

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ

**"ΑΡΔΕΥΣΗ ΚΑΛΛΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΘΑΜΝΩΝ ΜΕ  
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΑ ΥΓΡΑ ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ"**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**ΤΖΑΝΑΚΟΥΛΗ ΕΛΕΝΗ  
ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ**

**ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ - ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ Μ., ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ  
ΣΦΟΥΓΓΑΡΗΣ ΑΘ., ΛΕΚΤΟΡΑΣ, ΜΕΛΟΣ  
ΜΑΥΡΟΜΑΤΗΣ ΑΘ., ΛΕΚΤΟΡΑΣ, ΜΕΛΟΣ

**ΒΟΛΟΣ 2005**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 5742/1  
Ημερ. Εισ.: 24-08-2007  
Δωρεά: Συγγραφέα  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ  
2005  
ΤΖΑ

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή διατριβή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια των ερευνητικών δραστηριοτήτων που διεξάγει το εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας..

Αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την καθηγήτρια Μαρία Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη τόσο για την ανάθεση του θέματος και την οργάνωση και παρακολούθηση της διατριβής μου καθ'όλη την πορεία της, όσο και για την ηθική της υποστήριξη και την κριτική που άσκησε πριν την ολοκλήρωση της τελικής μορφής του κειμένου της διατριβής.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τη Δ.Ε.Υ.Α.Μ.Β. Βόλου και το προσωπικό του Βιολογικού Καθαρισμού για την άψογη συνεργασία μας στη μεταφορά των υγρών αστικών αποβλήτων.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στη γεωπόνο και μεταπτυχιακή φοιτήτρια της Γεωπονικής Σχολής Τζαβέλα Ευφροσύνη, της οποίας η συμβολή στην πραγματοποίηση της πειραματικής διαδικασίας ήταν καθοριστική, αλλά και για τις σημαντικές της υποδείξεις καθ'όλη τη διάρκεια του πειράματος, καθώς και στον κ. Νικόλαο Παπανίκο, μέλος ΕΤΕΠ του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για τη βοήθεια του όποτε του ζητήθηκε.

Ευχαριστώ θερμά τον προπτυχιακό φοιτητή της Γεωπονικής Σχολής Καμινιώτη Αχιλλέα, για τη βοήθεια του στις μετρήσεις και στις δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν για τη διεκπεραίωση της παρούσας διατριβής.

Τον κ. Σπύρο Σουίπα (ΜΔΕ) καθώς και τους εργαζόμενους στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο, για την άψογη συνεργασία μας.

Τον Προϊστάμενο κ. Ι. Βαρβαρούση και το προσωπικό του Π.Ε.Γ.Ε.Α.Λ. Λάρισας, για την πολύτιμη βοήθεια τους κατά τη διεξαγωγή των εδαφολογικών αναλύσεων.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια μου, και κυρίως τον πατέρα μου, ο οποίος με στήριξε υλικά και ηθικά καθ'όλη τη διάρκεια των προπτυχιακών μου σπουδών.

Τζανακούλη Κ. Ελένη  
Προπτυχιακή Φοιτήτρια της  
Γεωπονικής Σχολής του  
Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εποχή μας αρχίζει να χαρακτηρίζεται από έλλειψη του βασικότερου αγαθού της συντήρησής της, του νερού. Χωρίς αυτό, η ζωή στον πλανήτη Γη θα ανακοπεί. Η διαβίωση των πολλών ανθρώπων δε νοείται χωρίς κάλυψη αναγκών σε νερό και μάλιστα αυξημένων αναγκών, αφού σήμερα η κατανάλωση νερού έχει διαμορφωθεί στα επίπεδα των 200 λίτρων /άνθρωπο /ημέρα. Επίσης, η παραγωγή τροφίμων και η ανάπτυξη φυτών και ζώων σήμερα δε νοείται παρά σαν αρδευόμενη διαδικασία και αυτό οδηγεί σε γεωμετρικά αυξανόμενη κατανάλωση νερού στις γεωργικές καλλιέργειες. Ακόμη, η βιομηχανία, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, όλα χρειάζονται πάρα πολύ νερό και αυξημένες ποσότητες νερού στο μέλλον για κάλυψη των δημιουργούμενων αναγκών.

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 είναι στη διαθέσιμη ποσότητα, αλλά 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 άρδευση των γεωργικών καλλιεργειών και την ανάπτυξη πρασίνου και δέντρων μπορεί να διασφαλιστεί μόνο με :

- την ανακύκλωση των αστικών λυμάτων
- την εισαγωγή στις γεωργικές δραστηριότητες βιοτεχνολογικών μέσων που οδηγούν στην κάθετη μείωση της κατανάλωσης νερού στις γεωργικές καλλιέργειες.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, το Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και συγκεκριμένα το Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής, με υπεύθυνη την καθηγήτρια Μαρία Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, ξεκίνησε το παρόν πείραμα. Σκοπός του πειράματος ήταν και είναι να ερευνηθούν τα αποτελέσματα της άρδευσης με επεξεργασμένα αστικά λύματα μέσω της

μεθόδου της Υπόγειας Στάγδην Άρδευσης στα χαρακτηριστικά αύξησης 3 ειδών κωνοφόρων καλλωπιστικών, να ανιχνευθούν οποιοσδήποτε αλλαγές στις εδαφολογικές ιδιότητες και συνεπώς να αξιολογηθεί η εξοικονόμηση νερού από τη χρήση αστικών λυμάτων έναντι της χρήσης του καθαρού νερού.

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο αγρόκτημα του πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Ο πειραματικός τομέας, χωρίστηκε σε δυο μέρη. Το ένα ποτίστηκε μόνο με καθαρό νερό από τη γεώτρηση του αγροκτήματος, ενώ το άλλο εναλλάξ με τα λύματα, που παρέχονταν από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας της πόλης του Βόλου, και με το καθαρό νερό. Κάθε άρδευση με τα λύματα ακολουθήθηκε από δύο εφαρμογές άρδευσης με το καθαρό νερό, λόγω της ελαφριάς αυξανόμενης αλατότητας που υπήρξε στο λύμα και την αυξανόμενη συγκέντρωση των ιόντων του χλωρίου.

Τα χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν στα κωνοφόρα ήταν : ύψος φυτού, διάμετρος φυτοκόμης, διάμετρος του κυρίου βλαστού σε απόσταση 10cm από το έδαφος και χλωροφύλλη με εκχύλιση.

Η μέτρηση των χαρακτηριστικών των κωνοφόρων έδειξε ότι η μεταχείριση με λύμα είχε καλύτερα αποτελέσματα από τη μεταχείριση με καθαρό νερό. Μόνο όμως η μέτρηση του ύψους του είδους *Juniperus* έδωσε στατιστικά σημαντική διαφορά ( $p=0.016$ ). Επίσης, από την εδαφολογική ανάλυση που διεξήχθη στη μεταχείριση του λύματος, δεν καταγράφηκε οποιαδήποτε συγκέντρωση τοξικών στοιχείων.

Όσον αφορά στην κατανάλωση ύδατος, η χρήση αστικών λυμάτων οδήγησε σε μια εξοικονόμηση 34,87 %.

Η παρούσα εργασία αποτελείται από 5 κεφάλαια.

Το **πρώτο κεφάλαιο** περιλαμβάνει στοιχεία τόσο για τα 3 είδη κωνοφόρων του πειράματος, όσο και γενικά για τα κωνοφόρα.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** αναφέρονται τα χαρακτηριστικά και η σύσταση των αποβλήτων, καθώς επίσης και τα στάδια επεξεργασίας των αποβλήτων, η καταλληλότητα αυτών για άρδευση και οι επιπτώσεις που μπορεί να έχουν στο περιβάλλον και στη δημόσια υγεία.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** παρουσιάζονται οι μέθοδοι άρδευσης, με πιο λεπτομερή αναφορά στην Υπόγεια Στάγδην Άρδευση.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** αναλύεται ο τρόπος διεξαγωγής του πειράματος και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίησή του.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και συμπεράσματα που διεξήχθησαν από το πείραμα του έτους 2004.

<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b>	<b>ΣΕΛ.</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>6</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>0</sup> – ΤΑ ΚΩΝΟΦΟΡΑ</b>	<b>9</b>
1.1 ΓΕΝΙΚΑ	9
1.1.1 CUPRESSUS (Κυπαρίσσι)	12
Cupressus macrocarpa	14
Cupressus macrocarpa "Goldcrest"	15
1.1.2 JUNIPERUS (Γιουνίπερος)	16
Juniperus chinensis	18
Juniperus chinensis "Stricta"	19
1.1.3 THUJA (Τούγια)	20
Thuja orientalis	21
Thuja orientalis "Pyramidalis Aurea"	22
1.2 ΚΛΙΜΑ	23
1.3 ΕΔΑΦΟΣ	23
1.4 ΦΥΤΕΜΑ	23
1.5 ΥΠΟΣΤΗΛΩΣΗ	24
1.6 ΚΛΑΔΕΜΑ	24
1.7 ΕΔΑΦΟΚΑΛΥΨΗ	24
1.8 ΛΙΠΑΝΣΗ	24
1.9 ΠΟΤΙΣΜΑ	25
1.10 ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΙΑ	25
1.11 ΨΕΚΑΣΜΟΙ	26
1.12 ΕΧΘΡΟΙ – ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ	26
1.13 ΧΡΗΣΕΙΣ	28
1.14 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΗΛΙΚΙΑΣ	29
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	29
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>0</sup> – ΤΑ ΑΣΤΙΚΑ ΛΥΜΑΤΑ</b>	<b>30</b>
2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ	30
2.2 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ	30
Α. ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	30
Β. ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	35
Γ. ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	40
2.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ	42
2.3.1 Πρωτοβάθμια (πρωτογενής) επεξεργασία	44
2.3.2 Δευτεροβάθμια (δευτερογενής) επεξεργασία	44
2.3.3 Τριτοβάθμια επεξεργασία	45
2.3.3.1 Προσρόφηση	46
2.3.3.2 Ιονανταλλαγή	46
2.3.3.3 Διεργασίες μεμβρανών	46
2.3.3.4 Ηλεκτροχημικές μέθοδοι	47
2.3.3.5 Απολύμανση	47
2.4 ΔΙΑΘΕΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	47
2.5 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ	
ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ	49
2.6 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	52



2.6.1	Επιπτώσεις κατά την επεξεργασία	52
2.6.2	Επιπτώσεις στο έδαφος, στα επιφανειακά και υπόγεια νερά	53
2.6.3	Επιπτώσεις στις καλλιέργειες	53
2.6.4	Επιπτώσεις στη δημόσια υγεία	53
	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>54</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> – Η ΑΡΔΕΥΣΗ</b>		<b>55</b>
3.1	ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	55
3.2	ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	58
3.3	ΣΥΝΘΕΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	59
3.3.1	Πλεονεκτήματα στάγδην άρδευσης	61
3.3.2	Μειονεκτήματα στάγδην άρδευσης	62
	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>63</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> – ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ</b>		<b>64</b>
4.1	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΠΛΑΝΟ	64
4.2	ΥΛΙΚΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	65
4.3	ΕΞΑΤΜΙΣΙΜΕΤΡΟ	68
4.4	ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ T.D.R.	70
4.5	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΔΟΣΗΣ, ΕΥΡΟΥΣ ΚΑΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	71
4.6	ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	80
4.7	ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΚΩΝΟΦΟΡΩΝ	82
4.7.1	Ύψος Κωνοφόρων	82
4.7.2	Διάμετρος φυτοκόμης	82
4.7.3	Διάμετρος κυρίου βλαστού	82
4.7.4	Χλωροφύλλη	82
4.8	ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	83
4.9	ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΤΕΜΑΧΙΩΝ	84
4.10	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	84
	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>85</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b>		<b>87</b>
5.1	ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	87
5.2	ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ	88
5.3	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΩΝΟΦΟΡΩΝ	89
5.3.1	Ύψος κωνοφόρων	89
5.3.2	Διάμετρος φυτοκόμης	92
5.3.3	Διάμετρος κυρίου βλαστού	95
5.3.4	Χλωροφύλλη με εκχύλιση	98
5.4	ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΑΓΡΟΥ	99
5.5	ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ	102
5.6	ΔΟΣΕΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	105
5.7	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	105
	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>107</b>
	<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b>	<b>111</b>

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό είναι το βασικό στοιχείο για την ανάπτυξη και διατήρηση της ζωής επάνω στον πλανήτη μας, ενώ από οικολογική άποψη θεωρείται το «αίμα» της γήινης ζωής. Αυτό οφείλεται στο ότι το νερό έχει ορισμένες χαρακτηριστικές ιδιότητες (π.χ. μεγάλη θερμοχωρητικότητα και θερμική αγωγιμότητα, αξιόλογη διαλυτική ικανότητα, κ.ά.) και για αυτές χρησιμοποιείται στις βιομηχανικές μονάδες.

Η προσφορά νερού υπήρξε ο βασικός παράγοντας που καθορίζει και κατευθύνει πολλές από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Οι πρώτοι οικισμοί και στη συνέχεια οι πρώτες πόλεις, και οι πρώτες βιομηχανικές μονάδες, αναπτύχθηκαν σε περιοχές όπου υπήρχε άφθονη προσφορά νερού.

Με την πάροδο του χρόνου οι ποσότητες νερού που κάλυπταν τις ανάγκες της καθημερινής ζωής καθώς και τη λειτουργία των βιομηχανικών μονάδων μεγάλωναν, ενώ παράλληλα μεγάλωνε και ο όγκος των αστικών λυμάτων και των βιομηχανικών αποβλήτων.

Η εισαγωγή - διάθεση όμως μεγάλων ποσοτήτων υγρών αποβλήτων, επιβαρυσμένων με διάφορες ουσίες, έπαιξε και εξακολουθεί να παίζει σημαντικό ρόλο στη ρύπανση των φυσικών αποδεκτών (ποταμοί, λίμνες, θάλασσες, υπόγεια νερά) δημιουργώντας διάφορα προβλήματα, όπως :

- υποβάθμιση των οικοσυστημάτων-αποδεκτών,
- ελάττωση της ικανότητας αυτοκαθαρισμού των υδάτων,
- καταστροφή βιοκοινωνιών,
- ευτροφισμό,
- δυσάρεστες οσμές,
- αχρήστευση (τουλάχιστον πρόσκαιρη) πηγών νερού για ύδρευση ή και άρδευση,
- διάδοση ασθeneιών,
- δημιουργία δυσάρεστων καταστάσεων για τους ανθρώπους που διαβιούν κοντά ή συνδέονται κατά κάποιο τρόπο με τους υδάτινους αυτούς αποδέκτες,
- ακαταλληλότητα των περιοχών κολύμβησης,
- θάνατοι ψαριών κ.ά.

Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να αρχίσουν κινητοποιήσεις και πίεση των ενδιαφερομένων για τη λήψη μέτρων αντιρρύπανσης και προστασίας των φυσικών αποδεκτών. Έτσι θεσπίστηκαν νόμοι σχετικοί με την πρόληψη και τον περιορισμό της ρύπανσης των υδάτων. Παράλληλα αναπτύχθηκαν και μέθοδοι καθαρισμού των αστικών



λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων, έτσι ώστε να αποβάλλονται καθαρά στους φυσικούς αποδέκτες.

Αργότερα, η αύξηση του πληθυσμού στον πλανήτη μας είχε σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία οικισμών και την εγκατάσταση βιομηχανιών σε περιοχές όπου η προσφορά νερού είναι περιορισμένη. Το γεγονός αυτό δημιούργησε την ανάγκη για επαναχρησιμοποίηση του νερού, δηλαδή την ανακύκλωσή του. Οι ανάγκες αυτές προκάλεσαν και την ανάπτυξη νέων μεθόδων για καλύτερο καθαρισμό των αστικών λυμάτων. (Κουϊμτζής Θ. και Μάτης Κ.Α., 1993)

Τα αίτια που οδήγησαν σε προσπάθειες εξεύρεσης νέων πηγών νερού είναι :

- η συνεχής αύξηση του πληθυσμού,
- η μόλυνση των υπόγειων και επιφανειακών υδατικών σωμάτων,
- η άνιση κατανομή των υδατικών πόρων,
- οι περιοδικές ξηρασίες.

Η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων αποτελεί μια ολοένα και πιο αξιόπιστη λύση (Metcalf and Eddy, 1991).

Η ανάπτυξη του σύγχρονου πολιτισμού έχει προκαλέσει πληθώρα περιβαλλοντικών προβλημάτων, πολλά από τα οποία κυρίως κατά τα τελευταία έτη, έχουν καταστεί ιδιαίτερα έντονα και απειλητικά για την ποιότητα ζωής του ανθρώπου. Ένα από αυτά τα προβλήματα είναι και η διάθεση των αστικών λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων με κύρια χαρακτηριστικά το υψηλό οργανικό φορτίο και την παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών (Πανώρας και Ηλίας, 1999).

Πολύ μεγάλες ποσότητες αποτίθενται στην επιφάνεια της γης, αποτεφρώνονται, απορρίπτονται στη θάλασσα ή θάβονται σε χωματερές. Τέτοιες λύσεις είναι συχνά αντιοικονομικές ή επιβαρύνουν σημαντικά το περιβάλλον. Τελευταία, η χρησιμοποίηση των αστικών λυμάτων στη γεωργία ή στη βελτίωση των εδαφών γίνεται όλο και πιο δημοφιλής και τούτο οφείλεται στο γεγονός ότι αυτή η μεταχείριση των αποβλήτων είναι η πιο οικονομική και περιβαλλοντικά η πιο ασφαλής .

Με σκοπό τη μείωση των δυσμενών επιπτώσεων και την προστασία του περιβάλλοντος από τη διάθεση αυτής της κατηγορίας των αποβλήτων, αλλά και την εκμετάλλευση μιας επιπλέον πηγής νερού ιδιαίτερα σημαντικής, τουλάχιστον στις ξηρές και ημίξηρες περιοχές του πλανήτη, δόθηκε παγκοσμίως από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 μεγάλη έμφαση στην επεξεργασία και στη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων. Η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων ή μη λυμάτων είναι μία πρακτική που έχει εφαρμοσθεί από τους αρχαίους ακόμη χρόνους.

Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια άρχισαν να ιδρύονται και να λειτουργούν μονάδες επεξεργασίας βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων, κατά κύριο λόγο στα μεγάλα αστικά κέντρα, ο αριθμός των οποίων αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς τόσο διεθνώς όσο και στην Ελλάδα. Είναι γεγονός ότι η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, όταν εφαρμόζεται με τον ενδεδειγμένο τρόπο, βελτιώνει σημαντικά τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά.

Οι βασικές επιδιώξεις των συστημάτων επεξεργασίας αστικών λυμάτων είναι η μείωση του οργανικού φορτίου, των αιωρούμενων στερεών και των παθογόνων μικροοργανισμών (Πανώρας και Ηλίας, 1999).

Τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα, όταν αποφεύγεται η διάθεσή τους σε υδάτινους αποδέκτες, μπορούν να αξιοποιηθούν με διάφορους τρόπους. Σημαντικότεροι αυτών είναι :

- η άρδευση γεωργικών και αστικών εκτάσεων (όπως π.χ. γήπεδα του γκολφ, εθνικές οδοί, πάρκα, παιδικές χαρές κ.ά.) με οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη,
- ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων και
- η χρήση στη βιομηχανία.

Η επαναχρησιμοποίηση αστικών λυμάτων είναι μια πιθανή λύση που εφαρμόζεται, ειδικά στη γεωργία καθώς και για άρδευση τοπίων. Η άρδευση των καλλιεργειών είναι ο πιο ενδεδειγμένος τρόπος επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων, γιατί :

α) αποφεύγεται η υποβάθμιση των υδάτινων αποδεκτών (το οργανικό φορτίο και τα θρεπτικά που περιέχονται, ακόμη και στα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, δημιουργούν προβλήματα στο περιβάλλον),

β) επιτυγχάνεται η φυσική τροφοδοσία του εδάφους και των φυτών με θρεπτικά στοιχεία, γεγονός που μπορεί να μειώσει την ανάγκη προσθήκης χημικών λιπασμάτων (Asano and Levine 1995, F.A.O. 1991, Pescod 1992) και

γ) αποτελούν ένα επιπλέον υδατικό πόρο, γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό σε χώρες όπου οι βροχοπτώσεις είναι ανεπαρκείς, όπως η χώρα μας, στην οποία οι μειωμένες βροχοπτώσεις των τελευταίων ετών (Maheras 1988, Maheras and Kolyba-Mahera 1990, Βαφειάδης 1991, Μαυρουδής και Πανώρας 1992, Πέννας 1992, Μαυρουδής και Πανώρας 1993α, Louisakis et al. 1998) σε συνδυασμό με την αύξηση της ζήτησης νερού τόσο για γεωργική όσο και για βιομηχανική-αστική χρήση, δημιούργησαν ελλειμματικό ισοζύγιο νερού και μείωσαν σημαντικά τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους.

# 1. ΤΑ ΚΩΝΟΦΟΡΑ

## 1.1. ΓΕΝΙΚΑ

Τα Κωνοφόρα ή Κωνιφερώδη είναι η μεγαλύτερη τάξη Γυμνόσπερμων φυτών η οποία ανήκει στην υποδιαίρεση (ή κλάση) Κωνιφερόφυτα. Περιλαμβάνει 48 περίπου γένη με περισσότερα από 500 είδη ξυλωδών φυτών, που χαρακτηρίζονται αφ'ενός από τα ξηροφυτικά βελονοειδή φύλλα, τα οποία είναι συνήθως πολυετή, και αφετέρου από το γεγονός ότι φέρουν τα σπέρματα και τη γύρη σε κώνους ή στροβίλους, δηλαδή σε κωνοειδείς δομές (άλλες για τα σπέρματα, άλλες για τη γύρη), από σκληρά ή μεμβρανώδη λέπια που διατάσσονται σπειροειδώς ή σε σπονδύλους γύρω από έναν άξονα. Τυπικά, τα κωνοφόρα είναι ορθοφυή, αειθαλή δέντρα και θάμνοι, αλλά υπάρχουν και εξαιρέσεις όπως π.χ. διάφορα είδη Γιουνίπερου που δεν ξεπερνούν τα 30 εκ. σε ύψος. Όλα τα κωνοφόρα, ωστόσο, φέρουν τη γύρη σε μικρούς κώνους με λεπτά λέπια, καθένα από τα οποία φέρει τουλάχιστον δύο γυρεόσακους.

**Μορφολογικά χαρακτηριστικά.** Τα περισσότερα κωνοφόρα, που είναι γνωστά και ως βελονόφυλλα, έχουν πυραμιδοειδές ή κωνικό σχήμα σε νεαρή ηλικία· στη συνέχεια παίρνουν ένα σχήμα που μοιάζει χονδρικά με σπείραμα και, τέλος, σε μεγάλη ηλικία είναι σφαιρικά ή με επίπεδη κορυφή. Πολλά έχουν κυλινδρικό κορμό, ελεύθερο από κλαδιά για σημαντικό τμήμα του όλου μήκους του. Ορισμένα μπορούν να βλαστήσουν από το πρέμνο, αφού κοπεί το δέντρο, τα περισσότερα όμως πεθαίνουν και δεν μπορούν να ξαναβλαστήσουν αν υλοτομηθούν ή αν μια πυρκαγιά εκκαθαρίσει μια περιοχή. Τα κωνοφόρα που φύονται κατά μήκος της οριακής γραμμής βλάστησης, σε ανεμοδαρμένες παράκτιες περιοχές και σε άλλους εκτεθειμένους τόπους έχουν αλλόκοτα σχήματα, που οφείλονται στον άνεμο ή στις μεγάλες ποσότητες χιονιού που τα καλύπτουν όλο το χειμώνα.

Τα κωνοφόρα δέντρα χαρακτηρίζονται από τη «μονοποδική» τους αύξηση, δηλαδή ο κύριος κορμός τους αυξάνεται συνεχώς σε ύψος, χάρη στις διαιρέσεις του επικόρυφου οφθαλμού, από τον οποίο δημιουργούνται και οι πλευρικοί κλάδοι. Διακρίνονται τρεις τύποι κλάδων : τα **μακροκλάδια** με κανονική βιολογική αύξηση, τα οποία ονομάζονται και **αυξητικοί βλαστοί** και αποτελούν τον κύριο κορμό και τους πλευρικούς κλάδους· τα **βραχυκλάδια**, που η αύξησή τους σταματάει πολύ γρήγορα και είναι οι φυλλοφόροι βλαστοί· ορισμένοι επιστήμονες, τέλος, διακρίνουν στα είδη του Πεύκου και τρίτο τύπο κλάδων, **τα στοιχειώδη κλαδιά**, που καταλήγουν και περιβάλλουν τη βάση των βελόνων.

Από ανατομική άποψη, το ξύλο των κωνοφόρων παρουσιάζει μια θεμελιώδη διαφορά από το ξύλο των Αγγειοσπέρμων· αποτελείται όχι από τραχείες αλλά αποκλειστικά από τραχείδες, δηλαδή επιμήκη κύτταρα τοποθετημένα κανονικά το ένα δίπλα στο άλλο και επάνω από το άλλο, με χαρακτηριστική τη διατήρηση των τοιχωμάτων τους. Τα τοιχώματα είναι διάστικτα από τα λεγόμενα *αλωφόρα βοθρία*, που είναι και το χαρακτηριστικό του ξύλου των κωνοφόρων.

Ένα άλλο ανατομικό χαρακτηριστικό του ξύλου των κωνοφόρων είναι η παρουσία εκκριτικών (αδενικών) στοιχείων, που έχουν τη μορφή αγωγών που παράγουν ρητίνη και αιθέρια έλαια, πιο σπάνια κόμμεα· είναι ο λόγος για τον οποίο τα κωνοφόρα ονομάζονται και *ρητινοφόρα*. Το κοινό πεύκο παράγει την περισσότερη μεταξύ όλων των κωνοφόρων ρητίνη κατά δέντρο.

Οι στρόβιλοι είναι πάντοτε μονογενείς. Τα δύο γένη (αρσενικό και θηλυκό) βρίσκονται είτε στο ίδιο άτομο, οπότε το φυτό ονομάζεται *μόνοικο* (συνήθως στα είδη του Πεύκου και Ελάτου), είτε σε διαφορετικά άτομα, οπότε το φυτό ονομάζεται *δίικο*. Οι αρσενικοί κώνοι είναι περιορισμένης, κατά μήκος, αύξησης· ο άξονάς τους καλύπτεται πυκνά από στήμονες (μικροσποριόφυλλα), που διατάσσονται ελικοειδώς. Ο κώνος αυτός αντιστοιχεί στο άνθος των Αγγειοσπέρμων και αναφέρεται από ορισμένους ερευνητές ως «αρσενικό άνθος». Έτσι, ένας αρσενικός «ανθοφόρος» κλάδος ενός πεύκου φέρει στη βάση του μικρά βράκτια, στη συνέχεια μια ομάδα αρσενικών κώνων και τέλος μικρά στοιχειώδη κλαδιά, που φέρουν στην άκρη τους μακριές βελόνες. Στην κορυφή του κλάδου βρίσκεται ένας οφθαλμός. Οι γυρεόσακοι (μικροσποριάγγεια) φύονται, ανά δύο ή περισσότεροι, στο κατώτερο μέρος του στήμονα. Από τη διάρρηξή τους ελευθερώνονται οι γυρεόκοκκοι, που είναι στρογγυλοί, φέρουν δύο αεροφόρους σάκους και μεταφέρονται με τον άνεμο. Η γύρη στα κωνοφόρα παρουσιάζει μεγάλη ποικιλομορφία. Η μορφολογία και η δομή του γυρεόκοκκου αποτελούν πολύτιμο χαρακτηριστικό για τον προσδιορισμό των ειδών. Η επικονίαση είναι πάντοτε ανεμόφιλη και συχνά η κίτρινη γύρη που πέφτει στο έδαφος μοιάζει σαν «βροχή θειαφιού».

Ο θηλυκός κώνος αποτελείται από έναν άξονα με πολυάριθμα, ελικοειδώς τεταγμένα, βράκτια, τα οποία υφίστανται αύξηση και αργότερα αποξύλωση, ώστε να σχηματιστεί το χαρακτηριστικό ξυλώδες λέπι του κώνου. Στη μασχάλη κάθε βρακτίου σχηματίζεται ένα καρπόφυλλο, που συμφύεται με το βράκτιο και φέρει μία ή περισσότερες σπερμοβλάστες, ανάλογα με το γένος του φυτού.

Ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ της επικονίασης και της γονιμοποίησης είναι στην περίπτωση των κωνοφόρων μακρότερος εκείνου των Αγγειοσπέρμων· υπερβαίνει

συνήθως τον ένα μήνα.

Κατά την ωρίμανση (που συντελείται συνήθως μετά από δύο έτη), οι θηλυκοί κώνοι, οι οποίοι εγκλείουν ώριμους σπόρους, έχουν μορφή και θέση πάνω στο φυτό που ποικίλλουν από το ένα είδος στο άλλο: μερικοί είναι όρθιοι (Κέδρος), άλλοι είναι κρεμάμενοι (Πεύκα, Ερυθρελάτη)· άλλοι πέφτουν, ύστερα από ένα κτύπημα, στο έδαφος, όπου και ανοίγουν· άλλοι, αντίθετα, χάνουν, επάνω στο δέντρο, σιγά σιγά τα λέπια τους, για να παραμείνει ο κεντρικός τους άξονας στον κλάδο, από όπου πέφτει πολύ αργότερα από το τελευταίο λέπι. Γενικά, οι σπόροι, που φέρουν πτερύγιο, διασκορπίζονται από τον άνεμο πριν από την πτώση του κώνου.

Τα φύλλα των κωνοφόρων είναι αιθαλή και παρουσιάζουν ποικιλία μορφών.

**Χρησιμότητα για τον άνθρωπο.** Τα Κωνοφόρα παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον για τον άνθρωπο. Αποτελούν σημαντικά στοιχεία για την αρχιτεκτονική τοπίου, τη δημιουργία δασών που διατηρούν υψηλή ικανότητα αναγέννησης σε πολλές περιοχές του κόσμου, την προστασία του εδάφους από υπερβολική διάβρωση. Τα πιο μικρόσωμα είδη παρουσιάζουν μικρή οικονομική σημασία πέρα από τη χρησιμοποίησή τους ως καλλωπιστικά.σε κήπους, πολλά όμως από αυτά περιορίζουν αποτελεσματικά τη διάβρωση.

Κυριότερο προϊόν, ωστόσο, είναι το ξύλο και μάλιστα το μαλακό ξύλο, που προσφέρεται για κάθε χρήση από χαρτοπολτό έως πριστή ξυλεία.

**Γεωγραφική κατανομή.** Τα κωνοφόρα απαντούν κυρίως στις ψυχρές και εύκρατες περιοχές, ενώ στα τροπικά κλίματα περιορίζονται στις ορεινές περιοχές. Σχηματίζουν εκτεταμένα δάση, που καταλαμβάνουν επιφάνεια 1.190 εκ. εκταρίων.

**Τα πρώτα Κωνοφόρα.** Η γεωλογική ιστορία των κωνοφόρων άρχισε κατά το Λιθανθρακοφόρο (περίπου 345 εκ. χρόνια πριν). Τα πρώτα κωνοφόρα, που εμφανίζονται ως απολιθώματα, τοποθετήθηκαν συλλογικά για λόγους ευκολίας στην οικογένεια Βολτζιίδες (Voltziaceae), η οποία έχει ασαφείς σχέσεις με παλαιότερες ομάδες φυτών. Τα κωνοφόρα εξελίχθηκαν γρήγορα κατά το Μεσοζωϊκό (225-65 εκ. χρόνια πριν), αλλά από την περίοδο εκείνη διατηρούνται σχετικά λίγα απολιθώματα και κατά συνέπεια είναι δύσκολη η παρακολούθηση των διαφοροποιήσεων που έγιναν. (Πάπυρος Λαρούς Μπριτάνικα, 1989)



<b>Φύλο</b>	Γυμνόσπερμα
<b>Κλάση</b>	Coniferofyta (Κωνιφερόφυτα)
<b>Τάξη</b>	Coniferae (Κωνοφόρα)
<b>Οικογένεια</b>	Cupressaceae (Κυπαρισσοειδή)
<b>Υποοικογένεια</b>	Cupressoideae
<b>Γένη</b>	Cupressus (Κυπαρίσσι) Juniperus (Γιουνίπερος) Thuja (Τούγια)

## ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ CUPRESSACEAE

Στην οικογένεια Cupressaceae (18 γένη) ανήκουν αειθαλή δέντρα ή θάμνοι, μόνοικα ή δίοικα.

**Φύλλα** : λεπιοειδή ή βελονοειδή, αντίθετα ή σε σπονδύλους. Νεανικό φύλλωμα ανεπτυγμένο για τα πρώτα 1-2 έτη. Ενήλικα κανονικά μικρά, κλιμακωτά φύλλα, μερικές φορές ανάμικτα με νέα.

**Άνθη** : αρσενικά και θηλυκά σε κωνίσκους, που σχηματίζονται από αρκετά αντίθετα, σε σπονδύλους ή σε σπειροειδή διάταξη λέπια. Τα λέπια των αρσενικών κωνίσκων φέρουν 2-6 γυρεόσακους. Τα λέπια των θηλυκών συνίστανται από τα καρπικά τα πλήρως συμφυή με τα καλυπτήρια λέπια, τα οποία φέρουν 1-20 όρθιες σπερμοβλάστες στην ανώτερη επιφάνεια.

**Κώνιοι** : μικροί, ξυλώδεις σπανίως ραγόμορφοι κατά την ωρίμανση· στο Γιουνίπερο σαρκώδεις.

**Σπέρματα** : με ή χωρίς πτερύγια.

### 1.1.1 CUPRESSUS (Κυπαρίσσι)

#### Γενικά γνωρίσματα

Τα κυπαρίσσια είναι γένος που περιλαμβάνει 20 περίπου είδη, τα οποία κατάγονται όλα από το Β. Ημισφαίριο, αλλά απαντούν στη Β. Αμερική, από το Όρεγκον μέχρι το Μεξικό, στην περιοχή της Μεσογείου, στη Δ. Ασία, στα Ιμαλάια και στην Κίνα.

Είναι μόνοικα αειθαλή δέντρα που φτάνουν συχνά τα 28m ύψος και έχουν πυραμιδοειδές σχήμα, ιδιαίτερα σε νεαρή ηλικία. Ορισμένα είδη αναπτύσσουν, όταν φτάσουν σε ηλικία ικανότητας αναπαραγωγής, απλωτή πλατυσμένη κόμη, ενώ άλλα είναι θάμνοι (σπανιότερα), με ύψος μικρότερο από 6m. Τα χρώματα τους μπορεί να είναι πράσινο, μπλε, κίτρινο, μονόχρωμα ή με έντονες αποχρώσεις.

Ο φλοιός μπορεί να είναι λείος, συνήθως όμως χωρίζεται σε λωρίδες που πέφτουν



από το δέντρο.

Στα γηραιότερα κλαδιά τα φύλλα είναι χαρακτηριστικά μικρά, σταυρωτά, αντίθετα, δίμορφα, λεπιοειδή και πιεσμένα, ενώ στους νεαρούς βλαστούς βελονοειδή και αποκλίνοντα. Είναι συνήθως αρωματικά, με αδενικούς πόρους στην εξωτερική τους επιφάνεια. Διατάσσονται στο βλαστό σε αντίθετα ζεύγη, δίνοντας στο βραχυκλάδιο την όψη τετραπλεύρου.



Εικόνα 1. Αρσενική ταξιανθία



Εικόνα 2



Εικόνα 3. Θηλυκοί κώνοι

Μικρές αρσενικές και θηληκές δομές (κώνοι) φύονται στο ίδιο άτομο. Οι αρσενικοί κωνίσκοι (εικ. 1) είναι μικροί, επιμήκεις ή κυλινδρικοί, μεμονωμένοι, στην κορυφή νεαρών κλαδίσκων. Οι θηλυκοί κώνοι (καρποί) (εικ. 3) είναι μικροί, σφαιρικοί ή ελλειψοειδώς κυλινδρικοί, συνήθως με 3-7 ζεύγη καρποφύλλων (ξυλωδών ή δερματωδών καρπικών λεπίων, που είναι συμπιεσμένα το ένα πάνω στο άλλο και προσφύονται στον άξονα του κώνου με το πίσω τμήμα του λεπιού· στην εξωτερική επιφάνεια φέρουν ένα μικρό έπαρμα), διετούς ωρίμανσης. Όταν είναι ώριμοι ανοίγουν συμμετρικά προς το κέντρο. Τα καρπόφυλλα είναι ασπιδοειδή, έχουν πολυάριθμες σπέρμοβλάστες στη βάση τους και το καθένα φέρει από 6 έως περισσότερα από 100, πιεσμένα, στενά πτερυγιοφόρα σπέρματα, , ανάλογα με το είδος.

Τα σπέρματα ωριμάζουν στο τέλος της δεύτερης περιόδου (δηλαδή το δεύτερο χρόνο) μετά τη γονιμοποίηση, αλλά μπορεί να περάσουν μερικά ακόμη χρόνια πριν ανοίξει ο κώνος.

Η ξυλεία που δίνει το κυπαρίσσι παρουσιάζει περιορισμένο ενδιαφέρον. Η πιο χρήσιμη ξυλεία λαμβάνεται από τα είδη *C. torulosa*, *C. sempervirens* και το *C. macrocarpa*. Το ξύλο αυτό είναι ελαφρό, μέτρια σκληρό και πολύ ανθεκτικό σε επαφή με

το έδαφος, αλλά έχει συνήθως ρόζους και μια μυρωδιά που μερικές φορές θεωρείται δυσάρεστη. Είναι ξύλο εύκολα κατεργάσιμο και χρησιμοποιείται κυρίως ως οικοδομική ξυλεία και για στύλους και πασσάλους κάθε είδους (IL MILLEPIANTE, 1991).

## **Είδος *Cupressus macrocarpa***

**Προέλευση :** Το μεγαλόκαρπο κυπαρίσσι ή του Μοντερέυ κατάγεται από μια μικρή χερσόνησο της Ν. Καλιφόρνιας κοντά στο Μοντερέυ (1838). Αφθονεί κοντά στις ακτές της Δ. Βρετανίας.

**Φλοιός :** ερυθροκάστανος στα νεαρά, γκριζός στα μεγαλύτερης ηλικίας δέντρα και ινώδης.

**Κόμη :** πυραμιδοειδή (στενή και όρθια) με ορθίως αποκλίνοντες κλάδους στα νεαρά και με επίπεδη κορυφή στα ηλικιωμένα άτομα, τα οποία θυμίζουν λίγο τον κέδρο στην εμφάνιση. Στον τόπο καταγωγής του δεν ξεπερνά τα 18m σε ύψος. Ως καλλωπιστικό όμως φτάνει συχνά τα 25-30m.

**Φύλλωμα :** φύλλα 1-2 mm, λεπιοειδή, πρασινωπά, με οσμή λεμονιού, όταν τρίβονται.

**Άνθη - Κώνοι :** αρσενικοί κωνίσκοι μικροί (3 - 5mm), πράσινοι και κίτρινοι, οι οποίοι ρίχνουν τη γύρη τους μέσε Ιουνίου. Θηλυκοί κώνοι 2 - 4cm, σφαιρικοί μέχρι ελλειψοειδείς, γυαλιστεροί, οι ώριμοι καστανοί.

**Καρπόφυλλα :** 8-14 με ομφαλό που απολήγει σε μικρή ακίδα, το καθένα από τα οποία με 8-20 σπέρματα.

**Οικολογικές απαιτήσεις :** αναπτύσσεται σε πτωχά, ξηρά εδάφη σε ηλιαζόμενες θέσεις, αντέχει στις υψηλές θερμοκρασίες και στα υδροσταγονίδια της θάλασσας, αλλά είναι ευπαθές στο ψύχος και ευαίσθητο στον μύκητα *Seiridium cardinale*.

**Ανάπτυξη :** πολύ ταχεία στη δύση. Έπειτα από 30 – 40 χρόνια το δέντρο σταματάει να αναπτύσσεται ως προς το ύψος, αλλά η περιφέρεια αυξάνεται ταχύτατα, πάνω από 6-7cm ανά έτος.

**Χρήση :** ως είδος φυτεύεται ακόμη και κατά μήκος των δρόμων, αλλά είναι μάλλον άσχημο, με το συχνά ακανόνιστο σχήμα του και το μουντό πράσινο χρώμα σε μεγάλη ηλικία. Ωστόσο, καλλιεργείται ως καλλωπιστικό για το φύλλωμά του και τη χαριτωμένη εμφάνισή του σε νεαρή ηλικία, για προστασία και σε περιοχές κοντά στη θάλασσα.

(ΑΡΑΜΠΑΤΖΗΣ Θ. Ι., 1998, A. Mitchell, 1974)

## Ποικιλία *Cupressus macrocarpa* cv Goldcrest



Εικόνα 4. *Cupressus macrocarpa* cv Goldcrest

**Ύψος :** μέτριο, >15m.

**Πλάτος :** >5m.

**Κόμη :** τέλεια κωνική.

**Φύλλωμα :** χρυσοκίτρινο, το οποίο παραμένει νεανικό για μεγάλο μέρος του χρόνου.

**Ανάπτυξη :** ταχεία.

**Ευαισθησία :** στο κρύο (< -10 °C) και γενικά σε ακραίες θερμοκρασίες.

**Ποικιλία :** σχετικά νέα.

**Πολλαπλασιασμός :** κυρίως με εμβολιασμό, αλλά και μοσχεύματα.

**pH εδάφους :** ουδέτερο έως αλκαλικό.

(IL MILLEPIANTE, 1991, Αθανασόπουλος Α., 2000)

## 1.1.2 JUNIPERUS (Γιουνίπερος)



Εικόνα 5. Αρσενική ταξιανθία



Εικόνα 6. Θηλυκή ταξιανθία



Εικόνα 7. Καρποί

### Γενικά γνωρίσματα

Γένος Γυμνόσπερμων Κωνοφόρων φυτών που ανήκει στην οικογένεια Κυπαρισσίδες (Cupressaceae). Περιλαμβάνει 60-70 είδη (7 στη χώρα μας) μόνοικων ή δίοικων αρωματικών, ρητινωδών, αειθαλών δέντρων ή θάμνων που απαντούν στο Β Ημισφαίριο. Είναι συνήθως θαμνώδη φυτά με πλαγιόκλαδο σχήμα και λεπτό φλοιό και σπανιότερα μικρά δένδρα. Τα φυτά του γένους αυτού αναφέρονται στην Ελληνική με την ονομασία Άρκενθος. Ενώ τα είδη του γένους *Juniperus* αντέχουν στην ξηρασία, τον ήλιο, το πολύ αλκαλικό, ξερό και ελαφρύ έδαφος, εδαφοκλιματικό συνδυασμό πολύ κοινό κυρίως στη Ν. Ελλάδα, είναι κάπως δύστροπα αν φυτευτούν σε βαριά αργιλώδη και μονίμως υγρά εδάφη.

