

**ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ:
ΥΓΡΑ, ΣΤΕΡΕΑ ΚΑΙ ΑΕΡΙΑ**

Α. Ι. ΖΟΥΜΠΟΥΛΗΣ

Αν. Καθηγητής



**Τομέας Χημικής Τεχνολογίας
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
54124 ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ**

zoubouli@chem.auth.gr

τηλ. 2310-997794, fax. 2310-99

Εισαγωγή

Η προσέγγιση που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη των συστημάτων κατεργασίας και διάθεσης βιομηχανικών αποβλήτων είναι διαφορετική από την προσέγγιση που χρησιμοποιείται για την κατεργασία των αστικών αποβλήτων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός, ότι τα αστικά απόβλητα παρουσιάζουν γενικά σημαντική ομοιότητα στα φυσικοχημικά και άλλα χαρακτηριστικά τους μεταξύ διαφορετικών περιοχών. Σαν αποτέλεσμα, η καλύτερη προσέγγιση για το σχεδιασμό ενός συστήματος κατεργασίας αστικών αποβλήτων είναι να αναλυθούν τα χαρακτηριστικά επίδοσης πολλών συστημάτων κατεργασίας, που λειτουργούν ικανοποιητικά, οπότε θα γίνει δυνατό να προκύψει ένα σύνολο βέλτιστων παραμέτρων σχεδιασμού, που θα χρησιμοποιηθεί για την καινούργια περίπτωση σχεδιασμού. Δηλ. η έμφαση στην περίπτωση αυτή δίνεται στην ανάλυση των άλλων συστημάτων κατεργασίας, παρά στη θεώρηση του συγκεκριμένου αποβλήτου. Αντίθετα, στην περίπτωση των βιομηχανικών αποβλήτων, λίγες σχετικά βιομηχανίες παρουσιάζουν σημαντικό βαθμό ομοιότητας, όσον αφορά τα παραγόμενα προϊόντα, ή τα δημιουργούμενα απόβλητα. Επομένως, στην περίπτωση αυτή η έμφαση θα δίνεται στο συγκεκριμένο απόβλητο, του οποίου επιζητείται η κατεργασία και το οποίο δημιουργείται από τη συγκεκριμένη βιομηχανία. Αυτό φυσικά δε σημαίνει, ότι δεν θα είναι σημαντική και η ανάλυση της απόδοσης ενός συστήματος κατεργασίας σε μία, περισσότερο ή λιγότερο, παρεμφερή βιομηχανική εγκατάσταση. Απλώς, η έμφαση που δίνεται, θα είναι διαφορετική στην περίπτωση αυτή. Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται ένα σύστημα διαχείρισης υδάτινων πόρων μιας αστικών περιοχής.

Τα βιομηχανικά απόβλητα συνήθως ταξινομούνται σαν υγρά ή στερεά απόβλητα και σαν αέριοι ρύποι, ενώ συχνά υπεύθυνα για τη διαχείριση των τριών αυτών ειδών αποβλήτων θα είναι διαφορετικά τμήματα της βιομηχανικής εγκατάστασης, που τα παράγει. Οι κατηγορίες αυτές των αποβλήτων ελέγχονται (ρυθμίζονται) γενικά από διαφορετικούς νόμους και κανονισμούς, ενώ ιστορικά η έμφαση (δημόσια ή κυβερνητική) θα

