



ΔΠΜΣ

***Εφαρμοσμένες Πολιτικές και Τεχνικές
Προστασίας Περιβάλλοντος***

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ
ΚΑΙ Η ΣΠΟΓΓΟΒΟΛΗ ΩΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ**

Συριανόγλου Παντελής

Επιβλέπων:

Δρ Αλεξάκης Δημήτριος, Καθηγητής

Αθήνα, 2023

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΚΑΙ Η ΣΠΟΓΓΟΒΟΛΗ ΩΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

Επιβλέπων καθηγητής : Αλεξάκης Δημήτριος

Συνεπιβλέπων καθηγητής:

Η Τριμελής Επιτροπή

Γεώργιος Βαρελίδης,

Δημήτριος Αλεξάκης,

Σίνου Μάρω

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένος/α Σταυρούλα Τσιτσέση του Νικόλαου
με αριθμό μητρώου 146 φοιτητής/τρια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών
Σπουδών ΕΠΕ Π.Π του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών
Σχολής Τεχνικών Σφ/δων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι και έπειτα από αίτηση μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή.

Ο/η Δηλών/ούσα



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Λέξεις-κλειδιά: Σπογγοβολή, υδροβολή, αμμοβολή, απόβλητα, αποξεστικά υλικά

Η βιομηχανία με την ανάπτυξή της επηρεάζει το φυσικό περιβάλλον. Για να αντισταθμιστεί η επιβάρυνση αυτή, έχει προκύψει η ανάγκη για ανάπτυξη νέων τεχνολογιών φιλικών προς το περιβάλλον. Μια ιδιαίτερα αναγκαία ενέργεια που λαμβάνει χώρα στη βιομηχανία παντός τύπου είναι ο καθαρισμός επιφανειών κατασκευών αποτελούμενων από διάφορα υλικά. Η ψηγματοβολή και η υδροβολή αποτελούν παγκοσμίως τις επικρατέστερες μεθόδους καθαρισμού επιφανειών. Αποξεστικά υλικά για τη μέθοδο της ψηγματοβολής αποτελούν η άμμος, τα ορυκτά, τα αποκαμινεύματα της μεταλλουργικής βιομηχανίας και ψήγματα μετάλλων.

Οι παραπάνω τεχνικές χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση σκουριάς, χρώματος, βερνικιού, κονιαμάτων και είναι αναγκαίες για τη συντήρηση και τη βαφή των διαφόρων επιφανειών, όπως ο καθαρισμός δεξαμενών καυσίμων, σωληνώσεων κ.α. Σε όλων των ειδών των βιομηχανικών κατασκευών είναι ιδιαίτερα διευρυμένη η χρήση του μετάλλου, καθιστώντας την προστασία τους από τη διάβρωση και την οξείδωση σημαντικό τεχνικό και οικονομικό ζήτημα. Κυρίως στην ναυτιλία έχουν μεγάλη εφαρμογή στις εξωτερικές επιφάνειες των πλοίων στις οποίες γίνεται αποχρωματισμός, απομάκρυνση σκουριάς και απομάκρυνση στρειδώνας από διάφορα τμήματα του πλοίου τα οποία έχουν συνεχή επαφή με το νερό.

Ωστόσο οι τεχνικές αυτές αποτελούν παράγοντες επιβαρυντικούς όσον αφορά τους εργαζόμενους ως προς την υγεία τους αλλά και για το περιβάλλον.

Η επεξεργασία επιφανειών με τη μέθοδο της ψηγματοβολής είναι μία ανθυγιεινή και ιδιαίτερα βαριά εργασία με αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του εργαζομένου και το περιβάλλον, που προέρχονται κυρίως από τη χρήση του αποξεστικού μέσου. Τα βασικότερα αποξεστικά υλικά που χρησιμοποιούνται στη ψηγματοβολή είναι τα αποκαμινεύματα (slags) της μεταλλουργικής βιομηχανίας, με συνηθέστερα τα αποκαμινεύματα άνθρακα, χαλκού και νικελίου.

Τα ποσοστά τοξικών στοιχείων, επικίνδυνων βαρέων μετάλλων και ενώσεων σε αυτά τα υλικά βρίσκονται συχνά πάνω από τα επιτρεπόμενα όρια με αποτέλεσμα να εγκυμονούω σοβαρούς υγειονομικούς και περιβαλλοντικούς κινδύνους.

Από την άλλη, και η υδροβολή παρουσιάζει επίσης σημαντικά μειονεκτήματα τα οποία είναι το υψηλό κόστος, η απαίτηση φρέσκου νερού σε μεγάλες ποσότητες, σε πολλές περιπτώσεις χαμηλός βαθμός παραγωγικότητας, εμφάνιση του φαινομένου της οξείσωσης πάνω στην επιφάνεια σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα μετά την εφαρμογή της με αποτέλεσμα την απαίτηση χρήσης αντισκωριακών διαλυμάτων (inhibitors) και τη παραγωγή ποσοτήτων υγρών αποβλήτων. Τα απόβλητα που παράγονται από την ψηγματοβολή και την υδροβολή φέρουν σημαντικές επιβαρύνσεις στο περιβάλλον καθώς οι ποσότητες είναι πολύ μεγάλες και πλύ συχνά χαρακτηρίζονται ως επικίνδυνα απόβλητα, η διαχείριση των οποίων είναι αρκετά δύσκολη. Τελικός αποδέκτης των τεράστιων ποσοτήτων είναι συχνά η θάλασσα.

Αντίθετα, η σπογγοβολή αποτελεί μια καινοτόμο μέθοδο καθαρισμού επιφανειών η οποία αναπτύχθηκε με σκοπό να περιορίσει τη ρύπανση που προκαλείται κατά τη ψηγματοβολή διαφόρων τύπων. Η σπογγοβολή επιτυγχάνεται με την εκτόξευση ειδικά επεξεργασμένων συνθετικών σωματιδίων σπόγγου υπό την πίεση αέρα. Αποτέλεσμα των φυσικών ιδιοτήτων των

σωματιδίων σπόγγου είναι να απομακρύνουν από την επιφάνεια επιστρώσεις χρώματος και ακαθαρσίες αφήνοντας την επιφάνεια καθαρή χωρίς την εκπομπή της επιβλαβούς σκόνης. Τα σπογγοειδή σωματίδια επανευαλλέγονται και επαναχρησιμοποιούνται αφού ανακυκλωθούν από ειδικό μηχάνημα το οποίο αποτελεί μέρος του εξοπλισμού. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, να μειώνεται ο αριθμός των αποβλήτων που παράγονται κατά τη διάρκεια του καθαρισμού επιφανειών. Συνεπώς, τα παραγόμενα απόβλητα διαχειρίζονται ευκολότερα απ' τη στιγμή που μετά το πέρας των εργασιών απομένει σημαντικά μικρότερη ποσότητα έναντι αυτής της αμμοβολής και της υδροβολής. Επίσης, επιτυγχάνεται καθαρισμός υψηλής ποιότητας στο τελικό αποτέλεσμα της επεξεργασμένης επιφάνειας. Τα πλεονεκτήματα της σπογγοβολής, έχουν παρατηρηθεί και καταγραφεί από την εφαρμογή της στη παγκόσμια βιομηχανία.

Στη παρούσα εργασία γίνεται περιγραφή των μεθόδων της ψηγματοβολής και υδροβολής καθώς και ανάλυση των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων τους. Στη συνέχεια, αναλύεται η τεχνική της σπογγοβολής και παρουσιάζονται με λεπτομέρεια τα πλεονεκτήματα της έναντι των άλλων τεχνικών.

Καθώς προκύπτουν ερευνητικά κενά, στα νέα αποξεστικά μέσα ψηγματοβολής και δεν υπάρχουν επαρκή επιστημονικά δεδομένα σχετικά με την πλέον καινοτόμα και περιβαλλοντολογικά φιλική τεχνική της σπογγοβολής, η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως στόχο την ανάπτυξη μεθοδολογίας για την περαιτέρω επιστημονική της διερεύνηση.

Η μεθοδολογία που προτείνεται για τη συλλογή πειραματικών μετρήσεων χωρίζεται σε τέσσερις ενότητες :

Η πρώτη ενότητα αφορά τον καθορισμό των επιφανειών που θα χρησιμοποιηθούν, τον εξοπλισμό, το αποξεστικό υλικό (το είδος σπογγιδίου) και τον χώρο όπου θα διεξαχθεί η πειραματική διαδικασία. Επίσης, τονίζεται η σημαντικότητα του ορισμού των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των δοκιμίων, ώστε να διασφαλιστεί η κοινή προέλευσή τους, ώστε να επέλθει η τελική επεξεργασία τους με σπογγοβολή.

Η δεύτερη ενότητα αφορά την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη χρήση της σπογγοβολής, καθώς και των επιπτώσεων στην υγεία και ασφάλεια των εργαζομένων. Όπως αναλύεται, σημαντικός παράγοντας είναι οι 'επί τόπου' μετρήσεις (οι μετρήσεις στο πεδίο), οι οποίες θα αφορούν στη σκόνη (αιωρούμενα σωματίδια), το θόρυβο και τις δονήσεις που προέρχονται από την εφαρμογή της σπογγοβολής.

Στη τρίτη ενότητα της ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ πειραματικής διαδικασίας, θα γίνει εργαστηριακός έλεγχος της επιφάνειας των δοκιμίων που θα έχει εφαρμοστεί σπογγοβολή. Θα ακολουθήσει συλλογή δεδομένων και αξιολόγηση των μεθόδων με βάση την αποτελεσματικότητά τους.

Η τέταρτη και τελευταία ενότητα εργασίας, αφορά τη συνολική αξιολόγηση τόσο του αποξεστικού μέσου (σπογγίδια) όσο και της τεχνικής της σπογγοβολής, έναντι των δύο άλλων παραδοσιακών τεχνικών καθαρισμού με τεχνικά, οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά κριτήρια.

ABSTRACT

Keywords: Spongeblasting, sandblasting, hydroblasting, waste, abrasive materials

Industry evolution may affect natural environment, in parallel new environmentally friendly technologies has risen to control many of the adverse impacts on the environment. An important technique that is commonly applied in all industries, is the treatment and cleaning of the surface of many materials. Gridblasting and hydroblasting are the most common surface treatment methods, worldwide. The abrasive materials that are used for the above-mentioned methods are sand, minerals, metallurgical industry residues and metal nuggets.

The above techniques are used to remove rust, paint, varnish, mortar and are necessary for the maintenance and painting of various surfaces, such as cleaning fuel tanks, piping, etc. The use of metals in all types of industrial constructions is particularly widespread, so protecting it against corrosion and oxidation is a very important technical and financial issue. Mostly in shipping, is widely used on the surfaces of the vessels with discoloration, rust removal and oyster removal from various parts of the ship which are in constant contact with water.

Those techniques though, involved factors that damage both the environment and the ecosystems. Grid blasting is considered a heavy work with severe health and environmental side effects, mostly due to the usage of abrasive material. The use of those materials in open-air workplaces creates many environmental hazards and risks to human health. The main abrasives are the slags of the metallurgical industry, with the most common being coal, copper and nickel slags.

These materials, although contain hazardous heavy metals, toxic elements and other compounds, often exceed the permitted levels, so they are a risk to workers' health and the protection of the environment. Finally, the particles that are produced, also are a serious risk to human health. Hydroblasting also has significant disadvantages such as, high cost, great demand on fresh water, low productivity rates (on most cases) and the instant corrosion it produces on the cleaned surface after very short time, resulting the mandatory usage of inhibitors and other harmful liquid production. The waste that is produced from gridblasting and hydroblasting severely affect the environment, since the quantities of the waste materials are great and in many cases are considered hazardous, thus very difficult to treat and dispose.

The final receiver of those huge hazardous materials, is often the open sea. Spongeblasting is a innovative method of surface cleaning, that has been developed in order to decrease the pollution caused by the regular gridblasting methods. Spongeblasting is achieved by launching special designed sponge media. Those particles remove the surface coating, clean the surface without producing any dust, dangerous for the operators and the environment.

The sponge media can be recollected and reused, after being recycled by a special machinery. This results to significantly lower hazardous waste production, also meaning less volume to process and dispose. Those advantages are confirmed by the worldwide industry and the Sponge Jet manufacturer.

Since the scientific data for the new blasting procedures and materials are very limited, this thesis aims to develop a methodology for further scientific research, of Sponge Blasting. This method will be compared with the already existing scientific reports of the other older methods.

The proposed methodology is divided to four stages as per below;

The first stage concerns the consistency of the surfaces that are due to be blasted, the proper selection of the blasting machinery, the selection of the media and the workplace that the blasting will occur.

The second stage concerns the preparation of the geometrical and quality attributes. Specimens from every surface will be sampled in order to have common origin and common processing. By this way it will be ensured that the end results will be properly evaluated, since it will concern similar samples.

The third stage concerns the surface treatment with spongeblasting, from specialized personnel. In particular it concerns the laboratory evaluation of the results of the treated surfaces, as it has been explained during the first stage, according to each method's efficiency.

Finally, the fourth stage concerns economical issues. Measuring the required media quantity for each blasting technic is a great economical issue. Also the efficiency of each method is evaluated according to the end result of the treated surface. To conclude the spongeblasting treatment method has great advantages in comparison to the usual other methods, but it is not widely known within the industrial field. The scientific data will justify and prove the observed advantages and will contribute to the familiarization of this method to the scientific community as the most ideal blasting method.

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	iii
ABSTRACT	v
Κατάλογος Διαγραμμάτων	ix
Κατάλογος Εικόνων	ix
Κατάλογος Εξισώσεων.....	ix
Κατάλογος Πινάκων	x
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Καθαρισμός επιφανειών στη βιομηχανία	3
1.2 Η αναγκαιότητα της ψηγματοβολής	4
1.3 Τι είναι οξείδωση – διάβρωση	5
1.4 Συνθήκες που επιταχύνουν τη διάβρωση	6
1.5 Βαθμοί οξείδωσης των επιφανειών	6
1.6 Η σημασία της μικροτραχύτητας	7
1.7 Ψηγματοβολή.....	7
1.7.1 Ψηγματοβολή με χρήση ακροφυσίων (nozzle blasting).....	10
1.7.2 Ψηγματοβολή με χρήση φυγόκεντρου συμπιεστή (impeller / centrifugal blasting)	11
1.7.3 Καθαρισμός με υδροβολή (water blasting)	12
1.7.4 Καθαρισμός με αμμοβολή (sand blasting).....	14
1.8 Εναλλακτικές μέθοδοι καθαρισμού και προετοιμασίας	16
1.8.1 Υδροαμμοβολή	16
1.8.2 Υδροαμμοβολή με “κουρτίνα” νερού.....	16
1.8.3 Υδροαμμοβολή τύπου πολφού	17
1.8.4 Υδροαμμοβολή με έγχυση αποξεστικού	17
1.8.5 Ψηγματοβολή υπό κενό.....	18
1.8.6 Ψηγματοβολή κλειστού τύπου	18
1.8.7 Ψηγματοβολή με σφαιρίδια ψευδαργύρου (zing shot blasting)	19
1.8.8 Ψηγματοβολή με χρήση πλαστικών (plastic media blasting)	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΑΠΟΞΕΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	21
2.1 Χαρακτηριστικά των αποξεστικών μέσων ψηγματοβολής.....	22

2.2 Ταξινόμηση των αποξεστικών υλικών	24
2.2.1 Φυσικά ορυκτά.....	27
2.2.2 Μεταλλουργικές σκωρίες	30
2.2.3 Βιομηχανικά Υλικά.....	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΥΓΙΕΙΝΗ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ	34
3.1 Υγιεινή και ασφάλεια κατά την ψηγματοβολή	35
3.2 Υγιεινή και ασφάλεια κατά την Υδροβολή	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ	38
4.1 Ατμοσφαιρική ρύπανση : Έννοια – Ατμοσφαιρικοί ρύποι και πηγές πρόκλησης	39
4.2 Επιπτώσεις τις ψηγματοβολής στον άνθρωπο και το περιβάλλον	41
4.3 Επιπτώσεις από τα παραγόμενα απόβλητα της ψηγματοβολής.....	44
4.3.1 Έλεγχος στερεών αποβλήτων ψηγματοβολής	44
4.3.2 Χαρακτηρισμός επικινδυνότητας αποβλήτου ψηγματοβολής.....	46
4.3.3 Διαχείριση αποβλήτων ψηγματοβολής.....	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΑΠΟΞΕΣΤΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ..	57
5.1 Στοιχεία των αποξεστικών μέσων που έχουν εξεταστεί εργαστηριακά	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΣΠΟΓΓΟΒΟΛΗ	60
6.1 Η Σπογγοβολή	60
6.1.1 Αεροσυμπιεστής.....	62
6.1.2 Μονάδα τροφοδοσίας (Feed Unit).....	63
6.1.3 Αποξεστικό υλικό (σφουγγάρι)	64
6.1.4 Ακροφύσιο – σωλήνες	66
6.1.5 Μονάδα ανακύκλωσης (Recycler)	68
6.2 Εφαρμογές της Σπογγοβολής στη Διεθνή Βιομηχανία	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	72
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	76
Βιβλιογραφία.....	77

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1. Κατανομή ετήσιας κατανάλωσης αποξεστικών ψηγματοβολής στις ΗΠΑ, 2000 (Παπαχαρίτου, 2008)	22
Διάγραμμα 2. Σχεδιάγραμμα απεικόνισης των εναλλακτικών λύσεων υγειονομικής ταφής που προβλέπει η οδηγία για την υγειονομική ταφή.	49
Διάγραμμα 3. Κατανομή κατανάλωσης αποξεστικού μέσου στα ναυπηγεία της Ελλάδας έτους 2009.	52

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1. Μοντέλο γαλβανικού στοιχείου κατά Wanger για την ομοιόμορφη διάβρωση μετάλλων στον αέρα Αναστάσιος Θ. Ραγκούσης (1989). Διδακτορική διατριβή ΕΜΠ, Τμήμα Χημικών Μηχανικών.	5
Εικόνα 2. Καθαρισμός γάστρας πλοίου με την μέθοδο της υδροβολής. Πηγή: http://www.dnikolaou.com/images/hathrystithvottur.jpg	13
Εικόνα 3. Εφαρμογή Υδροβολής σε πέτρα Πηγή: https://m.facebook.com/pg/HouseService-136178566455287/photos/	14
Εικόνα 5. Παπαχαρίτου Νίκος (2008) 3 Αποξεστική δράση γωνιώδους σωματιδίου σε χαλύβδινη επιφάνεια. Διπλωματική Εργασία ΕΜΠ Τμήμα Μηχ. Μηχανικών	23
Εικόνα 6 Εργαστηριακή διάταξη στηλών, μεθόδου εκχύλισης Σουρούβαλη Ναταλία Διπλωματική εργασία Πολυτεχνείο Κρήτης 2017	45
Εικόνα 7. Κατηγορίες στερεών αποβλήτων. Πηγή: https://www.thalis-es.gr/index.php/el/activities/solid-waste	47
Εικόνα 8. Συσσωρευμένοι όγκοι αποξεστικού υλικού στο ναυπηγείο του Νεώριου της Σύρου. Πηγή: https://syrosenvobservatory.gr/arovlita-ammnonolis-meros-1_-syros/	53
Εικόνα 9. Απεικόνιση δράσης αποξεστικού σπογγιδίου κατά τη πρόσκρουσή του στην επιφάνεια. Πηγή: https://www.spongejet.com/	61
Εικόνα 10. Απεικόνιση της διάταξης του εξοπλισμού της Σπογγοβολής. Πηγή: https://www.spongejet.com/	62
Εικόνα 11. Ενδεικτική φωτογραφία τάξης μεγέθους αεροσυμπιεστή με κινητήρα diesel. Πηγή: https://gr.bossgoo.com/product-detail/portable-air-compressor-trailer-for-drilling-53794809.html	63
Εικόνα 12. Απεικόνιση τυπικής διάταξης, και διάταξη σε τομή μονάδας τροφοδοσίας σπογγιδίων. Πηγή: https://www.spongejet.com/wp-content/uploads/2013/03/85L_150L_240L_240XL_Feed_Unit_Manual_eng.pdf	64
Εικόνα 13. Απεικόνιση των διαφόρων τύπων σπογγιδίων. Πηγή: https://www.spongejet.com/	66
Εικόνα 14. Σχηματική απεικόνιση (μετά από επεξεργασία), δικτύου αέρος ακροφυσίου και βαλβίδας deadman. Πηγή: https://www.spongejet.com/	67
Εικόνα 15. Βαλβίδα Deadman. Πηγή: https://www.raptorblastingsolutions.com/product/g2-deadman/	67
Εικόνα 16. Σχηματική απεικόνιση σε τομή τυπικής διάταξης συστήματος κοσκίνων. Πηγή: https://www.spongejet.com/	68

Κατάλογος Εξισώσεων

Εξίσωση 1. Τύπος κινητικής ενέργειας.	23
---------------------------------------	----

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Χημικές αναλύσεις σε % κ.β αποξεστικών υλικών. Ανάπτυξη συστήματος Αξιολόγησης Μεθόδων καθαρισμού και προετοιμασίας επιφανειών (Λαμπράκης, 2003).....	25
Πίνακας 2. Φυσικά χαρακτηριστικά εμπορικών αποξεστικών υλικών. Ανάπτυξη συστήματος Αξιολόγησης Μεθόδων καθαρισμού και προετοιμασίας επιφανειών (Λαμπράκης, 2003).....	27
Πίνακας 3.Επιτρεπτά όρια διαλυτής συγκέντρωσης (ΕΔΣ) επικίνδυνων στοιχείων κατά US EPA, 1997.	46
Πίνακας 4.Επιτρεπτά όρια συγκέντρωσης (ΕΣ) πτητικών και ημιπτητικών ενώσεων κατά US EPA, 1997.....	46
Πίνακας 5.Ιδιότητες των αποβλήτων που τα καθιστούν επικίνδυνα σύμφωνα με την Κανονισμός 1272/2008/ΕΚ. Πηγή: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1272&from=EL	50
Πίνακας 6. Μέσοι όροι παραγωγής σκόνης(Λαμπράκης, 2003)	58
Πίνακας 7 Μέσοι όροι παραγωγικών δεδομένων (Λαμπράκης, 2003)	59
Πίνακας 8.Μέσοι όροι συγκεντρώσεων μετάλλων στα φρέσκα αποξεστικά και στα απόβλητα ανά μέθοδο κατά T.C.L.P (Παπαχαρίτου, 2008).....	60

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εξέλιξη του ανθρώπινου είδους συνδέθηκε στενά με την ανάπτυξη της Βιομηχανίας (Scoullos & Pavidou, 1997). Είναι ευρέως γνωστό ότι ένας από τους κυριότερους παράγοντες της επιβάρυνσης του φυσικού και του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος είναι η Βιομηχανία (Scoullos & Pavidou, 1997).

Η Βιομηχανία με την ανάπτυξή της επηρέασε το φυσικό περιβάλλον στην ατμόσφαιρα (ΡΙΖΟΣ, 2019), το όζον (Νταλάκου, 2014), τη θερμοκρασία στο πλανήτη (ΡΙΖΟΣ, 2019), τα ευαίσθητα οικοσυστήματα (Παπαμανώλης, 2015), τη βιοποικιλότητα (Χατζηβακαλέλης, 2018), τους φυσικούς πόρους (Χατζηβακαλέλης, 2018), τα εδάφη και τη ποιότητα τη ζωής του ανθρώπου σε κάθε τομέα (Feddem & Freire, 2001).

Στη προσπάθεια της η ανθρωπότητα να καλύψει τις υλικές τις ανάγκες, ενίσχυσε και αύξησε τη βιομηχανική δραστηριότητα σε παγκόσμιο επίπεδο (Κοτσαμανίδου, 2007). Ως επακόλουθο αυτής της σχέσης *ανάγκης - κάλυψης* ήταν η επιβάρυνση και η ρύπανση σε ύδατα, στεριά, αέρα με άμεσες ή έμμεσες βλαβερές συνέπειες στον ίδιο τον άνθρωπο (Karavoltsos et al., 2008).

Είναι γεγονός, ότι μεγάλες ποσότητες βιομηχανικών αποβλήτων διοχετεύονται στη θάλασσα και στα ποτάμια, τα οποία από τα αρχαία χρόνια θεωρούνταν ως ο ιδανικός αποδέκτης για τα απόβλητα, επιρεάζοντας το θαλάσσια οικοσυστήματα με σημαντικές αλλαγές (Scoullos et al., 2001).

Παλαιότερα, δε γινόταν λόγος για ρύπανση του περιβάλλοντος και για περιβαλλοντική υποβάθμιση καθώς υπήρχε άγνοια των επιπτώσεων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων σε αυτό (Καμνηιώτη, 2018).

Τα πρώτα συμπτώματα της επίπτωσης της βιομηχανικής δραστηριότητας στο περιβάλλον, άρχισαν να γίνονται αντιληπτά τη δεκαετία του '70. Τότε, δόθηκαν τα πρώτα κίνητρα από τις ανεπτυγμένες χώρες για την ανάπτυξη δράσεων για το περιορισμό της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος (Ανδρούτσου, 2004).

Η πολιτική αυτή είχε ως επακόλουθο να ξεκινήσουν οι πρώτες τεχνολογίες αντιρρύπανσης, εστιάζοντας στην επεξεργασία αποβλήτων (Τσούκας, 2018).

Στη συνέχεια, εισάχθηκε η αρχή της πρόληψης, κατά την οποία προλαμβάνονται οι πιθανές επιπτώσεις στο περιβάλλον μελετώντας διάφορες παραμέτρους όπως: α) ο σχεδιασμό νέων δραστηριοτήτων για τη παραγωγή υλικών φιλικών προς το περιβάλλον, β) η υιοθέτηση βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών παραγωγής προϊόντων και αντιρρύπανσης, γ) η νομοθεσία, και δ) οι κατάλληλες πρακτικές για την εφαρμογή διαχειριστικών προτύπων (Borsani & Ferrando, 1997).

Σε δεύτερο χρόνο μαζί με την αρχή της πρόληψης ενσωματώθηκε η βιώσιμη ανάπτυξη, καθώς και η πράσινη επιχειρηματικότητα. Οι έννοιες αυτές πλέον αποτελούν τα κύρια ζητούμενα της εποχής τα οποία ενσωματώνουν σε ένα πλαίσιο τις περιβαλλοντικές διαστάσεις μαζί με τους κύριους αναπτυξιακούς τομείς όπως ενέργεια, βιομηχανία, τουρισμός, γεωργία, μεταφορές, καθώς και το διαχωρισμό της ανάπτυξης από την υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Αυτή η πολιτική έχει φέρει σαν αποτέλεσμα την εύρεση νέων τεχνολογιών και καινοτομιών με στόχο να συμβάλλουν στην ομαλή συνύπαρξη της βιομηχανίας της φύσης και του ανθρώπου (Lélé, 1991).

Μια ιδιαίτερα αναγκαία ενέργεια που λαμβάνει χώρα στη βιομηχανία παντός τύπου είναι ο καθαρισμός επιφανειών ανεξαρτήτου σύνθεσης από διάφορα υλικά (Γεωργαντάς & Κανελλόπουλος, 2021).

Συγκεκριμένα, ο καθαρισμός αυτός περιλαμβάνει την απομάκρυνση σκουριάς, χρώματος, βερνικιού, κονιαμάτων, κόλλες κ.α. Υπάρχει πληθώρα επιφανειών σε όλους τους βιομηχανικούς τομείς που υπόκεινται σε βαθύ καθαρισμό με ποικίλες τεχνικές, όπως: ο καθαρισμός δεξαμενών καυσίμων, σωληνώσεων κ.α. Κυρίως στην ναυτιλία έχει μεγάλη εφαρμογή (Σούρρος, 2018).

Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από διεθνής αλλά και εγχώριες ερευνητικές μελέτες αφορούν κυρίως τις παραδοσιακές μεθόδους ψηγματοβολής και τα αποξεστικά υλικά που χρησιμοποιούνται εδώ και αρκετές δεκαετίες.

Η πιο πρόσφατη μελέτη σύγκρισης για την εύρεση του καταλληλότερου αποξεστικού μέσου με βάση συγκεκριμένα κριτήρια διεξήχθη στην Ελλάδα το 2003 (Λαμπράκης, 2003) στην οποία διερευνήθηκε ένα σύστημα αξιολόγησης των μεθόδων καθαρισμού επιφανειών στη βιομηχανία. Αναλύονται οι διάφοροι μέθοδοι καθαρισμού και κυρίως η μέθοδος της ψηγματοβολής και της Υδροβολής καθώς και η σπογγοβολή η οποία χρησιμοποιεί ως αποξεστικό μέσω την εκτόξευση ειδικά επεξεργασμένων σπογγιδίων. Παρόλα αυτά, στη συγκεκριμένη μελέτη τα σπογγίδια αναφέρονται απλά ως μία επιλογή αποξεστικού υλικού αλλά δεν συμπεριελήφθησαν στη σειρά των πειραμάτων που ακολούθησε. Ακόμα και σε αυτή τη περίπτωση η έρευνα δεν κατέληξε σε κάποια μονοσήμαντη βέλτιστη λύση λόγω των πολλών παραμέτρων που λαμβάνονται κάθε φορά υπόψιν.

Η μέθοδος της σπογγοβολής αναπτύχθηκε στις ΗΠΑ τις τελευταίες δύο δεκαετίες και χρησιμοποιείται ευρέως σε πολλούς τομείς της βιομηχανίας (www.spongejet.com). Παρ όλα αυτά στην Ελλάδα δεν έχει γίνει ακόμα ευρέως γνωστή.

Στόχος

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία στοχεύει στην αξιολόγηση των σπογγιδίων ως ένα νέο εναλλακτικό αποξεστικό υλικό ψηγματοβολής. Ένα από τα κύρια κριτήρια αξιολόγησης είναι και το κατά πόσο φιλικό ως προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο-εργαζόμενο είναι σε σχέση με τα υλικά που συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται. Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία θα επικεντρωθεί στις επιπτώσεις που επιφέρουν τα σπογγίδια ως εναλλακτικό αποξεστικό υλικό ψηγματοβολής στο περιβάλλον και στον άνθρωπο, η αποτελεσματικότητά τους, καθώς και οικονομικά κριτήρια.

Θα αναφερθούν τα πλεονεκτήματά αλλά και τα μειονεκτήματα των σπογγιδίων σε σχέση με τα αποξεστικά υλικά που παραδοσιακά χρησιμοποιούνται στη παγκόσμια βιομηχανία.

Λόγω των ερευνητικών κενών που υπάρχουν γύρω από το θέμα των νέων αποξεστικών μέσων ψηγματοβολής, οι έρευνες σχετικά με τη σπογγοβολή και τα σπογγίδια ως αποξεστικό μέσω είναι ελλιπείς. Για το λόγο αυτό η μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία θα επιχειρήσει να καλύψει το κενό που υπάρχει στο ερευνητικό πεδίο.

1.1 Καθαρισμός επιφανειών στη βιομηχανία

Στη ναυτιλία οι κύριες επιφάνειες οι οποίες χρειάζονται καθαρισμό, είναι οι επιφάνειες των πλοίων στις οποίες γίνεται αποχρωματισμός, απομάκρυνση σκουριάς και απομάκρυνση στρειδώνας από διάφορα τμήματα του πλοίου τα οποία έχουν συνεχή επαφή με το νερό (Γανώτης, 2012).

Είναι αντιληπτό ότι όλες οι κατασκευές χρειάζονται συντήρηση ώστε να διατηρηθούν και να αντέξουν στο χρόνο και να είναι ικανές να εξυπηρετήσουν το σκοπό τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα πλοία, οι γέφυρες, τα μεταλλικά κτίρια, οι εργοστασιακές εγκαταστάσεις, οι βιομηχανικοί εξοπλισμοί κτλ. Στη Ναυτιλία και συγκεκριμένα στη Ναυπηγοεπισκευαστική ζώνη και στο πλοίο, οι εργασίες καθαρισμού των επιφανειών είναι απαραίτητες προκειμένου να συντηρηθεί το πλοίο, ώστε η αξία του να μη χαθεί και να μην αμφισβητείτε η αξιοπολία του. Ο κύριος λόγος συντήρησης – προστασίας των μεταλλικών κατασκευών καθώς και του πλοίου είναι η πρόληψη της φθοράς που προκύπτει από την οξείδωση των ελασμάτων (Γκλιάτης, 2005).

Η ανεπαρκής συντήρηση και προστασία των μεταλλικών κατασκευών από την οξείδωση έχει ως αποτέλεσμα τη φθορά τους. Ειδικά όσο αφορά τα πλοία υπάρχει ο κίνδυνος της ρύπανσης του φορτίου ή και του περιβάλλοντος. Η φθορά που προκαλείτε από την οξείδωση – διάβρωση στα στοιχεία της κατασκευής επιφέρει τη μείωση της αντοχής της. Έχει αποδειχθεί ότι η οξείδωση καταστρέφει τις μεταλλικές κατασκευές (Γκλιάτης, 2005). Ο τρόπος αντιμετώπισης της είναι η κατάλληλη προετοιμασία της μεταλλικής επιφάνειας ώστε να επαναχρωματιστεί (Φίλης, 2018).

Τα ελάσματα και οι μεταλλικές κατασκευές προστατεύονται από την οξείδωση όταν υπάρχει επαρκής προστασία των μετάλλων από τους εξωτερικούς παράγοντες οι οποίοι αλληλοεπιδρούν αρνητικά με τα ελάσματα (Τσουλάκος, 2013). Οι επιφάνειες καλύπτονται με το επίχρισμα το οποίο είναι κατάλληλο ώστε να μπορεί να προστατεύσει σημαντικά από την οξείδωση τις μεταλλικές επιφάνειες (Παπαθανασίου, 2021). Συγκεκριμένα, η μεμβράνη αυτή χρώματος (επίχρισμα) είναι ένα αδιαπέραστο στρώμα που δεν επιτρέπει στην υγρασία να έρθει σε επαφή με το έλασμα καθώς επίσης και το οξυγόνο και όλους τους χημικούς παράγοντες που δημιουργούν την οξείδωση (Σοκουζούδης, 2016).

Η εφαρμογή, του κατάλληλου χρώματος και η απορρόφηση αυτού από τη μεταλλική επιφάνεια, απαιτεί τη σωστή και επαρκή προετοιμασία του υποστρώματος και θα πρέπει να συνάδει πάντα με τις προδιαγραφές που έχουν δωθεί (Παπαχαρίτου, 2008). Η κατάλληλη προετοιμασία της επιφάνειας μπορεί να επιτευχθεί αποτελεσματικά κυρίως με την ψηγματοβολή. Η κατάλληλη προετοιμασία των μεταλλικών επιφανιών σε συνδυασμό με το σωστό κατάλληλο επίχρισμα μπορούν επιτύχουν την ανθεκτικότητα και τη προστασία μακράς διάρκειας των επιφανειών (Skillen, 1994; Austin, 1994).

1.2 Η αναγκαιότητα της ψηγματοβολής

Στις βιομηχανικές κατασκευές, όλων των ειδών, είναι ιδιαίτερα διευρυμένη η χρήση των μετάλλων οπότε η προστασία τους από τη διάβρωση αποτελεί σημαντικό τεχνικό και οικονομικό ζήτημα. Όταν η κατασκευή βρίσκεται σε έντονα διαβρωτικό περιβάλλον οι επιπτώσεις είναι ακόμα πιο έντονες. Στη περίπτωση των πλοίων, όταν αντωπίζεται διάβρωση που αντιστοιχεί στο 10% του πάχους του ελάσματος τότε αυτό πρέπει να αντικατασταθεί (Γκλιάτης, 2005). Αξίζει να αναφερθεί, ότι το ημερήσιο κόστος ενός ναυπηγείου για τη προστασία από τη διάβρωση είναι από 12,000-35,000 Euro (Andronikos & Eleftherakos, 2000).

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η προστασία από τη διάβρωση είναι απαραίτητη καθώς έχει οικονομικές επιπτώσεις και είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ασφάλεια (Γκλιάτης, 2005).

Ειδικότερα:

- Επιδρά αρνητικά στο χρόνο πλεύσης του πλοίου
- Μειώνει τη ταχύτητα του πλοίου και αυξάνει τη κατανάλωση καυσίμων
- Απαιτούνται για τη συντήρηση και την επισκευή υψηλά κόστη
- Προκαλεί μόλυνση του φορτίου που μεταφέρεται με τα πλοία
- Το μέταλλο χάνει την αντοχή την οποία έχει σχεδιαστεί οπότε προκύπτουν θέματα ασφαλείας
- Προκαλούνται σημαντικές απώλειες μηχανικών ιδιοτήτων όπως απώλεια θερμικής ενέργειας και ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

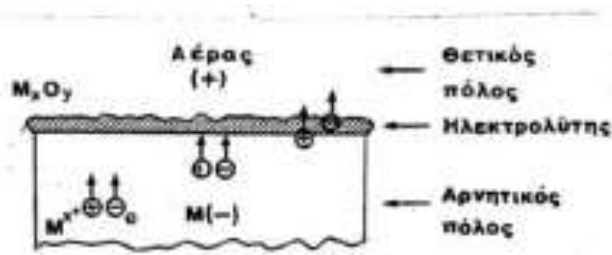
Στη Ναυπηγική και Ναυπηγοεπισκευαστική (N/E) Βιομηχανία η επεξεργασία και ο καθαρισμός των μεταλλικών επιφανειών ώστε να βαφτούν επιτυγχάνεται με τη μέθοδο της ψηγματοβολής. Η μέθοδος αυτή αποτελεί την πιο διαδεδομένη μέθοδο προστασίας των πλοίων από τη διάβρωση παγκοσμίως (Ρουμελιώτη, 2013). Οι αστοχίες στη βαφή σε ποσοστό 90% οφείλονται κατά κύριο λόγο στο μη επαρκή καθαρισμό των επιφανειών και ενώ μόνο το 10% σε άλλους παράγοντες όπως π.χ (ποιότητα του χρωματος, εφαρμογή της βαφής κτλ) (Leyland & Huntley, 1999).

Εδώ και αρκετές δεκαετίες η ανοικτή ξηρή ψηγματοβολή αποτελεί την αποτελεσματικότερη μέθοδο για την προετοιμασία μεγάλων μεταλλικών επιφανειών με μία σειρά πλεονεκτημάτων όπως (Λαμπράκης, 2003):

- Δημιουργία καθαρής επιφάνειας σε πολύ υψηλό ποσοστό η οποία είναι απαλλαγμένη από χρώματα και από προϊόντα οξείδωσης.
- Εξασφάλιση υψηλής απόδοσης καθαρισμού.
- Επίτευξη το δυνατόν καταλληλότερης μικροτραχύτητας στην επιφάνεια για την καλή πρόσφυση της βαφής από αυτήν.
- Μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορες εφαρμογές και χώρους λόγω της ευελιξίας που εμφανίζει.
- Έχει χαμηλό επενδυτικό κόστος και χαμηλό λειτουργικό κόστος

1.3 Τι είναι οξείδωση – διάβρωση

Συνήθως τα μέταλλα βρίσκονται στη φύση με τη μορφή ορυκτών, δηλαδή ενωμένα με άλλα στοιχεία (Ραγκούσης, 1989). Για τη παραλαβή τους απαιτείται φυσικοχημική κατεργασία δηλαδή κατανάλωση ενέργειας. Αντίθετα τα καθαρά μέταλλα μετατρέπονται σε οξείδια ή άλλες ενώσεις εκλύοντας ενέργεια. Η αυθόρμητη αυτή τάση των μετάλλων να επανέλθουν στην αρχική-φυσική τους κατάσταση αποτελεί την αιτία της διάβρωσης (Εικόνα 1). Κατά το φαινόμενο της διάβρωσης, τα μέταλλα χάνουν ηλεκτρόνια καθώς δεσμεύονται από το οξυγόνο του περιβάλλοντος. Η χημική αυτή αντίδραση ονομάζεται οξειδοαναγωγή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα διάβρωσης αποτελεί η οξείδωση του σιδήρου, κατά την οποία το μέταλλο αλληλοεπιδρά με το οξυγόνο του περιβάλλοντος (Ραγκούσης, 1989)..



Εικόνα 1. Μοντέλο γαλβανικού στοιχείου κατά Wanger για την ομοιόμορφη διάβρωση μετάλλων στον αέρα Αναστάσιος Θ. Ραγκούσης (1989).

Ο μηχανισμός αυτός μπορεί να συγκριθεί με μια φορτισμένη μπαταρία. Η ενέργεια που απαιτήθηκε για να δημιουργηθεί το μέταλλο εκλύεται και δημιουργείται η σκωρία. Στη χημεία, η σκωρία μπορεί να θεωρηθεί το ίδιο με το σιδηρομετάλλευμα (Βαλιάντζα, 2014).

Η παραπάνω διαδικασία είναι ένας ολοκληρωμένος κύκλος που οδηγεί στην αρχική κατάσταση την οποία συναντώνται ο σίδηρος και ο χάλυβας. Η οξείδωση αποτελεί φυσική ηλεκτροχημική αντίδραση η οποία οφείλεται σε μια ανοδική αντίδραση, μια καθοδική αντίδραση, έναν ηλεκτρολύτη (νερό ή υγρασία) και μια αγωγίμη επιφάνεια (έλασμα)

Η οξείδωση αποφεύγεται όταν εξαληφθεί μια από αυτές τις αντιδράσεις.

