



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.)
"ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ"**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**«Διαχείριση Αποβλήτων στην Αεροπορική
Βιομηχανία. Μελέτη Περίπτωσης στο Κρατικό
Εργοστάσιο Αεροσκαφών (ΚΕΑ)»**

**Ιωάννης Μάγειρας
Μηχανικός Αεροσκαφών**

**Περιβάλλον και
Ανάπτυξη**

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2012

**Επιβλέπων: Χρ. Κορωναίος
Επισκέπτης Καθηγητής ΕΜΠ**

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ



**ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
(Δ.Π.Μ.Σ.) «ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**«Διαχείριση Αποβλήτων στην Αεροπορική Βιομηχανία. Μελέτη
Περίπτωσης στο Κρατικό Εργοστάσιο Αεροσκαφών (ΚΕΑ)»**

Ιωάννης Μάγειρας

Μηχανικός Αεροσκαφών Σχ. Ικάρων (1996)

Η παρούσα διπλωματική εξετάστηκε επιτυχώς.

Η τριμελής επιτροπή

.....
Χριστοφής Κορωναίος
Επισκέπτης Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Καλιαμπάκος Δημήτριος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Λοϊζίδου Μαρία
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2012

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη	1
Abstract	3
Εισαγωγή.....	5
1ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ	
Η ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΚΑΙ ΤΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΤΗΣ	11
1.1 Η Αεροπορική Βιομηχανία. Σχεδίαση-Κατασκευή και Συντήρηση-Υποστήριξη	11
1.2 Συντήρηση-Υποστήριξη. Οι τρεις βαθμοί συντήρησης	12
1.2.1 Πρώτος Βαθμός Συντήρησης ή Οργανική Συντήρηση (ORGANIZATIONAL LEVEL).....	13
1.2.2 Δεύτερος Βαθμός Συντήρησης ή Συντήρηση Βάσης (INTERMEDIATE LEVEL).....	13
1.2.3 Τρίτος Βαθμός Συντήρησης ή Εργοστασιακή Συντήρηση (DEPOT LEVEL) 14	
1.3 Παραγώμενα απόβλητα από τις εργασίες συντήρησης-υποστήριξης αεροσκαφών	14
1.4 Κάουσιμα.....	15
1.4.1 Προέλευση-Χαρακτηριστικά	15
1.4.2 Επίδραση στο περιβάλλον	16
1.5 Ελαιολιπαντικά και υδραυλικά υγρά	17
1.5.1 Προέλευση-Χαρακτηριστικά	17

1.5.2	Επίδραση στο περιβάλλον	18
1.6	Απόβλητα χημικού καθαρισμού.....	19
1.6.1	Προέλευση-Χαρακτηριστικά.....	19
1.6.2	Επίδραση στο περιβάλλον.....	20
1.7	Απόβλητα μη καταστροφικών ελέγχων (NDI).....	23
1.7.1	Προέλευση - Χαρακτηριστικά.....	23
1.7.2	Επίδραση στο περιβάλλον.....	25
1.8	Απόβλητα επιμεταλλώσεων	26
1.8.1	Προέλευση-Χαρακτηριστικά.....	26
1.8.2	Επίδραση στο περιβάλλον.....	27
1.9	Απόβλητα χρωστικών (αντιδιαβρωτικής προστασίας Α/Φ)	29
1.9.1	Προέλευση - Χαρακτηριστικά.....	29
1.9.2	Επίδραση στο περιβάλλον.....	32
1.10	Μπαταρίες.....	33
1.11	Αποπαγωτικά.....	33
1.11.1	Προέλευση - Χαρακτηριστικά.....	33
1.11.2	Επίδραση στο περιβάλλον.....	34
1.12	Πλυντήρια αεροσκαφών και εξωτερικό πλύσιμο των κινητήρων και του εξοπλισμού.....	35
1.12.1	Προέλευση - Χαρακτηριστικά.....	35
1.12.2	Επίδραση στο περιβάλλον.....	36

2ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΙΩΣΗΣ & ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΣΤΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΤΗΣ ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ 39

2.1 Ταξινόμηση αποβλήτων. Επικίνδυνα απόβλητα 39

2.2 Στρατηγικές διαχείρισης των βιομηχανικών αποβλήτων 40

2.2.1 Μείωση στην πηγή..... 41

2.2.2 Ανάκτηση, επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση..... 42

2.2.3 Επεξεργασία 43

2.3 Δυνατότητες μείωσης και ανακύκλωσης των αεροπορικών αποβλήτων..... 43

2.3.1 Δυνατότητες μείωσης και ανακύκλωσης - Αεροπορικά υγρά (καύσιμα, λάδια και υδραυλικά)..... 44

2.3.2 Δυνατότητες μείωσης - Απόβλητα καθαρισμού (διαλύτες, καθαριστικά) 45

2.3.3 Δυνατότητες μείωσης - Απόβλητα εφαρμογής μεθόδων μη καταστροφικού ελέγχου (Non Destructive Inspection-NDI) 46

2.3.4 Δυνατότητες μείωσης - Απόβλητα από τις επιμεταλλώσεις 47

2.3.5 Δυνατότητες μείωσης - Απόβλητα χρωστηρίων (αντιδιαβρωτικής προστασίας Α/Φ) 49

2.3.6 Δυνατότητες μείωσης - Υγρά από Μπαταρίες..... 51

2.3.7 Δυνατότητες μείωσης - Χημικά Αποπαγωτικά Α/Φ 51

2.3.8 Δυνατότητες μείωσης - Απόβλητα από πλυντήρια αεροσκαφών και εξωτερικό πλύσιμο των κινητήρων και του εξοπλισμού 52

3ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ..

.....	53
3.1 Σημαντικότερες κατηγορίες αεροπορικών αποβλήτων που επιδέχονται επεξεργασία	53
3.1.1 Κυανιούχα απόβλητα.....	53
3.1.2 Ενώσεις χρωμίου και τοξικά μέταλλα	54
3.1.3 Οξέα και αλκάλια.....	54
3.1.4 Οργανικοί διαλύτες, φαινόλες και διεισδυτικά	54
3.1.5 Έλαια, λίπη και απορρυπαντικά.....	54
3.1.6 Γλυκόλες	55
3.2 Μέθοδοι επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων	55
3.2.1 Φυσικές μέθοδοι	55
3.2.2 Χημικές μέθοδοι	61
3.2.3 Διεργασίες μεμβράνης	69
3.2.4 Βιολογικές μέθοδοι.....	71
3.2.5 Τριτοβάθμιες τεχνολογίες επεξεργασίας	81
3.3 Ξήρανση και διάθεση της παραγόμενης ιλύος.....	84
3.4 Εγκαταστάσεις και συστήματα επεξεργασίας αποβλήτων αεροπορικής βιομηχανίας.....	84
3.4.1 Επεξεργασία ειδικών αποβλήτων - Χρώμιο και βαρέα μέταλλα	85
3.4.2 Επεξεργασία ειδικών αποβλήτων - Απόβλητα με συγκεντρωμένες Φαινόλες	88

3.4.3	Επεξεργασία ειδικών αποβλήτων - Κυανιούχα απόβλητα	91
3.4.4	Επεξεργασία ειδικών αποβλήτων - Απόβλητα πλυντηρίων	93
3.4.5	Επεξεργασία ειδικών αποβλήτων-Απόβλητα μεθόδου δισειδυτικών υγρών	95

4ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ – ΚΡΑΤΙΚΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ (ΚΕΑ) – ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΜΕΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ.....

103	103	
4.1	Περιοχή Μελέτης	103
4.2	Ιστορία, Αποστολή και Έργο του ΚΕΑ.....	103
4.3	Ανάλυση αποβλήτων από τις δραστηριότητες του ΚΕΑ.....	107
4.3.1	Τρόπος εργασίας – Παραδοχές	108
4.3.2	Στάδια γενικής επισκευής.....	109
4.3.3	Παραγωγή αποβλήτων ανά στάδιο γενικής επισκευής	110
4.4	Συνολικά παραγόμενα απόβλητα κατ'έτος	121

5ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ & ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΕΑ. ΕΞΕΤΑΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ

127	127	
5.1	Απόβλητα από την Προετοιμασία.....	127
5.1.1	Παρούσα διαχείριση.....	127
5.1.2	Εναλλακτική μέθοδος επεξεργασίας – Δέσμευση, διαχωρισμός	127
5.2	Απόβλητα από Καθαρισμό - Απόχρωση.....	130
5.2.1	Παρούσα διαχείριση.....	131
5.2.2	Εναλλακτική μέθοδος επεξεργασίας	131

5.3	Απόβλητα από την Αποσυναρμολόγηση.....	138
5.3.1	Παρούσα διαχείριση. Η διάταξη Εξουδετέρωσης-Καταβύθισης του ΚΕΑ	140
5.3.2	Εναλλακτική μέθοδος επεξεργασίας	143
5.4	Απόβλητα από την Επιθεώρηση	148
5.4.1	Παρούσα επεξεργασία	148
5.4.2	Προτεινόμενες μέθοδοι επεξεργασίας.....	148
5.5	Απόβλητα από τη Χρώση.....	152
5.5.1	Παρούσα επεξεργασία	152
5.5.2	Προτεινόμενες μέθοδοι επεξεργασίας.....	152
5.6	Απόβλητα από τους Λειτουργικούς Ελέγχους	155
5.6.1	Παρούσα επεξεργασία	155
5.6.2	Προτεινόμενες μέθοδοι επεξεργασίας.....	156
5.7	Παρούσα διαχείριση αποβλήτων ΚΕΑ - Περιβαλλοντικές επιπτώσεις 156	
5.8	Προτεινόμενη διαχείριση αποβλήτων ΚΕΑ - Περιβαλλοντικές επιπτώσεις	159
	Συμπεράσματα	163
	Βιβλιογραφία	169
	Παραρτήματα	175
	Παράρτημα 1 «Τεχνικό Δελτίο – Καθαριστικό EUROCHEM CR-2001»	175
	Παράρτημα 2 «Τεχνικό Δελτίο – Απολιπαντικό PD-680»	176

Παράρτημα 3 «Τεχνικό Δελτίο – Αποχρωστικό MIL-R-81294C (EUROCHEM PR-2025)».....	177
Παράρτημα 4 «Τεχνικό Δελτίο – Αποχρωστικό MIL-R-83396 (EUROCHEM S-2055)»	178
Παράρτημα 5 «Τεχνικό Δελτίο – Αποχρωστικό SAE AMS 1375B (EUROCHEM K-2030)»	179
Παράρτημα 6 «Τεχνικό Δελτίο (PRODUCT DATA SHEET) – Διεισδυτικό MAGNAFLUX ZL-27A»	180
Παράρτημα 7 «Δελτίο Ασφαλείας (MATERIAL DATA SAFETY SHEET-MSDS) – Διεισδυτικό MAGNAFLUX ZL-27A»	181
Παράρτημα 8 «Τεχνικό Δελτίο (PRODUCT DATA SHEET)– Γαλακτωματοποιητής (EMULSIFIER) MAGNAFLUX ZE-4B»	183
Παράρτημα 9 «Δελτίο Ασφαλείας (MATERIAL DATA SAFETY SHEET)-MSDS – Γαλακτωματοποιητής (EMULSIFIER) MAGNAFLUX ZE-4B»	185
Παράρτημα 10 «Τεχνικό Δελτίο – Βαφή (ALODINE) MIL-C-81706 (EUROCHEM KEMCOT)».....	187
Παράρτημα 11 «Δελτίο Ασφαλείας–Βαφή (PRIMER) MIL-PRF-23377».....	189
Παράρτημα 12 «Δελτίο Ασφαλείας – Βαφή (TOPCOAT) MIL-PRF-85285»	195

Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 1-1: Επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις διαλυτών σε ύδατα	21
Πίνακας 3-1: Σύγκριση συστημάτων επεξεργασίας απόνερων μεθόδου NDI με δεισδυτικά υγρά.....	96
Πίνακας 4-1: Χαρακτηριστικά και σύσταση απόνερων απόχρωσης.....	113
Πίνακας 4-2: Σύσταση αποβλήτων μεθόδου δεισδυτικών υγρών: Μονάδα US Naval Air Station, Jacksonville, Florida. Προδιαγραφές MAGNAFLUX ZL-37 και ZR-10B	118
Πίνακας 4-3: Παραγόμενα απόβλητα κατ'έτος και στάδιο γενικής επισκευής	123
Πίνακας 5-1: Επεξεργασία φαινολικών αποβλήτων απόχρωσης – Σύγκριση μεθόδων οξείδωσης και προσρόφησης με ενεργό άνθρακα	134
Πίνακας 5-2: Σύγκριση προτεινόμενων συστημάτων επεξεργασίας απόνερων μεθόδου NDI με δεισδυτικά υγρά.....	149
Πίνακας 5-3: Κόστος και περίοδος αποπληρωμής προτεινόμενων συστημάτων επεξεργασίας απόνερων μεθόδου NDI με δεισδυτικά υγρά ...	151
Πίνακας 5-4: Ετήσιο Ανηγγμένο Κόστος μεθόδων επεξεργασίας αέριων εκπομπών υδρογονανθράκων (VOCs).....	155

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1-1: Η μέθοδος διεισδυτικών υγρών (LPI).....	24
Εικόνα 1-2: Απόχρωση αεροσκάφους με εφαρμογή χημικών αποχρωστικών (chemical stripping).....	31
Εικόνα 1-3: Αποπάγωση αεροσκάφους.....	34
Εικόνα 2-1: Επιμετάλλωση - Έκπλυση σε αντιρροή	48
Εικόνα 3-1: Πρωτοβάθμια ή μηχανική επεξεργασία (Πηγή: Νταράκας, 2010)	56
Εικόνα 3-2: Δεξαμενές Εξισορρόπησης	57
Εικόνα 3-3: Εξουδετέρωση - Συνεχής μέθοδος.....	62
Εικόνα 3-4: Εξουδετέρωση – Μέθοδος κατά παρτίδες.....	63
Εικόνα 3-5: Ο μηχανισμός της κροκίδωσης	65
Εικόνα 3-6: Συσσωμάτωση-Καθίζηση	65
Εικόνα 3-7: Θεωρητική διαλυτότητα μετάλλων ανάλογα με τη συγκέντρωση και το pH – Νικέλιο, Κάδμιο, Χρώμιο.....	68
Εικόνα 3-8: Διάταξη αντίστροφης όσμωσης.....	70
Εικόνα 3-9: Η μέθοδος ενεργού ιλύος.....	73
Εικόνα 3-10: Αντιδραστήρας διαλείποντος έργου	77
Εικόνα 3-11: Υπόγειος τεχνητός υδροβιότοπος	79
Εικόνα 3-12: Τεχνητοί υδροβιότοποι: (α) επιφανειακής ροής (β) υπόγειας οριζόντιας και (γ) υπόγειας κατακόρυφης ροής.....	80
Εικόνα 3-13: Ανάκτηση χρωμικού οξέος.....	85
Εικόνα 3-14: Χημική επεξεργασία αποβλήτων χρωμίου (Πηγή: “Hexavalent chromium waste treatment”	87

Εικόνα 3-15: Χημική οξείδωση των φαινολών	90
Εικόνα 3-16: Επεξεργασία Κυανιούχων.....	92
Εικόνα 3-17: Σύστημα επεξεργασίας με επίπλευση και αέρα υπό πίεση	94
Εικόνα 3-18: Επεξεργασία απόνερων μεθόδου διεισδυτικών υγρών-Μέθοδος ενεργού άνθρακα	97
Εικόνα 3-19: Επεξεργασία απόνερων μεθόδου διεισδυτικών υγρών-διαχωρισμός	98
Εικόνα 3-20: Επεξεργασία απόνερων μεθόδου διεισδυτικών υγρών-Διήθηση με μεμβράνες	99
Εικόνα 3-21: Επεξεργασία απόνερων μεθόδου διεισδυτικών υγρών-Οξείδωση με όζον	100
Εικόνα 4-1: Η περιοχή μελέτης	103
Εικόνα 4-2: Ο θυρεός του ΚΕΑ με το ρητό του Ευριπίδη "Μοχθείν ανάγκη ευτυχείν"	104
Εικόνα 4-3: Το πρωτότυπο, ελληνικής σχεδίασης και ανάπτυξης ΚΕΑ αεροσκάφος «ΧΕΛΙΔΩΝ»	105
Εικόνα 4-4: Ελικόπτερα και αεροσκάφη που επιθεωρούνται και επισκευάζονται σήμερα από το ΚΕΑ.....	106
Εικόνα 4-5: Στάδια γενικής επισκευής ενός αεροπορικού μέσου	110
Εικόνα 4-6: Παραγόμενα απόβλητα κατ'έτος και στάδιο γενικής επισκευής.	122
Εικόνα 5-1: Διαχωριστής ελαίου-νερού για πλυντήρια αεροσκαφών.....	128
Εικόνα 5-2: Κόστος προμήθειας και εγκατάστασης συστημάτων βιολογικών φίλτρων και ενεργού ιλύος	136

Εικόνα 5-3: Ροές αποβλήτων από την αποσυναρμολόγηση (επιμεταλλώσεις)..	138
Εικόνα 5-4: Το συνεργείο Επιμεταλλώσεων του ΚΕΑ.....	139
Εικόνα 5-5: Η διάταξη Εξουδετέρωσης-Καταβύθισης του ΚΕΑ.....	141
Εικόνα 5-6: Η δεξαμενή του διαλύματος επιχρωμίωσης	142
Εικόνα 5-7: Τα κυριότερα τμήματα ενός συστήματος πλυντρίδας.....	146
Εικόνα 5-8: Παρούσα διαχείριση αποβλήτων ΚΕΑ	157
Εικόνα 5-9: Προτεινόμενο σύστημα διαχείρισης αποβλήτων ΚΕΑ.....	161

Περίληψη

Αντικείμενο εστίασης της παρούσας εργασίας είναι τα περιβαλλοντικά ζητήματα που δημιουργεί ένας ειδικότερος τομέας των αεροπορικών μεταφορών, αυτός της συντήρησης και εξυπηρέτησης των αεροσκαφών στο έδαφος. Η εργασία έχει ως στόχο την καταγραφή των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τις εργασίες συντήρησης και εξυπηρέτησης των αεροσκαφών, κυρίως όσον αφορά τα απόβλητα που παράγουν οι εργασίες αυτές, την αναφορά στις μεθόδους μείωσης, ανακύκλωσης και επεξεργασίας των παραπάνω αποβλήτων και τη μελέτη της περίπτωσης του Κρατικού Εργοστασίου Αεροσκαφών, φορέα εργοστασιακής συντήρησης αεροσκαφών, των περιβαλλοντικών του επιπτώσεων και δυνατοτήτων μείωσης τους με επανεξέταση των διαδικασιών μείωσης και επεξεργασίας των αποβλήτων που παράγει.

Στο πρώτο κεφάλαιο αναλύονται οι δραστηριότητες της αεροπορικής βιομηχανίας, όσον αφορά τις εργασίες συντήρησης και υποστήριξης των αεροσκαφών. Αναλύονται οι εργασίες που έχουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις, τα απόβλητα που παράγουν και η επίδραση τους στο περιβάλλον.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται ανασκόπηση των μεθόδων μείωσης και ανακύκλωσης αποβλήτων που έχουν εφαρμογή στην αεροπορική βιομηχανία. Παρατίθενται συγκεκριμένες στρατηγικές και δράσεις ανά πεδίο και είδος δραστηριότητας, εστιασμένες στη φύση της εργασίας και στο μηχανισμό παραγωγής αποβλήτων από αυτή.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται ανασκόπηση των μεθόδων και των συστημάτων επεξεργασίας αεροπορικών αποβλήτων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύεται η περίπτωση του Κρατικού Εργοστασίου Αεροσκαφών (ΚΕΑ), οι δραστηριότητες του όσον αφορά τη συντήρηση αεροπορικών μέσων και γίνεται καταγραφή του είδους και του όγκου των ρευμάτων αποβλήτων που παράγει από τις εργασίες αυτές, υγρών, αέριων και στερεών.

Στο πέμπτο κεφάλαιο καταγράφεται η παρούσα διαχείριση ανά ρεύμα αποβλήτου και συνολικά σαν σύστημα, και διαπιστώνονται τα θετικά σημεία και οι αδυναμίες του. Επίσης αξιολογούνται τεχνικοοικονομικά και περιβαλλοντικά εναλλακτικές προτάσεις διαχείρισης, με την εφαρμογή μεθόδων ανακύκλωσης και επεξεργασίας σε κάθε ρεύμα αποβλήτων. Από τις προτάσεις αυτές σχηματίζεται πρόταση εναλλακτικού συστήματος διαχείρισης που φαίνεται να παρουσιάζει περιβαλλοντική και οικονομική ωφέλεια καθώς μειώνει τον όγκο των αποβλήτων προς αποκομιδή και το σχετικό κόστος κατά 92,5%, ενώ ταυτόχρονα μειώνει άμεσα τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του εργοστασίου.

Abstract

This thesis focuses on the environmental issues that arise from a specific sector of air transport industry, the sector of aircraft maintenance and support on ground. It aims to refer to the environmental consequences of aircraft maintenance in terms of waste, and strategies and methods for the reduction, recovery and treatment of this waste. Also it studies the case of the Hellenic Air force Aircraft Depot (in greek *KEA*), a military aircraft depot maintenance industry, its environmental impact and the reduction of it by tracking the industry's waste streams and reviewing its waste management system.

In the first chapter, the aircraft maintenance industry is briefly overviewed in terms of specific actions and jobs of aircraft maintenance that create waste and their environmental concern.

The second chapter refers to reduction and recovery strategies for aircraft maintenance waste, focused on specific maintenance jobs and the way that create waste.

The third chapter reviews the treatment methods and systems for the aircraft maintenance waste.

The fourth chapter deals with the case of KEA industry and its depot maintenance work profile. The type and volume of waste created from this work, liquid (wastewater) solid and air waste is reported.

In the final fifth chapter the KEA waste management for each stream and as a system is reviewed. Options for better waste management are examined technically and in terms of financial and environmental cost. These options form an alternative waste management system that seems to have environmental and financial benefits by reducing the wastewater volume that currently is collected for external treatment under cost while the environmental consequences of the industry are immediately reduced.

Εισαγωγή

Η σύγχρονη οικονομική και παραγωγική δραστηριότητα, στο πλαίσιο της παγκοσμιοποίησης, δημιουργεί απαιτήσεις για μείωση των γεωγραφικών και χρονικών αποστάσεων, απαιτήσεις τις οποίες κυρίως το αεροπλάνο, ως μεταφορικό μέσο ανθρώπων και αγαθών, μπορεί και καλείται να καλύψει. Η έντονη χρήση και η συνεχιζόμενη ανάπτυξη των αεροπορικών μεταφορών όμως, σε μια εποχή περιβαλλοντικής υποβάθμισης και αντίστοιχης κοινωνικής αφύπνισης και ανησυχίας, συνοδεύεται από εντεινόμενο προβληματισμό αναφορικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του αεροπορικού μέσου.

Οι αεροπορικές μεταφορές έχουν σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον που συνίστανται κυρίως στο θόρυβο, την κατανάλωση ενέργειας, εκπομπές βλαβερών αερίων στην ατμόσφαιρα, μεγάλο όγκο αποβλήτων και σημαντική ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα και του εδάφους. Οι Pitt και Smith (2003) στη μελέτη τους για την περιβαλλοντική απόδοση των βρετανικών αεροδρομίων, διαπιστώνουν ότι αυτά έχουν σημαντικά επιζήμια επίδραση στο περιβάλλον, αναφέροντας χαρακτηριστικά ότι ένα αεροδρόμιο παράγει απόβλητα ισοδύναμα με μια μικρή πόλη.

Ένας ειδικότερος τομέας των αεροπορικών μεταφορών που δημιουργεί περιβαλλοντικά ζητήματα είναι αυτός της συντήρησης και εξυπηρέτησης των αεροσκαφών στο έδαφος. Ο τομέας αυτός αποτελεί και το αντικείμενο εστίασης της παρούσας εργασίας, που έχει τους ακόλουθους στόχους:

- Την καταγραφή των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τις εργασίες συντήρησης και εξυπηρέτησης των αεροσκαφών, κυρίως όσον αφορά τα απόβλητα που παράγουν οι εργασίες αυτές,
- Την αναφορά στις μεθόδους μείωσης, ανακύκλωσης και επεξεργασίας των παραπάνω αποβλήτων και
- Τη μελέτη της περίπτωσης του Κρατικού Εργοστασίου Αεροσκαφών, φορέα εργοστασιακής συντήρησης αεροσκαφών, των περιβαλλοντικών του επιπτώσεων και δυνατοτήτων μείωσης τους με επανεξέταση των διαδικασιών μείωσης και επεξεργασίας των αποβλήτων που παράγει.

Σε συναφή με το δεύτερο στόχο της παρούσας εργασίας άξονα κινείται συμβουλευτική εγκύκλιος της υπηρεσίας πολιτικής αεροπορίας των ΗΠΑ (FAA, 2008), η οποία παρέχει βασικές πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά, τη διαχείριση και τους κανονισμούς που αφορούν τα υγρά βιομηχανικά απόβλητα των αεροδρομίων. Η εγκύκλιος διαπιστώνει ότι ένα αεροδρόμιο, αν και δεν είναι αυστηρά «βιομηχανικό» συγκρότημα, παράγει βιομηχανικά απόβλητα που είναι κατά κανόνα δυσκολότερα στη διαχείριση από τα αστικά και αποτελούν σημαντικό κίνδυνο για την ποιότητα νερού και εδάφους.

Οι Sierra et al. (1981), στη μελέτη τους για τα απόβλητα στο διεθνές αεροδρόμιο του Μαϊάμι και την επίδραση τους στην ποιότητα του νερού, εστίασαν επίσης στα απόβλητα από τις εργασίες επί των αεροσκαφών. Διαπίστωσαν ότι η εξυπηρέτηση, συντήρηση, επισκευή και το πλύσιμο των αεροσκαφών αποτελούν τις πλέον σημαντικές από ποσότητα και επικινδυνότητα πηγές υγρών αποβλήτων σε ένα αεροδρόμιο, προκαλώντας τη διασπορά ουσιών όπως οξέα, αλκαλικά, απορρυπαντικά, έλαια και λιπαντικά, γλυκόλες και φαινόλες. Εκτιμούν ότι όλα σχεδόν τα απόβλητα αυτά επιδέχονται επεξεργασίας, αλλά και μείωσης μέσω πολιτικών και μεθόδων «νοικοκυροσύνης» (housekeeping).

Το υπουργείο περιβάλλοντος του Ηνωμένου Βασιλείου (UK Department of Environment, 1995), στα πλαίσια των μελετών του για την επιμόλυνση και την αποκατάσταση εδαφών από βιομηχανίες διάφορων κλάδων, εξέδωσε εγκύκλιο για τα αεροδρόμια αναγνωρίζοντας τα ως διακριτή βιομηχανική κατηγορία. Στην εγκύκλιο αυτή αναλύονται απόβλητα από εργασίες εξυπηρέτησης των αεροσκαφών, όπως η πλήρωση με καύσιμο, η αποπάγωση, η πυρόσβεση, καθώς και από τα συνεργεία επισκευών και συντήρησης και καταγράφονται αναλυτικά οι επικίνδυνες χημικές ουσίες και ενώσεις τους, εστιάζοντας στην αποκατάσταση των εδαφών.

Ο Hui Pak Kai (1999) επίσης, μελέτησε τους τύπους αποβλήτων που παράγουν οι εργασίες συντήρησης της εταιρείας "HAECO", της μεγαλύτερης αεροπορικής βιομηχανίας του Χονγκ Κόνγκ, με αντικείμενο την εργοστασιακή συντήρηση αεροσκαφών. Ανέλυσε τις μεθόδους της διαχείρισης αποβλήτων

της εταιρείας και τις δυνατότητες βελτίωσης τους, εστιάζοντας κυρίως στο αντικείμενο της μείωσης.

Ειδικότεροι και πλέον κρίσιμοι τομείς εργασιών της συντήρησης και εξυπηρέτησης των αεροσκαφών, που δημιουργούν επικίνδυνα και τοξικά απόβλητα, προσομοιάζοντας σε αντίστοιχου έργου βιομηχανικές εγκαταστάσεις είναι αυτοί των επιμεταλλώσεων, των πλυντηρίων και συνεργείων καθαρισμού αεροσκαφών και εξοπλισμού, των μη καταστροφικών ελέγχων και των χρωστηρίων. Στους τομείς αυτούς εστιάζονται κυρίως οι προσπάθειες και έρευνες δυνατοτήτων μείωσης και επεξεργασίας των αποβλήτων από αεροπορικές βιομηχανίες. Ακολούθως γίνεται αναφορά στη σχετική με τους παραπάνω ειδικότερους τομείς και αντικείμενα βιβλιογραφία, που συνάδει και βοήθησε το σκοπό της παρούσας εργασίας για επεμβάσεις σε επιμέρους κρίσιμους περιβαλλοντικά τομείς εργασιών του ΚΕΑ.

Για τις Επιμεταλλώσεις:

Οι Morgan και Lee (1997) μελέτησαν στατιστικά, τεχνικά και οικονομικά την εφαρμογή συμβατικών και καινοτόμων τεχνολογιών πρόληψης και ανάκτησης στα επιμεταλλωτήρια της Νότιας Καλιφόρνιας των ΗΠΑ, διαπιστώνοντας σημαντικά περιθώρια εφαρμογής τεχνολογιών ανάκτησης με οικονομικό όφελος.

Οι Ayres et al (1994) μελέτησαν μεθόδους και συνέγραψαν εγχειρίδιο για την αφαίρεση των βαρέων μετάλλων από απόβλητα επιμεταλλώσεων, εστιάζοντας κυρίως στη συμβατική χημική μέθοδο της καταβύθισης υδροξειδίων.

Οι Gavascar et al (1994), εφάρμοσαν πειραματικά τη μέθοδο της ιοντοεναλλαγής σε απόβλητα επιμεταλλωτηρίου, και συγκεκριμένα σε απόνερα από τις εκπλύσεις της επιχρωμίωσης και της επικαδμίωσης. Η μελέτη τους κατέδειξε ότι τα επεξεργασμένα απόνερα ήταν κατάλληλα όχι μόνο για απόρριψη στο περιβάλλον αλλά και επαναχρησιμοποίηση (μηδενικά απόνερα), το κάδμιο που ανακτήθηκε ήταν κατάλληλο για επανατοποθέτηση στο διάλυμα της επικαδμίωσης, ενώ το χρώμιο, αν και ανακτήθηκε, δεν μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στο διάλυμα της επιχρωμίωσης.

Στην ιοντοεναλλαγή εστίασε και η μελέτη των Tenorio και Espinosa (2001), και συγκεκριμένα σε απόνερα επιχρωμίωσης, επιτυγχάνοντας καθαρισμό τους και ανάκτηση του χρωμίου. Επίσης οι Sapari et al. (1996) εφάρμοσαν την ιοντοεναλλαγή σε ανάμικτα απόνερα διαφόρων μεθόδων επιμεταλλώσεων, που περιείχαν χρώμιο, ψευδάργυρο και κυανιούχα με ικανοποιητικά αποτελέσματα. Όσον αφορά τέλος τις αέριες εκπομπές της επιχρωμίωσης, οι Power και Schott (1992) μελέτησαν συγκριτικά την καταλληλότητα και την απόδοση των διάφορων τύπων υγρών πλυντρίδων για τη δέσμευση τους.

Για τα Πλυντήρια αεροσκαφών:

Το υπουργείο αεροπορίας των ΗΠΑ (US Department of the Air Force, 1999) εξέδωσε τεχνική οδηγία που παρέχει ποιοτικά, τεχνικά και οικονομικά κριτήρια για την επεξεργασία και τη διάθεση των απόνερων από τα πλυντήρια αεροσκαφών και των κινητήρων τους, προτείνοντας την εφαρμογή προεπεξεργασίας με τη μέθοδο του διαχωρισμού, εφόσον επιβεβαιωθεί ότι τα απόνερα είναι εκτός ορίων και το κόστος επεξεργασίας είναι συγκρίσιμο με το κόστος προώθησης τους σε ΜΕΛ ή εξωτερικό φορέα αποβλήτων.

Για τους μη καταστροφικούς ελέγχους:

Οι Hessinger και White (1998) κατέγραψαν και συνέκριναν τις διαθέσιμες μεθόδους και συστήματα επεξεργασίας των απόνερων μη καταστροφικών ελέγχων με διεισδυτικά υγρά, αναλύοντας πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Οι μέθοδοι που ανέλυσαν ήταν οι διαχωριστές ελαίου, ο ενεργός άνθρακας, η διήθηση και η οξειδωση με όζον. Το ίδιο έκανε και ο Walker (2008), συγκρίνοντας επίσης τις ίδιες μεθόδους. Και οι δύο μελέτες κατέληξαν ότι κάθε μέθοδος έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, και τα απόνερα μετά την επεξεργασία δεν είναι πάντα κατάλληλα για απόρριψη στο περιβάλλον.

Οι Lessmann et al. (2006) επίσης, συνέκριναν οικονομικά τις δυνατότητες διαχείρισης των απόνερων μη καταστροφικών ελέγχων με διεισδυτικά υγρά. Εξέτασαν συγκριτικά την επεξεργασία με ενεργό άνθρακα και μικροδιήθηση, σε σχέση με την προώθηση σε μονάδες επεξεργασίας λυμάτων υπό κόστος,

και η οικονομική τους ανάλυση κατέληξε ότι η προώθηση σε ΜΕΛ, εφόσον τα λύματα είναι αποδεκτά από αυτή, είναι οικονομικότερη.

Ο Pankratz (1994) ανέλυσε τον τρόπο λειτουργίας, τις εφαρμογές και το κόστος των εξατμιστών (evaporators) για την επεξεργασία υγρών βιομηχανικών αποβλήτων και ειδικά των απόνερων (απόβλητων έκπλυσης με μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό).

Οι Namboodri et al. (1994) συνέκριναν, ως προς τα αποτελέσματα κυρίως και δευτερευόντως το κόστος, τις μεθόδους του όζοντος και του συνδυασμού UV/H₂O₂ για τη χημική οξειδωση απόβλητων με βαφές. Τις ίδιες μεθόδους συνέκριναν και οι El-Dein et al. (2006), εστιάζοντας όμως στην ανάλυση κόστους.

Οι Lin et al. (2008) δοκίμασαν τη χημική οξειδωση με αντιδραστήριο Fenton σε απόνερα μη καταστροφικών ελέγχων με διεισδυτικά υγρά, διαπιστώνοντας ότι μπόρεσαν να μειώσουν το COD από 10000-20000 σε 300, μείωση που όμως δεν ήταν επαρκής για την απόρριψη στο περιβάλλον.

Για τα απόβλητα χρώσης και απόχρωσης αεροσκαφών:

Ο Kroop (1973) συνέκρινε τεχνικά και οικονομικά τρεις μεθόδους επεξεργασίας για τα φαινολικά απόβλητα, τη χημική οξειδωση με όζον, την οξειδωση με διάλυμα υπερμαγγανικού καλίου (KMnO₄) και την προσρόφηση με ενεργό άνθρακα. Η έρευνα του κατέδειξε ότι η μέθοδος του ενεργού άνθρακα έχει τα καλύτερα αποτελέσματα, ενώ ταυτόχρονα είναι και η πιο οικονομική, η οξειδωση με όζον επίσης είχε ικανοποιητικά αποτελέσματα, ενώ αντίθετα η οξειδωση με υπερμαγγανικό κάλιο αποδείχτηκε αναποτελεσματική.

Οι Arquiaga et al. (1995) διαπιστώνουν ότι η ναυτική αεροπορία των ΗΠΑ παράγει 300 εκατομμύρια γαλόνια φαινολικών αποβλήτων απόχρωσης που απαιτούν προεπεξεργασία. Δοκίμασαν τις μεθόδους ενεργού ιλύος και βιολογικών δίσκων και διαπιστώνουν ότι και οι δύο μέθοδοι έχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα, εφόσον τα απόβλητα αυτά αραιωθούν σε αναλογία 1:1 με αστικά απόβλητα.

Οι Barnes et al. (1981) δοκίμασαν τη χημική οξείδωση φαινολικών αποβλήτων από απόχρωση αεροσκαφών με αντιδραστήριο Fenton (συνδυασμό H_2O_2 με ιόντα δισθενούς σιδήρου), διαπιστώνοντας ότι η επεξεργασία ήταν επιτυχημένη, ανάγοντας επιπρόσθετα το εξασθενές χρώμιο που περιέχουν τα απόβλητα αυτά σε τρισθενές. Η μέθοδος εφόσον συνοδευτεί με καταβύθιση του χρωμίου σε μορφή υδροξειδίου, με προσθήκη υδράσβεστου, επιτρέπει την αποδέσμευση των αποβλήτων για βιολογική επεξεργασία.

Ο Pimentel (2008) δοκίμασε στα ίδια απόβλητα την ηλεκτροχημική οξείδωση (μέθοδος Electro-Fenton), επιτυγχάνοντας πλήρη αποδόμηση των φαινολών, με ή χωρίς προηγούμενη αναγωγή και καταβύθιση του χρωμίου.

Ο Jeter (1985) παρουσιάζει τα αποτελέσματα της εγκατάστασης δοκιμαστικού συστήματος βιολογικών φίλτρων σε χρωστήριο της αεροπορίας των ΗΠΑ (USAF), σε συνεργασία με το πανεπιστήμιο Trinity University, Texas. Το σύστημα αυτό λειτούργησε με επιτυχία για δύο χρόνια και μπορούσε με την προσθήκη τροφικών (φώσφορος, άζωτο) να διαχειριστεί φαινολικά απόβλητα με συγκεντρώσεις έως και 1000 ppm.

Οι Kiney και Moe (2004) μελέτησαν τη χρήση βιολογικών φίλτρων για την αφαίρεση των πτητικών υδρογονανθράκων (VOCs) από τις αέριες εκπομπές χρωστηρίων αεροσκαφών. Η μελέτη τους διαπίστωσε ότι διάφορες διατάξεις και στρατηγικές χρήσεις βιολογικών φίλτρων μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και να επιτύχουν αφαίρεση των VOCs σε ποσοστό πάνω από 90%. Στην ίδια μελέτη περιλαμβάνεται ανάλυση κόστους σε σύγκριση με τις εναλλακτικές μεθόδους της θερμικής και καταλυτικής οξείδωσης.

1ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Η ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΚΑΙ ΤΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΤΗΣ

1.1 Η Αεροπορική Βιομηχανία. Σχεδίαση-Κατασκευή και Συντήρηση-Υποστήριξη

Η σύγχρονη αεροπορική βιομηχανία μπορεί να διακριθεί σε δύο μεγάλους διακριτούς τομείς: στον τομέα της σχεδίασης και κατασκευής των πτητικών μέσων και του εξοπλισμού υποστήριξης τους, και στον τομέα συντήρησης-υποστήριξης των μέσων αυτών. Ο τομέας σχεδίασης-κατασκευής αφορά κυρίως και στο μεγαλύτερο ποσοστό, σε μεγάλες και γνωστές εταιρείες με μακρά παράδοση και εμπειρία στη σχεδίαση και προώθηση στην αγορά νέων τύπων πολιτικών και στρατιωτικών αεροσκαφών, όπως π.χ οι BOEING, AIRBUS, CESSNA κ.α. Ο τομέας συντήρησης-υποστήριξης αντίθετα αποτελείται από ένα ιδιαίτερα ανομοιογενές σε μέγεθος και δυνατότητες σύνολο βιομηχανιών, μικρότερων ιδιωτικών εταιρειών παροχής υπηρεσιών, τομέων-τμημάτων κρατικών ή ιδιωτικών αεροπορικών εταιρειών και στρατιωτικών σχηματισμών. Στον τομέα συνεπώς, υπάγονται από τις προαναφερθείσες εταιρείες-γίγαντες, μέχρι και εταιρείες που απασχολούν λιγότερο από δέκα εργαζομένους.

Ο βιομηχανικός αυτός τομέας συντήρησης-υποστήριξης αεροσκαφών καλείται διεθνώς με τον όρο “MRO” από τα αρχικά των λέξεων “Maintenance-Repair-Overhaul”, που μπορούν να αποδοθούν στα ελληνικά ως «Συντήρηση - Επισκευή - Γενική επισκευή». Ένας γενικότερος ορισμός που μπορεί να δοθεί για τον όρο “MRO” είναι ότι «συμπεριλαμβάνει όλες τις δράσεις που έχουν ως στόχο τη διατήρηση ή την αποκατάσταση ενός μέσου σε κατάσταση τέτοια στην οποία να μπορεί να εκτελέσει την απαιτούμενη λειτουργία του. Οι δράσεις αυτές συμπεριλαμβάνουν συνδυασμό όλων των τεχνικών δράσεων, αλλά και των αντίστοιχων οργανωτικών, διοικητικών καθώς και αυτών της επίβλεψης» (Venkataraman, 2007).

Παρ’ότι οι τομείς της κατασκευής και συντήρησης-υποστήριξης είναι αλληλεπικαλυπτόμενοι σε αρκετά μεγάλο βαθμό, (π.χ μεγάλες εταιρείες

κατασκευής παρέχουν και υπηρεσίες συντήρησης στα αεροπορικά μέσα που κατασκευάζουν), από πλευράς διαχείρισης αποβλήτων το κύριο ενδιαφέρον από πλευράς περιβαλλοντικής διαχείρισης εστιάζεται στις διαδικασίες συντήρησης-υποστήριξης, για δύο λόγους:

α. Λόγω της καθημερινής χρήσης και διαχείρισης τοξικών και επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών όπως καύσιμα, λάδια, χρώματα, καθαριστικά κ.α σε μεγάλες ποσότητες.

β. Λόγω ακριβώς της ποικιλίας της φύσης, λειτουργίας και μεγέθους των φορέων που παρέχουν τις υπηρεσίες αυτές, με αποτέλεσμα, σε αντίθεση με τις μεγάλες εταιρείες κατασκευής, να είναι δύσκολη η τυποποίηση και η ανάληψη του κόστους της περιβαλλοντικής διαχείρισης των ουσιών αυτών.

1.2 Συντήρηση-Υποστήριξη. Οι τρεις βαθμοί συντήρησης

Οι εργασίες συντήρησης-υποστήριξης εκτελούνται συνήθως σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή του αεροσκάφους. Ο κατασκευαστής συνοδεύει το αεροσκάφος με βιβλιογραφία που περιλαμβάνει το πρόγραμμα συντήρησης, και περιγράφει τις εργασίες που πρέπει να γίνονται τόσο σε καθημερινή, όσο και σε περιοδική βάση, σε όλη την ωφέλιμη ζωή του αεροσκάφους, προκειμένου αυτό να θεωρείται ασφαλές και αξιόπιστο για πτήση. Το πρόγραμμα συντήρησης περιλαμβάνει εργασίες που απορρέουν από τρεις κυρίως δείκτες, τις ώρες πτήσεως, τους κύκλους λειτουργίας (απογειώσεις/προσγειώσεις) και την ημερολογιακή ζωή (μήνες/έτη από κατασκευή ή γενική επισκευή) του αεροσκάφους. Οι εργασίες συντήρησης-υποστήριξης διακρίνονται γενικά σε εργασίες που εντάσσονται στην εξυπηρέτηση, στην προληπτική και διορθωτική συντήρηση και στη γενική επισκευή.

Η εξυπηρέτηση του αεροσκάφους αφορά τον έλεγχο και την προετοιμασία του για πτήση με εργασίες όπως εξωτερική επιθεώρηση, συμπλήρωση με καύσιμο, λάδια, αέρα στα ελαστικά και παρόμοιες αντίστοιχες εργασίες μικρής έκτασης.

Η προληπτική συντήρηση περιλαμβάνει την ειδική επιθεώρηση και την προγραμματισμένη αντικατάσταση υλικών και εξαρτημάτων, σε περιοδική βάση, και η διορθωτική συντήρηση την αποκατάσταση ευρημάτων και βλαβών στα συστήματα ή εξαρτήματα, προκειμένου το αεροσκάφος να παραμένει διαρκώς και σε βάθος χρόνου λειτουργικό και ικανό για την εκτέλεση πτήσεων, μετά την εξυπηρέτηση του.

Η γενική επισκευή τέλος, περιλαμβάνει μεγάλου χρόνου και έκτασης εργασίες πλήρους ανακαίνισης του αεροσκάφους και των παρελκομένων του, και κυρίως της δομής του, που εκτελούνται ανά συγκεκριμένα προκαθορισμένα μεγάλα χρονικά διαστήματα, συνήθως περί τα 5-10 έτη, και οι οποίες καθιστούν το αεροσκάφος σε λειτουργική κατάσταση «σαν καινούργιο».

Για την ευχερέστερη διάκριση τους, καθώς και την καλύτερη τυποποίηση των δυνατοτήτων των διάφορων φορέων ή παρόχων εργασιών συντήρησης, οι εργασίες συντήρησης διακρίνονται σύμφωνα με τα πρότυπα του NATO στα ακόλουθα τρία επίπεδα δυνατότητας ή βαθμούς συντήρησης, την οργανική, τη συντήρηση βάσης και την εργοστασιακή συντήρηση, που αναλύονται στις ακόλουθες παραγράφους 1.2.1, 1.2.2 και 1.2.3.

1.2.1 Πρώτος Βαθμός Συντήρησης ή Οργανική Συντήρηση (ORGANIZATIONAL LEVEL)

Η συντήρηση αυτού του τύπου περιλαμβάνει τις αναγκαίες εργασίες που απαιτούνται καθημερινά για να διατηρηθεί το αεροσκάφος σε πτητική και επιχειρησιακή κατάσταση. Τέτοιες εργασίες περιλαμβάνουν κυρίως την εξυπηρέτηση με κάυσιμο, τις επιθεωρήσεις προ πτήσεως, την επίλυση απλών βλαβών και την προγραμματισμένη αντικατάσταση εξαρτημάτων.

1.2.2 Δεύτερος Βαθμός Συντήρησης ή Συντήρηση Βάσης (INTERMEDIATE LEVEL)

Περιλαμβάνει τις ενδιάμεσης έκτασης και δυσκολίας εργασίες συντήρησης που απαιτούνται για την υποστήριξη των αεροπορικών δραστηριοτήτων. Πιο συγκεκριμένα, περιλαμβάνει την αποκατάσταση βλαβών, την επισκευή συγκεκριμένων τμημάτων/παρελκομένων του αεροσκάφους και τη συντήρηση

ηλεκτρονικών εξαρτημάτων που δεν μπορούν να εκτελεστούν στον πρώτο βαθμό λόγω μεγάλης εκτασης, πολυπλοκότητας ή απαίτησης σε ειδικό εξοπλισμό.

1.2.3 Τρίτος Βαθμός Συντήρησης ή Εργοστασιακή Συντήρηση (DEPOT LEVEL)

Περιλαμβάνει εκτεταμένη συντήρηση ή σύνθετες επισκευές, απαραίτητες ώστε να διατηρούν το αεροσκάφος σε κατάσταση λειτουργίας. Οι επισκευές σε αυτό το επίπεδο περιλαμβάνουν σημαντικές μετατροπές ή/και την πλήρη «ανακαίνιση» (γενική επισκευή) ενός αεροσκάφους που απορρέει από την ηλικία του ή την απαίτηση αναβάθμισης του, πολύ πέρα από τις δυνατότητες των άλλων βαθμών συντήρησης και απαιτούν βιομηχανικές εγκαταστάσεις και εξοπλισμό που δεν είναι διαθέσιμα αλλού. Επίσης περιλαμβάνει συνήθως εργασίες για τη δομική αναμόρφωση της ατράκτου που χρήζουν εξαιρετικής προσοχής, ειδικού εξοπλισμού και αντίστοιχης σωρευμένης εμπειρίας.

1.3 Παραγώμενα απόβλητα από τις εργασίες συντήρησης-υποστήριξης αεροσκαφών

Τα συνηθέστερα είδη αποβλήτων που παράγονται από τις εργασίες συντήρησης και υποστήριξης αεροσκαφών, στους διάφορους βαθμούς συντήρησης είναι επιγραμματικά τα ακόλουθα:

- α. Καύσιμα
- β. Ελαιολιπαντικά και υδραυλικά υγρά
- γ. Απόβλητα χημικού καθαρισμού (διαλύτες, καθαριστικά, απολιπαντικά)
- δ. Απόβλητα εφαρμογής μεθόδων μη καταστροφικού ελέγχου (Non Destructive Inspection-NDI)
- ε. Απόβλητα επιμεταλλώσεων
- στ. Απόβλητα χρωστηρίων (αντιδιαβρωτικής προστασίας Α/Φ)

ζ. Υγρά από Μπαταρίες

η. Χημικά Αποπαγωγικά Α/Φ

θ. Απορρυπαντικά και άλλα απόβλητα από τα πλυντήρια των αεροσκαφών και το εξωτερικό πλύσιμο των κινητήρων και του εξοπλισμού.

Η προέλευση, η σύσταση και η επίδραση των υπόψη αποβλήτων στο περιβάλλον αναλύονται στις ακόλουθες παραγράφους.

1.4 Κάυσιμα

1.4.1 Προέλευση-Χαρακτηριστικά

Μία από τις βασικότερες λειτουργίες της εξυπηρέτησης των αεροσκαφών είναι η εισαγωγή του καυσίμου, η οποία γίνεται είτε από κατάλληλα διαμορφωμένα οχήματα (κηροζινοφόρα) είτε απ'ευθείας από υπόγειες δεξαμενές μέσω κατάλληλων συστημάτων (σημείων πλήρωσης). Επίσης καύσιμο λαμβάνεται περιοδικά ως δείγμα από τις δεξαμενές του αεροσκάφους για έλεγχο ποιότητας, ενώ κάποιες φορές το καύσιμο του αεροσκάφους κρίνεται ποιοτικά ακατάλληλο και πρέπει να αφαιρεθεί για να δεχτεί επεξεργασία εκτός αυτού.

Τα αεροπορικά καύσιμα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στις αεροπορικές βενζίνες και στις κηροζίνες. Οι βενζίνες είναι μείγμα παραφινικών, ολεφινικών και αρωματικών υδρογονανθράκων (C_4 έως C_{10}), και οι κηροζίνες είναι μείγμα παραφινικών και αρωματικών υδρογονανθράκων (C_9 έως C_{18}).

Οι εμβολοφόροι κινητήρες χρησιμοποιούν αεροπορική βενζίνη (Aviation Gas – Avgas) διάφορων τύπων, η οποία ανάλογα με την κατηγορία της έχει κατάλληλο χρωματισμό, π.χ η πιο διαδεδομένη βενζίνη τύπου 100LL (100 οκτάνια, Low Lead – χαμηλός μόλυβδος) έχει κυανή απόχρωση. Αυτό βοηθά στην αποφυγή ανάμειξης διαφορετικών τύπων βενζίνης αλλά και στην ευχερέστερη παρατήρηση τυχόν διαρροών κατά την επιθεώρηση του αεροσκάφους.

Για τους κινητήρες αεροστροβίλου (τζετ), χρησιμοποιούνται δύο κύριοι τύποι κηροζίνης, οι JET-A (ή A1) και JET-B. Η κηροζίνη JET-A/A1 είναι η πιο διαδεδομένη, και περιέχει υδρογονάνθρακες με 8 έως 16 άτομα άνθρακα. Η λιγότερο διαδεδομένη, τύπου νάφθα κηροζίνη JET-B περιέχει πιο ελαφρούς υδρογονάνθρακες, με 5 έως 15 άτομα άνθρακα και είναι καταλληλότερη για ψυχρά κλίματα.

Οι δεξαμενές καυσίμου είναι για τα περισσότερα, και ειδικά τα μεγαλύτερα αεροσκάφη τοποθετημένες στις πτέρυγες; και σπανιότερα στην άτρακτο. Στη συνηθέστερη περίπτωση των δικινητήριων αεροσκαφών, οι αντλίες, σωληνώσεις και βαλβίδες του συστήματος διατρέχουν το χείλος προσβολής των πτερύγων.

Η κυριότερη περιβαλλοντική μέριμνα που πρέπει να λαμβάνεται είναι η παρεμπόδιση του καυσίμου από το να έρθει σε επαφή με το περιβάλλον, είτε τον αέρα, είτε το έδαφος ή τον υδροφόρο ορίζοντα. Αυτό συμβαίνει συχνά από αστοχίες και διαρροές του συστήματος καυσίμου των αεροσκαφών, είτε και κατά τη διαδικασία της πλήρωσης, δημιουργώντας κηλίδες καυσίμου που πρέπει να περιορίζονται και να συλλέγονται πριν έλθουν σε επαφή με το έδαφος και το νερό. Οι υφιστάμενες απαιτήσεις εκπαίδευσης του προσωπικού, επιθεώρησης των αεροσκαφών και των συστημάτων πλήρωσης και διατήρησης τους σε καλή κατάσταση έχουν σκοπό περιορίζουν σε σημαντικό βαθμό τις διαρροές αυτές.

1.4.2 Επίδραση στο περιβάλλον

Η ρύπανση της θάλασσας αλλά και του εδάφους με πετρελαιοειδή έχει πολύ σημαντικές συνέπειες στο περιβάλλον. Το πετρέλαιο επιπλέει στην επιφάνεια της θάλασσας, γιατί είναι ελαφρύτερο από το νερό ενώ η διαδικασία διάσπασής του από τους μικροοργανισμούς είναι εξαιρετικά αργή. Υπολείμματα της διάσπασης παραμένουν μήνες ή και χρόνια μετά, στην επιφάνεια του νερού σαν ένα λεπτό στρώμα και στις ακτές με τη μορφή σβώλων πίσσας που εκβράζεται. Το επιφανειακό στρώμα πετρελαίου εμποδίζει την ανανέωση του νερού με οξυγόνο από την ατμόσφαιρα, ενώ επίσης παρεμποδίζει τις ακτίνες του ήλιου και τη φωτοσύνθεση, μειώνοντας έτσι το διαλυμένο οξυγόνο στο θαλασσινό νερό, προκαλώντας ασφυξία στη

θαλάσσια ζωή. Η πίσσα που εκβράζεται στις παραλίες είναι δηλητηριώδης για τους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς.

Τα πετρελαιοειδή αποτελούν επίσης, εκτός από τη θάλασσα, σημαντικό πρόβλημα ρύπανσης και των εδαφών. Το πετρέλαιο παρουσιάζει τοξικότητα που οφείλεται στην ύπαρξη πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων και πτητικών αρωματικών ενώσεων, και είναι συνεπώς επικίνδυνο για τη χλωρίδα και τους οργανισμούς του εδάφους.

Τα αεροπορικά καύσιμα (βενζίνη και κηροζίνη) ειδικότερα, είναι ιδιαίτερα εύφλεκτα και περιέχουν τετρααιθυλικό μόλυβδο για επίτευξη μεγαλύτερων λόγων συμπίεσης, χωρίς αυτανάφλεξη. Είναι τοξικά στην αναπνοή και την κατάποση και προκαλούν ερεθισμούς στα μάτια και το δέρμα. Ένα από τα βασικά τους συστατικά είναι το βενζόλιο.

Ο μόλυβδος είναι επικίνδυνος για τον άνθρωπο και όλους τους οργανισμούς, καθώς επεμβαίνει στη λειτουργία διάφορων ενζύμων. Για τον άνθρωπο έχουν αναφερθεί επιδράσεις στο νευρικό σύστημα, το ήπαρ και την αναπαραγωγική λειτουργία ακόμα και από έκθεση μικρής διάρκειας (Λοϊζίδου, 2006).

Το βενζόλιο είναι επίσης πολύ επικίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία. Η μακροχρόνια έκθεση σε βενζόλιο έχει σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου και κυρίως στο αίμα, καθώς καταστρέφει το μυελό των οστών και μπορεί να προκαλέσει την εμφάνιση αναιμίας. Επίσης μειώνει την ικανότητα του ανοσοποιητικού συστήματος, αυξάνοντας τις πιθανότητες μόλυνσης. Τέλος, θεωρείται καρκινογόνο για τον άνθρωπο, και η μακροχρόνια έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να προκαλέσει λευχαιμία.

1.5 Ελαιολιπαντικά και υδραυλικά υγρά

1.5.1 Προέλευση-Χαρακτηριστικά

Για τη λίπανση των κινούμενων μερών του αεροσκάφους και κυρίως των κινητήρων χρησιμοποιούνται αεροπορικά έλαια και λιπαντικά. Επίσης για την

κίνηση των επιφανειών ελέγχου και του συστήματος προσγείωσης χρησιμοποιούνται υδραυλικά συστήματα ελέγχου. Τα υδραυλικά εκτός από μέσο μεταφοράς της κίνησης λειτουργούν ταυτόχρονα και ως λιπαντικό μέσο που μειώνει την τριβή και τη θερμότητα ανάμεσα στα κινούμενα μέρη. Η λίπανση του αεροσκάφους και η πλήρωση με έλαια και υδραυλικά γίνεται σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα αλλά και σύμφωνα με τις ενδείξεις των κινητήρων ή συστημάτων.

Τα ελαιολιπαντικά μπορεί να βρεθούν στο περιβάλλον από μικρές ή μεγαλύτερες βλάβες και διαρροές, καθώς και από τη διαδικασία πλήρωσης ή αντικατάστασης τους από το προσωπικό συντήρησης των αεροσκαφών.

Τα αεροπορικά υδραυλικά υγρά χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στα ορυκτά που βασίζονται σε ορυκτέλαια και στα συνθετικά, που βασίζονται στους φωσφορικούς εστέρες και είναι τα συνηθέστερα. Φέρουν κατάλληλο έντονο χρωματισμό, συνήθως κόκκινο για να εντοπίζονται ευκολότερα οι διαρροές, δεδομένης της κρισιμότητας των συστημάτων που υποστηρίζουν (πηδάλια - επιφάνειες ελέγχου πτήσεως). Λόγω των πολύ υψηλών πιέσεων λειτουργίας, που επιτυγχάνονται μέσω των αντλιών για τη μείωση του ανθρώπινου φόρτου, είναι πολύ συχνές οι διαρροές των υδραυλικών συστημάτων. Εκτιμάται ότι περίπου το 85% των υδραυλικών που εισάγεται σε ένα αεροσκάφος καταλήγει τελικά στο περιβάλλον από μικρές ή μεγάλες διαρροές.

1.5.2 Επίδραση στο περιβάλλον

Τα ελαιολιπαντικά και τα υδραυλικά θεωρούνται επικίνδυνα απόβλητα, σύμφωνα με την οδηγία της Ε.Ε (ευρωπαϊκός κατάλογος αποβλήτων ΕΚΑ – Κατηγορία 13) αλλά και την αντίστοιχη ελληνική νομοθεσία (Υπουργική Απόφαση Η.Π.13588/725/2006). Δεν θεωρούνται τοξικά, αν και εξετάζεται η επίδραση τους στη δημιουργία καρκίνων. Μετά τη χρήση τους είναι περαιτέρω επιμολυσμένα με ακαθαρσίες και μέταλλα. Η αποδέσμευση τους στον υδροφόρο ορίζοντα είναι επιβλαβής, καθώς δημιουργούν προβλήματα γεύσης και οσμής. Λόγω της διαφοράς στο ειδικό τους βάρος, σχηματίζουν διακριτή επιφανειακή στιβάδα, με αποτέλεσμα να επηρεάζουν τη φωτοσύνθεση και τον αερισμό του νερού, και σε μεγάλες συγκεντρώσεις μπορεί να προκαλέσουν

ασφυξία στους υδρόβιους οργανισμούς. Ακόμη, οι αργές διεργασίες βιοαποδόμησης, όταν λαμβάνουν χώρα αναλόγως του ιξώδους, μπορεί να μειώσουν σημαντικά το διαλυμένο οξυγόνο στον αποδέκτη, δημιουργώντας επίσης πρόβλημα στους υδρόβιους οργανισμούς.

Τα υδραυλικά που βασίζονται σε ορυκτέλαια, αν και δεν είναι τοξικά, θεωρούνται επιβλαβή λόγω της πολύ αργής αποδόμησης τους (μπορεί να αποδομηθούν σε περισσότερο από ένα χρόνο), με αποτέλεσμα να επιβαρύνουν το έδαφος και το νερό και θεωρούνται επικίνδυνα για την υδρόβια ζωή. Επίσης περιέχουν επιβλαβή πρόσθετα όπως φωσφορικούς εστέρες ή ψευδάργυρο. Τα συνθετικά υδραυλικά είναι τοξικά, καθώς οι φωσφορικοί εστέρες είναι τοξικές ενώσεις με σοβαρή επίδραση στο νευρικό σύστημα (Bartz, 1998).

1.6 Απόβλητα χημικού καθαρισμού

1.6.1 Προέλευση-Χαρακτηριστικά

Τα τμήματα και παρελκόμενα του αεροσκάφους απαιτείται να καθαρίζονται συχνά για την αφαίρεση επικαθήσεων όπως λάδια, λίπη γράσα και άλλες ακαθαρσίες. Αυτό είναι απαραίτητο για λόγους αισθητικής, πρόσβασης στην επιφάνεια του υλικού για εργασία, αλλά και για την αντιδιαβρωτική προστασία της δομής του αεροσκάφους κατά τη διάρκεια της ωφέλιμης ζωής της, καθώς οι επικαθήσεις επιταχύνουν τη δημιουργία οξείδωσης που είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη.

Οι διαδικασίες καθαρισμού μπορεί να περιλαμβάνουν εμβάπτιση, πλύση, ψεκασμό ή τρίψιμο με το χέρι. Τα περισσότερα τμήματα του αεροσκάφους καθαρίζονται με τρίψιμο, εκτός από πολύ μεγάλα ή πολύ σκληρά σε ακαθαρσίες τμήματα, τα οποία τοποθετούνται σε λουτρά με διαλύτη ή σε μηχανές καθαρισμού. Τμήματα ή μηχανισμοί που δεν μπορούν να αφαιρεθούν ή βρίσκονται σε δυσπρόσιτα σημεία μπορούν να καθαριστούν με έγχυση του καθαριστικού στο τμήμα. Το καθαριστικό μετά τη δράση του

στραγγίζει από το τμήμα, και η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι την επιτυχή ολοκλήρωση του καθαρισμού.

Ο καθαρισμός γίνεται με ποικιλία καθαριστικών που περιλαμβάνουν κυρίως καθαριστικά βασιζόμενα σε διαλύτες. Οι διαλύτες είναι οργανικές ενώσεις (πετρελαιοειδή και αλογωνομένα οργανικά καθαριστικά) που χρησιμοποιούνται για τη διάλυση άλλων οργανικών ενώσεων-πετρελαιοειδών, και κυρίως των σκληρών υπολειμμάτων από λάδια, ακαθαρσίες και λιπαντικά στα μεταλλικά τμήματα του αεροσκάφους και του κινητήρα. Η αντικατάσταση τους από υδατικά ή ημιυδατικά, ηπιότερα καθαριστικά είναι μια προσπάθεια σε έρευνα και εξέλιξη, που δεν μπορεί όμως να καλύψει πλήρως τις απαιτήσεις καθαρισμού.

Μερικές από τις κύριες βλαβερές ενώσεις που περιέχουν στη σύσταση τους οι οργανικοί διαλύτες είναι οι ακόλουθες:

- Τριχλωροαιθυλένιο (TCE)
- 1,1,1-Τριχλωροαιθάνιο
- Μεθυλενοχλωρίδιο
- Τολουένιο (μεθυλοβενζόλιο)
- Μεθυλαιθυλκετόνη (MEK)
- Ξυλένιο

Ένα πολύ διαδεδομένο στην αεροπορική βιομηχανία ισχυρό καθαριστικό είναι αυτό της ομοσπονδιακής προδιαγραφής PD-680, που αποτελεί βελτιωτική παραλλαγή του γνωστού διαλυτικού mineral ή white spirit. Περιέχει κλάσματα πετρελαίου, τα οποία είναι σύνθετα μείγματα κυρίως αλειφατικών υδρογονανθράκων, ενώ περιέχει επίσης κάποιους αρωματικούς και ολεφίνες.

1.6.2 Επίδραση στο περιβάλλον

Η επίδραση στο περιβάλλον από τα απόβλητα του καθαρισμού εξαρτάται από τον τύπο του καθαριστικού. Τα οργανικά καθαριστικά που βασίζονται σε αλογωνομένους διαλύτες έχουν μεγαλύτερη επίπτωση στο περιβάλλον. Η προσπάθεια έρευνας και πλήρους αντικατάστασης των οργανικών διαλυτών

από υδατικά καθαρυστικά είναι σε εξέλιξη καθώς κάποια παρελκόμενα μπορούν να καθαριστούν με σαπούνι και νερό.

Οι διαλύτες δημιουργούν εκπομπή επικίνδυνων οργανικών ενώσεων (VOCs-HAPs) από την εξάτμιση τους, τόσο στη διαδικασία καθαρισμού, όσο και από τα δοχεία και τις δεξαμενές όπου αποθηκεύονται. Ακόμη οι κηλίδες από τους διαλύτες μπορεί να μολύνουν το έδαφος και το νερό, τόσο από τις βλαβερές ουσίες που τα ίδια τα διαλυτικά περιλαμβάνουν στη σύστασή τους, όσο και μέταλλα, λάδια ή άλλες ακαθαρσίες που αφαιρέθηκαν από το τμήμα που υπέστη τον καθαρισμό.

