



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ, Α΄ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΑΘΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΤΟΜΙΚΗΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ  
ΜΕ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ»  
MSc: “Environment and Health. Capacity building for decision making”**

**Διευθυντής ΠΜΣ  
Νικόλαος Καβαντζάς, Καθ. Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ**

***Πλαστικά μικροσφαιρίδια στα καλλυντικά: Περιβαλλοντικοί κίνδυνοι  
και επιπτώσεις στην υγεία. Η περίπτωση της Ελλάδας  
Microbeads in cosmetics: Environmental and health impacts. The  
case of Greece***

Όνομα: Λαμπρινή Αναγνώστη

Αρ. μητρώου: 2014010

Επάγγελμα/ή Ιδιότητα: Αισθητικός & Κοσμητολόγος,

Επιβλέπουσα καθηγήτρια ΜΔΕ: Δρ. Αθανασία Βαρβαρέσου, Καθηγήτρια  
Κοσμητολογίας, Τμήμα Βιοϊατρικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

**ΑΘΗΝΑ 2018**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ, Α΄ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΑΘΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΤΟΜΙΚΗΣ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ  
ΜΕ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ»  
MSc: “Environment and Health. Capacity building for decision making”**

**Διευθυντής ΠΜΣ  
Νικόλαος Καβαντζάς, Καθ. Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ**

***Πλαστικά μικροσφαιρίδια στα καλλυντικά: Περιβαλλοντικοί κίνδυνοι  
και επιπτώσεις στην υγεία. Η περίπτωση της Ελλάδας  
Microbeads in cosmetics: Environmental and health impacts. The  
case of Greece***

Όνομα: Λαμπρινή Αναγνώστη  
Αρ. μητρώου: 2014010

**Τριμελής επιτροπή**

Επιβλέπουσα καθηγήτρια ΜΔΕ: Δρ. Αθανασία Βαρβαρέσου, Καθηγήτρια Κοσμητολογίας, Τμήμα Βιοϊατρικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

Πρόεδρος καθηγήτρια ΜΔΕ: Δρ. Ευαγγελία Πρωτόπαπα – Κοσμήτωρ Επιστημών Υγείας και Πρόνοιας, Καθηγήτρια Τμήματος Βιοϊατρικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

Μέλος καθηγητής ΜΔΕ: Δρ. Ανδρέας Λάζαρης – Καθηγητής Παθολογικής Ανατομικής, Ιατρική Σχολή Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθήνας

**ΑΘΗΝΑ 2018**

## **Ευχαριστίες**

Η παρούσα εργασία δε θα μπορούσε να είχε ολοκληρωθεί χωρίς την καθοδήγηση, την υποστήριξη και τη βοήθεια της επιβλέπουσας καθηγήτριας Δρ Αθανασίας Βαρβαρέσου την οποία θα ήθελα να την ευχαριστήσω θερμά για την άψογη συνεργασία που είχαμε καθόλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας, καθώς επίσης την οικογένεια και τον σύντροφό μου για την υπομονή και την υποστήριξή τους.

## Περίληψη

Τα microbeads είναι στερεά πρωτογενή μικροπλαστικά σφαιρίδια με διάμετρο μικρότερη των 5 χιλιοστών (< 5 mm) τα οποία προστίθενται σε απολεπιστικά καλλυντικά προϊόντα (scrubs) με σκοπό κυρίως τον καθαρισμό. Μετά τη χρήση απορρίπτονται στο αποχετευτικό σύστημα και καταλήγουν σε συστήματα επεξεργασίας λυμάτων, απ' όπου μπορούν να διαφύγουν στο υδατικό περιβάλλον. Αφού απορριφθούν δεν υπάρχει καμία αποδοτική μέθοδος ανάκτησης, ενώ δεν υπάρχουν σε υδατικά περιβάλλοντα οι συνθήκες που να επιτρέπουν την πλήρη βιοδιάσπασή τους. Λόγω μικρού μεγέθους και πλευστότητας, καταναλώνονται από μικροσκοπικούς οργανισμούς, όπως ζωοπλαγκτόν ή μικρά ψάρια, που τα καταπίνουν κατά λάθος ή τα περνάνε λανθασμένα για την τροφή τους, ενώ όσα microbeads βυθίζονται μπορεί να απορροφηθούν από δίθυρα μαλάκια ή φυτά.

Οι επιδράσεις των μικροπλαστικών στην υγεία των οργανισμών είναι ένα σχετικά νέο πεδίο έρευνας. Ως άμεσες επιδράσεις η κατάποση ή η απορρόφηση μικροπλαστικών από οργανισμούς όπως πλαγκτόν, υδρόβια φυτά ή μικρά ψάρια μπορεί να προκαλέσει στους οργανισμούς αυτούς μηχανικές καταπονήσεις, όσο και ασπία λόγω αίσθησης κορεσμού. Παράλληλα τα πρωτογενή μικροπλαστικά ενσωματώνουν επικίνδυνα πρόσθετα τα οποία συμπεριλήφθηκαν κατά την παρασκευή τους και έχουν την ικανότητα να απορροφούν έμμονους οργανικούς ρύπους από το περιβάλλον, και να τα μεταφέρουν στους οργανισμούς. Αν και τα microbeads αποτελούν κατηγορία μικροπλαστικών που δεν περιέχει επικίνδυνα πρόσθετα, σε έρευνες έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να απελευθερώσουν έμμονους ρύπους στο γαστρεντερικό σύστημα υδατικών οργανισμών οι οποίοι βιοσυσσωρεύονται προκαλώντας βλάβες στους ιστούς.

Λίγες έρευνες έχουν διεξαχθεί που να αποδεικνύουν την επίδραση από τη βιοσυσσώρευση ρύπων των μικροπλαστικών σε ανώτερους θηρευτές μέσω της τροφικής αλυσίδας. Παρόλο που έχει αποδειχθεί η μεταφορά των ρύπων από επίπεδο σε επίπεδο, από τα μέχρι στιγμής αποτελέσματα η τοξική επίδραση είναι σχετικά μικρή, καθώς το μεγαλύτερο μέρος των μικροπλαστικών απεκκρίνεται άμεσα στο περιβάλλον και δεν παραμένει για ικανό διάστημα στον

οργανισμό ώστε να προκαλέσει τοξική επίδραση. Οι επιστήμονες είναι καθυστερημένοι για πιθανές τοξικές επιδράσεις στον άνθρωπο καθώς συνήθως το γαστρεντερικό σύστημα της θαλάσσιας τροφής, στο οποίο καταλήγει το υπόλοιπο μέρος των μικροπλαστικών, αφαιρείται πριν την κατανάλωση. Εξαίρεση αποτελούν τα δίθυρα μαλάκια, όπου καταναλώνονται ολόκληρα, αλλά ακόμα και αν υπολογιστεί ότι ένας άνθρωπος μπορεί να τραφεί μόνο με αυτά, η τοξική επίδραση είναι απειροελάχιστη.

Με κύριο σκεπτικό την ικανότητα διαφυγής των microbeads στο περιβάλλον, τις επιδράσεις σε οργανισμούς του υδατικού περιβάλλοντος και λιγότερο τις πιθανές επιδράσεις στον άνθρωπο, πολλές χώρες, όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες, ο Καναδάς, η Ταϊβάν, η Κορέα, αλλά και χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως η Ιταλία, η Γαλλία και το Ηνωμένο Βασίλειο έχουν επιβάλει ή προτίθενται να επιβάλουν απαγορεύσεις χρήσης των microbeads σε απολεπιστικά καλλυντικά προϊόντα. Παράλληλα μη κυβερνητικοί οργανισμοί, ενώσεις βιομηχανιών καλλυντικών, οργανισμοί για την προστασία του περιβάλλοντος και δράσεις πολιτών πίεσαν και πιέζουν τις βιομηχανίες καλλυντικών να προχωρήσουν σε παύση χρήσης των microbeads. Οι μεγαλύτερες ευρωπαϊκές εταιρείες ανταποκρίθηκαν στο κάλεσμα για αποκλεισμό και ανακοίνωσαν ότι χρησιμοποιούν ήδη εναλλακτικά συστατικά ή αναπροσαρμόζουν την σύνθεση των προϊόντων τους αποκλείοντας τα microbeads. Με βάση τις παραπάνω κινήσεις και την ενεργοποίηση των απαγορεύσεων εκτιμάται ότι η σημερινή παρουσία των microbeads στην ευρωπαϊκή αγορά είναι μικρή και μέχρι το 2020 θα πάψει να υπάρχει.

Στο ερευνητικό μέρος της παρούσης εργασίας έγινε μία προσπάθεια καταγραφής όσο το δυνατόν περισσότερων απολεπιστικών προϊόντων που διακινούνταν στην ελληνική αγορά από ελληνικές εταιρείες, με το σκεπτικό ότι η πλειοψηφία έχει προχωρήσει σε phase out, παρόλο που δεν ισχύει καμία απαγόρευση για τη χώρα. Ανακτήθηκαν 201 προϊόντα απολέπισης προσώπου και σώματος (n=201) από 56 εταιρείες (n=56) και διαπιστώθηκε ότι το 21,9% των προϊόντων (n=44) περιείχαν microbeads που αντιστοιχούσε στο 35,7% των εταιρειών (n=20). Τα προϊόντα με microbeads στην συντριπτική τους πλειοψηφία αποτελούνταν από πολυαιθυλένιο (79,5%, n=35). Εντοπίστηκαν

μικτά προϊόντα που περιείχαν τόσο microbeads όσο και εναλλακτικά συνθετικά βιοδιασπώμενα ή φυσικά συστατικά με σκοπό την απολέπιση τα οποία ήταν και τα περισσότερα (81,82%, n=36). Στα περισσότερα μικτά προϊόντα τα microbeads περιέχονταν σε μεγαλύτερη ποσότητα από τα εναλλακτικά συστατικά. Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές αποκλίσεις στην περιεκτικότητα σε microbeads μεταξύ απολεπιστικών προσώπου και σώματος, όπως και αποκλίσεις στην τιμή μεταξύ προϊόντων με microbeads και προϊόντων χωρίς.

**Λέξεις κλειδιά:** microbeads, μικροπλαστικά, απολεπιστικά προϊόντα, έμμονοι ρύποι, phase out, τοξικότητα, περιβαλλοντικές επιπτώσεις, υγεία, τροφική αλυσίδα, πολυαιθυλένιο

## **Abstract**

Microbeads are solid primary microplastics beads with diameter of 5mm or less (< 5mm) which are added in rinse-off cosmetic products for cleansing. They are discarded after use to the sewage system and end up to sewage system plants, from where an enormous quantity may escape and end up in aquatic environments. There is no efficient recovery method after discarding, and simultaneously the required conditions to fully biodegrade do not exist in the environment, where they can persist for hundreds of years. Tiny organisms, like zooplankton or small fish ingest them accidentally because of their tiny size, or mistake them for their prey because of their buoyancy, while bivalves or sea plants absorb those that reach the sediment.

Microplastics effect on aquatic organisms is a relatively new field of research but with increased interest from scientists. Microplastics ingestion or absorption from organisms is correlated with mechanical stresses and starvation because of saturation. Furthermore it is proven that primary microplastics in certain circumstances may release dangerous additives, that were integrated in the preparation stage, and/or persistent organic pollutants absorbed from the environment. Microbeads are microplastics without known dangerous additives, results from research have proven that POP's from microbeads may accumulate in the gastrointestinal tracts of species causing tissues damage.

Few studies have been conducted proving POP's accumulation effect on senior predators via food chain. Despite the proven POP's transfer from one level to another, results so far indicate that toxic effect is relatively low, since the largest part of microplastics is excreted almost directly to the environment and does not stay long enough to cause toxic reaction. Scientists are reassuring that there can be no toxic effects to humans since the remaining microplastics and their POPs are located mostly in the gastrointestinal tract of seafood which is removed before consumption. Bivalves are an exemption that are consumed entirely, but even if a man's diet is comprised only from them, the toxic reaction is minimum.

Considering their proven presence in the environment affection aquatic organisms, and less likely possible human health effects, countries like United States, Canada, Taiwan, Korea and EU members like Italy, France and United Kingdom introduced bans that are already in force or are coming into force the next years. Simultaneously non-government organizations (NGOs), associations of cosmetic industries, environmental protection agencies and actions pressed cosmetic industries to phase out microbeads. Most large industries have responded to the phase out call and announced that they are using already alternatives or are reformulating their products excluding microbeads. It is considered that microbeads presence in European markets is currently extremely low and until 2020 will cease to exist.

Present study's effort was to record as many scrubs that were marketed in Greece from Greek cosmetic industries, considering that most of them have already followed phase out, despite the fact that there is no national ban. A number of 201 face and body scrubs (n=201) from 56 companies (n=56) were retrieved and 21,9% of the products (n=44) contained microbeads corresponding to 35.7% of the companies (n=20). Scrubs with microbeads contained mainly polyethylene (PE) (79,5%, n=35). Most products with microbeads were mixed products (81,82%, n=36), that contained both microbeads and synthetic biodegradable analogues or natural compounds for exfoliation. Microbeads were in higher quantity than analogues in mixed products. No significant deviations were observed between face and body scrubs considering microbeads content, as well as to the proportionate value between products with microbeads and products with alternative abrasives

**Keywords:** microbeads, microplastics, scrubs, POPs, phase out, toxicity, environmental impact, health, food chain, polyethylene



## Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	23
Κεφάλαιο 1 - Microbeads σε καλλυντικά .....	27
1.1 Καλλυντικά – Personal care Products .....	27
1.2 Πλαστικά ορισμοί.....	28
1.3 Πλαστικά Μικροσφαιρίδια – Microbeads .....	34
1.4 Φυσικοχημικές ιδιότητες των microbeads.....	40
1.5 Η χρήση των microbeads στα καλλυντικά .....	46
1.6 Χρήση μικροπλαστικών με μη καθαριστική δράση -απολέπιση σε καλλυντικά προϊόντα.....	52
Κεφάλαιο 2 - Παρουσία μικροπλαστικών στο περιβάλλον .....	55
2.1 Πρωτογενή και δευτερογενή μικροπλαστικά.....	55
2.2 Διαφυγή μικροπλαστικών στο περιβάλλον .....	56
2.3 Αποδόμηση και βιοδιάσπαση πλαστικών .....	62
2.4 Μέθοδοι ανίχνευσης μικροπλαστικών σε υδατικά οικοσυστήματα... ..	67
2.4.1 Νερό .....	67
2.4.2 Ιζήματα (Βυθός) .....	69
2.4.3 Υδρόβιοι οργανισμοί (biota) .....	71
2.5 Εντοπισμός, μέτρηση μεγέθους, καταμέτρησης και ταυτοποίηση μικροπλαστικών.....	73
2.6 Μέθοδοι ανίχνευσης μικροπλαστικών σε συστήματα Επεξεργασίας Αποβλήτων.....	83
2.7 Μέθοδοι ανίχνευσης μικροπλαστικών και νανοπλαστικών σε καλλυντικά .....	85
2.8 Ανίχνευση προέλευσης μικροπλαστικών αφού έχουν απορριφθεί στο περιβάλλον .....	89
Κεφάλαιο 3 - Microbeads στο περιβάλλον .....	92
3.1 Θαλάσσια περιβάλλοντα .....	92

3.2 Συστήματα γλυκού νερού (Fresh water systems) .....	93
3.3 Υπολογιστική προσέγγιση των microbeads στο περιβάλλον σύμφωνα με τις καταναλωτικές συνήθειες .....	94
3.4 Έρευνες ανίχνευσης μικροπλαστικών στις ελληνικές θάλασσες....	100
Κεφάλαιο 4 – Μικροπλαστικά σε οργανισμούς του υδατικού περιβάλλοντος .....	104
4.1 Μελέτες σε οργανισμού σε εργαστηριακές συνθήκες .....	106
4.2 Ανίχνευση μικροπλαστικών σε θαλάσσιους οργανισμούς στο περιβάλλον .....	109
4.3 Ανίχνευση μικροπλαστικών σε οργανισμούς του γλυκού νερού ...	117
Κεφάλαιο 5 - Επιπτώσεις των μικροπλαστικών σε οργανισμούς .....	119
5.1 Άμεσες επιπτώσεις στους υδρόβιους οργανισμούς.....	119
5.2 Έμμεσες επιπτώσεις στους υδρόβιους οργανισμούς .....	119
5.2.1 Πρόσθετα (additives) μικροπλαστικών.....	119
5.2.2 Ρύποι που προσκολλώνται στα μικροπλαστικά στο περιβάλλον – Έμμονοι Οργανικοί Ρύποι (POP's) .....	120
5.2.3 Μηχανισμός μεταφοράς πρόσθετων και έμμονων οργανικών ρύπων μικροπλαστικών σε υδρόβιους οργανισμούς .....	121
5.3 Επίδραση σε οργανισμούς που βρίσκονται σε χαμηλότερο επίπεδο της τροφικής αλυσίδας.....	125
5.4 Επιδράσεις σε θαλάσσια ψάρια και θηλαστικά .....	128
5.5 Επίδραση σε οργανισμούς του γλυκού νερού .....	131
5.6 Μεταφορά ρύπων μέσω της τροφικής αλυσίδας .....	133
5.7 Έρευνες που αμφισβητούν την επίδραση των μικροπλαστικών στην υγεία των οργανισμών .....	138
5.8 Γενικά συμπεράσματα για την επίδραση των μικροπλαστικών σε οργανισμούς .....	140
Κεφάλαιο 6 - Νανοπλαστικά σε καλλυντικά.....	142
6.1 Ορισμός συνθετικών νανοπλαστικών .....	142

6.2 Επιδράσεις νανοπλαστικών σε οργανισμούς .....	142
6.3 Ανίχνευση πλαστικών nanobeads σε καλλυντικά .....	146
Κεφάλαιο 7 – Πιθανές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία .....	149
7.1 Πιθανές άμεσες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από την κατάποση μικροπλαστικών που περιέχονται σε καλλυντικά .....	149
7.2 Πιθανές έμμεσες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από βιομεγένθυνση ρύπων προερχόμενων από μικροπλαστικά .....	150
7.2.1 Μηχανισμός μεταφοράς ρύπων μέσω της τροφικής αλυσίδας	150
7.2.2 Πιθανές έμμεσες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από μικροπλαστικά καλλυντικών .....	152
Κεφάλαιο 8 - Προσπάθειες περιορισμού απόρριψης microbeads στο περιβάλλον .....	158
8.1 Πρόληψη - Βαθμός ενημέρωση του κοινού .....	158
8.2 Περιορισμοί που τίθενται από την νομοθεσία .....	161
8.2.1 Ηνωμένες Πολιτείες.....	162
8.2.2 Καναδάς.....	164
8.2.3 Αυστραλία .....	164
8.2.4 Νέα Ζηλανδία.....	165
8.2.5 Ευρωπαϊκή Ένωση.....	166
8.2.6 Ηνωμένο Βασίλειο.....	173
8.2.7 Ελλάδα.....	176
8.2.8 Ταιβάν.....	177
8.2.9 Νότια Κορέα.....	177
8.3 Η στάση των εταιρειών και των καταστημάτων .....	178
8.3.1 Προτροπές ενώσεων βιομηχανιών καλλυντικών για παύση χρήσης (phase out).....	178
8.3.2 Οι κινήσεις και οι προθέσεις των εταιρειών και των καταστημάτων .....	180

8.4 Αντικατάσταση πολυμερών microbeads με εναλλακτικά συστατικά .....	183
8.4.1 Ανόργανα ανάλογα των microbeads και επιδράσεις στο περιβάλλον και την υγεία .....	185
8.4.2 Οργανικά ανάλογα των microbeads.....	186
8.4.3 Βιοπλαστικά και Βιοδιασπώμενα μικροπλαστικά ανάλογα των microbeads .....	186
8.4.4 Αναμενόμενες επιπτώσεις από την παύση χρήσης microbeads και τη χρήση εναλλακτικών για τις εταιρείες.....	188
8.5 Εκσυγχρονισμός συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων ώστε να συγκρατούν μικροπλαστικά .....	190
8.6 Δράσεις οργανώσεων και πολιτών .....	191
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ .....	194
Κεφάλαιο 9 – Μεθοδολογία έρευνας .....	194
9.1 Σκοπός της έρευνας – Ερευνητικές υποθέσεις και Ερευνητικά ερωτήματα.....	194
9.2 Τεκμηρίωση ερευνητικών υποθέσεων μέσω της βιβλιογραφικής ανασκόπησης.....	195
9.3 Μεθοδολογική προσέγγιση.....	197
9.4 Διαδικασία έρευνας – Ερευνητικό δείγμα.....	199
9.5 Περιορισμοί έρευνας.....	200
9.6 Σημασία έρευνας .....	202
Κεφάλαιο 10 - Αποτελέσματα Έρευνας.....	203
10.1 Δημογραφικά στοιχεία δείγματος.....	203
10.2 Προϊόντα που περιέχουν microbeads.....	205
10.2.2 Απολεπιστικά προσώπου .....	208
10.2.3 Απολεπιστικά σώματος.....	210
10.2.4 Φυσικά προϊόντα με microbeads .....	213

10.2.5 Συμβατικά προϊόντα με microbeads.....	217
10.3 Εταιρείες .....	222
10.3.1 Εταιρείες που δηλώνουν φυσικές και χρησιμοποιούν microbeads .....	223
10.3.2 Χημική σύνθεση microbead που χρησιμοποιούν οι περισσότερες εταιρείες .....	224
10.4 Σύγκριση τιμής.....	226
10.4.1 Σύγκριση μεταξύ φυσικών και συμβατικών .....	226
10.4.2 Σύγκριση τιμής προϊόντων με microbeads και προϊόντων χωρίς microbeads .....	229
10.5 Θέση microbead στη σειρά INCI.....	230
10.5.1 Θέση στη σειρά INCI σε όλα τα προϊόντα .....	230
10.5.2 Θέση στη σειρά INCI στα απολεπιστικά προσώπου.....	232
10.5.3 Θέση στη σειρά INCI στα απολεπιστικά σώματος .....	233
10.5.4 Θέση στη σειρά INCI ανά εταιρεία .....	234
10.6 Συνοπτικά αποτελέσματα .....	235
Συμπεράσματα.....	237
Συζήτηση .....	245
Βιβλιογραφία .....	247
Παράρτημα Α – Πίνακες Στατιστικής Ανάλυσης SPSS.....	268

## Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1.1 - Ενδεικτικοί ορισμοί των microbeads από μεγάλες ευρωπαϊκές εταιρείες καλλυντικών που έχουν δεσμευτεί για phase out .....	35
Πίνακας 1.2 - Ορισμοί microbeads.....	39
Πίνακας 1.3 - Περιεκτικότητα μικροπλαστικών σε επιλεγμένα προϊόντα προσωπικής περιποίησης (PCP's) της αγοράς της Νορβηγίας.....	49
Πίνακας 1.4 - Ποσότητες μικροπλαστικών σε αφρόλουτρα, καθαριστικά προσώπου και χεριών στην ΕΕ και τη Δανία, Φινλανδία, Σουηδία, Νορβηγία το 2012.....	51
Πίνακας 1.5 - Ονοματολογία πολυμερών σε καλλυντικά και ιδιότητες.....	53
Πίνακας 2.1 - Προέλευση μικροπλαστικών στο περιβάλλον .....	55
Πίνακας 2.2 - Πυκνότητες μικροπλαστικών που βρέθηκαν σε έρευνες για μικροπλαστικά σε θαλάσσια περιβάλλοντα και ιζήματα .....	61
Πίνακας 2.3 - Τρόποι περιγραφής των μικροπλαστικών που έχουν καταγραφεί στη βιβλιογραφία.....	75
Πίνακας 2.4 - Μέθοδοι ανίχνευσης της μορφολογίας, της σύνθεσης και της συγκέντρωσης των μικροπλαστικών .....	81
Πίνακας 4.1 - Συγκεντρώσεις μικροπλαστικών σε 5 θαλάσσια είδη που αλιεύτηκαν το 2011 σε ακτές της Ολλανδίας.....	111
Πίνακας 5.1 - Επιδράσεις των μικροπλαστικών με χρώμιο σε διάφορους συνδυασμούς συγκεντρώσεων στην PEPP, AChE, EROD, GST και LPO...	131
Πίνακας 8.1 – Αποφάσεις διάφορων πολιτειών των ΗΠΑ για περιορισμό των microbeads το 2016 .....	162
Πίνακας 8.2 – Συγκριτική παρουσίαση προθέσεων εταιρειών για παύση χρήσης (phase out) και μεριδίου αγοράς στη βιομηχανία φροντίδας του δέρματος το 2016.....	181
Πίνακας 8.3 - Δοκιμασμένα εναλλακτικά των microbeads από πολυεθνικές του κλάδου .....	184
Πίνακας 8.4 - Εναλλακτικά των microbeads που έχουν δηλώσει ότι χρησιμοποιούν ή θα χρησιμοποιήσουν ευρωπαϊκές εταιρείες καλλυντικών .	184

## Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1.1 - Πολυμερισμός μονομερούς αιθυλενίου για σχηματισμό πολυαιθυλενίου .....	41
Εικόνα 1.2 - Πολυμερισμός μονομερούς προπυλενίου για σχηματισμό πολυπροπυλενίου .....	41
Εικόνα 1.3 - Φωτογραφίες microbeads πολυαιθυλενίου από 4 διαφορετικές μάρκες καθαριστικών προσώπου .....	42
Εικόνα 1.4 - Τύποι microbeads σε απολεπιστικά προϊόντα .....	43
Εικόνα 1.5 - Σχήμα και χρώμα microbeads καθαριστικών προσώπου σε προϊόντα της αγοράς της Νέας Ζηλανδίας .....	44
Εικόνα 1.6 – Ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης A. Ακανόνιστου microbead B. Ζοον στην επιφάνεια microbead C. σπασμένου σφαιρικού microbead .....	45
Εικόνα 1.7 - Σύγκριση μεγέθους microbeads με ανθρώπινο δάχτυλο και μολύβι .....	46
Εικόνα 1.8 - Microbeads που συλλέχθηκαν από τη λίμνη Erie της πολιτείας της Νέας Υόρκης το 2012 και συγκριτικό μέγεθός τους.....	46
Εικόνα 1.9 - Microbeads στο μικροσκόπιο και πίνακας με σύντομα χαρακτηριστικά.....	48
Εικόνα 1.10 - Απολεπιστικό προϊόν με microbeads πολυαιθυλενίου .....	54
Εικόνα 2.1 - Σχηματική αναπαράσταση επεξεργασίας λυμάτων με τη χρήση "χονδρών", λεπτών και υπέρλεπτων σχάρων διήθησης .....	56
Εικόνα 2.2 - Τριτοβάθμιο σύστημα επεξεργασίας λυμάτων (tertiary sewage treatment plant).....	57
Εικόνα 2.3 - Απλοποίηση διαδρομής microbeads από τη χρήση μέχρι την τελική διάθεση στο περιβάλλον .....	58
Εικόνα 2.4 - Απόρριψη προϊόντων με microbeads στην αποχέτευση .....	60
Εικόνα 2.5 - Σύγκριση αποδόμισης μικροπλαστικών σε ακτές, στην επιφάνεια της θάλασσας και σε μεγαλύτερα βάθη .....	66
Εικόνα 2.6 - Σχηματική απεικόνιση manta net και neuston net για τη συλλογή μικροπλαστικών από την επιφάνεια του νερού .....	68
Εικόνα 2.7 - Συσσκευές δειγματοληψίας από βυθό.....	69
Εικόνα 2.8 - Μικροπλαστικά που έχουν συλλεχθεί σε πλέγμα .....	72

Εικόνα 2.9 - Μεγέθυνση microbeads που περιέχονται σε απολεπιστικό σώματος (body scrub) μέσω ηλεκτρονικού μικροσκοπίου .....	74
Εικόνα 2.10 - Απομόνωση microbeads σε ειδικό δοχείο .....	76
Εικόνα 2.11 - Αποτέλεσμα υπέρυθρης φασματοσκόπησης συνθετικών ινών που με γυμνό μάτι ή μικροσκόπιο μοιάζουν καταπληκτικά μεταξύ τους.....	78
Εικόνα 3.1 - Μικροφωτογραφία microbead από το θαλάσσιο περιβάλλον του Hong Kong (εικόνα a) σε σύγκριση με microbeads σε απολεπιστικά προσώπου της αγοράς του Hong Kong (εικόνα b).....	92
Εικόνα 3.2 - Διαφυγή διαφόρων μεγεθών μικροπλαστικών από συστήματα διαχείρισης αποβλήτων.....	95
Εικόνα 3.3 - Μικροπλαστικά που ανιχνεύτηκαν στην έρευνα του ΕΛΚΕΘΕ και της Greenpeace .....	102
Εικόνα 3.4 - Τα σημεία της επιστημονικής έρευνας για μικροπλαστικά της Greenpeace και του Ελ.ΚΕ.Θ.Ε στην Ελλάδα το 2017 .....	103
Εικόνα 4.1 - Γαστρεντερικό σύστημα γαρίδας με ανιχνεύσιμα microbeads πολυστορολίου μετά από έκθεση 3 ωρών .....	107
Εικόνα 4.2 - Πρόσληψη μικροπλαστικών πολυστυρολίου (polystyrene) από το μύδι <i>Mytilus edulis</i> (L).....	108
Εικόνα 4.3 – Πλαστικές ίνες στο στομάχι караβίδας.....	110
Εικόνα 4.4 - Σφαιρίδια μικροπλαστικών (Microbeads) στο γαστρεντερικό σύστημα ειδών ζωοπλαγκτόν.....	112
Εικόνα 4.5 - Μικροσφαιρίδια που έχουν βρεθεί στο γαστρεντερικό σύστημα της ιαπωνικής αντζούγιας .....	114
Εικόνα 4.6 - Απεικόνιση της οδού κατάποσης και απέκκρισης μικροπλαστικών ινών σε μύδια .....	116
Εικόνα 4.7 - Ανιχνεύσιμα μικροπλαστικά στο στομάχι του σκουληκιού <i>Lumbricus variegates</i> που βρέθηκαν στη λίμνη Garda της Ιταλίας .....	118
Εικόνα 5.1 - Σχηματικό διάγραμμα μεταφοράς ρύπων από μικροπλαστικά σε υδρόβιους οργανισμούς .....	121
Εικόνα 5.2 - Μηχανισμός διασποράς μακροπλαστικών και μικροπλαστικών, προσκόλλησης ρύπων, απελευθέρωσης πρόσθετων με βιοσυσσώρευση στους θαλάσσιους οργανισμούς.....	124
Εικόνα 5.3 - Μικροπλαστική ίνα στο γαστρεντερικό σύστημα ενός αμφίποδου .....	125



Εικόνα 5.4 - Επιδράσεις των pristine και επιμολυσμένων microbeads στο ήπαρ ψαριών του είδους Japanese madaka.....	132
Εικόνα 5.5 - Μεταφορά επιφθορισμένων μικροπλαστικών από το Artemia nauplii σε zebrafish .....	135
Εικόνα 5.6 - Τομές zebrafish που δείχνουν την παρουσία βενζοπυρενίου στο ήπαρ (L), στη βλέννα (ltv) και τον αυλό (lt l) του εντέρου και τα αυγά (E) ....	136
Εικόνα 6.1 - Ανιχνεύσιμα νανοπλαστικά πολυστυρολίου σε άλγη του είδους Chlorella και Scenedesmus .....	143
Εικόνα 6.2 - Δυσπλασίες σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης ζωοπλαγκτόν .....	144
Εικόνα 6.3 - Νανοπλαστικά πολυστυρολίου (polystyrene) σε άλγη, στο ζωοπλαγκτόν Daphnia και στο έμβρυό του.....	145
Εικόνα 6.4 - Φασματοσκοπία τριών απολεπιστικών προϊόντων με microbeads πολυαιθυλενίου - ανιχνεύονται νανοπλαστικά σωματίδια πολυαιθυλενίου .....	147
Εικόνα 7.1 - Microbeads στα ούλα δοντιών .....	149
Εικόνα 7.2 - Πιθανές οδοί για την μεταφορά μικροπλαστικών και οι βιολογικές τους αλληλεπιδράσεις.....	152
Εικόνα 7.3 - Microbeads που ανιχνεύτηκαν σε δίθυρα μαλάκια στην παραγορά της Σαγκάης.....	154
Εικόνα 7.4 - Πράσινο μικροσφαιρίδιο πλαστικού (microbead) που ανιχνεύτηκε στους μαλακούς ιστούς του στρειδιού Crassostrea gigas.....	154
Εικόνα 8.1 - Βέλτιστη ιεράρχηση διαχείρισης απορριμμάτων κατά την ΕΕ .....	158
Εικόνα 8.2 - Η εφαρμογή Beat the Microbead .....	192
Εικόνα 8.3 - Δράση DoSomething ενάντια στα microbeads.....	193

## Ευρετήριο Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1.1 – Περιληπτικοί συντακτικοί τύποι των δημοφιλέστερων πλαστικών και ποσοστά ευρωπαϊκής ζήτησης.....	40
Διάγραμμα 2.1 - Διάγραμμα ροής που περιγράφει την οδό διαφυγής δευτερογενών πλαστικών στο περιβάλλον.....	59
Διάγραμμα 2.2 - Διαδικασία αβιοτικής διάσπασης PE, PP, PS μετά την εκκίνηση της φωτοδιάσπασης του δεσμού C-H .....	64
Διάγραμμα 2.3 - Σύγκριση της μείωσης της ελαστικότητας εφελκυσμού (Tensile Extensibility) πλαστικών στον αέρα και στην επιφάνεια της θάλασσας στην πάροδο του χρόνου .....	65
Διάγραμμα 2.4 - Στάδια που ακολουθήθηκαν κατά τη δειγματοληψία μικροπλαστικών σε ιζήματα και θαλάσσια ύδατα και πλήθος ερευνών που τα ακολούθησαν .....	70
Διάγραμμα 2.5 - Μέθοδος Tangential Flow Filtration (TFF) για το φιλτράρισμα νανοσωματιδίων .....	73
Διάγραμμα 2.6 - Σύγκριση της βιβλιοθήκης φασματοσκόπησης polyethylene terephthlate (PET) (πράσινη γραμμή με fiber μικροπλαστικού που εντοπίστηκε σε σύστημα επεξεργασίας αποβλήτων (κόκκινη γραμμή) .....	79
Διάγραμμα 2.7 - Σύγκριση και ταυτοποίηση αποτελεσμάτων FTIR μικροπλαστικών ινών που βρέθηκαν σε θαλάσσιο περιβάλλον σε διάφορες χώρες με τη βιβλιοθήκη Bruker I26933 Synthetic fibres ATR library .....	80
Διάγραμμα 2.8 – Διάγραμμα ροής του συστήματος επεξεργασίας λυμάτων της Γλασκώβης με κίτρινη επισήμανση των σημείων δειγματοληψίας .....	84
Διάγραμμα 2.9 - Τύποι μικροπλαστικών που βρέθηκαν στο σύστημα επεξεργασίας λυμάτων της Γλασκώβης.....	85
Διάγραμμα 2.10 - Διαδικασία φιλτραρίσματος νανοπλαστικών που προέρχονταν από απολεπιστικό προσώπου .....	88
Διάγραμμα 3.1 - Σύγκριση ποσοστού microbeads μεταξύ της περιοχής Great Lakes και του βόρειου και νότιου Ειρηνικού το 2013.....	94
Διάγραμμα 3.2 - Ποσοστά πληθυσμού που συνδέονται με Συστήματα Επεξεργασίας Λυμάτων στην ΕΕ το 2011.....	96
Διάγραμμα 3.3 - Ετήσια απόρριψη μικροπλαστικών στο θαλάσσιο περιβάλλον: Εκτιμήσεις για την Ευρώπη .....	98

Διάγραμμα 3.4 - Πρωτογενή μικροπλαστικά στους ωκεανούς σε παγκόσμια κλίμακα με βάση την προέλευση.....	100
Διάγραμμα 4.1 - Παρατήρηση microbeads πολυστυρολίου (Polystyrene) με φθορισμό σε ζωοπλαγκτόν .....	106
Διάγραμμα 4.2 - Ποσοστά ανίχνευσης microbeads πολυστυρολίου στο γαστρεντερικό σύστημα διαφόρων ειδών ζωοπλαγκτόν .....	107
Διάγραμμα 4.3 – f) Απεικόνιση συγκέντρωσης συναρτήσεως του μεγέθους του μικροπλαστικού g) Απεικόνιση της μεταβολής της συγκέντρωσης συναρτήσεως του χρόνου .....	109
Διάγραμμα 4.4 - Ποσοστό κωπηπόδων με μικροπλαστικά στο εντερικό τους σύστημα έπειτα από 24ωρη έκθεση.....	113
Διάγραμμα 4.5 - Ποσοστό με βάση το πολυμερές που ανιχνεύτηκε σε microbeads που βρέθηκαν στο στομάχι αντζούγιων στο Τόκιο το 2016 .....	114
Διάγραμμα 4.6 - Ποσοστά μικροπλαστικών που ανιχνεύτηκαν σε ξιφίες (SWO), γαλαζόπτερους τόνους (BFT) και μπακαλιάρους (ALB) στη Μεσόγειο Θάλασσα μεταξύ 2012 και 2013 .....	115
Διάγραμμα 5.1 - Σχηματική αναπαράσταση μεταφοράς ρύπων από μικροπλαστικά στην τροφική αλυσίδα .....	122
Διάγραμμα 5.2 - Εννοιολογικό διάγραμμα των επιδράσεων των μικροπλαστικών στο σκουλήκι <i>A. Marina</i> .....	127
Διάγραμμα 5.3 – Μείωση της της AChE δραστηριότητας ψαριών του είδους <i>Pomatoschistus microps</i> (γοβιοί) λόγω αλληλεπίδρασης πυρενίου (pyrene) με μικροπλαστικά.....	128
Διάγραμμα 5.4 - Περιοξείδωση λιπιδίων (Lipid peroxidation) των ψαριών του είδους μετά από έκθεση 96 ωρών σε μικροπλαστικά με πυρένιο (pyrene) .....	129
Διάγραμμα 5.5 - Ποσοστό κατανάλωσης τροφή σε σχέση με την συνολική πριν και μετά την ανάμειξή της με microbeads συναρτήσεως της περιοχής προέλευσης του ψαριού.....	130
Διάγραμμα 5.6 - Τυπική απόκλιση της ανάπτυξης των ριζών του νούφαρου <i>Lemna minor</i> λόγω παρουσίας microbeads πολυαιθυλενίου .....	133
Διάγραμμα 6.1 - Σχηματική απεικόνιση της μεταφοράς νανοσωματιδίων πολυστυρολίου στην τροφική αλυσίδα .....	145

Διάγραμμα 7.1 - Αριθμός δημοσιεύσεων ερευνών σχετικών με μικροπλαστικά στη βάση δεδομένων επιστημονικής βιβλιογραφίας: SCOPUS .....	156
Διάγραμμα 8.1 - Αποτελέσματα πανευρωπαϊκής δημόσιας διαβούλευσης για αποτελεσματικότερα μέτρα αντιμετώπισης μικροπλαστικών σε καλλυντικά .....	171
Διάγραμμα 8.2 – Πτώση παγκόσμιας ζήτησης για microbeads πολυαιθυλενίου .....	189
Διάγραμμα 10.1 - Διάγραμμα μεταβλητή Εταιρεία ανά μεταβλητή Είδος	203
Διάγραμμα 10.2 - Διάγραμμα μεταβλητής Χρήση .....	204
Διάγραμμα 10.3 - Διάγραμμα συχνοτήτων μεταβλητή Είδος ανά μεταβλητή Χρήση .....	205
Διάγραμμα 10.4 – Διάγραμμα μεταβλητής Περιέχουν_Microbeads στο σύνολο των προϊόντων .....	206
Διάγραμμα 10.5 - Διάγραμμα σύγκρισης προϊόντων με αποκλειστική απολεπιστική ουσία microbeads και μικτών προϊόντων .....	206
Διάγραμμα 10.6 - Διάγραμμα μεταβλητής Χημική_Σύνθεση_Microbead	207
Διάγραμμα 10.7 - Διάγραμμα μεταβλητής Χημική_Σύνθεση_Microbead – περαιτέρω διερεύνηση .....	207
Διάγραμμα 10.8 - Διάγραμμα μεταβλητής Περιέχουν_Microbeads σε σχέση με υπομεταβλητή Χρήση: Πρόσωπο .....	208
Διάγραμμα 10.9 - Διάγραμμα επιμέρους ανάλυσης των προϊόντων με Χρήση: Πρόσωπο που περιείχαν Microbeads .....	209
Διάγραμμα 10.10 - Διάγραμμα μεταβλητής Χημική Σύνθεση Microbead με υπομεταβλητή Είδος: Απολεπιστικό Πρόσωπου .....	209
Διάγραμμα 10.11 - Διάγραμμα μεταβλητής Χημική Σύνθεση Microbead με μεταβλητή: Περιέχουν Microbeads για υπομεταβλητή Χρήση: Πρόσωπο ....	210
Διάγραμμα 10.12 - Διάγραμμα μεταβλητής Περιέχουν_Microbeads με υπομεταβλητή Χρήση: Σώμα .....	211
Διάγραμμα 10.13 - Διάγραμμα επιμέρους ανάλυσης των προϊόντων με Χρήση: Σώμα που περιείχαν Microbeads .....	211
Διάγραμμα 10.14 - Διάγραμμα μεταβλητής Χημική Σύνθεση Microbead και υπομεταβλητή Χρήση: Σώμα .....	212

Διάγραμμα 10.15 - Διάγραμμα μεταβλητής Χημική Σύνθεση Microbead με μεταβλητή Περιέχουν_Microbeads για υπομεταβλητή Χρήση: Σώμα.....	213
Διάγραμμα 10.16 - Διάγραμμα μεταβλητής Περιέχουν_Microbeads με υπομεταβλητή Είδος: Φυσικό.....	213
Διάγραμμα 10.17 – Διάγραμμα επιμέρους ανάλυσης των προϊόντων με Είδος: Φυσικό που περιείχαν Microbeads.....	214
Διάγραμμα 10.18 - Διάγραμμα Χημική Ένωση Microbead με υπομεταβλητή Είδος: Φυσικό .....	215
Διάγραμμα 10.19 - Διάγραμμα μεταβλητής Περιέχουν_Microbeads με υπομεταβλητή Είδος: Φυσικό και Χρήση: Πρόσωπο .....	215
Διάγραμμα 10.20 - Διάγραμμα μεταβλητής Περιέχουν_Microbeads και υπομεταβλητής Είδος: Φυσικό και Χρήση: Σώμα.....	216
Διάγραμμα 10.21 – Διάγραμμα επιμέρους ανάλυσης προϊόντων με Είδος: Φυσικό και Χρήση: Σώμα προϊόντων που περιείχαν Microbeads .....	217
Διάγραμμα 10.22 - Διάγραμμα μεταβλητής Περιέχουν_Microbeads με υπομεταβλητή Είδος: Συμβατικό .....	217
Διάγραμμα 10.23 - Επιμέρους ανάλυση συμβατικών προϊόντων που περιείχαν Microbeads .....	218
Διάγραμμα 10.24 - Διάγραμμα Χημική Ένωση Microbead με υπομεταβλητή Είδος: Συμβατικό.....	219
Διάγραμμα 10.25 - Διάγραμμα μεταβλητής Περιέχουν_Microbeads με υπομεταβλητή Είδος: Συμβατικό και Χρήση: Πρόσωπο.....	219
Διάγραμμα 10.26 - Διάγραμμα επιμέρους ανάλυσης προϊόντων με Είδος: Συμβατικό και Χρήση: Πρόσωπο προϊόντων που περιείχαν Microbeads ....	220
Διάγραμμα 10.27 - Διάγραμμα μεταβλητής: Περιέχουν_Microbeads και υπομεταβλητής Είδος: Συμβατικό και Χρήση: Σώμα.....	221
Διάγραμμα 10.28 - Διάγραμμα επιμέρους ανάλυσης προϊόντων με Είδος: Συμβατικό και Χρήση: Σώμα προϊόντων που περιείχαν Microbeads .....	221
Διάγραμμα 10.29 - Διάγραμμα μεταβλητής Εταιρεία με μεταβλητή Περιέχουν_Microbeads .....	222
Διάγραμμα 10.30 – Διάγραμμα στηλών αριθμού Προϊόντων που Περιέχουν_Microbeads ανά Εταιρεία .....	222
Διάγραμμα 10.31 - Διάγραμμα στηλών μεταβλητής Περιέχει_Microbeads με μεταβλητή Εταιρεία .....	223

Διάγραμμα 10.32 - Διάγραμμα στηλών αριθμού φυσικών εταιρειών με προϊόντα που περιέχουν microbeads .....	224
Διάγραμμα 10.33 - Διάγραμμα μεταβλητής Περιέχουν_Microbeads ανά υπομεταβλητή Εταιρεία με Είδος: Φυσικό .....	224
Διάγραμμα 10.34 - Διάγραμμα στήλης μεταβλητής Χημική Ένωση ανά μεταβλητή: Εταιρεία .....	225
Διάγραμμα 10.35 – Διάγραμμα στηλών σύγκρισης αναλογικής μέσης τιμής μεταξύ φυσικών και συμβατικών προϊόντων .....	226
Διάγραμμα 10.36 - Διάγραμμα στηλών σύγκρισης αναλογικής μέσης τιμής μεταξύ φυσικών και συμβατικών προϊόντων .....	227
Διάγραμμα 10.37 - Διάγραμμα στηλών σύγκρισης Αναλογικής Τιμής Φυσικών και Συμβατικών Απολεπιστικών Προσώπου .....	228
Διάγραμμα 10.38 - Διάγραμμα στηλών σύγκρισης Αναλογικής Τιμής Φυσικών και Συμβατικών Απολεπιστικών Σώματος.....	228
Διάγραμμα 10.39 - Διάγραμμα στηλών σύγκρισης Αναλογικής τιμής με βάση τη μεταβλητή Περιέχει_Microbeads.....	229
Διάγραμμα 10.40 - Διάγραμμα στηλών σύγκρισης Αναλογικής τιμής με βάση το αν έχει ή όχι Microbeads.....	230
Διάγραμμα 10.41 - Διάγραμμα στηλών προϊόντων με microbeads ανά κάθε θέση της σειράς INCI .....	230
Διάγραμμα 10.42 - Διάγραμμα στηλών προϊόντων με αποκλειστική καθαριστική ουσία microbeads ανά κάθε θέση της σειράς INCI.....	231
Διάγραμμα 10.43 - Διάγραμμα στηλών μικτών προϊόντων microbeads ανά κάθε θέση της σειράς INCI .....	231
Διάγραμμα 10.44 - Διάγραμμα στηλών απολεπιστικών προσώπου ανά κάθε θέση της σειράς INCI .....	232
Διάγραμμα 10.45 - Διάγραμμα στηλών μικτών απολεπιστικών προσώπου ανά κάθε θέση της σειράς INCI .....	233
Διάγραμμα 10.46 - Διάγραμμα στηλών απολεπιστικών σώματος ανά κάθε θέση της σειράς INCI .....	233
Διάγραμμα 10.47 - Διάγραμμα στηλών μικτών απολεπιστικών σώματος ανά κάθε θέση της σειράς INCI .....	234

## Εισαγωγή

Τα πλαστικά αποτελούν σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα λόγω της αυξανόμενης παραγωγής και αντοχής τους ακόμα και στις πιο ακραίες συνθήκες. Οι δυνατότητες χρήσης, το χαμηλό κόστος και η αντοχή τους ως υλικά, τα έκαναν τόσο δημοφιλή (New York State Attorney General, 2015, σ. 1) ώστε η παγκόσμια ετήσια παραγωγή αυξήθηκε από 1 εκατομμύριο το 1950 (Camera dei Deputati N.3852, 2016) σε 299 εκατομμύρια (Duis & Coors, 2016, σ. 1) το 2013, 322 εκατομμύρια το 2015 (PlasticsEurope, 2016), και συνεχίζει να αυξάνεται τουλάχιστον σε ευρωπαϊκό επίπεδο (Jambeck et al., 2015).