Οι Γιουνίπεροι έχουν δύο ειδών φύλλα. Τα νεαρά είναι βελονοειδή, ακιδωτά και τα μεγάλης ηλικίας βελονοειδή ή λεπιοειδή ή και τα δύο και διατάσσονται αντίθετα ανά δύο ή σε σπονδύλους των τριών. Ορισμένα είδη έχουν μικρά λεπιοειδή φύλλα.

Τα άνθη διατάσσονται σε ίουλους σφαιρικούς ή ωοειδείς. Οι αρσενικοί ίουλοι (κωνίσκοι) είναι ωοειδείς, με πολυάριθμους στήμονες, ο καθένας από τους οποίους φέρει 2-4 γυρεόσακους. Οι ίουλοι των θηλυκών ανθέων μετατρέπονται κατά την ωρίμανση σε ραγόμορφους στροβίλους, ραγοστρόβιλους ή αρκευθίδες, ερυθροκάστανου ή γαλαζωπού χρώματος, οι οποίοι συχνά φέρουν ένα γκριζωπό κηρώδες κάλυμμα, με 3-8 αντίθετα ή σε σπονδύλους καρπικά λέπια, το καθένα από τα οποία έχει 1-2 σπερμοβλάστες. Ωριμάζουν σε 2 περίπου χρόνια και περιέχουν 1-12 σπέρματα (3 συνήθως), σκληρά, χωρίς πτερύγιο, που ελευθερώνονται μετά τη σήψη του κώνου.

Τα φυτά αυτά είναι συνήθως δίοικα, οπότε σε κάποιες ποικιλίες φτιαγμένες αποκλειστικά από αρσενικά φυτά δεν υπάρχουν καρποί. Όπου παράγονται είναι διαφορετικοί από των περισσότερων άλλων κωνοφόρων, δερματώδεις ή σαρκώδεις, φαινομενικά ενιαίοι (δεν «σκάνε»), που προκύπτουν από τη σύμφυση των σαρκωδών καρποφύλλων, σε μορφή μπιζελιού, καφέ, πράσινοι ή μαύροι. Ο καρπός (*J. communis*)



καταναλώνεται τόσο από τα πτηνά όσο και από τους ανθρώπους σαν μπαχαρικό, ενώ δίνει το άρωμα αλλά και το όνομά του στο οινοπνευματώδες ποτό Gin.

Απαρτίζουν την πιο σημαντική οικογένεια των νάνων κωνοφόρων. Είναι φυτά πολύ σκληρά, ανθεκτικά στο κρύο. Αναπτύσσονται σε κάθε καλά στραγγιζόμενο έδαφος σε ηλιόλουστες θέσεις, αλλά αντέχουν σε όλα τα εδάφη ακόμη και στα άνυδρα, και επιβιώνουν και σε ημισκιερές θέσεις. Οι έρπουσες ποικιλίες εκτιμώνται ιδιαίτερα και για τις εδαφοκαλύψεις.

Το ξύλο του Γιουνίπερου είναι γενικά ανθεκτικό και η κατεργασία του είναι εύκολη. Η αντίστασή του στις επιθέσεις των εντόμων οφείλεται πιθανόν στην παρουσία ελαίων. Χρησιμοποιείται στην οικοδομική, στην επιπλοποιία, στην κατασκευή φρακτών κ.α. Από διάφορα είδη του γένους εξάγεται έλαιο που χρησιμοποιείται στην αρωματοποιία και σε ορισμένα φάρμακα, κυρίως διουρητικά. Πολλά είδη χρησιμοποιούνται ως καλλωπιστικά και έχουν αναπτυχθεί πολλές ποικιλίες τους. Τέτοια είδη π.χ. τα *J. chinensis*, *J. horizontallis*, *J. scopulorum*, *J. virginiana*. (ΑΡΑΜΠΙΑΤΖΗΣ Θ. Ι., 1998, IL MILLEPIANTE, 1991, Πάπυρος Λαρούς Μπριτάννικα, 1984, Αθανασόπουλος Α., 2000)

## Είδος *Juniperus chinensis*



Εικόνα 8. Αρσενική ταξιανθία και καρποί  
*Juniperus chinensis*



Εικόνα 9

**Προέλευση :** από την Κίνα, Ιαπωνία (1804).

**Φλοιός :** σκούρος καστανός, ινώδης από τον οποίο ξεφλουδίζονται μακριές, περιστρεφόμενες, στενές λωρίδες.

**Κόμη :** κίτρινη, ανοιχτή, ακανόνιστου σχήματος. Κορμός με βαθιές ραβδώσεις.

**Φύλλωμα :** ενήλικο λεπιοειδές συνήθως, σκληρό, αλλά υπάρχουν και νεανικές μορφές (Blaauw, Plumosa). Λέπια πολύ μικρά, συμπαγή με μουντό σκούρο πράσινο χρώμα. Όταν συνθλίβονται τα φύλλα δίνουν μια ελαφρά δυσσομία.

**Άνθη - Κώνοι :** συνήθως δίοικα δέντρα. Οι αρσενικοί ίουλοι είναι μικροί, στα άκρα των κλαδιών, κίτρινοι και άφθονοι και διακρίνονται από το φθινόπωρο μέχρι να ρίξουν τη γύρη νωρίς τον Απρίλιο. Οι καρποί (θηλυκοί κώνοι) είναι ακανόνιστα σφαιρικοί μεγέθους 6-7mm, με ζωηρό ανοιχτό γαλάζιο – λευκό χρώμα που ωριμάζουν στα 2 έτη.

**Οικολογικές απαιτήσεις :** πολύ ανθεκτικό σε ξηροθερμικές συνθήκες.

**Ανάπτυξη :** βραδεία σε ύψος και περιφέρεια. Ο μέσος όρος για το ύψος είναι λιγότερο από 15cm ανά έτος αν και τα νεαρά φυτά ίσως αναπτύσσονται 50cm ανά έτος.



**Ποικιλία *Juniperus chinensis* cv *Stricta***

**Ύψος :** μέτριο, έως 10m.

**Πλάτος :** 0.5-0.6m.

**Κόμη :** κωνικό, ορθόκλαδο.

**Φύλλωμα :** βελονοειδές, ασημόκριζο, μαλακό στην αφή.

**Βλάστηση :** πυκνή.

**Ευαισθησία :** στον τετράνυχο

**Πολλαπλασιασμός :** με μοσχεύματα το χειμώνα και με εμβολιασμό.

**pH εδάφους :** ουδέτερο έως αλκαλικό.

(<http://www.mammos.gr>)

(IL MILLEPIANTE, 1991).



Εικόνα 10. *Juniperus chinensis* cv *Stricta*



Εικόνα 11. Φύλλωμα *Juniperus chinensis* cv *Stricta*

### 1.1.3 THUJA (Τούγια)

#### Γενικά γνωρίσματα

Γένος Γυμνόσπερμων φυτών που ανήκει στην κλάση Κωνιφερόφυτα, στην τάξη Κωνοφόρα και στην οικογένεια Κυπαρισσίδες. Περιλαμβάνει 6 ξενικά είδη ρητινοφόρων αειθαλών μόνοικων δέντρων και θάμνων που είναι ιθαγενή της Β. Αμερικής και της Α. Ασίας (Κίνα, Ιαπωνία) με πιο γνωστό την *T.orientalis* ή κινεζική τούγια.

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν απλά φυτά εύκολης καλλιέργειας που επιδέχονται όλα τα κλαδέματα, και αναζητούν βαθιά εδάφη, υγρά αλλά στραγγερά. Το κλασικό σχήμα τους είναι κωνικό - πυραμιδοειδές με λεπτό λεπιδώδη εξωτερικό φλοιό και ινώδη εσωτερικό, δεν είναι πολύ ταχείας ανάπτυξης φυτά.

Τα φύλλα τους είναι λεπιοειδή, σταυρωτά αντίθετα, πιεσμένα, όπου τα δυο αντικριστά είναι πλατύτερα από τα άλλα δύο και πολύ αρωματικά.

Τα αρσενικά άνθη διαμορφώνονται σε μικρούς, μεμονωμένους, επάκριους, σχεδόν σφαιρικούς κωνίσκους. Τα θηλυκά σε πολύ μικρούς, ωοειδώς κυκλικούς μέχρι επιμήκεις κωνίσκους, με 6-12 καρπικά λέπια.

Καρποί ξυλοποιημένοι, επιμήκεις ή κωνικοί, με καρπόφυλλα που καλύπτουν το ένα το άλλο, λεπτά και εύκαμπτα, το καθένα με 2-3 σπέρματα. Όταν είναι ώριμοι ανοίγουν από ένα σημείο κοντά στο μίσχο (σαν πέταλα λουλουδιών), ενώ εμφανίζονται στη μέση των κλαδιών. Οι βλαστοί και τα κλαδάκια (βρίσκονται σε ένα επίπεδο) της κορυφής είναι πάντα όρθια.

Χρησιμοποιούνται ως καλλωπιστικά σε πάρκα, κήπους, μεμονωμένα ή σε ομάδες, σε φράχτες και σε δεντροστοιχίες κατά μήκος των δρόμων. Το ξύλο της Τούγιας, κιτρινωπό ή καστανοκόκκινο, είναι μαλακό, ελαφρύ, ευκολοκατέργαστο χωρίς ρητινοφόρους αγωγούς και χαρακτηρίζεται από ωραίο άρωμα και μεγάλη ανθεκτικότητα και διάρκεια. Χρησιμοποιείται για γενικές οικοδομικές κατασκευές, στην επιπλοποιία, σε τηλεγραφικούς στύλους κλπ. Ο εξωτερικός φλοιός της Τούγιας αποτελεί χρήσιμο υλικό για την κατασκευή σκεπής, ενώ ο εσωτερικός φλοιός χρησιμοποιείται ως υλικό παραγεμίματος επίπλων κλπ.

(Πάπυρος Λαρούς Μπριτάννικα, 1993, IL MILLEPIANTE, 1991, Αθανασόπουλος Α., 2000).

## Είδος *Thuja orientalis*



Εικόνα 12. Θηλυκά άνθη



Εικόνα 13. Αρσενικά άνθη



Εικόνα 14

**Προέλευση :** αυτοφυές της Κίνας και Ιαπωνίας (1720). Πολύ διαδεδομένο στη χώρα μας όπου δεν παρουσιάζει προβλήματα.

**Φλοιός :** λεπτός, ινώδης, καστανέρυθρος.

**Κόμη :** πλατιά κωνική, ωοειδής ή ακανόνιστη. Μικρό δέντρο ύψους 5-15m και πλάτους 8m. Συχνά διακλαδίζεται από χαμηλά τη βάση, με κεντρικούς κλάδους ισομήκεις με τον κύριο κορμό.

**Φύλλωμα :** λεπιοειδή φύλλα, σταυρωτά αντίθετα, σκουροπράσινα, με την πάνω πλευρά γυαλιστερή και την κάτω πιο μουντή, αν και υπάρχουν και ποικιλίες με κίτρινους – χρυσούς τόνους. Το φύλλωμα μπορεί να πάρει καφέ απόχρωση σε ψυχρούς χειμώνες και να πέσει μικρό μέρος του, αλλά την άνοιξη αναπληρώνεται.

**Άνθη - Κώνοι :** Αρσενικά άνθη σφαιρικά, θηλυκά με 6-8 καρπικά λέπια, το καθένα με 2 σπέρμοβλάστες. Κώνοι 1-1.5cm, επιμήκεις, όρθιοι, γαλανοπράσινοι, με επίχρισμα πριν από την ωρίμανση. Τα καρπόφυλλα φέρουν ισχυρά αγκιστροειδή ή κυρτή προς τα πίσω κορυφή. Σπέρματα 3mm., ωοειδή, χωρίς πτερύγια.

**Οικολογικές απαιτήσεις :** προτιμά τα ασβεστολιθικά εδάφη με αλκαλική ή ουδέτερη αντίδραση και υψηλή ατμοσφαιρική υγρασία. Ανθεκτικό στους παγετούς, στην ξηρασία και στον άνεμο. Το μόνο που δεν ανέχεται είναι το υπερβολικά βαρύ και μουσκεμένο χώμα. Μερικές ποικιλίες (π.χ. Compacta Aurea Nana) μπορούν να χάσουν προσωρινά ή και μόνιμα το σχήμα τους μετά από μια δυνατή βροχή, χαλάζι ή βαριά χιονόπτωση.

**Ανάπτυξη :** βραδεία (4.5m /20 έτη).

**Χρήση :** έχει πολλές ποικιλίες και καλλιεργείται ως καλλωπιστικό. Κατάλληλο για μεμονωμένη φύτευση στη γλόη ή σε συστάδες ανάμεσα σε φυλλοβόλα και για ανεμοφράχτες. Κλαδεύεται και αποκτά διάφορα σχήματα.



**Ποικιλία** *Thuja orientalis* cv **Pyramidalis Aurea**



Εικόνα 15 και 16. *Thuja orientalis* cv **Pyramidalis Aurea**

**Ύψος :** 6 - 8 m.

**Κόμη :** πυραμιδοειδή

**Φύλλωμα :** χρυσοκίτρινο που παίρνει κόκκινες αποχρώσεις τον χειμώνα.

**Βλάστηση :** κανονική.(IL MILLEPIANTE, 1991).

**Πολλαπλασιασμός :** με μοσχεύματα.

**pH εδάφους :** προτιμάει το ουδέτερο οργανικό έδαφος, αλλά δεν έχει πρόβλημα και σε αλκαλικό – ασβεστούχο.

## 1.2. ΚΛΙΜΑ

Τα κωνοφόρα προτιμούν γενικά κρύους και ξηρούς χειμώνες, βροχερή άνοιξη και φθινόπωρο και το καλοκαίρι ξηρότερο μεν, αλλά δροσερό.

Προβλήματα που παρουσιάζονται από τον ήλιο είναι το ηλιοκαυμα και το «άναμμα», ενώ πιο ευαίσθητες ποικιλίες στον ήλιο είναι αυτές που έχουν το λεγόμενο νεανικό φύλλωμα (π.χ. *C. Macrocarpa* cv Goldcrest).

Το χιόνι γενικά είναι επιθυμητό, γιατί αφενός προστατεύει ό,τι καλύψει από τυχόν πάγο, αφετέρου αποδίδει νερό στο χώμα αργά-αργά και χωρίς να το παρασύρει. Τα προβλήματα που προκαλεί καμιά φορά είναι άνοιγμα κλαδιών (π.χ. σε μερικές ποικιλίες Χαμαικυπάρισσου και Τούγιας) και σπάσιμο μεγάλων κλαδιών.

Από τους ανέμους ο πιο σημαντικός είναι ο λίβας, ο οποίος, όπως και ο θαλασσινός αέρας, αφυδατώνει τα νεαρά κυρίως βλασταράκια των φυτών. Μερικά κωνοφόρα θεωρούνται ανθεκτικά στους θαλασσινούς ανέμους και στα σταγονίδια θαλασσινού νερού που μεταφέρουν, όπως το κυπαρίσσι του Μοντερέυ *Cupressus macrocarpa* (η ποικιλία Goldcrest λιγότερο από το τυπικό είδος), ο *Juniperus communis* και κάπως λιγότερο τα υπόλοιπα είδη κ.ά. Επίσης, οι χειμωνιάτικοι βοριάδες, σπάνια, μπορεί να προκαλέσουν αλλαγή στο χρώμα των φυτών, όπως π.χ. σε κάποια είδη τούγιας προς το καφέ ή το πορφυρό, πράγμα συχνά επιθυμητό.

## 1.3. ΕΔΑΦΟΣ

Τα περισσότερα καλλωπιστικά κωνοφόρα αγαπούν τα βαθειά, γόνιμα, υγρά και με αρκετή οργανική ουσία, αλλά όχι βαριά εδάφη. Όσον αφορά το pH του εδάφους, η πλειοψηφία προτιμά ελαφρά όξινο έως ουδέτερο έδαφος, αλλά δεν παρουσιάζονται προβλήματα ακόμη και αν το έδαφος είναι λίγο αλκαλικό.

## 1.4. ΦΥΤΕΜΑ

Οι μήνες που θεωρούνται πιο καλοί γενικά για φύτευση είναι Οκτώβριος, Νοέμβριος, Μάρτιος, Απρίλιος, ενώ κατάλληλη μέρα για φύτεμα είναι μια μουντή, συννεφιασμένη και υγρή μέρα με άπνοια. Το χώμα πρέπει να είναι νοτισμένο από όχι πολύ πρόσφατη, αλλά χορταστική βροχή ή πότισμα. Το φύτεμα δεν πρέπει να είναι πυκνό, με εξαίρεση τους φυτικούς φράχτες, και μάλιστα πρέπει να γίνεται σε μεγάλη απόσταση λαμβάνοντας υπόψη το τελικό μέγεθος του φυτού.

## 1.5. ΥΠΟΣΤΗΛΩΣΗ

Η υποστήλωση είναι αναγκαία στην περίπτωση της φύτευσης ή μεταφύτευσης, με σκοπό να βοηθηθεί η αγκυροβόληση του φυτού στη νέα θέση. Όμως, η υποστήλωση, τουλάχιστον για μικρό χρονικό διάστημα, είναι αναγκαία σε περιπτώσεις ποικιλιών που δε δημιουργούν εύκολα κατακόρυφη βλάστηση λόγω σχήματος ή προελεύσεως (εμβολιασμένες από πλάγιους βλαστούς) καθώς και σε περιπτώσεις όπου ο κατακόρυφος βλαστός κόπηκε ή ξεράθηκε από λάθος ή ασθένεια.

## 1.6. ΚΛΑΔΕΜΑ

Το κλάδεμα στα κωνοφόρα, σπάνια εφαρμόζεται ή χρειάζεται, με εξαίρεση φυσικά τα κωνοφόρα που φυτεύονται σε φράχτες. Τα γένη που μπορεί να χρειασθούν ένα ελαφρύ κλάδεμα είναι: Cupressocyparis, Cupressus, Juniperus, Thuja για να διατηρήσουν ένα κανονικό σχήμα. Μερικά κωνοφόρα έχουν την τάση να σχηματίζουν πολλούς κύριους άξονες, δηλαδή κορυφές. Είναι αναγκαίο να διατηρήσουμε μόνον την πιο εύρωστη.

## 1.7. ΕΔΑΦΟΚΑΛΥΨΗ

Η εδαφοκάλυψη τουλάχιστον τα πρώτα 3-5 χρόνια ευνοεί την ανάπτυξη των φυτών, διότι :

- βοηθάει στη συγκράτηση υγρασίας κοντά στις ρίζες (λιγότερο δηλαδή πότισμα),
- δημιουργεί πιο υγρό μικροκλίμα κοντά στα φυτά,
- εμποδίζει το ταρατσώμα στα πολύ συνεκτικά (αργιλώδη) εδάφη,
- προστατεύει από τις χαμηλές θερμοκρασίες το χειμώνα και τις πολύ υψηλές το καλοκαίρι,
- εμποδίζει, μέχρι ένα βαθμό, την ανάπτυξη ζιζανίων,
- διασπώμενα τα υλικά της με το χρόνο, εμπλουτίζουν το έδαφος με θρεπτικά συστατικά.

## 1.8. ΛΙΠΑΝΣΗ

Αρχικά είναι απαραίτητη μια ανάλυση εδάφους και ίσως και φυλλοδιαγνωστική, ώστε να γίνει ένα σωστό πρόγραμμα λίπανσης.

Με τη φύτευση, για τα πρώτα 1-2 χρόνια έως ότου το φυτό εγκατασταθεί και απλώσει τις ρίζες του, κάθε είδους λίπανση είναι γενικά περιττή. Η προσθήκη μόνο λίγου φωσφόρου, είναι χρήσιμη λόγω της μικρής κινητικότητας του στοιχείου αυτού στο έδαφος.



Μετά τα πρώτα 1-2 χρόνια μπορεί να αρχίσει η λίπανση, ιδιαίτερα αν τα φυτά είναι ζωηρής ανάπτυξης ή πυκνοφυτεμένα και το έδαφος αμμώδες ή φτωχό. Η λίπανση γίνεται νωρίτερα και σε μία δόση σε βαριά εδάφη και αργότερα και σε δύο σε ελαφριά, ιδιαίτερα σε περιοχές με πολλές βροχοπτώσεις. Επίσης, δε γίνεται ποτέ λίπανση το καλοκαίρι ή το φθινόπωρο και ιδιαίτερα στα μη ζωηρά φυτά (νάνα – βραδείας ανάπτυξης).

Αν το έδαφος είναι γόνιμο και δεν είναι υπερβολικά αμμώδες ή εξαντλημένο από φυτά που υπήρχαν προηγουμένως, η προσθήκη κάθε χρόνο κοπριάς, φυτοχωμάτων ή τύρφης που αποσυντιθέμενα σιγά-σιγά απελευθερώνουν θρεπτικά στοιχεία, μπορεί να καταργήσει τη χημική λίπανση. Πλεονεκτούν δε έναντι των χημικών λιπασμάτων και σαν εδαφοβελτιωτικά και σαν μονωτικά.

Στην περίπτωση της στάγδην άρδευσης το λίπασμα μπορεί να χορηγηθεί με το αρδευτικό νερό.

### **1.9. ΠΟΤΙΣΜΑ**

Ο καλύτερος τρόπος για πότισμα είναι με δίκτυο σωλήνων και σταλάκτες (μπεκ) ειδικά όπου το νερό είναι σπάνιο ή ακριβό. Ειδικά, όμως, για τα ευαίσθητα στη ζέστη και ξηρασία φυτά, καλύτερα αποτελέσματα δίνει η τεχνητή βροχή ή mini sprinklers, επειδή και το φύλλωμά τους βρέχεται και αυξάνεται η ατμοσφαιρική υγρασία.

Τα ποτίσματα πρέπει να είναι τακτικά τα 1-2 πρώτα χρόνια. Ανάλογα με το έδαφος και την ποικιλία του φυτού, το καλοκαίρι μπορεί να απαιτηθούν ακόμη και καθημερινά ποτίσματα και πάντως όχι λιγότερα από δύο βαθειά ποτίσματα την εβδομάδα. Αργότερα, καθώς το φυτό μεγαλώνει και η ρίζα πάει βαθύτερα, τα ποτίσματα μπορούν να αραιώσουν, αλλά η ποσότητα νερού που χορηγείται σε κάθε φυτό πρέπει να αυξηθεί.

### **1.10. ZIZANIOKTONIA**

Η καταστροφή των ζιζανίων είναι περισσότερο σημαντική τα πρώτα χρόνια, ή πάντοτε για φυτά νάνους, αφού στις περιπτώσεις αυτές το ρίζωμα των φυτών και των ζιζανίων βρίσκονται σε παραπλήσιο βάθος, ανταγωνιζόμενα για νερό και θρεπτικές ουσίες άμεσα το ένα το άλλο. Κατά συνέπεια, σε ακραίες περιπτώσεις, ένα ευαίσθητο ή νεαρό φυτό μπορεί να οδηγηθεί στο θάνατο. Τα ζιζάνια εξάλλου πολύ κοντά στον κορμό ενός νεαρού φυτού μπορεί να οδηγήσουν σε ξήρανση των κατώτερων κλαδιών.

Στην πράξη, για σχετικά μικρούς κήπους, το σκάψιμο ή το φρεζάρισμα 2-3 φορές το χρόνο σε συνδυασμό με κάποια εδαφοκάλυψη κοντά στο φυτό είναι αποτελεσματικό, ενώ για μεγαλύτερες εκτάσεις χρησιμοποιούνται χημικά σκευάσματα.

### 1.11. ΨΕΚΑΣΜΟΙ

Οι ψεκασμοί, πρακτικά είναι άχρηστοι για τα κωνοφόρα. Είναι ελάχιστες οι ποικιλίες που γίνονται αντικείμενο προσβολής από τον κόκκινο τετράνυχο, με εμφάνιση καφέ ζωνών στο φύλλωμα, που μετά πέφτει. (IL MILLEPIANTE, 1991).

### 1.12. ΕΧΘΡΟΙ - ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ

Τα κωνοφόρα δεν είναι φυτά που απαιτούν συχνά ψεκασμούς και αυτό λόγω των σκληρών, για τα έντομα, φύλλων και του ρετσινιού που παράγουν. Ωστόσο, τα συνηθέστερα από τα προβλήματα που έχουν παρατηρηθεί στην Ελλάδα είναι τα εξής :

#### Εχθροί

- Αφίδες : αν βρίσκονται σε μεγάλο αριθμό πάνω στο φυτό, μπορούν να το εξαντλήσουν, καθώς απομυζούν τους χυμούς του.
- Κοκκοειδή (*Diaspis*, *Ceroplastes*, *Planococcus*) : στο φλοιό των κλαδιών – βλαστών.
- Φυτόψειρες : προκαλούν κιτρίνισμα των βελόνων.
- Κάμπια των πεύκων (*Thaumetopaea pityocampa*) : τρώει τα φύλλα των δέντρων.
- Η κάμπια του Μικρολεπιδόπτερου *Nothris marginella* : τρώει τις βελόνες του γιουνίπερου.
- Ξυλοφάγα έντομα : ξεραίνονται τα κλαδιά, τα οποία συχνά μπορεί να κρέμονται προς τα κάτω (εικόνα). Ο βλαστός είναι κούφιος, αφού τα έντομα ανοίγουν στοές στο κέντρο των κλαδιών (π.χ. προνύμφη *Phloesinus Thujae*). Παράδειγμα αποτελεί και το *Buprestis cupressi*, το οποίο εκτός από το γιουνίπερο προσβάλλει δευτερογενώς και την τούγια
- Τετράνυχος : προκαλεί κιτρίνισμα και καφέ κέντρο του φυλλώματος.
- Παρατετράνυχος (*Paratetranychus ununguis*) : κάνει τις βελόνες κοκκινογκριζωπές στο γιουνίπερο και στην τούγια.
- Επίσης, εχθροί που προσβάλλουν τους σπόρους και κώνους, όπως στο κυπαρίσσι οι *Aonidiella aurantii*, *Pseudococcyx tessulatana* και *Megastigmus Wachtli*.



Εικόνα 17. Προσβολή από ξυλοφάγα έντομα σε  
*Cupressus macrocarpa* cv. Goldcrest

### Ασθένειες

- Καρκίνος κυπαρισσιού : οφείλεται σε μύκητα ο οποίος προσβάλλει δέντρα όλων των ηλικιών και παρουσιάζεται γενικά σε δέντρα μικρής ζωτικότητας. Στην αρχή μαραίνονται σιγά σιγά τα μικρά κλαδιά, ενώ παρατηρείται μια καφετιά κηλίδα και σχίσσιμο στο φλοιό, από όπου εκκρέουν σταγόνες ρετσινιού. Η κηλίδα παρουσιάζεται, συνήθως γύρω στη βάση ενός κλαδιού ή κλαδίσκου ή του κορμού. Τοπικά προκαλείται υπερτροφία και μακρουλό καρκίνωμα, ενώ παρουσιάζεται μαζί και έκκριση ρετσινιού. Με την πάροδο του χρόνου το μακρουλό καρκίνωμα που αναπτύσσεται, περικλείει γύρω γύρω το κλαδί ή βλαστό, δημιουργεί τοπικά παραμορφώσεις και τελικά προκαλείται νέκρωση του υπερκείμενου τμήματος του δέντρου (κλαδιού ή κόμης), όπως και πτώση των βελόνων. Τα προσβεβλημένα δέντρα πρέπει να κόβονται και να καίγονται, ενώ προληπτικά συνιστάται η καλλιέργεια του κυπαρισσιού σε φωτεινά περιβάλλοντα
- *Seiridium cardinale* : προκαλεί καρκίνο και έκκριση ρετσινιού. Το φύλλωμα ξεραίνεται σταδιακά, αρχίζοντας από την κορυφή(-ές) και προχωράει προς τα κάτω. Προσβάλλει το μεγαλόκαρπο κυπαρίσσι (*C.macrocarpa*), ενώ η ποικιλία Goldcrest είναι από τις πιο ευαίσθητες του είδους.

- ***Kabatina Thujae*** Schn. et von Ark. : προκαλεί νέκρωση του κυρίου βλαστού και των κλαδιών. Ο μύκητας προσβάλλει μεταξύ άλλων την *C.macrocarpa*, το *Juniperus* sp., αλλά και είδη της τούγιας.
- ***Herpotrichia nigra*** : μύκητας που μπορεί να νεκρώσει τις βελόνες και τα κάτω κλαδιά των δέντρων του γιουνίπερου.
- Φυτόφθορα (***Phytophthora cinnamomi***) : το φύλλωμα ξεραίνεται σταδιακά αρχίζοντας από το κέντρο, ιδίως όταν το έδαφος είναι βαρύ και υγρό.
- ***Armillaria mellea*** : τα άρρωστα φυτά ξεραίνονται απότομα με τις καλοκαιρινές ζέστες. Κάτω από το φλοιό στο ύψος του εδάφους, βρίσκεται το λεπτό λευκό μυκήλιο του μύκητα σε σχήμα βεντάλιας. Το φθινόπωρο με τις πρώτες βροχές κοντά στη βάση του κορμού εμφανίζονται μανιτάρια χρώματος μελιού (“mellea”).
- Επίσης, συγκεκριμένα στην τούγια παρατηρούνται : νέκρωση των βελόνων που παίρνουν χρώμα μπρούντζου από παγετό, τήξη αρτιφύτρων, νέκρωση από υψηλές θερμοκρασίες, κιτρίνισμα των βελόνων το φθινόπωρο και σήψεις των κορμών.

(Καϊλίδης Δ., 1996 και Αθανασόπουλος Α., 2000)

### 1.13. ΧΡΗΣΕΙΣ

Τα καλλωπιστικά κωνοφόρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν με τους παρακάτω τρόπους:

- Μοναχικά φυτά
- Φυτικοί φράχτες
  - Απόκρυψη ακαλαίσθητης θέας
  - Ηχομόνωση
  - Προστασία από αέρα και σκόνη
  - Φόντο που αναδεικνύει άλλα φυτά
- Αλλαγές και αντιθέσεις χρωμάτων
- Συνδυασμοί με άλλες κατηγορίες
- Άρωμα (*Cupressus, Thuja*)
- Βραχόκηποι
- Παρτέρια - Γλάστρες - Ζαρντινιέρες
- Εδαφοκάλυψη
- Φυτά σχημάτων (*Cupressus macrocarpa* “Goldcrest”) (εικ. 18, δίπλα).
- Μπονσάι





#### 1.14. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΗΛΙΚΙΑΣ

Το ύψος και πλάτος ενός δέντρου αυξάνονται με την ηλικία μέχρι τη γήρανση και τότε μειώνονται ξανά. Και τα δύο αποτυγχάνουν ως δείκτες της ηλικίας πέρα από τα πρώτα χρόνια. Καθώς προστίθεται ετησίως ένα δαχτυλίδι νέου ξύλου, η διάμετρος και η περιφέρεια του κορμού αυξάνονται για κάθε χρόνο ζωής. Η μέτρηση της περιφέρειας 1.5m από το έδαφος βοηθάει στην εκτίμηση της ηλικίας.

Για τα μεγάλης ανάπτυξης δέντρα, ισχύει ο γενικός κανόνας περίπου 2.5cm αύξηση στην περιφέρεια ανά έτος, άσχετα από το είδος, την περιοχή ή το υψόμετρο.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αθανασόπουλος Α., 2000, Καλλωπιστικά κωνοφόρα για την Ελλάδα. εκδόσεις Αγροτύπος αε, Αθήνα.
2. A. Mitchell, 1974, Trees of Britain & Northern Europe, London.
3. Alan Mitchell, 1985, The complete guide to trees of Britain and northern Europe, Dragon 's world Ltd, Great Britain.
4. Αραμπατζής Θ. Ι., 1998, Θάμνοι και δέντρα στην Ελλάδα, Τόμος Ι, Δράμα.
5. <http://www.mammos.gr>
6. IL MILLEPIANTE, Copyright 1991, Editrice Maxi s.r.l. Vinci (FI)
7. Καϊλίδης Δ., 1996, Εχθροί των καλλωπιστικών δέντρων και θάμνων, εκδόσεις Κ. Χριστοδουλίδη, Θεσσαλονίκη.
8. Πάπυρος Λαρούς Μπριτάννικα, 1984, Εκδοτικός Οργανισμός Πάπυρος, Τόμος 17.
9. Πάπυρος Λαρούς Μπριτάννικα, 1989, Εκδοτικός Οργανισμός Πάπυρος, Τόμος 36.
10. Πάπυρος Λαρούς Μπριτάννικα, 1989, Εκδοτικός Οργανισμός Πάπυρος, Τόμος 37.
11. Πάπυρος Λαρούς Μπριτάννικα, 1993, Εκδοτικός Οργανισμός Πάπυρος, Τόμος 57.

## 2. ΤΑ ΑΣΤΙΚΑ ΛΥΜΑΤΑ

### 2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

**Αστικά λύματα** είναι τα υγρά απόβλητα που δημιουργούνται κατά τις διαδικασίες καθαριότητας (χώροι υγιεινής, μαγειρεία, πλυντήρια κλπ) σε μια κατοικημένη περιοχή (κατοικίες, γραφεία, ιδρύματα, βιομηχανίες κλπ). Κύριο συστατικό τους είναι το νερό με ορισμένες προσμίξεις, που το καθιστούν κατ'αρχήν ακατάλληλο για διάφορες χρήσεις και επηρεάζουν δυσμενώς τους τελικούς αποδέκτες.

Σκοπός της επεξεργασίας καθαρισμού των υγρών αποβλήτων είναι η επαναφορά του χρησιμοποιούμενου νερού στη φύση ή στο κύκλωμα παραγωγής με αποδεκτά ποιοτικά χαρακτηριστικά, που θα είναι συμβατά με τις επιθυμητές χρήσεις, ώστε να προστατευθεί η δημόσια υγεία και τα φυσικά οικοσυστήματα, να διατηρηθεί το περιβάλλον και να μην υποβαθμιστούν οι υδατικοί πόροι του πλανήτη που, παρά τη φαινομενική τους αφθονία, δεν είναι ανεξάντλητοι μπροστά στο συνεχώς αυξανόμενο ανθρώπινο πληθυσμό και τις πολλαπλάσιες ανάγκες του.

### 2.2 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

#### A. ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

##### I. ΣΤΕΡΕΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

Τα **ολικά στερεά συστατικά (TS)** βρίσκονται **αιωρημένα (SS)** ( $D \geq 0.1-1\mu$ ) ή **διαλυμένα (DS)** ( $D \geq (0.2-0.3)\mu - 1\mu$ ) στη μάζα των αποβλήτων και αποτελούνται από **πηκτικά (VS)** και **σταθερά στερεά (FS)**.

Τα **ολικά στερεά (TS)** προσδιορίζονται ως το υπόλειμμα (σε mg) 1l δείγματος αποβλήτων μετά από εξάτμισή του στους  $105^{\circ}\text{C}$  σε κατάλληλο κλίβανο ξήρανσης.

Τα **διαλυμένα στερεά (DS)** που βρίσκονται σε διαλυμένη ή κolloειδή μορφή ( $D \geq 1\mu - (0.1-1)\mu$ ), αποτελούν τα στερεά (σε mg) 1l δείγματος, που διέρχονται από ειδικό χάρτινο φίλτρο κι έπειτα εξεατμίζονται στους  $105^{\circ}\text{C}$  σε κατάλληλο κλίβανο ξήρανσης.

Τα **αιωρούμενα στερεά (SS)** ορίζονται ως τα mg του δείγματος 1l αποβλήτων, που συγκρατούνται στο ειδικό χάρτινο φίλτρο. Διακρίνονται σε καθιζάνοντα και μη καθιζάνοντα. Ως καθιζάνοντα στερεά ορίζονται αυτά που καθιζάνουν σε συνθήκες ηρεμίας, σε ειδικά βαθμονομημένο κώνο μέσα σε διάστημα 1 ώρας και μετρούνται σε ml στερεών ανά 1l δείγματος.

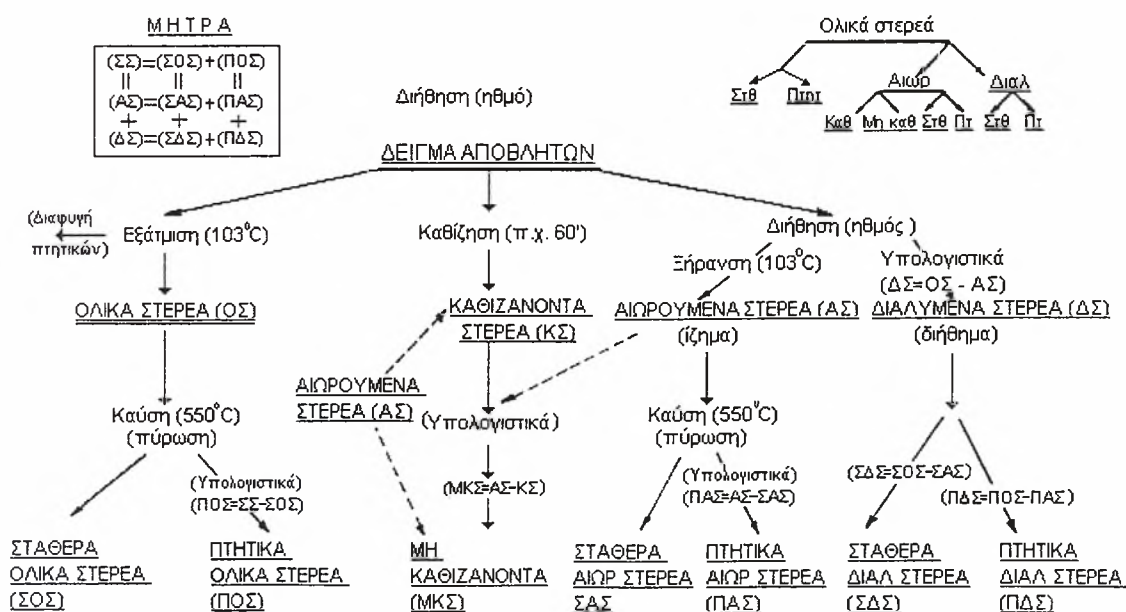


Τα **πτητικά στερεά (VS)** προσδιορίζονται ως το υπόλειμμα (σε mg) 1l δείγματος μετά από θέρμανσή του στους 600 °C. Τα **σταθερά στερεά (FS)** μένουν ως στάχτη. (Στάμου Ι.Α.,1995)

Οι διάφορες κατηγορίες των στερεών φαίνονται στον πίνακα 1, ενώ οι παράμετροι που εκφράζουν ποσοτικά τα διάφορα χαρακτηριστικά των στερεών ουσιών, φαίνονται παραστατικά στο σχήμα 2.1.

Ολικά στερεά (TS)	Το υπόλειμμα που παραμένει μετά από ένα δείγμα λυμάτων έχει εξατμιστεί και ξηραθεί σε καθορισμένη θερμοκρασία (103 – 105 °C).
Ολικά πτητικά στερεά (TVS)	Τα στερεά που μπορούν να εξατμιστούν και να καούν όταν αναφλέγονται τα ολικά στερεά (TS), (500 ± 50 °C).
Ολικά σταθερά στερεά (TFS)	Το υπόλειμμα που παραμένει μετά την ανάφλεξη των ολικών στερεών (TS), (500 ± 50 °C).
Ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS)	Μέρος των ολικών στερεών (TS) που συγκρατήθηκε σε φίλτρο με συγκεκριμένο μέγεθος πόρων (1.58 μm), μετρημένο αφού ξηράθηκε σε καθορισμένη θερμοκρασία (105 °C).
Πτητικά αιωρούμενα στερεά (VSS)	Τα στερεά που μπορούν να εξατμιστούν και να καούν όταν αναφλέγονται τα ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS), (500 ± 50 °C).
Σταθερά αιωρούμενα στερεά (FSS)	Το υπόλειμμα που παραμένει μετά την ανάφλεξη των ολικών αιωρούμενων στερεών (500 ± 50 °C).
Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS)	Τα στερεά που διαπερνούν το φίλτρο, και τότε εξατμίζονται και ξηραίνονται σε καθορισμένη θερμοκρασία.
Πτητικά διαλυμένα στερεά (VDS)	Τα στερεά που μπορούν να εξατμιστούν και να καούν όταν αναφλέγονται τα ολικά διαλυμένα στερεά (TDS), (500 ± 50 °C).
Ολικά σταθερά διαλυμένα στερεά (FDS)	Το υπόλειμμα που παραμένει μετά την ανάφλεξη των ολικών διαλυμένων στερεών (500 ± 50 °C).
Καθιζάνοντα στερεά	Αιωρούμενα στερεά, εκφρασμένα σε ml/l, που θα κατακαθίσουν από την αιώρηση εντός συγκεκριμένης χρονικής περιόδου.

Πίνακας 1. Metcalf and Eddy, 2003



Σχήμα 2.1 Κατάταξη των στερεών των αποβλήτων (Μαρκαντωνάτος Γ.Π., 1990)

## II. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ (PSD)

Οι πληροφορίες σχετικά με το μέγεθος των σωματιδίων έχουν μεγάλη σημασία για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας των μεθόδων επεξεργασίας. Επειδή η αποτελεσματικότητα της απολύμανσης τόσο του χλωρίου όσο και του υπεριώδους φωτός εξαρτάται από το μέγεθος των σωματιδίων, ο προσδιορισμός του έχει γίνει σημαντικότερος.

Οι πληροφορίες για το μέγεθος των βιοδιασπώμενων οργανικών σωματιδίων είναι σημαντικές από άποψη επεξεργασίας, καθώς ο ρυθμός βιολογικής μετατροπής αυτών των σωματιδίων εξαρτάται από το μέγεθος. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του μεγέθους των σωματιδίων μπορούν να χωριστούν σε δυο γενικές κατηγορίες: (1) μέθοδοι βασισμένες στην παρατήρηση και τη μέτρηση και (2) μέθοδοι βασισμένες σε τεχνικές διαχωρισμού και ανάλυσης. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται ευρέως για να μελετήσουμε και να ποσοτικοποιήσουμε τα σωματίδια των υγρών αποβλήτων είναι : (1) τμηματική διήθηση, (2) ηλεκτρονικός υπολογισμός των σωματιδίων, και (3) απευθείας μικροσκοπική παρατήρηση. (Metcalf and Eddy, 2003)

## III. ΘΟΛΟΤΗΤΑ (NTU<sup>C</sup>)

Η θολότητα, μέτρο των φωτο-μεταδοτικών ιδιοτήτων του νερού, χρησιμοποιείται για να δείξει την ποιότητα των εκροών λυμάτων και των φυσικών υδάτων σε σχέση με τα κολλοειδή και το υπολειμματικό αιωρούμενο υλικό. Η μέτρηση της θολότητας βασίζεται στη σύγκριση της έντασης του φωτός που διασκορπίζεται από ένα δείγμα με το φως που διασκορπίζεται από μια αιώρηση αναφοράς κάτω από τις ίδιες συνθήκες. Οι αιωρήσεις της φορμαΐνης χρησιμοποιούνται ως το κύριο μέτρο αναφοράς. Τα κολλοειδή διασκορπίζουν ή απορροφούν το φως κι έτσι εμποδίζουν τη μετάδοσή του.

