

## ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΙ ΛΥΜΑΤΩΝ

**Αστικά λύματα** περιέχονται στους υπονόμους του αποχετευτικού συστήματος που μεταφέρει τα ακάθαρτα νερά μιας ανθρώπινης κοινότητας. Τα αστικά λύματα προέρχονται από σπίτια, εμπορικά καταστήματα, βιομηχανίες και από γεωργοκτηνοτροφικές δραστηριότητες και εγκαταστάσεις.

Ως **βιομηχανικά απόβλητα** μπορούν να χαρακτηριστούν υγρές απορρίψεις που περιέχουν σωματίδια από βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Τα βιομηχανικά απόβλητα μπορεί να περιέχουν νερό, οργανικούς διαλύτες (λάδια), αιωρούμενα στερεά σωματίδια και διαλυμένα χημικά συστατικά.

Ως προς την προέλευσή τους τα ακάθαρτα νερά μπορούν να ταξινομηθούν σε:

- Απόβλητα εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων,
- Απόβλητα βιομηχανικών συγκροτημάτων,
- Απόβλητα γεωργοκτηνοτροφικών εγκαταστάσεων,
- Διαρροές από σκουπιδότοπους,
- Απορροές από εδάφη και καλλιέργειες,
- Απορρίψεις από τουαλέτες κ.ά.

Τα **λύματα** είναι ένα θολό υγρό που συνίσταται κατά 99,9% από νερό και περιέχει σύμπλοκα οργανικά και ανόργανα προϊόντα. Τα προϊόντα αυτά εμφανίζονται ως αιωρούμενα στερεά σωματίδια ή πολύ λεπτομερή στερεά κολλοειδή σωματίδια, ως διαλυμένα συστατικά και ως μικροοργανισμοί. Η δυσάρεστη οσμή και το χρώμα τους, κατά μεγάλο μέρος, προκαλείται από το οργανικό υλικό που υφίσταται αναερόβια βακτηριακή διάσπαση. Τα οργανικά υλικά στα λύματα είναι συνήθως χαρτί, κόπρανα, ούρα, σαπούνια, απορρυπαντικά, λίπη, έλαια και υπολείμματα τροφών. Στα ανόργανα συστατικά τους περιλαμβάνονται άμμος, άργιλος, αμμωνία και άλατα αμμωνίου, που προέρχονται από τη διάσπαση των ούρων, των μεταλλικών νιτρικών, φωσφορικών και άλλων αλάτων.

Σε γενικές γραμμές, τα οικιακά και αστικά λύματα προέρχονται από τις χρήσεις του νερού που καταναλώνει ο άνθρωπος για τις ανάγκες του. Επειδή τα λύματα είναι πλούσια σε οργανικά θρεπτικά συστατικά, όταν ρίχνονται σε κλειστούς κόλπους, σε

λίμνες ή σε αργά κινούμενα ποτάμια, δημιουργούν μεγάλες απαιτήσεις οξυγόνου, προκειμένου να διασπαστούν αερόβια από βακτήρια ή μύκητες. Στην περίπτωση που το οξυγόνο είναι αρκετό για την αποσύνθεση των οργανικών συστατικών του νερού, δεν δημιουργούνται δυσοσμία και ιζήματα. Αυξανόμενες όμως συγκεντρώσεις των θρεπτικών αυτών ουσιών στο νερό, επιταχύνουν τους ρυθμούς αύξησης των φυτών. Το πρόσθετο όμως αυτό οργανικό φορτίο για να αποικοδομηθεί απαιτεί περισσότερο οξυγόνο, δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο συνθήκες αναερόβιας διάσπασης και καταστάσεις δυσάρεστες για το περιβάλλον. Η συνύπαρξη των λυμάτων με το νερό προκαλεί μείωση του οξυγόνου, πράγμα που συνεπάγεται τη θανάτωση οποιασδήποτε μορφής ζωής.

## **Επεξεργασία λυμάτων**

Η **επεξεργασία λυμάτων** είναι η διαδικασία που διαχωρίζει τις επικίνδυνες ουσίες από το νερό στα λύματα, ώστε το νερό να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο περιβάλλον. Τα λύματα μεταφέρονται στις εγκαταστάσεις καθαρισμού μέσω των υπονόμων, μερικές φορές και με χρήση ειδικών βυτιοφόρων οχημάτων.