Θεωρούνται το κύριο ανθρωπογενές απόβλητο (Camera dei Deputati N.3852, 2016), καθώς αποτελούν το 60 με 80% του συνόλου των απορριμμάτων που ανιχνεύονται σε θαλάσσια περιβάλλοντα, ενώ πάνω από το 90% των σωματιδίων που επιπλέουν σε ωκεανούς αποδίδεται σε μικροσωματίδια πλαστικού (μικροπλαστικά) (California Coastal Commission & Algalita Marine Research Foundation, 2006). Μόνο το 2010 απορρίφθηκαν 275 τρισεκατομμύρια τόνοι πλαστικών προερχόμενα από 192 χώρες από τους οποίους οι 12,7 εκατομμύρια κατέληξαν στη θάλασσα (Jambeck et al., 2015). Ήδη από το 1999 είχε υπολογιστεί ότι η ποσότητα των πλαστικών στο κυκλικό ρεύμα του βόρειου Ειρηνικού Ωκεανού (North Pacific Gyre) ότι ήταν έξι φορές μεγαλύτερη από τους μικροοργανισμούς που αποτελούν τη βάση της τροφικής φυσικής αλυσίδας (άλγη - φυτοπλαγκτόν) (Moore et al., 2001). Οι προβλέψεις για το 2025 είναι ότι το βάρος των πλαστικών στους ωκεανούς θα αποτελεί το 1/3 του συνόλου του βάρους των ψαριών και ότι το 2050 θα εξισωθεί ή θα το ξεπεράσει (Jovanovic, 2017, σ. 510).

Χαρακτηριστικό στοιχείο, πέρα από την ποσότητα, που εξηγεί σε μεγάλο βαθμό την παρουσία τους ως απορρίμματα στο θαλάσσιο περιβάλλον, είναι ότι παρουσιάζουν εξαιρετική ανθεκτικότητα και διάρκεια ζωής (New York State Attorney General, 2015, σ. 1) ακόμα και σε ακραίες συνθήκες (Duis & Coors, 2016, σ. 1) και ότι σχεδόν ο μισός παγκόσμιος πληθυσμός κατοικεί σε ακτίνα το πολύ 80 χιλιομέτρων από ακτές (Camera dei Deputati N.3852, 2016). Οι ερευνητές μάλιστα παρατηρούν ότι το μέγεθος του περιβαλλοντικού

προβλήματος των πλαστικών στις θάλασσες μπορεί να συγκριθεί μόνο αυτό της κλιματικής αλλαγής (EFSA, 2016).

Αρχικά αντικείμενο των περιβαλλοντολόγων αποτέλεσαν οι επιπτώσεις στο περιβάλλον από τα πλαστικά διαμέτρου άνω των 5mm, τα οποία αποκαλούνται μακροπλαστικά (macroplastics) (Duis & Coors, 2016, σ. 1), και των οποίων οι εικόνες σε θάλασσες και ακτές αποτέλεσαν σύμβολα περιβαλλοντικής μόλυνσης (New York State Attorney General, 2015, σ. 1). Από τη δεκαετία του 1970 όμως προσέλκυσε το ενδιαφέρον των επιστημόνων η ύπαρξη μικροπλαστικών (< 5 mm) σε παράκτια ύδατα (Carpenter et al., 1972). Οι διάσπαρτες μελέτες των επιστημόνων κινητοποίησαν τις αρχές αρκετά αργότερα, με την οδηγία πλαίσιο Οδηγία 2008/98/EK για την Ευρωπαϊκή Θαλάσσια Στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης και τον νόμο Microbeads-Free Waters Act των Ηνωμένων Πολιτειών το 2015 ενάντια στα μικροπλαστικά. Οι παραπάνω αποφάσεις δείχνουν να κινητοποιούν περαιτέρω τους επιστήμονες για τη διεξαγωγή ερευνών για τις επιδράσεις των μικροπλαστικών στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία, όπως και να αφυπνίζουν το κοινό (Jovanovic, 2017, σ. 510).

Τόσο ο κανονισμός 1223/2009 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου για τα καλλυντικά (European Parliament and of the council, 2009), όσο και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή στην απόφασή της για τον ορισμό των μικροσωματιδίων (European Commission a, 2011, σ. 39), θεωρούν ως μικροπλαστικά τα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη των 5 mm, απόψεις που υιοθετούν οι περισσότεροι ερευνητές, ορίζοντας τα μικροπλαστικά ως συμπαγή συνθετικά οργανικά πολυμερή με διάμετρο μεταξύ 100 nm και 5 mm, αν και πολλές φορές δεν ορίζεται η κατώτερη διάμετρος (ECCC, 2015, Duis & Coors, 2016, σ. 2). Σε πρόσφατη δημοσίευση της Ευρωπαϊκής Ασφάλειας των Τροφίμων (European Food Safety Authority) ορίζονταν ως μικροπλαστικά τα πλαστικά με διάμετρο από 0,1 έως 5.000 μm και για πρώτη φορά ορίζονταν και τα νανοπλαστικά με διάμετρο από 1 έως 100 nm (EFSA, 2016, σ. 4501). Γενικότερα παρατηρείται ασυμφωνία ως προς τον ορισμό του μεγέθους των μικροπλαστικών ακόμα και μεταξύ των δημοσίων υπηρεσιών της ίδιας χώρας (Registration SOR/2017-



111, 2017) αλλά και μεταξύ διαφορετικών υπηρεσιών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (European Commission a, 2011, EFSA, 2016).

Η παρούσα εργασία στο θεωρητικό της μέρος έχει ως κύριο αντικείμενο την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας για τις επιπτώσεις στο περιβάλλον και την υγεία από την επίδραση των στερεών πρωτογενών, δηλαδή όσων παράγονται επί σκοπού και όχι μέσω διάσπασης μεγαλύτερων πλαστικών, μικροπλαστικών που περιέχονται σε καλλυντικά με σκοπό τον καθαρισμό και την απολέπιση και αναφέρονται ως πλαστικά μικροσφαιρίδια (microbeads). Αντίστοιχα στο ερευνητικό μέρος γίνεται μία προσπάθεια αποτύπωσης του εύρους χρήσης απολεπιστικών προϊόντων με microbeads στην ελληνική αγορά.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι περιέχονται και άλλες πρωτογενείς πολυμερείς μικροπλαστικές ουσίες σε καλλυντικά, οι οποίες ανάλογα με τον τύπο, τη χημική σύνθεση και το σχήμα μπορούν να προσδώσουν φυσικές ή χημικές ιδιότητες όπως:

- Ρύθμιση ιξώδους
- Γαλακτωματοποίηση
- Αδιαφανοποίηση
- Διόγκωση

ή να χρησιμοποιηθούν ως:

- Συνδεδειγμένοι παράγοντες για τις απορροφητικές ουσίες σε υγρά
- Λαμπυρίζουσες σκόνες (glitter)
- Μαλακτικά δέρματος (skin conditioners)
- Για τον καθαρισμό των δοντιών
- Ζελέ σε κόλλες οδοντοστοιχιών

Παράλληλα μικροπλαστικά σε καλλυντικά χρησιμοποιούνται:

- Για τον έλεγχο του χρόνου απελευθέρωσης δραστικών ουσιών
- Για την παράταση της διάρκειας ζωής του προϊόντος, καθώς μπορούν να αποθηκεύσουν διασπώμενα ενεργά συστατικά στα

μικροσκοπικά πορώδη τμήματά τους, και έτσι τα μεγαλύτερου μεγέθους βακτήρια να μην μπορούν να εισέλθουν

(UNEP, 2015, σ. 15)

Μικροπλαστικά επίσης σε στερεή μορφή περιέχονται και σε άλλα βιομηχανικά ή καταναλωτικά προϊόντα (βιομηχανικά scrubbers, απορρυπαντικά κα) (Gregory, 1996). Παρόλο που οι παραπάνω χρήσεις μικροπλαστικών σε καλλυντικά, αποτελούν σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα (EUNOMIA, 2016) δεν αποτελούν αντικείμενο της παρούσης εργασίας.

# Κεφάλαιο 1 - Microbeads σε καλλυντικά

## 1.1 Καλλυντικά – Personal care Products

Καλλυντικό για την ΕΕ είναι: «...κάθε ουσία ή παρασκεύασμα με σκοπό την εφαρμογή σε διάφορα εξωτερικά μέρη του ανθρώπινου σώματα (επιδερμίδα, σύστημα τριχών, νύχια, χείλη και εξωτερικά γεννητικά όργανα) ή με τα δόντια και τους βλεννώδεις αδένες της στοματικής κοιλότητας με κύριο ή αποκλειστικό σκοπό τον καθαρισμό, τον αρωματισμό, την αλλαγή της εμφάνισης, σε συνδυασμό ή και αυτόνομα με τη διόρθωση των οσμών και σε συνδυασμό ή αυτόνομα με τη διατήρησή τους σε καλή κατάσταση...»

(Ref. Ares 4230487, 2015)

Για τις Ηνωμένες Πολιτείες: «...αντικείμενα με σκοπό να τριφτούν, χυθούν, να καταβρέξουν ή να ψεκαστούν πάνω στο ανθρώπινο σώμα με σκοπό τον καθαρισμό, τον καλλωπισμό, την προώθηση της ελκυστικότητας ή την αλλαγή της εμφάνισης...». Προϊόντα που εμπίπτουν στον ορισμό είναι υγραντικά δέρματος, αρώματα, κραγιόν, γυαλιστικά νυχιών, makeur ματιών και προσώπου, σαμπουάν, περούκες, βαφές μαλλιών, οδοντόκρεμες και αποσμητικά όπως και κάθε υλικό που προορίζεται για συστατικό του καλλυντικού (FDAc, 2016).

Σύμφωνα με το ευρετήριο συστατικών που χρησιμοποιούνται σε καλλυντικά (Inventory of cosmetic ingredients) της ΕΕ, συστατικό καλλυντικού θεωρείται: «...κάθε χημική ουσία η παρασκεύασμα συνθετικής ή φυσικής προέλευσης, εκτός από τις αρωματικές συνθέσεις και τα αρώματα, που περιέχονται στην σύνθεση ενός καλλυντικού...» (Τσιρίβας, Βαρβαρέσου, & Παπαγεωργίου, 2013, σ. 174)

Για την Ευρωπαϊκή Ένωση οι οδοντόκρεμες είναι καλλυντικό με καθαριστικές ιδιότητες που ξεπλένεται μετά τη χρήση (rinse-off). Στις Ηνωμένες Πολιτείες οι οδοντόκρεμες μπορεί να είναι τόσο καλλυντικό όσο και μη συνταγογραφούμενο φάρμακο (Registration SOR/2017-111, 2017). Η αμερικανική νομοθεσία επισημαίνει για παράδειγμα ότι οι οδοντόκρεμες που

περιέχουν φθόριο θεωρούνται ως φάρμακα και πρέπει να συμμορφώνονται τόσο με τις απαιτήσεις περί καλλυντικών όσο και περί φαρμάκων (FDA, 2017)

## **Personal Care Products**

Στις Ηνωμένες Πολιτείες τα καλλυντικά δεν ταυτίζονται με τα personal care products. Όλα τα καλλυντικά θεωρούνται personal care products (PCP's) αλλά δεν συμβαίνει το αντίθετο ορισμένα PCP's υπόκεινται στην νομοθεσία περί φαρμάκων όπως τα lip balms. Επίσης πολλά PCP's ορίζονται τόσο ως φάρμακα όσο και ως καλλυντικά όπως οι οδοντόκρεμες με φθόριο (FDA, 2016).

Στην ΕΕ παρόλο που χρησιμοποιείται ο όρος personal care products δεν ορίζεται με σαφήνεια, ούτε και ποια είναι η διαφορά του με τα καλλυντικά (Ref. Ares 4230487, 2015).

## **1.2 Πλαστικά ορισμοί**

Η Διεθνής Ένωση Καθαρής και Εφαρμοσμένης Χημείας (*International Union of Pure & Applied Chemistry - IUPAC*) υποστηρίζει ότι τα πλαστικά είναι ένας ασαφής όρος για πολυμερή υλικά που μπορεί να περιέχουν άλλες ενώσεις για βελτίωση απόδοσης ή μείωση του κόστους (Vert et al., 2012), ενώ στο *ISO 472:2013* το πλαστικό περιγράφεται ως «... υλικό που έχει ως βασικό στοιχείο ένα πολυμερές και σε κάποιο στάδιο της παραγωγής του διαμορφώνεται από τη ροή...» (ISO472, 2013). Η *Cosmetics Europe*, επικεντρώνοντας στη βιομηχανία καλλυντικών την οποία και επιβλέπει, ορίζει τα πλαστικά ως: «...συνθετικά, αδιάλυτα στο νερό πολυμερή τα οποία κατ' επανάληψη χυτεύονται, εξωθούνται ή χειραγωγούνται σε διάφορες μορφές στερεού, διατηρώντας το σχήμα τους τόσο κατά τη χρήση όσο και κατά την απόρριψη...». (Amec Foster Wheeler, 2017, σ. 25). Το υπουργείο περιβάλλοντος της Μεγάλης Βρετανίας ορίζει ως πλαστική ουσία: «...συνθετική πολυμερής ένωση που μπορεί να μορφοποιείται να εξωθείται ή κατεργάζεται φυσικά σε διάφορες μορφές στερεού και να διατηρεί την τελική μορφή στην οποία παρασκευάστηκε κατά τη χρήση για την οποία προοριζόταν...» (N.1312 Regulation, 2017)

Ένα συνηθισμένο λάθος είναι η εναλλάξ χρήση των όρων πλαστικό και πολυμερές, θεωρώντας ότι πρόκειται για το ίδιο πράγμα (Vert, και συν., 2012, σ. 394)

Η ευρωπαϊκή ένωση βιομηχανιών πλαστικού *Plastics Europe* διαχωρίζει τα πλαστικά σε:

- Βιοπλαστικά (Bio-based plastics ή βιοπλαστικά)
- Βιοδιασπώμενα πλαστικά (Biodegradable plastics)
- Μηχανικά πλαστικά (Engineering plastics)
- Ελαστομερή (Elastomers)
- Εποξικές ρητίνες (Epoxy resins)
- Εκτάσιμο πολυστυρόλιο (EPS)
- Φθοροπολυμερή (Fluoropolymers)
- Πολυολεφίνες (POs)
- Τερεφθαλικά πολυαιθυλένια (Polyethylene terephthalates – PETs)
- Πολυστυρόλια (Polystyrenes – PS)
- Πολυουρεθάνες (PURs)
- Πολυβινυλοχλωρίδια (Polyvinylchloride s– PVCs)
- Θερμοπλαστικά (Thermoplastics)
- Θερμοστοιχεία (Thermosets)

(PlasticsEurope, 2016)

### **Μικροπλαστικά και Πρωτογενή μικροπλαστικά**

Τα πλαστικά, στην ιταλική νομοθεσία περί απαγόρευσης των μικροπλαστικών σε καλλυντικά, χωρίζονται ανάλογα με το μέγεθός τους σε:

- Μακροπλαστικά – διάμετρος > 200 mm
- Μεσοπλαστικά – διάμετρος μεταξύ 4,76 mm και 200 mm
- Μικροπλαστικά – διάμετρος μεταξύ 1,01 mm και 4,76 mm, κατά άλλους ερευνητές μέχρι 5 mm (EFSA, 2016)
- Μικρότερα μικροπλαστικά – διάμετρος μεταξύ 0,33 mm και 1 mm

- Νανοπλαστικά – διάμετρος μικρότερη των 20 nm (Camera dei Deputati N.3852, 2016), κατά άλλους συγγραφείς μεταξύ 0,1 nm και 10 nm (Nafishi & Maibach, 2017)

Ο Καναδάς όμως επισημαίνει ότι δεν υπάρχει καθολικός επιστημονικός ορισμός των μικροπλαστικών καθώς: «...οι ερευνητές τα ορίζουν ανάλογα με την μέθοδο δειγματοληψίας που ακολουθούν...» (ECCC, 2015)

Στη έρευνα του Leslie (2014) για τα μικροπλαστικά σε καλλυντικά που εκπονήθηκε για λογαριασμό του Ολλανδικού Υπουργείου Περιβάλλοντος με σκοπό την ενίσχυση της λήψης αποφάσεων, αντί ενιαίου ορισμού, προτείνεται ένας περιγραφικός ορισμός των μικροπλαστικών με βάση τις παρακάτω ιδιότητες:

- Συνθετικά πολυμερή (polymers) ή συμπολυμερή (copolymers)
- Σε στερεή κατάσταση (σωματίδια)
- Αδιάλυτα στο νερό
- Μη βιοδιασπώμενα
- Μικροσκοπικά σε μέγεθος (κάτω των 5 mm αν και άλλοι συγγραφείς τα ορίζουν κάτω του 1 mm)

(Leslie, 2014)

Ο παραπάνω περιγραφικός ορισμός, με βάση τις φυσικές και χημικές τους ιδιότητες, υιοθετήθηκε πλήρως από τον οργανισμό των Ηνωμένων Εθνών για την προστασία του περιβάλλοντος στην αναφορά για τα πλαστικά σε καλλυντικά του οργανισμού των Ηνωμένων Εθνών (UNEP) (UNEP, 2015).

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση ο όρος πρωτογενές μικροπλαστικό δεν συμπεριλαμβάνεται στην οδηγία REACH για τις χημικές ενώσεις, γεγονός που οδήγησε την Ευρωπαϊκή Επιτροπή να ζητήσει από την εταιρεία *Amec Foster Wheeler* την σύνταξη μίας πλήρους αναφοράς για τα πρωτογενή μικροπλαστικά που περιέχονται σε προϊόντα στην ΕΕ. Η εταιρεία κατέληξε ότι η μόνη συμφωνία που υπάρχει στην τρέχουσα επιστημονική βιβλιογραφία για τα πρωτογενή μικροπλαστικά είναι ότι:

- Πρόκειται για ανθρωπογενή πλαστικά διαμέτρου μικρότερης των 5 mm
- Ο όρος μικροπλαστικό έχει επικρατήσει να χρησιμοποιείται κυρίως για να περιγράψει τα microbeads των καλλυντικών εννοώντας: «... ανθρωπογενή συμβατικά (συνθετικά) πλαστικά, δηλαδή συνθετικά πολυμερή που έχουν στερεή μορφή στις περιβαλλοντικές συνθήκες, και περιλαμβάνουν ενώσεις όπως πολυαιθυλένιο (polyethylene – PE), πολυπροπυλένιο (polypropylene – PP), πολυστυρόλιο (polystyrene – PS), πολυαμίδιο (polyamide ή Nylon), τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (polyethylene terephthalate), πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC), ακρυλικό (acrylic) κα...»

(Amec Foster Wheeler, 2017, σ. 8)

Η τελική εισήγηση προς την REACH είναι να μην υιοθετηθεί αυστηρός (strict) αλλά λειτουργικός ορισμός για τα πρωτογενή μικροπλαστικά:

- Είναι τα κατασκευασμένα από τον άνθρωπο συμβατικά πλαστικά
- Συμπεριλαμβάνονται τα βιοδιασπώμενα πλαστικά, τα πλαστικά ανάλογα προερχόμενα από βιομάζα και τα εναλλακτικά πλαστικά προερχόμενα από βιομάζα
- Είναι στερεά στις περιβαλλοντικές συνθήκες και αδιάλυτα στο νερό σωματίδια
- Έχουν μέγεθος μεταξύ 1 nm (νανοπλαστικά) και 5mm αν και δεν υπάρχει πολλές φορές το μικρότερο μέγεθος

(Amec Foster Wheeler, 2017, σ. 8)

Μόλις τον Μάρτιο του 2018 η ΕΕ εξέδωσε ενημερωτικό δελτίο για τα μικροπλαστικά με έμφαση για τα τρόφιμα και την υγεία όπου αναφέρει ότι γενικά ως μικροπλαστικά θεωρούνται: «...όλα τα πλαστικά σωματίδια με μέγεθος μεταξύ 0,1 μm και 5 mm...» (Munoz-Pineiro, 2018). Πιο συγκεκριμένα στα αποτελέσματα της δημόσιας διαβούλευσης για τα μικροπλαστικά που διεξήγαγε η Ευνομία για λογαριασμό της ΕΕ τα μικροπλαστικά ορίζονται ως:

«...Συνθετικά υλικά με βάση τα πολυμερή που περιλαμβάνουν θερμοστοιχεία (ρητίνες) και ελαστομερή (καουτσούκ)...» και μπορεί να είναι:

- πετροχημικά ή βιολογικά ανάλογα όπως το βιοπολυαιθυλένιο (bioPE) που παράγεται από τη ζάχαρη.
- Βιοπλαστικά ή πλαστικά βασισμένα σε βιολογικά υλικά

Χαρακτηριστικές ιδιότητες των μικροπλαστικών:

- Στερεά σε περιβαλλοντικές συνθήκες
- Με μέγεθος μικρότερο των 5mm σε κάθε διάσταση
- Μπορεί να περιέχουν μη πολυμερή πρόσθετα, έλαια ή φίλτρα

(EUNOMIA, 2017)

## **Βιοπλαστικά και βιοδιασπώμενα πλαστικά**

### **Βιοπλαστικά**

Ένα άλλο χαρακτηριστικό πρόβλημα είναι η διασαφήνιση του όρου βιοδιασπώμενο πλαστικό και ο διαχωρισμός του από το βιοπλαστικό. Βιοπλαστικό θεωρείται: «... το πλαστικό το οποίο παράγεται από βιομάζα ή από μονομερή που παράγονται από βιομάζα...» (Vert et al., 2012) και επισημαίνεται από πολλούς ερευνητές ότι:

- Δεν παράγεται από ορυκτούς πόρους
- Ο όρος βιοπλαστικό είναι παραπλανητικός και δεν σημαίνει το συνθετικό βιο- ότι πρόκειται για φιλική προς το περιβάλλον ένωση.

Για τους παραπάνω λόγους προτείνεται η χρήση του όρου: πολυμερές προερχόμενο από βιομάζα (bio-based polymer), αντί του όρου: βιοπλαστικό (bioplastic) (Amec Foster Wheeler, 2017)

Παραδείγματα βιοπλαστικών είναι το PLA, PHA, το PLC κα

### **Βιοδιασπώμενα πλαστικά και βιοδιασπώμενα μικροπλαστικά**

Σύμφωνα με την IUPAC βιοδιάσπαση θεωρείται: «...η χαρακτηριστική διαθεσιμότητα μακρομορίων και πολυμερών ενώσεων προς αποικοδόμηση μέσω μείωσης της μοριακής μάζας των μακρομορίων που σχηματίζουν τις



παραπάνω ενώσεις, χρησιμοποιώντας βιολογικές δραστηριότητες...» (Vert et al., 2012).

Στο ISO472:2013 ως βιοδιάσπαση ορίζεται: «...η αποδόμηση που προκαλείται από βιολογική δραστηριότητα, κυρίως λόγω ενζυματικής δράσης, οδηγώντας σε σημαντικές αλλαγές στη δομή ενός υλικού ...» και ως αποδόμηση την: «... μη αναστρέψιμη διαδικασία που οδηγεί σε σημαντικές αλλαγές στη δομή ενός υλικού και χαρακτηρίζεται τυπικά από αλλαγή ιδιοτήτων όπως της ακεραιότητας, της μοριακής μάζας ή δομής, της μηχανικής αντοχής και μπορεί να προκαλέσει παράλληλα σταδιακή φθορά ή θρυμματισμό φαινόμενα τα οποία οφείλονται σε περιβαλλοντικές συνθήκες...» (ISO472, 2013)

Από την ανάλυση των παραπάνω ορισμών δεν προκύπτει το εύρος των σημαντικών αλλαγών που πρέπει να παρατηρηθούν στη δομή ώστε να θεωρείται ότι το πλαστικό έχει βιοδιασπαστεί επαρκώς, δηλαδή δεν καθορίζεται το όριο και το εύρος της διάσπασης που πρέπει να επιτευχθεί. Με άλλα λόγια δεν έχει οριστεί ποια είναι η ικανοποιητική διάσπαση του πλαστικού, η οποία αν δεν επιτυγχάνεται να χαρακτηρίζεται το πλαστικό ως μη βιοδιασπώμενο (EUNOMIA, 2016, σ. 206).

