

01200-0324

Τ.Ε.Ι. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΧΘΥΟΚΟΜΙΑΣ - ΑΛΙΕΙΑΣ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ / Μ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ - ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ - ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ**

Σπουδαστές:

Εμμανουήλ Κ. Εμμανουηλίδης

Κωνσταντίνος Β. Νικολάου

Εισηγητής:

Νικόλαος Βλάχος

Εκ. Καθ. Εφαρμογών

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 1996

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ / Μ

Τ.Ε.Ι. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ -
Αριθμ. Εισαγωγής 512

Τ.Ε.Ι. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΧΘΥΟΚΟΜΙΑΣ - ΑΛΙΕΙΑΣ

ΕΓΚΡΙΝΕΤΑΙ
Ο ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ

A handwritten signature in blue ink is written over a rectangular stamp. The stamp contains the text "ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ" in a circular arrangement. The signature is written across the stamp and extends to the right.

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 21 / 2 / 1996

Στους γονείς μας

Κων/νος Β. Νικολάου

Εμμανουήλ Κ. Εμμανουηλίδης

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

ΑΝΤΙ ΠΡΟΛΟΓΟΥ	1
1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ	3
1.1 ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ '	4
1.2 ΦΙΛΤΡΟ ΑΝΟΔΙΚΗΣ ΡΟΗΣ (UP - FLOW)	5
1.3 TRICKLING ΦΙΛΤΡΟ	6
1.4 ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΑ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΑΜΜΟΥ	9
1.5 ΚΑΘΙΖΗΣΗ	10
1.6 ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΦΙΛΤΡΑ	11
1.7 ΑΠΟΣΤΕΙΡΩΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	19
1.7.1 ΥΛΙΚΑ ΠΟΥ ΣΥΣΣΩΡΕΥΟΝΤΑΙ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΘ/ΜΟΥ.....	23
1.8 ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ	28
2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ Ή ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	39
2.1 ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	46
2.1.1 ΥΠΟΓΕΙΑ ΔΙΑΘΕΣΗ	47
2.2 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	53
2.3 ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΝΕΡΑ - ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΕ ΠΟΤΑΜΟ	58
2.4 ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ	67
3. ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	77
3.1 ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	77
3.2 ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	78
3.3 ΒΙΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	78
3.4 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	80
3.5 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΙΩΝ	80
3.6 ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΩΝ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	83
3.7 ΡΥΠΑΝΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΙΩΝ	88
3.8 ΜΕΤΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	93

4. ΤΡΟΠΟΣ ΚΑΙ ΡΥΘΜΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	94
4.1 ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	95
4.2 ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	95
4.3 ΑΦΟΜΟΙΩΣΗ ΤΩΝ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	96
5. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	104
5.1 ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	104
5.1.1 ΚΑΘΙΖΗΣΗ	105
5.1.2 ΚΟΣΚΙΝΙΣΜΑ	106
5.1.3 ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΗΣΗ	106
5.1.4 ΔΙΗΘΗΣΗ (ΔΙΥΛΙΣΗ)	107
5.1.5 ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ	108
5.2 ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	109
5.2.1 ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ ΜΕ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΕΘΑΝΙΟΥ	109
5.2.2 ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΕΩΣ	110
5.2.2.1 ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗ	110
5.2.2.2 ΑΕΡΟΒΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗ	111
5.3 ΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	114
5.4 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	117
5.5 ΕΝΩΣΕΙΣ ΑΖΩΤΟΥ	119
5.6 ΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΑΖΩΤΟΥ	120
5.7 ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΑΖΩΤΟΥ	122
6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΡΥΠΟΓΟΝΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΙΩΝ	133
6.1 ΟΡΓΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ	133
6.2.1 ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΙΩΝ	133
6.1.2 ΑΠΕΚΚΡΙΣΕΙΣ ΨΑΡΙΩΝ	138
6.1.3 ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΣΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΤΩΝ ΙΧΘΥΟΚΛΩΒΩΝ	140
6.1.4 ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ ΙΧΘΥΟΚΛΩΒΩΝ	141

6.1.5 ΔΙΑΔΟΣΗ ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΙΧΘΥΟΚΛΩΒΟΥΣ ΣΤΟΥΣ ΕΛΕΥΘΕΡΟΥΣ ΙΧΘΥΟΠΛΗΘΥΣΜΟΥΣ	142
6.2 ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΜΕ ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	142
6.3 ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΝΤΙΒΙΟΤΙΚΩΝ - ΑΠΟΛΥΜΑΝΤΙΚΩΝ.....	145
6.4 ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΑΠΟ ΟΡΓΑΝΙΚΟ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟ	146
7. ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΑ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΙΑ	149
7.1 ΑΛΑΤΑ ΚΑΙ ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ	152
7.2 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΠΟΣΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΑ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΙΑ	155
8. Η ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΕΝΑΝΤΙΑ ΣΤΙΣ ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	157
9. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ - ΙΣΧΥΟΝΤΕΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΟΡΟΙ ΔΙΑΘΕΣΕΩΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	164
10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	181
11. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (ΠΙΝΑΚΕΣ, ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ)	183
12. ΠΗΓΕΣ	204

ΑΝΤΙ ΠΡΟΛΟΓΟΥ

Σκοπός αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι να παρουσιάσει τις βασικές αρχές και θεωρίες για τον έλεγχο της ρυπάνσεως των υδατικών πόρων, να υποδείξει και να περιγράψει τις διάφορες τεχνικές για την επεξεργασία καθαρισμού των υγρών - στερεών αποβλήτων.

Αναφέρεται σε τρεις κύριες ενότητες:

Α' ΕΝΟΤΗΤΑ : Συστήματα αποχέτευσης - καθαρισμού νερού

Β' ΕΝΟΤΗΤΑ : Ανάλυση ρυπογόνου φορτίου των ιχθυοτροφείων

Γ' ΕΝΟΤΗΤΑ : Επεξεργασία υγρών - στερεών αποβλήτων

Στόχος είναι η συμβολή της στις υδατοκαλλιέργειες και απευθύνεται όχι μόνο στους σπουδαστές του τμήματος Ιχθυοκομίας - Αλιείας, αλλά και σ' αυτούς που θα ασχοληθούν με τον τομέα των υδατοκαλλιεργειών.

Η παρούσα εργασία, πιστεύομε, ότι συμβάλλει θετικά στη βελτίωση της ποιότητας της ανθρώπινης ζωής μέσα σε ένα υποβαθμισμένο και ανθυγιεινό περιβάλλον, όπως επίσης και να απαντήσει στο ερώτημα του κατά πόσο είναι εφικτή η επεξεργασία, χρησιμοποίηση των αστικών λυμάτων, των βιομηχανικών αποβλήτων και των ζωϊκών απορριμάτων με τον τομέα των υδατοκαλλιεργειών (υπό ευρεία μορφή).

Από τη θέση αυτή επιθυμούμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον Έκτακτο Καθηγητή Εφαρμογών του ΤΕΙ Μεσολογγίου Νικόλαο Βλάχο, για την καθοδήγηση και συνεργασία του καθόλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας μας

Επίσης ευχαριστούμε τις συναδέλφους μας Μαρία Κιτσινέλη και Γιαννούλα Πάντα για τη συμβολή τους και πρόθυμη βοήθειά τους στην επεξεργασία, διόρθωση του κειμένου.

Για τυχόν ατέλειες στην προσπάθεια επεξεργασίας και καλύψεως των θεμάτων αυτών, γίνεται επίκληση στην επιείκειά του αναγνώστη.

Μεσολόγγι - Φεβρουάριος 1996

Κων/νος Β. Νικολάου

Εμμανουήλ Κ. Εμμανουηλίδης

1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η μείωση της περιεκτικότητας του νερού σε σωματίδια είναι συνήθως το πρώτο βήμα στον καθαρισμό του νερού. Η μείωση, διατήρηση ή πλήρης απομάκρυνση των σωματιδίων εξαρτάται από τις απαιτήσεις των έγκλειστων οργανισμών του συστήματος.

Πάντως παράλληλα με τις απαιτήσεις αυτές, πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη και την τεχνική προσαρμογή σ' αυτές. Στις υδατοκαλλιέργειες υπό μορφή ολοκληρωμένων μονάδων παραγωγής γόνου ή εμπορεύσιμων ψαριών και καρκινοειδών γίνεται λόγος τα τελευταία χρόνια για συστήματα καθαρισμού νερού. Είναι γεγονός ότι τα τελευταία 5-6 χρόνια τα συστήματα αυτά άρχισαν να γίνονται ευρέως γνωστά και προσφέρονται υπό μορφή πακέτου τεχνογνωσίας - τεχνολογίας (Knowhow) από χώρες της Κεντρικής και Βόρειας Ευρώπης.

Τα συστήματα καθαρισμού νερού τα συναντάμε συχνά στα κλειστά κυκλώματα παραγωγής χελιών, στους ιχθυογεννητικούς σταθμούς τσιπούρας, λαυρακιού.

Η χρησιμοποίηση των συστημάτων αυτών δικαιολογείται όταν ο καθαρισμός του διαθέσιμου νερού (από ποτάμια, λίμνες κλπ) επειδή αυτό μεταφέρει παθογόνα ή είναι γενικώς ακατάλληλο (πχ.θολό) πριν εισέλθει στη μονάδα, ο καθαρισμός του εξερχόμενου από τη μονάδα νερού ώστε να μην επιβαρύνεται ο φυσικός αποδέκτης από βλαβερά και επικίνδυνα για το περιβάλλον. Για να αποφύγουμε τις συνέπειες αυτές εφαρμόζουμε φιλτράρισμα, που ορίζεται σαν απομάκρυνση των ανεπιθύμητων υλικών από τον όγκο του νερού.

Τα φίλτρα έχουν πολλούς ρόλους. Ενδεικτικά αναφέρονται οι εξής:

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

Ο μηχανικός, έχει σκοπό να απομακρύνει από το ανακυκλούμενο νερό, τα ανόργανα και οργανικά μόρια, ο βιολογικός, που είναι και ο σπουδαιότερος, είναι η μετατροπή της τοξικής αμμωνίας στα λιγότερα τοξικά νιτρικά από βακτηριακούς πληθυσμούς (*Nitrosomonas* - *Nitrobacter*) του φίλτρου.

Είναι ουσιαστική για το σωστό σχεδιασμό του συστήματος.

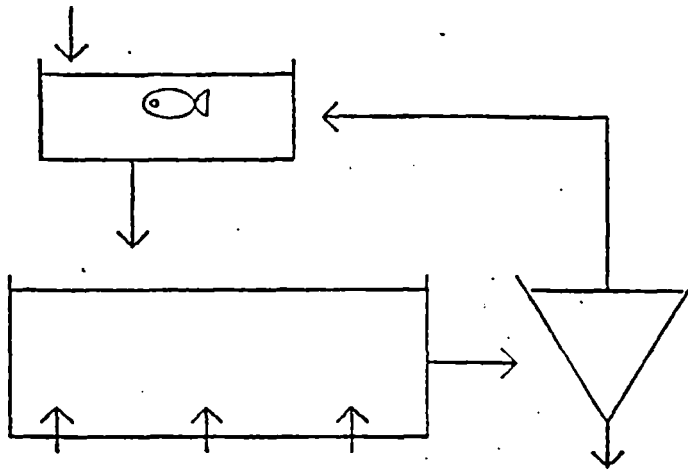
Διάφοροι μηχανισμοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατεργασία του νερού: Καθίζηση, μηχανικό, βιολογικό φιλτράρισμα, βιολογικά ενεργός ιλύς, χημικό φιλτράρισμα, αποστείρωση, ιοντοανταλλαγές, φυγοκεντρική διαχώριση.

1.1. ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΛΥΣ

Σ' αυτό το σύστημα η ιλύς αερίζεται ώστε παρέχεται το απαραίτητο οξυγόνο για τη διατήρηση των αερόβιων μικροοργανισμών σε συνεχή δραστηριότητα. Οπου υπάρχει ανεπαρκής παροχή οξυγόνου, γίνεται απονιτροποίηση από αναερόβια βακτήρια. Το υψηλό επίπεδο της βιολογικής δραστηριότητας παράγει υπολογίσιμα ποσά βιομάζας. Σαν συνέπεια απαιτείται μεγάλος όγκος φίλτρου σε σχέση με τον όγκο των δεξαμενών που εξυπηρετούνται απ' αυτό, πράγμα που μπορεί να θεωρηθεί σαν μειονέκτημα.

Το μεγάλο πλεονέκτημα του τύπου αυτού είναι η αποδεδειγμένη μακροχρόνια απόδοσή του σε μικρής και μεγάλης κλίμακας εφαρμογές. Παράλληλα δεν υπάρχει κίνδυνος φραγμού του φίλτρου και μείωσης της ροής του νερού. Οι απώλειες του νερού ημερησίως είναι της τάξης του 2% και οφείλονται κύρια στην εξάτμιση και την υπερχειλίση.

Σχήμα 1 : Φίλτρο ενεργού ιλύος



1.2. ΦΙΛΤΡΟ ΑΝΟΔΙΚΗΣ ΡΟΗΣ (UP-FLOW)

Συνίσταται από μία δεξαμενή γεμάτη με λίθους ή πλαστικούς κρίκους μεγέθους λίγων εκατοστών σε διάμετρο. Το νερό απ' τις δεξαμενές των ψαριών διοχετεύονται πρώτα σε μία δεξαμενή καθαρισμού στην οποία απομακρύνονται τα περιττώματα και έπειτα διοχετεύονται ανοδικά μέσω του φίλτρου. Στο μέσο του φίλτρου διαβιούν βακτήρια και η βακτηριακή δράση συντελείται σε ζώνες που ορίζονται από τη διαθεσιμότητα του οξυγόνου.

Υπάρχουν δύο βασικά μειονεκτήματα:

- α) δεν υπάρχει έλεγχος της διαδικασίας καθαρισμού στο φίλτρο και
- β) απαιτείται απομάκρυνση της νεκρής βιομάζας των μικροοργανισμών από τη δεξαμενή του φίλτρου.

Υπάρχει επίσης και ανάγκη πρόσθετου αερισμού του φίλτρου.

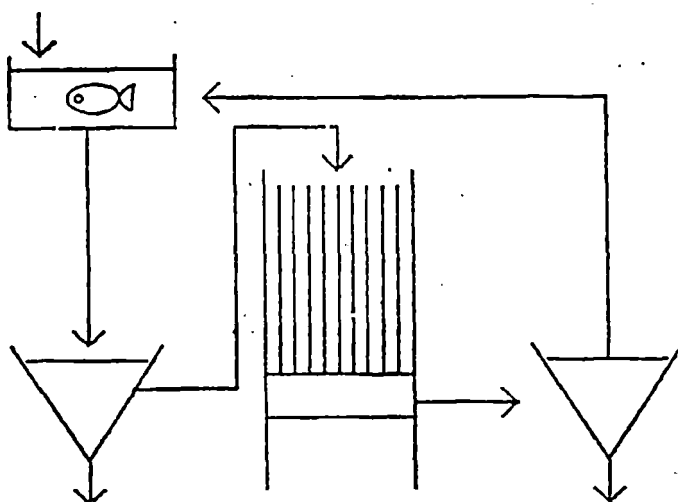
1.3. TRICKLING ΦΙΛΤΡΟ

Κατά τη διαδικασία καθαρισμού στο σύστημα αυτό, το νερό διέρχεται πάνω από κυματοειδές επιφάνειες από πλαστικό που προσφέρουν μεγάλη επιφάνεια για την αποίκιση βακτηρίων. Το σύστημα απαιτεί δεξαμενή καθαρισμού για την απομάκρυνση βακτηριακής ύλης που περιστασιακά εκπλένεται από τις επιφάνειες και πιθανώς για απονιτροποίηση.

Ο αερισμός στο trickling φίλτρο επιτυγχάνεται λόγω της τυρβώδους ροής που αναπτύσσεται στην επιφάνεια επαφής μεταξύ δύο ρευστών, του αέρα και του νερού που διοχετεύονται στο σώμα του φίλτρου. Χρησιμοποιούμενα σε ανοιχτή βάση τα φίλτρα αυτά πρέπει να μονώνονται, ειδικά όταν εξυπηρετούν σύστημα θερμών υδάτων. Η απομάκρυνση των περιττωμάτων και η χρήση ιλύος μπορούν να παρουσιάσουν πρόβλημα μόλυνσης.

Υπάρχουν επίσης φίλτρα υποστρωμάτων που χρησιμοποιούν χαλίκι και άμμο ως βιολογικό μέσο. Οπου τα ψάρια τρέφονται έντονα υπάρχει πιθανότητα φραγμού του στρώματος του φίλτρου, οπότε τα περιττώματα επιβάλλεται να διαχωρίζονται.

Σχήμα 2 : Trickling φίλτρο



ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

Γενικά πρέπει να τονιστεί ότι όλα τα φίλτρα έχουν τους περιορισμούς τους και κανένα δε λειτουργεί πάντα ικανοποιητικά. Υπάρχουν απώλειες νερού λόγω εξάτμισης, υπερχειλίσης ή έλλειψης στεγανότητας. Τέλος, σε όλα τα συστήματα πρέπει να απομακρύνονται τα περιττώματα και η ιλύς από τον όγκο του νερού.

Το ύψος της απόδοσης των βακτηριακών πληθυσμών περιορίζεται από την επιφάνεια του φίλτρου. Πορώδη υλικά όπως ο ξυλάνθρακας παρουσιάζουν μια πολύ μεγάλη ολική επιφάνεια σε σχέση με τον όγκο τους, με αποτέλεσμα την αυξημένη απόδοση του φίλτρου.

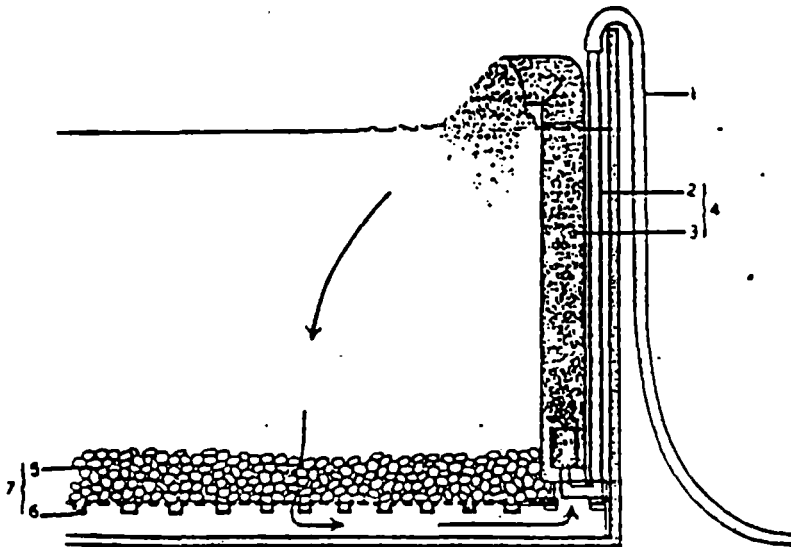
Σαν ξεχωριστή ενότητα μπορούμε να αναφέρουμε και το χημικό φιλτράρισμα που ορίζεται ως η απομάκρυνση διαλελυμένης οργανικής ύλης με προσρόφηση, αερισμό ή ευθεία (άμεση) οξειδωση σε απλούστερες μορφές. Ο ενεργός άνθρακας είναι το καταλληλότερο μέσο για προσρόφηση υλικού. Ο αερισμός παρασύρει οργανική ύλη που συσσωματώνεται στην επιφάνεια φυσαλίδων. Το όζον και η υπεριώδης ακτινοβολία οξειδώνουν οργανικά υλικά.

Το νερό που μετακινείται προς ή από το φίλτρο απαιτεί ειδικές αντλίες ή άλλο μηχανισμό για την κίνησή του. Από τη στιγμή που ο πεπιεσμένος αέρας (αεραντλίες) είναι διαθέσιμος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κίνηση του νερού τα airlifts. Τα airlifts χρησιμοποιούνται μόνο όπου δεν απαιτείται υψηλός ρυθμός ροής και υψηλή πίεση νερού. Έχουν όμως το πλεονέκτημα της μικρής δαπάνης λειτουργίας και της αξιοπιστίας σε σχέση με τις αντλίες νερού.

Σκοπός του κατασκευαστή είναι τα μηχανήματα που είναι υπεύθυνα για την κίνηση του νερού να προσφέρουν σταθερή ροή κάτω από όλες τις συνθήκες παρά μια έντονη ροή που να είναι όμως ακανόνιστη. Η ροή του νερού που περνά μέσα από το φίλτρο πρέπει να είναι σταθερή έτσι ώστε ο

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

βακτηριακός πληθυσμός να έχει επάρκεια οξυγόνου για να μπορεί να λειτουργεί συνεχώς. Μια πτώση της ροής θα είχε σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία αναερόβιων συνθηκών και επομένως απώλεια των χρήσιμων βακτηριακών πληθυσμών με αποτέλεσμα την υποβάθμιση του φιλτραρίσματος. Αν για οποιοδήποτε λόγο έχει επικρατήσει τέτοια κατάσταση, το φίλτρο θα πρέπει να αποσυνδεθεί από το σύστημα και να πλυθεί επιμελώς μέχρι να απομακρυνθούν οι έντονα τοξικές ουσίες, όπως το υδρόθειο, που έχουν παραχθεί λόγω των αναερόβιων συνθηκών. Χρησιμοποιώντας ένα σιφόνι εγκατεστημένο μόνιμα μέσα στη δεξαμενή αποφεύγεται (στις προαναφερόμενες καταστάσεις) το άδειασμα της δεξαμενής. Πάντως εναλλακτικά το φίλτρο μπορεί να τοποθετηθεί πάνω απ' τη δεξαμενή έτσι ώστε να αποφεύγεται η χρησιμοποίηση του σιφονιού.



Σχήμα 3: Airlift σε λειτουργία: 1) Σωλήνας παροχής αέρα, 2) Συνδετικός σωλήνας, 3) Αγωγός ανόδου, 4) Αντλία, 5) Χαλίκι, 6) Πλαστικό υπόστρωμα, 7) Στρώμα φίλτρου. Τα βέλη δείχνουν τη ροή του νερού.

Τα υποχαλικώδη (subgravel) συστήματα φιλτραρίσματος χρησιμοποιούνται

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

συχνά στις μονές δεξαμενές είτε ανεξάρτητα είτε σε συσδυασμό με υψηλής απόδοσης μηχανικό φίλτρο, όπως το φίλτρο διατόμων.

Η λειτουργία των συστημάτων αυτών βασίζεται σε ένα πλαστικό διάτρητο υπόστρωμα κατασκευασμένο έτσι ώστε να εξυπηρετεί τη σταθερή ροή του νερού κάτω από τα χαλίκια και να συνεισφέρει θετικά στην αποτελεσματικότητα του φιλτραρίσματος.

Όσον αφορά το ίδιο το μέσο φιλτραρίσματος, δηλαδή το χαλίκι, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή του η σύστασή του, η φύση του, το σχήμα και το μέγεθός του. Κατάλληλα υλικά είναι ο δολομίτης, θρυμματισμένα κελύφη οστράκων (συνήθως στρειδιών) κομμάτια κοραλλιών κ.α. Αξίζει να σημειωθεί ότι για τη χρήση τέτοιων φίλτρων σε συστήματα θαλασσινού νερού είναι απαραίτητη η περιεκτικότητα του μέσου σε ασβέστιο. Το σχήμα του υλικού πρέπει να είναι ανώμαλο και γωνιώδες και όχι ομαλό και στρογγυλό, ώστε η απόδοσή του να είναι η καλύτερη δυνατή.

Αναμφίβολα το βιολογικό φιλτράρισμα είναι ο σπουδαιότερος τύπος φιλτραρίσματος. Στο υποχαλικώδες φιλτράρισμα τελείται από το στρώμα του χαλικιού και σε συνδυασμό με τη βιολογική του δράση, το υποχαλικώδες φίλτρο είναι αναντικατάστατο στα μικρού μεγέθους ενυδρεία.

1.4. ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΑ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΑΜΜΟΥ

Η μείωση της περιεκτικότητας του νερού σε σωματίδια είναι συνήθως το πρώτο βήμα στον καθαρισμό του νερού. Η μείωση, διατήρηση ή πλήρης απομάκρυνση των σωματιδίων, εξαρτάται από τις απαιτήσεις των έγκλειστων οργανισμών του συστήματος. Πάντως παράλληλη με τις απαιτήσεις αυτές, πρέπει να λαμβάνουμε υπ' όψη και την τεχνική προσαρμογή σε αυτές.

Μια τέτοια μονάδα σωστά τοποθετημένη και συντηρούμενη είναι πολυέξοδη

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

για τον καθαρισμό του νερού. Αλλά με τις διευκολύνσεις που παρέχει, το παραπέρα φιλτράρισμα μεγάλων σωματιδίων δεν είναι αναγκαίο. Το μεγάλο μειονέκτημα αυτού του τύπου φιλτραρίσματος είναι ότι αποκλείει την ύπαρξη μέσα στο νερό ουσιών και οργανισμών που μπορεί να χρησιμεύουν σαν τροφή των έγκλειστων οργανισμών. Γι' αυτό το φιλτράρισμα μέσω της άμμου δεν πρέπει να χρησιμοποιείται όταν καλλιεργούμε είδη που παίρνουν την τροφή τους με διήθηση. Το νερό που προκύπτει απ' αυτή τη διαδικασία καθαρισμού είναι έτοιμο για οποιαδήποτε από τις διαδικασίες φιλτραρίσματος υπό-μικρών για χημική επεξεργασία ή για αποστείρωση. Αν αυτό δεν συμβεί αμέσως, δηλαδή αν το νερό αποθηκευτεί σε δεξαμενές για αρκετό χρονικό διάστημα τότε για να χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να ξαναφιλτραριστεί λόγω νέας εμφάνισης σωματιδίων σαν αποτέλεσμα φυσιολογικής δράσης. Η εμφάνιση σωματιδίων σε τέτοια περίπτωση θα ενισχυθεί αν τα δοχεία αερίζονται.

1.5. ΚΑΘΙΖΗΣΗ

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται όπου το φιλτράρισμα μέσω της άμμου δεν είναι πρακτικό ή είναι ανεπιθύμητο. Κατα τη μέθοδο αυτή το νερό αντλείται απευθείας από την παροχή στις δεξαμενές αποθήκευσης. Ανάλογα με την περιοδικότητα άντλησης, το μέγεθος και σχήμα των δοχείων και τη συχνότητα χρησιμοποίησης του νερού οι δεξαμενές αναλαμβάνουν το ρόλο δοχείων καθίζησης.

Τα ανεπιθύμητα υλικά με μεγαλύτερο ειδικό βάρος από νερό, θα κατακαθίσουν. Οσα ανέλθουν στην επιφάνεια συμπεριλαμβανομένου του αφρού που δημιουργείται από οργανικό υλικό κατά την άντληση θα πρέπει να αφαιρεθούν με μηχανικά μέσα (skimming). Ο ρυθμός της καθίζησης της ύλης

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

αυξάνεται στις αβαθείς δεξαμενές, αλλά η περιδίνηση που προκαλείται από τον αέρα μπορεί να παρεμποδίσει την καθίζηση και να προκαλέσει αύξηση στην περιεκτικότητα του νερού σε σωματίδια.

Μια σχετικά νέα μέθοδος, που αναπτύχθηκε για χρήση στη χημική βιομηχανία και την εξυγίανση νερού, είναι η επικλινή επιφάνειες ή σωληνοειδής διαχωριστής, που αναφέρεται και σαν παρεβλητής σωματιδίων. Επειδή λειτουργεί με υψηλό ρυθμό ροής είναι κατάλληλη για φιλτράρισμα του νερού στην πηγή του. Το νερό διοχετεύεται ανοδικά ανάμεσα από παράλληλους σωλήνες ή πλάκες τοποθετημένες έτσι ώστε να προκαλείται ελασματοειδής ροή. Λόγω της διάταξης των επιμέρους τμημάτων ελαχιστοποιείται η απόσταση που πρέπει να διανύσουν τα σωματίδια μέχρι να κατακαθίσουν. Η γωνία κλίσης ρυθμίζεται ώστε τα σωματίδια να προσκρούουν λόγω της ροής σε παγίδες καθίζησης. Μειονέκτημα αυτών των συσκευών είναι το ότι δεν λειτουργούν αποτελεσματικά με πολύ μικρά σωματίδια ή τείνουν να απομακρύνονται από τις επικλινείς επιφάνειες. Σ' αυτή την περίπτωση ένα σταθερό νηματοειδές υπόστρωμα, που σχηματίζεται με χημική επεξεργασία πάνω στις πλάκες ή σωλήνες, βελτιώνει την αποτελεσματικότητα της μεθόδου.

1.6 ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΦΙΛΤΡΑ

ι) Πλέγματα ή συμπαγή φίλτρα στην απλούστερη μορφή τους συνιστούν μία επιφάνεια με πλέγμα ή ένα στρώμα υαλονημάτων συνθετικού μαλλιού τοποθετημένα σε ένα κατάλληλο δοχείο. Χρησιμοποιούνται ευρέως για να απομακρύνουν μεγάλα σωματίδια από ανακυκλούμενο νερό. Με την κατάλληλη συντήρηση, αποτελούν μια φθηνή μέθοδο μερικού καθαρισμού του νερού. Οι επιφάνειες των πλεγμάτων που συνήθως κατασκευάζονται από

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

nylon ή άλλα συνθετικά υλικά είναι ουσιαστικά δισδιάστατα φίλτρα και έχουν περιορισμένη διάρκεια ζωής μεταξύ διαδοχικών καθαρισμών.

Κατά βάθος τα νηματώδη υλικά των φίλτρων (π.χ. perlon, nylon, terylene) είναι πιο αποτελεσματικά για την απομάκρυνση σωματιδίων, ειδικά όταν είναι μερικώς φραγμένα και κρατάνε περισσότερο. Η αποτελεσματικότητα καθαρισμού εξαρτάται από το πάχος του χρησιμοποιούμενου μέσου, τη συμπιεστικότητα του και τη διάρκεια λειτουργίας του. Κανένα από τα δύο συστήματα, πλέγματα, συμπαγή φίλτρα δεν αποδίδει στον καθαρισμό μεγάλων όγκων εισερχόμενου νερού.

Τα συμπαγή φίλτρα μπορούν να είναι αποτελεσματικά όταν χρησιμοποιούνται ως πρόχειρα φίλτρα για χαμηλού τυρβώδους ελεύθερη ροή, όπου πιο πολύπλοκες μέθοδοι μπορεί να αποβούν πολύ δαπανηρές.

ii) Φίλτρα άμμου/διατομικά: Χρησιμοποιούνται για το καθαρισμό του νερού, όντας ιδιαίτερα γιατί μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ίδια γραμμή με άλλα συστήματα ελέγχου ποιότητας φίλτρου (π.χ. φίλτρα ξυλάνθρακα, διαχωριστές αφρού, υπεριώδεις ακτινοβολία). Συχνά χρησιμοποιούνται για έλεγχο περιεκτικότητας σωματιδίων σε ανακυκλούμενα συστήματα (με παρεμβαλλόμενη ή συνεχή λειτουργία). Πλεονεκτήματά τους είναι χρήση χημικά αδρανών, αδιάλυτων υλικών φιλτραρίσματος, η απουσία κινητών νερών και η εξ ολοκλήρου πλαστική κατασκευή.

Τα φίλτρα άμμου κατατάσσονται σε αργά και γρήγορα. Στα αργά το νερό διέρχεται χωρίς πίεση από την επιφάνεια ενός στρώματος άμμου, περνά από ένα στρώμα χαλικιών και φεύγει προς τα έξω από σωλήνα εξαγωγής. Τα φίλτρα είτε κατασκευάζονται ως ξεχωριστές ενότητες είτε εγκαθίστανται σε δοχεία ενυδρείων. Στρώσεις χονδρού άμμου και χαλικιού υποστηρίζουν στρώμα λεπτής άμμου και εξασφαλίζουν σταθερή και ομοιόμορφη ροή νερού.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

Είναι σημαντικό να έχουμε διεγεγραμμένα και καλά τοποθετημένα στρώματα υλικών. Αν η κατανομή και τοποθέτηση μειώνει την αποτελεσματικότητα και δυναμικότητα του φίλτρου και μπορεί να τραβήξει αιωρούμενα υλικά στο κατώτερο τμήμα των στρωμάτων. Η απόδοση του φίλτρου αυξάνει ανάλογα με την αύξηση της επιφάνειας, παρά με την απόδοση του βάθους (πάχους) γιατί αυτό που ουσιαστικά φιλτράρει είναι υπερκείμενο στρώμα της λεπτής άμμου. Εδώ δεσμεύονται αιωρούμενα υλικά και γεφυρώνουν γειτονικούς κόκκους άμμου. Καθώς δημιουργείται αυτή η επικάλυψη, η αποτελεσματικότητα του φίλτρου αυξάνεται. Με συνεχή χρήση βέβαια, η ροή του νερού πέφτει κάτω από τα αποδεκτά όρια και υπάρχει κίνδυνος η περιεκτικότητα διαλελυμένου οξυγόνου στο στρώμα φιλτραρίσματος να πέσει κάτω από το αναγκαίο, για τη δράση της βιομάζας των αερόβιων μικροοργανισμών επίπεδο, μικροοργανισμών σημαντικών για τη διαβάθμισή του, δεσμευμένου από το φίλτρο, οργανικού υλικού. Όταν φράσσεται το στρώμα της ψιλής άμμου ανακινείται ελαφρά και το υπερκείμενο στρώμα νερού απομακρύνεται με σιφονισμό. Καλό είναι να αλλάζεται περιοδικά (μία έως δύο φορές το χρόνο) το στρώμα της ψιλής άμμου. Το back-flushing (μέθοδος καθαρισμού του υλικού του φίλτρου με αναστροφή της ροής) θα πρέπει να αποφεύγεται γιατί προκαλεί άνιση κατανομή σωματιδίων και υλικών και οδηγεί σε πρόωρο φραγμό. Τα αργά φίλτρα είναι συνηθέστερα στα ανακυκλούμενα συστήματα λόγω της βιολογικής τους δράσης. Δε προσφέρονται όμως για φιλτράρισμα του νερού απευθείας απ' την πηγή του (παροχή). Το νερό αυτό είναι συνήθως υπό πίεση και το υλικό φιλτραρίσματος πρέπει να είναι ομοιογενές και εντοιχισμένο σε δοχείο μεγάλης αντοχής. Έτσι χρησιμοποιούνται τα γρήγορα φίλτρα που παρέχουν πολύ μεγαλύτερο ρυθμό νερού ανά μονάδα επιφάνειας απ' ότι τα αργά και γι' αυτό εφαρμόζονται στην πηγή (νερού).

Λειτουργούν πρωταρχικά σαν μηχανικά φίλτρα, καθώς λείπει χρόνος για

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

(μικρο)βιολογικές διεργασίες που επηρεάζουν την ποιότητα του νερού. Αυτό υποβιβάζει το ρόλο τους σε συστήματα ανακύκλωσης, στην απομάκρυνση (κατακράτηση) σωματιδίων. Το υλικό φιλτραρίσματος, συνήθως άμμος, είναι ομοιόμορφο σε μέγεθος.

Ο λόγος είναι ότι η συντήρησή του περιλαμβάνει back-flushing που θα διατάραζε την ακεραιότητα των διαβαθμισμένων στρωμάτων. Ανθρακίτης, ή παρόμοια υλικά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε χονδρική υποβοήθηση στο φιλτράρισμα πάνω από την άμμο. Πλεονέκτημα του ανθρακίτη είναι ότι επιτρέπει μεγαλύτερο βάθος διείσδυσης αιωρούμενου υλικού στην άμμο κι έτσι αυξάνει τη διάρκεια λειτουργίας του φίλτρου. Έχοντας δε χαμηλότερο ειδικό βάρος απ' την άμμο, θα καθίσει σαν λεπτό στρώμα επάνω της μετά από back-flushing. Περνώντας από το στρώμα φιλτραρίσματος σωματίδια αφαιρούνται με δύλιση, ανάλογα με τις διαστάσεις των κόκκων του υλικού και τη συμπιεστότητά τους, τη δυνατότητα προσκόλλησης του αιωρούμενου υλικού στους κόκκους του φίλτρου και την πιθανότητα επικάθησης των στερεών σε διαστήματα προστατευμένα από την κύρια ροή. Η απόδοση (δυνατότητα κατακράτησης σωματιδίων) του φίλτρου αυξάνεται με τη χρήση μέχρι που προοδευτικά ο φραγμός επιφέρει έντονη πτώση πίεσης μεταξύ εισόδου και εξόδου και επιβάλλεται η εφαρμογή του back-flushing. Συνήθως χρησιμοποιούνται πιεσόμετρα σε εισόδους - εξόδους για να προειδοποιήσουν για επικείμενο φραγμό. Οι κατασκευαστές δίνουν ποσοστά απόδοσης στο επίπεδο του 90-95% κατακράτησης σωματιδίων (μέχρι του ορίου διαμέτρου). Η ελάχιστη διάσταση σωματιδίων που κατακρατούνται σχετίζεται με τη βαθμίδα του υλικού που χρησιμοποιείται. Ένα λεπτό, ομοιόμορφο υλικό με δομική διάσταση 0.3mm διαμέτρου θεωρητικά κατακρατεί το 95% των σωματιδίων με διάμετρο μέχρι 6μm ενώ ένα των 0.45mm κατακρατεί σωματίδια με διάμετρο 15μm. Η επιτευχθείσα απόδοση εξαρτάται και από τις επικρατούσες συνθήκες της θέσης του συστήματος.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

Το φίλτρο διατόμων (διατομικό) προϋποθέτει κίνηση του νερού συνήθως με πίεση παρά με αναρρόφηση, μέσα από φύλλα φίλτρου που έχουν ένα στρώμα διατομικών στοιχείων (πυριτικών, σκελετικών υπολειμμάτων διατόμων με κέλυφος) εγκάθετο στην επιφάνεια του φίλτρου προς την είσοδο του νερού. Το διάφραγμα του φίλτρου είναι από πορώδες κεραμικό ή πλαστικό υλικό, σε διάφορα σχήματα.

Όπως και με το φίλτρο άμμου, η απόδοση εξαρτάται από τη βαθμίδα του μέσου φιλτραρίσματος, τη συχνότητα ροής και το χρόνο που το φίλτρο είναι σε λειτουργία. Η πλειονότητα των διατομικών φίλτρων του εμπορίου έχουν κάθετα φύλλα για να διευκολύνουν το back-flushing, όταν το υλικό φράσσεται από σωματίδια. Όσα έχουν οριζόντια τοποθετημένα χαρτιά φιλτραρίσματος, απαιτούν λύσιμο της μονάδας για τον καθαρισμό της. Για τις περισσότερες εφαρμογές χρησιμοποιείται το διατομικό «545 Celite» (Johns Marville Celite Division) που είναι χοντρό, με υλικά διάστασης περίπου 30μm αλλά η πολύπλοκη δομή του επιτρέπει κατακράτηση σωματιδίων διαμέτρου 2.50-5.00 μm. Τα φίλτρα με λεπτότερη διάσταση υλικού που διατίθενται στο εμπόριο, επιτρέπουν κατακράτηση μικρότερων σωματιδίων αλλά μειώνουν τη διάρκεια ζωής του φίλτρου. Σε πειράματα με θαλασσινό νερό (61.500 σωματίδια διαμέτρου 2.50-5.00 μm/ml) έγινε φιλτράρισμα από διατομικό φίλτρο. Σημειώθηκε σταδιακή αύξηση πίεσης στην εισαγωγή, καθώς το διατομικό στρώμα φράσσεται. Μία ώρα μετά την έναρξη φιλτραρίσματος πάρθηκαν μετρήσεις με τη μέθοδο Coulter-Counter. Η μέση απόδοση στο διάστημα αυτό ήταν 77,5%. Σημειωτέον ότι, συγκεκριμένα είδη φυτοπλαγκτού, με μεγέθη κυττάρων που θα έπρεπε να δεσμεύονται από το φίλτρο, είναι αρκετά ελαστικά ώστε να επιτυγχάνεται η διέλευσή τους. Υπάρχουν έτοιμα στοιχεία για φίλτρα άμμου ή διατομικά από τους κατασκευαστές. Αυτά θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ή όταν η τροφοδότηση

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

γίνεται με βαρύτητα ή με τροφοδοτικές αντλίες. Οι αντίες θετικού εκτοπίσματος μπορεί να προκαλέσουν διαφοροποίηση πίεσης μεταξύ εισόδου και εξόδου, γεγονός που επηρεάζει το μέσο φιλτραρίσματος και μπορεί να προκαλέσει καταστροφές στον εξοπλισμό.

ii) Τα φίλτρα φυσιγγίων είναι μικρές μονάδες, κατάλληλες για φιλτράρισμα σε μικρά ενυδρεία. Συχνά χρησιμοποιούνται σαν συμπληρωματικά φίλτρα, προηγούμενα φίλτρων σωματιδίων < μ.

Υπάρχουν τύποι με βαθμίδες δέσμευσης από 1μm μέχρι 10μm διαμέτρου. Τα φυσίγγια τοποθετούνται συνήθως μονά ή σε σωρό σε ανάλογη υποδοχή. Τα στοιχεία του φίλτρου είναι συνήθως ανταλλακτικά και όταν φράσσονται αντικαθιστούνται. Μερικές φορές η ζωή των φυσιγγίων επεκτείνεται με προσεκτικό back-flushing.

Απομάκρυνση των σωματιδίων <μ και των διαλελυμένων υλικών :

α) Φιλτράρισμα υπό-μικρών. Για μικρά ενυδρεία χρησιμοποιείται φυσίγγιο από πλαστική μεμβράνη με πτυχώσεις, διάτρητη γύρω από ένα (αλύγιστο) πλαστικό πυρήνα και συγκρατείται από ένα εξωτερικό πλαστικό πλέγμα. Συνήθως, ένα 80% του όγκου του φίλτρου μεμβράνης είναι κενό διάστημα ώστε να παρέχει υψηλή ροή σε σχέση με τις διαστάσεις του πόρου.

Τα υπό-μικρά φίλτρα έχουν δύο βασικές λειτουργίες. Συχνά χρησιμοποιούνται με φυσίγγια πόρου 0.2μm διαμέτρου για να φιλτράρουν την παροχή αέρα σε σφραγισμένες δεξαμενές για καλλιέργεια βακτηρίων, μονοκυτταρικών αλγών κ.α., ελαχιστοποιώντας τη μόλυνση από τον αέρα. Επίσης, χρησιμοποιούνται για την αφαίρεση/μείωση του αριθμού των υδατογενών μικροοργανισμών στην παροχή νερού. Η επιλογή του μεγέθους

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

των πόρων του φίλτρου είναι μεγάλης σημασίας. Ενώ στοιχεία των κατασκευαστών δείχνουν ότι οι μεμβράνες 0.45μm κατακρατούν coliform βακτήρια, ενώ υπάρχουν βακτήρια θαλασσινού νερού που δεν κατακρατούνται ολοκληρωτικά ούτε από φίλτρα 0.2μm.

Η χρήση συμπληρωματικών φίλτρων (π.χ. διατομικών ή φυσιγγίων) πριν από τις μεμβράνες συνίσταται στο να επεκτείνει τη ζωή των μεμβρανών, που έχουν μεγάλο κόστος. Μία τελευταία εξέλιξη είναι φυσίγγια με αυτοκαθαριζόμενη μεμβράνη η οποία καθαρίζεται με ατμό. Οι κατασκευαστές των μη αυτοκαθαριζόμενων φίλτρων συνιστούν χημική απολύμανση με αέριο οξείδιο του αιθυλενίου διοξείδιο του θείου ή διάλυμα χλωρίνης.

β) Ενεργός άνθρακας. Είναι πολύ προσροφητικό, πορώδες υλικό που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της μικροσωματικής οργανικής ύλης του νερού. Ενεργεί έλκοντας χημικά τα οργανικά μόρια σε προσροφητικές επιφάνειες. Η κοινότερη παραλλαγή είναι ο κοκκώδες ξυλάνθρακας καρύδας, του οποίου ένα κιλό μπορεί να έχει επιφάνεια μεγαλύτερη από 10.000 τετραγωνικά μέτρα. Ο ενεργός άνθρακας λειτουργεί και σαν μηχανικό φίλτρο.

Είναι όμως σημαντικό να προφίλτραριστεί το νερό για να αποφευχθεί η πρόωπη απώλεια προσρόφησης, λόγω κάλυψης των κόκκων από σωματιδιακό υλικό. Γι'αυτό το σκοπό συνήθως χρησιμοποιείται υαλοβάμβακας γι'αυτό το ρόλο.

Τα φίλτρα ενεργού άνθρακα χρησιμοποιούνται γενικά σε συστήματα ανακύκλωσης αφαιρώντας οργανικά υλικά και μεταβολικά προϊόντα, συνεισφέροντας στον έλεγχο των μικροοργανισμών. Ο ενεργός άνθρακας αφαιρεί επίσης οργανικές ενώσεις που σχηματίζουν στρώμα στο μεσοδιάστημα νερού/αέρα εμποδίζοντας την ελεύθερη ανταλλαγή των αερίων.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η ενεργή ζωή κι η απόδοση του ενεργού άνθρακα εξαρτώνται από το φορτίο και τη φύση των προσροφούμενων οργανικών ενώσεων. Το μέσο χρειάζεται αλλαγή όταν η περιεκτικότητα του νερού σε άνθρακα δε μειώνεται κατά τη διέλευση από το φίλτρο.

γ) Διαχωρισμός αφρού. Αυτή η μέθοδος αναφέρεται και σαν επίπλευση - διασκορπισμένου αέρα, καθαρισμός αέρα ή ξάφρισμα πρωτεΐνης. Κατά την εφαρμογή της παρέχονται μικρές φυσαλίδες αέρα σε μία στήλη νερού. Με την άνοδο των φυσαλίδων δημιουργείται ένας υμένας από μικροσωματιδιακά και διαλυμένα οργανικά στοιχεία, μεταξύ του νερού και του αέρα. Όταν οι φυσαλίδες βγουν στην επιφάνεια και σκάσουν, οι υμένες παραμένουν και το υλικό που συσσωρεύεται στον αφρό απομακρύνεται διαμέσω εξόδου πάνω από την επιφάνεια του νερού.

Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου επηρεάζεται από το μέγεθος των φυσαλίδων και τη διάρκεια επαφής του αέρα με το νερό. Η διασπορά δεδομένου όγκου αέρα υπό μορφή φυσαλίδων παρέχει μεγαλύτερη επιφάνεια για τη δέσμευση υλικού απ' ό,τι ο ίδιος όγκος υπό μορφή μεγάλων φυσαλίδων. Έτσι ένας ανοικτός σωλήνας είναι λιγότερο αποτελεσματικός από ένα διάτρητο πλέγμα ή μία πέτρα με ονομαστική διάμετρο πόρου 20μm. Μετρήσεις έδειξαν ότι η απόδοση του διαχωρισμού αφρού είναι ανάλογη αυτής των χάρτινων φίλτρων GF/C Whatman. Συνίσταται να τοποθετούνται οι διαχωριστές αφρού πριν από φίλτρα κατακράτησης μικρών σωματιδίων.

Ο διαχωρισμός αφρού μπορεί να είναι επίσης αποτελεσματική μέθοδος οξυγόνωσης του νερού ή μέθοδος απομάκρυνσης πλεοναζόντων διαλελυμένων αερίων όπως οξυγόνο ή διοξείδιο του άνθρακα. Με παροχή μίγματος όζοντος και αέρα στο νερό, η οργανική ύλη θα οξειδωθεί και θα περιοριστεί η ανάπτυξη των μικροοργανισμών.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

δ) Ρητίνες ιοντοανταλλαγής. Λίγες πληροφορίες υπάρχουν για την εφαρμογή τους. Υπάρχει όμως αυξημένο ενδιαφέρον για τη χρήση τους, κύρια όσον αφορά την αφαίρεση τοξικών μετάλλων από το θαλάσσιο νερό. Πειράματα έδειξαν ότι η καθαρή μορφή νατρίου του Chelex-100 (Bio-Rad Laboratories) μπορεί να αφαιρέσει, επιλεκτικά, ίχνη τοξικών μετάλλων που είναι συχνά παρόντα σε φυσικά και τεχνητά θαλάσσια ύδατα. Παρόλο που η ρητίνη αυτή έχει μεγάλο κόστος αγοράς, μπορεί να επαναδραστηριοποιηθεί, οπότε αποκτά πρακτικότητα όπου απαιτούνται μικροί όγκοι νερού χωρίς την παρουσία μετάλλων. Η μέθοδος αυτή μπορεί να ακολουθεί καθαρισμό του νερού, κατά προτίμηση με φιλτράρισμα υπό - μικρών.

ε) Εναλλακτικές μέθοδοι. Σε μεγάλους όγκους νερού μπορούν να εφαρμοστούν φυσικοχημικές μέθοδοι χαμηλού κόστους. Δεν υπάρχουν ακριβή στοιχεία για τον τρόπο δράσης των μεθόδων αυτών, αλλά είναι όλες ικανές να μειώσουν ή να αφαιρέσουν τα στοιχεία που καθυστερούν την αύξηση ή την ανάπτυξη των έγκλειστων οργανισμών. Μεταξύ των επιτυχημένων μέσων είναι αργιλώδη ορυκτά, διάτομα, ασκορβικό οξύ, υδατικά αποστάγματα χουμικών οξέων καθώς και διάφορες γαίες. Στοιχεία όπως τα αργιλώδη ορυκτά προσροφούν μέταλλα, οργανικά στοιχεία και οργανο-μεταλλικές ενώσεις, ενώ συγκεκριμένα είδη φυτοπλαγκτού συγκεντρώνουν μέταλλα. Ανάλογη δράση παρουσιάζουν και μερικές χημικές ενώσεις.

1.7 ΑΠΟΣΤΕΙΡΩΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Είναι συνήθως το τελευταίο στάδιο βελτίωσης της ποιότητας του νερού. Σ' αυτό το στάδιο επιχειρείται ο έλεγχος και περιορισμός των πιθανά

βλαβερών μικροοργανισμών που εισέρχονται στις δεξαμενές. Η παρούσα νοοτροπία αντιτίθεται στη χρήση αντιβιοτικών και άλλων αντιμικροβιακών μέσων στα συστήματα καλλιέργειας, εκτός ειδικών περιστάσεων. Οι μικροοργανισμοί ελέγχονται συνήθως με φιλτράρισμα ή με χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας.

α) Φιλτράρισμα. Το φιλτράρισμα του νερού με φυσίγγια μεμβράνης ονομαστικής πόρωσης 0.2μm δεν έχει κανένα από τα βλαβερά αποτελέσματα των άλλων μεθόδων. Πρέπει να σημειωθεί ότι η απόλυτη κατακράτηση των βακτηρίων δεν είναι αναγκαία.

β) Υπεριώδης ακτινοβολία. Μεταξύ ενός εύρους μήκους κύματος 240 έως 280nm η υπεριώδης ακτινοβολία απομολύνει μάλλον το νερό παρά το αποστειρώνει. Μειώνει την αναπαραγωγική δυνατότητα των βακτηρίων και είναι βακτηριοστατικό παρά βακτηριοκτόνο. Παρόμοια αποτελέσματα έχει και τους μύκητες. Από την εκλυόμενη υπεριώδη ακτινοβολία μπορεί να οξειδωθεί η οργανική ύλη του νερού.

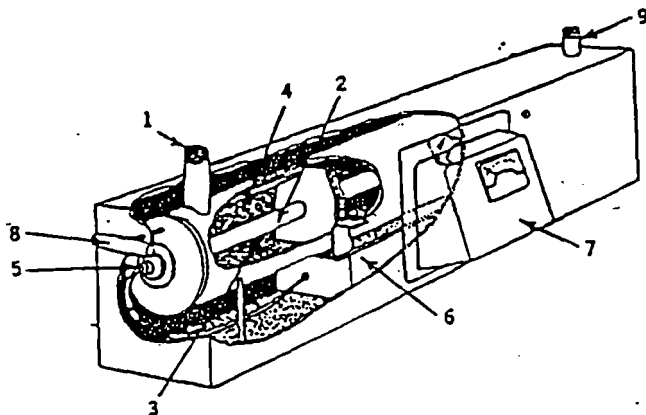
Η αποτελεσματικότητά της εξαρτάται από την ποσότητα σωματιδιακού υλικού στο νερό και έχουμε καλύτερα αποτελέσματα αν μειωθεί η συγκέντρωση των σωματιδίων με προηγούμενο φιλτράρισμα.

Σε εκτεταμένα πειράματα με συσκευή εκπομπής 16mW s/cm² μέσα στα βακτηριοστατικά μήκη κύματος και ροή νερού προφιλτραρισμένου διατομικά, 600lt/h η μέση μείωση των μονάδων που σχηματίζουν αποικίες ήταν 85.4%.

γ) Οζόνωση. Αν χρησιμοποιηθεί προσεκτικά, το όζον είναι ένα αποτελεσματικό μέσο βελτίωσης της ποιότητας του νερού. Το όζον αποσυντίθεται μέσα στο νερό, παράγοντας ένα πολύ ενεργό άτομο οξυγόνου, απομολύνει και αποστειρώνει το νερό, οξειδώνει οργανική ύλη και

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

μετατρέπει τα, έντονα τοξικά, νιτρώδη σε νιτρικά. Με τη χρήση του όζοντος μπορούν να απομακρυνθούν και μερικά ιχνοστοιχεία όπως το μαγγάνιο.



Σχήμα 4: Αποστειρωτής υπεριώδους ακτινοβολίας και συστατικά του στοιχεία: 1) εισαγωγή 2) λυχνία UV 3) περίβλημα 4) θάλαμος αποστείρωσης 5) υποδοχή λυχνίας 6) έρμα 7) μετρητής έντασης UV 8) λαβή 9) εξαγωγή.

Από την άλλη το όζον είναι πολύ τοξικό για τον άνθρωπο και για πολλούς υδρόβιους οργανισμούς, είναι διαβρωτικό για τα μηχανήματα και τις εγκαταστάσεις και συνεπώς πρέπει να χρησιμοποιείται με προσοχή.

Η οζόνωση γίνεται με παροχή στο μερό μίγματος αέρα και όζοντος σε ειδικές δεξαμενές διαχωρισμένες από το υπόλοιπο σύστημα. Ο αριθμός των βακτηρίων διατηρείται σε επιτρεπτά όρια ενώ η αμμωνία και τα νιτρώδη οξειδώνονται. Η οζόνωση μπορεί να συνδυαστεί και με τον διαχωρισμό αφρού. Συστήνεται, πριν ανακυκλωθεί το νερό που έχει υποστεί θεραπεία με όζον, να φιλτράρεται με άνθρακα ώστε να δεσμευθεί το πλεονάζον όζον.

Στον υπολογισμό της δόσης του όζοντος που πρόκειται να διοχετευθεί στο νερό, πρέπει να αφεθούν περιθώρια για παράγοντες που συνεισφέρουν στην

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

κατανάλωση όζοντος όπως το C.O.D., η θολότητα, η αλατότητα, τα διαλελυμένα υλικά και οι μικροβιακές και πλαγκτονικές πυκνότητες. Οδηγίες πάνω σ' αυτό το θέμα παρέχονται από τους κατασκευαστές εξοπλισμού.

δ) Χλώριο. Σαν αποστειρωτικό μέσο του νερού, το χλώριο έχει υποσκελισθεί από την οζόνωση που είναι πολύ αποτελεσματικότερη σαν μέθοδος. Έχει πολλά από τα μειονεκτήματα του όζοντος, όντας τοξικό για τον άνθρωπο και τους υδροβίους οργανισμούς, διαβρωτικό και μπορεί να σχηματίσει τοξικά συμπλέγματα με οργανικές ενώσεις.

Από τις μεθόδους αυτές, ο ενεργός άνθρακας συνιστάται για όλα τα συστήματα θαλασσιών υδάτων, ανεξαρτήτως μεγέθους. Δεν έχουν διαπιστωθεί βλαβερές συνέπειες της χρήσης του υλικού αυτού και είναι γνωστό ότι προσροφά οργανικό υλικό συνεχώς και σε σημαντική ποσότητα. Στα περισσότερα μικρού μεγέθους ενυδρεία, στα οποία η ιχθυοφόρτιση δεν ξεπερνά τα περιοριστικά όρια, δεν απαιτείται επιπλέον σύστημα φιλτραρίσματος.

Οι διαχωριστές αφρού είναι περιορισμένης σημασίας. Ο ενεργός άνθρακας αναλαμβάνει αναμφίβολα τις περισσότερες λειτουργίες καθαρισμού του νερού και αυτό διαπιστώνεται σε ενυδρεία στα οποία συνδυάζεται ο ενεργός άνθρακας με διαχωριστή αφρού. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα λειτουργίας, ο διαχωριστής παύει να παράγει αφρό δείχνοντας έτσι ότι το οργανικό φορτίο του νερού έχει συγκέντρωση μικρότερη από 1ppm.

Το όζον και οι υπεριώδεις ακτίνες πρέπει να χρησιμοποιούνται σε περιστασιακή βάση, όπως κατά τη διάρκεια της εξάπλωσης μίας ασθένειας. Η συνεχής λειτουργία ενός οζονιστή ή μίας μονάδας U.V. είναι άσκοπη. Εάν οι οργανισμοί τρέφονται προσεκτικά και η πυκνότητά τους δεν είναι μεγάλη τα βακτήρια και τα πρωτόζωα της μάζας του νερού δεν είναι πρόβλημα. Η

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

συντήρηση ενός υγιούς περιβάλλοντος είναι προτιμότερη από την εγκατάσταση μιας μονάδας U.V. ή ενός οζονιστή.

Η U.V. ακτινοβολία πρέπει να προτιμάται από τη χρήση όζοντος. Το όζον παρουσιάζει δύο βασικά μειονεκτήματα: είναι δύσκολο να υπολογιστεί το ποσό που εισέρχεται στο νερό και δεν υπάρχει μέθοδος μέτρησης της συγκέντρωσής του, οπότε υπάρχει μεγάλος κίνδυνος από την αύξησή της. Τέτοιο κίνδυνο δεν παρουσιάζουν οι μονάδες U.V., όπου ο θανατηφόρος παράγοντας είναι κλεισμένος μέσα σε κέλυφος. Οι ακτίνες δεν έρχονται σε άμεση επαφή με τα ζώα, και αφού η U.V. ακτινοβολία δε συνοδεύεται από χημική διαδικασία δεν υπάρχει κίνδυνος από υπερβολική χρήση της.

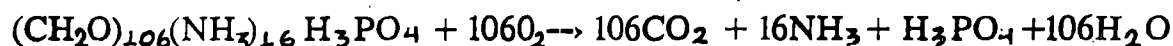
1.7.1 ΥΛΙΚΑ ΠΟΥ ΣΥΣΣΩΡΕΥΟΝΤΑΙ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

α) Αμμωνία και νιτρώδη. Η αμμωνία είναι το κύριο αζωτούχο παράγωγο πολλών υδρόβιων οργανισμών. Είναι παρούσα στο νερό σε δύο μορφές, μία μη ιονισμένη (NH_4^+) που είναι πολύ τοξική και μία ιονισμένη (NH_3), που είναι λιγότερο τοξική. Το ποσοστό της κάθε μορφής εξαρτάται κυρίως από τη συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου (pH) αλλά και από τη θερμοκρασία, την αλατότητα και την πίεση. Υπάρχει περίπου δεκαπλάσια ποσότητα NH_3 σε νερό με pH 8 απ' ό τι σε νερό με pH 7.

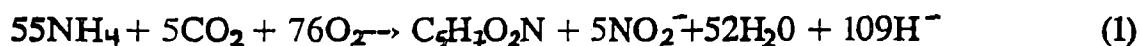
Η γνώση του ρυθμού παραγωγής αμμωνίας από τους έγκλειστους οργανισμούς είναι χρήσιμη για το σχεδιασμό των εγκαταστάσεων θεραπείας. Σαν γενικός κανόνας ο ρυθμός παραγωγής αζώτου υπολογίζεται περίπου σε 0.5g N/Kg υγρού βάρους ζώου/ημέρα. Το ποσό αυτό μπορεί να φτάσει το 1gr/Kg/ημέρα, ειδικά όσον αφορά τα νεαρά άτομα που παρουσιάζουν ταχείς ρυθμούς ανάπτυξης.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η αμμωνία είναι επίσης πιθανό να παράγεται από ετερότροφους οργανισμούς που ζουν σε άλλους χώρους όπως το σύμπλεγμα του φίλτρου, το υπόστρωμα ή το νερό. Η παραγωγή της αμμωνίας κατά τη διάρκεια του καταβολισμού μπορεί να αναπαραστεί από την εξίσωση Richards (1965) για την αποσύνθεση του πλαγκτού.



Η απομάκρυνση της αμμωνίας από το γλυκό και το θαλασσινό νερό μπορεί να επιτευχθεί με βιολογική νιτροποίηση (nitrification), χλωρίωση, εξαερισμό ή ιοντοεναλλαγή. Η πιο δημοφιλής μέθοδος για κλειστά συστήματα υδατοκαλλιεργειών είναι η βιολογική νιτροποίηση. Οι McCarty και Haug (1971) συνόψισαν τις ολικές αντιδράσεις της νιτροποίησης και αφομοίωσης στις ακόλουθες εξισώσεις:



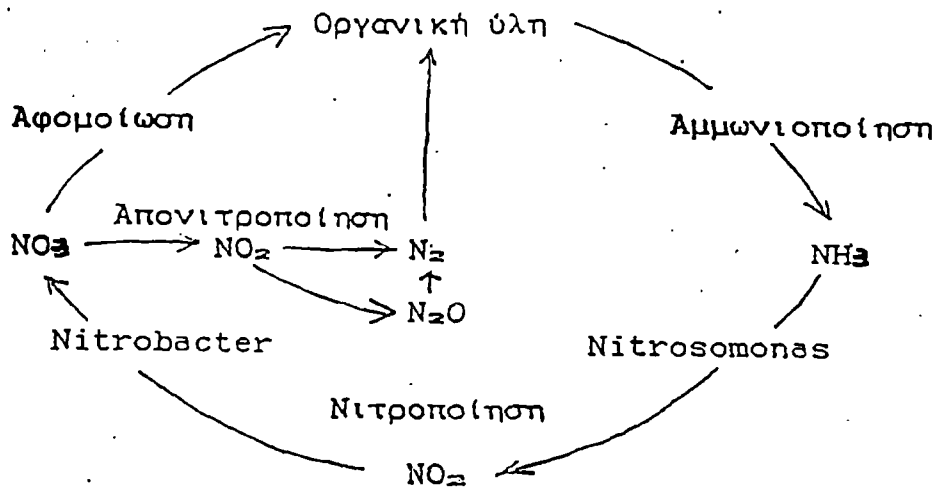
Η πρώτη αντίδραση γίνεται από τους βακτηριακούς πληθυσμούς *Nitrosomonas* και η δεύτερη από *Nitrobacter*.