### **Προέλευση και είδη**

Ο όρος **λύματα** αναφέρεται στα υγρά απόβλητα από τις κατοικίες (*οικιακά λύματα*) και τα υγρά απόβλητα από τις συνήθεις δραστηριότητες μιας πόλης (*αστικά λύματα*). Όταν τα υγρά απόβλητα μιας πόλης περιέχουν και σημαντικές ποσότητες υγρών βιομηχανικών αποβλήτων τότε ονομάζονται **υγρά αστικά απόβλητα**. Τα οικιακά λύματα παράγονται από τις ανάγκες των ανθρώπων όπως η απόδευση, η χρήση του μπάνιου, η προετοιμασία του φαγητού κ.α. Κατά μέσο όρο παράγονται 180 - 300 λίτρα ανά άτομο κάθε ημέρα. Τα αστικά λύματα παράγονται από δημόσια κτήρια, νοσοκομεία κ.λ.π. Η ποιότητα και η ποσότητα των βιομηχανικών αποβλήτων μεταβάλλεται συνεχώς και δεν είναι εύκολο να προσδιοριστεί, αφού πολλές βιομηχανίες ρίχνουν - παρανόμως - ανεπεξέργαστα τα απόβλητά τους στο αποχετευτικό δίκτυο μιας πόλης.

### **Σύνθεση των λυμάτων**

Η σύνθεση των λυμάτων μπορεί να προσδιορισθεί χρησιμοποιώντας φυσικές, χημικές και βιολογικές διαδικασίες κ.α.

### **Από τι μολύνεται το νερό**

Το μη επεξεργασμένο νερό περιέχει ρύπους, οι οποίοι δίνουν στο νερό χρώμα γεύση και οσμή. Αυτοί οι ρύποι περιλαμβάνουν ζωντανούς μικροοργανισμούς (ιούς, βακτήρια), οργανικά υλικά και ανόργανες ενώσεις. Μπορούν να προκαλέσουν ασθένειες όπως γαστρεντερίτιδα, ηπατίτιδα, τυφοειδή πυρετό και δηλητηρίαση.

Υπάρχουν τρία είδη μικροοργανισμών στο νερό: Ανθρώπινης Προέλευσης, από αγροτικές φάρμες και από τα φυτά τα δάση και γενικότερα την φύση.



### **Βιολογικός Καθαρισμός**

Κατά το βιολογικό καθαρισμό, η βιολογική διεργασία πραγματοποιείται μέσα σε μία δεξαμενή, τον βιοαντιδραστήρα, όπου διοχετεύονται τα απόβλητα, αφού προηγουμένως έχει γίνει κατακράτηση των στερεών υλών που περιέχονται σε αυτά. Μέσα στον βιοαντιδραστήρα υπάρχει μεγάλος αριθμός μικροοργανισμών, (που αποτελούν ουσιαστικά τη λάσπη), ενώ παράλληλα, μέσω ενός συστήματος αερισμού, διοχετεύεται στη μάζα των αποβλήτων αέρας, που είναι απαραίτητος για τη διεργασία. Ταυτόχρονα γίνεται συνεχής ανάδευση του νερού και της βιολογικής μάζας.

Συχνά, αντί για αέρας, διοχετεύεται καθαρό οξυγόνο, κάτι που αυξάνει την απόδοση του βιοαντιδραστήρα. Οι μικροοργανισμοί διασπών τους οργανικούς ρύπους τρεφόμενοι από αυτούς, ενώ ταυτόχρονα πολλαπλασιάζονται. Όταν καταναλώσουν όλη την ποσότητα των οργανικών ουσιών, που έχουν την ικανότητα να διασπάσουν, και ολοκληρωθεί η βιολογική διεργασία, αρχίζουν να καταναλώνουν το δικό τους οργανικό υλικό, οπότε μειώνεται ο αριθμός τους.

Τότε, τα απόβλητα διοχετεύονται σε μία δεξαμενή καθίζησης, στην οποία οι μικροοργανισμοί, που έμειναν, διαχωρίζονται και ξαναδιοχετεύονται στον βιοαντιδραστήρα, ενώ το καθαρισμένο νερό «επιστρέφει» στο περιβάλλον ή περνάει από μια τρίτη βαθμίδα επεξεργασίας. Μετά τον διαχωρισμό των μικροοργανισμών, στη δεξαμενή καθίζησης παραμένει ένα υπόλειμμα «λάσπης» από οργανικές ουσίες που δεν αποικοδομήθηκαν, νεκρούς μικροοργανισμούς κ.λ.π. Η λάσπη αυτή πρέπει να αδρανοποιηθεί, πριν εναποτεθεί στο περιβάλλον.