Η Σκανδιναβική συμφωνία που δεσμεύει τις χώρες της Νορβηγίας, Δανίας, Σουηδίας, Ισλανδίας, Δανίας και Φινλανδίας, για την σήμανση *Eco Label* σε καλλυντικά, ορίζει ως μη βιοδιασπώμενα μικροπλαστικά σε καλλυντικά τα: «...αδιάλυτα μη βιοδιασπώμενα, σύμφωνα με την οδηγία OECD 301 A-F, πλαστικά σωματίδια μεγέθους μικρότερου του 1 mm...» (Nordic Swan Ecolabelling, 2016). Η οδηγία 301 A-F είναι στην ουσία έξι (6) μέθοδοι που βοηθούν στην επιλογή χημικών με άμεση βιοαποικοδομισιμότητα σε αερόβια υδατικά μέσα, σύμφωνα με τον οργανισμό OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) (OECD, 1992), μέλος του οποίου είναι και η Ελλάδα. Οι συνθήκες ηλιακού φωτός, θερμοκρασίας και πίεσης απαραίτητες για τη βιοδιάσπαση πλαστικών, όμως δεν είναι διαθέσιμες σε υδατικά περιβάλλοντα με τα χαρακτηριστικά των ωκεανών (Andrady, 2011, EUNOMIA, 2016).

Η ΕΕ στον κατάλογο εννοιών για περιβάλλον ορίζει το βιοδιασπώμενο υλικό: «...ικανό να αποσυντίθεται γρήγορα από μικροοργανισμούς σε κανονικές συνθήκες (αερόβια ή αναερόβια). Τα περισσότερα οργανικά υλικά είναι βιοδιασπώμενα, όπως τα αποφάγια και το χαρτί...». Η ΕΕ τονίζει ότι «... η διαθεσιμότητα μίας ουσίας προς βιοδιάσπαση, δηλαδή η ευκολία να βιοδιασπάται είναι «παρεξηγημένη» έννοια καθώς δεν σημαίνει ότι είναι λιγότερο επιβλαβής για το περιβάλλον. Υπάρχουν στοιχεία ή ενώσεις που κατά τη βιοδιάσπαση απελευθερώνουν τοξικές ουσίες ή δε βιοδιασπώνται πλήρως αφήνοντας κατάλοιπα που είναι εξίσου ή περισσότερο βλαβερά για το περιβάλλον από το αρχικό υλικό...». (European Environment Glossary)

Η ΕΕ δεν περιλαμβάνει στους όρους της τα βιοδιασπώμενα πλαστικά ή μικροπλαστικά

### 1.3 Πλαστικά Μικροσφαιρίδια – Microbeads

Η ένωση ευρωπαϊκών βιομηχανιών καλλυντικών Cosmetics Europe, ορίζει τα microbeads ως:

«συνθετικά, αδιάλυτα στο νερό, μη βιοδιασπώμενα στερεά πλαστικά σωματίδια (μικροπλαστικά) μεγέθους μεταξύ 1 μm και 5 mm τα οποία χρησιμοποιούνται για καθαρισμό ή απολέπιση σε καλλυντικά προϊόντα και ξεπλένονται μετά τη χρήση (rinse-off)» (Cosmetics Europe, 2017a), ορισμό τον οποίο αποδέχονται οι περισσότερες βιομηχανίες - μέλη της που αποτελούν το 90% της ευρωπαϊκής αγοράς καλλυντικών (EUNOMIA, 2016).

Ως απολέπιση (exfoliation) ορίζεται «...η διαδικασία αφαίρεσης των νεκρών κυττάρων της επιδερμίδας που οδηγεί σε καθαρισμό του δέρματος και επιταχύνει την ανανέωση των κυττάρων της. Εκτός από την παραπάνω διεργασία τα καλλυντικά προϊόντα με σκοπό την απολέπιση που αποκαλούνται ευρέως ως scrub μπορούν να βοηθήσουν σε αισθητικές παρεμβάσεις ή στην εξάλειψη βλαβών του δέρματος...» (Malysa & Witkowska, 2015, σ. 141)

Θεωρητικά θα έπρεπε ο ορισμός της Cosmetics Europe για τα microbeads να υιοθετείται από το σύνολο των ευρωπαϊκών βιομηχανιών καλλυντικών, εφόσον εκπροσωπεί πάνω από το 90% των εταιρειών του κλάδου (EUNOMIA,

2016). Όμως όπως φαίνεται και από τον παρακάτω πίνακα ορισμένες από τις μεγαλύτερες ευρωπαϊκές εταιρείες που έχουν δεσμευτεί για εθελοντική παύση χρήσης (phase out) των microbeads στα προϊόντα τους, είτε υιοθετούν μερικώς τον ορισμό της Cosmetics Europe, είτε τον επεκτείνουν και σε άλλα προϊόντα, όπως η Oriflame Cosmetics, είτε διατυπώνουν τα microbeads με ασαφή τρόπο:

*Πίνακας 1.1 - Ενδεικτικοί ορισμοί των microbeads από μεγάλες ευρωπαϊκές εταιρείες καλλυντικών που έχουν δεσμευτεί για phase out*

<b>Εταιρεία</b>	<b>Ορισμός</b>
<b>Beiersdorf</b>	Στερεά σωματίδια πολυαιθυλενίου μικρότερα των 5mm
<b>Colgate-Palmolive</b>	Στερεά, αδιάλυτα στο νερό, συμπαγή πλαστικά σωματίδια με μέγεθος 5mm ή μικρότερο, που προστίθενται επί σκοπού σε εκπλενόμενα προϊόντα προσωπικής περιποίησης (rinse off) με σκοπό τον καθαρισμό ή την απολέπιση
<b>L. Brands</b>	Στερεά, αδιάλυτα στο νερό, πλαστικά σωματίδια με μέγεθος 5mm ή μικρότερα που χρησιμοποιούνται για απολέπιση ή καθαρισμό σε σαπούνια χεριών ή απολεπιστικά προϊόντα
<b>Henkel</b>	Στερεά μικροπλαστικά σωματίδια (πλαστικά σωματίδια μεγέθους από 1 μm μέχρι 5mm) σε καλλυντικά προϊόντα ή σε μερικά εκπλενόμενα (rinse-off) καθαριστικά προϊόντα προσώπου ή σώματος
<b>Clarins</b>	Πλαστικά microbeads σε καλλυντικά
<b>Unilever Group</b>	Πλαστικά σφαιρίδια σε απολεπιστικά προϊόντα
<b>Botica Comercial Farmacêutica</b>	Μικροσφαιρίδια πολυαιθυλενίου που χρησιμοποιούνται σε απολεπιστικά προϊόντα
<b>Oriflame Cosmetics</b>	Όλα τα πλαστικά σωματίδια σε εκπλενόμενα προϊόντα (rinse off): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Στερεά συνθετικά πλαστικά σωματίδια σε καλλυντικά με σκοπό την απολέπιση ή καθαρισμό που δεν είναι βιοδιασπώμενα στο θαλάσσιο περιβάλλον</li> <li>• Πλαστικά σωματίδια glitter</li> </ul>
<b>Shiseido</b>	Αδιάλυτα στο νερό συνθετικά πλαστικά σωματίδια που χρησιμοποιούνται για καθαρισμό ή απολέπιση με μέγεθος 5mm ή μικρότερο, χωρίς να ορίζεται κατώτατο μέγεθος

Εταιρεία	Ορισμός
Avon Products	Στερεά, αδιάλυτα στο νερό πλαστικά σωματίδια που προστίθενται επί σκοπού σε εκπλενόμενα προϊόντα (rinse-off) προσωπικής περιποίησης με σκοπό τον καθαρισμό ή την απολέπιση

Ανάκτηση ορισμών των microbeads μπορεί να γίνει ακόμα από τις κατά τόπους θεσπισμένες νομοθεσίες απαγόρευσης ή περιορισμού τους:

### Ηνωμένες Πολιτείες

Στον ομοσπονδιακό νόμο των Ηνωμένων Πολιτειών με τίτλο *Microbeads Free Waters Act* για την απαγόρευση της παρασκευής και διανομής προϊόντων έκπλυσης (rinse-off) που περιέχουν πλαστικά microbeads, αυτά ορίζονται ως «...στερεά σωματίδια μικρότερα των 5mm σε μέγεθος που χρησιμοποιούνται για απολέπιση ή καθαρισμό...». (FDA, 2016). Ο παραπάνω ορισμός θεωρείται γενικότερος από τον αντίστοιχο της *Cosmetics Europe* καθώς δεν ορίζει κατώτατη διάμετρο και διευκρινίζει ότι στα εκπλενόμενα προϊόντα (rinse-off) συμπεριλαμβάνονται και οι οδοντόκρεμες (EUNOMIA, 2016).

Στην ίδια χώρα η εισαγγελία της Πολιτείας της Νέας Υόρκης των Ηνωμένων Πολιτειών (New York Attorney General) στο σκεπτικό της απαγόρευσης των microbeads στην επικράτεια της πολιτείας επισημαίνει ότι ο όρος microbead χρησιμοποιείται από την καλλυντική βιομηχανία για να περιγραφεί: «...κάθε πολυμερές (πλαστικό) μικροσωματίδιο, ανεξάρτητα από το μέγεθος, το σχήμα ή το χρώμα, το οποίο προστίθεται σε προϊόντα προσωπικής περιποίησης ως λειαντικό μέσο...» (Nalbone, 2015, σ. 2) είναι ανοικτός σε ερμηνεία, ενώ ο νόμος για την απαγόρευση στην Πολιτεία της Καλιφόρνια: «...Πλαστικό microbead είναι ένα εκ προθέσεως προστιθέμενο στερεό πλαστικό σωματίδιο με μέγεθος 5 mm ή μικρότερο ως προς κάθε του διάσταση...» είναι ο αυστηρότερος καθώς δεν εξαιρεί τα βιοδιασπώμενα αναγράφοντας μάλιστα: «...το πλαστικό δε βιοδιασπάται σε στοιχεία ή ενώσεις που συναντώνται στη φύση όπως άλλες οργανικές ουσίες, αλλά αντίθετα με την επίδραση κάποιων στοιχείων φωτοδιασπάται σε μικρότερα κομμάτια πλαστικού προκαλώντας μόλυνση του εδάφους και του νερού η οποία είναι στην ουσία αδύνατο να ανακληθεί...» (Assembly Bill No. 888, 2015)

## **Καναδάς**

Ο Καναδάς διαιρείται σε αυτοδιοίκητες επαρχίες οι οποίες μπορούν να εκδώσουν κανονισμούς και απαγορεύσεις στην επικράτειά τους, όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες διαιρούνται σε πολιτείες αντίστοιχα. Η επαρχία του Οντάριο στον Κανονισμό περί απαγόρευσης και παρακολούθησης των microbeads (Bill 75, 2015) τα ορίζει ως: «... μη βιοδιασπώμενα στερεά πλαστικά σωματίδια με μέγεθος λιγότερο του 1mm σε διάμετρο που χρησιμοποιούνται σε καλλυντικά, σαπούνια ή παρόμοια προϊόντα ως καθαριστικοί ή απολεπιστικοί παράγοντες...»

Σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Κλιματικής Αλλαγής του Καναδά: «...Microbeads είναι πολυμερείς συνθετικές ουσίες, οι οποίες την στιγμή που παράχθηκαν είχαν μέγεθος μεγαλύτερο του 0,1 μm και μικρότερο ή ίσο των 5mm...». Στον παραπάνω ορισμό του υπουργείου όπου τα microbeads προστίθενται στη λίστα με τις τοξικές ουσίες, θεωρούνται ότι «...μπορεί να διαφέρουν στη χημική σύνθεση, το σχήμα, την πυκνότητα και τη λειτουργία...». Στον συγκεκριμένο ορισμό ο όρος microbeads δεν περιορίζεται μόνο σε καλλυντικά

Ο εθνικός νόμος του Καναδά για την απαγόρευση παρασκευής και χρήσης των microbeads υιοθετεί τον ορισμό των Ηνωμένων Πολιτειών που ορίζει ανώτερη διάμετρο 5mm (Registration SOR/2017-111, 2017), ενώ η επαρχία Οντάριο του Καναδά έχει ως ανώτερο μέγεθος το 1mm και το υπουργείο αρμόδιο για το περιβάλλον ορίζει και κατώτερο μέγεθος 0,1 μm. Στην ίδια επομένως χώρα μπορεί να ισχύουν διαφορετικοί ορισμοί ανά υπηρεσία (ECCC, 2015)

## **Ηνωμένο Βασίλειο**

Στην εισήγηση στη Βουλή των Λόρδων του Ηνωμένου Βασιλείου για την απαγόρευση των microbeads ορίζονται ως: «...στερεά μικροπλαστικά συστατικά με μέγεθος μικρότερο των 5mm ως προς κάθε τους διάσταση που χρησιμοποιούνται σε εκπλενόμενα καλλυντικά προϊόντα που περιλαμβάνουν απολεπιστικά, αφρόλουτρα και οδοντόκρεμες αλλά δεν περιορίζονται σε αυτά...», ενώ ο ίδιος ο κανονισμός προσθέτει στη συνέχεια τη μη διαλυτότητα

σε νερό: «...κάθε αδιάλυτο στο νερό, στερεό πλαστικό σωματίδιο με μέγεθος 5mm η και μικρότερο ως προς όλες τις διαθέσιμες διαστάσεις που προστίθεται σε εκπλενόμενα προϊόντα προσωπικής περιποίησης...» (N.1312 Regulation, 2017). Ο ορισμός του Ηνωμένου Βασιλείου ο οποίος δεν εξαιρεί τα βιοδιασπώμενα μικροπλαστικά και δεν ορίζει κατώτερο μέγεθος συμπεριλαμβάνοντας έτσι την απαγόρευση των νανοπλαστικών, θεωρείται από τις περιβαλλοντικές οργανώσεις ως ο πλέον αδιάβλητος και φιλικός προς το περιβάλλον (Greenpeace, 2016)

Όπως συμπεραίνεται εύκολα και από τα παραπάνω, δεν υπάρχει ένας καθολικός ορισμός των microbeads και των απαραίτητων χαρακτηριστικών που τα καθορίζουν όπως:

- Μέγεθος
- Χρήση
- Φυσικές και χημικές ιδιότητες και
- Πιθανές εξαιρέσεις που να προβλέπονται από τον ορισμό

που να υιοθετείται από όλες τις κυβερνήσεις, οργανισμούς, ενώσεις και βιομηχανίες καλλυντικών.

Παρά το γεγονός ότι μικροπλαστικά μη βιοδιασπώμενα, με ίδια χημική σύσταση και φυσικές ιδιότητες χρησιμοποιούνται και σε άλλα καλλυντικά, πέρα από προϊόντα καθαρισμού ή απολέπισης, έχει επικρατήσει ο όρος microbead να αναφέρεται στα μικροπλαστικά σφαιρίδια των καθαριστικών και απολεπιστικών προϊόντων (EUNOMIA, 2016, σ. 204, Amec Foster Wheeler, 2017).

Αναμένοντας της τελική απόφαση της ΕΕ και τη γνωμοδότηση της REACH στην παρούσα εργασία χρησιμοποιείται ο περιγραφικός ορισμός της Cosmetics Europe καθώς είναι ο μόνος σε ισχύ που υιοθετείται από πανευρωπαϊκό οργανισμό στον οποίο ανήκει το 90% των εταιρειών που δραστηριοποιούνται στην ΕΕ (Cosmetics Europe, 2017).

Πίνακας 1.2 - Ορισμοί microbeads

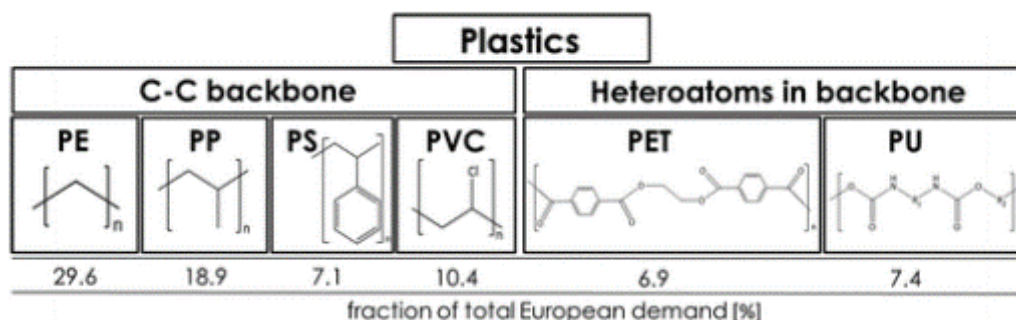
Χώρα / Πολιτεία / Οργανισμός	Ιδιότητες	Σύνθεση	Συμπεριλαμβάνονται τα βιοδιασπώμενα	Μέγεθος	Χρήση
<b>ΗΠΑ</b> <b>Εθνική Νομοθεσία</b>	Στερεά	Πλαστικά	Ναι	< 5 mm	Rinse-off απολέπισης ή καθαρισμού Μη συνταγογραφούμενα φάρμακα
<b>Καλιφόρνια</b>	Στερεά	Μικροπλαστικά	Ναι	< 5 mm	όλα τα στερεά μικροπλαστικά που περιέχονται σε καλλυντικά ανεξαρτήτως χρήσης
<b>Ιλινόις</b>	Στερεά	Πλαστικά	Όχι	< 5 mm	Rinse-off απολέπισης ή καθαρισμού
<b>Καναδάς</b> <b>Εθνική Νομοθεσία</b>	Στερεά	Πλαστικά	Ναι	< 5 mm	Είδη καλλωπισμού (toiletries) Περιλαμβάνονται οι οδοντόκρεμες
<b>Οντάριο</b>	Δε διευκρινίζεται	Πολυμερείς συνθετικές ουσίες	Δε διευκρινίζεται	<1 mm	Καλλυντικά σαπούνια ή παρόμοια προϊόντα με σκοπό τον καθαρισμό ή απολέπιση
<b>Υπ</b> <b>Περιβάλλοντος</b>	Δε διευκρινίζεται	Δε διευκρινίζεται	Δε διευκρινίζεται	>= 0,1 μm και < 5 mm	Είδη καλλωπισμού (toiletries) Περιλαμβάνονται οι οδοντόκρεμες
<b>Ηνωμένο Βασίλειο</b>	Στερεά Αδιάλυτα στο νερό	Μικροπλαστικά	Δε διευκρινίζεται	< 5 mm	Rinse-off περιποίησης (αφρόλουτρα, απολεπιστικά κα), οδοντόκρεμες
<b>Ιταλία</b>	Δε διευκρινίζεται	Μικροπλαστικά	Ναι	>0,33 μm και < 4,75 mm	Απολεπιστικά, αφρόλουτρα και όλα τα κοσμητικά προϊόντα
<b>Γαλλία</b>	Στερεά	Μικροπλαστικά	Όχι	< 5 mm	Rinse-off καλλυντικά απολέπισης
<b>Ηνωμένα Έθνη (UNEP)</b>	Στερεά (σωματίδια) Αδιάλυτα στο νερό	Συνθετικά πολυμερή (polymers) ή συμπολυμερή (copolymers)	Όχι	< 5 mm	Προϊόντα προσωπικής περιποίησης
<b>Cosmetics Europe</b>	Στερεά Αδιάλυτα στο νερό	Συνθετικά μικροπλαστικά	Όχι	>= 1μm και < 5mm	Καθαρισμό ή απολέπιση σε rinse-off προϊόντα
<b>EE - REACH</b>	-	-	-	-	-

## 1.4 Φυσικοχημικές ιδιότητες των microbeads

### Χημική σύνθεση

Τα μικροπλαστικά είναι συνθετικές ενώσεις οι οποίες προκύπτουν από πολυμερισμό μονομερών με σκοπό τη δημιουργία μακρομορίων τα οποία είναι πιο εύκαμπτα, ελαφρότερα και απαλότερα από το αρχικό προϊόν. Πιο δημοφιλή για τις πολλαπλές χρήσεις τους είναι:

- το πολυαιθυλένιο (polyethylene – PE)
- το πολυπροπυλένιο (polypropylene – PP)
- το πολυστυρόλιο (polystyrene – PS)
- το πολυβινυλοχλωρίδιο (polyvinyl chloride - PVC)
- το τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (polyethylene terephthalate – PET) και
- η πολυουρεθάνη (polyurethane – PU)

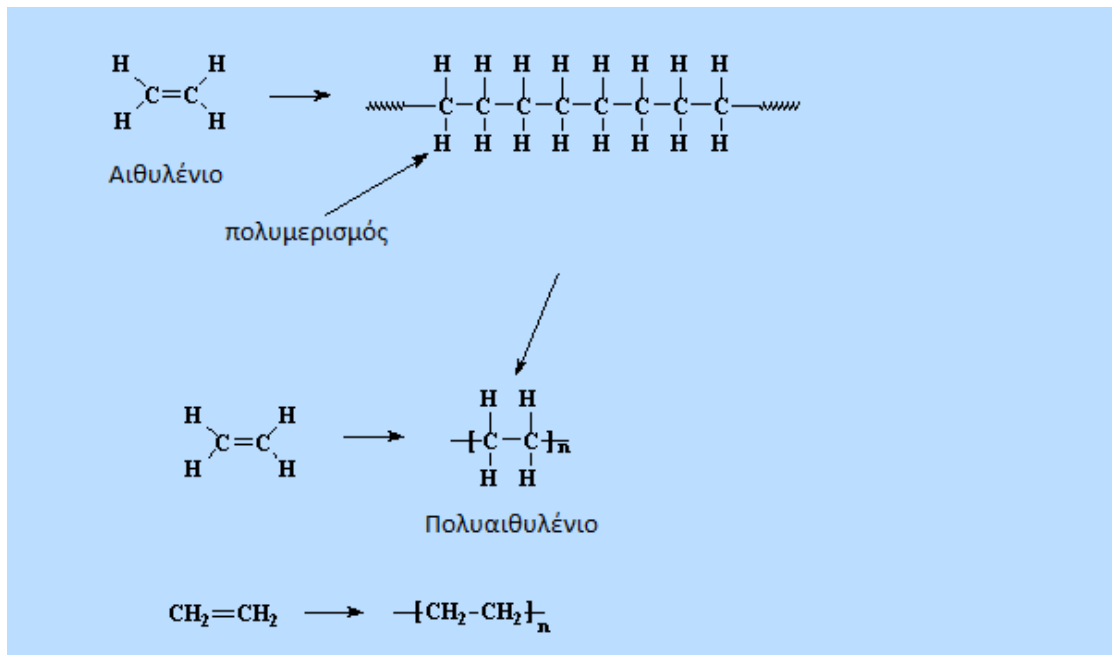


Διάγραμμα 1.1 – Περιληπτικοί συντακτικοί τύποι των δημοφιλέστερων πλαστικών και ποσοστά ευρωπαϊκής ζήτησης

Πηγή: (Gewert, Plassmann, & MacLeod, 2015, PlasticsEurope, 2015)

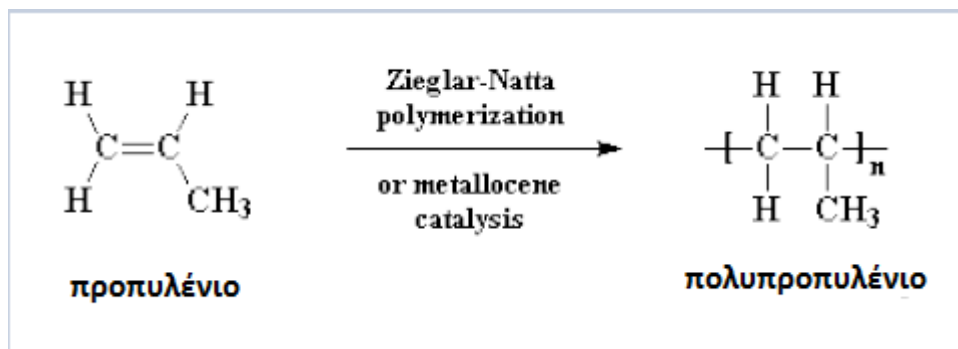
Τα περισσότερα microbeads αποτελούνται από πολυαιθυλένιο (polyethylene – PE) (Fendall & Sewell, 2009, σ. 1225) και μάλιστα σε μεγάλη έρευνα που διεξήχθη το 2012 σε όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τη Νορβηγία και την Ελβετία παρατηρήθηκε ότι η κύρια πλαστική ουσία σε απολεπιστικά προϊόντα που περιείχαν microbeads ήταν το πολυαιθυλένιο (polyethylene) σε ποσοστό 93%. (Gouin et al., 2015), το οποίο αποτελεί το πιο δημοφιλές πλαστικό στην Ευρώπη λόγω των πολλαπλών εφαρμογών του (Polymer Science Learning Center, 2016).





