

ΤΕΙ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ



ΕΠΟΠΤΕΣ : Ε. ΛΙΝΑΡΔΟΠΟΥΛΟΣ  
Φ. ΚΟΥΤΡΟΥΜΠΗΣ  
ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ : ΛΟΓΟΘΕΤΗ Α. ΜΑΡΙΑ

ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2004

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	4
1.1. Μέθοδοι επεξεργασίας .....	15
1.2. Συμβατική επεξεργασία .....	16
1.3.1. Έργα εισόδου των λυμάτων .....	17
1.3.2. Αντλιοστάσια ανύψωσης .....	17
1.3.3. Δεξαμενή εξισορρόπησης ροής .....	18
1.4. Προκαταρκτική επεξεργασία .....	18
1.4.1. Εσχάρωση .....	19
1.4.1.1. Σκοπός .....	19
1.4.1.2. Είδη εσχάρων .....	19
α. Χειροκίνητες .....	19
β. Μηχανικές .....	19
1.4.1.3. Συνηθισμένη πρακτική .....	21
1.4.1.4. Διαχείριση των εσχαρισμάτων .....	21
1.4.1.5. Κτίριο εσχάρωσης .....	22
1.5. Αμμοσυλλογή .....	22
1.5.1. Σκοπός .....	22
1.5.2. Στοιχεία σχεδιασμού – Συνηθισμένη πρακτική .....	22
1.6. Λιποσυλλογή .....	24
1.7. Μέτρηση παροχής .....	26
1.7.1. Μέτρηση σε ανοικτούς αγωγούς .....	26
1.7.2. Μέτρηση της παροχής με τη βοήθεια του αντλιοστασίου ανύψωσης ή εξισορρόπησης της ροής .....	27
1.8. Δευτεροβάθμια επεξεργασία .....	28
1.8.1. Δεξαμενή επιλογής .....	29
1.8.2. Δεξαμενές αερισμού (οξειδωτικές τάφροι) .....	29
1.8.3. Συστήματα αερισμού .....	31
1.8.3.1. Αερισμός με διάχυση .....	31
1.8.3.2. Αερισμός με επιφανειακού αεριστήρες ή περιστρεφόμενες ψήκτρες ..	32
1.9. Δεξαμενές τελικής καθίζησης .....	32
1.10. Αντλιοστάσιο λάσπης .....	36
1.11. Τριτοβάθμια ή προχωρημένη επεξεργασία .....	37
1.11.1. Επεξεργασία περίσσειας λάσπης .....	38
1.11.1.1. Σκοπός .....	38
1.11.2. Πάχυνση .....	39
1.11.3. Αφυδάτωση λάσπης .....	39
1.11.3.1. Κλίνες ξήρασης .....	39
1.11.3.2. Μηχανικοί μέθοδοι .....	40
1.12. Απολύμανση .....	41
1.12.1. Χλωρίωση .....	41
1.12.2. Απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία .....	43
1.12.3. Απολύμανση με όζο .....	43
1.13. Αποθήκευση .....	44
1.14. Στοιχεία λειτουργίας .....	45
1.14.1. Γενικές μέθοδοι .....	45
1.14.1.1. Τοπικός – χειροκίνητος έλεγχος .....	45
1.14.1.2. Κεντρικός έλεγχος με αυτοματισμό .....	45
1.14.1.3. Αυτόματος κεντρικός έλεγχος .....	46

1.14.1.4. Βέλτιστη μέθοδος.....	47
1.14.2. Λειτουργία με κεντρικό έλεγχο .....	49
1.14.2.1. Γενικές αρχές .....	49
1.14.2.2. Λειτουργία των μονάδων προκαρκτικής επεξεργασίας .....	49
1.14.2.3. Βιολογική επεξεργασία .....	50
1.14.2.4. Αντλιοστάσιο λάσπης.....	51
1.14.2.5. Απολύμανση .....	51
1.14.2.6. Επεξεργασία της περίσσειας λάσπης .....	51
2. Καταλληλότητα για άρδευση.....	52
2.1. Αξιολόγηση ποιοτικών χαρακτηριστικών.....	52
2.1.1. Αλατότητα .....	52
2.1.2. Δηθητικότητα.....	55
2.3. Τοξικότητα ιόντων.....	57
2.3.1. Βόριο .....	57
2.3.2. Χλώριο .....	58
2.3.3. Νάτριο .....	58
2.3.4. Τοξικότητα Na και Cl κατά την άρδευση με καταιονισμό .....	58
2.4. Ιχνοστοιχεία.....	59
2.5. Θρεπτικά στοιχεία.....	62
2.5.1. Άζωτο .....	63
2.5.2. Φώσφορος.....	63
2.5.3. Κάλιο.....	64
2.5.4. Ψευδάργυρος .....	64
2.5.5. Θείο .....	64
2.5.6. Βόριο .....	64
2.6. Μέθοδοι άρδευσης.....	64
2.6.1. Άρδευση με καταιονισμό .....	65
2.6.2. Επιφανειακή άρδευση .....	65
2.6.3. Τοπική άρδευση.....	65
3. Μικροβιολογικά κριτήρια.....	67
3.1. Παθογόνοι μικροοργανισμοί.....	68
3.1.1. Βακτήρια .....	70
3.2. Παράσιτα.....	70
3.2.1. Πρωτόζωα.....	70
3.2.2. Ελμίνθες .....	71
3.3. Ιοί.....	73
3.4. Μετάδοση μολύνσεων-ασθενειών.....	73
3.5 Μικροοργανισμοί από την επεξεργασία λυμάτων.....	74
α. Βακτήρια .....	74
β. Non flagellated algae .....	75
γ. Ciliates.....	76
4. Διεθνής νομοθεσία.....	77
4.1. Οδηγία Π.Ο.Υ.....	77
4.2. Κανονισμός της Καλιφόρνια.....	79
4.3. Ελληνική Νομοθεσία .....	81
4.3.1 Ορισμοί.....	81
4.3.2. Δημιουργία δικτύων αποχέτευσης.....	82
4.3.3. Προϋποθέσεις διάθεσης των αστικών λυμάτων από σταθμούς επεξεργασίας .....	82

4.3.4. Μέτρα και όροι για τη διάθεση λυμάτων και ύλος από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων.....	82
4.3.5. Απαιτήσεις για τα αστικά λύματα.....	83
4.3.5.1. Αποχετευτικά δίκτυα.....	83
4.3.5.2. Απόρριψη από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων στους υδάτινους αποδέκτες.....	83
4.3.6. Ευαίσθητες περιοχές.....	84
4.3.7. Λιγότερο ευαίσθητες περιοχές.....	84
Βιβλιογραφία .....	85



Ανατρέχοντας στους ιστορικούς χρόνους διαπιστώνεται εύκολα ότι οι πρώτοι πολιτισμοί, που εμφανίστηκαν πριν από 5000 χιλιάδες χρόνια, ήταν οργανωμένοι σε περιοχές που διαρρέονταν από ποταμούς. Οι πλημμύρες που μετέφεραν και, με την απόσυρση των υδάτων, εναπόθεταν μεγάλες μάζες ιλύος συνήργησαν στο σχηματισμό γόνιμης γης, γεγονός που συνέβαλε στην ανάπτυξη των πρώτων μονίμων κοινωνιών των οποίων οι πρώτες μορφές, θα μπορούσε να λεχθεί ότι ήταν συνέπεια της χρησιμοποίησης των υδάτων στη γεωργία, δηλαδή της ανάπτυξης και εφαρμογής των αρδεύσεων.

Η προσπάθεια λοιπόν του ανθρώπου για συνεχή βελτίωση των συνθηκών διαβίωσής του, δεν είναι τίποτε άλλο παρά μια διαρκής προσπάθεια για βέλτιστη διαχείριση των υδατικών πόρων.

Πέρα από το γεγονός ότι οι πρωτόγονες κοινωνίες αναπτύχθηκαν κοντά σε υδατικούς πόρους όπως τα μεγάλα ποτάμια, τα υδρορεύματα, τις λίμνες, τις πηγές κ.λ.π., ο αγώνας του ανθρώπου να κατασκευάσει ταμειυτήρες ή άλλα έργα υδρομάστευσης χάνεται μέσα στα βάθη της ιστορίας.

Μερικοί από τους πιο σημαντικούς σταθμούς στην ανάπτυξη και χρησιμοποίηση των υδατικών πόρων είναι:

- Τα άγρια ζώα (λύκοι, άλογα κ.λ.π.) σκάβοντας για νερά σε ξηρές περιοχές του πλανήτη μας οδήγησαν τον άνθρωπο να ακολουθήσει το παράδειγμά τους με σκοπό να αυξήσει τα διαθέσιμα αποθέματα νερού. Με αυτόν τον τρόπο κατασκευάστηκαν τα πρώτα αβαθή πηγάδια χρησιμοποιώντας πρωτόγονα σκαπτικά εργαλεία. Μερικά από τα πηγάδια αυτά απέκτησαν τη φήμη ότι είχαν *μαγικές ή και θεραπευτικές ιδιότητες*, κάτι που σε μερικές περιπτώσεις εξακολουθεί να εξάπτει την φαντασία μερικών ανθρώπων ακόμα και σήμερα.
- Η μεγάλη *“αγροτική επανάσταση”* που ξεκίνησε γύρω στο 8000 π.Χ. και κάλυψε περιοχές της Συρίας, της Ιορδανίας, του Λιβάνου, του Ισραήλ, της Τουρκίας και του Ιράν, οδήγησε στην *“αρδευόμενη γεωργία”* με συνδυασμένη χρήση επιφανειακών και υπογείων υδάτων.
- Οι Κινέζοι ήταν αυτοί που πρώτοι κατασκεύασαν στην *έρημο Gobi* γεωτρήσεις μεγάλου βάθους που έφθαναν και τα 1000 μ. με τη βοήθεια

καλαμιών μπαμπού εξοπλισμένα με σιδερένια μυτερά άκρα. Κάθε γεώτρηση χρειαζόταν συχνά μερικές δεκαετίες για να ολοκληρωθεί. Την ίδια ακριβώς περίοδο (2000 π.Χ.) οι Αιγύπτιοι χρησιμοποιώντας μία πρωτόγονη περιστροφική μέθοδο διάτρησης, κατόρθωσαν να ανοίξουν σε σκληρά πετρώματα αρτεσιανές γεωτρήσεις μέχρι και 100 μ. βάθους. Με το υπόγειο αυτό νερό συμπλήρωναν το επιφανειακό νερό του Νείλου που προοριζόταν για αρδεύσεις στις αρχαίες πρωτεύουσές τους, της Μέμφιδος και της Θήβας.

- Στην Παλαιστίνη κατασκευάζονταν πριν από το 1200 π.Χ. σήραγγες μεταφοράς νερού. Η πιο γνωστή από τις αρχέγονες σήραγγες είναι αυτή του Σιλwάμ (Κολυμπήθρα του Σιλwάμ) που κατασκεύασε το 700 π.Χ. ο βασιλιάς Ιεζεκίας και με την οποία μεταφερόταν νερό από τις πηγές του όρους Σιών στα Ιεροσόλυμα.
- Σπουδαία έργα ύδρευσης, αποχέτευσης και άρδευσης κατασκευάσθηκαν στην Κρήτη στους Μινωικούς χρόνους. Ανάλογο έργο είναι και το Αδριάνειο Υδραγωγείο που χρησιμοποιήθηκε επί 2000 χρόνια για την ύδρευση της Αθήνας. Την τέχνη της ανόρυξης πηγαδιών γνώριζαν οι Μυκηναίοι και οι Αθηναίοι κατά τον 6<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ. ενώ κατασκευάσθηκαν και αξιοθαύμαστα υδραγωγεία, όπως αυτό από τον Ευπαλίνο στα Μέγαρα (625 π.Χ.)
- Γύρω στα 500 π.Χ. κατασκευάζονται εκτεταμένα “κάνατς” για την υδρομάστευση αλλουβιακών ριπιδίων και μαλακών ιζηματογενών πετρωμάτων, στο Ιράν, το Αφγανιστάν, την Κίνα και την Αίγυπτο.
- Κατά τη ρωμαϊκή εποχή διακόπτεται η προσπάθεια ανάπτυξης των υπόγειων νερών, γιατί οι Ρωμαίοι διαπίστωναν συχνά ότι ήταν μολυσμένα. Έτσι επιδόθηκαν με επιτυχία στην ανάπτυξη των επιφανειακών συστημάτων υδρομάστευσης και μεταφοράς νερού.
- Το 1100 μ.Χ. στην περιοχή Artois της Γαλλίας γίνονται οι πρώτες γεωτρήσεις. Την ίδια αυτή περίοδο ξεκινά στη Δυτική Ευρώπη, μια πραγματική υστερία ανάπτυξης των υπόγειων νερών με πηγάδια που έφθαναν πολλές φορές μέχρι και βάθη 1800μ. Το 1841 ολοκληρώνεται στη λεκάνη του Παρισιού αρτεσιανή γεώτρηση, βάθους 600μ., για την ύδρευση του Δήμου.

- Το 19<sup>ο</sup> αιώνα, η εκμετάλλευση των υπόγειων νερών παίρνει μεγάλες διαστάσεις, καθώς σε πολλές χώρες τα επιφανειακά νερά είναι ασήμαντα ή και δεν επαρκούν για την κάλυψη των εκρηκτικά αυξανόμενων υδατικών αναγκών.
- Στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, αρχίζουν να συνειδητοποιούνται οι καταστρεπτικές συνέπειες της απρογραμματίστης εκμετάλλευσης ή υπερεκμετάλλευσης των επιφανειακών και υπόγειων νερών και της ρύπανσης αυτών ενώ εμφανίζονται οι πρώτες προσπάθειες βελτιστοποίησης της συνδυασμένης χρήσης επιφανειακών και υπόγειων νερών, με παράλληλη αντιμετώπιση της προστασίας της ποιότητας τους από τη ρύπανση.

Οι πιο πάνω σταθμοί στην αξιοποίηση επιφανειακών και υπόγειων νερών, είναι ταυτόχρονα και σταθμοί στην εξέλιξη της διαχείρισής τους. Χρειάστηκαν πολλοί αιώνες μέχρι να γίνει απόλυτα κατανοητή η έννοια του υδρολογικού κύκλου σαν μία φυσική διαδικασία ανακύκλωσης του νερού στον πλανήτη μας.

Το νερό το οποίο είναι αποταμιευμένο στις διάφορες υδροστρωματογραφικές ενότητες του φλοιού της γης ανέρχεται σε 7.200.000 km<sup>3</sup>. Όμως το μισό απ' αυτήν την ποσότητα δεν είναι απολήψιμο από τον άνθρωπο γιατί απαντάται σε βάθη μεγαλύτερα των 800 μ., ενώ πρέπει να αφαιρεθεί και το ποσοστό 0.6% της συνολικής ποσότητας του υπογείου νερού, που αποτελούν η υγρασία και οι διάφορες απώλειες. Τελικά το διαθέσιμο υπόγειο νερό που έχει για να διαχειρισθεί ο άνθρωπος είναι της τάξης των 3.000.000 km<sup>3</sup>. Εδώ πρέπει να ειπωθεί για συγκριτικούς λόγους, ότι η ποσότητα του επιφανειακού νερού ανέρχεται μόλις στα 100.000 km<sup>3</sup>.

Από πολλού χρόνου λοιπόν ο άνθρωπος προσπαθεί να βρει και να εγκαθιδρύσει, μέσα στο φυσικό περιβάλλον που ζει, μία αρμονική ισορροπία μεταξύ των φυσικών πόρων προκειμένου να ικανοποιήσει τις ανάγκες του.

Μία ορθολογική χρήση των υδατικών και λοιπών φυσικών πόρων έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη, στις περιοχές όπου ευρίσκονται, βιώσιμων οικονομικών δραστηριοτήτων σε πλήρη αρμονία με την ισορροπία του περιβάλλοντος. Αντιθέτως, η εξάντληση των υδατικών, εδαφικών και λοιπών φυσικών πόρων είτε αυτή οφείλεται σε αλόγιστη ή καταχρηστική εκμετάλλευση τους είτε σε ανεπαρκή σχεδιασμό έχει ως αποτέλεσμα την

πρόκληση μεγάλων απωλειών στον τομέα της οικονομίας, τη δημιουργία δυσμενών συνθηκών κοινωνικής ανάπτυξης καθώς και την υποβάθμιση του περιβάλλοντος κατά τρόπο, ενίοτε, μη αναστρέψιμο.

Δυστυχώς η παρατηρούμενη τάση εξάντλησης των φυσικών πόρων συνοδευόμενη με υποβάθμιση του περιβάλλοντος θα βαίνει προς το χειρότερο όσο η ζήτηση ύδατος θα αυξάνει. Έτσι αποδεικνύεται αναγκαία η λήψη αυστηρών μέτρων στους τομείς της ανάπτυξης, της χρήσης και της προστασίας των υδατικών πόρων, τομείς που αποτελούν τις κύριες συνιστώσες μίας ορθολογικής διαχείρισης αυτών.

Το νερό παρεμβαίνει κατά τρόπο καταφανή σε όλες τις βιολογικές διαδικασίες και παίζει ουσιαστικό ρόλο στους τομείς ύδρευσης, της γεωργίας, της βιομηχανίας, της παραγωγής ενέργειας, της ιχθυοκαλλιέργειας, της ναυσιπλοΐας, της αναψυχής και της δημιουργίας αγροτικών και αστικών τοπίων.

Για όλες τις περιπτώσεις ισχύει ο νόμος της προσφοράς και της ζήτησης. Συχνά όμως επιτυγχάνεται το ίδιο αποτέλεσμα παρεμβαίνοντας στην ορθή διαχείριση της ζήτησης παρά στην αύξηση των διαθέσιμων υδατικών πόρων.

Η παράμετρος "ποιότητα των υδάτων" δεν πρέπει να παραγνωρίζεται γιατί είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την ποσότητα. Συνάγεται λοιπόν ότι η πρόληψη ή η μείωση της ρύπανσης των υδάτων πρέπει να εξετάζονται με μεγάλη προσοχή γιατί άμεσα συνδέονται με την οικονομική ανάπτυξη και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των ανθρώπων καθώς και με την προστασία του περιβάλλοντος.

Κατά συνέπεια η διαχείριση των υδατικών πόρων και μάλιστα της ποιότητας αυτών οφείλει να λαμβάνει σοβαρά υπ' όψιν την οικονομική ανάπτυξη στο χώρο και στο χρόνο σε συνδυασμό με την προστασία του περιβάλλοντος.

Με τον όρο "*διαχείριση υδατικών πόρων*" εννοούμε το σύνολο των μέτρων και μέσων δια των οποίων επιδιώκεται η ικανοποίηση, ποιοτικά και ποσοτικά, των σημερινών και μελλοντικών αναγκών σε νερό, με τους οικονομικότερους δυνατούς όρους, η μέριμνα για την εξασφάλιση υδατικών πόρων για τις ανάγκες των επερχομένων γενεών, καθώς και η μέριμνα



διατήρησής τους σε επίπεδα που να διασφαλίζεται η ισορροπία του φυσικού περιβάλλοντος και των υδατικών οικοσυστημάτων.

Από τον ορισμό αυτό αβίαστα προκύπτει ότι η διαχείριση των υδάτων περιλαμβάνει ένα σύνολο προβλημάτων, τεχνικής, οικονομικής, νομικής, διοικητικής, κοινωνικής και περιβαλλοντικής φύσεως, τα οποία πρέπει να αντιμετωπίζονται αναλόγως των περιπτώσεων σε τοπικό, εθνικό, περιφερειακό και διασυνοριακό επίπεδο.

Από φυσικογεωγραφικής και υδρολογικής πλευράς η διαχείριση των υδάτων αναλόγως των συνθηκών, μπορεί να εφαρμόζεται σε επίπεδο υδρολογικής λεκάνης απορροής ποταμού ή λίμνης ή σε επίπεδο συστημάτων λεκανών απορροής. Ιδανικές προφανώς είναι οι περιπτώσεις όπου τα διοικητικά διαμερίσματα συμπίπτουν με εκείνα των λεκανών απορροής, διότι τότε δεν υφίστανται πρόσθετα προβλήματα μεταφοράς υδάτων μεταξύ διοικητικών διαμερισμάτων ή συνδιαχείρισης κοινών υδατικών πόρων.

Αποψη του φράγματος του Μαραθώνα.



Από τις αρχές του 20ου αιώνα μεγάλη πρόοδος έχει επιτελεσθεί στον τομέα αξιοποίησης των υδατικών πόρων με την κατασκευή υδραυλικών έργων από τα πιο απλά (π.χ. μια μεμονωμένη υδροληψία, μια απλή εκτροπή

ενός φυσικού υδατορεύματος κ.ά.) μέχρι τα πιο σύνθετα και μεγάλα (π.χ. μεγάλα φράγματα πολλαπλού σκοπού, αλυσίδα διαδοχικών φραγμάτων, μεγάλα αρδευτικά έργα ή έργα ύδρευσης κ.ά.).

Παρά τη σημειωθείσα πρόοδο εν τούτοις, κατά το μεγαλύτερο μέρος, η διαχείριση των υδατικών πόρων δεν είναι συστηματική και κατά κανόνα εξακολουθεί να μην είναι ικανοποιητικά αποτελεσματική για πολλούς και ποικίλους λόγους. Σπανίζουν οι χώρες που διαθέτουν κεντρικούς ή και διασυνοριακούς οργανισμούς διαχείρισης των υδάτων. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι αρμοδιότητες για τα νερά είναι διεσπαρμένες σε πολλά υπουργεία, οργανισμούς και υπηρεσίες με συνέπεια να παρουσιάζονται κενά ή επικαλύψεις, και να μην είναι συχνά δυνατή η χάραξη μιας ενιαίας υδατικής πολιτικής σε εθνικό ή περιφερειακό επίπεδο.

Είναι λοιπόν αναγκαία μια ριζική αναθεώρηση των παραδοσιακών μεθόδων διαχείρισης των υδάτων με τελικό στόχο την κατάληξη σε μια ορθολογική διαχείριση αυτών ικανής να οδηγήσει στην εφαρμογή της ενδεδειγμένης εκάστοτε υδατικής πολιτικής δια της δημιουργίας των κατάλληλων θεσμικών οργάνων και της λήψεως των αναγκαίων τεχνικών, οικονομικών και διοικητικών μέτρων. Αναγκαία επίσης είναι και η αναζήτηση νέων ιδεών, νέων μεθόδων, νέων μέσων καθώς και νέων τεχνολογιών στο τομέα του σχεδιασμού, του προγραμματισμού της εκτέλεσης των αναγκαίων έργων καθώς και της βέλτιστης αξιοποίησης αυτών (Μιμίδης).

Οι συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες σε νερό πρέπει να αντιμετωπιστούν πρωτίστως με την ορθολογική διαχείριση των υφιστάμενων υδατικών πόρων και δευτερευόντως με την εξεύρεση νέων πηγών φρέσκου νερού, υπόθεση πολύ δύσκολη πλέον και με κόστος συνεχώς αυξανόμενο. Η μείωση των πάσης φύσεως απωλειών του αρδευτικού νερού, η αξιοποίηση μεγαλύτερου μέρους των χειμερινών απορροών και η αξιοποίηση νερών υποβαθμισμένης ποιότητας, όπως νερών αυξημένης περιεκτικότητας σε άλατα, ή επεξεργασμένα αστικά απόβλητα αποτελούν τα βασικά μέτρα εξοικονόμησης σημαντικών ποσοτήτων νερού.

Η ανακύκλωση του νερού γίνεται η κινητήριος δύναμη της ολοκληρωμένης διαχείρισης νερού. Η εφαρμογή μιας αξιόπιστης και αποτελεσματικής επεξεργασίας, η οποία μπορεί να προσαρμοστεί εύκολα στις συγκεκριμένες ανάγκες των διαφόρων μεθόδων επαναχρησιμοποίησης

νερού, μπορεί να καταστήσει τα λύματα ίσης αξίας με το φυσικό νερό. Η ενσωμάτωση τέτοιων συστημάτων στο μακροπρόθεσμο και μεσοπρόθεσμο προγραμματισμό διαχείρισης νερού αποτελεί αναπόφευκτο παράγοντα για την ισορροπία του φυσικού κύκλου και της εξοικονόμησης νερού στο μέλλον. Εντούτοις, η επιτυχής εφαρμογή αυτών των συστημάτων επαναχρησιμοποίησης του νερού απαιτεί την ανάπτυξη νέων αρχών, εργαλείων και προσεγγίσεων για αποδοτικότερη και πιο αξιόπιστη επεξεργασία, την περιβαλλοντική εκπαίδευση του κοινού και την προώθηση του ανακυκλωμένου νερού ως νέο προϊόν, καθώς και την ανάπτυξη νέων πολιτικών και κανονισμών χρησιμοποίησης του νερού.

Τα επόμενα έτη, η αύξηση ζήτησης του νερού θα αποτελεί κινητήριο παράγοντα των περισσότερων νέων προγραμμάτων διαχείρισης υδάτινων πόρων. Ενώ, η προστασία των ευαίσθητων υδατικών πόρων, των ακτών, των ρεμάτων και άλλων υδατικών πόρων που απειλούνται από ευτροφισμό, θα οδηγήσει σε νέα προγράμματα επαναχρησιμοποίησης νερού σε αγροτικές και τουριστικές περιοχές (Lazarova).

Καθώς οι περιβαλλοντικές πιέσεις αυξάνονται και πολλές κοινότητες σε όλο τον κόσμο προσεγγίζουν ή φθάνουν τα όρια των διαθέσιμων αποθεμάτων νερού τους, η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων εμφανίζεται ως μια ελκυστική επιλογή για τη διατήρηση και την επέκταση των υπάρχοντων πηγών νερού. Σήμερα, οι προχωρημένες τεχνικές επεξεργασίας λυμάτων ή καθαρισμού του νερού, παρέχουν την δυνατότητα παραγωγής νερού σχεδόν οποιασδήποτε επιθυμητής ποιότητας. Το σκεπτικό της χρησιμοποίησης αστικού ή βιομηχανικού νερού παρουσιάζει εγγενή οφέλη που σχετίζονται με τη διατήρηση υψηλής ποιότητας υδατικών πόρων, την προστασία του περιβάλλοντος και οικονομικά πλεονεκτήματα. Ωστόσο, η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων απαιτεί ένα ολοκληρωμένο και ορθολογικό σχεδιασμό. Κατά συνέπεια, προσοχή πρέπει να δοθεί σε τομείς όπως : η ορθολογική διαχείριση των οικονομικών και της ποιότητας του νερού, η δημόσια υγεία, περιβαλλοντικά και οικολογικά θέματα, κοινωνικά-πολιτιστικά θέματα, αποθήκευση του νερού, συνδυασμένη διαχείριση επιφανειακών και υπόγειων νερών, ευελιξία στην επιτυχή αντιμετώπιση κλιματικών ή άλλων αλλαγών στις προμήθειες νερού, περιφερειακή αντιμετώπιση λύσεων, η κοινή γνώμη και η αειφορία (Ανδρεαδάκης κ.ά.).