Οι οργανικές ενώσεις που περιέχουν οι διαλύτες όπως οι φαινόλες, το διχλωρομεθάνιο, το 1-2 διχλωροαιθάνιο, η μεθυλαιθυλκετόνη (ΜΕΚ) και το τριχλωροαιθυλένιο θεωρούνται καρκινογόνες. Πολλές από τις ουσίες αυτές συμβάλουν και στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η επιτρεπόμενη συγκέντρωση για τις φαινόλες καθώς και για ορισμένους άλλους κοινούς βιομηχανικούς διαλύτες, όπως καθορίζονται στα κριτήρια ποιότητας υδάτων της USEPA (ΗΠΑ) και στα Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ) της Ελλάδας φαίνονται στον ακόλουθο Πίνακα 1-1.

Όνομασία Ουσίας	ΗΠΑ (ppm)	Ελλάς (μg/l ή 0,001 ppm)
Φαινόλες	50	50
Διχλωρομεθάνιο	0,00019	20
1-2-Διχλωροαιθάνιο	0,00094	10
Τριχλωροαιθυλένιο	0,0027	10

Πίνακας 1-1: Επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις διαλυτών σε ύδατα (Πηγή: Federal Aviation Authority-FAA Advisory Circular AC No 150/5320-15A - Υπουργική Απόφαση Η.Π 51354/2641/Ε103)

Το τολουένιο που περιλαμβάνεται επίσης στους διαλύτες είναι τοξικό και προκαλεί ερεθισμούς στα μάτια, στο αναπνευστικό και το νευρικό σύστημα. Το τριχλωροαιθυλένιο αναγνωρίζεται από την «γλυκιά» οσμή του, επίσης έχει επίδραση στο νευρικό σύστημα και μπορεί να προκαλέσει κόπωση, ζάλη και

ίλιγγο. Οι αναθυμιάσεις του απορροφούνται εύκολα από τους πνεύμονες και μπορεί να προκαλέσουν κώμα ή θάνατο. Αποτελεί μία από τις ενώσεις με επίδραση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Η μεθυλαιθυλοκετόνη (ΜΕΚ) είναι γνωστή τοξική καρκινογόνος ουσία. Εξατμίζεται αμέσως και οι ατμοί της είναι επικίνδυνοι, καθώς επιδρά στο νευρικό σύστημα και μπορεί να προκαλέσει κόπωση, ζάλη, απώλεια συντονισμού ή και καταστολή.

Η επίδραση του ΡD-680 στο περιβάλλον συνίσταται κυρίως στην τοξικότητα, την ευφλεκτότητα και τις αναθυμιάσεις σε πτητικές οργανικές ενώσεις. Έχει όμως πολύ μεγάλη περιεκτικότητα σε πτητικούς υδρογονάνθρακες (VOC), που υπερβαίνει τα 750 γραμμάρια ανά λίτρο (g/L). Αν και αρκετά τοξικό στο νερό, σπάνια φτάνει εκεί λόγω της πτητικότητας του. Η άμεση απελευθέρωση του στο αποχετευτικό σύστημα απαγορεύεται.

Οι οργανικοί διαλύτες μπορεί να δημιουργήσουν κίνδυνο έκρηξης και τοξικότητας, παρεμβαίνουν στην επεξεργασία των λυμάτων και ειδικότερα στη βακτηριακή δραστηριότητα για τη χώνευση της ιλύος. Οι διαλύτες επίσης, και ειδικότερα οι φαινόλες, ρυπαίνουν το πόσιμο νερό καθώς δημιουργούν δυσάρεστη γεύση και οσμή στο νερό.

Όσον αφορά τους πτητικούς υδρογονάνθρακες (VOC), οι επιπτώσεις τους στην ατμόσφαιρα διακρίνονται σε τρεις κυρίως κατηγορίες: στο φωτοχημικό νέφος, στην καταστροφή του όζοντος με αποτέλεσμα τη συμμετοχή στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, και τις τοξικές και καρκινογενείς επιπτώσεις στα έμβια όντα.

Τα υδατικά ή ημιυδατικά καθαριστικά έχουν μικρότερη επίδραση στο περιβάλλον, καθώς δεν περιέχουν βλαβερές τοξικές ενώσεις, ενώ επίσης δεν δημιουργούν εκπομπές επικίνδυνων αερίων. Παρ'όλα αυτά δημιουργούν επιμόλυνση του νερού που χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό με λάδια, λίπη και μέταλλα. Το νερό αυτό συνεπώς πρέπει να ελέγχεται για την καταλληλότητα του πριν απελευθερωθεί στο περιβάλλον.

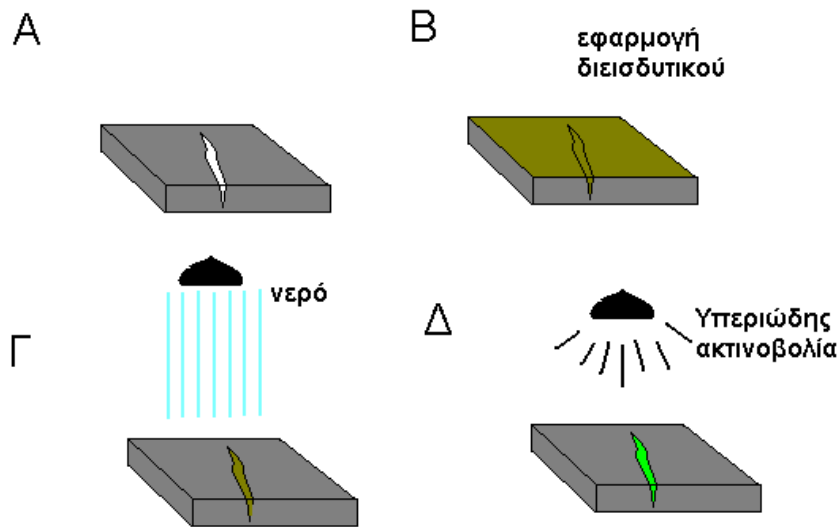
1.7 Απόβλητα μη καταστροφικών ελέγχων (NDI)

1.7.1 Προέλευση - Χαρακτηριστικά

Οι μη καταστροφικοί έλεγχοι (Non Destructive Inspection – NDI) περιλαμβάνουν ελέγχους της μεταλλικής κυρίως δομής και τμημάτων του αεροσκάφους για εμφάνιση ρωγμών σε εσωτερικά ή μη προσβάσιμα σημεία. Οι κυριότερες μέθοδοι NDI στην αεροπορική βιομηχανία περιλαμβάνουν τα διεισδυτικά υγρά, τον μαγνητικό έλεγχο (EDDY CURRENT) και τις ακτινογραφίες (X-ray).

Απόβλητα από τους ελέγχους αυτούς δημιουργούνται κυρίως από την εφαρμογή της μεθόδου διεισδυτικών υγρών. Η μέθοδος διεισδυτικών υγρών (LPI ή FPI, από τα αρχικά των λέξεων Liquid Dye ή Fluorescent Penetrant Inspection) είναι ουσιαστικά ένας υποβοηθούμενος οπτικός έλεγχος, και χρησιμοποιείται για την ανίχνευση επιφανειακών ατελειών όπως σχισμές, ρωγμές ή κενά, κυρίως σε μέταλλα. Τα απόβλητα περιλαμβάνουν τα ειδικά χημικά για την εφαρμογή της μεθόδου (penetrants - συνήθως πετρελαιοειδή με μεγάλη περιεκτικότητα σε επιφανειοδραστικές ουσίες) και τα απόνερα από την έκπλυση των ελεγχόμενων υλικών από τα χημικά αυτά.

Η μέθοδος χρησιμοποιείται ευρύτατα στην αεροπορική βιομηχανία, λόγω της απλότητας και ακρίβειας της, καθώς και της ανταπόκρισης της στις απαιτήσεις τακτικής παρακολούθησης της δομής των αεροσκαφών για επιφανειακές ρωγμές από το φαινόμενο της κόπωσης. Με τη μέθοδο αυτή, που μπορεί να εφαρμοστεί και επί τοποθετημένων υλικών μπορούν να ανιχνευθούν πολύ μικρές και αόρατες στον οπτικό έλεγχο ρωγμές, οι οποίες μπορούν, αν περάσουν απαρατήρητες, να επεκταθούν ραγδαία και να προκαλέσουν σοβαρές και κρίσιμες δομικές αστοχίες. Επίσης χρησιμοποιείται για να ανιχνευτούν ατέλειες ή κενά σε συγκολλήσεις, όπως π.χ στη βάση των πτερυγίων των κινητήρων, που επίσης μπορεί να οδηγήσουν σε καταστροφική αστοχία του πτερυγίου και σοβαρή ζημιά του κινητήρα.



Εικόνα 1-1: Η μέθοδος διεισδυτικών υγρών (LPI)

Τα βασικά βήματα της μεθόδου LPI έχουν ως εξής: Αρχικά η επιφάνεια που πρέπει να επιθεωρηθεί καθαρίζεται επιμελώς. Ένα υγρό έντονου ή φωσφορίζοντος χρώματος (διεισδυτικό, penetrant) εφαρμόζεται στην επιφάνεια του υλικού και διεισδύει στη σχισμή ή ρωγμή. Η εφαρμογή αυτή μπορεί να γίνεται είτε με ψεκασμό (σπρέι) είτε με εμβάπτιση. Ακολούθως, τις περισσότερες φορές μετά και την εφαρμογή γαλακτωματοποιητή (emulsifier) γίνεται έκπλυση του υλικού σε λουτρό με νερό, προκειμένου να αφαιρεθεί όλο το διεισδυτικό από την επιφάνεια του ελεγχόμενου υλικού, εκτός από αυτό που είναι εγκλωβισμένο στη σχισμή ή ρωγμή. Ο γαλακτωματοποιητής μπορεί να είναι είτε λιπόφιλος είτε υδρόφιλος, και σε αυτή την περίπτωση (υδρόφιλος) απαιτείται ένα επιπλέον στάδιο έκπλυσης με νερό, πριν την εφαρμογή του γαλακτωματοποιητή και αμέσως μετά το διεισδυτικό. Τέλος, εφαρμόζεται το εμφανιστικό (developer) που μπορεί να είναι σκόνη ή υγρό. Το εμφανιστικό εκμεταλλεύεται το τριχοειδές φαινόμενο και φέρνει στην επιφάνεια του υλικού το εγκλωβισμένο φωσφορίζον διεισδυτικό, προβάλλοντας τη ρωγμή ή την ατέλεια, αρκετά μεγεθυμένη στην επιφάνεια. Με αυτό τον τρόπο (και ανάλογα με το είδος της βαφής), η ρωγμή ή ατέλεια και η θέση της είναι ορατή, είτε απευθείας είτε με χρήση υπεριώδους φωτός, ανάλογα με το είδος της βαφής του διεισδυτικού.

Το κυριότερο πρόβλημα αποβλήτων δημιουργείται από το δεισδυτικό υγρό. Τα υγρά αυτά, κατά κανόνα πετρελαϊκής βάσης, κυκλοφορούν σε αρκετές διαφορετικές προδιαγραφές, είναι οργανικά και περιέχουν ισχυρές βαφές, και είναι ακατάλληλα για άμεση απόρριψη στο περιβάλλον. Το νερό που χρησιμοποιείται σε σημαντική ποσότητα για την πλύση ή τον καθαρισμό του υλικού συνεπώς, περιέχει και μεταφέρει στο περιβάλλον σε μεγάλο βαθμό τα επιβλαβή χαρακτηριστικά του δεισδυτικού. Εκτιμάται ότι για την έκπλυση 1 λίτρου δεισδυτικού από ένα υλικό μπορεί να απαιτηθούν από 500 έως ακόμη και 2000 λίτρα νερού, ανάλογα με την προδιαγραφή του (Hugues and Chemin, 2011). Σε μικρότερο βαθμό, πρόβλημα μπορεί να αποτελούν και τα απόβλητα από την έκπλυση από το γαλακτωματοποιητή και το εμφανιστικό, εφόσον το τελευταίο είναι υγρό, λόγω όμως κυρίως της παρουσίας υπολειμμάτων του δεισδυτικού.

1.7.2 Επίδραση στο περιβάλλον

Τα επιβλαβή συστατικά του δεισδυτικού και των απόνερων που το περιέχουν είναι οι υδρογονάνθρακες, οι οργανικοί εστέρες, η περιεκτικότητα σε λίπη και έλαια, οι επιφανειοδραστικές ουσίες και οι φωσφορικές βαφές. Τα απόβλητα αυτά είναι επίσης εκτός των αποδεκτών ορίων χρώματος καθώς και περιεκτικότητας BOD και COD.

Οι επιβλαβείς επιδράσεις των πετρελαιοειδών και των ελαιωδών αποβλήτων για το περιβάλλον αναλύθηκαν στις παραπάνω παραγράφους 1.4 και 1.5. Πέραν αυτών όμως, ένα επιπρόσθετο πρόβλημα των συγκεκριμένων αποβλήτων αποτελούν οι περιεχόμενες βαφές. Οι βαφές που περιέχονται στα απόνερα της μεθόδου δημιουργούν πρόβλημα στη τη λειτουργία των εγκαταστάσεων βιολογικής επεξεργασίας των αστικών λυμάτων. Οι βαφές συγκεντρώνονται στην επιφάνεια των λυμάτων και απορροφούν την υπεριώδη ακτινοβολία. Η ακτινοβολία αυτή είναι απαραίτητη στους μικροοργανισμούς για να επιζήσουν και να πολλαπλασιαστούν, και συνεπώς για να λειτουργήσουν οι εγκαταστάσεις βιολογικής επεξεργασίας.

1.8 Απόβλητα επιμεταλλώσεων

1.8.1 Προέλευση-Χαρακτηριστικά

Οι διεργασίες «φινιρίσματος» των μετάλλων χρησιμοποιούνται στην αεροπορική βιομηχανία για την προετοιμασία της επιφάνειας ενός μεταλλικού τμήματος του αεροσκάφους για καλύτερη εφαρμογή, βελτιωμένη επιφανειακή σκληρότητα και βελτιωμένη αντοχή στη διάβρωση. Οι συνηθέστερες διαδικασίες φινιρίσματος μετάλλων περιλαμβάνουν τη χημική επικάλυψη, την ανοδίωση, την επιμετάλλωση και άλλες αντίστοιχες εργασίες που επηρεάζουν χημικά το επιφανειακό στρώμα ενός τμήματος. Κάθε μία από αυτές τις διεργασίες έχει τη δυνατότητα να επηρεάσει σημαντικά το περιβάλλον από την απελευθέρωση τοξικών ουσιών στα επιφανειακά νερά, το έδαφος ή τα υπόγεια νερά.

Οι κύριες εργασίες επιμετάλλωσης που συμβάλλουν στη δημιουργία αποβλήτων είναι οι εξής:

α. Απογύμνωση: Η χρήση όξινων ή αλκαλικών λουτρών για την εξάλειψη ανεπιθύμητων μεμβρανών ή επιστρώσεων στο μέταλλο που θα υποστεί επιμετάλλωση.

β. Καθαρισμός: Η απομάκρυνση πετρελαίου, γράσων, βρωμιάς και διάβρωσης χρησιμοποιώντας όξινα και αλκαλικά καθαριστικά.

γ. Επιμετάλλωση: Διαδικασία που χρησιμοποιεί ηλεκτρικό ρεύμα για να αποθέσει μέταλλο στο υλικό που επιμεταλλώνεται, η οποία και παράγει μεταλλικά και κυανιούχα απόβλητα.

Οι κυριότερες πηγές δημιουργίας αποβλήτων από τα συνεργεία επιμεταλλώσεων είναι οι εξής:

α. Απώλειες, διαρροές και υπερχειλίσεις από τις δεξαμενές που περιέχουν τα διαλύματα και το νερό έκπλυσης των υλικών

β. Απώλειες από τον ψεκασμό, κυρίως στην επιχρωμίωση, όπου χρησιμοποιείται λεπτός ψεκασμός

γ. Χρησιμοποιημένα-ακατάλληλα διαλύματα και λουτρά (απόνερα) έκπλυσης.

Τα ειδικότερα χαρακτηριστικά των αποβλήτων των επιμεταλλώσεων ποικίλουν σημαντικά. Μπορούν να είναι είτε όξινα ή αλκαλικά, ανάλογα με τα χρησιμοποιούμενα διαλύματα και λουτρά. Τα λουτρά επιχρωμίωσης παράγουν πολύ όξινα απόβλητα, ενώ τα λουτρά αποχρωμίωσης παράγουν αλκαλικά και κυανιούχα απόβλητα. Τα απόβλητα είναι κυρίως ανόργανα, και περιλαμβάνουν στη σύνθεσή τους επικίνδυνες ενώσεις και συγκεκριμένα οξέα, αλκάλια, κυανιούχες ενώσεις και βαρέα μέταλλα όπως ο ψευδάργυρος, ο χαλκός, ο μόλυβδος, το κάδμιο, το νικέλιο και το χρώμιο.

1.8.2 Επίδραση στο περιβάλλον

Τα απόβλητα των επιμεταλλώσεων είναι ιδιαίτερα επικίνδυνα και χαρακτηρίζονται από έντονα τοξικά και διαβρωτικά χαρακτηριστικά.

Το κυάνιο δεν απορροφάται από τους οργανισμούς και είναι από τις ισχυρότερες τοξικές και δηλητηριώδεις ενώσεις για όλους τους οργανισμούς. Η συνολική συγκέντρωση σε κυάνιο που καθορίζονται στα κριτήρια ποιότητας των υδάτων για την προστασία της ανθρώπινης υγείας συστάθηκε από την USEPA (ΗΠΑ) σε 0,2 μέρη ανά εκατομμύριο (ppm). Στην Ελλάδα το αντίστοιχο όριο είναι 10 μg/l ή 0,01 ppm (Υπουργική Απόφαση Η.Π 51354/2641/Ε103/2010).

Τα βαριά μέταλλα επίσης, όπως το χρώμιο, το κάδμιο και τα άλλα βαριά μέταλλα από τα διαλύματα επιμεταλλώσεων έχουν ισχυρή μεταλλαξιογόνο και καρκινογόνο δράση. Η πλέον επικίνδυνη δράση είναι αυτή του εξασθενούς χρωμίου, το οποίο είναι εξαιρετικά τοξικό καθώς παρουσιάζει ισχυρά οξειδωτικά χαρακτηριστικά και μεγάλη διαπερατότητα, προκαλώντας πνευμονικούς και άλλους καρκίνους.

Απόβλητα που περιέχουν αυτές τις ενώσεις πάνω από ορισμένες συγκεντρώσεις είναι τοξικά για τους μικροοργανισμούς που χρησιμοποιούνται στη βιολογική επεξεργασία των αστικών αποβλήτων. Οι ενώσεις του εξασθενούς χρωμίου που παράγονται από την επιμετάλλωση και την ανοδίωση, είναι τοξικές για τους αερόβιους μικροοργανισμούς που

χρησιμοποιούνται στη βιολογική αποδόμηση των λυμάτων. Το χρώμιο σε τρισθενή μορφή έχει βρεθεί επίσης να είναι επιζήμιο για τη χώνευση της λάσπης κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των αποβλήτων.

Η τοξικότητα των αλάτων χρωμίου, τόσο για το τρισθενές όσο και το εξασθενές, ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό με το pH (την οξύτητα και την αλκαλικότητα), τη θερμοκρασία και τη σκληρότητα του αποδέκτη. Η συνολική συγκέντρωση χρωμίου που καθορίζεται στα κριτήρια ποιότητας των υδάτων της USEPA για την προστασία της ανθρώπινης υγείας είναι 0,05 μέρη ανά εκατομμύριο (ppm).

Για το χρώμιο στη χώρα μας, στο πόσιμο νερό, το επιτρεπτό ανώτατο όριο ολικού χρωμίου είχε θεσπιστεί με την Οδηγία 98/83/EC στα 50 μg/L (Οδηγία 98/83/EK της 3/11/1998). Επίσης, με την ΚΥΑ 4859/726 ρυθμίζονταν οι εκπομπές ολικού χρωμίου από απόβλητα βιομηχανιών σε υδάτινους αποδέκτες, σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονται (ανάλογα με τον αποδέκτη) από 0,6 έως 3 mg/L. Με πρόσφατη τέλος ΚΥΑ, που βασίζεται στην κοινοτική οδηγία 105/2008/EK καθορίστηκαν όρια ειδικά για το εξασθενές χρώμιο στα 0,3 μg/l.

Τέλος τα οξέα που χρησιμοποιούνται στις επιμεταλλώσεις, πέρα από την τοξική τους δράση μέσω της αλλαγής του pH του νερού, έχουν διαβρωτική δράση και η μακρά έκθεση σε αυτά συνδέεται με ασθένειες όπως η αναιμία και η λευκοπενία. Τα όξινα απόβλητα παρεμβαίνουν στη χώνευση της ιλύος και τη βιολογική δραστηριότητα και είναι τοξικά για την υδρόβια ζωή. Όξινα και αλκαλικά απόβλητα, μπορούν επίσης να διαβρώσουν το μέταλλο και σκυρόδεμα των σωλήνων αποχέτευσης. Το pH βιομηχανικών αποβλήτων που απορρίπτονται στα αστικά λύματα θα πρέπει να είναι μεταξύ 6,0 και 9,0.

1.9 Απόβλητα χρωστηρίων (αντιδιαβρωτικής προστασίας Α/Φ)

1.9.1 Προέλευση - Χαρακτηριστικά

Οι κρίσιμες απαιτήσεις για αντοχή της δομής των αεροσκαφών, οδήγησαν στην καθιέρωση της αντιδιαβρωτικής τους προστασίας με ισχυρές επιστρώσεις (βαφή).

Με τον όρο διάβρωση εννοείται η φθορά των μεταλλικών επιφανειών από τη φυσική οξείδωση ή τη δράση χημικών. Η διαδικασία της βαφής αποσκοπεί στην αντιδιαβρωτική προστασία, στην ανακοπή δηλαδή της διάβρωσης με την τοποθέτηση επί των μεταλλικών επιφανειών προστατευτικών επιστρώσεων. Η βαφή προστατεύει το αεροσκάφος από την οξείδωση, το αλμυρό νερό, τις εξατμίσεις των κινητήρων και την όξινη βροχή, με το σφράγισμα των μεταλλικών επιφανειών με ουσίες όπως το χρώμιο. Τα προστατευτικά επιστρώματα της βαφής υφίστανται πλέον αυτά την οξείδωση, φθείρονται με το χρόνο και απαιτείται περιοδικά η αντικατάσταση τους πριν η φθορά επιδράσει στις μεταλλικές επιφάνειες.

Τα αεροσκάφη ανανεώνουν εξ'ολοκλήρου την εξωτερική τους βαφή ανά διαστήματα που κυμαίνονται ενδεικτικά ανάμεσα στα 3 έως 5 έτη. Αυτό γίνεται για δύο λόγους: για να καταστεί δυνατή η επιθεώρηση της μεταλλικής δομής για ενδείξεις ρωγμών ή διάβρωσης, αλλά και για να ανανεωθεί η αντιδιαβρωτική προστασία της. Τα διαστήματα αυτά προτείνονται από τους κατασκευαστές τους, λαμβάνοντας υπόψη και το επιχειρησιακό περιβάλλον (π.χ γεινίαση ή πτήσεις πάνω από τη θάλασσα).

Η διαδικασία της βαφής μπορεί να χωριστεί στην εφαρμογή του επιστρώματος, στη χρώση δηλαδή, και την αντίστροφη διαδικασία, την απόχρωση. Οι διαδικασίες αυτές, καθώς και η περιβαλλοντική τους σημασία εξηγούνται ακολούθως αναλυτικότερα.

Κατά την χρώση γίνεται εφαρμογή των επιστρωμάτων στη μεταλλική δομή. Το *επίστρωμα* (coating) είναι το υλικό που εφαρμόζεται στην επιφάνεια ενός τμήματος για να σχηματίσει ένα διακοσμητικό ή λειτουργικό στερεό στρώμα. Τα δύο κυριότερα επιστρώματα είναι τα αντιδιαβρωτικά αστάρια (primer) και τα τελικά υποστρώματα (topcoats). Όλα τα είδη επιστρωμάτων

συμπεριλαμβάνουν στη σύνθεση τους οργανικούς διαλύτες όπως το τολουένιο ή πετρελαιοειδή όπως το νάφθα ή white spirit. Τα αστάρια περιλαμβάνουν επίσης στη σύνθεση τους βαριά μέταλλα όπως χρώμιο, ψευδάργυρο, εποξικά και σμάλτα, που αραιώνονται με τους διαλύτες.

Τα επιστρώματα εφαρμόζονται στα τμήματα του αεροσκάφους με μεθόδους που περιλαμβάνουν ψεκασμό, πινέλο, ρολό, επίστρωση με ροή και με εμβάπτιση. Η εργασία γίνεται συνήθως σε κλειστό χώρο, προκειμένου να απομειώνονται και να ελέγχονται κατά το δυνατόν οι επιδράσεις στον άνθρωπο και το περιβάλλον. Τα πιστόλια ψεκασμού καθαρίζονται όταν αλλάζει η χρήση τους, και γι' αυτό το σκοπό τοποθετούνται σε δεξαμενή με κατάλληλο αποχρωστικό.

Η εφαρμογή επιστρωμάτων δημιουργεί εκπομπές βλαβερών αέριων από την εξάτμιση των διαλυτών κατά την ανάμιξη, εφαρμογή, και από τον πλεονάζοντα ψεκασμό, που εξατμίζεται από το θάλαμο ψεκασμού ή το υπόστεγο αεροσκαφών. Επίσης παράγονται απόβλητα από χρώματα και διαλυτικά που πρέπει να δεσμευθούν ως επιβλαβή για το περιβάλλον.

Μετά την εφαρμογή του ασταριού (primer) ακολουθεί η εφαρμογή της εξωτερικής βαφής ("topcoat" ή «καμουφλάζ»). Η εξωτερική βαφή περιλαμβάνει τρία κύρια συστατικά: τα πηγμένα, τα συνδετικά υλικά και τους διαλύτες. Τα πηγμένα προσδίδουν το χρώμα, την αντοχή και την προσκόλληση της βαφής στην επιφάνεια. Χρησιμοποιούνται για τη δομική ενίσχυση του επιστρώματος, για την προστασία του μετάλλου, για ενίσχυση της αδιαπερατότητας και τη διατήρηση της στιλπνότητας. Τα συνδετικά υλικά κρατούν τα πηγμένα σε υγρή μορφή, ενώ οι διαλυτικά κρατούν και τα δύο αυτά συστατικά διαλυμένα προκειμένου να είναι εύκολη η εφαρμογή τους. Το τελικό στρώμα εξωτερικής βαφής είναι τριών τύπων, έναμελ, λακέρ ή πολυουρεθάνης, με πλέον διαδεδομένη την τελευταία.

Κατά την *απόχρωση* (depainting) γίνεται η αφαίρεση των επιστρωμάτων από την εξωτερική επιφάνεια του αεροσκάφους και των τμημάτων του. Υπάρχουν δύο μέθοδοι απόχρωσης, η *χημική μέθοδος* (chemical stripping) και η *ψηγματοβολή* (blast depainting). Στη χημική μέθοδο εφαρμόζονται στο

αεροσκάφος αποχρωστικές ουσίες, που υποβαθμίζουν το επίστρωμα, και ακολούθως αυτό αφαιρείται με τριβή ή πλύση μαζί με την εξωτερική βαφή.

Οι αποχρωστικές ενώσεις είναι πολύ ισχυρές, για να μπορέσουν να αποδομήσουν τα επίσης ισχυρά πολυουρεθανικά χρώματα. Οι βασικές χημικές ουσίες που χρησιμοποιούν είναι οι φαινόλες, σε ποσοστό 20% και οι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες (συνήθως μεθυλενοχλωρίδιο, CH_2Cl_2).



Εικόνα 1-2: Απόχρωση αεροσκάφους με εφαρμογή χημικών αποχρωστικών (chemical stripping). Πηγή: Royal Aircraft Services, <http://www.royalaircraft.com>

Η αρχή λειτουργίας της ψηγματοβολής στηρίζεται στη βίαια προώθηση ρεύματος αποξεστικού υλικού πάνω στην επιφάνεια. Τα αποξεστικά υλικά (άμμος, πλαστικό, νερό υψηλής πίεσης, αποκαμινεύματα, ψήγματα μετάλλων κλπ.) με την πρόσπτωση στην επιφάνεια απομακρύνουν τα επιστρώματα βαφής, τα προϊόντα οξείδωσης και άλλα υπολείμματα και προετοιμάζουν την

επιφάνεια για βαφή. Οι μέθοδοι ψηγματοβολής δημιουργούν ρεύμα αποβλήτων υγρό ή στερεό, ανάλογα με το αποξεστικό.

Η βαφή συμβάλλει σημαντικά στη δημιουργία στη δημιουργία επικίνδυνων υγρών και στερεών αποβλήτων καθώς και αέριων εκπομπών. Τα απόβλητα από τα χρωστήρια συμπεριλαμβάνουν στερεά απόβλητα (μπογιές), υγρά τοξικά (αποχρωστικά, διαλύτες, υπολείμματα από βαφές) και επικίνδυνα αέρια (VOCs). Μέχρι το πρόσφατο παρελθόν οι περισσότερες εταιρείες απέρριπταν τα απόβλητα τους από βαφές σε χωματερές και χώρους ταφής. Σήμερα εκτιμάται ότι το 50% του κόστους διαχείρισης μιας αεροπορικής βιομηχανίας προέρχεται από τα απόβλητα βαφής (Wieher, 2000).

1.9.2 Επίδραση στο περιβάλλον

Η κυριότερη επίδραση της χρώσης στο περιβάλλον συνίσταται στην εκπομπή αέριων υδρογονανθράκων (VOCs) από τα αραιωτικά και τους διαλύτες που περιλαμβάνουν τα χρώματα στη σύνθεση τους. Η χημική μέθοδος απόχρωσης δημιουργεί βλαβερές αέριες εκπομπές οργανικών ενώσεων που προέρχονται από τους διαλύτες των αποχρωστικών, αλλά το ίδιο συμβαίνει και κατά τη ψηγματοβολή, παρ'ότι δεν χρησιμοποιούνται διαλύτες, από τα αποξεστικά υλικά. Ειδικό χειρισμό απαιτούν οι βαφές και τα αραιωτικά σε περίσσεια, τα φίλτρα αέρος στους θαλάμους ψεκασμού, τα στουπιά και τα κουτιά από τις βαφές (αν περιέχουν ποσότητα βαφής), καθώς οι τελευταίες περιέχουν βαριά μέταλλα, συνήθως ψευδάργυρο και χρώμιο.

Η απόχρωση επίσης δημιουργεί ρεύμα αποβλήτων, υγρό ή στερεό ανάλογα με τη μέθοδο που ακολουθείται. Η χημική μέθοδος παράγει υγρή ιλύ (λάσπη) που αποτελείται από το αποχρωστικό και τα υπολείμματα της βαφής, και περιέχει διαλύτες και βαριά μέταλλα από τα πηγμένα. Οι συνήθεις αποχρωστικές ουσίες είναι οργανικοί διαλύτες και περιλαμβάνουν στη σύστασή τους φαινόλες, διχλωρομεθάνιο και χρωμικό νάτριο. Οι ουσίες αυτές αποτελούν επικίνδυνα αέρια, καυστικά, τοξικά και ύποπτα για καρκινογενέσεις. Η βαφή και το αποχρωστικό αφαιρούνται από την επιφάνεια του αεροσκάφους με κύκλους πλύσης, με νερό σε υψηλή πίεση. Κατά

προσέγγιση 1000 γαλόνια (περί τα 3800 λίτρα) νερού απαιτούνται για την απόχρωση ενός μεγάλου αεροσκάφους, δημιουργώντας μεγάλη ποσότητα από φαινορικά απόνερα που περιλαμβάνουν διαλύτες και βαριά μέταλλα.

Η ψηγματοβολή παράγει αντίστοιχα στερεά απόβλητα που αποτελούνται από κομμάτια βαφής και αποξεστικού. Τα απόβλητα αυτά είναι επιβλαβή για το περιβάλλον καθώς περιέχουν βαριά μέταλλα.

Οι περιβαλλοντικές επιδράσεις των διαλυτών στο νερό και την ατμόσφαιρα αναφέρθηκαν αναλυτικότερα στην παραπάνω παράγραφο 1.6.2. Επίσης οι επιδράσεις των βαρέων μετάλλων στην παραπάνω παράγραφο 1.8.2.

1.10 Μπαταρίες

Στα αεροσκάφη χρησιμοποιούνται δύο τύποι μπαταριών, οι μπαταρίες μολύβδου/θειικού οξέος και νικελίου καδμίου, με τις πρώτες περισσότερο διαδεδομένες. Και τα δύο είδη μπαταριών περιέχουν επικίνδυνες, διαβρωτικές και τοξικές ουσίες που μπορούν να μολύνουν το έδαφος αλλά και να βλάψουν τον άνθρωπο εφόσον έρθει σε άμεση επαφή. Ειδικά το θειικό οξύ μπορεί να μολύνει το έδαφος και τον υδροφόρο ορίζοντα. Η επίδραση των οξέων και των βαρέων μετάλλων στο περιβάλλον αναλύθηκε στην παραπάνω παράγραφο 1.8.2.

1.11 Αποπαγωτικά

1.11.1 Προέλευση - Χαρακτηριστικά

Η αποπάγωση και η αντιπάγωση είναι οι διαδικασίες αφαίρεσης ή παρεμπόδισης σχηματισμού αντίστοιχα του πάγου από τις επιφάνειες του αεροσκάφους που του δίνουν άντωση κατά την απογείωση και την πτήση, όπως κυρίως οι πτέρυγες και δευτερευόντως η άτρακτος. Η διαδικασία που ακολουθείται στο έδαφος περιλαμβάνει συνήθως την αφαίρεση του συγκεντρωμένου πάγου (αποπάγωση) και την παρεμπόδιση δημιουργίας

νέου μέχρι την απογείωση (αντιπάγωση). Κατά τη διαδικασία χρησιμοποιούνται διαλύματα με βάση γλυκόλες, όπως η αιθυλενογλυκόλη, η διαιθυλενογλυκόλη ή προπυλενογλυκόλη. Η διαδικασία γίνεται συνήθως κοντά στο διάδρομο προκειμένου να μεσολαβήσει κατά το δυνατόν μικρός χρόνος μέχρι την απογείωση.



Εικόνα 1-3: Αποπάγωση αεροσκάφους (Πηγή: διαδίκτυο)

Η διαδικασία αποπάγωσης και αντιπάγωσης κατά την πτήση γίνεται με ηλεκτρικά συστήματα ή συστήματα αέρος του αεροσκάφους, που φουσκώνουν ή θερμαίνουν με ζεστό αέρα ή ηλεκτρικές αντιστάσεις τα κρίσιμα τμήματα του αεροσκάφους, από όπου πρέπει να αφαιρεθεί ή να μη σχηματιστεί πάγος.

1.11.2 Επίδραση στο περιβάλλον

Τα υγρά αποπάγωσης, μαζί με το λιωμένο πάγο στραγγίζουν από την επιφάνεια του αεροσκάφους στο έδαφος. Το μείγμα αυτό νερού και γλυκολών,

αν δε συλληχθεί αποτελεί σημαντικό κίνδυνο για τον υδροφόρο ορίζοντα. Οι γλυκόλες αποδομούνται πολύ αργά και εξαντλούν το οξυγόνο από το νερό, και έχουν συνεπώς πολύ σοβαρή τοξική επίδραση στα υδατικά έμβια όντα.

1.12 Πλυντήρια αεροσκαφών και εξωτερικό πλύσιμο των κινητήρων και του εξοπλισμού

1.12.1 Προέλευση - Χαρακτηριστικά

Το πλύσιμο των αεροσκαφών γίνεται για την προστασία των μεταλλικών επιφανειών από τη διάβρωση, που μπορεί να προκαλέσουν το θαλασσινό νερό, άλλες διαβρωτικές στερεές ουσίες και ηλεκτρολύτες. Η συχνότητα που εκτελείται ποικίλει ανάλογα με τη διαβρωτικότητα του περιβάλλοντος, και συνίσταται από τους περισσότερους κατασκευαστές στους τέσσερις μήνες. Συνοπτικά, το πλύσιμο των αεροσκαφών γίνεται με την ακόλουθη διαδικασία:

α. Ψεκασμός υπό πίεση σε ολόκληρη την επιφάνεια του αεροσκάφους με μείγμα ζεστού νερού και καθαριστικού, για να μαλακώσει η συσσωρευμένη επίστρωση από έλαια, ακαθαρσίες και οξειδωση.

β. Βούρτσισμα των επιφανειών με αλκαλικό καθαριστικό, συνήθως υδατικής βάσης για να μαλακώσουν και να γαλακτωματοποιηθούν οι ακαθαρσίες και τα ξένα σώματα και να αποκολληθούν από την επιφάνεια του αεροσκάφους.

γ. Ρίψη με υδροσωλήνα ζεστού ή κρύου νερού στις επιφάνειες του αεροσκάφους, για την πλήρη απομάκρυνση του περιλαμβάνουν πετρέλαιο, γράσο, και άλλες ακαθαρσίες από το αεροσκάφος.

Παρόμοια με τα πλυντήρια αεροσκαφών, στα συνεργεία επισκευής και τα δοκιμαστήρια κινητήρων προκύπτουν απόνερα από τις εργασίες καθαρισμού του κινητήρα και του δαπέδου με αλκαλικά καθαριστικά και συνήθως περιλαμβάνουν λάδια, λιπαντικά, και γαλακτωματοποιημένες ακαθαρσίες. Κατά τη συντήρηση των οχημάτων εξυπηρέτησης επίσης, προκύπτουν απόβλητα από πλύσιμο και την αντικατάσταση λιπαντικών και ελαίων.

Υπολογίζεται ότι από το πλύσιμο ενός σχετικά μικρού μεγέθους αεροσκάφους (π.χ ενός μαχητικού F-16) δημιουργούνται περίπου 1000 λίτρα (250 γαλόνια) απόνερων, ποσότητα που μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 5000 λίτρα για το πλύσιμο ενός μεγάλου αεροσκάφους, όπως το C-130 ή ένα αντίστοιχου μεγέθους πολιτικό αεροσκάφος (US Department of the Air Force, 1999).

Τα απόβλητα από τα πλυντήρια των αεροσκαφών, τα συνεργεία επισκευής και δοκιμαστήρια κινητήρων και τα συνεργεία οχημάτων δημιουργούν υγρά απόβλητα που περιλαμβάνουν κυρίως μεγάλες ποσότητες ελαίων, λιπών, και αλκαλικών καθαριστικών, και σε μικρότερο βαθμό μέταλλα και βιοχημική απαίτηση σε οξυγόνο. Τα περιεχόμενα έλαια είναι και στις τρεις φάσεις, αδιάλυτα (στην επιφάνεια), διαλυμένα και γαλακτωματοποιημένα μέσα στα λύματα.

Τα μέταλλα προέρχονται από το νερό του δικτύου, την επιφάνεια του αεροσκάφους και κομμάτια του χρώματος που αποκολλούνται με το νερό. Οι περιεκτικότητες τους είναι γενικά χαμηλές και μη ενέχουσες σημαντικό περιβαλλοντικό κίνδυνο, εκτός από εξαιρετικές περιπτώσεις. Π.χ αναφέρεται μεγάλη περιεκτικότητα σε κάδμιο και νικέλιο από τα απόνερα των κινητήρων των Α/Φ C-130, λόγω της επιμετάλλωσης των πτερυγίων του συμπιεστή με τα μέταλλα αυτά.

1.12.2 Επίδραση στο περιβάλλον

Οι βλαβερές συνέπειες των ελαιωδών αποβλήτων για το περιβάλλον αναλύθηκαν στις παραπάνω παραγράφους 1.4 και 1.5. Όπως προαναφέρθηκε, δημιουργούν προβλήματα γεύσης και οσμής, ενώ επίσης σχηματίζουν διακριτή επιφανειακή στιβάδα, με αποτέλεσμα να επηρεάζουν τη φωτοσύνθεση και τον αερισμό του νερού, άλλα και τη λειτουργία των μονάδων επεξεργασίας λυμάτων.

Η απελευθέρωση των αποβλήτων που περιέχουν έλαια και λίπη σε μεγάλες ποσότητες στο αποχετευτικό σύστημα, συμβάλλει στην δημιουργία επίστρωσης στα συστήματα μεταφοράς των αστικών λυμάτων. Εφόσον προηγηθεί επεξεργασία, οι επιστρώσεις από έλαια, λιπαντικά επηρεάζουν

συνολικά την αποδοτικότητα των χημικών κατακρημνιστικών που χρησιμοποιούνται για την κροκίδωση των αποβλήτων. Το pH των αποβλήτων που περιλαμβάνει απορρυπαντικά συνήθως κυμαίνεται σε πολύ ψηλά επίπεδα, από 9,0 έως 10,8, και πρέπει να μειωθεί με κατάλληλη επεξεργασία. Τα απορρυπαντικά μπορεί να προκαλέσουν μερική επίπλευση της λάσπης μέσω της απελευθέρωσης διοξειδίου του άνθρακα.

2ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΙΩΣΗΣ & ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΣΤΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΤΗΣ ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

2.1 Ταξινόμηση αποβλήτων. Επικίνδυνα απόβλητα

Η σωστή αναγνώριση και ταξινόμηση για τα βιομηχανικά απόβλητα που δημιουργεί είναι η πρώτη ενέργεια που θα βοηθήσει μια αεροπορική βιομηχανία στην εφαρμογή ενός αποτελεσματικού προγράμματος διαχείρισης αποβλήτων. Όταν τα απόβλητα ταξινομηθούν σε κάποια κατηγορία, εναλλακτικοί σχεδιασμοί για τη συνολική διαχείριση τους, που συμπεριλαμβάνει κατά σειρά τη μείωση, την ανακύκλωση, την επεξεργασία, την αποθήκευση και τη διάθεση μπορούν να σχεδιαστούν σύμφωνα με τους κανονισμούς και τη νομοθεσία.

Τα βιομηχανικά απόβλητα της αεροπορικής βιομηχανίας γενικά και κυρίως τα λύματα της χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη τόσο κοινών ρύπων όσο και ειδικών ρύπων και ρύπων προτεραιότητας. Οι κοινοί ρύποι μπορεί να περιλαμβάνουν λάδια και λίπη, διαλυμένα στερεά, ακατάλληλο pH (όξινο, αλκαλικό) και βιοχημική ή χημική απαίτηση σε οξυγόνο (BOD, COD). Οι ειδικοί ρύποι προτεραιότητας είναι ουσίες ή ενώσεις που παρουσιάζουν σημαντικό κίνδυνο για το περιβάλλον, όπως βαριά μέταλλα και κυανιούχες ενώσεις (Υπουργική Απόφαση Η.Π 51354/2641/Ε103, 2010). Τα απόβλητα μπορούν να ταξινομηθούν, ανάλογα με τους ρύπους που περιέχουν ή τα χαρακτηριστικά που παρουσιάζουν σε *επικίνδυνα* απόβλητα και *μη επικίνδυνα* απόβλητα.

Ένα απόβλητο θεωρείται, σύμφωνα με την ευρωπαϊκή και την ελληνική νομοθεσία επικίνδυνο όταν αναφέρεται με αστερίσκο στον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων (ΕΚΑ), ή αν παρουσιάζει μία ή περισσότερες από τις δεκατέσσερις ιδιότητες μεταξύ των οποίων *εκρηκτικό, οξειδωτικό, εύφλεκτο, ερεθιστικό, επιβλαβές, τοξικό, καρκινογόνο, διαβρωτικό, μολυσματικό, τερατογόνο, μεταλλαξογόνο και οικοτοξικό*. Η νομοθεσία περιλαμβάνει τις διαδικασίες δοκιμής που χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν εάν τα

απόβλητα έχουν οποιοδήποτε από αυτές τις προκαθορισμένες ιδιότητες. Η πρωταρχική ευθύνη για τον καθορισμό εάν ένα απόβλητο παρουσιάζει επικίνδυνα χαρακτηριστικά ανήκει σε αυτόν που το παράγει (Κοινή Υπουργική Απόφαση 13588-725, 2006).

Σε περίπτωση που το υλικό δεν παρουσιάζει κάποια από τα χαρακτηριστικά που αναφέρονται παραπάνω, θεωρείται μη επικίνδυνο απόβλητο. Στην περίπτωση αυτή πρέπει επίσης να γίνεται διαχείριση του με περιβαλλοντικά υπεύθυνο και εύλογο τρόπο. Τέτοια υλικά μπορεί να περιλαμβάνουν για παράδειγμα απόβλητα όπως κενές συσκευασίες χρωμάτων ή ελαιολιπαντικών, λιπαρά κουρέλια, στουπιά ή λάσπη που μπορούν να προωθούνται συσκευασμένα για διάθεση σε χώρους ταφής ή να αποστέλλονται προς ανακύκλωση.

2.2 Στρατηγικές διαχείρισης των βιομηχανικών αποβλήτων

Μέχρι και το πρόσφατο παρελθόν, στις περισσότερες βιομηχανικές εγκαταστάσεις χρησιμοποιήθηκαν για τη διαχείριση των λυμάτων και των άλλων αποβλήτων τους κυρίως συστήματα επεξεργασίας «στο τέλος του σωλήνα» (end of pipe). Το αυξημένο κόστος της διάθεσης των αποβλήτων, οι ολοένα και πιο αυστηροί κανονισμοί για τη διαχείριση τους, καθώς και ανάδειξη ως επικίνδυνων νέων κατηγοριών αποβλήτων, έχουν εστιάσει πλέον την προσοχή σε στρατηγικές διαχείρισης με έμφαση στη μείωση. Οι στρατηγικές αυτές διαχείρισης μειώνουν το συνολικό όγκο, την τοξικότητα ή και την κινητικότητα των αποβλήτων. Η μείωση στην πηγή, η επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση μπορούν να μειώσουν σημαντικά ή να εξαλείψουν τα απόβλητα από κάποιες εργασίες, με όφελος τόσο για το περιβάλλον όσο και για τη μείωση των δαπανών για την επεξεργασία και τη διάθεση αποβλήτων.

Για να προσδιοριστεί η δυνατότητα μείωσης και συνεπακόλουθα πιθανή περιβαλλοντική ωφέλεια αλλά και εξοικονόμηση στο ύψος των λειτουργικών δαπανών, πρέπει να προηγηθεί μελέτη των βιομηχανικών αποβλήτων που παράγονται. Επίσης είναι ιδιαίτερα ωφέλιμη η εφαρμογή ενός Συστήματος

Περιβαλλοντικής Διαχείρισης (ΣΠΔ). Ένα πλήρες σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης παρακολουθεί το απόθεμα και τις ροές αποβλήτων, προκειμένου να μεγιστοποιήσει τις δυνατότητες για τη μείωση του φορτίου και της τοξικότητας των ρύπων και την επαναχρησιμοποίηση / ανακύκλωση στο μέγιστο εφικτό βαθμό, παρακολουθώντας όλες τις απαιτήσεις σε τακτικό κύκλο για την αξιολόγηση και την εκ νέου έγκριση της σχετικής άδειας. Η αξία του ΣΠΔ δεν εστιάζεται μόνο στη συμμόρφωση, αλλά στη διαδικασία που καθιερώνει την υποβολή ερωτήσεων σχετικά με τις επιπτώσεις στο περιβάλλον και την εξέταση σε τακτική βάση του σχεδίου για τη μείωση τους.

2.2.1 Μείωση στην πηγή

Το πρώτο βήμα που πρέπει να κάνει η αεροπορική βιομηχανία είναι να εντοπίσει ευκαιρίες για μείωση στην πηγή. Μετά τον καθορισμό του όγκου και της σύνθεσης των ρευμάτων αποβλήτων πρέπει να καταρτίζονται πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο και τον τόπο που παράγονται τα απόβλητα, την πιθανότητα βελτίωσης της αποτελεσματικότητας της διαδικασίας και το κόστος των πρώτων υλών.

Η υιοθέτηση πρακτικών καλής λειτουργίας αποτελεί έναν από τους πιο απλούς και οικονομικότερους τρόπους μείωσης. Οι πρακτικές καλής λειτουργίας περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων τη βελτίωση της διαχείρισης υλικών και αποθεμάτων, το διαχωρισμό των ρευμάτων αποβλήτων και τον αποτελεσματικότερο προγραμματισμό της παραγωγής. Επιπρόσθετα, περιλαμβάνουν την βελτίωση της συντήρησης του εξοπλισμού και την επιμόρφωση του προσωπικού στις παραγωγικές λειτουργίες, με στόχο την ελαχιστοποίηση των παραγόμενων αποβλήτων.

Μερικά παραδείγματα δυνατών δράσεων μείωσης στην πηγή για τις εργασίες της αεροπορικής βιομηχανίας είναι, σύμφωνα με τη FAA (2008) τα ακόλουθα:

α. Η διεξαγωγή όλων των διαδικασιών χημικού καθαρισμού σε κεντρικό σταθμό, καθώς εξασφαλίζει την παραμονή και συγκέντρωση των διαλυτών και των καταλοίπων σε μια περιοχή.

β. Η συλλογή της περίσσειας ποσότητας των διαλυτών που διαφεύγουν από το υλικό και αποθήκευση τους σε συλλέκτες («λαμαρίνες» ή δεξαμενές), που μπορεί να επιτρέψει την επαναχρησιμοποίηση τους.

γ. Η εξέταση της δυνατότητας χρήσης μη επικίνδυνων καθαριστικών όπου αυτό είναι δυνατόν.

δ. Η χρήση της μικρότερης δυνατής ποσότητας νερού για τον καθαρισμό των υλικών ή του δαπέδου από τις αναπόφευκτες υπερχειλίσεις, διαρροές και στάγδην.

ε. Η επαναχρησιμοποίηση του νερού σε διαδικασίες έκπλυσης όσο είναι δυνατόν και η αποτροπή επαφής του νερού αυτού με το νερό ψύξης ή τα όμβρια ύδατα.

ζ. Ο χειρισμός των μηχανημάτων σε σωστή θερμοκρασία και επίπεδα ροής και η λειτουργία τους με αυτόματο έλεγχο και βαλβίδες αποκλεισμού.

Η υποκατάσταση πρώτων υλών επίσης, μπορεί να μειώσει ή να εξαλείψει τη χρήση ουσιών που είναι επικίνδυνες για το περιβάλλον και δύσκολες ή δαπανηρές στην επεξεργασία ή τη διάθεση. Ο σχεδιασμός των εργασιών συντήρησης θα πρέπει να αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση των ποσοτήτων των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται, και συνεπώς και των απόβλητων που παράγονται κατά τις διεργασίες. Σημαντικό ρόλο στη μείωση μπορεί να έχει η εγκατάσταση σύγχρονου και πιο αποδοτικού εξοπλισμού. Τέλος η ενημέρωση, η ενεργοποίηση και η ενεργός συμμετοχή των εργαζομένων, μπορεί να μειώσει σημαντικά την παραγωγή αποβλήτων.

Αναλυτικότερες δυνατότητες μείωσης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά τομέα στην αεροπορική βιομηχανία ανάλογα με τη φύση της εργασίας ή δραστηριότητας αναφέρονται στην ακόλουθη παράγραφο 2.4.

2.2.2 Ανάκτηση, επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση

Η ανάκτηση υλικών από τα απόβλητα, που διαφορετικά θα απορρίπτονταν, μπορεί να μειώσει το κόστος επεξεργασίας και διάθεσης των

αποβλήτων, καθώς και τη δαπάνη για πρώτες ύλες. Παραδείγματα ανάκτησης αποβλήτων και επαναχρησιμοποίησης που ισχύουν ιδιαίτερα για τις δραστηριότητες της αεροπορικής βιομηχανίας είναι η ανάκτηση των διαλυτών με απόσταξη, η ανάκτηση των χημικών διαλυμάτων που χρησιμοποιούνται στην ηλεκτρολυτική επιμετάλλωση με δεξαμενές ανάκτησης, των χημικών (γλυκόλες) από αντιπάγωση για άλλες χρήσεις εκτός ή και εντός αεροδρομίου, αεροδρομίου, μετά από επανεξέταση και αποδέσμευση. Λυματολάσπες που πληρούν τα σχετικά κριτήρια μπορούν επίσης να αξιοποιηθούν για ωφέλιμη χρήση σε τομείς όπως η γεωργία, τα δημόσια έργα, η διαμόρφωση τοπίου και τα εγγειοβελτιωτικά έργα.

Αναλυτικότερες δυνατότητες ανακύκλωσης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην αεροπορική βιομηχανία ανάλογα με τη φύση της εργασίας ή δραστηριότητας αναφέρονται στην ακόλουθη παράγραφο 2.4.

2.2.3 Επεξεργασία

Εφόσον οι ευκαιρίες για τη μείωση στην πηγή, την ανάκτηση και την επαναχρησιμοποίηση εξαντληθούν, η επεξεργασία των αποβλήτων θα είναι τελικά αναγκαία για να μειωθεί ο όγκος, τοξικότητα, ή η κινητικότητα των αποβλήτων πριν από την απόρριψη ή διάθεση τους. Οι κυριότερες μέθοδοι επεξεργασίας αποβλήτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην αεροπορική βιομηχανία, και τα πιο χαρακτηριστικά συστήματα και εγκαταστάσεις που βασίζονται σε αυτές αναλύονται στο επόμενο **Κεφάλαιο 3**.

2.3 Δυνατότητες μείωσης και ανακύκλωσης των αεροπορικών αποβλήτων

Ακολούθως αναφέρονται αναλυτικότερα δυνατότητες μείωσης στην πηγή για τις διάφορες κατηγορίες αεροπορικών αποβλήτων, σε σχέση κυρίως με τη φύση των εργασιών που τα παράγουν.

2.3.1 Δυνατότητες μείωσης και ανακύκλωσης - Αεροπορικά υγρά (καύσιμα, λάδια και υδραυλικά)

Τα αεροπορικά υγρά δεν πρέπει να έρχονται σε επαφή με το έδαφος. Για αυτό το λόγο πρέπει το προσωπικό συντήρησης των αεροσκαφών πρέπει να φροντίζει ώστε η πλήρωση των αντίστοιχων συστημάτων να γίνεται σε ασφαλτοστρωμένη περιοχή. Πρέπει να αποφεύγονται κηλίδες κατά την πλήρωση, ενώ εφόσον αυτό είναι αναπόφευκτο, η συλλογή του υγρού πρέπει να γίνει με απορροφητικό υλικό, και να μην αραιωθεί η κηλίδα με νερό.

Πρέπει να αποφεύγεται η υπερβολική πλήρωση των συστημάτων των αεροσκαφών, καθώς αυξάνει την πιθανότητα δημιουργίας κηλίδων, διαμέσου των ανακουφιστικών βαλβίδων και των αποστραγγίσεων των δεξαμενών, λόγω της διόγκωσης των υγρών με τις αλλαγές θερμοκρασίας. Ειδική μέριμνα πρέπει να λαμβάνεται κατά την εκτέλεση εργασιών στα υδραυλικά συστήματα, καθώς αυτά λειτουργούν υπό υψηλή πίεση (συνήθως περί τα 3000 psi) και συνεπώς είναι πολύ πιο εύκολη η δημιουργία διαρρών μεγάλης ποσότητας υγρών.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει τέλος να δίνεται κατά την αντικατάσταση των παρελκομένων των συστημάτων και την εκτέλεση μακράς συντήρησης. Πρέπει να τοποθετούνται συλλέκτες («λαμαρίνες») κάτω από σημεία του αεροσκάφους που μπορεί να παρουσιάσουν διαρροές. Οι λαμαρίνες πρέπει να τοποθετούνται πριν την έναρξη των εργασιών και να αδειάζονται άμεσα, χωρίς να παραμένουν με τα συλλεχθέντα υγρά μετά τη λήξη της εργασιακής ημέρας. Επίσης τα συστήματα που υφίστανται συντήρηση, καθώς και τα παρελκόμενα που αφαιρούνται από το αεροσκάφος για επισκευή πρέπει να αποστραγγίζονται με προσοχή.

Όσον αφορά την ανακύκλωση, τα ακατάλληλα αεροπορικά υγρά (καύσιμα, λάδια και υδραυλικά) είναι ιδιαίτερα δεκτικά και εύκολα στην διάθεση για ανακύκλωση με ιδιαίτερα χαμηλό ή και καθόλου κόστος, καθώς επιδέχονται πολλών εφαρμογών (ανάκτηση ελαίου, υποβιβασμός σε δευτερεύον καύσιμο, ανάκτηση ενέργειας με καύση κ.α). Τα άχρηστα ή ακατάλληλα υγρά που συγκεντρώνονται από τις αποστραγγίσεις των δεξαμενών ή αφαιρούνται από το αεροσκάφος πρέπει να συγκεντρώνονται σε χωριστές ανάλογα με το υγρό,

κατάλληλες δεξαμενές (βαρέλια), προκειμένου να προωθούνται για ανακύκλωση. Ένα πολύ κοινό όμως σφάλμα που γίνεται είναι η ανάμειξη των υγρών, όπως π.χ του ακατάλληλου καυσίμου με λάδια, υδραυλικά ή σκουπίδια. Αυτό γίνεται είτε από εσφαλμένη οργάνωση του συστήματος διαχωρισμού (π.χ, ποσοτική ή χωρική ανεπάρκεια, μη ύπαρξη χωριστών συλλεκτών) είτε από αδιαφορία και μη συμμετοχή του προσωπικού. Σε κάθε περίπτωση, ο κακός διαχωρισμός απομειώνει τη δυνατότητα ανακύκλωσης και αυξάνει σημαντικά το κόστος της.

2.3.2 Δυνατότητες μείωσης - Απόβλητα καθαρισμού (διαλύτες, καθαριστικά)

Μία από τις κυριότερες λύσεις για τη μείωση των αποβλήτων από τις εργασίες καθαρισμού, η οποία εξετάζεται όλο και ευρύτερα στην αεροπορική βιομηχανία είναι η αντικατάσταση των χρησιμοποιούμενων, βλαβερών για το περιβάλλον καθαριστικών με άλλα, λιγότερο βλαβερά καθαριστικά υδατικής μη οργανικής βάσης.

Στα υδατικά καθαριστικά συμπεριλαμβάνονται όξινα ή αλκαλικά καθαριστικά, σαπουνία και απορρυπαντικά. Τα καθαριστικά αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντί των οργανικών για το μεγαλύτερο μέρος των εργασιών καθαρισμού, εκτός από την εφαρμογή σε πάρα πολύ ισχυρές ακαθαρσίες (π.χ εξαγωγές κινητήρων). Μπορούν να αφαιρέσουν λάδια, λίπη και ακαθαρσίες από πλήθος επιφανειών, μεταλλικών ή πλαστικών. Τα καθαριστικά αυτά θεωρούνται ασφαλή καθώς δεν έχουν πτητικούς υδρογονάνθρακες (VOCs), δεν συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και είναι εύκολα ανακυκλώσιμα. Επίσης θεωρείται αρκετά εύκολη η επεξεργασία τους, με χρήση διαχωριστή ελαίου/νερού και της ρύθμισης του pH μέσω της μεθόδου της εξουδετέρωσης. Αναφέρεται π.χ. ότι, μετά από την απαιτούμενη εξέταση καταλληλότητας μία μονάδα συντήρησης της ναυτικής αεροπορίας των ΗΠΑ, κατάφερε και υποκατέστησε το 80% των επικίνδυνων για το περιβάλλον οργανικών διαλυτών της που περιελάμβαναν τριχλωροαιθάνιο (Florida Department of Environmental Protection, 1992).

Τα υδατικά καθαριστικά έχουν ωστόσο και κάποια μειονεκτήματα. Έχουν υψηλό κόστος, που εξομαλύνεται σε ένα βαθμό από τη μη απαίτηση περιβαλλοντικής διαχείρισης. Όπως προαναφέρθηκε είναι ακατάλληλα για ισχυρές ακαθαρσίες όπως π.χ καμμένα λάδια. Έχουν χαμηλή διαλυτότητα και αργούν να εξατμιστούν, και μπορούν να προκαλέσουν βραχυκυκλώματα και διαβρώσεις.

Δεδομένου ότι η χρήση οργανικών διαλυτών δεν μπορεί να υποκατασταθεί πλήρως, αυτή πρέπει να γίνεται με τρόπο και ενέργειες που έχουν καταγραφεί στο πεδίο της περιβαλλοντικής δράσεως στην κατηγορία της «νοικοκυροσύνης» (“good housekeeping”). Τέτοιες ενέργειες περιλαμβάνουν ενδεικτικά το κλείσιμο της συσκευασίας των διαλυτών όταν δεν χρησιμοποιούνται, μη χρήση ανοικτών δοχείων, προσοχή στη χρησιμοποιούμενη ποσότητα διαλύτη και επιμέλεια κατά τον καθαρισμό, προκειμένου να μην διαχέονται πτητικοί υδρογονάνθρακες χωρίς λόγο στο περιβάλλον με την εξάτμιση. Για τον ίδιο λόγο επίσης οι διαδικασίες εφοδιασμού και συγκέντρωσης-αποκομιδής των χρησιμοποιημένων διαλυτών πρέπει να γίνονται με ιδιαίτερη προσοχή, και να αποφεύγονται απώλειες και διαρροές κατά τη διαδικασία.

Η επαναχρησιμοποίηση των διαλυτών καθώς και η ανακύκλωσή τους είναι επίσης δυνατή και σχετικά εύκολη, με τη μέθοδο της απόσταξης και κατάλληλες διαδικασίες και συσκευές είναι διαθέσιμες και χρησιμοποιούνται σε αρκετές βιομηχανίες.

2.3.3 Δυνατότητες μείωσης - Απόβλητα εφαρμογής μεθόδων μη καταστροφικού ελέγχου (Non Destructive Inspection-NDI)

Το κυριότερο πρόβλημα αποβλήτων δημιουργείται κατά τη διαδικασία έκπλυσης του υλικού από το δεισδυτικό με νερό. Το νερό που χρησιμοποιείται για την πλύση ή τον καθαρισμό του υλικού περιέχει σε μεγάλο βαθμό κάποια από τα επιβλαβή χαρακτηριστικά του δεισδυτικού, όπως το χρώμα, οι υδρογονάνθρακες, τα λίπη και τα έλαια, οι επιφανειοδραστικές ουσίες και οι βαφές.

Λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών των απόβλητων αυτών και ειδικά των βαφών, είναι καλύτερο να γίνεται χωριστή συλλογή τους από τα υπόλοιπα απόβλητα μιας βιομηχανικής μονάδας. Τα απόνερα αυτά δεν μπορούν γενικά να επαναχρησιμοποιηθούν σε κλειστό κύκλο, γιατί τυχόν υπολείμματα από επιφανειοδραστικές ουσίες στο νερό μπορούν να προκαλέσουν δραματική μείωση της ακρίβειας της μεθόδου (καθώς θα γίνει υπερβολική γαλακτωματοποίηση και συνεπώς αφαίρεση του διεισδυτικού από τις προς εντοπισμό ατέλειες του υλικού).

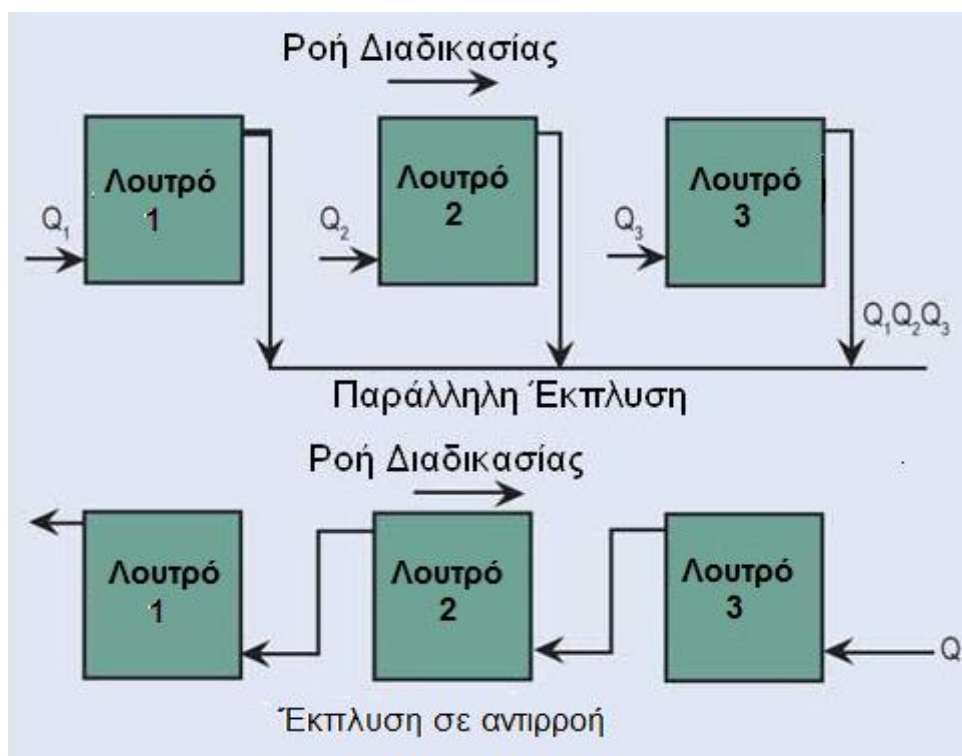
Οι απώλειες από τις δεξαμενές προς το περιβάλλον μπορούν να μειωθούν με την επαρκή αποστράγγιση του υλικού πάνω από τις δεξαμενές, κατά τα στάδια εκτέλεσης της διαδικασίας. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν δοχεία συλλογής, για την υπερχειλίση από τις δεξαμενές, οι οποίες πρέπει να ελέγχονται τακτικά για διαρροές. Κυριότερα, η καλή καθαριότητα, η νοικοκυροσύνη και η επίβλεψη μειώνουν τα απόβλητα, αποτρέπουν την απόρριψη των επικίνδυνων υγρών στο περιβάλλον και βοηθούν στη βελτίωση της συλλογής και του διαχωρισμού των αποβλήτων.