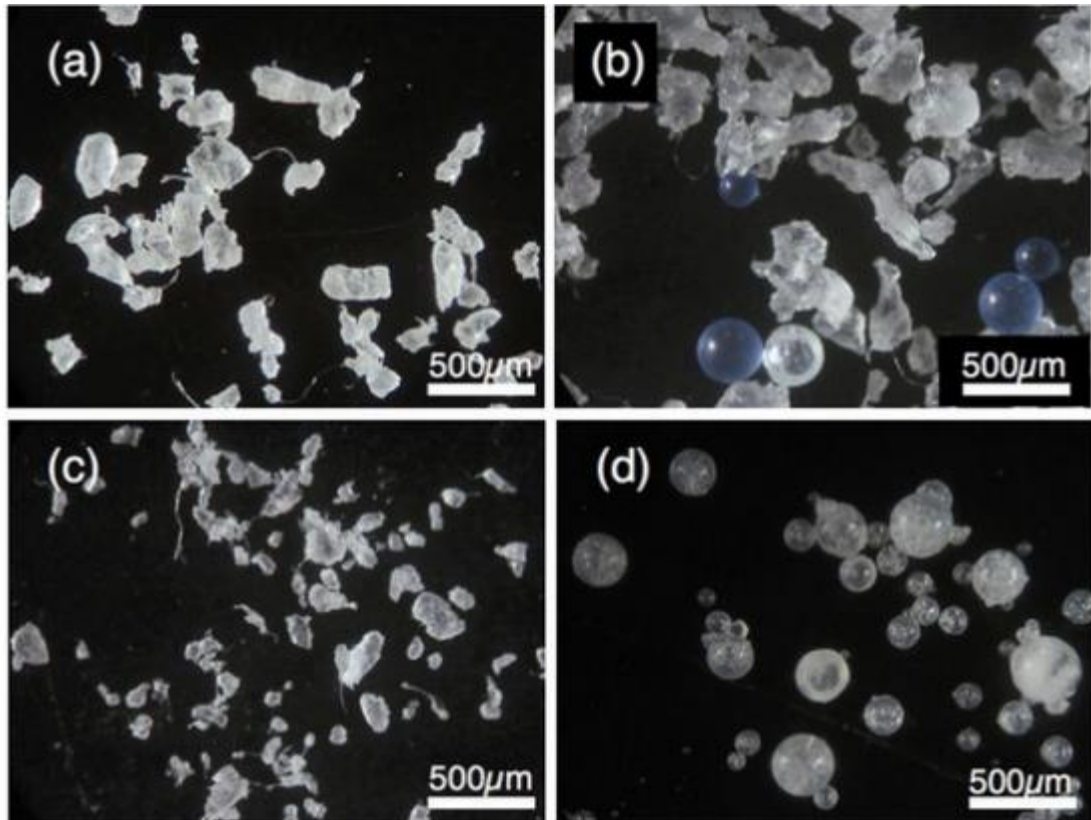
Εικόνα 1.1 - Πολυμερισμός μονομερούς αιθυλενίου για σχηματισμό πολυαιθυλενίου

Ακολουθούν το πολυπροπυλένιο (polypropylene – PP), ο μεθακρυλικός μεθυλεστέρας (methyl methacrylate - PMMA), το πολυστυρόλιο (polystyrene - PS) (Duis & Coors, 2016) και το τερεφθαλικό αιθυλένιο (ethylene terephthalate – PET) (Tanaka & Takada, 2016).



Εικόνα 1.2 - Πολυμερισμός μονομερούς προπυλενίου για σχηματισμό πολυπροπυλενίου

Πηγή: (Polymer Science Learning Center, 2016)



Εικόνα 1.3 - Φωτογραφίες *microbeads* πολυαιθυλενίου από 4 διαφορετικές μάρκες καθαριστικών προσώπου

Πηγή: (Tanaka & Takada, 2016, σ. 34355)

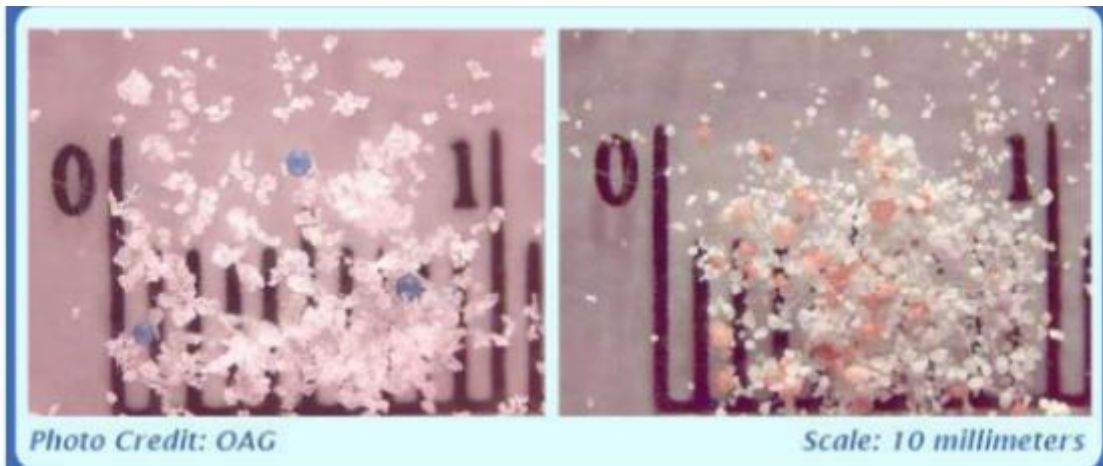
### Σχήμα, χρώμα και μέγεθος

Παρά την ονομασία τους, όπου το συνθετικό *beads* παραπέμπει σε σφαιρίδια, τα περισσότερα έχουν ακανόνιστο και όχι σφαιρικό σχήμα (Nalbone, 2015), αν και οι περισσότεροι καταναλωτές, ή και ακόμα ερευνητές, τα ταυτίζουν με τα πολύχρωμα σφαιρίδια που περιέχονται σε απολεπιστικά προϊόντα ή οδοντόκρεμες του εμπορίου (Merex, 2014).

Τόσο η ΕΕ, μέσω της αποδοχής της έρευνας του Leslie για λήψη αποφάσεων (*policy making*) ενάντια στα μικροπλαστικά, όσο και η UNEP, κάνει το διαχωρισμό μόνο μεταξύ σφαιρικών (*spherical*) και άμορφων (*amorphous*) *microbeads*. Σύμφωνα όμως με τον Nalbone (2015) τα *microbeads* είναι σωματίδια τα οποία μπορεί να έχουν διάφορα σχήματα:

- Irregular *microbeads* - Ακανόνιστα, αδιαφανή μικροσωματίδια

- Spherical microbeads – Απολύτως σφαιρικά συνήθως μεγαλύτερου μεγέθους μικροσωματίδια και
- Speckled microbeads – Διάστικτα μικροσφαιρίδια

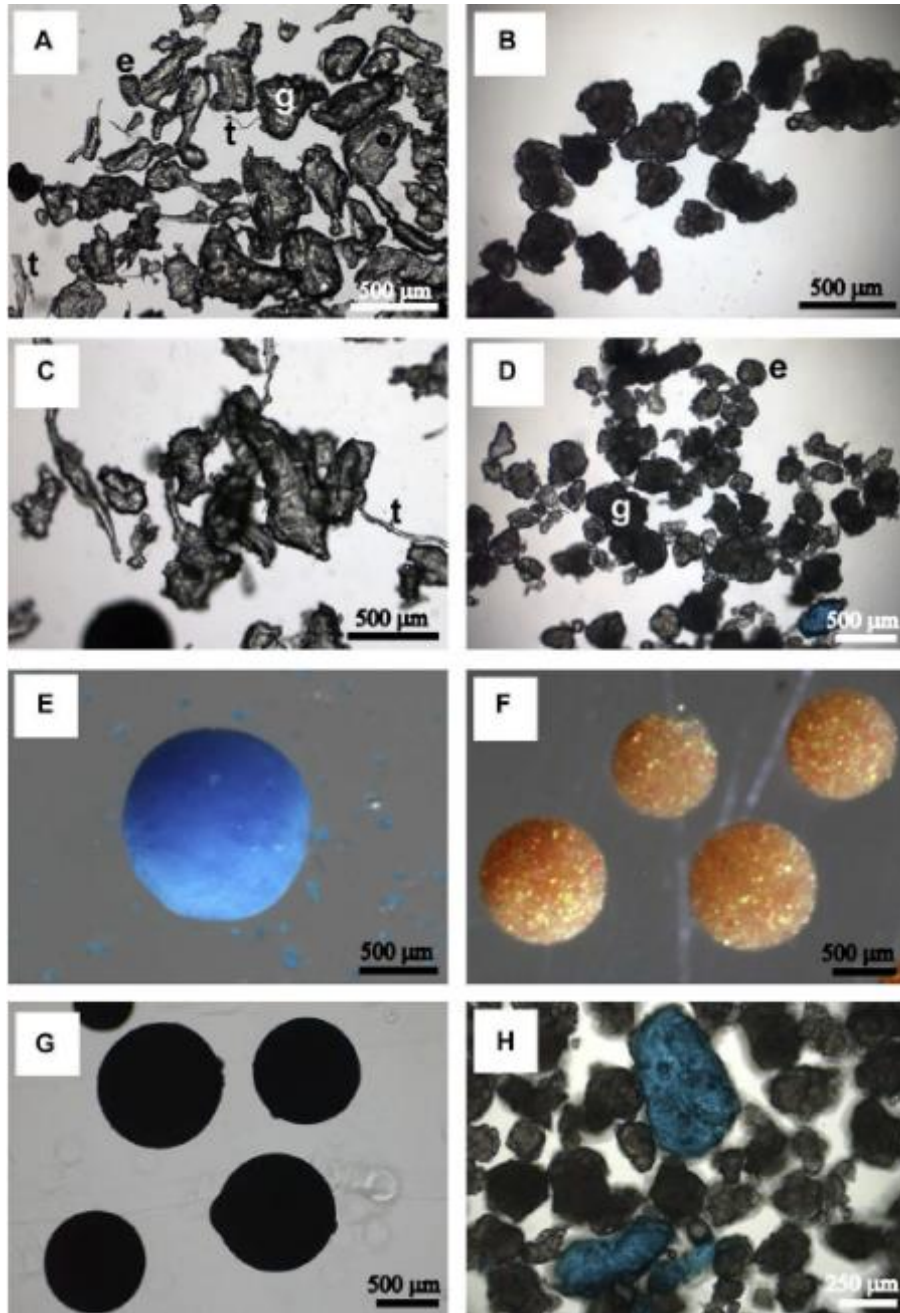


Εικόνα 1.4 - Τύποι microbeads σε απολεπιστικά προϊόντα

Πηγή: (Nalbone, 2015)

Στις παραπάνω φωτογραφίες απεικονίζονται τα microbeads από δύο διαφορετικά απολεπιστικά προϊόντα. Τα απολύτως σφαιρικά (spherical) μπλε microbeads είναι ορατά στην αριστερή φωτογραφία. Τα ακανόνιστα (irregular) παρατηρούνται και στα δύο προϊόντα ως άσπρα σωματίδια και μάλιστα είναι περισσότερα σε αριθμό. Τα διάστικτα microbeads φαίνονται στη δεξιά φωτογραφία ως σφαιρίδια με χρώμα ροζ.

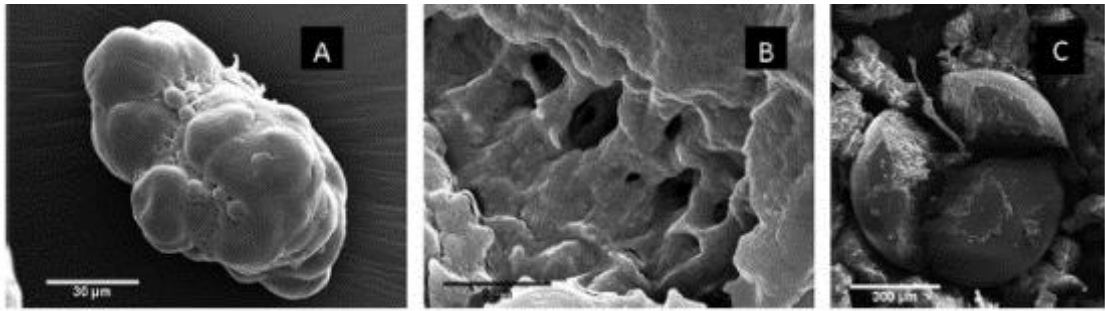
Οι Fendall & Sewell (2009) όμως ανίχνευσαν σε καθαριστικά προσώπου microbeads με σχήμα σχεδόν κοκκώδες (granular) (Εικόνα 1.5.G), ελλειψοειδές (Εικόνα 1.5.E) πέρα από αυτά με απολύτως σφαιρικό (Εικόνα 1.5.F) και ακανόνιστο σχήμα (Εικόνα 1.5.A έως D).



Εικόνα 1.5 - Σχήμα και χρώμα *microbeads* καθαριστικών προσώπου σε προϊόντα της αγοράς της Νέας Ζηλανδίας

Πηγή: (Fendall & Sewell, 2009, σ. 1226)

Οι Napper et al. (2015) στην μελέτη με ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης έξι διαφορετικών απολεπιστικών προσώπου της βρετανικής αγοράς που ανέγραφαν ότι περιείχαν πολυαιθυλένιο, ανίχνευσαν μικροπλαστικά με σχήμα έλλειψης, νηματοειδή μορφή (threads), ή που έμοιαζαν με κορδέλα (ribbon) (Napper et al., 2015)



Εικόνα 1.6 – Ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης A. Ακανόνιστου *microbead* B. Ζοον στην επιφάνεια *microbead* C. σπασμένου σφαιρικού *microbead*

Σύμφωνα με την Πολιτεία της Νέας Υόρκης (Nalbone, 2015) η πλειοψηφία των *microbeads* που περιέχονται σε καλλυντικά είναι ακανόνιστου σχήματος θραύσματα σε ποσοστό 94%, με το υπόλοιπο ποσοστό να αποτελείται εξίσου από: μη εύκολα ανιχνεύσιμα απολύτως σφαιρικά μικροσωματίδια (*spherical*) και μικροσωματίδια με στίγματα (*speckled*) (Nalbone, 2015, σ. 2).

Τα ακανονίστου σχήματος *microbeads* αποτελούνται κυρίως από πολυαιθυλένιο και χρησιμεύουν κυρίως για απολέπιση, ενώ τα ευδιάκριτα, χρωματισμένα, ελλειψοειδή ή απολύτως σφαιρικά, *microbeads* αποτελούνται κυρίως από πολυστυρόλιο (*polystyrene - PS*) και χρησιμοποιούνται περισσότερο για να διακρίνει ο καταναλωτής ότι το προϊόν περιέχει μικροσφαιρίδια (αισθητικός παράγοντας) (New York State Attorney General, 2015).

Σε αναλύσεις απολεπιστικών προϊόντων έχουν βρεθεί *microbeads* σε μεγέθη που ποικίλουν από 0,4 μm μέχρι 1,24 mm (Zitko & Hanlon, 1991; Fendall & Sewell, 2009) όμως κατά βάση είναι μικρότερα του 1 mm σε διάμετρο (New York State Attorney General, 2015, σ.1 & s.7). Σε προϊόντα καθαρισμού προσώπου το μέσο μέγεθος είναι σχετικά μικρότερο, από 0,164 mm μέχρι 0,327 μm (Napper et al., 2015) ή 0,2 με 0,4 mm (Fendall & Sewell, 2009), σε σχέση με απολεπιστικά σώματος όπου είναι ελαφρώς μεγαλύτερο μεταξύ 0,45 με 0,8 mm (Gouin et al., 2015). Στις οδοντόκρεμες το μέσο μέγεθος είναι 100 φορές μικρότερο από καθαριστικά προσώπου ή σώματος και ποικίλει μεταξύ 0,02 και 0,05 mm (Verschoor et al., 2015).



Εικόνα 1.7 - Σύγκριση μεγέθους microbeads με ανθρώπινο δάχτυλο και μολύβι



Εικόνα 1.8 - Microbeads που συλλέχθηκαν από τη λίμνη Erie της πολιτείας της Νέας Υόρκης το 2012 και συγκριτικό μέγεθός τους

Πηγή: (New York State Attorney General, 2015)

## 1.5 Η χρήση των microbeads στα καλλυντικά

Τα τελευταία εβδομήντα χρόνια ενώσεις πολυμερών περιλαμβάνονται στις συνθέσεις πολλών καλλυντικών και προϊόντων προσωπικής περιποίησης με σκοπό να προσδώσουν διάφορες ιδιότητες. Η πρώτη ευρεσιτεχνία καλλυντικού με αριθμό US3196079 Α που περιείχε πολυμερείς ενώσεις (πλαστικά) κατοχυρώθηκε το 1959 στις Ηνωμένες Πολιτείες. Ο ισχυρισμός ήταν ότι η χρήση πολυαιθυλενίου (polyethylene – PE) στη θέση του ταλκ σε makeur σε μορφή πούδρας, έδινε περισσότερες επιθυμητές ιδιότητες στο καλλυντικό,

όπως τονισμό του χρώματος, απουσία ερεθισμών ακόμα και στο πιο ευαίσθητο δέρμα, καλύτερη προσκόλληση και άπλωμα (Blaustein, 1959). Η εξήγηση που δινόταν για την απουσία ερεθισμών ήταν ότι «...το πολυαιθυλένιο είναι απαλλαγμένο από υδατοαπορροφητικές ερεθιστικές προσμίξεις όπως αντιοξειδωτικές ουσίες και υπολείμματα καταλυτών και έτσι αποτρέπει τον ερεθισμό του δέρματος...» (Blaustein, 1959)

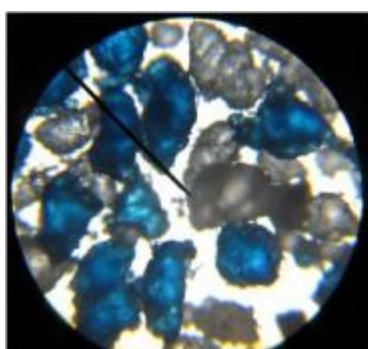
Τα microbeads με την σημερινή τους ιδιότητα, ως παράγοντες καθαρισμού ή απολέπισης σε καλλυντικά, κατοχυρώθηκαν ως ευρεσιτεχνία (patent) το 1972 (Beach, 1972) και μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 90 χρησιμοποιούνταν σπάνια (Zitko & Hanlon, 1991), ώσπου κατασκευαστές άρχισαν να τα χρησιμοποιούν στη θέση των δημοφιλέστερων ανόργανων απολεπιστικών συστατικών της εποχής, όπως το οξείδιο του αλουμινίου (aluminium oxide) (EUNOMIA, 2016, σ. 207) ή άλλων φυσικών υλικών όπως ελαφρόπετρα, πλιγούρι ή φλούδες ανανά (Juliano & Magrini, 2017, σ. 8). Μέχρι τις αρχές του 2000 το είχαν πετύχει σε τέτοιο βαθμό, ώστε υπολογιζόταν ότι ο μέσος καταναλωτής διέθετε ένα τουλάχιστον καθαριστικό προσώπου με microbeads το οποίο χρησιμοποιούσε σε καθημερινή ή τουλάχιστον εβδομαδιαία βάση (Fendall & Sewell, 2009).

Τα πλαστικά microbeads προτιμήθηκαν από τις βιομηχανίες καλλυντικών έναντι των φυσικών ανάλογων καθώς αποδείχθηκαν ασφαλή κατά τη χρήση και αποτελεσματικά στην απομάκρυνση των κερατινοκυττάρων και τη διαστολή των πόρων του δέρματος (Cosmetics Europe, 2017a). Παράλληλα, πλεονεκτούσαν σε σχέση με τα ανόργανα συστατικά που χρησιμοποιούνταν παλαιότερα στα εξής:

- Ήταν λιγότερο τραχιά, προσφέροντας πιο ομαλή απολέπιση
- Είχαν μικρότερο κόστος
- Είχαν μικρότερη πυκνότητα, άρα ξεπλένονταν πιο εύκολα και δεν έφραζαν τις αποχετεύσεις
- Ήταν συμβατά με άλλα συστατικά των προϊόντων
- Δεν προκαλούσαν βλάβες στους περιέκτες

(EUNOMIA, 2016, σ. 207). Από την πλευρά των καταναλωτών τα microbeads πέτυχαν εμπορικά καθώς άφηναν μία αίσθηση καθαρού και απαλού δέρματος (Cosmetics Europe, 2017a)

Στην πρώτη στην ιστορία καταγεγραμμένη ευρεσιτεχνία σαπουνιού με microbeads περιγράφονται περιεκτικότητες 4 έως 10% μικροπλαστικών με μέγεθος 400 nm, όπου αναφέρονται ως σωματίδια χαμηλής πυκνότητας που διευκολύνουν το ξέπλυμα της επιδερμίδας με το νερό και, σε σύγκριση με μεταλλικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται σε άλλα προϊόντα, δε φράζουν τις αποχετεύσεις (Sundt, Schulze, & Syversen, 2014, σ. 17).



**Προέλευση:** προϊόντα προσωπικής περιποίησης  
**Πιθανή πηγή "εκπομπής στο περιβάλλον":** κάθε νοικοκυριό  
**Τύποι πλαστικού:** PE, PMMA, PTFE, PP, Nylon, PET  
**Επικίνδυνα πρόσθετα:** άγνωστο  
**Μέγεθος μικροσωματιδίων:** μεταξύ 0,001-0,8 mm ανάλογα με το προϊόν  
**Σχήμα μικροσωματιδίων:** ακανόνιστο ή σφαιρικό  
**Ειδικό βάρος:** ανάλογο του προϊόντος - πχ PE: 0,9 - PTFE: 2

*Εικόνα 1.9 - Microbeads στο μικροσκόπιο και πίνακας με σύντομα χαρακτηριστικά*

Πηγή: (Sundt, Schulze, & Syversen, 2014, σ. 16)

Χρησιμοποιούνται με σκοπό:

- τον καθαρισμό του προσώπου και του σώματος σε κρέμες, αφρόλουτρα, σαπούνια κα
- την απομάκρυνση των νεκρών κυττάρων του δέρματος σε απολεπιστικά προϊόντα και
- τον καθαρισμό των δοντιών σε οδοντόκρεμες (Leslie, 2014)

Πέρα από τις παραπάνω χρήσεις, πολλές φορές παίζουν διακοσμητικό ρόλο σε προϊόντα (Juliano & Magrini, 2017, σ. 8), όπως είναι τα χρωματισμένα συνήθως σφαιρικά και με μπλε χρώμα microbeads πολυστυρολίου (polystyrene – PS) σε οδοντόκρεμες (Leslie, 2014).