Σε αρκετές χώρες τα υγρά αστικά απόβλητα παίζουν σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό αξιοποίησης των υδατικών πόρων, γεγονός που συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος και στην εξοικονόμηση αντίστοιχων ποσοτήτων φρέσκου νερού για άλλες χρήσεις. Οι κατηγορίες χρήσης των υγρών αστικών αποβλήτων και οι περιορισμοί που τίθενται ανά χρήση δίνονται στον Πίνακα 1.1. (Πανώρας).

Αεροφωτογραφία των εγκαταστάσεων της μονάδας βιολογικού καθαρισμού στη νήσο Ψυττάλεια.



Ο αριθμός των μονάδων επεξεργασίας υγρών αστικών αποβλήτων αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς τόσο διεθνώς όσο και στη χώρα μας. Σκοπός της επεξεργασίας είναι τόσο η προστασία του περιβάλλοντος κατά τη διάθεση αυτών στους υδάτινους αποδέκτες, όσο και η δημιουργία προϋποθέσεων για την επαναχρησιμοποίησή τους. Οι βασικές επιδιώξεις των συστημάτων επεξεργασίας υγρών αστικών αποβλήτων είναι η μείωση του οργανικού φορτίου, των αιωρούμενων στερεών και των παθογόνων μικροοργανισμών που περιέχονται σε αυτά.



**Πίνακας 1.1** Κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων και περιορισμοί όπου είναι δυνατόν να τεθούν.

<b>Κατηγορία χρήσης</b>	<b>Περιορισμοί</b>
1α. Άρδευση γεωργικών εκτάσεων 1β. Άρδευση κοινόχρηστων εκτάσεων και χώρων αναψυχής, όπως : πάρκα, σχολικούς δρόμους, ιπποδρομία, εθνικούς δρόμους, κοιμητήρια, ελεύθερους αστικούς χώρους, περιφερειακές ζώνες πρασίνου κ.ά.	-ποιότητα νερού (αλατότητα) -προστασία της δημόσιας υγείας -μόλυνση των επιφανειακών και υπόγειων νερών όταν δεν υφίσταται κατάλληλο σύστημα διαχείρισης -εμπορικότητα και δημόσια αποδοχή των παραγόμενων προϊόντων
2. Βιομηχανική χρήση α. Μεταποίηση β. Ψύξη γ. Βαριά βιομηχανία δ. Άλλες χρήσεις	-συστατικά του ανακτώμενου νερού που είναι δυνατό να προκαλέσουν διάβρωση, εναπόθεση αλάτων, μικροβιολογικά προβλήματα ή γενικά ρύπανση -δημόσια υγεία
3. Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων	-ίχνη οργανικών, άλλων χημικών και παθογόνων μικροοργανισμών στα ανακτώμενα αστικά απόβλητα με υψηλό δυναμικό τοξικότητας -συνολικά διαλυμένα στερεά, μέταλλα, και παθογόνοι μικροοργανισμοί
4. Αναψυχή και άλλες περιβαλλοντικές χρήσεις α. Λίμνες και δεξαμενές β. Αποκατάσταση ελωδών εκτάσεων γ. Αύξηση παροχής υδατορευμάτων δ. Ανάπτυξη αλιευτικών χώρων ε. Δημιουργία πάγου	-προστασία δημόσιας υγείας από βακτήρια και ιούς -ευτροφισμός οφειλόμενος στο N και το P -αισθητικές οχλήσεις (οσμές)
5. Αστική χρήση – μη πόσιμο νερό α. Πυροπροστασία β. Κλιματισμός γ. Καθαρισμός WC	-προστασία της δημόσιας υγείας -ποιοτικές επιδράσεις λόγω εναπόθεσης αλάτων, διάβρωσης, μικροβιολογικής ανάπτυξης και γενικά ρύπανσης -προβλήματα με πιθανές διασταυρώσεις με το σύστημα υδροδότησης
6. Πόσιμο νερό α. Προηγούμενη ανάμιξη με το νερό υδροδότησης β. Απ' ευθείας χρήση	-ίχνη οργανικών και άλλων χημικών στο ανακτώμενο νερό με υψηλό δυναμικό τοξικότητας -δημόσια και αισθητική αποδοχή -προστασία της δημόσιας υγείας

(Αγγελάκης, 1994)

Τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα, όταν αποφεύγεται η διάθεσή τους σε υδάτινους αποδέκτες, μπορούν να αξιοποιηθούν με διάφορους τρόπους, σημαντικότεροι των οποίων είναι η άρδευση γεωργικών και αστικών εκτάσεων, η χρήση αυτών στην βιομηχανία και ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων. Η άρδευση των καλλιεργειών είναι ο πιο

ενδεδειγμένος τρόπος επαναχρησιμοποίησης υγρών αστικών αποβλήτων, γιατί :

- Αποφεύγεται η υποβάθμιση των υδάτινων αποδεκτών
- Επιτυγχάνεται η φυσική τροφοδοσία του εδάφους και των φυτών με θρεπτικά στοιχεία
- Αποτελούν ένα επιπλέον υδάτινο πόρο, γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό σε χώρες όπου οι βροχοπτώσεις είναι ανεπαρκείς.

Στην κατηγορία αυτή ανήκει και η χώρα μας, στην οποία οι μειωμένες βροχοπτώσεις των τελευταίων ετών, σε συνδυασμό με την αύξηση της ζήτησης νερού, τόσο για γεωργική όσο και για βιομηχανική-αστική χρήση, δημιούργησαν ελλειματικό ισοζύγιο νερού και μείωσαν σημαντικά τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους (Πανώρας).

Το κλίμα της Ελλάδας είναι ξηρό και δεν υπάρχουν επαρκείς διαθέσιμες ποσότητες γλυκού νερού στη χώρα μας. Το καλοκαίρι, ιδιαίτερα, υπάρχει μεγάλη διαφορά στο ύψος του ύδατος που εξατμίζεται σε σχέση με αυτό που φθάνει στην επιφάνεια του εδάφους με τις βροχοπτώσεις. Στα περισσότερα μέρη της Ελλάδας οι βροχοπτώσεις κατά τους καλοκαιρινούς μήνες είναι σχεδόν μηδενικές, ενώ η εξάτμιση από τα επιφανειακά ύδατα είναι της τάξης των 700-1000 mm και το ύψος εξάτμισης στις περιοχές με βλάστηση που αρδεύονται κυμαίνεται από 1200-2000 mm.

Η έλλειψη νερού είναι ανασταλτικός παράγοντας για τη γεωργία μας (Βαβίζος). Η άρδευση αποτελεί την πιο μαζική χρήση νερού, ιδιαίτερα σε ξηρές περιοχές. Στην Ελλάδα η άρδευση αντιπροσωπεύει το 86% της συνολικής χρήσης του νερού. Επίσης, και σε υγρές περιοχές η άρδευση εφαρμόζεται συμπληρωματικά των βροχοπτώσεων. Παγκοσμίως, η αγροτική άρδευση αποτελεί το 70% της συνολικής χρήσης του νερού και υπερβαίνει κάθε άλλη χρήση κατά 1000%.

Στην Ελλάδα, άμεση χρήση υγρών αποβλήτων δε γίνεται. Η έμμεση όμως χρήση μέσω των νερών των ποταμών και των λιμνών που αποτελούν αποδέκτες αποβλήτων είναι σύνηθες φαινόμενο.

Σημαντικό μέρος των εκροών αυτών μπορεί να αξιοποιηθεί στη γεωργία με σημαντικά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Για το λόγο αυτό, τα τελευταία χρόνια αρκετά Ινστιτούτα Αγροτικής Έρευνας εξετάζουν τη

δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των αποβλήτων για άρδευση καλλιεργειών στον αγρό ή υπό κάλυψη. Συγκεκριμένα, διερευνήθηκε η δυνατότητα χρήσης των υγρών αποβλήτων της Λάρισας για άρδευση αραβοσίτου και των υγρών αποβλήτων της Θεσσαλονίκης για άρδευση ζαχαρότευτλων, βαμβακιού και των θερμοκηπιακών καλλιεργειών τομάτας και πιπεριάς καθώς και του ανθοκομικού είδους ζέρμπερα. Επίσης, διερευνάται η δυνατότητα επεξεργασίας των υγρών αστικών αποβλήτων με φυσικά βιολογικά συστήματα, καθώς και η δημιουργία τεχνητών υδροβιότοπων με σκοπό και πάλι την επεξεργασία των αποβλήτων (Πανώρας).

Άποψη του βιολογικού καθαρισμού στη Μεταμόρφωση Αττικής.



## 1.1. Μέθοδοι επεξεργασίας

Τα αστικά ή βιομηχανικά υγρά απόβλητα πριν από τη διάθεσή τους πρέπει να υποστούν κάποια επεξεργασία για να αποφευχθούν πιθανοί κίνδυνοι για το περιβάλλον και την υγεία των ανθρώπων. Η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων περιλαμβάνει φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες με σκοπό τη μείωση του οργανικού φορτίου, των αιωρούμενων στερεών και των παθογόνων μικροοργανισμών. Ο επιθυμητός βαθμός επεξεργασίας εξαρτάται από το τελικό χρήστη ή αποδέκτη των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων (άρδευση, βιομηχανία, εκβολή σε τουριστικές παραλιακές ζώνες κλπ). Η βέλτιστη εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων είναι αυτή που παράγει την επιθυμητή ποιότητα νερού, με λογικό κόστος κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης. Τα στοιχεία που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή του κατάλληλου συστήματος επεξεργασίας υγρών αποβλήτων είναι τα εξής :

- Η διαθεσιμότητα και το κόστος γης στη θέση που πρόκειται να εγκατασταθεί η μονάδα επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων.
- Η διαθεσιμότητα των κεφαλαίων για την κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση του συστήματος.
- Οι διαθέσιμες πηγές ενέργειας και το κόστος τους.
- Η χρήση για την οποία προορίζονται τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, η οποία καθορίζει και το είδος της επεξεργασίας που πρέπει να επιτυγχάνεται στην εγκατάσταση.
- Ο πληθυσμός της κοινότητας από την οποία προέρχονται τα απόβλητα και η σχεδιαζόμενη μελλοντική επέκτασή της.
- Οι επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής.
- Το οικονομικό, κοινωνικό, μορφωτικό επίπεδο καθώς και η νομοθεσία της περιοχής για την οποία σχεδιάζεται επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων.

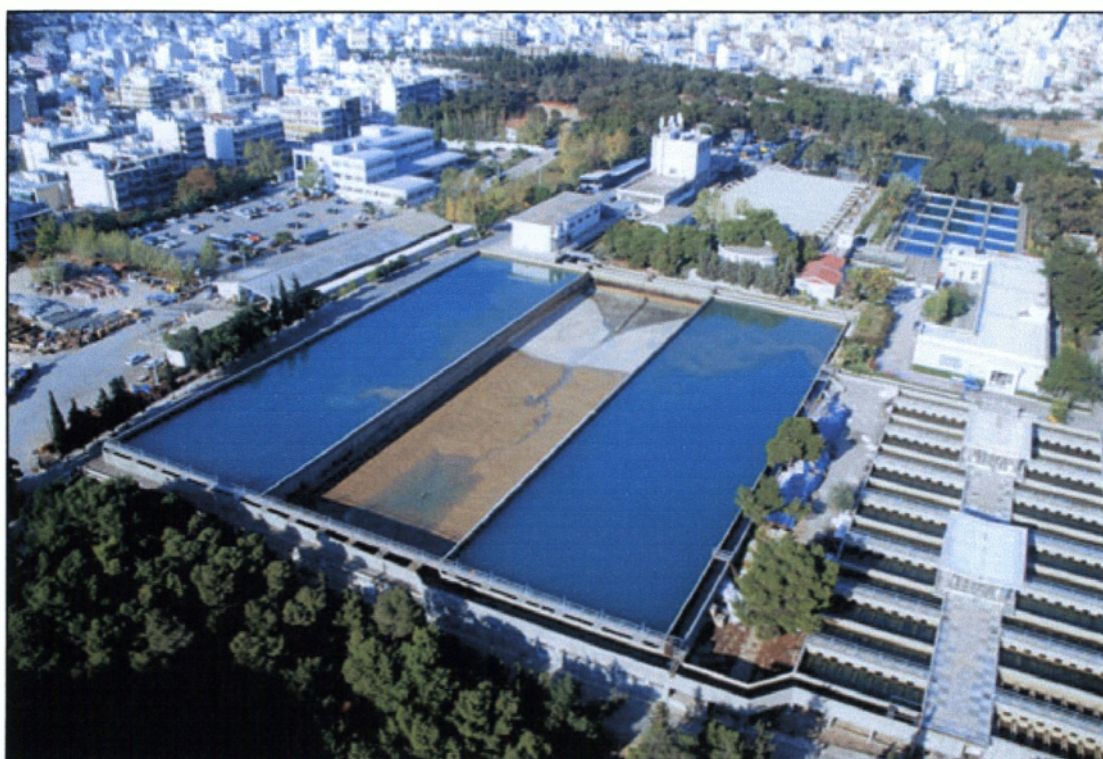
Ο όγκος των παραγόμενων υγρών αποβλήτων εξαρτάται από τον πληθυσμό της κοινότητας και τη μέση κατά κεφαλή κατανάλωση νερού, η



οποία με τη σειρά της εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα του νερού, το επίπεδο ζωής, τις κοινωνικές και πολιτισμικές συνήθειες κλπ.

Η μείωση του οργανικού φορτίου, το οποίο συχνά εκφράζεται με την τιμή της βιοχημικής απαίτησης οξυγόνου, των αιρούμενων στερεών και των παθογόνων μικροοργανισμών αποτελούν τα βασικά κριτήρια επιλογής του κατάλληλου συστήματος επεξεργασίας των υγρών αστικών αποβλήτων προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για αρδευτικούς σκοπούς ή να αποβληθούν σε υδάτινους αποδέκτες ελαχιστοποιώντας τη ρύπανση ή μόλυνση του περιβάλλοντος. Στη συνέχεια ακολουθεί περιγραφή των διαφόρων μεθόδων επεξεργασίας των υγρών αστικών αποβλήτων.

**Εικόνα 1.1.** Άποψη των εγκαταστάσεων της μονάδας βιολογικού καθαρισμού στο Γαλάτσι Αττικής.



## 1.2. Συμβατική επεξεργασία

Η συμβατική επεξεργασία περιλαμβάνει φυσικές και βιολογικές διεργασίες με ταυτόχρονη προσθήκη ενέργειας και χημικών ουσιών, με σκοπό

την απομάκρυνση των στερεών και του οργανικού φορτίου των υγρών αποβλήτων. Κατά κανόνα η επεξεργασία γίνεται σε επιλεγμένες τοποθεσίες κοντά στα αστικά κέντρα τα οποία εξυπηρετεί. Οι μονάδες επεξεργασίας αυτού του τύπου καταλαμβάνουν περιορισμένη έκταση σε σχέση με τον όγκο των υγρών αποβλήτων που επεξεργάζονται και μπορεί να περιλαμβάνουν το σύνολο ή ορισμένα από τα στάδια που αναφέρονται στη συνέχεια (Πανώρας).

### **1.3.1. Έργα εισόδου των λυμάτων**

Είναι το φρεάτιο όπου καταλήγουν οι κεντρικοί αποχετευτικοί αγωγοί που φθάνουν στον βιολογικό καθαρισμό.

**Εικόνα 1.2.** Έργα εισόδου στο βιολογικό καθαρισμό Καρδίτσας.



### **1.3.2. Αντλιοστάσια ανύψωσης**

Το αντλιοστάσιο ανύψωσης χρειάζεται όταν τα λύματα φθάνουν σε χαμηλό υψόμετρο σε σχέση με το βιολογικό σταθμό και είναι απαραίτητη η

ανύψωσή τους, ώστε στα επόμενα στάδια της επεξεργασίας να έχουμε φυσική ροή (με βαρύτητα).

Πριν από την άντληση είναι χρήσιμο τα λύματα να πέφτουν σε προθάλαμο με χονδρή σχάρα (με διάκενα 40-80mm) για τη συγκράτηση μεγάλων αντικειμένων (μέταλλα-ξύλα-πλαστικά) που μπορούν να φρακάρουν ή να βουλώσουν τις αντλίες.

Οι αντλίες ανύψωσης είναι συνήθως υποβρύχιες, τύπου μονοκάναλες ή με κοπτήρες (τεμαχιστές). Ο τεμαχισμός γίνεται με ειδική διαμόρφωση της φτερωτής και του κελύφους και βοηθάει στην πρόληψη βαθουλωμάτων στις αντλίες, στις βάνες ή τις βαλβίδες αντιεπιστροφής.

Η ελάχιστη παροχή των αντλιών ανύψωσης πρέπει να υπερκαλύπτει τη συνολική μέγιστη παροχή που φέρνουν οι αποχετευτικοί αγωγοί στο αντλιοστάσιο ανύψωσης και να υπάρχει η απαραίτητη εφεδρεία.

### **1.3.3. Δεξαμενή εξισορρόπησης ροής**

Η δεξαμενή εξισορρόπησης υπάρχει σε βασική προεπεξεργασία αντί του αντλιοστασίου ανύψωσης, όταν η στιγμιαία παροχή είναι πολύ μεγάλη ή όταν έχουμε και άλλα είδη αποβλήτων μαζί, ή όταν πριν την επεξεργασία απαιτείται ανάμιξη και ομογενοποίηση.

Η εξισορρόπηση προϋποθέτει καλή ανάμιξη για ομογενοποίηση και να διατηρούνται σε αιώρηση τα αιωρήματα των λυμάτων. Η ανάμιξη γίνεται συνήθως με αερισμό.

Η εξισορρόπηση ροής γίνεται με δυο αντλίες (η μια εφεδρική) με παροχή περίπου 1/20 της μέσης ημερήσιας παροχής (Βαβίζος).

## **1.4. Προκαταρκτική επεξεργασία**

Η προκαταρκτική επεξεργασία περιλαμβάνει διεργασίες απομάκρυνσης των χονδροκόκκων στερεών και άλλων υλικών μεγάλου μεγέθους που συνήθως βρίσκονται στα υγρά απόβλητα. Η απομάκρυνση αυτή είναι απαραίτητη για τη βελτίωση των υπολοίπων διεργασιών (Πανώρας).



## **1.4.1. Εσχάρωση**

### **1.4.1.1. Σκοπός**

Σκοπός των εσχάρων είναι η συγκράτηση σε αυτές και στη συνέχεια η απομάκρυνση των ογκωδών αντικειμένων (κομμάτια ξύλων, πλαστικά, κλαδιά κλπ), για να προστατευθεί από το φράξιμο και την φθορά ο Η-Μ της ΕΕΑΑ.

### **1.4.1.2. Είδη εσχάρων**

Τα βασικά είδη των εσχάρων είναι δυο :

#### **α. Χειροκίνητες**

Οι χειροκίνητες εσχάρες έχουν διάκενα 20-30 mm και χρησιμοποιούνται μόνες σε πολύ μικρές ΕΕΑΑ. Συνήθως όμως χρησιμοποιούνται ως «εσχάρες ανάγκης» - παρακαμπτήριες και τοποθετούνται παράλληλα με τις μηχανικές. Είναι επίπεδες και εγκαθίστανται σχηματίζοντας γωνία 30-80° (συνήθως 60°) με τη διεύθυνση της ροής, ώστε να διευκολύνεται η χειροκίνητη απομάκρυνση των εσχαρισμάτων με δίκρανο.

#### **β. Μηχανικές**

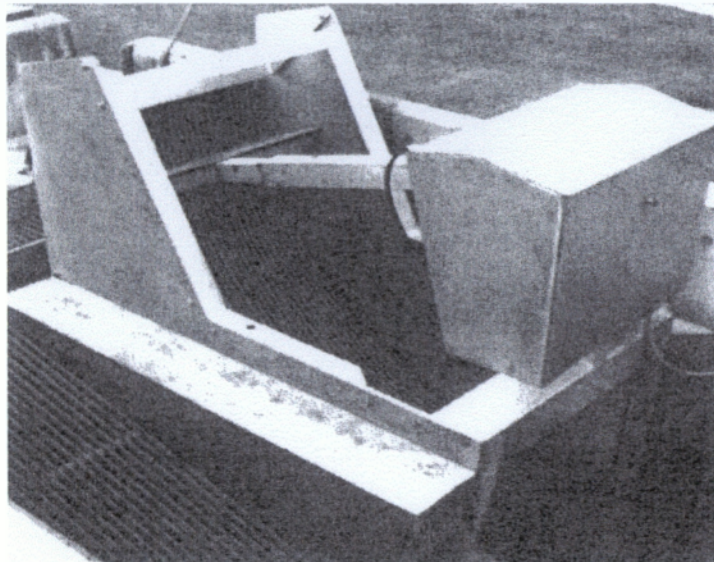
Οι μηχανικές εσχάρες μπορεί να είναι τοξωτές ή επίπεδες. Οι τοξωτές χρησιμοποιούνται συνήθως σε ρηχά κανάλια και οι επίπεδες σε βαθιά.

Τα διάκενα των μηχανικών εσχάρων είναι συνήθως 19-20 mm και το πάχος των ράβδων τους 5-15 mm. Τα βάθη ροής στις εσχάρες στις διάφορες παροχές καθορίζονται από το αμέσως επόμενο σημείο ελέγχου της ροής. Συνήθως, μετά των εσχάρων ακολουθεί ο αεριζόμενος εξαμμητής, οπότε στο ενδιάμεσο τοποθετείται ο υπερχειλιστής εκροής του εξαμμητή. Από τα βάθη εκροών καθορίζονται και οι ταχύτητες ροής στα διάκενα των εσχάρων και στους αγωγούς των εσχάρων. Η ταχύτητα ροής στα διάκενα δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 1,2 m/s στη μέγιστη παροχή για να μην παρασύρονται με τη ροή τα στερεά που συγκρατήθηκαν στις εσχάρες και η ταχύτητα ροής



στους αγωγούς δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 0,4 m/s για να μην γίνεται καθίζηση στερεών.

**Εικόνα 1.3.** Τοξωτή υδραυλική εσχάρα (Krüger)



Πηγή : Βαβίζος (1995)

Ο μηχανισμός απομάκρυνσης των εσχαρισμάτων στις τοξωτές εσχάρες είναι ένας βραχίονας-κτένι (ξέστρο) που τα δόντια του μπαίνουν στα διάκενα της εσχάρας και κάνοντας παλινδρομικές διαδρομές ή πλήρεις περιστροφές γύρω από ένα σταθερό σημείο, παρασύρουν τα συγκρατούμενα στερεά προς το πάνω μέρος της εσχάρας. Στις επίπεδες εσχάρες ο καθαρισμός γίνεται από μια σειρά δόντια (ή βούρτσες) που είναι τοποθετημένα σε ατέρμονες αλυσίδες και με την κίνησή τους παρασύρουν τα στερεά προς το πάνω μέρος της εσχάρας στο χώρο προσωρινής αποθήκευσης των εσχαρισμάτων.

Ο μηχανισμός απομάκρυνσης τίθεται σε κίνηση αυτόματα όταν η διαφορά στάθμης των λυμάτων ανάντη-κατόντη της εσχάρας φθάσει τα 10-15 cm. Η λειτουργία του μηχανισμού επικαλύπτεται συνήθως και από χρονοδιακόπτες που εξασφαλίζουν την εκκίνηση του μηχανισμού τουλάχιστον δυο φορές ανά ώρα και για χρονικό διάστημα μέχρι 3 min.

#### **1.4.1.3. Συνηθισμένη πρακτική**

Συνήθως τοποθετούνται μια ή δυο μηχανικές εσχάρες και μια παρακαμπτήρια χειροκίνητη. Σε κανονική λειτουργία λειτουργούν μόνο οι μηχανικές, ενώ σε περίπτωση έμφραξης ή διακοπή της λειτουργίας τους, τα λύματα υπερχειλίζουν αυτόματα προς την παρακαμπτήρια εσχάρα. Σε περίπτωση σκόπιμης παράκαμψης των μηχανικών εσχάρων υπάρχουν τα κατάλληλα θυροφράγματα απομόνωσης, χειροκίνητα ή μηχανικά.

Οι εσχάρες είναι συνήθως κατασκευασμένες από ανοξείδωτο χάλυβα ή χάλυβα St37 με θερμό γαλβάνισμα. Γενικά, τα βρεχόμενα μέρη των εσχάρων συνίσταται να κατασκευάζονται από ανοξείδωτο χάλυβα.

#### **1.4.1.4. Διαχείριση των εσχαρισμάτων**

Τα εσχαρίσματα έχουν πυκνότητα 600 -1000 kg/m<sup>3</sup>, υγρασία 75-90% και αποδίδουν κατά την καύση τους 13000 -18000 kJ/kg. Οι ποσότητες των εσχαρισμάτων ποικίλουν ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της εσχάρας, το είδος του αποχετευτικού συστήματος και την παρουσία βιομηχανικών αποβλήτων.

Η απομάκρυνση των εσχαρισμάτων από τον προσωρινό χώρο αποθήκευσής τους προς τα δοχεία αποθήκευσης γίνεται με μεταφορική ταινία ή με κλειστό μεταφορικό κοχλία. Στο μεταφορικό κοχλία μπορεί να γίνει παράλληλα μερική ή ακόμα και πλήρης αφυδάτωση - στράγγιση των εσχαρισμάτων.

Η εκκίνηση - λειτουργία του συστήματος μεταφοράς των εσχαρισμάτων συνδυάζεται με την κίνηση του μηχανισμού απομάκρυνσής τους.

Η αποθήκευση των εσχαρισμάτων γίνεται συνήθως σε κλειστούς κάδους απορριμμάτων, συμβατών με αυτούς της αποκομιδής των στερεών απορριμμάτων του Δήμου. Η τελική διάθεσή τους γίνεται συνήθως σε χωματερές.

#### **1.4.1.5. Κτίριο εσχάρωσης**

Για λόγους αποφυγής περιβαλλοντικών οχλήσεων, οι εσχάρες εγκαθίστανται συνήθως σε κτίριο. Εξάιρεση αποτελούν οι μικρές ΕΕΑΑ, που βρίσκονται συνήθως μακριά από κατοικημένες περιοχές. Στο κτίριο τοποθετείται διάταξη αερισμού με ανεμιστήρα ή αν απαιτείται και διάταξη απόσμησης.