Οι μεταλλικές επιφάνειες προστατεύονται από τον αέρα, την υγρασία και από τη θάλασσα με την εφαρμογή επιχρισμάτων πάνω σε αυτές. Με το τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η επιβράδυνση ή και η διακοπή της καθοδικής αντίδρασης. Η κατάλληλη προετοιμασία της επιφάνειας των ελασμάτων είναι πολύ σημαντική για την επιτευχθεί το καλύτερο αποτέλεσμα που θα φέρουν τα προστατευτικά χρωμάτα και τα προϊόντα που εφαρμόζονται πάνω σε αυτά (Τσουλάκος, 2013).

Σημαντικοί παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη σε αυτή τη διαδικασία είναι:

- Αν έχει παρουσιαστεί σκωρία ή καλαμίνια
- Εάν υπάρχουν στην επιφάνεια ρύποι όπως, άλατα, σκόνη, λάδια και λιπαρές ουσίες
- Εάν η επιφάνεια έχει κατάλληλο προφίλ (Ραγκούσης, 1989).

Καλαμίνια (mill scale) ονομάζεται οξείδωση της επιφάνειας που εμφανίζεται σε ένα έλασμα, δοκό, στους σωλήνες, κ.λπ. όταν αυτά είναι καινούργια και μόλις έχουν εξέλθει από το εργοστάσιο

παραγωγής. Η καλαμίνα είναι χρώματος μαύρου και αρκετά σκληρή. Η αφαίρεσή της είναι σημαντική καθώς μέσω των ρωγμών που υπάρχουν σε αυτή, το εσωτερικό του μετάλλου επιδρά εντονότερα με το περιβάλλον προκαλώντας διάβρωση. Προχωρημένη οξείδωση της καλαμίνας εμφανίζεται με πούδρα κίτρινου χρώματος, ενώ σε μεγαλύτερο στάδιο οξείδωσης υπάρχει εντονότερα η παρουσία της κίτρινης πούδρας και ταυτόχρονα έχει επέλθει αποφλοιώση του στρώματος της καλαμίνας (Γεωργαντάς & Κανελλόπουλος, 2021).

1.4 Συνθήκες που επιταχύνουν τη διάβρωση

Οι σημαντικότεροι παράμετροι της διάβρωσης του μη επιχρισμένου μετάλλου είναι α) η υγρασία και β) το οξυγόνο.

Στοιχεία, όπως θερμός αέρας, άλατα, ακαθαρσίες, αέρια διάφορων ειδών, οξέα, ρύπανση, κ.λπ. επισπευδουν τη διάβρωση. Τα στοιχεία αυτά που αναφέρθηκαν μπορούν όλα να εντοπιστούν στο περιβάλλον της θάλασσας (Τσουλάκος, 2013).

Επιπλέον, παρατηρείται ότι σε ορισμένες περιπτώσεις ο ρυθμός της διάβρωσης επιταχύνεται, όπως (Παπαχαρίτου, 2008):

- Μη επαρκή στέγνωμα των σωληνών και των δεξαμενών, με αποτέλεσμα την παραμονή νερού και διαλυμάτων διάβρωσης
- Σε γωνίες δοκαριών, ενισχυτικά, κ.λπ. των οποίων οι άκρες εάν δεν δεχθούν επεξεργασίας κανοντάς τες πιο ομαλές πριν την βαφή, προκαλείται ελάττωση του πάχους της βαφής σε εκείνα τα σημεία
- Διάφορες ανωμαλίες και κενά στις ραφές συγκόλλησης όπου σε καλύπτονται επαρκώς από τη βαφή

1.5 Βαθμοί οξείδωσης των επιφανειών

Για να επιτευχθεί καλή ποιότητα καθαρισμού πρέπει να προσδιοριστεί ο βαθμός οξείδωσης της επιφάνειας (Γεωργαντάς & Κανελλόπουλος, 2021). Για αυτό το λόγο είναι απαραίτητο οι επιφάνειες να αξιολογηθούν ως προς βαθμό της οξείδωσής τους πριν τον καθαρισμό τους με συγκεκριμένες μεθόδους. Το Διεθνές Πρότυπο **ISO 8501** (International Standard: ISO8501-1:1998) έχει ορίσει τέσσερις βαθμούς οξείδωσης (A, B, C και D) σχετικά με τη χαλύβδινη επιφάνεια καθώς και τέσσερις βαθμούς για τη προστασία της επιφάνειας (Sa 1, Sa 2, Sa 2 1/2 και Sa 3) όπου κάθε ένας αντιστοιχεί σε ένα από τους βαθμούς οξείδωσης.

Οι τέσσερις βαθμοί οξείδωσης των επιφανειών είναι οι εξής (Παπαχαρίτου, 2008):

Βαθμός οξείδωσης A: Επιφάνεια από χάλυβα η οποία έχει πλήρως καλυφθεί από σκουριά ελάστρου και έχει προσκλωληθεί στην επιφάνεια (καλαμίνα), χωρίς τη παρουσία επιπλέον σκουριάς.

Βαθμός οξείδωσης Β: Επιφάνεια από χάλυβα, όπου πάνω σε αυτή έχει ήδη αρχίσει η οξείδωση και η καλαμίνα που δημιουργήθηκε έχει αρχίσει να αποφλοιώνεται.

Βαθμός οξείδωσης C: Επιφάνεια από χάλυβα, στην οποία η καλαμίνα έχει αποκολληθεί λόγω της οξείδωσης ή μπορεί να αποκολληθεί εύκολα με ξύσιμο και είναι εμφανείς μόνο λίγοι βελονισμοί (pitting=ευλογίαση) της επιφάνειας, δηλαδή έχει επέλθει η δημιουργία μικρών λάκκων, όπου είναι ορατοί με γυμνό μάτι.

Βαθμός οξείδωσης D: Επιφάνεια από χάλυβα, όπου η καλαμίνα μετά την οξείδωση έχει φύγει και εμφανίζονται πολλοί βελονισμοί, που φαίνονται με γυμνό μάτι.

1.6 Η σημασία της μικροτραχύτητας

Αρκετές μελέτες έχουν τονίσει την σημαντικότητα της δημιουργίας μικροτραχύτητας όσον αφορά τη προστασία από διάβρωση αλλά και την και την αύξηση της αποδοτικότητας των επιστρωμάτων βαφής που θα εφαρμοσθούν στην επιφάνεια (Andronikos et al., 2004). Η μικροτραχύτητα θεωρείται σημαντικότερη από την ποιότητα των προϊόντων προστασίας (αντιδιαβρωτικά χρώματα). Στη περίπτωση που η μικροτραχύτητα είναι βαθιά τότε απαιτούνται μεγαλύτερες ποσότητες χρώματος για την κάλυψη όλων των κορυφών όλες, όπου αν μείνουν εκτεθειμένες προκαλούν αστοχία του χρώματος πολύ σύντομα. Σε αντίθετη περίπτωση όταν η μικροτραχύτητα της επιφάνειας είναι πολύ ρηχή, είναι δύσκολη η πρόσφυση του χρώματος με αποτέλεσμα τη σύντομη αστοχία του (Γεωργαντάς & Κανελλόπουλος, 2021).

Με την ψηγματοβολή επιτυγχάνεται η καθαριότητα της επιφάνειας, απαλλάσσοντας τη από χρώματα και οξειδώσεις. Επιτυγχάνεται η κατάλληλη τραχύτητα στην επιφάνεια για την ισχυρή πρόσφυση του χρώματος. Η ποιότητα και τα χαρακτηριστικά της ζητούμενης μικροτραχύτητας της επιφάνειας (surface profile ή microroughness) εξαρτώνται από μια σειρά παραμέτρων όπως: η κοκκομετρία του αποξεστικού που χρησιμοποιείται, εάν το σχήμα του είναι γωνιώδες ή σφαιρικό, το ειδικό βάρος του, η ταχύτητα με την οποία πρόσκρουσης στην επιφάνεια, τη διάρκεια καθαρισμού και την αρχική κατάσταση της επιφάνειας προς καθαρισμό (Βασιλείου & Ανδρεόπουλος, 2004).

1.7 Ψηγματοβολή

Στην ευρύτερη Βιομηχανία η ψηγματοβολή αποτελεί μια από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους καθαρισμού επιφανειών. Η ψηγματοβολή χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό μεταλλικών επιφανειών ή τη προετοιμασία τους ώστε να εφαρμοστεί η νέα επίστρωση χρώματος ή άλλου υλικού-κονιάματος με σκοπό την προστασία της επιφάνειας από την οξείδωση/διάβρωση. Η λειτουργία της βασίζεται στην εκτόξευση/προώθηση υπό υψηλή πίεση αέρα αποξεστικού υλικού πάνω στην επιφάνεια (Παπαχαρίτου, 2008).

Ως αποξεστικά υλικά για τη μέθοδο της ψηγματοβολής χρησιμοποιούνται: η άμμος, ορυκτά, αποκαμινεύματα και ψήγματα μετάλλων. Τα υλικά αυτά, κατά την εκτόξευσή τους στην επιφάνεια

απομακρύνουν την επίστρωση της υπάρχουσας βαφής, τη σκωρία ή άλλα υπολείμματα όπως λάδια, γράσο κτλ. έτσι ώστε να προετοιμαστεί η επιφάνεια για βαφή (Παπαχαρίτου, 2008).

Η Ψηγματοβολή εφαρμόζεται σε πολλούς τομείς της παγκόσμιας Βιομηχανίας. Κύρια εφαρμογή της είναι στη Ναυπηγοεπισκευαστική όπου χρησιμοποιείται για το καθαρισμό των πλοίων κατά τον δεξαμενισμό τους όπως και για το καθαρισμό και προετοιμασία γενικότερα μεταλλικών επιφανειών. Επίσης, η εφαρμογή της Ψηγματοβολής επεκτείνεται στην αεροναυπηγική, στο καθαρισμό μη μεταλλικών επιφανειών όπως στα κτίρια, σε μνημεία, σε δρόμους, σε δάπεδα, σε ξύλινες επιφάνειες, κ.α (Λαμπράκης, 2003).

Η μέθοδος της ψηγματοβολής περιγράφεται στη βιομηχανία με τον όρο “αμμοβολή” (sand-blasting) ο οποίος είναι και ο πλέον διαδεδομένος (Παπαχαρίτου, 2008). Ωστόσο, η συγκεκριμένη ορολογία δεν ανταποκρίνεται στη πραγματικότητα. Το υλικό που χρησιμοποιείται σήμερα για αυτή τη μέθοδο δεν είναι η χαλαζιακή άμμος (πυριτική) (από που και προήρθε ο όρος αμμοβολή) η οποία και χρησιμοποιούταν ως αποξεστικό υλικό (Λαμπράκης, 2003). Ο ακριβέστερος όρος ο οποίος συναντάται ευρέως στη παγκόσμια Βιομηχανία είναι “Ψηγματοβολή” η αλλιώς στην αγγλική ορολογία “Grit-blasting”.

Είναι αλήθεια ότι, για τον καθαρισμό των επιφανειών χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι οι οποίες όμως δεν είναι γρήγορες και αποτελεσματικές όπως η ψηγματοβολή (Παπαχαρίτου, 2008). Με την ψηγματοβολή επιτυγχάνεται πολύ καλό και ποιοτικό αποτέλεσμα καθαρισμού καθώς και δημιουργία κατάλληλου ΠΡΟΦΙΛ για την καλύτερη δυνατή πρόσφυση του νέου χρώματος το οποίο πρόκειται να εφαρμοστεί στην επεξεργασμένη επιφάνεια (Λαμπράκης, 2003).

Η παραγωγική διαδικασία της ψηγματοβολής σχεδιάζεται πλέον επιστημονικά και ελεγχόμενα διεθνώς. Το εμπειρικό στάδιο το οποίο βρισκόταν έχει ξεπεραστεί (Λαμπράκης, 2003). Λόγο της συνεχούς ζήτησης της ψηγματοβολής σε πολλές δραστηριότητες της βιομηχανίας έχει δημιουργηθεί η ανάγκη για έρευνα και ανάπτυξη με σκοπό τη βελτιστοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας και των συνθηκών εργασίας.

Η ανάγκη ώστε η ψηγματοβολή να ερευνηθεί και να αναπτυχθεί περαιτέρω βασίζεται σε παραδοχές που είναι κοινώς αποδεκτές (Λαμπράκης, 2003):

- Γίνονται προσπάθειες για να ανάπτυχθούν νέες μέθοδοι επεξεργασίας επιφανειών μεγάλων διαστάσεων. Παρ όλα αυτά, οι τεχνικές όπως η ψηγματοβολή και άλλες αντίστοιχες παραμένουν πρώτη επιλογή, με σημαντικά πλεονεκτήματα σχετικά με το βαθμό παραγωγής και το τελικό αποτέλεσμα.
- Η ψηγματοβολή είναι μια αποτελεσματική και παραγωγική μέθοδος. Παρόλα αυτά έχει σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Ενισχύονται και συνεχίζονται οι προσπάθειες που αποσκοπούν στο να μειωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και να βελτιωθεί η ποιότητα εργασίας καθώς και να επεκταθεί το πεδίο των εφαρμογών της.
- Είναι μια εργασία αρκετά επιβαρυντική για την ανθρώπινη υγεία με σημαντικές αρνητικές συνέπειες. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να γίνεται αναγκαία η έρευνα για μείωση αυτών των επιπτώσεων και η ανάπτυξη ασφαλέστερων μεθόδων και εξοπλισμού με υψηλά αποτελέσματα παραγωγικότητας.
- Σοβαρά μειονεκτήματα της διαδικασίας αντιμετωπίζονται με τρόπους ασύμφορους οικονομικά προωθώντας την αναζήτηση για νέες, αποτελεσματικότερες λύσεις που θα είναι φιλικότερες στον άνθρωπο και το περιβάλλον.

Αξίζει να επισημανθεί, ότι ο μεγαλύτερος αριθμός σε ερευνητικές προσπάθειες σχετικά με τη ψηγματοβολή έχει διεξαχθεί στις ΗΠΑ (Qi et al., 2021).

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση οι αντίστοιχες προσπάθειες είναι αποσπασματικές και δεν υπάρχει διάχυση των αποτελεσμάτων. Υλοποιούνται σε μεγαλύτερο ποσοστό από τα ναυπηγεία για τις ανάγκες τους ή από κατασκευαστές που εστιάζουν στον εξοπλισμό (Λαμπράκης, 2003).

Η έρευνα στη βιομηχανία σε διεθνές επίπεδο προσανατολίζεται σε τρεις κύριες κατευθύνσεις:

- Να αναπτυχθούν εναλλακτικές μέθοδοι για το καθαρισμό και τη προετοιμασία των μεταλλικών επιφανειών.
- Εύρεση εναλλακτικών αποξεστικών μέσων, με δυνατότητα αυτά να μπορούν να ανακυκλωθούν ώστε να μειωθούν τα παραγόμενα απόβλητα, για να χρησιμοποιηθούν τους στη ξηρή ψηγματοβολή ή στις άλλες μεθόδους καθαρισμού και θα είναι πιο φιλικά στον άνθρωπο και το περιβάλλον.
- Εφεύρεση εξοπλισμού ικανού να ανταπεξέλθει στη χρήση των προαναφερθέντων νέων αποξεστικών μέσων.

Προκειμένου να ικανοποιηθούν οι παραπάνω ανάγκες διεξήχθησαν πολλές έρευνες στη βιομηχανία (Λαμπράκης, 2003) με αποτέλεσμα να προτείνονται νέες εναλλακτικές επιλογές για αναλώσιμα αποξεστικά υλικά όπως τον ολιβίνη, το σταυρόλιθο, άλλα και ανακυκλώσιμα όπως το γρανάτη (steel grit). Επίσης αναπτύχθηκαν και νέες μέθοδοι καθαρισμού και επεξεργασίας των επιφανειών όπως η υδροβολή, η υδροβολή υπερέψης πίεσης – UHP, υδρο-αμμοβολή, αμμοβολή υπό κενό κτλ. που χρησιμοποιούνται στη N/E βιομηχανία. Τα νέα προτεινόμενα αποξεστικά υλικά καθώς και οι νέες μέθοδοι καθαρισμού παρουσιάζουν μια σειρά από πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα συγκριτικά με τη κλασική ψηγματοβολή. Η σύγκριση γίνεται σχετικά με την απόδοση στο καθαρισμό της επιφάνειας άλλα και τις επιπτώσεις που προκαλεί στο περιβάλλον η κάθε μια από αυτές (Λαμπράκης, 2003).

Μετά την επεξεργασία της επιφάνειας με ψηγματοβολή, απομακρύνεται η σκόνη και εφαρμόζεται το πρώτο στρώμα επιχρίσματος το συντομότερο. Η μέθοδος της ψηγματοβολής συναντάται με διάφορες παραλλαγές και διαφορές οι οποίες αφορούν το μέγεθος του αποξεστικού μέσου (ψηγμάτων), το μέσο μεταφοράς τους (το οποίο μπορεί να είναι νερό ή αέρας) στην επιφάνεια και το είδος του μηχανολογικού εξοπλισμού. Κριτήρια για την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου αποτελούν το είδος των ακαθαρσιών, ο βαθμός καλαμίνιας, το υλικό με το οποίο έχει επιστρωθεί η επιφάνεια καθώς και η κατάστασή του. Για την εφαρμογή και τη σωστή πρόσφυση του νέου επιχρίσματος στη μεταλλική επιφάνεια πρέπει η επιφάνεια να αποκτήσει τη κατάλληλη μικροτραχύτητα ή αλλιώς προφίλ. Σημαντικοί παράγοντες για τον επιτυχή καθαρισμό με ψηγματοβολή είναι (Γωργαντάς & Κανελλόπουλος, 2021):

- Η επιλογή του κατάλληλου αποξεστικού υλικού, καταλληλο μέγεθος και πιθανούς ρύπους.
- Επαρκής απομάκρυνση της σκόνης και των ακαθαρσιών.
- Εφαρμογή κατάλληλης πίεσης κατά την εκτόξευση του υλικού
- Ξηρότητα αέρα στις περιπτώσεις που γίνεται εφαρμογή
- Κατάλληλες αναλογίες του ψήγματος και του χρησιμοποιούμενου μέσου μεταφοράς (αέρας ή νερό).

1.7.1 Ψηγματοβολή με χρήση ακροφυσίων (nozzle blasting)

Η μέθοδος αυτή βρίσκει εφαρμογή σε μεγάλες επιφάνειες και η προώθηση του αποξεστικού υλικού γίνεται μέσα από πεπιεσμένο αέρα (Λαμπράκης, 2003; Παπαχαρίτου, 2008). Η μέθοδος εφαρμόζεται συχνά σε πλοία και πλωτές κατασκευές όπου η εφαρμογή γίνεται σε ανοιχτό χώρο και τα χρησιμοποιούμενα ψήγματα δεν ανακυκλώνονται. Η ψηγματοβολή σε ανοικτούς χώρους προκαλεί ρύπανση του περιβάλλοντα χώρου και των γειτονικών με έντονη εκπομπή σκόνης. Δημιουργούνται μεγάλες ποσότητες απορριμμάτων από τα υλικά που δεν ανακυκλώνονται ενώ επίσης προκαλείται έντονη ηχορύπανση.

Οι γειτονικοί χώροι είναι αναγκαίο να προστατευτούν από την παραγόμενη σκόνη όταν πρόκειται για τυχόν φρεσκοβαμμένες κατασκευές. Πρόσφατες ενέργειες και επεμβάσεις αποσκοπούν στη βελτιστοποίηση της μεθόδου για να ελαττώσουν την σκόνη που απελευθερώνεται. Παράδειγμα αποτελεί η τροποποίηση της μεθόδου με την εισαγωγή νερού ή ατμού στη ροή του αέρα και των ψηγμάτων (Μητσόπουλος, 2021).

Ένας ακόμα τρόπος που χρησιμοποιείται η μέθοδος αυτή είναι η ψηγματοβολή να εφαρμόζεται με τη ταυτόχρονη εφαρμογή ασταριού (blast -cleaning / priming system). Με το τρόπο αυτό η επιφάνεια καθαρίζεται επιτυχώς με τη χρήση ψηγματοβολής και ορυκτών αποξεστικών υλικών (ψηγμάτων) ενώ παράλληλα επιτυγχάνεται η επίστρωση της με τη πρώτη στρώση βαφής. Η επίστρωση αυτή στεγνώνει πολύ σύντομα, είναι εποξική και περιέχονται ενώσεις ψευδαργύρου σε αυτή (zinc epoxy primer) (Παπαχαρίτου, 2008).

Πλεονεκτήματα: Η γρήγορη ολοκλήρωση των εργασιών και η δυνατότητα εφαρμογής επιχρίσματος σε υγρές επιφάνειες ακόμα και σε συνθήκες που δεν είναι ευνοϊκές.

Μειονεκτήματα : αμέσως μετά τη ψηγματοβολή ακολουθεί η βαφή και δεν καθίσταται δυνατός ο έλεγχος της τελικής ποιότητας της επιφάνειας. Επιπλέον, σε αρκετές περιπτώσεις εμπεριέχονται στο χρώμα αδρανή αποξεστικά υλικά τα οποία εμποδίζουν την πρόσφυσή του από την επιφάνεια. Η μέθοδος αυτή είναι πιο αποτελεσματική σε επίπεδες επιφάνειες όπου και συνηθίζεται η εφαρμογή της, ενώ σε περιοχές που δεν είναι επίπεδες γίνεται αρχικά μια πρώτη εφαρμογή ψηγματοβολής και μετά εφαρμόζεται η μέθοδος. Όταν εφαρμόζεται σε πλοία και πλωτές κατασκευές, δεν πραγματοποιείται ανακύκλωση των αποξεστικών υλικών. Η εφαρμογή της μεθόδου θα πρέπει να αποφεύγεται σε ανοικτούς χώρους, καθώς προκαλείται μόλυνση στο γειτονικό περιβάλλον εξαιτίας της σκόνης και τα απορρίμματα που παράγονται από τα μη ανακυκλώσιμα ψήγματα. Δημιουργείται σημαντική ηχορύπανση και απαιτείται προστασία των γύρο φρεσκοβαμμένων κατασκευών εάν υπάρχουν, από τη σκόνη που παράγεται (Παπαχαρίτου, 2008).

1.7.2 Ψηγματοβολή με χρήση φυγόκεντρου συμπιεστή (impeller / centrifugal blasting)

Με τη μέθοδο του φυγόκεντρου συμπιεστή τα ψήγματα (τα οποία συνήθως είναι σφαιρικά) εκτοξεύονται στη χαλύβδινη επιφάνεια μέσω φυγόκεντρων μηχανών με τροχούς εξώθησης (impeller wheels), ενώ παράλληλα γίνεται κίνηση των μηχανών σε όλη την έκταση της επιφάνειας. Συνήθως, γίνεται προθέρμανση του χάλυβα έως 35-40 °C θερμοκρασία και αμέσως μετά την απομάκρυνση της μηχανής εφαρμόζεται στην επιφάνεια αστάρι για τη προσωρινή προστασία για το χρόνο ανέγερσης του πλοίου (Λαμπράκης, 2003; Παπαχαρίτου, 2008)

Σε ένα ειδικό διαχωριστήρα γίνεται διαχωρισμός των χρησιμοποιούμενων ψηγμάτων από τυχόν ακαθαρσίες ώστε στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν ξανά, μειώνοντας με αυτό με τον τρόπο την επιβάρυνση του περιβάλλοντος λόγω απορριμμάτων. Το ποσοστό της τραχύτητας στη τελική επιφάνεια του χάλυβα είναι ανάλογο με τη ταχύτητα την οποία η μηχανή διατρέχει την επιφάνεια. Άλλος ένας παράγοντας που επηρεάζει τη τραχύτητα είναι η γεωμετρία και οι κύκλοι ανανέωσης του ψήγματος. Λόγω του ότι τα αποξεστικά σωματίδια που χρησιμοποιούνται είναι σφαιρικού σχήματος δημιουργούν αποτέλεσμα πιο λείο στην τελική επιφάνεια από ότι προκύπτει από την ψηγματοβολή με χρήση ακροφυσίων. Για τη δημιουργία τραχείας επιφάνειας μπορεί να γίνει χρήση με γωνιώδη ψήγματα (grits), αλλά η ενέργεια αυτή αποφεύγεται λόγω των επιπτώσεων που δημιουργούν τα γωνιώδη ψήγματα στα πτερωτά στροφέια των φυγόκεντρων μηχανών. Αξίζει να αναφερθεί ότι για το καθαρισμό του καταστρώματος του πλοίου και για τις πλευρές του υπάρχουν ειδικοί τύποι φορητών μηχανών καθαρισμού που διαθέτουν μονάδες, με χρήση φυγόκεντρου συμπιεστή. Για το καθαρισμό της γάστρας του πλοίου χρησιμοποιείται εξοπλισμός που στηρίζεται σε γερανό που κινείται και με αυτό το τρόπο γίνεται προσέγγιση και επεξεργασία όλης της έκτασης της επιφάνειας της γάστρας, συμπεριλαμβανομένων των μεγάλων πλοίων (Παπαχαρίτου, 2008).

Πλεονεκτήματα:

Τα πλεονεκτήματα των φορητών αυτών μηχανών είναι τα μειωμένα απόβλητα, η χαμηλή εκπομπή σκόνης, η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των ψηγμάτων και ότι δεν επηρεάζουν τη λειτουργία γειτονικών συγχρόνως εκτελούμενων εργασιών (Παπαχαρίτου, 2008).

Μειονεκτήματα: η χρήση τους περιορίζεται στα σημεία που υπάρχουν ασυνέχειες όπως γωνίες ή προεξοχές και απαιτείται συνεχής συντήρησή από τις συσσωματώσεις των ψηγμάτων σε συνθήκες υγρασίας (Παπαχαρίτου, 2008).

1.7.3 Καθαρισμός με υδροβολή (water blasting)

Υδροβολή ονομάζεται η μέθοδος καθαρισμού διαφόρων επιφανειών (Εικόνα 3) (χάλυβα, πέτρας, τσιμέντου, πλαστικού, ξύλου) με την εκτόξευση (τζετ) νερού υπό μεγάλη πίεση πάνω στην επιφάνεια από ειδικό μηχάνημα («πιστόλι») (Λαμπράκης, 2003).

Κατά τη μέθοδο αυτή εκτοξεύεται νερό υψηλής πίεσης (150 – 300bar) μέσω εκτοξευτήρα και ο καθαρισμός με αυτή τη μέθοδο εφαρμόζεται συχνά σε εργασίες συντήρησης της γάστρας των πλοίων (Εικόνα 2). Κατά την εφαρμογή της μεθόδου γίνεται απομάκρυνση των θαλάσσιων οργανισμών που έχουν προσκολληθεί πάνω στην επιφάνεια της γάστρας, η σκουριά που βρίσκεται ελαφρώς προσκολλημένη αλλά και τα υδατοδιαλυτά άλατα (Andronikos et al., 2004). Η διαδικασία εφαρμόζεται και με πίεση πολύ υψηλή , μεγέθους έως και 3000 bar στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί ειδικός εξοπλισμός. Η μέθοδος αυτή είναι η μέθοδος υδρο-εκτόξευσης (hydro-jetting) και μπορεί να επιτύχει ακόμα και την απομάκρυνση των παλαιών στρωμάτων βαφής καθώς και της σκουριάς που είναι πολύ καλά προσκολλημένη(Παπαχαρίτου, 2008). Πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι επιτυγχάνεται η απομάκρυνση παλαιών στρωμάτων βαφής στον επιθυμητό βαθμό. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό καθώς παρέχει τη δυνατότητα απομάκρυνσης των παλαιών στρωμάτων βαφής χωρίς να επηρεάσει τα στρώματα που βρίσκονται κάτω από αυτό. Η υδρο-εκτόξευση μπορεί επίσης να επιτύχει την απομάκρυνση στρωμάτων που δεν είναι δυνατόν να απομακρυνθούν με άλλους μεθόδους ψηγματοβολής όπως τα στρώματα θερμοπλαστικών βαφών.

Μια ακόμα παραλλαγή που παρουσιάζει ενδιαφέρον είναι ο καθαρισμός και η επεξεργασία της επιφάνειας συνδιάζοντας πεπιεσμένο αέρα, νερό και αποξεστικό υλικό. Σε αυτή τη περίπτωση η διαδικασία ονομάζεται υδατο-ψηγματοβολή (wet abrasive blast-cleaning) και ο πεπιεσμένος αέρας είναι το μέσο που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά. Πριν προωθηθούν στην επιφάνεια προς επεξεργασία τα τρία συστατικά τα οποία είναι αέρας – νερό – ψήγμα, αναμειγνύονται ελεγχόμενα, ενώ ο βαθμός καθαρισμού που επιτυγχάνεται είναι πολύ υψηλής ποιότητας (λευκό μέταλλο / white Metal). Σε πολλές περιπτώσεις γίνεται προσθήκη επιβραδυντών (inhibitors) στο νερό που χρησιμοποιείται ώστε να καθυστερήσει η δάβρωση της μόλις καθαρισμένης χαλύβδινης επιφάνειας. Η επιλογή των επιβραδυντών διάβρωσης πρέπει να γίνει με προσοχή καθώς πρέπει να είναι απολύτως συμβατοί με το σύστημα επικάλυψης που έχει επιλεχτεί να εφαρμοστεί μετά την επεξεργασία της επιφάνειας. Διαφορετικά, ιδιαίτερα στα βυθισμένα μέρη των πλοίων και των πλωτών κατασκευών εμφανίζονται φουσκάλες (Παπαχαρίτου, 2008).

Η υδροβολή θεωρείται η πιο αποτελεσματική μέθοδος για την απομάκρυνση των αλάτων από τις επιφάνειες με σημαντικό πλεονέκτημα την εφαρμογή της σε συνθήκες υγρασίας αλλά και το βαθμό ασφαλείας που παρέχει και την εφαρμογή της. Βασικό μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι μετά τον καθαρισμό η επιφάνεια είναι υγρή και επομένως ακατάλληλη για την εφαρμογή κάποιου χρώματος ενώ ο μόνος τρόπος αντιμετώπισης αυτής της περίπτωσης είναι να γίνει χρήση από ειδικά αστάρια που είναι ανθεκτικά στην υγρασία. Η μέθοδος της υδροβολής χρησιμοποιείται ευρέως εδώ και αρκετά χρόνια στη Ναυπηγική και ναυπηγοεπισκευαστική βιομηχανία για τον αρχικό καθαρισμό ή «πλύσιμο» (wash down) των επιφανειών των πλοίων, πριν ακολουθήσει ο κυρίως καθαρισμός. Σκοπός της υδροβολής χαμηλής/μέσης πίεσης (100 -500 bar) είναι η απομάκρυνση των θαλάσσιων οργανισμών, των κομματιών όπου η σκουριά είναι έτοιμη να αποκολληθεί και παλαιών βαφών που έχουν φουσκώσει και είναι και αυτά έτοιμα για αποκόλληση

(Εικόνα 2). Τα τελευταία όμως χρόνια έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται συνεχώς περισσότερες τεχνικές με υδροβολή υψηλής πίεσης απ' ευθείας καθαρισμού και προετοιμασίας ώστε να ακολουθήσει η βαφή μεταλλικών επιφανειών (Andronikos et al., 2004).

Γενικά η Υδροβολή παρουσιάζει πλεονεκτήματα όπως (Andronikos et al., 2004):

- Απουσία σκόνης
- Υψηλός βαθμός καθαρότητας της επιφάνειας και απομάκρυνση λαδιών, γράσων, χημικών υπολειμμάτων, κελιών διάβρωσης, αλάτων και άλλων υλικών
- Μειωμένα παραγόμενα απόβλητα

Σημαντικά μειονεκτήματα της Υδροβολής είναι (Ανδρόνικος 2004):

- Δεν επιτυγχάνεται η κατάλληλη μικροτραχύτητα για την προετοιμασία της επιφάνειας.
- Υψηλό αρχικό κόστος κεφαλαίου
- Υψηλό ενεργειακό κόστος λειτουργίας
- Απαιτούνται πολύ μεγάλες ποσότητες φρέσκου νερού
- Δυσκολία χειρισμού από το χειριστή λόγω της μεγάλης ώθησης που του ασκεί
- Απαιτεί τη χρήση αναστολέων οξείδωσης λόγω της άμεσης οξείδωσης που επέρχεται αμέσως μετά το καθαρισμό της επιφάνειας.



Εικόνα 2. Καθαρισμός γάστρας πλοίου με την μέθοδο της υδροβολής. Πηγή: <http://www.dnikolaou.com/images/hathrystithvottur.jpg>



Εικόνα 3.Εφαρμογή Υδροβολής σε πέτρα (Πηγή: <https://m.facebook.com/pg/HouseService-136178566455287/photos/>)

1.7.4 Καθαρισμός με αμμοβολή (sand blasting)

Ο καθαρισμός με τη μέθοδο της αμμοβολής (Εικόνα 4) βασίζεται στην εκτόξευση σωματιδίων άμμου πάνω στη μεταλλική επιφάνεια. Κατά την εφαρμογή της στην επιφάνεια επιτυγχάνεται η αφαίρεση παλαιότερων επιστρωμάτων και οξειδίων, καθώς και η δημιουργία κατάλληλης τραχύτητας για τη διασφάλιση της επιθυμητής πρόσφυσης της βαφής πάνω στο μέταλλο (Λαμπράκης, 2003). Στο παρελθόν το μοναδικό αποξεστικό μέσο ήταν η πυριτική άμμος, η οποία χρησιμοποιούταν σε ξηρές ανοικτές αμμοβολές. Διαπιστώθηκε ότι η χρήση της συνδέονταν με την θανατηφόρα ασθένεια των πνευμόνων, την σιλίκωση. Η σιλίκωση προκαλείται από την εισπνοή κρυσταλλικού SiO_2 , που περιέχεται στη σύσταση της πυριτικής άμμου σε ψηλά ποσοστά και το οποίο εγκυμονεί για την υγεία των εργαζομένων σοβαρούς κινδύνους καθώς και για τα άτομα που μπορούν να βρεθούν σε κοντινή απόσταση από την περιοχή εκπομπής (Μητσόπουλος, 2021). Πλέον η χρήση της περιορίστηκε σημαντικά έως και αντικαταστάθηκε από άλλα αποξεστικά μέσα (Μανίδης, Χατζηκωνσταντής, Τσαρακλής, Παπαϊωάννου, ΤΕΕ, Ομάδα, Εργασίας, 2009).



Εικόνα 4. Καθαρισμός μεταλλικής επιφάνειας με αμμοβολή. Πηγή: <https://dalco.ca/conventional-abrasive-blasting/>

Μειονεκτήματα αμμοβολής :

- Μεγάλη εκπομπή ρύπων αποτελούμενων από σκόνη με βαρέα μέταλλα και τοξικά στοιχεία που αποκολλούνται κατά τη διαδικασία της αμμοβολής με αποτέλεσμα να εισπνέονται άμεσα από τους εργαζόμενους άλλα και από τους κατοίκους κοντινών περιοχών.
- Μεγάλες ποσότητες μολυσμένης άμμου οι οποίες είναι δύσκολο να διαχειριστούν αφού απαιτούνται αρκετά μεγάλες ποσότητες για την κάλυψη επιφανειών μόλις λίγων τετραγωνικών μέτρων με μεγάλο μέρος αυτών να καταλήγουν στη θάλασσα.
- Κίνδυνος διάτρησης επιφάνειας ή καταστροφή του στρωμάτων αυτής με αποτέλεσμα την αποκατάστασή του επομένως αύξηση κόστους.
- Αδυναμία εφαρμογής σε κλειστούς χώρους.

Πλεονεκτήματα αμμοβολής:

- Χαμηλό κόστος εξοπλισμού.
- Υψηλή παραγωγικότητα

1.8 Εναλλακτικές μέθοδοι καθαρισμού και προετοιμασίας

Η κλασική ξηρή ψηγματοβολή, παρά τα πλεονεκτήματα που εμφανίζει στο καθαρισμό και την προετοιμασία εποφανειών, εμφανίζει και σημαντικά μειονεκτήματα αναφορικά με τις επιπτώσεις τις οποίες προκαλεί στο περιβάλλον. Πλέον η ζήτηση και η απαιτήσεις για υψηλή ποιότητα εργασίας με ταυτόχρονη ανταγωνιστική απόδοση είναι εντονότερη από ποτέ. Αποτέλεσμα των αναγκών αυτών είναι να αναπτυχθεί ένα μεγάλο φάσμα από εναλλακτικά αποξεστικά υλικά και μεθόδους για τον καθαρισμό και τη προετοιμασία επιφανειών που χρησιμοποιούνται στη ναυπηγοεπισκευαστική βιομηχανία (Μανίδης, Χατζηκωνσταντής, Τσαρακλής, Παπαϊωάννου, ΤΕΕ, Ομάδα, Εργασίας, 2009).

1.8.1 Υδροαμμοβολή

Η υδροαμμοβολή αποτελεί την πρώτη εναλλακτική μέθοδο η οποία εφαρμόζεται στη βιομηχανία εδώ και 40 χρόνια. Αναπτύχθηκε με σκοπό να μειωθεί η σκόνη που παράγει η ξηρή ψηγματοβολή. Εμφανίζει σημαντικά πλεονεκτήματα, όσο αφορά τη μείωση εκπομπής της σκόνης και την επίτευξη μιας καθαρής από χημικά και άλλες ακαθαρσίες επιφάνειας προς βαφή. Πέραν όμως των βασικών της πλεονεκτημάτων της, η υδροαμμοβολή παρουσιάζει σημαντικά μειονεκτήματα που την εμποδίζουν να θεωρηθεί ως η πλέον αξιόπιστη λύση στον καθαρισμό μεταλλικών επιφανειών.

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματά της είναι το υψηλό κόστος, οι απαιτήσεις μεγάλων ποσοτήτων φρέσκου νερού, μειωμένη παραγωγικότητα στις περισσότερες περιπτώσεις, η άμεση εμφάνιση οξείδωσης στην επεξεργασμένη επιφάνεια σε αρκετά μικρό χρονικό διάστημα με αποτέλεσμα την ανάγκη για προσθήκη αντισκωριακών διαλυμάτων (inhibitors) και τη παραγωγή υγρών αποβλήτων (μίγμα νερού και αποξεστικού) των οποίων η διαχείριση είναι δύσκολη.

Πλέον έχουν αναπτυχθεί πολλές τεχνικές υδροαμμοβολής, με σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, οι σημαντικότερες από τις οποίες περιγράφονται συνοπτικά ακολούθως (Παπαχαρίτου, 2008).

1.8.2 Υδροαμμοβολή με “κουρτίνα” νερού

Στη μέθοδο υδροβολής με κουρτίνα νερού, τοποθετείται ένας απλός κυλινδρικός προσαρμογέας γύρω από το ακροφύσιο με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός κώνου νερού γύρω από το ρεύμα αέρα και αποξεστικού κατά την έξοδο τους από το ακροφύσιο. Προκαλείται μικρή μείωση της ταχύτητας του αποξεστικού τη στιγμή της εξόδου του από το ακροφύσιο, καθώς το νερό δεν αναμιγνύεται μέχρι τη στιγμή εκείνη με το αποξεστικό (Woodson, 1992; Woodson & Camarota, 1995). Με την τεχνική αυτή η αερομεταφερόμενη σκόνη μειώνεται σε ποσοστό κατά 50 -75%. Παρόλα αυτά η μικρή μείωση της ταχύτητας καθαρισμού που προκαλείται από τη κουρτίνα νερού, σε σχέση με την ξηρή ψηγματοβολή, θεωρείται μειονέκτημα.

1.8.3 Υδροαμμοβολή τύπου πολφού

Κατά την υδροαμμοβολή τύπου πολφού, γίνεται προσθήκη νερού στο αποξεστικό υλικό μέσα στο σωλήνα, σε ένα σημείο μεταξύ της κεντρικής μονάδας και του ακροφυσίου. Έτσι γίνεται προώθηση του μίγματος αέρα, νερού και αποξεστικού στο σωλήνα φθάνοντας στο ακροφύσιο.

Η τεχνική αυτή έχει ως κύριο χαρακτηριστικό ότι τη παρέχει δυνατότητα ελέγχου των υλικών: αέρα, αποξεστικό υλικό και νερό ανεξάρτητα, είτε από τον αμμοβολιστή τον ίδιο μέσω μικρών διακοπών είτε από άλλο χειριστή ο οποίος μπορεί να βρίσκεται σε απόσταση τέτοια έτσι ώστε να καθίσταται εφικτή η μεταξύ τους δια λόγου επικοινωνία.

Με την ανάμειξη του αποξεστικού υλικού με το νερό, επιτυγχάνεται σημαντική μείωση της σκόνης και αυτό αποτελεί μεγάλο πλεονέκτημα. Παρουσιάζει όμως σημαντικό μειονέκτημα λόγω της απορρόφησης μεγάλου ποσοστού ενέργειας από την πίεση του αέρα που οφείλεται στο πρόσθετο βάρος του μίγματος που πρέπει να εκτοξευθεί, καθώς επίσης και το υψηλό κόστος του απαιτούμενου εξοπλισμού. Τα μειονεκτήματα αυτά καθιστούν δύσκολη την εφαρμογή της (Παπαχαρίτου, 2008).

1.8.4 Υδροαμμοβολή με έγχυση αποξεστικού

Επιπλέον, αναπτύχθηκε τεχνική υδροαμμοβολής σύμφωνα με την οποία το νερό και το αποξεστικό φθάνουν στην επιφάνεια με πίεση 5,000 -20,000 psi (water blast with abrasive injection (Woodson, 1992). Καθώς η ποσότητα του νερού διέρχεται από το σωλήνα παρασύρεται στη ροή του το αποξεστικό υλικό του και μαζί καταλήγουν στο ακροφύσιο το οποίο συνηθίζεται να είναι τύπου venturi, ενώ δίνεται παράλληλα η δυνατότητα το νερό και το αποξεστικό να έχουν ανεξάρτητο χειρισμό.