### **Στάδια Βιολογικού Καθαρισμού**

Ο βιολογικός καθαρισμός πραγματοποιείται σε 3 στάδια:

- 1) Ο καθαρισμός του πρώτου σταδίου περιλαμβάνει την κατακράτηση μεγάλων στερεών ποσοτήτων άμμου και λιπών. Η εγκατάσταση αυτή συνήθως περιλαμβάνει μια σχάρα, που κρατάει τα στερεά, και μια δεξαμενή, στην οποία καθιζάνει η άμμος και κατακρατούνται τα λίπη.
- 2) Στο δευτεροβάθμιο στάδιο κατακρατούνται οι οργανικές ουσίες, που καταναλώνουν το οξυγόνο της θάλασσας.
- 3) Τέλος, στο τρίτο στάδιο γίνεται η απαραίτητη χλωρίωση.

Στην αρχή της εγκατάστασης του βιολογικού καθαρισμού βρίσκεται ένα φρεάτιο εισόδου, από το οποίο εισέρχεται ένας αγωγός γύρω στα δύο μέτρα. Με μια αντλία μεταφέρονται όλα τα λύματα στο σημείο όπου γίνεται το «κοσκίνισμα». Γι' αυτήν τη διαδικασία, συνήθως, χρησιμοποιούνται μεταλλικοί σωλήνες πάχους από 5 ως 50 χλσ., ώστε το πλέγμα να «κρατάει» όλα τα μεγάλα στερεά σώματα που υπάρχουν. Σε ένα δεύτερο σημείο πραγματοποιείται η αφαίρεση της άμμου και των χαλικιών (φθείρουν τις αντλίες και τους σωλήνες).

Ένα φρεάτιο είναι αρκετό για να ισοκατανέμει τις ποσότητες νερού στις δεξαμενές. Εκεί, κατακάθονται τα στερεά υλικά, ενώ τα λύματα πηγαίνουν στο επόμενο στάδιο. Σε αυτό υπάρχει μια δεξαμενή, στην οποία διοχετεύεται οξυγόνο, το οποίο ουσιαστικά «αναγκάζει» τους μικροοργανισμούς να μειωθούν αισθητά. Από εκεί, τα

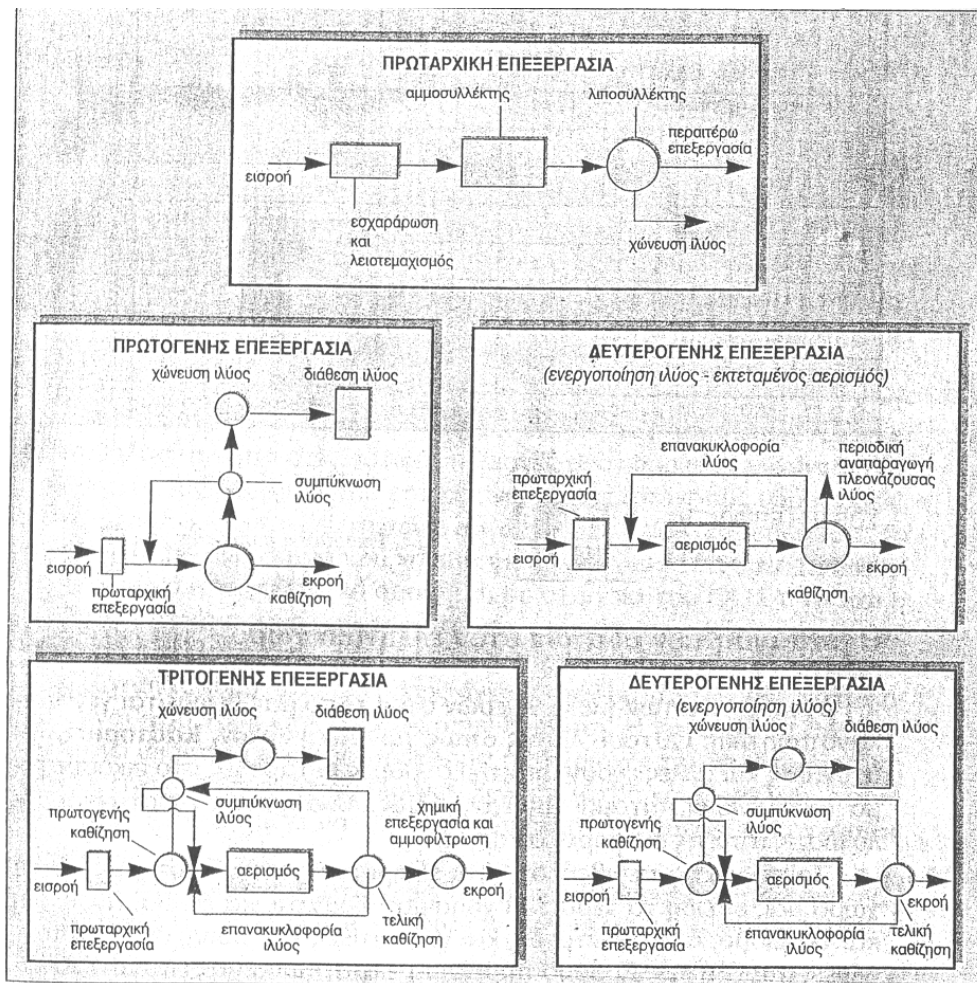
νερά ξαναδιοχετεύονται σε δεξαμενές Β' καθίζησης, όπου και πάλι καθιζάνουν τα στερεά υλικά που έχουν μείνει στο νερό.

