



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Εργαστήριο Διαχείρισης Τοξικών και Επικίνδυνων
Αποβλήτων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

"Διαχείριση Ιατρικών Αποβλήτων με έμφαση στον Υδράργυρο"



ΒΡΥΖΑΣ ΖΗΣΗΣ

Επιβλέπων : Καθηγητής Ευάγγελος Γιδαράκος

Επιτροπή: Βενιέρη Δ.

Παρανυχιανάκης Ν.

Χανιά 2010

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας την παρούσα διπλωματική εργασία, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ.Γιδαράκο Ευάγγελο, Καθηγητή και Διευθυντή του Εργαστήριου Διαχείρισης Τοξικών και Επικινδύνων Αποβλήτων του Πολυτεχνείου Κρήτης , για την καθοδήγηση, την βοήθεια, την άριστη συνεργασία και τον πολύτιμο χρόνο που μου προσέφερε κατά την εκπόνηση της εργασίας .

Ιδιαίτερως θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Ανδρουλάκη Άννα διδακτορικό φοιτητή του Τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος, στο Εργαστήριο Υδρογεωχημικής Μηχανικής και Αποκατάστασης Εδαφών για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε, για την ανάλυση δειγμάτων με χρήση του ICP-MS, σε όλο αυτό το διάστημα που εκπονήθηκε η διπλωματική εργασία.

Θα ήθελα εγκάρδια να ευχαριστήσω, τους γονείς μου Στέργιο και Κατερίνα καθώς και την αδερφή μου Αντωνία, που με στήριξαν όλα αυτά τα χρόνια για να ολοκληρώσω τις σπουδές μου. Τέλος, ένα θερμό ευχαριστώ στους φίλους μου, που με στήριξαν, όλο αυτό το δύσκολο χρονικό διάστημα, για να εκπληρώσω με επιτυχία τις προσδοκίες μου.

Βρύζας Ζήσης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το πρόβλημα της διαχείρισης των στερεών και των υγρών αποβλήτων και ιδιαίτερα αυτών που χαρακτηρίζονται ως ειδικά εξαιτίας της επικινδυνότητάς τους, έχει οξυνθεί τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα. Στην κατηγορία των ειδικών ή επικίνδυνων αποβλήτων εντάσσονται και τα νοσοκομειακά, για τα οποία εμφανίζεται αυξημένο ενδιαφέρον όχι μόνο στην Ελλάδα αλλά και σε πολλές χώρες του εξωτερικού. Αυτό συνίσταται στο γεγονός ότι τέτοιου είδους απόβλητα αποτελούν στις περισσότερες των περιπτώσεων φορείς παθογόνων μικροοργανισμών, με αποτέλεσμα η μη ασφαλής διάθεσή τους να εγείρει σημαντικότερους κινδύνους όχι μόνο για το περιβάλλον, αλλά και για τη δημόσια υγεία..

Η ασφαλής διαχείριση των μολυσματικών νοσοκομειακών αποβλήτων από νοσοκομεία, ιατρεία, κλινικές, εργαστήρια και αντίστοιχους φορείς αποτελεί ένα μεγάλο περιβαλλοντικό πρόβλημα σε διεθνές επίπεδο. Στην Ελλάδα, η διαχείρισή τους παρουσιάζει συγκεκριμένες δυσκολίες, οι οποίες οφείλονται τόσο σε οργανωτικούς, και οικονομικούς λόγους όσο και στον ιδιόμορφο γεωγραφικό διαμελισμό της χώρας που δεν επιτρέπει την ενιαία αντιμετώπιση του προβλήματος. Ειδικότερα, οι αυξημένες συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων και συγκεκριμένα του υδραργύρου στα υγρά απόβλητα των υγειονομικών μονάδων, αποτελεί ένα σημαντικό πρόβλημα σε διεθνές επίπεδο που χρήζει ιδιαίτερης αντιμετώπισης.

Αναλυτικότερα:

- Στο πρώτο κεφάλαιο παρατίθενται οι διάφοροι ορισμοί των νοσοκομειακών αποβλήτων που έχουν επικρατήσει καθώς επίσης τα χαρακτηριστικά και οι επιπτώσεις τους στη δημόσια υγεία αλλά και στην υγεία των εργαζομένων.
- Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρονται οι νομοθετικές ρυθμίσεις τόσο σε διεθνές και ευρωπαϊκό επίπεδο όσο και σε ελληνικό που σχετίζονται με τη διαχείριση των επικίνδυνων νοσοκομειακών αποβλήτων.
- Στο τρίτο κεφάλαιο πραγματοποιείται αναλυτική περιγραφή ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης, το οποίο περιλαμβάνει το διαχωρισμό, τη συλλογή, τη μεταφορά, την αποθήκευση, την επεξεργασία και την τελική διάθεση των επικίνδυνων νοσοκομειακών αποβλήτων.
- Στο τέταρτο κεφάλαιο ,στο πρώτο μέρος του παρατίθενται στοιχεία όσον αφορά την εξεταζόμενη περίπτωση δύο γενικών νοσοκομείων, δηλαδή τη

κατανομή των ιατρικών τμημάτων τους, καθώς και τη ποιοτική και ποσοτική σύσταση των ιατρικών αποβλήτων. Στο δεύτερο μέρος του κεφαλαίου, περιγράφεται η παρουσία του υδραργύρου στα ιατρικά απόβλητα. Παρουσιάζονται στοιχεία, για την παρουσία του στις υγειονομικές μονάδες, καθώς και για τις διάφορες πηγές του. Τέλος, περιγράφονται οι μέθοδοι επεξεργασίας του υδραργύρου και γενικά, η υφιστάμενη κατάσταση διαχείρισης των ιατρικών αποβλήτων στην Ελλάδα.

- Στο πέμπτο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά στον τρόπο δειγματοληψίας, καθώς και στην ανάλυση των δειγμάτων με φασματομετρία μάζας επαγωγικά συζευγμένου πλάσματος(ICPM-S). Πραγματοποιήσαμε δύο σειρές δειγματοληψιών, από δύο γενικά νοσοκομεία. Για το πρώτο νοσοκομείο λήφθηκαν δείγματα από δύο φρεάτια, τα οποία καταλήγουν στους αντίστοιχους κεντρικούς αγωγούς του νοσοκομείου και από εκεί διατίθενται στο αποχετευτικό δίκτυο της πόλης. Στο φρεάτιο 1 καταλήγουν το χειρουργικό, ακτινολογικό και το παθολογοανατομικό τμήμα, ενώ στο φρεάτιο 2 καταλήγουν το οδοντιατρικό, μικροβιολογικό και το γαστρεντερολογικό τμήμα. Το δεύτερο νοσοκομείο έχει μόνο έναν κεντρικό αγωγό, από τον οποίο λήφθηκαν και τα δείγματα, στον οποίο καταλήγουν όλα τα λύματα της υγειονομικής μονάδας και από εκεί διατίθενται στο αποχετευτικό δίκτυο της πόλης. Τέλος, γίνεται εκτίμηση τοξικότητας των δειγμάτων με την χρήση δεικτών. Ο προσδιορισμός της τοξικότητας γίνεται γενικά με τη χρήση υδρόβιων οργανισμών όπως τα οστρακόδερμα *Daphnia*, τα βακτήρια, τα άλγη κλπ. Στη παρούσα ανάλυση χρησιμοποιήθηκε σερ *Daphtoxkit F magna* προκειμένου να εκτελεστεί το τεστ τοξικότητας σύμφωνα με τις διεθνείς αποδεκτές τυποποιημένες μεθόδους (OECD και ISO). Οι δοκιμές χρησιμοποιούν τα "νεογνά" *Daphnia magna* που εκκολάπτονται σε περίπου 3 ημέρες από τα αυγά - εφίππια.
- Στο έκτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης, καθώς και κάποια συμπεράσματα που προκύπτουν από αυτά. Από την ανάλυση των δειγμάτων, προκύπτει ότι και στα δύο νοσοκομεία μελέτης, όλα τα

εξεταζόμενα χημικά στοιχεία, πλην του υδραργύρου(Hg) και του νατρίου(Na), τηρούν τα όρια διάθεσης σε υπονόμους. Τα στοιχεία αυτά, ξεπερνούν τα όρια διάθεσης, με τιμές να κυμαίνονται 11 μg/L και >40 mg/L, αντίστοιχα.

- Στο έβδομο κεφάλαιο, γίνεται αναλυτική περιγραφή σε τεχνολογίες για την απαραίτητη επεξεργασία του υδραργύρου, όπως επίσης και ποιες από τις τεχνολογίες αυτές μπορούν να εφαρμοσθούν στις συγκεκριμένες νοσοκομειακές μονάδες.
- Τέλος, στο όγδοο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προήλθαν συνολικά από την αξιολόγηση ολόκληρης της εργασίας.

ABSTRACT

The problem of management of solid and liquid wastes, particularly those characterized as dangerous, has intensified the recent years in Greece. In the category of special or hazardous wastes are included the hospital ones for which there is great interest not only in Greece but also in many foreign countries. This is because such waste is in most of pathogenic microorganisms, making it unsafe disposal which can cause many dangers, not only in the environment but also for public health.

The safe management of infectious medical waste from hospitals, dispensaries, clinics, laboratories and corresponding bodies is a major environmental problem worldwide. In Greece, their management presents particular difficulties, due both to organizational and financial reasons and the peculiar geographical division of the country does not permit uniform treatment of the problem. In particular, the high level concentrations of heavy metals, namely mercury in the effluents of sanitary facilities is a major problem at international level that deserves special consideration.

- The first chapter sets out the various definitions of hospital waste which have prevailed as well as their characteristics and their impact on public health and the health of workers.
- The second chapter presents the legislation at both the international and European level as well as the Greek relating to the management of hazardous hospital waste.
- In the third chapter, we have a detailed description of an integrated management system, which includes the separation, collection, transportation, storage, processing and disposal of hazardous hospital waste.
- The fourth chapter in the first part provides data regarding this case, two general hospitals, namely the distribution of medical departments, as well as the qualitative and quantitative composition of medical waste. The second part of the chapter describes the presence of mercury in medical waste. There is presented evidence for the presence of the health units, and various sources. Finally, describes the treatment methods of mercury in general, the current situation of medical waste management in Greece are described.
- The fifth chapter is a reference to sampling and analysis of samples by mass spectrometry inductively coupled plasma (ICPM-S). We conducted two sets of samples from two general hospitals. For the first hospital we received samples from two wells, which result in the respective central conductors of the hospital and then placed in the sewers of the city. At the end of the shaft 1 surgical, radiological and Pathology Department, and the shaft 2 leading dental, medical and gastrointestinal section. The second hospital has only one main pipeline, from which samples were taken and in which all the leading water health unit and then placed in the sewers of the city. Finally, we estimate the toxicity of samples by using indicators. The determination of toxicity is generally done using aquatic crustaceans like *Daphnia*, bacteria, algae, etc.

The present analysis used Daphtoxkit F magna set to perform the toxicity tests according to international accepted standard methods (OECD and ISO). Tests using the "babies" *Daphnia magna*, which hatch in about 3 days of eggs - on horseback.

- The sixth chapter presents the results of analysis and some conclusions drawn from them. Analysis of samples shows that in both study hospitals, all test chemicals except mercury (Hg) and sodium (Na), comply with the limits disposal to sewers. These data, beyond the limits available, with prices ranging 11mg/L and >40mg/L, respectively.
- The seventh chapter is a detailed description of the necessary technologies for treatment of mercury, as well as which of these technologies can be applied to specific hospitals.
- Finally, the eighth chapter presents the conclusions derived from the overall assessment of the entire work.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ABSTRACT

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Ορισμός-Κατηγορίες Ιατρικών Αποβλήτων 1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Νομοθετικό πλαίσιο 11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Διαχείριση Ιατρικών Αποβλήτων-Επεξεργασία 16

3.1 Στάδια διαχείρισης..... 16

3.2 Επεξεργασία Ιατρικών Αποβλήτων 27

3.2.1 Θερμική Επεξεργασία 28

3.2.1.1 Πυρόλυση 28

3.2.1.2 Υγρή και Ξηρή θερμική απολύμανση 30

3.2.1.3 Αποτέφρωση 32

3.2.1.4 Αεριοποίηση 33

3.2.1.5 Τεχνολογία Πλάσματος 36

3.2.2 Αποστείρωση	39
3.2.3 Χημική Απολύμανση	42
3.2.4 Αδρανοποίηση	44
3.2.5 Ακτινοβολία με Μικροκύματα	45
3.2.6 Εδαφική Διάθεση	47
3.2.7 Στερεοποίηση-Σταθεροποίηση	49

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Μελετώμενη περίπτωση δύο γενικών νοσοκομείων..... 52

4.1 Κατανομή ιατρικών τμημάτων	52
4.2 Ποιοτική και ποσοτική σύσταση των αποβλήτων στα νοσοκομεία μελέτης	54
4.2.1 Ποιοτικός χαρακτηρισμός	55
4.2.2 Ποσοτικός χαρακτηρισμός	64
4.2.3 Παραγόμενα ιατρικά απόβλητα στην Ελλάδα	68
4.3 Η περίπτωση του Υδραργύρου στα ιατρικά απόβλητα.....	70
4.3.1 Γενικά για τον Υδράργυρο	70
4.3.2 Παρουσία του υδραργύρου στις νοσοκομειακές μονάδες.....	71
4.3.2.1 Εξωνοσοκομειακές πηγές Υδραργύρου	71
4.3.2.2 Ενδονοσοκομειακές πηγές Υδραργύρου	73
4.3.2.3 Παρουσία Υδραργύρου στα ιατρικά τμήματα	76
4.3.3 Γενικές μέθοδοι επεξεργασίας και απομάκρυνσης Υδραργύρου από υδατικά διαλύματα	78
4.3.3.1: Χημική Κατακρήμνιση	78
4.3.3.2: Διαχωρισμός με μεμβράνες	79
4.3.3.3: Νανοδιήθηση (NF)	81
4.3.3.4: Αντίστροφη Όσμωση (RO)	81
4.3.3.5: Προσρόφηση σε άνθρακα	83

4.3.3.6: Ιονοανταλλαγή (Ion Exchange Treatment)	85
4.3.3.7: Βιολογική Απομάκρυνση	87
4.4 Υφιστάμενη κατάσταση διαχείρισης Ιατρικών Αποβλήτων στην Ελλάδα	88

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Δειγματοληψία και ανάλυση

5.1 Δειγματοληψία	91
5.2 Εκτίμηση Τοξικότητας	92
5.2.1 Μέθοδος προσδιορισμού Τοξικότητας	93

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Αποτελέσματα Ανάλυσης-Φασματομετρία Μάζας Επαγωγικά Συζευγμένου πλάσματος.....

6.1 Φασματομετρία Μάζας Επαγωγικά Συζευγμένου πλάσματος.....	96
6.2 Αποτελέσματα αναλύσεων 1 ^{ου} νοσοκομείου	98
6.3 Αποτελέσματα αναλύσεων 2 ^{ου} νοσοκομείου.....	100

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Προτεινόμενες λύσεις για την επεξεργασία του

Υδραργύρου	105
7.1 Επεξεργασία με κοκκώδη ενεργό άνθρακα(Granular Activated Carbon,GAC)	105
7.2 Επεξεργασία με προσροφητή Keyle:X	108

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: Συμπεράσματα

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 3.1 : Κάδος για συλλογή ιατρικών αποβλήτων αστικού χαρακτήρα

Εικόνα 3.2 : Κάδος για συλλογή ιατρικών αποβλήτων μολυσματικού χαρακτήρα

Εικόνα 3.3 : Κάδος για συλλογή αιχμηρών αποβλήτων

Εικόνα 3.4 : Κάδος για συλλογή αποβλήτων ταυτόχρονα μολυσματικού και τοξικού χαρακτήρα

Εικόνα 3.5 : Κάδος για συλλογή των ραδιενεργών αποβλήτων

Εικόνα 3.6 : Κάδος για προσωρινή αποθήκευση αποβλήτων αστικού χαρακτήρα

Εικόνα 3.7 : Ψυκτικός θάλαμος για προσωρινή αποθήκευση αποβλήτων μολυσματικού χαρακτήρα

Εικόνα 3.8 : Προσωρινή αποθήκευση αποβλήτων μολυσματικού χαρακτήρα

Εικόνα 4.1 : Διακόπτης οικιακής χρήσης

Εικόνα 4.2 : Λάμπες φθορίου οικιακής χρήσης

Εικόνα 4.3 : Τυπικό οικιακό θερμόμετρο υδραργύρου

Εικόνα 4.4 : Εργαστηριακά θερμόμετρα υδραργύρου

Εικόνα 4.5 : Πιεσόμετρο υδραργύρου

Εικόνα 4.6 : Γαστρεντερικοί σωλήνες βολφραμίου

Εικόνα 4.7 : Εργαστηριακό βαρόμετρο

Εικόνα 4.8 : Υδράργυρος από σπασμένα εργαστηριακά βαρόμετρα

Εικόνα 4.9 : Διαγράμματα ροής με μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης

Εικόνα 4.10 : Παραδείγματα μονάδων ανταλλαγής ιόντων πλήρους κλίμακας: (α)μεγάλες στήλες με πληρωτικό υλικό καθοδικής ροής και (β)μεταλλικά δοχεία ανταλλαγής ιόντων πάνω σε περιστρεφόμενη πλατφόρμα

Εικόνα 5.1 :Σετ Daphtoxkit F magna

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 3.1: Διάγραμμα ροής της διεργασίας πυρόλυσης.

Σχήμα 3.2 : Σχηματική αναπαράσταση της ξηρής θερμικής απολύμανσης

Σχήμα 3.3 : Διάγραμμα ροής της διεργασίας της αεριοποίησης(Purox)

Σχήμα 3.4 : Αεριοποιητής πλάσματος

Σχήμα 3.5 : Μονάδα χημικής απολύμανσης

Σχήμα 4.1 : Τυπικό διάγραμμα ροής διεργασίας μεμβρανών αντίστροφης όσμωσης.

Σχήμα 4.2 : Προσρόφηση ενός οργανικού συστατικού σε ενεργό άνθρακα.

Σχήμα 5.1 : Σχηματική αναπαράσταση από τα σημεία δειγματοληψίας του πρώτου νοσοκομείου

Σχήμα 5.2 : Σχηματική αναπαράσταση από τα σημεία δειγματοληψίας του δεύτερου νοσοκομείου

Σχήμα 5.3 : Γραφική απεικόνιση του TLV

Σχήμα 7.1 : (α)τυπική στήλη επαφής ενεργού άνθρακα (β)στήλες επαφής κοκκώδους ενεργού άνθρακα σε παράλληλη λειτουργία

Σχήμα 7.2 : Απεικόνιση του συστήματος CYCLESORB FP2

Σχήμα 7.3 : Απεικόνιση ροής του συστήματος Keyle:X για την απομάκρυνση του υδραργύρου

Σχήμα 7.4: Απεικόνιση του συστήματος Keyle:X στο νοσοκομείο Μασαχουσέτης Αγγλία.

A) Σύστημα φιλτραρίσματος B) Μονάδα ελέγχου Γ) Οξείδωση και ρύθμιση του pH

Σχήμα 7.5 : Διάγραμμα ροής σε μια υγειονομική μονάδα με σύστημα επεξεργασίας Hg.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1 : Τα συνηθισμένα ραδιοϊσότοπα που χρησιμοποιούνται στη πυρηνική ιατρική με κάποια από τα χαρακτηριστικά τους

Πίνακας 3.1 : Προτεινόμενος τρόπος ταξινόμησης των νοσοκομειακών αποβλήτων ανάλογα με το χρώμα της συσκευασίας

Πίνακας 3.2 : Φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα κατά την πυρόλυση

Πίνακας 4.1 : Παραγωγή αποβλήτων υγειονομικής περίθαλψης ανάλογα με το επίπεδο εθνικού εισοδήματος

Πίνακας 4.2 : Παραγωγή αποβλήτων υγειονομικής περίθαλψης σε διάφορες περιοχές του πλανήτη

Πίνακας 4.3 : Παραγωγή αποβλήτων υγειονομικής περίθαλψης σε διάφορες περιοχές του πλανήτη

Πίνακας 4.4 : Παραγωγή ΙΑ στην Ε.Ε

Πίνακας 4.5 : Παραγωγή ΕΙΑ σε διάφορα κράτη

Πίνακας 4.6 : Ποσότητα παραγόμενων Ι .Α. ανά περιφέρεια

Πίνακας 4.7 : Χαρακτηριστικές τιμές σε Hg προϊόντων χημικών εργαστηρίων

Πίνακας 4.8 : Παραγόμενα απόβλητα που περιέχουν Hg ανά νοσοκομειακό τμήμα.

Πίνακας 4.9 : Τυπικά επίπεδα συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων , που μπορούν να επιτευχθούν μετά την απομάκρυνση με κατακρήμνιση

Πίνακας 5.1: Παράμετροι που επηρεάζουν το τεστ τοξικότητας με *Daphnia magna*.

Πίνακας 6.1 : Ανάλυση δείγματος πρώτου νοσοκομείου

Πίνακας 6.2 : Ανάλυση δεύτερου δείγματος πρώτου νοσοκομείου(μετά από 15 ημέρες

Πίνακας 6.3 : Ανάλυση δείγματος δεύτερου νοσοκομείου

Πίνακας 6.4 : Ανάλυση δεύτερου δείγματος δεύτερου νοσοκομείου(μετά από 15 ημέρες)

Πίνακας 6.5 : Συγκεντρώσεις Υδραργύρου στα φρεάτια 1^{ου} νοσοκομείου

Πίνακας 6.6: Συγκεντρώσεις Υδραργύρου στους κεντρικούς αγωγούς 1^{ου} νοσοκομείου

Πίνακας 6.7 : Συγκεντρώσεις Υδραργύρου στο 2^ο νοσοκομείο

Πίνακας 6.8: Επιτρεπτά όρια διάθεσης ρύπων υγρών αποβλήτων σε υπονόμους (Μαρκαντωνάτος-Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων, Αθήνα, 1990)

Πίνακας 7.1: Χαρακτηριστικά CYCLESORB FP2

Πίνακας 7.2 : Χαρακτηριστικά του προσροφητή Keyle:X

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 :ΟΡΙΣΜΟΣ-ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Σύμφωνα με την ΚΥΑ 37591/2031, ως Ιατρικά Απόβλητα θεωρούνται τα απόβλητα που παράγονται από Υγειονομικές Μονάδες και αναφέρονται στον κατάλογο αποβλήτων του Παραρτήματος της Απόφασης 2001/118/EK του Συμβουλίου της 16ης Ιανουαρίου 2001 των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (EEL 47/2001).

- Μολυσματικά απόβλητα

Τα μολυσματικά απόβλητα μπορεί να περιέχουν παθογόνα βακτήρια, ιούς, παράσιτα ή μύκητες σε συγκέντρωση ή ποσότητα ικανή να προκαλέσει ασθένειες σε ευαίσθητες ομάδες πληθυσμού. Η κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνει:

- Καλλιέργειες και αποθέματα αντιδραστηρίων από εργαστηριακά πειράματα
- Απόβλητα από χειρουργικές επεμβάσεις και από αυτοψίες σε ασθενείς με μολυσματικές ασθένειες (π.χ. υφάσματα και υλικά ή εξοπλισμός που έχει έρθει σε επαφή με αίμα ή άλλα σωματικά υγρά)
- Απόβλητα από μολυσμένους ασθενείς σε θαλάμους απομόνωσης (π.χ. περιττώματα, επίδεσμοι από μολυσμένες ή χειρουργικές πληγές, ενδύματα πολύ λερωμένα από ανθρώπινο αίμα ή άλλα σωματικά υγρά)
- Απόβλητα που ήταν σε επαφή με μολυσμένους ασθενείς που υποβάλλονται σε αιμοδιάλυση (π.χ. εξοπλισμός διάλυσης όπως σωληνώσεις και φίλτρα, πετσέτες μίας χρήσης, ποδιές, γάντια, και εργαστηριακά παλτά)
- μολυσμένα ζώα από τα εργαστήρια (πειραματόζωα)
- όλα τα υπόλοιπα όργανα ή υλικά που έχουν έρθει σε επαφή με μολυσμένα πρόσωπα ή ζώα.

Οι καλλιέργειες και τα αποθέματα αντιδραστηρίων με υψηλή μόλυνση, τα απόβλητα που προέρχονται από αυτοψίες, σώματα πειραματόζωων και άλλα απόβλητα που έχουν μολυνθεί ή έχουν έρθει σε επαφή με τέτοια αντιδραστήρια, ονομάζονται ιδιαίτερα μολυσματικά απόβλητα.

- Παθολογικά απόβλητα

Τα παθολογικά απόβλητα αποτελούνται από ιστούς, όργανα, ανθρώπινα μέλη, ανθρώπινα έμβρυα και σφάγια ζώων, αίμα και σωματικά υγρά. Στην κατηγορία αυτή τα ανθρώπινα μέλη και τα μέλη των ζώων καλούνται και ανατομικά απόβλητα. Αυτή η κατηγορία θα έπρεπε να θεωρείται ως υποκατηγορία των μολυσματικών αποβλήτων παρόλο που συμπεριλαμβάνει και τα υγιή ανθρώπινα μέλη.

Σημειώνεται ότι στη διεθνή βιβλιογραφία τα μολυσματικά απόβλητα αναφέρονται ως infectious ή biohazardous ή regulated medical waste (RMW). Τα μολυσματικά θεωρούνται μαζί με τα χημικά, τα ραδιενεργά, τα φαρμακευτικά και τα δοχεία υπό πίεση, ως ειδικά απόβλητα που ελλοχεύουν κινδύνους για τη δημόσια υγεία.

(Kerdsuwan, 2000, Constantine,1992)

- Αιχμηρά αντικείμενα

Πρόκειται για αντικείμενα που χρησιμοποιούνται για τομές ή για παρακεντήσεις. Εδώ συμπεριλαμβάνονται και οι βελόνες, βελόνες, νυστέρια, καθώς και λεπίδες, μαχαίρια, συσκευές έγχυσης, πριόνια, σπασμένα γυαλιά και καρφιά.

Ακόμη και αν δεν είναι μολυσμένα όλα τα παραπάνω υλικά θεωρούνται ως απόβλητα υψηλής επικινδυνότητας. Αντιπροσωπεύουν περίπου 1% του συνόλου των αποβλήτων των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την υγεία.

- Φαρμακευτικά απόβλητα

Τα φαρμακευτικά απόβλητα περιλαμβάνουν ληγμένα ή αχρησιμοποίητα, φαρμακευτικά προϊόντα καθώς και φαρμακευτικά προϊόντα που έχουν διασκορπιστεί (χυθεί) ή είναι μολυσμένα, εμβόλια, και ορούς που δεν είναι πλέον απαραίτητα και πρέπει να εξουδετερωθούν και να διατεθούν σε κατάλληλο και ασφαλές μέρος. Η κατηγορία περιλαμβάνει επίσης στοιχεία που έχουν απορριφθεί αφού έχουν χρησιμοποιηθεί όπως μπουκάλια ή κουτιά με υπολείμματα, σωληνάκια σύνδεσης και φιαλίδια φαρμάκων.

Τα φαρμακευτικά απόβλητα αντιπροσωπεύουν περίπου το 3% του συνόλου των αποβλήτων των ανωτέρω δραστηριοτήτων.

- Γενοτοξικά απόβλητα

Τα γενοτοξικά απόβλητα είναι ιδιαίτερα επικίνδυνα και μπορούν να έχουν μεταλλακτικές, τερατογόνες ή καρκινογόνες ιδιότητες. Δημιουργούν σοβαρά προβλήματα ασφάλειας τόσο όσο βρίσκονται εντός του νοσοκομείου, όσο και μετά τη διάθεσή τους και απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή. Στα γενοτοξικά απόβλητα μπορούν να συμπεριληφθούν ορισμένα κυτταροστατικά φάρμακα, προϊόντα εμετού, ούρα και περιττώματα από ασθενείς στους οποίους χορηγούνται κυτταροστατικά φάρμακα, χημικές ουσίες και ραδιενεργά υλικά.

Τα πιο συνηθισμένα γενοτοξικά προϊόντα που χρησιμοποιούνται σε δραστηριότητες σχετικές με την υγεία είναι:

- Προϊόντα ταξινομημένα ως καρκινογόνα:
 1. Χημικά: βενζόλιο
 2. Κυτταροτοξικά και άλλα φάρμακα:
 3. Ραδιενεργές ουσίες
- Προϊόντα ταξινομημένα ως πιθανόν καρκινογόνα

Τα κυτταροτοξικά απόβλητα παράγονται από διάφορες πηγές και μπορούν να περιλάβουν τα εξής:

- μολυσμένα υλικά από την προετοιμασία και τη χορήγηση φαρμάκων, όπως σύριγγες, βελόνες, μετρητές, φιαλίδια, συσκευασίες
- ληγμένα φάρμακα, περίσσεια διαλυμάτων, φάρμακα που επιστρέφονται από τους θαλάμους των νοσοκομείων
- ούρα, περιττώματα, προϊόντα εμετού από τους ασθενείς, που μπορεί να περιέχουν ενδεχομένως επικίνδυνες ποσότητες των χρησιμοποιημένων κυτταροτοξικών φαρμάκων και που πρέπει να θεωρούνται γενοτοξικά για τουλάχιστον 48 ώρες και μερικές φορές μέχρι 1 εβδομάδα μετά από τη χορήγηση φαρμάκων.

Στα εξειδικευμένα ογκολογικά νοσοκομεία, τα γενοτοξικά απόβλητα (που περιέχουν κυτταροστατικές ή ραδιενεργές ουσίες) αποτελούν τουλάχιστον το 1% των συνολικών αποβλήτων υγειονομικής περίθαλψης.

-Χημικά απόβλητα

Τα χημικά απόβλητα αποτελούνται από απορριφθέν υγρό και χημικά αέρια που μπορεί να προέρχονται από διαγνωστική και πειραματική εργασία, από εργασίες καθαριότητας ή απολύμανσης. Τα χημικά απόβλητα από την υγειονομική περίθαλψη μπορούν να είναι επικίνδυνα ή όχι. Στα πλαίσια της προστασίας της υγείας θεωρούνται επικίνδυνα εάν έχουν τουλάχιστον μια από τις ακόλουθες ιδιότητες:

- τοξικά
- διαβρωτικά (π.χ. οξέα $\text{pH} < 2$ και βάσεις $\text{pH} > 12$)
- εύφλεκτα
- αντιδραστικά (εκρηκτικές ύλες, δραστικά με το νερό, ευαίσθητα σε δονήσεις)
- γενοτοξικά (π.χ. κυτοστατικά φάρμακα)

Στα μη επικίνδυνα χημικά απόβλητα περιλαμβάνονται χημικές ουσίες που δεν έχουν καμία από τις ανωτέρω ιδιότητες, όπως τα σάκχαρα, τα αμινοξέα και ορισμένα οργανικά και ανόργανα άλατα.

Οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενοι τύποι επικίνδυνων χημικών ουσιών στη συντήρηση των κέντρων και των νοσοκομείων υγειονομικής περίθαλψης, οι οποίοι είναι και οι πλέον πιθανοί να βρεθούν στα απόβλητα είναι:

- Φορμαλδεΰδη; αποτελεί σημαντική πηγή χημικών αποβλήτων στα νοσοκομεία και χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό και την απολύμανση του εξοπλισμού, τη συντήρηση δειγμάτων, την απολύμανση υγρών μολυσματικών αποβλήτων, την παθολογία, τις αυτοψίες καθώς και στις μονάδες θεραπείας.
- Φωτογραφικές χημικές ουσίες; στα ακτινολογικά τμήματα χρησιμοποιούνται φωτογραφικά στερεωτικά διαλύματα και διαλύματα για εμφάνιση.
- Διαλύτες; απόβλητα που περιέχουν διαλύτες παράγονται σε διάφορα τμήματα ενός νοσοκομείου όπως π.χ. παθολογικά και ιστολογικά εργαστήρια, τμήματα μηχανικής κ.α. Οι διαλύτες που χρησιμοποιούνται στα νοσοκομεία περιλαμβάνουν αλογονωμένα συστατικά (χλωρομεθάνιο, χλωροφόρμιο, τριχλωροαιθυλένιο, ψυκτικές ουσίες), καθώς και μη αλογονωμένα συστατικά (ξυλένιο, μεθανόλη, ακετόνη, ισοπροπανόλη, τολουένιο, αιθυλεστέρα, ακετονιτρίλιο)
- Οργανικές χημικές ουσίες; εδώ συμπεριλαμβάνονται απολυμαντικά και καθαριστικά διαλύματα που περιέχουν φαινόλες και χρησιμοποιούνται για το τρίψιμο των πατωμάτων, υπερχλωρικά άλατα που χρησιμοποιούνται σε

διάφορες εργασίες και στα πλυντήρια, λάδια αντλιών και χρησιμοποιημένα λάδια μηχανής από οχήματα, εντομοκτόνα κ.ά.

- Ανόργανες χημικές ουσίες: τα ανόργανα χημικά απόβλητα αποτελούνται κυρίως από οξέα και αλκάλια (θειικά, υδροχλωρικά, νιτρικά και χρωμικά οξέα, διαλύματα υδροξειδίου του ασβεστίου και αμμωνίας) οξειδωτικά (υπερμαγγανικό κάλιο, διχρωμικό κάλιο), αναγωγικά (όξινο θειώδες νάτριο, θειώδες νάτριο).

- Απόβλητα με υψηλή περιεκτικότητα βαρέων μετάλλων

Τα απόβλητα υψηλής περιεκτικότητας σε βαρέα μέταλλα αντιπροσωπεύουν μια υποκατηγορία επικίνδυνων χημικών αποβλήτων και είναι συνήθως ιδιαίτερα τοξικά.

Τα απόβλητα υδραργύρου παράγονται συνήθως από την έκχυση υδραργύρου από σπασμένο κλινικό εξοπλισμό, αλλά ο όγκος τους μειώνεται με την αντικατάσταση του εξοπλισμού αυτού από εξοπλισμό που περιέχει τα βαρέα μέταλλα σε στερεή και όχι σε υγρή κατάσταση. (θερμόμετρα, πιεσόμετρα κ.α.). Τα υπολείμματα από την οδοντιατρική έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε υδράργυρο.

Τα απόβλητα καδμίου προέρχονται κυρίως από τις απορριφθείσες μπαταρίες. Ο μόλυβδος χρησιμοποιείται για τη θωράκιση των διαγνωστικών τμημάτων ώστε να μην εκπέμπεται ραδιενέργεια στους γύρω χώρους. Τέλος διάφορα φάρμακα περιέχουν αρσενικό, αλλά αυτά ταξινομούνται στα φαρμακευτικά απόβλητα.

-Δοχεία υπό πίεση

Πολλοί τύποι αερίων χρησιμοποιούνται στην υγειονομική περίθαλψη και αποθηκεύονται συχνά σε κυλίνδρους σταθερής ατμοσφαιρικής πίεσης, καθώς και σε δοχεία αερολύματος (αεροζόλ). Πολλά από αυτά όταν αδειάζουν ή δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν περαιτέρω (αν και μπορεί ακόμα να περιέχουν υπολείμματα), είναι επαναχρησιμοποιήσιμα, αλλά ορισμένα δοχεία (κυρίως δοχεία αερολύματος) πρέπει να διατεθούν καθώς είναι μιας χρήσεως.

Είτε είναι αδρανή είτε ενδεχομένως επιβλαβή, τα αέρια σε δοχεία υπό πίεση πρέπει πάντα να αντιμετωπίζονται με προσοχή καθώς τα δοχεία μπορεί να εκραγούν σε περίπτωση πυρκαγιάς ή σε περίπτωση τυχαίας διάτρησης.

Τα πλέον συνηθισμένα αέρια που χρησιμοποιούνται στην υγειονομική περίθαλψη :

- Αναισθητικά αέρια
- Οξείδιο αιθυλενίου

- Οξυγόνο
- Συμπιεσμένος αέρας

- Ραδιενεργά απόβλητα

Τα ραδιενεργά απόβλητα περιέχουν στερεά, υγρά ή αέρια υλικά που έχουν μολυνθεί από τα ραδιοϊσότοπα. Πιο ειδικά, ως ραδιενεργό κατάλοιπο ορίζεται κάθε υλικό που περιέχει ή που έχει ρυπανθεί από ένα ή περισσότερα ραδιοϊσότοπα των οποίων η τιμή ή η συγκέντρωσή της ραδιενέργειας δεν μπορεί να αγνοηθεί από άποψη ακτινοπροστασίας και για τα οποία δεν προβλέπεται περαιτέρω χρήση. (Βογιατζής, 2005).

Τα ραδιοϊσότοπα βρίσκονται είτε σε σφραγισμένες πηγές είτε σε ανοιχτές. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν διάφορες ραδιενεργές ουσίες που εντοπίζονται στον εξοπλισμό ή σε συσκευές, ενώ στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν κυρίως υγρά που εφαρμόζονται άμεσα (Pruss et all, 1999).

Τα ραδιενεργά απόβλητα συνήθως περιέχουν ραδιενεργές ουσίες με μικρούς χρόνους ημίσειας ζωής, μικρότερους από μία εβδομάδα. Τα ραδιοϊσότοπα που χρησιμοποιούνται κυρίως είναι το τεχνίτιο, το ιώδιο 123, το θάλιο, το σαμάριο και το στρόδιο 131 (Βογιατζής, 2005). Ωστόσο, υπάρχουν κάποιες θεραπείες, οι οποίες απαιτούν τη χρήση ραδιοϊσοτόπων με μεγάλους χρόνους ημίσειας ζωής.

Οι ραδιενεργές ουσίες που χρησιμοποιούνται στις νοσοκομειακές μονάδες τις περισσότερες φορές δημιουργούν απόβλητα με μικρό ραδιενεργό φορτίο. Τα ραδιενεργά απόβλητα μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής (Pruss et all, 1999):

- σφραγισμένες πηγές,
- γεννήτριες ραδιοϊσοτόπων,
- στερεά απόβλητα όπως χαρτί, γάντια, φιαλίδια κ.α.,
- υπολείμματα και διαλύματα ραδιοϊσοτόπων που δεν χρησιμοποιήθηκαν,
- διάφορα υγρά,
- κόπρανα ασθενών στους οποίους χορηγήθηκαν ραδιενεργές ουσίες,
- υγρά απόβλητα, π.χ. από το πλύσιμο των συσκευών και
- διάφορα αέρια.