2.3.4 Δυνατότητες μείωσης - Απόβλητα από τις επιμεταλλώσεις

Η μεγάλη ποσότητας παραμένουτος διαλύματος στο υλικό που υφίσταται επιμετάλλωση μολύνει τις επόμενες δεξαμενές, μειώνοντας την ωφέλιμη ζωή τους, και δημιουργεί ανάγκη έκπλυσης με μεγαλύτερη ποσότητα νερού, δημιουργώντας έτσι τελικά μεγαλύτερη ποσότητα υγρών αποβλήτων. Για να μειωθεί η ποσότητα του παραμένουτος στο υλικό διαλύματος πρέπει να γίνεται καλή αποστράγγιση του. Ένας αποτελεσματικός πρακτικός τρόπος μείωσης είναι και η κατάλληλη τοποθέτηση των υλικών που επιμεταλλώνονται μέσα στο λουτρό, με τέτοιο τρόπο και κατάλληλη γωνία ώστε να μην παραμένει κατά την έξοδο του υλικού ποσότητα διαλύματος περισσότερη από όση απαιτείται.

Όταν μειώνεται το παραμένον στο υλικό διάλυμα, λιγότερα χημικά καταλήγουν στην δεξαμενή έκπλυσης με νερό. Κατ'αυτόν τον τρόπο μειώνεται ο όγκος υγρών αποβλήτων για επεξεργασία και συνεπώς και η παραγόμενη

επικίνδυνη λάσπη. Για τον ίδιο λόγο επίσης το νερό που χρησιμοποιείται μπορεί να μειωθεί και με άλλους τρόπους, όπως χρήση ειδικών διατάξεων που προκαθορίζουν την ποσότητα του νερού, αλλά και διαδικασίες που βελτιστοποιούν την έκπλυση όπως έκπλυση με ψεκασμό ή έκπλυση με σπρέι ή συνδυασμό σπρέι και λουτρού.



Εικόνα 2-1: Επιμετάλλωση - Έκπλυση σε αντιρροή (Πηγή: Schulte, 2011)

Η χρήση των δεξαμενών έκπλυσης σε αντιρροή, αντί της παράλληλης παράθεσης τους επίσης, μειώνει σημαντικά την κατανάλωση νερού (**Εικόνα 2-1**). Σε αυτή τη μέθοδο, που ονομάζεται «έκπλυση σε αντιρροή» (counterflow rinsing), το υλικό υφίσταται έκπλυση σε αντίστροφη από το νερό πορεία. Το καθαρό νερό τοποθετείται στο τελευταίο, μακρύτερο από το διάλυμα της επιμετάλλωσης λουτρό, ενώ η υπερχείλιση του πηγαίνει στο αμέσως προηγούμενο. Η μέθοδος αυτή θεωρητικά υποπολλαπλασιάζει την ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται ανάλογα με τον αριθμό των χρησιμοποιούμενων δεξαμενών.

Ακόμη, πρακτικές καλής λειτουργίας όπως η καλή καθαριότητα, η νοικοκυροσύνη και η επίβλεψη στις συγκεκριμένες κρίσιμες περιβαλλοντικά

δραστηριότητες μειώνουν τα απόβλητα, αποτρέπουν την απόρριψη επικίνδυνων ουσιών στο περιβάλλον και βοηθούν στη βελτίωση της συλλογής και του διαχωρισμού των αποβλήτων.

Τα απόβλητα των επιμεταλλώσεων επιδέχονται ανάκτησης και ανακύκλωσης σε αρκετά μεγάλο βαθμό. Οι δυνατότητες περιλαμβάνουν την ανάκτηση των διαλυμάτων επιμετάλλωσης, την ανάκτηση μετάλλων από τα απόνερα των πλύσεων και τα οξέα απογύμνωσης, καθώς και την επαναχρησιμοποίηση του νερού από τις πλύσεις μετά τον καθαρισμό του. Είναι σε γενικές γραμμές περίπλοκες και εξειδικευμένες μέθοδοι που απαιτούν ειδικό εξοπλισμό και χημική επεξεργασία των διαλυμάτων ή των απόνερων και ανήκουν περισσότερο στην κατηγορία της επεξεργασίας παρά της ανακύκλωσης. Μερικές από τις μεθόδους αυτές αναφέρονται στο επόμενο **Κεφάλαιο 3 (παράγραφος 3.4.1)** για την επεξεργασία των αποβλήτων από τις επιμεταλλώσεις.

2.3.5 Δυνατότητες μείωσης - Απόβλητα χρωστηρίων (αντιδιαβρωτικής προστασίας A/Φ)

Οι μέθοδοι μείωσης των αποβλήτων των χρωστηρίων στοχεύουν πριν απ'όλα στη μείωση των χρωμάτων που καταναλώνονται σκόπιμα ή άσκοπα κατά τη βαφή του αεροσκάφους και των παρελκομένων του. Αυτό είναι δυνατό κυρίως με τρεις τρόπους: με αυστηρή παρακολούθηση του αποθέματος, υποκατάσταση των χρησιμοποιούμενων προδιαγραφών με περιβαλλοντικά φιλικότερες και αποφυγή του υπερψεκασμού.

Η αυστηρή παρακολούθηση του αποθέματος, αποσκοπεί κυρίως στην εξάντληση των δοχείων χρωμάτων που ανοίγονται και στη χρήση της σωστής ποσότητας χρώματος. Περιλαμβάνει επίσης και άλλες ενέργειες, όπως π.χ την επίβλεψη του προσωπικού ή τη μείωση της πρόσβασης του στις διαχειρίσεις με τις πρώτες ύλες, ενθαρρύνοντας έτσι την εξάντληση των ήδη διαθέσιμων πρώτων υλών. Είναι δυνατή επίσης η επιλογή λιγότερο πτητικών και λιγότερο τοξικών βαφών, η οποία θα απομειώσει τις βλαβερές ιδιότητες από τα

απόβλητα της χρώσης, όσο και στο μέλλον της απόχρωσης (μείγμα χρώμα και διαλύτη), όταν αυτή απαιτηθεί.

Ο έλεγχος του υπερψεκασμού του αεροσκάφους βοηθά τόσο στη εξοικονόμηση πρώτων υλών, όσο και στη μείωση της ποσότητας των χρωμάτων και των αέριων εκπομπών που απελευθερώνεται στο περιβάλλον. Για το σκοπό αυτό έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές ψεκασμού, όπως π.χ αυτόματος ψεκασμός μικρής ποσότητας χρώματος με κατάλληλη πίεση, ή ψεκασμός με ηλεκτροστατική φόρτιση των επιφανειών για γρηγορότερη και καλύτερη εφαρμογή του χρώματος. Επίσης, δεδομένου ότι ο υπερψεκασμός δεν μπορεί να αποφευχθεί τελείως, είναι απαραίτητη η κάλυψη με πλαστικό του δαπέδου και της γύρω από την εργασία περιοχής, προκειμένου το χρώμα να μην έρθει σε επαφή με το έδαφος. Για μικρότερα υλικά, είναι δυνατό η χρώση τους να εκτελείται σε κλειστό θάλαμο βαφής.

Μείωση των αποβλήτων γίνεται επίσης με κατάλληλη επιλογή μεθόδου απόχρωσης. Η πλέον διαδεδομένη μέθοδος παραμένει η χημική, καθώς η ψηγματοβολή δεν είναι κατάλληλη για όλες τις επιφάνειες. Τα συνηθέστερα χημικά αποχρωστικά έχουν βάση τις φαινόλες και το διχλωρομεθάνιο, αλλά πλέον χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο λιγότερο τοξικά αποχρωστικά όπως διβασικοί εστέρες, ημιυδατικά αποχρωστικά, αποχρωστικά με βάση το τερπένιο την καυστική σόδα κ.α. Επίσης, η επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση του διαλύτη, ειδικά από τα λουτρά είναι δυνατή μετά από καθαρισμό του από τις ακαθαρσίες.

Η ψηγματοβολή, αν και δεν παράγει υγρά απόβλητα εξακολουθεί να παράγει στερεά απόβλητα με τα υπολείμματα του χρώματος που περιέχουν επικίνδυνα μέταλλα. Η ψηγματοβολή με πλαστικά έχει το πλεονέκτημα ότι τα πλαστικά αποξεστικά μπορούν εύκολα να διαχωριστούν από τα απόβλητα και να ανακυκλωθούν. Είναι ωστόσο αρκετά ακριβή μέθοδος και ακατάλληλη για κάποιες κατηγορίες χρωμάτων. Η ψηγματοβολή με ζεστό νερό σε πίεση μπορεί επίσης να είναι αρκετά αποτελεσματική, και τα συστήματα που τη χρησιμοποιούν είναι κλειστά και συμπεριλαμβάνουν την επεξεργασία του νερού που χρησιμοποιούν για την αφαίρεση των χρωμάτων, ωστόσο είναι μια ακριβή μέθοδος με μέτρια αποτελέσματα.

2.3.6 Δυνατότητες μείωσης - Υγρά από Μπαταρίες

Οι μπαταρίες των αεροσκαφών περιέχουν επικίνδυνες, διαβρωτικές και τοξικές ουσίες που μπορούν να μολύνουν το έδαφος και τον υδροφόρο ορίζοντα αλλά και να βλάψουν τον άνθρωπο εφόσον έρθει σε άμεση επαφή μαζί τους, όπως το θειικό οξύ και ο μόλυβδος. Οι πολιτικές μείωσης των απόβλητων τους σχετίζονται με την καλύτερη δυνατή διαχείριση των μπαταριών κατά την ωφέλιμη ζωή τους, όσο δηλαδή αυτές είναι σε χρήση επί του αεροσκάφους, σε επαναφόρτιση εκτός αυτού, ή σε αποθήκευση, αλλά και μετά τη λήξη της ζωής τους μέχρι να προωθηθούν για ανακύκλωση. Συνεχώς οι μπαταρίες πρέπει να ελέγχονται για διαρροές. Επίσης, οι μπαταρίες πρέπει να είναι προστατευμένες από τον καιρό, όταν είναι εκτός του αεροσκάφους να εγκιβωτίζονται σε κατάλληλα δοχεία που θα συγκρατήσουν τα οξέα και θα αποτρέψουν διαρροή τους στο περιβάλλον, καθώς και να προωθούνται τελικά για ανακύκλωση σε κατάλληλη, ασφαλή συσκευασία.

2.3.7 Δυνατότητες μείωσης - Χημικά Αποπαγωτικά Α/Φ

Το μείγμα νερού και γλυκολών, που προέρχεται από τις εργασίες αποπάγωσης των αεροσκαφών αποτελεί σημαντικό κίνδυνο για τον υδροφόρο ορίζοντα. Σε πολλά αεροδρόμια έχει αναπτυχθεί κλειστός κεντρικός χώρος αποπάγωσης, προκειμένου οι εργασίες να εκτελούνται σε κατάλληλο ειδικό χώρο (εγκατάσταση), με εγκατεστημένο κλειστό σύστημα διαφυγής των απόνερων, αποκλεισμού και συγκέντρωσης των χημικών, με σκοπό την απομόνωση τους από το περιβάλλον αλλά και τον διαχωρισμό τους από το νερό και την ανακύκλωσή τους. Η επαναχρησιμοποίηση τους για τον αρχικό τους σκοπό είναι προβληματική, αλλά μπορούν να διατεθούν και να αξιοποιηθούν σε άλλες χρήσεις.

Η διαδικασία ανάκτησης για τα απόνερα των εργασιών αποπάγωσης περιλαμβάνει την προεπεξεργασία τους για την αφαίρεση ρύπων και στερεών, τη νανοδιήθηση για αφαίρεση πρόσθετων υψηλού μοριακού βάρους και τέλος την απόσταξη για την αύξηση της συγκέντρωσης της γλυκόλης στο διάλυμα.

Τα πρότυπα απόδοσης για τα υγρά αποπάγωσης των αεροσκαφών όμως περιορίζουν την επαναχρησιμοποίηση των ανακτημένων γλυκολών σε μη αεροπορική χρήση, καθώς όλες οι προδιαγραφές που χρησιμοποιούνται πρέπει να υποβάλλονται σε πιστοποίηση. Η τυχόν επαναχρησιμοποίηση της γλυκόλης για εργασίες αντιπαγοποίησης σε αεροσκάφη ή σε διαδρόμους αποπροσγείωσης θα πρέπει να πιστοποιηθεί εκ νέου σύμφωνα με τις κατάλληλες προδιαγραφές.

Πέρα από τα παραπάνω, η πιο απλή αλλά και αποτελεσματική μέθοδος μείωσης είναι ο σωστός προγραμματισμός, δηλαδή οι εργασίες να εκτελούνται μόνο στα πτητικά μέσα και τους χώρους που απαιτείται και να προγραμματίζονται κατά το δυνατόν αμέσως πριν την απογείωση του αεροσκάφους, προκειμένου να αποφευχθεί η άσκοπη επανάληψη της διαδικασίας και η άσκοπη χρήση χημικών.

Παράλληλα με τα παραπάνω, εξετάζονται νέες, φιλικές στο περιβάλλον τεχνολογίες για την αποπάγωση, όπως αποπάγωση με υπέρυθρη αντινοβολία, ανάπτυξη αποπαγωτικών χωρίς γλυκόλη κ.α., χωρίς όμως να έχουν φτάσει ακόμα σε ικανοποιητικό στάδιο ανάπτυξης.

2.3.8 Δυνατότητες μείωσης - Απόβλητα από τα πλυντήρια των αεροσκαφών και το εξωτερικό πλύσιμο των κινητήρων και του εξοπλισμού

Τα απόβλητα από τα πλυντήρια των αεροσκαφών δημιουργούν απόνερα που περιλαμβάνουν μεγάλες ποσότητες ελεύθερων, γαλακτωματοποιημένων και διαλυμένων ελαίων, καθώς και στερεών. Οι στρατηγικές μείωσης των απόβλητων αυτών αποσκοπούν ακριβώς στη μείωση της παραγόμενης ποσότητας απόνερων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την εκτέλεση των εργασιών σε επιλεγμένη περιοχή και έλεγχο της ποσότητας νερού που χρησιμοποιείται. Επίσης το νερό μπορεί να ανακυκλώνεται αφού περάσει από διαχωριστή ελαίου-νερού, όμως δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί επί του αεροσκάφους αν δεν επιβεβαιωθεί η καταλληλότητα του, καθώς μπορεί να προκαλέσει διαβρώσεις.

3ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

3.1 Σημαντικότερες κατηγορίες αεροπορικών αποβλήτων που επιδέχονται επεξεργασία

Όπως φαίνεται από την ανάλυση που προηγήθηκε στο **Κεφάλαιο 1**, τα σημαντικότερα, πλέον επικίνδυνα για το περιβάλλον απόβλητα που παράγονται στα συνεργεία συντήρησης αεροσκαφών και στην αεροπορική βιομηχανία γενικότερα, προέρχονται από τις δραστηριότητες της επεξεργασίας των μετάλλων και της επιμετάλλωσης, δευτερευόντως αυτές του χημικού καθαρισμού, της αποπάγωσης και των χρωστηρίων, ενώ σημαντικές δραστηριότητες, κυρίως λόγω της παραγόμενης ποσότητας ελαιωδών αποβλήτων είναι και αυτές των πλυντηρίων και των μη καταστροφικών ελέγχων με τη μεθόδου των δεισδυτικών.

Οι σημαντικότερες χημικές κατηγορίες αποβλήτων από τις παραπάνω δραστηριότητες, που επιδέχονται και απαιτούν, λόγω της κρισιμότητάς τους για το περιβάλλον επεξεργασία είναι οι ακόλουθες:

- Κυανιούχα απόβλητα
- Ενώσεις χρωμίου και τοξικά μέταλλα
- Οξέα και αλκάλια
- Οργανικοί διαλύτες, φαινόλες και δεισδυτικά
- Έλαια, λίπη και απορρυπαντικά
- Γλυκόλες

3.1.1 Κυανιούχα απόβλητα.

Κυανιούχες ενώσεις υπάρχουν στα απόβλητα από τα επιμεταλλωτήρια αεροπορικών εφαρμογών και δημιουργούνται κατά τη διάρκεια των διαδικασιών επεξεργασίας («φινιρίσματος») των μετάλλων, και συγκεκριμένα

από εργασίες όπως της επιμετάλλωσης, της σκλήρυνσης χάλυβα, της αντιδιαβρωτικής προστασίας και της απομάκρυνσης στιγμάτων. Η ακόλουθη **παρ. 3.4.3** περιλαμβάνει εναλλακτικές λύσεις για την επεξεργασία των αποβλήτων που περιέχουν κυανιούχα.

3.1.2 Ενώσεις χρωμίου και τοξικά μέταλλα

Ενώσεις του χρωμίου υπάρχουν επίσης στα απόβλητα των επιμεταλλωτηρίων και δημιουργούνται κατά τη διάρκεια των εργασιών επιχρωμίωσης, της χημικής στίλβωσης, της απογύμνωσης (καθαρισμού) από χαλκό, της ανοδίωσης καθώς και από άλλες αντίστοιχες εργασίες. Άλλα τοξικά μέταλλα επίσης, όπως ο χαλκός, το κάδμιο, το νικέλιο, ο μόλυβδος και ψευδάργυρος, χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια των επιμεταλλώσεων. Η ακόλουθη **παρ. 3.4.1** αναφέρει τις εναλλακτικές λύσεις για την επεξεργασία των αποβλήτων που περιέχουν ενώσεις του χρωμίου και άλλα τοξικά μέταλλα.

3.1.3 Οξέα και αλκάλια

Όξινα και αλκαλικά απόβλητα παράγονται από τις επιμεταλλώσεις και τα χρωστήρια. Η ακόλουθη **παρ.3.2.2.1** περιγράφει τη μέθοδο της εξουδετέρωσης για τη διαχείριση των όξινων και αλκαλικών αποβλήτων.

3.1.4 Οργανικοί διαλύτες, φαινόλες και διεισδυτικά

Τα απόβλητα αυτά παράγονται κατά την εφαρμογή και την αφαίρεση των βαφών (χρώση-απόχρωση), τον χημικό καθαρισμό (απολίπανση) αεροσκαφών και παρελκομένων από ισχυρές ακαθαρσίες, καθώς και από τον έλεγχο με διεισδυτικά υγρά (NDI-FPI). Οι ακόλουθες **παρ. 3.4.2** και **3.4.5** περιέχουν εναλλακτικές λύσεις την επεξεργασία αντίστοιχα των συγκεκριμένων αποβλήτων.

3.1.5 Έλαια, λίπη και απορρυπαντικά.

Αυτά τα απόβλητα παράγονται κυρίως κατά τον εξωτερικό καθαρισμό και τις εργασίες συντήρησης των αεροσκαφών, των κινητήρων και των οχημάτων εδάφους. Η ακόλουθη **παρ. 3.4.4** περιέχει εναλλακτικές λύσεις για την επεξεργασία των αποβλήτων αυτών.

3.1.6 Γλυκόλες

Ένα σημαντικό πρόβλημα που αντιμετωπίζουν ειδικά τα αεροδρόμια είναι το αυξημένα BOD5 και COD από τη φόρτωση των χημικών αποβλήτων της αποπάγωσης (γλυκόλες), στα ύδατα υποδοχής και τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Για την επεξεργασία των αποβλήτων αυτών χρησιμοποιείται η βιολογική επεξεργασία, που αναλύεται στην ακόλουθη παράγραφο **3.2.4**.

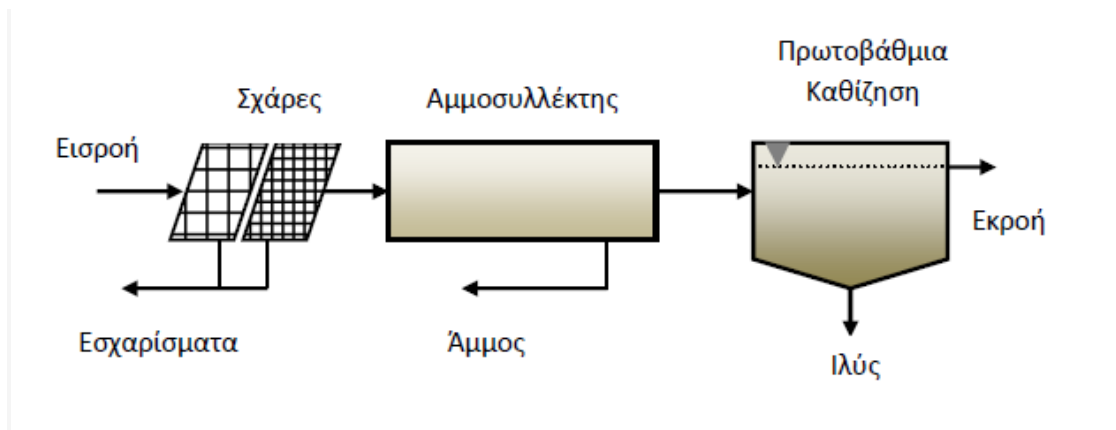
3.2 Μέθοδοι επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των υγρών βιομηχανικών αποβλήτων περιλαμβάνουν φυσικές, χημικές και βιολογικές μεθόδους, τριτοβάθμια επεξεργασία, καθώς και άλλες τεχνολογίες επεξεργασίας που δεν ανήκουν αυστηρά στις παραπάνω κατηγορίες.

Τα απόβλητα κάθε μίας βιομηχανίας αποτελούν ένα ιδιαίτερο πρόβλημα. Συνεπώς, μπορεί να απαιτηθούν εργαστηριακές μελέτες και δοκιμαστικές, πιλοτικές εγκαταστάσεις για να καθοριστεί το είδος της επεξεργασίας που απαιτείται για τα συγκεκριμένα απόβλητα. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων, συνδυασμοί των βασικών διαδικασιών και μεθόδων επεξεργασίας μπορούν να εφαρμοστούν προκειμένου να επιτευχθεί το απαιτούμενο ή επιθυμητό αποτέλεσμα.

3.2.1 Φυσικές μέθοδοι

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τη φυσική επεξεργασία των υγρών βιομηχανικών αποβλήτων περιλαμβάνουν την εξισορρόπηση, τον εσχαρισμό, την κονιορτοποίηση, τους πολτοποιητές ή τριβεία, την εξάμμωση, και τέλος την καθίζηση και επίπλευση. Ο εσχαρισμός, η εξάμμωση και η καθίζηση αποτελούν τις συνηθέστερες από τις παραπάνω φυσικές μεθόδους επεξεργασίας, οι οποίες επίσης αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως προεπεξεργασία, πρωτοβάθμια ή μηχανική επεξεργασία (**Εικόνα 3-1**).

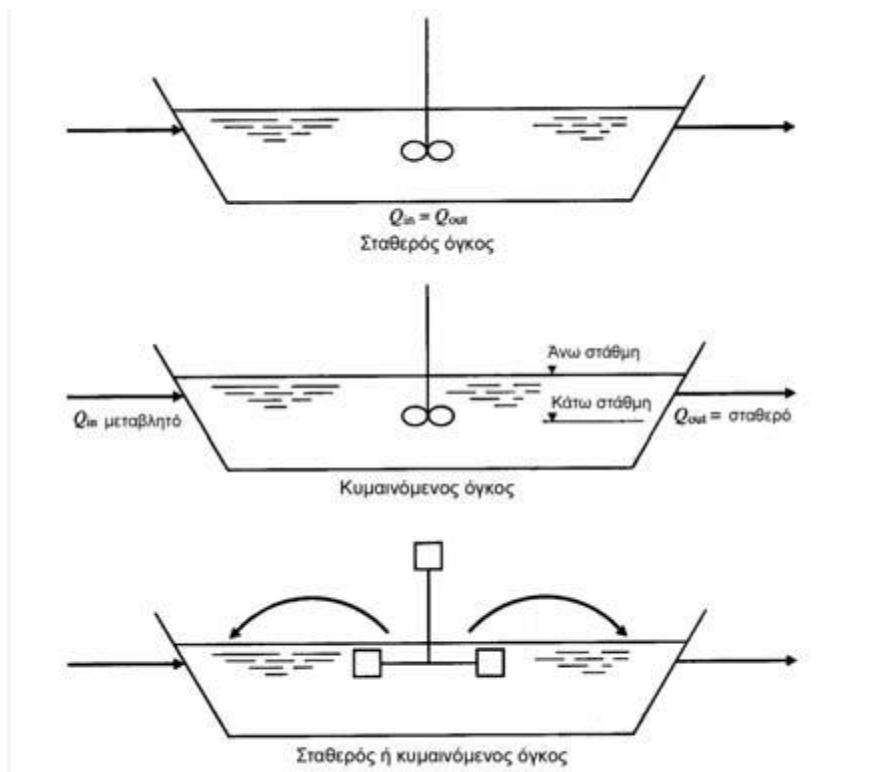


Εικόνα 3-1: Πρωτοβάθμια ή μηχανική επεξεργασία (Πηγή: Νταράκας, 2010)

3.2.1.1 Εξισορρόπηση

Η εξισορρόπηση, είναι συνήθως μία από τις πρώτες τεχνικές που εφαρμόζονται σε ένα σύστημα επεξεργασίας και χρησιμοποιείται για να μειώσει τη χρονική διακύμανση της ροής ή της συγκέντρωσης των λυμάτων. Στόχος της διαδικασίας είναι η εξομάλυνση της διακύμανσης της συγκέντρωσης του οργανικού φορτίου και των τοξικών, για την αποφυγή υπερφόρτισης των κατάντη μονάδων φυσικοχημικής ή βιολογικής επεξεργασίας, αλλά και τη συνέχιση της λειτουργίας τους όταν η βιομηχανία δεν λειτουργεί ή δεν παράγει απόβλητα.

Η εξισορρόπηση επιτυγχάνεται με συγκέντρωση των λυμάτων σε δεξαμενές και την ανάδευση τους, με στόχο την ομογενοποίηση των ρυπαντών, την αποφυγή καθίζησης των στερεών και την μερική οξειδωση των χημικών ενώσεων.



Εικόνα 3-2: Δεξαμενές Εξισορρόπησης (Πηγή: Κατσίρη, 2004)

Τα οφέλη και οι απώλειες από την εφαρμογή της διαδικασίας της εξισορρόπησης για την επεξεργασία βιομηχανικών αποβλήτων περιλαμβάνουν τα ακόλουθα (Κατσίρη, 2004):

α. Όφελος από τη μείωση του κόστους κατασκευής των μονάδων επεξεργασίας και την απλοποίηση της λειτουργίας τους

β. Όφελος από τη βελτίωση των διαδικασιών ελέγχου της λειτουργίας και μείωση του κόστους των απαιτούμενων χημικών

γ. Αρνητικές επιπτώσεις που απορρέουν από το αυξημένο κόστος λειτουργίας, για τη διατήρηση των στερεών σε αιώρηση και τη διενέργεια δειγματοληψιών-μετρήσεων των παροχών και των ρυπαντών που επηρεάζουν την επεξεργασία.

3.2.1.2 Εσχαρισμός

Ο εσχαρισμός χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση των αιωρούμενων, επιπλεόντων και ευμεγεθών στερεών που συμπαρασύρονται με τη ροή των απόβλητων ή απόνευρων.

Ανάλογα με το είδος των απομακρυνόμενων στερεών, ο εσχαρισμός διακρίνεται σε:

- χονδροειδή, όπου το μέγεθος των απομακρυνόμενων στερεών είναι από 3 έως 10 cm,
- μεσαίο, με μέγεθος απομακρυνόμενων στερεών 0,5-3 cm και
- λεπτό, με μέγεθος απομακρυνόμενων στερεών 150 μm - 0,5 cm.

Οι σχάρες κατασκευάζονται από ράβδους ανοξείδωτου χάλυβα με ορθογώνια διατομή και στρογγυλεμένες ακμές. Κάποιες σχάρες μπορεί να καθαρίζονται με τα χέρια, αλλά συνήθως είναι αυτοκαθαριζόμενες με αυτόματα ξέστρα.

Η απόδοση των διατάξεων αυτών είναι 5-10% για τα αιωρούμενα στερεά και 0-10% για τα οργανικά (BOD₅) είναι 0-10% (Νταράκας, 2010).

Στην αεροπορική βιομηχανία, σταθερές εσχάρες με σχετικά μεγάλη απόσταση από 2,5 έως 3,8 cm χρησιμοποιούνται συνήθως στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας, για την κατακράτηση των μεγάλων στερεών, όπως κουρέλια, στουπιά και άλλα, που μεταφέρονται από τα υγρά απόβλητα. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται προστασία των αντλιών και των μονάδων επεξεργασίας από βλάβες και απόφραξη. Επίσης, σχάρες περιστρεφόμενου κυλίνδρου ή δίσκου με μικρότερα ανοίγματα 1.6 - 6.4 mm μπορεί να χρησιμοποιηθούν για προκαταρκτική επεξεργασία αποβλήτων που περιέχουν ευμεγέθη στερεά όπως π.χ υπολείμματα από διαλυμένες μπογιές (FAA, 2008).

3.2.1.3 Κατακερματισμός

Οι κατακερματιστές ή τεμαχιστές είναι μηχανισμοί που χρησιμοποιούνται για να κόψουν τα μεγάλα στερεά που περιέχονται στα λύματα. Η κοπή των

στερεών σε ένα μικρότερο, πιο ομοιόμορφο μέγεθος επιτρέπει την ομαλή κίνηση του ρεύματος των αποβλήτων, προλαβαίνοντας με αυτόν τον τρόπο τη δημιουργία άλλων λειτουργικών προβλημάτων. Ο κατακερματιστής συνήθως προηγείται σε ένα επιτόπιο σύστημα επεξεργασίας. Επίσης, μερικές φορές στα συστήματα σωληνώσεων περιλαμβάνονται πολτοποιητές ή τριβεία για τον περαιτέρω τεμαχισμό και κονιορτοποίηση στα θραύσματα, στα κουρέλια και στα άλλα φερτά στερεά, προκειμένου να μειωθεί η φθορά στις κατάντη αντλίες.

3.2.1.4 Εξάμωση

Τα απόβλητα από τις εργασίες συντήρησης και επισκευής των αεροσκαφών είναι πιθανό να περιέχουν σημαντικές ποσότητες από χώμα, άμμο καθώς και άλλες ακαθαρσίες, λάδια και λίπη. Το πλύσιμο και ο καθαρισμός των αεροσκαφών με ατμό αποτελούν τις σημαντικότερες πηγές αυτών των αποβλήτων. Η άμμος πρέπει να απομακρυνθεί, καθώς μπορεί να φράξει τις αποχετεύσεις και να προκαλέσει άμεσα φθορά στις αντλίες και τον εξοπλισμό απομάκρυνσης της ιλύος. Επίσης κατακάθεται στον πυθμένα των δεξαμενών καθίζησης και φθείρει τον εξοπλισμό τους, ενώ αυξάνει και τον απαιτούμενο όγκο των δεξαμενών. Ακόμη είναι επιβλαβής στα συστήματα επεξεργασίας που συμπεριλαμβάνουν χώνευση της λάσπης, καθώς συσσωρεύεται στο χωνευτήρα και μπορεί να φράξει τις σωληνώσεις υποχώρησης.

Τα απόβλητα που περιέχουν υπερβολική ποσότητα άμμου απομονώνονται και υποβάλλονται σε επεξεργασία μέσω ειδικών διατάξεων που καλούνται αμμοσυλλέκτες, πριν από την αποδέσμευση τους για τα συστήματα αποχέτευσης, αντλιοστάσια, ή συστήματα επεξεργασίας αποβλήτων.

Ο αμμοσυλλέκτης μπορεί να είναι ένα επίμηκες κανάλι ή μια μεγάλη δεξαμενή καθίζησης. Τοποθετείται στο ένα άκρο της μονάδας επεξεργασίας. Τα διακεκριμένα στερεά βρίσκονται σε υγρό με μικρότερη πυκνότητα. Το κανάλι ή η δεξαμενή έχει κατάλληλα σχεδιασμένη διατομή, η οποία επιβραδύνει την ταχύτητα ροής αρκετά για την υποβοήθηση της καθίζησης δια

βαρύτητας των βαρύτερων στερεών, και την απομάκρυνσή τους. Στόχος της διαδικασίας είναι ο διαχωρισμός κόκκων άμμου, σωματιδίων αργίλου ή άλλων αδρανών υψηλής πυκνότητας, με διάμετρο μεγαλύτερη από 200 μm , μη οργανικών και με μεγαλύτερες ταχύτητες καθίζησης από αυτά.

Οι κόκκοι της άμμου καθιζάνουν με ταχύτητες ανάλογες των διαστάσεων και του ειδικού τους βάρους. Η απομάκρυνση της άμμου από τον συλλέκτη μπορεί να γίνεται είτε από το χρήστη, για μικρές εγκαταστάσεις, είτε με ειδικές διατάξεις όπως αντλίες ή ξέστρες στις μεγαλύτερες εγκαταστάσεις.

3.2.1.5 Καθίζηση

Η καθίζηση, με ή χωρίς χημική προεπεξεργασία, χρησιμοποιείται στην επεξεργασία των περισσότερων βιομηχανικών αποβλήτων, καθώς μειώνει σημαντικά τα περιεχόμενα αιωρούμενα στερεά. Με την καθίζηση επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός από τα λύματα ουσιών που καθιζάνουν, καθώς και αυτών που επιπλέουν. Δεξαμενές καθίζησης, παρόμοιες με εκείνες που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων χρησιμοποιούνται και για την επεξεργασία των βιομηχανικών αποβλήτων. Επίσης, κατά τη διάρκεια της διαδικασίας χρησιμοποιείται μηχανολογικός εξοπλισμός (ξέστρες) απομάκρυνσης λάσπης και αφρού. Η απόδοση της πρωτοβάθμιας καθίζησης φτάνει το 25-40% στη μείωση του οργανικού φορτίου (BOD_5) και το 50-70% στη μείωση των αιωρούμενων στερεών (Νταράκας, 2010).

3.2.1.6 Επίπλευση

Αιωρούμενα υλικά, όπως λάδια, λίπη, καθώς και άλλες ουσίες με ειδικό βάρος μικρότερο από αυτό του νερού, μπορούν να διαχωριστούν από τα απόνερα με την επίπλευση. Επίσης, πολύ μικρά σωματίδια και κολλοειδή υλικά με ειδικό βάρος μεγαλύτερο από εκείνο του νερού έχουν την τάση να κατακαθίσουν, αλλά με πολύ αργούς ρυθμούς. Η επίπλευση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απομάκρυνση των ουσιών αυτών με απλούς διαχωριστές δια βαρύτητας ή μονάδες επίπλευσης διαλυμένου αέρα.

Οι διαχωριστές δια βαρύτητας ελαίου-νερού είναι κατάλληλοι για την επεξεργασία λυμάτων που προέρχονται από δραστηριότητες που παράγουν μεγάλες ποσότητες ελαιωδών αποβλήτων. Ένας τέτοιος διαχωριστής αποτελείται συνήθως από μια μακριά, στενή, σχετικά ρηχή δεξαμενή σε ανατάραξη, εξοπλισμένη με μηχανισμούς συνεχούς αφαίρεσης του αφρού και απόξεσης της λάσπης. Σε αυτόν τον τύπο δεξαμενής, το διαλυμένο λάδι που επιπλέει στην επιφάνεια θα συσσωματωθεί με ταχείς ρυθμούς, και είναι εύκολος ο διαχωρισμός του από τα λύματα. Το γαλακτωματοποιημένο λάδι όμως συγχωνεύεται αργά, συνεπώς δεν μειώνεται αισθητά κατά τη διαδικασία αυτή και πρέπει να υποστεί χημική επεξεργασία για τη διάσπαση των γαλακτωμάτων.

Η μέθοδος επίπλευσης με διαλυμένο αέρα (Dissolved Air Flotation-DAF) χρησιμοποιείται για την καλύτερη αφαίρεση των ελαίων και λιπών από τα απόβλητα, που επιτυγχάνεται με την παραγωγή πολλών μικρών φυσαλίδων αέρα στο εσωτερικό των αποβλήτων. Στις φυσαλίδες προσκολλούνται τα αιωρούμενα σωματίδια, δημιουργώντας συσσωματώματα με μικρότερη πυκνότητα, τα οποία αναγκάζονται να ανέλθουν στην επιφάνεια, από όπου και μπορούν να αφαιρεθούν με μηχανικά μέσα. Το καθαρό νερό απομακρύνεται από τη δεξαμενή μέσω εξόδων στο μέσο της στάθμης. Η αποτελεσματικότητα της διαδικασίας μπορεί να βελτιωθεί με την προσθήκη κροκιδωτικών (πηκτικών) χημικών ουσιών, όπως η στυπτηρία (alum), το ενεργό διοξείδιο του πυριτίου ή πολυμερή.

3.2.2 Χημικές μέθοδοι

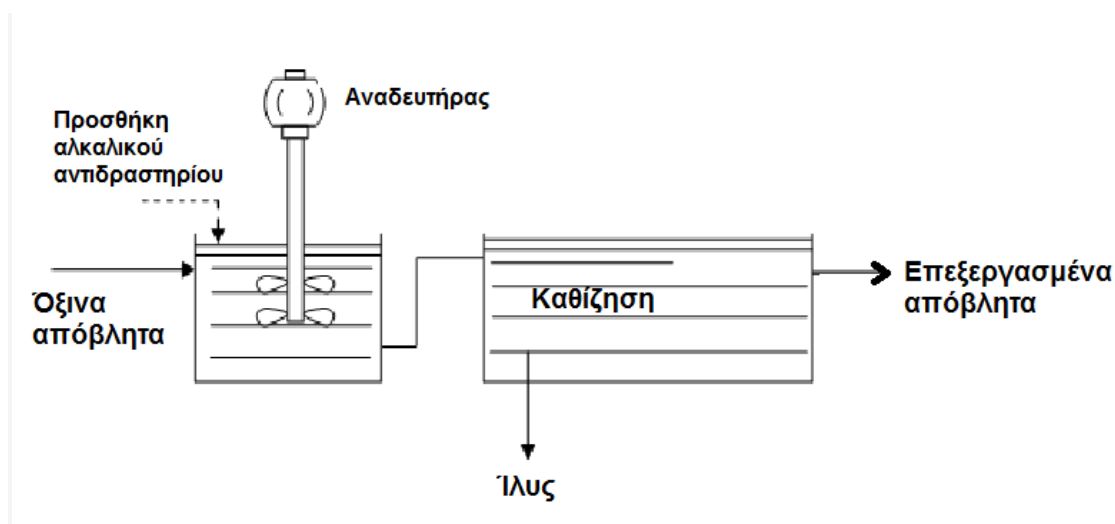
Χημικές μέθοδοι ονομάζονται οι μέθοδοι επεξεργασίας που βασίζονται στη μετατροπή των αποβλήτων με τη δημιουργία χημικών αντιδράσεων. Στοχεύουν κυρίως στην οξειδωση ουσιών που δεν μπορούν να οξειδωθούν βιολογικά. Οι χημικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στην αεροπορική βιομηχανία περιλαμβάνουν την ελεγχόμενη προσθήκη χημικών εντός των αποβλήτων για την επίτευξη της εξουδετέρωσης της οξύτητας ή αλκαλικότητας (εξουδετέρωση), τη διάλυση των γαλακτωμάτων ελαίων και λιπών, τη συσσωμάτωση των αιωρούμενων και κολλοειδών στερεών, την

οξειδωση των κυανιούχων ενώσεων, την αναγωγή του χρωμίου και την καταβύθιση των βαρέων μετάλλων.

3.2.2.1 Εξουδετέρωση

Η εξουδετέρωση αφορά στη διόρθωση της οξύτητας ή της αλκαλικότητας των αποβλήτων, με την προσθήκη κατάλληλου αντίθετου χημικού αντιδραστήριου, προκειμένου το pH να διορθωθεί στην περιοχή 6,6 έως 8,5. Η περιοχή αυτή είναι η κατάλληλη τόσο για να επιτευχθούν οι κατάλληλες συνθήκες για τις περισσότερες από τις επακόλουθες διαδικασίες χημικής ή βιολογικής επεξεργασίας, αλλά και να είναι τα απόβλητα κατάλληλα για διάθεση στο φυσικό περιβάλλον.

Συγκεντρωμένα όξινα ή αλκαλικά απόβλητα απαιτούν κατά κανόνα την εξουδετέρωση πριν από τη διάθεση τους. Όταν και οι δύο τύποι αποβλήτων είναι διαθέσιμοι στην εγκατάσταση, η ανάμειξη των δύο μπορεί να είναι συμφέρουσα, καθώς μόνο τα πλεονάζοντα οξέα ή αλκάλια θα απαιτούν πλέον περαιτέρω εξουδετέρωση. Ωστόσο, πριν από την ανάμειξη τέτοιων αποβλήτων θα πρέπει να αξιολογείται η δραστηριότητα των συνδυασμένων απόβλητων.

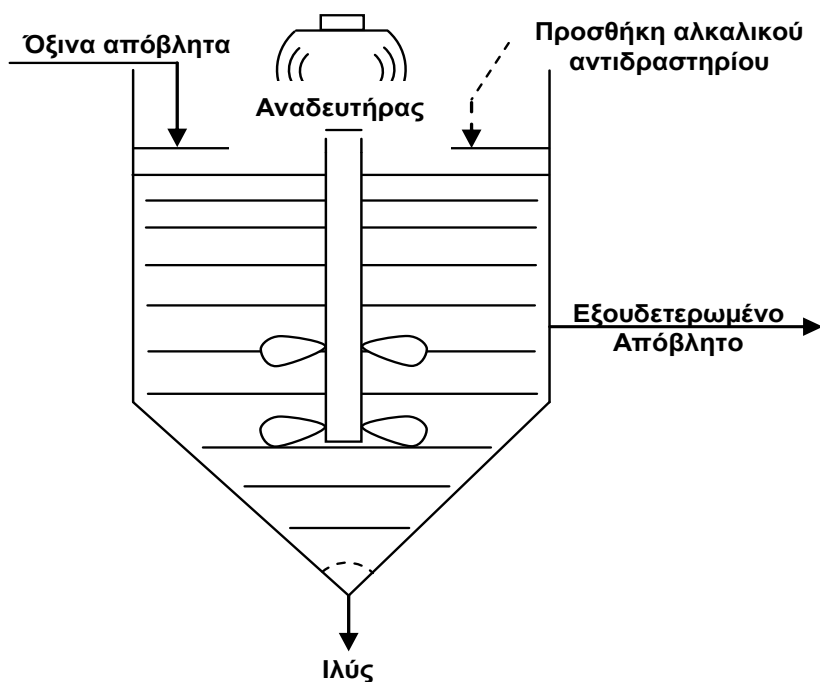


Εικόνα 3-3: Εξουδετέρωση - Συνεχής μέθοδος (Πηγή: Federal Aviation Authority (2008), Επεξεργασία ίδια)

Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιούνται για την εξουδετέρωση των βιομηχανικών αποβλήτων περιλαμβάνουν οξέα, βάσεις και άλατα. Συνήθως,

γίνεται εξουδετέρωση των όξινων λυμάτων με βάσεις ή άλατα όπως το υδροξείδιο του ασβεστίου ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), το υδροξείδιο του νατρίου (NaOH), το ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3) κ.α. Για τα βασικά λύματα χρησιμοποιείται το θειικό οξύ (H_2SO_4) και το υδροχλωρικό οξύ (HCl), λόγω του χαμηλού τους κόστους.

Στην αεροπορική βιομηχανία, όξινα απόβλητα δημιουργούνται κυρίως από τις διεργασίες της αρχικής επεξεργασίας μεταλλικών επιφανειών, με τις διεργασίες όξινου καθαρισμού και φινιρίσματος των μετάλλων. Τα οξέα που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία του καθαρισμού είναι το θειικό (συχνότερα), αλλά και το νιτρικό, το υδροχλωρικό και το φωσφορικό οξύ. Το ταχύ οξείδιο του ασβεστίου (CaO) και ο υδράσβεστος είναι τα αλκαλικά πρόσθετα που χρησιμοποιούνται συχνότερα για την εξουδετέρωση των οξέων αυτών.



Εικόνα 3-4: Εξουδετέρωση – Μέθοδος κατά παρτίδες (Πηγή: Federal Aviation Authority (2008), Επεξεργασία ιδία)

Η εξουδετέρωση μπορεί να επιτυγχάνεται με συνεχή μέθοδο επεξεργασίας ή επεξεργασία κατά τμήματα ή παρτίδες (βλ. **Εικόνες 3-3** και **3-4**). Η

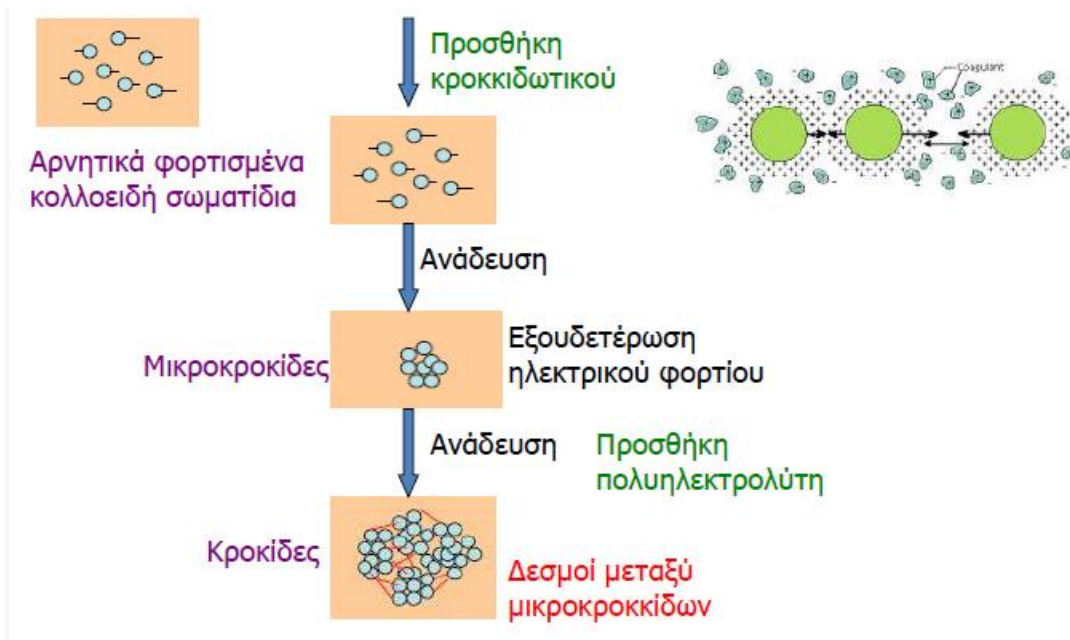
εξουδετέρωση πραγματοποιείται με την προσθήκη διαλύματος ασβεστίου στο χρησιμοποιημένο διάλυμα χημικού καθαρισμού, σε μια δεξαμενή εξοπλισμένη με αναδευτήρα. Οι απαιτήσεις σε ασβέστιο καθορίζονται από την τιμή οξύτητας του διαλύματος καθαρισμού και την αλκαλική αξία του ασβέστη, όπως προκύπτουν από τις αντίστοιχες χημικές αναλύσεις. Η ίλυς που σχηματίζεται κατά τη διαδικασία μπορεί να διατεθεί απευθείας σε χώρο υγειονομικής ταφής ή ως επικίνδυνο απόβλητο, αν η περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα είναι πολύ υψηλή και απαιτείται.

3.2.2.2 Διάλυση γαλακτωμάτων ελαίων και λιπών

Τα γαλακτώματα από έλαια ή λίπη μπορούν να διαλυθούν με κατάλληλη ρύθμιση του pH, που αποσκοπεί στη δημιουργία οξύτητας, με την προσθήκη αλάτων στυπτηρίας, σιδήρου ή και κατάλληλων πολυμερών. Το μειονέκτημα της προσθήκης αλάτων στυπτηρίας ή σιδήρου είναι οι μεγάλες σε όγκο ποσότητες υγρής λάσπης που παράγονται.

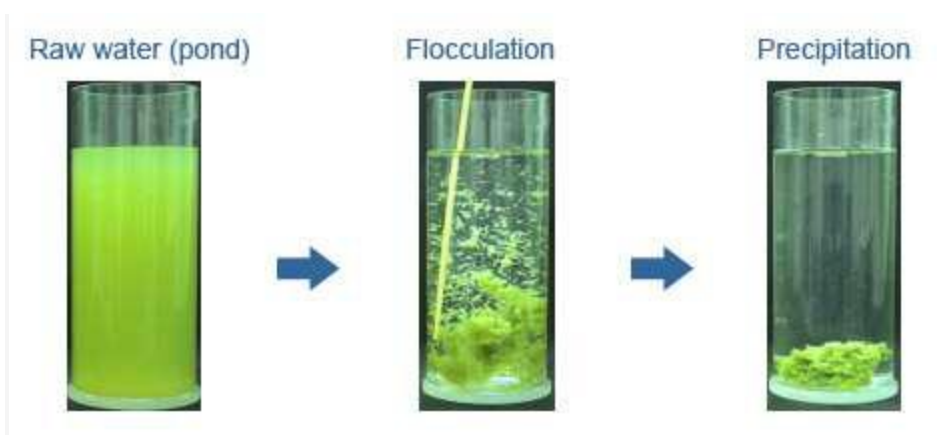
3.2.2.3 Κροκίδωση και Συσσωμάτωση

Η κροκίδωση και η συσσωμάτωση χρησιμοποιούνται για την αφαίρεση των αιωρούμενων ή κολλοειδών ουσιών από τα λύματα. Κροκίδωση ονομάζεται το φαινόμενο της εξουδετέρωσης του ηλεκτρικού φορτίου των κολλοειδών, με αποτέλεσμα τη συνένωση τους προς μεγαλύτερους σχηματισμούς που καλούνται κροκίδες. Συσσωμάτωση είναι η διεργασία με την οποία το κολλοειδές διάλυμα αποσταθεροποιείται και τα αιωρούμενα υλικά του συνενώνονται και καθιζάνουν (**Εικόνες 3-5 και 3-6**).



Εικόνα 3-5: Ο μηχανισμός της κροκίδωσης (Πηγή: Νταράκας, 2010)

Οι χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται για την κροκίδωση ονομάζονται κροκιδωτικά και περιλαμβάνουν συνήθως άλατα στυπτηρίας (αργιλίου), άλατα σιδήρου και πολυμερή. Τα κροκιδωτικά εξουδετερώνουν το φορτίο των σωματιδίων, και με αυτόν τον τρόπο μειώνουν τις απωστικές δυνάμεις τους. Επίσης βοηθούν τα σωματίδια να σχηματίσουν συσώματα, που καθιζάνουν λόγω βαρύτητας.



Εικόνα 3-6: Συσσωμάτωση-Καθίζηση (Πηγή: Νταράκας, 2010)

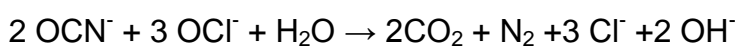
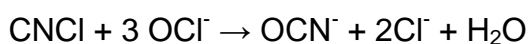
Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για την κροκίδωση και τη συσσωμάτωση αποτελείται από μια δεξαμενή ταχείας ανάμειξης, στην οποία αναμειγνύονται οι χημικές ουσίες και τα υγρά απόβλητα, καθώς και μια λεκάνη συσσωμάτωσης, στην οποία περιστρεφόμενοι βραχίονες υποβοηθούν τη συνένωση των σωματιδίων. Το μίγμα που έχει υποστεί την επεξεργασία αυτή κατακάθεται σε συμβατικές δεξαμενές καθίζησης.

3.2.2.4. Οξειδωση, Αναγωγή και Καταβύθιση

Η οξειδωση των κυανιούχων ενώσεων, η αναγωγή του εξασθενούς χρωμίου, καθώς και η καταβύθιση των βαρέων μετάλλων είναι οι κυριότερες και πιο συνήθεις χημικές μέθοδοι επεξεργασίας που ακολουθούνται στα απόβλητα από τις εφαρμογές της ηλεκτρολυτικής επιμετάλλωσης.

Η οξειδωση των κυανιούχων ενώσεων γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, επιτυγχάνεται αλκαλικό περιβάλλον με την προσθήκη καυστικής σόδας (pH 9.5 έως 10). Ακολούθως και με την προσθήκη χλωρίου, σε μορφή αερίου ή υποχλωριώδους νατρίου, οι κυανιούχες ενώσεις μετατρέπονται σε κυανικά άλατα. Στο δεύτερο στάδιο, το pH ρυθμίζεται στο 8.5 και τα κυανικά οξειδώνονται σε διοξειδίο του άνθρακα και άζωτο.

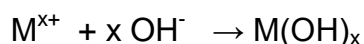
Οι αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά την οξειδωση του κυανίου είναι οι ακόλουθες (Γρηγοροπούλου, 2005):



Η αναγωγή του εξασθενούς χρωμίου γίνεται σε όξινο περιβάλλον, (pH 2.5-3), το οποίο επιτυγχάνεται με την προσθήκη οξειδωτικού μέσου, συνήθως θειικού οξέος (Γρηγοροπούλου, 2005). Τα αναγωγικά μέσα που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνουν το διοξειδίο του θείου, θειώδη άλατα, θειικό σίδηρο ή σκόνη σιδήρου, αργιλίου ή ψευδαργύρου. Με τη διαδικασία αυτή το εξασθενές χρώμιο μετατρέπεται σε τρισθενές, το οποίο μπορεί πλέον να αφαιρεθεί από τα απόβλητα με τη μέθοδο της καταβύθισης σε αδιάλυτο

υδροξείδιο, μέθοδος που χρησιμοποιείται και για τα υπόλοιπα μέταλλα, όπως π.χ το κάδμιο, το ψευδάργυρο, το αργίλιο κ.ο.κ και αναλύεται ακολούθως.

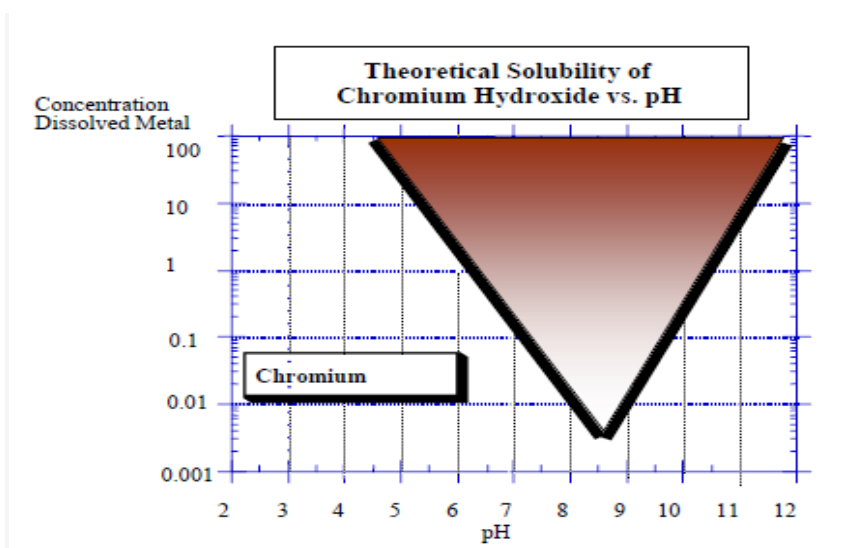
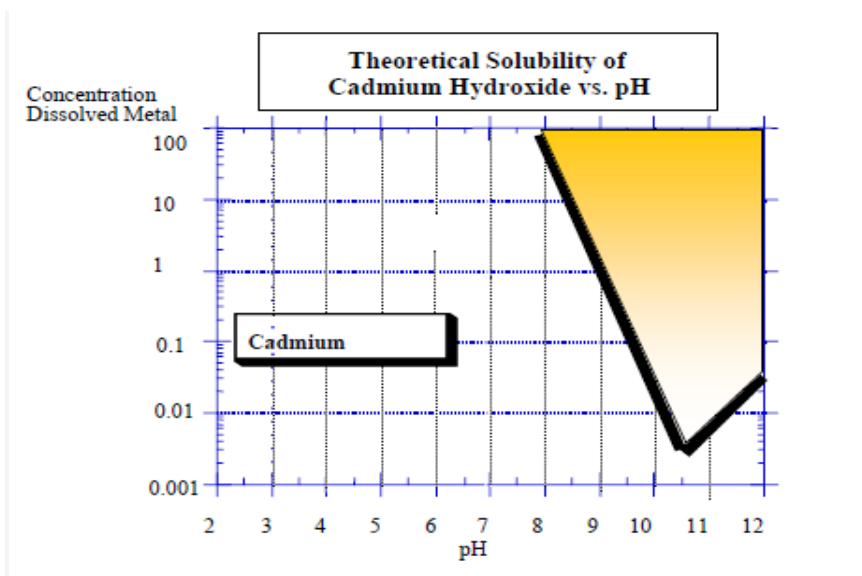
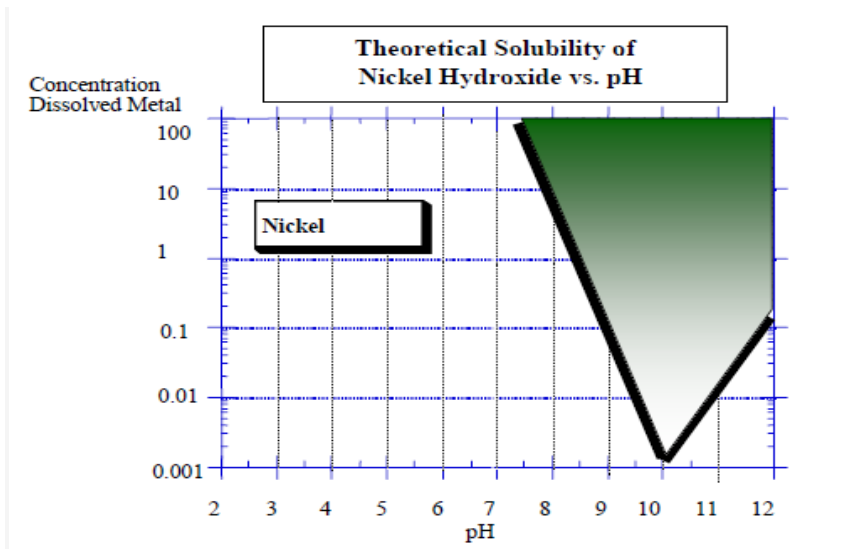
Τα βαριά μέταλλα βρίσκονται στα υγρά απόβλητα επίσης σε υγρή, διαλυμένη φάση. Η καταβύθιση με το σχηματισμό υδροξειδίων στοχεύει στην κατάλληλη συγκέντρωση ιόντων υδροξυλίου OH^- (με ρύθμιση του pH), ώστε τα κατιόντα από τα μέταλλα να σχηματίσουν αδιάλυτα στερεά καθιζήματα (υδροξείδια) της μορφής $\text{M}(\text{OH})_x$, σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση :



Η καταβύθιση εξαρτάται από δύο παράγοντες: τη συγκέντρωση του μετάλλου και το pH των αποβλήτων. Τα βαριά μέταλλα συναντώνται συνήθως στα απόβλητα σε συγκεντρώσεις και pH που ευνοούν τη διάλυση τους. Η πιο κοινή μέθοδος που ακολουθείται είναι η προσθήκη καυστικού νατρίου, που παρέχει ανιόντα υδροξυλίου για το σχηματισμό μεταλλικών υδροξειδίων.

Στα διαγράμματα της **Εικόνας 3-7**, φαίνεται η διαλυτότητα τριών κύριων μετάλλων που χρησιμοποιούνται στην επιμετάλλωση, του νικελίου, του καδμίου και του χρωμίου, σε συνάρτηση με τη συγκέντρωση τους και το pH του διαλύματος. Η σκιασμένη περιοχή είναι η περιοχή όπου τα μέταλλα καταβυθίζονται με τη μορφή στερεών υδροξειδίων, ενώ στη λευκή περιοχή παραμένουν διαλυμένα. Όπως φαίνεται από τα διαγράμματα, η ρύθμιση του pH στην κατάλληλη περιοχή μπορεί να μειώσει πάρα πολύ τη συγκέντρωση των μετάλλων στο διάλυμα.

Η διαδικασία της καταβύθισης υποβοηθείται τις περισσότερες φορές με τη μέθοδο της κροκίδωσης που αναλύθηκε προηγούμενα. Τα υδροξείδια των μετάλλων καθιζάνουν με τη μορφή κolloειδών φορτισμένων σωματιδίων και απαιτούν συνήθως την προσθήκη κροκιδωτικών, όπως η στυπτηρία ή άλλα πολυμερή, που αποφορτίζουν τα σωματίδια, μεγαλώνουν το μέγεθος τους μέσω της συσσωμάτωσης και βοηθούν στην καταβύθιση τους δια βαρύτητας. Μετά την ολοκλήρωση της καταβύθισης στη δεξαμενή, η παραγόμενη ιλύς αποτελεί το απόβλητο της διαδικασίας, ενώ το υγρό πάνω από κάποια στάθμη μπορεί να απελευθερωθεί, συνήθως στο περιβάλλον ή να επαναχρησιμοποιηθεί.



Εικόνα 3-7: Θεωρητική διαλυτότητα μετάλλων ανάλογα με τη συγκέντρωση και το pH – Νικέλιο, Κάδμιο, Χρώμιο (Πηγή: Ayres et al, 1994)

Εκτός από την καταβύθιση με τη μορφή υδροξειδίων, είναι δυνατή και η καταβύθιση με τη μορφή θειικών ή ανθρακικών αλάτων, διεργασίες που είναι λιγότερο ευαίσθητες στο pH και παράγουν καλύτερης ποιότητας εκροή, όμως χρησιμοποιούνται σπανιότερα καθώς είναι ακριβότερες μέθοδοι (περίπου δεκαπλάσιο κόστος) ενώ επίσης η επεξεργασία με το θείο ενέχει τον κίνδυνο δημιουργίας τοξικού υδρόθειου.

3.2.3 Διεργασίες μεμβράνης

Οι διεργασίες μεμβράνης για την επεξεργασία των αποβλήτων από αεροπορικές εφαρμογές περιλαμβάνουν κυρίως την υπερδιήθηση και την αντίστροφη όσμωση (Reverse Osmosis- RO).

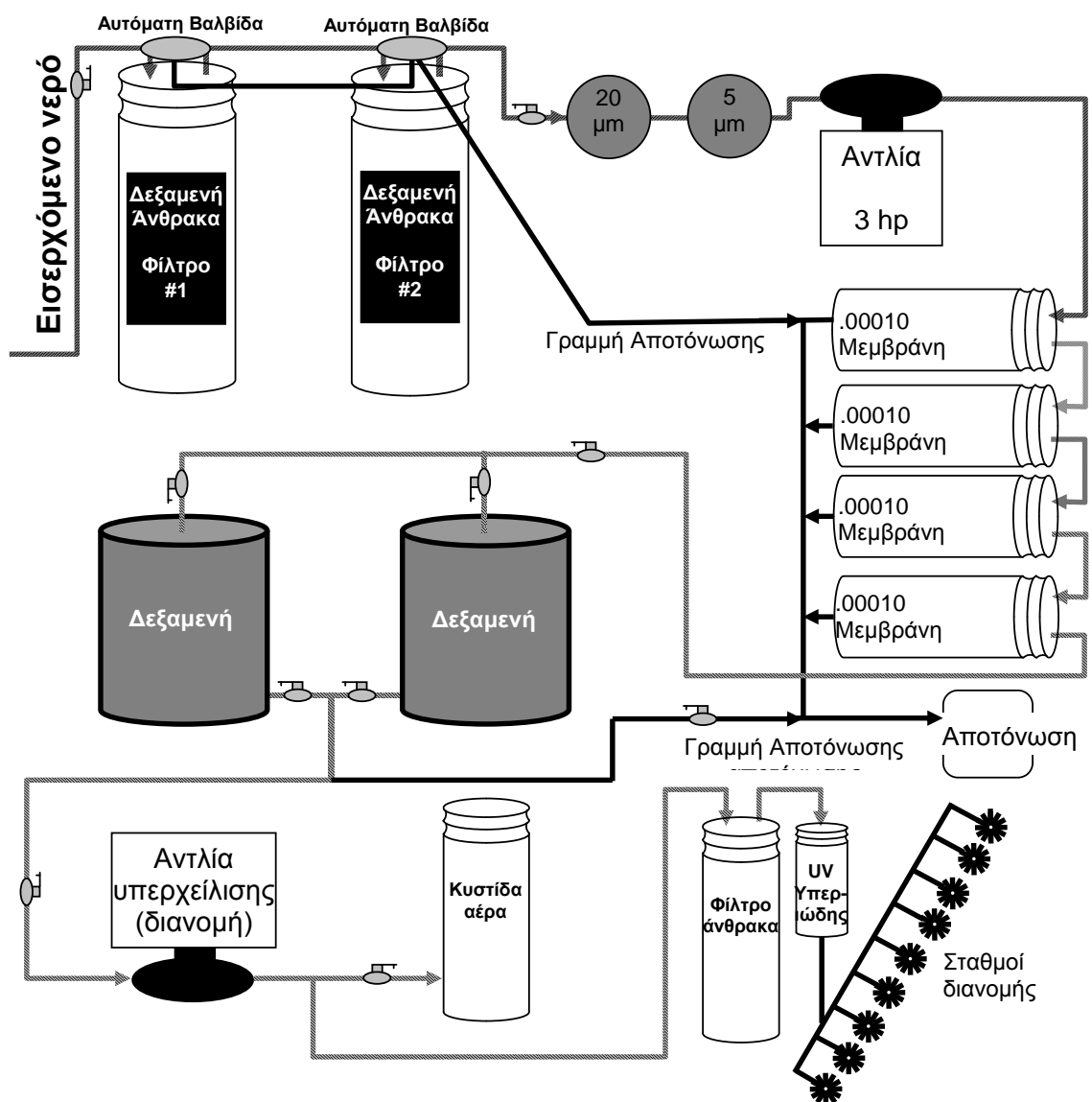
3.2.3.1 Υπερδιήθηση

Η υπερδιήθηση αποτελεί μια διαδικασία επακόλουθων διηθήσεων μέσω μεμβρανών κατά τις οποίες η υδροστατική πίεση ωθεί ένα υγρό διαμέσου μιας ημιδιαπερατής μεμβράνης. Τα αιωρούμενα στερεά και οι διαλυτές ουσίες υψηλού μοριακού βάρους παρακρατούνται, ενώ το νερό και χαμηλού μοριακού βάρους διαλυτές ουσίες περνούν μέσω της μεμβράνης. Αυτή η διαδικασία διαχωρισμού χρησιμοποιείται στη βιομηχανία και την έρευνα για τον καθαρισμό και τη συγκέντρωση διαλυμάτων μακρομορίων (103-106 Dalton-DA), ιδίως σε διαλύματα που περιλαμβάνουν πρωτεΐνες. Η υπερδιήθηση δεν διαφέρει ουσιαστικά από την αντίστροφη όσμωση, τη μικροδιήθηση ή τη νανοδιήθηση, παρά μόνον όσον αφορά το μέγεθος των μορίων που παρακρατούνται.

