

Στην σύζυγό μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Εκφράζω ολόψυχα της ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα Καθηγητή κ. Ηλία Τελόγλου για τη συνεχή καθοδήγησή του, αλλά και την ενεργή συμμετοχή του με διορθώσεις και προσθήκες κατά τη συγγραφή της παρούσας διατριβής.

Επίσης θέλω να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Παναγόπουλο Ανδρέα Γεωλόγο PhD διευθυντή του ινστιτούτου εγγείων βελτιώσεων στην Σίνδο Θεσσαλονίκης, τον κ. Χατζηγιαννάκη Ευάγγελο Γεωπόνο PhD του ανωτέρου ινστιτούτου, τον κ. Αντρέα Ηλία, όπως και όλο το υπόλοιπο προσωπικό του ινστιτούτου για την βοήθειά τους. Θα πρέπει να αναφέρω άλλωστε ότι οι χημικές αναλύσεις έγιναν στα εργαστήρια του ανωτέρου ινστιτούτου.

Ευχαριστώ θερμά τον Γεωπόνο του ΤΟΕΒ Αγίου Αθανασίου κ. Βασίλειο Βασιλακάκη για τις σημαντικές πληροφορίες που μου παρείχε σχετικά με τις τοπικές πρακτικές διαχείρισης του αρδευτικού νερού.

Θερμές ευχαριστίες εκφράζονται στην Γεωπόνο του ΓΟΕΒ Θεσσαλονίκης κα Μαρία Μπατή η οποία μου διέθεσε στατιστικά στοιχεία για τις αρδευόμενες εκτάσεις στον τομέα ευθύνης του Οργανισμού. Επίσης, ευχαριστώ τους αγρότες Αγίου Αθανασίου, κ. Παναγιώτη Γκούτα και Βεργή Τσελέπη για τις σημαντικές πληροφορίες τους σχετικά με τα οικονομικά στοιχεία και τις καλλιεργητικές φροντίδες που εφαρμόζονται στην περιοχή μελέτης.

Επίσης καθοριστική ήταν η βοήθεια της Γεωπόνου του ΓΟΕΒ Θεσσαλονίκης κα. Μπατή Μαρία και η βοήθεια των Γκούτα Παναγιώτη και Τσελέπη Βεργή, αγρότες από τον Άγιο Αθανάσιο.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω την σύζυγό μου Πετρούλα για την κατανόηση και την στήριξή της καθόλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η κλιματική αλλαγή έχει επιφέρει μείωση του όγκου των βροχοπτώσεων στην χώρα μας τις τελευταίες δεκαετίες και έχει δημιουργήσει πολλά προβλήματα, τα οποία συνδέονται με την μειωμένη βροχόπτωση και που μεγεθύνονται με την συνεχώς μεγαλύτερη ζήτηση νερού. Έχουμε αυξανόμενη ζήτηση νερού για γεωργική χρήση για να καλυφθεί η έλλειψη νερού στις καλλιέργειες λόγω μειωμένης βροχόπτωσης, αλλά και λόγω της ανάγκης αύξησης των αρδευόμενων εκτάσεων. Επίσης έχουμε αυξανόμενη ζήτηση νερού για βιομηχανική χρήση, λόγω ανάπτυξης της οικονομίας. Τέλος έχουμε αυξανόμενη ζήτηση νερού για οικιακή χρήση, λόγω αύξησης του βιοτικού επιπέδου των πολιτών.

Για αυτούς τους λόγους ο πολύτιμος φυσικός πόρος, το νερό, βρίσκεται ή απειλείται να βρεθεί σε έλλειψη και για αυτό απαιτείται να περιοριστεί η σπατάλη του, να σταματήσει η υποβάθμισή του με τυχόν ρύπανση ή μόλυνση και να επαναχρησιμοποιείται ύστερα από κάποιον καθαρισμό ή και χωρίς αυτόν, όπου είναι δυνατόν.

Έτσι στον Τ.Ο.Ε/Β. Αγίου Αθανασίου Θεσσαλονίκης τα τελευταία χρόνια προσπαθούν να αντιμετωπίσουν την έλλειψη του αρδευτικού νερού με την επαναχρησιμοποίηση των νερών του δικτύου των στραγγιστικών τάφρων που μέχρι τώρα οδηγούνταν στην θάλασσα. Ήδη τα νερά κάποιων στραγγιστικών τάφρων, του στραγγιστικού δικτύου, ανακυκλώνονται και χρησιμοποιούνται για άρδευση.

Για τα νερά που ανακυκλώνονται για αρδευτικό σκοπό, πρέπει να γνωρίζουμε τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους μέσω κάποιων χημικών και μικροβιολογικών αναλύσεων, αλλά και την καταλληλότητά τους, μέσω κάποιων κριτηρίων, για την άρδευση των καλλιεργειών που μας ενδιαφέρουν.

Στην εργασία αυτήν υπολογίζεται με την βοήθεια του υπολογιστικού προγράμματος Cropwat 8.0 οι ανάγκες σε νερό ανά στρέμμα και ανά καλλιέργεια που υπάρχει στο κάμπο που αρδεύεται από το δίκτυο του Τ.Ο.Ε/Β. Αγίου Αθανασίου Θεσσαλονίκης. Αυτές συγκρίνονται τις καταγεγραμμένες ανάλογες ανάγκες που καταμετρήθηκαν από υπαλλήλους του Τ.Ο.Ε/Β. Αγίου Αθανασίου Θεσσαλονίκης. Επίσης εξετάστηκε το ενδεχόμενο επαναχρησιμοποίησης των στραγγιστικών νερών της στραγγιστικής τάφρου 1Τ (βρομοκάναλο). Προς τούτο ελήφθησαν δώδεκα δείγματα από τα νερά της τάφρου αυτής καθ όλη την αρδευτική περίοδο του έτους 2017, ανά δεκαήμερο περίπου, στα οποία έγινε χημική ανάλυση στα εργαστήρια του Ινστιτούτου Εργείων Βελτιώσεων στη Σίνδο Θεσσαλονίκης, καθώς επίσης και δύο δείγματα για μικροβιολογική ανάλυση. Τέλος για υπολογισμό της μέσης παροχής της στραγγιστικής τάφρου, έγιναν δύο μετρήσεις της παροχής της.

Λέξεις Κλειδιά: Λογισμικό cropwat 8.0, Εξατμισοδιαπνοή καλλιεργειών, Υδατικές απαιτήσεις καλλιεργειών, Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων, ποιότητα αρδευτικού νερού, Κριτήρια αξιολόγησης.

SUMMARY

Climate change has led to a decrease in the volume of rainfall in our country in recent decades and has created many problems, which are linked to reduced rainfall and magnified by ever greater water demand. We have increasing demand for water for agricultural use to cover the lack of water in crops due to reduced precipitation, but also due to the need to increase irrigated areas. We also have increasing demand for water for industrial use due to the growth of the economy. Finally, we have increasing demand for water for domestic use, due to an increase in the standard of living of citizens.

For these reasons the precious natural resource, water, is located or threatened to be in shortage and therefore it is necessary to limit its waste, to stop its degradation with any pollution or contamination and to be reused after someone cleaning or without it, where possible.

Thus, in the T.O.E/V. of Agios Athanasios Thessalonikis in recent years they have been trying to deal with the lack of irrigation water by reusing the waters of the drainage trench network that had hitherto been driven to the sea. Already the waters of some draining ditches, the drainage network, are recycled and used for irrigation.

For the waters recycled for irrigation purposes, we need to know their quality characteristics through some chemical and microbiological analyses, but also their suitability, through some criteria, for irrigation of the crops that we Interest.

In this work, the needs of water per acre and per crop that exists in the plain that is irrigated by the network of the T.O.E/V. of Agios Athanasios Thessaloniki s.a. are calculated with the help of the computational program Cropwat 8.0. These are compared to the recorded similar needs measured by employees of the T.O.E/V. of Agios Athanasios Thessalonikis. It was also considered to reuse the drainage water of drainage moat 1T (dirty canal). To this end, twelve samples were taken from the waters of this moat throughout the irrigation period of 2017, approximately 10 days, in which a chemical analysis was carried out in the laboratories of the Institute of Land Improvements in Sindos, Thessaloniki, as well as two samples for microbiological analysis. Finally, for the calculation of the average supply of the draining ditch, two measurements of its supply were made.

Keywords: Cropwat 8.0 software, Crop evapotranspiration, Crop water requirements, Chemical analysis results, irrigation water quality, Evaluation criteria.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΑΦΙΕΡΩΣΗ	i
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	ii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	iii
SUMMARY	iv
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	x
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ	xiii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΡΑΒΔΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	xv
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	xvi
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ & ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ	xvi
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο. : ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	4
1.1 ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	4
1.2 ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	5
1.3 ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	9
1.4 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο. : ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΤΟΥ Τ.Ο.Ε.Β. ΑΓΙΟΥ ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ	12
2.1 ΓΕΝΙΚΑ	12
2.2 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΡΥΖΙΟΥ	13
2.2.1 Καλλιεργητικές τεχνικές	13
2.2.2 Κατεργασία Εδάφους	13
2.2.3 Εποχή σποράς και διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου	13
2.2.4 Θρέψη και λίπανση	14
2.2.5 Το βάθος ρίζας	14
2.2.6 Άρδευση	15

2.2.7 Συγκομιδή.....	16
2.3 ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ	16
2.3.1 Γενικά.....	16
2.3.2 Η ρίζα του αραβοσίτου	17
2.3.3 Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις.....	17
2.3.4 Προσαρμοστικότητα.....	19
2.3.5 Προετοιμασία χωραφιού.	19
2.3.6 Σπορά	20
2.3.7 Λίπανση.....	20
2.3.8 Άρδευση	21
2.3.9 Καταπολέμηση ζιζανίων.....	21
2.3.10 Συγκομιδή	21
2.3.11 Ενσίρωση του καλαμποκιού.....	22
2.4 ΒΑΜΒΑΚΙ	23
2.4.1 Γενικά.....	23
2.4.2 Η ρίζα του βαμβακιού.....	23
2.4.3 Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις.....	23
2.4.4 Σπορά και συγκομιδή.....	24
2.4.5 Λίπανση.....	25
2.4.6 Άρδευση	25
2.4.7 Καταπολέμηση ζιζανίων.....	26
2.4.8 Έντομα και ασθένειες	26
2.5 Η ΜΗΔΙΚΗ	27
2.5.1 Γενικά.....	27
2.5.2 Η ρίζα.....	28
2.5.3 Εδαφοκλιματικές συνθήκες.....	28
2.5.4 Σπορά – κοπές,	28
2.5.5 Λίπανση.....	28
2.5.6 Άρδευση.	29
2.5.7 Καταπολέμηση ζιζανίων.....	29
2.6 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΟΜΑΤΑ	30
2.6.1 Γενικά.....	30
2.6.2 Η ρίζα της τομάτας.....	30

2.6.3	Εδαφοκλιματικές συνθήκες.....	30
2.6.4	Προετοιμασία χωραφιού	31
2.6.5	Σπορά	31
2.6.6	Λίπανση.....	31
2.6.7	Άρδευση	31
2.6.8	Καταπολέμηση ζιζανίων.....	32
2.6.9	Συγκομιδή.....	32
2.7	ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΑ.....	32
2.7.1	Γενικά.....	32
2.7.2	Η Ρίζα του ζαχαροτεύτλου	33
2.7.3	Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις.....	34
2.7.4	Προετοιμασία χωραφιού	34
2.7.5	Σπορά.	35
2.7.6	Λίπανση.....	35
2.7.7	Άρδευση.	35
2.7.8	Καταπολέμηση ζιζανίων εχθρών και ασθενειών	35
2.7.9	Συγκομιδή.	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο.	: ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΙ ΚΑΘΑΡΑ ΕΣΟΔΑ ΑΝΑ	
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο.	: ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΕΓΓΕΙΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ ΚΑΙ	
ΕΡΓΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	42
4.1	ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΕΓΓΕΙΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ.....	42
4.2	ΤΟΠΙΚΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΕΓΓΕΙΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ	
	ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΑΞΙΟΥ	43
4.3	ΕΓΓΕΙΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΑ ΕΡΓΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	44
4.3.1	Φράγμα Εκτροπής Αξιού.....	45
4.3.2	Άρδευτικά δίκτυα	46
4.3.3	Αποστραγγιστικό δίκτυο	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο.	: Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	49
5.1	Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ.....	49
5.2	ΤΙ ΠΡΟΒΛΕΠΕΙ Η ΟΔΗΓΙΑ 2000/60/ΕΚ	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο.	: ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	53

6.1. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ.....	53
6.2 ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ	60
6.2.1 Χαρακτηριστικά των αλατούχων εδαφών	60
6.2.2 Η ποιότητα του νερού άρδευσης ως παράγοντας αλατότητας	61
6.2.3 Αντοχή των καλλιεργούμενων φυτών στην αλατότητα.....	61
6.2.4. Χαρακτηριστικά αλατότητας.....	62
6.3 ΔΙΗΘΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	63
6.4 ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΙΟΝΤΩΝ.....	65
6.4.1 Νάτριο	65
6.4.2 Χλώριο	66
6.4.3 Βόριο	66
6.5 ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	68
6.6 ΔΙΑΦΟΡΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	69
6.7 ΆΖΩΤΟ	70
6.8 ΟΞΙΝΑ ΑΝΘΡΑΚΙΚΑ	70
6.9 ΟΞΥΤΗΤΑ - ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ ΝΕΡΩΝ (PH).....	70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο. : ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΝΕΡΟΥ.....	71
7.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	71
7.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ.....	74
7.2.1 Χαρακτηριστικά των λυμάτων	74
7.2.2 Τεχνολογία επεξεργασίας λυμάτων	76
7.3 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ	82
7.3.1 Απαιτήσεις ποιότητας νερού προερχόμενου από επεξεργασία λυμάτων, για χρήση στη γεωργία	82
7.3.2 Μικροβιολογικά κριτήρια των επεξεργασμένων αστικών αποβλήτων για αρδευτικούς σκοπούς	83
7.3.3 Διεθνή κριτήρια ποιότητας, νόμοι και κατευθυντήριες γραμμές.....	83
7.3.4 Επαναχρησιμοποίηση των αστικών λυμάτων στις Μεσογειακές χώρες....	85
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8ο. : ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	87
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9ο. : ΑΝΑΓΚΕΣ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΣΕ ΝΕΡΟ.....	94
9.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	94

9.2 Η ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ	98
9.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΤ	101
9.3.1 Μετεωρολογικοί παράγοντες.....	101
9.3.2 το φυτικό είδος.....	101
9.3.3 διαχειριστικές πρακτικές και περιβαλλοντικές συνθήκες.....	102
9.4 ΤΡΟΠΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ ..	102
9.4.1 Άμεση μέτρηση της ΕΤ	102
9.4.2 Έμμεσες μέθοδοι υπολογισμού της ΕΤ	106
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10ο. : Το CROPWAT	120
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11ο. : ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	125
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12ο. : ΥΔΑΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ .	
.....	132
12.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	132
12.2 Η ΕΛΑΦΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	133
12.3 ΡΙΖΟΣΤΡΩΜΑ.....	134
12.4.1 Εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής.....	136
12.4.2 Υδατικές απαιτήσεις των καλλιεργειών	137
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13ο. :ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗ-ΤΑΣ ΤΟΥ	
ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΤΙΚΗΣ ΤΑΦΡΟΥ 1Τ.....	161
13.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	161
13.2 ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΤΙΚΗΣ	
ΤΑΦΡΟΥ 1Τ	161
13.2.1 ΡΗ.....	161
13.2.2 Αλατότητα.....	161
13.2.3 Διηθητικότητα	162
13.2.4 Τοξικότητα Νατρίου Na	162
13.2.5 Τοξικότητα χλωρίου Cl	162
13.2.6 Τοξικότητα Βορίου Β.....	163
13.2.7 Τοξικότητα ιχνοστοιχείων	163
13.2.8 Μικροβιολογικές εξετάσεις	164
13.2.9 Περιεκτικότητα θρεπτικών	164
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	168

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2-1 Κατανομή καλλιεργειών για τα έτη 2010 έως και το 2017 με τα ποσοστά κάθε καλλιέργειας, καθώς και την τελευταία τάση..... 12

Πίνακας 2-2 Απαιτήσεις θρεπτικών στοιχείων για 1000 κιλά σπόρου..... 20

Πίνακας 2-3 Απαιτήσεις θρεπτικών στοιχείων για παραγωγή 1250 Kg καρπού και 900 Kg στελεχών Αραβόσιτου ανά στρέμμα 21

Πίνακας 3-1 Κόστος ανά εργασία και καθαρά έσοδα στο ρύζι και στο καλαμπόκι 38

Πίνακας 3-2 Κόστος ανά εργασία και καθαρά έσοδα στο Βαμβάκι και στην Βιομηχανική τομάτα 39

Πίνακας 3-3 Κόστος ανά εργασία και καθαρά έσοδα στη μηδική και στα ζαχαρό-τευτλα..... 40

Πίνακας 3-4 Έσοδα ανά καλλιέργεια 41

Πίνακας 4-1 Οι ΤΟΕΒ που αρδεύονται από τον ποταμό Αξιό..... 43

Πίνακας 5-1 Οι συνιστώσες του συνολικού κόστους των υπηρεσιών νερού..... 52

Πίνακας 6-1 Κριτήρια αξιολόγησης της καταλληλότητας των νερών για άρδευση των καλλιεργειών..... 58

Πίνακας 6-2 Προβλεπόμενη μείωση της παραγωγής σε σχέση με την αλατότητα του αρδευτικού νερού (ECw) και του εδάφους (ECe) για τις καλλιεργείες που έχουμε στην υπό μελέτη περιοχή (Άγιος Αθανάσιος)..... 62

Πίνακας 6-3 Ανθεκτικότητα ορισμένων φυτών στο ESP 65

Πίνακας 6-4 Συνέπιες στις καλλιεργείες από τη συγκέντρωση Na⁺ στο νερό άρδευσης 66

Πίνακας 6-5 Ανθεκτικότητα αγροτικών καλλιεργειών στο βόριο* 67

Πίνακας 6-6 Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων σε νερά που χρησιμοποιούνται συνεχώς ή για χρονικό διάστημα μικρότερο από 20 χρόνια 68

Πίνακας 7-1. Τυπική σύσταση ανεπεξέργαστων υγρών αστικών αποβλήτων. 76

Πίνακας 7-2 Συνιστώμενα κριτήρια χρήσης επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων σύμφωνα με τον W.H.O. (World Health Organisation)..... 84

Πίνακας 7-3 Συνιστώμενα κριτήρια χρήσης επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων σύμφωνα με την ΚΥΑ 145116/2011 - ΦΕΚ 354/2011..... 85

Πίνακας 8-1 Κλιματολογικά στοιχεία έτους 2014..... 88

Πίνακας 8-2 Κλιματολογικά στοιχεία έτους 2015..... 88

Πίνακας 8-3 Κλιματολογικά στοιχεία έτους 2016..... 89

Πίνακας 8-4 Κλιματολογικά στοιχεία έτους 2017..... 89

Πίνακας 8-5 Ύψος βροχής ανά μήνα τα έτη 2014, 2015, 2016, 2017 και Μέσος όρος ετών.....	90
Πίνακας 8-6 Μεγίστη θερμοκρασία ανά μήνα τα έτη 2014, 2015, 2016, 2017 και Μέσος όρος ετών.....	90
Πίνακας 8-7 Ελάχιστη θερμοκρασία ανά μήνα τα έτη 2014, 2015, 2016, 2017 και Μέσος όρος ετών.....	91
Πίνακας 8-8 Μέση Σχετική Υγρασία (Aver RH) ανά μήνα τα έτη 2014, 2015, 2016, 2017 και Μέσος όρος ετών	91
Πίνακας 8-9 Μέση ταχύτητα ανέμου (Aver WS) ανά μήνα τα έτη 2014, 2015, 2016, 2017 και Μέσος όρος ετών.....	92
Πίνακας 8-10 Εξατμισοδιαπνοή με τη μέθοδο Βαλιάντζα και με cropwat	92
Πίνακας 8-11 Μέση ηλιοφάνεια σε ώρες ανά μήνα και ανά ημέρα.....	93
Πίνακας 9-1 Μέγιστη πιθανή ημερήσια ηλιοφάνεια (N) σε ώρες	108
Πίνακας 9-2 Ημερήσια ποσοστά ωρών ημέρας του έτους, p	109
Πίνακας 9-3 Τιμές του συντελεστή b (Blaney – Criddle κατά FAO-24).....	109
Πίνακας 9-4 Τιμές των συντελεστών Cn και Cd της εξίσωσης (2.35)	119
Πίνακας 11-1 Θέσεις δειγματοληψίας νερών που υδροδοτούν το αρδευτικό της περιοχής του T.O.E.B. Αγίου Αθανασίου	126
Πίνακας 11-2 Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων των νερών των ποταμών Αξιού και Αλιάκμονα.....	128
Πίνακας 11-3 Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων νερών σε 6 θέσεις.....	128
Πίνακας 11-4 Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων νερών σε 6 θέσεις.....	129
Πίνακας 11-5 Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων των νερών της αποστραγγιστικής τάφρου 1T (βρομοκάναλο).....	129
Πίνακας 11-6 Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων των νερών της αποστραγγιστικής τάφρου 1T (βρομοκάναλο).....	130
Πίνακας 11-7 Μικροβιολογικές εξετάσεις.....	131
Πίνακας 12-1 Ενδεικτικές τιμές αποδοτικότητας διανομής, Ed, που αναφέρονται σε οργανωμένα αρδευτικά δίκτυα και αποδοτικότητας εφαρμογής, Ef μεθόδων άρδευσης	132
Πίνακας 12-2 Βλαστική περίοδος και στάδια ανάπτυξης ετήσιων καλλιεργειών βάμβακος, καλαμποκιού, βιομηχανικής ντομάτας και τεύτλων, όπως διαμορφώνονται στην ηπειρωτική Ελλάδα	138
Πίνακας 12-3 Βλαστική περίοδος και στάδια ανάπτυξης ετήσιων καλλιεργειών ρυζιού και μηδικής.....	138
Πίνακας 12-4 Μέσοι όροι της ανά μήνα μέσης ημερήσιας τιμής της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς (ETo) σε mm ύψος βροχής, του σταθμού Σίνδου ..	138
Πίνακας 12-5 Φυτικοί συντελεστές Kc, κατά στάδιο ανάπτυξης, τεσσάρων βασικών ετήσιων καλλιεργειών, προσαρμοσμένων στις κλιματικές συνθήκες της Ελλάδος για χρήση με την συνδυασμένη μέθοδο FAO Penmann –Montieth	139
Πίνακας 12-6 Φυτικοί συντελεστές Kc, κατά στάδιο ανάπτυξης, δύο βασικών ετήσιων καλλιεργειών, προσαρμοσμένων στις κλιματικές συνθήκες της Ελλάδος για χρήση με την συνδυασμένη μέθοδο FAO Penmann -Montieth	139

Πίνακας 12-7 Ανάγκες σε νερό άρδευσης κατά την καλλιεργητική περίοδο για το «σχήμα» των έξι καλλιεργειών	152
Πίνακας 12-8 Κατανάλωση νερού ανά καλλιέργεια για το 2016	153
Πίνακας 12-9 Κατανάλωσης νερού ανά καλλιέργεια για το 2016 από το πρόγραμμα Cropwat 8.0.....	154
Πίνακας 12-10 Ανάγκες σε νερό άρδευσης για μια καλλιεργητική περίοδο	157
Πίνακας 12-11 Κατανάλωσης νερού ανά καλλιέργεια με τιμές m ³ /στρεμ. του ΤΟΕΒ Αγίου Αθανασίου.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Πίνακας 13-1 Παράμετροι που μελετήθηκαν για κάθε δείγμα.....	161
Πίνακας 13-2 Συγκεντρωτικά στοιχεία χημικών και μικροβιολογικών αναλύσεων	167

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1-1 Περιοχή έρευνας.....	4
Εικόνα 1-2 Γεωτεκτονικές ζώνες της Ελλάδας.....	6
Εικόνα 1-3 Γεωλογικοί αιώνες και ορογενέσεις.....	7
Εικόνα 1-4 Γεωλογικός χάρτης της υπό εξέταση περιοχής.....	8
Εικόνα 1-5 Διαδοχικά στάδια δημιουργίας του κάμπου της Θεσσαλονίκης.....	9
Εικόνα 2-1 Διάφορα στοιχεία της καλλιέργειας ρυζιού όπως έχουν εισαχθεί στο υπολογιστικό πρόγραμμα Cropsat 8.0 για τον υπολογισμό των αναγκών σε νερό.	16
Εικόνα 2-2 Διάφορα στοιχεία της καλλιέργειας καλαμποκιού όπως έχουν εισαχθεί στο υπολογιστικό πρόγραμμα Cropsat 8.0 για τον υπολογισμό των αναγκών σε νερό.....	22
Εικόνα 2-3 Διάφορα στοιχεία της καλλιέργειας βαμβακιού όπως έχουν εισαχθεί στο υπολογιστικό πρόγραμμα Cropsat 8.0 για τον υπολογισμό των αναγκών σε νερό.	27
Εικόνα 2-4 Διάφορα στοιχεία της καλλιέργειας της μηδικής όπως έχουν εισαχθεί στο υπολογιστικό πρόγραμμα Cropsat 8.0 για τον υπολογισμό των αναγκών σε νερό.....	30
Εικόνα 2-5 Διάφορα στοιχεία της καλλιέργειας της βιομηχανικής τομάτας όπως έχουν εισαχθεί στο υπολογιστικό πρόγραμμα Cropsat 8.0 για τον υπολογισμό των αναγκών σε νερό.....	32
Εικόνα 2-6 Διάφορα στοιχεία της καλλιέργειας ζαχαρότευτλων όπως έχουν εισαχθεί στο υπολογιστικό πρόγραμμα Cropsat 8.0 για τον υπολογισμό των αναγκών σε νερό.....	36
Εικόνα 4-1 Τ συλλογικά αρδευτικά δίκτυα της πεδιάδας της Θεσσαλονίκης.....	44
Εικόνα 7-1 Η γεωγραφική κατανομή του ετήσιου ύψους βροχής στην Ελλάδα.....	73
Εικόνα 7-2 Σχάρες συγκράτησης στερεών αντικειμένων.....	77
Εικόνα 7-3 Δεξαμενές καθιζήσεων.....	78
Εικόνα 7-4 Μηχανισμός αφαίρεσης των ουσιών που επιπέουν.....	79
Εικόνα 7-5 Διάφορα στάδια κατεργασίας λυμάτων.....	80
Εικόνα 9-1 Ο υδρολογικός κύκλος.....	94
Εικόνα 9-2 Μεταβολή του φυτικού συντελεστή K_c ετήσιας καλλιέργειας.....	95
Εικόνα 9-3 Διάγραμμα συμμετοχής της εξάτμισης και διαπνοής κατά τον βιολογικό κύκλο μιας τυπικής μονοετούς καλλιέργειας.....	98
Εικόνα 9-4 Σχηματική παράσταση στομάτιου φύλλων.....	99
Εικόνα 9-5 Τυπικές διαστάσεις εξατμισίμετρου λεκάνης τύπου Α.....	103
Εικόνα 9-6 Περιπτώσεις διάταξης εξατμισίμετρου τύπου Α ως προς τον περιβάλλοντα χώρο.....	104
Εικόνα 9-7 Εξατμισίμετρο λεκάνης τύπου Α.....	104
Εικόνα 9-8 Διαστάσεις εξατμισίμετρου τύπου Colorado.....	105
Εικόνα 9-9 Ζυγιστικό λυσίμετρο.....	106
Εικόνα 9-10 Θεωρητική ηλιοφάνεια συναρτήσσει του γεωγραφικού πλάτους.....	117
Εικόνα 9-11 Μεταβολή της εξωγήινης ακτινοβολίας σε διάφορα γεωγραφικά πλάτη.....	118

Εικόνα 10-1 Εισαγωγή κλιματικών δεδομένων και υπολογισμός της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας αναφοράς από το Cropwat 8.0.....	121
Εικόνα 10-2 Εισαγωγή δεδομένων βροχής και υπολογισμός της ωφέλιμης βροχόπτωσης.....	122
Εικόνα 10-3 Εισαγωγή δεδομένων καλλιεργειών	122
Εικόνα 10-4 Εισαγωγή δεδομένων εδάφους.....	122
Εικόνα 10-5 Εκτίμηση των αναγκών της εξεταζόμενης καλλιέργειας μιας περιοχής σε νερό άρδευσης.....	123
Εικόνα 10-6 Χρονοδιάγραμμα άρδευσης καλλιέργειας	123
Εικόνα 10-7 Ποσοστό καλλιεργειών στην υπό μελέτη περιοχή	123
Εικόνα 10-8 Ανάγκη σε νερό και μαζί ένα στάδιο άρδευσης του συνόλου των καλλιεργειών που μελετούμε.	124
Εικόνα 11-1 Σημείο δειγματοληψίας.....	125
Εικόνα 12-1 Ποσοστό εις βάθος ανάπτυξης και άντλησης υγρασίας από την ρίζα φυτού	134
Εικόνα 12-2 Υπολογισμός με το Cropwat 8.0 της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς για την θέση (40,67° N, 22,78° E) στη Σίνδο, αφού εισαχθούν σε αυτό κλιματολογικά στοιχεία.....	141
Εικόνα 12-3 Εισαγωγή στο Cropwat 8.0 χαρακτηριστικά του εδάφους.....	141
Εικόνα 12-4 Εισαγωγή βροχόπτωσης και υπολογισμός με το Cropwat 8.0 της ωφέλιμης βροχόπτωσης σύμφωνα με την USDA soil conservation method για την θέση (40,67° N, 22,78° E) στη Σίνδο.	142
Εικόνα 12-5 Εισαγωγή στο Cropwat 8.0 χαρακτηριστικά της καλλιέργειας βαμβακιού.	142
Εικόνα 12-6 Εισαγωγή στο Cropwat 8.0 χαρακτηριστικά της καλλιέργειας Καλαμποκιού.....	143
Εικόνα 12-7 Εισαγωγή στο Cropwat 8.0 χαρακτηριστικά της καλλιέργειας βιομηχανικής τομάτας	143
Εικόνα 12-8 Εισαγωγή στο Cropwat 8.0 χαρακτηριστικά της καλλιέργειας ζαχαρότευτλων.	144
Εικόνα 12-9 Εισαγωγή στο Cropwat 8.0 χαρακτηριστικά της καλλιέργειας ρυζιού	144
Εικόνα 12-10 Εισαγωγή στο Cropwat 8.0 χαρακτηριστικά της καλλιέργειας μηδικής	145
Εικόνα 12-11 Υπολογισμός από το Cropwat 8.0 υδατικών αναγκών για τη μηδική.	145
Εικόνα 12-12 Υπολογισμός από το Cropwat 8.0 προγράμματος άρδευσης μηδικής	146
Εικόνα 12-13 Υπολογισμός από το Cropwat 8.0 υδατικών αναγκών του βαμβακιού	146
Εικόνα 12-14 Υπολογισμός από το Cropwat 8.0 προγράμματος άρδευσης βαμβακιού	147

Εικόνα 12-15 Υπολογισμός από το Cropwat 8.0 υδατικών αναγκών για το καλαμπόκι.	147
Εικόνα 12-16 Υπολογισμός από το Cropwat 8.0 προγράμματος άρδευσης καλαμποκιού.	148
Εικόνα 12-17 Υπολογισμός από το Cropwat 8.0 υδατικών αναγκών για τη βιομηχανική τομάτα.....	148
Εικόνα 12-18 Υπολογισμός από το Cropwat 8.0 προγράμματος άρδευσης βιομηχανικής τομάτας.	149
Εικόνα 12-19 Υπολογισμός από το Cropwat 8.0 υδατικών αναγκών ζαχαρότευτλων	149
Εικόνα 12-20 Υπολογισμός από το Cropwat 8.0 προγράμματος άρδευσης ζαχαρότευτλων	150
Εικόνα 12-21 Υπολογισμός από το Cropwat 8.0 υδατικών αναγκών για το ρύζι..	150
Εικόνα 12-22 Υπολογισμός από το Cropwat 8.0 προγράμματος άρδευσης ρυζιού.	151
Εικόνα 12-23 Λίστα των καλλιεργειών της εξεταζόμενης περιοχής με τα ποσοστά επι της εκατό της κάθε μίας το έτος 2017.	151
Εικόνα 12-24 Ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών της εξεταζόμενης περιοχής το έτος 2017.....	152
Εικόνα 12-25 Απαιτήσεις του βαμβακιού σε νερό στα διάφορα στάδια αναπτύξεως του.....	154
Εικόνα 12-26 Λίστα των καλλιεργειών της εξεταζόμενης περιοχής με τα ποσοστά επί τις εκατό της κάθε μίας για αυτές που φαίνεται ότι θα επικρατήσουν	156
Εικόνα 12-27 Ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών της εξεταζόμενης περιοχής αυτών που φαίνεται ότι θα επικρατήσουν	157

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΡΑΒΔΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Ραβδόγραμμα 13-1 Συγκέντρωση Χλωρίου στα δώδεκα δείγματα που συλλέξαμε	162
Ραβδόγραμμα 13-2 Συγκέντρωση Βορίου στα δώδεκα δείγματα που συλλέξαμε.	163
Ραβδόγραμμα 13-3 Συγκέντρωση Μαγγανίου στα δώδεκα δείγματα που συλλέξαμε	164

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 8-1 Διάγραμμα εξατμισοδιαπνοής με τη Μέθοδο Βαλιάντζα και με το cropwat 8.0	93
---	----

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ & ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

ΒΠΠΕ	Βιομηχανική Περιοχή
ΓΟΕΒ	Γενικός Οργανισμός Εγγείων Βελτιώσεων
ΕΛΓΟ	Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός
E.Cs (dS/m)	Electrical Conductivity of Soil = Ηλεκτρική Αγωγιμότητα Εδάφους
E.Cw (dS/m)	Electrical Conductivity of Water = Ηλεκτρική Αγωγιμότητα Νερού
E.S.P.	Exchangable Sodium Percent = Ποσοστό Εναλλακτικού νατρίου
Ι.Γ.Μ.Ε	Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών
ΚΥΑ	Κοινή Υπουργική Απόφαση
ΤΟΕΒ	Τοπικός Οργανισμός Εγγείων Βελτιώσεων
dS/m	Deci Siemen/meter
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
me/l	Χιλιοστοϊσοδόναμα ανά λίτρο
mg/l	Χιλιοστόγραμμα ανά λίτρο
μg/l	Μικρογραμμάρια ανά λίτρο
R.S.C.(mg/1)	Residual Sodium Carbonate = Υπολειμματικό Ανθρακικό Νάτριο
S.A.R.(meq/1)^{0,5}	Sodium Adsorption Ratio = Λόγος προσρόφησης Νατρίου
T.D.S. (mg/1)	Total Dissolved Solids = Ολικά Διαλυμένα Στερεά
USEPA	United States Environmental Protection Agency
WHO	World Health Organization
W.Q.I.	Water Quality Index = Δείκτης Ποιότητας Νερού

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε πολλές περιοχές του πλανήτη μας η έλλειψη νερού γίνεται ολοένα και περισσότερο πιεστική. Η διαβίωση των ανθρώπων είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την ύπαρξη καθαρού νερού. Σήμερα, η κατανάλωση νερού στις αναπτυγμένες χώρες έχει διαμορφωθεί στο επίπεδο των 200 λίτρων/ημέρα/άνθρωπο. Ωστόσο, σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες η καταναλισκόμενη ποσότητα νερού είναι αρκετά μειωμένη λόγω της έλλειψής του και συνάμα των περιορισμένων κεφαλαίων που διατίθενται για την κατασκευή των απαραίτητων υδρομαστευτικών έργων. Ο τομέας της γεωργίας είναι ο μεγαλύτερος καταναλωτής νερού παγκοσμίως καθώς ο συνεχώς αυξανόμενος πληθυσμός της γης απαιτεί μεγαλύτερες ποσότητες τροφίμων φυτικής και ζωικής προέλευσης. Άλλοι δύο τομείς με μεγάλες απαιτήσεις σε νερό είναι η βιομηχανία και η αστική κατανάλωση.

Πλέον, στον πλανήτη αποτελεί υπέρτατο νόμο η αρχή της οικονομίας νερού, που εκφράζεται με τις διαδικασίες:

- Οικονομία νερού στην άρδευση των γεωργικών καλλιεργειών, αλλά με αύξηση στην παραγωγή τροφίμων.
- Οικονομία νερού στην ανθρώπινη χρήση και τη βιομηχανική δραστηριότητα με αύξηση στην κατανάλωση νερού, που μπορεί να προωθηθεί μόνο με ανακύκλωση του νερού.

Το πρόβλημα στην επάρκεια νερού δεν εντοπίζεται μόνο στη διαθέσιμη ποσότητα, αλλά και στην επικίνδυνα επιταχυνόμενη ρύπανσή του, γιατί η κάθε χρήση σήμερα οδηγεί στη δημιουργία υποβαθμισμένου ρυπασμένου νερού, όπως π.χ. το νερό άρδευσης ρυπαίνεται από την υπερβολική χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, που μεταβολίζονται μόνο κατά ποσοστό 20-35% και το υπόλοιπο αποβαίνει σε ρύπανση νερού και εδάφους.

Η εξασφάλιση νερού για την άρδευση των γεωργικών καλλιεργειών και την ανάπτυξη πρασίνου και δέντρων μπορεί να επιτευχθεί με :

- την ορθολογική χρήση του αρδευτικού νερού και την ελαχιστοποίηση των απωλειών διαρροής κατά την μεταφορά του.
- την επαναχρησιμοποίηση των νερών στράγγισης καθώς και των υγρών αστικών λυμάτων μετά από κατάλληλη επεξεργασία απομακρύνοντας το πιθανό ρυπαντικό ή μικροβιολογικό φορτίο.

- την εισαγωγή νέων ανθεκτικών ποικιλιών φυτών ή τη βελτίωση των ήδη υπάρχοντων με σύγχρονες βιοτεχνολογικές μεθόδους που θα οδηγήσουν στη μείωση της υδατοκατανάλωσης των καλλιεργειών.

Σκοπός της παρούσας διατριβής είναι η διερεύνηση της δυνατότητας αξιοποίησης του νερού της στραγγιστικής τάφρου 1Τ, στην περιοχή του Αγίου Αθανασίου Ν. Θεσσαλονίκης, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη αρδευτικών αναγκών σε συνθήκες μειωμένης διαθεσιμότητας.

Για τη διεξαγωγή της μελέτης πραγματοποιήθηκαν επανειλημμένες (δώδεκα) δειγματοληψίες νερού από συγκεκριμένο σημείο της στραγγιστικής τάφρου 1Τ, με συντεταγμένες 40° 40' 59'' N, 22° 45' 43'' E, κατά το χρονικό διάστημα 13/6/2017 έως 25/9/2017. Από τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων των παραπάνω δειγμάτων εξετάστηκε η ποιοτική σύσταση του νερού καθώς η αυξημένη συγκέντρωση ορισμένων στοιχείων (μέταλλα και αμέταλλα) ή και πολυατομικών ιόντων καθιστά προβληματική την ανάπτυξη και απόδοση των καλλιεργειών. Επίσης, μετρήθηκαν η οξύτητα (pH) και η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC_w) του νερού στοιχεία τα οποία επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό την απόδοση των καλλιεργειών. Επιπρόσθετα, ελήφθησαν δύο δείγματα νερού, στις 23/6/2017 και στις 12/7/2017, για τη μικροβιολογική εξέτασή του και τη μέτρηση των ολικών Κολοβακτηριοειδών, E.coli, Εντερόκοκκους και Σαλμονέλα.

Τέλος, έγιναν μετρήσεις της παροχής της στραγγιστικής τάφρου 1Τ σε δύο διαφορετικές ημερομηνίες. Κατά τη μέτρηση της 12/7/2017 η παροχή βρέθηκε να είναι 900 l/s και κατά τη μέτρηση της 23/8/2017 η παροχή ήταν 1291 l/s. Από τις μετρήσεις αυτές προκύπτει ότι το νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί, υπό προϋποθέσεις, ενισχυτικά στο παρόν δίκτυο κάτω από συνθήκες λειψυδρίας ή ακόμη και σε μια ενδεχόμενη επέκταση της αρδευόμενης έκτασης ώστε το νερό να μην χάνεται στην θάλασσα.

Η παρούσα εργασία αποτελείται από δέκα τρία κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο περιλαμβάνει την οριοθέτηση της υπό μελέτη περιοχής και περιγράφονται εν συντομία τα γεωγραφικά, γεωλογικά, και εδαφοκλιματικά χαρακτηριστικά αυτής.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρονται οι καλλιεργητικές φροντίδες και τεχνικές που χρησιμοποιούνται στις κυριότερες καλλιέργειες της περιοχής του ΤΟΕΒ Αγίου Αθανασίου. Επίσης καταγράφονται οι δαπάνες και τα έσοδα ανά καλλιέργεια, σύμφωνα με τις καταθέσεις των παραγωγών της περιοχής μελέτης.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται το κόστος και τα έσοδα και τελικά το καθαρό κέρδος για τους παραγωγούς από τις καλλιέργειες που αναπτύσσονται στον κάμπο του ΤΟΕΒ Αγίου Αθανασίου.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρονται οι κανονισμοί που διέπουν τη λειτουργία των Οργανισμών Εγγείων Βελτιώσεων καθώς και των έργων που εποπτεύουν.

Στο πέμπτο κεφάλαιο επισημαίνεται η σημασία του νερού στη γεωργία και οι κανόνες που θεσπίστηκαν με την οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου στο πλαίσιο της κοινοτικής δράσης στον τομέα πολιτικής των υδάτων.

Στο έκτο κεφάλαιο περιγράφονται τα κριτήρια αξιολόγησης και καταλληλότητας του νερού για αρδευτική χρήση.

Στο έβδομο κεφάλαιο αναπτύσσονται οι τεχνικές επεξεργασίας λυμάτων και περιγράφονται τα κριτήρια που καθορίζουν τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησής τους για αρδευτικούς σκοπούς.

Στο όγδοο κεφάλαιο παρατίθενται και επεξεργάζονται μετεωρολογικά στοιχεία της περιοχής.

Στο ένατο κεφάλαιο περιγράφονται οι μέθοδοι υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής.

Στο δέκατο κεφάλαιο περιγράφεται εν συντομία το υπολογιστικό πρόγραμμα CROPWAT 8.0.

Στο ενδέκατο κεφάλαιο καθορίζεται η περιοχή λήψης δειγμάτων και παρατίθενται τα αποτελέσματα χημικών και μικροβιολογικών αναλύσεων.

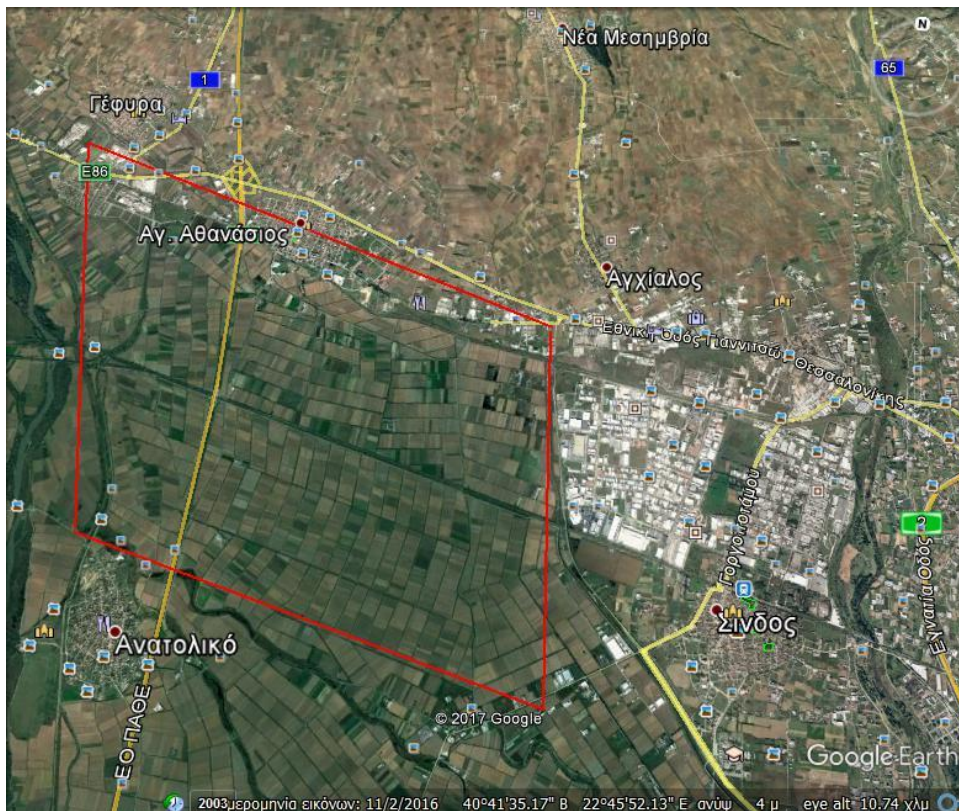
Στο δωδέκατο κεφάλαιο γίνεται ο υπολογισμός των υδατικών απαιτήσεων των καλλιεργειών της περιοχής με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα του έτους 2017 και σχεδιάζεται ο προγραμματισμός των αρδεύσεων χρησιμοποιώντας το λογισμικό CROPWAT 8.0.

Στο δέκατο τρίτο κεφάλαιο αξιολογείται η καταλληλότητα του νερού της στραγγιστικής τάφρου 1Τ για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών σε συνθήκες λειψυδρίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο. : ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

1.1 ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στην πεδιάδα Θεσσαλονίκης και συγκεκριμένα μεταξύ των περιοχών του Αγίου Αθανασίου, της Σίνδου και της Χαλάστρας, της Περιφερειακής Ενότητας Θεσσαλονίκης, της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας.



Εικόνα 1-1 Περιοχή έρευνας (πηγή: Google Earth)

Τα αρδευτικά δίκτυα Αξιού βρίσκονται στο ανατολικό τμήμα της πεδιάδας Θεσσαλονίκης, η οποία οριοθετείται ανατολικά από τον κόλπο Θεσσαλονίκης, βόρεια από την οροσειρά του Πάϊκου, δυτικά και νότια από το Βέρμιο και τα Πιερία όρη. Η πεδιάδα καταλαμβάνει μέρος των Νομών Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Πέλλας, Ημαθίας και Πιερίας. Το δε εμβαδόν της πεδιάδας που βρίσκεται μέχρι 50 μέτρα υψόμετρο, ανέρχεται σε 2.046.000 στρ.

Πριν την υλοποίηση των εγχειοβελτιωτικών έργων στην περιοχή της έρευνας, το κέντρο της πεδιάδας καταλαμβάνονταν από τη Λίμνη των Γιαννιτσών και τα τριγύρω έλη, όπου χύνονταν τα νερά των ποταμών Αξιού και Αλιάκμονα.

Οι κλίσεις της πεδιάδας χαρακτηρίζονται ομαλές και ελαφριές (1,5 ‰ - 2,5 ‰). Η χαμηλή γραμμή (τα ποιο χαμηλά μέρη της) βρίσκεται στο κέντρο της όπου ταυτίζεται

σχεδόν με την ροή του ποταμού Λουδία. Έτσι οι κλίσεις είναι από Βορρά προς Νότο και από Νότο προς Βορρά μέχρι τον Λουδία. Στο ανατολικό τμήμα της πεδιάδας, που βρίσκονται τα δίκτυα Αξιού και διαρρέεται από τον Αξιό ποταμό, οι κλίσεις ακολουθούν την κοιλάδα του Αξιού μέχρι τη θάλασσα. Τα δίκτυα αυτά περιλαμβάνουν την έκταση που βρίσκεται ανατολικά του ποταμού Λουδία και δυτικά του ποταμού Γαλλικού.

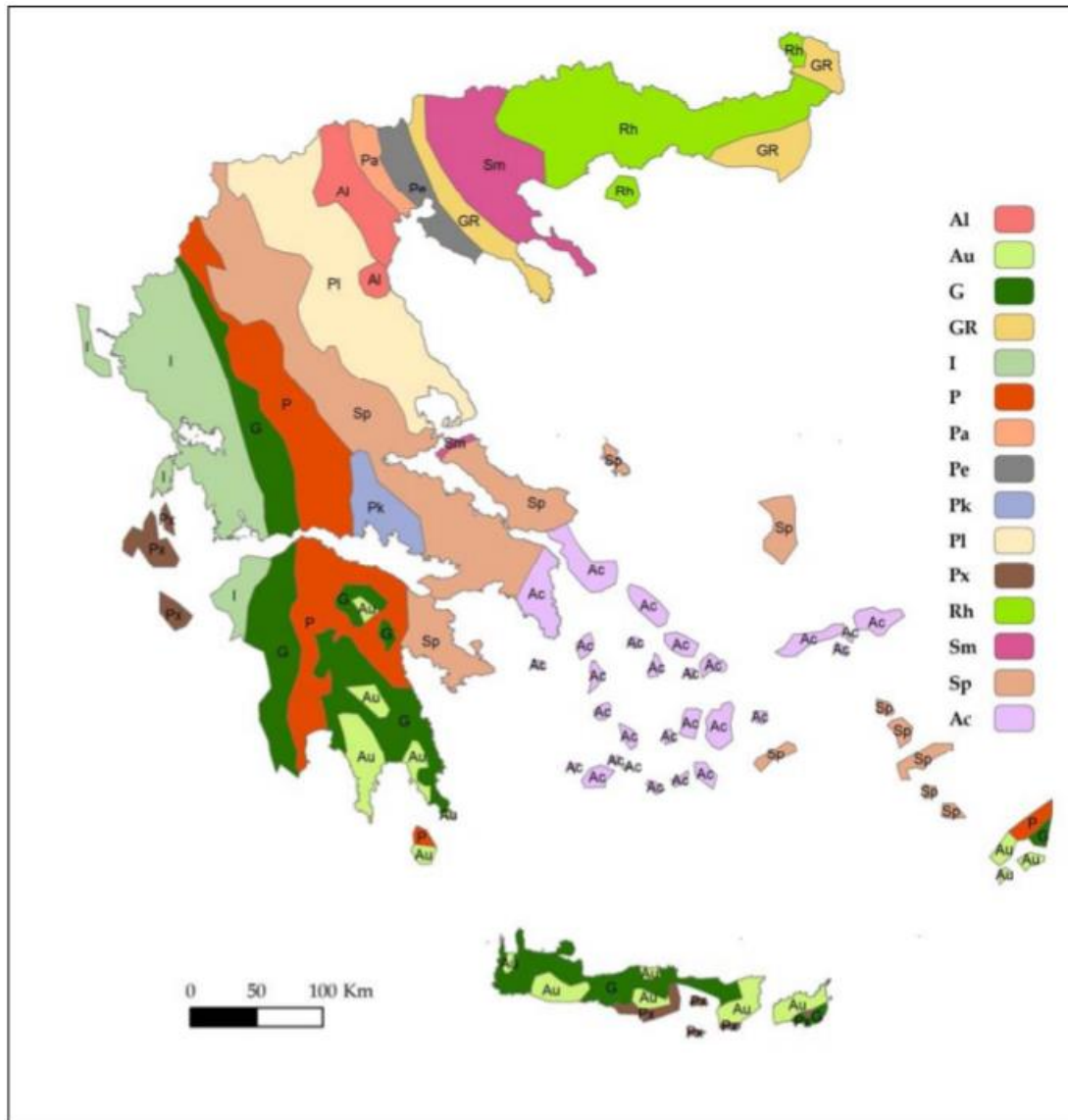
1.2 ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η Ελλάδα παρουσιάζει μία σύνθετη γεωλογική δομή με μεγάλη ποικιλία γεωλογικών σχηματισμών, αποτέλεσμα της σύνθετης γεωλογικής ιστορίας της και εξέλιξής της. Γεωλογικά η Ελλάδα χωρίζεται στις παρακάτω γεωτεκτονικές ζώνες, η κάθε μία από τις οποίες συνίσταται από ορισμένη στρωματογραφική διαδοχή των ιζημάτων της, από τους ιδιαίτερους λιθολογικούς χαρακτήρες της και από την ιδιαίτερη τεκτονική της συμπεριφορά, στοιχεία γενικά που εξαρτώνται από την παλαιογεωγραφική της θέση.

Η ζώνη του Αξιού καθορίστηκε αρχικά από τον Αυστρο-Γερμανό Γεωλόγο KOSSMAT (1924) ως μια ζώνη BBA-NNA διεύθυνσης και πλάτους 30 - 70 Km, παρεμβλλόμενη μεταξύ της μάζας της Ροδόπης προς τα Ανατολικά και της Πελαγονικής προς τα Δυτικά. Αρχίζει από την περιοχή των Σκοπίων επεκτείνεται μέχρι του Θερμαϊκού κόλπου και του Αιγαίου, που περιλαμβάνει, ορισμένα νησιά των Σποράδων (Σκύρο, Αλόνησο), κάμπτεται στη συνέχεια κατά διεύθυνση Δ - Α προς την νήσο Χίο και φτάνει στην Μ. Ασία

Η Ζώνη Αξιού, με μπλε χρώμα, στη Κεντρική Μακεδονία και προς το Αιγαίο, όπως φαίνεται στον ανωτέρω χάρτη, έχει χαρακτήρες παλιάς ωκεάνιας περιοχής με χαρακτηριστική εξάπλωση μεγάλων οφιολιθικών μαζών. Κατά τον OSSWALD (1938) ο οποίος ήταν ο πρώτος Βασικός ερευνητής της, λειτούργησε κατά το Μεσοζωικό σαν γεωσύγκλινο το οποίο διαμορφώθηκε στο Παρμοτριάδικό. Τρεις φάσεις πτυχώσεων έδρασαν κατά τον OSSWALD στο γεωσύγκλινο αυτό.

- η 1^η κατά το Κάτω Κρητιδικό, προ της Άνωκρητιδικής επικλύσεως .
- η 2^η κατά το Τουρόνιο (Μέσο Κρητιδικό), δευτερεύουσας σημασίας
- η 3^η κατά το Ηώκαινο και υπήρξε η κυρία ορογενετική φάση για τη ζώνη κατά την οποία τα ιζήματά της καθώς βρέθηκαν μεταξύ των δυο κρυσταλλικών μαζών (Ροδόπης και Πελαγονικής) υπέστησαν έντονο αναλεπισμό, χαρακτηριστική τεκτονική εικόνα της ζώνης.



Εικόνα 1-2 Γεωτεκτονικές ζώνες της Ελλάδας.
(Πηγή: Μουντράκης, 1983)

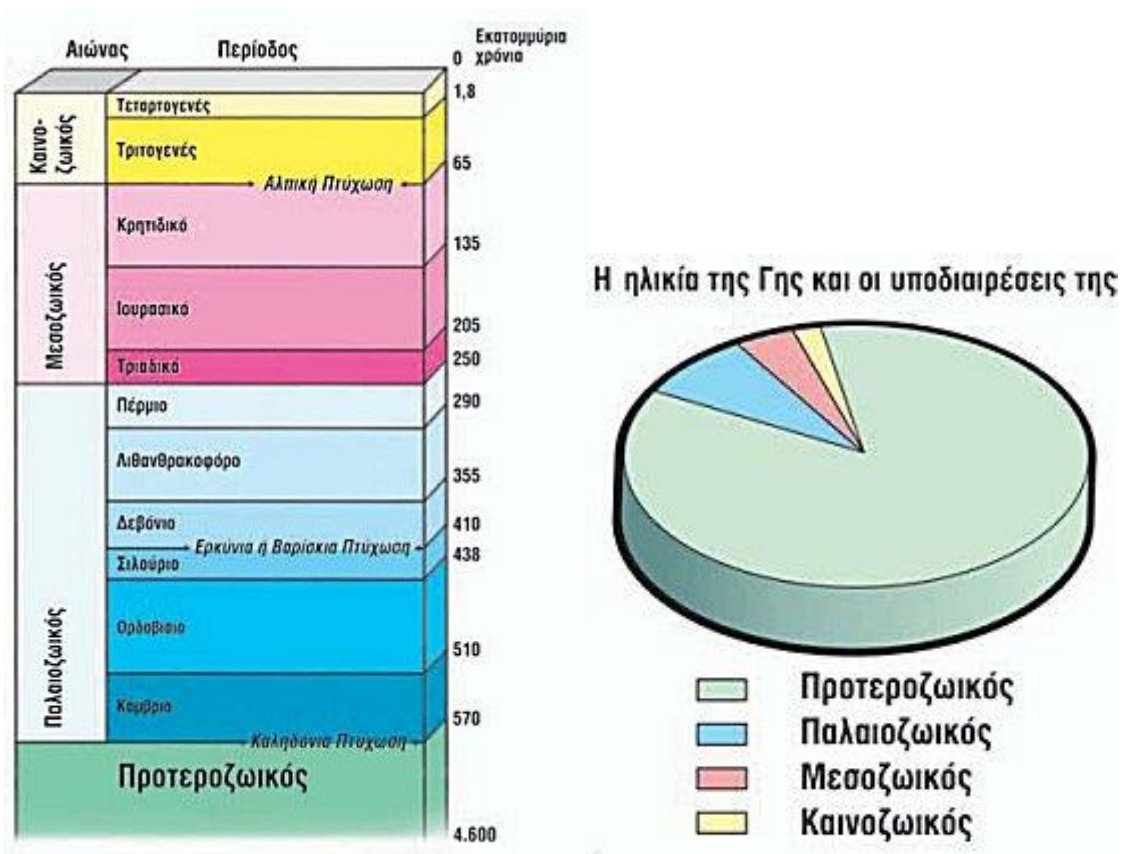
Τα πετρώματα που συνιστούν τη ζώνη Αξιού κατά τον OSSWALD είναι φυλλίτες, γραουβάκες, μάρμαρα παλαιοζωικά η παλαιότερα, ασβεστόλιθοι και άλλοι σχηματισμοί του Μεσοζωικού, καθώς και οφιολίθοι. Λόγω των εσωτερικών διαφοροποιήσεων διακρίνονται τρεις επιμέρους ζώνες. Η ζώνη Παιονίας, η ζώνη Πάϊκου και η ζώνη Αλμωπίας. Χαρακτηριστικό της ζώνης Αξιού, εκτός από την παρουσία οφιολίθων, είναι η εκδήλωση ηφαιστειότητας. (Μουντράκης Δημ. 1977)

Η περιοχή έρευνας ανήκει στην Ζώνη του Αξιού και συγκεκριμένα στην υποζώνη της Παιονίας.

Η πεδιάδα Θεσσαλονίκης αποτελεί γεωλογικό τεκτονικό βύθισμα, βάθους πάνω από 4.000 m. Το βύθισμα αυτό γέμισε με θαλάσσια και χερσαία τριτογενή και τεταρτογενή

ιζήματα, προϊόντα διάβρωσης των πετρωμάτων και εδαφών των λεκανών απορροής των ποταμών Γαλλικού, Αξιού, Λουδία, Αλμωπαίου και Αλιάκμονα. Τα νερά των ποταμών αυτών αλλά και άλλων μικρότερων ποταμών και παροδικών και περιοδικών χειμάρρων, κατέστρεφαν (δυναμική ενέργεια) τα πετρώματα από τα οποία περνούσαν (διάβρωναν) και παράλληλα μετέφεραν (κινητική ενέργεια) τα υλικά της διάβρωσης σε χαμηλότερες περιοχές ή στη θάλασσα την οποία μπάζωναν και επέκτειναν την ξηρά σε βάρος της θάλασσας. Τα υλικά αυτά, αποτέλεσαν το μητρικό υλικό από το οποίο σχηματίστηκαν τα εδάφη της πεδιάδας Θεσσαλονίκης. Το ανατολικό τμήμα δε αυτής καταλαμβάνει η περιοχή της παρούσας μελέτης (περιοχή αρδευτικών δικτύων πεδιάδας Θεσσαλονίκης που υδροδοτούνται από τον Αξιό ποταμό).

Παρακάτω παραθέτω εικόνα που δείχνει τους Γεωλογικούς αιώνες και κυκλικό διάγραμμα που δείχνει την διάρκεια του κάθε γεωλογικού αιώνα σε σχέση με την συνολική διάρκεια ζωής της Γης.

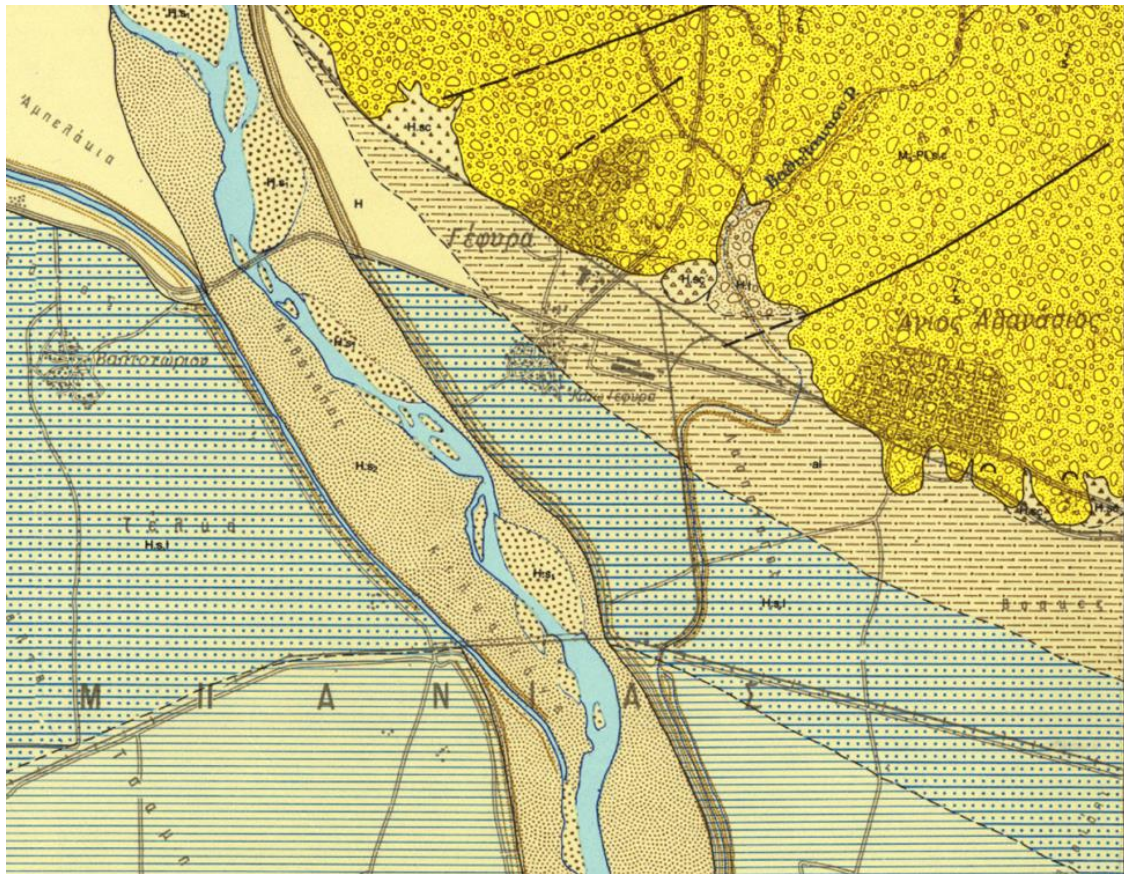


Εικόνα 1-3 Γεωλογικοί αιώνες και ορογενέσεις
(Ασλανίδης Άρης κ.ά 2009)

Παρατίθεται στην εικόνα 1.4 μια λιθολογική τομή στην περιοχή της Χαλκηδόνας. Η Χαλκηδόνα είναι στον ίδιο δήμο μερικά χιλιόμετρα πιο πέρα από την περιοχή μελέτης και πιθανολογούμε ότι παρόμοια λιθολογική τομή θα συναντήσουμε και στην προς

μελέτη περιοχή λόγω γειτονίας. Στη τομή αυτή εμφανίζεται άργιλος ασβεστόλιθοι και ψαμμίτες.

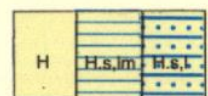
Παρακάτω στην εικόνα 1.4 παρατίθεται απόσπασμα γεωλογικού χάρτη της περιοχής με τμήμα του υπομνήματος που περιγράφει τα πετρώματα της περιοχής που είναι κυρίως νεογενείς προσχώσεις.



Προσχωματικά υλικά χειμάρρων: ασύνδετα υλικά από άμμους, κροκάλες, λεπτομερή αργιλοαμμώδη και πηλοαμμώδη υλικά. Το πάχος των αποθέσεων αυτών φθάνει τα 15-20 μ.



Νεότερες αποθέσεις που προέρχονται από τις πλημμύρες των ποταμών Αξιού και Αλιάκμονα: καλύπτουν περίπου τα 4/5 του φύλλου (H). Αποτελούνται από λεπτόκοκκους άμμους, πηλούς, αμμούχους πηλούς και αμμούχους-αργιλούχους άμμους, καθώς επίσης και ιζήματα από μικρά και εφήμερα έλη.

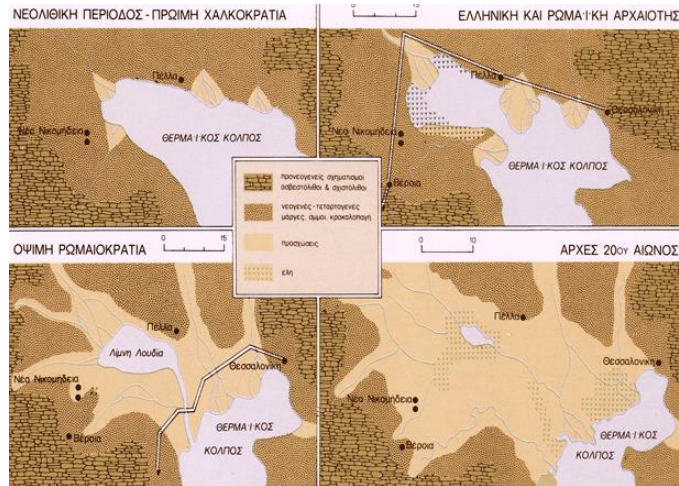


Εικόνα 1-4 Γεωλογικός χάρτης της υπό εξέτασης περιοχής

Πηγή: ΙΓΜΕ

Η εικόνα 1.5 περιλαμβάνει τέσσερις διαδοχικές φάσεις δημιουργίας της πεδιάδας της Θεσσαλονίκης από τα Γιαννιτσά έως την σημερινή ακτογραμμή του Θερμαϊκού κόλπου. Βλέπουμε πως σταδιακά οι προσχώσεις των ποταμών Γαλλικού, Αξιού, Λουδία, Αλμωπαίου και Αλιάκμονα επέκτειναν την ξηρά σε βάρος της θάλασσας, από

τα Γιαννιτσά που ήταν την «εποχή του χαλκού» μέχρι την σημερινή της θέση στην Θεσσαλονίκη. (Σακελαρίου Μ., 1982)



Εικόνα 1-5 Διαδοχικά στάδια δημιουργίας του κάμπου της Θεσσαλονίκης.
(Σακελαρίου Μ., 1982).

1.3 ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Κατά τη διάρκεια κατασκευής των αρδευτικών δικτύων Αξιού, πραγματοποιήθηκαν ισοπεδώσεις των εδαφών της περιοχής έτσι ώστε να καταστεί δυνατή η εφαρμογή των επιφανειακών αρδεύσεων.

Τα εδάφη είναι μέσης έως λεπτόκοκκης κοκκομετρικής σύστασης, επίπεδα έως απότομα, αβαθή έως βαθιά, που σχηματίστηκαν σε μητρικό υλικό αλλουβιακές αποθέσεις, μάργα, ασβεστόλιθο, αλλουβιακούς αναβαθμούς καλλιεργούμενα με ετήσιες κυρίως καλλιέργειες, αρδευόμενες ή μη και βοσκότοποι. (Κωνσταντίνος Κ. 2019)

Τα εδάφη της περιοχής, από πλευράς ταξινόμησης τους, ανήκουν στις εδαφογενετικές τάξεις: ENTISOLS και INCEPTISOLS. Τα ENTISOLS είναι εδάφη νεαρά, που συναντώνται στην παράκτια περιοχή και είναι πρόσφατες προσχώσεις, χωρίς εδαφογενετικούς ορίζοντες εκτός από τον επιφανειακό και τα INCEPTISOLS είναι εδάφη περισσότερο ώριμα σε σχέση με τα ENTISOLS, με καμβικό ορίζοντα B, που προήλθαν από λιγότερο πρόσφατες προσχώσεις.

Η μηχανική σύσταση των εδαφών ποικίλλει από ελαφριά πηλώδη ως αργιλοπηλώδη εδάφη. Οι εδαφικοί τύποι που συνήθως συναντάμε σε βάθος 0-30 cm, είναι: SiL(Siltyloam-Ιλυοπηλώδες), SiCL(SiltyClayloam-Ιλυοαργιλοπηλώδες), CL(Clayloam-Αργιλοπηλώδες). Και τα τρία χαρακτηρίζονται ως μέσα ή πηλώδη εδάφη. Η

υδατοπερατότητα των εδαφών κυμαίνεται, κατά περίπτωση, από πολύ βραδεία ως πολύ ταχεία, ανάλογα της σύστασής τους. Η ωφέλιμη διαθέσιμη υγρασία των εδαφών είναι επαρκής για επιφανειακές αρδεύσεις, με εύρος άρδευσης τον κρίσιμο μήνα (Ιούλιο) από 8 έως 18 ημέρες. Το ΡΗ των εδαφών χαρακτηρίζεται από αλκαλικό ως πολύ αλκαλικό, λόγω του προσροφημένου νατρίου στο εδαφοσύμπλοκό τους. Από τα ορυκτά της αργίλου, κυριαρχεί ο ιλλίτης.

Χαρακτηριστικό για τα εδάφη της περιοχής είναι η παθογένεια τους σε σημαντικά τμήματα. Συγκεκριμένα, λόγω του χαμηλού υψομέτρου της νότιας περιοχής και της γειτνίασης της με τη θάλασσα, από την οποία προστατεύεται με παράκτια αναχώματα ύψους + 2,5m, το έντονα αλατούχο υπόγειο νερό είναι η κύρια πηγή προέλευσης των αλάτων των εδαφών της περιοχής. Αυτός είναι ο λόγος που η περιοχή, που γειτνιάζει με τη θάλασσα, απαντώνται αλατούχα και αλκαλιωμένα εδάφη (παθογενή εδάφη). Παθογενή εδάφη απαντώνται, σκόρπια σε μικρές ή μεγάλες κηλίδες, στην γύρω περιοχή και οφείλονται σε πρωτογενή και δευτερογενή παθογένεια (λόγω της κατάκλισης περιοχών με νερό για την καλλιέργεια του ρυζιού).

Η παθογένεια των εδαφών ήταν ισχυρότερη σε βαθμό και μεγαλύτερη σε έκταση πριν από την κατασκευή των παράλληλων με τα αρδευτικά δίκτυα, στραγγιστικών δικτύων. Μετά τη λειτουργία των δικτύων αυτών η παθογένεια των εδαφών βελτιώθηκε σημαντικά. Σ' αυτό συνετέλεσαν:

- α) η καλή ποιότητα του αρδευτικού νερού (Αξιός ποταμός)
- β) η εφαρμογή γύψου, ως εδαφοβελτιωτικό
- γ) η λειτουργία των παράκτιων αντλιοστασίων.

Εκτός από την ορυζοκαλλιέργεια που ευθύνεται για τη δευτερογενή εναλάτωση των εδαφών, μεγάλο μέρος της ευθύνης οφείλεται και στο ανεπαρκές βάθος των στραγγιστικών τάφρων (1,80m οι τριτεύουσες). (Βασιλακάκης, 2016)

1.4 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Το κλίμα της πεδιάδας Θεσσαλονίκης χαρακτηρίζεται ως Μεσογειακό, με ηπειρωτικά στοιχεία. Στην ανατολική της πλευρά είναι φανερή σε όλες τις εποχές του έτους η επίδραση του ηπειρωτικού κλίματος. Στην κεντρική και δυτική της περιοχή, που σαν φράκτης αναπτύσσονται στο Βορρά οι ορεινοί όγκοι του Πάικου, της Τζένας και του Βόρα και εμποδίζουν τις ψυχρές αέριες μάζες να κατέβουν προς το νότο, είναι

εντονότερη η επίδραση της θάλασσας και η πεδιάδα παρουσιάζει περισσότερο χαρακτηριστικά Μεσογειακού κλίματος.

Οι άνεμοι που επικρατούν συνήθως στην πεδιάδα Θεσσαλονίκης είναι Βόρειοι, Νότιοι και Νοτιοανατολικοί. Οι συνηθέστεροι είναι οι βόρειοι άνεμοι και συγκεκριμένα είναι ο Βαρδάρης και ο Καρατζοβίτης. Η μέση ταχύτητα του Βαρδάρη είναι 10 - 15 m/sec ο οποίος προκαλεί πτώση της θερμοκρασίας κατά 2 - 3 °C και διαρκεί από 24 έως 48 ώρες. Οι μέγιστες ημερήσιες ταχύτητες μπορεί να φτάσουν τα 20 - 30 m/sec Κατά τους θερινούς μήνες επικρατέστερος άνεμος είναι η θαλάσσια αύρα (μπάτης) και σημειώνεται τις μεσημεριανές ώρες. Η μέση ταχύτητα της είναι 3 m/sec ενώ η μέγιστη φτάνει τα 6 - 7 m/sec (Κωνσταντινίδης, 1989)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο. : ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΤΟΥ Τ.Ο.Ε.Β. ΑΓΙΟΥ ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στον κάμπο που αρδεύεται από το Τ.Ο.Ε.Β. Αγίου Αθανασίου υπάρχουν 50300 στρέμματα γης και από αυτά στα 44500 περίπου καλλιεργούνται έξι διαφορετικά είδη φυτών, κυρίως. Το ρύζι σε ποσοστό περίπου 70-75%, το καλαμπόκι σε ποσοστό περίπου 18-25%, το βαμβάκι σε ποσοστό περίπου 3-5%, η μηδική σε ποσοστό περίπου 2-6%, τα τεύτλα σε ποσοστό περίπου 1-2% και η βιομηχανική τομάτα σε ποσοστό περίπου 1%. Τα τελευταία χρόνια μειώνεται συνεχώς ο αριθμός των στρεμμάτων που καλλιεργούνται με τεύτλα και βιομηχανική τομάτα και μάλιστα το 2018 κανένα στρέμμα στο Τ.Ο.Ε.Β. Αγίου Αθανασίου δεν καλλιεργήθηκε με τεύτλα και βιομηχανική τομάτα. Αυτό ήταν αναμενόμενο, αν σκεφτεί κανείς ότι το εργοστάσιο επεξεργασίας τομάτας της Ομοσπονδίας στην περιοχή έκλισε και το εργοστάσιο Ζαχάρεως στο Πλατύ υπολειτουργεί. Τελευταία η τάση των καλλιεργειών είναι 6% το βαμβάκι, 15% το καλαμπόκι, 75% το ρύζι και 3% η μηδική περίπου. Στον πίνακα 2.1 φαίνονται τα είδη των φυτών που καλλιεργούνται και η έκταση που καταλαμβάνουν μέσα στον κάμπο που αρδεύεται από το Τ.Ο.Ε.Β. Αγίου Αθανασίου από τα έτη 2010 έως και το 2017, καθώς επίσης τα ποσοστά κάθε καλλιέργειας κατά έτος, αλλά και την τελευταία τάση.

Πίνακας 2-1 Κατανομή καλλιεργειών για τα έτη 2010 έως και το 2017 με τα ποσοστά κάθε καλλιέργειας, καθώς και την τελευταία τάση.

