεί αναλυτικά μόνο η μέθοδος που θα χρησιμοποιήσουμε, η οποία είναι η **μέθοδος Blaney-Criddle**, στις υπόλοιπες θα γίνει μία απλή αναφορά, καταγράφοντας κάποια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ανάλογα με το που εφαρμόζονται.

Μέθοδος Blaney-Criddle

Στην αρχική της μορφή (Blaney and Criddle, 1950) εκτιμά τη μηνιαία δυνητική εξατμισοδιαπνοή μιας καλλιέργειας με βάση την ακόλουθη απλή σχέση, η οποία έχει μοναδικό μετεωρολογικό δεδομένο εισόδου τη θερμοκρασία:

$$E_p = 0.254 \cdot K_c \cdot p \cdot (32 + 1.8T_a)$$

όπου:

E_p: η δυνητική εξατμισοδιαπνοή σε mm/μήνα

k_c : συντελεστής καταναλωτικής χρήσης (φυτικός συντελεστής)

T_a: θερμοκρασία σε °C

p = ποσοστό (%) των ωρών ημέρας του συγκεκριμένου μήνα σε σχέση με το σύνολο των ωρών ημέρας του έτους. Αλλάζει ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος.

Η μέθοδος αυτή έχει χρησιμοποιηθεί ευρύτατα σε πολλές χώρες και ειδικότερα στην Ελλάδα για την εκτίμηση των αρδευτικών αναγκών (Παπαζαφειρίου, 1998).

Μέθοδος Thornthwaite

Η εμπειρική μέθοδος του Thornthwaite έχει χρησιμοποιηθεί στην πράξη περισσότερο από κάθε άλλη, διεθνώς αλλά και στην Ελλάδα, λόγω των φειδωλών απαιτήσεών της σε δεδομένα εισόδου (μόνο μέση θερμοκρασία) αλλά και της παλαιότητας της (1948) (Παπαζαφειρίου, 1998).

Μέθοδος Hargreaves

Είναι μια σχετικά πρόσφατη εμπειρική μέθοδος εκτίμησης της εξατμισοδιαπνόης της καλλιέργειας αναφοράς, που απαιτεί μόνο θερμοκρασιακά δεδομένα.
Η μέθοδος αυτή φαίνεται ότι δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα με σφάλμα της τάξης του 10 - 15% ή του $1\frac{mm}{d}$ (το μεγαλύτερο από τα 2) και συστήνεται ως d μια ανεκτή προσέγγιση για την περίπτωση που τα μόνα διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα είναι τα θερμοκρασιακά (Shuttleworth, 1993).

Εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής με εξατμισίμετρο

Εξαιτίας της απλότητας τους τα εξατμισίμετρα λεκάνης χρησιμοποιούνται ευρύτατα. Η εξάτμιση από ένα εξατμισίμετρο, E_{pan}, αντιπροσωπεύει την δυνατότητα της ατμόσφαιρας να εξάγει νερό από ένα εξατμισίμετρο συγκεκριμένης μορφής, μεγέθους και χρώματος στο δεδομένο περιβάλλον. Γι' αυτό, οι ρυθμοί εξάτμισης από διάφορα εξατμισίμετρα σε μια δεδομένη τοποθεσία αναμένονται να είναι διαφορετικά. Τα "βυθισμένα" στο έδαφος εξατμισίμετρα δίνουν χαμηλότερη εξάτμιση από τα εξατμισίμετρα που είναι "πάνω από το έδαφος". Η τοποθέτηση του εξατμισιμέτρου σε κάποιο σημείο είναι κρίσιμο στοιχείο καθώς η περιβάλλουσα περιοχή διαδραματίζει σημαντικό ρόλο (Mcllroy και Augus, 1964).

Τα δεδομένα των εξατμισιμέτρων λεκάνης έχει γίνει προσπάθεια να χρησιμοποιηθούν για την μελέτη δύο κυρίως προβλημάτων. Το πρώτο είναι η εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής από μια καλά αρδευόμενη φυτοκαλυμμένη επιφάνεια και το δεύτερο ο προσδιορισμός της εξάτμισης από λίμνη. Σαν φυσικό φαινόμενο, η εξάτμιση από οποιοδήποτε τύπο εξατμισιμέτρου είναι αρκετά διαφορετική από την εξατμισοδιαπνοή από μια φυτοκαλυμμένη επιφάνεια. Παρ' όλα αυτά, πειράματα στα χωράφια έχουν δείξει ότι για μακρές χρονικές περιόδους η εξάτμιση από τα εξατμισίμετρα λεκάνης έχει υψηλή συσχέτιση με την εξατμισοδιαπνοή από την περιβάλλουσα καλλιέργεια υπό συνθήκες πλήρους κάλυψης και πλήρους παροχής νερού (Penman (1948), McIlroy και Angus (1964), Pruitt (1966)).

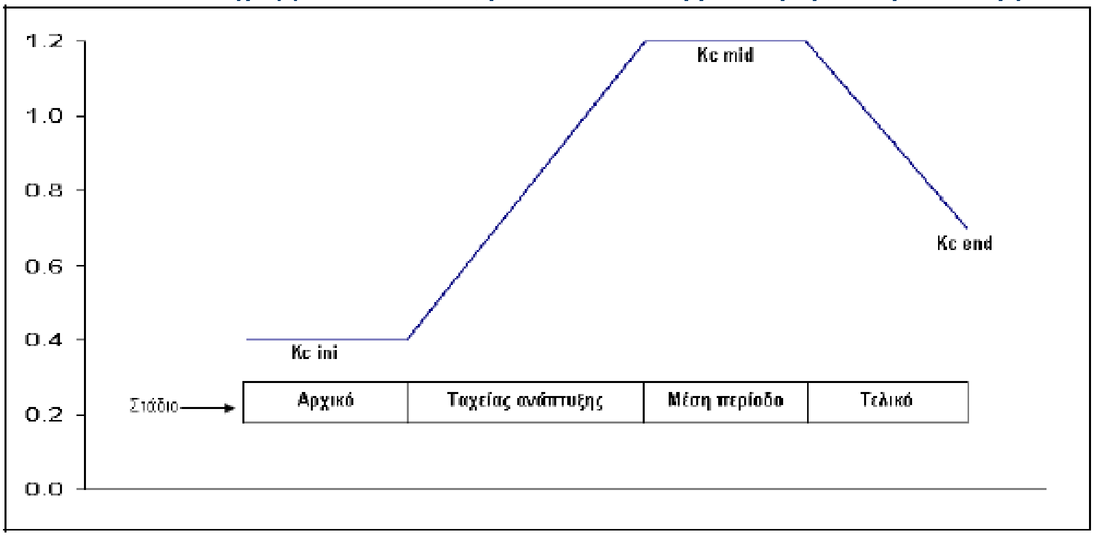
Η σχετικότητα και η ακρίβεια μιας συγκεκριμένης μεθόδου εξαρτάται από τις συνθήκες χρησιμοποίησής της. Είναι προφανές ότι δεν υπάρχει μέθοδος που να παρουσιάζει μόνο πλεονεκτήματα για όλες τις εφαρμογές. Γι' αυτό η επιλογή της κάθε μεθόδου πρέπει να γίνεται προσεκτικά για την κάθε περίσταση λαμβάνοντας πάντα υπόψη το υπόβαθρό της, τους περιορισμούς, τις προϋποθέσεις υπό τις οποίες ισχύει και τις απαιτήσεις που έχει για τη χρησιμοποίησή της (Τσακίρης, 1995).

4.4.6 Φυτικός συντελεστής k_c

Η βασική εξατμισοδιαπνοή, όπως ορίστηκε παραπάνω, αντιπροσωπεύει την εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς. Ο φυτικός συντελεστής αντιπροσωπεύει τη διαφοροποίηση της εξατμισοδιαπνοής μιας οποιασδήποτε άλλης καλλιέργειας από αυτή της καλλιέργειας αναφοράς. Οι φυτικοί συντελεστές διαφέρουν από καλλιέργεια σε καλλιέργεια, αλλά και για την ίδια την καλλιέργεια παρουσιάζουν διακύμανση κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Οι τιμές τους διαμορφώνονται ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε καλλιέργειας, τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής που αναπτύσσεται, την καλλιεργητική πρακτική και τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Για τις ετήσιες καλλιέργειες, επιπρόσθετοι παράγοντες που επηρεάζουν το k_c είναι ο χρόνος σποράς ή φύτευσης, ο ρυθμός ανάπτυξης και η συχνότητα των βροχών και αρδεύσεων κατά το αρχικό στάδιο της ανάπτυξής τους (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου 1997).

Στην καλλιέργεια αναφοράς το k_c είναι ίσο με την τιμή 1 όμως για κάθε άλλη καλλιέργεια η τιμή του είναι διαφορετική και ανάλογη με την βλαστική περίοδο στην οποία βρίσκεται. Η βλαστική περίοδος κάθε καλλιέργειας όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα χωρίζεται σε τέσσερα στάδια ανάπτυξης και διαρκεί περίπου 150 ημέρες.

Διάγραμμα 4.30: Εξέλιξη του συντελεστή βλάστησης k_c της καλλιέργειας



Τα στάδια αυτά είναι:

Στάδιο 1^{ο}: *Περίοδος εγκατάστασης της καλλιέργειας.* Το στάδιο αυτό αρχίζει με τη σπορά ή τη μεταφύτευση και φτάνει μέχρι την οριστική εγκατάσταση της καλλιέργειας, κατά την οποία τα φυτά θα έχουν αναπτυχθεί τόσο που να καλύπτουν το έδαφος σε ποσοστό όχι μεγαλύτερο από 10%. Στο στάδιο αυτό η διαπνοή είναι περιορισμένη λόγω του μικρού ποσοστού φυτοκάλυψης, ενώ, αντίθετα, η εξάτμιση από την επιφάνεια του εδάφους είναι πολύ σημαντική ιδιαίτερα μετά από βροχή ή άρδευση που το χώμα είναι υγρό. Η διάρκεια αυτού του σταδίου είναι 25 ημέρες.

Στάδιο 2^{ο}: *Περίοδος κύριας βλάστησης.* Το στάδιο αυτό αρχίζει από εκεί που τελειώνει το προηγούμενο και περιλαμβάνει όλη την περίοδο της έντονης ανάπτυξης του φυλλώματος μέχρι την πλήρη κάλυψη του εδάφους από την καλλιέργεια (ποσοστό κάλυψης 70% μέχρι 100%). Ο φυτικός συντελεστής στο στάδιο αυτό δεν είναι σταθερός αλλά μεταβάλλεται, ξεκινώντας από μία ελάχιστη τιμή, μέχρι μία μέγιστη όταν το φύλλωμα καλύψει πλήρως το έδαφος. Το στάδιο αυτό διαρκεί 40 ημέρες.

Στάδιο 3^{ο}: *Περίοδος διαμόρφωσης της παραγωγής.* Περιλαμβάνει την περίοδο ανθοφορίας και του σχηματισμού των καρπών. Η τιμή του συντελεστή βλάστησης είναι σταθερή και διαμορφώνεται στο υψηλότερο επίπεδο για το σύνολο της βλαστικής περιόδου. Το στάδιο αυτό διαρκεί 60 ημέρες.

Στάδιο 4^{ο}: *Περίοδος ωρίμανσης.* Κατά το στάδιο αυτό συντελείται η ωρίμανση των καρπών και τερματίζεται η συγκομιδή. Το στάδιο αυτό διαρκεί 25 ημέρες και ο συντελεστής μειώνεται όσο προχωράμε προς το τέλος της συγκομιδής (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου 1997).

4.4.7 Ζήτηση των καλλιεργειών

Για τον υπολογισμό των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό ο αντικειμενικός σκοπός είναι να υπολογισθεί το απαραίτητο νερό για τον εφοδιασμό των καλλιεργειών, ώστε να εξασφαλιστεί η σωστή ανάπτυξη και βελτιστοποίηση της απόδοσής τους σε συνδυασμό με την υψηλή ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων.

Για την ζήτηση αυτή πρέπει να υπολογιστεί η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας, δηλαδή η εξάτμιση από το έδαφος, το φυτό και το φύλλωμα. Η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας εξαρτάται από την περίοδο ανάπτυξης, την πυκνότητα του φυλλώματος, την πυκνότητα του ριζικού συστήματος και τις αποστάσεις μεταξύ των φυτών μέσα στην καλλιέργεια (Παπαζαφειρίου, 1999).

4.4.8 Υπολογισμός αρδευτικών υδατικών αναγκών για το έτος αναφοράς 2007

Με τον όρο «ανάγκες σε αρδευτικό νερό» εννοούμε το ύψος νερού που απαιτείται να χορηγηθεί στις καλλιέργειες, με άρδευση, επιπλέον του νερού που συνεισφέρεται με άλλους τρόπους (π.χ. βροχόπτωση) για την κανονική τους ανάπτυξη. Σύμφωνα με το γενικό αυτό ορισμό, στις ανάγκες περιλαμβάνονται: η ποσότητα του νερού που καταναλώνεται από τις καλλιέργειες (διαπνοή και σχηματισμός ιστών), η ποσότητα που εξατμίζεται από το έδαφος ή τα υγρά μέρη του φυτού, οι απώλειες κατά την εφαρμογή, η ποσότητα που απαιτείται για την έκπλυση των αλάτων καθώς και για άλλες λειτουργίες, όπως η αντιπαγετική προστασία (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου 1997).

Για τον υπολογισμό των αναγκών βασικοί παράγοντες είναι: το κλίμα, το είδος και το στάδιο ανάπτυξης των καλλιεργειών, οι γεωγραφικές συνθήκες, η κατάσταση του αγρού, η διαχείριση του νερού, η μέθοδος άρδευσης, το μέγεθος της αρδευόμενης έκτασης και το έδαφος.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, οι ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό υπολογίζονται με την έμμεση μέθοδο **Blaney-Griddle** και προσδιορίζονται με τη βοήθεια των κλιματικών στοιχείων και του εκατοστιαίου ποσοστού διάρκειας των ωρών ημέρας, κατά μήνα, βάση του γεωγραφικού πλάτους της περιοχής.

Κατά τη μέθοδο αυτή η μηνιαία κατανάλωση των φυτών σε νερό (εξατμισοδιαπνοή) εκφράζεται μαθηματικά από τη σχέση:

$$U = K_c \, . f$$

Όπου :

K_c: εμπειρικός συντελεστής κατανάλωσης νερού, που εξαρτάται από το είδος των φυτών και τη βλαστική τους περίοδο

f : μηνιαίος παράγοντας κατανάλωσης νερού, που προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$f = (0.46 \cdot T + 8.13) \cdot p$$

όπου :

Τ: μέση μηνιαία θερμοκρασία σε $°C$

p: είναι το μέσο ημερήσιο ποσοστό της συνολικής ετήσιας διάρκειας των ωρών ημέρας (Παπαζαφειρίου, 1998). **Το p βρίσκεται αν οι τιμές του πίνακα 4.31 πολλαπλασιαστούν με τον αριθμό των ημερών του κάθε μήνα.** Δίνεται ως συνάρτηση του μήνα και του γεωγραφικού πλάτους της περιοχής, πίνακας 4.31 που ακολουθεί.

Για τους υπολογισμούς μας χρησιμοποιήθηκε το βόρειο γεωγραφικό πλάτος που αντιστοιχεί στο σημείο όπου βρίσκεται ο μετεωρολογικός σταθμός και έχουμε τα δεδομένα, δηλαδή της Σούδας και ισούται με 35°29'. Με βάση την τιμή αυτή του Βόρειου Γεωγραφικού Πλάτους και τον Πίνακα 10.3 του βιβλίου «Αρχές και Πρακτική των Αρδεύσεων», Ζ. Γ. Παπαζαφειρίου, Θεσσαλονίκη, 1998, προσδιορίστηκαν οι τιμές του συντελεστή p, οι οποίες παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 4.31:

Πίνακας 4.31: Η παράμετρος p σαν συνάρτηση του Γεωγραφικού Πλάτους και του χρόνου μέσο ημερήσιο ποσοστό της συνολικής ετήσιας διάρκειας των ωρών ημέρας (p).

Βόρειο Γεωγρ. Πλάτος	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάϊ.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοέμ.	Δεκ.
60°	0.15	0.20	0.26	0.32	0.38	0.41	0.40	0.34	0.28	0.22	0.17	0.13
58	0.16	0.21	0.26	0.32	0.37	0.40	0.39	0.34	0.28	0.23	0.18	0.15
56	0.17	0.21	0.26	0.32	0.36	0.39	0.38	0.33	0.28	0.23	0.18	0.16
54	0.18	0.22	0.26	0.31	0.36	0.38	0.37	0.33	0.28	0.23	0.19	0.17
52	0.19	0.22	0.27	0.31	0.35	0.37	0.36	0.33	0.28	0.24	0.20	0.17
50	0.19	0.23	0.27	0.31	0.34	0.36	0.35	0.32	0.28	0.24	0.20	0.18
48	0.20	0.23	0.27	0.31	0.34	0.36	0.35	0.32	0.28	0.24	0.21	0.19
46	0.20	0.23	0.27	0.30	0.34	0.35	0.34	0.32	0.28	0.24	0.21	0.20
44	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.35	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.20
42	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21
40	0.22	0.24	0.27	0.30	0.32	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21
35	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.32	0.30	0.28	0.25	0.23	0.22
30	0.24	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.31	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23
25	0.24	0.26	0.27	0.29	0.30	0.31	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.24
20	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.30	0.29	0.28	0.26	0.25	0.25
15	0.26	0.26	0.27	0.28	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.25
10	0.26	0.27	0.27	0.28	0.28	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.26
5	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27
0	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27

Πίνακας 4.32: Συντελεστής p βάσει του γεωγραφικού πλάτους των λεκανών για το νομό Χανίων.

Μήνας	p (ώρες/μήνα)
Ιανουάριος	7,03
Φεβρουάριος	6,88
Μάρτιος	8,35
Απρίλιος	8,83
Μάιος	9,78
Ιούνιος	9,78
Ιούλιος	9,95
Αύγουστος	9,38
Σεπτέμβριος	8,36
Οκτώβριος	7,87
Νοέμβριος	6,96
Δεκέμβριος	6,84

Για την εκτίμηση της εξάτμισης της καλλιέργειας αναφοράς χρησιμοποιήσαμε δεδομένα μέσων μηνιαίων τιμών από τον μετεωρολογικό σταθμό της Σούδας της ΕΜΥ. Τα δεδομένα αυτά παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί (Ιστοσελίδα www.meteo.gr, στοιχεία για το έτος 2008, Πηγή: World Meteorological Organization):

Πίνακας 4.33: Δεδομένα από το μετεωρολογικό σταθμό της ΕΜΥ στη Σούδα για το έτος 2008.