(Το ακροφύσιο τύπου venturi, αποτελείται από 2 τμήματα, το ένα είναι μπεκ ψεκασμού και το άλλο το ακροφύσιο. Το μπεκ ψεκασμού μέσω της οπής καθορίζει τη ροή ενώ το μέγεθος του μπεκ καθορίζει το μέγεθος του ακροφυσίου venturi. Επίσης ο αέρας εισέρχεται και συναντάει τη ροή του υγρού μέσω του μπεκ. Ο αέρας και υγρό αναμιγνύονται. Το δεύτερο εξάρτημα σε ένα ακροφύσιο venturi είναι το ακροφύσιο διανομής, το οποίο είναι υπεύθυνο για το σχήμα της δέσμης) (Οδηγίες, n.d.).

Παρόλο που η τεχνική αυτή εμφανίζει ικανοποιητικά αποτελέσματα όσον αφορά την απόδοση και τον καθαρισμό επιφάνειας, το υψηλό κόστος απόκτησης εξοπλισμού καθώς και οι υψηλές απαιτήσεις σε ενέργεια δεν συνιστούν την ευρεία χρήση της (Παπαχαρίτου, 2008).

1.8.5 Ψηγματοβολή υπό κενό

Η τεχνική ψηγματοβολής υπό κενό έχει αναπτυχθεί τα τελευταία είκοσι χρόνια και αποτελεί μια κοινή πρακτική διεθνώς για πολλές εφαρμογές καθαρισμού και προετοιμασίας μεταλλικών επιφανειών. Η ψηγματοβολή υπό κενό κατά την οποία γίνεται ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση του αποξεστικού (vacuum blasting) εφαρμόζεται σε εργασίες συντήρησης, σε κλειστούς χώρους (αμπάρια πλοίων, εσωτερικά φορτηγών, αυτοκινήτων, σιδηροδρομικών αμαξών, δεξαμενών, κλπ.). Ένα σύστημα vacuum blasting αποτελείται από τη χοάνη τοποθέτησης του αποξεστικού υλικού, το σύστημα συλλογής του υλικού, το διαχωριστή τα τύμπανα σκόνης και τον αναρροφητή (Mallory, 1983).

Το σύστημα ψηγματοβολής υπο κενό (vacuum blasting) διαφέρει ως προς το σύστημα ανοικτής ψηγματοβολής καθώς στο πρώτο, γίνεται εκ νέου συλλογή του ανακυκλώσιμου αποξεστικού μετά τον καθαρισμό μέσω ενός ειδικού μηχανισμού συλλογής όπου πραγματοποιείται διαχωρισμός του χρήσιμου υλικού από ακαθαρσίες. Στη συνέχεια το χρήσιμο υλικό που απομένει προωθείται για επαναχρησιμοποίηση (Lin & Crossman, 2006).

Λόγω αυτού του χαρακτηριστικού ψηγματοβολή υπό κενό είναι αρκετά ενδιαφέρον, αφού καθιστά δυνατή τη ταυτόχρονη λειτουργία σχετικών εργασιών, όπως η βαφή. Επιπλέον παρουσιάζει και άλλα σημαντικά πλεονεκτήματα σχετικά με το περιβάλλον, όπως η μείωση της ρύπανσης του αέρα και η μείωση των αποβλήτων (Fernandez-Andres et al., 2005).

Παρ όλα αυτά, ακόμα και σε αυτή τη περίπτωση παρουσιάζονται σημαντικά μειονεκτήματα, όπως η χαμηλότερη απόδοση καθαρισμού σε σύγκριση με την κλασική ψηγματοβολή, πολύ μεγάλο κόστος για την αγορά εξοπλισμού τέτοιου τύπου και μικρό εύρος εφαρμογών. Η μέθοδος αυτή θεωρείται γενικά η πιο χρονοβόρος από όλες τις μεθόδους καθαρισμού με βολή, αλλά επιτυγχάνει ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα με υψηλό βαθμό καθαρότητας της μεταλλικής επιφάνειας (Παπαχαρίτου, 2008).

Επιπλέον μειονεκτήματα που παρουσιάζει αυτή η μέθοδος είναι ότι σε περιοχές με γωνίες εμφανίζει δυσκολίες, καθώς και ότι η εργασία είναι επίπονη όταν γίνεται χρήση κινητού εξοπλισμού. Ως εκ τούτου ο καθαρισμός με αυτή τη μέθοδο περιορίζεται σε τοπικές επισκευές και στο καθαρισμό ραφών συγκόλλησης.

1.8.6 Ψηγματοβολή κλειστού τύπου

Με τη περιγραφή της μεθόδου της ψηγματοβολής έγινε ένας αρχικός διαχωρισμός μεταξύ των διάφορων μεθόδων. Σε πρώτο στάδιο ο διαχωρισμός έγινε, σχετικά με το τρόπο τον οποίο το αποξεστικό μέσο διοχετεύεται στην επιφάνεια που πρόκειται να δεχτεί επεξεργασία η να καθαριστεί και στη συνέχεια σχετικά με το χώρο που διεξάγεται η διαδικασία (κλειστού και ανοικτού τύπου).

Η αρχή λειτουργίας της ψηγματοβολής κλειστού τύπου είναι ίδια με αυτή της ανοικτής ξηρής ψηγματοβολής και εφαρμόζεται σε χώρους που έχουν ειδικά διαμορφωθεί και είναι περιορισμένοι (blast-cabinets ή blast rooms). Η κατασκευή των χώρων αυτών γίνεται ακολουθώντας τις απαιτήσεις της παραγωγικής διαδικασίας που πρόκειται να εκτελεστεί.

Υπάρχει μεγάλο εύρος μεγεθών, σχημάτων και είδος καθαρισμού ενώ μπορεί να είναι χειροκίνητη η και εντελώς αυτοματοποιημένη.

Η χρήση τους είναι ιδανική κυρίως σε μεγάλες μονάδες εργοστασίων όπου και εφαρμόζεται για το καθαρισμό των εξαρτημάτων, την επεξεργασία επιφανειών για καλύτερη προσφυση επιστρώματος αλλά και για να γίνει έλεγχος αντοχής σε κόπωση σε διάφορες επιφάνειες. Η κλειστού τύπου ψηγματοβολή αναπτύχθηκε με σκοπό την αντιμετώπιση των κυριότερων ζητημάτων που αφορούν το περιβάλλον τα οποία προκύπτουν από του ανοιχτού τύπου ψηγματοβολές.

Οι ειδικά διαμορφωμένοι κλειστοί χώροι στους οποίους εφαρμόζονται οι κλειστού τύπου ψηγματοβολές έχουν διαθέσιμο σύστημα για την ανάκτηση του αποξεστικού μέσου. Μέσω του συστήματος ανάκτησης γίνεται απομάκρυνση όλων των ακαθαρσιών από το χρησιμοποιημένο αποξεστικό, ώστε να είναι δυνατή η επαναχρησιμοποίησή του. Έτσι, με την ανακύκλωση του υλικού επιτυγχάνεται μείωση τα στερεών απόβλητων. Επιπλέον, σε αυτούς τους χώρους έχουν ενσωματωματωθεί συστήματα αερισμού, με τα οποία η σκόνη που παράγεται περνάει μέσα από απαγωγούς όπου συγκρατείται από φίλτρα ειδικών τύπων έτσι ώστε το αναπνευστικό σύστημα του εργαζομένου να προστατεύεται από τους κινδύνους που προκύπτουν λόγω τις σκόνης.

Στις ψηγματοβολές κλειστού τύπου τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι μεταλλικά αποξεστικά (steel shot ή steel grit), γυάλινες χάντρες (glass beads), οξειδίο του αλουμινίου ή άλλα τυποποιημένα αποξεστικά τα οποία είναι όλα ανακυκλώσιμα. Η χρήση όμως αυτής της μεθόδου είναι πολύ περιορισμένη, ενώ επιπλέον εμφανίζει σε σχέση με τις ψηγματοβολές ανοικτού τύπου **το μειονέκτημα της μεγάλης δαπάνης αρχικού κεφαλαίου** (Μανίδης, Χατζηκωνσταντής, Τσαρακλής, Παπαϊωάννου, ΤΕΕ, Ομάδα, Εργασίας, 2009).

1.8.7 Ψηγματοβολή με σφαιρίδια ψευδαργύρου (zing shot blasting)

Η μέθοδος αυτή είναι μια παραλλαγή της κλασσικής μεθόδου ψηγματοβολής όπου χρησιμοποιούνται μεταλλικά αποξεστικά στην οποία όμως το αποξεστικό υλικό αντικαθιστούν μεταλλικά σφαιρίδια ψευδαργύρου (Naylor, 1983). Τα αποξεστικά ψευδαργύρου δημιουργούν κατά την προσκρούσή τους στην επιφάνεια ένα λεπτό στρώμα από μεταλλικό ψευδάργυρο το οποίο μένει πάνω στην καθαρισμένη χαλύβδινη επιφάνεια μετά την ψηγματοβολή. Το πάχος αυτής της στρώσης είναι 1.3 μm, και είναι αρκετό ώστε να εμποδίζει την εμφάνιση της οξειδωσης για το χρονικό διάστημα που είναι απαραίτητο μέχρι να ολοκληρωθεί η εργασία. Με την τεχνική αυτή αντιμετωπίζεται το πρόβλημα της άμεσης οξειδωσης του χάλυβα οπότε έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Αποτελεί αξιόλογη εναλλακτική έναντι της κλασσικής ψηγματοβολής και ενισχύει την αποδέσμευσή της από την εργασία της βαφής. Αποδείχθηκε πως το στρώμα από ψευδάργυρο εκτός του ότι είναι συμβατό με τα συνηθισμένα χρώματα, επιμηκύνει και τη διάρκεια ζωής τους (Bernard R Appleman, 1986).

Πάντως, η εφαρμογή της μεθόδου στη βιομηχανία είναι περιορισμένη, καθώς απαιτείται ανακυκλώσιμο αποξεστικό, επομένως δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε μεγάλες ανοικτές εργασίες όπου απαιτούνται αναλώσιμα αποξεστικά .

1.8.8 Ψηγματοβολή με χρήση πλαστικών (plastic media blasting)

Η χρήση πλαστικών αποξεστικών μέσων αποτελεί μια εναλλακτική στο πλαίσιο της προσπάθειας να αναπτυχθούν νέες μέθοδοι ψηγματοβολής. Η χρήση πλαστικών αποξεστικών στη μέθοδο ψηγματοβολής αποσκοπεί στη γρήγορη, οικονομική και ασφαλή επεξεργασία των επιφανειών. Με την εφαρμογή αυτής της μεθόδου επιτυγχάνεται η απομάκρυνση του επιχρισματος και της σκουριάς από τα μεταλλικά υποστρώματα είτε σκληρά είτε μαλακά, χωρίς να χρησιμοποιούνται τοξικές ουσίες, κλασικά αποξεστικά μέσα, ή χωρίς τη χρήση διαφόρων πολύπλοκων μηχανημάτων καθαρισμού (Üner et al., 2016).

Παρόλο που τούτη η μέθοδος εμφανίζει ίδια χαρακτηριστικά με τις διάφορες παραλλαγές της κλασικής ψηγματοβολής, χρησιμοποιούνται ανακυκλώσιμοι πλαστικοί κόκκοι οι οποίοι είναι αποτελεσματική και εφαρμόζονται σε πιέσεις αέρα που είναι σχετικά μικρές και η σκληρότητά τους βρίσκεται μεταξύ 3.0 - 4.0 της κλίμακας Mohs.

Η σκληρότητα των πλαστικών σφαιριδίων είναι μεγαλύτερη από αυτή που έχουν οι βαφές και μικρότερη από αυτή που έχουν τα υποστρώματα οπότε μπορούν να αφαιρέσουν γρήγορα το αστάρι (primer) και τις στρώσεις βαφής χωρίς να προκαλούν αρνητικές επιπτώσεις στα πιο ευαίσθητα υποστρώματα που αποτελούνται από αλουμίνιο, από χαλκό, από άνθρακα, από μαγνήσιο, από λεπτό χάλυβα, τιτάνιο κ.α.

Πλέον η ποικιλία σε πλαστικά αποξεστικά για χρήση τα οποία αποτελούνται από πολυεστέρα, φορμαλδεΰδη, πολύμερη και ακρυλικά και τα οποία έχουν υποστεί θερμοσκήρυση είναι μεγάλη. Η χρήση πλαστικών στη ψηγματοβολή και ιδιαίτερα στις επισκευές αεροπλάνων γίνεται εδώ και 10 χρόνια. Εξαιτίας όμως της ανάγκης και το μεγάλο ενδιαφέρον που προκύπτει για τη περιβαλλοντική προστασία αλλά και τον κανονισμών που αφορούν το περιβάλλον οι οποίοι είναι αυστηροί τα πλαστικά αποξεστικά μέσα χρησιμοποιούνται και στη Ναυπηγοεπισκευαστική βιομηχανία. Η ανακυκλωσιμότητα των πλαστικών μέσων εξυπηρετεί το διαχωρισμό των επικίνδυνων ουσιών που περιέχουν οι βαφές από τον όγκο των αποξεστικών μέσων με αποτέλεσμα την μηδενική τη απόθεση των επικίνδυνων αποβλήτων.

Όμως τα πλαστικά αποξεστικά παρουσιάζουν επίσης μειονεκτήματα καθώς έχουν μεγάλο κόστος και δεν είναι αποτελεσματικά στην αφαίρεση βαριάς σκουριάς οπότε δεν έχουν εδραιωθεί στον καθαρισμό και επεξεργασία επιφανειών με ψηγματοβολή (Μανίδης, Χατζηκωνσταντής, Τσαρακλής, Παπαϊωάννου, ΤΕΕ, Ομάδα, Εργασίας, 2009).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΑΠΟΞΕΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

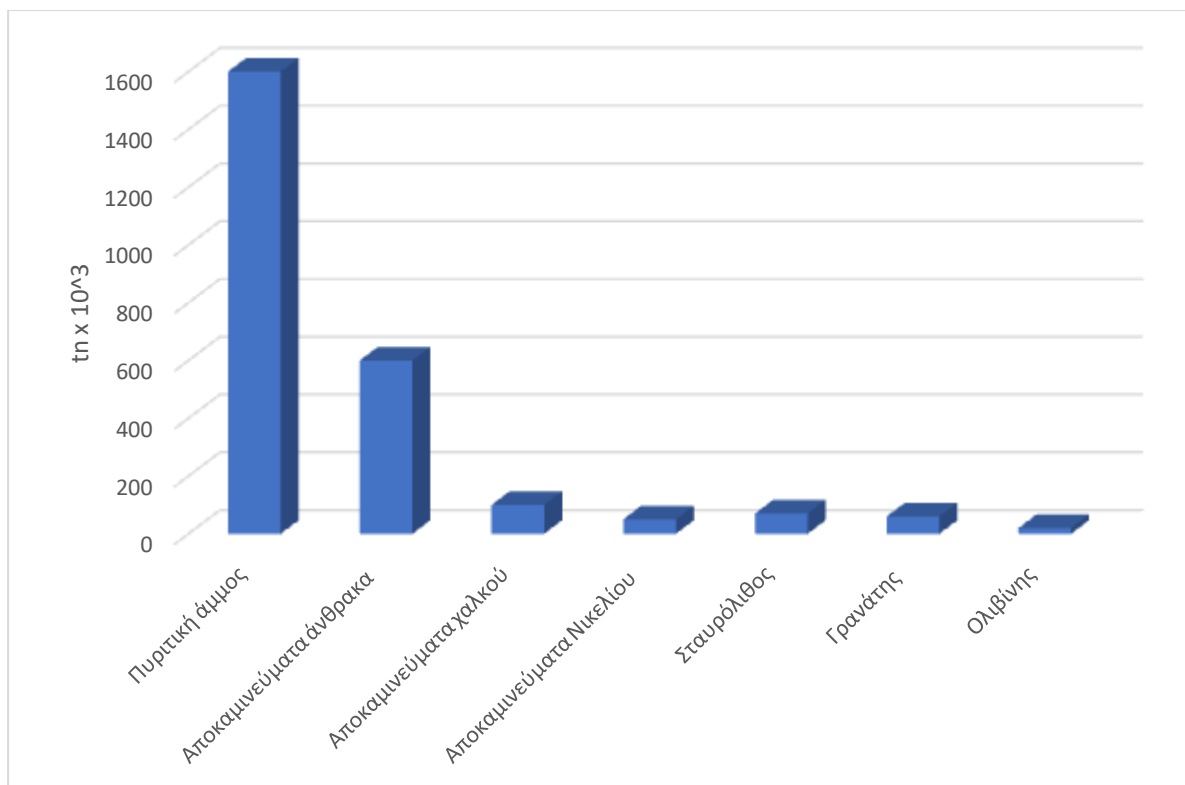
Οι έρευνες σχετικά με τα αποξεστικά υλικά είναι συνεχείς εφόσον παρουσιάζουν ιδιαίτερο λόγω των προσπαθειών για βελτιστοποίηση τους (Korat & Acharya, 2014).

Η έρευνα επικεντρώνεται κυρίως, στην αναβάθμιση της ποιότητας του καθαρισμού των επιφανειών (Korat & Acharya, 2014), στις καλύτερες συνθήκες για την υγιεινή και ασφάλεια των εργαζομένων (Μανίδης, Χατζηκωνσταντής, Τσαρακλής, Παπαϊωάννου, ΤΕΕ, Ομάδα, Εργασίας, 2009) και την προστασία του περιβάλλοντος (Παπαχαρίτου, 2008).

Στον όρο αποξεστικό υλικό περιλαμβάνονται όλα υλικά, φυσικά και τεχνικά των οποίων η χρήση είναι κατάλληλη στο καθαρισμό, τη τριβή και τη λείανση των επιφανειών όταν αυτά προσκρούσουν στην επιφάνεια κατά την εφαρμογή τους (Korat & Acharya, 2014).

Για περισσότερα από 50 χρόνια το μόνο αποξεστικό υλικό ήταν η πυριτική άμμος και χρησιμοποιούταν σε ξηρές ψηγματοβολές ανοικτού τύπου (Μητσόπουλος, 2021). Καθώς, εμφανίζει σημαντικά παραγωγικά και οικονομικά πλεονεκτήματα. Παρ όλα αυτά, έρευνες έδειξαν ότι εγκυμονούσε σοβαρούς κινδύνους λόγω των υψηλών συγκεντρώσεων σε κρυσταλλικό πυρίτιο (Μητσόπουλος, 2021). Τα στοιχεία που δημοσιεύτηκαν έως το 1980 ανέφεραν ότι το κρυσταλλικό SiO₂ μπορεί να είναι καρκινογόνο (Κεραμυδάς, 2020) ενώ το 1987 ο Διεθνής Οργανισμός για την Έρευνα του καρκίνου (IACS) δήλωσε ότι το κρυσταλλικό SiO₂ μπορεί να ευθύνεται για την εμφάνιση καρκίνου σε ανθρώπους (Παπαχαρίτου, 2008). Η πυριτική άμμος συνδέεται άμεσα με τη τη σιλίκωση, μία θανατηφόρα ασθένεια που προσβάλλει τους πνεύμονες και προκαλείται με την εισπνοή του κρυσταλλικού SiO₂ καθώς η σύσταση της πυριτικής άμμου περιέχει υψηλά ποσοστά κρυσταλλικού πυριτίου (Κεραμυδάς, 2020).

Κατά συνέπεια, για την προστασία των εργαζομένων οι διεθνείς οργανισμοί προχώρησαν σε περιορισμούς της χρήσης όσων υλικών περιέχουν περισσότερο από 1% κ.β κρυσταλλικό SiO₂ (Rajaraman et al., 2016; Sigel et al., 1990). Ως αποτέλεσμα μειώθηκε η κατανάλωσή της και ταυτόχρονα ενθαρρύνθηκε η αντικατάστασή της από άλλα ορυκτά. Αναφέρεται ότι στις ΗΠΑ στις αρχές της δεκαετίας του 1990 η κατανάλωση πυριτικής άμμου ήταν 2,3 εκατομμύρια τόνους και στη συνέχεια μειώθηκε σε 1,6 εκατομμύρια τόνους (Διάγραμμα 1) (Hansink, 2000).



Διάγραμμα 1. Κατανομή ετήσιας κατανάλωσης αποξεστικών ψηματοβολής στις ΗΠΑ, 2000 (Παπαχαρίτου, 2008)

2.1 Χαρακτηριστικά των αποξεστικών μέσων ψηματοβολής

Σκληρότητα

Η ταχύτητα και η αποδοτικότητα του καθαρισμού καθορίζεται σημαντικά από τη σκληρότητα του αποξεστικού (Γεωργαντάς & Κανελλόπουλος, 2021). Γενικά, είναι γνωστό ότι έχουν μεγαλύτερη απόδοση και είναι αποτελεσματικότερα τα σκληρά αποξεστικά και όχι εκείνα που είναι μαλακά και εύθρυπτα. Ειδικότερα σωματίδια με μεγάλη σκληρότητα μπορούν να αφαιρέσουν τα υπολείμματα που είναι αρκετά καλά προσκολλημένα στην επιφάνεια, παράγουν λιγότερη σκόνη και λιγότερο εύθρυπτα, κάτι που είναι απαραίτητο στην ανακύκλωση (Γεωργαντάς & Κανελλόπουλος, 2021). Από την άλλη τα αποξεστικά που είναι μαλακά αφαιρούν τα ελαφρώς προσκολλημένα στην επιφάνεια υπολείμματα χωρίς να παραμορφώνουν το μεταλλικό υπόστρωμα ή το σύστημα επιστρώσης όπου αυτό είναι αναγκαίο (Γεωργαντάς & Κανελλόπουλος, 2021). Είναι σημαντικό να

διευκρινιστεί ότι για τα μεταλλικά αποξεστικά η σκληρότητα μετράτε με τη κλίμακα Rockwell ενώ για τα μη μεταλλικά αποξεστικά με τη κλίμακα Mohs (Γεωργαντάς & Κανελλόπουλος, 2021).

Ειδικό Βάρος

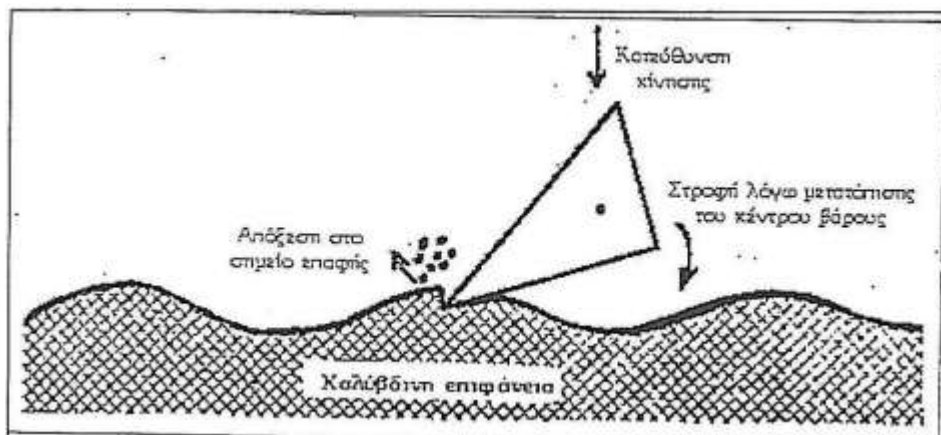
Το ειδικό βάρος ενός αποξεστικού υλικού είναι ένας εξίσου σημαντικός παράγοντας, καθώς το ειδικό βάρος του υλικού είναι ανάλογο της κοπτικής του ικανότητας, όσο μεγαλύτερο το ειδικό βάρος τόσο μεγαλύτερη η κοπτική ικανότητα (Σολδάτος, 2018). Η δράση αυτή περιγράφεται από τον τύπο της κινητικής ενέργειας (Εξίσωση 1.) σύμφωνα με τον οποίο όταν η μάζα του σωματιδίου αυξηθεί ακολουθεί αύξηση της κινητικής του ενέργειας και κατ' επέκταση η κοπτική του δράση (Γεωργαντάς & Κανελλόπουλος, 2021)

$$E_k = \frac{1}{2} * m * u^2 [j]$$

. Εξίσωση 1. Τύπος κινητικής ενέργειας.

Σχήμα κόκκων

Μια σημαντική παράμετρος που επηρεάζει την απόδοση των αποξεστικών είναι το σχήμα των κόκκων (Παπαχαρίτου, 2008). Τα γωνιώδη σωματίδια έχουν υψηλή κοπτική δράση με αποτέλεσμα να είναι πιο κατάλληλα στην αφαίρεση ακαθαρσιών οι οποίες είναι εύθρυπτες και μαλακές όπως είναι τα παράγωγα οξειδωσης, τα παλαιά χρώματα κτλ. (Andronikos et al., 2004). Τα σφαιρικά σωματίδια είναι ιδανικά για να αφαιρεθούν συνεκτικά υπολειμμάτα όπως η σκωρία ελάστρου (Andronikos et al., 2004). Τα γωνιώδη σωματίδια έχουν μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στον καθαρισμό επιφανειών που έχουν διαβρωθεί σε μεγάλο βαθμό σε σχέση με τα σφαιρικά, εξαιτίας της στροφής του σωματιδίου κατά τη κρούση του στην επιφάνεια η οποία οφείλεται στην μετατόπιση του κέντρου βάρους τους (Εικόνα 5) (Andronikos et al., 2004).



Εικόνα 5. Παπαχαρίτου Νίκος (2008)3 Αποξεστική δράση γωνιώδους σωματιδίου σε χαλύβδινη επιφάνεια. Διπλωματική Εργασία ΕΜΠ Τμήμα Μηχ. Μηχανικών

Να τονιστεί ότι ανεξάρτητα από το σχήμα των σωματιδίων η επιφάνειά τους δε πρέπει να είναι λεία. Τα αποξεστικά υλικά τα οποία επιλέγονται, θα πρέπει να έχουν πολλές αιχμές, ώστε να μπορούν κατά την πρόσκρουσή τους στην επιφάνεια να σκάβουν και να αποξέουν τα παλιά

χρώματα, ενώ παράλληλα να δημιουργούν την απαραίτητη επιφανειακή τραχύτητα (Leyland & Huntley, 1999).

Κοκκομετρική κατανομή

Για τη βελτιστοποίηση της ποιότητας του καθαρισμού είναι απαραίτητη η κοκκομετρική κατανομή των σωματιδίων (Skillen, 1994). Συνηθέστερα είναι τα πιο λεπτά σε μέγεθος αποξεστικά υλικά τα οποία θα πρέπει να έχουν τραχεία επιφάνεια για να μπορούν να απομακρύνουν και τις σκληρές σκουριές (Skillen, 1994). Το αποτελεσματικότερο μείγμα είναι ο συνδιασμός από διάφορα μεγέθη αποξεστικού υλικού, όπου τα σωματίδια μεγάλου μεγέθους αφαιρούν τις δύσκολες ακαθαρσίες, τα πιο λεπτά μεγέθη σωματιδίων αφαιρούν τα πολύ μικρά υπολείμματα, τα προϊόντα οξειδωσης που είναι πιο εύθρυπτα και τις παλαιότερες στρώσεις χρωμάτων που βρίσκονται μέσα στις μικροκοιλότητες της επιφάνειας και όπου αδυνατούν να φτάσουν σωματίδια μεγαλύτερου μεγέθους με αποτέλεσμα να επιτυγχάνουν πολύ υψηλότερη ποιότητα καθαρισμού (SA 2.5 ,SA 3). Στην πράξη δεν είναι δυνατό να υπάρξει το ιδανικό μέγεθος σωματιδίου σχετικά με τη ταχύτητα και την ποιότητα καθαρισμού που να ικανοποιεί όλο το εύρος των περιπτώσεων των επιφανειών (Naylor, 1983). Όμως γενικά ένα εύρος μεγεθών 0.5mm και 3mm δίνει ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα καθαρισμού (Armbruster et al., 1992; Bleile et al., 1985).

2.2 Ταξινόμηση των αποξεστικών υλικών

Ως αποξεστικά μέσα ψηγματοβολής μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα είδη και τύποι οι οποίοι ταξινομούνται με πολλούς τρόπους. Ένας από τους διαχωρισμούς που θεωρείται αρκετά χρήσιμος είναι βάση της σύστασής τους τη προέλευσή τους (Hammersley et al., 2000)

Στους (Πίνακας 1) και (Πίνακας 2) δίνονται οι χημικές αναλύσεις και φυσικά χαρακτηριστικά των αποξεστικών υλικών του εμπορίου.

Τα αποξεστικά υλικά διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες :

- Φυσικά ορυκτά
- Μεταλλουργικές σκωρίες
- Βιομηχανικά Υλικά

Επίσης τα αποξεστικά υλικά διακρίνονται σε δύο ακόμα κατηγορίες

- **Αναλώσιμα αποξεστικά:** τα οποία έχουν χαμηλό κόστος και τα χαρακτηριστικά τους επιτρέπουν την εφαρμογή τους για μόνο ένα κύκλο χρήσης. Στις εργασίες ανοικτής αμμοβολής χρησιμοποιούνται κυρίως αναλώσιμα υλικά (Andronikos et al., 2004).
- **Ανακυκλώσιμα αποξεστικά:** Τα ανακυκλώσιμα αποξεστικά έχουν υψηλότερο κόστος από τα αναλώσιμα και τα χαρακτηριστικά τους επιτρέπουν εφαρμογή με πολλούς κύκλους χρήσης. Χρησιμοποιούνται σε αμμοβολή κλειστού κυκλώματος που διαθέτουν τη δυνατότητα ανάκτησης, καθαρισμού και ανακύκλωσης. Σε εργασίες ανοικτής αμμοβολής η χρήση τους ενδείκνυται σε υποδομές που παρέχουν τη παραπάνω δυνατότητα (Andronikos et al., 2004).

Πίνακας 1. Χημικές αναλύσεις σε % κ.β αποξεστικών υλικών. Ανάπτυξη συστήματος Αξιολόγησης Μεθόδων καθαρισμού και προετοιμασίας επιφανειών (Λαμπράκης, 2003).

Χημική ένωση ή στοιχείο	Πυρτική Άμμος	Σταυρόλιθος	Γρανάτης	Ολιβίνης	Αποκαμινεύματα C	Αποκαμινεύματα Cu	Αποκαμινεύματα Ni	Υαλοσφαιρίδια	Steel Grit	Οξειδία Αλουμινίου
SiO ₂ *	90-100	29	36-38	39-46	45-51	45	37-51	72.5	0.3-1.3	0.5-1.7
SiO ₂ **	49-96	<5.0	<0.8	<0.3	<1.0	0.1	<0.1			
Al ₂ O ₃		45	20-26	0.2-0.3	14-26	7.2	1.5-6.6	0.16		92.0-97.0
Fe ₂ O ₃		14	30-33	6.0-11.0	18-21	23.3	12.0-20.0	0.2		0.1-1.5
CaO		0.07	1.0-2.0	0.2-1.2	4.3-8.2	19.6	0.5-2.5	9.18		0.14-0.18
MgO		0.75	1.0-6.0	39-49	1.0-2.0	3.7	4.7-3.3	3.65		0.23-0.30
TiO ₂		4.2	<=2.0		<1.3					1.6-4
K ₂ O		0.1			<1.9		<1.3	0.12		0.05-0.08
Na ₂ O		0.18			<1.1			13.2		0.07-0.12
MnO		0.1	1		<0.06					
Fe									>95.0	
C					<0.04				7.0-1.3	
Mn									0.5-1.3	
SO ₃					<0.6			0.39	<0.05	
Zr			<0.2							
ZrO			<=1							
P									<0.05	
Cr				0.1-0.4					<0.2	
Ni				0.1-0.3					<0.2	
*Ολικό **Ελεύθερο										

Πίνακας 2. Φυσικά χαρακτηριστικά εμπορικών αποξεστικών υλικών. Ανάπτυξη συστήματος Αξιολόγησης Μεθόδων καθαρισμού και προετοιμασίας επιφανειών (Λαμπράκης, 2003)

Αποξεστικό Υλικό	Σχήμα	Σκληρότητα (Mohs)	Αριθμός Χρήσεων
Πυριτική άμμος	Στραγγυλό Ακανόνιστο	5.0-7.0	1
Σταυρόλιθος	Στραγγυλό Ακανόνιστο	6.5-7.0	1
Γρανάτης	Ημιγωνιώδεις	7.0-8.0	3.0-5.0
Ολιβίνης	Γωνιώδεις	6.5-7.0	1
Αποκαμινεύματα C	Γωνιώδεις	6.0-7.0	1
Αποκαμινεύματα Cu	Γωνιώδεις	7.0-8.0	1
Αποκαμινεύματα Ni	Γωνιώδεις	7.0-8.0	1
Υαλοσφαιρίδια	Γωνιώδεις Ακανόνιστο	5.5-6.5	1
Steel Grit	Γωνιώδεις	40-70 HRc	50-100
Οξειδία Αλουμινίου	Ακανόνιστο	9	3.0-5.0

2.2.1 Φυσικά ορυκτά

Στη κατηγορία αυτή ανήκουν τα ορυκτά υλικά των οποίων η χρήση τους είναι ως αποξεστικά μέσα, αφού προηγηθεί η πλύση αυτών, ξήρανσή τους, η θραύση τους και η ταξινόμησή τους (Στυλιανή, 2018). Το μεγαλύτερο σύνολο αποξεστικών που χρησιμοποιείται στη ψηγματοβολή ανήκει στη κατηγορία των φυσικών ορυκτών η οποία είναι και η μεγαλύτερη. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει επίσης τον ολιβίνη, το σταυρόλιθο, το γρανάτη και όλες τις κατηγορίες άμμου είτε πυριτικές και μη (Παπαχαρίτου, 2008). Μεταξύ των αποξεστικών τα οποία θεωρούνται ικανά να αντικαταστήσουν τα αποκαμινεύματα που μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία μεταλλικών επιφανειών, τα φυσικά ορυκτά είναι αυτά που θεωρούνται ως τα πιο αξιόπιστα (Καλιαμπάκος & Πετσάλας, 1995).

Πολλά από αυτά τα υλικά έχουν υιοθετηθεί από ναυπηγεία στο εξωτερικό (ΓΑΝΩΤΗΣ, 2012). Ωστόσο το γεγονός ότι η διαθεσιμότητά τους είναι περιορισμένη και οι τιμές τους είναι υψηλές όσε συνδιασμό με την ελλείψη έρευνας για τη βελτίωση των χαρακτηριστικών τους συμβάλουν στο να μην έχουν εδραιωθεί ευρέως στην αγορά ως αποξεστικά μέσα ψηγματοβολής (Andronikos et al., 2004).

Τα φυσικά αποξεστικά που θεωρούνται τα πιο σημαντικά είναι:

➤ Πυριτική άμμος (silica sand):

Το πλέον πιο διαδεδομένο αποξεστικό μέσω ψηγματοβολής είναι η πυριτική άμμος. Παλαιότερα η χρήση της ήταν ευρεία αλλά τα τελευταία χρόνια μειώθηκε σημαντικά. Έχει πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα όπως το χαμηλό κόστος, την διαθεσιμότητα, υψηλή σκληρότητα (Mohs 7), υψηλή ανθεκτικότητα σε μεγάλες θερμοκρασίες, χημική αδράνεια και παρουσιάζει υψηλή αντοχή κατά τη πρόσκρουσή της στην επιφάνεια (Γεωργαντάς & Κανελλόπουλος, 2021). Τα χαρακτηριστικά αυτά προσδίδουν τα πολύ καλά αποτελέσματα αυτού του αποξεστικού με ένα μεγάλο εύρος εφαρμογής ψηγματοβολής. Το ειδικό βάρος είναι $2,7\text{g/cm}^3$. Τα ποσοστά ελεύθερου διοξειδίου του πυρίου στη σύστασή της είναι υψηλά δηλαδή μεταξύ 49% έως 100%. Για να θεωρηθεί η πυριτική άμμος κατάλληλη πρέπει να προηγηθεί πλύσιμο, ξήρανση και κοκκομετρική κατανομή (Παπαχαρίτου, 2008).

➤ Σταυρόλιθος :

Ο σταυρόλιθος είναι ένα ορυκτό ένυδρο του οποίου η σύσταση είναι σύνθετη και αποτελείται από οξείδια αλουμινίου, πυριτίου, σιδήρου και έχει χημικό τύπο ($\text{FeAl}_5\text{Si}_2\text{O}_{12}\text{OH}$). Συνήθεις μορφή που συναντάται είναι αυτή των θαμπών κρυστάλλων με κοκκινωπό, καφέ ή μαύρο χρώμα. Έχει σκληρότητα κατά κλίμακα Mohs 7 με 8 ειδικό βάρος μεταξύ $3,7-3,8\text{ g/cm}^3$. Στο εμπόριο υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες της ποιότητας του σταυρόλιθου οι οποίες είναι οι “Standard starblast” και “starblast XI”. Και στις δύο κατηγορίες περιέχεται κρυσταλλικό πυρίτιο SiO_2 σε ποσοστό 0,86-1,11% (N.I.O.S.H, 1998). Στο σταυρόλιθο δεν ανιχνεύονται ποσότητες επικίνδυνων στοιχείων όπως Αρσενικό As, Βηρύλλιο Be, Κάδμιο Cd, και Νικέλιο Ni, ενώ οι ποσότητες που περιέχει σε Μόλυβδο Pb (0,004-0,013%), Χρώμιο Cr (0-0,01%) και Μαγγάνιο Mn (0,01-0,013%) είναι ελάχιστες (Στυλιανή, 2018). Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και συγκεκριμένα στη Φλώριδα ο σταυρόλιθος προκύπτει ως παραπροϊόν από την εκμετάλλευση μεγάλων κοιτασμάτων μετάλλου. Οι βαριές μεταλλικές συγκετρώσεις απομακρύνονται από τους ηλεκτροστατικούς και μαγνητικούς διαχωριστές ηλεκτροστατικοί και μαγνητικοί διαχωριστές και στη συνέχεια το υλικό πλένεται με χημικό καθαρισμό με χρήση καυστικών ενώ τέλος ακολουθεί το ξέπλυμα και η ξήρασή του. Η διαδικασία αυτή έχει ως αποτέλεσμα να παραχθεί ένα υλικό το οποίο είναι εμπλουτισμένο στο 77% κ.β με σταυρόλιθο με προσμίξη ιλμενίτη τουρμαλίνη, ζirkονίου, ορυκτών τιτανίου και χαλαζία και με σχήμα κόκκων σφαιρικό και ομοιόμορφο (Skillen, 1994). Ο σταυρόλιθος εφαρμόζεται ως αποξεστικό μέσω στη ψηγματοβολή κυρίως για τη χάραξη, τον καθαρισμό και το φινίρισμα. Έχει ευρεία χρήση στη ψηγματοβολή γεφυρών και μεγάλων κατασκευών από χάλυβα. Η αποτελεσματικότητα του σταυρόλιθου είναι μεγαλύτερη σε επιφάνειες όπου σκωρία ελάστρου (καλαμίνα) είναι περιορισμένη και σε περιπτώσεις οξείδωσης με διάβρωση από το πέρασμα του χρόνου όπως επίσης και σε παλιές βαφές (Παπαχαρίτου, 2008).

➤ Γρανάτης :

Γρανάτης σαν ονομασία περιγράφει μια γενική κατηγορία με σύνθετα πυριτικά ορυκτά που οι φυσικές τους ιδιότητες είναι παρόμοιες και έχουν κρυσταλλική μορφή (O'Driscoll, 1993). Ο γρανάτης έχει γενικό τύπο $A_3B_2(SiO_4)_3$. Όπου : A: Ασβέστιο Ca, Μαγνήσιο Mg, Fe+2 ή Μαγγάνιο Mn, ενώ B: Αργίλιο Al, Fe+3, Χλώριο Cl ή σπάνια Τιτάνιο Ti. Οι πιο διαδεδομένοι τύποι γρανάτη είναι ο πυρωπός ($Mg_3Al_2(SiO_4)_3$), ο αλμανδίτης και το μίγμα αλμανδίτη-πυρωπού (Στυλιανή, 2018). Οι δύο αυτοί τύποι γρανάτη έχουν τις καλύτερες αποξεστικές ιδιότητες (Στυλιανή, 2018). Άλλοι τύποι γρανάτη που χρησιμοποιούνται στη ψηγματοβολή είναι ο ανδραδίτης και ο γροσουλάριος (Στυλιανή, 2018). Η ποικιλία χρωμάτων του γρανάτη είναι η μεγαλύτερη σε σχέση με όλα τα βιομηχανικά ορυκτά και περιλαμβάνονται σε αυτή όλα τα χρώματα με εξαίρεση το μπλε (Στυλιανή, 2018). Το ειδικό βάρος και η σκληρότητα εξαρτώνται από τον τύπο του γρανάτη και κυμαίνονται από 3,2 έως 4,3 g/m³ και κατά Mohs 6,5 έως 9 αντίστοιχα. Στο καθαρό γρανάτη δεν περιέχεται ελεύθερο SiO₂ ανάλογα όμως με τις προσμίξεις του υλικού το διοξειδίο του πυριτίου (SiO₂) μπορεί να φτάσει σε ποσοστό 7,7%. Ένα χαρακτηριστικό, εξίσου πολύ σημαντικό είναι ότι μπορεί να γίνει ανακύκλωση του υλικού έως 3-5 φορές μειώνοντας σημαντικά το κόστος (Schuster, 2002). Η βιομηχανία της αεροπορίας κάνει χρήση του γρανάτη στους ελέγχους αντοχής και κόπωσης των επιφανειών, ενώ στα ναυπηγεία χρησιμοποιείται για καθαρισμό και χάραξη. Ο καθαρός γρανάτης σχήματος όταν ωθείται από ρεύμα νερού με υψηλή πίεση μπορεί να κόψει μεγάλο αριθμό διάφορων υλικών (Kendall, 1997).