	ΒΑΜ- ΒΑΚΙ	%	ΚΑΛΑ- ΜΠΟΚ I	%	ΡΥΖΙ	%	ΜΗΔΙ- ΚΗ	%	ΤΕΥΛΑ	%	ΒΙΟΜ. ΤΟΜΑ- ΤΑ	%	ΣΥΝΟ- ΛΟ
2010	2350	5	12523	28	25902	58	2722	6	473	1	512	1	44482
2011	1450	3	11995	27	29024	65	850	2	764	2	390	1	44473
2012	1105	3	11679	27	29761	68	924	2	395	1	120	0	43984
2013	1050	2	12540	28	27350	62	2603	6	405	1	145	0	44093
2014	1300	3	12750	29	27500	62	2000	5	300	1	250	1	44100
2015	1551	3	10166	23	31640	70	1121	2	344	1	107	0	44929
2016	1280	3	8353	19	33555	75	960	2	320	1	80	0	44548
2017	1380	3	8253	19	33755	76	760	2	310	1	90	0	44548
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	1433	3	11032	25	29811	67	1493	3	414	1	212	0	
ΤΕΛΕΥ- ΤΑΙΑ ΤΑΣΗ	2673	6	6682	15	33411	75	1782	4	0	0	0	0	44548

Γ.Ο.Ε.Β. Θεσσαλονίκης

2.2 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΡΥΖΙΟΥ

2.2.1 Καλλιεργητικές τεχνικές

Το ρύζι είναι μια πανάρχαια καλλιέργεια και η εξακρίβωση του τόπου καταγωγής του είναι για το λόγο αυτό αρκετά δύσκολη. Το πιθανότερο είναι ότι κατάγεται από τις νότιες περιοχές της Ινδίας και της Ινδοκίνας. Το ρύζι είναι φυτό ετήσιο. Το επιστημονικό του όνομα είναι *Oryza setiva*. Ανήκει στην οικογένεια των Αγρωστωδών. Η ρίζα του είναι φουντωτή και ο βλαστός του είναι λεπτό καλάμι που το ύψος του συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 60 και 80 εκατοστών. Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένες ποικιλίες που καλλιεργούνται σε μερικές ασιατικές χώρες σε κοιλάδες πλημμυρισμένες από βρόχινα νερά, οι οποίες αποκτούν ύψος 5 μέτρων ή και περισσότερο. (Καραμάνος 1999).

2.2.2 Κατεργασία Εδάφους

Γίνεται όργωμα αμέσως μετά τη συγκομιδή του καρπού, δισκοσβάρνισμα πριν τη σπορά την άνοιξη, ισοπέδωση, εφαρμογή βασικών λιπασμάτων και ενσωμάτωση αυτών με φρεζάρισμα. Η σπουδαιότερη εργασία για την ρυζοκαλλιέργεια είναι η ισοπέδωση. Η καλλιέργεια του ρυζιού είναι αρκετά εύκολη και η βεβαιότητα για υψηλές αποδόσεις είναι εξασφαλισμένη, εφ' όσον οι αγροί είναι καλά ισοπεδωμένοι. Η διαφορά μεταξύ υψηλότερου και χαμηλότερου σημείου της λεκάνης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 2-5 εκατοστών ανά 100 μέτρα.. Διαμορφώνονται λεκάνες που θα γεμίζουν με νερό. Οι λεκάνες του ορυζώνα πρέπει να είναι διατεταγμένες με τη μεγάλη τους πλευρά κάθετη προς τη διεύθυνση των συνήθως πνεόντων ανέμων για να αποφυγή σχηματισμού μεγάλων κυμάτων, τα οποία μπορούν να παρασύρουν τα νέα φυτά προς τα αναχώματα της λεκάνης με πρόκληση μιας ανομοιόμορφης κατανομής των φυτών στον αγρό. Επιπλέον είναι δυνατόν να έχουμε καταστροφές των αναχωμάτων από μεγάλα κύματα. (Καραμάνος 1999).

2.2.3 Εποχή σποράς και διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου

Οι οικότυποι *indica* και *japonica* είναι οι πιο πολλοί καλλιεργούμενοι. Ο οικότυπος *indica* είναι μακρόκαρπος και γενικά υψηλόσωμος, με λεπτά αδύνατα στελέχη, τα οποία έχουν την τάση να πλαγιάζουν. Ο *japonica* είναι μικρόκαρπος, σχηματίζει μεγάλο αριθμό αδελφιών, τα στελέχη είναι κοντά, ισχυρά με μεγάλη αντοχή στο πλάγιασμα (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2008).

Ανάλογα με τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου διαχωρίζουμε τις ποικιλίες. Σε γενικές γραμμές, η διάρκεια του βιολογικού κύκλου κυμαίνεται από 80 έως 280 ημέρες. Οι ποικιλίες διακρίνονται σε πρώιμες (80-130 ημέρες), μέσης πρωιμότητας (130-160 ημέρες) και όψιμες (άνω των 160 ημερών). Οι ποικιλίες μικρού βιολογικού κύκλου είναι κατάλληλες για τις εύκρατες περιοχές και οι όψιμες για τις τροπικές και υποτροπικές περιοχές.

Η εποχή σποράς εξαρτάται από τη θερμοκρασία του εδάφους και του περιβάλλοντος. Όταν η θερμοκρασία του νερού είναι 12ο C^ο τότε η σπορά μπορεί να πραγματοποιηθεί χωρίς κινδύνους ζημιών. Ευνοϊκές συνθήκες περιβάλλοντος για τη σπορά του ρυζιού δημιουργούνται στη Βόρειο Ελλάδα με τις ποικιλίες Japonica 1-15 Μαΐου για δε εκείνες του τύπου Indica 5-15 Μαΐου. Ο ρυζοπαραγωγός πρέπει να έχει υπόψη του ότι η έγκαιρη σπορά έχει ως συνέπεια και τη καλύτερη σοδειά. (Δαλιάνης, 1983)

2.2.4 Θρέψη και λίπανση

Το ρύζι παρουσιάζει μια ιδιαιτερότητα ως προς την λίπανση γιατί το έδαφος στο οποίο καλλιεργείται βρίσκεται σε συνεχή σχεδόν κατάκλιση με νερό με συνέπεια να δημιουργούνται συνθήκες που διευκολύνουν την έκπλυση και διαρροή των χρησιμοποιούμενων λιπαντικών στοιχείων. Τα πιο ενδιαφέροντα λιπαντικά στοιχεία για την καλλιέργεια του ρυζιού είναι το άζωτο (12 μονάδες με την μορφή θειικής αμμωνίας σε τρεις δόσεις, πριν την σπορά δίνεται η μισή ποσότητα και ακολούθως ανά εικοσιπέντε ημέρες μοιράζουμε το υπόλοιπο) , ο φώσφορος (4 μονάδες που δίνεται όλη η ποσότητα πριν την σπορά μαζί με το αρχικό άζωτο) , το κάλιο (4 μονάδες), το θείο και ο ψευδάργυρος.(Υφούλη και Καλτσίκη, 1985)

2.2.5 Το βάθος ρίζας

Οι ρίζες του ρυζιού είναι θυσανώδεις, λεπτές, πολλές και επιπόλαιες. Φθάνουν μέχρι βάθους 10 εκατοστών οι περισσότερες και σε ποσοστό περίπου 20% των ριζών φθάνουν σε βάθος 25-30 εκατοστών όταν καλλιεργείται υπό κατάκλυση. Αντίθετα, φυτά που καλλιεργούνται χωρίς κατάκλυση αναπτύσσουν ριζικό σύστημα μέχρι βάθους 100 εκατοστών. Μπορεί να σχηματίσει και εναέριες ρίζες. (Δαλιάνης, 1983)

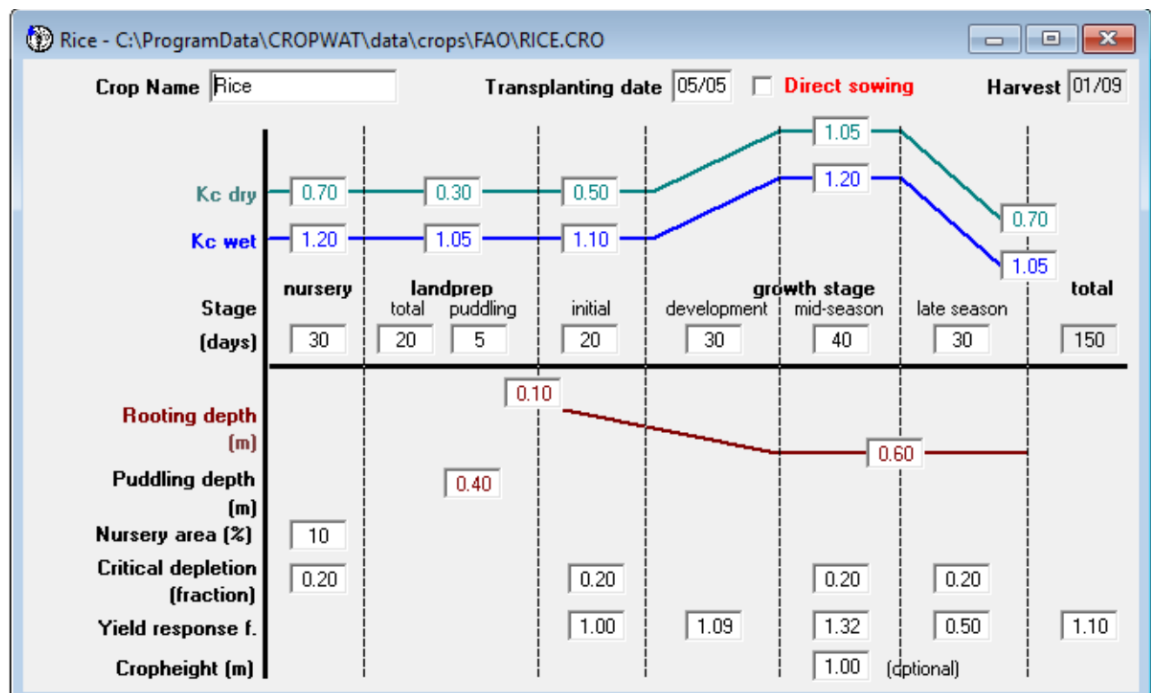
2.2.6 Άρδευση

Οι ανάγκες των ορυζόφυτων σε νερό είναι διαφορετικές στα διάφορα στάδια της εξέλιξης τους. Κριτικές φάσεις που επιζητούν κανονική προμήθεια νερού είναι το φύτευμα και η περίοδος που περιλαμβάνει τις φάσεις: διόγκωση, άνθηση, σχηματισμός του κόκκου. Η ποσότητα νερού κυμαίνεται μεταξύ 1100 και 3000 m³ / στρέμμα (εξαρτάται από την εξατμισοδιαπνοή της περιοχής το είδος του δικτύου δηλαδή ανοικτό ή κλειστό, την κατάσταση από άποψη συντήρησης του αρδευτικού δικτύου και την μέθοδο άρδευσης) για μια καλλιεργητική περίοδο. Το ύψος του νερού στο στάδιο του φυτρώματος δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 10 εκατοστά. Όταν το νερό δεν είναι του ίδιου ύψους σ' όλο τον αγρό ή είναι χαμηλού ύψους έχει ως συνέπεια την έκθεση μερικών τμημάτων εδαφών και μπορεί να επιφέρει την ανάπτυξη ζιζανίων ή να καταστήσει τους φυτρωμένους σπόρους εύκολη λεία τρωκτικών και πτηνών. Το μεγάλο ύψος νερού (πάνω από 15 εκατοστά) κατά την ανάπτυξη των φυτωρίων έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη ριζών. Πρέπει να ρυθμίζεται το ύψος του νερού στον αγρό όσο χρειάζεται για να αποτραπούν οι ασθένειες από εχθρούς και να προωθηθεί η ανάπτυξη των φυτών. Τα περισσότερα φυτάρια των ζιζανίων θα σταματήσουν να αναπτύσσονται γρήγορα εάν καλύπτονται πλήρως με νερό. Μετά το τέλος του αδελφώματος επιβάλλεται η σταδιακή αύξηση του ύψους του νερού μέχρι 15 εκατοστά για να εξασφαλιστεί η ανάπτυξη των φυτών και ο σχηματισμός βιώσιμης γύρης στην περίπτωση επικράτησης χαμηλών σχετικά θερμοκρασιών. Η διατήρηση του ύψους του νερού επιτυγχάνεται με την άμεση επισκευή όλων των διαρροών στο σύστημα άρδευσης. 35 lit/min ανά στρέμμα είναι η ιδανική παροχή για την κατάκλιση ενός αγρού. Αυτή η παροχή θα κατακλύσει ένα αγρό ρυζιού 100 στρεμμάτων με αργιλώδες έδαφος σε μια ημέρα περίπου. Σε ένα τυπικά αργιλώδους δομής έδαφος, η αποστράγγιση του αγρού πρέπει να γίνεται όταν τα φυτά είναι πλήρως ξεσταχασμένα και οι φάβες κλίνουν προς τα κάτω και αρχίζουν να ωριμάζουν. Ένας άλλος οδηγός για την αποστράγγιση είναι όταν το 90% των φαβών έχει τον ακραίο κόκκο στο στάδιο της σκληρής δομής. Ο άριστος χρόνος συγκομιδής συμβαδίζει με τη μεγαλύτερη δυνατή απόδοση στο μύλο αλλά και με μικρότερη θραυστικότητα των κόκκων και εν τέλει την βέλτιστη απόδοση. Η συγκομιδή του καρπού πρέπει να γίνεται όταν η υγρασία αυτού κυμαίνεται μεταξύ 19-21%. (Δαλιάνης, 1983)

2.2.7 Συγκομιδή

Η κατάλληλη εποχή για το βγάλσιμο των νερών από το χωράφι είναι περί τα τέλη Αυγούστου. Αφήνεται ένα μικρό περιθώριο 10-20 ημερών μέχρι να ωριμάσει το ρύζι και να αποβάλλει την υγρασία του στους 14-15 βαθμούς. Τέλος τις τελευταίες μέρες του Σεπτεμβρίου με αρχές του Οκτωβρίου μπαίνει η θεριζοαλωνιστική μηχανή στον αγρό για να αρχίσει η συγκομιδή του προϊόντος, το οποίο συγκεντρώνεται σε σιλό. (Δαλιάνης, 1983)

Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνονται για τη καλλιέργεια του ρυζιού, οι ημερομηνίες σποράς (planting date) και συγκομιδής (Harvest), τα βλαστικά στάδια (stem stages) με τις ημέρες που διαρκεί κάθε στάδιο και οι φυτικοί συντελεστές (plant factors, K_c), το βάθος των ριζών (Rooting depth), ο Συντελεστής απόκρισης απόδοσης (K_y , Yield response f.) και Συντελεστής ωφελιμότητας (critical depletion).



Εικόνα 2-1 Διάφορα στοιχεία της καλλιέργειας ρυζιού όπως έχουν εισαχθεί στο υπολογιστικό πρόγραμμα CROPWAT 8.0 για τον υπολογισμό των αναγκών σε νερό.

2.3 ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ

2.3.1 Γενικά

Ο αραβόσιτος (*Zea mays* L.) είναι μέλος της οικογένειας Poaceae (Αγρωστώδη) και είναι το μοναδικό είδος του γένους *Zea*. Κατάγεται από την αμερικάνικη ήπειρο.

Σήμερα, είναι μία από τις πιο διαδεδομένες καλλιέργειες στο κόσμο. Οι ΗΠΑ, η Κίνα, η Ινδία και η Βραζιλία παράγουν τις μεγαλύτερες ποσότητες. Στην Ελλάδα, αν και η συνολικά παραγόμενη ποσότητα είναι μικρή, όμως οι μέσες στρεμματικές αποδόσεις είναι από τις υψηλότερες παγκοσμίως (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2008).

Ο αραβόσιτος είναι μονοκότυλο, πώδες, ετήσιο φυτό, μόνοικο-δίκλινο, σταυρογονιμοποιούμενο και ανεμόφιλο.

2.3.2 Η ρίζα του αραβοσίτου

Το ριζικό σύστημα του αραβοσίτου διακρίνεται:

1. Στο εμβρυακό ριζικό σύστημα που αποτελείται:

- α) από την πρωτογενή εμβρυακή ρίζα, προέκταση του ριζιδίου και
- β) από τις δευτερογενείς εμβρυακές ρίζες (3-5 συνήθως).

Το εμβρυακό ριζικό σύστημα μπορεί να επιζήσει σε όλη τη διάρκεια της ζωής του φυτού και να φθάσει σε βάθος 1,5-2 m.

2. Στο κύριο ριζικό σύστημα που αποτελείται:

- α) από τις ρίζες που εκφύονται μέσα στο έδαφος και
- β) από τις εναέριες ρίζες που εκφύονται από τους πρώτους κόμβους του στελέχους πάνω από την επιφάνεια του εδάφους. Οι εναέριες ρίζες που εκφύονται από κόμβους κοντά στην επιφάνεια του εδάφους εισχωρούν στο έδαφος και συμβάλλουν στη στήριξη και διατροφή του φυτού.

Το ριζικό σύστημα του αραβοσίτου είναι πλούσιο και μπορεί να φτάσει σε βάθος 2,5 m, όμως ο κύριος όγκος του βρίσκεται στα πρώτα 60 cm του εδάφους (Δαλιάνης, 1983).

Με το φύτεμα του σπόρου εμφανίζονται οι εμβρυακές ρίζες από το ριζίδιο και μετά οι μόνιμες ρίζες από τον κόμπο, που βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, δηλαδή από το σταυρό. Οι μόνιμες ρίζες αναπτύσσονται στην αρχή οριζόντια και μετά σε βάθος μέχρι και δύο μέτρα. Το κύριο όμως ριζόστρωμα βρίσκεται στα ανώτερα 30 εκατοστά επί του εδάφους αν και όμως αρκετές ρίζες φθάνουν τα 60 εκατοστά. Η διακλάδωση των ριζών είναι πλούσια. Πολλές ρίζες του καλαμποκιού κατά το στάδιο της ανθήσεως ξεπερνούν και το ένα μέτρο βάθος. (Υφούλη και Καλτσίκη, 1985)

2.3.3 Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις

Το καλαμπόκι έχει υψηλές απαιτήσεις σε θερμότητα, καθώς κατάγεται από τροπικές χώρες. Η βλάστηση των σπόρων γίνεται σε θερμοκρασία πάνω από 10 °C. Τα μεγάλα

φυτά, με ύψος πάνω από 15 εκατοστά είναι ευαίσθητα στους παγετούς. Τα φυτά των περισσότερων ποικιλιών καταστρέφονται όταν η θερμοκρασία παραμείνει για πολύ μεταξύ 6 και 7 °C.

Το καλαμπόκι θέλει μέση καλοκαιρινή θερμοκρασία γύρω στους 22 °C, και νυκτερινή μεγαλύτερη από 14 °C. Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, που είναι η κυριότερη χώρα παραγωγής καλαμποκιού στον κόσμο η ζώνη του καλαμποκιού έχει μέση θερινή θερμοκρασία πάνω από 14 °C και βλαστική περίοδο πάνω από 140 μέρες.

Όταν μια περιοχή έχει μέση θερμοκρασία καλοκαιριού κάτω από 19 °C και μέση θερμοκρασία τη νύχτα κάτω από 13 °C, δεν είναι κατάλληλη για την καλλιέργεια του καλαμποκιού. Είναι φυτό βραχείας φωτοπερίοδου. Όταν μια ποικιλία μεταφερθεί κατά 16 χιλιόμετρα προς νότο ή προς βορρά, στο ίδιο υψόμετρο, προωμίζει ή οψιμίζει, αντίστοιχα, κατά μια μέρα. (Υφούλη και Καλτσίκη, 1985).

Η διάρκεια του βιολογικού κύκλου ανάλογα με το υβρίδιο και τις περιβαλλοντικές συνθήκες, κυμαίνεται από 110-150 ημέρες. Ο αραβόσιτος είναι φυτό καθορισμένης ανάπτυξης με διακριτά στάδια βλαστικής και αναπαραγωγικής ανάπτυξης. (Καραμάνος, 1999)

Το φυτό του αραβοσίτου θέλει άφθονη ηλιοφάνεια και υγρασία. Απαιτεί βροχόπτωση 450-600 mm μέσα σε μια βλαστική περίοδο. Το καλαμπόκι προτιμά εδάφη γόνιμα, πηλώδη, με οργανική ουσία και καλή αποστράγγιση. Το καλύτερο pH κυμαίνεται από 5,5 μέχρι 8. (Υφούλη και Καλτσίκη, 1985).

Η χώρα μας έχει ανεπαρκή βροχόπτωση κατά την περίοδο ανάπτυξης του αραβόσιτου. Επομένως, η άρδευση είναι απαραίτητη για να έχουμε ικανοποιητικές αποδόσεις. Οι ολικές απαιτήσεις της καλλιέργειας σε νερό, είναι γενικά μεταξύ 400 και 800mm στο σύνολο της καλλιεργητικής περιόδου (ανάλογα με τη γονιμότητα του εδάφους και τις κλιματικές συνθήκες), δεν καλύπτονται από την βροχόπτωση και πρέπει να συμπληρωθούν με άρδευση. Το πρόγραμμα αρδεύσεων, για να διατηρηθεί η εδαφική υγρασία σε ικανοποιητικά επίπεδα, θα πρέπει να λάβει υπόψη του ότι η εδαφική υγρασία δεν πρέπει να πέσει κάτω από το 55% ως 60% της διαθέσιμης υγρασίας (FAO 1979), (Καραμάνος 1999).

Οι ανάγκες σε νερό αυξάνουν με την ανάπτυξη της καλλιέργειας και είναι γενικά μεγαλύτερες κατά την περίοδο άνθησης. Οι αρδεύσεις πρέπει να είναι πιο συχνές στα ελαφρά εδάφη (συνολικά 10-15) και πιο αραιές, αλλά με μεγαλύτερη ποσότητα νερού, στα βαρύτερα εδάφη (ως 5) (Σφήκας, 1995).

2.3.4 Προσαρμοστικότητα.

Το ύψος του φυτού του αραβοσίτου και η διάμετρος του στελέχους του κυμαίνονται εντός ευρύτατων ορίων, αν και τα περισσότερα υβρίδια που καλλιεργούνται σήμερα στη Ελλάδα έχουν ύψος 2-2,5 m και διάμετρο στελέχους 3-5 cm (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2008).

Η αύξηση του στελέχους γίνεται με γρήγορο ρυθμό έως και τα 10 εκατοστά κάθε μέρα. Το ύψος έχει μεγάλη διακύμανση από 60 εκατοστά μέχρι 6 μέτρα, ανάλογα με την ποικιλία και τις συνθήκες που επικρατούν. Ο αραβόσιτος έχει μεγάλη προσαρμοστικότητα γι' αυτό είναι πολύ διαδεδομένος σε όλο τον κόσμο. Υπάρχουν ποικιλίες κοντές, με ύψος 60 εκατοστά, που ωριμάζουν μέσα σε 60-70 μέρες, και ποικιλίες ψηλές, με ύψος μέχρι 6 μέτρα, που ωριμάζουν μέσα σε 10-11 μήνες. Η καλλιέργειά του εκτείνεται από τις στέπες της Ρωσίας ως τις τροπικές Ινδίες. Η κύρια όμως καλλιέργεια αναπτύσσεται στις χώρες που διαθέτουν ιδανικές συνθήκες. Σε αυτές δεν περιλαμβάνεται η Ελλάδα, γι' αυτό στη χώρα μας η καλλιέργεια του καλαμποκιού περιορίζεται στα γόνιμα και αρδευόμενα εδάφη των πεδινών κυρίως εκτάσεων. (Υφούλη και Καλτσίκη, 1985).

2.3.5 Προετοιμασία χωραφιού.

Για να επιτύχομε μία καλλιέργεια καλαμποκιού με υψηλές αποδόσεις, εκτός από την εκλογή του κατάλληλου υβριδίου, χρειάζεται επιπλέον να του παρασχεθούν όλες οι απαραίτητες καλλιεργητικές φροντίδες, γιατί τότε μόνο το υβρίδιο θα μπορέσει να αποδώσει τα μέγιστα.

Αν και το καλαμπόκι είναι φυτό, το οποίο μπορεί να προσαρμοσθεί σε μία μεγάλη γκάμα εδαφοκλιματικών συνθηκών, όμως το άριστο οικολογικό περιβάλλον μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι ένα έδαφος μέσης συστάσεως, βαθύ, καλά αποστραγγιζόμενο, με υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και με pH γύρω στο 6,5. Η θερμοκρασία στη βλαστική περίοδο να κυμαίνεται από 21-32 °C.

Στη σωστή προετοιμασία του χωραφιού, περιλαμβάνεται ένα φθινοπωρινό όργωμα, που θα ελαττώσει την επιφανειακή ροή του βρόχινου νερού και επομένως όλο το βρόχινο νερό του χειμώνα θα συγκρατηθεί και θα αποθηκευτεί μέσα στο χωράφι, καθώς επίσης θα ενσωματωθούν τα υπολείμματα της προηγούμενης χρήσης νωρίς, ώστε να γίνει η χουμοποίησή τους κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

Το Φεβρουάριο ή αρχές Μαρτίου χρειάζεται ένα δεύτερο όργωμα, πιο ελαφρό, για καταστροφή των ζιζανίων που έχουν φυτρώσει. Τον Απρίλιο, πριν από τη σπορά, ο αγρός μπορεί να προετοιμασθεί πολύ καλά με ένα ή δύο δισκοσβαρνίσματα.

2.3.6 Σπορά

Στα πιο εύκρατα κλίματα το καλαμπόκι σπέρνεται την άνοιξη και θερίζεται τέλη καλοκαιριού αρχές φθινοπώρου (π.χ., σπορές Απρίλιο/ Μάιο και θερισμός Σεπτέμβριο έως Νοέμβριο). Σε πιο τροπικά κλίματα μπορεί να καλλιεργείται όλο το χρόνο. Ο σπόρος του καλαμποκιού παραδοσιακά φυτεύεται σε πλατιές σειρές (περίπου 75 εκατοστά χωριστά) πράγμα που δίνει τη δυνατότητα για έλεγχο ζιζανίων με μηχανήματα καλλιέργειας ή σκάλισμα με το χέρι ή με κοπή ενώ αναπτύσσεται η σοδειά. Οι πλατιές σειρές εξακολουθούν να είναι δημοφιλείς στο καλαμπόκι ακόμα και εκεί που χρησιμοποιούνται ζιζανιοκτόνα. (Τσαπικούνης, 1997)

Η σπορά του αραβοσίτου γίνεται το 2ο ως 3ο πενήθερο του Απριλίου, ενώ η συγκομιδή του ανάλογα με το υβρίδιο, από αρχές Σεπτεμβρίου έως το 2ο πενήθερο του Οκτωβρίου.

2.3.7 Λίπανση

Τα θρεπτικά στοιχεία συνήθως και ειδικά στα χωράφια που καλλιεργούνται συνεχώς επί πολλά χρόνια, δεν είναι σε επάρκεια στο έδαφος, γι' αυτό για να πάρουμε την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη απόδοση από την καλλιέργεια που εφαρμόζουμε, θα πρέπει να

Πίνακας 2-2 Απαιτήσεις θρεπτικών στοιχείων για 1000 κιλά σπόρου

Θρεπτικό Στοιχείο	Kg/στρ. για 1000 Kg σπόρου	Ποσοστό που μεταφέρεται στο σπόρο
Μεγαλοστοιχεία:		
Άζωτο (N)	18-20	70%
Φωσφόρος (P)	2,5-3,5	80%
Κάλιο (K)	10-12	45%
Μερικά άλλα στοιχεία:		
Μαγνήσιο (Mg)	4-6	40%
Μαγγάνιο (Mn)	50 γραμμάρια	15%
Χαλκός (Cu)	25 γραμμάρια	30%
Ψευδάργυρος (Zn)	105 γραμμάρια	50%

Ινστιτούτου Σιτηρών

προσθέτουμε θρεπτικά στοιχεία συμπληρωματικά. Τα υβρίδια που καλλιεργούνται σήμερα και τα οποία δίνουν υψηλές αποδόσεις έχουν πολύ μεγάλη ανάγκη από πρόσθετα θρεπτικά στοιχεία. Από πειράματα του Ινστιτούτου Σιτηρών έχει αποδειχθεί ότι τα υβρίδια καλαμποκιού για να παράγουν 1000 κιλά καρπό, απαιτούν τις ποσότητες

θρεπτικών στοιχείων που φαίνεται στον πίνακα 2.2. (Υφούλη και Καλτσίκη, 1985). Ένα ενδεικτικό πρόγραμμα λίπανσης περιλαμβάνει συνήθως τις εξής ποσότητες: Περίπου 30 kg /στρ. Άζωτο, 4.5-6 kg /στρ. Φώσφορο και 5-25 kg /στρ. Κάλιο Σύμφωνα με τον Τσαπικούνη (1997), μια καλλιέργεια αραβόσιτου για παραγωγή 1250 Kg καρπού και 900 Kg στελεχών ανά στρέμμα αφαιρεί από το έδαφος τα θρεπτικά στοιχεία όπως φαίνονται στον πίνακα 2.3.

Πίνακας 2-3 Απαιτήσεις θρεπτικών στοιχείων για παραγωγή 1250 Kg καρπού και 900 Kg στελεχών Αραβόσιτου ανά στρέμμα

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	S
Καρπός	17,0	10,0	6,5	2,0	1,7
Στελέη	13,0	3,0	23,6	5,3	2,3
Σύνολο	30,0(Kg/στρ.)	13,0(Kg/στρ.)	30,1(Kg/στρ.)	7,3(Kg/στρ.)	4,0 (Kg/στρ.)

Τσαπικούνης (1997)

2.3.8 Άρδευση

Για να επιτύχομε μεγάλες αποδόσεις πρέπει να καλλιεργήσουμε το κατάλληλο υβρίδιο, να προσθέσουμε αρκετά αζωτούχα λιπάσματα και να εξασφαλίσουμε άφθονο νερό. Η κριτική περίοδος του αραβοσίτου, όσον αφορά τις ανάγκες σε νερό, αρχίζει 15 μέρες πριν από την άνθηση και διαρκεί ως το τέλος της ανθήσεως. Το Ινστιτούτο Σιτηρών συνιστά, όταν το νερό είναι περιορισμένο, να δίνουμε τρία μόνο ποτίσματα: το πρώτο 15 μέρες πριν το ξεστάχασμα, το δεύτερο κατά το ξεστάχασμα και το τρίτο 15 μέρες μετά το ξεστάχασμα. Η άρδευση συνήθως γίνεται με αυλάκια. (Υφούλη και Καλτσίκη, 1985).

2.3.9 Καταπολέμηση ζιζανίων

Τα ζιζάνια καταπολεμούνται συνήθως με δύο σκαλίσματα, από τα οποία το πρώτο γίνεται όταν τα φυτά έχουν ύψος 10-15 cm και πριν από το αραίωμα. Το δεύτερο μετά από 20 μέρες. Τα σκαλίσματα δεν πρέπει να γίνονται σε μεγάλο βάθος, για να μη προκληθούν ζημιές στις ρίζες. Η καταπολέμηση των ζιζανίων μπορεί επίσης να γίνει και με ζιζανιοκτόνα. (Υφούλη και Καλτσίκη, 1985).

2.3.10 Συγκομιδή

Ο σπόρος του καλαμποκιού περνά ορισμένα στάδια ώσπου να ωριμάσει. Η πιο κατάλληλη εποχή συγκομιδής είναι όταν η υγρασία του σπόρου έχει φθάσει στο 14%. Ο

σπόρος θα μπορούσε να συγκομισθεί και όταν η υγρασία του είναι 37% γιατί τότε έχει ήδη συμπληρωθεί η αποθήκευση θρεπτικών ουσιών. Η παραπάνω ξήρανση όμως διευκολύνει τη συγκομιδή και συμβάλει στην καλή διατήρηση του αποθηκευμένου σπόρου. Η συγκομιδή γίνεται σήμερα με ειδικές μηχανές. (Υφούλη και Καλτσίκη, 1985).

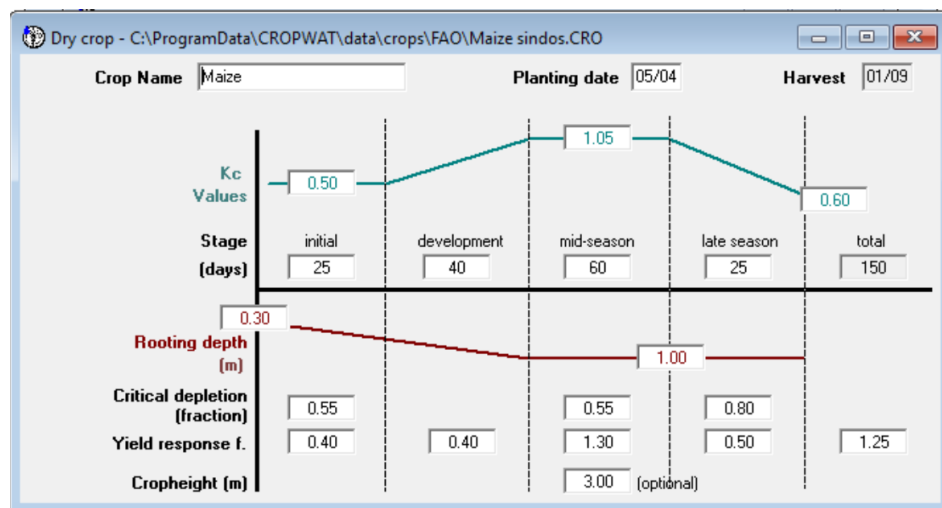
2.3.11 Ενσίρωση του καλαμποκιού

Το καλαμπόκι, όπως το σόργο, τα αγρωστώδη και άλλα φυτά, μπορεί να αποθηκευθεί και να διατηρηθεί για μερικά χρόνια σε «σιλό». Το ενσιρωμένο καλαμπόκι αποτελεί μια κατάλληλη τροφή για τα ζώα. Όλες οι ποικιλίες καλαμποκιού καλλιεργούνται και για ενσίρωση. Ορισμένες, όμως, ποικιλίες με πλούσιο φύλλωμα είναι πιο κατάλληλες για το σκοπό αυτό.

Συνήθως τα φυτά αφήνονται να αναπτυχθούν όσο το δυνατό περισσότερο, για να δώσουν περισσότερη φυτική μάζα. Δεν πρέπει, όμως, να φθάσουν στο στάδιο της αποξηράνσεως των φύλλων ούτε να υποστούν την επίδραση παγετού.

Η συγκομιδή γίνεται με ειδικά μηχανήματα, που κόβουν τα φυτά σε μικρά κομμάτια και τα ρίχνουν σε οχήματα για τη μεταφορά τους στο σιλό. (Υφούλη και Καλτσίκη 1985).

Στην εικόνα 2.2 που ακολουθεί φαίνονται για το καλαμπόκι, οι ημερομηνίες σποράς (planting date) και συγκομιδής (Harvest), τα βλαστικά στάδια (stem stages) με τις



Εικόνα 2-2 Διάφορα στοιχεία της καλλιέργειας καλαμποκιού όπως έχουν εισαχθεί στο υπολογιστικό πρόγραμμα CROPWAT 8.0 για τον υπολογισμό των αναγκών σε νερό.

ημέρες που διαρκεί κάθε στάδιο και οι φυτικοί συντελεστές (plant factors, K_c), το βάθος των ριζών (Rooting depth), ο Συντελεστής απόκρισης απόδοσης (K_y , Yield response f.) και Συντελεστής ωφελιμότητας (critical depletion).

2.4 ΒΑΜΒΑΚΙ

2.4.1 Γενικά

Η καλλιέργεια του βαμβακιού καταλαμβάνει σήμερα περίπου 2.463.000 στρέμματα. Το βαμβάκι που παράγεται υπερβαίνει τους 739.000 τόνους το χρόνο, σύμφωνα με το δελτίο τύπου της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής για την ετήσια γεωργική στατιστική έρευνα του έτους 2016, όπου περιλαμβάνει στοιχεία για τα έτη 2014, 2015, 2016 (Σπυρούλης et al., 2018).

Η συμβολή της βαμβακοκαλλιέργειας στην εθνική οικονομία είναι μεγάλη. Αξιοποιεί τη μικρή αγροτική εκμετάλλευση, προσφέρει μεγάλο αγροτικό εισόδημα σε αρκετές οικογένειες που ασχολούνται με την καλλιέργεια του βαμβακιού και είναι ένα εξαγωγίμο προϊόν που εξασφαλίζει πολύτιμο συνάλλαγμα από το εξωτερικό. (Υφούλη και Καλτσίκη, 1985).

2.4.2 Η ρίζα του βαμβακιού

Το ριζικό σύστημα του βαμβακιού αποτελείται από την κύρια πασσαλώδη ρίζα και από τις δευτερεύουσες πλευρικές ρίζες. Το βάθος της κύριας ρίζας φθάνει συνήθως τα 60 cm , μπορεί όμως να φθάσει και μέχρι τα 80 cm ή και λιγότερο από 60 cm. Για να αναπτυχθεί άριστα το ριζικό σύστημα θέλει εδάφη με καλή διαπερατότητα, καλή αποστράγγιση, ικανοποιητική υδατοϊκανότητα, υψηλή θερμοκρασία (όχι πάνω από 30 °C), και καλό αερισμό του εδάφους. (Υφούλη και Καλτσίκη, 1985).

Η κύρια ρίζα του βαμβακιού, μπορεί να φτάσει σε βαθιά εδάφη μέχρι και σε βάθος 1.2 m (Anadranistakis et al ., 2000), 1.8 m (FAO, 1979) ή και 2 m (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2002). Κυρίως το φυτό προμηθεύεται το 70-80% του νερού από τα πρώτα 90 cm του εδάφους, εκεί δηλαδή όπου βρίσκεται το 90% του ριζικού του συστήματος (FAO, 1979) , (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2002).

2.4.3 Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις

Το βαμβάκι κατάγεται από τροπικές και υποτροπικές χώρες, γι' αυτό είναι φυτό με μεγάλες απαιτήσεις σε θερμότητα. Η βλάστηση του σπόρου γίνεται σε θερμοκρασία 15 °C και πάνω. Η ιδανική θερμοκρασία για το φύτεμα και την ανάπτυξη είναι 33 °C. Το βαμβάκι χρειάζεται μέση θερινή θερμοκρασία πάνω από 25 °C. Τα καρύδια του βαμβακιού δεν αναπτύσσονται όταν η θερμοκρασία είναι κάτω από 12 °C. Στους -2 °C τα φυτά νεκρώνονται.

Οι απαιτήσεις του σε βλαστική περίοδο ανέρχονται σε 160 -200 μέρες. Η Ελλάδα

βρίσκεται στο βόρειο όριο της ζώνης του βαμβακιού με βλαστική περίοδο που μόλις αρκεί για την ωρίμανση του. Γι' αυτό το βαμβάκι σπέρνεται όσο το δυνατό πρωιμότερα και παράλληλα επιλέγονται υβρίδια μικρού βιολογικού κύκλου για να προλάβουν να ωριμάσουν όλα τα καρύδια. Επίσης λόγω μεσογειακού κλίματος απαιτείται διαθεσιμότητα νερού για άρδευση κατά την περίοδο της αναπτύξεως του.

Το βαμβάκι μπορεί να καλλιεργηθεί σε αρκετά εδάφη, από τα ελαφρά ως τα βαριά και από τα μέτριας γονιμότητας ως τα γόνιμα, αρκεί να επιλέξουμε την κατάλληλη ποικιλία. Το ιδανικό ΡΗ είναι 7-8, αλλά αναπτύσσεται καλά και σε ΡΗ 5,5-8,5. Πρέπει να αποφεύγονται τα παθογενή αλκαλικά ή τα πολύ όξινα εδάφη, όπως και τα πολύ συνεκτικά, με κακή αποστράγγιση, εδάφη. (Υφούλη και Καλτσίκη, 1985).

Για την ομαλή ανάπτυξη της καλλιέργειας πρέπει να υπάρχει διαθεσιμότητα νερού στο έδαφος. Υδατική καταπόνηση της καλλιέργειας θεωρείται ότι υπάρχει μετά την απομάκρυνση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας σε ένα ποσοστό της τάξης του 65% (FAO, 1979) ή, κατά άλλους, της τάξης του 50%-70% (Φαρδής, 1981). Κατά το στάδιο έναρξης της καρπώδους η έλλειψη υγρασίας είναι ωφέλιμη αλλά δεν πρέπει να ξεπερνά τις 4-7 ημέρες που απαιτούνται για την ανάπτυξη ζώνης αφοριστικού ιστού (Μαρέτης, 1981). Στην περίπτωση της πεδιάδας Θεσσαλονίκης συνήθως εφαρμόζουμε 3 - 5 αρδεύσεις και σταματάμε τις αρδεύσεις περίπου 5 εβδομάδες πριν από τη συγκομιδή. Κρίσιμη αρδευτική περίοδος θεωρείται αυτή από τα μέσα Ιουλίου ως τα μέσα Αυγούστου (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2002), όπου το φυτό παρουσιάζει ταυτόχρονα χτένια, άνθη και καρύδια, και έχει έντονη παραγωγική δραστηριότητα, έντονο μεταβολισμό και συνεπώς υψηλές απαιτήσεις σε νερό.

2.4.4 Σπορά και συγκομιδή

Το βαμβάκι σπέρνεται όσο το δυνατό νωρίτερα, μόλις η θερμοκρασία του εδάφους γίνει 15 °C και πάνω και υπάρξει η κατάλληλη υγρασία στο έδαφος. Οι αποστάσεις σποράς μεταξύ των γραμμών είναι συνήθως στα 60-100 εκατοστά, ενώ οι αποστάσεις επί των γραμμών 10-30 εκατοστά.

Η συλλογή του βαμβακιού άλλοτε γινόταν μόνο με τα εργατικά χέρια. Σήμερα όμως ένα ποσοστό συγκομίζεται με ειδικές συλλεκτικές μηχανές, Η συλλογή του βαμβακιού με χέρι είναι μεν πιο δαπανηρή, αλλά εξασφαλίζει καλύτερη ποιότητα προϊόντος και μάλιστα χωρίς απώλειες. Αυτό πετυχαίνεται με συχνά μαζέματα και στην πιο κατάλληλη εποχή, ώστε να μη μένει ανοικτό βαμβάκι επηρεαζόμενο από τον άνεμο και τη βροχή. Βαμβάκι που μαζεύεται με το χέρι δεν περιέχει ξένες ύλες, ούτε περιττή

υγρασία και είναι καλύτερο ποιοτικά. Σαν αποτέλεσμα γίνεται και καλή εκκόκκιση του προϊόντος. Όμως σήμερα η μεγαλύτερη ποσότητα μαζεύεται μηχανικά με ειδικές συλλεκτικές μηχανές. Πριν την συλλογή εφαρμόζεται ένα ράντισμα με αποφυλλωτική ουσία που συμβάλλει στην πτώση των φύλλων και διευκολύνεται το άνοιγμα των καρυδιών. (Υφούλη και Καλτσίκη, 1985).

Στον κάμπο του Τ.Ο.Ε.Β. Αγίου Αθανασίου Θεσσαλονίκης η σπορά του βαμβακιού γίνεται 15 Απριλίου ενώ η συγκομιδή του από το 3ο δεκαήμερο του Σεπτεμβρίου ως το 1ο δεκαήμερο του Νοεμβρίου.

2.4.5 Λίπανση

Το βαμβάκι, αν και ως καλλιέργεια δεν εξαντλεί το έδαφος, χρειάζεται κάποια θρεπτικά ανόργανα στοιχεία που θα συμβάλλουν στην καλή βλαστική του ανάπτυξη. Αυτά τα στοιχεία είναι: Άζωτο, Φώσφορος, Κάλιο και όταν τα απαιτεί το έδαφος εφαρμόζονται επίσης και κάποια άλλα στοιχεία όπως: Ασβέστιο, Μαγνήσιο, Θείο, Νάτριο, Βόριο, Σίδηρος, Μαγγάνιο και Ψευδάργυρος,.

Σχετικά με την ποσότητα την λίπανση, το Ινστιτούτο Βάμβακος συνιστά τα εξής:

- 1) Η δόση των 6 μονάδων αζώτου επαρκεί για τις περισσότερες περιπτώσεις, σε μερικές όμως περιοχές ενδείκνυται ισχυρότερη αζωτούχα λίπανση.
- 2) Ο φωσφόρος σε λίγες περιπτώσεις είναι απαραίτητος, αλλά κάθε φορά που λιπαίνουμε με άζωτο προσθέτουμε και 6 μονάδες φωσφόρου.

Η λίπανση του βαμβακιού γίνεται αποκλειστικά σχεδόν κατά την εποχή της σποράς. Σε μερικές περιοχές με ελαφρά εδάφη γίνεται και επιφανειακή αζωτούχα λίπανση, χωρίς ή ανάγκη της να έχει αποδειχθεί πειραματικά

Στην πράξη, οι γεωργοί ρίχνουν 30-50 Kg ανά στρέμμα φωσφορικής αμμωνίας βασικά και 15-30 Kg θεικής ή νιτρικής ή ασβεστούχου νιτρικής αμμωνίας επιφανειακά. (Υφούλη και Καλτσίκη, 1985).

2.4.6 Άρδευση

Οι ανάγκες σε νερό του φυτού του βαμβακιού κατά τα διάφορα στάδια αναπτύξεως του διαφέρουν. Τα μικρά βαμβακόφυτα θέλουν 3 m³ νερό στο στρέμμα ημερησίως, ενώ στην περίοδο των ανθοφόρων καταβολών 5 m³. Το μέγιστο των απαιτήσεων είναι κατά το στάδιο της ανθοφορίας-καρποφορίας και ανέρχονται σε 7-10 m³ νερού ημερησίως στο στρέμμα, ενώ κατά την ωρίμανση των καρυδιών σε 4-5 m³. Η κριτική περίοδος στη καλλιέργεια βάμβακος βρίσκεται στο στάδιο εκείνο που έχουν σχηματισθεί αρκετά καρύδια, στα οποία γίνεται έντονος μεταβολισμός και επομένως το νερό είναι

απαραίτητο.

Ο χρόνος που θα αρχίσουν οι αρδεύσεις έχει ιδιαίτερη σημασία για το βαμβάκι. Το πρώτο πότισμα δεν πρέπει να γίνει ούτε πολύ νωρίς ούτε πολύ αργά, γιατί κάνει ζημιά. Συνήθως γίνεται όταν τα φυτά έχουν σχηματίσει πολλά χτένια και αρκετά άνθη, πράγμα που συμβαίνει από τα μέσα Ιουνίου ως τα μέσα Ιουλίου.

Το πόσο συχνά ποτίζουμε εξαρτάται κυρίως από το είδος του εδάφους. Στα ελαφρά εδάφη ίσως χρειασθεί πότισμα κάθε 10-15 μέρες, στα μέσης συστάσεως ίσως κάθε 21 μέρες και στα συνεκτικά πιθανόν ένα μόνο πότισμα να είναι αρκετό.

Ο χρόνος παύσης των αρδεύσεων έχει την ίδια πρακτική σημασία που έχει και η έναρξή τους. Ένα πρόωρο σταμάτημα των ποτισμάτων διακόπτει την ωρίμανση των τελευταίων καρυδιών, οπότε μειώνεται η απόδοση και η ποιότητα. Τα ποτίσματα που θα γίνουν αρκετά αργά, όταν μάλιστα ακολουθήσει και καμιά βροχή, συντελούν στην αναβλάστηση των φυτών, στην καθυστέρηση της ωρίμανσης και πιθανώς στο σάπισμα των καρυδιών.

Τα ποτίσματα γίνονται κυρίως: με αυλάκια ή με καταιονισμό. Ο πρώτος τρόπος είναι επικρατέστερος, ενώ ο καταιονισμός προτιμάται σε εδάφη πορώδη ή επικλινή χωρίς καλή ισοπέδωση. (Υφούλη και Καλτσίκη, 1985).

2.4.7 Καταπολέμηση ζιζανίων

Κατά τη διάρκεια της αναπτύξεως των φυτών γίνονται 2-3 σκαλίσματα ανάλογα με τα ζιζάνια, καθώς και μετά από πότισμα ή βροχή. Τα σκαλίσματα αυτά μπορούν να γίνουν ή με το χέρι ή με μηχανήματα. Τις τελευταίες δεκαετίες η *χημική ζιζανιοκτονία* είναι πολύ διαδομένη και στο βαμβάκι. Χρησιμοποιούμε ένα προφυτρωτικό ζιζανιοκτόνο, ταυτόχρονα με τη σπορά πάνω στη γραμμή για να προστατέψουμε τα φυτά, ώσπου να αποκτήσουν ύψος 7 περίπου εκατοστά. Κατόπιν γίνονται ψεκασμοί με εκλεκτικά ζιζανιοκτόνα, πάνω στη γραμμή, ενώ συγχρόνως, καλλιεργείται το έδαφος μεταξύ των γραμμών. (Υφούλη και Καλτσίκη, 1985).

2.4.8 Έντομα και ασθένειες

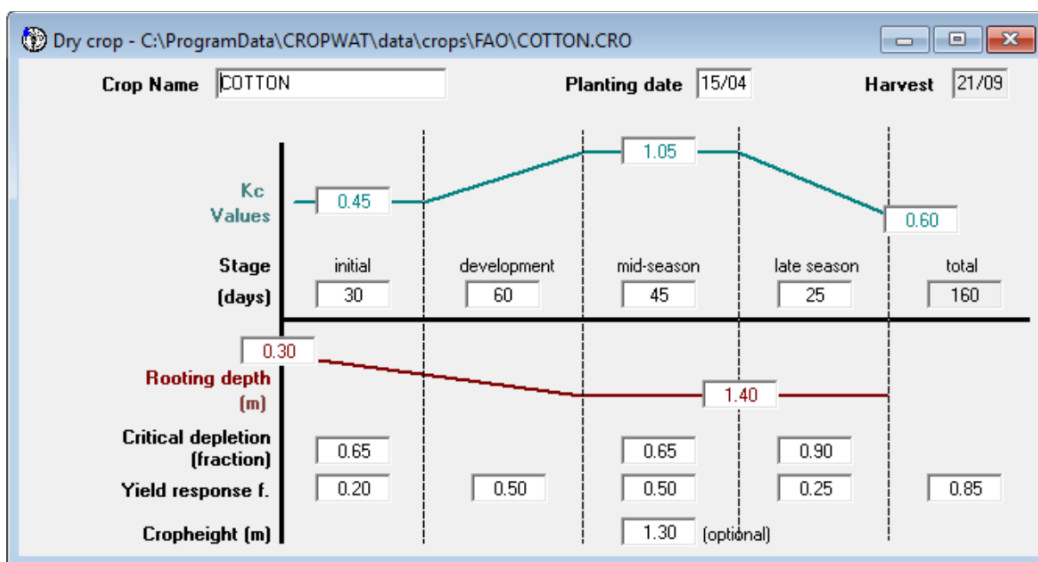
Στα μικρά βαμβακόφυτα οι περισσότερες ζημιές προέρχονται από τον *τετράνυχο*, το *θρίπα* και τις αφίδες. Τα μεγάλα φυτά, όταν κυρίως βρίσκονται στο στάδιο της ανθοφορίας και καρποφορίας, παθαίνουν ζημιές κυρίως από το *ρόδινο* και πράσινο σκουλήκι. Αντιμετωπίζονται με ραντίσματα με κατάλληλα εντομοκτόνα.

Από τις ασθένειες ζημιές στο βαμβάκι προκαλούν η τήξη των φυταρίων, η βακτηρίωση και η αδρομύκωση. Οι ασθένειες αντιμετωπίζονται κυρίως με καλλιεργητικές τεχνικές

όπως:

- 1) Χρησιμοποίηση ανθεκτικών ποικιλιών,
- 2) Αμειψισπορά με άλλες ανθεκτικές καλλιέργειες,
- 3) Αποφυγή υπερβολικού ποτίσματος,
- 4) Καταστροφή των φυτικών υπολειμμάτων της καλλιέργειας κ.ά. (Υφούλη και Καλτσίκη, 1985).

Στην εικόνα 2.3 που ακολουθεί φαίνονται για το βαμβάκι οι ημερομηνίες σποράς (planting date) και συγκομιδής (Harvest), τα βλαστικά στάδια (stem stages) με τις ημέρες που διαρκεί κάθε στάδιο και οι φυτικοί συντελεστές (plant factors, K_c), το βάθος των ριζών (Rooting depth), ο Συντελεστής απόκρισης απόδοσης (K_y , Yield response f.) και Συντελεστής ωφελιμότητας (critical depletion).



Εικόνα 2-3 Διάφορα στοιχεία της καλλιέργειας βαμβακιού όπως έχουν εισαχθεί στο υπολογιστικό πρόγραμμα CROPWAT 8.0 για τον υπολογισμό των αναγκών σε νερό.

2.5 Η ΜΗΔΙΚΗ

2.5.1 Γενικά

Η μηδική είναι και αυτή ψυχανθές χορτοδοτικό φυτό. Η μηδική κατάγεται από τη νοτιοδυτική Ασία. Στην Ελλάδα διαδόθηκε με τους περσικούς πολέμους. Στη δυτική Ευρώπη μεταφέρθηκε από την Ισπανία, όπου την είχαν διαδώσει οι Άραβες κατακτητές. Οι Ισπανοί άποικοι μετέφεραν την μηδική στην Αμερική. Η καλλιέργεια της μηδικής σήμερα έχει διαδοθεί σε όλο το πλάτος της εύκρατης ζώνης.

2.5.2 Η ρίζα

Η μηδική έχει βαθύ ριζικό σύστημα που μπορεί να φθάνει σε βάθος μέχρι και 300 εκατοστά σε βαθιά ελαφρά εδάφη. Είναι πασσαλώδης, στην αρχή μονοσχιδής και στη συνέχεια με πολλές πλευρικές ρίζες. Στο μέγιστο βάθος το ριζικό σύστημα φθάνει μετά τον πρώτο χρόνο. Όταν το φυτό είναι πλήρως ανεπτυγμένο, το 90% της ολικής ποσότητας νερού προσλαμβάνεται από τα πρώτα 90cm του εδάφους (Δαλιάνης, 2000), ενώ το 100% της πρόσληψης του νερού γίνεται από τα πρώτα 1 έως 2 μέτρα του εδάφους (FAO, 1979).

2.5.3 Εδαφοκλιματικές συνθήκες

Στους 5-6 °C φυτρώνει ο σπόρος της μηδικής και η βλάστηση την άνοιξη αρχίζει στους 7-9 °C. Αντέχει και στις χαμηλές και στις υψηλές θερμοκρασίες. Προτιμά, όμως ήπιο χειμώνα και θερμό υγρό καλοκαίρι. Προσαρμόζεται σε μεγάλη ποικιλία εδαφών, όμως προτιμά τα βαθιά εδάφη, που στραγγίζουν καλά, με μέση ή ελαφριά σύσταση, πλούσια σε ασβέστιο και ουδέτερη αντίδραση. Αποφεύγει PH κάτω από 6. (Υφούλη και Καλτσίκη, 1985).

2.5.4 Σπορά – κοπές.

Η καταλληλότερη εποχή σποράς είναι η άνοιξη. Μπορεί, όμως, να σπαρθεί και νωρίς το φθινόπωρο αν οι εδαφικές συνθήκες είναι καλές. Στην περίπτωση των καλλιεργητών της πεδιάδας Θεσσαλονίκης η σπορά γίνεται στο 1ο ή 2ο πενήμηρο του Σεπτεμβρίου.

Κατά την άνοιξη, η κοπή της μηδικής πρέπει να γίνεται όταν τα φυτά βρίσκονται σε πλήρη άνθηση, η πρώτη κοπή γίνεται τέλη Απριλίου, ενώ οι επόμενες ακολουθούν ανά 30 - 32 μέρες. Μετά την ανοιξιάτικη κοπή, οι επόμενες κοπές γίνονται όταν τα φυτά βρίσκονται στο 10% της ανθήσεως. Οι φθινοπωρινές, τέλος, κοπές γίνονται κατά διαστήματα 21-35 ημερών. Συνήθως γίνονται 5-7 κοπές ανά έτος (Υφούλη και Καλτσίκη, 1985).

2.5.5 Λίπανση.

Το φυτό της μηδικής είναι απαιτητικό σε φωσφόρο. Λιπαίνουμε με 9-12 μονάδες φωσφόρου το στρέμμα πριν τη σπορά. Επίσης κάθε χρόνο και κατά το διάστημα μεταξύ φθινοπώρου και ανοίξεως προσθέτουμε άλλες 9-12 μονάδες φωσφόρου.

Η λίπανση με κάλιο δεν είναι πάντα απαραίτητη. Όπου όμως απαιτείται, κυρίως στα ελαφριά εδάφη, δίνουμε πριν τη σπορά 10-20 μονάδες καλίου.

Ως ψυχανθές η μηδική παίρνει το άζωτο, από την ατμόσφαιρα με τη δράση των αζωτοβακτηρίων. Στην αρχική της όμως ανάπτυξη θέλει άζωτο και γι' αυτό στα πτωχά εδάφη δίνουμε 2,5 μονάδες N πριν τη σπορά. (Υφούλη και Καλτσίκη, 1985).

2.5.6 Άρδευση.

Για την ενθάρρυνση της ανάπτυξης των ριζών τα νεαρά φυτά πρέπει να αρδεύονται συχνά, καθώς η ξηρασία επιδρά αρνητικά στην ανάπτυξη των ριζών. Η άρδευση εφαρμόζεται μετά την κοπή. Για την αποφυγή έλλειψης υγρασίας της καλλιέργειας είναι αποδεκτό ένα ποσοστό απομάκρυνσης της εδαφικής υγρασίας της τάξης του 50% (FAO, 1979).

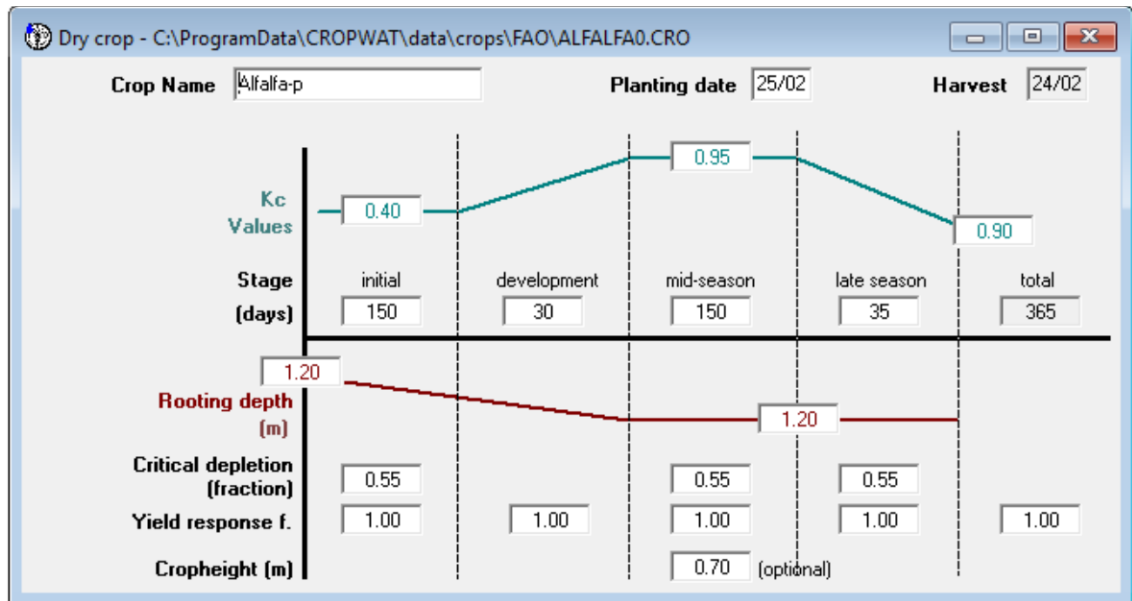
Η μηδική είναι σχετικά ανθεκτική στην ξηρασία, αλλά η απόδοση της είναι ανάλογη με την τροφοδοσία της σε νερό. Οι ρίζες του φυτού άνετα φθάνουν σε βάθος 4-6 m , ενώ σε καλές συνθήκες εδάφους και υγρασίας μπορούν να εισχωρήσουν και μέχρι βάθος 15 m. Όταν η μηδική χρειάζεται πότισμα, το χρώμα της μεταβάλλεται από ελαφρό πράσινο σε σκούρο πράσινο. Αυτό συμβαίνει όταν η διαθέσιμη εδαφική υγρασία φθάσει στο 25-30%. Η μηδική δέχεται 1 -3 ποτίσματα στο ενδιάμεσο διάστημα μεταξύ δύο θερισμών. (Υφούλη και Καλτσίκη, 1985).

Στις συνθήκες της πεδιάδας Θεσσαλονίκης την πρώτη χρονιά της μηδικής οι αρδεύσεις γίνονται μια φορά ανά περίπου 30 μέρες, ενώ τη δεύτερη χρονιά γίνονται δυο αρδεύσεις ανά κοπή (μια φορά ανά περίπου 15 μέρες).

2.5.7 Καταπολέμηση ζιζανίων.

Πρώτο μέτρο καταπολεμήσεως των ζιζανίων στη μηδική είναι η επιμελημένη καταστροφή τους πριν τη σπορά της μηδικής και η χρησιμοποίηση σπόρου που δεν περιέχει σπόρους ζιζανίων. Τα φυτάρια της μηδικής αναπτύσσονται στην αρχή με αργό ρυθμό. Στο στάδιο αυτό είναι πολύ ευαίσθητα στον ανταγωνισμό των ζιζανίων. Ιδιαίτερα επιζήμιο ζιζάνιο είναι η Κουσκούτα (*Cuscuta europaea*), η οποία περιτυλίγει τα φυτά της μηδικής και απομυζά τους χυμούς με ειδικές προεκβολές που μοιάζουν με ρίζες. Αν μάλιστα η καλλιέργεια προορίζεται για σποροπαραγωγή τότε μολύνεται ο σπόρος της μηδικής με σπόρους της κουσκούτας, η οποία έτσι διαδίδεται και στις άλλες καλλιέργειες. (Υφούλη και Καλτσίκη, 1985).

Στην εικόνα 2.4 που ακολουθεί φαίνονται για τη μηδική, οι ημερομηνίες σποράς (planting date) και συγκομιδής (Harvest), τα βλαστικά στάδια (stem stages) με τις ημέρες που διαρκεί κάθε στάδιο και οι φυτικοί συντελεστές (plant factors , K_c), το βάθος των ριζών (Rooting depth), ο Συντελεστής απόκρισης απόδοσης (K_y , Yield response f.) και Συντελεστής ωφελιμότητας (critical depletion).



Εικόνα 2-4 Διάφορα στοιχεία της καλλιέργειας της μηδικής όπως έχουν εισαχθεί στο υπολογιστικό πρόγραμμα CROPWAT 8.0 για τον υπολογισμό των αναγκών σε νερό.

2.6 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΟΜΑΤΑ

2.6.1 Γενικά

Η τομάτα κατάγεται από την τροπική Αμερική. Μεταφέρθηκε στην Ευρώπη κατά τον 16^ο αιώνα. Στην Ευρώπη είναι ετήσιο φυτό, ενώ στις τροπικές χώρες πολυετές. Οι ποικιλίες βιομηχανικής τομάτας έχουν μικρή βλάστηση και σύγχρονη ωρίμανση. (Σπάρτη Ν., Καλτσίκη Π., 1985).

2.6.2 Η ρίζα της τομάτας

Η τομάτα έχει ένα αρκετά βαθύ ριζικό σύστημα, το οποίο σε βαθιά εδάφη μπορεί να διεισδύσει μέχρι σε βάθος 1.5m. Το μέγιστο βάθος του ριζικού συστήματος το επιτυγχάνει η καλλιέργεια περίπου 60 ημέρες μετά τη μεταφύτευση των φυταρίων στον αγρό. Από τα πρώτα 50-70 cm του ριζικού συστήματος η καλλιέργεια προσλαμβάνει το 80% του νερού που χρειάζεται, ενώ από τα επόμενα 70 με 80 cm το υπόλοιπο 20% (FAO, 1979).

2.6.3 Εδαφοκλιματικές συνθήκες

Η τομάτα είναι θερμοαπαιτητικό φυτό που χρειάζεται 3-4 μήνες από την εποχή σποράς για να δώσει τον πρώτο καρπό. Ευδοκμεί σε θερμοκρασίες 18° - 30°0. Τη νύκτα χρειάζεται κάπως χαμηλότερες θερμοκρασίες (15° - 19°0) και την ημέρα 22° - 27°0.

Όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω από τους 13°0 ή ανεβεί πάνω από 32°0, τα άνθη πέφτουν γιατί εμποδίζεται η γονιμοποίηση τους. Με νυκτερινή θερμοκρασία πάνω από 29°0 οι καρποί δεν χρωματίζονται καλά. Κανονικές θερμοκρασίες για φυτά σπορείου είναι 21°0 την ημέρα και 16°0 τη νύκτα. Σε θερμοκρασία 0°0 τα φυτά παγώνουν.

Σχετική υγρασία του αέρα μεγαλύτερη από 85% και μικρότερη από 50% έχει σαν συνέπεια την πτώση των καρπών και των λουλουδιών λόγω κακής γονιμοποίησης. Η άρδευση χαμηλώνει τη θερμοκρασία, αυξάνει τη σχετική υγρασία και εμποδίζει την ανθόρροια.

Από πλευράς εδάφους η τομάτα ευδοκίμει σχεδόν σε όλα τα είδη εδαφών με προτίμηση στα ελαφρά, ζεστά και καλά στραγγιζόμενα. Τα βαριά γόνιμα χώματα προτιμούνται για μεγαλύτερη εσοδεία αλλά εις βάρος της πρωιμότητας. Η τομάτα ευδοκίμει σε ΡΗ από 5,5 μέχρι 7,0. (Σπάρτη Ν., Καλτσίκη Π., 1985).

2.6.4 Προετοιμασία χωραφιού

Για την προετοιμασία του εδάφους είναι απαραίτητες δύο - τρεις αρόσεις φθινοπωρινές ή χειμωνιάτικες και ένα-δύο δισκοσβαρνίσματα ή φρεζαρίσματα κατά την άνοιξη. Η κοπριά που τυχόν θα χρησιμοποιηθεί καλύπτεται με τις αρόσεις. (Σπάρτη Ν., Καλτσίκη Π., 1985).

2.6.5 Σπορά

Σχετικά με την καλλιεργητική περίοδο της τομάτας, αυτή ξεκινά με τη μεταφύτευση των φυταρίων στον αγρό - η οποία γίνεται μέσα στον Απρίλιο ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες - και λήγει το 3ο με 4ο πενήνημερο του Αυγούστου. (Σπάρτη Ν., Καλτσίκη Π., 1985).

2.6.6 Λίπανση

Χρειάζονται γύρω στα 100 - 150 κα συνθέτου λιπάσματος κατά στρέμμα. Ο τύπος του λιπάσματος διαφέρει ανάλογα με το έδαφος. Στα αμμώδη εδάφη π.χ. διαλέγομε λίπασμα που περιέχει περισσότερο άζωτο, ενώ για μαύρα χώματα προτιμούμε λίπασμα με περισσότερο κάλιο. 12-20 κιλά θειική αμμωνία στο στρέμμα δίνεται μετά το δέσιμο του πρώτου καρπού ή και αργότερα αν χρειασθεί. (Σπάρτη Ν., Καλτσίκη Π., 1985).

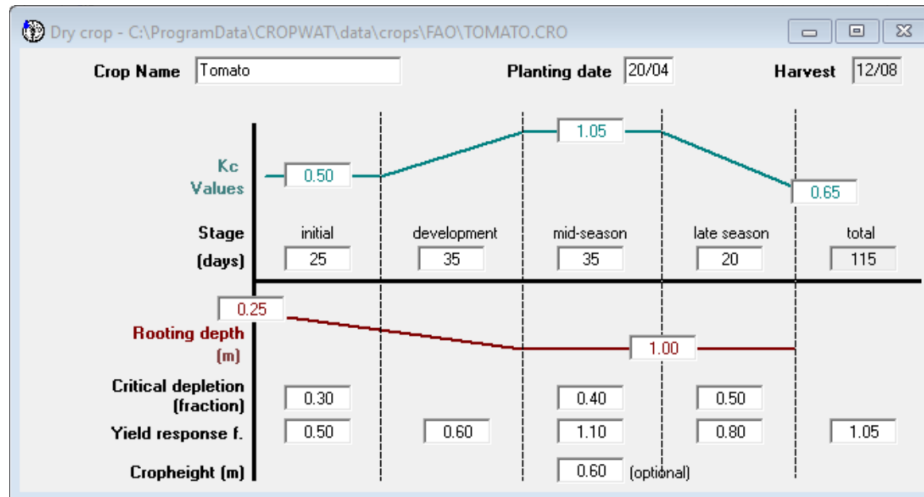
2.6.7 Άρδευση

Το φυτό ευδοκίμει κάτω από φωτεινές συνθήκες και εδαφική υγρασία που δεν πέφτει κάτω από το όριο του 40% της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας (FAO, 1979). Οι ανάγκες σε νερό υπολογίζονται σε 432,5 m³ το στρέμμα σε όλη την καλλιεργητική

περίοδο. (Σπάρτη Ν., Καλτσίκη Π., 1985).

2.6.8 Καταπολέμηση ζιζανίων

Λίγο μετά τη φύτευση στο χωράφι, γίνεται ένα σκάλισμα για να καταστραφούν τα ζιζάνια. Κοντά στη ρίζα κάποτε θα χρειασθεί και λίγο τσάπισμα με το χέρι. (Σπάρτη Ν., Καλτσίκη Π., 1985).



Εικόνα 2-5 Διάφορα στοιχεία της καλλιέργειας της βιομηχανικής τομάτας όπως έχουν εισαχθεί στο υπολογιστικό πρόγραμμα CROPWAT 8.0 για τον υπολογισμό των αναγκών σε νερό.

2.6.9 Συγκομιδή

Παλιότερα οι βιομηχανικές τομάτες συγκομίζονταν με το χέρι, σήμερα όμως σχεδόν όλοι (εκτός κάποιων μικρών εκμεταλλεύσεων) συγκομίζουν το προϊόν με μηχανές. Γι' αυτόν τον λόγο πρέπει να επιλέγονται υβρίδια που όλοι οι καρποί να ωριμάζουν ταυτόχρονα. (Σπάρτη Ν., Καλτσίκη Π., 1985).

Στην εικόνα 2.5 φαίνονται για τη βιομηχανική τομάτα, οι ημερομηνίες σποράς (planting date) και συγκομιδής (Harvest), τα βλαστικά στάδια (stem stages) με τις ημέρες που διαρκεί κάθε στάδιο και οι φυτικοί συντελεστές (plant factors , K_c), το βάθος των ριζών (Rooting depth), ο Συντελεστής απόκρισης απόδοσης (K_y , Yield response f.) και Συντελεστής ωφελιμότητας (critical depletion).

2.7 ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΑ

2.7.1 Γενικά

Η καλλιέργεια των ζαχαρότευτλων για την παρασκευή ζάχαρης άρχισε στη Γερμανία και Γαλλία μετά το 1830, ενώ στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής μετά το 1879. Τα

ζαχαρότευτλα για παραγωγή ζάχαρης, καλλιεργούνται σήμερα σε όλες σχεδόν τις χώρες της Ευρώπης, στις Η Π Α, τη Σοβιετική Ένωση, Καναδά, Νότια Αμερική και Ασία. Σήμερα η ζάχαρη που καταναλώνεται παγκοσμίως σε ποσοστό 44% περίπου παράγεται από τα ζαχαρότευτλα και κατά 56% από το ζαχαροκάλαμο.

Με την επέκταση της καλλιέργειας των ζαχαρότευτλων και την ίδρυση πέντε εργοστασίων ζάχαρης η χώρα μας κατάφερε να γίνει αυτάρκης σε ζάχαρη. Έτσι, δεν πληρώναμε πολύτιμο συνάλλαγμα για την εισαγωγή ζάχαρης από το εξωτερικό. Τα υποπροϊόντα, εξάλλου, της ζαχαροπαραγωγής χρησιμοποιούνται στην κτηνοτροφία. (Υφούλη και Καλτσίκη, 1985).

Όλα αυτά μέχρι το 2005. Με την αναθεώρηση της ΚΑΠ το 2005 έγινε συμφωνία να μειωθεί η παραγωγή στην Ελλάδα από 320.000 τόνους σε 158.000 τόνους τον χρόνο. Παράλληλα με αντάλλαγμα 87 εκ ευρώ η χώρα μας έκλεισε 2 (Λάρισα και Ξάνθη) από τα 5 εργοστάσια ζάχαρης με σκοπό τα δύο εργοστάσια που έκλεισαν να γίνουν εργοστάσια παραγωγής βιοαιθανόλης. Συνέπεια όλων αυτών ήταν η καλλιέργεια από 400.000 στρέμματα το 2006 να πέσει το 2010 στα 55.000.

Την περίοδο που ετοιμάζονται να πωλήσουν την EBZ και να σημειωθεί ότι το τίμημα της πώλησης επίσης είναι εξευτελιστικό για το μέγεθος της εταιρείας (5 εργοστάσια στην Ελλάδα και δύο στην Σερβία), σταμάτησαν κάθε επιδότηση στην παραγωγή ζαχαροτεύτλων με αποτέλεσμα φέτος (2012) να μην πιάσει η χώρα μας ούτε καν την μειωμένη τιμή ποσόστωσης (158.000 τόνοι) αφού καλλιεργήθηκαν λίγα στρέμματα. Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι να σταματήσουν την ουσιαστική παραγωγή τα εργοστάσια και να υπολειπθούν. Και όλα αυτά συμβαίνουν τη στιγμή που η τιμή της ζάχαρης έχει πιάσει ιστορικό ρεκόρ ανόδου και τον Φεβρουάριο του 2011 η τιμή της είχε αυξηθεί κατά 25%. (Κάργα Γ., 2012).

Έτσι εξηγείται γιατί ελάχιστοι πλέον, αν όχι κανένας, δεν ασχολείται με την καλλιέργεια ζαχαρότευτλων στον κάμπο του Τ.Ο.Ε.Β. Αγίου Αθανασίου.

2.7.2 Η Ρίζα του ζαχαροτεύτλου

Η κύρια ρίζα είναι σαρκώδης και φέρει πολλά ριζίδια σε δύο κατακόρυφες σειρές. Σε πλούσια και υγρά εδάφη η πασσαλώδης ρίζα αναπτύσσεται γρήγορα και μπορεί να φθάσει μέχρι τα 2 m. Η εμφάνιση των ριζιδίων γίνεται όταν τα φυτά έχουν ηλικία 6-8 βδομάδων. Η πυκνότητα των ριζιδίων φθάνει τα 28 ανά 1 cm ρίζας Το μεγαλύτερο μέρος των ριζιδίων περιορίζεται στο πρώτο στρώμα του εδάφους βάθους μέχρι 30 cm. (Υφούλη και Καλτσίκη, 1985).

Τον υψηλότερο ζαχαρικό τίτλο (η εκατοστιαία κατά βάρος περιεκτικότητα σε ζάχαρη) λαμβάνουν οι ρίζες το πρώτο έτος και σε ορισμένη περίοδο της ανάπτυξής τους. Η περίοδος αυτή προσδιορίζεται με συνεχείς δειγματοληψίες και αναλύσεις έτσι ώστε η εξαγωγή των ριζών να γίνει το κατάλληλο χρονικό διάστημα. Εάν το διάστημα αυτό παρέλθει αρχίζει η μείωση του ζαχαρικού τίτλου και η ξυλοποίηση της ρίζας (Παπακώστα – Τασοπούλου Δ., 2002).

2.7.3 Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις.

Τα ζαχαρότευτλα κατάγονται από τη Μικρά Ασία και την περιοχή του Καυκάσου. Από εδώ διαδόθηκαν σε πολλά μέρη της γης. Έτσι, προς νότο τα όρια προσαρμογής των ζαχαροτεύτλων, βρίσκονται στον 35° παράλληλο, που περνά από τη Νότια Ισπανία και το Ιράν, ενώ τα βόρεια όρια βρίσκονται στον 60° παράλληλο, ο οποίος περνά από τη Νότια Σουηδία και το Λένινγκραντ. Ποιο νότια από τον 35° παράλληλο επικρατεί η καλλιέργεια του ζαχαροκάλαμου.

Το ζαχαρότευτλο προτιμά εδάφη βαθιά με καλή αποστράγγιση, με PH 7-8, μέσης γονιμότητας έως γόνιμα.

Το ζαχαρότευτλο είναι φυτό διετές. Για να πετύχει η καλλιέργεια ζαχαρότευτλου, η μέση θερινή θερμοκρασία δεν πρέπει να πέφτει κάτω από 17 °C ούτε να ανεβαίνει πάνω από τους 22 °C. Προς το τέλος της περιόδου του ζαχαρότευτλου, τότε δηλαδή που αυξάνεται το ποσοστό της ζάχαρης στο ρίζωμα με εντατικό ρυθμό, οι μέρες πρέπει να είναι δροσερές και οι νύχτες ψυχρές. Οι υψηλές θερμοκρασίες είναι επιζήμιες την εποχή αυτή. Η μεγάλη περιεκτικότητα των ριζωμάτων σε ζάχαρη ευνοείται από μεγάλη ηλιοφάνεια. Η ανάπτυξη των αποθησαυριστικών ριζών αρχίζει με αργό ρυθμό στην ηλικία των δύο μηνών, επιταχύνεται στους τρεις μήνες και συνεχίζεται με γοργό ρυθμό για πέντε ή έξι μήνες. Μετά τον πρώτο χρόνο σταματά η εναπόθεση θρεπτικών ουσιών στα ριζώματα. (Υφούλη και Καλτσίκη, 1985).