3.2.3.2 Αντίστροφη όσμωση

Η αντίστροφη όσμωση είναι μια διαδικασία διαχωρισμού που χρησιμοποιεί πίεση για να αναγκάσει ένα διαλύτη να διέλθει μέσα από μια μεμβράνη. Η μεμβράνη, που συνήθως είναι κατασκευασμένη από οξική κυτταρίνη, με την εφαρμογή της πίεσης διατηρεί τη διαλυμένη ουσία από τη μία πλευρά, ενώ επιτρέπει στο καθαρό διαλύτη να περάσει στην άλλη πλευρά. Συγκεκριμένα, είναι η διαδικασία εξαναγκασμού του διαλύτη να διέλθει από μια περιοχή με υψηλή συγκέντρωση διαλυμένων ουσιών, μέσω μιας μεμβράνης, σε μια

περιοχή με χαμηλή συγκέντρωση διαλυμένων ουσιών με την εφαρμογή πίεσης που υπερβαίνει την οσμωτική πίεση. Αυτή είναι η αντίστροφη της κανονικής διαδικασίας όσμωσης, που είναι η φυσική κίνηση του διαλύτη από μια περιοχή με χαμηλή συγκέντρωση διαλυμένων ουσιών, μέσα από μια μεμβράνη, σε μια περιοχή με υψηλή συγκέντρωση διαλυμένων ουσιών, όταν δεν ασκείται εξωτερική πίεση. Η μεμβράνη στη διαδικασία αυτή είναι ημιδιαπερατή, που σημαίνει ότι επιτρέπει τη διέλευση του διαλύτη, αλλά όχι της διαλυμένης ουσίας.



Εικόνα 3-8: Διάταξη αντίστροφης όσμωσης (Πηγή: Federal Aviation Authority-FAA 2008, Επεξεργασία ίδια)

Η μέθοδος χρησιμοποιείται για να απομακρύνει τα υψηλού μοριακού βάρους οργανικά συστατικά. Ένα παράδειγμα διάταξης επεξεργασίας αποβλήτων με αντίστροφη όσμωση φαίνεται στην **Εικόνα 3-8**.

Η μέθοδος της αντίστροφης όσμωσης παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως οι μεγάλες τιμές απομάκρυνσης ρυπαντικού φορτίου, ο μικρός χώρος απαιτούμενης εγκατάστασης, χαμηλό αρχικό κόστος και ευελιξία στις μεταβαλλόμενες ροές και συγκεντρώσεις των αποβλήτων (Λοϊζίδου, 2006). Η μέθοδος επίσης απομακρύνει βαριά μέταλλα πέραν των οργανικών ενώσεων. Στα μειονεκτήματα της μεθόδου όμως μπορεί να περιληφθεί το αυξημένο κόστος λειτουργίας και συντήρησης, η απαίτηση συνεχούς επίβλεψης και η περίπλοκη λειτουργία των διατάξεων, που απορρέει από τον κίνδυνο έκφραξης των μεμβρανών και τις τακτικές αντικαταστάσεις τους.

3.2.4 Βιολογικές μέθοδοι

Η επεξεργασία των οργανικών συστατικών των αποβλήτων μπορεί να επιτευχθεί με τη μέθοδο της βιολογικής επεξεργασίας. Όταν τα απόβλητα περιέχουν βιοαποδομήσιμα συστατικά, και συνεπώς βιοχημικές ανάγκες σε οξυγόνο (BOD), δυνητικά επιδέχονται βιολογική επεξεργασία. Ευκολότερα ωστόσο επιδέχονται την επεξεργασία τα απόβλητα που περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις βιοαποδομήσιμων οργανικών και συνεπώς υψηλές τιμές του λόγου BOD/COD.

Οι βιολογικές μέθοδοι στοχεύουν στη δημιουργία πληθυσμού μικροοργανισμών, που δρουν βιοχημικά και διασπούν το οργανικό φορτίο των αποβλήτων. Τα βιοαποδομήσιμα οργανικά που αποτελούν την πηγή του άνθρακα και συνεπώς της ενέργειας, μετατρέπονται από τη διαδικασία σε αέρια (CO_2 , CH_4 κ.α) που διαφεύγουν ή δεσμεύονται, και αιωρούμενα στερεά που καθιζάνουν (ιλύς). Συμπληρωματικά μπορεί να απομακρύνονται και μέταλλα, χωρίς συνήθως να είναι ο κύριος στόχος της επεξεργασίας. Οι βιολογικές διαδικασίες εφαρμόζονται συνήθως αφού αφαιρεθεί σημαντικό ποσοστό των μη οργανικών αιωρούμενων υλικών.

3.2.4.1 Αερόβια βιολογική επεξεργασία

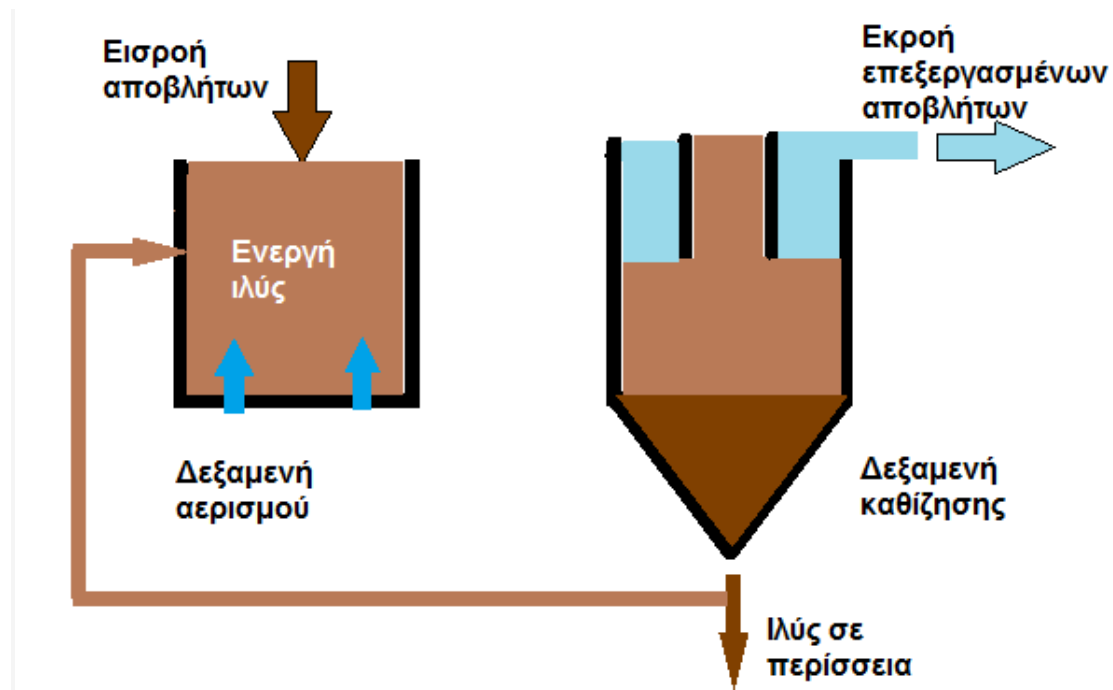
Στα αερόβια συστήματα, μικροοργανισμοί που καταναλώνουν οξυγόνο αναπτύσσονται στα απόβλητα, για την αποδόμηση τους σε διοξείδιο του άνθρακα, νερό και νέα κυτταρική μάζα. Η επεξεργασία ξεκινά με τα επεξεργασμένα λύματα από την πρωτοβάθμια επεξεργασία να εισέρχονται στη μονάδα αερισμού και να αναμιγνύονται με διαλυμένο οξυγόνο και αιωρούμενα και / ή προσκολλημένα μικρόβια. Οι αερόβιοι μικροοργανισμοί μετατρέπουν τις οργανικές ενώσεις σε ενέργεια, νέα κύτταρα και κατάλοιπα. Καθώς το νερό κινείται μέσα στο σύστημα καθαρισμού, ένα τμήμα των βιολογικών στερεών διαχωρίζεται από τα λύματα και παραμένει εντός της μονάδας αερόβιας επεξεργασίας. Τα βιολογικά αυτά στερεά (βιομάζα) κατακάθονται στο θάλαμο αερισμού, όπου και χρησιμεύουν ως σπόρος για νέα ανάπτυξη μικροβίων, υποβοηθώντας τη διαδικασία.

Κατά την αερόβια επεξεργασία, ο πληθυσμός των βακτηρίων μπορεί είτε να αιωρείται (μέθοδοι ενεργού ιλύος, αεριζόμενων λιμνών) ή να είναι προσκολλημένος σε κάποια σταθερή επιφάνεια (κλίνη) από αδρανές υλικό (μέθοδοι βιολογικών φίλτρων και βιολογικών δίσκων). Σε όλες τις μεθόδους απαιτείται αερισμός των αποβλήτων, που επιτρέπει στους μικροοργανισμούς να λαμβάνουν το απαιτούμενο οξυγόνο για να αποδομήσουν τις ενώσεις, και υποβοηθά στην ανάδευση και ανάμειξη των αποβλήτων, στη διαφυγή των παραγόμενων αερίων και την αιώρηση των συσσωμάτων.

Η βιομάζα που έχει κατακαθίσει και τα υπολείμματα που συσσωρεύονται στον πυθμένα του θαλάμου αφαιρούνται περιοδικά. Καθώς η βιομάζα δημιουργεί απαιτήσεις σε οξυγόνο, ο διαχωρισμός της είναι ένας σημαντικός παράγοντας παραγωγής εκροής επεξεργασμένων αποβλήτων υψηλής ποιότητας. Πολλοί αερόβιοι επεξεργαστές έχουν ένα κωνικό διαχωριστή για την υποβοήθηση του διαχωρισμού της βιομάζας, ενώ άλλες μονάδες επεξεργασίας μπορεί να ενσωματώνουν στην γραμμή φίλτρα για το διαχωρισμό της βιομάζας από τα απόβλητα. Τέτοια φίλτρα απαιτούν περιοδική συντήρηση για την αφαίρεση των συσσωρευμένων στερεών.

3.2.4.2 Μέθοδος ενεργού ιλύος.

Στη μέθοδο της ενεργού ιλύος, χρησιμοποιούνται δύο δεξαμενές για την επεξεργασία των αποβλήτων. Στην πρώτη δεξαμενή, τη δεξαμενή αερισμού εξασφαλίζεται η ανάμειξη και η παροχή οξυγόνου στα απόβλητα. Η έξοδος της καταλήγει στην δεύτερη δεξαμενή, τη δεξαμενή καθίζησης, όπου τα απόβλητα αφήνονται σε ηρεμία για να διαχωριστούν. Η υπερχειλίση της δεξαμενής καθίζησης αποτελεί τα επεξεργασμένα απόβλητα, ενώ από τον πυθμένα της λαμβάνεται η ενεργός ιλύς (λάσπη), μέρος της οποίας επιστρέφει στην πρώτη δεξαμενή για υποβοήθηση της διαδικασίας (Εικόνα 3-9).



Εικόνα 3-9: Η μέθοδος ενεργού ιλύος

Η μέθοδος ενεργού ιλύος είναι χρήσιμη για την επεξεργασία βιομηχανικών απόβλητων μιας αεροπορικής βιομηχανίας, όταν το οργανικό φορτίο της είναι σχετικά ομοιόμορφο και ομοιογενές. Η μέθοδος είναι πολύ ευαίσθητη σε ετερογενή ή οργανικά φορτία με απότομες μεταβολές και τοξικές ουσίες, και απαιτεί προσεκτικό χειρισμό. Για την επιτυχή λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος, ο λόγος BOD:N:P πρέπει να είναι 100:5:1, και το pH ουδέτερο έως ελαφρά αλκαλικό (6,5 έως 8) διότι χαμηλότερες ή υψηλότερες τιμές

αναστέλλουν τη δράση των μικροοργανισμών, ενώ η παρουσία τοξικών καταστρέφει το βακτηριακό πληθυσμό και διακόπτει τη διαδικασία (Λοϊζίδου, 2006).

Η μέθοδος των αεριζόμενων λιμνών είναι παρόμοια με αυτή της ενεργού ιλύος, αποτελώντας μια απλούστερη εκδοχή της, χωρίς να περιλαμβάνει τη δεύτερη δεξαμενή καθίζησης. Η επεξεργασία γίνεται σε αβαθή λίμνη που κατασκευάζεται με εκσκαφή του εδάφους και στεγανοποίηση του πυθμένα, όπου και γίνεται η επεξεργασία του απόβλητου, με διαδοχικές διακοπτόμενες φάσεις αερισμού και καθίζησης της λάσπης. Με τη μέθοδο αυτή ωστόσο, ο χρόνος παραμονής των αποβλήτων στη μονάδα επεξεργασίας είναι πολύ μεγαλύτερος, σε σχέση με αυτόν της ενεργού ιλύος.

3.2.4.3 Βιολογικά φίλτρα

Τα βιολογικά φίλτρα είναι βιολογικοί αντιδραστήρες σταθεράς κλίνης, όπου μικροοργανισμοί είναι προσκολλημένοι σε μια κλίνη κυλινδρικής διατομής από αδρανή υλικά. Το απόβλητο εισέρχεται από την άνω επιφάνεια του φίλτρου και εξέρχεται από τον πυθμένα, αφού διαπεράσει το υλικό πλήρωσης, όπου και δεσμεύονται οι ρύποι. Από τον πυθμένα επίσης εισέρχεται και ο απαιτούμενος για τη διαδικασία αέρας.

Ο μικροβιακός πληθυσμός που βρίσκεται στο υλικό πλήρωσης αποδομεί το ρυπαντικό φορτίο των αποβλήτων. Το υλικό προσφέρει μεγάλη επιφάνεια, που απαιτείται για να αναπτυχθεί η διαδικασία και να δημιουργηθεί η βιομάζα.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου των βιολογικών φίλτρων, σε σχέση με αυτή της ενεργού ιλύος εστιάζονται στην απλούστερη λειτουργία, χαμηλές απαιτήσεις ενέργειας και καλύτερη προσαρμοστικότητα στις μεταβολές του ρυπαντικού φορτίου. Αντίθετα τα μειονεκτήματα της περιλαμβάνουν τη σχετικά μικρότερη απομάκρυνση του οργανικού φορτίου και την απαίτηση περαιτέρω επεξεργασίας της παραγόμενης ιλύος, η οποία εξακολουθεί να περιέχει υψηλό ποσοστό οργανικού φορτίου. Επίσης η μέθοδος παρουσιάζει ευαισθησία σε απόβλητα που περιέχουν κολλοειδή, καθώς αυτά μπορούν να φράξουν το υλικό πλήρωσης.

Τα βιολογικά φίλτρα παρέχουν αποτελεσματική επεξεργασία των οργανικών βιομηχανικών αποβλήτων, και τόσο τυπικά βιολογικά φίλτρα, όσο και ταχυφίλτρα με επανανακυκλοφορία μπορεί να χρησιμοποιηθούν. Τα βιολογικά φίλτρα είναι αξιόπιστες συσκευές επεξεργασίας, εύκολες και ανέξοδες στη λειτουργία και παρέχουν γενικά την καλύτερη βιολογική επεξεργασία για βιομηχανικά απόβλητα ή για συνδυασμένα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα.

3.2.4.4 Αναερόβια επεξεργασία

Η αναερόβια επεξεργασία είναι μια βακτηριακή διαδικασία που διεξάγεται απουσία οξυγόνου. Στα αναερόβια συστήματα επεξεργασίας, μικροοργανισμοί, που αναπτύσσονται απουσία οξυγόνου, μετατρέπουν το οργανικό τμήμα από τα απόβλητα σε μεθάνιο (CH_4), διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και άλλα προϊόντα μεταβολισμού. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της είναι η παραγωγή βιοαερίου, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε γεννήτριες για την παραγωγή ηλεκτρισμού ή / και σε κλιβάνους για θέρμανση.

Η επεξεργασία εκτελείται σε δύο φάσεις, στην πρώτη από τις οποίες (οξυγένεση) παράγονται οξέα από τη διάσπαση των οργανικών ενώσεων, ενώ στη δεύτερη (μεθανογένεση) παράγεται το μεθάνιο και το διοξείδιο του άνθρακα. Κατά το οξυγενές στάδιο μειώνεται το pH, το οποίο ακολούθως στο μεθανογενές στάδιο πρέπει να ρυθμιστεί στο 6.5 με 7. Η διαδικασία μπορεί να είναι είτε θερμόφιλη, στην οποία η ιλύς υφίσταται ζύμωση σε δεξαμενές σε θερμοκρασία 55°C , ή μεσόφιλη, σε θερμοκρασία περίπου 36°C . Η θερμόφιλη επεξεργασία, αν και επιτυγχάνει μείωση του χρόνου χώνευσης (και κατά συνέπεια μικρότερες δεξαμενές), είναι πιο ακριβή λόγω της κατανάλωσης ενέργειας που απαιτείται για τη θέρμανση της ιλύος.

Μια τυπική διάταξη αναερόβιας επεξεργασίας λειτουργεί σε δύο στάδια. Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει μια κλειστή, θερμαινόμενη δεξαμενή όπου γίνεται ανάμιξη και ανακύκλωση των απόβλητων, της λάσπης και του παραγόμενου βιοαερίου, μέρος του οποίου χρησιμοποιείται απευθείας για τη θέρμανση της δεξαμενής. Το δεύτερο στάδιο περιλαμβάνει μια ανοικτή, μη θερμαινόμενη δεξαμενή, όπου γίνεται διαχωρισμός της λάσπης και των αποβλήτων. Τμήμα

από τη λάσπη της δεύτερης δεξαμενής που καθιζάνει, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην πρώτη δεξαμενή, για υποβοήθηση της επεξεργασίας και μείωση του χρόνου παραμονής των αποβλήτων.

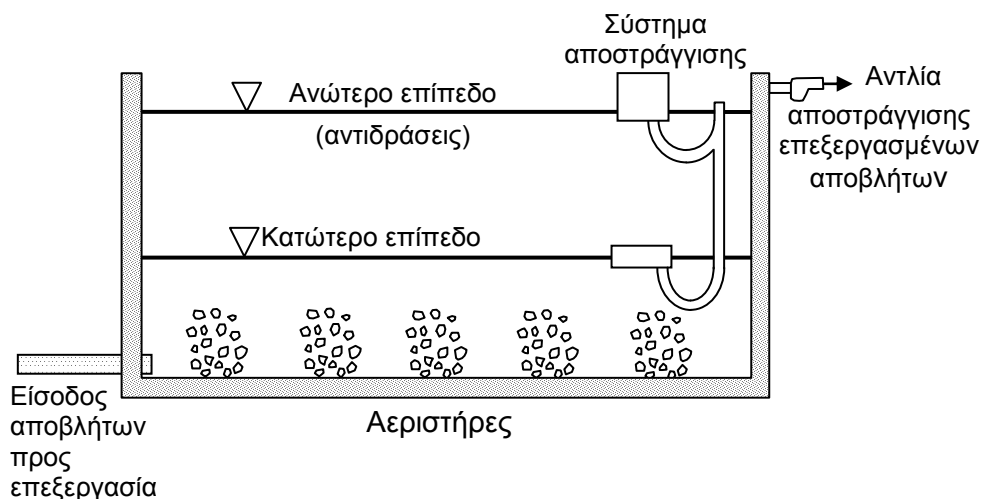
Η αναερόβια επεξεργασία, αν και δεν απομακρύνει στον ίδιο βαθμό με την αερόβια το ρυπαντικό φορτίο, παρουσιάζει σημαντικό πλεονέκτημα την παραγωγή μικρής ποσότητας λάσπης, σε ποσοστό 10-15%, με το υπόλοιπο προϊόν να είναι το χρήσιμο ενεργειακά βιοαέριο.

3.2.4.5 Αντιδραστήρες διαλείποντος έργου ή διαλείπουσας λειτουργίας (Sequencing Batch Reactor-SBRs)

Οι αντιδραστήρες διαλείποντος έργου επεξεργάζονται απόβλητα με οργανικό φορτίο σε παρτίδες ή κατά τμήματα. Μέσα στα απόβλητα διοχετεύεται οξυγόνο σε φυσαλίδες, για τη μείωση των BOD₅ και COD και τη μετατροπή τους σε απόβλητα κατάλληλα για απόρριψη στο αποχετευτικό δίκτυο ή και βιομάζα χρήσιμη ως εδαφοβελτιωτικό. Τα στάδια της διαδικασίας περιλαμβάνουν την πλήρωση, τον αερισμό, την καθίζηση και την εκκένωση (**Εικόνα 3-10**).

Υπάρχουν διάφορες διαμορφώσεις του αντιδραστήρα, αλλά η βασική διαδικασία είναι σε όλες παρόμοια. Η εγκατάσταση συνήθως αποτελείται από τουλάχιστον δύο πανομοιότυπα εξοπλισμένες δεξαμενές, με μια κοινή είσοδο αποβλήτων που μπορεί να αλλάξει μεταξύ τους διαδοχικά. Οι δεξαμενές έχουν μια ροή διαμέσω του συστήματος, με τα λύματα να εισρέουν από το ένα άκρο και να εκρέουν επεξεργασμένα από το άλλο. Ενώ η μια δεξαμενή βρίσκεται στο στάδιο της καθίζησης και εκκένωσης, η άλλη είναι σε αυτό του αερισμού και της πλήρωσης. Στην είσοδο κάθε δεξαμενής λειτουργεί ένα τμήμα της γνωστό ως βιοεπιλογέας. Αυτός αποτελείται από μια σειρά από τοιχώματα ή διαφράγματα που κατευθύνουν τη ροή, είτε από πλευρά σε πλευρά της δεξαμενής ή προς τα κάτω και πάνω, μέσα από συνεχόμενα διαφράγματα. Αυτό βοηθά να αναμειχθεί η εισροή των αποβλήτων και η παραγόμενη ενεργή ιλύς, προκειμένου να ξεκινήσει η βιολογική διαδικασία της χώνευσης, πριν από το κύριο μέρος της δεξαμενής.

Το στάδιο του αερισμού περιλαμβάνει την προσθήκη αέρα στο μίγμα στερεών και υγρών, είτε με τη χρήση σταθερών ή επιπλεόντων μηχανικών αντλιών (αεριστήρων), είτε εμφυσώντας από πολύ λεπτές διάτρητες μεμβράνες, στερεωμένες στο δάπεδο της δεξαμενής. Κατά τη διάρκεια του σταδίου αυτού, η βαλβίδα εισόδου της δεξαμενής είναι ανοιχτή και μια αντλία επιστροφής ενεργού ιλύος φέρνει μικτά υγρά και στερεά (μίγμα) από το άκρο εξόδου της δεξαμενής στην είσοδο, παρέχοντας στα εισερχόμενα λύματα ζωντανά βακτήρια. Ο χρόνος αερισμού ποικίλλει ανάλογα με το μέγεθος της μονάδας και τη σύνθεση / ποσότητα των εισερχόμενων αποβλήτων, αλλά είναι συνήθως 60 έως 90 λεπτά. Η προσθήκη οξυγόνου ευνοεί τον πολλαπλασιασμό των αερόβιων βακτηρίων που καταναλώνουν τα θρεπτικά συστατικά. Η διαδικασία αυτή επίσης ευνοεί την παραγωγή αζωτούχων ενώσεων, καθώς τα βακτήρια αυξάνουν τον αριθμό τους, διαδικασία γνωστή ως νιτροποίηση. Για να αφαιρεθούν οι ενώσεις φωσφόρου επίσης, θειικό αργίλιο (στυπτηρία) προστίθεται κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου που αντιδρά δημιουργώντας μη διαλυτές ενώσεις, οι οποίες κατακαθίζουν στην λάσπη στο επόμενο στάδιο.



Εικόνα 3-10: Αντιδραστήρας διαλείποντος έργου. (Πηγή: Federal Aviation Authority-FAA 2008, Επεξεργασία ίδια)

Το στάδιο της καθίζησης είναι συνήθως ίδιο σε χρόνο με αυτό του αερισμού. Κατά το στάδιο αυτό, η λάσπη που σχηματίζεται από τα βακτήρια αφήνεται να καθιζήσει στον πυθμένα της δεξαμενής. Τα αερόβια βακτήρια

συνεχίζουν να πολλαπλασιάζονται μέχρι το οξυγόνο να εξαντληθεί. Οι συνθήκες στη δεξαμενή, ειδικά κοντά στο κατώτατο σημείο, είναι τώρα περισσότερο κατάλληλες για τα αναερόβια βακτήρια να ευδοκιμήσουν. Πολλά από αυτά τα βακτήρια, καθώς και ορισμένα από τα βακτήρια που θα προτιμούσαν περιβάλλον οξυγόνου, αρχίζουν να χρησιμοποιούν το άζωτο ως βασικό στοιχείο, και το αποσπών από τις ενώσεις του μέσα στο υγρό, χρησιμοποιώντας τις αζωτούχες ενώσεις που δημιουργήθηκαν στο στάδιο αερισμού. Αυτή η διαδικασία είναι γνωστή ως απονιτροποίηση.

Καθώς, με την πάροδο του χρόνου, τα βακτήρια πολλαπλασιάζονται και τελικά πεθαίνουν, η λάσπη μέσα στη δεξαμενή αυξάνει. Μια αντλία που ενεργοποιείται από τα λύματα αφαιρεί τμήμα της λάσπης κατά τη διάρκεια του σταδίου της καθίζησης, για περαιτέρω επεξεργασία. Η ποσότητα της λάσπης εντός της δεξαμενής πρέπει να παρακολουθείται συνεχώς, καθώς μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στην διαδικασία της επεξεργασίας. Η λάσπη που επιτρέπεται να εγκατασταθεί είναι μέχρι το καθαρό νερό να περιορίζεται στο άνω 20% -30% του περιεχομένου της δεξαμενής.

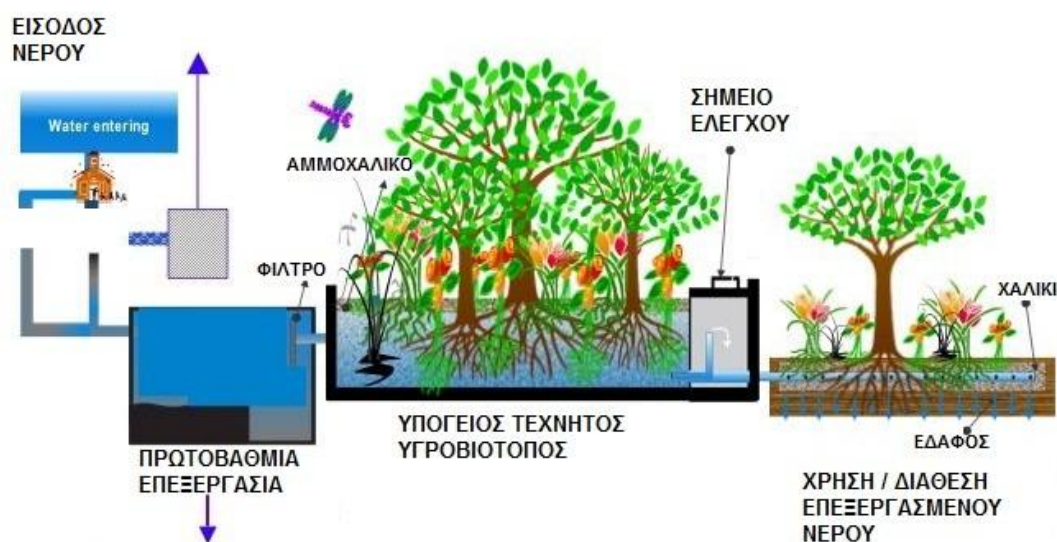
Το στάδιο της εκκένωσης λαμβάνει χώρα με την αργή μείωση μιας κοιλότητας στη δεξαμενή, από όπου τα επεξεργασμένα απόβλητα διοχετεύονται σε μια δεξαμενή λιμνασμού, όπου και αποθηκεύονται για περαιτέρω διάθεση. σε καλλιεργούμενο τμήμα, υγρότοπο, εκβολή στον ωκεανό, ή να υποστούν περαιτέρω επεξεργασία για χρήση σε πάρκα, γκολφ, κλπ.

3.2.4.6. Υγροβιότοποι

Μια εναλλακτική μέθοδος επεξεργασίας, σχετικά απλή και χαμηλού κόστους, κατάλληλη τόσο για την επεξεργασία των αστικών όσο και βιομηχανικών αποβλήτων, είναι οι τεχνητοί υγροβιότοποι ή υγρότοποι. Οι τεχνητοί υγροβιότοποι κατασκευάζονται για να επεξεργαστούν ρύπους που βρίσκονται στα επιφανειακά νερά, στα υπόγεια νερά, ή σε αστικά και βιομηχανικά απόβλητα. Η μέθοδος αυτή είναι αρκετά διαδεδομένη στην Ευρώπη στις ΗΠΑ, ωστόσο είναι σπάνια στη χώρα μας. Για τα απόβλητα της

αεροπορικής βιομηχανίας, πεδίο εφαρμογής βρίσκουν συνήθως για την επεξεργασία των υγρών αποπάγωσης (γλυκόλες) σε μεγάλα αεροδρόμια.

Ως υγροβιότοποι ορίζονται γενικά περιοχές (οικοσυστήματα) που είτε πλημμυρίζουν από επιφανειακό νερό, είτε τα εδάφη τους βρίσκονται σε κορεσμό υπόγειου νερού, με αποτέλεσμα τα εδάφη, η βλάστηση και η βιολογική τους δραστηριότητα να ανταποκρίνονται σε υγρές συνθήκες και περιβάλλον (Σωτηροπούλου, 2010). Οι τεχνητοί υγροβιότοποι βασίζονται στη χρήση φυτών όπως καλάμια, βούρλα και ψαθιά. Αναπαριστούν τη δομή και τη λειτουργία των φυσικών υγροβιότοπων, περιέχοντας μια πλούσια μικροβιακή κοινότητα, που επιτυγχάνει τη βιοχημική καταστροφή των ρυπαντών, με επιπρόσθετα χαρακτηριστικά την αναπαραγωγή και την αυτοσυντήρηση του μικροβιακού πληθυσμού (Κατσίρη).

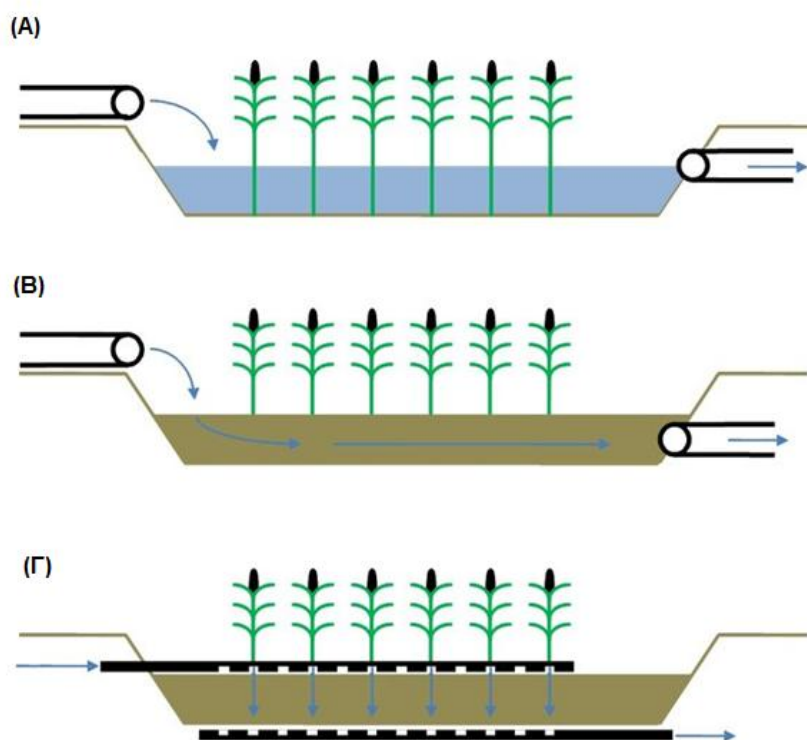


Εικόνα 3-11: Υπόγειος τεχνητός υγροβιότοπος (Πηγή: WasteWater Gardens, 2012)

Η ικανότητα των υγροβιότοπων να επεξεργάζονται τα απόβλητα απορρέει από την ιδιότητα των διαφόρων φυτών, όπως των καλάμιών να μεταφέρουν οξυγόνο στα ριζώματά τους, δημιουργώντας έτσι την ανάπτυξη αερόβιων βακτηρίων στη γύρω ζώνη. Δημιουργούνται έτσι αερόβιες ζώνες κοντά στις

ρίζες, ενώ μακριά από αυτές επικρατούν αναερόβιες συνθήκες. Η εναλλαγή μεταξύ οξειδωτικών - ανοξικών ζωνών δημιουργεί αερόβιες και αναερόβιες διεργασίες που αποδομούν τις οργανικές ουσίες και άλλους ρύπους. Ένας άλλος αριθμός ρύπων, όπως μέταλλα απορροφάται από τα φυτά.

Τεχνητοί υδροβιότοποι υπόγειας ροής χρησιμοποιούνται συνήθως όταν τα υγρά απόβλητα που υποβάλλονται σε επεξεργασία είναι επιβλαβή ή έχουν έντονη οσμή. Επίσης, έχουν εφαρμογή όπου είναι επιθυμητή η προστασία από τις χαμηλές θερμοκρασίες και την παγοποίηση, όπου είναι ανεπιθύμητη η έλξη των άγριων ζώων, ιδιαίτερα των υδρόβιων πτηνών (π.χ. σε εγκαταστάσεις μέσα στα αεροδρόμια) και όπου άφθονη, οικονομική ποσότητα από κατάλληλο υλικό υποστρώματος είναι άμεσα διαθέσιμη.



Εικόνα 3-12: Τεχνητοί υδροβιότοποι: (α) επιφανειακής ροής (β) υπόγειας οριζόντιας και (γ) υπόγειας κατακόρυφης ροής (Πηγή: Wikipedia, 2011)

Οι υπόγειοι υδροβιότοποι δημιουργούνται με υπόγεια υποστρώματα κατασκευασμένα από αδρανή υλικά, όπως άμμο και χαλίκια, κάτω από την

επιφάνεια του εδάφους. Συχνά είναι δύσκολο να διακριθούν στο ανοικτό πεδίο. Οι υδάτινες επιφάνειες τους είναι συνήθως περίπου 30 cm κάτω από την επιφάνεια που αποτελείται συνήθως από άχυρο και ξηρό χαλίκι.

Οι υγροβιότοποι μπορούν να λειτουργήσουν είτε με τα λύματα να ρέουν οριζόντια μέσα από το αδρανές υπόστρωμα ή κάθετα μέσα από αυτό. Τα βακτήρια που είναι προσκολλημένα στο υπόστρωμα αναλαμβάνουν την αφαίρεση των ρύπων. Για τα υψηλής βιοχημικής αντοχής υγρά αποπάγωσης (γλυκόλες), ο εξαερισμός του υποστρώματος είναι απαραίτητος, προκειμένου να βοηθήσει τα βακτήρια στο μεταβολισμό της γλυκόλης.

Ένα αποτελεσματικό σύστημα τεχνητού υγροβιότοπου είναι ο αεριζόμενος υπόγειας κατακόρυφης ροής (SSF), ένα είδος υγροβιότοπου στο οποίο αέρας εισάγεται στο κατώτερο παχύτερο υπόστρωμα από χαλίκι, πάχους 1 - 4 μέτρων. Οι ανώτερες, χωμάτινες επιφάνειες με τη βλάστηση, καθώς και στρώματα με σάπια φύλλα ή κόμποστ παρέχουν μόνωση, για να αποφεύγονται προβλήματα κατάψυξης, με αποτέλεσμα τα συστήματα αυτά να μπορούν να λειτουργούν σε όλη τη διάρκεια του χρόνου, ακόμη και σε αεροδρόμια στις βόρειες χώρες το χειμώνα, ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα.

3.2.5 Τριτοβάθμιες τεχνολογίες επεξεργασίας

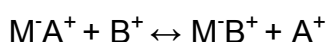
Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την τριτοβάθμια επεξεργασία των βιομηχανικών λυμάτων περιλαμβάνουν την ιοντοεναλλαγή, την ηλεκτρολυτική ανάκτηση και την προσρόφηση σε ενεργό άνθρακα.

3.2.5.1 Ιοντοεναλλαγή

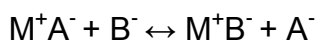
Η ιοντοεναλλαγή βασίζεται στην ικανότητα κάποιων υλικών, ορυκτών (ζεόλιθοι) ή συνθετικών (ρητίνες), να δεσμεύουν εκλεκτικά ιόντα από τα απόβλητα. Η μέθοδος, που είναι κατάλληλη για την αφαίρεση και την κατακράτηση βαρέων μετάλλων, εφαρμόζεται με την διέλευση των αποβλήτων από κλίνες που έχουν πληρωθεί με το ιοντοεναλλακτικό υλικό (ρητίνη). Κατά τη διαδικασία της ιοντοεναλλαγής, τα φορτισμένα ιόντα από την υγρή φάση (απόβλητα) έλκονται ηλεκτροστατικά και δεσμεύονται από τη

στερεή φάση (ρητίνες), με αποτέλεσμα την παραγωγή εκροής αποβλήτων που δεν έχουν αυτά τα στοιχεία, καθώς έχουν ανταλλαγή με άλλα που δεν είναι βλαβερά ή πολύτιμα. Οι ρητίνες δεν μεταβάλλονται χημικά οι ίδιες, και μπορούν εύκολα να ανανεώνονται, ανάλογα με τη ρητίνη, με τη χρήση άλατος, βάσης ή οξέος. Η διαδικασία χρησιμοποιείται συνήθως για δέσμευση κατιόντων, και τα εναλλάξιμα κατιόντα των ρητινών είναι Na^+ ή H^+ .

Η αντίδραση ιοντοεναλλαγής μπορεί να οριστεί ως μια φυσικοχημική αντίδραση αντιστρέψιμης ανταλλαγής ιόντων, μεταξύ μιας στερεάς φάσης (ιοντοεναλλάκτης) και μιας υγρής φάσης (διάλυμα). Έτσι, αν ο ιοντοεναλλάκτης της μορφής M^+A^- (όπου A^- τα ανταλλάξιμα κατιόντα) τοποθετηθεί σε διάλυμα που περιέχει κατιόντα B^+ , τα οποία πρέπει να αφαιρεθούν, η αντίδραση που θα λάβει χώρα θα είναι της μορφής:



Η παραπάνω αντίδραση είναι μια αντίδραση ανταλλαγής κατιόντων, ενώ παρόμοια μπορεί να λάβει χώρα μια αντίδραση ανταλλαγής ανιόντων της μορφής:



Στην αεροπορική βιομηχανία, η μέθοδος χρησιμοποιείται κυρίως σε συνεργεία επιμεταλλώσεων, για την αφαίρεση ή ανάκτηση των κυανιούχων ενώσεων και του χρωμίου και άλλων μετάλλων από το νερό των λουτρών έκπλυσης, καθώς και για την ανάκτηση των διαλυμάτων ανοδίωσης και επιχρωμίωσης.

3.2.5.2 Ηλεκτρολυτική ανάκτηση

Στην ηλεκτρολυτική ανάκτηση, τα απόβλητα υποβάλλονται σε συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα για την επίτευξη ελεγχόμενων αντιδράσεων οξειδωσης και αναγωγής, κατά τρόπο παρόμοιο με αυτόν που εφαρμόζεται στην επιμετάλλωση. Με αυτή τη μέθοδο, τα βαρέα μέταλλα απομακρύνονται από τα βιομηχανικά απόβλητα και πραγματοποιείται επίστρωση τους στα ηλεκτρόδια. Με τον ίδιο τρόπο, εκτός των μετάλλων μπορεί επίσης να

οξειδωθεί το κυάνιο. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα από τη χρήση των τεχνολογιών ηλεκτρολυτικής ανάκτησης για την αφαίρεση μετάλλων, σε σύγκριση με πιο συμβατικές τεχνολογίες επεξεργασίας, όπως η καταβύθιση, είναι ότι λίγη ή καθόλου από τη λάσπη που παράγεται με τη μέθοδο αυτή αποτελεί και απαιτεί διάθεση ως επικίνδυνο απόβλητο.

3.2.5.3. Προσρόφηση με ενεργό άνθρακα

Η προσρόφηση με ενεργό άνθρακα είναι μέθοδος που χρησιμοποιούνται συνήθως για την απομάκρυνση των διαλυτών και άλλων οργανικών, τοξικών ενώσεων από τα βιομηχανικά απόβλητα.

Η προσρόφηση είναι το φαινόμενο μεταφοράς μάζας από την υγρή ή αέρια φάση στην επιφάνεια ενός στερεού, και συγκεκριμένα τη συσσώρευση των συστατικών ενός διαλύματος πάνω σε μια κατάλληλη επιφάνεια. Η προσρόφηση των συστατικών γίνεται μέσω ηλεκτροστατικών δυνάμεων, που έλκουν το προσροφόμενο συστατικό από το διάλυμα στη στερεά επιφάνεια.

Το κυριότερο μέσο που χρησιμοποιείται για την προσρόφηση είναι ο ενεργός άνθρακας, που παράγεται από οργανικές πρώτες ύλες, όπως το ξύλο, ο λιγνίτης κ.α. Ο ενεργός άνθρακας είναι πολύ αποτελεσματικός για την αφαίρεση διαλυμένων οργανικών συστατικών, χάρη στη μεγάλη ειδική του επιφάνεια, ενώ η βιολογική αποδόμηση επιτρέπει να αναγεννώνται οι κόκκοι του υλικού. Στην προσρόφηση με ενεργό άνθρακα, τα απόβλητα διέρχονται από μια στήλη ή στρώμα πληρωμένη με ενεργό άνθρακα. Οι οργανικές ενώσεις απομακρύνονται από τα απόβλητα καθώς γίνεται προσρόφηση τους πάνω στο ενεργό άνθρακα. Η ανάπτυξη των βακτηριδίων μέσα στους πόρους του ενεργού άνθρακα επιτρέπει την βιολογική αποδόμηση των οργανικών ενώσεων, επεκτείνοντας περαιτέρω την ικανότητα απορρόφησης του ενεργού άνθρακα. Μόλις η ικανότητα προσρόφησης του εξαντλείται, ο άνθρακας απορρίπτεται ή αναγεννάται με θερμική επεξεργασία.

3.3 Ξήρανση και διάθεση της παραγόμενης ιλύος

Τα βιομηχανικά απόβλητα περιέχουν μεγάλες ποσότητες χημικών πηκτικών και παράγουν κατά κανόνα μεγάλο όγκο λάσπης, που συνήθως δεν στεγνώνει τόσο γρήγορα όσο αυτή των αστικών λυμάτων. Η ξήρανση της ιλύος μπορεί να επιτευχθεί με ανοικτές κλίνες ξήρανσης, φίλτρα κενού και τις φιλτροπρέσες, που αποτελούν την πιο κοινή μέθοδο. Οι φιλτροπρέσες εξωθούν το νερό από την ιλύ, σχηματίζοντας ένα κέικ στερεό, σε αρκετά μεγάλο ποσοστό. Το κέικ προωθείται συνήθως σε εξωτερικούς της βιομηχανίας φορείς για αποτέφρωση ή διασπορά στο έδαφος.

Με την εξαίρεση της ιλύος που έχει χαρακτηριστεί ή μπορεί να παρουσιάζει χαρακτηριστικά επικίνδυνων αποβλήτων (π.χ. οι λάσπες από την επιμετάλλωση ή το μεταλλικό φινίρισμα, που περιέχουν βαρέα μέταλλα ή κυανιούχα άλατα), η ιλύς που προκύπτει από τη βιομηχανική επεξεργασία των αεροπορικών αποβλήτων διατίθεται με τον ίδιο τρόπο όπως και η ιλύς από την επεξεργασία των αστικών αποβλήτων. Η βιολογική ιλύς μπορεί να προωθηθεί προς τη βιολογική επεξεργασία στις δημόσιες εγκαταστάσεις επεξεργασίας των αστικών λυμάτων.

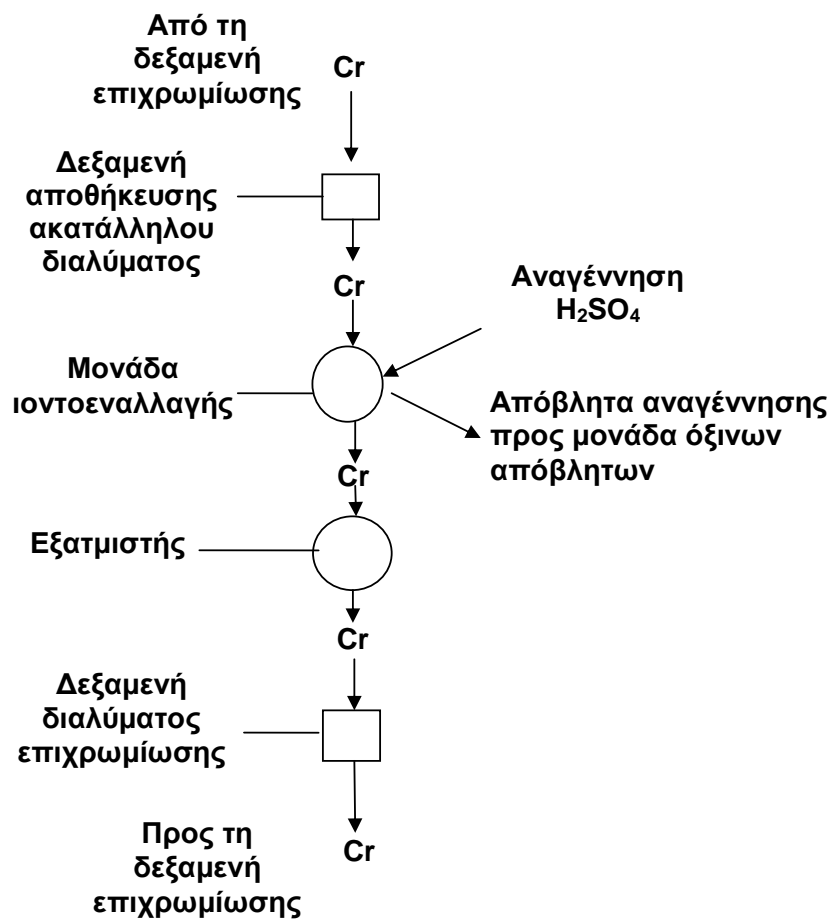
3.4 Εγκαταστάσεις και συστήματα επεξεργασίας αποβλήτων αεροπορικής βιομηχανίας

Ακολούθως περιγράφονται ειδικότερα εγκαταστάσεις και συστήματα επεξεργασίας που εφαρμόζουν τις παραπάνω μεθόδους επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων στην αεροπορική βιομηχανία, για την επεξεργασία ρυπαντών που παράγει που είναι το χρώμιο και τα άλλα βαρέα μέταλλα, οι φαινόλες και τα κυανιούχα, τα ελαιώδη απόβλητα των πλυντηρίων καθώς και αυτά και των διεισδυτικών υγρών.

3.4.1 Επεξεργασία ειδικών αποβλήτων - Χρώμιο και βαρέα μέταλλα

3.4.1.1 Ανάκτηση χρωμίου και βαρέων μετάλλων με ιοντοεναλλαγή

Τα απόβλητα από επιμεταλλώσεις που περιέχουν χρώμιο και βαρέα μέταλλα, όπως τα διαλύματα επιχρωμίωσης, επικαθμίωσης, ανοδίωσης κ.ο.κ., μπορούν να υποστούν επεξεργασία με τη μέθοδο της ιοντοεναλλαγής (ανωτέρω παρ. 3.2.5.1), για την ανάκτηση των βαρέων και τοξικών μετάλλων. Τα τοξικά μέταλλα που μπορούν να ανακτηθούν με αυτή τη μέθοδο είναι ο σίδηρος, το τρισθενές χρώμιο, ο χαλκός από τα διαλύματα επιμετάλλωσης και το αλουμίνιο από τα διαλύματα ανοδίωσης. Ένα διάγραμμα ροής ενός τυπικού συστήματος ανάκτησης χρωμικού οξέος φαίνεται στην **Εικόνα 3-13**.



Εικόνα 3-13: Ανάκτηση χρωμικού οξέος [Πηγή: Federal Aviation Authority (2008), Επεξεργασία ίδια]

Η λειτουργία του συστήματος ανάκτησης ξεκινά με τη συλλογή του ακατάλληλου χρησιμοποιημένου διαλύματος. Τα χρησιμοποιημένα, ακατάλληλα διαλύματα επιχρωμίωσης συλλέγονται σε κατάλληλη δεξαμενή αποθήκευσης για αραίωση στην κατάλληλη, για τη μέθοδο ανάκτησης περιεκτικότητα χρωμικού οξέος. Τα διαλύματα ανοδίωσης μπορεί να έχουν εξαρχής αρκετά χαμηλή συγκέντρωση σε χρωμικό οξύ και συνεπώς δεν χρειάζονται αραίωση. Η αραίωση των διαλυμάτων επιμετάλλωσης είναι απαραίτητη για την αποφυγή ζημιών στον εξοπλισμό που θα χρησιμοποιηθεί στο επόμενο βήμα, την ιοντοεναλλαγή.

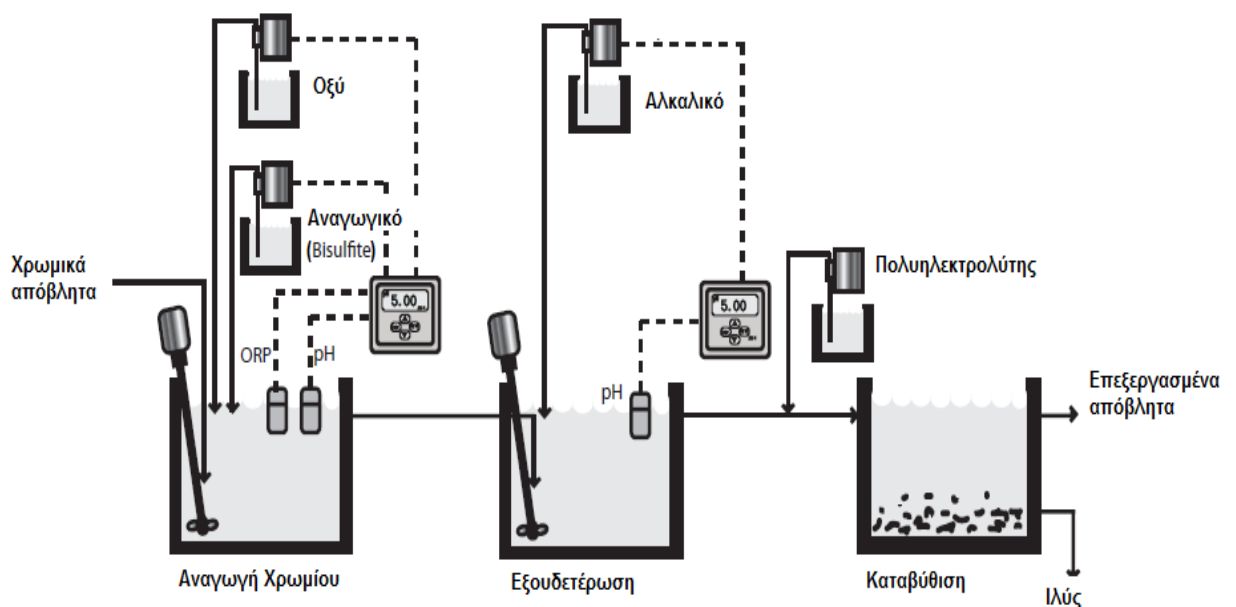
Η μονάδα ιοντοεναλλαγής περιλαμβάνει μια κατιονική κλίνη (ρητίνη) θειικού οξέος, που χρησιμοποιείται για την ανταλλαγή των τοξικών μετάλλων στο διάλυμα με ιόντα υδρογόνου, που λαμβάνονται από την επιφάνεια της ρητίνης. Τα καθαρισμένα διαλύματα στη συνέχεια προωθούνται σε έναν εξατμιστή, για να επανέλθουν στην κατάλληλη πυκνότητα.

Όταν οι συσσωρευμένες ακαθαρσίες από τα διαλύματα επιμετάλλωσης περιορίσουν την ικανότητα της ρητίνης να συνεχίσει τον καθαρισμό, ο ιοντοεναλλάκτης αφαιρείται από τη διαδικασία και η ρητίνη αναγεννάται με θειικό οξύ. Κατά τη διαδικασία της αναγέννησης, το θειικό οξύ αφαιρεί τα ιόντα των μετάλλων και αποκαθιστά τη ρητίνη του εναλλάκτη στην αρχική της μορφή με ιόντα υδρογόνου. Τα απόβλητα της αναγέννησης του θειικού οξέος αντιμετωπίζονται με διαδικασίες εξουδετέρωσης και καταβύθισης.

Μετά τη διαδικασία της ιοντοεναλλαγής, τα διαλύματα επιχρωμίωσης τα οποία είχαν υποστεί αραίωση πριν να περάσουν από τον εναλλάκτη, για να αποφευχθεί η υπερβολική αποσύνθεση της ρητίνης, επιστρέφουν στην αρχική τους συγκέντρωση με εξάτμιση, προκειμένου να καταστούν κατάλληλα για επιστροφή στις δεξαμενές επιμετάλλωσης. Τελικά, το καθαρό και συγκεντρωμένο χρωμικό οξύ αποθηκεύεται σε κατάλληλη δεξαμενή και επιστρέφει στις δεξαμενές επιμετάλλωσης όταν απαιτείται.

3.4.1.2 Επεξεργασία χρωμίου και βαρέων μετάλλων - Καταβύθιση

Η πλέον κοινή μέθοδος αντιμετώπισης των αποβλήτων χρωμίου και βαρέων μετάλλων είναι η καταβύθιση (ανωτέρω παρ.3.2.2.4). Ειδικότερα για το χρώμιο, η καταβύθιση επιτυγχάνεται με πρώτη αντίδραση την αναγωγή των εξασθενών χρωμικών ιόντων σε τρισθενή, με την προσθήκη αναγωγικού μέσου, που ακολουθείται από εξουδετέρωση για την επίτευξη κατάλληλου pH και την καταβύθιση του χρωμίου σε αδιάλυτο υδροξείδιο (Εικόνα 3-14). Συνήθως, η επεξεργασία αυτή γίνεται τμηματικά (σε παρτίδες). Τα απόβλητα απορρίπτονται σε ανθεκτικές στα οξέα δεξαμενές, εξοπλισμένες με συστήματα ανάμιξης, συστήματα («ξέστρες») αφαίρεσης των επιφανειακών στρωμάτων, διόδους μετάγγισης και εξόδους υποχώρησης της ιλύος. Τα συνηθέστερα αναγωγικά μέσα που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνουν το bisulfite (όξινο θειώδες νάτριο, NaHSO_3), το διοξείδιο του θείου, θειώδη άλατα, θειικό σίδηρο ή σκόνη σιδήρου, αργιλίου ή ψευδαργύρου.



Εικόνα 3-14: Χημική επεξεργασία αποβλήτων χρωμίου [Πηγή: SensorX (2006), Επεξεργασία ίδια]

Η διαδικασία που ακολουθείται περιλαμβάνει ανάμιξη του αναγωγικού μέσου με τα απόβλητα για μια περίοδο ηρεμίας περίπου μίας ώρας, μετά από

την οποία λάδια και λίπη αφαιρούνται από την επιφάνεια. Διάλυμα αλκαλικού μέσου (συνήθως ασβέστη) προστίθεται στη συνέχεια, μέχρι το pH του μείγματος να είναι περίπου 8.0. Το μίγμα στη συνέχεια ανακινείται και αφήνεται να καθιζάνει για μια περίοδο περίπου δώδεκα ωρών, οπότε και καθιζάνει ιλύς που περιέχει το χρώμιο σε μορφή ιζήματος $\text{Cr}(\text{OH})_3$. Το επιπλέον της ιλύος υγρό αποτελεί τα επεξεργασμένα, μη επικίνδυνα απόβλητα που στη συνέχεια μεταγγίζονται, ενώ η λάσπη αφαιρείται από τη δεξαμενή και απαιτεί ειδική διαχείριση.

Η διαδικασία της καταβύθισης υποβοηθείται τις περισσότερες φορές με τη μέθοδο της κροκιδώσης με πολυηλεκτρολύτη, που αναλύθηκε επίσης προηγούμενα. Προκειμένου τα υδροξείδια των μετάλλων να καθιζάνουν με τη μορφή κolloειδών φορτισμένων σωματιδίων και απαιτούν την προσθήκη κροκιδωτικών (πολυηλεκτρολύτες), όπως η στυπτηρία ή άλλα πολυμερή, που αποφορτίζουν τα σωματίδια, μεγαλώνουν το μέγεθος τους μέσω της συσσωμάτωσης και βοηθούν στην καταβύθιση τους δια βαρύτητας.

3.4.2 Επεξεργασία ειδικών αποβλήτων - Απόβλητα με συγκεντρωμένες Φαινόλες

Τα υγρά απόβλητα με υψηλές συγκεντρώσεις σε φαινόλες, τα οποία προκύπτουν από τον χημικό καθαρισμό και την απόχρωση των αεροσκαφών, απαιτούν ειδική διαχείριση. Οι επιλογές προεπεξεργασίας περιλαμβάνουν, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία τρεις επιλογές: την προσρόφηση με ενεργό άνθρακα, τη χημική οξειδωση με όζον ή άλλα οξειδωτικά μέσα και τις βιολογικές μεθόδους.

Η προώθηση τους για βιολογική επεξεργασία στις δημόσιες εγκαταστάσεις βιολογικής επεξεργασίας αστικών λυμάτων θα μπορούσε επίσης να χρησιμοποιηθεί, εφόσον είναι διαθέσιμη, και η ποσότητα των αστικών λυμάτων της εγκατάστασης (βιομηχανία, αεροδρόμιο) είναι επαρκής για να μειώσει την τελική συγκέντρωση σε φαινόλες κάτω από τα 20 ppm (FAA, 2008). Στην περίπτωση αυτή πρέπει να προηγηθεί προεπεξεργασία των αποβλήτων αυτών, για αφαίρεση των ελαίων και των αιωρούμενων στερεών

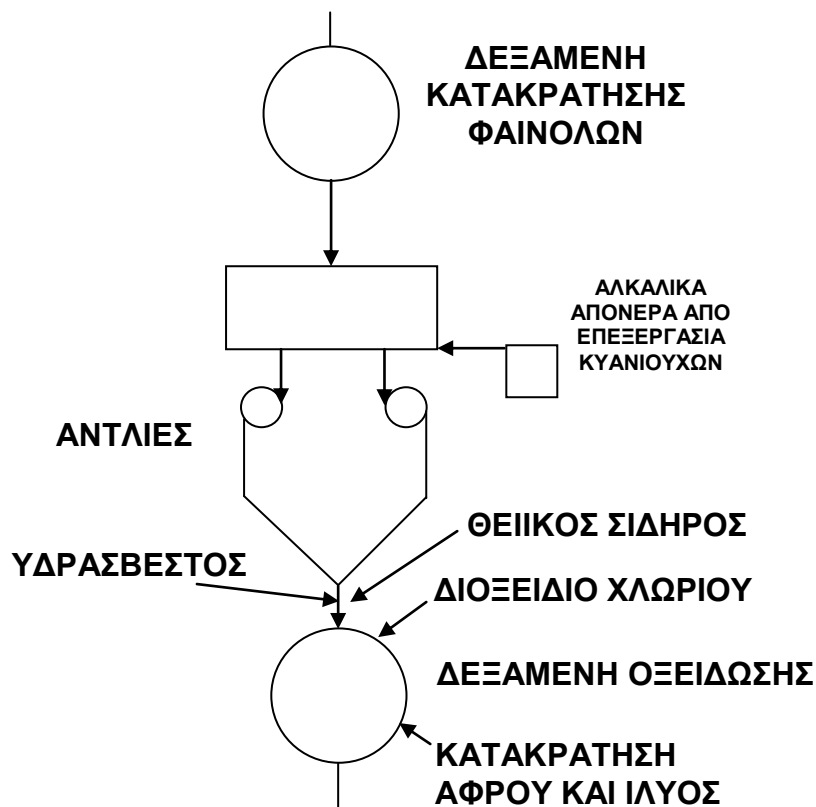
που συνήθως περιλαμβάνουν, με τη μέθοδο του διαχωρισμού και της επίπλευσης με αέρα, που περιγράφηκε παραπάνω, στην **παράγραφο 3.2.1.6**.

3.4.2.1 Επεξεργασία φαινολικών - Προσρόφηση με ενεργό άνθρακα

Στην προσρόφηση με ενεργό άνθρακα, τα φαινολικά απόβλητα διέρχονται από μια στήλη πληρωμένη με ενεργό άνθρακα. Οι οργανικές ενώσεις απομακρύνονται από τα απόβλητα καθώς γίνεται προσρόφηση τους πάνω στο ενεργό άνθρακα. Μόλις η ικανότητα προσρόφησης του εξαντλείται, ο άνθρακας απορρίπτεται ή αναγεννάται με χημική ή θερμική επεξεργασία.

3.4.2.2 Επεξεργασία φαινολικών - Χημική οξείδωση

Η χημική οξείδωση μπορεί να γίνει με προσθήκη στα απόβλητα οξειδωτικών μέσων όπως όζον, χλώριο ή υπεροξειδίο του υδρογόνου (H_2O_2). Η **Εικόνα 3-15** δείχνει το τυπικό διάγραμμα ροής ενός συστήματος το οποίο εφαρμόζει χημική οξείδωση με χλώριο σε αλκαλικό περιβάλλον. Τα απόβλητα με συγκεντρώσεις σε φαινόλες συλλέγονται στη δεξαμενή οξείδωσης, όπου το pH τους αυξάνεται με την προσθήκη υδράσβεστου. Κροκιδωτικές χημικές ουσίες, όπως η στυπτηρία ή ο θειικός σίδηρος, προστίθενται για να βοηθήσουν στη συσσωμάτωση των στερεών στα απόβλητα. Το σύνολο του περιεχομένου της δεξαμενής στη συνέχεια αναμειγνύεται, και αφήνεται σε ηρεμία για ένα διάστημα που επιτρέπει σε λάσπη και αφρό να διαχωριστούν από το υγρό. Μετά το διαχωρισμό, αφρός και λάσπη αφαιρούνται από την επιφάνεια με κατάλληλους μηχανισμούς στη δεξαμενή. Ακολούθως προστίθεται χλώριο και τα περιεχόμενα της δεξαμενής αναμειγνύονται, προκειμένου να επιτευχθεί η οξείδωση των φαινολών.