ΣΟΥΔΑ

	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάϊος	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοέμ.	Δεκ.	ΕΤΟΣ
Ατμοσφαιρική πίεση (hPa)	1017.3	1016.0	1015.3	1013.6	1014.1	1013.3	1012.1	1012.5	1015.4	1017.5	1018.1	1017.2	1015.2
Μέση θερμοκρασία(^{0}C)	10.8	11.1	12.6	15.8	20.0	24.4	26.4	25.8	23.0	19.0	15.6	12.6	18.1
Μέση μέγιστη θερμοκρασία (^{0}C)	14.4	14.9	16.6	20.1	24.4	28.7	30.3	29.9	27.3	23.1	19.6	16.2	22.1
Μέση ελάχιστη θερμοκρασία (^{0}C)	7.5	7.7	8.6	11.1	14.5	18.5	20.6	20.5	18.2	15.1	11.9	9.3	13.6
Απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία (^{0}C)	26.0	26.0	32.4	33.6	37.2	40.5	44.5	41.4	38.0	35.8	32.8	28.6	
Απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία (^{0}C)	0.0	0.0	0.4	4.0	6.8	11.1	13.0	14.5	12.2	8.2	2.2	0.4	
Μέση σχετική υγρασία (%)	73	71	70	65	58	51	50	54	61	69	72	73	64
Μέση βροχόπτωση(mm)	142	112	81	32	13	5	1	2	19	80	73	94	654
Μέσος αριθμός ημερών με βροχή μεγαλύτερη από 1 mm	12	11	8	4	2	1	0	0	1	6	7	11	63
Μέση ένταση ανέμου (m/s)	2.1	2.2	2.1	2.0	1.8	1.9	1.8	1.6	1.5	1.5	1.6	2.0	1.8

Οι τιμές του kc δίνονται στον Πίνακα 4.34, για διάφορες καλλιέργειες όπως αυτές έχουν προσδιοριστεί από τους Blaney and Criddle. Η μέθοδος αναπτύχθηκε αρχικά από τους Blaney and Criddle για τον υπολογισμό των εποχιακών αναγκών που αναφέρονται στη βλαστική περίοδο κάθε καλλιέργειας. Στον Πίνακα 4.35, δίνονται οι τιμές του εποχιακού φυτικού συντελεστή kc για διάφορες καλλιέργειες. Από τη σύγκριση των Πινάκων 4.34 και 4.35 προκύπτει ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις μηνιαίες τιμές και τις τιμές του εποχιακού φυτικού συντελεστή κάθε καλλιέργειας. Αυτό οφείλεται κυρίως στη διαφορετική ανάπτυξη του ριζικού συστήματος και του υπέργειου τμήματος της καλλιέργειας ανάλογα με το στάδιο της ανάπτυξης στο οποίο βρίσκεται. Ως εκ τούτου για τον υπολογισμό των μηνιαίων αναγκών των καλλιεργειών σε νερό είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούνται οι μηνιαίοι φυτικοί συντελεστές.

Πίνακας 4.34: Τιμές εποχιακού φυτικού συντελεστή Kc (σχέση Blaney –Criddle).

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ	Διάρκεια βλαστικής Περιόδου σε μήνες	K_c
Μηδική	Μεταξύ Παγετών	0.80 - 0.85
Αραβόσιτος	4	0.75 - 0.85
Βάμβαξ	7	0.60 - 0.70
Σιτηρά	3	0.75 – 0.85
Εσπεριδοειδή	12	0.45 - 0.55
Φυλλοβόλα οπωροφόρα	Μεταξύ Παγετών	0.60 - 0.70
Φυτικό λιβάδι	Μεταξύ Παγετών	0.75 - 0.85
Πατάτα	3-5	0.65 - 0.75
Όρυζα	3-5	1.00 - 1.10
Σακχαρότευτλα	6	0.65 - 0.75
Τομάτα	4	0.65 - 0.70
Λαχανικά	2-4	0.60 - 0.70

Σημείωση: Οι μικρότερες τιμές του Kc ισχύουν για παραθαλάσσιες περιοχές και οι μεγαλύτερες για περιοχές με ξηρό κλίμα.

Για τον υπολογισμό των μηνιαίων αναγκών της κάθε καλλιέργειας ξεχωριστά πρέπει να πολλαπλασιαστεί η τιμή της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς με των συντελεστών K_c

$$ET_o = (0{,}46 \cdot T + 8{,}13) \cdot p \cdot K_c$$

Τα στοιχεία για τις τιμές των K_c προέρχονται από την οδηγία FAO 24 (Allen et al., 1998) η οποία είναι η πιο πρόσφατη, και από τις τιμές που έχουν οριστεί από το Υπουργείο Γεωργίας με βάση την οδηγία. Στις περιπτώσεις στις οποίες δεν υπήρχαν τιμές για K_c ανοιγμένες στους μήνες, υπολογίστηκαν αυτές με βάση την αρχή και το τέλος των σταδίων ανάπτυξης των φυτών, την διάρκεια τους και τις τιμές K_{in}, K_{mid} και K_{end} οι οποίες υπήρχαν για κάθε καλλιέργεια.

Λόγω έλλειψης διευκρινήσεων για το είδος των λοιπών καλλιεργειών, από τα δεδομένα της Ε.Σ.Υ.Ε., θεωρήσαμε ότι αντιστοιχούν κυρίως σε κηπευτικά και η τιμή του K_c και της βλαστικής περιόδου να αντιστοιχεί σε αυτήν της βιομηχανικής ντομάτας. Επίσης στις αροτραίες καλλιέργειες (καρποί με κέλυφος), θεωρήσαμε ότι αντιστοιχούν σε σιτηρά.

Πίνακας 4.35: Μηνιαίοι φυτικοί συντελεστές αρδευόμενων καλλιεργειών που χρησιμοποιούνται στην μέθοδο Blaney –Criddle κατά FAO-24 (Allen et al, 1998).

Μήνας	**Αροτραίες**	**Ελαιώνες**	**Λ. Δενδρώδεις**	**Αμπελώνες**	**Κηπευτικά-μποστ./λοιπά**
Νοέμβριος	0,31	-	-	-	-
Δεκέμβριος	0,48	-	-	-	-
Ιανουάριος	0,71	-	-	-	-
Φεβρουάριος	0,93	-	-	-	-
Μάρτιος	1,12	-	-	-	-
Απρίλιος	1,13	-	-	-	0,34
Μάιος	0,68	0,35	0,60	0,40	0,66
Ιούνιος	-	0,75	0,70	0,45	0,85
Ιούλιος	-	1,15	1,00	0,60	0,5
Αύγουστος	-	0,70	0,85	0,60	-
Σεπτέμβριος	-	0,35	0,8	0,45	-

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα η αρδευτική περίοδος κυμαίνεται από το μήνα Απρίλιο μέχρι το μήνα Σεπτέμβριο για τις περισσότερες καλλιέργειες. Να σημειωθεί ότι από τα 216.270 στρέμματα με δενδρώδεις καλλιέργειες τα 167.909 στρέμματα είναι ελαιώνες και τα υπόλοιπα 48.361 στρέμματα λοιπές δενδρώδεις καλλιέργειες (οπωροφόρα δένδρα, ροδακινιές, καρυδιές κ.α.), (Ε.Σ.Υ.Ε., γεωργική ταξινόμηση για το 2005).

Με τα παραπάνω δεδομένα και με τη μέθοδο Blanney-Griddle θα υπολογιστεί παρακάτω η μηνιαία κατανάλωση των φυτών σε νερό (εξατμισοδιαπνοή) U, για κάθε είδος καλλιέργειας. Πρώτα θα γίνει αναφορά στην ωφέλιμη (ενεργός) βροχόπτωση η οποία αφαιρείται από τις καταναλώσεις νερού, προκειμένου να προκύψουν οι ανάγκες σε νερό κατά μήνα.

4.4.9 Ωφέλιμη (ενεργός) βροχόπτωση

Η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας (ET_c), όπως καθορίστηκε παραπάνω, προσδιορίζει το νερό που χρειάζονται οι διάφορες καλλιέργειες για την κανονική ανάπτυξη και απόδοσή τους. Στη φύση, το νερό αυτό προέρχεται από τη βροχή, την υγρασία που είναι αποθηκευμένη στο έδαφος στη ζώνη του ριζοσρώματος και το υπόγειο νερό.

Ένα ποσοστό της ζήτησης των καλλιεργειών ικανοποιείται από την βροχόπτωση που υπάρχει, το σύνολο της οποίας, όμως, δεν μπορεί να θεωρηθεί πως καταλήγει στο φυτό αφού υπάρχουν απώλειες από την εξατμισοδιαπνοή, την επιφανειακή απορροή και την βαθιά διήθηση. Εκείνο που απομένει αποτελεί την ωφέλιμη βροχή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις καλλιέργειες για την κάλυψη των αναγκών τους. Το ποσοστό που αντιπροσωπεύει η ωφέλιμη βροχή δεν είναι σταθερό αλλά εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της βροχής, του εδάφους και της καλλιέργειας.
Γενικά η ωφέλιμη βροχή αντιπροσωπεύει σχετικά μικρό ποσοστό μιας βροχής που έχει σημαντικό ύψος και μεγάλη ένταση, ενώ αντίθετα το ποσοστό αυτό μπορεί να φτάσει το 100% αν οι βροχές είναι συχνές με μικρό ύψος και η καλλιέργεια καλύπτει όλη την επιφάνεια του χωραφιού (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου 1997).

Οι βροχές το χειμώνα, η τήξη του χιονιού την άνοιξη και η κατάκλυση με νερό των χωραφιών σαν αποτέλεσμα πλημμυρών, έχουν σαν συνέπεια να ανεβάσουν την υγρασία της ζώνης του ριζοστρώματος μέχρι ή και πάνω από την υδατοϊκανότητα λίγο πριν από την έναρξη της βλαστικής περιόδου. Η υγρασία αυτή είναι άμεσα χρησιμοποιήσιμη από τις καλλιέργειες.

Το υπόγειο νερό μπορεί επίσης να συμβάλλει στην κάλυψη των αναγκών σε νερό των καλλιεργειών. Αυτό εξαρτάται από το βάθος που βρίσκεται η υπόγεια στάθμη και από τα χαρακτηριστικά του υπερκείμενου εδάφους. Στα συνεκτικά εδάφη το νερό μπορεί να φτάσει πολύ ψηλά πάνω από την υπόγεια στάθμη με βραδύ όμως ρυθμό ενώ, στα ελαφρά εδάφη, το ύψος ανόδου του νερού είναι μεν μικρό αλλά ο ρυθμός είναι ταχύς.

Γενικά, χρειάζονται πολύ λεπτομερείς μετρήσεις για να υπολογιστεί η ποσοτική συμβολή του υπόγειου νερού σε κάθε περιοχή που πρόκειται να αρδευτεί.

Σε περίπτωση που οι παραπάνω πηγές δεν είναι επαρκείς για να καλύψουν την πραγματική εξατμισοδιαπνοή, είναι αναγκαίο για την κανονική ανάπτυξη και απόδοση των καλλιεργειών να δοθεί πρόσθετο νερό με άρδευση (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου 1997).

Γνωρίζοντας τις απαιτήσεις για κάθε μήνα του έτους υπολογίζουμε με βάση την ενεργό βροχόπτωση ποιες από τις ανάγκες μας μπορούν να ικανοποιηθούν από αυτήν και ποιες από το πότισμα. Συνήθως τους χειμερινούς μήνες και κατά δεύτερο λόγω τους μήνες της άνοιξης και του φθινοπώρου, η βροχή ικανοποιεί ένα μεγάλο μέρος εάν όχι το σύνολο των απαιτήσεων.

Το πρώτο βήμα είναι ο υπολογισμός της ωφέλιμης υετόπτωσης P_{eff}, δηλαδή το ύψος του υετού μετά από την αφαίρεση των απωλειών που έχουμε από την επιφανειακή απορροή και βαθιά διήθηση κάτω από το ριζόστρωμα.

Η P_{eff} υπολογίζεται με βάση το μηνιαίο ύψος της υετόπτωσης με τους παρακάτω τύπους της USDA Soil Conservation Service (USDA, 1970 & Dastane, 1974).

$$P < 250mm \qquad P_{eff} = \frac{P \cdot (125 - 0.2 \cdot P)}{125} \quad (1)$$

και

$$P > 250mm \qquad P_{eff} = 125 + \frac{1}{10} P \quad (2)$$

όπου P η μηνιαία υετόπτωση.

Επιλέγεται το P_{eff} με όριο τα 250mm μηνιαίας υετόπτωσης, αφού η μέγιστη τιμή που εμφανίζεται με βάση τον πίνακα με τα μετεωρολογικά στοιχεία που παρατίθεται παραπάνω είναι 142mm. Επομένως, επιλέγουμε τον τύπο (1).

Η τιμή NIR (net irrigation requirement) είναι οι επιπλέον ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών, οι οποίες δεν καλύπτονται από την μηνιαία υετόπτωση. Εκφράζεται σε ύψος νερού mm και υπολογίζεται σύμφωνα με τους παρακάτω τύπους:

$$NIR = U - P_{eff} > 0 \qquad NIR = U - P_{eff}$$

$NIR = U - P_{eff} < 0 \qquad NIR = 0$

όπου, U είναι η αναγκαία κατανάλωση των φυτών σε νερό και P_{eff} η ωφέλιμη (χρήσιμη) βροχόπτωση (Smajstrla and Zazueta, 2002).

Με βάση όλα τα παραπάνω προκύπτουν οι πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 4.36: Υπολογισμός εξατμισοδιαπνοής και ενεργούς βροχόπτωσης, με χρήση των τύπων και των μετεωρολογικών δεδομένων.

Νομός Χανίων					
Μήνας	**Θερμοκρασία**	**Ώρες ημέρας**	**Εξατμισοδιαπνοή**	**Βροχόπτωση**	
	T (^{0}C)	**p**	**f**	**P (mm)**	**Pe (mm)**
ΙΑΝ	10,8	7,03	92,07894	142	109,74
ΦΕΒ	11,1	6,88	91,06368	112	91,93
ΜΑΡ	12,6	8,35	116,2821	81	70,50
ΑΠΡ	15,8	8,83	135,96434	32	30,36
ΜΑΪ	20	9,78	169,4874	13	12,73
ΙΟΥΝ	24,4	9,78	189,28212	5	4,96
ΙΟΥΛ	26,4	9,95	201,7263	1	0,99
ΑΥΓ	25,8	9,38	187,58124	2	1,99
ΣΕΠ	23	8,36	156,4156	19	18,42
ΟΚΤ	19	7,87	132,7669	80	69,76
ΝΟΕΜ	15,6	6,96	106,52976	73	64,47
ΔΕΚ	12,6	6,84	95,25384	94	79,86

Σημείωση: Η θερμοκρασία και η βροχόπτωση είναι δεδομένα από τον πίνακα 4.33, με τα μετεωρολογικά δεδομένα από το σταθμό της Σούδας. Επίσης, οι ώρες ημέρας p, έχουν υπολογιστεί στον πίνακα 4.32, η εξατμισοδιαπνοή f από τον τύπο $f = (0.46 \cdot T + 8.13) \cdot p$ και τέλος η ωφέλιμη βροχόπτωση από τον τύπο $P_{eff} = \frac{P \cdot (125 - 0.2 \cdot P)}{125}$.

Πίνακας 4.37: Υπολογισμός μηνιαίας κατανάλωσης και των επιπλέων αναγκών σε νερό, ανά είδος καλλιέργειας.

Μήνας	Αροτραίες			Ελαιώνες			Λ. Δενδρώδεις			Αμπελώνες			Κηπευτικά-μποστ./λοιπά		
	Kc	**U**	**N**	**Kc**	**U**	**N**	**Kc**	**U**	**N**	**Kc**	**U**	**N**	**Kc**	**U**	**N**
ΙΑΝ	0,71	65,376	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΦΕΒ	0,93	84,69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΜΑΡ	1,12	130,24	59,734	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΠΡ	1,13	153,64	123,28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,34	46,23	15,87
ΜΑΪ	0,68	115,25	102,52	0,35	59,32	46,59	0,6	101,69	88,96	0,4	67,79	55,07	0,66	111,9	99,13
ΙΟΥΝ	0	0	0	0,75	142	137	0,7	132,5	127,54	0,45	85,18	80,22	0,85	160,9	155,9
ΙΟΥΛ	0	0	0	1,15	232	231	1	201,73	200,73	0,6	121	120	0,5	100,9	99,86
ΑΥΓ	0	0	0	0,7	131,3	129,3	0,85	159,44	157,45	0,6	112,5	110,6	0	0	0
ΣΕΠ	0	0	0	0,35	54,75	36,32	0,8	125,13	106,71	0,45	70,39	51,96	0	0	0
ΟΚΤ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΝΟΕΜ	0,31	33,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΕΚ	0,48	45,72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Σύνολο	0,71		**285,53**			**580,22**			**681,39**			**417,84**			**370,79**

όπου:

K_c: φυτικός συντελεστής,

$U = K_c .f$: μηνιαία κατανάλωση των φυτών σε νερό (εξατμισοδιαπνοή) και

$N= U-P_{eff}$: οι επιπλέον ανάγκες σε νερό των φυτών, δηλαδή από το U (τις μηνιαίες ανάγκες σε νερό της κάθε καλλιέργειας), αφαιρούμε την ωφέλιμη βροχόπτωση όπου υπολογίστηκε στον παραπάνω πίνακα 4.36, (mm).

Σημείωση: Όπου οι ανάγκες είναι μηδενικές, σημαίνει ότι επαρκεί η ωφέλιμη βροχόπτωση για να καλύψει τις ανάγκες.

Έχοντας υπολογίσει τις πραγματικές ανάγκες σε νερό, κατά μήνα, για κάθε είδος καλλιέργειας και έχοντας καθορίσει την κατανομή των αρδευόμενων εκτάσεων σε στρέμματα, ανά ομάδα καλλιεργειών, υπολογίζουμε τις συνολικές ανάγκες σε νερό για άρδευση.

