



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΚΡΗΤΗΣ**

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

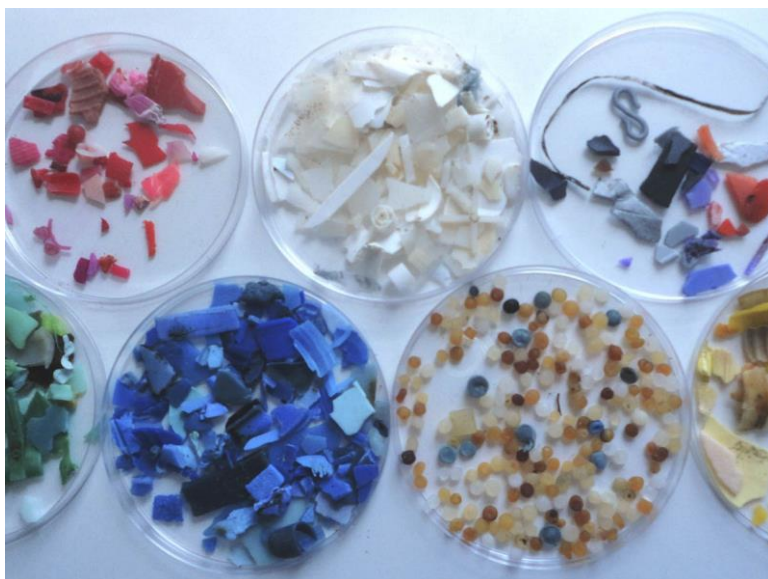
Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος

Εργαστήριο Βιοχημικής Μηχανικής & Περιβαλλοντικής Βιοτεχνολογίας

Διπλωματική Εργασία

<< Μικροπλαστικά σε Ελληνικά Μαγειρικά Αλάτια>>

Βουδούρης Παναγιώτης



Εξεταστική Επιτροπή:

Καθηγητής Νικόλαος Καλογεράκης(Επιβλέπων)

Καθηγητής Αλέξανδρος Γκότσης

Δρ. Ευδοκία Συρανίδου

Οκτώβριος, 2020

“Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για μη κερδοσκοπικό σκοπό, εκπαιδευτικού ή ερευνητικού χαρακτήρα, με την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για άλλη χρήση θα πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πολυτεχνείου Κρήτης”.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Νικόλαο Καλογεράκη, που μου ανέθεσε ένα τόσο ενδιαφέρον και επίκαιρο θέμα, καθώς και για την συνεργασία του όλο αυτό το διάστημα.

Αυτή η διπλωματική εργασία δεν θα μπορούσε να διεκπεραιωθεί, δίχως την αμέριστη βοήθεια της κα. Συρανίδου, η όποια βρισκόταν καθημερινά δίπλα μου προκειμένου να με καθοδηγήσει, να με βοηθήσει και να με υποστηρίξει, αφιερώνοντας πολλές ώρες και δείχνοντας τεράστια υπομονή.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω όλα τα μέλη του εργαστηρίου Βιομηχανικής και Περιβαλλοντικής Βιοτεχνολογίας, για την άψογη συνεργασία και την βοήθειά τους σε ότι χρειαζόμουν.

Δεν θα μπορούσα να μην ευχαριστήσω το Μεσογειακό Αγρονομικό Ινστιτούτο (ΜΑΙΧ), για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, προκειμένου να χρησιμοποιήσω ένα σύγχρονο στερεοσκόπιο, αλλά και γενικότερα για την εξαιρετική συνεργασία την οποία είχαμε.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής κ Αλέξανδρο Γκότση και την κα Ευδοκία Συρανίδου για τον χρόνο που αφιέρωσαν στην αξιολόγηση της διπλωματικής μου εργασίας.

Τέλος δεν θα μπορούσα να ξεχάσω την οικογένειά μου, για την υποστήριξη και την αγάπη που μου έδειξαν όλα αυτά τα χρόνια, καθώς και τους φίλους μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα Μικροπλαστικά, είναι μικρά σωματίδια πλαστικού, μεγέθους μέχρι 5mm και θεωρούνται ρύποι και χωρίζονται σε πρωτογενή και δευτερογενή, ανάλογα με την προέλευσή τους. Τα μικροπλαστικά είτε παρασκευάζονται σε αυτό το μέγεθος από τη βιομηχανία είτε προκύπτουν από την διαδοχική διάσπαση μεγαλύτερων σωματιδίων. Γνωρίζουμε ότι τα μικροπλαστικά μεταφέρουν ρύπους, οι οποίοι μπορούν να φτάσουν στον άνθρωπο, είτε μέσω της κατανάλωσης θαλάσσιων οργανισμών είτε με άλλες μεθόδους.

Αντικείμενο μελέτης της εν λόγω διπλωματικής εργασίας είναι να βρεθούν και να ποσοτικοποιηθούν τα μικροπλαστικά σε διάφορα θαλασσινά αλάτια, όπως και σε ορυκτά.

Μελετήσαμε 9 μαγειρικά αλάτια της αγοράς και πήραμε δείγμα από 3 παραλίες της Κρήτης για την διεξαγωγή των μετρήσεων. Το οργανικό υλικό απομακρύνθηκε με την μέθοδο της χώνευσης με χρήση υπεροξειδίου του οξυγόνου (H_2O_2).

Διαχωρίσαμε τα μικροπλαστικά ανάλογα με το σχήμα, το χρώμα αλλά και το μέγεθος. Στη συνέχεια μετρήσαμε παραμέτρους όπως η συγκέντρωση, αλλά και το μέγεθος κάθε μικροπλαστικού που βρήκαμε, ώστε να το κατατάξουμε σε κάθε επιμέρους υποκατηγορία μεγέθους. Έπειτα συγκρίναμε τα ελληνικά μαγειρικά αλάτια, με αντίστοιχα άλλων χωρών, για να εξάγουμε κάποια συμπεράσματα σχετικά με το εύρος τιμών συγκέντρωσης των ελληνικών μαγειρικών αλατιών.

Για τον υπολογισμό του μεγέθους του κάθε μικροπλαστικού, αλλά και την παρατήρηση των επιμέρους χαρακτηριστικών του, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνας ανοικτού κώδικα IMAGE-J.

Κατά την πειραματική διαδικασία διαπιστώθηκε ότι τα μαγειρικά αλάτια της αγοράς ορυκτά και θαλασσινά, περιέχουν σημαντικές ποσότητες μικροπλαστικών. Σε όλα τα αλάτια βρέθηκαν ποσότητες μικροπλαστικών. Σε όλες τις περιπτώσεις όμως η πλειοψηφία των MP's ανήκει στην μικρότερη κατηγορία 0-199 μm . Επίσης τα περισσότερα μικροπλαστικά που βρέθηκαν στα μαγειρικά αλάτια ανήκαν στην κατηγορία των ινών, ενώ σε μικρότερο βαθμό βρέθηκαν θραύσματα.

ABSTRACT

Microplastics are small plastic particles 5mm in size and are considered pollutant and they are divided into primary and secondary, depending on their origin. Microplastics are either manufactured in this size by industry or which result from breaking down larger particles. It is known that microplastic sorb pollutants which can be transferred to humans through the consumption of marine organisms or by other methods.

The aim of this study is to investigate and quantify microplastics (MP's) not only in a variety of sea salts but also in rock salts.

We examined 9 table salts in the market and we prepared samples of 3 seas in Crete beaches in order to carry out these measurements. The organic matter removed through the method of digestion and using hydrogen peroxide (H_2O_2).

Microplastics categorized depending on shape, colour and size. Next we have calculated the parameters such as concentration and size of each microplastic we have found in order to classify them in each individual sub-category of size. Then we compared the Greek cooking salts, with those from other countries, to draw some conclusions about the range of concentration values of Greek cooking salts.

In order to calculate the size of each microplastic based on their characteristics, we used the open source image processing program IMAGE-J.

It was demonstrated that the table and rock salts contain high concentration of microplastics. The majority of the size of microplastics in both the table and rock salts

During the experimental process it was found that the cooking salts of the market sea salts or rock salts, contain significant amounts of microplastics. Quantities of microplastics were found in all the salts. The majority of the size of microplastics in both the table and rock salts belonged in the category of 0-199 μm . Also most of the microplastics found in cooking salts belonged to the category of fibers, while to a lesser extent fragments were found.

Πίνακας περιεχομένων

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ABSTRACT	4
1.ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	7
1.1 ΤΟ ΑΛΑΤΙ	7
1.1.1 ΦΥΣΙΚΕΣ-ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΛΑΤΙΟΥ	7
1.1.2 ΘΑΛΑΣΣΙΝΟ ΑΛΑΤΙ	8
1.1.3 ΟΡΥΚΤΟ ΑΛΑΤΙ (ΑΛΙΤΗΣ):	8
1.2 Η ΠΟΡΕΙΑ ΤΟΥ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΥ ΑΛΑΤΙΟΥ ΣΤΟ ΤΡΑΠΕΖΙ ΜΑΣ.....	9
1.3 ΠΛΑΣΤΙΚΟ.....	10
1.3.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΒΑΣΕΙ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΤΟΥΣ.....	12
1.4 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΠΟΡΡΙΨΗ ΤΟΥΣ	13
1.4.1 ΧΕΡΣΑΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΠΛΑΣΤΙΚΑ.....	13
1.4.2 ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΠΛΑΣΤΙΚΑ.....	14
1.5 ΜΙΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΑ.....	16
1.5.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΙΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΩΝ.....	16
1.5.2 ΡΥΠΑΝΣΗ ΜΙΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΟ ΥΔΑΤΙΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	17
1.6. ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ	18
1.7 ΣΤΟΧΟΣ.....	19
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	19
2.1 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	19
2.2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	20
2.3 ΧΩΝΕΥΣΗ.....	20
2.4 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	20
2.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	24
2.5.1 ΣΤΕΡΕΟΣΚΟΠΙΟ	24
2.5.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΤΕΡΕΟΣΚΟΠΙΩΝ	24
2.6 ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΤΗΣ ΚΑΘΕ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΜΙΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΟΥ	26
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	29
3.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ.....	29
3.1.1 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ IMAGE J	30
4.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	32

4.1.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΑΝΑ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΛΑΤΙΟΥ	32
4.1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΜΙΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΤΟΥΣ	41
4.1.3 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΕ ΚΑΘΕ ΑΛΑΤΙ	47
4.1.4 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΧΡΩΜΑ	48
4.1.5 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΜΑΓΕΙΡΙΚΑ ΑΛΑΤΙΑ ΑΛΛΩΝ ΧΩΡΩΝ	48
4.1.6 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΘΑΛΑΣΣΙΝΩΝ ΑΛΑΤΙΩΝ	49
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	49
5.1.1 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΘΕΜΑΤΟΣ	50
5.1.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ	51
6.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	52
7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	544

1.ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

1.1 ΤΟ ΑΛΑΤΙ

Το αλάτι ή αλλιώς Χλωριούχο Νάτριο είναι ένα από τα βασικά συστατικά της διατροφής μας, παρέχει βασικά συστατικά για τον ανθρώπινο οργανισμό και χρησιμοποιείται σε μεθόδους συντήρησης τροφίμων . Τα άλατα χρησιμοποιούνται επίσης και στην φαρμακευτική βιομηχανία, όπως για την παρασκευή καλλυντικών και προϊόντων προσωπικής φροντίδας. Βρίσκεται διαλυμένο στο νερό της θάλασσας και ορισμένων λιμνών, καθώς επίσης συναντάται και σε στερεή κατάσταση μέσα στη γη, το ευρέως γνωστό και διαδεδομένο ορυκτό αλάτι. Το μαγειρικό αλάτι αποτελείται κατά 97% με 99% από χλωριούχο νάτριο. Το αλάτι που τρώμε περιέχει προσμείξεις, κυρίως ιωδιούχου καλίου (KI). Η αλμυρότητα της θάλασσας οφείλεται στην ύπαρξη χλωριούχου νατρίου σε ποσοστό 2,7-3,8 % αλλά και σε άλλα άλατα σε μικρότερες ποσότητες. Το ανώτατο όριο αλατότητας είναι 6%, σημείο που θα διαφοροποιούσε κατά πολύ την ζωή μας. Όλες οι θάλασσες δεν έχουν την ίδια αλατότητα.

1.1.1 ΦΥΣΙΚΕΣ-ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΛΑΤΙΟΥ

Φυσικές Ιδιότητες

Εμφάνιση: Άχρωμο ή λευκό κρυσταλλικό σώμα (κυβικοί κρύσταλλοι)

Σχετική μοριακή μάζα: 58,4428 g/mol

Σημείο τήξεως: 801°C

Σημείο ζέσεως: 1465°C

Πυκνότητα: 2,17g/cm³

Σκληρότητα (κλίμακα Mohs): 2,5

Διαλυτότητα στο νερό: 35,7 g /100 g

pH (υδατικού διαλύματος): ουδέτερο

Χημικές Ιδιότητες

Το αλάτι έχει την ιδιότητα να εμποδίζει την ανάπτυξη μικροοργανισμών.

Τα διαλύματα του αλατιού είναι καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού.

Η διαλυτότητα του χλωριούχου νατρίου σε οργανικούς διαλύτες είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με τη διαλυτότητά του στο ύδωρ.

1.1.2 ΘΑΛΑΣΣΙΝΟ ΑΛΑΤΙ

Το αλάτι του θαλασσινού νερού παραλαμβάνεται ως εξής: Το νερό συγκεντρώνεται σε αβαθείς δεξαμενές, που λέγονται αλυκές. Εκεί, με τη βοήθεια της ηλιακής θερμότητας και των ανέμων εξατμίζεται. Οι αβαθείς δεξαμενές χωρίζονται σε διαμερίσματα, στις οποίες κυκλοφορεί θαλασσινό νερό, που συλλέγει το αλάτι μετά την εξάτμισή του. (Ελληνικές Αλυκές, 2005, σελ.24) . Οι αλυκές δεν βρίσκονται σε άμεση επαφή με την θάλασσα.

Αλάτι Αλυκών:

Το αλάτι παράγεται εξαιτίας της επίδρασης ήλιου και ανέμου πάνω στο νερό της θάλασσας. Το νερό εξατμίζεται σε διαδοχικές ορθογώνιες ρηχές λεκάνες γνωστές ως αλοπήγια. Στις αλυκές η διαδικασία της κρυστάλλωσης ξεκινάει τον Απρίλιο. Τον Σεπτέμβριο τα αλοπήγια στραγγίζονται από την άλμη που έχει παραμείνει και παραλαμβάνεται το κρυσταλλωμένο αλάτι, το οποίο στοιβάζεται σε αλατοσωρούς σε μια πρόωρη ξήρανση και ύστερα αποθηκεύεται σε σιλό. Τέλος το αλάτι μεταφέρεται στις αλατοβιομηχανίες για περαιτέρω καθαρισμό ή διατίθεται και απευθείας (Βαλαβανίδης & Ευσταθίου, 2011). Το φυσικό αλάτι έχει κρυσταλλική δομή, όπως επίσης διαθέτει όλα τα χρήσιμα για τον οργανισμό ιχνοστοιχεία, όπως κάλιο και ασβέστιο, τα οποία εξασφαλίζονται από τον τρόπο κρυστάλλωσής του. Εκτίθενται σε ρυπογόνους παράγοντες, δεδομένου ότι οι θάλασσες αποτελούν σημεία, που εμφανίζεται περιβαλλοντική ρύπανση από μικροπλαστικά. Το αλάτι ενδέχεται να περιέχει αυτά τα σωματίδια, οπότε τα εμπορικά θαλάσσια αλάτια μπορεί να περιέχουν MP's (μικροπλαστικά) που βρίσκονταν στο νερό κατά τη διάρκεια της κρυστάλλωσης ή και μετά τις διεργασίες αυτής. (Serrano et al., 2011; Yang et al., 2015).

1.1.3 ΟΡΥΚΤΟ ΑΛΑΤΙ (ΑΛΙΤΗΣ):

Τα υπόγεια αποθέματα αλατιού δημιουργήθηκαν από γεωλογικές ανακατατάξεις της Γης μέσω της εξάτμισης των Ωκεανών, πριν εκατομμύρια χρόνια. Το ορυκτό αλάτι αποτελεί καθαρή πηγή Νατρίου.

Υπάρχουν δυο τρόποι εξόρυξης και παραλαβής:

- Εξόρυξη
- Διάλυση

Η πρώτη μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε καθαρά κοιτάσματα του ορυκτού. Στην περίπτωση που περιέχονται ξένες προσμίξεις εφαρμόζεται η μέθοδος της διάλυσης, δηλαδή τοποθετούνται δύο σωλήνες από την επιφάνεια της γης μέχρι το βάθος, όπου βρίσκεται το κοίτασμα. Από τον ένα εισάγεται καθαρό νερό. Το νερό μαζί με το διαλυμένο αλάτι από το ορυκτό ανέρχεται από το δεύτερο σωλήνα με τη βοήθεια αντλίας και το διάλυμα αυτό υφίσταται αρχικά διήθηση και, στη συνέχεια, εξατμίζεται για να παραληφθεί το καθαρό προϊόν.

Τις περισσότερες φορές το αλάτι που εξάγεται περιέχει ξένες ουσίες, όπως άργιλο, άλατα μαγνησίου και ασβεστίου κ.α. Το ορυκτό αλάτι που λαμβάνεται με εξόρυξη όμως, μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας, χωρίς άλλες διεργασίες. Σε άλλες περιπτώσεις όπου το ορυκτό παραλαμβάνεται σε διάλυμα, στο οποίο προστίθενται χημικές ουσίες, με τις οποίες αντιδρούν ξένες προσμίξεις και βυθίζονται σε

ιζηματογενή μορφή, με απομάκρυνση με την διαδικασία της διήθησης και ύστερα με κλασματική κρυστάλλωση.

1.2 Η ΠΟΡΕΙΑ ΤΟΥ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΥ ΑΛΑΤΙΟΥ ΣΤΟ ΤΡΑΠΕΖΙ ΜΑΣ

Αρχικά το αλάτι παράγεται σε μεγάλες ποσότητες στα αλατωρυχεία και τις αλμυρές λίμνες, με εξάτμιση του θαλασσινού νερού ή της άρμης. Ουσιαστικά η παραγωγή του γίνεται με απομόνωση και καθαρισμό από τις πηγές, όπως η θάλασσα, οι αλατούχες λίμνες και τα αλατωρυχεία. Η διαφορά μεταξύ παραθαλάσσιων περιοχών και χωρών οι οποίες δεν βρέχονται από θάλασσα, είναι ότι στις πρώτες η παραγωγή αλατιού γίνεται με την διαδικασία της εξάτμισης σε αβαθείς μεγάλης επιφάνειας δεξαμενές(αλυκές), ενώ στην δεύτερη περίπτωση με εξόρυξη στα αλατωρυχεία. Στην σημερινή εποχή το 70% της παραγωγής αλατιού καλύπτεται από τις πηγές ορυκτού άλατος και το 10% από την μέθοδο της εξάτμισης από αλυκές. Στην Ελλάδα όμως, η δημοφιλέστερη πηγή παραγωγής αλατιού είναι οι αλυκές.