«μετακινείται» από τη μία κατηγορία αποβλήτων προς την άλλη με το πέρασμα του χρόνου. Π.χ. αρχικά η έμφαση είχε δοθεί στην αντιμετώπιση της αέριας ρύπανσης, στη συνέχεια στην καταπολέμιση της υγρής, ενώ σήμερα που φαίνεται ότι τα σχετικά προβλήματα έχουν λυθεί κατά το μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό, η έμφαση είναι μεγαλύτερη στην κατεργασία των στερεών αποβλήτων και του ρυπασμένου εδάφους. Παρόλ' αυτά είναι γεγονός, ότι και οι τρεις κύριες κατηγορίες των αποβλήτων είναι στενά αλληλο-συνδεδεμένες, όσον αφορά την επίδρασή τους στο περιβάλλον, αλλά και όσον αφορά τη δημιουργία και τη διαχείρισή τους από/σε διαφορετικές βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Π.χ. τα στερεά απόβλητα που αποτίθενται στο έδαφος μπορεί να επηρεάσουν την ποιότητα των υπόγειων ή επιφανειακών νερών, εξαιτίας της δημιουργίας εκπλυμάτων (ρυπασμένων «διασταλλαζόντων» υγρών). Οι πτητικές οργανικές ενώσεις που περιέχονται σ' ένα υγρό απόβλητο μπορούν να διαφύγουν από αυτό με τον αερισμό του (π.χ. κατά το βιολογικό του καθαρισμό) και να ρυπάνουν τον αέρα, ή οι περιεχόμενες τοξικές ουσίες σ' ένα υγρό απόβλητο να κατεισδύσουν στο έδαφος και να προκαλέσουν τη ρύπανσή του (και στη συνέχεια, να προκαλέσουν τη ρύπανση και των παρακείμενων υπόγειων νερών). Αέριοι ρύποι μπορούν επίσης να καταπέσουν (π.χ. σαν όξινη βροχή) και να προκαλέσουν τη ρύπανση ολόκληρων περιοχών (εδάφους και επιφανειακών νερών).

Οι διάφορες διεργασίες, που εφαρμόζονται για την κατεργασία ιδιαίτερα των βιομηχανικών αποβλήτων, μπορούν επίσης να μεταφέρουν επικίνδυνες χημικές ενώσεις που θέλουν να αντιμετωπίσουν, από τη μία κατηγορία αποβλήτων που αναφέρθηκαν προηγουμένως, προς τις άλλες. Π.χ. αέριοι ρύποι κατά την κατεργασία τους σε πύργο έκπλυσης μεταφέρονται από τα απαέρια μιας βιομηχανικής καμινάδας και δημιουργούν ένα υγρό απόβλητο, το οποίο θα πρέπει στη συνέχεια να υποστεί επίσης κατάλληλη επεξεργασία (π.χ. με φυσικοχημικό καθαρισμό). Σαν αποτέλεσμα όμως της κατεργασίας αυτής είναι δυνατό να δημιουργηθεί με τη σειρά του ένα άλλο «στερεό» απόβλητο (π.χ. λάσπη), το οποίο θα πρέπει επίσης με τη σειρά του να υποστεί

κατάλληλη επεξεργασία πριν από την τελική του διάθεση (π.χ. σε μία χωματερή).

Επομένως, τα βιομηχανικά απόβλητα θα πρέπει να θεωρηθούν ότι παράγονται από ένα σύστημα αλληλοεξαρτωμένων δραστηριοτήτων και να διαχειριστούν ανάλογα, με τη δημιουργία καταλλήλων ισοζυγίων μάζας και με τη συνολική εκτίμηση απόδοσης κόστους-ωφέλειας (cost-benefit analysis) να καταλαμβάνουν κεντρική θέση στη θεώρηση αυτή. Στο Σχήμα 2 περιγράφεται συνοπτικά η δημιουργία των (αλληλοεξαρτωμένων) βιομηχανικών αποβλήτων.

Στη συνέχεια, θα περιγραφεί αναλυτικότερα η διαχείριση των υγρών αποβλήτων. Σημειώνεται όμως, ότι η διαχείριση των στερεών (ιδιαίτερα των επικίνδυνων ή τοξικών στερεών αποβλήτων), αλλά και των αέριων αποβλήτων, ακολουθεί γενικά αρκετά παρόμοια μεθοδολογία στην αντιμετώπισή τους.

Διαχείριση βιομηχανικών υγρών αποβλήτων

Η προσέγγιση για την ανάπτυξη ενός συστήματος κατεργασίας βιομηχανικών υγρών αποβλήτων, που να λειτουργεί με ικανοποιητική απόδοση και σχετικά χαμηλό κόστος, παρουσιάζεται στο Σχήμα 3. Το πρώτο βήμα στην προσέγγιση αυτή είναι να αποκτηθεί εξοικείωση με την παραγωγική διαδικασία της συγκεκριμένης βιομηχανικής εγκατάστασης. Αυτό συνήθως περιλαμβάνει την επίσκεψη στο χώρο της βιομηχανίας, αλλά και τον έλεγχο της σχετικής βιβλιογραφίας και τη λήψη συνεντεύξεων με τους τεχνικούς παραγωγής, που εκτιμάται ότι θα γνωρίζουν καλά το υπό μελέτη πρόβλημα παραγωγής των αποβλήτων. Ο στόχος στην περίπτωση αυτή είναι να γίνει κατανοητός ο τρόπος με τον οποίο παράγεται το υγρό απόβλητο για δύο κυρίως λόγους: αφενός για να γίνει δυνατή η εφαρμογή ενός αποτελεσματικού προγράμματος ελάττωσης (ή ελαχιστοποίησης) των παραγομένων αποβλήτων (δηλ. η εφαρμογή ενός προγράμματος πρόληψη της δημιουργούμενης ρύπανσης) και