Το ασφαλέστερο και συνηθέστερα χρησιμοποιούμενο μέσο είναι το φίλτρο διήθησης, όπου το νερό διέρχεται από το φίλτρο. Επίσης χρησιμοποιούνται εμβυθιζόμενα φίλτρα ανοδικής ή καθοδικής ροής, είναι όμως πιο επιρρεπή σε ανάπτυξη αναεροβίων συνθηκών όταν σταματάει η κυκλοφορία του νερού ή δημιουργείται ανομοιομορφία στη διάταξη των υλικών.

Η νιτροποίηση παρεμποδίζεται στα εμβυθιζόμενα φίλτρα όταν τα επίπεδα

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

οξυγόνου πέσουν στο 0.6 έως 0.7 mg/l.



Σχήμα 5 : Κύκλος αζώτου

Η όλη διαδικασία περιλαμβάνει μερικά διαδοχικά στάδια. Η αμμωνιοποίηση είναι η διαδικασία κατά την οποία οι οργανικές ουσίες αποσυντίθενται προς ανόργανα υλικά παράγοντας, εκτός των άλλων, αμμωνία. Η αμμωνιοποίηση τελείται από ειδική ομάδα βακτηρίων που έχουν σαν πηγή ενέργειας την οργανική ύλη και ονομάζονται ετερότροφα. Όπως φαίνεται στο σχήμα τα ετερότροφα βακτήρια αποσυνθέτουν την οργανική ύλη σε αμμωνία και άλλα παράγωγα. Στο σημείο αυτό, μια άλλη ομάδα βακτηρίων αναλαμβάνει δράση.

Η νιτροποίηση πραγματοποιείται από μία ειδική ομάδα βακτηρίων που διαβιούν στο μέσο του φίλτρου. Τα νιτροποιητικά βακτήρια χρησιμοποιούν την αμμωνία σαν πηγή ενέργειας. Η διαδικασία της νιτροποίησης καθιστά την αμμωνία ατοξική σε δύο φάσεις. Πρώτα μία ομάδα (Nitrosomonas) μετατρέπει την αμμωνία σε λιγότερο τοξικά νιτρώη (NO_2). Στη δεύτερη φάση

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

τα νιτρώδη μετατρέπονται σε σχεδόν ατοξικά νιτρικά από βακτήρια του γένους Nitrobacter.

Η αμμωνία, τα νιτρώδη και τα νιτρικά είναι ανόργανα συστατικά. Τα νιτροποιητικά βακτήρια χρησιμοποιούν ανόργανα συστατικά σαν πηγές ενέργειας και γι' αυτό ονομάζονται αυτότροφα.

Η νιτροποίηση συνεχίζεται όσο οι συνθήκες του περιβάλλοντος είναι κατάλληλες και ευνοϊκές για την ανάπτυξη των βακτηρίων αυτών. Οι έγκλειστοι οργανισμοί αποβάλλουν συνεχώς οργανικό υλικό και αμμωνία συμβάλλοντας έτσι στην ανάπτυξη των βακτηρίων.

Όσο υπάρχει επαρκής ποσότητα τροφής και οι δύο ομάδες των βακτηρίων, αυτότροφα και ετερότροφα, μπορούν να λειτουργήσουν ικανοποιητικά.

Το τρίτο στάδιο του βιολογικού φιλτραρίσματος είναι η απονιτροποίηση. Κατά τη διάρκεια αυτή, τα νιτρώδη και τα νιτρικά που παράγονται κατά τη νιτροποίηση υποβαθμίζονται από τα απονιτροποιητικά βακτήρια σε N_2O ή μοριακό άζωτο (N_2). Χωρίς την απονιτροποίηση το επίπεδο των νιτρικών μπορεί να αυξηθεί επικίνδυνα. Η απονιτροποίηση τελείται από αυτότροφους οργανισμούς.

Οι δύο πρώτες βδομάδες είναι κριτικής σημασίας για τη λειτουργία του φίλτρου. Μέχρι να ολοκληρωθεί η λειτουργία, το επίπεδο της αμμωνίας είναι πολύ αυξημένο γιατί δεν έχει εγκατασταθεί στο φίλτρο ικανοποιητικός αριθμός νιτροποιητικών βακτηρίων. Εφόσον όμως, ο βακτηριακός πληθυσμός τροφοδοτείται από μια σταθερή ποσότητα οργανικού υλικού και αμμωνίας, τότε σταδιακά αναπτύσσεται και το φίλτρο λειτουργεί κανονικά. Εδώ παρατηρούμε ότι, σε συνάρτηση με το χρόνο, πρώτα αυξάνεται η αμμωνία και τα υπεύθυνα για την αμμωνιοποίηση βακτήρια, στη συνέχεια αυξάνονται τα νιτροποιητικά βακτήρια, στη συνέχεια αυξάνονται τα νιτροποιητικά βακτήρια (πρώτα τα nitrosomonas και στη συνέχεια τα nitrobacter) και τέλος

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

αναπτύσσονται τα απονιτροποιητικά βακτήρια, οπότε εγκαθίσταται η αναμενόμενη ισορροπία και το σύστημα συντηρείται κανονικά.

Κατά τη διάρκεια πειραμάτων (Forster, 1974) η διαδικασία έναρξης λειτουργίας του βιολογικού φίλτρου ήταν η εξής: αρχικά προστέθηκε χλωριούχο αμμώνιο ($40 \text{ mg NH}_4\text{-N/ημέρα}$) και αυξήθηκε η αζώτουχος αμμωνία ενώ ακολούθως μειώθηκε η συγκέντρωσή της καθώς οξειδώθηκε σε νιτρώδη με ταυτόχρονη ανάπτυξη των *nitrosomonas*. Την κορύφωση των νιτρωδών ακολούθησε μείωση καθώς οξειδώθηκαν σε νιτρικά από πληθυσμούς *nitrobacter*. Τα νιτρικά αυξήθηκαν σαν αποτέλεσμα της δραστηριοποίησης των τελευταίων. Μετά από 17 μέρες το νερό αλλάχτηκε πλήρως και η ημερήσια παροχή χλωριούχου αμμωνίου συνεχίστηκε. Τα επίπεδα αμμωνίας και νιτρωδών παρέμειναν σταθερά ενώ το επίπεδο των νιτρικών αυξήθηκε σαν αποτέλεσμα της πλήρους ανάπτυξης των βακτηριακών πληθυσμών.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το βαθμό οξείδωσης της αμμωνίας σε βιολογικά φίλτρα συστημάτων θαλασσιών υδάτων, είναι παρόμοιοι με αυτούς που έχουν μελετηθεί στα συστήματα γλυκού νερού. Ένας σημαντικός παράγοντας είναι τα υδραυλικά φορτία.

Το αποτέλεσμα των υδραυλικών φορτίων σε διηθητικά φίλτρα με χαλίκι (διαμέτρου 6-12 mm) με ημερήσια δόση $1 \text{ mg (NH}_4\text{)}_2\text{SO}_4\text{-N/1}$ μελετήθηκαν από τον Forster που βρήκε ότι η ποσότητα του αζώτου αμμωνίας που αφαιρέθηκε στα πρώτα 60 εκατοστά του στρώματος του χαλικιού ήταν 50.1, 111.2 και 217.8 g N/ m^3 χαλικιού / ημέρα αντίστοιχα σε υδραυλικά φορτία 20, 82, 246 m^3 νερού / m^3 χαλικιού/ ημέρα. Αν η ειδική επιφάνεια του χαλικιού ήταν $350 \text{ m}^2/ \text{m}^3$, τότε τα αντίστοιχα ύψη της αφαιρουμένης αμμωνίας θα είναι 0.14, 0.32 και 0.62 g N/ m^2 /ημέρα. Τα φίλτρα με πλαστικό μέσο σε πρότυπα ανακυκλούμενα συστήματα τυπικά οξειδώνουν 0.3 g N/ m^2 / ημέρα με

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

υδραυλικό φορτίο περίπου $280 \text{ m}^2 / \text{m}^3 /$ ημέρα. Οι τιμές αυτές αποτελούν οδηγό για τα επίπεδα νιτροποίησης που αναμένονται από συμβατικά συστήματα θαλασσιών υδάτων με σχετικά χαμηλούς βαθμούς οργανικών φορτίων.

Σχετικά με το διάστημα που απαιτείται για την εγκατάσταση του βιολογικού φίλτρου. Ο Siddall (1974) προσδιόρισε ότι μπορεί να συντομευθεί αν προσθέσουμε χλωριούχο αμμώνιο και θειούχο αμμώνιο, λόγω απουσίας οργανικής ύλης. Ανάλογα πειράματα έγιναν σε πρότυπα συστήματα ανακύκλωσης των 40 λίτρων κάτω από διαφορετικές συνθήκες pH και θερμοκρασίας. Σαν υλικά χρησιμοποιήθηκαν διαλύματα χλωριούχου αμμωνίου, νιτρώδους νατρίου και μιγμάτων αυτών των δύο. Η νιτροποίηση έλαβε χώρα μετά από 34 κατά μέσο όρο ημέρες, με κύμανση τιμών από 24 έως 41 ημέρες. Οι οργανισμοί που καλλιεργήθηκαν κατά τη διάρκεια της φάσης αυτής είτε δεν επέζησαν, είτε δεν αναπτύχθηκαν καλά.

Όπως θα περίμενε κανείς, τα νέα φίλτρα μπορούν να λειτουργήσουν γρηγορότερα με «μεταμόσχευση» μιας ποσότητας μέσου από φίλτρο που ήδη λειτουργεί. Σε πειράματα που έγιναν με κλειστά συστήματα γλυκών νερών, η λειτουργία των φίλτρων απαίτησε 10,7 ημέρες κατά μέσο όρο όταν χρησιμοποιήθηκε μέσο από παλαιότερο φίλτρο και 22,2 ημέρες κατά μέσο όρο όταν η ανάπτυξη των οργανισμών του φίλτρου δεν υποβοηθήσε με αυτόν τον τρόπο.

1.8 ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ

α. Γενικά

Σαν απολύμανση χαρακτηρίζεται η εκλεκτική ελάττωση σε ανεκτά επίπεδα των παθογόνων μικροβίων, σε αντίθεση με την αποστείρωση, που σημαίνει

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

καταστροφή κάθε μορφής ζωής.

Παθογόνοι παράγοντες, που μεταφέρονται απ'ευθείας με το νερό και προκαλούν εντερολοιμώξεις, είναι συνήθως διάφορα βακτήρια (σαλμονέλλα τυφοειδούς πυρετού, δονάκιο χολέρας, σιγκέλλες βακτηριακή δυσεντερία), ιοί (πολιομυελίτιδα, ιογής ηπατίτιδα), κύστεις (ιστολυτική αμοιβάδα) και αυγά εντερικών παρασίτων.

Η απολύμανση δεν είναι το ίδιο αποτελεσματική για όλα τα είδη των μικροβίων και εξαρτάται μεταξύ άλλων η δράση της από το απολυμαντικό μέσο, που χρησιμοποιείται (π.χ. το όζον είναι πιο αποτελεσματικό από το χλώριο για τους ιούς).

Απολύμανση χρησιμοποιείται όταν η προβλεπόμενη χρήση του αποδέκτη το επιβάλλει. Οι διάφορες μονάδες επεξεργασίας αφαιρούν από μικρά μέχρι πολύ σημαντικά ποσοστά των βακτηρίων από τα λύματα, όμως λαμβάνοντας υπόψη ότι τα λύματα μπορεί να περιέχουν κολοβακτηρίδια, ακόμη και 98% αφαίρεση δεν επαρκεί σε ορισμένες περιπτώσεις ειδικής χρήσης του αποδέκτη.

Το χλώριο μπορεί να προστεθεί σαν υγρό χλώριο ή σαν υποχλωριώδες ασβέστιο ή νάτριο και, ανεξάρτητα της μορφής που χρησιμοποιήθηκε, ανάλογα του pH θα σχηματίσει υποχλωριώδες οξύ ή υποχλωριώδες ιόν.

Επίσης, δεδομένου ότι στα λύματα υπάρχει συνήθως αμμωνία, θα σχηματισθούν οι χλωραμίνες που έχουν μειωμένη μικροβιοκτόνο δραστηριότητα. Ένα μεγάλο πρόβλημα με τη χλωρίωση είναι ο σχηματισμός χλωροοργανικών ουσιών.

Ο χρόνος παραμονής στην δεξαμενή χλωρίωσης δεν πρέπει να είναι μικρότερος από 15 λεπτά στην μέγιστη παροχή. Το απολυμαντικό θα πρέπει να μπορεί να αναμειχθεί τελείως σε 3 δευτερόλεπτα και η ροή στην δεξαμενή

θα πρέπει να είναι από πάνω έως κάτω και από άκρη σε άκρη.

β. Μέσα απολυμάνσεως

Τα μέσα, που χρησιμοποιούνται για απολύμανση, είναι χημικά, φυσικά, μηχανικά και ραδιολογικά.

I. Χημικά μέσα

Έχει χρησιμοποιηθεί μεγάλη ποικιλία χημικών παραγόντων για απολύμανση, όπως φαινόλες, οινόπνευμα, χλώριο, ιώδιο, βρώμιο, όζον, βαριά μέταλλα, υπεροξείδιο του υδρογόνου (H_2O_2), σαπούνια - απορρυπαντικά και διάφορα οξέα ή αλκάλια.

Από τις πιο πάνω ουσίες τη μεγαλύτερη χρήση και παγκόσμια διάδοση έχει το χλώριο - αέριο ή ενώσεις - και σε μικρότερη κλίμακα το όζον, που χρησιμοποιείται μεταξύ άλλων για την απόσμιση του αέρα αντλιοστασίων ακαθάρτων, σκεπασμένων δεξαμενών αερισμού και κλειστών συμπυκνωτών λάσπης. Πολύ όξινα ή αλκαλικά υγρά μπορεί να χρησιμοποιηθούν για καταστροφή παθογόνων μικροβίων (συνήθως $3 > pH > 11$).

II. Φυσικά μέσα

Φυσικά μέσα απολυμάνσεως είναι η θερμότητα και το φως. Θέρμανση του νερού μέχρι το σημείο του βρασμού καταστρέφει τα περισσότερα μη σπορογόνα μικρόβια. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σε βιομηχανίες τροφίμων, αλλά δεν προσφέρεται για τις μεγάλες ποσότητες των υγρών αποβλήτων λόγω της μεγάλης δαπάνης.

Η ηλιακή ακτινοβολία έχει μικροβιοκτόνο δράση στην περιοχή της υπεριώδους ακτινοβολίας με μέγιστη αποδοτικότητα σε μήκος κύματος $\lambda = 265 \text{ nm}$. Σαν τεχνητή πηγή υπεριώδους ακτινοβολίας χρησιμοποιούνται

συνήθως λαμπτήρες χαμηλής πίεσεως ατμών υδραργύρου, που εκπέμπουν περισσότερο από 85% της ακτινοβολίας σε μήκος κύματος $\lambda = 253,7 \text{ nm}$.

Ενώ η μέθοδος αυτή έχει χρησιμοποιηθεί με ικανοποιητικά αποτελέσματα για απολύμανση μικρών ποσοτήτων καθαρού (πόσιμου) νερού, είναι προβληματική η εφαρμογή της σε ακάθαρτα νερά, γιατί η ακτινοβολία απορροφάται εύκολα από τα αιωρούμενα στερεά και ακόμη από τα διαλυμένα οργανικά μόρια κι έτσι εξουδετερώνεται η απολυμαντική της ικανότητα.

III. Μηχανικά μέσα

Τα μικρόβια απομακρύνονται σε ορισμένο ποσοστό μηχανικά από τα απόβλητα μαζί με τα αιωρούμενα κυρίως υλικά, που αφαιρούνται κατά τις διάφορες επεξεργασίες. Έτσι π.χ. η ελάττωση του αριθμού των κολοβακτηριοειδών με μηχανικές ή σύνθετες επεξεργασίες είναι:

Μηχανική επεξεργασία

1. Χοντρή σχάρα	0-5%
2. Λεπτή σχάρα (5-20mm)	10-20
3. Αμμοσυλέκτης	10-25
4. Απλή καθίζηση	25-75

Σύνθετη επεξεργασία

5. Χημική καθίζηση	40-80
6. Χαλικοδιυλιστήριο	90-95
7. Δραστική λάσπη	90-98
8. Χλωρίωση επεξεργασμένων λυμάτων	98-99

IV. Ραδιολογικά μέσα

Η ραδιενέργεια, που εκπέμπεται με μορφή σωματιδίων (α-ακτινοβολία πυρήνες ηλίου, β- ακτινοβολία ηλεκτρόνια) ή σαν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (γ-ακτίνες) έχει ανάλογα με την ένταση και το χρόνο εκθέσεως μικροβιοκτόνες ιδιότητες.

Ιδιαίτερα η ακτινοβολία γ-ακτίνων, που έχει μεγάλη διεισδυτικότητα, έχει χρησιμοποιηθεί για την απολύμανση (ουσιαστικά αποστείρωση) νερού και αποβλήτων.

γ. Μηχανισμοί απολυμάνσεως

Η μικροβιοκτόνος δράση των μέσων απολυμάνσεως εξηγείται με διάφορους μηχανισμούς βλαπτικής επιδράσεως στο κύτταρο όπως:

- Φθορά ή καταστροφή του κυτταρικού τοιχώματος, που οδηγεί στη διάλυση και θάνατο του μικροοργανισμού. Ορισμένοι παράγοντες, όπως η πενικιλίνη, εμποδίζουν τη σύνθεση του κυτταρικού τοιχώματος.
- Αλλαγή της εκλεκτικής διαπερατότητας της κυταροπλασματικής μεμβράνης με αποτέλεσμα τη διαφυγή ζωτικών θρεπτικών συστατικών, όπως είναι το άζωτο και ο φωσφόρος. Τέτοια επίδραση έχουν οι φαινολικές ουσίες και τα απορρυπαντικά.
- Αλλαγή της κολλοειδούς φύσεως του πρωτοπλάσματος, όπως π.χ. η πήξη των πρωτεϊνών με τη θέρμανση ή μεταβολή της φυσικής τους συστάσεως με τα οξέα και τις βάσεις με τελικό αποτέλεσμα το θάνατο.
- Παρεμπόδιση της ενζυματικής δραστηριότητας και της ικανότητας του κυττάρου να συνθέσει νέο υλικό. Τα οξειδωτικά μέσα, όπως το χλώριο, μεταβάλλουν τη χημική σύνθεση των ενζύμων και τα αδρανοποιούν, με αποτέλεσμα να παρεμποδίζεται ο κανονικός ρυθμός μεταβολισμού και επιβιώσεως. Τα ένζυμα, που είναι τόσο ζωτικά για το μεταβολισμό,

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

βρίσκονται σε πολύ μικρές ποσότητες κι έτσι εξηγείται η σημαντικότερη μικροβιοκτόνος δράση του χλωρίου ακόμη και σε πολύ μικρή συγκέντρωση (0,5-1,0 mg/l).

δ. Κινητική της απολυμαντικής δράσεως

Κατά τη μελέτη της κινητικής της απολυμαντικής δράσεως θεωρείται ότι ισχύουν οι ακόλουθες ιδεατές συνθήκες:

- Όλα τα κύτταρα κάθε γένους μικροβίων είναι εξίσου ευαίσθητα στον παράγοντα απολυμάνσεως, που χρησιμοποιείται.
- Τα κύτταρα και η απολυμαντική ουσία είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα στο υγρό.
- Η συγκέντρωση του παράγοντα απολυμάνσεως παραμένει πρακτικά σταθερή στη διάρκεια της επαφής.
- Το νερό δεν περιέχει ουσίες, που παρεμβάλλονται στην απολυμαντική δράση μηχανικά (κάλυψη) ή με άλλο τρόπο.

Κάτω από τις συνθήκες αυτές ο ρυθμός της απολυμαντικής δράσεως εξαρτάται από (α) το χρόνο επαφής, (β) τη συγκέντρωση ή την ένταση και το είδος του μέσου απολυμάνσεως, (γ) τη συγκέντρωση και το είδος των μικροβίων, (δ) τη θερμοκρασία και (ε) τη φύση του υγρού.

Ι. Χρόνος επαφής

Ο χρόνος επαφής είναι από τους βασικότερους παράγοντες της απολυμάνσεως. Όσο επιμηκύνεται για μια ορισμένη συγκέντρωση του απολυμαντικού μέσου, τόσο αυξάνει το ποσοστό καταστροφής των μικροβίων. (Εικ.1)

Η επίδραση του χρόνου επαφής εκφράζεται με το νόμο του Chick, σύμφωνα με τον οποίο ο αριθμός των μικροοργανισμών, που καταστρέφονται στη μονάδα του χρόνου, είναι ανάλογος των μικροβίων, που παραμένουν:

$$\frac{dN}{dt} = -kN \quad (1)$$

όπου N : ο αριθμός των μικροοργανισμών

t : χρόνος

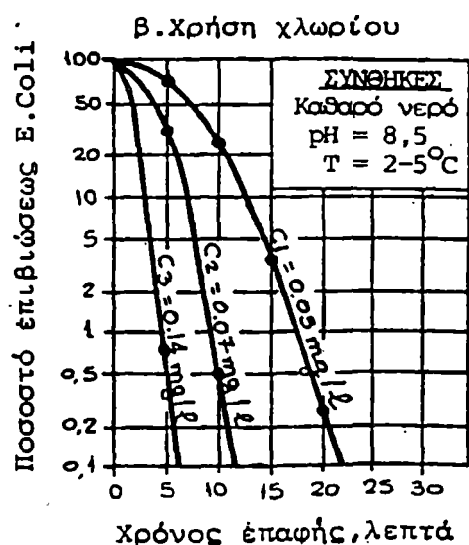
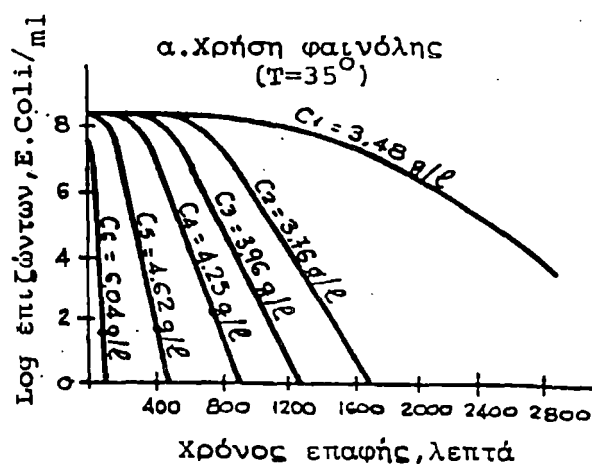
k : σταθερά, χρόνος⁻¹

Αν είναι $N = N_0$ ο αρχικός αριθμός των μικροβίων (για $t=0$), η σχέση (1) δίνει με ολοκλήρωση:

$$N = N_0 e^{-kt} \quad \text{ή} \quad \ln \frac{N}{N_0} = -kt$$

Στην πράξη παρατηρούνται συνήθως αποκλίσεις από το νόμο του Chick. Ο ρυθμός καταστροφής, αντί να είναι σταθερός, άλλοτε αυξάνει και άλλοτε ελαττώνεται με το χρόνο.

Εικ. 1: Επίδραση του χρόνου επαφής και της συγκεντρώσεως στην καταστροφή των μικροβίων (E.coli).



ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η συνθήκη αυτή εκφράζεται με τη σχέση:

$$\ln \frac{N}{N_0} = -kt^m$$

όπου m : σταθερά

Για $m < 1$ ο ρυθμός καταστροφής ελαττώνεται με το χρόνο

Για $m = 1$ ο ρυθμός καταστροφής είναι σταθερός

Για $m > 1$ ο ρυθμός καταστροφής αυξάνει με το χρόνο

Ο προσδιορισμός των σταθερών k και m για κάθε συγκεκριμένη περίπτωση γίνεται με σχεδίαση σε διπλή λογαριθμική κλίμακα των αντίστοιχων τιμών των $(-\ln \frac{N}{N_0})$ και t , που δίνουν ευθεία γραμμή με τη σχέση:

$$\log (-\ln \frac{N}{N_0}) = \log k + m \log t$$

II. Συγκέντρωση του μέσου απολυμάνσεως

Η αποτελεσματικότητα της απολυμάνσεως επηρεάζεται πρόσθετα από το είδος και τη συγκέντρωση του απολυμαντικού μέσου. Η επίδραση αυτή εκφράζεται μαθηματικά με την εμπειρική σχέση:

$$C^n t = K$$

όπου C : η συγκέντρωση του μέσου απολυμάνσεως

t : απαιτούμενος χρόνος για ορισμένο ποσοστό καταστροφής

n : σταθερά (συντελεστής αραιώσεως του μέσου απολυμάνσεως)

K : σταθερά

Αν $n > 1$, σημαίνει ότι η δόση (συγκέντρωση) είναι πιο σημαντική από το χρόνο επαφής του απολυμαντικού μέσου

$n = 1$, σημαίνει ότι η συγκέντρωση και ο χρόνος επαφής έχουν την ίδια βαρύτητα

$n < 1$, σημαίνει ότι ο χρόνος επαφής είναι ο πιο σημαντικός από τη δόση.

III. Συγκέντρωση και είδος οργανισμών

Γενικά δεν έχουν παρατηρηθεί σημαντικές διαφορές, στο βαθμό καταστροφής των μικροοργανισμών μεταξύ υψηλών και χαμηλών τιμών συγκεντρώσεώς τους.

Οπωσδήποτε, όπου παρατηρηθεί τέτοια απόκλιση, όπως στις μεγάλες διαφορές συγκεντρώσεων, μπορεί να εκφραστεί με την εμπειρική σχέση:

$$C^r \cdot N_c = K$$

όπου C : συγκέντρωση του μεσου απολυμάνσεως

N_c : συγκέντρωση των οργανισμών, που ελαττώνεται κατά ορισμένο ποσοστό, σε ορισμένο χρόνο

r : σταθερά που σχετίζεται με τη συγκέντρωση του μέσου απολυμάνσεως

K : σταθερά

Σ' αντίθεση με τη συγκέντρωση η αποτελεσματικότητα του απολυμαντικού μέσου επηρεάζεται σημαντικά από τη μορφή και το είδος των μικροοργανισμών.

Έτσι π.χ. οι συνηθισμένοι τύποι μικροβίων καταστρέφονται πιο εύκολα, παρά οι μορφές αντιστάσεώς τους (σπόρια), που παρουσιάζουν ιδιαίτερη

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

ανθεκτικό στα χημικά απολυμαντικά και συνήθως καταστρέφονται μόνο με υψηλή θερμοκρασία.

Εξάλλου τα διάφορα είδη μικροοργανισμών παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές στην ανθεκτικότητα έναντι ορισμένου απολυμαντικού μέσου. Έτσι από την Εικ. 7^η προκύπτει, ότι για τον ίδιο χρόνο επαφής και pH (π.χ. $t=20'$, pH = 7,0) απαιτούνται οι ακόλουθες κατά προσέγγιση συγκεντρώσεως υπολειμματικού χλωρίου για καταστροφή διαφόρων μικροοργανισμών κατά 99,6 - 100%, σε 0-5 C:

- E.coli	0,025 mg/l, Cl ₂
- Ιός πολιομυελίτιδας (τύπου 1)	0,12 mg/l, Cl ₂
- Ιστολυτική αμοιβάδα (κύστεις)	18 mg/l, Cl ₂
- Ανθρακας (βάκιλλος)	20 mg/l, Cl ₂ (pH = 7,2)

IV. Θερμοκρασία

Η επίδραση της θερμοκρασίας στο ρυθμό καταστροφής των μικροοργανισμών από ένα απολυμαντικό μέσο εκφράζεται από τη σχέση vant' Hoff - Arrhenius γραμμένη με τη μορφή ($\ln 10 = 2,303$):

$$\log \frac{t_1}{t_2} = \frac{E(T_2 - T_1)}{2,303 RT T} = \frac{E(T_2 - T_1)}{4,575 T_1 T_2} \quad (2)$$

όπου t_1, t_2 : χρόνος για ορισμένο ποσοστό καταστροφής σε θερμοκρασία T_1
και T_2 , °K, αντίστοιχα

E : ενέργεια δραστηριοποίησης

R : σταθερά των τελείων αερίων (1,987 cal / °K.mol)

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

Τυπικές τιμές της ενέργειας δραστηριοποίησης ενώσεων του χλωρίου για καταστροφή της E.coli σημειώνεται στην Εικ. 2 . .

Εικ. 2: Τιμές της ενέργειας δραστηριοποίησης

Μορφή χλωρίου	pH	E, cal
Χλώριο στο νερό	7,0	8.200
	8,5	6.400
	9,8	12.000
	10,7	15.000
Χλωραμίνες	7,0	12.000
	8,5	14.000
	9,5	20.000

Όπως προκύπτει από τη σχέση (2) και φαίνεται στην Εικ. 7^η η αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνει γενικά την αποτελεσματικότητα της απολυμάνσεως.

V. Υγρό

Η φύση του υγρού, μέσα στο οποίο γίνεται η απολύμανση, επηρεάζει πολλές φορές την αποτελεσματικότητα του συστήματος και πρέπει να εκτιμώνται με προσοχή οι διάφοροι μειωτικοί παράγοντες.

2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ (ΔΙΑΘΕΣΗΣ)

Το σύστημα αποχετεύσεως μια περιοχής περιλαμβάνει το σύνολο των έργων και εγκαταστάσεων για τη συλλογή, μεταφορά, επεξεργασία και διάθεση των υγρών αποβλήτων, από τα σημεία που παράγονται μέχρι και τον τελικό αποδέκτη.

Σκοπός της αποχετεύσεως είναι η υγιεινή συλλογή και απομάκρυνση των υγρών αποβλήτων από το περιβάλλον όχι μόνο των ανθρώπινων οργανισμών όσο και των ζωικών. Στην ευρεία κατάταξη των ζωικών οργανισμών μπορούμε να κατατάξουμε και τους υδρόβιους οργανισμούς, ψάρια, καρκινοειδή, οστρακοειδή, κ.α. που εκτρέφονται από τον άνθρωπο. Η τελική διάθεση κατά τρόπο υγιεινό και αποδεκτό για τα φυσικά οικοσυστήματα, τους γήϊνους πόρους και την αισθητική του περιβάλλοντος.

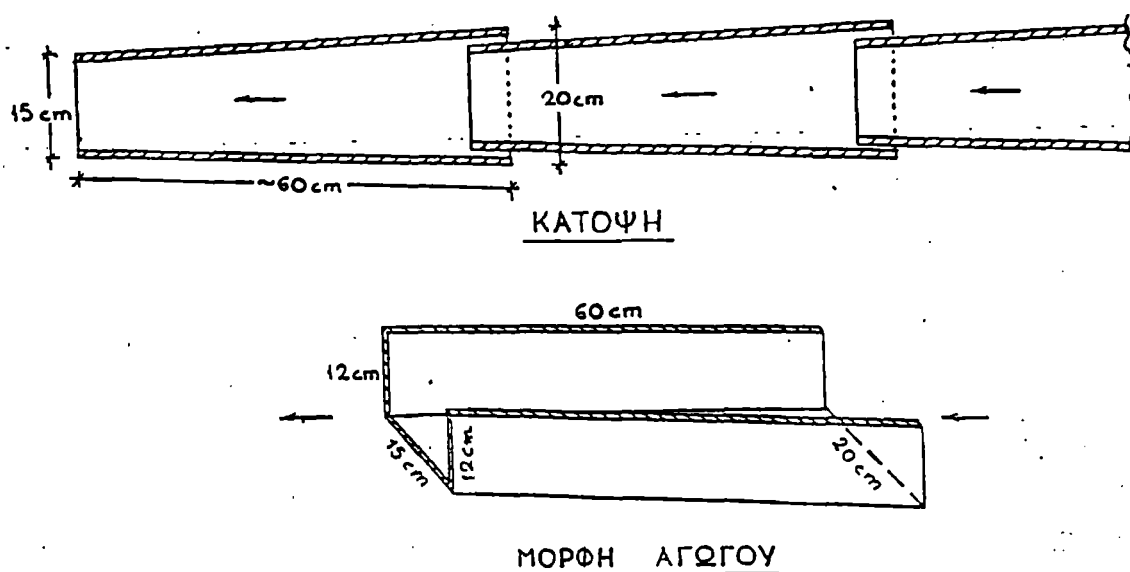
Η αποχέτευση αποτελεί στην πράξη συνέχεια της υδρεύσεως, με την οποία έχει πολλά κοινά τεχνικά, λειτουργικά και διοικητικά χαρακτηριστικά με βασική διαφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υγρών, που μεταφέρονται. Λόγω ακριβώς των πολλών ανεπιθύμητων προσμίξεων των λυμάτων πρέπει να λαμβάνονται κατά την αποχέτευση όλα τα απαραίτητα μέτρα προστασίας του περιβάλλοντος και ιδιαίτερα των τελικών αποδεκτών. Για να εξασφαλιστεί η προστασία του περιβάλλοντος, πρέπει να μελετηθεί ιδιαίτερα το τμήμα της αποχετεύσεως που αναφέρεται στην επεξεργασία καθαρισμού αλλά και διάθεση των αποβλήτων.

Οι παλιότερες ίσως ενδείξεις για ύπαρξη συστήματος αποχετεύσεως των νερών ανάγονται στην εποχή των Σουμερίων στην περιοχή της Μεσοποταμίας.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΘΕΣΗΣ - ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

Μεταγενέστερα στο μεγαλοπρεπές Μινωϊκό ανάκτορο της Κνωσού, στην Κρήτη, που απλωνόταν σε έκταση 20.000 Μ2, είχε κατασκευαστεί σύστημα αποχετεύσεως των βρόχινων και ακάθαρτων νερών (λουτρά) που έχει αποκαλυφθεί και φαίνεται σήμερα σε σημαντική έκταση, στο ανατολικό κυρίως τμήμα.

Εικ. 3: Ενδεικτική διάταξη και μορφή πήλινων αγωγών αποχετεύσεως του Μινωϊκού ανακτόρου Κνωσού



Ιδιαίτερα χαρακτηριστική από τεχνική πλευρά είναι η χρησιμοποίηση σε ορισμένους κλάδους του δικτύου πήλινων αγωγών, με καλυμμένη ορθογωνική διατομή -αντί κυκλική- και με τραπεζοειδή κάτοψη, καθώς και η οριζοντιογραφική διάταξη με το στένωμα του αγωγού προς το κάτω μέρος της ροής, όπως στα κοίλα κεραμίδια (Εικ. 3)

Το δίκτυο είχε φρεάτια επιθεωρήσεως και καθαρισμού για τη συντήρηση και φαίνεται ότι κατέληγε στο ρέμα, που περνούσε ανατολικά του ανακτόρου.

Η αρχαία Ρώμη, εκτός από το εκτεταμένο σύστημα υδρεύσεως, είχε δίκτυο υπονόμων για τα βρόχινα μόνο νερά. Μάλιστα η «μεγάλη υπόνομος» (cloaca maxima), που εξυπηρετούσε τη Ρωμαϊκή Αγορά, είναι ακόμη σε λειτουργία.

Από τη ρωμαϊκή εποχή μέχρι τα μέσα περίπου του 19ου αιώνα δεν σημειώθηκε ουσιαστική πρόοδος στα θέματα της συλλογής και διαθέσεως των ακάθαρτων νερών. Γενικά τα δίκτυα υπονόμων, όπως και στην αρχαία Ρώμη, προορίζονταν μόνο για τα βρόχινα νερά. Τα ανθρώπινα αποχωρήματα δεν ήταν δεκτά στους υπονόμους του Λονδίνου μέχρι το 1815, στη Βοστώνη μέχρι το 1833 και στο Παρίσι μέχρι το 1880.

Η πρώτη αναγέννηση άρχισε στο Αμβούργο (Γερμανία) το 1842, όταν καταστράφηκε το παλιό τμήμα της πόλεως από πυρκαϊά και ανατέθηκε η μελέτη της ανοικοδομήσεως στον Αγγλο μηχανικό W. Lindley, που σχεδίασε ένα εξαιρετο σύστημα συλλογής ακαθάρτων με πολλές από τις σημερινές αρχές, χωρίς ατυχώς να αναγνωρισθούν αμέσως.

Προοδευτικά πάντως και κάτω από την πίεση των θανατηφόρων επιδημιών χολέρας άρχισε η κατασκευή δικτύων συλλογής ακαθάρτων νερών (Λονδίνο 1855, Παρίσι 1880) και δημιουργήθηκαν τα μικτά συστήματα αποχετεύσεως. Ένα από τα σοβαρότερα υγειονομικά μειονεκτήματα των μικτών συστημάτων είναι ότι εκβάλλουν -ή οπωσδήποτε υπερχειλίζουν στις περιόδους αιχμών, λόγω βροχής- στους πλησιέστερους αποδέκτες (ρέματα, ποτάμια, λίμνες, θάλασσες) που γειτονεύουν κατα κανόνα με κατοικημένες περιοχές που δημιουργούν ανθυγιεινές συνθήκες, σοβαρές ενοχλητικές καταστάσεις (δυσσομία) και αντιαισθητικές εικόνες.

Η ανάγκη αντιμετώπισεως αυτού του προβλήματος, καθώς και άλλων λειτουργικών δυσκολιών, οδήγησε τελικά στην υιοθέτηση του -πιο δαπανηρού- χωριστικού συστήματος, που αποτελείται από δύο ανεξάρτητα δίκτυα, ένα για τα βρόχινα και ένα για τα ακάθαρτα νερά.

Η αρχαία Ρώμη, εκτός από το εκτεταμένο σύστημα υδρεύσεως, είχε δίκτυο υπονόμων για τα βρόχινα μόνο νερά. Μάλιστα η «μεγάλη υπόνομος» (cloaca maxima), που εξυπηρετούσε τη Ρωμαϊκή Αγορά, είναι ακόμη σε λειτουργία.

Από τη ρωμαϊκή εποχή μέχρι τα μέσα περίπου του 19ου αιώνα δεν σημειώθηκε ουσιαστική πρόοδος στα θέματα της συλλογής και διαθέσεως των ακάθαρτων νερών. Γενικά τα δίκτυα υπονόμων, όπως και στην αρχαία Ρώμη, προορίζονταν μόνο για τα βρόχινα νερά. Τα ανθρώπινα αποχωρήματα δεν ήταν δεκτά στους υπονόμους του Λονδίνου μέχρι το 1815, στη Βοστώνη μέχρι το 1833 και στο Παρίσι μέχρι το 1880.

Η πρώτη αναγέννηση άρχισε στο Αμβούργο (Γερμανία) το 1842, όταν καταστράφηκε το παλιό τμήμα της πόλεως από πυρκαϊά και ανατέθηκε η μελέτη της ανοικοδομήσεως στον Άγγλο μηχανικό W. Lindley, που σχεδίασε ένα εξαιρετικό σύστημα συλλογής ακαθάρτων με πολλές από τις σημερινές αρχές, χωρίς ατυχώς να αναγνωρισθούν αμέσως.

Προοδευτικά πάντως και κάτω από την πίεση των θανατηφόρων επιδημιών χολέρας άρχισε η κατασκευή δικτύων συλλογής ακάθαρτων νερών (Λονδίνο 1855, Παρίσι 1880) και δημιουργήθηκαν τα μικτά συστήματα αποχετεύσεως. Ένα από τα σοβαρότερα υγειονομικά μειονεκτήματα των μικτών συστημάτων είναι ότι εκβάλλουν -ή οπωσδήποτε υπερχειλίζουν στις περιόδους αιχμών, λόγω βροχής- στους πλησιέστερους αποδέκτες (ρέματα, ποτάμια, λίμνες, θάλασσες) που γειτονεύουν κατα κανόνα με κατοικημένες περιοχές που δημιουργούν ανθυγιεινές συνθήκες, σοβαρές ενοχλητικές καταστάσεις (δυσοσμία) και αντιαισθητικές εικόνες.

Η ανάγκη αντιμετώπισεως αυτού του προβλήματος, καθώς και άλλων λειτουργικών δυσκολιών, οδήγησε τελικά στην υιοθέτηση του -πιο δαπανηρού- χωριστικού συστήματος, που αποτελείται από δύο ανεξάρτητα δίκτυα, ένα για τα βρόχινα και ένα για τα ακάθαρτα νερά.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΘΕΣΗΣ - ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

Η τελική διάθεση των υγρών αποβλήτων, της λάσπης και των συμπυκνωμένων ρύπων, που απομακρύνονται με την επεξεργασία, αποτελεί κρίσιμο πρόβλημα και απαιτεί συλλογική απόφαση, που πρέπει να στηρίζεται σε κριτήρια τεχνικά, οικονομικά, περιβάλλοντος, κοινωνικά και πολιτικά.

Στο παρελθόν η διάθεση της τελικής απορροής των αποβλήτων γινόταν με τον πιο εύκολο κάθε φορά τρόπο χωρίς πολύ θεώρηση των συνεπειών. Συνηθισμένοι αποδέκτες ήταν το έδαφος με άρδευση και τα επιφανειακά νερά (ποτάμια, λίμνες, θάλασσα), χωρίς να λαμβάνεται ιδιαίτερα υπόψη η ικανότητα «αποδοχής».

Σήμερα εξετάζεται προοδευτικά όλο και συστηματικότερα η διασκορπιστική και αφομοιωματική ικανότητα του αποδέκτη και μελετάται ενιαία η επεξεργασία καθαρισμού μαζί με την τελική διάθεση με τρεις εναλλακτικές επιλογές:

- Σημαντικό βαθμό καθαρισμού και περιορισμένη αξιοποίηση του αποδέκτη.
- Ελάχιστο βαθμό καθαρισμού και μέγιστη αξιοποίηση του αποδέκτη.
- Οποιοδήποτε ενδιάμεσο συνδυασμό.

Πρόσθετη μέθοδος, που έχει εφαρμοσθεί σε περιορισμένη ακόμη κλίμακα για τη διάθεση των αποβλήτων, είναι η ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίησή τους με τρόπο άμεσο ή έμμεσο (βιομηχανία, άρδευση, εμπλουτισμό υπόγειων νερών, ανάσχεση εισόδου θαλασσινού νερού λόγω εντατικής αντλήσεως, ύδρευση κλπ)

Με τη συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση υδατικών πόρων, κυρίως για παραγωγικούς σκοπούς, προβλέπεται μελλοντικά η γενίκευση της ανακυκλώσεως και επαναχρησιμοποίησεως, εφόσον στο μεταξύ θα έχουν βελτιωθεί οι μέθοδοι επεξεργασίας, ώστε να μη δημιουργούνται κίνδυνοι για τη δημόσια υγεία και το περιβάλλον γενικότερα μέσα σε οικονομικά

αποδεκτά πλαίσια.

Στις μικρές εγκαταστάσεις η διάθεση της λάσπης και των συμπυκνωμένων ρύπων δεν αποτελεί σοβαρό πρόβλημα (χώνευση, αφυδάτωση και διάθεση στους αγρούς ή μαζί με τ' απορρίματα). Στις μεγάλες όμως μονάδες των μητροπολιτικών περιοχών οι μεγάλες ποσότητες λάσπης και τα δυσμενή ποιοτικά χαρακτηριστικά της (βαριά μέταλλα και άλλες τοξικές ή ανεπιθύμητες ουσίες κυρίως από τις βιομηχανίες) καθιστούν οξύ το πρόβλημα της επεξεργασίας και τελικής διαθέσεως. Η μέχρι τώρα πρακτική της διαθέσεως στην ανοικτή θάλασσα με υποβρύχιο μεγάλου μήκους αγωγό ή με ειδικές φορτιγίδες δεν ευνοείται πια. Γι αυτό απομένει η κατάλληλη επεξεργασία, αφυδάτωση και διάθεση με υγειονομική ταφή, καύση ή διάθεση σαν λίπασμα, αν απομακρυνθούν οι τοξικές ουσίες για το έδαφος και τις καλλιέργειες. Ο τομέας αυτός θ' απαιτήσει σημαντική έρευνα στο μέλλον.

Το ολοκληρωμένο σύστημα αποχετεύσεως μια περιοχής διαχωρίζεται για πρακτικούς λόγους σε τρία τμήματα:

- α.** Δίκτυο υπονόμων για τη συλλογή των υγρών αποβλήτων
- β.** Εγκατάσταση επεξεργασίας για τον επιθυμητό βαθμό καθαρισμού των αποβλήτων (περιλαμβάνει και την τυχόν απολύμανση).
- γ.** Σύστημα διαθέσεως για την κατάλληλη διασπορά της απορροής στον τελικό αποδέκτη (θάλασσα, ποτάμι, λίμνη, έδαφος).

Στα επόμενα κεφάλαια αναπτύσσονται οι βασικές αρχές και κανόνες για το σχεδιασμό και υπολογισμό των εγκαταστάσεων επεξεργασίας και διαθέσεως.

Από άποψη δικτύων συλλογής σημειώνεται μόνο, ότι διακρίνονται δύο βασικοί τύποι, που σχετίζονται άμεσα με την υγιεινή και την επίδραση στο περιβάλλον:

- α.** Το «μικτό» (παραδοσιακό) σύστημα αποχετεύσεως, στο οποίο διατίθενται

μαζί τα βρόχινα νερά και τα λύματα (combined - sewer system).

β. Το «χωριστικό» σύστημα, στο οποίο υπάρχουν δύο ανεξάρτητα δίκτυα, ένα για τα βρόχινα και ένα για τα ακάθαρτα νερά (separate sewer system).

Από πλευράς δημόσιας υγείας και γενικότερα περιβάλλοντος είναι ιδιαίτερα πλεονεκτικό το χωριστικό σύστημα και γι αυτό έχει γενικευθεί σήμερα η εφαρμογή του -εκτός από τα υπάρχοντα μικτά δίκτυα στα παλιά τμήματα των πόλεων- παρότι είναι δαπανηρότερη η κατάσταση δύο δικτύων.

Βασικά πλεονεκτήματα του χωριστικού συστήματος είναι μεταξύ άλλων:

- Οι αγωγοί για τα ακάθαρτα μόνο νερά είναι σχετικά μικρών διαστάσεων και μπορεί να τοποθετηθούν εύκολα σε μεγάλο βάθος (αποχέτευση υπογείων) και παράλληλη να επιμηκυνθούν αρκετά -σε συνδυασμό με άντληση, αν χρειασθεί- ώστε να μεταφέρουν τα λύματα έξω από την κατοικημένη περιοχή και σε σημείο κατάλληλο για την κατασκευή εγκαταστάσεων επεξεργασίας και τελικής διαθέσεως.
- Η εγκατάσταση καθαρισμού έχει σημαντικά μικρότερες διαστάσεις και λειτουργεί αποδοτικότερα, λόγω των περιορισμένων διακυμάνσεων του υδραυλικού και ρυπαντικού φορτίου (κυρίως στα βιολογικά συστήματα).
- Αποφεύγεται η ρύπανση των αποδεκτών από τις υποχρεωτικές υπερχειλίσεις του μικτού συστήματος σε περιόδους αιχμών παροχής (καταιγίδες), που υπάρχουν ακόμη και μέσα στην κατοικημένη περιοχή.

Οι αγωγοί των βρόχινων νερών τοποθετούνται σε μικρό βάθος και έχουν μικρότερες διαστάσεις σε σύγκριση με το μικτό σύστημα, γιατί υπάρχει δυνατότητα εκβολής στην πλησιέστερο φυσικό αποδέκτη, λόγω απουσίας λυμάτων και κινδύνων μόλυνσεως.

- Λόγω του μικρότερου γενικά διαμετρήματος των αγωγών εξασφαλίζονται ευκολότερα συνθήκες σχετικής πληρότητας ροής (τουλάχιστο 50%) και αντίστοιχες ταχύτητες αυτοκαθαρισμού των σωληνώσεων από εναποθέσεις.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΘΕΣΗΣ - ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

- Ιδιωτικά συστήματα : όπου δεν υπάρχει δίκτυο υπονόμων δημόσιας χρήσεως, μπορεί να επισκευασθεί ιδιωτικό σύστημα συλλογής, επεξεργασίας και διαθέσεως των υγρών αποβλήτων ύστερα από άδεια της αρμόδιας αρχής.

Όπως αναφέραμε η διάθεση της απορροής μετά την κατάλληλη επεξεργασία καθαρισμού αποτελεί το τελευταίο βασικό στάδιο στο τρίπτυχο του χειρισμού των αποβλήτων συλλογή - επεξεργασία - διάθεση. Η κατάλληλη εκλογή του τελικού αποδέκτη (έδαφος, επιφανειακά νερά) που πρέπει να γίνει με κριτήρια δημόσιας υγείας. Γι' αυτό πρέπει να εξετάζεται ενιαία το σύστημα επεξεργασίας και διάθεσης, προκειμένου να βρεθεί η «βέλτιστη» λύση, σε συνδυασμό με την επιθυμητή τοπικά χρήση των διαφόρων αποδεκτών.

Στις ιχθυοτροφικές μονάδες που δεν εξυπηρετούνται από κανονικό δίκτυο υπονόμων, γίνεται απευθείας διάθεση των αποβλήτων στο έδαφος που αποτελεί και είδος φυσικής επεξεργασίας.

Τελικά η διάθεση των αποβλήτων γίνεται, είτε στο έδαφος (υπόγεια ή επιφανειακά) είτε σε επιφανειακά νερά (ποτάμια, λίμνη, θάλασσα).

2.1. ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Εδώ τα απόβλητα διοχετεύονται στο έδαφος μέσω κατάλληλων αγωγών (υπόγεια διάθεση).

Διακρίνουμε τους εξής τύπους:

- α) Στεγανό - Σηπτικό βόθρο
- β) Χημικό βόθρο
- γ) Απορροφητικό βόθρο
- δ) Λεκάνη απορροφήσεως

2.1.1 ΥΠΟΓΕΙΑ ΔΙΑΘΕΣΗ

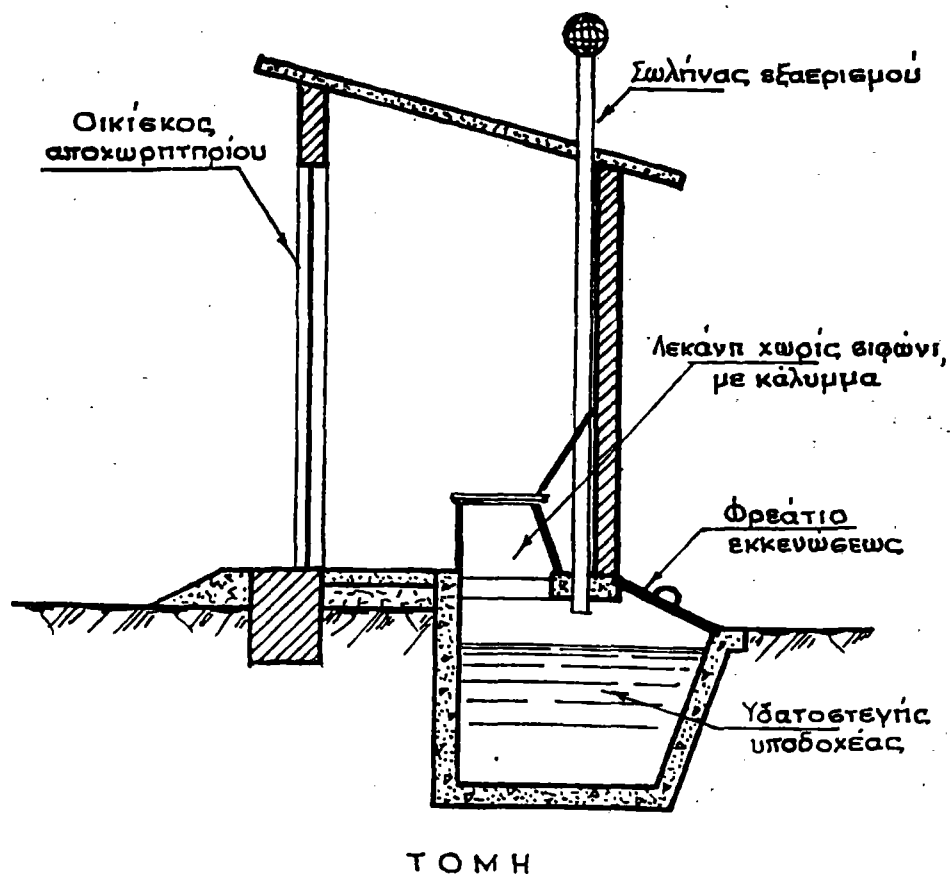
α) Στεγανός - Σηπτικός βόθρος

Ο στεγανός βόθρος παρουσιάζει ιστορικό ενδιαφέρον, γιατί έχει εφαρμοσθεί από παλιά.

Αποτελείται από υδατοστεγή κατασκευασμένο από σκυρόδεμα (Εικ. 4) με χωρητικότητα 300-500 λίτρα ώστε να αδειάζει κάθε 6 μήνες περίπου.

Έχει το πλεονέκτημα ότι απομονώνει τα αποχωρήματα από τις μύγες (φορείς ασθενειών), στο έδαφος και τα υπόγεια νερά.

Εικ. 4: Στεγανός βόθρος

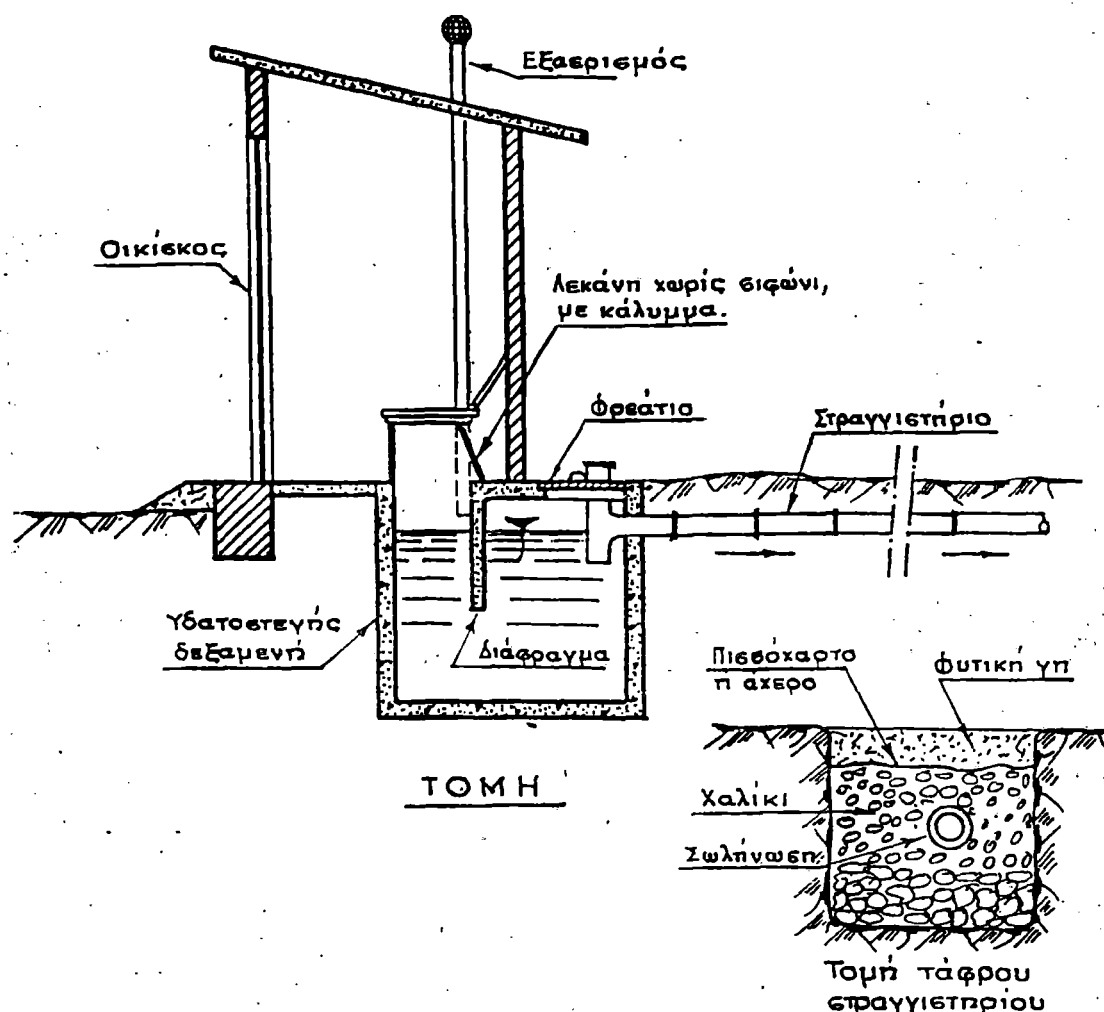


ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΘΕΣΗΣ - ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

Αντίθετα ο σηπτικός βόθρος διαφέρει από τον στεγανό, γιατί δέχεται μικρές ποσότητες νερού για την ενίσχυση της αναερόβιας βιοχημικής δράσεως και παραλληλα υπερχειλίζει σε στραγγιστήριο από σωληνώσεις με ανοιχτούς αρμούς (ενώσεις).

Αποτελείται από υδατοστεγή δεξαμενή κατασκευασμένη από σκυρόδεμα (Εικ. 5) με χωρητικότητα άνω των 800 λίτρων.

Εικ. 5: Σηπτικός βόθρος



Ο σηπτικός βόθρος απομονώνει τα αποχωρήματα από τις μύγες και εμποδίζει την άμεση επαφή με το έδαφος και τα υπόγεια νερά.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΘΕΣΗΣ - ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

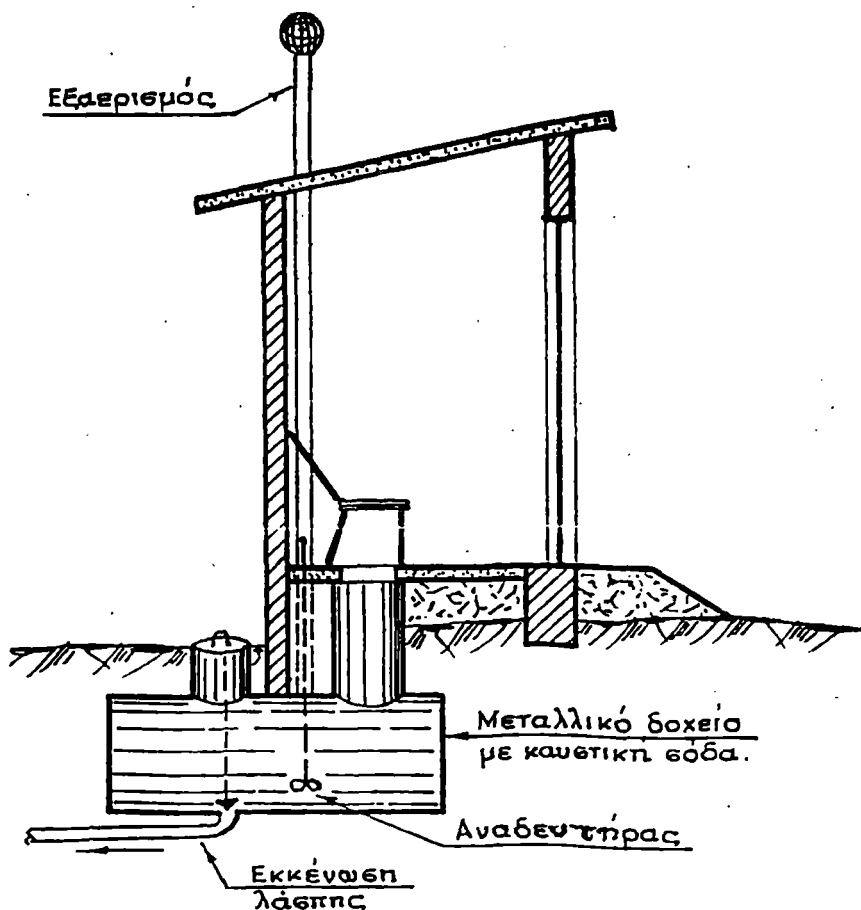
β) Χημικός βόθρος

Ο χημικός βόθρος αποτελείται από μεταλλικό υποδοχέα (συνήθως χάλυβα με χαλκό) κυλινδρικού σχήματος με διάμετρο 0,75 m περίπου και χωρητικότητα 50 λίτρων και άνω (Εικ. 6).

Κατά την εκκένωση η λάσπη διατίθεται σε απορροφητικό βόθρο ή με άλλο τρόπο, γιατί είναι τελείως αποστειρωμένη και άοσμη.

Αν υπάρχει συνεχής απορροή με υπερχειλίση, που μπορεί να διατεθεί για λίπανση πρέπει να προστίθεται κάθε μήνα διάλυμα 1,5 Kg καυστικής σόδας σε 20 λίτρα νερό.

Εικ. 6: Χημικός βόθρος



Ο χημικός βόθρος απομονώνει και ρευστοποιεί τα αποχωρήματα και αναστέλλει κάθε βιολογική δράση καταστρέφοντας τα παθογόνα μικρόβια.

Το περιεχόμενο του υποδοχέα πρέπει να αναμιγνύεται μετά από κάθε χρήση, για να μη σχηματίζεται επίπαγος από οργανικές ουσίες, που μπορεί να δημιουργήσουν δυσσομία.

γ) Απορροφητικός βόθρος

Ο απορροφητικός βόθρος αποτελεί κατακόρυφο σύστημα διαθέσεως των αποβλήτων στο υπέδαφος ύστερα από δίωρη τουλάχιστον κανονική καθίζηση ή μετά από σηπτική δεξαμενή.

Χρησιμοποιείται συχνά στις ιχθυοτροφικές μονάδες και ιδιαίτερα στα κλειστά κυκλώματα εκτροφής χελιών, σολομών, ιχθυογεννητικούς σταθμούς παραγωγής τσιπούρας και λαυρακιού.

Απαραίτητη προϋπόθεση είναι αφ ενός μεν να τηρούνται οι προϋποθέσεις υγιεινής, καταλληλότητας εδάφους, αφ ετέρου δε, πρέπει να βρίσκεται όσο το δυνατό μακριά από πόσιμες πηγές και γεωτρήσεις που χορηγούν νερό στις δεξαμενές εκτροφής.


Τα όρια της εσκαφής πρέπει να απέχουν τουλάχιστον 30 Μ (κατά προτίμηση 45-50 Μ) από τις προαναφερόμενες πηγές.

Παράλληλα δε πρέπει να τηρούνται ορισμένες αποστάσεις από τα θεμέλια των κτιρίων και ιδιαίτερα των τιμέντων ασφάλειας των κατασκευών

(Εικ. 7).