### **Περιεκτικότητες microbeads σε καλλυντικά προϊόντα**

Οι Sundt, Schulze, & Syversen (2014, σ. 24) παρατηρούν ότι υπάρχει μεγάλη απόκλιση στην περιεκτικότητα microbeads, ακόμα και σε παρόμοιας



χρήσης προϊόντα της ίδιας εταιρείας, γι' αυτό και ο υπολογισμός δε γίνεται σε απόλυτες τιμές αλλά σε περιοχή τιμών όπως στον παρακάτω πίνακα:

*Πίνακας 1.3 - Περιεκτικότητα μικροπλαστικών σε επιλεγμένα προϊόντα προσωπικής περιποίησης (PCP's) της αγοράς της Νορβηγίας*

Προϊόν	% κατά βάρος σε μικροπλαστικά	Μέγεθος μικροσωματιδίων σε mm	Τύπος πλαστικού
Καθαρισμός προσώπου	1,62 – 3,04	0,1 – 0,2	πολυαιθυλένιο
Καθαρισμός χεριών	0,18 – 6,91	0,1 – 0,2	πολυαιθυλένιο
Καθαρισμός προσώπου	0,94 – 4,2	-	πολυαιθυλένιο
Αφρός ξυρίσματος	0,1 - 2	0,005 – 0,015	πολυτετραφθοροαιθυλένιο
Οδοντόκρεμα	0,1 – 0,4	0,04 – 0,8	πολυαιθυλένιο
Απολεπιστικό προσώπου	0,4 – 10,5	0,04 – 0,8	πολυαιθυλένιο
Οδοντόκρεμα	2 - 4	0,014 – 0,055	πολυεστέρας

Πηγή: (Mepex, 2014, σ. 24)

Σε έρευνα του πανεπιστημίου Aarhus της Δανίας όπου μελετήθηκαν 6 δημοφιλή απολεπιστικά προϊόντα και 3 οδοντόκρεμες που περιείχαν πολυαιθυλένιο και βρέθηκε ότι η περιεκτικότητα ήταν μεταξύ 0,4 και 10,5 % του προϊόντος για τα απολεπιστικά προϊόντα και 0,1 με 0,4 % για τις οδοντόκρεμες αντίστοιχα (Strand, 2015). Στην ανασκόπηση της βιβλιογραφίας των (Gouin et al., 2015) για τη χρήση microbeads σε καλλυντικά εντός της ΕΕ, συμπεριλαμβανομένων των σκανδιναβικών χωρών που δεν ανήκουν στην ΕΕ, υπολογίστηκε ότι η μέση τυπική περιεκτικότητα σε microbeads η οποία κυμαινόταν μεταξύ 0,05 και 12% του τελικού προϊόντος (Gouin et al., 2015). Αντίστοιχα για την αγορά της Κίνας, σε μελέτη εννέα απολεπιστικών προϊόντων που περιείχαν microbeads πολυαιθυλενίου, οι ποσότητες ποίκιλαν μεταξύ 5219 και 50391 μικροσωματίδια ανά gr και η μέση τιμή ανερχόταν στα 20860 σωματίδια ανά γραμμάριο (Cheung & Fok, 2016)

Η περιεκτικότητα των οδοντόκρεμων σε microbeads είναι μικρότερη από ότι στα απολεπιστικά προϊόντα προσώπου ή σώματος (Verschoor et al., 2015).

Σε μία μεγάλη έρευνα που διεξήχθη το 2012 σε όλες τις χώρες της ΕΕ, τη Νορβηγία και την Ελβετία, διαπιστώθηκε ότι το 6% των υγρών προϊόντων καθαρισμού δέρματος που διακινούνταν περιείχαν microbeads (Gouin et al., 2015). Το 2015 υπολογιζόταν ότι τα καλλυντικά που διανέμονταν εντός της ΕΕ περιείχαν πάνω από 4130 τόνους microbeads (Gouin et al., 2015), ενώ ως μέση τιμή υπολογιζόταν ότι χρησιμοποιούνταν 4000 τόνοι μικροπλαστικών το χρόνο σε προϊόντα προσωπικής περιποίησης ή 8 γραμμάρια ανά κάτοικο (Duis & Coors, 2016). Μόνο στη Νορβηγία υπολογιζόταν το 2005 ότι η ετήσια κατανάλωση προϊόντων προσωπικής περιποίησης σε υγρή μορφή ξεπερνούσε τους 23.000 τόνους, οι οποίοι επιμερίζονταν σε είδη με μικροπλαστικά όπως οδοντόκρεμες (500 τόνοι), σαπούνια (600 με 700 τόνοι) και αφροί ξυρίσματος (410 τόνοι) (Sundt, Schulze, & Syversen, 2014, σ. 16). Στις Ηνωμένες Πολιτείες αντίστοιχα, υπολογιζόταν το 2011 ότι η μέση χρήση microbeads ανά άτομο ανά έτος ήταν περίπου 1 gr (Gouin et al., 2015). Υπολογίζοντας ότι οι κάτοικοι της χώρας είναι πάνω από 300 εκατομμύρια, προκύπτει ότι χρησιμοποιούνταν σχεδόν 300 τόνοι microbeads ετησίως. Σε έρευνα του Υπουργείου του Καναδά στην οποία συμμετείχαν 46 εταιρείες καλλυντικών, βρέθηκε ότι 37 από αυτές έκαναν εισαγωγή microbeads που θα προστίθετο στα καλλυντικά τους, 7 παρήγαγαν microbeads για καλλυντικά και 2 έκαναν τόσο εισαγωγή όσο και παραγωγή. Υπολογιζόταν ότι εντός της χώρας για το 2014 παρασκευάστηκαν καλλυντικά που περιείχαν σχεδόν 100 τόνους microbeads, από τους οποίους οι 10 εξάχθηκαν εκτός χώρας (Registration SOR/2017-111, 2017, σ. 1355).

Οι Napper et al. (2015) το 2013 ανέλυσαν έξι (6) καθαριστικά προσώπου της βρετανικής αγοράς που περιείχαν και ανίχνευσαν από 919 έως 18906 μικροπλαστικά σωματίδια ανά ml προϊόντος. Κάνοντας την παραδοχή ότι σε κάθε απολέπιση απαιτούνται περίπου 5 ml προϊόντος, υπολόγισαν ότι μπορεί να απελευθερωθούν από 4594 μέχρι 94500 microbeads σε κάθε χρήση (Napper et al., 2015). Σε αντίστοιχη έρευνα εννέα (9) καθαριστικών προσώπου της κινεζικής αγοράς, εταιρειών από διάφορες χώρες βρέθηκαν περιεκτικότητες από 5219 ως 50391 microbeads πολυαιθυλενίου ανά gr, με μέση τιμή 20860 microbeads (Cheung & Fok, 2017). Υπολογίζοντας ότι σε κάθε χρήση καθαριστικού προσώπου απαιτούνται περίπου 1,85 gr προϊόντος μπορούν να απελευθερωθούν μετά την έκπλυση περίπου 10.000 με 100.000 microbeads.

Πίνακας 1.4 - Ποσότητες μικροπλαστικών σε αφρόλουτρα, καθαριστικά προσώπου και χεριών στην ΕΕ και τη Δανία, Φινλανδία, Σουηδία, Νορβηγία το 2012

Χώρα	Πληθυσμός (εκατ)	Αφρόλουτρα Χιλ λίτρα	Καθαριστικά προσώπου Χιλ λίτρα	Καθαριστικά προσώπου (μαζική παραγωγή) Χιλ λίτρα	Υγρά σαπούνια χεριών Χιλ λίτρα	Υγρά σαπούνια για πολλαπλούς σκοπούς Χιλ λίτρα
Αυστρία	8,2	8.881,0	51,0	1.097,1	1.922,2	12
Βέλγιο	10,6	7.864,8	20,4	1.151,1	1.661,8	10,7
Βουλγαρία	7,3	1.307,6	0,5	226,3	άγνωστο	1,53
Γαλλία	64	67.236,3	999,0	9.511,8	17.177,6	94,9
Γερμανία	82	78.551,4	391,7	14.500,8	18.443,8	112
Δανία	5,5	2.903,5	61,8	198,2	1.678,8	4,84
Ελβετία	8	9.356,0	18,6	435,1	2.967,8	
<b>Ελλάδα</b>	<b>10,7</b>	<b>8.804,5</b>	<b>126,5</b>	<b>540,1</b>	<b>4.723,4</b>	<b>14,2</b>
Εσθονία	1,3	312,0	0,8	76,1	154,9	0,544
Ηνωμένο Βασίλειο	61	63.204,3	407,0	7.426,5	42.114,7	7,2
Ιρλανδία	4,1	2.832,1	1,5	123,3	1.489,5	4,45
Ισπανία	40,5	110.683,2	367,6	2.854,2	11.007,2	1,25
Ιταλία	58,1	24.750,2	740,4	2.466,4	28.067,9	56
Κροατία	4,3	958,0	1,4	212,7	340,3	1,51
Κύπρος	0,79	304,6	19,0	61,2	727,1	1,11
Λετονία	2,2	229,6	1,5	47,8	261,7	0,541
Λιθουανία	3,5	450,8	1,8	69,3	238,8	0,761
Λουξεμβούργο	0,48	408,6	2,2	32,4	72,7	0,516
Μάλτα	0,40	133,4	0,7	11,5	94,3	0,240
Νορβηγία	4,9	4.456,0	61,1	123,4	2.558,5	12,8
Ολλανδία	16,6	15.239,5	23,3	961,1	2.416,0	20,4
Ουγγαρία	9,9	10.736,4	17,1	450,7	4.451,7	15,7
Πολωνία	38,5	13.835,1	52,6	3.564,0	6.357,2	23,8
Πορτογαλία	10,7	13.416,8	19,1	146,6	989,8	14,6
Ρουμανία	22,2	5.300,2	2,4	481,8	3.579,5	9,36
Σλοβακία	5,4	3.109,2	0,7	280,6	827,9	4,22
Σλοβενία	2	815,6	18,6	220,4	261,4	1,32
Σουηδία	9	5.361,4	11,6	433,3	5.223,8	11,3
Σύνολο	516					688
Τσεχική Δημοκρατία	10,2	4.012,5	3,8	544,7	3.155,1	7,72
Φινλανδία	5,2	3.617,3	9,2	424,4	2.004,9	6,06

Πηγή: (Duis & Coors, 2016, σ. 3)

Θα πρέπει να τονιστεί ότι οι παραπάνω ποσοτικές αναλύσεις έχουν γίνει σε διαφορετικές χώρες, σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα, κάτω από διαφορετικές συνθήκες, εξετάζοντας διαφορετικά προϊόντα και καταναλωτικές συνήθειες, με τη χρήση διαφορετικής πολλές φορές μεθοδολογίας και εμπειρέχουν παραδοχές που δεν επιτρέπουν την εύκολη γενίκευση και άθροιση ώστε να προκύψει μία συνολική εικόνα για τα χρησιμοποιούμενα microbeads σε καλλυντικά. Οι παραπάνω ποσότητες microbeads σε καλλυντικά αναμένεται να μειωθούν σταδιακά καθώς οι περισσότερες εταιρείες περνούν σε εθελοντικό είτε σε αναγκαστικό phase out (A ROCHA, 2017).

## **1.6 Χρήση μικροπλαστικών με μη καθαριστική δράση - απολέπιση σε καλλυντικά προϊόντα**

Στην συσκευασία κάθε καλλυντικού θα πρέπει να αναγράφονται τα συστατικά του σε φθίνουσα σειρά ανάλογα με το βάρος που είχαν την στιγμή που έγινε η ανάμειξή τους (Τσιρίβας, Βαρβαρέσου, & Παπαγεωργίου, 2013, σσ. 173-174). Εφόσον η συσκευασία το επιτρέπει αναγράφονται στο εξωτερικό μέρος, διαφορετικά σε φυλλάδιο που εσωκλείεται, σε ετικέτα, ταινία ή κάρτα (Τσιρίβας, Βαρβαρέσου, & Παπαγεωργίου, 2013, σ. 174). Η ονομασία που ακολουθείται είναι κοινή στην ΕΕ σύμφωνα με την ονομασία INCI (International Nomenclature of Cosmetic Ingredients) η οποία αποδίδεται στα ελληνικά ως Διεθνής Ονοματολογία των Συστατικών των Καλλυντικών (Τσιρίβας, Βαρβαρέσου, & Παπαγεωργίου, 2013) (Lassen et al., 2015, σ. 188). Συστατικά τα οποία περιλαμβάνονται στην σύνθεση σε συγκέντρωση μικρότερη του 1% μπορεί να αναγράφονται με οποιαδήποτε σειρά, πάντοτε όμως έπειτα από εκείνα που βρίσκονται σε συγκέντρωση μεγαλύτερη του 1% (Τσιρίβας, Βαρβαρέσου, & Παπαγεωργίου, 2013, σ. 175).

Η ευρωπαϊκή νομοθεσία εξαιρεί κάποιες ουσίες από την υποχρεωτική ανάρτηση όπως προσμίξεις πρώτων υλών, ύλες που χρησιμοποιήθηκαν κατά την παρασκευή αλλά δε βρίσκονται στην τελική σύνθεση ή διαλύτες και προβλέπει για τις ουσίες χρωματισμού να αναγράφονται με βάση τον αριθμό του κατέχουν στον πίνακα χρωμάτων (CI) και αρωματισμού που

επισημαίνονται ως *parfum* ή *aroma* (Τσιρίβας, Βαρβαρέσου, & Παπαγεωργίου, 2013, σσ. 174-175).

Οι πλαστικές ουσίες θα πρέπει να αναγράφονται σύμφωνα με την INCI κατά φθίνουσα σειρά. Δεν είναι υποχρεωτική όμως η καταγραφή της φυσικής κατάστασης του συστατικού, δηλαδή αν είναι σε υγρή ή στερεή μορφή ή σε μορφή gel. Υπάρχουν μικροπλαστικά τα οποία είναι παρόντα σε συνθέσεις όχι μόνο ως σωματίδια (στερεά), ώστε να θεωρούνται *microbeads*, αλλά σε υγρή μορφή ή gel με άλλες εφαρμογές πέρα από τον καθαρισμό (Lassen, και συν., 2015). Με άλλα λόγια οι πληροφορίες της συσκευασίας δεν επαρκούν ώστε να ταυτοποιηθεί η ύπαρξη *microbeads* στην τελική σύνθεση.

Πίνακας 1.5 - Ονοματολογία πολυμερών σε καλλυντικά και ιδιότητες

INCI ονομασία πολυμερούς (polymer) ή συμπολυμερούς (co-polymer)	Χρησιμοποιείται για:
<b>Νάιλον-12 (Nylon-12)</b>	Διόγκωση (bulking), έλεγχο ιξώδους, αδιαφανοποίηση (opacifying) – π.χ. σε κρέμες για ρυτίδες
<b>Νάιλον-6 (Nylon-6)</b>	Διόγκωση (bulking), έλεγχο ιξώδους
<b>Τερεφθαλικό πολυβουτυλένιο (Polybutylene terephthalate)</b>	Σχηματισμό μεμβράνης, έλεγχο ιξώδους
<b>Ισοτερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (Polyethylene isoterephthalate)</b>	Έλεγχο ιξώδους
<b>Τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (Polyethylene terephthalate)</b>	Συγκόλληση, σχηματισμό μεμβράνης, σταθεροποίηση μαλλιών, έλεγχο ιξώδους, αισθητικό αποτέλεσμα – π.χ. glitters σε αφρόλουτρα ή σε makeur
<b>Μεθακρυλικός πολυμεθυλεστέρας (Polymethyl methacrylate)</b>	Προσρόφηση των ενεργών συστατικών
<b>Τερεφθαλικό πολυπενταερυθρίτιλιο (Polyentaerythrityl terephthalate)</b>	Σχηματισμό μεμβράνης
<b>Τερεφθαλικό πολυπροπυλένιο (Polypropylene terephthalate)</b>	Σταθεροποίηση γαλακτώματος, περιποίηση δέρματος
<b>Πολυαιθυλένιο (Polyethylene)</b>	Αποξεστικό, σχηματισμό μεμβράνης, έλεγχο ιξώδους, συγκολλητικό υλικό σε πούδρες
<b>Πολυπροπυλένιο (Polypropylene)</b>	Διόγκωση, αύξηση ιξώδους
<b>Πολυστυρόλιο (Polystyrene)</b>	Σχηματισμό μεμβράνης
<b>Πολυτετραφθοροαιθυλένιο (Polytetrafluoroethylene - Teflon)</b>	Διόγκωση, στιλπνότητα, συγκόλληση, μαλακτικό δέρματος
<b>Πολυουρεθάνη (Polyurethane)</b>	Σχηματισμό μεμβράνης σε μάσκες προσώπου, αντιηλιακά, μάσκαρα
<b>Πολυακρυλικό (Polyacrylate)</b>	Έλεγχος ιξώδους

INCI ονομασία πολυμερούς (polymer) ή συμπολυμερούς (co-polymer)	Χρησιμοποιείται για:
Συμπολυμερές ακρυλικό ( <i>Acrylates copolymer</i> )	Συγκόλληση, σταθεροποίηση μαλλιών, σχηματισμό μεμβράνης
Συμπολυμερή αλλυλικού στεατικού / οξικού βινυλεστέρα ( <i>Allyl stearate/vinyl acetate copolymers</i> )	Σχηματισμό μεμβράνης, σταθεροποίηση μαλλιών
Συμπολυμερή αιθυλενίου/προπυλενίου/στυρολίου ( <i>Ethylene/propylene/styrene copolymer</i> )	Έλεγχος ιξώδους
Συμπολυμερή αιθυλικού – μεθακρυλικού μεθυλεστέρα ( <i>Ethylene/methylacrylate copolymer</i> )	Σχηματισμό μεμβράνης
Συμπολυμερή αιθυλενίου/ακρυλικού ( <i>Ethylene/acrylate copolymer</i> )	Σχηματισμό μεμβράνης σε αδιάβροχα αντηλιακά, πηκτικό σε lipstick, κρέμες χεριών
Συμπολυμερή βουτυλενίου/αιθυλενίου/στυρολίου ( <i>Butylene/ethylene/styrene copolymer</i> )	Έλεγχος ιξώδους
Συμπολυμερές ακρυλικού στυρενίου <i>Styrene acrylates copolymer</i>	Αισθητικούς παράγοντες, χρωματισμένα μικροσφαιρίδια (κυρίως σε makeup)
Τριμεθυλοσιλοξυπυριτικό (ρητίνη σιλικόνης) <i>Trimethylsiloxysilicate (silicone resin)</i>	Σχηματισμός μεμβράνης σε καλλυντικά με χρώμα όπως αντηλιακά, περιποίησης δέρματος

Πηγή: (Leslie, 2014)

Παρ' όλα αυτά όταν ένα καλλυντικό έχει ως σκοπό την απολέπιση, και ταυτόχρονα αναγράφονται στην συσκευασία του πλαστικές ενώσεις όπως: πολυαιθυλένιο (PE), πολυπροπυλένιο (PP), πολυστυρόλιο (PS), τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET) ή Nylon-6, τότε σχεδόν πάντα πρόκειται για microbeads (Lassen et al., 2015, σ. 188).



Εικόνα 1.10 - Απολεπιστικό προϊόν με microbeads πολυαιθυλενίου

Πηγή: (New York State Attorney General, 2015, σ. 6)

## Κεφάλαιο 2 - Παρουσία μικροπλαστικών στο περιβάλλον

### 2.1 Πρωτογενή και δευτερογενή μικροπλαστικά

Η προέλευση των μικροπλαστικών στο περιβάλλον μπορεί να οφείλεται:

- Σε μικροπλαστικά που έχουν ήδη κατασκευαστεί επί σκοπού σε μικροσκοπικό μέγεθος (πρωτογενή) ή
- Σε μεγαλύτερα πλαστικά που διασπάστηκαν σε μικροπλαστικά (δευτερογενή) κάτω από περιβαλλοντικές συνθήκες

(Duis & Coors, 2016).

*Πίνακας 2.1 - Προέλευση μικροπλαστικών στο περιβάλλον*

#### **Πρωτογενή Μικροπλαστικά**

---

Καλλυντικά προϊόντα που περιέχουν μικροπλαστικά με σκοπό την απολέπιση ή τον καθαρισμό)

Ιατροτεχνολογικές εφαρμογές (όπως καθαρισμός δοντιών από οδοντιάτρους)

Υγρά που χρησιμοποιούνται για την άντληση πετρελαίου ή αερίου (μέθοδος fracking)

Βιομηχανικά αποξεστικά

Πλαστικά προπαραγωγής, θραύσματα κατά την παραγωγή πλαστικών, απώλειες κατά την πλαστικοποίηση, διαρροή από εγκαταστάσεις επεξεργασίας μικροπλαστικών

#### **Δευτερογενή Μικροπλαστικά**

---

Απόρριψη πλαστικών

Απώλειες κατά την συλλογή απορριμμάτων από ΧΥΤΑ ή εγκαταστάσεις ανακύκλωσης

Μεταφορά πλαστικών υλικών λόγω φυσικών καταστροφών

Ξύσιμο της επιφανείας μακροπλαστικών

Συνθετικά πολυμερή σωματίδια τα οποία χρησιμοποιούνται ως βελτιωτικά εδάφους

Πλαστικές ίνες από συνθετικά υφάσματα

Ίνες από προϊόντα προσωπικής υγιεινής

Τριβή ελαστικών αυτοκινήτων

Μπογιές που βασίζονται σε συνθετικά πολυμερή (για πλοία, σπίτια, δρόμους κα): μέσω τριψίματος, αφαίρεσης του χρώματος ή και παράνομη απόρριψη

Απόξεση άλλων πλαστικών υλικών (είδη σπιτιού κα)

Πλαστικά σε οργανικά απόβλητα

Χαρτί με επικάλυψη πλαστικού (ελάσματα), απώλειες σε συστήματα ανακύκλωσης χαρτιού

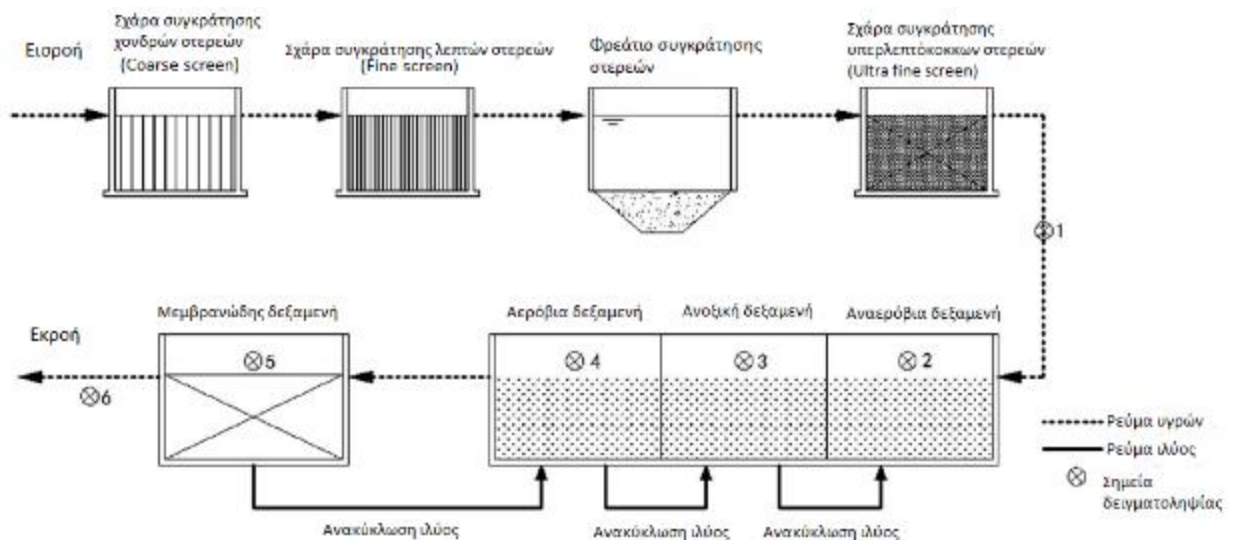
Απόρριψη πλαστικών ειδών αλιείας (πετονιές, δίκτυα κα) ακόμα και από φθορά εγκαταστάσεων υδατοκαλλιέργειας

Πλαστικό υλικό που απορρίπτεται από πλοία ή από θαλάσσιες πλατφόρμες

Πηγή: (Duis & Coors, 2016, σ. 5)

## 2.2 Διαφυγή μικροπλαστικών στο περιβάλλον

Τα πρωτογενή μικροπλαστικά, όπως τα microbeads, διαφεύγουν στο περιβάλλον μέσω του αποχετευτικού συστήματος και της αδυναμίας των συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων να τα συγκρατήσουν στο σύνολό τους (Teuten et al., 2009, Duis & Coors, 2016). Τα μακροπλαστικά συνήθως φιλτράρονται και συγκρατούνται στο προκαταρκτικό στάδιο επεξεργασίας λυμάτων (preliminary sewage treatment). Συστήματα που διαθέτουν μόνο «χονδρές» σχάρες διήθησης (coarse screens) έχουν τη δυνατότητα απομάκρυνσης πλαστικών μεγαλύτερων των 6 mm, ενώ άλλα έχουν «λεπτές» σχάρες διήθησης (fine screens) με δυνατότητες που ποικίλουν μεταξύ 1,5 και 6 mm. Υπάρχουν και πιο ακριβές εγκαταστάσεις με εξαιρετικά λεπτές σχάρες (ultra fine screens) οι οποίες τοποθετούνται έπειτα από τις χονδρές (coarse) ή τις λεπτές σχάρες (fine screens) και επιτυγχάνουν συγκράτηση σωματιδίων πλαστικών με μέγεθος μεγαλύτερο ή ίσο των 0,02 mm (EPA, χχ).