Ένα από τα προβλήματα σχετικά με τη μέτρηση της θολότητας είναι ο υψηλός βαθμός μεταβλητότητας που παρατηρείται, ο οποίος εξαρτάται από την πηγή φωτός και τη μέθοδο μέτρησης, ενώ ένα άλλο πρόβλημα που αντιμετωπίζεται συχνά είναι οι ιδιότητες απορρόφησης του φωτός του αιωρούμενου υλικού. Ωστόσο, οι ενδείξεις της θολότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διαδικασία ελέγχου. (Metcalf and Eddy, 2003)

## IV. ΧΡΩΜΑ

Το χρώμα είναι ενδεικτικό της ηλικίας και προέλευσης των λυμάτων. Τα φρέσκα λύματα έχουν καφετί – γκρι χρώμα. Ωστόσο, όσο ο χρόνος διαδρομής αυξάνει στο σύστημα συλλογής και αναπτύσσονται όλο και πιο αναερόβιες συνθήκες, το χρώμα των

λυμάτων αλλάζει σταδιακά από γκρι σε σκούρο γκρι, και τελικά σε μαύρο. Όταν το χρώμα είναι μαύρο συχνά τα λύματα περιγράφονται ως **σηπτικά**. Στις περισσότερες περιπτώσεις, το γκρι, σκούρο γκρι και μαύρο χρώμα των λυμάτων αποκτάται εξαιτίας του σχηματισμού μεταλλικών σουλφιδίων, τα οποία σχηματίζονται καθώς το σουλφίδιο παράγεται από αντιδράσεις με τις οργανικές ενώσεις των λυμάτων, υπό αναερόβιες συνθήκες, αφού οι μικροοργανισμοί καταναλώνουν το διαλυμένο οξυγόνο.

## V. ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ / ΕΚΠΟΜΠΗ (%T)

Η απορροφητικότητα ενός διαλύματος είναι μέτρο της ποσότητας φωτός, συγκεκριμένου μήκους κύματος, που απορροφάται από τα συστατικά μέσα στο διάλυμα. Η απορροφητικότητα μετράται με φασματοφωτόμετρο που χρησιμοποιεί συγκεκριμένο μήκος κύματος, τυπικά 254 nm.

Το ποσοστό εκπομπής επηρεάζεται από όλες τις ουσίες στα λύματα που μπορούν να απορροφήσουν ή να διασκορπίσουν το φως. Η μη διηθημένη και διηθημένη εκπομπή μετρούνται στα λύματα σε σχέση με την εκτίμηση και το σχέδιο των συστημάτων απολύμανσης υπεριώδους φωτός.

Τα κύρια χαρακτηριστικά των λυμάτων που επηρεάζουν το ποσοστό εκπομπής συμπεριλαμβάνουν επιλεγμένα ανόργανα συστατικά (π.χ. χαλκός, σίδηρος), οργανικά συστατικά (π.χ. οργανικές βαφές, χουμικές ουσίες) και ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS). Από τα ανόργανα συστατικά που επηρεάζουν την εκπομπή, ο σίδηρος θεωρείται ο πιο σημαντικός όσον αφορά την απορροφητικότητα υπεριώδους φωτός, διότι ο διαλυμένος σίδηρος μπορεί να απορροφήσει άμεσα το υπεριώδες φως ακόμη και επάνω σε αιωρούμενα στερεά, σε βακτηριακές μάζες και σε άλλα οργανικά συστατικά. Ο απορροφημένος σίδηρος μπορεί να εμποδίσει το υπεριώδες φως να διεισδύσει στο σωματίδιο και να αδρανοποιήσει οργανισμούς που ίσως βρίσκονται βαθιά στο σωματίδιο.

## VI. ΟΣΜΗ (TON<sup>d</sup>)

Η οσμή των αποβλήτων είναι ενδεικτικό στοιχείο της κατάστασης τους. Απόβλητα που δεν έχουν υποστεί σήψη έχουν ελαφριά δυσάρεστη οσμή, ενώ εκείνα που έχουν υποστεί σήψη έχουν πολύ ενοχλητική οσμή, που οφείλεται στην έκλυση υδρόθειου. Στην δημιουργία δυσάρεστων οσμών συμμετέχουν και ουσίες από βιομηχανικά απόβλητα, κυρίως οργανικές, όπως φαινόλες, χλωροφαινόλες κλπ.

## VI. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ( $^{\circ}\text{C}$ Η $^{\circ}\text{F}$ )

Η θερμοκρασία των αποβλήτων είναι γενικά μεγαλύτερη από εκείνη του πόσιμου νερού γιατί επηρεάζεται από τα θερμά απόβλητα κατοικιών, βιομηχανιών κ.λ.π. Συνήθως κυμαίνεται από 10 μέχρι 22 $^{\circ}\text{C}$  και είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος το μεγαλύτερο μέρος του έτους με εξαίρεση τις ζεστές ημέρες του καλοκαιριού.

Η θερμοκρασία των αποβλήτων είναι σημαντικός παράγοντας του βιοχημικού χαρακτήρα τους. Η αύξηση της θερμοκρασίας επιφέρει:

- γρηγορότερη ανάπτυξη των μικροοργανισμών
- επιτάχυνση των βιοχημικών αντιδράσεων,
- μείωση του βαθμού διαλυτότητας των αερίων (π.χ. διαλυμένο οξυγόνο) στη μάζα των αποβλήτων.

Η υψηλή θερμοκρασία είναι ευεργετική σε πολλές διεργασίες επεξεργασίας (αεθίωση, βιολογική επεξεργασία, απολύμανση, κλπ.), αλλά παράλληλα μπορεί να δημιουργήσει και προβλήματα, όπως π.χ. μειωμένη διαλυτότητα του οξυγόνου, ταχύτερη δημιουργία αναερόβιων συνθηκών κ.ά. (Στάμου Ι.Α., 1995)

## VII. ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (EC)

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός νερού είναι μέτρο της ικανότητας ενός διαλύματος να καθοδηγεί ένα ηλεκτρικό ρεύμα. Επειδή το ηλεκτρικό ρεύμα μεταφέρεται με τα ιόντα στο διάλυμα, η αγωγιμότητα αυξάνεται καθώς αυξάνεται η συγκέντρωση των ιόντων. Ως αποτέλεσμα, η τιμή της μετρημένης EC χρησιμοποιείται ως αντιπροσωπευτικό μέτρο της συγκέντρωσης των ολικών διαλυμένων στερεών (TDS). Επί του παρόντος, η EC ενός νερού είναι μια από τις πιο σημαντικές παραμέτρους που χρησιμοποιείται για να προσδιοριστεί η καταλληλότητα ενός νερού για άρδευση. Η αλατότητα των επεξεργασμένων λυμάτων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για άρδευση εκτιμάται μετρώντας την ηλεκτρική τους αγωγιμότητα (EC).

## IX. ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ( $\rho_w$ ) - ΕΙΔΙΚΗ ΒΑΡΥΤΗΤΑ ( $s_w$ ) - ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ( $\gamma$ )

Η πυκνότητα των λυμάτων ( $\rho_w$ ) ορίζεται ως η μάζα τους ανά μονάδα όγκου ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ ). Η πυκνότητα είναι ένα σημαντικό φυσικό χαρακτηριστικό των λυμάτων, εξαιτίας της δυνατότητας σχηματισμού ρευμάτων πυκνότητας σε δεξαμενές ιζηματοποίησης, σε δεξαμενές χλωρίου και σε άλλες μονάδες επεξεργασίας.

Η ειδική βαρύτητα των λυμάτων χρησιμοποιείται σε κάποιες περιπτώσεις στη θέση



της πυκνότητας. Τόσο η πυκνότητα όσο και η ειδική βαρύτητα των λυμάτων εξαρτώνται από τη θερμοκρασία και ποικίλλουν ανάλογα με τη συγκέντρωση των ολικών στερεών στα λύματα.

Το ειδικό βάρος ενός υγρού ( $\gamma$ ) είναι το βάρος του ανά μονάδα όγκου ( $\text{kN/m}^3$ ). Σε κανονικές θερμοκρασίες  $\gamma \approx 9.81 \text{ kN/m}^3$ . (Metcalf and Eddy, 2003)

## B. ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Τα χημικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων κατατάσσονται σε οργανικά και ανόργανα.

### α) Οργανικά συστατικά

Τα κυριότερα οργανικά συστατικά των αποβλήτων είναι τα ακόλουθα :

- 1) **Πρωτεΐνες** : αποσυντίθενται εύκολα από τους μικροοργανισμούς.
- 2) **Υδρογονάνθρακες** : ορισμένοι (ζάχαρες) διασπώνται εύκολα από μικροοργανισμούς, ενώ άλλοι (άμυλο) δυσκολότερα.
- 3) **Λιπίδια** : αποτελούν συστατικά των τροφών του ανθρώπου, αλλά βρίσκονται και στα νερά των επιφανειακών απορροών από την έκπλυση των δρόμων (λάδια, πετρέλαια, κλπ.). Ενώσεις αποτελούμενες κυρίως από υδρογονάνθρακες, που δεν διαλύονται στη μάζα των αποβλήτων.
- 4) **Επιφανειακά ενεργές ουσίες** : περιέχονται στα αστικά απόβλητα ως συστατικά των απορρυπαντικών, σαπουνιών κλπ. Μακρομοριακές ενώσεις διαλυτές στη μάζα των αποβλήτων, που δρουν στη διαχωριστική επιφάνεια υγρού – αέρα δημιουργώντας αφρούς. Ορισμένες δεν διασπώνται από μικροοργανισμούς, ενώ άλλες είναι παράλληλα και τοξικές.
- 5) **Φαινόλες ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ )** : δεν διασπώνται από μικροοργανισμούς σε μεγάλες συγκεντρώσεις ( $>500\text{mg/l}$ ).
- 6) **Εντομοκτόνα, φυτοφάρμακα** : τοξικές ενώσεις επικίνδυνες για όλες τις μορφές ζωής, που καταλήγουν στο αποχετευτικό σύστημα με τις απορροές γεωργικών περιοχών.

Η μέτρηση των οργανικών συστατικών των αποβλήτων είναι πρακτικά αδύνατη λόγω της πολύπλοκης σύστασής τους. Έτσι, ως μέτρο των οργανικών συστατικών, αλλά και γενικότερα του ρυπαντικού φορτίου τους, χρησιμοποιείται η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για να οξειδώσει πλήρως τα οργανικά συστατικά τους. (Στάμου Ι.Α., 1995)

Η απαιτούμενη ποσότητα οξυγόνου εκφράζεται με τις παρακάτω παραμέτρους:

➤ **Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand-BOD)**

Είναι η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για τη βιοχημική αποδόμηση (οξειδωση) των οργανικών συστατικών των λυμάτων από αερόβιους μικροοργανισμούς και αποτελεί μέτρο για την εκτίμηση της «πυκνότητας» των λυμάτων από την πλευρά των ενοχλήσεων, που μπορεί να προκαλέσει το οργανικό φορτίο τους στο περιβάλλον. Ο ρυθμός της οξειδωσης εξαρτάται μεταξύ άλλων και από τη θερμοκρασία. Για συνθήκη αστικά λύματα σε 20<sup>0</sup>C χρειάζεται χρονικό διάστημα αρκετών ημερών (ίσως 70-90) για την πλήρη αποδόμηση. Η οξειδωση αυτή των οργανικών ουσιών γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο αποδομούνται κυρίως οι ενώσεις του άνθρακα, ενώ στο δεύτερο που αρχίζει γύρω στη 10<sup>η</sup> μέρα, όταν έχουν πια αναπτυχθεί αρκετά τα νιτροβακτήρια, οξειδώνονται οι αζωτούχες ενώσεις (νιτροποίηση), που έχουν κυρίως απομείνει παράλληλα με τα υπολείμματα του άνθρακα. Σαν μέτρο χρησιμοποιείται το απαιτούμενο οξυγόνο των πρώτων 5 ημερών σε 20<sup>0</sup>C (BOD<sub>5</sub>), που αντιπροσωπεύει τα 2/3 περίπου (68%) του απαιτούμενου συνολικά (τελικό) για την 1<sup>η</sup> φάση και εκφράζεται, είτε σαν συγκέντρωση (π.χ σε mg/l = g/m<sup>3</sup>), είτε σαν φορτίο (π.χ σε g ή kg ή t/ημ.). Η πειραματική διαδικασία προσδιορισμού του BOD είναι σχετικά απλή, αλλά χρονοβόρα, και οι συνθήκες κάτω από τις οποίες γίνεται δεν είναι αντιπροσωπευτικές της πραγματικότητας. (Μαρκαντωνάτος, Γ.Π., 1990)

➤ **Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand-COD)**

Είναι η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την πλήρη χημική οξειδωση των οργανικών συστατικών ενός αποβλήτου σε CO<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>O από ισχυρό οξειδωτικό μέσο (διχρωμικό κάλιο) και σε όξινες συνθήκες. Κατά τον προσδιορισμό του COD οξειδώνονται όλες οι οργανικές ουσίες, ανεξάρτητα από το αν είναι βιολογικά διασπάσιμες ή όχι. Έτσι οι βιολογικά διασπάσιμες οργανικές ουσίες και ο ρυθμός βιολογικής διάσπασής τους δεν προσδιορίζονται από το COD. Το βασικό πλεονέκτημα του COD είναι ο σχετικά γρήγορος προσδιορισμός του (περίπου 3 ώρες), που επιτρέπει και την ανάλογα γρήγορη χρήση των σχετικών πληροφοριών. (Στάμου Ι.Α., 1995)

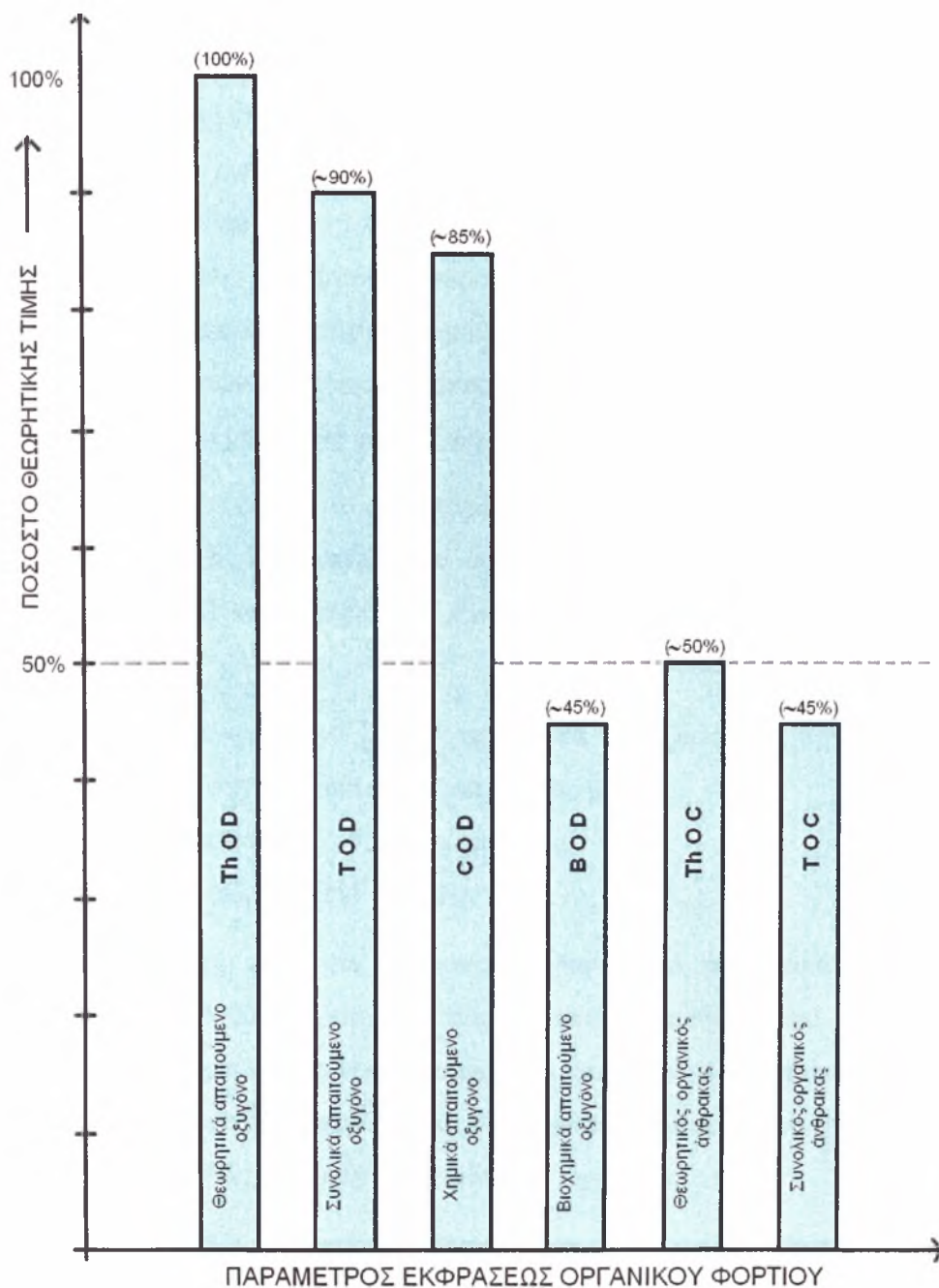
➤ **Συνολικά απαιτούμενο οξυγόνο - (TOD)**

Είναι η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την χημική οξειδωση των οργανικών (και ορισμένων ανόργανων) ουσιών σε τελικά σταθερά προϊόντα σε θερμοκρασία 900 °C και με παρουσία καταλύτη.

Άλλες παράμετροι εκφράσεως των οργανικών συστατικών είναι :

- Θεωρητικά απαιτούμενο οξυγόνο - (ThOD)
- Συνολικός οργανικός άνθρακας - (TOC)
- Θεωρητικός οργανικός άνθρακας - (ThOC)

Η σχέση μεταξύ των διαφόρων παραμέτρων εκφράσεως του οργανικού φορτίου φαίνεται ενδεικτικά στο σχήμα 2.2.



Σχήμα 1.2 Κατά προσέγγιση σχέση τιμών των ποιοτικών παραμέτρων εκφράσεως του οργανικού φορτίου των αστικών λυμάτων

## β) Ανόργανα συστατικά

- 1) **pH** : σημαντικό χαρακτηριστικό των αποβλήτων, γιατί επηρεάζει όλες τις διαδικασίες επεξεργασίας (χημική και βιολογική επεξεργασία, απολύμανση, επεξεργασία λάσπης κ.λ.π.) και σχετίζεται με προβλήματα φθοράς (διάβρωσης) σε αγωγούς, μηχανολογικό εξοπλισμό κ.λ.π. Για τη βέλτιστη απόδοση και λειτουργία των εγκαταστάσεων επεξεργασίας απαιτείται ο έλεγχος της τιμής του pH.
- 2) **Χλωριούχα** : περιέχονται στα αστικά λύματα από το πόσιμο νερό και τα ανθρώπινα απόβλητα (6gr /άτομο /ημέρα) καθώς και σε βιομηχανικά απόβλητα. Η παρουσία τους στο νερό δε δημιουργεί γενικά προβλήματα ρύπανσης, αλλά δίνει υφάλμυρη γεύση. Η πρόσληψη του χλωρίου (Cl) από τα φυτά εξαρτάται τόσο από την ποιότητα του νερού άρδευσης όσο και από τη συγκέντρωση του χλωρίου στο εδαφικό διάλυμα. Όταν η συγκέντρωση του χλωρίου στα φύλλα των φυτών ανέρχεται στο 0.3-1.0% της ξηράς ουσίας τους εμφανίζονται συμπτώματα τοξικότητας υπό μορφή καψίματος ή ξήρανσης των ιστών αυτών, ενώ εκτεταμένες νεκρώσεις φύλλων συνοδεύονται από έντονη πτώση τους που μπορεί να φθάσει και στην αποφύλλωση των φυτών.
- 3) **Αλκαλικότητα** : οφείλεται στην παρουσία ιόντων  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ , ή  $\text{OH}^-$  ενωμένων με Ca, Mg, Na ή K. Η αλκαλικότητα των αποβλήτων είναι σημαντική παράμετρος γιατί ρυθμίζει το pH των αποβλήτων και κατά συνέπεια επηρεάζει διάφορες διεργασίες επεξεργασίας.
- 4) **Άζωτο (N)** : ένα από τα βασικά συστατικά των ζωντανών οργανισμών, το οποίο περιέχεται στα αστικά λύματα στις παρακάτω μορφές:
  - **Οργανικό N** (πρωτεΐνες, ουρία και αμινοξέα).
  - **Αμμωνιακό N** (άλατα  $\text{NH}_4^+$  ή  $\text{NH}_3$ ).

Η συνολική ποσότητα αζώτου που περιέχεται σε αστικά λύματα που έχουν υποστεί δευτεροβάθμια επεξεργασία, κυμαίνεται συνήθως από 20 έως 60 mg/l. 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 τους.

- 5) **Φώσφορος (P)** : ένα από τα βασικά συστατικά των ζωντανών οργανισμών που περιέχεται στα απόβλητα στις μορφές :  $\text{P}_2\text{O}_3^{-3}$ ,  $\text{HPO}_4^{-3}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$ . Ο φώσφορος είναι επίσης απαραίτητος για όλα τα φυτά. Η συγκέντρωση του στα αστικά λύματα που έχουν υποστεί δευτεροβάθμια επεξεργασία κυμαίνεται συνήθως από 6 έως 15 mg/l. Η



άρδευση με απόβλητα αυξάνει σταδιακά τα επίπεδα φωσφόρου στο έδαφος, μειώνοντας την ανάγκη για μελλοντική συμπληρωματική λίπανση με φώσφορο.

6) **Θείο (S)** : βασικό συστατικό των ζώντων οργανισμών, το οποίο βρίσκεται στα αστικά λύματα με διάφορες μορφές, Η κυριότερη από τις ενώσεις του θείου είναι το  $\text{SO}_4^{-2}$ , που δημιουργεί προβλήματα ρύπανσης. Το βασικό πρόβλημα είναι η έκλυση δυσάρεστης οσμής στο αποχετευτικό σύστημα και στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Όταν το  $\text{H}_2\text{S}$  περιέχεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στο μείγμα των αερίων της αναερόβιας χώνευσης λάσπης λόγω της διαβρωτικής ικανότητας του καταστρέφει τη διάταξη καύσης του παραγόμενου αερίου, ενώ το  $\text{H}_2\text{SO}_4$  διαβρώνει τους αγωγούς αποχέτευσης. Ωστόσο, το θείο που υπάρχει στα αστικά λύματα διορθώνει τις ελλείψεις του εδαφικού θείου που παρατηρούνται σε μέρη με υψηλό ετήσιο ύψος βροχής.

7) **Τοξικά συστατικά-βαριά μέταλλα** : περιέχονται στα βιομηχανικά και αστικά λύματα. Διάφορα ιόντα στοιχείων όπως των Cu, Pb, Cr, As, Bo, Ag, Νί, Mn, Cd, Zn, Fe, Hg πάνω από ορισμένη συγκέντρωση είναι τοξικά, όπως και οργανικές ενώσεις που περιέχονται σε εντομοκτόνα, φυτοφάρμακα κ.λ.π. Η πιο συχνά εμφανιζόμενη τοξικότητα από τη χρήση των αστικών λυμάτων στη γεωργία προέρχεται από το βόριο (Bo), πηγές του οποίου είναι συνήθως τα οικιακά απορρυπαντικά και οι εκροές από βιομηχανίες. Όταν προσλαμβάνονται από τα φυτά ασκούν τοξική δράση προκαλώντας ζημιές στα ίδια και κατά συνέπεια μείωση της παραγωγής. Ιδιαίτερα σε ευαίσθητες καλλιέργειες είναι δύσκολο να περιοριστεί η τοξική δράση ορισμένων ιόντων χωρίς αλλαγή νερού άρδευσης, αρδευτικού συστήματος, καλλιέργειας ή συνδυασμό αυτών, ενώ τα συμπτώματα εμφανίζονται σχεδόν σε όλες τις καλλιέργειες, όταν οι συγκεντρώσεις είναι αρκετά υψηλές και κυρίως στα θερμά κλίματα. Γενικά, επηρεάζουν δυσμενώς τη ζωή στους αποδέκτες (επιφανειακά νερά, έδαφος) και με την τροφική αλυσίδα μπορεί να φτάσουν μέχρι τα ανώτερα ζώα και τον άνθρωπο με επιβλαβείς συνέπειες για τη δημόσια υγεία. Τα προβλήματα τοξικότητας παρουσιάζονται συχνά μαζί με εκείνα της αλατότητας κάνοντας τα πιο πολύπλοκα. Η εξουδετέρωση των τοξικών ουσιών πρέπει, κατά κανόνα, να γίνει στην πηγή τους (βιομηχανία) (Μισοπολινός, 1991).

## 8) Αέρια

➤ **Διαλυμένο οξυγόνο (DO)** : αποτελεί χαρακτηριστική παράμετρο καθαρότητας των επιφανειακών νερών, γιατί αν βρίσκεται στην περιοχή του κορεσμού, σημαίνει, ότι είναι πολύ περιορισμένο (ή και μηδενικό) το οργανικό φορτίο.

- **CH<sub>4</sub>** : σχηματίζεται κατά την αναερόβια αποσύνθεση οργανικών ενώσεων των αποβλήτων από ειδικούς μικροοργανισμούς και δεν περιέχεται στα απόβλητα. (Στάμου Ι.Α., 1995)

## Γ. ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

**I. Μικρόβια** : περιέχονται στα λύματα και προέρχονται από τις κοπρανώδεις ουσίες. Σ' αυτά περιλαμβάνονται τα παρακάτω :

- Κολοβακτηριοειδή
- Εντερόκοκκος
- Διαθλαστικό κλωστηρίδιο
- Παθογόνα εντεροβακτηρίδια (π.χ. η σαλμονέλλα του τυφοειδούς πυρετού, οι συγκέλλες (δυσεντερία) και το δονάκιο της χολέρας)
- Ιοί (π.χ. λοιμώδους ηπατίτιδας, πολιομυελίτιδας, κλπ)
- Εντερικά παράσιτα (π.χ αμοιβάδες, αυγά σκουληκιών, κλπ).

**II. Σαπροφυτικοί οργανισμοί** : μονοκύτταροι ή πολυκύτταροι, ανήκουν στα ζώα ή τα φυτά, καλύπτουν όλη την κλίμακα μεγεθών και ζουν και αναπτύσσονται στα επιφανειακά νερά και τα λύματα. Διακρίνονται :

- **Ανάλογα με την πηγή άνθρακα που χρησιμοποιούν, σε :**
  - **Αυτότροφος** : διασπών το CO<sub>2</sub> και συνθέτουν οργανικές ουσίες με φωτοσύνθεση ή χημειοσύνθεση.
  - **Ετερότροφος** : χρησιμοποιούν σαν πηγή άνθρακα τις οργανικές ενώσεις.
- **Ανάλογα με την ικανότητα να χρησιμοποιούν το οξυγόνο σε διάφορες μορφές, σε :**
  - **Αερόβιους** : χρησιμοποιούν μόνο ελεύθερο οξυγόνο για τη λειτουργία της αναπνοής.
  - **Αναερόβιους** : χρησιμοποιούν το δεσμευμένο οξυγόνο των οργανικών ουσιών.
  - **Επαμφοτερίζοντες** : μπορούν να ζήσουν και στις δύο καταστάσεις.

Στους σαπροφυτικούς μικροοργανισμούς περιλαμβάνονται τα παρακάτω :

- Βακτήρια
- Μύκητες
- Φύκη
- Πρωτόζωα
- Έλμινθες
- Τροχόζωα
- Οστρακόδερμα
- Νηματώδεις, σκώληκες και προνύμφες εντόμων.

## Παθογόνοι μικροοργανισμοί

Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί (κυρίως βακτήρια, πρωτόζωα, ιοί) περιέχονται στα αστικά λύματα ως προϊόντα αποβολών ασθενών ή φορέων ασθενειών και μπορούν να μεταφέρουν και να προκαλέσουν ασθένειες μέσω του νερού στον άνθρωπο. Ο αριθμός των παθογόνων οργανισμών στα αστικά λύματα έχει μειωθεί δραστικά κατά τις τελευταίες δεκαετίες, εξαιτίας της βελτίωσης των συνθηκών υγιεινής και του ελέγχου των ασθενειών με αντιβιοτικά.

Λόγω των μικρών συγκεντρώσεων τους σε υδάτινους φορείς και της μεγάλης ποικιλίας ειδών, η ανίχνευση και ο ποσοτικός προσδιορισμός κάθε είδους είναι αδύνατος, γι' αυτό γίνεται προσδιορισμός ενδεικτικών μικροοργανισμών (κολοβακτηρίδια - *Escherichia Coli* και *Enterobacter Aerogenes*). Ένας τέτοιος μικροοργανισμός πρέπει να βρίσκεται σε μεγάλους αριθμούς στα ανθρώπινα και ζωικά απόβλητα, να ανιχνεύεται και να προσδιορίζεται εύκολα, να είναι ανθεκτικός στην απολύμανση του και να έχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τους παθογόνους μικροοργανισμούς.

Για το χαρακτηρισμό της μικροβιολογικής ποιότητας του νερού χρησιμοποιούνται τα κολοβακτηρίδια και τα ολικά κολοβακτηριοειδή, των οποίων ο αριθμός προσδιορίζεται με τις τεχνικές των πολλαπλών διαλύσεων και του φίλτρου μεμβράνης, προκύπτει με στατιστική μέθοδο και εκφράζεται ως αριθμός μικροοργανισμών ανά 100 ml δείγματος (Στάμου Ι.Α., 1995).

Οι βασικοί τρόποι μεταφοράς των ασθενειών που προκαλούν οι παραπάνω μικροοργανισμοί στον υγιή άνθρωπο είναι :

- το μολυσμένο πόσιμο νερό,
- το έδαφος,
- τα μολυσμένα καλλιεργούμενα φυτικά προϊόντα και
- η απευθείας μετάδοση από μολυσμένο σε υγιή άνθρωπο.

Τα γενικά μέτρα προφύλαξης για αποφυγή διαφόρων τύπων μολύνσεων είναι :

- Ασφαλές νερό για πόση, μαγείρεμα, καθαρισμό.
- Μαγείρεμα των προϊόντων.
- Υγιεινή και ελεγχόμενη διάθεση των αποβλήτων ώστε να αποφεύγεται η μόλυνση του περιβάλλοντος από μολυσματικούς παράγοντες.
- Επιμόρφωση σε ζητήματα υγιεινής, ώστε να βελτιωθεί η ατομική και δημόσια

υγιεινή.

- Ένδυση των εργαζομένων με ειδικά προστατευτικά ρούχα.
- Η απόσταση των αγρών από κατοικημένες περιοχές ή δρόμους πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 50 ή και 100 m (Πανώρας και Ηλίας, 1999).

**Πίνακας 2. Περιοχή τιμών και τυπικές τιμές συγκεντρώσεων βασικών παραμέτρων σε αστικά λύματα**

Παράμετρος	Μονάδα	Περιοχή τιμών	Τυπικές τιμές
Ολικά στερεά	mg/l	350-1200	700
Αιωρούμενα στερεά	mg/l	100-350	210
BOD <sub>5</sub>	mg/l	110-400	210
COD	mg/l	250-1000	500
Οργανικό N	mg/l	8-35	13
Αμμωνιακό N	mg/l	12-50	22
Νιτρικά	mg/l	0	0
Νιτρώδη	mg/l	0	0
Ολικός φώσφορος	mg/l	4-15	7
Ολικά κολοβακτηρίδια	no./100ml	10 <sup>6</sup> -10 <sup>9</sup>	10 <sup>7</sup> -10 <sup>8</sup>
Κολοβακτηρίδια περιττωματικής προέλευσης	no./100ml	10 <sup>3</sup> - 10 <sup>7</sup>	10 <sup>4</sup> - 10 <sup>5</sup>

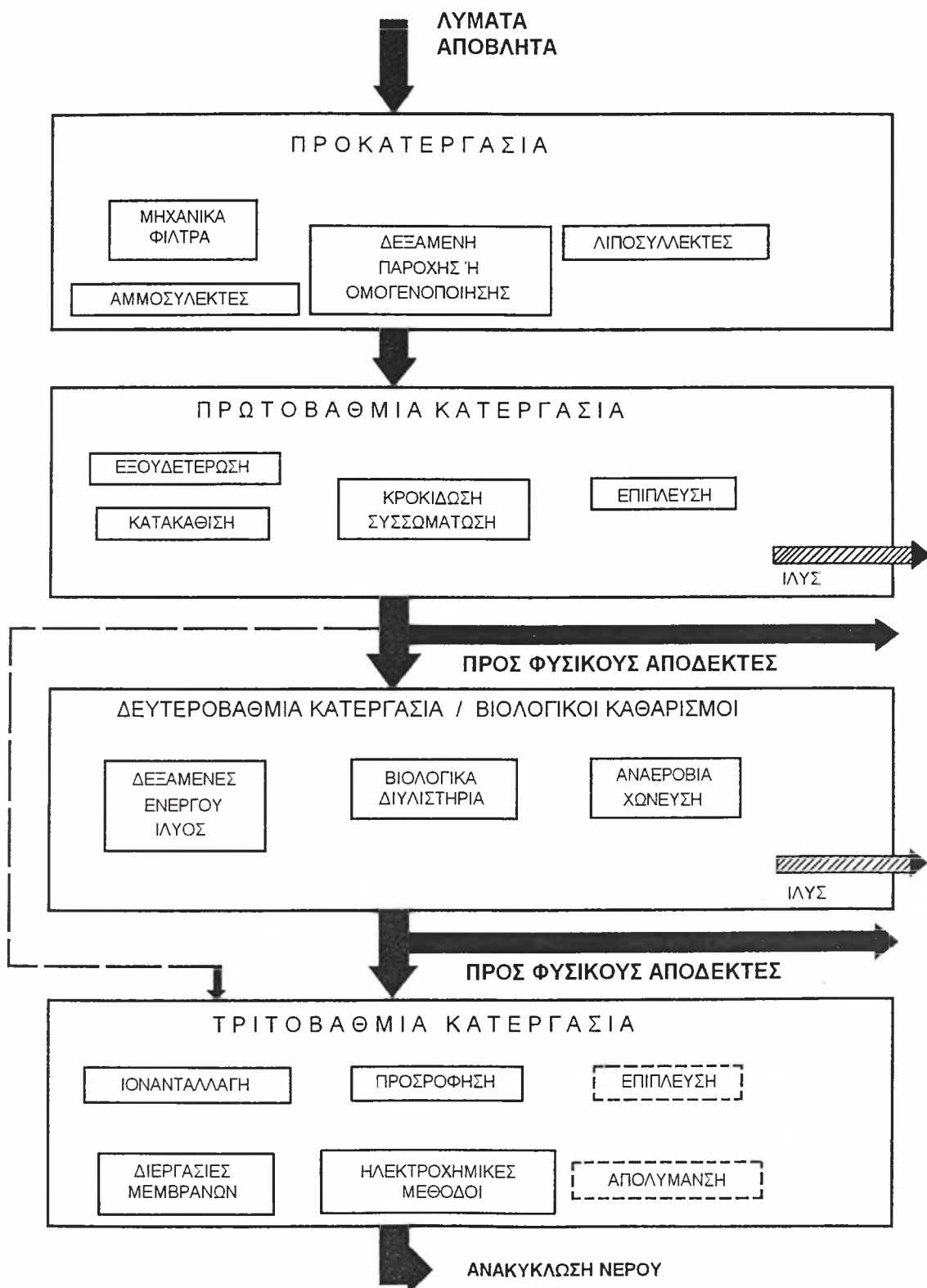
### 2.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

Η ανάγκη για την προστασία του περιβάλλοντος και για την ανακύκλωση του νερού προκάλεσε την ανάπτυξη διαφόρων μεθόδων και τεχνικών καθαρισμού των υγρών αποβλήτων, αστικών ή βιομηχανικών, ώστε 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. Κάθε στάδιο κατεργασίας περιλαμβάνει μεθόδους και τεχνικές, οι οποίες καθορίζονται από τη φύση (ποιότητα) των λυμάτων και από τον επιδιωκόμενο βαθμό καθαρισμού. Τα αστικά λύματα, περιέχουν κυρίως ανθρώπινες εκκρίσεις (ούρα, κόπρανα, κά) και ύδωρ. Επιπλέον, σε μικρότερες ποσότητες περιέχουν άλλα υλικά όπως χάρτη (χαρτί υγείας), ράκοι, φυτικά προϊόντα (κλαδιά, φύλλα), λίπη, χαλίκια και χώμα προερχόμενα από τους δρόμους της πόλεως. Τα πρόσφατα λύματα εμφανίζονται αλκαλικά, θολά με οσμή μάλλον σάπωνος ή ελαιού, ενώ αν παραμείνουν για κάποιο χρόνο, τότε η οσμή τους είναι δυσάρεστη (υδρόθειο και άλλες θειούχες ενώσεις) και τείνουν να γίνουν όξινα. Από πλευρά χημικής συστάσεως περιέχουν κυρίως οργανικές



ενώσεις αζωτούχες (πρωτείνες, αμινοξέα, αμίνες, ουρία, κά) και μη (σάπωνες, λίπη, υδρογονάνθρακες, κά). Τελικά, για κάθε υγρό απόβλητο επιλέγεται ο πιο κατάλληλος συνδυασμός μεθόδων και τεχνικών, έτσι ώστε να ληφθούν τα δυνατόν φθηνότερα επιθυμητά αποτελέσματα. (Βασιλακιώτης Γ.Σ., 1989)

Στο σχήμα 2.3 απεικονίζονται διαγραμματικά τα διάφορα στάδια κατεργασίας και οι διάφοροι μέθοδοι και τεχνικές που περιλαμβάνονται σε καθένα από αυτά.



### 2.3.1 Πρωτοβάθμια (πρωτογενής) επεξεργασία

Σκοπός της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας είναι η απομάκρυνση των στερεών από τα απόβλητα. Στο στάδιο αυτό εφαρμόζονται οι παρακάτω μέθοδοι :

**A) Κατακάθιση (καθίζηση).** Τα υγρά απόβλητα οδηγούνται σε μια δεξαμενή όπου και παραμένουν για ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα, στο οποίο τα περισσότερα αιωρούμενα στερεά κατακάθονται με τη βοήθεια του πεδίου βαρύτητας.

**B) Επίπλευση.** Χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση σταγονιδίων και στερεών (που είναι ελαφρότερα ή έχουν το ίδιο ειδικό βάρος με το νερό).

**Γ) Κροκίδωση – Συσσωμάτωση.** Είναι μια χημική μέθοδος κατεργασίας των αποβλήτων που αποσκοπεί στην απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών σωματιδίων (συνήθως κολλοειδών) που δύσκολα κατακάθονται με τη βοήθεια του πεδίου βαρύτητας. Για το σκοπό αυτό στα απόβλητα προστίθενται τα κατάλληλα άλατα, όπως αργιλίου, σιδήρου ή πολυηλεκτρολύτες. Η απομάκρυνση των SS (αιωρούμενα στερεά) είναι συνήθως 50-70%. Η απομάκρυνση του BOD είναι συνήθως 25-40%.

**Δ) Εξουδετέρωση.** Είναι επίσης μια χημική μέθοδος επεξεργασίας αποβλήτων που έχει σαν σκοπό την ομαλοποίηση του pH για την ομαλή λειτουργία του βιολογικού καθαρισμού. Παράλληλα επιτυγχάνεται και αφαίρεση βαρέων μετάλλων που καταβυθίζονται σαν αδιάλυτα υδροξείδια.

### 2.3.2 Δευτεροβάθμια (δευτερογενής) επεξεργασία

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία εφαρμόζεται με σκοπό την περαιτέρω βελτίωση των χαρακτηριστικών του νερού που εκβάλλεται από την πρωτοβάθμια επεξεργασία, μειώνοντας ακόμη περισσότερο το οργανικό φορτίο και τα αιωρούμενα στερεά.

Το δεύτερο στάδιο κατεργασίας περιλαμβάνει διάφορες μεθόδους και τεχνικές **βιολογικού καθαρισμού**, ο οποίος επιτυγχάνει τη βιοαποικοδόμηση της οργανικής ύλης που υπάρχει στα λύματα.

Μια από τις προϋποθέσεις για την επιτυχία ενός βιολογικού καθαρισμού είναι η απουσία τοξικών ουσιών, οι οποίες παρεμποδίζουν τη βιολογική αποικοδόμηση. Έτσι π.χ. τα κυανιούχα, οι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, βαρέα μέταλλα κ.ά. πρέπει συνήθως να απομακρύνονται από τα απόβλητα προτού αυτά οδηγηθούν στα συστήματα βιολογικού καθαρισμού.

Ο βιολογικός καθαρισμός γίνεται τόσο με αερόβιους μικροοργανισμούς όσο και με αναερόβιους. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές βιολογικού καθαρισμού όπως οι δεξαμενές ενεργού ιλύος, τα συστήματα βιολογικής λεπτής στοιβάδας (βιολογικά διωλιστήρια ή φίλτρα), τα συστήματα αναερόβιας χώνευσης κ.ά.

Τα αστικά λύματα όπως και τα υγρά βιομηχανικά απόβλητα μετά τα δύο πρώτα στάδια επεξεργασίας είναι κατάλληλα να διατεθούν στους φυσικούς αποδέκτες χωρίς περιβαλλοντικά προβλήματα ή να χρησιμοποιηθούν για άλλους σκοπούς π.χ. για άρδευση. Τα στερεά απόβλητα (λάσπες) που δημιουργούνται χρειάζονται ιδιαίτερη επεξεργασία (πάχυνση, διήθηση, κ.ά.).

Για τον πλήρη καθαρισμό λυμάτων και αποβλήτων, έτσι ώστε να είναι δυνατή η ανακύκλωση του νερού σε οποιαδήποτε περίπτωση είναι απαραίτητη μία ακόμη βαθμίδα επεξεργασίας, η τριτοβάθμια.

### 2.3.3 Τριτοβάθμια επεξεργασία

Σκοπός της είναι η απομάκρυνση ορισμένων ρυπαντικών ουσιών που δεν απομακρύνονται στα προηγούμενα στάδια επεξεργασίας. Η απομάκρυνση αυτή αποσκοπεί στην προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος από ορισμένες ουσίες ή στην προετοιμασία των αποβλήτων για επαναχρησιμοποίηση.

Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον πλήρη καθαρισμό των λυμάτων ή αποβλήτων που προέρχονται από τα δύο προηγούμενα στάδια κατεργασίας. Το κόστος της τριτοβάθμιας επεξεργασίας είναι υψηλό και γι'αυτό το στάδιο αυτό χρησιμοποιείται όταν υπάρχει γενικότερο πρόβλημα προσφοράς νερού. Δηλαδή στις περιπτώσεις που επαναχρησιμοποιείται το νερό τόσο για πόσιμο όσο και για βιομηχανικές χρήσεις.

Η επιλογή της μεθόδου που θα χρησιμοποιηθεί καθορίζεται από τη φύση των λυμάτων – αποβλήτων και από το σκοπό επαναχρησιμοποίησής αυτών. Οι κυριότερες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στην τριτοβάθμια επεξεργασία είναι η **προσρόφηση, ιονανταλλαγή, διεργασίες μεμβρανών, ηλεκτροχημικές μέθοδοι, απολύμανση.**

### 2.3.3.1 Προσρόφηση

«Προσρόφηση» είναι γενικά η διαδικασία συγκεντρώσεως διαλυμένων ουσιών σε μία διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ υγρού και αερίου, στερεού ή άλλου υγρού σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από την αντίστοιχη στο υγρό, η οποία γίνεται κατά τη διαδικασία της επιπλεύσεως. Συνηθισμένα υλικά προσροφήσεως είναι η λεπτή άργιλος, πυρίτια, ενεργός αλουμίνα και κυρίως ο **ενεργός άνθρακας**, λόγω του πολύ μεγάλου αναπτύγματος επιφάνειας που παρουσιάζει ανά μονάδα όγκου ( $10 \text{ m}^2/\text{cm}^3$ ) ή ανά μονάδα βάρους ( $500\text{--}1500 \text{ m}^2/\text{gr}$ ). Η προσρόφηση χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση πολλών οργανικών ουσιών (φαινόλες, χρώματα, αρωματικές ενώσεις) από τα απόβλητα, με χρήση ενεργού άνθρακα. Γενικά, η εφαρμογή της προσροφήσεως στην επεξεργασία των αποβλήτων γίνεται για τον εξευγενισμό της τελικής απορροής, ύστερα από το συμβατικό καθαρισμό με στόχο συνήθως την απομάκρυνση ορισμένων χαρακτηριστικών ρύπων, που δεν αφαιρούνται εύκολα από τα απόβλητα.

### 2.3.3.2 Ιονανταλλαγή

Η εναλλαγή ιόντων αποτελεί μία μέθοδο επεξεργασίας, με την οποία ιόντα, που ανήκουν στο αδιάλυτο υλικό εναλλαγής (ρητίνη), αντικαθίστανται με ιόντα ανεπιθύμητων ουσιών, που βρίσκονται σε διάλυμα στα απόβλητα. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται εναλλάκτες ιόντων (ρητίνες) φυσικοί, όπως ζεόλιθοι, ή τεχνητοί. Η μέθοδος της ιοντοανταλλαγής βρίσκει συνεχώς νέες εφαρμογές στην επεξεργασία των αποβλήτων, κυρίως για την ανάκτηση χρήσιμων υλικών ή την εκλεκτική απομάκρυνση ανεπιθύμητων διαλυμένων ουσιών με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση πρώτων υλών και υδατικών πόρων.

### 2.3.3.3 Διεργασίες μεμβρανών

Οι διαχωρισμοί με μεμβράνες βασίζονται στην ιδιότητα μιας ημιπερατής μεμβράνης να επιτρέπει τη διέλευση μιας ουσίας μέσα από τους πόρους της, ενώ συγχρόνως εμποδίζει τη διέλευση άλλων ουσιών, που αποτελούσαν με την πρώτη ένα διάλυμα ή μίγμα. Οι σχετικές διαδικασίες, που χρησιμοποιούν διαχωριστικές μεμβράνες, περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων την **αντίστροφη ώσμωση**, την **υπερδιήθηση**, τη **διάλυση** και **ηλεκτροδιάλυση**. Η ροή στα συστήματα μεμβρανών είναι συνήθως συνεχής. Ο τρόπος διάθεσης του απόβλητου νερού με τους περιεχόμενους σε μεγάλες συγκεντρώσεις ρύπους εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του ανεπεξέργαστου νερού και των αποδεκτών της περιοχής. Με επανακυκλοφορία του απόβλητου νερού, συνήθως στην περίπτωση της υπερδιήθησης, και με δίοδο από διαδοχικές μονάδες μεμβρανών, στην περίπτωση της

αντίστροφης ώσμωσης, επιτυγχάνεται η ελαχιστοποίηση της απώλειας νερού.

#### 2.3.3.4 Ηλεκτροχημικές μέθοδοι

Στις ηλεκτροχημικές μεθόδους συμπεριλαμβάνονται η **χημική οξείδωση** και **αναγωγή**, οι οποίες χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία των αποβλήτων για τη μετατροπή ανεπιθύμητων και τοξικών ρυπαντικών ουσιών σε άλλες μορφές λιγότερο βλαπτικές ή και καθόλου ενοχλητικές. Σαν οξειδωτικά μέσα χρησιμοποιούνται συνήθως το οξυγόνο ( $O_2$ ), το όζον ( $O_3$ ), το υπερμαγγανικό κάλι ( $KMnO_4$ ), το υπεροξείδιο του υδρογόνου ( $H_2O_2$ ) και το χλώριο ( $Cl_2$ ), ενώ σαν αναγωγικά μέσα χρησιμοποιούνται συνήθως ο θειικός σίδηρος ( $FeSO_4$ ), το θειοθειικό νάτριο ( $Na_2S_2O_5$ ) και κυρίως το διοξείδιο του θείου ( $SO_2$ ).

#### 2.3.3.5 Απολύμανση

Σκοπός της απολύμανσης είναι η καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών των αποβλήτων ώστε να αποφεύγεται η μετάδοση ασθενειών μέσω του νερού του αποδέκτη. Είναι το τελευταίο στάδιο επεξεργασίας και το μοναδικό με αποκλειστικό σκοπό την καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών, αν και μερική απομάκρυνση ή καταστροφή τους γίνεται και στα άλλα στάδια επεξεργασίας. Αυτή μπορεί να γίνει με ένα αριθμό διαφορετικών φυσικοχημικών μεθόδων, που περιλαμβάνει απευθείας εφαρμογή θερμικής ενέργειας, ακτινοβολία υπεριώδη, γάμμα, Χ και μικροκυμάτων, υπερήχους και προσθήκη χημικών αντιδραστηρίων. (Κουϊμτζής Θ. και Μάτης Κ.Α., 1993)

## 2.4 ΔΙΑΘΕΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

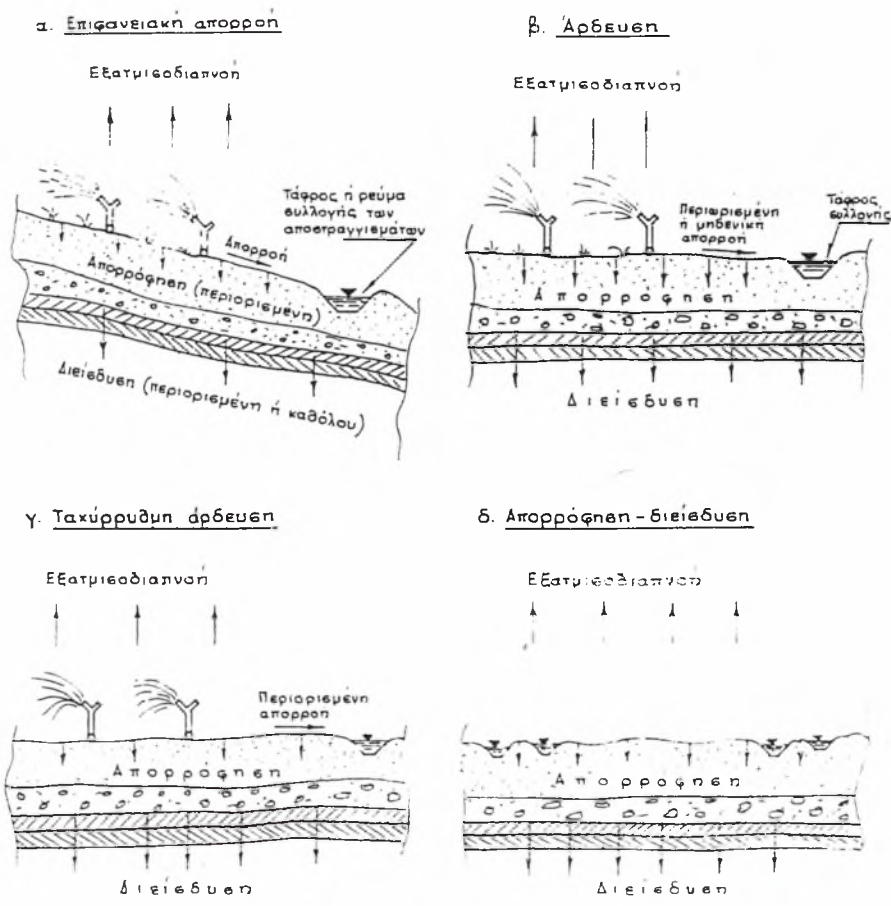
Η διάθεση της απορροής μετά την κατάλληλη επεξεργασία καθαρισμού αποτελεί το τελευταίο βασικό στάδιο στο τρίπτυχο του χειρισμού των αποβλήτων : συλλογή – επεξεργασία – διάθεση. Η κατάλληλη εκλογή του τελικού αποδέκτη (έδαφος, επιφανειακά νερά), που πρέπει να γίνει με κριτήρια δημόσιας υγείας, οικονομικά και περιβαλλοντικά, είναι καθοριστική για τον απαιτούμενο βαθμό καθαρισμού και τη σχετική επεξεργασία. Γι'αυτό πρέπει να εξετάζεται ενιαία το σύστημα επεξεργασία και διάθεση, προκειμένου να βρεθεί η «βέλτιστη» λύση, σε συνδυασμό με την επιθυμητή τοπικά χρήση των διαφόρων αποδεκτών.

Η επιφανειακή διάθεση των υγρών αποβλήτων στο έδαφος μπορεί γενικά να γίνει με έναν από τους συμβατικούς τρόπους αρδεύσεως ύστερα από την απαραίτητη επεξεργασία. Το έδαφος κατά το πέρασμα των υγρών μέσα από τον «ηθμό» του επιφανειακού μανδύα και των ριζών της βλαστήσεως εξασφαλίζει, με καθαρά φυσικό



τρόπο ορισμένο βαθμό επεξεργασίας, που περιλαμβάνει πολλές διαδικασίες (φυσικές, χημικές, βιολογικές). Ειδικά το νερό, κατά ένα μέρος χάνεται στην ατμόσφαιρα με την εξάτμιση και διαπνοή των φυτών, άλλο μέρος απομακρύνεται με επιφανειακή απορροή ή με υπεδάφιο σύστημα στραγγίσεως και το υπόλοιπο διεισδύει βαθιά στο υπέδαφος.

Η διαδικασία της επεξεργασίας των αποβλήτων στο έδαφος μπορεί να γίνει με τέσσερις γενικά τρόπους : επιφανειακή απορροή, απλή άρδευση, ταχύρρυθμη άρδευση και απορρόφηση – διείσδυση (σχήμα 2.4).



Σχήμα 2.4 Επεξεργασία των υγρών αποβλήτων στο έδαφος. (Μαρκαντωνάτος Γ. Π., 1990)

Τα χαρακτηριστικά στοιχεία των τεσσάρων τρόπων επεξεργασίας και διαθέσεως των υγρών αποβλήτων στο έδαφος σημειώνονται στον πίνακα 3.

Διαδικασία	Αντικειμενικός σκοπός	Κατάλληλα εδάφη	Ενδακτική φόρτιση cm/χρόν.	Τελική διάθεση των νεράων	Επίδραση στην ποιότητα των αποβλήτων
Επιφανειακή ροή	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Μεγιστοποίηση της επεξεργασίας.</li> <li>- Η καλλιέργεια είναι περιπτώσιακή</li> <li>- Επιτρέπεται επιφανειακή απορροή.</li> </ul>	Μικρή διαπερατότητα ή και ψηλός υπόγειος ορίζοντας νερών.	150-750	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Το πλείστο στην επιφανειακή απορροή</li> <li>- Μερικά στην εξατμισο-διαπνοή και στα υπόγεια νερά.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Σημαντική ελάττωση του BOD και των αιωρ. στερεών.</li> <li>- Ελάττωση των θρεπτικών ουσιών με δέσμευση και ανάπτυξη των φυτών.</li> <li>- Αύξηση των διαλυμένων στερεών στην επιφ. απορροή.</li> </ul>
Άρδευση	Μεγιστοποίηση της γεωργικής παραγωγής.	Εδάφη πρόσφορα για αρδευτικές καλλιέργειες.	30-150	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Το πλείστο στην εξατμισο-διαπνοή.</li> <li>- Μερικά στο υπέδαφος.</li> <li>- Λίγα ή τίποτε στην επιφανειακή απορροή.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Απομάκρυνση του BOD και αιωρουμένων στερεών.</li> <li>- Το πλείστο των θρεπτικών καταναλίσκονται από τα φυτά ή δεσμεύεται.</li> <li>- Σημαντική αύξηση των διαλυμένων στερεών στα νερά που διεισδύουν.</li> </ul>
Ταχύρρυθμη άρδευση	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Μεγιστοποίηση επεξεργασίας με εξατμισο-διαπνοή και διεισδυση, χωρίς σχεδόν επιφ. απορροή.</li> <li>- Η γεωργική παραγωγή είναι ευεργετικό παραπροϊόν.</li> </ul>	Πολύ διαπερατά εδάφη πρόσφορα για αρδευτικές καλλιέργειες. Μπορεί να χρησιμοποιηθούν δριακά εδάφη αν έχουν αδρή δομή.	60-300	Εξατμισο-διαπνοή και υπόγεια νερά. Περιορισμένη ή καθόλου επιφανειακή απορροή.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Απομάκρυνση σημαντικού BOD και αιωρ. στερεών.</li> <li>- Ελάττωση θρεπτικών ουσιών.</li> <li>- Ουσιαστική αύξηση των διαλυμένων στερεών στα νερά που διεισδύουν.</li> </ul>
Απορρόφηση διεισδυση	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Εμπλουτισμός υπόγειων νερών ή διήθηση των υγρών.</li> <li>- Δυνατή η γεωργική καλλιέργεια με μικρό ή καθόλου όφελος.</li> </ul>	Πάρα πολύ διαπερατά αμμώδη και χαλικώδη εδάφη.	600-15.000	Στα υπόγεια νερά με λίγη εξατμισο-διαπνοή χωρίς επιφανειακή απορροή.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ελάττωση του BOD και των αιωρουμένων στερεών.</li> <li>- Μικρή μεταβολή των διαλυμένων στερεών στα νερά που διεισδύουν.</li> </ul>

Πίνακας 3. Χαρακτηριστικά στοιχεία των διαδικασιών επεξεργασίας και διαθέσεως στο έδαφος. (Μαρκαντωνάτος Γ. Π., 1990)

## 2.5 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ

Ο αντικειμενικός στόχος της επαναχρησιμοποίησης είναι η διάθεση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων ως αρδευτικό νερό με σκοπό τη μεγιστοποίηση της απόδοσης της καλλιέργειας, από ποσοτική και ποιοτική άποψη. Ο στόχος αυτός πρέπει να επιτευχθεί χωρίς περιβαλλοντικές επιπτώσεις και με μια σειρά από περιορισμούς που εξασφαλίζουν την προστασία της δημόσιας υγείας και την προστασία του αέριου, υγρού και εδαφικού περιβάλλοντος. Οι βασικές συνιστώσες ενός συστήματος επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων αποβλήτων για άρδευση είναι :

### i. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του αρδευτικού νερού

- περιεκτικότητα σε άλατα ή αλατότητα (EC / TDS)
- περιεκτικότητα σε νάτριο (SAR)
- περιεκτικότητα σε ανθρακικά ιόντα ( $\text{HCO}_3^-$ ), χλώριο ( $\text{Cl}^-$ ) και βόριο (B)

- περιεκτικότητα σε μέταλλα (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se, Zn)
- περιεκτικότητα σε αιωρούμενα στερεά (SS)
- περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά (N, P, K, Zn, B, S)
- περιεκτικότητα σε παθογόνα συστατικά
- περιεκτικότητα σε τοξικά οργανικά

**Πίνακας 4. Εργαστηριακές αναλύσεις για την εκτίμηση της ποιότητας των αρδευτικών νερών**

Παράμετροι	Σύμβολο	Μονάδες	Σύνηθες εύρος συγκέντρωσης στο αρδευτικό νερό
<b>Φυσικές</b>			
Περιεχόμενα άλατα			
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	EC <sub>w</sub>	dS/m	0 - 3
Ολικά διαλυμένα στερεά	TDS	mg/l	0 - 2000
Θερμοκρασία	Ta	°C	
Χρώμα - Θολότητα		NTU/ITU	
Σκληρότητα		mg equiv.	
Ιζήματα		g/l	
<b>Χημικές</b>			
Κατιόντα και ανιόντα			
Ασβέστιο	Ca <sup>++</sup>	mg/l	0 - 400
Μαγνήσιο	Mg <sup>++</sup>	mg/l	0 - 20
Νάτριο	Na <sup>+</sup>	mg/l	0 - 60
Ανθρακικά	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0 - 5
Όξινα ανθρακικά	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0 - 900
Χλωριόντα	Cl <sup>-</sup>	mg/l	0 - 40
Θειικά	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0 - 3
		me/l	0 - 0.1
		mg/l	0 - 600
		me/l	0 - 10
		mg/l	0 - 1100
		me/l	0 - 30
		mg/l	0 - 1000
		me/l	0 - 20
<b>Διάφορα</b>			
Βόριο	B	mg/l	0 - 2
Οξύτητα/Αλκαλικότητα	pH		6.5 - 8.5
Σχέση προσρόφησης νατρίου	SAR	(me/l) <sup>0.5</sup>	0 - 15
Τοξικά στοιχεία			
Ιχνοστοιχεία			
Νιτρικό άζωτο	NO <sub>3</sub> -N	mg/l	0 - 10
Φωσφορικός φώσφορος	PO <sub>4</sub> -P	mg/l	0 - 2
Κάλιο	K	mg/l	0 - 2

Πηγή: Ayers and Westcot (1985), Westcot and Ayers (1985), Kandiah (1990a)

## ii. Το είδος της καλλιέργειας

Η ελευθερία επιλογής του είδους της καλλιέργειας δίνει τη δυνατότητα αποφυγής προβλημάτων στα φυτά, αλλά και στη δημόσια υγεία. Επιλέγοντας μια καλλιέργεια ανθεκτική σε αλκαλιωμένα εδάφη και σε τοξικά συστατικά περιορίζονται σημαντικά τα προβλήματα που μπορεί να προκληθούν στην καλλιέργεια. Επιλέγοντας, επίσης, μία καλλιέργεια που οι καρποί της δεν καταναλώνονται ωμοί ή δεν έρχονται σε επαφή με την

αρδευόμενη επιφάνεια του εδάφους, περιορίζονται οι κίνδυνοι προσβολής της δημόσιας υγείας. Σε περίπτωση που το είδος της καλλιέργειας είναι δεδομένο, η προσοχή στρέφεται στα χαρακτηριστικά των αρδευτικών νερών.

### **iii. Τα χαρακτηριστικά της περιοχής**

- η τοπογραφία της περιοχής
- τα χαρακτηριστικά του εδάφους
- οι γεωλογικές συνθήκες της περιοχής
- τα υπόγεια νερά
- οι χρήσεις γης
- το κλίμα της περιοχής

### **iv. Η μέθοδος της άρδευσης**

- Άρδευση με καταιονισμό
- Επιφανειακή άρδευση
- Τοπική άρδευση

### **v. Η πρακτική της άρδευσης**

Το βασικότερο χαρακτηριστικό της πρακτικής της άρδευσης είναι το αν αυτή είναι περιορισμένη, δηλαδή εφαρμόζεται για ωρισμένα είδη καλλιεργειών ή απεριόριστη. Η περιορισμένη άρδευση, π.χ. για καλλιέργειες των οποίων οι καρποί δεν τρώγονται ωμοί, προστατεύει θεωρητικά τη δημόσια υγεία, αλλά είναι πολύ δύσκολο να εφαρμοστεί στην πράξη. Η εφαρμογή της περιορισμένης άρδευσης γίνεται όταν υπάρχουν οι ακόλουθες συνθήκες :

- Εφαρμόζονται αυστηρά οι υπάρχοντες σχετικοί νόμοι και ελέγχεται η εφαρμογή τους.
- Υπάρχει ειδική κρατική υπηρεσία που ελέγχει τη διακίνηση των επεξεργασμένων αποβλήτων.
- Υπάρχει κεντρική διαχείριση και έλεγχος του έργου άρδευσης.
- Υπάρχει μεγάλη οικονομική απόδοση (έντονη ζήτηση και υψηλή τιμή πώλησης) των προϊόντων των περιορισμένων καλλιεργειών.
- Δεν υπάρχουν εναλλακτικές καλλιέργειες απεριόριστης άρδευσης με σχετικά σημαντική οικονομική απόδοση.

Για τις ελληνικές συνθήκες, δεν συνιστάται προς το παρόν η εφαρμογή της περιορισμένης άρδευσης. Κατά συνέπεια η προσπάθεια πρέπει άρχικα να στραφεί στην εξασφάλιση καλής ποιότητας αρδευτικού νερού, δηλαδή επεξεργασμένων αποβλήτων μετά από τριτοβάθμια επεξεργασία.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό της πρακτικής της άρδευσης είναι το αν χρησιμοποιείται στο αρδευτικό δίκτυο νερό προέλευσης διαφορετικής από επεξεργασμένα απόβλητα. Στην περίπτωση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί μίγμα των αρδευτικών νερών ή να εφαρμοστούν τα διαφορετικά είδη αρδευτικών νερών σε διαφορετικές περιόδους, ανάλογα με τις ανάγκες και τη διαθεσιμότητα του καθενός. Η ύπαρξη εναλλακτικής πηγής αρδευτικού νερού, ακόμη και με τη μορφή της εφεδρείας, εξασφαλίζει και ψυχολογικά τον αγρότη ότι ακόμα και σε περίπτωση προβλήματος στην τροφοδότηση με επεξεργασμένα απόβλητα, δε θα δημιουργηθεί πρόβλημα έλλειψης νερού στις καλλιέργειές του.

## **2.6 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ**

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από ένα σύστημα άρδευσης με επεξεργασμένα απόβλητα μπορεί να προέλθουν από :

- i. τις μονάδες επεξεργασίας
- ii. τη διαδικασία της άρδευσης
- iii. την πορεία των αρδευτικών νερών στο έδαφος και στις καλλιέργειες
- iv. τη συλλογή, διάθεση και κατανάλωση των προϊόντων των καλλιεργειών

Οι επιπτώσεις αυτές αφορούν κυρίως :

- τη ρύπανση του αέρα
- τη ρύπανση του εδάφους
- τη ρύπανση των υπόγειων νερών
- τη βλάβη των καλλιεργειών
- τη βλάβη της δημόσιας υγείας

### **2.6.1 Επιπτώσεις κατά την επεξεργασία**

Οι επιπτώσεις αυτές αφορούν τη λειτουργία των μονάδων επεξεργασίας, όμως με το σωστό σχεδιασμό και λειτουργία τους, πραγματοποιείται η βελτίωση των χαρακτηριστικών των επεξεργασμένων αποβλήτων για να χρησιμοποιηθούν για άρδευση χωρίς περιβαλλοντικές επιπτώσεις.



## 2.6.2 Επιπτώσεις στο έδαφος, στα επιφανειακά και υπόγεια νερά

Οι επιπτώσεις αυτές μπορεί να παρατηρηθούν :

- **κατά τη μεταφορά του νερού στο δίκτυο διανομής**, π.χ. διάβρωση των μεταλλικών ή τσιμεντένιων αγωγών, εξαιτίας του χαμηλού pH των αποβλήτων ή της δημιουργίας αναερόβιων συνθηκών,
- **κατά την άρδευση**, π.χ. έμφραξη των οπών με βακτηριδιακά στρώματα, άλγη και αιωρούμενα στερεά όταν γίνεται με σταγόνες,
- **κατά την κίνηση του νερού στο έδαφος** με υποβάθμιση της ποιότητας του εδάφους εξαιτίας των συστατικών των αποβλήτων, π.χ. αλκαλίωση του εδάφους ή γρήγορη απώλεια του αρδευτικού νερού προς τα υπόγεια νερά, όταν την ευνοούν ειδικοί γεωλογικοί σχηματισμοί.

## 2.6.3 Επιπτώσεις στις καλλιέργειες

Οι κυριότερες επιπτώσεις στις καλλιέργειες είναι :

- **βλάβες στη φυτική μάζα**, οι οποίες μπορεί να συμβούν εξαιτίας τοξικών συστατικών όπως B, Na, Cl κ.α., αλλά αντιμετωπίζονται με την επεξεργασία των αποβλήτων και την επιλογή κατάλληλων ανθεκτικών καλλιεργειών,
- **μείωση των αποδόσεων των καλλιεργειών**
- **μόλυνση των καλλιεργειών με παθογόνους μικροοργανισμούς**, η οποία δημιουργείται με την άμεση επαφή των φυτών με το αρδευτικό νερό ή με το μολυσμένο έδαφος. Μεταφορά των μικροοργανισμών στα φυτά μπορεί να γίνει με τον άνεμο, τους εργάτες και τα έντομα, αλλά αντιμετωπίζεται με την απολύμανση και την τήρηση των κανόνων υγιεινής.

## 2.6.4 Επιπτώσεις στη δημόσια υγεία

Η προστασία της δημόσιας υγείας είναι ίσως το σημαντικότερο θέμα κατά την εφαρμογή της άρδευσης με επεξεργασμένα απόβλητα. Οι ομάδες ατόμων που εκτίθενται στον κίνδυνο μόλυνσης είναι :

- **οι γεωργοί και οι οικογένειές τους**, οι οποίοι μπορούν να προστατευτούν χρησιμοποιώντας κατάλληλα προστατευτικά ρούχα, με εμβόλια και φάρμακα,
- **τα άτομα που διακινούν τα προϊόντα των καλλιεργειών**, για τα οποία συνιστάται η σωστή ενημέρωση και η ορθή, σύμφωνα με τους κανόνες υγιεινής, διαχείριση των προϊόντων,
- **οι καταναλωτές των προϊόντων των καλλιεργειών**, για τους οποίους συνιστάται η

μη ωμή κατανάλωση, αλλά το μαγείρεμα των προϊόντων και η σωστή εφαρμογή των κανόνων υγιεινής,

- **οι περίοικοι**, για τους οποίους συνιστάται η αποφυγή πρόσβασης στις περιοχές των καλλιεργειών.

Μακροχρόνια προβλήματα στη δημόσια υγεία προκαλούνται από τη μακροχρόνια εφαρμογή άρδευσης με επεξεργασμένα απόβλητα που περιέχουν τοξικά χημικά συστατικά, τα οποία συσσωρεύονται στην ακόρεστη ζώνη του εδάφους με αποτέλεσμα οι συγκεντρώσεις τους στο εδαφικό νερό να μπορεί να φτάσουν σε τοξικά επίπεδα, να απορροφηθούν από τις καλλιέργειες και στη συνέχεια να μεταφερθούν στον άνθρωπο. Ακόμα και αν δεν συσσωρευτούν στην ακόρεστη ζώνη, καταλήγουν στα υπόγεια νερά και συσσωρεύονται εκεί δημιουργώντας ανάλογο πρόβλημα κατά την κατανάλωση των υπόγειων νερών.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ayers, R. S. and Westcot, D. W., 1985. Water Quality for Agriculture, F.A.O. Irrigation and Drainage Paper 29:99-104, Rev.1, Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome.
2. Βασιλακιώτης Γ.Σ., 1989. Χημεία περιβάλλοντος. Εκδόσεις University studio press, 2<sup>η</sup> έκδοση, Θεσσαλονίκη.
3. Κουϊμτζής Θ. και Μάτης Κ.Α., 1993. Αρχές τεχνολογίας αντιρρύπανσης. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
4. Λέκκας Θ.Δ., 1996. Περιβαλλοντική μηχανική Ι. Εκδόσεις Technograph, Αθήνα.
5. Μαρκαντωνάτος, Γ.Π., 1990. Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων, Εκδόσεις Γαρταγάνης, Αθήνα.
6. Metcalf and Eddy, 2003. Wastewater engineering: Treatment and Reuse. 4<sup>th</sup> Ed., McGraw-Hill, Inc. N.Y.
7. Μισοπολινός, Ν.Δ., 1991. Προβληματικά εδάφη. Μελέτη, Πρόληψη, Βελτίωση. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη
8. Πανώρας Α. και Ηλίας Α., (1999), “Άρδευση με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα”, Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.
9. Στάμου Ι.Α., 1995. Βιολογικός καθαρισμός αστικών αποβλήτων, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.
10. Χριστούλας Δ.Γ., 1991. Ρύπανση των Υδάτων και Αντιρυπαντική Τεχνολογία, 1<sup>η</sup> έκδοση, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα.

# 3. Η ΑΡΔΕΥΣΗ

## 3.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Το νερό αποτελεί βασικό στοιχείο για την ανάπτυξη και απόδοση των καλλιεργειών. Τα φυτά παίρνουν το νερό από το έδαφος, το οποίο μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα πολύπλοκο σύστημα που ταυτόχρονα είναι μία αποθήκη θρεπτικών στοιχείων, ένα περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσεται πλήθος μικροοργανισμών, ένα μέσο στερέωσης των φυτών, ένα μέσο διακίνησης του νερού και μία αποθήκη νερού από την οποία τα φυτά με τις ρίζες τους παίρνουν την απαραίτητη για την ανάπτυξή τους υγρασία.

Ο αντικειμενικός σκοπός της άρδευσης είναι ο εφοδιασμός των καλλιεργειών με το απαραίτητο νερό για την κανονική ανάπτυξη και μεγιστοποίηση της απόδοσής τους σε συνδυασμό με υψηλή ποιότητα προϊόντων. Ένα αναπτυσσόμενο φυτό παίρνει με τις ρίζες του το νερό μαζί με τα διαλυμένα σ' αυτό θρεπτικά στοιχεία που, μετά από μία διαδρομή μέσα στους φυτικούς ιστούς, καταλήγει στα φύλλα. Από εκεί το νερό κινείται είτε προς την ατμόσφαιρα με τη μορφή υδρατμών είτε χάνεται από την επιφάνεια του εδάφους, όταν αυτή είναι υγρή, με τη διαδικασία της εξάτμισης.

Μία άρδευση για να θεωρηθεί επιτυχής πρέπει να εφοδιάζει το έδαφος με νερό όσο είναι το καθαρό βάθος αρδεύσεως. Η εφαρμογή του νερού πρέπει να γίνεται με τρόπο που οι απώλειες να είναι όσο το δυνατόν μικρότερες, ώστε η αποδοτικότητα εφαρμογής να πλησιάζει τη μονάδα. Το αρδευτικό νερό, όπως και τα αστικά λύματα, μπορεί να εφαρμοστεί στο έδαφος με διάφορες μεθόδους. Συνοπτικά, αυτές είναι οι εξής :

**1. Επιφανειακή άρδευση :** το νερό εφαρμόζεται στην επιφάνεια του εδάφους είτε **στατικά**, όπου η επιφάνεια του χωραφιού πρέπει να είναι πρακτικά οριζόντια, γι' αυτό λέγεται και **οριζόντια άρδευση** είτε **κινούμενο**, όπου η επιφάνεια του χωραφιού παρουσιάζει κάποια κλίση που επιτρέπει την κίνηση του νερού προς τα κάτω και γι' αυτό λέγεται **κεκλιμένη άρδευση**. Στην επιφανειακή άρδευση διακρίνονται οι παρακάτω τρεις μέθοδοι :

**i) Με κατάκλυση (οριζόντια άρδευση) :** το χωράφι χωρίζεται με χωμάτινα αναχώματα σε μικρής εκτάσεως, σχεδόν οριζόντιες λεκάνες, στις οποίες παροχετεύεται νερό με μεγάλη παροχή μέχρι να φτάσει σε κάποιο προκαθορισμένο βάθος, οπότε διακόπτεται η παροχή και το νερό αφήνεται να διηθηθεί. Η άρδευση με κατάκλυση βρίσκει περιορισμένη εφαρμογή, γιατί

απαιτεί μεγάλη παροχή αρδέυσεως, πολύπλοκο σύστημα διανομής του νερού και εντατική απασχόληση προσωπικού. Περιορίζεται συνήθως σε άρδευση οπωρώνων όταν υπάρχει άφθονο νερό και, μία παραλλαγή της, χρησιμοποιείται για την άρδευση ορυζώνων.

ii) **Με περιορισμένη διάχυση (κεκλιμένη άρδευση)** : το χωράφι χωρίζεται σε λωρίδες με παράλληλα αναχώματα κατά τη διεύθυνση της μέγιστης κλίσης. Το νερό παροχετεύεται στο πάνω μέρος των λωρίδων και διηθείται στο έδαφος κατά την κίνησή του προς τα κάτω. Τα αναχώματα που χωρίζουν τις λωρίδες κατασκευάζονται είτε **προσωρινά** είτε **μόνιμα**. Η πρώτη περίπτωση χρησιμοποιείται για την άρδευση οπωρώνων στους οποίους υπάρχει συγκαλλιέργεια και για την προάρδευση χωραφιών που σπέρνονται με γραμμικές καλλιέργειες, οι οποίες στη συνέχεια αρδεύονται με αυλάκια, ενώ μόνιμα αναχώματα κατασκευάζονται σε χωράφια με πολυετείς καλλιέργειες και κυρίως μηδική.

➤ Όσον αφορά τα επεξεργασμένα αστικά λύματα, επειδή η άρδευση με κατάκλυση ή λωρίδες απαιτεί πλήρη κάλυψη της επιφάνειας του εδάφους με αυτά, έχει ως αποτέλεσμα να μολύνεται τόσο τμήμα της φυλλικής επιφάνειας των λαχανικών που έρχεται σε επαφή με αυτά, όσο και η συγκομιζόμενη ρίζα, ενώ και οι καλλιεργητές εκτίθενται σημαντικά στα απόβλητα.

iii) **Με αυλάκια (κεκλιμένη άρδευση)** : το χωράφι διαμορφώνεται σε αυλάκια με διεύθυνση προς τη μέγιστη κλίση, στα οποία το νερό παροχετεύεται σε μικρές παροχές στο πάνω μέρος τους. Το νερό από τα αυλάκια διηθείται κατακόρυφα προς τα κάτω και πλευρικά με ρυθμό που εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του εδάφους και τη βρεχόμενη περίμετρο των αυλακιών. Αποτελεί τον κύριο τρόπο αρδέυσεως των γραμμικών καλλιεργειών.

➤ Κατά την άρδευση με αυλάκια δεν διαβρέχεται όλη η επιφάνεια του εδάφους, γεγονός που μειώνει τους κινδύνους μόλυνσης των φυτών, τα οποία αναπτύσσονται στον αυχένα των αυλακιών, από τα επεξεργασμένα αστικά λύματα. Η μόλυνση όμως των αγροτών είναι μέση έως υψηλή.

2. **Άρδευση με καταιονισμό** : ο καταιονισμός είναι τεχνητή απομίμηση της βροχής. Το νερό εφαρμόζεται σε όλη την επιφάνεια του χωραφιού μέσω καταιονιστήρων και διηθείται κατακόρυφα, κάτω από ακόρεστες συνθήκες εδαφικής υγρασίας. Ο καταιονισμός προσαρμόζεται για άρδευση σχεδόν όλων των εμπορεύσιμων καλλιεργειών, κάτω από μεγάλη ποικιλία εδαφικών συνθηκών.

Ιδιαίτερα, η μέθοδος συνιστάται όταν η διαθέσιμη παροχή αρδύσεως είναι σχετικά μικρή και όταν το έδαφος είναι πολύ διαπερατό, ανομοιόμορφο, αβαθές, με υψηλή υπόγεια στάθμη, μεγάλη κλίση και ανώμαλη τοπογραφία. Ανάλογα με τον τρόπο εγκαταστάσεως και λειτουργίας, τα συστήματα καταιονισμού διακρίνονται σε :

- **μόνιμα** : χρησιμοποιούνται για άρδευση καλλιεργειών μεγάλης αξίας και χορτοταπήτων, γιατί η δαπάνη εγκαταστάσεώς τους είναι μεγάλη,
- **ημιμόνιμα** : χρησιμοποιούνται κυρίως για την άρδευση οπωρώνων,
- **μεταφερόμενα** : είναι πολύ διαδεδομένα και χρησιμοποιούνται για άρδευση πολλών ετήσιων καλλιεργειών και της μηδικής.

➤ Η μέθοδος άρδευσης με καταιονισμό είναι πιο αποδοτική όσον αφορά στη χρήση του νερού, επειδή μπορεί να επιτευχθεί ομοιομορφία στην εφαρμογή του. Ωστόσο, μπορεί να μολύνει τις καλλιέργειες και τους αγρότες, ενώ παθογόνοι μικροοργανισμοί που περιέχονται σε καταιονιζόμενα απόβλητα μπορεί να μεταφερθούν με τον άνεμο και να δημιουργήσουν κίνδυνο για την υγεία των κατοίκων των κοντινών περιοχών. Για να αποφευχθούν οι υπερβολικές απώλειες και να επιτευχθεί ομοιομορφία κατανομής του νερού στον αγρό, είναι καλό να γίνεται μια πρόχειρη ισοπέδωση του εδάφους (Πανώρας κ.α 1993). Τα συστήματα καταιονισμού επηρεάζονται πιο πολύ από την ποιότητα του νερού σε σχέση με τα επιφανειακά συστήματα άρδευσης, κυρίως λόγω :

- έμφραξης των ακροφυσίων των καταιονιστήρων,
- ενδεχομένων ζημιών των φύλλων και της φυτοτοξικότητας, όταν το νερό είναι αλατούχο και περιέχει περίσσεια τοξικών ουσιών,
- πιθανότητας συσσώρευσης ιζήματος σε σωλήνες, βάνες, αυτοματισμούς και στο σύστημα διανομής του νερού.

Γενικά, τα αστικά λύματα που έχουν υποστεί δευτεροβάθμια επεξεργασία είναι κατάλληλα για διανομή από εκτοξευτήρες, αρκεί να μην είναι πολύ αλατούχα.

**3. Στάγδην άρδευση** : το νερό εφαρμόζεται σε επιλεγμένα σημεία του εδάφους μέσω σταλακτήρων και διηθείται τόσο κατακόρυφα όσο και πλευρικά κάτω από ακόρεστες συνθήκες υγρασίας. Η άρδευση με σταγόνες, επιφανειακή ή υπόγεια, είναι ένας τρόπος άρδευσης κατά τον οποίο το νερό εφαρμόζεται στο έδαφος σε μικρές ποσότητες με τη μορφή σταγόνων, έτσι που κάθε φυτό χωριστά να εφοδιάζεται με την απαραίτητη για την κανονική ανάπτυξη και απόδοση υγρασία. Ο



όρος υπόγεια άρδευση χρησιμοποιείται γενικά τα τελευταία 10-15 χρόνια, για να περιγράψει την εφαρμογή του εξοπλισμού της στάγδην άρδευσης κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Όταν εφαρμόζεται σωστά είναι πολύ αποτελεσματική και προσφέρεται κατ'εξοχήν για αυτοματισμούς. Ιδιαίτερα, προσφέρεται για περιπτώσεις που η διαθέσιμη παροχή αρδεύσεως είναι πολύ μικρή, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να εφαρμοστούν οι άλλες μέθοδοι αρδεύσεως. Εφαρμόζεται κυρίως για την άρδευση λαχανικών, οπωρώνων και αμπελώνων, η χρήση της όμως επεκτείνεται και σε άλλες γραμμικές καλλιέργειες.

### 3.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Η μέθοδος άρδευσης που θα επιλεγεί εξαρτάται από :

- την παροχή και ποιότητα του νερού,
- τις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής,
- την καλλιέργεια,
- το κόστος της μεθόδου,
- την ικανότητα του αγρότη να διαχειρίζεται το σύστημα άρδευσης.

Ωστόσο, όταν χρησιμοποιούνται αστικά λύματα για άρδευση, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και άλλοι παράγοντες, όπως :

- η ποιότητα των επεξεργασμένων αποβλήτων,
- το είδος της καλλιέργειας (βιομηχανικά φυτά, δενδρώδεις καλλιέργειες, βοσκές, λαχανικά κλπ.)
- η διαβροχή ή μη του φυλλώματος και των καρπών,
- ο τρόπος κατανομής νερού-αλάτων-ρυπαντών στο έδαφος,
- η δυνατότητα διατήρησης της εδαφικής υγρασίας σε υψηλά επίπεδα,
- η αποδοτικότητα εφαρμογής του νερού,
- η πιθανότητα πρόκλησης ζημιών στο αρδευτικό σύστημα,
- η πιθανότητα μόλυνσης αγροτών και καταναλωτών και
- η πιθανή ρύπανση του περιβάλλοντος.

Η μέθοδος της στάγδην άρδευσης θεωρείται ιδανική για χρήση με λύματα, διότι :

- αποτελεί κλειστό σύστημα και δεν εκθέτει σε κίνδυνο τους αγρότες,
- δεν προκαλεί διασπορά των λυμάτων με τον άνεμο,
- δε δημιουργεί απορροή λυμάτων προς γειτονικές περιοχές.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά που διακρίνουν τις τοπικές αρδεύσεις, συμπεριλαμβανομένης και της στάγδην, είναι:

1. Μικρή παροχή νερού (κατώτερη από 12 lt/h).
2. Μερική διαβροχή του εδάφους.
3. Μεγάλη συχνότητα και διάρκεια άρδευσης.
4. Υψηλή περιεκτικότητα και χαμηλή τάση εδαφικής υγρασίας.
5. Τρισδιάστατη κίνηση του νερού στο έδαφος. (Μιχελάκης, 1998).

### 3.3 ΣΥΝΘΕΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Ένα τυπικό σύστημα στάγδην άρδευσης περιλαμβάνει οπωσδήποτε τα εξής βασικά μέρη :

1. **Πηγή πίεσης ή πηγή τροφοδοσίας νερού** : αποτελείται από τον **κινητήρα** και μία φυγόκεντρη ή στροβιλοφόρο **αντλία** ή μία **υπερυψωμένη δεξαμενή** ή **υδροληψία** από ένα μεγάλο αρδευτικό δίκτυο από κλειστούς αγωγούς με πίεση.

