



ΕΛΚΕΠΑ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΜΟΝΑΔΑ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Στέφανος Κώνστας

ΑΘΗΝΑ 1989

ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΟΥ 28, 106 82 ΑΘΗΝΑ ΤΗΛ.: (01) 36.00.411, TELEX: 21 9416 ΤΗΛΕΓΡΑΦΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ: ΕΛΚΕΠΑ

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι "συμβατικές" εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού αστικών λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων στηρίζονται σε μηχανικά, ηλεκτροκίνητα μέσα, για όλα τα στάδια της επεξεργασίας, με συνέπεια την δημιουργία συμπλοκών μηχανοστασίων.

Στα κεφάλαια που ακολουθούν θα αναπτυχθούν συστήματα καθαρισμού λυμάτων και αποβλήτων που αξιοποιούν τα φυσικά φαινόμενα για να επιτύχουν τον στόχο τους, χρησιμοποιώντας όσο γίνεται λιγότερο μηχανικό εξοπλισμό και ηλεκτρική ενέργεια.

Τα συστήματα αυτά καθαρισμού, που θα τα ονομάζουμε "φυσικά συστήματα" χρησιμοποιούν βέβαια αντλίες και σωληνώσεις για την διακίνηση των αποβλήτων, αλλά εξαρτώνται σε πολύ μικρότερο βαθμό από εξωτερική ενέργεια για την προώθηση των επιμέρους διεργασιών.

Τα φυσικά συστήματα αποτελούν τις παλαιότερες μεθόδους διάθεσης λυμάτων. Οι πρώτες εφαρμογές ήταν συμπτωματικές, και δημιουργούργηθηκαν με την εισαγωγή των αποχετευτικών δικτύων σε αρχαίους οικισμούς. Όταν δεν υπήρχε υδάτινος αποδέκτης τα νερά λίμναζαν και είτε τα απορροφούσε η γη, είτε αναπτύσσονταν φυτείες, ή και κατέληγαν σε κάποιο ρέμα όπου καθάριζαν μετά από κάποιο διάστημα ροής μέσα από τα φυτά και με τον φυσικό αερισμό.

Η διάθεση στο έδαφος ήταν ο πιο διαδεδομένος τρόπος επεξεργασίας λυμάτων του περασμένου αιώνα, αλλά γινόταν βέβαια με τρόπο εμπειρικό. Σήμερα ακόμη τα λύματα του μεγαλύτερου μέρους του πληθυσμού της γης και, φυσικά, πάρα πολλών οικισμών της χώρας μας, καταλήγουν στους αποδέκτες ακατέργαστα και ο καθαρισμός τους γίνεται στο ποσοστό που επιτρέπουν οι φυσικές συνθήκες.

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα βέβαια της απρογραμμάτιστης εκμετάλλευσης των φυσικών φαινομένων για καθαρισμό αποβλήτων, είναι ότι η λειτουργία είναι τελείως ανεξέλεγκτη και τα αποτελέσματα από καλά έως πολύ κακά, ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες. Έτσι συχνά δημιουργούνται πολύ σοβαρές εστίες μόλυνσης, με δυσάρεστες συνέπειες για τα οικοσυστήματα και την υγεία των κατοίκων.

Σκοπός αυτής της παρουσίασης είναι να γίνει ανασκόπηση των κυριωτέρων ελεγχόμενων φυσικών συστημάτων καθαρισμού, με τους τρόπους υπολογισμού τους και με παραδείγματα σχεδιασμού.

Τα φυσικά συστήματα καθαρισμού έχουν μελετηθεί πολύ και εφαρμόζονται ευρύτατα στις Η.Π.Α. και τα τελευταία χρόνια άρχισαν να απασχολούν όλο και περισσότερες ευρωπαϊκές ερευνητές.

Η περιορισμένη διάδοσή τους οφείλεται κατά σημαντικό ποσοστό σε άγνοια των δυνατοτήτων που προσφέρουν, αλλά και σε μία δυσπιστία που καλλιεργείται - όπως είναι αναμενόμενο - και από τους κατασκευαστές των συμβατικών συστημάτων βιολογικού καθαρισμού.

Την ικανότητα καθαρισμού που έχουν τα φυσικά συστήματα μπορεί κανείς εύκολα να διαπιστώσει επισκεπτόμενος σημεία εκβολής ακατέργαστων λυμάτων οικισμών σε ρυάκια ή χειμάρρους ή άλλης μορφής εδάφη, όπου μετά από κάποιο διάστημα, το νερό, και οπτικά ακόμη, φαίνεται ότι έχει καθαριστεί σημαντικά.

2. ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

Διακρίνονται τρεις βασικές κατηγορίες συστημάτων καθαρισμού με διεργασίες της φύσης, φυσικές, χημικές, βιολογικές.

- α. Τα λιμναία.
- β. Οι υγρότοποι.
- γ. Τα εδαφικά.

2.1. Λιμναία συστήματα

Λιμναία συστήματα είναι εκείνα στα οποία τα απόβλητα διοχετεύονται σε μία λίμνη ή μία σειρά λιμνών, όπου τα στερεά καθιζάνουν, τα οργανικά συστατικά αποικοδομούνται και οι θρεπτικές ουσίες συκρατούνται κατά ένα μεγάλο ή μικρό ποσοστό. Η απαιτούμενη ενέργεια μπορεί να προέρχεται αποκλειστικά από την φύση ή κατά ένα μέρος από μηχανικά συστήματα.

Στην διαδικασία συμμετέχουν μικροοργανισμοί, άλγη, πιά, εξελιγμένα φυτά ή και ζώα.

2.2. Υγρότοποι

Λέγοντας υγρότοπους εννοούμε εκτάσεις όπου ο υδάτινος ορίζοντας βρίσκεται, τουλάχιστον κατά το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου, υψηλότερα από την επιφάνεια του εδάφους, σχηματίζοντας έλη ή βούρκους.

Η χρησιμοποίηση φυσικών τέτοιων εκτάσεων προσκρούει συχνά σε νομικούς σκοπέλους. Αυτό γίνεται επειδή εάν οι υγρότοποι χαρακτηριστούν σαν αποδέκτες, τότε το νερό που διοχετεύεται εκεί πρέπει ήδη να είναι σύμφωνο με τις προδιαγραφές διάθεσης. Έτσι φυσικοί υγρότοποι μπορούν να αξιοποιηθούν μόνο για προωθημένο (τριτοβάθμιο) καθαρισμό προεπεξεργασμένων αποβλήτων.

Αντίθετα είναι δυνατή η κατασκευή τεχνητών υγροτόπων, με προκαθορισμένες διαστάσεις και δομή, όπου να γίνεται η πλήρης επεξεργασία αστικών λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων.

2.3. Εδαφικά συστήματα

Η διάθεση των αποβλήτων στο έδαφος είναι, όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή, πανάρχαια μέθοδος.

Τον περασμένο αιώνα αποτελούσε άλλωστε την μοναδική αποδεκτή μέθοδο διάθεσης, που εκτοπίστηκε και λησμονήθηκε με την προώθηση των μηχανικών συστημάτων.

Ξαναανακαλύφθηκε πρόσφατα στις Η.Π.Α., όταν άρχισε η επιβολή αυστηρών προδιαγραφών καθαρισμού διάθεσης και διαπιστώθηκε ότι η διάθεση στο έδαφος μπορούσε να δώσει λύση σε πολλές περιπτώσεις.

Διακρίνονται 3 είδη εδαφικών συστημάτων:

- α. Εκείνα όπου το νερό διοχετεύεται κατακόρυφα στο έδαφος και καθαρίζουν διηθούμενα μέχρι να συναντήσει τον υπόγειο ορίζοντα. Στην κατηγορία αυτή ανήκει και η άρδευση.
- β. Εκείνα όπου το νερό κινείται οριζόντια επάνω στην επιφάνεια του εδάφους, σε λεπτό στρώμα, και καθαρίζεται με μηχανικές και βιολογικές διεργασίες που εξελίσσονται στον χώρο αυτόν.
- γ. Εκείνα όπου το νερό κινείται επίσης οριζόντια, αλλά στην περίπτωση αυτή κάτω από την επιφάνεια του εδάφους μέσα από τον ριζικό χώρο των φυτών.

3. ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Σε σύγκριση με τα μηχανικά συστήματα, τα φυσικά απαιτούν σημαντικά μεγαλύτερες επιφάνειες, όπως είναι αναμενόμενο και επηρεάζονται πολύ από τις κλιματολογικές συνθήκες. Είναι επόμενο π.χ. ότι μία λίμνη που η επιφάνεια της έχει παχώσει, δεν μπορεί να απορροφήσει οξυγόνο από την ατμόσφαιρα, για αερόβια αποικοδόμηση.

Ακόμη, μία μέθοδος που στηρίζεται στην ανάπτυξη φυτών, μπορεί να εφαρμοσθεί μόνο στις κλιματικές ζώνες όπου ευδοκιμούν τα φυτά αυτά.

Τα βασικά χαρακτηριστικά των διαφόρων παραλλαγών κάθε κατηγορίας φυσικών συστημάτων, είναι τα εξής:

- α. Λιμναία.
- β. Υγρότοποι.
- γ. Εδαφικά.

3.1. Λιμναία συστήματα

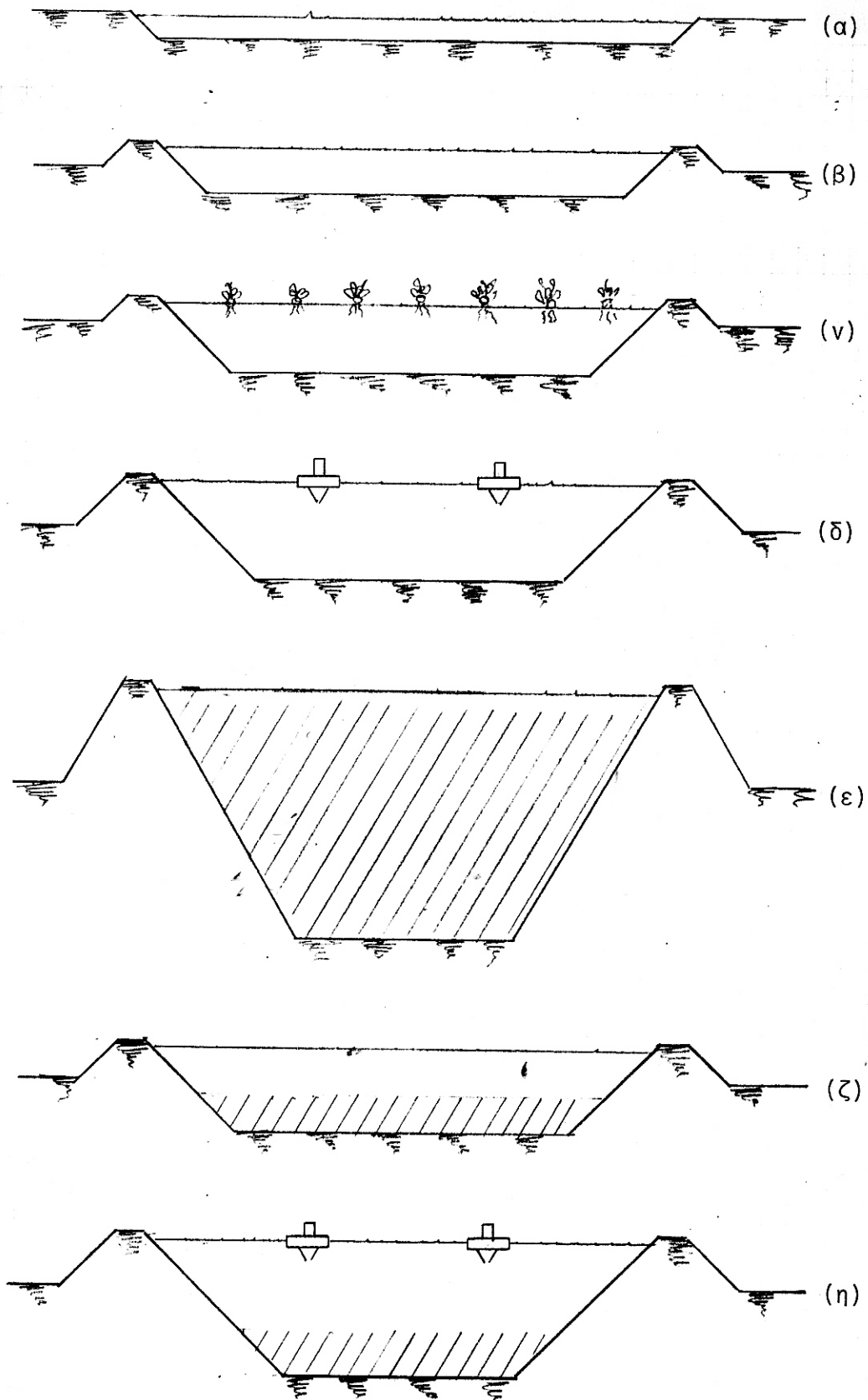
Σε όλες τις περιπτώσεις πρόκειται για τεχνητές λίμνες, στις οποίες γίνεται αποικοδόμηση και καθίζηση.

Οι βασικές κατηγορίες λιμναίων συστημάτων είναι 3.