αφετέρου, για να γίνει η (προ)επιλογή των καταλληλοτέρων υποψηφίων τεχνολογικών μεθόδων αντιμετώπισης του συγκεκριμένου προβλήματος ρύπανσης.

Ανάλυση της παραγωγικής διαδικασίας

Ένα από τα πρώτα βήματα για την ανάλυση (και κατανόηση) της παραγωγικής διαδικασίας μιας βιομηχανικής δραστηριότητας είναι να δημιουργηθεί ένα κατάλληλο διάγραμμα ροής (block diagram), που να δείχνει πως η κάθε επιμέρους διαδικασία της βιομηχανικής παραγωγής, είναι δυνατό να δημιουργήσει υγρά απόβλητα, τα οποία θα πρέπει στη συνέχεια να υποστούν την κατάλληλη επεξεργασία. Σαν παράδειγμα αναφέρεται στο Σχήμα 4 η βιομηχανική επεξεργασία, που υφίστανται οι μάλλινες ίνες.

Σαν πηγές για την ανάκτηση των κατάλληλων πληροφοριών στην περίπτωση αυτή, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα αρχεία της βιομηχανίας (εάν υπάρχουν σχετικές μετρήσεις), ή να πραγματοποιηθούν ειδικές μετρήσεις σαν μέρος της συνολικότερης μελέτης χαρακτηρισμού των υγρών αποβλήτων, οπότε οι σχετικές τιμές, π.χ. των παροχών ή των ποσοτήτων των διαφόρων υγρών ρευμάτων, τα όρια και τα χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων (π.χ. BOD, COD, TSS, TDS, παρουσία ειδικών χημικών ενώσεων κτλ.), θα τοποθετηθούν επίσης στο διάγραμμα ροής, που θα έχει κατασκευαστεί.

Μελέτη ελάττωσης (ελαχιστοποίησης) των υγρών αποβλήτων (Waste Minimization Study) και μελέτη χαρακτηρισμού αυτών

Στη συνέχεια, θα πρέπει να δημιουργηθεί (και να εφαρμοστεί από τη βιομηχανία) ένα αποτελεσματικό πρόγραμμα για την ελάττωση (ελαχιστοποίηση) των αποβλήτων, το οποίο θα αποτελέσει τμήμα του γενικότερου προγράμματος πρόληψης της ρύπανσης, που θα πρέπει να

εφαρμόζει υποχρεωτικά πλέον (εκ της Νομοθεσίας) κάθε βιομηχανία (Integrated Pollution Prevention and Control Directive). Στο Σχήμα 5 παρουσιάζεται η διαδικασία προσέγγισης και εφαρμογής της ελάττωσης της ρύπανσης στην πηγή παραγωγής της, ενώ στο Σχήμα 6 παρουσιάζονται οι προσεγγίσεις για την ελαχιστοποίηση (τον περιορισμό) των ρύπων από τις βιομηχανικές παραγωγικές διαδικασίες.

Κατόπιν, ακολουθεί η μελέτη του αναλυτικού χαρακτηρισμού των υγρών αποβλήτων. Ο στόχος στην περίπτωση αυτή είναι να προμηθεύσει την ομάδα σχεδιασμού με πλήρεις και ακριβείς πληροφορίες και δεδομένα (τόσο ποιοτικά, όσο και ποσοτικά), πάνω στα οποία θα μπορεί να στηριχτεί η επιλογή του καταλληλότερου συστήματος κατεργασίας, καθώς και ο πλήρης σχεδιασμός του συστήματος αυτού. Στο Σχήμα 7 περιγράφονται συνοπτικά οι κυριότερες κατηγορίες των υποψήφιων τεχνολογιών κατεργασίας υγρών αποβλήτων, που στηρίζονται στα βασικά χαρακτηριστικά των ρύπων, των οποίων επιζητείται κυρίως η απομάκρυνση.