Η παραλαβή του αλατιού από το θαλασσινό νερό γίνεται μέσω αλυκών με ροή του νερού μέσα από τις διαδοχικές δεξαμενές υπό την επίδραση ήλιου και ανέμου. Η διαδικασία της κρυστάλλωσης έχει ως εξής:

Το θαλασσινό νερό μέσω αντλιών διοχετεύεται σε μια σειρά δεξαμενών, όπου με την διαδικασία της καθίζησης απορρίπτονται με καθίζηση ανεπιθύμητες ουσίες πχ. CaCO_3 . Η αλατότητα βρίσκεται μεταξύ 20-40% (κ.β), καθώς εξαρτάται από το πόσο αλμυρή είναι η εκάστοτε θάλασσα, ενώ το σημείο κορεσμού είναι 10%. Στην δεξαμενή το νερό εξατμίζεται και με την σειρά του αντικαθίσταται από θαλασσινό νερό, ενώ η αλατότητα αγγίζει το 100% του σημείου κορεσμού. Αμέσως μετά η άλμη ρέει στις επίπεδες δεξαμενές κρυστάλλωσης, που με την εξάτμιση το διάλυμα γίνεται υπέρκορο, οπότε το αλάτι κρυσταλλώνεται και καθιζάνει. Το νερό απομακρύνεται, όταν κρυσταλλωθεί το μεγαλύτερο μέρος του αλατιού και πριν κρυσταλλωθούν και άλλα συστατικά θαλασσινού νερού. Όταν σχηματιστεί ένας ικανός όγκος αλατιού στον πυθμένα της δεξαμενής κρυστάλλωσης, συλλέγεται είτε μηχανικά είτε χειρωνακτικά και οδηγείται στην μονάδα επεξεργασίας, για την αποφυγή προσμίξεων ανεπιθύμητων ουσιών, όπου ξηραίνεται και ύστερα διαχωρίζεται με κοσκίνισμα σε διάφορα μεγέθη και συσκευάζεται. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας το 97% του νερού εξατμίζεται. (Ζουμπούλης, Καραπάντσιος, Μάτης, & Μαύρος, 2009)

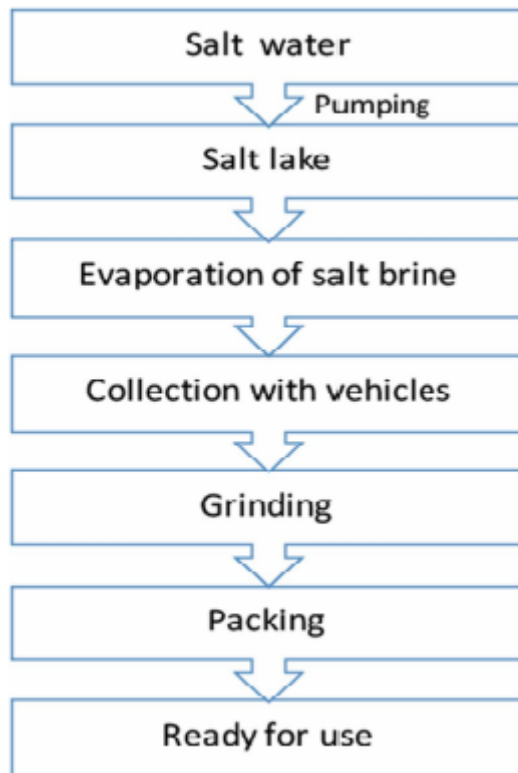


Figure 1. Scheme of the salt manufacturing process.

Εικόνα 1: Διαδικασία παραγωγής αλατιού [Iñiguez et al., 2017]

Στο πρώτο στάδιο πραγματοποιείται η συλλογή θαλασσινού νερού και νερού λίμνης, σε λίμνες εξάτμισης, όπου δέχεται την επίδραση ήλιου και ανέμου. Στο δεύτερο στάδιο γίνεται η εξάτμιση αλατόνερου. Μετά συλλέγεται το θαλασσινό αλάτι με την βοήθεια οχημάτων και ύστερα πραγματοποιείται η άλεση. Τελευταίο στάδιο είναι η συσκευή του αλατιού.

1.3 ΠΛΑΣΤΙΚΟ

Τα πλαστικά αποτελούνται από πολυμερή μόρια μεγάλου μεγέθους, τα οποία προέρχονται από ένα μεγάλο αριθμό επαναλαμβανόμενων υπομονάδων. Χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες τα θερμοπλαστικά και τα θερμοσκληρυνόμενα. Η διαφορά τους είναι ότι στην πρώτη κατηγορία όποτε τα θερμάνουμε μπορούμε να αλλάξουμε το σχήμα που του έχουμε δώσει, ενώ στην δεύτερη κατηγορία δεν γίνεται να αλλάξουν (Pantelis,1996). Εμείς θα ασχοληθούμε με την πρώτη κατηγορία.

Παράγονται ως επί το πλείστον από ορυκτούς πόρους όπως το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο. Τα πλαστικά παράγονται από τα παραπροϊόντα διύλισης του πετρελαίου, που αντί να καούν και να ρυπαίνουν το περιβάλλον, μετατρέπονται σε πλαστικά. Εκτός όμως από τα ορυκτά καύσιμα, ως πρώτη ύλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η βιομάζα. Τα πλαστικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα, μπορούν να ανακυκλωθούν ή και να καούν για την παραγωγή ενέργειας. Συστηματικές μελέτες τα τελευταία χρόνια έχουν δείξει ότι τα

πλαστικά είναι τα λιγότερο ενεργοβόρα κατά την παραγωγή τους, τα πιο πλεονεκτικά από πλευράς βάρους και τα λιγότερο ρυπογόνα σε σχέση με άλλα υλικά (χαρτί, μέταλλο κ.λπ.)-(Hopewell et al. 2009).

Τα πλαστικά κατέχουν περίοπτη θέση στην ζωή μας. Χρησιμοποιούνται ευρέως στην κατασκευή αντικειμένων και υλικών , για οικονομικούς λόγους αλλά και λόγω της ανθεκτικότητάς τους. Χαρακτηρίζονται από μεγάλη αντοχή, χαμηλή πυκνότητα, χαμηλή θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα, συνεπώς είναι καλοί μονωτές. Συγκεκριμένα οι περισσότερες συσκευασίες προϊόντων της αγοράς χρησιμοποιούν το πλαστικό λόγω των παραπάνω πλεονεκτημάτων του, σε σχέση με υλικά που χρησιμοποιούνται σε συσκευασίες (χαρτί, γυαλί). Ορισμένα πλαστικά όπως το διογκωμένο πολυστυρόλιο (EPS) ή το εξωθημένο πολυστυρόλιο (XPS) παρέχουν προστασία από οξυγόνο, υδρατμούς και μικροοργανισμούς. Ως εκ τούτου, χρησιμοποιούνται ευρέως στη συσκευασία τροφίμων. Ωστόσο, έχει διατυπωθεί πρόσφατα ότι από τις συσκευασίες μπορούν να ρυπανθούν τα τρόφιμά μας με πλαστικά θραύσματα (Oßmann et al., 2018; Schymanski, Goldbeck, Humpf, & Fürst, 2018; Winkler et al., 2019).

Τα πλαστικά μεταξύ τους παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές, εξαιτίας των πολυμερών τους, δηλαδή ομάδες ατόμων μονομερών, που μέσω κατάλληλου συνδυασμού προκύπτουν τα πολυμερή. Ακριβώς όμως, λόγω των διαφορετικών φυσικοχημικών ιδιοτήτων, καθίσταται η ανακύκλωσή τους, ένα διαχρονικό πρόβλημα.

Οι κυριότερες κατηγορίες θερμοπλαστικών είναι:



Εικόνα 2: Οι κυριότερες κατηγορίες θερμοπλαστικών και η ευκολία ανακύκλωσής τους (Greenliving, 2018). 1 PETE/PET : Τερεφθαλικό Πολυαιθυλένιο/ Πολυεστέρας, 2 HDPE: Πολυαιθυλένιο, 3 PVC: Πολυβινυλοχλωρίδιο, 4 LDPE: Πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας, 5 PP: Πολυπροπυλένιο, 6 PS: Εξηλασμένο Πολυστερένιο, 7 OTHER: Άλλο. Οι κατηγορίες οι οποίες είναι ευκολότερες για ανακύκλωση είναι οι: 1,2,3,4,5. Οι υπόλοιπες 2: 6,7 είναι από δύσκολο έως σχεδόν αδύνατο να ανακυκλωθούν. Αξίζει να σημειωθεί πως συνήθως στο κάτω μέρος κάθε συσκευασίας αναγράφεται η κατηγορία πλαστικού που ανήκει.

1.3.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΒΑΣΕΙ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΤΟΥΣ

- ΜΑΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΑ (ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ Ή ΜΗΚΟΣ ΠΑΝΩ ΑΠΟ 25 mm)
- ΜΕΣΟΠΛΑΣΤΙΚΑ (ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ Ή ΜΗΚΟΣ ΜΕΤΑΞΥ 5 ΕΩΣ 25 mm)
- ΜΙΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΑ (ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ Ή ΜΗΚΟΣ ΜΕΧΡΙ ΚΑΙ 5 mm)
- ΝΑΝΟΠΛΑΣΤΙΚΑ (ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ Ή ΜΗΚΟΣ ΜΕΧΡΙ ΚΑΙ 1 μm)

Μακροπλαστικά

Απορρίμματα με μέγεθος από 2.5 μέχρι 100 cm τα οποία ανιχνεύονται με γυμνό μάτι και μπορούν να συλλεχθούν με κόσκινα ή δίκτυα στην παράκτια ζώνη. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν προϊόντα συσκευασίας όπως πλαστικά μπουκάλια, σακούλες αλλά και προϊόντα αλιείας όπως δίκτυα. Αποτελούν κομμάτια μεγαπλαστικών που διασπάστηκαν σε μικρότερα μέρη.

Μεσοπλαστικά

Χωρίζονται σε Πρωτογενή και Δευτερογενή. Πρωτογενή αποτελούν τα pellets-πλαστικά σφαιρίδια και τα υμένια (φιλμ), βασικά συστατικά παραγωγής πλαστικού. Ανιχνεύονται και αυτά με γυμνό μάτι ή με την χρήση οπτικού μικροσκοπίου και όπως και τα μακροπλαστικά συλλέγονται με κόσκινα ή δίκτυα.

Μικροπλαστικά

Τα μικροπλαστικά χρησιμοποιούνται σαν όρος από το 2004 (Thompson, et al. 2004), ο οποίος το χρησιμοποίησε για πρώτη φορά. Όμως δεν υπάρχει ακριβής ορισμός, που να καλύπτει όλο το εύρος, ώστε να εντάσσονται όλα τα σωματίδια που ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία. Ο όρος αυτός χρησιμοποιήθηκε για την περιγραφή των μικροσκοπικών κομματιών πλαστικού στα θαλάσσια ύδατα. Ύστερα από κάποια χρόνια προστέθηκε το ανώτερο όριο μεγέθους στα μικροπλαστικά (Arthur, et al. 2009), δηλαδή μικροπλαστικά θεωρούνται τα πλαστικά σωματίδια με μέγεθος μικρότερο από 5 mm. Ο άνωθεν ορισμός βελτιώθηκε μέσω της διάκρισής τους σε πρωτογενή ή δευτερογενή με κριτήριο την προέλευσή τους (Core, et al. 2011). Σύμφωνα με τους ευρύτερους ορισμούς μεγέθους ενός μικροπλαστικού, πλαστικά σφαιρίδια παραγωγής (συνήθως διαμέτρου 2-5 mm) μπορούν να θεωρηθούν ως πρωτογενή μικροπλαστικά, (Andrady, 2011, Costa et al., 2010), ενώ τα δευτερογενή προέρχονται από θραύσματα μεγάλων πλαστικών κομματιών (Ryan et al., 2009, Thompson et al., 2004). Έχει γίνει σημαντική προσπάθεια για την εύρεση ενός σαφέστερου και πιο ολοκληρωμένου ορισμού, ο οποίος θα συμπεριλαμβάνει και φυσικοχημικές ιδιότητες, όπως μέγεθος σωματιδίων, χημική σύνθεση και διαλυτότητα στο νερό.

Νανοπλαστικά

Ανιχνεύονται με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο και συλλέγονται με την χρήση νανοφίλτρων. Δεν μπορούμε να γνωρίζουμε τον επακριβή αριθμό νανοπλαστικών,, γιατί η συλλογή τους στις θαλάσσιες ακτές παραμένει δύσκολη διαδικασία.

1.4 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΠΟΡΡΙΨΗ ΤΟΥΣ

Η ολοένα και αυξανόμενη χρήση πλαστικών, σε συσκευασίες, έχει ως επακόλουθο την αυξανόμενη παρουσία πλαστικών απορριμμάτων στο φυσικό περιβάλλον. Λόγω της ποικιλομορφίας των πολυμερών, που αναφέραμε παραπάνω η ανακύκλωσή τους αποτελεί δύσκολη υπόθεση. Σε περίπτωση που το πλαστικό δεν ανακυκλωθεί, είναι ορατός ο κίνδυνος να απορριφθεί σε υδάτινο περιβάλλον.

Καταλαβαίνουμε, πως όσο σε τοπικό αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο, η ολοένα και αυξανόμενη χρήση του πλαστικού, έχει ως συνέπεια την ρύπανση των θαλάσσιων υδάτων.

1.4.1 ΧΕΡΣΑΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΠΛΑΣΤΙΚΑ

Η συνεχής αυξανόμενη τουριστική περίοδος, οδηγεί σε αύξηση της χρήσης πλαστικών συσκευασίας ή εξοπλισμού. Ο κόσμος που κατακλύζει τις παραλίες πολλές φορές απορρίπτει ποσότητες πλαστικών . Το φαινόμενο της απόρριψης πλαστικών στα πέριξ της θάλασσας, οδηγεί σε ρύπανση της θάλασσας με αυτά, αφού παρασύρονται.

Χώροι Υγειονομικής Ταφής (ΧΥΤΑ), Εγκαταστάσεις Υγρών Στερεών Αποβλήτων

Τέτοιοι χώροι θα πρέπει να είναι συμμορφωμένοι με τους κανόνες ορθής λειτουργίας, ειδικά όταν είναι κατασκευασμένοι σε παράκτια ζώνη. Σε πολλές περιπτώσεις απορρίπτονται μεγάλες ποσότητες πλαστικού που καταλήγουν στην θάλασσα μέσω βροχοπτώσεων και ανέμων. Στραγγίσματα από ΧΥΤΑ, που βρίσκονται σε υπόγεια ύδατα μεταφέρουν δευτερογενή μικροπλαστικά και νανοπλαστικά, που προέκυψαν από την αποδόμηση μεγαλύτερων κομματιών πλαστικού από εξοπλισμό της εγκατάστασης (Barnes et al.2009). Επίσης μακροπλαστικά παγιδεύονται σε δεξαμενές οξείδωσης ή λάσπης λυμάτων, με αποτέλεσμα ένα μεγάλο ποσοστό μικροπλαστικών θα περάσει από συστήματα φιλτραρίσματος. (Browne et al., 2007, Fendall and Sewell, 2009, Gregory, 1996).

Εργοστάσια

Τον 21^ο αιώνα τα εργοστάσια χρησιμοποιούν μεγάλο όγκο πλαστικού είτε στον εξοπλισμό είτε σαν υλικό συσκευασίας. Αυτό έχει ως συνέπεια την παραγωγή πολλών πλαστικών απορριμμάτων και δίχως την σωστή μέριμνα, είναι ορατός ο κίνδυνος αυτά να καταλήξουν στην θάλασσα με παρόμοια διαδικασία όπως με αυτήν από τα ΧΥΤΑ.

Κατασκευές

Κατά την κατασκευή κτηρίων ή οδοστρωμάτων χρησιμοποιείται το 6% των συνολικών απορριμμάτων πλαστικού, αφού σε αυτά τα υλικά κατασκευής περιέχεται πλαστικό. Κάποια κομμάτια πλαστικού με την πάροδο του χρόνου

καταστρέφονται εξαιτίας της επίδρασης ηλιακής ακτινοβολίας και της ανόδου της θερμοκρασίας.

Εκροές εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων

Μέσω του αποχετευτικού συστήματος νανοπλαστικά ή μικροπλαστικά, τα οποία περιέχονται σε είδη ατομικής φροντίδας και υγιεινής (πχ. Αφρόλουτρα), που δεν διαχωρίστηκαν κατά την επεξεργασία των λυμάτων, θα μεταφερθούν μέσω της εκροής της εγκατάστασης στις θάλασσες. Το ίδιο μπορεί να συμβεί και σε ποτάμια, μέσω εκροών τέτοιων εγκαταστάσεων. Μέσω των ποταμών ποσότητες μικροπλαστικών και νανοπλαστικών μπορούν να καταλήξουν πάλι στην θάλασσα.



Εικόνα 3: Παράκτια ρύπανση από πλαστικά. (Greenagenda,2019)

1.4.2 ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΠΛΑΣΤΙΚΑ

Περιορισμένη ή / και ακατάλληλη διαχείριση αποβλήτων οδήγησαν στην ρύπανση των υδάτων. Η ανθρώπινη συμπεριφορά επέφερε την συσσώρευση μεγάλου όγκου σκουπιδιών –στην πλειονότητα πλαστικού- και στην υποβάθμιση των υδάτων. Οι βασικότερες πηγές της θαλάσσιας ρύπανσης από πλαστικά είναι η ναυσιπλοΐα, η αλιεία αλλά και οι ναυτιλιακές βιομηχανίες.

Ναυσιπλοΐα

Αποτελεί ένα από τα πιο διαδεδομένα μέσα μετακίνησης στην χώρα μας, καθώς σε πολλά νησιά είναι το μοναδικό μέσο μετακίνησης από την ηπειρωτική χώρα. Υπάρχουν πλοία επιβατικά και μεταφορικά. Μεγάλες ποσότητες πλαστικών

απορρίπτονται μέσω των πλοίων στην θάλασσα αλλά και από διάφορα ατυχήματα που προκαλούνται ενώ κινείται.

Ναυτιλιακές Βιομηχανίες

Εγκαταστάσεις οι οποίες είναι μέσα στην θάλασσα όπως για παράδειγμα υδατοκαλλιέργειες ή εξέδρες πετρελαίου, υπάρχει περίπτωση να εναποθέσουν ποσότητες μακροπλαστικού απευθείας στις θάλασσες (Cole et al.2011).

Αλιεία

Τα πλαστικά απορρίμματα προέρχονται από πετονιές που περιέχουν νάιλον, δίχτυα και αποτελούν το 10% των συνολικών πλαστικών απορριμμάτων που βρίσκονται στην θάλασσα (Good et al.2010). Η πλειονότητα αυτών των μη αποικοδομήσιμων και ανθεκτικών στερεών πλαστικών έχουν εισέλθει στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Τα πλαστικά που είναι βαρύτερα από το θαλασσινό νερό (πχ PVC) είναι ευνόητο ότι τελικά βυθίζονται στον βυθό.(Gross,2015)

Αν και τα περισσότερα από τα πλαστικά υλικά είναι ανθεκτικά, διασπώνται υπό την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας UV, της υψηλής θερμοκρασίας, τον κυματισμό και την τριβή του αέρα, με αποτέλεσμα να υποβαθμίζονται και να διασπώνται σε μικρά σωματίδια, τα μικροπλαστικά. (Cai,2018)



Εικόνα 4: Ετήσια στοιχεία (2019) για το πλαστικό αποτύπωμα της Ελλάδας(WWF,2019)

1.5 ΜΙΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΑ

Η ποσότητα των μικροπλαστικών που απορρίπτονται στο θαλάσσιο περιβάλλον είναι μεγαλύτερη των μακροπλαστικών. Τα μεγαλύτερα πλαστικά που πετάμε είναι επικίνδυνα για τη θαλάσσια ζωή, αφού τα ζώα μπορεί να μπλέκονται, να παγιδεύονται, να πνίγονται ή να αποκτήσουν προβλήματα υποσιτισμού γιατί το πεπτικό τους σύστημα φράσσεται από τα πλαστικά. Τα μικροπλαστικά καταναλώνονται από μεγαλύτερο αριθμό οργανισμών από ότι τα μακροπλαστικά, λόγω του μικρού τους μεγέθους. Τα μικροπλαστικά προσροφούν και απελευθερώνουν τοξικές ουσίες.

Κάποιες από τις βασικές κατηγορίες μικροπλαστικών είναι:

- Θραύσματα
- Φύλλα
- Ίνες
- Σκοινί
- Σφαιρίδια

1.5.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΙΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΩΝ

Γενικότερα χωρίζονται σε 2 βασικές κατηγορίες:

Τα πρωτογενή και δευτερογενή και διαφοροποιούνται ανάλογα την κατάσταση που βρίσκονται πριν βρεθούν στο περιβάλλον.

Τα πρώτα εισέρχονται στο περιβάλλον ως μικροπλαστικά, ενώ τα δεύτερα ως προϊόντα διάσπασης μεγαλύτερων κατηγοριών πλαστικού.

Κύρια πηγή των μικροπλαστικών αποτελούν τα πλαστικά απορρίμματα που καταλήγουν στη θάλασσα και μέσω των χημικών και φυσικών διεργασιών διασπώνται σε μικρότερα σωματίδια ή ίνες. Άλλες πηγές μικροπλαστικών είναι τα:

- Βιομηχανικά προϊόντα: μία πληθώρα πλαστικών βιομηχανικών προϊόντων, καταλήγει άμεσα ή έμμεσα στις θάλασσες όπως τα καλλυντικά για παράδειγμα προϊόντα που χρησιμοποιούνται για απολέπιση, σαμπουάν, αποσμητικά κλπ περιέχουν πλαστικά μικροσωματίδια που αποτελούνται από πολυαιθυλένιο (PE), πολυπροπυλένιο (PP), τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET), πολυμεθύλιο (PMMA) και νάιλον.
- Συνθετικά ενδύματα: Εκτιμάται ότι ένα μόνο ρούχο κατασκευασμένο από συνθετικές ίνες απελευθερώνει σε κάθε πλύση περίπου 1.900 μικροπλαστικές ίνες στο αποχετευτικό σύστημα οι οποίες συνήθως καταλήγουν στη θάλασσα.