Στο κτίριο μπορεί να υπάρχει μετρητής υδρόθειου, που προειδοποιεί με σύστημα οπτικο - ακουστικού συναγερμού, όταν οι συγκεντρώσεις του υδρόθειου είναι αυξημένες (Στάμος).

### **1.5. Αμμοσυλλογή**

#### **1.5.1. Σκοπός**

Η παρουσία στα απόνερα άμμου ή άλλων φερτών υλικών με μεγάλο σχετικά ειδικό βάρος (2,6 kg/L) και μέγεθος (τουλάχιστον 0,1-0,2 mm), που διαφεύγουν από τις εσχάρες, μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στις εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού.

Τα προβλήματα αυτά οφείλονται στις διάφορες επικαθίσεις στις διάφορες δεξαμενές και αγωγούς, σε τριβές σε αντλίες, σε σωληνώσεις, σε κινούμενα τμήματα μηχανημάτων κλπ. Τα φερτά αυτά στα λύματα αποτελούνται συνήθως από γαιώδεις ύλες, κομμάτια γυαλιού, πετραδάκια, κομμάτια μετάλλων, κουκούτσια κλπ. Σκόπιμο είναι να απομακρύνονται πριν την είσοδο των απόνερων στο κυρίως σύστημα επεξεργασίας.

#### **1.5.2. Στοιχεία σχεδιασμού – Συνηθισμένη πρακτική**

Η αμμοσυλλογή είναι μια ευαίσθητη φάση της επεξεργασίας των απόνερων και στηρίζεται στο διαφορικό διαχωρισμό των στερεών, πρέπει να κατακρατηθεί μόνο η άμμος, χωρίς να κατακρατηθούν άλλες οργανικές εναιωρούμενες ουσίες που θα δημιουργούσαν προβλήματα σήψης.

Οι αμμοσυλλέκτες, στην απλούστερη μορφή είναι κανάλια καθίζησης. Η απαγωγή της άμμου γίνεται περιοδικά από εργάτες ή αυτόματες διατάξεις σάρωσης.

Οι αμμοσυλλέκτες κατασκευάζονται σε ζεύγη για εναλλακτική περιοδική λειτουργία. Στον πυθμένα φέρουν αύλακα συλλογής της άμμου.

Η απαγωγή της άμμου από τον αύλακα στις μικρές εγκαταστάσεις γίνεται από ειδικά κατασκευασμένες σπάτουλες με μεγάλο βραχίονα ή φτυάρια. Η άμμος συγκεντρώνεται δίπλα στους αμμοσυλλέκτες και διατίθεται στα σκουπίδια ή θάβεται με υγειονομική ταφή.

Στα μεγάλα αποχετευτικά συστήματα, ιδιαίτερα όταν εξυπηρετούν δίκτυα υπονόμων παντοροϊκού τύπου (δηλαδή λυμάτων και όμβριων), ή σε μεγάλες παροχές αποβλήτων κατασκευάζονται φυγοκεντρικοί αμμοσυλλέκτες ή η αμμοσυλλογή γίνεται με επίπλευση. Στις περιπτώσεις αυτές η επιλογή της διάταξης γίνεται από τα στοιχεία του κατασκευαστή.

Στους μηχανικούς αμμοσυλλέκτες, η άμμος συγκεντρώνεται σε κάποιον παράπλευρο θάλαμο. Συνήθως γίνεται κάποια έκπλυση και μετά χρησιμοποιείται στις κλίνες ξήρασης σε αντικατάσταση της άμμου, που απάγεται αναπόφευκτα μαζί με την ξηρή λάσπη.

Όπως και στον εσχασμό, έτσι και για την αμμοσυλλογή, η διαδικασία ελέγχου λειτουργίας απαιτεί ετήσια παρατήρηση των παροχών, της κατακρατούμενης ποσότητας άμμου, της πυκνότητάς της κλπ., ώστε να αποφευχθούν προβλήματα κακοσμιών.

Αν ο αμμοσυλλέκτης πρέπει να εξισορροπήσει και τη ροή, σε περιπτώσεις που το σύστημα βιολογικού καθαρισμού τροφοδοτείται με αντλίες περιοδικής λειτουργίας, υπολογίζεται κατάλληλα ο όγκος του, ώστε να περιλαμβάνει τις παροχές και να τις κατανέμει ομαλότερα.

Οι πιο απλές διατάξεις αμμοσυλλογής είναι τα ανοικτά κανάλια - με την έξοδό τους ειδικά διαμορφωμένα - ώστε η ροή του απόνερου να γίνεται με σταθερή οριζόντια ταχύτητα  $U_0$  της τάξης των 0,2-0,3 m/s και κατακόρυφη  $U_k$  13-20 mm/s. Ο χρόνος παραμονής στη μέγιστη παροχή είναι 2-5 min.

Για να παραμένει η ταχύτητα ροής σταθερή κατά την έξοδο και ανεξάρτητη από την παροχή εισόδου, τα κανάλια κατασκευάζονται ορθογωνικά με αναλογικό υπερχειλιστή ή παραβολικά με ορθογωνικό υπερχειλιστή.

Η πιο απλή κατασκευαστική λύση είναι τα ορθογωνικής διατομής κανάλια με αναλογικό υπερχειλιστή. Ο υπερχειλιστής τοποθετείται κατάντη της εισόδου σε ύψος 0,15-0,30 m, ώστε να δημιουργείται ένας αύλακας κατακράτησης των φερτών, που διαφορετικά θα συμπαρασύρονταν στην έξοδο.

Μετά την υπερχειλίση θα πρέπει να εξασφαλίζεται ελεύθερη ροή στα υγρά.

Όπως και στις διατάξεις εσχαρισμού, έτσι και στους αμμοσυλλέκτες, τα απόνερα περιέχουν ακέραιο το μικροβιακό φορτίο των λυμάτων οπότε απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στο σχεδιασμό και στους χειρισμούς για την αποφυγή προβλημάτων στην υγιεινή και ασφάλεια του προσωπικού και τη δημόσια υγεία (Βαβίζος).

## **1.6. Λιποσυλλογή**

Τα λίπη και τα έλαια, που περιέχουν τα αστικά λύματα ή τα βιομηχανικά απόβλητα, μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα στη λειτουργία των βιολογικών αντιδραστήρων, ιδιαίτερα αν τα απόνερα εισέρχονται στον αντιδραστήρα, χωρίς να έχει προηγηθεί διαύγαση. Για το σκοπό αυτό, σε μεγάλες μονάδες επεξεργασίας απόνερων ή σε ειδικές περιπτώσεις, όπου υπάρχει σημαντική συγκέντρωση ελαίων και λιπών, τα απόνερα πριν από το βιολογικό αντιδραστήρα, διέρχονται από διάταξη λιποσυλλογής. Στη διάταξη αυτή γίνεται διαχωρισμός του απόνερου από τα λίπη και τα έλαια. Τα λίπη και τα έλαια συλλέγονται και απομακρύνονται, ενώ τα απόνερα οδηγούνται στις παραπέρα φάσεις επεξεργασίας.

Πρέπει να σημειωθεί ότι στους λιποσυλλέκτες απομακρύνονται μόνο οι ελαιώδεις διασπορές, ενώ τα γαλακτοποιημένα ή διαλυμένα λίπη παραμένουν. Αν απαιτείται απομάκρυνση και αυτών, τότε απαιτείται κροκίδωση και συσσωμάτωση μετά τον λιποσυλλέκτη.

Τα λίπη και τα έλαια που απομακρύνονται διατίθενται για υγειονομική ταφή ή καίγονται σε κατάλληλους καυστήρες. Όπως και σε όλες τις διατάξεις προεπεξεργασίας, έτσι και στους λιποσυλλέκτες υπάρχουν κίνδυνοι από το



μικροβιακό φορτίο των λυμάτων, που πρέπει να αντιμετωπίζονται με κατάλληλο σχεδιασμό των διατάξεων αυτών με υγειονομικά κριτήρια.

Η ποσότητα των λιπών και των ελαίων που διαχωρίζονται με λιποσυλλέκτη είναι για τα αστικά λύματα ενδεικτικής τάξης του 0,2-10 λίτρα ανά 100 m<sup>3</sup> λύματος.

Οι λιποσυλλέκτες είναι κατασκευές που εξασφαλίζουν ηρεμία στο απόνερο, ώστε να μπορεί να γίνει ο διαχωρισμός των διασπορών. Οι διασπορές συγκεντρώνονται στην επιφάνεια και με την κατάλληλη διάταξη απάγονται. Οι δεξαμενές αυτές υπολογίζονται για ένα θάλαμο ηρεμίας χρόνου παραμονής του απόνερου, ο οποίος κυμαίνεται από 3-5 λεπτά.

Αποτελούνται συνήθως από μια δεξαμενή, που χωρίζεται από δυο διαφράγματα. Το πρώτο λειτουργεί ως ανασχέτης ροής και το δεύτερο διαχωρίζει τα λίπη από τα απόνερα, δημιουργώντας σιφώνιο και επιτρέποντας έτσι την απαγωγή των απολιπασμένων απόνερων στην ίδια στάθμη εισόδου.

Η επιφάνεια της δεξαμενής υπολογίζεται από την ανοδική ταχύτητα, η οποία πρέπει να διατηρείται συνήθως μεταξύ των 10-25 m/h.

Για την κατακράτηση ελαιωδών διασπορών από πετρελαϊκές εγκαταστάσεις το Αμερικάνικο Ινστιτούτο Πετρελαίου (A.P.I), συνιστά παραλληλεπίπεδους λιποσυλλέκτες τετραγωνικής διατομής, εφοδιασμένους με ανασχετές ροής, για την ομαλοποίηση της ροής των απόνερων, και διατάξεις για την περισυλλογή των ιζημάτων και του επίπαγου.

Άλλου είδους λιποσυλλέκτες είναι εκείνοι που εξασφαλίζουν ομαλή ροή στα απόνερα, αναγκάζοντάς τα να διέλθουν από δέσμη κεκλιμένων επιπέδων. Υπάρχουν διάφοροι συνδυασμοί της ροής από δέσμες επιφανειών, που επιτυγχάνουν εκτός από τον καλύτερο διαχωρισμό των ελαιωδών διασπορών, και την κατακράτηση των εναιωρούμενων.

Ο διαχωρισμός επιπλέοντων και καθιζανόντων με δέσμες επιφανειών, που τοποθετούνται σε δεξαμενές με κλίση 45-60°, στηρίζεται στη μικρή ανοδική ταχύτητα. Τα ελαιώδη συγκεντρώνονται στην επιφάνεια, ενώ τα καθιζάνοντα στον πυθμένα. Ο χρόνος παραμονής στον διαχωριστήρα είναι και σε αυτή την περίπτωση της τάξης των 3 min.

Υπάρχουν ακόμα συνδυασμοί λιποσυλλέκτη - αμμοσυλλέκτη καθώς και συνδυασμοί δεξαμενών - διαχωριστήρων με κεκλιμένα επίπεδα και

αεροεπίπλευση, που επιτυγχάνουν αμμοσυλλογή - λιπосуλλογή και κάποιο αερισμό των απόνερων. Οι χρόνοι παραμονής σε αυτή την περίπτωση είναι της τάξης των 30-45 min (Βαβίζος).

### **1.7. Μέτρηση παροχής**

Η μέτρηση της παροχής είναι πολύ σημαντική υπόθεση για τη σωστή λειτουργία μιας μονάδας βιολογικού καθαρισμού. Συγκεκριμένα, αν μετράμε την παροχή μπορούμε :

1. Να ελέγχουμε αν υποφορτίζεται ή υπερφορτίζεται ο βιολογικός καθαρισμός.
2. Να ρυθμίζουμε την επανακυκλοφορία της ενεργοποιημένης λάσπης.
3. Να ρυθμίζουμε τη λειτουργία των δοσομετρητών χλωρίου ή υποχλωριώδους νατρίου.

Η παροχή των λυμάτων μπορεί να μετρηθεί σε κλειστούς ή ανοικτούς αγωγούς :

#### **1.7.1. Μέτρηση σε ανοικτούς αγωγούς**

Τα λύματα διέρχονται από ειδικά διαμορφωμένο κανάλι ορθογωνικής ή παραβολικής διατομής ή διώρυγα τύπου Parshall (Εικ. 1.4.)

Ένας υπερηχητικός μετρητής στάθμης τοποθετείται στο πάνω μέρος του καναλιού, ώστε να βλέπει κάθετα τη ροή των λυμάτων. Η μέτρηση της στάθμης σχετίζεται άμεσα με mV με τη βοήθεια ειδικού μετατροπέα.

Η ένδειξη mV μετατρέπεται σε m<sup>3</sup>/h ή m<sup>3</sup>/min με τη βοήθεια μιας καμπύλης (διαγράμματος) μετατροπής ή με ειδικό ψηφιακό μετρητή. Οι μετρητές ανοικτού καναλιού μπορούν να δώσουν πολύ καλές μετρήσεις με σφάλμα 1-2 % (εφόσον οι ρυθμίσεις γίνουν σωστά).

Η στιγμιαία ένδειξη δίνει τη στιγμιαία παροχή, ενώ με ολοκλήρωση (εμβαδομέτρηση) στο χαρτί του καταγραφικού, μπορούμε να υπολογίσουμε αθροιστικά την παροχή για ορισμένο χρονικό διάστημα (π.χ. μια ημέρα ή μια

εβδομάδα). Για τις αθροιστικές τιμές υπάρχουν ψηφιακοί μετρητές που δίνουν αποτέλεσμα.

**Εικόνα 1.4.** Διώρυγα Parshall με αισθητήριο στάθμης για μέτρηση παροχής.



### **1.7.2. Μέτρηση της παροχής με τη βοήθεια του αντλιοστασίου ανύψωσης ή εξισορρόπησης της ροής**

Ο τρόπος αυτός είναι έμμεσος, αλλά αρκετά απλός και δίνει ενδεικτικά αποτελέσματα πολύ χρήσιμα.

Τοποθετούμε έναν ωρομετρητή σε κάθε αντλία του αντλιοστασίου. Από την καμπύλη λειτουργίας που δίνει ο κατασκευαστής, υπολογίζουμε μια μέση παροχή της αντλίας στο μέσο μανομετρικό που ανυψώνει τα λύματα. Στην παροχή που υπολογίσαμε αφαιρούμε 5% για κάθε έτος παλαιότητας της

αντλίας. Για ορισμένο χρονικό διάστημα πολλαπλασιάζουμε τις ώρες λειτουργίας κάθε αντλίας επί τη μέση παροχή που έχουμε υπολογίσει και προσθέτουμε όλα τα μερικά γινόμενα. Έτσι, μπορούμε να υπολογίσουμε σωστά την ποσότητα των λυμάτων που αντλήσαμε για ορισμένο χρονικό διάστημα. Με αναγωγή της ποσότητας αυτής ανά ημέρα έχουμε τη μέση παροχή για το ορισμένο χρονικό διάστημα (Διαλυνάς).

## 1.8. Δευτεροβάθμια επεξεργασία

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία (*secondary treatment*) εφαρμόζεται με σκοπό την περαιτέρω βελτίωση των χαρακτηριστικών του νερού που εκβάλλεται από τη πρωτοβάθμια επεξεργασία, μειώνοντας ακόμα περισσότερο το οργανικό φορτίο και τα αιρούμενα στερεά. Στις περισσότερες περιπτώσεις η δευτεροβάθμια επεξεργασία ακολουθεί την πρωτοβάθμια και περιλαμβάνει την απομάκρυνση της βιοδιασπώμενης, διαλυμένης και κολλοειδούς οργανικής ύλης με τη χρήση αερόβιων μικροοργανισμών, κατά κύριο λόγο βακτηρίων, που μεταβολίζουν των οργανική ουσία των υγρών αποβλήτων. Αποτέλεσμα της δράσης των μικροοργανισμών είναι η παραγωγή ουσιών όπως  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$  και  $\text{H}_2\text{O}$ . Στο τέλος αυτής της διαδικασίας οι μικροοργανισμοί διαχωρίζονται από τα επεξεργασμένα αστικά απόβλητα με δευτεροβάθμια καθίζηση (*secondary sedimentation*) για να παραχθούν διαυγή, δευτεροβάθμια επεξεργασμένα υγρά απόβλητα.

Οι διαδικασίες αυτές γίνονται σε ελεγχόμενο περιβάλλον, συνήθως με την είσοδο ενέργειας στο σύστημα με αποτέλεσμα την ταχεία αποικοδόμηση της οργανικής ύλης και για το λόγο αυτό ονομάζονται και διαδικασίες υψηλού ρυθμού (*high rate processes*). Οι πιο συνηθισμένες είναι αυτές που γίνονται με την ενεργό ιλύ, τα σταλάζοντα φίλτρα ή βιοφίλτρα και με τις περιστρεφόμενες βιολογικές επιφάνειες. Σε περιπτώσεις αποβλήτων με πολύ υψηλό οργανικό φορτίο υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν δύο από αυτές τις διαδικασίες σε σειρά (Πανώρας).



### **1.8.1. Δεξαμενή επιλογής**

Η δεξαμενή αυτή χρησιμοποιείται πολύ την τελευταία δεκαετία (κυρίως στην Αμερική) στα θερμά κλίματα για τον έλεγχο της διόγκωσης της λάσπης, που οφείλεται στα νηματοειδή βακτήρια (*Filamentous*). Η αρχή λειτουργίας της βασίζεται στον εμπλουτισμό της ανακυκλοφορούμενης λάσπης με τροφή ώστε να αναπτυχθεί εγκαίρως η υγιής βιομάζα σε βάρος των νηματοειδών βακτηρίων.

Τα *Filamentous* αναπτύσσονται περίπου με τον ίδιο ρυθμό σε περιβάλλοντα φτωχά και πλούσια σε τροφή.

Δεν ισχύει το ίδιο με τη βιομάζα της ενεργοποιημένης λάσπης που αναπτύσσεται πολύ ευκολότερα με επάρκεια τροφής. Όμως η ανακυκλοφορούμενη λάσπη περιέχει υγρό εξαντλημένο σε τροφή και μετά την επαναφορά της στη δεξαμενή αερισμού (συνθήκες έντονης οξυγόνωσης) η βιομάζα δε βρίσκει αμέσως τροφή για να αναπτυχθεί.

Μέσα στη δεξαμενή επιλογής η ανακυκλοφορούμενη λάσπη αναμιγνύεται με φρέσκα λύματα για 15-20 min και γίνεται ο απαραίτητος εμπλουτισμός της βιομάζας με τροφή. Έτσι, όταν εισαχθεί στη δεξαμενή αερισμού η βιομάζα αναπτύσσεται με μεγάλους ρυθμούς σε βάρος των *Filamentous*. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται δραστικά η πιθανότητα διόγκωσης λάσπης.

### **1.8.2. Δεξαμενές αερισμού (οξειδωτικές τάφροι)**

Οι δεξαμενές αερισμού θεωρούνται η «καρδιά» του συστήματος ενεργοποιημένης λάσπης. Στις δεξαμενές αυτές τα λύματα αναμιγνύονται με την ενεργοποιημένη λάσπη που ανακυκλοφορείται από τη δεξαμενή καθίζησης, ενώ ταυτόχρονα τροφοδοτούνται με αέρα ή οξυγόνο για τη διατήρηση αερόβιων συνθηκών.

Οι μικροοργανισμοί (βιομάζα) που βρίσκονται στην ενεργοποιημένη λάσπη μετατρέπουν τις ουσίες των λυμάτων σε νέα βιομάζα και σε προϊόντα

αναπνοής (μεταβολισμού), δηλαδή CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, άζωτο και νιτρικά, θειικά και αδρανές υπόλειμμα.

Το μίγμα ενεργοποιημένης λάσπη+τροφή (λύματα) που αερίζεται και αναμιγνύεται συνεχώς στη δεξαμενή αερισμού λέγεται ανάμικτο υγρό (MLSS). Ο σχεδιασμός και διαστασολόγηση των δεξαμενών αερισμού βασίζεται στα χαρακτηριστικά των λυμάτων, τις προδιαγραφές και απόδοσης της επεξεργασίας, στις τοπικές συνθήκες κλπ. Ο χρόνος παραμονής στον αερισμό μπορεί να είναι από μισή ώρα μέχρι 36 ώρες. Ειδικά στον παρατεταμένο αερισμό ο χρόνος παραμονής είναι 16-36 ώρες ή και παραπάνω.

Ο καλός αερισμός του ανάμικτου υγρού εξυπηρετεί δυο σκοπούς:

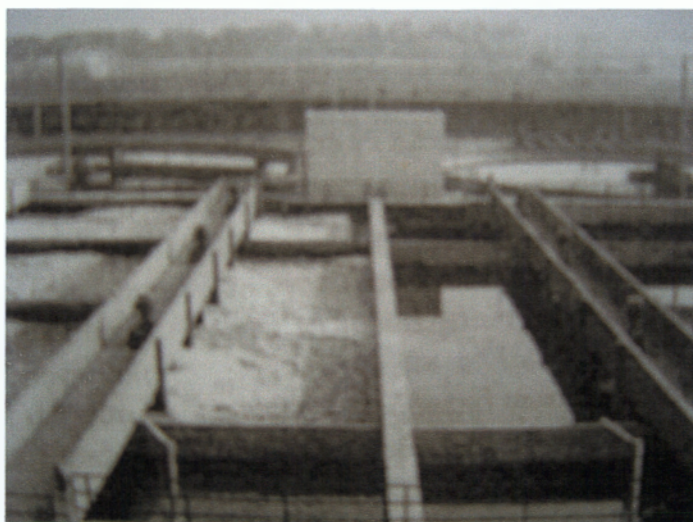
- Την πλήρη ανάμιξη της βιομάζας και τροφής
- Την εξασφάλιση του διαλυμένου οξυγόνου που απαιτείται για την επιβίωση των μικροοργανισμών. Συνήθως όταν εξασφαλίζεται επαρκές οξυγόνο τότε και η ανάμιξη είναι επαρκής.

Στη βιομάζα στον παρατεταμένο αερισμό υπάρχουν βακτήρια, μύκητες, πρωτόζωα και τροχόζωα.

Το μίγμα της ενεργοποιημένης λάσπης και των λυμάτων οδηγείται μετά των αερισμό στις δεξαμενές καθίζησης.

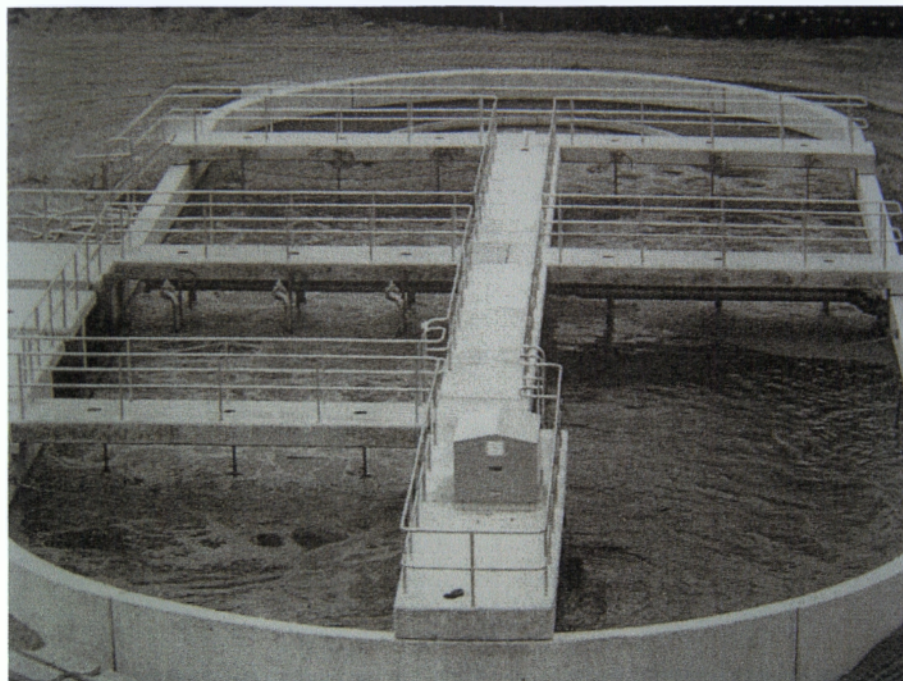
Το σχήμα των δεξαμενών αερισμού είναι ορθογωνικό (βάθους 2,5-4,5 m) ή κυκλικής-ελλειψοειδούς τάφρου (Εικ. 1.5.,1.6.).

**Εικόνα 1.5.** Ορθογωνική δεξαμενή αερισμού της ΕΕΑΑ της Λάρισας.



Πηγή : Στάμος (1995)

**Εικόνα 1.6.** Κυκλική- ελλειψοειδή δεξαμενή αερισμού.



Πηγή : Στάμος (1995)

### **1.8.3. Συστήματα αερισμού**

Περιγράφονται ενδεικτικά τα κυριότερα συστήματα αερισμού στο σύστημα παρατεταμένου αερισμού:

#### **1.8.3.1. Αερισμός με διάχυση**

Το σύστημα αυτό είναι το πιο συνηθισμένο στους βιολογικούς καθαρισμούς. Αποτελείται από φυσητήρες αέρα, που διοχετεύουν μεγάλες ποσότητες αέρα με κατάλληλους αεραγωγούς στο σύστημα διάχυσης (διαχυτήρες). Οι διαχυτήρες τοποθετούνται κοντά στον πυθμένα της δεξαμενής αερισμού. Οι διαχυτήρες δημιουργούν φυσαλίδες αέρα που κινούνται προς την επιφάνεια της δεξαμενής αερισμού. Κατά την άνοδό τους οι φυσαλίδες εμπλουτίζουν το ανάμικτο υγρό με οξυγόνο. Όσο μικρότερες είναι οι φυσαλίδες, τόσο περισσότερο καθυστερούν να ανέβουν στην επιφάνεια και η επιφάνεια που δημιουργούν είναι μεγαλύτερη, και επομένως η οξυγόνωση των λυμάτων καλύτερη.

Οι διαχυτήρες διακρίνονται σε :

- Λεπτών φυσαλίδων
- Μεσαίων
- Μεγάλων
- Στατικούς αναμικτήρες-αεριστήρες

Οι καλύτερες αποδόσεις που δίνουν οι διαχυτήρες λεπτών φυσαλίδων συνοδεύονται συνήθως από μεγαλύτερο κόστος αγοράς και διάφορα προβλήματα λόγω βαθουλωμάτων και απαιτούν συχνούς καθαρισμούς, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα είδη διαχυτήρων που έχουν μικρότερες αποδόσεις, αλλά χαμηλότερο κόστος και ελάχιστα προβλήματα καθαρισμού.