- α. Οι αερόβιες λίμνες ή τάφροι όπου ολόκληρη η μάζα του νερού οξυγονώνεται και η αποικοδόμηση γίνεται αερόβια.
- β. Οι αναερόβιες λίμνες όπου η συγκέντρωση οξυγόνου είναι μηδέν και η αποικοδόμηση γίνεται αναερόβια.
- γ. Οι επαμφοτερίζουσες λίμνες όπου η υδάτινη μάζα χωρίζεται σε δύο στρώσεις, την αναερόβια κοντά στον πυθμένα και την αερόβια κοντά στην επιφάνεια.

Υπάρχει ακόμη μία διαφοροποίηση στις αερόβιες και τις επαμφοτερίζουσες λίμνες, ανάλογα με το αν γίνεται πρόσδοση οξυγόνου και με μηχανικά μέσα ή μόνο από τις φυσικές δυνάμεις (Σχήμα 1)

	-Μικρού μεγέθους 0,5 m (εντατικού ρυθμού)
	-Μέσου βάθους (1 - 1,5 m)
ΑΕΡΟΒΙΕΣ	-Μέσου βάθους (1,5 m) με επιπλέοντα φυτά
	-Μεγάλου βάθους (2 - 5 m) με μηχανικό αερισμό μερικής ανάμιξης και πλήρους ανάμιξης
ΑΝΑΕΡΟΒΙΕΣ	Μεγάλου βάθους (3 - 6 m)
	Απλές, βάθους 1 - 2 m
ΕΠΑΜΦΟΤΕΡΙΖΟΥΣΕΣ	Μηχανικά αεριζόμενες, βάθους ως 3 m



ΣΧΗΜΑ 1 : ΛΙΜΝΑΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

α- Αερόβια μικρού βάθους β- Αερόβια μέσου βάθους γ- Αερόβια με
 επιπλέοντα φυτά δ- Αερόβια με μηχανικό αερισμό ε- Αναερόβια
 ζ- Επαμφοτερίζουσα απλή η- Επαμφοτερίζουσα με μηχ. αερισμό

Τα απόβλητα μπορούν να διοχετευθούν στις λίμνες μετά από απλό εσχάρισμό. Σε ορισμένες περιπτώσεις προτάσσεται και πρωτοβάθμια καθίζηση, που, χωρίς να είναι απαραίτητη, βελτιώνει τα αποτελέσματα της επεξεργασίας.

3.1.1. Αερόβιες λίμνες με φυσική οξυγόνωση

3.1.1.1. Τρόποι λειτουργίας

Ο εμπλουτισμός σε οξυγόνο των λιμνών αυτών γίνεται με δύο τρόπους.

- α. Το οξυγόνο διαλύεται από την ατμόσφαιρα και μεταφέρεται με τον κυματισμό και τα ρεύματα σε όλη την μάζα του νερού. Όπως είναι φυσικό ο ρυθμός διάλυσης οξυγόνου στην περίπτωση αυτή εξαρτάται από την θερμοκρασία και την ένταση του ανέμου.
- β. Το οξυγόνο δημιουργείται μέσα στην μάζα του νερού από φωτοσύνθεση με την βοήθεια αλγών που αναπτύσσονται τρεφόμενα από το οργανικό φορτίο του νερού. Η ποσότητα του οξυγόνου που παράγεται βρίσκεται σε άμεση συνάρτηση με την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Και στις δύο περιπτώσεις η σχέση της επιφάνειας της λίμνης προς την μάζα του νερού ρυθμίζει και την ποσότητα οξυγόνου ανά μονάδα όγκου της λίμνης, άρα και τον ρυθμό αποικοδόμησης που μπορεί να επιτευχθεί.

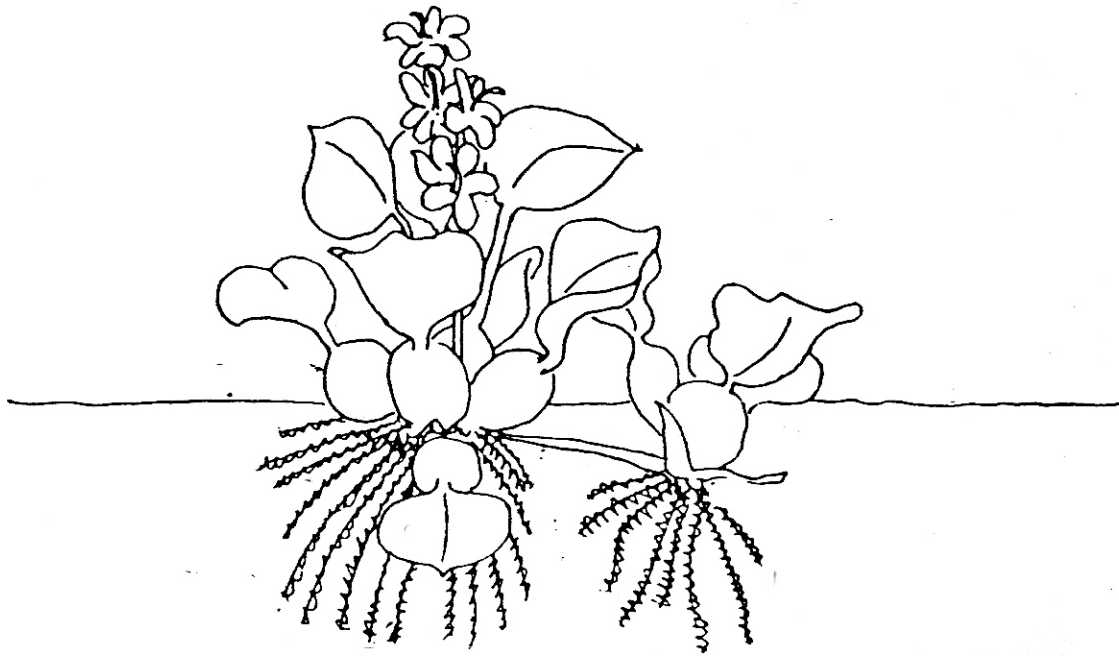
Για τον λόγο αυτό όσο ρηχότερη είναι η λίμνη τόσο ταχύτερα γίνεται η απόικοδόμηση.

Ένα σημαντικό μειονέκτημα των αερόβιων λιμνών οφείλεται ακριβώς στα άλγη που αναπτύσσονται και συμβάλλουν στην αποικοδόμηση του οργανικού φορτίου, επειδή τελικά αυτά συμπαρασύρονται με το καθαρισμένο νερό, με συνέπεια την σημαντική αύξηση των αιωρούμενων στερεών.

Όπως είναι φυσικό, η ποσότητα των αλγών που αναπτύσσεται είναι τόσο μεγαλύτερη όσο ρηχότερη είναι η λίμνη, δηλαδή όσο εντονότερη είναι η φωτοσύνθεση.

Για τον λόγο αυτό, αν υπάρχουν περιορισμοί στον αποδέκτη, πρέπει το νερό να υποβληθεί, πριν την διάθεση, σε διήθηση από άμμο ή χαλίκι, όπου να συκρατηθούν τα παρασυρόμενα στερεά.

Μία παραλλαγή των αερόβιων λιμνών που εφαρμόζεται στις Η.Π.Α. είναι οι λίμνες με επιπλέοντα φυτά. Τα φυτά με την ευρύτερη εφαρμογή είναι οι υάκινθοι του νερού (*Eichhornia crassipes*) (Σχήμα 2) ενώ γίνονται δοκιμές και με μικρότερα φυτά των γενών *Lemma*, *Spirodela* και *Wolffia*.



ΣΧΗΜΑ 2 : ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΥΑΚΙΝΘΟΥ (EICHHORNIA CRASSIPES)

Πρόκειται για φυτά με ταχεία ανάπτυξη που έχουν την ικανότητα να αφομοιώνουν μεγάλες ποσότητες των ρυπαντικών φορτίων του νερού, μεταβάλλοντας έτσι ουσιαστικά τους ρύπους σε φυτική βιομάζα, σε αντιστοιχία με τον κλασικό βιολογικό καθαρισμό, όπου το οργανικό φορτίο μετατρέπεται, κατά σημαντικό ποσοστό, σε ενεργό ιλύ.

Χαρακτηριστικά της ταχύτητας ανάπτυξης είναι ότι από 10 φυτά υάκινθου μπορούν να παραχθούν 60.000 φυτά μέσα σε μία περίοδο. Τα φυτά αυτά μπορούν να καλύψουν τελείως μία λίμνη έκτασης 4 στρεμμάτων.

Παράλληλα τα φυτά αυτά έχουν την ικανότητα να προσάχουν οξυγόνο από τον αέρα στο ριζικό σύστημα, οξυγονώνοντας έτσι τα απόβλητα, ενώ, επάνω στην επιφάνεια των ριζών, αναπτύσσεται βιομάζα αεροβίων οργανισμών. Έτσι δημιουργείται παράλληλα μία σταθερή κλίση βιομάζας, από την οποία διέρχονται τα απόβλητα και υφίστανται πρόσθετο καθαρισμό.

Με την πλήρη κάλυψη της επιφάνειας του νερού από φυτά, όλη η φωτοσύνθεση μεταφέρεται στο φύλλωμα και σταματάει η ανάπτυξη αλγών μέσα στην μάζα του νερού, με συνέπεια σημαντική μείωση των αιωρούμενων στερεών.

Η αφαίρεση της παραγόμενης βιομάζας φυτών πρέπει να γίνεται με τέτοιο ρυθμό ώστε να διατηρούνται γύρω στα 20 φυτά ανά τετραγωνικό μέτρο.

Η αφαιρούμενη ποσότητα, δηλαδή η παραγωγή ανά τετρ. μέτρο φτάνει περίπου τα 15 kg/έτος.

Οι τρόποι διάθεσης της βιομάζας βρίσκονται ακόμη υπό μελέτη. Αντιμετωπίζονται τρεις δυνατότητες:

- η διάθεση στην χλωματερή
- η παραγωγή εδαφοβελτιωτικού (compost)
- η παραγωγή κτηνοτροφών

Η σύνθεση της ξηρής βιομάζας για υάκινθο και μικρότερα φυτά δίνεται στον Πίνακα 1. Κατά την συγκομιδή η περιεκτικότητα σε νερό φτάνει το 95%

Ένα πρόβλημα που παρατηρείται στις υδατοκαλλιέργειες αυτές, είναι η ανάπτυξη κουνουπιών, που μπορούν να εξελιχθούν σε σημαντική όχληση στην περιοχή. Η καλύτερη αντιμετώπισή τους γίνεται με την προσθήκη στο νερό της λίμνης ψαριών του είδους *Gambusia*.

Λόγω της μεγάλης επιφάνειας των φύλλων των φυτών, παρουσιάζεται έντονη εξατμισοδιαπνοή, που φθάνει να είναι τριπλάσια από ότι στις απλές λίμνες, και το γεγονός αυτό πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπ' όψη κατά τον σχεδιασμό.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 1
ΣΥΝΘΕΣΗ ΥΑΚΙΝΘΩΝ ΠΟΥ ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΝΤΑΙ ΣΕ ΛΥΜΑΤΑ

	Μέση τιμή %
Υγρασία	95
Πρωτεΐνη	18 (επί Ξηρού)
Λίπη	2 (" ")
Ινες	19 (" ")
Τέφρα	16 (" ")
Υδατάνθρακες	45 (" ")
N	3 (" ")
P	0,6 (" ")

Οι λίμνες με φυτά χρησιμοποιούνται τόσο για δευτεροβάθμιο όσο και για τριτοβάθμιο καθαρισμό λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων και η εφαρμογή τους επεκτείνεται τόσο σε αστικά όσο και σε βιομηχανικά απόβλητα.

3.1.1.2. Αποτελεσματικότητα της κατεργασίας σε αερόβιες λίμνες

Η εφαρμογή των λιμνών υπόκειται φυσικά σε ορισμένους περιορισμούς, μιά και πρόκειται για καθαρά φυσικά συστήματα που προσφέρουν ελάχιστες δυνατότητες παρέμβασης στην λειτουργία τους.

Πέρα από το βάθος του νερού, που προσδιορίζει το λειτουργικό σύστημα, υπάρχουν και περιορισμοί στην έκταση που μπορεί να έχει κάθε λίμνη, και που είναι αναγκαίοι για λόγους λειτουργικούς αλλά και συντήρησης και καθαρισμού.

Για καλλίτερη αποτελεσματικότητα τα λιμναία συστήματα λειτουργούν με περισσότερες από 1 λίμνες στην σειρά.

Όπως είναι επόμενο τα λιμναία συστήματα εξαρτώνται άμεσα από τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής που βρίσκονται. Έτσι είναι ουσιαστικά ανέφικτο να γίνει με ακρίβεια υπολογισμός της αποδοτικότητας τους.

Η διαστασιολόγηση των συστημάτων αυτών μπορεί να γίνει με εμπειρικά δεδομένα, με βάση το υδραυλικό και το οργανικό φορτίο.

Τα στοιχεία αυτά φαίνονται στον Πίνακα 2 όπου δίνονται επίσης τα χαρακτηριστικά καθαρισμένου νερού που μπορούμε να επιτύχουμε. Η σύγκριση δείχνει ότι οι λίμνες με επιπλέοντα φυτά μπορούν να δώσουν τα πιο ικανοποιητικά αποτελέσματα, ενώ οι απλές οξειδωτικές λίμνες έχουν το μειονέκτημα των υψηλών τιμών αιωρούμενων στερεών, που οφείλονται στην ανάπτυξη αλγών.