➤ Ολιβίνης :

Ο ολιβίνης έχει χρώμα πρασινωπό, είναι διαφανές ορυκτό και η μορφή που συναντάται είναι κοκκώδη. Τα πυριγενή πετρώματα όπως ο βασάλτης και ο γάβρος έχουν ως κύριο συστατικό τον ολιβίνη. Η σκληρότητά του κατά Mohs είναι 6,5 με 7 και το ειδικό του βάρος 3,2 με 3,6 g/cm³ (Στυλιανή, 2018). Ο ολιβίνης έχει χημικό τύπο MgSiO₄ ή Fe₂SiO₄. Η περιεκτικότητά του σε κρυσταλλικό SiO₂ είναι μικρότερη από 1,3% ενώ σε Χρώμιο (Cr) και Νικέλιο (Ni) η περιεκτικότητά του είναι μεταξύ 0,1%-0,4% κ.β. Ο δουνίτης είναι επίσης πέτρωμα πλούσιο σε ολιβίνη (Στυλιανή, 2018). Ως αποξεστικό μέσο ψηγματοβολής ο ολιβίνης χρησιμοποιείται στο καθαρισμό κτιρίων και στις κατασκευές από χάλυβα για καθαρισμό όπως στις γέφυρες (Γεωργαντάς & Κανελλόπουλος, 2021). Χρησιμοποιείται επίσης στις μεταλλικές επιφάνειες για το καθαρισμό της καλαμίνας και της οξειδωσης καθώς και σε εργασίες με ψηγματοβολή στα ναυπηγεία. Επίσης βρίσκει εφαρμογή στο γυαλί, στα αυτοκίνητα και στις μαρμάρινες για την απομάκρυνση βαφών, το φινίριμα και τη χάραξη (Skillen, 1994). Στη Σκανδιναβία και στη Μ.Βρετανία όπου η χρήση αποκαμινευμάτων είναι απαγορευμένη ο ολιβίνης είναι ιδιαίτερα διαδομένος και χρησιμοποιείται για το καθαρισμό κτιρίων και γεφυρών (Skillen, 1994).

2.2.2 Μεταλλουργικές σκωρίες

Αυτή η κατηγορία περιέχει υλικά όπως τα αποκαμινεύματα του άνθρακα, του χαλκού και του νικελίου τα οποία είναι παραπροϊόντα της μεταλλουργίας (Λαμπράκης, 2003).

Αυτά τα υλικά θεωρούνται ιδανικά ώστε να αντικαταστήσουν τη πυριτική άμμο στις εργασίες ψηγματοβολής εξαιτίας του χαμηλού κόστους και των αποξεστικών τους ιδιοτήτων που είναι πολύ καλές (Andronikos & Eleftherakos, 2000).

Αποκαμινεύματα χαλκού:

Οι κύριες χημικές ενώσεις που αποτελούνται τα υλικά των αποκαμινευμάτων χαλκού είναι ενώσεις διοξειδίου του πυριτίου (SiO_2), οξείδιο του αργιλίου (Al_2O_3), οξείδιο του σιδήρου (Fe_2O_3), οξείδιο του μαγνησίου (MgO) και περιέχουν χαλκό (Cu) σε πολύ υψηλά ποσοστά ο οποίος σε στοιχεία κατατάσσεται στα βαρέα μέταλλα. Τα βαρέα μέταλλα συγκαταλέγονται στις πιο επικίνδυνες ουσίες εξαιτίας των βλαβερών επιπτώσεων στην υγεία του ανθρώπου. Σύμφωνα με στοιχεία του National Institute of Occupational Safety & Health (NIOSH) αυτά τα υλικά συγκριτικά με τα υπόλοιπα αποξεστικά μέσα, περιέχουν τα πιο υψηλά ποσοστά Αρσενικού As (0-1,45%), Βηρύλλιο (Be) 0-0,18% και Μόλυβδου (Pb) 0-8,9% και εξίσου υψηλά ποσοστά σε Μαγγάνιο (Mn) 0-3,1% και Νικέλιο (Ni) 0-2,24%. Το ειδικό τους βάρος είναι 3,4-3,6 g/cm^3 και έχουν σκληρότητα κατά Mohs 7-8 (Παπαχαρίτου, 2008). Χρησιμοποιούνται ευρέως στα ναυπηγεία για το καθαρισμό χαλύβδινων επιφανειών, βαρέων εξοπλισμών καιτσιμεντένιων προβλητών (Λαμπράκης, 2003). Επίσης, χρησιμοποιούνται για το καθαρισμό γεφυρών, αυτοκινήτων, εξωτερικών κατασκευών, ξύλων κλπ. (Παπαχαρίτου, 2008)

Αποκαμινεύματα άνθρακα:

Τα αποκαμινεύματα άνθρακα αποτελούν παραπροϊόντα της καύσης του άνθρακα που χρησιμοποιείται για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα υλικά αυτά περιέχουν επικίνδυνα στοιχεία όπως Αρσενικό As (0-0,09%), Βηρύλλιο Be (0-0,048%), Χρώμιο Cr (0-0,2%), Νικέλιο Ni (0-0,1%), Pb (0-0,02) και Mn (0-0,6%) των οποίων τα ποσοστά είναι χαμηλότερα σε σύγκριση με τα αποκαμινεύματα χαλκού και νικελίου. Τα αποκαμινεύματα άνθρακα έχουν ειδικό βάρος περίπου 2,78 g/cm^3 και σκληρότητα κατά Mohs 7,5. Να σημειωθεί ότι, οι εφαρμογές των αποκαμινευμάτων άνθρακα είναι οι ίδιες με αυτές του χαλκού (Παπαχαρίτου, 2008).

Αποκαμινεύματα νικελίου:

Τα αποκαμινεύματα νικελίου αποτελούνται κυρίως από τις χημικές ενώσεις διοξειδίου του πυριτίου (SiO_2), οξειδίου του σιδήρου (Fe_2O_3) και οξειδίου του μαγνησίου (MgO) τα οποία περιλαμβάνουν πολύ μεγάλα ποσοστά Νικελίου Ni το οποίο και ανήκει στη κατηγορία των βαρέων μετάλλων.. Σύμφωνα με τα στοιχεία του NIOSH τα αποκαμινεύματα νικελίου περιέχουν επικίνδυνα στοιχεία όπως Αρσενικό (As) 0-0,18% ενώ τα ποσοστά χρωμίου(Cr) είναι πολύ υψηλά (0,54-3,7%).έχουν ειδικό βάρος 3,4-3,6% g/cm^3 και σκληρότητα κατά Mohs από 7 έως 8. Οι βασικές εφαρμογές των αποκαμινευμάτων νικελίου στη ψηγματοβολή είναι στον καθαρισμό των ναυπηγείων και σε κατασκευές από σκυρόδεμα και χάλυβα (Παπαχαρίτου, 2008).

Αποκαμινεύματα της μεταλλουργικής βιομηχανίας ΛΑΡΚΟ:

Από τη πυρομεταλλουργική επεξεργασία σιδηρονικελιούχου μεταλλεύματος λατεριτικής προέλευσης για τη παραγωγή κράματος σιδηρονικελίου Fe-Ni, παράγονται τα αποκαμινεύματα της ΛΑΡΚΟ. Το μέταλλευμα παρέχεται από τα κοιτάσματα που βρίσκονται στη Λοκρίδα και τη κεντρική Εύβοια. Ο σχηματισμός των κοιτασμάτων οφείλεται στη λατεριτική αποσάθρωση υπερμαφικών πετρωμάτων. Η περιοκτικότητα τους σε νικέλιο είναι πολύ μικρή με μέσο όρο περίπου 1%. Τα αποκαμινεύματα σχηματίζονται μέσα στην ηλεκτρική κάμινο, γίνεται ολοκλήρωση της προθέρμανσης και η αναγωγή του προϊόντος, ενώ συγχρόνως γίνεται η τήξη του υλικού και διαχωρίζονται οι φάσεις μετάλλου και σκωρίας (Mroskos & Zevgolis, 1993).

2.2.3 Βιομηχανικά Υλικά

Σε αυτή τη κατηγορία τα σημαντικότερα υλικά είναι τα ψήματα σιδήρου η χάλυβα τα οποία είναι μεταλλουργικά επεξεργασμένα. Επίσης στη κατηγορία αυτή ανήκουν τα καρβίδια του πυριτίου, τα οξειδία αλουμινίου, τα γυάλινα σφαιρίδια, τα πλαστικά και τα σπογγίδια. Λόγω των ιδιοτήτων τους δηλαδή σχήμα, σύσταση, σκληρότητα γίνεται χρήση των βιομηχανικών υλικών σε συγκεκριμένες εφαρμογές. Τις συγκεκριμένες αυτές ιδιότητες τις έχουν αποκτήσει με βιομηχανική επεξεργασία και γι' αυτό το λόγο η τιμή τους στην αγορά είναι υψηλή με αποτέλεσμα να μην είναι εφικτή η ευρεία χρήση τους στις εργασίες ψηγματοβολής (Μανίδης, Χατζηκωνσταντής, Τσαρακλής, Παπαϊωάννου, ΤΕΕ, Ομάδα, Εργασίας, 2009)).

Οξείδιο αλουμινίου:

Το οξείδιο αλουμινίου (Al_2O_3) συναντάται σε λευκό η καφέ χρώμα και συναντάται επίσης με την ονομασία "τεχνητό κορούνδιο" ενώ παρασκευάζεται και από πύρωση βωξίτη και έχει αποξεστικές ιδιότητες (Στυλιανή, 2018). Η περιεκτικότητά του σε οξείδιο αργυλίου είναι πάνω από 94%. Το υλικό έχει σκληρότητα στη κλίμακα Mohs μεγαλύτερη από 9 και το ειδικό του βάρος είναι περίπου 4 g/cm^3 και μπορεί να ανακυκλωθεί 3-5 φορές (Skillen, 1994). Το οξείδιο αλουμινίου υψηλής καθαρότητας περιέχει 99,5% οξείδιο αργυλίου δηλαδή καθαρή αλουμίνα. Είναι σκληρότερο από το συνηθισμένο οξείδιο αλουμινίου και πιο εύθιπτο. Παρουσιάζει μειονεκτήματα όπως τη φθορά που προκαλεί στο ακροφύσιο του εξοπλισμού λόγω της σκληρότητάς του άλλα και το υψηλό κόστος του. Στα πλεονεκτήματά του συγκαταλέγονται σύμφωνα με τους κατασκευαστές η ταχύτητα καθαρισμού και η ανακυκλωσιμότητά του (Austin, 1994).

Το οξείδιο του αλουμινίου χρησιμοποιείται στο καθαρισμό, τη χάραξη και το φινίρισμα (Andronikos et al., 2004). Χρήση του υλικού αυτού γίνεται στη ψηγματοβολή υπο κενό, στην ανοικτή ψηγματοβολή και σε ψηγματοβολή ειδικού τύπου (Λαμπράκης, 2003). Επίσης χρησιμοποιείται για το καθαρισμό επιφανειών ο οποίος μπορεί να περιλαμβάνει απλά την αφαίρεση καλαμίνης ή της διάβρωσης ή ακόμα και το καθαρισμό των γραμμών των τρένων, συγκεκριμένων τμημάτων αεροσκαφών και μεγάλων κατασκευών που μέρος τους αποτελείται απ σύρματα ή καλώδια.

Καρβίδιο του πυριτίου:

Η παραγωγή καρβιδίου του πυριτίου (SiC) γίνεται μέσω της τήξης πυριτικής άμμου υψηλής καθαρότητας και κωκ άνθρακα σε φούρνους, με ταυτόχρονη εφαρμογή ρεύματος υψηλής τάσης όπου χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια άνθρακα των οποίων το εσωτερικό είναι από γραφίτη. Από αυτή τη διαδικασία προκύπτει προϊόν το οποίο είναι 85-90% καρβίδιο του πυριτίου (SiC), σκληρότητα κατά Mohs μεγαλύτερη του 9,5 και ειδικό βάρος 3,12 – 3,22 g/cm³. Το SiC μπορεί να ανακυκλωθεί 50 -100 φορές σε χώρους κλειστής ψηγματοβολής (Austin,1997). Το καρβίδιο του πυριτίου παρουσιάζει μειονεκτήματα όπως αυτό της φθοράς στον εξοπλισμό λόγω της σκληρότητάς του όπως ακριβώς συμβαίνει και με τα οξείδια αλουμινίου (Λαμπράκης, 2003). Οι κύριες χρήσεις του κατά την ψηγματοβολή είναι ο καθαρισμός, η κοπή, καθώς και το φινίρισμα υπό κενό. Επίσης χρησιμοποιείται για το φινίρισμα στην υαλοβιομηχανία και την κοπή με υδροαμμοβολή (O'Driscoll, 1997).

Μεταλλικά αποξεστικά :

Τα μεταλλικά αποξεστικά διακρίνονται σε τρεις τύπους: α) τα ψήγματα χάλυβα σε μορφή shot και grit), β) τα ψήγματα σιδήρου σε μορφή shot και grit και γ) τον ανοπτημένο χυτευμένο σίδηρο σε μορφή shot και grit. Ο όρος shot αναφέρεται στη περίπτωση που τα ψήγματα έχουν κυκλικό σχήμα και ο όρος grit όταν έχουν σχήμα γωνιώδες (Παπαχαρίτου, 2008). Η επιλογή κάθε τύπου βασίζεται σε συνδιασμό σχήματος, μεγέθους και σκληρότητας, σε σχέση με τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας που πρόκειται να επέλθει η επεξεργασία. Εξίσου πολύ σημαντικός παράγοντας που λαμβάνεται υπόψιν σχετικά με την εφαρμογή τους είναι η εκτίμηση της κατανάλωσης του αποξεστικού και του κόστους.

Για να κατασκευαστούν τα μεταλλικά αποξεστικά χρησιμοποιούνται ακατέργαστα υλικά και κράματα όπου γίνεται τήξη αυτών σε φούρνο και των οποίων η σύνθεση ρυθμίζεται ώστε ικανοποιούν τις χημικές προδιαγραφές που απαιτούνται για το σίδηρο και το χάλυβα. Μετά τη τήξη του μετάλλου γίνεται απομάκρυνση αυτού από το φούρνο και ακολουθεί η μετρατροπή του σε μικρά κομμάτια με τυχαίο μέγεθος (shot) που πέφτουν μέσα σε μία δεξαμενή κατάσβεσης με νερό. Το προϊόν στη συνέχεια απομακρύνεται από τη δεξαμενή και υφίσταται θερμική κατεργασία όπου μετά το πέρας της κατεργασίας ακολουθεί η κοκκομετρική ταξινόμησή του (Στυλιανή, 2018). Το grit προέρχεται από τη θραύση του σκληρυμένου shot μέσω κυλινδρικών θραυστήρων ή σφαιρόμυλους. Τα μεταλλικά αποξεστικά που παράγονται ταξινομούνται κοκκομετρικά και στη συνέχεια επέρχεται χημική κατεργασία (Giese, 1988). Τα χαλύβδινα αποξεστικά (ψήγματα) είναι καλύτερα από αυτά του σιδήρου γι' αυτό και το 85% του συνόλου των μεταλλικών αποξεστικών καταλαμβάνουν τα ψήγματα χάλυβα.

Η χρήση των μεταλλικών αποξεστικών είναι ιδανική για το καθαρισμό και τη προετοιμασία μεταλλικών επιφανειών πριν από την επίστρωσή τους με κάποιο επίχρισμα ή βαφή, για τον ελαφρύ καθαρισμό συγκολλήσεων και άλλων προϊόντων από χάλυβα, σιδερένιων καλουπιών ή μη σιδερένιων καθώς και θερμικά κατεργασμένων επιφανειών. Επίσης, χρησιμοποιούνται για την προετοιμασία της επιφάνειας πλαστικών προϊόντων ενισχυμένων με fiberglass, στην απόξεση κυλινδρικών χυτηρίων, στην βελτίωση των ιδιοτήτων κόπωσης μεταλλικών προϊόντων, στη διαμόρφωση της επιφάνειας αεροσκαφών και στην αποδέσμευση χημικά συνδεδεμένων καλουπωμένων όγκων άμμου χυτηρίου προς ανάκτηση και επαναχρησιμοποίησή τους (Hitzrot, 1978)

Γυάλινα αποξεστικά :

Τα γυάλινα σφαιρίδια ανήκουν στη κατηγορία των τεχνητών, μη μεταλλικών αποξεστικών. Το φάσμα της εφαρμογής τους είναι μεγάλο και η χρήση τους είναι ιδανική για την αφαίρεση υλικών τα οποία είναι πολύ λεπτά όπως τα φιλμ που αποτελούνται από οξείδια και με αυτά είναι επικαλυμμένες και οι λεπίδες ρότορων, καλούπια από πλαστικό καθώς και διάφορα άλλα μέρη των οποίων η επιφάνεια δεν πρέπει να αλλοιωθεί (Lombardero et al., 1998). Μπορούν επίσης, να χρησιμοποιηθούν λόγω αυτών των ιδιοτήτων τους για την απομάκρυνση υπολείμμάτων από διάφορα εξαρτήματα και μεταλλικού όπως πιστόνια, χωρίς να επιδρούν στη βαική επιφάνεια του αντικειμένου. Μια ακόμα σημαντική χρήση της ψηγματοβολής με γυάλινα σφαιρίδια είναι η ώστε να γίνει ανίχνευση ελατωμάτων που μπορεί να έχουν οι συγκολλήσεις μετάλλων. Οι διάμετρος η οποία συνήθως διατίθενται τα γυάλινα σφαιρίδια στο εμπόριο είναι 0,16mm μέχρι 0,04mm (Andronikos et al., 2004).

Πλαστικά αποξεστικά :

Η χρήση πλαστικών αποξεστικών αποτελεί μια προσπάθεια εναλλακτικής ψηγματοβολής. Θεωρούνται ως μια εναλλακτική η οποία είναι γρήγορη, οικονομική και ασφαλής στις περιπτώσεις όπου απαιτείται να αφαιρεθεί χρώμα και σκουριά από υποστρώματα μεταλλικά που είτε είναι σκληρά είτε είναι μαλακά αντικαθιστώντας έτσι τα κλασσικά αποξεστικά και διάφορους εξοπλισμούς και μηχανήματα που είναι πολύπλοκα (Diener, 1986). Στη κλίμακα Mohs οι πλαστικοί κόκκοι έχουν σκληρότητα 3,0 έως 4,0, είναι ανακυκλώσιμοι και η εφαρμογή τους μπορεί να γίνει με πίεση αέρα σχετικά χαμηλή. Τα πλαστικά αποξεστικά είναι πιο σκληρά από τη βαφή και ταυτόχρονα πιο μαλακά από το υπόστρωμα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μπορεί να αφαιρεθεί το αστάρι και η επιφανειακή βαφή χωρίς να προκληθεί αλλοίωση στο ευαίσθητο υπόστρωμα όπως στις περιπτώσεις όπου η επιφάνεια αποτελείται από αλουμίνιο, χαλκό, άνθρακα, μαγνήσιο λεπτό χάλυβα, τιτάνιο κτλ. (Γεωργαντάς & Κανελλόπουλος, 2021). Οι τύποι των πλαστικών αποξεστικών που χρησιμοποιούνται είναι πολλοί όπως π.χ αποξεστικά που έχουν υποστεί θερμοσκλήρυνση αποτελούμενα από φορμαλδεΐδες, πολυμερή και ακρυλικά (Abbott, 1992). Στην επισκευή αεροπλάνων τα πλαστικά αποξεστικά είναι τα πιο κατάλληλα και χρησιμοποιούνται ήδη πάνω από 20 χρόνια (Παπαχαρίτου, 2008) .

Το αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη προστασία του περιβάλλοντος και οι αυστηροί κανονισμοί έχουν προωθήσει τη χρήση πλαστικών αποξεστικών και στη Ναυπηγοεπισκευαστική (N/E) Βιομηχανία (Andronikos & Eleftherakos, 2000). Η ανακυκλωσιμότητά τους διευκολύνει το διαχωρισμό των βαφών που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες από τις μεγάλες ποσότητες των αποξεστικών και έτσι μειώνεται σε πολύ μεγάλο βαθμό η απόθεση των επικίνδυνων αποβλήτων. Όμως τα πλαστικά αποξεστικά έχουν υψηλό κόστος, δεν μπορούν απομακρύνουν τη βαριά σκουριά ενώ σε σχέση με τη κλασσική ψηγματοβολή παρουσιάζουν χαμηλά αποτελέσματα και αυτά θεωρούνται σημαντικμειονεκτήματα με αποτέλεσμα να μην εφικτή η εδραίωσή τους ως εναλλακτικά μέσα (Andronikos & Eleftherakos, 2000).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΥΓΙΕΙΝΗ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Η υγιεινή και η ασφάλεια των εργαζομένων περιλαμβάνει την αντιμετώπιση των εργατικών ατυχημάτων και των επαγγελματικών ασθενειών που θα μπορούσαν να προκληθούν και αποτελεί ένα μεγάλο κεφάλαιο στον τομέα της βιομηχανίας, καθώς και επείγον καθήκον των ιδιωτικών αλλά και δημόσιων φορέων (Παπαχαρίτου, 2008).

Ο κίνδυνος πρόκλησης εργατικού ατυχήματος στη Ναυπηγοεπισκευαστική βιομηχανία είναι ιδιαίτερα αυξημένος. Συνήθως, οι τραυματισμοί σε αυτό το πεδίο εργασίας είναι σοβαροί (Μητσόπουλος, 2021). Η Ελλάδα παρουσιάζει αυξημένο δείκτη συχνότητας και σοβαρότητας εργατικών ατυχημάτων σε σχέση με άλλες Ευρωπαϊκές χώρες (Εργασιασ et al., n.d.). Έχει αναφερθεί ότι, ακόμα και εάν τα ατυχήματα δεν είναι θανατηφόρα έχουν προκαλέσει σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις στη καθημερινότητα του εργαζομένου αλλά και στην επαγγελματική δραστηριότητά τους (Μανίδης, Χατζηκωνσταντής, Τσαρακλής, Παπαϊωάννου, ΤΕΕ, Ομάδα, 2009)). Τέτοιου είδους εργατικά ατυχήματα μπορούν να οδηγήσουν σε α) αναπηρία, β) φόβο για εργασία γ) ανικανότητα, τα οποία με τη σειρά τους επιφέρουν προβλήματα στη ψυχολογία του εργαζομένου αλλά και στην οικονομική και κοινωνική του κατάσταση (Μητσόπουλος, 2021).

Απ' την άλλη, αν αποδειχθεί ότι το ατύχημα προκλήθηκε από έλλειψη μέτρων ασφαλείας η επιχείρηση θα αντιμετωπίσει ιδιαίτερα βαριές κυρώσεις (Αλεξόπουλος, 2004). Οι επιχειρήσεις επιβαρύνονται από οικονομικές κυρώσεις, κάλυψη νοσηλείων του εργαζομένου και μπαίνουν σε διαδικασία εκπαίδευσης νέου εργαζομένου προς αντικατάσταση του προηγούμενου που τέθηκε εκτός εργασίας λόγω ατυχήματος.

Επιπλέον, έχει καταγραφεί ότι, οι ίδιες αρνητικές συνέπειες μπορεί να προκληθούν όχι μόνο λόγω σοβαρού τραυματισμού αλλά και από την εκδήλωση σοβαρών ασθενειών σε έναν ή σε ομάδα εργαζομένων που να οφείλονται σε ανθυγιεινό επαγγελματικό περιβάλλον ή τη φύση της εργασίας (Παπαχαρίτου, 2008) Όσοι τομείς ασχολούνται με τις συνθήκες εργασίας στρέφουν το ενδιαφέρον τους στη πρόληψη ασθενειών που οφείλονται στο εργασιακό περιβάλλον. Πλέον είναι ευρέως γνωστό ότι η επαγγελματική ενασχόληση του ανθρώπου στο τομέα του καθαρισμού επιφανειών με ψηγματοβολή συνδέεται στενά με καταστάσεις επικίνδυνες για την υγεία.

Η ασφάλεια και η υγεία όλων όσων εργάζονται σε ένα περιβάλλον εργασίας είναι μία εύθνη που αφορά τους αρμόδιους φορείς και την οποία πρέπει να διασφαλίζουν οι υπεύθυνοι του έργου.

Για να διασφαλιστούν αυτά υπεύθυνη είναι:

- Το δημόσιο, θεσπίζοντας κατάλληλους νόμους τους οποίους θα εξασφαλίζει ότι θα ελέγχονται από τα αντίστοιχα αρμόδια όργανα.
- Οι εργοδότες, με την επιτήρηση της εφαρμογής της σχετικής νομοθεσίας
- Οι εργαζόμενοι, με το να αντιληφθούν τη σοβαρότητα του προβλήματος και να ευαισθητοποιηθούν ως προς δικό τους όφελος.

Η τήρηση των παραπάνω συμβάλλει ώστε να αποφευχθούν τα εργατικά ατυχήματα οι επαγγελματικές ασθένειες (Παπαχαρίτου, 2008).

- Η εργατική νομοθεσία ορίζει ως **εργατικό ατύχημα** τη περίπτωση όπου ένας εργαζόμενος καθίσταται ανίκανος για εργασία εξαιτίας της επίδρασης ενός σφοδρού εξωγενούς περιστατικού.
- **Επαγγελματική ασθένεια** ονομάζεται η περίπτωση όπου ο οργανισμός του εργαζομένου νοσεί λόγω ανθυγιεινών επιδράσεων των δραστηριοτήτων της εργασίας του (Παπαχαρίτου, 2008). Η αποτελεσματική οργάνωση της πρόληψης των ατυχημάτων και των επαγγελματικών ασθενειών στο εργασιακό βασίζεται κυρίως: α) στις γνώσεις και εκτιμήσεις των ειδικών, δηλαδή στην επιστημονική μελέτη του τεχνικού ασφαλείας και του ιατρού εργασίας, β) στην υποχρέωση και την ευαισθησία του εργοδότη και γ) στην ενημέρωση και τη συμμετοχή των εργαζομένων και των εκπροσώπων τους (Εργασιασ et al., n.d.).

3.1 Υγιεινή και ασφάλεια κατά την ψηγματοβολή

Παράλληλα με τη ποιοτικό και την απόδοση της ψηγματοβολής επιδιώκεται και η υγιεινή και η ασφάλεια των εργαζομένων. Είναι απαραίτητο να λαμβάνονται όλα τα προβλεπόμενα μέτρα ασφαλείας και να εφαρμόζονται οι αντίστοιχοι κανονισμοί έτσι ώστε να αποτρέπονται οι δυσάρεστες συνέπειες από τους κινδύνους που εγκυμονεί το περιβάλλον της ψηγματοβολής (Μανίδης, Χατζηκωνσταντής, Τσαρακλής, Παπαϊωάννου, ΤΕΕ, Ομάδα, 2009).

- Κατά την ψηγματοβολή, ασκούνται αρκετά υψηλές πιέσεις. Ως εκ τούτου, ο κίνδυνος ατυχήματος είναι αρκετά αυξημένος καθώς τα εργαλεία και τα μηχανήματα συνδέονται άμεσα με το χειριστή. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η χρήση κράνους από το χειριστή με παροχή αέρα, να υπάρχουν ενσωματωμένα φίλτρα, να φοράει γάντια, ζώνη ασφαλείας, παπούτσια και στολή προστασίας έτσι ώστε να εξασφαλίζεται, όσο το δυνατόν περισσότερο η προσωπική ασφάλεια των εργαζομένων (INE 2000). Συγκεκριμένα:
- Κράνος: Πρέπει να είναι άνετο, να παρέχει προστασία, ορατότητα και ασφάλεια καθώς και να υποστηρίζει την αναπνοή του χειριστή με τη βοήθεια του λάστιχου αέρος που είναι προσαρμοσμένο στη πίσω μεριά του κράνους. Ο καθαρός αέρας θα πρέπει να τροφοδοτείται με πίεση πάνω $0.17 \text{ m}^3/\text{min}$ ώστε να εξασφαλιστεί ότι τα σωματίδια από τα ψήγματα δε θα περάσουν στο εσωτερικό της στολής.
- Φίλτρα για το καθαρισμό του αέρα: με τα φίλτρα μειώνονται οι ρύποι που διοχετεύονται στον αέρα και που εισπνέονται από το χειριστή (υπολείμματα, υδρατμοί, αναθυμιάσεις λαδιών, δηλητηριώδη αέρια που είναι δυνατό να παράγει ο αεροσυμπιεστής όπως μονοξείδιο του άνθρακα, οξείδια του θείου και του αζώτου). Είναι απαραίτητη η σωστή συντήρησή τους, να έχουν προσαρμοσμένα τα σωστά υλικά για φιλτράρισμα, όργανο για τη ρύθμιση της πίεσης, μετρητή και βαλβίδα για την εκτόνωση. Τον ατομικό εξοπλισμό εργασίας του χειριστή συμπληρώνουν η φόρμα, τα γάντια και τα παπούτσια.

Επιπλέον, για τη ψηγματοβολή πρέπει να λαμβάνονται μέτρα που σχετίζονται με τον εξοπλισμό και τη χρήση του (INE 2000). Συγκεκριμένα:

Συσκευές: απαιτούν συνεχή συντήρηση ώστε να βρίσκονται σε καλή κατάσταση και να μην υπάρχει συσσωρευμένη πίεση

- Σωλήνες ψηγματοβολής: Να διαθέτουν αντοχή στη πίεση και τη τριβή και να γίνεται συχνή συντήρηση ώστε να μην υπάρχουν φθορές
- Διακόπτης ασφαλείας: Δίνεται η δυνατότητα στο χειριστή να ξεκινά και να σταματά τη ψηγματοβολή κατά βούληση, έτσι ώστε σε οποιαδήποτε περίπτωση ανάγκης, αυτόματα να διακόπτει την εργασία. Ο διακόπτης θα πρέπει να κλείνει αυτόματα όταν ο χειριστής για οποιοδήποτε λόγο χάσει τον έλεγχο του ακροφυσίου.
- Ζώνη ασφαλείας: είναι απαραίτητη προκειμένου να αποτραπεί ο κίνδυνος ατυχήματος από πτώση καθώς συχνά οι εργασίες εκτελούνται από τους χειριστές πάνω σε ικριώματα σε μεγάλα ύψη.

Τέλος, στα μέτρα ασφαλείας που λαμβάνονται, σημαντικό ρόλο έχουν και οι συνθήκες του χώρου εργασίας (INE 2000).

- Σε περίπτωση εφαρμογής της ψηγματοβολής σε κλειστό χώρο υπάρχει δυσκολία στην ορατότητα λόγω σκόνης. Είναι απαραίτητος ο επαρκής φωτισμός, ιδιαίτερα όταν οι εργαζόμενοι εργάζονται σε ικριώματα.

Είναι αποδεκτό ότι η εκπαίδευση, σε συνδυασμό με τη σωστή ενημέρωση, κάθε εργαζομένου είναι τα βασικά εφόδια ώστε να λαμβάνει τα απαραίτητα μέτρα προστασίας. Με την εκπαίδευση επιτυγχάνεται η εξοικείωση του εργαζομένου με το αντικείμενο εργασίας, η πρακτική εξάσκηση στο αντικείμενο, το αίσθημα της υπευθυνότητας αλλά και η ενημέρωσή του για τους κινδύνους που απειλούν την υγεία του ώστε να μπορεί να επιτευχθεί η απόδοση, η ποιοτική εργασία και η ασφάλεια.

Το Π.Δ. 70/1990 αναφερόμενο στην Υγιεινή και Ασφάλεια των Εργαζομένων σε Ναυπηγικές και Ναυπηγοεπισκευαστικές Εργασίες και συγκεκριμένα στο Κεφάλαιο Γ περί μέσων ατομικής προστασίας, το άρθρο 63 αναφέρει, στον τομέα των γενικών προβλέψεων ότι:

Σε περίπτωση που δεν περιορίζονται επαρκώς οι κίνδυνοι σε βάρος της ασφάλειας και υγείας των εργαζομένων μέσω τεχνητών μέσων συλλογικής προστασίας ή μέτρα και διαδικασίες οργάνωσης της εργασίας, τότε οι εργαζόμενοι θα πρέπει να εφοδιάζονται με μέσα ατομικής προστασίας. Τα μέσα ατομικής προστασίας χορηγούνται από τον εργοδότη “εργολάβο ή υπεργολάβο” οι οποίοι επιβλέπουν τη χρήση τους, εξασφαλίζουν την καλή λειτουργία τους, την απαραίτητη συντήρηση, επισκευή και αντικατάσταση. Πρέπει επίσης να πληρούν τα εξής:

- Να είναι κατάλληλα για την πρόληψη κινδύνων.
- Να προσαρμόζονται σε κάθε εργαζόμενο.
- Να ανταποκρίνονται στις εργονομικές απαιτήσεις και τις συνθήκες του χώρου εργασίας.
- Να είναι συμβατά και αποτελεσματικά απέναντι σε κάθε κίνδυνο σε περίπτωση που χρησιμοποιούνται παράλληλα με άλλα μέσα ατομικής προστασίας για την αντιμετώπιση πολλαπλών κινδύνων.

Οι εργαζόμενοι πρέπει να τηρούν τα μέσα ατομικής προστασίας, να κάνουν σωστή χρήση και να διατηρούν σε καλή κατάσταση τον ατομικό τους εξοπλισμό. Η σοβαρότητα του κινδύνου καθώς και η συχνότητα έκθεσης στο κίνδυνο καθορίζει τη χρονική διάρκεια την οποία ο εργαζόμενος πρέπει να φορά τον εξοπλισμό (Ζούκας, 2015).

3.2 Υγιεινή και ασφάλεια κατά την Υδροβολή

Μέτρα προστασίας λαμβάνονται και κατά τη διάρκεια εργασιών με υδροβολή. Ο εξοπλισμός και τα μηχανήματα της υδροβολής έχουν υψηλό τεχνολογικό επίπεδο και υψηλό βαθμό ασφάλειας. Παρ'όλα αυτά υπάρχει πιθανότητα κινδύνων αν ο χειρισμός τους δε γίνει με σωστό τρόπο ή χρησιμοποιηθούν από άτομα τα οποία δεν είναι εξουσιοδοτημένα (Ζούκας, 2015).

Οι εργαζόμενοι που χειρίζονται αυτά τα συστήματα πρέπει να γνωρίζουν καλά το χειρισμό τους και τις οδηγίες για τη λειτουργία τους και συντήρησή τους καθώς ,πιθανό λάθος ή απροσεξία στη χρήση μπορεί να επιφέρει κινδύνους για τη ζωή και την ακεραιότητά τους.

Ο υδροβολιστής είναι απαραίτητο να φοράει την κατάλληλη στολή προστασίας που αποτελείται από (Andronikos & Eleftherakos, 2000):

- Κράνος προστασίας
- Προστατευτικά γυαλιά
- Προστατευτικό προσώπου
- Αδιάβροχη ολόσωμη φόρμα ειδικού συνθετικού
- Γάντια ασφαλείας
- Μπότες προστασίας
- Προστατευμένα αυτιά με χρήση ωτοασπίδων

Τα παραπάνω προστατευτικά μέσα είναι απαραίτητα για κάθε εργαζόμενο που χειρίζεται μία μονάδα υδροβολής. Τα προστατευτικά μέσα των υδροβολιστών προστατεύουν από το νερό και τα σωματίδια (σκουριές, μπιγλιές κ.λπ.) που αναπηδούν από την επιφάνεια. Σε περίπτωση όμως άμεσης επαφής με το τζετ νερού υψηλής πίεσης δεν παρέχουν επαρκή προστασία (Γανώτης, 2012).

Μέτρα ασφαλείας λαμβάνονται και για το χώρο εργασίας όπου δίνεται μεγάλη προσοχή στα παρακάτω (Μανίδης, Χατζηκωνσταντής, Τσαρακλής, Παπαϊωάννου, ΤΕΕ, Ομάδα, 2009):

- Στο χειρισμό του χειροκίνητου πιστολιού όπου λόγω της υψηλής πίεσης του ασκείται μεγάλη δύναμη αντίδρασης από το τζετ νερού. Η αντιστάθμιση της αντίδρασης αυτής απαιτεί μεγάλη προσοχή, συγκέντρωση και ενέργεια.
- Στους χώρους όπου εκτελούνται εργασίες υδροβολής θα πρέπει να υπάρχει προστασία ώστε να μην μπορούν να εισέλθουν άτομα που δεν είναι εξουσιοδοτημένα.
- Κατά τη διάρκεια της Υδροβολής και σε απόσταση 10 μέτρων από το χώρο όπου διεξάγεται η εργασία, θα πρέπει να αποφεύγεται η παρουσία άλλων εργαζομένων. Επίσης η υδροβολή δε θα πρέπει να διεξάγεται κοντά σε χώρους που εργάζονται και άλλα άτομα.
- Πρέπει να εστιάζεται μεγάλη προσοχή στη περίπτωση όπου ο υδροβολιστής εργάζεται πάνω σε ικρίωμα καθώς διατρέχει αυξημένο κίνδυνο πτώσης εξαιτίας της δύναμης αντίδρασης του πιστολιού. Η λήψη των κατάλληλων μέτρων για προστασία από πτώση είναι απαραίτητη.

Επίσης κατά τη διαδικασία εργασιών υδροβολής και για την αποφυγή ατυχημάτων πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή και στα παρακάτω (Μανίδης, Χατζηκωνσταντής, Τσαρακλής, Παπαϊωάννου, ΤΕΕ, Ομάδα, 2009):

- Κρίνεται απαραίτητη η παρουσία ενός ατόμου στο διακόπτη κλεισίματος της μονάδας για τη πιθανότητα που χρειαστεί η άμεση απενεργοποίηση.
- Η χρήση του εξοπλισμού υδροβολής πρέπει να γίνεται μόνο από εργοζόμενο που είναι εξειδικευμένος. Ο εργαζόμενος δε πρέπει ποτε να εργάζεται μόνος καθώς και όταν νιώθει αδιαθεσία.
- Τα μέρη του εξοπλισμού να είναι καλά συντηρημένα και σε καλή κατάσταση. Επίσης να διασφαλίζεται ότι η πίεση λειτουργίας του εξοπλισμού θα βρίσκεται εντός των επιτρεπόμενων ορίων.
- Μπορεί να γίνει ταυτόχρονη λειτουργία πολλών εργαλείων υδροβολής εφόσον έχει εξασφαλιστεί ότι σε περίπτωση κλεισίματος μιας μονάδας δε θα υπάρχει απότομη μεταβολή της ασκούμενης δύναμης στα υπόλοιπα. Η μέγιστη επιτρεπόμενη δύναμη αντίδρασης πρέπει να είναι έως 25Κρ κατά τη διεύθυνση του πιστολιού (Μανίδης, Χατζηκωνσταντής, Τσαρακλής, Παπαϊωάννου, ΤΕΕ, Ομάδα, 2009).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ

Με τον όρο ρύπανση του περιβάλλοντος γίνεται αναφορά σε οποιαδήποτε αρνητική επίδραση στο περιβάλλον. Περιγράφεται η παρέμβαση που επιφέρει αρνητικές επιπτώσεις στο παγκόσμιο οικοσύστημα. Η αρνητική επίπτωση στο περιβάλλον ουσιαστικά χαρακτηρίζει τις αλλοιώσεις των στοιχείων της φύσης, δηλαδή του αέρα, της γης και της θάλασσας μέσω της δραστηριότητας του ανθρώπου (Παπαμανώλης, 2015) .

Το άρθρο 24§1 του Συντάγματος της Ελλάδας (1975) ορίζει ως υποχρέωση του κράτους τη προστασία του φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος (Τεύχος Α' 211/24.12.2019, άρθρο 24 παρ.1). Το κράτος είναι υποχρεωμένο να λαμβάνει ιδιαίτερα κατασταλτικά μέτρα ή μέτρα πρόληψης για τη διαφύλαξη του. Η Ελληνική νομοθεσία με το πλαίσιο 1650/1986 σχετικά με τη προστασία του περιβάλλοντος περιγράφει τους παρακάτω ορισμούς για συγκεκριμένες περιπτώσεις περιβαλλοντικών προσβολών (Αλεξόπουλος, 2004):

Ως ρύπανση περιγράφεται, η παρουσία ρύπων στο περιβάλλον, δηλαδή οποιοδήποτε είδος ουσίας, θορύβου, ακτινοβολίας ή άλλης μορφής ενέργειας σε ποσότητες, συγκεντρώσεις ή διάρκεια που είναι δυνατό να επιδράσουν αρνητικά την υγεία, τους ζωντανούς οργανισμούς και τα οικοσυστήματα ή να προκαλέσουν υλικές ζημιές σε βαθμό που να καθιστά το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του (Νόμος 1650/1986 - ΦΕΚ Α-160/16-10-1986 Κεφαλαίο Α άρθρο 2).