Εικόνα 3-15: Χημική οξείδωση των φαινολών (Πηγή: Federal Aviation Authority-FAA 2008, Επεξεργασία ίδια)

3.4.2.3 Επεξεργασία φαινολών - Βιολογική επεξεργασία

Φαινόλες σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις μπορεί να υποστούν επεξεργασία με βιολογικές μεθόδους επεξεργασίας όπως τα βιολογικά φίλτρα, τα συστήματα ενεργού ιλύος, είτε και με συνδυασμό των δύο. Είναι μια διαδικασία που έχει δοκιμαστεί με ικανοποιητικά αποτελέσματα, αν και είναι σχετικά περίπλοκη, καθώς απαιτείται παρακολούθηση και επέμβαση στη διαδικασία (π.χ ανάμιξη των αποβλήτων με αστικά για τη μείωση στις φαινόλες, προσθήκη τροφικών κ.ο.κ). Η αεροπορία των ΗΠΑ (USAF) π.χ, σε συνεργασία με το πανεπιστήμιο Trinity University, Texas εγκατέστησε και δοκίμασε σε πραγματικές συνθήκες σύστημα βιολογικών φίλτρων σε χρωστήριο, το οποίο μπορούσε με την προσθήκη τροφικών (φώσφορος, άζωτο) να διαχειριστεί με φαινορικά απόβλητα με συγκεντρώσεις 1000 ppm (Jeter, 1985).

Η γενική διάταξη ενός συστήματος βιολογικής επεξεργασίας (βιολογικό φίλτρο) για βιομηχανικά απόβλητα έχει ως εξής:

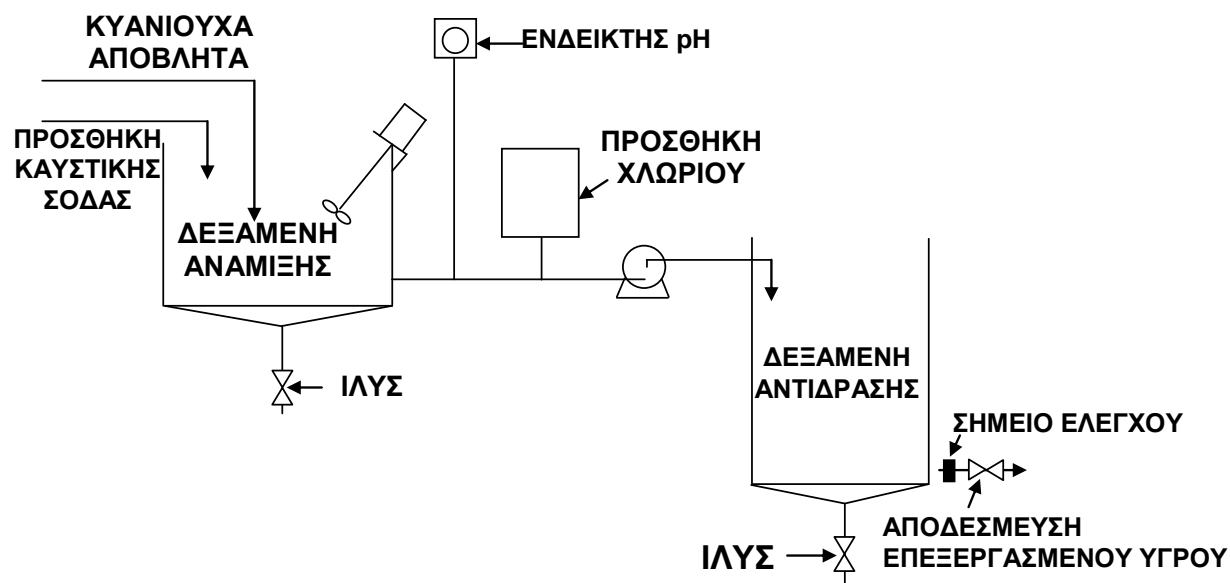
Τα απόβλητα, μετά από την εξουδετέρωση τους με προσθήκη αλκαλικών όπως ο ασβέστης, προωθούνται στην κύρια δεξαμενή καθίζησης. Η έξοδος της κύριας δεξαμενής διατρέχει μέσα από βιολογικό φίλτρο δύο ή περισσότερων βαθμίδων, που αφαιρεί το μεγάλο μέρος από τα περιεχόμενα οργανικά και τις φαινόλες. Η εκροή από το βιολογικό φίλτρο ακολούθως, περνάει μέσα από δεξαμενές αερισμού, στις οποίες επιτυγχάνεται περαιτέρω μείωση των περιεχόμενων φαινολών. Τα απόβλητα συνεχίζουν μέσα από δευτερεύουσες δεξαμενές καθίζησης για την αφαίρεση βιολογικών συσσωματωμάτων και άλλων αιωρούμενων σωματιδίων. Εάν είναι απαραίτητο, τα απόβλητα μπορούν να παρακρατηθούν για κάποιο διάστημα σε αεριζόμενη λίμνη για την περαιτέρω βιολογική επεξεργασία τους πριν από την απόρριψη τους.

3.4.3 Επεξεργασία ειδικών αποβλήτων - Κυανιούχα απόβλητα

Τα κυανιούχα απόβλητα συνήθως αντιμετωπίζονται με τη μέθοδο της χημικής οξειδωσης με χλώριο, σε αλκαλικό περιβάλλον. Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί με επεξεργασία των αποβλήτων είτε σε παρτίδες είτε σε συνεχή ροή. Η εγκατάσταση μιας μονάδας επεξεργασίας σε παρτίδες είναι απλούστερη και καταλληλότερη για μικρές και μεσαίου μεγέθους βιομηχανικές μονάδες, ενώ προσφέρει επιπρόσθετα το πλεονέκτημα του ευκολότερου προελέγχου της ποιότητας εκροής αποβλήτων, καθώς τα απόβλητα δε χρειάζεται να απορρίπτονται μέχρι η χημική ανάλυση να επιβεβαιώσει την πλήρη καταστροφή του κυάνιου. Το σχηματικό διάγραμμα μιας τέτοιας εγκατάστασης φαίνεται στην **Εικόνα 3-16**.

Στην εγκατάσταση αυτή, υδράσβεστος ή καυστική σόδα προστίθενται για την αύξηση του pH των αποβλήτων πάνω από 8,5 όπου και έκτοτε διατηρείται συνεχώς με την προσθήκη υδράσβεστου. Η διατήρηση του pH κατ'ελάχιστο στο 8,5 απαιτείται για την πρόληψη σχηματισμού χλωριούχου κυανίου, που

είναι τοξικό αέριο. Μετά από διεξοδική, έντονη ανάμειξη, προστίθεται το χλώριο για την καταστροφή του κυάνιου.



Εικόνα 3-16: Επεξεργασία Κυανιούχων (Πηγή: Federal Aviation Authority-FAA 2008, Επεξεργασία ίδια)

Με την προσθήκη του χλωρίου και την παρουσία αλκαλίων το κυάνιο δίνει κυανικά άλατα. Για επεξεργασίες μικρής κλίμακας, το χλώριο που χρησιμοποιείται είναι συνήθως σε μορφή υποχλωριώδους. Η κατά προσέγγιση αναλογία κατά βάρος καυστικής σόδας και χλωρίου που απαιτούνται για την επεξεργασία του κυάνιου είναι 10:1, και η ελάχιστη περίοδος επεξεργασίας περίπου μία ώρα. Η επιτυχής ολοκλήρωση της διαδικασίας εξασφαλίζεται με μια μικρή υπέρβαση στην ποσότητα του χλωρίου που χρησιμοποιείται.

Μετά την καταστροφή του κυάνιου, τα παραγόμενα επεξεργασμένα απόβλητα (απόνερα) είναι αλκαλικά, και πρέπει συνεπώς να υποστούν εξουδετέρωση. Εναλλακτικά, μπορούν να αναμιχθούν με άλλα όξινα απόβλητα για την αμοιβαία εξουδετέρωση τους.

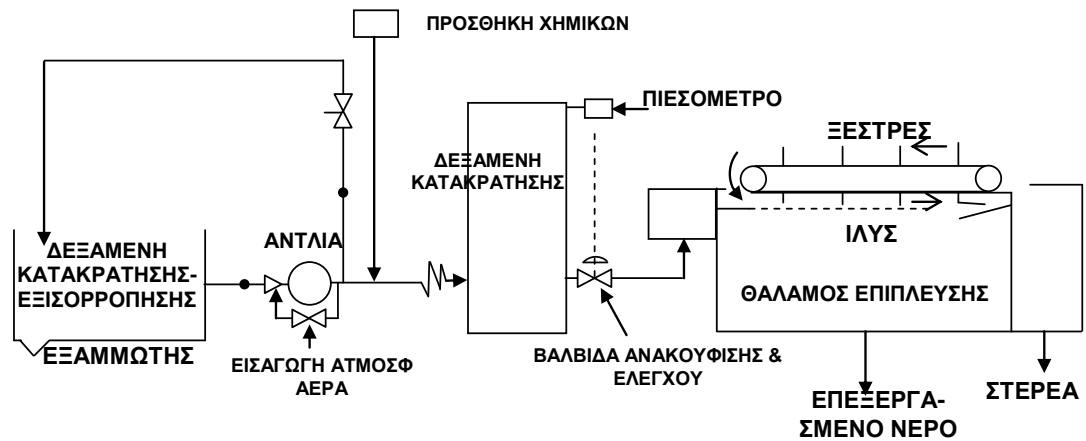
3.4.4 Επεξεργασία ειδικών αποβλήτων - Απόβλητα πλυντηρίων

Τα απόβλητα που προκύπτουν από τα πλυντήρια αεροσκαφών και τις εργασίες καθαρισμού και συντήρησης κινητήρων και οχημάτων περιλαμβάνουν σε μεγάλες ποσότητες λάδια, λίπη και γαλακτωματοποιημένες (διαλυμένες) ουσίες. Τέτοια απόβλητα πριν την απόρριψή τους, δύναται να διέλθουν από ειδικά σχεδιασμένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας.

Ένα τυπικό σύστημα επεξεργασίας αποβλήτων πλυντηρίων που χρησιμοποιείται σε αεροπορικές εγκαταστάσεις (FAA, 2008) φαίνεται στην **Εικόνα 3-17**. Η εγκατάσταση αποτελείται από μια δεξαμενή συγκέντρωσης και μονάδες συμπίεσης του αέρα, χημικής κροκίδωσης και επίπλευσης, και αναλύεται ως εξής:

α. Πρωτοβάθμια επεξεργασία: Τα απόβλητα διοχετεύονται σε συνδυαστική δεξαμενή κατακράτησης και εξάμμωσης. Η δεξαμενή είναι εφοδιασμένη με κατάλληλες διατάξεις για την αφαίρεση της άμμου, του ελαίου, καθώς και ελεύθερων διαλυτών. Συνήθως χρησιμοποιούνται επίσης κατάλληλες συσκευές ανάδευσης και μίξης, για να εμποδίσουν τη διαστρωμάτωση των αποβλήτων. Αυτή η μονάδα του συστήματος ονομάζεται διαχωριστής.

β. Δευτεροβάθμια επεξεργασία. Η δευτεροβάθμια μονάδα επεξεργασίας είναι σε συνεχή λειτουργία κροκίδωσης και επίπλευσης με αέρα υπό πίεση, που βοηθά στην επίπλευση των γαλακτοματοποιημένων ελαίων. Τα τμήματα του συστήματος περιλαμβάνουν αντλίες εισροής, μια δεξαμενή ανάμειξης, και μηχανικό εξοπλισμό συλλογής λάσπης («ξέστρα»), για την αφαίρεση της επιπλέουσας αφρώδους λάσπης από την επιφάνεια του υγρού στη δεξαμενή, η οποία οδηγείται προς τη χοάνη απομάκρυνσης στο χαμηλότερο σημείο. Επίσης, χρησιμοποιούνται αυτοματισμοί για την έναρξη και τη διακοπή της λειτουργίας των αντλιών εισροής, ανάλογα με προκαθορισμένα επίπεδα στη δεξαμενή.



Εικόνα 3-17: Σύστημα επεξεργασίας με επίπλευση και αέρα υπό πίεση. Πηγή: Federal Aviation Authority (2008), Επεξεργασία ίδια

Αιωρούμενα υλικά, όπως λάδια, λίπη, καθώς και άλλες ουσίες με ειδικό βάρος μικρότερο από αυτό του νερού, μπορούν να διαχωριστούν από τα απόνερα με την επίπλευση. Επίσης, πολύ μικρά σωματίδια και κολλοειδή υλικά με ειδικό βάρος μεγαλύτερο από εκείνο του νερού έχουν την τάση να κατακαθίσουν, αλλά με πολύ αργούς ρυθμούς. Η επίπλευση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απομάκρυνση των ουσιών αυτών με απλούς διαχωριστές δια βαρύτητας ή μονάδες επίπλευσης διαλυμένου αέρα.

Η μέθοδος επίπλευσης με διαλυμένο αέρα (Dissolved Air Flotation-DAF) χρησιμοποιείται για την αφαίρεση των μη διαλυμένων ελαίων και λιπών από τα απόβλητα, που επιτυγχάνεται με την παραγωγή πολλών μικρών φυσαλίδων αέρα. Στις φυσαλίδες προσκολλούνται τα αιωρούμενα σωματίδια, δημιουργώντας συσσωματώματα με μικρότερη πυκνότητα, τα οποία αναγκάζονται να ανέλθουν στην επιφάνεια, από όπου και απομακρύνονται με τις ξέστρες. Το καθαρό νερό λαμβάνεται από το μέσο της στάθμης της δεξαμενής. Η αποτελεσματικότητα της διαδικασίας βελτιώνεται με την προσθήκη κροκιδωτικών (πηκτικών) χημικών ουσιών, όπως η στυπτηρία (alum), το ενεργό διοξείδιο του πυριτίου ή πολυμερή.

Συνήθως ο όγκος της υγρής λάσπης που λαμβάνεται με τη μέθοδο αυτή είναι πολύ μεγάλος, περίπου το 10% της συνολικής ροής, ειδικά όταν συμπεριλαμβάνονται για επεξεργασία απόβλητα από πλυντήρια κινητήρων

και μηχανοκίνητων συσκευών ή οχημάτων. Η υγρή λάσπη μεταφέρεται ακολουθώντας σε μια δεξαμενή αποθήκευσης όπου γίνεται διαχωρισμός σε τρεις φάσεις: η βαρύτερη λάσπη κατακαθίζει προς τα κάτω, το ελαφρύτερο υλικό σχηματίζει ένα στρώμα αφρού στην επιφάνεια και σχετικά καθαρό νερό υπάρχει μεταξύ των δύο στρωμάτων. Βαλβίδες εκροής τοποθετούνται σε διάφορα επίπεδα στο πλαίσιο της λεκάνης και μπορούν να ανοίξουν επιλεκτικά για την αποστράγγιση του πιο καθαρού νερού προς ανακυκλοφορία μέσα στο σύστημα. Η συσσωρευμένη λάσπη μεταφέρεται περιοδικά για περαιτέρω επεξεργασία.

3.4.5 Επεξεργασία ειδικών αποβλήτων-Απόβλητα μεθόδου διεισδυτικών υγρών

Λόγω του μεγάλου όγκου από υγρά απόβλητα που δημιουργεί η μέθοδος, και του υψηλού κόστους που απαιτείται για την προώθηση τους σε εξωτερικούς φορείς, έχουν αναπτυχθεί και διατίθενται διάφορα συστήματα επεξεργασίας, που βασίζονται και στις μεθόδους επεξεργασίας πετρελαιοειδών και ελαιωδών οργανικών αποβλήτων, που αναπτύχθηκαν αναλυτικά στην προηγούμενη **παράγραφο 3.4.4**. Ένα επιπρόσθετο πρόβλημα που τα συστήματα αυτά όμως καλούνται να αντιμετωπίσουν είναι οι περιεχόμενες βαφές και το χρώμα των αποβλήτων. Ο συνδυασμός γαλακτοποιημένων και μη ελαιωδών διαφόρων συνθέσεων καθώς και των βαφών, δημιουργεί ένα σύνθετο πρόβλημα για την επεξεργασία των απόβλητων αυτών.

Τα υπάρχοντα συστήματα χρησιμοποιούν κυρίως τις μεθόδους της προσρόφησης με ενεργό άνθρακα, της διήθησης ή της αντίστροφης ώσμωσης, καθώς και της χημικής οξειδωσης με όζον ή και συνδυασμούς αυτών. Στις επόμενες παραγράφους γίνεται αναλυτικότερη αναφορά στις δυνατότητες των συστημάτων αυτών, ενώ μια συνοπτική οικονομοτεχνική σύγκριση τους, σύμφωνα με τους Hessinger και White (1998) φαίνεται στον **Πίνακα 3-1**.

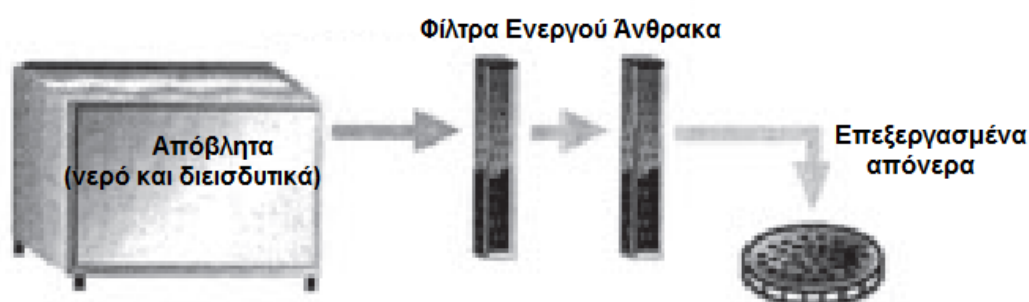
	Διάθεση σε εξωτερικό φορέα	Διαχωριστές	Φίλτρα ενεργού άνθρακα	Μεμβράνες μικροδιήθησης	Μεμβράνες νανοδιήθησης	Οξειδωση με Όζον
Αρχικό κόστος	Μηδενικό	Χαμηλό	Μεσαίο	Υψηλό	Υψηλό	Υψηλό
Κόστος σε βάθος χρόνου	Υψηλό	Χαμηλό	Υψηλό	Χαμηλό	Χαμηλό	Υψηλό
Απόδοση σε						
Έλαια	-	Μέτρια	Δεν τα αφαιρεί	Πολύ καλή	Πολύ καλή	Κακή
Αιωρ. Στερεά	-	Κακή	Δεν τα αφαιρεί	Πολύ καλή	Πολύ καλή	Κακή
Βαφές	-	Κακή	Πολύ καλή	Κακή	Πολύ καλή	Πολύ καλή
BOD	-	Κακή	Πολύ καλή	Κακή	Πολύ καλή	Μέτρια
COD	-	Κακή	Πολύ καλή	Κακή	Πολύ καλή	Μέτρια
Μέταλλα	-	Κακή	Καλή	Κακή	Καλή	Κακή

Πίνακας 3-1: Σύγκριση συστημάτων επεξεργασίας απόνερων μεθόδου NDI με διεισδυτικά υγρά (Πηγή: Hessinger & White, 1998)

3.4.5.1 Επεξεργασία με ενεργό άνθρακα

Συστήματα που χρησιμοποιούν τη μέθοδο προσρόφησης με ενεργό άνθρακα (ανωτέρω **παρ. 3.2.5.3**) είναι από τα παλαιότερα που εφαρμόζονται για τα απόβλητα αυτά και από τα πλέον αποτελεσματικά. Είναι κατάλληλα για την αφαίρεση των βαφών, αλλά τα λάδια και οι επιφανειοδραστικές ουσίες των διεισδυτικών καταναλώνουν γρήγορα και καθιστούν την ωφέλιμη ζωή του

ενεργού άνθρακα αρκετά μειωμένη. Πολλά συστήματα χρησιμοποιούν ως δεύτερη, τελική επεξεργασία τον ενεργό άνθρακα, για την αφαίρεση των βαφών αφού μια άλλη μέθοδος έχει αφαιρέσει τα υπόλοιπα επιβλαβή συστατικά.



Εικόνα 3-18: Επεξεργασία απόνερων μεθόδου διεισδυτικών υγρών-Μέθοδος ενεργού άνθρακα (Πηγή: Walker 2008, επεξεργασία ίδια)

Τα συστήματα ενεργού άνθρακα είναι σχετικά φθηνά και κατάλληλα για μικρές βιομηχανικές μονάδες. Παλαιότερα η αντικατάσταση του ενεργού άνθρακα στο φίλτρο γινόταν από το χρήστη, αλλά πλέον έχουν αναπτυχθεί κλειστά φίλτρα που μπορούν να αντικατασταθούν και έχουν σχετικά εύκολη συντήρηση.

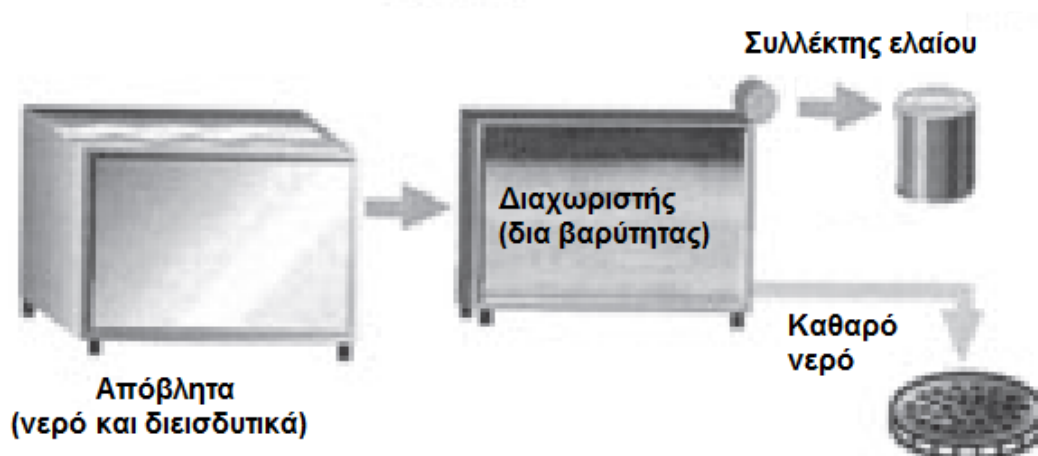
3.4.5.2. Διαχωριστές με διατάξεις συσσωμάτωσης

Τα συστήματα αυτά είναι μηχανικά και λειτουργούν με τη μέθοδο της επίπλευσης (ανωτέρω **παρ.3.2.1.6**), αξιοποιώντας τη διαφορά του ειδικού βάρους ανάμεσα στα ελαιώδη διεισδυτικά και το νερό. Ο διαχωρισμός γίνεται αφήνοντας τα απόνερα να ηρεμήσουν, προκειμένου το λάδι να ανέλθει στην επιφάνεια, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η φυγοκέντρωση για υποβοήθηση της διαδικασίας.

Η συσσωμάτωση επιτυγχάνεται με την προσθήκη κατάλληλων διατάξεων, που αποτελούνται από επικλινείς πλάκες ή ελαιοφιλικά φίλτρα που συγκεντρώνουν και αναγκάζουν τα σταγονίδια να ενωθούν και να ανέλθουν

ταχύτερα. Ένα σταγονίδιο ελαίου διαμέτρου 100μm υπολογίζεται ότι ανέρχεται περίπου 15 cm κάθε 10 λεπτά και ένα αντίστοιχο 20μm σε δύο ώρες, ενώ το μέσο ύψος ενός διαχωριστή είναι περίπου 115 cm. Αυτό καθιστά πολύ αργό και αναποτελεσματικό το διαχωρισμό δια βαρύτητας.

Οι διατάξεις αυτές χρησιμοποιούνται κυρίως για επεξεργασία στα νερά της πρώτης πλύσης, τα νερά δηλαδή μετά τον πρώτο καθαρισμό του υλικού από το διεισδυτικό, και πριν την εφαρμογή του υδρόφιλου γαλακτωματοποιητή, οπότε και ο διαχωρισμός είναι ευκολότερος και πιο αποτελεσματικός. Η μέθοδος δεν είναι αποτελεσματική για την επεξεργασία του νερού μετά τη δεύτερη πλύση από τον γαλακτωματοποιητή, καθώς τα ελαιώδη διεισδυτικά έχουν γαλακτοποιηθεί και διαλυθεί σε πολύ μεγάλο βαθμό και δεν μπορούν να αφαιρεθούν με επιφανειακό διαχωρισμό.

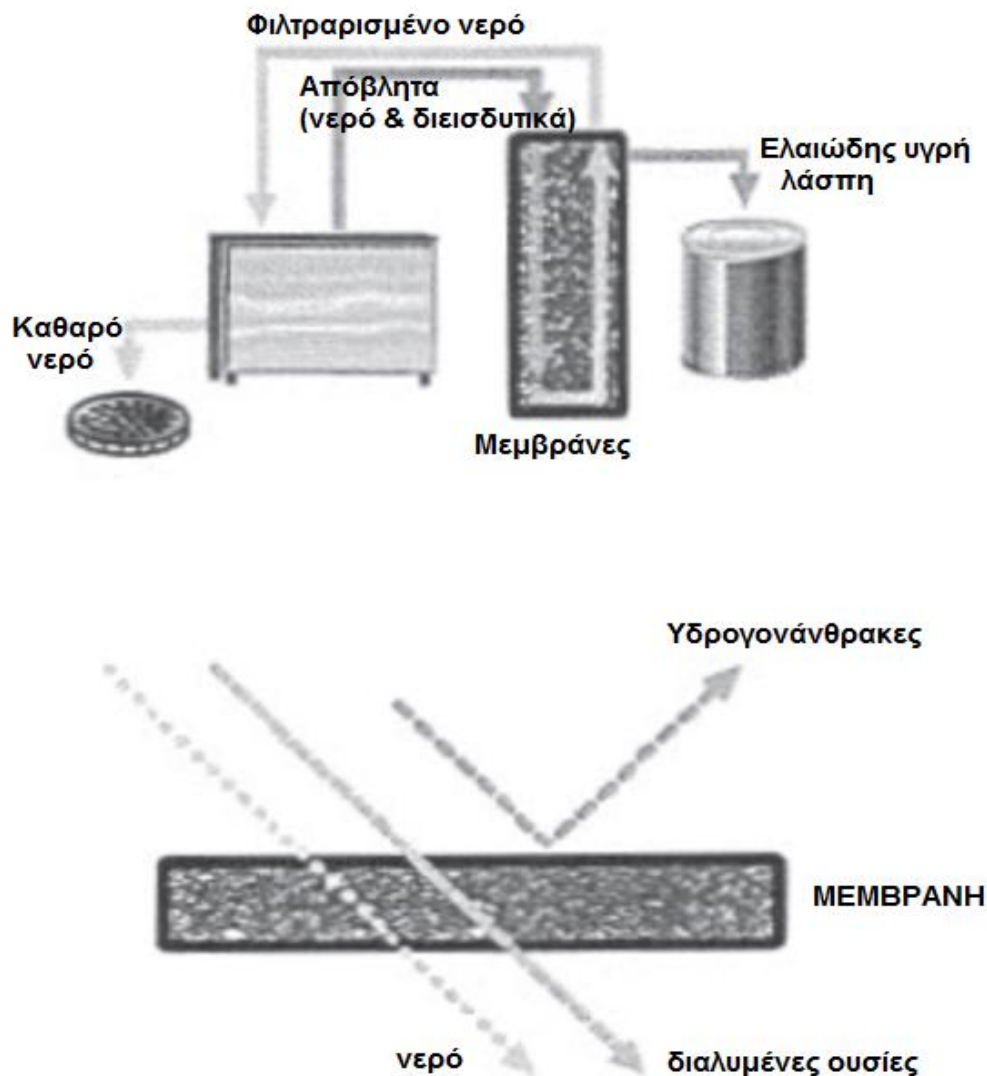


Εικόνα 3-19: Επεξεργασία απόνερων μεθόδου διεισδυτικών υγρών-διαχωρισμός (Πηγή: Walker 2008, επεξεργασία ίδια)

Οι διαχωριστές επιτρέπουν την αφαίρεση του διεισδυτικού από τα απόνερα σε ποσοστό 65-90%, τα οποία μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν απευθείας στο επόμενο στάδιο για την έκπλυση των υλικών, ή να προωθηθούν για περαιτέρω επεξεργασία με ενεργό άνθρακα ή άλλη διαδικασία.

3.4.5.3 Επεξεργασία με μεμβράνες (διήθηση, αντίστροφη ώσμωση)

Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν φίλτρα (μεμβράνες) που επιτρέπουν να περάσει το νερό αλλά εγκλωβίζουν σωματίδια σε κάποιο προκαθορισμένο, ανάλογα με τη μεμβράνη μέγεθος. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι είτε η υπερδιήθηση ή νανοδιήθηση, είτε και η αντίστροφη ώσμωση (ανωτέρω παρ.3.2.3).



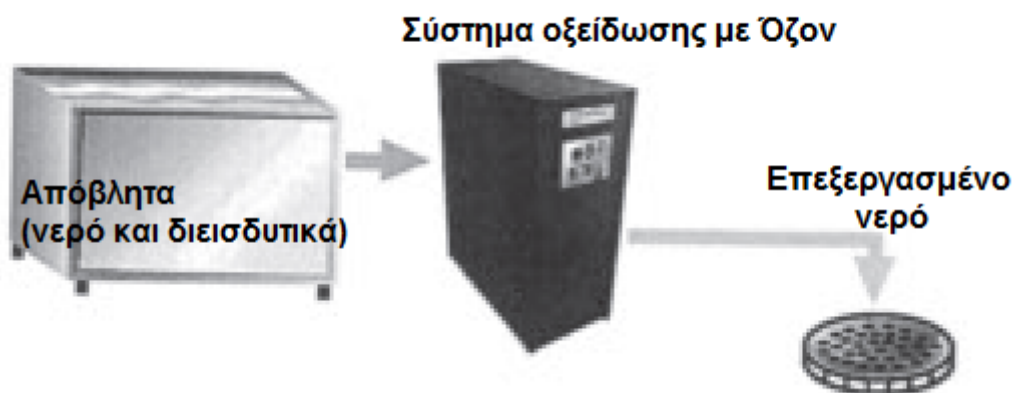
Εικόνα 3-20: Επεξεργασία απόνερων μεθόδου διεισδυτικών υγρών-Διήθηση με μεμβράνες (Πηγή: Walker 2008, επεξεργασία ίδια)

Όσο μικρότερο είναι το μέγεθος της μεμβράνης που θα επιλεγεί, τόσο λιγότερες θα είναι οι επιβλαβείς ουσίες που θα περάσουν μαζί με το νερό μέσα από αυτές. Μεμβράνες μικροδιήθησης μπορούν να αφαιρέσουν τα αιωρούμενα στερεά, οι υπερδιήθησης τα διαλυμένα έλαια και αυτές της νανοδιήθησης μπορούν να αφαιρέσουν τις βαφές και τα επιφανειοδραστικά. Η επιλογή γίνεται ανάλογα με την επιθυμητή ποιότητα του επεξεργασμένου νερού. Τα απόβλητα διέρχονται συνεχώς και επαναληπτικά από τις μεμβράνες, μέχρι να επιτευχθεί επαρκής καθαρισμός.

Τα συστήματα αυτά αν και είναι τα πλέον αποτελεσματικά, έχουν υψηλό κόστος προμήθειας και συντήρησης, ενέχουν τον κίνδυνο έμφραξης και απαιτούν αρκετά συχνά τη συντήρηση και αντικατάσταση των μεμβρανών. Η προσθήκη στο σύστημα επιπρόσθετης επεξεργασίας ενεργού άνθρακα μπορεί να δώσει ακόμα καθαρότερο νερό, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί και να ανακυκλωθεί εκ νέου για έκπλυση.

3.4.5.4 Επεξεργασία με όζον

Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν τη μέθοδο της χημικής οξειδωσης με όζον. Η οξειδωση μετατρέπει τα ελαιώδη διεισδυτικά σε διοξειδίο του άνθρακα και νερό, και μπορεί να δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα κυρίως για την εξαφάνιση του χρώματος και σε μικρότερο βαθμό, λόγω της αργής διάσπασής τους, για την αφαίρεση λιπών και ελαίου και τη μείωση του COD.



Εικόνα 3-21: Επεξεργασία απόνερων μεθόδου διεισδυτικών υγρών-Οξείδωση με όζον (Πηγή: Walker 2008, επεξεργασία ίδια)

Η μέθοδος της οξείδωσης είναι σχετικά οικονομική μέθοδος και έχει το πλεονέκτημα ότι, αντίθετα π.χ από το διαχωριστή, μπορεί να επεξεργαστεί και το διαλυμένο στο νερό δεισδυτικό. Για το λόγο αυτό, εφόσον γίνεται επεξεργασία νερού και μη γαλακτοποιημένων δεισδυτικών, από την πρώτη έκπλυση του υλικού, μπορεί να γίνει ανάμιξη τους με τα απόνερα της δεύτερης έκπλυσης (μετά την εφαρμογή του γαλακτωματοποιητή).

3.4.5.5 Εξατμιστές (Evaporators)

Ένα ακόμη σύστημα που χρησιμοποιείται για τα απόνερα που περιέχουν δεισδυτικά υγρά είναι οι εξατμιστές. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια για να εξατμίσουν το νερό, που αποτελεί το 97-98% των απόνερων, διαχωρίζοντας το έτσι από τα έλαια και τα στερεά. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται πολύ σημαντικά ο όγκος που διατίθεται ως απόβλητο. Στα μειονεκτήματα των συστημάτων αυτών περιλαμβάνεται η μεγάλη κατανάλωση ενέργειας.

4ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ - ΚΡΑΤΙΚΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ (ΚΕΑ) -ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΜΕΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

4.1 Περιοχή Μελέτης

Η περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας ήταν το Κρατικό Εργοστάσιο Αεροσκαφών (ΚΕΑ) που υπάγεται στην Πολεμική Αεροπορία. Εδρεύει στο Δήμο Ελληνικού, πλησίον του πρώην αερολιμένα Αθηνών (**Εικόνα 4-1**).



Εικόνα 4-1: Η περιοχή μελέτης [Πηγή: Δημόσια Ανοικτά Δεδομένα (geodata.gov.gr), 2012]

4.2 Ιστορία, Αποστολή και Έργο του ΚΕΑ

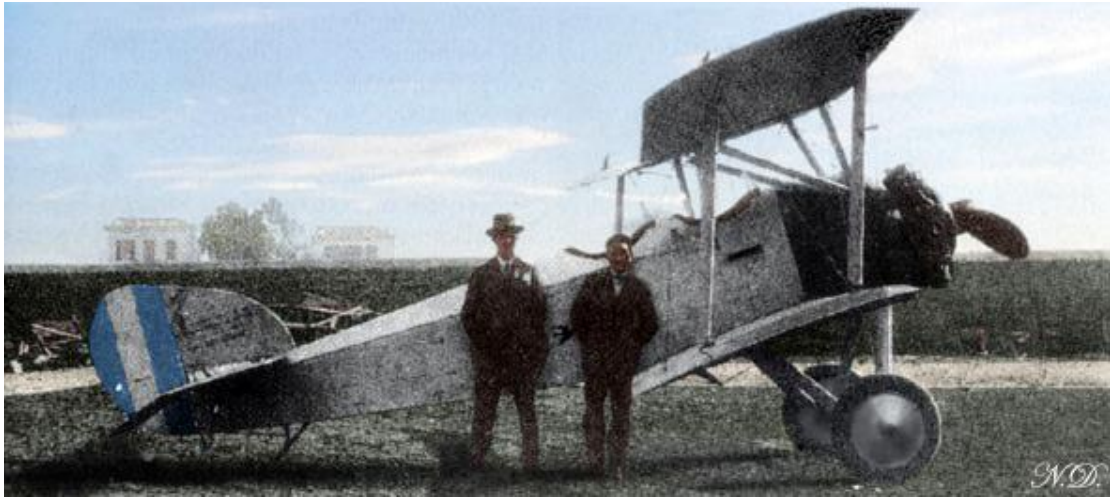
Το ΚΕΑ ιδρύθηκε το 1925 στο Φάληρο ως «Εργοστάσιο Αεροσκαφών», από τη Βρετανική εταιρεία Blackburn σε συνεργασία με το ελληνικό κράτος, με σκοπό την κατασκευή εκπαιδευτικών αεροσκαφών της εταιρείας για χρήση από την ελληνική αεροπορία. Το 1938 πέρασε σε αποκλειστικά κρατικό έλεγχο, μετονομάστηκε σε «Κρατικό Εργοστάσιο Αεροπλάνων» και το 1987

σε «Κρατικό Εργοστάσιο Αεροσκαφών (ΚΕΑ)», όπως και ονομάζεται σήμερα. Κατά τα έτη 1979-1981 μεταφέρθηκε σταδιακά από το Φάληρο στο Ελληνικό όπου και είναι η σημερινή του θέση.



Εικόνα 4-2: Ο θυρεός του ΚΕΑ με το ρητό του Ευριπίδη "Μοχθείν ανάγκη ευτυχείν" (Για να ευτυχείς είναι αναγκαίο να μοχθείς) (Πηγή: Πολεμική Αεροπορία)

Την περίοδο από το 1926 έως το 1940, κατασκευάστηκαν στο ΚΕΑ μεγάλος αριθμός (περί τα εκατό) αεροσκαφών διαφόρων τύπων, σύμφωνα με τα σχέδια και κατόπιν άδειας των αρχικών τους κατασκευαστών, και ο ρυθμός παραγωγής έφτασε μέχρι και τα επτά αεροσκάφη το μήνα. Το 1927 αποτελεί έναν σημαντικό σταθμό καθώς σχεδιάστηκε στο ΚΕΑ από ελληνική ομάδα, με την καθοδήγηση του βρετανού αεροναυπηγού C.H. Lowe-Wylde, πρωτότυπο εκπαιδευτικό-αναγνωριστικό αεροσκάφος με την ονομασία «Χελιδών». Το αεροσκάφος σχεδιάστηκε, αναπτύχθηκε και κατασκευάστηκε πρωτότυπο του σε μόλις οκτώ εβδομάδες, σύμφωνα με τις προδιαγραφές και για τις ανάγκες του ελληνικού ναυτικού, όμως δεν προχώρησε σε μαζική παραγωγή, καθώς οι επιδόσεις του κρίθηκαν μη ικανοποιητικές (**Εικόνα 4-3**). Το 1940, και ενώ το εργοστάσιο ετοιμαζόταν για την κατασκευή μεγάλου αριθμού σύγχρονων μαχητικών αεροσκαφών της εποχής, η διαδικασία διακόπηκε με την κήρυξη του πολέμου.



Εικόνα 4-3: Το πρωτότυπο, ελληνικής σχεδίασης και ανάπτυξης ΚΕΑ αεροσκάφος «ΧΕΛΙΔΩΝ». Μπροστά από το αεροσκάφος εκτιμάται ότι φαίνονται ο αρχηγός της ομάδας ανάπτυξης του C.H. Lowe-Wylde και ο πιλότος δοκιμών Herbert Gardner. (Πηγή: <http://greek-war-equipment.blogspot.com>)

Κατά τη διάρκεια της κατοχής οι εγκαταστάσεις του ΚΕΑ χρησιμοποιήθηκαν από τις γερμανικές δυνάμεις για την υποστήριξη της αεροπορίας τους, και για το λόγο αυτό αποτέλεσαν στόχο βομβαρδισμών των συμμάχων. Μετά τον πόλεμο το ΚΕΑ σταδιακά περιόρισε τις κατασκευαστικές του δραστηριότητες και αφοσιώθηκε κυρίως στην εκτέλεση εργασιών επισκευών και συντήρησης και κυρίως επιθεώρησης εργοστασιακού επιπέδου στα αεροσκάφη της Πολεμικής Αεροπορίας. Κατά τα έτη 1977-1979 όμως, ο μεγαλύτερος όγκος του φόρτου αυτού μεταφέρθηκε από το ΚΕΑ στην Ελληνική Αεροπορική Βιομηχανία (ΕΑΒ), ενώ το εργοστάσιο διατήρησε τη συντήρηση εργοστασιακού επιπέδου σε έναν μικρότερο αριθμό παλαιότερων τύπων αεροσκαφών, ελικοπτέρων και αεροκινητήρων.



Εικόνα 4-4: Ελικόπτερα και αεροσκάφη που επιθεωρούνται και επισκευάζονται σήμερα από το ΚΕΑ. (Πηγή: Πολεμική Αεροπορία)

Από το 1993 αρχίζει εκ νέου η εκτέλεση εργασιών εργοστασιακής συντήρησης σε πιο σύγχρονα αεροσκάφη και ελικόπτερα, που όμως θα παρεμποδιστεί και ανακοπεί σε ένα βαθμό το 2002, με την αναστολή λειτουργίας του αεροδρομίου Ελληνικού και την κατάργηση του διαδρόμου προσγείωσής του. Σήμερα συνεχίζονται κυρίως προγράμματα εργοστασιακών επιθεωρήσεων ελικοπτέρων, ενώ παράλληλα παρέχεται τεχνική υποστήριξη σε επιθεωρήσεις αεροσκαφών καθώς και επισκευές – κατασκευές παρελκομένων και ανταλλακτικών. Τα κυριότερα από τα ελικόπτερα και αεροσκάφη αυτά φαίνονται στην **Εικόνα 4-4**. Σημαντικό έργο του ΚΕΑ αποτελεί και η εν εξελίξει κατασκευή του ελληνικής σχεδίασης μη επανδρωμένου Α/Φ (ΜΕΑ) «ΠΗΓΑΣΟΣ».

Σύμφωνα με τον επίσημο ιστότοπο της Πολεμικής Αεροπορίας (ΠΑ), αποστολή του ΚΕΑ είναι, σε καιρό ειρήνης και πολέμου, η εκτέλεση

επιθεωρήσεων, επισκευών και τροποποιήσεων επιπέδου εργοστασίου σε οπλικά συστήματα και μέσα της ΠΑ, η κατασκευή εξαρτημάτων – συστημάτων για τις Μονάδες της ΠΑ και η παροχή τεχνικής υποστήριξης προς τις Μονάδες της ή τρίτους. Επίσης σύμφωνα με τον ίδιο ιστότοπο, το εκτελούμενο έργο του ΚΕΑ συνοπτικά είναι το ακόλουθο:

- Συντήρηση αεροσκαφών (Α/Φ) – ελικοπτέρων (Ε/Π)
- Συντήρηση παρελκόμενων
- Κατασκευές
- Τεχνική υποστήριξη Μονάδων ΠΑ
- Εκπόνηση μελετών Α/Φ – Ε/Π
- Διερευνήσεις ατυχημάτων - βλαβών
- Παροχή εκπαίδευσης εργοστασιακού επιπέδου σε προσωπικό της ΠΑ και άλλους φορείς.

4.3 Ανάλυση αποβλήτων από τις δραστηριότητες του ΚΕΑ

Οι παραγωγικές δραστηριότητες του ΚΕΑ δημιουργούν σημαντική ποσότητα κυρίως υγρών, και δευτερευόντως αερίων και στερεών αποβλήτων. Οι δραστηριότητες αυτές περιλαμβάνουν τις περισσότερες από τις συνήθεις, περιβαλλοντικά σημαντικές δραστηριότητες μιας τυπικής αεροπορικής βιομηχανίας ή αεροδρομίου, με βασικό έργο τη συντήρηση και υποστήριξη αεροπορικών μέσων, όπως αναλύθηκαν εκτενώς στο **Κεφάλαιο 1**.

Ειδικότερα στο πλαίσιο της εργασίας εξετάστηκαν τα απόβλητα από τις παρακάτω σημαντικές παραγωγικές δραστηριότητες του εργοστασίου:

- Υπόστεγο και γραμμή πτήσεων
- Χημικός καθαρισμός
- Χρωστήριο
- Επιμεταλλώσεις
- Μη καταστροφικοί έλεγχοι (NDI)

Περιβαλλοντικά σημαντικές δραστηριότητες που δεν εκτελούνται, τουλάχιστον σε τακτική βάση από το ΚΕΑ είναι αυτές της αποπάγωσης/αντιπάγωσης. Αυτό οφείλεται στις ήπιες καιρικές συνθήκες της χώρας και ειδικά της παραθαλάσσιας περιοχής του εργοστασίου, που καθιστούν την παγοποίηση των αεροσκαφών εξαιρετικά σπάνια. Επίσης, ακόμα και σε τέτοια σπάνια περίπτωση οι σχετικά ελαστικές επιχειρησιακές απαιτήσεις του εργοστασίου επιτρέπουν συνήθως την κατάλληλη χρονικά μετάθεση της πτήσης ή δοκιμής. Για το λόγο αυτό το εργοστάσιο δε διαθέτει σε μόνιμη βάση αντίστοιχο εξοπλισμό και τα επικίνδυνα περιβαλλοντικά χημικά αποπάγωσης (γλυκόλες) και δε δημιουργεί συνεπώς αντίστοιχα απόβλητα.

4.3.1 Τρόπος εργασίας – Παραδοχές

Για την εκπόνηση της εργασίας και τη μελέτη της περίπτωσης του ΚΕΑ αρχικά ζητήθηκε και εξασφαλίστηκε σχετική άδεια από την Πολεμική Αεροπορία. Ακολούθως έγινε αριθμός (περίπου είκοσι) επισκέψεων στο ΚΕΑ, συνεργασία με το αρμόδιο προσωπικό του και παρακολούθηση-καταγραφή των παραγωγικών δραστηριοτήτων του.

Το εργοστάσιο, όπως διαπιστώθηκε από τις επισκέψεις και τη συνεργασία με τη διοίκηση και το προσωπικό του, καταβάλει μεγάλη και σημαντική σε κόπο, κόστος και χρόνο προσπάθεια να αναγνωρίσει, να απομονώσει και να διαχειριστεί με περιβαλλοντικά υπεύθυνο τρόπο τα παραγόμενα απόβλητα. Η προσπάθεια αυτή είναι αποτελεσματική σε αρκετά μεγάλο βαθμό και, αν και μη άμεσα «παραγωγικό» έργο, δεν φαίνεται να επηρεάζεται παρά τις τυχόν δυσχέρειες του εργοστασίου σε πόρους, προσωπικό και μέσα.

Αναφορικά με τις απαιτήσεις σε στοιχεία για την εκπόνηση της εργασίας, δεν κατέστη δυνατό να βρεθούν καταγεγραμμένα ποσοτικά στοιχεία για τα παραγόμενα απόβλητα τα προηγούμενα έτη. Αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό και στο γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια υπάρχουν αρκετές και συχνές αλλαγές, έκτακτες απαιτήσεις και ανομοιομορφία στο προφίλ του παραγόμενου έργου, και συνεπώς της ποσότητας κυρίως και σε μικρότερο βαθμό του είδους των αποβλήτων που δημιουργούνται. Επιπλέον, η άδεια της

Πολεμικής Αεροπορίας προς το συντάκτη της παρούσας εργασίας καθορίζει ούτως ή άλλως την καταγραφή των αριθμών σε επίπεδο τάξης μεγέθους, λόγω της εμπιστευτικότητας των παραγωγικών δυνατοτήτων του εργοστασίου. Στο πλαίσιο αυτό, οι ποσότητες παραγόμενων αποβλήτων που αναφέρονται στην εργασία αυτή προέρχονται από την εκτίμηση και τα διάσπαρτα στοιχεία και αρχεία των υπεύθυνων σε κάθε δραστηριότητα, έχουν δε επιπλέον αναχθεί στην τάξη μεγέθους τους, και συνεπώς παρουσιάζουν σχετική ποσοτική ακρίβεια σε σχέση με την πραγματική κατάσταση.

Το εργοστάσιο, πέραν των γενικών επισκευών σε ελικόπτερα, που αποτελούν στην παρούσα φάση το κυριότερο προγραμματισμένο έργο του, συντηρεί και επισκευάζει με τακτικό ή έκτακτο φόρτο σημαντικό αριθμό διάφορων αεροσκαφών και παρελκομένων τους. Το έργο αυτό υπολογίζεται στο 50% του προγραμματισμένου φόρτου γενικών επισκευών.

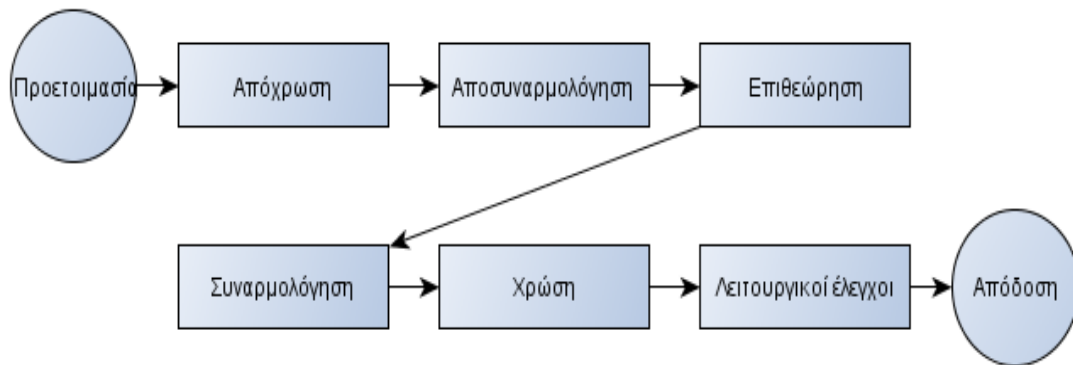
Δεδομένων των αλλαγών αλλά και της ποικιλίας του παραγόμενου έργου, για την τυποποίηση της διαδικασίας, του ρυθμού και της ποσότητας παραγωγής αποβλήτων χρησιμοποιήθηκαν δύο μονάδες όγκου: τα **απόβλητα ανά γενική επισκευή**, σε όσες περιπτώσεις βοηθούν να γίνει κατανοητή και να καταμετρηθεί η διαδικασία παραγωγής αποβλήτων σε συνάρτηση με το κύριο έργο του εργοστασίου, και κυρίως τα **απόβλητα ανά έτος**, μέγεθος που είναι περισσότερο ακριβές ποσοτικά.

4.3.2 Στάδια γενικής επισκευής

Η γενική επισκευή, όπως αναφέρθηκε στο **Κεφάλαιο 1 (παρ.1.3)** ορίζεται ως η πλήρης ανακαίνιση του αεροσκάφους και των παρελκομένων του, και κυρίως της δομής του, προκειμένου να καταστεί σε λειτουργική κατάσταση «σαν καινούργιο». Μια τυπική γενική επισκευή ενός αεροπορικού μέσου, αεροσκάφους ή ελικοπτέρου μπορεί να χωριστεί στα ακόλουθα στάδια (**Εικόνα 4-5**):

- Προετοιμασία
- Καθαρισμός-Απόχρωση
- Αποσυναρμολόγηση

- Επιθεώρηση
- Συναρμολόγηση
- Χρώση
- Λειτουργικοί έλεγχοι.



Εικόνα 4-5 Στάδια γενικής επισκευής ενός αεροπορικού μέσου

Μετά την ολοκλήρωση των λειτουργικών ελέγχων των συστημάτων, στους οποίους συμπεριλαμβάνεται συνήθως και πτητική δοκιμή, το αεροσκάφος αποδίδεται στο χρήστη.

4.3.3 Παραγωγή αποβλήτων ανά στάδιο γενικής επισκευής

Στις ακόλουθες παραγράφους επεξηγείται το κάθε στάδιο επισκευής και αναλύεται σε όση λεπτομέρεια κατέστη δυνατό να καταγραφεί, ποιοτικά και ποσοτικά η αντίστοιχη εισροή υλικών (πρώτων υλών) και η εκροή αποβλήτων.

4.3.3.1 Προετοιμασία

Κατά την προετοιμασία γίνεται η ένταξη και η καταγραφή των εργασιών που απαιτούνται για την επιθεώρηση. Στο στάδιο αυτό γίνεται συνήθως ο αρχικός καθαρισμός (πλύσιμο) και η απολίπανση του αεροσκάφους και των κινητήρων. Κατά τη διαδικασία, που γίνεται με αλκαλικά καθαριστικά (σαπουνίνη) και ξέπλυμα με νερό, παράγονται ελαιώδη απόνερα, που περιέχουν επίσης αιωρούμενα στερεά και σε μικρή ποσότητα αλκαλικά

καθαριστικά και βαριά μέταλλα (Υ1). Θεωρείται σύμφωνα με τη βιβλιογραφία ότι από το πλύσιμο ενός μέσου αεροσκάφους δημιουργείται ένας τόνος περίπου απόνερων. Με αυτή την παραδοχή **προκύπτουν περίπου 10.000 λίτρα για τα ετήσια αντίστοιχα απόβλητα που δημιουργεί το ΚΕΑ.**

4.3.3.2 Καθαρισμός-Απόχρωση

Στο στάδιο αυτό η δομή του αεροσκάφους υφίσταται πλήρη χημικό καθαρισμό και απόχρωση, προκειμένου να αποκαλυφθούν οι μεταλλικές επιφάνειες για οπτικό και μη καταστροφικό έλεγχο.

α. Χημικός καθαρισμός: Μετά τον εξωτερικό καθαρισμό, και προκειμένου να καθαρισθούν η δομή του αεροσκάφους και τα παρελκόμενα του από τις πιο ισχυρές ακαθαρσίες (καμμένα λάδια, ίχνη εξατμίσεων κ.ο.κ) υφίστανται τον πιο ισχυρό, χημικό καθαρισμό που γίνεται με το ισχυρότερο από τη σαπουνίνη αλκαλικό καθαριστικό CR-2001 (MIL-C-14460) (Παράρτημα 1) και το πετρελαϊκής βάσης διαλυτικό PD-680 (Παράρτημα 2).

Τα δύο αυτά καθαριστικά χρησιμοποιούνται για καθαρισμό των υλικών με τη μέθοδο της εμβάπτισης, διατηρούνται δηλαδή σε λουτρά (μπάνια). Τα μπάνια αυτά, στους ρυθμούς παραγωγής του ΚΕΑ δεν απαιτούν αντικατάσταση, αλλά μόνο συμπλήρωση για τις απώλειες με τα υλικά που καθαρίζονται και τη φυσική εξάτμιση.

Τα υλικά, αφού παραμείνουν για κάποιο διάστημα στα μπάνια, ξεπλένονται με νερό υπό πίεση για να αφαιρεθούν τα λάδια και οι υπόλοιπες ισχυρές ακαθαρσίες από την επιφάνειά τους. Τα απόνερα αυτά καταλήγουν στο αποχετευτικό σύστημα του ΚΕΑ και υπολογίζονται σε **1000 λίτρα/έτος, με χαρακτηριστικά παρόμοια με αυτά του εξωτερικού καθαρισμού του αεροσκάφους** (ελαιώδη απόνερα με αιωρούμενα στερεά και σε μικρότερο βαθμό αλκαλικά καθαριστικά και βαριά μέταλλα σε μικρές περιεκτικότητες) **(Υ1Β).**

β. Απόχρωση: Ακολούθως η κύρια δομή και τα παρελκόμενα προχωρούν στη φάση της απόχρωσης, προκειμένου να αποκαλυφθεί η μεταλλική δομή του αεροσκάφους για επιθεώρηση.

Για την κύρια δομή, η απόχρωση γίνεται με επικάλυψη της με 60 περίπου λίτρα αποχρωστικό προδιαγραφής MIL-R-81294C (PR-2025) (Παράρτημα 3) (55% χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, 16% φαινόλες) και ακολούθως έκπλυση για δέκα λεπτά με νερό υπό πίεση. Από τη διαδικασία παράγεται σημαντικός όγκος αποβλήτων που περιέχει σε μεγάλη συγκέντρωση το αποχρωστικό και τα υπολείμματα των χρωμάτων, που περιέχουν βαριά μέταλλα και συγκεκριμένα χρώμιο και ψευδάργυρο, που είναι βασικά συστατικά των αεροπορικών χρωμάτων.

Ο όγκος των παραγόμενων απόβλητων δεν μπορούσε να εκτιμηθεί από το προσωπικό του ΚΕΑ, και η μόνη πληροφορία που μπόρεσε να παρέξει είναι η κατανάλωση 60 λίτρων αποχρωστικού ανά αεροσκάφος, κατά μέσο όρο. Βιβλιογραφικά, ο Jeter (1985) εκτιμά ότι 2.000 έως 20.000 gal (**7500 έως 75.000 λίτρα**) νερού απαιτούνται για την έκπλυση ενός αεροσκάφους μετά την απόχρωση, ανάλογα με το μέγεθος του. Ο Kroop (1973) με μετρήσεις από δύο χρωστήρια αεροσκαφών της αεροπορίας των ΗΠΑ, διαπιστώνει ροή 45 και 75 gal νερού ανά gal αποχρωστικού που χρησιμοποιείται. Θεωρώντας με την εκτίμηση αυτή ένα μέσο όρο 60 gal νερού ανά gal αποχρωστικού, τα 230 gal (60 λίτρα) αποχρωστικού που χρησιμοποιεί ανά αεροσκάφος το ΚΕΑ, μας δίνουν 1380 gal ή **5200 λίτρα απόβλητα ανά αεροσκάφος**. Λαμβάνοντας υπόψη και τις δύο αυτές εκτιμήσεις και το μικρό μέγεθος των αεροσκαφών και ελικοπτέρων που επιθεωρεί το ΚΕΑ, τα απόβλητα εκτιμήθηκαν σε **6000 λίτρα ανά αεροσκάφος**, και συνολικά **30.000 λίτρα/έτος (Υ2) και περιέχουν φαινόλες, υψηλό COD και βαριά μέταλλα (χρώμιο)**.

Η περιεκτικότητα σε επικίνδυνες ουσίες για τα απόβλητα αυτά εξετάστηκε από τον Kroop, με επαναλαμβανόμενα δείγματα δύο χρωστηρίων αεροσκαφών και από τους Barnes et al.(1981) από ένα τρίτο χρωστήριο. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων αυτών είναι συναφή και φαίνονται στον ακόλουθο **Πίνακα 4-1** :

	Συγκέντρωση (mg/l, εκτός του pH)	
	Kroop	Barnes et al.
Φαινόλες	1000 - 3000	3930
Μεθυλενο-χλωρίδιο	1000 - 3000	Δεν αναφέρεται
COD	5000 – 30.000	24.600
BOD	Δεν αναφέρεται	10.000
Χρώμιο	50 - 200	100
Στερεά	100 - 1000	240
Έλαια	100 - 2000	Δεν αναφέρεται
pH	8,0 - 8,5	7,9

Πίνακας 4-1: Χαρακτηριστικά και σύσταση απόνερων απόχρωσης [Πηγές: Kroop (1973), Barnes et al (1981)]

Η δευτερεύουσα δομή αντίστοιχα, που έχει αφαιρεθεί από το αεροσκάφος (π.χ πηδάλια, θυρίδες, ζάντες τροχών κ.ο.κ) υφίσταται χωριστά απόχρωση, σε λουτρά με παρόμοιας σύστασης (μείγμα από φαινόλες και χλωριωμένους υδρογονάνθρακες) ισχυρά αποχρωστικά των προδιαγραφών MIL-R-83396 (S-2055) (Παράρτημα 4) και SAE AMS 1375B (K-2030) (Παράρτημα 5), που διατηρούνται σε μπάνια. Επίσης και σε αυτήν την περίπτωση, μετά την απόχρωση ακολουθεί έκπλυση των υλικών με νερό, οπότε **1000 λιτρα απόνερων/έτος** από την απόχρωση, με περιεκτικότητα παρόμοια με αυτή που φαίνεται στον Πίνακα 4-1 καταλήγουν ως υγρά απόβλητα (**Y2B**). Επίσης, περί τα **1000 lt από τα δύο αποχρωστικά**, έχοντας χάσει λόγω ακαθαρσιών την δραστηριότητα - καταλληλότητα τους, καταλήγουν συγκεντρωμένα υγρά απόβλητα κάθε έτος (**Y3**).

Πέραν των ανωτέρω ροών υγρών αποβλήτων, από τον καθαρισμό και την απόχρωση, τόσο της κύριας όσο και της δευτερεύουσας δομής, δημιουργείται σημαντική εκπομπή βλαβερών αερίων και συγκεκριμένα πτητικών υδρογονανθράκων (**VOCs**) (**A1**), σε όγκο που δεν μπορεί να εκτιμηθεί, προερχόμενα από τους διαλύτες των καθαριστικών και αποχρωστικών.

Συνολικά συνεπώς τα απόβλητα από το στάδιο καθαρισμού-απόχρωσης είναι:

- **Y1B:** 1000 λίτρα/έτος νερό, με χαρακτηριστικά παρόμοια με αυτά του εξωτερικού καθαρισμού του αεροσκάφους (ελαιώδη απόνερα με αιωρούμενα στερεά και σε μικρότερο βαθμό αλκαλικά καθαριστικά και βαριά μέταλλα σε μικρές περιεκτικότητες).
- **Y2:** 30.000 λίτρα/έτος νερό που περιέχει φαινόλες, υψηλό COD και βαριά μέταλλα (χρώμιο και ψευδάργυρο)
- **Y2B:** 1000 λίτρα /έτος από την απόχρωση, με χαρακτηριστικά παρόμοια με τη ροή Y2
- **Y3:** 1000 λίτρα/έτος από συγκεντρωμένα αποχρωστικά σύστασης φαινόλες και χλωριωμένους υδρογονάνθρακες.
- **A1:** Πτητικοί υδρογονάνθρακες (**VOCs**) (**A1**), σε όγκο που δεν μπορεί να εκτιμηθεί.

4.3.3.4 Αποσυναρμολόγηση

Κατά το στάδιο της αποσυναρμολόγησης, κάποια από τα παρελκόμενα του αεροσκάφους οδηγούνται στο κρίσιμο περιβαλλοντικά συνεργείο των επιμεταλλώσεων. Εκεί, μεταλλικά τμήματα του αεροσκάφους (αλουμίνιο ή χάλυβας) υφίστανται καθαρισμό (απογύμνωση) από τις ειδικές μεταλλικές επιστρώσεις που φέρουν (χρώμιο, κάδμιο ή νικέλιο) για αντιδιαβρωτική προστασία και αυξημένη αντοχή, και ακολούθως μετά την επιθεώρηση εκ νέου επιμετάλλωση.

Το συνεργείο επιμεταλλώσεων του ΚΕΑ συγκεκριμένα εκτελεί τακτικά τις ακόλουθες διεργασίες επιμεταλλώσεων:

- Επιχρωμίωση
- Επινικέλωση
- Επικαθμίωση
- Ανοδίωση
- Καθαρισμοί (Stripping) των παραπάνω επιμεταλλώσεων.

Οι διεργασίες αυτές, τα διαλύματα που χρησιμοποιούν και τα απόβλητα που δημιουργούνται αναλύονται ειδικότερα ακολούθως:

α. Επιχρωμίωση (σκληρή): Η επιχρωμίωση γίνεται με εμβάπτιση του υλικού σε όξινο υδατικό διάλυμα με την παρακάτω σύνθεση:

- Οξειδίο του χρωμίου (CrO_3) σε στερεά μορφή (250 gr/lt νερού) που παρέχει τα ιόντα Cr^{+6}
- H_2SO_4 (1,4 cm^3 /lt νερού ή 1,4:1000)

Μετά την εμβάπτιση στο διάλυμα σε κατάλληλη θερμοκρασία και παροχή ηλεκτρικού ρεύματος για την δημιουργία της χρωμικής επικάλυψης στο υλικό, το υλικό ξεπλένεται από την περίσσεια διαλύματος με νερό, που αποτελεί και το υγρό απόβλητο της διαδικασίας.

Ένα ειδικό πρόβλημα επίσης είναι οι ατμοί του χρωμίου που διαφεύγουν από την επιφάνεια του πυκνού διαλύματος, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας, σε όγκο που δεν μπορεί να εκτιμηθεί.

β. Επινικέλωση (ηλεκτρολυτική): Η επινικέλωση γίνεται συνήθως πριν την επιχρωμίωση, σε όσα υλικά απαιτείται, με εμβάπτιση σε όξινο υδατικό διάλυμα (pH 2,7 - 3,8) με την παρακάτω σύνθεση:

- Θειικό νικέλιο [$\text{NiSO}_4(\text{H}_2\text{O})_6$] σε αναλογία 330 gr/lt που παρέχει τα ιόντα Ni^{+2}
- Χλωριούχο νικέλιο (NiCl_2) σε αναλογία 37,5 gr/lt
- Βορικό οξύ (H_3BO_3) σε αναλογία 37,5 gr/lt.

Μετά την εμβάπτιση στο διάλυμα σε κατάλληλη θερμοκρασία και παροχή ηλεκτρικού ρεύματος για την δημιουργία της επικάλυψης νικελίου στο υλικό, το υλικό ξεπλένεται από την περίσσεια διαλύματος με νερό, που αποτελεί και το υγρό απόβλητο της διαδικασίας.

γ. Επικαδμίωση: Γίνεται για αντιδιαβρωτική προστασία σε υλικά από σίδηρο (κυρίως βίδες, σπειρώματα), που εμβαπτίζονται σε αλκαλικό, κυανιούχο διάλυμα με την ακόλουθη σύνθεση:

- Οξειδίο του καδμίου (CdO) 27 gr/lt

- Κυανιούχο νάτριο (NaCN) 105 γρ/lt
- Υδροξειδίο του νατρίου (NaOH) 7,5 gr/lt
- Ανθρακικό νάτριο (Na₂CO₃) 7,5 gr/lt.

Μετά την εμβάπτιση στο διάλυμα, το υλικό ξεπλένεται με νερό που αποτελεί απόβλητο της διαδικασίας.