Στις λίμνες με υακίνθους εκτός από το BOD και τα SS, παρατηρείται σημαντική μείωση επίσης στο άζωτο, τα φωσφορικά, τα βαρέα μέταλλα και τους παθογόνους οργανισμούς και τους ιούς (Πίνακας 3).

Πιο μεγάλη αποτελεσματικότητα έχουν στον τομέα αυτόν οι υδατοκαλλιέργειες, επειδή σημαντικό μέρος των N και P απορροφάται από τα ίδια τα φυτά για τον μεταβολισμό τους και απομακρύνεται με την βιομάζα. Πειράματα απέδειξαν επίσης ότι στις λίμνες με φυτά κατακρατούνται σε πολύ μεγαλύτερη αναλογία τα βαρέα μέταλλα σαν ίζημα στον βυθό.

Λόγω της συγκράτησης N, P και βαρέων μετάλλων οι οξειδωτικές (αερόβιες) λίμνες εφαρμόζονται ακόμη για τριτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων και αποβλήτων, πριν από την διάθεσή τους στον αποδέκτη.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 2
ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΕΩΝ ΑΕΡΟΒΙΩΝ
ΛΙΜΝΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΙΚΡΟΥ ΒΑΘΟΥΣ	ΜΕΣΟΥ ΒΑΘΟΥΣ	ΜΕ ΥΑΚΙΝΘΟΥΣ
Ποιότητα εισερχομένου	ανεπεξέργαστο	ανεπεξέργαστο	ανεπεξέργαστο
Αρ. λιμνών εν σειρά	2 - 3	1 - 3	2 - 3
Μέγιστη έκταση κάθε λίμνης (στρέμ.)	10	40	>40
Χρόνος παραμονής (ημέρες)	4 - 6	10 - 40	>40
Βάθος νερού (m)	0,3 - 0,5	1 - 1,5	0,5 - 1,5
Περιοχή θερμοκρασίας (°C)	5 - 30	0 - 30	10 - 30
Βιολογική φόρτιση (kg BOD/στρεμ)	8 - 16	4 - 12	5
Κύρια προϊόντα αποικοδόμηση mg/l	άλγη, CO ₂ βιολ. ιλύς	άλγη, CO ₂ βιολ. ιλύς	CO ₂ βιολ. ιλύς
Συγκέντρωση αλγών	100 - 250	40 - 100	-
Αιωρούμενα στερεά εξόδου	150 - 300	80 - 140	<30
BOD εξόδου mg/l	20 - 50	20 - 50	<30

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 3
ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΛΙΜΝΩΝ ΜΕ ΥΑΚΙΝΘΟΥΣ

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΓΙΑ ΑΠΛΗ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	ΓΙΑ ΠΡΟΨΘΗΜΕΝΗ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΤΕΧΝΗΤΟ ΑΕΡΙΣΜΟ	ΓΙΑ ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ
Εισερχόμενα λύματα	ακατέργαστα	μετά καθίζηση	μετα βιολ. καθαρ.
Απαίτηση καθαρισμού BOD mg/l	<30	<10	<10
SS mg/l	<30	<10	<10
ολικό N mg/l	-	μερική απομάκρυνση	<5
ολικός P mg/l	-	-	<5
Οργανικό φορτίο kg BOD/στρεμ.	5	10	<5
Βάθος νερού m	<1,5	<1	<0,6
Μέγιστη έκταση δεξαμ. στρεμ.	4	4	4
Χρόνος παραμονής ημέρες	>40	>6	<7
Υδραυλική φόρτιση m ³ /στρ. ημ.	20	<80	<80
Θερμοκρασίες λειτουργίας °C	>10	<20	>20
Διάταξη δεξαμενών	2 σειρές των 3	2 σειρές των 3	2 σειρές των 3
Τρόποι αερισμού	φυσικός	τεχνητός	φυσικός
Συγκομιδή φυτών	ετήσια	μηνιαία	ανά 5-6 εβδομ.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 4
ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
ΤΕΧΝΗΤΑ ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΩΝ ΛΙΜΝΩΝ

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΛΙΜΝΕΣ ΠΛΗΡΟΥΣ ΑΝΑΜΙΞΗΣ	ΛΙΜΝΕΣ ΤΥΠΟΥ ΒΙΟΛΑΚ
Ποσότητα εισερχομένων	ανεπεξεργαστα	ανεπεξεργαστα
Αρ. λιμνών εν σειρά	2 - 3	3
Μεγ. έκταση κάθε λίμνης (στρεμ.)	40	10
Χρόνος παραμονής (ημέρες)	8 - 12	2 - 3
Βάθος νερού (m)	2 - 4	3 - 4
Περιοχή θερμοκρασίας (°C)	0 - 40	0 - 40
Κύρια προϊόντα αποικοδόμησης	CO ₂ , βιολ. ιλύς	CO ₂ , N ₂ , βιολ. ιλύς
Αιωρούμενα στερεά εξόδου (mg/l)	80 - 250	5 - 15
BOD εξόδου (mg/l)	25 - 50	5 - 10
Απονιτροποίηση %	-	80

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 5
ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
ΕΠΑΜΦΟΤΕΡΙΖΟΥΣΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΕΡΟΒΙΩΝ ΛΙΜΝΩΝ

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΑΠΛΗ ΕΠΑΜΦΟΤΕΡΙΖΟΥΣΑ	ΕΠΑΜΦΟΤΕΡΙΖΟΥΣΑ ΜΕ ΤΕΧΝΗΤΟ ΑΕΡΙΣΜΟ	ΑΝΑΕΡΟΒΙΕΣ
Ποιότητα εισερχομένου	ανεπεξέργαστο	ανεπεξέργαστο	ανεπεξέργαστο
Αρ. λιμνών εν σειρά	2 - 3	2 - 3	1 - 3
Μεγ. έκταση κάθε λίμνης (στρεμ.)	40	40	10
Χρόνος παραμονής (ημέρες)	7 - 30	7 - 20	20 - 60
Βάθος νερού (m)	1 - 2	1 - 2,5	3 - 6
Περιοχή θερμοκρασίας (°C)	0 - 50	0 - 50	6 - 50
Βέλτιστη θερμοκρασία (°C)	20	20	30
Βιολογική φάρτιση (kg BOD/στρεμ.)	1,5 - 8	5 - 20	20 - 50
Αποικοδόμηση BOD (%)	80 - 95	80 - 95	50 - 85
Κύρια προϊόντα αποικοδόμησης	Αλγη, CO ₂ CH ₄ , βιολ. ιλύς	Αλγη, CO ₂ CH ₄ , βιολ. ιλύς	CO ₂ , CH ₄ βιολ. ιλύς
Συγκέντρωση αλγών (mg/l)	20 - 80	5 - 20	0 - 5
Αιωρούμενα στερεά εξόδου (mg/l)	40 - 100	40 - 60	80 - 160

Στον Πίνακα 3 δίνονται τα στοιχεία λειτουργίας και απόδοσης λιμνών υακίνθων σχεδιασμένων για επεξεργασία που αντιστοιχεί σε απλή δευτεροβάθμια, προωθημένη δευτεροβάθμια και τριτροβάθμια επεξεργασία.

3.1.2. Αερόβιες λίμνες με τεχνητή οξυγόνωση

Για να ξεπεραστεί το μειονέκτημα που έχουν οι λίμνες φυσικής οξυγόνωσης (πλήρης εξάρτηση από τις κλιματολογικές συνθήκες - μεγάλες εκτάσεις) σε πολλές περιπτώσεις η πρόσδοση οξυγόνου γίνεται με μηχανικά μέσα, συχνότερα με επιπλέοντες επιφανειακούς αεριστήρες και σπανιότερα με εμφύσηση αέρα με διαχυτές.

Διακρίνονται δύο είδη αεριζόμενων λιμνών:

- α. με μερική ανάμιξη (επαμφοτερίζουσες)
- β. με πλήρη ανάμιξη

Για την διαστασιολόγηση των αεριζόμενων λιμνών έχουν γίνει πολλές έρευνες και υπάρχει μεγάλος αριθμός δημοσιεύσεων. Οι βασικές μεταβλητές που μπορούμε να επηρεάσουμε είναι ο χρόνος παραμονής, ο βαθμός οξυγόνωσης και ο αριθμός των λιμνών που θα λειτουργήσουν εν σειρά. Η θερμοκρασία, που αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα, εξαρτάται άμεσα από το κλίμα της περιοχής και τις εποχιακές διακυμάνσεις. Ο υπολογισμός γίνεται πάντοτε με βάση τις δυσμενέστερες συνθήκες φορτίων και θερμοκρασίας.

Ο υπολογισμός των συστημάτων αερισμού γίνεται με βάση τις απαιτήσεις σε οξυγόνο, δηλαδή το BOD των εισερχομένων αποβλήτων.

Η αντίδραση ακολουθεί την κινητική πρώτου βαθμού και ο χρόνος παραμονής προκύπτει από την εξίσωση:

$$C_n/C_o = 1 / [1 + kt/n]^n$$

όταν όλες οι λίμνες έχουν την ίδια χωρητικότητα. Αν η χωρητικότητα μεταβάλλεται τότε ισχύει ο τύπος:

$$C_n/C_o = 1/(1 + K_1 t_1) \times 1/(1 + K_2 t_2) \times \dots \times 1/(1 + K_n t_n)$$

όπου:

C_n = το BOD εξόδου από την τελευταία λίμνη

C_o = το BOD εισόδου

K = σταθερά εκφραζόμενη σε ημέρες⁻¹ που κυμαίνεται μεταξύ 0,2 ως 0,3 στους 20°C, και 0,1 ως 0,15 στους 5°C

t = χρόνος παραμονής σε ημέρες

n = ο αριθμός των λιμνών εν σειρά

Ο αριθμός των λιμνών επηρεάζει σημαντικά τον χρόνο παραμονής, όπως φαίνεται αν η εξίσωση υπολογισμού επιλυθεί ως προς t :

$$t = n/k [(C_0/C_n)^{1/n} - 1]$$

Ο υπολογισμός των απαιτήσεων σε οξυγόνο διαφέρει για τις λίμνες μερικής ανάμιξης, όπου μέρος των στερεών αποσυντίθεται στον πυθμένα αναερόβια και τα διαλυτά προϊόντα αποσύνθεσης επανατροφοδοτούνται στο σύστημα.

Στις λίμνες πλήρους ανάμιξης πρέπει να γίνει και υπολογισμός της ισχύος ανάμιξης, που, για τους επιφανειακούς αεριστήρες που χρησιμοποιούνται συνήθως, φθάνει τα 15 w/m^2 νερού. Επειδή, στην περίπτωση αστικών λυμάτων η ενέργεια για πλήρη ανάμιξη είναι πολύ μεγαλύτερη από την ενέργεια για οξυγόνωση, η διαστασιολόγηση των αεριστήρων γίνεται με βάση τις απαιτήσεις ανάμιξης.

Στις δεξαμενές μερικής ανάμιξης οι αεριστήρες υπολογίζονται με βάση τις απαιτήσεις σε οξυγόνο.

Για την συγκράτηση των στερεών που παρασύρονται από τις αεριζόμενες λίμνες μπορεί να προστεθεί μία λίμνη διαύλασης. Οι λίμνες αυτές έχουν βάθος 1 m περίπου και χρόνο παραμονής 1 - 2 ημέρες, ώστε να μην προλάβουν να δημιουργηθούν άλγη, αλλά και να μην αναπτυχθεί δυσσομία.

Τεχνητή οξυγόνωση μπορεί να εφαρμοστεί και σε λίμνες με υακίνθους, οπότε μειώνεται σημαντικά η έκτασή τους και ο χρόνος παραμονής.

3.1.3. Αναερόβιες λίμνες

Στις λίμνες αυτές το οργανικό φορτίο είναι τόσο υψηλό, που δεν υπάρχει αερόβια ζώνη. Για την μείωση της απορρόφησης οξυγόνου, αλλά και της απαιτούμενης έκτασης, κατασκευάζονται με σχετικά μεγάλο βάθος, γύρω στα 5 μέτρα, ενώ ο χρόνος παραμονής υπολογίζεται πάνω από 20 ημέρες, συνήθως γύρω στις 50.

Η αφαίρεση BOD, με μετατροπή της οργανικής ύλης σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα, είναι γύρω στο 75% αλλά μπορεί να φθάσει και το 85% (Πίνακας 5).

Η μέθοδος εφαρμόζεται συνήθως σαν πρώτη φάση επεξεργασίας βεβαρυμένων αποβλήτων, κυρίως βιομηχανικών.

Εκείνο που πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη κατά τον σχεδιασμό, είναι ότι η θερμοκρασία του νερού δεν πρέπει να κατέβει τον χειμώνα κάτω από τους 10°C επειδή σταματάει κάθε διεργασία, ενώ δημιουργείται και ο κίνδυνος να παρουσιαστεί έντονος αφρισμός την άνοιξη, με την επαναδραστικοποίηση των μικροοργανισμών.