Πίνακας 1.1: Τα συνηθισμένα ραδιοϊσότοπα που χρησιμοποιούνται στη πυρηνική ιατρική με κάποια από τα χαρακτηριστικά τους

Στοιχείο	Ακτινοβολία	Χρόνος ημίσειας ζωής	Χρήση
^3H	β	12.3 χρόνια	Έρευνα
^{14}C	β	5730 χρόνια	Έρευνα
^{32}P	β	14.3 ημέρες	Διάγνωση, θεραπεία
^{51}Cr	γ	27.8 ημέρες	<i>In- vitro</i> διάγνωση
^{57}Co	β	271 ημέρες	<i>In- vitro</i> διάγνωση
^{60}Co	β	5.3 χρόνια	Διάγνωση, θεραπεία, έρευνα
^{59}Fe	β	45 ημέρες	<i>In- vitro</i> διάγνωση
^{67}Ga	γ	78 ώρες	Διάγνωση
^{75}Se	γ	119 ημέρες	Διάγνωση
^{85}Kr	β	10.7 χρόνια	Διάγνωση, έρευνα
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	γ	6 ώρες	Διάγνωση
^{123}I	γ	13.1 ώρες	Διάγνωση, θεραπεία
^{125}I	γ	60 ημέρες	Διάγνωση, θεραπεία
^{131}I	β	8 ημέρες	Θεραπεία
^{133}Xe	β	5.3 ημέρες	Διάγνωση
^{137}Cs	β	30 χρόνια	Θεραπεία, έρευνα
^{192}Ir	β	74 ημέρες	Θεραπεία
^{198}Au	β	2.3 ημέρες	Θεραπεία
^{222}Rn	α	3.8 ημέρες	Θεραπεία
^{226}Ra	α	1600 χρόνια	Θεραπεία

Κατηγορίες Ιατρικών Αποβλήτων σύμφωνα με την ΚΥΑ

37591/2031/2003

Σύμφωνα με την ΚΥΑ 37591/2031 (ΦΕΚ 1419/01-10-2003) «Μέτρα και όροι για τη διαχείριση ιατρικών αποβλήτων από υγειονομικές μονάδες», τα Ιατρικά Απόβλητα (ΙΑ) περιλαμβάνουν τις παρακάτω κατηγορίες:

1) Ιατρικά Απόβλητα Αστικού Χαρακτήρα (ΙΑ-ΑΧ) που προσομοιάζουν με τα οικιακά απορρίμματα (π.χ. απόβλητα από την παρασκευή φαγητών, υλικά συσκευασίας κ.α.)

2) Επικίνδυνα Ιατρικά Απόβλητα (ΕΙΑ) που περιλαμβάνουν:

i. Αμιγώς Μολυσματικού Χαρακτήρα Απόβλητα (Ε.Ι.Α.-Μ.Χ.)

Τα απόβλητα αμιγώς μολυσματικού χαρακτήρα είναι εκείνα που έχουν έρθει σε επαφή με αίμα, εκκρίσεις ή άλλα βιολογικά υγρά που μπορούν να μεταδώσουν λοιμώδη νοσήματα. Αναλυτικότερα:

1. Απόβλητα των οποίων η συλλογή και διάθεση υπόκεινται σε ειδικές απαιτήσεις, σε σχέση με την πρόληψη μόλυνσης (18.01.03*,18.02.02* Ε.Κ.Α.).

2. Ιστοί και όργανα ανθρώπινου σώματος.

3. Απόβλητα μικροβιολογικών εργαστηρίων:

- Πλάκες, τριβλία καλλιέργειας και άλλα μέσα που χρησιμοποιούνται στη μικροβιολογία και που έχουν μολυνθεί από παθογόνους παράγοντες.
- Νυστέρια, λάμες, τροκάρ και οτιδήποτε μπορεί να προκαλέσει λύση της συνεχείας του δέρματος και των βλεννογόνων. Ανεξάρτητα αν είναι ή όχι μολυσμένα, θεωρούνται υψηλής επικινδυνότητας απορρίμματα.

4. Όλα τα απόβλητα που προέρχονται από περιβάλλοντα, στα οποία υφίσταται κίνδυνος βιολογικής μετάδοσης δια του αέρος, καθώς και από περιβάλλοντα απομόνωσης, στα οποία βρίσκονται ασθενείς πάσχοντες από μεταδοτικό νόσημα και έχουν μολυνθεί από:

- Αίμα ή άλλα βιολογικά υγρά που περιέχουν αίμα σε ποσότητα τέτοια, ώστε αυτό να είναι ορατό.

- Κόπρανα και ούρα στην περίπτωση συγκεκριμένου ασθενούς, στον οποίο έχει αναγνωρισθεί κλινικά από τον θεράποντα ιατρό μία νόσος που μπορεί να μεταδοθεί με αυτά τα απεκκρίματα.
- Σπέρμα, κολπικές εκκρίσεις, εγκεφαλονωτιαίο υγρό, αρθρικό υγρό, πλευριτικό υγρό, περιτοναϊκό υγρό, περικάρδιο υγρό ή αμνιακό υγρό.

Ενδεικτικά αναφέρονται:

- Βελόνες, σύριγγες, λάμες, νυστέρια
- Καθετήρες (κύστης, φλεβών, αρτηριών, για πλευριτικές παροχετεύσεις κ.λ.π.)
- Υλικό μιας χρήσης: σταγονόμετρα, δοκιμαστικοί σωλήνες, προστατευτικός ρουχισμός και μάσκες, γυαλιά, πανιά, σεντόνια, μπότες, γαλότσες,
- Ιατρικά υλικά (γάζες, ταμπόν, επίδεσμοι, τσιρότα, σωληνοειδή ράμματα).
- μικρές κλίνες για πειραματόζωα
- υπολείμματα φαγητού από το δίσκο του ασθενούς

ii. Απόβλητα που έχουν ταυτόχρονα Μολυσματικό και Τοξικό χαρακτήρα (E.I.A.-M.T.X.):

1. Απόβλητα από ανάπτυξη ερευνητικών δραστηριοτήτων και βιοχημικών εξετάσεων
2. Ανατομικά απόβλητα, από Παθολογοανατομικά Εργαστήρια:
 - Ιστοί, όργανα και μέρη σώματος μη αναγνωρίσιμα, πειραματόζωα
 - Απόβλητα, από Παθολογικά και άλλα Τμήματα όπου γίνονται χημειοθεραπείες
 - Χρησιμοποιημένες συσκευασίες ορών με κυτταροστατικά φάρμακα από ασθενείς στους οποίους εφαρμόζεται χημειοθεραπεία.

iii. Απόβλητα αμιγώς Τοξικού χαρακτήρα (E.I.A.-T.X.)

Πρόκειται για απόβλητα που περιέχουν:

- Υδράργυρο
- Άλλα βαρέα μέταλλα
- Χλωροφόρμιο, τριχλωροφόρμιο, ξυλένιο, ακετόνη, μεθανόλη

- Ανόργανες χημικές ενώσεις που περιέχουν οξέα και αλκάλια (π.χ. θειικό, υδροχλωρικό, νιτρικό, χρωμικό οξύ, υδροξείδιο του νατρίου και διάλυμα αμμωνίας)
- Ληγμένα φάρμακα ή φάρμακα που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν, συμπεριλαμβανομένων των κυτταροστατικών φαρμάκων
- Έλαια εκροής από αντλίες κενού
- Χημικές ουσίες που αποτελούνται ή περιέχουν επικίνδυνες ουσίες

(18.01.06*

E.K.A.)

- Κυτταροτοξικές και κυτταροστατικές φαρμακευτικές ουσίες (18.01.08* E.K.A.)
- Αμαλγάματα οδοντιατρικής (18.01.10* E.K.A.)

3) Άλλα Ιατρικά Απόβλητα (ΑΙΑ)

Υπάρχουν απόβλητα που δεν εμπίπτουν στις δύο παραπάνω κατηγορίες. Τέτοια απόβλητα είναι: ραδιενεργά, μπαταρίες, συσκευασίες με αέρια υπό πίεση κ.ά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

- Νομοθετικό πλαίσιο Διαχείρισης Ιατρικών Αποβλήτων στην Ελλάδα

- Ν. 1650/1986 (ΑΜ 60) «Για την προστασία του περιβάλλοντος» άρθρα 12, 15 και 17.
- Κ.Υ.Α 69728/824/96 «Μέτρα και όροι διαχείρισης των στερεών αποβλήτων» (Β'358).
- Κ.Υ.Α 19396/1546/97 «Μέτρα και όροι για τη διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων» (Β'604).
- Κ.Υ.Α 113944/97 «Εθνικός Σχεδιασμός Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων» (γενικές κατευθύνσεις της πολιτικής διαχείρισης των στερεών αποβλήτων) (Β' 1016), όπως συμπληρώθηκε με τις διατάξεις της Κ.Υ.Α οικ. 14312/1302/00 «Συμπλήρωση και εξειδίκευση της 113944/97 κοινής υπουργικής απόφασης».
- Κ.Υ.Α 114218/97 «Κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων » (Β' 1016).
- Κ.Υ.Α 37591/2031/03 «Μέτρα και όροι για τη διαχείριση ιατρικών αποβλήτων από υγειονομικές μονάδες».
- Αρ.8668 (ΦΕΚ 287/Β/02.03.2007) «Έγκριση εθνικού σχεδιασμού διαχείρισης επικίνδυνων αποβλήτων»
- Αρ.Η.Π 13588/725 (ΦΕΚ 383/Β/28.03.2006) «Μέτρα, όροι και περιορισμοί για την διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 91/689/ΕΟΚ
- Αρ.ΗΠ 24944/1159 (ΦΕΚ 791/Β/30.06.2006) «Έγκριση γενικών τεχνικών προδιαγραφών για την διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων.

- Η ΚΥΑ 37591/2031/2003

Το βασικό νομοθέτημα που καθορίζει τη διαχείριση των Επικίνδυνων Αποβλήτων (ΕΠ.ΑΠ), είναι η ΟΔΗΓΙΑ 91 / 689 / ΕΟΚ για «Επικίνδυνα Απόβλητα» του Συμβουλίου της 12^{ης} Δεκεμβρίου 1991 των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (ΕΕΛ 377 / 20 / 31.12.91).

Ιδιαίτερος τομέας των επικίνδυνων αποβλήτων είναι αυτός των ιατρικών αποβλήτων, για τη διαχείριση των οποίων ισχύει η Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) Η.Π.37591/2031 (ΦΕΚ 1419 Β/1-10-2003) "Μέτρα και όροι για τη διαχείριση ιατρικών αποβλήτων από υγειονομικές μονάδες". Με αυτήν την ΚΥΑ καθορίζονται τα μέτρα, οι όροι και οι διαδικασίες για τη διαχείριση των ιατρικών αποβλήτων, κατά τρόπο ώστε να διασφαλίζεται η δημόσια υγεία, το περιβάλλον και ο αποτελεσματικός έλεγχος της διαχείρισης των αποβλήτων αυτών.

Σύμφωνα με την ΚΥΑ 37591/2031/2003, προβλέπεται η δημιουργία των κατάλληλων υποδομών, η προμήθεια του κατάλληλου εξοπλισμού ενδονοσοκομειακής διαχείρισης και διαμόρφωσης των κατάλληλων χώρων, καθώς και η εκπαίδευση του προσωπικού των Υγειονομικών Μονάδων (ΥΜ) για την ορθή διαχείριση των ΕΙΑ. Επιπροσθέτως με βάση την παραπάνω ΚΥΑ, υποχρεούνται οι Υγειονομικές Μονάδες (ΥΜ) να εκπονήσουν Εσωτερικό Κανονισμό Διαχείρισης Επικινδύνων Ιατρικών Αποβλήτων, ενώ απαιτείται και η παράλληλη ενεργοποίηση και συμμετοχή των Επιτροπών Υγιεινής και Ασφάλειας των ΥΜ, οι οποίες θα πρέπει να παίζουν καθοριστικό ρόλο τόσο στην ενημέρωση των εργαζομένων όσο και στην εποπτεία της ορθής λειτουργίας του συστήματος διαχείρισης των ΕΙΑ.

- Άλλες ΚΥΑ και νόμοι που σχετίζονται με τα Επικίνδυνα Απόβλητα

- Η τελική διάθεση των αποβλήτων (μεταξύ των οποίων και των επικινδύνων) με υγειονομική ταφή καθορίζεται στην ΚΥΑ 29407 / 3508 / 2002 (ΦΕΚ 1572 Β) «Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων».
- Με τη διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων σχετίζεται και ο Νόμος 2939 / 2001 (ΦΕΚ 179 Α) «Συσκευασίες και εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων – Ίδρυση Εθνικού Οργανισμού Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και άλλων Προϊόντων (ΕΟΕΔΣΑΠ) και άλλες διατάξεις».
- Με την ΚΥΑ 22912/1117/2005 «Μέτρα και όροι για την πρόληψη και τον περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος από την αποτέφρωση των αποβλήτων»,

όπου επιδιώκεται η πρόληψη ή ο περιορισμός, όσο είναι εφικτός, μόλυνσης του περιβάλλοντος από τις αέριες εκπομπές αποτεφρωτήρων.

• Με την ΚΥΑ 50910 / 2727 / 2003 (ΦΕΚ 1909) «Μέτρα και όροι για τη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων- Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Αποβλήτων» ενσωματώθηκε η τελευταία έκδοση του Ευρωπαϊκού Καταλόγου Αποβλήτων (ΕΚΑ) – Απόφαση 2001 / 118 /ΕΚ στον οποίο περιλαμβάνονται και τα απόβλητα που χαρακτηρίζονται ως επικίνδυνα.

- Νομοθετικό πλαίσιο Διαχείρισης Ιατρικών Αποβλήτων στην Ευρώπη

- Οδηγία 75/442/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 15^{ης} Ιουλίου 1975 των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων «Περί των στερεών αποβλήτων».
- Οδηγία 91/689/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 12^{ης} Δεκεμβρίου 1991 των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων «Για τα επικίνδυνα απόβλητα».
- Οδηγία 94/67/ΕΚ του Συμβουλίου της 16^{ης} Δεκεμβρίου 1994 των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων «Για την αποτέφρωση των επικίνδυνων αποβλήτων».
- Οδηγία 2000/76/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 4^{ης} Δεκεμβρίου 2000 της Ευρωπαϊκής Ένωσης «Για την αποτέφρωση των αποβλήτων».
- Απόφαση 2000/532/ΕΚ της Επιτροπής της 3ης Μαΐου 2000 των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων «Για αντικατάσταση της απόφασης 94/3/ΕΚ για τη θέσπιση καταλόγου αποβλήτων σύμφωνα με το άρθρο 1 στοιχείο α) της οδηγίας 75/442/ΕΟΚ του Συμβουλίου και της απόφασης 94/904/ΕΚ του Συμβουλίου για την κατάρτιση καταλόγου επικίνδυνων αποβλήτων κατ' εφαρμογή του άρθρου 1 παράγραφος 4 της οδηγίας 91/689/ΕΟΚ του Συμβουλίου για τα επικίνδυνα απόβλητα».

- Απόφαση 2001/118/EK της Επιτροπής της 16ης Ιανουαρίου 2001 των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων για την τροποποίηση της 2000/532/EK.
- Απόφαση 2001/573/EK του Συμβουλίου της 23ης Ιουλίου 2001 της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την τροποποίηση της απόφασης 2000/532/EK της επιτροπής όσο αφορά τον κατάλογο αποβλήτων.

- Με βάση τέλος το Ευρωπαϊκό κατάλογο Αποβλήτων τα ιατρικά απόβλητα ταξινομούνται με τον κωδικό αριθμό 18.

18:απόβλητα από την υγειονομική περίθαλψη ανθρώπων (εξαιρούνται απόβλητα κουζίνας και εστιατορίων που δεν προκύπτουν άμεσα από το σύστημα υγείας)

18 01: απόβλητα από την περιγεννητική φροντίδα, τη διάγνωση, τη θεραπεία ή την πρόληψη ασθενειών σε ανθρώπους

18 01 01:κοπτερά εργαλεία (εκτός από το σημείο 18 01 03)

18 01 02: μέρη και όργανα του σώματος περιλαμβανομένων σάκων αίματος και διατηρημένο αίμα (εκτός από το σημείο 18 01 03)

18 01 03*:απόβλητα των οποίων η συλλογή και διάθεση υπόκεινται σε ειδικές απαιτήσεις σε σχέση με την πρόληψη μόλυνσης

18 01 04: απόβλητα των οποίων η συλλογή και διάθεση δεν υπόκεινται σε ειδικές απαιτήσεις σε σχέση με την πρόληψη μόλυνσης (πχ. επίδεσμοι, γύψινα εκμαγεία, σεντόνια, πετσέτες, ρουχισμός μιας χρήσης, απορροφητικές πάνες)

18 01 06*: χημικές ουσίες που αποτελούνται από ή περιέχουν επικίνδυνες ουσίες

18 01 07:χημικές ουσίες άλλες από τις αναφερόμενες στο σημείο 18 01 06

18 01 08*: κυτταροτοξικές και κυτταροστατικές φαρμακευτικές ουσίες

18 01 09:φαρμακευτικές ουσίες άλλες από τις αναφερόμενες στο σημείο 18 01 08

18 01 10*: αμάλγαμα οδοντιατρικής

18 02:απόβλητα από την έρευνα, διάγνωση, θεραπεία ή πρόληψη των ασθενειών που εμφανίζονται σε ζώα

18 02 01:κοπτερά εργαλεία (εκτός από το σημείο 18 02 02)

18 02 02*: απόβλητα των οποίων η συλλογή και διάθεση υπόκεινται σε ειδικές απαιτήσεις σε σχέση με την πρόληψη μόλυνσης

18 02 03:άλλα απόβλητα των οποίων η συλλογή και διάθεση δεν υπόκεινται σε ειδικές απαιτήσεις σε σχέση με την πρόληψη μόλυνσης

18 02 05*: χημικές ουσίες που αποτελούνται από ή περιέχουν επικίνδυνες ουσίες

18 02 06:χημικές ουσίες άλλες από τις αναφερόμενες στο σημείο 18 02 05

18 02 07*: κυτταροτοξικές και κυτταροστατικές φαρμακευτικές ουσίες

18 02 08:φαρμακευτικές ουσίες άλλες από τις αναφερόμενες στο σημείο 18 02 07

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 :ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ-ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

ΓΕΝΙΚΑ

Η βιώσιμη διαχείριση των νοσοκομειακών αποβλήτων προϋποθέτει την εξέταση κάθε πιθανότητας διαχείρισης, όπως ανακύκλωση (γυαλί, χαρτί, μέταλλο, πλαστικό και ανάκτηση αργύρου από το υγρό στερέωσης) και επαναχρησιμοποίηση (νυστέρια, γυάλινα φιαλίδια, δοχεία υπό πίεση κ.ά.) των αποβλήτων.

Η διαχείριση των υπόλοιπων νοσοκομειακών αποβλήτων (που δεν μπορούν να ανακυκλωθούν ή να επαναχρησιμοποιηθούν) περιλαμβάνει όλες εκείνες τις εργασίες που αποσκοπούν στο να καταστήσουν τα νοσοκομειακά απόβλητα αβλαβή για το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία. Οι εργασίες αυτές αφορούν στη συλλογή, μεταφορά, προσωρινή αποθήκευση, επεξεργασία και τελική διάθεσή τους.

3.1 : ΣΤΑΔΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

-ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΥΛΛΟΓΗ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Ο διαχωρισμός των ιατρικών αποβλήτων στην πηγή γίνεται όπως προβλέπει και ο Π.Ο.Υ ως εξής:

- Όλοι οι κάδοι, σε οποιοδήποτε μέρος του νοσοκομείου, πρέπει να περιέχουν τους αντίστοιχου χρώματος πλαστικούς σάκους (ανθεκτικούς ώστε να μην σχίζονται) και πρέπει να παραμένουν συνεχώς σκεπασμένοι καθώς και να ανοίγουν με ποδοκίνητο μηχανισμό.
- Η συλλογή των σάκων γίνεται κατά την πλήρωση % του σάκου. Το δέσιμο των σάκων γίνεται με ειδικό πλαστικό κορδόνι ασφαλείας.
- Δεν επιτρέπεται η συλλογή και μεταφορά αποβλήτων οποιουδήποτε είδους σε χάρτινα κουτιά.
- Τα αιχμηρά αντικείμενα συλλέγονται όλα μαζί, ανεξάρτητα αν είναι ή όχι μολυσμένα, σε ειδικά κυτία κίτρινου χρώματος, τα οποία πρέπει να είναι ανθεκτικά στο τρύπημα και αδιαπέραστα για τα υγρά.
- Σε καμιά περίπτωση δεν επιτρέπεται η απόρριψη των φαρμάκων στα Ιατρικά Απόβλητα Αστικού Χαρακτήρα (Ι.Α.-Α.Χ.)

- Επικίνδυνα χημικά απόβλητα διαφορετικών τύπων δεν πρέπει ποτέ να αναμειγνύονται.
- Απορρίμματα με υψηλό περιεχόμενο βαρέων μετάλλων π.χ. κάδμιο ή υδράργυρο πρέπει να συλλέγονται ξεχωριστά.
- Απαγορεύεται η εκκένωση από τον ένα κάδο στον άλλο. Το προσωπικό δεν πρέπει ποτέ να προσπαθήσει να διορθώσει λάθη διαχωρισμού. Εάν αστικά απόβλητα αναμειχθούν κατά λάθος με επικίνδυνα, πρέπει να διαχειριστούν ως επικίνδυνα.
- Οι σάκοι των αποβλήτων συλλέγονται από το προσωπικό καθαριότητας 2 (δύο) φορές το πρωί, μία φορά το απόγευμα καθώς και όσες άλλες φορές χρειαστεί.
- Στους σάκους κίτρινου και κόκκινου χρώματος, επικολλάται η ετικέτα όπου αναγράφεται το τμήμα προέλευσης των αποβλήτων και η ημερομηνία συλλογής.

Πίνακας 3.1 : Προτεινόμενος τρόπος ταξινόμησης των νοσοκομειακών αποβλήτων ανάλογα με το χρώμα της συσκευασίας (Πηγή: Pruss et al., 1999).

Τύπος αποβλήτου	Χρώμα συσκευασίας και ένδειξη	Τύπος συσκευασίας
Απόβλητα υψηλής μολυσματικότητας	Κίτρινο, σημειώνοντας «υψηλή μολυσματικότητα»	Ανθεκτικός, αδιαπέραστος πλαστικός σάκος ή δοχείο που μπορεί να αποστειρωθεί
Άλλα μολυσματικά απόβλητα	Κίτρινο	Αδιαπέραστος πλαστικός σάκος ή δοχείο, με το σύμβολο των μολυσματικών αποβλήτων
Αιχμηρά αντικείμενα	Κίτρινο, σημειώνοντας «αιχμηρά αντικείμενα»	Δοχείο με άκαμπτα τοιχώματα
Χημικά και φαρμακευτικά απόβλητα	Καφέ	Πλαστικός σάκος ή δοχείο
Ραδιενεργά απόβλητα	-	Δοχείο από μόλυβδο, με το σύμβολο των ραδιενεργών αποβλήτων
Γενικά νοσοκομειακά απόβλητα	Μαύρο	Πλαστικός σάκος

Συλλογή Ιατρικών Αποβλήτων Αστικού Χαρακτήρα (I.A.-A.X.)

Τα Ιατρικά Απόβλητα Αστικού Χαρακτήρα (I.A.-A.X.) συλλέγονται σε σάκους μαύρου χρώματος οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε κάδους ιδίου ή μπλε χρώματος.



Εικόνα 3.1 : Κάδος για συλλογή ιατρικών αποβλήτων αστικού χαρακτήρα

Συλλογή των Αμιγώς Μολυσματικού Χαρακτήρα (E.I.A.-M.X.)

Τα Αμιγώς Μολυσματικού Χαρακτήρα Απόβλητα (E.I.A.-M.X.) συλλέγονται σε σάκους κίτρινου χρώματος (φωτο) με το σήμα του Βιολογικού κινδύνου, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε κάδους ιδίου χρώματος και σηματοδοτημένοι με το σήμα του Βιολογικού κινδύνου.



Εικόνα 3.2 : Κάδος για συλλογή ιατρικών αποβλήτων μολυσματικού χαρακτήρα

Συλλογή των αιχμηρών Αποβλήτων

Τα Αιχμηρά Απόβλητα συλλέγονται σε ειδικά αδιάτρητα κουτιά κίτρινου χρώματος και ακολουθούν την ίδια διαδικασία διαχείρισης όπως τα μολυσματικά.



Εικόνα 3.3 : Κάδος για συλλογή αιχμηρών αποβλήτων

Συλλογή Αποβλήτων ταυτόχρονα Μολυσματικού και Τοξικού χαρακτήρα (E.I.A.- M.T.X.)

Ανατομικά απόβλητα, από παθολογοανατομικά εργαστήρια (ιστοί, όργανα και μέρη σώματος μη αναγνωρίσιμα, πειραματόζωα), καθώς και απόβλητα από παθολογικά και άλλα τμήματα όπου γίνονται Χημειοθεραπείες, συγκεντρώνονται σε σάκους κόκκινου χρώματος οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε κάδους ιδίου χρώματος και σηματοδοτημένους με το σήμα του Βιολογικού κινδύνου ή αντίστοιχα με την επιγραφή «Κυτταροστατικά».



Εικόνα 3.4 : Κάδος για συλλογή αποβλήτων ταυτόχρονα μολυσματικού και τοξικού χαρακτήρα

Συλλογή των Άλλων Ιατρικών Αποβλήτων (Α.Ι.Α)

Τα Στερεά Ραδιενεργά Απόβλητα τοποθετούνται σε σάκους κόκκινου ή μαύρου χρώματος, ανάλογα με την παρουσία αίματος ή όχι, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι μέσα σε θωρακισμένους κάδους.



Εικόνα 3.5 : Κάδος για συλλογή των ραδιενεργών αποβλήτων

Οι χρησιμοποιημένες Μπαταρίες συλλέγονται σε ειδικό κάδο, ο οποίος φέρει σήμανση με τον όρο «Χρησιμοποιημένες Μπαταρίες». Σύμφωνα με την ισχύουσα ελληνική νομοθεσία (Π.Δ 115/04, ΦΕΚ 80Α/5-03-04), απαγορεύεται η συλλογή των χρησιμοποιημένων μπαταριών (ηλεκτρικών στηλών) από κοινού με τα οικιακά απόβλητα.

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ

- Η συλλογή των αποβλήτων από τους θαλάμους των ασθενών πραγματοποιείται 2-3 φορές ημερησίως.
- Η συλλογή των μολυσματικών αποβλήτων πραγματοποιείται 1-2 φορές ημερησίως.
- Στα χειρουργεία η συλλογή των αποβλήτων είναι συχνότερη με μέγιστο χρόνο παραμονής τα 45 min.
- Στους χώρους αναμονής των επισκεπτών και άλλους κοινόχρηστους χώρους γίνεται τακτική συγκομιδή των αποβλήτων.

-ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΣΤΗΝ ΠΗΓΗ

Εντός του νοσοκομείου δεν πραγματοποιείται πρόγραμμα ανακύκλωσης για διαχωρισμό και ανάκτηση επαναχρησιμοποιήσιμων υλικών. Τα περισσότερα ληγμένα φάρμακα επιστρέφονται ,σύμφωνα με σχετική σύμβαση , στους προμηθευτές. Τέλος , υπάρχει πρόγραμμα ανακύκλωσης χαρτιού δεδομένου ότι στο νοσοκομείο παράγονται μεγάλες ποσότητες χαρτιού. Για το σκοπό αυτό το νοσοκομείο έχει προμηθευτεί από την αρμόδια υπηρεσία τέσσερις κυλιόμενους πράσινους, πλαστικούς κάδους απορριμμάτων.

-ΕΝΔΟΝΟΣΟΚΟΜΕΙΑΚΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Η μεταφορά των ιατρικών αποβλήτων εντός του νοσοκομείου γίνεται όπως προβλέπει ο Π.Ο.Υ (Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας):

- Η μεταφορά γίνεται με τροχήλατους κάδους με καπάκι, οι οποίοι χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για το σκοπό αυτό.
- Απαγορεύεται η μεταφορά των σάκων με τα χέρια.
- Η μεταφορά των αποβλήτων γίνεται χωριστά από τη μεταφορά ασθενών - επισκεπτών και άλλων υλικών.
- Για λόγους υγιεινής των χώρων του Νοσοκομείου, αποκλείεται από τα μέσα μεταφοράς, η χρήση αγωγών απόρριψης (απλών ή υπό κενό).
- Οι κάδοι καθαρίζονται και απολυμαίνονται καθημερινά.
- Η μεταφορά των αποβλήτων από τα Τμήματα στους χώρους προσωρινής αποθήκευσης, γίνεται μόνο μέσω των ανελκυστήρων (ασανσέρ) αποβλήτων.
- Απαγορεύεται η φύλαξη των γεμάτων σάκων στους διαδρόμους και το κλιμακοστάσιο.

-ΕΝΔΟΝΟΣΟΚΟΜΕΙΑΚΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Τα παραγόμενα ιατρικά απόβλητα αποθηκεύονται προσωρινά σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους εντός του νοσοκομείου πριν οδηγηθούν για επεξεργασία .Οι χώροι αυτοί διαθέτουν κάποια χαρακτηριστικά για να πληρούνται οι κανόνες υγιεινής και ασφάλειας των εργαζομένων.

- Χώροι ακαθάρτων

Στους χώρους ακαθάρτων αποθηκεύονται προσωρινά οι μαύροι και κόκκινοι σάκοι , για να αποφεύγεται η συγκέντρωσή τους σε διαδρόμους ή τουαλέτες. Η απομάκρυνση των αποβλήτων από τους χώρους αυτούς πραγματοποιείται τουλάχιστον μια φορά ημερησίως.

Παρουσιάζουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Διαθέτει ειδική σήμανση, που απαγορεύει την είσοδο σε άτομα μη έχοντες εργασία
- Διαθέτουν εξαερισμό
- Στο δάπεδο και στους τοίχους υπάρχει επένδυση από πλακίδια για τον ευκολότερο καθαρισμό του χώρου
- Διαθέτουν κατάλληλο εξοπλισμό για την απολύμανση του χώρου και των χεριών του προσωπικού
- Διαθέτουν σιφόνι στο δάπεδο, για την ευκολότερη απομάκρυνση του νερού
- Διαθέτει σύστημα πυρασφάλειας

- Χώρος προσωρινής αποθήκευσης αποβλήτων οικιακού τύπου

Είναι ο κεντρικός χώρος αποθήκευσης των μαύρων σάκων από όλη την έκταση του νοσοκομείου. Τα απόβλητα απομακρύνονται τακτικά και δεν παραμένουν στον χώρο πάνω από μία ημέρα.

Έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Διαθέτουν ειδική σήμανση, που απαγορεύει την είσοδο σε άτομα μη έχοντες εργασία
- Στο δάπεδο και στους τοίχους υπάρχει επένδυση από πλακίδια για τον ευκολότερο καθαρισμό του χώρου
- Το δάπεδο έχει κάποια μικρή κλίση (~2%), για την ευκολότερη συγκέντρωση των στραγγισμάτων στο σιφόνι
- Διαθέτουν σύστημα πυρασφάλειας

- Ψυκτικός θάλαμος αποθήκευσης αποβλήτων μολυσματικού τύπου

Είναι ο κεντρικός χώρος αποθήκευσης των κόκκινων σάκων που συλλέγονται από όλη την έκταση του νοσοκομείου. Τα απόβλητα, παραμένουν στον ψυκτικό θάλαμο μέχρι να οδηγηθούν για καύση. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η ελαχιστοποίηση των οσμών και η διασπορά των μικροβίων.

Ιατρικά Απόβλητα Αστικού Χαρακτήρα (Ι.Α.-Α.Χ.)

Τα ιατρικά απόβλητα αστικού χαρακτήρα πρέπει να φυλάσσονται σε container.



Εικόνα 3.6 : Κάδος για προσωρινή αποθήκευση αποβλήτων αστικού χαρακτήρα

Αμιγώς Μολυσματικού χαρακτήρα (Ε.Ι.Α.-Μ.Χ) και Τοξικά με Ταυτόχρονα Μολυσματικό Χαρακτήρα Απόβλητα (Ε.Ι.Α.-Μ.Τ.Χ.)

Οι συγκεκριμένες κατηγορίες αποβλήτων πρέπει να φυλάσσονται σε ψυκτικό θάλαμο, για χρονικό διάστημα όχι μεγαλύτερο των πέντε ημερών, σε θερμοκρασία 5 °C (για ποσότητες μικρότερες των 500 λίτρων η προσωρινή αποθήκευση μπορεί να γίνει μέχρι 30 ημέρες σε θερμοκρασία μικρότερη ή ίση με 0 °C).



Εικόνα 3.7 : Ψυκτικός θάλαμος για προσωρινή αποθήκευση αποβλήτων μολυσματικού χαρακτήρα



Εικόνα 3.8 : Προσωρινή αποθήκευση αποβλήτων μολυσματικού χαρακτήρα

Ραδιενεργά στερεά απόβλητα

Τα Ραδιενεργά στερεά απόβλητα πρέπει να φυλάσσονται σε ειδική κρύπτη, που θα έχει ελεγχθεί από την Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ). Εκεί θα βρίσκονται για το απαιτούμενο χρονικό διάστημα, έως ότου η ολική τιμή της ραδιενέργειάς τους δεν υπερβαίνει την τιμή που ορίζεται από τον κανονισμό ακτινοπροστασίας (ΦΕΚ 216/2/3/2001, τεύχος Β).

Σε κάθε σάκο πρέπει, επίσης, να σημειώνεται η τιμή της ραδιενέργειας κατά την ημερομηνία τοποθέτησής τους στην κρύπτη. Μόλις η ολική τιμή της ραδιενέργειάς τους φτάσει τα επιτρεπόμενα όρια, ακολουθείται η ίδια διαδικασία διαχείρισης με αυτά των υπόλοιπων μολυσματικών ή αστικών αποβλήτων, ανάλογα με το είδος τους.

-ΕΞΩΝΟΣΟΚΟΜΕΙΑΚΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ-ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Η μόνη εξωνοσοκομειακή αποθήκευση –μεταφορά που πραγματοποιείται είναι αυτή των αποβλήτων οικιακού τύπου, εφόσον η διάθεση των μολυσματικών Ι.Α. πραγματοποιείται εντός του χώρου του νοσοκομείου.

Τα απόβλητα οικιακού τύπου συγκεντρώνονται σε 3 κάδους του Δήμου Καβάλας που είναι τοποθετημένοι στην είσοδο του νοσοκομείου. Οι κάδοι αυτοί είναι μεταλλικοί, κυλινδρικοί χωρητικότητας 1100 lt.

Για τον καλύτερο έλεγχο της μεταφοράς των αποβλήτων θα πρέπει τα απόβλητα από το σημείο παραγωγής ως το σημείο της τελικής τους διάθεσης να συνοδεύονται από το έντυπο που προβλέπει η νομοθεσία ενώ ο οργανισμός, φορέας ή εταιρεία που εκτελεί την μεταφορά θα πρέπει να είναι εγγεγραμμένος στα μητρώα της αρμόδιας δημόσιας αρχής και να διαθέτει την προβλεπόμενη από τον νόμο άδεια.

-ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ ΤΩΝ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Στα περισσότερα νοσοκομεία της χώρας μας, η επεξεργασία των ιατρικών αποβλήτων πραγματοποιείται με της εξής μεθόδους:

- Θερμική επεξεργασία μολυσματικών ιατρικών αποβλήτων σε πυρολιτικό κλίβανο εντός του νοσοκομείου.(εδώ και 3 χρόνια περίπου έχει σταματήσει για πολλές μονάδες αυτή η μέθοδος και την αποτέφρωση των στερεών Ι.Α. έχει αναλάβει ιδιωτική εταιρία, που μεταφέρει τα απόβλητα στη μονάδα αποτέφρωσης στα Άνω Λιόσια.)
- Χημική εξουδετέρωση υγρών αποβλήτων εργαστηρίων σε δεξαμενή αδρανοποίησης του νοσοκομείου
- Αποστείρωση επαναχρησιμοποιήσιμου νοσοκομειακού υλικού.

Τα υγρά των εμφανιστηρίων του Ακτινοδιαγνωστικού Τμήματος υφίστανται απαργύρωση και ο ανακτημένος άργυρος διατίθεται στον ΟΔΔΥ(Οργανισμός Διαχείρισης Δημόσιου Υλικού).

Τα απόβλητα με υψηλή περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα (π.χ. κάδμιο, υδράργυρο), οι χρησιμοποιημένες μπαταρίες, τα χρησιμοποιημένα ορυκτέλαια (αυτοκινήτων, αντλιών κενού κτλ), τα φαρμακευτικά απόβλητα και όλα γενικώς τα απόβλητα που έχουν τοξικό χαρακτήρα (φίλτρα κτλ), συλλέγονται ξεχωριστά ανά κατηγορία και αποθηκεύονται προσωρινά (όχι πάνω από 2 έτη) με σκοπό την προώθησή τους για περαιτέρω επεξεργασία σε ειδικές εγκαταστάσεις που διαθέτουν την σχετική άδεια, εντός ή εκτός της Ελλάδας.

-ΜΕΤΡΑ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ

Η σωστή διαχείριση των ιατρικών αποβλήτων πρέπει να περιλαμβάνει την συνεχή παρακολούθηση των συνθηκών υγιεινής και ασφάλειας των εργαζομένων. Τα βασικά μέτρα που εξασφαλίζουν την εργασιακή υγιεινή και ασφάλεια είναι τα εξής:

- Η κατάλληλη εκπαίδευση των εργαζομένων.
- Η πρόβλεψη για την προμήθεια κατάλληλου εξοπλισμού και ρουχισμού προστασίας.
- Η εφαρμογή ενός αποτελεσματικού προγράμματος εργασιακής υγιεινής και ασφάλειας το οποίο περιλαμβάνει εμβολιασμό, μετατραυματική περίθαλψη και ιατρική παρακολούθηση.

Η εκπαίδευση των εργαζομένων πρέπει να έχει ως στόχο οι εργαζόμενοι να γνωρίσουν και να καταλάβουν τους πιθανούς κινδύνους που διατρέχουν από τα ιατρικά απόβλητα, την σπουδαιότητα του εμβολιασμού κατά της Ηπατίτιδας Β και την σημασία της συνεχούς χρήσης του εξοπλισμού προσωπικής προστασίας.

Οι κατηγορίες των εργαζομένων που εκτίθενται περισσότερο στους κινδύνους από τα ιατρικά απόβλητα είναι το ιατρικό και νοσηλευτικό προσωπικό, οι υπάλληλοι καθαριότητας, το τεχνικό προσωπικό, οι χειριστές εξοπλισμού επεξεργασίας των αποβλήτων (π.χ. κλιβανιστές) και γενικά όλοι αυτοί που εμπλέκονται στη διαδικασία διαχείρισης των αποβλήτων εντός και εκτός της μονάδας.

ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Ο εξοπλισμός προστασίας που χρησιμοποιείται εξαρτάται από τον βαθμό και το είδος της έκθεσης στους κινδύνους που προέρχονται από τα ιατρικά απόβλητα. Είναι πολύ μεγάλης σημασίας η χρήση του, αφού αποτρέπει την πρόσβαση των παθογόνων οργανισμών ή επικίνδυνων ουσιών (με εισπνοή, κατάποση, επαφή, τραυματισμό κτλ) στον οργανισμό των εργαζομένων. Όλο το προσωπικό όμως που εμπλέκεται

στη συλλογή ή διαχείριση των ιατρικών αποβλήτων πρέπει να έχουν στη διάθεσή τους τα εξής:

- Γάντια μιας χρήσης για το ιατρικό και νοσηλευτικό προσωπικό ή γάντια εργασίας χοντρά για το προσωπικό καθαριότητας (υποχρεωτικό)
- Μάσκες προσώπου (ανάλογα με την εργασία)
- Προστατευτικά γυαλιά (ανάλογα με την εργασία)
- Ολόσωμες φόρμες/στολές εργασίας (υποχρεωτικό)
- Βιομηχανικές ποδιές (υποχρεωτικό)
- Βιομηχανικές μπότες βαρέως τύπου (υποχρεωτικό)
- Κράνη με ή χωρίς προσωπίδα (ανάλογα με την εργασία)

ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ-ΑΤΟΜΙΚΗ ΥΓΙΕΙΝΗ

Το προσωπικό που εμπλέκεται στη διαχείριση των αποβλήτων πρέπει να έχει στη διάθεσή του εγκαταστάσεις πλυσίματος (νιπτήρες-ντουζιέρες) με ζεστό νερό και σαπούνι (κατά προτίμηση ποδοκίνητες) προκειμένου να τηρούνται οι βασικοί κανόνες ατομικής υγιεινής. Τέτοιες εγκαταστάσεις είναι ιδιαίτερα σημαντικές στους χώρους αποθήκευσης και επεξεργασίας.