Η πηγή αυτή έχει σκοπό να καλύψει :

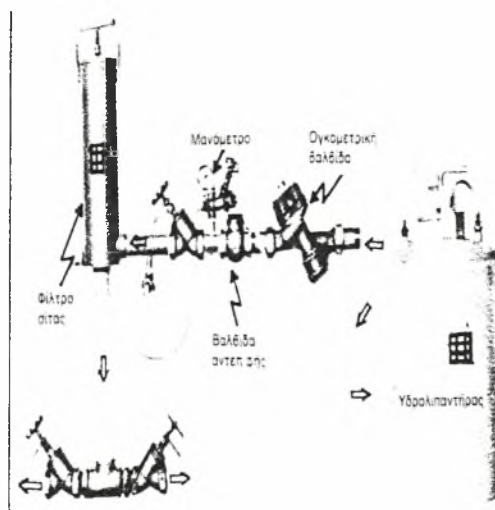
- την πίεση λειτουργίας των σταλακτήρων,
  - τις απώλειες πίεσης λόγω τριβών στους σωλήνες και στα ειδικά εξαρτήματα,
  - τις διαφορές υψομέτρου.
2. **Κέντρο ελέγχου ή «κεφαλή»** : πρόκειται για σύνολο μηχανισμών από τους οποίους περνά το νερό πριν από την κατανομή του στα διάφορα μέρη του χωραφίου, ώστε να εξασφαλιστούν :

- ο καθαρισμός του από τις ξένες ύλες,
- η ρύθμιση της πίεσης του,
- η αυτοματοποίηση του προγράμματος άρδευσης,
- η προσθήκη λιπασμάτων, φαρμάκων κλπ.

Συνήθως, μία «κεφαλή» (εικ.19) περιλαμβάνει :

- φίλτρο,
- αυτόματη ογκομετρική βαλβίδα,
- υδρολιπαντήρα,
- ρυθμιστή πίεσης,
- βαλβίδα αντεπιστροφής,
- βαλβίδα εξαερισμού,
- μανόμετρα,
- βάνες κ.α.

Εικόνα 19



3. **Σωληνώσεις** : σύνολο σωληνώσεων που χρησιμοποιούνται για να μεταφέρουν το νερό, να το κατανέμουν στα διάφορα μέρη του χωραφιού και να το διανέμουν τελικά στα φυτά μέσω των σταλακτήρων. Οι σωλήνες διακρίνονται σε :

- **Κύριοι** : είναι συνήθως από άκαμπτο PVC και πρέπει να τοποθετούνται υπόγεια, τόσο για την προστασία τους, όσο και για τη διευκόλυνση της κυκλοφορίας των γεωργικών μηχανημάτων στον αγρό. Διατάσσονται, κατά κανόνα, παράλληλα προς την κλίση του εδάφους για οικονομία ενέργειας και υλικού. Μεταφέρουν το νερό από την πηγή μέχρι τους πλευρικούς.

- **Δευτερεύοντες** : είναι μικρότερης διαμέτρου και τοποθετούνται κάθετα ή παράλληλα προς του κύριους και υπόγεια, επίσης από άκαμπτο PVC.

- **Πλευρικοί** : είναι πλαστικοί από πολυαιθυλένιο PE, εύκαμπτοι και σπανιότερα από χλωριούχο πολυβινύλιο PVC, με διάμετρο 12-25 mm. Τοποθετούνται κάθετα, πάντοτε, προς τους δευτερεύοντες, από τους οποίους παραλαμβάνουν το νερό και το διαμοιράζουν με τους σταλακτήρες και παράλληλα προς τις γραμμές της καλλιέργειας.

4. **Σταλακτήρες** : υπάρχουν πολλών ειδών και τύπων. Κατατάσσονται κατά διάφορους τρόπους ανάλογα με τα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη για την κατάταξη.

#### **A. Ανάλογα με τα υδραυλικά χαρακτηριστικά**

1. Σταλακτήρες μεγάλης διαδρομής
  - i) Μικροσωλήνες
  - ii) Σταλακτήρες με ελικοειδή διαδρομή
  - iii) Σταλακτήρες με σπειροειδή διαδρομή
  - iv) Σταλακτήρες με μαιανδρική διαδρομή
  - v) Σταλακτήρες μεικτής διαδρομής
2. Σταλακτήρες μικρής διαδρομής
  - i) Σταλακτήρες τύπου οπής
  - ii) Σταλακτήρες τύπου στροβίλου

#### **B. Ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης**

1. Σταλακτήρες πλευρικοί
2. Σταλακτήρες γραμμικοί

### C. Ανάλογα με τον αριθμό των εξόδων

1. Σταλακτήρες απλής εξόδου
2. Σταλακτήρες πολλαπλής εξόδου

### D. Ανάλογα με τη ρύθμιση της παροχής

1. Σταλακτήρες σταθεροί
2. Σταλακτήρες ρυθμιζόμενοι
3. **Σταλακτήρες αυτορυθμιζόμενοι** (είναι ο τύπος που χρησιμοποιείται περισσότερο σήμερα)

5. **Εξαρτήματα συνδεσμολογίας** : ειδικά τεμάχια (π.χ. ταφ, σύνδεσμοι, ρακόρ, φλάντζες κ.λ.π.) που συνδέουν τόσο τα διάφορα μέρη της κεφαλής, όσο και τους κύριους και δευτερεύοντες σωλήνες μεταξύ τους καθώς και τους σταλακτήρες πάνω στις γραμμές άρδευσης. Είναι πλαστικά ή μεταλλικά επικασσιτερωμένα (γαλβανιζέ) και εξασφαλίζουν σταθερές και στεγανές συνδέσεις στο δίκτυο, (Τερζίδης κ.ά., 1997, Μιχελάκης, 1998).

Σύμφωνα με τους Phene et al., (1995), ο σχεδιασμός και η λειτουργία των υποεπιφανειακών στάγδην συστημάτων εξελίχθησαν με τον χρόνο, αλλά διαφέρουν ελάχιστα από τα επιφανειακά συστήματα, εκτός από τρία σημαντικά κριτήρια :

- I. α) Στα υψηλότερα υψομετρικά σημεία του συστήματος πρέπει να τοποθετηθούν βαλβίδες ανακούφισης.
- II. β) Κατά την διάρκεια των 6 πρώτων μηνών της λειτουργίας τους, τα συστήματα υπόγειας στάγδην άρδευσης, απαιτούν συχνή πλύση των πρωτευόντων, και πλευρικών αγωγών.
- III. γ) Η λίπανση των καλλιεργειών καθιστάται ιδιαίτερος σημαντική, επειδή το ριζικό σύστημα των φυτών που αρδεύονται με υπόγεια στάγδην άρδευση βίσκεται βαθύτερα εφ'όσον επεκτείνεται σε έδαφος με έλλειψη αρκετών θρεπτικών στοιχείων.

#### 3.3.1 Πλεονεκτήματα στάγδην άρδευσης

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα του συστήματος στάγδην άρδευσης είναι :

1. Οικονομία νερού.
2. Δυνατότητα άρδευσης με χαμηλής ποιότητας νερό ή με λύματα.
3. Εφαρμογή σε περιοχές με λίγο νερό για άρδευση.

4. Μείωση της εξάτμισης, απορροής και βαθιάς διήθησης του αρδευόμενου νερού.
5. Βελτίωση της ομοιομορφίας κατανομής του νερού.
6. Οικονομία εργατικών.
7. Μείωση των ζιζανίων.
8. Εκτέλεση εργασιών κατά τη διάρκεια της άρδευσης.
9. Δυνατότητα αξιοποίησης αλατούχων νερών.
10. Μείωση της αλατότητας στη ζώνη του ενεργού ριζοστρώματος.
11. Ανεξαρτητοποίηση της άρδευσης από τον άνεμο και το ανάγλυφο του εδάφους.
12. Ευνοϊκές συνθήκες υγρασίας.
13. Αποφυγή διαβροχής του φυλλώματος.
14. Ευκολία μετακίνησης των γεωργικών μηχανημάτων, διότι η επιφάνεια του αγρού παραμένει ξηρή, με αποτέλεσμα και τον καλύτερο έλεγχο των ζιζανίων.
15. Έλεγχος ασθενειών και εντόμων.
16. Βελτίωση της ποιότητας και παραγωγής των καλλιεργειών.
17. Σύγχρονη άρδευση μεγαλύτερων εκτάσεων – αξιοποίηση μικρών παροχών.
18. Αντλητικά συγκροτήματα και δίκτυα μικρότερου κόστους.
19. Εφαρμογή σε όλους σχεδόν τους τύπους εδαφών και σε περιοχές με εξαιρετικά ανώμαλη τοπογραφία.
20. Πλήρης αυτοματοποίηση της άρδευσης.
21. Εύκολη και αποτελεσματική λίπανση.
22. Μείωση των δαπανών σε λίπασμα και των απωλειών σε νιτρικά.

### 3.3.2 Μειονεκτήματα στάγδην άρδευσης

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα του συστήματος στάγδην άρδευσης είναι:

1. Υψηλό κόστος αρχικής εγκατάστασης.
2. Έμφραξη των σταλακτήρων από άλγη, βούρκο ή άλλα σωματίδια του εδάφους.
3. Κίνδυνος συγκέντρωσης αλάτων στο έδαφος.
4. Μηχανικές ζημιές από απρόσεκτη χρήση μηχανικών μέσων ή από διάφορα ζώα.
5. Απαιτείται η επιλογή ζιζανιοκτόνων που δεν χρειάζονται υγρασία για να ενεργοποιηθούν και δεν παρέχεται η αναγκαία υγρασία για το φύτρωμα των σπόρων, διότι το επιφανειακό στρώμα του εδάφους παραμένει ξηρό.
6. Πρέπει να προγραμματίζεται η επαναχρησιμοποίηση των σταλακτηφόρων αγωγών για να μειώνονται οι δαπάνες εφαρμογής του συστήματος.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Μιχελάκης, Ν.Γ., 1998. Συστήματα αυτόματης άρδευσης, άρδευση με σταγόνες. Εκδόσεις Εκδοτική Αγροτεχνική Α.Ε.
2. Ουζούνη Δ.Θ., 1985. Η θεωρητική και πρακτική μέθοδος αρδεύσεως με σταγόνες. Εκδόσεις Δ.Σ. Γαρταγάνη. Θεσσαλονίκη.
3. Phene, J., 1999. Subsurface drip irrigation. Part I: Why and How? Irrigation Journal. April (01).
4. Phene, J., and Ruskin, R.,1995. Potential of subsurface drip irrigation for management of nitrate in wastewater. Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Microirrigation Congress, April 2-6, Orlando, Florida, pp. 155-167.
5. Πανώρας Α.Γ. και Ηλίας Α.Κ., 1997. Υγρά αστικά απόβλητα:Μια νέα πηγή νερού για τους Οργανισμούς Εγγείων Βελτιώσεων. Γεωπονικά , τεύχος 369, σελ 73-85.Έκδοση Γεωπονικού Συλλόγου Μακεδονίας- Θράκης.Θεσσαλονίκη.
6. Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ.,1998. Αρχές και Πρακτική των Αρδεύσεων. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
7. Τερζίδης, Γ.Α., και Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ.1998. Γεωργική Υδραυλική. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη.
8. Τερζίδης . Γ.Α. και Καραμούζης, Δ.Ν., 1985. Υδραυλική υπόγειων νερών. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

## 4. ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

### 4.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΠΛΑΝΟ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να μελετηθεί η επίδραση και εξοικονόμηση νερού της Υπόγειας Στάγδην Άρδευσης με επεξεργασμένα αστικά λύματα, προερχόμενα από την πόλη του Βόλου, και με καθαρό νερό, σε τρία είδη κωνοφόρων καλλωπιστικών δέντρων.



Εικόνα 20. Τα 3 είδη κωνοφόρων στα 2 πειραματικά μέρη

Η ανάπτυξη κωνοφόρων καλλωπιστικών κατά την άρδευση με επεξεργασμένα αστικά λύματα (εικ. 20), μελετήθηκε σε πείραμα αγρού στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Βελεστίνο) την καλλιεργητική περίοδο του έτους 2004. Η εγκατάσταση του πειράματος έγινε το έτος 2001, τα πειράματα άρχισαν το 2002 (Τέντας Ι.,2004,Μεταπτυχιακή Διατριβή, Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων για άρδευση, Εργαστήριο Υδραυλικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας) και το 2004-2005, είναι η τρίτη χρονιά που επαναλαμβάνεται το πείραμα.

Ο πειραματικός τομέας, χωρίστηκε σε 2 μέρη. Το ένα ποτιζόταν μόνο με καθαρό νερό από τη γεώτρηση του αγροκτήματος, ενώ το άλλο εναλλάξ με λύματα, που παρέχονταν από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας του Βόλου, και καθαρό νερό. Εξαιτίας της ελαφράς αυξανόμενης αλατότητας και της αυξανόμενης συγκέντρωσης ιόντων χλωρίου που εμφάνισε το λύμα, κάθε άρδευση με λύμα ακολουθήθηκε από δύο αρδεύσεις με καθαρό νερό.

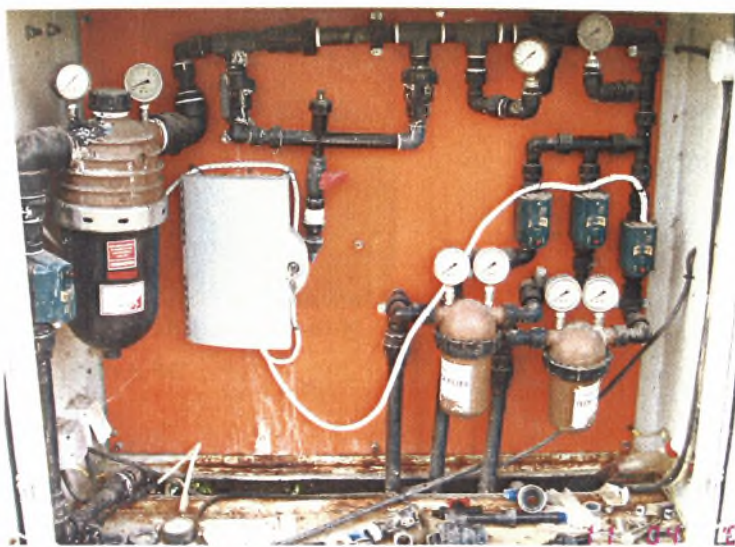
Τα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν στα κωνοφόρα ήταν: **ύψος φυτού**, **διάμετρος φυτοκόμης**, **διάμετρος κυρίου βλαστού** σε απόσταση 10cm από το έδαφος και **χλωροφύλλη** με εκχύλιση.

## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΓΡΟΚΤΗΜΑΤΟΣ

- Υψόμετρο: 50m από το επίπεδο της θάλασσας,
- Γεωγραφικό πλάτος : 39° 23',
- Γεωγραφικό μήκος : 22° 45',
- Κλίμα : τυπικό Μεσογειακό με ζεστό-ξηρό καλοκαίρι και ψυχρό-υγρό χειμώνα.
- Έδαφος : αργιλλοπηλώδες.

### 4.2 ΥΛΙΚΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Για την πραγματοποίηση του πειράματος, επιλέχθηκε η υπόγεια στάγδην άρδευση ως μέθοδος άρδευσης, διότι σύμφωνα με τους Bahri and Brissaud, 2002 δεν τίθεται κάποιο όριο όσον αφορά τα μικροβιολογικά χαρακτηριστικά των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων, εφόσον δεν έρχονται σε άμεση επαφή με το κοινό και τους εργαζομένους στο χώρο.



Εικόνα 21. Ο πίνακας ελέγχου άρδευσης

Ο πίνακας ελέγχου (εικ. 21) περιέχει:

- 1) Την κεντρική ηλεκτροβάνα άρδευσης (Muster Valve)
- 2) Το φίλτρο σήτας για την κατακράτηση των στερεών συστατικών
- 3) Τα μανόμετρα ένδειξης πίεσης λειτουργίας των αγωγών
- 4) Τον προγραμματιστή άρδευσης Miracle 6 DC για τη διενέργεια της αυτοματοποιημένης άρδευσης
- 5) Σύστημα Venturi για τη δυνατότητα υδρολίπανσης
- 6) 4 ηλεκτροβάνες άρδευσης και
- 7) 2 φίλτρα (Techfilter) εμποτισμένα με treflan.

Η κεντρική ηλεκτροβάννα συνδέεται μέσω πλαστικού αγωγού με την αντλία και η αντλία συνδέεται με την δεξαμενή τοποθέτησης των επεξεργασμένων αποβλήτων. Η αντλία είναι οριζόντια, πολυβάθμια, κλειστού τύπου ισχύος 3 Hp.

Ο προγραμματιστής άρδευσης, Miracle 6 DC, που λειτουργεί με μπαταρία, είναι της εταιρείας Motorola. Έχει τη δυνατότητα προγραμματισμού άρδευσης μέχρι και 6 ηλεκτροβάνες, σε 3 διαφορετικά προγράμματα.



Ο προγραμματιστής αποτελείται από:

- την οθόνη
- 3 πλήκτρα εντολών
- μία μπαταρία λιθίου 9V
- το άνοιγμα για τα καλώδια
- τον πίνακα ελέγχου
- το τερματικό τμήμα των καλωδίων
- το πλαίσιο στήριξης.

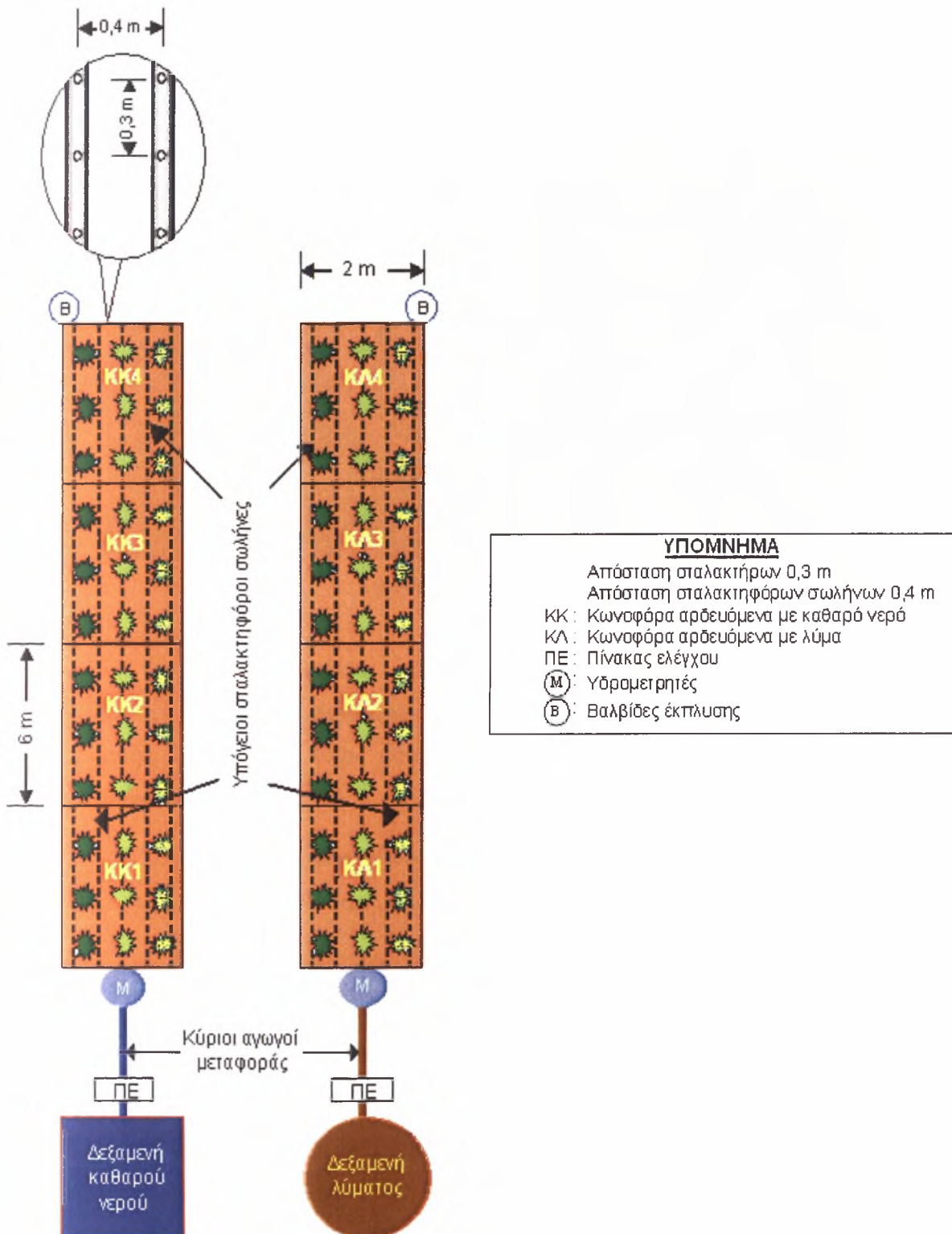
Εικόνα 22. Προγραμματιστής άρδευσης, Miracle 6 DC

Το φίλτρο της σήτας είναι της εταιρείας ARKAL, με διάμετρο οπών 120 mesh. Τα φίλτρα είναι εμποτισμένα με treflan, ένα ζιζανιοκτόνο με δραστική ουσία trifluralin και χρησιμοποιείται για την αποφυγή της έμφραξης των σταλακτών από την είσοδο των ριζών.

Οι ηλεκτροβάνες είναι του τύπου Aquanet II, με τάση λειτουργίας 9-40 Volt. Οι ηλεκτροβάνες συνδέθηκαν με τους αγωγούς μεταφοράς του νερού. Οι αγωγοί είναι κατασκευασμένοι από πολυαιθυλένιο (PE), έχουν διατομή Φ32 και πίεση λειτουργίας 6 Atm.



Οι αγωγοί μεταφοράς ήταν τοποθετημένοι κατά μήκος και περιμετρικά του αγρού. Ο αγρός χωρίστηκε σε 2 τεμάχια, εκτάσεως 48 m<sup>2</sup> περίπου το καθένα με ένα διάδρομο ενδιάμεσα. Το ένα τεμάχιο ονομάστηκε ΚΚ (Κωνοφόρα αρδευόμενα με Καθαρό νερό) και το άλλο ΚΛ (Κωνοφόρα αρδευόμενα με Λύμα). Σε κάθε μεταχείριση εφαρμόστηκαν 4 επαναλήψεις (σχήμα 2.5).



Σχήμα 2.5. Απεικόνιση του πειραματικού αγρού



Μπροστά από κάθε τεμάχιο τοποθετήθηκε ένα φρεάτιο που περιείχε ένα υδρόμετρο (εικ. 23) για την καταγραφή του καταναλισκόμενου όγκου νερού, ενώ υπήρχε σύνδεση των αγωγών μεταφοράς με τους υπόγειους σταλακτηφόρους σωλήνες. Σε κάθε τεμάχιο τοποθετήθηκαν 6 σταλακτηφόροι σωλήνες μήκους 24m, τύπου RAM-Techline Φ17, της εταιρείας Netafim, είχαν ισαποχή 40 cm και ήταν κατασκευασμένοι από PE. Οι σταλακτηφόροι σωλήνες έφεραν ενσωματωμένους σταλάκτες, οι οποίοι ήταν αυτορυθμιζόμενοι και αυτοκαθαριζόμενοι. Οι σταλάκτες είχαν παροχή 1,6 l/h, ισαποχή 30 cm και λειτουργούσαν σε πίεση 0,5-4 Atm.



Εικόνα 23. Υδρόμετρο

Οι 6 σταλακτηφόροι αγωγοί που βρίσκονται στις μεταχειρίσεις ΚΚ συνδέθηκαν με αγωγό μεταφοράς νερού (PE, Φ32) ο οποίος τροφοδοτούνταν από δεξαμενή χωρητικότητας 40 m<sup>3</sup> κατασκευασμένη από σκυρόδεμα, που ήταν δίπλα στη γεώτρηση του Αγροκτήματος.

Στο άκρο κάθε μεταχείρισης είχαν τοποθετηθεί ειδικές βαλβίδες εκτόνωσης της πίεσης και καθαρισμού των σταλακτών, για την αποφυγή έμφραξης του δικτύου ή εμφανίσεως βλαβών.

### 4.3 ΕΞΑΤΜΙΣΙΜΕΤΡΟ

Η ημερήσια εξατμισοδιαπνοή υπολογίστηκε με τη μέθοδο του Εξατμισιμέτρου Α τάξεως (Παπαζαφειρίου, 1999). Το Εξατμισόμετρο Α Τάξεως (εικ. 24) είναι μια κυλινδρική λεκάνη κατασκευασμένη από χοντρή γαλβανισμένη λαμαρίνα με διάμετρο 121 cm και βάθος 25.4 cm που τοποθετείται πάνω σε ξύλινη βάση ώστε ο πυθμένας της να είναι απόλυτα οριζοντιωμένος και να απέχει 15 cm από την επιφάνεια

του εδάφους. Στη συνέχεια το έδαφος υπερυψώνεται κάτω από τη λεκάνη έτσι που τελικά να απέχει 5 cm από τον πυθμένα της. Η λεκάνη γεμίζεται με νερό μέχρι 5 cm κάτω από το πάνω χείλος της, η δε στάθμη του νερού κατά τη λειτουργία του οργάνου δεν πρέπει να πέφτει κάτω από 7.5 cm από το χείλος αυτό.



Εικόνα 24. Εξατμισόμετρο τύπου Α

Το νερό της λεκάνης πρέπει να ανανεώνεται συχνά για να μη θολώνει. Τα τοιχώματα της λεκάνης κάθε χρόνο πρέπει να χρωματίζονται με χρώμα αλουμινίου. Η εύρεση της πτώσης της στάθμης έγινε μέσω ενός γυάλινου ογκομετρικού σωλήνα .

Ο ογκομετρικός σωλήνας ήταν κατασκευής της εταιρείας Fortuna (Γερμανία). Έχει μήκος 28.5cm, διάμετρο 1.2cm, χωρητικότητα 50ml και διακριτότητα 0.1ml. Ο κύλινδρος ήταν κατασκευασμένος σύμφωνα με τα πρότυπα DIN AS με σφάλμα ανάγνωσης 0.05 ml.

Η σχέση που δίνει τη βασική εξατμισοδιαπνοή στη μέθοδο του εξατμισιμέτρου είναι:  $ET_0 = K_p * E_{pan}$ , όπου  $E_{pan}$  η μέση εξάτμιση του 24ώρου από το εξατμισόμετρο σε mm/ημέρα και  $K_p$  ο συντελεστής του εξατμισιμέτρου. Από δεδομένα προηγούμενων ετών, ο συντελεστής του εξατμισιμέτρου ελήφθη ίσος με 0.8.

Η βασική εξατμισοδιαπνοή πολλαπλασιάστηκε με τον φυτικό συντελεστή της καλλιέργειας, για την εύρεση της ημερήσιας πραγματικής εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας.

#### 4.4 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ T.D.R.

Για την διαπίστωση του χρόνου και της δόσης άρδευσης είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί η υγρασία του εδάφους. Επειδή η εδαφική υγρασία αυξομειώνεται με το χρόνο λόγω της επίδρασης ανθρωπογενών και βιολογικών παραγόντων, τα αποτελέσματα προσδιορισμού της εδαφικής υγρασίας θα αντιπροσωπεύουν την υγρασιακή κατάσταση του εδάφους τη στιγμή της δειγματοληψίας και μόνο. Η εδαφική υγρασία μετριέται είτε άμεσα (σταθμική μέθοδος, φωτιστικού οίνοπνεύματος και λυσιμέτρων) ή υπολογίζεται έμμεσα από τη σχέση μεταξύ αυτής και μιας άλλης ιδιότητας του εδάφους όπως στις μεθόδους μέτρησης της ηλεκτρικής αντίστασης, σκεδασμού νετρονίων, ακτίνων γ, τασιμέτρων και TDR.

Η μέθοδος **T.D.R.** που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ογκομετρικής περιεκτικότητας του εδάφους σε νερό, αποτελεί σήμερα μια από τις πλέον αξιόπιστες και ακριβείς μεθόδους. Αρκετές εργασίες έχουν πραγματοποιηθεί σχετικά με τη μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο αυτή (Τζιμόπουλος κ.α. 1983, Σακελλαρίου κ.α. 1997, Σακελλαρίου κ.α. 1998, Σακελλαρίου κ.α. 1999, Τζιμόπουλος κ.α. 2000, Ντιούδης κ.α. 2000, Καλφούντζος κ.α. 2000, Sakellariou et al. 2001, Sakellariou et al. 2002, κ.α.).



Εικόνα 25. Συσκευή T.D.R.

- Το σύστημα περιλαμβάνει:
- τη συσκευή TDR (εικ. 25) με ενσωματωμένο επεξεργαστή μετατροπής και την οθόνη προβολής των ενδείξεων,
  - τον αισθητήρα του οργάνου (probe),
  - τον φορτιστή των μπαταριών του οργάνου,
  - τα καλώδια επικοινωνίας της συσκευής με τον αισθητήρα και τον υπολογιστή και,
  - την ομάδα εργαλείων για την εισαγωγή και εξαγωγή των αισθητήρων

Η βαθμονόμηση του οργάνου έχει γίνει από τον κατασκευαστή.



Η αρχή λειτουργίας της μεθόδου βασίζεται στη μέτρηση της διηλεκτρικής σταθεράς του υπό μελέτη εδάφους και την αναγωγή αυτής σε κατ'όγκο περιεκτικότητα νερού. Δηλαδή βασίζεται στην χρονομετρημένη απόκριση του ηλεκτρομαγνητικού σήματος της πηγής του οργάνου για διάφορα βάθη από 0-75cm ή 0-120cm και την αναγωγή του χρόνου καθυστέρησης με τη χρήση πολυωνυμικών εξισώσεων σε μονάδες εδαφικής υγρασίας (% κ.ο.). Η διηλεκτρική σταθερά του εδάφους είναι γνωστό ότι εξαρτάται από το ποσοστό του νερού που περιέχεται σε αυτό (Topp et al., 1980).

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή μετρήθηκε η εδαφική υγρασία προσαρμόζοντας τη συσκευή TDR σε 2 διαφορετικά είδη αισθητήρων, 75cm και 1.20cm. Στον αισθητήρα 75cm έχουμε ανά 15cm (0-15cm, 15-30cm, 30-45cm, 45-60cm, 60-75cm) 5 μετρήσεις. Στον αισθητήρα 1,20cm μετρήθηκε η υγρασία στα 0-15cm, 15-30cm, 30-60cm, 60-90cm, 90-1.20cm. Για το κάθε πειραματικό τεμάχιο έγιναν 2 μετρήσεις κάθε μήνα πριν και μετά το πότισμα.

Στον πειραματικό αγρό τοποθετήθηκαν 5 αισθητήρες μήκους 75cm και 120cm, ένας σε κάθε μεταχείριση.

#### 4.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΔΟΣΗΣ, ΕΥΡΟΥΣ ΚΑΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Οι αρδεύσεις πραγματοποιήθηκαν στο διάστημα: από 7-6-2004 έως 7-10-2004. Η δόση άρδευσης και το εύρος άρδευσης θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε η περιεκτικότητα του εδάφους σε υγρασία να βρίσκεται κοντά στην υδατοϊκανότητα (FC) και πάνω από το σημείο μόνιμης μάρανσης (PWP). Απαιτείται δηλαδή ο προσδιορισμός της πρακτικής δόσης άρδευσης την οποία η αθροιστική ένδειξη του εξατμισιμέτρου δεν θα πρέπει να υπερβαίνει.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται για τον υπολογισμό της πρακτικής δόσης άρδευσης προϋποθέτει τον προσδιορισμό των παρακάτω παραμέτρων (πίνακας 6).

**Πίνακας 6. Φυσικές Ιδιότητες του εδάφους**

Παράμετρος	Τιμή
Υδατοϊκανότητα (FC, % ξηρού βάρους εδάφους)	21.2
Σημείο Μόνιμης Μάρανσης (PWP, % ξηρού βάρους)	11.64
Φαινόμενο Ειδικό Βάρος (ASW, g/cm <sup>3</sup> )	1.23
Βάθος ριζοστρώματος κωνοφόρων (RD, mm)	1000
Συντελεστής εξάντλησης διαθέσιμης υγρασίας (C) για τα κωνοφόρα	0.7
Ποσοστό διαβροχής του εδάφους (P)	1
Συντελεστής εφαρμογής του νερού (n)	0.95

Υπολογισμός της **Θεωρητικής Δόσης Άρδευσης (Id)** από την εξίσωση (1) :

$$Id \text{ (mm)} = (FC - PWP) / 100 \times ASW \times RD \times C \times P \quad (1)$$

Με αντικατάσταση στον τύπο (1) προκύπτει:

$$Id = (0,212 - 0,1164) * 1,23 * 1000 * 0,7 * 1 = 82,3116 \text{ mm}$$

Στη συνέχεια υπολογίζεται η **πρακτική δόση άρδευσης** η οποία ισούται με :

$$I_{da} \text{ (mm)} = \frac{Id}{n} \quad (2)$$

Με αντικατάσταση στον τύπο (2) προκύπτει:

$$I_{da} \text{ (mm)} = 82,31 / 0,95 = 86.64 \text{ mm ή } 86,64 \text{ m}^3 / \text{στρ. ή } 4,16 \text{ m}^3 \text{ για την επιφάνεια των } 48 \text{ m}^2$$

Από τους παραπάνω υπολογισμούς, φαίνεται ότι το άθροισμα των καθαρών αναγκών που λαμβάνεται υπόψη με το εξατμισόμετρο, δεν θα πρέπει να υπερβαίνει την πρακτική δόση άρδευσης (86,64 mm).

Ο καθορισμός της δόσης άρδευσης για όλες τις μεταχειρίσεις βασίστηκε στην ημερήσια ένδειξη εξάτμισης του εξατμισιμέτρου τύπου Α. Με βάση αυτές υπολογίζονται οι καθαρές ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών, το ποσό δηλαδή του νερού που θα πρέπει να προστεθεί στην καλλιέργεια μέσω άρδευσης.

Η ένδειξη του Εξατμισιμέτρου ( $E_{pan}$ ), που εκφράζει την μέση εξάτμιση του 24ώρου σε mm/ημέρα, πολλαπλασιαζόμενη με τον συντελεστή διόρθωσης του εξατμισιμέτρου  $K_p$ , μας δίνει την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς  $ET_o$ , δηλαδή :

$$ET_o = K_p * E_{pan} \text{ (mm/ημέρα)} \quad (3)$$

Ο συντελεστής διόρθωσης του εξατμισιμέτρου  $K_p$ , υπολογίζεται σαν συνάρτηση της ταχύτητας του ανέμου, της μέσης σχετικής υγρασίας και του είδους και της έκτασης της επιφάνειας που περιβάλλει το εξατμισόμετρο. Στην συγκεκριμένη θέση η τιμή του είναι 0,80 (FAO, 1998).



Στη συνέχεια η τιμή της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς πολλαπλασιάζεται με τον φυτικό συντελεστή της καλλιέργειας  $K_c$  και δίνει την εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας ( $ET_c$ ) ή την πραγματική  $ET$ .

$$ET_c = ET_0 * K_c, \text{ σε mm} \quad (4)$$

Η εξατμισοδιαπνοή δηλαδή, εκφράζει τις συνολικές ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας. Αν από την τιμή της  $ET_c$  αφαιρεθεί το ύψος της ωφέλιμης βροχής, η τιμή που προκύπτει εκφράζει τις καθαρές ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό, την ποσότητα δηλαδή του νερού που πρέπει να χορηγηθεί μέσω άρδευσης.

Δηλαδή η πρακτική δόση άρδευσης ( $I_{da}$ ), που αντιστοιχεί στο 100% της εξατμισοδιαπνοής υπολογίζεται από τη σχέση:

$$I_{da} = I_n = ET_c - \Omega B, \text{ σε mm} \quad (5)$$

Όπου:  $B$  είναι το ύψος βροχής και  
 $\Omega B$  είναι το ωφέλιμο ύψος βροχής που υπολογίζεται ίσο με  $0,8 B$   
 (Μιχελάκης, 1998)

Στο εξατμισόμετρο τύπου Α όμως, η ημερήσια ένδειξη, αν δεν συμπεριληφθεί η βροχή, οδηγεί απευθείας στις καθαρές ανάγκες σε νερό (FAO, 1998), με τη χρήση των σχέσεων (3) και (4). Συνεπώς, για να υπολογιστεί η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας (δηλαδή πόσο νερό δέχτηκε το έδαφος), πρέπει στην τιμή των καθαρών αναγκών σε νερό που προκύπτει από την ένδειξη του εξατμισομέτρου, να προστεθεί το ωφέλιμο ύψος βροχής. Δηλαδή σύμφωνα με τη σχέση (6), στην περίπτωση αυτή θα ισχύει:

$$ET_c = I_n + \Omega B, \text{ σε mm} \quad (6)$$

Για την εύρεση της ημερήσιας πραγματικής εξατμισοδιαπνοής των κωνοφόρων, χρησιμοποιήθηκε ο φυτικός συντελεστής που ήταν ίσος με 0.85 (Allen et al., 1998). Η ημερήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή αντιπροσώπευε και την ημερήσια δόση άρδευσης σε mm. Η δόση άρδευσης αναγόταν σε όγκο νερού για τη συγκεκριμένη έκταση που κατελάμβανε κάθε τεμάχιο ( $48 \text{ m}^2$ ).

Η άρδευση πραγματοποιούνταν κάθε 2 ημέρες. Η αθροιστική εξατμισοδιαπνοή των 2 ημερών λαμβάνονταν υπόψη και γινόταν η εύρεση της δόσης άρδευσης.

Ο υπολογισμός της διάρκειας άρδευσης ( $I_t$ ) έγινε βάση της σχέσης (7) :

$$\boxed{I_t = \frac{I_{da}}{I_{dh}}} \quad \text{σε min} \quad (7)$$

όπου :  $I_{da}$  είναι η αντίστοιχη πρακτική δόση άρδευσης και

$I_{dh}$  είναι το ωριαίο ύψος βροχής

Το ωριαίο ύψος βροχής των σταλακτήρων δίνεται από τον τύπο (8):

$$\boxed{I_{dh} = \frac{q}{S_e * S_r}} \quad \text{σε mm/h} \quad (8)$$

όπου :  $q = 1,6$  είναι η παροχή του σταλακτήρα σε l/h ,

$S_e$  είναι η ισαποχή σταλακτήρων (0,3m)

$S_r$  είναι η ισαποχή των σταλακτηφόρων (0,4m)

Το ωριαίο ύψος βροχής βρέθηκε ίσο με :

$$I_{dh} = 1.6/0.12 = 13.33 \text{ mm/h}$$

Στον πίνακα 7 παρουσιάζονται αναλυτικά ο τρόπος υπολογισμού της Εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας  $ET_c$  με βάση την ημερήσια ένδειξη εξάτμισης  $E_{pan}$  του εξατμισιμέτρου τύπου A (Δημοπούλου Κ., 2005, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Επίδραση σύγχρονων συστημάτων άρδευσης στα παραγωγικά χαρακτηριστικά τεύτλων, Εργαστήριο Υδραυλικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας), οι δόσεις άρδευσης και η διάρκεια άρδευσης.