3.1.4. Επαμφοτερίζουσες λίμνες

Χαρακτηριστικό στοιχείο των λιμνών αυτών είναι η ύπαρξη δύο ζωνών:

- α. Μιας αναερόβιας κοντά στην επιφάνεια, όπου οι συνθήκες αποικοδόμησης είναι αντίστοιχες με εκείνες που επικρατούν στις αερόβιες λίμνες.
- β. Μιας αναερόβιας, κοντά στον πυθμένα, όπου γίνεται διάσπαση κυρίως των στερεών ρύπων. Τα υδατοδιαλυτά προϊόντα της διάσπασης περνούν στην αναερόβια ζώνη, όπου γίνεται η αποικοδόμησή τους.

Η λειτουργία και απόδοση των λιμνών αυτών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την θερμοκρασία, δεδομένου μάλιστα ότι οι αναερόβιες διεργασίες είναι πολύ πιο ευαίσθητες στο ψύχος.

Έτσι η οργανική φόρτιση ρυθμίζεται, ανάλογα με την θερμοκρασία ως εξής:

	Μέση θερμοκρασία του αέρα σε °C		
	<0	0 - 15	>15
Μέση φόρτιση λιμνών kg BOD/στρέμμα	1 - 2	2 - 5	5 - 10
Φορτίο πρώτης λίμνης kg BOD/στρέμμα	4	4 - 10	10
Χρόνος παραμονής ημέρες	120-180	20 - 50	10 - 20

Για τον τρόπο υπολογισμού των διαστάσεων επαμφοτερίζουσών δεξαμενών, σε συνάρτηση με τις τοπικές συνθήκες και τις προδιαγραφές καθαρισμού, έχουν προταθεί διάφοροι τύποι με άλλο τρόπο προσέγγισης ο καθένας, που δίνουν και σημαντικές αποκλίσεις αποτελεσμάτων.

Έτσι για ψυχρά κλίματα και για BOD εισόδου 200 PPM και απαίτηση εξόδου 30 PPM προκύπτουν ολικοί χρόνοι παραμονής από 35 ως 70 ημέρες ανάλογα με τον τύπο υπολογισμού που θα εφαρμοστεί.

Για τον λόγο αυτό οι φυσικά αεριζόμενες επαμφοτερίζουσες λίμνες δεν πρέπει να κατασκευάζονται μόνο με βάση βιβλιογραφικά δεδομένα αλλά και με εμπειρικά στοιχεία για κάθε είδος αποβλήτων και περιοχής.

Με πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια μπορεί να γίνει ο υπολογισμός επαμφοτερίζουσών λιμνών, όταν ο αερισμός του αερόβιου μέρους δεν επαφίεται στα φυσικά φαινόμενα αλλά υποβοηθείται με μηχανικό τρόπο, όπως αναπτύσσεται στο κεφάλαιο των αεριζόμενων λιμνών με μερική ανάμιξη (Σχήμα 3).

3.1.5. Νέος τύπος αεριζομένων λιμνών με ανακυκλοφορία ιλύος (BIOLAK)

Τα τελευταία χρόνια έκανε την εμφάνισή του στην Ο.Δ. Γερμανία ένας νέος τύπος αεριζομένων λιμνών, που ήδη διαδίδεται με γρήγορο ρυθμό σε όλο τον κόσμο.

Ο αερισμός γίνεται με διαχυτές που, αναρτημένοι σε πλωτήρες, κινούνται κοντά στον πυθμένα της δεξαμενής δημιουργώντας μια κυμαινόμενη ανάδευση και οξυγόνωση.

Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση τόσο στην οξυγόνωση όσο και στην ανάμιξη.

Η δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης είναι ενσωματωμένη στην λίμνη και έχει πλωτό υπερχειλιστή. Έτσι η στάθμη της δεξαμενής δεν είναι καθορισμένη, αλλά μπορεί να προσαρμόζεται στις διακυμάνσεις της ροής.

Μετά την λίμνη βιολογικής αποικοδόμησης, ακολουθεί μία ελαφρά αεριζόμενη λίμνη σταθεροποίησης και μία λίμνη διαύγασης και, τέλος, το νερό διοχετεύεται από τάφρο με υδροχαρή φυτά, πριν καταλήξει στον αποδέκτη, καθαρισμένο σε πολύ υψηλό βαθμό (Σχήμα 4).

Το σύστημα έχει εφαρμοστεί τόσο σε αστικά όσο και σε βιομηχανικά απόβλητα επιτυγχάνοντας τελικά απόβλητα με BOD_5 γύρω στα 5 PPM.

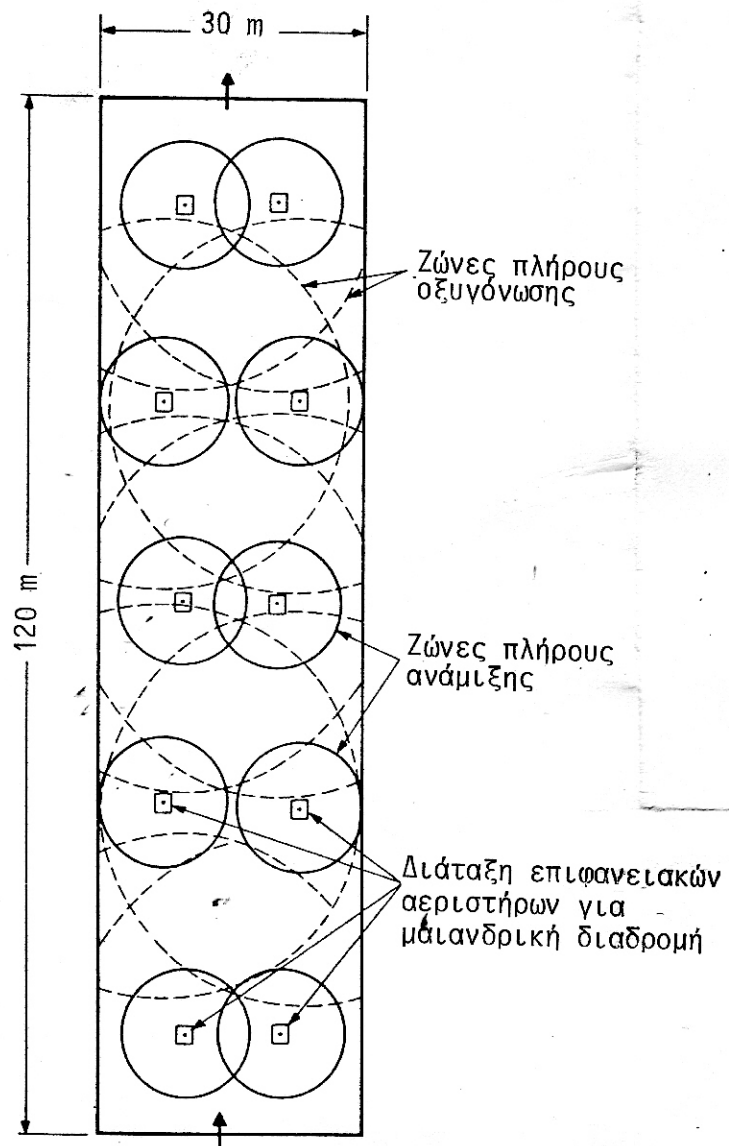
Μία παραλλαγή του συστήματος αυτού επιτρέπει την απομάκρυνση του άζωτου σε ποσοστό πάνω από 80% με σύγχρονη μείωση των φωσφορικών. Αυτό επιτυγχάνεται με σταδιακή διακοπή του αερισμού σε ζώνες της λίμνης, όπου, επειδή δημιουργούνται ανοξικές συνθήκες, γίνεται απονιτροποίηση, με αναγωγή των νιτρικών ενώσεων προς αέριο άζωτο (Σχήμα 5).

Ηδη λειτουργούν και στην Ελλάδα 45 μονάδες του τύπου αυτού - χωρίς απονιτροποίηση - σε ισάριθμες βιομηχανίες, με πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα.

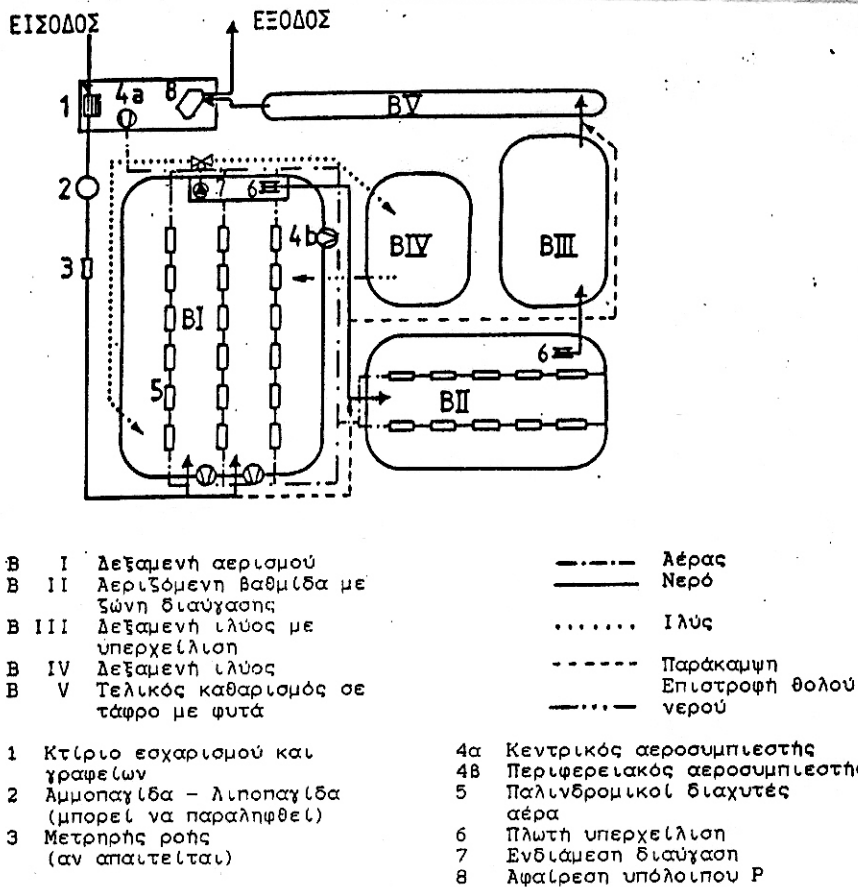
Τα συστήματα αυτά, γνωστά με το όνομα BIOLAK, εντυπωσιάζουν με το χαμηλό κόστος τους, την σταθερότητα και απλότητα της λειτουργίας του και τις χαμηλές δαπάνες λειτουργίας.

Η λάσπη που προκύπτει είναι τελείως σταθεροποιημένη και μπορεί να αποθηκευτεί σε δεξαμενές επί μεγάλο χρονικό διάστημα, πριν διοχετευθεί στους αγρούς σαν βελτιωτικό του εδάφους.

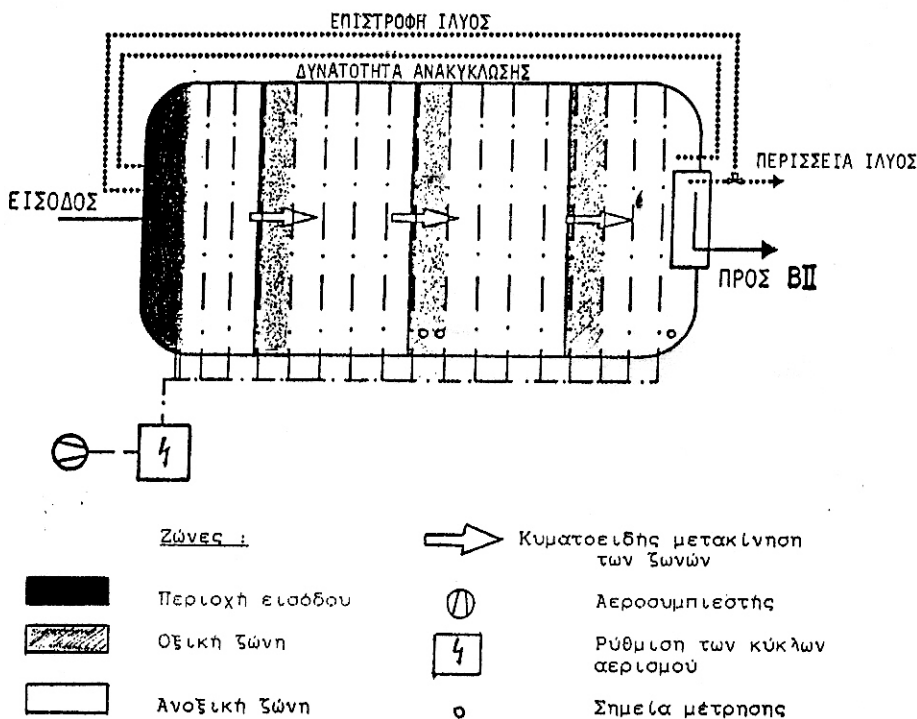
Από άποψη απαιτούμενης έκτασης, λόγω της συμπαγούς κατασκευής τους, μπορούν να συγκριθούν με αντίστοιχης δυναμικότητας συμβατικές μονάδες επεξεργασίας με πλήρη σύνθεση, δηλαδή και με επεξεργασία λάσπης.