1.5.2 ΡΥΠΑΝΣΗ ΜΙΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΟ ΥΔΑΤΙΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Η παρουσία μικροπλαστικού, οδηγεί σε υποβάθμιση των θαλάσσιων υδάτων και σε αισθητικό επίπεδο. Η θολερότητα στα νερά εμποδίζει τους θαλάσσιους οργανισμούς όπως πλανγκτόν να αναπτυχθούν, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η τροφική αλυσίδα του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Μικρά τμήματα πλαστικού ή μικροσκοπικές ίνες έχουν βρεθεί σε όλους τους θαλάσσιους οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένων σημαντικών εμπορικών ειδών όπως ψάρια, καβούρια, μύδια κλπ. (Walkinshaw et al., 2020). Είναι πλέον ευρέως παραδεκτό ότι τα μικροπλαστικά μπορούν να εισέλθουν στην τροφική αλυσίδα και να καταλήξουν στον άνθρωπο. Ο αριθμός των μικροπλαστικών που περιέχονται στα θαλάσσια οικοσυστήματα αναμένεται να αυξηθεί εκθετικά τα επόμενα χρόνια (Everaert et al. 2018).

Η επίδραση των μικροπλαστικών στους οργανισμούς εξαρτάται από τη βιοδιαθεσιμότητα τους (Wu et al., 2019; Chen et al., 2020), η οποία βασίζεται στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των ΜΡ, όπως η διάσταση των σωματιδίων και η πυκνότητα του πολυμερούς (Scherer et al., 2017).

Επίσης τα πλαστικά σε πολλές περιπτώσεις διευκολύνουν την μεταφορά βαρέων μετάλλων, τα οποία λειτουργούν ως σταθεροποιητές, για να είναι ανθεκτικότερα. Εξίσου σημαντικό το γεγονός ότι προσροφούνται μέταλλα σε πλαστικά τα οποία έχουν φθαρεί.

Τα μακροπλαστικά αποτελούν έναν πιθανό κίνδυνο για μεγάλο αριθμό θαλάσσιων οργανισμών λόγω της παγίδευσής τους σε αυτά, αλλά και λόγω της πρόκλησης σοβαρών τραυματισμών, ακόμα και θανάτου ψαριών, πτηνών και θηλαστικών.

Μικροπλαστικές ίνες έχουν βρεθεί σε καρκινοειδή και η έρευνα δείχνει ότι αυτές οι ίνες μειώνουν την κατανάλωση τροφής, επομένως λιγότερη ενέργεια είναι διαθέσιμη για ανάπτυξη (Watts et al., 2015).

Τοξικές χημικές ουσίες που εκπλένονται από πλαστικά τείνουν να βιοσυσσωρεύονται σε αυτούς τους οργανισμούς που τα καταναλώνουν και οι χημικές συγκεντρώσεις είναι ανώτερες στα ανώτερα τροφικά επίπεδα. Αυτό αποτελεί μεγάλο πρόβλημα για την τροφική αλυσίδα, καθώς είδη που δεν είναι θαλάσσια αλλά τρέφονται με ψάρια, όπως οι άνθρωποι, μπορούν να έχουν σοβαρό πρόβλημα.



Εικόνα 5: Θάνατος ψαριών από παγίδευση (Naturesse-hellas,2014)



Εικόνα 6: Θάνατος από κατάποση πλαστικών(Naturesse-hellas,2014)

1.6. ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ

Οι Van Cauwenberghe και Janssen (2014) εκτίμησαν την πιθανή έκθεση των ανθρώπων σε μικροπλαστικά μέσω της κατάποσης θαλασσινών που έχουν ρυπανθεί από αυτά τα σωματίδια. Στα αποτελέσματα που βρήκαν, συμπέραναν ότι σε χώρες που καταναλώνονται πολλά οστρακοειδή, οι άνθρωποι καταναλώναν μέχρι και 11.000 σωματίδια ετησίως, ενώ σε χώρες με χαμηλή κατανάλωση, ο αριθμός μειωνόταν στις 1.800 ετησίως (Van Cauwenberghe & Janssen, 2014).

Η παρουσία μικροπλαστικών ενδέχεται να δημιουργήσει ατυχήματα και μέσω της κατάποσης όπως και στην περίπτωση των ψαριών, να οδηγήσει σε εσωτερικές βλάβες του οργανισμού. Επίσης είναι ορατός ο κίνδυνος της ρύπανσης του αέρα, το νερού και του φαγητού από τοξικές ουσίες που εκπλένονται από τα πλαστικά που απορρίπτονται στο περιβάλλον (Cimbolakova, 2019). Τέλος οι άνθρωποι αποτελούν μέρος της τροφικής αλυσίδας και καταναλώνοντας υδρόβιους οργανισμούς, οι οποίοι πιθανόν να έχουν εκτεθεί σε τοξικές ουσίες, υπάρχει σοβαρή πιθανότητα να παρουσιάσουν επιπλοκές στην υγεία τους. (Barbosa, et al.2020)

1.7 ΣΤΟΧΟΣ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη της ρύπανσης των αλατιών από μικροπλαστικά. Για τον λόγο αυτό πήραμε δείγματα από θάλασσες της Κρήτης. Βασικός στόχος της εν λόγω εργασίας είναι ο προσδιορισμός αλλά και η ποσοτικοποίηση της επιρροής της ρύπανσης με πλαστικά, στα μαγειρικά αλάτια γι' αυτό μετρήθηκε η συγκέντρωση σωματιδίων μικροπλαστικού σε 9 μαγειρικά αλάτια της αγοράς. Για την πλήρη κατανόηση του προβλήματος μετρήθηκε η συγκέντρωση σωματιδίων μικροπλαστικού και σε ορυκτό μαγειρικό αλάτι. Ο στόχος των μετρήσεων ήταν να διεξαχθεί μια πρώτη εκτίμηση για την συγκέντρωση μικροπλαστικών σε κάθε μαγειρικό αλάτι και να προσδιοριστούν τα βασικά χαρακτηριστικά τους όπως μέγεθος, χρώμα αλλά και σε ποια υποκατηγορία μικροπλαστικού ανήκουν.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα δείγματά της εν λόγω διπλωματικής εργασίας συλλέχθηκαν από θάλασσες της Κρήτης, ενώ τα υπόλοιπα θαλασσινά αλάτια τα προμηθευτήκαμε από τους πάγκους των σουπερμάρκετ.

Η επεξεργασία τους πραγματοποιήθηκε κυρίως στο Εργαστήριο Βιοχημικής Μηχανικής & Περιβαλλοντικής Βιοτεχνολογίας του Πολυτεχνείου Κρήτης, ενώ ένα κομμάτι πραγματοποιήθηκε στο Μεσογειακό Αγρονομικό Ινστιτούτο Χανίων- MAIX , όπου και έγινε με την χρήση ενός πρότυπου στερεοσκοπίου.

2.1 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

Η πλειοψηφία των θαλασσινών μαγειρικών αλάτων προέρχεται από τις Αλυκές Μεσολογγίου, όπου γίνεται το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής αλατιού στην Χώρα μας.

Αλυκές Μεσολογγίου

Βρίσκονται παράπλευρα της παλαιάς Εθνική οδού Μεσολογγίου – Αιτωλικού, όπου διασχίζοντάς την θα αντικρύσει κανείς ένα σπάνιο θέαμα: τεράστιοι λόφοι από αλάτι, ύψους έως και 15 μέτρων απλώνονται στις εγκαταστάσεις των αλυκών Μεσολογγίου. Πρόκειται για την μεγαλύτερη αλυκή της Ελλάδας, την αλυκή Μεσολογγίου (γνωστή στους ντόπιους και ως “Άσπρη” αλυκή) ικανή να παράγει το 50-80% (αναλόγως της χρονιάς) του αλατιού που παράγεται στην Ελλάδα. Οι αλυκές Μεσολογγίου ανήκουν στην κρατική εταιρία Ελληνικές Αλυκές Α.Ε. Έχουν έκταση 11.500 στρεμμάτων και η παραγωγή φτάνει τους 120.000 τόνους ετησίως.

Νότια Κρήτη

Η νότια πλευρά του νησιού που βρέχεται από το Λιβυκό ή αλλιώς Νότιο Κρητικό Πέλαγος, αποτελεί συνολικότερα έναν από τους βασικότερους πυλώνες ανάπτυξης του νησιού, με ολοένα και μεγαλύτερο αριθμό επισκεψιμότητας τουριστών.

Κίσαμος

Η Κίσαμος είναι κωμόπολη της δυτικής στον κόλπο Κισάμου, δυτικά των Χανίων, με πληθυσμό 4.236 κατοίκους, έδρα του δήμου Κισάμου (με συνολικό πληθυσμό 10.790 κατοίκους). Ο δήμος περιλαμβάνει τις δημοτικές ενότητες Κισάμου, Ινναχωρίου και Μηθύμνης.

2.2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Για την ζύγιση του κάθε επί μέρους άλατος χρησιμοποιήσαμε τετράγωνα πλαστικά πιάτα.

Για την πραγματοποίηση της χώνευσης χρησιμοποιήσαμε υπεροξείδιο του υδρογόνου H_2O_2 .

Αλουμινόχαρτο.

Φίλτρα με άνοιγμα πόρων 2,7 μm .

Τρυβλία Petri.

Λαβίδα, για την αποφυγή επιμόλυνσης των φίλτρων.

Απιονισμένο νερό.

Φλάσκες 1.5L.

Ηλεκτρονική Ζυγαριά.

Συσκευή διήθησης.

Αντλίες διήθησης.

Φούρνος, για την ξήρανση των δειγμάτων.

Αναδευτήρας.

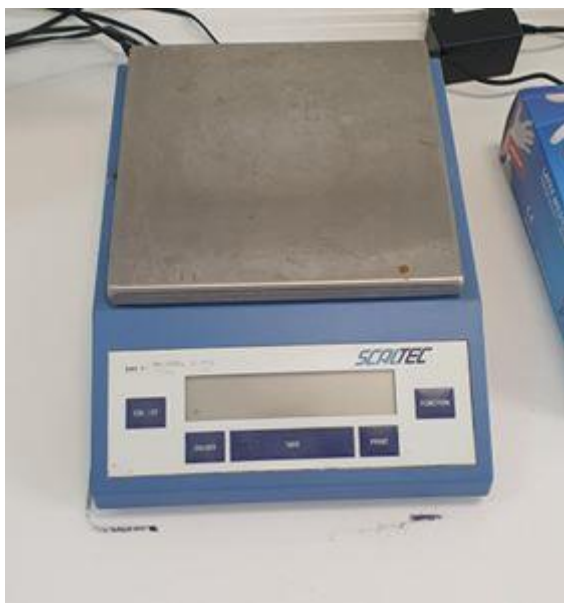
2.3 ΧΩΝΕΥΣΗ

Χώνευση πραγματοποιείται όταν ένα πρόσφατα παραγμένο ίζημα, αφήνεται σε υψηλή θερμοκρασία στο διάλυμα το οποίο καταβυθίστηκε. Στο τέλος της διαδικασίας αυτής υπάρχουν μεγαλύτερα και καθαρότερα σωματίδια.

2.4 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Ζύγιση δειγμάτων αλατιού

Αφού ζυγίσαμε 250 g του κάθε αλατιού, το τοποθετήσαμε σε γυάλινη φλάσκα (1.5L) και το καλύψαμε με αλουμινόχαρτο.



Εικόνα 7: Ζυγαριά

Ζυγαριά

Προκειμένου να ανοίξουμε την ζυγαριά, χρησιμοποιούμε την εντολή ON/OFF, όπως και όταν θέλουμε να την κλείσουμε.

Πρώτα βάζουμε το <<πλαστικό πιάτο>> που θα χρησιμοποιήσουμε για να ζυγίζουμε την ποσότητα του αλατιού στην ζυγαριά και στη συνέχεια, πατάμε το κουμπί TARE, προκειμένου να υπολογίσει την παρουσία του πιάτου και να καταγράψει το καθαρό βάρος του αλατιού.

Χώνευση με την χρήση υπεροξειδίου

Στο δείγμα προστέθηκε 200 ml υπεροξειδίου του υδρογόνου H_2O_2 συγκέντρωσης 17.25% w/w για 72 ώρες και τοποθετώντας το σε αναδευτήρα στις 120 στροφές ανά ώρα, και σε φούρνο σε θερμοκρασία 40°C. Δείγματα τα οποία συλλέγονται στο φυσικό περιβάλλον περιλαμβάνουν μεγάλες ποσότητες οργανικών υλικών που απαντώνται στη φύση, όπως ζωοπλαγκτόν, φυτοπλαγκτόν, υπολείμματα υδρόβιων οργανισμών ή βιοφίλμ, τα οποία αναπτύσσονται στην επιφάνεια μικροπλαστικών. Η χώνευση είναι μια διαδικασία που στοχεύει στην απομάκρυνση των παρεμβαλλόμενων οργανικών υλικών στα περιβαλλοντικά δείγματα.

Διήθηση

Το δείγμα άλατος διαλύθηκε πλήρως για 24 ώρες με προσθήκη 600 ml απιονισμένου νερού. Μετά το πέρας των 24 ωρών πήραμε τα 800 ml φιλτραρισμένου νερού και τα τοποθετήσαμε στην γυάλινη φλάσκα και διηθείται μέσω του πρώτου φίλτρου με άνοιγμα πόρων 2.7 μm .

Η διήθηση έγινε σε διηθητικό όργανο, όπου τοποθετήσαμε το δείγμα μας στο δοχείο και στην συνέχεια τοποθετήσαμε στον υποδοχέα φίλτρου, το φίλτρο. Μετά το πέρας της διήθησης συλλέξαμε τα φίλτρα, τοποθετώντας τα σε υπέρ-κάθαρα τρυβλία Petri.

Στο εναπομείναν δείγμα προσθέσαμε 200 ml υπεροξειδίου του υδρογόνου H_2O_2 35% w/w, όπου με την ίδια ακριβώς διαδικασία συλλέξαμε το 2^ο φίλτρο, ώστε να έχουμε μεγαλύτερη ακρίβεια στις μετρήσεις μας.

Στο τέλος κάθε διαδικασίας έγινε η συγκομιδή του εκάστοτε φίλτρου στις 2 διεργασίες όπου και ξηράθηκαν σε θερμοκρασία 40°C για 12 ώρες.



Εικόνα 8: Διαδικασία Διήθησης. Αριστερά η συσκευή της διήθησης.

Στην συσκευή, έχοντας συνδέσει αυτήν, όπως στην φωτογραφία παραπάνω, αφού έχουμε τοποθετήσει το φίλτρο κάτω από την χοάνη, βάζουμε το δείγμα προκειμένου να γίνει η διήθηση, ενώ ταυτόχρονα πατάμε το on. Θέλει ιδιαίτερη προσοχή να μην πατήσουμε το κουμπί πριν βάλουμε το δείγμα, γιατί είναι ορατός ο κίνδυνος να χαλάσει το φίλτρο ή και να συμβούν ατυχήματα λόγω της επιβολής πίεσης στην χοάνη.

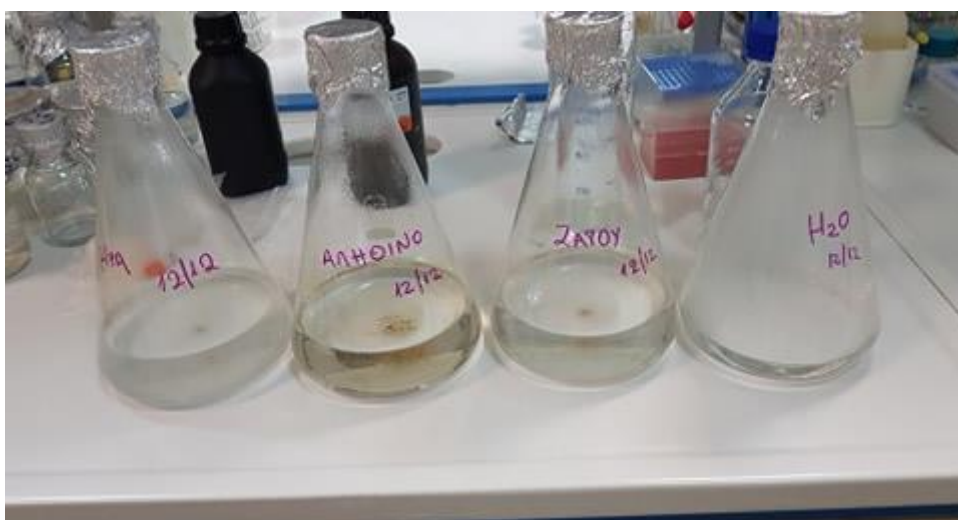
Για καλύτερη ακρίβεια και για την μη επιμόλυνση του δείγματος, χρησιμοποιούμε ειδική λαβίδα προκειμένου να τοποθετήσουμε το φίλτρο στην ειδική θέση, για την πραγματοποίηση της διήθησης. Μετά συλλέγουμε με τον ίδιο τρόπο το φίλτρο και το τοποθετούμε στο τρυβλίο. Ύστερα από κάθε διήθηση και συλλογή του φίλτρου ,

καθαρίζουμε την λαβίδα με απιονισμένο νερό προκειμένου να μην επιμολυνθεί και επηρεάσει τα δείγματά μας.

Οι πιθανότητες δευτερογενούς μικροπλαστικής μόλυνσης εκτιμάται ότι είναι χαμηλές εάν ληφθούν τέτοιες προφυλάξεις (Löder and Gerdts, 2015)



Εικόνα 9: Ξήρανση φίλτρων στον φούρνο



Εικόνα 10: Δείγματα πριν την διαδικασία της φίλτρανσης, καλυμμένα με αλουμινόχαρτο. Για την αποφυγή επιμόλυνσης κατά την παρασκευή των δειγμάτων, καθαρίστηκαν όλα τα σκεύη που θα χρησιμοποιούνταν αλλά και οι συσκευές, με απιονισμένο νερό. Επιπλέον αποφεύχθηκε όσο το δυνατόν περισσότερο η χρήση πλαστικών συσκευών. Το πρωτόκολλο προετοιμασίας και δειγματοληψίας βασίστηκε σε βασικά πρωτόκολλα (Stock, 2019). Έγινε αποφυγή της χρήσης συνθετικών υφασμάτων

κατά την δειγματοληψία και κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας προτιμώντας τη χρήση 100% βαμβακερής ρόμπας εργαστηρίου.

2.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Τα μικροπλαστικά όπως έχουμε αναφέρει, έχουν μέγεθος μέχρι 5mm, άρα η ανίχνευσή τους με γυμνό μάτι ήταν αδύνατη. Για αυτόν τον λόγο χρησιμοποιήσαμε το μικρο-στερεοσκόπιο, με το οποίο κοιτώντας κάθε δείγμα ξεχωριστά, καταγράψαμε κάποιες βασικές παραμέτρους του δείγματος, όπως σχήμα, είδος μικροπλαστικού και χρώμα. Αργότερα θα αναλύσουμε τον τρόπο με τον οποίο κατηγοριοποιήσαμε το κάθε μικροπλαστικό ανάλογα με το σχήμα του. Αφού τοποθετήσαμε το δείγμα στην βάση του στερεοσκοπίου, απομονώσαμε κάθε μικροπλαστικό και εστιάσαμε ώστε να αναγνωρίσουμε σε ποια υποκατηγορία μικροπλαστικού ανήκει, και το χρώμα του, τραβήξαμε φωτογραφία ώστε να μπορούμε με το κατάλληλο πρόγραμμα να μετρήσουμε το μέγεθος του καθενός μικροπλαστικού. Στο τέλος καταγράψαμε σε χαρτί τα στοιχεία που βρήκαμε προκειμένου να τα ταυτοποιήσουμε με τα στοιχεία που προκύπτουν από τις φωτογραφίες που βγάλαμε, αλλά και να γράψουμε κάποια αρχικά συμπεράσματα.

2.5.1 ΣΤΕΡΕΟΣΚΟΠΙΟ

Το στερεοσκόπιο αποτελεί μια οπτική παραλλαγή του μικροσκοπίου, σχεδιασμένη για την παρατήρηση ενός δείγματος, χρησιμοποιώντας φως που αντανακλάται από την επιφάνεια. Το όργανο χρησιμοποιεί 2 διαφορετικές οπτικές διαδρομές, χάρις των 2 διαφορετικών φακών που διαθέτει, δίνοντας έτσι διαφορετικές γωνίες θέασης, από το αριστερό και δεξιό μάτι. Με αυτόν τον τρόπο χαρίζει στον χρήστη μια τρισδιάστατη απεικόνιση του εκάστοτε δείγματος. Η μέθοδος αυτή επικαλύπτει την μακροφωτογραφία για την εξέταση και καταγραφή στερεών δειγμάτων, σε δύσκολες επιφάνειες, που με την βοήθεια της τρισδιάστατης προβολής, ανακαλύπτονται οι λεπτομέρειες.