Φεύγοντας και πάλι το νερό από εκεί, πάει κατ' ευθείαν στο επόμενο σημείο, στο οποίο έρχεται σε επαφή με το χλώριο. Το χλώριο βοηθάει στη θανάτωση των μικροοργανισμών που υπάρχουν στο νερό.

Τέλος, το νερό περνά σε έναν ειδικό θάλαμο, στον οποίο γίνεται κατακράτηση του χλωρίου και στη συνέχεια, διοχετεύεται στη θάλασσα. Σύμφωνα με τους κανονισμούς της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όλες οι πόλεις με πληθυσμό πάνω από 15.000 κατοίκους υποχρεούνται να εγκαταστήσουν μονάδες βιολογικού καθαρισμού για την επεξεργασία των λυμάτων τους, ενώ την ίδια υποχρέωση έχουν δήμοι και κοινότητες με πληθυσμό από 2.000 έως 15.000 κατοίκους.

Η εγκατάσταση τοπικών συστημάτων επεξεργασίας με αυτόνομη λειτουργία, για την εξυπηρέτηση των διαφορετικών ομάδων κτιρίων ή κατοικιών, προσφέρει υψηλή αυτονομία και ευελιξία για την επίλυση λειτουργικών προβλημάτων (π.χ. απομόνωση του συστήματος, που χρήζει συντήρησης, χωρίς να επηρεαστεί η λειτουργία των υπολοίπων, μη ταυτόχρονη εκκίνηση των συστημάτων που εξυπηρετούν διαφορετικές ομάδες κατοικιών σε ξενοδοχειακά συγκροτήματα ή θέσεων σε κάμπινγκ, ανάλογα με το χρονοδιάγραμμα πλήρωσής τους κατά τη διάρκεια μιας σεζόν κτλ.). Εξαλείφονται, έτσι, σημαντικά μειονεκτήματα των κεντρικών μονάδων που εξυπηρετούν ένα σύνολο κατοικιών.

Αν ληφθούν υπόψιν και οι δυσοίωνες προβλέψεις για το μελλοντικό κλίμα και την επάρκεια νερού, η υψηλή ποιότητα του συστήματος εγγυάται την καταλληλότητα χρήσης του νερού για άρδευση (και όχι μόνο) κάνοντας έτσι ακόμα πιο ελκυστική την ιδέα του βιολογικού καθαρισμού.



Σχηματική αναπαράσταση επεξεργασίας λυμάτων και αποβλήτων.