**Εικ. 7 : ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ
ΑΠΟ ΕΣΤΙΕΣ ΜΟΛΥΝΣΕΩΣ**

(Για έδαφος συμπαγές και συνεκτικό, χωρίς μεγάλους πόρους ή ρήγματα)

Έργο υδρεύσεως Εετία μολύνσεως	Ελάχιστη επιτρεπτή απόσταση
<p>1. ΠΗΓΕΣ ή ΠΗΓΑΔΙΑ</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ξερού τύπου αποκαρητήρια..... - Στεγανού τύπου υπόνομοι..... - Σηπτικές ή στεγανές δεξαμε- νές (δοκιμασμένες)..... <p align="right">} 15 μ.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Υπόνομοι γενικά..... - Απορροφητικοί βόθροι..... - Πεδία υπεδάφιας διαδέσεως..... - Σταύλοι..... - Κοιμητήρια..... <p align="right">} 30 μ. (κατά προτίμηση 50 μ.)</p> <p align="right">} Πηγάδια... 100 μ. πηγές..... 50 μ.</p> <p>2. ΑΓΩΓΟΙ ΥΔΡΕΥΣΕΩΣ *</p> <ul style="list-style-type: none"> - Αποκαρητήρια Ξερού τύπου..... - Στεγανοί υπόνομοι..... - Σηπτικές ή στεγανές δεξαμενές..... <p align="right">} 3 μ. (κατά προτίμηση)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Υπόνομοι γενικά..... - Απορροφητικοί βόθροι..... - Πεδία υπεδάφιας διαδέσεως..... - Σταύλοι..... - Διασταυρώσεις με αγωγ. αποχετεύσεως <p align="right">} 15 μ. (κατά προτίμηση)</p> <p align="center">  </p> <p>3. ΘΕΜΕΛΙΑ ΚΤΙΡΙΩΝ (Με βάση Γ.Ο.Κ. για ασφάλεια)</p> <p>Απορροφητικοί βόθροι..... Το 1/2 του βάθους των βόθρων</p> <p>Πάντως όχι λιγότερο για :</p> <ul style="list-style-type: none"> Μαλακά γαιώδη εδάφη από..... 5 μ. Ημιβραχώδη ή κρκαλοπαγή από..... 3 μ. Συρπαγή βράχο από..... 1,5 μ. 	
<p>* Εάν οι αγωγοί υδρεύσεως βρίσκονται σε οριζόντια απόσταση < 3,0 μ. και κατακόρυφη < 0,50 μ. από αγωγούς αποχετεύσεως, συνιστάται η λήψη ειδικών προστατευτικών μέτρων για την ύδρευση, όπως π.χ. η χρησιμοποίηση στεγανού τύπου υπονόμων στις διασταυρώσεις και μέχρι 3,0 μ. από κάθε πλευρά της υδρεύσεως ο εγκιβωτισμός των σωληνώσεων μέσα σε εκυρόδεμα (βέτον), κατά προτίμηση ελαφρά οπλισμένο κ.λ.π.</p>	

Εικ. 8 : Ενδεικτικά στοιχεία υπολογισμού απορροφητικού βόθρου

Είδος εδάφους	Απαιτούμενη παράπλευρη επιφάνεια εκσκαφής $m^2/m^3 \cdot \eta\mu.$
1. Χονδρόκοκκη άμμος ή χαλίκια	5
2. Λεπτόκοκκη άμμος	7
3. Άμμος με άργιλο	12
4. Άργιλος με αρκετή ποσότητα άμμου ή χαλικιού	20
5. Άργιλος με μικρή ποσότητα άμμου ή χαλικιού	40
6. Πολύ συμπαγής άργιλος ή αδιαπέραστος γεωλογικός σχηματισμός	Ακατάλληλο

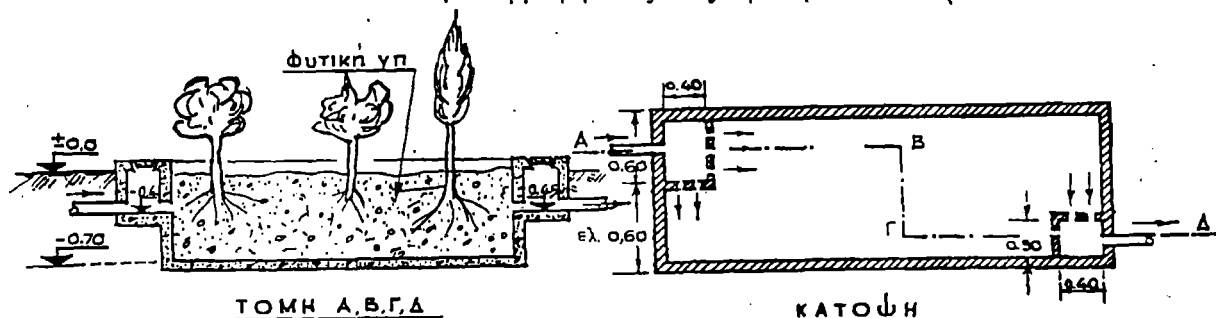
δ) Λεκάνη απορροφήσεως

Η λεκάνη απορροφήσεως (plateau absorbant) αποτελείται από ορθογωνική στεγανή αβαθή δεξαμενή (βάθος 0,70-0,80 m), που περιέχει φυτική γη στο πάνω μέρος (0,35-0,50 m) και υπόστρωμα από χαλίκια στο κάτω (0,30 m) (Εικ. 9). Στη λεκάνη φυτεύονται αειθαλή υδροχαρή φυτά και θάμνοι.

Τα λύματα οδηγούνται στη λεκάνη, ύστερα από ρευστοποίηση σε δεξαμενή με τριήμερη συνήθως συγκράτηση. Η τελική διάθεση των υγρών γίνεται με φυσική εξάτμιση και με διαπνοή από τα φυλλώματα των φυτών. Για τις περιπτώσεις προσωρινής αστοχίας της εξατμισο-διαπνοής (βροχερή περίοδος) προβλέπεται δυνατότητα υπερχείλισης σε απορροφητικό βόθρο ή μικρό υπεδάφιο περίο διαθέσεως.

Η δεξαμενή υπολογίζεται με φόρτιση 2-3 m^2 /αλ. (≈ 50 $l/m^2 \cdot \eta\mu.$).

Εικ. 9 : Λεκάνη απορροφήσεως - εξάτμιση - διαπνοή



2.2 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

α. Γενικά

Η επιφανειακή διάθεση των υγρών αποβλήτων στο έδαφος μπορεί γενικά να γίνει με ένα από τους συμβατικούς τρόπους αρδεύσεως ύστερα από την απαραίτητη επεξεργασία.

Το έδαφος κατά το πέρασμα των υγρών μέσα από τον «ηθμό» του επιφανειακού μανδύα και των ριζών της βλαστήσεως εξασφαλίζει, με καθαρά φυσικό τρόπο ορισμένο βαθμό επεξεργασίας, που περιλαμβάνει πολλές διαδικασίες (φυσικές, χημικές, βιολογικές). Ειδικά το νερό, κατά ένα μέρος χάνεται στην ατμόσφαιρα με την εξάτμιση και διαπνοή των φυτών, άλλο μέρος απομακρύνεται με επιφανειακή απορροή ή με υπεδάφιο σύστημα στραγγίσεως και το υπόλοιπο διεισδύει βαθειά στο υπέδαφος.

Η διάθεση των αποβλήτων στο έδαφος σε συνδυασμό με τη «φυσική» επεξεργασία σ' αυτό είναι φαινομενικά μόνο απλή διαδικασία, γιατί η επιτυχία στην εφαρμογή της προϋποθέτει γνώση των βασικών ιδιοτήτων του εδάφους και των καλλιεργειών και τήρηση των απαραίτητων κανόνων και αρχών της υγειονομικής μηχανικής. Διαφορετικά παρά την αρχική συνήθως λειτουργία του συστήματος θα ακολουθήσει αναπόφευκτα η δημιουργία προβλημάτων με δυσμενείς συνέπειες για το περιβάλλον και την τύχη της εγκαταστάσεως.

Είναι χαρακτηριστικό, ότι η αστοχία δεν συμβαίνει συνήθως στην αρχή, αλλά, ανάλογα με το βαθμό πληρότητας του έργου, μπορεί να παρουσιασθεί ύστερα από αρκετό διάστημα ακόμη και μετά από χρόνια (5 ή περισσότερα). Παρότι έχουν γίνει διεθνώς πολλές πετυχημένες εφαρμογές της διαθέσεως αποβλήτων στο έδαφος, υπάρχουν πολυάριθμες αστοχίες από κακή εφαρμογή σε συνδυασμό με τους περιβαλλοντικούς περιορισμούς, που συνεχώς

ενθαρρύνει ή απαιτεί η κοινή γνώμη. Τα πιο συνηθισμένα συμπτώματα και αίτια της αστοχίας συνοψίζονται στην Εικ. 10.

Τα πιο πάνω προβλήματα μπορεί να προληφθούν ή διορθωθούν, με σωστά τεχνικά μέτρα και καλή διαχείριση.

Τελικά η διάθεση των αποβλήτων στο έδαφος πρέπει να εξετασθεί σε συνδυασμό με τη φυσική επεξεργασία σ' αυτό, για να μην αστοχήσει.

β. Μέθοδοι επεξεργασίας στο έδαφος

Η διαδικασία της επεξεργασίας των αποβλήτων στο έδαφος μπορεί να γίνει με τέσσερις γενικά τρόπους: επιφανειακή απορροή, απλή άρδευση, ταχύρρυθμη άρδευση και απορρόφηση - διείσδυση (Εικ. 11).

Κάθε μέθοδος έχει ξεχωριστά χαρακτηριστικά και η καταλληλότερη για κάθε περίπτωση εξαρτάται από τα στοιχεία του γηπέδου, το είδος των αποβλήτων και τους ισχύοντες περιβαλλοντικούς περιορισμούς. Η επιφανειακή ροή π.χ. είναι ειδικά κατάλληλη για την επεξεργασία αποβλήτων με ψηλό BOD και αιωρούμενα στερεά, ενώ δεν ενδείκνυται και διείσδυση, για να μην επηρεασθούν τα υπόγεια νερά.

Εξάλλου η άρδευση καλλιεργειών είναι αποτελεσματική για την απομάκρυνση των θρεπτικών υλικών, αλλά πρέπει να εφαρμόζεται με το ρυθμό που τα φυτά αφομοιώνουν τις τροφές. Τελικά τα θρεπτικά υλικά απομακρύνονται με τη συγκομιδή.

Τα χαρακτηριστικά στοιχεία των τεσσάρων τρόπων επεξεργασίας και διαθέσεως των αποβλήτων στο έδαφος σημειώνονται στην Εικ. 12

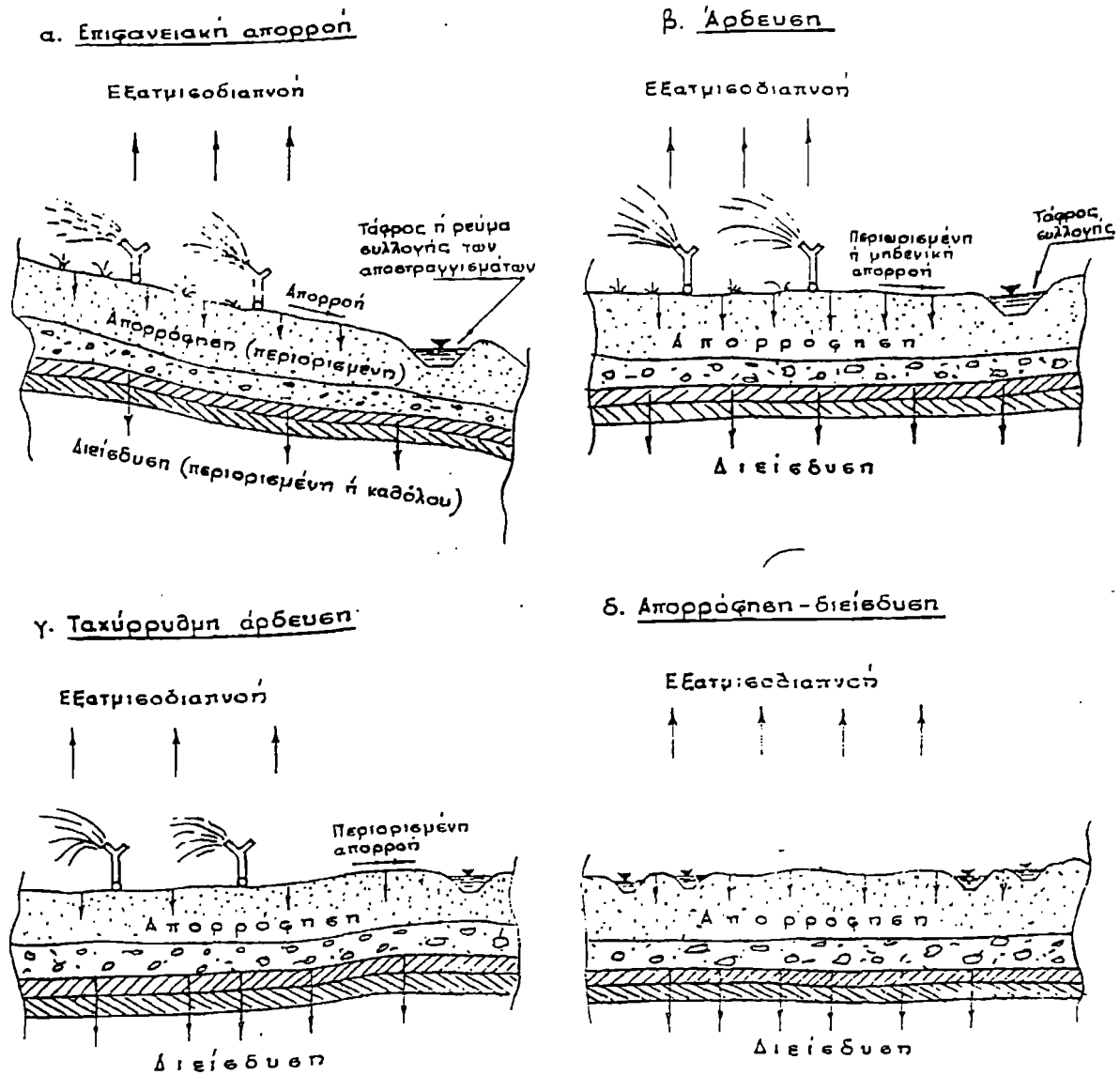
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΘΕΣΗΣ - ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

Εικ. 10 : Αστοχία συστημάτων διαθέσεως αποβλήτων στο έδαφος

Σύμπτωμα	Αίτιο
Επιφανειακή ροή λόγω ελαττώσεως της διαπερατότητας του εδάφους	Συσσωρευση στερεών ουσιών στο έδαφος. Φυσικές και χημικές αλλαγές στο έδαφος
Επιφανειακή ροή λόγω οργανικής υπερφορτίσεως	Σχηματισμός στρώματος ζώγλοιας στην επιφάνεια του εδάφους. Η ζώνη των ριζών γίνεται αναερόβια
Αύξηση των νιτρικών (NO ₃) του εδάφους	Συγκέντρωση των ενώσεων του αζώτου στο έδαφος και διείσδυση στα υπόγεια νερά
Υποβάθμιση της ποιότητας της καλυπτικής βλαστήσεως (cover crop)	Μη ισοζυγισμένα θρεπτικά υλικά
Συσσωρευση νερού κάτω από το γήπεδο με αποτέλεσμα την απώλεια της καλυπτικής βλαστήσεως	Όχι αρκετή οριζόντια κίνηση του νερού στο υπέδαφος, για να κρατήσει το υπόγειο νερό κάτω από τη ζώνη των ριζών
Συγκέντρωση αλάτων με αποτέλεσμα την απώλεια της βλαστήσεως.	Συμπύκνωση των αλάτων στο έδαφος, λόγω εξατμίσεως και διαπνοής
ΠΗΓΗ: Environmental Protection Agency, USA, 1977.	

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΘΕΣΗΣ - ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

Εικ. 11: Επεξεργασία των υγρών αποβλήτων στο έδαφος



ΠΗΓΗ: Pollution abatement in the fruit and vegetable industry, EPA Technology Transfer Seminar Publication, USA, 1977.

Εικ. 12 Χαρακτηριστικά στοιχεία των διαδικασιών
επεξεργασίας και διαθέσεως στο έδαφος

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

γ. Τρόποι εφαρμογής

Για την επιφανειακή διάθεση των αποβλήτων χρησιμοποιούνται συνήθως τρεις τρόποι:

- Τεχνητή βροχή (καταιονισμός) (sprinkler irrigation)
- Επιφανειακή άρδευση με αυλάκια ή αναχώματα (ridge and furrow)
- Άρδευση με σταγόνες (στάγδην) (drip irrigation)

Οι δύο πρώτοι τρόποι έχουν τη συχνότερη εφαρμογή, ενώ ο τρίτος, που γίνεται με μικρές οπές κατά μήκος της σωληνώσεως διανομής, έχει περιορισμένη εφαρμογή λόγω εμφράξεων σε περίπτωση πολλών αιωρούμενων στερεών.

Για να εφαρμοσθεί η άρδευση, πρέπει τα απόβλητα να έχουν υποβληθεί σε κατάλληλη προεπεξεργασία για την προστασία του συστήματος διανομής και του εδάφους. Συνήθως πρέπει να έχουν περάσει από λεπτό πλέγμα, για να μη γίνει έμφραξη του δικτύου διανομής, π.χ. από κόσκινο με βροχίδες 1,25-0,62 mm (10-20 mesh) για τεχνητή βροχή. Επίσης πρέπει να απομακρύνεται η λεπτή λάσπη και το pH να κυμαίνεται από 6,4-8,4, για να είναι αφομοιώσιμα όλα τα θρεπτικά υλικά από τα φυτά. Τέλος, πρέπει να είναι απαλλαγμένα από λίπη και ορισμένα ειδικά ιόντα (όπως του Na^+), για να προστατευθεί η διαπερατότητα του εδάφους και να μη δηλητηριασθούν τα φυτά.

2.3 ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΝΕΡΑ - ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΕ ΠΟΤΑΜΟ

Ο ποταμός εκτός από τον υδραυλικό χαρακτήρα, που έχει, αποτελεί ζωντανό οικοσύστημα, που αφομοιώνει και αποδομεί τα οργανικά συστατικά των απορριπτομένων ρυπαντικών ουσιών σε βάρος του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου, που ανανεώνεται συνεχώς κυρίως από την ατμόσφαιρα και

σ'ορισμένο βαθμό από τη φωτοσύνθεση της υδρόβιας χλωρίδας. Παράλληλα καταστρέφονται τα διάφορα παθογόνα μικρόβια, λόγω δυσμενούς περιβάλλοντος, ελλείψεως τροφής, ηλιακής ακτινοβολίας, αρπακτικών οργανισμών κλπ. Η φυσική αυτή διαδικασία στο ποτάμι της οξυγονώσεως των οργανικών ουσιών και αναοξυγονώσεως του νερού χαρακτηρίζεται σαν ικανότητα αυτο-καθαρισμού (self-purification).

Ειδικότερα, όταν διατεθούν σε σχετικά καθαρό ποματό, που είναι σχεδόν κορεσμένος σε διαλυμένο οξυγόνο, απόβλητα με οργανικές ουσίες, αρχίζει η αερόβια βιοαποδόμηση, που καταναλίσκει το διαλυμένο οξυγόνο (αποοξυγόνωση).

Παράλληλα όμως αυξάνει ο ρυθμός της φυσικής ανα-οξυγονώσεως από την ατμόσφαιρα, γιατί η οξυγόνωση είναι ανάλογη του ελλείματος οξυγόνου και παράγεται σε μικρότερο βαθμό οξυγόνου από τα μικροφύκη, ανάλογα με την πυκνότητα του πληθυσμού και την ηλιακή ακτινοβολία.

Τελικά το αποτέλεσμα των δύο αυτών αντίθετων δράσεων (απο-οξυγόνωση, ανα-οξυγόνωση) που οδηγεί στη συνεχή μεταβολή του διαλυμένου οξυγόνου κατά μήκος του ποταμού, που εκφράζεται αριθμητικά με το αλγεβρικό άθροισμα των δύο δράσεων και συμβολίζεται γραφικά από την καμπύλη «υποχωρήσεως» (ελαττώσεως) του διαλυμένου οξυγόνου (dissolver -oxygen sag curve). Τελικά ο ποταμός με την ικανότητα αυτοκαθαρισμού, που έχει, ξανακαθαρίζει ύστερα από ορισμένο χρόνο και μήκος διαδρομής, αν δεν μεσολαβήσει άλλη πιο κάτω ρύπανση.

Εξαιτίας της ελαττώσεως του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό μπορεί να γίνουν δραστικές μεταβολές στην υδρόβια ζωή του ποταμού ανάλογα με το βαθμό της μειώσεως. Αν π.χ. το οργανικό φορτίο, που διατίθεται, είναι αρκετά μεγαλύτερο από την αφομοιωτική ικανότητα του ποταμού, το κρισιμο (μέγιστο) έλλειμμα οξυγόνου (D_c) μπορεί να πέσει χαμηλότερα από το όριο επιβιώσεως των ψαριών και των άλλων ανώτερων ειδών. Σαν αποτέλεσμα θα

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΘΕΣΗΣ - ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

υποχωρήσει ο κανονικός πληθυσμός των ψαριών και θα επιβιώσουν μόνο τα ανθεκτικότερα είδη, ενώ στη συνέχεια (συνήθως για $DO < 3 \text{ mg/l}$) θα εξαφανιστούν όλα τα ψάρια και θα μείνουν μόνο κατώτερα είδη ζωής (Εικ.13). Είναι χαρακτηριστικό ότι οι δυσμενείς συνθήκες (κρίσιμο έλλειμμα οξυγόνου) εκδηλώνονται πολύ πιο κάτω από το σημείο αποχτεύσεως (σε απόσταση δεκάδων ή εκατοντάδων χιλιομέτρων για σχετικά ταχυκίνητα ποτάμια).

Όταν διατεθούν υγρά απόβλητα σ' ένα ποτάμι, προκαλείται ρύπανση, που μετακινείται τοπικά με το ρεύμα και παράλληλα μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου λόγω του μηχανισμού του αυτοκαθαρισμού. Για την παρακολούθηση της χωρο-χρονικής αυτής εξέλιξης της ρυπάνσεως, ώστε να επισημανθούν έγκαιρα και ελεγχθούν οι ανεπιθύμητες συνέπειες από τη διάθεση, εκλέγονται αντιπροσωπευτικά ορισμένες κρίσιμες παράμετροι, όπως π.χ.

- το οργανικό φορτίο (BOD_5 ή και COD , mg/l),
- το διαλυμένο οξυγόνο (DO , mg/l),
- ο μικροβιακός πληθυσμός ($ΠΑΚ/100 \text{ mg/l}$)

και παρακολουθείται η χωροχρονική ποσοτική εξέλιξή τους με κατάλληλο μαθηματικό συνήθως ομοίωμα (model).

Η εξίσωση «μεταφοράς - διαχύσεως» της συγκεντρώσεως μιας παραμέτρου της ρυπάνσεως, που ισχύει στη γενική περίπτωση για τρισδιάστατο μη μόνιμο πεδίο ροής και τυρβώδη δίαυτα, απλουστεύεται σημαντικά με ορισμένες παραδοχές, όπως:

- αμελητέα μοριακή διάχυση ($D \approx 0$), πράγμα που ισχύει γενικά για τις επιφανειακές απορροές,
- μονοδιάστατη κατανομή της συγκεντρώσεως (κατά x), δηλαδή ομοιομορφία αναμίξεως σε βάθος (z) και πλάτος (y) του ρεύματος για κάθε διατομή, πράγμα που ισχύει με ικανοποιητική προσέγγιση για υδατορεύματα μικρού

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΘΕΣΗΣ - ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

πλάτους (και βάθους),

- μόνιμη δίαιτα ροής χρονικά,
 - παράλειψη της τυρβώδους διαχύσεως ($E_x = 0$)
- και παίρνει τη μορφή της διαφορικής εξίσωσης

$$U_x \frac{\partial C}{\partial x} = r_x$$

όπου U_x : ταχύτητα του υδατορρέυματος (κατεύθυνση x)

C : συγκέντρωση της εξεταζόμενης παραμέτρου

r_x : μεταβολή της συγκεντρώσεως κατά μήκος του ρεύματος (x), λόγω βιοχημικών διεργασιών

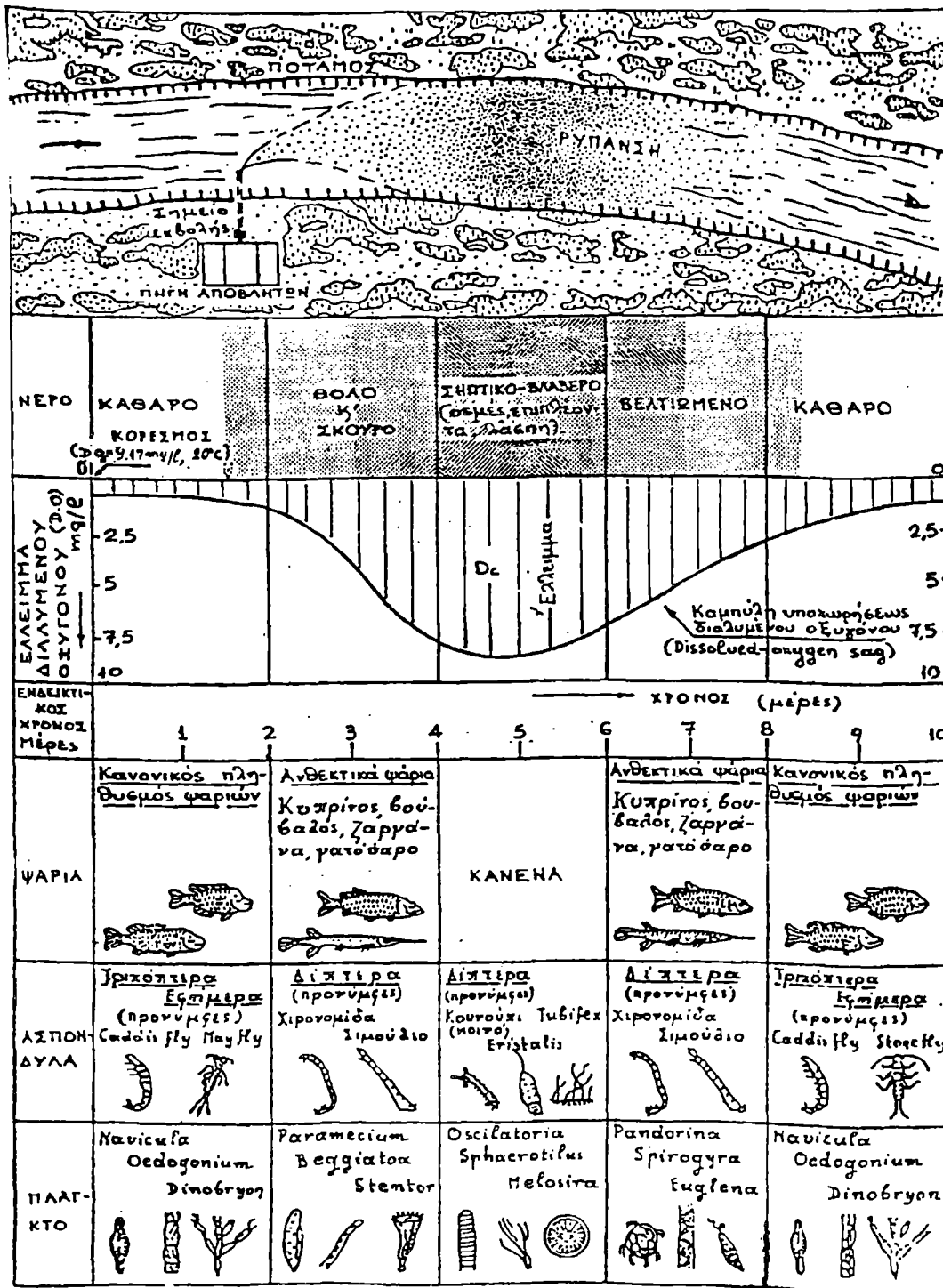
x : απόσταση κατά μήκος του ρεύματος

Η επίλυση της εξίσωσης επιτρέπει την κατάρτιση μαθηματικών ομοιωμάτων για την παρακολούθηση της χωροχρονικής εξέλιξεως ορισμένων παραμέτρων, που σχετίζονται με τη ρύπανση των υδατορρευμάτων.

Η ρύπανση ενός ποταμού από ανόργανα οξέα ή αλκάλια έλει σαν συνέπεια την μεταβολή και αλλοίωση του pH του νερού. Τα βιομηχανικά απόβλητα που περιέχουν μεγάλες ποσότητες οξέων είναι των βιομηχανιών που παράγουν ρεγιόν, σελοφάν και επεξεργασίας σιδήρου.

Όταν το pH του νερού είναι κάτω του 5 προκαλεί διάβρωση των τσιμεντένιων και μεταλλικών κατασκευών και μπορεί να ελευθερωθεί H_2S με αποπνηκτική οσμή προερχόμενο από τη λάσπη του βυθού του ποταμού ή των λεκανών.

Εικ. 13 Ρύπανση ποταμού με ανεπεξέργαστα απόβλητα και αυτοκαθαρισμός
Ενδεικτικές μεταβολές των βιοκοινωνιών σε συνάρτηση με τη ρύπανση



ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΘΕΣΗΣ - ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

Καταστρέφονται επίσης τα βακτηρίδια και οι άλλοι μικροοργανισμοί που συντελούν στην αυτοκάθαρση του νερού.

Τα ψάρια του γλυκού νερού ζουν σε $pH = 5-8,5$.

Τοξικές ανόργανες ενώσεις:

Οι πιο κοινές τοξικές ουσίες είναι το ελεύθερο χλώριο, οι χλωραμίνες, η αμμωνία, το H_2S , τα θειούχα και πολλά άλατα βαρέων μετάλλων όπως χαλκού, τσίγκου, μολύβδου, νικελίου, καδμίου, υδραργύρου, αρσενικού, ουρανίου και θορίου.

Μικρές ποσότητες αυτών των στοιχείων μπορούν να εμποδίσουν την αυτοκάθαρση των νερών γιατί σκοτώνουν τα χρήσιμα για το σκοπό αυτό βακτηρίδια και να είναι θανατηφόρες για τα ψάρια και άλλες υδρόβιες ζωϊκές μορφές.

Σαν παράδειγμα ο θειϊκός χαλκός σε δόση 1,14 PPM σκοτώνει τα ψάρια και τα φύκια.

Η ρύπανση από αρσενικό και μόλυβδο μπορεί να αποτελέσει σοβαρό κίνδυνο για τη δημόσια υγεία εάν το νερό χρησιμοποιείται για οικιακή χρήση.

ΡΥΠΑΝΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΙΤΙΟΛΟΓΙΑΣ

Χρωματισμός νερού:

Πολλά βιομηχανικά απόβλητα χύνονται χρωματισμένα στα ποταμια αλλά και στις θάλασσες, ο δε χρωματισμός των οφείλεται σε οργανικά και μεταλλικά χρώματα όπως ενώσεις χρωμίου και σιδήρου.

Ο έντονος και διαρκής χρωματισμός οπωσδήποτε ενοχλεί τα ψάρια στη διατροφή των (έλλειψη ορατότητας) και γενικότερα την ζωή των.

ΘΟΛΕΡΟΤΗΤΑ

Τα αστικά λύματα και πολλά βιομηχανικά απόβλητα είναι θολά από την παρουσία κολοειδών ουσιών και μικροσωματιδίων που δύσκολα βυθίζονται. Όσο πιο έντονη είναι η θολερότητα του νερού τόσο πιο μεγάλη είναι η πυκνότητα σε περιεχόμενο λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων και πιο μεγαλύτερη είναι η επίδραση στο νερό.

Έτσι έχουμε το βαθμό της θολερότητας ανάλογο με την πυκνότητα της ρύπανσης.

Η θολερότητα λόγω των αιωρούμενων σωματιδίων και των κολοειδών ουσιών μπορεί να προκαλέσει ακόμη και ασφυκτικά φαινόμενα στα ψάρια και οστρακοειδή, γιατί τα σωματίδια επικάθονται ή κολλάνε στα βράγχια των, τα ερεθίζουν δημιουργώντας φλεγμονή με καταστροφή του αναπνευστικού επιθυλίου και άλλες παθολογικές συνέπειες.

Η θολερότητα του νερού ελαττώνει την ορατότητα και μεταβάλλει την γευστικότητα του νερού πράγμα που επιδρά δυσμενώς στη διατροφή των ψαριών.

Ακόμη μπορεί να προσδώσει ιδιαίζουσες μυρωδιές στα ψάρια ανάλογα με την αιτία που προκαλούν τη θολερότητα.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Μερικά βιομηχανικά απόβλητα ζεστά ή νερά ψήξεως θερμοηλεκτρικών εγκαταστάσεων, επίσης ζεστά όταν χύνονται σε ποτάμια ή σε κλειστούς υδάτινους χώρους, προκαλούν αισθητή ανύψωση της θερμοκρασίας του νερού με δυσμενή επακόλουθα. Όταν δε αυτά τα νερά ρυπαίνονται με οργανικές ουσίες το διαλυμένο στο νερό οξυγόνο μπορεί να εξαφανιστεί αμέσως όχι μόνο λόγω αισθητής ανύψωσης της θερμοκρασίας του νερού οπότε ελαττώνεται η ποσότητα του οξυγόνου αλλά και γιατί αυξάνεται η

ταχύτητα χρησιμοποίησης του οξυγόνου από τα βακτηρίδια της αποσύνθεσης των οργανικών υλών. Με την εξαφάνιση του οξυγόνου οι οργανικές ουσίες που αποσυντίθενται παράγουν δυσάρεστες οσμές.

Και η ζωή των ψαριών επηρεάζεται σοβαρά από την απότομη άνοδο της θερμοκρασίας και πολλά ευαίσθητα είδη μπορεί να πεθάνουν από θερμικό σοκ.

Επακόλουθο της εισροής ζεστών νερών στα ποτάμια είναι η σημαντική αύξηση της υδρόβιας βλάστησης με κίνδυνο την απόφραξη της ροής του νερού.

ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ

Η παρουσία αιωρούμενων στερεών στοιχείων μπορεί να χαρακτηριστεί σαν δείκτης ρύπανσης γιατί αυτά είναι παρόντα στα λύματα και βιομηχανικά απόβλητα.

Τα αιωρούμενα στερεά έχουν σαν επακόλουθο την μείωση των διεργασιών της αυτοκάθαρσης των ποταμών, ελαττώνουν το φαινόμενο της φωτοσύνθεσης, γιατί εμποδίζουν την είσοδο του φωτός μέχρι 75% σε νερά με πολύ βούρκο. Προκαλούν επίσης ζημιές στα ιχθυοτροφεία και ιχθυοαποθέματα.

Τα αιωρούμενα αυτά στερεά καθιζάνουν στον πυθμένα καταστρέφοντας την ζωϊκή και φυτική τροφή των ψαριών.

ΑΦΡΟΣ

Ο αφρός είναι αιώρημα φυσαλίδων αέρα μέσα σε ένα υγρό που συνήθως είναι το νερό.

Οι ουσίες που δημιουργούν αφρούς όταν διαλυθούν στο νερό είναι τα διάφορα σαπουνία και τα συνθετικά απορρυπαντικά.

ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η απελευθέρωση ραδιενέργειας από υποθαλάσσιες πυρηνικές δοκιμές, ατυχήματα τύπου Τερνομπίλ κ.α. μπορεί να έχουν σοβαρές επιπτώσεις σε όλους τους οργανισμούς.

ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

Γεύση:

Πολλά απόβλητα περιέχουν χημικές ενώσεις όπου ακόμη σε ίχνη προσδίδουν μια δυσάρεστη γεύση στο νερό.

Όταν τα άλα σιδήρου, του μαγνησίου, το ελεύθερο χλώριο, το H_2S , οι φαινόλες και οι ακόρεστοι υδρογονάνθρακες μπορεί να προσδώσουν στο νερό δυσάρεστη γεύση επηρεάζοντας τη παραμονή και ζωή των ψαριών.

ΟΣΜΗ

Η ρύπανση ενός ποταμού μπορεί να προσδιοριστεί από την οσμή που αναδίδει. Μια αποπνηκτική μυρωδιά μπορεί να οφείλεται σε χημικές ενώσεις ακόμη και σε ίχνη αμμωνίας, θειούχων, φαινολών κ.α.

Η κακή μυρωδιά του νερού οφείλεται κυρίως στην αποσύνθεση οργανικών ουσιών που περιέχουν άζωτο, θείο και φωσφόρο. Οι οσμές δεν είναι επιβλαβείς εκτός και αν προέρχονται από ορισμένα τοξικά αέρια. Οι δυσάρεστες οσμές δυσχεραίνουν τη διατροφή των ψαριών και απομακρύνουν τους ιχθυοπληθυσμούς.

ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

Αυτός ο τύπος ρύπανσης του νερού οφείλεται στην παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών όπως μικροβίων, ιών, παρασίτων, φυκών και από οποιοδήποτε φυτικό ή ζωϊκό οργανισμό που μπορεί να πολλαπλασιαστεί σε

μεγάλο βαθμό σε ένα υδάτινο ρεύμα. Η βιολογική ρύπανση είναι συχνά ένα αποτέλεσμα δευτερεύον της χημικής ρύπανσης. Ο υπέρμετρος πολλαπλασιασμός των φυκών μπορεί να προσδώσει μια αποπνηκτική οσμή στο νερό όταν αυτά αρχίζουν να αποσυντίθενται. Μερικά φύκια είναι τοξικά (πράσινα - μπλε) για τον άνθρωπο και τα ζώα προκαλώντας εντερίτιδες.

Μερικές ιολογικές αρρώστιες, όπως γρίπη, ευλογιά, κίτρινος πυρετός κ.α. είναι δυνατόν να μολύνουν τα επιφανειακά νερά, πράγμα που δεν πρέπει να μας διαφεύγει. Για την πολυομυελίτιδα, Ρώσοι επιστήμονες απέδειξαν ότι αυτή είναι πιο διαδεδομένη σε περιοχές ποταμών που χύνονται αστικά λύματα.

2.4 ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ

α. Γενικά

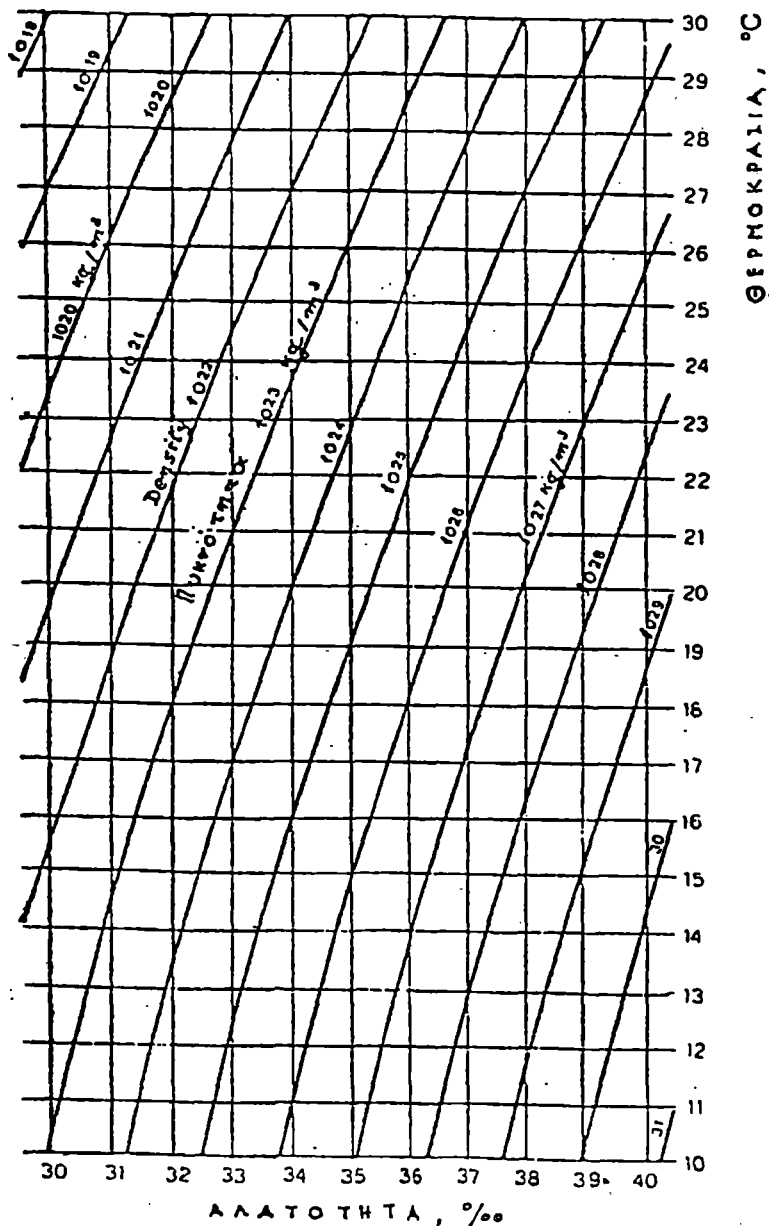
Η διάθεση των αποβλήτων ύστερα από την κατάλληλη επεξεργασία στη θάλασσα και γενικότερα σε βαθειά υδάτινη μάζα (π.χ. λίμνη) γίνεται με υποβρύχιο αγωγό, που καταλήγει σε σύστημα διαχύσεως με πολλές θυρίδες ή σχισμές. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται σημαντική αρχική αραίωση των αποβλήτων (π.χ. της τάξεως 1 : 100) κατά την ανοδική πορεία των υγρών στην επιφάνεια λόγω της διαφοράς πυκνότητας - εξαιτίας της αλατότητας και θερμοκρασίας - και στη συνέχεια επιφανειακή κυρίως διασπορά και αραίωση λόγω των ρευμάτων με ταυτόχρονη ελάττωση του μικροβιακού φορτίου λόγω «εξαφανίσεως» και καταστροφής των μικροβίων στο δυσμενές εξωτερικό περιβάλλον.

Ειδικότερα, σε περίπτωση σχετικά βαθειάς υδάτινης μάζας η κατανομή της θερμοκρασίας με το βάθος εξαρτάται από την εποχή του χρόνου και μπορεί να παρουσιάζει διάφορες κατανομές.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΘΕΣΗΣ - ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

Σ' αυτή την περίπτωση η υδάτινη μάζα εμφανίζεται το καλοκαίρι και το χειμώνα **στρωματομένη** από πλευρά πυκνότητας και σε κατάσταση ευστάθειας (περιορισμένη κατακόρυφη ανάμιξη). Σε ορισμένο βάθος παρατηρείται απότομη μεταβολή της θερμοκρασίας στη **θερμοκλινή** στρώση, που συνοδεύεται από αντίστοιχη μεταβολή της πυκνότητας, την **πυκνοκλινή**.

Εικ. 44 Πυκνότητα θαλασσινού νερού σε συνάρτηση με αλατότητα και θερμοκρασία



ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΘΕΣΗΣ - ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

Η πυκνοκλινή εμποδίζει ιδιαίτερα την κατακόρυφη ανάμιξη των νερών, που διευκολύνεται συνήθως την άνοιξη και το φθινόπωρο, εφόσον υπάρχει ομοιόμορφη θερμοκρασία και γενικότερα, όταν δεν παρατηρείται στρωμάτωση.

Στην περίπτωση της θάλασσας εκτός από τη μεταβολή της θερμοκρασίας μπορεί να υπάρχει και μεταβολή της αλατότητας (αλμυρότητας) με το βάθος, που επηρεάζει αρκετά την κατακόρυφη κατανομή της πυκνότητας. Στη Μεσόγειο Θάλασσα η αλατότητα κυμαίνεται από 37-39% και η πυκνότητα μπορεί να φθάσει μέχρι 1029 Kg/m³ (χειμώνα).

Η μεταβολή της πυκνότητας με το βάθος λόγω συμπίεσεως θεωρείται αμελητέα για τις εξεταζόμενες περιπτώσεις (αύξηση 0,5‰ για 100m βάθος).

Η πυκνότητα του θαλασσινού νερού με βάση την αλατότητα και θερμοκρασία υπολογίζεται προσεγγιστικά και εύκολα για τις καμπύλες της Εικ. 14.

β. Στάδια αραιώσεως

Κατά τη διάθεση των αποβλήτων σε βαθειά υδάτινη μάζα με υποβρύχιο αγωγό που διαθέτει σύστημα διαχύσεως με πολλαπλές θυρίδες, οι σχισμές διακρίνονται συνήθως σε τρία στάδια αραιώσεως, που δίνουν τον ολικό βαθμό αραιώσεως των αποβλήτων και επομένως τις τελικές συγκεντρώσεις των διαφόρων παραμέτρων της ρυπάνσεως και ειδικότερα του μικροβιακού φορτίου, όταν η αραιωμένη απορροή φθάνει στην περιοχή προστασίας (π.χ. ακτή κολυμβήσεως).

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΘΕΣΗΣ - ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

γ. Αποσύνθεση των αποβλήτων (D)

Ενας τρίτος σημαντικός παράγοντας , που συμβάλλει στην πιο πέρα αραίωση (D) και ελάττωση της συγκεντρώσεως των παραμέτρων της ρυπάνσεως, είναι ο ρυθμός αποσυνθέσεως και φθοράς των αποβλήτων (decay rate) στο υδάτινο περιβάλλον.

Ειδικότερα, στην περίπτωση της ελαττώσεως των μικροβίων ο ρυθμός εξαφανίσεως οφείλεται, όπως έχει αναφερθεί, σε πολλούς παράγοντες, μεταξύ των οποίων το φως (υπεριώδης ακτινοβολία) φαίνεται να παίζει πολύ σημαντικό ρόλο.

Η αραίωση του μικροβιακού φορτίου λόγω φθοράς μπορεί να είναι σημαντική (π.χ. D = 5 -100 φορές).

Εικ. 15 Ενδεικτική απόδοση των μεθόδων επεξεργασίας αποβλήτων θαλασσινών προϊόντων

Επεξεργαζόμενα είδη	Παράμετροι	Ελάττωση, %	
		Πρωτοβάθμια επεξεργασία	Δευτεροβάθμια επεξεργασία
1. Τόννος	BOD ₅	20	80
	SS	70	85
	Λίπη-έλαια	75	94
	Άζωτο	15	40
2. Γαρίδες	BOD ₅	24	90
	SS	75	88
	Λίπη-έλαια	90	95
	Άζωτο	15	65
3. Καβούρια	BOD ₅	25	85
	SS	70	86
	Λίπη-έλαια	88	95
	Άζωτο	20	55

ΡΥΠΑΝΣΗ ΘΑΛΑΣΣΩΝ Ή ΑΛΛΩΝ ΥΔΑΤΟΣΥΛΛΟΓΩΝ ΑΠΟ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΙΩΝ

Η κατηγορία αυτή ρύπανσης είναι σπανιώτατη, εμφανιζόμενη κατά καιρούς σε αποδέκτες αστικών λυμάτων (ποτάμια, λίμνες και άλλες υδατοσυναγωγές) σε πολύ περιορισμένη έκταση, εξ αιτίας αποχετεύσεων υδαρών αποβλήτων από μονάδες εντατικής ιχθυοκαλλιέργειας (Ουγγαρία, Πολωνία, ΗΠΑ). Τα ελάχιστα περιστατικά απεδώθησαν σε παραμέληση τήρησης στοιχειωδών μέτρων καθαριότητας και υγιεινής (π.χ. ενταφιασμός ενεργού ιλύος των βιολογικών φίλτρων, καθαρισμός βοηθητικών χώρων κ.λ.π.)

Ποτέ, απ' ό,τι γνωρίζουμε, δεν έχει αναφερθεί προκειμένου για χώρες της ΕΟΚ, περίπτωση άμεσης ή έμμεσης απειλής για το περιβάλλον από απόβλητα ιχθυοτροφείων ελεγχόμενης εκτροφής, ώστε να δικαιολογείται η λήψη ειδικών μέτρων αντιμετώπισης ρυπάνσεων της μορφής αυτής. Τα μέτρα για την αποτροπή ενδεχομένων ζημιών από αποχετεύσεις αποβλήτων ιχθυοτροφικής προέλευσης σε φυσικούς αποδέκτες, είναι τα συνήθη μέτρα που αποφούν την τήρηση κανόνων καθαριότητας και υγιεινής κατά την άσκηση κάποιας μικρής ή μεγάλης έκτασης παραγωγικής δραστηριότητας.

ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Η σύσταση της θαλάσσιας μικροβιακής χλωρίδας εξαρτάται από την ποσότητα και τον τύπο των ανόργανων και οργανικών συστατικών που περιέχονται στο νερό. Από αυτά, τα νιτρικά και τα φωσφορικά είναι σημαντικά ανόργανα συστατικά για την ανάπτυξη των φυκών. Αντίθετα, τα οργανικά είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των σαπροφυτικών βακτηρίων και μυκήτων. Τα παράκτια ύδατα που δέχονται λύματα και αποχύσεις,

υπόκεινται σε αποκλίσεις ως προς το οργανικό τους φορτίο, σε αντίθεση με αυτό της ανοικτής θάλασσας που είναι χαμηλό και σταθερό. Βιομηχανικά απόβλητα μπορεί να συνεισφέρουν σε αντιμικροβιακές ουσίες σε παράκτιες περιοχές. Έχει παρατηρηθεί ότι διάφορα βαρέα μέταλλα, όπως ο υδράργυρος, σε μικρές συγκεντρώσεις μπορεί να αναστείλουν την ανάπτυξη μερικών βακτηρίων. Αυτό είναι ένα σημείο που πρέπει να τονιστεί, γιατί σε μια περιοχή, η απουσία ή οι μικρές συγκεντρώσεις βακτηρίων δεν υποδηλώνουν απαραίτητα και απουσία ρύπανσης. Αρα για να μπορεί κανείς να αποφανθεί, είναι αναγκαία αρχικά όχι μόνο η ταυτοτοίηση της βακτηριακής χλωρίδας της θαλάσσιας περιοχής υπό μελέτη, και ο ποσοτικός προσδιορισμός των μικροοργανισμών, αλλά και μία σειρά άλλων παραμέτρων.

Η κατανομή των βακτηρίων στο θαλάσσιο περιβάλλον, δεν είναι ομοιόμορφη. Τα θαλάσσια βακτήρια απαντώνται σε όλα τα βάθη από την επιφάνεια ως τα ιζήματα. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις παρατηρούνται σε επιφανειακές περιοχές και κοντά στο υπόστρωμα, κυρίως στα βαθειά νερά. Επειδή τα αστικά λύματα διοχετεύονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στα παράκτια θαλάσσια νερά, κύριο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι παράκτιες περιοχές και τα ύδατα εκβολών. Κάθε παράκτιο, ημίκλειστο υδάτινο στρώμα, με επικοινωνία προς την ανοιχτή θάλασσα, ορίζεται σαν σημείο εκβολής.

Οι παράμετροι που επιδρούν στην ανάπτυξη των βακτηρίων σε ύδατα εκβολών περιλαμβάνουν απουσία σταθερότητας των φυσικοχημικών παραμέτρων, δημιουργία πολύπλοκων συστημάτων και εισροές ποικίλης προέλευσης, αντίθετα, για τα θαλάσσια ύδατα παρατηρείται σταθερότητα των φυσικοχημικών παραμέτρων γενικά, λιγότερο πολύπλοκα συστήματα και εισροές μόνον από παράκτια ύδατα. Επομένως, η διακύμανση των προαναφερθέντων καθορίζει την σύσταση της αυτόχθονης θαλάσσιας βακτηριακής χλωρίδας. Οποιαδήποτε άλλη παρουσία μικροοργανισμών, υποδηλώνει ετερόχθονη προέλευση, συνήθως τοπικού χαρακτήρα, αστική

βιομηχανική, αγροτική ή ατμοσφαιρική.

Η βακτηριακή σύσταση μιας θαλάσσιας περιοχής που δέχεται αστικά λύματα παρουσιάζει την ακόλουθη εικόνα: διάφοροι εντερόκοκκοι και κολοβακτηρίδια, ιοί από την εντερική χλωρίδα και συγκεκριμένα είδη βακτηρίων όπως *Bacillus* sp, *Proteus* sp., *Glostridium* sp., *Sphaerotilus* sp, *Beggiatoa* sp., *Thiothrin* sp., *Thiobacillua* sp., κ.α. Για μη επιβεβαρυμένες περιοχές η σύσταση της θαλάσσιας βακτηριακής χλωρίδας συχνά έχει την κάτωθι δομή: *Hyrhomicrobium* sp., *s Caulobacter* sp., *Gralliomella* sp., ψευδομονάδες, διάφορους μύκητες, καθώς και βακτήρια εδάφους όπως *Ajotobacter* sp., *Nitrosomonas* sp., *Nitrobacter* sp., κ.α.

Ο καθορισμός της βακτηριακής χλωρίδας κάποιας παράκτιας θαλάσσιας περιοχής είναι κατά κανόνα πολύ δύσκολος, λόγω των πολλών προβλημάτων που σχετίζονται με την ανάλυση δειγμάτων. Το πιο σημαντικό είναι ότι πολλά βακτήρια δεν αναπτύσσονται σε εργαστηριακά θρεπτικά (agar ή broth) με αποτέλεσμα να υπάρχει δυσχέρεια στην απομόνωση. Αυτό γίνεται ακόμα πιο έντονο εξ αιτίας του μεγάλου αριθμού ειδών, αγνώστων ακόμα και σήμερα. Συχνά, έχουν την τάση να αναπτύσσονται σε στερεά υποστρώματα (αιωρούμενη ύλη ή μεγαλύτερους οργανισμούς). Τα υποστρώματα προτίμησής τους παραμένουν άγνωστα επίσης. Παρατηρείται μεγάλη θνησιμότητα που οφείλεται κυρίως στο χρόνο μεταφοράς. Η διάρκεια ζωής ενός βακτηρίου μικραίνει, όσο αυξάνει ο χρόνος παραμονής του σε ακατάλληλο χώρο. Γι'αυτό συχνά απαιτείται, οι αναλύσεις να γίνονται επί τόπου. Αυτό προϋποθέτει την ύπαρξη σκάφους με αποτέλεσμα να ανεβαίνει το κόστος της μελέτης. Ένα άλλο πρόβλημα έγκειται στο ότι η συλλογή δειγμάτων απαιτεί ακριβό εξοπλισμό. Τέλος, τεχνικές ρουτίνας, για απομόνωση θαλάσσιων βακτηρίων, δεν έχουν προταθεί ακόμα πλην εξαιρέσεων.

Υπάρχουν διάφορες τεχνικές μικροβιολογικής εξέτασης ενός θαλάσσιου δείγματος, η επιλογή τους εξαρτάται από τον σκοπό της εξέτασης. Για να

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΘΕΣΗΣ - ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

ξεπεραστεί η αδυναμία καταγραφής της βακτηριακής χλωρίδας σε μία θαλάσσια περιοχή, που θα μας έδινε στοιχεία τυχόν διαταραχής από ετερόχθονα βακτήρια, έχει θεσπιστεί η έννοια των βακτηριακών βιοδεικτών ρύπανσης. Σε ιδανικές καταστάσεις, τα είδη που επιλέγουμε για βιοδείκτες, θάπρεπε όχι μόνον να αντικατοπτρίζουν την παρουσία ή απουσία συγκεκριμένων ρύπων, αλλά και τα σχετικά επίπεδα μόλυνσης, καθώς και τις περιοδικές διακυμάνσεις. Θάπρεπε να έχουν την ίδια βαρύτητα σαν βιοδείκτες σε διάφορες γεωγραφικές θέσεις των θαλάσσιων μαζών. Φυσικά, τέτοιοι μικροοργανισμοί δεν υπάρχουν, γι αυτό τους χωρίζουμε σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

- 1) Οργανισμοί Δείκτες (Indicators): κύρια για πιστοποίηση περιβαντολλογικών αλλαγών ή παραγόντων πιθανά αγνώστων.
- 2) Οργανισμοί «Αξιολόγησης» Περιβαντολλογικής Διαχείρισης (Monitoring): κύρια για αρχική ποσοτική εκτίμηση των επιπέδων επιβάρυνσης.
- 3) Οργανισμοί Ελέγχου (Test): κύρια για ελεγχόμενες εργαστηριακές συνθήκες που συμβάλλουν στην ερμηνεία και εκτίμηση των στοιχείων πεδίου.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των βιοδεικτών είναι ο εύκολος προσδιορισμός τους, η ευαισθησία των τεχνικών που χρησιμοποιούνται και η δυνατότητα ταυτόχρονης ανάλυσης μεγάλου αριθμού δειγμάτων. Σαν βασικό μειονέκτημα, θα μπορούσαμε να επικαλεστούμε την περιορισμένη γνώση γύρω από τις συνήθειες πυκνότητες που απαντούν στην φύση ή γύρω από την διασπορά τους. Η διαχείριση μιας θαλάσσιας περιοχής απαιτεί πολλά και μεγάλα δείγματα στην υδάτινη στήλη, έναντι αυτών που προέρχονται από τα ιζήματα, όπου το περιβάλλον είναι περισσότερο σταθερό κατά κανόνα.

Τέλος, οι μέθοδοι ποσοτικού και ποιοτικού προσδιορισμού είναι μάλλον αναξιόπιστες, αν αυτοί που τις εφαρμόζουν δεν είναι υπερβολικά προσεκτικοί και έμπειροι. Ένα ελάχιστο λάθος δίνει τρομακτικές αποκλίσεις

που αφορούν κυρίως τον προσδιορισμό ενεργής βακτηριακής βιομάζας.

Για να επιλεγεί ένα βακτήριο ως βιοδείκτης θαλάσσιας ρύπανσης οφειλόμενης σε αστικά λύματα, πρέπει να πληρεί τις κάτωθι προϋποθέσεις : (G. I. Bonde, 1962 στους M.R. Droop & H.W. Jannasch, 1977).

- 1) Πρέπει να παρευρίσκεται όπου και οι παθογόνοι
- 2) Πρέπει να παρευρίσκεται μόνον όταν οι παθογόνοι είναι σε επίπεδα επικείμενου κινδύνου.
- 3) Πρέπει να υπάρχει σε πολύ μεγαλύτερες συγκεντρώσεις έναντι των παθογόνων
- 4) Πρέπει να είναι περισσότερο ανθεκτικός στο περιβάλλον ή στις αντιμικροβιακές ουσίες, έναντι των παθογόνων
- 5) Πρέπει να καλλιεργείται εύκολα σε σχετικά απλά θρεπτικά μέσα καλλιέργειας.
- 6) Πρέπει να συμμετέχει σε χαρακτηριστικές και σχετικά απλές αντιδράσεις που επιτρέπουν κατά το δυνατόν, τον προσδιορισμό της ομάδας, ή το είδος.
- 7) Θα πρέπει κατά προτίμηση νάναι τυχαία διασπαρμένος στο δείγμα ή τουλάχιστον να είναι εφικτή η ομογενοποίηση του δείγματος με απλές τεχνικές.
- 8) Η ανάπτυξή του σε τεχνητά μέσα καλλιέργειας (artificial) θα πρέπει να μην εξαρτάται κατά το πλείστον από την πιθανή παρουσία άλλων μικροοργανισμών, ούτε να αναστέλλεται.

Επίσης, θα πρέπει να διαφέρει αριθμητικά, σύμφωνα με τις αλλαγές των παραμέτρων που πιστοποιούν τον βαθμό της ρύπανσης.

Το πλέον συνηθισμένο βακτήριο που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση αστικών λυμάτων είναι ο εντερόκοκκος *Escherichia coli*.

Τόσο αυτός, όσο και οι άλλοι μικροοργανισμοί, μπορούν να επιβιώσουν για αρκετό χρονικό διάστημα στην θάλασσα και να μεταδοθούν στον άνθρωπο

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΘΕΣΗΣ - ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

είτε με άμεση επαφή, έμμεση, μέσω κάποιων εδώδιμων θαλασσινών (F. EL-Sharkawi, L.EI-Attar, A. Abdel Gawad, & Molazen, 1990). Συχνά, παρόλα τα βακτηριακά φορτία που μπορεί να δέχεται μια παραθαλάσσια περιοχή, η διάρκεια ζωής τους στη στήλη του νερού είναι περιορισμένη. Αυτό οφείλεται στην ικανότητα αυτοκαθαρισμού του συστήματος μετά από έκθεσή του στο ηλιακό φως (UNEP, 1990). Έτσι, γίνεται αναγκαία η ανεύρεση και άλλων βιοδεικτών του τύπου επιβάρυνση. Έχουν προταθεί δύο τέτοιοι μικροοργανισμοί: *Clostridium perfiingens* και ο *Basteroides fragilis*.

3. ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Απόβλητα ονομάζονται γενικά τα υγρά και οι λάσπες που δημιουργούνται κατά την παραγωγική διαδικασία και μπορεί να περιέχουν υπολείμματα των υλών που χρησιμοποιούνται, καθώς και των πτηνο-κτηνοτροφικών ιχθυοτροφικών ή γεωργικών εγκαταστάσεων, εκτός από τα λύματα του προσωπικού.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Τα χαρακτηριστικά απόβλητων που προέρχονται από υδατοκαλλιεργητικές μονάδες μπορούν να ταξινομηθούν στις παρακάτω κατηγορίες (α) φυσικά, όπως η παρουσία στερεών, το χρώμα και η οσμή, (β) χημικά, που περιλαμβάνουν οργανικές και ανόργανες ύλες, (γ) βιολογικά όπως βακτήρια, πρωτόζωα και φύκη καθώς και μύκητες και ιούς.

3.1 ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Στερεά

α. Ολικά στερεά (ΟΣ). Το υπόλειμμα που απομένει μετά από την εξάτμιση του νερού.

β. Αιωρούμενα στερεά (ΑΣ). Το μέρος των (ΟΣ) που συγκρατείται σε ειδικά φίλτρα.

γ. Διαλελυμένα στερεά (ΔΣ). Η διαφορά (ΟΣ-ΑΣ).

δ. Πτητικά στερεά (ΠΣ). Αντιπροσωπεύουν κυρίως το οργανικό υλικό.

δ. Μη πτητικά στερεά (ΜΣ). Το μέρος που απομένει μετά την καύση.

στ. Καθιζάνοντα στερεά (ΚΣ). Η ύλη που καθιζάνει σε κώνο Imhoff σε 1h.

2. Οσμή και χρώμα

Τα χαρακτηριστικά αυτά εξαρτώνται από την «ηλικία» των αποβλήτων. Έτσι τα «μπαγιάτικα» απόβλητα έχουν πιο δυσάρεστη οσμή και πιο έντονο μαύρο χρώμα. Η οσμή παρατηρείται 2 h μετά την συλλογή των αποβλήτων και γίνεται πιο έντονη μετά την πάροδο του χρόνου.

3.2 ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Τα απόβλητα περιέχουν κυρίως οργανικά χημικά που προέρχονται από τα κόπρανα και ούρα καθώς και από την τροφή που δεν καταναλώνεται. Η οργανική ύλη μπορεί να διαιρεθεί σε αζωτούχο (πρωτεΐνες, αμινοξέα, αμίνες, ουρία) και μη αζωτούχο (υδατάνθρακες, σάκχαρα, άμηλα λίποι και άλλα. Τα απόβλητα περιέχουν επίσης αέρια όπως οξυγόνο, άζωτο και διάφορα αέρια που παράγονται κατά την αερόβια (CO_2) και αναερόβια (CH_4 , CO_2 , H_2S) αποσύνθεση.

1. Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (ΧΑΟ)

Αντιπροσωπεύει την ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται για την χημική σταθεροποίηση (διάσπαση σε CO_2 και H_2O) της οργανικής ύλης στα απόβλητα και μετρά έμμεσα την οργανική ισχύ των αποβλήτων.

2. Ολικός οργανικός άνθρακας (ΟΟΑ)

Αντιπροσωπεύει την ποσότητα οργανικού άνθρακα στα απόβλητα και μετρά πιο άμεσα από το ΧΑΟ την ισχύ των αποβλήτων.

3.3 ΒΙΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν διάφοροι τύποι μικροοργανισμών όπως τα βακτήρια, τα φύκη, οι μύκητες, τα πρωτόζωα και άλλα πολυκύτταρα ζώα και οι ιοί. Η μικροβιολογική ανάλυση περιλαμβάνει την προσμέτρηση των κολοβακτηριδίων (coliforms) και κοπρωδών κολοβακτηριδίων (fecal

coliforms, κολοβακτηρίδια που προέρχονται από κόπρανα), που είναι δείκτες δυνατής παρουσίας παθογόνων εντεροβακτηρίων, την αναγνώριση και προσμέτρηση διαφόρων τύπων μικροοργανισμών και τον προσδιορισμό του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (BAO) και του νιτρογενώς απαιτούμενου οξυγόνου (NAO).

1. Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BAO).

Αντιπροσωπεύει την ποσότητα διαλελυμένου οξυγόνου (ΔO) που απαιτείται από αερόβιους μικροοργανισμούς (βακτήρια) όταν σταθεροποιούν (διασπών σε CO_2 και H_2O) την οργανική ύλη, χρησιμοποιώντας την σαν τροφή. Τα βακτήρια αυτά είναι ετερότροφα και χημοσυνθετικά.

Το BAO μετρά έμμεσα την ισχύ των αποβλήτων και είναι πολύ σημαντική παράμετρος για τον σχεδιασμό και την λειτουργία των εγκαταστάσεων επεξεργασίας αποβλήτων. Το ολικό BAO εξαρτάται από την ποσότητα της βιοχημικά οξειδωμένης οργανικής ύλης στα απόβλητα και για να εκδηλωθεί απαιτείται χρόνος δεδομένου ότι η βιολογική οξείδωση δεν είναι άμεση. Ο ρυθμός με τον οποίο το BAO ικανοποιείται εξαρτάται από την ποσότητα οργανικής ύλης που παραμένει.

Συνήθως χρησιμοποιείται το BAO5 (δηλ. το BAO σε 5 ημέρες στους 20 βαθμούς Κελσίου). Το BAO5 αποτελεί την σπουδαιότερη παράμετρο σχεδιασμού, λειτουργίας και αξιολόγησης της εγκατάστασης και ισοδυναμεί με 55-110 g/capita.d.

2. Νιτρογενώς απαιτούμενο οξυγόνο (NAO)

Αντιπροσωπεύει την ζήτηση (ΔO κατά τη νίτρωση ή την βιοχημική οξείδωση της αμμωνίας στα απόβλητα από αυτότροφους, χημοσυνθετικούς μικροοργανισμούς.

3.4 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων περιλαμβάνονται:

- Τα ανόργανα άλατα, (χλωριούχα, ενώσεις σιδήρου αζώτου και φωσφόρου, σκληρότητα κλπ)
- Οργανικές ενώσεις που δεσμεύουν το οξυγόνο και δημιουργούν ανεπιθύμητες αναερόβιες συνθήκες
- Αιωρούμενα στερεά που δημιουργούν ιζήματα
- Μικροοργανισμοί.

Τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά των αποβλήτων γενικά είναι μεταβλητά ανάλογα με το είδος, τις πρώτες ύλες, τα τελικά προϊόντα, την παραγωγική διαδικασία, την ανάκτηση υλικών. Την ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση. Ως απόβλητα των ιχθυοτροφείων θεωρούνται τα βιολογικά προϊόντα των ψαριών που καταλήγουν στο περιβάλλον και οι απώλειες ιχθυοτροφών.

3.5 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΙΩΝ

Τα βιολογικά προϊόντα είναι απεκκρίσεις που περιέχουν κυρίως αμμωνία, οργανικά φωσφορικά και νιτρικά άλατα, περιττώματα που αποτελούνται από ενδιάμεσα προϊόντα της αποσύνθεσης των ιχθυοτροφών ενώ, οι απώλειες των ιχθυοτροφών είναι ένα μέρος από τις ιχθυοτροφές που δεν καταναλώθηκε ή διέφυγε στο περιβάλλον.

Πριν αναφερθούμε στην ποιοτική και ποσοτική σύνθεση των αποβλήτων είναι σκόπιμο να κάνουμε μια σύντομη αναφορά στον μεταβολισμό των ψαριών, στον τρόπο λειτουργίας των εντατικών ιχθυοτροφείων καθώς και στους παράγοντες που επηρεάζουν τα υδάτινα οικοσυστήματα.

Ο μεταβολισμός γενικά των υδρόβιων οργανισμών βασίζεται στην

πρόσληψη από το περιβάλλον οξυγόνου και θρεπτικών συστατικών και την αποβολή σ' αυτό καταβολικών προϊόντων (κυρίως ούρα) και περιττωμάτων. Το οξυγόνο για τις αναπνευστικές τους ανάγκες τα ψάρια το παίρνουν από το νερό ενώ τις οργανικές και ανόργανες ύλες που απαιτεί η διατροφή τους τα μεν ελεύθερα ψάρια τις εξασφαλίζουν από το περιβάλλον τα δε ψάρια των ιχθυοκαλλιεργειών από τον άνθρωπο υπό μορφή ιχθυοτροφών.

Η βιολογική προέλευση των ιχθυοτροφικών αποβλήτων επιτρέπει την εισαγωγή των καταβολικών προϊόντων, των περιττωμάτων και των απωλειών ιχθυοτροφής στους τροφικούς κύκλους του νερού. Τα ανόργανα άλατα μετατρέπονται από φύκη μακρόφυτα σε φυτική βιομάζα που αποτελεί τροφή για ζωϊκούς μικροοργανισμούς και άλλους μικροσκοπικούς οργανισμούς όπως γαρίδες, νύμφες ψαριών, νύμφες από μαλάκια κτλ. Οι απλές ενώσεις που περιέχουν τα περιττώματα μετατρέπονται με τους μηχανισμούς που προαναφέρθηκαν σε οργανική ύλη, ενώ οι πιο σύνθετες και οι απώλειες των ιχθυοτροφών είτε απλοποιούνται είτε χρησιμοποιούνται ως έχουν από ανώτερους οργανισμούς.

Κίνδυνος για το περιβάλλον από τα απόβλητα των ιχθυοτροφείων μπορεί να προκληθεί μόνο στην περίπτωση που μεγάλες ποσότητες αποβλήτων επιβαρύνουν περιορισμένο όγκο νερού. Στην περίπτωση αυτή τα απόβλητα μπορούν να προκαλέσουν διαταραχές στην ισορροπία του θαλάσσιου οικοσυστήματος και μείωση της συγκέντρωσης του οξυγόνου στο νερό. Η υπέρμετρη επιβάρυνση του θαλάσσιου περιβάλλοντος με απόβλητα που περιέχουν ανόργανα άλατα μπορεί να προκαλέσει υπερπαραγωγή φυτικών οργανισμών και να αρχίσει έτσι ένα φαύλος κύκλος με το πλεόνασμα της βιομάζας να αποσυντίθεται σε απλές ενώσεις που επιτείνουν σε απλές ενώσεις του συστήματος. Η διαταραχή αυτή σε οριακές συνθήκες μπορεί να προκαλέσει ανοξικές συνθήκες, αν η κατανάλωση οξυγόνου υπερβεί την ταχύτητα οξυγόνωσης του νερού. Οι ανοξικές συνθήκες δεν επιτρέπουν την

ανάπτυξη των φωτοσυνθετικών οργανισμών και προκαλούν την ανάπτυξη αναερόβιων οργανισμών που αποβάλλουν στο περιβάλλον καταβολικά προϊόντα τα οποία εμποδίζουν την ανάπτυξη των ανώτερων οργανισμών. Οι διαταραχές στην οικολογική ισορροπία δεν οφείλονται αποκλειστικά στην εισροή στο θαλάσσιο περιβάλλον θρεπτικών αλάτων, αλλά εξαρτώνται και από άλλους παράγοντες που επηρεάζουν τη δημιουργία φυτικής βιομάζας, από την εισροή στο σύστημα αλλόχθονης βιομάζας, την ταχύτητα κατανάλωσης και θανάτου της βιομάζας, τη θερμοκρασία, τις συνθήκες ανάμειξης του νερού κτλ. Η επιβάρυνση του νερού με θρεπτικά άλατα είναι ρύπανση και μετράται σε συγκεντρώσεις των αλάτων αυτών ή με τις επιπτώσεις της υπέρμετρης αύξησης της φυτικής βιομάζας που αναφέρεται σαν ευτροφισμός.

Η κατανάλωση του διαλυμένου οξυγόνου του νερού για την αποσύνθεση οργανικών ενώσεων υπολογίζεται συνήθως με μια ημιποσοτική μέτρηση γνωστή ως Βιολογική Απαίτηση Οξυγόνου (B.O.D5) που δείχνει το διαλυμένο οξυγόνο που καταναλώνεται από τους αερόβιους μικροοργανισμούς που αποσυνθέτουν τις οργανικές ενώσεις.

Στις ιχθυοκαλλιέργειες η μεγάλη πυκνότητα των καλλιεργούμενων οργανισμών στους χώρους εκτροφής που απαιτεί υψηλές τιμές διαλυμένου οξυγόνου και κατά συνέπεια πολύ μικρές τιμές βιολογικής απαίτησης οξυγόνου, μετρούμενου ως B.O.D5. Μικρή μείωση της τιμής του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό σε σχέση με την τιμή κορεσμού έχει δυσμενή αποτελέσματα στους εκτρεφόμενους πληθυσμούς (μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης ασθενειών κτλ). Γι' αυτό ο έλεγχος της τιμής του διαλυμένου οξυγόνου στις ιχθυοκαλλιέργειες είναι συνεχής, όπως συνεχής είναι και ο έλεγχος των άλλων καταβολικών προϊόντων που άμεσα ή έμμεσα καταναλώνουν οξυγόνο.

Από τα άλλα μεταβολικά προϊόντα των ψαριών που μπορούν να επιβαρύνουν το περιβάλλον η αμμωνία είναι το κύριο καταβολικό προϊόν των

πρωτεϊνών. Διαλύεται απευθείας στο νερό, είναι τοξική για όλους του υδρόβιους οργανισμούς και επομένως και στον ίδιο τον εκτρεφόμενο ιχθυοπληθυσμό. Η αμμωνία παρουσία οξυγόνου οξειδώνεται σε νιτρώδη και νιτρικά. Στις ιχθυοκαλλιέργειες η υγιεινή των ψαριών απαιτεί η συγκέντρωση της αμμωνίας στο νερό να μην ξεπερνάει ορισμένα όρια και τούτο επιτυγχάνεται με μεγάλη κυκλοφορία καλά οξυγονομένου νερού. Τα οργανικά φωσφορικά και νιτρικά ιόντα δεν έχουν μεν τοξική δράση στα ψάρια, οδηγούν όμως στον εμπλουτισμό του νερού με θρεπτικά άλατα με αποτέλεσμα σε μεγάλες ποσότητες να δημιουργούν κινδύνους ευτροφισμού. Για τους λόγους που προαναφέρθηκαν οι ευτροφικές συνθήκες είναι δυσμενείς για την ανάπτυξη του ίδιου του εκτρεφόμενου πληθυσμού και γι αυτό στα ιχθυοτροφεία ελέγχεται συχνά η ποιότητα του νερού και οι τιμές διάφορων χαρακτηριστικών του ώστε να εντοπιστούν και αντιμετωπιστούν τα πρόδρομα φαινόμενα ευτροφισμού.

Άλλες ουσίες που περιέχονται στα απόβλητα ιχθυοτροφείων είναι αυτές που προέρχονται από τη χρήση φαρμάκων όπως φομαλδεΰδη, πράσινο του μαλαχίτη, χλωρίνη, φαινόλες, χαλκός και αντιβιοτικά τα οποία προστίθενται περιοδικά στο νερό για πρόληψη και θεραπεία ασθενειών. Οι ουσίες αυτές σε μεγάλες συγκεντρώσεις προκαλούν περιβαλλοντικά προβλήματα που έχουν άμεσες επιπτώσεις στους καλλιεργούμενους οργανισμούς με αποτέλεσμα να απαιτείται όχι μόνο λελογισμένη χρήση αλλά και τακτικός έλεγχος της συγκέντρωσής τους.

3.6 ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΩΝ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Ως σήμερα, οι έρευνες πάνω στην ποσότητα και ποιότητα των αποβλήτων που αποβάλλουν στο υγρό περιβάλλον οι ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες αφορούν, αποκλειστικά σχεδόν, εκτροφές ψαριών του γλυκού νερού και αυτό

γιατί σε πολλές χώρες λειτουργούν πολλά ιχθυοτροφεία στο ίδιο ποτάμι και η υποβάθμιση της ποιότητας του νερού από τις μονάδες ανάντη έχει σαν αποτέλεσμα μεγαλύτερο κόστος κατασκευής και λειτουργίας στις μονάδες κατάντη. Επιπλέον, σε πολλές χώρες το νερό των ποταμών χρησιμοποιείται και ως πόσιμο επομένως είναι απαραίτητο η ποιότητα του νερού να είναι υψηλή, για το σκοπό αυτό σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες ισχύουν αυστηροί όροι για τη διάθεση των αποβλήτων από ιχθυοτροφεία στα ποτάμια και στις λίμνες. Σε ορισμένες χώρες μάλιστα (π.χ. Σουηδία) για να μην ξεπεραστεί η ικανότητα αυτοκαθαρισμού του νερού των ποταμών από τα απόβλητα των ιχθυοκαλλεργητικών μονάδων έχει τεθεί για κάθε ποτάμι ένα ανώτατο επιτρεπτό όριο δυναμικού παραγωγής ψαριών σε ιχθυοκαλλεργητικές μονάδες.

Η σύνθεση των ιχθυοτροφικών αποβλήτων είναι γνωστή γιατί είναι δεδομένη η σύνθεση των ιχθυοτροφών και τα προϊόντα μεταβολισμού τους. Η εκτίμηση όμως της συγκέντρωσης των ρύπων στα απόβλητα των ιχθυοτροφείων είναι δύσκολη γιατί είναι διαφορετικές οι περιβαλλοντικές συνθήκες που διατηρούνται σε κάθε ιχθυοτροφείο και διαφορετικές οι παραγωγικές διαδικασίες που εφαρμόζονται. Οι διαφορές αυτές επηρεάζουν σημαντικά τις συγκεντρώσεις ρύπων στα παραγόμενα απόβλητα.

Για να υπολογισθεί η ρυπαντική επιβάρυνση από ένα ιχθυοτροφείο αρχικά προσδιορίζεται η ημερήσια παραγωγή ρύπων σε συνάρτηση με τη χορηγούμενη ποσότητα ιχθυοτροφής και ξεχωριστά για κάθε επιμέρους ρύπο (NH_4 , PO_4 , B.O.D₅, κλπ). Στις πεστροφοκαλλιέργειες για παράδειγμα, έχει αποδειχθεί ότι για κάθε χορηγούμενο κιλό ιχθυοτροφής σε αποξηραμένη μορφή (pellets) παράγονται απόβλητα με την παρακάτω σύνθεση:

Αμμωνία : 25 -50 g

Εναιωρούμενα στερεά : 200 -300 g

B.O.D5 : 100 - 200 g

Φωσφορικά : 5 - 15 g

Νιτρικά: 30-60 g

Αφού υπολοστεί η ημερησίως παραγόμενη ποσότητα κάθε ρύπου, υπολογίζεται η συγκέντρωσή του στο νερό σε συνάρτηση με την παροχή του νερού. Δηλαδή η ποσότητα κάθε ρύπου επιμερίζεται στην ημερήσια παροχή νερού που αντλείται ή διέρχεται από τη μονάδα. Στις χερσαίες εγκαταστάσεις εκτροφής η ημερήσια παροχή νερού είναι γνωστή και έτσι, εφόσον οι συγκεντρώσεις που προκύπτουν είναι ανώτερες από τα επιτρεπτά όρια για τη διαβίωση των ψαριών απαιτείται περιορισμός των ρύπων με έλεγχο στην πηγή ή επεξεργασία των αποβλήτων πριν τη διάθεσή τους στο υγρό μέσο.

Για τα θαλάσσια είδη ψαριών που καλλιεργούνται σε πλωτές εγκαταστάσεις τα βιβλιογραφικά στοιχεία για την ποιότητα των αποβλήτων είναι ελάχιστα. Η έλλειψη στοιχείων για τις καλλιέργειες αυτές είναι λογική διότι η διασπορά των παραγόμενων αποβλήτων στη θάλασσα είναι μεγάλη, όπως μεγάλη είναι και η παρουσία στη θάλασσα άλλων (ελεύθερων) ζωϊκών ειδών σε μεγάλη ποικιλία. Ακόμα οι ενεργητικές ή παθητικές μετακινήσεις θαλάσσιων οργανισμών στη θάλασσα είναι μεγάλες. Έτσι ο ποσοτικός προσδιορισμός ρύπων στη θάλασσα σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις αντιμετωπίζει σοβαρά αναλυτικά προβλήματα. Οι μεθοδολογικές δυσκολίες γίνονται αξεπέραστες όταν πρόκειται να προσδιοριστεί η ικανότητα ανάταξης των ρύπων στο θαλάσσιο περιβάλλον με μεταβολικές διαδικασίες από τους οργανισμούς του νερού που παθητικά ή

ενεργητικά μετακινούνται (ρεύματα, τακτισμοί, τροπισμοί κτλ) και ιδίως από καταναλωτές ανώτερης οικολογικά βαθμίδας με μεγάλη κινητικότητα.

Τα τελευταία χρόνια κάποια προβλήματα ρύπανσης της θάλασσας από ιχθυοτροφεία έχουν αναφερθεί στην Ιαπωνία και αφορούν την καλλιέργεια θαλάσσιων ειδών (*Pagrus major*, *Seriola quinqueradiata*) σε κλωβούς. Τα προβλήματα όμως αυτά αντιμετωπίστηκαν εύκολα με κατάλληλη χωροθέτηση των κλωβών, μείωση της ιχθυοφόρτισης και αλλαγή των τροφών. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην Ιαπωνία λειτουργούν πολλά ιχθυοτροφεία σε κλωβούς και εφαρμόζονται πυκνές διατάξεις των κλωβών και υψηλές ιχθυοφορτίσεις. Μόνο για το είδος *Seriola*, το έτος 1981, στην Ιαπωνία λειτουργούσαν 28.000 κλωβοί σε έκταση 8.000.000 M² και με παραγωγή 150.000 τόννους το χρόνο. Μια άλλη σημαντική διαφορά σε σχέση με άλλες χώρες είναι ότι τα περισσότερα είδη που καλλιεργούνται σε κλωβούς στην Ιαπωνία τρέφονται με νωπή τροφή που προέρχεται από ψάρια τρίτης διαλογής (σαρδέλα, σκουμπρί κτλ). Η νωπή τροφή, σε σχέση με τις συνθετικές χορηγείται γενικά σε μεγαλύτερες ποσότητες γιατί έχει μικρότερη μετατρεψιμότητα σε ζωϊκό βάρος ενώ έχει μικρότερο ειδικό βάρος από τις συνθετικές και καταβυθίζεται ευκολότερα από αυτές δημιουργώντας συσσωματώματα κάτω από τους κλωβούς.

Ανάλογα προβλήματα αναφέρθηκαν και στη Νορβηγία σε καλλιέργειες σολωμού στη θάλασσα. Στη χώρα αυτή η μορφολογία των ακτών με τα πολυσχιδή φιόρδ που είναι απρόβλητα από τα κύματα συνέτεινε στην εγκατάσταση πολλών ιχθυοκλωβών στο ίδιο φιόρδ. Με τον τρόπο αυτό σε περιορισμένο χώρο με μικρή ανανέωση του νερού από τα ρεύματα ή τον κυματισμό, αυξήθηκε σημαντικά η ιχθυομάζα και παρατηρήθηκαν φαινόμενα μείωσης του διαλυμένου οξυγόνου.

Προεκτίμηση της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος από ιχθυοτροφικά απόβλητα μπορεί να γίνει από το ισοζύγιο των ιχθυοτροφών που

προσδίδονται (εισροές) μείον το μέρος των ιχθυοτροφών που μετατρέπεται σε ιχθυομάζα και ενέργεια (εκροές). Οι ιχθυοκαλλιέργειες βασίζονται στην εκμετάλλευση του αναβολικού τμήματος της ανάπτυξης των ψαριών, την περίοδο δηλαδή που η μετατρεψιμότητα της τροφής σε ιχθυομάζα είναι μεγαλύτερη. Γι' αυτό, η επιβάρυνση του περιβάλλοντος με κατάλοιπα δεν υπερβαίνει το 80% της διαφοράς που προκύπτει αν αφαιρεθεί από την ποσότητα της χορηγούμενης ιχθυοτροφής το βάρος των ψαριών. Η διεθνής εμπειρία έχει δείξει ότι απαιτούνται 2,5Kg ιχθυοτροφής για να παραχθεί σε διάστημα 16-18 μηνών 1 Kg λαβρακιού ή τσιπούρας. Έτσι από τα ιχθυοτροφεία λαβρακιού και τσιπούρας η συνολικά παραγόμενη ποσότητα αποβλήτων είναι 1,2 kg που αποβάλλονται στο περιβάλλον σε διάστημα 16-18 μηνών. Η ποσότητα αυτή περιλαμβάνει τόσο τα καταβολικά προϊόντα της εκτροφής όσο και τις απώλειες ιχθυοτροφών. Από τη σύνθεση των ιχθυοτροφών είναι δυνατός ο υπολογισμός της ρυπαντικής επιβάρυνσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Με τις ιχθυοτροφές που χρησιμοποιούνται σήμερα στην Ελλάδα για την εκτροφή τσιπούρας και λαβρακιού η παραγωγή ρύπων που προκύπτει για κάθε κιλό παραγόμενου ψαριού είναι :

Αμμωνία : 30 - 60 g/Kg ψαριού

Εναιωρούμενα στερεά : 240 -350 g/Kg ψαριού

B.O.D5 : 120 - 240 g/Kg ψαριού

Φωσφορικά : 6 - 18 g /Kg ψαριού

Νιτρικά: 36 - 72 g/Kg ψαριού

Για να υπολογιστεί η ποιοτική και ποσοτική σύνθεση των αποβλήτων ενός ιχθυοτροφείου θαλάσσιων ειδών σε δεξαμενές ξηράς, ακολουθείται η ίδια διαδικασία υπολογισμών που ισχύει για τις πεστροφοκαλλιέργειες. Για τον υπολογισμό της ποιοτικής και ποσοτικής σύνθεσης των αποβλήτων από

ιχθυοκαλλιέργεια σε κλωβούς, η ημερήσια ποσότητα ρύπων (που θα προκύψει από την ημερήσια κατανάλωση ιχθυοτροφής) για να αναχθεί σε συγκεντρώσεις θα πρέπει να συναρτηθεί με την παροχή του νερού. Η παροχή του νερού προκύπτει από την επιφάνεια των κλωβών που παρεμβάλεται στα ρεύματα επί την ταχύτητα των ρευμάτων που συνήθως είναι μεταξύ 5 και 15cm/s. Οι μεγάλες παροχές του νερού που απαιτούνται στις χερσαίες εγκαταστάσεις εκτροφής και οι μεγάλες παροχές του νερού εξασφαλίζουν τα θαλάσσια ρεύματα στις εγκαταστάσεις με ιχθυοκλωβούς δίνουν πολύ μικρές συγκεντρώσεις ρύπων. Η διάθεση των ρυπών αυτών στο θαλάσσιο περιβάλλον βελτιώνει μάλλον παρά επιβαρύνει, την οικολογική ισορροπία, στις ολιγοτροφικές θάλασσες της χώρας μας.

3.7 ΡΥΠΑΝΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΙΩΝ

Οι παράμετροι, που λαμβάνονται υπόψη για την εκτίμηση του φορτίου ρυπάνσεως και αποβλήτων, περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, εκτός από τον όγκο, το βιοχημικά και χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD₅, COD), τα ολικά και πτητικά στερεά, το ολικό άζωτο (N), το φωσφόρο (P₂O₅) και το κάλιο (K₂O).

Ο υπολογισμός των παραμέτρων αυτών γίνεται με αναφορά στο ζωντανό βάρος (Z.B., TLW =total live weight).

Για τη σχεδίαση των εγκαταστάσεων θεωρείται ότι τα απόβλητα είναι ανάλογα με το ολικό ζωντανό βάρος των ζώων.

Η «πυκνότητα» των υγρών αποβλήτων των κτηνοτροφικών μονάδων από πλευρά ρυπαντικού φορτίου (π.χ. BOD₅) εξαρτάται τελικά από τον ημερήσιο όγκο των αποβλήτων (αποχωρήματα, ούρα, νερά καθαρισμού δαπέδων κλπ) ανά μονάδα ζωϊκού πληθυσμού (π.χ.1000 Kg Z.B.) και είναι συνάρτηση του είδους των εκτρεφόμενων ζώων, των συνθηκών σταβλισμού και των τοπικών

συνηθειών των κτηνοτρόφων.

ΤΑ ΡΥΠΑΝΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΤΩΝ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΙΩΝ

Σχετικές έρευνες, αναφορικά με τις λειτουργούσες στην Ευρώπη ιχθυοτροφικές μονάδες, έδειξαν ότι μια υδατοκαλλιέργεια δυναμικότητας 300 τόννων/έτος, αποβάλλει τον χρόνο γύρω στους 370 τόννους αιωρούμενων στο νερό στερεών ουσιών, 10 τόννους αμμωνιακού αζώτου, 77 τόννους νιτρικού και νιτρώδους αζώτου και 15 τόννους ολικού φωσφόρου.

Ένα τέτοιο φορτίο μπορεί να είναι ρυπογόνο, όταν διοχετεύεται σε ένα υδάτινο περιβάλλον με ανεπαρκή εξουδετερωτική ικανότητα (buffer capacity). Αντίθετα αποβαίνει ευεργητικό λιπαντικό στοιχείο, όταν εισάγεται στη σωστή αναλογία, σε υδατοσυναγωγές με αρκετή έκταση επιφάνειας.

Για την διάθεση ιχθυοτροφικών αποβλήτων, οι κυριότερες μέθοδοι είναι:

- *ελεγχόμενη εναπόθεση* (υγειονομική ταφή)
- *ενεγχόμενη εναπόθεση με καύση*
- *λιπασματοποίηση με ελεγχόμενη εναπόθεση*

με βασική προϋπόθεση την εξασφάλιση χώρων διάθεσης.

Να σημειωθεί ότι τα απόβλητα των ιχθυοτροφείων είναι ελεύθερα τοξικών ουσιών, αποτελούμενα αποκλειστικά από προϊόντα ανταλλαγής της ύλης (ούρα και περιττώματα) και υπολείμματα τροφών.

Από την άποψη αυτή είναι -ακόμα και σε μεγάλες ποσότητες- πολύ λιγότερο επιβλαβή, από ότι είναι ισοδύναμα ρυπαντικά φορτία από απόβλητα απόπλυσης γεωργικών εδαφών, που, εκτός από προϊόντα μεταβολισμού, περιέχουν και υπολείμματα, φυτοφαρμάκων, εντομοκτόνων και λιπασμάτων (οργανοφωσφορικά κ.λ.π.).

Πέραν του γεγονότος αυτού, προκειμένου να καταλήξουμε σε ορθά συμπεράσματα, για το εάν και κατά πόσο υφίσταται απειλή από τα απόβλητα

των ιχθυοτροφείων -ακόμα και στην ακραία περίπτωση, της ενδεχομένης ανεξέλεγκτης απόρριψής τους στη θάλασσα σκόπιμη θα ήταν μια σύγκριση και μόνο του όγκου (δηλ. της ποσότητας) των ρυπαντικών τους φορτίων, με εκείνα άλλων φορέων ρύπανσης του υδάτινου περιβάλλοντος, όπως π.χ. είναι τα απόβλητα των χοιροτροφιών. Τα απόβλητα αυτά περιέχουν οργανικό υλικό (υψηλές τιμές BOD), αιωρούμενα στερεά, τροφικό υλικό, (ανόργανα P.N. κ.λ.π.) και μικροοργανισμούς. Το ρυπαντικό φορτίο μιας μονάδας των 100 χοιρομητέρων, ισοδυναμεί με αστικά λύματα ενός οικισμού 1500 με 3000 κατοίκων. Υπολογίζεται σε 118000 ο αριθμός των χοιρομητέρων όλων των χοιροστασίων της χώρας. Επομένως το συνολικό ρυπαντικό φορτίο για ολόκληρη τη χώρα, πρέπει να αντιστοιχεί σε πληθυσμό της τάξης των 2500000 κατοίκων. Με βάση τον αριθμό χοιρομητέρων υπολογίζεται ο όγκος αποβλήτων 7550 κμ/ημ. Από τη μεριά τώρα των αποβλήτων ιχθυοτροφείας, υπάρχουν σ'ολόκληρη την χώρα, γύρω στα 310 μικρά και μεσαία ιχθυοτροφεία, υδάτινης έκτασης επιφάνειας 22000 στρεμμάτων, το συνολικό ρυπαντικό φορτίο των οποίων δεν ξεπερνά τα 1210κμ/ημέρα.

Λάβαμε υπόψη μόνο τα απόβλητα χοιροστασίων. Εάν όμως υπολογίζαμε και τα ρυπαντικά φορτία όλων των άλλων φορέων ρύπανσης από αποπλύσεις άλλων εδαφών, με απόβλητα άλλων κτηνοτροφικών μονάδων ψεκαζομένων με φυτοφάρμακα, ή και λυπαινομένων καλλιεργειών (βάμβακος, τεύτλων, δημητριακών, οπωροκηπευτικών και λοιπών καλλιεργειών), η έκταση των οποίων ξεπερνά τα 6,5 εκατομμύρια στρέμματα (έναντι 22000 μόνο στρεμμάτων υδατοκαλλιεργειών), τότε η ποσότητα λιπαντικών φορτίων γεωργικής προέλευσης θα ξεπερνούσε - υπολογιζόμενων και των γεωργικών βιομηχανιών (οινοποιίας, ζυθοποιίας, τοματοπολτού, ζάχαρης, κομπόστας, γάλακτος, τυρών, κρεάτων κ.α.) - τα 850000κμ/ημέρα, όγκος αποβλήτων μέσης έως υψηλής επικινδυνότητας- ο οποίος ποσοτικά είναι 700 φορές μεγαλύτερος από συνολικό ρυπαντικό φορτίο των ιχθυαποβλήτων.

Εικ.16. Χαρακτηριστικά των βλαβερών αερίων των ζωϊκών αποβλήτων

Αέριο	Ειδικό βάρος ⁽¹⁾	Οσμή	Χρώμα	Όρια εκρηκτικότητας ⁽²⁾		Κατώφλι οσμής (ΜΙΟ) ⁽³⁾ ppm	Μέγ. επιτρεπτή συγκέντρ. (ΜΑC) ⁽⁴⁾ ppm	Αποτελέσματα		
				% κατά όγκο				Συγκέντρωση ppm ⁽⁵⁾	Χρόνος εκθέσεως ⁽⁶⁾	Επιδράσεις ⁽⁷⁾
				Ελάχ.	Μέγ.					
Αμμωνία (NH ₃)	0,6	οξεία	Όχι	16	—	5,3	50	400 700 1.700 3.000 5.000	30' 40'	Ερεθιστικό Ερεθισμός λαιμού Ερεθισμός ματιών Βήχας και άφρισμα Ασφυκτικά Μπορεί να είναι θανάσιμο
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)		Όχι		—	—	—	50	500 1.000 2.000 4.000	60' 60' 60' 60'+	Τοξικό Καμμία επίδραση Δυσάρεστο, αλλ' όχι επικίνδυνο Επικίνδυνο Θανάσιμο
Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂)	1,5	Όχι	Όχι				5.000	20.000 30.000 40.000 60.000 300.000	— — — 30' 30'	Ασφυκτικό Ασφαλές Αυξημένη αναπνοή Υπνηλία, πονοκέφαλος Βαριά, ασφυκτική αναπνοή Μπορεί να είναι θιμνίσσιμο

Εικ. 16 Χαρακτηριστικά των βλαβερών αερίων των ζωικών αποβλήτων

Υδρόθειο (H ₂ S)	1,2	οσμή χα- λασμένου αυγού αη- διαστική	Όχι	4	46	0,7	20	100 200 500 1.000	ώρες 60' 30'	Τοξικό Ερεθισμός ματιών και μύτης Πονοκέφαλος, ζάλη Αηδία, έξαψη, αϋπνία Αναισθησία, θάνατος
Μεθάνιο (CH ₄)	0,5	Όχι	Όχι	5	15			500.000		Ασφυκτικό Πονοκέφαλος, όχι τοξικό
Μερκαπτάνη		οξεία				4x10 ⁻⁸				

1. Το ειδικό βάρος λογίζεται σε σχέση με τον κανονικό ατμοσφαιρικό αέρα.
2. Στα όρια αυτά μίγμα του αερίου με τον ατμοσφαιρικό αέρα μπορεί να εκραγεί με σπινθήρα.
3. MIO: Minimum Identifiable Odour, ελάχιστη συγκέντρωση, που γίνεται αντιληπτή η οσμή.
4. MAC: Maximum Allowable Concentration, η μέγιστη συγκέντρωση που έχει καθορισθεί από τις υγειονομικές αρχές στο περιβάλλον εργασίας του ανθρώπου για 8-10 ώρες. Σε κλειστές μονάδες τα σχετικά όρια πρέπει να είναι μικρότερα, γιατί τα ζώα παραμένουν όλο το 24ωρο.
5. ppm: μ. ανά εκατ., 10.000 ppm = 1% κατά όγκο ατμ. αέρα.
6. Χρόνος εκθέσεως: ο χρόνος που γίνεται αντιληπτό το αποτέλεσμα από τον ενήλικο ή από (χοιρινό) = 70 kg.
7. Επιδράσεις: οι επιδράσεις στη φυσιολογία των ενήλικων ή σε χοιρινά ~ 70 kg. Τα μικρά ζώα επηρεάζονται ταχύτερα και σε μικρότερες συγκεντρώσεις, ενώ τα μεγαλύτερα αργότερα και σε ψηλότερες συγκεντρώσεις.

ΠΗΓΕΣ: Livestock waste facilities handbook. Iowa State University, Ames Iowa, USA, 1975. Animal waste, E. Taiganides, WHO, Copenhagen, 1978.

3.8 ΜΕΤΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Το φορτίο, που εφαρμόζεται στις εγκαταστάσεις καθαρισμού, μπορεί να ελαττωθεί και διατηρηθεί μέσα σε αποδεκτά όρια με την κατάλληλη προσαρμογή της λειτουργίας της βιομηχανικής μονάδας και του χειρισμού των αποβλήτων εκτός από την δυνατότητα αλλαγής της παραγωγικής διαδικασίας ή των πρώτων υλών.

Συνηθισμένα μέτρα ελέγχου του όγκου των αποβλήτων και του φορτίου ρυπάνσεως είναι τα ακόλουθα:

- α.** Ποιοτική ρύθμιση της ροής των αποβλήτων με τη χρησιμοποίηση δεξαμενών συγκρατήσεων ή με τη ρύθμιση της απορροής μπορεί να εξασφαλισθεί η ομοιόμορφη ή η αποδεκτή φόρτιση των έργων επεξεργασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας ή της εβδομάδας. Ακόμη μπορεί να συγκρατηθεί εποχιακά η απορροή και να διατεθεί σε ποταμό κατά την περίοδο της μεγάλης παροχής.
- β.** Διαχωρισμός των σχετικών καθαρών νερών από τα απόβλητα.
- γ.** Ανάκτηση των χρήσιμων και εμπορεύσιμων υλικών και παραπροϊόντων από τα απόβλητα.

4. ΤΡΟΠΟΣ ΚΑΙ ΡΥΘΜΟΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Η επιφανειακή διάθεση των υγρών αποβλήτων στο έδαφος μπορεί γενικά να γίνει με ένα από τους συμβατικούς τρόπους αρδεύσεως ύστερα από την απαραίτητη επεξεργασία. Ειδικά για τα ζωϊκά απόβλητα μπορεί να χρησιμοποιηθούν κατά περίπτωση και άλλοι προσφορότεροι τρόποι, όπως διασκορπιστήρες κοπριάς, ειδικά οχήματα με ταυτόχρονο όργωμα κλπ.

α. Διάθεση κοπριάς

Ο ρυθμός διαθέσεως των ζωϊκών αποβλήτων στο έδαφος και κυρίως της κοπριάς εξαρτάται μεταξύ άλλων από τη φυσική δυνατότητα να ενσωματωθεί μέσα στο έδαφος. Στεγνά απόβλητα με λιγότερη από 50% υγρασία μπορούν να διατεθούν με ετήσιο ρυθμό μέχρι 2000 t/ha (ha: εκτάριο = 10.000 m²), χωρίς πάντως αυτό να σημαίνει, ότι είναι επιθυμητός αυτός ο ρυθμός. Αντίθετα ημίρρευστη ή υγρή κοπριά, (περίπου 10% στερεά) περιορίζεται σε 200 t/ha χρόνο για εφαρμογή.

Αν γίνει διάθεση και ενσωμάτωση στο έδαφος υγρής κοπριάς με νέα διάθεση ύστερα από αρκετούς μήνες μπορεί να πραγματοποιηθεί τελικά διάθεση 300-400 t/ha χρόνο.

β. Διάθεση υγρών

Η απαιτούμενη προκαταρκτική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, οι μέθοδοι αρδεύσεως και ο ρυθμός διαθέσεως του υδραυλικού και οργανικού φορτίου στο έδαφος, καθώς και των αιωρούμενων στερεών, ανάλογα με τη δομή του εδάφους, ώστε να απορροφηθούν τα υγρά και να γίνει αερόβια αποδόμηση των οργανικών ουσιών χωρίς κίνδυνο εμφράξεως του εδάφους,

πρέπει να γίνουν σύμφωνα με τους κανόνες, που αναφέρονται στο κεφάλαιο της διαθέσεως.

4.1 ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

Τα απόβλητα σε μια λεκάνη εκτροφής υπάρχουν είτε σαν διαλυμένα είτε σαν στερεά υλικά. Τα στερεά υλικά μπορεί να είναι είτε αιωρούμενα είτε κατακαθήμενα και αυτό εξαρτάται από το βαθμό της διαταραχής που υφίστανται.

Το νερό φεύγοντας από τις δεξαμενές εκτροφής θα οδηγείται σε μια δεξαμενή καθίζησης όπου τα μεν στερεά υπολείμματα (τυχόν περίσσεια τροφής, περιττώματα, αιωρούμενα στερεά κ.α.).

Το ποσό της λάσπης που παράγεται από κάθε ιχθυοτροφική μονάδα ποικίλει πάρα πολύ και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα και την μετατρεψιμότητα της τροφής.

Μελέτες που έχουν γίνει έδειξαν ότι το ποσό της λάσπης που παράγεται σε μια ιχθυοτροφική μονάδα πέστροφας είναι 90-240 gr ξηρού υλικού για κάθε κιλό χρησιμοποιούμενης τροφής. Σε μια ιχθυοτροφική μονάδα πέστροφας συνολικής παραγωγής 100 tn παράγονται 150 tn λάσπη.

4.2 ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

Η απαιτούμενη προκαταρκτική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, οι μέθοδοι αρδεύσεως και ο ρυθμός διαθέσεως του υδραυλικού και οργανικού φορτίου στο έδαφος, καθώς και των αιωρούμενων στερεών, ανάλογα με τη δομή του εδάφους, ώστε να απορροφηθούν τα υγρά και να γίνει αερόβια αποδόμηση των οργανικών ουσιών χωρίς κίνδυνο εμφράξεως του εδάφους, πρέπει να γίνουν σύμφωνα με τους κανόνες.

4.3 ΑΦΟΙΜΟΙΩΣΗ ΤΩΝ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Τα θρεπτικά υλικά, που διατίθενται στο καλλιεργούμενο έδαφος με τα απόβλητα (κυρίως ενώσεις N, P, K), που αφομοιώνονται από τα φυτά με ορισμένο ρυθμό κάθε χρόνο ανάλογα με το είδος και τη γεωργική απόδοση των καλλιεργειών.

Εξάλλου τα απόβλητα έχουν ορισμένη περιεκτικότητα σε θρεπτικά υλικά, που εξαρτάται από το είδος των ζώων και τη μεταχείριση των αποβλήτων, τις διάφορες απώλειες κατά τους χειρισμούς και την καταλληλότητα της μορφής για αφομοίωση.

α. Θρεπτικά υλικά - Απώλεια θρεπτικών υλικών

Κατά τους χειρισμούς, κατά την αποθήκευση και τη διάθεση των ζωϊκών αποβλήτων στο έδαφος σημειώνονται απώλειες των θρεπτικών υλικών με αντίστοιχη ελάττωση του διαθέσιμου φορτίου για αφομοίωση από τα φυτά.

Οι απώλειες του αζώτου, κυρίως με τη διαφυγή πτητικής αμμωνίας στον αέρα ή με ξέπλυμα από τη βροχή στους ανοιχτούς σταβλισμούς, κυμαίνεται από 20-55%, ενώ κατά την αερόβια επεξεργασία φθάνει τα 60-80%.

Οι απώλειες του φωσφόρου και καλίου κατά τους χειρισμούς είναι περιορισμένες (5-15%). Με το ξέπλυμα όμως σε ανοιχτούς σταβλισμούς χάνονται τα 50% του φωσφόρου και 40% του καλίου, ενώ στις αερόβιες δεξαμενές χάνονται μέχρις 80% του φωσφόρου.

β. Διαχρονικά διαθέσιμα υλικά για τα φυτά

Η μορφή, με την οποία διατίθενται τα θρεπτικά υλικά στο έδαφος, δεν είναι πάντα άμεσα χρησιμοποιήσιμη από τα φυτά. Το οργανικό άζωτο π.χ. πρέπει να γίνει ανόργανο, για να αφομοιωθεί με τη μορφή των νιτρικών (NO_3^-) και αμμωνιακών αλάτων (NH_4^+). Η διαδικασία αυτή του μετασχηματισμού

απαιτεί ορισμένο χρόνο.

Το οργανικό άζωτο στο έδαφος ελευθερώνει με αργό ρυθμό τις κατάλληλες ανόργανες μορφές για χρησιμοποίηση από τα φυτά. Το αμμωνιακό άζωτο είναι ισοδύναμο με το χημικό λίπασμα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα φυτά ολόκληρη η ποσότητα (εκτός από την απώλεια στην ατμόσφαιρα) κατά το έτος της εφαρμογής. Τελικά περίπου 50% του οργανικού αζώτου των ζωϊκών αποβλήτων μετατρέπεται σε κατάλληλη μορφή και είναι διαθέσιμο για τα φυτά το καλλιεργητικό έτος της εφαρμογής, ενώ το υπόλοιπο μεταφέρεται στα επόμενα χρόνια.

Ο φωσφόρος είναι διαθέσιμος κατά 70-80% το έτος της εφαρμογής, ενώ το κάλιο κατά 70-90%. Σύμφωνα με άλλη άποψη τα 2/3 του N, το 1/2 του P και το σύνολο του K της υγρής κοπριάς των βοοειδών και χοιρινών είναι διαθέσιμα για τα φυτά την εποχή της εφαρμογής της κοπριάς. Τέλος, κατά την άποψη διαφόρων ερευνητών, λόγω των απωλειών και του χημισμού των διαφόρων στοιχείων στο έδαφος, η χρησιμοποίηση των θρεπτικών υλικών από τα φυτά κυμαίνεται τελικά για το N από 10-30%, το P από 10-20% και το K από 30-100%.

Ειδικά για το φωσφόρο, που χρησιμοποιείται από τα φυτά σε συγκριτικά μικρές ποσότητες υπάρχει δυνατότητα αποθηκείσεως στο έδαφος σε σημαντικά ποσά (3-60 kg/ha-cm) ιδιαίτερα για τα αργιλώδη εδάφη.

Εικ. 17 Συνοπτικά ενδεικτικά στοιχεία προελεύσεως, ποιότητας και τρόπου επεξεργασίας διαφόρων κατηγοριών βιομηχανικών αποβλήτων

Βιομηχανία	Προέλευση κυριώτερων αποβλήτων	Βασικότερα ποιοτικά χαρακτηριστικά	Κυριώτερες μέθοδοι επεξεργασίας και διαθέσεως
1	2	3	4
Α. ΤΡΟΦΙΜΑ, ΠΟΤΑ & ΦΑΡΜΑΚΑ			
1. Συντήρηση φρούτων και λαχανικών	Καθάρισμα, διαλογή εκχύμωση και λεύκανση φρούτων και λαχανικών	Πολλά αιωρούμενα στερεά, κολλοειδείς και διαλυμένες οργανικές ουσίες	Σχάρισμα, δεξαμενή σταθεροποίησης, απορρόφηση στο έδαφος ή άρδευση με τεχνητή βροχή
2. Τουρσιά (pickles)	Ασβεστόνερο, άλμη, στύψη, κούρκουμα, σιρόπι, σπόροι και τεμάχια	Μεταβλητό pH, πολλά αιωρούμενα στερεά, χρώμα και οργανικές ουσίες	Καλή λειτουργία, σχάρισμα, ομογενοποίηση
3. Γαλακτοκομικά προϊόντα	— Στραγγίσματα ή απορρίψεις γάλακτος διαχωρισμένου γάλακτος, βουτυρογάλακτος και τυρόγαλου. — Νερά ψύξεως	— Πολλές διαλυμένες οργανικές ουσίες, κυρίως πρωτεΐνες, λίπη και λακτόζη — Σχεδόν καθαρά	Βιολογική επεξεργασία, αερισμός, χαλικοδιυλιστήριο, δραστική λάσπη
4. Κρέας και πουλερικά	Προσωρινός σταυλισμός, σφαγή, πολτοποίηση οστών & λίπους, υπολείμματα συμπυκνώσεως, λίπη & νερό πλυσίματος, καθάρισμα πουλερικών	Πολλές διαλυμένες και αιωρούμενες οργανικές ουσίες, αίμα, άλλες πρωτεΐνες και λίπη	Σχάρισμα, καθίζηση ή και επίπλευση, χαλικοδιύλιση, δραστική λάσπη & αναερόβια χώνευση
5. Κτηνοτροφικές μονάδες	Περιττώματα ζώων	Πολλά αιωρούμενα οργανικά στερεά & ψηλό BOD	Διάθεση στο έδαφος (άρδευση) αναερόβια επεξεργασία, δεξαμενή σταθεροποίησης
6. Ψάρια	Διαρροή από τα κιβώτια με τα ψάρια, υπολείμματα από τη φυγοκέντριση των υγρών επεξεργασίας, απόβλητα εξατμιστήρα και πλυσίματος	Πάρα πολύ ψηλό BOD ₅ , ολικά οργανικά στερεά και οσμή	Εξάτμιση των αποβλήτων με ανάκτηση των χρήσιμων υλικών ή απόρριψη με φορτιγίδα στη θάλασσα

7. Ζάχαρη από τεύτλα	Νερά μεταφοράς, σχαρισμάτων και εκχυμώσεως, στραγγίσματα λάσπης επεξεργασίας με ασβέστη, συμπυκνώματα από εξατμιστήρα, χυμός, εκχυλισμένη ζάχαρη	Πολλές διαλυμένες και αιωρούμενες οργανικές ουσίες με ζάχαρη και πρωτεΐνες	Επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων, δεξαμενές σταθεροποιήσεως, βιολογική επεξεργασία ή χημική κατακρήμνιση με χαλικοδιύλιση, άρδευση
8. Ζύμη (yeast)	Υπολείμματα από τη διήθηση της ζύμης	Πολλά στερεά, κυρίως οργανικά & ψηλό BOD	Αναερόβια χώνευση, χαλικοδιύλιση
9. Αρτοποιία	Πλύση και λίπανση των ταψιών, πλύσιμο δαπέδων	Ψηλό BOD, λίπη, πλύσιμο δαπέδου, ζάχαρη, αλεύρι, απορρυπαντικά	Βιολογική επεξεργασία
10. Ρύζι	Μούσκεμα, βράσιμο & πλύσιμο του ρυζιού	Ψηλό BOD, ολικά & αιωρούμενα στερεά κυρίως άμυλο	Κροκύδωση με ασβέστη, χώνευση
11. Άμυλο (από αραβόσιτο)	Συμπύκνωμα εξατμιστήρα ή υπολείμματα πυθμένα, όταν δεν χρησιμοποιούνται ή ανακτώνται, σιρόπι από τα τελικά πλυσίματα, απόβλητα από την ανακύκλωση (και εξάτμιση) των νερών επεξεργασίας («bottling up» process)	Ψηλό BOD και διαλυμένες οργανικές ουσίες, κύριως άμυλο και συναφείς ουσίες	Ομογενοποίηση, χαλικοδιύλιση, αναερόβια χώνευση
12. Ζυθοποιία και ποτοποιία με απόσταξη	Μαλάκωμα & έκθλιψη των κόκκων, υπολείμματα από την απόσταξη του οινοπνεύματος, συμπύκνωμα από την εξάτμιση των αποσταγμάτων	Πολλά διαλυμένα οργανικά στερεά, με άζωτο και ζυμωμένα άμυλα ή τα προϊόντα τους	Ανάκτηση, συμπύκνωση με φυγοκέντριση και εξάτμιση, χαλικοδιύλιση, ζωτροφές, χώνευση των ξεπλυμάτων & στερεών υπολειμμάτων της αποστάξεως
13. Οινοπνευματοποιία από μελάσσα	Συμπυκνώματα & νερά ψύξεως, ξεπλύματα ζύμης (yeast), πλύσιμο σκευών & δαπέδων, υπόλειμμα αποστακτήρα (spent mash: slops)	Ψηλό BOD & ολικά στερεά, με πολύ λίγα καθιζάνοντα, φωσφορικά, κολλοειδή, θολότητα	Αναερόβια χώνευση με παραγωγή μεθανίου, κροκύδωση με ασβέστη, καθίζηση & ταχύρρυθμη άρδευση
14. Αναψυκτικά (soft drinks)	Πλύση φιαλών, καθάρισμα σκευών και δαπέδων, στραγγίσματα δεξαμενής σιροπιού	Ψηλό pH, BOD, αιωρούμενα στερεά	Σχάρισμα & διάθεση σε δίκτυο υπονόμων, επαναχρησιμοποίηση νερού τελικού ξεπλύματος για πρόπλυση

Εικ. 17 Συνοπτικά ενδεικτικά στοιχεία προελεύσεως, ποιότητας και τρόπου επεξεργασίας διαφόρων κατηγοριών βιομηχανικών αποβλήτων

15. Επεξεργασία πόσιμου νερού	Αντίστροφη έκπλυση διύλιστηρίων, λάσπη κροκιδώσεως (θειϊκό αργίλιο) ή αποσκληρύνσεως (ασβέστης-σόδα), υφάλμηρο νερό	Ανόργανα άλατα & αιωρούμενα στερεά	Καθίζηση των αποβλήτων & επαναφορά στην εισαγωγή του ανεπεξεργαστου νερού
16. Ελαιοτριβεία	Έκθλιψη καρπού, υπολείμματα ελαιοδιαχωριστήρων	Πολύ ψηλό BOD & οξύτητα, λιπαρά, χρώμα	Κροκιδώση με ασβέστη & καθίζηση (μερική βελτίωση), κατάλληλη διάθεση
17. Φαρμακευτικά προϊόντα	Υπολείμματα ζυμώσεως & διηθήσεως, υγρά συμπυκνωτήρα, πλύση σκευών & δαπέδων	Ψηλό BOD, πάρα πολλά αιωρούμενα & διαλυμένα στερεά, βιταμίνες	Εξάτμιση & ξήρανση - ζωοτροφές, καθίζηση ή οξείδωση για απομάκρυνση τοξικών και αναερόβια χώνευση
Β. ΕΝΔΥΜΑΣΙΑ 1. Υφαντουργεία	Καθάρισμα, αποκολλάρισμα, βαφή, εκτύπωση, λεύκανση	Πολύ αλκαλικά, χρώμα, ψηλό BOD & θερμοκρασία, πολλά αιωρούμενα στερεά	Εξουδετέρωση, χημική κατακρήμνιση, βιολογική επεξεργασία με δραστική λάσπη ή χαλικοδιύλιστήριο, ανάκτηση υλικών ή χημικών, με διάλυση ή εξάτμιση
2. Βυρσοδευεία	Μούσκεμα, αποτρίχωση με ασβέστη, απασβέστωμα, δέψη, λίπανση & χρωματισμός των δερμάτων	Πολλά ολικά στερεά, σκληρότητα, άλατα, θειούχα, χρώμιο, pH, ίζημα ασβέστη & BOD	Σχάρισμα, κόσκινο, ομογενοποίηση, κροκιδώση, βιολογική επεξεργασία με χαλικοδιύλιστήριο ή δραστική λάσπη
3. Πλυντήρια	Πλύσιμο υφασμάτων	Μεγάλη θολότητα, αλκαλικότητα & οργανικά στερεά	Σχάρισμα, χημική κατακρήμνιση, επίπλευση & προσρόφηση
Γ. ΧΗΜΙΚΑ 1. Οξέα	Αραιωμένα νερά έκπλύσεως, πολλά αραιωμένα οξέα	Χαμηλό pH, μικρή περιεκτικότητα σε οργανικά	Εξουδετέρωση με ροή προς τα πάνω ή κανονική καύση, όταν υπάρχουν οργανικές ουσίες
2. Απορρυπαντικά	Πλύσιμο & καθαρίσμα σαπουνιών & απορρυπαντικών	Ψηλό BOD και σαπούνια	Επίπλευση & ξάφρισμα, κατακρήμνιση με CaCl ₂

3. Λιπίσματα α. Αζωτούχες ενώσεις	Νερά ψύξεως, καθάρισμα απερίων, δαπέδων & σκευών, παραγωγή νιτρικού οξέος, θειϊκού αμμωνίου & νιτρικού ασβεστίου	Χαμηλό BOD, πολύ ψηλή συγκέντρωση αμμωνιακού & νιτρικού αζώτου	Εξουδετέρωση, βιολογική νιτροποίηση, απαέρωση αμμωνίας, απονιτροποίηση, εναλλαγή ιόντων (ιόντα αμμωνίου)
β. Φωσφόρος & φωσφορικά	Πλύση, σχάρισμα, επίπλευση μεταλλεύματος, απορροή συμπυκνωτού από την εγκατάσταση αναγωγής των φωσφορικών	Άργιλος, λάσπη & βαριά λάδια, χαμηλό pH, πολλά αιωρούμενα στερεά, φωσφόρος, διοξειδίο πυριτίου & φθοριούχα	Δεξαμενισμός, μηχανικός καθαρισμός, κροκύδωση & καθίζηση των βελτιωμένων αποβλήτων
4. Πλαστικά και ρητίνες	Μονάδες παρασκευής & χρήσεως των πολυμερών, διαρροές & πλύσιμο του εξοπλισμού	Οξέα, καυστικά, BOD, διαλυμένες οργανικές ουσίες (φαινόλες, φορμαλδεϋδη κλπ).	Βιολογική επεξεργασία, χημική κατακρήμνιση, αποτοξινοποίηση (κυανιούχα) επαναχρησιμοποίηση, ελεγχόμενη διάθεση
5. Εντομοκτόνα	Προϊόντα πλυσίματος και καθαρισμού	Πολλές οργανικές ουσίες δομής βενζολίου, τοξικά για τα βακτήρια & ψάρια, όξινα	Προσρόφηση, αλκαλική χλωρίωση, διάθεση ύστερα από μεγάλη αραιώση
6. Εκρηκτικά	Πλύση του TNT & βαμβακοπυρίτιδας για καθάρισμα, πλύσιμο & καθάρισμα με οξέα των φυσίγγων	TNT, χρώμα, όξινα, οσμή, οργανικά οξέα & αλκοόλη από την πυρίτιδα και το μπαμπάκι, μέταλλα, οξέα, λάδια & σαπούνια	Επίπλευση, χημική καθίζηση, βιολογική επεξεργασία, αερισμός, χλωρίωση του TNT, εξουδετέρωση, προσρόφηση
7. Φορμαλδεϋδη	Υπολείμματα από την παραγωγή συνθετικών ρητινών και από τη βαφή συνθετικών ινών	Συνήθως ψηλό BOD & HCHO, τοξικό στα βακτήρια σε ψηλές συγκεντρώσεις	Χαλικοδιύλιση, προσρόφηση σε ενεργό ξυλάνθρακα
Δ. ΔΙΑΦΟΡΑ ΥΛΙΚΑ 1. Χαρτοπολτός & χαρτοποιία	Ψήσιμο, εξευγενισμός, πλύσιμο των ινών, σχάρισμα του χαρτοπολτού	Ψηλό ή χαμηλό pH, χρώμα, πολλά αιωρούμενα, κολλοειδή και διαλυμένα στερεά, ανόργανα υλικά πληρώσεως	Καθίζηση, δεξαμενή σταθεροποίησης, βιολογική επεξεργασία, αερισμός, ανάκτηση υποπροϊόντων, επανακυκλοφορία

βιομηχανικών αποβλητών

2. Εξαγωγή & διθλίση πετρελαίου	Λάσπες γεωτρήσεως, άλατα, πετρέλαια, όξινες λάσπες & λάδια από τη διθλίση πετρελαίου	Πολλά διαλυμένα άλατα, ψηλό BOD, οσμή, φαινόλες και ενώσεις του θείου από το διθλιστήριο	Ελεγχόμενη εκτροπή των υφάλμυρων νερών σε επιφανειακά ή ανάκτηση των αλάτων & έγχυση στη γη, οξίνιση και καύση της αλκαλικής λάσπης, ελαιοδιαχωριστήρες, κροκύδωση, βιολογική επεξεργασία
3. Χρησιμοποίηση πετρελαιοειδών	Πετρελαιοκηλίδες από την απώλεια καυσίμων κατά το γέμισμα των δεξαμενών, λάδια από το στροφαλοθάλαμο (crank-case) των αυτοκινήτων	Πολλά γαλακτοποιημένα και διαλυμένα λάδια	Πρόληψη απωλειών και διαρροών, επίπλευση
4. Επεξεργασία άνθρακα	Καθάρισμα και ταξινόμηση του άνθρακα, διαστάλαξη των θειούχων στρωμάτων του ανθρακορυχείου με νερό	Πολλά αιωρούμενα στερεά, κυρίως σκόνη άνθρακα, χαμηλό pH, πολύ H ₂ SO ₄ και Fe SO ₄	Καθίζηση, επίπλευση με αφρό, έλεγχος των στραγγίσεων & σφράγιση ορυχείων
5. Παραγωγή σιδήρου και χάλυβα	Παραγωγή κωκ, έκπλυση των αερίων της υψικαμίνου, καθαρισμός του χάλυβα με οξέα	Χαμηλό pH, οξέα, κυάνιο, φαινόλες, μετάλλευμα, κωκ, ασβεστόλιθος, αλκάλια, λάδια, αποθέσεις από τους κυλίνδρους & λεπτά αιωρούμενα στερεά	Εξουδετέρωση, ανάκτηση & επαναχρησιμοποίηση, χημική καθίζηση
6. Προϊόντα χυτεύσεως σιδήρου	Απόρριψη της χρησιμοποιημένης άμμου με υδραυλικό σύστημα	Πολλά αιωρούμενα στερεά, κυρίως άμμος, λίγη άργιλος & άνθρακας	Εκλεκτικό κοσκίνισμα, ξήρανση της άμμου, που ανακτάται
7. Παραγωγή αλουμίνας - Ηλεκτρόλυση αργιλίου	- Αφαίρεση αλουμίνας από βωξίτη, πλύση, διήθηση - Καθαρισμός απαερίων χώρου κυψελών ηλεκτρολύσεως & κλειστού κλιβάνου	- Οξειδία σιδήρου, διαλυμένα στερεά - Διαλυμένα & αιωρούμενα στερεά, οξείδια σιδήρου, ενώσεις φθορίου	- Κροκύδωση, δεξαμενισμός, ιοντοανταλλαγή, αντίστροφη ώσμωση, ενεργός άνθρακας - Χημική καθίζηση με NaOH, Al(OH) ₃ και Ca(OH) ₂
8. Επιμετάλλωση	Αφαίρεση των οξειδίων (σκουριάς), καθαρίσμα και επιμετάλλωση	Οξέα, μέταλλα, τοξικά, κυρίως ανόργανες ουσίες, μικρός όγκος	Αλκαλική οξείδωση (χλωρίωση) των κυανιούχων, αναγωγή & καταβύθιση του χρωμίου, κατακρήμνιση με ασβέστη των άλλων μετάλλων, εναλλαγή ιόντων, αντίστροφη ώσμωση, εξαγωγή με διαλύτες

9. Ελαστικό	Πλύση της πρώτης ύλης (latex), κροκώδωση ελαστικού, έκκριση ακαθαρσιών από το ακατέργαστο ελαστικό	Ψηλό BOD & οσμή, πολλά αιωρούμενα στερεά, μεταβλητό pH, πολλά χλωριούχα	Αερισμός, χλωρίωση, θείωση, βιολογική επεξεργασία
10. Συντήρηση ξύλου	Συμπυκνώματα ατμού	Ψηλό COD, BOD, στερεά, φαινόλες	Χημική κροκώδωση, δεξαμενή οξειδώσεως και άλλες αερόβιες επεξεργασίες
11. Τεχνητή ξυλεία (κόντρα-πλακέ)	Ξεπλύματα κόλλας	Ψηλό BOD, pH, φαινόλες, πιθανή τοξικότητα	Δεξαμενές καθίζησης-σταθεροποιήσεως, αποτέφρωση
12. Παραγωγή κόλλας	Πλύση ασβέστη & οξέων, εκχύλιση μη ειδικών πρωτεϊνών	Ψηλό COD, BOD, pH, χρώμιο, περιδικά ισχυρά ανόργανα οξέα	Αναερόβια βιολογική επεξεργασία, επίπλευση, χημική καθίζηση
13. Παραγωγή κεριών	Απώλειες κεριού, συμπυκνώματα στεατικού οξέος	Οργανικά (λιπαρά) οξέα	Αναερόβια χώνευση
14. Φωτογραφία	Εξαντλημένα διαλύματα εμφάνσεως & σταθεροποιήσεως των φωτογραφιών	Αλκαλικά, με διάφορα οργανικά & ανόργανα αναγωγικά υλικά	Ανάκτηση αργύρου, διάθεση στο δίκτυο υπονόμων
15. Γυαλί καθρεφτοποιία	Στίλβωση & καθάρισμα του γυαλιού, λουτρά αργύρου	Κόκκινο χρώμα, αλκαλικά μη καθίζοντα αιωρούμενα στερεά, άργυρος	Καθίζηση με χλωριούχο ασβέστιο, ανάκτηση αργύρου
Ε. ΕΝΕΡΓΕΙΑ			
1. Ατμοηλεκτρικοί σταθμοί (με στερεά καύσιμα)	Νερό ψύξεως, εκκένωση λεβήτων, στράγγιση άνθρακα	Θερμά, μεγάλος όγκος, πολλά ανόργανα & διαλυμένα στερεά	Ψύξη με αερισμό, αποθήκευση της στάχτης, εξουδετέρωση των όξινων αποβλήτων
2. Πυρηνική ενέργεια και ραδιενεργά υλικά	Επεξεργασία μεταλλεύματος, πλύσιμο ιματισμού με ραδιορύπανση, απόβλητα ερευνητικών εργαστηρίων, επεξεργασία ατομικού καυσίμου, νερό ψύξεως του ενεργειακού σταθμού	Ραδιενεργά στοιχεία, μπορεί να είναι πολύ όξινα και θερμά	Συμπύκνωση (π.χ. με εξάτμιση, ιοντοανταλλαγή κλπ) & αποθήκευση ή ταφή, αραιώση και ελεγχόμενη διάθεση
ΠΗΓΕΣ:			
1. N. L. Nemerow, «Liquid waste of industry», Addison - Wesley Publishing Company, London 1971 και «Industrial water pollution», London 1978.			
2. S. E. Jørgensen, «Industrial waste water management», Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam - Oxford - N. York, 1979.			
3. B. Koziorowski and J. Kucharski, «Industrial waste disposal», Pergamon Press, Oxford - N. York - Toronto - Sydney, 1972.			
4. Ralph Stone and Company, Inc, «Industrial pollution control», Los Angeles, 1977.			

5. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Για την επεξεργασία των βιομηχανικών αποβλήτων (υπάγονται και τα ιχθυοτροφεία) χρησιμοποιούνται όλες οι συνηθισμένες μέθοδοι, που εφαρμόζονται για τα αστικά λύματα, όπως:

- α. Σχάρισμα
- β. Απομάκρυνση της άμμου
- γ. Αφαίρεση επιπλεόντων υλικών
- δ. Καθίζηση απλή ή με χημική κατακρήμνιση
- ε. Βιολογική επεξεργασία

Εκτός όμως από τις πιο πάνω μεθόδους εφαρμόζονται συχνά τόσο οι χημικές επεξεργασίες, που έχουν αναπτυχθεί κάθως και άλλες ειδικές μέθοδοι για την αντιμετώπιση των ιδιαζόντων-ποιοτικών χαρακτηριστικών των βιομηχανικών αποβλήτων.

Ιδιαίτερα εξετάζεται για τα απόβλητα γενικά των ζώων στις αγροτικές περιοχές η φυσική διαδικασία καθαρισμού στο έδαφος και η μερική ή υλική διάθεση σ' αυτό (land treatment and disposal), ύστερα από τον απαραίτητο βαθμό καθαρισμού που προσφέρεται για τα ζωϊκά απόβλητα.

Παρακάτω αναφέρονται συνοπτικά οι διάφορες μέθοδοι με επισήμανση των ειδικών χαρακτηριστικών για τα ζωϊκά απόβλητα σε συνδυασμό με τις γενικές αρχές της επεξεργασίας.

5.1 ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Με τις επεξεργασίες αυτές διαχωρίζονται μηχανικά τα αιωρούμενα στερεά

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ - ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

από τα υγρά. Η αποδοση στον καθαρισμό των ζωϊκών αποβλήτων είναι περιορισμένη, αλλά προλαμβάνεται η έμφραξη των σωληνώσεων, ελαττώνεται σημαντικά ο όγκος των αιωρούμενων στερεών και περιορίζεται σε μικρότερο ποσοστό το BOD₅.

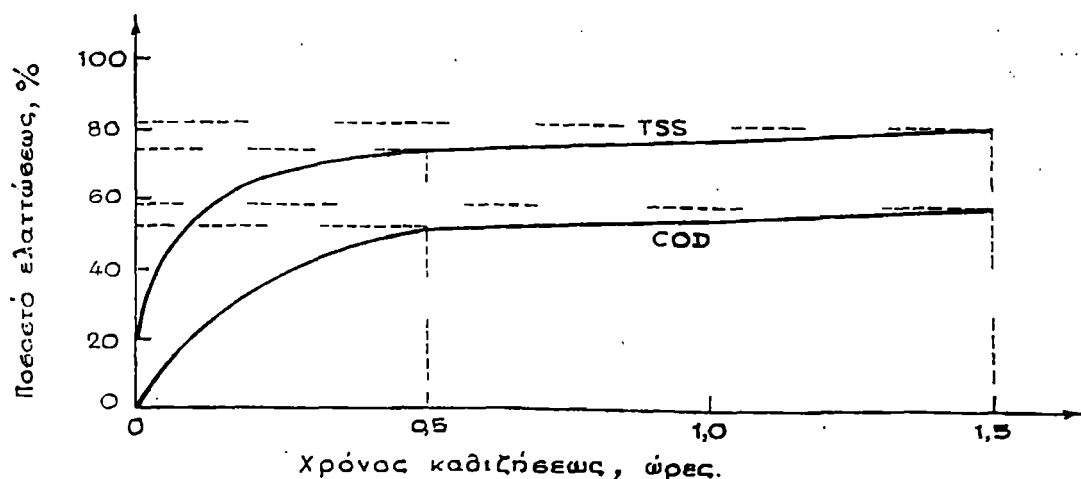
Οι κυριώτερες φυσικές μέθοδοι καθαρισμού είναι η καθίζηση, κοσκίνισμα, φυγοκέντρηση, διήθηση (διύλιση) και αφυδάτωση.

5.1.1 ΚΑΘΙΖΗΣΗ

Ο βαθμός αποδόσεως της καθιζήσεως στην ελάττωση των ολικών αιωρούμενων στερεών (TSS) και του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (COD), σε συνάρτηση με το χρόνο συγκρατήσεως (για αρχική συγκέντρωση TSS = 5000 mg/l) φαίνεται ενδεικτικά για τα ζωϊκά απόβλητα, στην Εικ. 18. Παράταση του χρόνου συγκρατήσεως περισσότερο από 30' δεν αυξάνει αξιόλογα την απόδοση.

Η καθίζηση δεν είναι αποτελεσματική για υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων στερεών (TSS > 8000 mg/l).

Εικ. 18 Απλή καθίζηση ζωϊκών αποβλήτων (με TSS = 500 mg/l)



Η απόδοση της καθίζησης ανεπεξέργαστων αποβλήτων στην ελάττωση των TSS και COD μειώνεται με την αύξηση του ρυθμού επιφανειακής φορτίσεως της δεξαμενής πέραν των $20 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\eta\mu$.

Αντίθετα για βιολογικά επεξεργασμένα απόβλητα η επιφανειακή φόρτιση της (δευτεροβάθμιας) δεξαμενής καθίζησης μπορεί να κυμαίνεται πάνω από $40\text{-} \text{m}^3/\text{m}^2\cdot\eta\mu$.

5.1.2 ΚΟΣΚΙΝΙΣΜΑ

Τα χρησιμοποιούμενα κόσκινα είναι σταθερά, δονούμενα ή περιστρεφόμενα με ανοίγματα συνήθως για ζωϊκά απόβλητα από 0,4-0,25 mm. Επιτυγχάνεται ελάττωση των TSS και COD μέχρι 60 και 70% με συνηθισμένες τιμές από 2,5-30% και ελάττωση του BOD5 με τα απομακρυνόμενα στερεά από 3-50% του αρχικού.

Τα απομακρυνόμενα στερεά έχουν υγρασία από 2-17%.

5.1.3 ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΣΗ

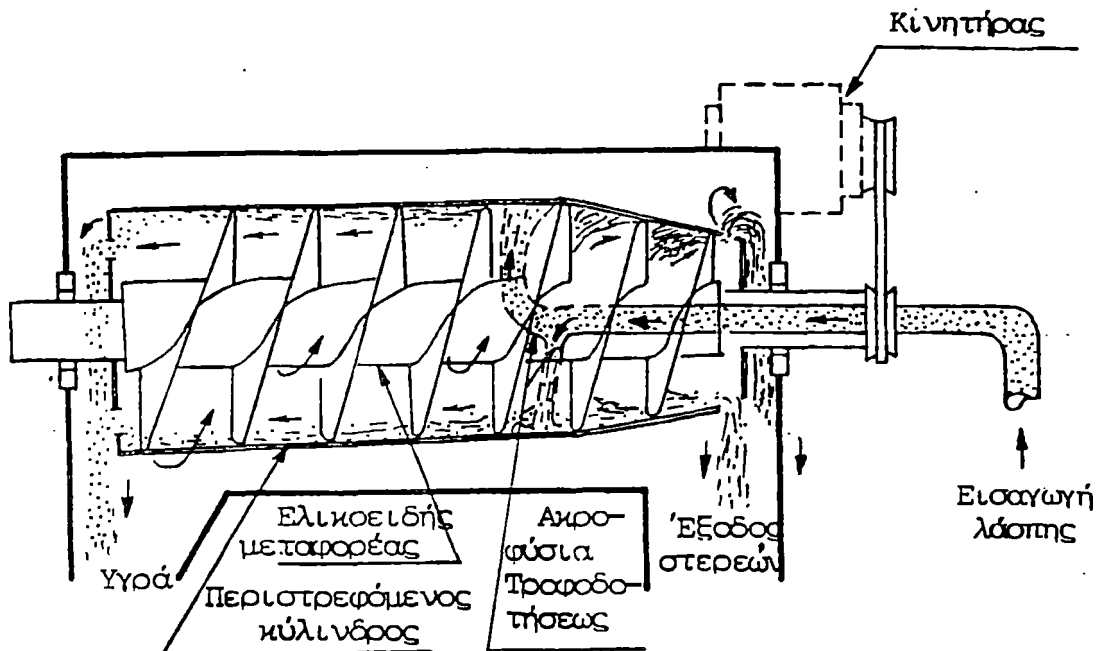
Έχουν χρησιμοποιηθεί φυγοκεντρικές μονάδες για ζωϊκά απόβλητα με ικανότητα από 1-11 m /ωρ. και κατανάλωση ενέργειας περίπου 4 KWH/m αποβλήτων.

Με εισερχόμενα αιωρ. στερεά (TSS) από 2-7%, τα φυγοκεντρισμένα στερεά μπορεί να συμπυκνωθούν μέχρι TSS = 27% με αντίστοιχη ελάττωση στα φυγοκεντρισμένα υγρά σε TSS = 1,8%.

Εάν χρησιμοποιηθεί κροκιδωτικό υλικό (π.χ. θειϊκό αργίλιο, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$), τα αιωρούμενα στερεά μπορεί να συμπυκνωθούν μέχρι TSS = 40%.

Γενικά η φυγοκέντρηση είναι δαπανηρή σε ενέργεια και απαιτεί πολύ εργασία για το καθάρισμα και συντήρηση των μονάδων φυγοκεντρίσεως. (βλ.ε.κ.19)

Εικ. 19 Συσσκευή φυγοκεντρίσεως

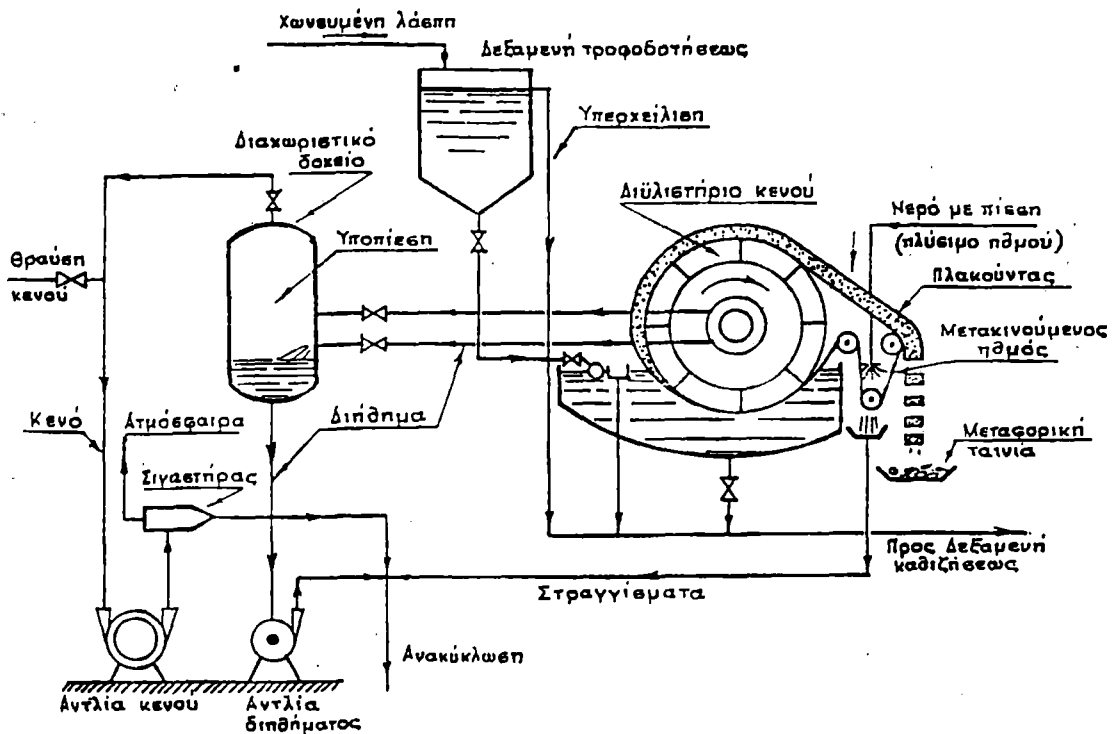


5.1.4 ΔΙΗΘΗΣΗ (ΔΙΥΛΙΣΗ)

Συνηθισμένη μέθοδος διήθησεως είναι με διϋλιστήριο κενού ή πίεσεως (φιλτρόπρεσσα) (βλ. Εικ. 20). Για τη βελτίωση της αποδόσεως είναι απαραίτητη κατά κανόνα η προσθήκη πολυηλεκτρολυτών. Ποσότητα θειϊκού αργιλίου 1% του συνολικού όγκου των αποβλήτων δίνει πλακούντα με TSS μέχρι 64% και διήθημα με 1,6% αιωρούμενα στερεά, όταν χρησιμοποιηθεί διϋλιστήριο πίεσεως.

Γενικά η διήθηση είναι δαπανηρή διαδικασία.

Εικ. 20 Διάγραμμα διύλιστηρίου κενού με μετακινούμενο ηθμό



5.1.5 ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ

Η αφυδάτωση γίνεται με εξάτμιση. Απαιτείται θερμική ενέργεια, που θεωρητικά ανέρχεται σε 540-600 Kcal/Kg νερού. Λόγω όμως του περιορισμένου βαθμού αποδόσεως των συσκευών αφυδατώσεως (50%) και της ανάγκης μετακαύσεως των αερίων εκπομπών για τον έλεγχο της ατμοσφαιρικής ρυπάνσεως απαιτούνται τελικά περίπου 2200 Kcal/Kg εξεαμιζόμενου νερού.

Ιδιαίτερα προσοχή χρειάζεται για την αντιμετώπιση των δυσοσμίων και της σκόνης. Η υψηλή τιμή των καυσίμων καθιστά τη μέθοδο αντιοικονομική.

5.2 ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα ζωϊκά απόβλητα είναι κατάλληλα για βιολογική επεξεργασία, εξίσου αερόβια, ή αναερόβια, γιατί είναι πλούσια σε καλά ισοζυγισμένα θρεπτικά υλικά. Γενικά πρέπει να ισχύει περίπου η σχέση:

$BOD_5 : NH_3 - N : P \cong 100 : 5 : 1$, δηλαδή τουλάχιστο 5 Kg $NH_3 - N$ και 1 Kg P ανά 100 Kg BOD_5 .

Με ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας και άλλους περιβαλλοντικούς όρους τα ζωϊκά απόβλητα αποδομούνται εύκολα, αλλά η πλήρης σταθεροποίηση (ανοργανοποίηση) απαιτεί μακρό χρόνο.

Οι πιο συνηθισμένοι τρόποι βιολογικής επεξεργασίας των ζωϊκών αποβλήτων είναι η αναερόβια χώνευση με ανάκτηση του μεθανίου, η χρήση δεξαμενών σταθεροποίησης (αναερόβια, αερόβια, αεριζόμενη), ο παρατεταμένος αερισμός (οξειδωτική τάφος, για έλεγχο κυρίως των οσμών), η λιπασματοποίηση της κοπριάς και η πλήρης επεξεργασία καθαρισμού.

5.2.1 ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ ΜΕ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΕΘΑΝΙΟΥ

Η αναερόβια χώνευση σε ανοιχτές ή κλειστες δεξαμενές με ελεγχόμενες συνήθως συνθήκες θερμοκρασίας και αναμίξεως εφαρμόζεται για απόβλητα με ψηλό οργανικό φορτίο.

Κατά την αναερόβια χώνευση σε κλειστό χώρο μπορεί να συλλεγούν τα παραγόμενα αέρια, που περιέχουν σημαντική ποσότητα μεθανίου (περίπου 70%).

Αυτός ο τρόπος συνίσταται πιο πολύ στα απόβλητα από ορνιθοτροφεία, χοιροτροφεία, βουστάσια και δεν συνίσταται στα απόβλητα από ιχθυοτροφεία.

5.2.2 ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΕΩΣ

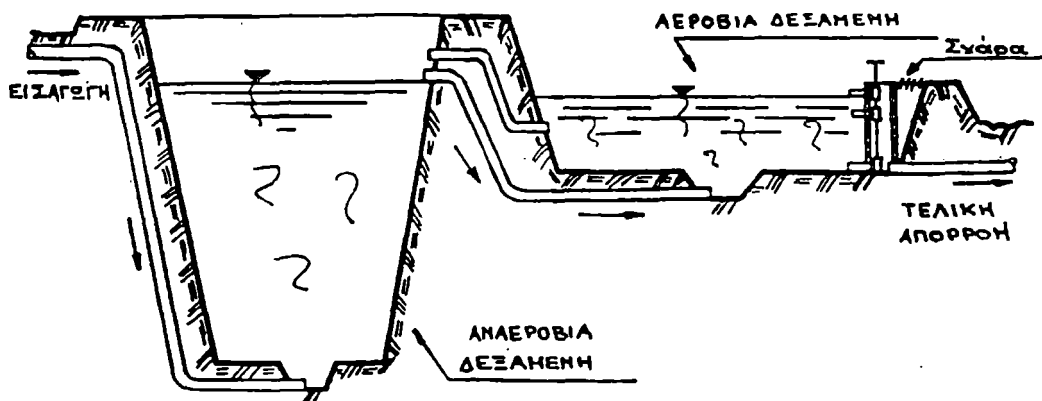
Οι δεξαμενές σταθεροποίησης θεωρούνται γενικά κατάλληλες και οικονομικές για την επεξεργασία των ζωικών αποβλήτων, εφόσον είναι διαθέσιμη η απαιτούμενη εδαφική έκταση και τηρούνται οι απαραίτητες αποστάσεις ασφαλείας στις αγροτικές περιοχές.

5.2.2.1 ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗ

Η αναερόβια δεξαμενή χρησιμοποιείται συνήθως, όπου, λόγω δυσμενών καιρικών συνθηκών, τα απόβλητα μένουν για μακρό διάστημα αποθηκευμένα με κύρια επιδίωξη των αναερόβια χώνευση και τη σχετική ελάττωση του ρυπαντικού φορτίου με καθίζηση, σαν προεργασία, για τις επόμενες μονάδες αερόβιας επεξεργασίας (Εικ. 91)

Εικ. 91 Αναερόβιο σύστημα

α. Συνδυασμός αναερόβιας και αερόβιας δεξαμενής



Οι αναερόβιες δεξαμενές κατασκευάζονται χωρίς περιορισμό σε βάθος (συνήθως 2,5-5,0 μ.) ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες (υπόγεια νερά κλπ)

Βασικές παράμετροι υπολογισμού είναι τα πτητικά στερεά (TVS) με τη φόρτιση ανά μονάδα όγκου και ο χρόνος συγκρατήσεως.

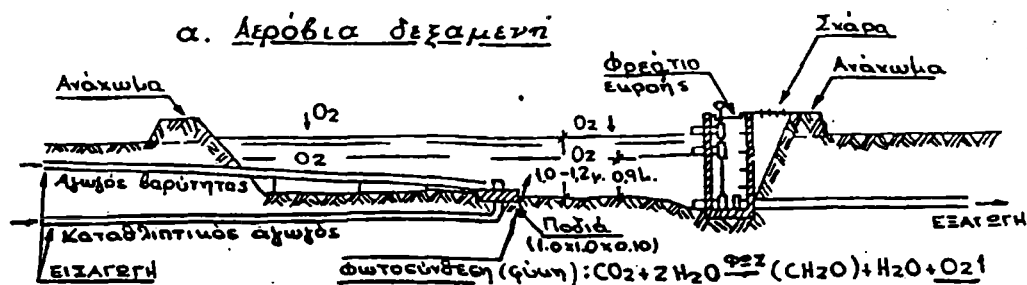
Ο ρυθμός φορτίσεως πρέπει να μην υπερβαίνει τα 200g TVS/m³.ημ Πάντως για θερμά κλίματα και με ευνοϊκές συνθήκες έχουν αναφερθεί επιτυχείς εφαρμογές μέχρι 2000g TVS/m³.ημ., ενώ για θερμοκρασίες κάτω από το 0°C η φόρτιση πρέπει να ελαττωθεί στο 1/3 μέχρι 1/10 του φορτίου των 200 g TVS/m³.ημ.

5.2.2.2 ΑΕΡΟΒΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗ

Η λειτουργία των αερόβιων δεξαμενών στηρίζεται στη φυσική διάλυση οξυγόνου από την ατμόσφαιρα μέσα από τη μεγάλη επιφάνεια και παράλληλα στην παραγωγή οξυγόνου με φωτοσύνθεση από τα φύκη (algae) μέχρι το βάθος, που φθάνει αρκετό φως (βλ. Εικ. 23). Γενικά είναι επιθυμητό η δεξαμενή να έχει όλα τα σημεία διαλυμένο οξυγόνο $DO \geq 1,2 \text{ mg/l}$.

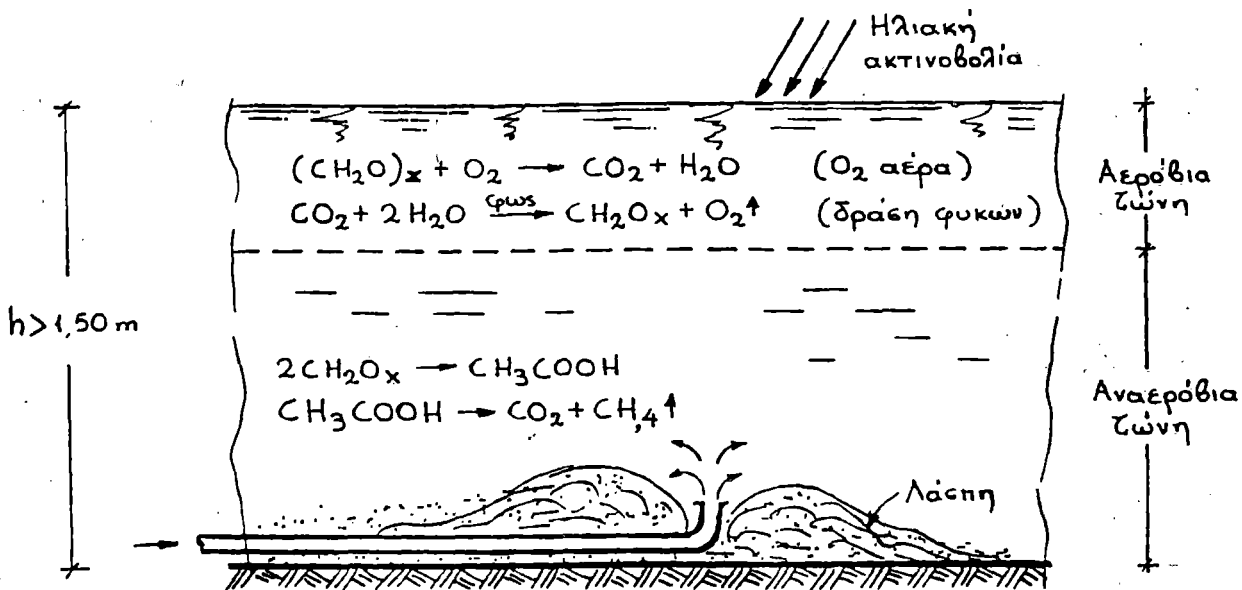
Συνήθως το βάθος των δεξαμενών κυμαίνεται από 1,0 m, για να μην αναπτύσσεται φυτεία μέχρις 1,20 - 1,50 m το πολύ, για να εισδύει αρκετό φως (Εικ. 22).

Εικ. 22 Αερόβια δεξαμενή



ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ - ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Εικ. 23 Αερόβια - αναερόβια δεξαμενή σταθεροποίησης



Ο ρυθμός φορτίσεως των δεξαμενών εξαρτάται από το μικροκλίμα της περιοχής (θερμοκρασία, ηλιοφάνεια, άνεμοι κλπ) Συνήθως εφαρμόζονται φορτίσεις :

- Για μέσες συνθήκες: $\Phi = 2,25 - 5,0 \text{ g BOD5 m}^2 \cdot \eta\mu.$
- Για ήπιο χειμώνα: $\Phi \leq 10 \text{ g BOD5 m}^2 \cdot \eta\mu.$

Με παροχή μέσων συνθηκών (βάθος 1,0-2,0 ημ και $\Phi = 4,0 \text{ g BOD5 m}^2 \cdot \eta\mu.$) και με βάση το οργανικό φορτίο για κάθε είδος ζώων (Εικ. 25) υπολογίζεται η απαιτούμενη επιφάνεια ανά Kg ζωντανό βάρος (Εικ. 24)

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ - ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Εικ. 24 Απαιτούμενη επιφάνεια αερόβιας δεξαμενής
(για μέσες συνθήκες βάθους και κλίματος)

Είδος ζώων	Πουλερικά	Αγελάδες	Μοσχάρια	Χοιρινά	Πρόβατα
Επιφάνεια, m /Kg Z.B.	0,90	0,45	0,30	0,55	0,25

Εικ. 25 Ρυπαντικό φορτίο αποβλήτων

Παράμετρος	Ποσότητα, kg/ημ. × 1000 kg. Z.B.*					
	Συμβολισμός	Κόττες αυγοπα- ραγωγής	Γαλακτο- φόρες- αγελά- δες	Μοσχά- ρια	Χοιρι- νά	Πρόβα- τα
1	2	3	4	5	6	7
1. Υγρά απόβλητα (αποχωρήματα και ούρα: ουροκόπρος)	TWW	66	94	46	51	36
2. Βιοχ. απαιτ. οξυγόνο Ισοδύναμο πληθυσμού (άτ./1000 kg. Z.B)	BOD ₅ PE**	3,6 67	1,8 33,5	1,3 24	2,2 41	0,9 16,7
3. Σχέση COD/BOD ₅	Λόγος	4,3	7,2	5,7	3,3	12,8
4. Ολικά στερεά	TTS	16,8	8,8	7,9	6,9	10,7
5. Πτητικά στερεά	TVS	12,2	7,2	6,5	5,7	9,1
6. Ολικό άζωτο	N	0,99	0,36	0,55	0,39	0,43
7. Φωσφόρος ⁽¹⁾	P ₂ O ₅	0,77	0,10	0,08	0,17	0,15
8. Κάλιο	K ₂ O	0,35	0,15	0,13	0,10	0,31

⁽¹⁾ Για τον υπολογισμό του στοιχειακού P: (πολλαπλ.) × 0,44.
Για τον υπολογισμό του στοιχειακού K: (πολλαπλ.) × 0,83.
* Z.B. = ζωντανό βάρος ζώων (TLW = Total live weight)
** P.E. = Population equivalent (ισοδύναμο πληθυσμού, βλ. παρ. 2.3, β, I) (υπολογίστηκε με βάση: BOD₅ = 54 g/άτ. ημ.).

ΠΗΓΗ: Animal waste, E. Taïganides, WHO, København, 1978

ΣΗΜ. Σύμφωνα με την πιο πάνω παρατήρηση η **πραγματική** τελική επιβάρυνση του αποδέκτη θα είναι μεγαλύτερη από την αντιστοιχούσα σε πληθυσμό 24.000 κατοίκων.

5.3 ΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Στις χημικές μεθόδους επεξεργασίας των ζωϊκών αποβλήτων περιλαμβάνονται συνήθως η χημική κατακρήμνιση (κροκύδωση), η υδρογόνωση, η καύση και η απομάκρυνση των παραγόντων ευτροφισμού (N και P), εφόσον γίνεται με χημικά μέσα.

α. Χημική Κατακρήμνιση

Για την αποσταθεροποίηση των κολλοειδών διαλυμάτων και διευκόλυνση της σωσσωματώσεως (βλ.Εικ. 27) και καθιζήσεως των λεπτών υλικών χρησιμοποιούνται συνήθως σαν κροκυδωτικά υλικά το θειϊκό αργίλιο, ο ασβέστης, ο θειϊκός ή χλωριούχος σίδηρος κ.α (Εικ. 26), όπως αναπτύσσεται λεπτομερέστερα στο αντίστοιχο κεφάλαιο.

Εικ. 26 Συνηθισμένα υλικά σωσσωματώσεως

Ουσία	Χημικός τύπος	Μορ. Βάρος	Ισοδύναμο Βάρος**
1. Θειϊκό αργίλιο (filter alum)	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O^*$	666,7	111,1
2. Θειϊκός σίδηρος	$Fe_2(SO_4)_3$	400	66,7
3. Θειϊκός υποσίδηρος (copperas)	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	278	139
4. Χλωριούχος σίδηρος	$FeCl_3$	162,1	54,1
5. Χλωριωμένος θειϊκός υποσίδηρος (μίγμα)	$6FeSO_4 + 3Cl_2 \rightleftharpoons 2Fe_2(SO_4)_3 + 2FeCl_3$	—	—
6. Αργιλικό νάτριο	$NaAlO_2$	82	—
7. Υδροξείδιο του ασβεστίου (υδρασβέστης)	$Ca(OH)_2$	74,1	37
8. Θειϊκό οξύ	H_2SO_4	98,1	49
9. Διοξείδιο του θείου	SO_2	64,1	—

* Τα ενωμένα μόρια του νερού κυμαίνονται από 13-18.

** Το ισοδύναμο βάρος ισούται με το Μ.Β. διαιρεμένο με τον αριθμό των θετικών ή αρνητικών ηλεκτρικών φορτίων.

β. Υδρογόνωση

Τα οργανικά συστατικά των ζωϊκών απορριμάτων κάτω από υψηλή θερμοκρασία και πίεση μπορεί να υδρογονωθούν με παραγωγή πετρελαίου. Ένας τόννος ξερή λάσπη παρουσία CO, αμού και 5% αλκαλικού καταλύτη, ανθρακικού νατρίου (Na_2CO_3), σε θερμοκρασία 380 °C, με πίεση 100-250 ατμ. παράγει σε 20' περίπου 400Kg ακάθαρτο πετρέλαιο. Πάντως η δαπάνη, για να ξεραθεί η λάσπη και εφαρμοσθεί η παραγωγική διαδικασία, είναι υψηλή.

γ. Καύση

Η καύση των στερεών συστατικών των απορριμάτων με παρουσία οξυγόνου σε κανονικό κλίβανο οδηγεί στην **αποτέφρωση** των οργανικών συστατικών.

Αν η πύρωση σε υψηλή θερμοκρασία γίνει χωρίς παρουσία αρκετού οξυγόνου για να διατηρήσει καύση, λαμβάνει χώρα το φαινόμενο της πυρόλυσεως με αποσύνθεση των οργανικών ουσιών και παραγωγή καύσιμων αερίων, όπως γίνεται το φωταέριο με απόσταξη λιθάνθρακα.

Κατά την πυρόλυση των στερεών συστατικών των ζωϊκών απορριμάτων μπορεί ν' ανακτηθεί σημαντικό ποσοστό των οργανικών ουσιών με μορφή καύσιμων αερίων, που κυμαίνονται από 300 l/Kg TTS⁷ για χοιρινά αποχωρήματα, μέχρι 480 l/Kg TTS για αγελαδινή λάσπη με θερμογόνο ισχύ 1700 Kcal/Kg TTS και 1900 Kcal.Kg TTS αντίστοιχα. Αν και τα αποτελέσματα είναι συγκρίσιμα με την πυρόλυση χαρτιού (2300 Kcal/Kg TTS), η δαπάνη εφαρμογής της μεθόδου θεωρείται απαγορευτικά υψηλή.

δ. Απομάκρυνση N και P

Η αφαίρεση των ενώσεων του N και P από την τελική απορροή επιβάλλεται μερικές φορές για πολλούς λόγους και γίνεται με ποικιλία

μεθόδων, τόσο χημικές όσο και γενικότερα φυσικο-χημικές και βιολογικές .

5.4 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Τα απόβλητα των ιχθυοτροφείων εφόσον επέρθουν από κατάλληλες βιολογικές χημικές επεξεργασίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για λίπανση καλλιεργειών και βελτίωση του εδάφους στις αγροτικές περιοχές.

Ετσι λοιπόν η διάθεση είναι φυσική επεξεργασία των αποβλήτων των ιχθυοτροφείων στο έδαφος είναι φαινομενικά μόνο μια απλή διαδικασία.

Γιατί αν δεν υπάρχει η γνώση των βασικών ιδιοτήτων του εδάφους και των καλλιεργειών και φυσικά δεν τηρηθούν οι απαραίτητοι κανόνες θα επακολουθήσουν επιπτώσεις με κίνδυνο το ίδιο ιχθυοτροφείο.

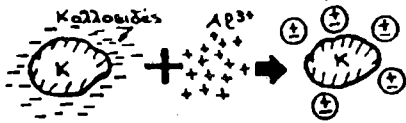
Οι γενικοί κανόνες, που πρέπει να τηρηθούν κατά την επιφανειακή διάθεση των ιχθυοτροφικών αποβλήτων στο έδαφος, περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων τα ακόλουθα:

- Εξασφάλιση αποδεκτών συνθηκών υγιεινή και αισθητικής του περιβάλλοντος
- Περιοδική φόρτιση του εδάφους με διαστήματα ανάπαυσης
- Προσαρμογή του ρυθμού διαθέσεως των αποβλήτων στον τόπο του εδάφους και την αφομοιωτική ικανότητα των καλλιεργειών
- Εφαρμογή μεθόδων διαθέσεως, που θα ελαχιστοποιούν τις οσμές και την ρύπανση και θα αξιοποιούν τα θρεπτικά στοιχεία
- Πρόβλεψη αποθηκεύσεως των αποβλήτων προκειμένου να διατεθούν στην κατάλληλη για τις καλλιέργειες εποχή
- Αναοξυγόνωση του εδάφους
- Αφομοίωση των θρεπτικών υλικών από τα φυτά κυρίως των ενώσεων του αζώτου, του φωσφόρου και του καλίου (N , P_2O_5 , K_2O)
- Ισορροπία των αλάτων του Na , έναντι του Ca και Mg

Εικ. 97 ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΣΕΩΣ

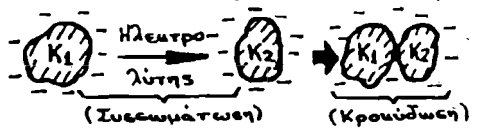
1. Αποσταθεροποίηση των κολλοειδών διαλυμάτων

α. Αμοιβαία ευσωμάτωση



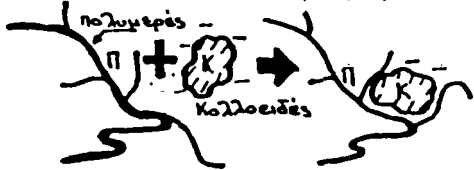
- Συνδυασμός με αντίθετα ηλεκτρισμένα μόρια (AR^{3+} , Fe^{3+}) και αμοιβαία εξουδετέρωση.

β. Ηλεκτροστατική ευσωμάτωση



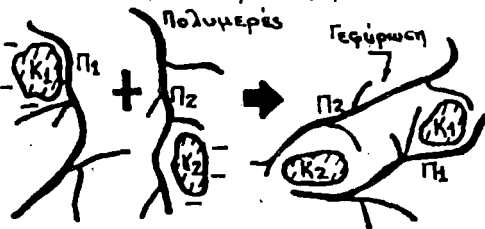
- Ελάττωση των ηλεκτροστατικών απωστικών δυνάμεων μεταξύ των κολλοειδών με προσθήκη ηλεκτρολυτών ή ιεχυρών οξέων και βάσεων.

γ. Συσσωμάτωση προσρόφησης



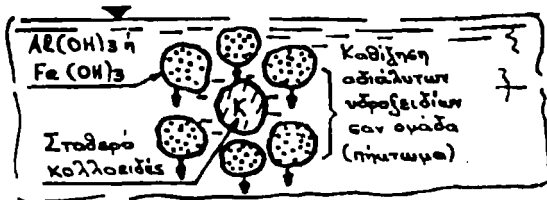
- Αποσταθεροποίηση του κολλοειδούς διαλύματος με προσθήκη ειδικών ενώσεων, που μεταβάλλουν τα επιφανειακά φορτία με την προσρόφηση.

δ. Συσσωμάτωση γεφυρώσεως



- Αποσταθεροποίηση των κολλοειδών με την προσθήκη μακρομορίων ή πολυηλεκτρολυτών, που προσροφούνται στα κολλοειδή και πρόθετα δημιουργούν γεφυρώσεις.

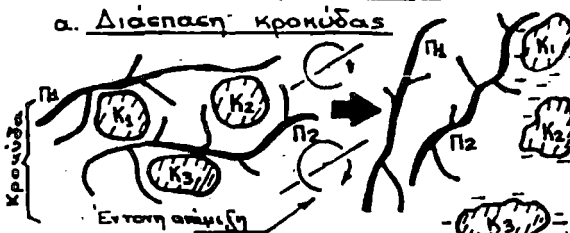
ε. Συσσωμάτωση σάρωσης



- Μηχανική "σάρωση" των αιωρούμενων λεπτών υλικών με το πηκτωματώδες ίζημα των αδιάλυτων υδροξειδίων των μετάλλων, που καθιζάνουν κατά ομάδες.

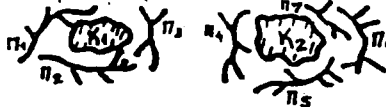
2. Ανασταθεροποίηση διαλύματος

α. Διάσπαση κρούδας



- Ανασταθεροποίηση του διαλύματος με παρατεταμένη και έντονη ανάμιξη, που καταστρέφει τους επιφανειακούς δεσμούς πολυμερούς - κολλοειδούς.

β. Υπερκορεσμός με πολυηλεκτρολύτη

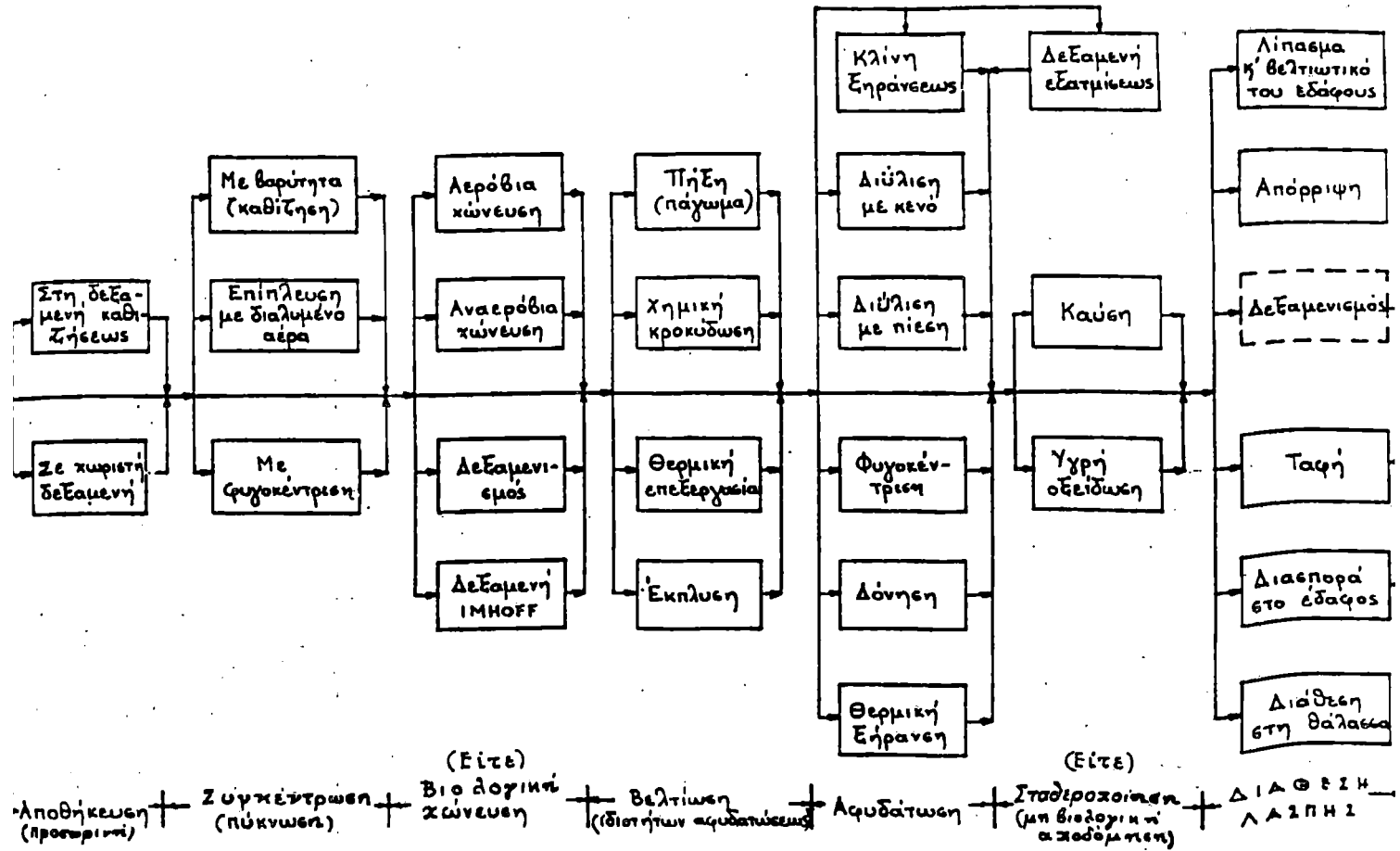


- Έλλειψη επιφανειών επαφής ή διαθέρσεων κολλοειδών για δημιουργία γεφυρώσεων, λόγω υπερκορεσμού με πολυηλεκτρολύτη.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ - ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

- Αποδεκτή υγειονομική κατάσταση, ιδιαίτερα από την πλευρά της παρουσίας παθογόνων μικροβίων στις καλλιέργειες και της δημιουργίας δυσοσμίων.

Εικ. 28 Μέθοδοι επεξεργασίας και διαθέσεως της λάσπης



5.5 ΕΝΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

Το άζωτο, που υπάρχει στα επιφανειακά νερά, απαντά είτε με την μορφή αμμωνίας (περίπου 40%), είτε ενωμένο σε οργανικές ενώσεις. Η συμβατική πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια επεξεργασία αφαιρεί το 40% περίπου από το ολικό άζωτο και παραμένει το υπόλοιπο στην απορροή με τη μορφή της αμμωνίας, αν οι συνθήκες δεν ευνοούν την νιτροποίηση.

Οι μορφές του αζώτου, που ενδιαφέρουν από την πλευρά της επεξεργασίας καθαρισμού των αποβλήτων, είναι το οργανικό, το ανόργανο και το αέριο άζωτο. Το οργανικό άζωτο μετατρέπεται αρχικά σε αμμωνία κατά την βιολογική αποικοδόμηση των αζωτούχων ενώσεων και στη συνέχεια η αμμωνία (σαν Αμμώνιο NH_4^+ , μετατρέπεται σταδιακά, με τη δράση αυτοτροφών νιτροβακτηρίων, σε νιτρώδη και νιτρικά με παράλληλη παραγωγή ενέργειας. Τα νιτρικά σε αναερόβιο περιβάλλον μετατρέπονται με βιολογική δράση από επαμφοτερίζοντες μικροοργανισμούς σε αέριο άζωτο (απονιτροποίηση):

Η πλήρης σειρά των πιο πάνω αντιδράσεων :

(αποδόμηση οργανικών \rightarrow αμμωνία \rightarrow νιτροποίηση \rightarrow απονιτροποίηση \rightarrow αέριο άζωτο)

αποτελεί μια από τις βασικές διαδικασίες για την απομάκρυνση του αζώτου από τα απόβλητα.

Εξάλλου η αφαίρεση της αμμωνίας μπορεί να γίνει με απαέρωση σε αλκαλικό περιβάλλον ($\text{PH} > 11$).

Η αμμωνία μπορεί επίσης να αφαιρεθεί με βιολογική αφομοίωση, αφού προστεθεί κατάλληλος υδατάνθρακας (π.χ. μεθυλική αλκοόλη) σαν πηγή, άνθρακα και ενέργειας.

5.6 ΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΑΖΩΤΟΥ

α. Απογύμνωση αμμωνίας

Η μέθοδος αυτή είναι η συνηθεστέρα εφαρμοζόμενη φυσικό-χημική μέθοδος, είναι όμως αποτελεσματική μόνο όταν σχεδόν όλο το άζωτο των λυμάτων βρίσκεται με την μορφή της αμμωνίας. Όπως αναφέρθηκε ήδη, στα λύματα το άζωτο βρίσκεται κύρια με τη μορφή ιόντων αμμωνίου και αμμωνίας. Για τις συνηθισμένες τιμές PH των λυμάτων (6-8) και οι δύο μορφές βρίσκονται σε σημαντικές συγκεντρώσεις ενώ για PH=11 (σε θερμοκρασία 25°C) το ποσοστό της αμμωνίας γίνεται 98%. Βασική επομένως η ανύψωση της τιμής του PH των λυμάτων σε υψηλές τιμές (PH=10-11). Η ανύψωση αυτή πραγματοποιείται με προσθήκη ασβέστη. Τα αλκαλικά λύματα στην συνέχεια περνούν μέσα από ειδικούς πύργους απογύμνωσης όπου τα λύματα έρχονται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα, και η αμμωνία διαφεύγει στην ατμόσφαιρα.

Η μέθοδος απογύμνωσης είναι συνήθως οικονομικότερη από τις άλλες φυσικοχημικές μεθόδους, κατά κανόνα δε, είναι ακριβότερη ως λύση σε σχέση με τις βιολογικές μεθόδους. Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι σημαντικά, με κυριότερα τα ακόλουθα:

α) Η εφαρμογή της μεθόδου προηγείται του βιολογικού καθαρισμού των λυμάτων (όταν αυτός επιβάλλεται) έτσι ώστε το άζωτο να βρίσκεται με την μορφή ιόντων αμμωνίου και αμμωνίας. Η ανύψωση του PH για την μετατροπή του αμμωνιακού ιόντος σε αμμωνία, δημιουργεί την αναγκαιότητα για επαναμείωση του PH πριν από τη βιολογική επεξεργασία ή την απόρριψη στον αποδέκτη. Η διαδικασία που χρησιμοποιείται για το σκοπό αυτό (επανανθράκωση) αποτελεί ένα πρόσθετο στάδιο επεξεργασίας που επιβαρύνει οικονομικά την όλη εγκατάσταση καθαρισμού.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ - ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

β) Ο άσβεστος που χρησιμοποιείται για την ανύψωση του ΡΗ προσροφά διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα και δημιουργεί ίζημα CaCO_3 που επιλιθώνει τον πύργο και τους αγωγούς τροφοδοσίας, με συνέπεια την ανάγκη εντατικής επίβλεψης και συντήρησης της εγκατάστασης.

γ) Η αμμωνία που διαφεύγει στην ατμόσφαιρα εύκολα μπορεί να κατακρημνηθεί και να ρυπάνει παρακείμενους υδάτινους αποδέκτες. Ο κίνδυνος αυτός είναι ιδιαίτερα σοβαρός σε περιοχές με υψηλούς συντελεστές απορροής ή κοντά σε θάλασσες ή λίμνες.

Σε τέτοιες περιπτώσεις η αμμωνία πριν την διοχέτευσή της στην ατμόσφαιρα είναι δυνατόν να απορροφάται από όξινα διαλύματα και στην συνέχεια τα σχηματιζόμενα άλατα του αμμωνίου να χρησιμοποιούνται ως λιπάσματα.

δ) Η διαδικασία της απογύμνωσης είναι ευαίσθητη στις μεταβολές της θερμοκρασίας καθώς η διαλυτότητα της αμμωνίας αυξάνει με μείωση της θερμοκρασίας. Για θερμοκρασίες του αέρα μικρότερες από 0°C τα λύματα παγιοποιούνται στην περιοχή εισόδου του αέρα.

β. Χλωρίωση

Με την διαδικασία αυτή το αμμωνιακό άζωτο των λυμάτων αντιδρά με το χλώριο και μετατρέπεται σε ελεύθερο αέριο άζωτο. Οι εγκαταστάσεις που απαιτούνται για τη διαδικασία αυτή είναι σχετικά απλές, οι μεγάλες ποσότητες χλωρίου που απαιτούνται θεωρητικά κάνουν τη μέθοδο αυτή πολύ δαπανηρή. Η μέθοδος της χλωρίωσης θεωρείται γενικά κατάλληλη για απομάκρυνση μικρών συγκεντρώσεων αμμωνιακού αζώτου.

γ. Ιοντοανταλλαγή

Ιοντοανταλλαγή είναι η διαδικασία κατά την οποία ορισμένου είδους ιόντα του νερού αντικαθιστούν ιόντα κατάλληλου ιοντανταλλακτικού στερεού σώματος και απομακρύνονται έτσι από το νερό.

Υπάρχουν πολλές φυσικές ύλες που έχουν σημαντικές ιοντοανταλλακτικές ιδιότητες. Έχει βρεθεί ότι ένας συγκεκριμένος τύπος Ζεόλιθου (που είναι μια κατηγορία αργιλοπυριτικών αλάτων) είναι σε ικανοποιητικό βαθμό εκλεκτικός προς τα ιόντα του αμμωνίου όσον αφορά την ιοντοανταλλακτική του δράση.

Συνήθως η διαδικασία της ιοντοανταλλαγής είναι συνεχής. Το νερό η λύμα διέρχεται συνεχώς από την στήλη επεξεργασίας που περιέχει το ιοντοανταλλακτικό μέσο. Τον κορεσμό του μέσου αυτού ακολουθεί αναγέννηση του, που αποτελεί συνήθως ένα αρκετά δαπανηρό τμήμα της όλης λειτουργίας. Ιδιαίτερα προβλήματα δημιουργούνται με την διέλευση των λυμάτων από την στήλη επεξεργασίας λόγω των οργανικών υλών που προέρχονται από αυτά.

Η μέθοδος της ιοντοανταλλαγής για απομάκρυνση του αζώτου, όπως εξάλλου και η μέθοδος της απογύμνωσης, είναι σχετικά νέα μέθοδος και δεν έχει εφαρμοσθεί σε μεγάλες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, το δε κόστος είναι υψηλό, κατά κανόνα υψηλότερο από τη μέθοδο της απογύμνωσης.

5.7 ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

α. Βιοχημικές αρχές νιτροποίησης και απονιτροποίησης

Στα δίκτυα μεταφοράς και στις εγκαταστάσεις αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας το άζωτο των οργανικών ενώσεων μεταβάλλεται σε αμμωνία

με τη δράση μικροοργανισμών. Η αμμωνία αποτελεί την αφετηρία επεξεργασίας βιοχημικής νιτροποίησης του αζώτου και το προκύπτον οξείδιο του αζώτου (νιτρικά) την αφετηρία για επεξεργασία απομάκρυνσης του αζώτου σε κατάλληλα υπολογισμένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Παράλληλα, η περιεχόμενη στα απόβλητα αμμωνία μετατρέπεται σε δύο φάσεις σε νιτρώδη και νιτρικά. Για την μετατροπή αυτή απαιτούνται δύο κατηγορίες «αυτότροφων» βακτηριδίων. Οι γνωστότεροι «οξειδωτές» της αμμωνίας είναι της οικογένειας «Nitrosomonas». Προκαλούν την μετατροπή:



Το βήμα της αλλαγής των νιτρωδών σε νιτρικά γίνεται κυρίως από βακτηρίδια της οικογένειας «Nitrobacter» που οδηγούν στη μετατροπή:



Οι οξειδωτές της αμμωνίας και των νιτρωδών, όσο αφορά το μεταβολισμό τους, είναι φανερά εξειδικευμένοι στις αντιδράσεις αυτές. Δεν έχουν ξεκαθαριστεί ακόμα αν και ετεροτροφικά βακτηρίδια μπορούν να προκαλέσουν νιτροποίηση. Βακτηρίδια τα οποία μπορούν να μετατρέψουν απευθείας αμμωνία σε νιτρικά, χωρίς να έχει προηγηθεί η μετατροπή της αμμωνίας σε NO_2^- , δεν είναι γνωστά.

Επειδή η ταχύτητα της αντίδρασης σχηματισμού νιτρικών είναι πιο γρήγορη, παρατηρούνται μόνο μικρές περιεκτικότητες νιτρωδών.

Κατά την νιτροποίηση απελευθερώνονται συγχρόνως ιόντα υδρογόνου, τα οποία μπορούν να κατεβάσουν την σκληρότητα του νερού και να θέσουν σε κίνδυνο όλη την βιολογική διεργασία.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ - ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Η βέλτιστη τιμή του ΡΗ για νιτροποίηση είναι μεταξύ 8-9 ενώ σε τιμές ΡΗ κάτω του 6 και πάνω του 10 επέρχεται πλήρης αδρανοποίηση στα νιτροποιητικά βακτηρίδια. Εν γένει, εξαιτίας της οξείδωσης των οργανικών υλικών παράγεται διοξείδιο του άνθρακα το οποίο τείνει να μειώσει το ΡΗ. Η μείωση αυτή εξουδετερώνεται από την ρυθμιστική ικανότητα (Buffer) του συστήματος, εφόσον υπάρχει η απαιτούμενη αλκαλικότητα.

Οι νιτροποιητές παρουσιάζουν σε σχέση με τα ετεροτροφικά βακτηρίδια ένα πολύ μικρότερο αριθμό πολλαπλασιασμού.

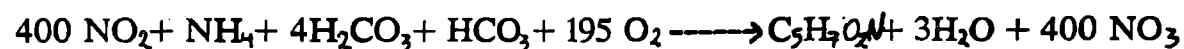
Η απόδοση της νιτροποίησης περιορίζεται και από την συγκέντρωση της μονοσθενούς όξινης ανθρακικής ρίζας η οποία είναι απαραίτητη για την αφαίρεση ιόντων υδρογόνου.

Η κύρια χρησιμοποιημένη πηγή άνθρακα είναι το διοξείδιο του άνθρακα αλλά οι μικροοργανισμοί είναι σε θέση να χρησιμοποιούν και εξωγενή οργανικά σύνθετα. Οι θεωρητικές στοιχειομετρικές εξισώσεις που περιγράφουν το πρώτο και το δεύτερο στάδιο της νιτροποίησης για τυπικές τιμές του συντελεστή μετατροπής κυτταροπλάσματος των κυττάρων είναι:

1. στάδιο



2. στάδιο



Οι δύο παραπάνω εξισώσεις δείχνουν ότι πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα μεγάλο ποσό αλκαλικότητας κατά την οξείδωση της $\text{NH}_4 - \text{N}$.

Ακριβέστερα, θα χρησιμοποιηθούν 8,64 mg HCO_3 ανά mg $\text{NH}_4 - \text{N}$ που οξειδώνεται. Μόνο ένα μικρό μέρος της αλκαλικότητας αυτής

ενσωματώνεται στο κυτταρόπλασμα ενώ το μεγαλύτερο χρησιμοποιείται ώστε να ουδετεροποιήσει τα ιόντα υδρογόνου που ελευθερώνονται κατά την οξείδωση. Έτσι, αν τα λύματα δεν περιέχουν αρκετή ποσότητα αλκαλικότητας η διαδικασία της νιτροποίησης θα αναχαιτισθεί τόσο λόγω έλλειψης της απαιτούμενης αλκαλικότητας όσο και λόγω της δυσμενούς επίδρασης της χαμηλής τιμής του ΡΗ που θα προξενηθεί από την παραγωγή υδρογονοκατιόντων.

Όταν ελαττώνεται η περιεκτικότητα σε ιόντα HCO_3 σημαντικά, τότε πέφτει και το ΡΗ κάτω από 6. Αυτό μπορεί να έχει σαν συνέπεια την αλλοίωση της δομής των νιφάδων της λάσπης και οι νιτροποιητές αποπλένονται από το σύστημα. Γι' αυτό το λόγο πρέπει κανείς κατά την διαστασιολόγηση μιας εγκατάστασης με φουσητήρες αέρα να ξεκινά, μετά την νιτροποίηση, από απαιτούμενη υπολειμματική οξύτητα της τάξης των 200 mmol/l.

Κατά τη λειτουργία μπορούν να αποφεύγονται οι συνέπειες μιας μικρής οξυχωρητικότητας με ρύθμιση του ΡΗ με απονιτροποίηση όπως περιγράφεται παρακάτω.

Η βιολογική απονιτροποίηση επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ενός μεγάλου αριθμού ημιαναερόβιων ετεροτροφικών ποικιλιών βακτηριδίων (π.χ. *Achromacter*, *Denitrobacillus*, *Nitrococcus*, *Pseudomonas* και *Spirillum*). Τα βακτηρίδια αυτά, με τον ενδυματικό εξοπλισμό τους μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα NO_3 , NO_2 σαν πηγή οξυγόνου. Και οι δύο αυτές ενώσεις περνούν το ρόλο του οξυγόνου σαν αποδέκτες υδρογόνου. Πρέπει επίσης να συνυπάρχουν σε επαρκή βαθμό χρησιμοποιήσιμοι οργανικοί υδρογονάνθρακες.

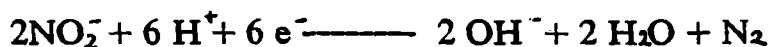
Τα ένζυμα που συμμετέχουν μπορούν να παραχθούν εξ' επαγωγής από ιόντα NO_3^- , NO_2^- μόνο σε ανοξικές συνθήκες (ελλείπει προσφοράς ατμοσφαιρικού οξυγόνου).

Πάντως, κατάλληλο περιβάλλον για απονιτροποίηση είναι η παρουσία των νιτρικών (NO_3) και ενός δότη ηλεκτρονίων (πηγή άνθρακα) καθώς βέβαια και η απουσία οξυγόνου. Και αυτό συμβαίνει διότι η παρουσία οξυγόνου στο περιβάλλον και η δραστική του χρήση ως τελικός δέκτης ηλεκτρονίων έχει σαν αποτέλεσμα την καταστολή της σύνθεσης του συστήματος των ένζυμων που μετατρέπει τα νιτρικά.

Όταν το οξυγόνο απουσιάζει ή υπάρχει σε μικρές ποσότητες οι οποίες δεν είναι επαρκείς για την ανάπτυξη, τότε γίνεται η σύνθεση των ένζυμων. Η επίδραση του οξυγόνου πάνω στην δραστικότητα των ένζυμων έχει σχέση με τα βακτηρίδια που λαμβάνουν μέρος. Σε μερικά οι δραστηριότητες μειώνονται παρουσία οξυγόνου και σε άλλα όχι.

Έτσι, απονιτροποίηση μπορεί να συμβεί με μειωμένους ρυθμούς και παρουσία οξυγόνου εφόσον είχαν προηγουμένα υπάρξει ανοξικές συνθήκες κατά τη διάρκεια των οποίων έγινε η σύνθεση των ένζυμων. Ωστόσο είναι πλέον αποδεδειγμένο ότι για να κατορθωθεί μια καλή απόδοση απονιτροποίησης το επίπεδο διαλυμένου οξυγόνου πρέπει να είναι μικρότερο των 0,5 mg/l. Τέτοιες συνθήκες συναντώνται ή στο εσωτερικό μικροβιακών αποικιών ή σε περιοχές δεξαμενών τελικής καθίζησης μακριά από την επιφάνειά τους.

Οι εξισώσεις της απονιτροποίησης περιγράφονται ως εξής:



Το παραγόμενο υδροξύλιο, μπορεί αναλόγως της χωρητικότητας Buffer του περιβάλλοντος να ανυψώσει το PH.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ - ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Επειδή τα βιολογικά καθαρισμένα και νιτροποιημένα απόβλητα έχουν κατά κανόνα μικρή περιεκτικότητα ενώσεων άνθρακα, η πλήρης απονιτροποίηση προς αέριο άζωτο δεν προχωρά χωρίς επιπλέον προσφορά άνθρακα.

β. Μέθοδοι λειτουργίας εγκαταστάσεων απομακρύνσεως αζώτου

Μέθοδοι λειτουργίας

Οι κύριες μέθοδοι λειτουργίας είναι:

- Βιολογική επεξεργασία με ακόλουθη απονιτροποίηση
- Βιολογική επεξεργασία με χωριστά προτεταμένη απονιτροποίηση
- Βιολογική επεξεργασία με σύγχρονη απονιτροποίηση

Πέραν αυτών υπάρχουν οι εξής συνδυασμοί:

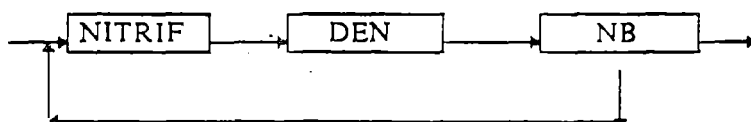
- Βιολογική επεξεργασία με εναλλακτική απονιτροποίηση
- Βιολογική επεξεργασία με ενδιάμεση απονιτροποίηση
- Βιολογική επεξεργασία με απονιτροποίηση σε KasKade (αντιδραστήρες εν σειρά)
- Βιολογική επεξεργασία με χωριστή απονιτροποίηση και προσθήκη μεθανόλης
- Βιολογική επεξεργασία με συνδυασμένη προ και μετά απονιτροποίηση
- Βιολογική επεξεργασία με προτεταμένη αναερόβια βαθμίδα απονιτροποίησης

Σε όλες αυτές τις μεθόδους, εφόσον δεν παρουσιάζονται αδυναμίες κατά την οξυγόνωση, τότε η περιεκτικότητα του $\text{NH}_4\text{-N}$ στην έξοδο θα είναι μικρότερη των 5 mg/l.