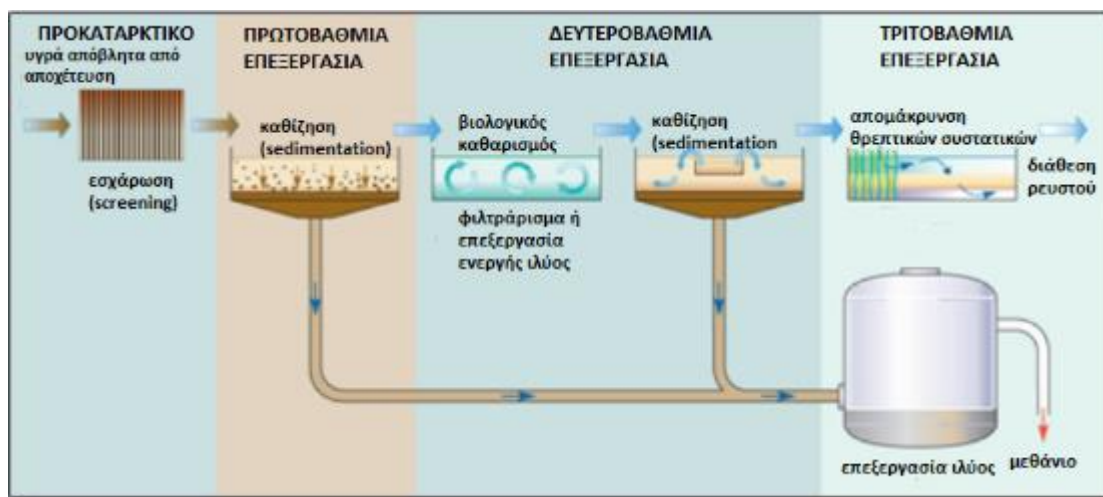
Εικόνα 2.1 - Σχηματική αναπαράσταση επεξεργασίας λυμάτων με τη χρήση "χονδρών", λεπτών και υπέρλεπτων σχάρων διήθησης

Πηγή: (Geng et al., 2015)

Σε συστήματα με εξαιρετικά λεπτές σχάρες (ultra fine screens) επιτυγχάνεται συγκράτηση σε ποσοστό άνω του 95% των επεξεργαζόμενων μικροπλαστικών



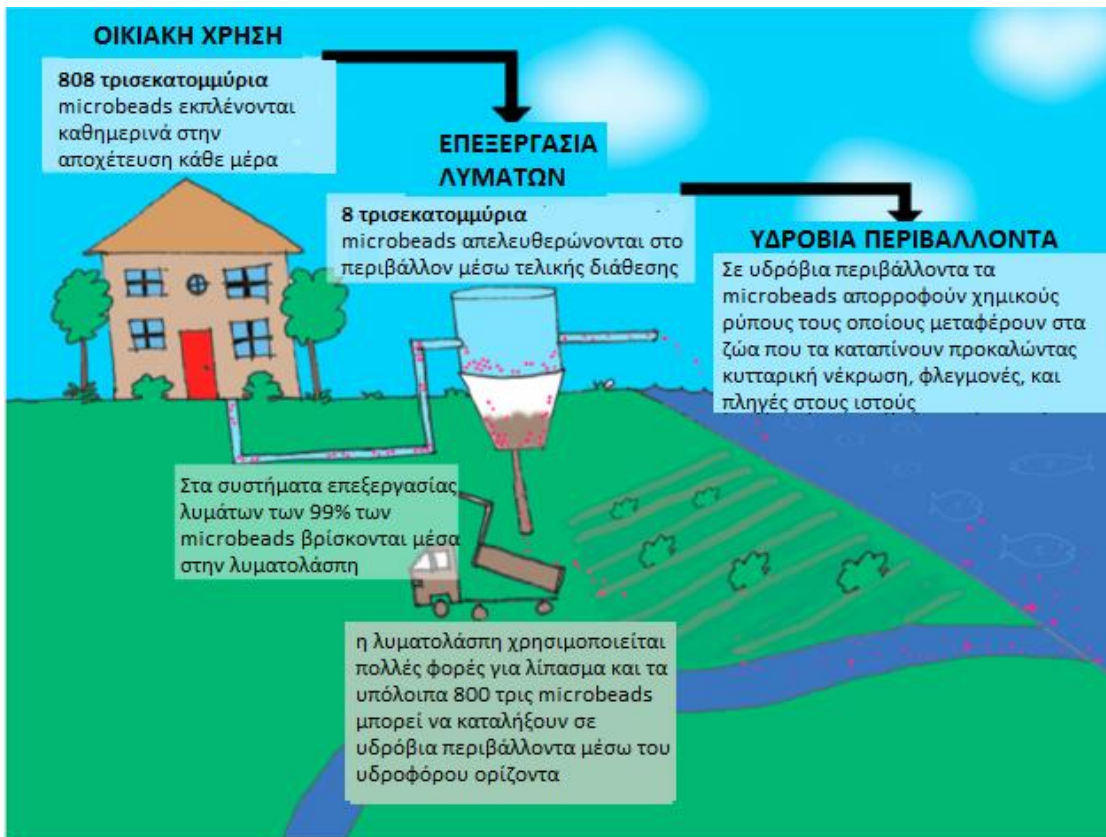
(Murphy et al., 2016). Υπάρχουν βέβαια και ορισμένοι τριτοβάθμιοι σταθμοί επεξεργασίας λυμάτων (tertiary treatment plants) οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα συγκράτησης ακόμα και νανοπλαστικών μεγέθους μεγαλύτερου των 0,001 mm αλλά η μετατροπή ενός πρωτοβάθμιου συστήματος (primary waste treatment plant) σε τριτοβάθμιο (tertiary) είναι ιδιαίτερα δαπανηρή διαδικασία (NSW EPA, 2016).



Εικόνα 2.2 - Τριτοβάθμιο σύστημα επεξεργασίας λυμάτων (tertiary sewage treatment plant)

Πηγή: <http://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/science/environmental-science/energy-resources-water-quality/content-section-1.5.1>

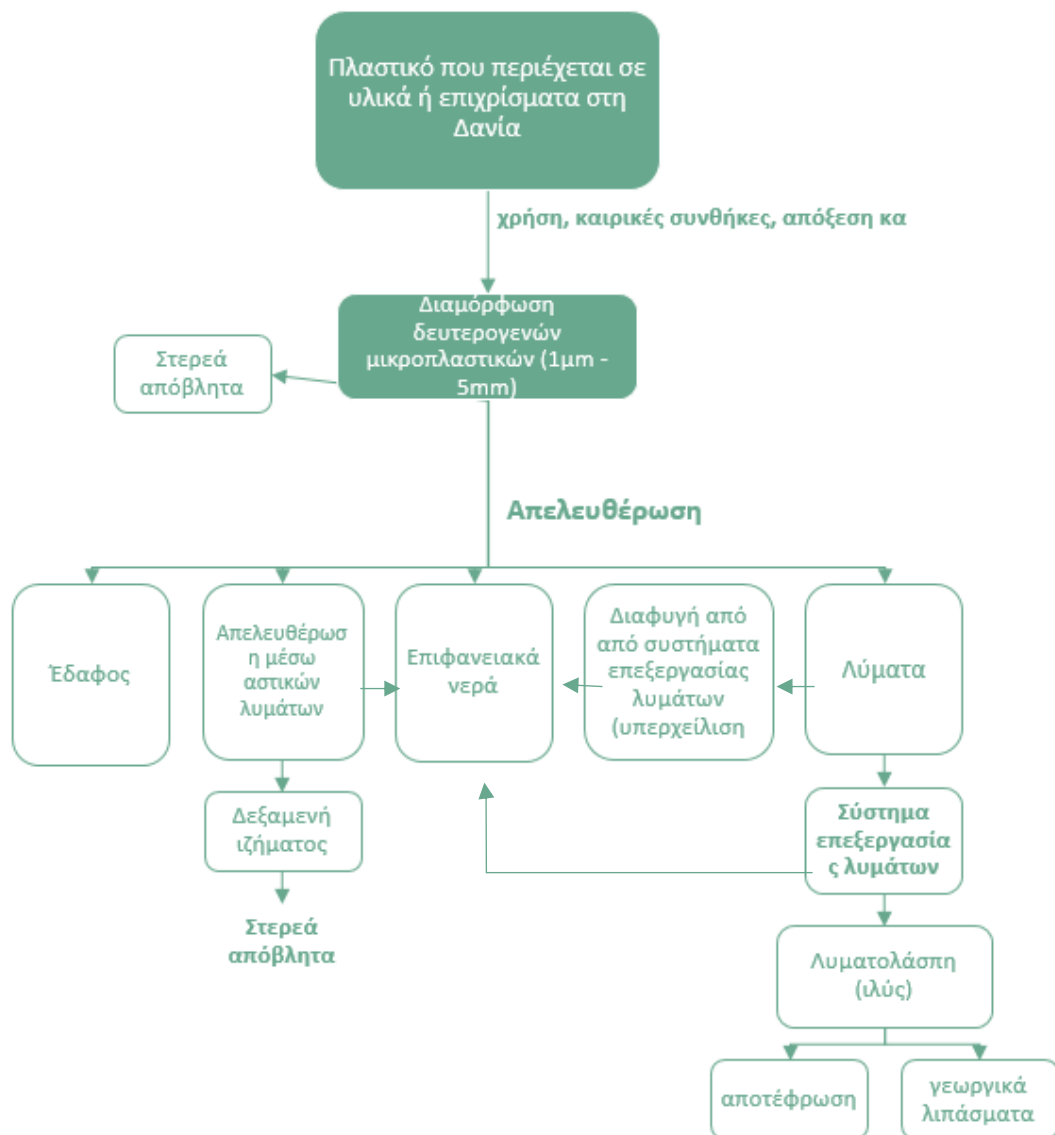
Το στερεό υπόλειμμα που συγκρατείται από συστήματα επεξεργασίας λυμάτων μεταφέρεται και θάβεται σε χώρους υγειονομικής ταφής, όπου με την επίδραση συνθηκών του περιβάλλοντος (UV ακτινοβολία, θερμοκρασία) και πίεσης αποσυντίθεται, και μέσω βροχόπτωσης το ρευστό του μέρος (μαζί με τα μικροπλαστικά που μπορεί να περιέχει) δύναται να μεταφερθεί μέσω του υδροφόρου ορίζοντα σε υδατικά περιβάλλοντα (Duis & Coors, 2016, σ. 5). Μικροπλαστικά υπολείμματα μπορεί να υπάρχει και σε απορριπτέα ζυμώσιμα υλικά τα οποία επαναχρησιμοποιούνται ως λιπάσματα στη γεωργία (διαδικασία κομποστοποίησης οργανικών λυμάτων). Με την εναποθέτηση του υλικού και ανάμειξή του με το έδαφος τα μικροπλαστικά μπορεί να διαφύγουν και πάλι μέσω του υδροφόρου ορίζοντα και να καταλήξουν στο νερό (Duis & Coors, 2016, σ. 5).



Εικόνα 2.3 - Απλοποίηση διαδρομής microbeads από τη χρήση μέχρι την τελική διάθεση στο περιβάλλον

Πηγή: (Rochman, και συν., 2015, σ. 10760)

Διαφυγή πρωτογενών αλλά και δευτερογενών μικροπλαστικών στο περιβάλλον μπορεί να συμβεί όμως και με την υπερχειλίση ομβρίων υδάτων, όπως συμβαίνει για παράδειγμα σε παράκτιες περιοχές υπό ακραίες συνθήκες βροχόπτωσης ή χιονόπτωσης, τα λύματα, μαζί με τα μικροπλαστικά που περιέχουν, μπορούν να χυθούν σε ποτάμια, λίμνες ή θάλασσες (New York State Attorney General, 2015, σ. 8).



Διάγραμμα 2.1 - Διάγραμμα ροής που περιγράφει την οδό διαφυγής δευτερογενών πλαστικών στο περιβάλλον

Πηγή: (Lassen et al., 2015)

Οι πρώτοι που αναγνώρισαν τον κίνδυνο περιβαλλοντικής μόλυνσης από microbeads ήταν οι Zitko & Hanlon οι οποίοι σε έρευνά τους το 1991 θεωρούσαν ότι ναι μεν δεν υπάρχουν επιστημονικά στοιχεία που να την αποδεικνύουν, αλλά η απόρριψή των πλαστικών των απολεπιστικών προσώπου ήταν μία μη αναγκαία πρόσθετη επιβάρυνση (Zitko & Hanlon, 1991, σ. 42). Ήδη από το 1996 ο Gregory (1996, σ. 867) ανέφερε τον κίνδυνο διαφυγής στο περιβάλλον αυτού του «περίεργου», όπως το χαρακτήριζε, συστατικού των απολεπιστικών προσώπου τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο του

οποίου χαρακτηριζε μάλλον μικρό σε σχέση με την συνολική μόλυνση του περιβάλλοντος. Και στις δύο παραπάνω έρευνες επισήμαιναν ότι δεν ήταν τόσο ευρεία η χρήση τους εκείνη την εποχή (Zitko & Hanlon, 1991; Gregory, 1996), άρα οι ποσότητες ήταν αρκετά μικρότερες.

Τα microbeads εξαρχής σχεδιάστηκαν ώστε να μπορούν «ξεπλένονται» εύκολα και να καταλήγουν στην αποχέτευση. Ήταν μάλιστα και το αρχικό σχετικό σλόγκαν κατά την καταχώριση της πατέντας: «... *washing off easily and end in the drain...*» (Merex, 2014, σ. 22).



Εικόνα 2.4 - Απόρριψη προϊόντων με microbeads στην αποχέτευση

Πηγή: <http://www.rinnovabili.it/ambiente/faidafiltro-microplastiche-mare-legge/>

Χωρίς να αποτελεί τη μόνη οδό διαφυγής, τα microbeads εισέρχονται στο αποχετευτικό δίκτυο και καταφέρνουν και διαφεύγουν από συστήματα επεξεργασίας λυμάτων λόγω της αδυναμίας τους να συγκρατήσουν μικροσωματίδια (Leslie, van Velzen, & Vethaak, 2013, Leslie, 2014, Duis & Coors, 2016, Murphy et al., 2016, Tanaka & Takada, 2016).

Οι ερευνητές τονίζουν ότι παρόλο που οι σύγχρονες μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων επιτυγχάνουν πολύ καλά αποτελέσματα διύλισης

μικροσωματιδίων, πολλά μικροπλαστικά όπως είναι τα microbeads καταφέρνουν να διαφεύγουν κυρίως λόγω:

1. Μεγάλων ποσοτήτων (Murphy et al., 2016, σ. 5800).
2. Μικρού μεγέθους (Browne et al., 2008, New York State Attorney General, 2015, NSW EPA, 2016) και
3. Πλευστότητας (New York State Attorney General, 2015)

Η πλευστότητα των περισσότερων microbeads οφείλεται στην πυκνότητά τους. Τα περισσότερα microbeads που χρησιμοποιούνται σε καλλυντικά αποτελούνται από πολυαιθυλένιο (polyethylene), και έπειτα από πολυπροπυλένιο (polypropylene) και πολυστυρόλιο (polystyrene), χημικές ουσίες με πυκνότητα μικρότερη από του θαλασσίου νερού (πυκνότητα = 1,2 g/cm<sup>3</sup>) όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα, οπότε αναμένεται τα περισσότερα να παραμένουν στην επιφάνεια

*Πίνακας 2.2 - Πυκνότητες μικροπλαστικών που βρέθηκαν σε έρευνες για μικροπλαστικά σε θαλάσσια περιβάλλοντα και ιζήματα*

<b>Τύπος πολυμερούς</b>	<b>Πυκνότητα (g/cm<sup>3</sup>)</b>
Πολυαιθυλένιο (polyethylene)	0,917 – 0,965
Πολυπροπυλένιο (polypropylene)	0,9 – 0,91
Πολυστυρόλιο (polystyrene)	1,04 – 1,1
Πολυαμίδιο (Nylon)	1,02 – 1,05
Πολυεστέρας (polyester)	1,24 – 2,3
Ακρυλικό (acrylic)	1,09 – 1,20
Πολυοξυμεθυλένιο (polyoxymethylene)	1,41 – 1,61
Πολυβινυλική αλκοόλη (polyvinyl alcohol)	1,19 – 1,31
Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)	1,16 – 1,58
Πολυακρυλικός μεθυλεστέρας (poly methylacrylate)	1,17 – 1,2
Τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET)	1,37 – 1,45
Αλκυδική ρητίνη (alkyd)	1,24 – 2,1
Πολυουρεθάνη (polyurethane)	1,2

Πηγή: (Hidalgo-Ruz et al., 2012)

## 2.3 Αποδόμηση και βιοδιάσπαση πλαστικών

Παρόλο που οι ερευνητές επισημαίνουν ότι στο περιβάλλον οι μεγαλύτερες ποσότητες μικροπλαστικών προέρχονται από τη διάσπαση μεγαλύτερων πλαστικών (δευτερογενή μικροπλαστικά) (Tanaka & Takada, 2016), δεν μπορεί να προσδιοριστεί με ασφάλεια η ακριβής προέλευσή τους καθώς δεν υπάρχουν αρκετές ποσοτικές αναλύσεις (Duis & Coors, 2016, σ. 1) και στα δείγματα υπάρχουν πολλά μικροσκοπικά σωματίδια που επιβάλλουν λεπτομερείς τεχνικές διαχωρισμού (Sundt, Schulze, & Syversen, 2014, σ. 99).

Οι τρόποι διάσπασης μίας ουσίας κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τους παράγοντες που την προκαλούν σε:

- Βιοαποικοδόμηση (βιοδιάσπαση) – διάσπαση λόγω επίδρασης ζωντανών οργανισμών, κυρίως μικροβίων
- Φωτοδιάσπαση – διάσπαση με την επίδραση φωτός, συνήθως ηλιακού φωτός σε εξωτερικό περιβάλλον
- Θερμοοξειδωτική αποικοδόμηση – αργή οξειδωτική διάσπαση σε περιβαλλοντικές συνθήκες
- Θερμική αποικοδόμηση – συμβαίνει σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες οι οποίες δεν υπάρχουν στο περιβάλλον
- Υδρόλυση – αντίδραση με το νερό

(Andrady, 2011, σ. 1598)

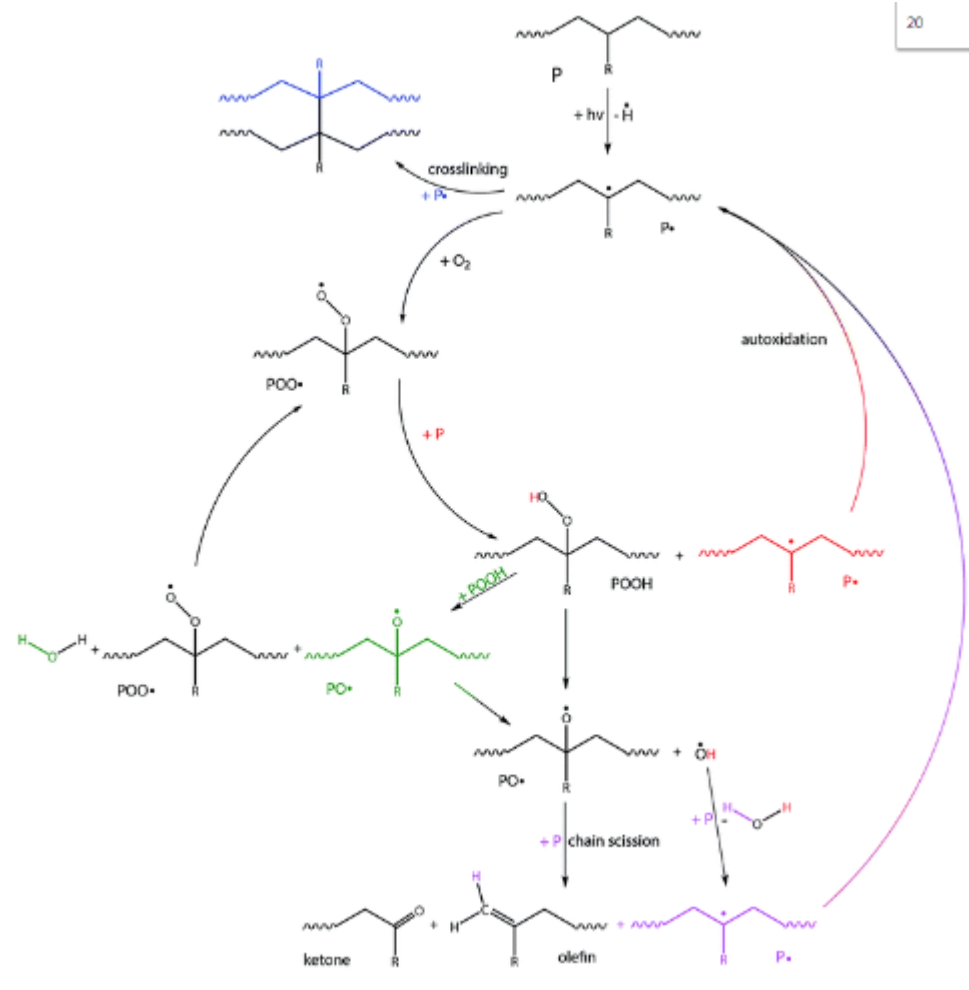
Οι ερευνητές στο παρελθόν θεωρούσαν ότι η διάσπαση των πλαστικών ήταν μία διαδικασία που απαιτούσε εκατοντάδες χρόνια, αλλά τα αποτελέσματα πρόσφατων ερευνών απέδειξαν ότι με την επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας, της υδρόλυσης, της ζέστης, του ανέμου, του αλατιού, του κυματισμού ή άλλων μηχανικών μεθόδων καταπόνησης επιταχύνεται η διαδικασία διάσπασης ή αποσύνθεσης των πλαστικών (Teuten, και συν., 2009) (Αρχιπέλαγος, 2017α). Μάλιστα τα λεγόμενα βιοδιασπώμενα πλαστικά διασπώνται γρηγορότερα σε μικροπλαστικές ίνες και σωματίδια (Αρχιπέλαγος, 2017α).

Τα περισσότερα συνθετικά μακροπλαστικά δε βιοδιασπώνται αλλά κατακερματίζονται (θρυμματίζονται) σε μικρότερα κομμάτια (μικροπλαστικά και νανοπλαστικά) καθώς τα πολυμερή δεν είναι βιοαποικοδομήσιμα (Munoz-Pineiro, 2018) λόγω μεγάλου μοριακού βάρους (Jakubowicz, 2003). Θα πρέπει να αποδομηθούν πρώτα χωρίς την παρουσία έμβιων οργανισμών (αβιοτικά) σε μικρότερες αλυσίδες και έπειτα να βιοδιασπαστούν (Jakubowicz, 2003). Το πολυαιθυλένιο (PE), το πολυπροπυλένιο (PP) και το πολυστυρόλιο (PS) που χρησιμοποιούνται σε microbeads είναι ευαίσθητα στην οξειδωτική διάσπαση, η οποία ενεργοποιείται με το φως και η οποία θεωρείται η σημαντικότερη αβιοτική μέθοδος αποδόμησης σε αερόβια εξωτερικά περιβάλλοντα. Η διαδικασία συμβαίνει σε τρία στάδια:

1. Έναρξη (initiation)
2. Διάδοση (propagation)
3. Τερματισμός

(Gewert, Plassmann, & MacLeod, 2015).