ΣΧΗΜΑ 3 : ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΠΑΜΦΟΤΕΡΙΖΟΥΣΑΣ ΛΙΜΝΗΣ ΜΕ ΤΕΧΝΗΤΟ ΑΕΡΙΣΜΟ



ΣΧΗΜΑ 4 : BIOLAK - B



ΣΧΗΜΑ 5 : BIOLAK W-OX

Ο Πίνακας 4 δίνει τα κριτήρια σχεδιασμού και την ποιότητα εξόδου των λιμνών τύπου BIOLAK σε σύγκριση με τις απλές αεριζόμενες λίμνες πλήρους ανάμιξης.

3.1.6. Τρόπος κατασκευής των λιμνών

Κατά κανόνα οι λίμνες είναι απλές χωμάτινες με κεκλιμένα πρανή, επίσης χωμάτινα.

Για να μην μολυνθεί ο υπόγειος ορίζοντας από διαρροή, γίνεται μία στεγάνωση του πυθμένα με συμπιεσμένα αρχιλλικά χώματα, ή, σε ορισμένες περιπτώσεις, με λεπτό φύλλο πολυαιθυλενίου, πάχους 1 - 2 mm.

Για την προστασία των πρανών από κατολισθήσεις, λόγω των κυματισμών, καλλιεργούνται σ' αυτά υδροχαρή φυτά, ή γίνονται στο ύψος της στάθμης του νερού προστατευτικές κατασκευές από πέτρα ή σκυρόδεμα.

Στις λίμνες που αερίζονται με επιφανειακούς αεριστήρες γίνεται διάστρωση του πυθμένα, κάτω από τον αεριστήρα, με σκυρόδεμα, για να μην καταστραφή η στεγάνωση από την δημιουργούμενη ανατάραξη.

3.2. Καθαρισμός αποβλήτων σε υγρά τοπους

Οι υγρά τοποι μπορούν να παρομοιασθούν με λίμνες φυσικού αερισμού μικρού βάθους, όπου όμως αναπτύσσονται υδροχαρή φυτά που έχουν ρίζες στον πυθμένα της λίμνης (σε αντίθεση με τα επιπλέοντα φυτά όπως οι υάκινθοι).

Ουσιαστικά πρόκειται για ένα είδος έλους τεχνητού. Θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν φυσικά έλη, αν δεν υπήρχε το πρόβλημα ότι τα φυσικά έλη θεωρούνται φυσικοί αποδέκτες και δεν επιτρέπεται να διοχετευθεί εκεί ακάθαρτο νερό. Είναι όμως δυνατό να χρησιμοποιηθούν επεξεργασμένα απόβλητα για ενίσχυση υγρατόπων που κινδυνεύουν, οπότε γίνεται παράλληλα και τριτοβάθμιος καθαρισμός των αποβλήτων.

Κατά κανόνα η κατεργασία γίνεται σε τεχνητούς υδρότοπους όπου φυτεύονται καλάμια, βούρλα ή άλλα υδροχαρή φυτά, ανάλογα και με τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής.

Το βάθος του νερού συνήθως είναι 10 - 30 cm, αλλά μπορεί να είναι και μεγαλύτερο, αν προβλεφθούν κατάλληλα φυτά.

Ο ρόλος των φυτών είναι διπλός. Μεταφέρουν οξυγόνο στο ριζικό σύστημα και στο νερό και χρησιμεύουν σαν σταθερό υπόστρωμα πάνω στο οποίο αναπτύσσεται και σταθεροποιείται η βιομάζα.

Με χρόνο παραμονής μία εβδομάδα επιτυγχάνεται ένας πολύ προχωρημένος βαθμός καθαρισμού, με $BOD_5 = 5 - 10$ PPM, $SS = 5 - 15$ PPM και ολικό άζωτο $5 - 10$ PPM, ενώ η απαιτούμενη έκταση είναι μεγαλύτερη από ότι στις αερόβιες λίμνες.

Για τον υπολογισμό των τεχνητών υγρατόπων έχουν προταθεί μέθοδοι που ακολουθούνται για τα βιολογικά φίλτρα, την επιφανειακή ροή ή σε βιοαντιδραστήρες εμβολοειδούς ροής, ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής.

Στους λογαριασμούς πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη και η απώλεια νερού λόγω της εξατμισοδιαπνοής των φυτών, που διπλασιάζει ως τριπλασιάζει την εξατμισμό, σε σχέση με την ελεύθερη επιφάνεια του νερού.

Η υδραυλική φόρτιση τεχνητών υγρατόπων βρίσκεται γύρω στα 20 m^3 ανά στρέμμα και ημέρα. Η μέση οργανική φόρτιση ανάλογα με το κλίμα και τα φυτά κυμαίνεται από 2 ως 10 kg BOD ανά στρέμμα και ημέρα. Η φόρτιση είναι πολύ μεγαλύτερη στο πρώτο μέρος της διαδρομής, όπου καθιζάνουν τα αιωρούμενα στερεά.

Το σχήμα των τεχνητών υγρατόπων είναι παραλληλόγραμμο και η σχέση μήκος/πλάτος μπορεί να φτάσει και το 20/1.

3.3. Εδαφικά συστήματα επεξεργασίας

Διακρίνουμε δύο βασικές κατηγορίες ανάλογα με την κατεύθυνση της ροής:

- α. Κατακόρυφης ροής, όπου το νερό καταλήγει στο υπέδαφος και δεν ανακτάται.
- β. Οριζόντιας ροής, όπου το επεξεργασμένο νερό συλλέγεται στην άκρη της μονάδας και οδηγείται στον αποδέκτη.

- Εδαφικά συστήματα κατακόρυφης ροής

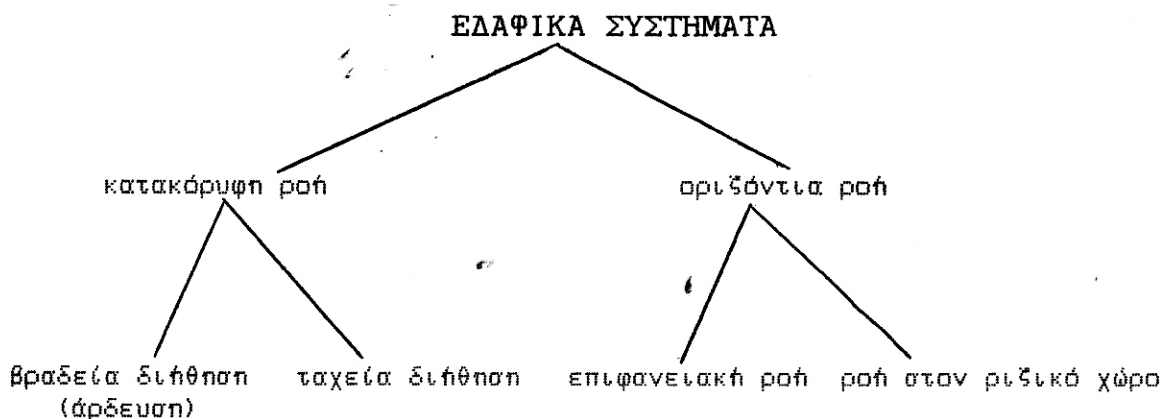
Και εδώ διακρίνονται 2 τύποι:

- α. Επιφανειακή διάθεση με βραδεία διήθηση.
- β. Ταχεία διήθηση.

- Εδαφικά συστήματα οριζόντιας ροής

Πάλι διαχωρίζονται σε 2 τύπους:

- α. Ροή στην επιφάνεια του εδάφους.
- β. Ροή στον ριζικό χώρο.



3.3.1. Επιφανειακή διάθεση με βραδεία διήθηση (Σχήμα 6) :

Πρόκειται για ένα από τους πρώτους τρόπους διάθεσης αστικών λυμάτων που εφαρμόστηκαν συστηματικά.

Τα λύματα ή βιομηχανικά απόβλητα κατανέμονται σε μία μεγάλη επιφάνεια και απορροφώνται από το έδαφος.

Στον χώρο διάθεσης δημιουργούνται φυτίες από υδροχαρή φυτά ή οργανώνονται καλλιέργειες με στόχο την παραγωγή ξυλείας ή άλλες, ανάλογα με τις κλιματολογικές και εδαφολογικές συνθήκες και το είδος των αποβλήτων.

Στην ουσία πρόκειται δηλαδή για χρησιμοποίηση των λυμάτων για άρδευση και λίπανση. Οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα με τον τρόπο αυτό είναι:

- α. Απορρόφηση μέρους του οργανικού φορτίου, N, P και άλλων συστατικών από τα φυτά για την ανάπτυξή τους.
- β. Αποικοδόμηση των σύνθετων ενώσεων στο έδαφος με αερόβιες και αναερόβιες διεργασίες.
- γ. Μηχανική συγκράτηση (διήθηση) των αδιάλυτων συστατικών.
- δ. Αντίδραση τών ανοργάνων συστατικών με συστατικά του εδάφους, με συνέπεια την κατακράτηση φωσφορικών ενώσεων, βαρέων μετάλλων κ.λ.π.
- ε. Απορρόφηση μέρους του νερού για την ανάπτυξη των φυτών.
- ς. Εξάτμιση μέρους του νερού με εξατμισοδιαπνοή.
- η. Διήθηση, τέλος, του νερού προς κατώτερα εδαφικά στρώματα.

Για την αποφυγή μόλυνσης των υπόγειων νερών πρέπει να εξασφαλίζεται μία ελάχιστη απόσταση της επιφάνειας από τον υπόγειο ορίζοντα, που δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 1,5 μέτρο.

Όταν στόχος της επιφανειακής διάθεσης είναι και η αξιοποίηση των συστατικών των αποβλήτων για την βελτίωση της συγκομιδής, τότε ρυθμιστικός παράγων φόρτισης είναι το ανεκτό όριο φόρτισης των φυτών με οργανικό φορτίο ή άζωτο. Η περίπτωση αυτή ισχύει κυρίως για βαρεία φορτισμένα βιομηχανικά απόβλητα όπως η βινάσσα ή τα απόβλητα ελαιοτριβείων.

Για τα πολύ ελαφρότερα αστικά λύματα, ο ρυθμός προσαγωγής εξαρτάται από την απορροφητική ικανότητα του εδάφους.

Σε περιοχές που πάσχουν από έλλειψη νερού, τα απόβλητα και τα λύματα μπορούν να αξιοποιηθούν για άρδευση, οπότε ο ρυθμός προσαγωγής ρυθμίζεται τόσο από την αντοχή του φυτού στους ρύπους όσο και από τις ανάγκες του σε νερό.

Προκατεργασία: Στην περίπτωση των αστικών λυμάτων εφαρμόζεται πρωτοβάθμια καθίζηση ή λεπτή εσχάρωση (κόσκινο).

Στα βιομηχανικά απόβλητα το είδος προκατεργασίας είναι συνάρτηση της ποιότητας των αποβλήτων και μπορεί να περιλαμβάνει ρύθμιση pH, κροκίδωση, εσχάρωση κ.λ.π.

Αν υπάρχει περίπτωση διακίνησης επισκεπτών στον χώρο ή κατανάλωσης ωμών των γεωργικών προϊόντων, απαιτείται να προηγηθεί βιολογικός καθαρισμός και απολύμανση.

Αποτελεσματικότητα: Το σύστημα αυτό επιτρέπει πολύ προωθημένο βαθμό καθαρισμού, με $BOD < 2 \text{ mg/l}$, $SS < 1 \text{ mg/l}$, $N < 10 \text{ mg/l}$ και $P < 0,1 \text{ mg/l}$.

3.3.2. Ταχεία διήθηση στο έδαφος

Όταν η υδατοδιαπερατότητα του εδάφους το επιτρέπει, τότε είναι δυνατή, η διάθεση αποβλήτων και λυμάτων με ταχύτερους ρυθμούς στο έδαφος.

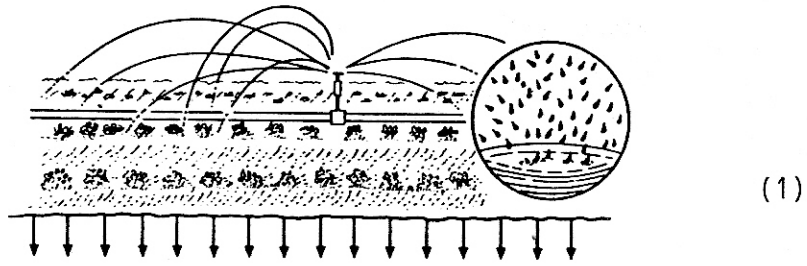
Στην ταχεία διήθηση οι επιφανειακές διεργασίες είναι αμελητέες και όλη η διαδικασία συγκράτησης και αποικοδόμησης ρύπων γίνεται μέσα στο έδαφος.

Το ελάχιστο πάχος του εδαφικού στρώματος πάνω από τον υπόγειο ορίζοντα ή αδιαπέραστο γεωλογικό σχηματισμό πρέπει να είναι γύρω στα 5 μέτρα, ενώ η υδραυλική φόρτιση δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 100 μέτρα/έτος, με βέλτιστη φόρτιση γύρω στα 30 m/έτος.