## Στάδια επεξεργασίας λυμάτων

Υπάρχουν συνήθως τρία βασικά στάδια επεξεργασίας λυμάτων:

### **Πρωτοβάθμια επεξεργασία**

Στοχεύει κυρίως στην αφαίρεση του αιωρούμενου υλικού (οργανικού και ανόργανου). Περιλαμβάνει, συνήθως, την *Προεπεξεργασία* και την *Πρωτοβάθμια Καθίζηση*. Η *Προεπεξεργασία* περιλαμβάνει την Εσχάρωση, τους Πολτοποιητές και τα Τριβεία, την Εξάμμωση, καθώς και την μέτρηση ή/και την εξισορρόπηση της παροχής. Στόχος της είναι η απομάκρυνση σωμάτων που επιπλέουν ή βρίσκονται σε αιώρηση στα λύματα και εγκυμονούν κινδύνους έμφραξης των αγωγών, καταστροφής του μηχανολογικού εξοπλισμού(π.χ αντλίες) και τελικώς δυσλειτουργίας των μονάδων επεξεργασίας που ακολουθούν. Η Πρωτοβάθμια Καθίζηση περιλαμβάνει δεξαμενές καθίζησης (συνήθως κυκλικής διατομής) που συχνά αναφέρονται εν συντομία ΔΠΚ (Δεξαμενές Πρωτοβάθμιας Καθίζησης) και έχει ως σκοπό να απομακρύνει τα αιωρούμενα οργανικά και ανόργανα στερεά ( $10^{-1}$  έως  $10^{-2}$  mm), ώστε να μειωθεί το ρυπαντικό φορτίο που προορίζεται για τα επόμενα στάδια

επεξεργασίας. Η πρωτοβάθμια καθίζηση αφαιρεί τα καθιζάνοντα στερεά υπό μορφή *Πρωτοβάθμιας Ιλύος(Λάσπης)* και το υπερκείμενο υγρό αποτελεί την πρωτοβάθμια επεξεργασμένη εκροή, που είναι διαθέσιμη προς περαιτέρω επεξεργασία.

## **Δευτεροβάθμια Επεξεργασία**

Βιολογικός καθαρισμός στον οποίο αφαιρούνται οι οργανικές ουσίες με την βοήθεια αερισμού (οξυγόνωσης)

## **Τριτοβάθμια Επεξεργασία**

Σκοπός της είναι η αφαίρεση βαρέων μετάλλων και τοξικών ή άλλων συστατικών. Το στάδιο αυτό είναι επιθυμητό όταν η παρουσία βιομηχανικών αποβλήτων στα λύματα είναι σημαντική και ο στόχος είναι η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων (π.χ στην βιομηχανία, για άρδευση ή για χώρους αναψυχής). Στο στάδιο αυτό περιλαμβάνονται επεξεργασίες όπως η κροκίδωση - ιζηματοποίηση, η διύλιση, η προσρόφηση από ενεργό άνθρακα και διεργασίες με μεμβράνες.

### **Αρχικό στάδιο καθαρισμού**

Στο αρχικό στάδιο καθαρισμού απομακρύνονται υλικά όπως τα λίπη και τα έλαια και η άμμος. Εδώ εφαρμόζεται μηχανική μέθοδος. Κατόπιν, αφαιρούνται τα μεγάλα αντικείμενα, όπως τα ξύλα, τα σίδερα, κουτιά κ.α. Αυτό γίνεται επειδή υπάρχει περίπτωση να καταστραφούν οι εγκαταστάσεις του βιολογικού καθαρισμού αν αυτά τα υλικά περάσουν στο εσωτερικό. Εδώ χρησιμοποιούνται σχάρες για την κατακράτηση των στερεών υλικών. Ύστερα γίνεται η ιζηματοποίηση. Σε όλες σχεδόν τις εγκαταστάσεις υπάρχει αυτό το στάδιο. Εκεί τα βαρέα λύματα ανεβαίνουν στην επιφάνεια (κόπρανα, λάσπη), ώστε να αφαιρεθούν.

### **Δεύτερο στάδιο**

Στο δεύτερο στάδιο καθαρισμού αφαιρούνται βιολογικά απόβλητα, όπως το ανθρώπινα απόβλητα, οι σάπωνες και τα απορρυπαντικά. Η πλειονότητα των βιολογικών εγκαταστάσεων χρησιμοποιεί αερόβια αποικοδόμηση. Για να είναι αποτελεσματική η μέθοδος οι οργανισμοί που θα εκτελέσουν την αποικοδόμηση απαιτούν οξυγόνο και ένα υπόστρωμα για να ζήσουν. Υπάρχουν πολλοί τρόποι με τους οποίους μπορεί να γίνει αυτό. Σε όλες τις μεθόδους τα βακτήρια και τα πρωτόζωα (αποικοδομητές γενικότερα) καταναλώνουν υλικά όπως ζάχαρη.