Συχνά, κατά τη διάρκεια της μελέτης χαρακτηρισμού του υγρού αποβλήτου, λαμβάνονται σημαντικές πληροφορίες για τη χρησιμοποίηση των υλικών, την αποτελεσματική χρήση του νερού και τη αντίστοιχη δημιουργία των υγρών αποβλήτων, με αποτέλεσμα να επιζητείται η εφαρμογή ενός δεύτερου σταδίου (προσπάθειας) για την ελαχιστοποίηση των αποβλήτων, βελτιωμένου και διορθωμένου σε σχέση με την αρχική μελέτη.

Ιδιαίτερη σημασία παρουσιάζει η διατήρηση (συντήρηση) του προγράμματος ελαχιστοποίησης και πρόληψης δημιουργίας των αποβλήτων από την πλευρά της βιομηχανίας, καθώς σε αντίθετη περίπτωση ενδέχεται να προκληθεί αύξηση στην ποσότητα των παραγομένων υγρών αποβλήτων, με συνέπεια την υπερφόρτωση (overloading) της εγκατεστημένης μονάδος επεξεργασίας, οπότε η απόδοσή της θα περιοριστεί σε σημαντικό βαθμό σε σχέση με την προβλεπόμενη απόδοση από τον αρχικό σχεδιασμό.

Στόχοι κατεργασίας (objectives)

Μετά την εύρεση του όγκου, του ρυπαντικού φορτίου και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών (συστατικών) του υγρού αποβλήτου, ακολουθεί ο καθορισμός των ειδικότερων στόχων της κατεργασίας. Οι στόχοι αυτοί θα εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την τελική διάθεση του επεξεργασμένου υγρού αποβλήτου. Εφόσον αυτό πρόκειται να διοχετευθεί προς μία άλλη μονάδα κατεργασίας για περαιτέρω επεξεργασία (π.χ. προς μία εγκατάσταση επεξεργασίας αστικών λυμάτων), τότε θα πρέπει τα χαρακτηριστικά του να συμφωνούν με τις αντίστοιχες απαιτήσεις (πρότυπα) προκατεργασίας (pretreatment standards), όπως αυτά καθορίζονται από την αντίστοιχη (τοπική ή εθνική) Νομοθεσία ή το σχετικό κανονισμό, δηλ. να μην είναι σημαντικά διαφορετικό από τα αστικά λύματα.

Εάν αντιθέτως, το επεξεργασμένο υγρό απόβλητο πρόκειται να διατεθεί κατευθείαν σε παρακείμενο υδάτινο αποδέκτη, τότε θα πρέπει να χαρακτηριστικά του να συμφωνούν με τη σχετική άδεια των αρμοδίων ελεγκτικών υπηρεσιών και οπωσδήποτε τα σχετικά όρια των μέγιστων επιτρεπτών συγκεντρώσεων θα είναι κατά πολύ αυστηρότερα. Τέλος, είναι δυνατό να υπάρχουν ιδιαίτερα πρότυπα (standards) διάθεσης των κατεργασμένων υγρών αποβλήτων κατά περίπτωση, δηλ. ανάλογα με την επιμέρους κατηγορία της βιομηχανικής δραστηριότητας (π.χ. απόβλητα από βυρσοδεψεία, από ορυχεία, από χωματερές κτλ.).

Επιλογή των υποψήφιων τεχνολογιών (κατεργασίας υγρών αποβλήτων)

Στη συνέχεια, θα πρέπει να επιλεγούν οι καταλληλότερες υποψήφιες τεχνολογίες για την αποτελεσματικότερη κατεργασία των υγρών αποβλήτων. Η επιλογή θα πρέπει να στηρίζεται κυρίως στους παρακάτω παράγοντες:

- Επιτυχής εφαρμογή της υποψήφιας τεχνολογίας σε παρόμοιο υγρό απόβλητο.
- Γνώση της βασικής χημείας, βιοχημείας και μικροβιολογίας του συγκεκριμένου υγρού αποβλήτου.
- Γνώση των διαθέσιμων τεχνολογιών, καθώς επίσης και των δυνατοτήτων και περιορισμών τους.