### **1.8.3.2. Αερισμός με επιφανειακούς αεριστήρες ή περιστρεφόμενες ψήκτρες**

Οι επιφανειακοί αεριστήρες και οι ψήκτρες περιστρέφονται αργά (30-80 στρ./ λεπτό) και προκαλούν μεγάλη ανατάραξη του ανάμικτου υγρού, και τεχνικό αερισμό λόγω της έντονης ανάμιξης. Πλεονεκτούν σε απλότητα σε σχέση με το σύστημα αερισμού με διάχυση αέρα και μειονεκτούν σε αποδόσεις αερισμού. Το κόστος επιφανειακών αεριστήρων και ψηκτρών είναι αρκετά υψηλό για τις μικρές μονάδες, ενώ στα μεσαία και μεγάλα συστήματα είναι συγκρίσιμο με τα συστήματα διάχυσης.

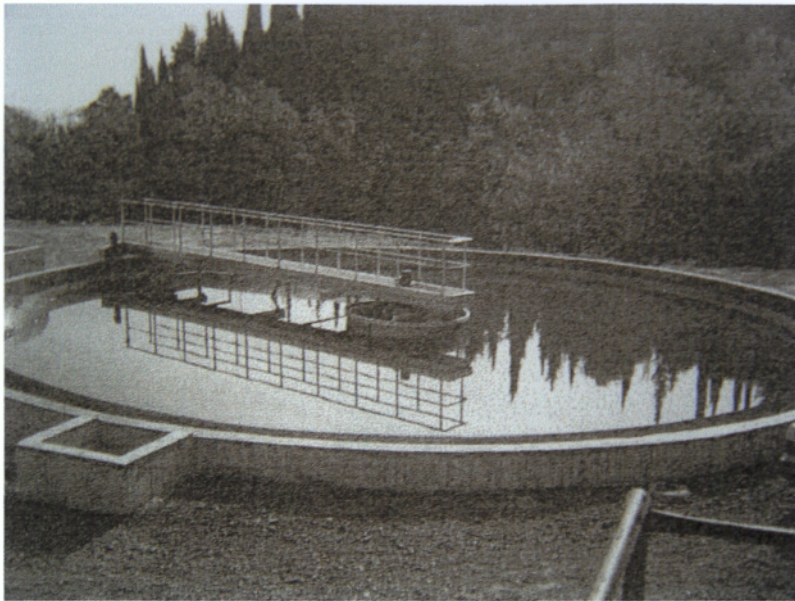
## **1.9. Δεξαμενές τελικής καθίζησης**

Μετά τη δεξαμενή αερισμού το ανάμικτο υγρό οδηγείται στη δεξαμενή καθίζησης (Εικ. 1.7.) (Διαλυνάς). Οι δεξαμενές καθίζησης είναι συνήθως κυκλικής κάτοψης με κεντρική διάταξη εισροής και περιφερειακή διάταξη εκροής, ενώ σπανιότερα χρησιμοποιούνται δεξαμενές ορθογωνικής κάτοψης.

Οι δεξαμενές καθίζησης κυκλικής κάτοψης κατασκευάζονται από σπλισμένο σκυρόδεμα. Έχουν πλευρικά βάθη της τάξης των 2,7-3,5 m με τάση προς τα μεγαλύτερα βάθη για τον ευκολότερο έλεγχο του φαινομένου



**Εικόνα 1.7. Δεξαμενή τελικής καθίζησης**



Πηγή : Στάμος (1995)

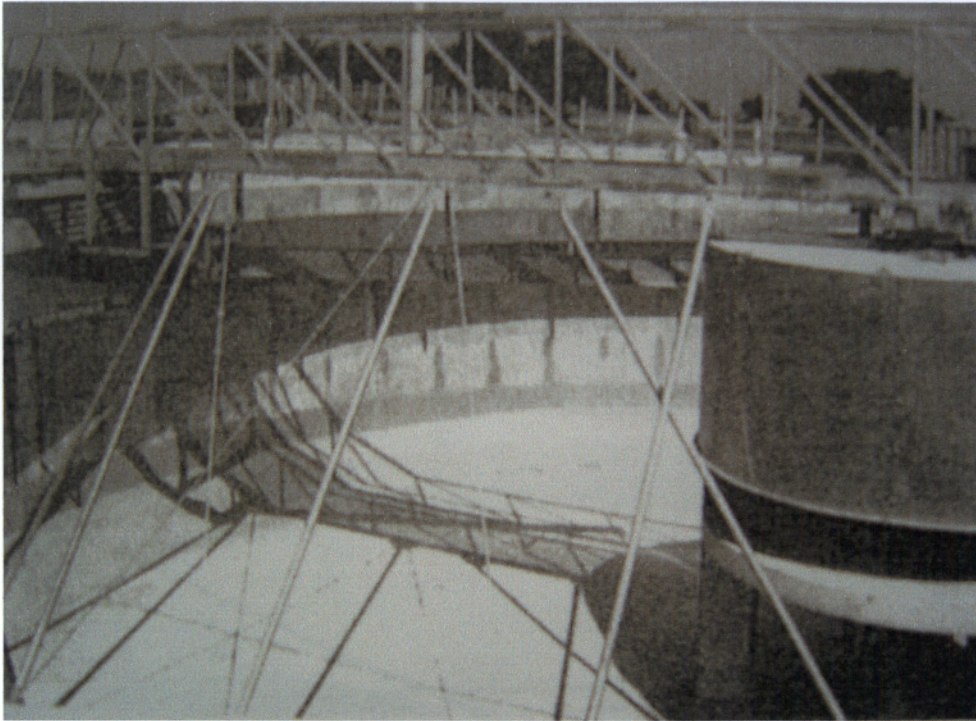
της διόγκωσης της λάσπης. Η διάμετρος τους φθάνει συνήθως τα 30 m και η κλίση του πυθμένα είναι μέχρι περίπου 8%.

Η διάταξη εισροής (Εικ. 1.8.) είναι ένας δακτύλιος, συνήθως από σκυρόδεμα, με διάμετρο 15-20% της διαμέτρου της δεξαμενής, που είναι βυθισμένος περίπου στο μισό του βάθους χωρίς να προκαλεί διαταραχή και επαναιώρηση της λάσπης που καθίζησε. Ο δακτύλιος εισροής σχεδιάζεται έτσι ώστε να επιτυγχάνει την ομοιόμορφη κατανομή των αποβλήτων με την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη καταστροφή της ενέργειας της εισερχόμενης φλέβας των αποβλήτων και τη δημιουργία μικρών ταχυτήτων ροής. Έτσι, αποφεύγονται οι βραχυκυκλώσεις και οι διαταραχές στη ζώνη καθίζησης.

Η διάταξη εκροής (Εικ.1.9.) είναι ένας περιμετρικός πριονωτός υπερχειλιστής, που προστατεύεται με πετάσματα επιπλεόντων, που εκτείνονται 20-30 cm κάτω από την επιφάνεια των αποβλήτων. Ο υπερχειλιστής και τα πετάσματα επιπλεόντων είναι κατασκευασμένα συνήθως από ανοξείδωτο χάλυβα ή πλαστικό.

Τα απόβλητα που υπερχειλίζουν συλλέγονται σε πλευρικό, περιμετρικό κανάλι και οδηγούνται στο φρεάτιο εκροής της δεξαμενής καθίζησης. Τα επιπλέοντα οδηγούνται με περιφερειακά κινούμενο επιφανειακό ξέστρο σε κατάλληλη, ειδική χοάνη συλλογής και από εκεί στο φρεάτιο αφρών-επιπλεόντων.

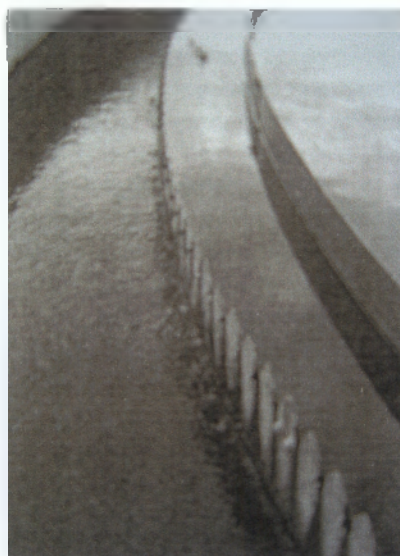
**Εικόνα 1.8.** Δεξαμενή καθίζησης. Διάταξη εισροής.



Πηγή : Στάμος (1995)

Η λάσπη που καθιζάνει στον πυθμένα συλλέγεται σε κεντρική συνήθως χοάνη συγκέντρωσης με κατάλληλη διάταξη συλλογής. Η διάταξη συλλογής μπορεί να είναι ένα μηχανικό ξέστρο ή ένα περιστρεφόμενο ξέστρο αναρρόφησης (υδραυλικό ξέστρο).

**Εικόνα 1.9.** Δεξαμενή καθίζησης. Διάταξη εκροής.



Πηγή : Στάμος (1995)

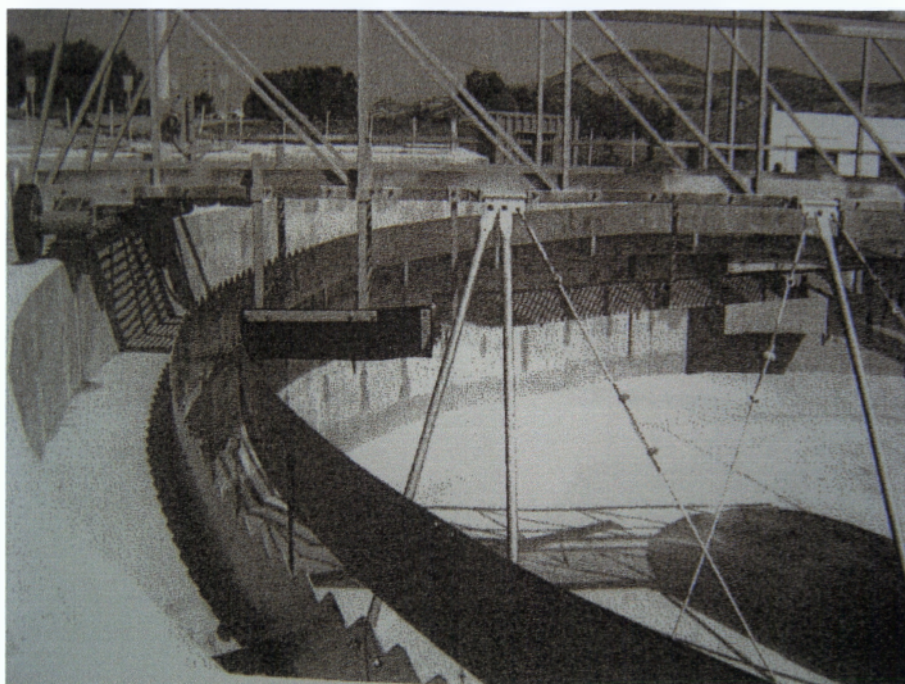


Το μηχανικό ξέστρο (Εικ.1.10.) κινείται κυκλικά συγκεντρώνοντας τη λάσπη στη χοάνη. Ο μηχανισμός του ξέστρου στηρίζεται σε γέφυρα ή σε κεντρική βάση για μεγάλες δεξαμενές, μέσα από την οποία διέρχεται ο μηχανισμός εισροής. Η ταχύτητα περιστροφής του ξέστρου στην περιφέρεια είναι 1,5-2,1 m/sec. Η συλλογή των επιπλεόντων γίνεται με ένα βραχίονα που εκτείνεται μέχρι την περιφέρεια της δεξαμενής και κινείται με το μηχανισμό του ξέστρου.

Το μηχανικό ξέστρο έχει τα μειονεκτήματα του αυξημένου συνολικού χρόνου απομάκρυνσης της λάσπης, τον κίνδυνο να διαφύγει η λάσπη πάνω από το ξέστρο και να μην συλλεγεί και την πιθανή δημιουργία μεγάλων τοπικών ταχυτήτων, που οδηγούν στην εναιώρηση των στερεών κοντά στο σημείο συλλογής.

Το ξέστρο αναρρόφησης της λάσπης παρουσιάζει το βασικό πλεονέκτημα της δυνατότητας ταχείας απομάκρυνσης της λάσπης, που συχνά απαιτείται για την αποφυγή του φαινομένου της ανεξέλεγκτης απονιτροποίησης. Παρουσιάζει όμως το μειονέκτημα της διαταραχής της υδραυλικής συμπεριφοράς της δεξαμενής, εξαιτίας των ρευμάτων πυκνότητας που δημιουργεί η αναρρόφηση της λάσπης.

**Εικόνα 1.10.** Μηχανικό ξέστρο λάσπης



Πηγή : Στάμος (1995)

Η λάσπη που καθιζάνει στην δεξαμενή οδηγείται με βαρύτητα στο αντλιοστάσιο λάσπης. Από εκεί το μεγαλύτερο μέρος επιστρέφει με τις αντλίες ανακυκλοφορίας στη δεξαμενή αερισμού και ένα πολύ μικρότερο μέρος της (περίσσεια λάσπη) οδηγείται προς τη γραμμή επεξεργασίας της περίσσειας λάσπης με τις αντλίες περίσσειας λάσπης.

Το βάθος του στρώματος λάσπης δεν πρέπει να υπερβαίνει συνήθως τα 0,9 -1,2 m και μπορεί να ελεγχθεί με κατάλληλο ανιχνευτή στάθμης, ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στη ρύθμιση της παροχής ανακυκλοφορίας.

### **1.10. Αντλιοστάσιο λάσπης**

Το αντλιοστάσιο λάσπης κατασκευάζεται από σκυρόδεμα. Συνιστάται να είναι χωρισμένο σε αριθμό ανεξάρτητων φρεατίων, ώστε σε κάθε δεξαμενή καθίζησης να αντιστοιχεί ένα ανεξάρτητο φρεάτιο. Στο κάθε φρεάτιο τοποθετούνται οι αντλίες ανακυκλοφορίας και περίσσειας λάσπης, στις οποίες συμπεριλαμβάνονται και οι απαραίτητες εφεδρικές.

Οι αντλίες ανακυκλοφορίας είναι συνήθως υποβρύχιες ή ξηρού τύπου, φυγοκεντρικές, ανοικτής φτερωτής με ταχύτητα περιστροφής μικρότερη από 1000 rpm για να μην διασπώνται οι κροκίδες της βιομάζας. Στις υποβρύχιες αντλίες υπάρχει συνήθως ξηρός, επισκέψιμος θάλαμος δικλείδων και στις αντλίες ξηρού τύπου φρεάτιο συλλογής στραγγιδίων με μικρή υποβρύχια αντλία.

Οι αντλίες περίσσειας λάσπης είναι συνήθως όμοιες με της αντλίες ανακυκλοφορίας χωρίς απαραίτητα την απαίτηση της μικρής ταχύτητας περιστροφής.

Όταν η πάχυνση της περίσσειας λάσπης γίνεται με μηχανικά μέσα, τότε επιβάλλεται η χρήση αντλιών θετικής εκτόπισης, ξηρού τύπου. Αυτές μπορεί να τοποθετηθούν στο κτίριο της μηχανικής πάχυνσης, ελέγχονται συνήθως με χρονοδιακόπτες.

Η παροχή των αντλιών περίσσειας λάσπης υπολογίζεται θεωρώντας ότι το σύνολο παροχής λάσπης αντλείται προς τη γραμμή επεξεργασίας



λάσπης μέσα σε ένα χρονικό διάστημα 2-8 ωρών, το οποίο εξαρτάται από τη λειτουργία της γραμμής επεξεργασίας της λάσπης.

Η λειτουργία των αντλιών είναι αυτόματη και εναλλασσόμενη, ώστε η φθορά των αντλιών να γίνεται ομοιόμορφα.

Η λειτουργία των αντλιών ανακυκλοφορίας μπορεί να ελέγχεται:

α) από το μετρητή παροχής των υγρών αποβλήτων,

β) από μετρητές παροχής και συγκέντρωσης στερεών και στη γραμμή ανακυκλοφορίας,

γ) από ανιχνευτές στάθμης της λάσπης,

δ) με χρονοδιακόπτες.

Ο έλεγχος της λειτουργίας των αντλιών της περίσσειας λάσπης γίνεται με σήματα από τους μετρητές MLSS, που τοποθετούνται στις δεξαμενές αερισμού ή με χρονοδιακόπτες (Στάμος).

## 1.11. Τριτοβάθμια ή προχωρημένη επεξεργασία

Η τριτοβάθμια (*tertiary treatment*) ή προχωρημένη επεξεργασία των υγρών αποβλήτων εφαρμόζεται για την απομάκρυνση συγκεκριμένων συστατικών, που δε μπορούν να απομακρυνθούν με τις συνήθεις διαδικασίες επεξεργασίας, όπως : α) άζωτο και φώσφορος, β) μη διασπώμενες οργανικές ουσίες, γ) απολυμαντικά, απορρυπαντικά, αποσκληρυντικά νερού, δ) βαρέα μέταλλα, ε) διαλυμένα στερεά, αλλά και για περαιτέρω μείωση του οργανικού φορτίου και των αιωρούμενων στερεών. Η ταχεία διήθηση από φίλτρα άμμου έχει εφαρμοστεί σε αρκετές περιπτώσεις, κυρίως για την επιπλέον απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών και των θρεπτικών στοιχείων που περιέχονται στα υγρά απόβλητα, καθώς και για τη μείωση της βιοχημικής απαίτησης οξυγόνου.

Οι προχωρημένες τεχνικές που εφαρμόζονται για την απομάκρυνση αυτών των συστατικών ακολουθούν κατά κανόνα την δευτεροβάθμια επεξεργασία και για το λόγο αυτό αναφέρονται και ως τριτοβάθμια επεξεργασία. Υπάρχουν κάποιες προσαρμοσμένες διαδικασίες επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων με ενεργό ιλύ (δευτεροβάθμια επεξεργασία), οι οποίες

εφαρμόζονται για την απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου και συνίστανται στη χρήση χημικών ή στην προσθήκη μιας σειράς αερόβιων και αναερόβιων βιολογικών διεργασιών. Πρέπει να τονιστεί ότι το άζωτο και ο φώσφορος απομακρύνονται για να μειωθούν οι κίνδυνοι ευτροφισμού στους υδάτινους αποδέκτες, όπου πιθανώς καταλήγουν τα υγρά απόβλητα, ενώ στην περίπτωση που αυτά χρησιμοποιούνται για αρδευτικούς σκοπούς η ύπαρξη των στοιχείων, αποτελεί κατά κανόνα πλεονέκτημα (Πανώρας).

### **1.11.1. Επεξεργασία περίσσειας λάσπης**

#### **1.11.1.1. Σκοπός**

Οι γενικοί στόχοι των διεργασιών της επεξεργασίας της περίσσειας λάσπης είναι :

- Η μείωση του όγκου της για να μειωθεί το κόστος επεξεργασίας και διάθεσής της
- Η σταθεροποίησή της, δηλαδή η μετατροπή της σε μια αδρανή (βιολογικά σταθερή μάζα), ώστε η διάθεσή της στο περιβάλλον να είναι ακίνδυνη.

Στα συστήματα πάχυνσης η παραγόμενη λάσπη εξαιτίας των μεγάλων ηλικιών λάσπης είναι σταθεροποιημένη και περιέχει ποσοστό οργανικών στερεών 50-60%. Επομένως, η περίσσεια λάσπης δεν απαιτεί πρόσθετη σταθεροποίηση, αλλά μόνο μείωση του όγκου της που γίνεται με της διεργασίες της πάχυνσης και της αφυδάτωσης.

Σκοποί της πάχυνσης της λάσπης είναι η μείωση του όγκου του νερού που περιέχει και η βελτίωση των χαρακτηριστικών της για να είναι περισσότερο αποτελεσματική η αφυδάτωσή της.

Σκοπός της αφυδάτωσης είναι η αύξηση της συγκέντρωσης των στερεών που περιέχει σε πολύ υψηλά επίπεδα (18-25%), ώστε να μεταφερθεί στο χώρο διάθεσης οικονομικότερα, ευκολότερα και χωρίς να προκαλεί ρύπανση του εδάφους, αν διατεθεί σε αυτό, εξαιτίας της αποστράγγισης (Στάμος).

### **1.11.2. Πάχυνση**

Η παραγόμενη βιολογική λάσπη στα συστήματα παρατεταμένου αερισμού, που απομακρύνεται σαν περίσσεια λάσπης, είναι αρκετά σταθεροποιημένη και συνήθως οδηγείται σε συμπύκνωση (με βαρύτητα) και μετά αφυδάτωση και διάθεση με τρόπο περιβαλλοντικά και υγειονομικά ασφαλή.

Τα συνήθη χαρακτηριστικά της λάσπης (όπως απομακρύνεται από τη δεξαμενή καθίζησης) είναι :

- Ειδικό βάρος :  $1,015 \text{ g/cm}^3$
- Περιεκτικότητα σε στερεά πριν τον παχυντή : 0,2-1,5%
- Περιεκτικότητα σε στερεά μετά τον παχυντή : 2,0-3,0%

Οι παχυντές βαρύτητες είναι συνήθως κυκλικού τύπου με περιστρεφόμενο τάραχτρο και διευκολύνουν τη συμπίεση λάσπης και τη συγκέντρωσή της σε κωνική χοάνη στο κέντρο του πυθμένα του παχυντή.

Από τους παχυντές η λάσπη οδηγείται στην αφυδάτωση με ειδικές αντλίες (θετικής εκτόπισης ή mono pumps) ή και με φυσική ροή (Διαλυνάς).

### **1.11.3. Αφυδάτωση λάσπης**

Εφαρμόζονται δυο μέθοδοι αφυδάτωσης :

#### **1.11.3.1. Κλίνες ξήρανσης**

Οι συμβατικές κλίνες ξήρανσης είναι συνήθως ορθογωνικής κάτοψης, πλάτους 5-20 m και μήκους 15-50. ο πυθμένας και τα τοιχώματα τους κατασκευάζονται από ελαφρά οπλισμένο σκυρόδεμα. Ο πυθμένας έχει κατάλληλη κλίση προς τον κεντρικό άξονα της κλίνης για της συλλογή των στραγγιδίων σε διάτρητο σωλήνα στράγγισης που βρίσκεται κατά μήκος του κεντρικού άξονα της κλίνης. Οι σωλήνες στράγγισης όλων των κλινών καταλήγουν σε σωλήνα, που μεταφέρει τα στραγγίδια στο αντλιοστάσιο

στραγγιδίων ή ανάντη της βιολογικής επεξεργασίας με βαρύτητα, όταν είναι αυτό δυνατόν.

Πάνω στον πυθμένα των κλινών τοποθετούνται κατά σειρά στρώση 2-4,5 cm χαλικιών (μεγέθους 16-32 mm), στη συνέχεια στρώση 1-2,5 cm άμμου μεγέθους μέχρι 8 mm και στην επιφάνεια στρώση λάσπης σε ύψος 2-3 cm.

Η τροφοδοσία κάθε κλίνης με λάσπη γίνεται με σύστημα βάνας. Η πλήρωση μιας κλίνης με λάσπη ολοκληρώνεται πριν αρχίσει η πλήρωση της επόμενης. Σε κανένα τμήμα της κλίνης δεν τοποθετείται νέα λάσπη, αν πριν δεν έχει αφυδατωθεί και απομακρυνθεί η λάσπη που υπήρχε στο τμήμα αυτό.

Η διαδικασία είναι η ακόλουθη :

- Διήθηση του νερού της λάσπης μέσα στις κλίνες, που διαρκεί περίπου 1-3 μέρες. Το ποσοστό του νερού που απομακρύνεται με διήθηση είναι περίπου 20-55% του συνολικού και εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της λάσπης, κυρίως της συγκέντρωσή της.
- Εξάτμιση του νερού, που εξαρτάται από τη θερμοκρασία, τη σχετική υγρασία και την ταχύτητα των ανέμων της περιοχής. Η εξάτμιση είναι μια διαδικασία σημαντικά πιο αργή από τη διήθηση.

Η απομάκρυνση της αφυδατωμένης λάσπης, γίνεται από τη μπροστινή μεριά των κλινών, που είναι κλειστή με ελαφριές, κινητές θυρίδες, οι οποίες αφαιρούνται κατά τη διάρκεια απομάκρυνσης της λάσπης από το μηχανικό φορτωτή. Για την πρόσβαση του μηχανικού φορτωτή σε όλη την έκταση της κλίνης υπάρχουν κατάλληλα επιστρωμένοι διάδρομοι (Στάμος).

### **1.11.3.2. Μηχανικοί μέθοδοι**

Μηχανικές μέθοδοι αφυδάτωσης είναι οι φυγοκεντρικές και οι ταινιοφιλτρόπρεσες (Διαλυνάς).



## **1.12. Απολύμανση**

Σκοπός της απολύμανσης είναι η καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών, ώστε να αποφεύγεται η μετάδοση ασθενειών με τα νερά του αποδέκτη, στα οποία διοχετεύονται τα απόβλητα. Είναι το μοναδικό στάδιο στην επεξεργασία των αποβλήτων με αποκλειστικό σκοπό την καταστροφή των παθογόνων μικρο-οργανισμών, αν και μερική απομάκρυνση ή καταστροφή τους γίνεται και στα άλλα στάδια επεξεργασίας.

Η περισσότερο διαδεδομένη και δοκιμασμένη μέθοδος απολύμανσης είναι η χλωρίωση με υποχλωριώδες νάτριο. Παρά τα πολλά πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η χλωρίωση, έχει το βασικό μειονέκτημα της δυσμενούς επίδρασης του χλωρίου στο υδάτινο περιβάλλον που διοχετεύονται τα χλωριωμένα απόβλητα. Η επίδραση αυτή εκδηλώνεται άμεσα στις διάφορες μορφές ζωής (π.χ. ψάρια) λόγω της τοξικότητας του χλωρίου ή έμμεσα με το σχηματισμό οργανοχλωριούχων ενώσεων, από την αντίδραση του χλωρίου με τις οργανικές ουσίες των αποβλήτων, που πιθανολογείται ότι είναι καρκινογόνες. Είναι, λοιπόν, προφανές ότι στο υδάτινο περιβάλλον δεν πρέπει να διοχετεύονται μεγάλες ποσότητες χλωρίου, που προκύπτουν από αλόγιστη χρήση του στη διαδικασία της χλωρίωσης.

Το παραπάνω μειονέκτημα της χλωρίωσης έχει οδηγήσει σε προσπάθειες αντικατάστασής της από άλλες μεθόδους απολύμανσης, που είναι δραστικές χωρίς όμως να έχουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Στις μεθόδους αυτές ανήκει η οζόνωση και η απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία (UV), η οποία συνεχώς κερδίζει έδαφος (Στάμος).