3.2 : ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Οι μέθοδοι επεξεργασίας των ιατρικών αποβλήτων είναι:

1.ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

- πυρόλυση
- υγρή και ξηρή θερμική απολύμανση
- αποτέφρωση-καύση
- αεριοποίηση
- τεχνολογία πλάσματος

2.ΑΠΟΣΤΕΙΡΩΣΗ

3.ΧΗΜΙΚΗ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ

4.ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗ

5.ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΜΕ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΑ

6.ΕΔΑΦΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ

7.ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΗ-ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ

3.2.1 :ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

3.2.1.1 :ΠΥΡΟΛΥΣΗ

Η πυρόλυση είναι μια θερμική διεργασία κατά την οποία πραγματοποιείται μετατροπή των οργανικών υλικών σε αερίωδη συστατικά και σε ένα στερεό υπόλειμμα(κωκ),που περιέχει άνθρακα και στάχτη. Κατά την πυρόλυση παράγονται καύσιμα αέρια όπως το μονοξείδιο του άνθρακα, του υδρογόνου, του μεθανίου και άλλων υδρογονανθράκων χαμηλού μοριακού βάρους.

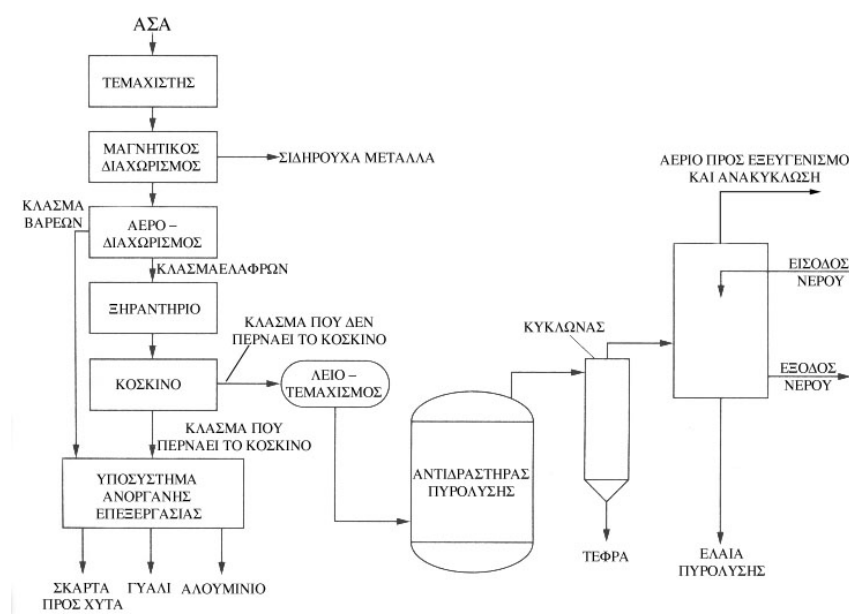
Τυπικά η πυρόλυση των οξυγονωμένων υδρογονανθράκων σε στερεά μορφή είναι η εξής: (Ε. Γιδαράκος, 2006):

στερεά ► $C_0_2 + CO + H_2O + CH_4 + C_xH_y + NH_3 + \text{οργ. Πτητικά μη-υγροποιημένα} + \text{πίσσα} + \text{κωκ}$

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα κατά την πυρόλυση στις διάφορες θερμοκρασίες.

Πίνακας 3.2 : Φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα κατά την πυρόλυση(Σκορδίλης,1997)

Περιοχή Θερμοκρασιών	Φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα
100-200 °C	Ξήρανση
250 °C	Διάσπαση της οξείδωσης, αποθείωση, αρχή διάσπασης του HS και CO _T
340 °C	Διάσπαση των συνδέσμων των αλειφατικών ενώσεων (Αρχή διαχωρισμού του μεθανίου και άλλων αλειφατικών ενώσεων)
380 °C	Εμπλουτισμός του υλικού σε άνθρακα
400 °C	Διάσπαση των δεσμών άνθρακα-οξυγόνου και άνθρακα-αζώτου
400-600 °C	Διάσπαση των πισσασφαλτούχων υλικών σε καύσιμη ύλη και πίσσα
600 °C	Σχάση των πισσασφαλτούχων υλικών σε υλικά ανθεκτικά στη θερμότητα. Δημιουργία αρωματικών ενώσεων.
>600°C	Θερμική δημιουργία σε βενζόλιο και άλλες αρωματικές ενώσεις, αποδρογόνωση του βουταδιενίου κλπ.



Σχήμα 3.1: Διάγραμμα ροής της διεργασίας πυρόλυσης.(Γιδαράκος, 2006)

3.2.1.2 : ΥΓΡΗ ΚΑΙ ΞΗΡΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ

Η μέθοδος της θερμικής απολύμανσης βασίζεται στην έκθεση των τεμαχισμένων μολυσματικών αποβλήτων σε υψηλή θερμοκρασία και σε ατμό υψηλής πίεσης και έχει κοινά χαρακτηριστικά με τη διαδικασία των συσκευών αποστείρωσης (αυτόκλειστοι κλίβανοι/autoclaves). Η διαδικασία αυτή αδρανοποιεί τους περισσότερους τύπους μικροοργανισμών, εφόσον η θερμοκρασία και ο χρόνος απολύμανσης θεωρείται επαρκής. Αναμένεται πάνω από 99,99% αδρανοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών, σε σύγκριση με τη μέθοδο αποστείρωσης με ειδικές συσκευές, όπου το ποσοστό αδρανοποίησης αγγίζει το 99,9999% .

Η μέθοδος απαιτεί τον τεμαχισμό των αποβλήτων σαν προεπεξεργασία. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι έχει σχετικά χαμηλό κόστος αγοράς και λειτουργίας, ότι είναι περιβαλλοντικά φιλική μέθοδος και ότι επιτυγχάνεται δραστική μείωση του όγκου των αποβλήτων. Τα κυριότερα μειονεκτήματα της θερμικής απολύμανσης είναι ότι σε περίπτωση βλάβης του τεμαχιστή, αναστέλλεται η λειτουργία του συστήματος, ότι απαιτούνται ειδικά εκπαιδευμένοι τεχνικοί για το χειρισμό της συσκευής και ότι είναι ακατάλληλη για φαρμακευτικά, ανατομικά και χημικά απόβλητα καθώς και για απόβλητα στα οποία δεν διεισδύει εύκολα ο ατμός.

Λειτουργία των συσκευών υγρής απολύμανσης και διαθέσιμη τεχνολογία

Πριν την έναρξη της λειτουργίας, τα απόβλητα τεμαχίζονται και τα αιχμηρά αντικείμενα συντρίβονται ή αλέθονται πριν εισαχθούν στη δεξαμενή, όπου επικρατούν συνθήκες κενού, οπότε αυξάνεται η μερική πίεση του ατμού και ως εκ τούτου η αποτελεσματικότητα της επαφής μεταξύ του ατμού και των αποβλήτων. Μια ελάχιστη θερμοκρασία περίπου 121°C και μια πίεση συνήθως 2-5 bar (200-500kPa) πρέπει να διατηρηθούν κατά τη διάρκεια του συνολικού χρόνου επαφής, δηλαδή για 1-4 ώρες.

Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου ελέγχεται με συγκεκριμένα τεστ (Bacillus subtilis ή Bacillus stearothermophilus tests).

Η ξηρή θερμική απολύμανση ανήκει στην κατηγορία της θερμικής επεξεργασίας των νοσοκομειακών αποβλήτων. Συνήθως, οι θερμοκρασίες που επιτυγχάνονται καθώς επίσης και οι χρόνοι έκθεσης είναι υψηλότεροι σε σχέση με την αποστείρωση όπου χρησιμοποιείται ατμός. Στην πραγματικότητα, όμως, οι παραπάνω παράμετροι

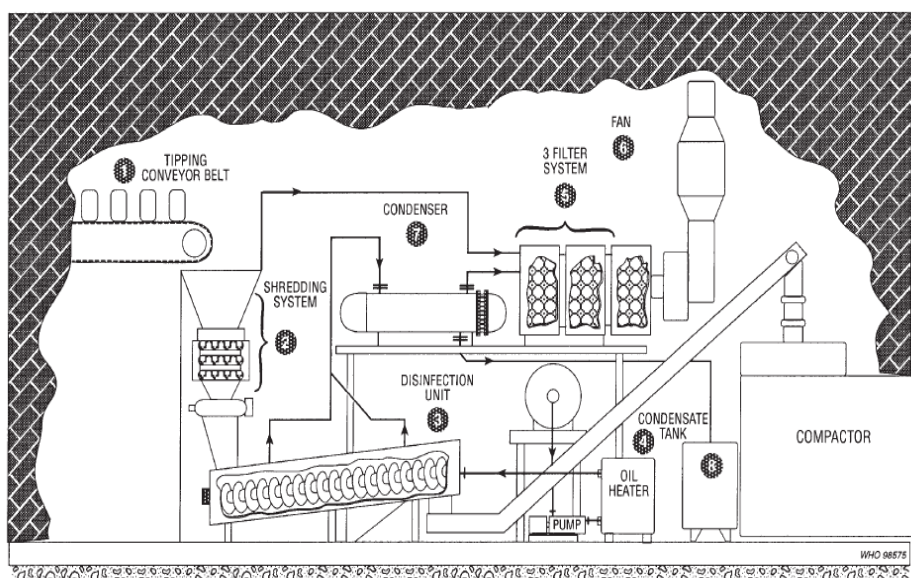
εξαρτώνται από το μέγεθος και τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των αποβλήτων που πρόκειται να επεξεργαστούν (Health Care Without Harm, 2001).

Κατά την εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου, τα απόβλητα τεμαχίζονται και στη συνέχεια θερμαίνονται σε ένα περιστροφικό θάλαμο. Η διαδικασία περιλαμβάνει τα εξής βήματα (Gluszynski, 2001):

- Τα απόβλητα τεμαχίζονται σε σωματίδια διαμέτρου 25mm.
- Στη συνέχεια εισέρχονται στο θάλαμο, ο οποίος θερμαίνεται στους 120-140°C μέσω της κυκλοφορίας καυσίμου εντός ενός κεντρικού άξονα.
- Τα απόβλητα περιστρέφονται περίπου για 20 λεπτά και τέλος τα υπολείμματα συμπιέζονται.

Ο όγκος των αποβλήτων μειώνεται κατά 80%, ενώ το βάρος τους κατά 20-35%. Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για την επεξεργασία των μολυσματικών αποβλήτων και των αιχμηρών αντικειμένων, ενώ δεν πρέπει να εφαρμόζεται στην περίπτωση των παθολογικών, κυτταροτοξικών και ραδιενεργών. (Gluszynski, 2001)

Στην εικόνα παρακάτω παρουσιάζεται σχηματικά η μέθοδος.



Σχήμα 3.2 : Σχηματική αναπαράσταση της ξηρής θερμικής απολύμανσης
(πηγή: Pruss et all, 1999)

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι τα εξής (Health Care Without Harm, 2001):

- Η κατασκευή του κεντρικού θαλάμου επεξεργασίας των νοσοκομειακών αποβλήτων είναι σχετικά απλός.

- Οι εκπομπές τοξικών αερίων είναι ελάχιστες με την προϋπόθεση, βέβαια, ότι στα νοσοκομειακά απόβλητα δεν εμπεριέχονται επικίνδυνες χημικές ουσίες.
- Η συγκεκριμένη μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί σε απόβλητα που ποικίλουν ως προς την υγρασία.
- Δεν υπάρχουν υγρά απόβλητα.
- Ο όγκος των αποβλήτων μειώνεται ως και 80%.
- Η συγκεκριμένη τεχνολογία είναι καλά αυτοματοποιημένη και εύκολη στη χρήση.
- Τα επεξεργασμένα απόβλητα είναι ξηρά, μη αναγνωρίσιμα και συμπαγή.

Στα μειονεκτήματα συμπεριλαμβάνονται τα εξής (Health Care Without Harm, 2001):

- Αν στα νοσοκομειακά απόβλητα περιέχονται επικίνδυνες ουσίες τότε η εκπομπή τοξικών αερίων είναι πολύ πιθανή.
- Υπάρχει πιθανότητα δημιουργίας δυσάρεστων οσμών.
- Οποιοδήποτε ογκώδες μεταλλικό αντικείμενο που υπάρχει στα απόβλητα μπορεί να προκαλέσει βλάβη στο σύστημα τεμαχισμού.
- Πρόκειται για μία σχετικά καινούρια μέθοδο που δεν έχει δοκιμαστεί πλήρως.

3.2.1.3 : ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗ

Πρόκειται για τη διαδικασία ξηράς οξείδωσης των νοσοκομειακών αποβλήτων σε υψηλές θερμοκρασίες (τουλάχιστον 900°C), που μειώνει το οργανικό κλάσμα και έχει την δυνατότητα να καίει το κλάσμα των αποβλήτων, με αποτέλεσμα την ουσιαστική μείωση του όγκου και του βάρους τους.

Η καύση των οργανικών ενώσεων παράγει κυρίως εκπομπές αερίων, συμπεριλαμβανομένου του ατμού, του διοξειδίου του άνθρακα, των οξειδίων αζώτου, και ορισμένων τοξικών ουσιών (π.χ. μέταλλα, προσροφήσιμα οργανικά αλογόνα AOX), καθώς και στερεά υπολείμματα υπό μορφή τέφρας. Εάν οι συνθήκες της καύσης δεν ελέγχονται κατάλληλα, παράγεται επίσης και το τοξικό μονοξείδιο του άνθρακα. Η τέφρα και τα υγρά απόβλητα της διαδικασίας περιέχουν επίσης τοξικές ενώσεις, οι οποίες πρέπει να διαχειρίζονται κατάλληλα για να αποφευχθούν τα δυσμενή αποτελέσματα που έχουν τόσο για τον άνθρωπο όσο και για το περιβάλλον. Οι μεγάλοι, σύγχρονοι αποτεφρωτήρες περιλαμβάνουν εγκαταστάσεις ανάκτησης ενέργειας. Στις ψυχρές περιοχές ο ατμός ή και το καυτό νερό από τους

αποτεφρωτήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να τροφοδοτήσουν τα αστικά συστήματα θέρμανσης, και στα θερμότερα κλίματα ο ατμός από τους αποτεφρωτήρες χρησιμοποιείται για να παραγάγει ηλεκτρική ενέργεια. Η θερμότητα που ανακτάται από τους μικρούς αποτεφρωτήρες νοσοκομείων χρησιμοποιείται για την προθέρμανση των αποβλήτων που καίγονται.

Χαρακτηριστικά αποβλήτων προς αποτέφρωση

Η αποτέφρωση των αποβλήτων είναι εφικτή μόνο εάν η «θερμογόνος δύναμη» (δηλαδή η ενέργεια που απελευθερώνεται με την αποτέφρωση) των αποβλήτων, φθάνει τουλάχιστον σε 2000kcal/kg (8370kJ/kg). Η τιμή αυτή για τα μολυσματικά απόβλητα, για παράδειγμα, υπερβαίνει τις 4000 kcal/kg.

Χαρακτηριστικά αποβλήτων που μπορούν να αποτεφρωθούν.

- Θερμογόνου δύναμης: πάνω από το 2000 kcal/kg για τους αποτεφρωτήρες ενός θαλάμου, και πάνω από 3500kcal/kg για τους πυρολυτικούς αποτεφρωτήρες δύο θαλάμων
- Περιεκτικότητα σε καύσιμο υλικό πάνω από 60%
- Περιεκτικότητα σε μη καύσιμο υλικό κάτω από 5%
- Περιεκτικότητα σε υγρασία κάτω από 30%

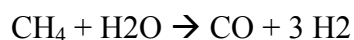
Χαρακτηριστικά απόβλητα που δεν μπορούν να αποτεφρωθούν.

- Δοχεία με αέρια υπό πίεση
- Μεγάλα ποσά χημικών αποβλήτων που μπορούν να αντιδράσουν
- Άλατα και φωτογραφικά ή ακτινογραφικά απόβλητα
- Αλογονωμένα πλαστικά όπως το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)
- Απόβλητα υψηλής περιεκτικότητας σε υδράργυρο ή κάδμιο, όπως τα σπασμένα θερμόμετρα, οι χρησιμοποιημένες μπαταρίες κά
- Σφραγισμένα φιαλίδια ή φιαλίδια που περιέχουν βαριά μέταλλα.

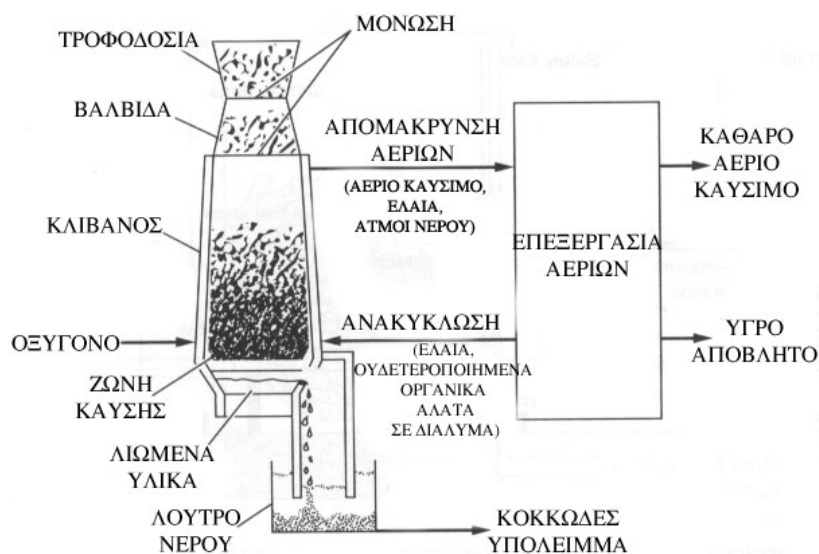
3.2.1.4 : ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ

Η αεριοποίηση είναι μια μέθοδος θερμικής επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων, η οποία μέσω της ελεγχόμενης ατελούς καύσης αυτών επιτυγχάνει την παραγωγή καύσιμου αερίου πλούσιο σε H, και κορεσμένους υδρογονάνθρακες (κυρίως CH₄).

Κατά τη διάρκεια της αεροποίησης λαμβάνουν χώρα οι ακόλουθες αντιδράσεις:



Η διαφορά της αεριοποίησης από την πυρόλυση έγκειται στο γεγονός ότι στην αεριοποίηση τροφοδοτείται πρόσθετο καύσιμο αέριο για την επιπλέον μετατροπή των οργανικών υπολειμμάτων σε αέρια προϊόντα.

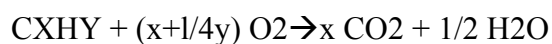
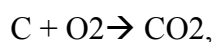


Σχήμα 3.3 : Διάγραμμα ροής της διεργασίας της αεριοποίησης(Purox) (Γιδαράκος, 2006)

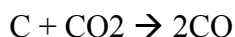
Η αεριοποίηση αποτελεί, θεωρητικά, το επόμενο στάδιο της πυρόλυσης. Στο στάδιο αυτό το υπολειμματικό κωκ της πυρόλυσης οξειδώνεται (όχι με στοιχειομετρική αναλογία O_2) σε θερμοκρασίες $>800^\circ C$. Ως μέσο αεριοποίησης χρησιμοποιείται ατμός, CO_2 , O_2 ή αέρας. Η αεριοποίηση, όπως και η πυρόλυση, είναι διεργασία που μπορεί να αποτελέσει είτε τμήμα, είτε το σύνολο της θερμικής επεξεργασίας επικινδύνων αποβλήτων.

Οι κύριες αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά τη διαδικασία της αεριοποίησης είναι:

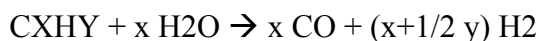
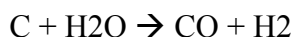
- Οξείδωση (εξώθερμη)



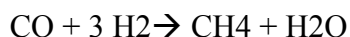
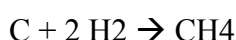
- Αντίδραση Boudouard (ενδόθερμη)



- Αντίδραση εξάτμισης νερού (ενδόθερμη)



- Αντίδραση σχηματισμού μεθανίου (εξώθερμη)



όπου: m, η, x, y, z = συντελεστές κατανομής

Τα τελικά προϊόντα της αεριοποίησης είναι:

- αέριο πλούσιο σε μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα» υδρογόνο και κορεσμένους υδρογονάνθρακες (κυρίως μεθάνιο), που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο,
- στερεό υπόλειμμα, που αποτελείται από άνθρακα και αδρανή,
- συμπυκνωμένο υγρό υπόλειμμα, που παρουσιάζει σύσταση παρόμοια με αυτήν του υγρού κλάσματος, που παράγεται κατά την πυρόλυση.

Η ενέργεια, που απαιτείται για την αντίδραση αεριοποίησης, παράγεται με καύση μέρους του οργανικού υλικού στον αντιδραστήρα αεριοποίησης. Τα παραγόμενα αέρια εξαρτώνται από το είδος του μέσου αεριοποίησης. Στην περίπτωση που υπάρχει τροφοδοσία με αέρα, λόγω της παρουσίας του ατμοσφαιρικού αζώτου, η θερμογόνος δύναμη του αέριου προϊόντος είναι χαμηλή και κυμαίνεται γύρω στα 0,35 MJ/m³. Η δε τυπική σύσταση του είναι η εξής:

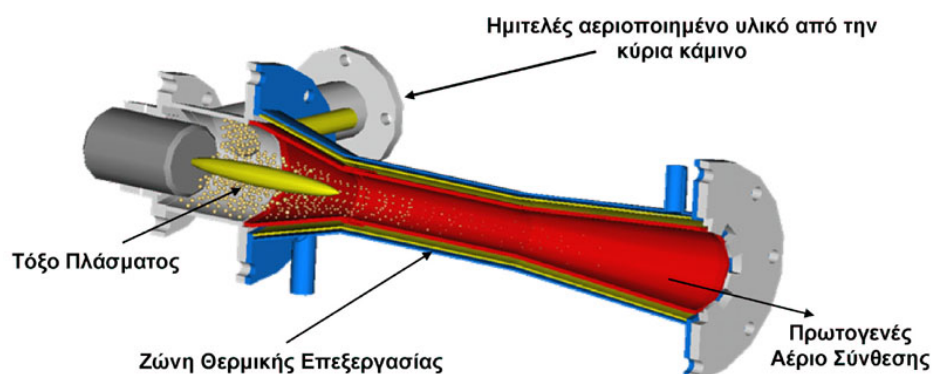
- 10% CO₂,
- 20% CO
- 15% H₂
- 2% CH₄
- 53% N₂

Η ταχύτητα της αντίδρασης αεριοποίησης εξαρτάται εκτός από την θερμοκρασία και από το πορώδες, τη διάμετρο των πόρων και την εσωτερική δομή της καύσιμης ύλης. Απόβλητα, που έχουν προέρθει από πυρόλυση, αεριοποιούνται ευκολότερα από μη επεξεργασμένα απόβλητα. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση συμπαγούς συνεκτικού υλικού σε σχέση με χαλαρό ψαθυρό υλικό. Συμπαγή υλικά, όπως οι μπριγκέτες, επιτρέπουν την καλύτερη διέλευση του αερίου διαμέσου του στερεού υποστρώματος στον αντιδραστήρα.

Η μέθοδος έχει ως αρχή την αποφυγή δημιουργίας αερίων εκπομπών, το οποίο ισχύει και κατά την πυρόλυση, σε αντίθεση με την καύση. Σε κάθε περίπτωση όμως, αναφορικά με τις επιτρεπτές τιμές στις παραγόμενες-εκπομπές κατά την πυρόλυση, αυτές ταυτίζονται με το σύνολο των τεχνικών θερμικής επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων. ΠΗΓΗ: (Ε. Γιδάρκος, Επικίνδυνα απόβλητα)

3.2.1.5 : ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΛΑΣΜΑΤΟΣ

Ο όρος πλάσμα (plasma) περιγράφει κάθε αέριο του οποίου τουλάχιστον ένα ποσοστό των ατόμων ή μορίων του είναι μερικά ή ολικά ιονισμένο. Ο ιονισμός αυτός μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους. Στην περίπτωση της επεξεργασίας αποβλήτων με την τεχνολογία πλάσματος, το αέριο μεταπίπτει στην κατάσταση του πλάσματος με τη βοήθεια της θερμότητας, που δημιουργείται από ηλεκτρική αντίσταση τόξου στήλης πλάσματος. Το τόξο αυτό βρίσκεται μεταξύ δύο ηλεκτροδίων (άνοδος και κάθοδος) και αποτελείται από ένα ηλεκτρικά αγωγίμο αέριο, μετατρέποντας έτσι τον ηλεκτρισμό σε θερμότητα. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνονται πολύ υψηλότερες θερμοκρασίες, σε σχέση με τις υπόλοιπες τεχνικές θερμικής επεξεργασίας. Πιο συγκεκριμένα, η μέση θερμοκρασία του αερίου μπορεί να υπερβεί τους 6.000°C.



Σχήμα 3.4 : Αεριοποιητής πλάσματος

Το αέριο, σε κατάσταση πλάσματος, είναι πολύ δραστικό συγκριτικά με τα περισσότερα αέρια σε μεγάλες θερμοκρασίες και πιέσεις και μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο σε μια ποικιλία χημικών αντιδράσεων. Τα πλεονεκτήματα από τη χρησιμοποίηση της τεχνολογίας αυτής προκύπτουν κατά κύριο λόγο από την υψηλή κινητική ενέργεια, που χαρακτηρίζει τα ιόντα και τα ηλεκτρόνια του πλάσματος, αλλά και τα άτομα του ουδέτερου αερίου. Η μερική μεταφορά αυτής της ενέργειας στις χημικές ενώσεις έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ισχυρών χημικών αντιδράσεων, οι οποίες δε θα μπορούσαν να ενεργοποιηθούν από τις εξώθερμες αντιδράσεις των συμβατικών διαδικασιών καύσης.

Εφαρμόζοντας την τεχνολογία πλάσματος, λαμβάνει χώρα η αεριοποίηση/υαλοποίηση του περιεχομένου των εισερχομένων στερεών αποβλήτων. Πιο συγκεκριμένα, υπό την επίδραση πολύ υψηλών θερμοκρασιών, το οργανικό κλάσμα των αποβλήτων αεριοποιείται και σχηματίζει συνθετικό αέριο (μίγμα μονοξειδίου του άνθρακα και υδρογόνου) και απαέρια. Ο χρόνος που απαιτείται, προκειμένου να λάβει χώρα η καταστροφή των οργανικών ενώσεων, εξαρτάται από την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας και το χρόνο παραμονής των οργανικών ενώσεων στην ιονισμένη ατμόσφαιρα ή σε υψηλή θερμοκρασία. Παράλληλα, το ανόργανο μέρος των αποβλήτων μετατρέπεται σε τηγμένο υπόλειμμα, το οποίο μετά από ψύξη σχηματίζει ένα σταθερό, αδρανές, υψηλής πυκνότητας υαλώδες υλικό.

Σε διεθνές επίπεδο, η χρήση της τεχνολογίας αυτής βρίσκεται σε πιλοτικό στάδιο και η σχετική εμπειρία είναι περιορισμένη, αφού η συγκεκριμένη τεχνική εμφανίστηκε πρόσφατα, σε σχέση με το σύνολο των υπόλοιπων τεχνικών θερμικής επεξεργασίας αποβλήτων.

Εν τούτοις, η τεχνική αυτή μπορεί να εξελιχθεί και να επεκταθεί σε ευρεία κλίμακα, ειδικά εάν ληφθούν υπόψη τα εξής:

- οι μονάδες πλάσματος χαρακτηρίζονται από συγκριτικά μικρότερες απαιτήσεις χώρου, σε σχέση με άλλες θερμικές μεθόδους επεξεργασίας,
- η άνοδος της θερμοκρασίας σε υψηλά επίπεδα επιτρέπει την επεξεργασία των αποβλήτων σε ένα κύριο στάδιο, περιορίζοντας την πολυπλοκότητα της μεθόδου,
- οι υψηλές θερμοκρασίες, που αναπτύσσονται, οδηγούν σε αύξηση της ταχύτητας των αντιδράσεων, που λαμβάνουν χώρα,

- η μέθοδος παρουσιάζει σημαντική ευελιξία αναφορικά με το είδος των προς επεξεργασία αποβλήτων και επιπλέον οδηγεί στην παραγωγή μικρότερου όγκου απαερίων και μειωμένου ρυπαντικού φορτίου, σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους καύσης.

Τα τελικά προϊόντα από την εφαρμογή της τεχνολογίας πλάσματος είναι τα εξής:

- Αέρια σύνθεσης, τα οποία προκύπτουν από την πλήρη αεριοποίηση όλων των πτητικών συστατικών (οργανικό μέρος των αποβλήτων) του εισερχόμενου ρεύματος. Η σύσταση των αερίων, καθώς και το ενεργειακό τους περιεχόμενο, εξαρτώνται άμεσα από το είδος και το οργανικό περιεχόμενο του εισερχόμενου προς επεξεργασία ρεύματος αποβλήτων. Το παραπάνω μίγμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αποδοτικό καύσιμο στη μονάδα πλάσματος, μειώνοντας με τον τρόπο αυτό το λειτουργικό κόστος ή εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εμπορεύσιμο προϊόν.
- Υαλώδους μορφής αδρανές υλικό, το οποίο δημιουργείται από την υαλοποίηση του ανόργανου μέρους των επεξεργαζόμενων αποβλήτων. Το υπόλειμμα αυτό είναι ομογενές και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κατασκευαστικό υλικό σε διάφορες εφαρμογές (π.χ. κατασκευή δρόμων, κατασκευή τούβλων και πλακιδίων πολύ υψηλής ποιότητας, κατασκευή υλικών πεζοδρόμησης, κ.λ.π.)
- Απαέρια, τα οποία ύστερα από κατάλληλη επεξεργασία διοχετεύονται στην ατμόσφαιρα. Αναφορικά με τα ανώτατα επιτρεπτά όρια των εκπομπών από μονάδες που χρησιμοποιούν τεχνολογία πλάσματος ισχύουν τα ίδια όρια με τις υπόλοιπες μονάδες θερμικής επεξεργασίας.
- Υγρά απόβλητα, τα οποία προκύπτουν από τη διαδικασία καθαρισμού των απαερίων. Ανάλογα με την ποιοτική και ποσοτική σύσταση των αποβλήτων αυτών, είναι δυνατόν να απαιτείται ειδική εγκατάσταση επεξεργασίας, ώστε να είναι ασφαλής η τελική τους διάθεση.

Σε κάθε περίπτωση οι επιτρεπτές τιμές των παραγόμενων εκπομπών ταυτίζονται με εκείνες του συνόλου των τεχνικών θερμικής επεξεργασίας στερεών αποβλήτων.

(Ε.Γιδαράκος, Επικίνδυνα απόβλητα, 2003)

3.2.2 : ΑΠΟΣΤΕΙΡΩΣΗ

Ιστορικά η μέθοδος της αποστείρωσης χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά ως τεχνολογία επεξεργασίας των νοσοκομειακών αποβλήτων σε εργαστήριο για την αποστείρωση των μικροβιολογικών εργαστηριακών καλλιεργειών. Το πρώτο εμπορικό σύστημα αποστείρωσης εφαρμόστηκε στην Καλιφόρνια των Η.Π.Α., το 1978 (Rabe, 1990).

Η αποστείρωση, λοιπόν, είναι μία μέθοδος με την οποία τα απόβλητα είτε αποστειρώνονται είτε απολυμαίνονται πριν τη διάθεσή τους σε κάποιο Χ.Υ.Τ.Α. Κατά τη διαδικασία αυτή όλοι οι μικροοργανισμοί εκτίθενται σε ατμό σε συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης και για ορισμένο χρονικό διάστημα ώστε να επιτευχθεί η καταστροφή τους (Cole et all, 1993).

Η συγκεκριμένη μέθοδος ενδείκνυται για την επεξεργασία εργαστηριακών καλλιεργειών, αιχμηρών αντικειμένων, υλικών που έχουν έρθει σε επαφή με αίμα, εργαστηριακών και χειρουργικών αποβλήτων καθώς επίσης και αποβλήτων που προέρχονται από τους θαλάμους απομόνωσης. Αν και είναι δυνατή η αποστείρωση των παθολογικών αποβλήτων (ανθρώπινα μέρη σώματος, κουφάρια ζώων), συνήθως δεν εφαρμόζεται για λόγους αισθητικής και ηθικής. Τέλος, δεν επιτρέπεται η χρήση της συγκεκριμένης μεθόδου στην περίπτωση των νοσοκομειακών αποβλήτων τα οποία περιέχουν πτητικές οργανικές ενώσεις, υδράργυρο, επικίνδυνα χημικά συστατικά, των αποβλήτων που προέρχονται από χημειοθεραπείες και των ραδιενεργών αποβλήτων (Health Care Without Harm, 2001).

Η αποστείρωση διακρίνεται σε υγρή ή ξηρά ανάλογα με τη χρήση ή όχι νερού (ατμού) για την αποστείρωση των αποβλήτων. Η πιο συνηθισμένη μέθοδος στην Ελλάδα είναι η υγρή αποστείρωση με τη χρήση των γνωστών κλιβάνων ατμού ενώ τελευταία χρησιμοποιείται και η αποστείρωση μέσω μικροκυμάτων.

ΥΓΡΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (ΑΠΟΣΤΕΙΡΩΣΗ ΜΕ ΑΤΜΟ)-ΚΛΙΒΑΝΟΙ ΑΠΟΣΤΕΙΡΩΣΗΣ

Η υγρή θερμική επεξεργασία (ή αποστείρωση μέσω ατμού) βασίζεται στην έκθεση τεμαχισμένων ιατρικών αποβλήτων σε ατμό υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης και είναι όμοια με τη διαδικασία της αποστείρωσης σε κλίβανο (που χρησιμοποιείται ήδη για τον επαναχρησιμοποιήσιμο ιατρικό εξοπλισμό).

Αν η θερμοκρασία του ατμού είναι η κατάλληλη και η διάρκεια της διαδικασίας είναι επαρκής τότε μπορεί να επιτευχθεί εξουδετέρωση των περισσότερων τύπων των μικροοργανισμών. Το αναμενόμενο ποσοστό εξουδετέρωσης των μικροοργανισμών μέσω της υγρής θερμικής επεξεργασίας είναι 99,99%(Pruss et al,1999).

Τα απόβλητα πριν υποστούν την υγρή θερμική επεξεργασία πρέπει να τεμαχιστούν ενώ ειδικά τα αιχμηρά ιατρικά εργαλεία είναι προτιμότερο να θρυμματιστούν. Η συγκεκριμένη μέθοδος δεν είναι κατάλληλη για την επεξεργασία ανατομικών αποβλήτων και πτωμάτων ζώων ενώ δεν ενδείκνυται και για την επεξεργασία χημικών ή φαρμακευτικών αποβλήτων.

Η τεχνολογία των κλιβάνων αποστείρωσης είναι ήδη γνωστή στα Νοσοκομεία αφού αυτοί χρησιμοποιούνται για την αποστείρωση του επαναχρησιμοποιούμενου ιατρικού εξοπλισμού. Οι κλίβανοι αποστείρωσης όμως που προορίζονται για τα ΕΙΑ είναι πιο μεγάλοι, πολύπλοκοι, ακριβοί και απαιτούν σωστό διαχωρισμό των αποβλήτων και υψηλού επιπέδου λειτουργία και τεχνική υποστήριξη.

ΥΓΡΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΑ (ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ)

Η αποστείρωση με μικροκύματα είναι ουσιαστικά μια υγρή θερμική επεξεργασία, αφού βασίζεται στην χρήση του ατμού (η αποστείρωση επιτυγχάνεται από την υγρασία που μετατρέπεται σε ατμό μέσω της ενέργειας των μικροκυμάτων).

Τα μικροκύματα συχνότητας περίπου 2450 MHz έχουν την ιδιότητα να καταστρέφουν τους περισσότερους μικροοργανισμούς που περιέχουν τα ιατρικά απόβλητα. Το νερό που περιέχουν τα απόβλητα θερμαίνεται ταχύτατα από τα μικροκύματα με αποτέλεσμα οι παθογόνοι παράγοντες να καταστρέφονται μέσω της αγωγής θερμότητας.

Μια εγκατάσταση επεξεργασίας μέσω μικροκυμάτων διαθέτει έναν μηχανισμό φόρτωσης ο οποίος μεταφέρει τα απόβλητα σε έναν τεμαχιστή. Τα τεμαχισμένα

απόβλητα υγραίνονται και μεταφέρονται στον θάλαμο ακτινοβολίας, στον οποίο υπάρχουν γεννήτριες μικροκυμάτων, και ακτινοβολούνται για 20 λεπτά περίπου. Ακολούθως συμπιέζονται (προαιρετικά) και στη συνέχεια αντιμετωπίζονται όπως τααστικά απόβλητα. Η αποδοτικότητα της μεθόδου θεωρητικά φτάνει το 99.99% για κάποιες κατηγορίες μικροοργανισμών, πρέπει όμως να ελέγχεται τακτικά μέσω κατάλληλων δοκιμών (παρόμοιες με αυτές που χρησιμοποιούνται στους αποστειρωτές ατμού).

Πλεονεκτήματα- Μειονεκτήματα

Η αποστείρωση των νοσοκομειακών αποβλήτων έχει τα εξής πλεονεκτήματα (Health Care Without Harm, 2001):

- Πρόκειται για μία μέθοδο που εφαρμόζεται για μεγάλο χρονικό διάστημα και τα αποτελέσματα της είναι θετικά.
- Η μέθοδος γίνεται εύκολα κατανοητή και αποδεκτή από τους εργαζομένους καθώς και από το ευρύτερο κοινωνικό σύνολο.
- Η θερμοκρασία που απαιτείται μπορεί να επιτευχθεί γρήγορα.
- Υπάρχει μεγάλη ποικιλία κλιβάνων αποστείρωσης ως προς το μέγεθος με αποτέλεσμα να υπάρχει δυνατότητα επεξεργασίας νοσοκομειακών αποβλήτων από μερικά κιλά ως και κάποιους τόνους ανά ώρα.
- Οι εκπομπές τοξικών αερίων είναι ελάχιστες με την προϋπόθεση, βέβαια, ότι στα νοσοκομειακά απόβλητα δεν εμπεριέχονται επικίνδυνες χημικές ουσίες.
- Το κόστος επένδυσης είναι ιδιαίτερα χαμηλό σε σχέση με τις άλλες μεθόδους επεξεργασίας.