2.5.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΤΕΡΕΟΣΚΟΠΙΩΝ

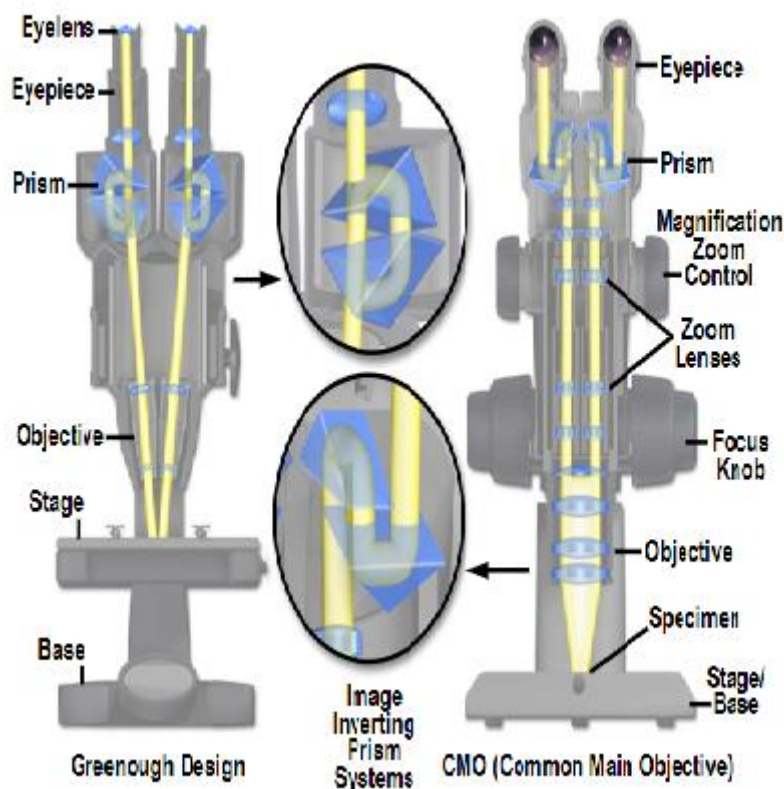
Τα στερεοσκόπια μπορούν να χωριστούν σε δυο βασικές κατηγορίες, που κάθε μια από αυτές έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Τα παλαιότερου τύπου στερεοσκόπια, πήραν το όνομά τους από τον εφευρέτη Greenough, που χρησιμοποιεί δυο σωλήνες σώματος, οι οποίοι παράγουν στερεοφωνικό εφέ. Νεότερου τύπου στερεοσκόπια έχουν ένα κοινό κύριο στόχο, το οποίο μοιράζεται σε ένα ζεύγος σωλήνων προσοφθάλμιου φακού και συστημάτων φακών. Οι 2 αυτές κατηγορίες στερεοσκοπίων μπορούν να εξοπλιστούν με φακούς αλλαγής μεγέθους ή σύστημα συνεχούς μεγέθους.

Ο πρώτος σχεδιασμός διαθέτει δυο συμμετρικά και πανομοιότυπα οπτικά συστήματα, με ξεχωριστό προσοφθάλμιο φακό το καθένα αντικειμενικά διατεταγμένο σε ακριβή ευθυγράμμιση, μέσα σε ένα περίβλημα. Μεγάλο πλεονέκτημα αποτελούν τα υψηλά αριθμητικά ανοίγματα, το μεγάλο εύρος γωνιών στις οποίες ένα σύστημα μπορεί να δεχθεί ή να εκπέμπει φως. Αυτό επιτυγχάνεται

λόγω της ομοιότητας στον σχεδιασμό, με τα κλασικά σύνθετα μικροσκόπια. Το αριθμητικό διάφραγμα χρησιμοποιείται στην μικροσκοπία για να περιγράψει τον κώνο αποδοχής ενός αντικειμένου και κατά συνέπεια την δυνατότητα συλλογής φωτογραφιών κατά την ανάλυσή του. Το μέγεθος, το κεντράρισμα, η εστίαση και η περιστροφή θα πρέπει να μην διαφοροποιούνται, πέρα από πολύ μικρές εξαιρέσεις, όπως την γωνία θέασης που προβάλλεται η εικόνα στον αμφιβληστροειδή. Όσον αφορά την θέαση το ένα μάτι βλέπει το αντικείμενο από την αριστερή πλευρά, ενώ το δεξί το ίδιο αντικείμενο από λίγο διαφορετική όψη.

Στον δεύτερο σχεδιασμό παρέχεται η δυνατότητα αντιστάθμισης του μεγάλου κεντρικού στόχου, μεταθέτοντας τον στον άξονα δεξιά ή αριστερά του καναλιού. Αυτό αποτελεί ένα πολύ δύσκολο κατόρθωμα για όλα τα υπόλοιπα στερεοσκόπια, αν αναλογιστούμε πόσο δύσκολη και δαπανηρή είναι η κατασκευή στόχων από μεγάλα κομμάτια γυαλιού και η επίτευξη χρωματικών αποκλίσεων. Σε κάποια στερεοσκόπια ειδικά υπάρχει η δυνατότητα αντικατάστασης του μεγάλου αντικειμένου, με έναν συμβατικό στόχο διορθωμένο, που είναι κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί στην προβολή και λήψη φωτογραφιών σε μεγάλες μεγεθύνσεις. Το μεγαλύτερο όμως πλεονέκτημα αυτής της κατηγορίας είναι το οπτικό σύστημα απείρου. Μια παράλληλη διαδρομή φωτός, με δυο άξονες για τα κανάλια, βρίσκεται μεταξύ αντικειμενικής και αφαιρούμενης διάταξης κεφαλής παρατήρησης. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατή η προσθήκη εξοπλισμού, όπως για παράδειγμα δέσμες ακτινών, ομοαξονικούς επισκοπικούς φωτιστές, ενδιάμεσους σωλήνες μεταφοράς εικόνας στο κενό μεταξύ σώματος και κεφαλής. Στα στερεοσκόπια Greenough δεν μπορούμε να είμαστε τόσο ευέλικτοι.

Figure 4 - Comparison of CMO and Greenough Stereomicroscope Designs



Εικόνα 11: Διαφορές μεταξύ Greenough και συμβατικού Στερεοσκοπίου (Microscopy, 2015)

Δεν μπορούμε να πούμε με βεβαιότητα ποιο από τα 2 είναι καλύτερο, καθώς δεν υπάρχουν ούτε κριτήρια αλλά ούτε και δείκτες απόδοσης για αυτά τα 2 σχέδια. Τα σύγχρονα στερεοσκόπια έχουν μεγαλύτερη ισχύ συλλογής φωτογραφιών σε σχέση με τα παλαιότερα και διορθώνονται ευκολότερα για οπτική εκτροπή. Κάποιες παρατηρήσεις αποτυπώνονται καλύτερα με ένα συμβατικό στερεοσκόπιο, όμως κάποια χρειάζονται αποκλειστικά τον σχεδιασμό του Greenough. Εν κατακλείδι είναι προσωπική απόφαση του χρήστη ποιο από τα δυο θα διαλέξει, βάσει στρατηγικής. Συνήθως για πιο περίπλοκες εφαρμογές που ενδέχεται και να απαιτούν την αγορά επιπλέον εξαρτημάτων προτιμάται τα κοινά αντικειμενικά στερεοσκόπια, με υψηλή ανάλυση. Χρησιμοποιούνται ευρέως σε εργαστήρια έρευνας και ανάπτυξης ενώ τα Greenough σε γραμμές παραγωγής εργοστασίων, λόγω κόστους κατασκευής, που είναι αρκετά φθηνότερο.

2.6 ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΤΗΣ ΚΑΘΕ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΜΙΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΟΥ

Η βαφή με χρωστική είναι μια μέθοδος χαμηλού κόστους και διευκολύνει την οπτική αναγνώριση.

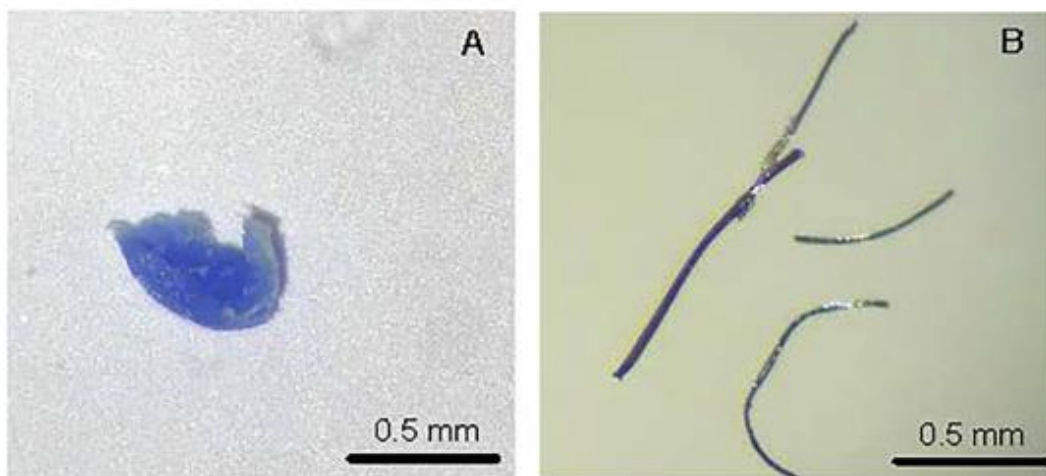
Για την σωστή επεξεργασία των αποτελεσμάτων, θα πρέπει στις φωτογραφίες που βγάλαμε, να κατανοήσουμε σε ποια κατηγορία ανήκει το κάθε μικροπλαστικό.

Για παράδειγμα τα θραύσματα, ξεχωρίζουν γιατί είναι πολύ μικρά κομμάτια πλαστικού.

Οι ίνες μοιάζουν με κλωστές, είτε ευθείες είτε με ακαθόριστο σχήμα.

Τα σφαιρίδια (pellet) έχουν την μορφή μικρή σφαίρας και τις περισσότερες φορές είναι αδιαφανή.

Το σκοινί έχει ακαθόριστο σχήμα, σε κάποιες περιπτώσεις μοιάζουν με τις ίνες, αλλά το καταλαβαίνουμε συνήθως από την τραχύτητα που παρουσιάζει.



Εικόνα 12: Ανίχνευση Μικροπλαστικών Μορφολογιών A: Θραύσμα B: Ίνες [Dodson et al.,2020]



Εικόνες 13: Αναγνώριση μικροπλαστικών μορφολογιών ανάλογα με το σχήμα τους [Dowarah & Devipriya,2019]



Εικόνα 14: Αναγνώριση μικροπλαστικών μορφολογιών ανάλογα με το σχήμα τους, στο δείγμα-ΚΟΡΩΝΙΣ.

Στο τελευταίο παράδειγμα βλέπουμε την ύπαρξη 2 ινών, μια μεγάλη και μια μικρή.

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την επεξεργασία των φωτογραφιών και την εξαγωγή των αποτελεσμάτων, χρησιμοποιήσαμε το σχεδιαστικό πρόγραμμα IMAGE-J, προκειμένου να καθορίσουμε το μέγεθος κάθε μικροπλαστικού που περιέχεται στα αλάτια που μελετάμε.

Τα μικροπλαστικά κατηγοριοποιήθηκαν σε 6 διαφορετικές κατηγορίες με κριτήριο το είδος του μικροπλαστικού.

3.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Βλέποντας μια προς μια τις φωτογραφίες που τραβήξαμε, σε κάθε άλας χαρακτηρίσαμε κάθε μικροπλαστικό σε ποια από τις παραπάνω υποκατηγορίες ανήκει. Αυτή η διαδικασία πραγματοποιήθηκε και για τα 2 φίλτρα.

- **Υπολογισμός ποσότητας κάθε υποκατηγορίας**

Ύστερα υπολογίζουμε το σύνολο των σωματιδίων κάθε υποκατηγορίας που περιέχονται σε κάθε αλάτι, αθροίζοντας τα, ώστε να συγκρίνουμε σε σχέση με τα άλλα αλάτια αλλά και να εξάγουμε κάποια συμπεράσματα για την επεξεργασία του καθενός.

Μετρήσαμε το μήκος της μεγαλύτερης διατομής ως μήκος (L) για όλα τα μικροπλαστικά MP. Ο όγκος των μεμονωμένων MP σωματιδίων εκτιμήθηκε ως:

Θραύσμα: Όλα τα σωματίδια MP-θραύσματος υποτίθεται ότι είχαν «ορθογώνιο

σχήμα παραλληλεπίπεδου με ύψος και πλάτος το ένα τρίτο του μήκους σύμφωνα με τη μέτρησή μας: $V_{fragment} = 1/9 L^3$

Ίνες: Όλα τα σωματίδια ινών-MP υποτίθεται ότι είχαν «κυλινδρικό» σχήμα με διάμετρο των 15 μm (= 2r). Έτσι, ο όγκος τους εκτιμάται ως: $V_{fiber} = \pi r^2 L$.

Φύλλο: Όλα τα σωματίδια MP-φύλλου υποτίθεται ότι είχαν σχήμα «ορθογώνιου παραλληλεπίπεδου» παρόμοια με θραύσμα, αλλά να έχει ύψος (H) 20 μm λαμβάνοντας υπόψη τη μέτρησή μας εμπειρία και αντιπροσωπευτικό πάχος τσαντών βινυλίου.

Ο όγκος τους υπολογίζεται ως:

$$V_{fragment} = 1/3 L^2 H.$$

Σφαίρα: Όλα τα σωματίδια σφαιρικής-MP υποτίθεται ότι είχαν «σφαιρικό» σχήμα με ακτίνα:

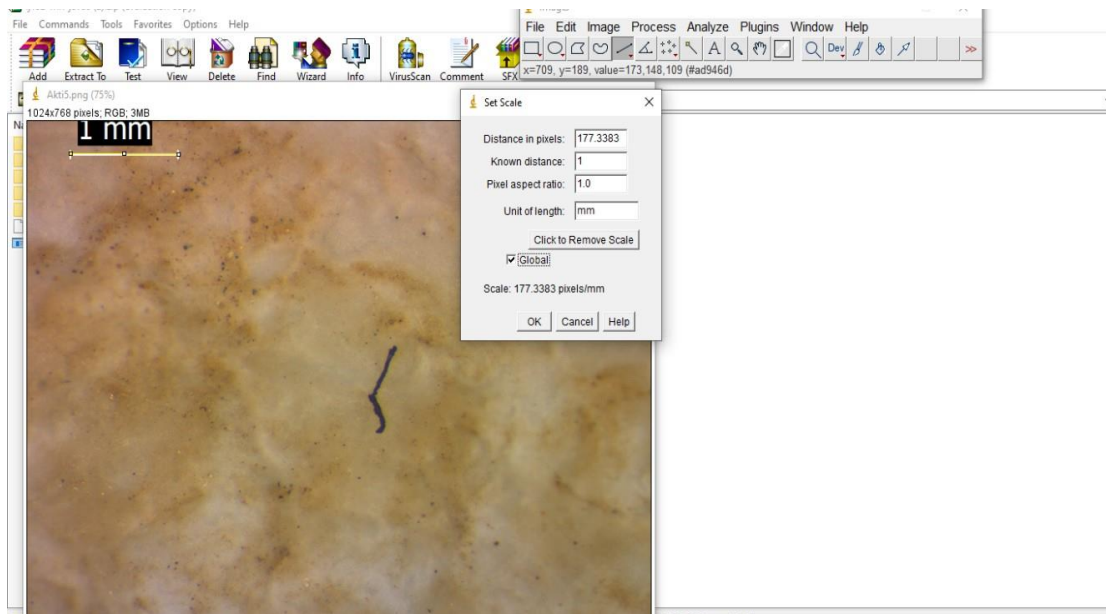
$$V_{spherule} = 4/3 \pi r^3$$

3.1.1 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ IMAGE J

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΟΥ

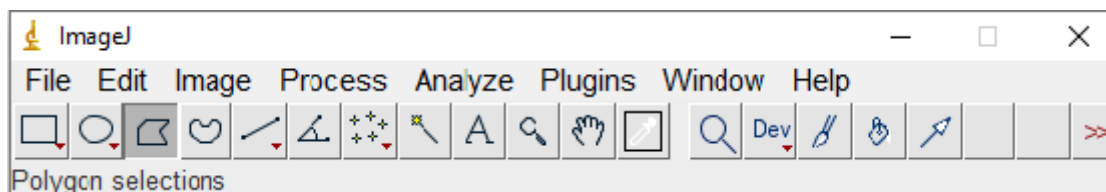
Αρχικά πρέπει να ορίσουμε την κλίμακα, την οποία έχουμε χρησιμοποιήσει στο στερεοσκόπιο προκειμένου να βγάλουμε τις φωτογραφίες, ώστε να υπολογίσουμε το μέγεθος κάθε μικροπλαστικού. Όπως δείχνουμε και στην φωτογραφία ορίζουμε την απόσταση 1mm, ώστε μετά κάνοντας την αντίστοιχη σύγκριση, να υπολογιστεί το μέγεθος της ίνας που βλέπουμε στο σχήμα. Μετά πατώντας την εντολή "Set Scale" και αντικαθιστώντας την γνωστή σε μέγεθος ευθεία που σχεδιάσαμε, ορίσαμε το μέτρο μεγέθους που θα χρησιμοποιήσουμε και πατώντας "OK" την ορίσαμε



Εικόνα 15: Πρώτο βήμα ορισμός κλίμακας

Τρόπος μέτρησης:

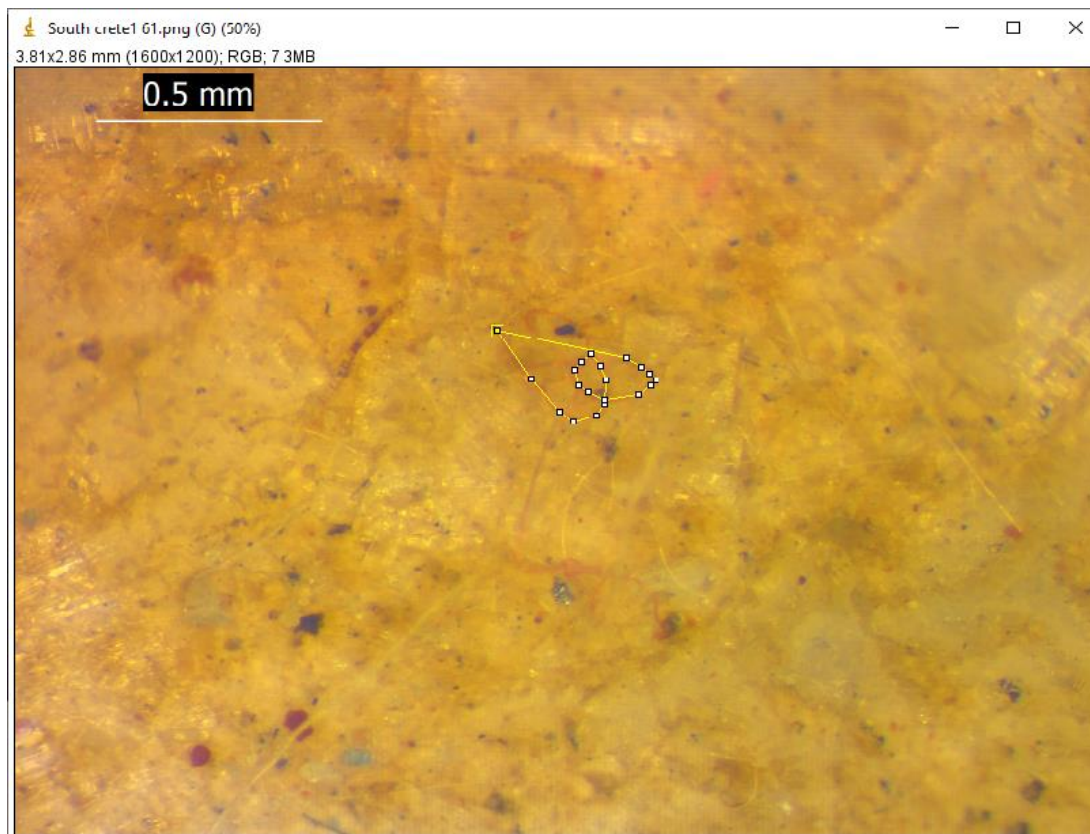
Για ίνες οι οποίες έχουν ακαθόριστο σχήμα, θα χρησιμοποιήσω την επιλογή που δείχνουμε στην φωτογραφία



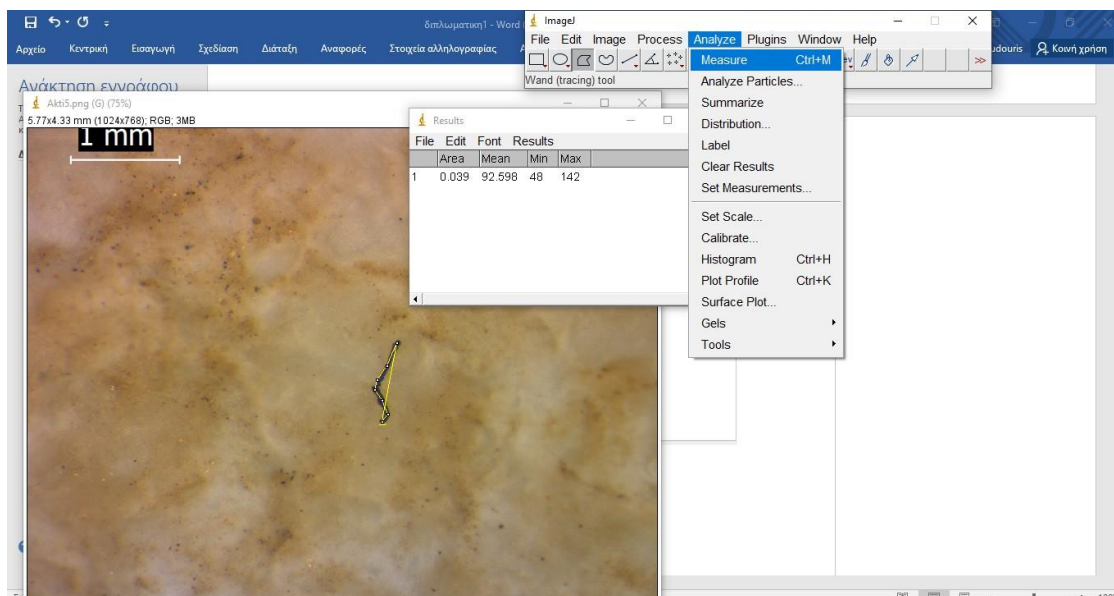
Εικόνα 16: Δεύτερο Βήμα Καθορισμού του Σχήματος του MP's

Ύστερα αφού έχω ορίσει κλίμακα, μέσω της επιλογής Analyze, Set scale και μέσω της επιλογής που δείχνουμε στην φωτογραφία, σχεδιάζουμε το μικροπλαστικό ώστε να μετρήσουμε το μέγεθος του, χρησιμοποιούμε την επιλογή Measure. Ύστερα ανοίγει το παράθυρο Results και παίρνουμε υπόψιν την μέτρηση Area, κάνοντας παραδοχή ότι η μια παράμετρος του εμβαδού είναι κοντά στο μηδέν.