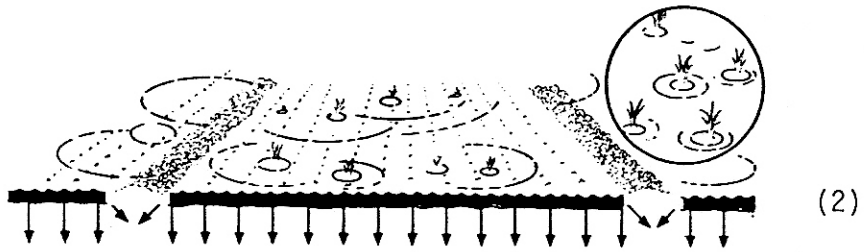
Όταν η διαπερατότητα είναι υψηλή, γίνεται κυκλική εναλλαγή των χώρων, με 2 - 3 μέρες εφαρμογή στην κάθε περιοχή και παρεμβολή 2 - 10 ημερών χωρίς διάθεση σε κάθε κύκλο. Η διακοπή αυτή είναι αναγκαία για να αεριστεί η επιφάνεια, να αποικοδομηθούν στερεά που έχουν συγκρατηθεί και να ξεφράξουν οι πόροι του εδάφους.

Πάνω από κάθε χώρο διάθεσης κατασκευάζεται μια δεξαμενή με περιμετρικό ανάχωμα ύψους 1 - 1,5 μέτρων. Η δεξαμενή αυτή γεμίζει απόβλητα και αφήνεται να απορροφηθεί.

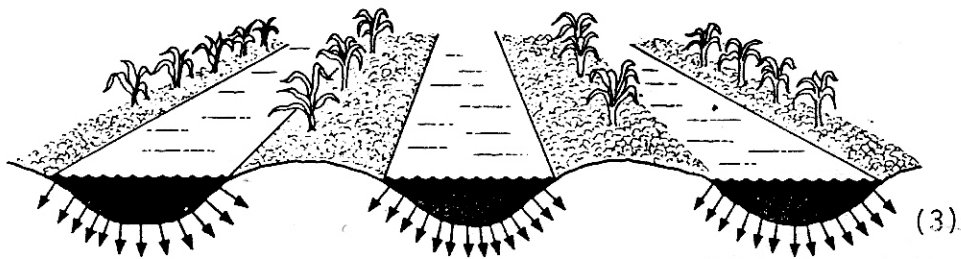
Για να μην υπάρχει κίνδυνος να φράξουν οι πόροι του εδάφους, τα απόβλητα που διατίθενται πρέπει να έχουν υποστεί κατεργασία ισοδύναμη τουλάχιστον με πρωτοβάθμια καθίζηση.



(1)



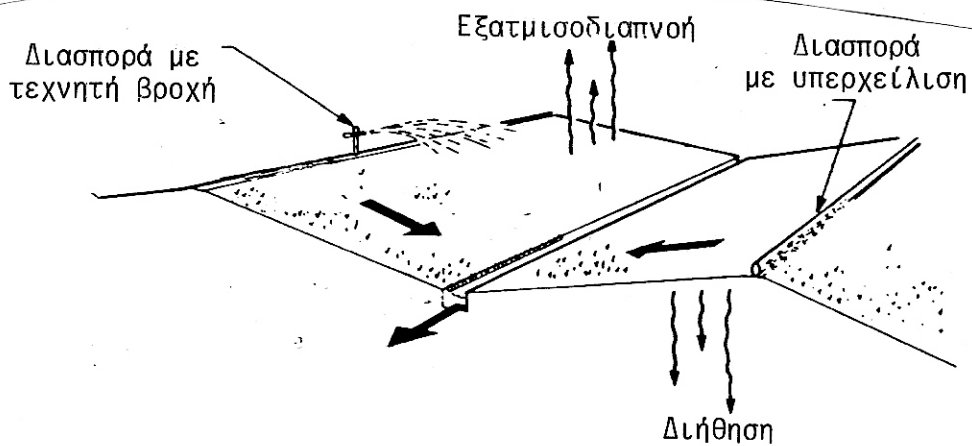
(2)



(3)

ΣΧΗΜΑ 6 : ΔΙΑΘΕΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΜΕ ΑΡΔΕΥΣΗ

1- Τεχνητή βροχή 2- Κατάκλυση 3- Με χανδάκια



ΣΧΗΜΑ 7 : ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΜΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΡΟΗ

3.3.3. Επιφανειακή ροή (Σχήμα 7)

Ουσιαστικά ο τρόπος αυτός διάθεσης αντιστοιχεί με ένα αερόβιο βιολογικό φίλτρο.

Τα απόβλητα κατανέμονται με ένα υπερχειλιστή κατά μήκος μιας πλαγιάς καλυμμένης με γρασίδι ή άλλα φυτά, και αφήνονται να κυλίσουν ελεύθερα προς τα κάτω, σε λεπτό υμένα.

Επάνω στο γρασίδι δημιουργείται και συγκρατείται ένα στρώμα βιομάζας που αποικοδομεί τους οργανικούς ρύπους και στο τέλος της διαδρομής το νερό συλλέγεται καθαρό και μπορεί να οδηγηθεί στον αποδέκτη.

Το μήκος της πλαγιάς κυμαίνεται συνήθως γύρω στα 40 - 60 μέτρα. Στο Σχήμα 8 δίνεται ο αναμενόμενος βαθμός αποικοδόμησης BOD σε συνάρτηση με το μήκος ροής. Κατά τον σχεδιασμό συνιστάται να ληφθεί υπόψη ένας συντελεστής ασφαλείας 1,5.

Η ιδανική κλίση του εδάφους είναι 2 - 6%

Η εφαρμογή δεν γίνεται συνήθως σε 24-ώρη βάση, αλλά με εναλλαγή κάθε 8 ή 12 ώρες, οπότε επιτυγχάνονται καλλίτερα αποτελέσματα στην οξείδωση της αμμωνίας και στην απονιτροποίηση.

Η μέθοδος εφαρμόζεται σε απόβλητα που έχουν υποστεί επεξεργασία ισοδύναμη με πρωτοβάθμια καθίζηση και έχει πολύ καλά αποτελέσματα τόσο στην αποικοδόμηση του BOD όσο και στην σημαντική μείωση N, P και βαρέων μετάλλων.

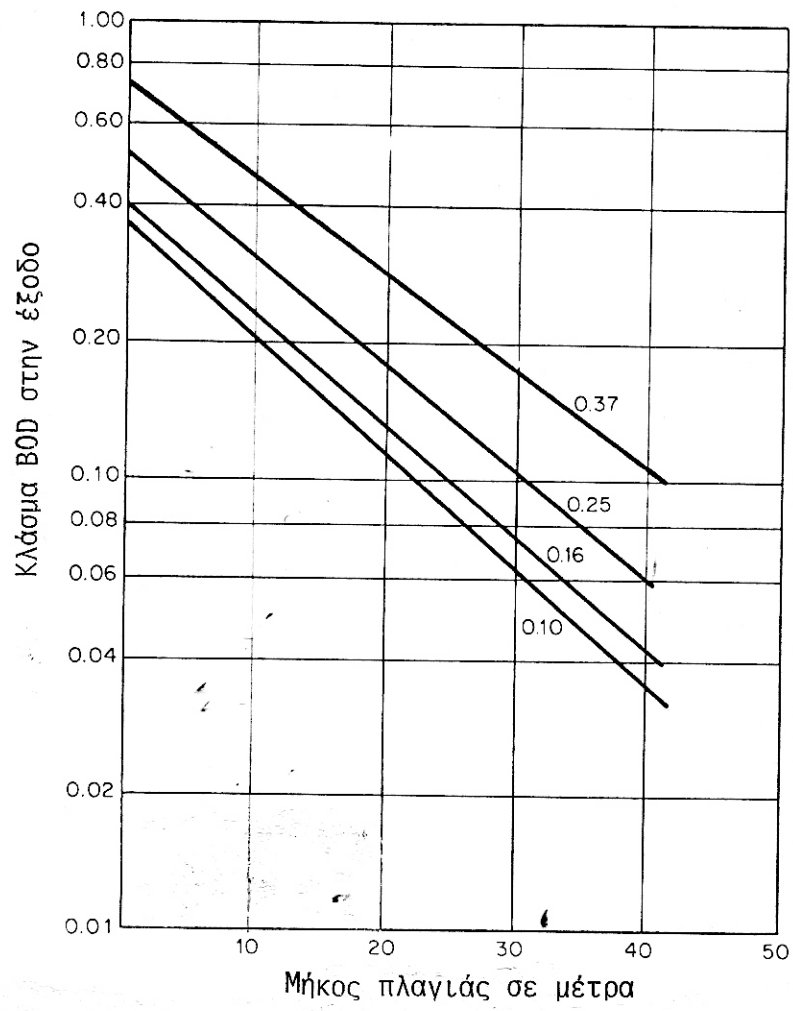
Μετά από δευτεροβάθμιο (βιολογικό) καθαρισμό, η επιφανειακή ροή μπορεί να αποτελέσει μία πολύ αποτελεσματική τριτοβάθμια επεξεργασία, πριν την διάθεση σε ευαίσθητους αποδέκτες.

3.3.4. Κατεργασία στον ριζικό χώρο φυτών.

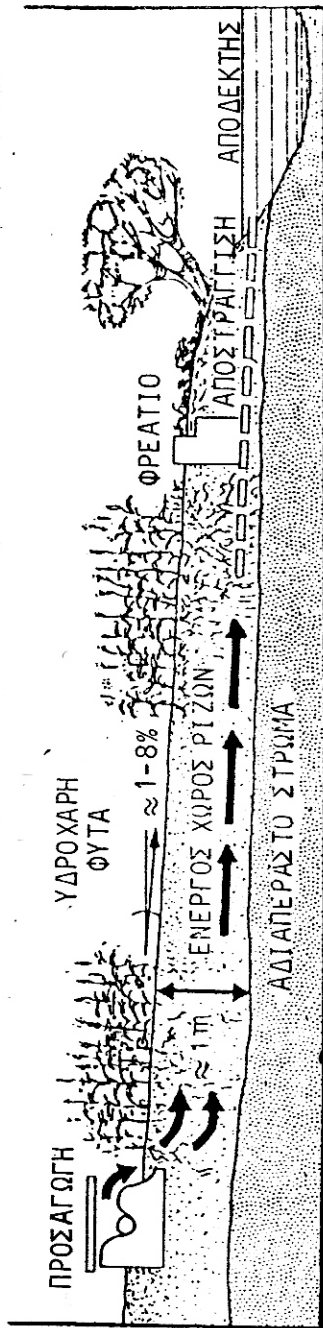
Πριν αρκετά χρόνια είχε διαπιστωθεί ότι αν διοχετευθούν απόβλητα κάτω από το έδαφος, με τρόπο που να περάσουν από τον ριζικό χώρο υδροχαρών φυτών, επιτυγχάνονται πολύ αξιόλογα αποτελέσματα καθαρισμού.

Οι συστηματικές μελέτες για την ικανότητα οξείδωσης που αναπτύσσεται στον ριζικό χώρο των φυτών δημοσιεύτηκαν το 1967, ενώ η πρώτη εγκατάσταση για καθαρισμό αστικών λυμάτων στον ριζικό χώρο υδροχαρών φυτών (*phragmites communis*) άρχισε να λειτουργεί στην Ο.Δ. Γερμανία το 1974.

Η μέθοδος αυτή μοιάζει με ένα βιολογικό φίλτρο που τα απόβλητα το διασχίζουν οριζοντίως (Σχήμα 9).



ΣΧΗΜΑ 8 : ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΕΝΟ BOD ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΠΛΑΓΙΑΣ ΣΕ ΜΕΤΡΑ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ, ΣΕ $m^3/h \cdot m$



ΣΧΗΜΑ 9 : ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΣΤΟΝ ΡΙΖΙΚΟ ΧΩΡΟ

- Το χώμα αποτελεί ένα αδρανή φορέα.
- Οι ρίζες προσδίδουν το οξυγόνο.
- Τα βακτηρίδια αναπτύσσονται ανάλογα με την περιεκτικότητα σε οξυγόνο στο έδαφος και γύρω από τις ρίζες.
- Το νερό διασχίζοντας την σταθερή κλίση περνάει διαδοχικά από ζώνες αερόβιας και αναερόβιας επεξεργασίας.

Η όλη διάταξη και εμφάνιση της μονάδας κατεργασίας εντάσσεται στο τοπίο και αποτελεί ένα βιότοπο που βελτιώνει το οικοσύστημα της περιοχής (Σχήμα 10).