Ως μόλυνση του περιβάλλοντος περιγράφεται το είδος ρύπου που το χαρακτηρίζουν οι περιπτώσεις που εντοπίζονται παθογόνοι μικροοργανισμοί ή ιζήματα σε υψηλές συγκεντρώσεις στο περιβάλλον. Η υποβάθμιση του περιβάλλοντος περιγράφει την πρόκληση ρύπανσης προερχόμενη από τις δραστηριότητες του ανθρώπου ή όποιας άλλης μεταβολής στο περιβάλλον που επιδρά αρνητικά στην οικολογική ισορροπία, στην ποιότητα ζωής, στην υγεία των κατοίκων, στην ιστορική και πολιτιστική κληρονομιά και στις αισθητικές αξίες (Χατζηβακαλέλης, 2018). Ενώ, ως καταστροφή του περιβάλλοντος ορίζεται η συνολική απώλεια του περιβαλλοντικού αγαθού (Νόμος 1650/1986 - ΦΕΚ Α-160/16-10-1986 Κεφαλαίο Α άρθρο 2).

Οι μορφές ρύπανσης του περιβάλλοντος μπορεί να είναι (ΡΙΖΟΣ, 2019):

(α) Ατμοσφαιρική ρύπανση ή ρύπανση τον αέρα ην οποία σχετίζεται συχνά με τη διασυνοριακή ρύπανση. Πηγές αυτών των μορφών ρύπανσης αποτελούν κυρίως οι βιομηχανικές και αστικές δραστηριότητες, οι γεωργικές καλλιέργειες και οι διεθνείς μεταφορές (Λάζογλου, 2009).

(β) Ρύπανση των υδάτων η οποία εκτός από το θαλάσσιο περιβάλλον (θάλασσες, ωκεανούς) αναφέρεται επίσης και στα χερσαία επιφανειακά ύδατα (διεθνείς ποταμούς, λίμνες). Η ρύπανση των υδάτων προκαλείται κατά τη θαλάσσια μεταφορά από τη διαρροή φορτίων, από τη ξηρά με την απόθεση αποβλήτων, λυμάτων και καταλοίπων. Ρύπανση των υδάτων προκαλείται και από τη χρήση φυτοφαρμάκων στις γεωργικές καλλιέργειες. Επίσης η υποθαλάσσια εξόρυξη πετρελαίου και φυσικού αερίου προκαλεί σημαντική ρύπανση των υδάτων (Ζωχιός, 2011).

(γ) Θερμική ρύπανση οι οποία είναι μια ιδιαίτερη περίπτωση που συνδέεται άμεσα με τη ρύπανση των υδάτων. Χαρακτηριστική περίπτωση είναι η έκρηξη που σημειώθηκε το 1986 σε αποθήκη της εταιρίας βιομοειδών φαρμάκων Σαντόζ στην Ελβετία. Κατά τη διάρκεια των προσπαθειών για την αντιμετώπιση της κατάστασης, το υγρό κατάσβεσης που χρησιμοποιήθηκε χύθηκε στον ποταμό Ρήνο, επιβαρύνοντάς τον με μεγάλες ποσότητες τοξικών χημικών ουσιών (Παπαχαρίτου, 2008).

(δ) Ηχητική ρύπανση η οποία είναι συνδεδεμένη με τις μεταφορές και προκαλείται έντονα από τη προσγείωση και την απογείωση των αεροσκαφών καθώς επίσης και από τη λειτουργία μεγάλων εγκαταστάσεων της βιομηχανίας αλλά και από τις οικιακές και άλλες συσκευές (ραδιόφωνο, τηλεόραση) (Σαράντου, 2015).

(ε) Ρύπανση από στερεά απόβλητα τα οποία μπορούν να διακριθούν σε πολλές κατηγορίες, π.χ. άχρηστο στρατιωτικό υλικό, υπολείμματα από βυθοκορήσεις, αστικά απόβλητα, νοσοκομειακά απόβλητα, τοξικά υλικά, βιομηχανικά απόβλητα και λύματα. Το μεγαλύτερο πρόβλημα σ' αυτή τη μορφή ρύπανσης είναι ο εντοπισμός μίας κατάλληλης τοποθεσίας για την απόρριψη των αποβλήτων (Λεκαδίτης, 2020) .

(στ) Πυρηνική ρύπανση η οποία ταυτίζεται με την ιονική ακτινοβολία και η έκλυση της ραδιενέργειας γίνεται από τους πυρηνικούς σταθμούς όπως π.χ. η περίπτωση του Τσέρνομπιλ και τη λεγόμενη επικίνδυνη ακτινοβολία που προέρχεται από τις στρατιωτικές δραστηριότητες (Γκίκας, 2019).

4.1 Ατμοσφαιρική ρύπανση : Έννοια – Ατμοσφαιρικοί ρύποι και πηγές πρόκλησης

Ως ατμοσφαιρική ρύπανση περιγράφει τη περίπτωση όπου συσσωρεύονται στην ατμόσφαιρα, ουσίες (ρύποι) σε συγκεντρώσεις οι οποίες υπερβαίνουν επιτρεπόμενα όρια, σε συσχέτιση με τη χρονική διάρκεια που κάνουν την εμφάνισή τους και έχουν τη δυνατότητα να επιφέρουν αρνητικές επιδράσεις στους ανθρώπους, στα ζώα και τη χλωρίδα (Λάζογλου, 2009).

Ο όρος ουσίες περιγράφει όλα τα στοιχεία που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα και μπορεί να είναι φυσικά ή τεχνητά, χημικά ή ενώσεις. Οι ουσίες αυτές υπάρχουν στην ατμόσφαιρα και ποικίλουν και μπορεί να είναι βλαβερές ή αβλαβείς. Συνοντώνται σε αέρια μορφή, ως σταγονίδια ή στερεά σωματίδια. Επιπλέον, τέτοιες ουσίες μπορούν να επιρεάσουν αρνητικά τους αβιοτικούς παράγοντες στα οικοσυστήματα όπως τις υλικές κατασκευές ή ακόμα να φέρει υποβάθμιση στη ποιότητα ζωής.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι φαινόμενο που συνήθως σχετίζεται με τα μεγάλα αστικά κέντρα και τις βιομηχανικές περιοχές, οι ρυπαντές εντοπίζονται με συγκεντρώσεις πολύ μεγαλύτερες από τα φυσιολογικά επίπεδα. Καθώς οι ατμοσφαιρικοί ρύποι διασπείρονται σε όλη την ατμόσφαιρα η ατμοσφαιρική ρύπανση θεωρείται ένα παγκόσμιο πρόβλημα και συνεπώς είναι απαραίτητη η ανάλογη αντιμετώπισή του από τη παγκόσμια κοινότητα (Λάζογλου, 2009).

Ανάλογα με τη προέλευσή τους οι ατμοσφαιρικοί ρύποι χωρίζονται σε δύο κατηγορίες.

Η πρώτη κατηγορία συμπεριλαμβάνει τους ατμοσφαιρικούς ρύπους τους οποίους δημιουργεί η ίδια η φύση (γύρη και σπόροι φυτών, μόρια NaCl λόγω της εξάτμισης των θαλάσσιων επιφανειών, σκόνη προερχόμενη από έδαφος που έχει θρυμματιστεί, σκόνη από ηφαιστιακή δραστηριότητα, άμμος των ερήμων κ.α.). Ενώ, στη δεύτερη κατηγορία κατατάσσονται οι ρύποι που προέρχονται από την ανθρώπινη δραστηριότητα και οι οποίοι παράγονται μέσα από τρεις διαδικασίες : α) μέσω της επιφανειακής τριβής β) της εξάτμισης και γ) της καύσης.

Επίσης οι ρύποι διακρίνονται και σύμφωνα με τη προέλευσή τους όπως παρακάτω (Λάζογλου, 2009):

1. Πρωτογενείς ρύποι: Είναι οι ρύποι που διοχετεύονται στην ατμόσφαιρα απευθείας από τη πηγή τους. Τέτοιοι ρύποι είναι το διοξείδιο του θείου, το μονοξείδιο του άνθρακα, κ.α.

2. Δευτερογενείς ρύποι: Είναι οι ρύποι που ο σχηματισμός τους βασίζεται στους πρωτογενείς ρύπους και δημιουργούνται στην ατμόσφαιρα μέσα από χημικές αντιδράσεις είτε εξαιτίας της αλληλεπίδρασης μεταξύ τους είτε με τα φυσικά συστατικά της ατμόσφαιρας και με την αλληλεπίδραση κυρίως με την ηλιακή ακτινοβολία. Τέτοιες περιπτώσεις είναι το όζον, οι οξειδωμένοι υδρογονάνθρακες κτλ.

Επίσης, οι αέριοι ρυπαντές διακρίνονται σε δύο κατηγορίες

α) των αερίων, όπως για παράδειγμα το διοξείδιο του θείου, τα οξείδια του αζώτου και

β) των σωματιδίων, όπου σε αυτή περιλαμβάνονται όλα τα είδη διασκορπισμένης ύλης, είτε σε στερεή είτε σε υγρή μορφή. Το μέγεθός τους είναι μεγαλύτερο από ένα μόριο και μικρότερο από 500 μm. Έχουν μέγεθος μεγαλύτερο από αυτό ενός μορίου και μικρότερο από 500 μm.

Τα σωματίδια που έχουν αυτά τα μεγέθη μπορούν και παραμένουν στην ατμόσφαιρα αιωρούμενα από κάποια δευτερόλεπτα έως και μήνες, αναλογικά πάντα με το μέγεθός τους (Λάζογλου, 2009).

Τα αιωρούμενα σωματίδια κατατάσσονται με μοναδικό κριτήριο το μέγεθός τους. Δεν κατατάσσονται βάση των άλλων χαρακτηριστικών τους όπως τη χημική ή τη βιολογική τους σύσταση, της επιφανειακής ή οπτικής ιδιότητες, τη προέλευση και τη κίνηση τους (Λάζογλου, 2009).

Τα σωματίδια δεν έχουν όλα την ίδια επίπτωση υγείας του ανθρώπου. Κάποια είδη σωματιδίων είναι ικανά να προκαλέσουν βλάβη στην ανθρώπινη υγεία όταν βρίσκονται σε ορισμένες κοκκομετρικές.

Τα αιωρούμενα σωματίδια με διάμετρο μεταξύ 0,1 και 100 μm σε διάμετρο περιγράφονται με τον όρο TSP (Total Suspended Particulate Matter) και είναι μονάδα που χρησιμοποιείται για την κατάταξη των αερομεταφερόμενων σωματιδίων (Λάζογλου, 2009). Τα σωματίδια που έχουν διάμετρο κάτω από 10 μm περιγράφονται με τον όρο PM-10 (Λάζογλου, 2009).

Σοβαρούς κινδύνους στην ανθρώπινη υγεία μπορούν να παρουσιάσουν μόνο τα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 10μm. Εξαιτίας αυτού ο EPA (Environmental Protection Agency) υιοθέτησε ως μονάδα κατάταξης το PM-10.

Εξαιτίας του πολύ μικρού μεγέθους τους τα σωματίδια αυτής της κατηγορίας μπορούν να εισέλθουν μέσω της αναπνοής και να κατακαθίσουν στα βαθύτερα σημεία του πνεύμονα. (Κυρτόπουλος, 2004).

Οι ανθρωπογενείς πηγές αιρούμενων σωματιδίων μπορεί να είναι:

- Τα οχήματα μετακίνησης, κυρίως αυτά που καυσίμό τους έχουν το πετρέλαιο
- Οι Βιομηχανίες
- Η θέρμανση και κυρίως η κεντρική
- Δευτερογενώς σχηματιζόμενα ΑΣ μέσω χημικών αντιδράσεων

Και φυσικές όπως:

- Επαναιώρηση σκόνης
- Η θάλασσα
- Η χρήση άμμου ή αλατιού σε περίπτωση παγετού
- Μεταφορά σκόνης από απομακρυσμένες ξηρές περιοχές
- Εκρήξεις ηφαιστειών

4.2 Επιπτώσεις τις ψηγματοβολής στον άνθρωπο και το περιβάλλον

Όπως αναφέρθηκε και αναλύθηκε παραπάνω, η ψηγματοβολή είναι η πιο διαδεδομένη και η πιο αποδοτική μέθοδος καθαρισμού επιφανειών (Παπαχαρίτου, 2008). Το φάσμα των εφαρμογών της ψηγματοβολής ποικίλει και εκτείνεται πέρα από τον κλασικό καθαρισμό πλοίων και μεταλλικών κατασκευών. Περιλαμβάνει εφαρμογές όπως: τη διαμόρφωση και την επεξεργασία των επιφανειών διαστημοπλοίων όπου η διαδικασία γίνεται πλήρως αυτοματοποιημένα (remote controlled process), το καθαρισμό κτιρίων, δρόμων, αγαλμάτων, ιστορικών μνημείων ή τη διακόσμηση γυαλιού (Γεωργαντάς & Κανελλόπουλος, 2021).

Παρά το μεγάλο εύρος των εφαρμογών της, η ψηγματοβολή συνεχίζει να θεωρείται μια βαριά εργασία με πολύ αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου και το περιβάλλον, κυρίως λόγω των αποξεστικών μέσων (Παπαχαρίτου, 2008). Η χρήση των αποξεστικών υλικών ψηγματοβολής σε εργασίες ανοικτής ψηγματοβολής, ανεξάρτητα από το τύπο ή τη προέλευσή τους, δημιουργούν επιβαρύνσεις στο περιβάλλον καθώς και προβλήματα και κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία (Mackay, Stettler, Kommineni, & Donaldson, 1980), (Stettler et al., 1988).

Συνοπτικά, κατά την εφαρμογή της ψηγματοβολής δημιουργούνται:

- **Αερομεταφερόμενη σκόνη**, η οποία επιβαρύνει το περιβάλλον με αρνητικές επιπτώσεις όπως αέρια ρύπανση, αιωρούμενα σωματίδια κτλ. καθώς επίσης φέρει και αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου.
- **Παράγονται μεγάλες ποσότητες σε απόβλητα** και επομένως υπάρχουν δυσκολίες στη διαχείρισή τους

Κατά την εφαρμογή της ψηγματοβολής, δημιουργείται ένα νέφος σκόνης το οποίο αποτελούν σωματίδια προερχόμενα από τη πρόσκρουση του αποξεστικού υλικού στην επιφάνεια.

Η αερομεταφερόμενη σκόνη έχει τη δυνατότητα να μεταφερθεί και να καλύψει αποστάσεις αρκετά μεγάλες και να επικαθήσει σε αντικείμενα, κατασκευές, καθώς επίσης και να δημιουργήσει προβλήματα στη βλάστηση αλλά κυρίως στην υγεία του ανθρώπου (Παπαχαρίτου, 2008).

α) Επιπτώσεις στον άνθρωπο.

Οι αέριοι ρύποι προσβάλλουν τον ανθρώπινο οργανισμό μέσω του αναπνευστικού συστήματος.

Το μέγεθος των σωματιδίων και ο ρυθμός αναπνοής είναι οι παράγοντες που καθορίζουν το βαθμό που τα σωματίδια θα διεισδύσουν στους βρόγχους των πνευμόνων στη κατώτερη αναπνευστική περιοχή (Λάζογλου, 2009). Η πλήρη έκθεση στη σκόνη δεν είναι δυνατόν να αποφευχθεί, εάν δεν υπάρχει διαθεσιμότητα του κατάλληλου εξοπλισμού προστασίας για την αποτροπή της διείσδυσης των σωματιδίων. Τα πιο μεγάλα σε μέγεθος σωματίδια συγκεντρώνονται στο λαιμό, στα μάτια και στη μύτη δημιουργώντας κυρίως το αίσθημα έντονης ενόχλησης και δεν αποτελούν τοξικό κίνδυνο. Τα μικρά όμως σε μέγεθος σωματίδια τα οποία είναι μικρότερα των 10 μm (PM-10) είναι αυτά που θεωρούνται βλαβερά καθώς είναι ικανά να εισχωρούν βαθιά στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου και να προκαλέσουν πολύ σοβαρές βλάβες στους πνεύμονες, μη αναστρέψιμες όπως πνευμονοκονιώσεις ή άσθμα ή ακόμα και καρκίνο των πνευμόνων (Λάζογλου, 2009).

Ακόμα και χωρίς τη περιεκτικότητα τοξικών ουσιών αυτά τα σωματίδια παραμένουν πολύ επικίνδυνα. Όταν όμως περιέχουν και τοξικές ουσίες η επικινδυνότητά τους αυξάνεται ακόμα περισσότερο (Ρίζος, 2019).

Οι κίνδυνοι αυτοί μπορούν να αντιμετωπιστούν με την αναβάθμιση του προστατευτικού εξοπλισμού συμπεριλαμβανομένου και του αναπνευστικού και ταυτόχρονα με το περιορισμό των παραγόμενων ποσοτήτων λεπτόκοκκης σκόνης

Σε ορισμένες περιοχές έχουν εντοπισθεί ρύποι σε συγκεντρώσεις πολύ υψηλές με χρονική περίοδο κάποιων ωρών μέχρι και μερικών ημερών. Ός αποτέλεσμα δημιουργήθηκαν τα λεγόμενα “επεισόδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης” (Ρίζος, 2019). Οι ευπαθείς ομάδες αντιμετωπίζουν τα μεγαλύτερα προβλήματα στη διάρκεια ενός τέτοιου επεισοδίου. Οι ομάδες περιλαμβάνουν ηλικιωμένους, παιδιά, άτομα που υγεία τους είναι επιβαρυνόμενη καθώς και άτομα με χρόνια αναπνευστικά προβλήματα. Οι επιδράσεις ενός τέτοιου επεισοδίου είναι σημαντικές, όμως οι πληθυσμοί που κατοικούν σε περιοχές μολυσμένες αντιμετωπίζουν βαρύτερες επιπτώσεις λόγω της μακροχρόνιας έκθεσης.

Σε αυτές τις περιπτώσεις είναι δύσκολο να εκφραστεί ποσοτικά η συσχέτιση μεταξύ των της μακροχρόνιας έκθεσης στην ατμοσφαιρική ρύπανση και στις επιδράσεις που προκαλεί στην ανθρώπινη υγεία.

Όπως έχει προαναφερθεί, η πυριτική άμμος χρησιμοποιούνταν ως το μόνο αποξεστικό μέσο στη ξηρή ψηγατοβολή. Η χρήση της αποδείχτηκε ότι συνδεόταν με τη σιλίκωση η οποία είναι μια θανατηφόρα πνευμονική νόσος και προκαλείται από την εισπνοή κρυσταλλικού διοξειδίου του πυριτίου (SiO_2). Η σύσταση τη πυριτικής άμμου περιέχει υψηλά ποσοστά SiO_2 με αποτέλεσμα να δημιουργεί σοβαρούς κινδύνους για τον εργαζόμενο και την υγεία του όπως επίσης των ατόμων που βρίσκονται κοντά στο σημείο τη εκπομπής (Μητσόπουλος, 2021). Το κρυσταλλικό πυρίτιο ως συστατικό στα αποξεστικά μέσα έχει πλέον απαγορευτεί ενώ στις περιπτώσεις όπου εμπεριέχεται συνίσταται να παραμένει σε ποσοστό κάτω του 1%.

Τη σιλίκωση ή πυριτίαση προκαλούν τα λεπτά σωματίδια κρυσταλλικού πυριτίου που εμπεριέχονται στην εισπνεόμενη σκόνη. Τα λεπτά στρώματα κρυσταλλικού πυριτίου καταστρέφουν τους πνεύμονες όταν αυτά εισχωρούν στο σώμα. Εξαιτίας της πυριτίασης μπορεί να προκληθεί βλάβη στη καρδιά αλλά και να προκληθούν ασθένειες όπως φυματίωση και βρογχίτιδα. Για την για την πυριτίαση δεν υπάρχει θεραπεία αλλά μπορεί να προβλεφθεί 100% στη περίπτωση συνεργασίας μεταξύ των εργοδοτών, των εργαζομένων και των υπευθύνων υγείας για τη μείωση της έκθεσης στο κρυσταλλικό πυρίτιο.

Η σιλίκωση αρχικά μπορεί να μη παρουσιάζει συμπτώματα ακόμα και μετά από 15 με 20 χρόνια έκθεσης όπως στη περίπτωση της χρόνιας συλίκωσης. Στη περίπτωση αυτή η διάγνωση γίνεται μόνο με ιατρικές εξετάσεις.

Αργότερα μπορεί να εμφανιστεί δυσκολία στην αναπνοή, βήχας, κόπωση, ανορεξία, πόνοι στο στήθος. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, αναφέρει ότι κάθε χρόνο προκύπτουν 2.631.000 περιστατικά χρόνιων παθήσεων του αναπνευστικού, εξαιτίας της έκθεσης των εργαζομένων σε επικίνδυνες ουσίες. Τα περιστατικά άσθματος που συνδέονται με την εργασία εκτίμαται ότι είναι μεταξύ 5% και 10% σύμφωνα με τις έρευνες που έχουν διαξαχθεί στη Γαλλία. Τα περαστικά άσθματος που είναι συνδεδεμένα με την εργασία στο Ηνωμένο Βασίλειο, αριθμούνται σε 3,000 ετησίως. Σύμφωνα με το Institut de Ville Sanitaire, εξαιτίας της μακροχρόνιας έκθεσης στη ψηγματοβολή μπορούν να προκληθούν καρκινώματα όπου το 4% των περιστατικών οφείλονται στο χώρο εργασίας. Στη Γαλλία αυτό το ποσοστό αντιστοιχεί σε 10,000 περιστατικά κάθε χρόνο (Ζούκας, 2015).

Ο καρκίνος της ρινικής κοιλότητας είναι ένα από τα πιο συχνά καρκινώματα που οφείλονται στο περιβάλλον εργασίας εξαιτίας της σκόνης ξύλου και νικελίου που εμφανίζεται στις ψηγματοβολές. Τα παραπάνω στοιχεία αφορούν τη Παγκόσμια κοινότητα και οπωσδήποτε την Ελλάδα όπου η χρήση της ψηγματοβολής είναι πολύ μεγάλη (Παπαχαρίτου, 2008).

Στις εργασίες ψηγματοβολής, η χρήση της πυριτικής άμμου ως αποξεστικό μέσο έχει περιοριστεί σημαντικά καθώς άλλα αποξεστικά υλικά την έχουν αντικαταστήσει. Τα αποξεστικά υλικά ψηγματοβολής που χρησιμοποιούνται σε ευρεία κλίμακα είναι τα αποκαμινεύματα της μεταλλουργικής βιομηχανίας. Τα πιο γνωστά αποκαμινεύματα είναι αυτά του άνθρακα, του χαλκού και του νικελίου. Αυτά τα υλικά περιέχουν πυρίτιο σε χαμηλό ποσοστό σε σχέση με την πυριτική άμμο. Παρ' όλα αυτά περιέχουν βαρέα μέταλλα όπως Χαλκό, Μαγγάνιο, Νικέλιο, Ψευδάργυρο κ.α και τοξικά στοιχεία όπως Μόλυβδο, οξείδιο του Χρωμίου, οξείδιο Σιδήρου σε μεγαλύτερα ποσοστά από τα αυτά των επιτρεπόμενων ορίων με κίνδυνο να επιφέρουν σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία των εργαζομένων και στο περιβάλλον (Παπαχαρίτου, 2008).

Να αναφέρουμε ότι ανεξαρτήτως τη προέλευση ή τον τύπο του αποξεστικού σε κάθε εργασία ανοικτής ψηγματοβολής υπάρχει ο κίνδυνος έκθεσης σε βλαβερές συνθήκες που επιρεάζουν αρνητικά την ανθρώπινη υγεία. Για το λόγο αυτό συγκεκριμένα αποξεστικά υλικά έχουν περιοριστεί σημαντικά ή και έχουν διακοπεί σε αρκετές χώρες όσο αφορά τη χρήση τους στις εργασίες ανοικτής ψηγματοβολής στα ναυπηγεία και ιδιαίτερα στις που οι κανονισμοί αναφορικά με το περιβάλλον την ποιότητα του αέρα και την απόρριψη αποβλήτων είναι ιδιαίτερα αυστηροί (B R Appleman, 1999).

β) Επιπτώσεις στα υλικά

Η σκόνη μπορεί να επιρεάσει αρνητικά τα υλικά με πέντε μηχανισμούς: την απόξεση, την εναπόθεση, την άμεση και έμμεση χημική προσβολή και την ηλεκτροχημική διάβρωση (Παπαχαρίτου, 2008). Η μεγάλη ταχύτητα των σωματιδίων και στις περιπτώσεις όπου αυτά έχουν μεγάλο μέγεθος μπορούν να προκαλέσουν απόξεση στις επιφάνειες των αυτοκινήτων, των κτιρίων κ.τ.λ. Τα σωματίδια όμως που δεν προέρχονται φυσικές πηγές ρύπανσης δεν έχουν μεγάλο μέγεθος και ταχύτητα μεταφοράς (Παπαχαρίτου, 2008). Τα στερεά και υγρά σωματίδια πολύ μικρού μεγέθους δημιουργούν ακαθαρσίες όταν επικαθήσουν πάνω σε επιφάνειες. Επίσης μπορούν να προκαλέσουν χημικές αντιδράσεις από τις οποίες μπορούν να προσβληθούν π.χ οικοδομικά υλικά, χρώματα, ρούχα με αρνητικές οικονομικές επιπτώσεις. Τα σωματίδια σκόνης απορροφούνται από ορισμένα υλικά με αποτέλεσμα να προκαλείται έμμεση χημική προσβολή. Αυτά τα σωματίδια, σε συνδιασμό με συγκεκριμένες ουσίες δημιουργούν αντιδράσεις που έχουν ως αποτέλεσμα τη δράση αυτών των σωματιδίων ως καταλύτες που καταστρέφουν το υλικό. Ειδικά

στη περίπτωση των μετάλλων , προσβάλλονται από ηλεκτροχημική διάβρωση λόγω των αναπτυσσόμενων μικροσκοπικών ανοδικών και καθοδικών κέντρων στη μεταλλική επιφάνεια (Παπαχαρίτου, 2008).

γ) Επιπτώσεις στη βλάστηση

Λόγω της παραγόμενης σκόνης από τη ψηγματοβολή μπορεί να προσβληθεί και η βλάστηση. Η αερομεταφερόμενη σκόνη μπορεί να επικαθήσει στα φύλλα των δέντρων τα οποία είναι από τους κύριους δέκτες ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Η ποιότητα του ρύπου συνδέεται άμεσα με τη ζημιά που μπορεί να προκαλέσει στα φυτά (Ρίζος, 2019). Όταν τα φύλλα των φυτών προσβάλλονται από τις αρνητικές επιπτώσεις επιρεάζεται εξίσου η ανάπτυξη των φυτών και των καρπών τους. Η επίδραση αυτή είναι ζημιογόνος τόσο για τα φυτά όσο και για τους καρπούς τους και κατ' επέκταση για τον αγροτικό τομέα που εκμεταλλεύεται τους καρπούς. Επιπλέον, με την καταστροφή των φυτών μειώνεται η διαθέσιμη τροφή για τα φυτοφάγα ζώα, δημιουργώντας ακόμα περισσότερα αρνητικά επακόλουθα, τα οποία επηρεάζουν ολόκληρη τη διατροφική αλυσίδα, έχοντας άμεσες οικονομικές επιπτώσεις στην κοινότητα.

4.3 Επιπτώσεις από τα παραγόμενα απόβλητα της ψηγματοβολής

4.3.1 Έλεγχος στερεών αποβλήτων ψηγματοβολής

Οι κανονισμοί για τη προστασία του περιβάλλοντος έχουν σαν αποτέλεσμα να ασκηθούν πιέσεις ώστε να αναζητηθούν λύσεις που θα ελαχιστοποιήσουν τα απόβλητα και η απόθεσή τους θα γίνεται με ασφάλεια. Ο έλεγχος της επικινδυνότητας των αποβλήτων από ψηγματοβολή επιβάλλεται στη πλειοψηφία των χωρών. Χρησιμοποιούνται πρότυπες πειραματικές μέθοδοι εκχύλισης (Εικόνα 6) και γίνεται εκτίμηση της δυνατότητας να απελευθερώνονται ρύποι στο περιβάλλον από τα στερεά απόβλητα όταν έρχονται σε επαφή με το νερό. (Παπαχαρίτου, 2008). Η εκχυλισιμότητα ορισμένων στοιχείων ύπο ειδικές πειραματικές συνθήκες που προσομοιάζουν αυτές του περιβάλλοντος εκτιμάται εφαρμόζοντας πρότυπες μεθόδους (Παπαχαρίτου, 2008). Με τη μέθοδο προσδιορισμού της εκχυλισιμότητας επιτυγχάνεται η εκτίμηση της δυνατότητας εμφάνισης περιβαλλοντικών προβλημάτων προσδιορίζοντας τη συνολική συγκέντρωση ουσιών στα στερεά βιομηχανικά απόβλητα που είναι δυναμικά βλαβερές. Η εκχύλιση των διαφόρων υλικών είναι εξαρτώμενη των ιδιοτήτων του υλικού καθώς και των υδρολογικών, εργαστηριακών, φυσικών και χημικών μεθόδων που προσδιορίζουν τις ιδιότητες του υλικού. Παρόλα αυτά το ελεγχόμενο εργαστηριακό περιβάλλον δεν ισοδυναμεί με τις πραγματικές συνθήκες του φυσικού περιβάλλοντος. Οι μέθοδοι εκχύλισης στο εργαστήριο πραγματοποιούνται με πρότυπα υδατικά διαλύματα (ουδέτερα, όξινα κ.α.), με αναλογία υγρού-στερεού που έχει οριστεί και η χρονική τους διάρκεια είναι ορισμένη. Οι εκχυλίσεις στο φυσικό περιβάλλον πραγματοποιούνται από φυσικά διαλύματα, άγνωστης αναλογίας υγρού-στερεού και άγνωστης χρονικής διάρκειας. Έτσι λοιπόν οι εργαστηριακές συνθήκες μπορούν να μας πληροφορήσουν στη καλύτερη περίπτωση για την συμπεριφορά των υλικών υπό “ιδανικές” ή “στατιστικές” συνθήκες που εμφανίζονται σε μια χρονική στιγμή στο περιβάλλον ή “χειρίστες” συνθήκες που μπορούν να εμφανιστούν στο περιβάλλον (Παπαχαρίτου, 2008).



Εικόνα 6 Εργαστηριακή διάταξη στηλών, μεθόδου εκχύλισης (Σουρούβαλη, 2017)

Ο χαρακτηρισμός της τοξικότητας των αποβλήτων γίνεται με ελέγχους που περιλαμβάνουν ειδικές αναλύσεις εκχύλισης και συγκεκριμένα τη μέθοδο ανάλυσης TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) της US EPA (United States Environmental Protection Agency). Μέσω των αναλύσεων TCLP μπορεί να εκτιμηθεί η τοξικότητα των αποβλήτων. Οι αναλύσεις αυτές είναι σχεδιασμένες έτσι ώστε να δημιουργούν μια προσωμοίωση του περιβάλλοντος που θα βρεθούν τα απόβλητα μετά την απόρριψή τους στο χώρο απόθεσης. Έτσι, στοχεύουν κυρίως στο να προσδιοριστεί η συγκέντρωση των αποβλήτων σε στοιχεία στη διαλυτή τους μορφή (soluble) και όχι στην ολική (total) (Παπαχαρίτου, 2008). Οι συνθήκες του TCLP είναι οξύτερες από τις φυσικές έτσι ώστε τα αποτελέσματα να αντιπροσωπεύουν τη χειρότερη κατάσταση στους χώρους απόθεσης. Παρ' όλα αυτά μπορεί να υπάρχουν πολύ διαφορετικές καταστάσεις στους χώρους απόθεσης π.χ σε σχέση με το pH ή την σύσταση του εδάφους. Η μέθοδος TCLP παραμένει παρ' όλα αυτά η καλύτερη δοκιμή που είναι διαθέσιμη και θα συνεχίσει να εφαρμόζεται έως την αντικατάστασή της από κάποια νέα. Ποιο λεπτομερικά, αναφέρεται ότι κατά τη μέθοδο T.C.L.P. γίνεται εκχύλιση θραυσμένου υλικού με διάλυμα οξικού οξέος του οποίου το pH έχει ρυθμιστεί είτε σε $\text{pH} \approx 5$ είτε σε $\text{pH} \approx 3$, αναλόγως την αλκαλικότητα και τη ρυθμιστική ικανότητα του υλικού. Επιπροσθέτως η μέθοδος TCLP εφαρμόζεται και για το χαρακτηρισμό ενός υλικού ως επικίνδυνο αλλά και για να προσδιοριστεί αν κατόπιν επεξεργασίας πριν τη ταφή του, κάποιο απόβλητο παραμένει επικίνδυνο. Χρησιμοποιείται επίσης την εκτίμηση της εκχύλισης πτητικών και μη πτητικών οργανικών συστατικών, καθώς και τη μέγιστη εκχυλιζόμενη ποσότητα των συστατικών διαφόρων υλικών που μπορεί να επιτευχθεί στο περιβάλλον υπο δυσμενείς συνθήκες. Παρακάτω στους Πίνακες 3 και 4 παρουσιάζονται τα επιτρεπτά όρια συγκέντρωσης των κυριότερων στοιχείων, πτητικών Volatile Organic Compounds, VOC και ημιπτητικών (semi-VOC) ενώσεων της EPA, με τα οποία συγκρίνονται τα αποτελέσματα του T.C.L.P. για να χαρακτηριστούν ως επικίνδυνα (Παπαχαρίτου, 2008).

Πίνακας 3.Επιτρεπτά όρια διαλυτής συγκέντρωσης (ΕΔΣ) επικίνδυνων στοιχείων κατά US EPA, 1997.

Στοιχείο	ΕΔΣ*(mg/l)	Στοιχείο	ΕΔΣ*(mg/l)
Αρσενικό	5	Βιρήλιο	0.75
Βάριο	100	Μολυβδένιο	350
Κάδμιο	1	Νικέλιο	20
Χρώμιο (ολικό)	500	Τελλούριο	7
Χρώμιο (VI)	5	Βανάδιο	24
Μόλυβδος	5	Ψευδάργυρος	250
Υδράργυρος	0.2	Κοβάλτιο	80
Σελήνιο	1	Μαγγάνιο	100
Άργυρος	5	Σίδηρος	50
Αντιμόνιο	15		

Πίνακας 4.Επιτρεπτά όρια συγκέντρωσης (ΕΣ) πτητικών και ημπτυτικών ενώσεων κατά US EPA, 1997.

VOC	ΕΣ*(mg/l)	semi-VOC	ΕΣ*(mg/l)
Βινυλοχλωρίδιο	0.2	1,4-Διχλωροβενζένιο	7.5
1,1-Διχλωροαιθυλαίνιο	0.7	ο&π-Κρεζόλη	200
Χλωροφόρμιο	6	Pyridine	5
1,2-Διχλωροαιθάνιο	0.5	p-Κρεζόλη	200
Μεθυλ Αιθυλ Κετόνη	200	Εξαχλωροαιθάνιο	3
Τετραχλωροάνθρακας	0.5	Νιτροβενζένιο	2
Τριχλωροαιθυλαίνιο	0.5	Εξαχλωροβουταδιένιο	0.5
Βενζένιο	0.5	2,4,6,- Τριχλωροφαινόλη	2
Τετραχλωροαιθυλαίνιο	0.7	2,4,5Δινιτροτολουένιο	400
Χλωροβενζόλιο	100	Εξαχλωροβενζένιο	0.13
		Πεντοχλωροφαινόλη	100

4.3.2 Χαρακτηρισμός επικινδυνότητας αποβλήτου ψηγματοβολής

Ο Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων (Ε.Κ.Α.) ο οποίος θεσπίστηκε με την Απόφαση της Επιτροπής η οποία την 18/12/2014 τροποποίησε την απόφαση 2000/532/ΕΚ, περιέχει 20 κεφάλαια τα οποία αναφέρονται σε 20 διαφορετικές κατηγορίες δραστηριοτήτων παραγωγής αποβλήτων (Εικόνα 6). Επίσης περιέχει 849 τύπους στερεών, υγρών και αερίων αποβλήτων, με τα 404 εξ'αυτών να αναφέρονται ως επικίνδυνα. Για την υπό μελέτη περίπτωσηή μας, αναφέρει τα απόβλητα της ψηγματοβολής με τους κάτωθι κωδικούς:

12 01 16* Απόβλητα υλικών αμμοβολής που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες

12 01 17 Απόβλητα υλικών αμμοβολής εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 12 01 16*



Εικόνα 7. Κατηγορίες στερεών αποβλήτων. Πηγή: <https://www.thalis-es.gr/index.php/el/activities/solid-waste>

Βάση του Ευρωπαϊκού Κανονισμού (ΕΚ) 1272/2008 χαρακτηρίζονται τα απόβλητα ως επικίνδυνα ανάλογα με το αν, και σε τι ποσότητα περιέχονται εντός του αποβλήτου επικίνδυνες ουσίες. Ειδικότερα στον ανωτέρω κανονισμό σαν ορισμός της επικίνδυνης ουσίας αναφέρεται: «Μια ουσία ή ένα μείγμα που πληροί τα κριτήρια σχετικά με τους κινδύνους από φυσικούς παράγοντες, τους κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία ή τους κινδύνους για το περιβάλλον, που αναφέρονται στα μέρη 2 έως 5 του παραρτήματος Ι, είναι επικίνδυνη(-ο) και ταξινομείται σε σχέση με τις αντίστοιχες τάξεις κινδύνου που προβλέπονται στο εν λόγω παράρτημα.».

Εν συνεχεία εξετάζεται αν το απόβλητο αυτό περιέχει μια ή και περισσότερες από τις 15 ουσίες που το καθιστούν επικίνδυνο σύμφωνα τον Κανονισμό 1272/2008 (Πίνακας 5). Τότε σηματοδοτείται με το κωδικό γράμμα “H” (Hazard) και ακολουθείται από ένα τριψήφιο αριθμό (π.χ. H-413). Στη συνέχεια εξετάζεται η περιεκτικότητα της εκάστοτε ουσίας καθώς και αν αυτή ξεπερνάει τα αναφερόμενα ελάχιστα επιτρεπτά όρια.

Σύμφωνα με την ανωτέρω νομοθεσία και τον σκοπό να επιτευχθεί η σωστή διαχείριση, η πρόληψη και να μειωθούν στο μέγιστο βαθμό οι αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον προερχόμενες από την υγειονομική ταφή αποβλήτων ο Ευρωπαϊκός Κανονισμός εξέδωσε οδηγία (2001/118/ΕΚ), η οποία ταξινομεί τους χώρους υγειονομικής ταφής σε τρεις κατηγορίες :

- χώρους ταφής επικίνδυνων αποβλήτων,
- χώρους ταφής μη επικίνδυνων αποβλήτων και
- χώρους ταφής αδρανών αποβλήτων.

Η οδηγία αυτή περιγράφει ως επικίνδυνη ουσία κάθε ουσία που ταξινομείται ή πρόκειται να ταξινομηθεί με τον όρο επικίνδυνη όπως περιγράφει η οδηγία 67/548/ΕΟΚ και οι μετέπειτα τροποποιήσεις της. Όσον αφορά τα απόβλητα των υλικών ψηφματοβολής χαρακτηρίζονται από την οδηγία επικίνδυνα ή μη επικίνδυνα σύμφωνα με τους κωδικούς που λαμβάνουν και αναφέραμε παραπάνω: 12.01.16 και 12.01.17, αντίστοιχα. Επιπλέον η οδηγία κάνει αναφορά στα επικίνδυνα απόβλητα που προέρχονται αφαίρεση χρωμάτων ή βερνικιών που περιέχουν οργανικούς διαλύτες ή άλλες επικίνδυνες ουσίες.

Αξίζει να αναφερθεί ότι πριν από την οδηγία 2001/118/ΕΚ είχε προηγηθεί η οδηγία 1999/31/ΕΚ της 26ης Απριλίου 1999 σχετικά με την υγειονομική ταφή των αποβλήτων η οποία συντάχθηκε με σκοπό να καθοριστούν μέτρα, διαδικασίες και κατευθύνσεις για να κατηγοριοποιηθούν τα απόβλητα ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους. Συγκεκριμένα η οδηγία καθόριζε τρεις κατηγορίες αποβλήτων που αναφέρονται παραπάνω :

α) αδρανή απόβλητα : τα απόβλητα που δεν υπόκεινται σε καμία φυσική, χημική ή βιολογική μετατροπή. Δεν μπορούν να διαλυθούν, να καούν και δεν συμμετέχουν σε άλλες φυσικές ή χημικές αντιδράσεις. Δεν υφίστανται βιοδιάσπαση ούτε προκαλούν δυσμενή επίδραση σε άλλα υλικά όταν έρχονται σε επαφή με τρόπο ικανό που να προκαλεί ρύπανση στο περιβάλλον ή να προσβάλλει την ανθρώπινη υγεία. Η συνολική αποπλυσιμότητα των αποβλήτων και η περιεκτικότητά τους σε ρύπους καθώς η οικοτοξικότητά των στραγγισμάτων τους πρέπει να είναι αμελητέες και να μη θέτει σε κίνδυνο την ποιότητα των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων.

β) μη επικίνδυνα απόβλητα : όλα τα απόβλητα που δεν ακολουθούν τα παρακάτω.

γ) επικίνδυνα απόβλητα: τα απόβλητα που καλύπτονται από το άρθρο 1, παράγραφος 4 στην οδηγία 91/689/ΕΟΚ του Συμβουλίου, της 12ης Δεκεμβρίου 1991, περί επικινδύνων. Στης 16 Δεκεμβρίου 2002 εκδίδεται η ΚΥΑ 29407/3508/02 όπου ενσωματώνει στην Ελληνική Νομοθεσία την οδηγία 1999/31/ΕΚ, σύμφωνα με την οποία διαμορφώνονται τα μέτρα και σχετικά με την υγειονομική ταφή αποβλήτων και καθορίζεται το με αυστηρές λειτουργικές και τεχνικές απαιτήσεις περί αποβλήτων

Το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο καθορίζει στις 19 Δεκεμβρίου 2002, με την απόφαση 2003/33/ΕΚ καθορίζει τα κριτήρια χαρακτηρισμού και διαδικασιών για την αποδοχή στους χώρους υγειονομικής ταφής των αποβλήτων σύμφωνα με το άρθρο 16 και το παράρτημα ΙΙ της οδηγίας 1999/31/ΕΚ.