δ. Ανοδίωση: Η ανοδίωση γίνεται για την αντιδιαβρωτική προστασία σε επιφάνειες αλουμινίου, και είναι ουσιαστικά αυτοοξειδωση (κάψιμο) της επιφάνειας του αλουμινίου, που παίζει το ρόλο της ανόδου. Η οξειδωση επιτυγχάνεται με ηλεκτρόλυση (διοχέτευση συνεχούς ρεύματος), σε μπάνιο θειικού ή χρωμικού οξέος.

Η ανοδίωση που εκτελείται από το ΚΕΑ είναι δύο τύπων, η θειική (MIL-A-8625 type II) με τοποθέτηση του υλικού σε όξινο υδατικό διάλυμα θειικού οξέος (165 gr/lt) και η χρωμική σε διάλυμα χρωμικού οξέος (45 gr/lt). Μετά την εμβάπτιση, και σε αυτή την περίπτωση το υλικό ξεπλένεται με νερό που αποτελεί απόβλητο της διαδικασίας.

ε. Αποχρωμίωση: Η αποχρωμίωση γίνεται επίσης ηλεκτρολυτικά, σε αλκαλικό υδατικό διάλυμα με καυστικό νάτριο (NaOH) σε αναλογία 150 gr/lt, και κατόπιν ξέπλυμα με νερό, που περιέχει χρώμιο και αποτελεί απόβλητο της διαδικασίας.

στ. Απονικέλωση: Η απονικέλωση γίνεται με εμβάπτιση σε διάλυμα θειικού οξέος 97%, και ακολούθως έκπλυση με νερό.

Κατά την εκτέλεση των παραπάνω εργασιών, το ΚΕΑ τελικά συγκεντρώνει, μέσω συστήματος σωληνώσεων που διατρέχει τις δεξαμενές των διαλυμάτων και καταλήγει σε μεγάλες δεξαμενές συγκέντρωσης εξωτερικά του συνεργείου, δύο χωριστές ροές υγρών αποβλήτων:

α. Μία ροή όξινων αποβλήτων από την επιχρωμίωση, την επινικέλωση και την ανοδίωση, με κύρια επικίνδυνα χαρακτηριστικά την οξύτητα και τη μεγάλη συγκέντρωση στα τοξικά μέταλλα χρώμιο και νικέλιο **(Υ4)**, που **εκτιμάται στα 15000 lt/έτος** και

β. Μία ροή αλκαλικών αποβλήτων από την επικαθμίωση και την αποχρωμίωση, με κύρια επικίνδυνα χαρακτηριστικά την αλκαλικότητα και τη συγκέντρωση στα τοξικά υλικά κυάνιο και κάδμιο **(Υ5)**, που εκτιμάται επίσης στα **15000 lt/έτος**.

Τα παραπάνω υγρά απόβλητα οδηγούνται σε διάταξη εξουδετέρωσης-καταβύθισης, η λειτουργία της οποίας αναλύεται στο επόμενο κεφάλαιο και υποβιβάζονται σε δύο ροές ιλύος **(Σ1)** και **(Σ2)**, βάρους **ενός τόνου η κάθε μία**.

Από τις διεργασίες παράγονται επίσης ατμοί βαρέων μετάλλων, με πλέον σημαντικές αυτές του χρωμίου, που διαφεύγουν από την επιφάνεια του πυκνού διαλύματος λόγω της υψηλής θερμοκρασίας, σε όγκο που δεν μπορεί να εκτιμηθεί **(Α2)**.

4.3.3.5 Επιθεώρηση

Κατά το στάδιο της επιθεώρησης, η δομή του αεροσκάφους που έχει πλέον αποκαλυφθεί περνά από λεπτομερή οπτικό έλεγχο. Σε σημεία ειδικού ενδιαφέροντος (στηρίγματα, άξονες, τρίμματα, συγκολλήσεις, δομικές επικαλύψεις, ζάντες κ.α), ύποπτα για ύπαρξη μικρών ρωγμών που μπορεί να μην είναι ορατές, εκτελείται και ο μη καταστροφικός έλεγχος (NDI) με τη μέθοδο των διεισδυτικών υγρών.

Κατά την εκτέλεση της μεθόδου των διεισδυτικών υγρών παράγονται υγρά απόβλητα από την έκπλυση των υλικών, τα οποία αποτελούν μείγμα των παρακάτω:

α. Νερό (97-98%) από την έκπλυση των υλικών από διεισδυτικό και γαλακτωματοποιητή.

α. Διεισδυτικό (penetrant), προδιαγραφής MAGNAFLUX ZL-27A (Παραρτήματα 6 και 7). Η προδιαγραφή είναι πετρελαιοειδές (νάφθα) 30-60% με ισχυρή φωσφορίζουσα βαφή (φωσφορικά άλατα- phosphate) σε ποσοστό 10%.

β. Γαλακτωματοποιητή (emulsifier), προδιαγραφής MAGNAFLUX ZE-4B (Παραρτήματα 8 και 9). Η προδιαγραφή είναι πετρελαιοειδής (white spirit) σε ποσοστό 60-100%.

Οι προδιαγραφές MAGNAFLUX ZL-27A και ZE-4B, σύμφωνα με τα αντίστοιχα έντυπα ασφαλείας (MATERIAL SAFETY DATA SHEET-MSDS) (Παραρτήματα 7 και 9) του κατασκευαστή τους δεν είναι «επικίνδυνα» απόβλητα (σύμφωνα με την νομοθεσία των ΗΠΑ) αλλά ως πετρελαιοειδή πρέπει να συλλέγονται για καύση ή υποβιβασμό σε δευτερεύον καύσιμο.

Αντίστοιχα απόβλητα (απόνερα) δημιουργούνται σε μονάδα της ναυτικής αεροπορίας των ΗΠΑ (Jacksonville, Florida) που χρησιμοποιεί παρόμοιες προδιαγραφές της ίδιας εταιρείας (MAGNAFLUX). Η συγκεκριμένη μονάδα χρησιμοποιεί επεξεργασία με σύστημα ενεργού άνθρακα και είναι σε διαδικασία αντικατάστασης του, ενημερώνοντας υποψήφιους προμηθευτές για τα απόβλητα της και τα ζητούμενα αποτελέσματα μετά την επεξεργασία τους. Οι τιμές που μετρήθηκαν στα απόβλητα της μονάδας αυτής φαίνονται στον παραπάνω **Πίνακα 4-2**.

Παράμετρος	Εύρος (ppm πλην pH)	Υψηλότερο (ppm πλην pH)	Μέθοδος μέτρησης (EPA)
Μέταλλα	-	-	N/A
COD	3000-10 000	12 500	410.2
pH	6.5 - 9.5	9.27	150.1
Έλαια - Λίπη	100-1200	1300	413.1

Πίνακας 4-2: Σύσταση αποβλήτων μεθόδου διεισδυτικών υγρών: Μονάδα US Naval Air Station, Jacksonville, Florida. Προδιαγραφές MAGNAFLUX ZL-37 και ZR-10B. (Πηγή US Navy, 2010)

Ο συνολικός όγκος των αντίστοιχων παραγόμενων αποβλήτων από το ΚΕΑ εκτιμάται σε 12 κυβικά μέτρα ή **12.000 λίτρα/έτος (Υ6)**, αποτελείται δε κατά 97-98% από νερό και 2-3% πετρελαιοειδή με κύρια χαρακτηριστικά το

ισχυρό φωσφορίζον χρώμα, διαλυμένα λίπη/έλαια και αυξημένες τιμές οργανικών (COD).

4.3.3.6 Συναρμολόγηση

Κατά τη συναρμολόγηση του αεροσκάφους, όπου τα παρελκόμενα του μετά την επιθεώρηση τους επανατοποθετούνται στην κύρια δομή, η οποία επίσης έχει ολοκληρώσει το στάδιο της επιθεώρησης, δε δημιουργούνται απόβλητα.

4.3.3.7 Χρώση

Μετά την επιτυχή ολοκλήρωση της επιθεώρησης, και των επισκευών που θα απαιτηθούν και θα εκτελεστούν αναλόγως των ευρημάτων, ξεκινούν οι εργασίες που έχουν σκοπό να επαναφέρουν το αεροσκάφος σε πτητική κατάσταση, με πρώτη τη χρώση.

Το πρώτο στάδιο της χρώσης, είναι και το πλέον κρίσιμο περιβαλλοντικά, και είναι αυτό της παθητικής ανοδίσωσης (alodine). Η επιφάνεια του αεροσκάφους επαλείφεται με την προδιαγραφή MIL-C-81706 (KEMCOT) (Παράρτημα 10), που περιέχει ως βάση το χρωμικό οξύ (CrO_3) σε περιεκτικότητα 20-30%. Η προδιαγραφή αυτής παραμένει στη δομή μέχρι να επιτύχει οξείδωση της επιφάνειας, η οποία ακολούθως ξεπλένεται για δέκα λεπτά με νερό, που αποτελεί απόβλητο της διαδικασίας. Από τη διαδικασία, θεωρώντας ότι 6000 λίτρα νερού χρησιμοποιούνται για την έκπλυση του αεροσκάφους, προκύπτουν απόβλητα με σημαντική περιεκτικότητα σε χρώμιο, περίπου 30000 λίτρα/έτος (Υ7).

Στα επόμενα στάδια της χρώσης εκτελείται η τοποθέτηση στη δομή με ψεκασμό του αντιδιαβρωτικού επιστρώματος (primer) προδιαγραφής MIL-PRF-23377 (Παράρτημα 11), και του τελικού εξωτερικού χρώματος πολυουρεθάνης, προδιαγραφής MIL-PRF-85285 (Παράρτημα 12).

Το αντιδιαβρωτικό επίστρωμα περιέχει χρωμικό οξύ σε ποσοστό 43% καθώς και πτητικούς υδρογονάνθρακες (VOC's) 40% (340 gr/lit). Το τελικό

εξωτερικό χρώμα περιέχει επίσης χρώμιο στα πηγμένα, οργανικές ενώσεις (διαλύτες) και αέριους πτητικούς υδρογονάνθρακες (VOC's) 370 gr/lit.

Εκτιμώντας σύμφωνα με το ΚΕΑ σε 1500 lit την ετήσια κατανάλωση επιστρώματος και όμοια του εξωτερικού χρώματος, προκύπτει χονδρικά ετήσια εκπομπή VOCs $1500 \cdot 340 + 1500 \cdot 370 = 1065 \text{ Kg/έτος (A3)}$. Ο υπολογισμός αυτός είναι με βάση τα περιεχόμενα συνολικά στα χρώματα VOCs και όχι τα εκπεμπόμενα, και έχει ενδεικτική μόνο αξία.

Μετά την ολοκλήρωση της χρώσης, γίνεται καθαρισμός του δαπέδου και του περιβάλλοντος χώρου με νερό.

Απόβλητα συνεπώς από τη χρώση προκύπτουν:

α. Υγρά απόβλητα (απόνερα), από τον καθαρισμό της δομής με νερό μετά την ολοκλήρωση της ανοδίωσης (περίπου **30.000 λίτρα/έτος**) που είναι όξινα και περιέχουν χρώμιο (**Υ7**).

β. Υγρά απόβλητα (απόνερα), από τον καθαρισμό του περιβάλλοντος χώρου του συνεργείου με νερό μετά την ολοκλήρωση της χρώσης (περίπου **1000 λίτρα/έτος**) που περιέχουν χρώμιο και διαλύτες (**Υ8**).

γ. Αέρια απόβλητα (VOCs), σε όγκο που δεν μπορεί να εκτιμηθεί και υπολογίζεται ενδεικτικά σε **1065 Kg/έτος (A3)**.

4.3.3.8 *Λειτουργικοί έλεγχοι*

Οι λειτουργικοί έλεγχοι ολοκληρώνουν τη γενική επισκευή. Το συναρμολογημένο και με επιθεωρημένη πλέον δομή αεροσκάφος υφίσταται έλεγχο των ηλεκτρικών, υδραυλικών, ηλεκτρονικών και λοιπών συστημάτων του, προκειμένου να επιβεβαιωθεί η λειτουργική τους κατάσταση, μετά την αφαιροτοποθέτηση παρελκομένων, και την παραμονή του αεροσκάφους και των συστημάτων εκτός λειτουργίας για μεγάλο διάστημα. Συνήθως οι λειτουργικοί έλεγχοι ολοκληρώνονται στο έδαφος και επιβεβαιώνονται με την εκτέλεση δοκιμαστικής πτήσης.

Κατά τους λειτουργικούς ελέγχους δημιουργούνται απόβλητα από τα λειτουργικά υγρά του αεροσκάφους, καύσιμα, λάδια και υδραυλικά. Οι ροές αυτές είναι ως ακολούθως:

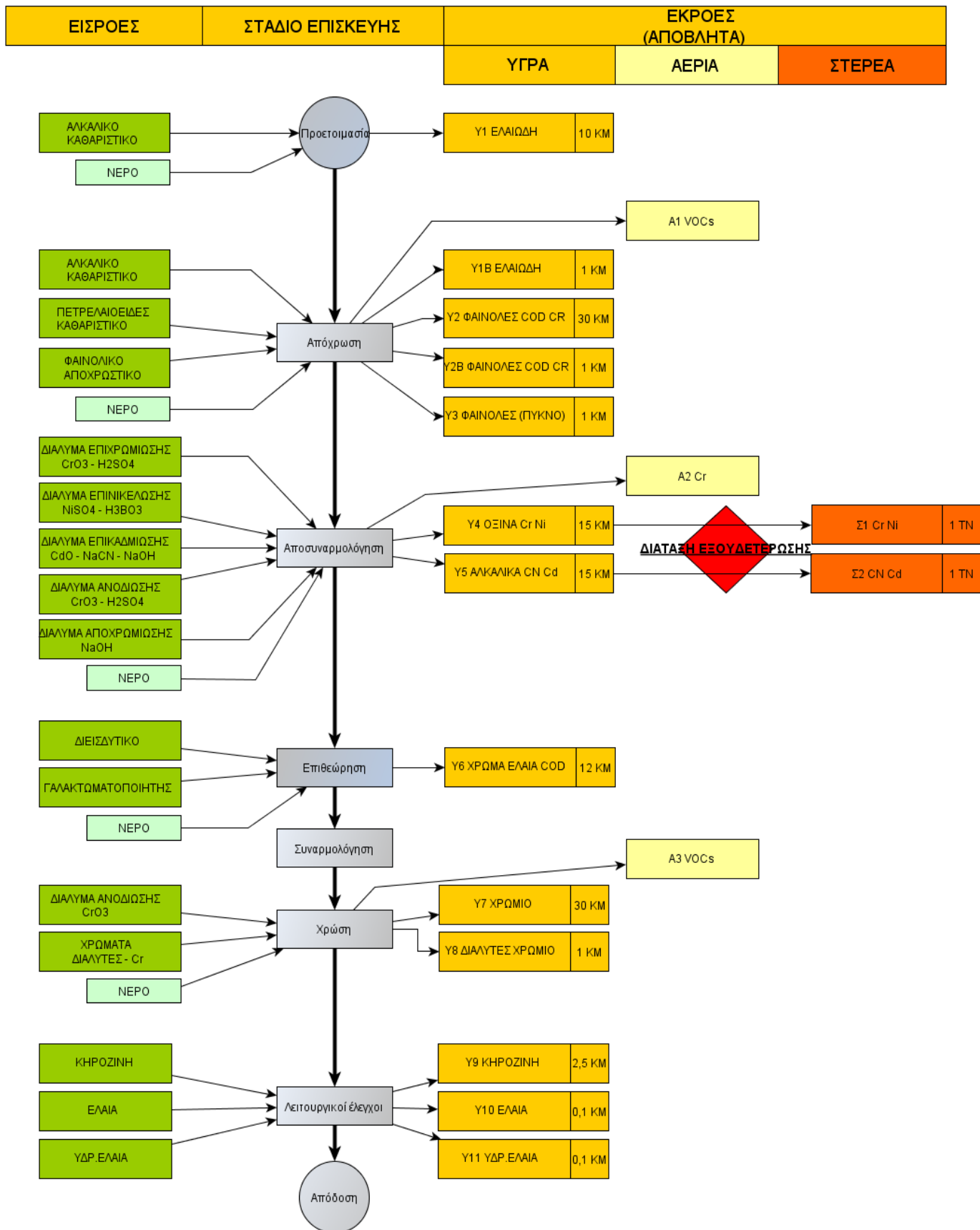
α. Καύσιμα, προδιαγραφής JP-8 500 λίτρα ανά αεροσκάφος και συνολικά 2500 λίτρα/έτος **(Υ9)**

β. Έλαια, προδιαγραφής BP TURBO OIL 2 περί τα 100 λίτρα/έτος **(Υ10)**
και

γ. Υδραυλικά, προδιαγραφής MIL-H-83282 επίσης περί τα 100 λίτρα/έτος **(Υ11)**.

4.4 Συνολικά παραγόμενα απόβλητα κατ'έτος

Συνολικά τα παραγόμενα απόβλητα από τις εργασίες της γενικής επισκευής στη διάρκεια ενός έτους, η ποσότητα και τα κύρια χαρακτηριστικά τους, φαίνονται στο διάγραμμα της **Εικόνας 4-6**, καθώς επίσης και στον **Πίνακα 4-3**. Επίσης στον ίδιο Πίνακα επισημαίνεται και η προέλευση των αποβλήτων (συνεργείο-είδος κατεργασίας).



Εικόνα 4-6: Παραγόμενα απόβλητα κατ'έτος και στάδιο γενικής επισκευής

Πίνακας 4-3: Παραγόμενα απόβλητα κατ'έτος και στάδιο γενικής επισκευής

Ροή Αποβλήτων	Φύση (Στερεά-Υγρά-Αέρια)	Χαρακτηριστικά	Όγκος ή Μάζα (m ³ υγρά, tn στερεά)	Προέλευση (Στάδιο Επιθ/σης)	Προέλευση (Συνεργείο)	Προέλευση (Κατεργασία)
Y1	Υγρά	Ελαιώδη	10	Προετοιμασία	Πλυντήριο (Υπόστεγο)	Πλύσιμο αεροσκαφών
Y1B	Υγρά	Ελαιώδη	1	Απόχρωση	Χημικός Καθαρισμός	Καθαρισμός
Y2	Υγρά	Φαινόλες, COD, Χρώμιο	30	Απόχρωση	Χρωστήριο	Απόχρωση κύριας δομής
Y2B	Υγρά	Φαινόλες, COD, Χρώμιο	1	Απόχρωση	Χημικός Καθαρισμός	Απόχρωση παρελκομένων
Y3	Υγρά	Φαινόλες (πυκνό)	1	Απόχρωση	Χημικός Καθαρισμός	Ακατάλληλα αποχρωστικά
A1	Αέρια	VOCs	Δ/Υ	Απόχρωση	Χρωστήριο, Χημικός καθαρισμός	Καθαρισμός, απόχρωση
Y4	Υγρά	Όξινα, Χρώμιο, Νικέλιο	15	Αποσυναρμολόγηση	Επιμεταλλώσεις	Επιχρωμίωση, επινικέλωση
Y5	Υγρά	Αλκαλικά, Κάδμιο, Κυάνιο	15	Αποσυναρμολόγηση	Επιμεταλλώσεις	Επικαδμίωση, αποχρωμίωση

Ροή Αποβλήτων	Φύση (Στερεά-Υγρά-Αέρια)	Χαρακτηριστικά	Όγκος ή Μάζα (m ³ υγρά, tn στερεά)	Προέλευση (Στάδιο Επιθ/σης)	Προέλευση (Συνεργείο)	Προέλευση (Κατεργασία)
A2	Αέρια	Χρώμιο	Δ/Υ	Αποσυναρμολόγηση	Επιμεταλλώσεις	Επιχρωμίωση
Σ1	Στερεά	Χρώμιο, Νικέλιο	1	Αποσυναρμολόγηση	Επιμεταλλώσεις	Επεξεργασία απόνευρων επιμεταλλώσεων
Σ2	Στερεά	Κάδμιο, Κυάνιο	1	Αποσυναρμολόγηση	Επιμεταλλώσεις	Επεξεργασία απόνευρων επιμεταλλώσεων
Υ6	Υγρά	Χρώμα, διαλυμένα έλαια, COD	12	Επιθεώρηση	Μη Κατ/κοι Έλεγχοι (NDI)	Επιθεώρηση με διεισδυτικά υγρά (LPI)
Υ7	Υγρά	Όξινα, Χρώμιο	30	Χρώση	Χρωστήριο	Ανοδίωση
Υ8	Υγρά	Διαλύτες, Χρώμιο	1	Χρώση	Χρωστήριο	Βαφή
A3	Αέρια	VOCs	~1065 Kg	Χρώση	Χρωστήριο	Βαφή
Υ9	Υγρά	Κηροζίνη, πυκνά	2,5	Λειτουργικοί Έλεγχοι	Γραμμή πτήσεων (Υπόστεγο)	Πλήρωση με καύσιμο

Ροή Αποβλήτων	Φύση (Στερεά-Υγρά-Αέρια)	Χαρακτηριστικά	Όγκος ή Μάζα (m ³ υγρά, tn στερεά)	Προέλευση (Στάδιο Επιθ/σης)	Προέλευση (Συνεργείο)	Προέλευση (Κατεργασία)
Υ10	Υγρά	Έλαια, πυκνά	0,1	Λειτουργικοί Έλεγχοι	Γραμμή πτήσεων (Υπόστεγο)	Πλήρωση με λάδι
Υ11	Υγρά	Υδραυλικά έλαια, πυκνά	0,1	Λειτουργικοί Έλεγχοι	Γραμμή πτήσεων (Υπόστεγο)	Πλήρωση με υδραυλικό

Πίνακας 4-3: Παραγόμενα απόβλητα κατ'έτος και στάδιο γενικής επισκευής

5ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ & ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΕΑ. ΕΞΕΤΑΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ

5.1 Απόβλητα από την Προετοιμασία

Όπως αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, κατά την προετοιμασία και τον αρχικό εξωτερικό καθαρισμό (πλύσιμο) και απολίπανση του αεροσκάφους και των κινητήρων παράγονται περίπου 10.000 λίτρα ελαιώδη υγρά απόνερα που περιέχουν επίσης αιωρούμενα στερεά, και σε μικρή ποσότητα αλκαλικά καθαριστικά και βαριά μέταλλα (Υ1).

5.1.1 Παρούσα διαχείριση

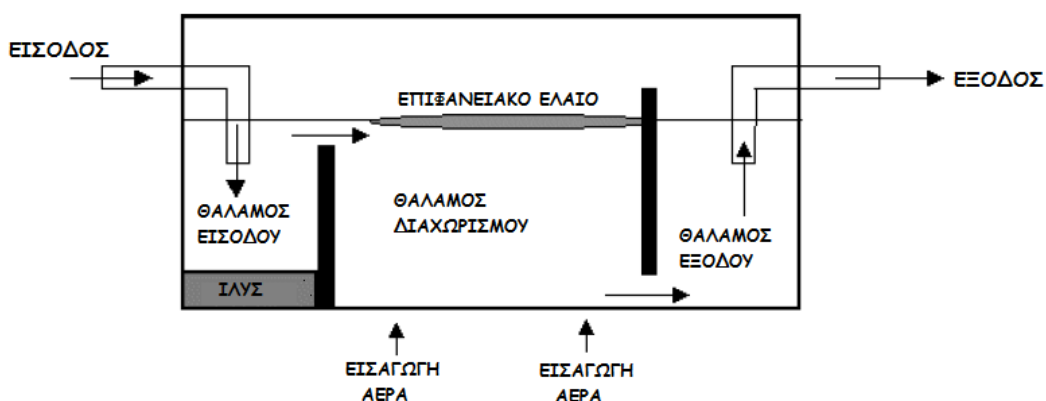
Το πλύσιμο των Α/Φ και των κινητήρων λαμβάνει χώρα εντός του υποστέγου και του συνεργείου κινητήρων, αντίστοιχα. Τα απόνερα καταλήγουν μετά από χονδροειδή εσχарισμό στο αποχετευτικό σύστημα του ΚΕΑ.

5.1.2 Εναλλακτική μέθοδος επεξεργασίας – Δέσμευση, διαχωρισμός

Τα απόνερα από το πλύσιμο των αεροσκαφών είναι πολύ πιθανό να είναι εντός ορίων για προώθηση σε δημόσιες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων (ΜΕΛ), εφόσον είναι διαθέσιμες, μετά από σχετικό έλεγχο και πιθανόν αδειοδότηση. Τέτοια εγκατάσταση όμως δεν υπάρχει στην περιοχή του ΚΕΑ. Εφόσον τα αποτελέσματα μετρήσεων επιβεβαιώσουν ότι η προεπεξεργασία είναι απαραίτητη, η εναλλακτική μέθοδος προεπεξεργασίας που προτείνεται είναι η μηχανική επεξεργασία για το διαχωρισμό ελαίου-νερού. Πρόκειται για την πιο διαδεδομένη για το πρόβλημα μέθοδο, που χρησιμοποιείται ευρέως σε πλυντήρια και υπόστεγα αεροσκαφών για τη δέσμευση των ελαίων και υδραυλικών πριν καταλήξουν στο αποχετευτικό σύστημα.

Το ΚΕΑ εκτελεί τον καθαρισμό αυτό εντός του κύριου υποστέγου αεροσκαφών, από όπου τα απόνερα μετά από χονδροειδή εσχαρισμό καταλήγουν στο αποχετευτικό σύστημα. Οι περισσότερες σύγχρονες εγκαταστάσεις (αεροδρόμια και υπόστεγα συντήρησης) χρησιμοποιούν έναν εξειδικευμένο χώρο για την εκτέλεση του πλυσίματος, όπου συγκεντρώνονται τα απόνερα. Ο εξωτερικός καθαρισμός σε ανοικτό χώρο με τα απόνερα να καταλήγουν απ'ευθείας στον υδροφόρο ορίζοντα συνήθως απαγορεύεται.

Στον ειδικό χώρο αυτό ή το υπόστεγο, είναι δυνατόν το νερό που χρησιμοποιείται να υφίσταται επεξεργασία και πιθανόν να ανακυκλώνεται, σε ένα **σύστημα διαχωρισμού ελαίου-νερού**. Η διάταξη περιλαμβάνει ως κύριο παρελκόμενο ένα θάλαμο επιφανειακού διαχωρισμού ελαίου που ακολουθείται από φίλτρα (συνήθως αμμόφιλτρα) για την αφαίρεση των στερεών (**Εικόνα 5-1**).



Εικόνα 5-1: Διαχωριστής ελαίου-νερού για πλυντήρια αεροσκαφών. Πηγή: US Department of Defence (1996). Επεξεργασία Ιδία

Εφόσον εξασφαλιστούν συνθήκες ηρεμίας, ο απλός διαχωρισμός δια βαρύτητας εξασφαλίζει ικανοποιητική αφαίρεση των ελεύθερων ελαίων. Ένα σταγονίδιο ελαίου διαμέτρου 100μm υπολογίζεται ότι ανέρχεται περίπου 15 cm κάθε 10 λεπτά και ένα αντίστοιχο 20μm σε δύο ώρες, ενώ το μέσο ύψος ενός διαχωριστή είναι περίπου 115 cm. Αυτό καθιστά πολύ αργό και αναποτελεσματικό το διαχωρισμό δια βαρύτητας. Για το λόγο αυτό επίσης

μπορεί να συμπεριλαμβάνονται διατάξεις φυσικής συσσωμάτωσης, που αποτελούνται από επικλινείς πλάκες ή ελαιοφιλικά φίλτρα που συγκεντρώνουν και αναγκάζουν τα σταγονίδια να ενωθούν και να ανέλθουν ταχύτερα (US Department of the Air Force, 1999).

Για τα γαλακτοποιημένα έλαια απαιτείται πρώτα η διάλυση τους με κατάλληλα πρόσθετα και η υποβοήθηση τους να επιπλεύσουν. Η επίπλευση μπορεί να υποβοηθείται με πεπιεσμένο αέρα για επίτευξη της επίπλευσης, καθώς και με τη μέθοδο της κροκιδώσης (προσθήκη κροκιδωτικών) για την αφαίρεση των γαλακτοποιημένων ελαίων. Σε ορισμένες εγκαταστάσεις ρυθμίζεται επίσης και το pH σε όξινες συνθήκες, για διάλυση αρχικά των γαλακτωμάτων και ακολούθως σε αλκαλικές, για τη δημιουργία και την καθίζηση αδιάλυτων υδροξειδίων των μετάλλων.

Τα διαλυμένα έλαια δεν μπορούν να αφαιρεθούν με αυτές τις μεθόδους. Για το σκοπό αυτό, που τις περισσότερες φορές δεν είναι απαραίτητος για την επίτευξη των περιβαλλοντικών ορίων, περισσότερο περίπλοκα συστήματα συμπεριλαμβάνουν επεξεργασία με ενεργό άνθρακα. Η μέθοδος του ενεργού άνθρακα στην περίπτωση π.χ στο πλυντήριο αεροσκαφών του αεροδρομίου της Στοκχόλμης (Minett, 2003), αν και είχε προβλεφθεί και εγκατασταθεί, κρίθηκε τελικά περιττή καθώς η προηγούμενη επεξεργασία είχε ήδη εξασφαλίσει ικανοποιητικά καθαρά απόνερα.

Το κόστος ενός τέτοιου συστήματος, εξειδικευμένου για τα απόβλητα από το πλύσιμο αεροσκαφών εκτιμήθηκε από το υπουργείο αεροπορίας των ΗΠΑ στα \$25.000 – 100.000, ανάλογα με το μέγεθος του συστήματος, για απαιτήσεις επεξεργασίας νερού 10 έως 100 gpm αντίστοιχα (US Department of the Air Force, 1999). Αντίστοιχο βοηθητικό ενημερωτικό σημείωμα του ναυτικού της ίδιας χώρας εκτιμά το κόστος ενός τέτοιου συστήματος σε \$140.000 – 200.000 για πλύσιμο μεγάλων αεροσκαφών, και σε \$30.000 για μικρότερα συστήματα κατάλληλα για οχήματα ή μικρά αεροσκάφη (US Navy, 2001).

Πέρα από το κόστος προμήθειας, πρέπει να συνυπολογιστεί το κόστος λειτουργίας του συστήματος, που από την προαναφερόμενη πρώτη μελέτη εκτιμήθηκε στα \$23.100 ανά έτος για ένα μέσο σύστημα 25 gpm, ή

\$15,78/1000 gal (\$4,07/1000 lt). Στο κόστος αυτό συμπεριλαμβάνεται και το κόστος προσωπικού, καθώς και η διαχείριση της ελαιώδους ιλύος που θα λαμβάνεται από την επεξεργασία, που θα αποκομίζεται ως επικίνδυνο απόβλητο.

Μικρή απόσβεση στο ανωτέρω κόστος μπορεί να προκύψει από την ανακύκλωση του νερού. Θεωρείται ότι μπορεί να επιτευχθεί ανακύκλωση έως και 60% του νερού που χρησιμοποιείται, ποσοστό σχετικά χαμηλό, λόγω της απαίτησης χαμηλής περιεκτικότητας σε χλώριο για το νερό που έρχεται σε επαφή με το αεροσκάφος. Επίσης θεωρείται ότι από το πλύσιμο ενός μέσου αεροσκάφους δημιουργείται ένας τόνος περίπου απόνερων. Θεωρώντας περίπου 10000 λίτρα τα ετήσια αντίστοιχα απόβλητα που δημιουργεί το ΚΕΑ, δημιουργείται έτσι ένα πρόσοδο 6000 λίτρων νερού κατ'έτος. Δεδομένου ότι το κόστος του καθαρού νερού από το δίκτυο είναι περίπου 0,40€/1000 λίτρα διαπιστώνεται πολύ μικρό άμεσο οικονομικό όφελος.

Από την παραπάνω ανάλυση διαφαίνεται ότι για τις μικρές ποσότητες αποβλήτων του ΚΕΑ, η μέθοδος είναι περιβαλλοντικά ωφέλιμη αλλά δεν μπορεί να αποσβεστεί. Για να αξιολογηθεί περαιτέρω η παραπάνω προεπεξεργασία, είναι απαραίτητη προηγουμένως η χημική εξέταση των συγκεκριμένων αποβλήτων, προκειμένου να διαπιστωθεί η επάρκεια της παρούσας διαχείρισης.

5.2 Απόβλητα από Καθαρισμό - Απόχρωση

Όπως αναλύθηκε στο προηγούμενο **Κεφάλαιο 4** όγκος των υγρών απόβλητων από το στάδιο καθαρισμού-απόχρωσης είναι:

- **Y1B:** 1000 λίτρα/έτος, με χαρακτηριστικά παρόμοια με αυτά του εξωτερικού καθαρισμού του αεροσκάφους (ελαιώδη απόνερα με αιωρούμενα στερεά και σε μικρότερο βαθμό αλκαλικά καθαριστικά και βαριά μέταλλα σε μικρές περιεκτικότητες).
- **Y2:** 30.000 λίτρα/έτος νερό πού περιέχει φαινόλες, υψηλό COD και βαριά μέταλλα (χρώμιο και ψευδάργυρο)

- **Y2B:** 1000 λίτρα /έτος από την απόχρωση, με χαρακτηριστικά παρόμοια με τη ροή Y2.
- **Y3:** 1000 λίτρα/έτος από συγκεντρωμένα αποχρωστικά σύστασης φαινόλες και χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες.
- **A1:** Πτητικοί υδρογονάνθρακες (VOCs) (A1), σε όγκο που δεν μπορεί να εκτιμηθεί.

5.2.1 Παρούσα διαχείριση

Η παρούσα διαχείριση για τις παραπάνω ροές αποβλήτων έχει ως εξής:

- Y1B: Η ροή αυτή καταλήγει απ'ευθείας στο αποχετευτικό σύστημα του ΚΕΑ.
- Y2: Η ροή αυτή καταλήγει σε στεγανό βόθρο, και ακολούθως σε εξωτερικό φορέα με ενδεικτικό κόστος 2,5 ευρώ/λίτρο.
- Y2B: Η ροή αυτή καταλήγει σε εξωτερική δεξαμενή, και ακολούθως σε εξωτερικό φορέα με το ίδιο όπως παραπάνω κόστος.
- Y3: Η ροή αυτή συγκεντρώνεται επίσης σε εξωτερική δεξαμενή και ακολούθως σε εξωτερικό φορέα με το ίδιο κόστος.
- A1: Τα VOCs προέρχονται από δύο συνεργεία: το συνεργείο Χημικού Καθαρισμού (καθαριστικά και κυρίως το PD-680 και αποχρωστικά), και το Χρωστήριο (αποχρωστικά). Και τα δύο συνεργεία είναι εξοπλισμένα με σύστημα εξαερισμού που απελευθερώνει τα VOCs στην ατμόσφαιρα. Το συνεργείο Χημικού Καθαρισμού είχε στο παρελθόν τοποθετήσει στον εξαερισμό φίλτρα ενεργού άνθρακα, χωρίς όμως να καταφέρει να ανταποκριθεί στη συντήρησή τους, με αποτέλεσμα να έχουν χάσει σε σημαντικό βαθμό τη δραστηριότητά τους

5.2.2 Εναλλακτική μέθοδος επεξεργασίας

α. Η ροή **Y1B** έχει παρόμοια χαρακτηριστικά με τη ροή Y1 που δημιουργείται από τον εξωτερικό καθαρισμό των αεροσκαφών. Οι δύο ροές απέχουν φυσικά, καθώς η Y1 δημιουργείται στο Υπόστεγο αεροσκαφών και η Y1B στο συνεργείο Χημικού Καθαρισμού, εγκαταστάσεις που απέχουν

περίπου 400 μέτρα σε ευθεία γραμμή. Εφόσον το ΚΕΑ εγκαταστήσει ένα σύστημα διαχωρισμού ελαίου στο υπόστεγο, όπως αναλύθηκε στην παραπάνω **παρ. 5.1**, η ροή Y1B μπορεί επίσης να οδηγείται σε αυτό.

β. Η ροή **Y3** αποτελείται από συγκεντρωμένα αποχρωστικά που έχουν χάσει τη δραστηριότητα τους. Δεν βρέθηκε στη βιβλιογραφία συμβατική και προσβάσιμη μέθοδος ανάκτησης των φαινολών, αντίθετα με άλλους απλούστερους διαλύτες, όπως τα πετρελαιοειδή που μπορούν να ανακτηθούν σε σχετικά απλές διατάξεις απόσταξης. Τα αποχρωστικά αυτά εκτιμάται ότι δεν μπορούν να υποστούν επεξεργασία από το ΚΕΑ και η αποκομιδή τους για ανακύκλωση ή καύση σε εξειδικευμένη και κατάλληλη περιβαλλοντικά μονάδα φαίνεται ότι παραμένει η καλύτερη επιλογή.

γ. Όσον αφορά τις αέριες εκπομπές VOCs (**A1**), το μεν συνεργείο Χημικού Καθαρισμού διαθέτει σύστημα φίλτρων ενεργού άνθρακα, επαρκές και ανταποκρινόμενο στις μικρές ποσότητες διαλυτών που διαχειρίζεται, εφόσον εκτελείται η απαιτούμενη περιοδική ανανέωση του προσροφητικού μέσου. Οι επιλογές επεξεργασίας των αερίων εκπομπών για το Χρωστήριο, που δεν διαθέτει κανένα μέσο ή διάταξη δέσμευσης ή επεξεργασίας των VOCs, αναλύονται στην ακόλουθη **παρ.5.5**, που αφορά τις αέριες εκπομπές της χρώσης, καθώς σε αυτήν παράγεται ο κύριος και μεγαλύτερος όγκος αερίων εκπομπών υδρογονανθράκων.

δ. **Y2, Y2B**: Οι ροές αυτές, που προέρχονται από την απόχρωση των αεροσκαφών και των παρελκομένων, έχουν παρόμοια σύσταση και αποτελούν ένα ειδικό πρόβλημα (φαινολικά απόνερα απόχρωσης). Και σε αυτήν την περίπτωση οι δύο ροές απέχουν γεωγραφικά, περίπου 500 μέτρα σε ευθεία γραμμή, καθώς η απόχρωση της κύριας δομής και των παρελκομένων γίνεται σε διαφορετικά συνεργεία (Χρωστήριο και Χημικός Καθαρισμός, αντίστοιχα). Για το σκοπό της εργασίας οι ροές αυτές αντιμετωπίζονται σαν μία κοινή ροή 31.000 λίτρων/έτος.

Όπως αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 3 (**παρ.3.4.2**), για τα συγκεκριμένα φαινολικά υγρά απόβλητα (απόνερα) θα μπορούσαν να εφαρμοστούν τρεις κύριες κατηγορίες ή μέθοδοι επεξεργασίας:

- Προσρόφηση με ενεργό άνθρακα
- Χημική οξειδωση (με όζον, χλώριο ή υπεροξειδίο του υδρογόνου)
- Βιολογική επεξεργασία (μέθοδοι βιολογικών φίλτρων ή ενεργού ιλύος)

Σε οποιαδήποτε από τις παραπάνω μεθόδους, κύριος στόχος της επεξεργασίας είναι η αφαίρεση ή διάλυση των φαινολών. Τα βαριά μέταλλα (χρώμιο, ψευδάργυρος) θα υποστούν μικρή ή καμία μεταβολή. Μετά την επεξεργασία για τις φαινόλες, τα απόνερα μπορούν να οδηγούνται για περαιτέρω επεξεργασία στη διάταξη εξουδετέρωσης-καταβύθισης που ήδη λειτουργεί στο ΚΕΑ για τις επιμεταλλώσεις, και περιγράφεται στην ακόλουθη **παρ. 5.3.1**, για αφαίρεση των βαρέων μετάλλων. Για την εφαρμογή αυτής της λύσης, απαιτείται η επίλυση του τεχνικού προβλήματος μεταφοράς της ροής αυτής στην υπάρχουσα διάταξη, που απέχει γεωγραφικά.

Μια σύγκριση των παραπάνω μεθόδων επεξεργασίας, με ποιοτικά και οικονομικά κριτήρια ακολουθεί στις επόμενες υποπαραγράφους.

5.2.2.1 Ποιοτική σύγκριση

Η μέθοδος του ενεργού άνθρακα βρέθηκε σύμφωνα με τον Κροορ (1973, 1975) να έχει καλύτερα αποτελέσματα από αυτήν της χημικής οξειδωσης με όζον. Τα αποτελέσματα της σύγκρισης φαίνονται στον **Πίνακα 5-1**. Στον ίδιο Πίνακα φαίνονται επίσης το κόστος προμήθειας και εφαρμογής των δύο μεθόδων.

Η εγκατάσταση ενός συστήματος ενεργού άνθρακα ή χημικής οξειδωσης με όζον έχει το πρόσθετο πλεονέκτημα ότι θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στη ροή υγρών αποβλήτων **Υ6** των απόνερων διεισδυτικών υγρών (πετρελαιοειδή με βαφές), όγκου πλέον 12.000 λίτρα κατ'έτος, για την οποία οι δυνατότητες επεξεργασίας αναλύονται ακολούθως, στην **παράγραφο 5-4**.

Τα συστήματα βιολογικής επεξεργασίας δεν εξετάζονται από τον Κροορ. Σύμφωνα με τη FAA (2008) τα βιολογικά συστήματα έχουν καλύτερα αποτελέσματα σε χαμηλότερες περιεκτικότητες σε φαινόλες, π.χ σε αεροδρόμια που μπορούν να επιτύχουν αραίωση με τα αστικά τους απόβλητα μειώνοντας τις φαινόλες έως 20 mg/l. Παρ'όλα αυτά, υπάρχουν παραδείγματα επιτυχημένης εφαρμογής των βιολογικών μεθόδων σε αυτοτελείς μονάδες

αεροπορικών χρωστηρίων. Η αεροπορία των ΗΠΑ (USAF) σε συνεργασία με το πανεπιστήμιο Trinity University, Texas εγκατέστησε με επιτυχία σύστημα βιολογικών φίλτρων σε χρωστήριο αεροσκαφών, το οποίο μπορούσε με την προσθήκη τροφικών (φώσφορος, άζωτο) να διαχειριστεί με φαινορικά απόβλητα με συγκεντρώσεις έως 1000 ppm (Jeter, 1985).

	Πριν την επεξεργασία	Οξείδωση με όζον	Ενεργός άνθρακας
Φαινόλες (mg/l)	2700	2.0	0.1 - 0.3
COD (mg/l)	9643	3500	200
Κόστος προμήθειας-εγκατάστασης^(*1)		\$505 000	\$288 500
Κόστος λειτουργίας^(*1)		\$548/ ημέρα	\$339/ ημέρα
^(*1) Σύστημα δυνατότητας επεξεργασίας 29000 gal/ημέρα			

Πίνακας 5-1: Επεξεργασία φαινολικών αποβλήτων απόχρωσης – Σύγκριση μεθόδων οξείδωσης με όζον και προσρόφησης με ενεργό άνθρακα [Πηγή: Kroop (1973, 1975)]

Προβλήματα στην εφαρμογή της βιολογικής επεξεργασίας, θα μπορούσαν να προέλθουν από τις χαμηλές και σποραδικές ποσότητες που θα πρέπει να επεξεργάζεται ένα τέτοιο σύστημα, ειδικά στην περίπτωση του ΚΕΑ. Τα συστήματα αυτά ανταποκρίνονται από τη φύση τους καλύτερα σε ομοιογενείς, σταθερές σε ποσότητα και σύσταση παροχές αποβλήτων που θα είναι

σχετικά δύσκολο να συντηρηθούν. Αυτό το γεγονός θα δυσχεράνει την εφαρμογή της μεθόδου, που είναι ούτως ή άλλως αρκετά περίπλοκη και εξειδικευμένη και απαιτεί παρακολούθηση και εμπειρία για να παρέξει επιτυχημένα αποτελέσματα. Οι Barnes et al (1981) θεωρούν ότι οι μεγάλες μεταβολές στο φαινολικό φορτίο, σε μια μικρή, αντίστοιχη του ΚΕΑ μονάδα χρωστηρίου έκαναν ανεδαφική την εγκατάσταση μιας μονάδας βιολογικής επεξεργασίας. Ο Pimentel (2008) διαπιστώνει ότι όταν τα απόβλητα έχουν μεγάλη συγκέντρωση σε φαινόλες, όπως στην περίπτωση της απόχρωσης αεροσκαφών που και ο ίδιος μελετά, η βιολογική επεξεργασία παρουσιάζει αρκετά μειονεκτήματα όπως μακρύς χρόνος κατακράτησης έως αρκετές ημέρες, ανάγκες σε τροφικά και δημιουργία-παραμονή στα απόβλητα ενδιάμεσων αρωματικών ενώσεων.

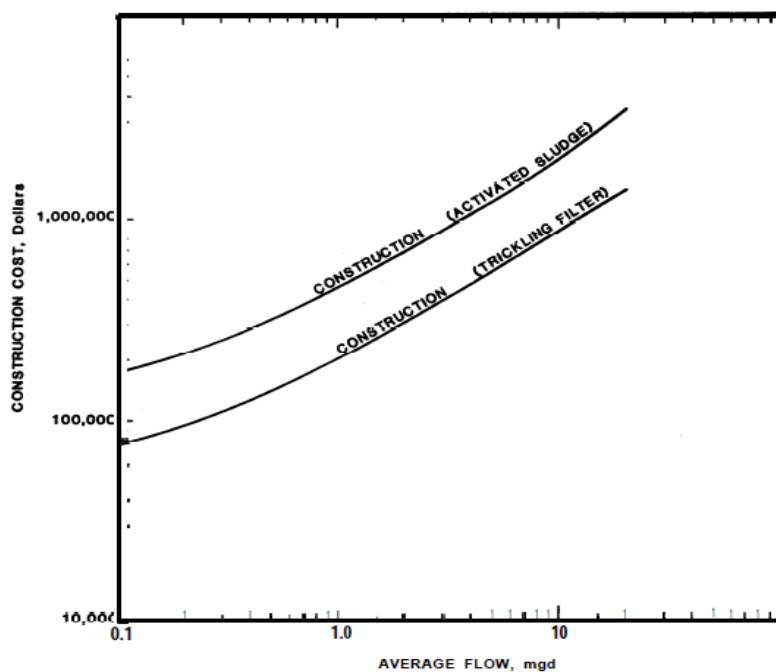
5.2.2.2 Οικονομική σύγκριση

Πρέπει στο σημείο αυτό να επισημανθεί ότι η μελέτη του Kroop, αν και η μόνη συγκριτική και εστιασμένη στα συγκεκριμένα απόβλητα που εντοπίστηκε στη βιβλιογραφία, έχει σε ένα βαθμό μειωμένη αξία στα στοιχεία κόστους λόγω της παλαιότητας της (συντάχθηκε το 1975). Επίσης, οι προς επεξεργασία ποσότητες είναι πολύ μεγάλες, σε σύγκριση με αυτές του ΚΕΑ. Παρόλα αυτά, η τάξη μεγέθους του κόστους προμήθειας, τουλάχιστον για τον ενεργό άνθρακα επιβεβαιώνεται και από πιο πρόσφατη τεχνική οδηγία του στρατού των ΗΠΑ, που εκτιμά το κόστος προμήθειας ενός τέτοιου συστήματος για χρωστήριο σε \$400 000 (US Department of the Army, 1987) έναντι \$288 500 που αναφέρει ο Kroop.

Το κόστος λειτουργίας είναι δύσκολο να αναχθεί στην περίπτωση του ΚΕΑ, λόγω του χαμηλού όγκου αποβλήτων (31000 λίτρα ή 8200 gal /έτος), μικρότερου ακόμα και από την ημερήσια δυνατότητα του τυπικού συστήματος 29000 gal/day που θεωρεί ο Kroop. Το κόστος λειτουργίας θα ήταν ασφαλώς πολύ μικρότερο και το σύστημα επεξεργασίας δεν θα χρειαζόταν να λειτουργεί καθημερινά. Η θεώρηση όμως του ετήσιου κόστους του ΚΕΑ ως ίσου με το ημερήσιο κόστος του τυπικού συστήματος του Kroop θεωρείται επισφαλής, αφού το τελευταίο συμπεριλαμβάνει ασφαλώς και πάγια κόστη (π.χ συντήρηση) εκτός από τα αναλογικά (π.χ αναλώσιμα, κόστος ενέργειας). Στην

περίπτωση του ΚΕΑ, θεωρήθηκε ότι το ετήσιο λειτουργικό κόστος θα είναι ίσο με το κόστος λειτουργίας 10 ημερών του τυπικού συστήματος κατά Κροορ.

Όσον αφορά τις βιολογικές μεθόδους, το κόστος εγκατάστασης για τα δύο συνηθέστερα συστήματα (ενεργός ιλύς, βιολογικά φίλτρα) βρέθηκε επίσης από την προαναφερθείσα τεχνική οδηγία των ΗΠΑ (US Department of the Army, 1987), με χρήση του περιεχόμενου σε αυτή διαγράμματος που αναπαράγεται στην **Εικόνα 5-2**. Η ροή του ΚΕΑ είναι 31000 λίτρα/έτος ή 8190 gal/έτος, απαίτηση πολύ μικρότερη από τα 0,1 mgd, ελάχιστη ποσότητα από την οποία αρχίζει το διάγραμμα. Το κόστος προμήθειας και εγκατάστασης για ένα σύστημα βιολογικών φίλτρων ή ενεργού ιλύος συνεπώς, εκτιμάται από το παραπάνω διάγραμμα σε \$90 000 ή \$190 000 αντίστοιχα.



Εικόνα 5-2: Κόστος προμήθειας και εγκατάστασης συστημάτων βιολογικών φίλτρων και ενεργού ιλύος [Πηγή: US Department of the Army, 1987 (p.A-6)]

Το κόστος λειτουργίας των βιολογικών μεθόδων θεωρείται γενικά χαμηλό και ειδικότερα χαμηλότερο από τα συστήματα ενεργού άνθρακα και οξειδωσης με όζον, καθώς τα συστήματα αυτά έχουν μικρές απαιτήσεις συντήρησης και παροχής ενέργειας (SIEMENS, 2009). Για τις ανάγκες σύγκρισης στην παρούσα εργασία, δεδομένου ότι δε βρέθηκαν στη βιβλιογραφία στοιχεία

κόστους λειτουργίας, τα έξοδα λειτουργίας της βιολογικής μεθόδου θεωρήθηκαν ίσα με τα μικρότερα των άλλων δύο μεθόδων, δηλαδή αυτά του ενεργού άνθρακα (\$339/ημέρα, 10 ημέρες/έτος). Στην πραγματικότητα θα είναι θεωρητικά μικρότερα.

Το ετήσιο κόστος διαχείρισης που επωμίζεται το ΚΕΑ για τα απόβλητα αυτά είναι αρκετά σημαντικό (31.000 lt κατ'έτος, ενδεικτικό κόστος αποκομιδής 2,5 ευρώ/λίτρο ή **77.500 ευρώ/έτος**), ποσό που μπορεί να δώσει ικανοποιητική απόσβεση, για όποια μέθοδο επεξεργασίας επιλεγεί. Η οικονομική ανάλυση, χρησιμοποιώντας την προσέγγιση του Kroop (**Πίνακας 5-1**) για το όζον και τον ενεργό άνθρακα και τα στοιχεία της παραπάνω τεχνικής οδηγίας για τα βιολογικά φίλτρα, μας δίνει τα ακόλουθα αποτελέσματα για την περίοδο αποπληρωμής:

Η περίοδος αποπληρωμής υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\text{Περίοδος Αποπληρωμής} = \frac{\text{Κόστος Προμήθειας-Εγκατάστασης}}{\text{Μείωση Κόστους Λειτουργίας+Έσοδα Ανάκτησης}}$$

Λαμβάνοντας υπόψη ισοτιμία 1€ = \$1,35 και έξοδα λειτουργίας 10 ημερών το έτος, η περίοδος για κάθε μία από τις επιλογές (ενεργός άνθρακας, χημική οξειδωση, βιολογικά φίλτρα) έχει ως εξής:

$$\text{Περίοδος Αποπληρωμής (εν.άνθρακας)} = 288500 / (77500*1,35 - 339*10) = \mathbf{2,84 \text{ \u03b5\u03c4\u03b7}}$$

$$\text{Περίοδος Αποπληρωμής (\u03cc\u03b6\u03cc\u03bd)} = 505000 / (77500*1,35 - 548*10) = \mathbf{5,09 \text{ \u03b5\u03c4\u03b7}}$$

$$\text{Περίοδος Αποπληρωμής (βιολογικά φίλτρα)} = 90000 / (77500*1,35 - 339*10) = \mathbf{0,88 \text{ \u03b5\u03c4\u03b7}}$$

5.3 Απόβλητα από την Αποσυναρμολόγηση

Κατά το στάδιο της αποσυναρμολόγησης, και ειδικότερα από το συνεργείο επιμεταλλώσεων, το ΚΕΑ συγκεντρώνει και παρακολουθεί δύο χωριστές ροές αποβλήτων:

α. Μία ροή όξινων αποβλήτων από την επιχρωμίωση, την επινικέλωση και την ανοδίωση, με κύρια επικίνδυνα χαρακτηριστικά την οξύτητα και τη μεγάλη συγκέντρωση στα τοξικά μέταλλα χρώμιο και νικέλιο (**Υ4**), που εκτιμάται στα **15000 lt/έτος** και

β. Μία ροή αλκαλικών αποβλήτων από την επικαδμίωση και την αποχρωμίωση, με κύρια επικίνδυνα χαρακτηριστικά την αλκαλικότητα και τη συγκέντρωση στα τοξικά υλικά κυάνιο, κάδμιο και χρώμιο (**Υ5**), που εκτιμάται επίσης στα **15000 lt/έτος**.

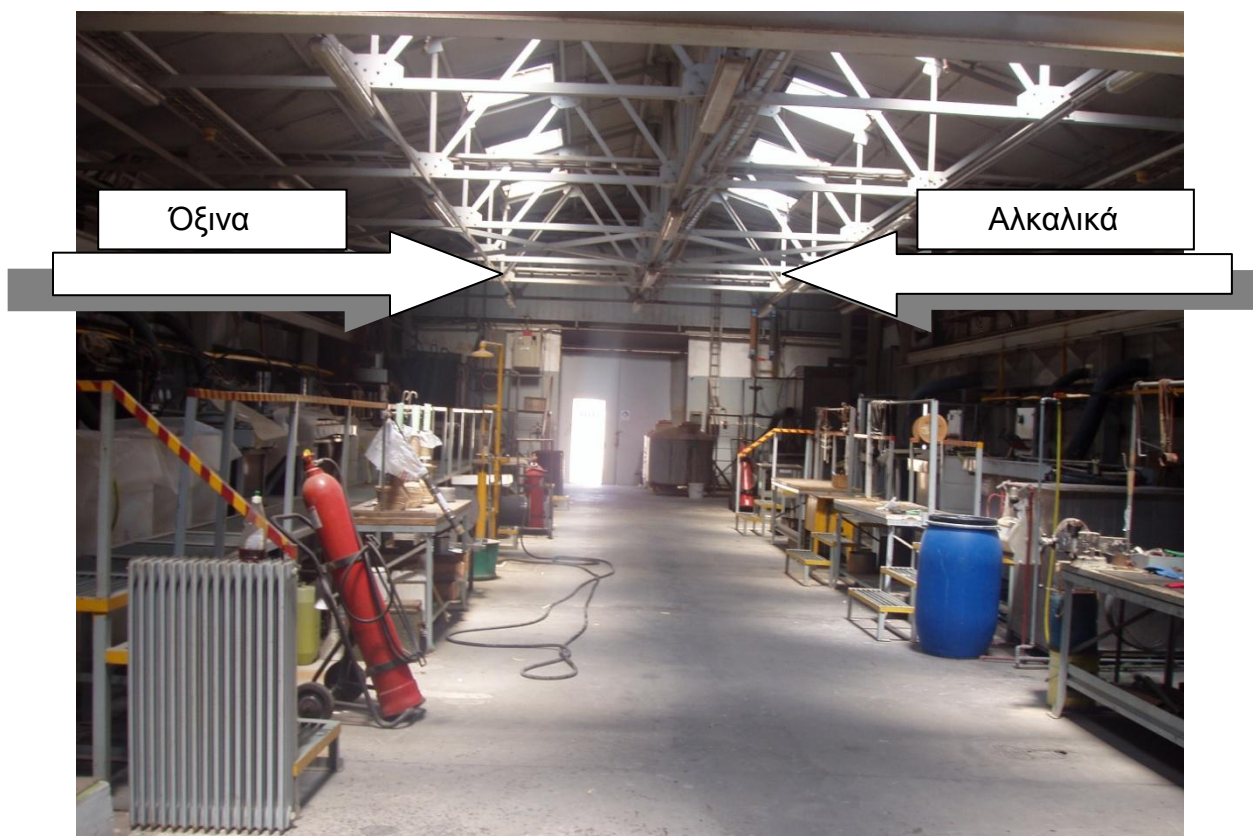


Εικόνα 5-3: Ροές αποβλήτων από την αποσυναρμολόγηση (επιμεταλλώσεις)

γ. Από τις διεργασίες παράγονται επίσης επικίνδυνες αέριες εκπομπές (ατμοί βαρέων μετάλλων), με πλέον σημαντικές αυτές του χρωμίου, που διαφεύγουν από την επιφάνεια του πυκνού διαλύματος λόγω της υψηλής θερμοκρασίας, σε όγκο που δεν μπορεί να εκτιμηθεί (**A2**).

δ. Τέλος, μετά τη φυσικοχημική επεξεργασία, και εφόσον αυτή συνεχιστεί ως μέθοδος επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων, αυτά υποβιβάζονται σε δύο ροές επικίνδυνης ιλύος (**Σ1**) και (**Σ2**), βάρους **ενός τόνου η κάθε μία**.

Σχηματικά, οι ροές αποβλήτων από τις δεξαμενές επιμεταλλώσεων φαίνονται στην παραπάνω **Εικόνα 5-3**, καθώς και στην παρακάτω φωτογραφία (**Εικόνα 5-4**). Κάθε διάλυμα ή οξύ ακολουθείται από δεξαμενή νερού που γίνεται η έκπλυση του υλικού, μετά την επιμετάλλωση ή την αφαίρεση της, νερό που δημιουργεί το σημαντικότερο όγκο αποβλήτων (απόνερα).



Εικόνα 5-4: Το συνεργείο Επιμεταλλώσεων του ΚΕΑ. Αριστερά και δεξιά στις πλευρές οι δεξαμενές των διαλυμάτων. Η κατεύθυνση των δύο ροών αποβλήτων, όξινων και αλκαλικών απεικονίζεται με τα βέλη.

5.3.1 Παρούσα διαχείριση. Η διάταξη Εξουδετέρωσης-Καταβύθισης του ΚΕΑ.

Η επεξεργασία για τα όξινα απόβλητα της αριστερής πλευράς γίνεται στη διάταξη εξουδετέρωσης- καταβύθισης που έχει κατασκευάσει το ΚΕΑ (**Εικόνα 5-5**) με την ακόλουθη διαδικασία:

α. Εξισορρόπηση: Τα απόβλητα συγκεντρώνονται σε δεξαμενή μέχρι να συγκεντρωθεί ποσότητα που επαρκεί για την επεξεργασία

β. Αναγωγή εξασθενούς χρωμίου σε τρισθενές: Η διαδικασία γίνεται σε ακόμα πιο όξινο περιβάλλον, με περαιτέρω ρύθμιση του pH στο 2.5-3 με προσθήκη θειικού οξέος (H_2SO_4), και ακολούθως προσθήκη Bisulfit (όξινο θειώδες νάτριο, $NaHSO_3$) διαλυμένου σε νερό, οπότε και γίνεται αναγωγή του χρωμίου και παρατηρείται αλλαγή χρώματος των λυμάτων.

γ. Καταβύθιση: Ρύθμιση pH στο 7 με προσθήκη υδράσβεστου (lime) ($CaOH$) για τη δημιουργία αδιάλυτων υδροξειδίων του χρωμίου και του νικελίου.

δ. Κροκκίδωση: Για την υποβοήθηση της καθίζησης των υδροξειδίων, γίνεται προσθήκη πολυηλεκτρολύτη ($FeCl_3$), που επιτυγχάνει το διαχωρισμό της υγρής φάσης και της ιλύος.

ε. Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας, γίνεται έλεγχος της υγρής φάσης και μετά την επιβεβαίωση της καταλληλότητας της απελευθέρωση της στο περιβάλλον, ενώ η ιλύς δεσμεύεται και συγκεντρώνεται για διάθεση σε εξουσιοδοτημένο εξωτερικό φορέα. Από τη διαδικασία παράγεται περίπου ένας τόνος ιλύος κατ'έτος (**Σ1**).

Η επεξεργασία για τα αλκαλικά απόβλητα της δεξιάς πλευράς γίνεται επίσης στη διάταξη εξουδετέρωσης-καταβύθισης με την ακόλουθη, περίπου παρόμοια διαδικασία:

α. Εξισορρόπηση: Τα απόβλητα συγκεντρώνονται σε δεξαμενή μέχρι να συγκεντρωθεί ποσότητα που επαρκεί για την επεξεργασία

β. Οξείδωση του κυανίου: Η διαδικασία γίνεται σε αλκαλικό περιβάλλον, με ρύθμιση pH στο 9-10 με υδράσβεστο, και προσθήκη χλωρίνης 15% (υποχλωριώδες νάτριο, NaClO), 6 μέρη για κάθε 1 μέρος κυανίου (το κυάνιο μετρείται με φασματογράφο). Το κυάνιο οξειδώνεται και μετατρέπεται σε άζωτο και διοξείδιο του άνθρακα, και παρατηρείται αλλαγή χρώματος των λυμάτων.



Εικόνα 5-5: Η διάταξη Εξουδετέρωσης-Καταβύθισης του ΚΕΑ

γ. Αναγωγή εξασθενούς χρωμίου σε τρισθενές: Η διαδικασία γίνεται σε όξινο περιβάλλον, με ρύθμιση του pH στο 2.5-3 με προσθήκη θειικού οξέος (H_2SO_4), και ακολούθως προσθήκη Bisulfit (όξινο θειώδες νάτριο, $NaHSO_3$) διαλυμένου σε νερό, οπότε και γίνεται αναγωγή του χρωμίου και παρατηρείται αλλαγή χρώματος των λυμάτων.

δ. Καταβύθιση: Γίνεται ρύθμιση pH στο 7 με προσθήκη θειικού οξέος (H_2SO_4) για την επίτευξη συνθηκών δημιουργίας αδιάλυτων υδροξειδίων του καδμίου και του χρωμίου.

ε. Κροκκίδωση: Για την υποβοήθηση της καθίζησης των υδροξειδίων, γίνεται προσθήκη πολυηλεκτρολύτη ($FeCl_3$), που επιτυγχάνει το διαχωρισμό της υγρής φάσης και της ιλύος.

στ. Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας, γίνεται έλεγχος της υγρής φάσης και μετά την επιβεβαίωση της καταλληλότητας της απελευθέρωση της στο περιβάλλον, ενώ η ιλύς δεσμεύεται και συγκεντρώνεται για διάθεση σε εξουσιοδοτημένο εξωτερικό φορέα. Από τη διαδικασία παράγεται περίπου ένας τόνος ιλύος κατ'έτος (**Σ2**).



Εικόνα 5-6: Η δεξαμενή του διαλύματος επιχρωμίωσης. Διακρίνονται τα πλαστικά σφαιρίδια για τη δέσμευση των αέριων εκπομπών.

Όσον αφορά τις αέριες εκπομπές του χρωμίου, το ΚΕΑ χρησιμοποιεί τη μέθοδο των πλαστικών σφαιριδίων (**Εικόνα 5-6**), που τοποθετούνται στην επιφάνεια του διαλύματος χρωμικού οξέος, και βοηθούν στη δέσμευση και στην υγροποίηση των ατμών του χρωμίου. Κατά τα λοιπά οι αέριες εκπομπές

αποδεδειγμένα στο περιβάλλον από το σύστημα εξαερισμού περιμετρικά της δεξαμενής και ολόκληρου του συνεργείου.

5.3.2 Εναλλακτική μέθοδος επεξεργασίας

5.3.2.1 Υγρά απόβλητα

Η φυσικοχημική μέθοδος (καταβύθιση και κροκίδωση) που χρησιμοποιεί το ΚΕΑ είναι η πιο απλή και διαδεδομένη μέθοδος επεξεργασίας, και είναι επαρκής για την εξουδετέρωση των αποβλήτων στα όρια της νομοθεσίας. Παρ'όλα αυτά έχει αρκετά μειονεκτήματα. Είναι μια μέθοδος που απαιτεί συνεχή έλεγχο και επέμβαση και παράγει μεγάλη ποσότητα επικίνδυνης ιλύος σε ημιστερεά κατάσταση, που είναι επίσης επικίνδυνη για το περιβάλλον και απαιτεί τη διάθεση της με κόστος σε εξωτερικό φορέα. Επίσης, η μέθοδος είναι ακατάλληλη για την επεξεργασία των πυκνών διαλυμάτων, όταν αυτά χάσουν λόγω επιμόλυνσης την καταλληλότητά τους.