Παράδειγμα:



Εικόνα 17: Τρίτο βήμα σχεδιασμού, σχεδιασμός μικροπλαστικού
Για τα θραύσματα, διαλέγουμε την επιλογή που θα δείξουμε παρακάτω και ύστερα κάνοντας την ίδια διαδικασία με τις ίνες(set scales, measure),στο παράθυρο Results που ανοίγει θα μετρήσουμε με την επιλογή Length, το μέγεθός του.

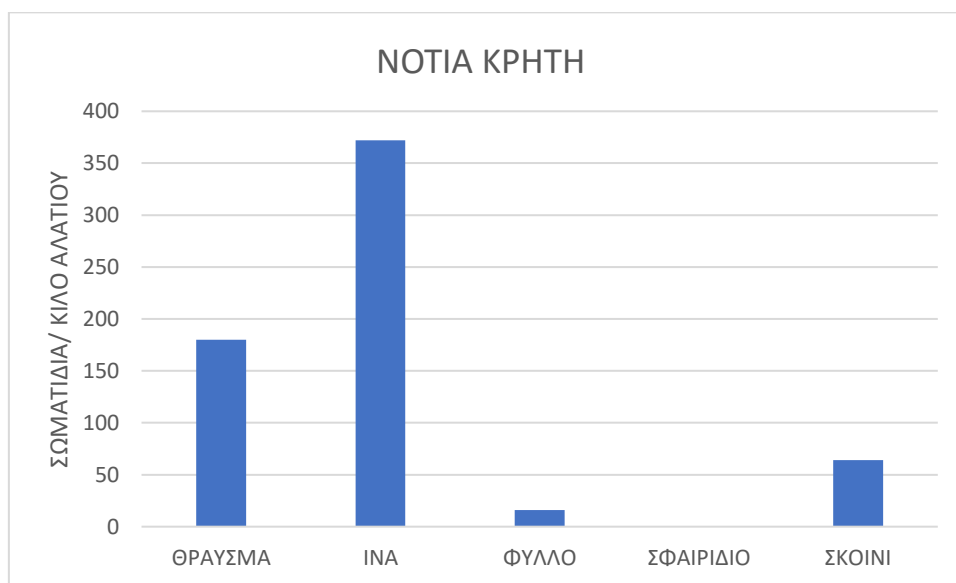


Εικόνα 18: Τέταρτο βήμα σχεδιασμού, υπολογισμός μεγέθους

4.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

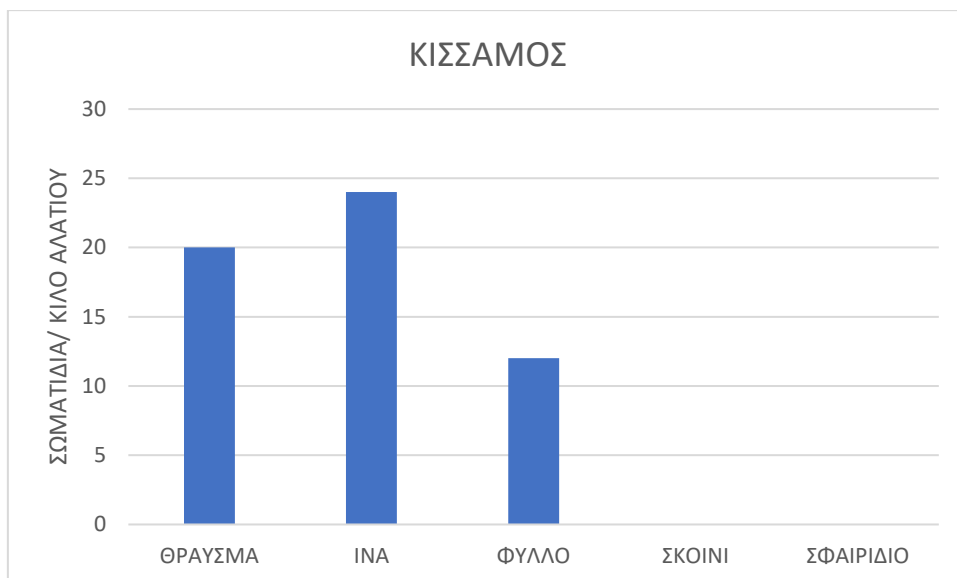
4.1.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΑΝΑ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΛΑΤΙΟΥ

Οι πίνακες που ακολουθούν δείχνουν την συγκέντρωση σωματιδίων σε κάθε άλας και την κατηγοριοποίησή τους ανάλογα με το σχήμα που διαθέτουν. Αφού υπολογίσαμε το άθροισμά τους παρατηρώντας μια προς μια την κάθε φωτογραφία και των 2 φίλτρων, στην συνέχεια διαιρέσαμε με το αρχικό βάρος του αλατιού όπου περιέχονται τα MP's , ώστε να βρούμε την συγκέντρωση.



Σχήμα 1: Συγκέντρωση μικροπλαστικών στο θαλασσινό αλάτι- NOTIA KΡHTH

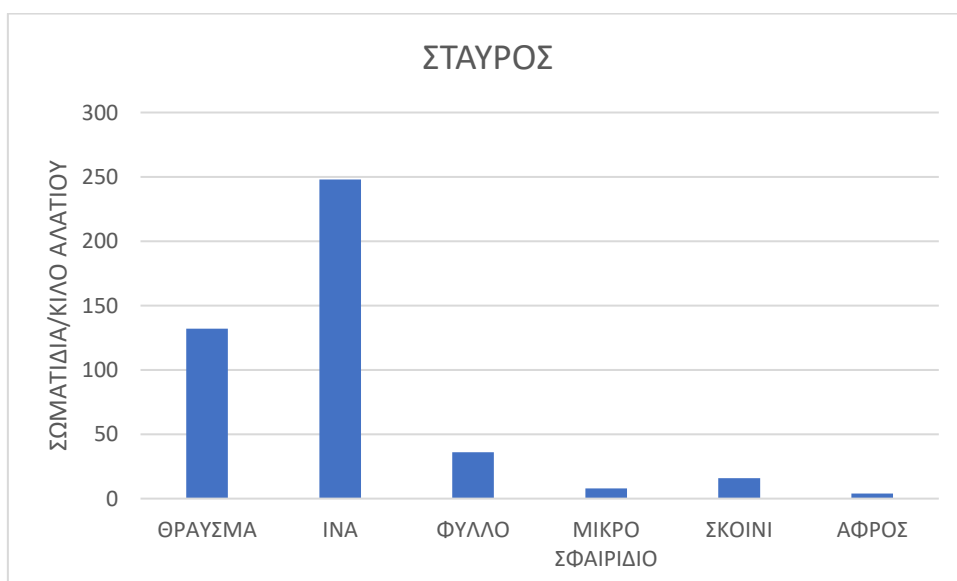
Παρατηρούμε ότι στο αλάτι που έχει συλλεχθεί από τη θάλασσα της Νότιας Κρήτης ο αριθμός των ινών είναι μεγαλύτερος από των θραυσμάτων και από τις υπόλοιπες κατηγορίες μικροπλαστικών. Η συγκέντρωση των φύλλων είναι ελάχιστη (16 σωματίδια/ κιλό αλάτι) ,ενώ η συγκέντρωση σκοινιού είναι επίσης μικρή (64 σωματίδια/ κιλό αλάτι). Η κατηγορία σφαιρίδιο δεν ανιχνεύθηκε στο δείγμα.



Σχήμα 2: Συγκέντρωση μικροπλαστικών στο θαλασσινό αλάτι-ΚΙΣΣΑΜΟΣ

Παρατηρούμε ότι η συγκέντρωση σωματιδίων είναι αρκετά μικρότερη (56 σωματίδια/κιλό αλατιού) σε σχέση με την Νότια Κρήτη (632 σωματίδια/κιλό αλατιού) ενώ η συγκέντρωση των θραυσμάτων (20 σωματίδια/κιλό αλατιού) είναι περισσότερο από το 50% των συνολικών μικροπλαστικών. Τα θραύσματα υπερτερούν σημαντικά εν συγκρίσει με τις άλλες υποκατηγορίες όπως ίνες και φύλλα (24 σωματίδια/κιλό αλατιού) και (12 σωματίδια/κιλό αλατιού) αντίστοιχα. Οι υπόλοιπες κατηγορίες όπως σκοινί, αφρός, μικρή σφαίρα δεν εντοπίστηκαν στο παρόν δείγμα.

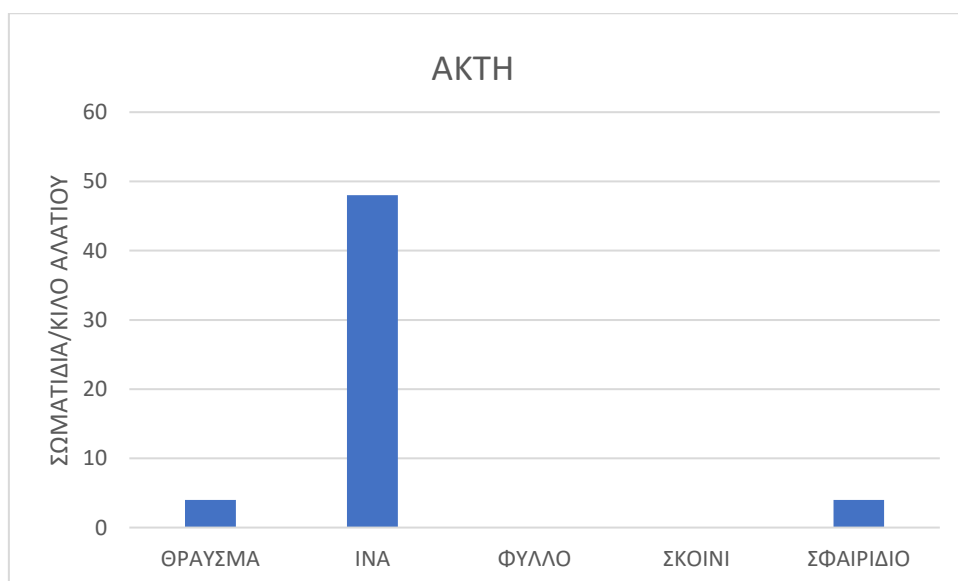
Ανοιχτές θάλασσες όπως η Κίσαμος, χάρις την συμβολή των ανέμων και των κυμάτων έχουν την δυνατότητα να απομακρύνουν μεγάλες ποσότητες μικροπλαστικών σε βαθύτερα σημεία, με αποτέλεσμα ο αριθμός των μικροπλαστικών που έχουμε στο δείγμα μας, να είναι αρκετά μικρότερος. (Gross, 2015)



Σχήμα 3: Συγκέντρωση μικροπλαστικών στο θαλασσινό αλάτι-ΣΤΑΥΡΟΣ

Σε σύγκριση με τα προηγούμενα αλάτια, εδώ παρατηρείται αύξηση της συγκέντρωσης των μικροπλαστικών (492 σωματίδια/κιλό αλατιού). Οι ίνες πάλι κατέχουν την μερίδα του λέοντος (132 σωματίδια/κιλό αλατιού) με τα θραύσματα (248 σωματίδια/κιλό αλατιού) να ακολουθούν. Σε αυτήν την περίπτωση βλέπουμε ότι έχουμε παρουσία και των 6 υποκατηγοριών. Στο συγκεκριμένο δείγμα παρατηρούμε και μια νέα υποκατηγορία μικροπλαστικού το οποίο ονομάζεται αφρός. Η συγκέντρωσή του είναι μικρή (4 σωματίδια/κιλό αλατιού). Το αποτέλεσμα είναι εν μέρει αναμενόμενο καθώς ο Σταυρός αποτελεί μια <<κλειστή θάλασσα>>, κατά συνέπεια τα μικροπλαστικά που ρυπαίνουν την θάλασσα δεν μπορούν να απομακρυνθούν από την ακτή, γι' αυτό και το αποτέλεσμα που προκύπτει είναι μεγαλύτερο από άλλες θάλασσες, οι οποίες είναι ανοικτές. Επίσης μεγάλα κομμάτια πλαστικού κατακερματίζονται με συνέπεια τα κομμάτια τους να ανήκουν στην κατηγορία των μικροπλαστικών, όποτε με αυτόν τον τρόπο η ποσότητα των μικροπλαστικών αυξάνεται. (Aytan et al. 2017)

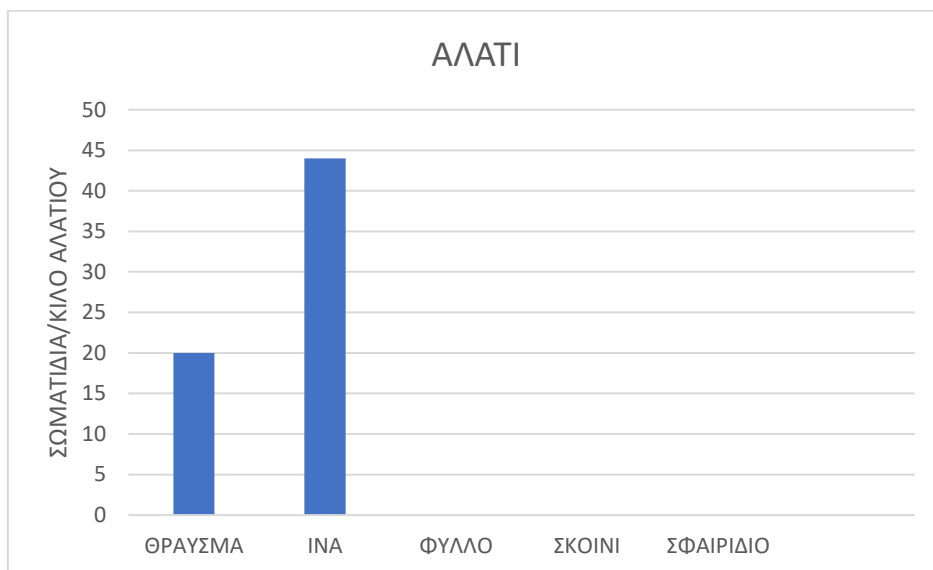
Θαλασσινά Μαγειρικά Αλάτια



Σχήμα 4: Συγκέντρωση μικροπλαστικών στο μαγειρικό αλάτι-ΑΚΤΗ

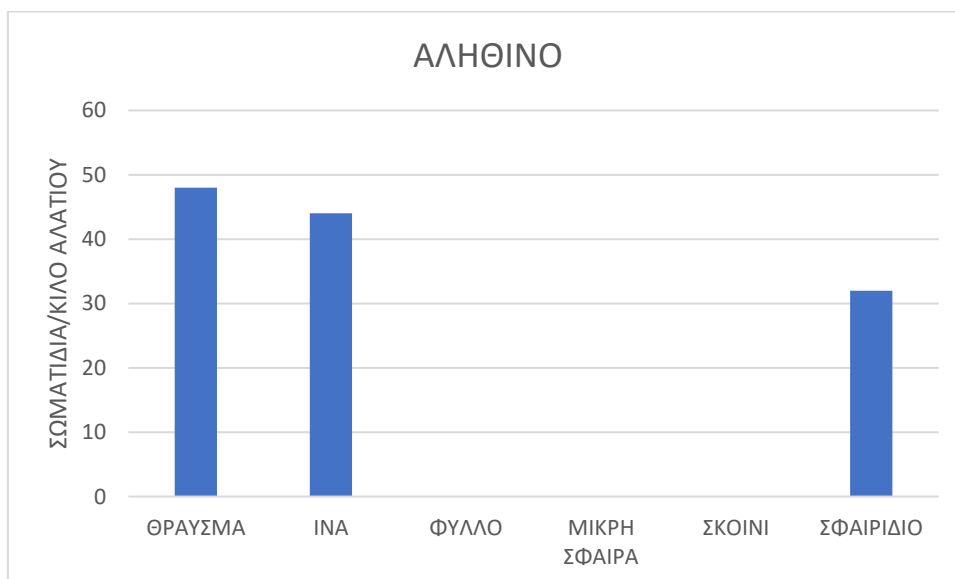
Παρατηρούμε ότι ο αριθμός των ινών αγγίζει σχεδόν το 86% των συνολικών μικροπλαστικών (48 σωματίδια/κιλό αλατιού). Ο αριθμός των θραυσμάτων είναι μικρός (4 σωματίδια/αλατιού), το ίδιο και των σφαιριδίων (4 σωματίδια/κιλό αλατιού), ενώ οι υπόλοιπες κατηγορίες όπως φύλλο, σφαιρίδιο και ίνα δεν εμφανίζονται στο δείγμα μας. Σε σύγκριση με τα αλάτια που προκύπτουν απευθείας από τις θάλασσες είναι αισθητά μικρότερος ο αριθμός των μικροπλαστικών. Αυτό είναι αναμενόμενο

καθώς σε κάθε εργοστάσιο αλατιού, εφαρμόζονται φιλτράνσεις, οπότε μεγάλος αριθμός απομακρύνεται.



Σχήμα 5: Συγκέντρωση μικροπλαστικών στο μαγειρικό αλάτι- ΑΛΑΤΙ

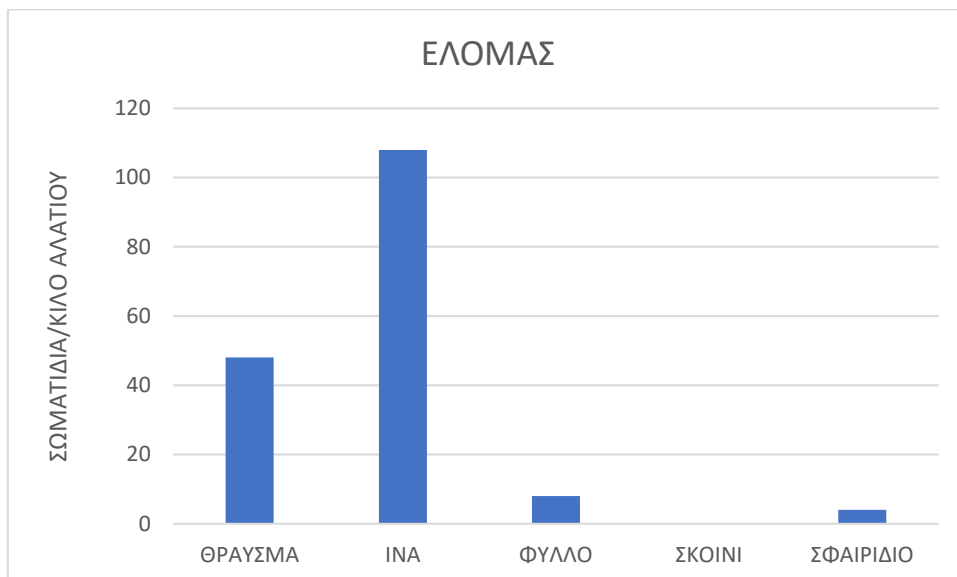
Παρατηρούμε ότι και αυτή η συγκέντρωση σωματιδίων δεν διαφέρει πολύ από το προηγούμενο αλλά αυτό το αλάτι διαθέτει αρκετά περισσότερα θραύσματα (20 σωματίδια/ κιλό αλάτι) αλλά και έναν σημαντικό αριθμό ινών (44 σωματίδια/κιλό αλάτι), ενώ οι υπόλοιπες κατηγορίες δεν παρουσιάζονται στο δείγμα.