α. Βιολογική επεξεργασία με ακόλουθη απονιτροποίηση

Η μέθοδος αυτή ακολουθεί τη λογική ότι τα απόβλητα πρώτα νιτροποιούνται και μετά ανάγονται σε αέριο άζωτο. Η βιολογική βαθμίδα αποτελείται από δύο δεξαμενές. Στην πρώτη δεξαμενή γίνεται προσπάθεια για μια πλήρη νιτροποίηση και στη συνέχεια σε μια μη αεριζόμενη δεξαμενή μίξης, έχουμε απονιτροποίηση των νιτρικών με την αναπνοή της λάσπης.

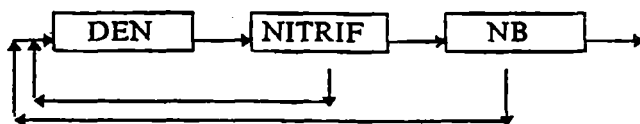
Εφαρμογή τέτοιου τύπου δεν είναι γνωστή.



β. Βιολογική επεξεργασία με χωριστά προτεταμένη απονιτροποίηση

Σε αυτή τη μέθοδο μια μη αεριζόμενη ζώνη απονιτροποίησης προτάσσεται της ζώνης νιτροποίησης. Η μεταφορά των νιτρικών σε αυτή γίνεται με ανακυκλοφορία.

Αυτή η κλειστή ανακυκλοφορία λάσπης με νιτρικά είναι χαρακτηριστική για την επιτυχία της απονιτροποίησης.



γ. Βιολογική επεξεργασία με σύγχρονη απονιτροποίηση

Στη μέθοδο αυτή δεν υπάρχει σαφής διαχωρισμός των ζωνών νιτροποίησης και απονιτροποίησης. Στις εγκαταστάσεις αυτές επιτυγχάνεται

απονιτροποίηση όταν το οξυγόνο είναι επαρκές για την νιτροποίηση. Ζώνες οξυγόνου και ανοξικές εναλλάσσονται χρονικά, (π.χ. με οξειδωτική τάφρο).

Σε δεξαμενές επιμήκους εμβολικής ροής με φυσική και μετωπική είσοδο αποβλήτων έχουμε στην είσοδο, όταν μειώνουμε τον αερισμό, αυξημένη κατανάλωση οξυγόνου και υπολειμματικό O_2 μηδέν. Στην περιοχή αυτή έχουμε λοιπόν αρχικά νιτροποίηση και εν συνέχεια απονιτροποίηση. Παρόμοιες συνθήκες συναντάμε σε συστήματα Kaskade με «βούρτσες οξείδωσης».

Πρώτος ο Pasveer (1965) διαπίστωσε τη δυνατότητα νιτροποίησης - απονιτροποίησης σε μια δεξαμενή όταν το διαλυμένο οξυγόνο σε κάποιες περιοχές πλησιάζει το μηδέν.

Αναλόγως, ο Ruffer (1965) διαπίστωσε ότι σε δεξαμενές παρατεταμένου αερισμού με σταθεροποίηση λάσπης γίνεται απονιτροποίηση.



δ. Βιολογική διεργασία με εναλλακτική απονιτροποίηση

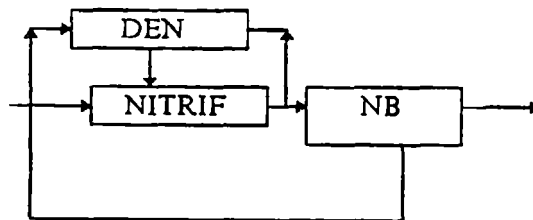
Η εναλλακτική απονιτροποίηση είναι μια παραλλαγή της προταγμένης απονιτροποίησης.

Όπως στις διπλές οξειδωτικές τάφρους, έχουμε εδώ δύο δεξαμενές αερισμού που τροφοδοτούνται εναλλάξ με απόβλητα και αέρα. Δηλαδή, η μια δεξαμενή τροφοδοτείται με λύματα και λάσπη νιτρικών και απλά αναδεδεύεται χωρίς να αερίζεται, ενώ η άλλη αερίζεται. Στην επόμενη φάση, όταν καταναλωθούν τα νιτρικά αλλάζει η τροφοδοσία των λυμάτων και ο ρόλος των δεξαμενών.

Προτερήματα της μεθόδου αυτής είναι ότι μειώνεται ο χρόνος που

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ - ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

απαιτείται για την απονιτροποίηση και δεν έχουμε απαίτηση για ανακυκλοφορία. Η μέθοδος συνίσταται για μικρές φορτίσεις λάσπης και μεγάλους αερισμούς.

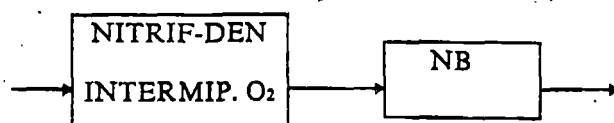


ε. Βιολογική επεξεργασία με ενδιάμεση νιτροποίηση

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται είτε με αλληλουχία ανοξικών ζωνών και ζωνών αερισμού, είτε με χρονική αλληλουχία αερισμού ανάδευσης. Εφαρμογή αυτού του τύπου βιολογικής επεξεργασίας βρίσκουμε σε οξειδωτικές τάφρους με δυνατότητα αερισμού ή απλής ανάδευσης. Ο απαιτούμενος άνθρακας προσφέρεται από τα εισερχόμενα λύματα.

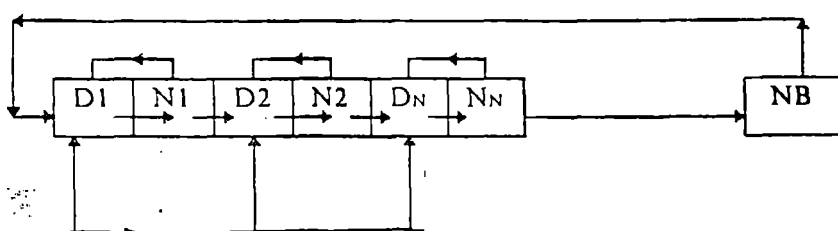
Σε μικρές εγκαταστάσεις τα εισερχόμενα λύματα μπορούν να αποθηκεύονται ενδιάμεσα και οι χρόνοι απονιτροποίησης ρυθμίζονται. Σε μεγάλες εγκαταστάσεις, με περισσότερους αεριστήρες, η απονιτροποίηση μπορεί να επιτευχθεί όταν μειώσουμε τον αερισμό.

Ετσι όμως, βρισκόμαστε στα όρια της «σύγχρονης» απονιτροποίησης. Σημαντικό είναι να ξεπερνά ο όγκος της νιτροποίησης το απαιτούμενο *minimum* ώστε να πετυχαίνεται στην έξοδο το όριο του $(\text{NH}_4 - \text{N}) < 5 \text{ mg/l}$.



στ. Βιολογική επεξεργασία με ενδιάμεση απονιτροποίηση

Η μέθοδος αυτή είναι μια υποπερίπτωση της χωριστά προταγμένης απονιτροποίησης. Γλυτώνουμε την ανακυκλοφορία και ένα μέρος του χώρου απονιτροποίησης χρησιμεύει και για την νιτροποίηση. Η μέθοδος αυτή έχει ευελιξία, διαφεύγει λιγότερο οξυγόνο προς την απονιτροποίηση και έχουμε μεγαλύτερη ταχύτητα απονιτροποίησης.

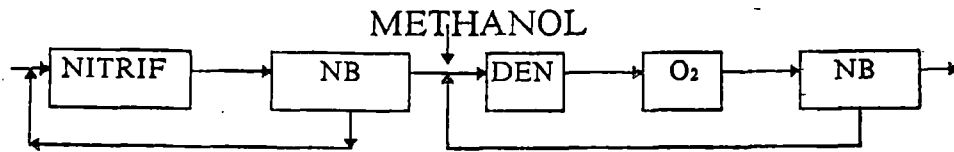


ζ. Βιολογική επεξεργασία με χωριστή απονιτροποίηση και προσθήκη μεθανόλης

Εδώ έχουμε πληρή διαχωρισμό των φάσεων (νιτροποίησης - απονιτροποίησης) με χωριστές ανακυκλοφορίες λάσπης. Επειδή μετά την απονιτροποίηση δεν υπάρχει οργανικός άνθρακας για να συνεχιστεί η απονιτροποίηση, πρέπει να προσθέσουμε μεθανόλη ή υψηλά φορτισμένα απόβλητα.

Λόγω της αύξησης του κόστους της μεθανόλης υπάρχει μια τάση στην χρήση υψηλά φορτισμένων βιομηχανικών αποβλήτων για να υπάρχει και υψηλή ταχύτητα απονιτροποίησης. Επίσης, πρέπει τα βιομηχανικά απόβλητα να είναι συμπυκνωμένα για να μειώνεται το κόστος της μεταφοράς. Προβληματική είναι η σύγχρονη δοσομέτρηση αποβλήτων στη σωστή φάση της απονιτροποίησης. Συχνά συνίσταται ο τελικός αερισμός για αποικοδόμηση του περισσευόμενου βιολογικού φορτίου από την προσθήκη

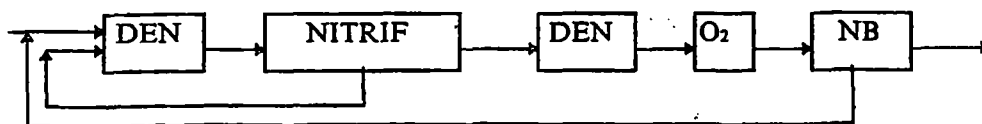
των βιοχημικών αποβλήτων.



η. Βιολογική επεξεργασία με συνδυασμένη προ και μετά απονιτροποίηση

Σε συστήματα επεξεργασίας με προταγμένη δεξαμενή απονιτροποίησης, επιτυγχάνεται μεγάλος βαθμός απονιτροποίησης μόνο με μεγάλο βαθμό ανακυκλοφορίας του εσωτερικού κύκλου λάσπης. Όταν η απονιτροποίηση έπεται, απαιτούνται μεγάλοι χρόνοι παραμονής. Ο συνδυασμός των δύο μεθόδων δίνει πολύ καλά αποτελέσματα.

Για να μειωθούν οι συνέπειες των μεγάλων χρόνων παραμονής στις δεξαμενές απονιτροποίησης που έπονται, παρεμβάλουμε προ της δεξαμενής τελικής καθίζησης και μια βαθμίδα αερισμού. Με αυτό το τρόπο μπόρεσε ο Barnard (1973) να πετύχει με χρόνους παραμονής 16 ωρών από μείωση του αζώτου κατά 94%. Και στα συστήματα όπως με προτεταμένη και σύγχρονη απονιτροποίηση, μπορεί με προσεγμένη ρύθμιση να επιτευχθεί απονιτροποίηση της τάξης του 90%.



6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΡΥΠΟΓΟΝΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΙΩΝ

6.1 Ο ΟΡΓΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ

Εδώ θα μελετήσουμε κυρίως τα υπολείμματα ιχθυοτροφών, τις απεκκρίσεις των ψαριών και τη συσσώρευση ιζημάτων στα σημεία τοποθέτησης των ιχθυοκλωβών.

6.1.1 ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΩΝ

Είναι γνωστό ότι οι κυριότερες επιδράσεις που ασκούν οι ιχθυοκαλλιέργειες στα υδάτινα οικοσυστήματα που αποδέχονται τα απόβλητά τους, γίνονται μέσα από την αύξηση του φωσφόρου, του αζώτου και του βιοχημικού απαιτούμενου οξυγόνου (BOD). Το ποσό του καλίου είναι αμελητέο. Η επίδραση που μπορεί να ασκήσει η αύξηση των στοιχείων αυτών είναι να οδηγήσει το υδάτινο οικοσύστημα σε ευτροφισμό και έλλειψη οξυγόνου. Η αύξηση των στοιχείων αυτών προέρχεται από την τροφή που δίνεται στα ψάρια. Η κατανάλωση του οξυγόνου από τα διάφορα οργανικά φορτία οδηγεί συχνά σε ελάττωση του διαλυμένου οξυγόνου στους υδάτινους αποδέκτες, π.χ. λίμνες, ποτάμια, θάλασσες, όπου ο ευτροφισμός χειροτερεύει έμμεσα την κατάσταση. Όπως τονίσθηκε παραπάνω, η τροφή που χρησιμοποιείται για την διατροφή των ψαριών παίζει τον καθοριστικό ρόλο στην επιβάρυνση των υδάτινων βιοτόπων. Γι αυτό ο τύπος και η ποιότητα της τροφής έχουν μεγάλη σπουδαιότητα ως προς το ποσό των αποβλήτων που ελευθερώνονται και επομένως στο βαθμό των αρνητικών επιδράσεων στους αποδέκτες.

Ο τρόπος υπολογισμού της επίδρασης των αποβλήτων των ιχθυοτροφείων διαφέρει από χώρα σε χώρα. Στη Δυτική Γερμανία π.χ. υπολογίζουν το ποσό

ΑΝΑΛΥΣΗ ΡΥΠΟΓΟΝΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΙΩΝ

των αιωρούμενων λεπτόκοκκων υλικών και το χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο (COD).

Δυστυχώς οι ιχθυοτροφές είναι πολλές φορές εμπλουτισμένες με ένα ευρύ φάσμα κονιορτοποιημένων λεπτόκοκκων ανόργανων υλικών, τα οποία δεν χρησιμοποιούνται από τα ψάρια και επομένως αποβάλλονται στο υδάτινο περιβάλλον. Η ποσότητα αυτή μπορεί να φτάσει σε μερικά ιχθυοφύραματα και στο 15%. Επίσης η ποσότητα του φωσφόρου στο φύραμα είναι 2-3 φορές υψηλότερη του επιτρεπόμενου ορίου των 6-8 g. 1/Kg ξηράς τροφής. Σε περίπτωση που ελαττώνεται κατά 40% περίπου. Επίσης αν στην ίδια στιγμή ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής βελτιωθεί από το 1,5 στο 1,0, η ελάττωση των αποβλήτων του φωσφόρου ανεβαίνει στο 70%.

Οι απώλειες τροφής στις ιχθυοκαλλιεργητικές δραστηριότητες εξαρτώνται από ποικίλους παράγοντες όπως:

- α) ποιότητα τροφής
- β) τύπος τροφής
- γ) τύπος εκτροφής
- δ) ιχθυοπυκνότητα
- ε) μέθοδος παροχής τροφής
- ζ) χαρακτηριστικό της περιοχής

Οι συντελεστές αυτοί πρέπει να αριστοποιηθούν προκειμένου να ελαττωθούν οι απώλειες από την τροφή. Σύμφωνα με τον Warren- Hansen

ΑΝΑΛΥΣΗ ΡΥΠΟΓΟΝΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΙΩΝ

(1982) οι απώλειες σε ένα ιχθυοτροφείο πέστροφας όπου γίνεται εντατική εκτροφή σε ιχθυοκλωβούς είναι:

Σχετικά εκατοστιαία ποσοστά αχρησιμοποίητης τροφής	
Τύπος τροφής	
Υπολείματα ψαριών (Trash fish)	10-30
Υγρό ιχθυοφύραμα (Moist pellets)	5-10
Ξηρό ιχθυοφύραμα (Dry feed)	1-5

Από τα παραπάνω στοιχεία γίνεται κατανοητό ότι ο τύπος της τροφής επηρεάζει παρά πολύ το ποσό των απωλειών. Επίσης το ποσοστό των απωλειών επηρεάζεται παρά πολύ από την ταχύτητα καθίζησης της τροφής καθώς και από την σκληρότητα των κόκκων της τροφής. Οι ημερήσιες απώλειες των διάφορων συστατικών των τροφών που χρησιμοποιούνται σε χωμάτινες δεξαμενές εκτροφής είναι:

Είδη αποβλήτων	Ξηρά τροφή	Υγρή τροφή	Υπολείματα τροφών
BOD5 (mg.O2/l/L)	1875	2125	4.875
Συνολικός φώσφορος	100	100	100
Συνολικό άζωτο	375	100	100
Αιωρούμενα λεπτόκοκκα υλικά	5000		8500

ΑΝΑΛΥΣΗ ΡΥΠΟΓΟΝΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΙΩΝ

Από τα στοιχεία του πίνακα αυτού φαίνεται ότι ο τύπος της τροφής επηρεάζει παρά πολύ το ποσό των απωλειών. Επίσης το ποσοστό των απωλειών επηρεάζεται παρά πολύ από την ταχύτητα καθίζησης της τροφής καθώς και από την σκληρότητα των κόκκων της τροφής.

Από τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα φαίνεται επίσης ο τύπος της τροφής επηρεάζει πάρα πολύ την ποσότητα των αποβαλλομένων συστατικών των χρησιμοποιούμενων τροφών. Φυσικά θα μπορούσε η υγροποιημένη τροφή να αναμιχθεί με τα υπολείμματα των ψαριών και έτσι να σχηματιστεί σύμπηκτη τροφή (pellets). Επίσης το κονιορτοποιημένο λεπτόκοκκο οργανικό υλικό που υπάρχει στις ιχθυοτροφές, θα μπορούσε να απομακρυνθεί με την χρήση δονούμενων κόσκινων μικρών διαμετρημάτων, ώστε να προληφθεί η μόλυνση και να έχει και οικονομία χρημάτων ο εκτροφέας, διότι θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τροφή χοίρων, γουνοφόρων ζώων κ.λ.π.

Ξένοι ερευνητές υπολογίζουν το ποσοστό των απωλειών σε 2-3% της χορηγούμενης ποσότητας ιχθυοτροφής. Όμως αυτό το ποσοστό μπορεί να ανέλθει στο 10% (Παπαναστασίου Δ. 1990, Μάργαρης Ν.1990). Έχει αποδειχθεί ότι η παρεχόμενη τροφή σε κλωβούς αποτελεί ένα «σήμα» για τους άγριους πληθυσμούς που προσελκύονται. Έτσι η χαμένη ιχθυοτροφή καταναλώνεται συνήθως από τους άγριους πληθυσμούς. Όμως ένα 10% καθιζάνει, παραμένει στον πυθμένα και αποσυντίθεται.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΡΥΠΟΓΟΝΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΙΩΝ

Εργαστηριακές αναλύσεις και δοκιμές σε πυκνό διάλυμα ιχθυοτροφών της εταιρίας TROUVIT έδωσαν τα εξής αποτελέσματα στον κάτωθι πίνακα:

ΤΥΠΟΣ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΗΣ	TROUVIT (0,2 mm)
ΔΙΑΛΥΜΑ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΗΣ	500 ppm (σε απεσταγμένο νερό)
PH	5.8
ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ	210 mgr/l
ΔΙΑΛΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ	210 mgr/l
COD	350 mgr/l
BOD	160 mgr/l
ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΗΣ ΣΕ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟ ΝΕΡΟ	22 min

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι το ρυπαντικό φορτίο των ιχθυοτροφών είναι πολύ μικρό και η συμβολή των απωλειών των ιχθυοτροφών στη ρύπανση του ευρύτερου θαλάσσιου περιβάλλοντος αμελητέα. Αν λάβουμε υπόψη τα εξής δεδομένα:

- α) Οι συνήθεις διαστάσεις ιχθυοκλωβών στην Ελλάδα είναι 5X5X5 m
- β) Οι συνήθεις ιχθυοπυκνότητες (με βάση τις παραπάνω διαστάσεις) είναι 10-20 Kgr/m³
- γ) Η μετατρεψιμότητα των ιχθυοτροφών είναι 2.2:1
- δ) Η διάρκεια εκτροφής τσιπούρας - λαυρακιού μέχρι να φτάσει σε εμπορεύσιμο μέγεθος είναι 16-18 μήνες
- ε) Οι απώλειες των ιχθυοτροφών είναι 10% της παρεχόμενης ποσότητας

ΑΝΑΛΥΣΗ ΡΥΠΟΓΟΝΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΙΩΝ

ζ) Κανένα ποσοστό των απωλειών δεν καταναλώνεται από άγριους πληθυσμούς

Προκύπτει ότι οι απώλειες ιχθυοτροφών έχουν μια συγκεντρωση 10-30 ppm. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των αναλύσεων που προαναφέρθηκαν τέτοια συγκέντρωση ιχθυοτροφών στη θάλασσα πρέπει να έχει ρυπαντικό φορτίο ίσο με 3.2-6.4 ppm BOD5 και 7-14 ppm COD. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι κάθε 1 ppm απωλείων ιχθυοτροφής δίνει ρυπαντικό φορτίο ίσο με 0.5 ppm BOD και 1 ppm SOD περίπου. Οι τιμές αυτές είναι γενικά χαμηλές και πολύ χαμηλότερες από αυτές που είναι αποδέκτες από την νομοθεσία. Οι τιμές αυτές μειώνονται κι άλλο αν υπολογισθεί η κατανάλωση ενός ποσοστού των απωλειών από άγριους ιχθυοπληθυσμούς και η διαλυτοποίησή τους στο νερό.

6.1.2 ΑΠΕΚΚΡΙΣΗΣ ΨΑΡΙΩΝ

Όπως είναι γνωστό τα σπονδυλόζωα αποβάλλουν μερικά από τα άχρηστα προϊόντα του μεταβολισμού τους μέσω του εντέρου, του δέρματος και των νεφρών.

Τα κόπρανα είναι μη αφομοιωθέντα θρεπτικά συστατικά των ιχθυοτροφών. Αντιπροσωπεύουν το 95% των συνολικών περιττωμάτων και συνιστούν το 0,5 % του βάρους των ψαριών σε ημερήσια βάση. Η μέση σύσταση των κοπράνων είναι:

- πρωτεΐνες 3-4%
- υδατάνθρακες 4-5%
- λίπη 1-2%
- βλεννώδης ουσίες 1-2%
- ανόργανα άλατα 3-4%
- υγρασία 82-88%

ΑΝΑΛΥΣΗ ΡΥΠΟΓΟΝΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΙΩΝ

Μετρήσεις που έγιναν έδειξαν ότι περίπου το 30% των κοπράνων είναι άνθρακας, το 4% άζωτο και το 2% φωσφόρο.

Το υπόλοιπο 5% των συνολικών περιττωμάτων είναι τα ούρα. Η αμμωνία μπορεί να χαρακτηριστεί σαν το βασικό συστατικό των ούρων των ψαριών. Αυτή είναι το σημαντικότερο σημείο της ρύπανσης. Η κρίσιμη ποσότητά της στο νερό είναι 1mg/l. Εκτός από την αμμωνία άλλα συστατικά των ούρων είναι η ουρία, η κρεατίνη και το ουρικό οξύ σε μικρές ποσότητες.

- νερό 92 - 95%
- αμμωνία 1,5-2,5%
- ουρικό οξύ 0,02 - 0,03%
- κρεατίνη 0,05 0,1%
- ανόργανα άλατα 2 - 2,5%

Όσο αφορά την ρύπανση που προκαλούν τα μεταβολικά προϊόντα των ψαριών στην Ελλάδα τουλάχιστον, γίνεται σύγκριση με τα αστικά απόβλητα. Αυτό είναι λάθος διότι τα περιττώματα των ανθρώπων και των χερσαίων οργανισμών γενικά δεν «αναγνωρίζονται» από τα θαλάσσια βακτήρια, οπότε δύσκολα αποικοδομούνται.

Αν θεωρήσουμε ότι η αμμωνία παραμένει μέσα στους κλωβούς που στην πραγματικότητα δεν συμβαίνει, θα έχουμε μια ημερήσια αραίωση της τάξης του 0,043 mg/l, δηλαδή 20 φορές μικρότερη από το κρίσιμο και θανατηφόρο σημείο στα ψάρια. Επίσης σύμφωνα με μετρήσεις που έγιναν στα ιχθυοτροφεία ΣΕΛΟΝΤΑ το συνολικό αμμωνιακό άζωτο υπολογίστηκε λιγότερο από 0,5 mg/l, η οποία τιμή είναι 2000 φορές μικρότερη από την κρίσιμη τιμή.

6.1.3 ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΣΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΤΩΝ ΙΧΘΥΟΚΛΩΒΩΝ

Το ποσό της λάσπης που παράγεται από κάθε ιχθυοτροφική μονάδα ποικίλλει πάρα πολύ και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα και την μετατρεψιμότητα της τροφής. Μελέτες που έχουν γίνει έδειξαν ότι το ποσό της λάσπης που παράγεται σε μια ιχθυοτροφική μονάδα πέστροφας είναι 90-240 g ξηρού υλικού για κάθε χιλιόγραμμο χρησιμοποιούμενης τροφής. Σε μια ιχθυοτροφική μονάδα πέστροφας συνολικής παραγωγή 100th παράγεται 150th λάσπης. Τα απόβλητα σε μια λεκάνη εκτροφής υπάρχουν είτε σαν διαλυμένα είτε σαν στερεά υλικά. Τα στερεά υλικά μπορεί να είναι είτε αιωρούμενα είτε κατακαθιμένα και αυτό εξαρτάται από το βαθμό της διαταραχής που υφίστανται.

Για να αποφευχθεί η συγκέντρωση ιζημάτων από οργανικής προέλευσης υλικά και από υπολλείμματα τροφών κάτω από τον πυθμένα, πρέπει οι θαλάσσιες εκτάσεις που παραχωρούνται για ιχθυοκαλλιέργειες να είναι δεκαπλάσιες του ωφέλιμου εμβαδού των ιχθυοκλωβών ώστε να υπάρχει δυνατότητα περιοδικής μετακίνησης αυτών.

Επίσης πρέπει να τονιστεί ότι το μέγεθος της μονάδας πρέπει να συνδέεται με την υδρολογία της περιοχής, το επίπεδο των υφισταμένων θρεπτικών αλάτων και τις παραγωγικές συνθήκες του συγκεκριμένου χώρου. Περιοχές με αρκετή αλλαγή νερών πρέπει να επιδιώκονται και να αποφεύγονται οι στενοί μυχοί κόλπων με ελλιπή κυκλοφορία νερών.

Συνίσταται επίσης το βάθος της περιοχής εγκατάστασης να είναι μεγαλύτερο από το διπλάσιο του βάθους των κλουβιών. Ολογοτροφικές παράκτιες περιοχές είναι επίσης προτιμότερες επειδή είναι ικανές να δεκτούν μια αυξημένη ποσότητα θρεπτικών στοιχείων. Τα κλουβιά δεν θα πρέπει να

βρίσκονται κάτω από υφέσεις του βυθού, αλλά να προτιμούνται υποστρώματα με μικρή κλίση προς την ανοικτή θάλασσα.

Περιοχές με βιομηχανική, γεωργική ή οικιστική ρύπανση είναι ακατάλληλες. Κατά τη φάση λειτουργίας, είναι απόλυτα αναγκαίο να ελαχιστοποιηθεί η συγκέντρωση στερεών υπολειμμάτων κάτω από τα κλουβιά. Το φαινόμενο αυτό δεν παρατηρείται σε απόσταση μεγαλύτερη από τα 25 μέτρα περιφερειακά των κλουβιών. Η χρήση ξερών ή θρυμματισμένων και κατάλληλου μεγέθους ιχθυοτρόφων, η βελτίωση των τεχνικών ταΐσματος με αύξηση του αριθμού ημερησίων σιτηρεσίων, το τάισμα με το χέρι μέχρι 70-80% του κορεσμού των ψαριών, μπορεί να ελαττώσει σημαντικά το ποσό των αποβλήτων και να αυξήσει τον συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής.

Η μετακίνηση των κλουβιών κάθε 2-3 χρόνια, αποτελεί επίσης μια επιτυχή στρατηγική για τη γρήγορη ανακύκλωση των στερεών υπολειμμάτων. Πάνω όμως από όλα αυτά, η περιοδική καταγραφή των φαινομένων που συντελούνται στο βυθό (με δύτη ή με δειγματολείπτη βυθού) θα υποδείξει κάθε ενδεχόμενο πρόβλημα

6.1.4 ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ ΙΧΘΥΟΚΛΩΒΩΝ

Η αύξηση της βιομάζας στην περιοχή των ιχθυοκλωβών προέρχεται από τη γρήγορη ανάταξη των καταβολικών προϊόντων και απεκρίσεων άλλων βιολογικών υλικών και ιχθυοτρόφων.

Τα υλικά αυτά από τη φύση τους ενισχύουν ορισμένες βαθμίδες της οικολογικής πυραμίδας και ευνοούν ιδίως την ανάπτυξη των ανωτέρω καταναλωτών (ψάρια) που καταναλώνουν τις διαφυγές ιχθυοτρόφων. Η αύξηση της ιχθυομάζας κοντά σε περιοχές ιχθυοκλωβών είναι φαινόμενο που

έχει παρατηρηθεί. Η αντιμετώπιση του φαινομένου αυτού μπορεί να γίνει με την ελεγχόμενη συλλεκτική αλιεία στις περιοχές των ιχθυοκλωβών.

6.1.5 ΔΙΑΔΟΣΗ ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΙΧΘΥΟΚΛΩΒΟΥΣ ΣΤΟΥΣ ΕΛΕΥΘΕΡΟΥΣ ΙΧΘΥΟΠΛΗΘΥΣΜΟΥΣ

Το φαινόμενο φαίνεται να είναι στατιστικά πιθανό, αλλά δεν έχει ακόμα καταγραφεί. Για την αποφυγή του φαινομένου αυτού απαιτείται τα άρρωστα και νεκρά άτομα να μην απορρίπτονται στη θάλασσα, αλλά να θάβονται με υγειονομική ταφή μαζί με τα υπόλοιπα στερεά απορρίματα των μονάδων.

Για την αντιμετώπιση και αποφυγή όσο το δυνατόν περισσότερο οικοβοιοπαθολογικών προβλημάτων, θα πρέπει να αρχίσουμε σωστά με καλές βάσεις, με επιλογή του κατάλληλου θαλάσσιου χώρου κατόπιν σειράς πολλών ειδικών μετρήσεων και εξέταση όλων των πηγών ρύπανσης στην εγγύς περιοχή.

6.2 ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΜΕ ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

α) Αζωτο - Φώσφορο - Ευτροφισμός

Το υλικό των περιττωμάτων των ψαριών και το υψηλό πρωτεϊνικό περιεχόμενο στις ιχθυοτροφές περιέχουν υψηλά επίπεδα αζώτου και φωσφόρου.

Γενικά υπάρχει διαφορά ως προς το ποσοστό του περιεχομένου φωσφόρου στην τροφή των ψαριών μεταξύ διάφορων εργοστασίων που κυμαίνεται μεταξύ 10 και 22 g./Kg ξηράς τροφής, ενώ είναι γνωστό ότι απαιτούνται για την διατροφή των ψαριών μόνο 6-8g./Kg τροφής.

Συνήθως τα ψάρια (κυρίως στην πέστροφα και το σολομό, που υπάρχουν

ΑΝΑΛΥΣΗ ΡΥΠΟΓΟΝΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΙΩΝ

αρκετά ερευνητικά στοιχεία) έχουν στη σάρκα τους 3,5 - 4,5 g φωσφόρου ανά χιλιόγραμμο ζώντος βάρους. Η ποσότητα αυτή παραμένει σταθερή εφόσον η παρεχόμενη στα ψάρια τροφή έχει φώσφορο μέχρι 7 g/Kg ξηράς τροφής. Συνεπώς οποιαδήποτε ελάττωση του ποσού του φωσφόρου που περιέχεται στην τροφή των ψαριών, αυτόματα θα ελαττωθεί και η επιβαλλόμενη ποσότητα στο νερό, στα ίδια ποσά.

Τα τελευταία χρόνια έγιναν προσπάθειες από πολλά εργοστάσια παρασκευής ιχθυοφυραμάτων, να ελαττωθεί το ποσό του περιεχομένου φωσφόρου της τροφής που διατίθεται στα ψάρια που καλλιεργούνται σε υφάλμυρα νερά στο ποσό των 4-5g/Kg ξηράς τροφής και τα αποτελέσματα ήταν πολύ ενθαρρυντικά.

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν το ποσό του φωσφόρου που αποβάλλεται στο υδάτινο περιβάλλον κατά την εκτροφή των ψαριών είναι η μετατρεψιμότητα της τροφής του κάθε ψαριού, η θερμοκρασία του νερού και το περιεχόμενο οξυγόνου. Γενικά ο φώσφορος μεταφέρεται και παραμένει στη λάσπη που δημιουργείται στον πυθμένα όπου γίνεται η εκτροφή. Εφόσον όμως λαμβάνεται πρόνοια να υπάρχει βάθος 5-6 μέτρα κάτω από τον πυθμένα των δεξαμενών, τότε τα ρέματα απομακρύνουν την λάσπη με αποτέλεσμα να ελαττώνεται η ποσότητα του φωσφόρου στο 50%.

Στη Σουηδία όλες οι μονάδες με κλωβούς χρησιμοποιούν ως τροφή ξηρές πέλετς. Έχει κατασκευαστεί λοιπόν μια εξίσωση που προσδιορίζει το φορτίο φωσφόρου και αζώτου. Προϋπόθεση είναι όμως να γνωρίζονται οι παρακάτω παράμετροι:

- κύκλοι παραγωγής
- διάφορα μεγέθη ψαριών
- θερμοκρασία
- ρεύμα νερού

ΑΝΑΛΥΣΗ ΡΥΠΟΓΟΝΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΙΩΝ

-πρωτεϊνική, λιπιδιακή, υδρογονανθρική, βιταμινική και μεταλλική περιεκτικότητα στην τροφή

- οι διάφοροι μέθοδοι της παραγωγής

Οι εξισώσεις είναι:

$$\text{Kgr P} = (\text{A} \times \text{Cdp}) - (\text{B} \times \text{Cfn})$$

$$\text{Kgr N} = (\text{A} \times \text{Cdn}) - (\text{B} \times \text{Cfn})$$

A= υγρό βάρος των ξηρών πελλετών που χρησιμοποιούνται ανά έτος

B = υγρό βάρος της παραγωγής των ψαριών ανά έτος

Cdp = περιεχόμενο φωσφόρου στις ξηρές πελετες , εκφρασμένα ως % του υγρού βάρους

Cdn = περιεχόμενο αζώτο στις ξηρές πέλλες, εκφρασμένα ως % του υγρού βάρους

Cfp = περιεχόμενο φωσφόρου στα ψάρια εκφρασμένα ως % του υγρού βάρους

Cfn = περιεχόμενο αζώτου στα ψάρια εκφρασμένα ως % του υγρού βάρους

Αυτό όμως που έχει ιδιαίτερη σημασία όσο αφορά το άζωτο είναι το γεγονός ότι αποτελούν ζωτικά στοιχεία στην αύξηση και ανάπτυξη των φυτών, οπότε δημιουργείται η πιθανότητα να υπάρξει ανάπτυξη στο φυτοπλαγκτόν.

Οι επιπτώσεις όμως αυτού του εμπλουτισμού με θρεπτικά συστατικά στην παραγωγικότητα του φυτοπλαγκτού είναι ασυνεπής, και γενικευμένες απαντήσεις δεν μπορούν να δοθούν στο αν μπορεί να δημιουργηθεί αύξηση φυτοπλαγκτού, η οποία μπορεί να προκαλέσει εκτεταμένες θνησιμότητες ή

στο αν τέτοιος εμπλουτισμός προκαλεί την ανάπτυξη ορισμένων ειδών πλαγκτού που παράγει τοξίνες επίσης θνησιγόνες.

Δεν υπάρχει λοιπόν χειροπιαστή απόδειξη ότι τα εκτροφεία ψαριών προκαλούν ανθήσεις πλαγκτού αν και έχει βρεθεί σε πειράματα στο εργαστήριο ότι η ανάπτυξη ορισμένων δινομαστιγιωτών, που προκαλούν ερυθρά παλίρροια, προκαλούνται από αυξημένη αμμωνία στο νερό. Δεν βρέθηκε όμως η γραμμική σχέση μεταξύ εμπλουτισμού με θρεπτικά συστατικά και πρωτογενούς παραγωγή.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι δεν υπόκειται θέμα ευτροφισμού από τις ιχθυοκαλλιέργειες, γιατί αυτό θα έβλαπτε πρώτα την ίδια την επιχείρηση.

Ο μόνος τρόπος ελαχιστοποίησης του ευτροφισμού είναι η τοποθέτηση των εκτροφείων σε θέσεις με καλή κυκλοφορία νερού. Αυτό γίνεται γιατί το εποικούμενο πλαγκτόν δεν θα έχει χρόνο να καταναλώσει το άζωτο και το φώσφορο γιατί απλούστατα αυτά θα παρασέρνονται γρήγορα από το ρεύμα.

6.3 ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΝΤΙΒΙΟΤΙΚΩΝ - ΑΠΟΛΥΜΑΝΤΙΚΩΝ

Υπάρχουν αποδείξεις ότι κάποια ποσότητα αντιβιοτικών ενσωματωμένων στην τροφή, δεν καταναλώνεται από τα ψάρια και έτσι εναποτίθεται στη στήλη του νερού και το ίζημα. Αντιβιοτικά έχουν ανιχνευθεί σε άγριο ιχθυοπληθυσμό σε περιοχές εκτροφείων 13 μέρες μετά από μια μεταχείριση στο εκτροφείο.

Εφόσον όμως το περιεχόμενο των αντιβιοτικών στη τροφή είναι πολύ μικρό σε σύγκριση με την διάλυσή τους στο νερό και το ότι η χρήση τους είναι διαλειπομενη, μπορούν να θεωρηθούν ως αμελητέο ποσοστό ρύπανσης από μια ιχθυοκαλλιέργεια.

Η ποσότητα των απολυμαντικών και φαρμάκων που χρησιμοποιούνται στις

μονάδες εκτροφής ψαριών είναι μηδαμινές ποσότητες και όταν απαιτούνται απολυμάνσεις γίνονται φυσικά για λόγους προληπτικούς ώστε να έχουμε την αποφυγή ασθενειών .

Σε πολλές περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται απολυμαντικά σε κλειστά κυκλώματα υπάρχουν προδιαγραφές των φίλτρων ώστε ο χρόνος διάλυσης και απορρόφησης των από τα φίλτρα, να είναι 16 έως 24 ώρες.

Το βιολογικό φίλτρο έχει την δυνατότητα να αδρανοποιεί την σύνθεση του με το οργανικό υλικό που υπάρχει στο νερό με αποτέλεσμα το νερό που θα κινείται προς το φυσικό περιβάλλον δεν θα προξενεί καμιά επίπτωση.

6.4 ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΑΠΟ ΟΡΓΑΝΙΚΟ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟ

Ενας αριθμός τεχνικών έχουν χρησιμοποιηθεί ώστε να μειωθεί το επίπεδο της ρύπανσης από τον οργανικό εμπλουτισμό κάτω από ιχθυοκλωβούς, αλλά και αυτές παρουσιάζουν προβλήματα. Ο Enell Lof, Bioroklynd (1984) συνέλεξαν επιτυχώς μια μεγάλη ποσότητα ιχθυοτροφών και περιττωμάτων των ψαριών, αιωρώντας μια χοάνη από PVC κάτω από τους κλωβούς, δεν εμποδίζεται και ότι η όλη εγκατάσταση του συστήματος δεν στρέσαρε τα ψάρια.

Επιπροσθέτως, η διατήρηση ενός τέτοιου μόνιμου συστήματος κάτω από τους κλωβούς θα ήταν μάλλον δύσκολη σε πολύ εκτεθειμένες περιοχές. Το όλο σύστημα δουλεύει ως εξής: τα υπολείμματα ιχθυοτροφής και τα περιττώματα των ψαριών συσσωρεύονται σε μια χοάνη που βρίσκεται κάτω από τον κλωβό. Μέσω ενός υπολογιστή δίνεται εντολή σε μια αντλία η οποία οδηγεί όλα αυτά τα στερεά σε ένα κανάλι το οποίο καταλήγει σε ένα φίλτρο. Τέλος τα στερεά μαζεύονται σε μια δεξαμενή αποδέκτη.

Ένα πιο εξελιγμένο, πιο αποδοτικό μα και πιο ακριβό σύστημα θα ήταν ένας συνδυασμός του προαναφερθέντος συστήματος και στην συνέχεια (μετά από την δεξαμενή - αποδέκτη) ενός από τα παρακάτω:

Βιολογικός καθαρισμός

Αποτελείται από τις γνωστές εγκαταστάσεις και συστήματα βιολογικού καθαρισμού αποβλήτων. Οι αποδόσεις σε απομακρύνσεις οργανισμών είναι της τάξης του 95%. Πρέπει να σημειωθεί ότι στις συνήθεις εγκαταστάσεις ενός βιολογικού καθαρισμού δεν γίνεται απομάκρυνση των ενώσεων αζώτου και φωσφόρου. Η απομάκρυνση αυτών απαιτεί εγκαταστάσεις τριτογενούς καθαρισμού.

Βιολογικά φίλτρα

Πρόκειται για βιολογικούς αντιδραστήρες σταθερής κλίνης αποτελούμενοι από κελύφη κυκλικής διατομής γεμάτα με αδρανή υλικά (διαβαθμισμένο χαλίκι 4-8cm). Διάφοροι μικροοργανισμοί προσκολλούνται στα αδρανή υλικά, δημιουργώντας βιομάζα που τρέφεται από τα απόβλητα. Η απαλλαγή δηλαδή από το οργανικό φορτίο γίνεται α) προσρόφηση ρυπαντών από την εξωτερική στοιβάδα της βιομάζας και β) ο μεταβολισμός τους από τους αερόβιους μικροβιακούς πληθυσμούς.

Βιοδισκοί

Πρόκειται για τους ίδιους αντιδραστήρες, αλλά με τη διαφορά ότι αντί η βιομάζα των μικροοργανισμών να σχηματίζεται στα αδρανή υλικά, σχηματίζεται πάνω σε πλαστικούς δίσκους. Οι δίσκοι αυτοί περιστρέφονται. Έτσι η βιομάζα βρίσκεται διδοχικά μέσα στα απόβλητα, όπου και τρέφεται.

Γενικά όμως από ότι φαίνεται, τα απόβλητα ενός ιχθυοτροφείου δύσκολα μπορούν να γίνουν αντικείμενο βιολογικού καθαρισμού διότι οι

ΑΝΑΛΥΣΗ ΡΥΠΟΓΟΝΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΙΩΝ

συγκεντρώσεις των ρύπων πρακτικά είναι κάτω από τα όρια ενός τέτοιου συστήματος.

Ο Braaten et al (1983) προσδιόρισε τη χρήση ενός υποβρύχιου αναδευτήρα ώστε να έχουμε τη διασπορά των στερεών αποβλήτων και συνέστησε τη χρήση μιας υποβρύχιας αντλίας που να συλλέγει τα ιζηματοποιημένα απόβλητα. Στην περίπτωση του πρώτου, βρέθηκε ότι ο υποβρύχιος αναδευτήρας απέτρεπε περαιτέρω συσσώρευση και μείωνε το οργανικό στρώμα κάτω από τους κλωβούς κατά 1/3, αλλά βρήκαν ότι ήταν απαραίτητο να μετακινήσουν τα ψάρια από την τοποθεσία που βρισκόταν πριν ο αναδευτήρας δουλέψει. Σε ένα τροποποιημένο σύστημα ο αναδευτήρας αιωρούνταν πάνω από τον πυθμένα. Και αυτό το σύστημα απέτρεπε την επιπρόσθετη συσσώρευση και μπορούσε να χρησιμοποιηθεί κάτω από κλωβούς.

Κατά την διάρκεια της χρήσης ενός τέτοιου συστήματος θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στα παρακάτω:

α) Να μην οδηγείται (λόγω ανάδευσης) νερό χαμηλής περιεκτικότητας σε οξυγόνο στους κλωβούς.

β) Η τυχόν επαναιώρηση των ιζηματοποιημένων οργανικών αποβλήτων δεν αυξάνει την βιολογική απαίτηση σε οξυγόνο γύρω από τους κλωβούς.

Επιπλέον, η τοποθέτηση των κλωβών σε περιοχές με καλή κυκλοφορία νερών αυξάνει το βαθμό διασποράς των στερεών απορριμάτων κατά φυσικό τρόπο.

Τέλος η περιοδική μετακίνηση των κλωβών επιτρέπει στο ίζημα να επανέρχεται στη φυσική του κατάσταση, αφότου έχει αφομοιώσει και οξειδώσει ότι οργανικά υπολείμματα υπήρχαν. Δυστυχώς όμως αυτός ο χρόνος δεν έχει υπολογισθεί.

7. ΡΥΠΑΝΣΗ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΩΝ ΝΕΡΩΝ ΑΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΤΙΚΑ ΛΥΜΑΤΑ

Δίνεται μια σύντομη περιγραφή του τρόπου με τον οποίο γίνονται οι διάφορες ρυπάνσεις, αναφέροντας τις κυριότερες χημικές ουσίες που έχουν δυσμενή επίδραση στους προαναφερόμενους οργανισμούς.

Κανονικά τα νερά αυτά περιέχουν διάφορες - οργανικές ή ανόργανες- ουσίες, αλλά σε σχετικά πολύ μικρές δόσεις. Ωστόσο, συμβαίνει μερικές φορές, οι βιομηχανίες ή οι αστικοί οικισμοί να ρίχνουν τα απόβλητά τους σε γειτονικά υδάτινα ρεύματα ή λίμνες. Η περιεκτικότητα τότε των διαλυμένων ή αιωρούμενων ουσιών αυξάνεται σημαντικά, εξ αιτίας δε αυτού προκαλούνται σοβαρές ζημιές στη πανίδα και την χλωρίδα της υδατοσυναγωγής, οι οποίες είναι πολλαπλής, ή διαφορετικής, την κάθε φορά, προέλευσης, δηλαδή:

1. Ζημιές οφειλόμενες σε τοξικές ουσίες

π.χ. φωσφορικό οξύ, απόβλητα των εργοστασίων καθαρισμού μετάλλων, εντομοκτόνα οργανοφωσφορικά από τα απολυνόμενα γεωργικά εδάφη κ.α.

2. Ζημιές από έλλειψη οξυγόνου

(υψηλό BOD στα νερά του φυσικού αποδέκτη), λόγω οργανικών ζημώσεων στα νερά αποχέτευσης γεωργικών εργοστασίων, διυλιστηρίων, εργοστασίων ζάχαρης, ζυθοποιίας κ.λ.π.

3. Ζημιές από αποσύνθεση στερεών υλών σε αιώρηση

Τα υλικά αυτά (περίπτωση εργοστασίων λιγνίτη κ.α.) δημιουργούν επιχώσεις

ή προσχώσεις, που εμποδίζουν την ανάπτυξη της πανίδας και χλωρίδας και κάνουν βιολογικά στείρα τα νερά

4. Η αποοξυγόνωση μιας υδατοα συλλογής

που οφείλεται στην παρουσία ουσιών που μπορούν αν αποσυνθετηθούν. Τα ψάρια πεθαίνουν από ασφυξία και όταν όλο το οξυγόνο εξαφανιστεί σχηματίζονται δυσάρεστες οσμές που οφείλονται στη δημιουργία H₂S, αμμωνίας κ.α.

5. Τα στερεά αιωρούμενα στοιχεία

μπορούν να φράξουν τα υδάτινα ρεύματα και να προκαλέσουν πλυμμήρες. Καθιζάνοντας επίσης στον πυθμένα καταστρέφουν τα αυγά των ψαριών και τους διάφορους οργανισμούς που αποτελούν τροφή για τα ψάρια.

6. Οι διαβρωτικές ουσίες (οξέα - αλκάλια)

και εκείνες οι τοξικές όπως κυανούχα, φαινόλες, τσίγκου, χαλκού κ.α. μπορούν να σκοτώσουν τα ψάρια τα βακτηρίδια και άλλες υδρόβιες μορφές. Με την καταστροφή των βακτηριδίων το υδάτινο ρεύμα γίνεται στείρο και ανίκανο για αυτοκάθαρση.

7. Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί

υπάρχουν πάντοτε στα αστικά λύματα και σπανίως στα βιομηχανικά απόβλητα. Στα απόβλητα όμως των βυρσοδεψείων είναι δυνατόν να υπάρχουν βάκιλοι του άνθρακα.

8. Οι φυσικού τύπου ρυπάνσεις

με επιβλαβείς επιπτώσεις είναι η θελερότητα, χρωματισμός, η αύξηση της ραδιενέργειας. Η αισθητή αύξηση της θερμοκρασίας του νερού με την ανάμιξη θερμών υδάτινων μαζών προκαλεί μείωση του οξυγόνου και αύξηση της αποσύνθεσης.

9. Η πρόκληση δυσάρεστης γεύσης και οσμής

του νερού από ρυπάνσεις αποβλήτων καθιστώντας το ακατάλληλο.

10. Ανεπιθύμητες βιολογικές επιδράσεις

με αποτέλεσμα την υπέρμετρο ανάπτυξη φυκών και άλλων οργανισμών με κίνδυνο απόφραξης των υδροροών και ανάπτυξη δυσοσμίας

11. Η αύξηση της σκληρότητας του νερού

από ορισμένα μεταλλικά άλατα κάνοντας το νερό ακατάλληλο για βιομηχανική χρήση.

Γενικά τα νερά των αποχετεύσεων και εργοστασίων που περιέχουν οργανικές ουσίες, είναι επικίνδυνα μόνο κατά το στάδιο της αποδόμησης, δηλαδή της μετατροπής τους σε ανόργανα συστατικά, λόγω της απελευθέρωσης, αμμωνίας, λιπαρών οξέων και άλλων βλαβερών, για την ανάπτυξη διάφορων οργανισμών, ουσιών. Εάν η μετατροπή αυτή πραγματοποιείται πριν από την είσοδό τους στη θάλασσα ή τους άλλους υδάτινους αποδέκτες, το νερό αυτό, όχι μόνο έχει υποστεί αυτοκάθαρση και έχει γίνει ακίνδυνο, αλλά και εμπλουτίζεται σε θρεπτικά στοιχεία που είναι χρήσιμα για την ανάπτυξη της πρωτογενούς παραγωγής.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, κατά την αποβολή τους στα ποτάμια ή τη

θάλασσα, εφόσον η ζύμωση δεν έχει ακόμα αρχίσει, μπορούν τα απόβλητα αυτά να προσελκύουν κοπάδια ψαριών που τρέφονται από θρεπτικές ουσίες που υπάρχουν εκεί, χωρίς καθόλου η φύση των οργανικών αυτών ουσιών να θέτει σε κίνδυνο την υγεία τους. Το γεγονός αυτό εξηγεί την αφθονία σαρδέλων στις εκβολές των ποταμών, ως και διάφορων κυπρινίδων κοντά σε αγωγούς αποχέτευσης αστικών λυμάτων.

Μερικές άλλες φορές, νερά αποχετεύσεων, που περιέχουν οργανικές ουσίες, αποβάλλουν χημικές ενώσεις πολύ τοξικές. Αυτή είναι η περίπτωση των απόβλητων εργοστασίων γάλακτος, που περιέχουν γαλακτικό οξύ, ουσία εξαιρετικά επικίνδυνη για την ζωή των ψαριών.

7.1 ΑΛΑΤΑ ΚΑΙ ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

Η τοξικότητα αυτών των μετάλλων μπορεί να έχει σαν τοξική πηγή:

1) Τα κατιόντα του μετάλλου όπως είναι τα άλατα του μολύβδου, του τσίγκου και του χαλκού.

2) Η τοξική πηγή να είναι τα ανιόντα όπως των κυανούχων, χρωμιούχων και θειούχων αλάτων και αλκαλικά των μετάλλων, και

3) Η τοξική ενέργεια να είναι περισσότερο φυσική παρά χημική. Όπως όταν το ψάρι του γλυκού νερού τοποθετηθεί σε θαλάσσιο νερό η υψηλή οσμωτική πίεση προκαλεί μια ρυτίδωση στα βράγχια των ψαριών και τα ψάρια πεθαίνουν από κυκλοφοριακή ανακοπή.

Τα από δηλητηρίαση βαρέων μετάλλων νεκρά ψάρια παρουσιάζουν ασφυκτικά φαινόμενα, έκκριση άφθονης βλέννας που σκεπάζει το σώμα και τα βράγχια.

Η προσθήκη αλάτων ασβεστίου μειώνει την τοξικότητα αυτών των μετάλλων αυξάνοντας το χρόνο επιβίωσης.

ΚΥΑΝΟΥΧΑ - ΘΕΙΟΥΧΑ

Τα κυανούχα άλατα σε μικρές ποσότητες ερεθίζουν την αναπνοή και σε μεγαλύτερες από 1 PPM γίνονται θανατηφόρες για τα ψάρια. Αυτά χάνουν την ισορροπία τους περνώντας μια κάθετη θέση, η αναπνοή τους ελαττώνεται γίνεται πιο αργή και πεθαίνουν.

Εάν τα μεταφέρουμε γρήγορα σε καθαρά νερά τότε επανέρχονται. Η τοξική ενέργεια των κυανούχων οφείλεται στο μόριο του HCN γιατί εισέρχεται ευκολότερα στους ιστούς. Η τοξικότητα μεγαλώνει με την ελάττωση του PH.

Και το χλωροφόρο και το H S συμπεριφέρονται όπως τα κυανούχα.

ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΑΕΡΙΑ

Το CO₂ που σχηματίζεται κατά την αποσύνθεση των οργανικών ουσιών και σε νερά με μεγάλη ρύπανση μπορεί να φθάσει πάνω από 50 PPM αλλά εφόσον υπάρχει αρκετό οξυγόνο τα ψάρια μπορούν να ζήσουν και σε υψηλές συγκεντρώσεις CO₂.

Στη συγκέντρωση των 200 PPM τα ψάρια δεν εκδηλώνουν καμιά αντίδραση, στα 300-500 PPM το CO₂ ενεργεί σαν αναισθητικό αλλά σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις τα ψάρια πεθαίνουν.

Ενα άλλο αέριο που μπορεί να υπάρχει στο νερό είναι η NH₃ συνήθως όμως υπό μορφή αμμωνιακών αλάτων τα οποία είναι λιγότερο τοξικά από την NH₃.

Πολλά ψάρια ζουν σε νερά που περιέχουν 100 PPM ανθρακικού αμμωνία αλλά πεθαίνουν σε συγκεντρώσεις NH πάνω από 2,5 PPM. Η τοξικότητά της ελαττώνεται μειώνοντας το PH.

Η NH₃ είναι τοξική γιατί μπορεί να εισχωρήσει στο σώμα των ψαριών δια μέσου των βραγχίων.

Το H₂S είναι επίσης τοξικό αέριο.

ΟΞΕΑ ΚΑΙ ΑΛΚΑΛΙΑ

Τα οξέα ενεργούν στα ψάρια.

1) Μεταβάλλοντας το ΡΗ του νερού που επηρεάζοντας έτσι τις συνθήκες ζωής και ανάπτυξης χωρίς να προκαλούν το θάνατο.

2) Να υπάχουν σε συγκεντρώσεις στο νερό θανατηφόρες.

3) Να είναι τοξικά.

Τα ψάρια μπορούν να ζήσουν σε νερά με ΡΗ από 5 έως 8.5 αλλά μερικά ζουν και κάτω του 5. Τα περισσότερα ψάρια ζουν σε νερά ελαφρώς αλκαλικά.

Το ΡΗ παίζει σπουδαίο ρόλο στην ανάπτυξη των ψαριών. Τα ψάρια που ζουν σε νερά με ΡΗ 8 αναπτύσσονται σχεδόν στο διπλάσιο από εκείνα που ζουν σε ΡΗ 5 περίπου.

ΑΠΟΡΡΥΠΑΝΤΙΚΑ

Τα συνθετικά απορρυπαντικά μεταπολεμικά έχουν κατακτήσει τα σπίτια όλων.

Αυτά δημιουργούν ακόμη και σε μικρές ποσότητες ένα λεπτό στρώμα αφρού στην επιφάνεια του νερού.

Πειράματα έχουν αποδείξει ότι τα ψάρια ζουν περισσότερο από 10 μέρες σε νερά με 4 ΡΡΜ απορυπαντικού και περισσότερο από 100 μέρες σε νερά με 3 ΡΡΜ.

ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΑ - ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΑ

Μεταπολεμικά χρησιμοποιήθηκαν το D.D.T. και φωσφορικές οργανικές ενώσεις. Τα νερά χλωριομένα εντομοκτόνα είναι πολύ τοξικά για τα ψάρια και τον άνθρωπο. Η θνησιμότητα των ψαριών σε νερό με 0,5 ΡΡΜ D.D.T. είναι 100% και σε 0,25 ΡΡΜ επταχλωρίου.

Το παραθείον και μαλαθείον είναι πιο τοξικά για τον άνθρωπο και

λιγότερο για τα ψάρια.

7.2 ΡΥΠΑΝΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΑ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΙΑ

Έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι η ρύπανση που προκαλείται στα υδάτινα οικοσυστήματα από τα απόβλητα ενός ανθρώπου στο εικοσιτετράωρο, ισοδυναμεί με την αντίστοιχη που προκαλείται από την παραγωγή 8 τμψαριών.

Παρακάτω παρατίθεται ένας πίνακας από την Φιλανδία που παρουσιάζει τον βαθμό ρύπανσης των υδάτινων οικοσυστημάτων από τις διάφορες βιομηχανικές μονάδες και από τα ιχθυοτροφεία όπου είναι καταφανέστατη διαφορά ως προς την ρύπανση μεταξύ ιχθυοτροφείων και άλλων βιομηχανικών μονάδων.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΡΥΠΟΓΟΝΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΙΩΝ

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΤΟ 1978 (tn./έτος)

(Φιλανδία, National Board of Water, 1981)

Βιομηχανικές πηγές	Στερεά	BOD	P	N
Βιομηχανίες χάρτου	87.900	230.000	51.6	3.325
Δασικές βιομηχανίες	22	120	3.5	1.5
Πετροχημικές βιομηχανίες	620	300	4.6	270
Παραγωγή λιπασμάτων	380	9	23.8	560
Άλλες χημικές βιομηχανίες	1.950	3.480	28.0	215
Εκμεταλλεύσεις λατομείων και άλλων υλικών	310	150	0,8	27
Ορυχεία	1000	65	1.2	340
Βασικές βιομηχανίες μετάλλου	4.660	55	6.6	850
Μεταποιητικές επιχειρήσεις μετάλλου	80	30	4.2	16
Βιομηχανίες υφασμάτων	60	80	2.5	25
Βιομηχανίες δερμάτων	190	200	0.8	70
Βιομηχανίες γαλακτοκομικών προϊόντων	160	390	8.8	46
Βιομηχανίες επεξεργασίας κρεάτων	43	57	2.4	15
Άλλες μη εποχιακές βιομηχανίες τροφίμων	1.100	3.200	9.7	45
Εποχιακές βιομηχανίες τροφίμων	700	1.150	9.2	91
Υδροηλεκτρικά εργοστάσια	910	13	0.6	7
Συνολική βιομηχανική ρύπανση	100.085	240.199	608	5.917
Ιχθυοτροφεία (παραγωγή 3.200tn)	1.800	900	60	240
Εκατοστιαίο ποσοστό της ρύπανσης των ιχθυοτροφείων σε σχέση με τις βιομηχανίες	18	0.4	9.9	4.1

8. ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΕΝΑΝΤΙΑ ΣΤΙΣ ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Όπως είδαμε παραπάνω οι επιπτώσεις στο περιβάλλον από την κατασκευή και λειτουργία ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων είναι συγκεκριμένες και είναι δυνατόν να αντιμετωπισθούν. Σε καμιά περίπτωση δεν φθάνουν σε οριακές καταστάσεις που μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα στο περιβάλλον και στη χρήση του για άλλους σκοπούς για τον απλό λόγο ότι η υποβάθμιση της ποιότητας του νερού είναι βλαπτική για τον ίδιο τον εκτρεφόμενο ιχθυοπληθυσμό. Η επιχειρηματολογία ενάντια στις ιχθυοκαλλιέργειες κινείται πέρα από τις επιστημονικώς παραδεκτές απόψεις και απευθύνεται κυρίως στην άγνοια και στον φόβο του καινούργιου. Από τη διεθνή βιβλιογραφία δεν προκύπτουν στοιχεία για σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον από την κατασκευή και λειτουργία ιχθυοτροφείων. Στη χώρα μας οι επιπτώσεις που αποδίδονται στα ιχθυοτροφεία έχουν προβληθεί μόνο από άρθρα στον ημερήσιο και περιοδικό τύπο. Χαρακτηριστικά αποσπάσματα από τα άρθρα αυτά παραθέτουμε στη συνέχεια.

«Εκεί (Αγ.Νικόλαος Δωρίδας) μέσα στο λιμάνι βρήκε η ρωμέϊκη ατσιδοσύνη τον κατάλληλο γιαλό για να σχεδιάσει την εγκατάσταση ιχθυοτροφείου, το οποίο βέβαια θα κλείσει ένα μέρος της ακτής (θα απαγορευτεί η προσπέλαση) και θα βρωμίσει την υπόλοιπη, με τα κατάλοιπα των ιχθυοτροφών και των φαρμάκων, που θα εκβράζονται με το κύμα, για την ευδοκίμηση μυγών, κουνπουπιών και άλλων παρασίτων. Δεκάδες σπίτια των ντόπιων και παραθεριστικές κατοικίες, αλλά και ξενοδοχεία θα χρειαστεί να εγκαταλειφθούν, τα παραλιακά ταβερνάκια θα κλείσουν, τα ψαροκάϊκα θα

δέσουν για να σαπίσουν».

«Οι κάτοικοι έχουν δίκιο να ξηλώνουν τα κλουβιά για την ιχθυοκαλλιέργεια, αν η περιοχή είναι τουριστική και κάνει μπάνιο ο κόσμος.

Διότι και μόνο η λειτουργία αυτών των ιχθυοκλουβιών δημιουργεί πρόβλημα μόλυνσης και ρύπανσης. Οι φυσικές λειτουργίες των ψαριών με τα απορρίματά τους, οι διάφορες ιχθυοτροφές κτλ, δημιουργούν μια βιομάζα, που αυξάνει τη θολερότητα της θάλασσας και τις συγκεντρώσεις των κολοβακτηριδίων και άλλων μικροοργανισμών. Ολα αυτά, δημιουργούν μια οικολογική συνύπαρξη, πο προσπαθεί να τραφεί από το πλαγκτόν. Τελικά επιβιώνουν οι μικροοργανισμοί που παρασιτούν. Δηλαδή, τα κολοβακτηρίδια ή άλλα βακτηρίδια, που είναι επικίνδυνα για τη δημόσια υγεία. Οπως ξέρετε δημιουργούν κολπίτιδες, σαλπιγγίτιδες, δερματίτιδες κτλ. Τέτοια μικρόβια βρήκαμε σε ιχθυογεννητικούς σταθμούς και σε ανοικτούς κόλπους ακόμα, στην Κεφαλλονιά και στη Βόνιτσα, χωρίς να πέφτουν στις περιοχές αυτές αγωγοί αποβλήτων. Αυτή και μόνο η λειτουργία του ιχθυογεννητικού σταθμού είναι ικανή να δημιουργήσει μόλυνση. Αν η περιοχή αυτή είναι τουριστική, τότε, πέρα από το πρόβλημα της μόλυνσης, έχουμε και αισθητικό πρόβλημα».