2.7.4 Προετοιμασία χωραφιού

Εφαρμόζουμε ένα βαθύ φθινοπωρινό όργωμα για να παραχώσουμε τα πιθανά υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας. Με ελαφρύ ανοιξιάτικο όργωμα και δισκοσβάρνισμα ψιλοχωματίζουμε καλά το επιφανειακό στρώμα του χωραφιού. Αυτό είναι απαραίτητο γιατί ο σπόρος του ζαχαρότευτλου είναι μικρός. Μια άλλη καλή πρακτική που εφαρμόζεται είναι η εφαρμογή με καλλιεργητή την άνοιξη μόνο, ο οποίος, κατεργάζεται το έδαφος σε βάθος 10 cm χωρίς να το αναστρέφει, με αποτέλεσμα να διατηρείται έτσι η υγρασία του επιφανειακού στρώματος. (Υφούλη και Καλτσίκη,

1985).

2.7.5 Σπορά.

Τα ζαχαρότευτλα σπέρνονται κυρίως την άνοιξη, όσο γίνεται νωρίτερα. Μπορεί να σπαρθούν και το φθινόπωρο, αλλά οι χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα ακολουθούμενες και από μεγάλες μέρες συντελούν στην ανεπιθύμητη προάνθηση. Η σπορά γίνεται με ειδικές σπαρτικές μηχανές τεύτλων σε βάθος 2-3 cm . Η ποσότητα που χρησιμοποιούμε είναι 600-1200 g το στρέμμα για μονόσπερμο σπόρο. Οι γραμμές απέχουν μεταξύ τους 40-60 cm. Μετά το αραίωμα τα φυτά πάνω στη γραμμή απέχουν 20-30 cm. (Υφούλη και Καλτσίκη, 1985).

2.7.6 Λίπανση.

Το άζωτο αυξάνει τη απόδοση σε ρίζες, όμως η υπερβολική ποσότητα του αζώτου μειώνει το ποσοστό ζαχάρου και την καθαρότητα του χυμού. Ο φωσφόρος αυξάνει την απόδοση, αλλά δεν φαίνεται να επηρεάζει την περιεκτικότητα σε ζάχαρα. Το Κάλι, όταν προστίθεται με το άζωτο, αυξάνει και την απόδοση σε κιλά, αλλά και το ποσοστό της ζάχαρης που περιέχουν οι ρίζες. Η λίπανση που συνιστάται είναι: α) 8-14 μονάδες αζώτου (N), από τις οποίες 5-9 αμμωνιακό (NH_4^+) και 3-5 νιτρικό (NO_3^-), β) 6-10 μονάδες φωσφόρου (P) και γ) 8-10 μονάδες καλίου (K). Ο φωσφόρος, το κάλι και το αμμωνιακό άζωτο εφαρμόζονται πριν ή κατά τη σπορά, ενώ το νιτρικό σε μία έως δύο δόσεις μετά το φύτεμα και την εγκατάσταση των φυτών. Η προσθήκη οργανικού λιπάσματος (κοπριάς) στο έδαφος έχει ευνοϊκή επίδραση στην ανάπτυξη των ριζών. Στα οργανικά χόματα αποφεύγουμε την αζωτούχο λίπανση, ενώ είναι απαραίτητη η καλιούχα. (Υφούλη και Καλτσίκη, 1985).

2.7.7 Άρδευση.

Το πότισμα πρέπει να γίνεται πριν τα φυτά παρουσιάσουν σημεία μαράνσεως. Η έναρξη των ποτισμάτων δεν πρέπει να γίνεται πολύ νωρίς, για να αναγκασθεί η ρίζα να προχωρήσει βαθύτερα. Απαιτούνται συνήθως 3-7 ποτίσματα, που γίνονται με αυλάκια ή συνηθέστερα με καταιονισμό. Σε κάθε πότισμα προσθέτουμε 30-60 m³ νερού στο στρέμμα. Η άρδευση διακόπτεται δύο περίπου βδομάδες πριν τη συγκομιδή, για να μην πέσει ο ζαχαρικός τίτλος. (Υφούλη και Καλτσίκη, 1985).

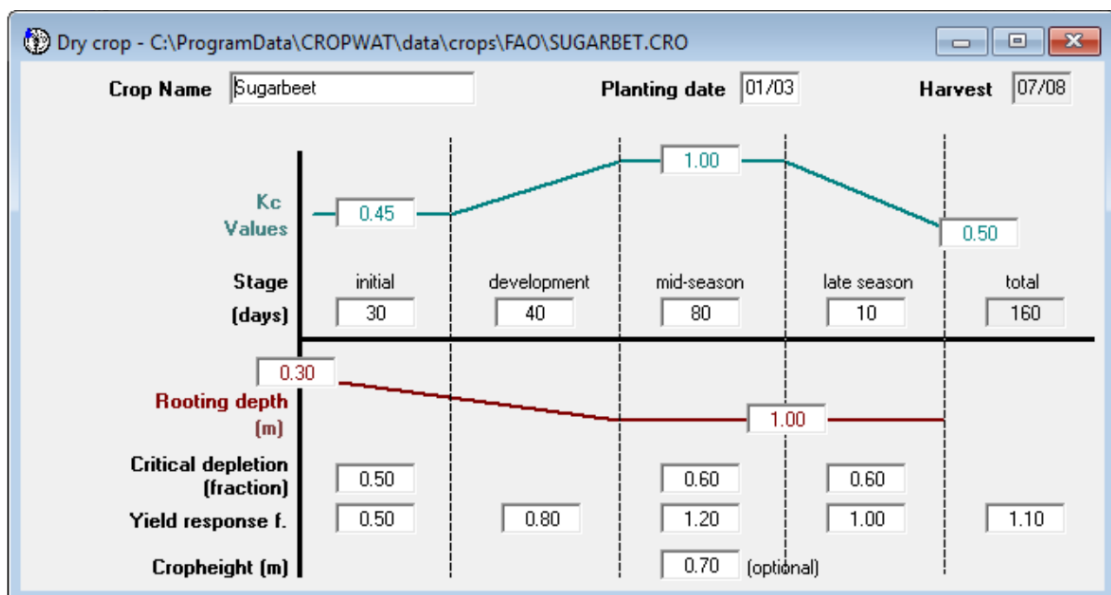
2.7.8 Καταπολέμηση ζιζανίων εχθρών και ασθενειών

Τα ζιζάνια καταστρέφονται, συνήθως, με δύο σκαλίσματα που γίνονται με τσάπες, ιπποσκαλιστήρια ή με μηχανοκίνητα σκαλιστήρια. Χρησιμοποιούνται επίσης και ζιζανιοκτόνα προφυτρωτικά, και μεταφυτρωτικά.

Τα τεύτλα προσβάλλονται από αρκετά έντομα και άλλα ζωικά παράσιτα. Οι κυριότερες ασθένειες που προσβάλλουν τα τεύτλα στη χώρα μας είναι η ριζοκτονίαση, η κερκοσπορίαση και η ριζομανία που εμφανίσθηκε τα τελευταία χρόνια. Γι αυτό γίνονται τρία ραντίσματα με εντομοκτόνα και μυκητοκτόνα. (Υφούλη και Καλτσίκη, 1985).

2.7.9 Συγκομιδή.

Τα τεύτλα είναι ώριμα όταν τα πάνω φύλλα είναι κίτρινα και τα κατώτερα γίνονται καστανά. Τότε οι ρίζες έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό ζάχαρης. Η εκρίζωση των ριζών, η κοπή των κορυφών και η φόρτωση παλιά γινόταν και με το χέρι, πλέον γίνεται με εκριζωτήρες που έλκονται από ελκυστήρες, είτε με ειδικά μηχανήματα. Από πολλούς τύπους μηχανών έχει επικρατήσει εκείνος που εκτελεί ταυτόχρονα το κόψιμο των κορυφών, την εξαγωγή των ριζών, το καθάρισμα και το φόρτωμα τους. Οι εργασίες αυτές πρέπει να γίνονται προσεκτικά, ώστε τα τεύτλα τελικώς να είναι καθαρά, χωρίς ξένες ύλες και χωρίς απώλειες από σπασίματα, κακή αποκορύφωση κλπ. Τα καθαρισμένα τεύ-



Εικόνα 2-6 Διάφορα στοιχεία της καλλιέργειας ζαχαρότευτλων όπως έχουν εισαχθεί στο υπολογιστικό πρόγραμμα CROPWAT 8.0 για τον υπολογισμό των αναγκών σε νερό.

τλα αποθηκεύονται προσωρινά στον κάδο της μηχανής, στη συνέχεια μεταφορτώνονται στην πλατφόρμα για μεταφορά στο εργοστάσιο. (Υφούλη και Καλτσίκη, 1985).

Στην εικόνα 2.6 που ακολουθεί φαίνονται για τα ζαχαρότευτλα οι ημερομηνίες σποράς (planting date) και συγκομιδής (Harvest), τα βλαστικά στάδια (stem stages) με τις

ημέρες που διαρκεί κάθε στάδιο και οι φυτικοί συντελεστές (plant factors , K_c), το βάθος των ριζών (Rooting depth),ο Συντελεστής απόκρισης απόδοσης (K_y , Yield response f.) και Συντελεστής ωφελιμότητας (critical depletion).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο. : ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΙ ΚΑΘΑΡΑ ΕΣΟΔΑ ΑΝΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ

Υπολογίσαμε μαζί με τους παραγωγούς Γκούτα Παναγιώτη και Τσελέπη Βεργή, που καλλιεργούν αρκετά στρέμματα ο κάθε ένας στον κάμπο του Αγίου Αθανασίου που αρδεύονται από το ομώνυμο ΤΟΕΒ, το κόστος κάθε εργασίας και των εισροών για κάθε καλλιέργεια στο αρδευτικό δίκτυο του Αγίου Αθανασίου καθώς και τα έσοδα με τελικό σκοπό τον υπολογισμό του καθαρού κέρδους.

Διαπιστώσαμε ότι αν υπολογίζαμε το ενοίκιο και το κόστος των διαφόρων εργασιών που κάνει ο αγρότης με τα διάφορα αγροτικά μηχανήματα που έχει στα έξοδα, τότε τα έξοδα στις περισσότερες καλλιέργειες είναι πιο πολλά από τα έσοδα.

Πίνακας 3-1 Κόστος ανά εργασία και καθαρά έσοδα στο ρύζι και στο καλαμπόκι

ΡΥΖΙ			ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ ΣΠΟΡΟΣ		
ΕΞΟΔΑ			ΕΞΟΔΑ		
ΕΝΟΙΚΙΟ	90	100	ΕΝΟΙΚΙΟ	90	90
ΤΟΕΒ	20	20	ΤΟΕΒ	16	16
ΟΡΓΩΜΑ	10	10	ΟΡΓΩΜΑ	10	10
ΦΡΕΖΑ	10	10	ΦΡΕΖΑ	10	10
ΙΣΟΠΕΔΩΣΗ	8	8	ΙΣΟΠΕΔΩΣΗ	4	5
ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΗΣ & κλπ	5	5	ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΗΣ & κλπ	5	5
ΣΠΟΡΑ	3	3	ΣΠΟΡΑ	5	5
ΣΠΟΡΟΣ	10	20	ΣΠΟΡΟΣ	25	27
3 ΡΑΝΤΙΣΜΑΤΑ	12	12	ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΟ 3 ΦΟΡΕΣ	11	11
ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΟ 3 ΦΟΡΕΣ	40	45	ΛΙΠΑΣΜΑ ΒΑΣΙΚΟ	35	40
ΛΙΠΑΣΜΑ ΒΑΣΙΚΟ	25	30	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟ	17	17
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟ	10	15	ΝΑΥΛΟΝ ΠΟΤΙΣΜΑΤΟΣ	3	3
ΤΡΑΚΤΕΡ ΛΙΠΑΣΜΑ Β+Ε	5	5	ΤΡΑΚΤΕΡ ΛΙΠΑΣΜΑ Β+Ε	5	5
ΜΥΚΗΤΑΣ 5+3	8	8	ΣΚΑΛΙΣΤΗΡΙ	5	5
ΑΛΩΝΙΣΜΟΣ	25	25	ΑΥΛΑΚΩΤΗΡΑΣ	5	5
ΕΡΓΑΤΙΚΑ ΔΙΑΦΟΡΑ	9	10	ΑΛΩΝΙΣΜΟΣ	15	15
ΔΗΛΩΣΕΙΣ ΟΣΔΕ	3	3	ΕΡΓΑΤΙΚΑ ΔΙΑΦΟΡΑ	10	10
ΕΛΓΑ	8	8	ΔΗΛΩΣΕΙΣ ΟΣΔΕ	3	3
			ΕΛΓΑ	8	8
ΣΥΝΟΛΟ	301	337	ΣΥΝΟΛΟ	282	290
ΕΣΟΔΑ			ΕΣΟΔΑ		
ΠΑΡΑΓΩΓΗ 850-950 Kg X 0,23€/Kg	196	219	ΠΑΡΑΓΩΓΗ 1200-1400 Kg X 0,17€/Kg	204	238
ΜΕΙΟΝ ΥΓΡΑΣΙΑ 5,6%	11	12	ΜΕΙΟΝ ΥΓΡΑΣΙΑ 5,6%	11	13
ΜΕΙΟΝ ΞΕΝΕΣ ΥΛΕΣ 0,7%	1	2	ΜΕΙΟΝ ΞΕΝΕΣ ΥΛΕΣ 0,7%	1	2
ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ	183	205	ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ	191	223
ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΗ ΝΙΣΧΥΣΗ	25	25	ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΗ ΝΙΣΧΥΣΗ	0	0
ΒΑΣΙΚΗ ΕΠΙΔΟΤΗΣΗ	45	45	ΒΑΣΙΚΗ ΕΠΙΔΟΤΗΣΗ	45	45
ΤΕΛΙΚΑ ΕΣΟΔΑ	253	275	ΤΕΛΙΚΑ ΕΣΟΔΑ	236	268

Πίνακας 3-2 Κόστος ανά εργασία και καθαρά έσοδα στο Βαμβάκι και στην Βιομηχανική τομάτα

ΒΑΜΒΑΚΙ			ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΟΜΑΤΑ	
ΕΞΟΔΑ			ΕΞΟΔΑ	
ΕΝΟΙΚΙΟ	90	90	ΕΝΟΙΚΙΟ	90
ΤΟΕΒ	16	16	ΤΟΕΒ	16
ΟΡΓΩΜΑ	10	10	ΟΡΓΩΜΑ	10
ΦΡΕΖΑ	10	10	ΦΡΕΖΑ	10
ΔΙΣΚΟΣΒΑΡΝΙΣΜΑ	10	10	ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΗΣ	3
ΙΣΟΠΕΔΩΣΗ	5	5	ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ (όλα μαζί)	35
ΣΠΟΡΑ	5	5	ΦΥΤΑ	110
ΣΠΟΡΟΣ	10	10	ΜΕΤΑΦΥΤΕΥΣΗ	10
ΡΑΝΤΙΣΤΙΚΟ	3	3	ΤΣΑΠΑ - ΕΡΓΑΤΙΚΑ	10
ΤΣΑΠΑ - ΕΡΓΑΤΙΚΑ	6	6	ΛΙΠΑΣΜΑ ΒΑΣΙΚΟ	50
ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΟ ΕΝΣ.	10	10	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟ	15
ΛΙΠΑΣΜΑ ΒΑΣΙΚΟ	15	15	ΝΑΥΛΟΝ ΠΟΤΙΣΜΑΤΟΣ	2
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟ	8	8	ΦΡΕΖΑΚΙ ΓΡΑΜΜΙΚΟ	8
ΝΑΥΛΟΝ ΠΟΤΙΣΜΑΤΟΣ	3	3	ΑΥΛΑΚΩΤΗΡΑΣ	6
ΤΡΑΚΤΕΡ ΛΙΠΑΣΜΑ B+E	5	5	ΡΑΝΤΙΣΜΑ (εντομ.+μυκητ.+διαφυλ.)	40
ΣΚΑΛΙΣΤΗΡΙ	5	5	ΣΥΛΛΟΓΗ	10
ΑΥΛΑΚΩΤΗΡΑΣ	5	5	ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΣΤΟ ΕΡΓΟΣΤ.	13
ΨΕΙΡΑ-ΤΕΤΡΑΝΥΧΟ	10	10	ΔΗΛΩΣΕΙΣ ΟΣΔΕ	3
ΡΑΝΤΙΣΜΑ ΣΚΟΥΛΗΚΙ	10	50	ΕΛΓΑ	9
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΙΞ	8	10		
ΑΠΟΦΥΛΛΩΣΗ Φ+Ρ	10	10		
ΣΥΛΛΟΓΗ	25	30		
ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΣΤΟ ΕΚΚΟΚΚΙΣΤΗΡΙΟ	3	3		
ΔΗΛΩΣΕΙΣ ΟΣΔΕ	3	3		
ΕΛΓΑ	9	9		
ΣΥΝΟΛΟ	294	341	ΣΥΝΟΛΟ	450
ΕΣΟΔΑ			ΕΣΟΔΑ	
ΠΑΡΑΓΩΓΗ 350-400 Kg X 0,5 €/Kg	175	200	ΠΑΡΑΓΩΓΗ 9 Τον X 76-83 €/Τον.	684 έως 747
ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ	70	70	ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ	0
ΒΑΣΙΚΗ ΕΠΙΔΟΤΗΣΗ	45	45	ΒΑΣΙΚΗ ΕΠΙΔΟΤΗΣΗ	50
ΤΕΛΙΚΑ ΕΣΟΔΑ	290	315	ΤΕΛΙΚΑ ΕΣΟΔΑ	734 έως 797

Το κόστος καλλιέργειας στο ρύζι (χωρίς το ενοίκιο και εργατικά που κάνει ο ίδιος ο αγρότης) αγγίζει τα 200 ευρώ/στρ. και τα έσοδα 253 ευρώ/στρ., επομένως το κέρδος περίπου 53 Ευρώ /στρ. Αντίστοιχα στο καλαμπόκι το κέρδος είναι περίπου 86 Ευρώ /στρ., στο βαμβάκι είναι περίπου 38 Ευρώ /στρ., στη μηδική το κέρδος είναι περίπου 85 Ευρώ /στρ., στα τεύτλα το κέρδος είναι περίπου 30 Ευρώ /στρ. και στην βιομηχανική τομάτα το κέρδος είναι περίπου 424 Ευρώ /στρ.

Πίνακας 3-3 Κόστος ανά εργασία και καθαρά έσοδα στη μηδική και στα ζαχαρό-τεύτλα

ΜΗΔΙΚΗ		ΤΕΥΤΛΑ			
ΕΞΟΔΑ		ΕΞΟΔΑ			
ΕΝΟΙΚΙΟ	80	ΕΝΟΙΚΙΟ	80	90	
ΤΟΕΒ	16	ΤΟΕΒ	16		
ΟΡΓΩΜΑ	2	ΟΡΓΩΜΑ	10		
ΦΡΕΖΑ	2	ΦΡΕΖΑ	10		
LASER	2	ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΗΣ Χ 2	16		
ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ (όλα μαζί)	4				
ΣΠΟΡΑ	2	ΣΠΟΡΑ	8		
ΣΠΟΡΟΣ	6	ΣΠΟΡΟΣ	30		
ΛΙΠΑΣΜΑ ΒΑΣΙΚΟ	18				
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟ	13	ΜΗΚΥΤΟΚΤΟΝΑ Χ3 Φ+ΤΡΑΚΤΕΡ	141		
ΡΑΝΤΙΣΜΑ (εντομ. Όλα μαζί)	30	ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΙΑ Χ3 Φ+ΤΡΑΚΤΕΡ	61		
ΚΟΠΕΣ 5 ΦΟΡΕΣ	35	ΛΙΠΑΣΜΑ ΒΑΣΙΚΟ	30		
ΔΕΣΙΜΟ ΜΠΑΛΕΣ(1€/ΜΠΑΛΑ)	50	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟ	17		
ΔΗΛΩΣΕΙΣ ΟΣΔΕ	3	ΣΥΛΛΟΓΗ+ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΣΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ	70		
ΕΛΓΑ	9	ΔΗΛΩΣΕΙΣ ΟΣΔΕ	3		
		ΕΛΓΑ	9		
ΣΥΝΟΛΟ	272	ΣΥΝΟΛΟ	501		
ΕΣΟΔΑ		ΕΣΟΔΑ			
ΠΑΡΑΓΩΓΗ 50 ΜΠΑΛΕΣ Χ 5-6 €/ΜΠΑΛΑ	250 έως 300	ΠΑΡΑΓΩΓΗ 10 Τον Χ 28 ή 32,5 ή 39€/Τον.	280	325	390
ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ		ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ	25		
ΒΑΣΙΚΗ ΕΠΙΔΟΤΗΣΗ		ΒΑΣΙΚΗ ΕΠΙΔΟΤΗΣΗ	45		
ΤΕΛΙΚΑ ΕΣΟΔΑ	250 έως 300	ΤΕΛΙΚΑ ΕΣΟΔΑ	350	395	460

Το μεγαλύτερο κέρδος ανά στρέμμα το δίνει η καλλιέργεια της βιομηχανικής τομάτας όμως παραδόξως η καλλιέργεια αυτή τείνει να εξαφανιστεί από τον κάμπο του Αγίου Αθανασίου. Αυτό εξηγείται μερικώς από το γεγονός ότι έκλεισε το εργοστάσιο της «ΟΜΟΣΠΟΝΔΙΑΣ» που μεταποιούσε το προϊόν. Επίσης τα ζαχαρότευτλα δεν καλλιεργούνται πλέον αφού έκλεισαν τα εργοστάσια ζαχάρεως στην Ελλάδα.

Ακολουθώντας την τάση υπολογίζουμε ότι στον κάμπο του Αγίου Αθανασίου θα μείνουν οι καλλιέργειες του ρυζιού, καλαμποκιού, βαμβακιού και μηδικής σε 33411 στρέμματα, 6682 στρέμματα, 2673 στρέμματα και 1782 στρέμματα αντίστοιχα. Με αυτό σαν δεδομένο και τα κόστη και έσοδα που αναφέρθηκαν πάρα πάνω, φτιάχτηκε ο πίνακας 3.7 , όπου βλέπουμε ότι το καθαρό κέρδος των αγροτών του κάμπου του Αγίου Αθανασίου είναι 2.598.479 Ευρώ. Τα συνολικά έσοδα είναι 11.250.605 Ευρώ, τα οποία βέβαια δεν αποτελούν όλα εισόδημα των αγροτών, αποτελούν εισόδημα για όσους δούλεψαν ή παρείχαν υπηρεσίες (εργάτες, γεωπόνοι, έμποροι κ.ά.) ώστε να γίνουν οι καλλιέργειες.

Πίνακας 3-4 Έσοδα ανά καλλιέργεια

Καλλιέργειες	Ρύζι	Καλαμπόκι	Βαμβάκι	Μηδική	
Στρέμματα	33411	6682	2673	1782	
Συνολικά έσοδα/στρέμμα	253	236	290	250	
Κέρδος /στρέμμα	53	86	38	85	
Συνολικά έσοδα/καλλιέργεια	8452983	1576952	775170	445500	
Συνολικό κέρδος/καλλιέργεια	1770783	574652	101574	151470	
Συνολικά έσοδα από όλες τις καλλιέργειες					11.250.605
Συνολικά έσοδα για τους αγρότες από όλες τις καλλιέργειες					2.598.479

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο. : ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΕΓΓΕΙΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.

4.1 ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΕΓΓΕΙΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ.

Με το Νομοθετικό Διάταγμα 3881 του 1958 «Περί έργων εγγείων βελτιώσεων» προβλέπεται η μεταβίβαση των έργων που κατασκευάζονται από το Δημόσιο στους ωφελούμενους παραγωγούς. Αυτοί αφού οργανωθούν σε οργανισμούς, αναλαμβάνουν τη διοίκηση, τη λειτουργία και τη συντήρηση των έργων. Σε αυτοτελή αρδευτικά δίκτυα ιδρύονται οι Τοπικοί Οργανισμοί Εγγείων Βελτιώσεων (ΤΟΕΒ). Όταν δυο ή περισσότεροι ΤΟΕΒ χρησιμοποιούν κοινή πηγή νερού, ιδρύεται δευτεροβάθμια οργάνωση, ο Γενικός Οργανισμός Εγγείων Βελτιώσεων (ΓΟΕΒ). Αρχικά οι Οργανισμοί Εγγείων Βελτιώσεων αποτελούσαν Νομικά Πρόσωπα Δημοσίου Δικαίου (Ν.Π.Δ.Δ.), αργότερα όμως με το νομοθετικό διάταγμα 1218 του 1972, μετατράπηκαν σε Νομικά Πρόσωπα Ιδιωτικού Δικαίου (Ν.Π.Ι.Δ.), με στόχο την αποδέσμευσή τους από το δημόσιο και την απόκτηση μεγαλύτερης ελευθερίας κινήσεων. Οι έλεγχοι (π.χ. η καταστολή των δαπανών) διενεργούνται από οικονομικούς επιθεωρητές του Υπουργείου Γεωργίας. Με το νόμο 414 του 1976 «Περί τροποποίησης και συμπλήρωσης των διατάξεων του ΝΔ 3881/58» οι ΤΟΕΒ αποτελούν Συνεταιριστικές Οργανώσεις Αναγκαστικής Μορφής και οι ΓΟΕΒ Οργανισμούς Κοινής Ωφέλειας. Στην Ελλάδα έχουν συσταθεί 404 ΤΟΕΒ και 10 ΓΟΕΒ. Κάθε ενδιαφερόμενος, για χρήση νερού για γεωργικούς σκοπούς, πρέπει να αποκτήσει άδεια που παρέχεται δωρεάν από το κράτος.

Κυρίαρχο σώμα των ΤΟΕΒ είναι η Γενική Συνέλευση των αντιπροσώπων, οι οποίοι εκλέγονται από τους εκλέκτορες των χωριών, τα οποία εμπίπτουν διοικητικά στο αντίστοιχο αρδευτικό δίκτυο. Τη διοίκηση ασκεί το Διοικητικό Συμβούλιο, το οποίο είναι επταμελές ή πενταμελές ανάλογα με την έκταση που καλύπτει ο ΤΟΕΒ. Οι πόροι των ΤΟΕΒ είναι οι στρεμματικές εισφορές των μελών του, δάνεια, δωρεές και ότι άλλο προβλέπεται από τα καταστατικά τους. Κάποιοι, έχουν μεταβάλλει και προσαρμόσει το σύστημα τιμολόγησης συνεκτιμώντας επιπλέον και το είδος της καλλιέργειας.

Οι χρεώσεις ανά στρέμμα είναι υψηλότερες για τις καλλιέργειες που καταναλώνουν μεγαλύτερες ποσότητες νερού για άρδευση. Αυτή η διαφορετική χρέωση, αποτελεί μία συνειδητή απόπειρα της διοικήσεως των ΤΟΕΒ για απόδοση μεγαλύτερου κόστους στο νερό για τη συγκεκριμένη του υπηρεσία στις πιο απαιτητικές καλλιέργειες, λόγω περιβαλλοντικού κόστους γενικότερα και έχει στόχο την όσο το δυνατό μικρότερη

σπατάλη νερού. Η συγκεκριμένη προσέγγιση είναι μάλλον «συμβατή επί της αρχής» με τις επιταγές της Κοινοτικής Οδηγίας 2000/60 για αναθεώρηση των πολιτικών.

Στον ΤΟΕΒ Αγίου Αθανασίου ουσιαστικά δεν διαφέρουν οι στρεμματικές εισφορές ανάλογα με την καλλιέργεια. Συγκεκριμένα 15 Ευρώ/στρέμμα είναι η χρέωση για όλες τις καλλιέργειες και 16 Ευρώ/στρέμμα είναι η στρεμματική εισφορά για το ρύζι.

Τα έσοδα από τις στρεμματικές εισφορές των μελών τους που εισπράττουν οι Οργανισμοί χρησιμοποιούνται για την κάλυψη του λειτουργικού τους κόστους. Στην αρχή του έτους συντάσσεται ένας προϋπολογισμός δαπανών και έχοντας μία εκτίμηση των εκτάσεων που θα καλλιεργηθούν με διάφορες καλλιέργειες, υπολογίζονται οι εισφορές που θα ισχύσουν. Στο τέλος του έτους αποδίδουν και ελέγχονται από τους ΓΟΕΒ.

4.2 ΤΟΠΙΚΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΕΓΓΕΙΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΑΞΙΟΥ

Στη λεκάνη απορροής του Αξιού έχουν συστηθεί 7 ΤΟΕΒ οι οποίοι φαίνονται στον Πίνακα 2.2, που διαχειρίζονται τη ζήτηση του νερού στον τομέα της γεωργίας και χρησιμοποιούν νερό από τον Αξιό. Είναι Ν.Π.Ι.Δ. τα οποία δεν έχουν κερδοσκοπικό χαρακτήρα. Η χρέωση της κατανάλωσης νερού για άρδευση, έχει τη μορφή στρεμματικής εισφοράς, με διαφοροποίηση ταυτόχρονα, ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας (ρύζι - λοιπές). Στο τέλος του οικονομικού έτους, οι οργανισμοί κάνουν

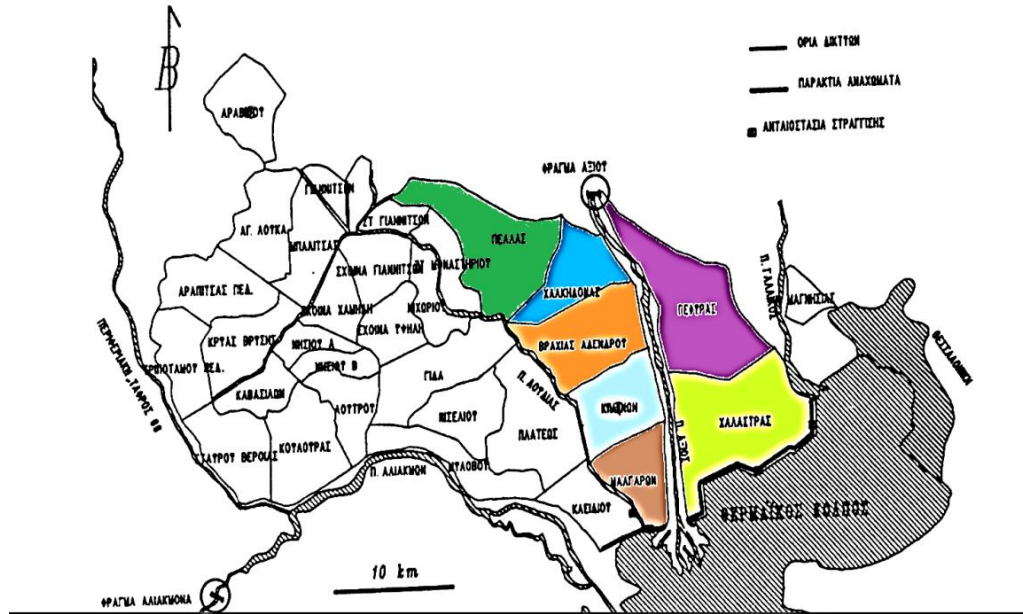
Πίνακας 4-1 Οι ΤΟΕΒ που αρδεύονται από τον ποταμό Αξιό.

α/α	ΤΟΕΒ	Αρδευτικό δίκτυο	Καθαρή αρευόμενη έκταση (στρ)
1	Αγ. Αθανασίου	Αγ. Αθανασίου-Γεφύρας	51.064
2	Πύργου- Καλοχωρίου	Χαλάστρας	64.428
3	Χαλκηδόνας	Χαλκηδόνας	22.800
4	Μ. Μοναστηρίου	Πέλλας	61.715
5	Βραχιάς	Βραχιάς	49.262
6	Κύμηνων-Μαλγάρων	Μαλγάρων	45.385
7	Ν. Μαγνησίας	Ν. Μαγνησίας	6.100
		Σύνολο Αξιού	309.132

(Κωνσταντινίδης, 1989).

απολογισμό κερδών ή ζημιών και τον υποβάλουν στον ΓΟΕΒ Θεσσαλονίκης - Λαγκαδά, που υπάγονται διοικητικά.

Υπάρχει και ο ΤΟΕΒ Πολυκάστρου ή αλλιώς, Αρτζάν – Αματόβου, ο οποίος δεν υπάγεται στον ΓΟΕΒ Θεσσαλονίκης-Λαγκαδά αλλά χρησιμοποιεί νερό από τον Αξιό. Στην εικόνα 4.1 φαίνονται οι εκτάσεις και τα όρια των ΤΟΕΒ που αρδεύονται από τον Αξιό ποταμό.



Εικόνα 4-1 Τ συλλογικά αρδευτικά δίκτυα της πεδιάδας της Θεσσαλονίκης.

Από τους υπολοίπους ΤΟΕΒ που συναντώνται, αυτός της Αξιούπολης, χρησιμοποιεί νερό από έναν παραπόταμο του Αξιού, στον οποίο έχει κατασκευασθεί φράγμα στη θέση Κοτζάντερε. Οι ΤΟΕΒ Άσπρου, Αμάραντου και Γοργόπης προμηθεύονται νερό από γεωτρήσεις. Οι παραπάνω οργανισμοί μάλλον υπολειτουργούν και δεν έχουν ανάλογη οργάνωση με αυτούς που υπάγονται στον ΓΟΕΒ Θεσσαλονίκης.

Για τους Οργανισμούς Εγγείων Βελτιώσεων της περιοχής μελέτης, οι πληροφορίες που απαιτήθηκαν έχουν «αντληθεί» ύστερα από συνέντευξη από τον γεωπόνο του ΤΟΕΒ Αγίου Αθανασίου Βασιλακάκη Βασίλειο.

4.3 ΕΓΓΕΙΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΑ ΕΡΓΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Στην περιοχή του ποταμού Αξιού έχουν πραγματοποιηθεί εγχειοβελτιωτικά έργα, τα οποία έχουν ως στόχο την:

1. Αποτροπή πλημμυρών των καλλιεργειών.

2. Διατήρηση σταθερής κοίτης ροής του ποταμού, καθότι στην περιοχή αυτή το ποτάμι βρίσκεται στο στάδιο του μεανδρισμού.
3. Προστασία των δύο γεφυρών, οδικής και σιδηροδρομικής, με διασφάλιση των συγκοινωνιών και μεταφορών οδικών και σιδηροδρομικών.
4. Μετατόπιση της εκροής του ποταμού δυτικότερα, για να διατηρηθεί η επικοινωνία του λιμανιού με τη θάλασσα, εξαιτίας της προσχωματικής δράσης των ποταμών που χύνονται στον Θερμαϊκό κόλπο.

Στις αρχές του 20ου αιώνα, από ανθρώπινες παρεμβάσεις με τα μεγάλα τεχνικά έργα που πραγματοποιήθηκαν διαμόρφωσαν την σημερινή εικόνα της περιοχής. Μεταξύ του 1929 και του 1936 έλαβαν χώρα μεγάλα υδραυλικά έργα, όπως τα κανάλια παροχέτευσης και αποστράγγισης, έργα εγγειοβελτιωτικά, καθώς και κατασκευές αναχωμάτων. Με τα έργα αυτά, δημιουργήθηκαν μεγάλες εκτάσεις, οι οποίες παραχωρήθηκαν στη γεωργία και την κτηνοτροφία. Επιπλέον η κατασκευή του αρδευτικού και του αποστραγγιστικού δικτύου ευνόησε πολύ την γεωργική δραστηριότητα, συνέβαλε στην αύξηση της οικονομίας της περιοχής και βελτίωσε το βιοτικό επίπεδο των κατοίκων της.

Τα πιο σημαντικά από αυτά τα έργα ήταν η εκτροπή της πεδινής κοίτης του Αξιού και η αποστράγγιση της Λίμνης των Γιαννιτσών (γνωστή από «τα μυστικά του βάλτου» της Πηνελόπης Δέλτα). Ο ποταμός Αξιός μετατοπίστηκε από τη φυσική του ροή, με σκοπό να μειωθεί η προσάμμωση του κόλπου της Θεσσαλονίκης και να παραμείνει το λιμάνι της ανοιχτό. Η αποστράγγιση της λίμνης των Γιαννιτσών πραγματοποιήθηκε μέσω της κατασκευής ενός μεγάλου τεχνητού καναλιού, που πήρε το όνομα του παλιού ποταμού Λουδία. Παράλληλα ο ποταμός Μογλενίτσας εκτράπηκε και πέφτει πια μέσα στην κοίτη του Αλιάκμονα. (Κωνσταντινίδης 1989)

4.3.1 Φράγμα Εκτροπής Αξιού

Το 1953, ανατέθηκε στην αμερικάνικη εταιρεία KNAPPEN TIPPETTS ABBETT ENGINEERING co, από την Ελληνική Κυβέρνηση η προώθηση αρδευτικών έργων. Η εταιρεία αυτή προώθησε τις παρακάτω προτάσεις για τα έργα του Αξιού:

Αρδευση 350.000 στρ., εκ των οποίων 125.000 στρ. αριστερά του Αξιού και μέχρι το Γαλλικό ποταμό με παροχή 15 m/sec και

Αρδευση 225.000 στρ. δεξιά του Αξιού μέχρι το χείμαρρο Τσεκρέ και Λουδία ποταμό με παροχή νερού 20 m/sec

Για την υδροδότηση των δικτύων Αξιού πρότεινε την κατασκευή ενός φράγματος εκτροπής, το οποίο βρίσκεται 28 Km περίπου από τις εκβολές του Αξιού ποταμού και έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

1. Μήκος στέψης στον υπερχειλιστή 980 m ,
2. δύο συμμετρικούς ρυθμιστές παροχής με θυροφράγματα κοντά στις όχθες, και
3. συνολικό μήκος 1200 m.

4.3.2 Αρδευτικά δίκτυα

Στην Ομάδα Συνεργαζόμενων Υδραυλικών Μηχανικών (ΟΣΥΜ), την 1-10-1953 ανατέθηκε η προμελέτη της άρδευσης της πεδιάδας Θεσσαλονίκης. Η προμελέτη, ολοκληρώθηκε τον Μάρτιο του 1955 και εγκρίθηκε από τον Υπουργό Δημοσίων Έργων. Αυτή προέβλεπε την άρδευση από τον Αξιό 432.450 στρ. από τις δύο υδροληψίες του φράγματος και η επιπλέον απαιτούμενη ποσότητα νερού θα μπορούσε να εξευρεθεί από τα φράγματα του Αλιάκμονα.

Τα αρδευτικά δίκτυα του Αξιού χωρίζονται σε δύο μεγάλα τμήματα:

- Στα δίκτυα που βρίσκονται μεταξύ των ποταμών Αξιού και Γαλλικού υδροδοτούνται από την Ανατολική Προσαγωγό Διώρυγα Αξιού (ΑΠΔΑ), που κατασκευάστηκε για παροχρητευτική ικανότητα 20 m/sec
- Στα δίκτυα που καταλαμβάνουν το τμήμα μεταξύ Αξιού και Λουδία και υδροδοτούνται από τη Δυτική Προσαγωγό Διώρυγα Αξιού (ΔΠΔΑ), που κατασκευάστηκε για παροχρητευτική ικανότητα 25 m/sec

Βέβαια το αρδευτικό δίκτυο, στην ουσία είναι τρία δίκτυα: το δίκτυο των αρδευτικών διωρύγων, το δίκτυο των αποχρητευτικών αποστραγγιστικών τάφρων και το αγροτικό οδικό δίκτυο.

Το δίκτυο των αρδευτικών διωρύγων αποτελείται από τις προσαγωγούς διώρυγες, από τις οποίες υδροδοτούνται οι πρωτεύουσες διώρυγες, από τις πρωτεύουσες διώρυγες υδροδοτούνται οι δευτερεύουσες διώρυγες και από τις δευτερεύουσες διώρυγες υδροδοτούνται οι τριτεύουσες διώρυγες, και στη συνέχεια μέσω σιφωνίων, φτάνει το νερό στους αγρούς. Οι διώρυγες μεταφοράς και διανομής του νερού είναι κατασκευασμένες εκ σκυροδέματος τραπεζοειδούς διατομής, με κλίση πρανών 3:2.

Η υδροδότηση των διωρύγων γίνεται με τη βοήθεια μετρητών (MODULE) τύπου NEVRPIC και συσκευών σταθεροποίησης (της ανάντη) της στάθμης AMIL και AVIO ή AVIS (της κατάντη) επίσης τύπου NEVRPIC.

Για τον υπολογισμό των αναγκών των δικτύων σε αρδευτικό νερό, χρησιμοποιήθηκε η εμπειρική μέθοδος των Blaney-Criddle (1950).

Οι ειδικές παροχές που υπολογίστηκαν στις κεφαλές των υδροληψιών για αποδοτικότητα δικτύων $E_p = 0,60$ για ανοικτά και $0,85$ για κλειστά ήταν:

- για τα δίκτυα επιφανειακής άρδευσης $0,09$ l/sec/στρέμμα
- για τα δίκτυα καταιονισμού $0,065$ l/sec/στρέμμα.

Για τον υπολογισμό της παροχής, κατά την κατασκευή των έργων, της κάθε τριτεύουσας διώρυγας, ελήφθη υπόψη ως ειδική παροχή του δικτύου 1 l/sec /στρέμμα για 24ωρη λειτουργία των δικτύων επί την έκταση που εξυπηρετεί. Η παροχή αυτή για τις τριτεύουσες διώρυγες, πολλαπλασιάζεται επί δύο (χ^2), ώστε με αυτό τον τρόπο να καθίσταται δυνατή η ικανοποίηση των αναγκών της έκτασης που αυτή εξυπηρετεί και με την περιοδική λειτουργία της, ενώ ο παραγωγός έχει έναν ικανοποιητικό βαθμό ελευθερίας. Η ελευθερία αυτή σε περιόδους που η διαθέσιμη παροχή υπερβαίνει κατά πολύ τη ζήτηση οδηγεί σε σπατάλη αρδευτικού νερού. Για την τυποποίηση των προκατασκευασμένων τσιμενταύλακων (καναλέττων), η παροχή τους καθορίστηκε σε κάθε τριτεύουσα στις κλάσεις 45 , 50 και 60 l/sec.

Οι δευτερεύουσες διώρυγες υπολογίστηκαν παρομοίως με την διαφορά ότι η υπολογισθείσα ειδική παροχή πολλαπλασιάστηκε επί $1,5$. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μια άνεση των αρδεύσεων κατά τη περίοδο αιχμής και εξασφαλίζεται η παροχή νερού και σε περιόδους αυξημένων ζητήσεων σε νερό.

4.3.3 Αποστραγγιστικό δίκτυο

Το αποστραγγιστικό-αποχετευτικό δίκτυο είναι αντίστοιχο και παράλληλο προς το αρδευτικό δίκτυο. Η επιφανειακή απορροή των νερών της βροχής καθώς και της κατάντη εκροής από την εφαρμογή της άρδευσης, καταλήγει στις τριτεύουσες τάφρους που είναι παράλληλες προς τις αντίστοιχες τριτεύουσες διώρυγες στη χαμηλότερη πλευρά των χωραφιών. Τα στραγγίσματα, μέσω των κυρίων στραγγιστικών τάφρων, καταλήγουν στο Λουδία ποταμό, που είναι η φυσική χαμηλή γραμμή (γι αυτό άλλωστε και χρησιμοποιήθηκε για την αποξήρανση της λίμνης των Γιαννιτσών) και από εκεί στην θάλασσα. Τα στραγγίσματα των χαμηλών παράκτιων εδαφών

(δίκτυο Χαλάστρας, Μαλγάρων, Αγίου Αθανασίου) στέλνονται στο Θερμαϊκό κόλπο, μέσω αντλιοστασίων. Για να προστατευθούν οι χαμηλές περιοχές από τη θάλασσα κατασκευάστηκαν παράκτια αναχώματα από τον Γαλλικό μέχρι τον Αξιό και από τον Αξιό μέχρι τον Λουδία. Το συνολικό μήκος των αναχωμάτων αυτών είναι 22 Km με στέψη +2,50m πάνω από τη μέση στάθμη της θάλασσας. Στην περιοχή του Αξιού λειτουργούν τρία παράκτια αντλιοστάσια, δύο στην Χαλάστρα και ένα στα Μάλγαρα.

Σε μεγάλη έκταση των χαμηλών περιοχών των δικτύων Αξιού υπήρχαν προβλήματα με παθογενή αλατούχα εδάφη. Η έκλυση των αλάτων αυτών από τα παθογενή αλατούχα εδάφη, πραγματοποιήθηκε με την καλλιέργεια ρυζιού και την κατασκευή του στραγγιστικού δικτύου. Με τον τρόπο αυτό, τα άλατα εκπλύθηκαν και απομακρύνθηκαν είτε προς τη θάλασσα είτε προς τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Αυτό επέτρεψε την καλύτερη και αποτελεσματικότερη εκμετάλλευση των εδαφών καλλιεργώντας ευαίσθητες στα άλατα φυτά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο. : Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

5.1 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ

Η εφαρμογή των αρδεύσεων στη γεωργία προσβλέπει στη διατήρηση, στο ανώτερο τμήμα του εδάφους όπου αναπτύσσονται οι ρίζες των φυτών, τέτοιων συνθηκών υγρασίας που να εξασφαλίζουν τη καλύτερη ανάπτυξη και μέγιστη παραγωγικότητα των φυτών σε μόνιμη βάση. Άλλοτε το νερό είναι παραπανήσιο, άλλοτε λειψό και σπάνια τόσο όσο χρειάζονται τα φυτά. Τέτοιες ιδανικές συνθήκες εδαφικής υγρασίας σπάνια εξασφαλίζονται από τη φύση. Έτσι για τη διατήρησή τους απαιτείται η μέριμνα του παραγωγού για προσθήκη νερού στο έδαφος (άρδευση) ή η απομάκρυνσή του (στράγγιση). Και οι δυο αυτές παρεμβάσεις είναι συνδεδεμένες με την άσκηση της συστηματικής γεωργίας από τους προϊστορικούς χρόνους και η εισαγωγή τους στη γεωργική τέχνη και τεχνολογία επέτρεψε την αύξηση της απόδοσης των καλλιεργούμενων εκτάσεων.

Η ανάγκη εφαρμογής των αρδεύσεων είναι ποιά μεγάλη στις περιοχές με ξηρό ή ημίξηρο κλίμα, όπου μικρός αριθμός καλλιεργειών έχει την δυνατότητα να αναπτυχθεί και να δώσει σημαντική παραγωγή μόνο με τη βροχόπτωση. Στις περιοχές αυτές, η μέση απόδοση των αρδευόμενων καλλιεργειών συνήθως είναι δύο και τρεις φορές μεγαλύτερη από την αντίστοιχη των ξερικών καλλιεργειών (World Bank, 2006). Επομένως, ως συντελεστής παραγωγής το νερό αποκτά ιδιαίτερη σημασία, ιδιαίτερα στις μέρες μας όπου οι ανάγκες σε νερό γενικά αυξάνονται αναλογικά με την βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των ανθρώπων και την αλματώδη αύξηση της βιομηχανικής παραγωγής, καθώς επίσης και την υποβάθμιση του νερού εξ αιτίας της ανθρώπινης δραστηριότητας.

Η αρδευόμενη γεωργία, σε εθνικό, αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο αποτελεί την κύρια χρήση νερού, μακράν των άλλων χρήσεων, με δεύτερη την βιομηχανία και τρίτη την οικιακή χρήση. Συγκεκριμένα, το 70% της κατανάλωσης υδατικών πόρων στον πλανήτη, χρησιμοποιείται για την ικανοποίηση των γεωργικών αναγκών. Οι περιοχές στις οποίες εφαρμόζονται αρδεύσεις αντιστοιχούν στο 18% της συνολικά καλλιεργούμενης έκτασης στον κόσμο και συνεισφέρουν πάνω από το 33% της παγκόσμιας γεωργικής παραγωγής (Johansson, 2000).

Οι αυξανόμενες ανάγκες σε τρόφιμα, λόγω της μεγάλης αύξησης του πληθυσμού, σε συνδυασμό με τις περιορισμένες δυνατότητες της επέκτασης της γεωργικής γης,

υποδηλώνει πως η ζήτηση σε αρδευτικό νερό θα συνεχίσει να αυξάνει στα επόμενα χρόνια. Οι έντονες ωστόσο πιέσεις και από τις ανταγωνιστικές χρήσεις του νερού (βιομηχανία, ύδρευση) στους ήδη περιορισμένους υδατικούς πόρους, μπορεί να επιφέρουν σημαντικά προβλήματα διατήρησης των αποθεμάτων και να μην επιτρέψουν την ικανοποίηση της μελλοντικής ζήτησης σε αρδευτικό νερό (World Bank, 2006).

5.2 ΤΙ ΠΡΟΒΛΕΠΕΙ Η ΟΔΗΓΙΑ 2000/60/ΕΚ

Το ότι πρέπει να παρθούν μέτρα εξοικονόμησης, προστασίας και ορθολογικής χρήσης του νερού είναι οφθαλμοφανές. Αυτό θέλει να πετύχει η 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.

Θεσπίζει κανόνες για να σταματήσει η υποβάθμιση της κατάστασης των υδατικών συστημάτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) και να επιτευχθεί «καλή κατάσταση» για τους ποταμούς, τις λίμνες και τα υπόγεια ύδατα της Ευρώπης έως το 2015.

Συγκεκριμένα αυτό περιλαμβάνει:

- προστασία όλων των μορφών υδάτων (επιφανειακά ύδατα, υπόγεια ύδατα, εσωτερικά ύδατα και μεταβατικά)·
- αποκατάσταση των οικοσυστημάτων μέσα και γύρω από αυτά τα υδατικά συστήματα·
- μείωση της ρύπανσης στα υδατικά συστήματα·
- διασφάλιση αειφόρου χρήσης των υδάτων από τα άτομα και τις επιχειρήσεις.

Σαν **υπόγεια ύδατα** ορίζεται το σύνολο των υδάτων που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους.

Σαν **Εσωτερικά ύδατα** ορίζεται το σύνολο των στάσιμων ή των ρεόντων επιφανειακών υδάτων.

Σαν **Μεταβατικά ύδατα** ορίζεται συστήματα επιφανειακών υδάτων πλησίον του στομίου ποταμών τα οποία είναι εν μέρει αλμυρά, αλλά περιέχουν σημαντικά ρεύματα γλυκού νερού.

Σαν **Επιφανειακά ύδατα** ορίζεται όλα τα εσωτερικά ύδατα, εκτός των υπόγειων υδάτων, των μεταβατικών και παράκτιων υδάτων.

Η Οδηγία 2000/60/ΕΚ δημιουργεί ένα πλαίσιο προστασίας των υδατικών πόρων θέλοντας να πετύχει την επίτευξη καλής κατάστασης όλων των υδατινών συστημάτων

σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού. Η καλή κατάσταση καθορίζεται από οικολογικά, χημικά και ποσοτικά κριτήρια και τα οποία περιγράφονται λεπτομερώς στα παραρτήματα της Οδηγίας. Τα οικολογικά κριτήρια, που θεωρούνται ιδιαίτερος σημαντικά για τον προσδιορισμό της κατάστασης των επιφανειακών υδάτινων συστημάτων, αποτελούν ένα νέο στοιχείο στην διαχείριση των υδατικών πόρων στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Επίσης και ένα άλλο από τα κύρια εργαλεία, που εισάγει για πρώτη φορά στον τομέα των νερών η Οδηγία Πλαίσιο, είναι η ανάκτηση του πλήρους κόστους των υπηρεσιών νερού, καθώς ορίζει ως συνιστώσες αυτού όχι μόνο το οικονομικό κόστος, αλλά και το περιβαλλοντικό κόστος και το κόστος των φυσικών πόρων, όπως παρουσιάζονται στον πίνακα 5.1. Πιο συγκεκριμένα:

- Το οικονομικό κόστος, που αφορά στα χρηματοοικονομικά έξοδα (κόστος επένδυσης και κόστος λειτουργίας – εργατικά, ενέργεια, έξοδα διοίκησης κ.λπ.) που είναι απαραίτητα για τη συλλογή, τη μεταφορά, την επεξεργασία και τη διανομή του νερού. Το κόστος αυτό αποτελεί μέχρι σήμερα τη συνήθη πρακτική τιμολόγησης του νερού.
- Το κόστος φυσικών πόρων ή κόστος ευκαιρίας, όπως ορίζεται στο λεξιλόγιο επεξήγησης όρων της WATECO (2002) και αναφέρεται στην απώλεια οφέλους που υφίστανται διάφορες χρήσεις εξ αιτίας της μείωσης των διαθέσιμων υδατικών πόρων σε μεγαλύτερο βαθμό από το φυσικό ρυθμό ανανέωσής τους (π.χ. η υπεράντληση νερού από υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες).
- Το περιβαλλοντικό κόστος, τέλος, σύμφωνα με τη WATECO εκφράζει την οικονομική ζημιά που επιφέρουν οι διάφορες χρήσεις του νερού στο οικοσύστημα και στους χρήστες του οικοσυστήματος (π.χ. η υποβάθμιση της ποιότητας ενός ποταμού).

Εν πάση περιπτώσει είναι φανερό, ότι στο πλαίσιο εφαρμογής της Οδηγίας 2000/60 στην Ελλάδα, βρισκόμαστε σε μια νέα πραγματικότητα ως προς το θέμα της διαχείρισης των υδάτων. Περνάμε από την αναποτελεσματική και περιβαλλοντικά άστοχη λογική του σχεδιασμού της χρήσης των υδάτινων πόρων με στόχο την κάλυψη της ζήτησης στη λογική της ολοκληρωμένης διαχείρισης λαμβάνοντας υπόψη τις οικολογικές διαδικασίες, τη δημόσια υγεία και τις αναπτυξιακές ανάγκες και τάσεις. Η νέα αυτή κατάσταση συνεπάγεται αλλαγές για τις ευθύνες και τον τρόπο οργάνωσης, στελέχωσης και λειτουργίας της διοίκησης, ενώ παράλληλα διαμορφώνονται νέα δεδομένα στην ερευνητική, τη μελετητική, τη συμβουλευτική και την τεχνική

δραστηριότητα. Οι πρώτες ενδείξεις ωστόσο είναι ότι η ουσιαστική εφαρμογή της Οδηγίας δεν θα είναι μια εύκολη υπόθεση.

Πίνακας 5-1 Οι συνιστώσες του συνολικού κόστους των υπηρεσιών νερού

Επιπτώσεις στο οικοσύστημα	Περιβαλλοντικό κόστος	Πλήρες κόστος
Επιπτώσεις στους χρήστες		
Κόστος ευκαιρίας	Κόστος φυσικών πόρων	
Άλλα κόστη	Οικονομικό κόστος	
Κόστος συντήρησης και λειτουργίας		
Κόστος επενδύσεων		

(Πηγή: Καλιαμπάκος και Δαμίγος, 2008)

Σε εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ εκδόθηκε το 2003 ο Ν. 3199 για την προστασία και διαχείριση των υδάτων με στόχο την εναρμόνιση της Κοινοτικής Οδηγίας στο ελληνικό δίκαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο. : ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

6.1. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

Όλα τα νερά που χρησιμοποιούνται για πότισμα από όπου και αν προέρχονται (πηγές, ποταμούς, υδατοφράκτες, γεωτρήσεις) περιέχουν εν διαλύσει ορισμένες ποσότητες αλάτων. Η συνολική ποσότητα, καθώς και το είδος των διαλυμένων αλάτων που περιέχει το νερό αποτελούν τα κριτήρια ποιότητάς του για αρδευτικούς σκοπούς. Για να θεωρηθεί το νερό ως κατάλληλο για άρδευση μιας συγκεκριμένης καλλιέργειας θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και άλλοι παράγοντες, όπως το είδος της καλλιέργειας, ο τύπος και η ιδιότητες του εδάφους, οι κλιματολογικές συνθήκες και οι μέθοδοι άρδευσης.

Μια πρώτη γενική εκτίμηση της ποιότητας του αρδευτικού νερού μπορούμε να έχουμε με τη βοήθεια ενός απλού οργάνου (αγωγιμόμετρο), το οποίο μετρά την Ηλεκτρική Αγωγιμότητα του νερού (EC, mmhos/cm). Συνήθως όμως, θέλουμε μια πλήρη χημική ανάλυση του νερού για προσδιορισμό όλων των διαλυμένων ιόντων (ασβεστίου, νατρίου, χλωρίου, βορίου, νιτρικών, κ.ά.) και αυτή μπορεί να γίνει σε ένα εργαστήριο χημικών αναλύσεων. Ένας από τους λόγους που κάνουμε πλήρη ανάλυση του νερού άρδευσης είναι και ο εντοπισμός τυχόν τοξικών για τα φυτά συγκεντρώσεων στοιχείων, όπως του Βορίου, Νατρίου και Χλωρίου.

Γνωρίζουμε ότι η πρόσληψη των θρεπτικών ουσιών γίνεται μέσω του νερού άρδευσης με την εξής διαδικασία:

- Το νερό άρδευσης απορροφάται από την επιφάνεια του εδάφους και κατεισδύει προς τα ανώτερα στρώματα του εδάφους.
- Τα διαθέσιμα θρεπτικά συστατικά του εδάφους του αγρού διαλύονται μέσα στο νερό άρδευσης που βρίσκεται στα ανώτερα στρώματα του εδάφους.
- Το διάλυμα θρεπτικών (νερό και θρεπτικά εδάφους) του εδαφοδιαλύματος απορροφάται μέσω οσμωτικών μηχανισμών από το ριζικό σύστημα των φυτών και μεταφέρεται προς τα υπόλοιπα μέρη του φυτού.

Έτσι το νερό άρδευσης παίζει πρωταρχικό ρόλο στη θρέψη και την ανάπτυξη των φυτών. Η ποιότητα και η ποσότητα του νερού άρδευσης έχουν καθοριστική σημασία

για την επιτυχία της καλλιέργειας και την καλή παραγωγή και άρα τη μεγιστοποίηση των κερδών του αγρότη - παραγωγού.

Όταν η ποιότητα του νερού είναι κακή, τότε δημιουργείται μια σειρά από προβλήματα, με αποτέλεσμα τη μείωση των φυσιολογικών λειτουργιών του φυτού, την καχεκτική ανάπτυξή του και τη ελάττωση της παραγωγής.

Μια ανάλυση αρδευτικού νερού περιλαμβάνει μετρήσεις διαφόρων φυσικοχημικών παραμέτρων (Τσαφαρίδου κ ά.), με σημαντικότερες τις παρακάτω:

- Το PH: η τιμή του PH του νερού αξιολογείται ανάλογα με το έδαφος και την καλλιέργεια, επειδή μπορεί να προκαλέσει τροφοπενίες στα φυτά. Οι επιπτώσεις του PH του νερού στο PH του εδάφους είναι θα λέγαμε μικρές, επειδή το έδαφος έχει μεγάλη ρυθμιστική ικανότητα. Ο κυριότερος κίνδυνος από ένα μη φυσιολογικό PH στο νερό είναι οι επιπτώσεις στον εξοπλισμό άρδευσης. (Ayers, Westcot 1985)
- Την Αγωγιμότητα: η αγωγιμότητα επηρεάζει την αλατότητα του εδάφους. Η αύξηση της αγωγιμότητας του νερού έχει επιπτώσεις στην απόδοση της καλλιέργειας, επειδή επηρεάζεται η ικανότητα του φυτού να προσλαμβάνει νερό, συμβάλει στην αύξηση της συγκέντρωσης ορισμένων στοιχείων σε τοξικά επίπεδα και σε πιθανή αλλοίωση της δομής του εδάφους, κυρίως όταν επικρατούν υψηλές τιμές συγκέντρωσης νατρίου και SAR
- Την Σκληρότητα: αφορά στην αξιολόγηση του κινδύνου απόφραξης ορισμένων αρδευτικών συστημάτων (στάγδην και sprinkler)
- Τα Ανθρακικά (CO_3^{2-}) και όξινα ανθρακικά ιόντα (HCO_3^-): τα ανθρακικά και διττανθρακικά ιόντα προκαλούν ιζηματοποίηση του ασβεστίου με αποτέλεσμα την αύξηση του κινδύνου νατρίωσης του εδάφους
- Το Ασβέστιο (Ca) και Μαγνήσιο (Mg): είναι τα σημαντικότερα στοιχεία που καθορίζουν τη σκληρότητα του νερού και προέρχονται από τα πετρώματα από τα οποία διέρχεται το υπόγειο αρδευτικό νερό ή το επιφανειακώς ρέον αρδευτικό νερό (ποτάμια). Ανήκουν στα θρεπτικά στοιχεία που χρειάζεται η καλλιέργεια για την ανάπτυξή της . Υψηλές συγκεντρώσεις ασβεστίου μειώνουν την τιμή SAR του νερού και τον κίνδυνο νατρίωσης του εδάφους.
- Τα Χλωριούχα ιόντα (Cl): Η τοξικότητα των ιόντων χλωρίου είναι η πλέον συνήθης. Τα χαρακτηριστικά συμπτώματα στα φυτά είναι το κάψιμο της

κορυφής ή των περιθωρίων των φύλλων, ο σχηματισμός μεταλλικού κίτρινου χρώματος, η πρώιμη χλώρωση και η πτώση των φύλλων.

- Το Νάτριο (Na): είναι ιδιαίτερο τοξικό για ορισμένες καλλιέργειες ευαίσθητες στη νατρίωση. Επίσης, επηρεάζει την περατότητα του εδάφους
- Το Κάλιο (K): βρίσκεται γενικά σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις από το νάτριο αποτελεί δε βασικό θρεπτικό συστατικό για την ομαλή ανάπτυξη της καλλιέργειας.
- Την SAR – Δείκτης απορρόφησης νατρίου: αποτελεί υπολογιστικό προσδιορισμό της σχέσης μεταξύ Na^+ , K^+ , Ca^{++} και Mg^{++} . Υψηλές τιμές του λόγου προσρόφησης νατρίου συνεπάγονται κίνδυνο νατρίωσης του εδάφους. $\{ \text{SAR} = [\text{Na}^+ / ((\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/2)^{0.5}] \}$ με μονάδες $(\text{meq/L})^{0.5}$ (Richards, 1968)
- Τα Θειικά ιόντα (SO_4^{2-}), όπου οι υψηλές συγκεντρώσεις αυτών οφείλονται σε αιτία ρύπανσης του αρδευτικού νερού από βιομηχανικά απόβλητα ή θειούχα λιπάσματα. (Τσαφαρίδου κ ά.),

Η ανάλυση αρδευτικού νερού μπορεί να περιλαμβάνει επιπλέον:

- Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS): όλα τα φυσικά νερά περιέχουν διαλυμένα άλατα και ιόντα σε διάφορες συγκεντρώσεις. Νερό άρδευσης με υψηλές τιμές TDS, μπορεί να δημιουργήσει δυσμενείς επιπτώσεις στα φυτά και το έδαφος του χωραφιού. Μια ισοδύναμη έκφραση του TDS είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού (EC_w).
- Σίδηρο (Fe): συνήθως δεν είναι τοξικός για τα φυτά, συνήθως χρειάζεται σε μικρές ποσότητες καθώς είναι ιχνοστοιχείο, αλλά δρα ανταγωνιστικά με το φώσφορο του εδάφους και επηρεάζει τη διαθεσιμότητα του φωσφόρου για τα φυτά.
- Μαγγάνιο (Mn): σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 0,2 mg/L εμφανίζει φυτοτοξικότητα, ιδίως σε όξινα εδάφη (ιχνοστοιχείο)
- Χαλκό (Cu): συγκεντρώσεις χαλκού από 0,1 έως 1,0 mg/L μπορεί να προκαλέσουν τοξικότητα σε αρκετά είδη φυτών (ιχνοστοιχείο)
- Ψευδάργυρο (Zn): προκαλεί φυτοτοξικότητα σε διάφορα είδη φυτών, ιδίως σε όξινα εδάφη (ιχνοστοιχείο)
- Βόριο (B): αν και αποτελεί σημαντικό θρεπτικό στοιχείο για τα φυτά, χρειάζεται πολλή προσοχή (ιχνοστοιχείο). Η διαφορά μεταξύ της συγκέντρωσης που έχει ευνοϊκή δράση για τα φυτά και της συγκέντρωσης που προκαλεί

φυτοτοξικότητα είναι πολύ μικρή και εξαρτάται από το είδος του φυτού. Περιεκτικότητα Βορίου (B) < 0,5 ppm ασφαλής ακόμη και για ευαίσθητα φυτά. Ενώ περιεκτικότητα Βορίου (B) > 4,0 ppm επικίνδυνη για όλα σχεδόν τα φυτά

- Αμμωνιακά ιόντα (NH_4^+): προέρχονται από αμμωνιακά (αζωτούχα) λιπάσματα ή από στραγγίσματα υγρών και στερεών αποβλήτων, κυρίως ζωικής προέλευσης. Μετατρέπονται γρήγορα σε νιτρώδη και νιτρικά ιόντα.
- Νιτρικά ιόντα (NO_3^-): αποτελούν τη συνηθέστερη μορφή αζώτου στο νερό. Η προέλευσή τους είναι κυρίως από λιπάσματα. Επίσης, τα αμμωνιακά ιόντα μετατρέπονται σε νιτρικά ιόντα. Η παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων νιτρικών ιόντων είναι ευνοϊκή για τα περισσότερα φυτά στα πρώτα στάδια ανάπτυξης, αλλά μπορεί να έχει δυσμενή επίδραση στα επόμενα στάδια ανάπτυξης τους (π.χ. πλάγιασμα σιτηρών, όψιμη ωρίμανση, μυκητολογικές προσβολές, αυξημένη βλάστηση σε βάρος της καρποφορίας).
- Φωσφορικά ιόντα (PO_4^{3-} και $\text{P}_2\text{O}_5^{3-}$): αποτελούν βασικό θρεπτικό συστατικό για την ανάπτυξη των εδαφών. Η παρουσία φωσφορικών ιόντων σε υψηλές συγκεντρώσεις αποδίδεται κυρίως στην έκπλυση φωσφορικών λιπασμάτων. (Τσαφαρίδου κ ά.),

Τα νερά που χρησιμοποιούνται για άρδευση καλλιεργειών προέρχονται από διάφορες πηγές, όπως ποτάμια, λίμνες, πηγάδια και γεωτρήσεις. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα αρδευτικά νερά να διαφέρουν ως προς τη σύνθεση και την ποιότητά τους. Ειδικά για τα υπόγεια νερά, αλλά και τα επιφανειακά ρέοντα ύδατα η σύνθεσή τους ποικίλλει ανάλογα με τη φύση των πετρωμάτων και των ορυκτών από τα οποία διέρχονται.

Ορισμένα από τα αρδευτικά νερά έχουν υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων, ανιόντων (π.χ. χλωρίου, βορίου) και κατιόντων (π.χ. νατρίου, καλίου). Ορισμένα αρδευτικά νερά μπορεί να περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις σιδήρου, μαγγανίου και βαρέων μετάλλων, που μπορεί να είναι βλαπτικές για τα φυτά. Σε μεγάλες συγκεντρώσεις τα άλατα, τα ιόντα και τα μέταλλα μπορεί να δημιουργήσουν σοβαρά προβλήματα στα φυτά αλλά και το έδαφος, όπως:

- Αύξηση της αλατότητας του εδάφους
- Υποβάθμιση των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων του εδάφους, λόγω μεταβολής της δομής, της διηθητικότητας και της περατότητάς του
- Προσθήκη διαφόρων τοξικών στοιχείων επιβαρύνοντας το έδαφος και τα φυτά

Με βάση τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων του αρδευτικού νερού, επιτυγχάνεται η ποιοτική κατάταξη του αρδευτικού νερού και διερευνάται η επίδραση του νερού στο έδαφος και ακολούθως στην καλλιέργεια.

Η ποιοτική κατάταξη του νερού άρδευσης καθορίζεται από το πως το νερό άρδευσης σχετίζεται με κάποια προβλήματα που θα δημιουργήσει κατά την άρδευση ενός αγρού. Παρακάτω αναφέρονται ορισμένα πιθανά προβλήματα από χρήση «κακής» ποιότητας νερού:

- Η χρήση νερού με υψηλή αγωγιμότητα ή υψηλά συνολικά διαλυμένα άλατα (TDS) μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της αλατότητας του εδάφους.
- Η χρήση νερού με υψηλή συγκέντρωση νατρίου ή μεγάλη τιμή SAR μπορεί να προκαλέσει μείωση της περατότητας του εδάφους, πολύ δε περισσότερο σε μεσαία και βαριά εδάφη. Η περατότητα του εδάφους εκφράζει την ευκολία απορρόφησης και διείσδυσης του νερού προς τα βαθύτερα στρώματα εδάφους. Η μείωση της περατότητας επιφέρει ελλιπή εφοδιασμό των φυτών με νερό και θρεπτικά συστατικά.
- Η χρήση νερού με υψηλή συγκέντρωση ανθρακικών και διττανθρακικών ιόντων, μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση του SAR του εδάφους και επομένως στην αύξηση του κινδύνου νατρίωσης του εδάφους.

Η ποιοτική κατάταξη του νερού άρδευσης γίνεται με σύγκριση των τιμών των παραμέτρων ανάλυσης του νερού με ανάλογες τιμές που περιέχονται σε πίνακες κριτηρίων αξιολόγησης της ποιότητας του αρδευτικού νερού. Με την πάροδο των χρόνων και την βελτίωση της επιστημονικής γνώσης, δημιουργήθηκαν διάφοροι πίνακες κριτηρίων κατάταξης με μεθοδολογίες που προτάθηκαν από διάφορους ερευνητές και κρατικούς φορείς, όπως:

Μέθοδος Εργαστηρίου Αλατότητας των ΗΠΑ (U.S. Salinity Laboratory, 1954), Μέθοδος Christiansen –Olsen (1977), Μέθοδος Ayers (1977), Μέθοδος Doneen (1954). (Τσαφαρίδου κ.ά.),

Κατά καιρούς έχουν προταθεί πολλές κατατάξεις των αρδευτικών νερών ως προς τους κινδύνους που μπορεί να επιφέρουν στο έδαφος και τα φυτά, με αποτέλεσμα την επίπτωση στην παραγωγή, όπως αυτές που ανέφερα παραπάνω. Τα κριτήρια αξιολόγησης των αρδευτικών νερών που είναι τα πλέον πρόσφατα και διεθνώς αποδεκτά και περιεκτικά είναι αυτά των Ayers and Westcot (1985), όπου τα νερά κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες κινδύνου ανάλογα με:

- την ηλεκτρική αγωγιμότητα

Πίνακας 6-1 Κριτήρια αξιολόγησης της καταλληλότητας των νερών για άρδευση των καλλιεργειών

Ενδεχόμενο αρδευτικό πρόβλημα	Μονάδες	Βαθμός περιορισμού στη χρήση		
		Κανένας	Μικρός έως μέτριος	Μεγάλος
<p>Αλατότητα (επιρεάζει τη διαθεσιμότητα του νερού στο έδαφος) $EC_{w\text{ στους } 25\text{ }^{\circ}\text{C}}$</p> <p>Διηθητικότητα (επιρεάζει το ρυθμό διήθησης του νερού στο έδαφος και εκτιμάται από το συνδυασμό των SAR, και EC_w)</p> <p>SAR = 0-3 και EC_w</p> <p>3-6</p> <p>6-12</p> <p>12-20</p> <p>20-40</p>	dS/m	<0.7	0.7-3.0	>3.0
		>0.7	0.7-0.2	<0.2
		>1.2	1.2-0.3	<0.3
		>1.9	1.9-0.5	<0.5
		>2.9	2.9-1.3	<1.3
		>5.0	5.0-2.9	<2.9
<p>Τοξικότητα ιόντων (Επιρεάζει τα ευαίσθητα φυτά)</p> <p>Νάτριο (Na)</p> <p>Επιφανειακή άρδευση (προσρόφηση διά των ριζών) SAR:</p> <p>Άρδευση με καταιονισμό (προσρόφηση διά των φύλλων)</p> <p>Χλώριο (Cl)</p> <p>Επιφανειακή άρδευση (προσρόφηση διά των ριζών)</p> <p>Άρδευση με καταιονισμό (προσρόφηση δια των φύλλων)</p> <p>Βόριο (B)</p>	mg/l	<3	3-9	>9
	meq/l	<3	>3	
	mg/l	<69	>69	
	meq/l	<4	4-10	>10
	mg/l	<142	142-355	>355
	meq/l	<3	>3	
	mg/l	<106	>106	
	mg/l	<0.7	0.7-3.0	>3.0
<p>Διάφορες επιδράσεις (επιρεάζει τα ευπαθή φυτά)</p> <p>Άζωτο (Ολικό-N)</p> <p>Όξινα Ανθρακικά (HCO_3)</p> <p>(μόνο για την άρδευση με καταιονισμό)</p> <p>Υπολεπματικό χλώριο</p> <p>PH</p>	mg/l	< 5	5-30	>30
	meq/l	< 1.5	1.5-8.5	>8.5
	mg/l	< 90	90 - 520	>520
	mg/l	< 1.0	1,0 - 5,0	>5,0
		Σύνηθες εύρος 6.5-8.5		

Πηγή: Ayers and Westcot (1985)

- τη συνδυαστική δράση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και του λόγου προσρόφησης του νατρίου (SAR) στη διηθητικότητα του εδάφους
- τις επιδράσεις διαφόρων παραγόντων,
- την τοξικότητα διαφόρων στοιχείων

Η καταλληλότητα των νερών άρδευσης για χρήση τους στη γεωργία αξιολογείται, \με τα ανωτέρω αναφερθέντα κριτήρια καθώς και με άλλα διεθνή κριτήρια που παρατίθενται στη συνέχεια.

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που προσδιορίζουν την καταλληλότητα των νερών είναι οι ποσότητες διαλυμένων αλάτων, οι οποίες περιέχονται στο νερό.

Τα στραγγιστικά νερά εμφανίζουν υψηλές τιμές αλατότητας από τα συμβατικά νερά. Αυτό, συχνά και ανάλογα με την περιεκτικότητά τους, δημιουργεί προβλήματα στο έδαφος και ακολούθως στις καλλιέργειες. Με το συνολικό ποσό και με το είδος των αλάτων αλλά και πιθανώς με την εν περίσσεια ύπαρξη κάποιου στοιχείου, σχετίζονται αυτά τα προβλήματα

Οι περιορισμοί που τίθενται στον Πίνακα 6.1 δεν είναι απόλυτοι, καθώς στη φύση δεν υπάρχουν σαφείς διαχωριστικές γραμμές. Έτσι, διαφορές της τάξεως του 10-20% πάνω - κάτω από αυτές των οδηγιών μπορεί να έχουν μικρή σημασία σε σχέση με άλλους παράγοντες που επηρεάζουν τις καλλιέργειες. Νερό της κατηγορίας «κανένας περιορισμός στη χρήση του» δείχνει ότι η απόδοση της καλλιέργειας θα είναι πλήρης. Αντίθετα, αν το νερό κατατάσσεται στην κατηγορία στην οποία τίθενται μεγάλοι περιορισμοί στη χρήση του, τότε θα προκύψουν προβλήματα με το έδαφος αλλά και με την καλλιέργεια και θα έχουμε μειωμένη παραγωγή λόγω της χρήσης του υποβαθμισμένου νερού. Μεγάλος βαθμός περιορισμού σημαίνει ότι για να αποφευχθούν δυσμενείς επιπτώσεις στο έδαφος, στην καλλιέργεια και στον άνθρωπο από τη χρήση του νερού αυτού, είναι απαραίτητες ειδικές πρακτικές διαχείρισης του συστήματος έδαφος-νερό-φυτό.