Η μέθοδος, όμως, παρουσιάζει και κάποια μειονεκτήματα (Gluszynski, 2001):

- Στην περίπτωση που δεν υπάρχει σύστημα τεμαχισμού, ο όγκος των αποβλήτων δεν μειώνεται.
- Στην περίπτωση που υπάρχει σύστημα τεμαχισμού, η ύπαρξη μεγάλων μεταλλικών αντικειμένων μπορεί να προκαλέσει τη βλάβη του συστήματος.
- Δημιουργία δυσάρεστων οσμών.
- Αν στα νοσοκομειακά απόβλητα περιέχονται επικίνδυνες ουσίες όπως φορμαλδεΰδη, φαινόλες, κυτταροστατικές ουσίες, υδράργυρος κ.α. τότε η εκπομπή τοξικών αερίων είναι πολύ πιθανή.
- Αυξημένες ενεργειακές απαιτήσεις.

3.2.3 : ΧΗΜΙΚΗ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ

Χημικές ουσίες όπως το χλώριο χρησιμοποιούνται ως απολυμαντικά για την απολύμανση διαφόρων ιατρικών προϊόντων εδώ και πολύ καιρό. Η εφαρμογή της μεθόδου, όμως, σε μεγάλες ποσότητες μολυσματικών αποβλήτων που παράγονται από νοσοκομειακές και εργαστηριακές μονάδες είναι πιο πρόσφατη. Η συγκεκριμένη τεχνολογία, η οποία είναι διαθέσιμη από τα μέσα της δεκαετίας του 1980, αναφέρεται ως μηχανική/ χημική απολύμανση επειδή αποτελείται από δύο στάδια: το στάδιο του τεμαχισμού και το στάδιο της χημικής απολύμανσης (πραγματοποιείται μία αντίδραση κατά την οποία εξατμίζεται το υλικό και ταυτόχρονα εκτίθενται οι μικροοργανισμοί που περιέχονται στα απόβλητα σε ένα χημικό απολυμαντικό κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες). Τα υπολείμματα της διαδικασίας απορρίπτονται στο αποχετευτικό δίκτυο (Rabe, 1990).

Η μέθοδος ενδείκνυται για επεξεργασία των υγρών αποβλήτων όπως αίμα, ουρία κ.α. Ωστόσο, και τα στερεά, ακόμη και επικίνδυνα, νοσοκομειακά απόβλητα όπως οι καλλιέργειες, τα αιχμηρά αντικείμενα κ.α. μπορούν να απολυμανθούν χημικά με τους παρακάτω, όμως, περιορισμούς (Pruss et al, 1999):

- Πριν την απολύμανση απαιτείται τεμαχισμός και/ ή πολτοποίηση των αποβλήτων. Ο τεμαχισμός είναι συνήθως ο αδύναμος κρίκος στην αλυσίδα της χημικής απολύμανσης γιατί το σύστημα υπόκειται σε συχνές μηχανικές βλάβες.
- Απαιτούνται ισχυρά χημικά που και τα ίδια είναι επικίνδυνα γι' αυτό πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο από ειδικευμένο προσωπικό.
- Η απόδοση της μεθόδου εξαρτάται από τις συνθήκες λειτουργίας.
- Μόνο η επιφάνεια του άθικτου στερεού αποβλήτου μπορεί να απολυμανθεί.

Τα ανθρώπινα μέλη σώματος και τα πτώματα ζώων δεν θα πρέπει να απολυμαίνονται με τη συγκεκριμένη μέθοδο. Επίσης, πτητικές οργανικές ενώσεις, απόβλητα που προέρχονται από χημειοθεραπείες, απόβλητα που περιέχουν υδράργυρο, άλλα επικίνδυνα χημικά απόβλητα καθώς και ραδιενεργά δεν πρέπει να επεξεργάζονται χημικά (Gluszynski, 2001).

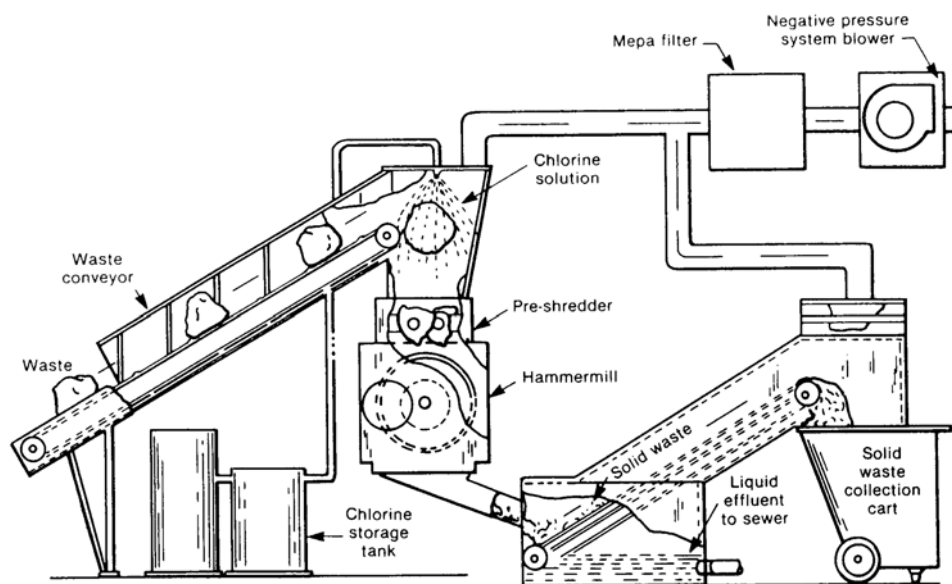
Πλεονεκτήματα- Μειονεκτήματα

Η μέθοδος της χημικής απολύμανσης παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα (Health Care Without Harm, 2001):

- Η απολύμανση των νοσοκομειακών αποβλήτων με υποχλωριώδες άλας του νατρίου είναι μία μέθοδος που εφαρμόζεται με μεγάλη επιτυχία από το 1980. Με άλλα λόγια πρόκειται για μία μέθοδο που τα αποτελέσματά της είναι γνωστά και πολύ θετικά.
- Η συγκεκριμένη τεχνολογία είναι καλά αυτοματοποιημένη και εύκολη στη χρήση.
- Τις περισσότερες φορές τα υγρά απόβλητα που προκύπτουν από την επεξεργασία μπορούν να απορριφθούν στο αποχετευτικό δίκτυο.
- Τα παραπροϊόντα που δημιουργούνται δεν είναι εύφλεκτα.
- Ο όγκος των αποβλήτων μειώνεται σημαντικά εξαιτίας του τεμαχισμού.

Ωστόσο, η επεξεργασία των νοσοκομειακών αποβλήτων με χημικά μέσα παρουσιάζει και κάποια μειονεκτήματα (Health Care Without Harm, 2001):

- Υπάρχει πιθανότητα δημιουργίας τοξικών παραπροϊόντων στο ρεύμα των αποβλήτων στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται μεγάλες ποσότητες χλωρίου.
- Τα ίδια τα απολυμαντικά αποτελούν πιθανούς χημικούς κινδύνους καθώς μπορούν να απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα ή να καταλήξουν σε υδάτινους αποδέκτες και στο έδαφος.
- Τα χημικά απολυμαντικά μπορεί να αντιδράσουν με κάποια συστατικά στοιχεία των νοσοκομειακών αποβλήτων δημιουργώντας νέες ουσίες, οι οποίες μπορεί να είναι τοξικές.
- Υπάρχει πιθανότητα ηχορύπανσης στην περίπτωση που λαμβάνει χώρα ο τεμαχισμός.
- Υπάρχει πιθανότητα δημιουργίας άσχημων οσμών γύρω από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας.
- Οποιοδήποτε ογκώδες μεταλλικό αντικείμενο που υπάρχει στα απόβλητα μπορεί να προκαλέσει βλάβη στο σύστημα τεμαχισμού.



Σχήμα 3.5 : Μονάδα χημικής απολύμανσης (πηγή: Cole et all, 1993)

3.2.4 : ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗ

Η διαδικασία της αδρανοποίησης περιλαμβάνει την ανάμιξη των αποβλήτων με τσιμέντο και άλλες σταθεροποιητικές ουσίες πριν τον ενταφιασμό τους ώστε να μειωθεί ο κίνδυνος μεταφοράς τοξικών ουσιών στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα. Ενδείκνυται για τα φαρμακευτικά απόβλητα και την τέφρα που προκύπτει από την καύση και περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις σε βαρέα μέταλλα (Gluszynski, 2001).

Κατά την αδρανοποίηση των φαρμακευτικών αποβλήτων πρώτα αφαιρείται η συσκευασία που τα περιέχει και στη συνέχεια αναμειγνύονται με νερό, άσβεστο και τσιμέντο. Σχηματίζεται, έτσι, ένα ομογενοποιημένο μίγμα σε κύβους (π.χ. των 1m³) ή σε σβόλους, οι οποίοι μεταφέρονται στους ειδικούς χώρους ενταφιασμού. Εναλλακτικά, το ομογενοποιημένο μίγμα μεταφέρεται σε υγρή μορφή σε ένα X.Y.T.A όπου και διαχέεται (Gluszynski, 2001).

Οι τυπικές αναλογίες του μίγματος είναι οι εξής (Gluszynski, 2001):

- 65% φαρμακευτικά απόβλητα,
- 15% άσβεστος,
- 15% τσιμέντο και
- 5% νερό.

Η μέθοδος έχει χαμηλό κόστος και απαιτεί ελάχιστο εξοπλισμό.

3.2.5 : ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΜΕ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΑ

Η ιδέα της επεξεργασίας των νοσοκομειακών αποβλήτων με τη χρήση μικροκυμάτων εφαρμόστηκε για πρώτη φορά στη Γερμανία στις αρχές της δεκαετίας του 1980. Στις Η.Π.Α. βρήκε εφαρμογή πρώτη φορά σε νοσοκομειακή μονάδα της Βόρειας Καλιφόρνιας το 1990 και από τότε η διάδοση της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι ραγδαία σε όλο τον κόσμο. (Gluszynski, 2001).

Η πλειοψηφία των μικροοργανισμών καταστρέφεται από τη δράση μικροκυμάτων, τα οποία βρίσκονται σε συχνότητα περίπου 2450MHz και έχουν μήκος κύματος 12,24cm. Το νερό που περιέχεται στα απόβλητα θερμαίνεται γρήγορα από τα μικροκύματα και στη συνέχεια οι μολυσματικές ενώσεις καταστρέφονται λόγω της θερμικής επαγωγής (Pruss et al, 1999)

Η συγκεκριμένη μέθοδος ενδείκνυται για την επεξεργασία των ιδιαίτερα μολυσματικών αποβλήτων όπως: εργαστηριακών καλλιιεργειών, αιχμηρών αντικειμένων, υλικών που έχουν έρθει σε επαφή με αίμα, εργαστηριακών και χειρουργικών αποβλήτων καθώς επίσης και αποβλήτων που προέρχονται από τους θαλάμους απομόνωσης. Αν και είναι δυνατή η αποστείρωση των παθολογικών αποβλήτων (ανθρώπινα μέρη σώματος, κουφάρια ζώων), συνήθως δεν εφαρμόζεται για λόγους αισθητικής και ηθικής. Τέλος, δεν επιτρέπεται η χρήση της συγκεκριμένης μεθόδου στην περίπτωση των νοσοκομειακών αποβλήτων τα οποία περιέχουν πτητικές οργανικές ενώσεις, υδράργυρο, επικίνδυνα χημικά συστατικά, των αποβλήτων που προέρχονται από χημειοθεραπείες και των ραδιενεργών αποβλήτων (Health Care Without Harm, 2001).

Πλεονεκτήματα- Μειονεκτήματα

Η τεχνολογία μικροκυμάτων παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα (Αραβώσης, 1999):

- Έχει χαμηλό λειτουργικό κόστος αφού:
 - Καταναλώνει λίγη ενέργεια.
 - Δεν χρειάζεται αποθηκευτικούς χώρους αλλά και λόγω των διαστάσεων της μονάδας απαιτείται μικρός χώρος για τη λειτουργία της.
 - Χρησιμοποιεί επαναχρησιμοποιήσιμους κάδους.
 - Έχει χαμηλό κόστος συντήρησης αφού δεν χρειάζονται ατμό για τη λειτουργία της και επομένως λειτουργεί σε ατμοσφαιρική πίεση.
 - Με τη χρήση του συστήματος αυτόματης φόρτωσης δεν χρειάζεται να απασχολείται προσωπικό.

- Εξασφαλίζει απόλυτη ασφάλεια κατά τη χρήση της, αφού:
- Η όλη διαδικασία αδρανοποίησης επιτυγχάνεται σε κλειστούς επαναχρησιμοποιήσιμους κάδους 6- 60l και έτσι δεν υπάρχει ο κίνδυνος να ανοίξουν οι σάκοι με το μολυσματικό υλικό ή να έρθουν σε επαφή με τον άνθρωπο σύριγγες, αίμα κ.α.
- Εξασφαλίζεται αυτόματη αφύγρανση και παρακολούθηση του προγράμματος εξυγίανσης, συνεχής καταγραφή των παραμέτρων σε εκτυπωτή και αυτόματη ρύθμισή τους ανάλογα με τη σύσταση του υλικού.
- Υπάρχει η δυνατότητα ενσωμάτωσης ζυγαριάς για καταγραφή των ποσοτήτων των απορριμμάτων.
- Η χρήση της είναι απλούστατη.
- Ανάλογα με τις ποσότητες των απορριμμάτων δίδεται και ο αντίστοιχος ειδικός τύπος μηχανήματος.
- Οι εκπομπές τοξικών αερίων είναι ελάχιστες με την προϋπόθεση, βέβαια, ότι στα νοσοκομειακά απόβλητα δεν εμπεριέχονται επικίνδυνες χημικές ουσίες.
- Δεν υπάρχουν υγρά απόβλητα.
- Ο όγκος των αποβλήτων μειώνεται ως και 80%.

Ωστόσο, η επεξεργασία των νοσοκομειακών αποβλήτων έχει και κάποια μειονεκτήματα (Health Care Without Harm, 2001):

- Αν στα νοσοκομειακά απόβλητα περιέχονται επικίνδυνες ουσίες τότε η εκπομπή τοξικών αερίων είναι πολύ πιθανή.
- Υπάρχει πιθανότητα δημιουργίας δυσάρεστων οσμών.
- Ο τεμαχιστής που χρησιμοποιείται για τα αιχμηρά αντικείμενα δημιουργεί ηχορύπανση.
- Το αρχικό κόστος επένδυσης είναι ιδιαίτερα υψηλό.

Λειτουργικές παράμετροι

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη μέθοδο είναι οι εξής (Cole et all, 1993):

- συχνότητα ακτινοβολίας,
- μήκος κύματος ακτινοβολίας,
- διάρκεια έκθεσης των αποβλήτων,
- σύσταση και υγρασία των αποβλήτων και
- θερμοκρασία.

Διαδικασία

Με την προτεινόμενη τεχνολογία το προσωπικό δεν έρχεται σε επαφή με τα μολυσματικά απορρίμματα. Τα απόβλητα αυτά συλλέγονται σε ειδικούς πλαστικούς επαναχρησιμοποιούμενους κάδους χωρητικότητας 6- 60l στα σημεία δημιουργίας τους (μέσα στα χειρουργεία, μονάδες τεχνητού νεφρού, εργαστήρια κλπ.). Μόλις γεμίσει ο κάδος, οδηγείται στη μονάδα (οι κάδοι μπορεί να είναι τοποθετημένοι σε τροχήλατο καροτσάκι). (Αραβώσης, 1999).

Η μονάδα επεξεργασίας μικροκυμάτων περιλαμβάνει μία συσκευή, η οποία τοποθετεί τα απόβλητα στον τεμαχιστή όπου εκεί μειώνεται το μέγεθός τους. Έπειτα, τα απόβλητα υγροποιούνται και μεταφέρονται στο θάλαμο ακτινοβολίας, ο οποίος είναι εφοδιασμένος με μία σειρά από γεννήτριες μικροκυμάτων. Τα απόβλητα ακτινοβολούνται για περίπου 20- 30 λεπτά (Pruss et al, 1999).

Η συσκευή ελέγχει συνεχώς τη θερμοκρασία και την υγρασία (διοχετεύοντας νερό) και ανάλογα με τη σύσταση των απορριμμάτων προσδιορίζει αυτόματα και το χρόνο αδρανοποίησης, έτσι ώστε να έχουμε πάντα εγγυημένο αποτέλεσμα εξυγίανσης. Όλος ο έλεγχος της διαδικασίας δύναται να εκτυπώνεται σε θερμικό ενσωματωμένο εκτυπωτή. Επίσης, οι ποσότητες των απορριμμάτων μπορούν να παρακολουθούνται από ενσωματωμένη ζυγαριά και σε on- line σύνδεση με υπολογιστή PC (Αραβώσης, 1999).

Μετά το πέρας της διαδικασίας εξυγίανσης βγαίνει ο πλαστικός κάδος, αφαιρείται ο σάκος με τα αδρανοποιημένα πλέον απορρίμματα, τα οποία στέλνονται πια στον κοινό κάδο απορριμμάτων ενώ ο άδειος κάδος επιστρέφει στη θέση του. Ο όγκος των αδρανοποιημένων απορριμμάτων είναι σημαντικά μειωμένος σε σχέση με τον αρχικό (Αραβώσης, 1999).

3.2.6 : ΕΔΑΦΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ

Αν πραγματικά δεν υπάρχουν τα μέσα για επεξεργασία των νοσοκομειακών αποβλήτων πριν τη διάθεσή τους, είναι προτιμότερο να μεταφέρονται σε δημοτικούς Χ.Υ.Τ.Α. παρά να συσσωρεύονται εντός των νοσοκομειακών μονάδων. Ωστόσο, το ρίσκο της διάθεσης ανεπεξέργαστων νοσοκομειακών αποβλήτων είναι υψηλό εξαιτίας της πιθανότητας απελευθέρωσης παθογόνων στην ατμόσφαιρα και στα υπόγεια ύδατα (Pruss et al, 1999).

Υπάρχουν δύο κατηγορίες τοποθεσιών εδαφικής διάθεσης των νοσοκομειακών αποβλήτων: οι ανοιχτές χωματερές και οι Χ.Υ.Τ.Α.

Στις ανοιχτές χωματερές υπάρχει ανεξέλεγκτη διάθεση των αποβλήτων με αποτέλεσμα την δημιουργία έντονων περιβαλλοντικών προβλημάτων, πυρκαγιών και τη μετάδοση ασθενειών. Τα νοσοκομειακά απόβλητα δεν πρέπει ποτέ να μεταφέρονται και να διατίθενται στις ανοιχτές χωματερές. Ο κίνδυνος είναι προφανής αφού η μετάδοση ασθενειών έμμεσα μέσω εισπνοής, κατάποσης ή άμεσα μέσω της τροφικής αλυσίδας (Pruss et all, 1999).

Οι Χ.Υ.Τ.Α. παρουσιάζουν τα εξής πλεονεκτήματα σε σχέση με τις ανεξέλεγκτες χωματερές (Pruss et all, 1999):

- Γεωλογική απομόνωση των αποβλήτων από το υπόλοιπο περιβάλλοντα χώρο.
- Μηχανικές βελτιώσεις της περιοχής πριν την μετατροπή της σε Χ.Υ.Τ.Α.
- Παρουσία προσωπικού που ελέγχει τις συνθήκες λειτουργίας.
- Οργανωμένη διάθεση των αποβλήτων και καθημερινή κάλυψή τους.

Στους Χ.Υ.Τ.Α. επιτρέπεται η διάθεση κάποιων κατηγοριών νοσοκομειακών αποβλήτων όπως των μολυσματικών και μικρών ποσοτήτων φαρμακευτικών ουσιών. Οι Χ.Υ.Τ.Α αποτρέπουν την ρύπανση του εδάφους και των υπογείων υδάτων και περιορίζουν την αέρια ρύπανση, τις οσμές και την άμεση επαφή με τον άνθρωπο.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της υγειονομικής ταφής

- Πλεονεκτήματα

- Η υγειονομική ταφή των απορριμμάτων, είναι συνήθως η πιο οικονομική μέθοδος διάθεσης απορριμμάτων, όταν βρίσκεται εύκολα κατάλληλος χώρος .
- Απαιτείται μικρότερο κεφάλαιο επενδύσεων για έργα υποδομής και μηχανικό εξοπλισμό, συγκριτικά με τις άλλες μεθόδους (θερμική αποδόμηση, βιολογικές μέθοδοι επεξεργασίας κ.α.)
- Η υγειονομική ταφή είναι μια πλήρης μέθοδος σε σύγκριση με άλλες μεθόδους επεξεργασίας, που χρειάζονται πρόσθετη επεξεργασία ή λειτουργίες διάθεσης για. τα κατάλοιπα
- Έχει μεγάλη ευελιξία. Όταν οι ποσότητες των απορριμμάτων αυξάνουν, μπορεί η διάθεση τους να αντιμετωπιστεί με μικρή αύξηση του προσωπικού και του μηχανικού εξοπλισμού.

- Μειονεκτήματα

- Στις πυκνοκατοικημένες περιοχές βρίσκεται συνήθως δύσκολα κατάλληλος χώρος για διάθεση απορριμμάτων, σε απόσταση που να είναι οικονομική η μεταφορά τους
- Η επιτυχία της μεθόδου στηρίζεται στην επί ημερήσιας βάσης λειτουργίας της ταφής, διαφορετικά εξελίσσεται σε ελεύθερη απόρριψη
- Η υγειονομική ταφή όταν γίνεται κοντά σε κατοικημένες περιοχές, συναντά μεγάλες αντιδράσεις και διαμαρτυρίες από τους κατοίκους των γειτονικών περιοχών
- Ένας τελειωμένος χώρος υγειονομικής ταφής υφίσταται καθίζηση για πολλά χρόνια και χρειάζεται περιοδική συντήρηση
- Τα κτίρια που κατασκευάζονται πάνω σε τελειωμένους χώρους υγειονομικής ταφής πρέπει να τύχουν ειδικής κατασκευής, λόγω των συνεχιζόμενων καθιζήσεων στο χώρο
- Το παραγόμενο μεθάνιο, που είναι αέριο εκρηκτικό και τα άλλα παραγόμενα αέρια από την αποσύνθεση των απορριμμάτων, μπορούν να δημιουργήσουν κινδύνους ή οχλήσεις (ρύπανση αέρα, οσμές κλπ.). Τα ανωτέρω περιορίζουν τις χρήσεις του αποπερατωμένου χώρου διάθεσης των απορριμμάτων

Οι διαφυγές διασταλάζοντας ύδατος μέσω διήθησης εντός του εδάφους ρυπαίνουν το υπόγειο νερό, όταν το συναντήσουν.

3.2.7 : ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΗ-ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ

Οι μέθοδοι στερεοποίησης - σταθεροποίησης επιτυγχάνουν:

-Βελτίωση των φυσικών χαρακτηριστικών των αποβλήτων παράγοντας ένα στερεό από υγρά ή ημίρρευστα απόβλητα με αποτέλεσμα να διευκολύνουν έτσι το χειρισμό τους

-Μείωση της διαλυτότητας των εμπεριεχομένων στο απόβλητο ρυπαντών, από το σταθεροποιημένο προϊόν

-Ελάττωση της εκτιθέμενης επιφάνειας του αποβλήτου, δια μέσου της οποίας επιτυγχάνεται μεταφορά ή απώλεια ρυπαντών.

Πρόσθετα στερεοποίησης - σταθεροποίησης

Τα πρόσθετα των μεθόδων της στερεοποίησης - σταθεροποίησης μπορούν να διακριθούν σε ανόργανα και οργανικά. Τα ανόργανα συστήματα περιλαμβάνουν ως επί το πλείστον διάφορους συνδυασμούς υδραυλικών τσιμέντων, άσβεστου, γύψου και πολυολεφίνες και ουρία - φορμαλδεΐδη. Συνδυασμοί ανόργανων και οργανικών συστημάτων μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν, όπως είναι η γη διατομών με τσιμέντο - πολυστυρένιο .

Μηχανισμοί στερεοποίησης - σταθεροποίησης

Οι μηχανισμοί δέσμευσης των τοξικών ουσιών, που της έχουν σαν αποτέλεσμα τη μείωση της κινητικότητας τους περιλαμβάνουν:

- **Ρόφηση (Sorption):** Περιλαμβάνει προσθήκη ενός στερεού υλικού για την κατακράτηση του ελεύθερου υγρού του αποβλήτου. Ως παράδειγμα αναφέρεται ενεργός άνθρακας, ένυδρο πυριτικό νάτριο, γύψος, άργιλος και παρόμοια υλικά.
- **Αντιδράσεις άσβεστου - ιπτάμενης τέφρας:** Χρησιμοποιούνται σε μεθόδους χημικής σταθεροποίησης. Στις περισσότερες αντιδράσεις αναφέρεται η δημιουργία ενυδατωμένων ενώσεων (π.χ. ένυδρο πυριτικό τριασβέστιο) με εναλλαγή των ιόντων τους με αποτέλεσμα τη μικροέγκλειση των αποβλήτων σε μία πηγματώδη μήτρα (gel).
- **Αντιδράσεις τσιμέντου Portland - απόβλητου:** Εδώ ο μηχανισμός της σταθεροποίησης βασίζεται, στην παραγωγή ενυδατωμένων προϊόντων από πυριτικές ενώσεις. Το ασβεστοπυριτικό ένυδρο πήγμα, που δημιουργείται, διογκώνεται και σχηματίζει μήτρα συντιθέμενη από συνδεόμενα πυριτικά ινίδια και ένυδρα προϊόντα. Τα βαρέα μέταλλα μετατρέπονται σε υδροξείδια και πυριτικά άλατα στο αλκαλικό περιβάλλον της πάστας του τσιμέντου και κατακρατούνται μέσα στους πόρους αυτής. Απόβλητα με οργανικό φορτίο δεν δίνουν ικανοποιητικά αποτελέσματα με το τσιμέντο.
- **Μικροέγκλειση με θερμοπλαστικά:** Το απόβλητο αναμιγνύεται με θερμοπλαστικά υλικά (πολυμερή, συνήθως γραμμικά με λίγες διακλαδώσεις), όπως άσφαλτος, πολυαιθυλένιο, πολυπροπυλένιο και νάιλον. Η φυσική παγίδευση είναι ο κυριότερος μηχανισμός του αποβλήτου σε αυτή την περίπτωση.
- **Μακροέγκλειση:** Βασίζεται στην παγίδευση του αποβλήτου σε μία μορφή επεξεργασμένη ή όχι μέσα σε ένα αδρανές και αδιαπέραστο κάλυμμα. Για να αποφευχθεί η διάβρωση του περιέκτη ενισχύεται με μία επικάλυψη, π.χ. με ίνες

υάλου ενισχυμένες με εποξειδικές ρητίνες και πολυουρεθανικές ρητίνες. Το μίγμα επικαλύπτει τον περιέκτη και προστατεύει το περιεχόμενο από την έκπλυση και τις μηχανικές πιέσεις.

Η αποτελεσματικότητα των μεθόδων στερεοποίησης - σταθεροποίησης κρίνεται από τα ακόλουθα:

- χρόνο πήξης
- φυσικές ιδιότητες του προϊόντος (πυκνότητα και αντοχή σε θλίψη)
- εκπλυσιμότητα των τοξικών συστατικών
- Φυσικές ιδιότητες, όπως η πυκνότητα και η αντοχή στη θλίψη, είναι σημαντικά χαρακτηριστικά του προϊόντος.

Βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των μεθόδων ανόργανης σταθεροποίησης
- Πλεονεκτήματα

- Χαμηλό κεφάλαιο επένδυσης, εξοπλισμού και λειτουργίας
- Απαιτούμενα υλικά σχετικά φτηνά και επαρκή
- Οι τεχνικές είναι σχετικά καλά διαμορφωμένες
- Η φυσική αλκαλικότητα των υλικών βοηθά στην εξουδετέρωση της οξύτητας των αποβλήτων
- Δεν απαιτείται εκτεταμένη αφύγρανση (ευρεία περιοχή εφαρμογής)
- Οι φυσικές ιδιότητες των στερεοποιημένων υλικών ποικίλουν από μαλακή άργιλο μέχρι δομής ενός συμπαγούς υλικού ανάλογα με τις επιμέρους συνθήκες
- Εκεί που ο ασβέστης χρησιμοποιείται ως σταθεροποιητής υπάρχει δυνατότητα συνδιάθεσης δύο αποβλήτων

-Μειονεκτήματα

- Απαιτούνται μεγάλα ποσά πρόσθετων υλικών
- Τα υλικά αυτά είναι γενικά ενεργειακά αναβαθμισμένα
- Κάποια απόβλητα, όπως αυτά που περιέχουν οργανικά, ίσως παρουσιάζουν κάποια δυσχέρεια στην ενυδάτωση
- Τα επεξεργασμένα απόβλητα προσβάλλονται από ήπια οξέα
- Οι μηχανισμοί της σταθεροποίησης δεν είναι επαρκώς γνωστοί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΜΕΛΕΤΩΜΕΝΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΔΥΟ ΓΕΝΙΚΩΝ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΩΝ

Στην παρούσα εργασία, μελετήθηκε η περίπτωση δύο γενικών περιφερειακών νοσοκομείων, παρόμοιας δυναμικότητας. Στη συνέχεια παρουσιάζονται η κατανομή των τμημάτων και η ποιοτική-ποσοτική σύσταση των παραγόμενων αποβλήτων.

4.1 : ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΜΗΜΑΤΩΝ

-1^ο ΓΕΝΙΚΟ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ

- Α Παθολογικός Τομέας
 - ο Α) Τμήματα
 - Α Παθολογικό τμήμα, με 36 κλίνες
 - Β Παθολογικό τμήμα, με 27 κλίνες
 - Καρδιολογικό τμήμα, με 24 κλίνες
 - Παιδιατρικό τμήμα, με 24 κλίνες
 - Νεογνολογικό τμήμα, με 6 κλίνες
 - Νευρολογικό τμήμα, με 6 κλίνες
 - Α Πνευμονολογικό-Φυματιολογικό τμήμα, με 34 κλίνες
 - Β Πνευμονολογικό-Φυματιολογικό τμήμα, με 26 κλίνες
 - Νεφρολογικό τμήμα, με 10 κλίνες
 - Ρευματολογικό τμήμα, με 13 κλίνες
 - Μονάδα εμφραγμάτων, με 6 κλίνες
 - Βραχείας Νοσηλείας Παθολογικού, 3 κλίνες
 - ο Β) Μονάδες
 - Τεχνητού Νεφρού
 - Ειδικής θεραπείας νεογνών - νεογέννητων, με 10 κλίνες
 - Μονάδα Μεσογειακής αναιμίας, με 3 κλίνες
- Β Χειρουργικός Τομέας
 - ο Α) Τμήματα
 - Α Χειρουργικό τμήμα, με 28 κλίνες
 - Β χειρουργικό τμήμα, με 25 κλίνες
 - Ορθοπεδικό τμήμα, με 27 κλίνες
 - Ουρολογικό τμήμα, με 24 κλίνες
 - Οφθαλμολογικό τμήμα, με 13 κλίνες
 - ΩΡΛ τμήμα, με 9 κλίνες

- Γυναικολογικό-Μαιευτικό τμήμα, με 30 κλίνες
- Νευροχειρουργικό τμήμα, με 6 κλίνες
- Βραχείας Νοσηλείας Χειρουργικού, 3 κλίνες
- Αναισθησιολογικό
- ο Β) Μονάδες
 - Εγκαυμάτων
- Ψυχιατρικός Τομέας
 - ο Τμήματα
 - Ψυχιατρικό, με 18 κλίνες
 - Βραχείας Νοσηλείας Ψυχιατρικού 1 κλίνη
- Εργαστηριακός Τομέας
 - ο Τμήματα
 - Μικροβιολογικό -Βιοχημικό
 - Ακτινοδιαγνωστικό [αξονικός, υπέρηχος, μαστογράφος]
 - Παθολογοανατομικό
 - Κυτταρολογικό
 - Αιματολογικό
 - Τμήμα Αιμοδοσίας
 - Τμήμα Πυρηνικής Ιατρικής
 - Φυσικοθεραπευτήριο
 - Αναπνευστικό,Φαρμακείο

Συνολικός αριθμός κλινών: 412 κλίνες

-2^ο ΓΕΝΙΚΟ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ

- Α Παθολογικός Τομέας
 - ο Α) Τμήματα
 - Α Παθολογικό τμήμα, με 31 κλίνες
 - Β Παθολογικό τμήμα, με 31 κλίνες
 - Καρδιολογικό τμήμα, με 27 κλίνες
 - Παιδιατρικό τμήμα, με 29 κλίνες
 - Νευρολογικό τμήμα, με 10 κλίνες
 - Πνευμονολογικό-, με 20 κλίνες
 - Νεφρολογικό τμήμα, με 8 κλίνες
 - Μονάδα εμφραγμάτων, με 8 κλίνες
 - ο Β) Μονάδες
 - Τεχνητού Νεφρού

- Ειδικής θεραπείας νεογνών - νεογέννητων, με 9 κλίνες
- Β Χειρουργικός Τομέας
 - ο Α) Τμήματα
 - Α Χειρουργικό τμήμα, με 31 κλίνες
 - Β χειρουργικό τμήμα, με 31 κλίνες
 - Ορθοπεδικό τμήμα, με 40 κλίνες
 - Ουρολογικό τμήμα, με 25 κλίνες
 - Οφθαλμολογικό τμήμα, με 12 κλίνες
 - ΩΡΛ τμήμα, με 8 κλίνες
 - Γυναικολογικό-Μαιευτικό τμήμα, με 32 κλίνες
 - Νευροχειρουργικό τμήμα, με 23 κλίνες
 - Αναισθησιολογικό
 - Οδοντιατρικό
 - ο Β) Μονάδες
 - Εγκαυμάτων
- Εργαστηριακός Τομέας
 - ο Τμήματα
 - Μικροβιολογικό -Βιοχημικό
 - Ακτινοδιαγνωστικό [αξονικός, υπέρηχος, μαστογράφος]
 - Παθολογοανατομικό
 - Κυτταρολογικό
 - Αιματολογικό
 - Τμήμα Αιμοδοσίας
 - Αναπνευστικό, Φαρμακείο

Συνολικός αριθμός κλινών: 375 κλίνες

4.2 : ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΑ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

4.2.1 : ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΑ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Στα περισσότερα νοσοκομεία παράγονται απόβλητα οικιακού τύπου (γραφικό υλικό, χαρτοκιβώτια, υλικά συσκευασίας, υπολείμματα τροφών κλπ.), κύριες πηγές των

οποίων είναι τα δωμάτια των ασθενών , οι χώροι αναμονής και οι χώροι εξυπηρέτησης του κοινού.

Στην παρούσα ενότητα δίνεται ιδιαίτερη έμφαση σε απόβλητα που ενδέχεται να είναι μολυσματικά, σε απόβλητα συγκεκριμένων τμημάτων που μπορούν να χαρακτηριστούν ως τοξικά ή και επικίνδυνα.

Γενικά στα μελετώμενα νοσοκομεία παράγονται τα εξής είδη Ι.Α:

- Απόβλητα οικιακού τύπου (γραφικό υλικό, υπολείμματα τροφών)
- Απόβλητα μολυσματικού τύπου(ματωμένες γάζες, αιχμηρά)
- Παθολογοανατομικά (ιστοί, ανθρώπινα όργανα)
- Μικροβιολογικά (καλλιέργειες)
- Χημικά υγρά εμφανιστηρίου (στερέωσης – εμφάνισης)
- Χημικά υγρά αναλύσεων εργαστηρίων (διαλύτες , χρωστικές ουσίες)
- Χημικά υγρά χημειοθεραπειών (κυτταροτοξικά)

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα είδη των Ι.Α που παράγονται ειδικά σε κάθε έναν από τους τομείς των νοσοκομειακών μονάδων με ιδιαίτερη έμφαση στα ΕΙΑ που παράγονται σε αυτές.