### **1.12.1. Χλωρίωση**

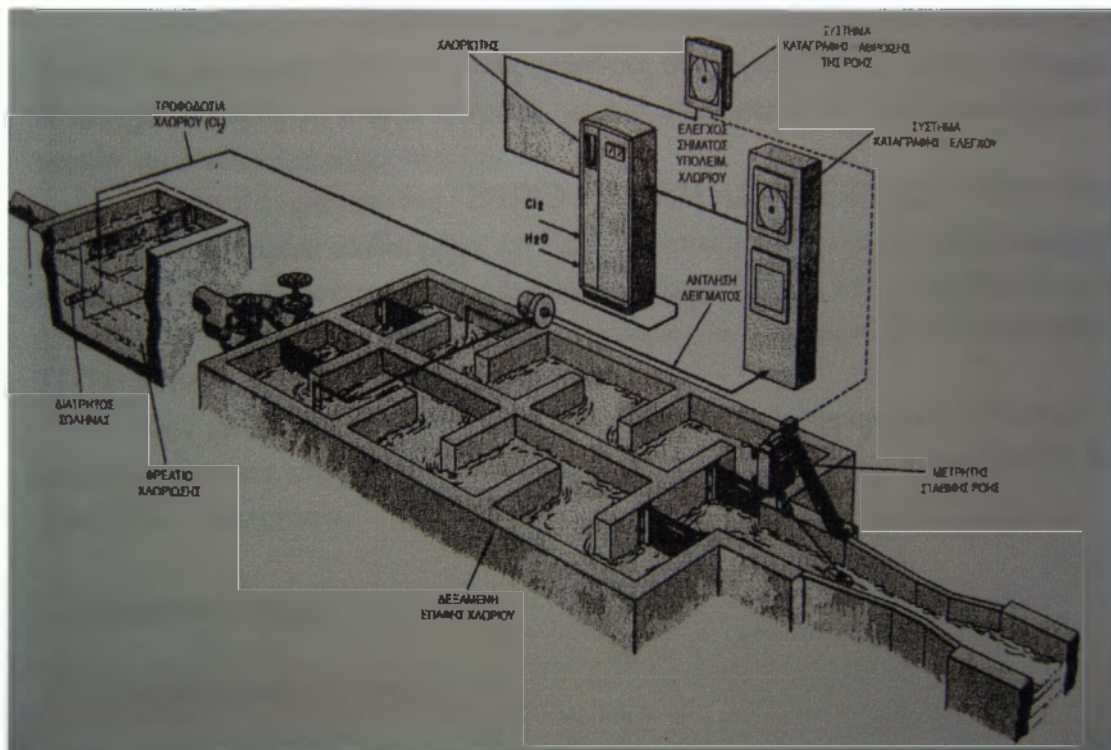
Η διαυγής εκροή μετά την τελική καθίζηση οδηγείται στη δεξαμενή χλωρίωσης (Εικ.1.11.). Στη δεξαμενή αυτή προστίθεται ενεργό χλώριο (σα διάλυμα  $\text{Cl}_2$  αερίου, υγροποιημένο σε οβίδες ή σα διάλυμα ενώσεων του χλωρίου, όπως  $\text{NaClO}$  ή  $\text{CaOCl}_2$ ). Η προετοιμασία του διαλύματος  $\text{Cl}_2$  γίνεται σε ειδική συσκευή. Το αέριο  $\text{Cl}_2$  δεν χρησιμοποιείται στις μικρές μονάδες λόγω μεγάλης επικινδυνότητας.

Η απολύμανση συνήθως επιβάλλεται όταν πρόκειται να διατεθεί η εκροή σε αρδεύσεις καλλιεργειών που έρχονται σε επαφή με τον άνθρωπο. Μετά την προσθήκη διαλύματος με ενεργό χλώριο απαιτείται καλή ανάμιξη και παραμονή τουλάχιστον 20-30 λεπτά για αποτελεσματική δράση του χλωρίου. Η δεξαμενή χλωρίωσης έχει σχήμα μαιάνδρου ή άλλο κατάλληλο, ώστε να εξασφαλίζεται η καλή ανάμιξη και η επαρκής παραμονή.

Συχνά η προσθήκη χλωρίου γίνεται και στο κανάλι συλλογής διαυγούς εκροής στην καθίζηση, γεγονός που εμποδίζει την ανάπτυξη πρασινάδας στη δεξαμενή καθίζησης.

Η χρησιμοποιούμενη δοσολογία είναι 4-8 γραμμάρια ενεργό χλώριο ανά  $m^3$  επεξεργασμένων λυμάτων με στόχο η εκροή να έχει υπολειμματικό χλώριο 0,4-0,8 ppm.

**Εικόνα 1.11. Δεξαμενή χλωρίου**



Πηγή : Διαλυνάς

Τα τελευταία χρόνια η χλωρίωση των επεξεργασμένων λυμάτων είναι υπό αμφισβήτηση λόγω των χλωρο-οργανικών ενώσεων που σχηματίζονται κατά τη χλωρίωση. Στην περίπτωση διάθεσης των επεξεργασμένων λυμάτων σε υδατικό αποδέκτη (θάλασσα, χερσαία νερά), επιβάλλεται αφαίρεση του

υπολειμματικού χλωρίου (αποχλωρίωση), που γίνεται συνήθως με SO<sub>2</sub>. εναλλακτικά σήμερα χρησιμοποιείται αντί του χλωρίου το ClO<sub>2</sub> που δεν δημιουργεί χλωροπαράγωγα οργανικών ενώσεων και είναι ασφαλέστερο. Θεωρείται όμως ακριβότερη σα λύση (Διαλυνάς).

### **1.12.2. Απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία**

Τα τελευταία χρόνια εφαρμόζεται εναλλακτικά η απολύμανση με συσκευές υπεριώδους ακτινοβολίας (UV). Η μέθοδος αυτή είναι αναπαράσταση της ηλιακής ακτινοβολίας και δεν παράγει χλωροπαράγωγα (Διαλυνάς). Η μικροβιοκτόνος δράση της οφείλεται στη καταστροφική δράση που ασκεί στο RNA και το DNA των κυττάρων με αποτέλεσμα την στείρωση των μικροοργανισμών (Snider et al., 1999). Θεωρείται πολύ καλή μέθοδος, ιδιαίτερα μάλιστα μετά την αμμοδιάλυση. Έχει μεγάλο αρχικό κόστος, έχει όμως λειτουργικό κόστος συγκρίσιμο με της χλωρίωσης. Σε φιλτραρισμένη εκροή είναι πολύ οικονομικότερη από τη χλωρίωση. Ο χρόνος παραμονής στις συσκευές UV είναι μερικά δευτερόλεπτα (Διαλυνάς).

### **1.12.3. Απολύμανση με όζο**

Το όζο έχει πολύ ισχυρότερη και ταχύτερη (300-3000 φορές) απολυμαντική και οξειδωτική δράση από ότι το χλώριο για διάφορες τιμές θερμοκρασιών και pH, ενώ παράλληλα επιτυγχάνει αποτελεσματικότερη καταστροφή των ιών. Είναι όμως ασταθές και έτσι έχει μικρής διάρκειας υπολειμματική δράση με αποτέλεσμα να μην αφήνει υπολειμματικό όζο, αλλά και να απαιτεί την παρουσία της εγκατάστασης παραγωγής του στην μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων.

Κατά την απολύμανση με όζο δε δημιουργείται πρόβλημα τοξικότητας στον αποδέκτη που διοχετεύονται τα καθαρισμένα απόβλητα, γιατί το υπολειμματικό όζο είναι ελάχιστο και διασπάται μέχρι τα επεξεργασμένα απόβλητα να καταλήξουν στον αποδέκτη. Το ίδιο ισχύει και για τις ισχυρά ασταθείς τοξικές ουσίες, που είναι πιθανόν να δημιουργηθούν κατά την

οζόνωση. Παράλληλα, εξαιτίας της ισχυρής οξειδωτικής του δράσης μειώνονται οι οσμές, η θολότητα και το χρώμα, αυξάνεται το DO του αποδέκτη και καταστρέφονται επικίνδυνες οργανικές ενώσεις που τυχόν περιέχονται στα απόβλητα, όπως π.χ. το μαλαθίο (Στάμος).

### 1.13. Αποθήκευση

Η αποθήκευση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων (*effluent storage*) παρόλο που δε θεωρείται ως στάδιο επεξεργασίας, αποτελεί ένα σημαντικό στάδιο μεταξύ της εγκατάστασης επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων και της χρήσης τους για αρδευτικούς σκοπούς (Asano and Tsohanoglous, 1987). Η αποθήκευση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων είναι σημαντική για τους εξής λόγους :

- Επιτυγχάνεται εξισορρόπηση στη διακύμανση της ροής κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ δίνεται η δυνατότητα αποθήκευσης του νερού όταν η ζήτηση είναι μειωμένη όπως κατά την περίοδο του χειμώνα.
- Ικανοποιούνται οι ανάγκες της άρδευσης κατά την περίοδο αιχμής, όταν η ζήτηση ξεπερνά τη μέση παραγόμενη παροχή αποβλήτων από τη μονάδα επεξεργασίας.
- Μειώνονται τα προβλήματα που προκύπτουν από τις δυσλειτουργίες της μονάδας επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων καθώς και από πιθανή αδυναμία να χρησιμοποιηθεί το νερό στην άρδευση (βλάβη δικτύου κλπ). Με την αποθήκευση και την ανάμιξη του νερού για μεγάλο χρονικό διάστημα, ανάλογα με τη χωρητικότητα της δεξαμενής, αποφεύγεται η παροχέτευση μη κατάλληλου ποιοτικά νερού στο δίκτυο άρδευσης.
- Επιτυγχάνεται μια επιπλέον επεξεργασία των υγρών αποβλήτων καθώς η βιοχημική απαίτηση οξυγόνου, τα αιωρούμενα στερεά, το άζωτο και οι παθογόνοι μικροοργανισμοί μειώνονται κατά το χρόνο αποθήκευσης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων (Πανώρας).



## 1.14. Στοιχεία λειτουργίας

### 1.14.1. Γενικές μέθοδοι

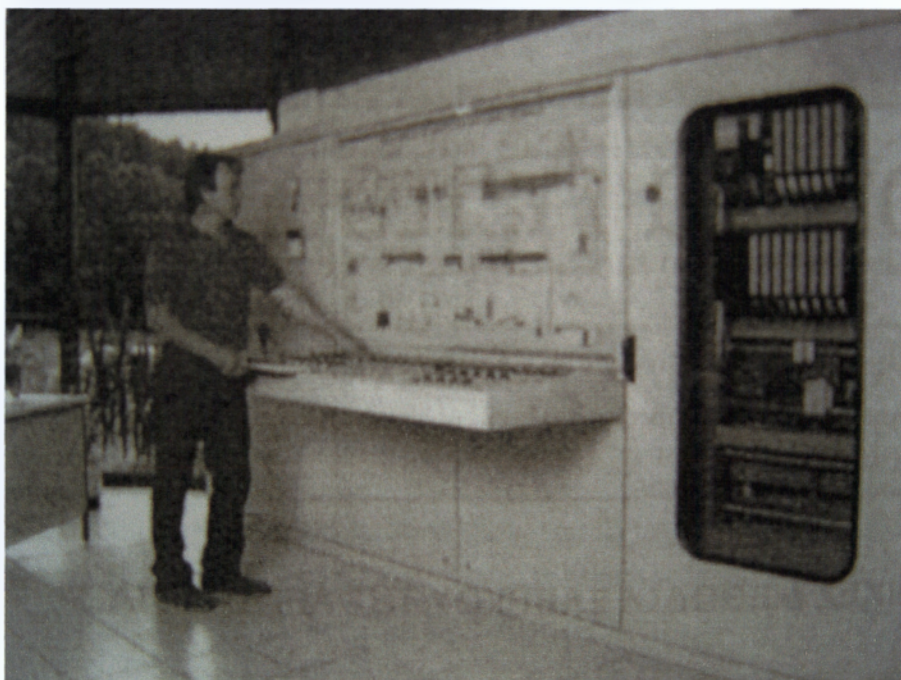
Ο έλεγχος της λειτουργίας των μονάδων μιας Εγκατάστασης Επεξεργασίας Αστικών Αποβλήτων (ΕΕΑΑ) μπορεί να είναι κεντρικός ή τοπικός - χειροκίνητος ή αυτόματος.

#### 1.14.1.1. Τοπικός – χειροκίνητος έλεγχος

Ο τοπικός - χειροκίνητος έλεγχος απαιτεί την παρουσία στις θέσεις ελέγχου των μονάδων εξειδικευμένο προσωπικό, το οποίο εκτελεί καθημερινά τους απαραίτητους χειρισμούς. Η μέθοδος αυτή θεωρείται ξεπερασμένη, απαιτεί μεγάλο σχετικά αριθμό προσωπικού, είναι δύσκολή στην εφαρμογή της σε άσχημες καιρικές συνθήκες και επιρρεπείς σε αστοχία εξαιτίας του ανθρώπινου παράγοντα.

#### 1.14.1.2. Κεντρικός έλεγχος με αυτοματισμό

Εικόνα 1.12. Κεντρικός έλεγχος



Πηγή : Στάμος (1995)

Στην περίπτωση κεντρικού ελέγχου με τηλεχειρισμό η λειτουργία των μονάδων γίνεται από τον χειριστή, που βρίσκεται στην αίθουσα ελέγχου της ΕΕΑΑ, με τη βοήθεια του Κεντρικού Πίνακα Ελέγχου (ΚΠΕ) (Εικ1.12.-1.13.). Ο ΚΠΕ είναι εφοδιασμένος με μιμικό διάγραμμα (Εικ. 1.14.) πάνω στο οποίο απεικονίζονται σχηματικά οι διάφορες μονάδες της ΕΕΑΑ με πληροφορίες για τη λειτουργική τους κατάσταση. Αντί του μιμικού διαγράμματος, η απεικόνιση των μονάδων και των λειτουργικών τους χαρακτηριστικών μπορεί να γίνεται και στην οθόνη ενός Η/Υ. Ο έλεγχος της λειτουργίας των μονάδων γίνεται άμεσα από τον χειριστή με την πληκτρολόγηση εντολών στην κονσόλα του μιμικού διαγράμματος ή στο πληκτρολόγιο, με ποντίκι ή στυλό.

### **1.14.1.3. Αυτόματος κεντρικός έλεγχος**

Κατά τον αυτόματο έλεγχο η λειτουργία γίνεται αυτόματα από προγραμματισμένους λογικούς ελεγκτές (Programmable Logical Controllers ή PLC), χωρίς την υποχρεωτική παρουσία ή επέμβαση του χειριστή. Τα PLC έχουν εισόδους και εξόδους. Στις εισόδους τους δέχονται σήματα από τις διάφορες μονάδες και δίνουν εντολές μέσω των εξόδων τους για τον τρόπο λειτουργίας των διάφορων μονάδων. Τα PLC προγραμματίζονται σε κατάλληλη γλώσσα από εξειδικευμένο προσωπικό.

Η αυτόματη λειτουργία μιας ΕΕΑΑ μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας Η/Υ στη θέση των PLC. Στην περίπτωση αυτή, που φυσικά είναι πολύ ακριβότερη, οι δυνατότητες αυτοματισμού και παρακολούθησης μιας ΕΕΑΑ είναι τεράστιες. Όταν μια ΕΕΑΑ έχει Η/Υ, αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί του PLC για τη λήψη σημάτων, αλλά και για την αυτόματη αποστολή οδηγιών.

Παράλληλα, με έναν Η/Υ μπορεί να γίνει παρακολούθηση της χρονικής εξέλιξης των διαφόρων μεγεθών, όπως π.χ. της συγκέντρωσης του ΒΟD στην εκροή, με σκοπό την πρόβλεψη πιθανής μελλοντικής αστοχίας. Ο Η/Υ παρέχει τη δυνατότητα εξέτασης της τάσης των μεγεθών με τη βοήθεια μοντέλων χρονοσειρών, αλλά και τη δυνατότητα χρησιμοποίησης έμπειρων συστημάτων για υποβοήθηση του χειριστή στην αντιμετώπιση προβλημάτων λειτουργίας της ΕΕΑΑ.

**Εικόνα 1.13.** Κεντρικός έλεγχος Η/Υ.



Πηγή : Στάμος (1995)

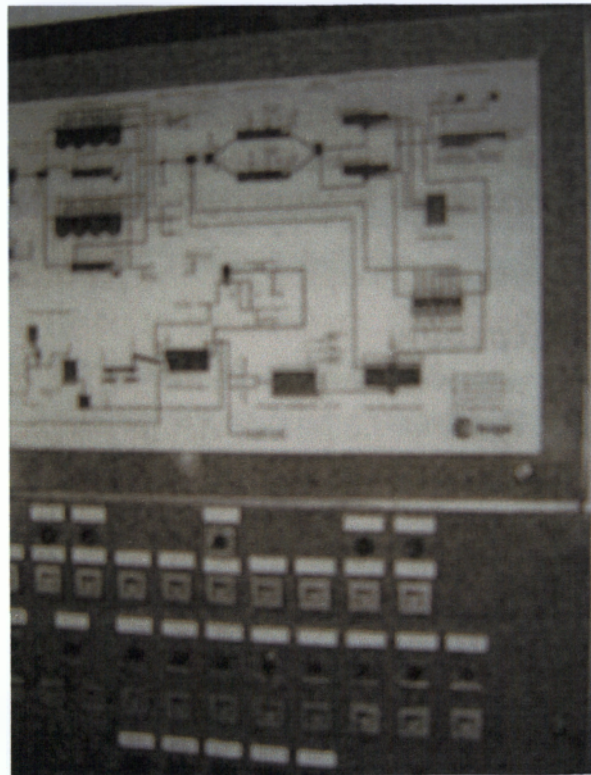
#### **1.14.1.4. Βέλτιστη μέθοδος**

Η βέλτιστη μέθοδος ελέγχου λειτουργίας εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της κάθε ΕΕΑΑ. Για ΕΕΑΑ μεσαίου μεγέθους θεωρείται γενικά ως επιθυμητή η εφαρμογή του κεντρικού συστήματος ελέγχου με τηλεχειρισμό μόνο των μονάδων των οποίων ο έλεγχος της λειτουργίας πραγματοποιείται σε τακτική βάση. Για τις μονάδες των οποίων η λειτουργία γίνεται σε αραιά χρονικά διαστήματα μπορεί να εφαρμοστεί ο τοπικός - χειροκίνητος έλεγχος.

Δεν κρίνεται προς το παρόν σκόπιμη η πλήρης αυτοματοποίηση μιας ΕΕΑΑ στην Ελλάδα, παρά μόνο για ορισμένες μονάδες. Σε αυτές τις μονάδες θα πρέπει να παρέχεται η δυνατότητα ρύθμισης των παραμέτρων και τοπικά ή και με τηλεχειρισμό. Αυτό ισχύει μέχρι να αποκτηθεί η απαραίτητη εμπειρία λειτουργίας από ΕΕΑΑ στην Ελλάδα. Για το λόγο αυτό συνιστάται να γίνεται η κατασκευή του συστήματος ελέγχου με τέτοιο τρόπο, που να επιτρέπει τη μελλοντικές επεκτάσεις και τροποποιήσεις.

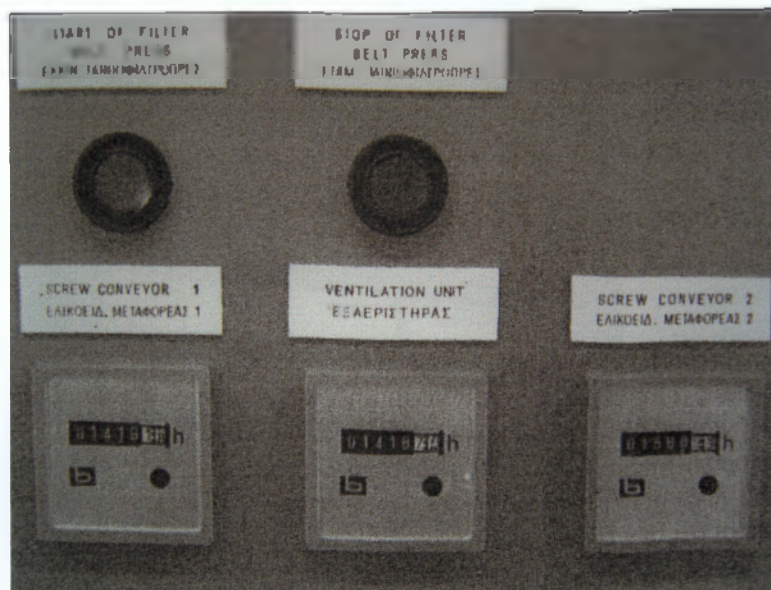


**Εικόνα 1.14.** Μιμικό διάγραμμα, πλήκτρα τηλεχειρισμού, ωρομετρητές λειτουργίας και πλήκτρα επιλογής λειτουργίας.



Πηγή : Στάμος (1995)

**Εικόνα 1.15.** Πλήκτρα τηλεχειρισμού και ωρομετρητές λειτουργίας.



Πηγή : Στάμος (1995)



## **1.14.2. Λειτουργία με κεντρικό έλεγχο**

### **1.14.2.1. Γενικές αρχές**

Η λειτουργία των μονάδων μιας ΕΕΑΑ με κεντρικό σύστημα ελέγχου με τηλεχειρισμό διέπεται συνήθως από τις ακόλουθες γενικές αρχές :

1. Στο κτίριο διοίκησης της ΕΕΑΑ υπάρχει η αίθουσα ελέγχου στην οποία βρίσκεται ο ΚΠΕ. Ο ΚΠΕ επικοινωνεί με τους ΤΠΕ που τοποθετούνται κοντά στις μονάδες που ελέγχουν.
2. Στον ΚΠΕ για όλες τις μονάδες υπάρχουν ενδεικτικές λυχνίες για την κατάσταση λειτουργίας και διατάξεις ηχητικής - οπτικής προειδοποίησης συναγερμού λόγω βλάβης. Για τις μονάδες που λειτουργούν με τηλεχειρισμό υπάρχουν και πλήκτρα επιλογής του τρόπου λειτουργίας.
3. Για όλες τις μονάδες υπάρχει η δυνατότητα τοπικού ελέγχου. Η επιλογή «χειροκίνητη λειτουργία» από τον τοπικό διακόπτη αποκλείει τη λειτουργία με τηλεχειρισμό. Σε κάθε μονάδα υπάρχει ευδιάκριτη διάταξη διακοπής λειτουργίας σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, που ταυτόχρονα μεταδίδει ηχητικό σήμα συναγερμού. Σε περίπτωση συντήρησης της μονάδας μεταδίδεται σήμα στο ΚΠΕ για τη διακοπή παροχής ηλεκτρικού ρεύματος, χωρίς όμως να γίνεται αναγγελία συναγερμού.
4. Στον ΚΠΕ μεταβιβάζονται τα σήματα λειτουργίας των μονάδων της ΕΕΑΑ. Ορισμένα από αυτά απεικονίζονται στο μιμικό διάγραμμα (Εικ.1.14) ή στην οθόνη του Η/Υ, καταγράφονται με τη βοήθεια καταγραφικών ή/και αποθηκεύονται στη μνήμη του Η/Υ για μελλοντική επεξεργασία.

### **1.14.2.2. Λειτουργία των μονάδων προκαρκτικής επεξεργασίας**

Στις εσχάρες η λειτουργία των ξέστρων ρυθμίζεται με τη διαφορά στάθμης των αποβλήτων ανάντη-κατόντη των εσχάρων, που μετρείται με

αισθητήρια στάθμης. Παράλληλα, η ρύθμιση μπορεί να γίνεται και με χρονοδιακόπτη, αλλά και με τοπικό διακόπτη. Η διάταξη μεταφοράς των εσχαρισμάτων ξεκινά να λειτουργεί μαζί με το ξέστρο και σταματά λίγο μετά τη διακοπή της λειτουργίας του, ώστε να εξασφαλίζεται ότι δεν έχουν μείνει εσχαρίσματα σε αυτή.

Στους αεριζόμενους εξαμμωτές οι φυσητήρες του αερισμού λειτουργούν συνέχεια. Η λειτουργία τους ρυθμίζεται με χρονοδιακόπτες. Η λειτουργία της διάταξης αποκρυνσης - έκπλυσης της άμμου ρυθμίζεται με χρονοδιακόπτες, των οποίων τα χρονικά διαστήματα λειτουργίας και παύσης καθορίζονται από το σήμα του μετρητή παροχής.

Στο δίαυλο μέτρησης της παροχής το σήμα από το αισθητήριο στάθμης μεταβιβάζεται στο κέντρο ελέγχου της ΕΕΑΑ και καταγράφεται στο καταγραφικό της παροχής. Με την παροχή γίνεται η ρύθμιση της λειτουργίας σημαντικών μονάδων της ΕΕΑΑ.

Στις δεξαμενές βοθρολυμάτων η λειτουργία των αντλιών ρυθμίζεται με ηλεκτρόδια στάθμης.

#### **1.14.2.3. Βιολογική επεξεργασία**

Ο έλεγχος της λειτουργίας των αεριστήρων γίνεται : α. με στάση/εκκίνηση των αεριστήρων με χρονοδιακόπτη, β. με χρησιμοποίηση αεριστήρων δυο ταχυτήτων περιστροφής, γ. Με ρύθμιση της βύθισης των αεριστήρων με τη βοήθεια κινητού υπερχειλιστή ροής. Η ρύθμιση του υπερχειλιστή εκροής γίνεται αυτόματα μετά από μέτρηση της στάθμης των αποβλήτων με διάταξη υπερήχων, όπως στον δίαυλο μέτρησης παροχής.

Στα συστήματα διάχυσης φυσαλίδων η ρύθμιση της παροχής οξυγόνου γίνεται με τη ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής των κινητήρων των φυσητήρων ή των ιμάντων που προσδίδουν την κίνηση.

Στις δεξαμενές καθίζησης η λειτουργία των ξέστρων είναι συνεχής και ρυθμίζεται από διακόπτες στάσης/εκκίνησης.

#### **1.14.2.4. Αντλιοστάσιο λάσπης**

Η λειτουργία των αντλιών ανακυκλοφορίας και περίσσειας λάσπης είναι αυτόματη και εναλλασσόμενη.

Ο έλεγχος της λειτουργίας των αντλιών ανακυκλοφορίας μπορεί να γίνεται : α. με χρονοδιακόπτες, β. με σήμα από το μετρητή παροχής, γ. μετά από μέτρηση της παροχής ή/και της συγκέντρωσης των αιωρούμενων στερεών στη γραμμή ανακυκλοφορίας και δ. μετά από μέτρηση της στάθμης της λάσπης στη δεξαμενή καθίζησης.

Ο έλεγχος της λειτουργίας των αντλιών περίσσειας λάσπης μπορεί να γίνεται : α. με χρονοδιακόπτες, β. μετά από μέτρηση της συγκέντρωσης των αιωρούμενων στερεών στη δεξαμενή αερισμού ή σε θέση ανάντη των δεξαμενών καθίζησης.