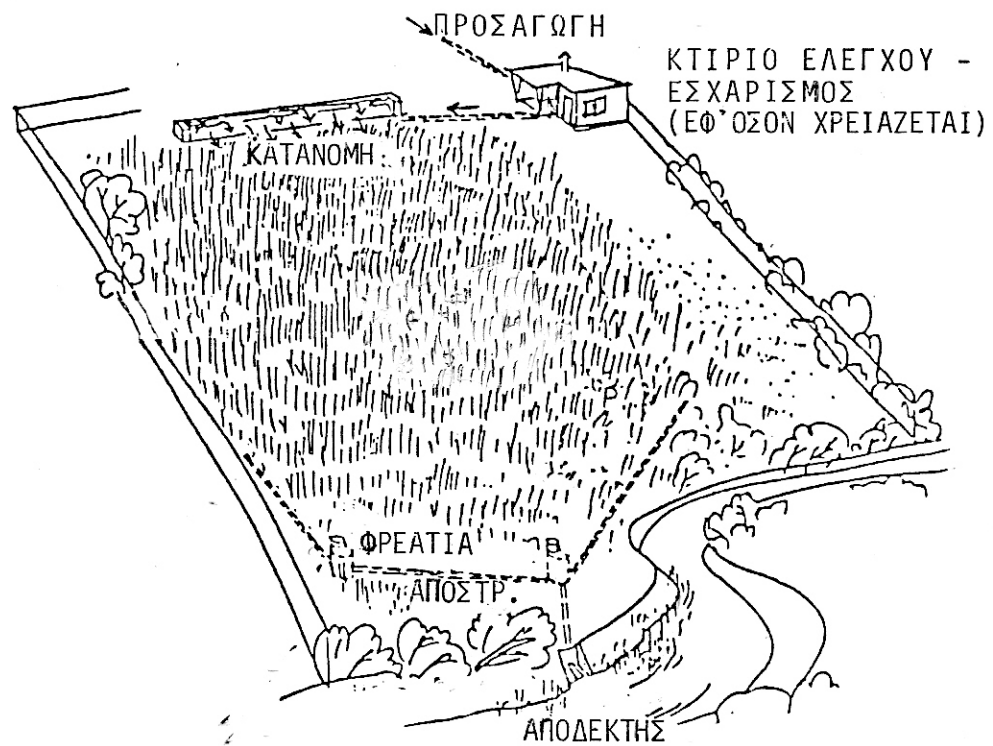
Τα φυτά που είναι τα καταλληλότερα για την διοχέτευση του οξυγόνου στις ρίζες είναι του τύπου καλάμιού όπως PHRAGMITES COMMUNIS, PHRAGMITES AUSTRALIS, TYPHA LATIFOLIA, TYPHA ANGUSTIFOLIA κ.λ.π. (Σχήμα 11).

Η επιλογή γίνεται κατά περίπτωση ανάλογα με:

- Το υδραυλικό και ρυπαντικό φορτίο.
- Την φύση του εδάφους.
- Τις κλιματολογικές συνθήκες.
- Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε περίπτωσης.
- Αποτελεσματικότητα του συστήματος

Σύμφωνα με τις σχετικές δημοσιεύσεις επιτυγχάνονται τα εξής αποτελέσματα:

1. Απομάκρυνση BOD > 99%
2. Απομάκρυνση N > 90%
Με την διαδοχή ζωνών αερόβιου - αναερόβιου επεξεργασίας επιτυγχάνεται απομάκρυνση του αζώτου με νιτροποίηση - απονιτροποίηση.
3. Απομάκρυνση P > 90%
Ο φωσφόρος κατακρατείται σε ποσοστό 95% είτε με προσρόφηση είτε με την δημιουργία αδιάλυτων φωσφορικών ενώσεων. Η ικανότητα συγκρατήσεως φωσφορικών ποικίλλει ανάλογα με το είδος του εδάφους.
4. Βαρέα μέταλλα
Κατακρατούνται όλα τα τοξικά βαρέα μέταλλα χωρίς επίδραση στην λειτουργία της μονάδας.

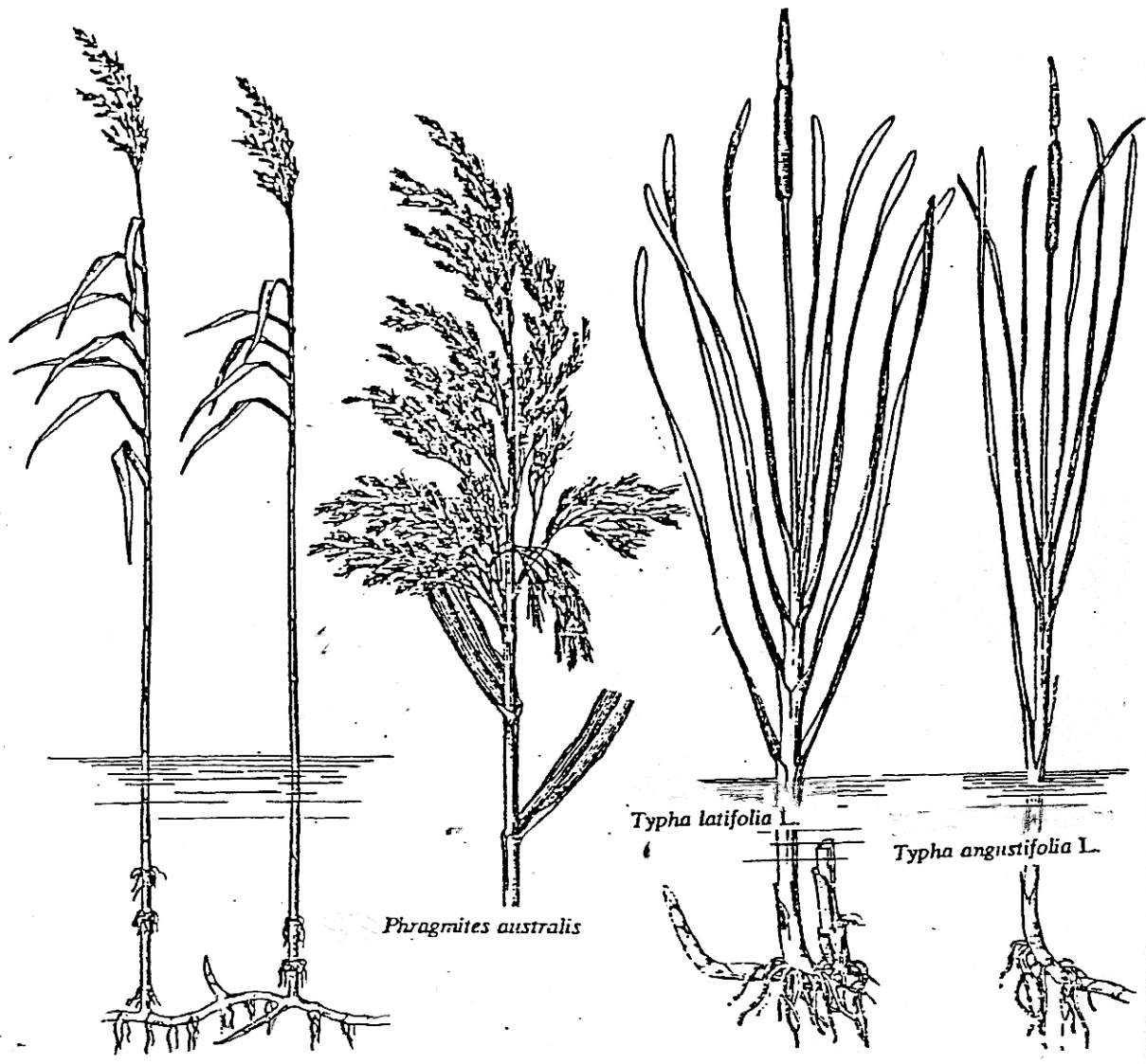


ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ 2 - 4 ΤΕΤΡ. ΜΕΤΡΑ ΑΝΑ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΚΑΤΟΙΚΟ

ΣΧΗΜΑ 10 : ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΣΤΟΝ ΡΙΖΙΚΟ ΧΩΡΟ

5. Φαινόλες, κυάνια, φυτοφάρμακα
Επέρχεται ουσιαστικά πλήρης αποικοδόμησή τους.
6. Παθογόνοι οργανισμοί
Επειδή λαμβάνει χώρα ουσιαστικά μία διήθηση μέσα από το έδαφος, δεν υπάρχει λόγος χλωριώσεως του νερού μετά την επεξεργασία.
7. Βιολογική ιλύς
Με τον αερόβιο - αναερόβιο τρόπο αποικοδομήσεως παράγεται ελάχιστη ιλύς που παραμένει στο έδαφος. Η ποσότητα αυτή μειώνεται ακόμη περισσότερο από την δραστηριότητα άλλων μεγαλύτερων οργανισμών. Η μόνη επίπτωση στην μονάδα από την βιολογική ιλύ είναι μία ανύψωση της στάθμης του εδάφους της τάξεως του 1 - 2 χιλιοστομέτρων τον χρόνο.
8. Ανάγκη σε επιφάνεια
Η επιφάνεια που απαιτεί κάθε μονάδα είναι, φυσικά, συνάρτηση του αρχικού και τελικού φορτίου και του είδους των ρυπαντών και κυμαίνεται από 3 έως 5 τετραγωνικά μέτρα ανά ισοδύναμο κάτοικο, στις περιπτώσεις αστικών λυμάτων.

Σε υψηλά φορτισμένα βιομηχανικά απόβλητα οι ανάγκες σε επιφάνεια είναι μικρότερες.
9. Χρόνος εκκινήσεως
Σε μερικούς μήνες μέσα η μονάδα μπορεί να φθάσει το 60 - 80% της αποδόσεως της περίπου, υπό την προϋπόθεση ότι θα χρησιμοποιηθούν φυτά εξοικωμένα ήδη σε απόβλητα. Την πλήρη δυναμικότητα και σταθερή λειτουργία επιτυγχάνει μετά δύο ως τρία χρόνια ανάλογα με την περίπτωση.
10. Αντοχή σε σοκ
Αντέχει σε διακυμάνσεις φορτίου χωρίς κίνδυνο. Ακόμη και μετά πολύμηνες διακοπές στην παροχή αποβλήτων η μονάδα είναι έτοιμη κάθε στιγμή να ξεκινήσει.
11. Μυρωδιές δεν προκύπτουν από την ίδια την μονάδα.
Εάν έχουν μυρωδιά τα εισερχόμενα απόβλητα θα πρέπει ο διανομέας να κατασκευαστεί κατάλληλα, ώστε να μην διαχέεται προς τα έξω η κακοσμία.
12. Εντομα και άλλες ενοχλητικές επιπτώσεις δεν έχουν παρατηρηθεί. Αντιθέτως δημιουργείται ένας βιότοπος στον οποίο συγκεντρώνονται και διατηρούνται ωδικά πτηνά.
13. Οικονομικό μέγεθος
Όλα τα μεγέθη ως 5.000 κατοίκους θεωρούνται οικονομικά. Είναι δυνατόν να εξυπηρετηθεί εξ ίσου καλά μία εξοχική κατοικία, ένας οικισμός και μία βιομηχανία.



ΣΧΗΜΑ 11 : ΤΥΠΟΙ ΥΔΡΟΧΑΡΩΝ ΦΥΤΩΝ ΚΑΤΑΛΛΗΛΩΝ ΓΙΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

14. Κόστος κατασκευής

Μεταβάλλεται φυσικά ανάλογα με το είδος του εδάφους και την ποιότητα των αποβλήτων.

Η μεγαλύτερη επιβάρυνση παρουσιάζεται στις περιπτώσεις όπου το έδαφος έχει μεγάλο συντελεστή υδατοδιαπερατότητας και παρουσιάζεται η ανάγκη στεγανοποίησής του για να προστατευθεί ο υπόγειος ορίζων.

Το κόστος της μεθόδου παραμένει πάντως χαμηλότερο από το κόστος ισοδύναμης επεξεργασίας κλασικού τύπου.

15. Κόστος λειτουργίας

Είναι ουσιαστικά μηδενικό. Η μονάδα χρειάζεται ελάχιστη επίβλεψη και συντήρηση και, φυσικά καθόλου ενέργεια.

Στον Πίνακα 6 δίνονται τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των εδαφικών συστημάτων.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 6
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
ΕΛΔΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

	Βράδεια διήθηση	Ταχεία διήθηση	Επιφανειακή ροή	Υπόγεια ροή στο ριζικό χώρο
Φορά ροής Ποσότητα εισερχομένων	κατακόρυφη μετά καθίζηση	κατακόρυφη μετά καθίζηση	οριζόντια μετά εσχάρωση ή βιολογ. καθαρισμός	οριζόντια μετά εσχάρωση
Κλιματικές απαιτήσεις Άστικά λύματα m ³ /στρέμμα.ημέρα Στόχος καθαρισμού	θερμή ζώνη 1,5 - 15 τριτοβάθμιος	καμμία 15 - 125 τριτοβάθμιος	θερμή ζώνη 50 - 250 δευτεροβάθμιος ή τριτοβάθμιος	καμμία 40 - 80 τριτοβάθμιος
Χαρακτηριστικά επεξεργασμένων				
BOD (mg/l)	<2	5	10	<5
TSS (mg/l)	<1	2	10	<2
Ολικό N (mg/l)	<3	10	<10	<10
Ολικός P (mg/l)	<0,1	<1	<6	<1
Κολοβακτηριοειδή/100 ml	0	10		<10

4. ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

4.1. Γενικά

Η ποικιλία αυτή συστημάτων καθαρισμού επιτρέπει την επιλογή του πιο ενδεδειγμένου ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν σε κάθε τόπο.