Ακολουθεί μία σύντομη και συνάμα περιεκτική ανάλυση των παραμέτρων που λαμβάνει υπόψη της η αξιολόγηση του νερού σύμφωνα με τους Ayers and Westcot (1985), όπως είναι η αλατότητα, η διηθητικότητα, τα ιχνοστοιχεία και η τοξικότητα τους, διάφορες άλλες επιδράσεις όπως το PH του αρδευτικού νερού

6.2 ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ

Η αλατότητα, που υπολογίζεται με την μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (Electrical Conductivity of water- EC_w), είναι μία από τις πιο σημαντικές παραμέτρους για να αποφανθούμε περί της καταλληλότητας ενός αρδευτικού νερού. Συνδέεται άμεσα με τη συνολική συγκέντρωση των αλάτων στο νερό και με τα πιθανά προβλήματα που προκαλούν τα άλατα του νερού άρδευσης στα εδάφη και στα φυτά. Οι ζημιές που παρουσιάζουν τα φυτά, εξ αιτίας του συνολικού ποσού των διαλελυμένων αλάτων στο νερό αλλά και από συγκεκριμένα ιόντα, συνδέονται ευθέως με την αυξημένη αλατότητα.

Τα άλατα που υπάρχουν στο αρδευτικό νερό συσσωρεύονται στο έδαφος με τις αρδεύσεις και τα προβλήματα εμφανίζονται όταν οι συγκεντρώσεις τους ξεπεράσουν κάποια όρια και φθάσουν σε επίπεδα που είναι βλαπτικές για το έδαφος ή τα φυτά. Η ταχύτητα συσσώρευσης των αλάτων εξαρτάται από:

1. την συχνότητα άρδευσης και
2. το ρυθμό απομάκρυνσης τους με την έκπλυση.

Για να μην αυξάνεται η αλατότητα του εδάφους θα πρέπει η ποσότητα των αλάτων που εισρέει στο έδαφος με την άρδευση σε μία χρονική περίοδο πρέπει να είναι ίση με την ποσότητα που απομακρύνεται κατά την ίδια περίοδο μέσω της έκπλυσης. Τα περισσότερα άλατα είναι διαλυτά και μετακινούνται εύκολα με το εφαρμοζόμενο νερό. Η έκπλυση επιτυγχάνεται με την εφαρμογή περισσότερου νερού από αυτό που μπορεί να συγκρατήσει το έδαφος και να καταναλώσουν τα φυτά. Το παραπανήσιο νερό ρέει προς τα κάτω λόγω της βαρύτητας και απομακρύνεται από το χώρο των ριζών. Απαραίτητη είναι η καλή έως άριστη στράγγιση του εδάφους, για να είναι δυνατή η συνεχής ροή του νερού από τη ζώνη του ριζοστρώματος προς τα κάτω.

Επίσης το είδος των επιμέρους ιόντων επηρεάζει την καταλληλότητα του νερού άρδευσης εκτός από την συνολική συγκέντρωση των υδροδιαλυτών αλάτων (Πανώρας και Ηλίας 1999).

6.2.1 Χαρακτηριστικά των αλατούχων εδαφών

Αλατούχα θεωρούμε τα εδάφη τα οποία περιέχουν αρκετά υδατοδιαλυτά άλατα που επηρεάζουν την ανάπτυξη και την παραγωγή των περισσότερων καλλιεργειών. Αλατούχα θεωρούνται τα εδάφη τα οποία έχουν ηλεκτρική αγωγιμότητα στο νερό

κορεσμού (EC_e) ίση ή μεγαλύτερη από 2 mS/cm και ποσοστό εναλλακτικού νατρίου (Na) μικρότερο από 15% ($ESP < 15$) (Μισοπολινός, 1991).

Το pH των αλατούχων εδαφών κυμαίνεται σε μεγάλο εύρος. Συνήθως όμως είναι αλκαλικό (Marschner, 1995). Τα εδάφη αυτά κατά κύριο λόγο περιέχουν χλωριούχα και θειικά άλατα ασβεστίου, νατρίου και μαγνησίου, εκ των οποίων τα πιο επιβλαβή είναι τα άλατα του νατρίου. Το νάτριο επιδρά δυσμενώς στη δομή του εδάφους (θρόμβωση - διόγκωση - διαμερισμός της αργίλου), με αποτέλεσμα ο αερισμός του εδάφους να μειώνεται και η αύξηση των καλλιεργούμενων φυτών να περιορίζεται. (Θεριός, 1996).

6.2.2 Η ποιότητα του νερού άρδευσης ως παράγοντας αλατότητας

Η ποιότητα ενός αρδευτικού νερού καθορίζεται από το ποσό και το είδος των αλάτων που περιέχει (Μισοπολινός, 1991). Η χρησιμοποίηση νερού με υψηλή συγκέντρωση αλάτων, είτε ευδιάλυτων είτε δυσδιάλυτων, έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία αλατούχων εδαφών, όταν η αποστράγγιση και η έκπλυση του εδάφους δεν είναι επαρκής και όταν η ρυθμιστική ικανότητα του είναι χαμηλή. Για να χαρακτηρίζεται ως καλής ποιότητας το αρδευτικό νερό πρέπει να έχει ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) κάτω από 2 mS/cm (Marschner, 1995).

Η ποιότητα του νερού άρδευσης καθορίζεται από τα παρακάτω κύρια χαρακτηριστικά :

- η συγκέντρωση των υδατοδιαλυτών αλάτων
- η συγκέντρωση Na και ο λόγος Na^+ / Ca^{2+} (SAR)
- η συγκέντρωση όξινου ανθρακικού ιοντος (HCO^3) και
- η συγκέντρωση βορίου (B).

Τα συνήθη άλατα στα νερά άρδευσης είναι με τη σειρά τοξικότητας: $NaCO_3 > MgSO_4 > MgCl_2 > Na_2SO_4 > NaCl > CaCl_2$ (Θεριός, 1996).

6.2.3 Αντοχή των καλλιεργούμενων φυτών στην αλατότητα

Τα φυτά εμφανίζουν διαφορετική αντίδραση στην αλατότητα. Ορισμένα έχουν αρκετά καλή απόδοση σε αλατούχα εδάφη από ότι κάποια άλλα, ενώ υπάρχουν και αυτά που δεν μπορούν να επιβιώσουν καν κάτω από τις ίδιες συνθήκες αλατότητας

Κατά τον Marschner (1995) τα είδη των φυτών κατατάσσονται σε τέσσερις ομάδες σύμφωνα με την αντίδραση τους στην αλατότητα. Τα φυτά της ομάδας (I), τα αλόφυτα, παρουσιάζουν καλή ανάπτυξη σε σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις χλωριούχου νατρίου (NaCl) ((π.χ. κρίταμο). Στη δεύτερη ομάδα (II) ανήκουν τα φυτά που εμφανίζουν

ελαφρά προαγωγή της αύξησης, σε σημαντικές συγκεντρώσεις αλάτων. Ο μεγαλύτερος αριθμός των φυτών κατατάσσονται στην ομάδα (III), που χαρακτηρίζονται ως γλυκόφυτα, και εμφανίζουν μικρή αντοχή στην αλατότητα. Και στην τέταρτη ομάδα (IV) ανήκουν εκείνα που εμφανίζουν μηδενική αντοχή στην συγκέντρωση αλάτων

6.2.4. Χαρακτηριστικά αλατότητας

Από τον πίνακα 6.1, βλέπουμε ότι για αρδευτικά νερά με ηλεκτρική αγωγιμότητα μικρότερη από 0.7 dS/m, δεν περιμένουμε να εμφανιστεί πρόβλημα αλατότητας και επομένως δεν είναι απαραίτητη καμιά άλλη μέριμνα διαχείρισης. Για αρδευτικά νερά ηλεκτρικής αγωγιμότητας 0.7-3.0 dS/m θα πρέπει να πάρουμε μέτρα διόρθωσης του αρδευτικού νερού, ώστε να μην προκύψει μείωση της παραγωγής. Όταν η ηλεκτρική αγωγιμότητα γίνει μεγαλύτερη από 3 dS/m, χρειάζονται εξειδικευμένες πρακτικές για να ελεγχθεί η αλατότητα. Ορισμένες πρακτικές που συνήθως να εφαρμόζονται όταν αρδεύουμε με νερά υψηλής αλατότητας είναι:

- η επιλογή καλλιεργειών ανθεκτικών στα άλατα, (π.χ. βαμβάκι, ζαχαρότευτλα),
- η αύξηση συχνότητας άρδευσης με μικρές δόσεις νερού κάθε φορά.
- η αύξηση του κλάσματος έκπλυσης και η άρδευση στη διάρκεια της νύχτας.

Πίνακας 6-2 Προβλεπόμενη μείωση της παραγωγής σε σχέση με την αλατότητα του αρδευτικού νερού (EC_w) και του εδάφους (EC_e) για τις καλλιέργειες που έχουμε στην υπό μελέτη περιοχή (Άγιος Αθανάσιος)

Καλλιέργειες	0%		10%		25%		50%		100%	
	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w	EC _e	EC _w
Βαμβάκι	7,7	5,1	9,6	6,4	13,0	8,4	17,0	12,0	27,0	18,0
Ζαχαρότευτλα	7,0	4,7	8,7	5,8	11,0	7,5	15,0	10,0	24,0	16,0
Ρύζι	3,0	2,0	3,8	2,6	5,1	3,4	7,2	4,8	11,0	7,6
Καλαμπόκι	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10,0	6,7
Τομάτα	2,5	1,7	3,5	2,3	5,0	3,4	7,6	5,0	13,0	8,4
Μηδική	2,0	1,3	3,4	2,2	5,4	3,6	8,8	5,9	16,0	10,0

Mass and Haffman (1977), Mass (1990)

Η ανθεκτικότητα των φυτών στα άλατα καθώς και η προβλεπόμενη μείωση της παραγωγής τους σε σχέση με την αλατότητα του εδάφους (EC_e) και την αλατότητα του αρδευτικού νερού (EC_w) φαίνονται στον Πίνακα 6.2 (στον πίνακα συμπεριλάβαμε μόνο τις καλλιέργειες που μας ενδιαφέρουν).

Σε χωράφια με κακή στράγγιση, η υπόγεια στάθμη βρίσκεται ψηλά και συμβάλλει αρκετά στη συγκέντρωση αλάτων στο έδαφος (υπόγεια στάθμη σε βάθος μικρότερο από 1 έως 2 m). Στα εδάφη με υψηλή υπόγεια στάθμη, το νερό ανέρχεται με τριχοειδή φαινόμενα και εφοδιάζει συνεχώς το ριζόστρωμα με άλατα. Το νερό διαπνέεται από το φυτό ή εξατμίζεται από την επιφάνεια του εδάφους, αλλά όχι τα άλατα που μένουν και συσσωρεύονται στο έδαφος. Ο ρυθμός αύξησης της αλατότητας του εδάφους εξαρτάται:

- από τη μέθοδο άρδευσης,
- τη συγκέντρωση των αλάτων στο νερό,
- το βάθος της υπόγειας στάθμης,
- τον τύπο του εδάφους και
- το κλίμα. (Ayers and Westcot 1985)

6.3 ΔΙΗΘΗΤΙΚΟΤΗΤΑ

Διηθητικότητα λέμε την ευκολία με την οποία το νερό εισχωρεί και διεισδύει μέσα στο έδαφος. Η διηθητικότητα καθορίζει το πόσο νερό μπορεί να εισχωρήσει και να αποθηκευτεί μέσα στο έδαφος. Λόγω βαρύτητας κατεβαίνει όλο και βαθύτερα και απομακρύνεται από τη περιοχή του ριζοστρώματος. (Μουσιάδης 2009). Το αποτέλεσμα είναι η μειωμένη προμήθεια νερού στα φυτά, όπως ακριβώς με εκείνη της αλατότητας αλλά ο λόγος είναι διαφορετικός. Το πρόβλημα της μειωμένης διηθητικότητας του νερού είναι η μείωση της ποσότητας του νερού που θα αποθηκευθεί στο έδαφος για μελλοντική χρήση από τα φυτά, ενώ της υψηλής αλατότητας η μείωση της ποσότητας του νερού που προσλαμβάνουν τα φυτά από αυτό που είναι αποθηκευμένο στο έδαφος. Διηθητικότητα έως 3 mm/h θεωρείται μικρή, ενώ μεγαλύτερη από 12 mm/h θεωρείται σχετικά μεγάλη. Η διηθητικότητα μπορεί να επηρεαστεί από πολλούς παράγοντες εκτός από την ποιότητα του νερού άρδευσης, όπως:

- η δομή και υφή του εδάφους,
- ο βαθμός συμπίεσης του εδάφους και
- το ποσοστό της οργανικής ουσίας που βρίσκεται στο έδαφος

- Την κάλυψη του εδάφους από πυκνή βλάστηση ή από στρώσεις φυτικών υπολειμμάτων (Παπαζαφειρίου 1999)

Τα άλατα του νατρίου στο νερό άρδευσης, εκτός από τις άμεσες δυσμενείς επιδράσεις στα φυτά, επιδρούν και στην εδαφική δομή μειώνοντας το ρυθμό με τον οποίο το νερό διεισδύει στο έδαφος καθώς επίσης και στον αερισμό του εδάφους. Εάν η διηθητικότητα μειωθεί δραματικά, μπορεί να γίνει αδύνατη η εφαρμογή της απαραίτητης ποσότητας νερού για την καλή ανάπτυξη των φυτών. Συνακόλουθο της καταστροφής της εδαφικής δομής είναι το επιφανειακό λίμνασμα του νερού, η δημιουργία κρούστας, η υπερβολική ανάπτυξη ζιζανίων και η έλλειψη επαρκούς αερισμού του εδάφους.

Τα προβλήματα διηθητικότητας εστιάζονται συνήθως σε ένα μικρό στρώμα του επιφανειακού εδάφους και σχετίζονται κυρίως:

- με υψηλή περιεκτικότητα νατρίου
- ή πολύ χαμηλή περιεκτικότητα ασβεστίου στο στρώμα αυτό
- ή στο εφαρμοζόμενο νερό.

Τα προβλήματα έλλειψης ασβεστίου δημιουργούνται από άρδευση με αρδευτικά νερά πολύ μικρής αλατότητας, τα οποία διαλύουν, ξεπλένουν και απομακρύνουν το ασβέστιο του εδάφους ή με αρδευτικά νερά πολύ μεγάλης περιεκτικότητας σε νάτριο, που προκαλούν μεγάλη συσσώρευση νατρίου στο έδαφος σε σχέση με το ασβέστιο. Νερά με υψηλή αλατότητα αυξάνουν τη διηθητικότητα και μερικώς αντισταθμίζουν τα προβλήματα που προκαλεί το αυξημένο SAR. Για δεδομένο SAR, η διηθητικότητα αυξάνει με την αύξηση της αλατότητας του νερού άρδευσης και μειώνεται με τη μείωση της αλατότητας του. Για τον λόγο αυτό SAR και η EC_w πρέπει να λαμβάνονται υπόψη συνδυασμένα για την εκτίμηση των προβλημάτων διηθητικότητας.

Το SAR υπολογίζεται από την σχέση
$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

Όπου οι συγκεντρώσεις των ιόντων εκφράζονται σε meq/l

Μεγάλη ποσότητα νατρίου στο νερό άρδευσης συμβάλλει στην εδαφική διασπορά και την καταστροφή των εδαφικών συσσωματωμάτων μόνο όταν η σχέση του νατρίου με το ασβέστιο (ή ασβέστιο και μαγνήσιο) είναι μεγαλύτερη από 3:1. Τότε έχουμε μεγάλα προβλήματα διηθητικότητας από διασπορά της αργίλου και κλείσιμο των εδαφικών πόρων. Το ίδιο συμβαίνει και με το νερό μικρής ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Στις περισσότερες περιπτώσεις το πρόβλημα της διηθητικότητας παρουσιάζεται επιφανειακά (λίγα εκατοστά του εδάφους), αλλά κάποτε συμβαίνει και σε βαθύτερα στρώματα του εδάφους. (Πανώρας και Ηλίας 1999).

6.4 ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΙΟΝΤΩΝ

Ορισμένα ιόντα που προσλαμβάνονται από τα φυτά, ακόμη και σε μικροποσότητες, επιδρούν τοξικά σε αυτά, με αποτέλεσμα την πρόκληση ζημιών και καχεκτικής ανάπτυξης στα φυτά και τη μείωση της παραγωγής. Ποιο πολύ προσοχή πρέπει να δίνεται στα ιόντα νάτριο, χλώριο και βόριο.

Είναι πολύ δύσκολο στις περισσότερες περιπτώσεις να περιοριστεί η τοξική δράση ορισμένων ιόντων στις ευαίσθητες καλλιέργειες, χωρίς να αλλάξουμε με κάποιο τρόπο το νερό άρδευσης. Τα συμπτώματα εμφανίζονται όταν οι συγκεντρώσεις είναι αρκετά υψηλές, ενώ το πρόβλημα γίνεται εντονότερο στα θερμά κλίματα.

6.4.1 Νάτριο

Δεν είναι εύκολο να πιστοποιήσουμε τη τοξική δράση του νατρίου. Συμπτώματα τοξικότητας από νάτριο είναι το κάψιμο των φύλλων και ιδίως η ξήρανση και η νέκρωση των ιστών κατά μήκος των εσωτερικών άκρων των φύλλων.

Πίνακας 6-3 Ανθεκτικότητα ορισμένων φυτών στο ESP

Ευαίσθητες (ESP<15)	Ημιανθεκτικές (ESP=15-40)	Ανθεκτικές (ESP>40)
Αβοκάντο	Καρότο	Μηδική (Medicago sativa) *
Φασολιά	Τριφύλλι	Κριθάρι
Βαμβάκι στη βλάστηση*	Φεστούκα	Ζαχαρότευτλα *
Καλαμπόκι *	Μαρούλι	Βαμβάκι *
Μπιζέλι	Τριφύλλι το Αλεξανδρινό	Αγρόπυρο
Γκρέιπφρουτ	Μηδική (Melilotus parviflora)*	
Πορτοκαλιά	Λάχανο	
Ροδακινιά	Βρώμη	
Εσπεριδοειδή	Κρεμμύδι	
Φασολιά	Ραπανάκι	
Φασολιά	Ρύζι *	
Φακή	Σίκαλη	
Αράπικο Φιστίκι	Λόλιο	
Κτηνοτροφικό Μπιζέλι	Σόργο	
	Σπανάκι	
	Τομάτα *	

Ayers & Westcot (1985).

***με bord σημειωμένες οι καλλιέργειες της περιοχής**

Συμπτώματα τοξικότητας νατρίου εμφανίζονται στα φύλλα των φυτών, όταν η συγκέντρωση ανέρχεται σε 0,25 - 0,5 % της ξηράς ουσίας των φύλλων.

Στον Πίνακα 6.1 χρησιμοποιείται η τιμή του SAR, για να δειχθεί η πιθανότητα κινδύνου τοξικής δράσης του νατρίου, όταν το νερό εφαρμόζεται με επιφανειακές μεθόδους άρδευσης και καταιονισμό. Στον Πίνακα 6.3 φαίνεται η ανθεκτικότητα ορισμένων φυτών στο ποσοστό εναλλακτικού νατρίου του εδάφους (ESP).

$$ESP = \frac{Na^+}{Na^+ + K^+ + Mg^{2+} + Ca^{2+}}$$

Σύμφωνα με το Μισοπολινό (1991) οι συνέπιες από τη συγκέντρωση Na^+ στο νερό άρδευσης μπορεί να είναι καμία, μέση ή μεγάλη όπως φαίνεται στον πίνακα 6.4 ανάλογα με την συγκέντρωση Na^+ μετρούμενης σε meq/l.

Πίνακας 6-4 Συνέπιες στις καλλιέργειες από τη συγκέντρωση Na^+ στο νερό άρδευσης

	Καμία	μέση	μεγάλη
Επιφανειακή άρδευση	<3 meq/l	3-9 meq/l	>9 meq/l
Με καταιονισμό	<3 meq/l	>3 meq/l	

Μισοπολινός (1991)

6.4.2 Χλώριο

Η τοξικότητα του χλωρίου εμφανίζεται στα φύλλα των φυτών υπό μορφή καψίματος ή ξήρανσης των ιστών. Πρώτα- πρώτα προσβάλλονται οι κορυφές των φύλλων, σύμπτωμα χαρακτηριστικό της τοξικότητας του χλωρίου. Εκτεταμένες νεκρώσεις φύλλων οδηγεί σε έντονη πτώση τους που μπορεί να φθάσει και στην ολοσχερή φυλόπτωση. Στα ευαίσθητα φυτά, τα συμπτώματα της τοξικότητας παρουσιάζονται όταν η συγκέντρωση του χλωρίου στα φύλλα φθάσει στο 0,3-1,0 % της ξηράς ουσίας τους. Η πρόσληψη του χλωρίου από τα φυτά εξαρτάται όχι μόνο από την συγκέντρωσή του στο νερό άρδευσης αλλά και από τη συγκέντρωσή του στο έδαφος. Επίσης, εξαρτάται από τις συνθήκες στράγγισης του χωραφιού και από το είδος του φυτού, δηλαδή από την ικανότητα του να αποκλείει το χλώριο κατά την πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος μέσω των ριζών του. (Ασημακόπουλος κ.α. 2009).

6.4.3 Βόριο

Η τοξικότητα στα φυτά του βορίου οφείλεται κυρίως στη χρήση νερών που έχουν υψηλές

συγκεντρώσεις. Αν και το βόριο σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις είναι απαραίτητο για την σωστή και καλή ανάπτυξη των φυτών, εντούτοις συγκεντρώσεις βορίου μεγαλύτερες από 3 ppm επηρεάζουν αρνητικά τις περισσότερες καλλιέργειες. Ορισμένες όμως φορές δεν παρουσιάζεται πρόβλημα στα φυτά, ακόμη και σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 3 ppm. Αυτό σχετίζεται με την περιεκτικότητα του εδάφους σε άργιλο, ανθρακικό ασβέστιο καθώς και ΡΗ του εδάφους (Μισοπολινός, 1991).

Τα συμπτώματα τοξικότητας στα φύλλα εμφανίζονται όταν η συγκέντρωση του βορίου ξεπεράσει τα 250-300 mg/Kg ξηράς ουσίας φύλλων.

Στον Πίνακα 6.5 παρουσιάζεται η ανθεκτικότητα αγροτικών φυτών στο βόριο

Πίνακας 6-5 Ανθεκτικότητα αγροτικών καλλιεργειών στο βόριο*

Αγροτικές καλλιέργειες	
Πολύ ευαίσθητες (<0.5 mg/l.) Λεμονιά Βατόμουρο	Μέτρια ευαίσθητες (1.0 – 2.0 mg/l.) Πιπεριά κόκκινη Μπιζέλι Καρότο Ραπανάκι Πατάτα Αγγούρι Μέτρια ανθεκτικές (2.0 - 4.0 mg/l) Μαρούλι Μάππα Σέλινο Γογγύλι - κράμβη η ράπυς Γρασίδι Κεντάκι Βρώμη Καλαμπόκι Αγκινάρα Καπνός Σινάπι Μελίλωτος Κολοκυθάκια Αρωματικό πεπόνι
Ευαίσθητες (0.5 - 0.75 mg/l.) Αβοκάντο Γκρέιπφρουτ Πορτοκαλιά Βερυκοκιά Ροδακινιά Κερασιά Δαμασκηινιά Διόσπυρος Συκιά Αμπέλι Καρδιά Ελαιοκάρυο Βίγκνα Κρεμμύδι	Ανθεκτικές (4.0 - 6.0 mg/l) Σόργο Τομάτα Μηδική Βίκος Μαϊντανός Κοκκινογούλια Ζαχαρότευτλα
Ευαίσθητα (0.75 - 1.0 mg/l) Σκόρδο Γλυκοπατάτα Σιτάρι Κριθάρι Ηλίανθος Φασολιά Σουσάμι Λούπινο Φραουλιά Αγκινάρα Φασολιά Φασολιά Αράπικο Φυστίκι	Πολύ ανθεκτικές (6.0 - 15.0 mg/l) Βαμβάκι Σπαράγγι

Maas (1990)

* Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις στο εδαφικό νερό χωρίς να παρατηρείται μείωση της παραγωγής. Η ανθεκτικότητα στο βόριο ποικίλει ανάλογα με τις κλιματικές και εδαφικές συνθήκες καθώς επίσης και με τις καλλιεργούμενες ποικιλίες. Οι μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις βορίου στο αρδευτικό νερό είναι περίπου ίσες ή λίγο μικρότερες από εκείνες του εδαφικού νερού.

6.5 ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΑ

Στο αρδευτικό νερό και στο έδαφος, υπάρχουν διάφορα στοιχεία που βρίσκονται είτε σε αρκετά μεγάλες συγκεντρώσεις (μακροστοιχεία) είτε σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις, μικρότερες από μερικά mg/l, με συνηθέστερες τιμές μικρότερες από 100 μg/l (ιχνοστοιχεία). Μερικά από αυτά αν και είναι πολύ σημαντικά για την ανάπτυξη των φυτών

Πίνακας 6-6 Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων σε νερά που χρησιμοποιούνται συνεχώς ή για χρονικό διάστημα μικρότερο από 20 χρόνια

Συστατικό	Επιτρεπόμενη συγκέντρωση (mg/l)	
	Σε νερά που χρησιμοποιούνται συνεχώς για όλα τα εδάφη	Σε νερά που χρησιμοποιούνται το πολύ 20 χρόνια και σε εδάφη λεπτόκοκκης υφής με PH 6.0- 8.5
Αλουμίνιο (Al)	5	20
Αρσενικό (As)	0.1	2
Βηρύλλιο (Be)	0.1	0.5
Βόριο (B)	0.75	2
Κάδμιο (Cd)	0.01	0.05
Χρώμιο (Cr)	0.1	1
Κοβάλτιο (Co)	0.05	5
Χαλκός (Cu)	0.2	5
Φθόριο (F)	1	15
Σίδηρος(Fe)	5	20
Μόλυβδος (Pb)	5	0.075
Λίθιο (Li)	2.5	2.5
Μαγγάνιο (Mn)	0.2	10
Μολυβδαίνιο (Mo)	0.01	0.05
Νικέλιο (Ni)	0.2	2
Σελήνιο (Se)	0.02	0.05
Βανάδιο (V)	0.1	1
Ψευδάργυρος	2	10

Ayers & Westcot (1985)

σε μικρές συγκεντρώσεις, γίνονται τοξικά με την αύξηση των συγκεντρώσεων τους, όπως για παράδειγμα το βόριο που είδαμε πάρα πάνω.

Οι συνιστώμενες μέγιστες συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων για αρδευτικά νερά που εφαρμόζουμε συνεχώς στην άρδευση του ίδιου αγρού δίνονται στον Πίνακα 6.6. Όταν η άρδευση γίνεται για χρονικό διάστημα μικρότερο της εικοσαετίας, σε εδάφη λεπτόκοκκης υφής, με PH μεταξύ 6.0-8.5, υπάρχει η δυνατότητα να ξεπεραστούν είτε τα όρια συγκεντρώσεων των ιχνοστοιχείων (Πίνακας 6.6) είτε οι δόσεις άρδευσης. Συνιστάται να γίνονται παράλληλα περιοδικοί έλεγχοι και του εδάφους αλλά και του νερού άρδευσης, ώστε να διαπιστώνεται ο ρυθμός συσσώρευσης ιχνοστοιχείων και να σχεδιάζονται οι μελλοντικοί χειρισμοί.

Οι κατευθυντήριες γραμμές που δίνονται στον Πίνακα 6.6 εφαρμόζονται στην άρδευση φυτών τοπίου και εκτατικών καλλιεργειών και βασίζονται στη γενική επιδίωξη να διατηρηθεί η παραγωγικότητα του εδάφους και των καλλιεργειών. Κανένα από τα στοιχεία του Πίνακα 6.6 δεν προκαλεί τοξικότητες, εφόσον τηρούνται τα αναγραφόμενα όρια συγκέντρωσης. Επομένως, τα νερά πρέπει να θεωρούνται ότι είναι ασφαλή για συνεχή άρδευση, για όλες τις καλλιέργειες και όλους τους εδαφικούς τύπους, όταν δεν υπερβαίνουμε τις συγκεντρώσεις αυτές. Τα περισσότερα ιχνοστοιχεία συνδέονται στενά με τα εδαφικά τεμάχια και συσσωρεύονται με την πάροδο του χρόνου. Επαναλαμβανόμενες, επί χρόνια, αρδεύσεις με νερό που περιέχει κάποια ιχνοστοιχεία σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από αυτές του Πίνακα 6.6 θα αυξήσουν τελικά τη συγκέντρωση αυτών σε επίπεδα που είναι πιθανό να προκαλέσουν προβλήματα φυτοτοξικότητας στις καλλιέργειες που εφαρμόζονται. Συνιστάται, οι τιμές του Πίνακα 6.6 να θεωρούνται ως οι μέγιστες συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων στο νερό που χρησιμοποιείται για μεγάλα χρονικά διαστήματα και με κανονικές δόσεις εφαρμογής του νερού στον αγρό.

6.6 ΔΙΑΦΟΡΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

Με τον όρο διάφορα προβλήματα γίνεται αναφορά στις συγκεντρώσεις NO_3^- και HCO_3^- , στο PH, καθώς επίσης και στον κίνδυνο έμφραξης των συστημάτων άρδευσης με σταγόνες. Τα προβλήματα αυτά, όταν παρουσιάζονται, πρέπει να εκτιμώνται και να αντιμετωπίζονται κατά περίπτωση.

6.7 ΑΖΩΤΟ

Η συνολική ποσότητα αζώτου που περιέχεται στο αρδευτικό νερό και ιδιαίτερα το άζωτο που απαντάται υπό μορφή νιτρικού ιόντος (NO_3^-) είναι πιθανό να δημιουργήσει προβλήματα όταν υπερβαίνει τα όρια του Πίνακα 4.9. Το άζωτο που φθάνει στο έδαφος με το νερό άρδευσης είναι ισοδύναμο με το άζωτο των χημικών λιπασμάτων, αλλά δε ρυθμίζεται εύκολα. Σε κάθε άρδευση μαζί με το νερό εφαρμόζεται και άζωτο που λιπαίνει τα φυτά. Ο τρόπος αυτός λίπανσης είναι ευνοϊκός κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης των φυτών, αλλά δημιουργεί προβλήματα κατά το στάδιο της ωριμότητας. Περίσσεια αζώτου μπορεί να προκαλέσει προβλήματα σε κάποιες καλλιέργειες, όπως αυξημένη βλάστηση, καθυστέρηση στην ωρίμανση του καρπού και υποβάθμιση της ποιότητας του. Σε τέτοιες περιπτώσεις συνιστάται η αλλαγή του νερού άρδευσης με άλλο διαθέσιμο νερό χαμηλής περιεκτικότητας σε άζωτο ή η ανάμειξη του με άλλο αρδευτικό νερό επίσης μικρής περιεκτικότητας σε άζωτο για τη μείωση της συγκέντρωσης του. (Τσακίρης, 2004).

6.8 ΟΞΙΝΑ ΑΝΘΡΑΚΙΚΑ

Τα όξινα ανθρακικά ιόντα (HCO_3^-) έχουν την τάση να ενώνονται με κατιόντα Ca^{++} και Mg^{++} και να σχηματίζουν δυσδιάλυτες ενώσεις με αποτέλεσμα να αυξάνεται η συγκέντρωση των ιόντων Na^+ . Νερό υψηλής περιεκτικότητας σε HCO_3^- μπορεί επίσης να δημιουργήσει πρόβλημα, εφαρμοζόμενο με καταιόνιση προκαλώντας λευκές κηλίδες στα φρούτα ή τα φύλλα της αρδευόμενης καλλιέργειας, ιδίως κάτω από συνθήκες χαμηλής υγρασίας και υψηλής εξάτμισης. (Τσακίρης, 2004).

6.9 ΟΞΥΤΗΤΑ - ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ ΝΕΡΩΝ (PH)

Το PH των νερών άρδευσης συνήθως δεν αποτελεί από μόνο του πρόβλημα. Ωστόσο, τιμές πέρα από τα συνηθισμένα όρια (6.5-8.5) πρέπει να μας βάζουν σε σκέψεις ότι τα νερά είναι υποβαθμισμένης ποιότητας με πιθανή παρουσία τοξικών ιόντων. Τιμές PH εκτός των παραπάνω ορίων πρέπει να αποτελούν προειδοποίηση και να οδηγούν σε περαιτέρω αναλύσεις και εκτιμήσεις για την ποιότητα τους. (Τσακίρης, 2004).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο. : ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΝΕΡΟΥ

7.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το νερό είναι το σημαντικότερο αγαθό της φύσης για τον άνθρωπο. Καλύπτει το 75% του πλανήτη μας και αποτελεί έως και το 90 % του βάρους όλων των ζωντανών οργανισμών. Είναι μια από τις πιο σημαντικές ενώσεις για τη ζωή που υπάρχουν στη Γη, απαραίτητο για κάθε ζωντανό οργανισμό. Συγχρόνως επηρεάζει στη διαμόρφωση του καιρού και αλλάζει, δρώντας με διάφορους τρόπους, μαζί με άλλους παράγοντες την επιφάνεια του πλανήτη με τη διάβρωση.

Σήμερα οι επιστήμονες θεωρούν την έλλειψη νερού ως το πιο σοβαρό και ανησυχητικό πρόβλημα του πλανήτη στη νέα χιλιετία που διανύουμε. Τα αποθέματα γλυκού νερού στον πλανήτη, κυρίως στις περιοχές που ζουν και δραστηριοποιούνται οι περισσότεροι άνθρωποι, δεν είναι αρκετά για να καλύψουν τις ανάγκες για γεωργική, βιομηχανική και οικιακή χρήση της ανθρωπότητας στον 21ο αιώνα. Επομένως γίνεται φανερό ότι θα χρειαστούν ριζοσπαστικά μέτρα προκειμένου να γίνει σωστή διαχείριση των υδάτινων πόρων, με στόχο την επάρκειά του. Οι επόμενοι πόλεμοι πιθανόν θα γίνουν για το νερό και το πρόβλημα θα γίνεται όλο και ποιο έντονο σε συνδυασμό με την αλματώδη πληθυσμιακή ανάπτυξη και την ποικιλοτρόπως μόλυνσή του, αν δεν πάρουμε κάποια μέτρα.

Τις τελευταίες 5 με 6 δεκαετίες, η παγκόσμια κατανάλωση νερού έχει υπερτριπλασιαστεί και σε απάντηση στην αυξανόμενη ζήτηση κατασκευάζουμε περισσότερα και μεγαλύτερα έργα διαχείρισης νερού (π.χ. φράγματα και εκτροπές ποταμών). Ο υπερπληθυσμός και η αστικοποίηση έχουν δημιουργήσει τεράστια προβλήματα, κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες. Η ληστρική και απερίσκεπτη εκμετάλλευση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, καθώς και η εξάντληση των υδροφορέων, είναι σίγουρο ότι θα οδηγήσουν σε μη αντιστρεπτά αποτελέσματα, διαταράσσοντας την παγκόσμια ειρήνη.

Σήμερα το 65 % από το νερό που αντλείται από ποτάμια, λίμνες και υπόγειους υδροφορείς, χρησιμοποιείται στη γεωργία. Ακολουθεί η βιομηχανία με ένα ποσοστό περίπου 25 % που τα τελευταία χρόνια έχει αυξητική τάση και τέλος ένα περίπου 10 % καλύπτει τις οικιακές ανάγκες.

Βλέποντας την συνολική ετήσια βροχόπτωση στη χώρα μας περίπου 828 mm, θα μπορούσαμε να πούμε ότι η Ελλάδα διαθέτει ένα αξιόλογο υδατικό δυναμικό. Ωστόσο,

το ανάγλυφο του εδάφους, η γεωλογική του σύνθεση και οι κλιματολογικές συνθήκες (μεσογειακό κλίμα) μειώνουν σημαντικά τη διαθέσιμη πρακτικά ποσότητα νερού και παρεμποδίζουν την αξιοποίησή της. Λόγω του μεσογειακού κλίματος οι βροχές είναι εστιασμένες τον χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι έχουμε παρατεταμένη ανομβρία πολλές φορές και έξι μήνες. Αυτό το γεγονός επιβάλλει να κατασκευαστούν πολυδάπανα έργα αποθήκευσης του νερού για να υπάρχει για τις καλλιέργειες την περίοδο της ανομβρίας. Επίσης, σοβαρό πρόβλημα δημιουργείται από τη άνιση γεωγραφική κατανομή των βροχοπτώσεων, καθώς το μεγαλύτερο μέρος αυτών σημειώνονται στη Δυτική Ελλάδα. (Λιβαδάς Γ.,1976) Στις ανατολικές πεδινές περιοχές έχουμε μέσο ετήσιο ύψος βροχής 400 με 600 mm , ενώ στις δυτικές πεδινές περιοχές έχουμε μέσο ετήσιο ύψος βροχής 600 με 800 mm και γύρω από τους υψηλούς ορεινούς όγκους 800 με 1200 mm και παραπάνω, όπως φαίνεται και στην εικόνα 7.1 παρακάτω. (Μαριολόπουλος, Καραπιτέρης ,1955).

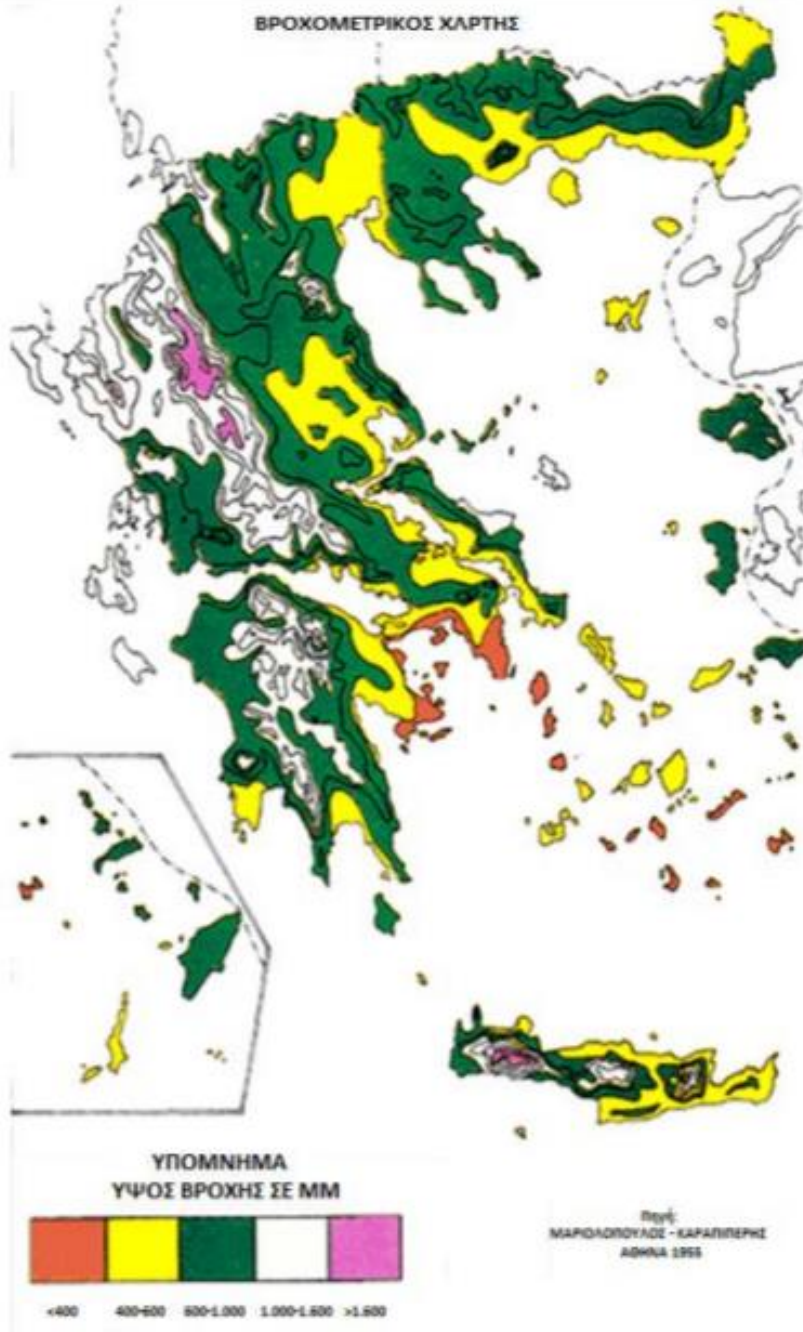
Παλαιότερα είχε αποφασιστεί το μεγαλόπνοο σχέδιο εκτροπής του Αχελώου και μάλιστα είχε προαναγγελθεί από διάφορες κυβερνήσεις και κόμματα στις δεκαετίες του '70, '80 και '90, που θα έφερνε τα νερά του Αχελώου από την δυτική Ελλάδα στην ανατολική Ελλάδα και συγκεκριμένα στον κάμπο της Θεσσαλίας. Όμως η δυσκολία του εγχειρήματος και οι ανησυχίες για αρνητικές οικολογικές επιπτώσεις δεν επέτρεψαν την υλοποίησή του. (Αγγελόπουλος Π.,2017)

Τα ποσοτικά προβλήματα νερού στη χώρα μας οφείλονται στην εξάντληση των υπόγειων υδάτινων αποθεμάτων (με την αλόγιστη υπεράντληση) αλλά και του γεγονότος ότι οι βροχές είναι εντοπισμένες στην περίοδο του χειμώνα και όχι το καλοκαίρι όπου η ανάγκη των καλλιεργειών σε νερό είναι αυξημένη. Η γεωγραφική κατανομή του ετήσιου ύψους βροχής στην Ελλάδα φαίνεται στην εικόνα 7.1

Τα ποσοτικά προβλήματα νερού στη χώρα μας εστιάζονται στην εξάντληση των υπόγειων υδάτινων αποθεμάτων (με την αλόγιστη υπεράντληση) αλλά και του γεγονότος ότι οι βροχές είναι εντοπισμένες στην περίοδο του χειμώνα και όχι το καλοκαίρι όπου η ανάγκη των καλλιεργειών σε νερό είναι αυξημένη.

Μπροστά στον άμεσο κίνδυνο που διαφαίνεται στον ορίζοντα ο άνθρωπος καλείται να πάρει ριζικές αποφάσεις αν θέλει να αλλάξει την παρούσα κατάσταση. Η ανάγκη ανάπτυξης νέων τεχνικών εξοικονόμησης του νερού αποτελεί επιτακτική ανάγκη στις μέρες μας.

Τα τελευταία χρόνια, προς την κατεύθυνση αυτή, κερδίζει συνεχώς έδαφος η ιδέα της ανακύκλωσης του νερού των βιολογικών καθαρισμών κι άλλων υδάτων κατάλληλων προς άρδευση, άμεσα ή έμμεσα μετά από κάποια μικρή ή μεγάλη επεξεργασία. Με τη μέθοδο της ανακύκλωσης του νερού των βιολογικών καθαρισμών τα επεξεργασμένα απόβλητα υφίστανται έναν επί πλέον καθαρισμό και στη συνέχεια χρησιμοποιούνται



Εικόνα 7-1 Η γεωγραφική κατανομή του ετήσιου ύψους βροχής στην Ελλάδα. (Μαριολόπουλος Η., Καραπιπέρης Λ., 1955)

για άρδευση, για τεχνητό εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων και για βιομηχανική χρήση.

Η επαναχρησιμοποίηση του νερού στις παραπάνω δραστηριότητες εφαρμόζεται σε αρκετές περιοχές του κόσμου. Ιδίως σε περιοχές που έχουν μειωμένη επάρκεια γλυκού νερού. Η διαχείριση των λυμάτων εκτός του ότι συμβάλει πολύ στην εξοικονόμηση νερού, συγχρόνως περιορίζει την ρυπαντική επίδραση τους προκαλώντας παράλληλα και οικονομικό όφελος.

Η ευρεία χρήση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και τα πολλαπλά οφέλη, ειδικά στη γεωργία και στη βιομηχανία, καθιστούν την συγκεκριμένη τεχνική της διαχείρισης των υγρών αποβλήτων, ως ένα αξιόλογο υδατικό πόρο. (Angelaki et al., 2002).

Αστικά λύματα, είναι τα υγρά απόβλητα που δημιουργούνται κατά τις διαδικασίες καθαριότητας (χώροι υγιεινής, μαγειρεία, πλυντήρια, κ.λπ.) σε μια κατοικημένη περιοχή (κατοικίες, γραφεία, ιδρύματα, βιομηχανίες, κ.λπ.). Κύριο συστατικό των αστικών λυμάτων είναι το νερό με ορισμένες ξένες προσμίξεις, που το καθιστούν αρχικά ακατάλληλο για διάφορες χρήσεις και επηρεάζουν δυσμενώς τους διάφορους αποδέκτες (Μαρκαντωνάτος, 1990).

7.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

7.2.1 Χαρακτηριστικά των λυμάτων

Η αναγκαιότητα προστασίας του περιβάλλοντος και ανακύκλωσης του νερού δημιούργησε την ανάπτυξη διαφόρων μεθόδων και τεχνικών καθαρισμού των υγρών αποβλήτων, αστικών ή βιομηχανικών, ώστε να χρησιμοποιηθούν ή να τα δεχτεί ο φυσικός αποδέκτης χωρίς να προκαλέσουν αλλοιώσεις στη βιοκοινωνία του και γενικά στο οικοσύστημα. Η κάθε μέθοδος ή το κάθε σύστημα καθαρισμού υγρών αποβλήτων περιλαμβάνει διάφορα στάδια (βαθμίδες) κατεργασίας. Το κάθε ένα στάδιο επεξεργασίας περιλαμβάνει μεθόδους και τεχνικές, οι οποίες καθορίζονται από τη φύση (ποιότητα) των αποβλήτων και από τον ζητούμενο βαθμό καθαρισμού. Τα αστικά απόβλητα, περιέχουν κυρίως ανθρώπινες εκκρίσεις (ούρα, κόπρανα, κά) και νερό. Επίσης σε μικρότερες ποσότητες περιέχουν και άλλα υλικά όπως χαρτί, κουρέλια, φυτικά υπολείμματα (κλαδιά, φύλλα), λίπη, χαλίκια και χώμα προερχόμενα από τους δρόμους της πόλεως. Τα πρόσφατα απόβλητα εμφανίζονται αλκαλικά, θολά με οσμή

μάλλον σαπουνιού ή ελαίου, ενώ αν παραμείνουν για κάποιο χρονικό διάστημα, τότε η μυρωδιά τους είναι δυσάρεστη εξ αιτίας του υδροθείου και άλλων θειούχων ενώσεων που παράγονται και αλλάζει το PH, τείνουν να γίνουν όξινα. Ως προς την χημική τους σύσταση, περιέχουν κυρίως οργανικές ενώσεις αζωτούχες (πρωτεΐνες, αμινοξέα, αμίνες, ουρία, κά), καθώς επίσης σάπωνες, λίπη, υδρογονάνθρακες, κά. Τελικά, για κάθε υγρό απόβλητο επιλέγεται ο πιο κατάλληλος συνδυασμός μεθόδων και τεχνικών, με σκοπό να παραχθούν όσο το δυνατόν φθηνότερα επιθυμητά αποτελέσματα. (Βασιλακιώτης Γ.Σ., 1989)

Σύμφωνα με τους Πανώρα και Ηλία (1999), τα υγρά αστικά απόβλητα αποτελούνται κατά 99% από νερό με σχετικά μικρές ποσότητες αιωρούμενων και διαλυμένων οργανικών και ανόργανων στερεών.

Τα αστικά λύματα περιέχουν επίσης ποικιλία ανόργανων ουσιών από αστικές και βιομηχανικές πηγές, ανάμεσα στις οποίες απαντώνται και τοξικά στοιχεία όπως αρσενικό, κάδμιο, χρώμιο, χαλκός, μόλυβδος, υδράργυρος, ψευδάργυρος κλπ. Ακόμα και αν η συγκέντρωση των τοξικών στοιχείων δεν ενέχει κίνδυνο για τον άνθρωπο, ωστόσο μπορεί να απαντάται σε φυτοτοξικά επίπεδα, που περιορίζουν τη χρήση των λυμάτων για αρδευτικούς σκοπούς.

Παθογόνοι ιοί, βακτήρια, πρωτόζωα και ελμινθοσπόρια, που επιβιώνουν για μεγάλο χρονικό διάστημα στο περιβάλλον, είναι δυνατόν να συναντώνται στα αστικά απόβλητα. Τα παθογόνα βακτήρια βρίσκονται σε μικρότερους πληθυσμούς από τα κολοβακτηρίδια, τα δεύτερα δε, είναι ευκολότερο να εντοπιστούν και να μετρηθούν (σύνολο κολοβακτηρίδιων/100ml αποβλήτου). Η παρουσία του *Escherichia coli* (κολοβακτηρίδιο που ενδημεί στο κατώτερο μέρος του πεπτικού συστήματος του ανθρώπου και των ζώων) αποτελεί την καλύτερη μαρτυρία της μόλυνσης του νερού από ανθρώπινα εκκρίματα και της παρουσίας παθογόνων μικροοργανισμών, μπορεί να αναγνωριστεί, να απομονωθεί και να μετρηθεί σε εντερόκοκκους/100ml αποβλήτων.

Τυπική σύσταση ανεπεξέργαστων υγρών αστικών αποβλήτων, φαίνεται παρακάτω στον πίνακα 7.1

Τα επεξεργασμένα αστικά υγρά απόβλητα αποτελούν πηγή θρεπτικών ουσιών για το έδαφος και γενικότερα για τα φυτά, αφού παρέχουν σε αυτά σημαντικές ποσότητες αζώτου, φωσφόρου, καλίου και άλλων ιχνοστοιχείων. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υπόστρωμα σε καλλιέργειες (Al-Jamal, M.S. et al., 2002).

Σε πολλές περιπτώσεις έχουν χρησιμοποιηθεί για την άρδευση καλλιεργειών, δασών, πάρκων αναψυχής, γηπέδων γκολφ, κ.ά. όπως στην περίπτωση των δυτικών Ηνωμένων Πολιτειών, που χρησιμοποιήθηκαν δημοτικά υγρά απόβλητα για το σκοπό αυτό.

Πίνακας 7-1. Τυπική σύσταση ανεπεξέργαστων υγρών αστικών αποβλήτων.

<u>Συστατικά</u>	<u>Όρια συγκέντρωσης</u>			<u>Μέσες τιμές Η.Π.Α.</u>
	Μεγάλη	Μέση	Μικρή	
Ολικά στερεά (mg/l)	1200	720	350	-
Διαλυμένα (mg/l)	850	500	250	-
Διαιρούμενα (mg/l)	350	220	100	192.0
Καθιζάνοντα στερεά (ml/l)	20	10	5	-
Βιοχημική απαίτηση οξυγόνου (B.O.D., (mg/l), 20°C)	400	220	110	181.0
Ολικός οργανικός άνθρακας (T.O.C., (mg/l))	290	160	80	102.0
Χημική απαίτηση οξυγόνου (C.O.D., (mg/l))	1000	500	250	417.0
Αζωτο ολικό (ως N, (mg/l))	85	40	20	34.0
Οργ.-N (mg/l)	35	15	8	13.0
NH ₄ -N (mg/l)	50	25	12	20.0
N ₀₂ -N (mg/l)	0	0	0	-
N ₀₃ -N (mg/l)	0	0	0	0,6
Φόσφορος ολικός (ως P, (mg/l))	15	8	4	9.4
Οργανικός Φόσφορος (mg/l)	5	3	1	2.6
Ανόργανος Φόσφορος (mg/l)	10	5	3	6,8
Χλωριόντα (mg/l)	100	50	30	-
Βορίο (mg/l)				0.7-1.7
Διαλυτό Na (%)				50-70
EC (dS/m)				2.0-3.0
SAR (meq/l) ^{1/2}				2 3.0-9.0
Σκληρότητα (CaCO ₃)				200-300
Αλκαλικότητα (ως CaCO ₃)	200	100	50	211
Λίπη-Ελαια (mg/l)	150	100	50	-
Ολικά κολοβακτηρίδια, MPN/100 ml	-	-	-	22* 10 ⁶
Κολοβακτηρίδια εντερικής προέλευσης, MPN/100 ml	-	-	-	8*10 ⁶
Ιοί, PFU/100 ml	-	-	-	3.6

Πηγή: Asano et.al. (1985).

Διάφοροι ερευνητές, έχουν κάνει μελέτες σχετικά με την εφαρμογή των υγρών αποβλήτων σε άρδευση φυτειών δασικών δένδρων, που προορίζονται για υλοτομία. Επίσης, μια άλλη έρευνα αναφέρει ότι η χρήση επεξεργασμένων λυμάτων σε καλλιέργεια ζαχαρότευτλων, εμπλούτισε το έδαφος με ποσότητες που κυμαίνονταν από 20,5- 30,5 kg/στρ. για το N, 4,5- 6,8 kg/στρ. για τον P και 11,7- 13,5 kg/στρ. για το K (Πανώρας κ.α. 1998α, β, 1999α, β).

7.2.2 Τεχνολογία επεξεργασίας λυμάτων

Η αποτελεσματική επεξεργασία των λυμάτων ώστε να ανταποκρίνονται σε πρότυπα ποιότητας νερού επαναχρησιμοποίησης χωρίς να τίθεται σε κίνδυνο η δημόσια υγείας,

αποτελούν τα βασικά κριτήρια για τα συστήματα επαναχρησιμοποίησης νερού. Η επεξεργασία των αστικών αποβλήτων αποτελείται από συνδυασμό φυσικών, χημικών και βιολογικών διαδικασιών για την απομάκρυνση των στερεών, της οργανικής ουσίας, των παθογόνων, των μετάλλων και μερικές φορές των θρεπτικών στοιχείων από τα λύματα. Ο βαθμός επεξεργασίας καθορίζεται από τον τελικό χρήστη ή αποδέκτη των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. Γενικά, τα στάδια που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία, είναι: προκαταρκτική, πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια, τριτοβάθμια ή προχωρημένη επεξεργασία. Η απολύμανση για έλεγχο του πληθυσμού των παθογόνων οργανισμών λαμβάνει χώρα τελευταία, λίγο πριν την αποθήκευση ή την διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων.

Η προκαταρκτική επεξεργασία (Preliminary treatment) περιλαμβάνει εργασίες απομάκρυνσης των αδρομερών στερεών και άλλων υλικών μεγάλου μεγέθους που συνήθως υπάρχουν στα υγρά απόβλητα όταν βρίσκονται στην αρχική ανεπεξέργαστη κατάσταση. Η επεξεργασία που υφίστανται τα απόβλητα στην αρχή είναι η εσχάρωση (Εικόνα 7.2) όπου σε αυτήν την φάση συγκρατούνται τα μεγάλα παρασυρόμενα υλικά, για να μην υπάρξει πρόβλημα στα επόμενα στάδια επεξεργασίας από εμφράξεις και φθορές. Τα συγκρατούμενα στις σχάρες υλικά, θάβονται, καίγονται, χωνεύονται ή διατίθενται ως απορρίμματα. Άλλη μια διεργασία που λαμβάνει χώρα κατά την προκαταρκτική επεξεργασία, είναι επίσης και η καθίζηση η οποία αποβλέπει επίσης στην απομάκρυνση των αδρομερών στερεών και άλλων υλικών μεγάλου μεγέθους.



Εικόνα 7-2 Σχάρες συγκράτησης στερεών αντικειμένων.
(Ράμμος, 2006)

Η πρωτοβάθμια επεξεργασία (Primary treatment) είναι το αμέσως επόμενο στάδιο της προκαταρκτικής επεξεργασίας και στοχεύει στην απομάκρυνση τόσο των καθιζανόντων οργανικών και ανόργανων στερεών όσο και εκείνων που επιπλέουν. Τα λύματα οδηγούνται μέσα σε μεγάλες ορθογώνιες ή κυκλικές δεξαμενές καθιζήσεως (Εικόνα 7.3) και παραμένουν εκεί για περίπου 2-4 ώρες. Τα στερεά συστατικά με την πάροδο του χρόνου αρχίζουν να καθιζάνουν ενώ τα λίπη συγκεντρώνονται στην επιφάνεια των δεξαμενών (Εικόνα 7.4). Επειδή όμως ορισμένα συστατικά των υγρών αποβλήτων δύσκολα καθιζάνουν μόνο με την επίδραση της βαρύτητας, συνήθως προστίθενται κροκιδωτικές ουσίες οι οποίες προκαλούν την αποσταθεροποίηση των κολλοειδών με αποτέλεσμα την συσσωμάτωση και καθίζησή τους. Τέτοιες ουσίες είναι το θειικό αλουμίνιο, το υδροξείδιο του ασβεστίου και γενικά τα χλωριούχα, τα θειικά ή τα μικτά άλατα του σιδήρου και του αλουμινίου. Έτσι έχουμε τον σχηματισμό τριών υγρών στρωμάτων από τα οποία το ενδιάμεσο και πιο καθαρό προχωρεί στην επόμενη διαδικασία, ενώ τα υπόλοιπα δύο συλλέγονται και επεξεργάζονται κατάλληλα ώστε να χρησιμοποιηθούν για άλλους σκοπούς. Γι' αυτόν το λόγο οι δεξαμενές είναι εφοδιασμένες με ειδικές ξύστρες που βρίσκονται στον πυθμένα των δεξαμενών αλλά και με αντλίες στο άνω μέρος τους ώστε να είναι δυνατή η απομάκρυνση των δύο στρωμάτων λάσπης. Κατά την διαδικασία αυτή απομακρύνεται περίπου το 25 με 50% του αρχικού οργανικού φορτίου (B.O.D.), το 35 με 50% του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (C.O.D.), το 50 με 70% των ολικών αιωρούμενων στερεών και το 65% των λιπών και ελαίων. Ακόμη κατακρατείται ένα μέρος οργανικού αζώτου, οργανικού φωσφόρου και βαρέων μετάλλων, τα οποία είναι συνδεδεμένα με τα αιωρούμενα στερεά. Τα κολλοειδή και τα διαλυτά στερεά παραμένουν ανέπαφα.

Σε αρκετές χώρες η πρωτοβάθμια επεξεργασία είναι η ελάχιστη που απαιτείται πριν τα υγρά απόβλητα διατεθούν για αρδευτικούς σκοπούς. Η επεξεργασία αυτή μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητική, όταν τα υγρά απόβλητα χρησιμοποιούνται για άρδευση καλλιεργειών, τα φυτικά μέρη των οποίων δεν χρησιμοποιούνται ως τροφή από τον



Εικόνα 7-3 Δεξαμενές καθιζήσεων (Ράμμος, 2006)



Εικόνα 7-4 Μηχανισμός αφαίρεσης των ουσιών που επιπλέουν.
(Ράμμος, 2006)

άνθρωπο, ή για άρδευση οπωρώνων, αμπελώνων καθώς και καλλιεργειών που υπόκεινται σε επεξεργασία πριν καταναλωθούν (Πανώρας και Ηλίας, 1999).

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία (Secondary treatment) είναι μια βιολογική διαδικασία η οποία έπεται της πρωτοβάθμιας και έχει ως στόχο την περαιτέρω μείωση του οργανικού φορτίου και των αιωρούμενων στερεών των υγρών αποβλήτων. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση αερόβιων μικροοργανισμών που έχουν την ικανότητα να μεταβολίζουν την οργανική ουσία και να την χρησιμοποιούν ως πηγή τροφής τους. Ακολούθως αναφέρονται ορισμένα από τα συστήματα που έχουν αναπτυχθεί για τον σκοπό αυτό.

Στην εικόνα 7.5 απεικονίζονται διαγραμματικά τα διάφορα στάδια κατεργασίας και οι διάφοροι μέθοδοι και τεχνικές που περιλαμβάνονται σε καθένα από αυτά.

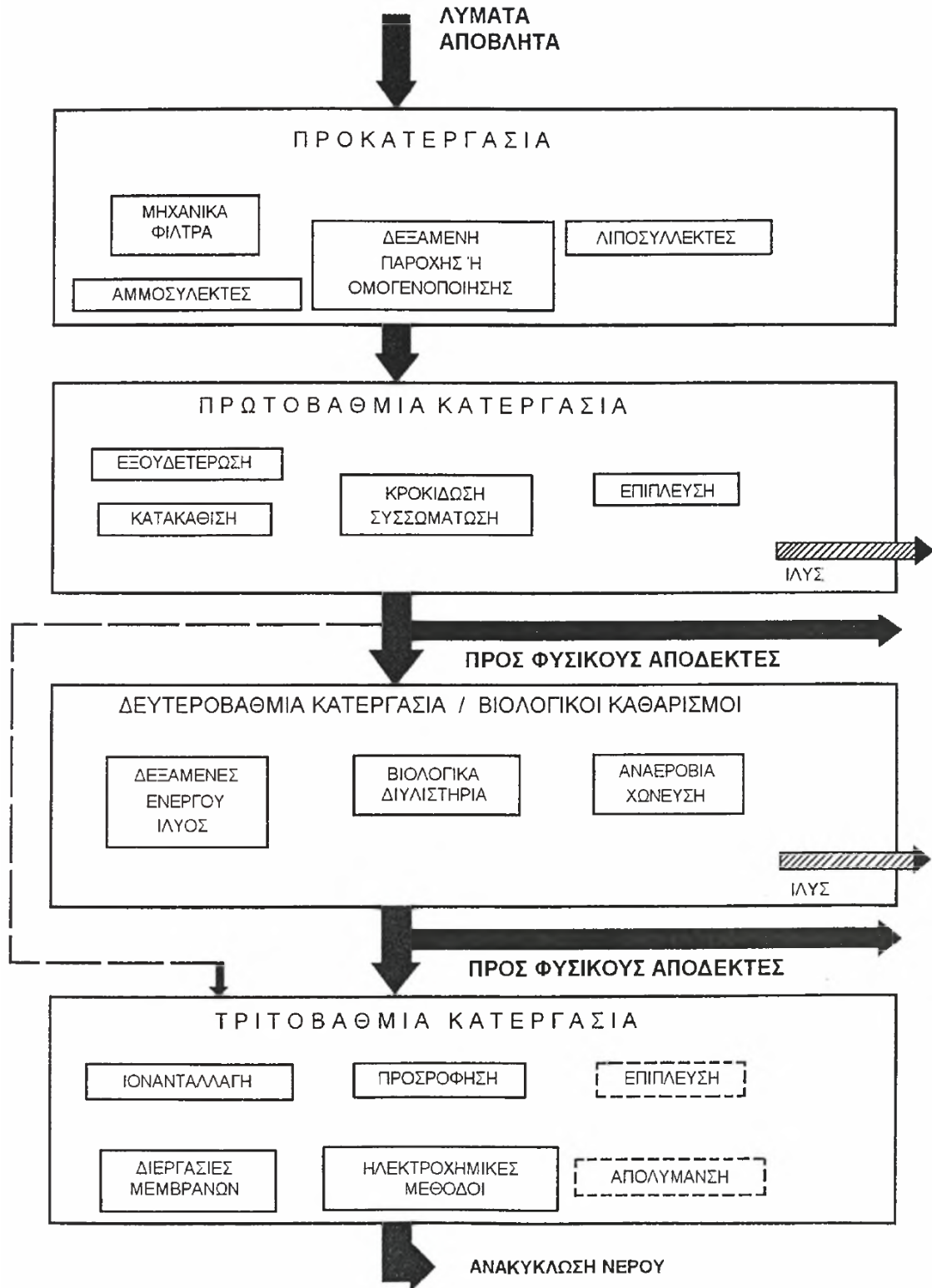
Το πιο ευρέως διαδεδομένο σύστημα δευτεροβάθμιας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων είναι η ενεργός ιλύς (activated sludge system).

Ένα άλλο σύστημα δευτεροβάθμιας επεξεργασίας αποβλήτων είναι τα σταλάζοντα φίλτρα (trickling filters). Όμοια είναι η λειτουργία και του συστήματος 'biotowers'. Τέλος υπάρχει και το σύστημα με τις περιστρεφόμενες βιολογικές επιφάνειες γνωστό ως RBC (Rotating Biological Contactors).

Οι βιολογικές διαδικασίες υψηλού ρυθμού, όταν συνδυάζονται με πρωτοβάθμια καθίζηση, μειώνουν κατά 85 έως 95% το οργανικό φορτίο και τα αιωρούμενα στερεά που περιέχουν τα ανεπεξέργαστα υγρά απόβλητα, καθώς και ένα μέρος των βαρέων μετάλλων. Η διαδικασία της ενεργού ιλύος είναι περισσότερο αποτελεσματική ως προς τη μείωση του οργανικού φορτίου και των αιωρούμενων στερεών σε σχέση με τα σταλάζοντα φίλτρα και τις περιστρεφόμενες βιολογικές επιφάνειες. Γενικά, οι διαδικασίες αυτές δεν είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές ως προς τη μείωση του φωσφόρου, του αζώτου, των μη βιοδιασπώμενων οργανικών ουσιών και των διαλυμένων μετάλλων (Πανώρας και Ηλίας, 1999).

Η τριτοβάθμια ή προχωρημένη επεξεργασία (Advanced treatment) είναι οποιαδήποτε πρόσθετη διαδικασία που έχει ως στόχο να επιτύχει ακόμα υψηλότερη ποιότητα νερού.

Πορεία και στάδια βιολογικού καθαρισμού λυμάτων



Εικόνα 7-5 Διάφορα στάδια κατεργασίας λυμάτων.

Ως συνήθως εφαρμόζεται για την απομάκρυνση στοιχείων όπως: α) άζωτο και φώσφορο, β) μη διασπώμενες οργανικές ουσίες, γ) απολυμαντικά, απορρυπαντικά, αποσκληρυντικά νερού, δ) βαρέα μέταλλα, ε) διαλυμένα στερεά, αλλά και για περισσότερη μείωση του οργανικού φορτίου και των αιωρούμενων στερεών. Η απομάκρυνση φωσφόρου επιτυγχάνεται με την δέσμευση του με ιόντα σιδήρου και αργιλίου και στην συνέχεια η αφαίρεση τους με την λάσπη στην οποία ενσωματώνεται. Εκτός όμως από την χημική υπάρχει και η βιολογική διαδικασία κατά την οποία οι μικροοργανισμοί, κάτω υπό ορισμένες συνθήκες, έχουν την ικανότητα να μετατρέπουν το φώσφορο στην μοριακή του μορφή και στην συνέχεια να τον δεσμεύουν στα κύτταρα τους.

Η απομάκρυνση του αζώτου και του φωσφόρου κρίνεται αναγκαία, όταν ο προορισμός των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων είναι κάποιος υδάτινος αποδέκτης. Έτσι αποφεύγεται ο εμπλουτισμός των αποδεκτών αυτών με τα ανόργανα αυτά στοιχεία και μειώνεται ο κίνδυνος ευτροφισμού τους, ο οποίος έχει σοβαρές επιπτώσεις στη λειτουργία των εκεί οικοσυστημάτων. Ακόμη εμποδίζεται η συσσώρευση βαρέων μετάλλων, τα οποία σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι τοξικά με δυσμενείς βραχυχρόνιες και μακροχρόνιες συνέπειες τόσο στο περιβάλλον, όσο και στον άνθρωπο.

Όταν το επεξεργασμένο λύμα προορίζεται για αρδευτικούς σκοπούς, η ύπαρξη N (αζώτου) και P (φωσφόρου) αποτελεί κατά κάποιο τρόπο πλεονέκτημα και είναι επιθυμητή, όχι όμως σε υψηλές συγκεντρώσεις. Αυτό συμβαίνει γιατί αφενός επαναφέρονται στο έδαφος νερό και θρεπτικά συστατικά, αφετέρου γιατί καταναλώνονται από τους αγρότες μικρότερες ποσότητες λιπασμάτων, με αποτέλεσμα να μειώνεται το κόστος των εισροών, η επιβάρυνση του υδροφόρου ορίζοντα και γενικότερα του περιβάλλοντος. (Πανώρας και Ηλίας, 1999).

Η απολύμανση είναι η τελική διαδικασία επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων. Είναι ένα αρκετά σημαντικό στάδιο διότι καταστρέφει τους μικροοργανισμούς που έχουν απομείνει και μπορούν να προκαλέσουν κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία. Ο σκοπός δεν είναι η αποστείρωση, δηλαδή η θανάτωση όλων των μικροοργανισμών, αλλά ο περιορισμός τους σε επίπεδο κατάλληλο για αβλαβή χρήση του. (Ράμμος, 2006).

Το συνηθέστερα χρησιμοποιημένο απολυμαντικό είναι το χλώριο, που μπορεί να παρασχεθεί υπό μορφή χλωριώδους ή υποχλωριώδους νατρίου το οποίο είναι η ίδια ένωση με την κοινή οικιακή χλωρίνη. Το χλώριο είναι αρκετά αποτελεσματικό ενάντια

στα περισσότερα βακτηρίδια, αλλά απαιτούνται υψηλές δόσεις για την καταστροφή των, πρωτόζωων ή άλλων μορφών παθογόνων. Οι δόσεις που απαιτούνται συνήθως κυμαίνονται από 5 έως 15 mg/l, ενώ ο απαιτούμενος χρόνος επαφής είναι περίπου 15 με 30 λεπτά της ώρας. Έρευνες αναφέρουν ότι η συγκέντρωση χλωρίου στα επεξεργασμένα λύματα, τα οποία θα διατεθούν για άρδευση μετά την απολύμανση, πρέπει να είναι μικρότερη από 0,5 mg/l για την αποφυγή καψίματος των φύλλων (Bower & Idelovitch 1987). Ακόμη, όταν πρόκειται για ευαίσθητες καλλιέργειες το επίπεδο του χλωρίου δεν πρέπει να ξεπερνά τα 0,05 mg/l (Asano et al. 1985), ενώ συγκεντρώσεις μικρότερες του 1 mg/l δεν εγκυμονούν κινδύνους για φυτά που αρδεύονται με καταιονισμό (Westcot & Ayers 1985).

Επίσης απολύμανση του νερού γίνεται με το όζον (O₃) και με υπεριώδη ακτινοβολία.

Η αποθήκευση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων δεν αποτελεί μέρος της διαδικασίας, αλλά είναι ιδιαίτερα σημαντική όταν δεν χρησιμοποιηθεί αμέσως μετά την διαδικασία της επεξεργασίας. Ο κύριος λόγος για τον οποίον απαιτείται η αποθήκευση των επεξεργασμένων αποβλήτων είναι διότι η ζήτηση μεταβάλλεται ανάλογα την εποχή του χρόνου. Επιπλέον, προβλήματα στην διαδικασία επεξεργασίας που θα προκύψουν μπορούν με αυτόν τον τρόπο να καλυφθούν και να μην χρησιμοποιούν ακατάλληλα ποιοτικά νερά για άρδευση.

Εξίσου χρήσιμο είναι το ότι με την αποθήκευση επιτυγχάνεται μια επιπλέον επεξεργασία των υγρών αποβλήτων καθώς η βιοχημική απαίτηση οξυγόνου, τα αιωρούμενα στερεά, το άζωτο και οι παθογόνοι μικροοργανισμοί μειώνονται κατά τον χρόνο αποθήκευσης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων (Ράμμος, 2006).

7.3 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ

7.3.1 Απαιτήσεις ποιότητας νερού προερχόμενου από επεξεργασία λυμάτων, για χρήση στη γεωργία

Οι σημαντικές παράμετροι ποιότητας νερού για τη γεωργία περιλαμβάνουν ένα αριθμό συγκεκριμένων χαρακτηριστικών του νερού, τα οποία είναι σχετικά με την απόδοση της καλλιέργειας, τη διατήρηση της παραγωγικότητας του εδάφους και την προστασία του περιβάλλοντος και αναφέρθηκαν παραπάνω στο κεφάλαιο 6. Οι βασικές

παράμετροι ποιότητας των επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση είναι ίδιες και δεν θα αναφερθούν ξανά.

7.3.2 Μικροβιολογικά κριτήρια των επεξεργασμένων αστικών αποβλήτων για αρδευτικούς σκοπούς

Τα επεξεργασμένα αστικά απόβλητα που προορίζονται για άρδευση ανεξάρτητα από την κατεργασία την οποία θα τύχουν, δεν παύουν να εγκυμονούν κινδύνους για τη δημόσια υγεία. Στην προσπάθεια να ελαχιστοποιήσουν τους κινδύνους αυτούς, πολλές χώρες και διεθνείς οργανισμοί έχουν θεσπίσει κριτήρια και οδηγίες ως προς την καταλληλότητα των προς χρησιμοποίηση αποβλήτων για αρδευτικούς σκοπούς.

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (W.H.O.) έχει θεσπίσει μικροβιολογικά κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων αστικών λυμάτων στον αρδευτικό τομέα. Σύμφωνα με αυτά οι καλλιέργειες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Στον Πίνακα 7.2 στην κατηγορία Α περιλαμβάνονται οι καλλιέργειες των οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται νωπά (φρούτα, ωμά λαχανικά), καθώς επίσης και κοινόχρηστοι χώροι οι οποίοι έχουν άμεση και συνεχή επαφή με το κοινό (γήπεδα, πάρκα αναψυχής). Στη Β κατηγορία περιλαμβάνονται τα βιομηχανικά φυτά, τα δημητριακά, εδώδιμες καλλιέργειες που προορίζονται για κονσερβοποίηση, χορτοδοτικά φυτά, βοσκότοποι και κάποιες δασικές και δενδρώδεις καλλιέργειες. Επίσης και οι δύο κατηγορίες δίνουν έμφαση στην προστασία των αγροτών ως εκτεθειμένες ομάδες. Επιπλέον στην κατηγορία Α ως άμεσα εκτεθειμένοι εντάσσονται και οι καταναλωτές

7.3.3 Διεθνή κριτήρια ποιότητας, νόμοι και κατευθυντήριες γραμμές

Από την δεκαετία του 70, όταν άρχισε η συστηματική επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων, γίνονται προσπάθειες για τον καθορισμό κριτηρίων ποιότητας για την χρήση αυτή, με σκοπό την προστασία της δημοσίας υγείας, των καλλιεργειών, του εδάφους και του περιβάλλοντος. Αυτές οι προσπάθειες αναφέρονται στους:

- FAO (1985): Ποιοτικά κριτήρια που καθορίζουν το βαθμό καταλληλότητας του νερού για άρδευση (Ayers and Westcot, 1985).
- WHO (1989): Κατευθυντήριες γραμμές υγείας για την χρήση λυμάτων στη γεωργία και την υδροπονία. Λαμβάνεται υπόψη η μέθοδος επεξεργασίας, το σύστημα άρδευσης και το είδος της καλλιέργειας που πρόκειται να αρδευτεί.

- EPA (1992): Κατευθυντήριες γραμμές για επαναχρησιμοποίηση νερού. Πέρα από τις κατευθυντήριες γραμμές για την ποιότητα επεξεργασμένου νερού, προτείνονται έλεγχοι και μέτρα ασφαλείας.

Πίνακας 7-2 Συνιστώμενα κριτήρια χρήσης επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων σύμφωνα με τον W.H.O. (World Health Organisation).

Κατηγορία	Συνθήκες Επαναχρησιμοποίησης	Εκτιθέ-μενη ομάδα	Εντερικοί νηματώδεις Σκώληκες (Μ.Ο.αριθμού αυγών / It)	Κολοβακτη-ρίδια εντερικής προέλευσης (γεωμετρικός Μ.Ο. ανά 100 ml)	Επεξεργασία των αστικών αποβλήτων που αναμένεται να δώσει την επιθυμητή μικροβιολογική ποιότητα
A	Άρδευση καλλιεργειών που καταναλώνονται νωπές, γηπέδων, πάρκων αναψυχής.	Αγρότες, Καταναλωτές, κοινό	<1	<1000	Σειρά δεξαμενών σταθεροποίησης για να πετύχουν την επιθυμητή μικροβιολογική ποιότητα.
B	Άρδευση δημητριακών, βιομ. φυτών, βοσκών, δέντρων .	Αγρότες	<1	Δεν τίθεται όριο	Παραμονή σε δεξαμενές σταθεροποίησης για 8-10 μέρες, ισοδύναμη απομάκρυνση παρασίτων και κολοβακτηριδίων εντερικής προέλευσης.
Γ	Άρδευση καλλιεργειών της Β κατηγορίας με επιφανειακή και υπόγεια στάγδην άρδευση όταν δεν εκτίθενται αγρότες και κοινό.	Καμία	Δεν τίθεται όριο	Δεν τίθεται όριο	Προεπεξεργασία όπως απαιτείται από το σύστημα άρδευσης, αλλά όχι λιγότερο από πρωτοβάθμια καθίζηση.