Η δεύτερη πιο διαδεδομένη μέθοδος είναι αυτή της ιοντοεναλλαγής, όπως αναλύθηκε στις προηγούμενες παραγράφους **3.2.5** και **3.4.1**. Η ιοντοεναλλαγή χρησιμοποιείται ευρέως στον βιομηχανικό τομέα των επιμεταλλώσεων. Σύμφωνα με τους Morgan και Lee (1997), η μέθοδος αυτή, το 1994 ήταν σε εφαρμογή από το 25% των μονάδων επιμετάλλωσης των ΗΠΑ. Η μέθοδος επίσης προσφέρεται για την επεξεργασία αποβλήτων από επιχρωμίωση και επικαδμίσωση, που είναι οι κύριες μέθοδοι που εφαρμόζει το ΚΕΑ.

Το μεγάλο πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι μπορεί να δώσει υγρά απόβλητα τα οποία είναι κατάλληλα για το περιβάλλον, αλλά και ανάκτηση 90% των βαρέων μετάλλων και 80-90% των οξέων, καθώς και στην ιδανική εφαρμογή της μηδενικά υγρά απόβλητα, με απ'ευθείας επιστροφή του νερού στα λουτρά έκπλυσης. Από τη μέθοδο παράγεται επίσης ιλύς, η οποία όμως δεν αποτελεί επικίνδυνο απόβλητο, και είναι συνεπώς θεωρητικά φθηνότερη στη διαχείριση της.

Η μέθοδος ανάλογα με το στόχο της (επεξεργασία αποβλήτων, ανάκτηση, μηδενική εκροή) αυξάνει σε πολυπλοκότητα και κόστος. Μερικά από τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι η ανάκτηση διαλύματος σε μικρότερες

συγκεντρώσεις από αυτά των διαλυμάτων επιμεταλλώσεων, το κόστος προμήθειας και η περιπλοκότητα του συστήματος, με αποτέλεσμα τις συχνές αστοχίες του.

Τα στοιχεία κόστους για την εγκατάσταση μονάδας ιοντοεναλλαγής, σύμφωνα με τους Morgan και Lee (1997) είναι τα ακόλουθα:

- Κόστος προμήθειας: \$30 000 - \$120 000
- Κόστος τοποθέτησης 5%-40% πλέον κόστους προμήθειας
- Κόστος λειτουργίας ιοντοεναλλαγής \$5 - \$9 /3875 lt, μισό από το κόστος της φυσικοχημικής μεθόδου.

Αντίστοιχα σύμφωνα με τους Gavascar et al (1994) τα κόστη ήταν τα ακόλουθα:

- Κόστος προμήθειας και τοποθέτησης μονάδας χρωμίου \$20 725
- Κόστος προμήθειας και τοποθέτησης μονάδας καδμίου \$16 700
- Κόστος λειτουργίας ιοντοεναλλαγής \$3983/1.92 εκατ. Gal (\$2/3875 lt), και της φυσικοχημικής μεθόδου περί τα \$15 / 3875 lt για το κάδμιο και \$25 / 3875 lt για το χρώμιο.
- Έσοδα από ανάκτηση καδμίου, 69 lb/έτος επί \$15/lb, και ανάκτηση χρωμίου 154 lb/έτος, που όμως δεν ήταν κατάλληλο για άμεση χρήση στο διάλυμα.

Η περίοδος αποπληρωμής σύμφωνα με κάθε μία από τις παραπάνω πηγές για το ΚΕΑ, λαμβάνοντας υπόψη την μικρή παραγωγή αποβλήτων 15.000 lt κατ'έτος προκύπτει πάρα πολύ μεγάλη. Η περίοδος υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\text{Περίοδος Αποπληρωμής} = \frac{\text{Κόστος Προμήθειας-Εγκατάστασης}}{\text{Μείωση Κόστους Λειτουργίας+Έσοδα Ανάκτησης}}$$

$$\text{Περίοδος Αποπληρωμής (Morgan and Lee)} = 31500 / [5*(15000/3875)] = \\ = \mathbf{904 \text{ \u03b5\u03c4\u03b7}} \text{ (ελάχιστο)}$$

Περίοδος Αποπληρωμής (Gavascar et al.)= $16700/[13*(7500/3875)+69*15]$
= **15,72 έτη** (κάδμιο-ελάχιστο)

Περίοδος Αποπληρωμής (Gavascar et al.)= $20725/(22*(7500/3875))$ =
= **486 έτη** (χρώμιο-ελάχιστο)

Από τον παραπάνω τύπο η περίοδος αποπληρωμής για την περίπτωση του ΚΕΑ υπολογίζεται μεγάλη, ειδικά για το χρώμιο, περί τα 486 έτη κατά τους Gavascar et al, έως και 904 έτη κατά τους Morgan και Lee, χρησιμοποιώντας τα ελάχιστα μεγέθη. Επισημαίνεται ότι η αντίστοιχη περίοδος για μεγάλη ιδιωτική μονάδα επιμεταλλώσεων υπολογίστηκε με την ίδια μέθοδο από τους Gavascar et al σε λιγότερο από ένα έτος, διαφορά που προκύπτει από την πολύ μεγάλη διαφορά στα παραγόμενα απόβλητα μεταξύ της προαναφερόμενης μονάδας και του ΚΕΑ.

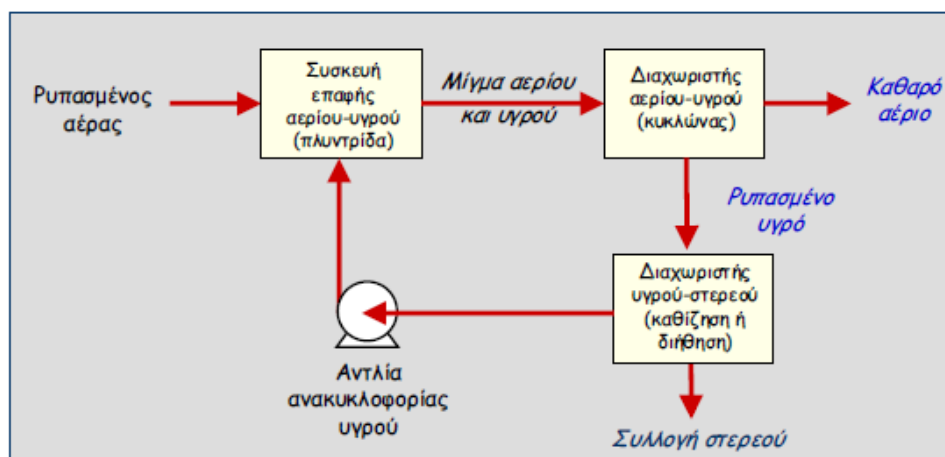
5.3.2.2 Αέρια Απόβλητα

Από τους ατμούς των οξέων στα μπάνια των πυκνών διαλυμάτων, και ειδικά αυτό της επιχρωμίωσης, παράγονται ατμοί χρωμικού οξέος, οι οποίοι είναι επικίνδυνοι για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Οι ατμοί του χρωμικού οξέος είναι σταγονίδια (mist) μικρού έως και πολύ μικρού μεγέθους (1-10 μ m).

Η πρώτη και απλούστερη μέθοδος που ήδη χρησιμοποιεί το ΚΕΑ είναι αυτή της υγροποίησης μέσω των πλαστικών σφαιριδίων, η οποία όμως δεν αρκεί για την πλήρη δέσμευση των ατμών του χρωμίου. Για την περαιτέρω επεξεργασία τους συνήθως χρησιμοποιούνται διατάξεις καταιονισμού (wet scrubbers-υγρές πλυντρίδες) όπου γίνεται ψεκασμός νερού στο ρεύμα του αέρα, προκειμένου να κατακρατούνται οι ατμοί του χρωμικού οξέος.

Ο όρος πλυντρίδες αναφέρεται γενικά σε συστήματα ελέγχου της αέριας ρύπανσης που χρησιμοποιούν μια υγρή φάση (συνήθως νερό) για να αφαιρούν στερεά ή υγρά σωματίδια από το αέριο ρεύμα, με την προσκόλληση τους στην υγρή φάση (Ανδρίτσος, 2011). Τα κυριότερα τμήματα μιας τέτοιας διάταξης φαίνονται στην **Εικόνα 5-7**. Υπάρχουν διάφοροι τύποι πλυντρίδων, ανάλογα με τον τρόπο και την κατεύθυνση επαφής του υγρού με το αέριο, όπως πλυντρίδες με ακροφύσια, με επιφάνειες πρόσκρουσης όπως

πληρωτικό υλικό ή πλάκες, με στένωση (venturi), με μηχανικά στροφεία κ.α. Επίσης στο τέλος της διάταξης περιλαμβάνεται συνήθως ένας αποτροπέας συμπαρασυρμού της υγρασίας (demister ή mist eliminator) που είναι κατά την πιο κοινή μέθοδο ένα φίλτρο («σίτα») συγκράτησης των μεγάλων σταγονιδίων του νερού (Ανδρίτσος, 2011).



Εικόνα 5-7: Τα κυριότερα τμήματα ενός συστήματος πλυντρίδας. (Πηγή: Ανδρίτσος, 2011)

Το κόστος επένδυσης ενός συστήματος πλυντρίδας για επιμεταλλωτήρια εκτιμήθηκε από το ΥΠΕΧΩΔΕ (2001) στα 100.000 € (0.1 Mecu) ενώ το κόστος λειτουργίας, αν και δεν αναφέρεται στη συγκεκριμένη πηγή θεωρείται σύμφωνα με τον Ανδρίτσο υψηλό, λόγω των απαιτήσεων για υψηλή πτώση πίεσης και συνεπώς υψηλή ισχύ.

Μετά το «ξέπλυμα» του αέριου ρεύματος, το πρόβλημα της ρύπανσης με χρωμικό οξύ έχει πλέον μεταφερθεί στην υγρή φάση, για την οποία οι δυνατότητες επεξεργασίας αναλύθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο.

5.3.2.3 Στερεά Απόβλητα

Όπως προαναφέρθηκε, μετά τη φυσικοχημική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, αυτά υποβιβάζονται σε δύο ροές επικίνδυνης ιλύος (Σ1) και (Σ2), βάρους ενός τόνου η κάθε μία. Η ιλύς αυτή, σε ημιστερεά κατάσταση, προωθείται για αποτέφρωση σε εξωτερικό φορέα με κόστος.

Η ιλύς από τη φυσικοχημική μέθοδο επιδέχεται πάχυνσης και συμπίεσης-πύκνωσης για αφαίρεση των υγρών. Με τον τρόπο αυτό, που απαιτεί την κατασκευή δεξαμενής πάχυνσης και την προμήθεια μιας φιλτροπρέσσας για τη συμπίεση των αποβλήτων, το βάρος της ιλύος μπορεί να μειωθεί σημαντικά, ως και 50%. Τα υγρά που αφαιρούνται από την ιλύ θα πρέπει να επαναπροωθούνται στη φυσικοχημική επεξεργασία.

Το ενδεικτικό κόστος επένδυσης για την εφαρμογή αυτής της διαδικασίας εκτιμάται από το ΥΠΕΧΩΔΕ (2001) σε 1000 €/tn/ημέρα και το αντίστοιχο λειτουργίας σε 10€ /tn. Παρ'ότι το ΚΕΑ παράγει μόλις 2 τόνους ιλύος το χρόνο, η θεώρηση του κόστους επένδυσης σε σύστημα για ελάχιστη λειτουργία ενός tn/ημέρα θεωρείται επισφαλής. Θεωρώντας ένα σύστημα επεξεργασίας 10 t/ημέρα, το κόστος επένδυσης θα είναι 10000 € και το κόστος λειτουργίας 10 €/tn. Επίσης θα παραμείνει περίπου το 50% (1 tn) πυκνότερης επικίνδυνης ιλύος που θα πρέπει πάλι να προωθηθεί ως επικίνδυνο απόβλητο (πρόσθετο κόστος 2,5 €/Kg ήτοι 2500 €).

Το ΚΕΑ δαπανά συνολικά 5000 ευρώ/έτος για την παρούσα διαχείριση των 2 tn της ιλύος. Η περίοδος αποπληρωμής για την εγκατάσταση και λειτουργία διάταξης πύκνωσης-πάχυνσης ιλύος υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\text{Περίοδος Αποπληρωμής} = \frac{\text{Κόστος Προμήθειας-Εγκατάστασης}}{\text{Μείωση Κόστους Λειτουργίας+Έσοδα Ανάκτησης}}$$

Και στην περίπτωση μας, είναι

$$\text{Περίοδος αποπληρωμής} = 10000 / (5000 - 2500 - 20) = \mathbf{4,03 \text{ \textit{έτη}}}$$

Από τον παραπάνω υπολογισμό φαίνεται ότι η εγκατάσταση ενός συστήματος πάχυνσης-πύκνωσης είναι όχι μόνο περιβαλλοντικά ωφέλιμη, αφού μειώνει τον όγκο των αποβλήτων κατά 50%, αλλά και οικονομικά αποσβέσιμη.

5.4 Απόβλητα από την Επιθεώρηση

Κατά το στάδιο της επιθεώρησης, και ειδικά από τις εργασίες μη καταστροφικού έλεγχου (NDI) με τη μέθοδο των διεισδυτικών υγρών παράγονται υγρά απόβλητα (απόνερα) τα οποία αποτελούν μείγμα των παρακάτω:

α. Διεισδυτικό (penetrant), προδιαγραφής MAGNAFLUX ZL-27A (πετρελαιοειδές 30-60% με ισχυρή φωσφορίζουσα βαφή (φωσφορικά άλατα-phosphates) σε ποσοστό 10%.

β. Γαλακτωματοποιητής (emulsifier), προδιαγραφής MAGNAFLUX ZE-4B (πετρελαιοειδές 60-100%).

γ. Νερό (98%) από την έκπλυση των υλικών από τις παραπάνω προδιαγραφές.

Ο συνολικός όγκος των παραγόμενων απόνερων που δημιουργείται κατά κύριο λόγο από τα απόνερα της έκπλυσης εκτιμάται σε 12 κυβικά μέτρα ή **12.000 λίτρα/έτος (Υ6)**, με κύρια χαρακτηριστικά το ισχυρό φωσφορίζον χρώμα, μεγάλη περιεκτικότητα σε πετρελαιοειδή, διαλυμένα λίπη/έλαια και αυξημένο BOD/COD.

5.4.1 Παρούσα επεξεργασία

Τα απόβλητα διατίθενται σε εξωτερικό πιστοποιημένο φορέα με κόστος περί τα 2,5 ευρώ/λίτρο. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραγόμενα 12.000 λίτρα κατ'έτος, το ετήσιο κόστος διαχείρισης είναι 30.000 ευρώ/έτος.

5.4.2 Προτεινόμενες μέθοδοι επεξεργασίας

Οι μέθοδοι επεξεργασίας που διατίθενται για σύγκριση είναι οι ακόλουθες:

α. Διαχωριστές (coalescers)

β. Επεξεργασία με ενεργό άνθρακα

γ. Επεξεργασία με μεμβράνες (διήθηση, αντίστροφη ώσμωση)

δ. Επεξεργασία με όζον

ε. Εξατμιστές (evaporators)

Από τα παραπάνω συστήματα, οι διαχωριστές δεν κρίνονται κατάλληλοι για τα απόβλητα, καθώς δεν αφαιρούν ικανοποιητικά τις βαφές αλλά και σε μεγάλο ποσοστό ούτε τα γαλακτοποιημένα έλαια. Τα υπόλοιπα συστήματα (πολλά από τα οποία περιλαμβάνουν διαχωριστές ως επιμέρους παρελκόμενα) είναι θεωρητικά ικανά να αντιμετωπίσουν τα συγκεκριμένα απόβλητα και συγκρίνονται ποιοτικά και οικονομικά στις ακόλουθες υποπαραγράφους.

5.4.2.1 Ποιοτική σύγκριση

Για την ευχερέστερη ποιοτική σύγκριση των προτεινόμενων μεθόδων, στον ακόλουθο **Πίνακα 5-2** φαίνεται η σύγκριση τους στα τρία κύρια χαρακτηριστικά των αποβλήτων, που είναι έλαια-λίπη, βαφές και BOD/COD.

	Φίλτρα ενεργού άνθρακα	Μεμβράνες νανοδιήθησης	Οξειδωση με Όζον	Εξατμιστές
Έλαια	Κακή	Πολύ καλή	Κακή	Πολύ καλή
Βαφές	Πολύ καλή	Πολύ καλή	Πολύ καλή	Πολύ καλή
BOD/COD	Πολύ καλή	Πολύ καλή	Μέτρια	Πολύ καλή

Πίνακας 5-2: Σύγκριση προτεινόμενων συστημάτων επεξεργασίας απόνερων μεθόδου NDI με διεισδυτικά υγρά [απόσπασμα από τον αντίστοιχο πίνακα των Hessinger, White, 1998 (p.969)]

Τα καλύτερα ποιοτικά αποτελέσματα, αναφορικά με την εκροή καθαρού νερού ανάμεσα στις παραπάνω μεθόδους φαίνεται να έχουν η επεξεργασία με μεμβράνες (ειδικά η νανοδιήθηση) και η εξάτμιση, καθώς μπορούν να αποδώσουν πολύ καθαρό νερό. Στα μειονεκτήματα τους είναι ότι αφήνουν συμπυκνωμένα απόβλητα με τη μορφή υγρής ιλύος, σε μεγαλύτερη ποσότητα οι εξατμιστές. Αντίθετα, η μέθοδος της οξειδωσης έχει χαμηλά αποτελέσματα στη μείωση BOD/COD (περίπου 50%-60% αφαίρεση), αλλά έχει το πλεονέκτημα ότι δεν αφήνει συμπυκνωμένα απόβλητα.

5.4.2.2 Οικονομική σύγκριση

Από τα παραπάνω συστήματα έγινε προσπάθεια να ληφθούν στοιχεία κόστους από προηγούμενες εργασίες και βιβλιογραφία, καθώς και στο διαδίκτυο για διατιθέμενα εμπορικά συστήματα και επικοινωνία με κατασκευάστριες εταιρείες. Τα προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν, πιθανόν λόγω της εξειδίκευσης του αντικειμένου είναι τα ακόλουθα:

- Περιορισμένη βιβλιογραφία για την επεξεργασία των συγκεκριμένων αποβλήτων, προερχόμενη κυρίως από εταιρείες που διαθέτουν και εμπορεύονται αναλώσιμα και εξοπλισμό για ελέγχους NDI.
- Δυσκολία ανεύρεσης στοιχείων κόστους προμήθειας, όπου βρέθηκαν πολύ μεγάλο εύρος τιμών για παρόμοιες συσκευές και έλλειψη στοιχείων για το κόστος συντήρησης.

Τα στοιχεία κόστους που τελικά βρέθηκαν και αναφέρονται με τις προαναφερθείσες επιφυλάξεις, είναι τα ακόλουθα:

α. Ενεργός άνθρακας: Προμήθεια 20.000 €, λειτουργία 12710 €/7300 λίτρα αποβλήτων ή 1,74 €/λίτρο (Lessmann et al, 2006).

β. Νανοδιήθηση: Προμήθεια 50.000 €, λειτουργία 1,74 €/λίτρο (Lessmann et al, 2006, επικοινωνία με εταιρεία "Sanborn Technologies").

γ. Οξειδωση με όζον: Προμήθεια 20.000 €, λειτουργία 25 €/1000 λίτρα (EI-Dein et al, 2006).

ε. Εξάτμιση: Προμήθεια 15.000 €, λειτουργία (χωρίς το κόστος διαχείρισης της ιλύος) \$0,05/gal ή 17 € /1000 λίτρα (με ισοτιμία 1 €=\$1,35) (Φυλλάδια συσκευών εξάτμισης EMC Equipment Manufacturing Corporation και DRAYGON Enterprises inc). Συνυπολογίζοντας το κόστος διαχείρισης ιλύος σε 1687 € /7300 λίτρα αποβλήτων ή 0,23 €/λίτρο αποβλήτων (Lessmann et al, 2006), και ιλύ 10% επί του αρχικού όγκου των αποβλήτων, το συνολικό κόστος λειτουργίας για την εξάτμιση ανέρχεται τελικά σε 248 €/1000 λίτρα.

Τα παραπάνω κόστη, εφαρμοσμένα στην περίπτωση του ΚΕΑ και στα 12000 λίτρα απόβλητων που παράγει κατ'έτος, φαίνονται συνοπτικά στον ακόλουθο **Πίνακα 5-3**.

	Παρούσα διαχείριση (εξωτερικός φορέας)	Φίλτρα ενεργού άνθρακα	Μεμβράνες νανοδιήθησης	Οξειδωση με Όζον	Εξατμιστές
Κόστος Προμήθειας (€)	-	20 000	50 000	20 000	15 000
Κόστος λειτουργίας (€/έτος)	30 000	20 880	20 880	600	2976
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)	-	2,19	5,48	0,68	0,56
Κατάταξη		3	4	2	1

Πίνακας 5-3: Κόστος και περίοδος αποπληρωμής προτεινόμενων συστημάτων επεξεργασίας απόβλητων μεθόδου NDI με διεισδυτικά υγρά

Για να αξιολογηθούν και ιεραρχηθούν οικονομικά οι δυνατές λύσεις επεξεργασίας χρησιμοποιήθηκε το μέγεθος της περιόδου αποπληρωμής, που υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\text{Περίοδος Αποπληρωμής} = \frac{\text{Κόστος Προμήθειας-Εγκατάστασης}}{\text{Μείωση Κόστους Λειτουργίας+Έσοδα Ανάκτησης}}$$

Όπως φαίνεται από τον **Πίνακα 5-3**, όλα τα συστήματα φαίνεται να είναι αποσβέσιμα, σε λιγότερο από ένα χρόνο για τους εξατμιστές και το όζον, που είναι τα φθηνότερα, έως λίγο πάνω από 5 έτη για ένα σύστημα νανοδιήθησης, που αν και ακριβότερο έχει θεωρητικά τα καλύτερα ποιοτικά αποτελέσματα. Θεωρώντας την ωφέλιμη ζωή ενός τέτοιου συστήματος τα 10 έτη, δύναται να

εξαχθεί το συμπέρασμα ότι στο ίδιο διάστημα το οικονομικό όφελος σε σχέση με την παρούσα διαχείριση θα προσεγγίσει σε βάθος δεκαετίας το 50%.

5.5 Απόβλητα από τη Χρώση

Απόβλητα από τη χρώση, όπως αναλύθηκε προκύπτουν:

α. Υγρά απόβλητα (απόνερα), από τον καθαρισμό της δομής με νερό μετά την ολοκλήρωση της ανοδίωσης (περίπου **30.000 λίτρα/έτος**) που είναι όξινα και περιέχουν χρώμιο (**Y7**).

β. Υγρά απόβλητα (απόνερα), από τον καθαρισμό του περιβάλλοντος χώρου του συνεργείου με νερό μετά την ολοκλήρωση της χρώσης (περίπου **1000 λίτρα/έτος**) που περιέχουν υπολείμματα των βαφών, με χρώμιο και διαλύτες (**Y8**).

γ. **Αέρια απόβλητα (VOCs)**, σε όγκο που δεν μπορεί να εκτιμηθεί και υπολογίστηκε ενδεικτικά σε **1065 Kg/έτος (A3)**.

5.5.1 Παρούσα επεξεργασία

Οι ροές των υγρών αποβλήτων Y7 και Y8 καταλήγουν σε κλειστό φρεάτιο (στεγανό βόθρο) και από εκεί σε εξωτερικό φορέα προς 2,5 ευρώ/λίτρο. Τα αέρια απόβλητα (VOCs) οδηγούνται από το σύστημα εξαερισμού χωρίς προηγούμενη επεξεργασία στο περιβάλλον.

5.5.2 Προτεινόμενες μέθοδοι επεξεργασίας

α. Η ροή **Y7** αποτελείται από απόνερα της ανοδίωσης με χαρακτηριστικά την οξύτητα και την περιεκτικότητα σε χρώμιο. Το ΚΕΑ διαθέτει ήδη διάταξη εξουδετέρωσης-καταβύθισης, με εφαρμογή της χημικής μεθόδου και επεξεργάζεται απολύτως παρόμοια απόβλητα (απόνερα ανοδίωσης) από τις επιμεταλλώσεις. Συνεπώς η ροή αυτή πρέπει να διαχωριστεί από τις ροές της χρώσης και απόχρωσης (**Y2** και **Y8**) και να κατευθυνθεί στην ήδη υπάρχουσα διάταξη εξουδετέρωσης, που περιγράφηκε στην παραπάνω **παρ.4.3.1**.

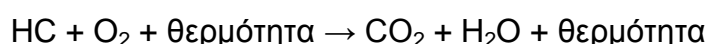
Δεδομένου ότι σύμφωνα με τους Gavascar et al (1994) το κόστος της φυσικοχημικής μεθόδου, συμπεριλαμβανομένου του κόστους αποκομιδής της ιλύος είναι περί τα \$25 / 3875 lt, έναντι των 2,5 € /lt που δαπανά για αποκομιδή το ΚΕΑ, διαφαίνεται άμεσα το σημαντικό και άμεσο οικονομικό όφελος από μια τέτοια επιλογή.

Για την εφαρμογή αυτής της λύσης, απαιτείται η επίλυση του τεχνικού προβλήματος διαχωρισμού και μεταφοράς της ροής αυτής από το Χρωστήριο και κατεύθυνσης της στην υπάρχουσα διάταξη, που απέχει γεωγραφικά και είναι τοποθετημένη στο Επιμεταλλωτήριο. Αυτό όπως αναλύθηκε στην παραπάνω **παρ.4.2** είναι ούτως ή άλλως αναγκαίο να εξεταστεί, καθώς και τα απόβλητα της απόχρωσης, μετά την επεξεργασία τους για τις φαινόμενες πρέπει να υποστούν επεξεργασία για την αφαίρεση του χρωμίου.

β. Η ροή **Y8** είναι μικρή σε όγκο ροή απόνερων (περίπου 1000 lt/έτος) και περιέχει οργανικά (διαλύτες) και χρώμιο από τα χρώματα. Η επεξεργασία τους μπορεί να γίνει μαζί με τα οργανικά απόνερα της απόχρωσης (**Y2**), με τα οποία μπορούν να συνεχίσουν να συλλέγονται από κοινού, με όποια λύση επιλεγεί (χημική οξειδωση/ενεργός άνθρακας/βιολογικά φίλτρα και ακολούθως καταβύθιση).

γ. Οι αέριες εκπομπές από τα χρωστήρια αποτελούν ένα σύνθετο πρόβλημα, καθώς αποδεδειγμένα ένα ανομοιογενές και σύνθετο μείγμα από VOCs σε ασυνεχή ροή. Οι εφαρμόσιμες μέθοδοι επεξεργασίας περιλαμβάνουν την προσρόφηση σε ενεργό άνθρακα, τα βιολογικά φίλτρα και τα συστήματα θερμικής ή καταλυτικής οξειδωσης.

Η θερμική οξειδωση αποσκοπεί στη μετατροπή των αέριων υδρογονανθράκων σε διοξείδιο του άνθρακα και ατμούς νερού, παρουσία οξυγόνου, σε υψηλή θερμοκρασία από 425 έως 760° C σύμφωνα με την γενική αντίδραση:



Στην καταλυτική οξειδωση η ίδια αντίδραση γίνεται με την προσθήκη καταλύτη, συνήθως ευγενές μέταλλο όπως παλλάδιο ή πλατίνα. Ο καταλύτης αποσκοπεί στη μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων, οδηγώντας την

αντίδραση να πραγματοποιείται σε θερμοκρασία από 310 σε 425°C (Ανδρεαδάκη, 2010).

5.5.2.1 Ποιοτική σύγκριση

Σύμφωνα με τους Kinney και Moe (2004), οι συμβατικές μέθοδοι της θερμικής οξειδωσης και της προσρόφησης σε ενεργό άνθρακα είναι οι πιο συνηθισμένες για τη δέσμευση/επεξεργασία των VOCs. Στα μειονεκτήματα τους περιλαμβάνονται, η παραγωγή ανεπιθύμητων παραπροϊόντων, οι απαιτήσεις σε ενέργεια και το υψηλό κόστος για μεγάλες αέριες ροές, με χαμηλή συγκέντρωση σε VOCs. Η μέθοδος του ενεργού άνθρακα αναφέρεται ως η οικονομικότερη, αλλά δεν εξετάζεται οικονομικά, πιθανόν γιατί δεν θεωρείται πάντα επαρκής για την επίτευξη των ποσοστών μείωσης που απαιτείται σε κάποιες από τις πολιτείες των ΗΠΑ.

Τα συστήματα χημικής ή καταλυτικής οξειδωσης έχουν πολύ καλά αποτελέσματα (απομάκρυνση VOCs έως 90%) άλλα έχουν και πολύ υψηλό κόστος προμήθειας και λειτουργίας, ειδικά για τις ψυχρές εκπομπές όπως αυτές των χρωστηρίων. Τα βιολογικά φίλτρα από την άλλη πλευρά, έχουν χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις, σχετικά χαμηλό κόστος λειτουργίας και δεν παράγουν παραπροϊόντα. Οι Kinney και Moe διαπίστωσαν ότι διάφορες διατάξεις και στρατηγικές χρήσεις βιολογικών φίλτρων μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και να επιτύχουν την επιθυμητή αφαίρεση των VOCs σε ποσοστό πάνω από 90%.

5.5.2.2 Οικονομική σύγκριση

Τα κόστη προμήθειας και λειτουργίας για τις μεθόδους οξειδωσης και βιολογικών φίλτρων λήφθηκαν από τους Kinney και Moe. Δεδομένου ότι δεν συμπεριέλαβαν τον ενεργό άνθρακα στο οικονομικό μέρος της μελέτης τους, τα στοιχεία κόστους για τη μέθοδο αυτή λήφθηκαν από οδηγία της υπηρεσίας περιβάλλοντος των ΗΠΑ (US EPA, 1999). Τα στοιχεία αυτά φαίνονται στον ακόλουθο **Πίνακα 5-4**.

	Καταλυτική Οξειδωση	Θερμική Οξειδωση	Βιολογικά φίλτρα	Ενεργός άνθρακας
Ετήσιο Ανηγγμένο Κόστος (\$)	162 889 ^(*1)	297 240 ^(*1)	84 737 ^(*1)	43 000 ^(*2)
<p>(*1) Επιτόκιο προεξόφλησης 7%, ωφέλιμη λειτουργία 10 έτη, παροχή 4000 scfm (*2) Επιτόκιο προεξόφλησης 7%, ωφέλιμη λειτουργία 10 έτη, παροχή 5000 scfm, περιεκτικότητα VOC (Τολουένιο) 50 lb/hr</p>				

Πίνακας 5-4: Ετήσιο Ανηγγμένο Κόστος μεθόδων επεξεργασίας αέριων εκπομπών υδρογονανθράκων (VOCs). Πηγές: Kinney and Moe (*1), U.S EPA (*2)

Από τον παραπάνω **Πίνακα 5-4**, επιβεβαιώνεται συγκριτικά ότι η μέθοδος του ενεργού άνθρακα είναι οικονομικότερη, με δεύτερη αυτή των βιολογικών φίλτρων.

5.6 Απόβλητα από τους Λειτουργικούς Ελέγχους

Κατά τους λειτουργικούς ελέγχους δημιουργούνται απόβλητα από τα λειτουργικά υγρά του αεροσκάφους, καύσιμα, λάδια και υδραυλικά. Οι ροές αυτές είναι ως ακολούθως:

- α. Καύσιμα, προδιαγραφής JP-8 (Y9) 2500 λίτρα/έτος,
- β. Έλαια, προδιαγραφής BP TURBO OIL 2 περί τα 100 λίτρα/έτος (Y10) και
- γ. Υδραυλικά, προδιαγραφής MIL-H-83282 επίσης περί τα 100 λίτρα/έτος (Y11).

5.6.1 Παρούσα επεξεργασία

Τα απόβλητα αυτά συγκεντρώνονται σε βυτιοφόρα (καύσιμα) και βαρέλια (ελαιουδραυλικά), από τα οποία αποκομίζονται περιοδικά χωρίς κόστος για το

ΚΕΑ. Τα καύσιμα (Υ9) συγκεντρώνονται από ειδικό κηροζινοφόρο όχημα, και μετά από έλεγχο καταλληλότητας, είτε επιστρέφουν στις δεξαμενές αεροπορικού καυσίμου, είτε, εφόσον είναι ακατάλληλα προωθούνται κεντρικά από την Πολεμική Αεροπορία για υποβιβασμό. Τα έλαια και τα υδραυλικά (Υ10, Υ11) οδηγούνται χωρίς κόστος για ανακύκλωση σε εταιρείες πετρελαιοιδών.

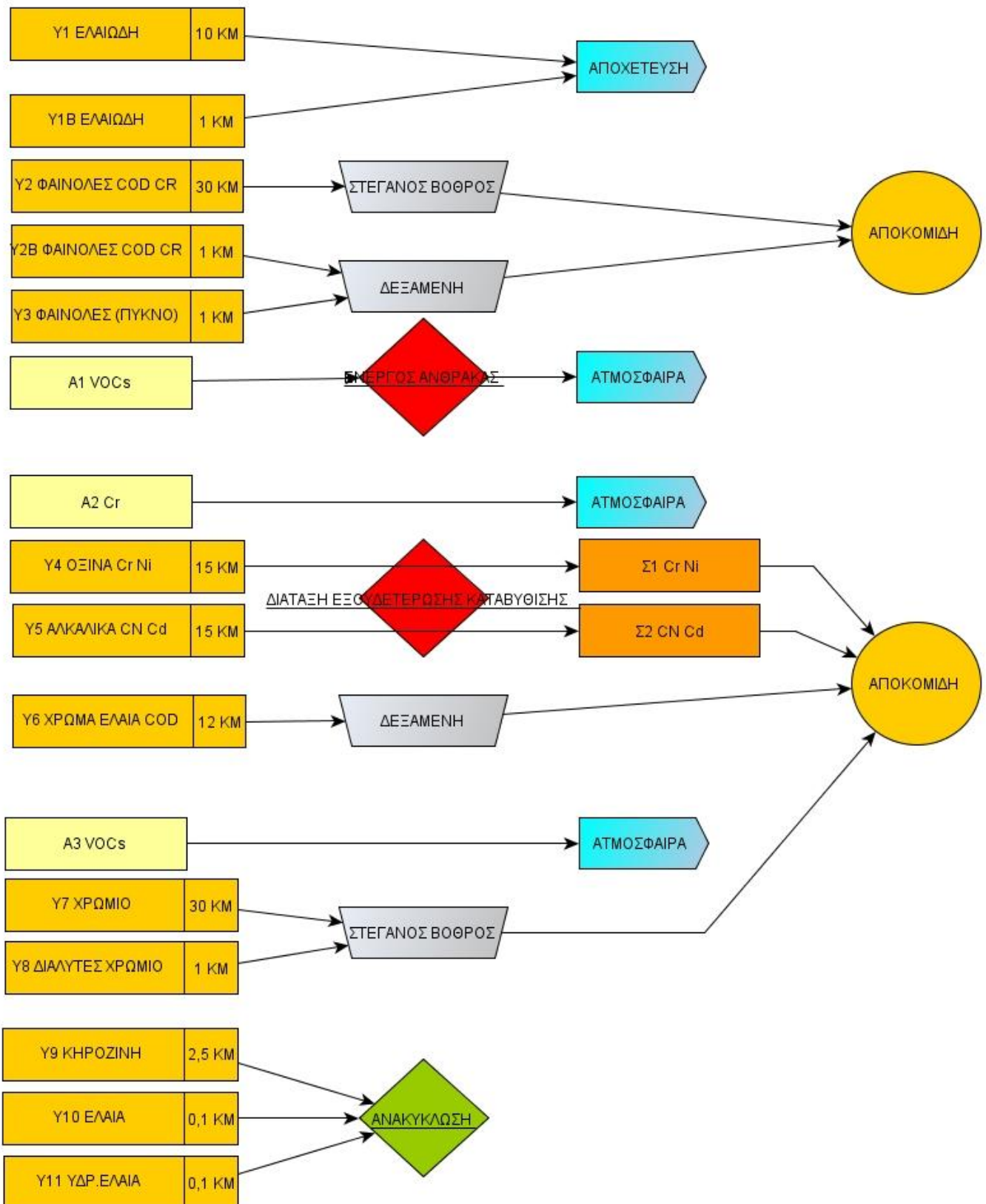
5.6.2 Προτεινόμενες μέθοδοι επεξεργασίας

Η παρούσα διαχείριση είναι οικονομική, κατάλληλη και περιβαλλοντικά φιλική. Συνεπώς δεν προτείνεται τροποποίηση της.

5.7 Παρούσα διαχείριση αποβλήτων ΚΕΑ - Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Η παρούσα διαχείριση των αποβλήτων του ΚΕΑ, όπως αναλύθηκε στις παραπάνω παραγράφους, φαίνεται σχηματικά στην ακόλουθη **Εικόνα 5-9**.

Όπως φαίνεται από την ανάλυση που προηγήθηκε, το ΚΕΑ έχει επίγνωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των εργασιών του και καταφέρνει σε μεγάλο βαθμό να αναγνωρίσει, απομονώσει και διαχειριστεί τα απόβλητα του διαθέτοντας, σε σχέση με τα διαθέσιμα του, σημαντικό κόστος και προσπάθεια. Το γεγονός αυτό είναι το θετικό στοιχείο για το σύστημα διαχείρισης αποβλήτων του εργοστασίου, χωρίς ωστόσο να λείπουν τα αρνητικά σημεία και τα περιθώρια βελτίωσης.



Εικόνα 5-8: Παρούσα διαχείριση αποβλήτων ΚΕΑ

Η παρούσα διαχείριση των αποβλήτων από το ΚΕΑ έχει πιο συγκεκριμένα τα εξής αρνητικά χαρακτηριστικά:

α. Ο μεγάλος όγκος των υγρών αποβλήτων, που αξιολογούνται ορθά ως επικίνδυνα (περίπου 74 κυβικά μέτρα/έτος) καταλήγει σε αποκομιδή υπό κόστος 2,5 €/lt από εξουσιοδοτημένο φορέα. Επίσης στην αποκομιδή καταλήγουν 2 τόνοι ημιστερεάς επικίνδυνης ιλύος κατ'έτος, ιλύς που όμως δεν έχει υποστεί συμπίεση και πάχυνση.

β. Μικρός όγκος ελαιωδών αποβλήτων (περίπου 11 κυβικά μέτρα) καταλήγει στο αποχετευτικό σύστημα του ΚΕΑ.

γ. Τα αέρια απόβλητα (VOCs) του Χρωστηρίου δεν υφίστανται κάποια επεξεργασία αν και είναι αρκετά σημαντικά σε ποσότητα, όπως επίσης και τα κρίσιμα σε τοξικότητα αέρια χρωμίου από τις επιμεταλλώσεις.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την παραπάνω διαχείριση είναι οι ακόλουθες:

α. Ο μεγάλος όγκος υγρών αποβλήτων για αποκομιδή δημιουργεί πρόβλημα διαχείρισης, ειδικά σε ένα εργοστάσιο υπό κρατικό έλεγχο όπως είναι το ΚΕΑ. Η εξασφάλιση των απαιτούμενων οικονομικών πόρων, η ανεύρεση και το ενδιαφέρον εξουσιοδοτημένου προμηθευτή και η ενεργοποίηση του είναι μη αυτόματες διαδικασίες, υπό το αυστηρό διαδικαστικό και νομικό πλαίσιο του κράτους. Οι σχετικές χρονικές επιδόσεις και ίσως καθυστερήσεις που παρουσιάζονται, μπορούν να οδηγήσουν το σύστημα διαχείρισης σε αδιέξοδο (π.χ συμπλήρωση δεξαμενών και φρεατίων παρακράτησης).

Η αποκομιδή μεγάλου όγκου αποβλήτων, που θα μπορούσε να υποστεί επεξεργασία επιτόπου έχει επίσης πρόσθετες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, π.χ κίνδυνο διαρροής ή απώλειας, αέρια ρύπανση και κατανάλωση ενέργειας από τα καυσαέρια της μεταφοράς κ.ο.κ. Επισημαίνεται ενδεικτικά ότι, σύμφωνα με την ενημέρωση από το προσωπικό του ΚΕΑ, η εξουσιοδοτημένη εταιρεία που ανέλαβε την εργασία αποκομιδής την τελευταία φορά μετέφερε τα απόβλητα στη Γερμανία, όπου και υπήρχαν οι κατάλληλες εγκαταστάσεις αποτέφρωσης.

β. Τα ελαιώδη απόβλητα, αν και σε μικρή ποσότητα και μη τοξικά, είναι γενικά επιβλαβή για το περιβάλλον, ειδικά αν ληφθεί επιπρόσθετα υπόψη ότι η περιοχή του εργοστασίου είναι κοντά στη θάλασσα και δεν διαθέτει βιολογικό καθαρισμό. Όπως αναλυτικότερα αναφέρθηκε στην **παρ.1.5.2** τα απόβλητα αυτά είναι θεωρητικά επιβλαβή ειδικά για τον υδροφόρο ορίζοντα, καθώς δημιουργούν προβλήματα γεύσης και οσμής, επηρεάζουν τη φωτοσύνθεση και τον αερισμό του νερού, και σε μεγάλες συγκεντρώσεις μπορεί να μειώσουν το διαλυμένο οξυγόνο στον αποδέκτη. Για να αξιολογηθεί με μεγαλύτερη ασφάλεια η σχετική επίδραση των αποβλήτων του ΚΕΑ πρέπει να προηγηθεί εργαστηριακή ανάλυση τους.

γ. Τα αέρια απόβλητα του ΚΕΑ επίσης έχουν επίδραση στο περιβάλλον. Τα VOCs συμβάλουν στην καταστροφή του όζοντος με αποτέλεσμα τη συμμετοχή στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, και μπορεί να έχουν τοξικές επιπτώσεις, όπως επίσης, και πλέον σημαντική τοξική επίδραση έχουν οι ατμοί του χρωμίου από τις επιμεταλλώσεις.

5.8 Προτεινόμενη διαχείριση αποβλήτων ΚΕΑ - Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Η προτεινόμενη διαχείριση αποβλήτων από το ΚΕΑ, όπως αναλύθηκε προηγούμενα στο παρόν Κεφάλαιο για κάθε ροή αποβλήτων φαίνεται σχηματικά στην ακόλουθη **Εικόνα 5-10**.

Η διαχείριση αυτή παρουσιάζει τα εξής θετικά χαρακτηριστικά:

α. Τα υγρά απόβλητα που καταλήγουν σε αποκομιδή μειώνονται σε πολύ μεγάλο βαθμό:

- Η μεγάλη ροή 31 κ.μ. των φαινολικών (Υ2 και Υ2Β), αντί να αποκομίζεται, μετά την οξείδωση ή προσρόφηση της και την επεξεργασία της στη διάταξη καταβύθισης μπορεί να καταλήγει στην αποχέτευση, όπως επίσης και το μεγαλύτερο μέρος της ροής των διεισδυτικών (12 κ.μ, Υ6).

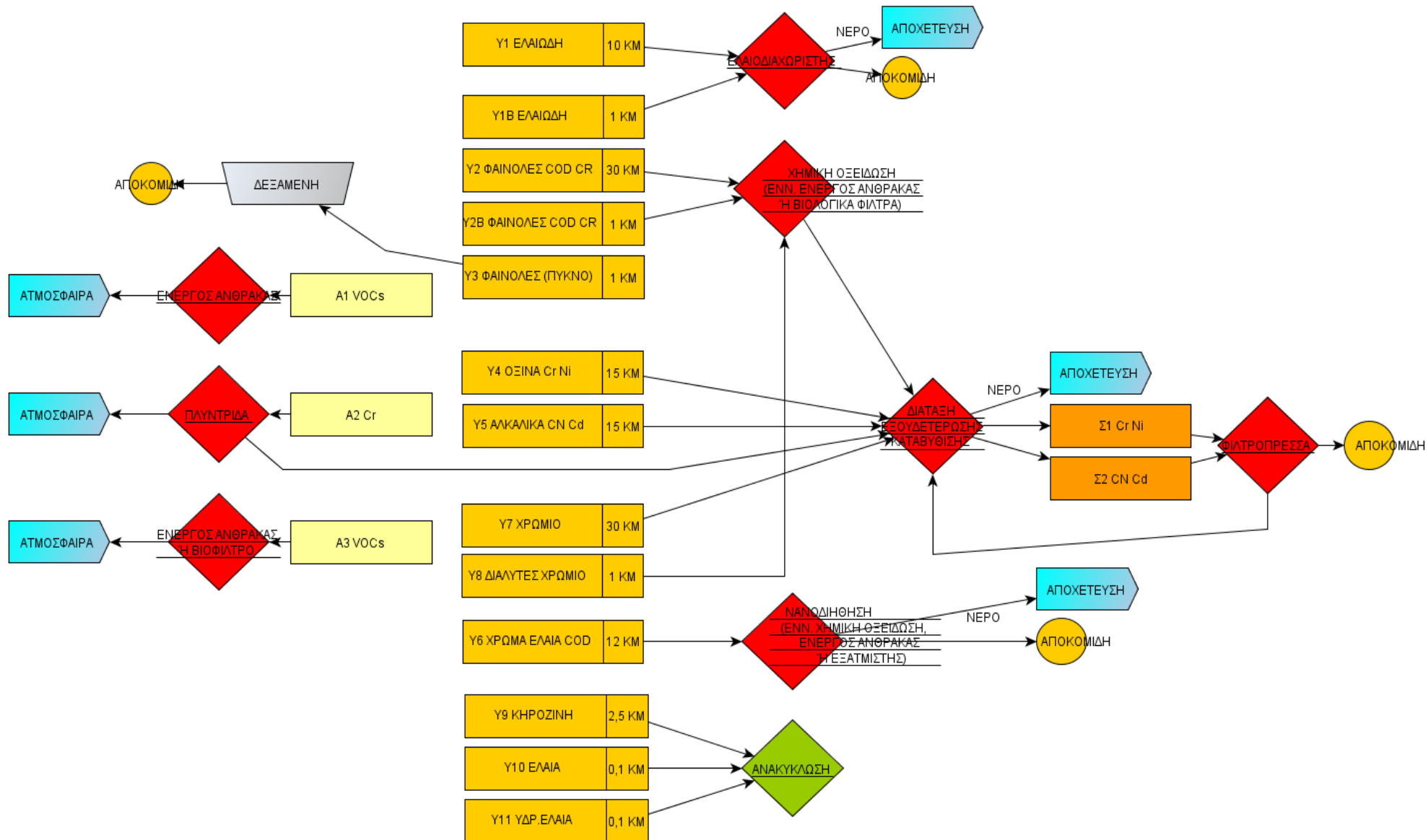
- Εκτιμώντας στο 20% τα πρόσθετα πυκνά υγρά απόβλητα από τις ροές Υ1, Υ1B και Υ6, μετά από επεξεργασία στον ελαιοδιαχωριστή και τη νανοδιήθηση αντίστοιχα, προκύπτει ότι μόνο 4,6 κ.μ υγρών θα παραμείνουν τελικά για αποκομιδή.
- Η ροή των φαινολικών στη διάταξη εξουδετέρωσης-καταβύθισης θα αυξήσει τον όγκο της παραγόμενης ιλύος, αύξηση που όμως μπορεί να εξισορροπηθεί πλήρως από την επακόλουθη μείωση του όγκου της στη φιλτροπρέσσα.

Συνυπολογίζοντας και την αποκομιδή 1 κ.μ. πυκνών φαινολικών, εκτιμάται προσεγγιστικά ότι τα συνολικά απόβλητα προς αποκομιδή θα μειωθούν σε 5,5 κ.μ υγρά και 2 τόνους στερεά το έτος, έναντι 74 κ.μ υγρά και 2 τόνους στερεά από την παρούσα επεξεργασία.

Λαμβάνοντας υπόψη το κόστος αποκομιδής 2,5 €/lt, προκύπτει εκτιμώμενο ετήσιο οικονομικό όφελος «μη αποκομιδής» 68,5 κ.μ. ή 68500 λίτρα*2,5 ευρώ ήτοι **όφελος περί τα 170.000 €/έτος**, ποσό που μπορεί να αξιοποιηθεί για την απόσβεση της προμήθειας, της λειτουργίας και της συντήρησης των προτεινόμενων διατάξεων επεξεργασίας.

Η μείωση του όγκου των υγρών αποβλήτων έχει εκτός της οικονομικής και περιβαλλοντική ωφέλεια, καθώς απαλείφεται το περιβαλλοντικό ρίσκο και κόστος μεταφοράς τους σε κατάλληλη εγκατάσταση αποτέφρωσης.

β. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του εργοστασίου σχεδόν εκμηδενίζονται, μετά την επεξεργασία των ελαιωδών καθώς επίσης και των αέριων αποβλήτων του, που στο παρόν σύστημα αποδεδμεύονται χωρίς επεξεργασία στο περιβάλλον.



Εικόνα 5-9: Προτεινόμενο σύστημα διαχείρισης αποβλήτων για το ΚΕΑ

Συμπεράσματα

Η εργασία αυτή εστίασε στα περιβαλλοντικά ζητήματα που απορρέουν από τα απόβλητα που δημιουργεί ένας ειδικός τομέας των δραστηριοτήτων των αεροπορικών μεταφορών, αυτός της συντήρησης και εξυπηρέτησης των αεροσκαφών στο έδαφος. Διαπιστώθηκε πως τα κυριότερα, και πλέον επικίνδυνα είδη αποβλήτων παράγονται από τις εργασίες επεξεργασίας των μετάλλων και της επιμετάλλωσης, καθώς περιέχουν οξέα και βαριά μέταλλα με επικίνδυνη τοξική και μεταλλαξιογόνο δράση. Σημαντικά απόβλητα είναι επίσης τα υγρά του χημικού καθαρισμού, των χρωστηρίων αεροσκαφών και της αποπάγωσης, που είναι κατά κανόνα οργανικά (διαλύτες), που περιέχουν ενώσεις μεγάλου μοριακού βάρους και υψηλό COD, και έχουν συνεπακόλουθα αρνητικές επιδράσεις στο έδαφος και τον υδροφόρο ορίζοντα, ενώ ταυτόχρονα παράγουν αέριες εκπομπές υδρογονανθράκων (VOCs). Επίσης, κυρίως λόγω της μεγάλης παραγόμενης ποσότητας ελαιωδών αποβλήτων, αξίζουν μελέτης και τα υγρά απόβλητα των πλυντηρίων, καθώς και των μη καταστροφικών ελέγχων με τη μεθόδου των διεισδυτικών, με τα τελευταία επίσης να περιέχουν και βαφές.

Για τα απόβλητα των αεροπορικών εφαρμογών υπάρχουν σημαντικά περιθώρια μείωσης, που εστιάζουν στις καλές πρακτικές («νοικοκυροσύνη»), καθώς και την αναζήτηση περιβαλλοντικά φιλικών χημικών και μεθόδων, την εξάντληση των αποθεμάτων, την επανεξέταση της διαδικασίας με στόχο τη μείωση κ.α. Επίσης, υπάρχουν σημαντικές δυνατότητες ανακύκλωσης, καθώς μπορούν να ανακτηθούν βαριά μέταλλα και χημικά, προστατεύοντας το περιβάλλον και ταυτόχρονα μειώνοντας το κόστος παραγωγικής διαδικασίας. Όταν αυτές οι δυνατότητες εξαντληθούν, πρέπει να ακολουθήσει υποχρεωτικά η επεξεργασία των αποβλήτων, ή η συγκέντρωση και διάθεση τους για επεξεργασία από τρίτους, που αυξάνει το κόστος αλλά είναι απαραίτητη για την προστασία του περιβάλλοντος.

Οι μέθοδοι επεξεργασίας των αεροπορικών αποβλήτων εντάσσονται σε αυτές των βιομηχανικών και περιλαμβάνουν φυσικές, χημικές και βιολογικές

μεθόδους, τριτοβάθμια επεξεργασία, καθώς και άλλες τεχνολογίες επεξεργασίας που δεν ανήκουν αυστηρά στις παραπάνω κατηγορίες. Οι φυσικές μέθοδοι, γνωστές και ως προεπεξεργασία, πρωτοβάθμια ή μηχανική επεξεργασία, περιλαμβάνουν μεθόδους όπως η εξισορρόπηση, ο εσχαρισμός, η εξάμμωση, και η καθίζηση και επίπλευση. Οι χημικές μέθοδοι περιλαμβάνουν μεθόδους όπως η εξουδετέρωση, η συσσωμάτωση των αιωρούμενων και κολλοειδών στερεών, η χημική οξειδωση, και η καταβύθιση των βαρέων μετάλλων. Οι βιολογικές μέθοδοι, που ακολουθούνται στα απόβλητα που περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις βιοαποδομήσιμων οργανικών και συνεπώς υψηλές τιμές του λόγου BOD/COD, περιλαμβάνουν την αερόβια και αναερόβια επεξεργασία και ειδικότερες σχετικές μεθόδους όπως τα βιολογικά φίλτρα, την ενεργό ιλύ, του αντιδραστήρες διαλείποντος έργου και τους υγροβιότοπους. Τέλος, τριτοβάθμιες και άλλες μέθοδοι περιλαμβάνουν τις διεργασίες μεμβρανών όπως η διήθηση και η αντίστροφη όσμωση, την ιοντοεναλλαγή, την ηλεκτρόλυση και την προσρόφηση, συνήθως σε ενεργό άνθρακα.

Εστιάζοντας στην περίπτωση του ΚΕΑ, ενός εργοστασίου της Πολεμικής Αεροπορίας με κύριο έργο τη συντήρηση αεροσκαφών, διαπιστώθηκε ότι αυτό παράγει όλα τα κύρια είδη αποβλήτων που αναμένονται στην αεροπορική βιομηχανία, εκτός από αυτά της αποπάγωσης. Το εργοστάσιο καταβάλλει προσπάθεια να αναγνωρίσει, να απομονώσει και να διαχειριστεί τα απόβλητα του με περιβαλλοντικά υπεύθυνο τρόπο, με αρκετή επιτυχία, επιλέγοντας όμως κυρίως τη διάθεση τους σε εξωτερικό φορέα για αποτέφρωση, επωμιζόμενο και σημαντικό οικονομικό κόστος.

Για την ανάλυση των ροών αποβλήτων του εργοστασίου χρησιμοποιήθηκε ποιοτικά η αντιστοίχιση με αναλύσεις από παρόμοιες ροές άλλων εργοστασίων, κυρίως της αεροπορίας των ΗΠΑ που χρησιμοποιούν τις ίδιες μεθόδους και προδιαγραφές, καθώς και στοιχεία από τα έντυπα ασφαλείας των χρησιμοποιούμενων χημικών (MSDS). Για την εκτίμηση των ποσοτήτων, δεδομένου ότι δεν βρέθηκαν τηρούμενα αναλυτικά ποσοτικά στοιχεία, χρησιμοποιήθηκαν οι εκτιμήσεις του προσωπικού του εργοστασίου και αποσπασματικά στοιχεία από συμβάσεις με τον εξωτερικό φορέα.

Οι ροές αποβλήτων του ΚΕΑ αναλύθηκαν σύμφωνα με τα στάδια γενικής επισκευής ενός αεροπορικού μέσου, δείκτης που απεικονίζει το κύριο έργο και ποσοτικά τις δυνατότητες παραγωγής έργου και αποβλήτων του εργοστασίου. Η γενική επισκευή μπορεί να χωριστεί στα στάδια προετοιμασία, καθαρισμός-απόχρωση, αποσυναρμολόγηση, επιθεώρηση, συναρμολόγηση, χρώση και λειτουργικοί έλεγχοι. Για κάθε ροή εξετάστηκε η παρούσα διαχείριση, οι εναλλακτικές επιλογές επεξεργασίας και έγινε προσπάθεια για ποιοτική και οικονομική τους σύγκριση. Για κάθε στάδιο γενικής επισκευής διαπιστώθηκαν συνοπτικά τα ακόλουθα:

α. Για τα ελαιώδη απόβλητα της προετοιμασίας, που προέρχονται κυρίως από τον εξωτερικό καθαρισμό του αεροσκάφους και στην παρούσα κατάσταση αποδεδειγμένα στην αποχέτευση, εξετάστηκε η εφαρμογή διαχωρισμού και εκτιμήθηκε το κόστος προμήθειας και λειτουργίας ενός αντίστοιχου συστήματος.

β. Τα απόβλητα από τον καθαρισμό και την απόχρωση διακρίνονται σε υγρά και αέρια. Το σημαντικότερο σε επικινδυνότητα και ποσότητα μέρος των υγρών αποτελούν τα φαινορικά απόνερα της απόχρωσης. Για τα απόνερα αυτά, που προωθούνται σε εξωτερικό φορέα, εξετάστηκαν η προσρόφηση, η χημική οξειδωση και η βιολογική επεξεργασία: οι δύο πρώτες μέθοδοι φαίνεται να προσφέρονται περισσότερο, κυρίως λόγω απλότητας, ενώ όλες βρέθηκαν οικονομικά αποσβέσιμες. Για τα αέρια απόβλητα, που αποτελούνται από πτητικούς υδρογονάνθρακες, διαπιστώθηκε ότι τα φίλτρα ενεργού άνθρακα που χρησιμοποιεί το εργοστάσιο είναι κατάλληλα, εφόσον συντηρούνται περιοδικά.

γ. Τα απόβλητα από την αποσυναρμολόγηση είναι τα πλέον σημαντικά, καθώς προέρχονται από τις επιμεταλλώσεις, και είναι υγρά, στερεά και αέρια. Τα υγρά απόβλητα, που είναι κυρίως όξινα και αλκαλικά απόνερα με μεγάλες περιεκτικότητες βαρέων μετάλλων, υφίστανται χημική επεξεργασία σε ειδική διάταξη, με εξουδετέρωση και καταβύθιση των βαρέων μετάλλων. Η μέθοδος, που είναι επαρκής ποιοτικά, συγκρίθηκε με την πιο σύγχρονη μέθοδο της ιοντοεναλλαγής, που έχει το πλεονέκτημα της ανάκτησης των μετάλλων, αλλά είναι πιο περίπλοκη και μη αποσβέσιμη για τις ποσότητες που παράγει το

ΚΕΑ. Τα στερεά απόβλητα προέρχονται από την παραπάνω χημική επεξεργασία και είναι η ημιστερεά ιλύς που προωθείται στον εξωτερικό φορέα. Διαπιστώθηκε ότι η κατασκευή μιας δεξαμενής ξήρανσης και η προμήθεια μιας φιλτροπρέσσας θα μείωνε τον όγκο τους κατά το μισό και θα ήταν οικονομικά αποσβέσιμη. Τέλος, για τα αέρια απόβλητα διαπιστώθηκε ότι η μέθοδος των πλαστικών σφαιριδίων είναι μερικώς επαρκής για τους επικίνδυνους ατμούς του χρωμίου, θα ήταν δε σκόπιμη η εγκατάσταση διάταξης καταιονισμού και αναφέρθηκε το ενδεικτικό της κόστος.

δ. Τα απόβλητα από την επιθεώρηση αφορούν κυρίως οργανικά απόνερα με βαφές από τη μέθοδο των διεισδυτικών υγρών. Εξετάστηκαν οι εφαρμόσιμες στα συγκεκριμένα απόβλητα μέθοδοι των μεμβρανών (νανοδιήθηση ή αντίστροφη όσμωση), της εξάτμισης, της χημικής οξειδωσης και της προσρόφησης σε ενεργό άνθρακα, με τις πρώτες να έχουν θεωρητικά τα καλύτερα αποτελέσματα αλλά και υψηλότερο κόστος.

ε. Τα απόβλητα από τη συναρμολόγηση και τη χρώση είναι υγρά και αέρια. Τα υγρά προέρχονται κυρίως από την χρωμική ανοδίωση των μεταλλικών επιφανειών που προηγείται της χρώσης, και έχουν χαρακτηριστικά παρόμοια με αυτά από το συνεργείο επιμετάλλωσης. Συνεπώς, αντί να προωθούνται σε εξωτερικό φορέα θα μπορούσαν να υφίστανται την ίδια (χημική) επεξεργασία, εφόσον λυθεί το πρόβλημα της μεταφοράς τους στην υπάρχουσα διάταξη. Αναφορικά με τα αέρια, η χρώση παράγει σημαντική ποσότητα πτητικών υδρογονανθράκων (VOCs), που για την επεξεργασία τους είναι δυνατή η προσρόφηση σε ενεργό άνθρακα, τα βιολογικά φίλτρα και τα συστήματα θερμικής ή καταλυτικής οξειδωσης. Διαπιστώθηκε ότι ο ενεργός άνθρακας έχει το χαμηλότερο κόστος αλλά μέτρια αποτελέσματα, τα βιολογικά φίλτρα έχουν μέσο κόστος και καλά αποτελέσματα ενώ τα συστήματα θερμικής και καταλυτικής οξειδωσης έχουν πολύ καλά αποτελέσματα αλλά πολύ υψηλό κόστος προμήθειας και λειτουργίας, ειδικά για τα ψυχρά ρεύματα όπως της συγκεκριμένης περίπτωσης.

στ. Τα απόβλητα από τους λειτουργικούς ελέγχους αποτελούνται από κάυσιμα, έλαια και υδραυλικά υγρά που αφαιρούνται από τα αεροσκάφη

προωθούνται για υποβιβασμό και ανακύκλωση, και συνεπώς η διαχείριση τους είναι ορθή και βέλτιστη.

Συνοψίζοντας για το παρόν σύστημα διαχείρισης των αποβλήτων του ΚΕΑ, διαπιστώθηκε ότι μεγάλος όγκος υγρών αποβλήτων, που αξιολογούνται ορθά ως επικίνδυνα (περίπου 74 κυβικά μέτρα/έτος) καταλήγει σε αποκομιδή υπό κόστος 2,5 ευρώ/lt από εξουσιοδοτημένο φορέα, μικρός όγκος επιβλαβών ελαιωδών αποβλήτων (περίπου 11 κυβικά μέτρα) καταλήγει στο αποχετευτικό σύστημα του ΚΕΑ, ενώ τα αέρια απόβλητα (VOCs και ατμοί χρωμίου) υφίστανται μερικώς επεξεργασία αν και είναι αρκετά σημαντικά σε ποσότητα και τοξικότητα. Η υπόψη διαχείριση έχει περιβαλλοντικές επιπτώσεις, καθώς ο μεγάλος όγκος υγρών αποβλήτων για αποκομιδή δημιουργεί πρόβλημα διαχείρισης, αλλά και ρίσκο απώλειας, αέρια ρύπανση και κατανάλωση ενέργειας από τη διαδικασία της μεταφοράς για αποτέφρωση. Επίσης άμεσες περιβαλλοντικές επιπτώσεις απορρέουν από τα ελαιώδη και τα αέρια απόβλητα που απορρίπτονται στην αποχέτευση και την ατμόσφαιρα αντίστοιχα.

Με το προτεινόμενο σύστημα επεξεργασίας, τα υγρά απόβλητα που καταλήγουν σε αποκομιδή μειώνονται σε πολύ μεγάλο βαθμό, κατ'έκτιμηση σε 5,5 κ.μέτρα υγρά και 2 τόνους στερεά το έτος, έναντι 74 κ.μέτρα υγρά και 2 τόνους στερεά από την παρούσα επεξεργασία. Από τη διαχείριση αυτή προκύπτει εκτιμώμενο ετήσιο οικονομικό όφελος «μη αποκομιδής» περί τα 170.000 ευρώ/έτος, ποσό σημαντικό που μπορεί να αξιοποιηθεί για την απόσβεση της προμήθειας, της λειτουργίας και της συντήρησης των προτεινόμενων διατάξεων επεξεργασίας, ενώ ταυτόχρονα οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του εργοστασίου σχεδόν εκμηδενίζονται, μετά την επεξεργασία και των ελαιωδών και των αέριων αποβλήτων του που στο παρόν σύστημα αποδεσμεύονται χωρίς επεξεργασία στο περιβάλλον.