Οι τελικές μηνιαίες ανάγκες της κάθε καλλιέργειας σε νερό εκφράζονται από την τιμή Q σε Mm^3

$$Q = \frac{NIR \cdot E}{10^3}$$

όπου NIR η ανάγκη σε νερό σε mm και E οι εκτάσεις της κάθε καλλιέργειας σε στρέμματα.

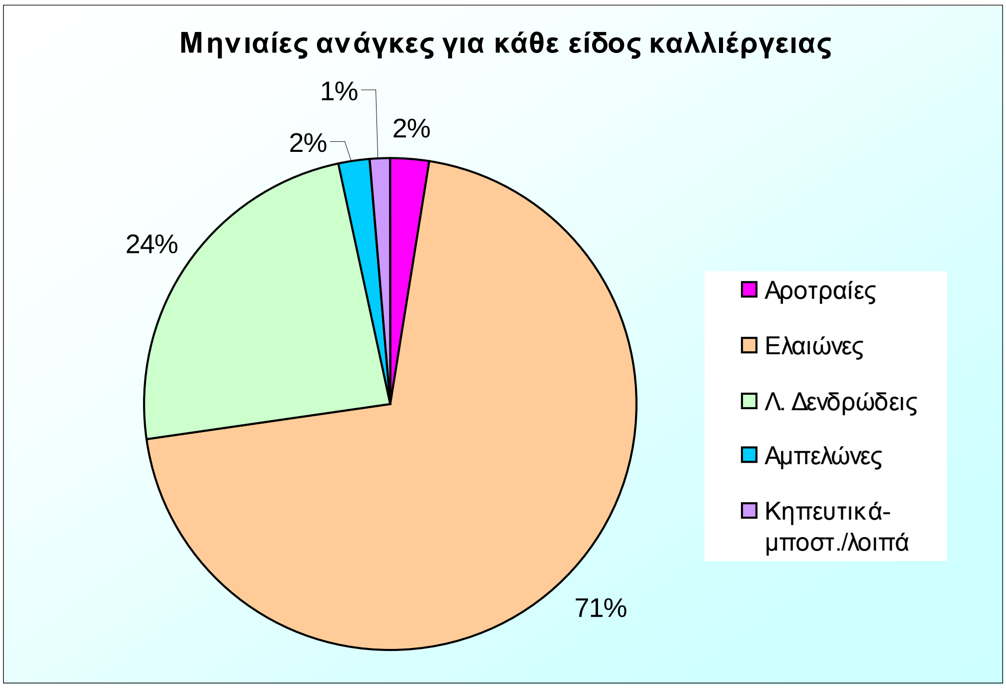
Πίνακας 4.38: Πραγματικές ανάγκες σε νερό ανά είδος καλλιέργειας.

Είδος Καλλιέργειας	**N**	**Εκτάσεις**	**Q (m^3)**	**Q (Mm^3)**
Αροτραίες	285,53	12.130	3.463.578,3	3.464
Ελαιώνες	580,22	167.909	97.423.446,87	97.424
Λ. Δενδρώδεις	681,39	48.361	32.952.641,73	32.953
Αμπελώνες	417,84	6.543	2.733.965,358	2.734
Κηπευτικά-μποστ./λοιπά	370,79	5.489	2.035.319,371	2.035
Σύνολο		**240.432**	**138.608.952**	**138.608,95**

Προκύπτει ότι, **για το έτος αναφοράς, οι ανάγκες σε νερό για άρδευση, στο σύνολο της περιοχής μελέτης ανέρχονται στα 138.608.952 m^3 νερού ή 138.609 Mm^3.**

Στο διάγραμμα 4.39, φαίνονται και σε ποσοστά οι μηνιαίες ανάγκες ανά είδος καλλιέργειας. Το μεγαλύτερο ποσοστό νερού καταναλώνεται για την άρδευση των ελαιώνων γεγονός που δικαιολογείται αφού είναι η καλλιέργεια με το μεγαλύτερο αριθμό εκτάσεων στο νομό Χανίων.

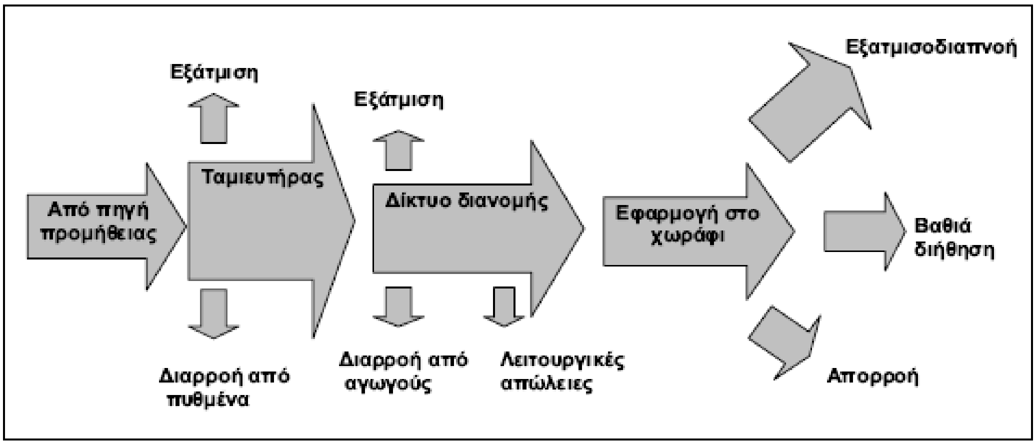
Διάγραμμα 4.39: Μηνιαίες ανάγκες ανά είδος καλλιέργειας (%).



4.4.10 Αποδοτικότητα Άρδευσης

Οι ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό δεν προσδιορίζουν την τελική αναγκαία ποσότητα από την πηγή της απόληψης, διότι δεν συνυπολογίζονται οι απώλειες στην μεταφορά και εφαρμογή όπως αυτές φαίνονται στο παρακάτω σχήμα 4.40. Ο όρος αποδοτικότητα της άρδευσης εισάγει ορισμένους συντελεστές απόδοσης με τους οποίους προσδιορίζεται και υπολογίζεται η προσαύξηση του απαιτούμενου νερού για τους διάφορους τρόπους μεταφοράς και άρδευσης ώστε η τελική ποσότητα νερού που φτάνει στον αποδέκτη να είναι αυτή που υπολογίστηκε παραπάνω.

Σχήμα 4.40: Σχεδιάγραμμα των απωλειών κατά την μεταφορά και τη διανομή του νερού άρδευσης.



Η μεταφορά του νερού γίνεται με δύο τρόπους, μέσω επιφανειακού δικτύου και μέσω υπό πίεση δικτύου.

- Επιφανειακό δίκτυο

  Το επιφανειακό δίκτυο αποτελείται από χωμάτινης κατασκευής ανοικτούς τάφρους, τραπεζοειδής διατομής, που μπορούν να μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες νερού. Τα προβλήματα των τάφρων αυτών είναι η απαίτηση συνεχούς συντήρησής τους, λόγω της βλάστησης που εμφανίζεται, των απωλειών από την διήθηση και την εξατμισοδιαπνοή από τους τάφρους λόγω της μεγάλης ελεύθερης επιφάνειας.

- Υπό πίεση δίκτυο

  Το υπό πίεση δίκτυο αποτελείται από κλειστούς αγωγούς με ενδιάμεσα αντλιοστάσια με μεγάλο τους πλεονέκτημα τις ιδιαίτερες μικρές απώλειες. Μεγάλο τους μειονέκτημα είναι το ιδιαίτερα μεγάλο κόστος τους και ο προσεκτικός σχεδιασμός τους, ώστε οι πιέσεις σε κάθε σημείο να είναι κατάλληλες.

Σύμφωνα με τον Τοπικό Οργανισμό Εγγείων Βελτιώσεων (Τ.Ο.Ε.Β) του νομού Χανίων, όλο το δίκτυο μεταφοράς είναι υπό πίεση. Μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό που ανήκει στον Τ.Ο.Ε.Β. Παλαιόχωρας είναι επιφανειακό το οποίο θα θεωρήσουμε αμελητέο. Το γεγονός αυτό επιτρέπει στους αγρότες του νομού, να χρησιμοποιήσουν εξελιγμένες μεθόδους άρδευσης όπως θα δούμε.

Πίνακας 4.41: Εκτάσεις και ποσοστά των καλλιεργειών ανάλογα με τον τρόπο μεταφοράς.

	Επιφανειακά (στρ.)	**Υπό πίεση (στρ.)**	**Επιφανειακά (%)**	**Υπό πίεση (%)**
Νομός Χανίων	0	240.432	0	1

Η αποδοτικότητα του δικτύου μεταφοράς εξαρτάται από τον τρόπο μεταφοράς και από την κατάσταση στην οποία βρίσκεται με τις τιμές της αποδοτικότητας να αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα 4.42.

Πίνακας 4.42: Συντελεστές απόδοσης των τρόπων μεταφοράς (Παπαζαφειρίου, 1999).

ΤΥΠΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ &ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ, E_d
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟ	πολύ καλή μέχρι άριστη	***0.6-0.75***
	ικανοποιητική	***0.5-0.6***
	ελλιπής	***0.35-0.5***
	κακή	***0.2-0.35***
ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ	ικανοποιητική μέχρι άριστη	***0.8-0.95***

Το δίκτυο όπου όπως αναφέραμε είναι υπό πίεση θεωρήθηκε ότι βρίσκεται σε ικανοποιητική κατάσταση.

Πίνακας 4.43: Επιλεχθέντες συντελεστές για τους τρόπους μεταφοράς

	Συντελεστής Απόδοσης υπό πίεση δικτύου
Νομός Χανίων	0,95

Επομένως, οι απώλειες από το δίκτυο μεταφοράς εκτιμώνται στο 5%.

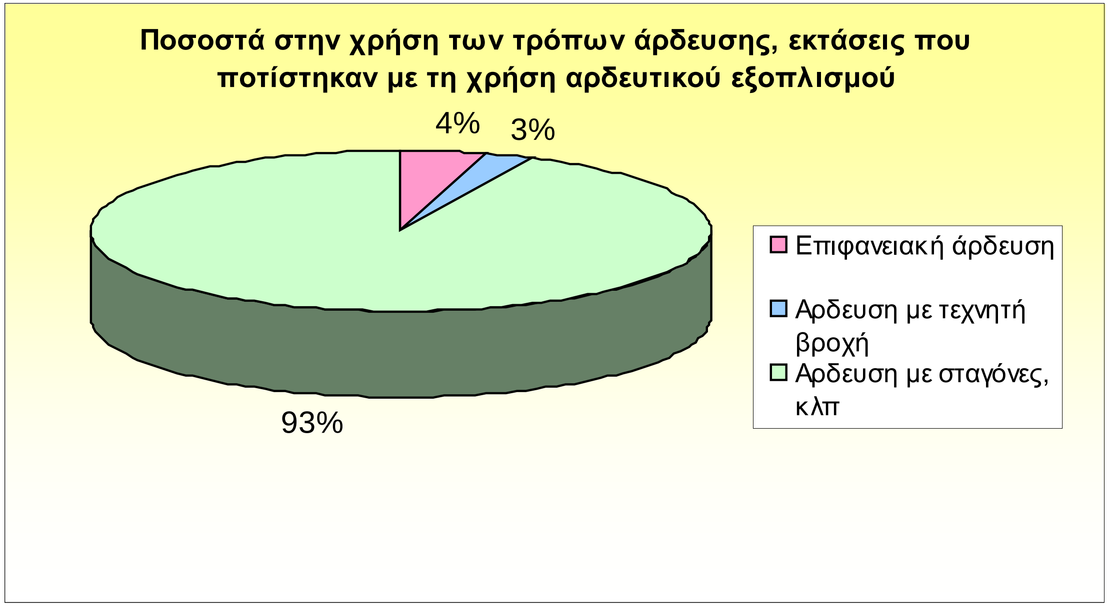
Οι μέθοδοι άρδευσης που εφαρμόζονται στη περιοχή μελέτης είναι η επιφανειακή άρδευση (ή άρδευση με κατάκλυση), η άρδευση με τεχνητή βροχή (ή άρδευση με καταιονισμό) και η άρδευση με σταγόνες (ή στάγδην άρδευση). Πιο αναλυτικά, οι μέθοδοι έχουν περιγραφεί σε προηγούμενο κομμάτι της εργασίας.

Ακολουθούν πίνακες με τα δεδομένα για την χρήση των τρόπων άρδευσης (Ε.Σ.Υ.Ε., Στατιστικά στοιχεία για τους τρόπους άρδευσης, 2005).

Πίνακες 4.44: Τρόποι Άρδευσης 1, εκτάσεις σε στρέμματα, (Ε.Σ.Υ.Ε., 2005.)

	Συνολική Έκταση που ποτίστηκε τουλάχιστον μία φορά <u>με τη χρήση αρδευτικού εξοπλισμού</u>		Επιφανειακή άρδευση		Άρδευση με τεχνητή βροχή		Άρδευση με σταγόνες	
	Εκμ/σεις	**Εκτάσεις**	**Εκμ/σεις**	**Εκτάσεις**	**Εκμ/σεις**	**Εκτάσεις**	**Εκμ/σεις**	**Εκτάσεις**
Νομός Χανίων	15.883	230.580	1.662	9.955	537	6.249	14.916	214.376

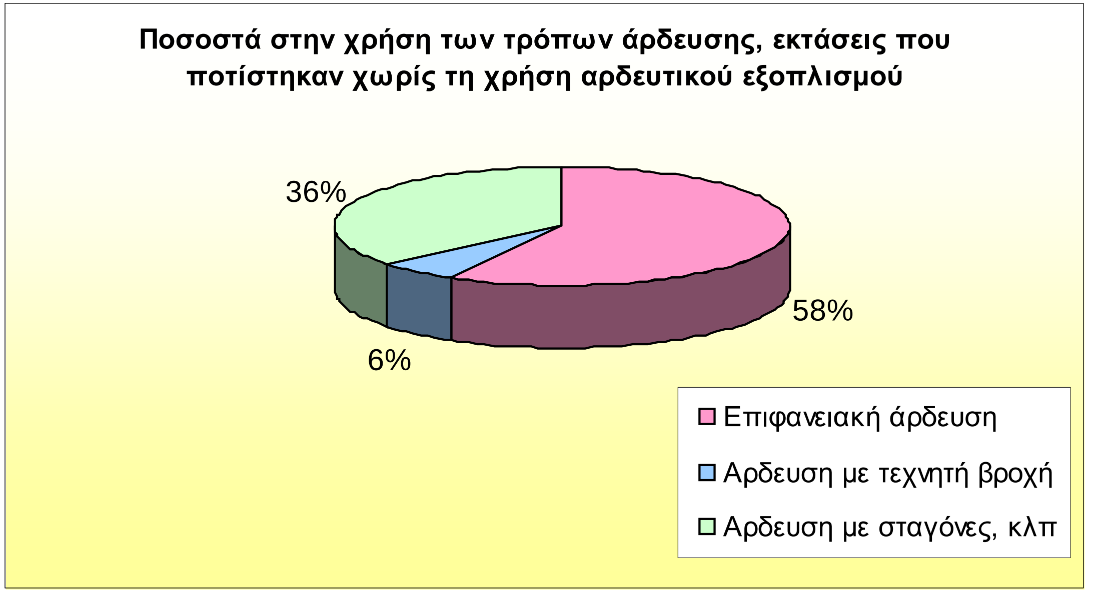
Διάγραμμα 4.45



Πίνακες 4.46: Τρόποι Άρδευσης 2, εκτάσεις σε στρέμματα, (Ε.Σ.Υ.Ε., 2005).

	Συνολική Έκταση που ποτίστηκε τουλάχιστον μία φορά <u>χωρίς τη χρήση αρδευτικού εξοπλισμού</u>		**Επιφανειακή άρδευση**		**Άρδευση με τεχνητή βροχή**		**Άρδευση με σταγόνες, κλπ**	
	Εκμ/σεις	**Εκτάσεις**	**Εκμ/σεις**	**Εκτάσεις**	**Εκμ/σεις**	**Εκτάσεις**	**Εκμ/σεις**	**Εκτάσεις**
Νομός Χανίων	2.297	9.852	1.739	5.724	70	574	525	3.554

Διάγραμμα 4.47.



Πίνακας 4.48: Συνολικές εκτάσεις ανάλογα με τον τρόπο άρδευσης, εκτάσεις σε στρέμματα, (Ε.Σ.Υ.Ε., 2005).

	Συνολική Έκταση που ποτίστηκε τουλάχιστον μία φορά		Επιφανειακή άρδευση		Άρδευση με τεχνητή βροχή		Άρδευση με σταγόνες	
	Εκμ/σεις	**Εκτάσεις**	**Εκμ/σεις**	**Εκτάσεις**	**Εκμ/σεις**	**Εκτάσεις**	**Εκμ/σεις**	**Εκτάσεις**
Νομός Χανίων	18.180	240.432	3.401	15.678	607	6.823	15.441	217.931

Διάγραμμα 4.49

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω διαγράμματα το μεγαλύτερο ποσοστό των εκτάσεων στο νομό Χανίων, αρδεύονται με σταγόνες.

Οι συντελεστές απόδοσης των τρόπων άρδευσης είναι οι παρακάτω.

Πίνακας 4.50: Συντελεστές απόδοσης των τρόπων άρδευσης (Παπαζαφειρίου, 1999).