#### **1.14.2.5. Απολύμανση**

Ο έλεγχος της λειτουργίας των δοσομετρικών αντλιών χλωρίου γίνεται αυτόματα με το σήμα του μετρητή παροχής. Παράλληλα, ο έλεγχος μπορεί να γίνεται και με βάση τη συγκέντρωση του υπολλειματικού χλωρίου στην εκροή της δεξαμενής.

#### **1.14.2.6. Επεξεργασία της περίσσειας λάσπης**

Στις δεξαμενές πάχυνσης η λειτουργία των ξέστρων είναι συνεχής και ρυθμίζεται με διακόπτες στάσης/εκκίνησης.

Σε περιπτώσεις αφυδάτωσης της περίσσειας λάσπης σε κλίνες ξήρανσης, οι αντλίες παχυμένης λάσπης μπορεί να λειτουργούν με χρονοδιακόπτες. Η λειτουργία των κλινών ξήρανσης είναι συνήθως χειροκίνητη.

Σε περίπτωση χρησιμοποίησης συστήματος μηχανικής πάχυνσης – αφυδάτωσης όλες οι συνιστώσες του συστήματος πρέπει να είναι συμβατές και να λειτουργούν ταυτόχρονα για ορισμένο χρονικό διάστημα που προγραμματίζεται με τη βοήθεια Η/Υ, του PLC ή χρονοδιακοπών (Στάμος).

## **2. Καταλληλότητα για άρδευση**

### **2.1. Αξιολόγηση ποιοτικών χαρακτηριστικών**

Οι διάφορες ποιοτικές ταξινομήσεις του αρδευτικού νερού βοηθούν σημαντικά στην αξιολόγηση της καταλληλότητας των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων για άρδευση. Πρέπει όμως να τονισθεί ότι οι ταξινομήσεις αυτές περέχουν ενδεικτικές οδηγίες και η εφαρμογή τους πρέπει να προσαρμόζεται στις εκάστοτε συνθήκες που επικρατούν στο χώρο εφαρμογής των αρδεύσεων. Η καταλληλότητα του νερού για άρδευση των καλλιεργειών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις κλιματικές συνθήκες, τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους, την αντοχή της καλλιέργειας στην αλατότητα και από τις πρακτικές διαχείρισης του συστήματος έδαφος-νερό-φυτό. Έτσι, η ταξινόμηση του νερού άρδευσης θα είναι πάντα γενική και εφαρμόσιμη κάτω από μέσες συνθήκες χρήσεις.

Όσον αφορά στην εκτίμηση της καταλληλότητας των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων για άρδευση, συνιστάται η χρήση της ποιοτικής κατάταξης των Ayers and Westcot (1985), που είναι η πλέον περιεκτική και πρόσφατη. Οι Ayers and Westcot κατέταξαν το νερό άρδευσης σε τρεις ομάδες βασιζόμενοι στην αλατότητα, την αλκαλικότητα, την τοξικότητα και διάφορους άλλους παράγοντας όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.2.

#### **2.1.1. Αλατότητα**

Η αλατότητα, μετρούμενη με την ηλεκτρική αγωγιμότητα, είναι μια από τις πιο σημαντικές παραμέτρους για την εκτίμηση της καταλληλότητας ενός νερού για άρδευση. Συνδέεται άμεσα με τη συνολική συγκέντρωση των αλάτων στο νερό και με τα πιθανά προβλήματα που προκαλούν τα άλατα του νερού άρδευσης στα εδάφη και τα φυτά. Οι ζημιές που προκαλούνται στα φυτά, τόσο από το συνολικό ποσό των διαλυμένων αλάτων στο νερό όσο και από συγκεκριμένα ιόντα, συνδέονται στενά με την αυξημένη αλατότητα.



**Πίνακας 2.1.** Εργαστηριακοί προσδιορισμοί που είναι απαραίτητοι για την εκτίμηση ποιότητας των αρδευτικών νερών.

Παράμετροι	Σύμβολο	Μονάδες	Σύνηθες εύρος συγκέντρωσης στο νερό
<b>Φυσικές</b>			
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	EC <sub>w</sub>	dS/m	0-3
Ολικά διαλυμένα στερεά	TDS	mg/l	0-2000
Θερμοκρασία	T <sub>a</sub>	°C	
Σκληρότητα		mg equiv. CaCO <sub>3</sub> /l	
Ιζήματα		g/l	
Χρώμα – Θολότητα		NTU/JTU	
<b>Χημικές</b>			
Ασβέστιο	Ca <sup>++</sup>	mg/l	0-400
Μαγνήσιο	Mg <sup>++</sup>	mg/l	0-60
Νάτριο	Na <sup>++</sup>	mg/l	0-900
Ανθρακικά	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	mg/l	0-3
Όξινα ανθρακικά	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0-600
Χλωριόντα	Cl <sup>-</sup>	mg/l	0-1100
Θειικά	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	mg/l	0-1000
<b>Διάφορα</b>			
Βόριο	B	mg/l	0-2
Οξύτητα	pH		6.5-8.5
Σχέση προσρόφησης νατρίου	SAR ή adj. SAR		0-15
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)

**Πίνακας 2.2.** Κριτήρια ποιοτικής κατάταξης του αρδευτικού νερού.

Ενδεχόμενο αρδευτικό πρόβλημα	Μονάδες	Βαθμός περιορισμού		
		Κανένας	Μέτριος εώς μικρός	Μεγάλος
<b>Αλατότητα</b> EC <sub>w</sub> TDS	dS/m mg/l	<0.7 <450	0.7-0.3 450-2000	>3.0 >2000
<b>Διηθητικότητα</b> (επηρεάζει το ρυθμό διήθησης του νερού στο έδαφος και εκτιμάται από το συνδυασμό SAR και EC <sub>w</sub> ) SAR= 0-3 και EC <sub>w</sub> = 3-6 6-12 12-20 20-40		>0.7 >1.2 >1.9 >2.9 >5.0	0.7-0.2 1.2-0.3 1.9-0.5 2.9-1.3 5.0-2.9	<0.2 <0.3 <0.5 <1.3 <2.9
<b>Νάτριο</b> Επιφανειακή άρδευση (προσρόφηση δια των ριζών) Άρδευση με καταιονισμό (προσρόφηση διά των φύλλων)	(me/l) <sup>1/2</sup> me/l mg/l	<3 <3 <69	3-9 >3 >69	>9
<b>Χλώριο</b> Επιφανειακή άρδευση (προσρόφηση δια των ριζών) Άρδευση με καταιονισμό (προσρόφηση διά των φύλλων)	me/l mg/l me/l mg/l	<4 <142 <3 <106	4-10 142-355 >3 >106	>10 >355
<b>Βόριο</b>	mg/l	<0.7	0.7-3.0	>3.0
<b>Αζωτο</b>	mg/l	<5	5-30	>30
<b>Όξινα ανθρακικά</b> (μόνο για άρδευση με καταιονισμό)	me/l mg/l	<1.5 <90	1.5-8.5 90-520	>8.5 >520
<b>Υπολειματικό χλώριο</b>	mg/l	<1.0	1.0-5.0	>5.0
<b>pH</b>		Σύνθετες εύρος 6,5-8,5		

Πηγή : Ayers and Westcot (1985)

Τα άλατα συσσωρεύονται στο έδαφος με την εφαρμογή του αρδευτικού νερού και τα προβλήματα παρουσιάζονται όταν οι συγκεντρώσεις των αλάτων φθάσουν σε επίπεδα που είναι βλαπτικά για το έδαφος ή τα φυτά. Ο ρυθμός συσώρευσης των αλάτων εξαρτάται από το ρυθμό απόθεσης στο έδαφος με αρδευτικό νερό και από το ρυθμό απομάκρυνσής τους με έκπλυση. Για μακρές χρονικές περιόδους, η ποσότητα των αλάτων που εισέρχεται στο έδαφος πρέπει να είναι ίση με την ποσότητα που απομακρύνεται. Τα περισσότερα άλλα είναι διαλυτά και μετακινούνται εύκολα με το εφαρμοζόμενο νερό. Η μόνη διαδικασία που μπορεί να διατηρήσει την αλατότητα του εδάφους στα επιθυμητά επίπεδα είναι η έκπλυση που επιτυγχάνεται με τη εφαρμογή περισσότερου νερού από αυτό που μπορεί να συγκρατήσει το έδαφος και να καταναλώσουν τα φυτά. Για την εφαρμογή της έκπλυσης είναι απαραίτητη η καλή ως άριστη στράγγιση του εδάφους, έτσι ώστε να είναι δυνατή η συνεχής ροή του νερού από τη ζώνη του ριζοστρώματος προς τα κάτω.

Σε περιοχές με ανεπαρκή στράγγιση, η υψηλή υπόγεια στάθμη μπορεί να αποτελέσει ένα επιπρόσθετο παράγοντα που συμβάλει σημαντικά στην συσώρευση αλάτων στο έδαφος. Στα περισσότερα εδάφη με υψηλή υπόγεια στάθμη, το νερό ανέρχεται τριχοειδώς μέχρι το ριζόστρωμα και το εφοδιάζει συνεχώς με άλατα καθώς το νερό διαπνέεται από το φυτό ή εξατμίζεται από την επιφάνεια του εδάφους. Ο ρυθμός αλάτωσης του εδάφους εξαρτάται από τη μέθοδο άρδευσης, τη συγκέντρωση των αλάτων στο νερό, το βάθος της στάθμης, τον τύπο του εδάφους και το κλίμα. Η μακροχρόνια χρήση των αποβλήτων για άρδευση δεν είναι δυνατή χωρίς επαρκή στράγγιση. Σε πολλές περιοχές οι συνθήκες είναι τέτοιες, ώστε η άρδευση με σημαντικά περισσότερο νερό από αυτό που μπορεί να καταναλώσει η καλλιέργεια, προκαλεί άνοδο της υπόγειας στάθμης.

### **2.1.2. Διηθητικότητα**

Τα άλατα του νατρίου στο αρδευτικό νερό, εκτός από τις άμεσες δυσμενείς επιδράσεις στα φυτά, μπορεί να επιδράσουν και στην εδαφική δομή

μειώνοντας τόσο τον ρυθμό με τον οποίον το νερό διεισδύει στο έδαφος όσο και τον αερισμό του εδάφους. Εάν η διηθητικότητα μειωθεί δραστικά, μπορεί να καταστεί αδύνατη η εφαρμογή της απαραίτητης ποσότητας νερού για την καλή ανάπτυξη των φυτών. Επακόλουθο της καταστροφής της εδαφικής δομής είναι το επιφανειακό λίμνασμα του νερού, η δημιουργία κρούστας, η υπερβολική ανάπτυξη ζιζανίων και η έλλειψη επαρκούς αερισμού του εδάφους. Η άρδευση με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα εφαρμόζεται συχνά σε ήδη υποβαθμισμένα εδάφη, γεγονός που καθιστά το πρόβλημα ακόμη μεγαλύτερο.

Τα προβλήματα διηθητικότητας αφορούν συνήθως ένα μικρό βάθος του επιφανειακού εδάφους και σχετίζονται κυρίως με υψηλή περιεκτικότητα νατρίου ή πολύ χαμηλή περιεκτικότητα ασβεστίου στη ζώνη αυτή ή στο εφαρμοζόμενο νερό. Τα προβλήματα έλλειψης ασβεστίου δημιουργούνται λόγω άρδευσης είτε με νερά πολύ μικρής αλατότητας, τα οποία διαλύουν και ξεπλένουν το ασβέστιο του εδάφους, είτε με νερά πολύ υψηλής περιεκτικότητας σε νάτριο, που προκαλούν μεγάλη συσσώρευση νατρίου στο έδαφος σε σχέση με το ασβέστιο. Νερά με υψηλή αλατότητα αυξάνουν τη διηθητικότητα και μερικώς αντισταθμίζουν τα προβλήματα που προκαλεί το αυξημένο SAR.

Κατά κανόνα τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα περιέχουν πολλά άλατα και άφθονο ασβέστιο, οπότε δεν αναμένεται διαλυτοποίηση και έκπλυση του ασβεστίου του επιφανειακού εδάφους. Επειδή όμως τα νερά αυτά ενδεχομένως είναι πλούσια σε νάτριο, η πιθανή υψηλή τιμή του SAR πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη στα προγράμματα επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων. Η περίσσεια νατρίου στο νερό άρδευσης συμβάλλει στην εδαφική διασπορά και στην καταστροφή των εδαφικών συσσωματωμάτων, μόνο όταν η σχέση του νατρίου προς το ασβέστιο (ή ασβέστιο και μαγνήσιο) είναι μεγαλύτερη από 3:1. τότε έχουμε σοβαρά προβλήματα διηθητικότητας από διασπορά της αργίλου και κλείσιμω των εδαφικών πόρων, όπως ακριβώς συμβαίνει και με το νερό μικρής τιμής ηλεκτρικής αγωγιμότητας.



## **2.3. Τοξικότητα ιόντων**

Ορισμένα ιόντα που προσλαμβάνονται από τα φυτά, ακόμα και σε μικρές ποσότητες, ασκούν τοξική δράση σε αυτά με αποτέλεσμα την πρόκληση ζημιών στο φυτό και τη μείωση της παραγωγής. Τα προβλήματα τοξικότητας των ιόντων παρουσιάζονται συχνά μαζί με εκείνα της αλατότητας κάνοντάς τα πιο πολύπλοκα, παρόλο που μερικές φορές προβλήματα τοξικότητας εμφανίζονται και σε χαμηλές τιμές αλατότητας. Τα ιόντα στα οποία πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή κατά την άρδευση με υγρά απόβλητα, είναι το βόριο, το νάτριο και το χλώριο. Η συγκέντρωση των δυο τελευταίων είναι αυξημένη όταν χρησιμοποιούνται αποσκληρυντικά νερού.

Γενικά είναι δύσκολο να περιοριστεί η τοξική δράση ορισμένων ιόντων στις ευαίσθητες καλλιέργειες χωρίς αλλαγή νερού άρδευσης, αρδευτικού συστήματος, καλλιέργειας ή συνδυασμό αυτών. Τα συμπτώματα εμφανίζονται σχεδόν σε όλες τις καλλιέργειες, όταν οι συγκεντρώσεις είναι αρκετά υψηλές, ενώ το πρόβλημα γίνεται εντονότερο στα θερμότερα κλίματα.

### **2.3.1. Βόριο**

Η πιο συχνά εμφανιζόμενη τοξικότητα από τη χρήση των υγρών αστικών αποβλήτων στη γεωργία, προέρχεται από το βόριο (B). Πηγές βορίου είναι συνήθως τα οικιακά απορρυπαντικά και οι εκροές από βιομηχανίες. Γενικά, συγκεντρώσεις βορίου μεγαλύτερες από 3 ppm επηρεάζουν τις περισσότερες καλλιέργειες. Ορισμένες όμως φορές δεν παρουσιάζεται πρόβλημα στα φυτά ακόμα και σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις. Αυτό εξαρτάται από την περιεκτικότητα του εδάφους σε άργιλο, ανθρακικό ασβέστιο καθώς και από το pH του εδάφους (Μισοπολινός 1991).

Αρχικά τα συμπτώματα τοξικότητας παρουσιάζονται στα παλιά φύλλα ως κίτρινες κηλίδες ή ξήρανση των ιστών στις άκρες των φύλλων. Η ξήρανση επεκτείνεται προς το κέντρο τους και στις περιοχές που βρίσκονται μεταξύ των νεύρων, όταν η συγκέντρωση του βορίου αυξάνεται. Τα συμπτώματα

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

### **2.3.2. Χλώριο**

Τα φαινόμενα τοξικότητας του χλωρίου (Cl) παρουσιάζονται στα φύλλα υπό μορφή καψίματος ή ξήρανσης των ιστών αυτών. Αρχικά προσβάλλονται οι κορυφές των φύλλων, σύμπτωμα που είναι χαρακτηριστικό της τοξικότητας χλωρίου. Εκτεταμένες νεκρώσεις φύλλων συνοδεύονται από έντονη πτώση τους που μπορεί να φτάσει και στην αποφύλλωση των φυτών. Στα ευαίσθητα φυτά τα συμπτώματα εμφανίζονται όταν η συγκέντρωση ανέρχεται στο 0.3-1.0% της ξηράς ουσίας τους. Η πρόσληψη του χλωρίου από τα φυτά εξαρτάται όχι μόνο από την ποιότητα του νερού άρδευσης, αλλά και από τη συγκέντρωση χλωρίου στο εδαφικό διάλυμα. Επίσης, εξαρτάται από τις συνθήκες στράγγισης του χωραφιού και από την ικανότητα του φυτού να αποκλείει το χλώριο κατά την πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων από τις ρίζες του.

### **2.3.3. Νάτριο**

Γενικά η τοξική δράση του νατρίου (Na) δεν είναι εύκολο να διαγνωσθεί. Συμπτώματα τοξικότητας είναι το κάψιμο των φύλλων και ιδίως η ξήρανση και η νέκρωση των ιστών κατά μήκος των εξωτερικών άκρων των φύλλων. Συμπτώματα τοξικότητας νατρίου εμφανίζονται στα φύλλα των φυτών, όταν η συγκέντρωση ανέρχεται σε 0,25-0,5% της ξηράς ουσίας των φύλλων.

### **2.3.4. Τοξικότητα Na και Cl κατά την άρδευση με καταιονισμό**

Στην άρδευση με καταιονισμό, το νάτριο ή/και το χλώριο απορροφώνται απευθείας από τη φυλλική επιφάνεια και προκαλούν ζημιές

στα φυτά. Τέτοιες τοξικότητες συμβαίνουν σε συγκεντρώσεις νατρίου και χλωρίου μικρότερες από αυτές που προκαλούν τοξικότητες κατά την επιφανειακή άρδευση. Άρδευση με καταιονισμό σε περιόδους υψηλών θερμοκρασιών, ισχυρών ανέμων και χαμηλής σχετικής υγρασίας αυξάνουν την πιθανότητα εμφάνισης τοξικότητας από χλώριο και νάτριο. Σε αυτές τις περιπτώσεις συνιστάται άρδευση κατά τη διάρκεια της νύχτας, οπότε αποφεύγονται οι πολύ υψηλές θερμοκρασίες και η χαμηλή σχετική υγρασία.

## **2.4. Ιχνοστοιχεία**

Στο νερό άρδευσης, αλλά και στα εδαφικά διαλύματα, υπάρχουν διάφορα στοιχεία που βρίσκονται είτε σε σχετικά μεγάλες συγκεντρώσεις (μακροστοιχεία), είτε σε συγκεντρώσεις μικρότερες από μερικά mg/l, σε συνήθεις τιμές μικρότερες από 100 mg/l (μικροστοιχεία). μερικά από αυτά σε μικρές συγκεντρώσεις είναι πολύ σημαντικά για την ανάπτυξη των φυτών, ενώ με την αύξηση των συγκεντρώσεων δρουν τοξικά.

Η ύπαρξη ιχνοστοιχείων στα υγρά αστικά απόβλητα σχετίζεται με την προέλευση των νερών και τις δραστηριότητες της αστικής περιοχής από την οποία προέρχονται τα απόβλητα. Η χρήση των ιχνοστοιχείων είναι ευρέως διαδεδομένη στη βιομηχανία και στη μεταποίηση καταναλωτικών αγαθών. Επίσης, η παλαίωση και η σταδιακή διάβρωση των δικτύων ύδρευσης και αποχέτευσης συνεισφέρει στην παρουσία ιχνοστοιχείων στα υγρά απόβλητα. Για τους λόγους αυτούς, έστω και μικρές ποσότητες των ιχνοστοιχείων βρίσκονται πάντοτε στα υγρά αστικά απόβλητα. Κάποια αποχετευτικά δίκτυα δέχονται και βιομηχανικές εκροές με αποτέλεσμα να παρατηρούνται αυξημένες συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων στα απόβλητα.

**Πίνακας 2.3.** Συνιστώμενες μέγιστες συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων στο αρδευτικό νερό για συνεχή χρήση.

Στοιχεία	Συνιστώμενη μέγιστη συγκέντρωση (mg/l)	Παρατηρήσεις
<b>Al</b> (αργίλιο)	5,00	Μπορεί να προκαλέσει σημαντική μείωση της παραγωγής σε όξινα εδάφη (pH<5.5), ενώ σε νατριωμένα (pH>7.0) τα ιόντα του Al καθιζάνουν και ελαχιστοποιείται η τοξικότητά του.
<b>As</b> (αρσενικό)	0,10	Η φυτοτοξικότητά του ποικίλει σε μεγάλο βαθμό και κυμαίνεται από 12 mg/l για γκαζόν ως 0,5 mg/l για το ρύζι.
<b>Be</b> (βηρύλλιο)	0,10	Η φυτοτοξικότητά του ποικίλει σε μεγάλο βαθμό και κυμαίνεται από 5 mg/l για την κράμβη ως 0,5 mg/l για τα νάνα φασόλια.
<b>Cd</b> (κάδμιο)	0,01	Είναι τοξικό στα φασόλια, πατζάρια, ζαχαρότευτλα, όταν η συγκέντρωση στο θρεπτικό διάλυμα είναι 0,1 mg/l.
<b>Co</b> (κοβάλτιο)	0,05	Είναι τοξικό στην τομάτα, όταν η συγκέντρωση στο θρεπτικό διάλυμα φθάνει τα 0,1 mg/l. Σε ουδέτερα και νατριωμένα εδάφη είναι αδρανές.
<b>Cr</b> (χρώμιο)	0,10	Θεωρείται βασικό στοιχείο για την ανάπτυξη των φυτών. Συνιστώνται συντηρητικές δόσεις.
<b>Cu</b> (χαλκός)	0,20	Είναι τοξικό σε αρκετά φυτά, όταν οι συγκεντρώσεις στο θρεπτικό διάλυμα κυμαίνονται από 0,1 mg/l έως 1,0 mg/l.
<b>F</b> (φθόριο)	1,0	Αδρανοποιείται σε ουδέτερα και νατριωμένα εδάφη.
<b>Fe</b> (σίδηρος)	5,0	Σε αεριζόμενα εδάφη δεν είναι τοξικό για τα φυτά. Μπορεί να συμβάλλει στην οξίνιση των εδαφών και να μειώσει τη διαθεσιμότητα του P και του Mo που είναι σημαντικά στοιχεία για τα φυτά.



<b>Li</b> (λίθιο)	2,5	Ανεκτό από τα περισσότερα φυτά έως 5 mg/l. Ευκίνητο στο έδαφος. Τοξικό για τα εσπεριδοειδή σε χαμηλές συγκεντρώσεις
<b>Mn</b> (μαγγάνιο)	0,20	Τοξικό σε διάφορα φυτά, αλλά συνήθως μόνο σε όξινα εδάφη.
<b>Mo</b> (μολυβδαίνιο)	0,01	Μη τοξικό για τα φυτά όταν βρίσκεται σε κανονικές συγκεντρώσεις στο έδαφος και στο νερό. Μπορεί να είναι τοξικό για τα ζώα όταν βοσκήσουν σε εδάφη με υψηλές συγκεντρώσεις διαθέσιμου Mo.
<b>Ni</b> (νικέλιο)	0,20	Τοξικό σε διάφορα φυτά σε συγκεντρώσεις από 0,5-1,0 mg/l. Μειωμένη τοξικότητα σε ουδέτερα ή αλκαλικά pH.
<b>Pb</b> (μόλυβδος)	5,00	Σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να προκαλέσει ανάσχεση της αύξησης των φυτικών κυττάρων.
<b>Se</b> (σελήνιο)	0,02	Τοξικό στα φυτά ακόμα και σε μικρές συγκεντρώσεις, όπως 0,025 mg/l. Επίσης, είναι τοξικό για τα ζώα που βόσκουν σε εδάφη με σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις. Σε πολύ μικρές είναι απαραίτητο για τα ζώα.
<b>V</b> (βανάδιο)	0,10	Τοξικό σε πολλά φυτά σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις.
<b>Zn</b> (ψευδάργυρος)	2,00	Τοξικό σε πολλά φυτά σε μεγάλο εύρος συγκεντρώσεων. Η τοξικότητά του μειώνεται όταν το pH >6 και τα εδάφη είναι καλής δομής ή οργανικά.

Πηγή : Ayers and Westcot (1985)

Νερά που προέρχονται από κοινότητες μικρού και μεσαίου μεγέθους, κατά κανόνα δεν είναι επιβαρημένα με μεγάλες ποσότητες ιχνοστοιχείων, καθώς οι περιοχές αυτές δεν είναι ιδιαίτερα βιομηχανοποιημένες. Εξάλλου, τα υγρά απόβλητα που προέρχονται από τέτοιες περιοχές είναι αυτά που κατά κύριο λόγο προσφέρονται για επαναχρησιμοποίηση, τόσο λόγω της σύστασής τους όσο και λόγω της μικρής απόστασης από την καλλιεργήσιμη γη, γεγονός

που καθιστά τη μεταφορά και τη διάθεση των επεξεργασμένων αποβλήτων οικονομικά συμφέρουσα.

Παρόλο που οι συμβατικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων δεν είναι σχεδιασμένες για την απομάκρυνση των ιχνοστοιχείων, μέρος αυτών προσροφάται στα οργανικά και ανόργανα στερεά και απομακρύνεται με τις διαδικασίες των καθιζήσεων των αιωρούμενων στερεών. Υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας, οι συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων στα ανεπεξέργαστα απόβλητα μειώνονται κατά 70-90% μετά τη δευτεροβάθμια επεξεργασία.

Μεταξύ των ιχνοστοιχείων που βρίσκονται στα απόβλητα, τα στοιχεία βόριο, κάδμιο, χαλκός, υδράργυρος, μολυβδαίνιο, νικέλιο, σελήνιο και ψευδάργυρος θεωρούνται επικίνδυνα, εάν εισαχθούν στα καλλιεργούμενα εδάφη χωρίς έλεγχο. Τα ιχνοστοιχεία αργίλιο, αρσενικό, χρώμιο, σίδηρος, μαγγάνιο, μόλυβδος και αντιμόνιο, τα οποία εισάγονται στο έδαφος κατά την άρδευση με απόβλητα, δεν οδηγούν σε φυτοτοξικότητες, ούτε εκθέτουν τους καταναλωτές σε κινδύνους εφόσον εφαρμοστούν οι κοινές καλλιεργητικές πρακτικές.