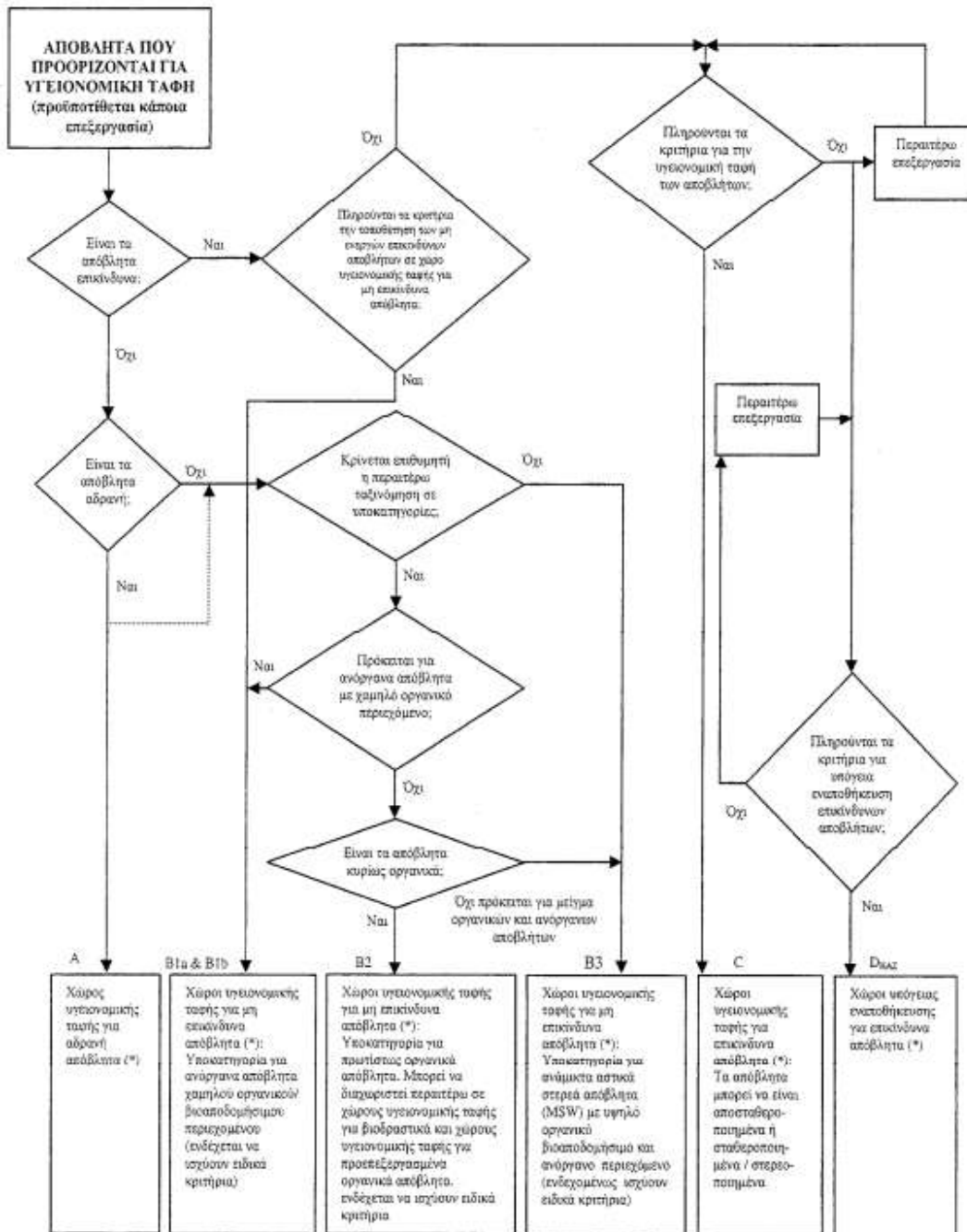
Συγκεκριμένα η απόφαση αυτή καθορίζει:

Τα κριτήρια που λαμβάνονται υπ όψιν ώστε να χαρακτηριστούν τα απόβλητα σε αδρανή, σε μη επικίνδυνα και σε επικίνδυνα.

2. Πρότυπα για την εκτέλεση δοκιμών σχετικά με το χαρακτηρισμό και τη δειγματοληψία των αποβλήτων.

3. Τις διαδικασίες με τις οποίες τα απόβλητα θα συνεχίσουν να διατηρούν τον αρχικό τους χαρακτηρισμό (έλεγχος συμμόρφωσης).

Στη παρακάτω απεικόνιση φαίνονται οι υποκατηγορίες των κύριων κατηγοριών χώρων την υγειονομική ταφή των αποβλήτων και τις δυνατότητες ταφής σε κάθε υποκατηγορία ανάλογα με το χαρακτηρισμό τους:



Διάγραμμα 2. Σχεδιάγραμμα απεικόνισης των εναλλακτικών λύσεων υγειονομικής ταφής που προβλέπει η οδηγία για την υγειονομική ταφή.

Συνοπτικά η διαδικασία για να χαρακτηριστεί ένα απόβλητο επικίνδυνο ή μη αναφέρεται παρακάτω.

- Κατάταξη της δραστηριότητας σε 1 από τις 20 κατηγορίες και σε υποκατηγορίες αυτών.
- Εντοπισμός των επικινδύνων ουσιών.
- Ταξινόμηση των ουσιών με βάση την επικινδυνότητα.
- Εργαστηριακές αναλύσεις για τον υπολογισμό συγκεντρώσεων επικινδύνων ουσιών.
- Μελέτη των αποτελεσμάτων και σύγκριση με τις ελάχιστες επιτρεπόμενες τιμές.

Κωδ.	Κατηγορία
HP-1	Εκρηκτικό. Παρασκευάσματα και ουσίες που μπορούν να προκαλέσουν έκρηξη όταν έρχονται σε επαφή με φλόγα ή που παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευαισθησία στη κρούση και τη τριβή από το δινιτροβενζόλιο.
HP-2	Οξειδωτικό. Τα παρασκευάσματα και οι ουσίες και παρασκευάσματα τα οποία, που όταν έρχονται σε επαφή με άλλες ουσίες, ιδίως εύφλεκτες, παρουσιάζεται ισχυρή εξώθερμος αντίδραση.
HP-3	Εύφλεκτο. Υγρές ουσίες και παρασκευάσματα των οποίων το σημείο ανάφλεξης είναι τουλάχιστον 21 °C και δεν υπερβαίνει τους 55 °C.
HP-4	Ερεθιστικό-ερεθισμός του δέρματος και οφθαλμική βλάβη. Ουσίες και παρασκευάσματα μη διαβρωτικά που ερχόμενα σε άμεση επαφή παρατεταμένη ή επαναλαμβανόμενη με το δέρμα ή τους βλεννογόνους δύνανται να προκαλέσουν φλεγμονή.
HP-5	Ειδική τοξικότητα στα όργανα/Τοξικότητα από αναρρόφηση. Ουσίες και παρασκευάσματα των οποίων η εισπνοή, κατάποση ή εισχώρηση στο δέρμα είναι δυνατόν να συνεπάγεται περιορισμένους κινδύνους.
HP-6	Οξεία τοξικότητα. Παρασκευάσματα και ουσίες (περιλαμβανομένων των πολύ τοξικών ουσιών και παρασκευασμάτων) όπου όταν εισπνέονται ή γίνεται κατάποση αυτών ή εισχώρούν στο δέρμα μπορούν να φέρουν σοβαρούς κινδύνους για την υγεία, παροδικού ή χρόνιου χαρακτήρα, ή ακόμη και το θάνατο.
HP-7	Καρκινογόνο. Ουσίες ή παρασκευάσματα οι οποίες, με εισπνοή, κατάποση ή εισχώρηση στο δέρμα μπορούν να προκαλέσουν καρκίνο ή να αυξήσουν τη συχνότητά του.
HP-8	Διαβρωτικό. Ουσίες και παρασκευάσματα οι οποίες, όταν έλθουν σε επαφή με ζωντανούς ιστούς, μπορούν να τους καταστρέψουν.
HP-9	Μολυσματικό. Ουσίες και παρασκευάσματα που περιέχουν ανθεκτικούς μικροοργανισμούς ή τις τοξίνες τους, οι οποίοι είναι γνωστό ή υπάρχουν σοβαροί λόγοι να πιστεύεται ότι προκαλούν ασθένειες στον άνθρωπο ή σε άλλους ζώντες οργανισμούς.
HP-10	Τοξικό για την αναπαραγωγή. Ουσίες ή παρασκευάσματα των οποίων η εισπνοή, κατάποση ή εισχώρηση στο δέρμα, μπορεί να προκαλέσει μη κληρονομικές συγγενείς δυσμορφίες ή να αυξήσει τη συχνότητα εμφάνισής τους.
HP-11	Μεταλλαξιγόνο. Ουσίες ή παρασκευάσματα των οποίων η εισπνοή, κατάποση ή εισχώρηση στο δέρμα, μπορεί να προκαλέσει κληρονομικά γενετικά ελαττώματα ή να αυξήσει τη συχνότητα εμφάνισής τους.
HP-12	Έκλυση αερίου οξείας τοξικότητας. Απόβλητα που εκλύουν τοξικό ή πολύ τοξικό αέριο, όταν έλθουν σε επαφή με το νερό, τον αέρα ή με ένα οξύ.
HP-13	Ευαισθητοποιητικό. Παρασκευάσματα και ουσίες όπου κατά την εισπνοή, τη κατάποση ή την απορρόφηση μέσω της επαφής με το δέρμα, είναι δυνατόν να προκαλέσουν στον οργανισμό αντίδραση (υπερευαισθητοποίηση) σε βαθμό τέτοιο όπου, η επιπλέον έκθεση στο παρασκεύασμα αυτό ή την ουσία, να προκαλεί χαρακτηριστικές επιβλαβείς αντιδράσεις.
HP-14	Οικοτοξικό. Απόβλητα που παρουσιάζουν ή είναι δυνατόν να παρουσιάσουν άμεσο ή μελλοντικό κίνδυνο για έναν ή περισσότερους τομείς του περιβάλλοντος.
HP-15	Απόβλητα ικανά μετά από διάθεση, να δημιουργήσουν, με οποιοδήποτε μέσο, άλλη ουσία, π.χ. προϊόν έκπλυσης, το οποίο έχει ένα από τα χαρακτηριστικά που αναφέρονται ανωτέρω.

Συγκεκριμένα για την ψηγματοβολή και σύμφωνα με δειγματοληπτική έρευνα που έγινε στα απόβλητα αμμοβολής του Ναυστάθμου Σαλαμίνας (Κικιώνης 2018) βρέθηκαν οι εξής επικίνδυνες ουσίες :

- Οξειδίο του Νικελίου (NiO) το οποίο χαρακτηρίζεται με τους κωδικούς: H-350, H-317, H-413.
 - i. H-350 σε περιεκτικότητα 0,109-0.117% μεγαλύτερη του ορίου 0,1% άρα το απόβλητο θεωρείται ότι προκαλεί καρκίνο ή αυξάνει τη πιθανότητα εμφάνισής του (HP-7).
- Τριοξείδιο του Χρωμίου (Cr₂O₃) το οποίο χαρακτηρίζεται με τους κωδικούς: H-271, H-350, H-340, H-361, H-330, H-311, H-301, H-372, H-314, H-334, H-317
 - i. H-350 σε περιεκτικότητα 1,64-1,78% μεγαλύτερη του ορίου 0,1% άρα το απόβλητο θεωρείται ότι προκαλεί καρκίνο ή αυξάνει τη πιθανότητα εμφάνισής του (HP-7).
 - ii. H-340 σε περιεκτικότητα επίσης 1,64-1,78% η οποία είναι μεγαλύτερη του ορίου 0,1% άρα το απόβλητο θεωρείται Μεταλλαξιγόνο (HP-11)
 - iii. H-372 σε περιεκτικότητα 1,64-1,78% η οποία ξεπερνάει και εδώ την επιτρεπόμενη τιμή του 0,1% άρα θεωρείται τοξικό για όργανα από αναρρόφηση (HP-5)
 - iv. H-330 η περιεκτικότητα το οποίου ξεπερνάει κατά πολύ το όριο του 0,1% άρα το απόβλητο μπορεί να προκαλέσει οξείες τοξικές αντιδράσεις μέσω της δερματικής επαφής ή της δια στόματος πρόσληψης (HP-6).

Συνοψίζοντας τα παραπάνω και λόγω της παρουσίας των 2 επικίνδυνων ουσιών οι οποίες εμφανίστηκαν στα απόβλητα της ψηγματοβολής το απόβλητο χαρακτηρίζεται ως:

- Οριακά επικίνδυνο με κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου
- Τοξικό το οποίο μπορεί να προκαλέσει οξείες δερματικές επιδράσεις ή επιδράσεις πρόσληψης δια του στόματος.
- Τοξικό για τα όργανα δια μέσου αναρροφήσεως.
- Μεταλλαξιγόνο

Επιπροσθέτως κατά την διαδικασία της αμμοβολής παρατηρήθηκε ότι εκλύεται σκόνη κρυσταλλικού διοξειδίου του πυριτίου. Τα υλικά που περιέχουν σκόνη κρυσταλλικού διοξειδίου του πυριτίου όπως η άμμος που χρησιμοποιείται στην βιομηχανική ψηγματοβολή, δεν είναι επικίνδυνα μέχρι την στιγμή που χρησιμοποιούνται. Τότε όπως έχει ήδη προαναφερθεί δημιουργούνται μικρά σωματίδια σκόνης 10 μm (PM 10) τα οποία εισέρχονται στο αναπνευστικό σύστημα, διαπερνώντας τον προστατευτικό εξοπλισμό, με αποτέλεσμα να αντιδράει ο πνευμονικός ιστός και να δημιουργεί ινώδη οζίδια και ουλώδη ιστό, πέριξ των σωματιδίων αυτών, τα οποία σε συνδυασμό με την χρόνια έκθεση να οδηγεί σε κάποιες περιπτώσεις σε καρκίνο του πνεύμονα. (Ενημερωτικό Τεχνικό Δελτίο για την Σκόνη Κρυσταλλικού Διοξειδίου του Πυριτίου. Πηγή: <https://roadmaponcarcinogens.eu/wp-content/uploads/2017/12/SILICA-DUST-GRE.pdf>)

Πέρα αυτών, κατά την ψηγματοβολή αποκολλώνται επιστρώματα από τα υφαλοχρώματα της επιφάνειας του πλοίου, τα οποία συμπαρασύρονται μαζί με το αποξεστικό υλικό, είτε στην ατμόσφαιρα είτε στα ίδια τα απόβλητα και περιέχουν βαρέα μέταλλα και τοξικές κασιτερικές ενώσεις. Τα μέταλλα αυτά και οι ενώσεις αποτελούν συστατικό των υφαλοχρωμάτων, τα οποία αποτρέπουν την προσκόλληση στην γάστρα του πλοίου θαλασσίων μικροοργανισμών, και προστατεύουν την μεταλλική κατασκευή. Αυτές όμως οι ουσίες παραμένουν στα απόβλητα της ψηγματοβολής και απαιτείται διαχωρισμός τους πριν την οποιαδήποτε διαδικασία διαχείρισής τους. (Κατσικάρης Κ. 2009)

Αξίζει να σημειωθεί ότι η μέση κατανάλωση της χρησιμοποιούμενης άμμου, στην ψηγματοβολή είναι περίπου 80-120kg/m² (Κατσικάρης Κ. Διδακτορική διατριβή – Ε.Μ.Π., 2009 Ανάπτυξη διεργασιών για την επεξεργασία και την ανακύκλωση υγρών και στερεών αποβλήτων.).

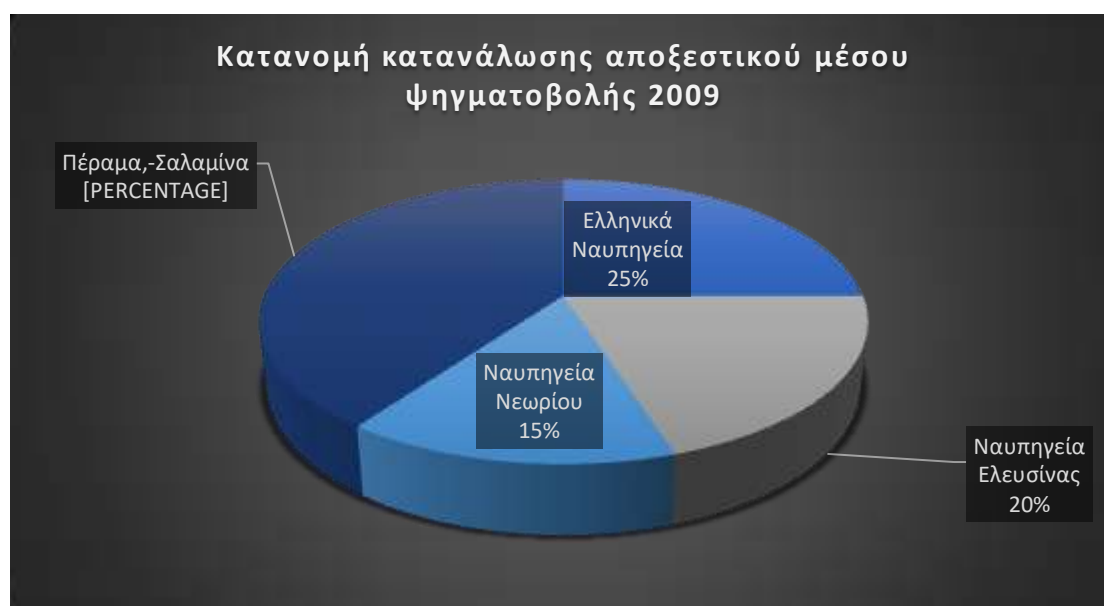
Αν υποθέσουμε ότι ένα μέσο πλοίο μήκους 100 μέτρων έχει συνολική επιφάνεια περίπου 5.000 m² (το οποίο εξαρτάται βέβαια από τις προς καθαρισμό επιφάνειες, τον τύπου του πλοίου, τυχόν δεξαμενές προς καθαρισμό κ.α). Τότε 100 kg/m² * 5.000 m² =500.000 kg ή 500 τόνοι σκόνης ψηγματοβολής θα εκλυθούν στην ατμόσφαιρα και σαν στερεά επικίνδυνα απόβλητα, και αυτοί μόνο από ένα πλοίο.

4.3.3 Διαχείριση αποβλήτων ψηγματοβολής

Στην Ελλάδα λειτουργούν τέσσερα μεγάλα ναυπηγεία και ακόμη 25 περίπου μικρότερα, με τα περισσότερα εξ'αυτών να βρίσκονται στον Νομό Αττικής και συγκεκριμένα στην περιοχή του Περάματος, της Σαλαμίνας, και της Ελευσίνας. Ακόμη λειτουργεί το ναυπηγείο στο Νεώριο της Σύρου του ομίλου ΟΝΕΧ, στη Χαλκίδα και στα Χανιά της Κρήτης.

Η κατανάλωση του υλικού ψηγματοβολής στην Ελλάδα για το έτος 2009, από τα προαναφερθέντα ναυπηγεία, άγγιζε συνολικά τους 100.000 τόνους. Από αυτούς οι 80.000 αντιστοιχούν σε απόβλητα προερχόμενα από την ναυπηγοεπισκευαστική βιομηχανία και συγκεκριμένα κατανέμονται όπως φαίνεται στο παρακάτω Διάγραμμα 3. (Μανίδης, Χατζηκωνσταντής, Τσαρακλής, Παπαϊωάννου, ΤΕΕ, Ομάδα, Εργασίας, 2009).

Διάγραμμα 3. Κατανομή κατανάλωσης αποξεστικού μέσου στα ναυπηγεία της Ελλάδας έτους 2009.



Δυστυχώς στα πλαίσια της έρευνας δεν βρέθηκαν επικαιροποιημένα δεδομένα με την συνολική παραγωγή αποβλήτων ψηγματοβολής στον ελλαδικό χώρο για τα τελευταία έτη. Βάσει της έρευνας που είχε διεξαχθεί για το έτος 2017 υπολογίστηκαν περίπου στους 14.000 τόνους. (Κικιώνης 2018). Τα απόβλητα αυτά, κυρίως εναποτίθενται σε ανοικτούς χώρους μέσα στις εγκαταστάσεις των ναυπηγείων (Εικόνα 8), με την συσσώρευσή τους να αποτελεί διαχειριστικό πρόβλημα, καθώς εμφανίζονται τεράστιοι όγκοι από τα απόβλητα αυτά.



Εικόνα 8. Συσσωρευμένοι όγκοι αποξεστικού υλικού στο ναυπηγείο του Νεώριου της Σύρου. Πηγή: https://syrosenvobservatory.gr/apovlita-ammovolis-meros-1_-_syros/

Η απόθεση των αποβλήτων αυτών εγκυμονεί τον κίνδυνο εκχυλίσεως ποσότητας των βαρέων μετάλλων που περιέχονται σε αυτά, με αποτέλεσμα την μόλυνση του υπεδάφους και ενδεχομένως και του υδροφόρου ορίζοντα.

Το 95% των αποξεστικών μέσων που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα είναι τα αποκαμινεύματα Σιδήρου-Νικελίου (Fe-Ni) το οποίο παράγεται έπειτα από πυρομεταλλουργική διαδικασία μεταλλευμάτων. Το τελικό προϊόν αποτελείται από 35% οξείδια σιδήρου και πυριτίου και το υπόλοιπο 75% αποτελείται από οξείδια μαγνησίου, ασβεστίου χρωμίου και αργιλίου. Κύριος παραγωγός είναι η ΛΑΡΚΟ η οποία εδρεύει στην Λάρυμνα Φθιώτιδας. (Κατσικάρης Κ. 2009).

Το πρόβλημα εμφανίζεται στον τομέα της διαχείρισης των επικίνδυνων αποβλήτων στην Ελλάδα. Ενώ έχουν ενσωματωθεί όλοι σχεδόν οι Ευρωπαϊκοί Κανονισμοί στην Εθνική Νομοθεσία, η μη ύπαρξη σχεδίων διαχείρισης, και υποδομών διαχείρισής τους αποτελεί σημαντικό μέρος του προβλήματος καθώς πάνω από το 75% των επικίνδυνων αποβλήτων βρίσκονται σε χώρους προσωρινής αποθήκευσης με αποτέλεσμα την συσσώρευσή τους να αποτελεί μονόδρομο. Αυτό φαίνεται και στο γεγονός ότι στην Ελλάδα δεν υπάρχει κρατικός χώρος υγειονομικής ταφής επικίνδυνων αποβλήτων (ΧΥΤΕΑ) παρά μόνο ιδιωτικοί οι 2 εξάυτων ανήκουν στην ΔΕΗ, ένας στην εταιρία «Αλουμίνιον της Ελλάδος» και ένας χώρος ταφής στο Τεχνολογικό Πάρκο Λαυρίου(Φωτεινός 2018).

Σύμφωνα με την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει» η οποία έχει θεσμοθετηθεί από την ΕΕ και μέσω του Εθνικού Σχεδιασμού Διαχείρισης Επικίνδυνων Αποβλήτων (ΕΣΔΕΑ) απαιτείται από τους παραγωγούς των αποβλήτων να μεριμνήσουν για την υλοποίηση την ασφαλούς διαχείρισής τους, με αποτέλεσμα, όπως αναφέραμε και παραπάνω την ανεξέλεγκτη προσωρινή-μόνιμη αποθήκευσή τους κατά ένα μεγάλο ποσοστό, ενώ ένα μικρό ποσοστό εξάγεται στο εξωτερικό για περαιτέρω κατεργασία από αδειοδοτημένες εταιρίες. Επειδή το ποσοστό αυτό είναι πάρα πολύ μικρό, το

κόστος μεταφοράς και διαχείρισης είναι αντιστρόφως ανάλογα μεγάλο, της τάξης των 400 ευρώ ανά τόνο. (Χρ. Νάκος et.al. 2005)

Η Ελλάδα ως κράτος-μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι υποχρεωμένη να συμμορφωθεί με την εθνική της Νομοθεσία, όπως ορίζει η απόφαση 2003/33/ΕΚ. Επιπλέον, η Ευρωπαϊκή Ένωση, προβλέπει σύμφωνα με την οδηγία 2006/12/ΕΚ περί στερεών αποβλήτων, στο άρθρο 3, τα κράτη μέλη έχοντας βασικό στόχο τη ρύθμιση στον τομέα διαχείρισης των αποβλήτων να λαμβάνουν τα ενδεδειγμένα μέτρα για να προωθούν την πρόληψη ή τη μείωση της παραγωγής και της βλαπτικότητας αυτών με:

α) την διάθεση στην αγορά προϊόντων τεχνικά τελειοποιημένα και σχεδιασμένα με τρόπο που να μην επιβαρύνουν καθόλου ή το δυνατόν λιγότερο, λόγω της παραγωγής, της χρήσης ή της διάθεσής τους, την αύξηση της ποσότητας ή της βλαπτικότητας των αποβλήτων και των κινδύνων ρύπανσης αλλά και

β) την ανάπτυξη τεχνικών κατάλληλων όσον αφορά τη διάθεση των επικίνδυνων ουσιών που περιέχουν τα απόβλητα τα οποία προορίζονται για αξιοποίηση. Σε συνέχεια το ίδιο άρθρο αναφέρει ότι αυτό είναι εφικτό αξιοποιώντας τα απόβλητα με ανακύκλωση, επαναχρησιμοποίηση, ανάκτηση ή οποιαδήποτε άλλη ενέργεια που έχει τα απόβλητα ως πηγή ενέργειας. Το άρθρο 4 επίσης αναφέρει ότι τα κράτη μέλη πρέπει να λαμβάνουν τα απαραίτητα μέτρα για να εξασφαλίζουν ότι η διάθεση ή η αξιοποίηση των αποβλήτων γίνεται χωρίς να σε κινδυνεύει η υγεία του ανθρώπου αλλά και χωρίς να εφαρμόζονται διαδικασίες ή μέθοδοι που ενδέχεται να βλάψουν το περιβάλλον. Επίσης θα πρέπει να μη δημιουργείται κίνδυνος για το νερό, τον αέρα ή το έδαφος, αλλά ούτε για την χλωρίδα και την πανίδα και δε θα πρέπει προκαλούνται ενοχλήσεις από τον θόρυβο ή τις οσμές. Επιπλέον θα πρέπει να διασφαλίζεται ότι δε θα βλάπτονται οι τοποθεσίες και τα τοπία που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

Απόρροια όλων των ανωτέρω ήταν η καταδίκη της Ελλάδας το 2009 για πλημμέλημα από το Ευρωπαϊκό Δικαστήριο, για την διαχείριση των ΕΑ αλλά και το μη ολοκληρωμένο Εθνικό Σχεδιασμό Διαχείρισης. Συγκεκριμένα:

- Δεν υπάρχουν σαφή κριτήρια χωροθέτησης στον Εθνικός μας σχεδιασμό για τη χωροθέτηση των έργων σχετικά με τη διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων και δεν πληρούνται τα κριτήρια που αναφέρει η Οδηγία 2006 / 12 (αντικατέστησε την Οδηγία 75 / 442 / ΕΟΚ).
- Το πλήρες δίκτυο για τη διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων που περιλαμβάνει την ακόλουθη σειρά ενεργειών “παραγωγή – συλλογή- μεταφορά – αποθήκευση - επεξεργασία –αξιοποίηση και ασφαλής τελική διάθεση” δεν αποτυπώνεται.
- Δεν τηρείται η ολοκληρωμένη και η συνεχής απογραφή των επικίνδυνων αποβλήτων.
- Δεν υπάρχει επάρκεια υποδομών στη Χώρα που να υποστηρίζουν την ασφαλή τελική διάθεση των επικίνδυνων αποβλήτων.
- Στην Ελλάδα επικρατεί η μέθοδος “Προσωρινής Αποθήκευσης” η οποία στην πράξη γίνεται μόνιμη σε ότι αφορά τη διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων.
- Δεν έχουν ληφθεί μέτρα για τα αποθηκευμένα ιστορικά επικίνδυνα απόβλητα .

Η απόφαση όριζε πρόστιμο 10.000.000 ευρώ και ημερήσια ποινή 30.000 ευρώ από την δημοσίευση της απόφασης. Με την έγκριση του ΕΣΔΕΑ το 2017 η Ελλάδα κατάφερε να αποτρέψει χρηματική κύρωση 3.000 ευρώ από την ημερήσια ποινή πριν προλάβει να εφαρμοστεί. (Χ. Στουραίτη, 2014). Το ΕΣΔΕΑ έχει σαν στόχους (ΥΠΕΚΑ, 2016):

- Την διασφάλιση της προστασίας του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας. Αυτό θα επιτευχθεί με κατάλληλα και επαρκή δίκτυα και υποδομές για την συλλογή, ανάκτηση και απόθεση των αποβλήτων μέσω της καταγραφής των παραγόμενων αποβλήτων και της εντατικοποίησης των ελέγχων στο κομμάτι της διαχείρισης.
- Αποδοτική χρήση των διατιθέμενων πόρων με έμφαση στην προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση ή και ανακύκλωση των ΕΑ.
- Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των πολιτών.
- Και τέλος τον εξορθολογισμό του συνολικού κόστους διαχείρισής τους.

Η εφαρμογή των στόχων του ΕΣΔΕΑ θα αποτελέσει θεμέλιο λίθο για την βιωσιμότητα του περιβάλλοντος και την ανάπτυξη της κυκλικής οικονομίας η οποία αποτελεί τη νέα πολιτική της Ε.Ε. στη διαχείριση των αποβλήτων, με εξαίρεση των επικίνδυνων, για τα οποία περιορίζονται οι περαιτέρω δυνατότητες επεξεργασία τους καθώς η διάθεσής του σε ΧΥΤΑ ή ΧΥΤΕΑ είναι μονόδρομος.

Το πρόβλημα που διαφαίνεται όμως εδώ είναι ότι όπως αναφέραμε και παραπάνω, δεν υπάρχει στην Ελλάδα κανένας κρατικός χώρος για την υγειονομική ταφή (ΧΥΤΕΑ) των ΕΑ, ενώ οι τέσσερις ΧΥΤΕΑ που υπάρχουν (ΔΕΗ, Αλουμίνιον της Ελλάδος και Τεχνολογικό Πάρκο Λαυρίου) δέχονται απόβλητα μόνο από συγκεκριμένες βιομηχανίες. Εγείρεται το ερώτημα τι απογίνονται τα ΕΑ από την Ν/Ε βιομηχανία. Παρακάτω παρατίθενται πρακτικές που χρησιμοποιούνται στο ελλαδικό χώρο.

i. Απόθεση σε χώρο υγειονομικής ταφής

Μια διαδεδομένη μέθοδος, τόσο στη Ελλάδα όσο και στην Ευρώπη. Αφού εφαρμοστούν δοκιμές εκχύλισης για διαπίστωση ότι η περιεκτικότητά τους σε βαρέα μέταλλα είναι κάτω από το ελάχιστο επιτρεπόμενο όριο, εναποτίθενται σε ΧΥΤΑ. Το κόστος για την απόθεση σε ΧΥΤΑ στην Ελλάδα, κυμαίνεται ανάμεσα σε 60-70 ευρώ/τόνο (Καραγιαννίδης, 2009). Βάσει όμως των αποφάσεων των Περιφερειακών Περιβαλλοντολογικών Διοικητικών Οργάνων, δεν είναι εφικτό τα ΕΑ διεργασιών αμμοβολής να διατίθεται σε ΧΥΤΑ αν και τηρούν τις προδιαγραφές που απαιτούνται.

ii. Προσωρινή απόθεση σε χώρους πλησίον του χώρου παραγωγής

Είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος διαχείρισης ΕΑ. Στην Κοινή Υπουργική Απόφαση Η.Π.13588/725/2006, αναφέρεται σαν μέρος της διαδικασίας διάθεσης με προϋπόθεση την προώθησή τους στην εταιρία διαχείρισης σε χρονικό διάστημα ενός έτους. Πλεονέκτημα της είναι ότι δεν απαιτείται κεφάλαιο για το κόστος διαχείρισης, αλλά παρουσιάζει αρκετά μειονεκτήματα όπως το ότι υπάρχει αβεβαιότητα ως προς την τήρηση των προδιαγραφών των υποδομών προσωρινής αποθήκευσης και το βασικότερο ότι παρατηρούνται περιπτώσεις όπου η προσωρινή αποθήκευση μετατρέπεται σε μόνιμη καθώς τα ΕΑ συσσωρεύονται για χρονικά διαστήματα μεγαλύτερα του ενός έτους.

iii. Διασυνοριακή μεταφορά

Από την στιγμή όπου δεν υπάρχουν υποδομές για την απόθεση των ΕΑ στην Ελλάδα, υπάρχει η δυνατότητα μεταφοράς τους στο εξωτερικό και απόθεσή τους σε χώρους υγειονομικής ταφής ή σε εγκαταστάσεις για περαιτέρω επεξεργασία. Η μεταφορά γίνεται από εξουσιοδοτημένες εταιρίες αλλά το κόστος για την μεταφορά-διαχείριση (περίπου 400 ευρώ/τόνο) το καθιστά οικονομικά ασύμφορο.

iv. Ανακύκλωση και χρήση στην τσιμεντοβιομηχανία

Στο εξωτερικό είναι ένας πολύ διαδεδομένος τρόπος διαχείρισης των ΕΑ καθώς είναι από τις ελάχιστες δυνατότητες περαιτέρω εκμετάλλευσης που παρέχει το συγκεκριμένο απόβλητο. Στην Αμερική χρησιμοποιούν τα απόβλητα της αμμοβολής για την κατασκευή ασφαλικών σκυροδεμάτων, για σκυροδέματα τύπου Portland (σκυρόδεμα με πολύ υψηλή περιεκτικότητα σε πυρίτιο) και τέλος χρησιμοποιείται και για την κατασκευή τούβλων με αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες ή αλλιώς πυρότουβλα (Ραυμανοκ, 1992). Στην Ελλάδα υπάρχει μόνο μια εταιρία που χρησιμοποιεί τα απόβλητα αυτά και καταναλώνει περί τους 1.000 τόνους ανά έτος (ΠΟΛΥΕΚΟ).

v. Παράνομη απόθεση στη θάλασσα

Εύκολα καταλαβαίνει κανείς ότι από την στιγμή που όλα τα ναυπηγεία της Ελλάδος βρίσκονται δίπλα στη θάλασσα, ένα μεγάλο μέρος των αποβλήτων της αμμοβολής καταλήγει εκεί είτε εσκεμμένα είτε άθελα των Ν/Ε επιχειρήσεων. Με την απόρριψή τους στο θαλασσινό νερό, ξεκινάει και η είσοδο των βαρέων μετάλλων στην ανθρώπινη τροφική αλυσίδα. Έπειτα από μελέτη για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε χρώμιο, νικέλιο και σίδηρο σε ψάρια και οστρακοειδή, βρέθηκαν να έχουν υψηλότερες τιμές τα δείγματα που συνελέγησαν κοντά σε περιοχές όπου λαμβάνουν χώρα αμμοβολικές διεργασίες. Επιπροσθέτως, υψηλές ήταν οι τιμές της περιεκτικότητας των συλλεχθέντων δειγμάτων σε χαλκό, κοβάλτιο και μαγγάνιο. (Παπαχαρίτου 2008).

Προκειμένου να αντιμετωπιστεί η απόρριψη των αποβλήτων στη θάλασσα που αρκετές φορές έχει καταγραφεί στην Ελλάδα, επιβλήθηκαν αυστηρότεροι κανονισμοί. Οι κανονισμοί αποσκοπούν στην ασφαλή απόθεση και ελαχιστοποίηση των αποβλήτων ειδικά όταν αυτά έχουν χαρακτηριστεί και ως επικίνδυνα. Το ΠΔ 55 αρ.φύλλου 58 της 20 Μαρτίου 1998 περί προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος και σύμφωνα με το άρθρο 3, απαγορεύεται η απόρριψη στις ακτές, στα λιμάνια και στα ελληνικά χωρικά ύδατα, πετρελαίου, πετρελαιοειδών μιγμάτων, επιβλαβών ουσιών ή μιγμάτων αυτών και πάσης φύσεως αποβλήτων, λυμάτων και απορριμμάτων από τα οποία μπορεί να προκληθεί ρύπανση της θάλασσας και των ακτών.

Το άρθρο επίσης αναφέρει ότι μπορεί να επιτραπεί η απόρριψη στη θάλασσα ουσιών από παράκτιες ή άλλες εγκαταστάσεις μόνο με άδεια που παρέχεται σύμφωνα με τις ισχύουσες διατάξεις, εφόσον δεν υπάρχει κίνδυνος ρύπανσης. Επίσης το 5, του ανωτέρω ΠΔ αναφέρει ότι οι εγκαταστάσεις κατά την λειτουργία οφείλουν να λαμβάνουν όλα τα απαραίτητα μέτρα για να αποφευχθεί η ρύπανση καθώς και ότι θα πρέπει οι εγκαταστάσεις οι οποίες χρησιμοποιούνται για μεταγίσεις πετρελαίου ή επισκευές πλοίων να διαθέτουν επαρκείς υποδοχές πετρελαίου, καταλοίπων και μιγμάτων πετρελαίου, ακαθάρτου έρματος, ξεπλυμάτων των δεξαμενών δεξαμενόπλοιων καθώς και λοιπών ρυπογόνων ρύπων. Χαρακτηρίζονται ως απόβλητα τα υγρά που αποβάλλουν τα πλοία, τα δεξαμενόπλοια και οι εγκαταστάσεις όπου περιέχουν υπολείμματα των υλών που μεταφέρουν, χρησιμοποιούν ή παράγουν. Ενώ απορρίμματα χαρακτηρίζονται όλα τα στερεά ή ημίρρευστα κατάλοιπα που αποβάλλουν τα πλοία, τα δεξαμενόπλοια και οι εγκαταστάσεις ξηράς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΑΠΟΞΕΣΤΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

Επιλέχθηκαν για αξιολόγηση εναλλακτικών αποξεστικών μέσων τα υλικά τα οποία μέχρι τώρα έχουν μελετηθεί σε εργαστηριακό επίπεδο και έχουν δώσει ικανοποιητικές ενδείξεις καταλληλότητας (Λαμπράκης, 2003).

Τα υλικά αυτά είναι:

- Γρανατίτης Ξάνθης: Εντοπίζεται στη Κιμμέρια Ξάνθης. Οι συγκεντρώσεις των γρανατών κατά περιοχές σχηματίζουν ιδιαίτερα ανεπτυγμένους και εκτενείς όγκους γρανάτη.
 - Χαρτσβουργίτης Λέσβου: Προέρχεται από εκτενές κοιτάσματα οφιολιθικών πετρωμάτων μεγάλης έκτασης.
 - Δολομίτης Στεφάνης: Προέρχεται από ένα εκτεταμένο κοίτασμα καθαρού δολομίτη, απέχει μικρή απόσταση από τις βιομηχανικές ζώνες Αθήνας, Πειραιά και Χαλκίδας και βρίσκεται στη περιοχή Πράρι της κοινότητας Στεφάνης στη Βοιωτία. Είναι τεκτονικά λατυποποιημένος δολομίτης
 - Αποκαμινεύματα ΛΑΡΚΟ: Τα αποκαμινεύματα ΛΑΡΚΟ αποτελούν υλικό αναφοράς και συγκριτικό μέσο για όλα τα παραπάνω αλλά και με τα σπογγίδια που χρησιμοποιούνται στη σπογγοβολή αφού είναι το υλικό που χρησιμοποιείται κυρίως στην Ελλάδα στη ψηγματοβολή. Τα αποκαμινεύματα της ΛΑΡΚΟ παράγονται κατά την πυρομεταλλουργική επεξεργασία σιδηρονικελιούχου μεταλλεύματος (Fe-Ni) λατεριτικής προέλευσης για την παραγωγή κράματος Fe-Ni. Το μέταλλευμα προέρχεται από τα κοιτάσματα της Λοκρίδας και Κεντρικής Εύβοιας. Η περιεκτικότητα σε νικέλιο είναι φτωχή με μέση τιμή σε Ni περίπου 1%. Τα αποκαμινεύματα σχηματίζονται μέσα στην ηλεκτρική κάμινο όπου ολοκληρώνεται η προθέρμανση και η αναγωγή του προϊόντος της περιστροφικής καμίνου, ενώ συγχρόνως τήκεται το υλικό και διαχωρίζονται οι φάσεις μετάλλου και σκουριάς (Mroskos & Zevgolts, 1993).
-
- Τα αποκαμινεύματα ΛΑΡΚΟ (**Α.Λ.**).
 - Τα αποκαμινεύματα ΛΑΡΚΟ που περιέχουν καταστολέα σκόνης (**Α.Λ.+Κ.Σ.**).
 - Ο χαρτσβουργίτης Λέσβου (**Χ.Λ.**).
 - Ο χαρτσβουργίτης Λέσβου με καταστολέα σκόνης (**Χ.Λ.+Κ.Σ.**).
 - Ο γρανατίτης Ξάνθης (**Γ.Ξ.**).
 - Ο γρανατίτης Ξάνθης με καταστολέα σκόνης (**Γ.Ξ.+Κ.Σ.**).
 - Ο δολομίτης Στεφάνης (**Δ.Σ.**).