ΚΑΤΑΚΛΥΣΗ (ΛΕΚΑΝΕΣ)	***0.6-0.8***
ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗ ΔΙΑΧΥΣΗ (ΛΩΡΙΔΕΣ)	***0.6-0.75***
ΑΥΛΑΚΙΑ	***0.5-0.75***
ΚΑΤΑΙΟΝΙΣΜΟ:	
ΚΛΑΣΣΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	***0.6-0.8***
ΑΥΤΟΚΙΝΟΥΜΕΝΟΣ ΕΚΤΟΞΕΥΤΗΡΑΣ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ (ΚΑΡΟΥΛΙ)	***0.55-0.75***
ΑΥΤΟΚΙΝΟΥΜΕΝΗ ΓΡΑΜΜΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	***0.75-0.9***
ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (PIVOT)	***0.75-0.9***
ΣΤΑΓΔΗΝ	***0.8-0.95***

Με βάση τα στοιχεία που έχουμε για τους τρόπου άρδευσης και με τη βοήθεια του τύπου που ακολουθεί υπολογίστηκαν οι συντελεστές απωλειών άρδευσης που χρησιμοποιήθηκαν τελικά. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

$$E_{\mu.\alpha} = A_{\sigma} \cdot E_{\sigma} + A_{\kappa} \cdot E_{\kappa} + A_{\varepsilon} \cdot E_{\varepsilon}$$

όπου: $E_{\mu.\alpha}$ είναι η μέση απόδοση των συστημάτων άρδευσης, A το ποσοστό επί του συνόλου εμβαδού που αντιστοιχεί σε κάθε τρόπο άρδευσης και E οι αντίστοιχοι συντελεστές απόδοσης.

Πίνακας 4.51: Επιλεχθέντες συντελεστές τρόπων άρδευσης

	Απόδοση
Στάγδην	0,9
Καταιονισμό	0,8
Επιφανειακά	0,65

Πίνακας 4.52: Μέση απόδοση των συστημάτων άρδευσης, $E_{μ.α.}$

Επιφανειακά	0,02
Καταιονισμό	0,032
Στάγδην	0,84
Σύνολο	**0,892**

Επομένως, περίπου 0,90 κατά μέσο όρο είναι η απόδοση των μεθόδων άρδευσης.

Για το έτος αναφοράς θεωρούμε αντιπροσωπευτικά τα παραπάνω ποσοστά και επομένως, στο έτος αυτό, ο βαθμός απόδοσης της άρδευσης υπολογίζεται ίσος με **85,5%** (100*0,95*0,90).

Έτσι, για το έτος αναφοράς, οι ανάγκες σε νερό για άρδευση, στο σύνολο της περιοχής μελέτης, λαμβάνοντας υπόψη και τις απώλειες, ανέρχονται στα **162.116 Mm^3.**

4.4.11 Εκτίμηση αρδευτικών αναγκών για τα έτη πρόβλεψης (2011, 2021, 2031)

Προκειμένου να υπολογιστούν οι ανάγκες σε νερό για άρδευση, για τα έτη πρόβλεψης, με βάση στοιχεία που ελήφθησαν από το Υπουργείο Γεωργίας, λαμβάνουμε υπόψη μας τα εξής:

1. Η αύξηση των αρδευόμενων εκτάσεων είναι της τάξης του 5% ανά 5ετία
2. Οι απώλειες στο δίκτυο λαμβάνονται ίσες με 4% για το έτος 2011, 3% για το έτος 2021 και 2% για το έτος 2031.
3. Οι απώλειες, ανάλογα με τις εφαρμοζόμενες μεθόδους άρδευσης, λαμβάνονται ίσες με 8% για το έτος 2011, 6% για το έτος 2021 και 4% για το έτος 2031, λόγω της καλής συντήρησης των συστημάτων στάγδην άρδευσης.

Με βάση το δεδομένο 1, από τον πίνακα 4.29, προκύπτουν ο πίνακας 4.53, που παρουσιάζει την κατανομή των αρδευόμενων εκτάσεων ανά ομάδα καλλιέργειας, για τα έτη πρόβλεψης 2011, 2021 και 2031 αντίστοιχα.

Πίνακας 4.53: Κατανομή των αρδευόμενων εκτάσεων ανά ομάδα καλλιέργειας, για τα έτη πρόβλεψης (σε στρέμματα).

	Εκτάσεις –Έτη			
	2005	**2011**	**2021**	**2031**
Αροτραίες	12.130	12.737	14.010	15.411
Ελαιώνες	167.909	176.304	193.935	213.328
Λ. Δενδρώδεις	48.361	50.779	55.857	61.443
Αμπελώνες	6.543	6.870	7.557	8.313
Κηπευτικά-μποστ./λοιπά	5.489	5.764	6.340	6.974

Με βάση τα ανωτέρω αναφερόμενα προκύπτουν οι συνολικές ανάγκες σε νερό για άρδευση για το νομό Χανίων, με υπολογισμό και χωρίς υπολογισμό απωλειών, για τα έτη πρόβλεψης.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους ακόλουθους Πίνακες.

Πίνακας 4.54: Ανάγκες σε νερό για άρδευση για το νομό Χανίων, για τα έτη πρόβλεψης, χωρίς τον υπολογισμό των απωλειών σε Mm^3.

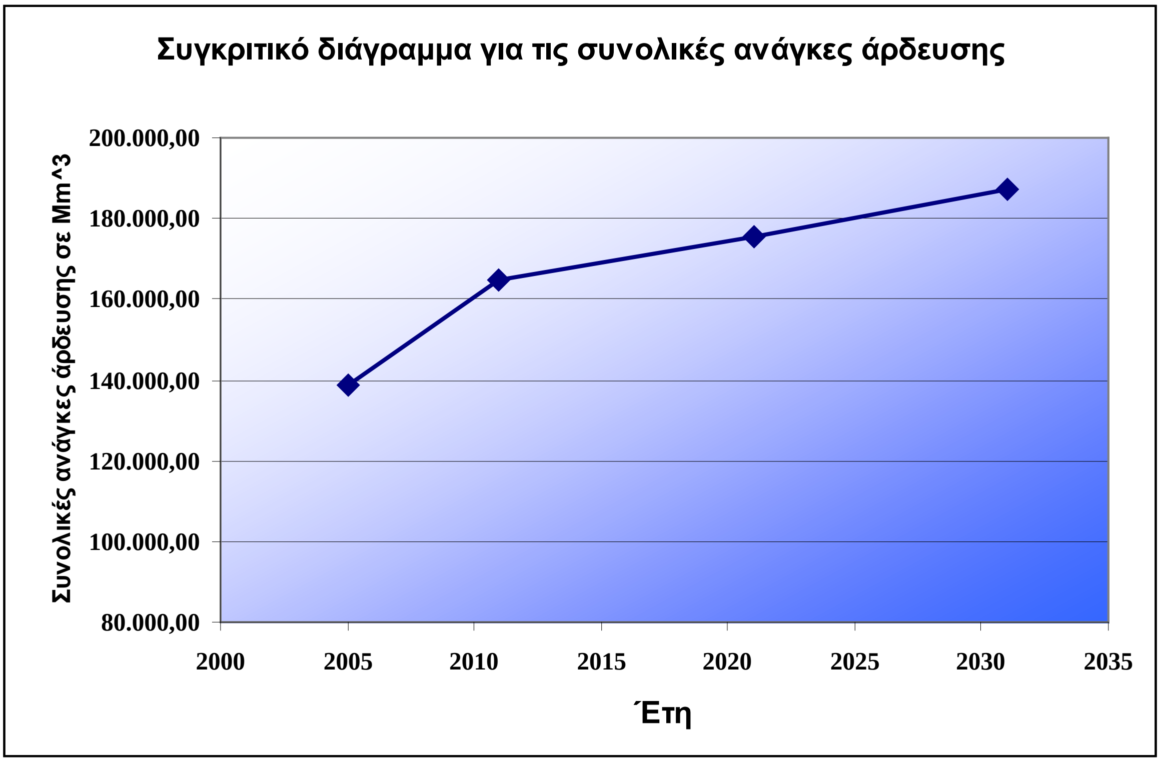
	Ανάγκες σε Mm^3			
	2005	**2011**	**2021**	**2031**
Αροτραίες	3.464	3.637	4000,986	4.401
Ελαιώνες	97.424	102.295	112524,7	123.777
Λ. Δενδρώδεις	32.953	34.601	38060,72	41.867
Αμπελώνες	2.734	2.871	3157,818	3.474
Κηπευτικά-μποστ./λοιπά	2.035	2.137	2350,468	2.586
Συνολικά	**138.608,95**	**145.540,6**	**160.094,7**	**176.104,2**

Σύμφωνα με τα δεδομένα 2 και 3, η απόδοση της άρδευσης είναι 88,32% για το 2011, 91,18% για το 2021 και 94,08% για το 2031.

Πίνακας 4.55: Ανάγκες σε νερό για άρδευση για το νομό Χανίων, για τα έτη πρόβλεψης, με τον υπολογισμό των απωλειών, Mm^3.

	Ανάγκες σε Mm^3		
	2011	**2021**	**2031**
Συνολικά	164.787,9	175.580,9	187.185,6

Διάγραμμα 4.56: Συγκριτικό διάγραμμα για τις συνολικές ανάγκες άρδευσης, για τα έτη πρόβλεψης.



Όπως φαίνεται από το διάγραμμα 4.56 οι ανάγκες άρδευσης αυξάνονται για τα έτη πρόβλεψης. Αυτό είναι αναμενόμενο από τη στιγμή που αυξάνονται κάθε χρόνο οι αρδευθείσες εκτάσεις.

4.4.12 Θερμοκηπιακές Καλλιέργειες

Τέλος, θα γίνει αναφορά στον αριθμό των θερμοκηπιακών καλλιεργειών στο νομό Χανίων. Η εκτίμηση των υδατικών αναγκών των θερμοκηπιακών καλλιεργειών διαφέρει από τις συνήθεις καλλιέργειες ανοικτού αγρού λόγω του προστατευόμενου περιβάλλοντος. Τα κλιματικά χαρακτηριστικά στο εσωτερικό του θερμοκηπίου προσδιορίζουν τη διαθέσιμη ενέργεια στο επίπεδο των εξατμιζουσών επιφανειών και επικρατούν τον ορισμό ενός μεγέθους αναφοράς που η δυνητική εξατμισοδιαπνοή υπό κάλυψη, η οποία, λόγω της μείωσης της ταχύτητας του ανέμου, της ξηρότητας του αέρα και της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό των θερμοκηπίων, είναι μικρότερη από την αντίστοιχη δυνητική εξατμισοδιαπνοή που παρατηρείται στον ελεύθερο αγρό. Αντιστοιχεί ουσιαστικά στη «ζήτηση σε νερό» στην οποία υποβάλλονται οι καλλιέργειες.

Πίνακας 4.57: Θερμοκήπια στο νομό Χανίων, εκτάσεις σε στρέμματα, (Ε.Σ.Υ.Ε., 2005).

	Εμπορικοί Ανθόκηποι	**Θερμοκήπια**	
		Λαχανικών	**Ανθέων**
Νομός Χανίων	9	2.688	24

Επομένως, δεν μπορούμε να συνυπολογίσουμε τις εκτάσεις αυτές στα στρέμματα όπου έχουμε ήδη υπολογίσει, αφού ανάγκες σε νερό είναι διαφορετικές. Επιπλέον δεν έχουμε τα στοιχεία για την ηλιοφάνεια, ώστε να υπολογίσουμε ξεχωριστά στις θερμοκηπιακές ανάγκες.

4.5 Κτηνοτροφικές Υδατικές Ανάγκες

4.5.1 Γενικά

Το τρίτο είδος υδατικών αναγκών που υπολογίζεται είναι οι καταναλώσεις των ζώων της περιοχής. Αντίστοιχα με τις αστικές υδατικές ανάγκες, πρέπει να υπολογιστεί ο πληθυσμός των ζώων στο νομό για την εκτίμηση των κτηνοτροφικών υδατικών αναγκών.

Τα διαθέσιμα δεδομένα είναι ο πληθυσμός των ζώων ανά είδος (βοειδή, προβατοειδή, αίγες, χοίροι, ιπποειδή, πουλερικά και κουνέλια) σύμφωνα με απογραφή του 2005 από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία (Διόρθωση Γεωργικών-Κτηνοτροφικών Εκμεταλλεύσεων 2005- Ε.Σ.Υ.Ε).

4.5.2 Υπολογισμοί

Η κτηνοτροφία αποτελεί κλάδο της πρωτογενούς παραγωγής με εξέχουσα σημασία για τη χώρα μας. Στην Κρήτη σύμφωνα με στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας για το 2005, κυριαρχούν τα προβατοειδή και τα πουλερικά με αριθμό ζώων 1.644.977 και 1.771.151 αντίστοιχα (Διόρθωση Γεωργικών-Κτηνοτροφικών Εκμεταλλεύσεων 2005- Ε.Σ.Υ.Ε).

Πιο αναλυτικά για την Κρήτη αλλά και πιο συγκεκριμένα για το Νομό Χανίων έχουμε:

Πίνακας 4.58: Πληθυσμός ζώων ανά είδος.

	ΒΟΟΕΙΔΗ	ΠΡΟΒΑΤΟ-ΕΙΔΗ	ΑΙΓΟΕΙΔΗ	ΧΟΙΡΟΙ	ΙΠΠΟ-ΕΙΔΗ	ΚΟΥΝΕΛΙΑ	ΠΟΥΛΕΡΙΚΑ
	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΕΦΑΛΩΝ						
ΚΡΗΤΗ	4.611	1.644.977	588.781	73.111	1.311	479.626	1.771.151
ΝΟΜΟΣ ΧΑΝΙΩΝ	**663**	**342.167**	**174.785**	**8.010**	**301**	**162.147**	**395.146**

Πρώτα, υπολογίζεται ο πληθυσμός των ζώων ανά είδος στο νομό (παραπάνω πίνακας). Στη συνέχεια, δεδομένου ότι οι ανάγκες σε νερό διαφέρουν από είδος σε είδος ζώου, γίνεται χρήση συντελεστών σε lt/κεφαλή/day διαφορετικών σε κάθε είδος, σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα, (Μαρκαντωνάτος, 1990).

Πίνακας 4.59: Κτηνοτροφική κατανάλωση (σε lt/κεφ./day) ανάλογα με το είδος ζώου.

Είδος ζώων	Είδος σταυλισμού	Μέγεθος Ζώων Kg/κεφ.	Χρόνος Εκτροφής Ημέρες	Κατανάλωση νερού lt/κεφ./day
1. ΠΟΥΛΕΡΙΚΑ				
Κρεατοπαραγωγή	Στεγασμένος	0-2	40-60	0,1-0,2
Αυγοπαραγωγή	Στεγασμένος	1,5-2	400	0,15-0,2
Γαλοπούλες	Ανοιχτός	2-14	120-170	0,3-0,5
Πάπιες	Ανοιχτός-υγρός	0,5-4	40-60	40-130
2. ΒΟΟΕΙΔΗ				
Γαλακτοφόρες Αγελάδες	Βουστάσιο	500-650	-	60-320
	Ελεύθερο Βουστάσιο	500-650	-	100-130
	Με προαύλιο	500-650	-	120-320
3. ΧΟΙΡΙΝΑ				
	Ανοιχτός ή στεγασμένος	20-100	150-180	4-20
4. ΠΡΟΒΑΤΑ				
Αρνιά	Στεγασμένος	30-60	40-150	4-7
Πρόβατα	Ανοιχτός ή στεγασμένος	50-100	40-150	7-13
5. ΑΛΟΓΑ				
	Στάβλος	300-600	-	30-40

Οι συντελεστές που χρησιμοποιήθηκαν, τελικά, είναι μια μέση τιμή της τελευταίας στήλης του παραπάνω πίνακα.

Πίνακας 4.60: Μέση κτηνοτροφική κατανάλωση (σε lt/κεφ./day) ανάλογα με το είδος ζώου.

Είδος ζώων	Κατανάλωση νερού (lt/κεφ./day)
ΒΟΟΕΙΔΗ	190
ΠΡΟΒΑΤΟΕΙΔΗ	10
ΑΙΓΕΣ	6
ΧΟΙΡΟΙ	12
ΙΠΠΟΕΙΔΗ	35
ΠΟΥΛΕΡΙΚΑ	0,15
ΚΟΥΝΕΛΙΑ	3

Η κατανάλωση για κάθε είδος ζώου σε lt/day υπολογίστηκε ως εξής:

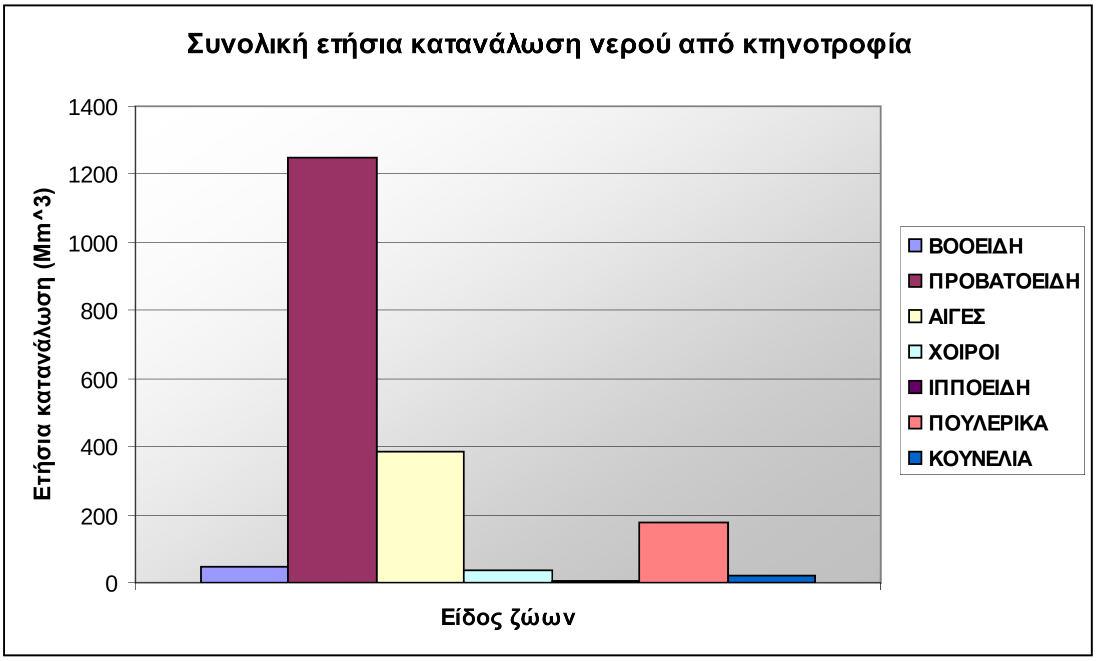
(αριθμός ζώων)*(αντίστοιχος συντελεστής)= κατανάλωση νερού σε lt/day

Οι συνολικές κτηνοτροφικές υδατικές ανάγκες για το νομό Χανίων σε lt/day καθώς και η ετήσια κατανάλωση σε Mm^3.