Σχήμα 6: Συγκέντρωση μικροπλαστικών στο μαγειρικό αλάτι-ΑΛΗΘΙΝΟ

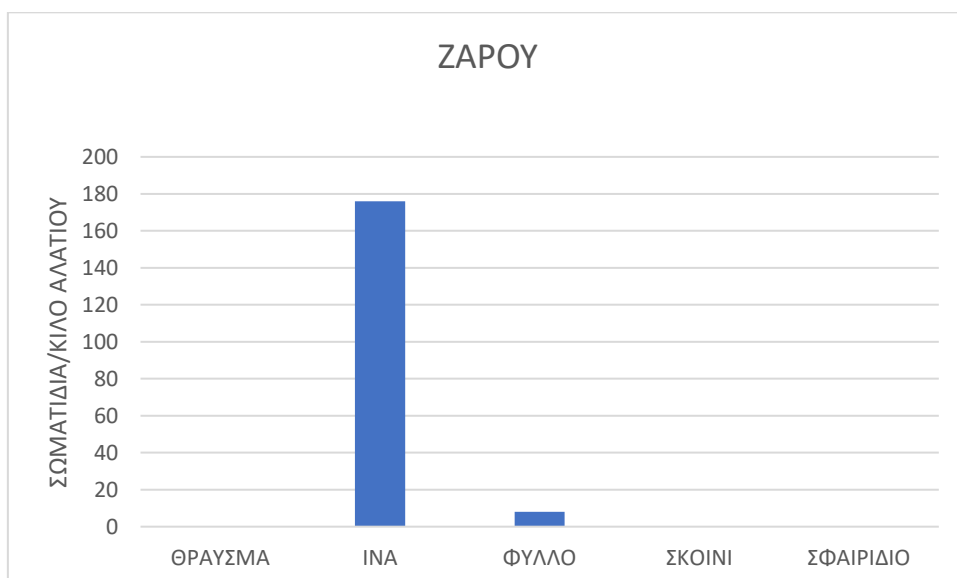
Στο συγκεκριμένο Αλάτι παρατηρείται αύξηση των MPs σε σύγκριση με τα προηγούμενα. Ο αριθμός των σφαιριδίων (32 σωματίδια/αλάτι) είναι ο μεγαλύτερος που μετρήθηκε. Τα θραύσματα και οι ίνες έχουν παρόμοιους υψηλούς αριθμούς (48

και 44 σωματίδια/κιλό αλάτι αντίστοιχα) ενώ φύλλα, σφαίρες και σχοινί έχουν μηδενική συμμετοχή στο δείγμα.



Σχήμα 7:Συγκέντρωση μικροπλαστικών στο μαγειρικό αλάτι-ΕΛΟΜΑΣ

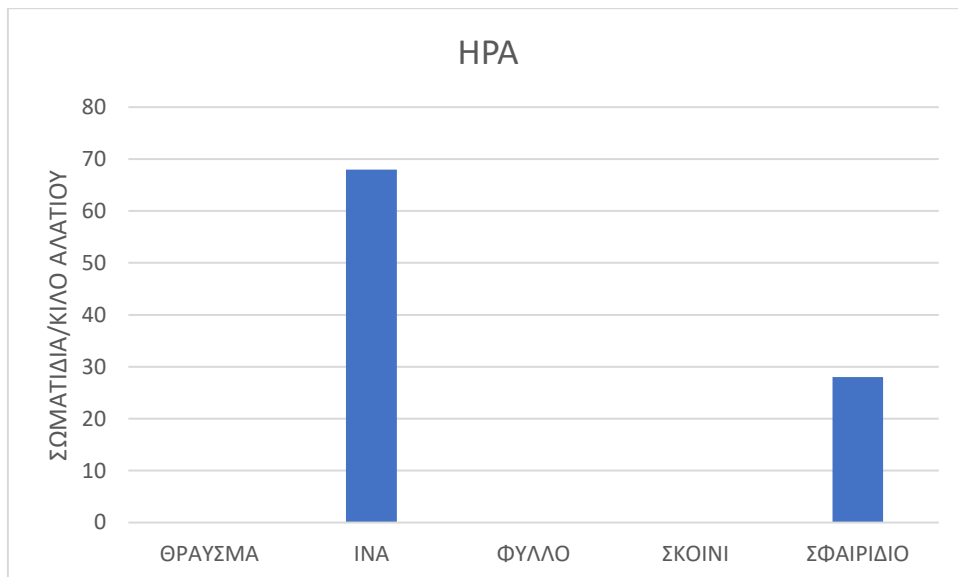
Στο συγκεκριμένο αλάτι ο αριθμός των ινών είναι ο μεγαλύτερος που μετρήθηκε (108 σωματίδια/κιλό αλατιού), ο αριθμός των θραυσμάτων(48 σωματίδια/κιλό αλατιού) είναι επίσης μεγάλος, ενώ έχουμε και ελάχιστη ποσότητα φύλλων (8 σωματίδια/κιλό αλατιού) και σφαιριδίων(4 σωματίδια/κιλό αλατιού) ενώ σχοινί δεν εντοπίστηκε στο δείγμα.



Σχήμα 8:Συγκέντρωση μικροπλαστικών μαγειρικού αλατιού- ΖΑΡΟΥ

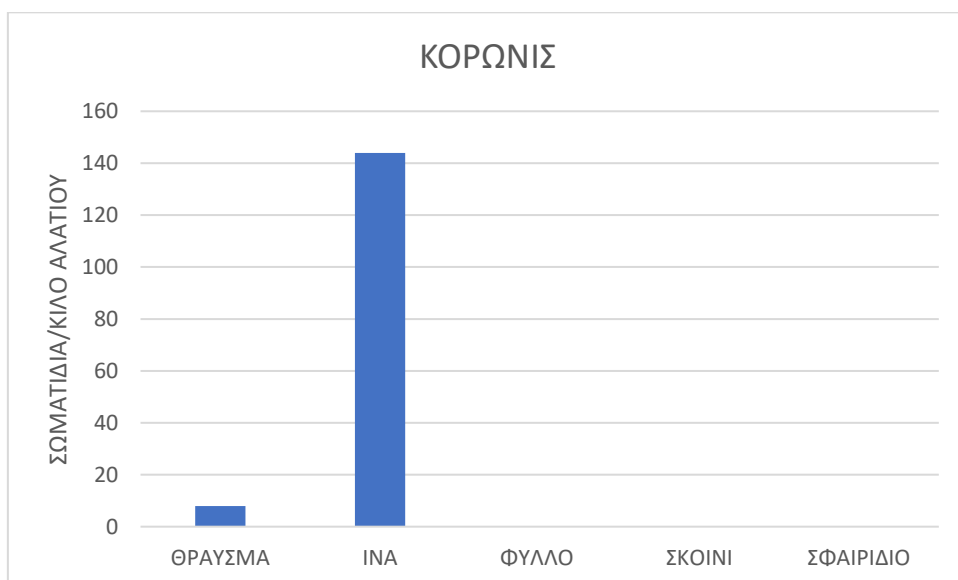
Στο συγκεκριμένο αλάτι βλέπουμε για πρώτη φορά την απουσία θραυσμάτων, ωστόσο εντοπίστηκε μεγάλη συγκέντρωση ινών (176 σωματίδια/ κιλό αλατιού). Από ότι παρατηρούμε ο αριθμός των ινών είναι ο μεγαλύτερος από όλα τα δείγματα που

αναλύθηκαν, αριθμός μεγαλύτερος ακόμη και από τα δείγματα που μαζέψαμε από την θάλασσα. Πέρα από αυτό έχουμε ελάχιστη ποσότητα φύλλων(8 σωματίδια/κιλό αλατιού) και όλες οι άλλες κατηγορίες δεν εμφανίζουν κάποια παρουσία στο δείγμα.



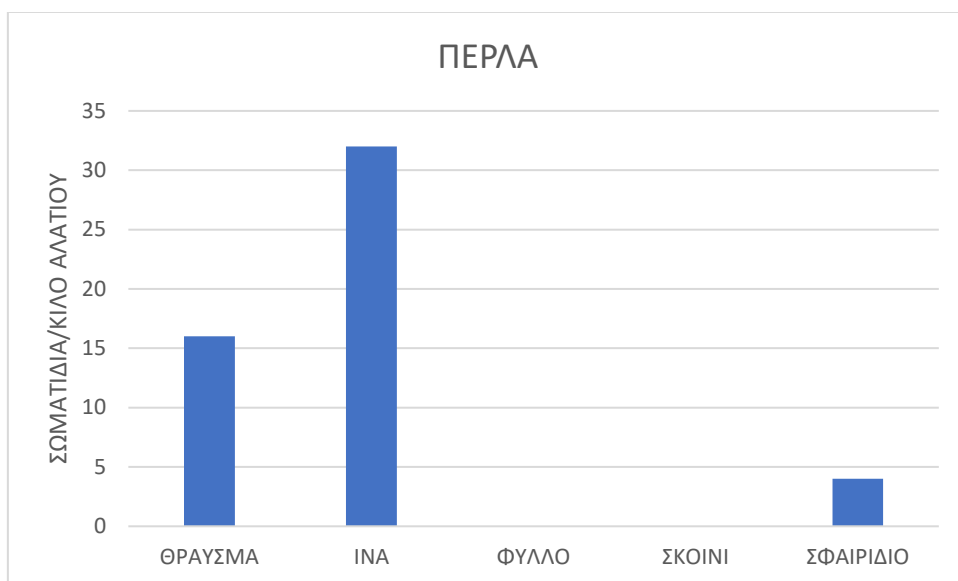
Σχήμα 9:Συγκέντρωση μικροπλαστικών στο μαγειρικό αλάτι-ΗΡΑ

Το συγκεκριμένο αλάτι αποτελεί ένα από τα καθαρότερα αυτών που έχουμε μελετήσει. Ο αριθμός των ινών (68 σωματίδια/κιλό αλάτι) είναι σχετικά μεγάλος, όπως και των σφαιριδίων(28 σωματίδια/κιλό αλάτι) αλλά παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει ίχνος από τα υπόλοιπα είδη MP's.



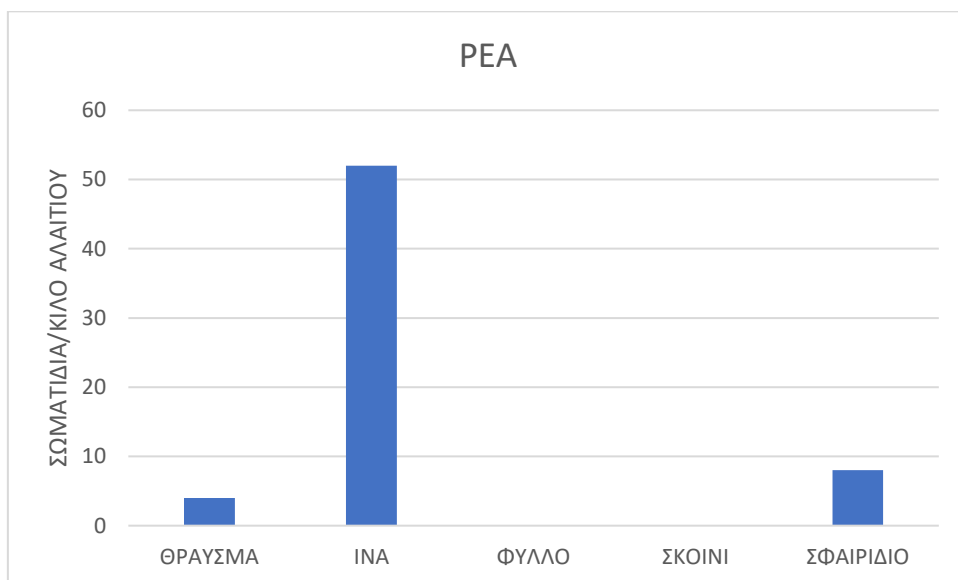
Σχήμα 10:Συγκέντρωση μικροπλαστικών σε μαγειρικά αλάτια-ΚΟΡΩΝΙΣ

Παρατηρούμε ότι η συγκέντρωση ινών είναι αρκετά μεγάλη(144 σωματίδια/κιλό αλάτι), ενώ τα άλλα είδη μικροπλαστικού είναι σε πολύ χαμηλά επίπεδα όπως θραύσματα(8 σωματίδια/κιλό αλάτι) ή δεν εμφανίζονται καθόλου στο δείγμα.



Σχήμα 11: Συγκέντρωση μικροπλαστικών στο μαγειρικό αλάτι- ΠΕΡΛΑ

Η συγκέντρωση μικροπλαστικών στο θαλασσινό αλάτι ΠΕΡΛΑ (52 σωματίδια/κιλό αλάτι) είναι η μικρότερη τιμή που συναντήσαμε σε σύγκριση με προηγούμενα μαγειρικά αλάτια, με αυξημένη την παρουσία ινών (32 σωματίδια/κιλό αλάτι), αριθμός μικρός σε σύγκριση με τα άλλα μαγειρικά αλάτια, η συγκέντρωση θραυσμάτων είναι (16 σωματίδια/κιλό αλάτι), ενώ η συγκέντρωση σφαιριδίων είναι η ελάχιστη (4 σωματίδια/κιλό αλάτι). Οι υπόλοιπες 3 κατηγορίες (φύλλα, σφαίρα, σχοινί) δεν εμφανίστηκαν στο δείγμα μας.



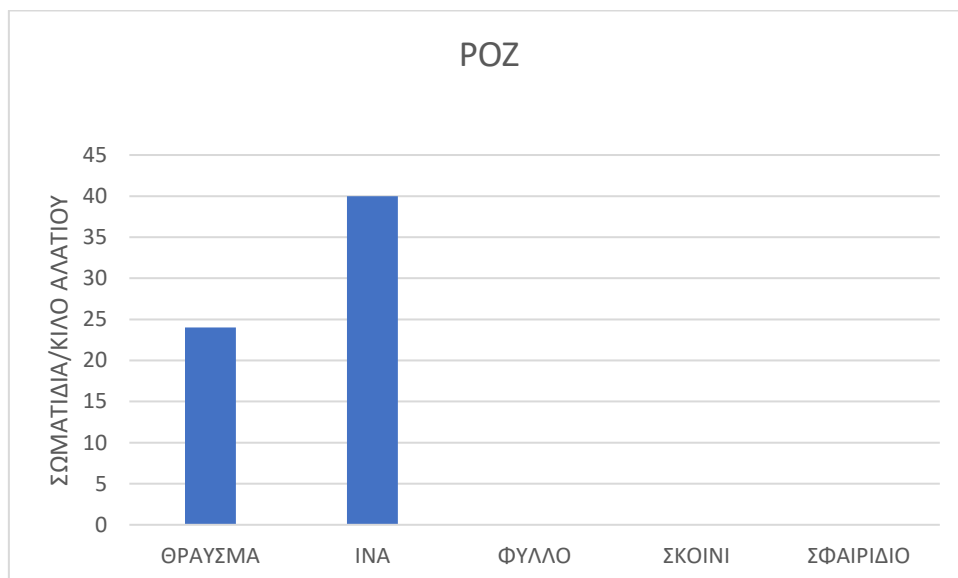
Σχήμα 12: Συγκέντρωση μικροπλαστικών στο μαγειρικό αλάτι -ΡΕΑ

Η συγκέντρωση ινών είναι η μεγαλύτερη σε σύγκριση με τα άλλα είδη μικροπλαστικών (52 σωματίδια/κιλό αλατιού), που εντοπίστηκαν σε αυτό το αλάτι, η

ποσότητα των θραυσμάτων είναι ελάχιστη(4 σωματίδια/κιλό αλατιού), ενώ λίγο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα των σφαιριδίων(8 σωματίδια/κιλό αλατιού). Οι υπόλοιπες κατηγορίες μικροπλαστικού (φύλλα, σφαίρα, σχοινί) δεν ανιχνεύτηκαν στο δείγμα.

ΟΡΥΚΤΑ ΜΑΓΕΙΡΙΚΑ ΑΛΑΤΙΑ

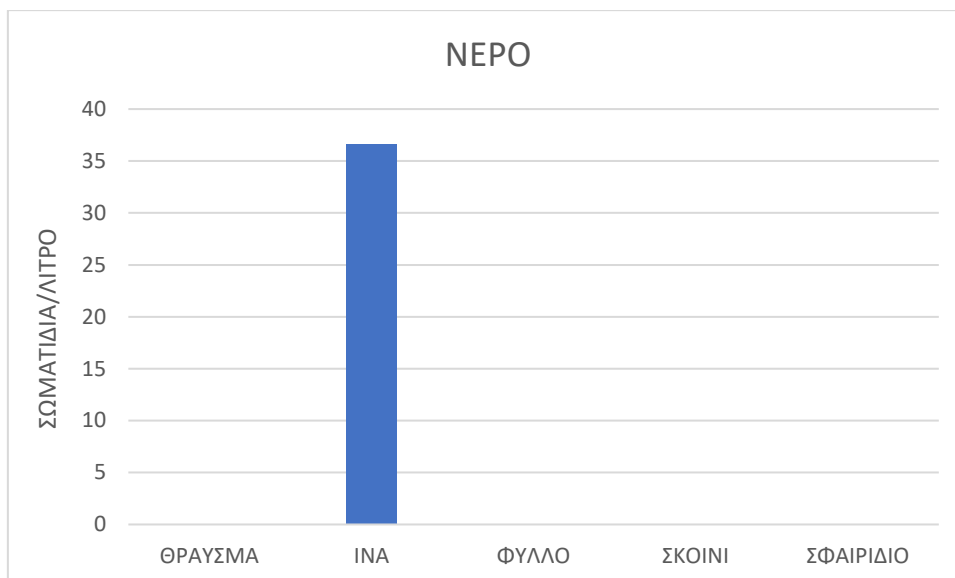
Για την σύγκριση σε σχέση με τα θαλασσινά αλάτια της αγοράς, πήραμε ως δείγμα και ορυκτό ΡΟΖ ΑΛΑΤΙΟΥ ΙΜΑΛΑΙΩΝ.



Σχήμα 13:Συγκέντρωση μικροπλαστικών στο μαγειρικό αλάτι-ΡΟΖ

Βλέπουμε ότι το ορυκτό Αλάτι έχει μικρότερο αριθμό μικροπλαστικών (64 σωματίδια/κιλό αλατιού) σε σχέση με τα θαλασσινά μαγειρικά αλάτια που μελετήσαμε. Υπάρχουν όμως και θαλασσινά μαγειρικά αλάτια(ΑΛΑΤΙ,ΡΕΑ,ΠΕΡΛΑ) με παρόμοιο αριθμό MP's. Οι ίνες εμφανίζονται σε μεγαλύτερο αριθμό στο δείγμα μας(40 σωματίδια/κιλό αλατιού), ενώ ο αριθμός των θραυσμάτων είναι (24 σωματίδια/κιλό αλατιού). Οι υπόλοιπες κατηγορίες μικροπλαστικού (φύλλα, σχοινί, σφαιρίδιο) δεν εμφανίστηκαν στο δείγμα.

Δείγματα ελέγχου



Σχήμα 14: Συγκέντρωση μικροπλαστικών στο απιονισμένο νερό.

Στο νερό που χρησιμοποιήσαμε, παρατηρήθηκε η ύπαρξη ινών, πιθανόν από τον αέρα του περιβάλλοντος χώρου του εργαστηρίου. Οι άλλες κατηγορίες μικροπλαστικών δεν ανιχνεύτηκαν στο δείγμα ελέγχου.