Πίνακας 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Ετος 2004	A/H	Πλήρωση εξ/ρου mm	Ενδειξη εξ/ρου mm	Διαφορά ημέρας Epan mm	Βροχή B mm	Ωφέλιμη Βροχή ΩB 0,8*B mm	Εξατισμο διαπνοή αναφοράς Eο Kp* Epan mm	Kc	Καθαρές ανάγκες In Eο*Kc mm (8)*(9)	Ποσό νερού στο έδαφος ETc In+ΩB mm (7)+(10)	Άθροισμα Καθαρών αναγκών mm	Δόση άρδευσης mm ή m <sup>3</sup> /στρ m <sup>3</sup> /48m		Ύψος βροχής Idh q/(Se*Sr) mm/h	Διάρκεια άρδευσης (13/15)*60 min
7/6	158		24,5	3,5	13,08	10,46	2,8	0,85	2,38	12,84					
8/6	159		28	5,5			4,4	0,85	3,74	3,74	6,12	6,12	0,294	13,33	27,5
9/6	160		33,5	7,5			6	0,85	5,10	5,10					
10/6	161		41	7			5,6	0,85	4,76	4,76	9,86	9,86	0,473	13,33	44,4
11/6	162		48	7,5			6	0,85	5,10	5,10					
12/6	163	15	55,5	8,5			6,8	0,85	5,78	5,78	10,88	10,88	0,522	13,33	49,0
13/6	164		23,5	4,5	0,5	0,40	3,6	0,85	3,06	3,46					
14/6	165		28	7,5			6	0,85	5,10	5,10	8,16	8,16	0,392	13,33	36,7
15/6	166		35,5	8			6,4	0,85	5,44	5,44					
16/6	167		43,5	7			5,6	0,85	4,76	4,76	10,2	10,2	0,490	13,33	45,9
17/6	168		50,5	4	3,9	3,12	3,2	0,85	2,72	5,84					
18/6	169		54,5	0	60,94	48,75	0	0,85	0	48,75	2,72	2,72	0,131	13,33	12,2
19/6	170		54,5	7			5,6	0,85	4,76	4,76					
20/6	171	10	61,5	4	3,02	2,42	3,2	0,85	2,72	5,14	7,48	7,48	0,359	13,33	33,7
21/6	172		14	7			5,6	0,85	4,76	4,76					
22/6	173		21	3,5	1,76	1,41	2,8	0,85	2,38	3,79	7,14	7,14	0,343	13,33	32,1
23/6	174		24,5	3	0,25	0,20	2,4	0,85	2,04	2,24					
24/6	175		27,5	7,5			6	0,85	5,10	5,10	7,14	7,14	0,343	13,33	32,1
25/6	176		35	7,5			6	0,85	5,10	5,10					
26/6	177		42,5	8			6,4	0,85	5,44	5,44	10,54	10,54	0,506	13,33	47,4
27/6	178	13	50,5	8,5			6,8	0,85	5,78	5,78					
28/6	179		21,5	8			6,4	0,85	5,44	5,44	11,22	11,22	0,539	13,33	50,5
29/6	180		29,5	8,5			6,8	0,85	5,78	5,78					
30/6	181		38	7,5			6	0,85	5,10	5,10	10,88	10,88	0,522	13,33	49,0
1/7	182		45,5	12			9,6	0,85	8,16	8,16					
2/7	183		57,5	11,5			9,2	0,85	7,82	7,82	15,98	15,98	0,767	13,33	71,9
3/7	184		69	12,5			10	0,85	8,50	8,50					
4/7	185	10	81,5	12			9,6	0,85	8,16	8,16	16,66	16,66	0,800	13,33	75,0
5/7	186		22	9,5			7,6	0,85	6,46	6,46					
6/7	187		31,5	8,5			6,8	0,85	5,78	5,78	12,24	12,24	0,588	13,33	55,1
7/7	188		40	11,5			9,2	0,85	7,82	7,82					
8/7	189		51,5	9			7,2	0,85	6,12	6,12	13,94	13,94	0,669	13,33	62,7
9/7	190		60,5	9,5			7,6	0,85	6,46	6,46					
10/7	191		70	8,5			6,8	0,85	5,78	5,78	12,24	12,24	0,588	13,33	55,1
11/7	192	10	78,5	8,5			6,8	0,85	5,78	5,78					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Έτος 2004	A/H	Πλήρωση εξ/ρου mm	Ένδειξη εξ/ρου mm	Διαφορά ημέρας Εραν mm	Βροχή B mm	Ωφέλιμη Βροχή ΩB 0,8*B mm	Εξαμισο διαπονή αναφοράς E <sub>o</sub> K <sub>p</sub> *E <sub>ραν</sub> mm	K <sub>c</sub>	Καθαρές ανάγκες In Eo*Kc mm (8)*(9)	Ποσό νερού στο έδαφος ETc In+ΩB mm (7)+(10)	Άθροισμα Καθαρών αναγκών mm	Δόση άρδευσης		Υψος βροχής ldh q/(Se*Sr) mm/h	Διάρκεια άρδευσης (13/15)*60 min
												mm ή m <sup>3</sup> /στρ	m <sup>3</sup> /48m <sup>2</sup>		
12/7	193		18,5	12,5			10	0,85	8,50	8,50	14,28	14,28	0,685	13,33	64,3
13/7	194		31	15			12	0,85	10,20	10,20					
14/7	195		46	12			9,6	0,85	8,16	8,16	18,36	18,36	0,881	13,33	82,6
15/7	196		58	9,5			7,6	0,85	6,46	6,46					
16/7	197		67,5	12,5			10	0,85	8,50	8,50	14,96	14,96	0,718	13,33	67,3
17/7	198		80	12			9,6	0,85	8,16	8,16					
18/7	199	30	92	11			8,8	0,85	7,48	7,48	15,64	15,64	0,751	13,33	70,4
19/7	200		41	12,5			10	0,85	8,50	8,50					
20/7	201		53,5	9			7,2	0,85	6,12	6,12	14,62	14,62	0,702	13,33	65,8
21/7	202		62,5	8			6,4	0,85	5,44	5,44					
22/7	203		70,5	9,5			7,6	0,85	6,46	6,46	11,9	11,9	0,571	13,33	53,6
23/7	204	11	80	8,5			6,8	0,85	5,78	5,78					
24/7	205		19,5	7,5			6	0,85	5,10	5,10	10,88	10,88	0,522	13,33	49,0
25/7	206		27	4	6,29	5,03	3,2	0,85	2,72	7,75					
26/7	207		31	8,5			6,8	0,85	5,78	5,78	8,5	8,5	0,408	13,33	38,3
27/7	208		39,5	0	9	7,20	0	0,85	0	7,20					
28/7	209		39,5	6,5			5,2	0,85	4,42	4,42	4,42	4,42	0,212	13,33	19,9
29/7	210		46	7			5,6	0,85	4,76	4,76					
30/7	211		53	6,5			5,2	0,85	4,42	4,42	9,18	9,18	0,441	13,33	41,3
31/7	212		59,3	6,5			5,2	0,85	4,42	4,42					
1/8	213		65,6	6,5			5,2	0,85	4,42	4,42	8,84	8,84	0,424	13,33	39,8
2/8	214	10	72	8			6,4	0,85	5,44	5,44					
3/8	215		18	10			8	0,85	6,80	6,80	12,24	12,24	0,588	13,33	55,1
4/8	216		28	9,5			7,6	0,85	6,46	6,46					
5/8	217		37,5	5,5	0,38	0,30	4,4	0,85	3,74	4,04	10,2	10,2	0,490	13,33	45,9
6/8	218		43	8,5			6,8	0,85	5,78	5,78					
7/8	219		51,5	12			9,6	0,85	8,16	8,16	13,94	13,94	0,669	13,33	62,7
8/8	220		63,5	10,5			8,4	0,85	7,14	7,14					
9/8	221		74	9,5			7,6	0,85	6,46	6,46	13,6	13,6	0,653	13,33	61,2
10/8	222	10	83,5	10,5			8,4	0,85	7,14	7,14					
11/8	223		20,5	11			8,8	0,85	7,48	7,48	14,62	14,62	0,702	13,33	65,8
12/8	224		31,5	9,5			7,6	0,85	6,46	6,46					
13/8	225		41	12,5			10	0,85	8,50	8,50	14,96	14,96	0,718	13,33	67,3
14/8	226	24	53,5	7			5,6	0,85	4,76	4,76					
15/8	227		31	7			5,6	0,85	4,76	4,76	9,52	9,52	0,457	13,33	42,9
16/8	228		38	1	3,27	2,62	0,8	0,85	0,68	3,30					
17/8	229		39	5			4	0,85	3,40	3,40	4,08	4,08	0,196	13,33	18,4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Έτος 2004	A/H	Πλήρωση εξ/ρου mm	Ένδειξη εξ/ρου mm	Διαφορά ημέρας Epan mm	Βροχή B mm	Ωφέλιμη Βροχή ΩΒ 0,8*B mm	Εξατμισο διαπνοή αναφοράς E <sub>o</sub> K <sub>p</sub> * E <sub>pan</sub> mm	K <sub>c</sub>	Καθαρές ανάγκες In E <sub>o</sub> *K <sub>c</sub> mm (8)*(9)	Ποσό νερού στο έδαφος ETc In+ΩB mm (7)+(10)	Άθροισμα Καθαρών αναγκών mm	Δόση άρδευσης		Ύψος βροχής I <sub>dh</sub> mm/h	Διάρκεια άρδευσης (13/15)*60 min
												mm ή m <sup>3</sup> /στρ	m <sup>3</sup> /48m <sup>2</sup>		
18/8	230		44	6,5			5,2	0,85	4,42	4,42					
19/8	231		50,5	7,5			6	0,85	5,10	5,10	9,52	9,52	0,457	13,33	42,9
20/8	232		58	10			8	0,85	6,80	6,80					
21/8	233		68	8			6,4	0,85	5,44	5,44	12,24	12,24	0,588	13,33	55,1
22/8	234		76	8			6,4	0,85	5,44	5,44					
23/8	235	26	84	6			4,8	0,85	4,08	4,08	9,52	9,52	0,457	13,33	42,9
24/8	236		32	8,5			6,8	0,85	5,78	5,78					
25/8	237		40,5	5,5			4,4	0,85	3,74	3,74	9,52	9,52	0,457	13,33	42,9
26/8	238		46	9			7,2	0,85	6,12	6,12					
27/8	239		55	6,7			5,36	0,85	4,56	4,56	10,676	10,676	0,512	13,33	48,1
28/8	240		61,6	6,7			5,36	0,85	4,56	4,56					
29/8	241		68,2	6,7	1,13	0,90	5,36	0,85	4,56	5,46	9,112	9,112	0,437	13,33	41,0
30/8	242	10	75	5			4	0,85	3,40	3,40					
31/8	243		15	7			5,6	0,85	4,76	4,76	8,16	8,16	0,392	13,33	36,7
1/9	244		22	7			5,6	0,85	4,76	4,76					
2/9	245		29	6,5			5,2	0,85	4,42	4,42	9,18	9,18	0,441	13,33	41,3
3/9	246		35,5	3,5			2,8	0,85	2,38	2,38					
4/9	247		38,8	3,5			2,8	0,85	2,38	2,38	4,76	4,76	0,228	13,33	21,4
5/9	248		42,1	3,5	3,65	2,92	2,8	0,85	2,38	5,30					
6/9	249		45,5	2,5	0,55	0,44	2	0,85	1,70	2,14	4,08	4,08	0,196	13,33	18,4
7/9	250		48	6			4,8	0,85	4,08	4,08					
8/9	251		54	5			4	0,85	3,40	3,40	7,48	7,48	0,359	13,33	33,7
9/9	252		59	7			5,6	0,85	4,76	4,76					
10/9	253	10	66	4,2			3,36	0,85	2,86	2,86	7,616	7,616	0,366	13,33	34,3
11/9	254		14,2	4,1			3,28	0,85	2,79	2,79					
12/9	255		18,3	4,2			3,36	0,85	2,86	2,86	5,644	5,644	0,271	13,33	25,4
13/9	256		22,5	4,5			3,6	0,85	3,06	3,06					
14/9	257		27	5			4	0,85	3,40	3,40	6,46	6,46	0,310	13,33	29,1
15/9	258		32	2			1,6	0,85	1,36	1,36					
16/9	259		34	5			4	0,85	3,40	3,40	4,76	4,76	0,228	13,33	21,4
17/9	260		39	3,5			2,8	0,85	2,38	2,38					
18/9	261		42,3	3,5			2,8	0,85	2,38	2,38	4,76	4,76	0,228	13,33	21,4
19/9	262		45,6	3,5			2,8	0,85	2,38	2,38					
20/9	263		49	4			3,2	0,85	2,72	2,72	5,1	5,1	0,245	13,33	23,0
21/9	264		53	4			3,2	0,85	2,72	2,72					
22/9	265		57	4			3,2	0,85	2,72	2,72	5,44	5,44	0,261	13,33	24,5
23/9	266		61	5			4	0,85	3,40	3,40					



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Έτος 2004	Α/Η	Πλήρωση εξ/ρου mm	Ένδειξη εξ/ρου mm	Διαφορά ημέρας Εραν mm	Βροχή B mm	Ωφέλιμη Βροχή ΩΒ 0,8*B mm	Εξαμυσο διαπνοή αναφοράς E <sub>ο</sub> K <sub>p</sub> *E <sub>ραπ</sub> mm	K <sub>c</sub>	Καθαρές ανάγκες In E <sub>ο</sub> *K <sub>c</sub> mm (8)*(9)	Ποσό νερού στο έδαφος ETc In+ΩΒ mm (7)+(10)	Άθροισμα Καθαρών αναγκών mm	Δόση άρδευσης		Ύψος βροχής ldh q/(Se*Sr) mm/h	Διάρκεια άρδευσης (13/15)*60 min
												mm ή m <sup>3</sup> /στρ	m <sup>3</sup> /48m <sup>2</sup>		
24/9	267	10	66	2,5			2	0,85	1,70	1,70	5,1	5,1	0,245	13,33	23,0
25/9	268		12,5	3			2,4	0,85	2,04	2,04					
26/9	269		15,5	2,5	11,07	8,86	2	0,85	1,70	10,56	3,74	3,74	0,180	13,33	16,8
27/9	270		18	2	0,55	0,44	1,6	0,85	1,36	1,80					
28/9	271		20	4			3,2	0,85	2,72	2,72	4,08	4,08	0,196	13,33	18,4
29/9	272		24	6			4,8	0,85	4,08	4,08					
30/9	273		30	3			2,4	0,85	2,04	2,04	6,12	0,294	13,33	27,5	6,12
1/10	274		33	4			3,2	0,85	2,72	2,72					
2/10	275		37	4			3,2	0,85	2,72	2,72	5,44	0,261	13,33	24,5	5,44
3/10	276		41	4			3,2	0,85	2,72	2,72					
4/10	277		45	1			0,8	0,85	0,68	0,68	3,4	0,163	13,33	15,3	3,4
5/10	278		46	4			3,2	0,85	2,72	2,72					
6/10	279		50	4			3,2	0,85	2,72	2,72					
7/10	280		54	3			2,4	0,85	2,04	2,04	7,48	0,359	13,33	33,7	7,48
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>					<b>119,3</b>	<b>95,47</b>			<b>567,53</b>	<b>663</b>	<b>567,53</b>	<b>27,24</b>			

Παροχή σταλακτήρων: q =1,6 l/h

Ισαποχή σταλακτήρων: Se =0,3m

Ισαποχή σταλακτηφόρων σωλήνων: Sr =0,4m

#### 4.6 ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

Η πρώτη άρδευση με τα αστικά λύματα πραγματοποιήθηκε στις **10-6-2004** στη μεταχείριση Κωνοφόρα με Λύμα (ΚΛ). Τα επεξεργασμένα αστικά λύματα προέρχονταν από τη μονάδα βιολογικού καθαρισμού της πόλης του Βόλου.

Η μονάδα εξυπηρετεί τους Δήμους Βόλου, Ν. Ιωνίας, Αισωνίας και τη Βιομηχανική περιοχή του Βόλου, συνολικού πληθυσμού 200.000 κατοίκων. Δέχεται 22.000 m<sup>3</sup> αποβλήτων/ ημέρα και διαθέτει τριτοβάθμιο σύστημα επεξεργασίας. Τα απόβλητα δέχονταν τριτοβάθμια επεξεργασία και ως εκ τούτου, δεν περιείχαν σε μεγάλες ποσότητες τα διάφορα θρεπτικά στοιχεία που είναι απαραίτητα για τα φυτά, όπως Ν, Ρ, Κ. Όμως, περιείχαν σε μεγάλη ποσότητα ιόντα χλωρίου, σε συγκεντρώσεις που είναι απαγορευτικές για άρδευση καλλιεργειών. Για το λόγο αυτό, γινόταν μία άρδευση με απόβλητα στις μεταχειρίσεις ΧΛ και ΚΛ, και ακολουθούσαν δύο αρδεύσεις με καθαρό νερό της γεώτρησης του αγροκτήματος.

Τα λύματα διοχετεύονταν σε πλαστική δεξαμενή (εικ. 26), η οποία ξεπλενόταν με καθαρό νερό μετά από κάθε άρδευση. Οι αρδεύσεις και στις 2 μεταχειρίσεις διενεργήθηκαν μέχρι και τις **7-10-2004**. Δεν πραγματοποιήθηκε λίπανση σε καμία μεταχείριση.



Εικόνα 26. Πλαστική μαύρη δεξαμενή.

Για την εύρεση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των επεξεργασμένων λυμάτων, διενεργήθηκαν χημικές αναλύσεις στα απόβλητα, στις εγκαταστάσεις του Βιολογικού καθαρισμού. Οι παράμετροι που μετρήθηκαν στον Βιολογικό καθαρισμό ήταν φαίνονται στον πίνακα 8.

**Πίνακας 8. Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων των επεξεργασμένων αποβλήτων**

Παράμετρος μέτρησης	20-6-2004	18-7-2004	11-8-2004	18-9-2004	2-10-2004	Όρια ασφαλείας
Ηλεκτρική αγωγιμότητα dS/m	3,3	3,1	3,1	3,2	3,1	0-3
Cl <sup>-</sup> mg/l	1350	1400	1350	1490	1500	0-700
Αιωρούμενα στερεά (S.S.) mg/l	10	9	10	12	10	0-15
P mg/l	1	2,7	1,5	1,4	1,6	0-15
NH <sub>4</sub> -N mg/l	1,5	3	1,6	1,6	0,8	0-30
NO <sub>3</sub> -N mg/l	6,5	6,7	6,5	5,2	5,6	0-10
Χημική απαίτηση Οξυγόνου (C.O.D.) mg/l	40	55	45	55	50	0-40
Βιοχημική απαίτηση Οξυγόνου (B.O.D.) mg/l	10	12	12	4	10	0-15
pH	7,8	7,7	7,75	7,96	7,7	6,5-8,5

Από τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων των αποβλήτων (πίνακας 8), διαπιστώνουμε ότι πιο επικίνδυνη παράμετρος για τις καλλιέργειες θεωρείται η συγκέντρωση των **ιόντων Cl<sup>-</sup>**. Ως ελάχιστο όριο ασφαλείας θεωρούνται τα 355 mg Cl<sup>-</sup>/l, ενώ για τις ανθεκτικότερες καλλιέργειες μπορεί να εφαρμοστεί το όριο των 710 mg Cl<sup>-</sup>/l. Από τις άλλες παραμέτρους η **ηλεκτρική αγωγιμότητα** ήταν λίγο παραπάνω από το όριο των 3 dS/m, που όμως με την εναλλαγή των αρδεύσεων με καθαρό νερό θεωρείται ότι μειώνεται σημαντικά η επίδρασή της.

Ο δείκτης **B.O.D.** (Βιοχημική απαίτηση Οξυγόνου), τα νιτρικά ιόντα και οι τιμές των αιωρούμενων στερεών (S.S.) βρισκόταν μέσα στα προτεινόμενα όρια.

Ακόμη, ο δείκτης **C.O.D.** (Χημική απαίτηση Οξυγόνου) βρίσκονταν ελάχιστα πιο πάνω από τα ενδεικνυόμενα όρια των 40 mg/l.

Τα υπόλοιπα στοιχεία χαρακτηρίζονται από μικρές σχετικά συγκεντρώσεις.

## **4.7 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΩΝΟΦΟΡΩΝ**

### **4.7.1 Ύψος Κωνοφόρων**

Το ύψος όλων των δέντρων και των δυο πειραματικών τεμαχίων (ΚΚ, ΚΛ) μετρήθηκε με υποδεκάμετρο στις **28-5-2004, 28-6-2004, 19-7-2004, 18-8-2004, 17-9-2004, 24-10-2004**. Οι μετρήσεις πάρθηκαν μια φορά το μήνα, διότι ο ρυθμός αύξησης των φυτών ήταν πολύ μικρός.

### **4.7.2 Διάμετρος φυτοκόμης**

Οι μετρήσεις της διαμέτρου της φυτοκόμης πάρθηκαν ακριβώς την ίδια μέρα με τις μετρήσεις του ύψους επίσης με υποδεκάμετρο, με το οποίο μετρήθηκε το μήκος της **μεγαλύτερης** διαμέτρου της φυτοκόμης των κωνοφόρων. Οι μετρήσεις πάρθηκαν μια φορά το μήνα, επειδή οι μεταβολές ήταν επίσης πολύ μικρές.

### **4.7.3 Διάμετρος κυρίου βλαστού**

Η διάμετρος του κυρίου βλαστού των κωνοφόρων φυτών **σε ύψος 10 cm από το έδαφος** μετρήθηκε με παχύμετρο της εταιρείας INOX, το οποίο έχει κλίμακα ανάγνωσης 0-15 cm και διακριτικότητα ανάγνωσης 0,05 mm. Οι μετρήσεις έγιναν στις ίδιες ημερομηνίες με τις προηγούμενες δυο μετρήσεις.

### **4.7.3 Χλωροφύλλη**

Μετρήθηκε η Χλωροφύλλη a, η Χλωροφύλλη b και η συνολική a+b. Η ποσότητα της χλωροφύλλης που περιέχεται στα φύλλα είναι δείκτης της υγιούς κατάστασης των φυτών εφόσον σ' αυτήν οφείλεται το πράσινο χρώμα των φύλλων καθώς και άλλων μερών των φυτών που φωτοσυνθέτουν.

Η χλωροφύλλη a εμφανίζεται σε όλους τους φωτοσυνθετικούς ευκαρυωτικούς οργανισμούς και στα προκαρυωτικά κυανοβακτήρια και συνεπώς θεωρείται βασικός παράγοντας για τη φωτοσύνθεση.

Η χλωροφύλλη b εμφανίζεται επιπλέον στα τραχεόφυτα, τα βρυόφυτα, τα χλωροφύκη και απορροφά σε διαφορετικό μήκος κύματος φωτός από τη χλωροφύλλη a. Έτσι η χλωροφύλλη b είναι μια δευτερεύουσα χρωστική που βοηθάει στη διεύρυνση του φάσματος του φωτός κατά τη φωτοσύνθεση. Όταν ένα μόριο της χλωροφύλλης b απορροφά φως, το διεγερμένο μόριο της μεταβιβάζει την ενέργεια σε ένα μόριο χλωροφύλλης a, το οποίο στη συνέχεια τη μετατρέπει σε χημική με τη διεργασία της

φωτοσύνθεσης. Γενικά στα φύλλα των πράσινων φυτών, η χλωροφύλλη b αποτελεί το ¼ της συνολικής περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη.

Από μεταλλαγμένα φυτά που στερούνται χλωροφύλλης b φαίνεται ότι η χλωροφύλλη b δεν είναι απαραίτητη για τη φωτοσύνθεση αλλά ούτε και για την οργανωτική δομή του χλωροπλάστη. Έτσι η χλωροφύλλη b ίσως να χρησιμεύει μόνο στη συλλογή της ακτινοβολίας και την προστασία της χλωροφύλλης a από την φωτοοξειδωση.

Για τη μέτρηση της περιεχόμενης χλωροφύλλης στα φύλλα χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της εκχύλισης με αιθανόλη. Πάρθηκαν δειγματοληπτικά φύλλα από όλα τα κωνοφόρα και από κάθε πειραματικό χωριστά. Ζυγίστηκαν 0,3375g Στρίκτας, 0,4g Τούγιας και 0,5g Λεμονοκυπάρισσου, τα οποία λειοτριβήθηκαν με 25ml αιθανόλης σε γυάλινο γουδί. Στη συνέχεια έγινε εκχύλιση του δείγματος, ομογενοποίηση σε δοκιμαστικούς σωλήνες και φυγοκέντρηση στις 3500 στροφές για 10min. Από το υπερκείμενο υγρό πάρθηκε ένα μέρος για μέτρηση σε φασματοφωτόμετρο σε τρία μήκη κύματος: A<sub>665</sub>, A<sub>654</sub>, A<sub>649</sub>. (Biochin. Biophys. Acta 109 (1965) p.448-453).

Η όλη διαδικασία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Γενικής Χημείας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Οι μετρήσεις της χλωροφύλλης έγιναν στις :

**10-5-2004, 5-6-2004, 6-7-2004, 28-7-2004, 23-8-2004, 5-10-2004.**

#### 4.8 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Για την καταγραφή των μετεωρολογικών δεδομένων (ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα και άθροισμα ημερήσιας βροχόπτωσης) της περιοχής χρησιμοποιήθηκε ο μετεωρολογικός σταθμός του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής, ο οποίος βρίσκεται στο αγρόκτημα του Βελεστίνου. Η καταγραφή των μετεωρολογικών δεδομένων γινόταν σε ωριαία βάση καθόλη τη διάρκεια του 24ώρου. Η συλλογή τους έγινε με τη βοήθεια data logger και η επεξεργασία τους με το πρόγραμμα Excel της Microsoft.



#### 4.9 ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΤΕΜΑΧΙΩΝ



Εικόνα 27. Δειγματοληψία εδάφους

Η δειγματοληψία εδάφους έγινε με δειγματολήπτη εδάφους (εικ. 27) σε τρία βάθη (0-30cm, 30-60cm, 60-90cm) σε κάθε πειραματικό τεμάχιο, δηλαδή Κωνοφόρα Καθαρό (ΚΚ) και Κωνοφόρα Λύμα (ΚΛ), μετά το τέλος των αρδεύσεων (24-10-2004) κι έπειτα ακολούθησε ανάλυση των δειγμάτων στο Π.Ε.Γ.Ε.Α.Α. Λάρισας.

Σκοπός της δειγματοληψίας είναι να προσδιοριστούν οι φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους καθώς και οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων και βαρέων μετάλλων.

Υπολογίστηκαν:

- *Οργανική Ουσία* με τη μέθοδο της υγρής οξείδωσης (Π.Ε.Γ.Ε.Α.Α. Λάρισας)
- *pH* με τη μέθοδο σχέση νερού εδάφους 1:1 (Methods Of Soil Analysis, Part 2, 1982, p.199-209)
- *CaCO<sub>3</sub>* με τη μέθοδο Bernard (Methods Of Soil Analysis, Part 2, 1982, p.181)
- Ηλεκτρική Αγωγιμότητα-Διαλυτά άλατα με τη μέθοδο 1:1 (νερού-εδάφους) (Methods Of Soil Analysis, Part 2, 1982, p.167-173)
- Fe, Zn, Mn, Cu με τη μέθοδο DTPA (Methods Of Soil Analysis, Part 2, 1982, p.301-334)
- B με τη μέθοδο Hot Water ( Methods Of Soil Analysis, Part 2, 1982, p.434-436)
- K, Na, Ca, Mg με τη μέθοδο των Ανταλλάξιμων Κατιόντων (Methods Of Soil Analysis, Part 2, 1982, p.159-164)
- I.A.K. κατά προσέγγιση προσθέτοντας τις τιμές του K, Na, Ca, Mg.

#### 4.10 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Για τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS v.12. Η στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων έγινε με το t-test, που είναι το καταλληλότερο κριτήριο για τον έλεγχο δύο μέσων όρων ή μιας σειράς δύο μέσων όρων. Οι μέσοι όροι της μεταβολής των μετρήσεων του ύψους και της διαμέτρου φυτοκόμης και βλαστού συγκρίθηκαν τόσο ανάμεσα στις μετρήσεις όσο και συνολικά.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Allen R.G., Pereira L.S., Raes D.,smith M.,1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No 56.FAO.Rome
2. Bahri A. and F. Brissaud 2002. 'Guidelines for municipal water reuse in the Mediterranean countries', World Health Organization, Regional Office for Europe, WHO/EURO Project Office, Mediterranean Action Plan.
3. Biochin. Biophys. Acta 109(1965) p.448-453 J.F.G.M. WINTERMANS and A. DE MOTS "Spectrophotometric characteristics of chlorophylls a and b and their pheophytins in ethanol"
4. Δημοπούλου Κ.,2005, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Επίδραση σύγχρονων συστημάτων άρδευσης στα παραγωγικά χαρακτηριστικά τεύτλων, Εργαστήριο Υδραυλικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
5. FAO, 1998. Irrigation and Drainage . Paper No 24
6. Καλφούντζος, Δ., Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., Τζιμόπουλος, Χ., 2000. Πειραματικές διαδικασίες διήθησης-στράγγισης σε στρωματοποιημένα εδάφη. Πρακτικά 2<sup>ο</sup> Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής, σελ.93-100. Βόλος, 28-30 Σεπτεμβρίου 2000.
7. Καραμούζης, Δ.Ν. και Τερζίδης, Γ.Α., 1998. Υδραυλική υπογείων νερών. Τόμος Ι
8. Methods Of Soil Analysis, Part 2,1982.
9. Μιχελάκης, Ν., 1998. Συστήματα αυτόματης άρδευσης, άρδευση με σταγόνες. Εκδόσεις Εκδοτική Αγροτεχνική Α.Ε.
10. Ντιούδης, Π., Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Ν. Μασλάρης, Γ. Νούσιος, 2000. Διατάξεις άρδευσης με σταγόνες σε καλλιέργεια ζαχαροτεύτλων. Πρακτικά 2<sup>ο</sup> Εθνικού Συνεδρίου Εταιρείας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος (ΕΓΜΕ), 28-30 Σεπτεμβρίου, Βόλος, σ. 149-156.
11. Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ.,1999. Οι ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη.
12. Sakellariou-Makrandonaki, M., D. Kalfountzos, P. Vyrlas, 2001. Irrigation water saving and yield increase with subsurface drip irrigation. Proceedings of the 7th International Congress of Environmental Science and Technology, 3-6 September, Syros, Greece, Vol. C, pp. 466-473.
13. Sakellariou-Makrandonaki, M., D. Kalfountzos, P. Vyrlas, B. Kapetanios, 2002. Water saving using modern irrigation methods. Proceedings of Hydorrama 2002, 3<sup>rd</sup>

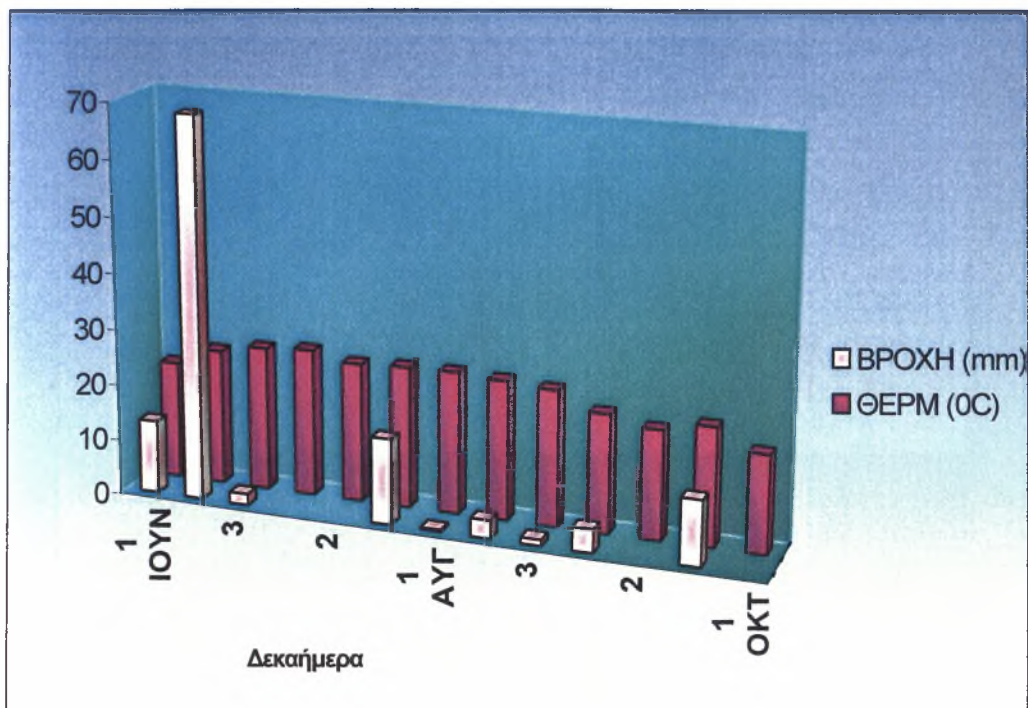
International Forum: Integrated Water Management: The Key to Sustainable Water Resources, EYDAP. 21-22 March, Athens, Greece, pp. 96-102.

14. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., Τζιμόπουλος Χ., Καλφούντζος Δ., 1997. Μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο TDR και στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων. Πρακτικά 7<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης (ΕΥΕ), Πάτρα, σ. 184-192.
15. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., Ν. Μασλάρης, Δ. Καλφούντζος, Χ. Γούλας, 1998. Μελέτη διατάξεων άρδευσης με σταγόνες στην καλλιέργεια ζαχαρότευτλων. Πρακτικά 1<sup>ου</sup> Εθνικού Συνεδρίου της Εταιρείας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος (ΕΓΜΕ), Αθήνα, σ. 271-280.
16. Τέντας Ι., 2004, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων για άρδευση, Εργαστήριο Υδραυλικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
17. Τζιμόπουλος Χ., Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μ., και Γιακουμάκης Σ., 1983. Πειραματικές μετρήσεις σε προβλήματα διύγρανσης με τη βοήθεια της γ-ακτινοβολίας. Υδροτεχνικά ,1:IV 25-IV 33.
18. Τζιμόπουλος, Χ., Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη και Σ. Γιαννόπουλος, 2000. Μελέτη της υδραυλικής αγωγιμότητας κορεσμού στο ύπαιθρο με στατιστικές και γεωστατιστικές μεθόδους. Τεχνικά Χρονικά 20(1):31-40.
19. Topp , G.C., Davis J.L., and Annan A.P., 1980, Electromagnetic determination of soil water content: Measurement in coaxial transmission lines. Water Resources Research. 16:574-587.

# 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

## 5.1 ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Στο σχήμα 5.1 παρουσιάζεται η μέση θερμοκρασία αέρα και η μέση βροχόπτωση, που επικράτησαν από τις 7-6-2004 έως 7-10-2004 στην περιοχή πραγματοποίησης του πειράματος (Βελεστίνο).



Σχήμα 5.1. Τιμές μέσης βροχόπτωσης (mm) και μέσης θερμοκρασίας ( $^{\circ}\text{C}$ ) κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου

Κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου συνέβησαν 16 επεισόδια βροχόπτωσης και έπεσαν συνολικά 119,34 mm βροχής, από τα οποία τα 95,5 mm ήταν ωφέλιμη βροχή. Σε κανένα επεισόδιο το ύψος της βροχής (mm) δεν ήταν ιδιαίτερα μεγάλο με μόνη εξαίρεση το 2<sup>ο</sup> δεκαήμερο του Ιουνίου όπου σημειώθηκε η μεγαλύτερη τιμή βροχόπτωσης (68.36 mm) λόγω μεγάλης βροχόπτωσης (βροχή και χαλάζι) στις 19-6-2004.

Οι θερμοκρασίες κατά το διάστημα αυτό κυμάνθηκαν σε αρκετά υψηλά επίπεδα και επομένως οι συνθήκες αυτές προκάλεσαν έντονη εξατμισοδιαπνοή των καλλιεργειών. Η μεγαλύτερη θερμοκρασία παρατηρήθηκε κατά το 1<sup>ο</sup> δεκαήμερο του Ιουλίου με τιμή 26,3  $^{\circ}\text{C}$ .



## 5.2 ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ

Στο διάγραμμα 5.2 φαίνεται η ημερήσια εξατμισοδιαπνοή που παρουσίασαν τα κωνοφόρα από τις 7-6-2004 έως 7-10-2004, η οποία είναι συνάρτηση των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν στη συγκεκριμένη περιοχή μέτρησης (Βελεστίνο).



Σχήμα 5.2 Διακύμανση της Ημερήσιας Πραγματικής Εξατμισοδιαπνοής των Κωνοφόρων

Όπως φαίνεται από το παραπάνω διάγραμμα η διακύμανση της εξατμισοδιαπνοής παρουσίασε ένα μέγιστο κατά το 2<sup>ο</sup> δεκαήμερο του Ιουλίου (ημέρα 194) με τιμή 10.2 mm, χρονική περίοδο κατά την οποία σημειώθηκαν πολύ υψηλές θερμοκρασίες καθώς επίσης και έλλειψη βροχοπτώσεων, ενώ παρατηρήθηκε μια πτώση της τιμής της εξατμισοδιαπνοής κατά το 2<sup>ο</sup> δεκαήμερο του Ιουνίου (ημέρα 169) και κατά το 3<sup>ο</sup> δεκαήμερο του Ιουλίου (ημέρα 208), λόγω αυξημένων βροχοπτώσεων. Από τα μέσα Σεπτεμβρίου (ημέρα 254) κι έπειτα, η τιμή της εξατμισοδιαπνοής μειωνόταν σταδιακά λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών της εποχής.



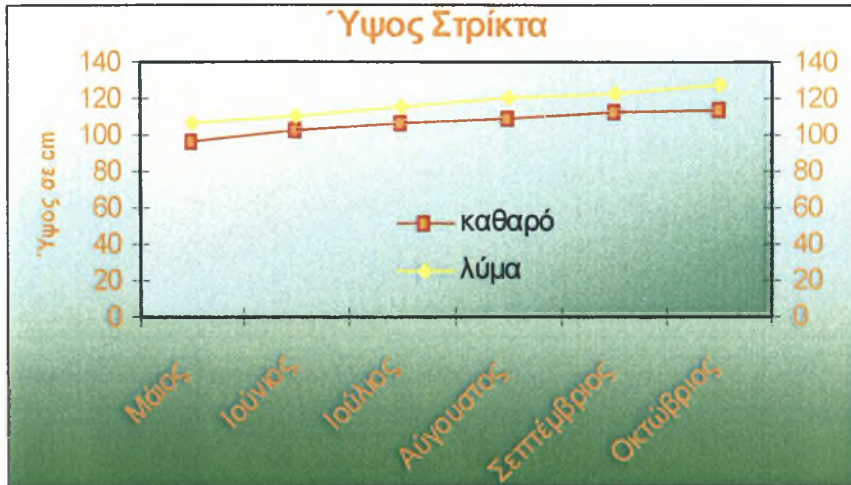
## 5.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΩΝΟΦΟΡΩΝ

### 5.3.1 Ύψος δέντρων

- Μεταβολή μέσου ύψους των δέντρων Στρίκτας :

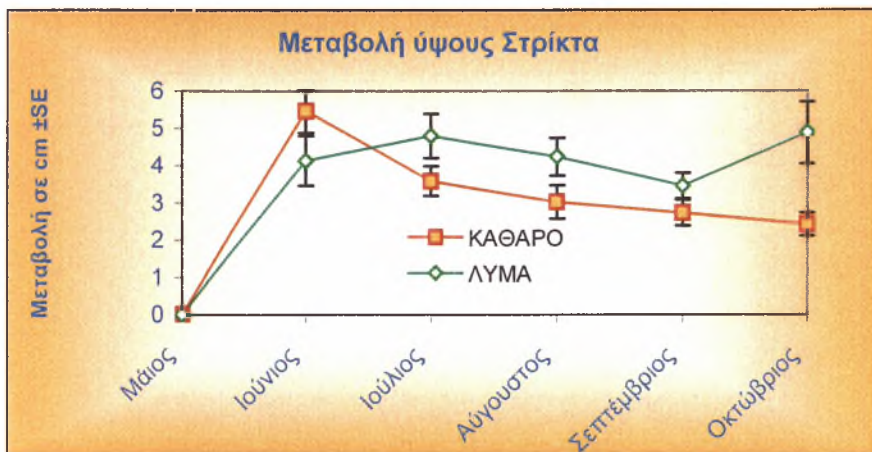
ΚΚ : 96,42 cm → 113,63 cm

ΚΛ : 106,50 cm → 127,98 cm



Σχήμα 5.3.1 Ύψος Juniperus (Στρίκτα) από Μάιο-Οκτώβριο

Η αύξηση του ύψους ήταν μεγαλύτερη στη μεταχείριση με λύμα (21,48 cm) έναντι της μεταχείρισης με καθαρό νερό (17,21 cm), διαφορά στατιστικώς σημαντική στο επίπεδο του 0,05. (Πίνακας 1- ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ,  $t=-2,495$ ,  $df=46$ ,  $p=0,016$ ).



Σχήμα 5.3.2 Μεταβολή ύψους του είδους Juniperus (Στρίκτα)

Οι μπάρες αναφέρονται στο Standard Error

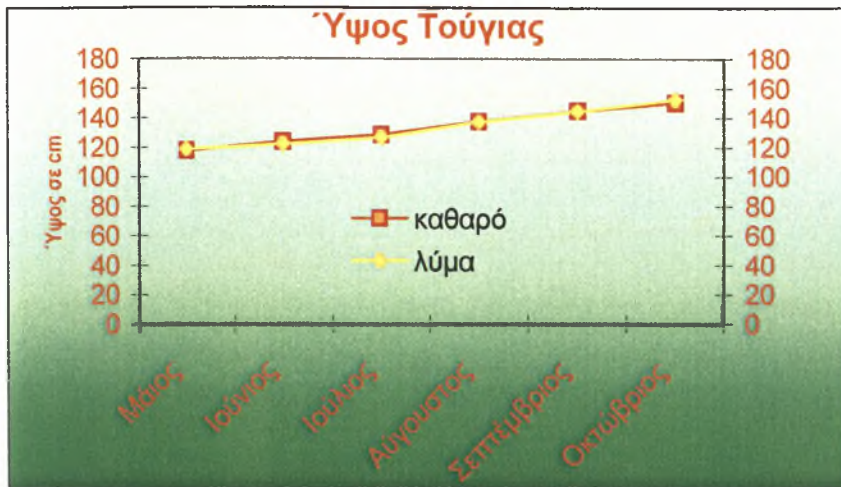
Όπως φαίνεται η μεταβολή του ύψους σε όλη σχεδόν την περίοδο ήταν μεγαλύτερη στη μεταχείριση με λύμα.

Από τη στατιστική επεξεργασία που πραγματοποιήθηκε στη μεταβολή του ύψους του φυτού ανάμεσα στις δυο μεταχειρίσεις από Μάιο-Οκτώβριο (πίνακας 1, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ), προέκυψε ότι μόνο η μεταβολή Σεπτεμβρίου-Οκτωβρίου ήταν στατιστικώς σημαντική, ενώ οι υπόλοιπες μεταβολές μεταξύ των μηνών δεν διέφεραν.

- **Μεταβολή μέσου ύψους των δέντρων Τούγιας**

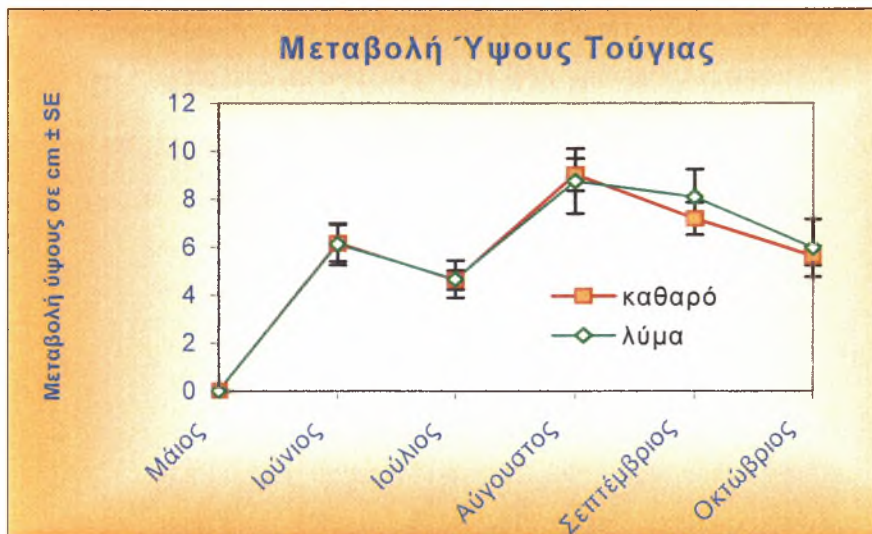
ΚΚ : 117,71 cm → 150,33 cm

ΚΛ : 118,87 cm → 152,46 cm



Σχήμα 5.4.1 Ύψος Τούγιας από Μάιο-Οκτώβριο

Η αύξηση του ύψους ήταν μεγαλύτερη στη μεταχείριση με λύμα (33,58cm) έναντι της μεταχείρισης με καθαρό νερό (32,63cm), διαφορά όχι στατιστικώς σημαντική. (Πίνακας 2, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ,  $t=-0,225$ ,  $df=46$ ,  $p=0,823$ ).



Σχήμα 5.4.2 Μεταβολή ύψους του είδους Thuja.

Οι μπάρες αναφέρονται στο Standard Error.

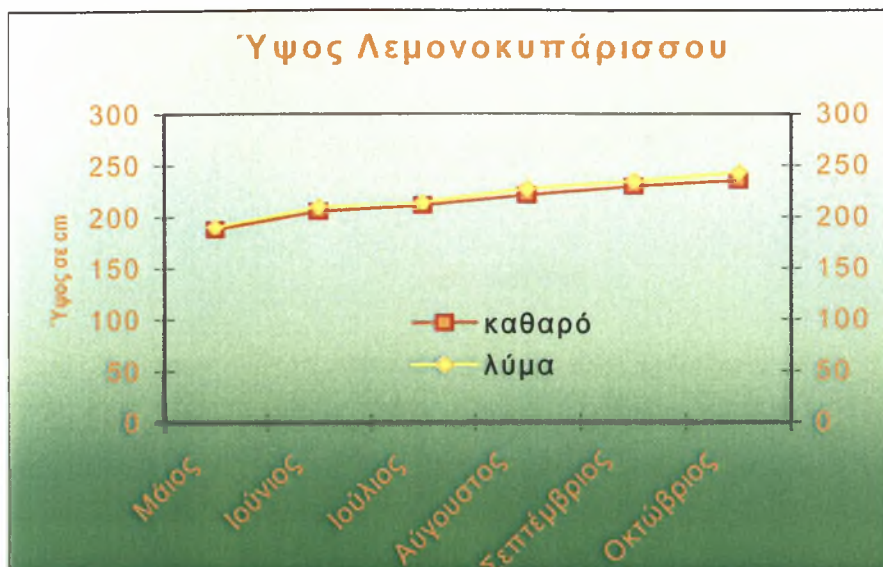
Όπως φαίνεται οι μεταβολές ήταν σχεδόν παρόμοιες, δίνοντας μια μικρή υπεροχή στη μεταχείριση του λύματος.