5.1 Στοιχεία των αποξεστικών μέσων που έχουν εξεταστεί εργαστηριακά

Παρατίθενται παρακάτω, στοιχεία που έχουν σχέση με την μόλυνση του περιβάλλοντος και την υγεία των εργαζομένων.

Αρχικά παρατίθεται πίνακας (Πίνακας 6) με την εκλυόμενη σκόνη ανά μέθοδο, που έχει ως ακολούθως:

Πίνακας 6. Μέσοι όροι παραγωγής σκόνης(Λαμπράκης, 2003)

ΜΕΘΟΔΟΣ	ΥΛΙΚΟ	ΕΚΛΥΟΜΕΝΗ ΣΚΟΝΗ mg/s
Ξηρή Ψηγματοβολή	Χ.Λ	6,29
	Γ.Ξ	10,55
	Δ.Σ	13,56
	Α.Λ	6,8
Ξηρή Ψηγματοβολή+Κ.Σ	Χ.Λ	7,6
	Γ.Ξ	11,98
	Δ.Σ	16,94
	Α.Λ	5,33
Υδροαμβολή με κουρτίνα νερού	Χ.Λ	2,39
	Γ.Ξ	2,07
	Δ.Σ	5,35
	Α.Λ	0,81
Υδροαμβολή με ανάμειξη νερού	Χ.Λ	2,76
	Γ.Ξ	2,43
	Δ.Σ	3,16
	Α.Λ	1,15

Από τον πίνακα 6 προκύπτουν οι εξής παρατηρήσεις :

- ✚ Στην ξηρή ψηγματοβολή, τα Α.Λ. και ο Χ.Λ. έχουν σχεδόν την ίδια παραγωγή σκόνης. Ο Γ.Ξ. και ο Δ.Σ. παράγουν σκόνη αυξημένη περίπου κατά 35% και 50%, αντίστοιχα, σε σχέση με το επίπεδο παραγωγής σκόνης των Α.Λ.
- ✚ Ο καταστολέας σκόνης μπορεί να μειώσει την εκλυόμενη σκόνη περίπου κατά 20% στην περίπτωση των Α.Λ.
- ✚ Ο καταστολέας σκόνης δεν οδηγεί σε ουσιαστική μείωση της παραγόμενης σκόνης σε άλλα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ως εναλλακτική λύση. Ο λόγος είναι ότι οι καταστολείς σκόνης σχεδιάστηκαν ως χημικά προϊόντα για να χρησιμοποιούνται ως προσθετικά σε υλικά τύπου σκωρίας, όπως είναι τα αποκαμινεύματα της ΛΑΡΚΟ.
- ✚ Με τις δύο μεθόδους υδροαμβολής, η παραγόμενη σκόνη μειώνεται σε σχέση με την ξηρή ψηγματοβολή, κατά 60 -80%. Γενικά και οι δύο είναι ισοδύναμες ως προς την αποτελεσματικότητα τους στη μείωση της σκόνης, με ελαφρώς καλύτερη την κουρτίνα νερού.
- ✚ Με τη μέθοδο υδροαμβολής, η σκόνη μειώνεται σε ποσοστό 60% για το Χ.Λ., 80% για τον Γ.Ξ., 70% για το Δ.Σ. και 70% για τα Α.Λ. συγκριτικά με τις αντίστοιχες τιμές των υλικών στην ξηρή ψηγματοβολή. Παρατηρείται επίσης μείωση της σκόνης, περίπου 60% για τα Α.Λ. στη χρήση ξηρής ψηγματοβολής με προσθήκη καταστολέα σκόνης.

- ✚ Παρόλο που μειώνεται σημαντικά η παραγόμενη σκόνη από κάθε υλικό όταν χρησιμοποιείται στη μέθοδο υδροαμβολής, ακολουθεί την ίδια τάση παρατηρείται και στην ξηρή ψηματοβολή. Συγκεκριμένα, μικρότερη ποσότητα σκόνης παράγεται από τα Α.Λ., ακολουθούν ο Γ.Ξ., ο Χ.Λ. και τέλος ο Δ.Σ.
- ✚ Με τη χρήση υδροαμβολής μειώνεται ρυθμός έκλυσης των σωματιδίων (παροχή ρύπου) κατά 30% σε σχέση με τον αντίστοιχο ρυθμό έκλυσης σωματιδίων στην ξηρή ψηματοβολή.

Στη συνέχεια παρατίθεται πίνακας (Πίνακας 7) με τους μέσους όρους παραγωγικών δεδομένων ανα αποξεστικό υλικό και ανα μέθοδο εφαρμογής, που έχει ως ακολούθως:

Πίνακας 7 Μέσοι όροι παραγωγικών δεδομένων (Λαμπράκης, 2003)

ΜΕΘΟΔΟΣ	ΥΛΙΚΟ	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ m ² /hr	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΠΟΞΕΣΤΙΚΟΥ kgr/m ²
Ξηρή Ψηματοβολή	Χ.Λ	8,70	105,65
	Γ.Ξ	10,50	108,65
	Δ.Σ	5,70	129,65
	Α.Λ	12,00	91,45
Ξηρή Ψηματοβολή+Κ.Σ	Χ.Λ	7,20	82,25
	Γ.Ξ	9,00	63,90
	Δ.Σ	7,80	84,20
	Α.Λ	12,00	84,80
Υδροαμβολή με κουρτίνα νερού	Χ.Λ	9,00	117,40
	Γ.Ξ	8,10	99,80
	Δ.Σ	5,40	284,10
	Α.Λ	15,60	88,90
Υδροαμβολή με ανάμειξη νερού	Χ.Λ	6,00	94,00
	Γ.Ξ	6,60	112,10
	Δ.Σ	7,50	86,95
	Α.Λ	8,10	92,40

Εκτελέστηκαν δοκιμές εκχύλισης T.C.L.P. (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) κατά EPA-1311 (Environmental Protection Agency) για τον έλεγχο και το χαρακτηρισμό της επικινδυνότητας των φρέσκων αποξεστικών και των αντίστοιχων παραγομένων στερεών αποβλήτων, από τις δοκιμές ξηρής ψηματοβολής, υδροαμβολής και υδροβολής

Τα αποτελέσματα δοκιμών T.C.L.P. σε δείγματα αποξεστικών υλικών και απορριμμάτων παρουσιάζονται στον επόμενο Πίνακα 8.

Πίνακας 8. Μέσοι όροι συγκεντρώσεων μετάλλων στα φρέσκα αποξেসτικά και στα απόβλητα ανά μέθοδο κατά T.C.L.P (Παπαχαρίτου, 2008)

ΦΡΕΣΚΟ ΑΠΟΞΕΣΤΙΚΟ		Fe	Cr	As	Ni	Cd	Cu	Ph	Zn
Δολομίτης Στεφάνης		0,20	<0,10	<0,05	0,05	<0,05	1,20	0,20	0,15
Χαρτσβουργίτης Λέσβου		0,60	<0,10	<0,05	0,75	<0,05	0,20	0,10	0,05
Γρανατίτης Ξάνθης		0,01	<0,10	<0,05	0,05	<0,05	0,70	0,15	0,40
Αποκαμινεύματα ΛΑΡΚΟ		4,27	-	-	2,13	-	-	-	0,87
ΜΕΘΟΔΟΣ	ΥΛΙΚΟ	Fe	Cr	Mn	Ni	Cd	Cu	Pb	Zn
Ξηρή Ψηγατοβολή	Χ.Λ	1,07	<0,10	1,37	1,06	<0,10	0,72	0,10	11,89
	Γ.Ξ	0,35	<0,10	5,96	0,33	<0,10	0,57	0,17	4,49
	Δ.Σ	0,65	<0,10	0,68	0,38	<0,10	0,02	<0,10	0,98
	Α.Λ	0,70	<0,10	0,96	10,31	<0,10	0,06	<0,10	1,13
Ξηρή Ψηγατοβολή+Κ.Σ	Χ.Λ	0,24	<0,10	2,54	2,25	<0,10	0,09	0,13	1,99
	Γ.Ξ	0,23	<0,10	5,35	1,18	<0,10	0,17	<0,10	1,66
	Δ.Σ	0,45	<0,10	0,85	0,56	<0,10	0,01	<0,10	1,13
	Α.Λ	5,16	<0,10	0,96	12,44	<0,10	0,04	<0,10	2,14
Υδροαμμοβολή με κουρτίνα νερού	Χ.Λ	-	-	-	-	-	-	-	-
	Γ.Ξ	-	<0,10	5,23	0,35	<0,05	0,30	0,35	1,01
	Δ.Σ	0,03	<0,10	1,07	0,29	<0,05	0,00	0,06	0,37
	Α.Λ	2,84	<0,10	0,51	8,02	<0,05	0,15	0,20	1,22
Υδροαμμοβολή με ανάμειξη νερού	Χ.Λ	0,05	<0,10	5,10	0,60	<0,05	1,48	0,03	3,24
	Γ.Ξ	0,01	<0,10	5,28	0,10	<0,05	1,97	0,03	2,43
	Δ.Σ	0,01	0,01	<0,10	1,07	0,51	<0,05	0,24	0,00
	Α.Λ	0,02	0,02	<0,10	1,07	6,05	<0,05	0,11	0,02
ΥΔΡΟΒΟΛΗ		15,40	0,11	1,70	3,90	-	1,88	1,66	22,40
ΟΡΙΟ ΕΡΑ		100	5	50	20	1	100	5	100

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΣΠΟΓΓΟΒΟΛΗ

6.1 Η Σπογγοβολή

Η σπογγοβολή είναι μέθοδος καθαρισμού επιφανειών η οποία αναπτύχθηκε με σκοπό να περιορίσει τη ρύπανση που προκαλείται κατά τη ψηγατοβολή διαφόρων τύπων όπως αυτές περιγράφηκαν παραπάνω.

Η σπογγοβολή επιτυγχάνεται με την εκτόξευση ειδικά επεξεργασμένων συνθετικών σωματιδίων σπόγγου παρόμοιων με αυτών που χρησιμοποιούνται για οικιακή χρήση (ατομική υγιεινή, πλύσιμο αυτοκινήτου κτλ.) υπό την πίεση αέρα.

Τα σπογγοειδή σωματίδια επανασυλλέγονται και επαναχρησιμοποιούνται αφού υπάρχει η δυνατότητα του απευθείας διαχωρισμού του επαναχρησιμοποιήσιμου υλικού από ειδικό μηχάνημα το οποίο είναι μέρος του εξοπλισμού. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μειώνεται ο αριθμός των αποβλήτων που παράγονται κατά τη διάρκεια του καθαρισμού επιφανειών.

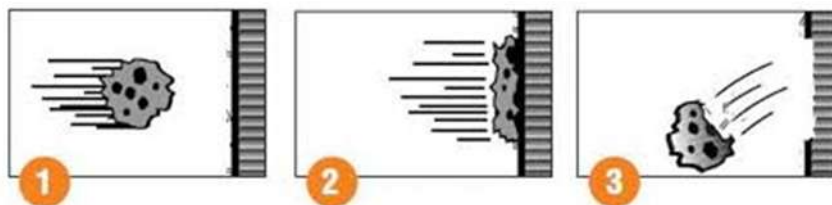
Τα σωματίδια σπόγγου λόγω των φυσικών ιδιοτήτων και συμπεριφοράς τους μπορούν να απορροφούν και να δεσμεύουν απόβλητα κατά τη πρόσκρουσή τους στην επιφάνεια (Εικόνα 9).

Τα σπογγίδια μεταφέρουν την ενέργεια τους κατά την επαφή τους στην επιφάνεια έχοντας τη δυνατότητα να γίνονται επίπεδα. Αποτέλεσμα αυτής της ιδιότητας είναι να απορροφούν και να δεσμεύουν από την επιφάνεια τα απόβλητα εάν πρόκειται για καθαρισμό ή την επίχρωση εάν πρόκειται για καθαρισμό επιφάνειας από χρώμα. Λόγω της υδρόφιλης συμπεριφοράς των σωματιδίων σπόγγων μπορούν να απομακρύνουν από την επιφάνεια τα απόβλητα αφήνοντας την επιφάνεια καθαρή.

Να σημειωθεί ότι τα σωματίδια σπόγγου έχουν χαμηλή αναπήδηση ώστε να είναι ευκολότερη η περισυλλογή τους. Το κυριότερο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι το γεγονός ότι δεν έχουμε εκπομπή σκόνης και ρύπων ώστε να είναι επιβλαβή για τον χειριστή.

Σε μεγαλύτερη κλίμακα όπως για παράδειγμα στη Ναυπηγοεπισκευαστική ζώνη όπου απαιτείται η χρήση ψηγματοβολής για το καθαρισμό των επιφανειών των πλοίων δεν έχουμε εκπομπή σκόνης όπου είναι επιβλαβείς και τους κατοίκους της περιοχής.

Επίσης το γεγονός ότι μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί εκτοξευόμενο υλικό έως και δέκα φορές το καθιστά ευκολότερα διαχειρίσιμο ως προς τα παραγόμενα απόβλητα απ' τη στιγμή που μετά το πέρας των εργασιών μένει για να διαχειριστεί σημαντικά μικρότερη ποσότητα αποβλήτων έναντι αυτής της αμμοβολής και υδροβολής.



Εικόνα 9. Απεικόνιση δράσης αποξεστικού σπογγιδίου κατά τη πρόσκρουσή του στην επιφάνεια. Πηγή: <https://www.spongejet.com/>

Από αυτά τα χαρακτηριστικά προκύπτουν τα βασικά πλεονεκτήματα των σπογγιδίων στην ψηγματοβολή, τα οποία είναι:

- Η μη εκπομπή σκόνης σκόνης,
- Η σημαντική μείωση των αποβλήτων
- Μικρότερος αριθμός εργαζομένων και επιπρόσθετων εγκαταστάσεων
- Πολύ καλό αποτέλεσμα στην επιφάνεια ανάλογα με το προφίλ που απαιτείται να δημιουργηθεί.

Η τεχνική της εκτόξευσης σπογγιδίων ή σπογγοβολής αναπτύχθηκε με στόχο τον περιορισμό της ρύπανσης στην πηγή της. Ο εξοπλισμός της εν λόγω τεχνικής αποτελείται από δύο βασικές μεταφερόμενες μονάδες (Εικόνα 10):

- - τη μονάδα τροφοδοσίας (Sponge-Jet Feed Unit) και
- - τη μονάδα ανακύκλωσης (Sponge-Jet Recycler).



Εικόνα 10. Απεικόνιση της διάταξης του εξοπλισμού της Σπογγοβολής. Πηγή: <https://www.spongejet.com/>

Η μονάδα τροφοδοσίας τροφοδοτείται με πεπιεσμένο αέρα για την προώθηση των σπογγοειδών μέσων καθαρισμού. Είναι φορητή και παράγεται σε διάφορα μεγέθη (δεδομένης της ισχύος που απαιτείται). Τα κύρια μέρη που συνθέτουν τον εξοπλισμό της σπογγοβολής είναι:

- Ο συμπιεστής αέρα
- Η μονάδα τροφοδοσίας (Feed Unit)
- Το υλικό απόξεσης (σφουγγάρι)
- Το ακροφύσιο με τα λάστιχα που μεταφέρουν τον αέρα και το αποξεστικό μέσο
- Η μονάδα ανακύκλωσης (Recycler)
- Και ο προστατευτικός εξοπλισμός του χειριστή (Στολή, μάσκα, γυαλιά, γάντια, ωτοασπίδες).

Παρακάτω θα αναλύσουμε τα βασικά χαρακτηριστικά του κάθε μέρους του συνόλου της διάταξης της σπογγοβολής.

6.1.1 Αεροσυμπιεστής

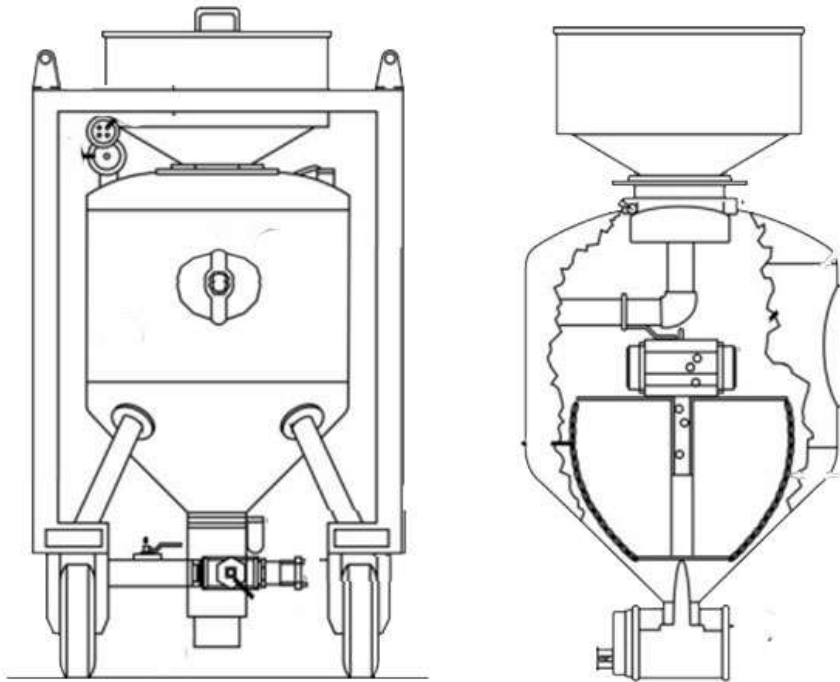
Γενικά υπάρχουν 2 κατηγορίες αεροσυμπιεστών (Εικόνα 11). Οι ανταποδοτικοί (με πιστόνι) και οι κοχλιοφόροι. Η παροχή του παραγόμενου αέρα για τη διεργασία της σπογγοβολής πρέπει να είναι συνεχής όποτε καθίστανται απαγορευτική η χρήση του αεροσυμπιεστή με πιστόνι καθώς η παροχή του αέρα είναι διακοπτόμενη και μη συνεχής, λόγω της παλινδρομικής κίνησης του εμβόλου. Αντίθετα, οι ηλεκτρικοί ή οι πετρελαιοκίνητοι κοχλιοφόροι αεροσυμπιεστές είναι ιδανικοί για την περίπτωση της σπογγοβολής καθώς απαιτείται όχι μόνο συνεχής παροχή αέρα, αλλά και αρκετά μεγάλη ποσότητα αυτού και συγκεκριμένα από 250 CFM έως 425 CFM ($452 \text{ m}^3/\text{h}$ έως $722 \text{ m}^3/\text{h}$, $1 \text{ Cubic Feet per Meter} = 1.69 \text{ m}^3/\text{hour}$) ανάλογα πάντα με τις απαιτήσεις και το μέγεθος της εκάστοτε μονάδας σπογγοβολής. Έτσι προκύπτει η ανάγκη πριν την χρήση της μονάδας να έχει επιλεγεί ο κατάλληλος αεροσυμπιεστής καθώς αυτός καθορίζει την επιλογή του μεγέθους του υπολοίπου συστήματος καθώς και τον χρόνο ολοκλήρωσης της διαδικασίας αποχρωμάτισης ή καθαρισμού.



Εικόνα 1111. Ενδεικτική φωτογραφία τάξης μεγέθους αεροσυμπιεστή με κινητήρα diesel. Πηγή: <https://gr.bossgoo.com/product-detail/portable-air-compressor-trailer-for-drilling-53794809.html>

6.1.2 Μονάδα τροφοδοσίας (Feed Unit)

Η αρχή λειτουργίας της μονάδας τροφοδοσίας του αποξεστικού υλικού με σφουγγάρι, είναι σχεδόν ίδια με των μονάδων που χρησιμοποιούν άμμο ως αποξεστικό μέσο (Εικόνα 12). Το σφουγγάρι τοποθετείται από τον χειριστή ή έτερο χειριστή στην πάνω μεριά του δοχείου πίεσης, το οποίο χωρίζεται με ένα διάφραγμα σε δυο διαμερίσματα. Στο διάφραγμα είναι προσαρτημένη μια βαλβίδα πίεσης η οποία λειτουργεί σαν «διακόπτης», όταν ανέβει η πίεση στο κάτω μέρος ανυψώνεται το διάφραγμα και απομονώνονται τα δυο διαμερίσματα. Ο υπό πίεση αέρας που εισέρχεται στο κάτω διαμέρισμα, αφού περάσει πρώτα από ένα φίλτρο κατακράτησης υγρασίας, συμπαρασύρει τα σπογγίδια και μέσω ενός αξονικού κοχλία τροφοδοτεί τους ελαστικούς σωλήνες. Παράλληλα στο κάτω διαμέρισμα υπάρχουν περιστρεφόμενες αλυσίδες οι οποίες με την περιστροφική κίνηση, η οποία προέρχεται από ένα μικρό πνευματικό κινητήρα, αποτρέπουν την προσκόλληση των σπογγιδίων στις πλευρές των τοιχωμάτων του δοχείου πίεσης και εξασφαλίζουν την απρόσκοπτη ροή τους (Εταιρικά δεδομένα αντιπροσωπείας Sponge jet, www.spongejet.gr).



Εικόνα 1212. Απεικόνιση τυπικής διάταξης, και διάταξη σε τομή μονάδας τροφοδοσίας σπογγιδίων. Πηγή: https://www.spongejet.com/wp-content/uploads/2013/03/85L_150L_240L_240XL_Feed_Unit_Manual_eng.pdf

6.1.3 Αποξεστικό υλικό (σφουγγάρι)

Τα σπογγίδια εμπεριέχουν δεσμευμένα με χημική διεργασία ορυκτά τα οποία έχουν το ρόλο του αποξεστικού υλικού. Τα σπογγίδια μπορούν να ανακυκλωθούν και με αυτό τρόπο να ελαχιστοποιήσουν τα απόβλητα που παράγονται κατά τον καθαρισμό των μεταλλικών επιφανειών. Αντίθετα με τα συνήθη αποξεστικά (π.χ. άμμος), τα οποία εκτοξεύονται σε μεγάλες αποστάσεις μετά τη προσκρούσή τους στην επιφάνεια διατηρώντας σημαντική ενέργεια παραμένουσα, τα σπογγίδια κάνουν μεταφορά της ενέργειά τους πάνω στην επιφάνεια αφού γίνονται επίπεδα και στην ουσία το ίδιο το σφουγγάρι απορροφάει την κινητική ενέργεια από την επαφή με την προς καθαρισμό επιφάνεια. Από αυτές τις ιδιότητες προκύπτουν τα βασικά πλεονεκτήματα που αφορούν τη χρήση των σπογγιδίων στην ψηγματοβολή, τα οποία είναι: η με εκπομπή σκόνης, η σημαντική μείωση των αποβλήτων στο σημείο που διεξάγονται οι εργασίες, ο μικρότερος αριθμός εργαζομένων και η μείωση απαιτήσεων για επιπλέον εγκαταστάσεις.

Για την τεχνική αυτή χρησιμοποιούνται εννέα (9) τύποι συνθετικών πολυμερών σπογγιδίων από πορώδη ουρεθάνη, αναλόγως την εφαρμογή (Εικόνα13). Η επιλογή γίνεται σύμφωνα με το υλικό και την κατάσταση της προς καθαρισμό επιφάνειας. Τα σπογγίδια, με την υδρόφιλη ιδιότητα τους, είναι κατασκευασμένα ώστε να απορροφούν και να δεσμεύουν τα απόβλητα κατά την ψηγματοβολή της επιφάνειας και να τα μεταφέρουν μακριά αφήνοντας την επιφάνεια καθαρή. Με αυτό το τρόπο το παραμένον απόβλητο είναι εύκολο στην συλλογή και ανακυκλωσή του και στη συνέχεια απόθεση. Τα σπογγίδια έχουν χημικώς δεσμευμένα μέσα τους αποξεστικά ορυκτά υλικά, που κατηγοριοποιούνται ως εξής:

Πράσινα σπογγίδια

Στη βιομηχανία χρησιμοποιούνται για καθαρισμό επιφανειών από λάδια διάφορες λιπαντικές ουσίες, υδραυλικών μηχανημάτων και μνημείων από μεταλλικές, πέτρινες και μαρμάρινες επιφάνειες. Στη ναυπηγοεπισκευαστική βιομηχανία βρίσκουν εφαρμογή στο καθαρισμό διάφορων μηχανημάτων και εξοπλισμού όπως βαρούλκα, ανυψωτικά μηχανήματα, ηλεκτρικές μηχανές, τα καταστρώματα και μεταλλικών επιφανειών. Η μικροτραχύτητα (προφίλ) που δίνουν στην επιφάνεια είναι μεταξύ 0-10 μm.

Καφέ σπογγίδια

Έχουν δεσμευμένο σταυρόλιθο. Τα σπογγίδια αυτού του τύπου είναι αποτελεσματικά για επεξεργασία επιφανειών ελαφρά έως μέτρια οξειδωση, σε επιφάνειες με έντονη διάβρωση και σε βαφές. Τα καφέ σπογγίδια είναι ιδανικά για τη δημιουργία μικροτραχύτητας στην επιφάνεια με παλιό χρώμα πριν την επαναβαφή της αυξάνοντας την πρόσφυση του νέου χρώματος. Επιτυγχάνουν στην επιφάνεια τραχύτητα της τάξης των 25μm. Στη ναυπηγοεπισκευαστική βιομηχανία βρίσκουν εφαρμογή στο καθαρισμό μεγάλων κατασκευών και καταστρωμάτων.

Κίτρινα σπογγίδια

Τα κίτρινα σπογγίδια έχουν δεσμευμένο γρανάτη. Επιτυγχάνουν μικροτραχύτητα της τάξης 50–75μm.

Η χρήση τους είναι ιδανική για την αφαίρεση χρώματος από τις μεταλλικές επιφάνειες.

Αργυρά σπογγίδια

Έχουν δεσμευμένο οξείδιο του αλουμινίου και επιτυγχάνουν υψηλό βαθμό παραγωγικότητας. Η μικροτραχύτητα που δημιουργούν στην επιφάνεια είναι μεταξύ 50 – και 75μm.

Έχουν εφαρμογή στην αφαίρεση χρώματος από τις μεταλλικές επιφάνειες και τον καθαρισμό δεξαμενών.

Κόκκινα σπογγίδια

Τα κόκκινα σπογγίδια έχουν στο εσωτερικό τους δεσμευμένα ψήγματα σιδήρου (grit). Η μικροτραχύτητα επιτυγχάνουν είναι μεταξύ 75 - 100μm. Είναι αποτελεσματικά στην αφαίρεση της καλαμίνιας, τη βαριά οξειδωση και στις περιπτώσεις όπου η προστατευτική επίστρωση έχει εφαρμοστεί με πολύ καλή πρόσφυση από την επιφάνεια.

Μπλε σπογγίδια

Αυτό το προϊόν έχει σχεδιαστεί για απομάκρυνση και απορρόφηση ρύπων και υγρασίας χωρίς να προκαλεί ενεργειακή βλάβη σε ευαίσθητα υποστρώματα. Χρησιμοποιείται μόνο για καθαρισμό και όχι για τη δημιουργία προφίλ στην επιφάνεια.

Σπογγίδια γρανίτη

Τα σπογγίδια αυτά είναι εμποτισμένα με γρανίτη για τη δημιουργία προφίλ σε επιφάνειες από σκυρόδεμα, μέταλλα και άλλα υλικά. Δυνατότητα προφίλ 25-100 μ.

Λευκά σπογγίδια

Είναι εμπλουτισμένα με σφαιρίδια ανθρακικού ασβεστίου και χρησιμοποιούνται κυρίως για καθαρισμό. Δυνατότητα μικροτραχύτητας 0-10 μ.

Λευκά σπογγίδια εμποτισμένα με γυάλινα μικροσφαιρίδια.

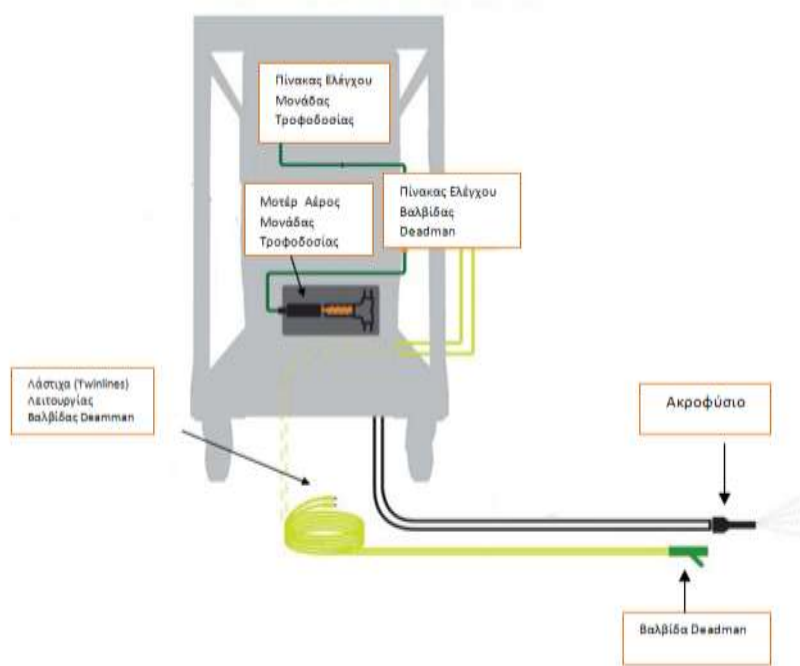
Χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία επιφανειών μαλακών κραμάτων και για την απομάκρυνση επίστρωσης χαμηλής πρόσφυσης. Το σφουγγάρι είναι εμποτισμένο με γυάλινα σφαιρίδια για να γυαλίσει και να χαράζει ελαφρώς μέταλλα και άλλα μαλακά υλικά. Δυνατότητα μικροτραχύτητας 0-10 μ.



Εικόνα 1313. Απεικόνιση των διαφόρων τύπων σπογγιδίων. Πηγή: <https://www.spongejet.com/>

6.1.4 Ακροφύσιο – σωλήνες

Οι ελαστικοί σωλήνες είναι εξίσου σημαντικοί για την ορθή λειτουργία του συστήματος. Μέσω αυτών γίνεται η μεταφορά των σπογγιδίων, που συμπαρασέρνονται από την μονάδα τροφοδοσίας στο ακροφύσιο, από τον υπό πίεση αέρα. Ενώνονται με την μονάδα τροφοδοσίας με αυτοκούμπωτους ταχυσυνδέσμους και έχουν διάμετρο $\frac{1}{4}$ της ίντσας και πρέπει να είναι ικανοί να αντέξουν την μεγάλη πίεση και παράλληλα να αντέχουν τις τριβές στο τραχύ, συνήθως, και δύσκολο περιβάλλον εργασίας. Είναι κατασκευασμένοι από ενισχυμένο καουτσούκ και ένα συγκριτικό πλεονέκτημα σε σχέση με τους σωλήνες της αμμοβολής είναι ότι δεν επηρεάζονται από την τυχόν διαφορά ύψους μεταξύ της μονάδας τροφοδοσίας και του σημείου που λαμβάνει χώρα η ψηγματοβολή λόγω του μικρότερου ειδικού βάρους των σπογγιδίων. Επίσης το έκταμα των ελαστικών σωλήνων μπορεί να φτάσει μέχρι και 91 m (Εταιρικά δεδομένα, αντιπροσωπείας Sponge jet, www.spongejet.gr).



Εικόνα 1414. Σχηματική απεικόνιση (μετά από επεξεργασία), δικτύου αέρος ακροφυσίου και βαλβίδας deadman. Πηγή: <https://www.spongejet.com/>

Στο ακροφύσιο καταλήγει το κύκλωμα και είναι αυτό που χρησιμοποιεί ο χειριστής για να εκτελέσει την αποχρωμάτιση ή τον καθαρισμό της επιφάνειας (Εικόνα 14). Είναι κατασκευασμένο από σκληρό πλαστικό με διατομή μικρότερη από τις σωλήνες μεταφοράς. Αυτό συμβαίνει για να επιτευχθεί μεγαλύτερη ταχύτητα εκτόξευσης. Επίσης είναι εξοπλισμένο με μια, πνευματικής λειτουργίας, βαλβίδα (Εικόνα 15) (Deadman's valve). Η βαλβίδα επιτρέπει την ψηγματοβολή, όσο ο χειριστής την κρατάει πατημένη, ενώ η απελευθέρωσή της διακόπτει την παροχή αέρα και αποξεστικού υλικού. Η βαλβίδα αυτή προσαρμόζεται πάνω στο ακροφύσιο ενώ για να μπορέσει να λειτουργήσει απαιτείται η σύνδεσή της με την παροχή του πεπεισμένου αέρα του συστήματος, η οποία επιτυγχάνεται με παράλληλους ελαστικούς σωλήνες (Twinlines) προσαρτημένους πάνω στους σωλήνες μεταφοράς του αποξεστικού μέσου (Εταιρικά δεδομένα αντιπροσωπείας sponge jet, www.spongejet.gr).



Εικόνα 1515. Βαλβίδα Deadman. Πηγή: <https://www.raptorblastingsolutions.com/product/g2-deadman/>

6.1.5 Μονάδα ανακύκλωσης (Recycler)

Η μονάδα ανακύκλωσης χρησιμοποιείται για την αφαίρεση μεγάλων υπολειμμάτων και κονιοποιημένων καταλοίπων από τα αφρώδη μέσα καθαρισμού μετά από κάθε χρήση (Εικόνα 16). Τα χρησιμοποιημένα μέσα συλλέγονται και τοποθετούνται σε ένα σύστημα κοσκίνων. Με τη δόνηση και με τη βοήθεια της φυγόκεντρου δύναμης, τα κόσκινα κατατάσσουν τα χρησιμοποιούμενα μέσα ανάλογα με την κοκκομετρία τους. Μεγάλου μεγέθους προσμείξεις, όπως νιφάδες μπογιάς, σωματίδια σκουριάς, κλπ., συλλέγονται στο ανάλογο κόσκινο. Τα επαναχρησιμοποιήσιμα αφρώδη μέσα συλλέγονται στο αντίστοιχου μεγέθους κόσκινο. Η σκόνη και τα λεπτότερα σωματίδια πέφτουν διαμέσου των κοσκίνων και συλλέγονται τελικά για διάθεση. Μετά την ταξινόμηση, τα επαναχρησιμοποιήσιμα αφρώδη μέσα μπορούν να τοποθετηθούν αμέσως στη μονάδα τροφοδοσίας.



Εικόνα 1616. Σχηματική απεικόνιση σε τομή τυπικής διάταξης συστήματος κοσκίνων. Πηγή: <https://www.spongejet.com/>

6.2 Εφαρμογές της Σπογγοβολής στη Διεθνή Βιομηχανία

Κτίρια , Υποδομές και εξοπλισμό

Οι εργολάβοι και οι Επαγγελματίες Επίστρωσης χρησιμοποιούν τη σπογγοβολή για τον καθαρισμό επιφανειών και την αφαίρεση υποστρωμάτων για την εφαρμογή νέων επιχρισμάτων , καθαρισμός για απομάκρυνση σκουριάς από επιφάνειες σε :

- Κτίρια & Κατασκευές
- Εφαρμογές στο καθαρισμό θαλάσσιων σωλήνων & αγωγών
- Διαρθρωτικό χάλυβα
- Καθαρισμός Επιχειρησιακού εξοπλισμού (καθαρισμός από λάδια, γράσο κτλ.)
- Γέφυρες και σήραγγες (καθαρισμός)
- Στάδια
- Ιδρύματα (Σχολεία, Νοσοκομεία, Μουσεία)

Αποκατάσταση κτιρίων και ιστορικών μνημείων

Η τεχνική της σπογγοβολής επιλέγεται από επαγγελματίες εργολάβους για τον καθαρισμό και την απομάκρυνση των επιφανειακών ρύπων από ευαίσθητα υποστρώματα όπως:

- Κασσίτερος, χαλκός, ορείχαλκος, χρυσός και άλλα μέταλλα
- Καθαρισμός υποστρωμάτων σε πέτρα, μάρμαρο και τοιχοποιία
- Απομάκρυνση περιβαλλοντικών ρύπων
- Αφαίρεση γκράφιτι
- Εφαρμογή στο καθαρισμό Πέτρας
- Εφαρμογή στο Ξύλο

Η δυνατότητα επιθεώρησης των εργασιών με σπογγοβολή είναι ευκολότερη και σε πραγματικό χρόνο. Οι υπεύθυνοι του έργου μπορούν να παρατηρήσουν τον καθαρισμό της επιφάνειας σε πραγματικό χρόνο για καλύτερο έλεγχο του έργου τους.

Χημική και Πετροχημική βιομηχανία

Λόγω της ιδιότητας των σπογγιδίων να παρέχουν “στεγνό” καθαρισμό χωρίς την εκπομπή σκόνης αλλά και λόγω της επαναχρησιμοποίησής τους η Χημική και Πετροχημική Βιομηχανία επωφελείται αρκετά.

Όλα τα παραπάνω επιτρέπουν στους χρήστες να λειτουργούν εφαρμόζοντας σπογγοβολή χωρίς να διαταράσσουν τις κανονικές λειτουργίες και τη παραγωγή των βιομηχανιών.

Θαλάσσια βιομηχανία

Όπως έχει προαναφερθεί οι ψηγματοβολές βρίσκουν μεγάλο πεδίο εφαρμογής στη Ναυτιλία. Απ’ τις βασικότερες εργασίες συντήρησης των πλοίων είναι ο καθαρισμός της γάστρας από στρειδώνια και η απομάκρυνση του παλαιού υποστρώματος βαφής για την εφαρμογή του νέου. Τα πλεονεκτήματα της εφαρμογής της σπογγοβολής στην εν λόγω εργασία δεν έχουν εκτιμηθεί ιδιαίτερα στην Ελλάδα.

Παρόλο που η ποιότητα η οποία παρέχει η τεχνική της σπογγοβολής είναι αρκετά καλύτερη επιλέγεται η τεχνική της αμμοβολής, της υδροβολής ή της υδροαμμοβολής. Οι τρεις αυτές τεχνικές παρόλο που προσφέρουν το επιθυμητό αποτέλεσμα και είναι αρκετά πιο οικονομικές για τους πλοιοκτήτες δημιουργούν τεράστιες ποσότητες αποβλήτων προς διαχείριση των οποίων η κατάληξη είναι αμφιλεγόμενη .

Η σπογγοβολή δεν θεωρείται οικονομικά συμφέρουσα σε σύγκριση με της παραδοσιακές μεθόδους. Το κόστος επένδυσης εξοπλισμού για την εφαρμογή της σε τόσο μεγάλες επιφάνειες είναι αρκετά μεγαλύτερο από αυτό της αμμοβολής η της υδροαμμοβολής. Λόγω όμως της δυνατότητάς επαναχρησιμοποίησης έως και 7 με 8 φορές του υλικού απομένει σημαντικά μικρότερη ποσότητα αποβλήτων προς διαχείριση και παράλληλα δεν αποτελεί κίνδυνο για την υγεία του εργαζομένου.

Η σπογγοβολή μπορεί να εφαρμοστεί σε σημεία που η αμμοβολή δεν είναι δυνατόν όπως:

- Περιορισμένους χώρους
- Χώρους με μηχανικό εξοπλισμό
- Μηχανοστάσια
- Για καθαρισμό σε πόρτες και καταπακτές

Για όλες βέβαια τις παραπάνω εφαρμογές όπως και στο πλοίο όπως και στις άλλες βιομηχανίες η εφαρμογή σπογγοβολής απαιτεί την απαραίτητη προετοιμασία και προσαρμογή του χώρου.

Συντήρηση στρατιωτικού εξοπλισμού

Καθώς ο στρατιωτικός εξοπλισμός πρέπει να είναι σε ετοιμότητα ανά πάσα στιγμή η πρόληψη της διάβρωσης αποτελεί προτεραιότητα για τη συντήρηση του εξοπλισμού (www.spongejet.gr).

Η σπογγοβολή με την επιλογή κατάλληλου σπογγιδίου μπορεί να προετοιμάσει τις περισσότερες επιφάνειες των Πολεμικών πλοίων , αεροσκαφών, οχημάτων, βαρέου εξοπλισμού και οπλισμού αποτελούνται από (Εταιρικά δεδομένα αντιπροσωπείας Sponge jet, www.spongejet.gr):

- Προηγμένα υλικά & θωρακισμένες πλάκες
- Αλουμίνιο
- Μπρούντζος
- Ορείχαλκος
- Super duplex
- Ανοξείδωτο ασάλι
- Σύνθετα
- Fiberglass
- Χάλυβας και κράματα υψηλής αντοχής

Η επίτευξη το δυνατόν καλύτερης εφαρμογής επιχρίσματος στην επιφάνεια εξαρτάται από το προφίλ της επιφάνειας που θα δημιουργηθεί κατά τη προετοιμασία της (Εταιρικά δεδομένα αντιπροσωπείας Sponge jet, www.spongejet.gr).