Στο Σχήμα 8 περιγράφεται συνοπτικά μία γενική διαδικασία για την εκτίμηση της κατεργασιμότητας των υγρών αποβλήτων, που δημιουργούνται από την παραγωγική δραστηριότητα.

Εργαστηριακή μελέτη κατεργασίας ενός υγρού αποβλήτου

Η εργαστηριακή μελέτη κατεργασίας ενός υγρού αποβλήτου (bench scale) μπορεί να προσδιορίσει γρήγορα και αποτελεσματικά τη τεχνική δυνατότητα και να εκτιμήσει την οικονομική σκοπιμότητα μιας συγκεκριμένης τεχνολογίας επεξεργασίας. Οι εργαστηριακές αυτές μελέτες μπορεί να είναι εξαιρετικά απλές, εκτελούμενες π.χ. σε απλά ποτήρια (ασυνεχώς) με άμεση εκτίμηση των αποτελεσμάτων, αλλά μπορεί να είναι επίσης αρκετά πολύπλοκες, με την εφαρμογή συστημάτων συνεχούς ροής, που θα οδηγούν ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα του υγρού αποβλήτου μέσω κατάλληλων συσκευών μικρής κλίμακας, οι οποίες θα αποτελούν μοντέλα (υπό κλίμακα) του αντίστοιχου εξοπλισμού πλήρους κλίμακας. Σαν παραδείγματα εργαστηριακού εξοπλισμού αναφέρονται ο αναμίκτης 6 θέσεων (jar-test) για πειράματα κροκιδώσης, μικρές κολώνες (Σχήμα 9) για πειράματα ιονανταλλαγής ή αμμοδιήθησης ή προσρόφησης σε ενεργό άνθρακα, ή μικρά συστήματα βιολογικού καθαρισμού (Σχήμα 10, "block aerators").

Μελέτη κατεργασίας του υγρού αποβλήτου σε πιλοτική κλίμακα

Εξαιτίας αρκετών προβλημάτων που μπορούν να συναντηθούν κατά την μεγέθυνση της κλίμακας κατεργασίας (process scale-up) δεν είναι πάντοτε εύκολο να προχωρήσει κατευθείαν ο σχεδιασμός του συστήματος επεξεργασίας πλήρους κλίμακας, δηλ. βασισμένος μόνον στα προηγούμενα εργαστηριακά πειράματα, εκτός και εάν υπάρχει εκτεταμένη εμπειρία για την κατεργασία των συγκεκριμένων (ή παρόμοιων) υγρών αποβλήτων και για την εφαρμογή της επιλεγμένης τεχνολογίας. Σε αντίθετη περίπτωση, η περαιτέρω (ενδιάμεση) μελέτη σε πιλοτική κλίμακα θεωρείται επιβεβλημένη για κάθε υποψήφια τεχνολογία.

Σε περίπτωση που δεν θα πραγματοποιηθεί η μελέτη σε πιλοτική κλίμακα, ο υπεύθυνος για το σχεδιασμό του συστήματος κατεργασίας θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα συντηρητικός στην εκτίμηση των κριτηρίων σχεδιασμού για το πλήρους κλίμακας σύστημα κατεργασίας. Σαν αποτέλεσμα, είναι πιθανόν το κόστος της εγκατάστασης επεξεργασίας που θα προκύψει από αυτόν το συντηρητικό σχεδιασμό να είναι σημαντικά μεγαλύτερο, από αυτό που θα προέκυπτε εάν είχαν πραγματοποιηθεί τα πειράματα πιλοτικής κλίμακας. Επομένως, ο στόχος των πειραμάτων (μελετών) πιλοτικής κλίμακας) είναι να αποκτηθούν τα ακριβή δεδομένα, που θα προσδιορίσουν το ελάχιστο απαιτούμενο μέγεθος και επομένως, το μικρότερο κόστος ενός συστήματος κατεργασίας, έτσι ώστε ο σχεδιασμός αυτός να μπορέσει να πραγματοποιήσει τους επιδιωκόμενους στόχους (process objectives).