(WHO, 1989)

Μια σύγκριση των διεθνών προτύπων μπορεί να βοηθήσει να αναπτυχθούν κατευθυντήριες γραμμές για κάθε συγκεκριμένο πρόγραμμα επεξεργασίας και επαναχρησιμοποίησης λυμάτων. Ορισμένες χώρες δεν έχουν ακόμη θεσπίσει προδιαγραφές για την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων, όμως εφαρμόζουν ακατέργαστα ή μερικώς επεξεργασμένα λύματα (Carr, 2005), ενώ κάποιες άλλες χώρες έχουν εφαρμόσει είτε δικούς τους κανονισμούς/οδηγίες, ή έχουν θεσπίσει ποιοτικά κριτήρια με βάση τους διεθνείς κανονισμούς. Η συντριπτική πλειοψηφία των χωρών τείνει να υιοθετεί και να προσαρμόζει τις όχι και τόσο αυστηρές προδιαγραφές που έχει εκδώσει ο Π.Ο.Υ. (WHO, 1989) ή τα συντηρητικά Κριτήρια Ανακύκλωσης του Νερού της Καλιφόρνια (State of California, 2000 και Brissaud, 2008). Στην Ελλάδα, η ελληνική κυβέρνηση εξέδωσε τα πρώτα κριτήρια ανακύκλωσης του νερού το 2008, επιτρέποντας την χρήση μόνο εξαιρετικά επεξεργασμένων αστικών λυμάτων για απεριόριστη άρδευση γεωργικών καλλιεργειών. Τα νέα κριτήρια ανακύκλωσης του

νερού, που έχουν εκδοθεί το 2011 (ΚΥΑ 145116/2011 - ΦΕΚ 354/2011), είναι λιγότερο αυστηρά, αλλά πιο αυστηρά από τα κριτήρια που έχει προτείνει ο Π.Ο.Υ.

Πίνακας 7-3 Συνιστώμενα κριτήρια χρήσης επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων σύμφωνα με την ΚΥΑ 145116/2011 - ΦΕΚ 354/2011.

	Περιορισμένη άρδευση	Απεριόριστη άρδευση
Escherichia coli (EC/100 ml)	≤ 200 διάμεση τιμή	≤ 5 για το 80% των δειγμάτων και ≤ 50 για το 95% των δειγμάτων
Βιοχημική απαίτηση σε οξυγόνο BOD5 (mg/l)	Σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/1997 (≤ 25mg/l O ₂)	≤ 10 για το 80% των δειγμάτων
Ολικά αιωρούμενα στερεά TSS (mg/l)	Σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/1997 (≤ 35mg/l)	≤ 10 για το 80% των δειγμάτων
Θολότητα (NTU)	-	≤ 2 διάμεση τιμή
Κατ'ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία	Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία	Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία ακολουθούμενη από τρίτοβάθμια επεξεργασία και απολύμανση.
Σύστημα άρδευσης	Δε θα εφαρμόζεται άρδευση με καταιονισμό	Εφαρμογή διαφόρων μεθόδων άρδευσης, συμπεριλαμβανομένου του καταιονισμού

7.3.4 Επαναχρησιμοποίηση των αστικών λυμάτων στις Μεσογειακές χώρες

Η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων και στη γεωργία στις Μεσογειακές χώρες παρουσιάζει ξεχωριστά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με το κλίμα, τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους καθώς και τις κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες. Αυτές πιο συγκεκριμένα σχετίζονται με το σχετικά μακρύ και άνυδρο καλοκαίρι και την μάλλον μικρή περίοδο βροχών κατά τη διάρκεια του χειμώνα και τις αρχές της Άνοιξης, χαρακτηριστικά δηλαδή του μεσογειακού κλίματος. Επιπρόσθετα σημαντική είναι η έλλειψη νερού, που σχετίζεται εκτός της ξηρασίας, με την εντατική γεωργία και τον τουρισμό, που είναι οι κύριες οικονομικές δραστηριότητες, (κοινωνικές συνθήκες). Τέλος η έλλειψη οικονομικών πόρων για επενδύσεις κεφαλαίων και το λειτουργικό κόστος στο δημόσιο τομέα είναι ένας σοβαρός παράγοντας που επιβάλλει ως λύση στην λειψυδρία την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων και στη γεωργία στις Μεσογειακές χώρες. (Salinity Engineering Laboratory, 2000).

Η χρήση επεξεργασμένων αστικών αποβλήτων για άρδευση έχει σταδιακά γίνει αποδεκτή από όλες τις μεσογειακές χώρες (Marecos do Monte et al., 1996). Το Ισραήλ

υπήρξε «σκαπανέας» σε αυτόν τον τομέα, και στη συνέχεια ακολούθησαν η Τυνησία, η Κύπρος και η Ιορδανία. Η Αίγυπτος, η Παλαιστίνη, το Μαρόκο και η Συρία ανήκουν στην ομάδα χωρών, οι οποίες έχουν μεγάλη ανάγκη για την ανάπτυξη πρακτικών επαναχρησιμοποίησης του νερού. Αυτές οι πρακτικές, όμως, πρέπει να είναι εφαρμόσιμες σύμφωνα με τις κρατούσες κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες, δηλαδή την έλλειψη κεφαλαίου, την περιορισμένη εμπειρία, τόσο στην κατασκευή όσο και στη λειτουργία πολύπλοκων συστημάτων διαχείρισης, καθώς και την ακατάλληλη υποδομή συμπεριλαμβανομένων των υπονόμων και των σταθμών επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Αυστηρά κριτήρια επαναχρησιμοποίηση, όπως αυτά που προτάθηκαν από την Καλιφόρνια και από την EPA (1992), καθώς και από βιομηχανικές χώρες, δεν μπορούν να εφαρμοστούν εύκολα στις μεσογειακές χώρες (και ιδιαίτερα στις μεσογειακές χώρες της Αφρικής και της Ασίας), λόγω των συνθηκών που επικρατούν στην οικονομία, την τεχνολογία και τη βιομηχανία τους. Οι οδηγίες του WHO (1989) είναι πολύ λιγότερο αυστηρές, έχοντας ως σκοπό να συστήσουν ορισμένους τρόπους επεξεργασίας των αποβλήτων που προηγούνται της άρδευσης των καλλιεργειών, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες (Andreadakis et al., 2001). Οι οδηγίες του WHO είναι, επομένως, πιο κοντά για αυτές τις χώρες.

Τα τελευταία χρόνια, οι Ευρωπαϊκές Μεσογειακές χώρες άρχισαν να μελετούν την επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων για αρδευτικούς σκοπούς (Lazarova, 2000).

Μέχρι προ ολίγων ετών, μόνο σε λίγες χώρες παγκοσμίως (Αυστραλία, Ισραήλ, Νότια Αφρική, Ηνωμένες Πολιτείες), η επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων έχει καθιερωθεί σε αρκετά ικανοποιητικό βαθμό, ώστε να έχει οδηγήσει στο σχεδιάσμα ειδικών κανονισμών ή οδηγιών. Σε ορισμένες από τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Κύπρος, Ισπανία, Γαλλία και Ιταλία), οι κανονισμοί που αφορούν τη χρήση των επεξεργασμένων αποβλήτων για άρδευση είναι υπό προετοιμασία ή αναθεώρηση (Angelakis et al., 2002).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8ο. : ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Στην ευρύτερη περιοχή της πεδιάδας Θεσσαλονίκης βρίσκεται σε λειτουργία ένας σημαντικός αριθμός μετεωρολογικών σταθμών. Το ινστιτούτο εγγείων βελτιώσεων, διαθέτουν και λειτουργούν μετεωρολογικό σταθμό με στίγμα ($40^{\circ} 40'15,5'',22^{\circ} 46'51''$), που είναι κοντά στην υπό μελέτη περιοχή. Από αυτόν τον μετεωρολογικό σταθμό παρουσιάζονται και τα στοιχεία των ετών 2014, 2015, 2016,2017.

Ύστερα από επεξεργασία των μετεωρολογικών δεδομένων δημιουργήθηκαν πίνακες για κάθε ένα έτος (2014, 2015, 2016,2017) που περιλαμβάνουν: α) το ύψος βροχής κάθε μήνα του αντίστοιχου έτους, β) την μηνιαία προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε WH/m^2 και σε MJ/m^2 , γ) την μέση μηνιαία σχετική υγρασία, δ) την μέση, μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία κάθε μήνα του αντίστοιχου έτους, την μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου σε Km/h και ε) την μέση μηνιαία εξατμισοδιαπνοή υπολογισμένη με την μέθοδο Βαλιάντζα.

Στην πτυχιακή εργασία με τίτλο: «Σύγκριση μεθόδων υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας αναφοράς» (2017), η Σοφία Τσαλή, κάνοντας μια συγκριτική μελέτη που αφορούσε στην εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας αναφοράς (ET_o) με την χρήση διαφόρων υπολογιστικών μεθόδων που βασίζονταν σε μετεωρολογικά δεδομένα σταθμού που βρίσκεται πολύ κοντά στην περιοχή που μελετώ (μετεωρολογικός σταθμός του ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης), συμπέρανε ότι η μέθοδος Βαλιάντζα είναι πολύ κοντά , με μικρή απόκλιση από τα αποτελέσματα που δίνει η εξίσωση Penman-Monteith κατά FAO-56 την οποία την θεωρούμε ως την πλέον αξιόπιστη για την εύρεση της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας αναφοράς (ET_o) και η προσαρμογή της μεθόδου αυτής (Βαλιάντζα 2006) με την Penman-Monteith κατά FAO-56 είναι καλύτερη από άλλες μεθόδους όπως: η τροποποιημένη μέθοδος Blanney-Cridle κατά FAO-24 (1977), η μέθοδος Makkink (1957), η μέθοδος Makkink κατά FAO-24 (1977), η μέθοδος Turc (1961), η μέθοδος Penman (1963), η τροποποιημένη μέθοδος Penman κατά FAO-24 (1977), η μέθοδος Priestley-Taylor(1972), η μέθοδος Hargreaves-Samani (1985).

Για αυτόν το λόγο και επιπρόσθετα επειδή ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας αναφοράς (ET_o) με την μέθοδο Βαλιάντζα (2006) είναι σχετικά εύκολος επιλέχθηκε να υπολογιστεί η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας αναφοράς (ET_o) με την

μέθοδο Βαλιάντζα (2006) για την περιοχή που μελετάται (περιοχή αρδευτικού δικτύου Αγίου Αθανασίου) και που παρατίθενται στους πίνακες 8.1, 8.2, 8.3, 8.4.

Πίνακας 8-1 Κλιματολογικά στοιχεία έτους 2014

2014	Sum of RAIN (mm)	Sum of GR (WH/m ²)	Sum of GR (MJ/m ²)	Aver of RH	Aver of TEMP (oC)	Max of TEMP (oC)	Min of TEMP(oC)	Aver of WS (km/h)	Εξαμηνιαία Διαπονομή Μέθοδος Βαλιάντζα
ΙΑΝ	32,20	1452,59	5,23	83,94	7,35	12,66	3,49	4,22	0,61
ΦΕΒ	68,20	2033,72	7,32	83,33	8,86	13,61	5,10	2,89	0,94
ΜΑΡ	34,60	3862,26	13,90	72,99	11,08	16,67	5,79	5,73	2,24
ΑΠΡ	0,00	4152,78	14,95	74,80	13,46	18,57	8,87	5,55	2,49
ΜΑΪ	0,40	6536,86	23,53	66,75	18,66	24,65	12,89	6,71	4,47
ΙΟΥΝ	0,20	6859,83	24,70	64,50	22,68	28,26	17,43	7,40	5,10
ΙΟΥΛ	48,40	7043,66	25,36	70,37	24,31	29,43	18,98	5,28	5,13
ΑΥΓ	37,20	6485,53	23,35	71,72	24,77	30,82	19,25	5,00	4,77
ΣΕΠ	81,40	4333,47	15,60	78,39	19,95	25,44	14,97	4,74	2,83
ΟΚΤ	68,60	2564,46	9,23	79,21	15,19	20,53	10,83	4,99	1,55
ΝΟΕ	105,00	1432,01	5,16	84,91	11,63	15,11	8,80	4,05	0,63
ΔΕΚ	167,00	1229,71	4,43	83,62	7,10	11,26	3,94	7,22	0,47

Πίνακας 8-2 Κλιματολογικά στοιχεία έτους 2015

2015	Sum of RAIN (mm)	Sum of GR (WH/m ²)	Sum of GR (MJ/m ²)	Aver of RH	Aver of TEMP (oC)	Max of TEMP (oC)	Min of TEMP(oC)	Aver of WS (km/h)	Εξαμηνιαία Διαπονομή Μέθοδος Βαλιάντζα
ΙΑΝ	45,20	1675,74	6,03	59,53	5,27	10,58	0,99	8,27	0,84
ΦΕΒ	40,00	2197,78	7,91	73,12	6,23	11,56	1,64	6,85	1,11
ΜΑΡ	111,00	2679,90	9,65	77,40	8,38	12,13	4,85	6,81	1,39
ΑΠΡ	19,20	5417,92	19,50	59,53	12,55	18,69	6,76	9,35	3,60
ΜΑΪ	10,80	6122,55	22,04	64,67	19,81	25,55	14,38	7,16	4,37
ΙΟΥΝ	92,80	6684,72	24,06	66,99	21,94	27,40	17,04	6,82	4,85
ΙΟΥΛ	4,00	7486,07	26,95	70,40	25,28	30,84	19,72	4,60	5,52
ΑΥΓ	36,20	6549,80	23,58	73,14	24,63	30,95	18,75	3,77	4,76
ΣΕΠ	68,80	4581,27	16,49	77,93	21,53	27,86	16,73	4,68	3,14
ΟΚΤ	100,80	2686,23	9,67	80,83	15,72	20,87	11,84	3,99	1,58
ΝΟΕ	32,60	2418,22	8,71	65,32	11,84	19,63	6,09	4,10	1,73

Πίνακας 8-3 Κλιματολογικά στοιχεία έτους 2016

2016	Sum of RAIN (mm)	Sum of GR (WH/m2)	Sum of GR (MJ/m2)	Aver of RH	Aver of TEMP (oC)	Max of TEMP (oC)	Min of TEMP(oC)	Aver of WS (km/h)	Εξατμισοδιαπνοή Μέθοδος Βαλιάντζα
ΙΑΝ	30,00	2015,63	7,26	67,60	4,89	10,40	0,42	6,23	1,10
ΦΕΒ	42,60	2603,29	9,37	72,67	9,25	15,40	3,99	4,93	1,50
ΜΑΡ	105,80	3714,88	13,37	74,33	10,53	15,75	4,99	6,13	2,00
ΑΠΡ	11,80	5656,59	20,36	63,39	15,46	21,89	9,19	7,30	3,90
ΜΑΪ	94,00	6372,17	22,94	66,19	18,48	23,55	13,15	7,65	4,40
ΙΟΥΝ	23,40	7312,52	26,33	67,11	24,09	29,11	18,74	5,60	5,40
ΙΟΥΛ	15,00	7093,19	25,54	68,45	25,10	29,93	20,18	6,46	5,30
ΑΥΓ	50,40	6421,26	23,12	67,68	24,55	30,08	19,34	6,15	4,80
ΣΕΠ	156,60	4456,03	16,04	75,54	20,18	26,45	14,80	3,77	3,00
ΟΚΤ	38,60	2597,96	9,35	75,61	15,54	20,19	11,18	4,82	1,70
ΝΟΕ	21,00	2018,17	7,27	76,11	9,97	15,61	5,36	5,17	1,10
ΔΕΚ	0,60	2043,20	7,36	60,96	4,52	10,43	-0,47	7,50	1,30

Πίνακας 8-4 Κλιματολογικά στοιχεία έτους 2017

2017	Sum of RAIN (mm)	Sum of GR (WH/m2)	Sum of GR (MJ/m2)	Aver of RH	Aver of TEMP (oC)	Max of TEMP (oC)	Min of TEMP(oC)	Aver of WS (km/h)	Εξατμισοδιαπνοή Μέθοδος Βαλιάντζα
ΙΑΝ	39,60	1689,66	6,08	71,16	0,90	4,87	-2,43	9,16	0,74
ΦΕΒ	10,00	2549,06	9,18	74,88	7,75	12,87	3,29	4,64	1,33
ΜΑΡ	38,20	3687,03	13,27	70,58	11,51	17,67	5,66	8,12	2,21
ΑΠΡ	2,40	4996,89	17,99	58,69	13,48	19,49	7,15	10,10	3,39
ΜΑΪ	88,20	5976,82	21,52	68,61	18,98	24,38	13,77	7,25	4,09
ΙΟΥΝ	14,80	6833,31	24,60	70,64	23,71	28,92	18,60	6,21	4,95
ΙΟΥΛ	73,40	6954,58	25,04	72,03	24,52	29,71	19,23	5,93	5,06
ΑΥΓ	25,00	6693,65	24,10	67,77	24,60	30,59	18,59	5,56	5,02
ΣΕΠ	31,00	5138,46	18,50	70,55	20,63	27,39	14,28	4,21	3,63
ΟΚΤ	68,00	2564,46	9,23	79,21	15,19	20,53	10,83	4,99	1,55
ΝΟΕ	105,00	1432,01	5,16	84,91	11,63	15,11	8,80	4,05	0,63
ΔΕΚ	167,00	1229,71	4,43	83,62	7,10	11,26	3,94	7,22	0,47

Ακολουθούν πίνακες με μέσους όρους των μετεωρολογικών δεδομένων των τεσσάρων ετών που έχουμε, (δηλ. 2014, 2015, 2016, 2017) και συγκεκριμένα α) ύψος βροχής (πίνακας : 8.5), β) μέγιστη θερμοκρασία (πίνακας : 8.6), γ) ελάχιστη θερμοκρασία

(πίνακας : 8.7), δ) σχετική υγρασία (πίνακας : 8.8), ε) ταχύτητα ανέμου (πίνακας : 8.9), στ) Εξατμισοδιαπνοή (πίνακας : 8.10) και ζ) ώρες ηλιοφάνειας (πίνακας : 8.11)

Πίνακας 8-5 Ύψος βροχής ανά μήνα τα έτη 2014, 2015, 2016, 2017 και Μέσος όρος ετών

ΜΗΝΕΣ	ύψος βροχής ανά μήνα 2014	ύψος βροχής ανά μήνα 2015	ύψος βροχής ανά μήνα 2016	ύψος βροχής ανά μήνα 2017	Μέσος όρος ετών
ΙΑΝ	32,2	45,20	30,0	39,6	36,8
ΦΕΒ	68,2	40,00	42,6	10,0	40,2
ΜΑΡ	34,6	111,00	105,8	38,2	72,4
ΑΠΡ	0,0	19,20	11,8	2,4	8,4
ΜΑΪ	0,4	10,80	94,0	88,2	48,4
ΙΟΥΝ	0,2	92,80	23,4	14,8	32,8
ΙΟΥΛ	48,4	4,00	15,0	73,4	35,2
ΑΥΓ	37,2	36,20	50,4	25,0	37,2
ΣΕΠ	81,4	68,80	156,6	31,0	84,5
ΟΚΤ	68,6	100,80	38,6	68,0	69,0
ΝΟΕ	105,0	32,60	21,0	105,0	65,9
ΔΕΚ	167,0	0,20	0,5	167,0	83,7
Σύνολο	643,2	561,6	589,7	662,6	614,3

Πίνακας 8-6 Μεγίστη θερμοκρασία ανά μήνα τα έτη 2014, 2015, 2016, 2017 και Μέσος όρος ετών

Μεγίστη θερμοκρασία					
ΜΗΝΕΣ	2014	2015	2016	2017	Μέσος όρος ετών
ΙΑΝ	12,66	10,58	10,40	4,87	9,63
ΦΕΒ	13,61	11,56	15,40	12,87	13,36
ΜΑΡ	16,67	12,13	15,75	17,67	15,55
ΑΠΡ	18,57	18,69	21,89	19,49	19,66
ΜΑΪ	24,65	25,55	23,55	24,38	24,53
ΙΟΥΝ	28,26	27,40	29,11	28,92	28,42
ΙΟΥΛ	29,43	30,84	29,93	29,71	29,98
ΑΥΓ	30,82	30,95	30,08	30,59	30,61
ΣΕΠ	25,44	27,86	26,45	27,39	26,79
ΟΚΤ	20,53	20,87	20,19	20,53	20,53
ΝΟΕ	15,11	19,63	15,61	15,11	16,36
ΔΕΚ	11,26	14,00	10,43	11,26	11,74

Πίνακας 8-7 Ελάχιστη θερμοκρασία ανά μήνα τα έτη 2014, 2015, 2016, 2017 και Μέσος όρος ετών

Ελάχιστη θερμοκρασία					
ΜΗΝΕΣ	2014	2015	2016	2017	Μέσος όρος ετών
ΙΑΝ	3,49	0,99	0,42	-2,43	0,62
ΦΕΒ	5,10	1,64	3,99	3,29	3,50
ΜΑΡ	5,79	4,85	4,99	5,66	5,32
ΑΠΡ	8,87	6,76	9,19	7,15	7,99
ΜΑΪ	12,89	14,38	13,15	13,77	13,55
ΙΟΥΝ	17,43	17,04	18,74	18,60	17,95
ΙΟΥΛ	18,98	19,72	20,18	19,23	19,53
ΑΥΓ	19,25	18,75	19,34	18,59	18,98
ΣΕΠ	14,97	16,73	14,80	14,28	15,19
ΟΚΤ	10,83	11,84	11,18	10,83	11,17
ΝΟΕ	8,80	6,09	5,36	8,80	7,26
ΔΕΚ	3,94	0,83	-0,48	3,94	2,06

Πίνακας 8-8 Μέση Σχετική Υγρασία (Aver RH) ανά μήνα τα έτη 2014, 2015, 2016, 2017 και Μέσος όρος ετών

Σχετική Υγρασία Aver RH					
ΜΗΝΕΣ	2014	2015	2016	2017	Μέσος όρος ετών
ΙΑΝ	83,94	59,53	67,6	71,16	70,56
ΦΕΒ	83,33	73,12	73,6	74,88	76,23
ΜΑΡ	72,99	77,40	73,00	70,58	73,49
ΑΠΡ	74,80	59,53	63,39	58,69	64,10
ΜΑΪ	66,75	64,67	66,19	68,61	66,56
ΙΟΥΝ	64,50	66,99	67,11	70,64	67,31
ΙΟΥΛ	70,37	70,40	68,45	72,03	70,31
ΑΥΓ	71,72	73,14	67,68	67,77	70,08
ΣΕΠ	78,39	77,93	75,54	70,55	75,60
ΟΚΤ	79,21	80,83	75,61	79,21	78,72
ΝΟΕ	84,91	65,32	76,11	84,91	77,81
ΔΕΚ	83,62	73,46	60,96	83,62	75,42

Πίνακας 8-9 Μέση ταχύτητα ανέμου (Aver WS) ανά μήνα τα έτη 2014, 2015, 2016, 2017 και Μέσος όρος ετών

Μέση ταχύτητα ανέμου (Aver WS)						
ΜΗΝΕΣ	2014	2015	2016	2017	Μέσος όρος ετών σε Km/h	Μέσος όρος ετών σε m/sec
ΙΑΝ	4,22	8,27	6,23	9,16	6,97	1,94
ΦΕΒ	2,89	6,85	4,93	4,64	4,83	1,34
ΜΑΡ	5,73	6,81	6,13	8,12	6,70	1,86
ΑΠΡ	5,55	9,35	7,3	10,10	8,08	2,24
ΜΑΪ	6,71	7,16	7,65	7,25	7,19	2,00
ΙΟΥΝ	7,40	6,82	5,6	6,21	6,51	1,81
ΙΟΥΛ	5,28	4,60	6,46	5,93	5,57	1,55
ΑΥΓ	5,00	3,77	6,15	5,56	5,12	1,42
ΣΕΠ	4,74	4,68	3,77	4,21	4,35	1,21
ΟΚΤ	4,99	3,99	4,82	4,99	4,70	1,31
ΝΟΕ	4,05	4,10	5,17	4,05	4,34	1,21
ΔΕΚ	7,22	4,05	7,5	7,22	6,50	1,80

Ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής είναι μια κοπιώδης και επίπονη εργασία με περίπλοκες εξισώσεις, γι' αυτό έχουν αναπτυχθεί αρκετά υπολογιστικά προγράμματα που την υπολογίζουν με σχετικά εύκολο τρόπο, καθώς και τον υπολογισμό των αναγκών σε νερό των καλλιεργειών. Ο πίνακας 8.10 μας δίνει την εξατμισοδιαπνοή με τη μέθοδο Βαλιάντζα κατά τα έτη 2014, 2015, 2016, 2017 και την εξατμισοδιαπνοή του μέσου όρου αυτών των ετών και τέλος την εξατμισοδιαπνοή με cropwat

Πίνακας 8-10 Εξατμισοδιαπνοή με τη μέθοδο Βαλιάντζα και με cropwat

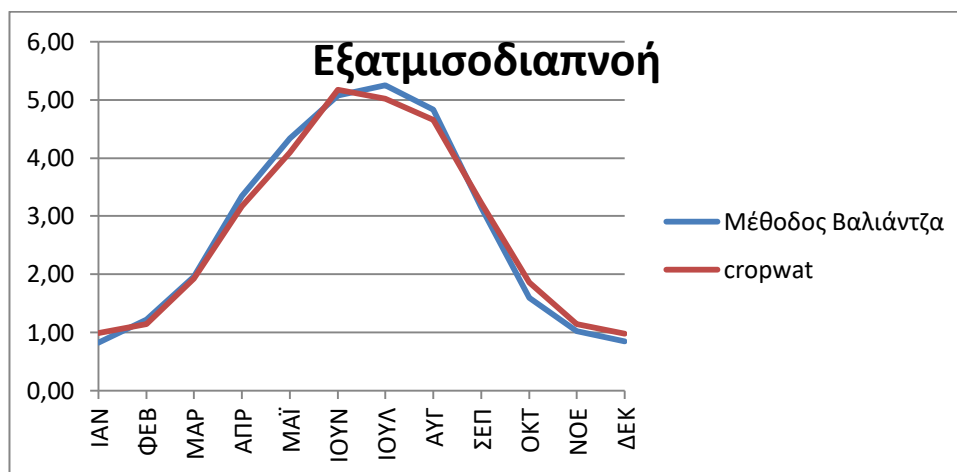
ΜΗΝΕΣ	Εξατμισοδιαπνοή με τη μέθοδο Βαλιάντζα					και με cropwat
	2014	2015	2016	2017	Μέσος Όρος Ετών	Υπολογισμός με cropwat 8.0
ΙΑΝ	0,61	0,84	1,10	0,74	0,82	0,99
ΦΕΒ	0,94	1,11	1,50	1,33	1,22	1,14
ΜΑΡ	2,24	1,39	2,00	2,21	1,96	1,93
ΑΠΡ	2,49	3,60	3,90	3,39	3,34	3,17
ΜΑΪ	4,47	4,37	4,40	4,09	4,33	4,09
ΙΟΥΝ	5,10	4,85	5,40	4,95	5,07	5,17
ΙΟΥΛ	5,13	5,52	5,30	5,06	5,25	5,02
ΑΥΓ	4,77	4,76	4,80	5,02	4,84	4,65
ΣΕΠ	2,83	3,14	3,00	3,63	3,15	3,23
ΟΚΤ	1,55	1,58	1,70	1,55	1,59	1,86
ΝΟΕ	0,63	1,73	1,10	0,63	1,02	1,15
ΔΕΚ	0,47	1,14	1,30	0,47	0,85	0,98

Μεταξύ αυτών το CROPWATT 8.0 είναι ένα υπολογιστικό πρόγραμμα που βοηθάει στον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής αφού του δώσει μέση ελάχιστη θερμοκρασία, μέση μέγιστη θερμοκρασία, μέση σχετική υγρασία, μέση ταχύτητα ανέμου και μέση ηλιοφάνεια μέρας σε ώρες, κάθε μήνα του έτους.

Πίνακας 8-11 Μέση ηλιοφάνεια σε ώρες ανά μήνα και ανά ημέρα

Μέση ηλιοφάνεια σε ώρες μήνα		Μέση ηλιοφάνεια σε ώρες ημέρας	
Ιαν	98,7	Ιαν	3,18
Φεβ	102,6	Φεβ	3,66
Μαρ	147,2	Μαρ	4,75
Απρ	202,6	Απρ	6,75
Μαϊ	252,7	Μαϊ	8,15
Ιουν	296,4	Ιουν	9,88
Ιουλ	325,7	Ιουλ	10,51
Αυγ	295,8	Αυγ	9,54
Σεπ	229,9	Σεπ	7,66
Οκτ	165,5	Οκτ	5,34
Νοε	117,8	Νοε	3,93
Δεκ	102,6	Δεκ	3,31

Η εξατμισοδιαπνοή που υπολογίζεται με την μέθοδο Βαλιάντζα και με το πρόγραμμα Cropwat 8.0 (Penman-Monteith) διαφέρουν ελάχιστα και για ορισμένες περιόδους σχεδόν ταυτίζονται όπως φαίνεται και από το διάγραμμα 8.1

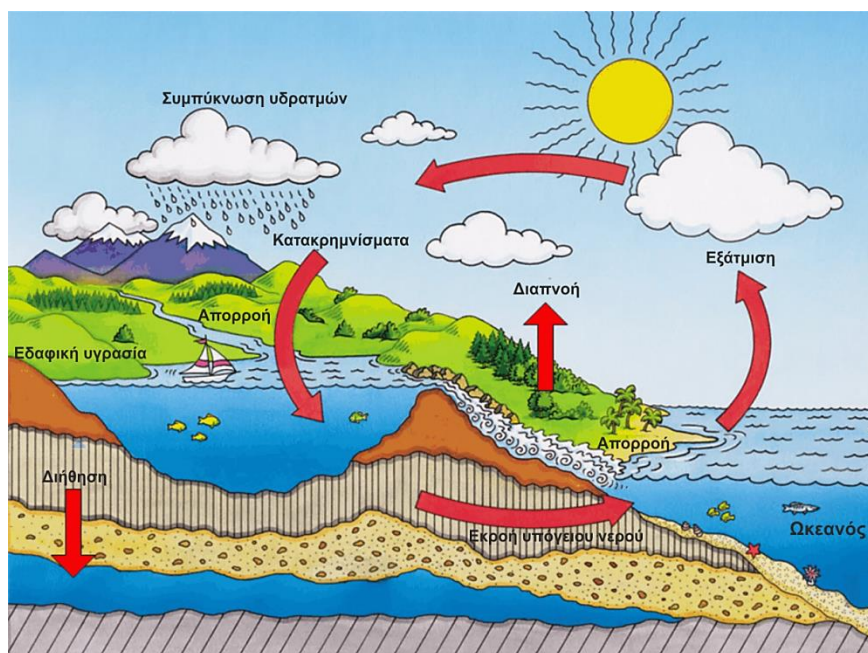


Διάγραμμα 8-1 Διάγραμμα εξατμισοδιαπνοής με τη Μέθοδο Βαλιάντζα και με το cropwat 8.0

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9ο. : ΑΝΑΓΚΕΣ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΣΕ ΝΕΡΟ

9.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εξατμισοδιαπνοή (ΕΤ) αποτελεί μια από τις βασικές συνιστώσες του υδρολογικού κύκλου (Εικόνα 9.1). Εκφράζει την συνδυασμένη διαδικασία της εξάτμισης (Ε) του νερού από υγρές επιφάνειες και την απομάκρυνση του νερού από τα φυτά υπό μορφή υδρατμών μέσω της λειτουργίας της διαπνοής (Τ). Η γνώση της σε κλίμακα αγρού βοηθάει στον υπολογισμό των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό και στον προγραμματισμό των αρδεύσεων ενώ σε κλίμακα υδρολογικής λεκάνης βοηθά στην γενικότερη εκτίμηση του υδατικού ισοζυγίου.



Εικόνα 9-1 Ο υδρολογικός κύκλος.

Το νερό είναι απαραίτητο συστατικό της ζωής και σε πολλά μέρη του κόσμου βρίσκεται σε ανεπάρκεια. Με την πάροδο των χρόνων, πιστεύεται ευρέως ότι οποιαδήποτε κλιματική αλλαγή θα έχει σημαντικό αντίκτυπο στη διαθεσιμότητα του νερού. Η γεωργία αποτελεί τον μεγαλύτερο καταναλωτή νερού παγκοσμίως καθώς αρδεύεται περίπου το 16% της καλλιεργούμενης γης και καταναλώνεται το 67% των υδατικών αποθεμάτων. Στην Ελλάδα αρδεύονται περίπου 15 εκατομμύρια στρέμματα, δηλαδή το 1/3 των γεωργικών εκτάσεων. Οι απώλειες νερού λόγω ανεπαρκούς συντήρησης των δικτύων διανομής ή την μειωμένη αποδοτικότητα εφαρμογής των αρδεύσεων καθιστά επιτακτική ανάγκη την ορθολογική διαχείρισή του.

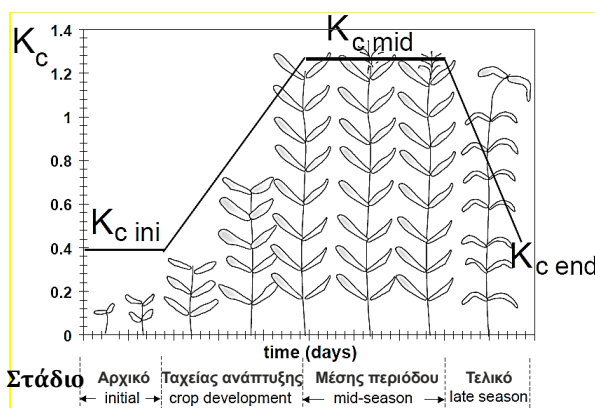
Σε κάθε μία από τις ποικίλες εφαρμογές που απαιτούν τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής όπως για παράδειγμα υδρολογικές αναλύσεις, προγραμματισμός των αρδεύσεων, κλπ., (FAO 1996, Lieth, 1975), είναι σημαντικό να χρησιμοποιείται η πιο κατάλληλη μέθοδος για την εκτίμηση της ET. Οι διαφορές στις υπολογισμένες τιμές που παρατηρούνται μεταξύ των μεθόδων μπορεί να φτάσουν κάποιες εκατοντάδες χιλιοστά νερού ανά καλλιεργητική περίοδο (Federer et al., 1996) και η ακρίβεια μιας συγκεκριμένης μεθόδου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής μελέτης.

Ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής μπορεί να γίνει είτε με άμεσο τρόπο ή με έμμεσο τρόπο στηριζόμενοι σε παρατηρήσεις κλιματολογικών στοιχείων. Ο δεύτερος τρόπος χρησιμοποιείται ευρύτατα τις τελευταίες δεκαετίες λόγω της αυξημένης εγκατάστασης αυτόματων μετεωρολογικών σταθμών, της σχετικά εύκολης πρόσβασης σε βάσεις δεδομένων καθώς επίσης της ανάπτυξης μεγάλου αριθμού μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης.

Για αρδευτικούς σκοπούς (σχεδιασμός αρδευτικών δικτύων, προγραμματισμός αρδεύσεων) ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής επιτυγχάνεται σε δύο στάδια. Αρχικά υπολογίζεται η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας αναφοράς ή απλώς εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (ET₀). Το δεύτερο στάδιο περιλαμβάνει τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας (ET_c) από τη σχέση (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997):

$$ET_c = k_c ET_0, \quad [\text{mm/day}] \dots\dots\dots(1.1)$$

όπου: k_c είναι ο φυτικός συντελεστής που η τιμή του μεταβάλλεται στα διάφορα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας. (Εικόνα 9.2)



Εικόνα 9-2 Μεταβολή του φυτικού συντελεστή K_c ετήσιας καλλιέργειας.

Πολυάριθμες εξισώσεις υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς (ET_0) έχουν προταθεί από διάφορους ερευνητές. Ανάλογα με τις κλιματικές παραμέτρους στις οποίες στηρίζονται, οι εξισώσεις ταξινομούνται ως: εξαρτώμενες από την θερμοκρασία, την ηλιακή ακτινοβολία, το εξατμισόμετρο, την μεταφορά μάζας, την συνδυαστική δράση της ακτινοβολίας και της αεροδυναμικής, αλλά η ακρίβειά τους ποικίλει σε διαφορετικά κλιματικά περιβάλλοντα (Gocic και Trajkovic 2010).

Η συνδυασμένη μέθοδος Penman-Monteith κατά FAO 56 (PM) είναι μια από τις πλέον ακριβείς και αξιόπιστες μεθόδους υπολογισμού της ET_0 καθώς έχει αναφερθεί πως μπορεί να εκτιμά με ακρίβεια την ET_0 σε αρκετές περιοχές με διαφορετικά κλίματα (Allen et al. 2005, 2006). Χρησιμοποιείται ευρύτατα από Γεωπόνους, Μηχανικούς αρδεύσεων καθώς και άλλους επιστήμονες, τόσο για πρακτικούς όσο και για ερευνητικούς σκοπούς (Alexandris et al. 2006). Το βασικό μειονέκτημα της εξίσωσης PM είναι ότι απαιτεί αρκετά μετεωρολογικά δεδομένα που δεν είναι πάντα διαθέσιμα, όπως για παράδειγμα στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου υπάρχουν περιορισμένα αξιόπιστα μετεωρολογικά δεδομένα της ακτινοβολίας, της σχετικής υγρασίας και της ταχύτητας του ανέμου (Gocic and Trajkovic, 2010; Tabari and Hosseinzadeh Talaei, 2011).

Στις περιπτώσεις όπου υπάρχουν ελλιπή διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα, συνιστάται η χρήση εξισώσεων που απαιτούν μειωμένο αριθμό μετεωρολογικών παραμέτρων. Ωστόσο, πριν την τελική εφαρμογή των εξισώσεων αυτών για μια συγκεκριμένη περιοχή, θα πρέπει να αξιολογούνται με βάση είτε τα δεδομένα κάποιου λυσιμέτρου ή τις υπολογισμένες τιμές της μεθόδου PM.

Αρκετές έρευνες διεξήχθησαν για την αξιολόγηση των εξισώσεων υπολογισμού της ET_0 υπό συνθήκες σχετικά χαμηλής υγρασίας (ημίξηρες) σε διάφορες περιοχές ανά τον κόσμο από τους Jensen et al 1990, 1997; Kashyap και Panda 2001; Irmak et al 2002, 2003a,b; Grismer et al 2002; Yoder et al 2004; Chen et al 2005; Temesgen et al 2005; Alkaeed et al 2006; Trajkovic 2007; Landeras et al 2008; Xing et al 2008; Ali and Shui 2009; Trajkovic and Kolakovic 2009; Sentelhas et al 2010).

Για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας αναφοράς υπό τις Ελληνικές κλιματικές συνθήκες ασχολήθηκαν αρκετοί Έλληνες ερευνητές μεταξύ των οποίων οι Papamichail and Terzidis, 1996; Παπαμιχαήλ και Γεωργίου, 1999; Ampas et al., 2006; Ampas and Baltas, 2012; Anadranistakis et al., 2000; Alexandris, et al., 2006; Valiantzas, 2006; Βαλιάντζας, 2006; Aschonitis et al., 2012; κ.ά.

Οι DehghaniSanij et al. (2004) αξιολόγησαν τις εκτιμήσεις της ET_0 που υπολογίστηκαν με τη χρήση των εξισώσεων Penman, Penman-Monteith, Wright-Penman, Blaney-Criddle, ισοζυγίου ακτινοβολίας και Hargreaves συγκριτικά με πειραματικές μετρήσεις λυσιμέτρων σε ημι-άνδρα περιβάλλοντα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το μοντέλο Penman-Monteith δίνει τις πιο αξιόπιστες εκτιμήσεις σε σχέση με τα δεδομένα του λυσιμέτρου. Οι Sabziparvar et al. (2010) διερεύνησαν τη χρήση εξισώσεων εξατμισιμέτρου για την εκτίμηση της ET_0 σε ψυχρά ημι-άνδρα και θερμά ξηρά κλίματα. Από τη μελέτη τους προέκυψε ότι τα μοντέλα Orang και Snyder έδωσαν τα καλύτερα αποτελέσματα σε ψυχρά ημι-άνδρα και θερμά ξηρά περιβάλλοντα, αντίστοιχα.

Ο Tabari (2010) αξιολόγησε τέσσερις μεθόδους υπολογισμού ET_0 με μειωμένες απαιτήσεις μετεωρολογικών δεδομένων (Makkink, Turc, Priestley-Taylor και Hargreaves) σε τέσσερα διαφορετικά κλίματα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μέθοδος Turc ήταν η πιο κατάλληλη για την εκτίμηση της ET_0 για ψυχρά, υγρά και ξηρά κλίματα. Επιπλέον, η μέθοδος Hargreaves ήταν η πιο ακριβής κάτω από θερμές υγρές και ημι-άνδρες κλιματολογικές συνθήκες.

Οι Sabziparvar and Tabari (2010) χρησιμοποιώντας το μοντέλο Hargreaves κατασκεύασαν χάρτες με τη χωρική κατανομή της ET_0 σε άνδρες και ημι-άνδρες περιοχές. Η εκτιμώμενη συνολική μηνιαία ET_0 εμφάνισε μια σημαντική μεταβολή κατά τη διάρκεια των καλλιεργητικών περιόδων (Απρίλιος-Σεπτέμβριος), έτσι ώστε η περιοχή μελέτης να έχει τις υψηλότερες (250mm) και χαμηλότερες (80mm) μηνιαίες τιμές ET_0 τον Ιούλιο και τον Απρίλιο, αντίστοιχα.

Οι Ashonitis et al., (2012), συνέκριναν διάφορες εξισώσεις του συντελεστή k_p χρησιμοποιώντας μετρήσεις από εξατμισόμετρο λεκάνης Τύπου A (Class- A pan Evaporimeter) για τον υπολογισμό της ET_0 στην περιοχή της Θεσσαλονίκης κατά την θερινή καλλιεργητική περίοδο (Απρίλιος-Οκτώβριος).

Οι Tabari et al. (2013), πραγματοποίησαν μια συγκριτική αξιολόγηση τριάντα ενός μεθόδων υπολογισμού της ET_0 για υγρές κλιματικές συνθήκες. Από τη σύγκριση των 31 δοκιμασμένων μεθόδων προέκυψε ότι οι πέντε καλύτερες μέθοδοι σε σχέση με την μέθοδο PM, είναι: δύο προτεινόμενες από τους συγγραφείς εξισώσεις ακτινοβολίας, η εξίσωση Blaney-Criddle, η εξίσωση Hargreaves-M4 και η εξίσωση Snyder.

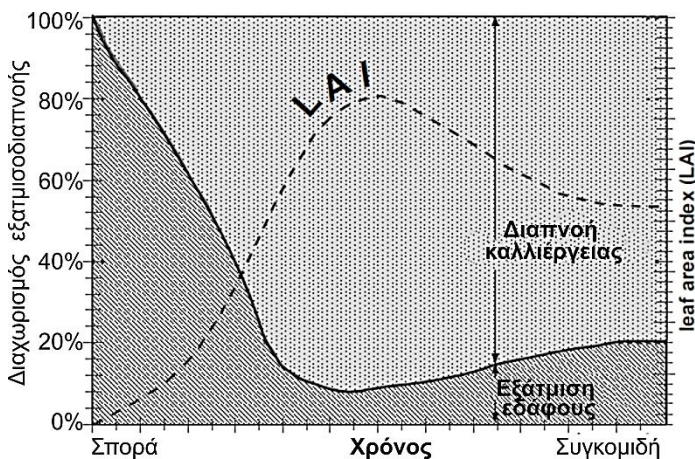
Ο Valiantzas (2013) παρουσίασε απλουστευμένες αλγεβρικές εξισώσεις οι οποίες απαιτούν λιγότερες μετεωρολογικές παραμέτρους και προσεγγίζουν με ακρίβεια την

εξίσωση Penman-Monteith κατά FAO-56.

Απλουστευμένες μορφές εξισώσεων που προσεγγίζουν την μέθοδο Penman για υγρά κλίματα, παρουσιάστηκαν επίσης από τον Valiantzas (2015).

9.2 Η ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

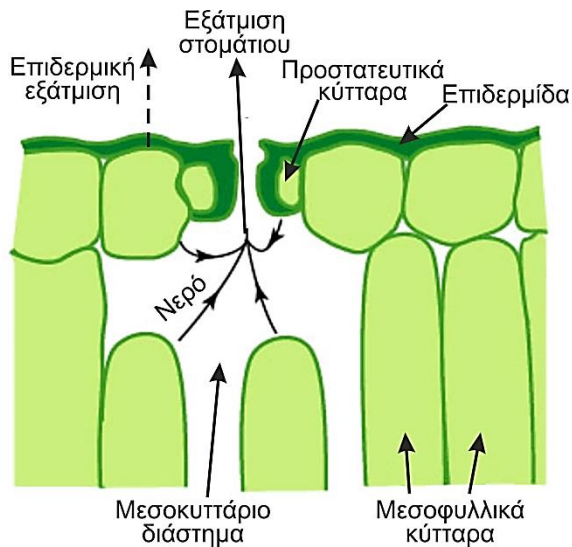
Ο όρος Εξατμισοδιαπνοή (ET) αναφέρεται στον συνδυασμό δύο φυσικών διεργασιών σύμφωνα με τις οποίες το νερό αφενός απομακρύνεται από την επιφάνεια του εδάφους ή το φύλλωμα των φυτών με εξάτμιση και αφ' ετέρου από την καλλιέργεια με διαπνοή (Allen et al, 1998). Η χρήση της σύνθετης λέξης ET οφείλεται στο γεγονός ότι εξάτμιση και διαπνοή συμβαίνουν ταυτόχρονα και δεν υπάρχει εύκολος τρόπος να γίνει διάκριση μεταξύ τους (Kalma et al., 2008). Εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των φυτών και του εδάφους, τη διαθέσιμη ενέργεια και τις συνθήκες που επικρατούν στην ατμόσφαιρα. Όταν τα φυτά είναι μικρά και το φύλλωμα καλύπτει μικρό ποσοστό του εδάφους τότε στην ET υπερισχύει η εξάτμιση. Όμως, καθώς το φυτό αναπτύσσεται κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου και καλύπτει όλο και μεγαλύτερη επιφάνεια του εδάφους, πολύ δε περισσότερο όταν καλύπτεται πλήρως, η διαπνοή αποτελεί την κύρια διαδικασία (Εικόνα 9.2).



Εικόνα 9-3 Διάγραμμα συμμετοχής της εξάτμισης και διαπνοής κατά τον βιολογικό κύκλο μιας τυπικής μονοετούς καλλιέργειας.

Η διαπνοή συνίσταται στην απομάκρυνση του υγρού νερού που περιέχεται στους ιστούς των φυτών υπό μορφή υδρατμών και την διάχυση τους στην ατμόσφαιρα. Οι καλλιέργειες χάνουν το νερό τους κυρίως μέσα από τα στομάτια. Αυτά είναι μικρά ανοίγματα στο φύλλο του φυτού μέσω των οποίων διέρχονται τα αέρια και οι υδρατμοί (Εικόνα 9.4). Το νερό, μαζί με κάποια θρεπτικά συστατικά, προσλαμβάνεται από τις

ρίζες και μεταφέρεται μέσω του βλαστού στα φύλλα. Η εξάτμιση λαμβάνει χώρα εντός του φύλλου, δηλαδή στα μεσοκυττάρια διαστήματα, και η ανταλλαγή υδρατμών με την ατμόσφαιρα ελέγχεται από το άνοιγμα των στοματίων. Στα φυτά, σχεδόν όλο το νερό που προσλαμβάνεται από το έδαφος χάνεται μέσω της διαπνοής και μόνο ένα μικρό κλάσμα χρησιμοποιείται μέσα σε φυτά (Larcher 1995).



Εικόνα 9-4 Σχηματική παράσταση στοματίου φύλλων.

Συχνά χρησιμοποιούνται διάφοροι όροι και ορισμοί σχετικοί με την ΕΤ προκαλώντας πολλές φορές σύγχυση στις έννοιες που αντιπροσωπεύουν καθώς και στη μεθοδολογία υπολογισμού τους (Παπαζαφειρίου, 1999). Για να υπάρξει μια κοινή γλώσσα επικοινωνίας, πολλοί συγγραφείς μεταξύ των οποίων οι Doorenbos and Pruitt (1977), Jensen et al., 1990, προσπάθησαν να ομαδοποιήσουν ορισμούς που χρησιμοποιούνται κατά κόρον σε διάφορα επιστημονικά κείμενα. Οι ορισμοί αυτοί είναι οι εξής (Παπαζαφειρίου, 1999):

Εξάτμιση, E , είναι η φυσική διαδικασία με την οποία ένα στερεό ή υγρό σώμα μεταπίπτει στην αέρια φάση. Στις αρδεύσεις, η εξάτμιση περιορίζεται στη μεταβολή του νερού από την υγρή στην αέρια φάση.

Δυναμική εξάτμιση, E_p , είναι η εξάτμιση από μια επιφάνεια όπου όλες οι επαφές της με την ατμόσφαιρα είναι υγρές, έτσι που δεν υπάρχει κανένας περιορισμός της έντασης της εξάτμισης που να οφείλεται στην επιφάνεια. Το μέγεθος της E_p εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τις συνθήκες που επικρατούν στην ατμόσφαιρα και την ανακλαστικότητα της επιφάνειας, αλλά παραλλάσσει ανάλογα με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας, όπως είναι η αεροδυναμική τραχύτητα.

Εξατμισοδιαπνοή, ET , είναι η συνδυασμένη διαδικασία με την οποία νερό μεταφέρεται προς την ατμόσφαιρα με τη διαπνοή από τα φυτά και την εξάτμιση από την επιφάνεια του εδάφους και την επιφάνεια των φύλλων, όταν αυτά είναι υγρά.

Δυναμική εξατμισοδιαπνοή είναι η ένταση (ρυθμός) με την οποία το νερό, κάτω από συνθήκες πλήρους διαθεσιμότητας, απομακρύνεται από το υγρό έδαφος και τις φυτικές επιφάνειες. Η δυναμική εξατμισοδιαπνοή εκφράζεται είτε σαν ροή λανθάνουσας θερμότητας ανά μονάδα επιφανείας, λET_p , είτε σαν ισοδύναμο ύψος εξατμιζόμενου νερού ανά μονάδα χρόνου, ET_p .

Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας αναφοράς (ή βάσης), είναι η ένταση με την οποία νερό, εφόσον είναι άμεσα διαθέσιμο, απομακρύνεται από τις εδαφικές και φυτικές επιφάνειες μιας καλλιέργειας αναφοράς. Καλλιέργειες αναφοράς είναι ο χλοοτάπητας με ομοιόμορφο ύψος 8-15 cm ή η μηδική με μέσο ύψος 50 cm. Οι επιφάνειες των φύλλων της καλλιέργειας αναφοράς, τυπικά, δεν είναι υγρές. Η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας αναφοράς ή, απλώς, εξατμισοδιαπνοή αναφοράς, εκφράζεται είτε σαν ροή λανθάνουσας θερμότητας ανά μονάδα επιφανείας, λET_r , είτε σαν ισοδύναμο ύψος εξατμιζόμενου νερού ανά μονάδα χρόνου, ET_r .

Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας, ET_c , είναι η ένταση με την οποία νερό, εφ' όσον είναι άμεσα διαθέσιμο, απομακρύνεται από τις εδαφικές και φυτικές επιφάνειες μιας καλλιέργειας που αναπτύσσεται δυναμικά (είναι δηλαδή ελεύθερη από ασθένειες και οποιουσδήποτε άλλους παράγοντες ανασχετικούς της ανάπτυξης κι έχει στη διάθεσή της όλα τα απαιτούμενα θρεπτικά συστατικά) και επιτυγχάνει το μέγιστο της ανάπτυξης και απόδοσης κάτω από τις επικρατούσες συνθήκες του περιβάλλοντος στο οποίο αναπτύσσεται. Η συνήθης έκφρασή της είναι σε ισοδύναμο ύψος εξατμιζόμενου νερού ανά μονάδα χρόνου. Πολλές φορές η ET_c αναφέρεται και σαν μέγιστη εξατμισοδιαπνοή. ET_{max} .

Πραγματική εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας ET_a , είναι η ένταση με την οποία νερό απομακρύνεται από το έδαφος και τις φυτικές επιφάνειες μιας καλλιέργειας που αναπτύσσεται κάτω από τις συγκεκριμένες συνθήκες ενός αγρού (πλήρης ή μερική διαθεσιμότητα νερού και θρεπτικών στοιχείων, προσβολή ή μη από ασθένειες κλπ.). Εκφράζεται σαν ισοδύναμο ύψος εξατμιζόμενου νερού ανά μονάδα χρόνου. Είναι προφανές ότι $ET_c \geq ET_a$.

9.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΤ

9.3.1 Μετεωρολογικοί παράγοντες

Για την μετατροπή της κατάστασης του νερού από την υγρή μορφή σε αέρια (ατμός) απαιτείται ενέργεια (Larcher, 1995; Morton, 1990). Αυτή η ενέργεια είναι διαθέσιμη κυρίως από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία και, σε μικρότερο βαθμό, από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα (Allen et al., 1998). Η κινητήρια δύναμη για την απομάκρυνση του νερού από μια επιφάνεια εξάτμισης εξαρτάται από τη διαφορά μεταξύ της πίεσης υδρατμών στην επιφάνεια εξάτμισης και εκείνης της περιβάλλουσας ατμόσφαιρας (Bosen, 1960). Περαιτέρω, η ταχύτητα του ανέμου επηρεάζει σημαντικά την κίνηση της ροής των υδρατμών στον αέρα. Ως εκ τούτου, η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία του αέρα, η υγρασία του αέρα και η ταχύτητα του ανέμου αποτελούν τις κύριες μετεωρολογικές παραμέτρους για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής (Morton, 1994; Xu και Singh, 1998).

9.3.2 το φυτικό είδος

Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των φυτών έχουν σημαντική επίδραση στη διαμόρφωση της ΕΤ. Διαφορετικά είδη φυτών διαφέρουν ως προς την ανακλαστικότητα/ τους (albedo), την αντοχή στη διαπνοή, το ύψος, την τραχύτητα, και το ριζικό σύστημα (Singh, 1989). Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά των φυτών έχουν ως αποτέλεσμα να εμφανίζουν διαφορετικά επίπεδα ΕΤ κάτω από τις ίδιες μετεωρολογικές και περιβαλλοντικές συνθήκες (Allen et al., 1998; Bathke et al., 1992). Τα φυτά επίσης παρουσιάζουν διαφορετικούς ρυθμούς διαπνοής στα διάφορα στάδια ανάπτυξης (Chavan και Pawar, 1988).

Γενικά, όταν η διαθεσιμότητα του νερού στο έδαφος είναι επαρκής για να ικανοποιήσει τη ζήτηση της ΕΤ, οι μετεωρολογικές παράμετροι παίζουν τον κυρίαρχο ρόλο στη διαμόρφωση της ΕΤ. Ωστόσο, κάτω από συνθήκες ξηρασίας ή μεσολάβησης μεγάλων διαστημάτων μεταξύ των αρδεύσεων, ή περιορισμένη ανοδική κίνηση του νερού από την υπόγεια στάθμη, η υγρασία του εδάφους στα ανώτερα στρώματα μειώνεται και τα φυτά υποφέρουν από έλλειψη νερού. Αυτό μπορεί να περιορίσει την ανάπτυξη των φυτών και να μειώσει την ΕΤ. Υπό αυτές τις συνθήκες, τα φυτά μέσω των στοματίων αποτελούν τον κύριο ρυθμιστικό παράγοντα της ΕΤ, ελέγχοντας την απώλεια νερού (Allen et al., 1998).

9.3.3 διαχειριστικές πρακτικές και περιβαλλοντικές συνθήκες

Η υγρασία και η αλατότητα του εδάφους, η γονιμότητα, η διαπερατότητα της κατατομής του εδάφους, οι ασθένειες και τα παράσιτα συνιστούν τους περιβαλλοντικούς παράγοντες που διαμορφώνουν την ανάπτυξη των φυτών και την ET (Allen et al, 1998; Willigen, 1991). Η επίδραση της υγρασίας του εδάφους στην ET εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος του ελλείμματος του νερού και τον τύπο του εδάφους (Chaudhury, 1985). Η υπερβολική εδαφική υγρασία δύναται να περιορίσει την πρόσληψη νερού από τις ρίζες μέσω της αναστολής της αναπνοής (Larcher 1995). Οι διάφορες καλλιεργητικές πρακτικές, όπως η εφαρμογή των λιπασμάτων, το είδος της καλλιέργειας και η εφαρμοζόμενη μέθοδος άρδευσης, επηρεάζουν επίσης την ET (Prihar et al, 1976; Proffitt et al, 1985). Άλλοι παράγοντες, που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή είναι η πυκνότητα των φυτών, το ύψος των φυτών, η τραχύτητα του φυλλώματος, η προσβολή των φυτών από ασθένειες και θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την αξιολόγηση της ET.

9.4 ΤΡΟΠΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ

9.4.1 Άμεση μέτρηση της ET

Η εξατμισοδιαπνοή μιας καλλιέργειας μπορεί να μετρηθεί με διάφορα μέσα, όπως: παρατηρήσεις της μεταβολής της υγρασίας σε πειραματικά αγροτεμάχια, παρατηρήσεις εξάτμισης από εξατμισόμετρο, χρήση ζυγιστικών λυσιμέτρων (Yang et al., 2000, 200 Li et al., 2009).

- **Μέθοδος των διαδοχικών δειγματοληψιών**

Κάτω από πραγματικές συνθήκες αγρού, η εξατμισοδιαπνοή μπορεί να εκτιμηθεί με την πραγματοποίηση διαδοχικών δειγματοληψιών και μέτρηση της εδαφικής υγρασίας στη ζώνη του ριζοστρώματος κατά τακτά χρονικά διαστήματα. Οι δειγματοληψίες, έχει καθιερωθεί να γίνονται ανά 30 cm βάθους εδάφους και να εκτείνονται μέχρι 60cm πιο κάτω από το βάθος του ενεργού ριζοστρώματος. Η σχέση υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας, ET_c , είναι:

$$ET_c = \frac{1}{\Delta t} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\theta_{m1} - \theta_{m2}}{100} \right) \times \rho_{bi} \times d_i, \quad \sum_{i=1}^n d_i = D \dots\dots\dots(2.1)$$

όπου: Δt = το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών μετρήσεων εδαφικής υγρασίας

θ_{m1}, θ_{m2} = η περιεχόμενη εδαφική υγρασία (% ξ.β.) στην αρχή και στο τέλος της χρονικής περιόδου

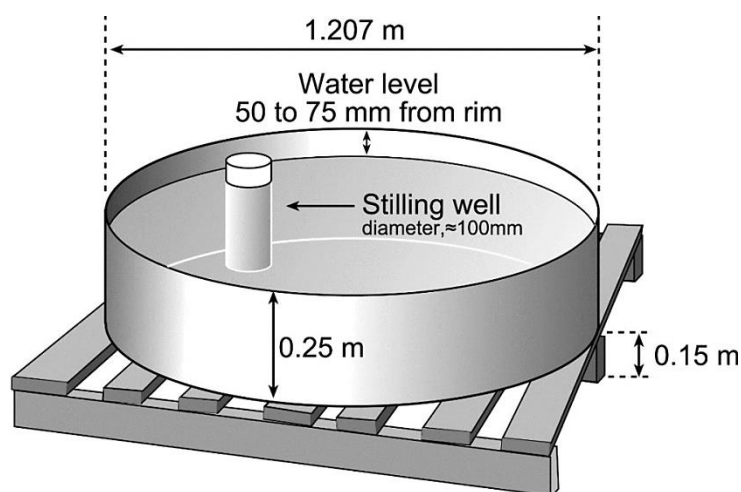
ρ_b = η φαινόμενη πυκνότητα του εδάφους [kg/m^3]

d_i = το πάχος των εδαφικών στρώσεων [mm]

Τα πειραματικά αγροτεμάχια πρέπει να αρδεύονται κατά τρόπο ώστε ν' αποφεύγεται η επιφανειακή απορροή και η βαθειά διήθηση. Επίσης, η υπόγεια στάθμη του νερού να βρίσκεται αρκετά βαθύτερα από το ριζόστρωμα της καλλιέργειας και οι μετρήσεις της εδαφικής υγρασίας να αρχίζουν 2-4 ημέρες μετά την άρδευση ή τη βροχή.

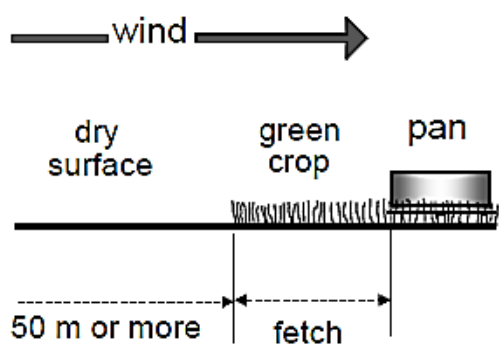
- **Μέθοδος Εξατμισιμέτρου**

Η εξάτμιση του νερού από μια ανοικτή επιφάνεια παρέχει έναν δείκτη της συνδυασμένης επίδρασης της ακτινοβολίας, της θερμοκρασίας του αέρα, της υγρασίας του αέρα και του ανέμου στην ET (Allen et al., 1998). Τα εξατμισίμετρα αποτελούνται από μια γαλβανισμένη λεκάνη η οποία γεμίζεται με νερό και με τη βοήθεια αισθητήρα στάθμης μετριέται το ύψος του εξατμιζόμενου νερού. Υπάρχουν δύο είδη εξατμισιμέτρων (Allen et al., 1998, Παπαμιχαήλ και Μπαμπατζιμόπουλος, 2014). Το πρώτο τοποθετείται στη επιφάνεια του εδάφους (Εικόνες: 9.5, 9.6 και 9.7) και είναι γνωστό ως εξατμισίμετρο λεκάνης τύπου A (**Class- A pan Evaporimeter**) ενώ το δεύτερο είδος είναι βυθισμένο ώστε το πάνω χείλος της λεκάνης να βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με την επιφάνεια του εδάφους (εικόνα 9.7) και αναφέρεται ως **Colorado Sunken Pan** (Allen, 1998).

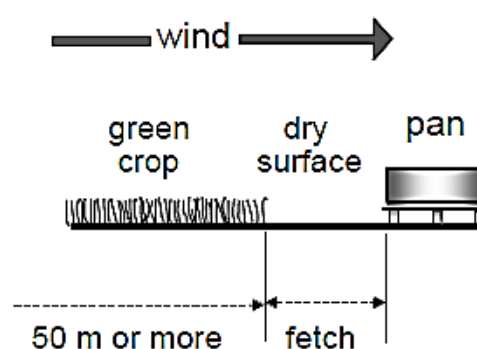


Εικόνα 9-5 Τυπικές διαστάσεις εξατμισιμέτρου λεκάνης τύπου A

Case A



Case B

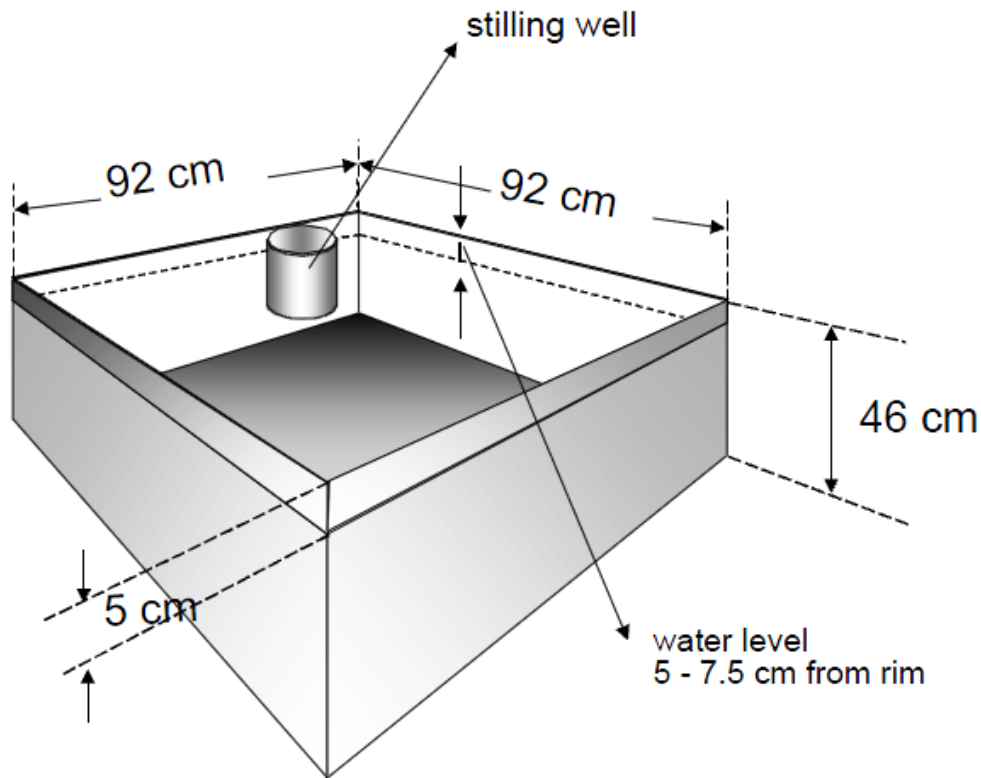


Εικόνα 9-6 Περιπτώσεις διάταξης εξατμισίμετρου τύπου A ως προς τον περιβάλλοντα χώρο.

Τα εξατμισίμετρα τύπου Colorado πολλές φορές προτιμώνται σε μελέτες υπολογισμού των υδατικών αναγκών των καλλιεργειών διότι δίνουν καλύτερη εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας αναφοράς. Ωστόσο, έχουν ως μειονέκτημα τη δυσκολότερη συντήρηση καθώς και το ότι δεν γίνονται ορατές τυχόν διαρροές νερού (Allen, 1998).



Εικόνα 9-7 Εξατμισίμετρο λεκάνης τύπου A



Εικόνα 9-8 Διαστάσεις εξατμισίμετρου τύπου Colorado.

Ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς ET_0 με τη μέθοδο του εξατμισίμετρου δίνεται από τη σχέση:

$$ET_0 = k_p \cdot E_{pan} \dots\dots\dots(2.2)$$

όπου:

k_p = ο συντελεστής του εξατμισίμετρου που ανάλογα με το είδος του εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου, τη μέση σχετική υγρασία και τα χαρακτηριστικά στοιχεία της διάταξης του στον περιβάλλοντα χώρο.

E_{pan} = το μετρημένο ύψος της εξάτμισης [mm/d]

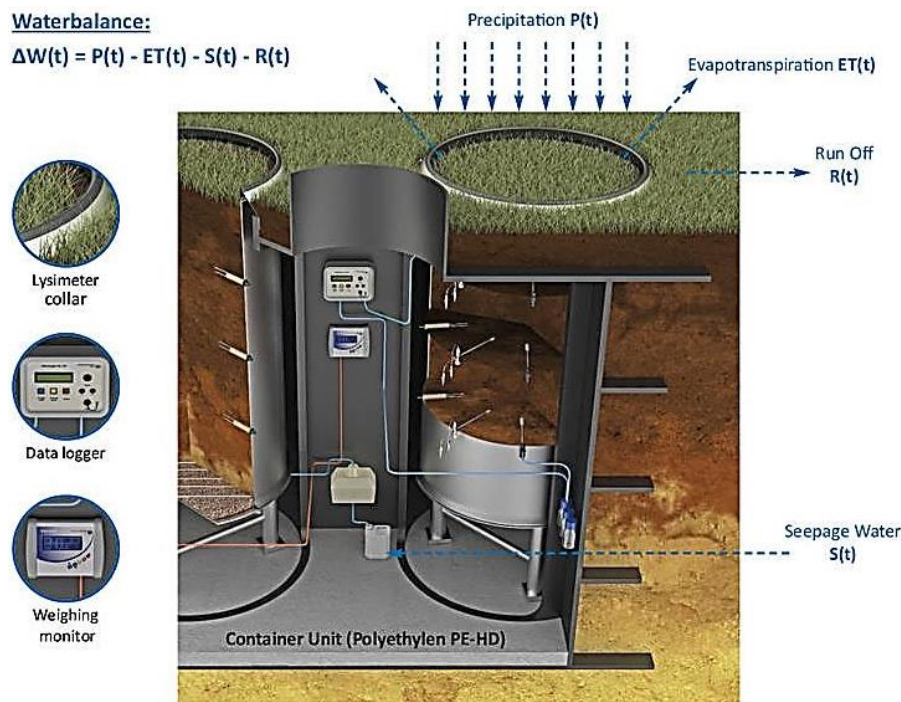
- **Ζυγιστικά λυσίμετρα**

Τα ζυγιστικά λυσίμετρα μετρούν άμεσα την απώλεια νερού από μια αναπτυσσόμενη καλλιέργεια ή από δέντρα και την περίξ αυτών επιφάνεια του εδάφους. Ως εκ τούτου, μπορούν να χρησιμοποιούνται ως μέθοδοι αναφοράς προκειμένου να επικυρώνεται η ακρίβεια άλλων έμμεσων μεθόδων προσδιορισμού της ET. Η απώλειες νερού λόγω ET εξάγονται από τον υπολογισμό της διαφοράς μεταξύ της εισερχόμενης ποσότητας νερού στο έδαφος (πχ. βροχή, άρδευση) και της ποσότητας νερού που χάνεται μέσω του εδάφους (Edwards, 1986). Ένα ζυγιστικό λυσίμετρο (Εικόνα 9.9) χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των απωλειών της εδαφικής υγρασίας, πραγματοποιώντας συνεχή ζύγιση

ενός σχετικά μεγάλου όγκου εδάφους στον αγρό. Η μετρούμενη απώλεια υγρασίας αποδίδεται στην ET (Yang et al., 2000).

Waterbalance:

$$\Delta W(t) = P(t) - ET(t) - S(t) - R(t)$$



Εικόνα 9-9 Ζυγιστικό λυσίμετρο

9.4.2 Έμμεσες μέθοδοι υπολογισμού της ET

Οι έμμεσες μέθοδοι υπολογισμού της ET βασίζονται σε μαθηματικές εξισώσεις οι οποίες διακρίνονται στις **εμπειρικές μεθόδους** και στις **αναλυτικές μεθόδους** (Verstraeten, 2008). Οι εμπειρικές μέθοδοι συνίστανται από εξισώσεις που προκύπτουν με παλινδρόμηση μεταξύ των μετρημένων τιμών ET και μετεωρολογικών παραμέτρων για συγκεκριμένες κλιματικές συνθήκες. Αυτές οι μέθοδοι μπορούν να κάνουν χρήση των δεδομένων που προέρχονται κυρίως από παρατηρήσεις τηλεπισκόπησης με ελάχιστες επίγειες μετρήσεις. Οι αναλυτικές μέθοδοι περιλαμβάνουν την διερεύνηση των φυσικών διεργασιών που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή ανάλογα με την κλίμακα της περιοχής ενδιαφέροντος, τον διαφορετικό βαθμό πολυπλοκότητας και απαιτούν μια ποικιλία άμεσων και έμμεσων μετρήσεων που μπορεί να προέρχονται από πηγές τηλεπισκόπησης και επίγεια μετεωρολογικά όργανα (Li et al, 2009; Rango, 1994). Υπάρχει μια πληθώρα μεθόδων υπολογισμού της ET_0 που έχουν εφαρμοστεί για την εκτίμηση της κατανομής της ET σε διαφορετικής κλίμακας περιοχές που μπορεί να αφορούν σε αγρό, σε υδρολογική λεκάνη ή ακόμη σε ηπειρωτική έκταση. Κάθε μέθοδος έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και μπορεί να εφαρμοστεί

με επιτυχία μόνο κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες (Kairu, 1991). Για παράδειγμα, οι εμπειρικές μέθοδοι έχουν το πλεονέκτημα της εξοικονόμησης υπολογιστικού χρόνου και των λιγότερων απαιτήσεων από επίγειες μετρήσεις σε ομοιογενείς περιοχές. Ωστόσο, σε περιοχές με μεγάλη μεταβλητότητα των χαρακτηριστικών της επιφάνειας του εδάφους, οι προβλέψεις τους δεν είναι πάντα επιτυχείς (Li et al, 2009). Οι αναλυτικές μέθοδοι που βασίζονται στη θεωρία των φυσικών διεργασιών, παρέχουν ακριβείς εκτιμήσεις της ET_0 σε σχέση με τις μετρούμενες τιμές, αλλά γενικά έχουν μεγάλες απαιτήσεις σε πρωτογενή δεδομένα.

Μια από τις πλέον ακριβείς μεθόδους υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας αναφοράς είναι η συνδυαστική μέθοδος Penman-Monteith (FAO 56) τα αποτελέσματα της οποίας συμφωνούν με ικανοποιητική ακρίβεια σε δεδομένα μετρήσεων με λυσιμέτρα. Θεωρώντας στην παρούσα εργασία την εξίσωση Penman-Monteith ως μέθοδο βάσης, συγκρίνονται και αξιολογούνται ως προς την ακρίβειά τους οι παρακάτω μέθοδοι: η τροποποιημένη μέθοδος Blaney-Criddle κατά FAO-24 (1977), η μέθοδος Makkink (1957), η μέθοδος Makkink κατά FAO-24 (1977), η μέθοδος Turc (1961), η μέθοδος Penman (1963), η τροποποιημένη μέθοδος Penman κατά FAO-24 (1977), η μέθοδος Priestley-Taylor (1972), η μέθοδος Hargreaves-Samani (1985), η εξίσωση του Βαλιάντζα (2006).

- **Μέθοδος Blaney-Criddle κατά FAO-24**

Οι Doorenbos and Pruitt (1977) αναθεωρώντας την αρχική εξίσωση των Blaney-Criddle, πρότειναν μια νέα μορφή της εξίσωσης για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας αναφοράς ET_0 , η οποία είναι γνωστή ως Τροποποιημένη μέθοδος Blaney-Criddle κατά FAO-24 και δίνεται από τη σχέση:

$$ET_0 = a + b \cdot f \dots\dots\dots(2.3)$$

$$f = (0.46 T + 8.13) p \dots\dots\dots(2.4)$$

$$a = 0.0043 (RH_{\min}) - \frac{n}{N} - 1.41 \dots\dots\dots(2.5)$$

όπου:

T = η μέση ημερήσια θερμοκρασία του αέρα [°C]

n = η πραγματική ημερήσια ηλιοφάνεια [h]

N = η θεωρητική ή μέγιστη πιθανή ημερήσια ηλιοφάνεια [h] (Πίνακας 9.1, Εικόνα 9.10)

p = το ημερήσιο ποσοστό ωρών ημέρας του έτους (Πίνακας 9.2 ή εξ. 2.6)

$$p = 100 \left[\frac{\sum_{i=J_1}^{J_2} N_i}{\sum_{i=1}^{365} N_i} \right] \dots\dots\dots(2.6)$$

J₁, J₂ = η αρχική και τελική Ιουλιανή ημέρα, αντίστοιχα

RH_{min} = η ελάχιστη σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας [%]

b = συντελεστής που εξαρτάται από την RH_{min}, το λόγο n/N και την ταχύτητα του ανέμου U_d κατά τη διάρκεια της ημέρας σε ύψος 2m πάνω από την επιφάνεια του εδάφους. Οι τιμές του συντελεστή b δίνονται στον Πίνακα 9.3. Εναλλακτικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η εξίσωση των Frevert et al. (1983):

$$b = c_0 + c_1 (RH_{min}) + c_2 \left(\frac{n}{N}\right) + c_3 (U_d) + c_4 (RH_{min})\left(\frac{n}{N}\right) + c_5 (RH_{min})(U_d) \dots\dots\dots(2.7)$$

$$c_0 = 0.81917 \qquad c_3 = 0.065649$$

όπου: $c_1 = -0.0040922 \qquad c_4 = -0.0059684$

$$c_2 = 1.0705 \qquad c_5 = -0.0005967$$

Πίνακας 9-1 Μέγιστη πιθανή ημερήσια ηλιοφάνεια (N) σε ώρες

Μήνες	Βόρειο γεωγραφικό πλάτος							
	30°	32°	34°	36°	38°	40°	42°	44°
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Ιανουάριος	10,4	10,3	10,2	10,0	9,8	9,6	9,4	9,3
Φεβρουάριος	11,1	11,3	11,0	10,9	10,8	10,7	10,6	10,5
Μάρτιος	12,0	12,0	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9
Απρίλιος	12,9	13,0	13,1	13,1	13,2	13,3	13,4	13,4
Μάιος	13,6	13,8	13,9	14,1	14,3	14,4	14,6	14,7
Ιούνιος	14,0	14,2	14,4	14,6	14,8	15,0	15,2	15,4
Ιούλιος	13,9	14,1	14,2	14,4	14,6	14,7	14,9	15,2
Αύγουστος	13,2	13,3	13,4	13,5	13,6	13,7	13,9	14,0
Σεπτέμβριος	12,4	12,4	12,4	12,4	12,5	12,5	12,6	12,6
Οκτώβριος	11,5	11,4	11,3	11,3	11,2	11,2	11,1	11,0
Νοέμβριος	10,6	10,5	10,4	10,2	10,1	10,0	9,8	9,7
Δεκέμβριος	10,2	10,0	9,9	9,7	9,5	9,3	9,1	8,9

Αν η ταχύτητα του ανέμου μετράται σε διαφορετικό ύψος από τα 2 m, τότε μπορεί να γίνει αναγωγή σύμφωνα με τη σχέση (Allen et al., 1989):

$$U_2 = U_z \left[\frac{4.87}{\ln(67.8z - 5.42)} \right] \dots\dots\dots(2.8)$$

όπου z το ύψος μέτρησης της ταχύτητας.