Τα βήματα καθορισμού του συστήματος που ταιριάζει περισσότερο σε κάθε περίπτωση είναι:

- α. Αναγνώριση των λυμάτων - αποβλήτων που πρέπει να καθαριστούν.
Υδραυλικό φορτίο, οργανικό φορτίο, άλλα κρίσιμα χαρακτηριστικά πρέπει να έχουν διερευνηθεί και προσδιορισθεί πριν την επιλογή.
- β. Καθορισμός του βαθμού καθαρισμού, δηλαδή των προδιαγραφών που πρέπει να πληρούν τα κατεργασμένα απόβλητα.
- γ. Έρευνα της περιοχής για να διαπιστωθεί αν προσφέρεται για φυσικά συστήματα, και ποιά είναι εκείνα που ταιριάζουν καλλίτερα.
- δ. Μελέτη του συστήματος που θεωρήθηκε καταλληλότερο. Συχνά θα χρειασθεί να διερευνηθούν, σε φάση προμελέτης 2 ή περισσότερες μέθοδοι πριν γίνει η οριστική επιλογή της καλλίτερης, δηλαδή της αποδοτικώτερης και οικονομικώτερης.
- ε. Τέλος θα γίνει η μελέτη των αγωγών προσαγωγής και απαγωγής καθώς και των βοηθητικών εγκαταστάσεων.

Για την μελέτη θα χρειασθούν πολλά και αναλυτικά στοιχεία της περιοχής, λεπτομερείς χάρτες, χρήσεις γης και υδάτων, γεωργικές και άλλες δραστηριότητες, υδρογεωλογικά και κλιματολογικά στοιχεία.

4.2. Συντελεστές επιλογής

Κυριώτεροι συντελεστές επιλογής για κάθε σύστημα είναι οι ακόλουθοι:

Λίμνες

Πρέπει να υπάρχουν οι αναγκαίες σχετικά επίπεδες εκτάσεις. Αν το έδαφος είναι υδατοδιαπερατό θα πρέπει να γίνει αδιαβροχοποίηση. Αν χρειάζεται εκοκαφή θα διερευνηθεί αν υπάρχει βράχος, ή αν είναι υψηλά ο υπόγειος ορίζων.

Για την περίπτωση χρησιμοποίησης φυτών θα διερευνηθεί αν οι κλιματολογικές συνθήκες είναι κατάλληλες για την ανάπτυξη τους.

Υδρότοποι

Ισχύουν οι ίδιες παρατηρήσεις. Η κλίση του εδάφους να μην υπερβαίνει το 3%

Επιφανειακή ροή

Η κλίση του εδάφους μπορεί να φτάνει το 15%
Ο υπόγειος ορίζων να μην είναι πολύ ψηλά (0,5 - 1 μ.).
Η υδατοδιαπερατότητα να είναι χαμηλή

Βραδεία διήθηση

Απαιτείται έδαφος με χαμηλή υδατοδιαπερατότητα 0,15 ως 15 cm/h και πάχος εδαφικού στρώματος ως τον υπόγειο ορίζοντα ή βράχο τουλάχιστον 1,5 μ.

Η κλίση του εδάφους μπορεί να φτάνει το 20%, ανάλογα και με την επικρατούσα βλάστηση. Σε γεωργικές καλλιέργειες καλλίτερα να μην υπερβαίνει το 15%

Ταχεία διήθηση

Μπορεί να εφαρμοσθεί σε αμμώδες έδαφος με διαπερατότητα 5 - 50 cm/h, κλίση μικρότερη του 10% και με την προϋπόθεση ότι ο υπόγειος ορίζων ή βράχος βρίσκεται σε βάθος 4 - 5 μέτρα.

Ροή στο ριζικό σύστημα

Απαιτεί κλίση εδάφους 3 - 8% Η κατακόρυφη υδατοδιαπερατότητα να είναι χαμηλή, αλλιώς πρέπει να γίνει αδιαβροχοποίηση. Η οριζόντια υδατοδιαπερατότητα διαμορφώνεται από το ριζικό σύστημα των φυτών. Επειδή αυτή η διαδικασία είναι βραδεία, η πλήρης ανάπτυξη του συστήματος απαιτεί 2 - 3 χρόνια από την εφαρμογή του.

4.3. Ανάγκες σε επιφάνεια και βασικά χαρακτηριστικά των καθαρά φυσικών συστημάτων

Όταν δεν γίνεται καμμία προσθήκη οξυγόνου με μηχανικά μέσα, η επιφάνεια που απαιτείται για μέσα αστικά λύματα, είναι συνάρτηση του υδραυλικού φορτίου.

Η σχέση που την δίνει είναι : $A = k \cdot Q$

Το Q εκφράζεται σε m^3/d ενώ το A προκύπτει σε στρέμματα.

Οι τιμές του k και των άλλων χαρακτηριστικών των συστημάτων αυτών είναι:

α. Οξειδωτική λίμνη

Βάθος	: 1 m
k	: $3,2 \cdot 10^{-2} = 0,032$
Χρόνος παραμονής	: 30 ημέρες
Οργανικό φορτίο	: 10 kg BOD/στρέμμα
BOD εξόδου	: 30
SS	: >30

β. Επαμφοτερίζουσα λίμνη σε ψυχρό κλίμα

Βάθος	: 1,5 m
k	: $1,7 \cdot 10^{-1} = 0,17$
Χρόνος παραμονής	: 80 ημέρες
Οργανικό φορτίο	: 1,7 kg BOD/στρέμμα
BOD εξόδου	: 30
SS	: >30

γ. Επαμφοτερίζουσα λίμνη σε θερμό κλίμα

Βάθος	: 1,5 m
k	: $5 \cdot 10^{-2} = 0,05$
Χρόνος παραμονής	: 60 ημέρες
Οργανικό φορτίο	: 5,5 kg BOD/στρέμμα
BOD εξόδου	: 30
SS	: >30

δ. Λίμνες ελεγχόμενης εκροής για ψυχρά κλίματα

Βάθος	: 1,5 m
k	: $1,6 \cdot 10^{-1} = 0,016$
Χρόνος παραμονής	: 180 ημέρες
BOD εξόδου	: <30
SS	: <30

ε. Λίμνη με υακίνθους

Βάθος	: 1,5 m
k	: $10 \cdot 10^{-2} = 0,10$
Χρόνος παραμονής	: 50 ημέρες
Οργανικό φορτίο	: 3 kg BOD/στρέμμα
BOD εξόδου	: <30
SS	: <30
t	: >10°C

- ζ. Λίμνες με υακίνθους για προωθημένο καθαρισμό :
- | | |
|------------------|-----------------------|
| Βάθος | : 1 m |
| k | : $7,10^{-3} = 0,007$ |
| Χρόνος παραμονής | : 6 ημέρες |
| Οργανικό φορτίο | : 5 kg BOD/στρέμμα |
| BOD εξόδου | : <10 |
| SS | : <10 |
| t | : >20 |
| N | : <5 |
| P | : >5 |
- η. Κατασκευασμένοι υδρότοποι
- | | |
|------------------|--|
| Βάθος | : 0,1 m (ως 0,3 το χειμώνα σε ψυχρό μέρος) |
| k | : $6,6 \cdot 10^{-2} = 0,0066$ |
| Χρόνος παραμονής | : 7 ημέρες |
| Οργανικό φορτίο | : 2,3 kg BOD/στρέμμα |
| BOD εξόδου | : <20 |
| SS | : <20 |
| N | : <10 |
| P | : >5 |
- θ. Επιφανειακή ροή (χωρίς αποθήκευση για αντιμετώπιση παγετού)
- | | |
|------------------|-----------------------|
| Βάθος | : Λίγα cm |
| k | : $4,10^{-3} = 0,004$ |
| Χρόνος παραμονής | : 1-2 ώρες |
| Οργανικό φορτίο | : - |
| BOD εξόδου | : 10 |
| SS | : 10 |
| N | : <10 |
| P | : <6 |
- ι. Βραδεία διήθηση
- | | |
|------------------|-----------------------------|
| k | : $6 \cdot 10^{-3} = 0,006$ |
| Υδραυλικό φορτίο | : 5 cm/εβδομάδα |
| BOD εξόδου | : <2 |
| SS | : <1 |
| N | : <10 |
| P | : <0,1 |
- κ. Ταχεία διήθηση
- | | |
|-------------------------|------------------------------|
| Εξαρτάται από το έδαφος | |
| k | : $5 \cdot 10^{-4} = 0,0005$ |
| BOD εξόδου | : <5 |
| SS | : <2 |
| N | : >10 |
| P | : <1 |

λ. Υπόγεια ροή στο ριζικό σύστημα
Εξαρτάται από το έδαφος, την κλίση και την συγκέντρωση
οργανικού φορτίου

Για μέσα αστικά λύματα:

k	: 0,017
Οργανικό φορτίο	: 15 kg/στρέμμα
BOD εξόδου	: <10
SS	: <5
N	: <10
P	: <5

μ. Εξατμισοδιαπνοή

k : 0,01 - 0,08

Με τα στοιχεία αυτά προκύπτει ο επόμενος συγκριτικός
Πίνακας 7 των συστημάτων, όπου λαμβάνεται σαν βάση μία
ημερήσια ποσότητα 1.000 m³ που αντιστοιχεί περίπου σε
5.000 κατοίκους.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 7
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΣΕ ΕΚΤΑΣΗ
ΓΙΑ 1.000 m³/ΗΜΕΡΑ ΛΥΜΑΤΑ

ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	Κ Λ Ι Μ Α		
	ΨΥΧΡΟ	ΜΕΤΡΙΟ	ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ
Οξειδωτική λίμνη	ΔΕ	ΔΕ	30
Επαμφοτερίζουσα λίμνη	170	100	50
Επαμφοτερίζουσα λίμνη με τεχνητό αερισμό	50	40	30
Λίμνη τύπου BIOLAK	8	6	4
Λίμνη υακίνθων για β βόθμιο καθαρισμό	ΔΕ	ΔΕ	100
Λίμνη υακίνθων για γ βόθμιο καθαρισμό (σε συνδυασμό με επαμφοτερίζουσα λίμνη)	ΔΕ	ΔΕ	60
Τεχνητός υδρότοπος	65	65	65
Βραδεία διήθηση	350	250	180
Ταχεία διήθηση	15	15	15
Επιφανειακή ροή	240	180	120
Ροή στον ριζικό χώρο	25	20	15

ΔΕ : Δεν εφαρμόζεται

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Υπάρχει εκτεταμένη βιβλιογραφία και διεθνής εμπειρία από την εφαρμογή εναλλακτικών συστημάτων καθαρισμού αποβλήτων.

Όταν σχεδιαστούν σωστά τα συστήματα αυτά, επιτυγχάνουν ένα πολύ υψηλό βαθμό καθαρισμού, με κόστος κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης πολύ χαμηλότερο από ότι τα ονομαζόμενα κλασικά συστήματα.

Παράλληλα αντί για την εγκατάσταση σύμπλοκων βιομηχανοστασίων δημιουργούνται τεχνητοί βιότοποι και δεν τραυματίζεται το τοπίο.

Για την μελέτη των εγκαταστάσεων αυτών απαιτείται η συνεργασία ειδικευμένων επιστημόνων και τεχνικών διαφόρων ειδικοτήτων, όπως εδαφολόγων, βιολόγων, χημικών και υδραυλικών καθώς και καλή γνώση των τοπικών κλιματολογικών συνθηκών.

Οι μέθοδοι αυτές παρουσιάζουν πολύ μεγάλο ενδιαφέρον για την χώρα μας, επειδή το κλίμα μας είναι ιδιαίτερα ευνοϊκό για τις φυσικές μεθόδους καθαρισμού, που μπορούν να δώσουν λύση για τους διάσπαρτους οικισμούς και τα ξενοδοχεία, αλλά και για τις πόλεις, με μικρό κόστος, χωρίς σπατάλες συναλλάγματος και ενέργειας και με την δυνατότητα της πλήρους ανακύκλωσης του νερού.

BIBΛIOΓΡΑΦΙΑ

1. METCALF & EDDY - Revised by G. TCHOBANOGLOUS
Wastewater Engineering - McGraw Hill, 1979.
2. S.C. REED, E.J. MIDDLEBROOKS, R.W. CRITES
Natural Systems for Waste Management and Treatment -
McGraw Hill, 1988.
3. Abwasserreinigung mit Hilfe von Wasserpflanzen -
TECHNISCHE UNIVERSITÄT HAMBURG - Kolloquium 1982.
4. Das Verfahren der Wurzelraumsorgung Reiner Kopp,
Hannover, 1982.
5. Bio-logische Abwasserreinigung
W. MARTIN, S. LEEFLANG, G. GELLER, Oekobuch, 1984.
6. Βιολογικός Καθαρισμός - Γ. ΒΑΒΙΖΟΣ, ΕΛΚΕΠΑ, 1985.
7. Ριζοβιολογικός Καθαρισμός Αποβλήτων
ΣΤ. ΚΩΝΣΤΑΣ, "Plant", 1983.
8. Σύγχρονες τάσεις για την διαχείριση αστικών λυμάτων.
Απλές εγκαταστάσεις και ανάκτηση λυμάτων.
ΣΤ. ΚΩΝΣΤΑΣ - Γ. ΒΑΒΙΖΟΣ - Κ. ΖΑΝΝΑΚΗ, Διημερίδα
"Ανάπτυξη και Εφαρμογή Τεχνολογιών Περιβάλλοντος στις
Ευρωπαϊκές και άλλες Μεσογειακές χώρες, Τ.Ε.Ε., 1988.
9. Εσοχικαυιά - Υπερσάτιο Διαδίκτυο Λυμάτων
Α. ΜΕΡΤΖΑΝΗΣ, ΕΛΚΕΠΑ, 1985 (Εισήγηση)