Γενικά, η μελέτη σε πιλοτική κλίμακα θα περιλαμβάνει την εκτίμηση της απόδοσης μιας ορισμένης τεχνολογίας, χρησιμοποιώντας δείγμα από το ίδιο το προς κατεργασία υγρό απόβλητο. Συνήθως λαμβάνει χώρα στη βιομηχανική εγκατάσταση και όχι στο Εργαστήριο, χρησιμοποιώντας ένα αντιπροσωπευτικό μοντέλλο μικρότερης κλίμακας του εξοπλισμού, που θα χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή της πλήρους κλίμακας. Ο όρος «αντιπροσωπευτικό μοντέλλο» αναφέρεται στην ικανότητα του πιλοτικού συστήματος να προσομοιάσει με

ικανοποιητικό βαθμό την απόδοση της εγκατάστασης κατεργασίας πλήρους κλίμακος. Σε άλλες όμως περιπτώσεις μπορεί η πιλοτική εγκατάσταση να μην παρουσιάζει φυσική ομοιότητα με την εγκατάσταση πλήρους κλίμακος. Στο Σχήμα 11 παρουσιάζεται μία πιλοτική μονάδα κατεργασίας υγρών αποβλήτων.

Οι συνήθεις δυσκολίες που παρουσιάζονται με τις πιλοτικές μελέτες αναφέρονται στη επίδραση της θερμοκρασίας που είναι μεγαλύτερη σ' αυτές, στην εύκολη απόφραξη των αγωγών (μικρότερης διαμέτρου), στην έλλειψη εμπειρίας από την πλευρά του χειριστή για τη συγκεκριμένη εφαρμογή, στη ενδεχόμενη διατάραξη του συστήματος από «υδραυλικό χτύπημα» (hydraulic hammer) κτλ.

Κατά τη διάρκεια της πιλοτικής μελέτης θα πρέπει επίσης να επιβεβαιωθεί η απόδοση που βρέθηκε προηγουμένως με την εργαστηριακή μελέτη. Επίσης, θα πρέπει να γίνει εκτίμηση της απόδοσης κατεργασίας χρησιμοποιώντας όλους τους δυνατούς συνδυασμούς (συστάσεις) των αποβλήτων, που είναι πιθανό να αντιμετωπίσει η εγκατάσταση της πλήρους κλίμακος. Τέλος, θα πρέπει να εκτιμηθούν όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί των λειτουργικών παραμέτρων, ενώ σε περίπτωση αλλαγής κάποιων από αυτές, θα πρέπει να παρέχεται στο πιλοτικό σύστημα ικανοποιητικός χρόνος, ώστε να επέλθει η καινούργια κατάσταση ισορροπίας (steady state).

Προκαταρκτικοί σχεδιασμοί

Τα αποτελέσματα των πιλοτικών δοκιμών έδειξαν ποιες τεχνολογίες είναι δυνατό να εκπληρώσουν τους στόχους της κατεργασίας των υγρών αποβλήτων που έχουν τεθεί, αλλά δεν είναι δυνατό να προσφέρουν μία ακριβή εκτίμηση του αρχικού κόστους κεφαλαίου (κατασκευής) και των υπολοίπων λειτουργικών εξόδων. Για το λόγο αυτό και με σκοπό την καλύτερη σύγκριση, γίνονται στη συνέχεια οι λεπτομερείς προκαταρκτικοί σχεδιασμοί για τις υποψήφιες τεχνολογίες, οι οποίοι θα περιγράφουν π.χ. το μέγεθος όλων

των απαραίτητων αντλιών, συνδέσεων, σωληνώσεων, δεξαμενών, κατασκευών, κτισμάτων, συστημάτων ελέγχου και απαιτήσεων σε εργατικό δυναμικό. Η διαφορά μεταξύ των προκαταρκτικών σχεδιασμών και της τελικής σχεδίασης αναφέρεται τόσο στις λεπτομέρειες της κατασκευής, όσο και στις ειδικές προδιαγραφές που θα τεθούν.