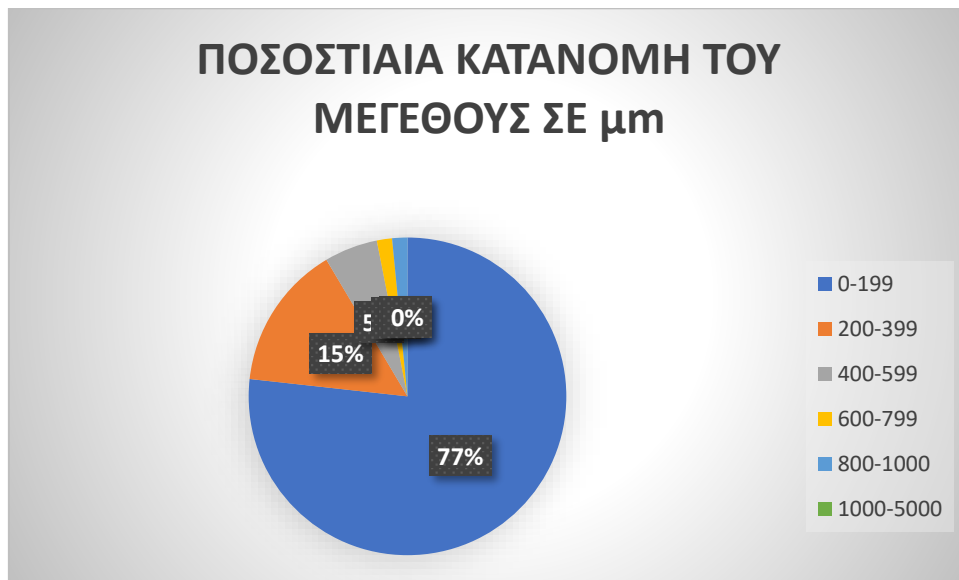
ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Παρατηρούμε ότι οι διαφορές μεταξύ των θαλασσινών αλατιών είναι μεγάλες. Για παράδειγμα η συγκέντρωση σωματιδίων του θαλασσινού αλατιού Πέρλα είναι 52 σωματίδια/κιλό αλατιού, ενώ του θαλασσινού αλατιού Κορωνίς είναι 152 σωματίδια/κιλό αλατιού. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε κάποιους συγκεκριμένους παράγοντες. Όλα τα θαλασσινά αλάτια που προμηθευτήκαμε προέρχονται από τις Αλυκές Μεσολογίου, οπότε αναμέναμε μικρές διαφοροποιήσεις στις μετρήσεις. Η διαφορά υποθέτουμε ότι είναι στο στάδιο επεξεργασίας του θαλασσινού αλατιού. Για παράδειγμα τα φίλτρα και συγκεκριμένα το μέγεθος των πόρων τους, που χρησιμοποιεί κάθε εταιρεία είναι πιθανόν διαφορετικά, με αποτέλεσμα να διαφέρει το κατώτερο μέγεθος που συγκρατείται στα φίλτρα. Με σκοπό να διευρυνθεί αυτό το ερώτημα παρακάτω παρουσιάζεται η κατηγοριοποίηση των μικροπλαστικών με κριτήριο το μέγεθός τους. Ένας σημαντικός παράγοντας είναι και τότε η κάθε εταιρεία πήρε το θαλασσινό αλάτι από τις αλυκές, καθώς ο καιρός, η ύπαρξη ανέμου, η ηλιακή ακτινοβολία, επιφέρει πιθανόν διαφορές στις συγκεντρώσεις. Επίσης πολύ σημαντικό είναι και ποια εποχή του χρόνου μαζεύτηκε το νερό από την θάλασσα, καθώς αναμένονται διαφορετικά αποτελέσματα. Το καλοκαίρι, λόγω του τουρισμού και της έντονης επισκεψιμότητας των θαλασσών μας αλλά και γενικότερα των παραθαλάσσιων περιοχών, παρατηρείται έντονη ρύπανση των παραλιών και θαλασσών. (Tapper, 1998)

4.1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΜΙΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΤΟΥΣ

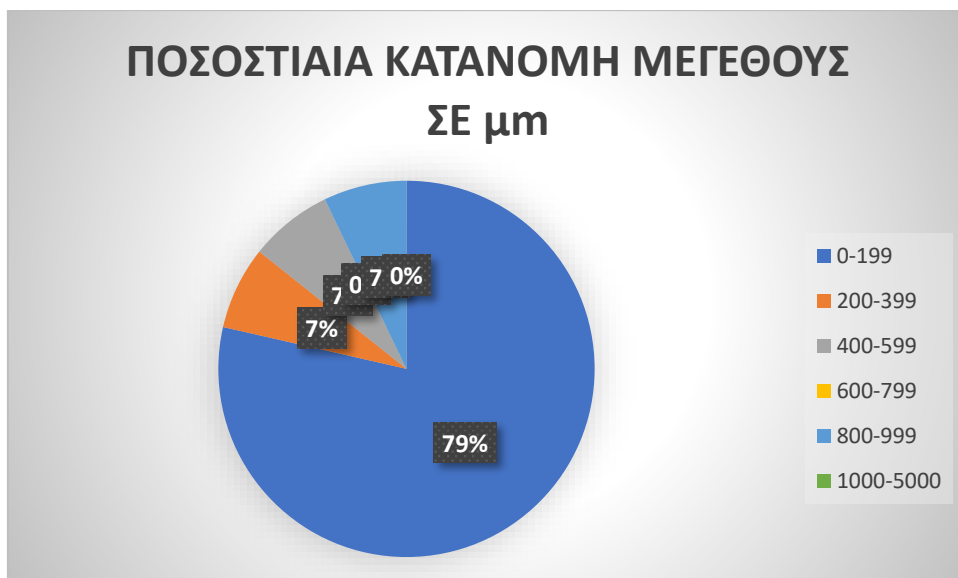
Τα μικροπλαστικά που ανιχνεύτηκαν χωρίστηκαν σε 5 κατηγορίες βάσει του μεγέθους του 0-199, 200-399, 400-599, 600-799, 800-999, 1000-5000 μm .

Νότια Κρήτη



Σχήμα 15: Ποσοστιαία κατανομή μεγέθους σε μm του αλατιού που προέρχεται από την Νότια Κρήτη.

Παρατηρούμε ότι στην κατηγορία 0-199 μm βρίσκεται η πλειοψηφία των μικροπλαστικών στο δείγμα (77% των σωματιδίων), ενώ ακολουθεί η δεύτερη τη τάξη κατηγορία 200-399 μm (15% των σωματιδίων) και ακολουθεί η Τρίτη 400-599 μm (5% των σωματιδίων). Στη συνέχεια, οι επόμενες δυο κατηγορίες 600-799 μm , 800-1000 μm ακολουθούν ισόποσα (1% των σωματιδίων έκαστος), ενώ η τελευταία κατηγορία δεν παρουσιάζεται στο δείγμα. (Σχήμα 15).



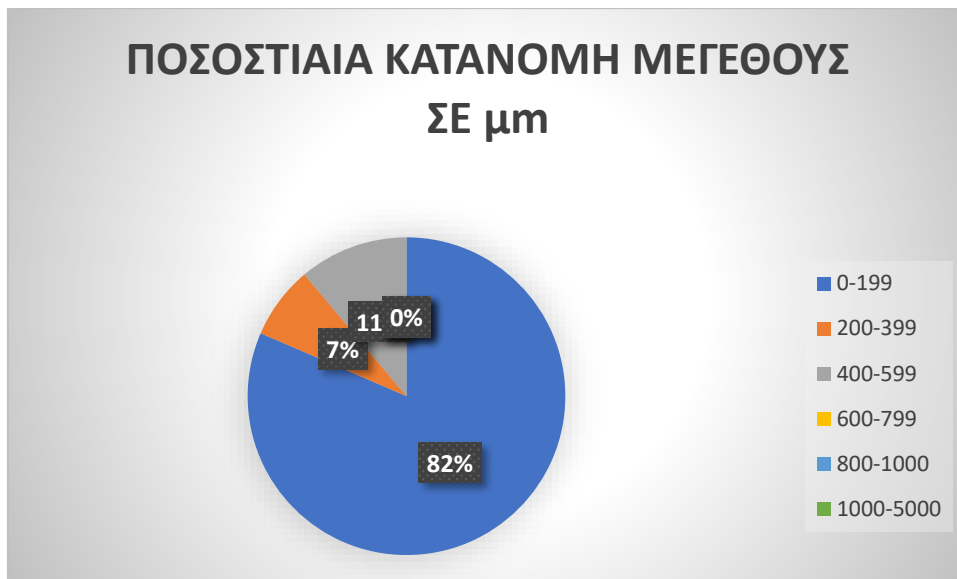
Σχήμα 16 : Ποσοστιαία κατανομή μεγέθους σε μm του θαλασσινού αλατιού Ακτή.

Παρατηρούμε ότι και σε αυτήν την περίπτωση στην πρώτη τάξη μεγέθους 0-199 μm , βρίσκεται η πλειοψηφία των μικροπλαστικών στο δείγμα μας (79% των σωματιδίων), ενώ οι άλλες κατηγορίες εντοπίζονται σε μικρότερη κλίμακα (200-399, 400-599 και 600-799 μm). (Σχήμα 16)



Σχήμα 17: Ποσοστιαία κατανομή μεγέθους σε μm του θαλασσινού αλατιού Αλάτι

Στο θαλασσινό αλάτι ΑΛΑΤΙ στην πρώτη κατηγορία ανήκει η πλειοψηφία των μικροπλαστικών (65%). Για πρώτη φορά συναντάμε μικροπλαστικό που ανήκει στην τελευταία κατηγορία 1000-5000 μm (6%), τη μεγαλύτερη τάξη μεγέθους που χρησιμοποιούμε. (Σχήμα 17)



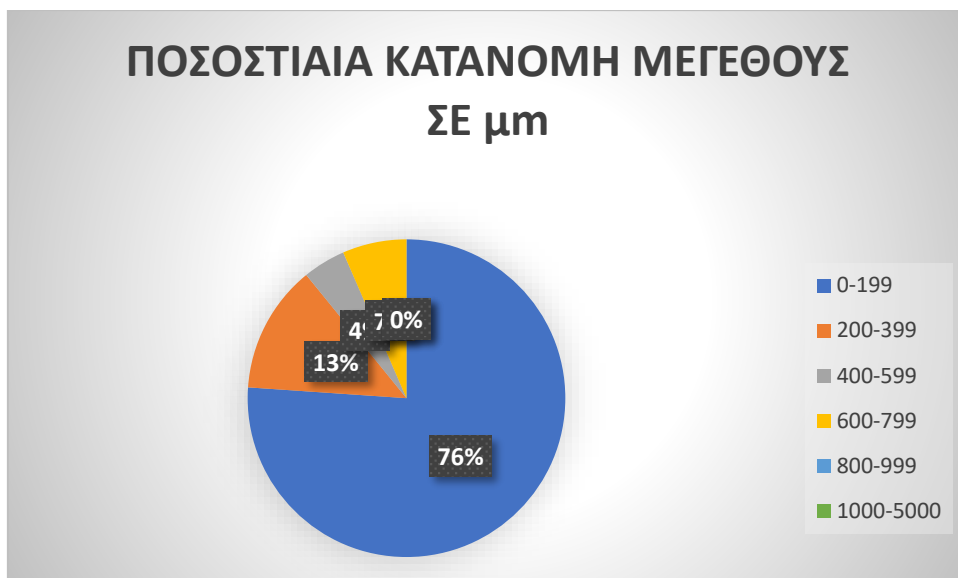
Σχήμα 18: Ποσοστιαία κατανομή μεγέθους σε μm του θαλασσινού αλατιού Αληθινό

Στο θαλασσινό αλάτι Αληθινό, η πρώτη κατηγορία μεγέθους 0-199 μm παρουσιάζει το μεγαλύτερο ποσοστό που έχουμε συναντήσει μέχρι στιγμής (82%), με τις άλλες κατηγορίες να κινούνται σε χαμηλά επίπεδα (200-399, 400-599 μm με 7 και 11% αντίστοιχα). Οι υπόλοιπες κατηγορίες δεν εμφανίζονται στο δείγμα. (Σχήμα 18)



Σχήμα 19: Ποσοστιαία κατανομή μεγέθους σε μm του μαγειρικού αλατιού Ελομάς.

Όπως και σε όλα τα άλλα αλάτια, έτσι και στο θαλασσινό αλάτι Ελομάς, τα περισσότερα μικροπλαστικά ανήκουν στην πρώτη κατηγορία (76%). Η κατηγορία 200-399 μm ακολουθεί με 17%. Όμως, βλέπουμε ότι στην μεγαλύτερη τάξη μεγέθους (1000-5000 μm) ανιχνεύεται ένα ποσοστό μικροπλαστικών (5%). (Σχήμα 19)



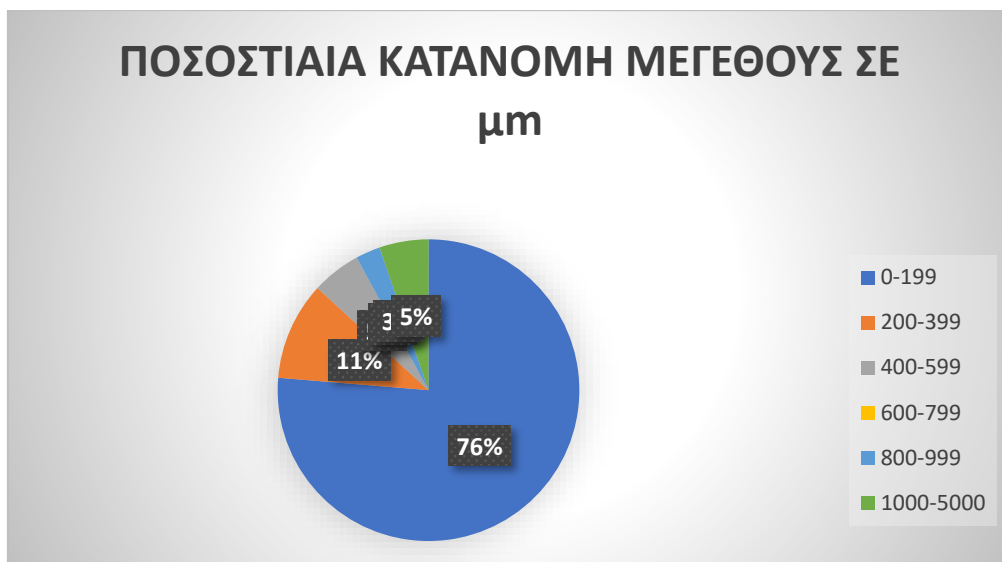
Σχήμα 20: Ποσοστιαία κατανομή μεγέθους σε μm στο θαλασσινό αλάτι Ζαρού

Τα περισσότερα μικροπλαστικά ανήκουν στην πρώτη κατηγορία (76%), όπως σε όλα τα προηγούμενα δείγματα, ενώ ακολουθεί η επόμενη κατηγορία με 13% και ύστερα η κατηγορία 600-799 μm με 7%, ενώ η κατηγορία 400-599 μm εμφανίζεται με ένα ποσοστό της τάξης του 4%. (Σχήμα 20)



Σχήμα 21: Ποσοστιαία κατανομή μεγέθους σε μm του μαγειρικού αλατιού Ήρα.

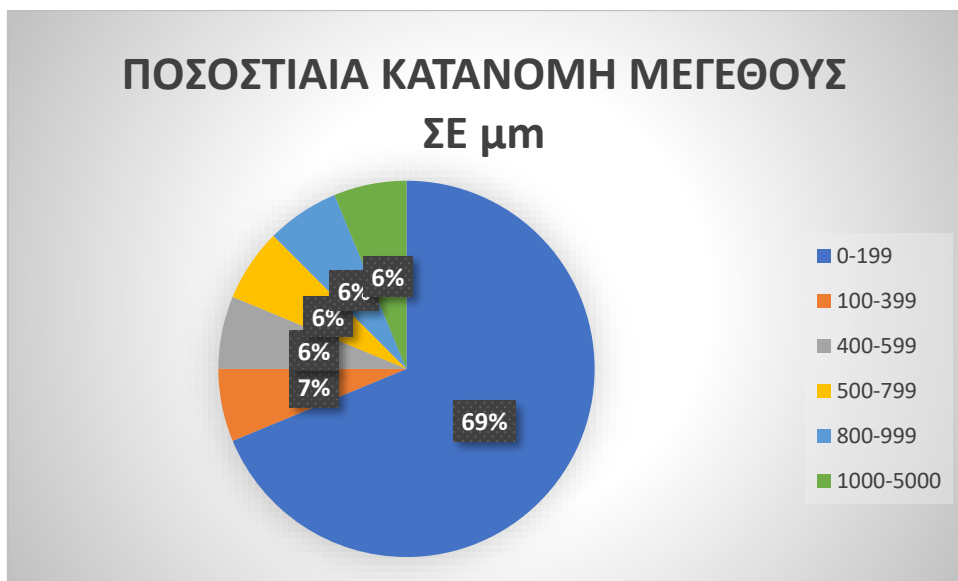
Τα περισσότερα μικροπλαστικά του εν λόγω δείγματος (79%) ανήκουν στην πρώτη κατηγορία, ακολουθεί η δεύτερη (13%) και ύστερα ισοδυναμούν οι επόμενες δύο κατηγορίες (4%), ενώ οι υπόλοιπες δεν εμφανίζονται στο δείγμα.



Σχήμα 22: Ποσοστιαία κατανομή μεγέθους σε μm του θαλασσινού αλατιού Κορωνίς
 Η πλειοψηφία των μικροπλαστικών ανήκει στην πρώτη κατηγορία (76%) , ακολουθεί η δεύτερη κατηγορία (11%), ενώ κατανέμονται ισόποσα στο δείγμα οι κατηγορίες 400-599 και 1000-5000 μm (5%), ενώ ακολουθεί η κατηγορία 800-999 μm (3%). Βλέπουμε ότι οι δυο μεγαλύτερες κατηγορίες εμφανίζονται στο δείγμα. (Σχήμα 22)



Σχήμα 23: Ποσοστιαία κατανομή μεγέθους σε μm του θαλασσινού αλατιού Πέρλα
 Όπως και στα άλλα δείγματα βλέπουμε ότι την μερίδα του λέοντος την κατέχει η πρώτη κατηγορία και μάλιστα σε μεγάλο ποσοστό (83%), ενώ ακολουθεί η κατηγορία 200-399 μm(9%) και η κατηγορία 600-799 μm (8%). (Σχήμα 23)



Σχήμα 23: Ποσοστιαία κατανομή μεγέθους σε μm του μαγειρικού αλατιού ΡΕΑ

Βλέπουμε πως όπως και σε όλα τα δείγματα τα περισσότερα μικροπλαστικά ανήκουν στην πρώτη κατηγορία 0-199 μm (69%), αλλά βλέπουμε ότι σε όλες τις τάξεις μεγέθους έχουμε μικροπλαστικά που ανήκουν σε αυτές.

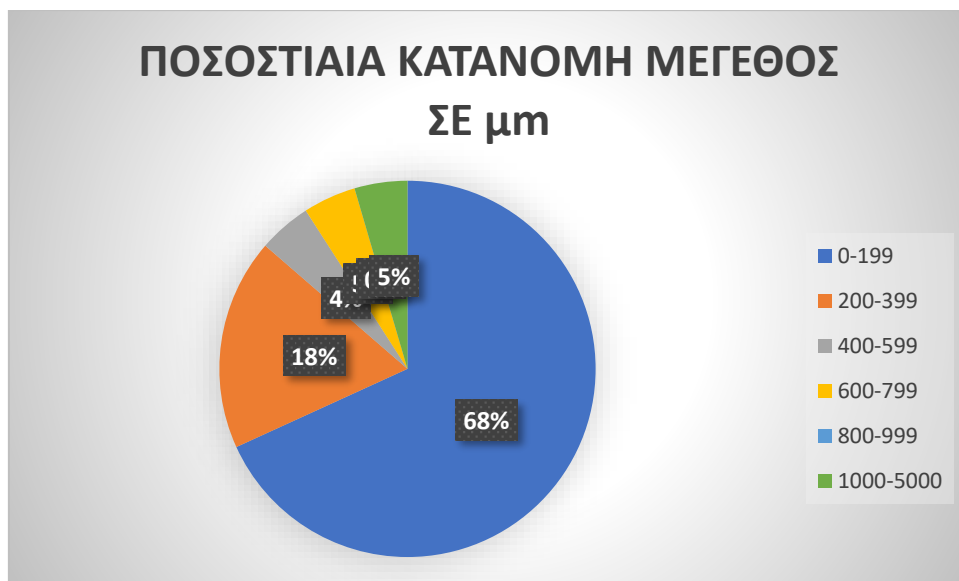


Σχήμα 24: Ποσοστιαία κατανομή μεγέθους σε μm του ορυκτού αλατιού ΡΟΖ

Βλέπουμε πως τα μικροπλαστικά που ανιχνεύθηκαν στο ορυκτό αλάτι, ανήκουν στις δυο μικρότερες σε τάξη κατηγορίες, στην μικρότερη κατηγορία ανήκει η πλειοψηφία των δειγμάτων (62%), ενώ στην δεύτερη σε μέγεθος κατηγορία ανήκει το (38%). Ενώ οι μεγαλύτερες κατηγορίες δεν εμφανίζονται καθόλου στο δείγμα.