Πίνακας 4.61: Συνολική ετήσια κατανάλωση για κτηνοτροφία στο νομό Χανίων.

Νομός Χανίων			
Είδος ζώων	**Κατανάλωση (lt/day)**	**Ετήσια κατανάλωση (lt)**	**Ετήσια κατανάλωση (Mm^3)**
ΒΟΟΕΙΔΗ	125.970	45.979.050	45,97
ΠΡΟΒΑΤΟΕΙΔΗ	3.421.670	1.248.909.550	1.248,91
ΑΙΓΕΣ	1.048.710	382.779.150	382,78
ΧΟΙΡΟΙ	96.120	35.083.800	35,08
ΙΠΠΟΕΙΔΗ	10.535	3.845.275	3,85
ΠΟΥΛΕΡΙΚΑ	486.441	177.550.965	177,55
ΚΟΥΝΕΛΙΑ	59.271,9	2.163.4243,5	21,63
ΣΥΝΟΛΟ	**5.248.717,9**	**1.915.782.034**	**1.915,78**

Διάγραμμα 4.62: Συνολική ετήσια κατανάλωση νερού για κτηνοτροφία.



4.6 Βιομηχανικές Υδατικές Ανάγκες

Όπως αναφέρθηκε η μεγαλύτερη κατανάλωση νερού στην Ελλάδα είναι για τη γεωργία (17 έως 95% της συνολικής κατανάλωσης ανάλογα με την περιοχή) ενώ για οικιακή χρήση κυμαίνεται ανάλογα με τις περιοχές από 3 έως 66% και για βιομηχανική χρήση το νερό που καταναλώνεται είναι από 0,2 έως 16% (Tsagarakis et al., 2001).

Πίνακας 4.63: Διαθέσιμοι υδάτινοι πόροι και χρήσεις νερού ανά τομέα και περιοχή της Ελλάδος, (Tsagarakis et al., 2001).

Water Region	Area (km^2)	Precipitation (Mm^3/year)	Water Potential (Mm^3/year) Surface	Ground	Total	Water Use (Mm^3/year) Agricultural	Domestic	Industrial	Total	Consumption Index (%)
1. West Peloponnese	7,301	8,031	3,050	700	3,750	560.0	23	22.0	605.0	16.1
2. North Peloponnese	7,310	6,404	2,650	900	3,550	653.5	40	68.0	761.5	21.5
3. East Peloponnese	8,477	5,811	1,000	950	1,950	780.0	20	25.0	825.0	42.3
4. West Central Greece	10,199	13,592	9,750	850	10,600	260.0	21	0.5	281.5	2.7
5. Epirus	10,026	17,046	8,500	250	8,750	230.0	31	4.0	265.0	3.0
6. Attiki	3,207	1,642	200	200	400	70.0	270	65.0	405.0	101.3
7. Central Greece and Evia	12,341	9,516	1,900	1,050	2,950	380.0	36	5.5	421.5	14.3
8. Thessaly	13,377	10,426	3,250	1,350	4,600	1,060.0	65	46.0	1,171.0	25.5
9. West Macedonia	13,440	10,599	4,100	850	4,950	582.0	48	30.0	660.0	13.3
10. Central Macedonia	10,389	6,596	6,900	700	7,600	477.0	75	20.0	572.0	7.5
11. East Macedonia	7,280	4,422	4,200	550	4,750	439.0	23	9.5	471.5	9.9
12. Thrace	11,177	8,574	10,900	400	11,300	536.0	35	6.0	577.0	5.1
13. Crete	8,335	7,500	1,300	1,300	2,600	320.0	60	4.0	384.0	14.8
14. Aegean Islands	9,103	5,216	1,000	250	1,250	80.0	37	1.0	118.0	9.4
Total	131,962	115,375	58,700	10,300	69,000	6,427.5	784	306.5	7,518.0	10.9

Όπως φαίνεται στον πίνακα 4.63, η κατανάλωση νερού για βιομηχανική χρήση σε όλη την Κρήτη είναι 4 Mm^3, για το έτος 2001.

Τα πιο πρόσφατα στοιχεία για την βιομηχανία είναι από το εθνικό πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων (itia, Research team), σύμφωνα με την οποία στο Υδατικό Διαμέρισμα Κρήτης, υπάρχει η ΒΙΠΕ Ηρακλείου, η ζήτηση της οποίας καλύπτεται από υπόγεια νερά που αντλούνται από γεωτρήσεις. Ιδιαίτερες απαιτήσεις σε νερό έχουν οι πολλές οινοποιίες που υπάρχουν στο νησί, καθώς επίσης και ο μεγάλος αριθμός ελαιοτριβείων. Σύμφωνα με την εκτίμηση της Περιφέρειας Κρήτης, η ετήσια ζήτηση σε νερό για βιομηχανία ανέρχεται σε 4.100 Mm^3. Ακόμη, το νερό ψύξης των δύο ατμοηλεκτρικών σταθμών(ΑΗΣ), (ο ένας από τους οποίους βρίσκεται στο νομό Χανίων) που λειτουργούν στο νησί εκτιμάται σε 200 Mm^3 ετησίως (itia, Research team).

Επομένως, θα θεωρήσουμε ότι αντιστοιχεί το 30% της συνολικής κατανάλωσης στο νομό Χανίων και αυτό γιατί σε όλα τις συνολικές καταναλώσεις του νησιού, το 30% αντιστοιχεί στα Χανιά.

Άρα, η κατανάλωση νερού για βιομηχανική χρήση στο νομό Χανίων είναι **1.230 Mm^3.**

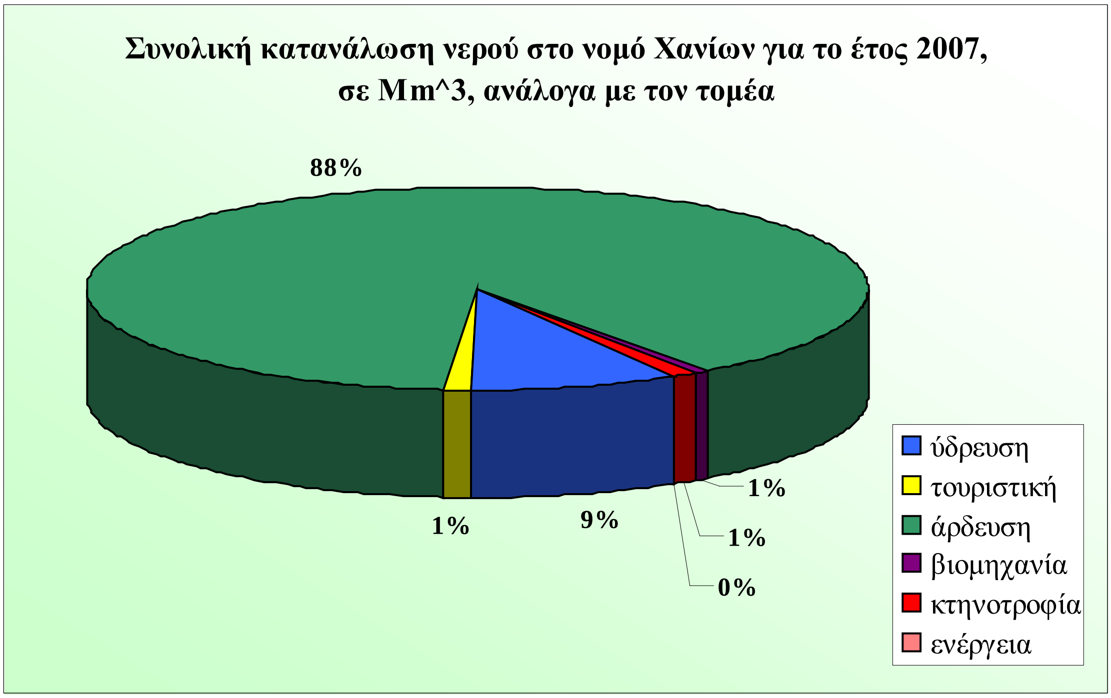
4.7 Παραγωγή Ενέργειας

Στο διαμέρισμα υπάρχουν δύο ΑΗΣ. Στον ΑΗΣ Χανίων η μονάδα είναι αερόψυκτη. Η κατανάλωση νερού αφορά μόνο στην παραγωγή ατμού (55 000–60 000 m^3/έτος από ΟΑΔΥΚ). Στον ΑΗΣ Λινοπεραμάτων καταναλώνονται 130 000–140 000 m^3/έτος για ψύξη (από Δήμο Γοργολαΐνης). Για παραγωγή ατμού καταναλώνονται 20 000 m^3/ώρα (από πηγή Αλμυρού) (Περιφέρεια Κρήτης, 2002), (itia, Research team).

Επομένως, για την παραγωγή ενέργειας στο νομό Χανίων καταναλώνονται **55.000–60.000 m^3/έτος ή 57,5 M m^3/έτος.**

4.8 Συνολική Κατανάλωση

Διάγραμμα 4.64: Συνολική κατανάλωση ανά τομέα, 2007 σε Mm^3.



Όπως φαίνεται το μεγαλύτερο ποσοστό νερού καταναλώνεται για γεωργική χρήση (88%-162.116 Mm^3/έτος), γεγονός αναμενόμενο, λόγω του μεγάλου αριθμού των αρδευόμενων εκμεταλλεύσεων στο νομό Χανίων.

Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα – Προτάσεις

5.1 Σχολιασμός Αποτελεσμάτων

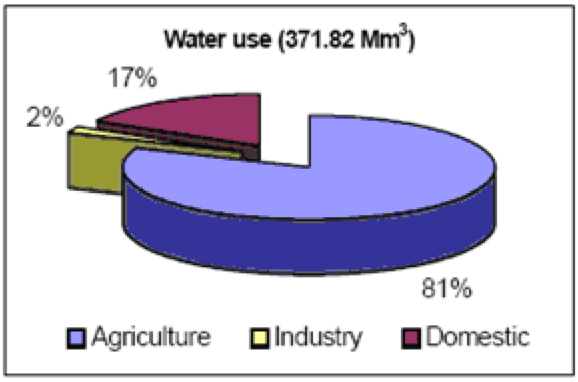
Όπως υπολογίστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, από το σύνολο των υδατικών αναγκών στο νομό Χανίων, το μεγαλύτερο ποσοστό καταναλώνεται στη γεωργία. Πιο συγκεκριμένα, για το έτος 2007, το 88% της συνολικής κατανάλωσης αντιστοιχεί στην άρδευση, συμπεριλαμβανομένων των απωλειών από το δίκτυο μεταφοράς και από τα συστήματα άρδευσης.

Το αποτέλεσμα αυτό ήταν αναμενόμενο, καθώς όπως έχει ήδη αναφερθεί, στην Ελλάδα η γεωργία είναι ο μεγαλύτερος καταναλωτής νερού (78,5% περίπου), ακολουθεί η ύδρευση (15,8% περίπου), ενώ μόνο το 5,7% καταναλώνεται από την βιομηχανία (Χαρτζουλάκης και Μπερτάκη, 2009).

Αντίστοιχα, στο νομό Χανίων το 88% αντιστοιχεί στη γεωργία, ακολουθεί η ύδρευση με ποσοστό κατανάλωσης 10% (αστική και τουριστική χρήση), ενώ μόνο από 1% καταναλώνεται από την βιομηχανία και την κτηνοτροφία.

Επίσης, τα ποσοστά κατανάλωσης σε ολόκληρο το νησί της Κρήτης είναι παρεμφερή καθώς στην άρδευση για γεωργία αντιστοιχεί 81% του συνόλου, ενώ η χρήση για ύδρευση συμπεριλαμβανομένου και του νερού για τουριστική χρήση είναι 17% ενώ μόλις το 2% χρησιμοποιείται στη βιομηχανία (κυρίως σε εγκαταστάσεις εξαγωγής ελιών, εργοστάσια συσκευασίας, επιχειρήσεις εμφιάλωσης νερού), (διάγραμμα 5.1), (Donta, Lange and Herrmann).

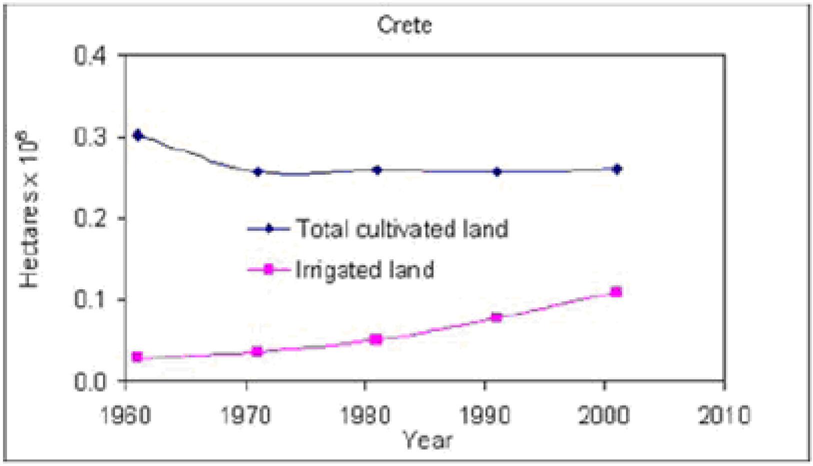
Διάγραμμα 5.1: Χρήση νερού στην Κρήτη, (Donta, Lange and Herrmann).



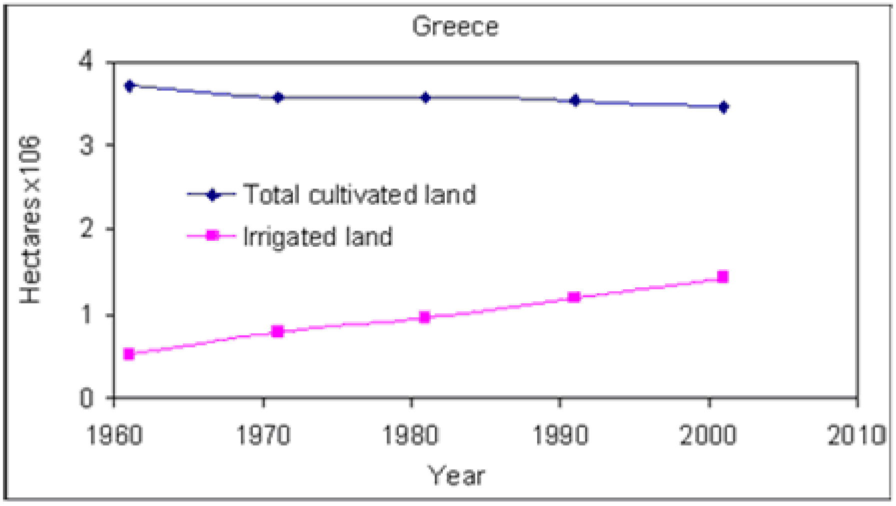
Η ζήτηση νερού άρδευσης είναι μεγάλη, γεγονός αναμενόμενο, από τη στιγμή που σε όλη την Ελλάδα σήμερα αρδεύεται το 41,2% της καλλιεργούμενης έκτασης. Στην Κρήτη, το 42% της διαθέσιμης γης αρδεύεται (Περιφέρεια Κρήτης, 2002).

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 5.2 υπάρχει αύξηση των αρδευόμενων εκτάσεων μεγαλύτερο του 55% τα τελευταία 15 χρόνια στην Κρήτη, ενώ η μέση ανάπτυξη συγχρόνως στη χώρα είναι στο 15% (διάγραμμα 5.3), (Chartzoulakis et al., 2001).

Διάγραμμα 5.2: Συνολικές καλλιεργούμενες εκτάσεις και αρδευόμενες, στην Κρήτη (Ε.Σ.Υ.Ε.).



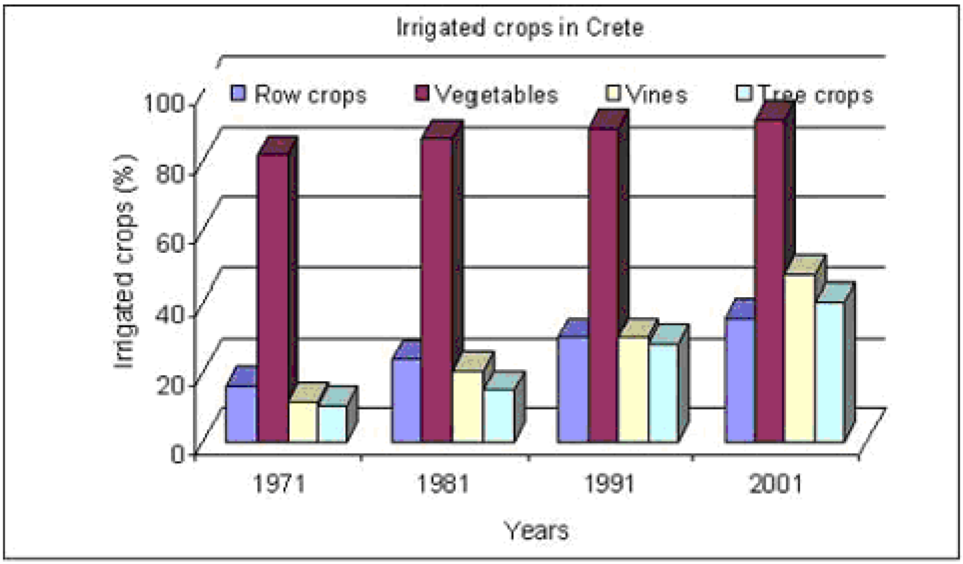
Διάγραμμα 5.3: Συνολικές καλλιεργούμενες εκτάσεις και αρδευόμενες, στην Ελλάδα, (Ε.Σ.Υ.Ε.).



Το γεγονός αυτό εξηγεί τη συνεχής ζήτηση του νερού για γεωργική χρήση, καθώς λόγω του ότι συνεχώς αυξάνονται οι αρδευόμενες καλλιέργειες είναι αναμενόμενο να αυξάνεται και η ζήτηση.

Στο διάγραμμα 5.4, φαίνονται οι αλλαγές στις καλλιέργειες στην Κρήτη τα τελευταία 30 χρόνια (Περιφέρεια Κρήτης, 2002).

Διάγραμμα 5.4: Αρδευόμενες καλλιέργειες (ποσοστό από τις συνολικές καλλιεργούμενες εκτάσεις στην Κρήτη), κατά τη διάρκεια των τελευταίων 30 χρόνων (Donta, Lange and Herrmann).