Α΄ ΠΑΘΟΛΟΓΙΚΟ

EIA-MX	• Αίμα και άλλα βιολογικά υγρά που περιέχουν αίμα και άλλες απεκκρίσεις π.χ. πύον, προϊόντα κατακλίσεων, προϊόντα αναρροφήσεων κτλ • Αιχμηρά όπως βελόνες, σύριγγες, άδεια γυάλινα φιαλίδια κτλ • Ιατρικά υλικά/υλικά μιας χρήσης που έχουν έρθει σε επαφή με τα παραπάνω όπως: - ο ιατρικά υλικά (γάζες, επίδεσμοι, τσιρότα, βαμβάκι, τολύπια, χαρτοβάμβακας) - ο υλικό μιας χρήσεως: μάσκες, γάντια μιας χρήσεως, λεκανίτσες μιας χρήσης κτλ - ο σωλήνες μύτης για βρογχοαναρρόφηση, για οξυγονοθεραπεία κτλ - ο καθετήρες (κύστης, φλεβών, αρτηριών, αναρρόφησης κτλ) - ο σετ μετάγγισης, σετ για εγχύσεις, μολυσμένα εργαλεία από ενδοφλέβια χορήγηση ορού - ο κενοί ασκοί αίματος
EIA-MTX	ΟΧΙ
EIA-TX	• Φαρμακευτικά απόβλητα όπως ληγμένα φάρμακα ή φάρμακα που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν • Απολυμαντικά • Θερμόμετρα

Β΄ ΠΑΘΟΛΟΓΙΚΟ

EIA-MX	- Αίμα και άλλα βιολογικά υγρά που περιέχουν αίμα - Κόπρανα και ούρα στην περίπτωση ασθενούς, στον οποίο έχει διαγνωστεί μία νόσος που μπορεί να μεταδοθεί με αυτά τα απεκκρίματα (εντερικές μολύνσεις π.χ. σαλμονέλα) και άλλες απεκκρίσεις π.χ. εμετός, πτύελο, πύον, προϊόντα κατακλίσεων, προϊόντα αναρροφήσεων κτλ (από τον θάλαμο λοιμωδών) - Αιχμηρά όπως βελόνες, σύριγγες, άδεια γυάλινα φιαλίδια κτλ - Ιατρικά υλικά/υλικά μιας χρήσης που έχουν έρθει σε επαφή με τα παραπάνω όπως: - ιατρικά υλικά (γάζες, επίδεσμοι, τσιρότα, βαμβάκι, τολύπια, χαρτοβάμβακας) - υλικό μιας χρήσεως: μάσκες, γάντια μιας χρήσεως, λεκανίτσες μιας χρήσης κτλ - σωλήνες μύτης για βρογχοαναρρόφηση, για οξυγονοθεραπεία κτλ - καθετήρες (κύστης, φλεβών, αρτηριών, αναρρόφησης κτλ) - σετ μετάγγισης, σετ για εγχύσεις, μολυσμένα εργαλεία από ενδοφλέβια χορήγηση ορού - κενοί ασκοί αίματος - υπολείμματα φαγητού από τον δίσκο του ασθενούς (από τον θάλαμο λοιμωδών)
EIA-MTX	Απόβλητα χημειοθεπειών (μόνο από τον θάλαμο χημειοθεπειών)
EIA-TX	- Φαρμακευτικά απόβλητα όπως ληγμένα φάρμακα ή φάρμακα που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν (περιλαμβάνονται και τα κυταροστατικά του θαλάμου χημειοθεπειών) - Απολυμαντικά - Θερμόμετρα - Φίλτρα θαλάμου προετοιμασίας κυταροστατικών φαρμάκων

ΚΑΡΔΙΟΛΟΓΙΚΟ

EIA-MX	- Αίμα και άλλα βιολογικά υγρά που περιέχουν αίμα, περικάρδιο υγρό, άλλες απεκκρίσεις π.χ. προϊόντα αναρροφήσεων κτλ - Αιχμηρά όπως βελόνες, σύριγγες, λάμες, χειρουργικά νυστέρια, άδεια γυάλινα φιαλίδια κτλ - Ιατρικά υλικά/υλικά μιας χρήσης που έχουν έρθει σε επαφή με τα παραπάνω όπως: - ιατρικά υλικά (γάζες, ταμπόν, επίδεσμοι, τσιρότα, βαμβάκι, τολύπια, χαρτοβάμβακας) - υλικό μιας χρήσεως: μάσκες, γάντια μιας χρήσεως, λεκανίτσες μιας χρήσης κτλ - σωλήνες μύτης για βρογχοαναρρόφηση, για οξυγονοθεραπεία κτλ - καθετήρες (κύστης, φλεβών, αρτηριών, αναρρόφησης κτλ) - μολυσμένα εργαλεία από ενδοφλέβια χορήγηση ορού - κενοί ασκοί αίματος
EIA-MTX	ΟΧΙ
EIA-TX	- Φαρμακευτικά απόβλητα όπως ληγμένα φάρμακα ή φάρμακα που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν - Απολυμαντικά - Θερμόμετρα

ΠΝΕΥΜΟΝΟΛΟΓΙΚΟ

EIA-MX	- Αίμα και άλλα βιολογικά υγρά όπως πλευριτικό υγρό, περιτοναϊκό υγρό, άλλες απεκκρίσεις π.χ. πτύελο, προϊόντα αναρροφήσεων κτλ - Αιχμηρά όπως βελόνες, σύριγγες, άδεια γυάλινα φιαλίδια κτλ - Ιατρικά υλικά/υλικά μιας χρήσης που έχουν έρθει σε επαφή με τα παραπάνω όπως: - ιατρικά υλικά (γάζες, τσιρότα, βαμβάκι, τολύπια, χαρτοβάμβακας κτλ) - υλικό μιας χρήσεως: μάσκες, γάντια μιας χρήσεως, λεκανίτσες μιας χρήσης κτλ - σωλήνες παροχетеύσεων και διασωληνώσεων, σωλήνες μύτης για βρογχοαναρρόφηση, για οξυγονοθεραπεία κτλ - καθετήρες (κύστης, φλεβών, αρτηριών, για πλευριτικές παροχетеύσεις, αναρρόφησης κτλ) - σετ παρακέντησης θώρακα, σετ βιοψίας, μολυσμένα εργαλεία από ενδοφλέβια χορήγηση ορού, συσκευές χορήγησης διαλυμάτων - σασκούλες (για μεταγγίσεις, για παρεντερική διατροφή), κενοί ασκοί αίματος - κενά δοχεία εμβολίων ζωντανού αντιγόνου (μόνο στο εξωτερικό ιατρείο)
EIA-MTX	ΟΧΙ
EIA-TX	- Φαρμακευτικά απόβλητα όπως ληγμένα φάρμακα ή φάρμακα που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν - Απολυμαντικά - Θερμόμετρα

ΠΑΙΔΙΑΤΡΙΚΟ

EIA-MX	- Αίμα και άλλα βιολογικά υγρά - Κόπρανα και ούρα στην περίπτωση ασθενούς, στον οποίο έχει διαγνωστεί μία νόσος που μπορεί να μεταδοθεί με αυτά τα απεκρίματα (εντερικές μολύνσεις π.χ. σαλμονέλα) και άλλες απεκκρίσεις π.χ. εμετός, πτύελο, πύον, προϊόντα αναρροφήσεων κτλ (μόνο στην μόνωση) - Αιχμηρά όπως βελόνες, σύριγγες, γυάλινα φιαλίδια κτλ - Ιατρικά υλικά/υλικά μιας χρήσης που έχουν έρθει σε επαφή με τα παραπάνω όπως: - ιατρικά υλικά (γάζες, επίδεσμοι, τσιρότα, ράμματα, βαμβάκι, τολύπια, χαρτοβάμβακας κτλ) - υλικό μιας χρήσεως: γάντια μιας χρήσεως, λεκανίτσες μιας χρήσης κτλ - σωλήνες μύτης για βρογχοαναρρόφηση, για οξυγονοθεραπεία κτλ - καθετήρες (φλεβών, αρτηριών) - κενά δοχεία εμβολίων ζωντανού αντιγόνου (μόνο στο εξωτερικό ιατρείο)
EIA-MTX	ΟΧΙ
EIA-TX	- Φαρμακευτικά απόβλητα όπως ληγμένα φάρμακα ή φάρμακα που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν - Απολυμαντικά - Θερμόμετρα

ΜΟΝΑΔΑ

ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΝΕΦΡΟΥ

EIA-MX	- Αίμα και άλλα βιολογικά υγρά-άλλες απεκκρίσεις π.χ. πτύελο, προϊόντα αναρροφήσεων κτλ - Αιχμηρά (χρησιμοποιημένα/μολυσμένα ή μη) όπως βελόνες, σύριγγες, νυστέρια, άδεια γυάλινα φιαλίδια κτλ - Ιατρικά υλικά/υλικά μιας χρήσης που έχουν έρθει σε επαφή με τα παραπάνω όπως: - ιατρικά υλικά (γάζες, επίδεσμοι, τσιρότα, βαμβάκι, τολύπια, χαρτοβάμβακας κτλ) - υλικό μιας χρήσεως: μάσκες, γάντια μιας χρήσεως, λεκανίσες μιας χρήσης κτλ - σωλήνες μύτης για βρογχοαναρρόφηση, για οξυγονοθεραπεία κτλ - σετ μετάγγισης, μολυσμένα εργαλεία από ενδοφλέβια χορήγηση ορού, συσκευές χορήγησης διαλυμάτων - κυκλώματα για εξωσωματική κυκλοφορία, φίλτρα, σετ και γραμμές αιμοκάθαρσης
EIA-MTX	ΟΧΙ
EIA-TX	- Χημικές ουσίες που αποτελούνται από ή περιέχουν επικίνδυνες ουσίες: - Φορμαλδεΐδη (φορμόλη) - Οργανικές ενώσεις (οξέα απασβέστωσης μηχανημάτων, χλωρίνη, απολυμαντικά)

ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΙΜΙΑΣ

EIA-MX	- Αίμα - Αιχμηρά όπως βελόνες, σύριγγες - Ιατρικά υλικά/υλικά μιας χρήσης που έχουν έρθει σε επαφή με τα παραπάνω όπως: - ιατρικά υλικά (γάζες, επίδεσμοι, τσιρότα, βαμβάκι) - γάντια μιας χρήσεως - καθετήρες φλεβών - σετ μετάγγισης - κενοί ασκοί αίματος
EIA-MTX	ΟΧΙ
EIA-TX	Φαρμακευτικά απόβλητα όπως ληγμένα φάρμακα

ΟΦΘΑΛΜΟΛΟΓΙΚΟ ΚΑΙ ΩΡΛ

EIA-MX	- Αίμα και άλλα βιολογικά υγρά-απεκκρίσεις π.χ. πύον, προϊόντα αναρροφήσεων, ωτικό υγρό κτλ - Αιχμηρά όπως βελόνες, σύριγγες, λάμες, χειρουργικά νυστέρια, ξυράφια, λεπίδες, άδεια γυάλινα φιαλίδια κτλ - Ιατρικά υλικά/υλικά μιας χρήσης που έχουν έρθει σε επαφή με τα παραπάνω όπως: - ιατρικά υλικά (γάζες, ταμπόν, επίδεσμοι, τσιρότα, βαμβάκι, τολύπια, χαρτοβάμβακας κτλ) - υλικό μιας χρήσεως: μάσκες, γάντια μιας χρήσεως, λεκανίτσες μιας χρήσης κτλ - σωλήνες παροχετεύσεων, σωλήνες μύτης για βρογχοαναρρόφηση, για οξυγονοθεραπεία κτλ - καθετήρες (φλεβών, αναρρόφησης κτλ) - σετ για εγχύσεις, μολυσμένα εργαλεία από ενδοφλέβια χορήγηση ορού - καθετήρες για κυτταρολογική λήψη (ωτικού υγρού) - οφθαλμικές ράβδοι - ρινοσκόπια μιας χρήσεως
EIA-MTX	ΟΧΙ
EIA-TX	- Φαρμακευτικά απόβλητα όπως ληγμένα φάρμακα ή φάρμακα που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν-υπολείμματα - Απολυμαντικά - Θερμόμετρα

ΜΑΙΕΥΤΙΚΟ-ΓΥΝΑΙΚΟΛΟΓΙΚΟ

EIA-MX	- Αίμα και άλλα βιολογικά υγρά, κοιλικές εκκρίσεις, αμνιακό υγρό, απόβλητα αποξέσεων κτλ - Παθολογικά απόβλητα - πλακούντας - ανατομικά απόβλητα (νεκρά έμβρυα) - Αιχμηρά όπως βελόνες, σύριγγες, χειρουργικά νυστέρια, ξυράφια, άδεια γυάλινα φιαλίδια κτλ - Χειρουργικά εργαλεία μιας χρήσης - Ιατρικά υλικά/υλικά μιας χρήσης που έχουν έρθει σε επαφή με τα παραπάνω όπως: - ιατρικά υλικά (γάζες, ταμπόν, επίδεσμοι, τσιρότα, ράμματα, βαμβάκι, τολύπια, χαρτοβάμβακας κτλ) - υλικό μιας χρήσεως: ιατρισμός μιας χρήσης, πανιά, μάσκες, γάντια μιας χρήσεως, λεκανίτσες μιας χρήσης κτλ - σωλήνες μύτης για οξυγονοθεραπεία κτλ - καθετήρες (κύστης, φλεβών, αρτηριών) - σετ μετάγγισης, μολυσμένα εργαλεία από ενδοφλέβια χορήγηση ορού - κενοί ασκοί αίματος - εργαλεία για κολποσκόπηση, τεστ παλ, μητροσκόπια
EIA-MTX	ΟΧΙ
EIA-TX	- Φαρμακευτικά απόβλητα όπως ληγμένα φάρμακα ή φάρμακα που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν-υπολείμματα - Απολυμαντικά - Θερμόμετρα

ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΟ

EIA-MX	Αίμα, πτύελο, πύον
	- Δόντια - Αιχμηρά όπως βελόνες, σύριγγες, χειρουργικά νυστέρια - Ιατρικά υλικά/υλικά μιας χρήσης που έχουν έρθει σε επαφή με τα παραπάνω όπως: - βαμβάκι - υλικό μιας χρήσεως: προστατευτικός ρουχισμός, μάσκες, γυαλιά, γάντια μιας χρήσεως, λεκανίτσες μιας χρήσης κτλ
EIA-MTX	ΟΧΙ
EIA-TX	- Απολυμαντικά - Απόβλητα που περιέχουν υδράργυρο - αμάλγαμα οδοντιατρικής

ΜΟΝΑΔΑ ΕΝΤΑΤΙΚΗΣ ΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

EIA-MX	- Αίμα και άλλα βιολογικά υγρά (παρακέντησης κοιλιάς-θώρακα), άλλες απεκκρίσεις π.χ. πτύελο, πύον, προϊόντα κατακλίσεων, προϊόντα αναρροφήσεων κτλ - Αιχμηρά όπως βελόνες, σύριγγες, χειρουργικά νυστέρια, σύρματα, άδεια γυάλινα φιαλίδια κτλ - Ιατρικά υλικά/υλικά μιας χρήσης που έχουν έρθει σε επαφή με τα παραπάνω όπως: - ιατρικά υλικά (γάζες, επίδεσμοι, τσιρότα, βαμβάκι, τολύπια, χαρτοβάμβακας κτλ) - υλικό μιας χρήσεως: ιματισμός (προστατευτικός ρουχισμός-ποδιές σεντόνια κτλ), πανιά, μάσκες, γυαλιά, γαλότσες, γάντια μιας χρήσεως, λεκανίτσες μιας χρήσης κτλ - σωλήνες παροχετεύσεων και διασωληνώσεων, σωλήνες μύτης για βρογχοαναρρόφηση, για οξυγονοθεραπεία κτλ - καθετήρες (κύστης, φλεβών, αρτηριών, για πλευριτικές παροχετεύσεις, αναρρόφησης, ρινογαστρικοί κτλ) - σετ μετάγγισης, σετ για εγχύσεις, μολυσμένα εργαλεία από ενδοφλέβια χορήγηση ορού - σακούλες (για μεταγγίσεις, για παρεντερική διατροφή), κενοί ασκοί αίματος - σωληνώσεις και φίλτρα αιμοδιήθησης, σωληνώσεις και φίλτρα αναπνευστήρων
EIA-MTX	ΟΧΙ
EIA-TX	- Φαρμακευτικά απόβλητα όπως ληγμένα φάρμακα ή φάρμακα που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν-υπολείμματα - Απολυμαντικά - Θερμόμετρα

ΨΥΧΙΑΤΡΙΚΟ

EIA-MX	- Αίμα - Βελόνες, σύριγγες, βαμβάκι
EIA-MTX	ΟΧΙ
EIA-TX	ΟΧΙ

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΟ

EIA-MX	- Απόβλητα μικροβιολογικών εξετάσεων (τα οποία δεν περιέχουν πέρα από κάποιον μολυσματικό παράγοντα και κάποιο χημικό αντιδραστήριο ή διαλύτη ή άλλη επικίνδυνη χημική ουσία): - πλάκες, τριβλία καλλιέργειας, σλαιντς, συσκευές ανάμειξης, πιπέτες, σταγονόμετρα, δοκιμαστικοί σωλήνες, χρησιμοποιηθέντα σωληνάρια και σκεύη, σιφόνια Pasteur, σιφόνια μιας χρήσης και άλλα μέσα που χρησιμοποιούνται στη μικροβιολογία και που έχουν μολυνθεί από παθογόνους παράγοντες, - Καλλιέργειες μικροβίων σε στερεά και υγρά θρεπτικά υλικά - σύριγγες μιας χρήσης, χρησιμοποιημένες βελόνες και άλλα αχμηρά - μάσκες, γάντια - Δείγματα αίματος ορού αίματος, ούρων, πύου και άλλων βιολογικών υλικών που έχουν αποσταλεί στο εργαστήριο προς μελέτη και δεν προορίζονται για περαιτέρω χρησιμοποίηση
EIA-MTX	- Όλα τα παραπάνω εφόσον περιέχουν πέρα από κάποιον μολυσματικό παράγοντα και κάποιο χημικό αντιδραστήριο ή διαλύτη ή άλλη επικίνδυνη χημική ουσία - φίλτρα θαλάμων ασφαλείας
EIA-TX	Χρωστικές ουσίες

ΠΑΘΟΛΟΓΟΑΝΑΤΟΜΙΚΟ

EIA-MX	ΟΧΙ
EIA-MTX	- Ανατομικά απόβλητα από παθολογοανατομικά εργαστήρια όπως ιστοί, όργανα και μέρη σώματος (δείγματα από τα χειρουργεία) - Αιχμηρά (νυστέρια) - Αίμα (ξεπλένεται από τα δείγματα)
EIA-MX	- Απόβλητα κυτταρολογικών εξετάσεων (τα οποία δεν περιέχουν κάποιο χημικό αντιδραστήριο ή διαλύτη ή άλλη επικίνδυνη χημική ουσία): - Αίμα, διάφορα βιολογικά υγρά - πλάκες, σύριγγες, ασκοί αίματος - γάντια - Δείγματα αίματος και άλλων βιολογικών υγρών που έχουν αποσταλεί στο εργαστήριο προς μελέτη και δεν προορίζονται για περαιτέρω χρησιμοποίηση (σε πλακάκια, σύριγγες, ασκούς αίματος)
EIA-MTX	Όλα τα παραπάνω εφόσον περιέχουν χημικό αντιδραστήριο ή διαλύτη ή άλλη επικίνδυνη χημική ουσία
EIA-TX	- Χημικές ουσίες που αποτελούνται από ή περιέχουν επικίνδυνες ουσίες: - Διαλυτικά (ξυλόλη, αλκοόλη)

KYT
TAP
ΟΛΟ
ΓΙΚΟ

ΒΙΟΧΗΜΙΚΟ-ΑΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΟ

EIA-MX	• Απόβλητα βιοχημικών εξετάσεων (τα οποία δεν περιέχουν κάποιο χημικό αντιδραστήριο ή διαλύτη ή άλλη επικίνδυνη χημική ουσία): - ο Σλάιντς, συσκευές ανάμειξης, πιπέτες, σταγονόμετρα, δοκιμαστικοί σωλήνες, χρησιμοποιηθέντα σωληνάρια και σκεύη, σιφόνια Pasteur, σιφόνια μιας χρήσης, ρύγχη, στυλεοί - ο σύριγγες μιας χρήσης χρησιμοποιημένες, βελόνες και άλλα αιχμηρά - ο γάντια - ο δείγματα αίματος, πύου και άλλων βιολογικών υλικών (πλευριτικό, ασκητικό, εγκεφαλονωτιαίο κτλ) που έχουν αποσταλεί στο εργαστήριο προς μελέτη, μολυσμένα με αίμα, ορό αίματος ή άλλα βιολογικά υγρά τα οποία δεν προορίζονται για περαιτέρω χρησιμοποίηση
EIA-MTX	• Όλα τα παραπάνω εφόσον περιέχουν κάποιο χημικό αντιδραστήριο ή διαλύτη ή άλλη επικίνδυνη χημική ουσία
EIA-TX	• Χημικές ουσίες που αποτελούνται από ή περιέχουν επικίνδυνες ουσίες: - ο Ληγμένα αντιδραστήρια - αντιδραστήρια που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν – υπολείμματα, πλυστικά υγρά, χρωστικές

ΑΙΜΟΛΟΓΙΑ

EIA-MX	- Αίμα, ορός αίματος - Δείγματα αίματος που έχουν αποσταλεί στο εργαστήριο προς μελέτη και δεν προορίζονται για περαιτέρω χρησιμοποίηση - Αδειοί ασκοί αίματος, φίλτρα ασκού - Απόβλητα εξετάσεων (τα οποία δεν περιέχουν κάποιο χημικό αντιδραστήριο ή διαλύτη ή άλλη επικίνδυνη χημική ουσία): - πλάκες, τριβλία καλλιέργειας, σлайντς, συσκευές ανάμειξης, πιπέτες, σταγονόμετρα, δοκιμαστικοί σωλήνες, χρησιμοποιημένα σωληνάρια και σκεύη, σιφόνια Pasteur, σιφόνια μιας χρήσης και άλλα μέσα - σύριγγες μιας χρήσης χρησιμοποιημένες βελόνες και άλλα αιχμηρά - γάντια
EIA-MTX	Όλα τα παραπάνω εφόσον περιέχουν κάποιο χημικό αντιδραστήριο ή διαλύτη ή άλλη επικίνδυνη χημική ουσία
EIA-TX	- Χημικές ουσίες που αποτελούνται από ή περιέχουν επικίνδυνες ουσίες: - Πλυστικά, αντιδραστήρια, σολούσιον, μάρτυρες

ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΟ

EIA-MX	OXI
EIA-MTX	OXI
EIA-TX	Φαρμακευτικά απόβλητα όπως ληγμένα φάρμακα ή φάρμακα που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν-υπολείμματα, συμπεριλαμβανομένων των κυτταροστατικών φαρμάκων (περιέχουν κυτταροτοξικές και κυτταροστατικές φαρμακευτικές ουσίες)

ΑΚΤΙΝΟΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΟ

EIA-MX	OXI
EIA-MTX	OXI
EIA-TX	- Χημικές ουσίες που αποτελούνται από ή περιέχουν επικίνδυνες ουσίες: - Φωτογραφικά χημικά (Διάλυμα στερέωσης φιλμ, διάλυμα εμφάνισης φιλμ, ταινίες ακτινογραφίας/ακτινοβολημένα φιλμ)

ΕΠΕΙΓΟΝΤΑ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ

EIA-MX	• Αίμα και άλλα βιολογικά υγρά που περιέχουν αίμα, άλλες απεκκρίσεις π.χ. προϊόντα αναρροφήσεων κτλ • Αιχμηρά όπως βελόνες, σύριγγες, λάμες, χειρουργικά νυστέρια, ξυράφια, άδεια γυάλινα φιαλίδια κτλ - ο Χειρουργικά εργαλεία μιας χρήσης • Ιατρικά υλικά/υλικά μιας χρήσης που έχουν έρθει σε επαφή με τα παραπάνω όπως: - ο ιατρικά υλικά (γάζες, ταμπόν, επίδεσμοι, τσιρότα, ράμματα, βαμβάκι, τολύπια, χαρτοβάμβακας κτλ) - ο υλικό μιας χρήσεως: προστατευτικός ρουχισμός μιας χρήσης, πανιά, μάσκες, γάντια μιας χρήσεως, λεκανίτσες μιας χρήσης κτλ - ο σωλήνες παροχέυσεων και διασωληνώσεων, σωλήνες μύτης για βρογχοαναρρόφηση, για οξυγονοθεραπεία κτλ - ο καθετήρες (κύστης, φλεβών, αρτηριών κτλ)
	- ο σετ για εγχύσεις, μολυσμένα εργαλεία από ενδοφλέβια χορήγηση ορού - ο σετ για μεταγίσεις, κενοί ασκοί αίματος
EIA-MTX	ΟΧΙ
EIA-TX	• Φαρμακευτικά απόβλητα όπως ληγμένα φάρμακα ή φάρμακα που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν-υπολείμματα • Απολυμαντικά • Θερμόμετρα

4.2.2 : ΠΟΣΟΤΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΑ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Οι παραγόμενες ποσότητες αποβλήτων σε ένα κράτος αποτελούν συνάρτηση αρκετών παραμέτρων. Μία σημαντική παράμετρος έχει διαπιστωθεί από σειρά ερευνών ότι είναι αυτή της οικονομικής του ανάπτυξης. Σε οικονομικά προηγμένα κράτη, λοιπόν, παρατηρούνται αυξημένες ποσότητες αποβλήτων συγκριτικά με υποανάπτυκτα και αναπτυσσόμενα. Αυτό ισχύει και στην περίπτωση των αποβλήτων υγειονομικής περίθαλψης, όπως φαίνεται στον πίνακα . Οι πίνακες και παρουσιάζουν επιπλέον στοιχεία, όσον αφορά στην ημερήσια παραγωγή αποβλήτων υγειονομικής περίθαλψης σε σχέση με τον τόπο παραγωγής τους.

Πίνακας 4.1 : Παραγωγή αποβλήτων υγειονομικής περίθαλψης ανάλογα με το επίπεδο εθνικού εισοδήματος (Πηγή: Pruss et al., 1999).

Επίπεδο εθνικού εισοδήματος	Ετήσια παραγωγή αποβλήτων υγειονομικής περίθαλψης (kg/άτομο)
Χώρες υψηλού εισοδήματος	
συνολικά απόβλητα υγειονομικής περίθαλψης	1,1-12
επικίνδυνα απόβλητα υγειονομικής Περίθαλψης	0,4-5,5
Χώρες μεσαίου εισοδήματος	
συνολικά απόβλητα υγειονομικής περίθαλψης	0,8-6
επικίνδυνα απόβλητα υγειονομικής Περίθαλψης	0,3-0,4
Χώρες χαμηλού εισοδήματος	
συνολικά απόβλητα υγειονομικής περίθαλψης	0,5-3

Πίνακας 4.2 : Παραγωγή αποβλήτων υγειονομικής περίθαλψης σε διάφορες περιοχές του πλανήτη (Πηγή: Pross et al., 1999)

Περιοχή	Ημερήσια παραγωγή αποβλήτων (kg/κλίνη)
Βόρεια Αμερική	7-10
Δυτική Ευρώπη	3-6
Λατινική Αμερική	3
Ανατολική Ασία:	
-χώρες υψηλού εισοδήματος	2,5-4
-χώρες χαμηλού εισοδήματος	1,8-2,2
Ανατολική Ευρώπη	1,4-2
Ανατολική Μεσόγειος	1,3-3

Πίνακας 4.3 : Παραγωγή αποβλήτων υγειονομικής περίθαλψης σε διάφορες περιοχές του πλανήτη (Πηγή: World Resource Foundation, 1999).

Χώρα	Ημερήσια παραγωγή αποβλήτων (kg/κλίνη)
Δυτική Ευρώπη	1,7- 4,1
Αργεντινή	1,5
Μεξικό	1
Αίγυπτος	1,7- 2,4
Μαλαισία	1,8- 2,5
Ουγκάντα	0,5- 0,8

Οι ποσότητες των ιατρικών αποβλήτων, που έχουν κατά καιρούς υπολογιστεί για διάφορες υγειονομικές μονάδες ποικίλουν. Πολλές φορές οι τιμές που έχουν εκτιμηθεί από 23 διάφορους ερευνητές απέχουν κατά πολύ, ακόμη και όταν αυτές αναφέρονται στην ίδια χώρα ή σε νοσοκομειακές μονάδες ίδιας περίπου δυναμικότητας.

Αυτό συμβαίνει κυρίως εξαιτίας της ιδιαιτερότητας που παρουσιάζει κάθε υγειονομική μονάδα. Είναι φυσικό, νοσοκομεία με εντελώς διαφορετικές δραστηριότητες να παρουσιάζουν διαφορετικούς τύπους αποβλήτων, διαφορετικών αναλογιών.

Παρακάτω, οι δύο πίνακες παρουσιάζουν την παραγωγή Ι.Α σε διάφορα κράτη.

Πίνακας 4.4 : Παραγωγή ΙΑ στην Ε.Ε. (Commission of the European Communities, 1993)

Χώρα	Ποσότητα ΕΙΑ (τόνοι/έτος)	Ποσότητα μη ΕΙΑ (τόνοι/έτος)	Σύνολο ΙΑ (τόνοι/έτος)	Ημερομηνία έρευνας	Πληθυσμός	ΕΙΑ (κιά/κάτοικο /χρόνο)	Συνολικά ΙΑ (κιά/κάτοικο/ χρόνο)
Βέλγιο	5.400		5.400		9.863.374		
Δανία	10.000	32.000	42.000	1989	5.116.275	1.95	
Γαλλία	105.000	595.000	700.000	1990	54.832.000	1.9	12.8
Γερμανία	22.000		64.000	1987	77.675.000	0.3	1.2
Ελλάδα					9.970.000		
Ιρλανδία	7-12.000	9-14.000	16-26.000		3.443.403	3.5 max	7.6 max
Ιταλία	50-60.000	150.000	200.000	1991	57.128.000	1.0	2.6
Λουξεμβούργο					365.900		
Ολλανδία	8.500	147.000	155.500	1992	14.453.833	0.6	10.8
Πορτογαλία	15.000	35.000	50.000		10.128.893	1.5	4.9
Ισπανία	23.000	190.000			38.818.355	0.6	4.9
Μεγ. Βρετανία	250.000	200.000	450.000	1991	55.776.422	3.6	3.6
Σύνολο	495.900 (min)	1.358.000 (min)	1.895.900 (min)		337.571.557		

Πίνακας 4.5 : Παραγωγή ΕΙΑ σε διάφορα κράτη

Κράτος	Ποσότητα ΕΙΑ (κιά/κλίνη/μέρα)	Πηγή
Νότια Αμερική, Λατινική Αμερική, Καραϊβική	0.6	Prüss A. et al, 1999
Ιταλία	0.44	Prüss A. et al, 1999
Βιετνάμ	0.30	Diaz L.F. & Savage G.M., 2003
Φιλιππίνες	0.31	Diaz L.F. & Savage G.M., 2003
Περου	0.6	Diaz L.F. & Savage G.M., 2003
Πορτογαλία	2	Diaz L.F. & Savage G.M., 2003
Ισπανία	0.4 - 0.45	Prüss A. et al, 1999
ΗΠΑ	3.6 - 20.25 (Μ.Ο.: 10.35)	Health Care Without Harm, 2001

4.2.3 : Παραγόμενα νοσοκομειακά απόβλητα στην Ελλάδα ανά περιφέρεια.

- Η ετήσια παραγόμενη ποσότητα, στην ελληνική επικράτεια, προσδιορίζεται σε *14.000tn/yr*, εκ των οποίων το 14% παράγεται στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης και το 53% στην περιοχή της Αττικής. (Γκέκας κά, 2002)
- Ημερησίως τα νοσοκομειακά απόβλητα, σύμφωνα με τα στοιχεία του υπουργείου, φτάνουν τους 40 τόνους από τα οποία 70% «παράγονται» στην Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη
- Στο νομό Αττικής βρίσκονται αναπτυγμένες 29.080 νοσοκομειακές κλίνες, σχεδόν το 60% του συνόλου της χώρας, που παράγουν σε *καθημερινή βάση 20 τόνους* μολυσματικά απορρίμματα (στοιχεία του Ενιαίου Συνδέσμου Δήμων και Κοινοτήτων, ΕΣΚΔΝΑ)
- Στην Ελλάδα, ο αριθμός των κλινών στα νοσηλευτικά ιδρύματα (δημόσια και ιδιωτικά) φθάνει τις 57.000 (στοιχεία ΕΣΥΕ, 1999), παρουσιάζοντας αύξηση της τάξης του 10% κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας. Η αύξηση του αριθμού των νοσηλευτικών ιδρυμάτων και η παράλληλη αύξηση των αποβλήτων που αντιστοιχούν σε κάθε ασθενή, έχουν οδηγήσει αναπόφευκτα στην συνολική αύξηση των παραγόμενων νοσοκομειακών αποβλήτων στη χώρα ετησίως.

Στον Πίνακα 4.6 παρουσιάζονται αναλυτικότερα ο αριθμός των κλινών και η εκτιμηθείσα ποσότητα παραγόμενων Ι.Α.

Πίνακας 4.6 : Ποσότητα παραγόμενων Ι .Α. ανά περιφέρεια (Πηγή: Υπουργείο Υγείας - Πρόνοιας, Γεν. Δ/ση Ανάπτυξης Μονάδων Υγείας, τμήμα Α', 2004)

Υγειονομική Περιφέρεια	Αριθμός κλινών			Ποσότητες παραγόμενων αποβλήτων (kg/ημέρα)		Σύνολο
	Νοσοκομείων	Ιδιωτικών κλινικών	Σύνολο κλινών	Οικιακά	Μολυσματικά	
1 ^η Υγειονομική περιφέρεια Αττικής	13724	8370	22094	36801	12020	48821
2 ^η Υγειονομική περιφέρεια Θεσσαλίας	1153	1657	2810	4682	1529	6211
3 ^η Υγειονομική περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας	504	286	790	1316	430	1746
4 ^η Υγειονομική περιφέρεια Ηπείρου	1080	40	1120	1866	610	2476
5 ^η Υγειονομική περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	7211	3076	10287	17138	5596	22734
6 ^η Υγειονομική περιφέρεια Ιονίων νήσων	855	50	905	1510	493	2003
7 ^η Υγειονομική περιφέρεια Δυτικής Ελλάδος	1700	554	2254	3756	1226	4982
8 ^η Υγειονομική περιφέρεια Πελοποννήσου	575	126	701	1168	382	1550
9 ^η Υγειονομική περιφέρεια Κρήτης	2431	554	2985	4974	1624	6598
10 ^η Υγειονομική περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας	548	489	1037	1728	565	2293
11 ^η Υγειονομική περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας - Θράκης	1308	446	1484	2923	955	3878
12 ^η Υγειονομική περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου	1235	20	1255	2092	683	2775
13 ^η Υγειονομική περιφέρεια Βορείου Αιγαίου	280	86	366	610	200	810
Σύνολο	32604	15754	48358	80564	26313	106877

Συγκεκριμένα, όσον αφορά τα υπό μελέτη νοσοκομεία, σύμφωνα με μελέτη της ΔΕΠΑΝΟΜ(Δημόσια Επιχείρηση Ανέγερσης Νοσοκομειακών Μονάδων), που εκπονήθηκε το 2006 στο πλαίσιο του προγράμματος `` Παρουσίαση υγειονομικών μονάδων Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης``, προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα:

- 1^ο νοσοκομείο:

Διαθέτει 412 κλίνες. Η μέση ημερήσια ποσότητα νοσοκομειακών αποβλήτων λαμβάνεται ίση με 2 kg/κλίνη, εκ των οποίων τα 0,3 kg/κλίνη αντιστοιχούν στα μολυσματικά και τα υπόλοιπα 1,7 kg/κλίνη στα οικιακού τύπου απόβλητα. Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει ότι τα μολυσματικά απόβλητα ανέρχονται συνολικά σε 123,6 kg ημερησίως, ενώ τα οικιακά απόβλητα αντιστοιχούν σε 700,4 kg ημερησίως. Επομένως, ο συνολικός αριθμός των αποβλήτων του συγκεκριμένου νοσοκομείου είναι 824 kg/ημέρα.

- 2^ο νοσοκομείο:

Διαθέτει 375 κλίνες. Η μέση ημερήσια ποσότητα νοσοκομειακών αποβλήτων λαμβάνεται ίση με 1,8 kg/κλίνη, εκ των οποίων τα 0,2 kg/κλίνη αντιστοιχούν στα μολυσματικά και τα υπόλοιπα 1,6 kg/κλίνη στα οικιακού τύπου απόβλητα. Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει ότι τα μολυσματικά απόβλητα ανέρχονται συνολικά σε 75 kg ημερησίως, ενώ τα οικιακά απόβλητα αντιστοιχούν σε 600 kg ημερησίως. Επομένως, ο συνολικός αριθμός των αποβλήτων του 2^{ου} νοσοκομείου υπολογίστηκε 675 kg/ημέρα.

4.3 : Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΥ ΣΤΑ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΑΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

4.3.1 : Γενικά για τον υδράργυρο (Hg)



Η Οδηγία 98/83/ΕΚ περιλαμβάνει τον υδράργυρο στο κατάλογο των χημικών παραμέτρων που επηρεάζουν την υγεία, Παράρτημα Ι μέρος Β και ορίζει σαν παραμετρική τιμή 1 µg/l. Η ΠΟΥ επίσης ορίζει την τιμή 1 µg/l υποθέτοντας ότι το νερό συμβάλλει κατά 10% στο εβδομαδιαία ανεκτό ποσό προσλαμβανόμενου υδραργύρου. Ο νόμος για το Ασφαλές Πόσιμο Νερό των ΗΠΑ (SDWA) ορίζει σαν Μέγιστο Επιτρεπτό Όριο την τιμή 2 µg/l.

Η απορρόφηση του ανόργανου υδραργύρου που προσλαμβάνεται με την τροφή είναι της τάξης του 8% ενώ αυτού που προσλαμβάνεται με το νερό είναι της τάξης του 15%. Οι ανόργανες ενώσεις του υδραργύρου συσσωρεύονται κυρίως στα νεφρά. Ο βιολογικός χρόνος ημι-ζωής των ενώσεων αυτών είναι πολύ μακρύς, πιθανόν έτη.

Ο μεθυλδράργυρος απορροφάται σχεδόν πλήρως στην γαστρεντερική οδό.

Ο απορροφούμενος μεθυλδράργυρος περνάει γρήγορα στο αίμα όπου κατά 80-90% είναι ενσωματωμένος στα ερυθρά αιμοσφαίρια. Διάσπασή του, σε ανόργανο υδράργυρο συμβαίνει με αργό αλλά όχι ασήμαντο ρυθμό. Η μεγαλύτερη τοξικότητα του μεθυλδραργύρου σε σχέση με τον ανόργανο υδράργυρο οφείλεται στο ότι είναι λιποδιαλυτός, που του επιτρέπει να διαπερνά τις βιολογικές μεμβράνες πιο εύκολα, ειδικά στον εγκέφαλο, το νωτιαίο μυελό, τα περιφερειακά νεύρα και τον πλακούντα. Η μεγαλύτερη ποσότητα του μεθυλδραργύρου αποβάλλεται σε ανόργανη μορφή.

Ο Υδράργυρος είναι το πιο τοξικό από τα βαρέα μέταλλα και σε όλες του τις μορφές καταστρέφει το συκώτι και τα νεφρά. Εκτεταμένη έκθεση στον υδράργυρο και στις ενώσεις του μπορεί να επηρεάσει τον εγκέφαλο, το πεπτικό σύστημα, τα μάτια, την καρδιά, τους πνεύμονες, το αναπαραγωγικό σύστημα, το δέρμα και τα αγέννητα βρέφη.

4.3.2 : ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΤΟΥ ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΥ ΣΤΙΣ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ

Ο υδράργυρος όπως έχουμε αναφέρει είναι το πιο τοξικό μέταλλο. Επομένως, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε από πού προέρχεται, έτσι ώστε να ληφθούν και τα κατάλληλα μέτρα για την μείωση της συγκέντρωσής του στα νοσοκομειακά απόβλητα .

4.3.2.1 : ΕΞΩΝΟΣΟΚΟΜΕΙΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΥ

- Βαρόμετρα

Το βαρόμετρο είναι όργανο μέτρησης της ατμοσφαιρικής πίεσης. Συγκεκριμένα, για τα υδραργυρικά βαρόμετρα αναφέρουμε ότι η περιεκτικότητά του σε υγρό υδράργυρο είναι της τάξης των 800 gr Hg(Environmental Protection Agency,2006).

- Διακόπτες

Πολλοί διακόπτες όπως αυτοί που χρησιμοποιούνται στους θερμοστάτες και στα πλυντήρια περιέχουν μεγάλες ποσότητες υδραργύρου. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι ένας διακόπτης πλυντηρίου περιέχει 2000-6000 mg Hg, ένας διακόπτης οικιακής χρήσης περιέχει 3500 mg Hg, ενώ ένας διακόπτης βιομηχανικής χρήσης περιέχει 8000 mg Hg (Environmental Protection Agency, 2006).



Εικόνα 4.1 : Διακόπτης οικιακής χρήσης

- Μπαταρίες

Οι περισσότερες μπαταρίες οικιακής χρήσης περιέχουν μικρά ποσά υδραργύρου σε υγρή μορφή, ενώ οι μπαταρίες βιομηχανικής χρήσης ή αυτές που χρησιμοποιούνται στα νοσοκομεία περιέχουν 33-50 gr Hg του βάρους της μπαταρίας. (Environmental Protection Agency, 2006).

- Απολυμαντικά

Τα περισσότερα καθαριστικά και απολυμαντικά περιέχουν σημαντικές ποσότητες υδραργύρου. Ενδεικτικά αναφέρουμε για μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην Αμερική στο εργαστήριο της Μασαχουσέτης τα περισσότερα κοινά σαπούνια και απολυμαντικά περιείχαν σημαντικές ποσότητες υδραργύρου όπως φαίνεται και παρακάτω.

Ajax powder-0,17 ppb Hg

Cide soap -8,1 ppb Hg

Sparkleen detergent-8,6 ppb Hg

(ΠΗΓΗ: Massachusetts Water Resources /Masco)

- Λάμπες

Οι περισσότερες λάμπες, που χρησιμοποιούνται είναι αυτές του φθορίου. Ο υδράργυρος που περιέχεται σε αυτές είναι της τάξης των 3000 mg (Environmental Protection Agency, 2006). Σημαντικές ποσότητες υδραργύρου περιέχονται και στις λάμπες νέον και ιωδίου.



Εικόνα 4.2 : Λάμπες φθορίου οικιακής χρήσης

- Οικιακά θερμόμετρα

Περιέχουν 0,5 gr υγρού υδραργύρου και αποτελούν τις κύριες πηγές παραγωγής Hg σε προσωπικό επίπεδο.