Είναι φανερό, η σύγκριση όρων και εννοιών καθώς και η αντιεπιστημονικότητα των διατυπούμενων απόψεων στο παραπάνω άρθρο. Θα σχολιάσουμε μόνο την καινοφανή θεωρία σύμφωνα με την οποία στις ιχθυοκαλλιέργειες παράγονται κολοβακτηρίδια που φαίνεται να προσελκύει τελευταία οπαδούς.

Οπως είναι γνωστό τα κολοβακτηρίδια είναι βακτήρια που ζουν συμβιωτικά στο τμήμα κόλον του εντερικού σωλήνα του ανθρώπου και ορισμένων θερμόαιμων ζώων και αποβάλλονται με τα αστικά λύματα και τα

κτηνοτροφικά απόβλητα. Τα ψάρια είναι ψυχρόβια ζώα και στο πεπτικό τους σύστημα δεν συμβιούν κολοβακτηρίδια. Αν υποτεθεί ότι τα νεκρά ψάρια, ιχθυοτροφές κτλ μολυνθούν με κολοβακτηρίδια εξωγενούς, προέλευσης (από λύματα ή κτηνοτροφικά απόβλητα) ο χρόνος επιβίωσης των μικροοργανισμών αυτών στη θάλασσα είναι πολύ μικρός γιατί η θάλασσα δεν αποτελεί τον φυσικό τους βιότοπο και σε μικρό χρόνο καταστρέφονται.

Ας σημειωθεί ακόμα ο προσδιορισμός κολοβακτηριοειδών στο θαλασσινό νερό χρησιμοποιείται σαν βιολογικός δείκτης επιμόλυνσης των νερών από λύματα ή κτηνοτροφικά απόβλητα χωρίς υγειονομική σημασία αν δε συνοδεύεται από εντοπισμό συγκεκριμένων παθογόνων μικροοργανισμών. Βεβαίως, είναι περά από κάθε επιστημονική άποψη η μετάδοση νόσων από τα ψάρια στον άνθρωπο.

Σ' ένα άλλο άρθρο αναφέρεται ότι:

«Παρόλες τις διακυμάνσεις του το ολικό φορτίο ρύπανσης από ένα «θεωρητικό» επίπεδο του 0,6 tn B.O.D./tn παραγόμενου ψαριού που προκύπτει κυρίως για τις δεξαμενές μέχρι κάποιο επίπεδο «κακής λειτουργίας» της τάξης του 1,5 tn B.O.D./tn παραγόμενου ψαριού».

Μια κατευθυντήρια τιμή ρύπανσης από ιχθυοκλωβούς, σε περιοχές με μέτρια ρεύματα και «φυσιολογικές» συνθήκες ταΐσματος ανεβάζει το ρυπαντικό φορτίο σε 1 tn B.O.D./tn παραγόμενου ψαριού.

Για να λάβει κανείς μια ιδέα για το ύψος της προκαλούμενης ρύπανσης, θα πρέπει να τη συγκρίνει μ'εκείνη των αστικών λυμάτων. Πράγματι τα απόβλητα από τις ιχθυοκαλλιέργειες και τα αστικά λύματα έχουν τόσο πολλά κοινά ποιοτικά χαρακτηριστικά ώστε δεν θα πρέπει να θεωρείται λάθος μια σύγκρισή τους. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι η παρουσία μεταβολιτών (ούρων, κοπράνων) και υπολειμμάτων τροφών,

μικροοργανισμών (κολοβακτηριδίων - φορέων ασθeneιών) καθώς και απολυμαντικών μέσων και αντιβιοτικών. Με άλλα λόγια και τα δύο είδη αποβλήτων κατέχουν ένα ρυπαντικό ροφτίο βιογενούς προέλευσης και βιολογικά αποικοδομήσιμο.

Κάτω από τις παραδοχές αυτές η προκαλούμενη ρύπανση από μια μονάδα εντατικής υδατοκαλλιέργειας, δυναμότητας 1 tn/έτος που συνίσταται κατά μέσο όρο σε μια παραγωγή ρυπαντικού φορτίου ίσου με 1 tn B.O.D./έτος ή 2.739 kg B.O.D./ημέρα, ισοδυναμεί με το ημερήσιο φορτίο που προκαλείται από τα λύματα ενός οικισμού 2.739 : 60 -45 κατοίκων. Βασικές παραδοχές για την ισοδυναμία από πλευράς αστικών λυμάτων είναι : α) ότι ο ημερήσιο ρυπαντικό τους φορτίο ανέρχεται σε 60 γρ. B.O.D. ανά κάτοικο, β) ότι τα λύματα χύνονται έτσι ως έχουν στον υδάτινο αποδέκτη χωρίς δηλαδή την μεσολάβηση ενδιάμεσων εγκαταστάσεων όπως π.χ. φρεάτια, βόθροι, φίλτρα οποιονδήποτε τύπων κ.α.

Ετσι μαι «μικρή μονάδα υδατοκαλλιεργειών» δυναμικότητας 20 tn/έτος (εκτάσεως 1 στρέμματος) εκπέμπει ένα ρυπαντικό οφρτίο ισοδύναμο ενός οικισμού με πληθυσμό 20 X 45 900 κατοίκων. Ανάλογα μια μεγάλη μονάδα εκτάσεως 20 στρεμμάτων και δυναμικότητας 400 tn/έτος ρυπαίνει το περιβάλλον όσο και μια πόλη πληθυσμού 18.000 κατοίκων.

Είναι φανερό ότι η ρύπανση που προκαλείται από μια μονάδα υδατοκαλλιεργειών δεν είναι διόλου ευκαταφρόνητη. Είναι χαρακτηριστική π.χ. η περίπτωση ενός κόλπου της Επιδαύρου, διαστάσεων 2,5 χλμ. βάθους και 1 χλμ πλάτους, ενός του οποίου έχει εγκατασταθεί μονάδα εντατικής ιχθυοκαλλιέργειας σε ιχθυοκλωβούς, δυναμικότητας περίπου 15 tn το χρόνο. Οι επιπτώσεις της μονάδας αυτής στην ακτή συνοψίζονται στα παρακάτω:

α) η διαφάνεια του νερού μειώθηκε στο 0,30 - 1 μέτρο έναντι 6-8 μέτρων που είναι η συνήθης τιμή στην περιοχή.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΡΥΠΟΓΟΝΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΙΩΝ

β) η θολερότητά του μετρήθηκε στο 20 FTU έναντι κάτω του 1 FTU που είναι και σύνηθες για την περιοχή.

γ) το ποσόν των αιωρούμενων στερεών σε δείγμα νερού μετρήθηκε στα 120 χιλιοστόγραμμα ανά λίτρο κάτω των 5 που είναι συνηθες για την περιοχή. Από αυτά 90 περίπου χλστγρ/λίτρο αποτελούν οργανικές ουσίες, προφανώς προϊόντα αποικοδόμησης από τους ιχθυοκλωβούς.

δ) η παραλία παρουσιάζει έντονα σημάδια ευτροφισμού και σήψης των οργανικών ουσιών που έχουν εκεί αποθεθεί.

Συμπερασματικά η παραλία του κόλπου αυτού έχει υποβαθμιστεί σε βαθμό που να είναι απολύτως ακατάλληλη για κολύμβηση και γενικότερα για τουριστική χρήση. Θα πρέπει να σημειωθεί πριν την εγκατάσταση της μονάδας ο κόλπος αυτός ήταν ένα από τα ωραιότερα κομμάτια της ακτής στην περιοχή και φιλοξενούσε το καλοκαίρι μεγάλο αριθμό τουριστών για «ελεύθερο κάμπινγκ». Σήμερα μετά την εγκατάσταση της μονάδας, αν και αυτή είναι ελάχιστα ορατή από την ακτή, δεν εγκαθίσταται κανένας επισκέπτης λόγω του εντελώς ακατάλληλου της παραλίας της. Από τα παραπάνω, γίνεται φανερό ότι η χρήση της παραλίας για υδατοκαλλιέργειες είναι ασυμβίβαστη με εκείνη της κολύμβησης και των παράκτιων δραστηριοτήτων αναψυχής γενικότερα.

Για να γίνει κατανοητό το μέγεθος του προβλήματος αρκεί να ειπωθεί ότι αν το ετήσιο έλλειμα των 45.000 tn ψαριού καλυπτόταν από ενταϊκές ιχθυοκαλλιέργειες, προκαλούμενη ρύπανση θα ανερχόταν σε 45.000 tn B.O.D. το έτος ή σε λύματα ενός ισοδύναμου πληθυσμού 2.025.000 κατοίκων περίπου. Αν μάλιστα ληφθεί υπόψη ότι τα λύματα αυτά απορρίπτονται εντελώς ανεπεξέργαστα στις θάλασσες χωρίς τη μεσολάβηση βόθρων ή άλλων εγκαταστάσεων, τότε μπορεί να ειπωθεί ότι σε μια τέτοια περίπτωση το ποσό της νέας ρύπανσης θα διπλασίαζε περίπου την ρύπανση που προκύπτει από όλους τους παράκτιους οικισμούς και πόλεις πλην των δύο μεγάλων

(Αθηνών και Θεσσαλονίκης). Είναι φανερό ότι η προκύπτουσα ρύπανση από ένα τέτοιο εγχείρημα θα έβαζε σε σοβαρή δοκιμασία το σύνολο σχεδόν των ακτών της Ελλάδας, ως προς τις χρήσεις αναψυχής και τουρισμού. Το φαινόμενο αυτό θα ήταν ιδιαίτερα έντονο, αν ποτέ συνέβαινε, δεδομένου ότι απαιτήσεις σε ειδικές συνθήκες περιβάλλοντος των υδατοκαλλιεργειών τις φέρνουν στα πιο προστατευμένα από το κύμα μέρη της παραλίας, εκείνα δηλαδή που είναι ιδιαίτερα κατάλληλα για χρήσεις αναψυχής και τουρισμού».

Από τα άρθρα που προαναφέρθηκαν δημιουργείται στο κοινό η εντύπωση ότι η ρύπανση από τα ιχθυοτροφεία είναι δεδομένη και υπολογίσιμη με τις παραδοχές που χρησιμοποιούν οι αρθρογράφοι. Το αναγνωστικό κοινό συνήθως δεν μπορεί να αξιολογήσει το αβάσιμο των ισχυρισμών τους όταν μάλιστα οι ισχυρισμοί αυτοί παρουσιάζονται σαν αποτελέσματα μετρήσεων και ούτε μπορεί να ελέγξει τα αποτελέσματα των υπολογισμών που χρησιμοποιούν.

Από μια προσπάθεια όμως ελέγχου των υπολογισμών που προαναφέρθησαν προκύπτουν τα εξής:

Αν δεχθούμε, όπως υποστηρίζει ένας από τους αρθρογράφους, ότι η μέση συγκέντρωση των εναιωρούμενων στερεών στην περιοχή όπου λειτουργεί ιχθυοτροφείο είναι 120 g SS/m^3 (έναντι των 5 g SS/m^3 που θεωρεί σαν συνηθισμένη τιμή για τη θάλασσα), τότε προκύπτει ότι στο συγκεκριμένο κόλπο με διαστάσεις : $2.500 \text{ m} \times 1.000 \text{ m} \times 8 \text{ m}$ βάθος και όγκο $20.000.000 \text{ m}^3$, το ιχθυοτροφείο με δυναμικό παραγωγής 15 tn ψάρια το χρόνο, έχει αποβάλλει στο περιβάλλον 2.300 tn υλικά ($20.000.000 \text{ m}^3 \times (120 - 5) \text{ g SS/m}^3 \times 10^{-6} \text{ g/tn} = 2.300 \text{ tn SS}$) που δεν καταναλώθηκαν και δεν αποσυντέθηκαν. Επειδή ως μοναδική πηγή ρύπανσης του κόλπου ο αρθρογράφος θεωρεί το ιχθυοτροφείο οι ποσότητες των εναιωρούμενων στερεών στη θάλασσα που

ΑΝΑΛΥΣΗ ΡΥΠΟΓΟΝΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΙΩΝ

προαναφέρθηκαν θα πρέπει να έχουν προέλθει από τις ιχθυοτροφές. Έτσι φαίνεται ότι οι 15 tn ψαριών έχουν καταναλωθεί 2.300 tn ιχθυοτροφές και επειδή το ιχθυοτροφείο δεν είναι δυνατόν να λειτουργεί παραπάνω από 10 χρόνια η ετήσια κατανάλωση ιχθυοτροφών θα πρέπει να είναι της τάξης των 230tn το έτος ή 15 tn ιχθυοτροφές ανά τόνο παραγόμενου ψαριού. Η άλλη παραδοχή, σύμφωνα με την οποία για κάθε τόνο παραγόμενου ψαριού παράγεται ρυπαντικό φορτίο ίσο προς 600 ως 1.200 kg B.O.D είναι αποδεκτή και δεν συμβιβάζεται με τις τιμές των εναιωρούμενων στερεών που ο ίδιος αναφέρει ότι μέτρησε. Η σύγκριση που επιχειρείται να εξισωθούν τα κατάλοιπα των ψαριών και τα αστικά λύματα είναι αστήριχτη. Αν δεχτούμε ότι μια μονάδα που παράγει 20 tn ψάρια το χρόνο επιβαρύνει το περιβάλλον με λύματα όσο ένας οικισμός 900 κατοίκων, σημαίνει ότι 20.000 kg ψάρια παράγουν ίση ποσότητα σε περιττώματα με ανθρώπους βάρους 63.000 kg (900 άνθρωποι X 70 kg / άνθρωποι = 63.000 kg βάρος ανθρώπων), δηλαδή ένα υποθετικό ψάρι 23 κιλών παράγει την ίδια ποσότητα περιττωμάτων με ένα σύγχρονο άνθρωπο βάρους 70 κιλών.

9. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ - ΙΣΧΥΟΝΤΕΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ - ΟΡΟΙ ΔΙΑΘΕΣΕΩΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Η εκφόρτωση ενός σημαντικού φορτίου ρύπανσης έχει σαν αποτέλεσμα την διατάραξη της φυσικής ισορροπίας του αποδέκτη και αλλαγές που μπορούν να διακριθούν σε 4 ζώνες.

α. Ζώνη ποιοτικού υποβιβασμού

Αμέσως μετά το σημείο εκροής των αποβλήτων, γίνεται εντατική αερόβια διάσπαση της οργανικής ύλης με επακόλουθο την σταθερή μείωση του ΔΟ και αποτέλεσμα τον θάνατο ή απομάκρυνση των ψαριών.

β. Ζώνη ενεργής αποσύνθεσης

Το ΔΟ βρίσκεται σε χαμηλό επίπεδο (κάτω από 50% της τιμής κορεσμού) ή απουσιάζει (οπότε γίνεται αναερόβια αποσύνθεση της οργανικής ύλης) με επακόλουθο την απουσία των ψαριών και τον σχηματισμό οσμηρών αερίων (όπως το CH_4 και H_2S). Η ζήτηση οξυγόνου εξακολουθεί να ικανοποιείται αερόβια ή έμμεσα (με την μετατροπή της οργανικής ύλης σε CH_4 και την φυσική αφαίρεση από το νερό του αερίου) αναερόβια.

γ. Ζώνη ανάρρωσης

Η ζήτηση οξυγόνου έχει ικανοποιηθεί κατά μεγάλο μέρος και η φυσική προσθήκη οξυγόνου (με διάλυση από την ατμόσφαιρα αφού το επίπεδο ΔΟ στο νερό είναι κάτω από το σημείο κορεσμού) ωθεί στην ολοκλήρωση της διαδικασίας της ανάρρωσης.

δ. Ζώνη καθαρού νερού

Βασικοί παράγοντες στις αλλαγές αυτές είναι η ζήτηση ΔΟ λόγω της

αερόβιας δράσης των μικροοργανισμών που έχει σαν αποτέλεσμα την σταθεροποίηση της οργανικής ύλης, και η προσθήκη ΔΟ στο νερό όταν υπάρχει έλλειμμα από το επίπεδο κορεσμού. Η ζήτηση εξαρτάται από την σχετική ποσότητα της οργανικής ύλης (που αντιπροσωπεύεται με το ΒΑΟ5 των αποβλήτων) και συνεπώς τον βαθμό διάλυσης των αποβλήτων με το νερό του αποδέκτη. Η προσθήκη που γίνεται με διάλυση οξυγόνου από την ατμόσφαιρα, ελέγχεται από το ύψος του ελλείμματος ΔΟ (τιμή κορεσμού -- τιμή στον αποδέκτη) και επιταχύνεται όταν η ροή είναι τυρβώδης ή με πτώσεις όπως σε καταρράχτες (γιατί αυξάνεται η επιφάνεια του νερού που έρχεται σε επαφή με τον αέρα). Αύξηση της θερμοκρασίας του αποδέκτη αυξάνει την ζήτηση ΔΟ λόγω της επιτάχυνσης των βιομηχανικών αντιδράσεων και μειώνει το διαθέσιμο ΔΟ γιατί μειώνει την διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό.

Η «καμπύλη χαλάρωσης οξυγόνου» είναι το προφίλ του ΔΟ στο νερό του αποδέκτη με την πάροδο του χρόνου από την εκφόρτωση των αποβλήτων ή την απόσταση των δύο δυνάμεων που επιδρούν στο ΔΟ, της ζήτησης και προσθήκης. Η καμπύλη χαλάρωσης οξυγόνου παρουσιάζει ένα κρίσιμο σημείο όπου η περιεκτικότητα του ΔΟ είναι ελάχιστη. Το σημείο αυτό θα πρέπει να παραμείνει πάνω από το 50% της τιμής κορεσμού για να αποφευχθούν τα διάφορα προβλήματα. Η καμπύλη χαλάρωσης οξυγόνου αντανακλά τον αυτοκαθαρισμό του αποδέκτη και πρέπει να αναγνωρισθεί η ικανότητα αυτή του αποδέκτη να δέχεται χωρίς σημαντικές επιπτώσεις κάποιο φορτίο λυμάτων η επεξεργασία των λυμάτων πριν την εκροή έχει στόχο την μείωση του φορτίου στο ανεκτό επίπεδο.

ΙΣΧΥΟΝΤΕΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ

Η διάθεση των λυμάτων και αποβλήτων σε υδάτινους αποδεκτές ελέγχεται από την υγειονομική διάταξη του 1965 «Περί διαθέσεως λυμάτων και αποβλήτων» (ΕΙΒ/221/22-1-65) η οποία τροποποιήθηκε το 1971 (Γ1/17831/7-12-

71) και το 1974 (Γ4/1305/2-8-74). Οι αποδέκτες κατατάσσονται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με την προβλεπόμενη ανώτερη χρήση τους όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Τύπος αποδέκτη	Ανώτερη χρήση αποδέκτη
Γλυκά επιφανειακά νερά	<p>Υδρευση χωρίς άλλη επεξεργασία εκτός από απολύμανση και κάθε άλλη χρήση</p> <p>Υδρευση μετά από επεξεργασία ισοδύναμη με ιζιματοποίηση, καθίζηση, διύλιση και απολύμανση</p> <p>Κολύμβηση και κάθε άλλη χρήση εκτός από ύδρευση</p> <p>Αλιεία και κάθε άλλη χρήση εκτός από ύδρευση και κολύμβηση</p> <p>Άρδευση, ψύξη μηχανών και κάθε άλλη χρήση εκτός από ύδρευση, κολύμβηση, αλιεία</p> <p>Κάθε χρήση εκτός από ύδρευση, κολύμβηση, αλιεία, άρδευση, ψύξη μηχανών.</p>
Θαλάσσια νερά	<p>Αλιεία εδώδιμων οστρακόδερμων και κάθε άλλη χρήση</p> <p>Κολύμβηση και κάθε άλλη χρήση εκτός από αλιεία οστρακόδερμων</p> <p>Αλιεία και κάθε άλλη χρήση εκτός από αλιεία οστρακόδερμων</p> <p>Κάθε χρήση εκτός από αλιεία οστρακόδερμων, κολύμβηση και αλιεία.</p>

Η διάταξη καθορίζει επίσης τους ελάχιστους όρους που πρέπει να ισχύουν

για την διάθεση λυμάτων και απόβλητων όπως φαίνεται στο παρακάτω πίνακα:

Ελάχιστοι όροι για διάθεση αποβλήτων

1. Ικανοποιητική επεξεργασία ώστε τα νερά του αποδέκτη να μη γίνονται ακατάλληλα για την προβλεπόμενη χρήση.
2. Ελάχιστη επεξεργασία ισοδύναμη με απλή καθίζηση 2 h. Μπορεί να απαιτηθεί εφαρμογή η πρόβληψη απολύμανσης.
3. Εκβολή αποβλήτων σε βάθος μεγαλύτερο από 1,0 μ κάτω από την χαμηλότερη ανάμιξη με τα νερά του αποδέκτη. Ελάχιστη απόσταση του σημείου εκβολής είναι 300 μ από περιοχές αλιείας οστρακόδερμων και 200 μ από περιοχές κολύμβησης.

Ευθύνη για την εφαρμογή της υγειονομικής διάταξης και τον καθαρισμό της ανώτερης χρήσης των επιφανειακών και θαλάσσιων αποδεκτών στα διάφορα διαμερίσματα της χώρας έχουν οι αντίστοιχες υπουργικές ή νομαρχιακές αρχές.

ΟΡΟΙ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

α. Οροι

Για τη διάθεση των υγρών αποβλήτων σε υπονόμους, ρεύματα ή τη θάλασσα καθορίζονται συνήθως με σχετικές διοικητικές αποφάσεις τα επιτρεπτά όρια συγκεντώσεων των διαφόρων ρυπαντικών ουσιών στα απόβλητα, ανάλογα με την προβλεπόμενη χρήση του αποδέκτη και τη γενικότερη πολιτική, που εφαρμόζεται περιφερειακά και τοπικά για την προστασία του περιβάλλοντος και την οικονομική ανάπτυξη, όπως σημειώνεται ενδεικτικά στην (Εικ. 29).

Με νεώτερες οδηγίες της ΕΟΚ οι οποίες σταδιακά εναρμονίζονται και

στην ελληνική νομοθεσία έχουν θεσπιστεί επιτρεπτά όρια συγκέντρωσης ορισμένων τοξικών ουσιών σε βιομηχανικά απόβλητα προκειμένου να διατεθούν σε υδάτινο αποδέκτη. Τα όρια αυτά καθορίζονται με βάση τη μέση ημερήσια και μέση μηνιαία συγκέντρωση του ρύπου καθώς και τον ρύπο της βιομηχανίας (Εικ. 30).

Εικ. 29 Επιτρεπτά όρια διαθέσεως ρύπων, με υγρά απόβλητα
σε υπονόμους, ρεύματα ή θάλασσα

α/α	Παράμετρος	Μονάδα	Επιτρεπτά όρια για διάθεση, σε		
			Υπόνο- μο	Ρεύμα	Θάλασσα
1	2	3	4	5	6
1	Κολοβακτηριοειδή, ολικά	K/100 ml	—	1000	—
2	Κολοβακτηρίδια	»	—	200	—
3	BOD ₅	mg/l	500	40	40
4	COD	»	1000	120	150
5	Διαλυμένο οξυγόνο (DO)	»	—	3	—
6	Θερμοκρασία	°C	35	28	35
7	pH	—	6-9	6-9	6-9
8	Αιωρούμενα στερεά (SS)	mg/l	500	50	40
9	Καθιζάνοντα στερεά (2h σε κώνο IMHOFF)	ml/l	10	χωρίς	0,5
10	Διαλυμένα στερεά	mg/l	3000	1.000	1500
11	Χοντρά στερεά	cm	≤ 1,5	χωρίς	≤ 1 (επιπλέοντα)
12	Απορρυπαντικά (βιοδιασπάσιμα 80%)	mg/l	50	5	5
13	Λίπη-έλαια (ζωϊκ-φυτ.)	»	40	5	20
14	Ορυκτά έλαια, υδρογονάνθ.	»	15	1	15
15	Αλδεϋδες	mg/l	—	—	1
16	Αμμωνιακά (σαν N)	»	25	10	$15 \times \frac{14}{18}$ =11,67
17	Νιτρώδη (σαν N)	»	4	1	0,6
18	Νιτρικά (σαν N)	»	20	4	20
19	Θειώδη (σαν SO ₃)	»	1	0,2	1
		»	—	—	2
21	Θειικά (σαν SO ₄)	»	1500	1000	—
22	Υδρόθειο (σαν H ₂ S)	»	1	0,1	—
23	Αντιμόνιο	mg/l	5	0,5	—
24	Αργίλιο	»	10	1	5
25	Άργυρος	»	5	0,5	—
26	Αρσενικό	»	0,5	0,1	0,5
27	Βάριο	»	20	2	20
28	Βόριο	»	10	2	2

Εικ. 29 Επιτρεπτά όρια διαθέσεως ρύπων, με υγρά απόβλητα
σε υπονόμους, ρεύματα ή θάλασσα (συνέχεια)

a/a	Παράμετρος	Μονάδα	Επιτρεπτά όρια για διάθεση, σε		
			Υπόνο- μο	Ρεύμα	Θάλασσα
1	2	3	4	5	6
29	Βρώμιο	»	10	1	—
30	Βυρίλιο	mg/l	30	3	—
31	Διαλύτες αζωτούχοι	»	—	—	0,1
32	Διαλύτες αρωματικοί	»	—	—	0,2
33	Διαλύτες χλωριούχοι	»	—	—	1
34	Θάλλιο	»	2	0,2	—
35	Κάδμιο	»	0,5	0,05	0,1
36	Κασσίτερος	»	10	1	10
37	Κοβάλτιο	»	10	2	—
38	Κυανιούχα	»	3	0,1	0,5
39	Μαγγάνιο	mg/l	10	1	2
40	Μολυβδαίνιο	»	10	2	—
41	Μόλυβδος	»	5	0,5	0,1
42	Νικέλιο	»	10	0,5	2
43	Ουράνιο	»	5	1	—
44	Σελήνιο	»	0,2	0,02	0,1
45	Σίδηρος	»	15	2	2
46	Τιτάνιο	»	10	2	—
47	Υδράργυρος	»	0,01	0,01	0,005
48	Φαινόλες	»	5	0,5	0,5
49	Φθόριο-Φθοριούχα	»	20	2	6
50	Φωσφόρος	»	—	—	10
51	Φωσφορικά (σαν P)	»	10	0,2	—
52	Χαλκός	mg/l	1	0,2	1,5
53	Χλώριο ελεύθερο	»	5	0,4	0,7
54	Χρώμιο τρισθενές	»	2	1	2
55	Χρώμιο εξασθενές	»	0,5	0,2	0,2
56	Ψευδάργυρος	»	20	0,5	1
57	Όσμή	—	—	Χωρίς ενοχ- λητικές οσμές	—
58	Χρώμα	—	—	Να μη	Να μην

Εικ. 29 Επιτρεπτά όρια διαθέσεως ρύπων, με υγρά απόβλητα
σε υπονόμους, ρεύματα ή θάλασσα (συνέχεια)

α/α	Παράμετρος	Μονάδα	Επιτρεπτά όρια για διάθεση, σε		
			Υπόνο- μο	Ρεύμα	Θάλασσα
1	2	3	4	5	6
59	Τοξικά μέταλλα (σύνολο)	mg/l	—	προσδιό- ρίζεται χρωματο- μετρικά σε αραιώ- ση 6:1	είναι ορατό σε αραιώση 1:20 & σε στιβάδα 10 cm
60	Τοξικές ουσίες (σύνολο) (As, Cd, Cr ⁶⁺ , Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn, CN ⁻ , C ₆ H ₅ OH)	$\frac{Y_1}{E_1} + \frac{Y_2}{E_2} + \dots + \frac{Y_n}{E_n} \leq 3$ Υ: υπάρχουσα συγκέντρωση ουσίας Ε: επιτρεπόμενη συγκέντρωση ουσίας			

ΠΗΓΗ: Διανομαρχιακές αποφάσεις για τη διάθεση των αποβλήτων στην περιοχή της Αθήνας, το Σαρωνικό και Ευβοϊκό κόλπο (1979) με προβλεπόμενη κατά περίπτωση χρήση των θαλάσσιων περιοχών για κολύμβηση ή αλιεία (ΦΕΚ/Β/582/2.7.1979, 1132/21.12.79 και 1136/27.12.1979).

Πάντως σε καμιά περίπτωση δεν πρέπει να θίγεται άμεσα ή έμμεσα η δημόσια υγεία, ούτε να υποβαθμίζεται ανεπίτρεπτα το περιβάλλον και η ποιότητα της ζωής.

β. Ποιοτικός έλεγχος αποβλήτων

Για την εκτίμηση της ποιότητας των υγρών αποβλήτων και τον έλεγχο της αποδόσεως των εγκαταστάσεων επεξεργασίας καθαρισμού, με στόχο την προστασία των αποδεκτών και γενικότερα του περιβάλλοντος πρέπει να παρακολουθούνται τακτικά με εργαστηριακές εξετάσεις οι βασικές αντιπροσωπευτικές παράμετροι και κατά περίπτωση ορισμένες συμπληρωματικές, όπως σημειώνεται ενδεικτικά για τα αστικά λύματα και ορισμένα βιομηχανικά απόβλητα.

1. Αστικά λύματα

Τακτικές ποιοτικές παράμετροι:

- Βιομηχανικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD₅, σε 20°C)
- Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)
- Αιωρούμενα στερεά (SS)

Συμπληρωματικές παράμετροι:

- Καθιζάνοντα στερεά
- Ολικά στερεά (TS)
- Διαλυμένα στερεά (DS)
- Πτητικά - σταθερά στερεά (VS, FS)
- Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)
- Ολικός αριθμός κολοβακτηριδίων (Total coliforms)
- Ολικό άζωτο (N) και φωσφόρος (P)
- Χλωριούχα (Cl⁻)
- Αλκαλικότητα (σαν CaCO₃)
- Λίπη και έλαια

Εικ. 30 Επιτρεπτά όρια διαθέσεως ρύπων με υγρά απόβλητα
σε υδάτινο αποδέκτη

Παράμετρος	Μέση μηνιαία συγκέντρωση (mg/l)	Μέση ημερήσια συγκέντρωση (mg/l)
Κάδμιο	0,2	0,4
Υδράργυρος	0,05	0,1-0,2
Εξαχλωροκυκλοεξάνιο (HCH)	2,0	4,0
Τετραχλωράνθρακας	1,5	3,0
DDT	0,7	1,3
Πενταχλωροφαινόλη	1,0	2,0
Αλδρίνη, διελδρίνη, ενδρίνη, ισοδρίνη	0,002	0,01
Εξαχλωροβενζόλιο (HCB)	1,0-1,5	2,0-3,0
Εξαχλωροβουταδιένιο (HCBD)	1,5	3,0
Χλωροφόρμιο	1,0	2,0

ΠΗΓΕΣ: Κοινή Υπουργική Απόφαση, Αρ. 18166/271/24.288 (Φ.Ε.Κ. 126, Β, 3.388)

Οδηγία 86/280/ΕΟΚ

Οδηγία 88/347/ΕΟΚ

II. Βιομηχανικά απόβλητα
(κατά κλάδο και κατηγορία βιομηχανίας)

Κλάδος Βιομηχανίας	Κατηγορία	Ποιοτικές παράμετροι για εξέταση	
		Τακτικά	Συμπληρωματικά κατά περίπτωση
1	2	3	4
Τροφών και ποτών	Αλλαντοποιΐα, σφαγεία	BOD ₅ , COD, αιωρούμενα στερεά, λίπη και έλαια, pH	Αμμωνία, P, θειικά, θειούχα κολοβακτηριοειδή, συνολικός οργανικός άνθρακας
	Γαλακτοκομία	BOD ₅ , COD, pH, αιωρούμενα στερεά	Χλωριούχα, χρώμα, N, P, ολικός οργανικός άνθρακας (TOC), θολρότητα
	Κονσερβοποιΐα φρούτων και λαχανικών	BOD ₅ , COD, αιωρούμενα στερεά, pH	Χρώμα, θερμοκρασία, διαλυμένα στερεά
	Βρώσιμα λίπη και έλαια	BOD ₅ , COD, αιωρούμενα στερεά, διαλυμένα στερεά, λίπη και έλαια	N, P, θειικά, θειούχα
	Αλευροποιΐα	BOD ₅ , αιωρ. στερεά, pH	COD, ολικός οργανικός άνθρακας, διαλυμένα στερεά

	Αρτοποιία, μπισκοτοποιία, σοκολατοποιία, ζαχαροπλαστική, παραγωγή αμύλου και γλυκόζης, παραγωγή μαγιάς	BOD ₅ , COD, pH, αιωρούμενα στερεά	N, P, θειικά, θειούχα
	Οινοπνευματοποιία, οινοποιία, ζυθοποιία, αναψυκτικά	BOD ₅ , pH, αιωρούμενα στερεά, καθιζάνοντα στερεά	N, P, θερμοκρασία, διαλυμένα στερεά, χρώμα, θολερότητα, αφρός
Χημικές	Οξέα-βάσεις-άλατα	Οξύτητα, αλκαλικότητα, διαλυτά στερεά, pH, αιωρούμενα στερεά	Χλωριούχα, θειικά, νιτρικά, φαινόλες, φθοριούχα, BOD ₅ , COD, συνολική απαίτηση οξυγόνου (TOD)
	Παραγωγή τεχνητών ινών (RAYON)	BOD ₅ , COD, αιωρούμενα στερεά, θειούχα, θειικά, pH	
	Λιπάσματα (φωσφορικά)	Αιωρούμενα στερεά, διαλυμένα στερεά, ασβέστιο, φθοριούχα, pH, θερμοκρασία, φωσφορικά, P	Οξύτητα, Al, As, Fe, Hg, N, θειικά
	Λιπαρά οξέα, γλυκερίνη και σάπωνες	BOD ₅ , COD, επιφανειακές ενεργές ουσίες, pH, έλαια και λίπη	Θειικά, θειούχα, P, χλωριούχα
	Στιλβωτικά	Al, B, λίπη και έλαια, pH	
	Παραγωγή απορρυπαντικών	BOD ₅ , COD, αιωρ. στερεά, λίπη και έλαια, επιφανειακές ενεργές ουσίες pH	P, θειικά, θειούχα.

II. Βιομηχανικά απόβλητα
(κατά κλάδο και κατηγορία βιομηχανίας)

Κλάδος Βιομηχανίας	Κατηγορία	Ποιοτικές παράμετροι για εξέταση	
		Τακτικά	Συμπληρωματικά κατά περίπτωση
1	2	3	4
	Κόλλες, γεωργικά φάρμακα	COD, As, B, Cd, Cu, φθοριούχα, pH, φαινόλες, Se, Zn	
	Φωτογραφικά εργαστήρια	B, Cd, Cu, Pd, Ag, θειούχα, θειικά, pH	Τοξικές ουσίες κατά περίπτωση
			α. Κύρια 2-αιθυλο-1-εξανόλη Κροτοναλδεΐδη Ακρολεΐνη Μεθυλο-ισοβουτυλική κετόνη Διαιθυλαμίνη Αιθυλενοδιαμίνη Ακρυλονιτρίλιο 2-μεθυλο-5-αιθυλο-πυριδίνη Λιθυλενοχλωρίδιο

	Πετροχημικά	BOD ₅ , COD, TOC, Αιωρούμενα στερεά, Έλαια, Φαινόλες, Αμμωνία, Θειούχα	Αιθυλοακρυλικά άλατα Ακρυλικό νάτριο β. Κατά περίπτωση Κανονική, δευτεροταγής και τριτοταγής βουτανόλη Αιθυλική αλκοόλη Φορμαλδεϋδη Ακετόνη Ισοφουρόλη N-διμεθυλαμίνη Αιθυλοβενζόλιο Βενζοϊκό νάτριο Δωδεκάνιο Δεξτρόζη Αιθυλοοξεικά άλατα Αιθυλογλυκόλη Διαιθυλογλυκόλη Τετραλίνη Κηροζίνη Χλωριούχο κοβάλτιο
Βυρσο- δεψία	Τεχνητό δέρμα, γουνοποιΐα, δερμάτινα είδη	BOD ₅ , COD, διαλυμένα, καθιζάνοντα και αιωρ. στερεά, χρώμα, Cr, λίπη και έλαια, θειούχα, αλκαλικότητα	Fe, αμίνες

II. Βιομηχανικά απόβλητα
(κατά κλάδο και κατηγορία βιομηχανίας)

Κλάδος Βιομηχανίας	Κατηγορία	Ποιοτικές παράμετροι για εξέταση	
		Τακτικά	Συμπληρωματικά κατά περίπτωση
1	2	3	4
Υφαντουργία	Εριουργία, βαμβακουργία, μεταξοβιομηχανία, συνθετικές ίνες, κλωστοβιομηχανία, δαντελοποιΐα, καλτσοποιΐα, πλεκτική, παραγωγή σχοινιών-σπάγγων, ταπητουργία	(Εφόσον η βιομηχανία συνδυάζεται με βαφεία ή φινιριστήρια θα εξετάζονται οι παρακάτω παράμετροι)	
	Βαφεία ή φινιριστήρια	BOD ₅ , COD, pH, αιωρ. στερεά, χρώμα, αλκαλικότητα, Cr	Χρώμα, έλαια και λίπη, διαλυμένα στερεά, θερμοκρασία, Cu, Zn, θειούχα, φαινόλες
Χαρτοποιΐα		BOD ₅ , COD, αιωρ. στερεά, NH ₃ , χρώμα, διαλυμένα στερεά	Φαινόλες
Ηλεκτρικά είδη, μηχανές και συσκευές	Μετασχηματιστές, ηλεκτροχημικά, συσσωρευτές-ξηρά στοιχεία, σύρματα-καλώδια, ηλεκτρικά είδη, φωτιστικά, τηλεπικοινωνιακό υλικό, ηλεκτρικές συσκευές	Λίπη και έλαια, PCB's, βαρέα μέταλλα κατά περίπτωση	

Ελαστικά		BOD ₅ , COD, pH, αιωρούμενα στερεά, λίπη και έλαια	Διαλυμένα στερεά, θειικά, CN ⁻ , τοξικά, πρόσθετα και ουσίες
Πετρελαίου και άνθρακα	Διύλιστήρια πετρελαίου, παραγωγή λιπαντικών	NH ₃ , BOD ₅ , αιωρ. στερεά, διαλυμένα στερεά, λίπη και έλαια, θειούχα, θερμοκρασία, pH, COD, υδρογονάνθρακες	Χλωριούχα, χρώμα, Cu, CN ⁻ , Fe, Pb, μερκαπτάνες, N, οσμές, ολικός P, θειικά, τοξικότητα, θολερότητα, πτητικά, αιωρούμενα στερεά, Zn
	Προϊόντα ασφάλτου και πίσσας	BOD ₅ , φαινόλες, θειικά, θειούχα, λίπη και έλαια, pH	
Μη μεταλλικά υλικά	Υαλουργία-κεραμική, καθρεπτοποιία, πορσελάνη και φαγεντιανή τσιμέντο-βιομηχανία	Αιωρούμενα στερεά, pH, θερμοκρασία, καθιζάνοντα στερεά	Cr ⁽³⁺⁶⁾ , Zn, Cu, Fe, Ag, νιτρικά, διαλυμένα στερεά
	Παραγωγή υαλώματος	(όταν έχουν υγρά απόβλητα) Pb, Zn	
Μεταλλουργικές βιομηχανίες	Παραγωγή σιδήρου και χάλυβα	Φαινόλες, CN, αμμωνία, έλαια και λίπη, αιωρούμενα στερεά, βαρέα μέταλλα (Cr, Ni, Zn, Sn), διαλυμένα στερεά, οξύτητα, θερμοκρασία, COD και pH	
	Μεταλλουργία άλλων μετάλλων	Κατά περίπτωση εξέταση διαφόρων παραμέτρων	

Κλάδος Βιομηχανίας	Κατηγορία	Ποιοτικές παράμετροι για εξέταση	
		Τακτικά	Συμπληρωματικά κατά περίπτωση
1	2	3	4
Κατάσκευη προϊόντων από μέταλλο	Σωληνουργία -βιδοποιΐα, σιδηρικά οικοδομών, κατασκευή εργαλείων, σώματα καλοριφέρ, βληματοποιΐα-καλυκοποιΐα, χαλκουργία ορυχαλκουργία, κατασκευή ειδών αλουμινίου και εμαγιέ, δοχεία λευκοσιδ., μαχαιροπήρουνα	(Πιθανότητα υπάρξεως αποβλήτων που προέρχονται από την επεξεργασία και καθαρισμό της επιφάνειας των μετάλλων) COD, λίπη και έλαια, pH, αιωρούμενα στερεά	Cd, Cr ⁽³⁺⁶⁾ , Cu, Fe, Ni, Ag, Sn, Al.
	Επιμεταλλώσεις	Cd, Cr ⁽³⁺⁶⁾ , Cu, CN ⁻ , Fe, Ni, Ag, Sn, Al	
Ατμόηλεκτρικοί σταθμοί		BOD ₅ , αιωρούμενα στερεά, διαλυμένα στερεά, COD CN ⁻ , λίπη και έλαια, χρώμα, φαινόλες, θολερότητα, P, N, θερμοκρασία	Cr, B, Cu, Fe, Zn, R, N
Γεωργικές βιομηχανίες	Κτηνοτροφικές και πτηνοτροφικές μονάδες	BOD ₅ , διαλυμένα στερεά, αιωρούμενα στερεά, N, νιτρικά, P, pH, COD	
Ελαιοτριβεία		BOD ₅ , COD, αιωρούμενα στερεά, pH, χρώμα, οξύτητα	

10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η συμμετοχή των Υδατοκαλλιεργειών, και μόνο από πλευρά του όγκου των ρυπαντικών τους φορτίων, αποτελεί -σε σύγκριση με το υψηλότερο ποσοστό συμμετοχής της στη ρύπανση του υδάτινου οικοσυστήματος άλλων- γεωργικής μορφής, φορέων ρύπανσης - «σταγόνα εν τω ωκεανό» ώστε - λαμβανομένων υπόψη και των άλλων επιχειρημάτων που αναλύονται πιο πάνω- να μην ευσταθεί ο επιστημονικά αβάσιμος ισχυρισμός, ότι η Ιχθυοτροφία επιβαρύνει ποσώς το οικοσύστημα.

Η μόνη ζημία που θα μπορούσαν να προκαλέσουν τα τοπικός ιχθυοτροφικά απόβλητα, εφόσον αυτά αποχετεύονται στο φυσικό αποδέκτη κατά το στάδιο της βιοαποδόμησης, είναι να δημιουργήσουν κάποια ανοξία, με υπερβολική αύξηση του διαλελυμένου οξυγόνου στο νερό κατά το επόμενο στάδιο της αναδόμησης, του σχηματισμού δηλαδή νιτρωδών που απαιτεί ανάλωση οξυγόνου.

Αυτό όμως συμβαίνει σπανιότατα με ιχθυοτροφικά απόβλητα, που καταλήγουν στη θάλασσα, γιατί, πέρα από το γεγονός ότι είναι ποσοτικός ασήμαντα, συνήθως διασκορπίζονται από τα ρεύματα και τα κύματα. Σε περιπτώσεις υδατοσυναγωγών μικρής έκτασης και πλημμελούς ανανέωσης, η πιθανή εμφάνιση του «ευτροφισμού» είναι δυνατόν να αποτραπεί ή να κατασταλεί με μηχανική ανατάραξη του νερού και έγκαιρη συλλογή των συσσωρευμένων στην επιφάνεια πλακτονικών μαζών, προ της θανάτος των μικροοργανισμών του πλαγκτού και της καθίζησης του πυθμένα της θάλασσας ή της συγκέντρωσης υδατοσυναγωγής.

Μόνο η Γεωργία -χωρίς να χρειαστεί να συμπεριλάβουμε τη βιομηχανία και τους άλλους πιο σοβαρούς ρυπαντικούς φορείς- φορτίζει σήμερα το υδάτινο οικοσύστημα, με 700 φορές μεγαλύτερο όγκο αποβλήτων, από εκείνα που αποβάλλει η υδατοκαλλιέργεια.

Κι όμως κανείς δεν διενεόθη την απαγόρευση της άσκησης ή επέκτασης

της βαμβακοκαλλιέργειας ή της καλλιέργειας οπωροκηπευτικών, όπως συμβαίνει, τελευταία, με τις υδατοκαλλιέργειες, όπου βλέπουμε αδικαιολόγητες απορρίψεις αιτήσεων για χορήγηση αδειών εγκατάστασης ιχθυοτροφικών μονάδων, με το αστήρικτο αιτιολογικό ότι ρυπαίνουν ή υποβαθμίζουν το περιβάλλον.

Πρέπει επιτέλους να το συνειδητοποιήσουμε, θέμα ρύπανσης ή αλλοίωσης του περιβάλλοντος από εγκαταστάσεις ιχθυοτροφείων ή απόβλητά τους, δεν υπάρχει.

Πολλά από αυτά που διαδίδονται είναι το λιγότερο αβάσιμα. Τον κίνδυνο πρέπει να τον αναζητήσουμε αλλού. Στην υπερεντατική και ανεξέλεγκτη αλιεία (δυναμίτες, αλόγιστη εκμετάλλευση των βυθών με συρόμενο στο βυθό εργαλεία κ.λ.π.)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



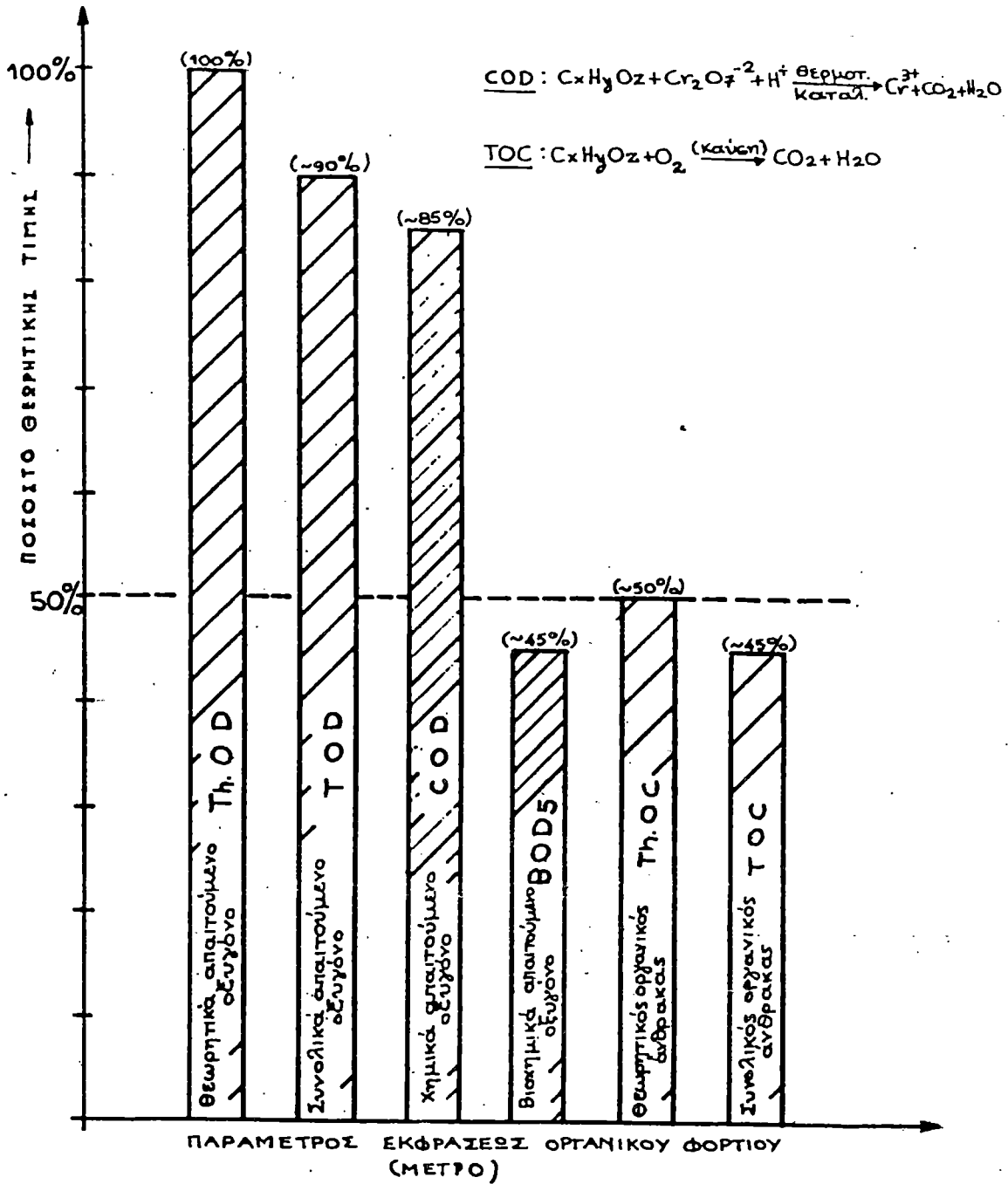
ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΛΟΓΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΜΑ	ΚΑΤΑΛΟΓΙΑ
1. Βαφεία - λευκαντήρια- τυπογραφεία	Υδροθείο, υδροχλώριο, θειϊκό οξύ οξαλικό οξύ, ανθρακοταννικό οξύ, νάτριο θειϊκός σίδηρος, στυπτηρία, διχρωμικό κάλι, χλωριούχος υδράργυρος, θειϊκός ψευδάργυρος μεθυλική αλκοόλη, γλυκερίνη κλπ
2. Βιομηχανία υφασμάτων	Υδροθείο, υδροχλωρικό οξύ, θειϊκό οξύ, σαπούνι, μεθυλική αλκοόλη, στυπτηρία, αιθυλική αλκοόλη, αμυλαλκοόλη κλπ
3. Χαρτοποιία- βιομηχανία ξύλου	Νιτρικό οξύ, υδροθείο, χλώριο, (Ca(OH) ₂
4. Βυρσοδεψία - Εργοστάσιο κόλλας	Ταννικό οξύ υδρ. ασβέστιο, στυπτηρία, χλωριούχο νάτριο, χλωρ.ασβέστιο
5. Χημικές βιομηχανίες φαρμάκων	Χλώριο, υδροθείο, υδροχλώριο, νιτρ. οξύ, θειϊκό οξύ, αμμωνία, ανθρακικό νάτριο, χλωριούχο μαγνήσιο, θειϊκός σίδηρος, άλατα σιδήρου, στυπτηρίες, διχρωμικό κάλι, θειϊκό νάτριο, χλωριούχο νάτριο, χλωρ. ασβέστιο, αρσενικός ανυδρίτης, χλωριούχος υδράργυρος, θειϊκός χαλκός, διχλωριούχος κασσίτερος, σιδηροκυανιούχο κάλι, μεθυλ.αλκοόλη, φωσφορικό οξύ, αμυλ. ακλοόλη, χλωριούχο άμυλο, θειούχο αμμώνιο, θειούχο νάτριο.
6. Εργοστάσια χυμών	Δεσικές ουσίες, τάννικες φαινόλες
7. Εργοστάσια ζάχαρης	Προϊόντα ζύμωσης, οξαλ. ίνες από

8. Σφαγεία	τεύτλα κλπ Προϊόντα αποσύνθεσης κρεάτων, πτωμαίνες
9. Εργοστάσια λιπασμάτων	Φωσφορικό οξύ, θειϊκό οξύ υδροχλώριο, ταννικο οξύ
10. Εργοστάσιο λιπών, λαδιών	Σαπούνι, θειούχος άνθρακας, μεθ. αλκοόλη, αιθυλ. αλκοόλη, αμυλική αλκοόλη
11. Νερά αποχέυτευσης πόλεων	Υδροξείδιο ασβεστίου, ανθρακικό αμμώνιο, χλωριούχο μαγγάνιο, θειϊκός σίδηρος, στυπτηρίες, χλωριούχο νάτριο, χλωριούχο μαγνησ. θειϊκό μαγνήσιο υδρόθειο, χλωριούχο αμμώνιο
12. Μεταλλεία - ορυχεία	Υδρόθειο, υδροχλώριο, θειϊκό οξύ άλατα σιδήρου, χλωρ. ασβέστιο, χλωρ.μαγγάνιο χλωρ. μαγνήσιο, χλωρ.υδράργυρος, θειϊκός χαλκός θειϊκό μαγγάνιο, θειϊκός ψευδάργυρος, θειϊκός χαλκό, φωσφορικό οξύ, χλωριούχο στρόντιο, χλωρ. βάριο.
13. Εργοστάσιο μεταλλικών αντιν/νων	Υδροχλώριο, θειϊκό οξύ, Αμμώνιο, σαπούνι, θεικ.σίδηρος, άλατα σιδήρου, χλωρ. στυπτηρία, διχρωμικό κάλι, χλωρ. ασβέστιο, αρσεν. νάτριο, χλωρ. ψευδάργυρος, θειϊκός χαλκός, θεικ. σίδηρος, θειϊκός ψευδάργυρος, χλωρ. Αμμώνιο, σιδηροκυανούχο κάλι
14. Εργοστάσια αερίου	Υδρόθειο, υδροξείδιο ασβεστίου, στυπτηρίες, κυανούχο κάλι, φαινόλες, θεικ. και θειώδες Αμμώνιο
15. Βιομηχανία χρωμάτων	Θειϊκό οξύ, θειϊκ.σίδηρος, άλατα

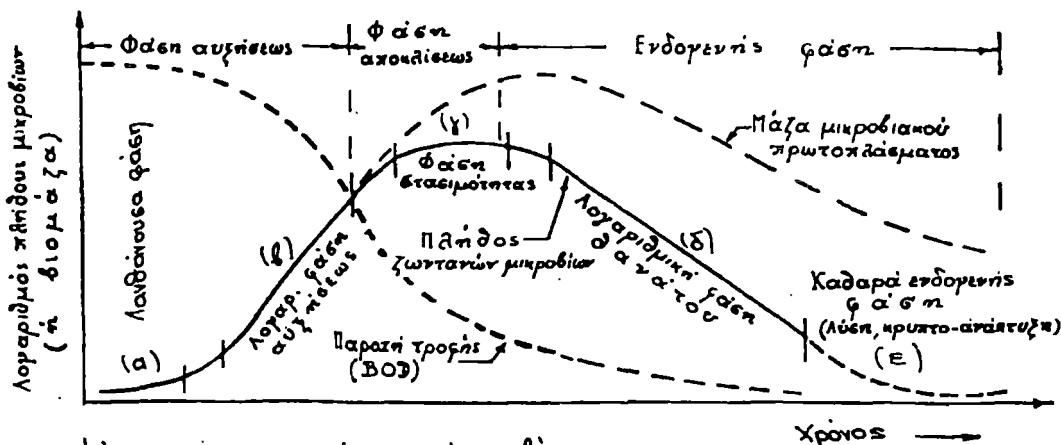
<p>16. Νερά απόπλυσης γεωργικών εδαφών</p> <p>17. Εργοστάσιο σόδας, χλωριοφορμ.</p> <p>18. Κονσερβοποιΐα</p> <p>19. Εργοστάσιο ύαλου και τσιμέντων</p> <p>20. Εργοστάσιο δυναμίτιδας και νιτροκυτταρίνης</p> <p>21. Εργοστάσιο παραφίνης- στεατίνης</p> <p>22. Εργοστάσιο ανιλίνης</p> <p>23. Πλυντήρια μάλλινων ειδών</p> <p>24. Αλυκές- εργοσ. ποτάσας</p> <p>25. Χρυσοχοΐα - αργυροχοΐα</p> <p>26. Υδατάνθρακες του τύπου C.H.</p>	<p>σιδήρου, στυπτηρίες, διχρωμικό κάλι. αρσ. ανυδρίτης, αρσ. νάτριο, σιδηροκυαν. κάλι, χλωρ. Αμμώνιο χλωρ. κάλι, χλωρ.βάριο, θειώδης νάτριο.</p> <p>Αμμώνιο, νιτρ. νάτριο, θειώδες οξύ, αιθυλική αλκοόλη, μεθυλική αλκοόλη, αμυλ. αλκοόλη, άλατα φωσφορικά από απορρυπ/κά, εξα-χλωριούχο βενζόλιο, αλντριν, υδράργυρος, μόλυβδος,αρσενικό κλπ Υδροχλ. και χλωρ.ασβεστίου, υποχλ.ασβέστιο, χλωρ. μαγγάνιο Θεϊκό οξύ και θειώδες οξύ Φωσφορικό οξύ</p> <p>Νιτρικό οξύ Θειικό οξύ</p> <p>Νιτρικό οξύ, αρσ.ανυδρίτης, αρσεν. νάτριο, αρσενικόδες νάτριο Ανθρακικό νάτριο, μαγνήσιο, θειικό μαγνήσιο, Χλωριούχο νάτριο, μαγνησ.. θειικό μαγνήσιο</p> <p>Υδροχλώριο, θειικός χαλκός, κυανούχο κάλι, θειικός ψευδάργυρος</p> <p>Τετρααιθυλομόλυβδος, προϊόντα βενζίνης</p>
--	---

Εικ. 1' ΚΑΤΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΣΧΕΣΗ ΤΙΜΩΝ ΤΩΝ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΕΚΦΡΑΣΕΩΣ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΤΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ



Εικ. 2' ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΔΡΑΣΗ

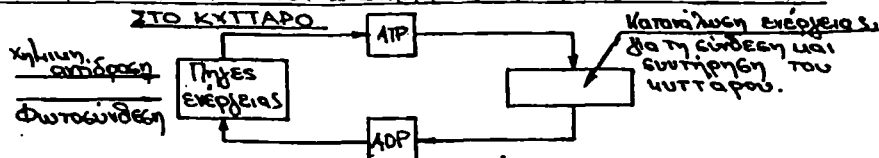
α) ΤΥΠΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΝΑΠΤΥΞΕΩΣ ΜΙΚΡΟΒΙΩΝ



Φάσεις ανάπτυξης μικροβίων

- (α): Λανθάνουσα φάση (προσαρμογή, εμφλιματισμός)
- (β): Λογαριθμική φάση αύξησεως (ωριότερη χρόνου διαπλασιασμού ή αριθμός διαιρέσεων r στη μονάδα του χρόνου). Ο αριθμός μικροβ. X μετά t ώρες είναι: $X = 2^{rt}$. Για πρώτο διπλασιασμό, π.χ. 30' (δηλ. $r = 2/ωρ.$), παράγονται από 1 μικροβίο, σε 12 ώρες: $X = 2^{2 \times 12} = 16.777.216$ μικροβία.
- (γ): Φάση στασιμότητας (ελάττωση τροφής, θάνατος παλαιών)
- (δ): Λογ. φάση θανάτου (εξάντληση τροφής, υπερικμύση θανάτων)
- (ε): Ενδογενής φάση (εξεικνισμός): (κατανάλωση ζωντανών κυτταροπλάσματος και των νεκρών κυττάρων).
 *) Σε 24 ώρες παράγονται: $X = 2^{2 \times 24} = 2,815 \times 10^{14} = 281,5$ τρισεκατομμύρια.

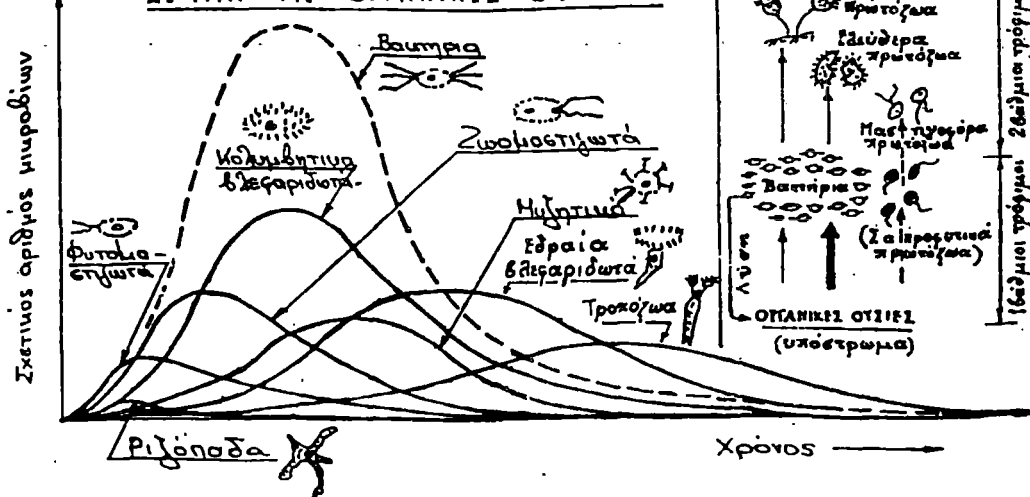
β. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΚΥΤΤΑΡΟ



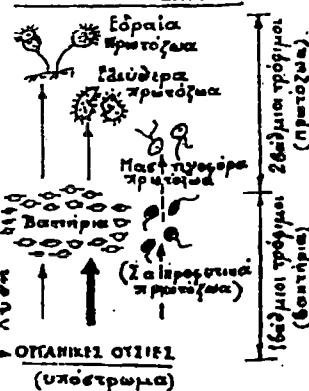
ATP = adenosine tri-phosphate (τριφωσφορική αδενοσίνη)

ADP = adenosine di-phosphate (διφωσφορική αδενοσίνη)

γ' ΣΧΕΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΙΚΡΟΒΙΩΝ ΣΕΥΓΡΑ ΜΕ ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ



δ' ΤΡΟΦΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ



Εικ. 3' Διαλυτότητα οξυγόνου στο νερό, mg/l.

(Πίεση* 760 mm Hg, συγκέντρωση O₂ στην ατμόσφαιρα 20,9% σε όγκο).