5.2 Κατανάλωση και Ζήτηση

Συνολικά το νερό που καταναλώνεται στο νομό Χανίων είναι 182.884,3 Mm^3/έτος. Από τα συνολικά 240.432 στρέμματα σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Γεωργίας καλύπτονται με αρδευτικά έργα 94.100 στρέμματα στο νομό. Οι υπόλοιπες εκτάσεις από το σύνολο των 240.432 στρεμμάτων που αρδεύονται (Ε.Σ.Υ.Ε., 2005) καλύπτονται από κοινοτικά, συνεταιριστικά και ιδιωτικά υδροληπτικά έργα μικρότερης έκτασης.

Τα κυριότερα συλλογικά υφιστάμενα αρδευτικά έργα του νομού παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.5.

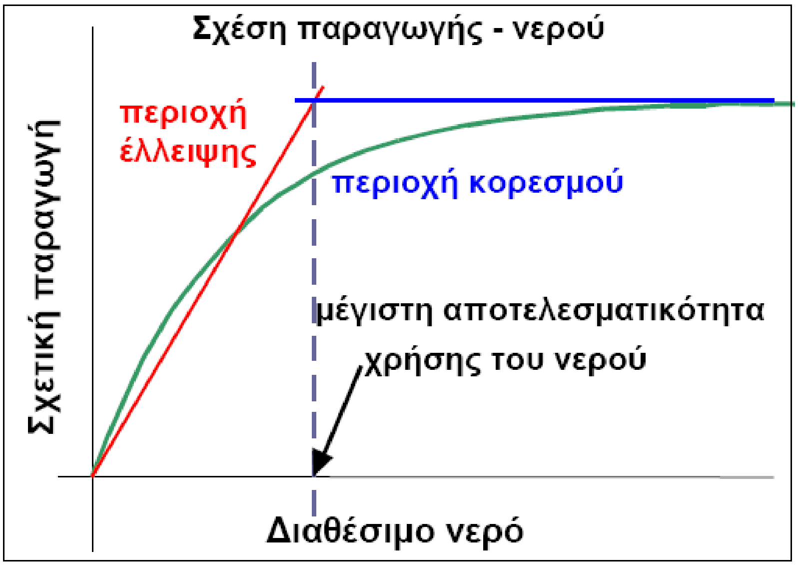
Ο νομός Χανίων χωρίζεται σε 14 Τοπικούς Οργανισμούς Εγγείων Βελτιώσεων (ΤΟΕΒ), ο καθένας από τους οποίους έχει ένα αρδευτικό δίκτυο το οποίο υδροδοτείται ανάλογα με την περιοχή που ανήκει. Τα στοιχεία αυτά εκθέτονται αναλυτικά, στο Παράρτημα.

Πίνακας 5.5: Υφιστάμενα αρδευτικά έργα στο νομό Χανίων, (itia, εθνικό πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων, 2008).

Αρδευτικό έργο	Τροφοδοσία	Έκταση (στρέμ.)
Νομός Χανίων		
ΟΑΔΥΚ Κισσάμου	Γεωτρήσεις	8 500
Χανιά-Κολυμπάρι	Πηγές Αγυιάς-Μεσκλών, γεωτρήσεις	9 300
Βαρύπετρος	Πηγές Αγιάς, λίμνη	12 400
ΟΑΔΥΚ Ακρωτηρίου	Πηγές Ζούρμπου, γεωτρήσεις	8 000
Δυτικός Αποκόρωνας	Πηγές Στύλου, Αρμένων	16 000
Κεντρικός Αποκόρωνας	Πηγές Ζούρμου, Αρμένων	8 000
Ανατολικός Αποκόρωνας	Πηγές Γεωργουπόλεως, λίμνη Κουρνά	14 000
Χαιρεθιάνα	Γεωτρήσεις	1 400
Εννιά Χωριά	Γεωτρήσεις	800
Λουκάκια	Γεωτρήσεις	300
Κυπάρισσος	Γεωτρήσεις	600
Ζουνάκι	Γεωτρήσεις	700
Κάνδανος	Γεωτρήσεις	1 000
Λίμνη	Γεωτρήσεις	1 800
Κουντούρα	Χείμαρρος	2 700
Παλαιοχώρα	Χείμαρρος	1 600
Χρυσοσκαλίτισσα	Λιμνοδεξαμενή	1 500
Άγιοι Θεόδωροι	Λιμνοδεξαμενή	1 500
Φραγκοκάστελο	Γεωτρήσεις	4 000
Σύνολο		**94 100**
		(76 200 στη ζώνη του ΟΑΔΥΚ)

Η κάλυψη των αναγκών βασίζεται αποκλειστικά στην εξασφάλιση της μέγιστης προσφοράς νερού (κατασκευή μεγάλων και πολυδάπανων έργων), δίνοντας ελάχιστη σημασία στον έλεγχο των αναγκών και στην προστασία των υδατικών πόρων. Αυτή η πρακτική έχει σοβαρά μειονεκτήματα όπως η χαμηλή οικονομική αποδοτικότητα, μεγάλες κοινωνικές βλάβες και άνιση κατανομή των ωφελημάτων και σοβαρές, συχνά ανυπέρβλητες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η παραγωγή αγροτικών προϊόντων απαιτεί μεγάλη κατανάλωση νερού. Για παραγωγή 1 kg ξηράς ουσίας π.χ. σε πατάτες, τομάτες, σιτάρι και ρύζι απαιτούνται 0,5, 0,6-1,0, 0,9 και 1,9 m^3 νερού αντίστοιχα. Ωστόσο, η παραγωγή μιας καλλιέργειας αυξάνει με την αύξηση του νερού άρδευσης μέχρι ενός σημείου κορεσμού (Hillel, 1997). Η επιπλέον ποσότητα νερού δεν αυξάνει την παραγωγή (Σχήμα 5.6). Επειδή συνήθως η υπέρ-άρδευση δεν έχει άμεσες επιπτώσεις στην καλλιέργεια, οι αγρότες έχουν την τάση για να ‘αισθάνονται ασφαλείς’ να αυξάνουν την ποσότητα του νερού άρδευσης πάνω από τις πραγματικές ανάγκες, ειδικά όταν και η τιμή του νερού άρδευσης είναι πολύ χαμηλή (Χαρτζουλάκης και Μπερτάκη, 2009).

Σχήμα 5.6: Σχέση παραγωγής μια καλλιέργειας και νερού άρδευσης (Χαρτζουλάκης και Μπερτάκη, 2009).



Εκτιμάται ότι από το νερό άρδευσης που εφαρμόζεται το 25% χάνεται λόγω υπέρ-άρδευσης. Η υπερ-άρδευση μπορεί να προκαλέσει περιοδική έλλειψη νερού σε άλλους παραγωγούς, ασφυκτικές συνθήκες στο έδαφος για την καλλιέργεια, ευνοϊκό περιβάλλον για την ανάπτυξη ασθενειών, απώλεια θρεπτικών στοιχείων λόγω έκπλυσης ή βαθιάς διήθησης, ρύπανση του υπόγειου υδροφορέα από αγροτοχημικά, μείωση της παραγωγής και υποβάθμιση της ποιότητας και αύξηση του κόστους παραγωγής (Χαρτζουλάκης και Μπερτάκη, 2009).

5.3 Ορθολογική Χρήση Νερού

Η αναγκαιότητα της επέκτασης και βελτίωσης των αρδεύσεων για την εξασφάλιση βιώσιμης και αυτοτροφοδοτούμενης γεωργίας ολοένα και αυξάνεται. Με δεδομένο ότι υπάρχουν σοβαροί περιορισμοί για την ανάπτυξη νέων πηγών νερού, ιδιαίτερα από τους υπόγειους υδροφορείς και τον ανταγωνισμό από τους άλλους χρήστες (ύδρευση και βιομηχανία) η μοναδική λύση για την κάλυψη των αυξανόμενων αναγκών της γεωργίας σε νερό είναι η ορθολογική διαχείριση και η πιο αποτελεσματική χρήση του. Αν και έχει γίνει σημαντική πρόοδος τα τελευταία χρόνια στη διαχείριση των υδατικών πόρων ωστόσο υπάρχουν ακόμη θέματα στα οποία θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή.

Τέτοια θέματα είναι:

1. **Διαχείριση της ζήτησης και αποτελεσματική χρήση του νερού**

Επειδή η χρήση του νερού στη γεωργία καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό, η αύξηση της αποτελεσματικότητας της χρήσης του, που είναι κάτω του 55% (σχήμα 5.7), θα συμβάλλει αναμφίβολα στην εξοικονόμηση αλλά και διασφάλιση του νερού για το μέλλον (Χαρτζουλάκης και Μπερτάκη, 2009). Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με:

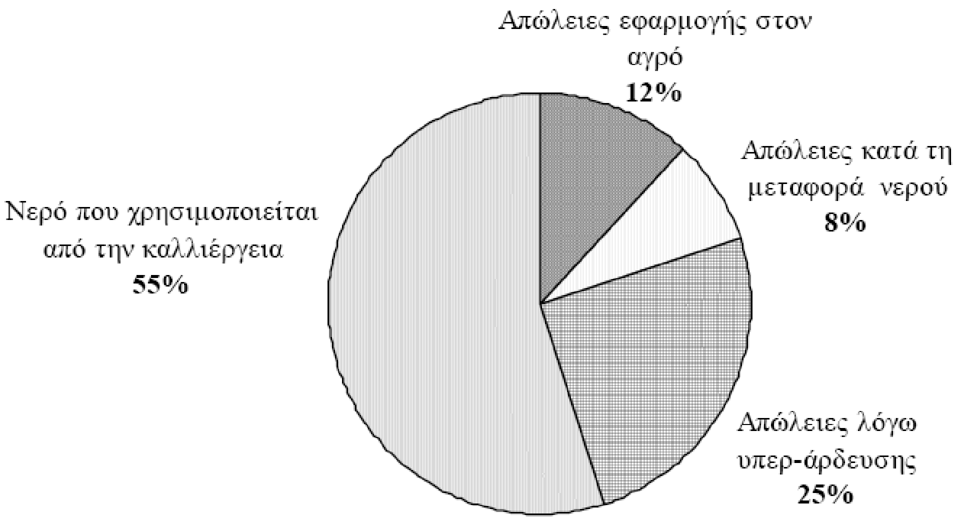
Εφαρμογή ορθής αρδευτικής πρακτικής

- Μείωση των απωλειών νερού με τη βελτίωση ή αντικατάσταση του δικτύου μεταφοράς και διανομής του νερού, στο νομό Χανίων όπως είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, το δίκτυο μεταφοράς νερού σχεδόν στο 100% του είναι υπό πίεση, γεγονός που ελαχιστοποιεί τις απώλειες.
- Υποχρεωτική εγκατάσταση σύγχρονων συστημάτων άρδευσης (σταγόνες, κλπ) που εξοικονομούν νερό (Χαρτζουλάκης και Μπερτάκη, 2009). Στο νομό Χανίων το μεγαλύτερο ποσοστό των εκτάσεων αρδεύεται με σταγόνες (περίπου 93%).

  Σύμφωνα με μελέτη που έγινε στη λίμνη Κορώνειας για παράδειγμα, όπου την τελευταία δεκαπενταετία παρατηρήθηκε μία δραματική ποσοτική και ποιοτική υποβάθμιση της λίμνης, υποβλήθηκε πρόταση για την απόσυρση των καρουλιών και εφαρμογή της στάγδην άρδευσης. Προϋπόθεση όμως για την επιτυχία της πρότασης είναι η συναίνεση των αγροτών. Η πρόταση αυτή εκτιμάται ότι θα μειώσει κατά 20.000.000 m^3 ετησίως, τις αντλούμενες από τον υδροφορέα ποσότητες νερού και θα επαναφέρει το υδατικό ισοζύγιο της υπολεκάνης από αρνητικό σε θετικό (Παπαδόπουλος και άλλοι, 2009).
- Σχεδιασμό της άρδευσης με βάση τις συνθήκες κάθε περιοχής (κλίμα, έδαφος) και τις ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας.
- Εφαρμογή του κατάλληλου σχεδιασμού της άρδευσης (πότε και με πόσο νερό), που θα βασίζεται στις εδαφό-κλιματικές συνθήκες και το είδος της καλλιέργειας από τους ειδικούς.
- Λειτουργία ενός συστήματος ενημέρωσης των αγροτών για το σχεδιασμό της άρδευσης και τις ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό.
- Εφαρμογή τεχνικών άρδευσης για αποφυγή της αλάτωσης των εδαφών.

- Εφαρμογή τεχνικών άρδευσης που απαιτούν μειωμένη ποσότητα νερού, όπως η ελλειμματική άρδευση (regulated deficit irrigation, RDI) και η υπόγεια άρδευση (SSI) σε περιόδους με έλλειψης νερού.
- Άρδευση συνήθως κατά τις βραδινές ώρες για να μειώσουμε τις απώλειες λόγω εξάτμισης.
- Καταγραφή με τη χρήση υδρομέτρου της ποσότητα του νερού που χρησιμοποιήσαμε και ενημέρωση για το κόστος του νερού.
- Χρησιμοποίηση συστήματος υδρολίπανσης για την εφαρμογή των λιπασμάτων.
- Αποτελεσματική συντήρηση του αρδευτικού δικτύου στο τέλος κάθε αρδευτικής περιόδου.

Σχήμα 5.7: Απώλειες νερού άρδευσης (Χαρτζουλάκης και Μπερτάκη, 2009).



Εφαρμογή ορθής διαχείρισης του εδάφους

- Επιφανειακή καλλιέργεια του εδάφους για μείωση της απορροής.
- Εφαρμογή της κατάλληλης μεθόδου καταστροφής των ζιζανίων ώστε να μειωθεί ο ανταγωνισμός για το νερό και οι απώλειες λόγω διαπνοής από τα ζιζάνια.

Εφαρμογή ορθής διαχείρισης της καλλιέργειας

- Επιλογή καλλιέργειας λαμβάνοντας υπόψη την βροχόπτωση, την διαθεσιμότητα του νερού άρδευσης και την απόδοση της καλλιέργειας.
- Επιλογή ποικιλιών που αντέχουν στην έλλειψη νερού.

- Επιλογή καλλιεργειών ή ποικιλιών που ολοκληρώνουν τον κύκλο τους σε όσο το δυνατό μικρότερο διάστημα.
- Ορθολογική χρήση των λιπασμάτων (ποσότητα και τύπος) σύμφωνα με τις ανάγκες της καλλιέργειας (ανάλυση φύλλων). Συνιστάται η χρήση λιπασμάτων βραδείας αποδέσμευσης.
- Μείωση της ποσότητας των λιπασμάτων σε χρονιές που αναμένεται μειωμένη παραγωγή (μείωση κόστους παραγωγής και επιβάρυνσης του περιβάλλοντος).
- Ορθολογική χρήση των φυτοφαρμάκων (ποσότητα και ομοιομορφία εφαρμογής) σύμφωνα με τις οδηγίες των ειδικών.

Η εφαρμογή των παραπάνω απαιτεί την ύπαρξη μιας ισχυρής και αποτελεσματικής υπηρεσίας Γεωργικών Εφαρμογών, που θα έχει εξειδικευμένο προσωπικό, άμεση σύνδεση με την έρευνα, επαρκή οικονομική υποστήριξη και συνεχιζόμενα προγράμματα κατάρτισης των αγροτών (Χαρτζουλάκης και Μπερτάκη, 2009).

2. Πολιτική τιμών και ανάκτηση του κόστους.

Στην αποτελεσματική εφαρμογή της ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων θα συμβάλει και η πολιτική τιμολόγησης του νερού άρδευσης.

Η πρόσβαση στην παροχή νερού είναι βασικό ανθρώπινο δικαίωμα που έχει όμως κόστος. Στις υγρές περιοχές το νερό έχει μικρότερη οικονομική αξία από ό,τι στις ξηρές περιοχές, όπου λόγω της έλλειψης του, η οικονομική του αξία τόσο για την ύδρευση όσο και για την άρδευση είναι μεγαλύτερη. Έτσι, ενώ μοιράζεται ένας κοινός πόρος, η αξία του νερού ποικίλλει μεταξύ των περιοχών και η τιμή του είναι υποκειμενική (Taylor, 2003).

Η παροχή των υπηρεσιών διαχείρισης νερού έχει κόστος που σχετίζεται με τις επενδύσεις, τη λειτουργία και συντήρηση των υποδομών, περιβαλλοντικές δαπάνες που συνδέονται με τις επιδράσεις των διαρροών και των εκροών των αποχετεύσεων καθώς και τις κοινωνικές δαπάνες σχετικές με τις αστικές-αγροτικές αρχές επιχορηγήσεων, την προστασία αδύναμων καταναλωτών και την επιδότηση διαφόρων τομέων

Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των νερών εξέδωσαν Οδηγία (Directive 2000/60/EU) με την οποία συστήνουν πλήρη κάλυψη των δαπανών χρήσης νερού από τους καταναλωτές. Έτσι ως το 2004, κάθε κράτος μέλος, ήταν υποχρεωμένο να εξασφαλίσει για κάθε Περιοχή Λεκάνης Απορροής Ποταμού την οικονομική ανάλυση των χρήσεων νερού, ώστε να επιλεγεί ο οικονομικότερα αποδοτικός συνδυασμός μέτρων για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της οδηγίας. Ακόμα, έως το 2010, κάθε κράτος μέλος, πρέπει να λάβει υπόψη του την αρχή της ανάκτησης του κόστους των υπηρεσιών νερού, έτσι ώστε με τη χρήση τιμών και χρεώσεων του νερού να πετύχει την αειφορία των υδατικών πόρων. Το κόστος των υπηρεσιών νερού περιλαμβάνει μια σειρά από κόστη που σχετίζονται με τις υπηρεσίες διαχείρισης των υδατικών πόρων, τη λειτουργία, τη συντήρηση και τις επενδύσεις των έργων, το περιβάλλον κα τη διαχείριση των φυσικών πόρων. Είναι επιλογή κάθε κράτους μέλους, εάν θα συνεκτιμήσει τα κοινωνικά, περιβαλλοντικά και οικονομικά αποτελέσματα καθώς και τις γεωγραφικές και κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή. Αυτό αφήνει κάποια ελευθερία, σε κάθε κράτος μέλος ως προς την τιμολογιακή πολιτική που θα ακολουθήσει. Η χώρα μας ως μέλος της Ευρωπαϊκής Κοινότητας εναρμόνισε την εθνική νομοθεσία προς τις διατάξεις της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, θεσπίζοντας το Νόμο 3199/2003 για την προστασία και διαχείριση των νερών με παράλληλη κατάργηση του Νόμου 1739/87 (Χατζηγιαννάκης και άλλοι, 2009).