Δείγματα Ελέγχου

ΝΕΡΟ



Σχήμα 26: Ποσοστιαία κατανομή μεγέθους σε μm

Βλέπουμε ότι τα περισσότερα μικροπλαστικά έχουν μέγεθος μεταξύ 0-199 μm (68%) , ενώ τα μικροπλαστικά που έχουμε στο δείγμα παρουσιάζονται σε όλες τις υποκατηγορίες.

4.1.3 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΕ ΚΑΘΕ ΑΛΑΤΙ

Πίνακας 1: Συγκέντρωση σωματιδίων σε κάθε αλάτι

Ονομασία Αλατιού	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ/ΚΙΛΟ ΑΛΑΤΙΟΥ
ΑΚΤΗ	56
ΑΛΑΤΙ	64
ΑΛΗΘΙΝΟ	124
ΕΛΟΜΑΣ	168
ΖΑΡΟΥ	184
ΗΡΑ	96
ΚΟΡΩΝΙΣ	152
ΠΕΡΛΑ	52
ΡΕΑ	64
ΡΟΖ	64
ΝΟΤΙΑ ΚΡΗΤΗ	632
ΚΙΣΑΜΟΣ	56
ΣΤΑΥΡΟΣ	492

Παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη ποσότητα σωματιδίων στα θαλασσινά Αλάτια περιέχεται στο αλάτι που συλλέχθηκε από την Νότια Κρήτη (632 σωματίδια/κιλό αλατιού). Ενώ ακολουθεί ο Σταυρός (492 σωματίδια/κιλό αλατιού). Όσον αφορά τα μαγειρικά αλάτια τα περισσότερα σωματίδια περιέχονται στο Αλάτι Ζαρού (184 σωματίδια/κιλό αλατιού), ενώ το αλάτι Ελομάς (168 σωματίδια/κιλό αλατιού) περιέχει σχεδόν ισοδύναμο αριθμό σωματιδίων. Το αλάτι με τη μικρότερη συγκέντρωση σωματιδίων είναι το μαγειρικό Αλάτι Πέρλα (52 σωματίδια/κιλό αλατιού) και ακολουθεί το μαγειρικό αλάτι Ακτή (56 σωματίδια/κιλό αλατιού).

4.1.4 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΧΡΩΜΑ

Στο παράρτημα (7 Κεφάλαιο) έχει συμπεριληφθεί και μια τρίτη κατηγοριοποίηση, η οποία αναλύει τα χρώματα που έχουν ανιχνευθεί τα είδη του μικροπλαστικού, σε κάθε αλάτι.

4.1.5 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΜΑΓΕΙΡΙΚΑ ΑΛΑΤΙΑ ΑΛΛΩΝ ΧΩΡΩΝ

Στα πλαίσια της εργασίας βρέθηκαν και παρατίθενται οι συγκεντρώσεις των μικροπλαστικών σε μαγειρικά αλάτια άλλων χωρών (Πίνακας 2).

Πίνακας 2: Ποσοτική απεικόνιση της συγκέντρωσης σωματιδίων θαλασσινών αλατιών διαφόρων χωρών [Peixoto,2019]

ΘΑΛΑΣΣΙΝΟ ΑΛΑΤΙ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ(ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ/ΚΙΛΟ ΑΛΑΤΙΟΥ)
ΙΣΠΑΝΙΚΟ	50-280
ΚΙΝΕΖΙΚΟ	550-681
ΕΛΛΗΝΙΚΟ	52-184
ΙΝΔΙΚΟ	56-103
ΤΟΥΡΚΙΚΟ	16-84
ΙΤΑΛΙΚΟ	22-594
ΚΡΟΑΤΙΚΟ	13.500-19.800

Βλέπουμε ότι τα Ελληνικό Μαγειρικά Αλάτια έχουν σχετικά μικρό αριθμό σωματιδίων ανά κιλό αλατιού. Τα Τουρκικά έχουν τον μικρότερο αριθμό σωματιδίων (16-84), ενώ τα Κροατικά είναι με διαφορά τα Αλάτια, που διαθέτουν το μεγαλύτερο αριθμό σωματιδίων (13500-19800). Μεγάλο αριθμό σωματιδίων, παρατηρούμε ότι έχουν και τα Κινεζικά Μαγειρικά Αλάτια. Το Ινδικό έχει μικρότερο*/** εύρος στις συγκεντρώσεις (56-103) σε σχέση με το Ελληνικό (52-

184), ενώ το Ελληνικό υπερτερεί του Ισπανικού(50-280) αλλά και του Ιταλικού(22-594), το οποίο έχει μεγάλο εύρος τιμών, όσον αφορά την συγκέντρωση σωματιδίων.

4.1.6 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΘΑΛΑΣΣΙΝΩΝ ΑΛΑΤΙΩΝ

Πίνακας 3: Ποσοτική Απεικόνιση της συγκέντρωσης σωματιδίων θαλασσινών αλατιών

ΘΑΛΑΣΣΙΝΟ ΑΛΑΤΙ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ/ ΚΙΛΟ ΑΛΑΤΙΟΥ
ΚΙΣΑΜΟΣ	56
ΝΟΤΙΑ ΚΡΗΤΗ	632
ΣΤΑΥΡΟΣ	492

Η μεγαλύτερη συγκέντρωση σωματιδίων εντοπίζεται στο θαλασσινό αλάτι που μαζεύτηκε από την θάλασσα της Νότιας Κρήτης (632 σωματίδια/ κιλό αλατιού). Ακολουθεί το θαλασσινό αλάτι που μαζεύτηκε από την θάλασσα του Σταυρού (492 σωματίδια/κιλό αλατιού), ενώ στην θάλασσα της Κισάμου εντοπίστηκε η μικρότερη συγκέντρωση σωματιδίων (56 σωματίδια/ κιλό αλατιού)

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

- Σε όλα τα δείγματα αλατιού διαπιστώθηκε η ύπαρξη μικροπλαστικών. Τα εμπορικά αλάτια χρησιμοποιούνται καθημερινά από όλους τους ανθρώπους, αποτελώντας μια μακροπρόθεσμη πηγή μικροπλαστικών για τον άνθρωπο.
- Τα δείγματα που συλλέχθηκαν από τις θάλασσες, είχαν πολύ μεγαλύτερη συγκέντρωση μικροπλαστικών σε σύγκριση με τα μαγειρικά αλάτια. Εξαίρεση αποτελεί η Κίσαμος η οποία παρουσίασε μικρή συγκέντρωση μικροπλαστικών.
- Όσον αφορά τα μαγειρικά αλάτια διαπιστώθηκε διαφορά μεταξύ ορυκτού και θαλασσινού αλατιού.
- Από τα Θαλασσινά Αλάτια αυτά που ξεχωρίζουν είναι : Ακτή, Αλάτι, Πέρλα καθώς είχαν την μικρότερη συγκέντρωση μικροπλαστικών.
- Το Ορυκτό Αλάτι σε σύγκριση με τα περισσότερα θαλασσινά αλάτια, είναι πολύ “καθαρότερο”, με εξαίρεση μόνο τα αλάτια ΠΕΡΛΑ και ΑΚΤΗ που είναι καθαρότερα.
- Τα αλάτια αληθινό και ζαρού ανήκουν στην ίδια εταιρεία παρατηρούμε όμως διαφορά στις μετρήσεις. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το θαλασσινό νερό στην πρώτη περίπτωση μαζεύτηκε τον χειμώνα ενώ στην δεύτερη το καλοκαίρι. Στην δεύτερη περίπτωση παρατηρήσαμε ότι η ποσότητα μικροπλαστικών είναι κατά πολύ μεγαλύτερη. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι το καλοκαίρι, σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία, έχουμε πολύ μεγαλύτερη ρύπανση των θαλασσινών υδάτων σε σύγκριση με την χειμερινή περίοδο.(Aytañ et al.2017)
- Σε όλα τα αλάτια τα οποία μελετήσαμε, παρατηρήσαμε ότι η πιο συχνή μορφή μικροπλαστικών είναι οι ίνες, ενώ ακολουθούν τα θραύσματα.

- Στα αλάτια που μαζέψαμε από θάλασσες της Κρήτης παρατηρήσαμε αντίστροφο αποτέλεσμα από τα μαγειρικά. Μεγάλος αριθμός θραυσμάτων σε σχέση με την παρουσία ινών στο δείγμα.
- Από τις 6 κλίμακες μεγέθους τις οποίες χωρίσαμε ο μεγαλύτερος όγκος μικροπλαστικών ανήκε στην μικρότερη κατηγορία 0-199 μm , ενώ σπανιότερα απαντήθηκαν μικροπλαστικά στη μεγαλύτερη κατηγορία 1000-5000 μm .
- Η παρουσία MP'S σε ορυκτά άλατα υποδηλώνει μόλυνση κατά την παραγωγή, τη μεταφορά και τη συσκευασία του, υποδεικνύοντας ότι το αλάτι μπορεί επίσης να δράσει ως πηγή μικροπλαστικών και όχι μόνο ως μονοπάτι μολυσμένου θαλάσσιου νερού.
- Η πλειοψηφία των μικροπλαστικών είχε μαύρο χρώμα, ενώ με μικρή διαφορά ακολούθησε το μπλέ χρώμα. Αριθμός κόκκινων μικροπλαστικών βρέθηκε στα δείγματά μας. Γενικά, υπήρχε τεράστια ποικιλομορφία στα χρώματα, όπου δεν ήταν λίγες οι περιπτώσεις που είδαμε σπάνια και ασυνήθιστα χρώματα.

Επιπτώσεις στην δημόσια υγεία

Από τα δεδομένα τα οποία έχουμε φαίνεται ότι τόσο μέσω της κατανάλωσης υδρόβιων οργανισμών, αλλά και της προσθήκης του μαγειρικού αλατιού θαλασσινού και ορυκτού στην διατροφή μας, ο ανθρώπινος οργανισμός καταναλώνει μεγάλη ποσότητα μικροπλαστικών, την οποία δεν μπορούμε να παρακάμψουμε. Τα μικροπλαστικά έχοντας παρόμοιες ιδιότητες με τα θερμοπλαστικά ως υποκατηγορία του, έχουν την ικανότητα να προσροφούν ρύπους, όπως βαρέα μέταλλα πράγμα το οποίο μπορεί να είναι επιβλαβές για τον ανθρώπινο οργανισμό.

Μια μελλοντική πρόταση είναι να μελετηθούν αναλυτικά οι επιπτώσεις των μικροπλαστικών στην ανθρώπινη υγεία, που αποτελεί ένα ζήτημα το οποίο θα μας απασχολήσει έντονα τα επόμενα χρόνια.

Η ασφάλεια των ανθρώπινων τροφίμων, η υγεία αλλά και η ευημερία, θα πρέπει να αποτελούν προτεραιότητα για την επιστημονική κοινότητα αλλά και για τους νομοθέτες, που πρέπει να θωρακίζουν αυτές τις αρετές.

Επιπτώσεις στις τοπικές οικονομίες

Είναι δεδομένο ότι η παρουσία MP's στο μαγειρικό αλάτι, επηρεάζει αρνητικά την βιομηχανία αλατιού και κατά συνέπεια οδηγεί τους πληθυσμούς που ζουν από αυτήν, σε μαρασμό. Επίσης η συνεχής ρύπανση των θαλασσών, ενδέχεται να μειώσει το τουριστικό ενδιαφέρον, με ορατό τον κίνδυνο της συρρίκνωσης των τοπικών αλλά και εθνικών οικονομιών.

5.1.1 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΘΕΜΑΤΟΣ

Για την αντιμετώπιση της ρύπανσης του θαλάσσιου και παράκτιου οικοσυστήματος από τα πλαστικά, θα πρέπει να γίνει ο καθορισμός ποσοτήτων μικροπλαστικών και κατανομών και το τι μπορεί να επιφέρει η παρουσία των μικροπλαστικών στα θαλάσσια ύδατα. Η μελέτη που πραγματοποιήσαμε αποτελεί μια αφετηρία στην κατεύθυνση αυτή.

Αρχικά προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί ή και να προληφθεί η ρύπανση των υδάτων, θα πρέπει να ληφθούν κάποια μέτρα.

Είναι επιτακτική ανάγκη η αυστηροποίηση των νομοθετικών μέτρων, με σκοπό τον περιορισμό της απόρριψης πλαστικών απορριμμάτων στις θάλασσες. Τις περισσότερες πηγές ρύπων τις έχουμε αναφέρει παραπάνω και οφείλει το νομικό πλαίσιο να αυστηριοποιηθεί, ως προς τις ποινές που προβλέπονται σε περιβαλλοντικές παραβάσεις. Το δεύτερο σκέλος αποτελεί τον συνεχή έλεγχο τέτοιων περιπτώσεων ρύπανσης, γεγονός που θα οδηγούσε σε περιορισμό των πλαστικών αποβλήτων. Θα πρέπει να δοθεί έμφαση στα απορρίμματα των εργοστασίων, στα απόβλητα σκαφών και πλοίων αλλά και ΧΥΤΑ.

Πολύ σημαντική είναι η ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης, ώστε να προωθηθούν δράσεις αλλά και εκστρατείες για την μη απόρριψη πλαστικών αλλά ακόμα ορθότερα για την ανακύκλωσή τους, που θα περιορίζε αρκετά την παραγωγή πλαστικού.

Συρρίκνωση του ήδη υπάρχοντος όγκου πλαστικών απορριμμάτων στην παράκτια ζώνη

Ένα μεγάλο ποσοστό της ρύπανσης των υδάτων προέρχεται από τα πλαστικά απόβλητα που συμπαρασύρονται από τα κύματα, ρυπαίνοντας τις θάλασσες. Ιδίως το καλοκαίρι που κατακλύζουν τις ελληνικές παραλίες τουρίστες και παραθεριστές, καταλήγουν να μένουν στις ακτές μεγάλες ποσότητες πλαστικών. Αρκετές οργανώσεις κατά καιρούς, καθώς και διάφοροι πολίτες μεμονομένα, με πρωτοβουλίες μαζεύουν τις παραλίες προσφέροντας μια πολύτιμη ανάσα στις ελληνικές ακτές. Όμως χρειάζεται μια πάγια περιβαλλοντική πολιτική, που θα προστατεύει τις ακτές μας από τέτοια φαινόμενα, ενώ ταυτόχρονα θα δίνει περισσότερα κίνητρα στην κοινωνία να παίρνει μέρος σε συλλογικές δράσεις. Αυτοδιοίκηση και κράτος χρειάζονται μια συντεταγμένη πολιτική για να βάλουν φρένο στο πρόβλημα αυτό.

Ανάκτηση πλαστικών αποβλήτων από τα θαλάσσια ύδατα

Υπολογίζεται ότι η ποσότητα πλαστικών που υπάρχει στους Ωκεανούς ισοδυναμεί με την έκταση της Γαλλίας. Η συλλογή των πλαστικών από την θάλασσα για χρόνια αποτελούσε ένα ιδιαίτερο στοίχημα, με την επιστήμη για χρόνια να ρίχνεται στην μάχη, εύρεσης μιας τεχνικής. Πρόσφατα έχει ανακαλυφθεί σε πειραματικό στάδιο ένα σύστημα καθαρισμού ωκεανών και θαλασσών, πράγμα αρκετά ελπιδοφόρο για το πρόβλημα που αντιμετωπίζουμε.

5.1.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ

Οι περισσότερες μελέτες ανά τον κόσμο επικεντρώνονται στην συμπεριφορά των MP's στο υδάτινο περιβάλλον, τις επιπτώσεις στους θαλάσσιους οργανισμούς και κατά συνθήκη στον άνθρωπο. Δεδομένου ότι μικροπλαστικά βρίσκονται σε νερά τα οποία χρησιμοποιούνται για άρδευση, μια μελέτη θα μπορούσε να αποτελέσει το κατά πόσο ρυπαίνονται φρούτα, λαχανικά και δημητριακά, αγαθά τα οποία αρδεύονται. Αυτή η μελέτη θα βοηθήσει ώστε να κατανοήσουμε την επιρροή της ρύπανσης αυτής, στην ανθρώπινη υγεία.

6.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- I. Anwar,N., et al .(2016). Effect of sodium salt on anaerobic digestion of kitchen waste. *Water Sci Technol*, 73(8):1865-71. DOI: 10.2166/wst.2016.035.
- II. Barboza, L., & Gimenez, B. (2015). Microplastics in the marine environment: Current trends and future perspectives. *Marine pollution Bulletin*, 97, 5-12
- III. Cole, M. et al. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine pollution Bulletin*,62(12), 2588-2597, DOI: 10.1016/j.marpolbul.2011.09.025
- IV. Dodson,G.Z. et al (2020). Microplastic fragment and fiber contamination of beach sediments from selected sites in Virginia and North Carolina, USA. *Mar Pollut Bull*. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2019.110869
- V. Everaert, G. et al. (2018). Risk assessment of microplastics in the ocean: Modelling approach and first conclusions. *Environmental Pollution*, 242(B). 1930-1938. DOI: 10.1016/j.envpol.2018.07.069
- VI. He, D., et al. (2018). Microplastics in soils: Analytical methods, pollution characteristics and ecological risks. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 109, 163-172. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.10.006>
- VII. Kedzierski, M. et al. (2020). Microplastic contamination of packaged meat: Occurrence and associated risks. *Food Packaging and Shelf Life*, 24. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100489>
- VIII. Kedzierski, M., Villain, J., Falcou-Préfol, M., Kerros, M.E., Henry, M.,Pedrotti, M.L., Bruzaud, S.(2019). *Microplastics in Mediterranean Sea: A protocol to robustly assess contamination characteristics*. Retrieved from <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212088>
- IX. Lee, H., Kunz, A., Shim, W.J, et al. (2019). Microplastic contamination of table salts from Taiwan, including a global review. *Scientific reports*, 9(1). Retrieved from <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46417-z>
- X. MacGregor, A. N., & Keeney, D. R. (1973). «Methane formation by lake sediments during in vitro incubations». *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)* **9** (6): 1153–1158. Retrieved from <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1973.tb05854.x>
- XI. Mengjie,W.(2020). Microplastics in waters and soils: Occurrence, analytical methods and ecotoxicological effects. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 202. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110910>
- XII. Pamatmat,M. Macalalag., & Bhagwat, A. M. (1973). Anaerobic metabolism in Lake Washington sediments. *Limnology and Oceanography*, 18(4), 611–627. Retrieved from <https://doi.org/10.4319/lo.1973.18.4.0611>
- XIII. Prata, J. C. (2019). Methods for sampling and detection of microplastics in water and sediment: A critical review. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 110, 150-159

- XIV. Rødland, E.S., et al. (2020). Road de-icing salt: Assessment of a potential new source and pathway of microplastics particles from roads. *Science of the Total Environment*, 738. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139352>
- XV. Zehnder, A. (1978). «Ecology of methane formation». Mitchell, Ralph. *Water pollution microbiology 2*. New York: Wiley. 349–376. ISBN 978-0-471-01902-2.
- XVI. Szymańska, M., & Obolewski, K. (2020, May 31). Microplastics as contaminants in freshwater environments: A multidisciplinary review. (Review of the article Microplastics as contaminants in freshwater environments by Szymańska, M., & Obolewski, K). Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2020.05.001>
- XVII. Tabatabaei, M., et al (2010). Importance of the methanogenic archaea populations in anaerobic wastewater treatments. *Process Biochemistry*, 45(8), 1214-1225. Retrieved from DOI: 10.1016/j.procbio.2010.05.017
- XVIII. Tadashiro, K. (1963). «Gaseous metabolism in lake sediments and paddy soils and the production of atmospheric methane and hydrogen». *Journal of Geophysical Research*, 68 (13), 3971–3973. DOI: [10.1029/JZ068i013p03971](https://doi.org/10.1029/JZ068i013p03971)
- XIX. Wang, W. & Jun, W. (2018). Investigation of microplastics in aquatic environments: An overview of the methods used, from field sampling to laboratory analysis. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 108, 195-202
- XX. Walkinshaw, C. (2019). Microplastics and seafood: lower trophic organisms at highest risk of contamination. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 190. DOI: 10.1016/J.ecoenv.2019.110066

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

<https://www.microscopyu.com>
<http://www.ahpi.gr/>
<https://www.clarke-energy.com/>
<https://www.microscope.com/>
<https://www.microscopeworld.com/>
<https://www.nnfcc.co.uk/>
<https://archipelago.gr/>

7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