## **2.5. Θρεπτικά στοιχεία**

Τα θρεπτικά στοιχεία που περιέχονται στα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα αποτελούν ένα βασικό πλεονέκτημα της άρδευσης με τέτοιο νερό, επειδή μειώνουν την ανάγκη προσθήκης θρεπτικών στοιχείων με χημικά λιπάσματα. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις η περίσσεια θρεπτικών στοιχείων στα υγρά απόβλητα μπορεί να προκαλέσει προβλήματα σε κάποιες καλλιέργειες. Η γενική αρχή είναι να γίνονται περιοδικοί έλεγχοι για την εκτίμηση των θρεπτικών στοιχείων που περιέχονται στα απόβλητα, έτσι ώστε να υπολογίζονται οι ποσότητες που δίνονται στο έδαφος και φυσικά στην καλλιέργεια μέσω των αρδεύσεων. Τα στοιχεία αυτά πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον υπολογισμό της λίπανσης που χορηγείται στο σύστημα έδαφος-φυτό με την κλασσικά λίπανση. Τα θρεπτικά στοιχεία που συνήθως υπάρχουν στα υγρά αστικά απόβλητα περιλαμβάνουν το άζωτο, το φώσφορο και περιστασιακά το κάλιο, τον ψευδάργυρο, το βόριο και το θείο.

### 2.5.1. Άζωτο

Η συνολική ποσότητα N που περιέχεται σε αστικά απόβλητα που έχουν υποστεί δευτεροβάθμια επεξεργασία, κυμαίνεται συνήθως από 20-60 mg/l, ενώ τόσο η συγκέντρωση του N όσο και οι μορφές με τις οποίες βρίσκεται στα απόβλητα (αμμωνιακό, νιτρικό, οργανικό) εξαρτώνται από το βαθμό και το είδος της επεξεργασίας που έχουν υποστεί. Σε κάθε άρδευση μαζί με το νερό εφαρμόζεται και N που λιπαίνει τα φυτά. Ο τρόπος αυτός λίπανσης είναι ευνοϊκός κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης των φυτών, αλλά δημιουργεί προβλήματα κατά το στάδιο της ωριμότητας. Περίσσεια N σε αυτό το στάδιο μπορεί να προκαλέσει προβλήματα σε κάποιες καλλιέργειες, όπως αυξημένη βλάστηση, καθυστέρηση στην ωρίμανση του καρπού και υποβάθμιση της ποιότητάς του. Σε κάποιες περιπτώσεις συνίσταται η αλλαγή του νερού άρδευσης με άλλο διαθέσιμο νερό χαμηλής περιεκτικότητας σε N ή η ανάμιξή του με άλλο αρδευτικό νερό επίσης μικρής περιεκτικότητας σε N για τη μείωση της συγκέντρωσής του. Γενικά το N που δίνεται με τα υγρά απόβλητα λαμβάνεται υπόψη ώστε να υπολογιστεί η συμπληρωματική αζωτούχος λίπανση που είναι απαραίτητη για μέγιστη παραγωγή.

### 2.5.2. Φώσφορος

Ο φώσφορος είναι επίσης απαραίτητος για όλα τα φυτά. Η συγκέντρωση του P στα αστικά απόβλητα κυμαίνεται συνήθως από 6-15 mg/l (15-35 mg/l  $P_2O_5$ ), εκτός από τις περιπτώσεις που γίνεται ειδική επεξεργασία για την απομάκρυνσή του. Η άρδευση με απόβλητα αυξάνει σταδιακά τα επίπεδα P στο έδαφος, μειώνοντας την ανάγκη για μελλοντική συμπληρωματική λίπανση με φώσφορο. Περίσσεια P δεν αποτελεί πρόβλημα για τη γεωργία. Ωστόσο, είναι χρήσιμο να παρακολουθείται η παρουσία P στα απόβλητα και το έδαφος.

### **2.5.3. Κάλιο**

Στα υγρά αστικά απόβλητα κυμαίνεται από 10-30mg/l (12-36mg/l K<sub>2</sub>O).

### **2.5.4. Ψευδάργυρος**

Σχεδόν όλα τα υγρά αστικά απόβλητα περιέχουν αρκετό ψευδάργυρο για να διορθωθούν οι ελλείψεις του εδάφους σε διάστημα απο 1-3 έτη. Η ύπαρξη του ψευδαργύρου θεωρείται ευεργετική για εδάφη με έλλειμμα Zn, αλλά οι μέγιστες τιμές συγκέντρωσης στα νερά άρδευσης που δίνονται στον Πίνακα 2.1 δεν πρέπει να υπερβαίνονται.

### **2.5.5. Θείο**

Σε μέρη όπου το ετήσιο ύψος βροχής είναι υψηλό μπορεί να υπάρξει έλλειψη θείου, που προκαλεί μειωμένη παραγωγή στις καλλιέργειες. Στα υγρά αστικά απόβλητα υπάρχει κατά κανόνα επαρκές θείο, ώστε να διορθώνονται οι ελλείψεις του εδαφικού S.

### **2.5.6. Βόριο**

Τα υγρά αστικά απόβλητα περιέχουν επαρκείς ποσότητες B, ώστε να διορθώνουν ελλείψεις του στοιχείου αυτού στο έδαφος. Μεγαλύτερη προσοχή πρέπει να δίνεται σε πιθανή περίσσεια B, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη παραγωγή (Πανώρας).

## **2.6. Μέθοδοι άρδευσης**

Οι βασικότεροι μέθοδοι άρδευσης που εφαρμόζονται είναι οι ακόλουθες:



### **2.6.1. Άρδευση με καταιονισμό**

Στη μέθοδο του καταιονισμού το νερό εκτοξεύεται υπό πίεση από κατάλληλους εκτοξευτήρες και διαβρέχει, όπως η βροχή όλη την επιφάνεια του εδάφους ή τα φύλλα της καλλιέργειας.

Πλεονεκτήμα της μεθόδου αποτελεί η δυνατότητα σχεδόν πλήρους αυτοματοποίησης, ενώ το βασικότερο μειονέκτημά της είναι η μεταφορά αερίων σταγονιδίων από τον άνεμο, που μπορεί να περιέχουν παθογόνους μικροοργανισμούς. Κατά συνέπεια, η εφαρμογή της μεθόδου απαιτεί τη συστηματικά καλή ποιότητα των επεξεργασμένων αποβλήτων, που πρέπει να έχουν υποστεί τουλάχιστον δευτεροβάθμια επεξεργασία και πρόσθετη απολύμανση.

### **2.6.2. Επιφανειακή άρδευση**

Η επιφανειακή άρδευση μπορεί να γίνει με κατάκλυση, με περιορισμένη διήθηση ή με αυλάκια. Το σύστημα της επιφανειακής άρδευσης αυτοματοποιείται πολύ δύσκολα και απαιτεί την παρουσία εργατών. Παράλληλα, πρόβλημα αποτελεί η διάθεση των σημαντικών ποσοτήτων νερού που περισσεύουν μετά την άρδευση.

### **2.6.3. Τοπική άρδευση**

Η τοπική άρδευση μπορεί να γίνει με σταγόνες (στάγδην άρδευση) από κατάλληλες οπές (σταλακτήρες) ή σταγονίδια με μικροεκτοξευτήρες. Το χαρακτηριστικό της μεθόδου είναι ότι υγραίνει μέρος μόνο της αρδευόμενης επιφάνειας, ώστε να γίνεται εύκολα η απορρόφηση του νερού από το ριζικό σύστημα των καλλιεργειών.

Η μέθοδος αυτή είναι αρκετά ακριβή, αλλά έχει τα βασικά πλεονεκτήματα του μεγάλου βαθμού προστασίας της υγείας, της δυνατότητας πλήρους αυτοματοποίησης και της πολύ υψηλής απόδοσης, εξαιτίας της περιορισμένης κατανάλωσης νερού.

Για την εφαρμογή της μεθόδου απαιτείται η πολύ καλή επεξεργασία των αποβλήτων, ώστε να μην φράζουν οι σταλλακτήρες ή οι μικροεκτοξευτήρες από την παρουσία των αιωρούμενων στερεών ή η δημιουργία στρωμάτων βακτηριδίων ή αλγών. Για το λόγο αυτό, απαιτείται, συχνά, η απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών σε σημαντικό βαθμό, που επιτυγχάνεται συνήθως με διήθηση, και αραιότερα με διοχέτευση χλωρίου στο σύστημα άρδευσης για την καταπολέμηση της δημιουργίας των βιολογικών στρωμάτων. Η μέθοδος αυτή συνίσταται αρχικά για τις ελληνικές συνθήκες, όχι μόνο για τον υψηλό βαθμό προστασίας που εξασφαλίζει, αλλά και για την οικονομία στην κατανάλωση αρδευτικού νερού χαρακτηριστικό ιδιαίτερα σημαντικό για χώρες με περιορισμένα αποθέματα νερού, όπως είναι η Ελλάδα (Στάμος).

### 3. Μικροβιολογικά κριτήρια

Υγειονομικά προβλήματα από την επαναχρησιμοποίηση ακατέργαστων ή ανεπαρκώς επεξεργασμένων λυμάτων έχουν κατά καιρούς επισημανθεί και δεν είναι περίεργο ότι η έμφαση κατά τον καθορισμό κριτηρίων επαναχρησιμοποίησης λυμάτων δίνεται στην προστασία της δημόσιας υγείας μέσω κατάλληλου ελέγχου των παθογόνων μικροοργανισμών.

Μια ορθολογική προσέγγιση του προβλήματος θέσπισης κατάλληλων μικροβιολογικών κριτηρίων είναι αυτή που βασίζεται σε συμπεράσματα επιδημιολογικών ερευνών. Τέτοιες έρευνες δείχνουν ότι ο κίνδυνος μετάδοσης ασθενειών λόγω επαναχρησιμοποίησης λυμάτων είναι μικρός και αφορά μόνο τις περιπτώσεις ανεπεξέργαστων λυμάτων ή πολύ κακής ποιότητας. Ενισχυτικής άποψης αυτής είναι και η διαπίστωση ότι ο κίνδυνος επιδημιών σε εργαζόμενους σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων είναι μηδαμινός, παρά την έκθεσή τους επί μακρόν και σε σχετικά μεγάλες συγκεντρώσεις φορέων παθογένειας. Με βάση, επομένως, τις επιδημιολογικές έρευνες είναι δυνατό να συναχθεί το συμπέρασμα ότι η επαναχρησιμοποίηση επαρκώς επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση δεν εγκυμονεί κινδύνους για τη δημόσια υγεία, δεδομένου ότι με την επεξεργασία επιτυγχάνεται σημαντική μείωση παθογόνων μικροοργανισμών.

Τα αποτελέσματα των επιδημιολογικών ερευνών έχουν αντιμετωπιστεί με μικρότερο ή μεγαλύτερο σκεπτικισμό σε όλες τις προσπάθειες που κατά καιρούς έχουν γίνει για τη διαμόρφωση ασφαλών κριτηρίων. Αυτό αιτιολογείται αν ληφθούν υπόψιν οι εγγενείς ασάφειες που υπεισέρχονται σε τέτοιου είδους έρευνες, καθώς και ο στατιστικός τους χαρακτήρας, ο οποίος δεν αποκλείει την ύπαρξη, θεωρητικών τουλάχιστον, κινδύνων μετάδοσης ασθενειών. Έτσι, σε όλες τις περιπτώσεις θέσπισης κριτηρίων, χωρίς να παραγνωρίζονται τα συμπεράσματα των επιδημιολογικών ερευνών, λαμβάνεται σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό πρόνοια για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των θεωρητικών κινδύνων.

Μεταξύ των κανονισμών και οδηγιών που έχουν προταθεί και εφαρμόζονται σε διάφορες χώρες, ενδιαφέρον παρουσιάζουν η οδηγία του

Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (Π.Ο.Υ.) και ο κανονισμός της πολιτείας της Καλιφόρνια. Η οδηγία του Π.Ο.Υ. βασίζεται κυρίως στα δεδομένα των επιδημιολογικών ερευνών σε συνδυασμό με μια εμφανή προσπάθεια ρεαλιστικής αντιμετώπισης των δυνατοτήτων επαναχρησιμοποίησης λυμάτων στις αναπτυσσόμενες χώρες, και θέτει όχι ιδιαίτερα αυστηρά κριτήρια, τα οποία όμως έχουν υποστεί και εξακολουθούν να υφίστανται έντονη κριτική στις ανεπτυγμένες χώρες. Ο κανονισμός της πολιτείας της Καλιφόρνια δίνει την έμφαση στην αντιμετώπιση των θεωρητικών κινδύνων από την επαναχρησιμοποίηση και δεν θεωρεί ότι οι επιδημιολογικές έρευνες είναι δυνατόν, προς το παρόν τουλάχιστον, να οδηγήσουν σε ασφαλή συμπεράσματα. Τα κριτήρια που τίθενται με το σκεπτικό αυτό είναι αυστηρά και η τήρησή τους πολύ συχνά προϋποθέτει την εφαρμογή δαπανηρής τριτοβάθμιας επεξεργασίας των λυμάτων. Οι κανονισμοί των περισσότερων χωρών ακολουθούν συνήθως έναν από τους προαναφερθέντες κανονισμούς, ενδεχομένως με κάποιες διαφοροποιήσεις ή εξειδικεύσεις (Ανδρεαδάκης).

### **3.1. Παθογόνοι μικροοργανισμοί**

Ο κύριος όγκος των υγρών αστικών αποβλήτων αποτελείται από οικιακές εκροές και γι' αυτό το λόγο οι μικροοργανισμοί και τα παράσιτα που βρίσκονται στον εντερικό σωλήνα των ανθρώπων βρίσκονται και στα απόβλητα. Συνέπεια του γεγονότος αυτού είναι η πιθανή διάδοση διαφόρων μολυσματικών ασθενειών με πηγή τα αστικά απόβλητα. Ο αριθμός των παθογόνων οργανισμών στα αστικά απόβλητα έχει μειωθεί δραστικά κατά τις τελευταίες δεκαετίες, εξαιτίας της βελτίωσης των συνθηκών υγιεινής και του ελέγχου των ασθενειών με αντιβιοτικά. Ωστόσο, οι παθογόνοι οργανισμοί που ήταν υπεύθυνοι για τις επιδημίες του παρελθόντος είναι ακόμη παρόντες στα αστικά απόβλητα (Crook, 1985).

Οι κυριότεροι μικροοργανισμοί μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες : τα βακτήρια, τα παράσιτα (πρωτόζωα και ελμίνθες) και τους ιούς. Στον Πίνακα 3.1. συνοψίζονται οι κυριότεροι παθογόνοι



μικροοργανισμοί που κατά κανόνα είναι παρόντες στα υγρά αστικά απόβλητα, και οι ασθένειες που είναι πιθανό να προκαλέσουν (Πανώρας).

**Πίνακας 3.1.** οι κυριότεροι παθογόνοι μικροοργανισμοί που είναι πιθανό να βρίσκονται στα υγρά αστικά απόβλητα.

<b>Παθογόνοι μικροοργανισμοί</b>	<b>Ασθένεια</b>
<b>Βακτήρια</b>	
<i>Shigella</i> (4 spp.)	Σιγγέλωση
<i>Salmonella typhi</i>	Τύφος
<i>Salmonella</i> (~1700 spp.)	Σαλμονέλωση
<i>Vibrio cholerae</i>	Χολέρα
<i>Escherochia coli</i>	Γαστρεντερίτιδα
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Yersiniosis
<i>Leptospira</i> (spp.)	Λεπτοσπείρωση
<b>Πρωτόζωα</b>	
<i>Entamoeba histolytica</i>	Αμοιβάδωση
<i>Giardia lamblia</i>	Λαμπλίωση
<i>Balantidium coli</i>	Βαλαντιδίωση
<b>Ελμίνθες</b>	
<i>Ascaris lumbricoides</i>	Ασκαρίωση
<i>Necator americanus</i>	Necatoriasis
<i>Ancylostoma</i> (spp.)	Αγγυλοστομίωση
<i>Strongyloides stercoralis</i>	Στρογγυλοδίωση
<i>Trichuris trichiura</i>	Τριχουρίωση
<i>Taenia</i> (spp.)	Ταινίωση
<i>Enterobius vermicularis</i>	Εντεροβίωση
<i>Echinococcus granulosus</i> (spp.)	Εχينوκοκκίωση
<b>Ιοί</b>	
<i>Enteroviruses</i> (71 types)	Γαστρεντερίτιδα, Καρδιακές ανωμαλίες
<i>Polio, coxsackie</i>	Μηνιγγίτιδα
<i>Hepatitis A</i>	Λοιμώδης ηπατίτιδα Α
<i>Adenovirus</i> (31 types)	Αναπνευστικά προβλήματα
<i>Rotavirus</i>	Γαστρεντερίτιδα
<i>Parvovirus</i> (2 types)	Γαστρεντερίτιδα

Πηγή : Crook (1985)

### 3.1.1. Βακτήρια

Μια ποικιλία κολοβακτηριδίων συναντώνται στον εντερικό σωλήνα των υγιών ατόμων και αποβάλλονται με τα απεκκρίματά τους. Για το λόγο αυτό καλούνται κολοβακτηρίδια εντερικής προέλευσης. Ο αριθμός των ολικών κολοβακτηριδίων, εντερικής και μη εντερικής προέλευσης, σε μη επεξεργασμένα υγρά απόβλητα κυμαίνεται μεταξύ  $10^6$ - $10^9$  ανά λίτρο, εξαρτώμενος από τους όρους υγιεινής της κοινότητας από την οποία προέρχονται (Feacham et al., Asano et al). Τα ολικά κολοβακτηρίδια και τα κολοβακτηρίδια εντερικής προέλευσης, στα οποία περιλαμβάνεται και η *Escherichia coli*, είναι οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι δείκτες εκτίμησης της υγιεινής κατάστασης ενός υδατικού συστήματος. Το είδος *Escherichia coli* είναι ο πιο συνηθισμένος δείκτης βακτηριακής μόλυνσης των υγρών αποβλήτων από εντερικής προέλευσης κολοβακτηρίδια.

Εντερικά βακτήρια που εισέρχονται στον ανθρώπινο οργανισμό μέσω της στοματικής οδού μπορούν να προκαλέσουν ασθένειες. Βακτήρια απεκκρίνουν τόσο τα άτομα που νοσούν από κάποια ασθένεια, όσο και οι φορείς των παθογόνων μικροοργανισμών. Εμφανείς ασθένειες που σχετίζονται με μόλυνση από βακτήρια είναι η διάρροια, η δυσεντερία και άλλοι εντερικοί πυρετοί. Μερικά από τα πιο κοινά βακτήρια είναι, εκτός της *E. coli*, τα *Salmonella*, *Vibrio cholerae*, *Shiggela* και άλλα. Τα βακτήρια του γένους *Salmonella* περιλαμβάνουν μεγάλο αριθμό ειδών που μπορούν να προκαλέσουν ασθένειες σε ανθρώπους και ζώα. Η πιο σοβαρή είναι ο τυφοειδής πυρετός που προκαλείται από το βακτήριο *Salmonella typhi*.

## 3.2. Παράσιτα

### 3.2.1. Πρωτόζωα

Το πιο επικίνδυνο παράσιτο θεωρείται ότι είναι το *Entamoeba histolytica* που ανήκει στην κατηγορία των πρωτόζωων και το οποίο είναι

υπεύθυνο για την αμοεβική δυσεντερία και την αμοεβική ηπατίτιδα. Ένα άλλο πρωτόζωο, το μαστιγοφόρο *Giardia lamblia*, είναι αιτία γαστρεντερικών διαταραχών και άλλων ενοχλήσεων. Όπως και στην περίπτωση του είδους *E. histolytica*, ο μολυσματικός παράγοντας είναι η κυστική του μορφή και παρουσιάζει αντίσταση στην απολύμανση που γίνεται με χλώριο (National Academy of Sciences, 1977). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το *Cryptosporium* spp., το οποίο αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους κινδύνους υδατογενούς μόλυνσης τόσο του ανθρώπου όσο και των ζώων.

### 3.2.2. Ελμίνθες

Πρόκειται για μια ομάδα σκώληκων που μολύνουν τον ανθρώπινο εντερικό σωλήνα και περιλαμβάνουν το στομαχικό σκώληκα *Ascaris lumbricoides*, το νηματώδη σκώληκα *Taenia saginata*, το μαστιγοφόρο *Trichuris trichiura* (Εικ. 3.1.), τα αγκυλόστωμα *Ancylostoma duodenale* και *Necator americanus* και το στρογγυλοειδές *Strongyloides stercoralis*. Πολλοί από τους ελμίνθες έχουν σύνθετους βιολογικούς κύκλους, στους οποίους συμπεριλαμβάνεται απαραίτητα ένα στάδιο σε κάποιο ενδιάμεσο ξενιστή. Η μολυσματική μορφή κάποιων νηματωδών σκώληκων είναι ο ενήλικας οργανισμός, ενώ σε άλλες ελμίνθες τα αυγά τους.

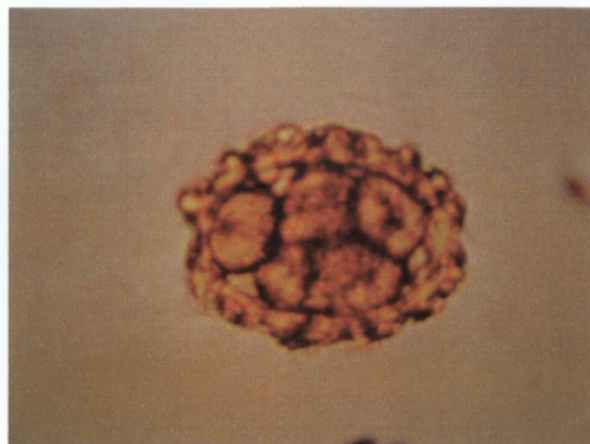
Τα αυγά και μερικές φορές ο σκώληκας μεταφέρονται σε άλλους οργανισμούς με τα απεκκρίματα των προσβεβλημένων ατόμων. Υπάρχει ένας επαρκής αριθμός μελετών και ερευνών σχετικά με την επιβίωση των ελμίνθων στα υγρά αστικά απόβλητα και το περιβάλλον. Οι χρόνοι επιβίωσής τους εξαρτώνται από τη θερμοκρασία, την υγρασία, την ύπαρξη επαρκούς οργανικής ύλης κ.ά. Η αναγνώριση της σημαντικότητας των ελμίνθων για τη δημόσια υγεία είναι πρόσφατη και το όριο για τη συγκέντρωση των αυγών ελμίνθων στα υγρά απόβλητα είναι μικρότερο από ένα αυγό ανά λίτρο (I.R.C.D.W., 1985). Τα αυστηρά αυτά όρια τέθηκαν τόσο εξαιτίας των κινδύνων που συνεπάγεται η ύπαρξή τους για τη δημόσια υγεία, όσο και εξαιτίας της αντοχής τους στις διάφορες μεθόδους επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων.

Τα αυγά του είδους *Ascaris* (Εικ. 3.2.) θεωρούνται από τα πιο ανθεκτικά από όλους τους ελμίνθες, καθώς μπορεί να επιβιώσουν για αρκετούς μήνες υπό κατάλληλες συνθήκες. Οι μεγάλοι χρόνοι επιβίωσης και η ικανότητα ορισμένων σκωλήκων να διαπερνούν το δέρμα του ανθρώπου, κάνουν δύσκολο τον έλεγχο των μολύνσεων, εκτός από την περίπτωση κατά την οποία εφαρμόζονται κατάλληλες μέθοδοι επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων για την απομάκρυνσή τους. Τέτοιες μέθοδοι μπορεί να είναι διαδικασίες ιζηματοποίησης μαζί με παρατεταμένους χρόνους παραμονής σε δεξαμενές σταθεροποίησης για τη διασφάλιση της απαιτούμενης απομάκρυνσης των αυγών των ελμινθών. Τα αυγά και οι σκώληκες των ελμινθών είναι γενικά ανθεκτικοί στο περιβάλλον και σε αντίθεση με τα βακτήρια, τα οποία μπορεί να απομακρυνθούν με ελεγχόμενη και επαρκή χλωρίωση, οι ελμίνθες αναμένεται να επιζήσουν στις συνήθεις διαδικασίες απολύμανσης.

**Εικόνα 3.1.** Αυγό *Trichuris trichiura*.



**Εικόνα 3.2.** Αυγό *Ascaris* από κλίνες ξήρανσης.





### **3.3. Ιοί**

Οι ιοί είναι ενδοκυτταρικά παράσιτα, που μπορούν να πολλαπλασιαστούν μόνο στο κύτταρο ενός ξενιστή. Είναι πολύ ανθεκτικοί, τόσο στα απόβλητα όσο και στα εδάφη. Οι εντερικοί ιοί είναι αυτοί που πολλαπλασιάζονται στον ανθρώπινο εντερικό σωλήνα και ελευθερώνονται με τα απεκκρίματα των προσβεβλημένων ατόμων. Όλοι οι ιοί είναι δυνητικά παθογόνοι, παρόλο που δεν είναι όλοι παθογόνοι για τον άνθρωπο.

### **3.4. Μετάδοση μολύνσεων-ασθενειών**

Οι βασικές οδοί μεταφοράς των ασθενειών στον υγιή άνθρωπο είναι το μολυσμένο πόσιμο νερό, το έδαφος, τα μολυσμένα καλλιεργούμενα φυτικά προϊόντα και η απευθείας μετάδοση από μολυσμένο σε υγιή άνθρωπο.

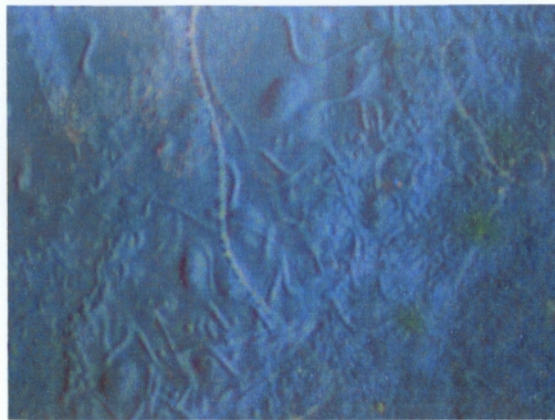
Πολλοί παράγοντες καθορίζουν σε ποιο βαθμό ο δυνητικός κίνδυνος από την ύπαρξη ενός παθογόνου μικροοργανισμού στα απόβλητα μπορεί να γίνει πραγματικός κίνδυνος μετάδοσης μιας ασθένειας. Για να υπάρξει τέτοιος κίνδυνος κατά τη χρησιμοποίηση των αποβλήτων στη γεωργία πρέπει να συντρέχουν και οι τέσσερις παρακάτω συνθήκες :

1. Η μολυσματική δόση ενός απεκκρινόμενου παθογόνου μικροοργανισμού να φτάσει στο πεδίο ή ο παθογόνος μικροοργανισμός να πολλαπλασιαστεί στο πεδίο ή τη δεξαμενή ώστε να δημιουργηθεί μολυσματική δόση.
2. Η μολυσματική δόση του παθογόνου μικροοργανισμού να έλθει σε επαφή με ανθρώπινο ξενιστή.
3. Ο ξενιστής να μολυνθεί.
4. Η μόλυνση να προκαλέσει ασθένεια ή περαιτέρω διάδοση του παθογόνου μικροοργανισμού.