Από τη στατιστική επεξεργασία που πραγματοποιήθηκε στη μεταβολή του ύψους του φυτού ανάμεσα στις δυο μεταχειρίσεις από Μάιο - Οκτώβριο, προέκυψε ότι καμία μεταβολή δεν ήταν στατιστικώς σημαντική μεταξύ των μηνών.

- **Μεταβολή μέσου ύψους των δέντρων Λεμονοκυπάρισσου**

**ΚΚ : 188,08 cm → 235,08 cm**

**ΚΛ : 190,38 cm → 242,83 cm**



Σχήμα 5.5.1 Ύψος Cupressus (Λεμονοκυπάρισσου) από Μάιο-Οκτώβριο

Η αύξηση του ύψους ήταν μεγαλύτερη στη μεταχείριση με λύμα (52,45cm) έναντι της μεταχείρισης με καθαρό νερό (47cm), διαφορά όχι στατιστικώς σημαντική. (Πίνακας 3, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ,  $t=-1,870$ ,  $df=46$ ,  $p=0,068$ ).



Σχήμα 5.5.2 Μεταβολή ύψους Cupressus (Λεμονοκυπάρισσου)

Οι μπάρες αναφέρονται στο Standard Error

Από τη στατιστική επεξεργασία (πίνακας 3, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ) προέκυψε ότι μεταξύ των μηνών Μάιο-Ιούνιο (υπερείχε το λύμα), Ιούνιο-Ιούλιο (υπερείχε το καθαρό), και Ιούλιο-Αύγουστο (υπερείχε το λύμα), υπήρχαν μεταβολές στατιστικώς σημαντικές.

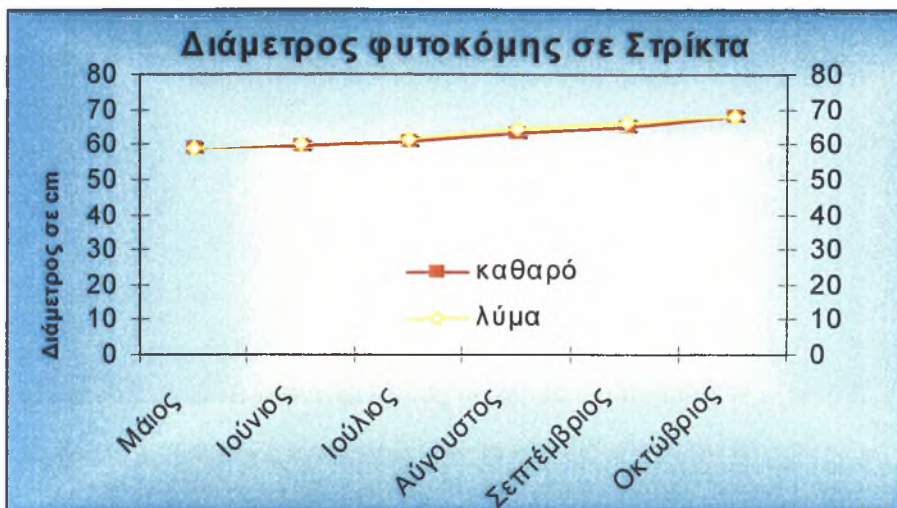


### 5.3.2 Διάμετρος φυτοκόμης

- Μεταβολή μέσης διαμέτρου φυτοκόμης των δέντρων Στρίκτας

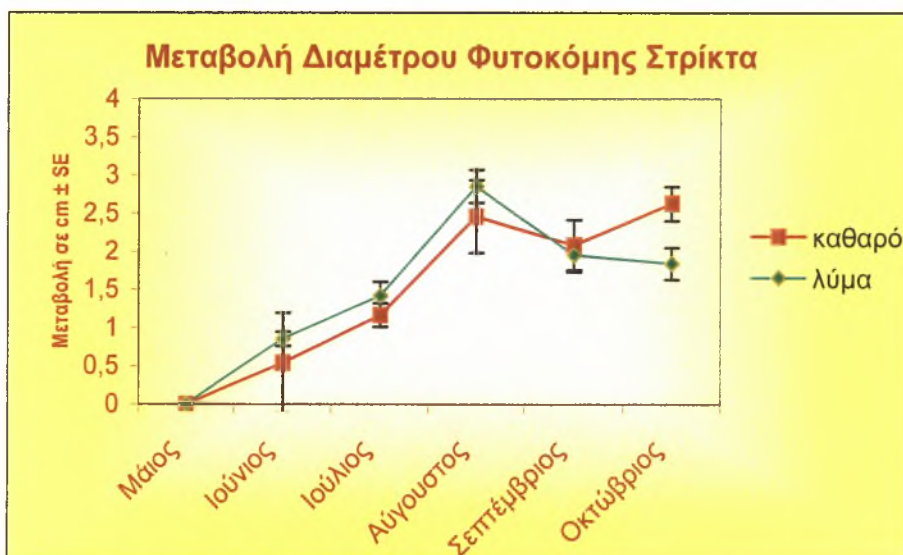
ΚΚ : 59,00cm→67,87cm

ΚΛ : 59,21cm→68,12cm



Σχήμα 5.6.1 Διάμετρος φυτοκόμης (Juniperus) Στρίκτας από Μάιο-Οκτώβριο

Η αύξηση του ύψους ήταν μεγαλύτερη στη μεταχείριση με λύμα (8,91cm) έναντι της μεταχείρισης με καθαρό νερό (8,87cm), διαφορά όχι στατιστικώς σημαντική. (Πίνακας 4, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ,  $t=-0,062$ ,  $df=46$ ,  $p=0,951$ ).



Σχήμα 5.6.2 Μεταβολή φυτοκόμης (Juniperus) Στρίκτας

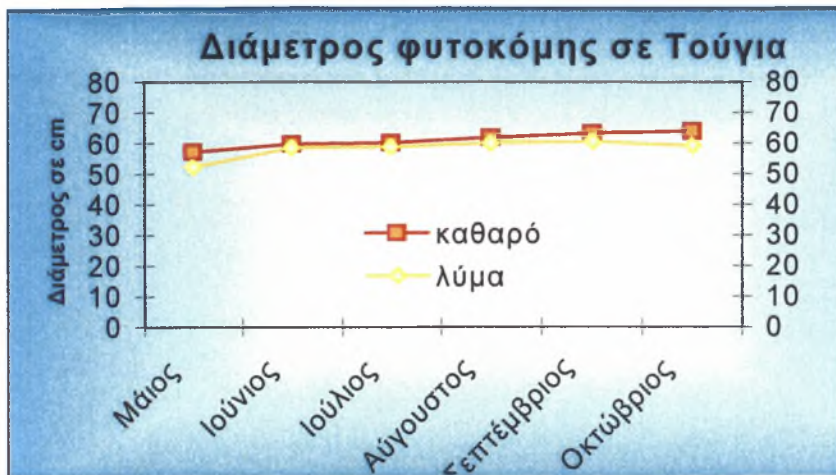
Όπως φαίνεται σε όλη την περίοδο οι μεταβολές της διαμέτρου κατά την άρδευση με λύμα είχαν μια υπεροχή, χωρίς όμως οι διαφορές αυτές να είναι στατιστικώς σημαντικές. (Πίνακας 4, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ).

Μόνο μεταξύ των μηνών Σεπτέμβριο - Οκτώβριο, η μεταβολή της διαμέτρου της φυτοκόμης ήταν μεγαλύτερη στην άρδευση με καθαρό νερό και αποδείχτηκε στατιστικώς σημαντική.

- **Μεταβολή μέσης διαμέτρου φυτοκόμης των δέντρων Τούγιας**

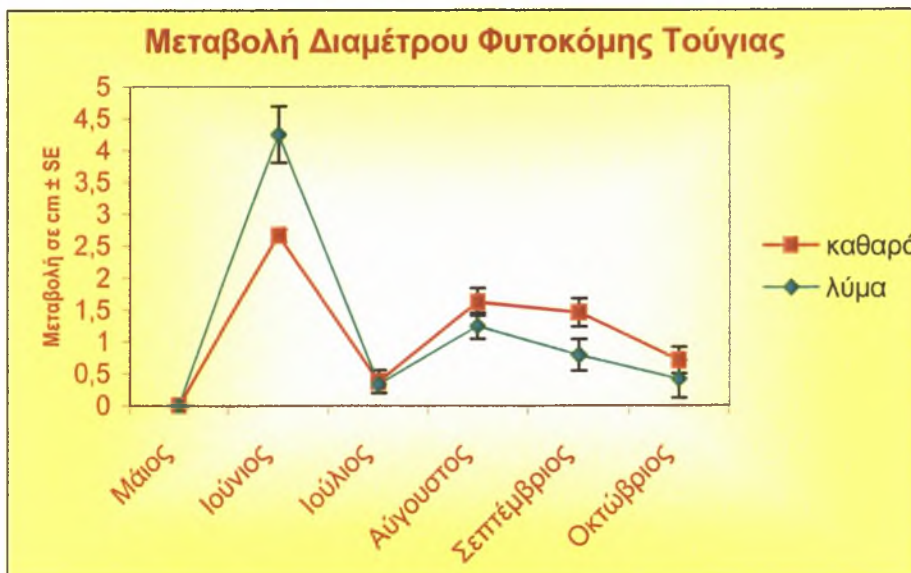
ΚΚ :57,12cm→63,96cm

ΚΛ :52,29cm→59,33cm



Σχήμα 5.7.1 Διάμετρος φυτοκόμης Τούγιας από Μάιο-Οκτώβριο

Η αύξηση της διαμέτρου ήταν μεγαλύτερη στη μεταχείριση με λύμα (7,04cm) έναντι της μεταχείρισης με καθαρό νερό (6,83cm), διαφορά όχι στατιστικώς σημαντική. (Πίνακας 5, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ,  $t=-0,224$ ,  $df=46$ ,  $p=0,824$ ).



Σχήμα 5.7.2 Μεταβολή διαμέτρου φυτοκόμης Τούγιας

Οι μπάρες αναφέρονται στο Standard Error

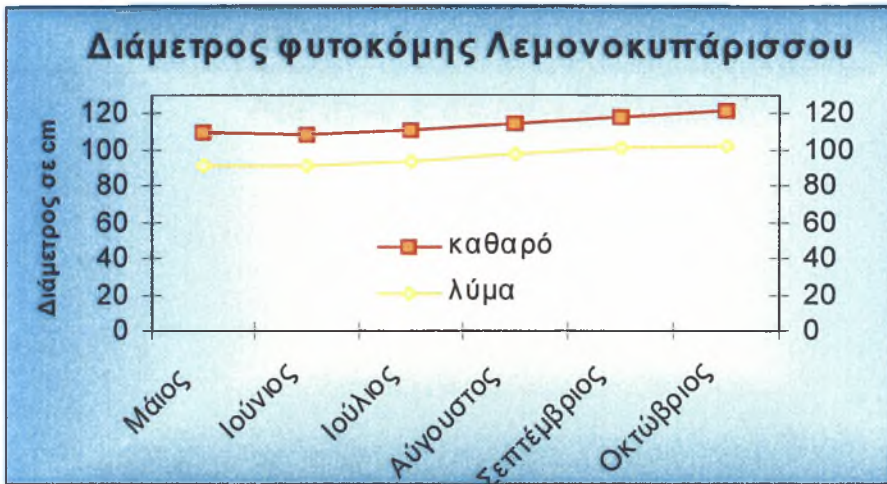
Όπως φαίνεται σε όλη την περίοδο οι μεταβολές της διαμέτρου της φυτοκόμης ήταν μεγαλύτερες κατά την άρδευση με καθαρό νερό, χωρίς όμως να είναι στατιστικά σημαντικές (Πίνακας 5, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ). Αντίθετα η μεταβολή της διαμέτρου στο διάστημα Μαΐου – Ιουνίου ήταν μεγαλύτερη στο λύμα με στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων.



- Μεταβολή μέσης διαμέτρου φυτοκόμης δέντρων Λεμονοκυπάρισσου

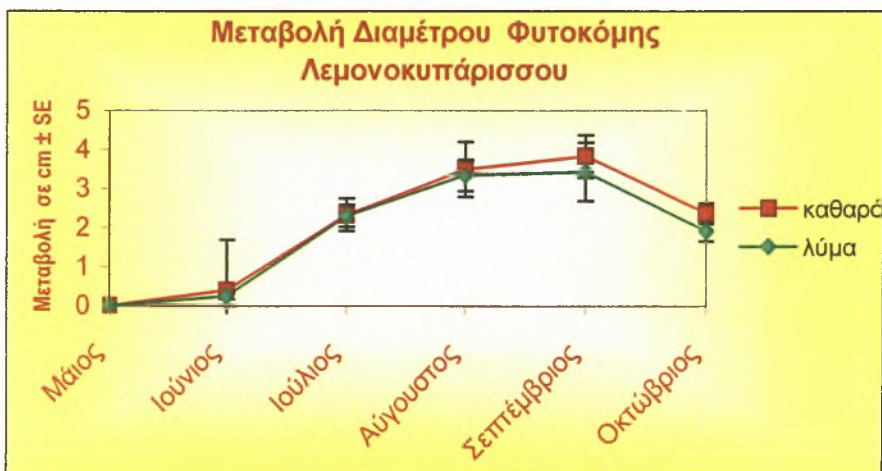
ΚΚ :109,12cm→121,58cm

ΚΛ : 90,96cm→102,46cm



Σχήμα 5.8.1 Διάμετρος φυτοκόμης Cypripedium (Λεμονοκυπάρισσου) από Μάιο-Οκτώβριο

Η αύξηση της διαμέτρου ήταν μεγαλύτερη στη μεταχείριση με καθαρό νερό (12,46 cm) έναντι της μεταχείρισης με λύμα (11,5cm), διαφορά όχι στατιστικώς σημαντική. (Πίνακας 6, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ,  $t=0,630$ ,  $df=46$ ,  $p=0,532$ ).



Σχήμα 5.8.2 Μεταβολή διαμέτρου φυτοκόμης Cypripedium (Λεμονοκυπάρισσου)

Οι μπάρες αναφέρονται στο Standard Error

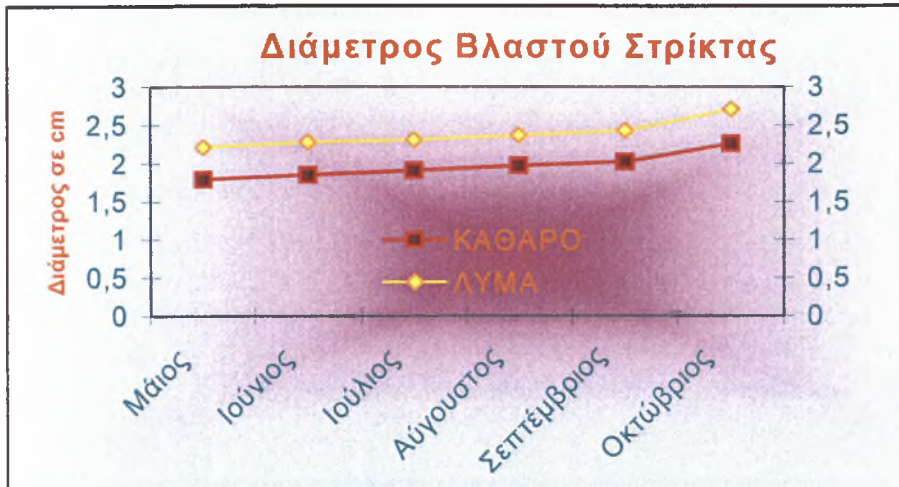
Η μεταβολή της διαμέτρου της φυτοκόμης ήταν μεγαλύτερη σε όλη την περίοδο στη μεταχείριση με καθαρό νερό, χωρίς όμως να διαφέρει σημαντικά του λύματος. (Πίνακας 6, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ).

### 5.3.3 Διάμετρος κύριου βλαστού σε ύψος 10cm από το έδαφος

- Μεταβολή μέσης διαμέτρου βλαστού των δέντρων Στρίκτας

ΚΚ : 1,79cm → 2,26cm

ΚΛ : 2,21cm → 2,71cm



Σχήμα 5.9.1 Διάμετρος βλαστού Στρίκτας από Μάιο - Οκτώβριο.



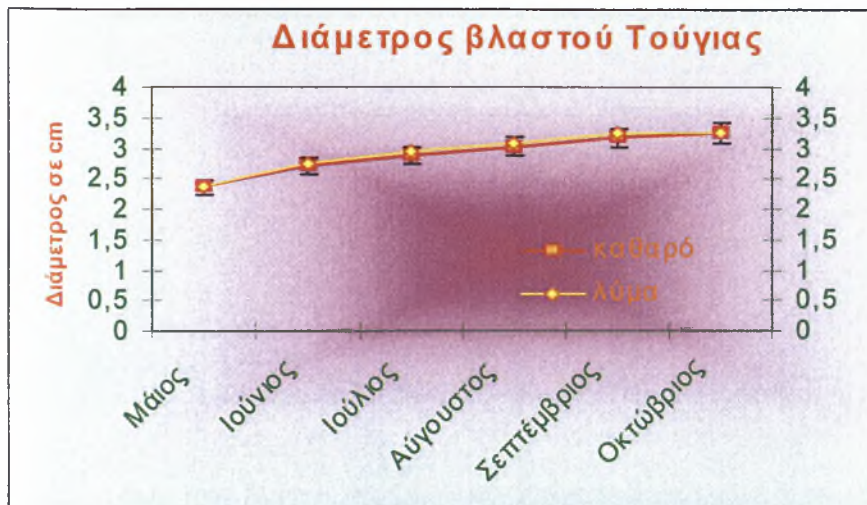
Σχήμα 5.9.2 Μεταβολή διαμέτρου βλαστού Στρίκτας

Από τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων, όσον αφορά τη μέτρηση της διαμέτρου του βλαστού στο Στρίκτα, προκύπτει ότι δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δυο μεταχειρίσεις (Πίνακας 7, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ,  $t=-1,089$ ,  $df=46$ ,  $p=0,282$ ) τόσο συνολικά από Μάιο - Οκτώβριο, όσο και ανάμεσα στις μετρήσεις. Όπως φαίνεται στο σχήμα υπάρχει μια υπεροχή του λύματος στη μεταβολή της διαμέτρου του βλαστού.

- Μεταβολή μέσης διαμέτρου βλαστού των δέντρων Τούγιας

ΚΚ : 2,36cm → 3,26cm

ΚΛ : 2,36cm → 3,27cm



Σχήμα 5.10.1 Διάμετρος βλαστού Τούγιας από Μάιο-Οκτώβριο



Σχήμα 5.10.2 Μεταβολή βλαστού Τούγιας

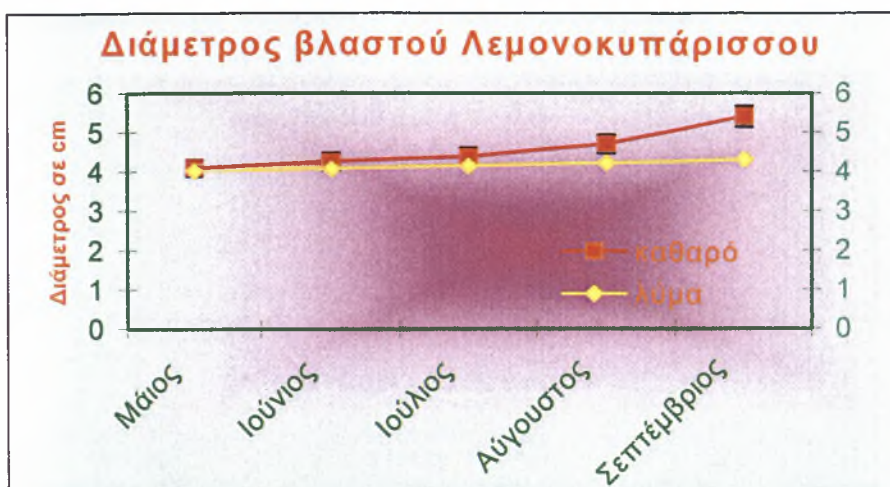
Γενικά, παρατηρούμε ότι ανάμεσα στις δύο μεταχειρίσεις δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά. (Πίνακας 8, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ,  $t=-1$ ,  $df=46$ ,  $p=0,323$ ). Οι μεταβολές της διαμέτρου του βλαστού ήταν παρόμοιες δίνοντας υπεροχή πότε στη μια και πότε στην άλλη μεταχείριση. Μόνο όμως στο διάστημα Σεπτεμβρίου - Οκτωβρίου η μεταχείριση με καθαρό νερό υπερείχε στατιστικώς σημαντικά του λύματος.



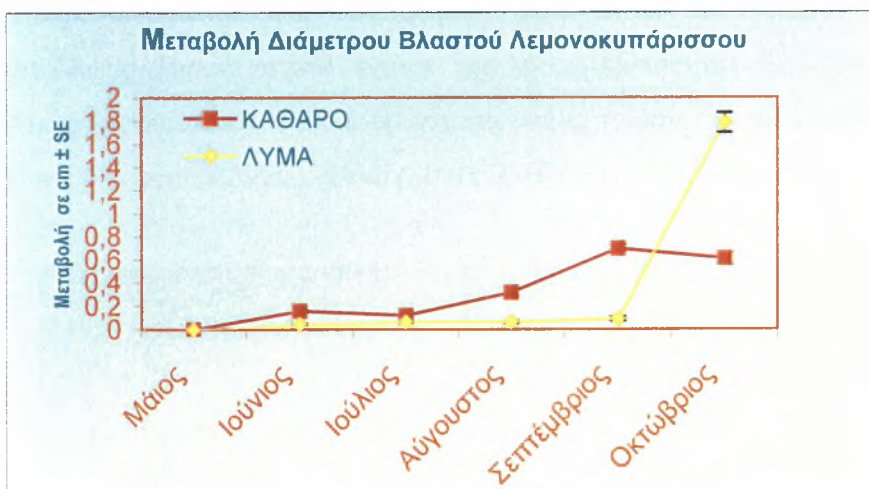
- Μεταβολή μέσης διαμέτρου φυτοκόμης των δέντρων Λεμονοκυπάρισσου

ΚΚ : 4,10cm → 6,00cm

ΚΛ : 4,02cm → 6,08cm



Σχήμα 5.11.1 Διάμετρος βλαστού στο Cupressus (Λεμονοκυπάρισσο) από Μάιο-Οκτώβριο

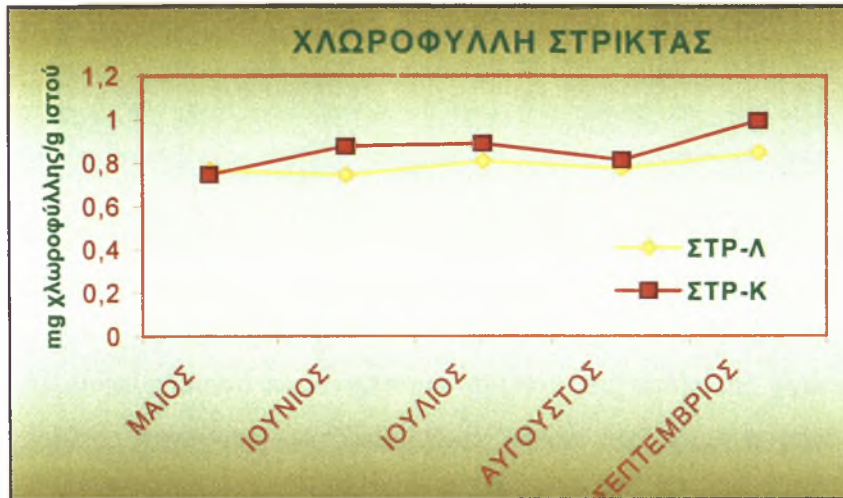


Σχήμα 5.11.2 Μεταβολή διαμέτρου βλαστού στο Cupressus (Λεμονοκυπάρισσο)

Από τη στατιστική επεξεργασία που πραγματοποιήθηκε, προέκυψε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο μεταχειρίσεις. (Πίνακας 9, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ,  $t=-0,880$ ,  $df=46$ ,  $p=0,383$ ). Όσον αφορά τις μεταβολές της διαμέτρου του κυρίου βλαστού, το καθαρό νερό υπερείχε στατιστικώς σημαντικά του λύματος στο διάστημα από Μάιο-Σεπτέμβριο, ενώ στο διάστημα Σεπτεμβρίου - Οκτωβρίου η μεταβολή της διαμέτρου στο λύμα ήταν πολύ μεγαλύτερη του καθαρού δίνοντας σημαντική διαφορά στο επίπεδο του 0.05.

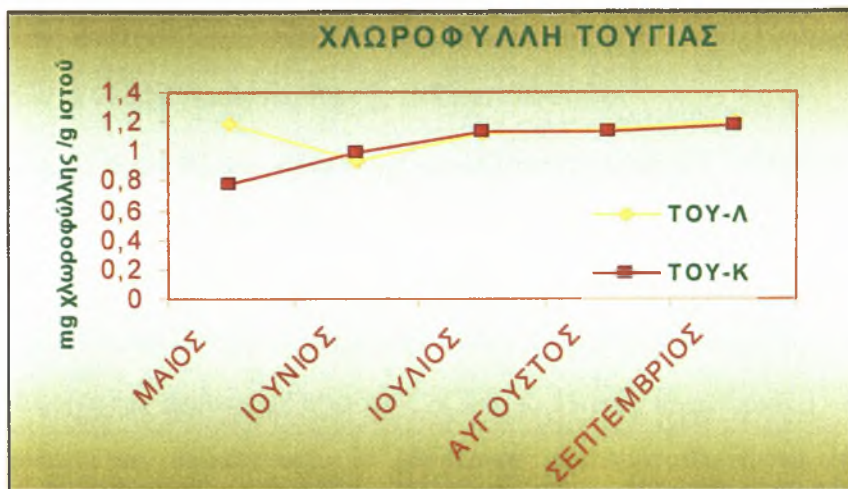
### 5.3.4 Χλωροφύλλη με εκχύλιση

Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μέτρησης της χλωροφύλλης (a και b) που έγιναν σε φύλλα των τριών κωνοφόρων καλλωπιστικών των δυο μεταχειρίσεων.



Σχήμα 5.12.1 Μεταβολή χλωροφύλλης του είδους Juniperus (Στρίκτα)

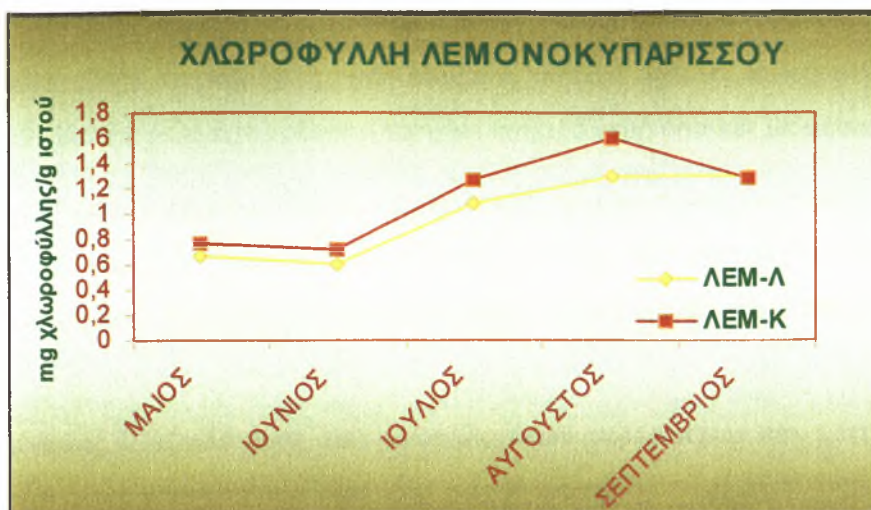
Στο Στρίκτα φαίνεται πως υπερέτησε η μεταχείριση του καθαρού νερού (0,863 mg χλωροφύλλης/g ξηρού ιστού) έναντι της μεταχείρισης του λύματος (0,788 mg χλωροφύλλης/g ξηρού ιστού). Τα αποτελέσματα της μέτρησης δεν διέφεραν στατιστικώς σημαντικά στις δύο μεταχειρίσεις. (Πίνακας 10, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ,  $t=1,644$ ,  $df=8$ ,  $p=0,139$ ).



Σχήμα 5.12. 2 Μεταβολή χλωροφύλλης του είδους Thuja (Τούγια)

Στην Τούγια υπερέτησε η μεταχείριση με λύμα (1,115mg χλωροφύλλης/g ξηρού ιστού) έναντι της μεταχείρισης του καθαρού νερού (1,040 mg χλωροφύλλης/g ξηρού ιστού). Τα αποτελέσματα της εκχύλισης δεν διέφεραν στατιστικώς σημαντικά στις δύο μεταχειρίσεις. (Πίνακας 11, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ,  $t=-0,864$ ,  $df=8$ ,  $p=0,413$ ).





Σχήμα 5.12.3 Μεταβολή χλωροφύλλης του είδους Cupressus (Λεμονοκυπάρισσο)

Στο Λεμονοκυπάρισσο παρατηρήθηκε αύξηση της τιμής της χλωροφύλλης κατά τους μήνες Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο. Μέσα στο τρίμηνο αυτό οι τιμές δεν παρουσίασαν καμιά σημαντική μεταβολή ανάμεσα στις δύο μεταχειρίσεις. (Πίνακας 12, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ,  $t=1,180$ ,  $df=4$ ,  $p=0,303$ ).

#### 5.4 ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΑΓΡΟΥ

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εδαφολογικής ανάλυσης που έγινε πριν την έναρξη των αρδεύσεων και μετά το τέλος τους.

Βάσει της ανάλυσης που έγινε, το έδαφος χαρακτηρίζεται ως αλκαλικό σύμφωνα με το pH (Methods of Soil Analysis, Part 2, 1982,p.199-200).

Με βάση το ποσοστό της οργανικής ουσίας που μετρήθηκε, το έδαφος θεωρείται ότι είναι φτωχό σε οργανική ουσία (Π.Ε.Γ.Ε.Α.Λ. Λάρισα). Γενικά θεωρείται ότι σε αυτό το pH, οι περισσότερες καλλιέργειες μπορούν να αναπτυχθούν χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα.

Όσον αφορά την περιεκτικότητα σε  $CaCO_3$  το έδαφος είναι αρκετά εφοδιασμένο και χαρακτηρίζεται ως ασβεστόχο. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (ή το επίπεδο των διαλυτών αλάτων) είναι χαμηλή ( $<1000 \mu S/cm$ ), οπότε δεν υπάρχει πρόβλημα αλατότητας. Τα ανταλλάξιμα κατιόντα Na, Ca, και Mg βρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες, ενώ το K βρίσκεται σε οριακές συγκεντρώσεις.

Όσον αφορά τα ιχνοστοιχεία, τις περιεκτικότητες στο έδαφος των Fe, Mn και Zn το έδαφος χαρακτηρίζεται ως μέτρια εφοδιασμένο.

Μετά το τέλος της αρδευτικής περιόδου (7-10-2004) έγινε εδαφολογική ανάλυση, ώστε να μελετηθούν οι ιδιότητες του εδάφους, καθώς και οι περιεκτικότητες των στοιχείων στο έδαφος μετά την άρδευση τόσο με καθαρό νερό όσο και με αστικά λύματα.

Στον Πίνακα 9 παρουσιάζονται τα επιτρεπτά όρια των εδαφολογικών παραμέτρων που μετρήθηκαν και αξιολογούνται σε κατηγορίες (φτωχό, επαρκώς εφοδιασμένο έδαφος, πλούσιο εφοδιασμένο) ανάλογα με τη συγκέντρωση των στοιχείων στο έδαφος.

**Πίνακας 9. Αξιολόγηση των εδαφολογικών παραμέτρων που μετρήθηκαν**

<b>pH</b>	6.5-7 ελαφρώς όξινο	7,6-8,2 αλκαλικό	>8,5 προβληματικό λόγω αλάτων	
<b>Αγωγιμότητα (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>)</b>	<1000 χαμηλή	1000-2000 οριακή	2000-3000 υψηλή	>3000 πολύ υψηλή
<b>Διαλυτά Άλατα (mg/l)</b>	Αντίστοιχα με την ηλεκτρική αγωγιμότητα			
<b>%CaCO<sub>3</sub></b>	1-2 μέτρια εφοδιασμένο	2-7 επαρκώς εφοδιασμένο	7-12 αρκετά εφοδιασμένο	
<b>Οργανική ουσία %</b>	<1 φτωχό	1-1,5% μετρίως εφοδιασμένο	>2 πλούσιο	
<b>P (mg/Kg)</b>	<10 χαμηλή	10-18 μέτρια εφοδιασμένο	18-25 επαρκώς εφοδιασμένο	>25 υψηλή
<b>K(mg/Kg)</b>	<80 χαμηλή	80-160 οριακή	160-250 ικανοποιητική	250-300 πολύ υψηλή
<b>Na (mg/Kg)</b>	Όσο μικρότερη συγκέντρωση, τόσο καλύτερα-δεν θεωρείται θρεπτικό στοιχείο			
<b>Mg (mg/Kg)</b>	<60 χαμηλή	61-100 οριακή	101-200 ικανοποιητική	>200 υψηλή
<b>Fe(mg/Kg)</b>	<10 χαμηλή	10-16 μέτρια εφοδιασμένο	16-25 επαρκώς εφοδιασμένο	>25 υψηλή
<b>Zn (mg/Kg)</b>	<1 χαμηλή	1-3 μέτρια εφοδιασμένο	3-6 επαρκώς εφοδιασμένο	>6 υψηλή
<b>Mn (mg/Kg)</b>	<8 χαμηλή	8-12 μέτρια εφοδιασμένο	12-30 επαρκώς εφοδιασμένο	
<b>Cu (mg/Kg)</b>	<0,8 χαμηλή	0,8-1,2 μέτρια εφοδιασμένο	1,2-2 επαρκώς εφοδιασμένο	>2 υψηλή
<b>B (mg/Kg)</b>	<0,7 χαμηλή	0,7-1,2 μέτρια εφοδιασμένο	1,2-2 επαρκώς εφοδιασμένο	>2 υψηλή

Πηγή: Π.Ε.Γ.Ε.Α.Α. Λάρισας

Πίνακας 10. Εδαφολογική ανάλυση κατά μέσο όρο των μεταχειρίσεων πριν την άρδευση

	p H	Αγωγιμότητα (μS/cm)	Διαλυτά Άλατα (mg/l)	%CaCO <sub>3</sub>	Οργανική ουσία %	P (mg/K)	K (mg/Kg)	Na (mg/Kg)
Έδαφος πριν την άρδευση 0-30	7,8	385	0,13	4,51	1,01	7	138,805	93,15
Έδαφος πριν την άρδευση 30-60	8	385	0,15	7,26	0,93	8	93,84	103,5
Έδαφος πριν την άρδευση 60-90	7,9	385	0,14	12,76	1,179	5	115,345	115

Πίνακας 11. Εδαφολογική ανάλυση των μεταχειρίσεων με καθαρό νερό και λύμα μετά το τέλος των αρδεύσεων

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	p H	Αγωγιμότητα (μS/cm)	Διαλυτά Άλατα (mg/l)	%CaCO <sub>3</sub>	Οργανική ουσία %	P (mg/K)	K (mg/Kg)	Na (mg/Kg)
Κωνοφόρα Καθαρό 0-30	8,11	475	0,0255	2,46	0,804	3	153,3	77,8
Κωνοφόρα Καθαρό 30-60	8,19	479	0,0252	5,33	0,5025	1,6	120,2	79
Κωνοφόρα Καθαρό 60-90	8,22	482	0,0259	10,25	0,804	2,2	121	93,3
Κωνοφόρα Λύμα 0-30	7,98	1140	0,06	8,61	0,5025	3	149,8	344,3
Κωνοφόρα Λύμα 30-60	8	1180	0,63	6,15	0,5695	2	111,6	313,4
Κωνοφόρα Λύμα 60-90	7,94	1100	0,59	12,3	1,072	2,7	165,8	159

Πίνακας 12. Εδαφολογική ανάλυση κατά μέσο όρο των μεταχειρίσεων πριν την άρδευση

	Ca (mg/Kg)	Mg (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	B (mg/Kg)
Έδαφος πριν την άρδευση 0-30	3246	340,01	4,58	9,23	4,61	4,25	0,5
Έδαφος πριν την άρδευση 30-60	3574	458,59	6,8	1,46	4,55	2,75	0,43
Έδαφος πριν την άρδευση 60-90	3248	689,7	10,32	3,14	4,85	2,54	0,42

Πίνακας 13. Εδαφολογική ανάλυση των μεταχειρίσεων με καθαρό νερό και λύμα μετά το τέλος των αρδεύσεων

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	Ca (mg/Kg)	Mg (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	B (mg/Kg)
Κωνοφόρα Καθαρό 0-30	8800	730	11,56	0,94	11,34	3,52	0,52
Κωνοφόρα Καθαρό 30-60	8175	760	13,24	1,06	8,6	2,8	0,38
Κωνοφόρα Καθαρό 60-90	9025	1087,5	22,92	0,8	6,22	3,38	0,5
Κωνοφόρα Λύμα 0-30	9050	895	12,2	0,82	10,36	2,96	0,7
Κωνοφόρα Λύμα 30-60	8550	827,5	10,02	1,22	8,48	2,28	0,48
Κωνοφόρα Λύμα 60-90	9375	1130	17,08	1,14	9,02	2,8	0,34

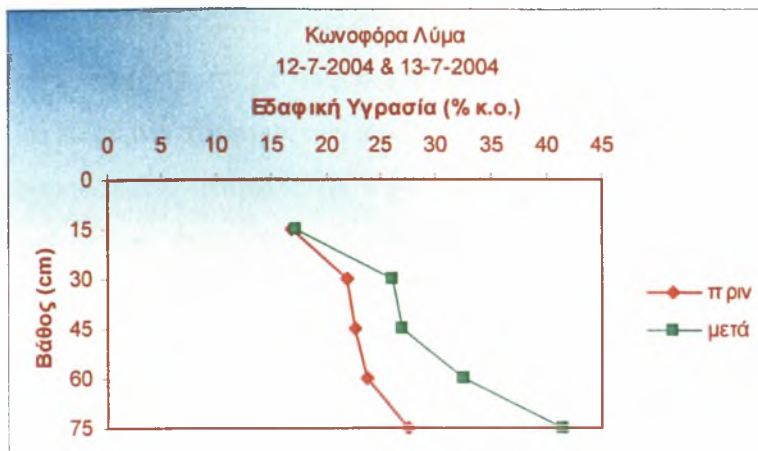
Διαπιστώνουμε λοιπόν ότι:

- Το pH παρέμεινε αμετάβλητο κατά τη μεταχείριση με λύμα.
- Παρατηρήθηκε μεγάλη αύξηση στην τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και στο σύνολο των διαλυτών αλάτων κατά την άρδευση με απόβλητα. Αντίθετα στην άρδευση με καθαρό νερό οι τιμές είναι αρκετά χαμηλές. Και στις δυο όμως περιπτώσεις δεν υπάρχει πρόβλημα αλατότητας για τα φυτά.
- Επίσης το B βρίσκεται σε χαμηλές συγκεντρώσεις.
- Ο Cu βρίσκεται σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις.
- Όσον αφορά τα στοιχεία P, K, Na, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, B δεν παρατηρήθηκε καμία σημαντική αλλαγή στις τιμές ανάμεσα στις δυο μεταχειρίσεις. Μικρή αύξηση παρατηρήθηκε στις συγκεντρώσεις του K, και αρκετά μεγάλη αύξηση στις συγκεντρώσεις του Na στις μεταχειρίσεις με λύμα λόγω της μεγάλης ποσότητας αλάτων που περιέχονται στα απόβλητα.
- Η περιεκτικότητα του εδάφους σε P είναι χαμηλή.

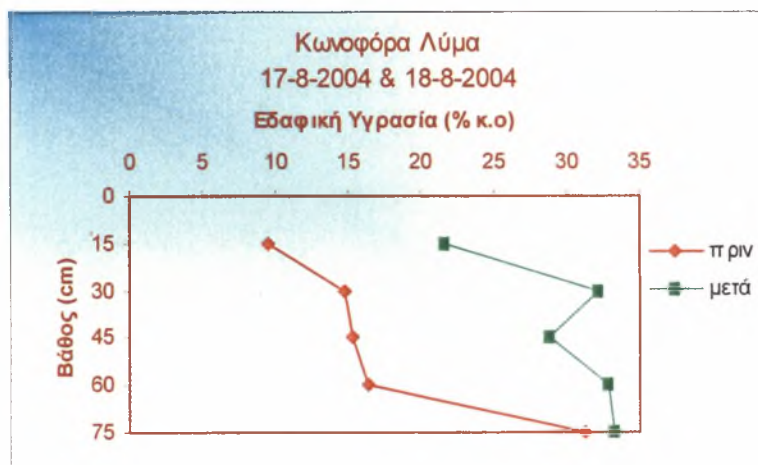
## 5.5 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

Η εδαφική υγρασία στα πειραματικά τεμάχια όπου εφαρμόστηκε το λύμα μετρήθηκε στις **12-7-2004**, **20-7-2004**, **17-8-2004**, **9-8-2004** και **16-9-2004**, ενώ στα πειραματικά όπου εφαρμόστηκε το καθαρό νερό, μετρήθηκε στις **28-6-2004**, **12-7-2004**, **14-7-2004**, **22-7-2004** και **16-9-2004**. Οι μετρήσεις έγιναν λίγο πριν την άρδευση και 12 ώρες περίπου μετά την άρδευση. Γενικά, μελετώντας την πορεία του νερού μέσα στο έδαφος τόσο στην άρδευση με καθαρό νερό, όσο και στην άρδευση με λύμα, διαπιστώνουμε ότι το έδαφος έχει αρκετά ικανοποιητική υγρασία και οι τιμές της κυμαίνονται πλησίον της τιμής της υδατοϊκανότητας.

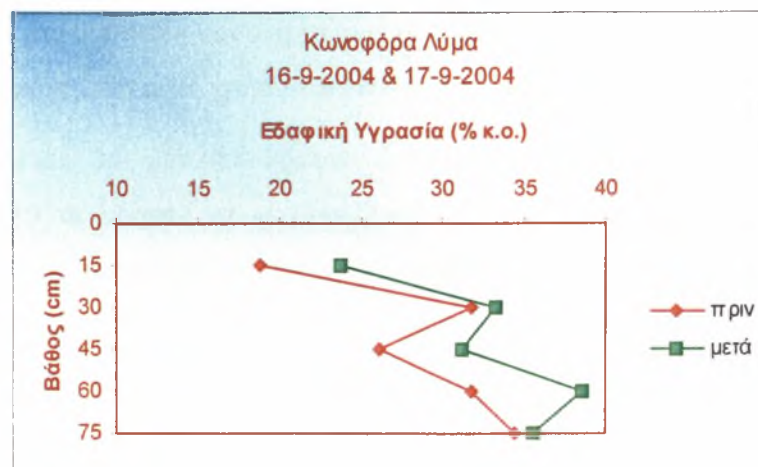
Η διακύμανση της εδαφικής υγρασίας που παρατηρήθηκε στις δυο μεταχειρίσεις φαίνεται στα επόμενα σχεδιαγράμματα.