## **Αναερόβια χώνευση**

Η αναερόβια χώνευση είναι μια διαδικασία η οποία πραγματοποιείται με την απουσία οξυγόνου. Η διαδικασία μπορεί να είναι είτε θερμοφιλή χώνευση, στην οποία η λάσπη βρίσκεται υπό ζύμωση μέσα σε δεξαμενές σε θερμοκρασία 55° C. Ονομάζεται θερμοφιλή εξαιτίας των μικροοργανισμών που παίρνουν μέρος στην διαδικασία, οι οποίοι περιέχουν ένζυμα τα οποία λειτουργούν σε υψηλές θερμοκρασίες. Αυτά τα ένζυμα έχουν μεγάλη σημασία σε πολλές εφαρμογές της βιοτεχνολογίας. Επίσης, η διαδικασία μπορεί να είναι είτε μεσόφιλη δηλαδή σε θερμοκρασία 36° C. Κατά την αναερόβια χώνευση παράγεται βιοαέριο με υψηλή περιεκτικότητα σε μεθάνιο, το

οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την θέρμανση των δεξαμενών καθώς και για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των εγκαταστάσεων. Σε μεγάλες μονάδες επεξεργασίας λυμάτων μπορεί να παραχθεί περισσότερη ενέργεια από όση χρειάζεται για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της μονάδας. Τα πλεονεκτήματα της αναερόβιας διαδικασίας είναι η παραγωγή του μεθανίου και τα μειονεκτήματα είναι η μεγάλη χρονική περίοδος που χρειάζεται η διαδικασία (ως 30 ημέρες) καθώς και το υψηλό κόστος.

## **Αεροβική χώνευση**

Η αεροβική χώνευση είναι μια βακτηριακή διαδικασία, η οποία λαμβάνει χώρα παρουσία οξυγόνου. Κάτω από αερόβιες συνθήκες, τα βακτήρια καταναλώνουν με γρήγορο ρυθμό την οργανική ύλη, μετατρέποντας την σε διοξείδιο του άνθρακα. Αφού η οργανική ύλη καταναλωθεί, τα βακτήρια πεθαίνουν και καταναλώνονται από άλλα βακτήρια. Τα πλεονεκτήματα της αερόβιας διαδικασίας είναι ότι πραγματοποιείται πολύ ταχύτερα, έχοντας έτσι μικρότερες κεφαλαιουχικές δαπάνες, δηλαδή αποδίδει περισσότερο. Το λειτουργικό κόστος, όμως, είναι πολύ μεγαλύτερο, εξαιτίας του ενεργειακού κόστους για τον αερισμό που χρειάζεται για την προσθήκη οξυγόνου στην διαδικασία.

## **Τριτοβάθμια (Χημική) Επεξεργασία**

Η τριτοβάθμια επεξεργασία λυμάτων αφαιρεί σχεδόν όλο το ποσοστό των παθογόνων ουσιών κυρίως με χημικές διαδικασίες. Δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα εργοστάσια επεξεργασίας λυμάτων εξαιτίας του υψηλού κόστους του εξοπλισμού. Κύριος σκοπός είναι η αφαίρεση του φωσφόρου και του αζώτου. Το άζωτο μπορεί να βρίσκεται στο νερό με την μορφή αμμωνίας, η οποία είναι τοξική για τα ψάρια. Οι ενώσεις του φωσφόρου (άλατα) μπορούν να προκαλέσουν ευτροφισμό στις λίμνες ή στη θάλασσα.

## **Μη συμβατικές μέθοδοι επεξεργασίας λυμάτων**

**Ηλεκτρομαγνητικά Κύματα:** Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι η μετάδοση της ενέργειας στο χώρο με τη χρήση ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μπορεί να προσδιοριστεί με βάση τη συχνότητα, το κενό το μήκος κύματος, η την ενέργεια των φωτονίων. Για τον καθαρισμό του νερού τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα στην χαμηλότερη θέση της υπεριώδους δεσμίδας θα έχουν ως αποτέλεσμα την θέρμανση του νερού.

## **Διαχείριση Λάσπης**

Η λάσπη (ιλύς) που θα προέλθει από τα λύματα πρέπει να υποστεί διαχείριση και επεξεργασία με αποτελεσματικό και ασφαλή τρόπο. Ο σκοπός της χώνευσης της λάσπης είναι η μείωση της οργανικής ύλης και των παθογόνων μικροοργανισμών. Οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι επεξεργασίας της λάσπης είναι η αναερόβια χώνευση, η αερόβια χώνευση και η σύνθεση.