Η πολιτική της τιμολόγησης θα πρέπει να προωθεί την μελλοντική εξασφάλιση της επάρκειας, να αποθαρρύνει τη σπατάλη, να ενθαρρύνει την εισαγωγή νέας τεχνολογίας και να κινητοποιεί τις ιδιωτικές επενδύσεις (Χαρτζουλάκης και Μπερτάκη, 2009).

Σε όλα τα κράτη μέλη της Ε.Ε. έχουν γίνει ή προωθούνται μεταρρυθμίσεις ώστε να εισαχθεί ένας καλύτερος τρόπος κάλυψης των δαπανών, αλλά προς το παρόν οι τιμές δεν καλύπτουν όλες τις δαπάνες παροχής υπηρεσιών. Στην πραγματικότητα, η ευρεία εικόνα για τη γεωργική και αστική χρήση του νερού, κυμαίνεται από την πλήρη κάλυψη των οικονομικών δαπανών (π.χ. στην Αγγλία κάθε πελάτης τιμολογείται), ως τη μηδενική κάλυψη των δαπανών (π.χ. στην Ιρλανδία δεν υπάρχει καμία άμεση δαπάνη για το νερό). Επίσης μετά βίας εξετάζονται οι περιβαλλοντικές και κοινωνικές δαπάνες καθώς και το κόστος αποκατάστασης των υδατικών πόρων (Taylor, 2003).

Στην Ευρώπη υπάρχει ένα ευρύ φάσμα των δομών τιμολόγησης του νερού. Η πιο κοινή προσέγγιση στην τιμολόγηση συνδυάζει ένα σταθερό στοιχείο, σχετικό με τη σύνδεση στο δίκτυο και ένα μεταβλητό συστατικό, βασισμένο στην ογκομετρική κατανάλωση. Η ογκομετρική τιμολόγηση χρησιμοποιείται κυρίως για τους αστικούς

και τους βιομηχανικούς χρήστες, ενώ η τιμολόγηση που βασίζεται στην αρδευόμενη επιφάνεια κυριαρχεί στην Ελλάδα, εκτός από λίγες περιπτώσεις που η τιμολόγηση βασίζεται στην κατανάλωση του αρδευόμενου νερού (Panoras and Mavroudis, 1995).
Ο παραδοσιακός αυτός τρόπος τιμολόγησης του αρδευτικού νερού στη χώρα μας δεν είναι σύμφωνος με το νόμο 3199/2003 ο οποίος εναρμονίζει την εθνική νομοθεσία με την οδηγία 2000/60/ΕΚ, αφού δεν λαμβάνει υπόψη του την πραγματική κατανάλωση του νερού από κάθε γεωργό, αλλά μόνο την καλλιεργούμενη έκταση που αρδεύεται, με αποτέλεσμα να σπαταλώνται πολύ μεγάλες ποσότητες νερού και να προκαλούνται μεγάλα προβλήματα όπως:

α) η μη ικανοποίηση των αυξανόμενων αναγκών σε νερό των οικισμών,

β) η μη επέκταση των αρδεύσεων,

γ) η έλλειψη υδατικών πόρων κατά τη θερινή περίοδο στα κατάντη των ποταμών, γεγονός που επηρεάζει δυσμενώς την πανίδα και χλωρίδα των δέλτα των ποταμών,

δ) η άνοδος της φρεάτιας στάθμης που προκαλεί δευτερογενή αλάτωση των εδαφών (Mavroudis et al., 1999),

ε) η μη αποτελεσματική λειτουργία των στραγγιστικών δικτύων με πολλές παρενέργειες σε εδάφη και φυτά, και

στ) η έκπλυση των αγροχημικών και η ρύπανση επιφανειακών και υπογείων υδάτων.

Η χρέωση του αρδευτικού νερού στα συλλογικά δίκτυα με βάση τον καταναλισκόμενο όγκο νερού συμβάλλει τα μέγιστα στον περιορισμό των απωλειών. Υπάρχουν όμως πολλές δυσκολίες για την άμεση εφαρμογή του τρόπου αυτού. Για το λόγο αυτό προτείνεται ένας άλλος τρόπος που μπορεί να αντικαταστήσει τον παραδοσιακό, επιτυγχάνοντας δικαιότερη κατανομή της δαπάνης χρήσης του νερού από τους γεωργούς, με βάση τις πραγματικές ανάγκες της κάθε καλλιέργειας σε νερό. Ο τρόπος αυτός αποτελεί ένα ενδιάμεσο βήμα για τη βελτίωση της υφιστάμενης πρακτικής χρέωσης του νερού χωρίς να υπάρχει ανάγκη δημιουργίας νέων υποδομών. Βέβαια, βασικός στόχος παραμένει η χρέωση του αρδευτικού νερού με βάση τον καταναλισκόμενο όγκο (Χατζηγιαννάκης και άλλοι, 2009).
Αναμφισβήτητα, ο τρόπος χρέωσης του αρδευτικού νερού με βάση τις ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό είναι δικαιότερος από τη χρέωση με βάση την αρδευόμενη έκταση, αλλά υπολείπεται του τρόπου χρέωσης με βάση τον καταναλισκόμενο όγκο νερού που αποτελεί και την τελική επιδίωξη των φορέων διαχείρισης αρδευτικού νερού.

Ο προτεινόμενος τρόπος χρέωσης δεν μπορεί να εξασφαλίσει την απόλυτα δίκαιη κατανομή της δαπάνης χρήσης νερού που εξασφαλίζει ο τρόπος χρέωσης με τον καταναλισκόμενο όγκο, γιατί προϋποθέτει ότι ο γεωργός κάνει λογική χρήση του νερού στο χωράφι του. Συνήθως, σε περιοχές με στενότητα υδατικών πόρων, η διαχείριση του αρδευτικού νερού από τους φορείς και τα μέλη τους είναι καλή και η προαναφερθείσα προϋπόθεση ισχύει σε μεγάλο βαθμό. Αντίθετα, σε περιοχές με αφθονία υδατικών πόρων, υπάρχουν περιπτώσεις που οι φορείς και τα μέλη τους δεν κάνουν καλή διαχείριση του αρδευτικού νερού με αποτέλεσμα να γίνεται όχι μόνο σπατάλη των υδατικών πόρων, αλλά και να δημιουργούνται δυσάρεστα αποτελέσματα σε έδαφος και φυτό (Χατζηγιαννάκης και άλλοι, 2009).

Η τιμή του νερού άρδευσης ποικίλει σε μεγάλο εύρος μεταξύ των διαφόρων περιοχών, αλλά και μέσα στην ίδια περιοχή, ανάλογα με το διαχειριστή του έργου. Στη Κρήτη π.χ. στην περιοχή της Δυτ. Κισσάμου το νερό άρδευσης από τα έργα του ΟΑΔΥΚ κοστίζει 0,15-0,18 €/m^3, όταν στα έργα που διαχειρίζονται οι Δήμοι κοστίζει 0,18-0,25 €/m^3 και σε μερικές ιδιωτικές γεωτρήσεις το κόστος φτάνει τις 0,35-0,40 €/m^3 (Chartzoulakis et al., 2001). Οι τιμές αυτές είναι υψηλότερες από αυτές των άλλων μεσογειακών χωρών της Ε.Ε, που παράγουν ανταγωνιστικά προϊόντα (OECD, 1999).

Παρόλα αυτά, η εφαρμογή ενός νέου τρόπου χρέωσης κρίνεται απαραίτητη γιατί αφενός μεν συμβάλλει στην ανάπτυξη της αρδευτικής συνείδησης του γεωργού, αφού πληρώνει με βάση τις ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό και αφετέρου δίνει τη δυνατότητα στους φορείς διαχείρισης του αρδευτικού νερού να παροχετεύουν τις αναγκαίες ποσότητες με πολλαπλά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Επίσης, η υλοποίηση αυτού του τρόπου χρέωσης θα προετοιμάσει τον Έλληνα γεωργό να αποδεχθεί τη χρέωση του νερού με βάση τον καταναλισκόμενο όγκο, πρακτική που επιβάλλει η Εθνική και Ευρωπαϊκή νομοθεσία, όταν θα δημιουργηθεί η απαραίτητη τεχνολογική υποδομή σε ελεύθερης ροής και υπό πίεση αρδευτικά δίκτυα (Χατζηγιαννάκης και άλλοι, 2009).

3. Ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση των υποβαθμισμένων νερών.

Τα επεξεργασμένα αστικά λύματα αντί να διατεθούν σε υδάτινους αποδέκτες μπορούν να αξιοποιηθούν για άρδευση γεωργικών και αστικών εκτάσεων και εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων (Αγγελάκης και Tchobanoglous, 1995).

Η άρδευση των καλλιεργειών είναι ο καλύτερος τρόπος επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων, επειδή αποφεύγεται η υποβάθμιση της ποιότητας του νερού των αποδεκτών (ελαχιστοποίηση του ευτροφισμού), αποτελεί μια νέα πηγή νερού στο ισοζύγιο των ελλειμματικών περιοχών και τροφοδοτεί το έδαφος με θρεπτικά στοιχεία, όπως το άζωτο, ο φώσφορος και το κάλιο, που βοηθούν στην ανάπτυξη της καλλιέργειας και ελαχιστοποιούν τη ανάγκη προσθήκης χημικών λιπασμάτων. Εκτός από την εξοικονόμηση νερού, σημαντική είναι και οικονομία στην εφαρμογή λιπασμάτων.
Άλλες θετικές πλευρές της χρήσης των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων για άρδευση είναι η δυνατότητα δημιουργίας ζωνών πρασίνου, η αποφυγή της ερημοποίησης γόνιμων εδαφών και η άρδευση χώρων αναψυχής (πάρκα, αθλητικοί χώροι, δενδροστοιχίες, κλπ.).
Παρόλα αυτά προτιμούν να χρησιμοποιούν τα επιφανειακά ή/και υπόγεια νερά. Για το λόγο αυτό πρέπει να γίνει προσπάθεια ώστε οι αγρότες να δεχτούν την χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων. Επιπλέον η χρέωση για αυτή τη χρήση νερού πρέπει να είναι χαμηλότερη από αυτή των κανονικών νερών ώστε να γίνει πιο δελεαστική σαν λύση (Χαρτζουλάκης και Μπερτάκη, 2009).

Η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων στη γεωργία είναι μια πρακτική που εφαρμόζεται εδώ και αρκετές δεκαετίες σε πολλές χώρες του κόσμου, όπως οι ΗΠΑ, το Ισραήλ, η Κύπρος, η Γαλλία, η Τυνησία, το Μαρόκο, η Γερμανία, η Αυστραλία, η Ν. Αφρική, κλπ.. (Πανώρας και Ηλίας, 1997). Στην Ελλάδα οι επεξεργασμένες εκροές σήμερα διατίθενται κυρίως σε φυσικούς αποδέκτες (θάλασσα 45%, ποταμούς 12%, χείμαρρους 32%, έδαφος 7%, άλλους 4%). Πάνω από 140 εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων που λειτουργούν σήμερα στην Ελλάδα διαθέτουν υψηλού κόστους υποθαλάσσιους αγωγούς διάθεσης των εκροών στη θάλασσα, αντί έργων χαμηλού κόστους ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης για άρδευση. Στη Κρήτη, η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων εκροών για άρδευση θα συμβάλλει στην αύξηση κατά 5,3% της αρδευόμενης έκτασης (Tsagarakis et al., 2001). Ωστόσο, στην Ελλάδα, πέρα από το ψυχολογικό παράγοντα, που δρα περιοριστικά στη εφαρμογή της άρδευσης με επεξεργασμένα λύματα, δεν έχουν ακόμη καθορισθεί τα επιτρεπόμενα όρια από τις αρμόδιες υπηρεσίες για τις διαδικασίες επαναχρησιμοποίησης, ώστε να δυσχεραίνεται η εφαρμογή τους (Χαρτζουλάκης και Μπερτάκη, 2009).

4. Διαχείριση της ποιότητας του νερού

Η διαχείριση της ποιότητας έχει αρχίσει να γίνεται σημαντική όσο και η διαχείριση της ποσότητας. Η κυριότερη πηγή μόλυνσης τόσο του επιφανειακού όσο και του υπόγειου νερού είναι η γεωργία, με τη χρήση των αγροτοχημικών (Bower, 1990). Η εντατικοποίηση της γεωργίας με τη μαζική χρήση των αγροτοχημικών έχει σαν αποτέλεσμα τα υπολείμματα να πέφτουν στους ποταμούς τις λίμνες και τους υπόγειους υδροφορείς. Η αύξηση των αρδεύσεων σε συνδυασμό με τη μη σωστή εφαρμογή στο επίπεδο του αγρού, έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση των προβλημάτων αλάτωσης των εδαφών, κυρίως στις ξηροθερμικές περιοχές. Η διείσδυση θαλασσινού νερού στους παραλιακούς υδροφορείς, λόγω υπεράνλησης, αποτελεί επίσης μια σοβαρή αιτία υποβάθμισης της ποιότητας του νερού. Και το πρόβλημα της υποβάθμισης της ποιότητας του νερού αναμένεται να χειροτερεύσει στο μέλλον λόγω της αύξησης της εντατικοποίησης της γεωργίας (χρησιμοποιώντας περισσότερα αγροτοχημικά και αυξημένη ζήτηση νερού άρδευσης), για να καλύψει τις αυξανόμενες ανάγκες σε τροφή της αύξησης του πληθυσμού (Χαρτζουλάκης και Μπερτάκη, 2009).

Η εφαρμογή τεχνητού εμπλουτισμού των υπόγειων υδροφορέων είναι μία διαδικασία που υφίσταται εδώ και πολλά χρόνια. Τα ρηχά υδροφόρα στρώματα επαναφορτίζονται σκόπιμα, όταν το επιφανειακό νερό μεταβιβάζεται από την απορροή διαδίδεται στις τάφρους και στα κανάλια. Στόχος είναι να ξαναγεμίσει το υδροφόρο στρώμα ώστε να αυξηθεί η στάθμη του ύδατος και να είναι μεγαλύτερη ποσότητα νερού διαθέσιμη σε περιόδους με χαμηλές βροχοπτώσεις. Επίσης, επαναφορτίζονται και για την χρήση του νερού για άρδευση. Τέτοιες προσπάθειες για την επαναφόρτιση των υδροφορέων έχουν καταγραφεί από τον προηγούμενο αιώνα. Στη Σκωτία (1810) και στη Γαλλία (1820) έχουν γίνει προσπάθειες για να προκληθεί επαναφόρτιση των υδροφορέων χρησιμοποιώντας ποτάμια (Castro, 1998).

Γενικά πρέπει να γίνεται συνεχής καταγραφή της ποιότητας των υδατικών πόρων, γιατί η υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων είναι μία μεγάλη απειλή.

5. Χρήση του εικονικού νερού

Το εικονικό νερό (Virtual water), είναι μία έννοια που έχει εισαχθεί πρόσφατα αλλά είναι ευρέως αναγνωρισμένη και θεωρείται σημαντική για την επίτευξη περιφερειακής αλλά και παγκόσμιας ασφάλειας του νερού.

Ο όρος χρησιμοποιήθηκε πρώτα από τον Allan το 1993, ο οποίος το προσδιόρισε σαν το νερό που είναι απαραίτητο για να δημιουργηθεί ένα προϊόν (Allan, 1993). Αναφέρεται στο νερό που χρειάζεται για την παραγωγή ενός γεωργικού ή βιομηχανικού προϊόντος και περιέχεται στο προϊόν, όχι στην πραγματικότητα αλλά εικονικά. Η εκτίμηση του εικονικού νερού μιας περιοχής μπορεί να φανεί ιδιαίτερα χρήσιμη στο εμπόριο αλλά και στη διαχείριση του νερού, ειδικά σε περιοχές με έλλειψη νερού.

Το εμπόριο εικονικού νερού επιτρέπει στις περιοχές με έλλειψη νερού να εισάγουν προϊόντα που χρειάζονται μεγάλες ποσότητες νερού για να παραχθούν και να εξάγει προϊόντα που δεν χρειάζονται τόση μεγάλη ποσότητα νερού, με αποτέλεσμα να αποθηκεύει νερό για άλλες χρήσεις και σκοπούς. Επομένως, είναι ένας πολύ καλός τρόπος για την οικονομική και γεωπολιτική ανάπτυξη μίας περιοχής (Kotsovinos et al., 2009).

6. Συμμετοχή στη διαχείριση, εκπαίδευση και εξάσκηση

Χωρίς την ενεργό συμμετοχή των χρηστών του νερού σε όλα τα επίπεδα λήψης των αποφάσεων είναι αδύνατο να αντιμετωπισθεί με επιτυχία και να εφαρμοσθεί βιώσιμη λύση. Η αύξηση της ενημέρωσης των χρηστών είναι απαραίτητη για να εξασφαλισθεί η συμμετοχή τους (Χαρτζουλάκης και Μπερτάκη, 2009).

Κεφάλαιο 6: Βιβλιογραφία

Ξένη Βιβλιογραφία

1. Allan, J.A., “*Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible*”, Priorities for Water Resources Allocation and Management, p.p.:13-16, London, 1993.

2. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes D. and Smith, M., *“Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements”*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy, 1998.

3. Angelakis, A.N., Cosmas, C., & Monopolis, D., Land and water resources and their degradation in Crete, Greece. *Desertification Control Bulletin*, No. 32, UNEP, Nairobi, Kenya, pp. 40–50, 1997.

4. Angelakis, A.N. & Spyridakis, S.V., The status of water resources in Minoan times. In Angelakis A.N., & Issar A. S. (Eds.), *Diachronic climatic impacts on water resources with emphasis on Mediterranean region* (pp. 161–199). Berlin, Heidelberg: Springer (Chapter 8), 1996.

5. Brouwer, C., Prins, K., Kay, M. and Heibloem, M., “*Irrigation Water Management: Irrigation Methods”*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Training manual no 5, Rome, Italy, 1992.