Στο Σχήμα 12 παρουσιάζονται συνοπτικά οι αερόβιες και αναερόβιες βιολογικές μέθοδοι κατεργασίας των υγρών αποβλήτων, στο Σχήμα 13 οι βασικές παραλλαγές της διεργασίας ενεργού ιλύος (σε διασπορά), στο Σχήμα 14 η βασική καμπύλη ανάπτυξης των κυριότερων μικροοργανισμών της διεργασίας αυτής, στο Σχήμα 15 η παραλλαγή της μεθόδου ενεργού ιλύος με προσθήκη ενεργού άνθρακα υπό μορφή σκόνης, μέθοδος κατεργασίας η οποία εφαρμόζεται ιδιαίτερα για την επεξεργασία των επικίνδυνων υγρών αποβλήτων, στο Σχήμα 16 παρουσιάζεται η μέθοδος του βιολογικού φίλτρου («σταλαγμόφιλτρο» ακινητοποιημένης βιομάζας), καθώς και τα χαρακτηριστικά της βιολογικής λεπτής στιβάδας, στα Σχήματα 17 και 18 παρουσιάζονται ορισμένες παραλλαγές της μεθόδου αυτής (βιολογικός πύργος, περιστρεφόμενος επαφέας), στο Σχήμα 19 παρουσιάζονται παραδείγματα εφαρμογής των οξειδωτικών (ή αναγωγικών) μεθόδων για την κατεργασία των υγρών αποβλήτων και τέλος στο Σχήμα 20 παρουσιάζονται οι κυριότεροι σχεδιασμοί των αναερόβιων τεχνολογιών (π.χ. ενός ή δύο σταδίων, αναερόβιας ενεργού ιλύος, ανερχόμενης κουβέρτας λάσπης, αναερόβιου φίλτρου ρευστοποιημένου ' ακινητοποιημένου).

Οικονομικές συγκρίσεις

Η τελική επιλογή για την τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί στην κατεργασία των υγρών αποβλήτων μεταξύ των επιμέρους υποψήφιων επιλογών, θα πρέπει να στηρίζεται στην πλήρη σύγκριση όλων των επιμέρους εξόδων κάθε τεχνολογίας για την αναμενόμενη διάρκεια ζωής (δηλ. αποτελεσματικής λειτουργίας) του κάθε συστήματος. Στο Σχήμα 21 παρουσιάζεται η σύγκριση

όσον αφορά την ενεργειακή κατανάλωση διαφόρων μεθόδων κατεργασίας υγρών αποβλήτων, καθώς και η εφαρμογή των διαφόρων τεχνολογιών κατεργασίας, που στηρίζεται στη βιοδιασπασιμότητα και το μοριακό μέγεθος των οργανικών ρύπων.

Σημειώνεται, ότι τα λειτουργικά έξοδα και τα έξοδα συντήρησης για κάθε εναλλακτική μέθοδο κατεργασίας θα πρέπει να περιλαμβάνουν τα ακόλουθα στοιχεία: ποσότητες και κόστος των καταναλισκόμενων χημικών αντιδραστηρίων, κόστος (ηλεκτρικής) ενέργειας για τη λειτουργία των αντλιών, μηχανών, συμπιεστών κτλ., εργατικό κόστος για τη λειτουργία της μονάδος, ενδεχόμενο κόστος για τη διάθεση της παραγόμενης λάσπης (π.χ. σε παρακείμενη χωματερή), έξοδα για τη διάθεση των επεξεργασμένων αποβλήτων στον αποχετευτικό αγωγό και έξοδα συντήρησης της εγκατάστασης. Η απόσβεση της εγκατάστασης επεξεργασίας (amortization), όσον αφορά το αρχικό κόστος κατασκευής της, υπολογίζεται συνήθως ότι γίνεται σε χρονική περίοδο 20 ετών.

Τελική σχεδίαση

Περιλαμβάνει τις αναλυτικές προδιαγραφές και την προκήρυξη της κατασκευής του έργου, συνήθως με τη μορφή ανοικτού (μειοδοτικού) διαγωνισμού, με την υποβολή των αντίστοιχων προσφορών από τις ενδιαφερόμενες τεχνικές εταιρίες.

Βιβλιογραφία (επιλογή)

- 1) P.A. Vesilind, J.J. Peirce and R.F. Weiner, Environmental Pollution Control, 3rd ed., Butterworth-Heinemann, Boston, (1990).

- 2) H.S. Peavy, D.R. Rowe and G. Tchobanoglous, Environmental Engineering, McGraw-Hill Book Co., New York, (1985).
- 3) S.R. Qasim, Wastewater Treatment Plants: Planning, Design and Operation, Technomic, Lancaster, (1999).
- 4) J. Arundel, Sewage and Industrial Effluent Treatment, 2nd Ed., Blackwell, Oxford, (2000).
- 5) F. Woodland, Industrial Waste Treatment Handbook, Butterworth-Heinemann, Boston, (2001).