Πίνακας 9-2 Ημερήσια ποσοστά ωρών ημέρας του έτους, p

Μήνες	Βόρειο γεωγραφικό πλάτος							
	30°	32°	34°	36°	38°	40°	42°	44°
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Ιανουάριος	0,24	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22	0,21	0,21
Φεβρουάριος	0,25	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
Μάρτιος	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Απρίλιος	0,29	0,29	0,29	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Μάιος	0,31	0,31	0,31	0,32	0,32	0,32	0,33	0,33
Ιούνιος	0,32	0,32	0,32	0,33	0,33	0,34	0,34	0,35
Ιούλιος	0,31	0,32	0,32	0,32	0,33	0,33	0,33	0,34
Αύγουστος	0,30	0,30	0,30	0,30	0,31	0,31	0,31	0,31
Σεπτέμβριος	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Οκτώβριος	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Νοέμβριος	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22	0,22
Δεκέμβριος	0,23	0,23	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21	0,20

Πίνακας 9-3 Τιμές του συντελεστή b (Blaney – Criddle κατά FAO-24)

n/N	RH _{min} %						Ταχύτητα ανέμου ημέρας, ms ⁻¹
	0	20	40	60	80	100	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
0,0	0,84	0,80	0,74	0,64	0,52	0,38	U _d = 0
0,2	1,03	0,95	0,87	0,76	0,63	0,48	
0,4	1,22	1,10	1,01	0,88	0,74	0,57	
0,6	1,38	1,24	1,13	0,99	0,85	0,66	
0,8	1,54	1,37	1,25	1,09	0,94	0,75	
1,0	1,68	1,50	1,36	1,18	1,04	0,84	
0,0	0,97	0,90	0,81	0,68	0,54	0,40	U _d = 2
0,2	1,19	1,08	0,96	0,84	0,66	0,50	
0,4	1,41	1,26	1,11	0,97	0,77	0,60	
0,6	1,60	1,42	1,25	1,09	0,89	0,70	
0,8	1,79	1,59	1,39	1,21	1,01	0,79	
1,0	1,98	1,74	1,52	1,31	1,11	0,89	
0,0	1,08	0,98	0,87	0,72	0,56	0,42	U _d = 4
0,2	1,33	1,18	1,03	0,87	0,69	0,52	
0,4	1,56	1,38	1,19	1,02	0,82	0,62	
0,6	1,78	1,56	1,34	1,15	0,94	0,73	
0,8	2,00	1,74	1,50	1,28	1,05	0,83	
1,0	2,19	1,90	1,64	1,39	1,16	0,92	

0,0	1,18	1,06	0,92	0,74	0,58	0,43	U _d = 6
0,2	1,44	1,27	1,10	0,91	0,72	0,54	
0,4	1,70	1,48	1,27	1,06	0,85	0,64	
0,6	1,94	1,67	1,44	1,21	0,97	0,75	
0,8	2,18	1,86	1,59	1,34	1,09	0,85	
1,0	2,39	2,03	1,74	1,46	1,20	0,95	
0,0	1,26	1,11	0,96	0,76	0,60	0,44	U _d = 8
0,2	1,52	1,34	1,14	0,93	0,74	0,55	
0,4	1,79	1,56	1,32	1,10	0,87	0,66	
0,6	2,05	1,76	1,49	1,25	1,00	0,77	
0,8	2,30	1,96	1,66	1,39	1,12	0,87	
1,0	2,54	2,14	1,82	1,52	1,24	0,98	
0,0	1,29	1,15	0,98	0,78	0,61	0,45	U _d = 10
0,2	1,58	1,38	1,17	0,96	0,75	0,56	
0,4	1,86	1,61	1,36	1,13	0,89	0,68	
0,6	2,13	1,83	1,54	1,28	1,03	0,79	
0,8	2,39	2,03	1,71	1,43	1,15	0,89	
1,0	2,63	2,22	1,86	1,56	1,27	1,00	

- **Μέθοδος Makkink**

Η μέθοδος Makkink (1957) εκφράζεται με τη σχέση:

$$ET_0 = c_1 + c_2 \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{R_s}{\lambda} \dots\dots\dots(2.9)$$

όπου:

ET₀=η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας αναφοράς [mm/d]

c₁ = ένας συντελεστής που έχει διαστάσεις mm/d

c₂ =ένας διορθωτικός παράγοντας που εξαρτάται από την μέση σχετική υγρασία, RH_{mean} και την ταχύτητα του ανέμου κατά τη διάρκεια της ημέρας, U_d.

Ο Makkink χρησιμοποιώντας δεδομένα από τις Κάτω Χώρες, προσδιόρισε τις τιμές

c₁ = -0.12 και c₂ = 0.61.

Δ = η κλίση της καμπύλης που διέπει τη σχέση πίεσης κορεσμού υδρατμών-θερμοκρασίας [kPa/°C],

γ = η ψυχομετρική σταθερά [kPa/°C],

R_s= η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια της γης [MJ/m²/d]

λ = η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης [MJ/kg] ($\lambda=2.45$ στους 20 °C)

Η μέθοδος Makkink κατά FAO-24 (Doorenbos and Pruitt, 1977) αποτελεί την τροποποιημένη μορφή της αρχικής εξίσωσης του Makkink (1957).

$$ET_0 = c_1 + c_2 \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{R_s}{\lambda} \dots\dots\dots(2.10)$$

όπου

$c_1 = -0.3$ και το c_2 υπολογίζεται από έναν πίνακα ως συνάρτηση των RH_{mean} και

Οι Frevert et al., (1983) παρουσίασαν μια εξίσωση παλινδρόμησης που περιγράφει την παράμετρο c_2 συναρτήσει των RH_{mean} , U_d και δίνεται από τη σχέση (2.11):

$$c_2 = a_0 + a_1 \cdot RH_{mean} + a_2 \cdot U_d + a_3 \cdot RH_{mean} \cdot U_d + a_4 \cdot RH_{mean}^2 + a_5 \cdot U_d^2 \quad (2.11)$$

όπου

$$a_0 = 1.0656, \quad a_1 = -1.2795 \times 10^{-3}, \quad a_2 = 0.044953$$

$$a_3 = -2.0033 \times 10^{-4}, \quad a_4 = -3.1508 \times 10^{-5}, \quad a_5 = -1.1026 \times 10^{-3}$$

• **Μέθοδος Turc**

Η εξίσωση του Turc (1961), αναπτύχθηκε και χρησιμοποιήθηκε κυρίως για κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην δυτική Ευρώπη. Για την εφαρμογή της μεθόδου απαιτούνται κλιματικά δεδομένα όπως η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία και η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία. Ο υπολογισμός της ET_0 επιτυγχάνεται με τη σχέση:

$$ET_0 = 0.013 \cdot C \cdot \frac{T}{T + 15} (23.88 R_s + 50) \dots\dots\dots(2.12)$$

όπου:

ET_0 = η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας αναφοράς [mm/d]

T = η μέση ημερήσια θερμοκρασία του αέρα [°C]

R_s = η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία [MJ/m²/d],

Η παράμετρος C είναι συνάρτηση της σχετικής υγρασίας RH [%] και υπολογίζεται από τις σχέσεις:

$$C = 1 + \frac{50 - RH}{70}, \quad RH < 50\% \quad \dots\dots\dots(2.13)$$

$$C = 1, \quad RH \geq 50\%$$

Η εξίσωση (2.13) υποδηλώνει πως για δεδομένες τιμές ακτινοβολίας και θερμοκρασίας αναμένεται γραμμική αύξηση της ET_0 όταν η σχετική υγρασία μειώνεται κάτω από το 50%. Στην περίπτωση που η σχετική υγρασία υπερβαίνει το όριο του 50%, τότε η εξατμισοδιαπνοή που προκαλείται οφείλεται κατά κύριο λόγο στην ηλιακή ακτινοβολία και τη θερμοκρασία του αέρα.

- **Μέθοδοι Penman**

Ο Penman (1963) διαμόρφωσε την αρχική εξίσωση υπολογισμού της εξάτμισης από ελεύθερη επιφάνεια νερού, ώστε να μπορεί να υπολογίζει την εξατμισοδιαπνοή από μια επαρκώς αρδευόμενη επιφάνεια χορτοτάπητα. Η προτεινόμενη εξίσωση έχει τη μορφή:

$$ET_0 = \left[\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n - G) + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} 6.43 f(u) (e_s - e_a) \right] / \lambda \dots\dots\dots(2.14)$$

όπου:

Δ = η κλίση της καμπύλης στη σχέση πίεσης κορεσμού υδρατμών και θερμοκρασίας [kPa/°C],

γ = η ψυχομετρική σταθερά [kPa/°C],

R_n = η καθαρή ηλιακή ακτινοβολία [MJ/m²/d],

G = η κατακόρυφη ροή ενέργειας από το έδαφος που μετατρέπεται σε λανθάνουσα θερμική ενέργεια [MJ/m²/d]

$f(u) = (1 + 0.53U_2)$ η συνάρτηση ανέμου [-]

U_2 = η ημερήσια ταχύτητα ανέμου σε ύψος 2 m από την επιφάνεια του εδάφους [m/s]

e_s = πίεση κορεσμού υδρατμών [kPa],

e_a = πραγματική πίεση υδρατμών της ατμόσφαιρας που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία του σημείου δρόσου [kPa]

λ = η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης [MJ/kg] ($\lambda=2.45$ στους 20 °C)

Οι Doorenbos and Pruitt (1977a,b) πρότειναν μια αναθεωρημένη έκδοση της αρχικής εξίσωσης Penman για τον υπολογισμό της ET_0 από χορτοτάπητα, η οποία αναφέρεται ως τροποποιημένη μέθοδος Penman κατά FAO-24 και δίνεται από τη σχέση:

$$ET_0 = c \left[\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n - G) + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} 2.7 f(u)(e_s - e_a) \right] / \lambda \dots\dots\dots(2.15)$$

Η διαφοροποίηση της εξίσωσης (2.15) ως προς την εξίσωση (2.14) συνίσταται στην διαφορετική συνάρτηση ταχύτητας $f(u)=(1+0.864U_2)$ καθώς και στην εισαγωγή ενός σταθμιστικού παράγοντα c , ο οποίος εξαρτάται από τις τοπικές κλιματικές συνθήκες. Για ημερήσιο χρονικό βήμα υπολογισμού της ET_0 η παράμετρος $G=0$. Ο σταθμιστικός παράγοντας c μπορεί να υπολογιστεί με την πολυωνυμική σχέση των Frevert et al., (1983):

$$c = 0.6817 + 0.0027864RH_{max} + 0.018177R_s - 0.06825U_d + 0.012651 \left(\frac{U_d}{U_n} \right) + 0.0097297U_d \left(\frac{U_d}{U_n} \right) + 0.43025 \times 10^{-4} RH_{max} R_s U_d - 0.92118 \times 10^{-7} RH_{max} R_s \left(\frac{U_d}{U_n} \right) \dots\dots\dots(2.16)$$

Η εξίσωση (2.16) υπόκειται στους παρακάτω περιορισμούς:

$$0.5 \leq \frac{U_d}{U_n} \leq 4, \quad 3 \leq R_s \leq 12, \quad 30 \leq RH_{max} \leq 90\%, \quad 0 \leq U_d \leq 9 \text{ m/s} \dots\dots\dots(2.17)$$

Μια βελτιωμένη εξίσωση για τον σταθμιστικό παράγοντα c , δόθηκε από τους Allen and Pruitt (1991):

$$c = 0.892 - 0.0781U_d + 0.00219U_d R_s + 0.000402RH_{max} R_s + 0.000196 \frac{U_d}{U_n} U_d RH_{max} + 0.0000198 \frac{U_d}{U_n} U_d RH_{max} R_s + 0.00000236(U_d)^2 RH_{max} R_s - 0.0000086 \left(\frac{U_d}{U_n} \right)^2 U_d RH_{max} - 0.000000292 \frac{U_d}{U_n} (U_d)^2 (RH_{max})^2 R_s - 0.0000161 RH_{max} (R_s)^2 \dots\dots\dots(2.18)$$

με όρια ισχύος της παραπάνω σχέσης:

$$1 \leq \frac{U_d}{U_n} \leq 4, \quad 3 \leq R_s \leq 12, \quad 30 \leq RH_{max} \leq 90\%, \quad 0 \leq U_d \leq 9 \text{ m/s} \dots\dots\dots(2.19)$$

Παρόμοιας ακρίβειας εναλλακτική μορφή εξίσωσης για τον υπολογισμό του παράγοντα c παρουσίασαν και οι Kotsopoulos and Babajimopoulos, 1997.

- **Μέθοδος Priestley-Taylor (1972)**

Η μέθοδος Priestley-Taylor απαιτεί δεδομένα θερμοκρασίας και ακτινοβολίας για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας αναφοράς, ET_0 :

$$ET_0 = 1.26 \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{(R_n - G)}{\lambda} \dots\dots\dots(2.20)$$

όπου:

Δ = η κλίση της καμπύλης στη σχέση πίεσης κορεσμού υδρατμών και θερμοκρασίας [kPa/°C],

γ = η ψυχομετρική σταθερά [kPa/°C],

R_n = η καθαρή ηλιακή ακτινοβολία [MJ/m²/d],

G = η κατακόρυφη ροή ενέργειας από το έδαφος που μετατρέπεται σε λανθάνουσα θερμική ενέργεια [MJ/m²/d]

λ = η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης [MJ/kg] ($\lambda=2.45$ στους 20 °C)

- **Μέθοδος Hargreaves-Samani (1985)**

Η εξίσωση υπολογισμού της ET_0 δίνεται από τη σχέση:

$$ET_0 = 0.0023 \cdot 0.408 \cdot R_a (T + 17.8) \sqrt{T_{max} - T_{min}} \dots\dots\dots(2.21)$$

όπου:

R_a = η εξωγήινη ηλιακή ακτινοβολία [MJ/m²/d]

T = $(T_{max} + T_{min})/2$ η μέση θερμοκρασία του αέρα [°C]

T_{max} = η μέση μέγιστη θερμοκρασία του αέρα [°C]

T_{min} = η μέση ελάχιστη θερμοκρασία του αέρα [°C]

- **Μέθοδος Βαλιάντζα (2006)**

Ο Βαλιάντζας (2006) πρότεινε την εφαρμογή μιας απλουστευμένης εξίσωσης για τον υπολογισμό της ET_0 στον Ελλαδικό χώρο η οποία απαιτεί ελάχιστα μετεωρολογικά δεδομένα όπως η μέση θερμοκρασία (T) και η σχετική υγρασία (RH) του αέρα. Η εξίσωση του Βαλιάντζα έχει τη μορφή:

$$ET_0 = 0.032 \cdot (R_s - 3.4) \cdot \sqrt{T + 9.5} + 0.08 \cdot (T + 20) \cdot (1 - RH/100) \dots\dots\dots(2.22)$$

όπου:

R_s = η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία [$MJ/m^2/d$]

T = η μέση θερμοκρασία του αέρα [$^{\circ}C$]

RH = η μέση σχετική υγρασία του αέρα [%]

• **Μέθοδος FAO-56 Penman-Monteith**

Σύμφωνα με την επιτροπή ειδικών του FAO (Smith et al., 1992; Allen et al., 1998), προτάθηκε η αντικατάσταση της τροποποιημένης μεθόδου Penman κατά FAO-24 από την συνδυασμένη μέθοδο FAO-56 Penman-Monteith η οποία εκτιμά με ικανοποιητική ακρίβεια τις μετρήσεις εξατμισοδιαπνοής που καταγράφονται σε λυσίμετρα. Η εξίσωση υπολογισμού της (ET_0) δίνεται από τη σχέση:

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \dots\dots\dots(2.23)$$

όπου:

$$T = \frac{T_{min} + T_{max}}{2} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$e_s = \frac{e^0(T_{min}) + e^0(T_{max})}{2} \dots\dots\dots(2.25)$$

$$e_a = \frac{e^0(T_{min}) \frac{RH_{max}}{100} + e^0(T_{max}) \frac{RH_{min}}{100}}{2} \dots\dots\dots(2.26)$$

$$e^0(T) = 0.6108 \exp\left(\frac{17.27 T}{T + 237.3}\right) \dots\dots\dots(2.27)$$

$$\Delta = (4098 e_s) / (T + 237.3)^2 \dots\dots\dots(2.28)$$

$$\gamma = 0.665 \times 10^{-3} P \dots\dots\dots(2.29)$$

$$P = 101.3 \left[\frac{(293 - 0.0065z)}{293} \right]^{5.26} \dots\dots\dots(2.30)$$

$$G = 038(T_i - T_{i-1}) \text{ - (για ημερήσιο χρονικό βήμα } G=0) \dots\dots\dots(2.31)$$

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \dots\dots\dots(2.32)$$

$$R_{ns} = 0.77R_s \dots\dots\dots(2.33)$$

$$R_s = \left(0.25 + 0.5 \frac{n}{N} \right) R_a \dots\dots\dots (2.34)$$

$$R_{nl} = \sigma \left[\frac{T_{\max K}^4 + T_{\min K}^4}{2} \right] \left(0.34 - 0.14 \sqrt{e_a} \right) \left(1.35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0.35 \right) \dots\dots\dots (2.35)$$

$$R_a = \frac{24(60)}{\pi} G_{sc} d_r \left[\omega_s \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \cos(\omega_s) \right]$$

$$R_{so} = \left(0.75 + 2 \times 10^{-5} z \right) R_a \dots\dots\dots (2.36)$$

$$(2.37)$$

$$d_r = 1 + 0.033 \cos \left(\frac{2\pi J}{365} \right) \dots\dots\dots (2.38)$$

$$\omega_s = \cos^{-1} \left[-\tan(\varphi) \tan(\delta) \right] \dots\dots\dots (2.39)$$

$$\delta = 0.4093 \sin \left(\frac{2\pi J}{365} - 1.39 \right) \dots\dots\dots (2.40)$$

ET_o = εξατμισοδιαπνοή αναφοράς [mm/d],

T_{\max} = μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία [$^{\circ}C$],

T_{\min} = ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία [$^{\circ}C$],

e_s = πίεση κορεσμού υδρατμών [kPa],

e_a = πραγματική πίεση υδρατμών της ατμόσφαιρας που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία του σημείου δρόσου [kPa],

$(e_s - e_a)$ = έλλειμμα πίεσης κορεσμένων υδρατμών [kPa],

RH_{\max} = μέγιστη σχετική υγρασία [%],

RH_{\min} = ελάχιστη σχετική υγρασία [%],

U_2 = μέση ταχύτητα ανέμου σε ύψος 2 m από την επιφάνεια του εδάφους

Δ = κλίση της καμπύλης στη σχέση πίεσης κορεσμού υδρατμών και θερμοκρασίας [kPa/ $^{\circ}C$],

R_n = καθαρή ακτινοβολία [MJ/m²d],

R_s = προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία [MJ/m²d],

R_{ns} = καθαρή μικρού μήκους κύματος ηλιακή ακτινοβολία [MJ/m²d],

R_{nl} = καθαρή μεγάλου μήκους κύματος ηλιακή ακτινοβολία [MJ/m²d],

R_{so} = μικρού μήκους κύματος ηλιακή ακτινοβολία ανέφελης ημέρας [MJ/m²d],

σ = σταθερά των Stefan-Boltzman [4.903×10^{-9} MJ/K⁴m²d],

T_k = μέση ημερήσια θερμοκρασία [$^{\circ}K$],

R_a = εξωγήινη ηλιακή ακτινοβολία [MJ/m²d],

G_{sc} = ηλιακή σταθερά [$0.082 \text{ MJ/m}^2\text{min}$],

d_r = σχετική απόσταση γης-ήλιου [rad],

ω_s = ηλιακή γωνία [rad],

φ = γεωγραφικό πλάτος [rad],

δ = ηλιακή απόκλιση [rad],

J = αριθμός ημέρας έτους,

γ = ψυχομετρική σταθερά [$\text{kPa}/^\circ\text{C}$],

P = ατμοσφαιρική πίεση [kPa],

z = υψόμετρο μετεωρολογικού σταθμού [m],

G = κατακόρυφη μεταφορά θερμότητας προς το έδαφος [$\text{MJ/m}^2\text{d}$],

T_i = μέση θερμοκρασία της ίδιας ημέρας [$^\circ\text{C}$],

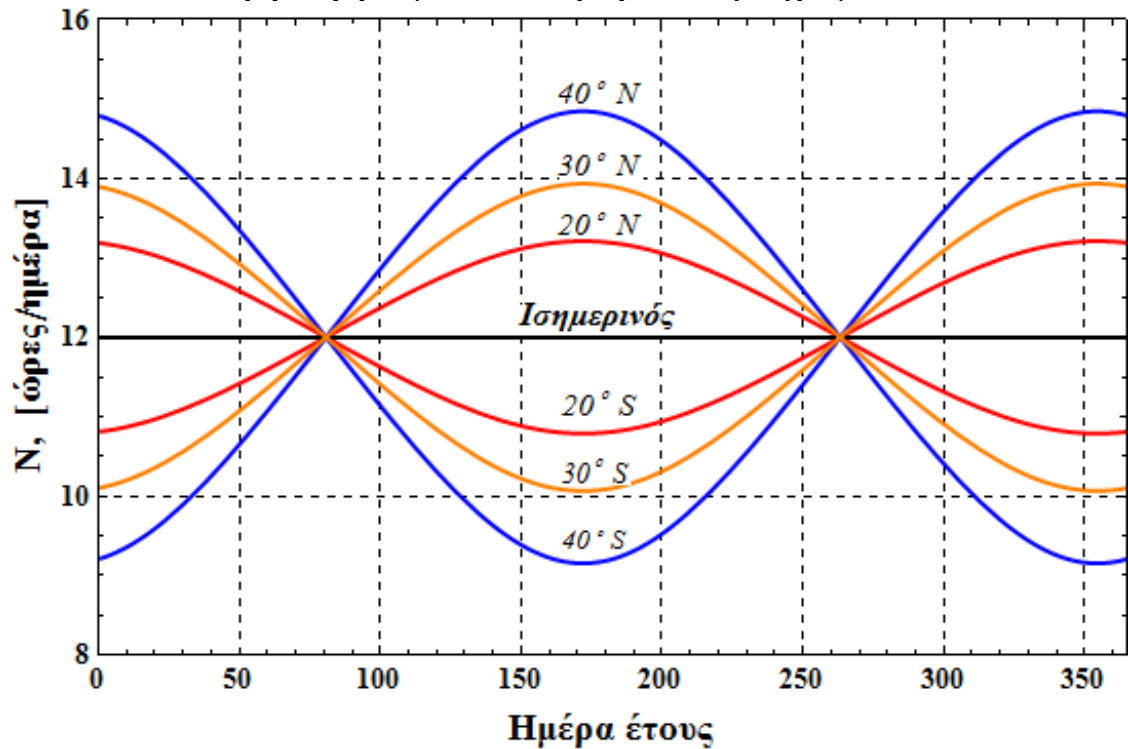
T_{i-1} = μέση θερμοκρασία της προηγούμενης ημέρας [$^\circ\text{C}$],

900= συντελεστής της καλλιέργειας αναφοράς και

0.34= συντελεστής της ταχύτητας του ανέμου για την καλλιέργεια αναφοράς

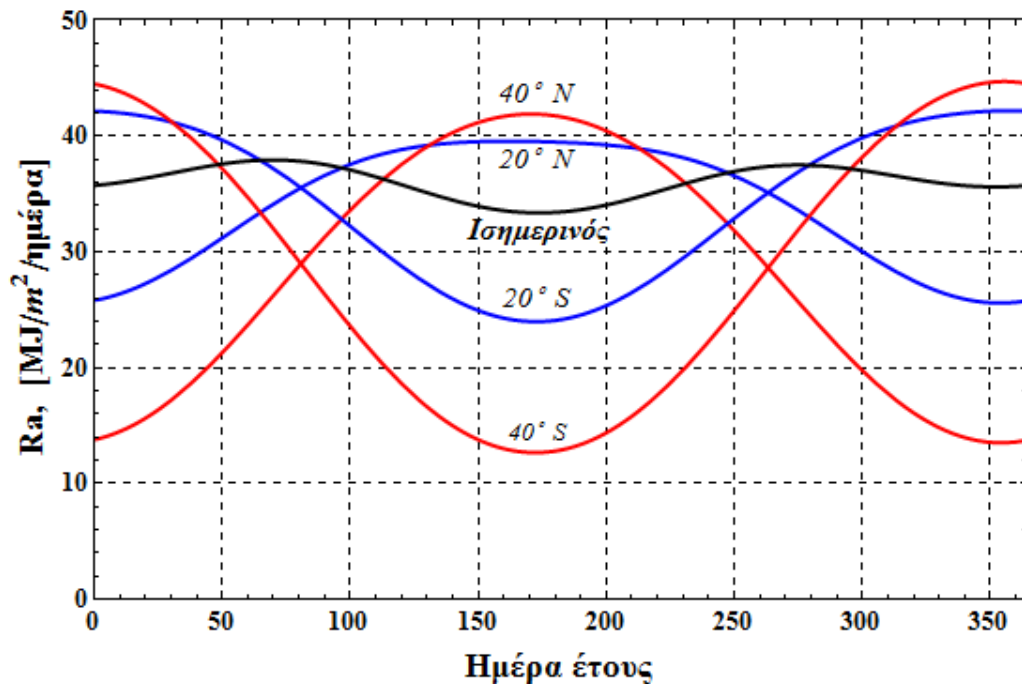
Στην εικόνα 9.10, παρουσιάζεται η μεταβολή της θεωρητικής ηλιοφάνειας N κατά τη διάρκεια του έτους στον Ισημερινό και σε γεωγραφικά πλάτη 20° , 30° , 40° βόρεια και νότια του Ισημερινού (Τελόγλου, 2015).

Εικόνα 9-10 Θεωρητική ηλιοφάνεια συναρτήσει του γεωγραφικού πλάτους



ς

Στην εικόνα 9.11, παρουσιάζεται η ετήσια μεταβολή της εξωγήινης ηλιακής ακτινοβολίας Ra στον Ισημερινό και σε γεωγραφικά πλάτη 20°, 40° βόρεια και νότια του Ισημερινού.



Εικόνα 9-11 Μεταβολή της εξωγήινης ακτινοβολίας σε διάφορα γεωγραφικά πλάτη

- **Μέθοδος ASCE-standardized Penman-Monteith**

Η επιτροπή ASCE του τομέα Εξατμισοδιαπνοής στις Αρδεύσεις και την Υδρολογία έχοντας ως στόχο την θέσπιση ενιαίου τρόπου υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής (ET) και τη δυνατότητα μεταβιβαστικότητας των φυτικών συντελεστών από περιοχή σε περιοχή, εισηγήθηκε μια εξίσωση που να μπορεί να εφαρμόζεται σε δύο τυποποιημένες επιφάνειες εξατμισοδιαπνοής αναφοράς 1) ET_{os} για χαμηλή καλλιέργεια με μέσο ύψος 0.12 m, αντίστοιχης του χορτοτάπητα 2) ET_{rs} για υψηλή καλλιέργεια με μέσο ύψος 0.5 m, αντίστοιχη με τη μηδική. Η εξίσωση έχει τη μορφή (Allen et al., 2005b):

$$ET_o = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{C_n}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + C_d \cdot U_2)} \dots \dots \dots (2.35)$$

Οι συντελεστές της εξίσωσης (2.35) διαμορφώνονται ανάλογα με τον τύπο της καλλιέργειας (ET_{os} ή ET_{rs}) και το χρονικό βήμα υπολογισμών και δίνονται στον πίνακα 9.4.

Πίνακας 9-4 Τιμές των συντελεστών C_n και C_d της εξίσωσης (2.35)

Χρονικό βήμα υπολογισμών		ET_{os} (χορτοτάπητας)		ET_{rs} (Μηδική)		Μονάδες	
		C_n	C_d	C_n	C_d	ET_{os}, ET_{rs}	R_n, G
Ημερήσιο		900	0,34	1600	0,38	mm/d	MJ/m ² /d
Ωριαίο	☀ $R_n > 0$	37	0,24	66	0,25	mm/h	MJ/m ² /h
	☾ $R_n < 0$	37	0,96	66	1,70	mm/h	MJ/m ² /h

Για την περίπτωση του χορτοτάπητα και ημερήσιο βήμα υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς, οι εξισώσεις (2.22) και (2.35) γίνονται ταυτόσημες καθώς οι συντελεστές C_n και C_d παίρνουν τις τιμές 900 και 0.34 αντίστοιχα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10ο. : Το CROPWAT

Το CROPWAT είναι ένα υπολογιστικό εργαλείο για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής και της ωφέλιμης βροχόπτωσης. Επιπλέον βοηθά στη διαχείριση της άρδευσης. Έχει αναπτυχθεί από το Land and Water Development Division του FAO και η τελευταία έκδοσή του είναι η 8.0, διαθέσιμο στο (http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_croIpwat.htm). Με το πρόγραμμα αυτό μπορούν να υπολογιστούν οι υδατικές ανάγκες καλλιεργειών με βάση κλιματικά στοιχεία και φυτικά δεδομένα. Επιπρόσθετα το CROPWAT δίνει τη δυνατότητα ανάπτυξης προγραμμάτων άρδευσης υπό διάφορες καλλιεργητικές πρακτικές. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση των εφαρμοζόμενων πρακτικών άρδευσης και την εκτίμηση της συμπεριφοράς των καλλιεργειών ανεξάρτητα του εάν εφαρμόζεται ή όχι άρδευση. Το πρόγραμμα ουσιαστικά εφαρμόζει τις διαδικασίες που περιγράφονται σε δύο οδηγούς της σειράς Irrigation and Drainage του FAO και συγκεκριμένα του «No. 33 - Yield response to water» (FAO, 1979) και του «No. 56 - Crop Evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements» (Allen κ.α., 1988).

Μια κατατοπιστική εργασία για την εκμάθηση του χειρισμού και λειτουργίας του προγράμματος CROPWAT έκδοση 8.0 για Windows, αποτελεί η εργασία στο πλαίσιο του μαθήματος του Δ.Π.Μ.Σ.: «Ειδικά Θέματα Αγρομετεωρολογίας», με τίτλο: «Παρουσίαση και αξιολόγηση του λογισμικού υπολογισμού υδατικών αναγκών καλλιεργειών FAO / CROPWAT 8.0» του Τσιρογιάννη Ιωάννη (2011).

Για τον υπολογισμό των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό το CROPWAT χρειάζεται μία σειρά από εδαφικά, φυτικά και κλιματικά δεδομένα. Μετά την εξοικείωση με το λογισμικό ακολουθούμε τα παρακάτω βήματα:

- Εισαγωγή κλιματικών δεδομένων (μέση ελάχιστη θερμοκρασία, μέση μέγιστη θερμοκρασία, μέση σχετική υγρασία, μέση ταχύτητα ανέμου και μέση ηλιοφάνεια μέρας σε ώρες, κάθε μήνα του έτους). Παράλληλα το πρόγραμμα υπολογίζει την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και την εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας αναφοράς (Εικόνα 10.1).
- Εισαγωγή δεδομένων βροχής και καθορισμό του τρόπου υπολογισμού της ωφέλιμης βροχόπτωσης (Εικόνα 10.2).

- Εισαγωγή δεδομένων καλλιεργειών (ημερομηνία φύτευσης, φυτικούς συντελεστές, στάδια ανάπτυξης με την διάρκεια κάθε σταδίου, βάθος ριζοστρώματος και άλλα). (Εικόνα 10.3). Τέτοια δεδομένα μπορούν να εισαχθούν και από υπάρχοντα έτοιμα αρχεία (.CRO) που συνοδεύουν το CROPWAT.
- Εισαγωγή δεδομένων εδάφους (συνολική διαθέσιμη υγρασία, μέγιστος ρυθμός διήθησης, μέγιστο βάθος ριζοστρώματος, αρχική εξάντληση εδαφικής υγρασίας, αρχική εδαφική υγρασία) (Εικόνα 10.4).
- Εκτίμηση των αναγκών της εξεταζόμενης καλλιέργειας ή των εξεταζόμενων καλλιεργειών μιας περιοχής, σε νερό άρδευσης (Εικόνα 10.5)
- Ανάπτυξη του προγράμματος άρδευσης. Ο υπολογισμός των απαιτήσεων σε νερό γίνεται ανά δεκαήμερο, όμως για διευκόλυνση οι μήνες χωρίζονται σε τρία δεκαήμερα.(Εικόνα 10.6)
- Με το CROPWAT μπορούμε να κάνουμε ένα σχέδιο άρδευσης (crop pattern) (Εικόνα 10.7) που μπορεί να περιλαμβάνει μέχρι και 20 καλλιέργειες. Το αρχείο εξόδου του σχεδίου άρδευσης δίνει την ανάγκη σε νερό και μαζί ένα σχέδιο άρδευσης του συνόλου των καλλιεργειών που μελετούμε (scheme). (Εικόνα 10.8).

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun hours	Rad MJ/m ² /day	ETo mm/day
January	0.6	9.6	71	164	3.2	6.2	0.99
February	3.5	13.4	76	112	3.7	8.5	1.14
March	5.3	15.6	73	164	4.8	12.3	1.93
April	8.0	19.7	64	190	6.8	17.6	3.17
May	13.6	24.5	67	173	8.2	21.3	4.09
June	17.9	28.4	67	156	9.9	24.3	5.02
July	19.5	30.0	70	138	10.5	24.8	5.17
August	19.0	30.6	70	121	9.5	21.7	4.65
September	15.2	26.8	76	104	7.7	16.7	3.23
October	11.2	20.5	79	112	5.3	10.8	1.86
November	7.3	16.4	78	104	3.9	7.2	1.15
December	2.1	11.7	75	156	3.3	5.7	0.98
Average	10.3	20.6	72	141	6.4	14.8	2.78

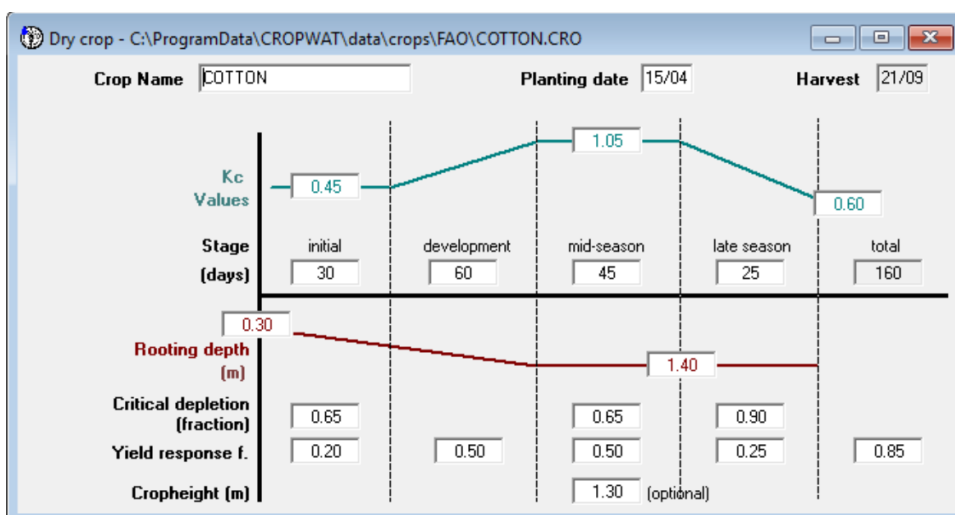
Εικόνα 10-1 Εισαγωγή κλιματικών δεδομένων και υπολογισμός της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και της εξατμισοδιαποής καλλιέργειας αναφοράς από το Cropwat 8.0

Monthly rain - C:\Users\pc\Desktop\CROPWAT ΕΡΓΑΣΙΑΣ\BROXH.CRM

Station Eff. rain method

	Rain	Eff rain
	mm	mm
January	36.8	34.6
February	40.2	37.6
March	72.4	64.0
April	8.4	8.3
May	48.4	44.7
June	32.8	31.1
July	35.2	33.2
August	37.2	35.0
September	84.5	73.1
October	69.0	61.4
November	65.9	59.0
December	83.7	72.5
Total	614.5	554.4

Εικόνα 10-2 Εισαγωγή δεδομένων βροχής και υπολογισμός της ωφέλιμης βροχόπτωσης



Εικόνα 10-3 Εισαγωγή δεδομένων καλλιεργειών

Soil - C:\ProgramData\CROPWAT\data\soils\FAO\MEDIUM.SOI

Soil name

General soil data

Total available soil moisture (FC - WP)	<input type="text" value="290.0"/>	mm/meter
Maximum rain infiltration rate	<input type="text" value="40"/>	mm/day
Maximum rooting depth	<input type="text" value="60"/>	centimeters
Initial soil moisture depletion (as % TAM)	<input type="text" value="0"/>	%
Initial available soil moisture	<input type="text" value="290.0"/>	mm/meter

Εικόνα 10-4 Εισαγωγή δεδομένων εδάφους.

ETo station		Sindos	Crop		COTTON		
Rain station		Sindos	Planting date		15/04		
Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
May	1	Init	0.45	1.70	17.0	12.4	4.6
May	2	Deve	0.47	1.92	19.2	17.2	2.0
May	3	Deve	0.56	2.48	27.2	14.9	12.3
Jun	1	Deve	0.66	3.12	31.2	11.4	19.8
Jun	2	Deve	0.76	3.79	37.9	9.7	28.3
Jun	3	Deve	0.85	4.31	43.1	10.1	32.9
Jul	1	Deve	0.94	4.83	48.3	10.8	37.5
Jul	2	Mid	1.01	5.23	52.3	11.1	41.2
Jul	3	Mid	1.01	5.07	55.7	11.3	44.5
Aug	1	Mid	1.01	4.89	48.9	10.3	38.5
Aug	2	Mid	1.01	4.71	47.1	10.0	37.1
Aug	3	Late	1.00	4.16	45.8	14.8	31.0
Sep	1	Late	0.84	3.12	31.2	21.7	9.5
Sep	2	Late	0.66	2.14	21.4	26.7	0.0
Sep	3	Late	0.56	1.56	1.6	2.5	1.6

Εικόνα 10-5 Εκτίμηση των αναγκών της εξεταζόμενης καλλιέργειας μιας περιοχής σε νερό άρδευσης.

ETo station		Sindos	Crop		COTTON	Planting date		15/04	Yield red.		0.0 %
Rain station		Sindos	Soil		Medium (loam)	Harvest date		21/09			
Table format											
<input checked="" type="radio"/> Irrigation schedule <input type="radio"/> Daily soil moisture balance		Timing: Irrigate at critical depletion Application: Refill soil to field capacity Field eff. 70 %									
Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
26 Jun	73	Dev	0.0	1.00	100	66	103.3	0.0	0.0	147.6	0.23
25 Jul	102	Mid	0.0	1.00	100	66	114.0	0.0	0.0	162.8	0.65
26 Aug	134	Mid	0.0	1.00	100	67	117.1	0.0	0.0	167.3	0.60
21 Sep	End	End	0.0	1.00	0	10					
Totals											
Total gross irrigation			477.7 mm			Total rainfall			213.1 mm		
Total net irrigation			334.4 mm			Effective rainfall			198.7 mm		
Total irrigation losses			0.0 mm			Total rain loss			14.4 mm		
Actual water use by crop			550.5 mm			Moist deficit at harvest			17.4 mm		
Potential water use by crop			550.5 mm			Actual irrigation requirement			351.8 mm		

Εικόνα 10-6 Χρονοδιάγραμμα άρδευσης καλλιέργειας

Cropping pattern - C:\ProgramData\CROPWAT\data\sessions\AGIOS ATHANASIOS.PAT					
Cropping pattern name					
AGIOS ATHANASIOS					
No.	Crop file	Crop name	Planting date	Harvest date	Area %
1.	...CROPWAT\data\crops\FAO\FALFAO.CRO	Alfalfa-p	08/07	07/07	10
2.	...CROPWAT\data\crops\FAO\COTTON.CRO	COTTON	08/07	14/12	15
3.	...Data\CROPWAT\data\crops\FAO\RICE.CRO	Rice	08/07	04/11	55
4.	...ata\CROPWAT\data\crops\FAO\MAIZE.CRO	MAIZE (Grain)	08/07	09/11	20
5.			03/10		

Εικόνα 10-7 Ποσοστό καλλιεργειών στην υπό μελέτη περιοχή

Scheme Supply													
ETo station	Sindos												
Rain station	Sindos												
												Cropping pattern	AGIOS ATHANASIOS
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
Precipitation deficit													
1. Alfalfa-p	0.0	0.0	5.9	77.9	72.1	103.1	41.5	21.2	0.0	0.0	0.0	0.0	
2. COTTON	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32.6	41.4	6.7	1.8	0.0	0.0	
3. Rice	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	105.1	296.2	125.7	40.4	6.1	0.0	0.0	
4. MAIZE (Grain)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.5	74.5	39.6	5.4	0.0	0.0	
Net scheme irr.req.													
in mm/day	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	2.3	5.6	3.0	1.0	0.2	0.0	0.0	
in mm/month	0.0	0.0	0.6	7.8	7.2	68.1	175.0	92.4	31.1	4.7	0.0	0.0	
in l/s/h	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.26	0.65	0.34	0.12	0.02	0.00	0.00	
Irrigated area													
(% of total area)	0.0	0.0	10.0	10.0	10.0	65.0	100.0	100.0	90.0	90.0	0.0	0.0	
Irr.req. for actual area	0.00	0.00	0.02	0.30	0.27	0.40	0.65	0.34	0.13	0.02	0.00	0.00	

Εικόνα 10-8 Ανάγκη σε νερό και μαζί ένα στάδιο άρδευσης του συνόλου των καλλιεργειών που μελετούμε.

Το πρόγραμμα διαθέτει κάποια ενδεικτικά σχετικά δεδομένα για τις καλλιέργειες και το έδαφος, που όμως καλά είναι να χρησιμοποιούνται μόνο όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία για την περιοχή ενδιαφέροντος τα οποία αντικατοπτρίζουν τις πραγματικές συνθήκες που ισχύουν για εκεί. Μία ακόμη δυνατότητα (στην περίπτωση που δεν διαθέτουμε κλιματικά δεδομένα για την ειδική περιοχή έρευνας) είναι να αντλήσουμε δεδομένα από τη βάση κλιματικών δεδομένων CLIMWAT (τρέχουσα έκδοση 2.0) που αναπτύσσει ο FAO. Η βάση αυτή περιλαμβάνει δεδομένα από 5.000 και πλέον μετεωρολογικούς σταθμούς σε όλο τον κόσμο.

Τα κύρια χαρακτηριστικά του CROPWAT (έκδοση 8.0 για Windows) είναι τα ακόλουθα:

- Υπολογισμός εξατμισοδιαπνοής αναφοράς (ET_o) με χρήση κλιματικών δεδομένων σε χρονικό επίπεδο μήνα, δεκαήμερου και ημέρας.
- Δυνατότητα εκτίμησης κλιματικών πληροφοριών όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμες σχετικές τιμές.
- Κατάρτιση προγραμμάτων άρδευσης (μέσω υδατικών ισοζυγίων) σε επίπεδο γεωργικής εκμετάλλευσης και περιοχής με πολλές δυνατότητες ρυθμίσεων από το χρήστη.
- Πίνακες αποτελεσμάτων ημερήσιου ισοζυγίου νερού για όλη την καλλιεργητική περίοδο.
- Γραφικές παρουσιάσεις δεδομένων και αποτελεσμάτων (ανάγκες καλλιεργειών σε νερό και προγράμματα άρδευσης). (Τσιρογιάννης Ι., 2011)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11ο. : ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

Η κύρια πηγή υδροδότησης του αρδευτικού δικτύου του ΤΟΕΒ Αγίου Αθανασίου είναι ο ποταμός Αξιός, ενώ συμπληρωματικά χρησιμοποιούνται τα νερά του ποταμού Αλιάκμονα και ορισμένων στραγγιστικών τάφρων, άλλωστε η τάση είναι η επαναχρησιμοποίηση του νερού και να μην καταλήγει στην θάλασσα, εφόσον πληρούνται κάποιες προϋποθέσεις και προδιαγραφές και δεν επηρεάζονται αρνητικά οι αποδόσεις των καλλιεργειών και δεν βλάπτονται το περιβάλλον και φυσικά η υγεία των ανθρώπων. Η γνώση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των νερών αυτών και η γνώση της καταλληλότητας τους για άρδευση των καλλιεργειών είναι απαραίτητη για να μην έχουμε υποβάθμιση των εδαφών λόγω αλατότητας και νατρίωσης καθώς και μείωση της απόδοσης των βασικών για την περιοχή καλλιεργειών, όπως είναι το ρύζι, το καλαμπόκι (για σπόρο ή για ενσίρωση), το βαμβάκι, η μηδική, τα τεύτλα, και η βιομηχανική τομάτα. Τα δύο τελευταία το ποσοστό συμμετοχής τους στις καλλιέργειες που εφαρμόζονται στην περιοχή του αρδευτικού δικτύου του Αγίου Αθανασίου συνεχώς έχει φθίνουσα πορεία και το 2018 δεν συμμετέχουν καθόλου στις καλλιέργειες που υπάρχουν στον κάμπο.

Στην προσπάθεια να διερευνηθεί η καταλληλότητα επαναχρησιμοποίησης των στραγγιστικών νερών της στραγγιστικής τάφρου 1Τ (βρομοκάναλο) κάναμε τακτικά κατά την αρδευτική περίοδο (καλοκαίρι) του έτους 2017 δειγματοληψία, στο σημείο με γεωγραφικές συντεταγμένες: $40^{\circ} 40' 59'' \text{N}$, $22^{\circ} 45' 43'' \text{E}$.



Εικόνα 11-1 Σημείο δειγματοληψίας

Μία ανάλογη μελέτη έγινε στην μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία στο Ε.Α.Π. με τίτλο: «Αξιολόγηση της καταλληλότητας των επαναχρησιμοποιούμενων νερών του αρδευτικού δικτύου Τ.Ο.Ε.Β. Αγίου Αθανασίου» από τον Βασιλακάκη Βασίλειο το 2016.

Πίνακας 11-1 Θέσεις δειγματοληψίας νερών που υδροδοτούν το αρδευτικό της περιοχής του Τ.Ο.Ε.Β. Αγίου Αθανασίου

α/α	Όνομασία πηγής υδροδότησης
Νερά ποταμών	
1	Αξιός
2	Αλιάκμονας
Στραγγιστικά νερά	
1	Στραγγιστική τάφρος 3T –Θέση Μπανάνες
2	Στραγγιστική τάφρος 3T3 –Θέση Γιαλοψου
3	Στραγγιστική τάφρος 5T –Θέση Μαμούτοβο
4	Πρώην κοίτη ποταμού Αξιού- θέση Φυλάκιο
5	Πρώην κοίτη ποταμού Αξιού- θέση Μήλιας
6	Πρώην κοίτη ποταμού Αξιού- θέση Μπαρούτας

Η δειγματοληψία έγινε σε οκτώ σημεία του δικτύου του Τ.Ο.Ε.Β. Αγίου Αθανασίου όπως φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. Τα δύο πρώτα δείγματα προέρχονται από τους ποταμούς Αξιό και Αλιάκμονα και άλλα έξι από τις στραγγιστικές τάφρους 3T, 3T3, 5T και τρεις θέσεις της πρώην κοίτης του ποταμού Αξιού (παλιομάνες).

- **Χημικές αναλύσεις νερών**

Η μελέτη έδειξε ότι το νερό των δύο ποταμών Αξιού και Αλιάκμονα είναι αρκετά καλό για άρδευση.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα των νερών του Αξιού είναι 0,5 mS/cm και δεν υπάρχει κίνδυνος αλατότητας των εδαφών από αυτό, εφόσον γίνεται σωστή διαχείριση αυτού, για τις καλλιέργειες που υπάρχουν στον κάμπο και είναι ρύζι, καλαμπόκι, βαμβάκι, μηδική, βιομηχανική τομάτα, τεύτλα. Δεν υπάρχει σοβαρός κίνδυνος μείωσης της διηθητικότητας των εδαφών ούτε κίνδυνος προσρόφησης του νατρίου και του χλωρίου από τη χρήση των νερών του Αξιού. Επίσης δεν κινδυνεύει από τη συγκέντρωση βορίου καμία καλλιέργεια και οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων είναι πολύ μικρές

για να μας προβληματίσουν. Η συγκέντρωση του αζώτου ήταν 9,16 mg/l πράγμα που μπορεί να εξοικονομήσει αρκετά κιλά αζώτου για τον καλλιεργητή.

Τα νερά του Αλιάκμονα είναι ποιοτικά ακόμη καλύτερα με ηλεκτρική αγωγιμότητα των νερών του Αλιάκμονα 0,4 mS/cm, χωρίς σοβαρό κίνδυνο μείωσης της διηθητικότητας των εδαφών. Επίσης δεν κινδυνεύει από τη συγκέντρωση βορίου καμία καλλιέργεια και οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων είναι πολύ μικρές για να μας προβληματίσουν. Η συγκέντρωση του αζώτου ήταν 4,66 mg/l πράγμα που μπορεί να εξοικονομήσει αρκετά κιλά αζώτου για τον καλλιεργητή, λιγότερα πάντως από αυτά που επιτυγχάνουμε με τα νερά του Αξιού.

Τα νερά από τις άλλες θέσεις δειγματοληψίας που αναφέρονται στον πίνακα 11.1 είναι επίσης κατάλληλα για άρδευση, ειδικά για ρύζι, καλαμπόκι, βαμβάκι, μηδική, βιομηχανική τομάτα, τεύτλα, που υπάρχουν στον κάμπο, άλλα αυτούσια και άλλα ύστερα από ανάμειξη με νερά του Αξιού με αναλογία 1:1 ή 1:2. Για αυτό τον λόγο ο Τ.Ο.Ε.Β. Αγίου Αθανασίου χρησιμοποιεί τα νερά αυτά. Εισέρχονται στο αρδευτικό δίκτυο 9,5 m³/s από τον Αξιό, 0,5 m³/s από τον Αλιάκμονα και 2 m³/s από ανακύκλωση των στραγγιστικών νερών. Στόχος δε είναι να φτάσουν σε 3 m³/s από ανακτημένο νερό. Τις χημικές αναλύσεις από δειγματοληψία των νερών από τις θέσεις που αναφέρονται στον παραπάνω πίνακα 11.1, από αυτήν την μελέτη που έγιναν το έτος 2015, παρατίθενται παρακάτω, στον πίνακα 11.2 για τους ποταμούς Αξιό και Αλιάκμονα και στους πίνακες 11.3, 11.4 για τις στραγγιστικές τάφρους.

Η παρούσα μελέτη εξετάζει το κατά πόσο είναι εφικτό να επαναχρησιμοποιηθούν τα νερά και της στραγγιστικής τάφρου 1Τ (Βρομοκάναλο) για άρδευση. Αυτή η στραγγιστική τάφρος δεν συμπεριελήφθη στην ανωτέρω μελέτη του Βασιλακάκη Βασίλειου γιατί ήταν εμφανώς ιδιαίτερη περίπτωση. Σε αυτήν την τάφρο εκτός από τα στραγγίσματα από τους αρδευόμενους αγρούς χύνονταν και νερά από τον βιολογικό καθαρισμό παρακείμενου εργοστασίου χάρτου που βρίσκεται στην περιοχή (κάτω Γέφυρα παλαιότερη ονομασία Τόψιν), αλλά και κτηνοτροφικά απόβλητα και οικιακά απόβλητα από τον οικισμό του Αγίου Αθανασίου. Το ότι τα νερά ήταν ακατάλληλα όχι μόνο για άρδευση αλλά και για οποιαδήποτε άλλη χρήση ήταν ολοφάνερο από το γεγονός ότι όταν πλησίαζες στο κανάλι αυτό, όλη η περιοχή μύριζε πολύ άσχημα και βιαζόσουν να φύγεις μακριά το γρηγορότερο.

Τελευταία όμως έχει αλλάξει «χέρια» το εργοστάσιο και οι καινούργιοι ιδιοκτήτες λειτουργούν ποιο συστηματικά (ποιο συνειδητά θα έλεγε κανείς) το βιολογικό καθαρισμό του εργοστασίου, πράγμα που φαίνεται άμεσα από το γεγονός ότι πλέον η

περιοχή από όπου διέρχεται το συγκεκριμένο στραγγιστικό κανάλι δεν μυρίζει άσχημα και δεν ξεχωρίζει από άλλες περιοχές του κάμπου. Έτσι απεφασίσθη να εξεταστεί το

Πίνακας 11-2 Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων των νερών των ποταμών Αξιού και Αλιάκμονα.

α/α	Θέση δειγματοληψίας	PH	EC	Na	Ca	Mg	SAR	Cl	NO ₃ -N	KN	Ntotal
			mS/cm	meq/l			(meq/l) ^{0,5}	meq/l	mg/l		
1	Αξιός	8,06	0,5	0,9	3,41	1,12	0,6	0,96	7,76	1,4	9,16
2	Αλιάκμονας	8,1	8,4	0,6	4,61	2,07	0,33	0,74	3,54	1,12	4,66
α/α	Θέση δειγματοληψίας	Cu	Fe	Zn	Mn	Pb	Cd	Cr	Ni	B	
		mg/l									
1	Αξιός	<0,05	<0,1	<0,1	<0,05	<0,005	<0,003	<0,004	<0,005	0,179	
2	Αλιάκμονας	<0,05	<0,1	<0,1	<0,05	<0,005	<0,003	<0,003	<0,005	0,194	

Πηγή: Βασιλακάκης 2016

Πίνακας 11-3 Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων νερών σε 6 θέσεις.

α/α	Θέση δειγματοληψίας	PH	EC	Na	Ca	Mg	SAR	Cl	NO ₃ -N	KN	Ntotal
			mS/cm	meq/l			(meq/l) ^{0,5}	meq/l	mg/l		
1	Στραγγιστική τάφρος 3T – Θέση Μπανάνες	7,62	1,18	4,36	5,04	2,1	2,31	4,6	3,76	4,76	8,52
2	Στραγγιστική τάφρος 3T3 – Θέση Γιαλοπού	7,73	0,77	2,01	4,5	1,73	1,14	1,68	4,69	3,56	8,25
3	Στραγγιστική τάφρος 5T - Θέση Μαμούτοβο	7,5	0,77	1,88	4,6	1,59	1,07	1,76	3,32	2,38	5,7
4	Πρόην κοίτη ποταμού Αξιού-θέση Φυλάκιο	7,61	1,01	3,38	4,53	1,93	1,88	3,18	3,15	1,26	4,41
5	Πρόην κοίτη ποταμού Αξιού-θέση Μήλιας	7,5	1,64	7,69	5,55	3,56	3,6	8,62	3,15	2,8	5,95
6	Πρόην κοίτη ποταμού Αξιού-θέση Μπαρούτα	7,51	1,94	10,26	6,66	4,43	4,36	10,48	3,19	4,9	8,09

Πηγή: Βασιλακάκης 2016

Πίνακας 11-4 Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων νερών σε 6 θέσεις.

α/α	Θέση δειγματοληψίας	Cu	Fe	Zn	Mn	Pb	Cd	Cr	Ni	B
		mg/l								
1	Στραγγιστική τάφρος 3T –Θέση Μπανάνες	<0,05	<0,1	<0,1	<0,05	<0,005	<0,003	<0,004	<0,005	0,149
2	Στραγγιστική τάφρος 3T3 – Θέση Γιαλοψου	<0,05	<0,1	<0,1	<0,05	<0,005	<0,003	<0,004	<0,005	0,245
3	Στραγγιστική τάφρος 5T –Θέση Μαμούτοβο	<0,05	<0,1	<0,1	<0,05	<0,005	<0,003	<0,004	<0,005	0,231
4	Πρώην κοίτη ποταμού Αξιού- θέση Φυλάκιο	<0,05	<0,1	<0,1	<0,832	<0,005	<0,003	<0,004	<0,005	0,349
5	Πρώην κοίτη ποταμού Αξιού- θέση Μήλιας	<0,05	<0,1	<0,1	<0,05	<0,005	<0,003	<0,004	<0,005	0,231
6	Πρώην κοίτη ποταμού Αξιού- θέση Μπαρούτα	<0,05	<0,1	<0,1	<0,523	<0,005	<0,003	<0,004	<0,005	0,341

Πηγή: Βασιλακάκης 2016

Πίνακας 11-5 Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων των νερών της αποστραγγιστικής τάφρου 1T (βρομοκάναλο).

Ημερο- μηνία	pH	EC mS/cm	K mg/l	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Cl mg/l	SAR (meq/l) ^{0,5}	SO ₄ mg/l	NO ₃ mg/l	NH ₄ mg/l
13/6/2017	7,4	1,34	7,8	122	134	33	167	2,44	205	4,89	1,19
21/6/2017	7,6	0,926	7,6	121	132	31,7	94,4	2,45	207	7,62	1,27
4/7/2017	7,7	1,12	7,2	93,4	116	28,8	111	2,01	139	5,57	2,79
11/7/2017	7,4	1,17	8,7	109	108	32,4	128	2,36	153	4,48	1,94
27/7/2017	7,6	1,47	7,2	139	141	35,2	198	2,7	225	3,81	1,24
2/8/2017	7,6	1,2	6,4	97,5	115	27,4	142	2,12	60,2	3,07	0,853
18/8/2017	7,5	1,03	7,5	82,9	83,2	25,1	108	2,04	152	3,61	0,847
24/8/2017	7,4	0,929	6,3	69,4	82,5	23,2	76,2	1,74	137	3,68	0,559
4/9/2017	7,5	0,994	6	104	80,9	26,9	143	2,55	83,3	4,06	0,467
11/9/2017	7,6	1,41	9	154	95,5	37,6	222	0	111	5,1	1,19
18/9/2017	7,8	1,41	7,6	153	78,6	36,6	262	3,56	70,6	4,81	1,35
25/9/2017	7,8	1,14	6,8	111	82,2	32,7	167	2,62	59,7	6,46	1,22

Πίνακας 11-6 Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων των νερών της αποστραγγιστικής τάφρου 1T (βρομοκάναλο).

Ημερομηνία παραλαβής	NO ₂ mg/l	B mg/l	Cu μg/l	Zn mg/l	Fe μg/l	Ni μg/l	Cd μg/l	Cr μg/l	As μg/l
13/6/2017	0,300	0,248	1,07	0,024	32,1	1,91	0,033	0,000	9,95
21/6/2017	0,494	0,227	1,71	0,018	26,9	1,39	0,033	0,000	7,44
4/7/2017	1,14	0,252	2,37	0,023	49,9	2,54	0,034	0,000	9,53
11/7/2017	0,566	0,336	5,86	0,024	263	3,09	0,041	0,907	13,8
27/7/2017	0,282	0,367	5,10	0,031	215	2,85	0,042	0,887	12,5
2/8/2017	0,202	0,361	1,67	0,039	13,0	1,22	0,018	0,910	11,3
18/8/2017	0,206	0,292	2,25	0,036	154	0,851	0,028	0,725	9,86
24/8/2017	0,250	0,232	2,01	0,048	38,0	0,811	0,018	0,687	7,63
4/9/2017	0,222	0,304	0,977	0,036	369	1,45	0,008	0,691	8,47
11/9/2017	0,317	0,337	2,73	0,000	36,1	3,50	0,004	1,839	11,7
18/9/2017	0,171	0,393	0,988	0,031	431	1,16	0,024	0,750	12,6
25/9/2017	0,149	0,379	3,10	0,030	32,6	1,12	0,107	0,684	9,04

ενδεχόμενο επαναχρησιμοποίησης και αυτών των νερών για αρδευτικούς λόγους. Το ότι σίγουρα κάτι έχει αλλάξει προς το καλύτερο το διαπίστωσα και ο ίδιος καθώς όλο το καλοκαίρι του 2017 ερχόμουν και έπαιρνα δείγματα νερού από αυτή την στραγγιστική τάφρο και δεν με ενοχλούσε καθόλου.

- **Χημικές αναλύσεις**

Συλλέχτηκαν συνολικά δώδεκα δείγματα στις ημερομηνίες που φαίνονται στους πίνακες 11.5 και 11.6 και η χημική ανάλυση έγινε στα εργαστήρια του Ινστιτούτου Εδαφοδατικών Πόρων, Τμήμα Εγγείων Βελτιώσεων, του ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ στη Σίνδο που βρίσκεται σε μικρή απόσταση από το σημείο δειγματοληψίας.

- **Μικροβιολογικές εξετάσεις**

Έγιναν δύο μικροβιολογικές εξετάσεις για ολικά κολοβακτηριοειδή, E.coli, Εντερόκοκκοι και Σαλμονέλα στον ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ, Γενική Δ/ση Αγροτικής Έρευνας, Ινστιτούτο Κτηνιατρικών Ερευνών Θεσσαλονίκης, Τμήμα Μικροβιολογίας, όπως φαίνονται στον πίνακα 11-7.

ΔΕΛΤΙΟ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ

Ημερομηνία άφιξης δείγματος **A** : (Δείγμα νερού) 23 / 06 / 2017

Ημερομηνία άφιξης δείγματος **B** : (Δείγμα νερού) 12 / 07 / 2017

Εργαστηριακή εξέταση : Ολικά κολοβακτηριοειδή, E.coli, Εντερόκοκκοι και Σαλμονέλα. Αποτελέσματα ανά 100 ml

Πίνακας 11-7 Μικροβιολογικές εξετάσεις

	Ολικά	E. coli	Εντερόκοκκοι	Σαλμονέλλα/25ml
Δείγμα A	$1,5 \cdot 10^4$	$1,1 \cdot 10^4$	$9,0 \cdot 10^3$	απουσία
Δείγμα B	$2,4 \cdot 10^5$	$2,1 \cdot 10^5$	$2,3 \cdot 10^3$	απουσία

- **Μετρήσεις της παροχής του ρέματος**

Έγιναν δύο μετρήσεις της παροχής του ρέματος που έδειξαν στις 12/7/2017 **900 l/sec** και στις 23/8/2017 **1291 l/sec**.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12ο. : ΥΔΑΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

12.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το να ξοδεύουμε παραπάνω νερό κατά την άρδευση σήμερα που η κλιματική αλλαγή θυμίζει καθημερινά και ποικιλοτρόπως ότι οι υδατικοί πόροι εξαντλούνται, είναι απαράδεκτο και μας αναγκάζει να εστιάσουμε την προσοχή μας, στα αίτια αυτής της σπατάλης, που μπορεί να συνδέονται με τον τρόπο μεταφοράς και εφαρμογής στο χωράφι. Το πρώτο βήμα για την εξάλειψη αυτής της σπατάλης είναι η ακριβής γνώση των αναγκών σε νερό των καλλιεργειών. Στην Ελληνική πραγματικότητα πολύ λίγα είναι τα κλειστά δίκτυα μεταφοράς αρδευτικού νερού με απώλειες που πιθανόν δεν ξεπερνούν το 10%. Στις περισσότερες περιπτώσεις το αρδευτικό νερό διακινείται με επιφανειακά δίκτυα, όπου και παρατηρούνται μεγάλες απώλειες της τάξης του 30 με 70%, κατά τη μεταφορά. Σημαντικό ρόλο παίζει ο τύπος δικτύου (Επιφανειακά δίκτυα ή υπό πίεση δίκτυα) και η συντήρηση και λειτουργία τους, καθώς επίσης και οι απώλειες νερού που έχουμε κατά την Εφαρμογή του στο χωράφι, που εξαρτώνται πρώτα από τον εφαρμόζοντα την άρδευση παραγωγό και μετά από τη μέθοδο άρδευσης.

Πίνακας 12-1 Ενδεικτικές τιμές αποδοτικότητας διανομής, E_d , που αναφέρονται σε οργανωμένα αρδευτικά δίκτυα και αποδοτικότητας εφαρμογής, E_f μεθόδων άρδευσης

Τύπος δικτύου	Συντήρηση και λειτουργία	Αποδοτικότητα διανομής, E_d
Επιφανειακά δίκτυα	Πολύ καλή μέχρι άριστη	0,60-0,75
	Ικανοποιητική	0,50-0,60
	Ελλιπής	0,35-0,50
	Κακή	0,20-0,35
Υπό πίεση δίκτυα	Ικανοποιητική μέχρι άριστη	0,80-0,95
Μέθοδος άρδευσης		Αποδοτικότητα εφαρμογής, E_f
Κατάκλυση (λεκάνες)		0,60-0,80
Περιορισμένη διάχυση (λωρίδες)		0,60-0,75
Αυλάκια		0,50-0,75
Καταιονισμός:		0,60-0,80
Μικροάρδευση		0,80-0,95

(Ζ. Πααζαφειρίου 1999)

Είναι κατά κανόνα αποδεκτό ότι οι επιφανειακές μέθοδοι άρδευσης εμφανίζουν τις μεγαλύτερες απώλειες που οφείλονται σε επιφανειακή απορροή και βαθιά διήθηση. Μικρότερες απώλειες έχουμε κατά την άρδευση με τεχνητή βροχή (καταιονισμό), και τέλος η άρδευση με σταγόνες έχει ελάχιστες απώλειες.

Στον ανωτέρω πίνακα 12.1., δίνονται τα ποσοστά αποδοτικότητας διαφόρων δικτύων μεταφοράς - διανομής, και αρδευτικών δικτύων των διαφόρων μεθόδων άρδευσης.

Η αυξημένη Κατά τους θερινούς μήνες η ζήτηση για αρδευτικό νερό αυξάνει και για να έχουμε επάρκεια των υδατικών πόρων ποιοτικά και ποσοτικά, σήμερα αλλά και στο μέλλον, με στόχο την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών των καλλιεργειών, επιβάλλεται η ορθολογική και αποτελεσματική διαχείριση και χρήση των υδατικών πόρων, και για να το πετύχουμε χρειάζεται η γνώση των αναγκών σε νερό των καλλιεργειών.

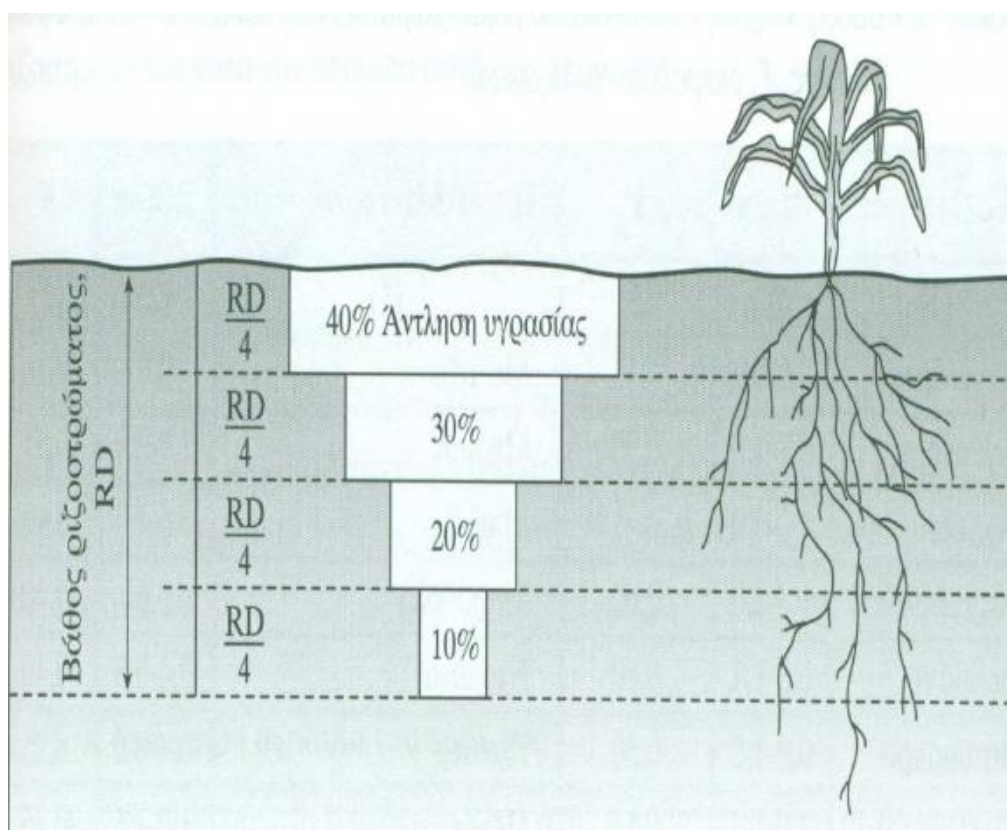
12.2 Η ΕΔΑΦΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ

Υδροχωρητικότητα λέμε την **Εδαφική υγρασία** με την μέγιστη περιεκτικότητα σε νερό που αντιστοιχεί στην υγρασία του εδάφους που προκύπτει μετά από μια σοβαρή βροχόπτωση ή καλή άρδευση και καλύπτει το βάθος του ριζοστρώματος, που για τις περισσότερες ετήσιες καλλιεργείες φτάνει περίπου το ένα μέτρο. Κατά το στάδιο της **υδροχωρητικότητας** όλοι οι πόροι του εδάφους έχουν καλυφτεί από το νερό και απουσιάζει παντελώς ο αέρας και το ριζικό σύστημα των φυτών βρίσκεται κάτω από συνθήκες έλλειψης οξυγόνου. Ταυτόχρονα έχουμε γρήγορη κίνηση του νερού προς τα κάτω λόγω βαρύτητας και επιφανειακή απορροή εάν έχει κλίση το χωράφι. Δύο έως τρεις ημέρες αργότερα η υγρασία του εδάφους μειώνεται συνεχώς έως ότου έρχεται στο στάδιο της **Υδατοϊκανότητας (FC)**. Είναι το στάδιο κατά το οποίο στο έδαφος, τα κενά του καταλαμβάνει νερό και αέρας και οι υγρασιακές του συνθήκες είναι ιδανικές για τα φυτά. Το επόμενο στάδιο, είναι το σημείο **Μόνιμης Μάρανσης (PWP)** των φυτών όπου το περιεχόμενο νερό συγκρατείται με τόσο μεγάλες δυνάμεις συνάφειας από τα τεμαχίδια του εδάφους που τα φυτά δεν μπορούν να το προσλάβουν με τις ρίζες τους και μαραίνονται από έλλειψη νερού.

Η διαφορά της εδαφικής Υγρασίας που υπάρχει κατά το στάδιο της **Υδατοϊκανότητας** και εκείνου του σημείου που τα φυτά αρχίζουν να παρουσιάζουν εμφανείς **Ενδείξεις έλλειψης νερού**, είναι το λεγόμενο **Διαθέσιμο Νερό (ASM)**. Το Διαθέσιμο Νερό είναι η ποσότητα νερού που πρέπει να καλύπτεται με την άρδευση. (Παζαφειρίου, 1999)

12.3 ΡΙΖΟΣΤΡΩΜΑ

Ως ριζόστρωμα των καλλιεργειών θεωρούμε το βάθος του εδάφους μέσα στο οποίο αναπτύσσονται και δραστηριοποιούνται οι ρίζες των φυτών της καλλιέργειας. Σε ένα ομοιογενές έδαφος σύμφωνα με τους Hansen et al. (1980) και Keller (1986) το 80-90% του συνόλου του ριζικού συστήματος αναπτύσσεται στα πρώτα 60-75% του συνολικού βάθους της ρίζας. Έτσι όταν το ριζόστρωμα είναι επαρκώς εφοδιασμένο με νερό, τα φυτά προμηθεύονται νερό περισσότερο από τα ανώτερα στρώματα εδάφους και λιγότερο από τα παρακάτω και εφόσον χωρίσουμε το ριζόστρωμα σε τέσσερα ίσα μέρη το 40 % των απαιτήσεων σε νερό των φυτών ικανοποιείται από το πάνω πρώτο τέταρτο του ριζοστρώματος, το 30% από το 2^ο, το 20% από το 3^ο και το 10% από το τελευταίο τέταρτο.



Εικόνα 12-1 Ποσοστό εις βάθος ανάπτυξης και άντλησης υγρασίας από την ρίζα φυτού
(Ζ. Παζαφειρίου 1999)

Επόμενο είναι η επιφανειακή υγρασία να εξαντλείται πολύ γρήγορα και στη συνέχεια να αρχίσει να εξαντλείται η υγρασία των υπόλοιπων στρωμάτων, και έτσι μεταξύ δύο

αρδεύσεων, η εξάντληση λόγω πρόσληψης νερού θα είναι πάνω - κάτω η ίδια.

12.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ

Οι απαιτήσεις σε νερό των καλλιεργειών εξαρτώνται από το είδος της καλλιέργειας και από το μέγεθος της βλάστησης κάθε σταδίου της καλλιέργειας.

Οι υδατικές απαιτήσεις των φυτών καθορίζονται με το ισοζύγιο νερού στο ριζόστρωμα, όπου θα πρέπει να έχουμε ισορροπία μεταξύ εισροών και εκροών νερού.

Εισροές νερού είναι:

- Η βροχόπτωση όπου η έντασή της και η διάρκειά της έχει σχέση με την ποσότητα νερού που θα περάσει στο έδαφος και στο ριζόστρωμα. Αυτή η ποσότητα βροχής που θα περάσει στο έδαφος λέγεται ενεργός βροχόπτωση και αυτή είναι που υπολογίζεται στις εισροές.
- Η άρδευση (το νερό που προσθέτει ο παραγωγός) που σχετίζεται:

α) με την ένταση και τη διάρκεια εφαρμογής του νερού στην επιφάνεια του εδάφους ,

β) την κατάσταση από πλευράς υγρασίας του εδάφους,

γ) την ταχύτητα διήθησης και

δ) την αρδευτική δόση.

- Η τριχοειδής ανύψωση του νερού από τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα (δηλαδή η άνοδος του νερού υπερνικώντας την βαρύτητα εξ αιτίας του τριχοειδούς φαινομένου) και μόνο στις περιπτώσεις που αυτός είναι σχετικά κοντά στο ριζόστρωμα. Σε ένα πρόγραμμα υπολογισμού άρδευσης συχνά δεν προσμετρείται γιατί είναι δύσκολο να την υπολογίσουμε εκτός και εάν είναι εμφανής η επίδρασή της.

Εκροές νερού είναι:

- Η επιφανειακή απορροή που είναι δυνατόν να προκύψει από μια καταρρακτώδη βροχή μεγάλης διάρκειας, καθώς επίσης από μία υπεράρδευση. Η πιθανότητα εμφάνισης επιφανειακής απορροής αυξάνεται με την αύξηση της κλίσης του χωραφίου. Είναι φανερό ότι η επιφανειακή απορροή μας απασχολεί μόνο σε χωράφια με κάποια κλίση και επειδή είναι δύσκολο να μετρηθεί συνήθως δεν προσμετρείται σε ένα πρόγραμμα υπολογισμού άρδευσης.
- Η βαθιά διήθηση, είναι μία απώλεια που επέρχεται έτσι και αλλιώς, μετά από μια καλή βροχή ή άρδευση, με γρήγορο ρυθμό τις 2-3 πρώτες ημέρες και με αργότερο ρυθμό συνεχώς μειούμενο, για αρκετές ημέρες μετά.

- Η εξατμισοδιαπνοή (ETc), είναι το σύνθετο φαινόμενο της απώλειας νερού από το φυτό με την διαπνοή, της εξάτμισης υγρασίας από την επιφάνεια του φυλλώματος και της εξάτμισης νερού από την γυμνή επιφάνεια του εδάφους και που εξετάστηκε διεξοδικά στο 2^ο κεφάλαιο της παρούσης εργασίας. Η εξατμισοδιαπνοή (ETc) είναι ένας δείκτης της ανάγκης σε νερό των καλλιεργειών για την βέλτιστη ανάπτυξη τους και την υψηλή απόδοσή τους.