Σχήμα 5.13. Διακύμανση της εδαφικής υγρασίας στο πειραματικό ΚΛ



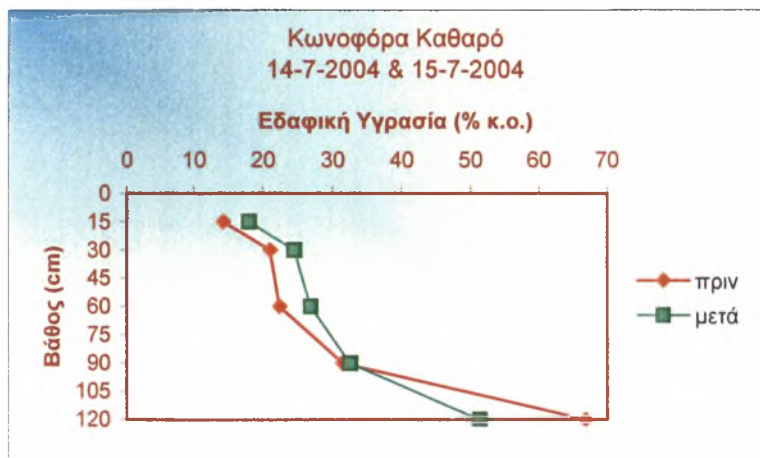
Σχήμα 5.14. Διακύμανση της εδαφικής υγρασίας στο πειραματικό ΚΛ



Σχήμα 5.15. Διακύμανση της εδαφικής υγρασίας στο πειραματικό ΚΛ



Όπως φαίνεται από τα σχεδιαγράμματα στη μεταχείριση Κωνοφόρα – Λύμα, όσο αυξάνεται το βάθος, έως και τα 75 cm, παρατηρείται αύξηση της εδαφικής υγρασίας. Αυτό σημαίνει ότι το ριζικό σύστημα των φυτών έχει τη δυνατότητα να αναπτυχθεί πολύ καλά εφόσον τροφοδοτείται επαρκώς με νερό. Επίσης, κατά τις ημέρες μέτρησης της υγρασίας του εδάφους πριν την άρδευση, η υγρασία σε βάθος 0-15 cm και 15-30 cm είχε αρκετά χαμηλές τιμές σε σχέση με τις μετρήσεις αμέσως μετά την άρδευση, γεγονός που φαίνεται ξεκάθαρα στις 17/8, ενώ σε βάθος μεγαλύτερο από 30 cm, το έδαφος πριν την άρδευση, είχε σχετικά υψηλές τιμές υγρασίας. Αυτό φανερώνει ότι το νερό από τα επιφανειακά στρώματα μετακινήθηκε προς τα βαθύτερα και έτσι το έδαφος είχε την απαραίτητη για την ανάπτυξη των φυτών υγρασία.



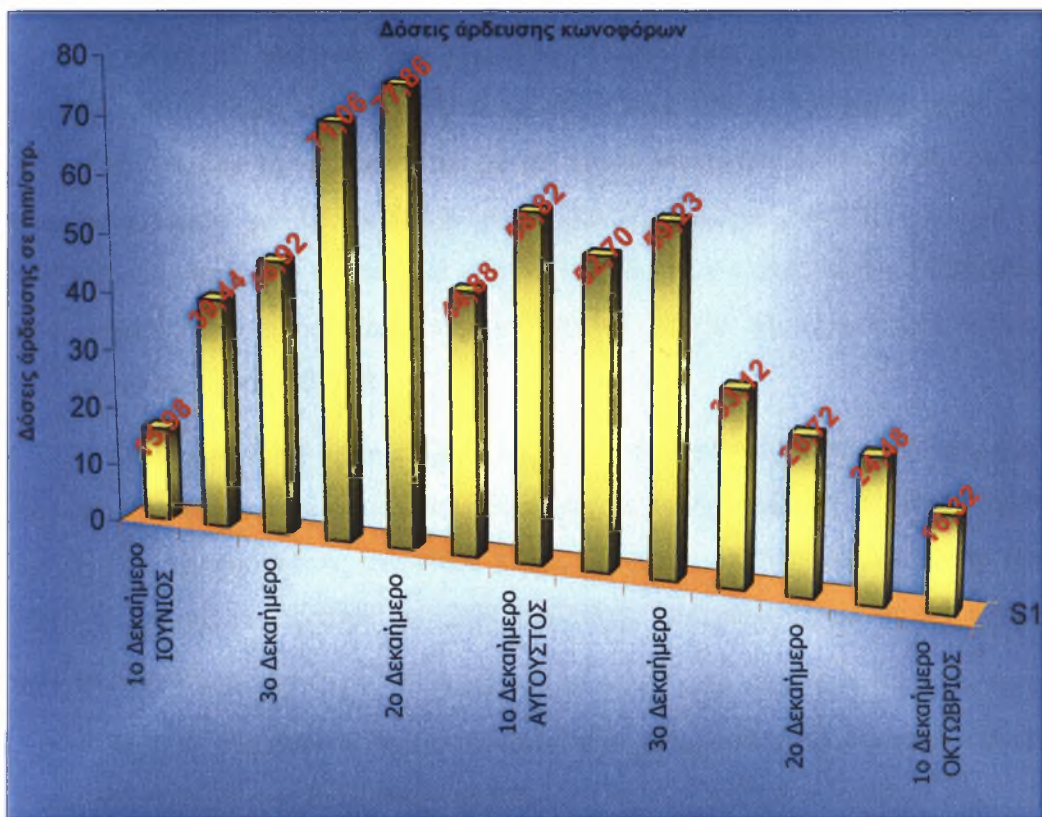
Σχήμα 5.16. Διακύμανση της εδαφικής υγρασίας στο πειραματικό Κωνοφόρα-Καθαρό

Κάτι ανάλογο συνέβη και στη μεταχείριση Κωνοφόρα - Καθαρό. Η μόνη διαφορά είναι ότι στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιήθηκε αισθητήρας 0-120 cm.

Μελετώντας τα μέτωπα εδαφικής υγρασίας πριν και μετά την άρδευση, παρατηρούμε ότι τα μέτωπα σε μεγάλα βάθη πιθανόν συναντούν hard pan το οποίο πιθανόν να προέρχεται από τη συνεχή χρήση μηχανημάτων ή από την ύπαρξη οριζοντα με βαριά μηχανική σύσταση και μικρή υδραυλική αγωγιμότητα.

## 5.6 ΔΟΣΕΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Κατά την αρδευτική περίοδο χορηγήθηκαν συνολικά **567,53 mm** νερού.. Η μεγαλύτερη δόση νερού δόθηκε στο 2<sup>ο</sup> δεκαήμερο του Ιουλίου ίση με 77,86 mm. Η ποσότητα των επεξεργασμένων αστικών αποβλήτων που χορηγήθηκε στη μεταχείριση Κωνοφόρα-Λύμα ήταν ίση με **197,92 mm**. Επομένως η εξοικονόμηση νερού στην μεταχείριση αυτή ανέρχεται σε **34,87 %**.



Σχήμα 5.17. Δόσεις άρδευσης στα Κωνοφόρα

## 5.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Πειράματα και μελέτες που έχουν εκπονηθεί έως τώρα και αφορούν στην επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων για άρδευση διαφόρων καλλιεργειών, αλλά και των κωνοφόρων του παρόντος πειράματος, έχουν δείξει ότι η χρήση τους, ιδιαίτερα σε περιοχές ανεπαρκείς σε νερό, μπορεί να επιφέρει σημαντική εξοικονόμηση σε καθαρό νερό.

- Η επιλογή της καλλιέργειας γίνεται με βάση τις χημικές ιδιότητες των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων, ενώ της μεθόδου άρδευσης με βάση το μικροβιακό τους φορτίο, για την αποφυγή υγειονομικών κινδύνων, γεγονός που προϋποθέτει τον έλεγχό τους. Ωστόσο, στο παρόν πείραμα όπου η άρδευση έγινε υπόγεια, δεν τίθεται όριο μικροβιολογικών χαρακτηριστικών.
- Τα επεξεργασμένα αστικά λύματα της πόλεως του Βόλου που χρησιμοποιήθηκαν στο παρόν πείραμα ήταν σχετικά πτωχά σε θρεπτικά συστατικά, εξαιτίας της Τριτοβάθμιας Επεξεργασίας που είχαν υποστεί, ενώ περιείχαν μεγάλες ποσότητες ιόντων χλωρίου.
- Γενικά, η μέτρηση των χαρακτηριστικών των κωνοφόρων έδειξε ότι η μεταχείριση με λύμα είχε καλύτερα αποτελέσματα από τη μεταχείριση με καθαρό νερό. Όσον αφορά τη μεταβολή του ύψους των κωνοφόρων, αν και ήταν μεγαλύτερη στη μεταχείριση με τα επεξεργασμένα αστικά λύματα καθ'όλη την αρδευτική περίοδο, δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις δυο μεταχειρίσεις, με μόνη εξαίρεση το είδος *Juniperus chinensis* cv. *Stricta* το οποίο έδωσε στατιστικά σημαντική διαφορά  $p=0.016$ .

Όσον αφορά τη μέση αύξηση της διαμέτρου της φυτοκόμης και του βλαστού δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, με μόνη εξαίρεση τη μέση αύξηση της διαμέτρου της φυτοκόμης στο είδος *Thuja orientalis* cv. *Pyramidalis Aurea* και στο είδος *Cupressus macrocarpa* cv. *Gold Crest* στις μεταχειρίσεις με τα επεξεργασμένα αστικά λύματα.

Η τιμή της χλωροφύλλης κυμάνθηκε σε παρόμοια επίπεδα χωρίς σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δυο μεταχειρίσεις.

- Σύμφωνα με τα παραπάνω, τα επεξεργασμένα αστικά λύματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άρδευση τόσο σε σχετικά ανθεκτικές καλλιέργειες, όπως είναι το είδος *Juniperus chinensis* cv. *Stricta* όσο και σε πιο ευαίσθητες καλλιέργειες, όπως τα είδη *Thuja orientalis* cv. *Pyramidalis Aurea* και *Cupressus macrocarpa* cv. *Gold Crest*, χωρίς να υπάρχουν σημαντικές μεταβολές στην ανάπτυξη των φυτών οδηγώντας μάλιστα και σε εξοικονόμηση νερού, το ποσοστό της οποίας, στο παρόν πείραμα, ήταν 34,87 %. Η εξοικονόμηση αυτή μας παροτρύνει για τη χρήση επεξεργασμένων αστικών λυμάτων για αρδευτικούς σκοπούς, εφόσον δεν παρατηρήθηκε καμία υστέρηση στα πειραματικά τεμάχια που αρδεύτηκαν με αυτά.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Angelakis A.N., M.H. Marecos do Monte, L. Bontoux and T. Asano (1999) 'The status of wastewater reuse practice in the Mediterranean basin', *Water Resources*, 33(10):2201-2217.
2. Angelakis A.N. and L. Bontoux (2001) 'Wastewater reclamation and reuse in EU countries', *Water Policy*, 3:47-59.
3. Asano, T., and Levine, A.D., 1995. *Wastewater and reuse: Past, present and future. Proceedings of 2<sup>nd</sup> international Symposium on Wastewater Reclamation and Reuse*, Iraklio, Crete, Greece, October 17-20, 1:3-17.
4. Αντωνόπουλος, Β., 1998. Χρησιμοποίηση νερού οριακής ποιότητας για άρδευση. Πρόγραμμα Αειφορικής Γεωργίας, Θεσσαλονίκη.
5. Barrington, S., and Jutras, P.J., 1983. Soil sealing by manure in various soils. Paper No 83-4571, A.S.A.E., St. Joseph, MI 49085.
6. Berkowitz S., 1999. 'Subsurface drip wastewater systems - North Carolina's regulation and experience', In Proc. 6th Northwest On-Site Wastewater Treatment Short Course, Univ. of Washington, Seattle, WA., pp. 127-139.
7. Bos, M.G., and Nugteren, J., 1983. *On irrigation efficiencies*. I.L.R.I., 3rd edition, Wageningen, The Netherlands
8. Bouwer, H., and Idelovitch E., 1988. Quality requirements for irrigation with sewage water. *Water reuse for drip irrigation. Journal Irrigation and Drainage Engineering ASCE*, 113(4):516-535.
9. Bucks, D.A., Nakayama, F.S., and Warrick, A.W., 1982. Principles, practices and potentialities of trickle (drip) irrigation. In: *Advances in Irrigation*, 1:219-298.
10. Βαφειάδης, Μ., 1991. Μελέτη των βροχοπτώσεων σε διαφορετικές κλίμακες χώρου και χρόνου. Εφαρμογή στην πεδιάδα της Κεντρικής Μακεδονίας. Διδακτορική Διατριβή στον Τ.Υ.Τ.Π.-Α.Π.Θ.
11. Βαφειάδης, Π.Π. και Πανώρας, Α.Γ., 1993. Τεχνητός εμπλουτισμός των υδροφόρων στρωμάτων. Στόχοι-Μέθοδοι-Προϋποθέσεις εφαρμογής του. Πρακτικά ημερίδας με θέμα: "Διαχείρισης-αξιοποίησης υδατικών πόρων Ν. Δράμας", Δράμα, 22 Μαΐου, 142-148.
12. Βαφειάδης, Π.Π. και Πανώρας, Α.Γ., 1994. Είναι καιρός ο τεχνητός εμπλουτισμός των υδροφόρων στρωμάτων να αρχίσει να εφαρμόζεται και στη χώρα μας. *Γεωτεχνική Ενημέρωση*, 59: 44-45.



13. Βαφειάδης, Π.Π., Πανώρας, Α.Γ. και Αναγνωστόπουλος, Κ.Δ., 1994. Πείραμα τεχνητού εμπλουτισμού των υδροφόρων στρωμάτων της περιοχής Πε-τραίας Ν. Πέλλας με τη χρήση αρδευτικής γεώτρησης. Πρακτικά 7ου Συνεδρίου της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας με έμφαση στη γεωλογία της Μακεδονίας και Θράκης, Θεσσαλονίκη 25-27 Μαΐου, XXX(4):231~238.
14. Βαφειάδης, Π., 1995. Τεχνητός εμπλουτισμός των υδροφόρων στρωμάτων. Εκδόσεις Παχούδη- Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.
15. Βαφειάδης, Π.Π. και Πανώρας, Α.Γ., 1996α. Αντιμετώπιση της λειψυδρίας στη νότια περιοχή του αρδευτικού δικτύου ΤΟΕΒ Έδεσσαίου, με την εφαρμογή τεχνητού εμπλουτισμού των υδροφόρων στρωμάτων. Πρακτικά ημερίδας με θέμα "Υδατικοί Πόροι Ν. Πέλλας. Διαχείριση-Προβλήματα-Προοπτικές". Έδεσσα, 22 Μαρτίου, 27-33.
16. Βαφειάδης, Π.Π. και Πανώρας, Α.Γ., 1996β. Διερεύνηση εφαρμογής τεχνητού εμπλουτισμού με τη μέθοδο υπόγειας διήθησης σε ηφαιστειο-ιζηματογενή υδροφορέα περιοχής Ριζού Ν, Πέλλας. Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου με θέμα "Εγγειοβελτιωτικά έργα - Διαχείριση υδατικών πόρων - Εκμηχάνιση Γεωργίας". Λάρισα, 24-27 Απριλίου, Τόμος Α.-351-359.
17. Βύρλας, Π., Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μ., Καλφούντζος Δ., 2003. Επίδραση του εδαφικού τύπου στην έμφραξη λόγω εισρόφησης σε υποεπιφανειακά συστήματα στάγδην άρδευσης. Πρακτικά 9<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης (ΕΥΕ), 2-5 Απριλίου, Θεσσαλονίκη, σ. 225-232.
18. Clanton, C.J., and Slack, D.C., 1987. Hydraulic properties of soils as affected by surface application of wastewater. Transactions of A.S.A.E., 30(3):683-687.
19. English S.D., 1985. Filtration and water treatment for micro-irrigation. Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Drip /Trickle Irrigation Congress, November 18-21, Fresno, California USA, pp. 50-57.
20. FAO, No 56, p.165.
21. F.A.O., RNEA, 1991. Wastewater management for irrigation. R.N.E.A. Technical Bulletin Series, Land and Water No 1.
22. Ganoulis, J., 1995. Risk analysis of wastewater reclamation and reuse. Proceedings of 2<sup>nd</sup> International Symposium on Wastewater Reclamation and Reuse. I.A.W.Q., Iraklio, Crete, Greece, October 17-20, 2:661-667
23. Louisakis, A.D., Panoras, A.G., and Mavroudis, I.G., 1998. Actual water deficit and hydrological methodologies to solve problems for soil and water resources in Greece. Balkan Drought Workshop in "Developing a Strategy for Alleviating



- the Problem of Drought in the Balkan Region", 20-23 September, Yugoslavia.
24. Maheras, P., 1988. Changes in precipitation conditions in the western Mediterranean over the last century. *J. Climatol.*, 8:179-189.
  25. Maheras, P., and Kolyva-Mahera, F., 1990. Temporal and spatial characteristics of annual precipitation over Balkans in the 20th century. *J. Climatol.*, 10:495-504.
  26. Metcalf and Eddy, 1991. *Wastewater engineering: Treatment, disposal and reuse*. 3<sup>rd</sup> Ed., McGraw-Hill, Inc. N.Y., Ch.13
  27. Μαυρουδής, Ι.Γ., Πανώρας, ΑΓ. και Χατζηγιαννάκης, Σ.Λ., 1993. Διαρροές διωρύγων μεταφοράς αρδευτικού νερού. *Γεωπονικά*, 344:53-57.
  28. Nakayama F.S., and Bucks D.A., 1985. Drip/Trickle Irrigation in action: Temperature effect on calcium carbonate precipitate clogging on trickle emitters. *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Drip/Trickle Irrigation Congress*, November 18-21, Fresno, California USA, pp. 45-50.
  29. Pescod ,MB., 1992. *Wastewater treatment and reuse in agriculture*. FAO Irrigation and Drainage Paper 47. pp.125.
  30. Pettygrove G.S., and Asano T., 1985. *Irrigation with reclaimed municipal wastewater-A guidance manual*. 2<sup>nd</sup> Ed. Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI
  31. Πανώρας Α.Γ και Ηλίας Α., (1999), "Άρδευση με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα", Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.
  32. Πανώρας, Α.Γ., Μαυρουδής Ι.Γ., Βαξεβάνη Χ.Η. και Χατζηγιαννάκης Σ.Λ., 1992. Πρόβλεψη του κινδύνου έμφραξης των σταλακτήρων από τη χρήση των υπογειών νερών της Β.Ελλάδας. *Υδροτεχνικά*, 2(1):5-13
  33. Πανώρας Α.Γ., Καλαφατέλη Δ., Ρέρι Ε., 1999. Διερεύνηση της καταλληλότητας για άρδευση των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων της Θεσσαλονίκης. *Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα*, Τόμος 1(1). ΓΕΩΤ.Ε.Ε. Θεσσαλονίκη
  34. Πέννας, Π., 1992. Συμβολή στη μελέτη των βροχοπτώσεων στη Θεσσαλονίκη. *Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας-Φυσικής της Ατμόσφαιρας*, Θεσσαλονίκη, 139-145.
  35. Rhoades, J.D., 1972. Quality of water for irrigation. *Soil Science*, 113(4):277-284.
  36. Rhoades, J.D., Kandiah, A., and Mashali, A.M., 1992. F.A.O., 1992. *The use of saline waters for crop production*. F.A.O. Irrigation and Drainage Paper 48, Rome.
  37. Sakellariou-Makrantonaki, M., D. Kalfountzos, I. Tentas and P. Vyrlas, 2003. Subsurface drip irrigation with treated wastewater. *Αποδεκτή για παρουσίαση στο XI World Water Congress of IWRA*, October 10, Madrid, Spain.

38. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Τέντας Ι., Κολιού Α., Καλφούντζος Δ., Παπανίκος Ν., 2003. Άρδευση πρασίνου με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα. Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου της Εταιρίας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος (ΕΓΜΕ), 29-31 Μαΐου, Θεσσαλονίκη, σ. 265-272.
39. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., Βαρδούλη Β., Βύρλας Π., Κολιού Α., Παπανίκος Ν., 2004. Επαναχρησιμοποίηση υγρών αστικών αποβλήτων για άρδευση πρασίνου. Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Περιβαλλοντικού Συνεδρίου, 7-9 Μαΐου, Ορεστιάδα.
40. Τζαβέλα Ε., 2005. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Άρδευση πρασίνου με υγρά απόβλητα. Εργαστήριο Υδραυλικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

## Group Statistics

	metaxirisi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ypsStricta	1,00	24	17,2083	5,15608	1,05248
	2,00	24	21,4792	6,61434	1,35015

## Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances			t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
ypsStricta	Equal variances assumed	,345	,560	-2,495	46	,016	-4,27083	1,71190	-7,71672	-8,2495
	Equal variances not assumed			-2,495	43,414	,016	-4,27083	1,71190	-7,72226	-8,1940

## T-Test- ΜΑΙΟΣ-ΙΟΥΝΙΟΣ

## Group Statistics

	met	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
mailouin	kat	24	5,4583	2,84344	,58041
	lym	24	4,1250	3,26127	,66570

## Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances			t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
mailouin	Equal variances assumed	,310	,580	1,510	46	,138	1,33333	,88320	-,44446	3,11112
	Equal variances not assumed			1,510	45,162	,138	1,33333	,88320	-,44535	3,11201

Group Statistics

	met	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
iounioul	kat	24	3,5833	1,95419	,39890
	lym	24	4,7917	2,90396	,59277

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
iounioul	Equal variances assumed	1,971	,167	-1,691	46	,098	-1,20833	,71449	-2,64652	,22986
	Equal variances not assumed			-1,691	40,286	,099	-1,20833	,71449	-2,65205	,23538

T-Test-ΙΟΥΛΙΟΣ- ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ

Group Statistics

	met	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ioulayg	kat	24	3,0208	2,19921	,44891
	lym	24	4,2333	2,48957	,50818

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ioulayg	Equal variances assumed	,068	,795	-1,788	46	,080	-1,21250	,67806	-2,57737	,15237
	Equal variances not assumed			-1,788	45,310	,080	-1,21250	,67806	-2,57793	,15293



## Group Statistics

	met	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
augsept	kat	24	2,7292	1,70025	,34706
	lym	24	3,4542	1,67539	,34199

## Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
augsept	Equal variances assumed	,097	,757	-1,488	46	,144	-,72500	,48725	-1,70577	,25577
	Equal variances not assumed			-1,488	45,990	,144	-,72500	,48725	-1,70578	,25578

## Group Statistics

	met	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
seprokt	kat	24	2,4167	1,52277	,31083
	lym	24	4,8750	4,06804	,83038

## Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
seprokt	Equal variances assumed	10,377	,002	-2,773	46	,008	-2,45833	,88665	-4,24308	-,67359
	Equal variances not assumed			-2,773	29,321	,010	-2,45833	,88665	-4,27088	-,64578

Group Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ypsos	24	47,0000	9,82455	2,00543
metax	24	52,4583	10,38803	2,12045

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
	F	Sig.	t	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference			
ypsos	,020	,889	-1,870	,068	-5,45833	2,91857	Lower	-11,33311	Upper	,41644
metax			-1,870	,068	-5,45833	2,91857	Lower	-11,33360	Upper	,41693

T-Test- ΜΑΙΟΣ-ΙΟΥΝΙΟΣ

Group Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
MAIIOYN	24	15,9167	4,92480	1,00527
metax	24	19,8750	5,14412	1,05004

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
	F	Sig.	t	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference			
MAIIOYN	,127	,723	-2,723	,009	-3,95833	1,45367	Lower	-6,88441	Upper	-1,03225
metax			-2,723	,009	-3,95833	1,45367	Lower	-6,88456	Upper	-1,03210

## Group Statistics

	metax	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ΙΟΥΝΙΟΥΛ	katharo nero	24	6,0000	2,75049	,56144
	lyma	24	3,7083	2,89646	,59124

## Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
ΙΟΥΝΙΟΥΛ	Equal variances assumed	,117	,734	2,811	,007	2,29167	,81534	,65047	3,93286
	Equal variances not assumed			2,811	,007	2,29167	,81534	,65035	3,93298

## Group Statistics

	metax	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ΙΟΥΛΑΥΓ	katharo nero	24	9,5417	4,52989	,92466
	lyma	24	13,0417	6,67558	1,36265

## Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
ΙΟΥΛΑΥΓ	Equal variances assumed	3,463	,069	-2,125	,039	-3,50000	1,64676	-6,81475	-,18525
	Equal variances not assumed			-2,125	,040	-3,50000	1,64676	-6,82700	-,17300

## Group Statistics

	metax	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
AYGSEPT	katharo nero	24	8,4167	4,31294	,88038
	lyma	24	7,5000	4,08603	,83406

## Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	df	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
AYGSEPT	Equal variances assumed	,156	,695	,756	46	,91667	1,21273	-1,52443	3,35776
	Equal variances not assumed			,756	45,866	,91667	1,21273	-1,52462	3,35796

## Group Statistics

	metax	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
SEPTOKT	katharo nero	24	7,1250	4,45570	,90952
	lyma	24	8,3333	3,72613	,76059

## Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	df	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
SEPTOKT	Equal variances assumed	,381	,540	-1,019	46	-1,20833	1,18563	-3,59489	1,17822
	Equal variances not assumed			-1,019	44,604	-1,20833	1,18563	-3,59690	1,18024

## Group Statistics

	metaxirisi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
fitokomi	1,00	24	8,8750	2,73960	,55922
	2,00	24	8,9167	1,79169	,36573

## Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
fitokomi	1,557	,218	-,062	46	,951	-,04167	,66819	Lower	1,30334
								Upper	1,30919
								Lower	1,30919
								Upper	1,30334

## T-Test ΜΑΙΟΣ-ΙΟΥΝΙΟΣ

## Group Statistics

	metaxirisi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ΜΑΙΟΥΝ	1,00	24	,5417	3,20298	,65380
	2,00	24	,8542	,45395	,09266

## Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
ΜΑΙΟΥΝ	16,886	,000	-,473	46	,638	-,31250	,66034	Lower	1,01669
								Upper	1,05060
								Lower	1,05060
								Upper	1,01669



T-Test-IOYNIQΣ-IOYΛIQΣ

Group Statistics

	melaxirisi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
IOYNIQYL	1,00	24	1,1667	,76139	,15542
	2,00	24	1,4167	,86811	,17720

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	df	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
IOYNIQYL	Equal variances assumed	1,858	,179	-1,061	46	,294	,23670	-,72444	,22444
	Equal variances not assumed			-1,061	45,230	,294	,23670	-,72466	,22466

T-Test-IOYΛIQΣ-AYTOYCTIQΣ

Group Statistics

	melaxirisi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
IOYLAYG	1,00	24	2,4583	2,34018	,47769
	2,00	24	2,8542	1,09821	,22417

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	df	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
IOYLAYG	Equal variances assumed	2,109	,153	-,750	46	,457	,52767	-1,45798	,66632
	Equal variances not assumed			-,750	32,662	,459	,52767	-1,46981	,67815

T-Test- ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ- ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ

Group Statistics

	metaxirisi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
AYGSEPT	1,00	24	2,0833	1,61290	,32923
	2,00	24	1,9542	1,05418	,21518

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference				
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
AYGSEPT	Equal variances assumed	,016	,899	,328	46	,744	,12917	,39332	-,66254	,92087
	Equal variances not assumed			,328	39,618	,744	,12917	,39332	-,66599	,92433

T-Test- ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ-ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ

Group Statistics

	metaxirisi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
SEPTOKT	1,00	24	2,6250	1,09594	,22371
	2,00	24	1,8375	,99512	,20313

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference				
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
SEPTOKT	Equal variances assumed	,405	,528	2,606	46	,012	,78750	,30217	,17926	1,39574
	Equal variances not assumed			2,606	45,578	,012	,78750	,30217	,17911	1,39589

T-Test-ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΦΥΤΟΚΟΜΗΣ ΤΟΥΓΙΑΣ

Group Statistics

	metax	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
fitokomi	kaltharo nero	24	6,8333	4,52689	,92405
	lyma	24	7,0417	,55003	,11228

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	df	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
fitokomi	Equal variances assumed	38,484	,000	-,224	46	-,20833	,93084	-2,08202	1,66536
	Equal variances not assumed			-,224	23,679	-,20833	,93084	-2,13088	1,71421

T-Test-ΜΑΙΟΣ-ΙΟΥΝΙΟΣ

Group Statistics

	metax	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
maioun	kaltharo nero	24	2,6667	2,49637	,50957
	lyma	24	4,2500	2,17196	,44335

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	df	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
maioun	Equal variances assumed	,001	,976	-2,344	46	-1,58333	,67544	-2,94292	-,22374
	Equal variances not assumed			-2,344	45,136	-1,58333	,67544	-2,94363	-,22304

T-Test-ΙΟΥΝΙΟΣ-ΙΟΥΛΙΟΣ

Group Statistics

	metax	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ioyioyl	katharo nero	24	,3750	,49454	,10095
	lyma	24	,3333	,63702	,13003

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	df	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
ioyioyl	Equal variances assumed	,146	,704	,253	46	,04167	,16462	-,28969	,37302
	Equal variances not assumed			,253	43,337	,04167	,16462	-,29024	,37357

T-Test-ΙΟΥΝΙΟΣ-ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ

Group Statistics

	metax	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ioulaug	katharo nero	24	1,6250	1,34528	,27460
	lyma	24	1,2500	,98907	,20189

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	df	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
ioulaug	Equal variances assumed	1,538	,221	1,100	46	,37500	,34083	-,31107	1,06107
	Equal variances not assumed			1,100	42,243	,37500	,34083	-,31272	1,06272

## Group Statistics

	metax	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
augsep	katharo nero	24	1,4583	1,41357	,28854
	lyma	24	,7917	1,21509	,24803

## Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference
augsep	Equal variances assumed	,348	,558	1,752	46	,086	,66667	,38050	Lower: -,09923 Upper: 1,43256
	Equal variances not assumed			1,752	44,986	,087	,66667	,38050	Lower: -,09970 Upper: 1,43303

## Group Statistics

	metax	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
sepokt	katharo nero	24	,7083	3,43232	,70062
	lyma	24	,4167	1,44212	,29437

## Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference
sepokt	Equal variances assumed	6,734	,013	,384	46	,703	,29167	,75995	Lower: -1,23803 Upper: 1,82136
	Equal variances not assumed			,384	30,875	,704	,29167	,75995	Lower: -1,25851 Upper: 1,84185



## T-Test- ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΦΥΤΟΚΟΜΗΣ ΛΕΜΟΝΟΚΥΠΑΡΙΣΣΟΥ

Group Statistics				
	metax	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
fitokomi	katharo nero	12,4583	5,15819	1,05291
	lyma	11,5000	5,37304	1,09677

## Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
fitokomi	Equal variances assumed	,003	,958	,630	,532	,95833	1,52037	-2,10201	4,01868
	Equal variances not assumed			,630	,532	,95833	1,52037	-2,10215	4,01881

## T-Test-ΜΑΙΟΣ-ΙΟΥΝΙΟΣ

Group Statistics				
	metax	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ΜΑΙΟΥΝ	katharo nero	,4167	6,28951	1,28384
	lyma	,2917	,38777	,07915

## Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
ΜΑΙΟΥΝ	Equal variances assumed	63,737	,000	,097	,923	,12500	1,28628	-2,46415	2,71415
	Equal variances not assumed			,097	,923	,12500	1,28628	-2,53476	2,78476

## Group Statistics

	metax	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
IOYIOY	katharo nero	24	2,3333	2,03591	,41558
	lyma	24	2,2917	1,37459	,28059

## Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances			t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper	
IOYIOY	Equal variances assumed	1,295	,261	,083	,934	,04167	,50143	-,96766	1,05100	
	Equal variances not assumed			,083	,934	,04167	,50143	-,97148	1,05482	

## T-Test-IOYAIOS-AYTOYSTOS

## Group Statistics

	metax	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
IOYAYG	katharo nero	24	3,5000	3,42624	,69938
	lyma	24	3,3333	1,95419	,39890

## Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances			t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper	
IOYAYG	Equal variances assumed	3,702	,061	,207	,837	,16667	,80514	-1,45399	1,78733	
	Equal variances not assumed			,207	,837	,16667	,80514	-1,46541	1,79874	

## Group Statistics

	metax	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
AYGSEP	katharo nero	24	3,8333	2,68112	,54728
	lyma	24	3,7083	3,65024	,74510

## Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	F	Sig.	t	df	t-test for Equality of Means			95% Confidence Interval of the Difference	
						Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
AYGSEP	Equal variances assumed	5,168	,028	,135	46	,893	,12500	,92450	-1,73592	1,98592
	Equal variances not assumed			,135	42,222	,893	,12500	,92450	-1,74042	1,99042

## Group Statistics

	metax	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
SEPROKT	katharo nero	24	2,3750	1,27901	,26108
	lyma	24	1,8750	1,22696	,25045

## Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	F	Sig.	t	df	t-test for Equality of Means			95% Confidence Interval of the Difference	
						Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
SEPROKT	Equal variances assumed	,026	,872	1,382	46	,174	,50000	,36178	-,22823	1,22823
	Equal variances not assumed			1,382	45,921	,174	,50000	,36178	-,22827	1,22827

T-Test- ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΒΛΑΣΤΟΥ ΣΤΡΗΚΤΑΣ  
Group Statistics

	metaxirisi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Blastos	1,00	24	,4771	,10306	,02104
	2,00	24	,5000	,00000	,00000

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference				
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Blastos	Equal variances assumed Equal variances not assumed	55,471	,000	-1,089	46	,282	-,02292	,02104	-,06526	,01943
				-1,089	23,000	,287	-,02292	,02104	-,06644	,02060

T-Test-ΜΑΙΟΣ-ΙΟΥΝΙΟΣ

Group Statistics

	METAX	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ΜΑΙΙΟΥ	KAT	24	,0663	,02618	,00534
	LYM	24	,0675	,02069	,00422

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference				
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
ΜΑΙΙΟΥΝ	Equal variances assumed Equal variances not assumed	,529	,471	-,184	46	,855	-,00125	,00681	-,01496	,01246
				-,184	43,673	,855	-,00125	,00681	-,01498	,01248

## Group Statistics

	METAX	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
IOUNIOL	KAT	24	,0554	,02245	,00458
	LYM	24	,0342	,20504	,04185

## Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
									Lower	Upper
IOUNIOL	Equal variances assumed	2,800	,101	,505	46	,616	,02125	,04210	-,06350	,10600
	Equal variances not assumed			,505	23,552	,618	,02125	,04210	-,06574	,10824

## Group Statistics

	METAX	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
IOULAYG	KAT	24	,0604	,02095	,00428
	LYM	24	,0617	,02316	,00473

## Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
									Lower	Upper
IOULAYG	Equal variances assumed	,594	,445	-,196	46	,845	-,00125	,00637	-,01408	,01158
	Equal variances not assumed			-,196	45,547	,845	-,00125	,00637	-,01408	,01158



Group Statistics

	METAX	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
AYGSEP	KAT	24	,0504	,01781	,00364
	LYM	24	,0563	,01740	,00355

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
AYGSEP	Equal variances assumed	,003	,959	-1,148	46	,257	-,00583	,00508	-,01606	,00440
	Equal variances not assumed			-1,148	45,975	,257	-,00583	,00508	-,01606	,00440

Group Statistics

	METAX	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
SEPOKT	KAT	24	,2446	,10970	,02239
	LYM	24	,2804	,21523	,04393

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
SEPOKT	Equal variances assumed	,000	,995	-,727	46	,471	-,03583	,04931	-,13509	,06343
	Equal variances not assumed			-,727	34,194	,472	-,03583	,04931	-,13603	,06436

T-Test- ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΒΛΑΣΤΟΥ ΤΟΥΓΙΑΣ

Group Statistics					
	metax	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Blastos	katharo nero	24	,9050	,02449	,00500
	lyma	24	,9100	,00000	,00000

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	df	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Blastos	Equal variances assumed	4,372	,042	-1,000	46	-,00500	,00500	-,01506	,00506
	Equal variances not assumed			-1,000	23,000	-,00500	,00500	-,01534	,00534

T-Test-ΜΑΙΟΣ-ΙΟΥΝΙΟΣ

Group Statistics					
	METAX	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ΜΑΙΟΥ	K	24	,3621	,17850	,03644
	L	24	,3758	,16542	,03377

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	df	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
ΜΑΙΟΥ	Equal variances assumed	,079	,780	-,277	46	-,01375	,04968	-,11374	,08624
	Equal variances not assumed			-,277	45,736	-,01375	,04968	-,11376	,08626

T-Test-IOYNIOS-IOYΛIΟΣ

Group Statistics

	METAX	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
IOYIOY	K	24	,1642	,08949	,01827
	L	24	,2058	,09965	,02034

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means								
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
IOYIOY		,179	,674	-1,524	46	,134	-,04167	,02734	-,09670	,01336
	Equal variances assumed									
	Equal variances not assumed				45,478	,134	-,04167	,02734	-,09671	,01338

T-Test-IOYΛIΟΣ-AYFOYCTOZ

Group Statistics

	METAX	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
IOYLAYG	K	24	,1517	,07341	,01498
	L	24	,1325	,06395	,01305

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means								
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
IOYLAYG		1,090	,302	,965	46	,340	,01917	,01987	-,02083	,05917
	Equal variances assumed									
	Equal variances not assumed				45,151	,340	,01917	,01987	-,02085	,05919

Group Statistics

	METAX	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
AYGSEP	K	24	,1421	,06527	,01332
	L	24	,1558	,06213	,01268

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
AYGSEP	Equal variances assumed	,116	,735	-,747	46	,459	-,01375	,01839	-,05078	,02328
	Equal variances not assumed			-,747	45,888	,459	-,01375	,01839	-,05078	,02328

Group Statistics

	METAX	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
SEPTOKT	K	24	,0929	,04648	,00949
	L	24	,0321	,04293	,00876

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
SEPTOKT	Equal variances assumed	,114	,738	4,710	46	,000	,06083	,01292	,03483	,08683
	Equal variances not assumed			4,710	45,713	,000	,06083	,01292	,03483	,08684

T-Test- ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΒΛΑΣΤΟΥ ΛΕΜΟΝΟΚΥΠΑΡΙΣΣΙΟΥ

Group Statistics

	metax	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Blastos	katharo nero	24	1,9040	,55052	,11237
	lyma	24	2,0604	,67466	,13771

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means								
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper
Blastos	Equal variances assumed	,843	,363	-,880	46	,383	-,15646	,17774	-,51424	,20132
	Equal variances not assumed			-,880	44,221	,383	-,15646	,17774	-,51463	,20171

T-Test ΜΑΙΟΙΣ-ΙΟΥΝΙΟΣ

Group Statistics

	METAX	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Μ.ΙΟΥΝ	K	24	,1583	,06176	,01261
	L	24	,0450	,04128	,00843

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means								
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper
Μ.ΙΟΥΝ	Equal variances assumed	5,264	,026	7,474	46	,000	,11333	,01516	,08281	,14386
	Equal variances not assumed			7,474	40,133	,000	,11333	,01516	,08269	,14398



T-Test IOYNIOS-IOYAYG

Group Statistics

	METAX	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
IOY.IOYL	K	24	,1208	,07107	,01451
	L	24	,0663	,04642	,00948

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
IOY.IOYL	Equal variances assumed	,151	,700	3,150	46	,003	,05458	,01733	,01970	,08946
	Equal variances not assumed			3,150	39,602	,003	,05458	,01733	,01955	,08962

T-Test IOYAYG-AYTOYSTOS

Group Statistics

	METAX	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
IOY.LAYG	K	24	,3171	,12299	,02510
	L	24	,0654	,04530	,00925

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
IOY.LAYG	Equal variances assumed	26,736	,000	9,407	46	,000	,25167	,02675	,19781	,30552
	Equal variances not assumed			9,407	29,128	,000	,25167	,02675	,19696	,30637

T-Test ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ-ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ

Group Statistics

	METAX	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
AYG.SEP	K	24	,6975	,15549	,03174
	L	24	,0904	,07754	,01583

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference				
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
AYG.SEP	Equal variances assumed	7,569	,008	17,117	46	,000	,60708	,03547	,53569	,67847
	Equal variances not assumed			17,117	33,774	,000	,60708	,03547	,53499	,67918

T-Test ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ-ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ

Group Statistics

	METAX	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
SEP.OKT	K	24	,6087	,25691	,05244
	L	24	1,7808	,42309	,08636

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference				
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
SEP.OKT	Equal variances assumed	10,248	,002	-11,600	46	,000	-1,17208	,10104	-1,37546	-,96870
	Equal variances not assumed			-11,600	37,931	,000	-1,17208	,10104	-1,37664	-,96753

T-Test- ΜΕΤΡΗΣΗ ΧΑΘΡΟΦΥΛΛΗΣ ΣΤΟ ΣΤΡΙΚΤΑ

Group Statistics

	strikta	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
VAR00003	1,00	5	,8630	,09316	,04166
	2,00	5	,7884	,04017	,01796

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means								
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
VAR00003	Equal variances assumed	1,964	,199	1,644	8	,139	,07460	,04537	-,03003	,17923
	Equal variances not assumed			1,644	5,437	,156	,07460	,04537	-,03926	,18846

T-Test- ΜΕΤΡΗΣΗ ΧΑΘΡΟΦΥΛΛΗΣ ΣΤΗΝ ΤΟΥΓΙΑ

Group Statistics

	strikta	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
VAR00005	1,00	5	1,0398	,16025	,07166
	2,00	5	1,1150	,11037	,04936

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means								
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
VAR00005	Equal variances assumed	1,018	,343	-,864	8	,413	-,07520	,08702	-,27587	,12547
	Equal variances not assumed			-,864	7,098	,416	-,07520	,08702	-,28039	,12999

T-Test- ΜΕΤΡΗΣΗ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗΣ ΣΤΟ ΛΕΜΟΝΟΚΥΠΑΡΙΣΣΟ

Group Statistics

	VAR00002	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
VAR00004	1,00	3	1,3783	,18958	,10946
	2,00	3	1,2233	,12588	,07268

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
VAR00004	Equal variances assumed	1,230	,330	1,180	4	,303	,15500	,13139	-,20979	,51979
	Equal variances not assumed			1,180	3,476	,312	,15500	,13139	-,23251	,54251



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000085711