Βιβλιογραφία

Ελληνική

Ανδρεαδάκη Εμ. (2010) «Απομάκρυνση οσμών υγρών αποβλήτων με χρήση βιολογικών φίλτρων» Πτυχιακή εργασία, ΤΕΙ Κρήτης

Ανδρίτσος Ν. (2011) «Πλυντρίδες» Εκπαιδευτικές σημειώσεις, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Βλυσίδης Α. (2006) «Τεχνικές επεξεργασίας υγρών αποβλήτων». Εκπαιδευτικές σημειώσεις, Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ

Γρηγοροπούλου Ε. (2005) «Διαχείριση βιομηχανικών αποβλήτων», Εκπαιδευτικές Σημειώσεις, ΔΠΜΣ «Επιστήμη και τεχνολογία υδατικών πόρων», ΕΜΠ

Δημόσια Ανοικτά δεδομένα geodata.gov.gr

Ευρωπαϊκή Κοινότητα (1998) Οδηγία 98/83/ΕΚ της 3/11/1998: "Σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης", Επίσημη Εφημερίδα Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, L330, 32-54, 5/12/98

Θωμαΐδης Ν, Βαλαβανίδης Θ, Ευσταθίου Κ. (2007) «Η χημική ένωση του μήνα: Εξασθενές χρώμιο» Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, ανάκτηση από http://www.chem.uoa.gr/chemicals/chem_cr6.htm

Καλιαμπάκος Δ, Δαμίγος Δ. «Περιβαλλοντική Οικονομία» Εκπαιδευτικές Σημειώσεις, ΔΠΜΣ «Περιβάλλον & Ανάπτυξη», ΕΜΠ

Κατσίρη Α. (2004) «Επεξεργασία βιομηχανικών αποβλήτων», Εκπαιδευτικές Σημειώσεις, ΔΠΜΣ «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων», ΕΜΠ

Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) 4859/726 (ΦΕΚ 253/9-3-2001): "Μέτρα και περιορισμοί σχετικά με την προστασία υδατικού περιβάλλοντος από απορρίψεις και ειδικότερα καθορισμός οριακών τιμών ορισμένων επικίνδυνων ουσιών που υπάγονται στον Κατάλογο ΙΙ της Οδηγίας 76/464/ΕΟΚ"

Λοϊζίδου Μ. (2006) «Υγρά Απόβλητα» Σημειώσεις, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Μονάδα Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, ανάκτηση από http://www.uest.gr/notes/ygra_apovlita.pdf

Νταράκας Ευθ. (2010) «Διεργασίες νερού και υγρών αποβλήτων» Εκπαιδευτικές Σημειώσεις, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Πολεμική Αεροπορία (2012) «Κρατικό Εργοστάσιο Αεροσκαφών» Ανάκτηση από <http://www.haf.gr/el/structure/units/day/units/kea.asp>

Σωτηρωπούλου Α. (2010) «Συστήματα τεχνητών υγροβιότοπων για τη επεξεργασία αστικών αποβλήτων». Πτυχιακή εργασία, ΤΕΙ Δυτ. Μακεδονίας

Τσέζος Μ, Ρεμουντάκη Εμμ. (2010) «Περιβάλλον Ι – Εισαγωγή στην Επιστήμη & Τεχνολογία Προστασίας του Περιβάλλοντος» Βοηθητικές Σημειώσεις, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών, ΕΜΠ

Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ (2001) «Η Οδηγία 96/61/ΕΚ για την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο της ρύπανσης (IPPC) και οι ελληνικές προτάσεις για τις βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές. Παραγωγή και μεταποίηση μετάλλων» Γενική Διεύθυνση Περιβάλλοντος

Ξενόγλωσση

Arquiaga M.C, Canter L.W, Robertson J.M. (1995) “Microbiological characterization of the biological treatment of aircraft paint stripping wastewater” Environmental Pollution, Vol. 89, No. 2, pp. 189-195

Ayres D.M, Davis A.P, Gietka P.M. (1994) “Removing heavy metals from wastewater” Report of Engineering Research Center, University of Maryland

- Barnes D, O'Hara M, Samuel E, Waters D. (1981) "The treatment of paint stripping wastewaters which contain phenol and chromium" Environmental Technology Letters, 2:2, 85-94
- Bartz W. J. (1998) "Lubricants and the Environment" Tribology International Vol. 31, No. 1–3, pp. 35–47
- DRAYGON Enterprises inc "Operating costs for DRAYGON Evaporators" ανάκτηση από <http://steamdraygon.com/operating-costs.asp>
- El-Dein A.M, Libra J, Wiesmann U. (2006) "Cost analysis for the degradation of highly concentrated textile dye wastewater with chemical oxidation H₂O₂/UV and biological treatment". Journal of Chemical Technology and Biotechnology 81:1239-1245
- EMC Equipment Manufacturing Corporation "EMS Wastewater Evaporators" ανάκτηση από <http://www.equipmentmanufacturing.com/Water%20Eater%20Price%20List.pdf>
- Federal Aviation Authority (FAA) (2008) "Advisory Circular AC No 150/5320-15A. Management of airport industrial waste" US Department of Transportation
- Florida Department of Environmental Protection (FDEP) (1992) "Florida Pollution Prevention Program"
- Gavascar A.R, Olfenbuttel R.F, Jones J.A (1994) "Cadmium and chromium recovery from electroplating wastewaters" US EPA Project Summary EPA/600/SR-94/05
- Hessinger P, White M.L (1998) "Treatment alternatives for liquid penetrant rinse waters", Materials Evaluation, August 98, pp 969-970
- Hugues J.C and Pierre Chemin P. (2011) "Waste Water treatment and penetrant testing", ανάκτηση από <http://www.ressuage-magnetoscopie-penetranttesting-magnetictesting-dpc.info/site/>

- Hui Pak Kai (1999) "Waste Management in Aviation Industry" Dissertation of MSc, University of Hong Kong
- Jeter J. (1985) "Biological treatment of phenolic paint-stripping wastewater". Proceedings of the 40th Industrial Waste Conference, pp.159-164
- Kinney K, Moe W. (2004) "Optimization of an innovative biofiltration system as a VOC control technology for aircraft painting facilities". Final Report SERDP Project CP 1104. US Air Force Research Laboratory Materials & Manufacturing Directorate, AFRL-ML-TY-TR-2004-4557
- Kroop R. (1973) "Treatment of phenolic aircraft paint stripping wastewater" Technical Report no. AFWL-TR-72-181, Air Force Weapons Laboratory
- Kroop R. (1975) "Ozonation of phenolic aircraft paint stripping wastewater" in Proc. 1st Int. Symp. on Ozon for Water Wastewater Treatment, R.G.Rice, M.E.Browning, Editors, Intl. Ozone Assoc., Cleveland, Ohio, pp.660-673
- Lessmann K, Alward K, Berg H.W. (2006) "Penetrant testing of standard parts, practical examples of process optimization" EC NDT 06 – Th.1.6.2
- Lin Z, Chen Zhe, Li D, Li J, Chen Zho. (2008) "The fluorescence penetrant agent manufacture and its wastewater treatment" 17th World Conference on Nondestructive Testing, Shanghai, China, 25-28 Oct '08
- Minett S: (2003) "Environmental treatment for aircraft wash-water" National Driller August '03
- Morgan S.M, Lee C.M. (1997) "Metal and acid recovery options for the plating industry" Resources, Conservation and Recycling 19 pp 55-71
- Namoodri C.G, Perkins W.S, Walsh W.K. (1994) "A comparative study of ozone and ultraviolet light/hydrogen peroxide for decolorizing textile dyeing waste water" Proceedings from the 16th National Industrial Energy Technology Conference, Houston, TX, April 13-14
- Nemerow N.L. (2006) "Industrial waste treatment. Contemporary practice and vision for the future" Elsevier Science and Technology Books

- Penkratz T.M. (1994) "Evaporation: A wastewater treatment alternative". WATER/Engineering & Management, September 1994, pp.42-46
- Pimentel M. (2008) "Phenol and cresols treatment in aqueous solution by electro-Fenton process: Application to the mineralization of aeronautic wastewater industry" THÈSE pour obtenir le grade de Docteur de l'Université Paris-Est Marne-la-Vallée
- Pitt M, Smith A. (2003) "Waste management efficiency at UK airports" Journal of Air Transport Management No.9, pp.103–111
- Power F.B, Schott W.M. (1992) "Scrubber designs for hard chrome plating" AESF Hard Chromium Plating Workshop, Jan 1992, p. 96.
- Sapari N, Idris A., Hamid N.H.Ab. (1996) "Total removal of heavy metal from mixed plating rinse wastewater" Desalination 106 pp 419-422
- Schulte S.R. (2011) "Recovery/recycling methods for platers" Products Finishing, 9/2011, pp.292-304
- SensoreX (2006) "Hexavalent chromium waste treatment" Applications Notes, APPNOTE-002 Rev# 2006-04-24, ανάκτηση από <http://www.sensorex.com/docs/AppNoteChromeWaste.pdf>
- SIEMENS Water Technologies (2009) "Phenol Destruction with Chlorine Dioxide", Literature No.: WT.085.272.013.IE.AN.0409
- Sierra E, Shanane A.N, Villate J.T.(1981) "Airport wastes and water quality" Water Resources Bulletin Vol.17, No.2, April, pp.190-196
- Tenorio J.A.S, Espinosa D.C.R. (2001) "Treatment of chromium plating process effluents with ion exchange resins" Waste Management 21 pp 637-642
- UK Department of Environment (1995) "Industry Profile-Airports"
- US Department of the Air Force (1999), "Engineering Technical Letter (ETL) 99-1 Change1: Treatment and disposal of aircraft washwater effluent" HQ AFCESA

- US Department of the Army (1987) “Technical Manual TM 5-814-8: Evaluation Criteria Guide for Water Pollution Prevention, Control and Abatement programs”
- US Department of Defence (1996) “HQ AFCEE Pro-Act Fact Sheet-Oil/Water Separators”
- US Environmental Protection Agency (EPA) (1999) “CATC Technical Bulletin- Choosing an adsorption system for VOC: Carbon, Zeolite, or Polymers”
- US Navy (2001) “Environmental Quality Fact Sheet-Do you dispose of or treat wastewater from aircraft washing operations?” ανάκτηση από https://portal.navfac.navy.mil/portal/page/portal/navfac/navfac_ww_pp/navfac_nfesc_pp/environmental/eqifs/wastewater/08_wastewater/clawwrs8.pdf
- US Navy (2010). “Statement of Work for Fluorescent Penetrant Waste Water Treatment System at the Fleet Readiness Center Southeast Fleet Readiness Center, Southeast (FRCSE), Naval Air Station, Jacksonville, Florida” ανάκτηση από <https://www.neco.navy.mil>
- Venkataraman K. (2007) “Engineering maintenance and management” Eastern Economy Edition
- Walker K. (2008) “Keeping penetrant inspection green”, Inspection Trends, Spring 08, pp.15-17
- WasteWater Gardens (WWG), “Wastewater gardens – Overview” ανάκτηση από http://www.wastewatergardens.com/1en_overview02.html
- Wikipedia the Free Encyclopedia en.wikipedia.org
- Wieher C.R. (2000) “Hazardous waste curriculum for aviation maintenance” Florida Department of Environmental Protection. Ανάκτηση από <http://www.dep.state.fl.us>
- Woodard & Curran, Inc. (2006) “Industrial waste treatment handbook” Elsevier (2nd Edition)

Παράρτημα

Παράρτημα 1 «Τεχνικό Δελτίο - Καθαριστικό EUROCHEM CR-2001»

euorochem
aviation, marine and industrial chemicals

**Τεχνικό Δελτίο
Technical Data**

✓ CR - 2001
ΝΑΙ (ΟΧΙ ΓΙΑ ΜΗ/ΜΗΤΙΟ)

Περιγραφή
Το CR - 2001 είναι ένα ισχυρό αλκαλικό προϊόν σε μορφή σκόνης το οποίο δεν περιέχει κριανούχα άλατα και πληρεί τις απαιτήσεις της Αμερικάνικης προδιαγραφής MIL - C - 14460 Type I.

Χρήσεις
Το CR - 2001 χρησιμοποιείται για την αφαίρεση σκουριάς από σιδερένια και ανοξείδωτα αντικείμενα. Καθαρίζει αποτελεσματικά λάδια, γράσα, εξανθρακώματα και διαβρώνει πολλούς τύπους χρωμάτων. Δεν επηρεάζει χαλκό, μαγνήσιο και τιτάνιο αλλά δεν πρέπει να χρησιμοποιηθεί σε αντικείμενα από κίссότερο, αλουμίνιο, ψευδάργυρο και κράματα αυτών.

Τρόπος εφαρμογής
Το CR - 2001 χρησιμοποιείται αραιωμένο στο νερό σε αναλογία 37% κατά βάρος (37 κιλά υλικού σε 63 κιλά νερό) και σε θερμοκρασία κοντά στο σημείο βρασμού του διαλύματος (95-100°C). Ο χρόνος παραμονής των αντικειμένων στο διάλυμα κυμαίνεται από 15 - 60 λεπτά, ανάλογα με την σκουριά ή τον τύπο χρώματος. Η ανάδευση του διαλύματος μηχανικά ή με αέρα ελαττώνει τον χρόνο καθαρισμού. Τα αντικείμενα ξεπλένονται με νερό κατά προτίμηση ζεστό. Σε περίπτωση καθαρισμού αντικειμένων από τιτάνιο, η αναλογία γρήσης είναι 16% κατά βάρος και η θερμοκρασία του διαλύματος 72 - 77°C.


Τεχνικά χαρακτηριστικά
Εμφάνιση : Λευκή σκόνη.
PH (1%) : > 12.

Γενικές πληροφορίες
Η δεξαμενή του διαλύματος πρέπει να είναι από μαλακό σίδηρο. Το CR - 2001 μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ηλεκτρολυτικά αλλά σε μικρότερη αναλογία. Η τάση των αντικειμένων να ξανασκουριάσουν μετά την κατεργασία με το CR - 2001 είναι πολύ μικρή, σε αντίθεση με την κατεργασία με όξινα προϊόντα όπου τα αντικείμενα ξανασκουριάζουν πολύ γρηγορότερα.

Προφυλάξεις
Το CR - 2001 περιέχει ισχυρά αλκαλικά συστατικά και πρέπει να αποφεύγεται η επαφή με το δέρμα και προπαντός με τα μάτια. Συνιστάται η χρήση προστατευτικών μέσων όπως γάντια, μάσκες, γυαλιά, μπότες κ.λ.π.

Συσκευασία
Το CR - 2001 προσφέρεται σε πλαστικά βαρέλια των 25 και 50 κιλών.

Παράρτημα 2 «Τεχνικό Δελτίο - Απολιπαντικό PD-680»



eurochem
aviation, marine and industrial chemicals

Τεχνικό Δελτίο

Technical Data

PD - 680

NAI (γεβδ
685000 294 5021)

Περιγραφή
Το PD - 680 είναι ένα υγρό προϊόν το οποίο αποτελείται από ειδικά αποστάγματα πετρελαίου.
Το PD - 680 κυκλοφορεί σε δύο τύπους TYPE I και TYPE II και πληρεί τις απαιτήσεις της Αμερικάνικης προδιαγραφής P-D-680.

Χρήσεις
Το PD - 680 χρησιμοποιείται για να αφαιρέσει λάδια, γράσα, λάσπες, καρβουνίλες κ.λ.π. από τις επιφάνειες των αεροσκαφών και των εξαρτημάτων των κινητήρων των. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τον καθαρισμό βαμμένων επιφανειών ανάλογα του τύπου βαφής.

Τρόπος εφαρμογής
Το PD - 680 εφαρμόζεται με SPRAY, βούρτσα, πανί ή εμβάπτιση. Τα αντικείμενα δεν ξεπλένονται αλλά αφήνονται να στεγνώσουν.


Τεχνικά χαρακτηριστικά

	TYPE I	TYPE II
Εμφάνιση	: Αχρωμο υγρό.	: Αχρωμο υγρό.
Σημείο ανάφλεξης	: 40°C min.	: 60°C min.
Ειδικό βάρος (60°F)	: 0,780 ± 0,005.	: 0,790 ± 0,005


Προφυλάξεις
Το PD - 680 δεν θεωρείται επικίνδυνο κατά την χρήση του.
Συνιστάται να αποφεύγεται η παρατεταμένη επαφή με τα χέρια καθώς επίσης και η χρήση προστατευτικών μέσων όπως γάντια, γυαλιά, μάσκες, μπότες κ.λ.π.

Συσκευασία
Διατίθεται σε βαρέλια των 210 λίτρων.

EUROCHEM A.B.E.E. ΡΑΦΑΗΛΙΔΟΥ 3, 177 78 ΤΑΥΡΟΣ, ΑΘΗΝΑ, ΤΗΛ.: 210 48 36 321-7, FAX: 210 48 36 331-2
EUROCHEM S.A. 3 RAFAILIDOU Str., 177 78 TAVROS, ATHENS, GREECE, TEL.: +30 - 210 48 36 321-7, FAX: +30 - 210 48 36 331-2
E-mail: eur98@otenet.gr - http:// www.eurochem.gr, www.eurochemsa.com



Παράρτημα 3 «Τεχνικό Δελτίο - Αποχρωστικό MIL-R-81294C (EUROCHEM PR-2025)»



eurochem[®]
aviation, marine and industrial chemicals

Τεχνικό Δελτίο

Technical Data

PR - 2025

Περιγραφή
Το PR - 2025 είναι ένα ισχυρό φαινολικό διαβρωτικό χρωμάτων αεροσκαφών, υπό μορφή παχύρρευστου υγρού, το οποίο πληρεί τις απαιτήσεις της Αμερικάνικης προδιαγραφής MIL-R-81294 C και του BOEING DOCUMENT D6- 17487.

Χρήσεις
Το PR - 2025 έχει ειδικά παρασκευασθεί για την αφαίρεση πολυουρεθαιικών και εποξικών χρωμάτων καθώς και για οποιοδήποτε άλλο χρώμα.
Είναι ασφαλές επί όλων των μετάλλων που απαντούνται στα αεροσκάφη.


Τρόπος εφαρμογής
Το PR - 2025 χρησιμοποιείται ως έχει. Εφαρμόζεται με πινέλο ή βούρτσα και είναι ιδανικό για κάθετες και μη επιφάνειες επειδή είναι παχύρρευστο.
Η προς χρωματισμό επιφάνεια επαλείφεται με το PR - 2025 και αφήνουμε το υλικό να παραμείνει στην επιφάνεια όσο χρόνο χρειάζεται μέχρι να "φουσκώσει" το χρώμα. Ακολουθεί τρίψιμο της επιφάνειας με μαλακή βούρτσα και η τελική αφαίρεση του χρώματος γίνεται με νερό υπό πίεση. Συνήθως μία επάλειψη με PR - 2025 αφαιρεί περισσότερες από μία στιβάδες χρώματος.

Τεχνικά χαρακτηριστικά
Εμφάνιση : Παχύρρευστο διαγές υγρό.
Σημείο ανάφλεξης: Δεν αναφλέγεται.
Διαβρωτικότητα : Δεν επηρεάζει τα μέταλλα.
Επηρεάζει λάστιχα, πλαστικά και PLEXIGLAS.


Προφυλάξεις
Το PR - 2025 περιέχει φαινόλες και χλωριομένους υδρογονάνθρακες. Αποφεύγετε την επαφή με το δέρμα και τα μάτια. Συνιστάται η χρήση προστατευτικών μέσων όπως γάντια, γυαλιά, μπότες, μάσκες κ.λ.π.

Συσκευασία
Προσφέρεται σε βαρέλια των 55 γαλονιών.

EUROCHEM A.B.E.E. ΡΑΦΑΗΛΙΔΟΥ 3, 177 78 ΤΑΥΡΟΣ, ΑΘΗΝΑ, ΤΗΛ: 210 48 36 321-7, FAX: 210 48 36 331-2
EUROCHEM S.A. 3 RAFAILIDOU Str., 177 78 TAVROS, ATHENS, GREECE, TEL: +30 - 210 48 36 321-7, FAX: +30 - 210 48 36 331-2
E-mail: eur98@otenet.gr - http:// www.eurochem.gr, www.eurochemsa.com



Παράρτημα 4 «Τεχνικό Δελτίο - Αποχρωστικό MIL-R-83396 (EUROCHEM S-2055)»



eurochem[®]

aviation, marine and industrial chemicals

Τεχνικό Δελτίο
Technical Data

SAYC 2010303 0580

S - 2055 NAI

ΦΡΕΣΟ CL-415
ΚΕΡΑΜΑ ΑΠΟΧΡΩΣΤΙΚΩΝ
A-356-76
mg = 0,3%

6060 1/2
2025 2/2
3052 1/2
1750 1/2

ΓΙΑ ΖΑΜΠΕΣ
704 A/Φ C-27
ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ
ΤΟ S-2055
MIL-R
81294
ΕΙΝΑΙ
ΤΟ ΙΑ10
ΜΕ ΑΥΤΟ
ΤΟ 2055

Περιγραφή

Το S-2055 είναι ένα ισχυρότατο διαβρωτικό χρωμάτων υγρής μορφής δύο στιβάδων (tank type) το οποίο πληρεί τις απαιτήσεις της Αμερικάνικης προδιαγραφής MIL-R-83936 A Type I class II και Type II class II καθώς επίσης και τις απαιτήσεις του BOEING DOCUMENT D6-17487.

Χρήσεις

Το S-2055 χρησιμοποιείται κυρίως για την αφαίρεση χρωμάτων από τις ζάντες και τα σκέλη των αεροσκαφών.

Διαβρώνει τους περισσότερους τύπους χρωμάτων όπως πολυουρεθανικά, εποξικά, νιτροκυτταρίνης κ.λ.π.

Είναι ασφαλές επί όλων των μετάλλων και δεν προσβάλλει την ανοδείωση.

Εκτός από τα χρώματα αφαιρεί λάδια, γράσα, λάσπες, καρβονίδια κ.λ.π.

Τρόπος εφαρμογής

Το S-2055 εφαρμόζεται εν υγρώ και μόνο με εμβάτιση. Τα αντικείμενα τοποθετούνται εντός του υγρού και λαμβάνεται πρόνοια ώστε να έχουν εμβάπτιστεί πλήρως εντός της κάτω στιβάδας η οποία είναι και η δραστική.

Όταν το χρώμα αποσκόρπει ή αφαιρεθούν τα καρβονίδια, τα αντικείμενα ξεπλένονται με νερό υπό πίεση ή με STEAM CLEANING.

Τεχνικά χαρακτηριστικά

Εμφάνιση : Υγρό δύο στιβάδων.
pH (κάτω στιβάδας) : > 10
Διαβρωτικότητα : Δεν διαβρώνει τα μέταλλα.
Πιθανόν να επηρεάζει τα λάστιχα.

Γενικές πληροφορίες

Η δεξαμενή που περιέχει το S-2055 πρέπει να είναι από μαλακό σίδηρο ή από ανοξείδωτο χάλυβα. Η επάνω στιβάδα είναι υδατικής φύσεως, περιέχει αντιδιαβρωτικές ουσίες, ειδικά πρόσθετα, καταλύτες κ.λ.π. και εμποδίζει την εξάτμιση του πτητικού διαλύτη της κάτω στιβάδας, μεγαλώνοντας τον χρόνο ζωής του υλικού. Η απόλεια της πάνω στιβάδας αντισταθμίζεται με προσθήκη νερού.

Προφυλάξεις

Το S-2055 περιέχει φαινόλη και χλωριωμένους υδρογονάνθρακες. Να αποφεύγεται η επαφή με τα χέρια. Συνιστάται η χρήση προστατευτικών μέσων όπως γάντια, μάσκες, γυαλιά, μπότες κ.λ.π.

Συσκευασία

Το S-2055 διατίθεται σε βαρέλια των 55 γαλονιών.

EUROCHEM A.B.E.E. ΡΑΦΑΗΛΙΔΟΥ 3, 177 78 ΤΑΥΡΟΣ, ΑΘΗΝΑ, ΤΗΛ: 210 48 36 321-7, FAX: 210 48 36 331-2

EUROCHEM S.A. 3 ΡΑΦΑΗΛΙΔΟΥ 817, 177 78 ΤΑΥΡΟΣ, ΑΘΗΝΕΣ, GREECE, TEL.: +30 - 210 48 36 321-7, FAX: +30 - 210 48 36 331-2

E-mail: eur98@otenet.gr - http://www.eurochem.gr, www.eurochemsa.com

Παράρτημα 5 «Τεχνικό Δελτίο - Αποχρωστικό SAE AMS 1375B
(EUROCHEM K-2030)»

Τεχνικό Δελτίο
Technical Data

K - 2030

ZANTEX
EMBRAER
6810 503 3929

Περιγραφή

Το K - 2030 είναι ένα ισχυρό φαινολικό διαβρωτικό χρωμάτων αεροσκαφών, υπό μορφή παχύρρευστου υγρού, το οποίο πληροί τις απαιτήσεις της Αμερικανικής προδιαγραφής SAE AMS 1375B.

Χρήσεις

Το K - 2030 έχει ειδικά παρασκευασθεί για την αφαίρεση πολυουρεθανικών και εποξικών χρωμάτων καθώς και για οποιοδήποτε άλλο χρώμα.
Είναι ασφαλές επί όλων των μετάλλων που οξυταντούν στα αεροσκάφη.

Τρόπος εφαρμογής

Το K - 2030 χρησιμοποιείται ως έχει. Εφαρμόζεται με πινέλο ή βούρτσα και είναι ιδανικό για κάθετες και μη επιφάνειες επειδή είναι παχύρρευστο.
Η προς χρωματισμό επιφάνεια επάλειφεται με το K - 2030 και αφήνουμε το υλικό να παραμείνει στην επιφάνεια όσο χρόνο χρειάζεται μέχρι να "φουσκώσει" το χρώμα. Ακολουθεί τρίψιμο της επιφάνειας με μαλακή βούρτσα και η τελική αφαίρεση του χρωματος γίνεται με νερό υπό πίεση. Συνήθως μία επάλειψη με K - 2030 αφαιρεί περισσότερες από μία στρώδες χρωματος.

Τεχνικά χαρακτηριστικά

Σημείο ανάφλεξης: Δεν αναφλέγεται.
Διαβρωτικότητα: Δεν επηρεάζει τα μέταλλα.
Επηρεάζει τα λάστιχα.


Προφυλάξεις

Το K - 2030 περιέχει φαινόλες και χλωριωμένους υδρογονάνθρακες. Αποφεύγετε την επαφή με το δέρμα και τα μάτια. Συνιστάται η χρήση προστατευτικών μέσων όπως γάντια, γυαλιά, μπότες, μάσκες κ.λ.π.

Συσκευασία

Προσφέρεται σε βαρέλια των 250 κιλών.

EUROCHEM A.B.E.E. ΡΑΦΑΗΛΙΔΟΥ 3, 177 78 ΤΑΥΡΟΣ, ΑΘΗΝΑ, ΤΗΛ: 210 48 36 321-7, FAX: 210 48 36 331-2
EUROCHEM S.A. 3 RAFAILIDOU Str., 177 78 TAVROS, ATHENS, GREECE, TEL: +30 - 210 48 36 321-7, FAX: +30 - 210 48 36 331-2
E-mail: eur98@otenet.gr - http:// www.eurochem.gr, www.eurochemsa.com



Παράρτημα 6 «Τεχνικό Δελτίο (PRODUCT DATA SHEET) –
Διεσδυτικό MAGNAFLUX ZL-27A»

Product Data Sheet

ZL-2C	Zygro® Post Emulsifiable Penetrant
ZL-27A	Zygro® Post Emulsifiable Penetrant
ZL-37	Zygro® Post Emulsifiable Penetrant

General Description

Zygro ZL-2C, ZL-27A, ZL-37 are general purpose post emulsifiable fluorescent penetrants, used for a wide range of medium to high sensitivity applications. They are typically used on castings, turbine components, welds, forgings, rough and machined surfaces to find cracks, seams, laps, laminations and porosity.

They all exhibit outstanding penetrating and indication stability characteristics which provides for maximum reliability in locating surface-open flaws and discontinuities They are safe to use on most engineering and aerospace alloys including aluminium, steel, nickel and titanium.

These post emulsifiable (post removable) penetrants are formulated to be immiscible with water, this property guards against over-removal from defects by over washing and allows the penetrant to separate readily from water, making effluent clean up easier.

ZL-2C, ZL-27A & ZL-37 are used in conjunction with a hydrophilic remover or lipophilic emulsifier to render them washable with water.

The penetrants fluoresce a bright green-yellow when exposed to ultraviolet radiation (UV-A) peak wavelength of 365 nm, and should therefore be used with a suitable U.V source such as the MAGNAFLUX ZB-100F.

Composition

ZL-2C, ZL-27A & ZL-37 contain a blend of petroleum distillates, oils, alkyl aryl phosphate and fluorescent dyes.

Typical properties (Not a specification)

Property	ZL-2C	ZL-27A	ZL-37
Colour	Yellow / Green	Yellow / Green	Yellow / Green
Odour	Bland	Bland	Bland
Flash point	> 93°C	> 93°C	> 93°C
Density	0.89 g/ml	0.93 g/ml	0.95 g/ml
Viscosity @ 38°C	6.0 cS	9.2 cS	14.0 cS
Corrosion	Meets AMS 2644	Meets AMS 2644	Meets AMS 2644
Sulfur Content	< 300 ppm	< 300 ppm	< 300 ppm
Chloride Content	< 300 ppm	< 300 ppm	< 300 ppm
Fluoride Content	< 50 ppm	< 50 ppm	< 50 ppm
Sodium Content	< 100 ppm	< 100 ppm	< 100 ppm
AMS 2644 Class	Type 1 Method B/D	Type 1 Method B/D	Type 1 Method B/D
AMS 2644 Sensitivity	Level 2 Medium	Level 3 High	Level 4 Ultra High

Like all MAGNAFLUX materials, Zygro penetrant materials are closely controlled to provide unique batch to batch consistency & uniformity to assure optimum process control and inspection reliability.

Παράρτημα 7 «Δελτίο Ασφαλείας (MATERIAL DATA SAFETY SHEET-MSDS) – Διεσδυτικό MAGNAFLUX ZL-27A»

ZYGLO®

MATERIAL SAFETY DATA SHEET

ZYGLO® PENETRANT ZL-27A

1. IDENTIFICATION

Company: MAGNAFLUX
Address: 3624 West Lake Avenue, Glenview, Illinois 60026
Telephone No.: 847-657-5300 (Off-Hour Emergency Number - CHEMTREC - 1-800-424-9300).
Product Use: Fluorescent inspection penetrant
Packages: 1 gallon cans, 5 gallon pails, 20 gallon and 55 gallon drums, aerosols.
NFPA Rating: Health 1, Flammability 1, (Aerosol Flammability 4), Reactivity 0
PIN: None
Revision Date: April 13, 2007

2. HAZARDOUS INGREDIENTS

<u>Ingredient</u>	<u>Wt/Wt %</u>	<u>CAS #</u>	<u>TLV</u>	<u>PEL</u>	<u>LD₅₀</u>	<u>LC₅₀</u>
White mineral oil (petroleum)	30-60	8042-47-5	not avail.	not avail.	not avail.	not avail.
Isodecyl diphenyl phosphate	30-60	29761-21-5	not avail.	not avail.	15.8 g/kg (oral/rat)	2.2 mg/l [6 hr/(rat(2/6))]
Castor oil	10-30	8001-79-4	not avail.	not avail.	not avail.	not avail.
Triphenyl phosphate	1-2	115-86-6	3 mg/m ³	not avail.	not avail.	not avail.
Isobutane (propellant)	30	75-28-5	not avail.	1000 ppm	not avail.	not avail.

3. HAZARDS IDENTIFICATION

EMERGENCY OVERVIEW

Bland, oily liquid which may irritate the skin and eyes. Difficult to ignite, but will burn vigorously, if engulfed in fire. Aerosol is extremely flammable.

POTENTIAL HEALTH EFFECTS

Skin Contact: Can irritate by removing natural skin oils on long or repeated exposures.
Eyes: May cause irritation.
Inhalation: Not significant at room temperatures. When heated or sprayed, ZL-27A vapors may cause dizziness and nausea.
Ingestion: Not significant in small (mouthful) amounts.
Medical conditions known to be aggravated by exposure to product: None

4. FIRST AID

Skin Contact: Wash off with soap and water. Use soothing lotion.
Eyes: Rinse carefully under upper and lower eyelids using plenty of water.
Inhalation: Remove to fresh air if dizzy or nauseated.
Ingestion: Do not induce vomiting. Accidental ingestion of a small mouthful is not expected to cause significant harm.
NOTE: In all severe cases, contact physician immediately. Local telephone operators can furnish number of regional poison control center.

5. FIRE HAZARD

Conditions of flammability: Bulk: Heating above 200 °F (93 °C) in presence of ignition sources.
Aerosol: Spraying near flames or arcs will ignite the spray mist.
Flash point: Min. 200 °F (93 °C) (Pensky-Martens closed cup)
Flammable limits in air: 1% to 6%
Extinguishing media: Carbon dioxide, foam
Special fire fighting procedures: Keep containers cool with water spray. Do not spray water directly on burning ZL-27A. It may float and spread the fire.
Hazardous combustion products: Smoke, soot, oxides of carbon and nitrogen.
Unusual fire hazards: Aerosol cans may burst at temperatures over 130 °F (54 °C) and spray contents into a fire.

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

Mop up or sweep up with absorbent. (For disposal, see Section 13.)

7. HANDLING AND STORAGE

Avoid breathing spray mist. Avoid eye contact. Avoid repeated or prolonged skin contact. Store away from heat source.

8. EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

Controls: None, unless applied as spray. Use where ventilation will carry spray mist away from occupied areas.
Personal protection: Wear safety glasses to protect eyes. Wear nitrile rubber gloves if hand exposure is unavoidable. Respirator with filter if sprayed in enclosed, unventilated space.

MAGNAFLUX

A Division of Illinois Tool Works Inc.
 3624 WEST LAKE AVENUE ■ GLENVIEW, ILLINOIS 60026
 TEL 847.657.5300 ■ FAX 847.657.5388
 www.magnaflex.com

9. PHYSICAL PROPERTIES

Initial boiling point (bulk): Min.455°F(235°C) (ASTM D-86)
 Vapor pressure: Bulk:< 0.10 mm @ 70°F (21°C) Aerosol: 60 psi @ 75°F(24°C)
 VOC Content (EPA Method 24): 539 g/L Vapor density: Heavier than air
 Density/sp. gravity: 0.96 Evaporation rate: Negligible
 Water solubility: 0% Appearance: Green oily liquid
 pH: Neutral Odor: Mild odor

10. STABILITY AND REACTIVITY

Stability: Stable
 Incompatibility: None
 Hazardous decomposition products: Soot, oxides of carbon if heated to combustion temperatures.
 Reactivity: None

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

Carcinogenicity: Contains no known or suspected carcinogens listed with OSHA, IARC, NTP, or ACGIH.
 Threshold limit value: 5 mg/m³ for oily mist
 WHMIS information (Canada): According to available information, the ingredients have not been found to show reproductive toxicity, teratogenicity, mutagenicity, skin sensitization, or synergistic toxic effects with other materials.

12. ECOLOGICAL INFORMATION

Because it contains 10% or more of a marine pollutant (Isodecyl Diphenyl phosphate) and 1% or more of a severe marine pollutant (Triphenyl Phosphate), ZL-27A is itself considered a marine pollutant. It floats on water and can be skimmed off. Its low bulk vapor pressure may exempt it from VOC restrictions.
 The hydrocarbon propellant is not an ozone depleter.

13. DISPOSAL

As a non-hazardous oily waste, incinerate or send to waste handler who can blend it into secondary fuels. Empty aerosol cans before disposal.

RCRA: Not a hazardous waste
 U.S. EPA Waste Number: None

14. TRANSPORTATION

U.S. DOT: 49 CFR 172.101 Hazardous Materials Table

	Non-Bulk and Non-Vessel	Bulk or Vessel	Aerosols
Proper shipping name:	None, not restricted	Environmentally hazardous substance Liquid, n.o.s. (isodecyl diphenyl phosphate, triphenyl phosphate)	Consumer commodity
Technical Name of Hazardous Component(s):	None	Isodecyl Diphenyl phosphate, Triphenyl Phosphate	None
Hazard class or division:	None	9	ORM-D
Identification No.:	None	UN 3082	None
Packing Group:	None	III	None
Other Information:	None	This product contains 10% or more of a DOT Marine Pollutant (Isodecyl Diphenyl phosphate) and 1% or more of a DOT Severe Marine Pollutant (Triphenyl Phosphate).	None
IATA: List of Dangerous Goods			
Proper shipping name:	None, not restricted	Environmentally hazardous substance Liquid, n.o.s. (isodecyl diphenyl phosphate, triphenyl phosphate)	Aerosol, Flammable, UN 1950, 2.1
Hazard class or division:	None	9	2.1
Identification No.:	None	UN 3082	UN 1950
Packing Group:	None	III	None
Other Information:	None	This product contains 10% or more of a DOT Marine Pollutant (Isodecyl Diphenyl phosphate) and 1% or more of a DOT Severe Marine Pollutant (Triphenyl Phosphate).	None
IMDG: General Index			
Proper shipping name:	None, not restricted	Environmentally hazardous substance Liquid, n.o.s. (isodecyl diphenyl phosphate, triphenyl phosphate)	Aerosols, 2.1, UN 1950
Hazard class or division:	None	9	2.1
Identification No.:	None	UN 3082	UN 1950
Packing Group:	None	III	None
Other Information:	None	This product contains 10% or more of a DOT Marine Pollutant (Isodecyl Diphenyl phosphate) and 1% or more of a DOT Severe Marine Pollutant (Triphenyl Phosphate).	Each case must be labeled as a marine pollutant.

MAGNAFLUX

A Division of Illinois Tool Works Inc.
 3624 WEST LAKE AVENUE ■ GLENVIEW, ILLINOIS 60026
 TEL 8476575300 ■ FAX 8476575388
 www.magnaflex.com

Παράρτημα 8 «Τεχνικό Δελτίο (PRODUCT DATA SHEET) - Γαλακτωματοποιητής (EMULSIFIER) MAGNAFLUX ZE-4B»

PRODUCT DATA SHEET

ZE-4B Zyglo Penetrant Emulsifier

Effective March 6, 1997
Supercedes January 4, 1995

General Description

ZE-4B is a biodegradable, reddish, slightly viscous liquid used for the emulsification of Zyglo PE penetrants. ZE-4B is a general purpose emulsifier with a moderate rate of action. ZE-4B can be used in open tanks due to its low volatility and high flash point.

Composition

ZE-4B is composed of petroleum oils and emulsifying agents.

Safety

1. ZE-4B is intended for industrial use by qualified personnel only.
2. Do not smoke or eat while using NDT materials. Wash hands thoroughly after use. Protective hand wear is recommended to prevent drying of skin.
3. Department of Labor Material Safety data sheets available.

Typical Properties (Not a Specification)

Color:	Pinkish Red
Viscosity @ 100 °F:	25 Centistokes
Flash Point:	Greater than 250 °F (120 °C) P.M.C.C.
Density:	7.7 lbs./gallon (922 gms/L)
Water Tolerance:	15%
Penetrant Tolerance:	15%
Corrosion:	Non-corrosive per MIL-I-25135
Sulfur :	Less than 1000 ppm
Chlorine:	Less than 1000 ppm

Like all MAGNAFLUX materials, ZE-4B is closely controlled to provide unique batch to batch consistency and uniformity to assure optimum process control and inspection reliability.
Batch certification available upon request.

MAGNAFLUX-A DIVISION OF ILLINOIS TOOL WORKS INC.
3824 WEST LAKE AVENUE, GLENVIEW, ILLINOIS 60025 PHONE 847.657.5300 FAX 847.657.5388



Παράρτημα 9 «Δελτίο Ασφαλείας (MATERIAL DATA SAFETY SHEET- MSDS) – Γαλακτωματοποιητής (EMULSIFIER) MAGNAFLUX ZE-4B»

ZYGLO®

MATERIAL SAFETY DATA SHEET

ZYGLO® EMULSIFIER ZE-4B

1. IDENTIFICATION

Company: MAGNAFLUX
Address: 3624 West Lake Avenue, Glenview, Illinois 60026
Telephone No.: 847-657-5300 (Off-Hour Emergency Number - CHEMTREC - 1-800-424-9300).
Product Use: General purpose emulsifier
Packages: 5 gallon pails, 20 gallon and 55 gallon drums
NFPA Rating: Health 1, Flammability 1, Reactivity 0
PIN: None
Revision Date: September 6, 2007

2. HAZARDOUS INGREDIENTS

<i>Ingredient</i>	<i>Wt / Wt %</i>	<i>CAS #</i>	<i>TLV</i>	<i>PEL</i>	<i>LD₅₀</i>	<i>LC₅₀</i>
Severely hydrotreated heavy naphthenic distillates (petroleum)	60-100	64742-52-5	not avail.	not avail.	not avail.	not avail.
Secondary alcohol ethoxylate	15-20	84133-50-6	not avail.	not avail.	2.4 g/kg (oral/rat)	not avail.
3-cyclohexene-1-methanol α,α 4-trimethyl-	10-30	98-55-5	not avail.	not avail.	3.2 g/kg (oral/rat)	not avail.
Alcohols (C ₁₂ - C ₁₆) ethoxylated, propoxylated	5-10	69227-21-0	not avail.	not avail.	2.6 g/kg (oral/rat)	not avail.
Poly (oxy-1,2-ethanediyl), -(nonylphenyl)-o-hydroxy	3-7	9016-45-9	not avail.	not avail.	2 g/kg (oral/rat)	not avail.

3. HAZARDS IDENTIFICATION

EMERGENCY OVERVIEW
 Bland, oily liquid which may irritate the skin and eyes.
 Difficult to ignite, but will burn vigorously if engulfed in fire.

POTENTIAL HEALTH EFFECTS

Skin Contact: Can irritate by removing natural skin oils on long or repeated exposures.
Eyes: Irritating.
Inhalation: Not significant at operating temperatures.
Ingestion: Not significant in small (mouthful) amounts.
Medical conditions known to be aggravated by exposure to product: None

4. FIRST AID

Skin Contact: Wash off with soap and water. Use soothing lotion.
Eyes: Rinse carefully under upper and lower eyelids using plenty of water.
Inhalation: Remove to fresh air.
Ingestion: Do not induce vomiting. Accidental ingestion of a small mouthful is not expected to cause significant harm.
NOTE: In all severe cases, contact physician immediately. Local telephone operators can furnish number of regional poison control center.

5. FIRE HAZARD

Conditions of flammability: None
Flash point: Min. 200° F (93° C) (Pensky-Martens closed cup)
Flammable limits in air: 1% to 6%
Extinguishing media: Carbon dioxide, foam
Special fire fighting procedures: Keep containers cool with water spray. Do not spray water directly on burning ZE-4B. It may float and spread the fire.
Hazardous combustion products: Smoke, soot, oxides of carbon
Unusual fire hazards: None

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

Mop up or sweep up with absorbent. (For disposal, see Section 13.)

7. HANDLING AND STORAGE

Store away from heat source.
 Avoid eye contact.
 Avoid repeated or prolonged skin contact.

MAGNAFLUX

A Division of Illinois Tool Works Inc.
 3624 WEST LAKE AVENUE ■ GLENVIEW, ILLINOIS 60026
 TEL 847.657.5300 ■ FAX 847.657.5388
 www.magnaflex.com

8. EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

Controls: None
Personal protection: Wear safety glasses to protect eyes.
 Wear nitrile rubber gloves if hand exposure is unavoidable.

9. PHYSICAL PROPERTIES

<i>Initial boiling point (bulk):</i>	455° F (235° C) (ASTM D-86)	<i>Vapor pressure:</i>	< 0.10mm @ 70° F (21° C)
<i>Percent volatile:</i>	None	<i>Vapor density:</i>	Heavier than air
<i>Density/sp. gravity:</i>	0.92	<i>Evaporation rate:</i>	Negligible
<i>Water solubility:</i>	0 (emulsifies into water)	<i>Appearance:</i>	Pink viscous liquid
<i>pH:</i>	Neutral	<i>Odor:</i>	Mild pine odor

10. STABILITY AND REACTIVITY

Stability: Stable
Conditions to avoid: None
Incompatibility: None
Hazardous decomposition products: Soot, oxides of carbon when burning
Reactivity: None

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

Carcinogenicity: Contains no known or suspected carcinogens listed with OSHA, IARC, NTP, or ACGIH.
Threshold limit value: 5 mg/m³ for oily mist
WHMIS information (Canada): According to available information, the ingredients have not been found to show reproductive toxicity, teratogenicity, mutagenicity, skin sensitization, or synergistic toxic effects with other materials.

12. ECOLOGICAL INFORMATION

No data is available on ZE-4B. It emulsifies into water and is biodegradable. Its low vapor pressure may exempt it from VOC restrictions.

13. DISPOSAL

As a non-hazardous oily waste, incinerate or send to waste handler who can blend it into secondary fuels.
RCRA: Not a hazardous waste
U.S. EPA Waste Number: None

14. TRANSPORTATION

U.S. DOT: 49 CFR 172.101 Hazardous Materials Table
Non-Aerosol
Proper shipping name: None, not restricted
Hazard class or division: None
Identification No.: None
Packing Group: None

15. REGULATORY INFORMATION

TSCA: All ingredients are listed in TSCA inventory.
CERCLA: Not reportable
SARA TITLE III, Section 313: No reportable ingredients
California Proposition 65: Warning: This material may contain trace amounts of chemicals known to the state of California to cause cancer and/or birth defects and/or reproductive harm.
WHMIS Class (Canada): D-2B
Note: This MSDS has been prepared to meet WHMIS (Canada) requirements with the exception of using 16 headings.

16. OTHER INFORMATION

Revision Statement: Review
Supersedes: October 26, 2004
Prepared by: Tamie Simmons, R&D Manager

Παράρτημα 10 «Τεχνικό Δελτίο - Βαφή (ALODINE) MIL-C-81706 1A (EUROCHEM KEMCOT)»



eurochem[®]
aviation, marine and industrial chemicals

Τεχνικό Δελτίο
Technical Data

KEMCOT

Περιγραφή

Το KEMCOT είναι ειδικό προϊόν σε μορφή σκόνης με το οποίο επιτυγχάνουμε την χημική επικάλυψη του αλουμινίου και των κραμάτων του. Η χημική επικάλυψη έχει χρώμα ιριδίζον έως ανοικτό κίτρινο / καφέ, αναλόγως της σύστασης του αλουμινίου και του πάχους του υποστρώματος.

Το προϊόν KEMCOT πληρεί τις απαιτήσεις της Αμερικάνικης προδιαγραφής MIL - C - 81706 Type 1A καθώς και την αντίστοιχη Ευρωπαϊκή κατά DIN 50939/1988.

Χρήσεις

Το προϊόν KEMCOT χρησιμοποιείται για να αυξήσει την αντιδιαβρωτική προστασία του αλουμινίου και την πρόσφυση της βαφής.

Τρόπος εφαρμογής

Η χρωμάτωση του αλουμινίου - ή διεθνώς "alodine" - γίνεται χρησιμοποιώντας το KEMCOT με ψεκασμό ή εμβάπτιση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Το KEMCOT χρησιμοποιείται αραιωμένο με νερό σε αναλογία 0,5 - 1,5% . Ο χρόνος επαφής είναι από 30 δευτερόλεπτα έως 5 λεπτά ανάλογα με το κράμα του αλουμινίου και την παλαιότητα του διαλύματος.

Ακολουθούν δύο εκλύσεις. Η πρώτη με νερό δικτύου σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και η δεύτερη με αποιονισμένο νερό θερμοκρασίας μέχρι 50 C. Εν συνεχεία τα αντικείμενα στεγνώνουν σε ξηραντήριο θερμοκρασίας μέχρι 60°C.

Σημ: Για περισσότερες πληροφορίες συμβουλευθείτε το τεχνικό δελτίο "ΧΗΜΙΚΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ".

Τεχνικά χαρακτηριστικά

Εμφάνιση : Καφέ - ιώδης σκόνη
PH (1% διάλυμα) : 1.5 - 2.1

Προφυλάξεις

Το KEMCOT είναι καυστικό και πρέπει να αποφεύγεται η επαφή με το δέρμα και προπαντός με τα μάτια. Σε περίπτωση προσβολής ξεπλύνετε με άφθονο νερό. Συνιστάται η χρήση προστατευτικών μέσων όπως γάντια, γυαλιά, μπότες, μάρσκες κ.λ.π.

Παρατηρήσεις

Τα λουτρά που περιέχουν το KEMCOT, και τις εκλύσεις πρέπει να είναι ανοξείδωτα ή επενδυμένα με οξύμαχο πολυεστέρα. Μετά την χρωμάτωση και πριν την βαφή τα αντικείμενα δεν πρέπει να πίνονται με γυμνά χέρια.

Η θερμοκρασία στεγνώματος δεν πρέπει να υπερβαίνει τους 60 C.

Το KEMCOT επηρεάζεται από τον αέρα και την υγρασία γι αυτό τα δοχεία συσκευασίας πρέπει να διατηρούνται καλά σφραγισμένα.

Για τον έλεγχο των λουτρών και οποιοδήποτε πρόβλημα τυχόν παρουσιασθεί το επιστημονικό προσωπικό της εταιρείας μας είναι στην διαθεσή σας για την επίλυση του.

Συσκευασία

Το KEMCOT διατίθεται σε δοχεία ή πλαστικούς σάκους των 25kg

Παράρτημα 11 «Δελτίο Ασφαλείας-Βαφή (PRIMER) MIL-PRF-23377»

MATERIAL SAFETY DATA SHEET

E90G203
05 00

DATE OF PREPARATION
Mar 5, 2012

SECTION 1 — PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

PRODUCT NUMBER

E90G203

PRODUCT NAME

MIL-PRF-23377J, Type I, Class C2 2.8 VOC Chromated Epoxy Polyamide Primer, Yellow

MANUFACTURER'S NAME

THE SHERWIN-WILLIAMS CO.
101 Prospect Avenue N.W.
Cleveland, OH 44115

Telephone Numbers and Websites

Regulatory Information	(216) 566-2902
Medical Emergency	(216) 566-2917
Transportation Emergency*	(800) 424-9300

**for Chemical Emergency ONLY (spill, leak, fire, exposure, or accident)*

SECTION 2 — COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

% by Weight	CAS Number	Ingredient	Units	Vapor Pressure
0.1	100-41-4	Ethylbenzene		
		ACGIH TLV	20 PPM	7.1 mm
		OSHA PEL	100 PPM	
		OSHA PEL	125 PPM STEL	
3	71-36-3	1-Butanol		
		ACGIH TLV	20 PPM	5.5 mm
		OSHA PEL	50 ppm (Skin) CEILING	
17	67-64-1	Acetone		
		ACGIH TLV	500 PPM	180 mm
		ACGIH TLV	750 PPM STEL	
		OSHA PEL	1000 PPM	
10	110-43-0	Methyl n-Amyl Ketone		
		ACGIH TLV	50 PPM	3.855 mm
		OSHA PEL	100 PPM	
1	Proprietary	Amidoamino Polymer		
		ACGIH TLV	Not Available	
		OSHA PEL	Not Available	
6	68082-29-1	Polyamidoamine		
		ACGIH TLV	Not Available	
		OSHA PEL	Not Available	
4	112926-00-8	Amorphous Precipitated Silica		
		ACGIH TLV	10 mg/m3 as Dust	
		OSHA PEL	6 mg/m3 as Dust	
8	13463-67-7	Titanium Dioxide		
		ACGIH TLV	10 mg/m3 as Dust	
		OSHA PEL	10 mg/m3 Total Dust	
		OSHA PEL	5 mg/m3 Respirable Fraction	
43	7789-06-2	Strontium Chromate		
		ACGIH TLV	0.0005 MG/M3	
		OSHA PEL	Not Available	
% by Weight		Ingredient		
11.00		Chromium VI (as Cr)		

SECTION 3 — HAZARDS IDENTIFICATION

ROUTES OF EXPOSURE

INHALATION of vapor or spray mist.
EYE or SKIN contact with the product, vapor or spray mist.

HMIS Codes	
Health	3*
Flammability	3
Reactivity	0

EFFECTS OF OVEREXPOSURE**EYES:** Causes burns.**SKIN:** Causes burns.**INHALATION:** Irritation of the upper respiratory system.

May cause nervous system depression. Extreme overexposure may result in unconsciousness and possibly death.

Prolonged overexposure to hazardous ingredients in Section 2 may cause adverse chronic effects to the following organs or systems:

- the liver
- the urinary system

SIGNS AND SYMPTOMS OF OVEREXPOSURE

Headache, dizziness, nausea, and loss of coordination are indications of excessive exposure to vapors or spray mists.

Redness and itching or burning sensation may indicate eye or excessive skin exposure.

MEDICAL CONDITIONS AGGRAVATED BY EXPOSURE

May cause allergic skin reaction in susceptible persons or skin sensitization.

CANCER INFORMATION

For complete discussion of toxicology data refer to Section 11.

SECTION 4 — FIRST AID MEASURES**EYES:** Flush eyes with large amounts of water for 15 minutes. Get medical attention **IMMEDIATELY**.**SKIN:** Wash affected area thoroughly with soap and water.

If irritation persists or occurs later, get medical attention.

Remove contaminated clothing and launder before re-use.

INHALATION: If affected, remove from exposure. Restore breathing. Keep warm and quiet.**INGESTION:** Do not induce vomiting. Get medical attention immediately.**SECTION 5 — FIRE FIGHTING MEASURES****FLASH POINT**

22 °F PMCC

LEL

1.1

UEL

12.8

FLAMMABILITY CLASSIFICATION

RED LABEL -- Flammable, Flash below 100 °F (38 °C)

EXTINGUISHING MEDIA

Carbon Dioxide, Dry Chemical, Foam

UNUSUAL FIRE AND EXPLOSION HAZARDS

Closed containers may explode when exposed to extreme heat.

Application to hot surfaces requires special precautions.

During emergency conditions overexposure to decomposition products may cause a health hazard. Symptoms may not be immediately apparent. Obtain medical attention.

SPECIAL FIRE FIGHTING PROCEDURES

Full protective equipment including self-contained breathing apparatus should be used.

Water spray may be ineffective. If water is used, fog nozzles are preferable. Water may be used to cool closed containers to prevent pressure build-up and possible autoignition or explosion when exposed to extreme heat.

SECTION 6 — ACCIDENTAL RELEASE MEASURES**STEPS TO BE TAKEN IN CASE MATERIAL IS RELEASED OR SPILLED**

Remove all sources of ignition. Ventilate the area.

Remove with inert absorbent.

SECTION 7 — HANDLING AND STORAGE**STORAGE CATEGORY**

DOL Storage Class 1B

PRECAUTIONS TO BE TAKEN IN HANDLING AND STORAGE

Contents are **FLAMMABLE**. Keep away from heat, sparks, and open flame.

During use and until all vapors are gone: Keep area ventilated - Do not smoke - Extinguish all flames, pilot lights, and heaters - Turn off stoves, electric tools and appliances, and any other sources of ignition.

Consult NFPA Code. Use approved Bonding and Grounding procedures.

Keep container closed when not in use. Transfer only to approved containers with complete and appropriate labeling. Do not take internally.

Keep out of the reach of children.

SECTION 8 — EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION**PRECAUTIONS TO BE TAKEN IN USE**

Use only with adequate ventilation.

Do not get in eyes or on skin. Avoid breathing vapor and spray mist.

Wash hands after using.

E90G203

This coating may contain materials classified as nuisance particulates (listed "as Dust" in Section 2) which may be present at hazardous levels only during sanding or abrading of the dried film. If no specific dusts are listed in Section 2, the applicable limits for nuisance dusts are ACGIH TLV 10 mg/m3 (total dust), 3 mg/m3 (respirable fraction), OSHA PEL 15 mg/m3 (total dust), 5 mg/m3 (respirable fraction).

VENTILATION

Local exhaust preferable. General exhaust acceptable if the exposure to materials in Section 2 is maintained below applicable exposure limits. Refer to OSHA Standards 1910.94, 1910.107, 1910.108.

RESPIRATORY PROTECTION

If personal exposure cannot be controlled below applicable limits by ventilation, wear a properly fitted organic vapor/particulate respirator approved by NIOSH/MSHA for protection against materials in Section 2.

When sanding, wirebrushing, abrading, burning or welding the dried film, wear a particulate respirator approved by NIOSH/MSHA for protection against non-volatile materials in Section 2.

PROTECTIVE GLOVES

To prevent skin contact, wear gloves which are recommended by glove supplier for protection against materials in Section 2.

EYE PROTECTION

To prevent eye contact, wear safety spectacles with unperforated sideshields.

OTHER PROTECTIVE EQUIPMENT

Use barrier cream on exposed skin.

OTHER PRECAUTIONS

This product must be mixed with other components before use. Before opening the packages, READ AND FOLLOW WARNING LABELS ON ALL COMPONENTS.

Intentional misuse by deliberately concentrating and inhaling the contents can be harmful or fatal.

SECTION 9 — PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

PRODUCT WEIGHT	12.71 lb/gal	1522 g/l
SPECIFIC GRAVITY	1.53	
BOILING POINT	132 - 308 °F	55 - 153 °C
MELTING POINT	Not Available	
VOLATILE VOLUME	59%	
EVAPORATION RATE	Slower than ether	
VAPOR DENSITY	Heavier than air	
SOLUBILITY IN WATER	N.A.	
VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS (VOC Theoretical - As Packaged)		
	2.70 lb/gal	324 g/l
	1.84 lb/gal	220 g/l
		Less Water and Federally Exempt Solvents
		Emitted VOC
VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS (VOC - As Applied)		
	<2.83 lb/gal	<340 g/l
		Less Water and Federally Exempt Solvents

SECTION 10 — STABILITY AND REACTIVITY

STABILITY — Stable

CONDITIONS TO AVOID

None known.

INCOMPATIBILITY

None known.

HAZARDOUS DECOMPOSITION PRODUCTS

By fire: Carbon Dioxide, Carbon Monoxide, Oxides of Metals in Section 2

HAZARDOUS POLYMERIZATION

Will not occur

SECTION 11 — TOXICOLOGICAL INFORMATION

CHRONIC HEALTH HAZARDS

Reports have associated repeated and prolonged overexposure to solvents with permanent brain and nervous system damage.

Ethylbenzene is classified by IARC as possibly carcinogenic to humans (2B) based on inadequate evidence in humans and sufficient evidence in laboratory animals. Lifetime inhalation exposure of rats and mice to high ethylbenzene concentrations resulted in increases in certain types of cancer, including kidney tumors in rats and lung and liver tumors in mice. These effects were not observed in animals exposed to lower concentrations. There is no evidence that ethylbenzene causes cancer in humans.

Chromates are listed by IARC and NTP. Studies have associated exposure to Chromium VI compounds with an increased risk of respiratory cancer.

IARC's Monograph No. 93 reports there is sufficient evidence of carcinogenicity in experimental rats exposed to titanium dioxide but inadequate evidence for carcinogenicity in humans and has assigned a Group 2B rating. In addition, the IARC summary concludes, "No significant exposure to titanium dioxide is thought to occur during the use of products in which titanium is bound to other materials, such as paint."

TOXICOLOGY DATA

CAS No.	Ingredient Name			
100-41-4	Ethylbenzene	LC50 RAT LD50 RAT	4HR	Not Available 3500 mg/kg
71-36-3	1-Butanol	LC50 RAT LD50 RAT	4HR	8000 ppm 790 mg/kg
67-64-1	Acetone	LC50 RAT LD50 RAT	4HR	Not Available 5800 mg/kg
110-43-0	Methyl n-Amyl Ketone	LC50 RAT LD50 RAT	4HR	Not Available 1670 mg/kg
Proprietary	Amidoamino Polymer	LC50 RAT LD50 RAT	4HR	Not Available 3450. mg/kg
68082-29-1	Polyamidoamine	LC50 RAT LD50 RAT	4HR	Not Available Not Available
112926-00-8	Amorphous Precipitated Silica	LC50 RAT LD50 RAT	4HR	Not Available 4999. mg/kg
13463-67-7	Titanium Dioxide	LC50 RAT LD50 RAT	4HR	Not Available Not Available
7789-06-2	Strontium Chromate	LC50 RAT LD50 RAT	4HR	Not Available Not Available

SECTION 12 — ECOLOGICAL INFORMATION**ECOTOXICOLOGICAL INFORMATION**

No data available.

SECTION 13 — DISPOSAL CONSIDERATIONS**WASTE DISPOSAL METHOD**

Waste from this product may be hazardous as defined under the Resource Conservation and Recovery Act (RCRA) 40 CFR 261. Waste must be tested for ignitability and extractability to determine the applicable EPA hazardous waste numbers. Incinerate in approved facility. Do not incinerate closed container. Dispose of in accordance with Federal, State/Provincial, and Local regulations regarding pollution.

SECTION 14 — TRANSPORT INFORMATION

Multi-modal shipping descriptions are provided for informational purposes and do not consider container sizes. The presence of a shipping description for a particular mode of transport (ocean, air, etc.), does not indicate that the product is packaged suitably for that mode of transport. All packaging must be reviewed for suitability prior to shipment, and compliance with the applicable regulations is the sole responsibility of the person offering the product for transport.

US Ground (DOT)

5 Liters (1.3 Gallons) and Less may be Classed as CONSUMER COMMODITY, ORM-D

Larger Containers are Regulated as:

RQ, UN1263, PAINT, 3, PG II, (STRONTIUM CHROMATE), (ERG#128)

DOT (Dept of Transportation) Hazardous Substances & Reportable Quantities

Acetone 5000 lb RQ

Strontium chromate 10 lb RQ

Xylenes (isomers and mixture) 100 lb RQ

Bulk Containers may be Shipped as (check reportable quantities):

RQ, UN1263, PAINT, 3, PG II, (STRONTIUM CHROMATE), (ERG#128)

Canada (TDG)

UN1263, PAINT, CLASS 3, PG II, (ERG#128)

IMO

5 Liters (1.3 Gallons) and Less may be Shipped as Limited Quantity.

RQ, UN1263, PAINT, CLASS 3, PG II, (-6 C.c.c.), (STRONTIUM

CHROMATE), EmS F-E, S-E, ADR (D/E)

IATA/ICAO

RQ, UN1263, PAINT, 3, PG II, (STRONTIUM CHROMATE)

SECTION 15 — REGULATORY INFORMATION**SARA 313 (40 CFR 372.65C) SUPPLIER NOTIFICATION**

CAS No.	CHEMICAL/COMPOUND	% by WT	% Element
100-41-4	Ethylbenzene	0.1	
71-36-3	1-Butanol	3	
	Chromium Compound	43	10.9

CALIFORNIA PROPOSITION 65

WARNING: This product contains chemicals known to the State of California to cause cancer and birth defects or other reproductive harm.

TSCA CERTIFICATION

All chemicals in this product are listed, or are exempt from listing, on the TSCA Inventory.

SECTION 16 — OTHER INFORMATION

This product has been classified in accordance with the hazard criteria of the Canadian Controlled Products Regulations (CPR) and the MSDS contains all of the information required by the CPR.

The above information pertains to this product as currently formulated, and is based on the information available at this time. Addition of reducers or other additives to this product may substantially alter the composition and hazards of the product. Since conditions of use are outside our control, we make no warranties, express or implied, and assume no liability in connection with any use of this information.

Παράρτημα 12 «Τεχνικό Δελτίο - Βαφή (TOPCOAT)
MIL-PRF-85285»



TECHNICAL DATA SHEET

TECHNICAL DATA SHEET
MIL-PRF-85285D POLYURETHANE
PAGE 1 OF 2

PRODUCT: A two-component aliphatic, polyester polyurethane coating.

DESCRIPTION: MIL-PRF-85285D Polyurethane Coating is an aerospace grade, two component chemically cured product that forms a film that is resistant to chemicals, solvents and abrasion. This product has excellent adhesion to most substrates and is recommended for heavy duty industrial applications where a tough, chemical resistant coating is required. This coating is available in a 4:1 mixture for brush, roll and spray applications. It is specially formulated for superior ultraviolet ray resistance and exterior durability.

PROPERTIES:

SOLIDS (Weight)..... 67 - 70%**
SOLIDS (Volume)..... 55 - 57%**
VISCOSITY..... 70 - 90 KU

GLOSS:@60 DEG

Gloss Colors..... Minimum 90%
Semi-gloss Colors..... 15 - 45%
Camouflage Colors..... Maximum 5%
COLORS..... Full Range
POT LIFE(77 degrees F)..... 6 - 8 Hours*
TACK FREE..... 2 Hours*
RECOAT..... Overnight*
LIGHT SERVICE..... 24 Hours*
FULL SERVICE..... 7 Days*

VOC (Maximum) TYPE I..... 420 g/L
TYPE II..... 340 g/l

* Higher temperatures will accelerate dry times and decrease pot life, lower temperatures will lengthen cure times and slightly increase pot life.

**Values will vary with color.

ADVANTAGES:

- (1). Excellent Exterior Durability
- (2). Abrasion Resistant
- (3). Chemical Resistant
- (4). Meets ASTM Standard Tests
- (5). Resistant to Corrosive Fumes
- (6). Meets Military Specification

2639 N. 31st Avenue • Phoenix • Arizona 85009 • (602) 243-3293 • Fax (602) 268-6801
Web Site: <http://www.tricomcoatings.com> • E-Mail: info@tricomcoatings.com



TECHNICAL DATA SHEET

TECHNICAL DATA SHEET
MIL-PRF-85285D POLYURETHANE
PAGE 2 OF 2

SURFACE PREPARATION: Surface to be coated must be clean, structurally sound and free of all foreign contaminants including dirt, wax, loose paint or grease. Greasy or oily surfaces should be solvent cleaned with care taken not to paint over moist or wet surfaces. The recommended primer is MIL-P-23377G or MIL-P-85582. The use of alkyd based primers under this coating is not advisable.

Old paint in peeling condition must be removed. Sandblasting or wire brushing are the preferred methods. Chalky paint must also be wire brushed for maximum adhesion.

APPLICATION: MIL-PRF-85285D Polyurethane Coating can be brushed, rolled or sprayed. Mechanically mix each component, then combine at a ratio of 4 part pigmented component to 1 part catalyst by volume. Let admixed material stand for 15 minutes before using to allow for chemical induction. If thinning is required, use MIL-T-81772B Type I Polyurethane Thinner.

PRECAUTIONS:

USE WITH ADEQUATE VENTILATION.

CONTENTS ARE FLAMMABLE.

AVOID CONTACT WITH SKIN AND EYES.

READ MATERIAL SAFETY DATA SHEET BEFORE USING.

KEEP OUT OF THE REACH OF CHILDREN.

FOR INDUSTRIAL USE ONLY.

2639 N. 31st Avenue • Phoenix • Arizona 85009 • (602) 243-3293 • Fax (602) 268-6801
Web Site: <http://www.tricomcoatings.com> • E-Mail: info@tricomcoatings.com