Από τα ανωτέρω βγάζουμε το συμπέρασμα ότι τα μετρήσιμα και σημαντικά μεγέθη που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την σχεδίαση και τον υπολογισμό των υδατικών αναγκών των φυτών είναι η βροχόπτωση (και μάλιστα η ωφέλιμη βροχόπτωση), η άρδευση και η εξατμισοδιαπνοή. (Παζαφειρίου, 1999)

12.4.1 Εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής

Όπως έχει αναπτυχθεί στο κεφάλαιο 9^ο η εξατμισοδιαπνοή εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες :

1. Την ηλιακή ακτινοβολία που σχετίζεται με τη θερμοκρασία και σχετική υγρασία, την ταχύτητα του ανέμου.
2. Το φυτικό είδος.
3. Το βάθος και η πυκνότητα του ριζικού συστήματος
4. Το ποσοστό κάλυψης του εδάφους από την καλλιέργεια
5. Το ύψος της καλλιέργειας και η τραχύτητα του φυλλώματος
6. Το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας
7. Το έδαφος (από την άποψη της υφής, της δομής, του φαινομένου ειδικού βάρους, του πορώδους και τις χημικές ιδιότητες).

Ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής (ETc) της καλλιέργειας, προκύπτει από τη σχέση: $ETc = Kc \times ET_0$ όπου: (Kc) είναι ο φυτικός συντελεστής που χρησιμοποιείτε με την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (ET₀) για τον υπολογισμό των αναγκών σε νερό των διαφόρων καλλιεργειών.

Ο φυτικός συντελεστής (Kc) της κάθε καλλιέργειας επηρεάζεται από το είδος του φυτού, το στάδιο και τη ταχύτητα ανάπτυξης, τις εδαφικές και κλιματολογικές συνθήκες και το ποσοστό κάλυψης του εδάφους από τα φυτά της καλλιέργειας. Είναι ένας αδιάστατος αριθμός και παίρνει τιμές από 0,1 έως 1,2. Ο φυτικός συντελεστής παίρνεται από πίνακες προσαρμοσμένους στις ελληνικές συνθήκες από Έλληνες ερευνητές.

Η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς (ET₀) υπολογίζεται συνήθως με την

διεθνώς γνωστή εξίσωση (2.23) του FAO Penmann -Montieth (Allen et al. , 1998).

Ο Βαλιάντζας (2006) πρότεινε την εφαρμογή μιας απλουστευμένης εξίσωσης για τον υπολογισμό της ΕΤο στον Ελλαδικό χώρο η οποία απαιτεί ελάχιστα μετεωρολογικά δεδομένα όπως η μέση θερμοκρασία (T) και η σχετική υγρασία (RH) του αέρα. Η εξίσωση του Βαλιάντζα έχει τη μορφή:

$$ET_0 = 0.032 \cdot (R_s - 3.4) \cdot \sqrt{T + 9.5} + 0.08 \cdot (T + 20) \cdot (1 - RH/100) \dots\dots\dots (2.22)$$

όπου:

R_s = η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία [$MJ/m^2/d$]

T = η μέση θερμοκρασία του αέρα [$^{\circ}C$]

RH = η μέση σχετική υγρασία του αέρα [%]

Μια απλή σύγκριση των δύο ανωτέρω αναφερομένων μεθόδων υπολογισμού της ΕΤο κάνει αμέσως φανερή την απλότητα και την ευκολία του υπολογισμού της ΕΤο με την εξίσωση της μεθόδου του Βαλιάντζα. Έτσι χρησιμοποιήθηκε και η εξίσωση της μεθόδου του Βαλιάντζα στην παρούσα εργασία. Η εξατμισοδιαπνοή που υπολογίζεται με την μέθοδο Βαλιάντζα και με το πρόγραμμα Cropwat 8.0 (Penman-Monteith) στο κεφάλαιο 8 στον πίνακα 8.10 διαφέρουν ελάχιστα και για ορισμένες περιόδους σχεδόν ταυτίζονται όπως φαίνεται στο διάγραμμα της εικόνας 8.1 στη σελίδα 99 στο 8^ο κεφάλαιο.

Όπως έχει αναφερθεί στο 9^ο κεφάλαιο, είναι μια πολύπλοκη και με πολλές παραμέτρους εξίσωση που δυσκολεύει αντικειμενικά πολλούς κατά τον υπολογισμό της ΕΤο με την μέθοδο Penman-Monteith, γι' αυτό έχουν δημιουργηθεί κάποια προγράμματα στον ηλεκτρονικό υπολογιστή που υπολογίζουν για εμάς την ΕΤο. Ένα από αυτά είναι το Cropwat 8.0 το οποίο και χρησιμοποιήθηκε και στην παρούσα εργασία.

Ο άμεσος υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής γίνεται άμεσα με την βοήθεια λυσιμέτρου.

12.4.2 Υδατικές απαιτήσεις των καλλιεργειών

Η γνώση των απαιτήσεων σε νερό των καλλιεργειών, αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο στα χέρια της πολιτείας ή της περιφέρειας, για τον σχεδιασμό και εκτέλεση έργων όπως ταμειωτήρων, ανοικτών και κλειστών δικτύων μεταφοράς νερού, συλλογικών αρδευτικών δικτύων. Είναι σημαντικό εργαλείο επίσης στα χέρια των αγροτών για τον σχεδιασμό του ατομικού αρδευτικού δικτύου, το προγραμματισμό της άρδευσης και τον υπολογισμό της ποσότητας νερού ανά δόση.

Παρακάτω σε πίνακες παρέχονται στοιχεία των καλλιεργειών που χρειάζονται για τον

υπολογισμό των αναγκών τους σε νερό.

Πίνακας 12-2 Βλαστική περίοδος και στάδια ανάπτυξης ετήσιων καλλιεργειών βάμβακος, καλαμποκιού, βιομηχανικής ντομάτας και τεύτλων, όπως διαμορφώνονται στην ηπειρωτική Ελλάδα

Καλλιέργεια	Σπορά, βλαστική περίοδος και στάδια ανάπτυξης σε ημέρες
Βαμβάκι	Ημερομηνία σποράς 18-30/4, μπορεί να παραταθεί μέχρι 15/5. Συγκομιδή από 1-20/10 που μπορεί να παραταθεί μέχρι το πρώτο 15θήμερο του Νοεμβρίου. Στάδια ανάπτυξης 30/60/45/25 (160)
Καλαμπόκι	Πρώιμες ποικιλίες καλαμποκιού με πλήρη βιολογικό κύκλο σπέρνονται από 10-30/4 και συγκομίζονται από 5-15/9. Τα στάδια ανάπτυξης είναι 25/40/60/25 (150).
Βιομηχανική Ντομάτα	Σπορά από 15/4-4/6, συγκομιδή από 25/7-10/10, στάδια ανάπτυξης 25/35/35/20 (115).
Τεύτλα	Σπορά από 1/3-30/4, συγκομιδή μετά από τις 20/8, αλλά κυρίως όταν τα τεύτλα φτάσουν τη μέγιστη περιεκτικότητα σε σάκχαρο. Στάδια ανάπτυξης 30/45/90/15 (180).

(Ζ. Παπαζαφειρίου 1999)

Πίνακας 12-3 Βλαστική περίοδος και στάδια ανάπτυξης ετήσιων καλλιεργειών ρυζιού και μηδικής.

Καλλιέργεια	Σπορά, βλαστική περίοδος και στάδια ανάπτυξης σε ημέρες
Ρύζι	Σπορά από 5/5 και συγκομιδή από 1/9. Τα στάδια ανάπτυξης 30/30/60/30 (150)
Μηδική	Σπορά από 25/2 έως αρχές Απρίλιο. Μπορεί, όμως, να σπαρθεί και νωρίς το φθινόπωρο αν οι εδαφικές συνθήκες είναι καλές. Στάδια ανάπτυξης: 1 ^η κοπή : 10-15, 20, 20, 10 (60-65) Άλλες κοπές: 5-6, 10-12, 10-12, 5-7 (30-35)

(Κωτσόπουλος Σ. 2006)

Πίνακας 12-4 Μέσοι όροι της ανά μήνα μέσης ημερήσιας τιμής της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς (ETo) σε mm ύψος βροχής, του σταθμού Σίνδου

Περιοχή σταθμού Σίνδου	Υπολογισμός	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ
	Cropwat 8.0	0.99	1,14	1,93	3,17	4,09	5,17	5,02	4,65	3,23	1,86	1,15	0,98
	Βαλιάντζα	0.82	1,22	1,96	3,34	4,33	5,07	5,25	4,84	3,15	1,59	1,02	0,85

Πίνακας 12-5 Φυτικοί συντελεστές Kc, κατά στάδιο ανάπτυξης, τεσσάρων βασικών ετήσιων καλλιεργειών, προσαρμοσμένων στις κλιματικές συνθήκες της Ελλάδος για χρήση με την συνδυασμένη μέθοδο FAO Penmann –Montieth

Καλλιέργεια	Kc			
	Αρχικό στάδιο	Στάδιο ταχείας ανάπτυξης	Μέση περίοδος	Τελικό στάδιο
Βαμβάκι	0,45	0,70	1,05	0,60
Καλαμπόκι	0,50	0,80	1,05	0,60
Βιομηχ. Ντομάτα	0,50	0,80	1,05	0,65
Τεύτλα	0,45	0,65	1,00	0,50

(Ζ. Παπαζαφειρίου 1999)

Πίνακας 12-6 Φυτικοί συντελεστές Kc, κατά στάδιο ανάπτυξης, δύο βασικών ετήσιων καλλιεργειών, προσαρμοσμένων στις κλιματικές συνθήκες της Ελλάδος για χρήση με την συνδυασμένη μέθοδο FAO Penmann -Montieth

Καλλιέργεια		Kc			
		Αρχικό στάδιο	Στάδιο ταχείας ανάπτυξης	Μέση περίοδος	Τελικό στάδιο
Ρύζι		1,05	1,10	1,20	0,9-0,60
Μηδική	Μέση Περιόδου	0,40	0,70	0,95	0,90
Μηδική	Μεταξύ κοπών	0,40	0,70	1,20	1,15

(Κωτσόπουλος Σ. 2006)

Παρατίθεται υπολογισμός των υδατικών απαιτήσεων χωρίς την χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή και μόνο για μία καλλιέργεια από αυτές που συναντώνται στο κάμπο του ΤΟΕΒ Αγίου Αθανασίου για να φανεί το πόσο κοπιώδης είναι η εργασία αυτή. Στη συνέχεια παρατίθενται πίνακες από το υπολογιστικό πρόγραμμα Cropwat 8.0 του FAO που δίνουν τις υδατικές απαιτήσεις για όλες τις καλλιέργειες που συναντώνται στο κάμπο του ΤΟΕΒ Αγίου Αθανασίου.

- **Υδατικές απαιτήσεις της καλλιέργειας του Βαμβακιού υπολογισμένες χωρίς την χρήση προγράμματος ηλεκτρονικού υπολογιστή.**

Η βλαστική περίοδος του βαμβακιού είναι περίπου 160 ημέρες (Πίν.12. 2). Σύμφωνα με την μέθοδο FAO Penmann -Montieth η ανάπτυξη του βαμβακιού από την ημέρα σποράς, χωρίζεται σε τέσσερα στάδια (Πίν.12. 2) και σε κάθε στάδιο έχει υπολογισθεί πειραματικά ο φυτικός συντελεστής Kc (Πίν. 12.5) .

Το 1ο Στάδιο Ανάπτυξης είναι 30 ημέρες και ο φυτικός συντελεστής K c= 0,45

Το 2ο Στάδιο Ανάπτυξης είναι 60 ημέρες, ο φυτικός συντελεστής Kc = 0,70

Το 3ο Στάδιο Ανάπτυξης είναι 45 ημέρες, ο φυτικός συντελεστής Kc = 1,05

Το 4ο Στάδιο Ανάπτυξης είναι 25 ημέρες, ο φυτικός συντελεστής $K_c = 0,60$.

Επομένως η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας βαμβακιού (ET_c), υπολογίζεται βάσει της εξίσωσης $ET_c = K_c \cdot ET_0$. Η Τιμή και κατανομή της (ET_0), προκύπτει από την επεξεργασία δεδομένων του Πίνακα 12.4, έχοντας ως ημερομηνία σποράς τις 15/4. Επομένως για το κάθε στάδιο ανάπτυξης του βαμβακιού από την ημερομηνία σποράς και μετά έχουμε :

1^ο στάδιο 30 ημ (15ημ Απριλίου+15 ημ Μαΐου) : $(15 \times 3,17 + 15 \times 4,09) \text{mm} = 108,9 \text{ mm}$

2^ο στάδιο 60 ημ (16 ημ Μαΐου + 30 ημ Ιουνίου +14 ημ Ιουλίου) : $(16 \times 4,09 + 30 \times 5,17 + 14 \times 5,02) \text{ mm} = 290,82 \text{ mm}$

3^ο στάδιο 45 ημ (17 ημ Ιουλίου +28 ημ Αυγούστου): $(17 \times 5,02 + 28 \times 4,65) \text{ mm} = 215,54 \text{ mm}$

4^ο στάδιο 25 ημ (3 ημ Αυγούστου+ 22 ημ Σεπτεμβρίου): $(3 \times 4,65 + 22 \times 3,23) \text{ mm} = 85,01 \text{ mm}$

1^ο στάδιο 30 ημ : $0,45 \times 108,9 \text{ mm} = 49,01 \text{ mm}$ ύψος νερού

2^ο στάδιο 60 ημ: $0,70 \times 290,82 \text{ mm} = 203,57 \text{ mm}$ -//- -//-

3^ο στάδιο 45 ημ: $1,05 \times 215,54 \text{ mm} = 227,34 \text{ mm}$ -//- -//-

4^ο στάδιο 25 ημ : $0,60 \times 85,01 \text{ mm} = 51,01 \text{ mm}$ -//- -//-

$49,01 \text{ mm} + 203,57 \text{ mm} + 227,34 \text{ mm} + 51,01 \text{ mm} = \underline{\underline{571,49 \text{ mm}}}$ ύψος νερού

ή $571,49 \text{ m}^3$ νερού/στρέμμα σε όλη την αρδευτική περίοδο.

Στον ανωτέρω υπολογισμό δεν λήφθηκε υπόψη η ωφέλιμη βροχόπτωση, χαρακτηριστικά του εδάφους όπως διαθέσιμη υγρασία και διηθητικότητα, χαρακτηριστικά των καλλιεργειών όπως βάθος ριζοστρώματος και κρίσιμη περίοδος άρδευσης. Όλοι αυτοί οι παράμετροι συνυπολογίζονται στο Cropwat 8.0 και η εργασία γίνεται εύκολα ποιο ολοκληρωμένα και με μικρότερη πιθανότητα λαθών.

- **Υδατικές απαιτήσεις των καλλιεργειών με την χρήση προγράμματος ηλεκτρονικού υπολογιστή και το υπολογιστικό πρόγραμμα Cropwat 8.0.**

Οι υδατικές απαιτήσεις των έξι καλλιεργειών που συναντώνται κυρίως στον κάμπο του Τ.Ο.Ε.Β. Αγίου Αθανασίου έχουν υπολογιστεί με το πρόγραμμα Cropwat 8.0 και που παρατίθενται στις εικόνες που ακολουθούν.

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun hours	Rad MJ/m ² /day	ETo mm/day
January	0.6	9.6	71	164	3.2	6.2	0.99
February	3.5	13.4	76	112	3.7	8.5	1.14
March	5.3	15.6	73	164	4.8	12.3	1.93
April	8.0	19.7	64	190	6.8	17.6	3.17
May	13.6	24.5	67	173	8.2	21.3	4.09
June	17.9	28.4	67	156	9.9	24.3	5.02
July	19.5	30.0	70	138	10.5	24.8	5.17
August	19.0	30.6	70	121	9.5	21.7	4.65
September	15.2	26.8	76	104	7.7	16.7	3.23
October	11.2	20.5	79	112	5.3	10.8	1.86
November	7.3	16.4	78	104	3.9	7.2	1.15
December	2.1	11.7	75	156	3.3	5.7	0.98
Average	10.3	20.6	72	141	6.4	14.8	2.78

Εικόνα 12-2 Υπολογισμός με το CROPWAT 8.0 της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς για την θέση (40,67° N, 22,78° E) στη Σίνδο, αφού εισαχθούν σε αυτό κλιματολογικά στοιχεία.

Συγκεκριμένα στο πρόγραμμα εισάγονται για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς για κάθε μήνα, η μέση ελάχιστη θερμοκρασία, η μέση μέγιστη θερμοκρασία, η μέση σχετική υγρασία, η μέση ταχύτητα του ανέμου σε Km/day και η μέση ηλιοφάνεια.

Επίσης σε άλλο πεδίο (εικόνα 12.3) εισάγονται: συνολικά διαθέσιμη εδαφική υγρασία, μέγιστο ποσό διήθησης βροχής – άρδευσης, μέγιστο βάθος ριζοστρώματος εξ αιτίας περιορισμών του εδάφους και το ποσοστό ξηρότητας του εδάφους.

Soil name	
Soil name	Medium loam
General soil data	
Total available soil moisture (FC - WP)	290.0 mm/meter
Maximum rain infiltration rate	40 mm/day
Maximum rooting depth	60 centimeters
Initial soil moisture depletion (as % TAM)	0 %
Initial available soil moisture	290.0 mm/meter

Εικόνα 12-3 Εισαγωγή στο CROPWAT 8.0 χαρακτηριστικά του εδάφους

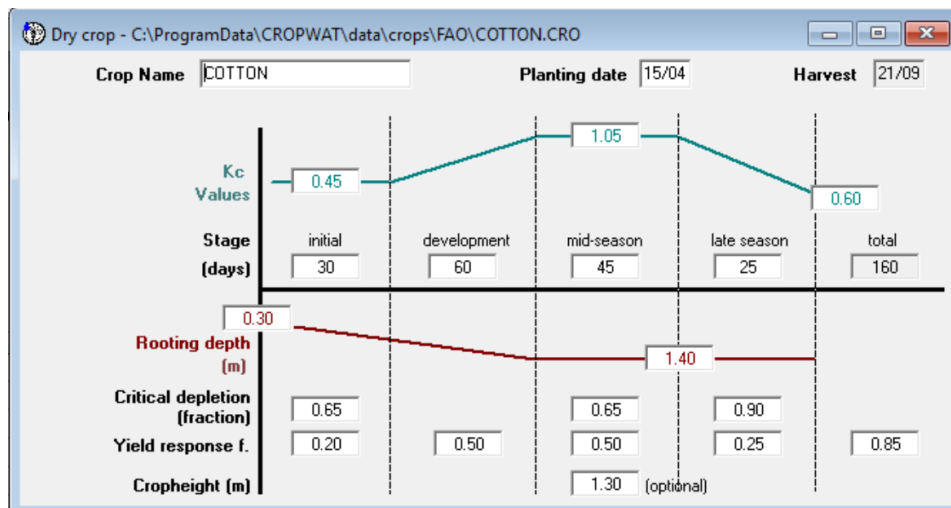
Monthly rain - C:\Users\pc\Desktop\CROPWAT ΕΡΓΑΣΙΑΣ\BROXH.CRM

Station Eff. rain method

	Rain	Eff rain
	mm	mm
January	36.8	34.6
February	40.2	37.6
March	72.4	64.0
April	8.4	8.3
May	48.4	44.7
June	32.8	31.1
July	35.2	33.2
August	37.2	35.0
September	84.5	73.1
October	69.0	61.4
November	65.9	59.0
December	83.7	72.5
Total	614.5	554.4

Εικόνα 12-4 Εισαγωγή βροχόπτωσης και υπολογισμός με το Cropwat 8.0 της ωφέλιμης βροχόπτωσης σύμφωνα με την USDA soil conservaion method για τη θέση (40,67° N, 22,78° E) στη Σίνδο.

Οι τρεις ανωτέρω εικόνες αναφέρονται σε όλες τις καλλιέργειες.

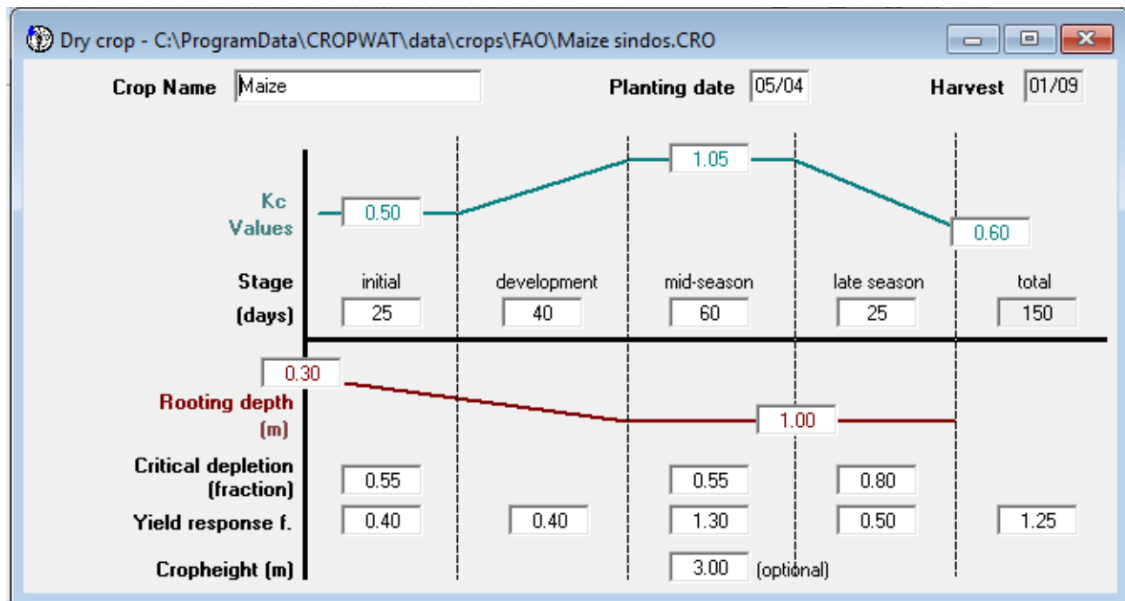


Εικόνα 12-5 Εισαγωγή στο Cropwat 8.0 χαρακτηριστικά της καλλιέργειας βαμβακιού.

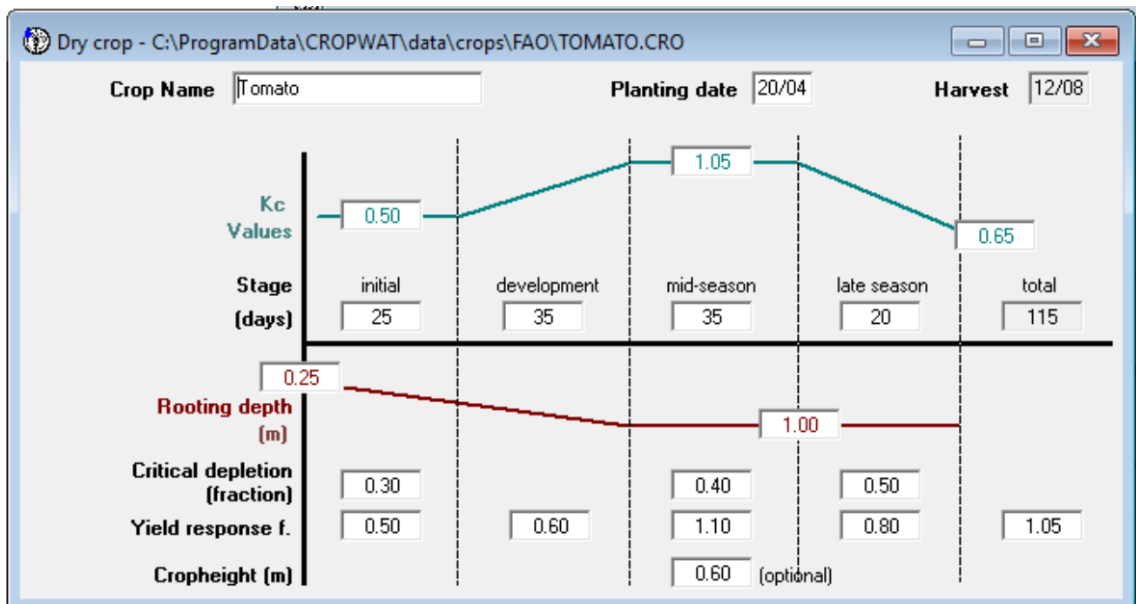
Συγκεκριμένα εισάγονται: ονομασία του φυτού, ημερομηνία σποράς, διάρκεια περιόδων, φυτικοί συντελεστές, βάθος ριζοστρώματος, συντελεστή εξάντλησης εδαφικής υγρασίας, συντελεστής απόκρισης παραγωγής στην υδατική καταπόνηση και

ύψος φυτού.

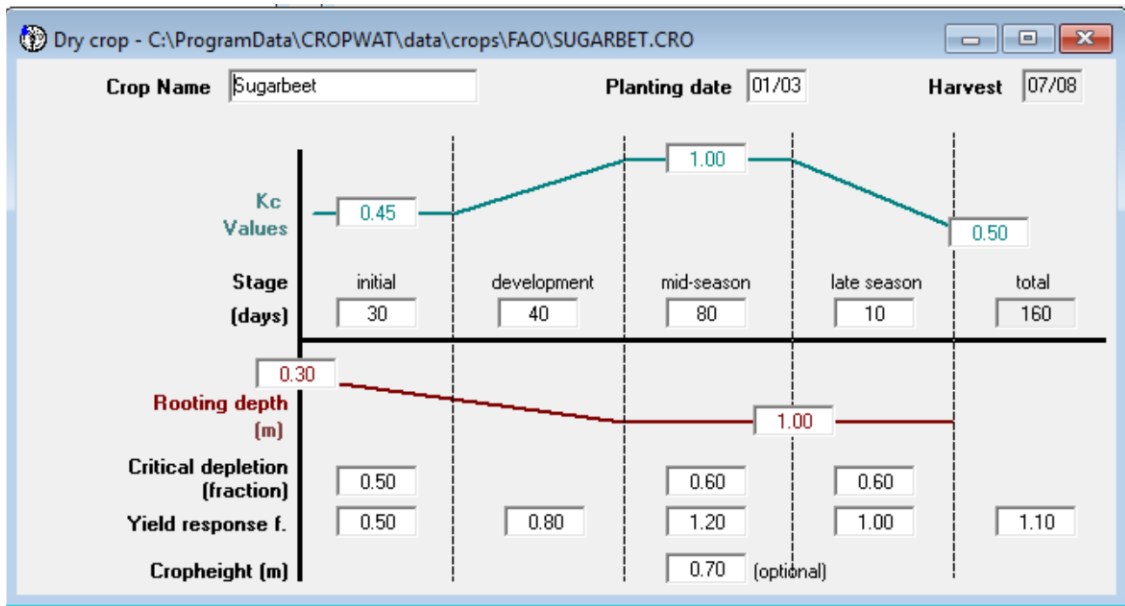
Αυτό γίνεται και για τις έξι καλλιέργειες που εξετάζονται στην παρούσα εργασία.



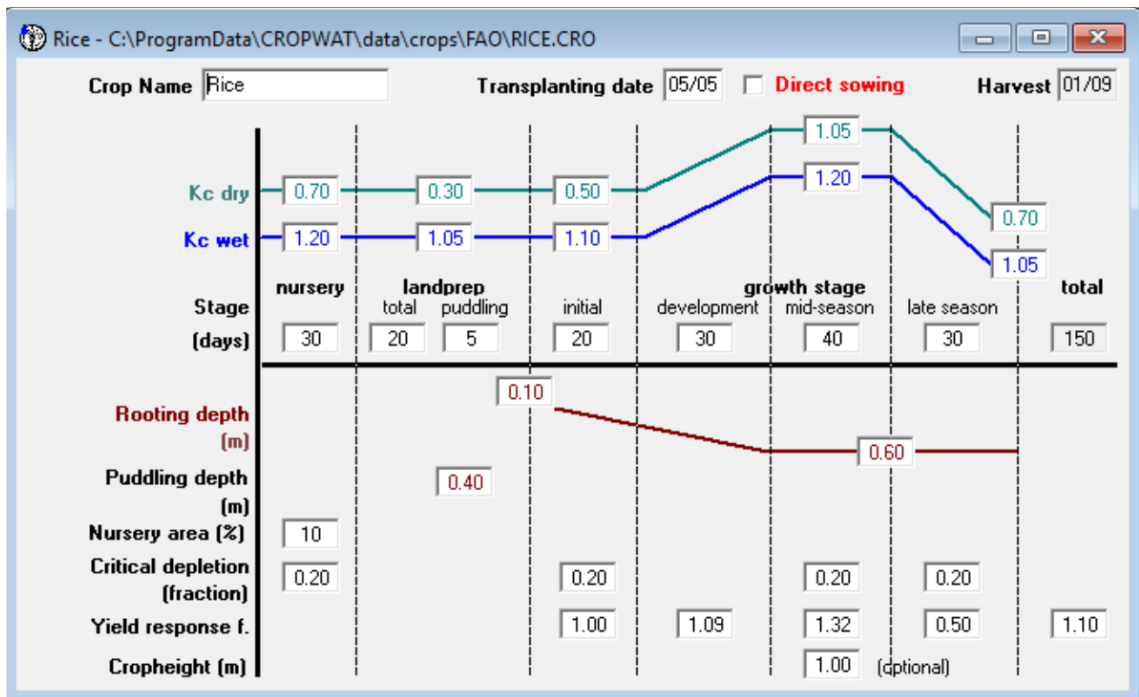
Εικόνα 12-6 Εισαγωγή στο Cropwat 8.0 χαρακτηριστικά της καλλιέργειας Καλαμποκιού.



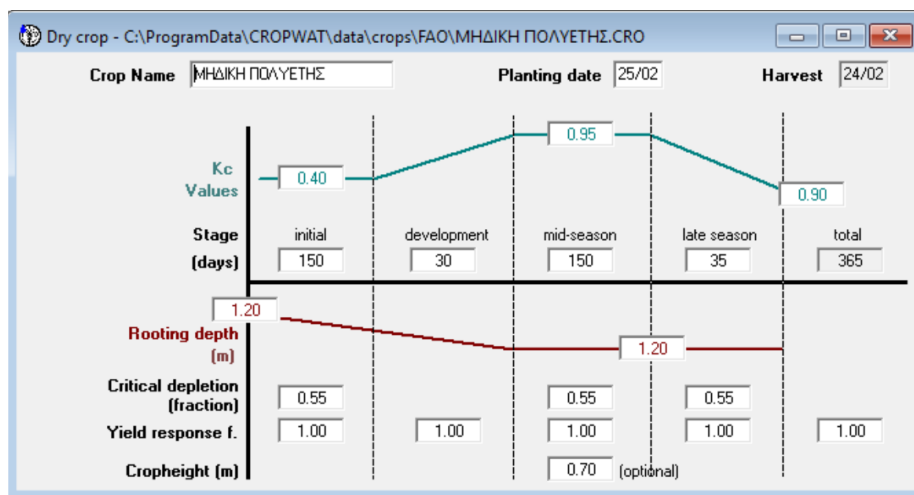
Εικόνα 12-7 Εισαγωγή στο Cropwat 8.0 χαρακτηριστικά της καλλιέργειας βιομηχανικής τομάτας



Εικόνα 12-8 Εισαγωγή στο CROPWAT 8.0 χαρακτηριστικά της καλλιέργειας ζαχαρότευτλων.



Εικόνα 12-9 Εισαγωγή στο CROPWAT 8.0 χαρακτηριστικά της καλλιέργειας ρυζιού



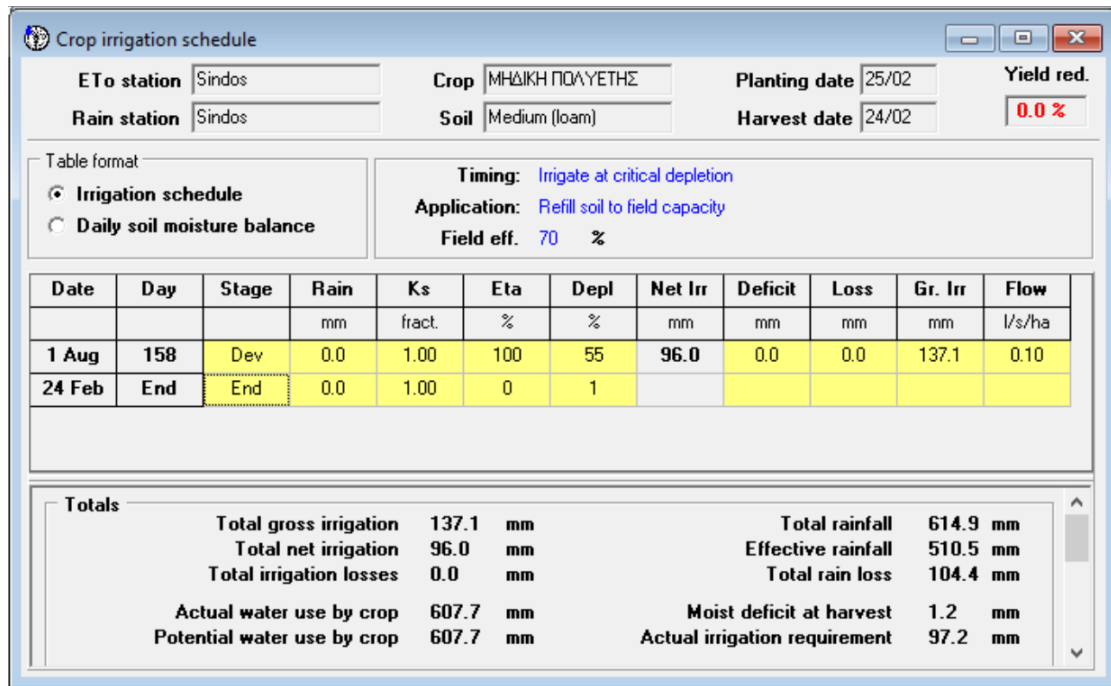
Εικόνα 12-10 Εισαγωγή στο Cropwat 8.0 χαρακτηριστικά της καλλιέργειας μηδικής .

Crop Water Requirements

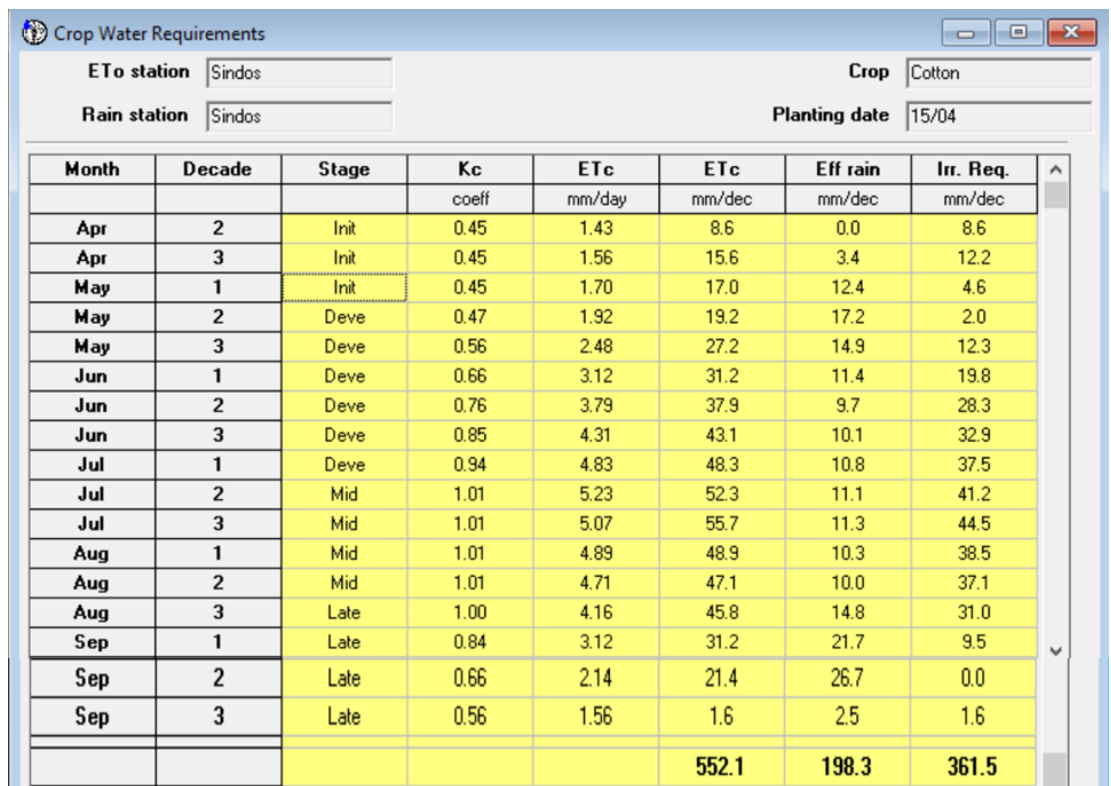
ETo station: Sindos Crop: ΜΗΔΙΚΗ ΠΟΛΥΕΤΗΣ
 Rain station: Sindos Planting date: 25/02

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Feb	3	Init	0.87	1.22	4.9	7.4	0.0
Mar	1	Init	0.40	0.67	6.7	21.0	0.0
Mar	2	Init	0.40	0.77	7.7	25.2	0.0
Mar	3	Init	0.40	0.94	10.3	17.7	0.0
Apr	1	Init	0.40	1.10	11.0	4.9	6.1
Apr	2	Init	0.40	1.27	12.7	0.0	12.7
Apr	3	Init	0.40	1.39	13.9	3.4	10.5
May	1	Init	0.40	1.51	15.1	12.4	2.7
May	2	Init	0.40	1.64	16.4	17.2	0.0
May	3	Init	0.40	1.76	19.4	14.9	4.4
Jun	1	Init	0.40	1.88	18.8	11.4	7.4
Jun	2	Init	0.40	2.01	20.1	9.7	10.4
Jun	3	Init	0.40	2.03	20.3	10.1	10.2
Jul	1	Init	0.40	2.05	20.5	10.8	9.7
Jul	2	Init	0.40	2.07	20.7	11.1	9.6
Jul	3	Deve	0.44	2.22	24.4	11.3	13.1
Aug	1	Deve	0.62	2.96	29.6	10.3	19.3
Aug	2	Deve	0.79	3.66	36.6	10.0	26.6
Aug	3	Mid	0.91	3.80	41.8	14.8	27.1
Sep	1	Mid	0.92	3.39	33.9	21.7	12.2
Sep	2	Mid	0.92	2.96	29.6	26.7	2.9
Sep	3	Mid	0.92	2.54	25.4	24.6	0.8
Oct	1	Mid	0.92	2.12	21.2	21.5	0.0
Oct	2	Mid	0.92	1.71	17.1	20.1	0.0
Oct	3	Mid	0.92	1.49	16.4	19.9	0.0
Nov	1	Mid	0.92	1.27	12.7	19.5	0.0
Nov	2	Mid	0.92	1.05	10.5	19.0	0.0
Nov	3	Mid	0.92	1.00	10.0	20.7	0.0
Dec	1	Mid	0.92	0.95	9.5	24.3	0.0
Dec	2	Mid	0.92	0.90	9.0	26.6	0.0
Dec	3	Mid	0.92	0.90	9.9	21.6	0.0
Jan	1	Mid	0.92	0.90	9.0	14.5	0.0
Jan	2	Mid	0.92	0.90	9.0	9.6	0.0
Jan	3	Late	0.91	0.94	10.4	10.6	0.0
Feb	1	Late	0.89	0.97	9.7	11.5	0.0
Feb	2	Late	0.88	1.00	10.0	11.4	0.0
Feb	3	Late	0.87	1.22	4.9	7.4	0.0
					608.9	554.6	185.6

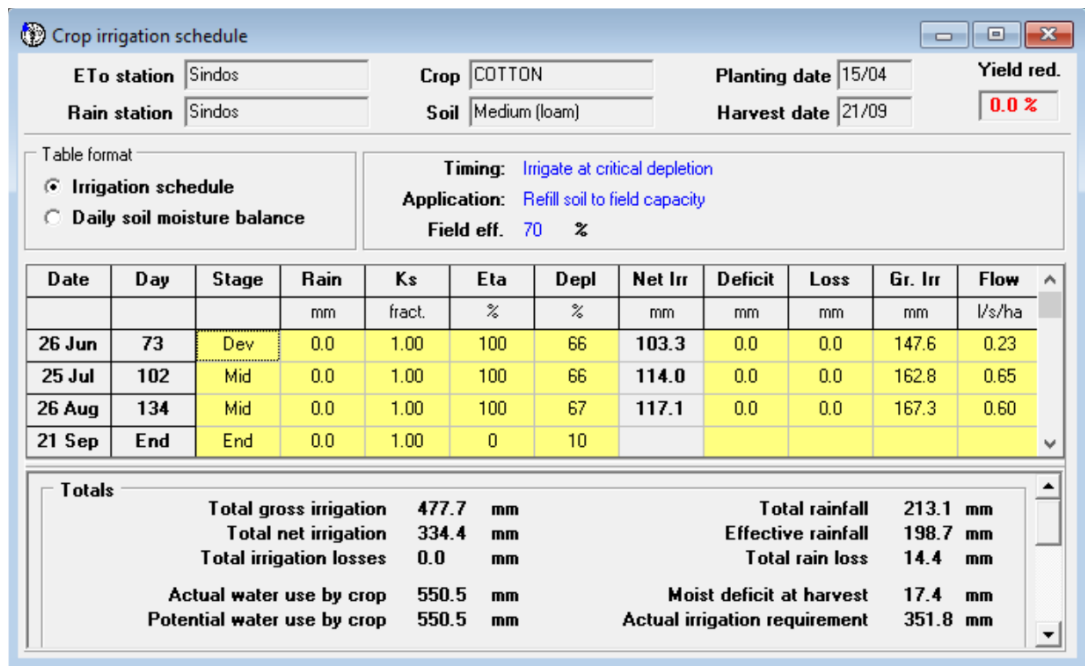
Εικόνα 12-11 Υπολογισμός από το Cropwat 8.0 υδατικών αναγκών για τη μηδική.



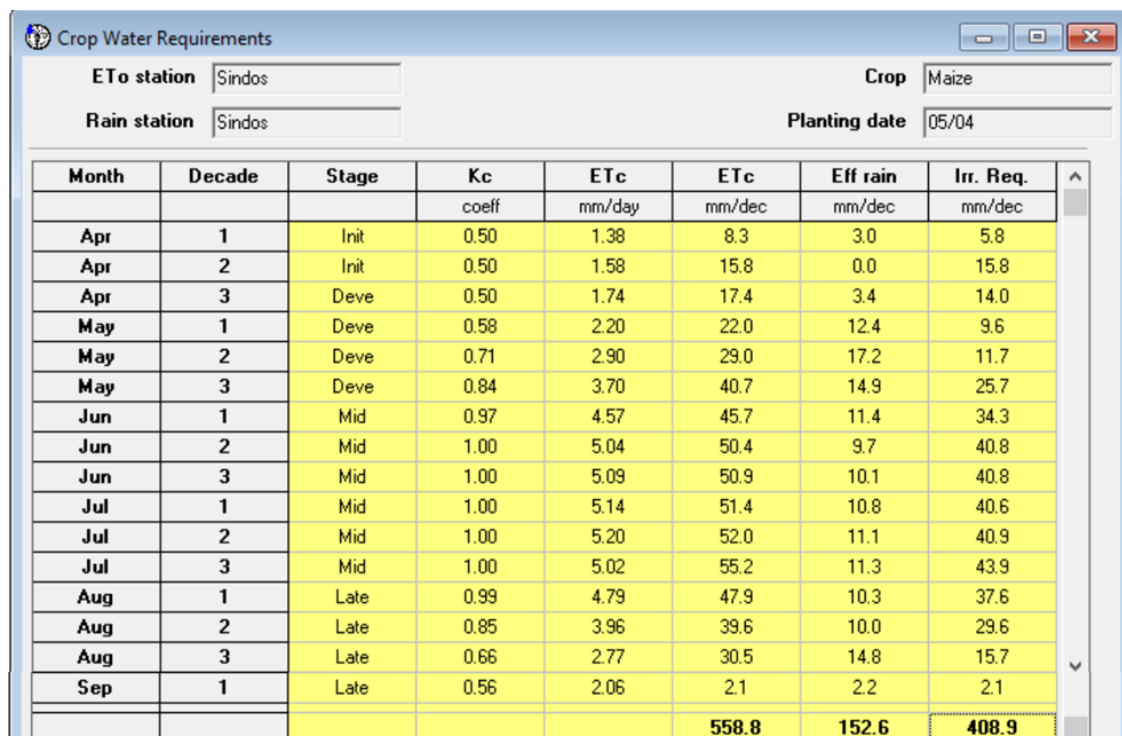
Εικόνα 12-12 Υπολογισμός από το Cropwat 8.0 προγράμματος άρδευσης μηδικής



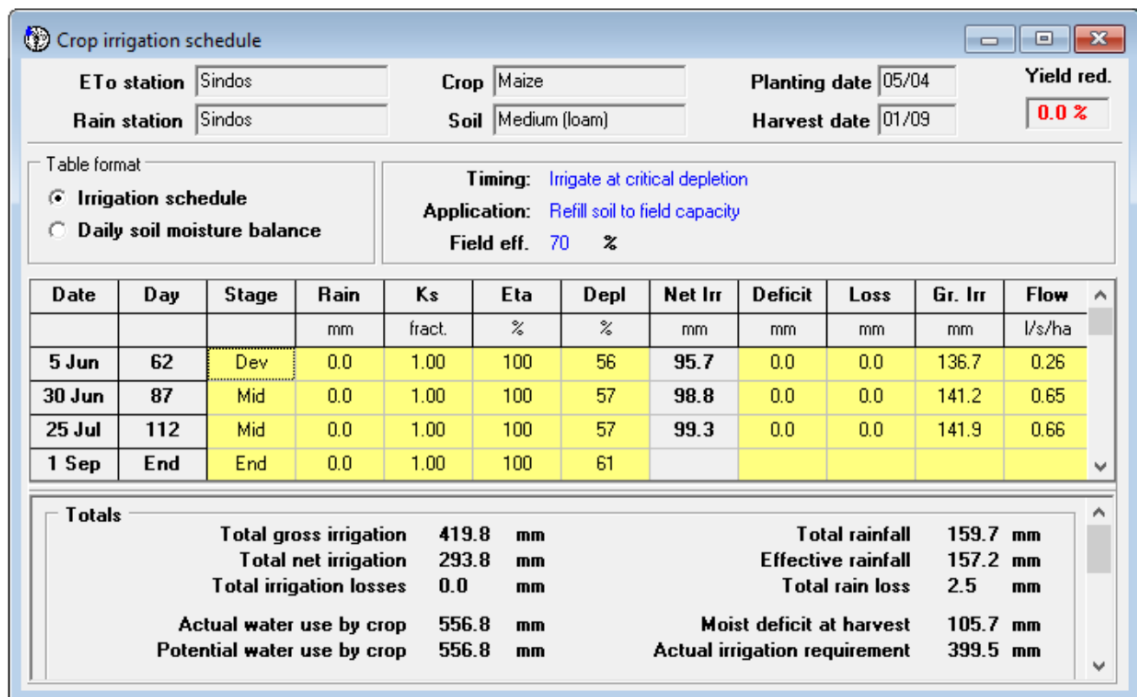
Εικόνα 12-13 Υπολογισμός από το Cropwat 8.0 υδατικών αναγκών του βαμβακιού



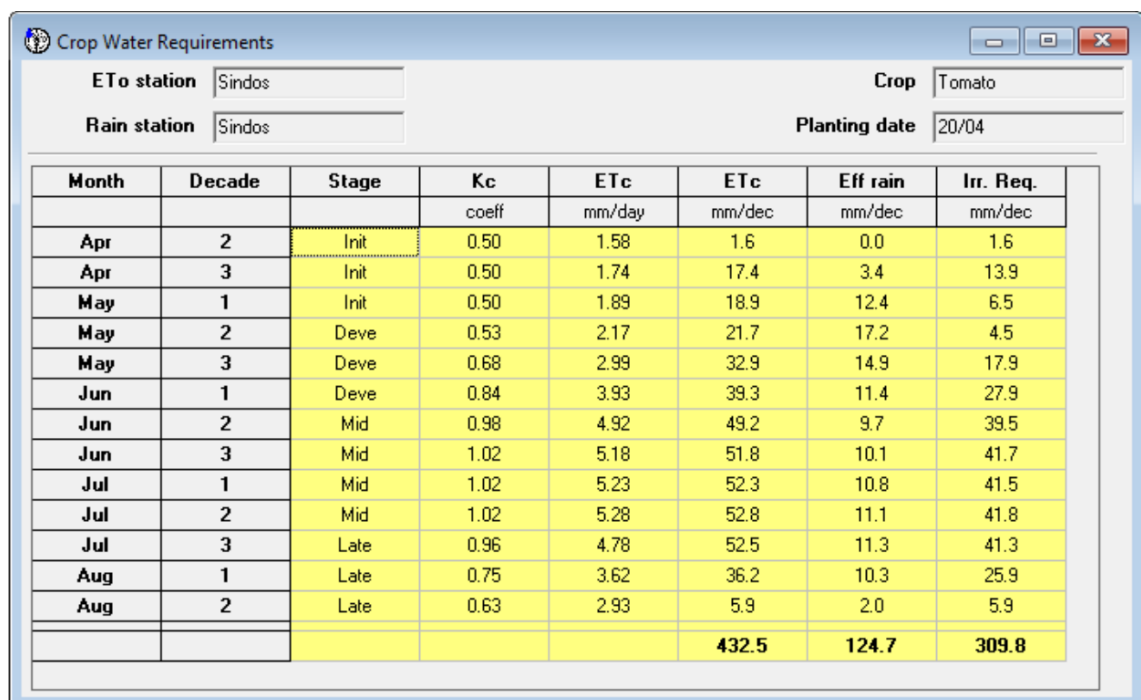
Εικόνα 12-14 Υπολογισμός από το Cropwat 8.0 προγράμματος άρδευσης βαμβακιού



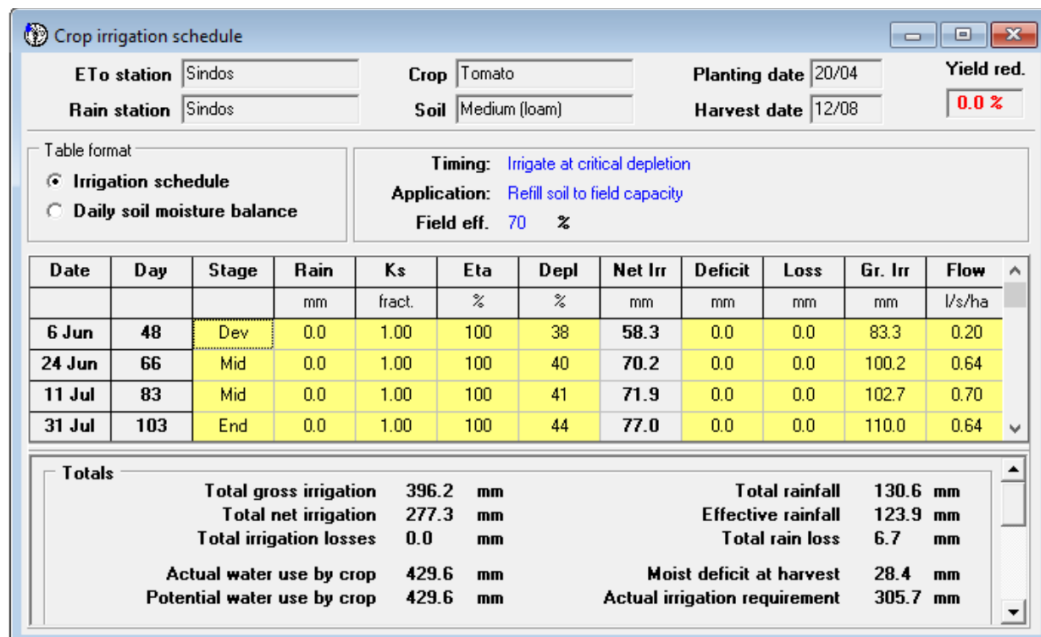
Εικόνα 12-15 Υπολογισμός από το Cropwat 8.0 υδατικών αναγκών για το καλαμπόκι.



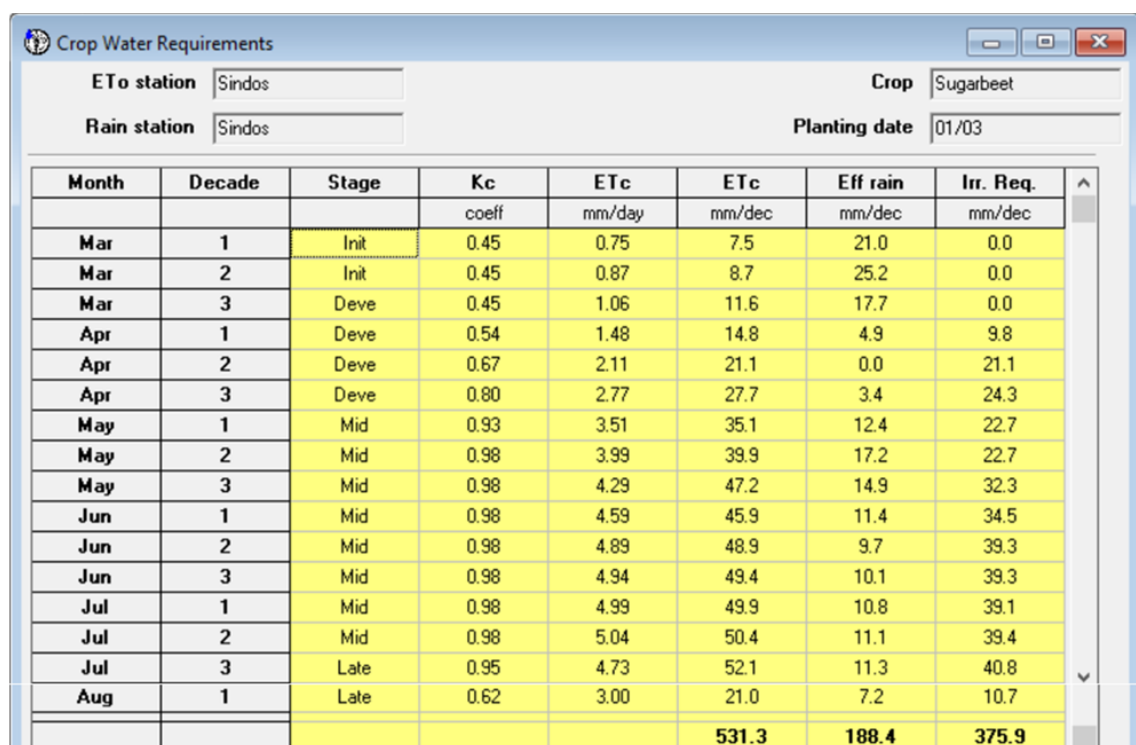
Εικόνα 12-16 Υπολογισμός από το Cropwat 8.0 προγράμματος άρδευσης καλαμποκιού.



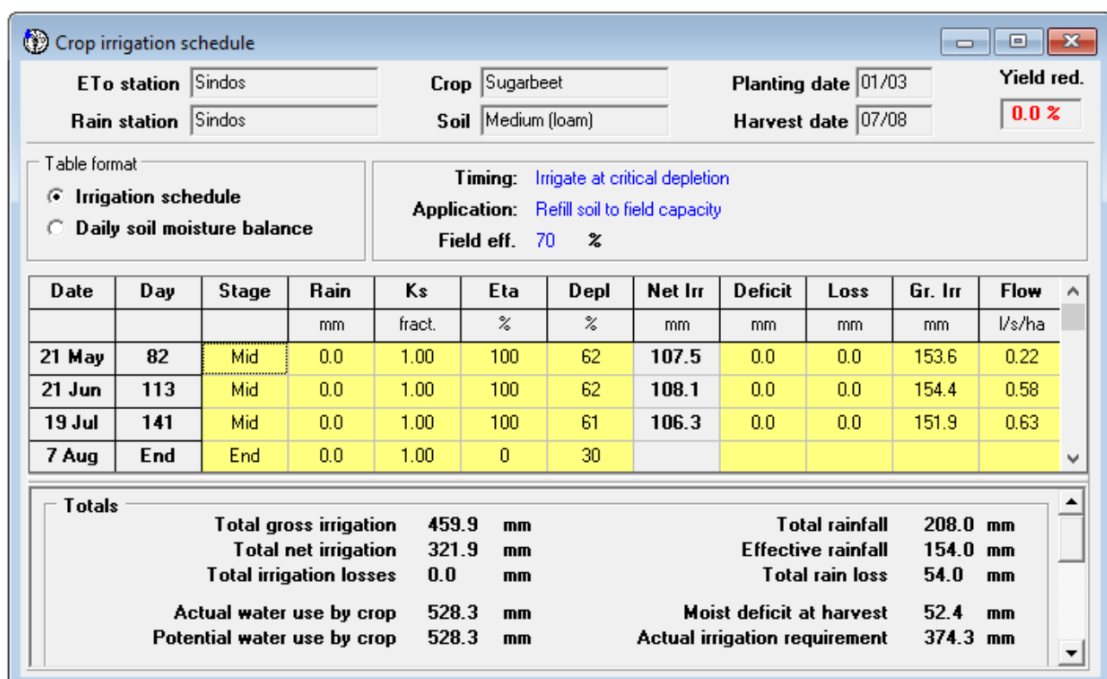
Εικόνα 12-17 Υπολογισμός από το Cropwat 8.0 υδατικών αναγκών για τη βιομηχανική τομάτα.



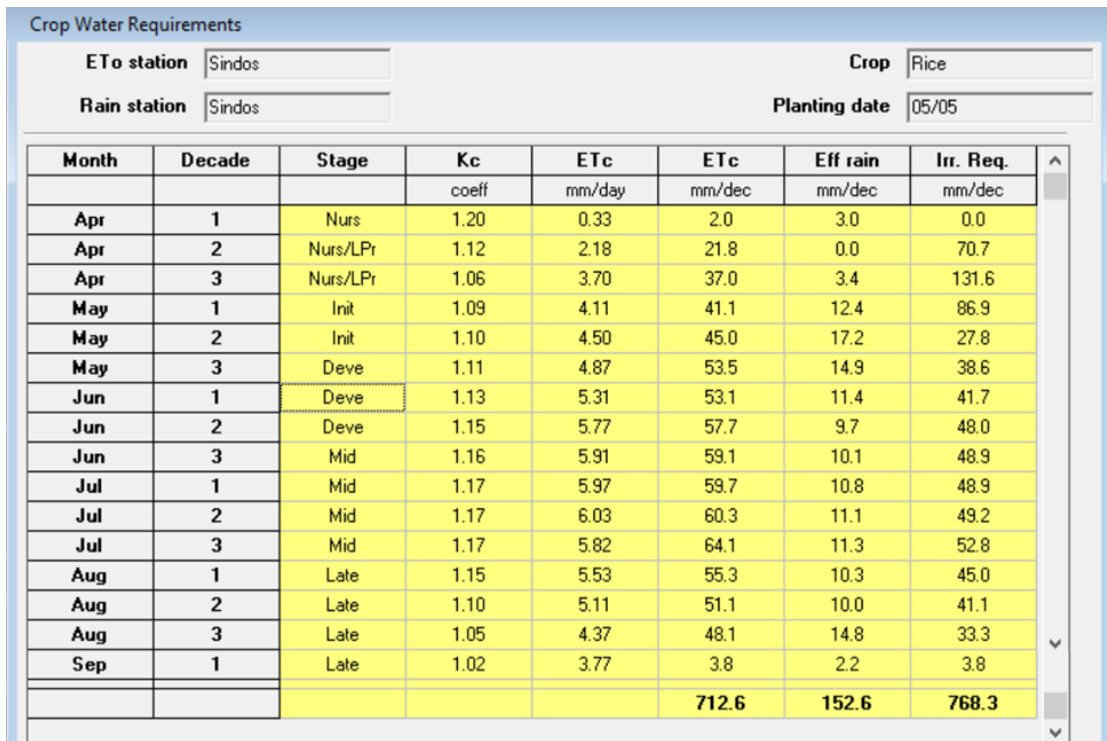
Εικόνα 12-18 Υπολογισμός από το Cropwat 8.0 προγράμματος άρδευσης βιομηχανικής τομάτας.



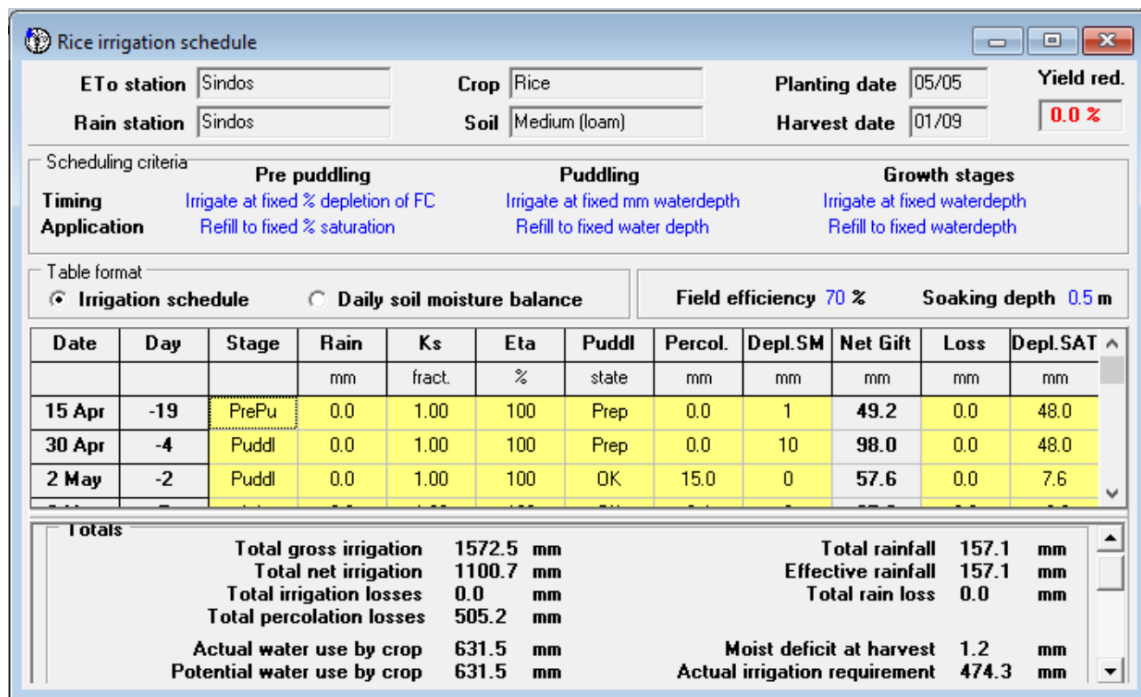
Εικόνα 12-19 Υπολογισμός από το Cropwat 8.0 υδατικών αναγκών ζαχαρότευτλων ζαχαρότευτλων.



Εικόνα 12-20 Υπολογισμός από το Cropwat 8.0 προγράμματος άρδευσης ζαχαρότευτλων



Εικόνα 12-21 Υπολογισμός από το Cropwat 8.0 υδατικών αναγκών για το ρύζι.



Εικόνα 12-22 Υπολογισμός από το Cropwat 8.0 προγράμματος άρδευσης ρυζιού.

Το πρόγραμμα CROPWAT παρέχει τη δυνατότητα σε κάποιον να κάνει ένα σχέδιο άρδευσης (crop pattern) το οποίο μπορεί να περιλαμβάνει έως και 20 καλλιέργειες, εικόνα 12.23. Στη περίπτωση αυτή έχουμε έξι καλλιέργειες.

Το αρχείο εξόδου του σχεδίου άρδευσης δίνει το έλλειμμα νερού καθώς και ένα σχέδιο άρδευσης (scheme) με τις απαιτήσεις σε νερό των καλλιεργειών σε mm/day ή mm/month ή l/s/ha. Εκόνα 12.24.

Cropping pattern - C:\ProgramData\CROPWAT\data\sessions\ΑΓΙΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ 2017.PAT

Cropping pattern name: ΑΓΙΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ 2017

No.	Crop file	Crop name	Planting date	Harvest date	Area %
1.	... \CROPWAT\data\crops\FAO\COTTON.CRO	Cotton	15/04	21/09	3
2.	... \CROPWAT\data\crops\FAO\Maize sindos.CRO	Maize	05/04	01/09	24
3.	... \data\crops\FAO\ΜΗΔΙΚΗ ΠΟΛΥΕΤΗΣ.CRO	ΜΗΔΙΚΗ ΠΟΛΥΕΤΗΣ	25/02	24/02	4
4.	... \CROPWAT\data\crops\FAO\TOMATO.CRO	Tomato	20/04	12/08	1
5.	... \CROPWAT\data\crops\FAO\SUGARBET.CRO	Sugarbeet	01/03	07/08	1
6.	... \Data\CROPWAT\data\crops\FAO\RICE.CRO	Rice	05/05	01/09	67

Εικόνα 12-23 Λίστα των καλλιεργειών της εξεταζόμενης περιοχής με τα ποσοστά επι της εκατό της κάθε μίας το έτος 2017.

Στην εικόνα 12.24 στις έξι πρώτες γραμμές φαίνονται οι ανάγκες σε νερό των

καλλιεργειών της εξεταζόμενης περιοχής σε χιλιοστά ύψους νερού για κάθε στρέμμα ανά μήνα (mm/month/στρτ.) το έτος 2017. Στις επόμενες τρεις γραμμές οι ανάγκες άρδευσης των καλλιεργειών (τα crop irrigation requirements των πάνω 6 γραμμών) πολλαπλασιάζονται η κάθε μια με το ποσοστό κάλυψης της επιφάνειας (αυτό έχει εισαχθεί στο crop pattern εικόνα 12.23) και το άθροισμα αυτών των γινομένων φαίνεται σε mm/day, mm/month και σε l/s/ha .

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Precipitation deficit												
1. Cotton	0.0	0.0	0.0	20.8	18.9	81.0	123.2	106.7	11.1	0.0	0.0	0.0
2. Maize	0.0	0.0	0.0	35.6	47.0	115.7	125.3	82.7	2.1	0.0	0.0	0.0
3. ΜΗΛΙΚΗ ΠΟΛΥΕΤΗΣ	0.0	0.0	0.0	29.2	7.1	28.0	32.4	73.2	16.0	0.0	0.0	0.0
4. Rice	0.0	0.0	0.0	202.3	153.2	139.0	151.4	119.6	3.8	0.0	0.0	0.0
5. Sugarbeet	0.0	0.0	0.0	55.0	77.0	112.4	118.5	10.6	0.0	0.0	0.0	0.0
6. Tomato	0.0	0.0	0.0	15.5	28.9	109.2	124.6	31.7	0.0	0.0	0.0	0.0
Net scheme irr. req.												
in mm/day	0.0	0.0	0.0	4.9	3.7	4.2	4.5	3.4	0.1	0.0	0.0	0.0
in mm/month	0.0	0.0	0.0	146.6	115.9	126.7	138.9	106.5	4.0	0.0	0.0	0.0
in l/s/ha	0.00	0.00	0.00	0.57	0.43	0.49	0.52	0.40	0.02	0.00	0.00	0.00
Irrigated area												
(% of total area)	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.0	0.0	0.0	0.0

Εικόνα 12-24 Ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών της εξεταζόμενης περιοχής το έτος 2017

Ουσιαστικά δημιουργείται ένα υποθετικό στρέμμα με όλες τις καλλιέργειες της περιοχής που εξετάζουμε σε αναλογία και δίνει την απαίτηση σε άρδευση ανά ημέρα (σε mm/day) και ανά μήνα (σε mm/month) καθώς και την παροχή (l/s) ανά εκτάριο (ha) για να ικανοποιηθεί η απαίτηση άρδευσης. Για να βρούμε τις ανάγκες σε νερό ανά μέρα όλης της έκτασης που εξετάζουμε, θα πολλαπλασιάσουμε την τιμή που μας δίνει το cropwat 8.0 για τον αντίστοιχο μήνα που θα χρειαστεί αυτό το υποτιθέμενο στρέμμα με όλες τις καλλιέργειες σε αναλογία, επί το σύνολο των στρεμμάτων της περιοχής που εξετάζουμε. Αντίστοιχα και για τις ανάγκες του μήνα. Έτσι δημιουργείται ο πίνακας 12.7 για το «σχήμα» των έξι καλλιεργειών.

Πίνακας 12-7 Ανάγκες σε νερό άρδευσης κατά την καλλιεργητική περίοδο για το «σχήμα» των έξι καλλιεργειών

	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
m ³ / day	218050	164650	186900	200250	151300	4450
m ³ /month	6523700	5157550	5651500	6203300	4748150	178000

Συνολικά σε όλη την καλλιεργητική περίοδο η ανάγκες σε αρδευτικό νερό υπολογίζεται αν αθροίσουμε τις υδατικές ανάγκες όλων των μηνών σε 28462200 m³.

Επειδή η αποδοτικότητα εφαρμογής αποδεχόμαστε ότι είναι $E_f = 0,7$ πρέπει να φτάσει στο χωράφι μεγαλύτερη ποσότητα νερού $28462200/0,7=40660286 \text{ m}^3$. Όμως απώλειες έχουμε και στο δίκτυο μεταφοράς. Σε ένα ανοικτό δίκτυο μεταφοράς με πολύ καλή μέχρι άριστη συντήρηση και λειτουργία η αποδοτικότητα διανομής $E_d = 0,60-0,75$. Πρέπει τελικά να δοθεί στο δίκτυο περισσότερη ποσότητα νερού έτσι ώστε να φτάσει στο χωράφι η απαιτούμενη ποσότητα που υπολογίστηκε παραπάνω. Έτσι αποδεχόμενοι $E_d = 0,7$ τότε ο συνολικός όγκος νερού για το σύνολο των καλλιεργειών θα είναι $V_{ολ}=40660286/0,7=58086122 \text{ m}^3$.

Από τεχνική έκθεση του ΤΟΕΒ του Αγίου Αθανασίου αποτυπώνεται ότι κατά την περίοδο αρδεύσεων, η λειτουργία του δικτύου είναι εικοσιτετράωρη και διαρκεί από πέντε (5) έως έξι (6) μήνες ανάλογα με τον καιρό. Η κύρια πηγή τροφοδότησης του δικτύου είναι το φράγμα εκτροπής του ποταμού Αξιού και εκτιμάται ότι η ποσότητα νερού που απαιτείται για την επάρκεια του συνόλου των αρδεύσεων φτάνει μέχρι και τα 96 εκατομμύρια κυβικά. Παρατίθεται δε πίνακας με την κατανάλωση νερού ανά καλλιέργεια για το 2016 (πίνακας 12.8), όπου εκτιμάται ότι και το 2017 οι απαιτήσεις σε νερό θα είναι παρόμοιες.

Πίνακας 12-8 Κατανάλωση νερού ανά καλλιέργεια για το 2016

καλλιέργειες	στρέμματα	m ³ /στρεμ	m ³	Προσαύξηση 13,6% για απώλειες σε m ³
Ρύζια	33555	1900	63754500	72233849
Καλαμπόκι	8353	1000	8353000	9463949
Βαμβάκι	1280	500	640500	725687
Μηδική	960	800	768000	870144
Τεύτλα	320	700	224000	253792
Μερικό σύνολο			73740000	83768640
Λοιπές	1781	900	1602900	
Απώλειες			10020300	
Σύνολο			85363200	

ΤΟΕΒ Αγίου Αθανασίου 2016

Δημιουργήθηκε παρόμοιος πίνακας με τις ίδιες καλλιέργειες για το έτος 2016 αλλά με δεδομένα κατανάλωσης νερού παρμένα από το πρόγραμμα Cropwat 8.0, έτσι ώστε να

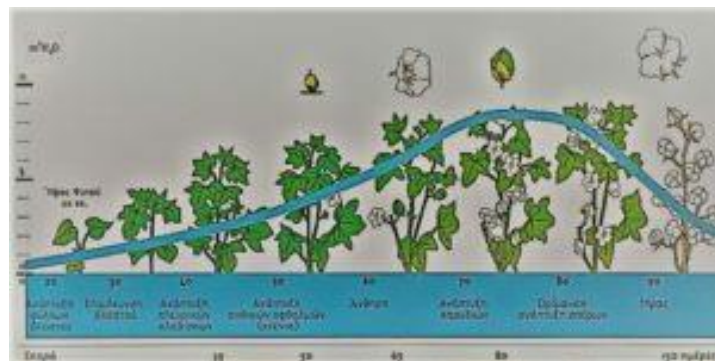
είναι συγκρίσιμος με τον πίνακα του ΤΟΕΒ του Αγίου Αθανασίου. Πίνακας 12.9.

Πίνακας 12-9 Κατανάλωσης νερού ανά καλλιέργεια για το 2016 από το πρόγραμμα Cropwat 8.0

καλλιέργειες	στρέμματα	m ³ /στρεμ χωρίς απώλειες	m ³ /στρεμ με απώλειες δικτύου	m ³ /στρεμ με απώλειες μεθόδου	m ³
Ρύζια	33555	768,3	1097,6	1568,0	52612870
Καλαμπόκι	8353	408,9	584,1	834,5	6970493
Βαμβάκι	1280	361,5	516,4	737,8	944327
Μηδική	960	185,6	265,1	378,8	363624
Τεύτλα	320	375,9	537,0	767,1	245486
Σύνολο					61136800

Συγκρίνοντας τους δύο πίνακες (12.8 και 12.9) φαίνεται ότι για τις καλλιέργειες ρύζι, καλαμπόκι και μηδική το πρόγραμμα Cropwat 8.0 υπολογίζει πολύ μικρότερες ποσότητες νερού για τις ανάγκες άρδευσης αυτών από αυτές που πραγματικά καταγράφονται από τον ΤΟΕΒ του Αγίου Αθανασίου. Αυτό οφείλεται στο ότι εκτός από τις απώλειες δικτύου και τις απώλειες εφαρμογής μεθόδου άρδευσης, υπάρχουν και απώλειες που οφείλονται στην αμέλεια και την αδιαφορία των παραγωγών να περιορίσουν την σπατάλη του νερού και πιστεύουν ότι όσο περισσότερο νερό δώσουν στις καλλιέργειες τόσο καλύτερα είναι.

Βέβαια σε κάποιες καλλιέργειες το παραπανίσιο νερό βλάπτει την καλλιέργεια και μειώνει την παραγωγή, όπως στο βαμβάκι και στα ζαχαρότευτλα. Οι παραγωγοί γνωρίζουν ότι το βαμβάκι δεν θέλει πολύ νερό στην αρχή και στο τέλος της καλλιέργειας, που αρχίζει η περίοδος των βροχών, όπως φαίνεται και στην εικόνα 12.25



Εικόνα 12-25 Απαιτήσεις του βαμβακιού σε νερό στα διάφορα στάδια ανάπτυξέως του

(πηγή: Πασχώνης, 2018)

Επίσης γνωρίζουν ότι στα ζαχαρότευτλα τα υπερβολικά ποτίσματα ευνοούν την

ασθένεια κερκόσπορα και άρα την μείωση της παραγωγής, αλλά και συντελούν στη μείωση του ζαχαρικού τίτλου και άρα συμβάλει στη μείωση της απόδοσης αλλά και της τιμής του τελικού προϊόντος, γιατί η τιμή αγοράς των τεύτλων από τα ζαχαρουργεία είναι ανάλογη με τον ζαχαρικό τίτλο.

Έτσι παρατηρείται οι καταγεγραμμένες τιμές κατανάλωσης νερού για τις καλλιέργειες του βαμβακιού και των τεύτλων, που δίνονται από τον ΤΟΕΒ Αγίου Αθανασίου, να είναι μικρότερες από αυτές που δίνονται από το πρόγραμμα Cropwat 8.0. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις διαπιστώνεται σπατάλη νερού οφειλόμενη στην αμέλεια και την αδιαφορία των παραγωγών. Από αυτό γίνεται φανερό ότι αν έχουν κίνητρο οι παραγωγοί μπορούν και κάνουν περιορισμό έως και μηδενισμό της σπατάλης νερού.