Εικόνα 4.3 : Τυπικό οικιακό θερμόμετρο υδραργύρου

4.3.2.2 : Ενδονοσοκομειακές πηγές υδραργύρου

-Εργαστηριακά θερμόμετρα

Τα εργαστηριακά θερμόμετρα περιέχουν 2-10 gr Hg. Ο υδράργυρος βρίσκεται σε υγρή μορφή.



Εικόνα 4.4 : Εργαστηριακά θερμόμετρα υδραργύρου

- Πιεσόμετρα

Τα πιεσόμετρα είναι μία από τις κύριες πηγές υδραργύρου. Συνήθως τα συναντάμε στα δωμάτια ασθενών και σε χειρουργικούς θαλάμους. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι ένα κοινό πιεσόμετρο περιέχει 70-90 gr Hg(Environmental Protection Agency,2006).



Εικόνα 4.5 : Πιεσόμετρο υδραργύρου

- Γαστρεντερικοί σωλήνες βολφραμίου

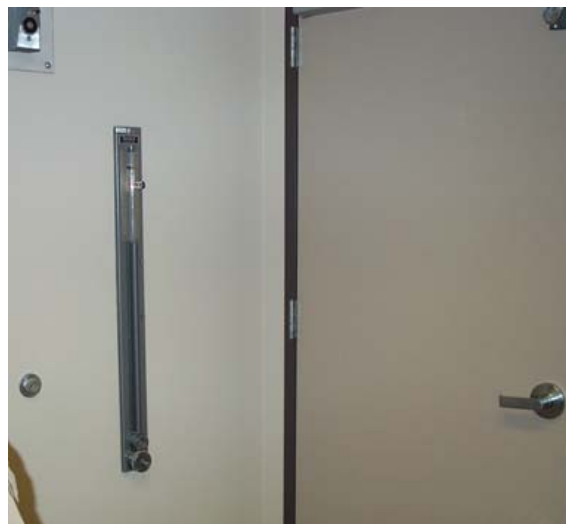
Οι γαστρεντερικοί σωλήνες βολφραμίου(bougie tubes) αποτελούν την κύρια πηγή υδραργύρου στα νοσοκομεία. Αυτοί οι σωλήνες βρίσκονται τις περισσότερες φορές στα μικροβιολογικά εργαστήρια. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι ένα σετ σωλήνων βολφραμίου περιέχουν 454 gr Hg.(JCAHO Environment of Care Standards,2005)



Εικόνα 4.6 : Γαστρεντερικοί σωλήνες βολφραμίου

- Εργαστηριακά μανόμετρα-βαρόμετρα

Ο υδράργυρος μέσα στα εργαστηριακά μανόμετρα και στα βαρόμετρα βρίσκεται σε υγρή μορφή. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι ένα τυπικό βαρόμετρο περιέχει 900 mg Hg (Environmental Protection Agency, 2006).



Εικόνα 4.7 : Εργαστηριακό βαρόμετρο



Εικόνα 4.8 : Υδράργυρος από σπασμένα εργαστηριακά βαρόμετρα

- Οδοντιατρικό αμάγαλμα

Τα οδοντιατρικά αμαγάλματα είναι συνήθως κράματα υδραργύρου με άργυρο , αντιμόνιο και χαλκό. Κάθε σφράγισμα απελευθερώνει στον οργανισμό μας 10 μg Hg($3 \cdot 10^{15}$ άτομα υδραργύρου ημερησίως). Τα άτομα αυτά συγκεντρώνονται κυρίως στον εγκέφαλο, τα νεφρά και το συκώτι προκαλώντας όλες τις βλάβες στον οργανισμό μας που έχουμε αναφέρει.

-Χημικά εργαστηρίων

Τα περισσότερα χημικά εργαστηρίων έχουν ως κύριο συστατικό τους τον υδράργυρο. Παρακάτω παρουσιάζουμε τα βασικότερα χημικά εργαστηρίων και τις περιεκτικότητές τους σε υδράργυρο.

Πίνακας 4.7 : Χαρακτηριστικές τιμές σε Hg προϊόντων χημικών εργαστηρίων.(JCAHO Environment of Care Standars,2005)

	Ακετόνη	Φορμαλδεΰδη	Νιτρικό οξύ	Χλωριούχο νάτριο	Θειικό νάτριο
Ppm Hg	<0,0010	0,0120	0,0100	0,0120	<0,0010

4.3.2.3 : Παρουσία υδραργύρου στα διάφορα τμήματα των νοσοκομείων

Από όλα τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι ο υδράργυρος έχει πολλές πηγές δημιουργίας. Πολλές φορές μεταφέρεται μέσα στα νοσοκομεία από εξωνοσοκομειακές πηγές(μπαταρίες, απολυμαντικά , λάμπες) αλλά σημαντικές ποσότητες υδραργύρου παράγονται και από τα ίδιες τις νοσοκομειακές μονάδες(θερμόμετρα, πιεσόμετρα , χημικά εργαστηρίων).

Παρακάτω παρουσιάζουμε έναν πίνακα , για την παρουσία του υδραργύρου ανά τμήμα για το σύνολο των νοσοκομειακών μονάδων.

Πίνακας 4.8 : Παραγόμενα απόβλητα που περιέχουν Hg ανά νοσοκομειακό τμήμα.

<u>Τμήμα</u>	<u>Παραγόμενα Απόβλητα που περιέχουν Hg</u>
Χειρουργικό	Υγρά απολυμαντικά-απορρυπαντικά
Μονάδα τεχνητού νεφρού	Υγρά απολύμανσης μηχανημάτων αιμοκάθαρσης
Ακτινολογικό	Χημικά υγρά εμφανιστηρίου(στερέωση-εμφάνιση)
Αιματολογικό	Χημικά υγρά αναλύσεων
Παθολογοανατομικό	Χρωστικές-βαρέα μέταλλα-οργανικές ενώσεις(φορμόλη, φαινόλη, ακετόνη)
οδοντιατρικό	Οδοντιατρικό αμάγαλμα
Μικροβιολογικό-γαστρεντερολογικό	Σωλήνες βολφραμίου

Ο υδράργυρος, συναντάται σε τρεις μορφές : στην ιοντική (μεταλλική), στην οργανική και στην ανόργανη. Στην ιοντική του μορφή βρίσκεται στα θερμόμετρα , στα πιεσόμετρα, στις λάμπες, τους διακόπτες, και στους σωλήνες βολφραμίου. Στην οργανική του μορφή , η οποία είναι και η πιο επικίνδυνη, παρουσιάζεται ως διμεθυλουδράργυρος $(CH_3)_2Hg$. Ο διμεθυλουδράργυρος συναντάται σε ουσίες όπως η ακετόνη και η φορμόλη, όπως ακόμα και στα υγρά απολυμαντικά και τα χημικά υγρά εμφανιστηρίου-αναλύσεων. Όσον αφορά το οδοντιατρικό αμάγαλμα σύμφωνα με την πιο πρόσφατη διεθνή προδιαγραφή ISO 24234:2004, τα οδοντιατρικά αμαλλάματα πρέπει να παρασκευάζονται αναμειγνύοντας υδράργυρο με σκόνη από οδοντιατρικό κράμα που περιέχει τουλάχιστον 40% κ.β. Ag, το πολύ 32% κ.β. Sn και το πολύ 30% κ.β. Cu. Ένα τυπικό οδοντιατρικό κράμα περιέχει 67–74% κ.β. Ag, 25–28% κ.β. Sn, 0–6% κ.β. Cu, 0–2% κ.β. Zn και 0–3% Hg^[3]. Η αναλογία οδοντιατρικού κράματος και υδραργύρου στο αμάγαλμα που παρασκευάζει ο οδοντίατρος είναι περίπου 1:1.

Συνοψίζοντας, για την παρουσία του υδραργύρου στα δύο υπό μελέτη νοσοκομεία, συμπεραίνουμε ότι η μεγαλύτερη ποσότητα υδραργύρου (σύμφωνα με τις μετρήσεις που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 6) παρατηρείται στα υγρά απολύμανσης των μηχανημάτων αιμοκάθαρσης, που προέρχονται από τη μονάδα τεχνητού νεφρού και στα χημικά υγρά αναλύσεων του αιματολογικού τμήματος. Επίσης, εξίσου μεγάλες ποσότητες υδραργύρου προέρχονται από το οδοντιατρικό αμάγαλμα και τις

χρωστικές-βαρέα μέταλλα-οργανικές ενώσεις(φορμόλη, φαινόλη, ακετόνη) του οδοντιατρικού και του παθολογοανατομικού τμήματος αντίστοιχα. Μικρότερες συγκεντρώσεις υδραργύρου εμφανίζουν το χειρουργικό τμήμα (υγρά απολυμαντικά-απορρυπαντικά), το ακτινολογικό τμήμα (χημικά υγρά εμφανιστηρίου) και το μικροβιολογικό-γαστρεντερολογικό τμήμα (σωλήνες βολφραμίου).

4.3.3 : ΓΕΝΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ- ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΥ ΑΠΟ ΥΔΑΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

Οι υπάρχουσες τεχνολογίες που διατίθενται για την απομάκρυνση βαρέων μετάλλων από υγρά απόβλητα περιλαμβάνουν τη **χημική κατακρήμνιση, την προσρόφηση σε άνθρακα, την ανταλλαγή ιόντων και την αντίστροφη όσμωση**. Από αυτές τις τεχνολογίες, η χημική κατακρήμνιση είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη για τα περισσότερα μέταλλα. Συνηθισμένα αντιδραστήρια κατακρήμνισης περιλαμβάνουν τα υδροξείδια (OH^-) και τα σουλφίδια (S^{2-}). Τα ανθρακικά (CO_3^{2-}) έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί σε κάποιες εξειδικευμένες περιπτώσεις. Τα μέταλλα είναι δυνατόν να απομακρυνθούν μόνα τους ή με συν-κατακρήμνιση με το φώσφορο.

4.3.3.1 : ΧΗΜΙΚΗ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΗ

ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΗΣ

Τα μέταλλα που παρουσιάζουν ενδιαφέρον είναι το αρσενικό (As), το βάριο(Ba), το κάδμιο (Cd), ο χαλκός (Cu), ο υδράργυρος (Hg), το νικέλιο (Ni), το σελήνιο (Se) και ο ψευδάργυρος (Zn). Τα περισσότερα από τα μέταλλα αυτά μπορούν να κατακρημνιστούν ως υδροξείδια, ή ως σουλφίδια.

Σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, τα μέταλλα κατακρημνίζονται συνήθως ως υδροξείδια, με προσθήκη άσβεστου ή υδροξειδίου του νατρίου ή καλίου σε τιμές pH όπου τα μέταλλα παρουσιάζουν τη μικρότερη διαλυτότητα. Ωστόσο, πολλές από αυτές τις ενώσεις, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, είναι επαμφοτερίζουσες (δηλ. ικανές να δώσουν ή να δεχτούν πρωτόνια) και παρουσιάζουν ένα σημείο ελάχιστης διαλυτότητας. Η τιμή pH στο σημείο ελάχιστης διαλυτότητας διαφέρει ανάλογα με το μέταλλο.

Πίνακας 4.9 : Τυπικά επίπεδα συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων , που μπορούν να επιτευχθούν μετά την απομάκρυνση με κατακρήμνιση

Μέταλλο	Επιτεύξιμη συγκέντρωση εκροής, mg/L	Είδος κατακρήμνισης και τεχνολογία
Αρσενικό	0.05	Κατακρήμνιση σουλφιδίου με διήθηση
	0.005	Συν-κατακρήμνιση με υδροξείδιο του σιδήρου
Βάριο	0.5	Κατακρήμνιση θειικών
Κάδμιο	0.05	Κατακρήμνιση υδροξειδίου σε pH 10 – 11
	0.05	Συν- κατακρήμνιση με υδροξείδιο του σιδήρου
	0.008	Κατακρήμνιση σουλφιδίου
Χαλκός	0.02 – 0.07	Κατακρήμνιση υδροξειδίου
	0.01 – 0.02	Κατακρήμνιση σουλφιδίου
Υδράργυρος	0.01 – 0.02	Κατακρήμνιση σουλφιδίου
	0.001 – 0.01	Συν- κατακρήμνιση με υδροξείδιο του αργιλίου
	0.0005 – 0.005	Συν- κατακρήμνιση με υδροξείδιο του σιδήρου
	0.001 – 0.005	Ανταλλαγή ιόντων
Νικέλιο	0.12	Κατακρήμνιση υδροξειδίου σε pH 10
Σελήνιο	0.05	Κατακρήμνιση σουλφιδίου
Ψευδάργυρος	0.1	Κατακρήμνιση υδροξειδίου σε pH 11

ΣΥΝ-ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΗ ΜΕ ΦΩΣΦΟΡΟ

Η κατακρήμνιση του φωσφόρου στα υγρά απόβλητα επιτυγχάνεται συνήθως με την προσθήκη κροκιδωτικών όπως το θεικό αργίλιο, η άσβεστος ή τα άλατα σιδήρου και πολυηλεκτρολυτών. Η προσθήκη των χημικών αυτών εκτός από την απομάκρυνση του φωσφόρου προκαλεί ταυτόχρονα και την απομάκρυνση διάφορων ανόργανων ιόντων, κυρίως μερικών από τα βαρέα μέταλλα. Ένα από τα μειονεκτήματα της χημικής κατακρήμνισης είναι ότι έχει ως αποτέλεσμα την καθαρή αύξηση των ολικών διαλυμένων στερεών που πρόκειται να υποστούν επεξεργασία στα υγρά απόβλητα.

4.3.3.2 : ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΜΕ MEMBRANES(MEMBRANE SEPARATION)

Οι διεργασίες με μεμβράνες περιλαμβάνουν την μικροδιήθηση (microfiltration, MF), την υπερδιήθηση (ultrafiltration, UF), τη νανοδιήθηση (nanofiltration, NF), την αντίστροφη όσμωση (reverse osmosis, RO), τη διάλυση (dialysis) και την ηλεκτροδιάλυση (electrodialysis, ED).

Οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία του νερού και των υγρών αποβλήτων τυπικά αποτελούνται από ένα λεπτό στρώμα πάχους περίπου 0.20 έως 0.25 μm το οποίο υποστηρίζεται από μια πιο πορώδη δομή πάχους περίπου 100 μm . Οι περισσότερες εμπορικές μεμβράνες παράγονται ως επίπεδα φύλλα, λεπτές κοίλες ίνες, ή σε αυλωτή μορφή. Υπάρχουν δύο τύποι επίπεδων φύλλων, τα ασύμμετρα και τα σύνθετα. Οι ασύμμετρες μεμβράνες παρασκευάζονται με μία διεργασία και

αποτελούνται από ένα πολύ λεπτό (λεπτότερο από 1 μm) στρώμα και ένα παχύτερο (έως 100 μm) πορώδες στρώμα, το οποίο παρέχει υποστήριξη και επιτρέπει υψηλή πυκνότητα ροής νερού. Οι σύνθετες μεμβράνες λεπτού στρώματος (thin-film composite, TFC) παρασκευάζονται με συγκόλληση ενός λεπτού στρώματος οξικής κυτταρίνης, πολυαμιδίου ή ενός άλλου ενεργού στρώματος (τυπικό πάχος 0.15 έως 0.25 μm) σε ένα πυκνότερο πορώδες υπόστρωμα το οποίο παρέχει σταθερότητα. Οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων είναι συνήθως οργανικές. Οι βασικοί τύποι μεμβρανών περιλαμβάνουν μεμβράνες πολυπροπυλενίου, οξικής κυτταρίνης, αρωματικών πολυαμιδίων και σύνθετες μεμβράνες λεπτού στρώματος (TFC).

Ο διαχωρισμός των σωματιδίων στην MF και UF επιτυγχάνεται κυρίως με κατακράτηση (straining). Στην NF και RO τα μικρά σωματίδια απορρίπτονται από το προσροφημένο στρώμα νερού πάνω στην επιφάνεια της μεμβράνης η οποία είναι γνωστή ως μη-πορώδης (dense) μεμβράνη. Οι ιοντικές μορφές μεταφέρονται διαμέσου της μεμβράνης με διάχυση μέσα στους πόρους των μακρομορίων που συνιστούν την μεμβράνη. Τυπικά η NF μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απόρριψη σωματιδίων μεγέθους έως 0,0001 μm .

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ MEMBRANΩΝ

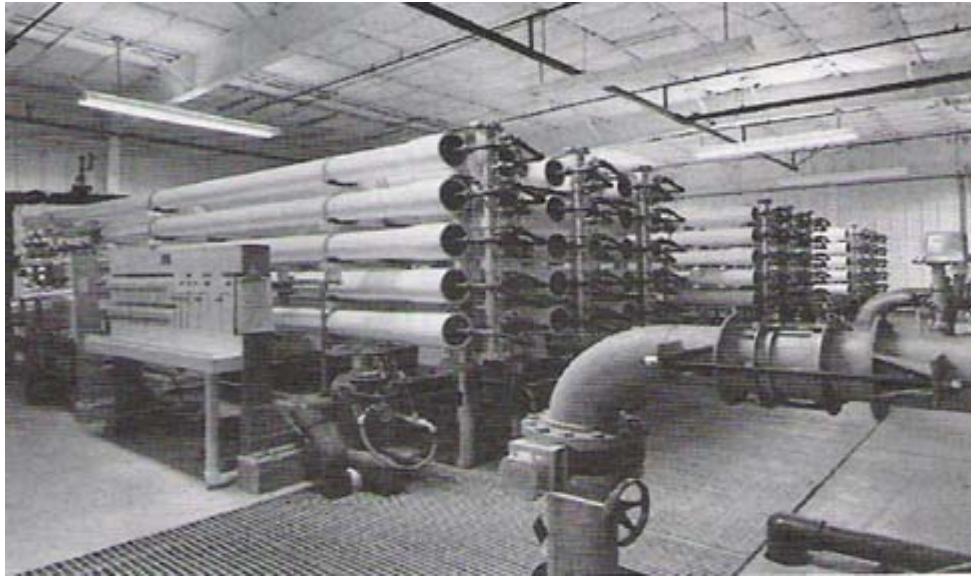
Η λειτουργία της διεργασίας μεμβρανών είναι αρκετά απλή. Χρησιμοποιείται μια αντλία για να τροφοδοτήσει με πίεση το διάλυμα τροφοδοσίας και να κυκλοφορήσει μέσα από το δομοστοιχείο. Μια ρυθμιστικά βάνα χρησιμοποιείται για να διατηρήσει την πίεση στο κατακράτημα. Το διήθημα συνήθως συλλέγεται σε ατμοσφαιρική πίεση. Καθώς τα συστατικά του νερού τροφοδοσίας συσσωρεύονται στις μεμβράνες (συχνά χρησιμοποιείται ο όρος έμφραξη των μεμβρανών), η πίεση στην πλευρά της τροφοδοσίας αυξάνει, η πυκνότητα ροής (δηλ. η ροή διαμέσου της μεμβράνης) αρχίζει να μειώνεται και το ποσοστό της απόρριψης επίσης αρχίζει να μειώνεται. Όταν η απόδοση μειωθεί σε κάποιο επίπεδο, οι συσκευές των μεμβρανών θέτονται εκτός λειτουργίας και ακολουθεί αντίστροφη πλύση και/ή χημικός καθαρισμός.

4.3.3.3 : NANOΔΙΗΘΗΣΗ (NF)

Η νανοδιήθηση είναι επίσης γνωστή ως "χαλαρή" RO και μπορεί να απορρίψει σωματίδια μεγέθους ως 0.001 μm. Η νανοδιήθηση χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση συγκεκριμένων διαλυτών συστατικών από υγρά απόβλητα, όπως τα πολυ-σθενή μεταλλικά ιόντα που είναι υπεύθυνα για τη σκληρότητα. Τα πλεονεκτήματα της νανοδιήθησης έναντι της αποσκλήρυνσης με άσβεστο περιλαμβάνουν την παραγωγή νερού το οποίο ικανοποιεί τις πιο αυστηρές προδιαγραφές ποιότητας νερού επαναχρησιμοποίησης. Επειδή απομακρύνονται ανόργανα και οργανικά συστατικά και βακτήρια και ιοί, ελαχιστοποιούνται οι απαιτήσεις για απολύμανση. Παρόλο που οι περισσότερες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν μεμβράνες πολυαμιδίου σε διαμόρφωση ελικοειδούς περιέλιξης, υπάρχουν πάνω από δέκα διαφορετικοί τύποι μεμβρανών. Άλλες μεμβράνες περιλαμβάνουν κοίλες ίνες πολυαμιδίου, ελικοειδούς περιέλιξης πολυβινυλοξικού και ασύμμετρες οξικής κυτταρίνης σε σωληνωειδή/αυ-λωτή διαμόρφωση.

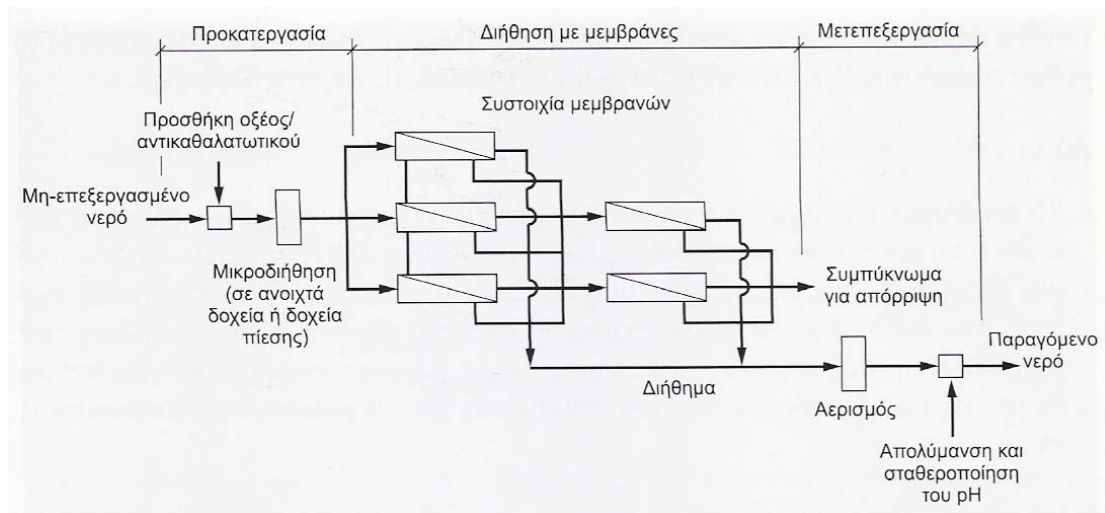
4.3.3.4 : ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΟΣΜΩΣΗ(RO)

Παγκοσμίως, η αντίστροφη όσμωση (RO) χρησιμοποιείται κυρίως για την αφαλάτωση. Στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων η RO χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση των διαλυτών συστατικών που παραμένουν στα υγρά απόβλητα μετά από προχωρημένη επεξεργασία με διήθηση χώρου ή μικροδιήθηση. Οι μεμβράνες αποκλείουν τα ιόντα, αλλά απαιτούν υψηλές πιέσεις για την παραγωγή απιονισμένου νερού..



Εικόνα 4.9 : Διαγράμματα ροής με μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης

Όταν δύο διαλύματα που έχουν διαφορετικές συγκεντρώσεις διαλυμένων ουσιών διαχωρίζονται με μια ημιπερατή μεμβράνη, υπάρχει μια διαφορά χημικού δυναμικού διάμεσου της μεμβράνης. Το νερό θα τείνει να διαχυθεί διάμεσου της μεμβράνης από την πλευρά της χαμηλότερης συγκέντρωσης (υψηλότερο δυναμικό) προς την πλευρά της υψηλότερης συγκέντρωσης (χαμηλότερο δυναμικό). Σε ένα σύστημα με πεπερασμένο όγκο, η ροή συνεχίζεται έως ότου η διαφορά πίεσης εξισορροπήσει τη διαφορά των χημικών δυναμικών. Αυτή η εξισορροπητική διαφορά πίεσης ορίζεται ως *οσμωτική πίεση* και εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της διαλυμένης ουσίας και τη συγκέντρωση και τη θερμοκρασία. Αν σε μια μεμβράνη ασκηθεί μια κλίση πίεσης αντίθετης διεύθυνσης μεγαλύτερη από την οσμωτική πίεση, θα λάβει χώρα ροή από την πιο συμπυκνωμένη προς τη λιγότερο συμπυκνωμένη περιοχή που ορίζεται ως *αντίστροφη όσμωση*.



Σχήμα 4.1 : Τυπικό διάγραμμα ροής διεργασίας μεμβρανών αντίστροφης όσμωσης.

4.3.3.5 : ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΣΕ ΑΝΘΡΑΚΑ

Προσρόφηση είναι η διεργασία της συσσώρευσης συστατικών που βρίσκονται σε ένα διάλυμα πάνω σε μια κατάλληλη διεπιφάνεια. Η προσρόφηση, είναι μια διεργασία μεταφοράς μάζας κατά την οποία ένα συστατικό που βρίσκεται στην υγρή φάση μεταφέρεται στη στερεή φάση. Η *προσρο-φούμενη ουσία* είναι η ουσία που μεταφέρεται από την υγρή φάση στη διεπιφάνεια. Το *προσροφητικό μέσο* είναι η στερεή, υγρή, ή αέρια φάση πάνω στην οποία συσσωρεύεται η προσροφούμενη ουσία.

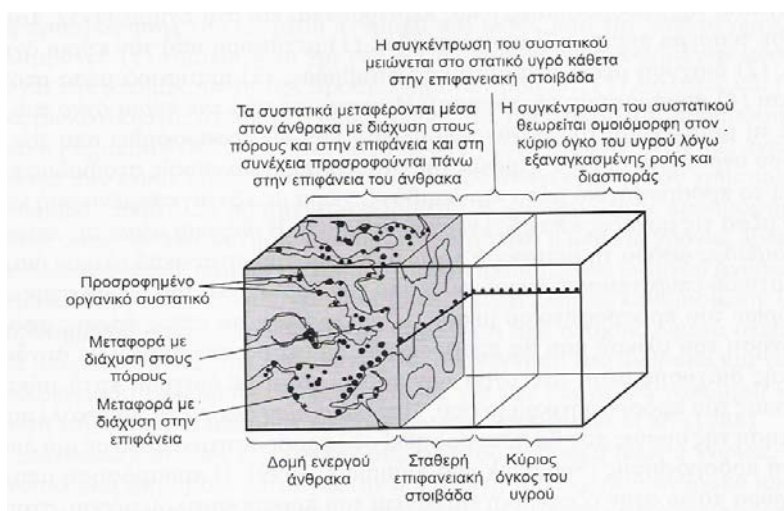
ΤΥΠΟΙ ΠΡΟΣΡΟΦΗΤΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ

Οι βασικοί τύποι των προσροφητικών μέσων περιλαμβάνουν τον ενεργό άνθρακα, τα συνθετικά πολυμερή και τα προσροφητικά μέσα που βασίζονται στο πυρίτιο, αν και τα συνθετικά πολυμερή και τα προσροφητικά μέσα που βασίζονται στο πυρίτιο χρησιμοποιούνται σπάνια για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων λόγω του υψηλού τους κόστους.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗΣ ΣΕ ΕΝΕΡΓΟ ΑΝΘΡΑΚΑ

Η διεργασία της προσρόφησης, όπως περιγράφεται και στο Σχήμα παρακάτω, λαμβάνει χώρα σε τέσσερα περίπου διακριτά στάδια: (1) μεταφορά από τον κύριο όγκο του υγρού, (2) διάχυση μέσω επιφανειακής στοιβάδας, (3) μεταφορά μέσα στους πόρους και (4) προσρόφηση (ή ρόφηση). Η *μεταφορά από τον κύριο όγκο του*

υγρού αφορά τη μετακίνηση του οργανικού υλικού που θα προσροφηθεί από τον κύριο όγκο του υγρού στο οριακό στρώμα της σταθερής επιφανειακής στοιβάδας που περιβάλλει το προσροφητικό μέσο και λαμβάνει χώρα με εξαναγκασμένη ροή και διασπορά μέσα τις μονάδες επαφής ενεργού άνθρακα. Η *διάχυση μέσω της επιφανειακής στοιβάδας* αφορά τη μεταφορά λόγω διάχυσης του οργανικού υλικού διαμέσου του στατικού επιφανειακού υγρού φιλμ από τον κύριο όγκο του υγρού στην είσοδο των πόρων του προσροφητικού μέσου. Η *μεταφορά μέσα στους πόρους* αφορά τη μετακίνηση του υλικού που θα προσροφηθεί διαμέσου των πόρων με συνδυασμό μοριακής διάχυσης μέσα στο υγρό των πόρων και/ή με διάχυση κατά μήκος της επιφάνειας του προσροφητικού μέσου. Η *προσρόφηση* αφορά τη προσκόλληση/κατακράτηση της ουσίας που θα προσροφηθεί στο προσροφητικό μέσο σε μια διαθέσιμη θέση προσρόφησης (Snoeyink and Summers, 1999). Η προσρόφηση μπορεί να λάβει χώρα πάνω στην εξωτερική επιφάνεια του προσροφητικού μέσου, στους μα-κροπόρους, μεσοπόρους, μικροπόρους και υπομικροπόρους (submicropores), αλλά η ειδική επιφάνεια των μακρό- και μεσοπόρων είναι μικρή συγκρινόμενη με την ειδική επιφάνεια των μικροπόρων και των υπομικροπόρων και το ποσοστό του υλικού που προσροφάται σε αυτούς τους πόρους συνήθως θεωρείται αμελητέο.

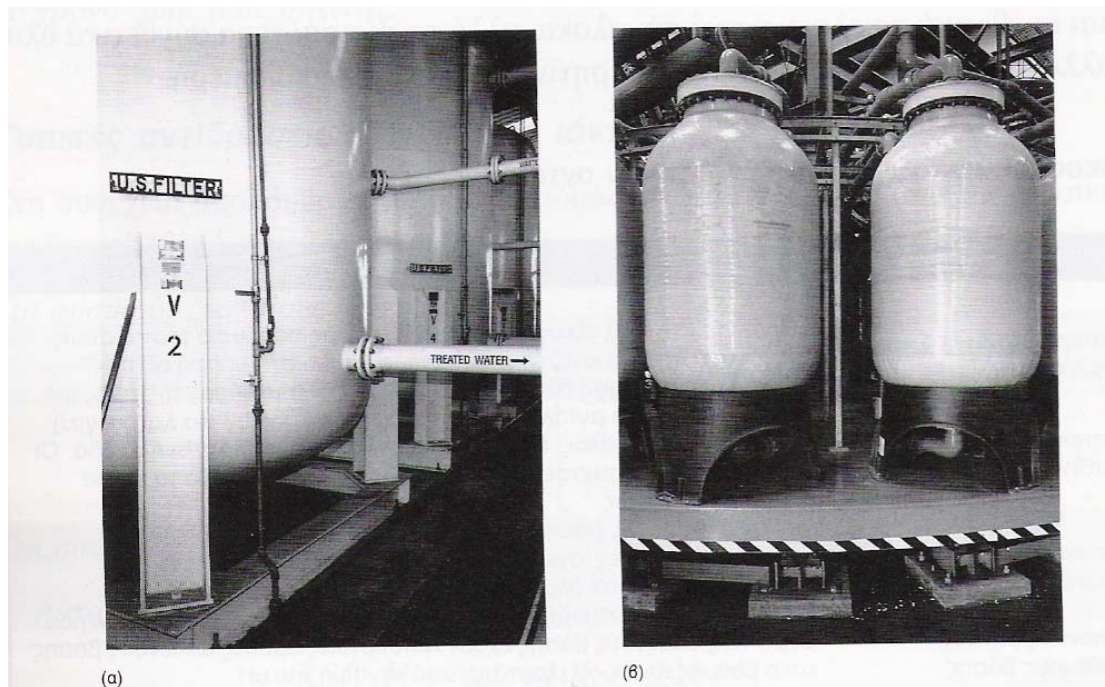


Σχήμα 4.2 : Προσρόφηση ενός οργανικού συστατικού σε ενεργό άνθρακα

4.3.3.6 : ΙΟΝΟΑΝΤΑΛΛΑΓΗ (ION EXCHANGE TREATMENT)

Η ανταλλαγή ιόντων είναι μια διεργασία στην οποία ιόντα ενός ορισμένου είδους που βρίσκονται σε ένα αδιάλυτο μέσο ανταλλαγής αντικαθίστανται από ιόντα διαφορετικού είδους που βρίσκονται στο διάλυμα. Η πιο διαδεδομένη χρήση της διεργασίας αυτής είναι η αποσκλήρυνση του πόσιμου νερού, όπου τα ιόντα νατρίου που προέρχονται από μια ρητίνη ανταλλαγής κατιόντων αντικαθιστούν τα ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου στο υπό επεξεργασία νερό, μειώνοντας έτσι τη σκληρότητα του. Η ανταλλαγή ιόντων έχει χρησιμοποιηθεί στις εφαρμογές υγρών αποβλήτων για την απομάκρυνση αζώτου, βαρέων μετάλλων και ολικών διαλυτών στερεών.

Οι διεργασίες ανταλλαγής ιόντων μπορούν να είναι συνεχείς ή ασυνεχείς διεργασίες. Σε μια ασυνεχή διεργασία, η ρητίνη αναμιγνύεται με το νερό που πρόκειται να επεξεργαστεί σε έναν αντιδραστήρα μέχρι να ολοκληρωθεί η αντίδραση. Η χρησιμοποιημένη ρητίνη απομακρύνεται με καθίζηση και στη συνέχεια αναγεννάται και επαναχρησιμοποιείται. Σε μια συνεχή διεργασία, το υλικό ανταλλαγής τοποθετείται σε μια κλίνη ή σε μία στήλη με πληρωτικό υλικό και το νερό που πρόκειται να υποστεί επεξεργασία διέρχεται μέσα από αυτή. Οι μονάδες ανταλλαγής ιόντων (ion exchangers) συνεχούς λειτουργίας είναι συνήθως τύπου στήλης, με κλίνη με πληρωτικό υλικό και καθοδικής ροής. Τα υγρά απόβλητα εισέρχονται από την κορυφή της στήλης υπό πίεση, διαπερνούν την κλίνη ρητίνης και απομακρύνονται από τον πυθμένα. Όταν η χωρητικότητα της ρητίνης εξαντληθεί εφαρμόζεται στη στήλη αντίστροφη πλύση για την απομάκρυνση των εγκλωβισμένων στερεών και στη συνέχεια ακολουθεί αναγέννηση.



Εικόνα 4.10: Παραδείγματα μονάδων ανταλλαγής ιόντων πλήρους κλίμακας: (α)μεγάλες στήλες με πληρωτικό υλικό καθοδικής ροής και (β)μεταλλικά δοχεία ανταλλαγής ιόντων πάνω σε περιστρεφόμενη πλατφόρμα. Τα μεταλλικά δοχεία περιστρέφονται έτσι ώστε το ένα δοχείο να μπορεί να αναγεννάτε ενώ τα άλλα παραμένουν σε λειτουργία.

Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΙΟΝΟΑΝΤΑΛΛΑΓΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ.

Στην περίπτωση μας απαιτείται η απομάκρυνση των μετάλλων από ένα υγρό απόβλητο(νοσοκομείου) ως προκατεργασία, πριν την απόρριψη του σε ένα δίκτυο αποχέτευσης. Η απομάκρυνση των μετάλλων πριν τη διάθεση επεξεργασμένων εκροών στο περιβάλλον είναι επιθυμητή κυρίως εξαιτίας της πιθανής συσσώρευσης και τοξικότητάς τους. Η ανταλλαγή ιόντων είναι μια από τις πιο κοινές διεργασίες που χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση των μετάλλων.

Σε βιομηχανίες που παράγουν υγρά απόβλητα με μεγάλες διακυμάνσεις στις συγκεντρώσεις των μετάλλων μπορεί να απαιτείται εξισορρόπηση της ροής για να είναι εφικτή η εφαρμογή της ανταλλαγής ιόντων, καθιστώντας έτσι δύσκολο το σχεδιασμό της διεργασίας. Η οικονομικότητα της εφαρμογής της διεργασίας ανταλλαγής ιόντων βελτιώνεται σημαντικά όταν η διεργασία χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση και ανάκτηση πολύτιμων μετάλλων. Επειδή σήμερα είναι εφικτή η

παραγωγή ρητινών για ειδικές εφαρμογές, η χρήση ρητινών που έχουν υψηλή εκλεκτικότητα για τα επιθυμητά μέταλλα βελτιώνει επίσης την οικονομικότητα της ανταλλαγής ιόντων.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την ανταλλαγή μετάλλων περιλαμβάνουν ζεόλιθους, ασθενείς και ισχυρές κατιονικές και ανιονικές ρητίνες, χηλικές ρητίνες και μικροβιακή και φυτική βιομάζα. Τα υλικά που προέρχονται από βιομάζα είναι γενικά πιο άφθονα και επομένως λιγότερο δαπανηρά σε σύγκριση με τις εμπορικά διαθέσιμες ρητίνες. Για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων που περιέχουν μίγματα μετάλλων (Cr, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb) έχουν χρησιμοποιηθεί φυσικοί ζεόλιθοι, όπως ο κλινοπιλολίτης (εκλεκτικός για το Cs) και ο καβαζίτης (chabazite) (Ouki and Kavannagh 1999). Χηλικές ρητίνες όπως οι αμινοφοσφορικές και οι ιμινοδιοξικές (iminodiacetic) ρητίνες έχουν παραχθεί σήμερα οι οποίες έχουν υψηλή εκλεκτικότητα για ορισμένα μέταλλα όπως Cu, Ni, Cd και Zn.

Οι διεργασίες ανταλλαγής ιόντων επηρεάζονται σημαντικά από την τιμή του pH. Η τιμή pH του διαλύματος επηρεάζει σημαντικά την παρουσία της μορφής που βρίσκονται τα μέταλλα καθώς επίσης και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ιόντων που πρόκειται να ανταλλαχθούν και της ρητίνης. Τα περισσότερα μέταλλα δεσμεύονται καλύτερα σε υψηλές τιμές pH, εξαιτίας του μικρότερου ανταγωνισμού με τα πρωτόνια για τις θέσεις προσρόφησης. Οι λειτουργικές συνθήκες και οι συνθήκες των υγρών αποβλήτων, καθορίζουν την εκλεκτικότητα της ρητίνης, την τιμή του pH, της θερμοκρασίας, την παρουσία άλλων ιονικών μορφών και το χημικό υπόβαθρο. Η παρουσία οξειδωτικών μέσων, σωματιδίων, διαλυτών και πολυμερών μπορούν να επηρεάσουν την απόδοση μιας ρητίνης ανταλλαγής ιόντων. Θα πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψη η ποσότητα και η ποιότητα των υγρών που παράγονται κατά την αναγέννηση των ρητινών και τα οποία θα πρέπει να διαχειρίζονται κατάλληλα.