6. Castro, E.J., “Effects of mixing and geochemical reactions on the water quality of an aquifer storage and recovery project at Myrtle Beach, South Carolina”, Department of Geological Sciences, University of South Carolina, 1998.

7. Chartzoulakis, K., Angelakis, A.N., & Skylourakis, P., Irrigation of horticultural crops in the Island of Crete. *Acta Horticulturae*, 449, 1–14, 1997.

8. Chartzoulakis, K.S., Paranychianakis, N.V., Angelakis, A.N., Water resources management in the Island of Crete, Greece, with emphasis on the agricultural use.*Water Policy 3* p.p.: 193-205, 2001.

9. Directive 2000/60/EU. “*Directive 2000/EC of the European Parliament and of the Council of establishing a framework for Community action in the field of water.*”

10. Donta, A.A., Lange, A.M. and Herrmann, A., “Water on Mediterranean Islands: Current conditions and prospects for sustainable management”, Published by Centre for Environment Research (CER) University of Muenster, Volume 5, MEDIS, 2005.

11. Hillel, D., Small scale irrigation for arid zones, principles and options. FAO, Rome, Italy, 1997.

12. Issar, A.S., Impacts of climate variations on water management and related socio-economic systems. Intern. Hydrological Programme, UNESCO, Paris, France, 1995.

13. Issar, A.S., & Makover-Levin, D., Climatic changes during the Holocene in the Mediterranean region. In A. N. Angelakis, & A.S. Issar (Eds.), *Diachronic climatic impacts on water resources with emphasis on Mediterranean region* (pp. 55–75). Heidelberg, Germany: Springer (Chapter 4), 1996.

14. Macheras, P., & Koliva-Machera, F., Rainfalls statistical characteristics of Iraklio area during this Century. *In Proceedings of the fourth Greek Congress of the Hellenic Hydrotechnical Union*, Volume 4, p.p.: 51–60. Iraklio, Crete, 1990.

15. Markou-Iakovaki, M., Atmospheric precipitation in the Island of Crete. Ph.D. Thesis. School of Physics and Mathematics, University of Athens, Athens, Greece, 1979.

16. Mavroudis, I., Panoras, A.G. and Zalidis, G., "*Influence of rice field irrigation on groundwater table and secondary soil salinisation in Greece*", Journal of Balkan Ecology, 2(4), p.p.: 29-36, 1999.

17. Kanakoudis, V. and Tsitsifli, St., "Water Pricing Policies in Greece: Is There a Common Understanding?", *2nd International Conference on Water Economics, Statistics and Finance, International Water Association, Alexandroupolis,* Thrace-Greece, 3-5 July 2009, Volume I, p.p.: 323-332.

18. Kotsovinos, N., Gratziou, M., Tsalkatidou, M., "Applying the virtual water Concept at Regional Level: The Prefecture of Xanthi (Greece) Example", *2nd International Conference on Water Economics, Statistics and Finance, International Water Association, Alexandroupolis,* Thrace-Greece, 3-5 July 2009, Volume II, p.p.: 457-466.

19. Paepe, L., Landscapes changes in Greece as a result of changing climate during the Quaternary. In D. Fantechi, N. S. Margaris (Eds.), Desertification in Europe, *Proceedings of the international symposium in the EEC programme on Climatology*, Mytilene, Greece, 15–18 April 1984. Dordrecht: D. Reidel, 1984.

20. Panoras A.G. and Mavroudis I.G., "*Charging for irrigation water by volume-electricity would conserve water resourses in Greece*". In: An improved method of charging the use of irrigation water based on evapotranspiration, 2003.

21. Phene C.J., Huntmacher R.B. and Ayars J.E. "*Subsurface drip irrigation: Realizing the full potential*". In: Effect of Modern Irrigation Methods on Growth and Energy Production of the Energy Plant Sorghum in Central Greece.

22. Sakellariou-Markantonaki M., Papaalexis D., Nakos N., Papanikolaou C., "*Effect of Modern Irrigation Methods on Growth and Energy Production of the Energy Plant Sorghum in Central Greece*", Agriculture Water Management, Volume 9, Issue 3, p.p. 181-189, 2007.

23. Solomon K., "Subsurface drip irrigation: produce selection and performance". In: Effect of Modern Irrigation Methods on Growth and Energy Production of the Energy Plant Sorghum in Central Greece, 1993.

24. Smajstrla, A.G., and Zazueta, F.S., *"Estimating Crop Irrigation Requirements for Irrigation System Design and Consumptive Use Permitting,"* University of Florida, AE257, July 2002.

25. Thorne D.W. and Peterson H.B., "*Irrigated Soils,*" Second Edition, Mc Graw Hill, 1954.

26. Tsagarakis K.P., Dialynas G.E., Angelakis A.N., Water resources management in Crete (Greece) including water recycling and reuse and proposed quality criteria. Agricultural water management, Volume 66, p.p. 35-47, 2004.

27. Tsagarakis K.P., Tsoumanis P., Charzoulakis K., Angelakis A.N., Water resources status including wastewater treatment and reuse in Greece: related problems and prospectives. *Water International*, Volume 26, Number 2, p.p. 252–258, June 2001.

28. Tsanis, I.K., Naoum, S., The effect of spatially distributed meteorological parameters on irrigation water demand assessment. *Advances in Water Resources* 26 p.p.: 311-324, 2003.

29. Wriedt Gunter, Marijn Van der Velde, Alberto Aloe, Faycal Bouraoui, "Estimating irrigation water requirements in Europe," *Journal of Hydrology*, p.p. 527-544, 2009.

Ελληνική Βιβλιογραφία

30. Αγγελάκης, A.N., και Tchobanoglous, G., «*Υγρά Απόβλητα. Φυσικά συστήματα επεξεργασίας και ανάκτηση, επαναχρησιμοποίηση και διάθεση εκροών*». Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο σελ. 465, 1995.

31. Βασιλάκη, Ρ., Μεταπτυχιακή Διατριβή: «Το φαινόμενο της ερημοποίησης στην Κρήτη και ο ρόλος της ελιάς», Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα: Μηχανικών Περιβάλλοντος, 2008.

32. Βοζινάκης, Κ., Κουγιάννη, Σ., «*Υδάτινοι Πόροι Νομού Χανίων και Διαχείρισή τους»,* αναφορά Διεύθυνσης Εγγείων Βελτιώσεων, 2004.

33. Δημητρίου, Σ. Α., Διπλωματική Εργασία: «Διαχειριστικό σχέδιο εκτίμησης του κινδύνου ρύπανσης (τρωτότητα) υπογείων υδάτων Νομού Χανίων, με τη χρήση GIS», Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα: Μηχανικών Περιβάλλοντος.

34. Θεοχάρης, Μ., «*Αρδεύσεις-Στραγγίσεις*», ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ, Άρτα, 2000.

35. Καλλίγαρος, Δ., Διπλωματική Εργασία: «Η κοστολόγηση του νερού άρδευσης στην Ελλάδα», Τμήμα Περιβάλλοντος Πανεπιστημίου Αιγαίου, Μυτιλήνη, 2004.

36. Καλογεράκη, Χ., Διπλωματική Εργασία: «Εκτίμηση αναγκών σε νερό και Υδατικό Ισοζύγιο για τη Β.Α. Ρόδο (Λεκάνες Λουτάνης, Πελεμόνης και Ποτού)», Ε.Μ.Π., Τμήμα: Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, 2008.

37. Καρτεράκης, Σ., «*Διαχείριση των Υπογείων Υδάτων με χρήση Συνδυασμού Μεθόδων Προσομοίωσης και Βελτιστοποίησης*», Χανιά, 2005.

38. Κολυβά Μαχαίρα, Φ. και Μπόρα-Σέντα, Ε., *«Στατιστική: Θεωρία και Εφαρμογές»,* Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

39. Κουτσογιάννης, Δ. και Ξανθόπουλος, Θ., «*Τεχνική Υδρολογία*», Ε.Μ.Π., Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, τομέας υδατικών πόρων, Αθήνα, 1999.

40. Νάνος, Δ. Γ., «Ορθές Γεωργικές Πρακτικές στην άρδευση της ελιάς», Γεωργία - Κτηνοτροφία, τεύχος 6, 2009.

41. Παπαδόπουλος, Φ., Παπαδόπουλος, Α., Μεταξά, Ε., «Ποσοτική Αποκατάσταση της Λίμνης Κορώνειας μέσω της Αλλαγής του Συστήματος Άρδευσης», *Υδρογαία*, Τιμητικός τόμος στον καθηγητή Τζιμόπουλο Δ. Χρ., Θεσσαλονίκη, 2009.

42. Παπαζαφειρίου, Ζ., «*Αρχές και πρακτική των αρδεύσεων*», Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 1998.

43. Παπαμιχαήλ, Δ., «Ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό στα Αρδευτικά Δίκτυα του Νομού Δράμας – Βελτίωση των Αρδευτικών Δικτύων Προβλήματα – Προοπτικές», *Αναπτυξιακό Συνέδριο Νομού Δράμας, 4^{o} Θεματικό πεδίο-Αγροτική Ανάπτυξη,* Δράμα, 28&29 Ιανουαρίου 2006.

44. Taylor, P., *Πραγματικές Δαπάνες – Σωστή Τιμή – Μια βιώσιμη Προσέγγιση στην Εκτίμηση των Υπηρεσιών Ύδατος*. Υδροοικονομία, Volume 10, p.p.: 93-95, 2003.

45. Τερζίδης, Γ. και Παπαζαφειρίου Ζ., «*Γεωργική Υδραυλική*», Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 1994.

46. Τσακίρης, Γ., «*Υδατικοί πόροι: Ι, Τεχνική Υδρολογία*», Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα, 1995.

47. Χαρτζουλάκης, Κ. και Μπερτάκη, Μ., «Ορθολογική Διαχείριση του νερού άρδευσης: αναγκαιότητα για αειφόρο αγροτική ανάπτυξη», *Πρακτικά 23ου Συνεδρίου της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών,* Τεύχος Α, 2009.

48. Χατζηγιαννάκης, Ε., Πανώρας, Α., Αραμπατζής Γ., «Βελτιωμένος τρόπος Χρέωσης του Αρδευτικού Νερού σε Συλλογικά Αρδευτικά Δίκτυα με Βάση την Εξατμισοδιαπνοή», *Υδρογαία*, Τιμητικός τόμος στον καθηγητή Τζιμόπουλο Δ. Χρ., Θεσσαλονίκη, 2009.

Διαδικτυακές Ιστοσελίδες

49. Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος, (Ε.Σ.Υ.Ε), www.statistics.gr.

50. Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000 για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, (http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:EL:HTML), accessed on 24 February 2010.

51. Κουγιουμτζής *Δ.*, *(http://users.auth.gr/~dkugiu/Teach/CivilEngineer/regression.pdf)*, accessed on February 20, 2010, Διδακτικές σημειώσεις, 2009-2010.

52. (http://www.itia.ntua.gr/getfile/762/9/documents/2007WRMWaterAndAgriculture.pdf), accessed on 24 February 2010. Κουτσογιάννης Δ., Itia, research team, lecture notes on water recourses management.

53. Λουκάς Α. και Νικήτας Μ., 2003, *(http://www.civ.uth.gr/Web_hydrosystems/lectures/Loukas_3nd_Lecture.pdf)*, accessed on February 20, 2010.

54. (http://www.waterinfo.gr/greek/pdf/irrigation_water_requirements.pdf), Τσακίρης Γ., Σημειώσεις Μαθήματος: Διαχείριση Υδατικών Πόρων, 2004.

55. (http://www.itia.ntua.gr/getfile/782/101/documents/2008-final-report-v2.pdf), accessed on 24 February 2010, Itia, research team, ερευνητική ομάδα, Εθνικό πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων.

56. United Nations Environment Programme, (UNEP), (http://www.grid.unep.ch/product/publication/download/fresh_eu_watercons.pdf), accessed on February 18, 2010.

57. (http://www.ims.forth.gr/joint_projects/emeric/emeric-gr.html), Crinno Emeric, Εργαστήριο Γεωφυσικής-Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης και Αρχαιοπεριβάλλοντος. Accessed on February 23, 2010.

58. Ξενοδοχειακό επιμελητήριο Ελλάδος, 2007, www.grhotels.gr..

59. (http://www.unep.org/dewa/assessments/ecosystems/water/vitalwater/15.htm), UNEP.

60. (http://www.unep.org/dewa/assessments/ecosystems/water/vitalwater/14.htm), UNEP.

61. www.meteo.gr

62. www.economics.gr

63. www.crete-region.gr

64. www.istologos.gr

65. www.chania.eu

66. www.geology.gr

Παράρτημα

Στοιχεία από τη Διεύθυνση Εγγείων Βελτιώσεων και Υδατικών Πόρων για το Νομό Χανίων. Αναλυτικά οι Τοπικοί Οργανισμοί Εγγείων Βελτιώσεων (ΤΟΕΒ) του νομού και το σύνολο

1. ΤΟΕΒ ΑΛΙΚΙΑΝΟΥ
Κοινότητα: Αλικιανού
4 γεωτρήσεις από τα οποία τα 3 πηγάδια και 1 αντλιοστάσιο προωθητικό, 3 δεξαμενές, 9.300m αρδευτικού δικτύου.

2. ΤΟΕΒ ΑΓΙΑΣ ΜΑΡΙΝΑΣ
Κοινότητες: Πλατανιά, Σταλού, Γαλατά, Δαράτσου, Αγίας Μαρίνης
2 πηγάδια και 1 αντλιοστάσιο ανύψωσης στη λίμνη της Αγιάς, συνολικά 11.500m αρδευτικού δικτύου.

3. ΤΟΕΒ ΑΓΙΑΣ – ΚΟΛΥΜΠΑΡΙΟΥ
Κοινότητες: Μάλεμε, Γερανίου, Μοδίου, Κοντομαρίου, Πολεμαρχίου, Βρύσες, Σιριλίου, Σπηλιάς, Κολυμπαρίου, Καμισιανών, Ταυρωνίτου, Βλαχερωνιτίσσης, Ξαμουδοχωρίου, Πατελαρίου
12.000m αγωγή, 23.000m αρδευτικού δικτύου, 1 αντλιοστάσιο στο Πατελάρι.

4. ΤΟΕΒ ΒΑΤΟΛΑΚΚΟΥ
Κοινότητα: Βατολάκκου
14.000m αρδευτικού δικτύου, 4 γεωτρήσεις, 1 φυσική ροή από τον ποταμό Βαλσαμίωτη

5. ΤΟΕΒ ΒΑΡΥΠΕΤΡΟΥ
Κοινότητες: Αγιάς, Βαρύπετρου, Γαλατά, Αλικιανού, Βαμβακόπουλου, Δαράτσου
55.000m αρδευτικού δικτύου, 16.000m αγωγή, 3.000m στραγγιστικού δικτύου, 4 δεξαμενές, 1 αντλιοστάσιο με 10 μοτέρ, πηγή υδροδότησης η λίμνη της Αγιάς.

6. ΤΟΕΒ ΚΑΣΤΕΛΙΟΥ
Κοινότητες: Φυλακής, Δράμια, Καστέλου, Κουρνά
2 αντλιοστάσια από τα οποία το ένα βρίσκεται στη λίμνη Κουρνά και το δεύτερο στον ποταμό Μουσέλα, 1 δεξαμενή

7. ΤΟΕΒ ΚΟΛΠΟΥ ΚΙΣΣΑΜΟΥ
Κοινότητες: Δραπανιάς, Φαλελιανών, Καλουδιανών, Καλλεργιανών, Ποταμίδας, μέρος Καστελίου.
15.000m αρδευτικού δικτύου, 4 γεωτρήσεις, 3 αντλιοστάσια, πηγή υδροδότησης από την πηγή Κωλένη.

8. ΤΟΕΒ ΚΟΥΡΝΑ-ΓΕΩΡΓΙΟΥΠΟΛΗ
Κοινότητες: Κουρνά, Γεωργιούπολης
11.000m αρδευτικού δικτύου, 1 αντλιοστάσιο στη λίμνη Κουρνά

9. ΤΟΕΒ ΚΟΥΦΟΥ
Κοινότητα: Κουφού
10.000m αρδευτικού δικτύου, 2 γεωτρήσεις και 1 αντλιοστάσιο προωθητικό

10. ΤΟΕΒ ΜΕΣΚΛΩΝ
Κοινότητα: Μεσκλών
9.600m αρδευτικού δικτύου, 3 αντλιοστάσια από τα οποία τα δύο είναι πηγάδια και το ένα είναι προωθητικό, φυσική ροή

11. ΤΟΕΒ ΠΑΛΑΙΟΧΩΡΑΣ
Κοινότητα: Παλαιόχωρας
5.500m αρδευτικού δικτύου, φυσική ροή από τον ποταμό Κακοδικιανό

12. ΤΟΕΒ ΦΟΥΡΝΕ
Κοινότητα: Φουρνές
15.000m αρδευτικού δικτύου, 5 αντλιοστάσια από τα οποία τα δύο είναι σε γεωτρήσεις και τα υπόλοιπα τρία σε πηγάδια, φυσική ροή από τον ποταμό των Μεσκλών.

13. ΤΟΕΒ ΧΡΥΣΟΣΚΑΛΙΤΙΣΣΑΣ
Κοινότητες: Βάθης, Αμυγδαλοκεφαλίου, Κεφαλίου
12.000m αρδευτικού δικτύου, 3.100m αγωγής, 5 αντλιοστάσια από τα οποία το ένα βρίσκεται στη λιμνοδεξαμενή των Αγίων Θεοδώρων, δύο σε γεωτρήσεις και άλλα δύο στη Χρυσοσκαλίτισσα

14. ΤΟΕΒ ΔΥΤΙΚΟΥ ΑΠΟΚΟΡΩΝΑ
Κοινότητες: Αρμένων, Στύλου, Καλύβων, Νέου Χωρίου Αποκορρώνου, Πλάκας, Γαβαλοχωρίου, Μαχαιρών
105.000m αρδευτικού δικτύου, 3.000m στραγγιστικού δικτύου, 5 αντλιοστάσια από τα οποία από ένα βρίσκεται στο Νέο Χωριό, στο Στύλο, στον Τσιβαρά, στους Αρμένους και Ζούρμπου.

Ευρετήριο

Κεφάλαιο 5

Διάγραμμα 5.1: Χρήση νερού στην Κρήτη.