- **Εξαφάνιση της καλλιέργειας των τεύτλων και της βιομηχανικής τομάτας**

Δυστυχώς αρχές 2019 (Φεβρουάριο) αποφασίστηκε να κλίσουν τα εργοστάσια ζάχαρης στην Ελλάδα, ενώ σε λειτουργία θα παραμείνουν μόνο τα δύο κερδοφόρα εργοστάσια της EBZ στη Σερβία. Μετά από μια τριετία θα ανοίξει και πάλι το ζαχαρουργείο στο Πλατύ Ημαθίας, αφού πρώτα εκσυγχρονιστεί, και θα λειτουργήσει υπό το μάνατζμεντ των εργοστασίων της EBZ στη Σερβία, με στόχο να πουληθεί σε επενδυτή. Το σχέδιο προβλέπει για το 2021 την καλλιέργεια 60000 στρεμμάτων με ζαχαρότευτλα, ώστε η σοδειά να φτάνει τους 360.000 τόνους ζαχαρότευτλων. Ωστόσο, υπό αυτές τις συνθήκες είναι απίθανο να πειστούν οι τευτλοπαραγωγοί να συνεχίσουν την καλλιέργεια. Περίπου 2.500 αγρότες περιμένουν να παίρνουν 1,7 εκατ. ευρώ για τη σοδειά του 2018 και 500.000 ευρώ από τα ασυγκόμιστα τεύτλα στον Έβρο, το 2017. Για την περσινή σοδειά (2018) μάλιστα, για την οποία δεν πληρώθηκαν ούτε ευρώ, καλούνται να αποδώσουν ΦΠΑ 400.000 ευρώ, οφειλή που τα τέλη Ιανουαρίου 2019 έχει γίνει ληξιπρόθεσμη. «Δεν πρόκειται να ξαναβάλουμε τεύτλα. Δεν αντέχουμε μέχρι το 2021» αναφέρει στη «ΜτΚ» ο πρόεδρος του Συλλόγου Τευτλοπαραγωγών Κεντρικής Μακεδονίας Θανάσης Πίππας. Οπότε «σβήνει» και η καλλιέργεια ζαχαροτεύτλων στην Ελλάδα και στην περιοχή του Αγίου Αθανασίου. Χριστοφορίδου Σ. (2019)

Επίσης έκλεισε προ πολλού και το εργοστάσιο επεξεργασίας τομάτας στην περιοχή, της Ομοσπονδίας, με αποτέλεσμα να μην είναι συμφέρουσα η καλλιέργεια της βιομηχανικής τομάτας στον κάμπο που αρδεύεται από τον ΤΟΕΒ του Αγίου Αθανασίου, παρόλο που είχε την καλύτερη απόδοση από όλες τις άλλες καλλιέργειες της περιοχής και με την μικρότερη κατανάλωση σε αρδευτικό νερό.

Σύμφωνα με συνέντευξη από τον γεωπόνο του ΤΟΕΒ του Αγίου Αθανασίου

Βασιλακάκη Βασίλη και με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω οι καλλιέργειες που θα επικρατήσουν στο κάμπο που αρδεύεται από το ΤΟΕΒ του Αγίου Αθανασίου θα είναι:

- α) Ρύζι που συνεχώς αυξάνεται η συμμετοχή του σε ποσοστό επί του συνόλου του κάμπου που αρδεύεται από το ΤΟΕΒ του Αγίου Αθανασίου και θα φτάσει στο 75% όπου είναι και η οροφή του όπως εκτιμάται από τον κύριο Βασίλη Βασιλακάκη.
- β) Καλαμπόκι με τάση πτωτική και θα φτάσει στο 15%. Σε αυτό συμβάλει η αύξηση του κόστους της καλλιέργειας
- γ) Βαμβάκι με μικρή ανοδική τάση και θα φτάσει στο 6%. Σε αυτό συμβάλει η αύξηση της τιμής του προϊόντος.
- δ) Μηδική με ποσοστό 4%.

Επειδή στην περιοχή υπάρχουν επιχειρήσεις παραγωγής ζωοτροφών (π.χ. η ΕΛΒΙΖ) αλλά και κτηνοτροφικές μονάδες εκτιμάται ότι η καλλιέργεια του καλαμποκιού και της μηδικής θα έχουν μια σταθερή παρουσία.

Έτσι σύμφωνα με αυτές τις εκτιμήσεις υπολογίζονται και πάλι οι ανάγκες σε νερό του συνόλου των καλλιεργειών. Το «σχήμα» τώρα περιλαμβάνει τέσσερις καλλιέργειες.

Αυτό φαίνεται στην εικόνα 12.26 παρα κάτω.

No.	Crop file	Crop name	Planting date	Harvest date	Area %
1.	...CROPWAT\data\crops\FAO\COTTON.CRO	Cotton	15/04	21/09	6
2.	...ROPWAT\data\crops\FAO\Maize sindos.CRO	Maize	05/04	01/09	15
3.	...data\crops\FAO\ΜΗΔΙΚΗ ΠΟΛΥΕΤΗΣ.CRO	ΜΗΔΙΚΗ ΠΟΛΥΕΤΗΣ	25/02	24/02	4
4.	...Data\CROPWAT\data\crops\FAO\RICE.CRO	Rice	05/05	01/09	75

Εικόνα 12-26 Λίστα των καλλιεργειών της εξεταζόμενης περιοχής με τα ποσοστά επί τις εκατό της κάθε μίας για αυτές που φαίνεται ότι θα επικρατήσουν

ETo station		Sindos	Cropping pattern										
Rain station		Sindos	ΑΒΑΝΑΣΙΟΣ ΤΑΣΗ										
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
Precipitation deficit													
1. Cotton	0.0	0.0	0.0	20.8	18.9	81.0	123.2	106.7	11.1	0.0	0.0	0.0	
2. Maize	0.0	0.0	0.0	35.6	47.0	115.7	125.3	82.7	2.1	0.0	0.0	0.0	
3. ΜΗΔΙΚΗ ΠΟΛΥΕΤΗΣ	0.0	0.0	0.0	29.2	7.1	28.0	32.4	73.2	16.0	0.0	0.0	0.0	
4. Rice	0.0	0.0	0.0	202.3	153.2	139.0	151.4	119.6	3.8	0.0	0.0	0.0	
Net scheme irr. req.													
in mm/day	0.0	0.0	0.0	5.3	4.0	4.3	4.5	3.6	0.1	0.0	0.0	0.0	
in mm/month	0.0	0.0	0.0	159.5	123.4	127.6	141.0	111.4	4.4	0.0	0.0	0.0	
in l/s/h	0.00	0.00	0.00	0.62	0.46	0.49	0.53	0.42	0.02	0.00	0.00	0.00	
Irrigated area	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	
(% of total area)													
Irr. req. for actual area	0.00	0.00	0.00	0.62	0.46	0.49	0.53	0.42	0.02	0.00	0.00	0.00	

Εικόνα 12-27 Ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών της εξεταζόμενης περιοχής αυτών που φαίνεται ότι θα επικρατήσουν

Για το «σχήμα» των τεσσάρων καλλιεργειών δημιουργείται ο παρακάτω πίνακας 12.10.

Πίνακας 12-10 Ανάγκες σε νερό άρδευσης για μια καλλιεργητική περίοδο

	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
m³ / day	235850	178000	191350	204700	160200	4450
m³/month	7097750	5491300	5691550	6296750	4966200	195800

Συνολικά σε όλη την καλλιεργητική περίοδο η ανάγκες σε αρδευτικό νερό υπολογίζονται αν αθροίσουμε τις υδατικές ανάγκες όλων των μηνών σε 29739350 m³. Επειδή η αποδοτικότητα εφαρμογής αποδεχόμαστε ότι είναι $E_f = 0,7$ πρέπει να φτάσει στο χωράφι μεγαλύτερη ποσότητα νερού $29739350/0,7=42484785,71\text{m}^3$. Όμως απώλειες έχουμε και στο δίκτυο μεταφοράς. Σε ένα ανοικτό δίκτυο μεταφοράς με πολύ καλή μέχρι άριστη συντήρηση και λειτουργία η αποδοτικότητα διανομής είναι $E_d = 0,60-0,75$. Πρέπει τελικά να δοθεί στο δίκτυο περισσότερη ποσότητα νερού έτσι ώστε να φτάσει στο χωράφι η απαιτούμενη ποσότητα που υπολογίστηκε παραπάνω. Έτσι αποδεχόμενοι $E_d = 0,7$ τότε ο συνολικός όγκος νερού για το σύνολο των καλλιεργειών θα είναι $V_{ολ}=42484785,71\text{m}^3/0,7=60692551,02\text{m}^3$.

Και στις δύο περιπτώσεις αποδεχθήκαμε αποδοτικότητα εφαρμογής E_f και αποδοτικότητα διανομής E_d αρκετά υψηλές, στην πραγματικότητα είναι ποιο χαμηλές και προστιθέμενης της σπατάλης που κάνουν οι παραγωγοί τελικά οι απώλειες είναι ακόμη μεγαλύτερες.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η τάση για το τι καλλιεργείται στον κάμπο του ΤΟΕΒ Αγίου Αθανασίου από το 2018 και μετά είναι 75% ρύζι, 15% καλαμπόκι, 6% βαμβάκι και 4% μηδική. Επομένως η κάθε καλλιέργεια θα καταλαμβάνει τις εξής εκτάσεις: ρύζι 33411στρ., το καλαμπόκι 6682 στρ., βαμβάκι 2673στρ., μηδική 1782στρ. και επιπλέον 1700 στρέμματα διάφορες καλλιέργειες που χαρακτηρίζονται «Λοιπές».

Το νερό που θα απαιτείται αν λάβουμε υπόψη μας τις καταναλώσεις που έχουν καταγραφεί από τον ΤΟΕΒ Αγίου Αθανασίου δίνεται στον πίνακα 12.11.

Όπως φαίνεται από τον ανωτέρω πίνακα 12.11 η ανάγκη σε νερό άρδευσης για τις καλλιέργειες που θα υπάρχουν στο άμεσο μέλλον στην υπό εξέταση περιοχή καλύπτεται και με τον υπολογισμό του προγράμματος Cropwat 8.0 και με την κατανάλωση ανά στρέμμα και ανά καλλιέργεια που καταμετρά ο ΤΟΕΒ Αγίου Αθανασίου.

καλλιέργειες	στρέμματα	m3/στρεμ	m3	Προσαύξηση 13,6% για απώλειες
Ρύζια	33555	1900	63754500	72233849
Καλαμπόκι	8353	1000	8353000	9463949
Βαμβάκι	1280	500	640000	725120
Μηδική	960	800	768000	870144
Λοιπές	1700	900	1530000	1733490
Σύνολο				85026552

Η κατάσταση όμως είναι οριακή και θα ήταν χρήσιμη οποιαδήποτε άλλη πηγή τροφοδότησης του δικτύου με αρδευτικό νερό με δεδομένο την ολοένα και περισσότερο αύξηση της χρήσης αρδευτικού νερού ενώ οι ποσότητές του βαίνουν συνεχώς μειούμενες. Επίσης η εξεύρεση ή η εξοικονόμηση ποσοτήτων νερού θα ήταν χρήσιμη σε μία πιθανή επέκταση του αρδευτικού δικτύου, για την άρδευση περισσότερων στρεμμάτων της περιοχής και της αγροτικής ανάπτυξης ακόμη περισσότερο.

Σύμφωνα με τον γεωπόνο του ΤΟΕΒ Αγίου Αθανασίου Βασιλακάκη Βασίλειο η άδεια χρήσης από το ΤΟΕΒ Αγίου Αθανασίου είναι 96.000.000 m³ και η κατανάλωση κυμαίνεται από 71.000.000 m³ έως 85.000.000 m³ και ίσως να φτάσει τα 90.000.000 m³, ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες.

Χρησιμοποιούν 9,5 m³/sec νερά από τον Αξιό, 0,5 m³/sec νερά από τον Αλιάκμονα και 2 m³/sec επαναχρησιμοποιούμενα στραγγιστικά νερά από στραγγιστικές τάφρους και έχουν στόχο να φτάσουν στα 3 m³/sec επαναχρησιμοποιούμενα στραγγιστικά νερά αξιοποιώντας και τα στραγγιστικά νερά της τάφρου 1T (βρομοκάναλο).

Η παροχή του νερού στη στραγγιστική τάφρο 1T καθορίζεται από τις δύο μετρήσεις της παροχής του ρέματος που έδειξαν στις 12/7/2017 900 l/sec και στις 23/8/2017 1291 l/sec. Κατά μέσον όρο 1 m³/sec.

- **Συμφωνία Ελλάδας - Γιουγκοσλαβίας για τον ποταμό Αξιό**

Το 1970 υπογράφηκε συμφωνία μεταξύ της Ελλάδας και της τότε ενιαίας Γιουγκοσλαβίας με την οποία αυτή όφειλε να ικανοποιήσει τις ανάγκες σε αρδευτικό νερό της Ελλάδας με την ταυτόχρονη κατασκευή των απαραίτητων έργων (Κωνσταντινίδης, 1989). Οι συμφωνηθέντες όροι παρουσιάζονται στον πίνακα 12.12.

Πίνακας 12-12 Μέσες μηνιαίες παροχές του Ποταμού Αξιού

Μάιος	Συνεχής Παροχή	8,30 m ³ /sec
Ιούνιος	Συνεχής Παροχή	17,30 m ³ /sec
Ιούλιος	Συνεχής Παροχή	29,50 m ³ /sec
Αύγουστος	Συνεχής Παροχή	25,35 m ³ /sec
Σεπτέμβριος	Συνεχής Παροχή	1,65 m ³ /sec

(Κωνσταντινίδης 1989)

Η θεωρητική παροχή που αντιστοιχεί στη μέγιστη παροχή 29,50 m³/sec για την αρδευόμενη έκταση των 277.712 στρ. είναι της τάξεως των 0,106 l/se/στρ.

Με γεγονός ότι ο Αξιός έχει το 95% της λεκάνης απορροής του στην πρώην Γιουγκοσλαβία, μία αύξηση των εκτάσεων στην περιοχή αυτή που θα αρδεύονται από τα νερά του Αξιού θα είχε ως αποτέλεσμα την σημαντική μείωση της παροχής του στο Ελληνικό τμήμα του. Για το λόγο αυτό η μελέτη κατασκευής του αρδευτικού δικτύου της περιοχής στηρίχθηκε στη ενίσχυση των παροχών από τους ταμιευτήρες των υδροηλεκτρικών έργων στον Αλιάκμονα (Κωνσταντινίδης, 1989). Παράλληλα θα πρέπει να λαμβάνεται κάθε άλλη πρόνοια ώστε να υπάρχει επάρκεια αρδευτικού νερού για το αρδευτικό δίκτυο. Όπως μέριμνα για την αξιοποίηση των στραγγιστικών νερών, χρησιμοποίηση νερών αποβλήτων (εφόσον είναι κατάλληλα), λήψη μέτρων για περιορισμό έως μηδενισμό της σπατάλης νερού ή λήψη μέτρων που θα πετυχαίνουν

την μη ρύπανση και μη μόλυνση των υδάτων (οδηγία 20/2000 της Ε.Ε.) και οτιδήποτε άλλο έχει ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση και διατήρηση της ποιότητας των υδάτων. Η κλιματική αλλαγή που προβλέπεται για την παραμεσόγεια νότια Ευρώπη (άρα και την Ελλάδα) και η ρύπανση και μόλυνση των υδάτων μπορεί να αλλάξουν άρδην την κατάσταση, Η επάρκεια στο αρδευτικό δίκτυο του Αγίου Αθανασίου εξασφαλίζεται από την ύπαρξη των ποταμών Αξιού και Αλιάκμονα και την επαναχρησιμοποίηση των νερών των στραγγιστικών τάφρων. Τέλος θα μπορούσε να εξοικονομηθεί αρκετό αρδευτικό νερό με την ορθολογική διαχείριση των διαθέσιμων υδατικών πόρων, όπως διαπιστώσαμε στο υποκεφάλαιο 12.4.2 στη σελίδα 161. Η επάρκεια του αρδευτικού νερού δε μπορεί να αποτελεί άλλοθι για τη διατήρηση της κατασπατάλησης του αρδευτικού νερού, καθότι τα δεδομένα δεν είναι διαχρονικά σταθερά και μπορεί ανά πάσα στιγμή να αλλάξουν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13ο. :ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΤΙΚΗΣ ΤΑΦΡΟΥ 1Τ

13.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως έχουν παρουσιαστεί τα αποτελέσματα από τις χημικές αναλύσεις (πίνακας 11.4α και 11.4β) που πραγματοποιήθηκαν κατά το έτος 2017, βλέπουμε ότι οι παράμετροι που μελετήθηκαν για κάθε δείγμα είναι αυτοί που αναφέρονται στον πίνακα 13.1.

Πίνακας 13-1 Παράμετροι που μελετήθηκαν για κάθε δείγμα

PH	EC mS/cm	K mg/l	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Cl mg/l	SAR (meq/l) ^{0.5}	SO ₄ mg/l	NO ₃ mg/l	NH ₄ mg/l
NO ₂ mg/l	B mg/l	Cu μg/l	Zn mg/l	Fe μg/l	Ni μg/l	Cd μg/l	Cr μg/l	As μg/l	Mn μg/l	Pb μg/l

13.2 ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΤΙΚΗΣ ΤΑΦΡΟΥ 1Τ

Πάρα κάτω εξετάζονται τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων των 12 δειγμάτων που ελήφθησαν από την τάφρο 1Τ, με βάση τα κριτήρια καταλληλότητας που αναπτύχθηκαν στο Κεφάλαιο 6.

13.2.1 PH

Οι τιμές του PH και των δώδεκα δειγμάτων είναι εντός των επιτρεπτών ορίων για αρδευτικούς σκοπούς που είναι μεταξύ 6,5 και 8,5. Συγκεκριμένα κυμαίνονται από 7,4 έως 7,8. Άρα η τιμή του PH των νερών της στραγγιστικής τάφρου 1Τ δεν είναι περιοριστικός παράγοντας για την χρήση τους για αρδευτικούς σκοπούς.

13.2.2 Αλατότητα

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα των νερών της τάφρου 1Τ στα 12 δείγματα που ελήφθησαν το καλοκαίρι του 2017 στο διάστημα από 13/6/2017 μέχρι και 25/9/2017 είναι μεταξύ 0,926 και 1,47 mS/cm. Η τιμή αυτή της αγωγιμότητας δεν θεωρείται αυξημένη για να δημιουργήσει προβλήματα, απαιτείται όμως σωστή διαχείριση και να φροντίζουμε για καλή ισοπέδωση του χωραφιού, καλή στράγγιση και έκπλυση των εδαφών, διατήρηση της υπόγειας στάθμης του νερού σε αρκετό βάθος καθώς επίσης συνεχή έλεγχο της αλατότητας του νερού και του εδάφους. Παρόλα αυτά, η ανάμειξη των νερών της τάφρου 1Τ με αυτών του ποταμού Αξιού που εισέρχονται στο αρδευτικό δίκτυο σε αναλογία 2:1 ή και ακόμη 1:1 θα βελτιώνει την αλατότητα του μείγματος.

Δεν υπάρχει αρνητική επίδραση της αλατότητας των νερών αυτών της τάφρου 1Τ, στην απόδοση των φυτών που καλλιεργούνται στη περιοχή που αρδεύονται από το

δίκτυο του ΤΟΕΒ, τουλάχιστον για: ρύζι, βαμβάκι, μηδική, βιομηχανική τομάτα και τεύτλα. Για το καλαμπόκι όμως η αλατότητα αυτή είναι οριακή και θα πρέπει εκτός από την ικανοποιητική (ανάλογα με την ηλεκτρική αγωγιμότητα των νερών που έχουμε) ανάμειξη με καλύτερης ποιότητας νερού του Αξιού ποταμού θα πρέπει και να φροντίζουμε ώστε το έδαφος να έχει συνεχώς αρκετή υγρασία.

13.2.3 Διηθητικότητα

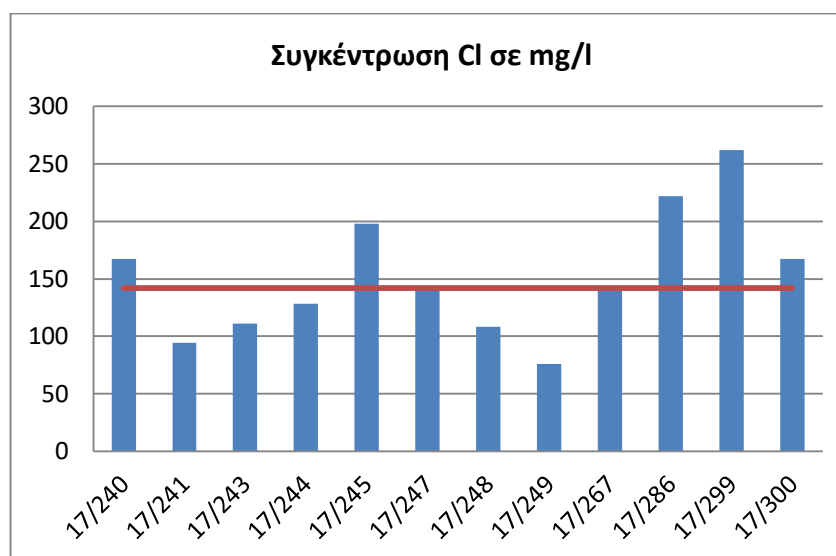
Η τιμή της SAR είναι μεταξύ 0 και 3 (meq/l)^{0,5} και η ηλεκτρική αγωγιμότητα νερού (ECw) > 0,7 mS/cm. Άρα δεν υπάρχει σοβαρός κίνδυνος μείωσης της διηθητικότητας των εδαφών εξ αιτίας της χρήσης των νερών αυτών για άρδευση.

13.2.4 Τοξικότητα Νατρίου Na

Η περιεκτικότητα σε Na των νερών της τάφρου 1T στα 12 δείγματα που ελήφθησαν το καλοκαίρι του 2017 στο διάστημα από 13/6/2017 μέχρι και 25/9/2017 είναι μεταξύ 3,02 και 6,69 meq/l. Άρα για επιφανειακή άρδευση υπάρχει μικρός έως μέτριος κίνδυνος προσρόφησης του νατρίου από τις ρίζες. Υπάρχει όμως μεγάλος κίνδυνος προσρόφησης νατρίου όταν κάνουμε άρδευση με καταιονισμό. Σε αυτήν την περίπτωση συστήνεται ανάμειξη του νερού της στραγγιστικής τάφρου με νερό από τον Αξιό ποταμό σε αναλογία 1:2.

13.2.5 Τοξικότητα χλωρίου Cl

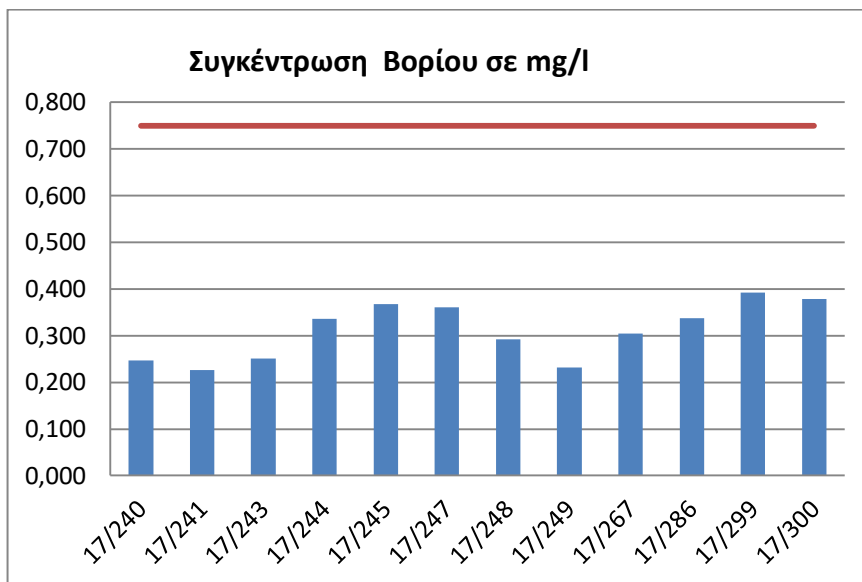
Για τα επτά από τα δώδεκα δείγματα του νερού της στραγγιστικής τάφρου 1T το νερό είναι κατάλληλο για άρδευση (συγκέντρωση χλωρίου έως 142 mg/l) και δεν ενέχει κανένα κίνδυνο τοξικότητας χλωρίου. Ενώ για τα πέντε από τα δώδεκα υπάρχει μικρός έως μέτριος κίνδυνος προσρόφησης του χλωρίου από ρίζες και φύλλα (ραβδόγραμμα 13.1). Εάν παρουσιαστεί πρόβλημα προτείνεται η αποφυγή επιφανειακής άρδευσης και η υιοθέτηση νυκτερινών αρδεύσεων. Επίσης προτείνεται η ανάμειξη με νερό του ποταμού Αξιού σε αναλογία 1:1.



Ραβδόγραμμα 13-1 Συγκέντρωση Χλωρίου στα δώδεκα δείγματα που συλλέξαμε

13.2.6 Τοξικότητα Βορίου Β

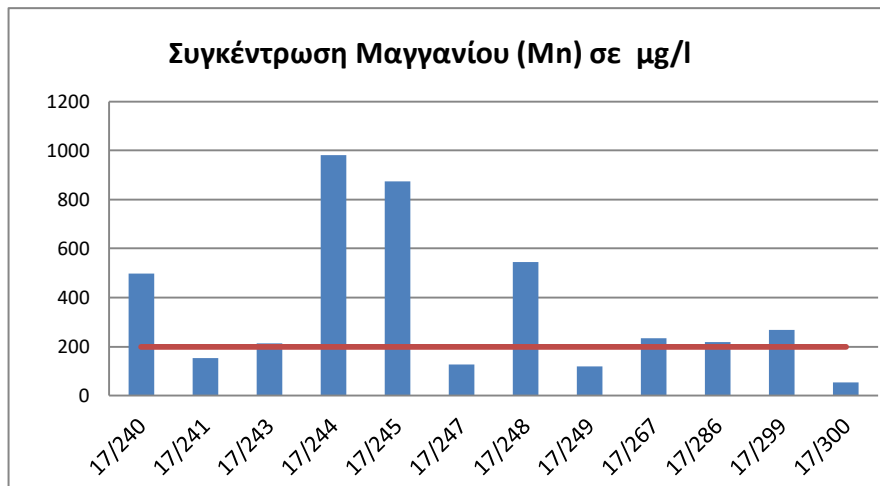
Και τα δώδεκα δείγματα έχουν συγκέντρωση Βορίου κάτω από 0,75 mg/l επομένως τα νερά από τη αποστραγγιστική τάφρο 1T είναι κατάλληλα για άρδευση από άποψη τοξικότητας Βορίου, για όλες τις καλλιέργειες ακόμη και για τις ευαίσθητες, όπως φαίνεται στην ραβδόγραμμα 13.2.



Ραβδόγραμμα 13-2 Συγκέντρωση Βορίου στα δώδεκα δείγματα που συλλέξαμε.

13.2.7 Τοξικότητα ιχνοστοιχείων

Οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων (Cu, Zn, Fe, Ni, Cd, Cr, As, Pb) είναι μικρές, πολύ κάτω από τις ανώτερες επιτρεπόμενες, έτσι ώστε δεν υπάρχει κανένας κίνδυνος από την συνεχή χρήση των νερών της αποστραγγιστικής τάφρου 1T για άρδευση σε καμία καλλιέργεια.



Ραβδόγραμμα 13-3 Συγκέντρωση Μαγγανίου στα δώδεκα δείγματα που συλλέξαμε

Το ίδιο όμως, δεν ισχύει και για το μαγγάνιο (Mn) το οποίο συναντάται συχνά πάνω από την ανώτερη επιτρεπόμενη συγκέντρωση. Συνολικά πέντε φορές πάνω από το όριο, όπως φαίνεται στο ραβδόγραμμα 13.3.

Επομένως για το μαγγάνιο (Mn) θα χρειαστεί ανάμειξη των νερών της αποστραγγιστικής τάφρου 1T, με καθαρό νερό του ποταμού Αξιού. Αν λάβουμε υπόψη μας το γεγονός ότι στα αλκαλικά εδάφη όπως είναι τα περισσότερα στην περιοχή που αρδεύεται από το δίκτυο του ΤΟΕΒ Αγίου Αθανασίου, δεν υπάρχει πρόβλημα τοξικής δράσης του μαγγανίου (Mn) στα φυτά, μία αραίωση 1:2 θα είναι αρκετή.

13.2.8 Μικροβιολογικές εξετάσεις

Από τις μικροβιολογικές εξετάσεις (πίνακας 11.5) δύο δειγμάτων από το νερό της στραγγιστικής τάφρου 1T φαίνεται η παρουσία εντεροκόκκων και E. Coli. Επίσης σημειώνουμε ότι οι καλλιέργειες που υπάρχουν στο κάμπο που αρδεύεται από το αρδευτικό δίκτυο του ΤΟΕΒ του Αγίου Αθανασίου, δεν παράγονται προϊόντα που καταναλώνονται νωπά ή έρχονται σε άμεση επαφή με καταναλωτές και σε περίπτωση επιφανειακής ή υπόγειας στάγδην άρδευσης δεν εκτίθενται με οποιαδήποτε τρόπο ούτε οι αγρότες. Έτσι σύμφωνα με τις οδηγίες του WHO (πίνακας 7.2) δεν τίθεται κανένας περιορισμός χρήσης του νερού αυτού για άρδευση των ανωτέρων καλλιεργειών εκτός από προ-επεξεργασία όπως αυτή απαιτείται από το σύστημα άρδευσης, αλλά όχι λιγότερο από πρωτοβάθμια καθίζηση.

Η Ελλάδα όμως έχει αυστηρότερα κριτήρια με την ΚΥΑ 145116/2011 - ΦΕΚ 354/2011 και επιβάλλει Δευτεροβάθμια Βιολογική Επεξεργασία

13.2.9 Περιεκτικότητα θρεπτικών

Η συγκέντρωση του αζώτου συνολικά (NO_3 , NH_4 , NO_2) κυμαίνεται από 4,12 έως 9,5 mg/l και αυτό σημαίνει για την χαμηλή συγκέντρωση ότι με το νερό της στραγγιστικής τάφρου 1T προστίθεται στο χωράφι και 9 Kg/στρμ. άζωτο στην ρυζοκαλλιέργεια και

2,2 Kg άζωτο στις άλλες καλλιέργειες, ενώ για την υψηλή συγκέντρωση, με το νερό της στραγγιστικής τάφρου 1T προστίθεται στο χωράφι και 19,2 Kg άζωτο στην ρυζοκαλλιέργεια και 4,7 Kg/στρεμ. άζωτο στις άλλες καλλιέργειες.

Άρα ανάλογα με την συγκέντρωση του αζώτου στα νερά της στραγγιστικής τάφρου 1T και την ποσότητα αυτών που θα χορηγήσουμε σε κάθε χωράφι καλόν είναι να υπολογίσουμε και την ποσότητα του αζώτου αλλά και των άλλων θρεπτικών (K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , SO_4^{--}) που υπάρχουν μέσα στα νερά αυτά, έτσι ώστε να τα αφαιρούμε από την λίπανση που θα κάνουμε για οικονομία πόρων και χρημάτων.

Προς το σκοπό αυτόν θα πρέπει συχνά να γίνονται χημικές αναλύσεις των νερών που χρησιμοποιούνται για άρδευση, έτσι ώστε και η καταλληλότητά τους να εξασφαλίζεται και η περιεκτικότητά τους σε θρεπτικά για τις καλλιέργειες να είναι δυνατόν να υπολογιστεί και έτσι οι αγρότες να μειώνουν αντίστοιχα την ποσότητα λιπασμάτων που εφαρμόζουν στις καλλιέργειές τους.

Στο πίνακα 13.2 δίνονται συγκεντρωτικά και εν περιλήψει στοιχεία χημικών και μικροβιολογικών αναλύσεων και ανάλογα σε κάθε περίπτωση υποδεικνύεται το τι πρέπει να γίνει ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί το νερό της στραγγιστικής τάφρου 1T χωρίς προβλήματα για τις καλλιέργειες του αρδευτικού δικτύου του Αγίου Αθανασίου.

Από τον πίνακα 13.2 βλέπουμε ότι λόγω του μικροβιακού φορτίου που διαπιστώσαμε από τις μικροβιολογικές αναλύσεις δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία όπως έχει, αλλά θα πρέπει να γίνει Δευτερογενής Βιολογική Επεξεργασία. Κοντά στην υπό μελέτη περιοχή στο Καλοχώρι υπάρχει ο Σταθμός Βιολογικού Καθαρισμού της Θεσσαλονίκης και υπάρχει πρόβλεψη να συνδεθούν τα αστικά λύματα της περιοχής του Αγίου Αθανασίου σε αυτόν. Μέχρι τώρα ένα μεγάλο μέρος αυτών των αστικών λυμάτων πέφτουν στο στραγγιστικό κανάλι 1T και γι' αυτό εντοπίζεται στις μικροβιολογικές αναλύσεις των δειγμάτων που συλλέχθηκαν από αυτό, υψηλό μικροβιακό φορτίο που το καθιστούν σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία ακατάλληλο για επαναχρησιμοποίηση. Όταν όμως γίνει το δίκτυο μεταφοράς των αστικών λυμάτων της περιοχής του Αγίου Αθανασίου και πάσουν να πέφτουν αυτά στο υπό εξέταση στραγγιστικό κανάλι και το μικροβιακό του φορτίο δεν θα είναι περιοριστικός παράγοντας, τότε το νερό αυτό θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αρδευτικούς σκοπούς ύστερα από ανάμειξη με καθαρό νερό του Αξιού σε αναλογία 1:2, όπως συμπεραίνεται από τις χημικές αναλύσεις που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Αναμένεται η σύνδεση των αστικών λυμάτων της περιοχής του Αγίου Αθανασίου στο Σταθμό Βιολογικού Καθαρισμού της Θεσσαλονίκης να γίνει σύντομα και έτσι δεν είναι σκόπιμο να γίνουν κάποια έργα για την δευτερογενή επεξεργασία των νερών της στραγγιστικής τάφρου, αλλά να περιμένουμε δύο-τρία χρόνια για την κατασκευή δικτύου που θα μεταφέρει τα οικιακά λύματα στο Σταθμό Βιολογικού Καθαρισμού της Θεσσαλονίκης. Πολύ πιθανό αφού το στραγγιστικό κανάλι δεν θα μολύνεται πλέον από τα αστικά λύματα να έχει μικροβιακό φορτίο εντός των επιτρεπτών ορίων και να μην

απαγορεύεται η χρήση του. Βέβαια σε αυτήν την περίπτωση θα χρειαστεί εκ νέου μία μελέτη που θα καταδείξει το τι πρέπει να γίνει.

Πίνακας 13-2 Συγκεντρωτικά στοιχεία χημικών και μικροβιολογικών αναλύσεων

Αλατότητα	Διηθητικότητα	Τοξικότητα Νατρίου Na	Τοξικότητα χλωρίου Cl	Τοξικότητα Βορίου B	Τοξικότητα ιχνοστοιχείων	Μικροβιολογικό φορτίο	Θρεπτικά
<p>Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι μεταξύ 0,926 και 1,47 mS/cm. Η τιμή αυτή της αγωγιμότητας δεν θεωρείται αυξημένη για τις καλλιέργειες της μηδικής, βιομηχανικής τομάτας, βαμβακιού, ρυζιού, ζαχαρότευτλου. Για το καλαμπόκι όμως η αλατότητα αυτή είναι οριακή και θα πρέπει εκτός από την ικανοποιητική ανάμειξη με καλύτερης ποιότητας νερού του Αξιού ποταμού, να φροντίζουμε ώστε το έδαφος να έχει συνεχώς αρκετή υγρασία</p>	<p>Η τιμή της SAR είναι μεταξύ 0 και 3 (meq/l)^{0.5} και η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού EC_w > 0,7 mS/cm. Άρα δεν υπάρχει σοβαρός κίνδυνος μείωσης της διηθητικότητας των εδαφών εξ αιτίας της χρήσης των νερών αυτών για άρδευση.</p>	<p>Η περιεκτικότητα σε Na είναι 3,02 έως 6,69 meq/l. Άρα για επιφανειακή άρδευση υπάρχει μικρός έως μέτριος κίνδυνος προσρόφησης του νατρίου από τις ρίζες, αλλά υπάρχει μεγάλος κίνδυνος σε άρδευση με καταιονισμό.</p>	<p>Σε επτά δείγματα το νερό είναι κατάλληλο για άρδευση (συγκέντρωση χλωρίου έως 142 mg/l) και δεν ενέχει κανένα κίνδυνο τοξικότητας Cl. Σε πέντε δείγματα υπάρχει μικρός ή μέτριος κίνδυνος προσρόφησης του Cl από ρίζες και φύλλα.</p>	<p>Η συγκέντρωση Βορίου είναι κάτω από 0,75 mg/l επομένως τα νερά από τη αποστραγγιστική τάφρο IT είναι κατάλληλα για άρδευση από άποψη τοξικότητας B, για όλες τις καλλιέργειες ακόμη και για τις ευαίσθητες,</p>	<p>Οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων (Cu, Zn, Fe, Ni, Cd, Cr, As, Pb) είναι μικρές, πολύ κάτω από τις ανώτερες επιτρεπόμενες. Δεν υπάρχει κανένας κίνδυνος από την συνεχή χρήση των νερών της αποστραγγιστικής τάφρου IT για άρδευση σε καμία καλλιέργεια. Το μαγγάνιο (Mn) συναντάται συχνά πάνω από την ανώτερη επιτρεπόμενη συγκέντρωση</p>	<p>Οι μικροβιολογικές εξετάσεις έδειξαν παρουσία εντεροκόκκων και E. Coli. Επειδή οι καλλιέργειες είναι βιομηχανικά φυτά, σύμφωνα με τις οδηγίες του WHO δεν τίθεται κανένας περιορισμός χρήσης του νερού αυτού για άρδευση, εκτός από προεπεξεργασία όπως αυτή απαιτείται από το σύστημα άρδευσης, αλλά όχι λιγότερο από πρωτοβάθμια καθίζηση. Η Ελλάδα όμως έχει αυστηρότερα κριτήρια με την ΚΥΑ 145116/2011 - ΦΕΚ 354/2011 και επιβάλλει Δευτεροβάθμια Βιολογική Επεξεργασία</p>	<p>Άρα ανάλογα με την συγκέντρωση του αζώτου στα νερά της στραγγιστικής τάφρου IT και την ποσότητα αυτών που θα χορηγήσουμε σε κάθε χωράφι καλόν είναι να υπολογίσουμε και την ποσότητα του αζώτου αλλά και των άλλων θρεπτικών (K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, SO₄⁻⁻) που υπάρχουν μέσα στα νερά αυτά, και να τα αφαιρούμε από την λίπανση που θα κάνουμε για οικονομία πόρων και χρημάτων.</p>
<p>Συστήνεται, η ανάμειξη των νερών της τάφρου IT με αυτών του ποταμού Αξιού που εισέρχονται στο αρδευτικό δίκτυο σε αναλογία 2:1 ή και ακόμη 1:1</p>	<p>Κανένας περιορισμός</p>	<p>Συστήνεται ανάμειξη του νερού της στραγγιστικής τάφρου με νερό από τον Αξιό ποταμό σε αναλογία 1:2. Αποφυγή άρδευσης με καταιονισμό</p>	<p>Προτείνεται η αποφυγή επιφανειακής άρδευσης και η υιοθέτηση νυκτερινών αρδεύσεων. Επίσης προτείνεται η ανάμειξη με νερό του ποταμού Αξιού σε αναλογία 1:1.</p>	<p>Κανένας περιορισμός</p>	<p>Επομένως για το μαγγάνιο (Mn) θα χρειαστεί ανάμειξη των νερών της αποστραγγιστικής τάφρου IT, με καθαρό νερό του ποταμού Αξιού. Μία αραιώση 1:2 θα είναι αρκετή.</p>	<p>Συστήνεται σύμφωνα με την ΚΥΑ 145116/2011 - ΦΕΚ 354/2011 Δευτεροβάθμια Βιολογική Επεξεργασία και εφόσον η (EC/100 ml) ≤ 200, Βιοχημική απαίτηση σε οξυγόνο BOD₅ ≤ 25mg/l O₂, ολικά αιωρούμενα στερεά TSS ≤ 35mg/l και δεν θα εφαρμόζεται καταιονισμός στην άρδευση.</p>	<p>Κανένας περιορισμός</p>

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το αρδευτικό δίκτυο βαρύτητας του ΤΟΕΒ Αγ. Αθανασίου υδροδοτείται κατά βάση από το φράγμα του ποταμού Αξιού και συμπληρωματικά από τον ποταμό Αλιάκμονα. Τα τελευταία έτη χρησιμοποιείται επικουρικά και το νερό ορισμένων στραγγιστικών τάφρων.

Στην παρούσα διατριβή εξετάστηκε η δυνατότητα αξιοποίησης των νερών της στραγγιστικής τάφρου 1Τ, η οποία εντάσσεται στην περιοχή του ΤΟΕΒ Αγ. Αθανασίου Θεσσαλονίκης, για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών σε περίπτωση λειψυδρίας.

Για την επίτευξη του στόχου, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις παροχής της στραγγιστικής τάφρου 1Τ κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου του έτους 2017. Από τις μετρήσεις προέκυψε ότι η διαθέσιμη παροχή της τάφρου κατά μέσο όρο είναι της τάξης του $1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Προκειμένου να διαπιστωθεί η ορθή διαχείριση του αρδευτικού νερού, ελήφθησαν από τον ΤΟΕΒ Αγ. Αθανασίου δεδομένα που αφορούν στις καταναλωθείσες ποσότητες νερού ανά καλλιέργεια κατά το έτος 2016 και συγκρίθηκαν με τις υπολογισμένες πραγματικές ανάγκες των καλλιεργειών συμπεριλαμβανομένων και των απωλειών. Ο υπολογισμός των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του προγράμματος CROPWAT, το οποίο διατίθεται δωρεάν από την ιστοσελίδα του Διεθνούς Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας (FAO- Food and Agriculture Organization of the United Nations).

Από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης προέκυψε ότι για τις καλλιέργειες ρυζιού, αραβοσίτου και μηδικής εφαρμόζονται ποσότητες νερού που υπερβαίνουν κατά 37% τις υπολογισμένες ποσότητες με το πρόγραμμα CROPWAT. Ένας λόγος της σπατάλης του νερού είναι και η έλλειψη τιμολογιακής πολιτικής καθώς η χρέωση του νερού που βαρύνει τους παραγωγούς είναι ανεξάρτητη της κατανάλωσης. Αντιθέτως, η κατανάλωση νερού στο βαμβάκι βρέθηκε μειωμένη κατά 20% σε σχέση με την υπολογισθείσα. Αυτό οφείλεται στο ότι οι παραγωγοί επιδιώκουν να εφαρμόζουν μικρότερες ποσότητες νερού σε συγκεκριμένα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας (αρχικό και τελικό). Για την καλλιέργεια των τεύτλων, οι ποσότητες νερού που εφαρμόστηκαν ήταν ελάχιστα μεγαλύτερες (4%) από τις υπολογισμένες.

Με δεδομένη την ανακατανομή των καλλιεργούμενων εκτάσεων λόγω εξάλειψης της καλλιέργειας τεύτλων (διακοπή λειτουργίας εργοστασίων της βιομηχανίας ζάχαρης), επανυπολογίστηκαν οι απαιτούμενες ποσότητες αρδευτικού νερού με τη βοήθεια του

προγράμματος CROPWAT. Η ανάλυση έδειξε ότι θα απαιτηθούν 82538450 m³ νερού, ποσότητα που εγγίζει τις ανώτερες τιμές διαθεσιμότητας υπό κανονικές συνθήκες. Σε περίπτωση λειψυδρίας, τα νερά της στραγγιστικής τάφρου 1T μπορούν να χρησιμοποιηθούν επικουρικά με δυνατότητα να καλύψουν το 6.2% της συνολικά απαιτούμενης ποσότητας αρδευτικού νερού.

Για τον ποιοτικό έλεγχο του νερού της στραγγιστικής τάφρου 1T, πραγματοποιήθηκαν δώδεκα (12) δειγματοληψίες σε τακτά χρονικά διαστήματα κατά την αρδευτική περίοδο του έτους 2017. Από τις χημικές αναλύσεις προέκυψε πως είναι κατάλληλο για χρήση υπό προϋποθέσεις. Οι συγκεντρώσεις των κρίσιμων παραμέτρων και στοιχείων βρέθηκαν εντός των επιτρεπομένων ορίων. Σε ορισμένα μόνο δείγματα οι συγκεντρώσεις του Cl και του Mn βρέθηκαν να έχουν υψηλότερες τιμές από τις επιτρεπόμενες. Στις περιπτώσεις αυτές συνιστάται ανάμειξη με τα νερά του ποταμού Αξιού σε αναλογία 1:1 ή 1:2.

Από την μικροβιολογική ανάλυση προέκυψε παρουσία εντεροκόκκων και E. Coli στο νερό της στραγγιστικής τάφρου 1T. Επειδή τα προϊόντα των καλλιεργειών δεν καταναλώνονται ωμά, η παρουσία εντεροκόκκων και E. Coli δεν αποτελεί ανασχετικό παράγοντα στη χρήση του νερού για αρδευτικούς σκοπούς. Ωστόσο, λόγω της κείμενης νομοθεσίας επιβάλλεται η δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία.

Υπό τις σημερινές συνθήκες, λόγω του ότι η χρέωση του νερού είναι ανεξάρτητη από την ποσότητα κατανάλωσης και ο κάθε παραγωγός επιβαρύνεται με βάση την στρεμματική έκταση που καλλιεργεί, δεν υπάρχει το κίνητρο της ορθής διαχείρισης.

Στην περίπτωση που εφαρμοζόταν πολιτική χρέωσης του νερού με βάση την κατανάλωση, θα ήταν χρήσιμο να διερευνηθεί η βέλτιστη κατανομή των καλλιεργειών προκειμένου να επιτευχθεί το μέγιστο δυνατό κέρδος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση

- Alexandris, S., Kerkides, P., Liakatas, A., 2006. Daily reference evapotranspiration estimates by the “Copais” approach. *Agric. Water Manage.* 82, 371–386.
- Ali, M.H., Shui, L.T., 2009. Potential evapotranspiration model for Muda irrigation project, Malaysia. *Water Resour. Manage.* 23, 57-69.
- Al-Jamal, M.S., Sammis, T.W., Mexal, J.G, Picchioni, G.A., Zachritz, W.H., (2002). A growth-irrigation scheduling model for wastewater use in forest production. *Agricultural Water Management* 56: 57-59.
- Allen, R.G., Clemmens, A.J., Burt, C.M., Solomon, K., O’Halloran, T., 2005a. Prediction accuracy for projectwide evapotranspiration using crop coefficients and reference evapotranspiration. *J. Irrig. Drain. Eng.* ASCE 131(1), 24–36.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper 56*, Rome, Italy, 300 pp.
- Allen, R.G., Pruitt, W.O., Wright, J.L., Howell, T.A., Ventura, F., Snyder, R., Itenfisu, D., Steduto, P., Berengena, J., Beselga, J., Smith, M., Pereira, L.S, Raes, D., Perrier, A., Alves, I., Walter, I., Elliott, R., 2006. A recommendation on standardized surface resistance for hourly calculation of reference ETo by the FAO56 Penman–Monteith method. *Agric Water Manage* 81, 1–22.
- Allen, R.G., Walter, I.A., Elliott, R., Howell, T., Itenfisu, D., Jensen, M., 2005b. The ASCE standardized reference evapotranspiration equation. *Environmental and Water Resources Institute of ASCE*, 59 p.
- Ampas, V., Baltas, E. and Papamichail, D., 2006. Comparison of different methods for the estimation of the reference crop evapotranspiration in the Florina region. *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 12, 1449-1454.
- Ampas, V., Baltas, E., 2012. Sensitivity analysis of different evapotranspiration methods using a new sensitivity coefficient. *Global NEST Journal*, 14(3), 335-343.
- Anadranistakis, M., Liakatas, A., Kerkides, P., Rizos, S., Gavanosis, J. and Poulouvassilis, A., 2000. Crop water requirements model tested for crops grown in Greece. *Agricultural Water Management*, 45, 297-316.

- Andreadakis, A., Gavalaki, E., Mamais, D., and Tzimas, A., 2001. Wastewater reuse criteria in Greece. 7th International Conference on Environmental Science and Technology. Ermoupolis, Syros Island, Sept. 2001.
- Angelaki, A., Sakellariou - Makrantonaki, M., Tzimopoulos, C., 2002. Comparison of Green & Ampt and Parlange infiltration equations. Experimental procedure. 5th International Conference of EWRA on water resources management in the era of transition. 4-8 September 2002 – oral presentation, proceedings, pp 172-183. Athens.
- Asano, T., Smith, R. G., Tsobanoglous, G. (1985). *Municipal wastewater: Treatment and reclaimed water characteristics. In irrigation with Reclaimed Municipal Wastewater- A guidance manual*. 2nd edition, Pettygrove, G. S. and Asano, T. (Eds.), Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI.
- Aschonitis, V.G., Antonopoulos, V.Z., Papamichail, D.M., 2012. Evaluation of pan coefficient equations in a semi-arid Mediterranean environment using the ASCE standardized Penman-Monteith method. *Agricultural Sciences 3(1)*, 58-65.
- Ayers, R.S. and Westcot, D.W. 1985. *Water quality for agriculture*. F.A.O. Irrigation and Drainage Paper 29: 99-104.
- Ayers, R. 1977. Quality of water for irrigation. *Journal Irrigation and Drainage Division* 103(2): 135-154.
- Babajimopoulos, Ch., Antonopoulos, B., Grigoriadis, D. and Ilias, A., 1992. Sensitivity analysis of the Penman method, proceedings of 5th conference of H.Y.U., p. 132-140.
- Bathke, G.R., Cassel, D.K., Hargove, W.L., Porter, P.M., 1992. Modification of soil physical properties and root growth response. *Soil Sci.* 154, 316–329.
- Bosen, J. F. 1960. A formula for approximation of saturation vapor pressure over water, *Month. Weather Rev.*, 88(8), 275-276.
- Bower, H. and Idelovitch, E., 1987. Quality requirements for irrigation with sewage water. Water reuse for drip irrigation. *Journal Irrigation and Drainage Engineering*. ASCE, 113(4): 516- 535.
- Brissaud, F., 2008. Criteria for waterrecycling and reuse in the Mediterranean region. *Desalination* 218, 24-33.
- Carr, R., 2005. WHO guidelines for safe wastewater use-more than just numbers. *Irrigation drainage*, 54, 103-111.

- Chavan, D.A., Pawar, K.R., 1988. Water use rate by wheat at various stages of growth as influenced by irrigation levels based on pan evaporation. *J. Maharashtra Agric. Univ. Pune* 13, 236–237.
- Chen, D., Gao, G., Xu, C.-Y., Guo, J., Ren, G., 2005. Comparison of the Thornthwaite method and pan data with the standard Penman-Monteith estimates of reference evapotranspiration in China. *Clim. Res.* 28, 123–132.
- Christiansen, J., Olsen, E. & Willardson, L.S. (1977). Irrigation water quality evaluation. *Journal Irrigation and Drainage* 103 (IR2): 155-169.
- DehghaniSanij, H., Yamamoto, T., Rasiah, V., 2004. Assessment of evapotranspiration estimation models for use in semi-arid environments. *Agric. Water Manage.* 64, 91-106.
- Doneen, L.D., 1954. Salinization of soil by salts in the irrigation water. *Transaction American Geophysical Union* 35: 943-950.
- Edwards, W.R.N., 1986. Precision weighing lysimetry for trees, using a simplified tarred-balance design. *Tree Physiology* 1, 127-144.
- EPA: Environmental Protection Agency, 1992. Guidelines for water Reuse: Manual U.S. EPA and U.S. Agency of Int. Development. EPA/625/R-92/004, Cincinnati, OH.
- FAO, 1985. Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29, rev.1. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy
- Federer C. A. and Vorosmarty F. B., 1996. Intercomparison of Methods for Calculating Potential Evaporation in Regional and Global Water Balance Models. *Water Resources Research.* 32 (7), 2315–2321.
- Frevert, D.K., Hill, R.W., Braaten, B.C., 1983. Estimation of FAO evapotranspiration coefficients. *J. Irrig. and Drain. Eng. ASCE* 109(IR2), 265-270.
- Gocic M., Trajkovic S., 2010. Software for estimating reference evapotranspiration using limited weather data. *Comput. Electron. Agric.* 71, 158-162.
- Gong, L., Xu, C., Chen, D., Haldin, S. and Chen, Y.D., 2006. Sensitivity of the Penman-Monteith evapotranspiration to key climatic variables in the Changjiang (Yangtze River) basin. *Journal of Hydrology* 329, 620-629.
- Grismer, M.E., Orang, M., Snyder, R., Matyac, R., 2002. Pan evaporation to reference evapotranspiration conversion methods. *J. Irrig. Drain. Eng. ASCE* 128(3), 180–184.
- Hansen, V.E., O.W. Israelsen and G. Stringham, 1980. *Irrigation Principles and practices.* Wiley and Sons, N.Y. 4th ed.

- Hargreaves, G.H, Samani, Z.A., 1982. Estimation of potential evapotranspiration. *Journal of Irrigation and Drainage Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, 108, 223-230.
- Hargreaves, G.H., Samani, Z.A., 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied Engineering in Agriculture ASABE*, 1(2), 96-99.
- Irmak, S., Haman, D.Z., Jones, J.W., 2002. Evaluation of Class A pan coefficients for estimating reference evapotranspiration in humid location. *J Irrig Drain Eng ASCE* 128(3), 153–159.
- Irmak, S., Irmak, A., Allen, R.G., Jones, J.W., 2003a. Solar and net radiation-based equations to estimate reference evapotranspiration in humid climates. *J. Irrig. Drain. Eng. ASCE* 129(5), 336–347.
- Irmak, S., Irmak, A., Jones, J.W., Howell, T.A., Jacobs, J.M., Allen, R.G., Hoogenboom, G., 2003b. Predicting daily net radiation using minimum climatological data. *J. Irrig. Drain. Eng. ASCE*, 129(4), 256–269.
- Irmak, S., Payero, J.O., Martin, D.L., Irmak, A. and Howell, A.T., 2006. Sensitivity coefficients of standardized daily ASCE Penman -Monteith equation. *J. Irrig. Drain. E.-ASCE*, 132(6):564-578.
- Jensen, D.T., Hargreaves, G.H., Temesgen, B., Allen, R.G., 1997. Computation of ETo under non ideal conditions. *J. Irrig. Drain. Eng. ASCE*, 123, 394–400.
- Jensen, M. E., Burman, R. D., Allen, R. G., 1990. Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements. *ASCE manuals and Reports on Engineering Practice No 70*, ASCE, NY, 332 p.
- Kairu, E.N.D.R., 1991. A review of methods for estimating evapotranspiration particularly those that utilize remote sensing. *GeoJournal*. 25, 371-376.
- Kalma, J.D., McVicar, T.R., McCabe, M.F., 2008. Estimating land surface evaporation: a review of methods using remotely sensed surface temperature data. *Surv Geophys*. 29, 421–469.
- Kashyap, P.S., Panda, R.K., 2001. Evaluation of evapotranspiration estimation methods and development of crop-coefficients for potato crop in sub-humid region. *Agric. Water Manage.* 50, 9–25.
- Keller J. 1986. Sprinkle and trickle Irrigation. Dep. Agric. And Irrig. Engrg. , Utah State Univ., Logan, Utah.

- Kotsopoulos, S. and Babajimopoulos, C., 1997. Analytical estimation of modified Penman equation parameters. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 123(4): 253-256.
- Landeras, G., Ortiz-Barredo, A., Lopez, J.J., 2008. Comparison of artificial neural network models and empirical and semi-empirical equations for daily reference evapotranspiration estimation in the Basque Country (Northern Spain). *Agric Water Manage.* 95, 553-565.
- Larcher, W., 1995. *Physiological Plant Ecology: ecophysiology and stress physiology of function groups*. 3th ed. Stuttgart:Verlag Eugen Ulmer.
- Li, Z.L., Tang, R., Wan, Z., Bi, Y., Zhou, C., Tang, B., Yan, G., Zhang, X., 2009. A Review of Current Methodologies for Regional Evapotranspiration Estimation from Remotely Sensed Data. *Sensors*, 9, 3801-3853.
- Lazarova, V., 2000. Wastewater disinfection: assessment of the available technologies for water reclamation. Chapter In: *Water Conservation vol. 3. Water Management, Purification and Conservation in Arid Climate*. Goosen, M.F.A., Shayya, W.H. (Eds.), Technomic Publishing Co. Inc., 171-198.
- Makkink, G.F., 1957. Testing the Penman formula by means of lysimeters. *J. Inst. Water Engn*, 11(3), 277-288.
- Mamassis N., Panagoulia D., Novkovic A., 2016. Sensitivity analysis of penman evaporation method. *Global NEST Journal*, 16(4), 628-639.
- Marecos do Monte, M.H.F., Angelakis, A.N., and Asano, T., 1996. Necessity and basis for the establishment of European guidelines on wastewater reclamation and reuse in Mediterranean region. *Water Sci. Tech.*, 33(10-11), 303-316.
- Marschner, H. 1995 *Mineral Nutrition of Higher plants*. 2nd ed. London: Academic Press.
- Mass, E.V. 1990. Crop salt tolerance. In: *Agricultural Salinity Assessment and Management Manual*. K.K. Tanji (ed.), A.S.C.E., New York., pp 262-304.
- Morton, F.I., 1990. Studies in evaporation and their lessons for the environmental sciences. *Can. Wat. Resour. J.* 15(3), 261-285.
- Morton, F.I., 1994. Evaporation research. A critical review and its lessons for the environmental sciences, *Crit. Rev. Environ. Sci. Tech.*, 24(3), 237-280.
- Papamichail, D.M. and G.A. Terzidis, 1996. Assessment of the Meteorological Parameters effects on the Daily Penman Reference Evapotranspiration. 2nd

- International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops, Chania, Acta Horticultrae, 449 (I), 281-288
- Rango, A., 1994. Application of remote sensing methods to hydrology and water resources. *Hydrol. Sci. J.*, 39, 309-320.
- Richards, L. A. 1968 Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Agriculture Hand Book No 60, Oxford and IBH Pupliching Company, New Delhi.
- Sabziparvar, A.A., Tabari, H., 2010. Regional estimation of reference evapotranspiration in arid and semi-arid regions. *J. Irrig. Drain. Eng. ASCE* 136(10), 724–731.
- Sabziparvar, A.A., Tabari, H., Aeini, A., Ghafouri, M., 2010. Evaluation of class A pan coefficient models for estimation of reference crop evapotranspiration in cold-semi arid and warm arid climates. *Water Resour. Manage.*, 24, 909-920.
- Salinity Engineering Laboratory (SEL), 2000. Treatment and reuse of sewage and sludge in the south Mediterranean and Middle East countries. Final report ministry of environment and public works of Greece.
- Saxton K.E., 1975. Sensitivity analysis of the combination evapotranspiration equation. *Agricultural Meteorology*, 15: 343-353.
- Sentelhas, P.C., Gillespie, T.J., Santos, E.A., 2010. Evaluation of FAO Penman-Monteith and alternative methods for estimating reference evapotranspiration with missing data in Southern Ontario, Canada. *Agric. Water Manage.* 97, 635-644.
- State of California, 2000. Title 22, Code of regulation, 24 p. November 2000.
- Stone, E. C. 1957. Dew as an Ecological Factor: I. A Review of the Literature. *Ecology*, 38(3). 407-413. doi: 10.2307/1929883.
- Tabari, H., Grismer, M.E., Trajkovic, S., 2013. Comparative analysis of 31 reference evapotranspiration methods under humid conditions. *Irrig. Sci.* 31, 107–117.
- Tabari, H., Hosseinzadeh Talae P., 2011. Local calibration of the Hargreaves and Priestley–Taylor equations for estimating reference evapotranspiration in arid and cold climates of Iran based on the Penman-Monteith model. *J. Hydrol. Eng. ASCE*. doi:10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000366.
- Temesgen, B., Eching, S., Davidoff, B., Frame, K., 2005. Comparison of some reference evapotranspiration equations for California. *J. Irrig. Drain. Eng. ASCE* 131, 73-84.
- Trajkovic, S., 2007. Hargreaves versus Penman-Monteith under Humid Condition. *J. Irrig. Drain. Eng. ASCE* 133, 38-42.

- Trajkovic, S., Kolakovic, S., 2009. Evaluation of reference evapotranspiration equations under humid conditions. *Water Resour. Manage.* 23, 3057-3067.
- US Salinity Laboratory Staff, 1954. Diagnosis and improvement of saline and allkali soils, *USDA Handbook 60*, Washington D.C.,pp. 69-82.
- Valiantzas, J.D., 2006. Simplified versions for the Penman evaporation equation using routine weather data. *Journal of Hydrology*, 331, 690-702.
- Valiantzas, J.D., 2013. Simplified forms for the standardized FAO-56 Penman–Monteith reference evapotranspiration using limited weather data. *Journal of Hydrology*, 505, 13-23.
- Valiantzas, J.D., 2015. Simplified limited data Penman’s ET₀ formulas adapted for humid locations. *Journal of Hydrology*, 524, 701-707.
- Verstraeten, W.W., Veroustraete, F., Feyen, J., 2008. Assessment of evapotranspiration and soil moisture content across different scales of observation. *Sensors* 8, 70–117.
- Willmott CJ. 1981. On the validation of models. *Physical Geography* 2: 184–194.
- Willmott CJ. 1982. Some comments on the evaluation of model performance. *Bulletin of the American Meteorological Society* 63: 1309–1313.
- WHO, 1989. Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture. WHO Tech. Report Series No. 77, WHO, Geneva, Switzerland.
- Xing, Z., Chow, L., Meng, F., Rees, H.W., Monteith, J., Lionel, S., 2008. Testing reference evapotranspiration estimation methods using evaporation pan and modeling in Maritime region of Canada. *J. Irrig. Drain. Eng.* ASCE 134(4), 417-424.
- Yang, A., 2010. Evaluation of evapotranspiration estimation methods and their impacts on crop yield simulations. MSc. Thesis, Department of Geography and Environmental Studies, Carleton University, Ottawa, Ontario.
- Yang, J., Li, B., Liu, S., 2000. A large weighing lysimeter for evapotranspiration and soil water groundwater exchange studies. *Hydrological Processes* 14, 1887-1897.

Ελληνόγλωσση

- Ασημακόπουλος, Ι., Ουγαλιώτης, Κ., Μπόβης, Κ., 2009. *Γονιμότητα του εδάφους*. Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Ασλανίδης, Α., Ζαφειρακίδης Γ., Καλαϊτζίδης Δ., 2009. *Γεωλογία - Γεωγραφία Β΄ Γυμνασίου*. Αθήνα: Διόφαντος.

- Βαλιάντζας Ι. Δ., 2006. Απλοποιημένες εξισώσεις για τον υπολογισμό εξάτμισης από υδάτινες επιφάνειες και εξατμισοδιαπνοής αναφοράς. 10ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Ε.Υ.Ε., Ξάνθη, σελ. 31-37.
- Βασιλακιώτης, Γ.Σ., 1989. *Χημεία περιβάλλοντος*. 2^η έκδοση. Θεσσαλονίκη: University studio press.
- Δαλιάνης, Κ., 1983. *Ανοιξιάτικα Σιτηρά*. Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλη.
- Επίσημη Εφημερίδα Κυβερνήσεως, 2008. Ελληνική Δημοκρατία, ΦΕΚ Β 2089/09-10-2008.
- Επίσημη Εφημερίδα Κυβερνήσεως, 2011. Ελληνική Δημοκρατία, ΦΕΚ Β 354/08-03-2011.
- Θερίος, Ι., 1996. *Ανόργανη Θρέψη και λιπάσματα*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Δεδούση.
- Καλιαμπάκος, Δ. και Δαμίγος, Δ., 2008 . *Οικονομικά του Περιβάλλοντος και των Υδατικών Πόρων, Σημειώσεις Μαθήματος, ΔΠΜΣ «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων»*. Αθήνα: ΕΜΠ.
- Καραμάνος, ΑΙ., 1999. *Αραβόσιτος: Βοτανική-Οικολογία-Καλλιέργεια*. Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Κωνσταντινίδης, Κ., 1989. *Τα εγχειροβελτιωτικά έργα στην πεδιάδα Θεσσαλονίκης*. Θεσσαλονίκη: Έκδοση Γεωτεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας.
- Κωτσόπουλος, Σ., 2006. *Υδρολογία*. Αθήνα: Ίων
- Λιβαδάς, Γ., 1976. *Μαθήματα Γενικής Μετεωρολογίας*. Θεσσαλονίκη: Α.Π.Θ.
- Μαρέτης, Κ., 1981. *Οικολογία βάμβακος, Τόμος ΙΙ*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Εγνατία
- Μαριολόπουλος, Η., Καραπιτέρης, Λ. 1955. *Αι βροχοπτώσεις εν Ελλάδι*. Αθήνα.
- Μαρκαντωνάτος, Γ., 1990. *Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων*. Αθήνα: Γαρταγάνης.
- Μουντράκης, Δ., 1983. *Μαθήματα Γεωλογίας της Ελλάδας*. Θεσσαλονίκη.
- Μισοπολινός, Ν., 1991. *Προβληματικά εδάφη. Μελέτη, προβλήματα, βελτίωση*. Θεσσαλονίκη: Έκδοση Γιαχούδη-Γιαπούλη.
- Μωυσιάδης, Κ., 2009. Η επίδραση του βαθμού αραιώσεων σε οικολογικές παραμέτρους του κύκλου του νερού σε συστάδα πλατύφυλλου δρυός (*Quercus Frainetto ten.*) στο Χολομώντα Χαλκιδικής. Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού περιβάλλοντος
- Παγώνας, Κ., 2015. Συγκριτική ανάλυση μεθόδων εκτίμησης εξατμισοδιαπνοής αναφοράς. Διπλωματική Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Γεωπονίας, ΑΠΘ.

- Πανώρας, Α. Γ., Ηλίας, Α., Σκαράκης, Γ., Παπαδόπουλος, Α., Παπαδόπουλος, Φ., Παρισόπουλος, Γ., Πατέρας, Δ., Παπαγιαννοπούλου, Α., Σδράκας, Α., Αναγνωστόπουλος, Κ., 1998 α. Άρδευση ζαχαρότευτλων με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα (II). Πρακτικά ημερίδας με τίτλο «Αποτελέσματα Ερευνητικού Έργου Ανάκτησης Αστικών Αποβλήτων με Χρήση Φυσικών Συστημάτων και Επαναχρησιμοποίησής τους για Άρδευση και Ανάπλαση Υγροτόπων», 132- 145.
- Πανώρας, Α. Γ., Καλαφατέλη, Δ. και Ρέρη, Ε., 1998 β. Διερεύνηση της καταλληλότητας για άρδευση των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων της Θεσσαλονίκης. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα, ISSN 1105- 9478.
- Πανώρας, Α., Ηλίας, Α., 1999. *Άρδευση με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα*. Θεσσαλονίκη: Γιαχούδη-Γιαπούλη.
- Πανώρας, Α. Γ., Ηλίας, Α., Σκαράκης, Γ., Παπαδόπουλος, Α., Παπαδόπουλος, Φ., Παρισόπουλος, Γ., Σδράκας, Α., Αναγνωστόπουλος, Κ., 1999α. Άρδευση ζαχαρότευτλων με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα (I). *Biologia Callo-Hellenica*.
- Πανώρας, Α. Γ., Ηλίας, Α., Σκαράκης, Γ., Παπαδόπουλος, Α., Παπαδόπουλος, Φ., Παρισόπουλος, Γ., Σδράκας, Α., Αναγνωστόπουλος, Κ., 1999β. Επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων της πόλης Θεσσαλονίκης για άρδευση ζαχαρότευτλων. Πρακτικά 4ου Εθνικού Συνεδρίου της ΕΕΔΥΠ με θέμα «Διαχείριση υδατικών πόρων στις ευαίσθητες περιοχές του Ελλαδικού χώρου», Βόλος, 17- 19 Ιουνίου.
- Παπαζαφειρίου Ζ., 1999. *Οι ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη.
- Παπακώστα-Τασοπούλου, Δ., 2002. *Βιομηχανικά φυτά. Ζαχαρότευτλα, Βαμβάκι, Καπνός*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία.
- Παπακώστα-Τασοπούλου, Δ., 2008. *Ειδική Γεωργία I - Τεύχος Α Σιτηρά Χειμερινά-Εαρινά*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία.
- Παπαμιχαήλ, Δ. Μ. και Π. Ε. Γεωργίου, 1999. Συγκριτική ανάλυση των ωριαίων και ημερήσιων εκτιμήσεων της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς με τη μέθοδο FAO Penman-Monteith. Πρακτικά 4ου Εθνικού Συνεδρίου ΕΕΔΥΠ, Βόλος, τεύχος Α', σελ. 183-189.
- Παπαμιχαήλ, Δ., Μπαμπατζιμόπουλος, Χ., 2014. *Γεωργική Υδραυλική*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη.

- Ράμμος, Ι., 2006. *Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων για άρδευση καλλωπιστικών κωνοφόρων*. Βόλος: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Σακελλαρίου, Μ., 1982. *Μακεδονία 4000 Χρόνια Ελληνικής Ιστορίας και Πολιτισμού*. Αθήνα: Εκδοτική Αθηνών
- Σπάρτση, Ν. και Καλτσίκη, Π., 1985, *Ανθοκομικές Καλλιέργειες Τόμος Α Κηπευτικές Καλλιέργειες*. Αθήνα: Επιτροπή Εκδόσεων Ιδρύματος Ευγενίδου.
- Σφήκας, ΑΓ., 1995. *Ειδική Γεωργία. Ι. Σιτηρά, ψυχανθή και χορτοδοτικά φυτά*. Θεσσαλονίκη :Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Α.Π.Θ.
- Τελόγλου Η., 2015. Διδακτικές Σημειώσεις του μαθήματος «Άρδεύσεις -Στραγγίσεις», ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΙ Θεσσαλονίκης, σελ. 100.
- Τερζίδης, Γ., Παπαζαφειρίου, Ζ., 1997. Γεωργική Υδραυλική. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη.
- Τσακίρης, Γ., 2004. *Υδατικοί πόροι – Ποιότητα αρδευτικού νερού*. Αθήνα: ΕΜΠ
- Τσαλή, Σ., 2017. *Σύγκριση μεθόδων υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας αναφοράς*. Πτυχιακή Εργασία. Θεσσαλονίκη: Αλεξάνδρειο Τ.Ε.Ι.
- Τσαπικούνης, Φ., 1997. *Θρέψη - λίπανση των φυτών (Λαχανικά, Βιομηχανικά φυτά, Φυτά μεγάλης καλλιέργειας)*. Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε.
- Τσιρογιάννης, Ι., 2011. Παρουσίαση και αξιολόγηση του λογισμικού υπολογισμού υδατικών αναγκών καλλιεργείων FAO / CROPWAT 8.0. Εργασία στο πλαίσιο του μαθήματος του Δ.Π.Μ.Σ.: «Ειδικά Θέματα Αγρομετεωρολογίας». Ν. Ιωνία.
- Υφούλη, Α. και Καλτσίκη, Π., 1985. *Φυτά Μεγάλης Καλλιέργειας*. Αθήνα: Εκδόσεις Ιδρυμα Ευγενίδου.
- Φαρδής, Α., 1981. *Το βαμβάκι*. Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Ιστοσελίδες

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M., 1998, Crop evapotranspiration — Guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and drainage paper 56, FAO, Rome, Italy. Διαθέσιμο στο: <http://www.fao.org/docrep/x0490e/x0490e00.htm>. Προσπελάστηκε: 11/3/2017
- Common Implementation Strategy Working Group 2 (WATECO) (2002). EU Guidance Document: Economics and the Environment. The Implementation Challenge of the Water Framework Directive. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://forum.europa.eu.int/Public/irc/env/wfd/library> (ανάκτηση 21/1/2020)
- FAO, 1979. Yield response to water . FAO Irrigation and Drainage Paper 33. Rome.

- Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο:
<http://www.fao.org/AG/AGL/aglw/cropwater/parta.stm> (ανάκτηση 19/1/2020).
- FAO, 1979. Irrigation and drainage paper 33, Yield response to water (Διαθέσιμο στο:
<http://www.fao.org/WAICENT/faoINFO/AGRICULT/agl/aglw/cropwater/parta.stm> (ΜέροςΑ) και
<http://www.fao.org/WAICENT/faoINFO/AGRICULT/agl/aglw/cropwater/cwinform.stm> (ΜέροςΒ)). ανάκτηση: 25/2/2017.
- Johansson, R.C., 2000. “Pricing Irrigation Water – A Literature Survey”, The World Bank Rural Development Department, Policy Research Working Paper 2449. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=632520 (ανάκτηση 21/1/2020)
- Ward, Christopher., Darghouth, Salah., Minasyan, Gayane., Bambarelli, Gretel., 2006. Reengaging in agricultural water management: challenges and options:
<http://documents.worldbank.org/curated/en/957061468160762591/Reengaging-in-agricultural-water-management-challenges-and-options> (ανάκτηση 21/1/2020)
- Βασιλακάκης, Β., 2016. Αξιολόγηση της καταλληλότητας των επαναχρησιμοποιούμενων νερών του αρδευτικού δικτύου Τ.Ο.Ε.Β. Αγίου Αθανασίου. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα του Ε.Α.Π.:
<https://apothesis.eap.gr/bitstream/repo/31555/1/VASILAKAKIS%20VAS.%20%20D.E..pdf> (ανάκτηση 19/1/2020)
- Κάργα, Γ., 2012. Έτσι κατέστρεψαν την Ελληνική βιομηχανία Ζάχαρης. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.votegreece.gr/archives/16922/etsi-katestrepsan-tin-elliniki-viomichania-zacharis/> (ανάκτηση 5/2/2019).
- Κωνσταντίνος, Κ., 2019. Αποτελέσματα μελέτης «για την αξιολόγηση της συμβολής του ΠΑΑ στην πρόληψη και τη βελτίωση της διαχείρισης του εδάφους». Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο:
https://ead.gr/wpcontent/uploads/2019/07/SOIL_study_K.Kosmas.pdf (ανάκτηση 19/1/2020)
- Οδηγία 2000/60/EK (n.d.). Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX:32000L0060> (ανάκτηση 21/1/2020)
- Ο κύκλος του νερού. Διαθέσιμο στο διαδικτυακό τόπο:
http://artnotesinourlife.blogspot.com/2019/01/blog-post_77.html (ανάκτηση 13/2/2020)

- Πασχώνης, Κ., 2018. *Βαμβάκι: οδηγός καλλιέργειας*. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.agrorama.gr/bambaki-odigos-kalliergeias/> (ανάκτηση 4/2/2020)
- Σπυρούλης, Σ., Ζαχαρή, Μ., Μακροποδάρα, Φ., Μονιάκη, Χ., Μπαλμπέκης, Ι., 2018. Δελτίο τύπου της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής για την ετήσια γεωργική στατιστική έρευνα του έτους 2016. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.statistics.gr/documents/20181/2be1d029-ae29-4084-ae8e-9a428f57f0c6> (ανάκτηση 19/1/2020).
- Τσαφαρίδου, Κ., Καρυοφυλλίδης, Ε., Καρυοφυλίδης Εμ., 2018. Ποιότητα αρδευτικού νερού: Πόσο καλό είναι το νερό για την καλλιέργειά σας; Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.envirosol.gr>. (ανάκτηση 21/1/2018)
- Αγγελόπουλος, Π., 2017. Εκτροπή Αχελώου: Μια ιστορία-σύμβολο της Μαυρογαλιούρειας αντίληψης για την ανάπτυξη. <https://www.news247.gr/perivallon/ektropi-achelooymia-istoria-symvolo-tis-mayrogialoyreias-antilipsis-gia-tin-anartyxi.6521608.html> (ανάκτηση 3/1/2019).
- Χριστοφορίδου, Σ., 2019. EBZ: Στην εκπνοή του χρόνου αποφάσισε να νοικιάσει τα εργοστάσια ζάχαρης. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.makthes.gr/evz-den-vriskoy-n-agorasti-kai-psachnoyn-gia-enoikiasti-239124> (ανάκτηση 4/2/2020)
- Χριστοφορίδου Σ., 2019. Τέλος εποχής για την Ελληνική Βιομηχανία Ζάχαρης έπειτα από έξι δεκαετίες. <https://www.greekaffair.gr/telos-epochis-gia-tin-elliniki-viomichania-zacharis-kleinoy-n-ta-ergostasia-prooptiki-monon-gia-to-platy/> (ανάκτηση 4/2/2020)