4.3.3.7 : ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ

Η απομάκρυνση των μετάλλων με τη βιολογική επεξεργασία γίνεται κυρίως με προσρόφηση και συμπλοκοποίηση των μετάλλων στους μικροοργανισμούς. Επιπλέον, είναι πιθανό να υπάρχουν μηχανισμοί που έχουν ως αποτέλεσμα το μετασχηματισμό και την κατακρήμνιση των μετάλλων. Οι μικροοργανισμοί συνδέονται με τα μέταλλα και τα προσροφούν στην κυτταρική τους επιφάνεια, ως

αποτέλεσμα των αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στα ιόντα των μετάλλων και στις αρνητικά φορτισμένες επιφάνειες των μικροβίων. Μέταλλα μπορούν επίσης να συμπλοκοποιηθούν με καρ-βοξυλικές ομάδες που βρίσκονται στους πολυσακχαρίτες και άλλα πολυμερή των μικροβίων ή να προσροφηθούν από πρωτεΐνες στα βιολογικά κύτταρα.

Η απομάκρυνση των μετάλλων στις βιολογικές διεργασίες έχει βρεθεί ότι ταυτίζεται με την προσρόφηση, όπως περιγράφεται στην ισόθερμη προσρόφηση του Freundlich (Mullen et. al, 1989, Kunz et al., 1976). Η απομάκρυνση σημαντικής ποσότητας διαλυτών μετάλλων έχει παρατηρηθεί σε βιολογικές διεργασίες, με ποσοστά που ποικίλουν από 50 ως 98%, ανάλογα με την αρχική συγκέντρωση των μετάλλων, τη συγκέντρωση στερεών στο βιολογικό αντιδραστήρα και το SRT του συστήματος. Στις αναερόβιες διεργασίες η αναγωγή του θείου προς υδρόθειο μπορεί να υποβοηθήσει την κατακρήμνιση των σουλφί-διων των μετάλλων. Κλασσικό παράδειγμα αποτελεί η προσθήκη χλωριούχου δισθενούς ή τρισθενούς σιδήρου σε αναερόβιους χωνευτές για την απομάκρυνση της τοξικότητας των θειούχων ενώσεων, με το σχηματισμό ιζήματος σουλφιδίου του σιδήρου.

4.4 : ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Σύμφωνα με στοιχεία της ΔΕΠΑΝΟΜ (Δημόσιας Επιχείρησης Ανέγερσης Νοσοκομειακών Μονάδων) στην Ελλάδα ο αριθμός των κλινών στα νοσηλευτικά ιδρύματα , ανέρχεται στις 58.0000 κλίνες. Η αύξηση του πληθυσμού της χώρας οδηγεί σε αύξηση των νοσηλευτικών ιδρυμάτων. Παράλληλα η υιοθέτηση νέων πρακτικών στα νοσοκομεία , με την χρήση προϊόντων μιας χρήσης , οδηγεί στην συνεχή αύξηση των αποβλήτων ανά ασθενή και επομένως συνολική αύξηση των μολυσματικών αποβλήτων που παράγονται στην χώρα. Η ποσότητα των μολυσματικών αποβλήτων που παράγονταν σε επίπεδο χώρας προσδιορίζονταν σε 14.000 τόνους ετησίως.

Αναφορικά με την υφιστάμενη διαχείριση των Ι.Α. στην Ελλάδα, θα πρέπει να σημειωθεί ότι αν και η συλλογή των ιατρικών αποβλήτων ορθώς έχει ξεκινήσει να γίνεται ξεχωριστά σε ειδικούς σάκους, με διαφορετικό χρώμα ανάλογα με την

επικινδυνότητά τους, στη συνέχεια, μεγάλο μέρος από αυτά οδηγούνται από κοινού για ταφή σε χώρους ταφής των αστικών απορριμμάτων. Η μεταφορά λοιπόν μεγάλου ποσοστού των ιατρικών αποβλήτων γίνεται από τα συνηθισμένα απορριμματοφόρα των ΟΤΑ (Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης). Συνέπεια των παραπάνω είναι να εγκυμονούν κίνδυνοι για την υγεία των εργαζόμενων, τη δημόσια υγεία και το περιβάλλον γενικότερα.

Επιπροσθέτως οι μονάδες αποτέφρωσης μολυσματικών αποβλήτων, στα νοσοκομεία που διαθέτουν τέτοιες μονάδες, είναι συνήθως παλαιάς τεχνολογίας και δεν λειτουργούν σύμφωνα με τις θεσμοθετημένες προδιαγραφές καύσης αποβλήτων. Έτσι έχουμε ως αποτέλεσμα την επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με επικίνδυνους αέριους ρύπους και τη μη επαρκή προστασία της Δημόσιας Υγείας και του Περιβάλλοντος. Τα υπολείμματα της καύσης θάβονται μαζί με τα αστικά απορρίμματα, στους ίδιους χώρους ταφής, χωρίς να έχει πρωτύτερα προσδιοριστεί η σύσταση της τέφρας ή η περιεκτικότητά της σε βαρέα μέταλλα, προκειμένου να κριθεί εάν πρέπει ή όχι να γίνεται διάθεσή της μαζί με τα αστικά.

Σημειώνεται δε πως τα τελευταία χρόνια πραγματοποιείται «απολύμανση/ αδρανοποίηση» των ιατρικών αποβλήτων, είτε με τη χρήση θερμότητας ή μικροκυμάτων ή χημικών ουσιών. Η θερμική αδρανοποίηση θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι είναι μια προεργασία ώστε να αυξήσει το βαθμό ασφάλειας της μεταφοράς. Ακόμα και όταν αυτή εφαρμόζεται ακολουθώντας αυστηρούς όρους, κανόνες και προδιαγραφές με αποτέλεσμα όντως να εξαλείφεται ο μολυσματικός παράγοντας από τα Ιατρικά Απόβλητα, σε καμία περίπτωση δεν απαλλάσσει από τον επικίνδυνο/τοξικό χαρακτήρα των αποβλήτων αυτών.

Μέχρι το 2002 λειτουργούσε στα Άνω Λιόσια μια μικρή μονάδα αποτέφρωσης δυναμικότητας 800 κιλών/ ημέρα. Σήμερα λειτουργεί σύγχρονη μονάδα αποτέφρωσης από τον ΕΣΔΚΝΑ δυναμικότητας 30 τόνων/ ημέρα και κόστους 3 δισεκατομμυρίων, η οποία όμως λειτουργεί με χαμηλό φορτίο καθώς δεν έχουν συμβληθεί όλα τα νοσηλευτικά ιδρύματα. Το γεγονός ότι η μονάδα επεξεργάζεται σημαντικά χαμηλότερες ποσότητες αποβλήτων από όσες αναμένονταν, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του λειτουργικού κόστους επεξεργασίας ανά τόνο αποβλήτου.

Όσον αφορά τα βαρέα μέταλλα που βρίσκονται στα διάφορα τμήματα των νοσοκομείων , δεν υφίστανται καμία επεξεργασία για την ανάκτηση τους ή την περεταίρω επεξεργασία τους.

Συνοψίζοντας , μπορεί να διαπιστωθεί ότι η επεξεργασία των επικίνδυνων αποβλήτων κινείται σε τρεις βασικούς άξονες στις περισσότερες υγειονομικές μονάδες της χώρας:

- Με την διαδικασία της αποτέφρωσης (σε πυρολιτικούς κλιβάνους –εντός των υγειονομικών μονάδων), εξουδετερώνουν τα μολυσματικά απόβλητα, με την ταυτόχρονη παραγωγή μολυσματικής τέφρας.
- Με την χημική απολύμανση εξουδετερώνουν τα υγρά νοσοκομειακά απόβλητα με διάφορους χλωριωτές και στην συνέχεια τα διοχετεύουν στο κοινό αποχετευτικό δίκτυο της εκάστοτε πόλης.
- Με την διαδικασία της αποστείρωσης , αποστειρώνεται μεγάλο ποσοστό του νοσοκομειακού υλικού και επαναχρησιμοποιείται.

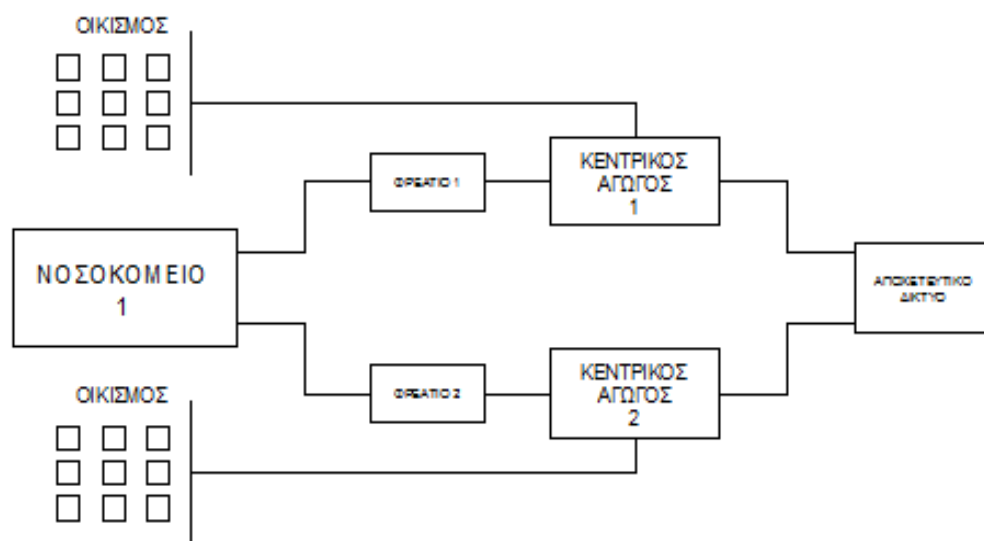
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑΣ

5.1 : Δειγματοληψία

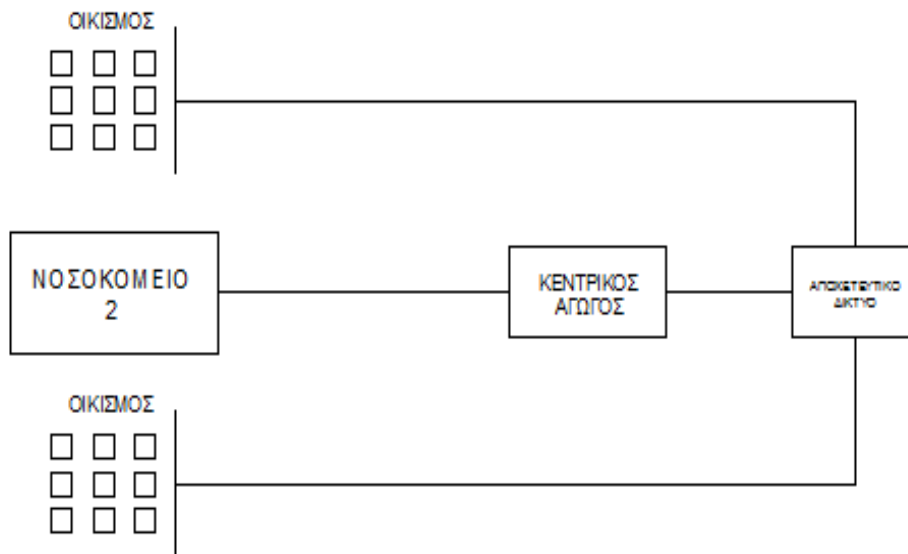
Πραγματοποιήσαμε δύο σειρές δειγματοληψιών, σε διάστημα 15 ημερών από δύο γενικά νοσοκομεία. Τα αποτελέσματα που θα σας παρουσιάσουμε παρακάτω προέρχονται από δείγματα τα οποία πήραμε από τα επιμέρους τμήματα καθώς και από τον κεντρικό αγωγό των δύο νοσοκομείων. Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις διαφόρων βαρέων μετάλλων, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στον υδράργυρο. Τα δείγματα αναλύθηκαν με το ICP-MS.

Για το πρώτο νοσοκομείο πήραμε δείγματα από δύο φρεάτια, τα οποία καταλήγουν στους αντίστοιχους κεντρικούς αγωγούς του νοσοκομείου και από εκεί διατίθενται στο αποχετευτικό δίκτυο της πόλης. Στο φρεάτιο 1 καταλήγουν το χειρουργικό, ακτινολογικό και το παθολογοανατομικό τμήμα, ενώ στο φρεάτιο 2 καταλήγουν το οδοντιατρικό, μικροβιολογικό, το γαστρεντερολογικό τμήμα και η μονάδα τεχνητού νεφρού. Στον κεντρικό αγωγό 1 και στον κεντρικό αγωγό 2 καταλήγουν επίσης λύματα από γειτονικούς οικισμούς. Το τελευταίο στοιχείο είναι πολύ σημαντικό, και όπως αναφέρεται και στο επόμενο κεφάλαιο επηρεάζει σημαντικά τα αποτελέσματά μας.(Σχήμα 5.1)

Το δεύτερο νοσοκομείο έχει μόνο έναν κεντρικό αγωγό, στον οποίο καταλήγουν όλα τα λύματα της υγειονομικής μονάδας και από εκεί διατίθενται στο αποχετευτικό δίκτυο της πόλης. Στο Σχήμα 5.2 παρουσιάζεται μια απλή αναπαράσταση των σημείων δειγματοληψίας.



Σχήμα 5.1 : Σχηματική αναπαράσταση από τα σημεία δειγματοληψίας του πρώτου νοσοκομείου



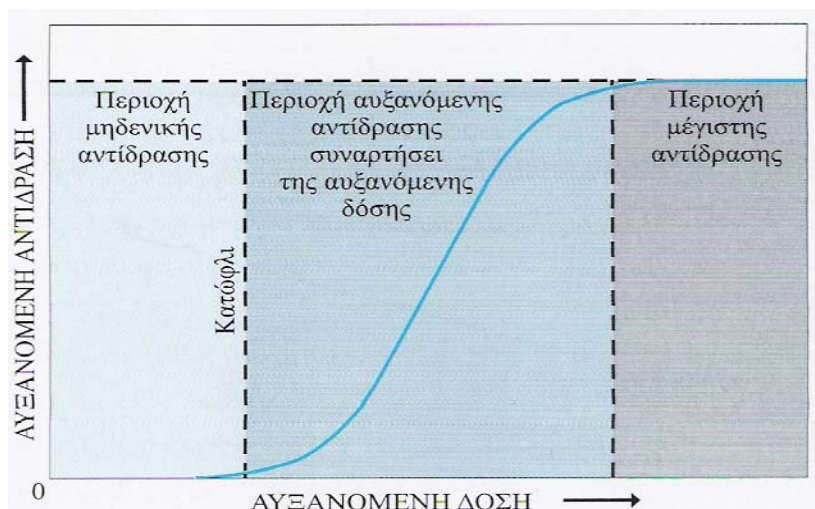
Σχήμα 5.2 : Σχηματική αναπαράσταση από τα σημεία δειγματοληψίας του δεύτερου νοσοκομείου

5.2 : ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑΣ

Όπως είναι γνωστό ως τοξική ουσία χαρακτηρίζεται οποιαδήποτε χημική ουσία μπορεί να προκαλέσει αρνητικές επιπτώσεις στο βιολογικό σύστημα ανθρώπων και ζώων. Αντίστοιχα, η τοξικότητα εκφράζει το βαθμό πρόκλησης αρνητικών επιπτώσεων στο βιολογικό σύστημα ενός οργανισμού, εξαιτίας μιας χημικής ουσίας.

Η εκτίμηση της τοξικότητας υγρών δειγμάτων (διαλυμάτων) μπορεί να γίνει με τον προσδιορισμό του δείκτη τοξικότητας LC₅₀ (Lethal Concentration: θανατηφόρο συγκέντρωση), ο οποίος εκφράζει τη συγκέντρωση της υπό εξέταση τοξικής ή επικίνδυνης ουσίας που προκαλεί θάνατο στο 50% των πειραματόζωων. Επίσης χρησιμοποιείται ευρέως και ο δείκτης LD₅₀ (Lethal Dose: θανατηφόρα δόση), που εκφράζει τη δόση (ποσότητα) της υπό εξέταση τοξικής ή επικίνδυνης ουσίας που προκαλεί το θάνατο στο 50% των πειραματόζωων.

Για τον χαρακτηρισμό μιας ουσίας ως προς την τοξικότητα της πολλές φορές είναι αναγκαία και η γνώση της μέγιστης ποσότητας έκθεσης οργανισμών σε αυτήν για συγκεκριμένο χρόνο έκθεσης. Χαρακτηριστικό όριο έκθεσης οργανισμού σε χημική ουσία αποτελεί η τιμή TLV (Threshold Limit Value: οριακή τιμή κατωφλιού) η οποία εκφράζει την μέγιστη συγκέντρωση της δεδομένης ουσίας στην οποία θα μπορούσε να εκτίθεται ένας συγκεκριμένος οργανισμός κάθε ημέρα χωρίς σημαντική βλάβη (Σχήμα 5.3).



Σχήμα 5.3 : Γραφική απεικόνιση του TLV

Τέλος, η τιμή TLV - TWA (Time - Weighted Average: μέση τιμή -υπολογισμένη ως προς χρόνο) εκφράζει τη μέση συγκέντρωση μιας ουσίας ως προς το χρόνο για ένα συνηθισμένο οκτάωρο εργάσιμης ημέρας ή 40 ώρες μιας εβδομάδας εργάσιμων ημερών στην οποία ένας εργαζόμενος μπορεί να εκτεθεί στην συγκεκριμένη ουσία χωρίς επιβλαβή επίδραση.

(Ε.Γιδαράκος, Επικίνδυνα Απόβλητα,2006)

5.2.1 : ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑΣ

Ο προσδιορισμός της τοξικότητας γίνεται γενικά με τη χρήση υδρόβιων οργανισμών όπως τα οστρακόδερμα *Daphnia*, τα βακτήρια, τα άλγη κλπ. Στη παρούσα ανάλυση χρησιμοποιείται σετ Daphtoxkit F magna προκειμένου να εκτελεστεί το τεστ τοξικότητας σύμφωνα με τις διεθνείς αποδεκτές τυποποιημένες μεθόδους (OECD και ISO). Οι δοκιμές χρησιμοποιούν τα "νεογνά" *Daphnia magna* που εκκολάπτονται σε περίπου 3 ημέρες από τα αυγά - εφίππια.



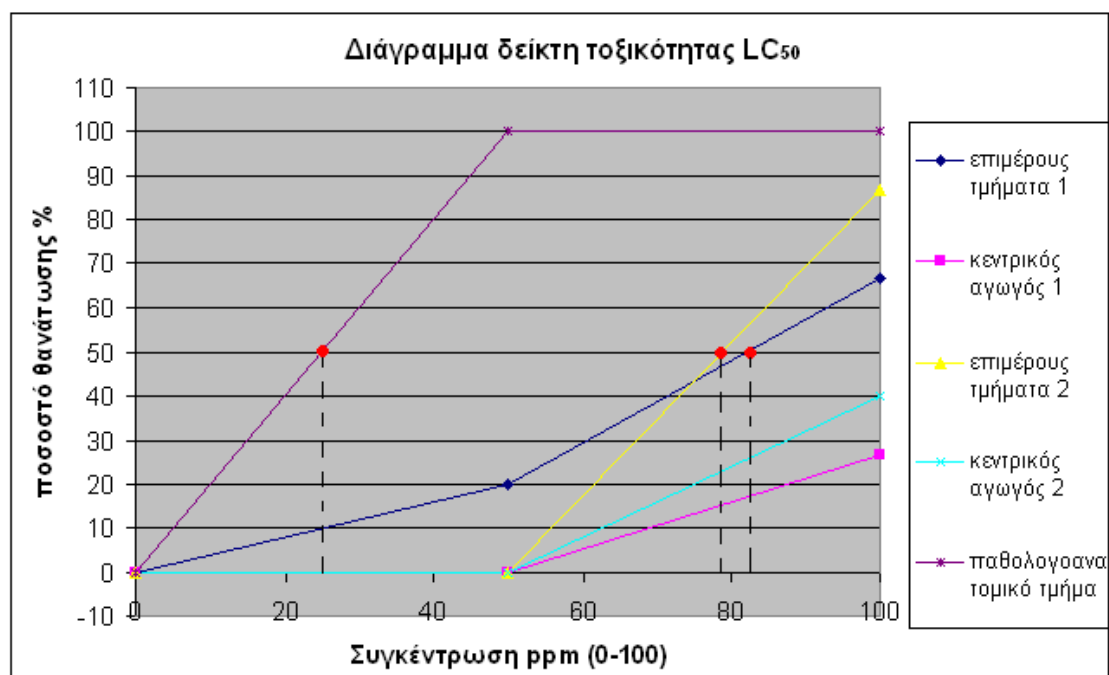
Εικόνα 5.1 :Σετ Daphtoxkit F magna

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται οι παράμετροι που επηρεάζουν το τεστ τοξικότητας με *Daphnia magna* και οι τιμές που πρέπει να έχουν, προκειμένου να μην αποτελούν παράγοντες παρεμπόδισης για την εκτίμηση του LC₅₀.

Πίνακας 5.1: Παράμετροι που επηρεάζουν το τεστ τοξικότητας με *Daphnia magna*.

Παράμετροι Μέθοδος	pH	O ₂ (mg/L)	NO ₂ - (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Cl- (g/L)
<i>Daphnia magna</i>	5 - 9	2	29 (23- 35.2)	70 (54.5-85.6)	1.8

Στο παρακάτω σχήμα 5.4 παρουσιάζεται το διάγραμμα ποσοστού θανάτωσης, από το οποίο υπολογίζουμε τον δείκτη LC₅₀ και επομένως την τοξικότητα κάθε δείγματος.



Σχήμα 5.4: Ποσοστό θανάτωσης και υπολογισμός του δείκτη LC₅₀.

Από το παραπάνω διάγραμμα συμπεραίνουμε πως οι δείκτες LC₅₀ είναι:

- επιμέρους τμήματα 1, LC₅₀=83
- επιμέρους τμήματα 2, LC₅₀=78
- παθολογοανατομικό τμήμα, LC₅₀=23

Παρατηρούμε για τα δείγματα του κεντρικού αγωγού 1 και του κεντρικού αγωγού 2 πως δεν μπορούμε να προσδιορίσουμε τον δείκτη LC_{50} , διότι το ποσοστό θανάτωσης των *Daphnia Magna* σε συνάρτηση με την συγκέντρωση είναι μικρότερο του 50% θανάτωσης των μικροοργανισμών. Αυτό σημαίνει πως τα παραπάνω δείγματα δεν είναι τόσο τοξικά όσο τα δείγματα των επιμέρους τμημάτων 1 και 2 και του παθολογοανατομικού τμήματος. Συγκεκριμένα, από τους παραπάνω δείκτες συμπεραίνουμε ότι το δείγμα του παθολογοανατομικού τμήματος είναι το πιο τοξικό με $LC_{50}=23$, και τα επιμέρους τμήματα 1 και τα επιμέρους τμήματα 2, έχουν $LC_{50}=83$ και $LC_{50}=78$ mg/l αντίστοιχα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ-ΦΑΣΜΑΤΟΜΕΤΡΙΑ ΜΑΖΑΣ ΕΠΑΓΩΓΙΚΑ ΣΥΖΕΥΓΜΕΝΟΥ ΠΛΑΣΜΑΤΟΣ(ICPMS)

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων, ξεχωριστά για κάθε υγειονομική μονάδα.

6.1: ΦΑΣΜΑΤΟΜΕΤΡΙΑ ΜΑΖΑΣ ΕΠΑΓΩΓΙΚΑ ΣΥΖΕΥΓΜΕΝΟΥ ΠΛΑΣΜΑΤΟΣ(Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry)

Η φασματομετρία μάζας (Mass Spectrometry) συνδυασμένη με το επαγωγικά συζευγμένο πλάσμα (Inductively Coupled Plasma), ως πηγή ατομοποίησης των στοιχείων (μετάλλων και κάποιων αμετάλλων), είναι η πλέον ευαίσθητη τεχνική πολυστοιχειακής ανάλυσης.

Τα κύρια τμήματα ενός οργάνου ICP-MS αποτελούν:

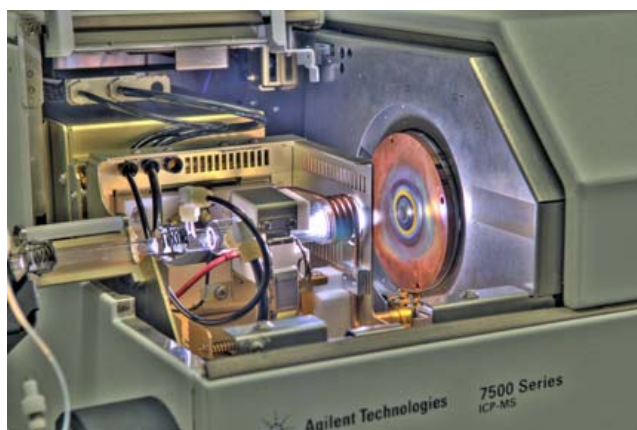
1.Το σύστημα εισαγωγής του δείγματος

Το υγρό δείγμα εισάγεται με τη βοήθεια περισταλτικής αντλίας στον εκνεφωτή με σταθερή ροή, όπου μετατρέπεται σε αερόλυμα με πολύ μικρές σταγόνες (aerosol).

2.Το σύστημα ατομοποίησης του ICP

Εξ' ορισμού το πλάσμα είναι ένα αέριο (αργό, Ar) σε πολύ υψηλή θερμοκρασία, τα άτομα ή μόρια του οποίου είναι ιονισμένα. Με την εφαρμογή ραδιοσυχνότητας το αέριο αργό (Ar) θερμαίνεται επαγωγικά σε υψηλή θερμοκρασία (6000-10000 K). Επιπλέον, το αέριο εμπλουτίζεται με ηλεκτρόνια, με τη βοήθεια ενός σπινθήρα. Τα ηλεκτρόνια επιταχυνόμενα ιονίζουν τα άτομα του αργού, που με τη σειρά τους συγκρούονται και ιονίζουν άλλα άτομα αργού (συντηρώντας έτσι το πλάσμα). Τέλος, οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στην περιοχή του πλάσματος και αφορούν στο δείγμα είναι:

- Απομάκρυνση του διαλύτη από το δείγμα
- Διάσπαση των συστατικών του δείγματος
- Ατομοποίηση των στοιχείων
- Διέγερση και ιοντισμός (λόγω της σύγκρουσης με τα ιόντα του αργού)



3.Το σύστημα εισαγωγής των ιόντων

Τα ιόντα που δημιουργούνται στην περιοχή του πλάσματος, οδηγούνται στον αναλυτή μάζας, ως δέσμη ιόντων μέσω δυο κώνων με πολύ μικρή οπή, με τη βοήθεια ηλεκτρικών πεδίων που λειτουργούν ως φακοί ιόντων (ion lenses) στην είσοδο του αναλυτή μάζας.

4.Ο αναλυτής μάζας

Ο αναλυτής μάζας διαχωρίζει και ταξινομεί τα ιόντα με βάση το λόγο μάζας προς φορτίο m/z , και έτσι προκύπτει τελικά ένα φάσμα μάζας που ουσιαστικά είναι η καταγραφή του πλήθους των ιόντων που αντιστοιχούν σε κάθε τιμή m/z .

5.Ο ανιχνευτής ιόντων

Πρόκειται για ένα πολλαπλασιαστή ηλεκτρονίων που ανιχνεύει εντάσεις ρεύματος μικρότερες από 10^{-15} A. Το σήμα αυτό με μια σειρά από διαδικασίες πολλαπλασιάζεται ώστε να μπορεί να καταγραφεί.

6.Το σύστημα καταγραφής και η έξοδος των αποτελεσμάτων σε H/Y.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται τα τμήματα του ICP-MS περιγραφικά καθώς και ένα τυπικό φάσμα μάζας διαφόρων στοιχείων με τη συγκεκριμένη τεχνική.

Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της τεχνικής ICP-MS είναι:

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
• Ταχεία πολυστοιχειακή ανάλυση • Χαμηλά όρια ανίχνευσης • Δυνατότητα ισοτοπικής ανάλυσης • Μεγάλη γραμμική περιοχή • Απλότητα φασμάτων	• Ισοβαρείς παρεμποδίσεις (που όμως αντιμετωπίζονται με επιλογή κατάλληλου ισοτόπου, ή/και collision/reaction mode του οργάνου) • Υψηλό κόστος λειτουργίας (εκτός αν εκτελούνται πολλοί προσδιορισμοί)

Τα χημικά στοιχεία που αναλύονται παρακάτω, με την χρήση του ICP-MS είναι: Νάτριο(Na), Μαγνήσιο(Mg),Αργίλιο(Al), Πυρίτιο (Si), Κάλιο (K),Ασβέστιο (Ca),Σίδηρος (Fe), Λίθιο (Li), Βόριο (B), Βανάδιο (V), Χρώμιο (Cr), Μαγγάνιο (Mn), Νικέλιο (Ni), Χαλκός (Cu), Ψευδάργυρος (Zn), Αρσενικό (As), Σελήνιο (Se), Στρόντιο (Sr), Ύτριο (Y), Κάδμιο (Cd), Αντιμόνιο (Sb), Βάριο (Ba), Υδράργυρος (Hg), Μόλυβδος (Pb), Ουράνιο (U).

6.2 : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΠΡΩΤΟΥ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟΥ

Μετά από την ανάλυση των δειγμάτων με το ICPMS(όπως περιγράφεται και στην προηγούμενη παράγραφο), πήραμε τις διάφορες συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων. Στους ακόλουθους πίνακες πιν.6.1, πιν.6.2, παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις χημικών στοιχείων, από τα τέσσερα σημεία δειγματοληψίας του πρώτου νοσοκομείου(φρεάτιο 1, φρεάτιο 2, κεντρικό αγωγό 1, κεντρικό αγωγό 2), σε διάστημα 15 ημερών.

Πίνακας 6.1 : Ανάλυση δείγματος πρώτου νοσοκομείου

Χημικά στοιχεία		Φρεάτιο 1	Φρεάτιο 2	Κεντρικός αγωγός 1	Κεντρικός αγωγός 2	Επιτρεπτό όριο διάθεσης(mg/l)
Na	mg/l	84,51	>40	6,95	7,13	4
Mg		8,16	4,76	11,60	11,44	-
Al		<DL	0,03	<DL	<DL	10
Si		4,14	4,87	4,69	4,64	-
K		28,26	37,58	1,57	1,67	-
Ca		>40	26,23	>40	>40	-
Fe		0,32	0,13	0,42	0,50	15
Li	μg/l	2,55	1,91	2,95	2,58	-
B		>200	>200	2,82	3,97	10
V		0,65	1,94	0,68	0,89	-
Cr		2,51	2,74	1,72	2,11	-
Mn		8,38	12,86	4,26	63,08	10
Ni		1,72	0,92	13,56	1,25	10
Cu		16,50	7,32	4,38	7,95	1
Zn		>200	54,83	96,78	124,31	200
As		0,98	1,27	0,40	0,60	0.5
Se		<DL	4,12	<DL	<DL	0.2
Sr		72,15	20,86	110,59	108,61	-
Y		0,02	<DL	0,04	0,06	-
Cd		6,28	3,86	7,61	9,72	0.5
Sb		0,12	0,06	0,10	0,14	5
Ba		11,47	3,23	18,09	18,83	20
Hg		9,70	11,64	0,41	0,85	0.01
Pb		1,51	0,28	0,34	0,86	5
U		0,43	0,56	0,78	0,79	5

Πίνακας 6.2 : Ανάλυση δεύτερου δείγματος πρώτου νοσοκομείου(μετά από 15 ημέρες)

Χημικά στοιχεία		Φρεάτιο 1	Φρεάτιο 2	Κεντρικός αγωγός 1	Κεντρικός αγωγός 2	Επιτρεπτό όριο διάθεσης(mg/l)
Na	mg/l	>40	>40	>40	6,15	4
Mg		6,20	3,53	6,86	8,70	-
Al		<DL	<DL	<DL	<DL	10
Si		3,69	2,53	4,13	3,30	-
K		32,79	41,80	4,94	1,17	-
Ca		42,94	27,71	66,50	70,96	-
Fe		0,34	0,13	0,32	0,36	15
Li	μg/l	4,52	0,45	1,53	3,03	-
B		0,73	1,22	0,97	0,49	10
V		2,36	1,74	0,79	0,84	-
Cr		12,45	1,42	7,25	1,02	-
Mn		8,22	0,32	1,54	0,87	10
Ni		14,80	8,94	2,60	2,83	10
Cu		>200	87,67	19,25	58,94	1
Zn		0,17	0,39	0,31	0,13	200
As		1,25	8,04	<DL	<DL	0.5
Se		67,78	29,78	97,23	113,49	0.2
Sr		0,03	<DL	<DL	<DL	-
Y		23,49	24,28	45,26	25,60	-
Cd		0,17	0,03	0,18	0,04	0.5
Sb		17,45	5,98	108,04	16,70	5
Ba		3,65	1,02	6,38	1,39	20
Hg		6,17	13,43	4,12	7,15	0.01
Pb		0,11	0,11	0,30	0,86	5
U		>40	>40	>40	6,15	5

Παρατηρούμε, ότι όλα τα χημικά στοιχεία, πλην του υδραργύρου και του Na (σε ορισμένες περιπτώσεις-βλ.πιν 6.5, πιν 6.6, πιν 6.7), τηρούν τα όρια διάθεσης σε υπονόμους. Το νάτριο (Na), για την ανάλυση του πρώτου δείγματος, στο φρεάτιο 1 παρουσιάζει την μεγαλύτερη συγκέντρωση του με 84.51 mg/l, στο φρεάτιο 2 μεγαλύτερη από 40 mg/l και στους κεντρικούς αγωγούς 1 και 2, 6,95 mg/l και 7,13 mg/l αντίστοιχα. Και στην επαναληπτική ανάλυση του δείγματος για το πρώτο νοσοκομείο (μετά από 15 μέρες), παρατηρείται στον κεντρικό αγωγό 2 συγκέντρωση 6,15 mg/l και στα άλλα τρία σημεία της δειγματοληψίας συγκέντρωση μεγαλύτερη των 40 mg/l. Ακόμα, παρατηρούμε στο φρεάτιο 1, συγκέντρωση Hg 9,7μg/l, η οποία είναι οριακά κάτω από το όριο διάθεσης του.Στο φρεάτιο 2 η συγκέντρωση του Hg είναι λίγο πάνω από τα επιτρεπτά όρια(11,644μg/l). Στην επαναληπτική μέτρηση για το φρεάτιο 1, παρατηρούμε την συγκέντρωση του αρκετά μικρότερη από τα όρια(6,17μg/l).

Στο φρεάτιο 2 για την δεύτερη μέτρηση, διαπιστώνεται η μεγαλύτερη συγκέντρωση Hg μεταξύ όλων των δειγμάτων(13,43μg/l). Για τον κεντρικό αγωγό 1 παρατηρούνται μικρές συγκεντρώσεις Hg(0,41 μg/l πριν και 4,12 μg/l μετά). Για τον κεντρικό αγωγό 2 , διαπιστώνουμε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις Hg από αυτές του κεντρικού αγωγού 1(0,85μg/l πριν και 7,15μg/l μετά). Πολύ εύκολα μπορεί να διαπιστωθεί (πιν 6.5, πιν 6.6, πιν 6.7), ότι υπάρχει μεγάλη διαφορά συγκέντρωσης Hg στο νοσοκομείο 1 μεταξύ των φρεατίων και των κεντρικών αγωγών του. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί , διότι όπως φαίνεται και στο σχήμα 5.1 το αποχετευτικό σύστημα του γειτονικού οικισμού συνδέεται και με τους 2 κεντρικούς αγωγούς. Επομένως λόγω του φαινομένου της διάχυσης, η συγκέντρωση του Hg σχεδόν υποδεκαπλασιάζεται. Σε αυτό το γεγονός συνεισφέρει και η αραίωση του Hg λόγω της εισροής αστικών λυμάτων. Το πρόβλημα της αυξημένης συγκέντρωσης του Hg στο 1^ο νοσοκομείο διαπιστώνεται στο 2^ο φρεάτιο. Στο 2^ο φρεάτιο όπως έχει αναφερθεί καταλήγει το οδοντιατρικό, μικροβιολογικό και το γαστρεντερολογικό τμήμα. Ενώ στο 1^ο φρεάτιο καταλήγει το χειρουργικό ,ακτινολογικό και το παθολογοανατομικό τμήμα.

6.3 : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΔΕΥΤΕΡΟΥ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟΥ

Παρακάτω, οι δύο πίνακες(πιν.6.3, πιν.6.4), παρουσιάζουν τις συγκεντρώσεις των στοιχείων που αναλύσαμε, από τα δύο σημεία δειγματοληψίας(κεντρικό αγωγό, αποχετευτικό δίκτυο), του δεύτερου νοσοκομείου.

Πίνακας 6.3 : Ανάλυση πρώτου δείγματος, δεύτερου νοσοκομείου.

Χημικά στοιχεία		Κεντρικός αγωγός	Αποχετευτικό δίκτυο	Επιτρεπτό όριο διάθεσης(mg/l)
Na	mg/l	>40	>40	4
Mg		12,29	9,44	-
Al		<DL	<DL	10
Si		1,93	0,35	-
K		>20	>20	-
Ca		>20	>20	-
Fe		0,43	0,34	15
Li	μg/l	92,79	16,70	-
B		>200	>200	10
V		2,66	2,91	-
Cr		1,98	4,01	-

Mn		7,65	8,33	10
Ni		0,78	0,28	10
Cu		34,70	54,84	1
Zn		34,73	32,94	200
As		2,45	2,61	0.5
Se		<DL	<DL	0.2
Sr		50,83	15,77	-
Y		0,00	<DL	-
Cd		20,35	12,60	0.5
Sb		0,02	<DL	5
Ba		3,70	1,41	20
Hg		13,35	2,73	0.01
Pb		1,38	0,90	5
U		0,14	<DL	5

Πίνακας 6.4 : Ανάλυση δεύτερου δείγματος δεύτερου νοσοκομείου(μετά από 15 ημέρες)

Χημικά στοιχεία		Κεντρικός αγωγός	Αποχετευτικό δίκτυο	Επιτρεπτό όριο διάθεσης(mg/l)
Na	mg/l	>40	>40	4
Mg		8,29	7,77	-
Al		<DL	<DL	10
Si		4,36	2,75	-
K		19,55	16,55	-
Ca		>20	>20	-
Fe		0,29	0,27	15
Li	μg/l	25,86	28,62	-
B		>200	>200	10
V		1,46	1,15	-
Cr		3,01	2,17	-
Mn		2,36	3,90	10
Ni		0,63	0,48	10
Cu		12,81	9,95	1
Zn		55,70	45,62	200
As		1,81	1,23	0.5
Se		<DL	<DL	0.2
Sr		90,58	87,34	-
Y		<DL	<DL	-
Cd		25,63	23,17	0.5
Sb		0,09	0,05	5
Ba		5,42	6,56	20
Hg		12,13	3,29	0.01
Pb		1,75	1,57	5
U		0,46	0,42	5

Παρατηρούμε, ότι και στην ανάλυση αυτού του δείγματος, όλα τα χημικά στοιχεία πλην του υδραργύρου και του νατρίου παρουσιάζουν πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις, σε σχέση με τα επιτρεπόμενα όρια διάθεσης τους σε υπονόμους. Στον πίνακα 6.3, παρατηρούμε για το νάτριο, ότι έχει πολύ υψηλές συγκεντρώσεις και στον κεντρικό αγωγό και στο αποχετευτικό δίκτυο, της τάξης των >40 mg/l. Αντίθετα, το αργίλιο (Al), το σελήνιο (Se), το αντιμόνιο (Sb), και το ουράνιο (U) παρουσιάζουν πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις. Ενδεικτικά αναφέρουμε πως, στις περισσότερες περιπτώσεις είναι κάτω από το όριο ανίχνευσης του ICP-MS(<DL). Παρατηρούνται επίσης, και στις δύο περιπτώσεις υψηλές συγκεντρώσεις βορίου(B). Όπως διαπιστώνεται και από τους πίνακες 6.3 και 6.4 οι συγκεντρώσεις του βορίου είναι μεγαλύτερες των 200 μg/l. Όσον αφορά τον υδράργυρο, Στο αποχετευτικό δίκτυο παρατηρούμε μικρές συγκεντρώσεις Hg(2,73μg/l και 3,29μg/l αντίστοιχα).Στους κεντρικούς αγωγούς του νοσοκομείου εντοπίζεται το πρόβλημα, με τις συγκεντρώσεις του Hg να είναι 13,35μg/l και 12,13μg/l αντίστοιχα. Το γεγονός αυτό μπορεί να εξηγηθεί διότι όπως αναφέραμε και στην περίπτωση του πρώτου νοσοκομείου, λόγω του φαινομένου της διάχυσης, στο αποχετευτικό δίκτυο η συγκέντρωση του Hg σχεδόν υποδεκαπλασιάζεται.