Θερμο- κρασία °C	Συγκέντρωση χλωριούχων (Cl) στο νερό, σε mg/l				
	0 (περίπου απεσταγμένο)	1000 (γλυφό)	10.000 (υφάλμυρο)	15.000 (αλμυρό)	20.000 (σχεδόν θάλασσα)
1	2	3	4	5	6
0	14,62	13,79	12,97	12,14	11,32
2	13,84	13,05	12,28	11,52	10,76
4	13,13	12,41	11,69	10,97	10,25
5	12,80	12,09	11,39	10,70	10,01
6	12,48	11,79	11,12	10,45	9,78
8	11,87	11,24	10,61	9,98	9,36
10	11,33	10,73	10,13	9,55	8,98
12	10,83	10,28	9,72	9,17	8,62
14	10,37	9,85	9,32	8,80	8,30
15	10,15	9,65	9,14	8,63	8,14
16	9,95	9,46	8,96	8,47	7,99
18	9,54	9,07	8,62	8,15	7,70
20	9,17	8,73	8,30	7,86	7,42
22	8,83	8,42	7,99	7,57	7,14
24	8,53	8,12	7,71	7,30	6,87
25	8,38	7,96	7,56	7,15	6,74
26	8,22	7,81	7,42	7,02	6,61
28	7,92	7,53	7,14	6,75	6,37
30**	7,63	7,25	6,86	6,49	6,13

* Γι' άλλη βαρομετρική πίεση P η διαλυτότητα είναι περίπου ανάλογη του λόγου P/760

** Για μεγαλύτερη θερμοκρασία (t) η διαλυτότητα του οξυγόνου (DO) λαμβάνεται: $DO = 7,5 - 0,1 \cdot (t - 31)$ mg/l, για $31^\circ \leq t < 50^\circ C$

ΣΗΜ. Η διαλυτότητα του οξυγόνου στα λύματα αντιστοιχεί στα 95% περίπου της στήλης 2.

ΔΡΑΣΤΙΚΗΣ ΛΑΣΠΗΣ

Παραλλαγή διεργασίας	Ηλικία λάσπης θ_c μέρες	Φορτίο λάσπης $U = \frac{F}{M} = L_s$ kg BOD ₅ kg MLVSS ημ.	Φορτίο όγκου* Kg BOD ₅ m ³ δεξ.	Αιωρουμ.στερεά μικτού υγρού (MLSS) mg/l	Χρόνος αερισ. $t = V/Q$ ώρες	Ρυθμός ανακυκλοφορίας $R = Q_r / Q$	Ελάττωση BOD ₅ %
Συμβατική	5-15	0,2-0,4	0,3-0,6	1.500-3.000	4-8	0,25-0,5	85-95
Καθολική ανάμιξη	5-15	0,2-0,6	0,8-2,0	3.000-6.000	3-5	0,25-1,0	85-95
Τμηματικός αερισμός	5-15	0,2-0,4	0,6-1,0	2.000-3.500	3-5	0,25-0,75	85-95
Τροποποιημένος αερισμός	0,2-0,5	1,5-5,0	1,2-2,4	200-500	1,5-3	0,05-0,15	60-75
Επαφή-σταθεροποίηση	5-15	0,2-0,6	1,0-1,2	(1000-3000) ¹⁾ (4.000-10.000) ²⁾	(0,5-1,0) ¹⁾ (3-6) ²⁾	0,25-1,0	80-90
Παρατεταμένος αερισμός	20-30	0,05-0,15	0,15-0,4	3.000-6.000	18-36	0,75-1,5	75-95
Ψηλός ρυθμός (ταχύρρυθμος αερισμός)	5-10	0,4-1,5	1,5-15,0	4.000-10.000	0,5-2	1,0-5,0	75-90
Συστήματα καθ. οξυγόνου	8-20	0,25-1,0	1,5-4,0	6.000-8.000	1-3	0,25-0,5	85-95

*) Με μικρές στρογγυλεύσεις

$$\theta_c = \frac{X \cdot V}{X' \cdot Q} = \text{ηλικία λάσπης}$$

L_s =φορτίο λάσπης

(1) Μονάδα επαφής

(ή μέσος χρόνος παραμονής μικροβίων

$$U = \frac{\text{Food} (\sim \text{BOD}_5)}{\text{Microorganism} (\sim \text{MLVSS})}$$

(2) Μονάδα σταθεροποίησης στερεών
ML(V)SS = mixed liquor (volatile) suspended solids = (πιητικά) αιωρούμενα στερεά του μικτού υγρού.
MLVSS=0,5-0,8 MLSS (για αστικά λύματα).

ή χρόνος συγκρατήσεως στερεών)
X.V: ολική δραστική βιομάζα στο σύστημα.
X'.Q: ολική ποσότητα βιομάζας, που αφήνει το σύστημα κάθε μέρα.

U: μέτρο του ρυθμού χρησιμοποίησης της τροφής (BOD) από τη μονάδα της βιομάζας.

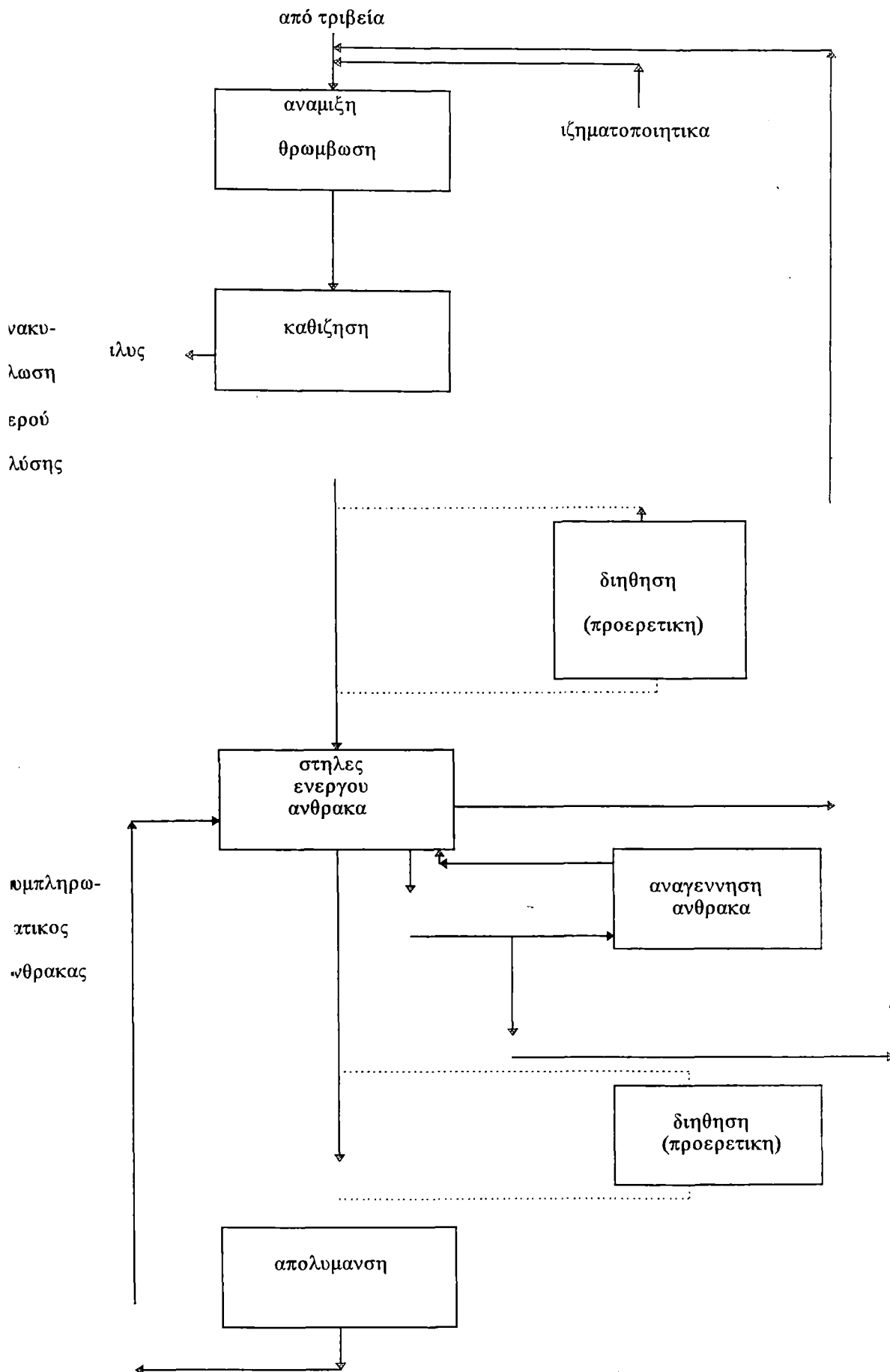
Εικ. 5' -Χαρακτηριστικά των βλαβερών αερίων των ζωικών αποβλήτων

Αέριο	Ειδικό βάρος ⁽¹⁾	Οσμή	Χρώμα	Όρια εκρηκτικότητας ⁽²⁾		Κατώφλι οσμής (ΜΙΟ) ⁽³⁾ ppm	Μέγ. επιτρεπτή συγκέντρ. (ΜΑC) ⁽⁴⁾ ppm	Αποτελέσματα		
				% κατά όγκο				Συγκέντρωση ppm ⁽⁵⁾	Χρόνος εκθέσεως ⁽⁶⁾	Επιδράσεις ⁽⁷⁾
				Ελάχ.	Μέγ.					
Αμμωνία (NH ₃)	0,6	οξεία	Όχι	16	—	5,3	50	400 700 1.700 3.000 5.000	30' 40'	Ερεθιστικό Ερεθισμός λαιμού Ερεθισμός ματιών Βήχας και άφρισμα Ασφυκτικά Μπορεί να είναι θανάσιμο
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)		Όχι		—	—	—	50	500 1.000 2.000 4.000	60' 60' 60' 60'+	Τοξικό Καμμία επίδραση Δυσάρεστο, αλλ' όχι επικίνδυνο Επικίνδυνο Θανάσιμο
Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂)	1,5	Όχι	Όχι				5.000	20.000 30.000 40.000 60.000 300.000	— — — 30' 30'	Ασφυκτικό Ασφαλές Αυξημένη αναπνοή Υπνηλία, πονοκέφαλος Βαριά, ασφυκτική αναπνοή Μπορεί να είναι θανάσιμο

Υδροθείο (H ₂ S)	1,2	οσμή χα- λασμένου αυγού απη- διαστική	Όχι	4	46	0,7	20	100 200 500 1.000	ώρες 60' 30'	Τοξικό Ερεθισμός ματιών και μύτης Πονοκέφαλος, ζάλη Αηδία, έξαψη, αϋπνία Αναισθησία, θάνατος
Μεθάνιο (CH ₄)	0,5	Όχι	Όχι	5	15			500.000		Ασφυκτικό Πονοκέφαλος, όχι τοξικό
Μερκαπτάνη		οξεία				4 × 10 ⁻⁸				

1. Το ειδικό βάρος λογίζεται σε σχέση με τον κανονικό ατμοφαιρικό αέρα.
2. Στα όρια αυτά μίγμα του αερίου με τον ατμοσφαιρικό αέρα μπορεί να εκραγεί με σπινθήρα.
3. MIO: Minimum Identifiable Odour, ελάχιστη συγκέντρωση, που γίνεται αντιληπτή η οσμή.
4. MAC: Maximum Allowable Concentration, η μέγιστη συγκέντρωση που έχει καθορισθεί από τις υγειονομικές αρχές στο περιβάλλον εργασίας του ανθρώπου για 8-10 ώρες. Σε κλειστές μονάδες τα σχετικά όρια πρέπει να είναι μικρότερα, γιατί τα ζώα παραμένουν όλο το 24ωρο.
5. ppm: μ. ανά εκατ., 10.000 ppm = 1% κατά όγκο ατμ. αέρα.
6. Χρόνος εκθέσεως: ο χρόνος που γίνεται αντιληπτό το αποτέλεσμα από τον ενήλικο ή από (χοιρινό) = 70 kg.
7. Επιδράσεις: οι επιδράσεις στη φυσιολογία των ενήλικων ή σε χοιρινά ~ 70 kg. Τα μικρά ζώα επηρεάζονται ταχύτερα και σε μικρότερες συγκεντρώσεις, ενώ τα μεγαλύτερα αργότερα και σε ψηλότερες συγκεντρώσεις.

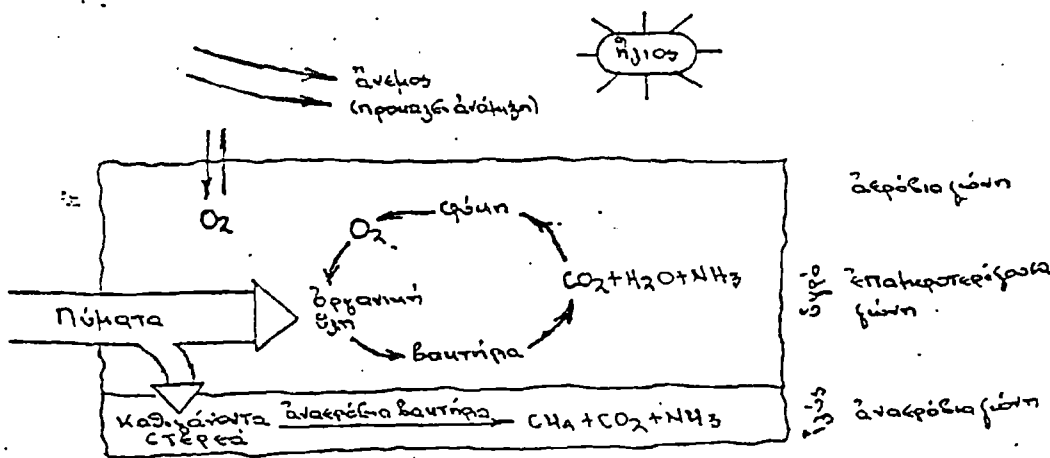
ΠΗΓΕΣ: Livestock waste facilities handbook. Iowa State University, Ames Iowa, USA, 1975. Animal waste, E. Taiganides, WHO, Copenhagen, 1978.



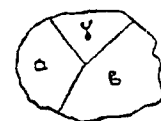
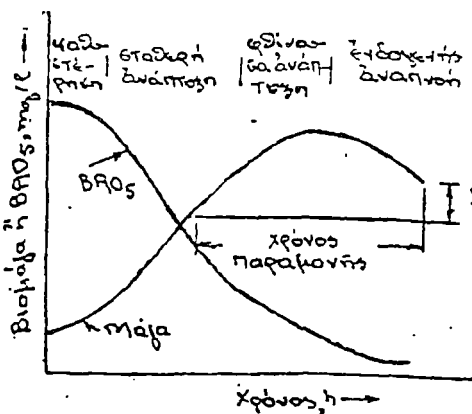
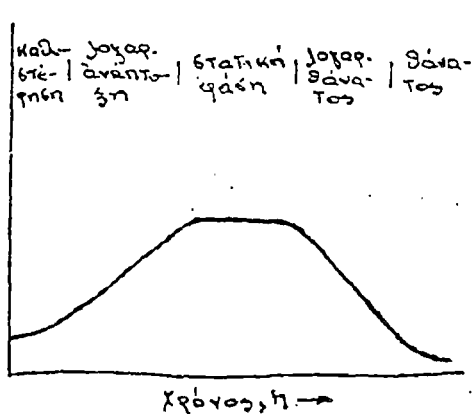
Πίνακας 9: Χρόνος εγκατάστασης της νιτροποίησης σε βιολογικά φίλτρα θαλασσίων υδάτων, καθορισμένος από τη χρονική στιγμή που η συγκέντρωση του αζώτου νιτρωδών έπεσε στην τιμή 0.1 mg N/l ή χαμηλότερα.

Αρχική δόση (mg N/l) σε πρότυπα συστήματα ανακύκλωσης 40 lt.	Μέσο φίλτρου	pH	T(°C)	Οργανικός άνθρακας (mg C/l)	Χρόνος που απαιτήθηκε για την εγκατάσταση (ημέρες)
H ₂ Cl 50	Χαλίκι		7.0 26	14.0	29
NaNO ₂ 50	Χαλίκι		7.3 26	11.0	41
NaNO ₂ 50	Πλαστικό		6.8 28	14.8	Δεν εγκαταστάθηκε μέχρι τις 38 ημέρες.
NaNO ₂ 50	Χαλίκι		7.9 34	16.0	Δεν εγκαταστάθηκε μέχρι τις 38 ημέρες.
NaNO ₂ 50	Χαλίκι		8.2 34	16.0	Δεν εγκαταστάθηκε μέχρι τις 38 ημέρες.
NaNO ₂ 50	Χαλίκι		7.8 34	15.8	38
NaNO ₂ 50	Πλαστικό		8.2 28	14.7	20% NO ₂ -N οξειδώθηκε σε 38 ημέρες.
NaNO ₂ 50	Πλαστικό		6.6 28	14.4	20% NO ₂ -N οξειδώθηκε σε 34 ημέρες.
NaNO ₂ 50	Χαλίκι		8.1 26	11.0	34
παναλαμβανόμενες δόσεις ή ζωτανολογικοί οργανισμοί σε συστήματα 100-2000lt					
H ₂ Cl 0.5-1mg/1/ ημέρα	Πλαστικό		8.2 20	3.9	37
H ₂ Cl 1mg+ στακτοί	Πλαστικό		8.2 24	9.4	35
αρίδες	Πλαστικό		8.1 26	14.8	37
(NH ₄) ₂ SO ₄ 4mg/1 ή 4 ημέρες+ 1gr μύδι/1 ημέρα	Χαλίκι		- 28	-	24-35

Χαρακτηριστικό	Αναερόβια		Αερόβια
	Μέτρια	Ανάμιξη Πλήρης	
ΑΣ, mg/l	2000-3000	4000-6000	46-11.500
ΠΑΣ, mg/l	650-3000	2400-3800	
BAO ₅ , mg/l	2000-3500	6000-9000	9-1700
Διαλυτό BAO ₅ , mg/l			4-183
ΧΑΟ, mg/l			228-8140
Αλκαλικότητα, mg/l CaCO ₃	1000-2400	1900-2700	473-514
NH ₄ ⁺ -N, mg N/l	240-560	560-620	
NH ₄ ⁺ -N + Οργ -N, mg N/l			10-400
όλικός-P, mg P/l			19-241
H ₂ S, mg/l	70-90	190-440	
pH	7,0-7,6	6,4-7,2	5,9-7,7

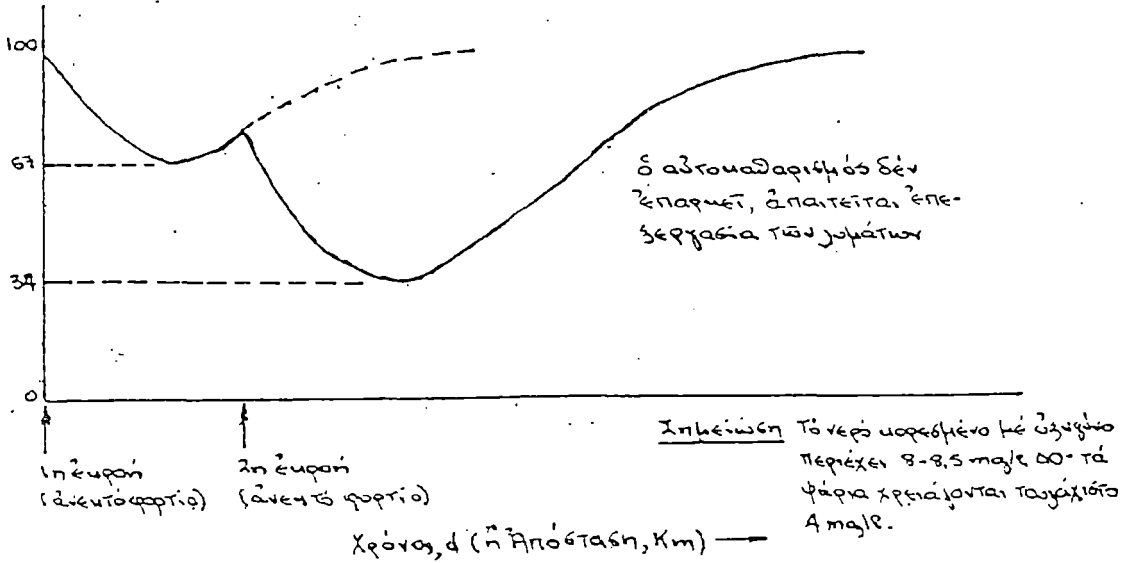
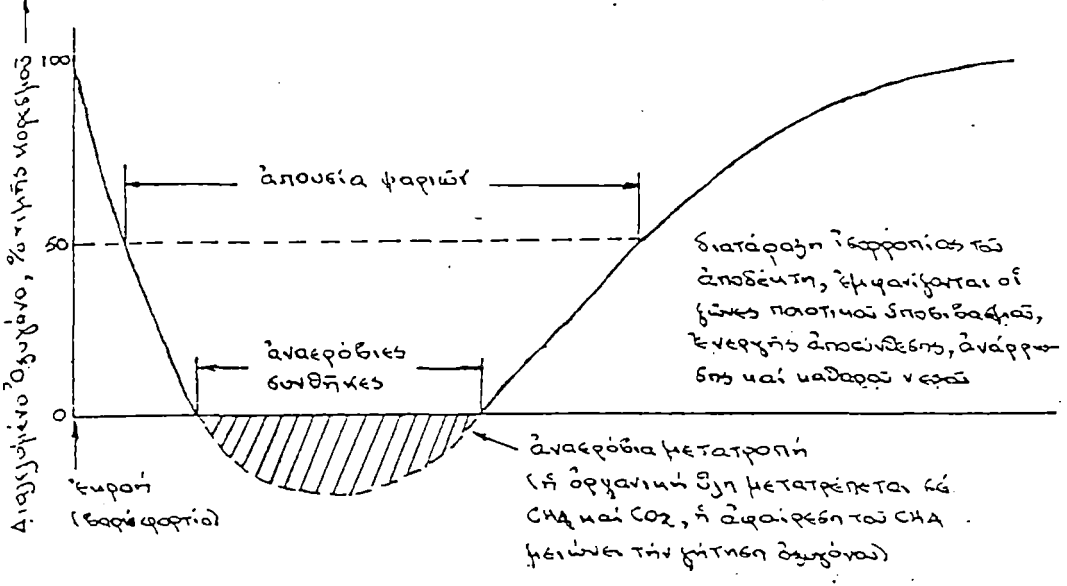
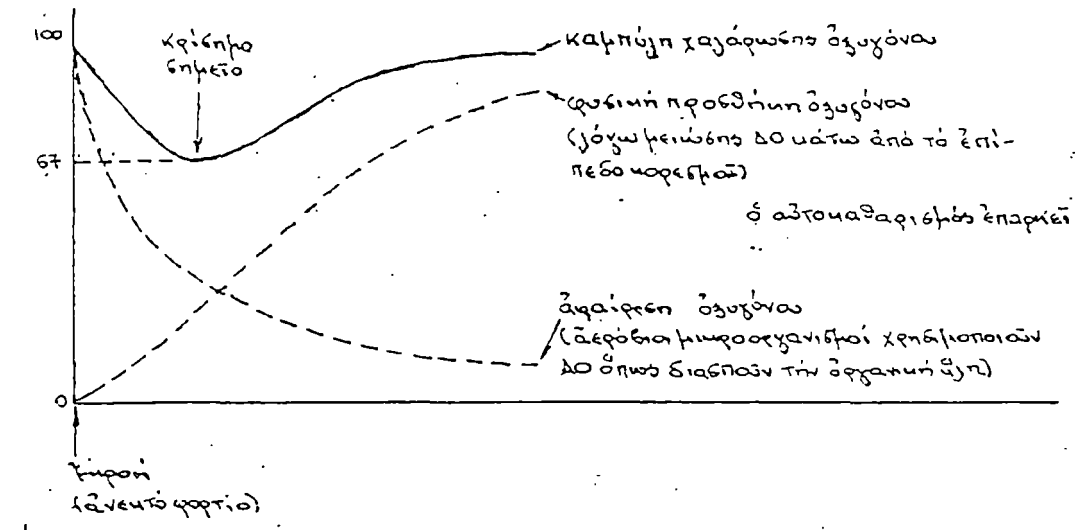


Σχ. 1' Βιοχημική Δράση στις Λίμνες "Οξειδώσης



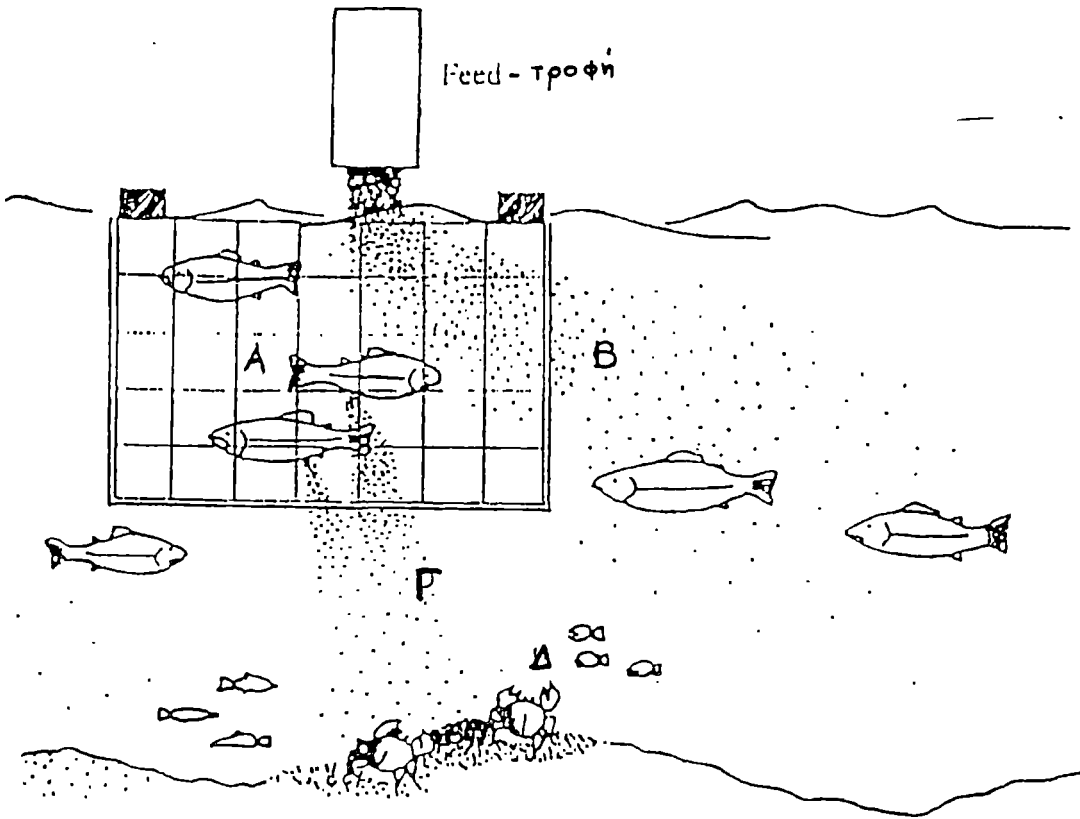
α = ζώντες μικροοργανισμοί
 β = όργανική ύλη (και νεκροί μικροοργανισμοί)
 γ = αλώφραση ύλη
 (α+β) = αβ (α+β+γ)

α. Βακτήρια
 β. Βιομάζα
 γ. Βακτηριολογική Ανάπτυξη (Στατικό Σύστημα)



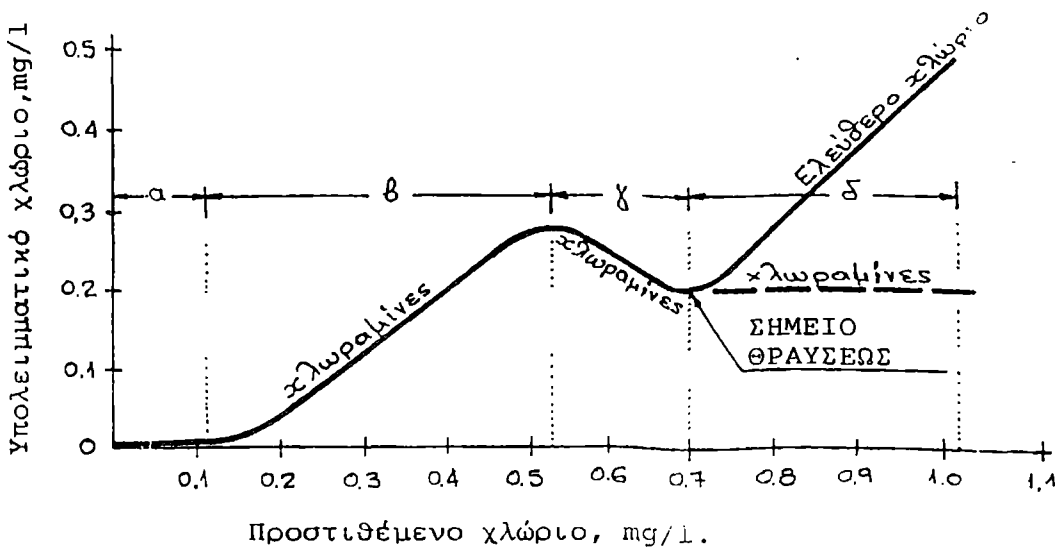
Σχ 2' Οργανική ρύπανση 'Αποδέκτη (Καμπύλη Χαλάρωσης 'Οξυγόνου)

- A: εκτρεφόμενα είδη
- B: υπολείμματα τροφής
- Γ: περιττώματα εκτρεφόμενων ψαριών
- Δ: άγρια πληθυσμοί που προσελκύονται

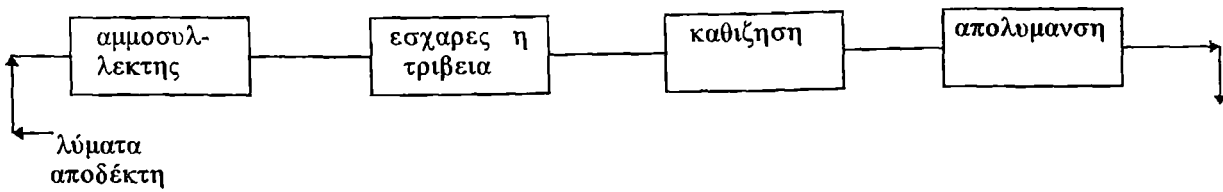


Εικόνα 6. Διάγραμμα μιας εντατικής εκτροφής σαλμονειδών σε κλωβούς. Οι πηγές του σωματιδιακού υλικού όπως φαίνονται είναι αιωρούμενα στερεά στο νερό, περίσσεια τροφής και το υλικό περιττωμάτων.

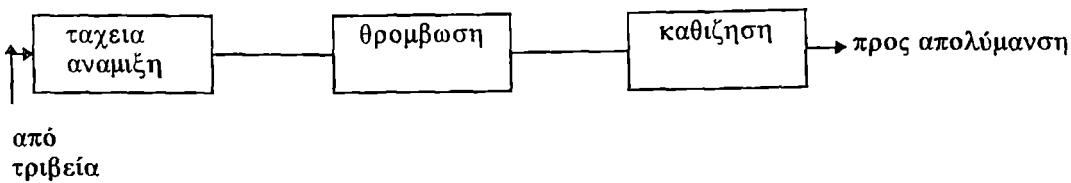
Εικ. 7 Χλωρίωση σημείου θραύσεως



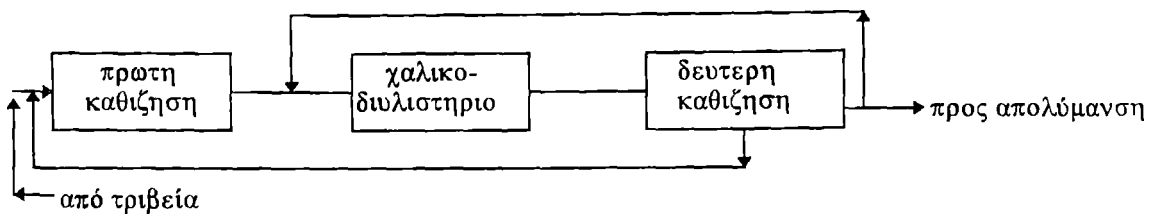
ΒΑΘΜΙΔΕΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ



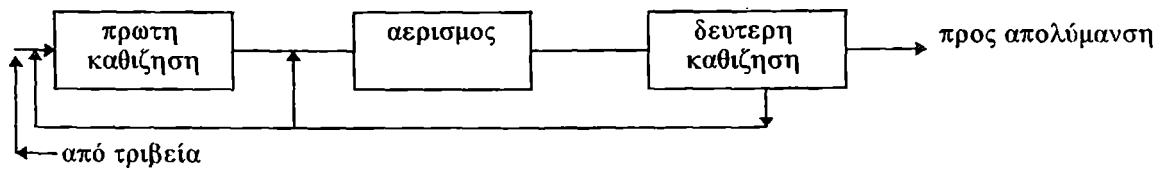
α. Πρωτοβάθμιος μηχανικός καθαρισμός



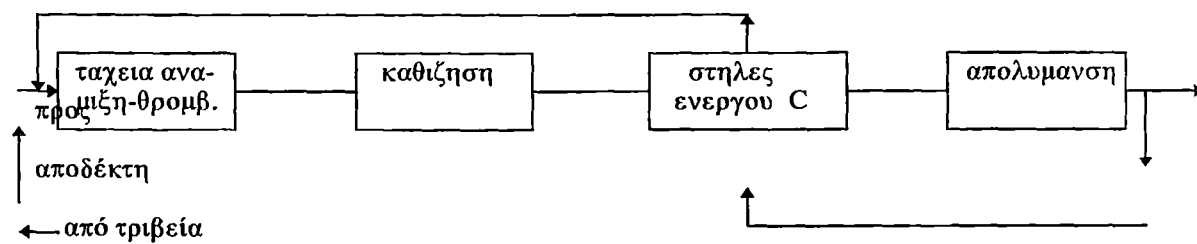
β. Ενδιάμεσος χημικός καθαρισμός



γ. Δευτεροβάθμιος βιολογικός καθαρισμός με βιολογική διύλιση



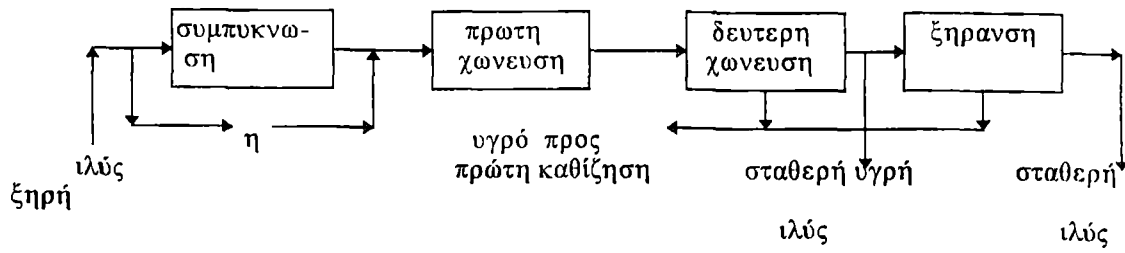
δ. Δευτεροβάθμιος βιολογικός καθαρισμός με ενεργό ιλύ



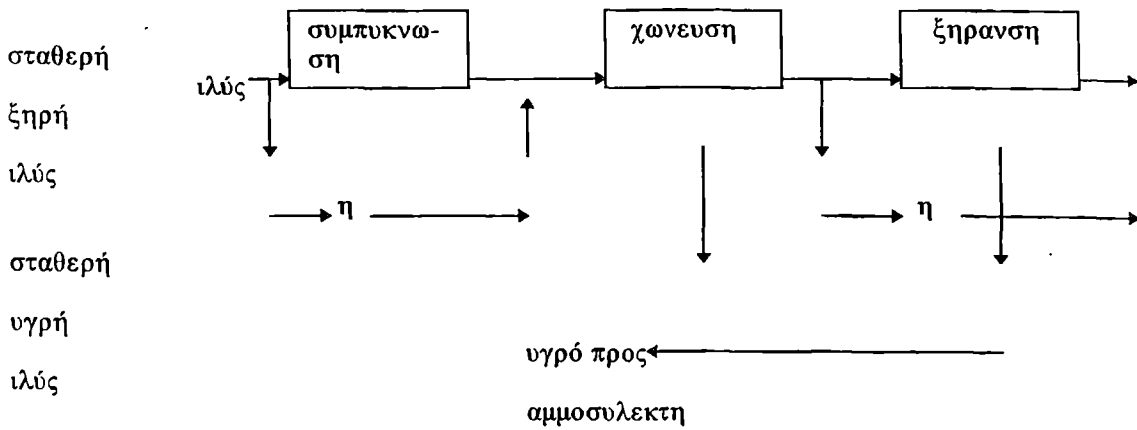
ε. Δευτεροβάθμιος φυσικός-χημικός καθαρισμός με ενεργό άνθρακα

Σημ. Κατά διαστήματα ο εξαντλημένος άνθρακας αναγεννιέται με θέρμανση στους 950 °C κάτω από ειδικές συνθήκες

Σχ. 4 Έπεξεργασία λυμάτων και αποβλήτων

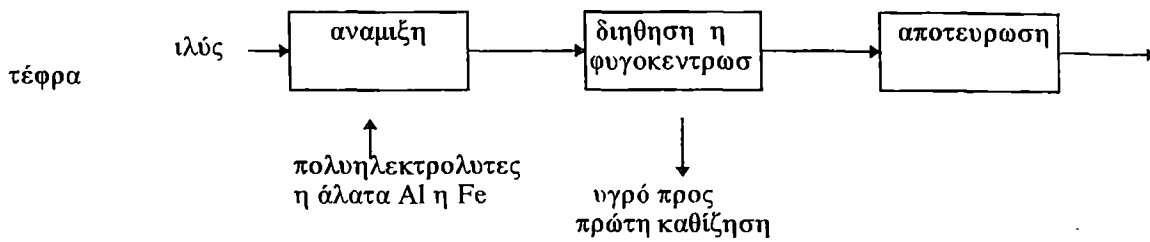


α. Αναερόβια χώνευση



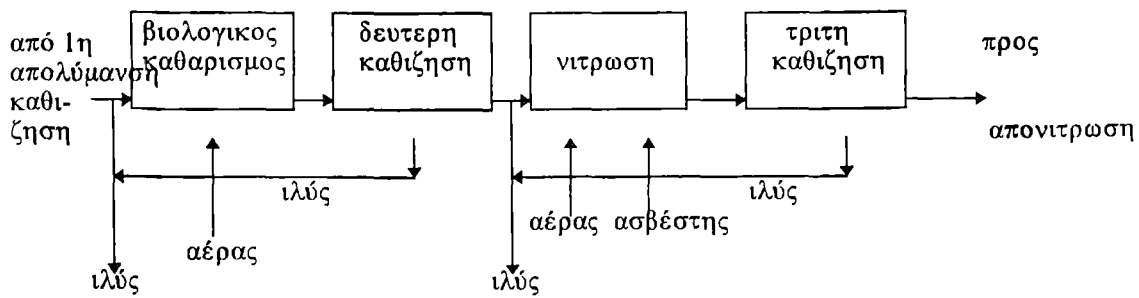
Σημ. χρησιμοποιείται κυρίως σε μικρές εγκαταστάσεις.

β. Αερόβια χώνευση

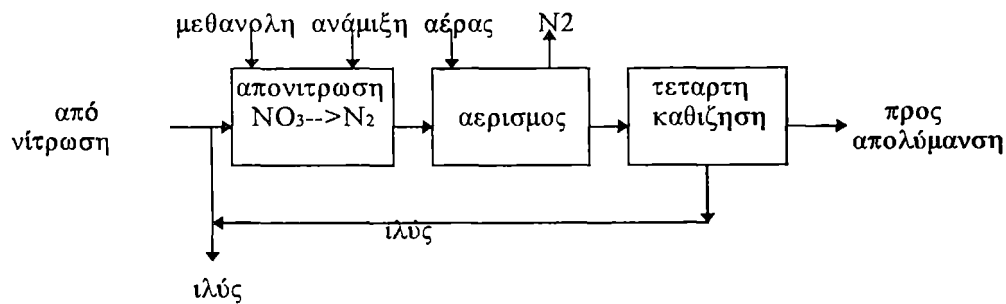


Σημ. Χρησιμοποιείται κυρίως σε εγκαταστάσεις πρωτοβάθμιου καθαρισμού όπου ο χώρος για την διάθεση της σταθεροποιημένης ιλύος είναι περιορισμένος.

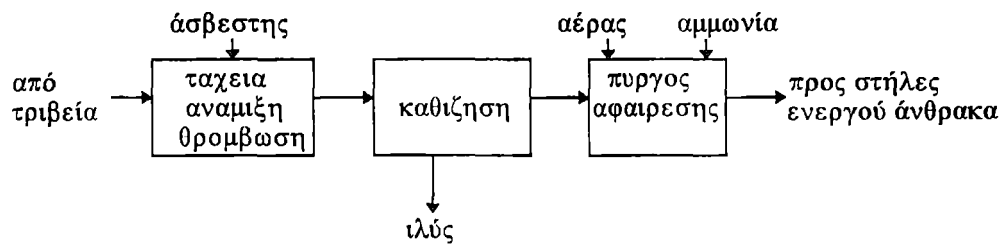
γ. Αποτέφρωση



α. Αερόβια νιτροποίηση (μετατροπή της αμμωνίας σε νιτρικά)



β. Αναερόβια απονιτροποίηση (μετατροπή νιτρικών σε άζωτο και αφαίρεση)



γ. Αφαίρεση αμμωνίας με φυσική-χημική επεξεργασία

Σχ.5 Έλεγχος αζώτου

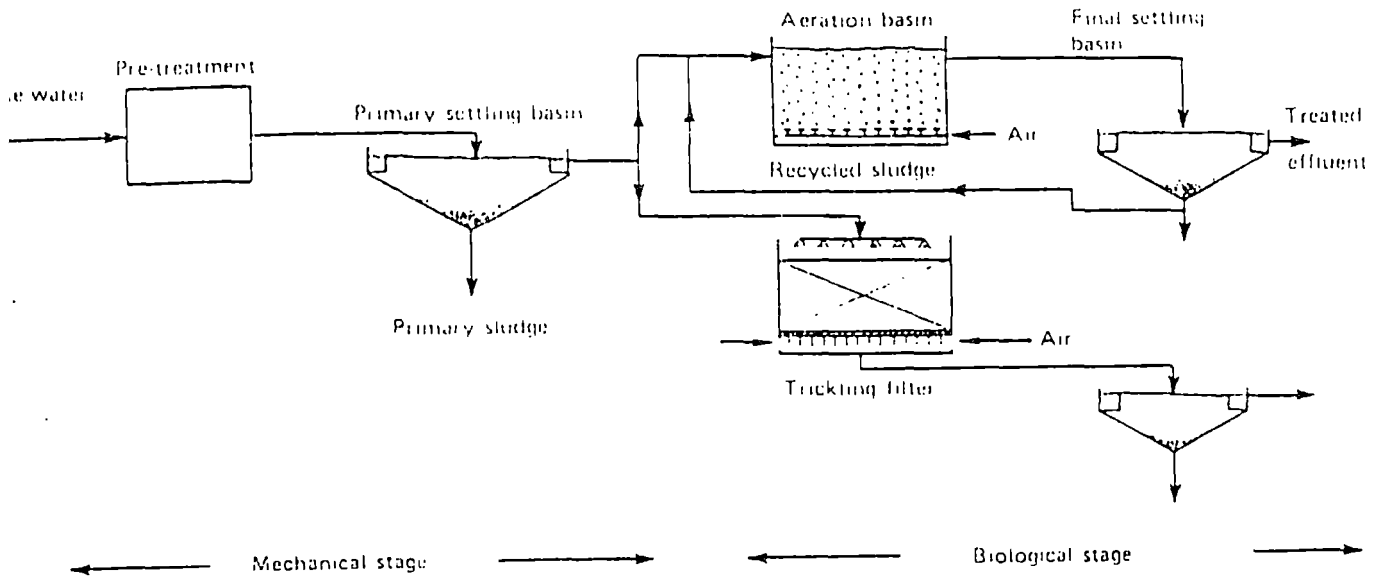


Fig. 1 Flow sheet of a conventional wastewater-treatment plant

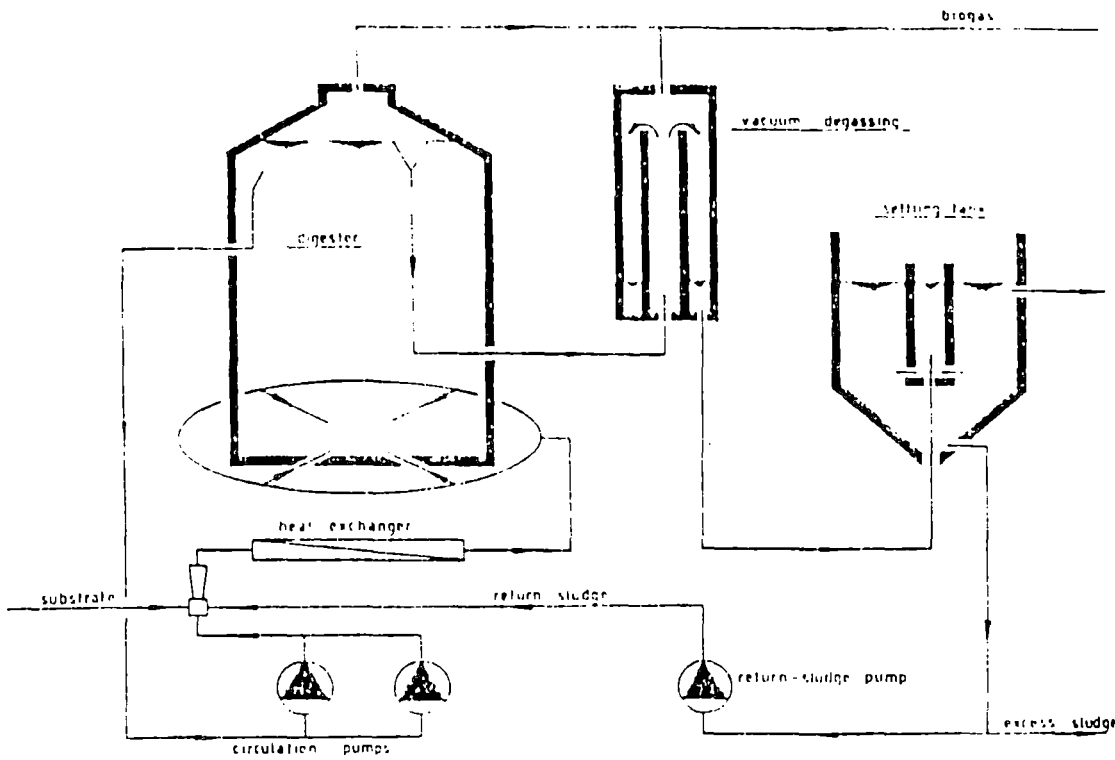
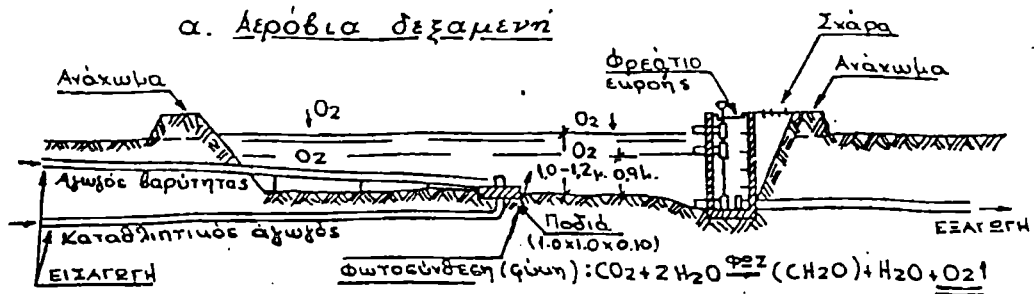


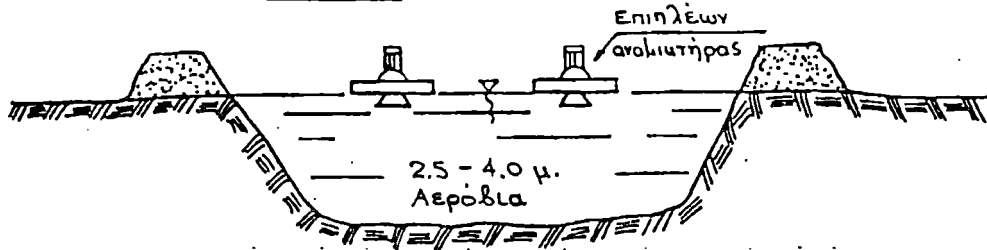
Fig. 2 — Anaerobic activated-sludge process.

Εικ. 3' ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΕΩΣ

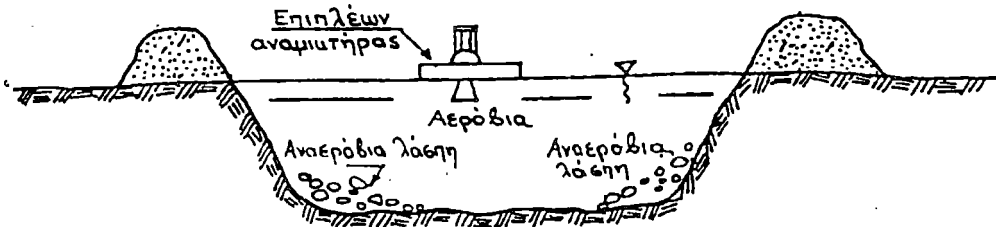


β. Αεριοζόμενες δεξαμενές

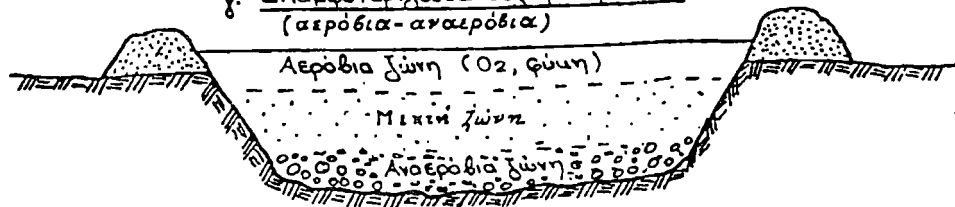
β1. Αερόβια (καθοδικά)



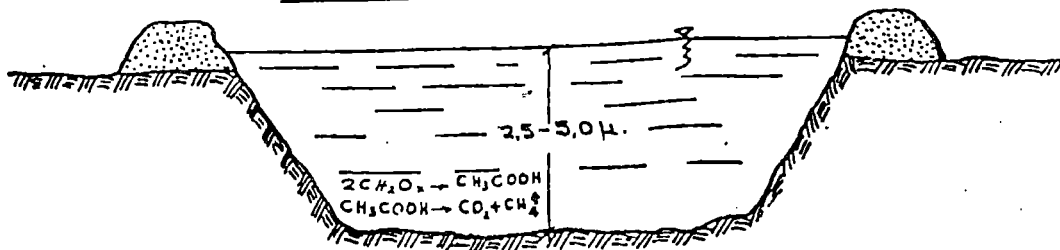
β2 Αερόβια - Αναερόβια (μικτή)



γ. Επαμφοτερίζουσα δεξαμενή (αερόβια-αναερόβια)



δ. Αναερόβια δεξαμενή



Π Η Γ Ε Σ

Ελληνικά Συγγράμματα

- (1) ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ Δ. : «Η καλλιέργεια της τσιπούρας» σελ.53, Αθήνα 1988
- (2) ΠΑΠΟΥΤΣΟΓΛΟΥ. Σ.: «Γεωπονική Υδροβιολογία» σελ.187, εκδ. Ο.Ε.Δ.Β. Αθήνα, 1986
- (3) ΠΑΠΟΥΤΣΟΓΛΟΥ. Σ.: « Εισαγωγή στις Υδατοκαλλιέργειες» τόμος Α' σελ.190, 186, Αθήνα, 1985, εκδ. Καμπερόπουλος Α.Ε. - Ακαδημίας 64
- (4) ΠΡΟΒΙΜΙ ΕΛΛΑΣ Α.Ε. Δελτίο 16-6-88 - Λ.Κηφισσού 166 και Λ.Αθηνών 121 31 Περιστέρι - Αθήνα
- (5) Γ.ΗΛΙΟΠΟΥΛΟΥ : «Βιοχημεία» σελ. 279-292, Αθήνα 1986.
- (6) Α.Γ. ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ - Θ.Σ.ΛΙΑΤΗ : «Ανόργανος Χημεία», σελ.139-142, Αθήνα 1971
- (7) Σ. ΠΑΠΟΥΤΣΟΓΛΟΥ : «Εισαγωγή στις Υδατοκαλλιέργειες» - Τόμος Α' σελ.101 - Αθήνα, 1985
- (8) Γ. ΒΑΡΒΟΓΛΗ : «Οργανική Χημεία» τόμος Α' σελ.273-275
- (9) ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΕΓΚΥΚΛΟΠΑΙΔΙΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ : Τόμος 11ος σελ.201 Εκδ.Χρ.Γιοβάνης, Αθήνα
- (10) ΠΑΓΚΑΛΟΥ Γ.Η. : «Ιατρική Μικροβιολογία» σελ.213-223, 730-733, Αθήνα, 1953
- (11) ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ Δ. : «Τεχνολογία Αλιευμάτων» τόμος σελ.235 - Εκδοση ΤΕΙ Αθήνας - 1986
- (12) ΔΕΛΗΓΚΑΡΗ Ν. : «Μικροβιολογία τροφίμων» σελ.135-137, Εκδ. Ο.Ε.Δ.Β. Αθήνα 1985
- (13) ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ Δ. (1988) Απόβλητα προϊόντα μεταβολισμού των θαλασσιών ψαριών και των ανθρώπων - Συγκριτικά στοιχεία - Αλιευτικά Νέα
- (14) ΠΑΝΕΤΣΟΥ Α. : «Υγιεινή τρομίνων Ζωϊκής Προελεύσεως» τόμος Β' σελ.258. Εκδοση Τετάρτη- Θεσσαλονίκη, 1978

- (15) ΑΛΕΞΗ Μ Διατροφή ψαριών, Αθήνα 1988
- (16) ΑΝΑΓΝΟΠΟΥΛΟΣ Ν. «ΚΟΙΝΗ ΑΛΙΕΥΤΙΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΤΗΣ ΕΟΚ»
Αλιευτ.Νέα (106) 73-78, 1990
- (17) ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ Σ. «Νέες τεχνολογίες πλωτών ιχθυοκλωβών»
Αλιευτ.Νέα 9112) 65-67 (111) 29-36, 1990
- (18) ΑΡΓΥΡΟΥ, Ι «Εισαγωγή στις υδατοκαλλιέργειες», Νοέμβριος, 1989
- (19) ΑΡΤΥΡΟΥ Ι «Υδατοκαλλιέργειες, μια συνοπτική παρουσίαση»
Αλιευτ.Νέα (102) 45-58, 1989
- (20) ΒΑΒΙΖΟΣ Γ. ΖΑΝΝΑΚΗ Κ. «Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την
ίδρυση και λειτουργία ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων». Αλιευτ. Νέα (101) 65-
84, 1989
- (21) ΒΑΒΙΖΟΣ Γ. «Βιολογικός καθαρισμός» ΕΛΚΕΠΑ. Αθήνα 1989
- (22) ΒΑΣΙΛΙΚΙΩΤΗΣ Γ.Σ. ΦΥΤΙΑΝΟΣ Κ.Κ. Μέθοδοι ελέγχου ρυπάνσεως
περιβάλλοντος
- (23) ΒΕΡΡΟΙΟΠΟΥΛΟΣ Γ. Οικοφυσιολογία, Αθήνα, 1990
- (24) ΓΕΩΡΓΙΟΥ Η. «Παθολογικά προβλήματα υδατοκαλλιεργειών και
αντιμετώπιση αυτών» Αλιευτικά Νέα (105) 78-79, 1990
- (25) ΓΕΩΡΓΙΟΥ Η. «Οι απολυμάνσεις των ιχθυοτροφείων» Αλιευτ.Νέα (107)
55-56, 1990
- (26) ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ Κ. Ιχθυολογία , Αθήνα 1981
- (27) ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ, Αριθμός φύλλου 483, 3-9-1989
- (28) ΚΑΠΑΡΗ Μ.Ε. «Οι επιπτώσεις βιομηχανικών ρύπων στους θαλάσσιους
οργανισμούς».
- (29) Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων, Γρηγόριος
Π.Μαρκαντωνάτος Αθήνα 1990,
- (30) Τεχνολογία του περιβάλλοντος - Επεξεργασία λυμάτων , Γρηγορόπουλος
Σωτήρης.
- (31) «Επεξεργασία Λυμάτων», 1995, Σωτήριος Γ. Γρηγορόπουλος
- (32) «Καθαρισμός νερού», Σωτήριος Γ. Γρηγορόπουλος

(33) «Απομάκρυνση αζώτου - Φωσφόρου σε εγκαταστάσεις καθαρισμού αστικών λυμάτων»

Διπλωματική εργασία των: Γεωργιάδου Ελένη - Πογιώτατου Ιγνάτιου
(Πανεπιστήμιο Ξάνθης)

Ξένα συγγράματα

- (1) MEAD.J.F., and KAYAMA.M. Lipid metabolism in fish In: «Fish Oils» Ed. Me. Stansly, Westport, Conn. Avi, Publ. Co. 289-99 p. 1967
- (2) AQNALIM - B.P.N.I. - NERSAC - 16440 Rouillet - Saint - Estephe - FRANCE.
- (3) CHOW. K. W.R.SHELL : «Nutritional Biochemistry - The minerals» In Fish Feed Technology. FAO ADCI/REP/80/11-1980
- (4) FRANCO DE VARLI: «L'Univers inconnu des poissons» - p.44, Ed, Elsevier Sequoia - Bruxelles, 1976
- (5) GAETANO QUAGLIARIELLO : «Scienza dell Alimentazione», pag 79, Napoli 1953.
- (6) R.R.SMITH: «International Bioenergetics in, fish». In Fish Feed Technology, FAO 1980
- (7) G.W.Klontz, I.R.Block and J.A. McNair: «Aquaculture Techniques - Water use and discharge quality». Idaho Water Research Institute Univ. of Idaho, U.S.A. 1978
- (8) H. Willoughby, H.N. Larsen and J.J.Bower: The pollutional effects of fish hatcheries. Amer Fishes and US. Trout News. 17 (3), 16, 1972
- (9) P.B.Liao and P.D.Mayo: «Intensified fish culture combining water recirculation with pollution abatement» Aquaculture, 3, 61-1974
- (10) K.EMERSON. R.C.RYSSO, R.E.LUND and R.V.THURSTON: «Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of PH and Temperature». J.fish. Res.Bratd.Can 32:2379-2383-2975
- (11) K.TABATA: «Toxicity of ammonia to aquatic animals with reference to the effect of pH and Carbon dioxide». Bull.Tokai, reg. Fish.Res Lab, 34, 67-74, 1962.
- (12) H. SVERDRUP, M.JOHNSON and R.FLEMING: «The Oceans : Their physics, chemistry and general biology». pp.1987, Prentice -Hall, Inc. New York, N.Y.1942

- (13) C.LENTI : «Mannale di Biochimica» p. 576-598 et.Minerva Medica - Torino, 1952
- (14) VITTORIO PUNTONI: «Elementi di Laboretorio per medici w Studenti» p.178. Ed.Studio Editio. Ziale degil Istituti Universitari - Roma 1950
- (15) FRANCE SOUDAN: La Conservation le froid des poissons, Crustaces et mollusques -p 87-91, Paris, Ed.J.B.Balliere et fils, 1965
- (16) ZOBELL,C : «Marine Microbiology», Ed.Waltham, Mass, U.S.A.
- (17) BRISOU, J.: «La microbiologie du millieu marin» Edit.Medicales Flammarion, Paris 1955
- (18) LISTON,J. : «Microbiology in fishery science» in : Advances in Fish Science and Technology - Wd.J.J. Connel -Torry Research Station, Aberdeen - Scotland -Published by Fishing News Books Ltd,Garnham, Surrey, Eingland - April 1980,p.139
- (19) WHITFIELD, M: «The hydrolysis of ainmonium jons in sea water - a theozetical study» J.Mar.Biol.Ass.U.K.54.565-580, 2974.
- (20) BOWER.M. and J.P.BIDWELL.: Effects of Temperature, PH and Salinity» J.Fish.Res.Board Can.35: 1112-1016,1978
- (21) EMERSON.K., R.C. ROUSSO, R.E. LUND and R.V.THURSTON: «Aqueous ammonia eauilibrium calculations: Effect of PH and Temperature «J.Fish Res -Board Can., 32: 2379-2383, 1975.
- (22) JOHN I.NICKERSON and ANTHONY J.SINSKEY: «Microbiology of Foods and Food Processing» pag.199, Ed.American Elsevier Publishing Co -New York Amsterdam - London 1975
- (23) PENSO. G: «Iprodotti della pesca» pag.73. Ed.Ulrico Hoepli - Milano 1950
- (24) MANTOVANI G: «Ispezione degli alimenti di origine animale - Torino, 1961
- (25) NUTZ I. and VENS-CAPPEL,B. (1982). Organic -load from the metabolic producte of raindow trout fed with dry food.In: Alabaster. J.S.

(ed.) (1982). Report of the EIFAC workshop on fish farm effluent. Silkeborg Denmark, 26-28 May 1981

(26) ESKELINEN P. (1984b): The release of phosphorous from faeces of rainbow trout fed with various dry feeds (In Finnish). Mimeo, 21 pp.

(27) FROM. J. and RASMUSSEN. G. (1984): A growth model, gastric evaluation and body composition in rainbow trout. *Salmo gairdneri* Richardson, 1936, Dana 3: 61-139

(28) KLONTZ, G.W. BLOCK, I.R. and McNAIR, J.A. (1975): Aquaculture Techniques - Water Research Institute, Univ. of Idaho, U.S.A.

(29) LIAO, P.B. and MAYO P.D. (1974): Intensified fish, culture combining water reconditioning with pollution abatement. *Aquaculture*, 3: 61-88

(30) National Board Waters, Finland (1981) : Industrial water statistics in 1977-1978 (in Finnish), Report, 205: 1-69

(31) WARREN -HANSEN I. (1982): Evaluation of matter discharged from trout farming in Denmark. In Alabaster. J.S. (Ed.) (1982). Report of the EIFA (workshop on fish farm effluents. EIFAC Tech. Pap., 41: 1-166

(32) ABEL, P.D. «Evaluating the effects of pollution on natural marine ecosystems. The effects of pollution on marine ecosystems, FAO, 1985: 1-26

(33) CHUA THIA ENCJ.P.PAW, FLORDELIZ, G. The environmental impact of aquaculture and the effects of pollution on coastal aquaculture and the effects of pollution on coastal aquaculture development in S.E. Asia *Marine pollution bulletin*, vol.20.9/1989: 335-343

(34) GOWEN. R.J. ROSENTHALH, MAKINEN, T., EZZ. I. «Environmental impact of aquaculture activities» *European aquaculture society*, No 10 (1989)

(35) HALVER. J.E. «The vitamins required for cultivated salmonids» *Fish Feed Technology*, FAO, 1980

(36) HARHER, B.ALLEN, G.H. «Wastes and use of recirculating water in aquaculture» *Aquaculture engineering* 478-487.

- (37) IDLER, D.R. «Effects of pollutants on quality of Marine». Marine pollution and sea life, FAO 535-541
- (38) Wastewater Engineering, Metcalf and Eddy, third edition