Βιομηχανία ενέργειας

Με τη σπογγοβολή επιτυγχάνεται η επίτευξη κατάλληλης επιφάνειας που απαιτείται για τη μέγιστη πρόσφυση επιχρίσματος υψηλής απόδοσης για τη συντήρηση σε (www.spongejet.gr):

- Λέβητες, συμπυκνωτές και κουτιά νερού
- Μονάδες ανάκτησης θερμότητας
- Στοιβες λέβητα και καμινάδες
- Τουρμπίνες
- Γραμμές ψύξης & νερού ψύξης
- Περιορισμένοι χώροι
- Αντλίες, βαλβίδες

Απολύμανση πυρηνικών και άλλων επικίνδυνων υλικών

Καθαρισμός και απομάκρυνση επιχρισμάτων στις Ανεμογεννήτριες

Βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου

Η Βιομηχανία Πετρελαίου και φυσικού Αερίου θεωρείται ζωτικής σημασίας καθώς πρέπει να συντηρείται για να εξασφαλιστεί η συνεχής και απρόσκοπτη λειτουργία τους.

Η σπογγοβολή βρίσκει σημαντική εφαρμογή καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς τη διακοπή των γειτονικών εργασιών και λειτουργιών εξ αιτίας του πλεονεκτήματος του στεγνού καθαρισμού χωρίς την εκπομπή σκόνης. Η σπογγοβολή χρησιμοποιείται (*Εταιρικά δεδομένα αντιπροσωπείας Sponge jet, www.spogejet.gr*):

- Κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας της βιομηχανικής μονάδας
- Δίπλα σε ειδικευμένο και κρίσιμο εξοπλισμό
- Καθαρισμό δεξαμενών και αποθήκευσης
- Καθαρισμός Απολύμανση Εξοπλισμού
- Σωλήνες & Αγωγούς από δομικό χάλυβα
- Σε εύφλεκτο περιβάλλον

Βιομηχανία νερού και επεξεργασία λυμάτων

Η σπογγοβολή χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό, την αφαίρεση σκουριάς και βιομηχανικών επικαλύψεων για την προετοιμασία επιφανειών για εφαρμογή επιχρίσματος σε:

- Εσωτερικοί / εξωτερικοί σωλήνες, δεξαμενές, τοίχοι και οροφές
- Δεξαμενές, βαρέλια
- Περιοχές προ-επεξεργασίας, δευτεροβάθμιας και πρωτοβάθμιας επεξεργασίας
- Αντλιοστάσια
- Λεκάνες αερισμού, φίλτρα, κανάλια νερού και βιολογικοί αντιδραστήρες
- Καθαρισμός λεκανών (π.χ. κροκίδωση, άμμος, αερισμός, προ-καθίζηση και καθίζηση)
- Ξύλο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Το αντικείμενο του παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας αφορά τη διερεύνηση της μεθόδου της σπογγοβολής, καθώς και τη μελέτη των σπογγιδίων που χρησιμοποιούνται ως αποξεστικό υλικό. Επιπλέον, γίνεται σύγκριση των μεθόδων που χρησιμοποιούνται παραδοσιακά στη ευρύτερη βιομηχανία με αυτή της σπογγοβολής. Συγκεκριμένα, έγινε αξιολόγηση των πλεονεκτημάτων της σπογγοβολής, έναντι των γνωστών μεθόδων της ψηγματοβολής και της υδροβολής, καθώς και των περιβαλλοντικών, οικονομικών και κοινωνικών επιπτώσεων, που επιφέρει η χρήση της, ~~καθώς επίσης η υγιεινή και η ασφάλεια των εργαζομένων.~~

Λόγω ερευνητικού ελλείματος σχετικά με την μέθοδο τη σπογγοβολής δεν έχουν συλλεχθεί και δεν έχουν παρατεθεί πειραματικά δεδομένα ώστε να γίνει επιστημονικά τεκμηριωμένη σύγκριση μεταξύ των μεθόδων σπογγοβολής, ψηγματοβολής και υδροβολής (Ομάδα, Ναυπηγών ΕΜΠ, Ερευνητική πρόταση ΕΣΠΑ, 2009).

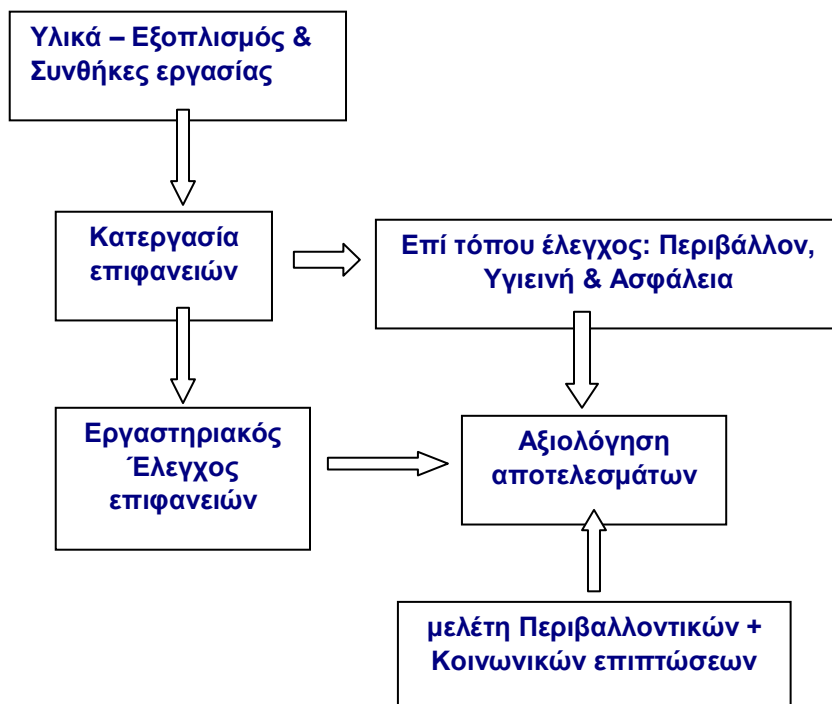
Για τον παραπάνω λόγω προτείνεται να ερευνηθεί η τεχνική της σπογγοβολής ως προς τους παρακάτω σημαντικούς τομείς:

- Εκπομπή σκόνης η οποία είναι επιβλαβής για τον άνθρωπο και το περιβάλλον
- Επαναχρησιμοποίηση αποξεστικού μέσου
- Αξιολόγηση των διαφόρων σπογγιδίων ως προς την αποτελεσματικότητά τους για την απομάκρυνση της ανάλογης ύλης
- Τελική απομένουσα ποσότητα για διαχείριση
- Ως προς τη δυνατότητα εφαρμογής και σε κλειστούς χώρους
- Ως προς τη προστασία της επεξεργαζόμενης επιφάνειας ή εξοπλισμού
- Ακρίβεια καθαρισμού
- Ως προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις
- Ασφάλεια για την υγεία των εργαζομένων

7.1 Προτεινόμενη πειραματική μέθοδος

Για τη περαιτέρω πειραματική διερεύνησή της σπογγοβολής προτείνεται η συλλογή πειραματικών δεδομένων από ελεγχόμενο περιβάλλον στο οποίο θα γίνει καθαρισμός επιφανειών, αποτελούμενων από διάφορα υλικά με τη μέθοδο της σπογγοβολής (Εικόνα 8).

Ο καθαρισμός της επιφάνειας των υλικών αυτών θα γίνει με κατάλληλα επιλεγμένα μηχανήματα σπογγοβολής (μελετώντας και την επίδραση διαφορετικών σπογγιδίων). Η εφαρμογή θα πραγματοποιηθεί τόσο σε κλειστό χώρο, ώστε οι συνθήκες διεξαγωγής να είναι ελεγχόμενες και ως επί το πλείστον δυσμενείς, όσο και σε ανοιχτό χώρο, ώστε οι συνθήκες να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στην πραγματικότητα. Επί τόπου, θα γίνουν μετρήσεις που θα αφορούν στη σκόνη, στο θόρυβο και στις δονήσεις από τον χρησιμοποιούμενο εξοπλισμό. Οι επιφάνειες, οι οποίες θα καθαριστούν, θα υποβληθούν σε εργαστηριακές μετρήσεις (Ομάδα, Ναυπηγών ΕΜΠ, Ερευνητική πρόταση ΕΣΠΑ, 2009).



Εικόνα 179 Σχηματική απεικόνιση μεθοδολογίας(Ομάδα, Ναυπηγών ΕΜΠ, Ερευνητική πρόταση ΕΣΠΑ, 2009)

Τα αναμενόμενα αποτελέσματα θα χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση και σύγκριση τόσο των τεχνικών όσο και των τεχνοοικονομικών χαρακτηριστικών των τριών τεχνικών καθαρισμού, και κυρίως αυτών της σπογγοβολής και η διάχυση των αποτελεσμάτων της αξιολόγησης στον ελληνικό κατασκευαστικό χώρο. Η τεχνική της σπογγοβολής μπορεί να βρει εφαρμογές σε τομείς όπως: η συντήρηση γεφυρών, η αεροπορία, η αποκατάσταση έπειτα από πυρκαγιά, η συντήρηση και προστασία ιστορικών κτιρίων και αρχαιολογικών μνημείων (τεράστιας σημασίας για την πολιτιστική μας κληρονομιά), ο καθαρισμός επιφανειών από παλαιά χρώματα, επικαλύψεις και επιχρίσματα, οι ναυτιλιακές και παράκτιες εργασίες, ο καθαρισμός βιοδιαβρωμένων επιφανειών (μούχλα, μύκητες, κλπ.) και άλλοι. Η μέθοδος αυτή φιλοδοξεί να καθαρίζει όλες τις παραπάνω επιφάνειες χωρίς προβλήματα για τους εργαζόμενους και το κοινό (Ομάδα, Ναυπηγών ΕΜΠ, Ερευνητική πρόταση ΕΣΠΑ, 2009).

Η προτεινόμενη πειραματική μέθοδος θα χωριστεί σε 4 ενότητες:

Ενότητα 1^η

Σκοπός της πρώτης ενότητας θα είναι ο ορισμός των συνθηκών εργασίας και η εφαρμογή της Σπογγοβολής πάνω στις επιφάνειες των επιλεγμένων υλικών. Οι επί τόπου παρατηρήσεις θα οδηγήσουν σε συμπεράσματα όσον αφορά τη Σπογγοβολή, τις συνθήκες κατά την εφαρμογή και στην οπτική παρατήρηση της τελικής επιφάνειας. Τέλος, σκοπός της ενότητας είναι και η δημιουργία “καθαρισμένων” επιφανειών, οι οποίες στην συνέχεια θα αποτελέσουν αντικείμενο εργαστηριακής μελέτης.

Με βάση τα παραπάνω, η παρούσα ενότητα εργασίας χωρίζεται σε τρεις επιμέρους υπο-ενότητες.

Η 1^η υπο-ενότητα αφορά την επιλογή των υλικών των επιφανειών που θα καθαριστούν, του εξοπλισμού, της πρώτης ύλης (είδος σπογγιδίων) και του χώρου στον οποίο θα πραγματοποιηθεί η κατεργασία των επιφανειών.

Η 2^η υπο-ενότητα αφορά την προετοιμασία των δοκιμών (διαστάσεις – ποιότητα επιφάνειας). Θα ληφθούν τμήματα από κάθε επιφάνεια, ώστε να έχουν κοινή προέλευση και να έχουν υποστεί κοινή κατεργασία. Με τον τρόπο αυτό θα διασφαλιστεί η συγκριτική αξιολόγηση των τριών μεθόδων καθαρισμού που εξετάζονται στο προτεινόμενο πείραμα.

Τέλος, η 3^η υπο-ενότητα αφορά στην κατεργασία των επιφανειών με τη μέθοδο της σπογγοβολής, από ειδικευμένο προσωπικό.

Στόχος αυτής της ενότητας εργασίας είναι τόσο η περιγραφή - καταγραφή ολόκληρης της διαδικασίας του επί τόπου καθαρισμού μίας επιφάνειας με τη μέθοδο της Σπογγοβολής: (πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ως προς τους χειριστές και το γύρω περιβάλλον), όσο και η δημιουργία των επεξεργασμένων επιφανειών που θα αξιολογηθούν, στη δεύτερη ενότητα εργασίας, ως προς τα χαρακτηριστικά τους.

Ενότητα 2^η

Σκοπός της δεύτερης ενότητας εργασίας είναι η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη χρήση της Σπογγοβολής, καθώς και η διασφάλιση της υγείας και της ασφάλειας των εργαζομένων.

Πιο συγκεκριμένα, για τον έλεγχο περιβάλλοντος – υγιεινής και ασφάλειας της εργασίας, θα πραγματοποιηθούν επί τόπου (στο χώρο των εργασιών καθαρισμού) μετρήσεις, που θα αφορούν στη σκόνη (αιωρούμενα σωματίδια), το θόρυβο και τις δονήσεις που προέρχονται από την εφαρμογή της Σπογγοβολής.

Η μέτρηση της σκόνης θα πραγματοποιηθεί με τη μέθοδο της δειγματοληψίας με αντλία, φίλτρα και ζυγαριά πολύ μεγάλης ακριβείας, η οποία θεωρείται ως η πλέον διαδεδομένη μέθοδος μέτρησης αιωρούμενων σωματιδίων ή/και με χρήση αντίστοιχης μεθόδου μέτρησης σκόνης (π.χ. ηλεκτρονικά). Στη συνέχεια, θα γίνει προσπάθεια ποσοτικού ελέγχου, δηλαδή θα πραγματοποιηθεί χημική ανάλυση των αιωρούμενων σωματιδίων που συλλέχτηκαν για μεταλλοκατιόντα (νικέλιο, μόλυβδος, κάδμιο, χρώμιο κλπ.) σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο EPA και εφόσον το επιτρέπουν τα όρια ευαισθησίας των οργάνων που θα χρησιμοποιηθούν.

Η μέτρηση επιπέδων θορύβου θα πραγματοποιηθεί με ηχοδοσίμετρο (μετρητής δόσης θορύβου). Τα αποτελέσματα θα συγκριθούν με τις απαιτήσεις της εργατικής νομοθεσίας, οι οποίες αφορούν στην ημερήσια ατομική ηχοέκθεση των εργαζομένων.

Η μέτρηση δονήσεων (κραδασμών) θα πραγματοποιηθεί με χρήση ειδικού οργάνου, μικρών διαστάσεων και βάρους, για να μπορεί να προσαρμοστεί εύκολα στη ζώνη ή στην τσέπη του εργαζόμενου κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Με τον τρόπο αυτό θα ληφθούν μετρήσεις δονήσεων κατά τους τρεις άξονες x, y, z και θα υπολογιστεί η συνισταμένη τους.

Παράλληλα, στην παρούσα ενότητα εργασίας, θα πραγματοποιηθεί μέτρηση του βάρους των «καθαριστικών» υλικών τροφοδοσίας (σπογγίδια), ώστε να γίνει μία πρώτη σύγκριση της ποσότητας που απαιτείται για τον καθαρισμό μίας συγκεκριμένης επιφάνειας. Αντίστοιχα, θα

πραγματοποιηθεί μέτρηση του βάρους των αποβλήτων της μεθόδου, μέγεθος που σχετίζεται άμεσα με το περιβάλλον και την προστασία του.

Στόχος της δεύτερης ενότητας εργασίας είναι η διασφάλιση της υγείας και της ασφάλειας των εργαζομένων, στο χώρο του καθαρισμού μεγάλων επιφανειών. Μετά το πέρας των μετρήσεων θα προταθούν μέτρα ασφάλειας και υγιεινής της εργασίας. Οι μετρήσεις των απαιτούμενων ποσοτήτων για κάθε τεχνική καθαρισμού είναι ένα σημαντικό οικονομικό μέγεθος σε όλα τα έργα καθαρισμού επιφανειών στη βιομηχανία. Το ίδιο και οι μετρήσεις των αποβλήτων μετά το πέρας της κάθε μεθόδου. Οι τελευταίες έχουν σημαντικό αντίκτυπο και στο περιβάλλον.

Ενότητα 3^η

Η τρίτη ενότητα εργασίας αφορά στον εργαστηριακό έλεγχο της επιφάνειας των υλικών που θα έχουν καθαριστεί κατά την πρώτη ενότητα εργασίας και στην αξιολόγηση των μεθόδων καθαρισμού με βάση την αποτελεσματικότητά τους.

Η αξιολόγηση οποιασδήποτε μεθόδου καθαρισμού βασίζεται στην ποιότητα της τελικής επιφάνειας (μετά το πέρας της κατεργασίας). Παρόλο που κάτω από τον όρο «ποιότητα επιφάνειας» εννοούνται τα γεωμετρικά, φυσικά, χημικά και κρυσταλλογραφικά χαρακτηριστικά της κατεργασμένης επιφάνειας, στην πράξη ο όρος έχει ταυτιστεί με τη διαστατική ακρίβεια και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά (μορφολογία, τραχύτητα) της κατεργασμένης επιφάνειας.

Στην παρούσα ενότητα εργασίας, οι επιφάνειες, που θα έχουν υποστεί καθαρισμό, θα κοπούν κατάλληλα ώστε να ληφθούν δείγματα, τα οποία θα αποτελέσουν αντικείμενο περαιτέρω εργαστηριακής μελέτης.

Για τη μελέτη των δειγμάτων θα χρησιμοποιηθούν τα παρακάτω όργανα και τεχνικές:

- α) Προφίλομετρία για τον έλεγχο της τοπογραφίας της επιφάνειας του δείγματος.
- β) Στερεοσκοπία για την παρατήρηση της επιφάνειας του δείγματος.
- γ) Σκληρομέτρηση για τον έλεγχο της σκληρότητας της επιφάνειας του δείγματος.
- δ) Ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης για τη μορφολογική παρατήρηση της επιφάνειας των δειγμάτων.
- ε) Δοκιμές πρόσφυσης επικαλύψεων για τον έλεγχο της συνάφειας μεταξύ βαφής και υποστρώματος.
- στ) Υγρή χρωματογραφία για τον πιθανό εντοπισμό πετρελαιοειδών καταλοίπων έπειτα από την κατεργασία καθαρισμού ελασμάτων πλοίων.

Επειδή η κατάσταση μιας επιφάνειας μετά το τέλος του καθαρισμού της είναι ουσιαστικά και το πλέον βασικό κριτήριο επιλογής της τεχνικής καθαρισμού, στόχος της συγκεκριμένης ενότητας εργασίας είναι η προσεχτική μελέτη των επιφανειών που υπέστησαν καθαρισμό με τις διάφορες τεχνικές, ούτως ώστε να μπορέσουν να διεξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα για την αποτελεσματικότητα όλων των τεχνικών που χρησιμοποιήθηκαν.

Ενότητα 4^η

Η τέταρτη ενότητα εργασίας αφορά τη συνολική αξιολόγηση τόσο του αποξεστικού μέσου (σπογγίδια) όσο και της τεχνικής της σπογγοβολής, έναντι των δύο άλλων παραδοσιακών τεχνικών καθαρισμού, με τεχνικά, οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά κριτήρια.

Επομένως, στόχος της παρούσας ενότητας εργασίας είναι η ολοκληρωμένη αξιολόγηση της μεθόδου της σπογγοβολής, ως προς τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει, έναντι των δύο άλλων μεθόδων καθαρισμού (αμμοβολή, υδροβολή). Για τον λόγο αυτό, πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική έρευνα του αντικειμένου καθαρισμού των επιφανειών με τις παραδοσιακές μεθόδους καθώς και με τα παραδοσιακά αποξεστικά υλικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η τεχνική της σπογγοβολής μπορεί να βρει εφαρμογές σε τομείς όπως: η συντήρηση γεφυρών, η αεροπορία, η αποκατάσταση έπειτα από πυρκαγιά, η συντήρηση και προστασία ιστορικών κτιρίων και αρχαιολογικών μνημείων (τεράστιας σημασίας για την πολιτιστική μας κληρονομιά), ο καθαρισμός επιφανειών από παλαιά χρώματα, επικαλύψεις και επιχρίσματα, οι ναυτιλιακές και παράκτιες εργασίες, ο καθαρισμός βιοδιαβρωμένων επιφανειών (μούχλα, μύκητες, κλπ.) και άλλοι. Η μέθοδος αυτή φιλοδοξεί να καθαρίζει όλες τις παραπάνω επιφάνειες χωρίς προβλήματα για τους εργαζόμενους και το κοινό.

- Έχει τεκμηριωθεί επιστημονικά ότι η παραδοσιακές μέθοδοι καθαρισμού επιφανειών ψηγματοβολής και υδροβολής επιφέρουν σημαντικά αρνητικές επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον και τον άνθρωπο.
- Ιαπιστώνεται ότι υπάρχει ερευνητικό έλλειμμα στις νέες τεχνολογίες και μεθόδους φιλικότερων προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο, που αφορούν τον κλάδο του καθαρισμού επιφανειών στη βιομηχανία.
- Η σπογγοβολή παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των παραδοσιακών μεθόδων καθαρισμού επιφανειών (αμμοβολής-υδροβολής), αλλά δεν έχει ποσοτικοποιηθεί η απόδοσή και οι επιπτώσεις της κατά την εφαρμογή της.

Στη παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία παρουσιάστηκε μεθοδολογία για την ποσοτικοποίηση διαφόρων παραμέτρων της σπογγοβολής όπως : το κόστος εφαρμογής, την εκπομπή σκόνης, την εκπομπή αιωρούμενων σωματιδίων , την εκπομπή θορύβου, τη μέτρηση δονήσεων. Επίσης, θα μελετηθεί η αναλογία «καθαριστικού» υλικού τροφοδοσίας (σπογγίδια) προς παραγόμενα απόβλητα. Μετά το πέρας των μετρήσεων θα προταθούν μέτρα ασφάλειας και υγιεινής της εργασίας.

Η εφαρμογή της μεθοδολογίας που παρουσιάστηκε και η αξιοποίησή της αποσκοπεί στο να συμβάλει στην επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων, στη βελτίωση της ποιότητας ζωής, μέσα από τη βελτίωση των υλικών και των μεθόδων καθαρισμού (καθαρή ατμόσφαιρα-λιγότερα αιωρούμενα σωματίδια, λιγότερη όχληση στο κοινό, λιγότερα απόβλητα, ευκολότερη ανακύκλωση).

Βιβλιογραφία

- Abbott, K. E. (1992). Plastic media blasting: state of the technology. *Materials Performance*, 31(2), 38–39.
- Andronikos, G., & Eleftherakos, A. (2000). Alternative surface preparation methods for ship-repairing. *PCE 2000 Conference and Exhibition*, 253–262.
- Andronikos, G., Labrakis, D., & Kaliampakos, D. (2004). Evaluation of surface preparation alternatives for abrasive blast cleaning in ship repairing. *Journal of Ship Production*, 20(01), 7–15.
- Appleman, B R. (1999). WAYNE COUNTY IN MICHIGAN RESTRICTS BLAST CLEANING. *Journal of Protective Coatings & Linings*, 16(9).
- Appleman, Bernard R. (1986). Evaluation of Wet Blasting for Ship Application. *Journal of Ship Production*, 2(04), 245–249.
- Armbruster, R., Johnson, E. J., & Gorton, T. (1992). Effects of (Effects of) abrasive characteristics and coating type on blast production rates. *Materials Performance*, 31(2), 33–35.
- Austin, G. T. (1994). Blasting Abrasives in the United States Market. *PREPRINTS-SOCIETY OF MINING ENGINEERS OF AIME*.
- Bleile, H. R., Rodgers, S. D., Porter, F., Smith, A. E., & Griffin, J. (1985). Specification Criteria for Abrasive Blasting Media.(Retroactive Coverage). *Surface Preparation: The State of the Art*, 89–127.
- Borsani, R., & Ferrando, B. (1997). Ultrafiltration plant for olive vegetation waters by polymeric membrane batteries. *Desalination*, 108(1–3), 281–286.
- Diener, T. (1986). Plastic Media—As a Precisely Controlled Variable In the Dry Stripping Process. *SAE Transactions*, 95, 8–13.
- Feddema, J. J., & Freire, S. (2001). Soil degradation, global warming and climate impacts. *Climate Research*, 17(2), 209–216.
- Fernandez-Andres, C., Iborra, A., Alvarez, B., Pastor, J. A., Sanchez, P., Fernandez-Merono, J. M., & Ortega, N. (2005). Ship shape in Europe: cooperative robots in the ship repair industry. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 12(3), 65–77.
- GIESE, J. A. (1988). USING RECYCLABLE STEEL GRIT FOR PORTABLE FIELD APPLICATIONS. *MATERIALS PERFORMANCE*, 27(10), 35–37.
- Hammersley, G., Hackel, L. A., & Harris, F. (2000). Surface prestressing to improve fatigue strength of components by laser shot peening. *Optics and Lasers in Engineering*, 34(4–6), 327–337.
- Hansink, J. D. (2000). An introduction to abrasives for protective coating removal operations. *Journal of Protective Coatings & Linings*, 17(4).
- Hitzrot, H. W. (1978). Surface Preparation of Steel--Research to Production. *Marine Coatings Conference*, 1978.
- Karavoltsos, S., Sakellari, A., Mihopoulos, N., Dassenakis, M., & Scoullou, M. J. (2008). Evaluation of the quality of drinking water in regions of Greece. *Desalination*, 224(1–3), 317–329.
- Kendall, T. B. (1997). GARNET- NICE WORK IF YOU CAN GET IT. *Industrial Minerals*, 354, 31–41.
- Korat, M. M., & Acharya, G. D. (2014). A review on current research and development in abrasive waterjet machining. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 4(1), 423–432.

- Lélé, S. M. (1991). Sustainable development: a critical review. *World Development*, 19(6), 607–621.
- Leyland, D., & Huntley, R. (1999). A REVIEW OF SHOP COATING FAILURE. *Journal of Protective Coatings & Linings*, 16(6).
- Lin, C. Y., & Crossman, G. R. (2006). A Five-Degree-of-Freedom Abrasive Blasting Vehicle for Ship Bottoms. *Journal of Engineering Technology*, 23(2), 16.
- Lombardero, M., Regueiro, M., Baltuille, J. M., & Rodriguez, M. (1998). SYNTHETIC MINERALS-PRODUCT & MARKET REVIEW. *Industrial Minerals*, 371, 45.
- MACKAY, G. R., STETTLER, L. E., KOMMINENI, C., & DONALDSON, H. M. (1980). Fibrogenic potential of slags used as substitutes for sand in abrasive blasting operations. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 41(11), 836–842.
- Mallory, A. (1983). Mechanical Surface Preparation. Σε SSPC, *Good Painting Practice, Steel Structures Painting Manual*.
- Mposkos, E. D., & Zevgolis, M. N. (1993). A Contribution to the Study of Slag from the Reduction of Nickeliferous Laterites. *Metalleiologika Metallourgika Chronika*, 3(2), 65–95.
- Naylor, J. P. (1983). Abrasive fusion bonds zinc and resin to steel surfaces. *Anti-Corros.*, 30(6), 11.
- O’Driscoll, M. J. (1997). SILICON CARBIDE- SUPPLY SECTOR SHOWDOWN. *Industrial Minerals*, 352, 19–27.
- Qi, C., Weinell, C. E., Dam-Johansen, K., & Wu, H. (2021). A review of blasting waste generation and management in the ship repair industry. *Journal of Environmental Management*, 300, 113714.
- Rajaraman, P., Doody, M. M., Yu, C. L., Preston, D. L., Miller, J. S., Sigurdson, A. J., Freedman, D. M., Alexander, B. H., Little, M. P., & Miller, D. L. (2016). Journal club: cancer risks in US radiologic technologists working with fluoroscopically guided interventional procedures, 1994-2008. *American Journal of Roentgenology*, 206(5), 1101–1109.
- Schuster, A. J. (2002). Recycling garnet in the shop and field. *Protective Coatings Europe*, 2, 7–9.
- Scoullou, M. J., & Pavlidou, A. S. (1997). Speciation studies of trace metals in the Gulf of Elefsis, Greece. *Croatica Chemica Acta*, 70(1), 289–307.
- Scoullou, M. J., Vonkeman, G. H., Thornton, I., & Makuch, Z. (2001). *Key human and environmental risks associated with mercury, cadmium and lead: (Eco)toxicology of heavy metals BT - Mercury — Cadmium — Lead Handbook for Sustainable Heavy Metals Policy and Regulation* (M. J. Scoullou, G. H. Vonkeman, I. Thornton, Z. Makuch, & M. J. Scoullou (eds.); pp. 323–355). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-010-0403-9_6
- Sigel, R., Tsakiris, G. D., Lavarenne, F., Massen, J., Fedosejevs, R., Meyer-ter-Vehn, J., Murakami, M., Eidmann, K., Witkowski, S., & Nishimura, H. (1990). Experimental observation of laser-induced radiation heat waves. *Physical Review Letters*, 65(5), 587.
- Skillen, A. D. (1994). ABRASIVE BLAST CLEANING. EVOLUTION OR REVOLUTION? *Industrial Minerals*, 317, 25–39.
- Stettler, L. E., Proctor, J. E., Platek, S. F., Carolan, R. J., Smith, R. J., & Donaldson, H. M. (1988). Fibrogenicity and carcinogenic potential of smelter slags used as abrasive blasting substitutes. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A Current Issues*, 25(1), 35–56.
- Üner, Ü., Orak, S., & Sofuoğlu, M. A. (2016). Effect of plastic media blasting method on mechanical properties of Al 2024-T6 alloy. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 30(10), 4559–4564.

- Woodson, J. P. (1992). *Wet abrasive blasting method*. Google Patents.
- Woodson, J. P., & Camarota, L. M. (1995). *Wet abrasive blasting method and apparatus*. Google Patents.
- Αλεξόπουλος, Α. (2004). Διεθνές Θαλάσσιο Περιβαλλοντικό Δίκαιο. *Σημειώσεις Πανεπιστημίου Αιγαίου*.
- Ανδρούτσου, Μ. (2004). *Αιωρούμενα ατμοσφαιρικά σωματίδια, εξελικτική πορεία συγκέντρωσης στην ΕΕ & επιπτώσεις στην υγεία*.
- Βαλιάντζα, Ε. Ι. (2014). *Μελέτη διάθρωσης του αργύρου και του γαλβανικού καθαρισμού του*.
- Βασιλείου, Π., & Ανδρέοπουλος, Α. (2004). Υλικά: ξύλο, κεραμικά, πολυμερή, μέταλλα. *ΕΜ Π, Αθήνα*.
- ΓΑΝΩΤΗΣ, Ι.-Κ. (2012). *Η ναυτιλία ως παράγοντας ρύπανσης στη θάλασσα: περιπτώσεις στον ελλαδικό χώρο*.
- ΓΕΩΡΓΑΝΤΑΣ, Ν., & ΚΑΝΕΛΛΟΠΟΥΛΟΣ, Β. (2021). *ΑΜΜΟΒΟΛΗ-ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ*.
- Γκίκας, Ι. (2019). *Ραδιενεργός ρύπανση, επιπτώσεις στον άνθρωπο και στο περιβάλλον. Παρέμβαση σε κατάσταση ραδιολογικών και πυρηνικών ατυχημάτων, προσέγγιση για την αντιμετώπιση των συνεπειών τους. Μελέτη περίπτωσης*.
- Γκλιάτης, Χ. (2005). *Βελτιστοποίηση κόστους επισκευών δεξαμενοπλοίων και φορτηγών πλοίων σε διάρκεια ζωής 20 ετών*.
- Εργασιασ, Ο., Αγγελής, Μ., & Ναυπηγός, Δ. (n.d.). *ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΑΜΜΟΒΟΛΕΣ – ΥΔΡΟΒΟΛΕΣ*.
- Ζούκας, Θ. (2015). *Υγιεινή και ασφάλεια στις ναυπηγοεπισκευαστικές*.
- Ζωχιός, Β. Α. (2011). *Ρύπανση των επιφανειακών υδάτων και θαλάσσιων ιζημάτων στην θαλάσσια περιοχή της Ελευσίνας*.
- Καλιαμπάκος, Δ. Χ., & Πετσάλας, Η. (1995). Επίδραση της χρήσης ανθρακικών πληρωτικών σε εφαρμογές μαλακού πολυβινυλοχλωριδίου (PVC)= Impact of carbonate fillers on plasticized polyvinylchloride (PVC) applications. *Ορυκτός Πλούτος, 1995(094), 13–20*.
- Καμηνιώτη, Μ. (2018). *Οφέλη για την προστασία του περιβάλλοντος από την εφαρμογή του θαλάσσιου χωροταξικού σχεδιασμού, η περιοχή της Χίου*.
- Κεραμυδάς, Δ. (2020). *Διερεύνηση των επιπτώσεων στην υγεία εκτεθειμένων εργαζομένων με έμφαση στις πνευμονικές αλλοιώσεις*. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ). Σχολή Επιστημών Υγείας
- Κοτσαμανίδου, Α. Θ. (2007). *Οικονομική ανάπτυξη & περιβαλλοντικά προβλήματα*.
- Κυρτόπουλος, Σ. Α. (2004). *Ρύπανση του αέρα και υγεία*.
- Λάζογλου, Μ. (2009). *Ατμοσφαιρική ρύπανση*. Aristotle University of Thessaloniki.
- Λαμπράκης, Δ. (2003). *Ανάπτυξη συστήματος αξιολόγησης μεθόδων καθαρισμού και προετοιμασίας επιφανειών*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ). Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών
- Λεκαδίτης, Β. (2020). *Στερεά Απόβλητα, Επεξεργασία, Αξιοποίηση, Τελική Διάθεση. Σύγχρονες πρακτικές διαχείρισης και η Ελληνική Πραγματικότητα*.

- Μητσόπουλος, Β. (2021). *Υγιεινή και ασφάλεια εργασίας στον τομέα αντιδιαβρωτικής προστασίας επιφανειών*.
- Νταλάκου, Β. (2014). *Αποκλίσεις από την ορθολογικότητα κατά τη λήψη διεθνών περιβαλλοντικών αποφάσεων: οι περιπτώσεις της τρύπας του όζοντος και της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής*. Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
- Οδηγίες, Τ. (n.d.). *Εγχειρίδιο Χρήσης και Εφαρμογής Ακροφυσίων*.
- Παπαθανασίου, Γ. (2021). *Σύσταση, εφαρμογή και μηχανισμοί δράσης σύγχρονων υφαλοχρωμάτων*.
- Παπαμανώλης, Ν. (2015). *Το περιβάλλον*.
- Παπαχαρίτου, Ν. Α. (2008). *Αμμοβολή-υδροβολή και επιπτώσεις στο περιβάλλον και στον άνθρωπο*.
- Ραγκούσης, Α. (1989). *ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΣΙΔΗΡΟΥ ΣΕ ΔΙΑΛΥΜΑ ΧΛΩΡΙΟΥΧΟΥ ΝΑΤΡΙΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΜΕ ΧΡΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΟΛΥΜΕΡΗ*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ). Τμήμα Χημικών Μηχανικών.
- ΡΙΖΟΣ, Δ. (2019). *Αέρια ρύπανση προερχόμενη από αιωρούμενα σωματίδια βιομηχανικών μονάδων και τεχνολογίες αντιρρύπανσης αυτής. Η περίπτωση του Θριάσιου Πεδίου Αττικής*.
- Ρουμेलιώτη, Η. Α. (2013). *Ανάλυση κύκλου ζωής της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου*.
- Σαράντου, Ε. (2015). *Ρύπανση του περιβάλλοντος και υγεία: μέτρα αντιμετώπισης του προβλήματος στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Κοινότητας*.
- Σοκουζούδης, Χ. (2016). *Μελέτη διάβρωσης χάλυβα σε διάλυμα χλωριούχου ασβεστίου (CaCl₂)*.
- ΣΟΛΔΑΤΟΣ, Ι. (2018). *Προηγμένες μέθοδοι κατεργασίας σύνθετων υλικών*.
- Σούρσος, Δ. (2018). *Μελέτη αντοχής σε διάβρωση ναυπηγικού χάλυβα υψηλής αντοχής σε συνθήκες μεταφοράς μεταλλεύματος*.
- Στυλιανή, Α. (2018). *Δομή, σύνθεση και ιδιότητες των αργιλικών ορυκτών*.
- Τσούκας, Κ. (2018). *Τεχνολογίες αντιρρύπανσης αέριων ρύπων που παράγονται στη βιομηχανία*.
- Τσουλάκος, Ν. Β. (2013). *Προστασία μετάλλων μέσω αντιδιαβρωτικών χρωμάτων*.
- Φίλης, Μ. (2018). *Λειτουργική διαχείριση ως προς την κατάσταση της γάστρας*.
- Χατζηβακαλέλης, Γ. Κ. (2018). *Κλιματική αλλαγή: πολιτικές και οι συνέπειές τους*.
- Austin G.: *Blasting Abrasives in the United States Market*. Paper Presented at the SME annual meeting held Albuquerque, New Mexico, Feb.1994.
- Ανδρόνικος Γ.: <<Εγχειρίδιο Κατάρτισης στη Ναυπηγοεπισκευαστική Ειδικότητα του Υδροβολιστή Υψηλής και Υπερυψηλής Πίεσης>>. Κ.Ε.Κ Νεωρίου Μάρτιος 2000.
- Ανδρόνικος Ι.Γ.: <<Αμμοβολή Εφαρμογή και Επιπτώσεις>>, Διπλωματική εργασία, Ε.Μ.Π., Οκτ. 1992.
- Τσακίρης Θ. "Επαγγελματικές Ασθένειες / πνευμονοκονιώσεις" - "Τί είναι η χαλίκωση" - "Βηρυλλίωση" - "Μόλυβδος" - "Χρώμιο", σειρά άρθρων στην εφημερίδα "Αμμοβολιστής, φυλ.3-φυλ., Ιούλ-Δεκ.1990.
- Τσαρακλής Ζ., Φίλλιπας Α., Σταματάκης Κ., Χριστόπουλος Ν. <<Αμμοβολή και Αμμοβολιστές>> ΙΝΕ ΓΣΣΕ, Αθήνα 2000.

Βασιλείου Π., Ανδρεόπουλος Α.: <<Υλικά: ξύλο, κεραμικά, πολυμερή, μέταλλα>>. Σχολή Χημικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π. 2004.

Malloy A.: <<Mechanical Surface Preparation>>.SSPC, Good Painting Manual, vol.1,1983

Naylor J. P.: <<Abrasive Fusion Bonds Zinc and resin to steel Surfaces>>.Anticorrosion Methods Mater., Vol. 30, No 6, June 1983.

N.I.O.S.H.: (National Institute for Occupational Safety and Health) - C.D.C. (Centres for Disease Control and Prevention): Technical report: «Evaluation of Substitute Materials for Silica Sand in Abrasive Blasting». Prepared for the U.S.Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health by KTA-Tator, Inc., Pittsburgh, Pennsylvania. Srp. 1998

Hight P.Richard:<<Abrasives>>.Industrial Minerals and Rocks,Lefond AIME.4TH Edition 1975,pp.19-31.

Hitzort W.: «Non-Metallic Abrasives». SSPC, Good Painting Practice, Steel Structures Painting Manual, Vol. 1, 1983.

Bleile H., Rodgers S., Porter F., Smith A., Griffin J.Q.: «Specification Criteria for Abrasive Blasting Media, Surface Preparation: The State of the Art», Proceedings of the SSPC Annual Symposium, Netherlands, May 1985.

Καλιαμπάκος Δ.: «Δυνατότητες εφαρμογής ενός νέου μη μεταλλικού αποξεστικού σε επιφάνειακές κατεργασίες της αεροπορικής βιομηχανίας ».Ημερίδα Τ.Ε.Ε.,Μάρτιος 1995

INE: Υγιεινή και ασφάλεια των εργαζομένων στην ναυπηγοεπισκευαστική Βιομηχανία, “αμμοβολή και Αμμοβολιστές”, Αθήνα 2000

Καλιαμπάκος Δ.: «Σημειώσεις Περιβαλλοντικής Μεταλλευτικής». Σημειώσεις μαθήματος Περιβαλλοντική Μεταλλευτική και Λατομική Τεχνολογία. Αθήνα 1996

Α.ΜΑΝΙΔΗΣ,Γ.ΧΑΤΖΗΚΩΣΤΑΝΤΗΣ,Ζ.ΤΣΑΡΑΚΛΗΣ,Ν.ΠΑΠΑΙΩΑΝΝΟΥ Προδιαγραφές ασφάλειας για αμμοβολές – υδροβολές, ΤΕΕ, Ομάδα Εργασίας, (2009)

Φωτεινός Κ. «Διαχείριση Επικίνδυνων Αποβλήτων στην Πολεμική Αεροπορία» Διπλωματική εργασία, Παν. Πειραιά Φεβρ. 2018.

ΥΠΕΚΑ (2016), «Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων του Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Επικίνδυνων Αποβλήτων»

Βουλγαράκη Χ. (2016), «Θεωρία Μη Καταστροφικού Ελέγχου», ΤΕΕ Δ. Μακεδονίας

Στουραίτη Χ. (2014), «Διαχείριση Αποβλήτων στην Ελλάδα», Εκπ. Σημειώσεις Περιβαλλοντικής Γεωχημείας, ΕΚΠΑ

Νάκος Χρ. κ.α (2005), «Έκθεση για την διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων», ΤΕΕ Κεντρ. Μακεδονίας

Σουρούβαλη Ναταλία «Διερεύνηση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης σε μάταλλα από υπόλειμμα πυθμένα δεξαμενής αργού πετρελαίου» Διπλωματική εργασία Πολυτεχνείο Κρήτης 2017

Έρευνα πεδίου, εταιρικά δεδομένα αντιπροσωπείας Sponge Jet, www.spongejet.gr

«Μελέτη της σπογγοβολής ως καινοτόμου μεθόδου καθαρισμού επιφανειών και κατασκευών και σύγκριση με άλλες αντίστοιχες τεχνικές», Κατάθεση ερευνητικής πρότασης για επιχορήγηση ΕΣΠΑ, 2009, Ομάδα, Ναυπηγών ΕΜΠ, Συνεργασία εταιρεία Sponge jet.