Παρακάτω, ακολουθούν τρεις συγκεντρωτικοί πίνακες(πιν.6.5-πιν.6.6-πιν.6.7), για τις συγκεντρώσεις του υδραργύρου, σε κάθε σημείο δειγματοληψίας του εκάστοτε νοσοκομείου.

Πίνακας 6.5 : Συγκεντρώσεις Υδραργύρου στα φρεάτια 1^{ου} νοσοκομείου

	Φρεάτιο 1 ^ο (πριν)	Φρεάτιο 1 ^ο (μετά)	Φρεάτιο 2 ^ο (πριν)	Φρεάτιο 2 ^ο (μετά)
Υδράργυρος(μg/l)	9,70	6,17	11,64	13,43

Πίνακας 6.6: Συγκεντρώσεις Υδραργύρου στους κεντρικούς αγωγούς 1^{ου} νοσοκομείου

	Κεντρικός Αγωγός 1 ^{ος} (πριν)	Κεντρικός Αγωγός 1 ^{ος} (μετά)	Κεντρικός Αγωγός 2 ^{ος} (πριν)	Κεντρικός Αγωγός 2 ^{ος} (μετά)
Υδράργυρος(μg/l)	0,41	4,12	0,85	7,15

Πίνακας 6.7 : Συγκεντρώσεις Υδραργύρου στο 2^ο νοσοκομείο

	Αποχετευτικό Δίκτυο (πριν)	Αποχετευτικό Δίκτυο (μετά)	Κεντρικός Αγωγός (πριν)	Κεντρικός Αγωγός (μετά)
Υδράργυρος(μg/l)	2,73	3,29	13,35	12,13

Από τους παραπάνω πίνακες, διαπιστώνουμε ότι η συγκέντρωση του υδραργύρου, στις περισσότερες περιπτώσεις είναι αρκετά αυξημένη. Αναλυτικά, για το πρώτο νοσοκομείο στο πρώτο φρεάτιο οι συγκεντρώσεις Hg είναι λίγο κάτω από τα επιτρεπόμενα όρια. Στο δεύτερο φρεάτιο και για τα δύο δείγματα που αναλύθηκαν προέκυψαν υψηλότερες συγκεντρώσεις από τα επιτρεπόμενα όρια(11,64 µg/l και 13,43 µg/l αντίστοιχα). Στους κεντρικούς αγωγούς του πρώτου νοσοκομείου παρατηρήθηκαν πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις υδραργύρου που ενδεχομένως να οφείλονται στο φαινόμενο της αραίωσης και της διάχυσης. Για το δεύτερο νοσοκομείο, στο αποχετευτικό δίκτυο είχαμε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις υδραργύρου(φαινόμενο διάχυσης και διασποράς), ενώ πολύ υψηλές συγκεντρώσεις παρατηρήθηκαν για τον κεντρικό αγωγό και στις δύο μετρήσεις(13,35 µg/l και 12,13 µg/l αντίστοιχα).

Παρακάτω ακολουθεί ένας συγκεντρωτικός πίνακας , για τα επιτρεπτά όρια διάθεσης ρύπων υγρών αποβλήτων σε υπονόμους.

Πίνακας 6.8:Επιτρεπτά όρια διάθεσης ρύπων υγρών αποβλήτων σε υπονόμους (Μαρκαντωνάτος-Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων,Αθήνα,1990)

Παράμετρος	Επιτρεπτά όρια διάθεσης υγρών αποβλήτων σε υπόνομο
BOD ₅	500mg/l
COD	1000mg/l
Θερμοκρασία	35 °C
pH	6-7
Αιωρούμενα στερεά (SS)	500
Καθιζάνοντα στερεά (2h σε κώνο IMHOFF)	10
Διαλυμένα στερεά	3000 mg/l
Χοντρά στερεά	< 1.5 cm
Απορρυπαντικά (βιοδιασπάσιμα 80%)	50 mg/l
Λίπη-έλαια (ζωϊκ-φυτ)	40 mg/l
Ορυκτά έλαια, υδρογονάνθρακες	15 mg/l
Αμμωνιακά (σαν N)	25 mg/l
Νιτρώδη (σαν N)	4 mg/l
Νιτρικά (σαν N)	20 mg/l
Θειώδη (σαν SO ₃)	1 mg/l
Θειικά (σαν SO ₄)	1500mg/l
Υδρόθειο (σαν H ₂ S)	1 mg/l
Αντιμόνιο	5 mg/l
Αργίλιο	10 mg/l

Άργυρος	5 mg/l
Αρσενικό	0.5 mg/l
Βάριο	20 mg/l
Βόριο	10 mg/l
Βρώμιο	10 mg/l
Βηρύλλιο	30 mg/l
θάλλιο	2 mg/l
Κάδμιο	0.5 mg/l
Κασσίτερος	10 mg/l
Κοβάλτιο	10 mg/l
Κυανιούχα	3 mg/l
Μαγγάνιο	10 mg/l
Μολυβδαίνιο	10mg/l
Μόλυβδος	5 mg/l
Νικέλιο	10mg/l
Ουράνιο	5 mg/l
Σελήνιο	0.2 mg/l
Σίδηρος	15 mg/l
Τιτάνιο	10 mg/l
Υδράργυρος	0.01 mg/l
Φαινόλες	5 mg/l
Φθόριο-Φθοριούχα	20 mg/l
Φωσφορικά (σαν P)	10 mg/l
Χαλκός	1 mg/l
Χλώριο Ελεύθερο	5 mg/l
Χλώριο Τρισθενές	2 mg/l
Χλώριο Εξασθενές	0.5 mg/l
Ψευδάργυρος	20 mg/l
Τοξικές ουσίες (σύνολο) (As, Cd, Cr+6,Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn, CN)	Y1/E1 + Y2/E2 ++Yn/En<3 Y: υπάρχουσα συγκέντρωση ουσίας E: επιτρεπόμενη συγκέντρωση ουσίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΛΥΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΥ

Τα αποδοτικότερα συστήματα για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, και συγκεκριμένα για την απομάκρυνση του υδραργύρου, είναι αυτά που χρησιμοποιούν ως μέθοδο επεξεργασίας την διαδικασία της προσρόφησης. Οι περισσότερες εταιρίες χρησιμοποιούν όμως, διαφορετικούς προσροφητές. Ανάλογα με τον εκάστοτε προσροφητή και την επεξεργασία που θέλουμε να κάνουμε εξαρτάται και η απόδοση του συστήματος. Για την περίπτωση των υγειονομικών μονάδων που εξετάζουμε ,δύο είναι οι αποδοτικότεροι μέθοδοι επεξεργασίας:

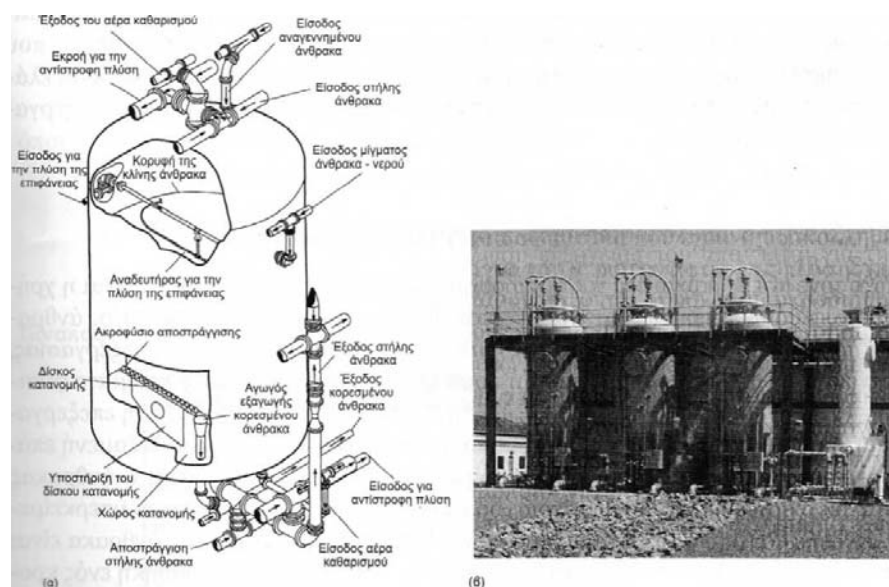
7.1 : Επεξεργασία με κοκκώδη ενεργό άνθρακα(Granular Activated Carbon,GAC)

Η επεξεργασία με GAC αφορά τη διέλευση του υγρού που πρόκειται να υποστεί επεξεργασία, διαμέσου μιας κλίνης ενεργού άνθρακα η οποία είναι τοποθετημένη σε έναν αντιδραστήρα (μερικές φορές ονομάζεται κλίνη επαφής).Οι περισσότερες μονάδες είναι σταθερής κλίνης καθοδικής ή ανοδικής ροής με δύο ή τρεις στήλες σε σειρά ή τύπου διαστελλόμενης κλίνης που λειτουργεί κατά αντιρροή με ανοδική ροή του υγρού.

Για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων με GAC συνήθως χρησιμοποιούνται στήλες σταθερής κλίνης. Οι στήλες σταθερής κλίνης μπορούν να λειτουργήσουν μόνες τους, σε σειρά ή παράλληλα. Συχνά χρησιμοποιούνται φίλτρα με κοκκώδη πληρωτικά υλικά πριν από τις κλίνες επαφής ενεργού άνθρακα για την απομάκρυνση των οργανικών συστατικών που κατακρατούνται στα αιωρούμενα στερεά μιας δευτεροβάθμιας εκροής. Το νερό που πρόκειται να υποστεί επεξεργασία εισάγεται στην κορυφή της στήλης και απομακρύνεται από τον πυθμένα. Ο άνθρακας συγκρατείται σε μια ορισμένη θέση με ένα σύστημα αποστράγγισης στον πυθμένα της στήλης. Συχνά σε εφαρμογές που αφορούν υγρά απόβλητα υπάρχει πρόβλεψη για αντίστροφη πλύση και επιφανειακή πλύση, έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η πτώση πίεσης που οφείλεται στην κατακράτηση αιωρούμενων στερεών μέσα στη στήλη του άνθρακα. Δυστυχώς, όπως θα αναφερθεί στη συνέχεια, η αντίστροφη πλύση έχει ως αποτέλεσμα την καταστροφή του μετώπου προσρόφησης.

Το πλεονέκτημα της καθοδικής ροής είναι ότι η προσρόφηση των οργανικών και η διήθηση των αιωρούμενων στερεών επιτυγχάνονται σε ένα στάδιο. Παρόλο που υπάρχουν οι αντιδραστήρες σταθερής κλίνης με ανοδική ροή, κλίνες με καθοδική ροή χρησιμοποιούνται συνήθως για να αποφευχθεί η συσσώρευση αιωρούμενων στερεών στον πυθμένα της κλίνης, από όπου θα ήταν δύσκολο να απομακρυνθούν με αντίστροφη πλύση. Αν η απομάκρυνση

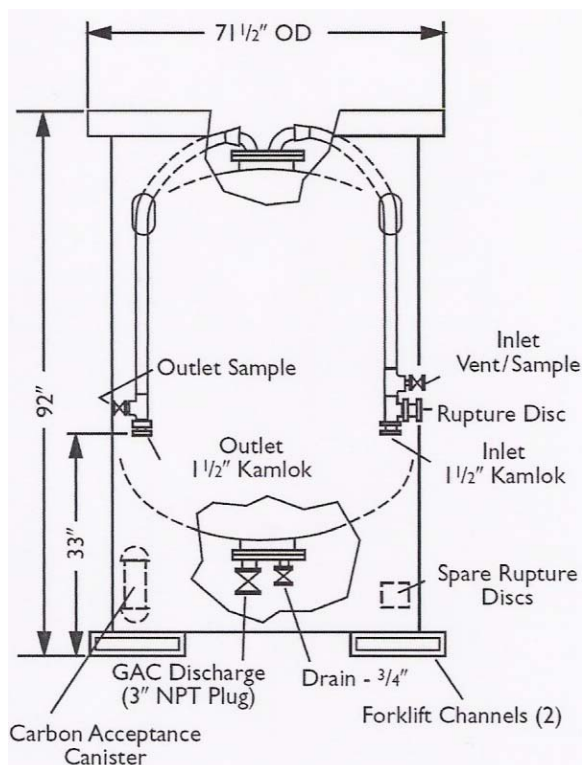
των διαλυτών οργανικών στο προηγούμενο στάδιο δεν διατηρείται σε υψηλούς ρυθμούς, τότε μπορεί να απαιτείται πιο συχνή αναγέννηση του άνθρακα. Οι μη σταθερές συνθήκες pH, θερμοκρασίας και ρυθμού παροχής μπορούν επίσης να επηρεάσουν την απόδοση των κλινών επαφής άνθρακα.



Σχήμα 7.1 : (α) τυπική στήλη επαφής ενεργού άνθρακα (β) στήλες επαφής κοκκώδους ενεργού άνθρακα σε παράλληλη λειτουργία

Πάνω σε αυτήν την τεχνολογία στηρίζεται και το παρακάτω σύστημα επεξεργασίας υδραργύρου .

Το σύστημα CYCLESORB FP2 είναι της εταιρίας CALGON-CARBON Inc και εξειδικεύεται στην απομάκρυνση βαρέων μετάλλων για κάθε είδους δραστηριότητα ή επεξεργασία.



Σχήμα 7.2 : Απεικόνιση του συστήματος CYCLESORB FP2

Πίνακας 7.1: Χαρακτηριστικά CYCLESORB FP2

Απαιτούμενη μάζα κοκώδους ενεργού άνθρακα	908 kg
Μέγιστη πίεση άνθρακα	517 kP
Θερμοκρασία λειτουργίας	60°C
Υλικό και απαιτούμενες διαστάσεις πλαισίου	Μεταλλικό, 69''-71,5''-92''
Βάρος	796 kg άδειο-1700 kg με άνθρακα-3675 kg μέγιστο βάρος επεξεργασίας
Απόδοση επεξεργασίας(απομάκρυνση Hg)	70-75%
pH	3-12
Ελάχιστος χρόνος επεξεργασίας	20 min

7.2 : Επεξεργασία με προσροφητή Keyle:X

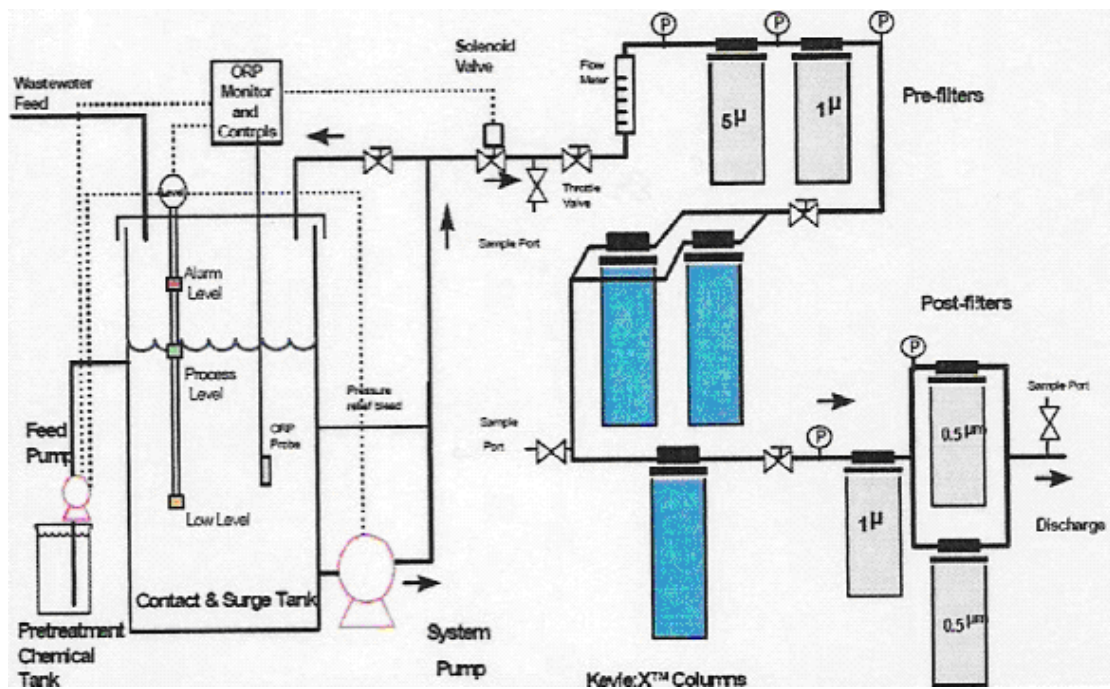
Μία πολύ καλή λύση για την απομάκρυνση του υδραργύρου , από τις υγειονομικές μονάδες είναι η διαδικασία της προσρόφησης στον ειδικό προσροφητή Keyle:X της εταιρίας Solmete X. Ο υδράργυρος μπορεί να βρίσκεται σε μία από της εξής μορφές: μεταλλική, ιοντική, οργανική(methyl Hg).

Η συγκεκριμένη τεχνολογία για την επεξεργασία-απομάκρυνση του υδραργύρου αποτελείται από τα εξής στάδια:

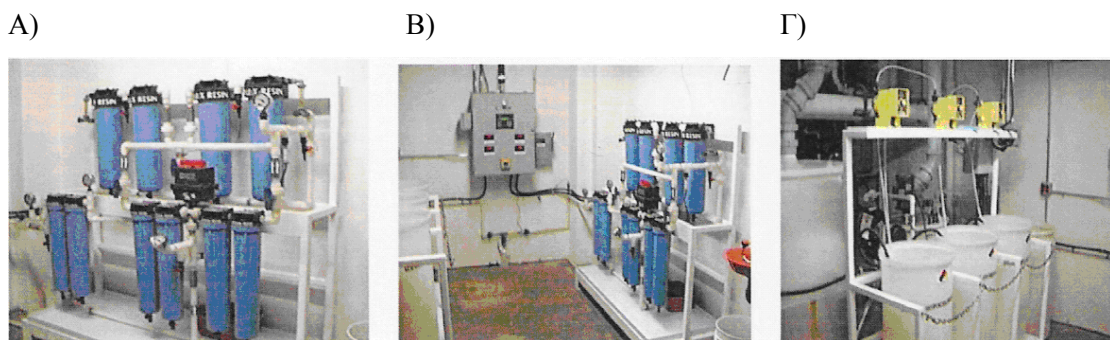
- Προεπεξεργασία (προσθήκη οξειδωτικού)
- Φιλτράρισμα πριν την προσρόφηση
- Προσρόφηση στον Keyle:X
- Τελικό φιλτράρισμα

Στην προεπεξεργασία προσθέτουμε ένα οξειδωτικό. Το οξειδωτικό διασπά τα οργανικά στοιχεία του υδράργυρου και τον μετατρέπουν στην ιοντική του μορφή για την ευκολότερη επεξεργασία του. Στην συνέχεια έχουμε φιλτράρισμα για την απομάκρυνση σωματιδίων >5µm που εμπεριέχονται στα απόβλητα. Μετέπειτα έχουμε την βασική επεξεργασία και οξείδωση των αποβλήτων στον Keyle:X με ταυτόχρονη ρύθμιση του pH τους . Τέλος, πραγματοποιείται το “τελικό” φιλτράρισμα για την απομάκρυνση σωματιδίων >0,5 µm.

Η απόδοση του παραπάνω συστήματος πετυχαίνει περίπου απόδοση απομάκρυνσης υδραργύρου 95%-99%. Στις περισσότερες περιπτώσεις πετυχαίνει συγκεντρώσεις εξόδου < 1 µg/l (ppb). Ακόμα, ο χρόνος που απαιτεί η συγκεκριμένη μέθοδος για την επεξεργασία των αποβλήτων είναι 1,5 – 6 min, που είναι πολύ μικρότερος συγκριτικά με τις άλλες μεθόδους (π.χ. η επεξεργασία με ιονοανταλλαγή απαιτεί 20 – 40 min).



Σχήμα 7.3: Απεικόνιση ροής του συστήματος Keyle:X για την απομάκρυνση του υδραργύρου



Σχήμα 7.4 : Απεικόνιση του συστήματος Keyle:X στο νοσοκομείο Μασαχουσέτης Αγγλία.

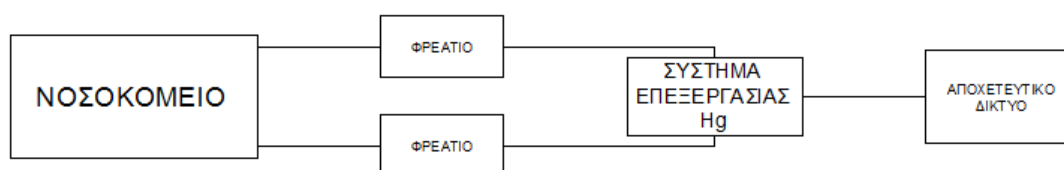
A) Σύστημα φιλτραρίσματος B) Μονάδα ελέγχου Γ) Οξείδωση και ρύθμιση του pH

Πίνακας 7.2 : Χαρακτηριστικά του προσροφητή Keyle:X

Απιτούμενη μάζα προσροφητή / L επεξεργασίας	1,25 kg/L
Μέγιστη πίεση προσροφητή	480 kP
Θερμοκρασία λειτουργίας	80°C
Υλικό και απαιτούμενες διαστάσεις	Ακρυλικό , 3m-2m-3m
Απόδοση επεξεργασίας(απομάκρυνση Hg)	95-99%
pH	3-12
Ελάχιστος χρόνος επεξεργασίας	1,5 min

Σύμφωνα με τις παραπάνω τεχνολογίες συμπεραίνουμε πως υπάρχουν δυνατότητες για την μείωση-ελαχιστοποίηση του υδραργύρου από τις υγειονομικές μονάδες.

Στο σχήμα 7.5 περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί το εκάστοτε σύστημα επεξεργασίας.



Σχήμα 7.5 : Διάγραμμα ροής σε μια υγειονομική μονάδα με σύστημα επεξεργασίας Hg.

Τα συστήματα, τοποθετούνται μετά από τα φρεάτια υγρών αποβλήτων της υγειονομικής μονάδας και πριν από το αποχετευτικό δίκτυο. Αυτό διότι η επεξεργασία του υδραργύρου πρέπει να γίνεται πριν τα απόβλητα φτάσουν στο κοινό αποχετευτικό δίκτυο. Αυτό έχει μεγάλη σημασία, διότι αν τα απόβλητα της υγειονομικής μονάδας φτάσουν στο αποχετευτικό δίκτυο, οι συγκεντρώσεις των τοξικών ουσιών -όπως φαίνεται και από την ανάλυση των δειγμάτων- σχεδόν υποδεκαπλασιάζονται (φαινόμενο διάχυσης και αραίωσης) και επομένως το σύστημα επεξεργασίας δεν επιφέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Συγκεκριμένα, από τις αναλύσεις των δειγμάτων προκύπτει, πως η επεξεργασία Hg με τον προσροφητή Keyle:X υπερτερεί έναντι του συστήματος επεξεργασίας με κοκκώδη ενεργό άνθρακα. Σύμφωνα με τα στοιχεία της έρευνας, παρατηρούμε ότι για συγκεντρώσεις υδραργύρου μεγαλύτερες των 10 µg/l , και ειδικά για το νοσοκομείο 2, όπου παρατηρούνται συγκεντρώσεις της τάξης των 13,35 µg/l και 12,13 µg/l, η μέγιστη απόδοση του συστήματος επεξεργασίας CYCLESORB FP2 είναι 75%. Αυτό σημαίνει ότι θα έχουμε απομάκρυνση υδραργύρου της τάξης 10,01 µg/l και 9,09 µg/l αντίστοιχα. Επομένως, στο αποχετευτικό δίκτυο τα υγρά απόβλητα θα φτάσουν με συγκέντρωση μικρότερη των 3,35 µg/l , η οποία

είναι συμβατή με τα επιτρεπτά όρια της νομοθεσίας. Από τη άλλη μεριά όμως, η επεξεργασία με τον Keyle:X μας επιτρέπει μεγαλύτερη απομάκρυνση υδραργύρου. Η ελάχιστη απόδοση του είναι 95% και η μέγιστη 99%. Αυτό σημαίνει πως για τις συγκεντρώσεις της προηγούμενης περίπτωσης (13,35 $\mu\text{g/l}$ και 12,13 $\mu\text{g/l}$), τα υγρά απόβλητα καταλήγουν στο αποχετευτικό δίκτυο(ελάχιστη απόδοση επεξεργασίας) με 0,67 $\mu\text{g/l}$ και 0,61 $\mu\text{g/l}$ αντίστοιχα. Επίσης, ο χρόνος επεξεργασίας με την τεχνολογία Keyle:X είναι πολύ μικρότερος, από τον αντίστοιχο του CYCLESORB FP2 (1,5 min και 20 min αντίστοιχα).

Σε αυτό το σημείο, πρέπει να τονίσουμε ότι και τα δύο συστήματα μπορούν να επεξεργάζονται τα υγρά απόβλητα σε καθημερινή βάση, δεδομένου ότι τα νοσοκομεία μας είναι συγκεκριμένης δυναμικότητας και με μικρό ρυθμό ροής υγρών αποβλήτων.

Τέλος, πρέπει να επισημάνουμε ότι για τη σωστή χρήση και λειτουργία των παραπάνω συστημάτων, πρέπει να υπάρχει άρτια εκπαιδευμένο προσωπικό, για τυχόν τεχνικά προβλήματα που μπορεί να προκύψουν.

Τέλος, σημαντικό είναι να αναφέρουμε, το κόστος κάθε τεχνολογίας απομάκρυνσης υδραργύρου, για την εκάστοτε υγειονομική μονάδα μελέτης. Και η 1^η αλλά και η 2^η υγειονομική μονάδα, είναι μεσαίας δυναμικότητας με 412 και 375 κλίνες αντίστοιχα. Οι ποσότητες των αποβλήτων τους, είναι 824 kg/μέρα και 675 kg/μέρα αντίστοιχα. Επίσης και οι δύο υγειονομικές μονάδες, έχουν παρόμοιες συγκεντρώσεις Hg, οι οποίες κυμαίνονται 0,85-13,43 $\mu\text{g/l}$.

Όπως έχει επισημανθεί και παραπάνω, και οι δύο τεχνολογίες έχουν ικανοποιητικές αποδόσεις απομάκρυνσης υδραργύρου. Αποδοτικότερο είναι όμως, το σύστημα επεξεργασίας υδραργύρου με προσροφητή Keyle:X, με βέλτιστη απόδοση απομάκρυνσης Hg 99%, σε αντίθεση με το CYCLESORB FP2 με 75% απομάκρυνσης Hg.

Σύμφωνα με την εταιρία SolmeteX, το κόστος αγοράς και εγκατάστασης του Keyle:X είναι 150.000ευρώ και το λειτουργικό κόστος είναι 2.000ευρώ/χρόνο. Από την άλλη μεριά το CYCLESORB FP2 απαιτεί μικρότερο κόστος αγοράς και εγκατάστασης, της τάξης των 110.000ευρώ. Ακόμα, το λειτουργικό κόστος υπολογίζεται από την Calgon Carbon Corporation σε 1.000 ευρώ/χρόνο.

Από τα παραπάνω στοιχεία, μπορούμε να συμπεράνουμε, πως το σύστημα επεξεργασίας υδραργύρου με τον προσροφητή Keyle:X είναι αποδοτικότερο και πιο δαπανηρό, από το CYCLESORB FP2. Επομένως, η τεχνολογία απομάκρυνσης Hg με τον προσροφητή Keyle:X της εταιρίας SolmeteX, αποτελεί την ιδανική λύση για την επεξεργασία-απομάκρυνση του Hg από τις υγειονομικές μονάδες μελέτης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Από όσα διαπιστώνονται όσον αφορά στην κατάσταση που επικρατεί στην Ελλάδα στο θέμα της διαχείριση των ΙΑ, συμπεραίνονται τα εξής:

-Καταρχήν, σε εθνικό επίπεδο θα πρέπει να καταρτιστεί ένα εθνικό σχέδιο διαχείρισης των νοσοκομειακών αποβλήτων που προέρχονται από όλα τα νοσηλευτικά ιδρύματα της χώρας. Προκειμένου να συμβεί κάτι τέτοιο θα πρέπει τα αρμόδια υπουργεία, σε συνεργασία με οποιαδήποτε υπηρεσία, να προχωρήσουν στην καταγραφή της υπάρχουσας κατάστασης σε ό,τι αφορά τον τομέα της υγείας και ειδικότερα της διαχείρισης των νοσοκομειακών απορριμμάτων, μολυσματικών και μη.

-Η μόνη μέθοδος που δύναται να επεξεργαστεί αποτελεσματικά όλες σχεδόν τις κατηγορίες νοσοκομειακών αποβλήτων, παραμένει η αποτέφρωση. Μία διαδικασία δηλαδή που αποδεδειγμένα μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα στο περιβάλλον (εκπομπή διοξινών, φουρανίων κá), εάν δεν προβλεφθεί η κατάλληλη αντιρρυπαντική τεχνολογία. Σημειώνεται ότι η εγκατάσταση μίας τέτοιας τεχνολογίας επιφέρει σημαντικό κόστος, αφού μπορεί να αγγίζει το κόστος αγοράς του ίδιου του αποτεφρωτήρα. Επίσης, η τεχνολογία αντιρρύπανσης έχει αρκετά μεγάλες απαιτήσεις συντήρησης και παρακολούθησης (monitoring), προκειμένου για την ορθή λειτουργία του συστήματος και τον συνεχή έλεγχο των εκπομπών.

-Βασική προϋπόθεση για μία βιώσιμη διαχείριση αποτελεί ο σωστός διαχωρισμός των νοσοκομειακών αποβλήτων στη θέση παραγωγής τους, μια και αυτό αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα στην Ελλάδα (ενδονοσοκομειακή διαχείριση). Στην κατεύθυνση αυτή θα συμβάλει η σωστή εκπαίδευση του νοσηλευτικού προσωπικού, μέσα από ειδικά προγράμματα εκπαίδευσης.

-Στα πλαίσια της μείωσης της ποσότητας των παραγόμενων νοσοκομειακών αποβλήτων στην πηγή τους, εκτός από το σωστό διαχωρισμό, πρέπει να μελετάται κάθε δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης τους με τον περιορισμό της διάθεσης των προϊόντων μιας χρήσης στα νοσοκομεία. Επιπρόσθετα, η ανακύκλωση των μη επικίνδυνων νοσοκομειακών αποβλήτων, όπως τα μέταλλα, το χαρτί, τα πλαστικά, μπορούν να μειώσουν περαιτέρω το κόστος διαχείρισης των ΙΑ.

Όσον αφορά τον υδράργυρο, συμπεραίνονται τα εξής:

-Ο υδράργυρος είναι μια τοξική ουσία, η οποία χρήζει ιδιαίτερης αντιμετώπισης. Αυξημένες συγκεντρώσεις του, προκαλούν σοβαρά προβλήματα υγείας αλλά και πολύ σημαντικά προβλήματα στο περιβάλλον.

-Δεν υπάρχει σύστημα διαχείρισης του υδραργύρου σε καμία υγειονομική μονάδα της Ελλάδας. Όλες οι υγειονομικές μονάδες σε συνεργασία με τους αντίστοιχους φορείς(Υπουργείο Υγείας, αρμόδιες υπηρεσίες), πρέπει να θεσπίσουν ένα σύστημα διαχείρισης του υδραργύρου, σύμφωνα με τις ανάγκες και την δυναμικότητα της εκάστοτε υγειονομικής μονάδας.

-Όλες οι υγειονομικές μονάδες, τόσο σε εθνικό αλλά και τόσο σε διεθνές επίπεδο , πρέπει να αντικαταστήσουν όλα τα μηχανήματα, τα όργανα και τις ουσίες που περιέχουν αυξημένες συγκεντρώσεις υδραργύρου, με άλλες που περιέχουν μικρότερες ή και καθόλου υδράργυρο. Συγκεκριμένα τα θερμόμετρα και τα πιεσόμετρα μπορούν να αντικατασταθούν με άλλα που δεν περιέχουν καθόλου υδράργυρο. Το οδοντιατρικό αμάγαλμα και τα χημικά εργαστηρίων που είναι και μία από τις κυριότερες πηγές υδραργύρου, να αντικατασταθούν με άλλες ουσίες που δεν περιέχουν υδράργυρο. Πρέπει να τονίσουμε σε αυτό το σημείο ότι γίνονται προσπάθειες σε διεθνές επίπεδο, να ελαχιστοποιηθεί η χρήση του υδραργύρου.

-Πρέπει να θεσπιστεί ένα ενιαίο νομοθετικό πλαίσιο για την διαχείριση του υδραργύρου, διότι το πρόβλημα πρέπει να αντιμετωπιστεί συνολικά και όχι μεμονωμένα.

-Το σύστημα επεξεργασίας υδραργύρου της εκάστοτε υγειονομικής μονάδας, να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της(άρτια σχεδιασμένο), και να επεξεργάζεται τον υδράργυρο υπό την επίβλεψη εξειδικευμένου προσωπικού.

-Και οι δύο υγειονομικές μονάδες που εξετάστηκαν, παρουσιάζουν αυξημένες συγκεντρώσεις υδραργύρου, σε σχέση με το επιτρεπτό όριο διάθεσης του.Οι συγκεντρώσεις $Hg > 10\mu g/l$,δεν είναι σύμφωνες με την νομοθεσία και χρήζουν ιδιαίτερης αντιμετώπισης και έρευνας.

-Και στις δύο υγειονομικές μονάδες μελέτης, η επεξεργασία των αποβλήτων είναι ελλιπής. Δεν υπάρχει καμία επεξεργασία του υδραργύρου. Τα απόβλητα, οδηγούνται στο εκάστοτε αποχετευτικό δίκτυο και στην συνέχεια στην θάλασσα, με την ελάχιστη επεξεργασία. Αυτό έχει ως συνέπεια, να διογκώνεται και όχι να ελαττώνεται το τεράστιο πρόβλημα ρύπανσης των υδάτων.

Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα :

-Αναγκαίο κρίνεται να ερευνηθούν νέες τεχνολογίες, που θα έχουν τη δυνατότητα να επεξεργαστούν όλα τα είδη ΕΙΑ και θα είναι ταυτόχρονα περιβαλλοντικά και οικονομικά βιώσιμες

-Πολύ σημαντικό ακόμα, είναι να ερευνηθούν τεχνολογίες για την επεξεργασία του υδραργύρου εντός των υγειονομικών μονάδων, που θα ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις τους.

-Επίσης, αναγκαίο κρίνεται να ερευνηθεί η ανακύκλωση του υδραργύρου, με σκοπό την επαναχρησιμοποίηση του.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική βιβλιογραφία

- Γιδαράκος Ε, «Επικίνδυνα απόβλητα», Εκδόσεις Ζυγός, 2006
- Αραβώσης, Κ, «Σχεδιασμός και εφαρμογή σύγχρονων μεθόδων και τεχνολογιών για τη διαχείριση των μολυσματικών νοσοκομειακών αποβλήτων», Heleco'99, 3^{ος} τόμος, Θεσσαλονίκη, 1999
- Πανταζοπούλου, Α. & Σκορδίλης, Α. «Τα νοσοκομειακά απορρίμματα», Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Διεύθυνση Περιβάλλοντος, Τομέας Στερεών Αποβλήτων, Αθήνα, 1988
- Τσάκωνα, Μ. «Ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης και επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων του Γενικού Νοσοκομείου Χανίων», 2004
- Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος – ΕΣΥΕ (1999) «Θεραπευτήρια και κλίνες, κατά ειδικότητα και γεωγραφικό διαμέρισμα», Αθήνα, 1999
- Κ.Υ.Α 37591/2031/2003 (ΦΕΚ 1419 Β) «Μέτρα και όροι για την διαχείριση ιατρικών αποβλήτων από υγειονομικές μονάδες»
- Πρακτικά – Ημερίδα ΤΕΕ: «Νοσοκομειακά Απόβλητα: Κίνδυνος Για Την Δημόσια Υγεία & Το Περιβάλλον», Αθήνα, Φεβρουάριος 2005
- Ξηρογιαννοπούλου, Α. «Διαχείριση Στερεών Νοσοκομειακών Αποβλήτων», Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2000
- Γκέκας, Β., Φραντζεσκάκη, Ν., Κατσιβελα, Ε. «Τεχνολογίες Επεξεργασίας Τοξικών -Επικίνδυνων Αποβλήτων», Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, 2002
- Αναγνωστοπούλου Ε, Μεταπτυχιακή διατριβή «Τοξικότητα και επικινδυνότητα νοσοκομειακών αποβλήτων», Χανιά, 2004
- Υπουργείο Υγείας –Πρόνοιας, Γενική Διεύθυνση Ανάπτυξης Μονάδων Υγείας, «Ποσότητα παραγόμενων Ιατρικών Αποβλήτων ανά περιφέρεια», 2004
- Δημάκη Α., «Σύγχρονες μέθοδοι διαχείρισης νοσοκομειακών αποβλήτων», Μεταπτυχιακή εργασία, Ιωάννινα, 2006

Διεθνής βιβλιογραφία

- Cole et all,1993
- Gluszynski, P., «Medical Waste Treatment Technologies», Poland,2001
- Pruss, E. Giroult, P. Rushbrook, Word Health Organization, «*Safe management of wastes of health-care activities*», Geneva 1999,
- World Health Organization (WHO), “*Safe health-care waste management: Policy parer*”, Geneva, 2004
- MASCO-Mercury Work Group Technology Identification Subgroup Report
- SolmeteX-Application report, Mercury removal from medical waste
- Calgon-carbon corporation, Cyclesorb FP2
- Health Care Without Harm, 2001
- JCAHO Environment of Care Standars,2005
- Environmental Protection Agency, «Mercury Minimization for Laboratories»,2006
- World Resource Foundation,1999
- Commission of the European Communities, «hazardous waste»,1993
- U.S.EPA,«Solidification-stabilization and its application to waste materials»,EPA 530/R-93/012,1993
- Pruss et all,«Medical Waste Technologies»,1999

Διαδικτυακές πηγές

- www.who.int
- www.solmete-x.com
- www.calgon-carbon corporation.com
- www.masco.com
- www.eedsa.gr
- www.depanom.gr