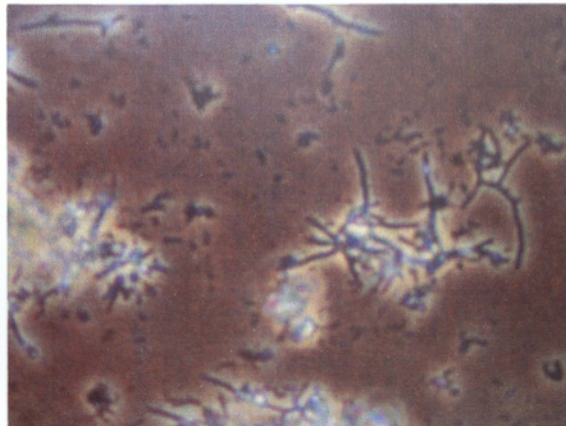
Εάν δεν ικανοποιείται και η τέταρτη συνθήκη, ο κίνδυνος είναι σε μεγάλο βαθμό δυνητικός. Η ευαισθησία των ανθρώπων που γίνονται δέκτες μολύνσεων ποικίλει σε μεγάλο βαθμό και εξαρτάται από τη γενική κατάσταση της υγείας του ατόμου και το συγκεκριμένο παθογόνο μικροοργανισμό.

### 3.5 Μικροοργανισμοί από την επεξεργασία λυμάτων

#### α. Βακτήρια



*Διάφορα βακτήρια και μαστιγοφόρα από τοίχωμα δεξαμενής καθίζησης.*

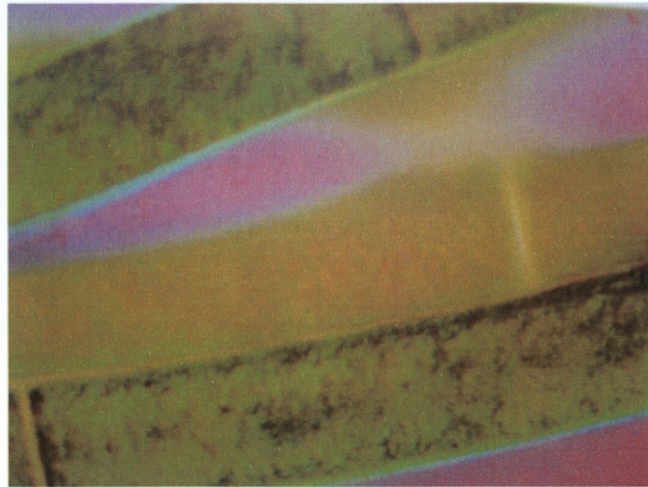


*Διακλαδιζόμενα βακτήρια (Nocardia) από δεξαμενή τελικής καθίζησης.*

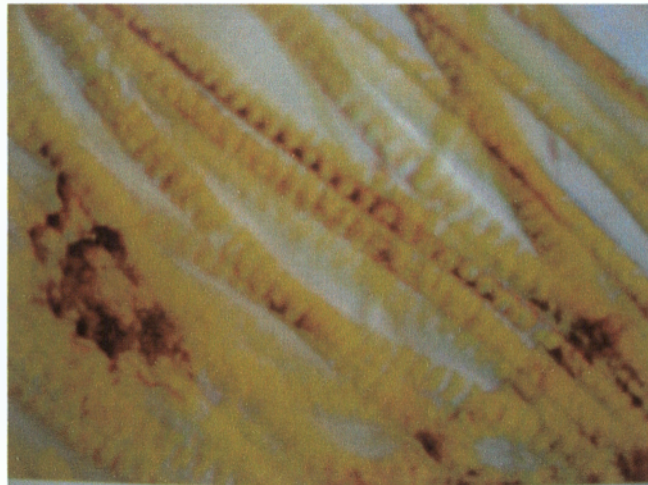


*Arcella, 60μm (αμοιβαδοειδής) από δεξαμενή αερισμού.*

## β. Non fragellated algae



*Νηματοειδείς άλγες (Filamentous algae) πιθανόν Rizoconium πλάτους  
50-60μm από δεξαμενή καθίζησης.*



*Filamentous concentric diatoms. Νηματοειδή από δεξαμενή καθίζησης.*



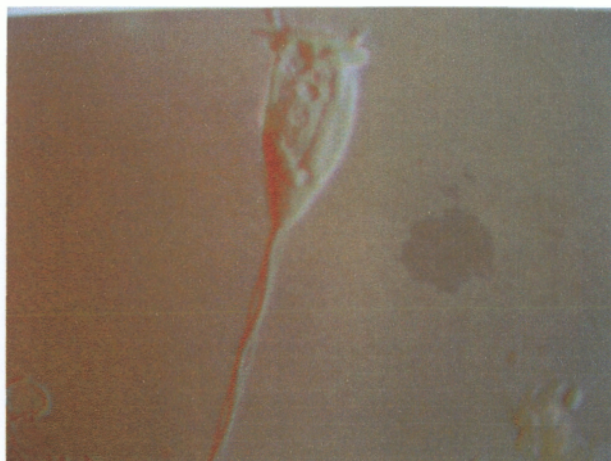
## γ. Ciliates



*Epistylis* (διακλαδιζόμενα βλεφαριδωτά) από δεξαμενή καθίζησης.



Βλεφαριδωτό από δεξαμενή τελικής καθίζησης. Μέσα στο σώμα του διακρίνονται  
διάτομα που έχει καταβροχθίσει.



Βλεβαριδωτό *Vorticella*, 170  $\mu\text{m}$  μήκους, από δεξαμενή αερισμού.



## 4. Διεθνής νομοθεσία

### 4.1. Οδηγία Π.Ο.Υ.

Το 1989 ο Π.Ο.Υ. εξέδωσε την Τεχνική Αναφορά Νο 778 (W.H.O. 1989), με την υποστήριξη της Παγκόσμιας Τράπεζας και άλλων διεθνών οργανισμών. Διερευνήθηκαν οι ακόλουθες τέσσερις κατηγορίες μέτρων για τη μείωση ή εξάλειψη των κινδύνων μετάδοσης των ασθενειών κατά τη χρησιμοποίηση λυμάτων για άρδευση :

- Επεξεργασία των λυμάτων
- Περιορισμός των τύπων των αρδευόμενων καλλιεργειών
- Έλεγχος της ανθρώπινης έκθεσης στους παθογόνους μικροοργανισμούς των λυμάτων, του εδάφους ή των καλλιεργειών.

Η αποτελεσματικότητα των μέτρων αυτών στη μείωση της μετάδοσης των παθογόνων ερευνήθηκε από τους Blumental et al. Τα συμπεράσματα της έρευνας μπορούν να συνοψισθούν ως εξής :

- Η άρδευση με ακατέργαστα λύματα και χωρίς λήψη προληπτικών μέτρων εγκυμονεί υψηλό κίνδυνο μετάδοσης ασθενειών
- Η εφαρμογή μερικής επεξεργασίας των λυμάτων ή η λήψη μέτρων για την αποφυγή ανθρώπινης επαφής με τους παθογόνους μικροοργανισμούς μειώνει τον κίνδυνο ο οποίος, αν και χαμηλός, εξακολουθεί να υφίσταται.
- Αποτελεσματικό μέτρο, τουλάχιστον για τους καταναλωτές, αποτελεί η εφαρμογή της άρδευσης σε περιορισμένους τύπους καλλιεργειών και κυρίως σε αυτές που δεν παράγουν προϊόντα που τρώγονται ωμά.
- Αποτελεσματικό μέτρο είναι η επιλογή κατάλληλης μεθόδου εφαρμογής των λυμάτων και συγκεκριμένα η εφαρμογή τους στο υπέδαφος.
- Η πλήρης επεξεργασία των λυμάτων αποτελεί το αποτελεσματικότερο εργαλείο για την πρόληψη μετάδοσης ασθενειών, χωρίς στην περίπτωση αυτή να είναι αναγκαίος ο περιορισμός των καλλιεργειών (W.H.O.1989).

**Πίνακας 4.1.** Μικροβιολογικά κριτήρια επαναχρησιμοποίησης των υγρών αστικών αποβλήτων που συνιστώνται από τον Π.Ο.Υ.

Κατηγορία	Συνθήκες επαναχρησιμοποίησης	Εκτιθέμενη ομάδα	Εντερικοί νηματώδεις σκώληκες <sup>1</sup>	Κολοβακτηρίδια εντερικής προέλευσης	Επεξεργασία των αστικών αποβλήτων, που αναμένεται να δώσει την επιθυμητή μικροβιολογική ποιότητα
A	Άρδευση καλλιεργειών που καταναλώνονται νωπές, γηπέδων και πάρκων αναψυχής	Αγρότες, καταναλωτές, κοινό	≤1	≤1000	Σειρά δεξαμενών σταθεροποίησης σχεδιασμένων για να πετυχαίνουν την επιθυμητή μικροβιολογική ποιότητα
B	Άρδευση δημητριακών, βιομηχανικών φυτών, βοσκών και δένδρων	Αγρότες	≤1	Δεν συνίσταται κάποιο όριο	Παραμονή σε δεξαμενές σταθεροποίησης για 8-10 ημέρες
Γ	Τοπική άρδευση καλλιεργειών της κατηγορίας Β, όταν δεν συμβαίνει έκθεση των αγροτών και κοινού	Καμία	Δεν τίθεται όριο	Δεν τίθεται όριο	Προεπεξεργασία όπως απαιτείται από το σύστημα άρδευσης, αλλά όχι λιγότερο από πρωτοβάθμια καθίζηση

Πηγή : W.H.O. (1989)

1. Είδη *Ascaris* και *Trichuris* και νηματώδεις σκώληκες

Όσον αφορά στα κολοβακτηρίδια εντερικής προέλευσης, για χωρίς περιορισμούς άρδευση καλλιεργειών θεωρείται ότι η συγκέντρωση των 1000/1000 ml είναι πρακτικά εφικτή. Επίσης, εδώδιμα προϊόντα, όπως τομάτες που προορίζονται για κονσερβοποίηση, φιστίκια που πρόκειται να ψηθούν πριν καταναλωθούν ή γήπεδα που δεν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για αρκετές βδομάδες μετά την άρδυσή τους με απόβλητα, μπορεί να θεωρηθεί ότι ανήκουν στην κατηγορία Β του Πίνακα 4.1. Στις περιπτώσεις όπου η μόνη εκτιμημένη ομάδα είναι οι αγρότες δεν τίθεται όριο βακτηριακού φορτίου, καθώς δεν υπάρχουν αποδείξεις για τον κίνδυνο που διατρέχουν από τα βακτήρια.

Η φυσική θανάτωση των παθογόνων μικροοργανισμών εξαιτίας της δράσης της υπεριώδους ακτινοβολίας, της αφυδάτωσης και των φυσικών τους καταστροφών κατά την εφαρμογή των αποβλήτων στα φυτά και το έδαφος μπορεί να επιφέρει μείωση του φορτίου των παθογόνων μικροοργανισμών κατά 90-99% μερικές μέρες πριν την εφαρμογή των αποβλήτων στον αγρό.

Η επιθυμητή συγκέντρωση βακτηρίων εντερικής προέλευσης του Πίνακα 4.1 βρίσκεται μέσα στα όρια που αποδέχονται πολλές χώρες για τα νερά των ποταμών που χρησιμοποιούνται για χωρίς περιορισμούς άρδευση, δίχως να παρατηρηθούν συνέπειες (Πανώρας).

## **4.2. Κανονισμός της Καλιφόρνια**

Δεκαοχτώ πολιτείες των Η.Π.Α έχουν θεσπίσει κανονισμούς για την ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων.

Για την Καλιφόρνια, πλέον των κριτηρίων επαναχρησιμοποίησης των υγρών αστικών αποβλήτων για άρδευση (Πίνακας 4.2), συνιστώνται και πρόσθετα μέτρα ασφάλειας για να αποφευχθεί η πιθανότητα ανάμιξης των αποβλήτων με πόσιμα νερά. Τα μέτρα αυτά είναι :

- Εγκατάσταση ξεχωριστών αποθηκευτικών και διανεμητικών συστημάτων από εκείνα της υδροδότησης των κατοικημένων περιοχών
- Χρησιμοποίηση έγχρωμων ταινιών για το σαφή διαχωρισμό των σωλήνων υδροδότησης από σωλήνες άλλων χρήσεων

- Χρήση μηχανισμών ασφαλείας σε διασταυρώσεις και πιθανές θέσεις αντίστροφης ροής
- Χρησιμοποίηση βαφών σε ίχνη, για τον προσδιορισμό πιθανής σύνδεσης και μόλυνσης δικτύου υδροδότησης κατοικημένων περιοχών
- Εφαρμογή αρδεύσεων κατά τις ώρες ανάπαυσης, με σκοπό την ελαχιστοποίηση πιθανής ανθρώπινης επαφής με τις εκροές των αποβλήτων.

**Πίνακας 4.2.** Μικροβιολογικά κριτήρια επαναχρησιμοποίησης των υγρών αστικών αποβλήτων για άρδευση στην πολιτεία της Καλιφόρνια των Η.Π.Α.

Συνθήκες επαναχρησιμοποίησης	Απαιτούμενη επεξεργασία υγρών αποβλήτων		
	Πρωτοβάθμια	Δευτεροβάθμια	Τριτοβάθμια
Άρδευση κτηνοτροφικών φυτών	x		
Άρδευση φυτών για παραγωγή ινών	x		
Άρδευση φυτών για παραγωγή σπόρων	x		
Άρδευση φυτών που τα προϊόντα τους καταναλώνονται νωπά και αρδεύονται με ροή		x	
Άρδευση φυτών που τα προϊόντα τους καταναλώνονται νωπά και αρδεύονται με καταιονισμό			x
Άρδευση φυτών που τα προϊόντα τους δέχονται βιομηχανική επεξεργασία και αρδεύονται με ροή	x		
Άρδευση φυτών που τα προϊόντα τους δέχονται βιομηχανική επεξεργασία και αρδεύονται με καταιονισμό		x	
Άρδευση γηπέδων γκολφ και ζωνών πρασίνου σε δρόμους, κοιμητήρια, ιπποδρόμια		x	
Άρδευση πάρκων και παιδικών χαρών			x

Πηγή: State of California (1978)



### **4.3. Ελληνική Νομοθεσία**

Στη χώρα μας ο αριθμός των μονάδων επεξεργασίας υγρών αστικών αποβλήτων αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς και πολύ σύντομα κάθε οικισμός θα διαθέτει δική του μονάδα. Οι εκροές αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αρδευτικούς σκοπούς, με την προϋπόθεση ότι η χρήση τους δε θα προκαλεί προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία. Για το σκοπό αυτό, η δημιουργία κριτηρίων ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης των υγρών αστικών αποβλήτων στα οποία συμπεριλαμβάνονται μικροβιολογικά κριτήρια θεωρείται απαραίτητη (Πανώρας).

Σύμφωνα με τις Οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης που έχουν θεσπιστεί από το Συμβούλιο των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων και την Ελληνική Νομοθεσία που αφορούν στην χρήση επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων για άρδευση, ισχύουν τα εξής :

#### **4.3.1 Ορισμοί**

- Αστικά λύματα : τα οικιακά λύματα ή το μίγμα οικιακών με βιομηχανικά υγρά απόβλητα ή και όμβρια ύδατα.
- Οικιακά λύματα : τα λύματα από περιοχές κατοικίας και υπηρεσιών που προέρχονται κυρίως από τις λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού και τις εμπορικές δραστηριότητες.
- Πρωτοβάθμια επεξεργασία : η επεξεργασία των αστικών λυμάτων με φυσική ή/και χημική μέθοδο, που, κατά κανόνα, περιλαμβάνει την καθίζηση των αιωρούμενων στερεών, ή με άλλες μεθόδους με τις οποίες το BOD<sub>5</sub> των εισερχόμενων λυμάτων μειώνεται τουλάχιστον κατά 20% πριν από την έξοδο και το συνολικό φορτίο των αιωρούμενων στερεών στα εισερχόμενα λύματα μειώνεται τουλάχιστον κατά 50%.
- Δευτεροβάθμια επεξεργασία : η επεξεργασία των λυμάτων με μέθοδο που, κατά κανόνα, περιλαμβάνει βιολογική επεξεργασία με δευτεροβάθμια καθίζηση, ή με άλλες μεθόδους.

- Κατάλληλη επεξεργασία : η επεξεργασία των αστικών λυμάτων με μέθοδο ή σύστημα διάθεσης που επιτρέπει στον υδάτινο αποδέκτη να ανταποκρίνεται στους σχετικούς ποιοτικούς στόχους με βάση την καθορισμένη χρήση.
- Υπεύθυνος φορέας του σταθμού επεξεργασίας λυμάτων : ο οικείος Δήμος ή Κοινότητα στην περιφέρεια του/της οποίο/οποίας βρίσκεται ο σταθμός επεξεργασίας λυμάτων.

#### **4.3.2. Δημιουργία δικτύων αποχέτευσης**

Δίκτυα αποχέτευσης αστικών λυμάτων θα πρέπει να διαθέτουν οικισμοί με πληθυσμό μεταξύ 2000-15000 κατοίκων.

#### **4.3.3. Προϋποθέσεις διάθεσης των αστικών λυμάτων από σταθμούς επεξεργασίας**

- Τα αστικά λύματα που διοχετεύονται σε αποχετευτικά δίκτυα πριν από τη διάθεσή τους σε υδάτινο αποδέκτη υποβάλλονται σε δευτεροβάθμια επεξεργασία.
- Τα αστικά λύματα των οποίων η διάθεση γίνεται σε νερά ορεινών περιοχών, όπου λόγω χαμηλών θερμοκρασιών είναι δυσχερής η βιολογική τους επεξεργασία, είναι δυνατό να υποβάλλονται σε λιγότερο αυστηρή επεξεργασία από την προβλεπόμενη, με την προϋπόθεση ότι αποδुकνείται από σχετικές μελέτες ότι η διάθεση αυτή δεν θα έχει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

#### **4.3.4. Μέτρα και όροι για τη διάθεση λυμάτων και ιλύος από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων**

Τα επεξεργασμένα λύματα και η ιλύς που παράγεται κατά την επεξεργασία των λυμάτων υποβάλλονται όταν κρίνεται σκόπιμο κατά

προτεραιότητα σε επαναχρησιμοποίηση. Ο τρόπος διάθεσης των λυμάτων και της ιλύος αποσκοπεί στη μείωση στο ελάχιστο των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον και τη δημόσια υγεία, με τη λήψη διαφόρων μέτρων.

Για τη διάθεση λυμάτων σε υδάτινο αποδέκτη ή της επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων λυμάτων απαιτείται :

1. Να έχουν προηγουμένως καθορισθεί από τον οικείο Νομόρχη οι χρήσεις του υδάτινου αποδέκτη.
2. Να διαθέτει ο υπεύθυνος φορέας του σταθμού επεξεργασίας την προβλεπόμενη για την ίδρυση και λειτουργία έγκριση περιβαλλοντικών όρων.
3. Να έχει χορηγηθεί στον υπεύθυνο φορέα του σταθμού επεξεργασίας των λυμάτων άδεια διάθεσης ή επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων λυμάτων.

#### **4.3.5. Απαιτήσεις για τα αστικά λύματα**

##### **4.3.5.1. Αποχετευτικά δίκτυα**

Τα αποχετευτικά δίκτυα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τις απαιτήσεις της επεξεργασίας των λυμάτων. Ο σχεδιασμός, η κατασκευή και η συντήρηση των αποχετευτικών δικτύων πρέπει να διενεργούνται σύμφωνα με τις τεχνικές γνώσεις που δεν συνεπάγονται υπερβολικό κόστος, ιδίως όσον αφορά :

- Τον όγκο και τα χαρακτηριστικά των αστικών λυμάτων
- Την πρόληψη διαρροών
- Τον περιορισμό της ρύπανσης των υδάτινων αποδεκτών λόγω υπερχειλίσης από νεροποντές

##### **4.3.5.2. Απόρριψη από σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων στους υδάτινους αποδέκτες**

Ο σχεδιασμός ή η μετασκευή των σταθμών επεξεργασίας λυμάτων γίνονται έτσι, ώστε να μπορούν να λαμβάνονται αντιπροσωπευτικά δείγματα των εισερχόμενων και επεξεργασμένων λυμάτων, προτού απορριφθούν στους αποδέκτες.

Τα σημεία απόρριψης των αστικών λυμάτων επιλέγονται ώστε να μειώνονται στο ελάχιστο δυνατόν οι επιπτώσεις στα ύδατα υποδοχής.

Ελάχιστος ετήσιος αριθμός δειγμάτων καθορίζεται ανάλογα με το μέγεθος του σταθμού επεξεργασίας και συλλέγεται σε τακτά χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια του έτους.

Κριτήρια προσδιορισμού ευαίσθητων και λιγότερο ευαίσθητων περιοχών

#### **4.3.6. Ευαίσθητες περιοχές**

Μια υδάτινη μάζα χαρακτηρίζεται ως ευαίσθητη περιοχή, αν εμπίπτει σε μια από τις εξής ομάδες :

- Φυσικές λίμνες γλυκών υδάτων, εκβολές ποταμών και παράκτια και άλλοι υδάτινοι αποδέκτες όπου παρουσιάζεται ευτροφισμός, ή όπου μπορεί στο εγγύς μέλλον να παρουσιαστεί ευτροφισμός, αν δεν ληφθούν προστατευτικά μέτρα.
- Επιφανειακά γλυκά ύδατα προοριζόμενα για την άντληση πόσιμου νερού τα οποία θα μπορούσαν να περιέχουν νιτρικά σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από την επιτρεπόμενη.

#### **4.3.7. Λιγότερο ευαίσθητες περιοχές**

Μια θαλάσσια υδάτινη μάζα ή περιοχή μπορεί να χαρακτηρίζεται ως λιγότερο ευαίσθητη περιοχή αν τα απορριπτόμενα λύματα δε θίγουν το περιβάλλον λόγω της υδρολογίας ή των ειδικών υδραυλικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή αυτή (Εφημερίδα της Κυβερνήσεως).



# Βιβλιογραφία

## Ελληνική

- **Αγγελάκης, Α.Ν.** , Ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση υγρών αστικών αποβλήτων στα πλαίσια ορθολογικής διαχείρισης των υδάτινων πόρων και προστασίας του περιβάλλοντος. Στο βιβλίο : Επιστήμες και Περιβάλλον στα Τέλη του Αιώνα : Προβλήματα και Προοπτικές. Εκδόσεις Δ. Ρόκος, Εναλλακτικές Εκδόσεις.1994.
- **Ανδρεαδάκης Α.Ν.** , Εγκαταστάσεις επεξεργασίας και διάθεσης αστικών αποβλήτων. Αθήνα 1989.
- **Ανδρεαδάκης κ.ά.** , Πρόταση Κατάρτισης Ποιοτικών Ορίων και Προδιαγραφών Επαναχρησιμοποίησης Λυμάτων στην Ελλάδα, Επιστημονικό Διήμερο, Θεσσαλονίκη, 13-14 Φεβρουαρίου 2003.
- **Βαβίζος Γ.** , Βιολογικός Καθαρισμός, ΕΛΚΕΠΑ, Αθήνα 1995.
- **Διαλυνάς Γ.** , PETRA II, Λειτουργία και συντήρηση μικρών μονάδων επεξεργασίας λυμάτων, European Action Group 1994.
- **Εφημερίδα της Κυβερνήσεως**, Τεύχος Δεύτερο, Αρ. Φύλλου 641, Αθήνα 7 Αυγούστου 1991.
- **Εφημερίδα της Κυβερνήσεως**, Τεύχος Δεύτερο, Αρ. Φύλλου 192, Αθήνα 14 Μαρτίου 1997.
- **Λαζάροβα**, Οδηγίες και περιορισμοί για την εφαρμογή επαναχρησιμοποίησης νερού στην Ευρώπη, Επιστημονικό Διήμερο, Θεσσαλονίκη, 13-14 Φεβρουαρίου 2003.
- **Μιμίδης Θ.** , Σημειώσεις βιβλίου Διαχείρισης Υδάτινων Πόρων.

- **Μισσοπολινός Ν.Δ.** , Προβληματικά εδάφη. Μελέτη, Προβλήματα, Βελτίωση. Έκδοση Γιαχούδη – Γιαπούλη 1991.
- **Πανώρας Α. και Ηλίας Α.** , Άρδευση με Επεξεργασμένα Αστικά Απόβλητα. Θεσσαλονίκη 1995.
- **Στάμος Α.Ι.** , Βιολογικός Καθαρισμός Αστικών Αποβλήτων. Εκδόσεις Παπασωτηρίου. Αθήνα 1995.

### **Ξενόγλωση**

- **Asano and Tsobanoglus 1987.** Municipal wastewater treatment and effluent utilization for irrigation. Land and water development division, F.A.O., Rome.
- **Asano et al. 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.
- **Ayers R.S. and Westcot D.W., 1985.** Water quality for agriculture. F.A.O. Irrigation and Drainage Paper 29: 99-104, Rev. 1.
- **Blumental et al. 1989.** Generalized model of the effect of different control measures in reducing health risks from waste reuse. Water Science Technology, 21 : 567-577.
- **Crook J., 1985.** Health and regulatory considerations. In Irrigation with Reclaimed Municipal Wastewater – A guidance manual. 2<sup>nd</sup> Edition, Pettygrove, G.S., and Asano. Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI.
- **Feacham et al. 1983.** Sanitation and disease : Health Aspects of Excreta and Wastewater management. John Wiley and Sons, Chichester, U.K.

- **I.R.C.D.W. 1985.** Health Aspects of Wastewater and Excreta Use in Agriculture and Aquaculture : The Engelberg Report, News No 23, International Reference Center for Waste Disposal, Dubendorf, Switzerland.
  
- **National Academy of Science, Safe Drinking Water Committee. 1977.** Drinking water and health. National Academy of Science, Washington, D.C.
  
- **Snider et al. 1991.** Evaluation of ultraviolet disinfections for wastewater reuses applications in California. University of California, Davis.
  
- **State of California, 1978.** Statewide standards for the safe direct use of reclaimed wastewater for irrigation and recreational impoundments. California State Department of Public health, California Administrative Code, Title 17 Public Health, Berkley, U.S.A.
  
- **W.H.O. 1989.** Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture. W.H.O. Technical Report Series 77B, Geneva, Switzerland.