Για να εκκινήσει η φωτοδιάσπαση θα πρέπει τα πολυμερή να περιέχουν συζυγιακές χρωμοφόρες ομάδες που να απορροφούν την ηλιακή ενέργεια. Παρόλο που το πολυαιθυλένιο και το πολυπροπυλένιο δεν περιέχουν ακόρεστους διπλούς δεσμούς στο μόριό τους και έτσι δε θα έπρεπε να υπόκεινται σε φωτοενεργοποίηση, μικρές δομικές ανωμαλίες ή ατέλειες επιτρέπουν τη μερική έναρξή της (Gewert, Plassmann, & MacLeod, 2015, σ. 1515). Έτσι η ακτινοβολία UVB ενεργοποιεί τη φωτοδιάσπαση (Andrady, 2011) και η διαδικασία, αφού εκκινήσει, μπορεί να συνεχιστεί (propagation) θερμοοξειδωτικά χωρίς την περαιτέρω παρουσία της ακτινοβολίας, μόνο αν υπάρχει αρκετό οξυγόνο. Κατά την αποικοδόμηση το μοριακό βάρος του πολυμερούς μειώνεται και δεσμοί οξυγόνου κάνουν την παρουσία τους στο πολυμερές (Andrady, 2011). Η αβιοτική αποικοδόμηση παράγει καρβονυλικές ομάδες οι οποίες αυξάνουν την υδροφιλικότητα του πολυμερούς ενισχύοντας τη διαθεσιμότητά του για βιοδιάσπαση (Gewert, Plassmann, & MacLeod, 2015)



Διάγραμμα 2.2 - Διαδικασία αβιοτικής διάσπασης PE, PP, PS μετά την εκκίνηση της φωτοδιάσπασης του δεσμού C-H

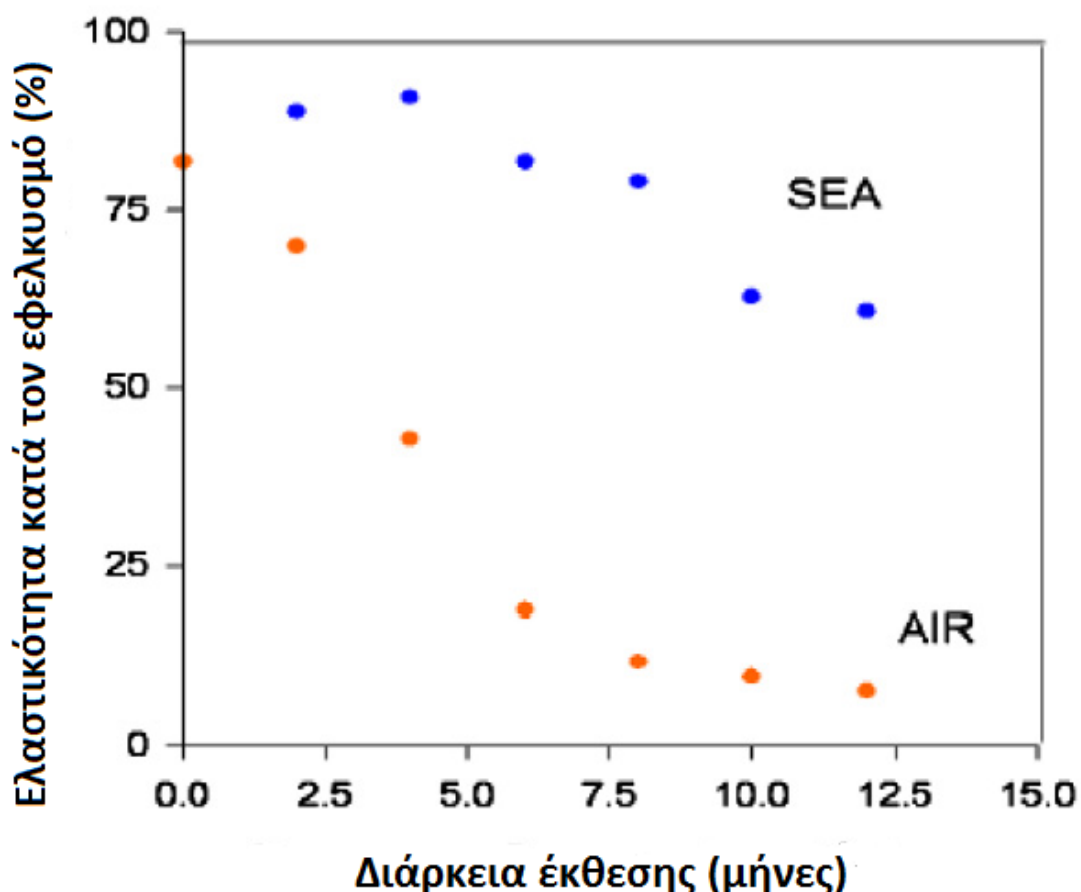
Πηγή: (Gewert, Plassmann, & MacLeod, 2015)

Το πρώτο μέρος του πλαστικού που αποδομείται είναι το επιφανειακό στρώμα (Andrady, 2011). Οι άλλοι τρόποι διάσπασης χωρίς τη χρήση ηλιακού φωτός είναι πολύ αργές διαδικασίες, ενώ η υδρόλυση δε συμβαίνει συνήθως σε θαλάσσιο περιβάλλον (Andrady, 2011, σ. 1599)

Η διάσπαση μεγαλύτερων πλαστικών σε ακτές συμβαίνει πιο γρήγορα λόγω της επίδρασης της θερμοκρασίας, του αλατιού, της υπεριώδους ακτινοβολίας και των κυμάτων. Η οξειδωτική αποικοδόμηση που προκαλείται από το ηλιακό φως επιταχύνεται από τις υψηλές θερμοκρασίες και είναι ταχύτερη σε διαφανή πλαστικά και σε πλαστικά που δεν περιέχουν φίλτρα προστασίας από την ακτινοβολία UV (UV filters). Όταν όμως το πλαστικό επιπλέει στο νερό η διαδικασία επιβραδύνεται σημαντικά καθώς οι θερμοκρασίες είναι αρκετά



μικρότερες, όπως και η συγκέντρωση του απαιτούμενου οξυγόνου. Παράλληλα άλγη ή λύματα προσκολλώνται στην επιφάνεια των πλαστικών εμποδίζοντας την ηλιακή ακτινοβολία, επιβραδύνοντας την περαιτέρω διάσπαση (Andrady, 2011)

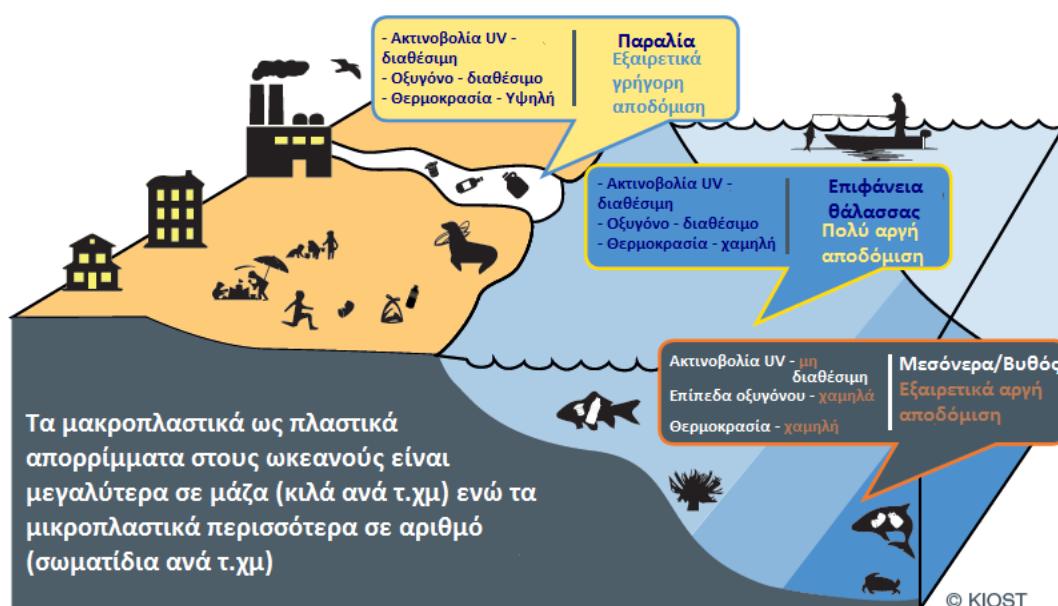


Διάγραμμα 2.3 - Σύγκριση της μείωσης της ελαστικότητας εφελκυσμού (Tensile Extensibility) πλαστικών στον αέρα και στην επιφάνεια της θάλασσας στην πάροδο του χρόνου

Πηγή: (Andrady, 2011, σ. 1598)

Η προσκόλληση ουσιών στην επιφάνεια του πλαστικού μπορεί να οδηγήσει στην αύξηση της πυκνότητάς του σε τιμή μεγαλύτερη από αυτή του θαλάσσιου νερού και να προκαλέσει τη βύθισή του. Αντίθετα η πιθανή διάσπαση των επικαθήμενων ουσιών, ή και μέρους του ίδιου του πλαστικού, μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της πυκνότητας, άρα επιστροφή του στην επιφάνεια. Η συγκεκριμένη κυκλική διαδικασία είναι αρκετά αργή, ενώ πολλές φορές η επίστρωση λυμάτων ή άλγης στο πλαστικό γίνεται σε τέτοιο βαθμό που δεν

επιτρέπει καθόλου τη διάσπαση και προκαλεί τη βύθισή του ακόμα και σε βενθικά οικοσυστήματα (πολύ μεγάλα βάθη) (Andrady, 2011).



Εικόνα 2.5 - Σύγκριση αποδόμισης μικροπλαστικών σε ακτές, στην επιφάνεια της θάλασσας και σε μεγαλύτερα βάθη

Πηγή: (GESAMP, 2015, σ. 4)

Τα περισσότερο δημοφιλή πλαστικά έχουν μεγάλο μοριακό βάρος, της τάξης των δεκάδων χιλιάδων gr/mol, που δεν επιτρέπει τη βιοδιάσπασή τους (Jakubowicz, 2003). Μόνο ολιγομερή με μοριακό βάρος της τάξης των 500 gr/mol μπορούν να βιοδιασπαστούν με ευκολία. Αυτό σημαίνει ότι ακόμα και αν μακροπλαστικά αποδομηθούν σε μικροπλαστικά, η περαιτέρω βιοδιάσπαση είναι πάρα πολύ δύσκολη με δεδομένο ότι πολύ λίγα βακτήρια στη φύση είναι σε θέση να αποδομήσουν πολυμερή. Εξαιρετικά αποτελούν τα βιοπλαστικά που αποτελούνται από κυτταρίνη (cellulose) ή χιτίνη (chitine) (Andrady, 2011). Σε περιβάλλον εργαστηρίου λακτάσες που εκκρίνονταν από το είδος *Actinomyces Rhodococcus ruber* μείωναν κατά 8% το μοριακό βάρος βιοπλαστικών σε 30 ημέρες (Gilan, Hadar, & Sivan, 2004). Τα συγκεκριμένα βακτήρια όμως δεν υπάρχουν σε ικανές συγκεντρώσεις στο έδαφος ή σε θαλάσσια περιβάλλοντα (Andrady, 2011).

Ιδανικά κατά την αποδόμηση θα έπρεπε τα άτομα άνθρακα που περιλαμβάνει ένα πολυμερές να μετατρέπονται πλήρως σε CO<sub>2</sub>, νερό και βιομάζα (μεταλλοποίηση) (Munoz-Pineiro, 2018)

Ακόμα όμως και με τον εμπλουτισμό σε ουρία, φωσφορικά άλατα και ενεργές καλλιέργειες μικροβίων και παρά την ύπαρξη ιδανικών συνθηκών εργαστηρίου που δεν υπάρχουν στο χώμα ή στο νερό, η διαδικασία μετατροπής σε CO<sub>2</sub> είναι πάρα πολύ αργή. Τυχόν προηγούμενη φωτοδιάσπαση του πλαστικού δείχνει επίσης να επιταχύνει ελάχιστα τη διαδικασία (Andrady, 2011) και δεν μπορεί να επιτευχθεί πλήρης διάσπαση καθώς απαιτούνται θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 50 °C οι οποίες δεν υπάρχουν στις θάλασσες (Munoz-Pineiro, 2018). Ακόμα όμως και σε πλαστικά που βρίσκονται σε ακτές, όπου και επιδρά και η μεγάλη θερμοκρασία ως παράγοντας αποδομώντας την επιφάνεια του πλαστικού, η πλήρης διάσπαση δύσκολα μπορεί να γίνει σε διάστημα μικρότερο της τάξης μερικών ετών (Andrady, 2011). Έτσι είναι αναπόφευκτη η συσσώρευσή τους στο περιβάλλον καθώς δεν υπάρχουν μέθοδοι ανάκτησης τους εφόσον διαφύγουν (NSW EPA, 2016)

## **2.4 Μέθοδοι ανίχνευσης μικροπλαστικών σε υδατικά οικοσυστήματα**

### **2.4.1 Νερό**

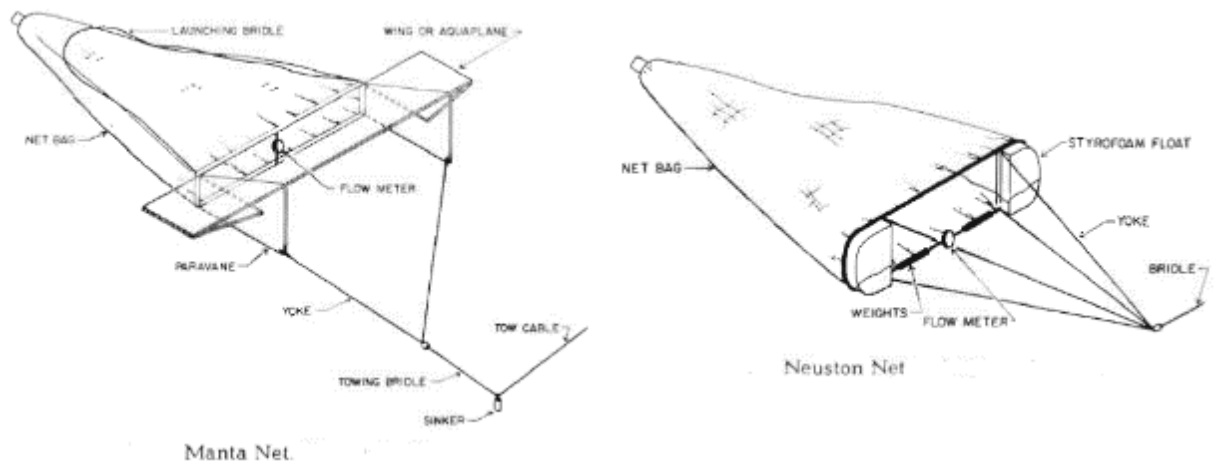
Σχετικά σπάνια λαμβάνονται αφιλτράριστα δείγματα νερού για ανίχνευση μικροπλαστικών (Duis & Coors, 2016). Συνήθως χρησιμοποιείται μέθοδος η οποία φιλτράρει κατά τη δειγματοληψία τα μεγαλύτερου μεγέθους σωματίδια. Οι προσπάθειες των επιστημόνων επικεντρώνονται κατά κόρον στη συλλογή δειγμάτων από την επιφάνεια της θάλασσας καθώς τα περισσότερα μικροπλαστικά επιπλέουν λόγω μικρότερης πυκνότητας από το θαλάσσιο νερό (1,2 gr/ml) (Duis & Coors, 2016).

Για τη δειγματοληψία νερού από την επιφάνεια χρησιμοποιούνται:

- Δίχτυα manta (manta nets)
- Δίχτυα neuston (neuston nets)

(Rocha-Santos & Duarte, 2015).

Τα δίχτυα manta πήραν την ονομασία τους από το σαλάχι (manta ray) του οποίου το σώμα αντιγράφουν για να συγκρατήσουν μικροσωματίδια, ενώ τα neuston nets σχεδιάστηκαν για την συλλογή πλαγκτόν από την επιφάνεια των θαλασσών δίνοντας την ονομασία τους στα δίχτυα αυτού του τύπου. Τα manta nets έχουν το πλεονέκτημα της συνεχούς δειγματοληψίας από την επιφάνεια σε αντίθεση με τα neuston nets που σε μεγάλο κυματισμό αναγκαστικά παίρνουν δείγματα και από μεγαλύτερο βάθος (Brown & Cheung, 1981). Ο συγκριτικός σχεδιασμός των δύο δικτύων φαίνεται στην Εικόνα 2.6:



Εικόνα 2.6 - Σχηματική απεικόνιση manta net και neuston net για τη συλλογή μικροπλαστικών από την επιφάνεια του νερού

Πηγή: (Brown & Cheung, 1981)

Το μέγεθος των οπών των χρησιμοποιούμενων δικτύων είναι μεταξύ 300  $\mu\text{m}$  και 3 mm (Bouwmeester, Hollman, & Peters, 2015), αλλά συνήθως χρησιμοποιούνται δίχτυα με οπές διαμέτρου 300 με 390  $\mu\text{m}$  (Duis & Coors, 2016). Όσο πιο μικρές οι οπές τόσο πιο αξιόπιστη η δειγματοληψία καθώς το επιστημονικό και πολιτειακό ενδιαφέρον επικεντρώνεται τελευταία στις επιδράσεις των μικροπλαστικών μικρότερων μεγεθών (Bouwmeester, Hollman, & Peters, 2015).

Προτείνεται το περαιτέρω φιλτράρισμα των συλλεχθέντων δειγμάτων με ειδικά πλέγματα και όχι η διαλογή του δείγματος των μικροσωματιδίων με το γυμνό μάτι. Γενικά έχει παρατηρηθεί ότι οι έρευνες που χρησιμοποίησαν δύο

στάδια φιλτραρίσματος εντόπισαν μικρότερου μεγέθους μικροπλαστικά (Duis & Coors, 2016).

Η σημερινή τεχνολογία δεν παρέχει τη δυνατότητα αιχμαλώτισης νανοπλαστικών (<100nm) στο νερό, άρα δεν υπάρχουν επιστημονικά δεδομένα για την παρουσία τους στους ωκεανούς ή σε ποτάμια ή λίμνες (Bouwmeester, Hollman, & Peters, 2015)

#### 2.4.2 Ιζήματα (Βυθός)

Για να ληφθεί δείγμα από ιζήματα απαιτείται ειδικός εξοπλισμός όπως αρπάγες ή δράγες (grab samplers) (Botsouet al., 2016) ή υπερβενθικούς δειγματολήπτες (hyperbenthos sledges) (Κουλούρη και συν., 2006) για μικρότερα ή μεγαλύτερα βάθη αντίστοιχα (Duis & Coors, 2016)



Εικόνα 2.7 - Συσκευές δειγματοληψίας από βυθό

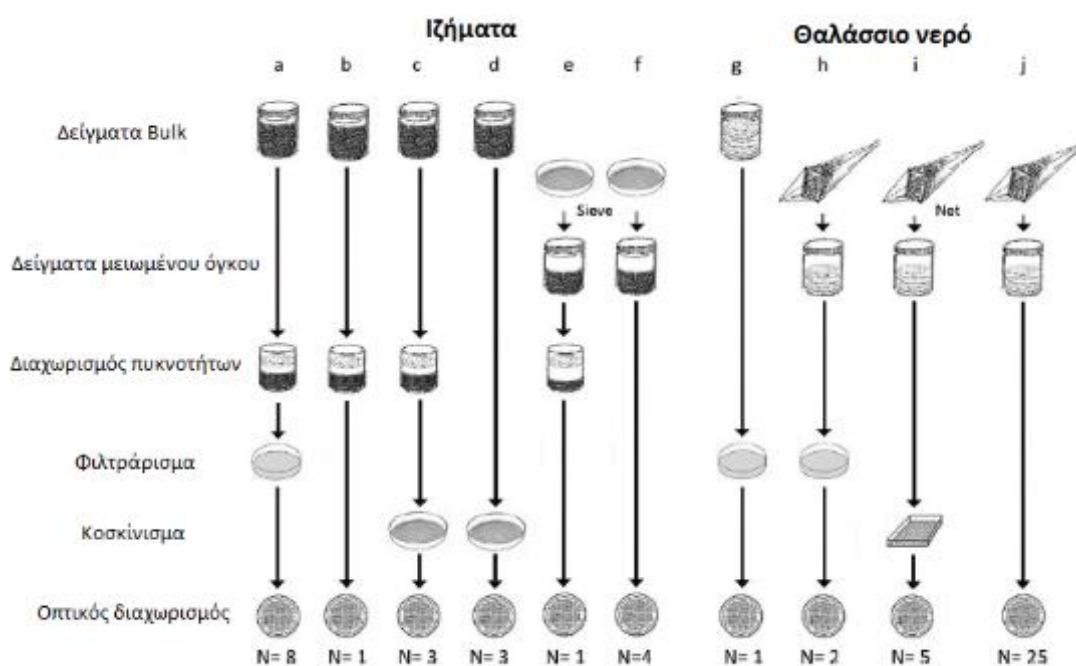
Πηγή:

[http://marinespecies.org/introduced/wiki/Sampling\\_tools\\_for\\_the\\_marine\\_environment](http://marinespecies.org/introduced/wiki/Sampling_tools_for_the_marine_environment)

Η άμμος ή τα υλικά του βυθού έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα (περίπου 2,65 gr/cm<sup>3</sup>) από τα μικροπλαστικά (0,8 με 1,4 gr/cm<sup>3</sup>) (Bouwmeester, Hollman, & Peters, 2015) (Duis & Coors, 2016). Η διαφορά αυτή πυκνότητα αξιοποιείται για το διαχωρισμό των υλικών με την ανάμειξη του ιζήματος με πόσιμο νερό (πυκνότητα 1 gr/cm<sup>3</sup>) (Bouwmeester, Hollman, & Peters, 2015) ή άλλα διαλύματα αλάτων.

Τα μικροσωματίδια πολυστυρολίου (PS) και πολυπροπυλενίου (PP) λόγω μικρότερης πυκνότητας επιπλέουν σε πόσιμο (πυκνότητα: 1 g/cm<sup>3</sup>) ή θαλάσσιο

νερό (πυκνότητα:  $1,2 \text{ g/cm}^3$ ), ενώ το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) και το τereφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET) σε πολυδενστανικό νάτριο (SPT) (πυκνότητα:  $1,4 \text{ g/cm}^3$ ) αντίστοιχα (Andrady, 2011). Το τελικό αλατούχο διάλυμα κοσκινίζεται ή υφίσταται διήθηση (Duis & Coors, 2016). Η χημική επεξεργασία όμως μπορεί να οδηγήσει σε μερική ή πλήρη αποδόμηση των μικροπλαστικών, γι' αυτό προτείνεται η πέψη (digestion) του οργανικού υλικού με ενζυματικές μεθόδους με τη χρήση πρωτεΐνάσης, κυτταρινάσης, λιπάσης και χιπινάσης (Duis & Coors, 2016, σ. 3)



Διάγραμμα 2.4 - Στάδια που ακολουθήθηκαν κατά τη δειγματοληψία μικροπλαστικών σε ιζήματα και θαλάσσια ύδατα και πλήθος ερευνών που τα ακολούθησαν

Πηγή: (Hidalgo-Ruz et al., 2012)

Δεν έχουν αναφερθεί ειδικές μέθοδοι απομόνωσης νανοπλαστικών από ιζήματα. Οι ερευνητές υποθέτουν ότι μπορεί να εφαρμοστούν οι ίδιες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την απομόνωση νανοσωματιδίων μετάλλων ή οξειδίων μετάλλου, όπως του διοξειδίου του τιτανίου ( $\text{TiO}_2$ ) (Bouwmeester, Hollman, & Peters, 2015). Κάθε προσπάθεια όμως απομόνωσης νανοσωματιδίων από ιζήματα δεν έχει ιδιαίτερη απόδοση λόγω απορρόφησης των νανοσωματιδίων από την άμμο ή το χώμα (Whitley et al., 2013).

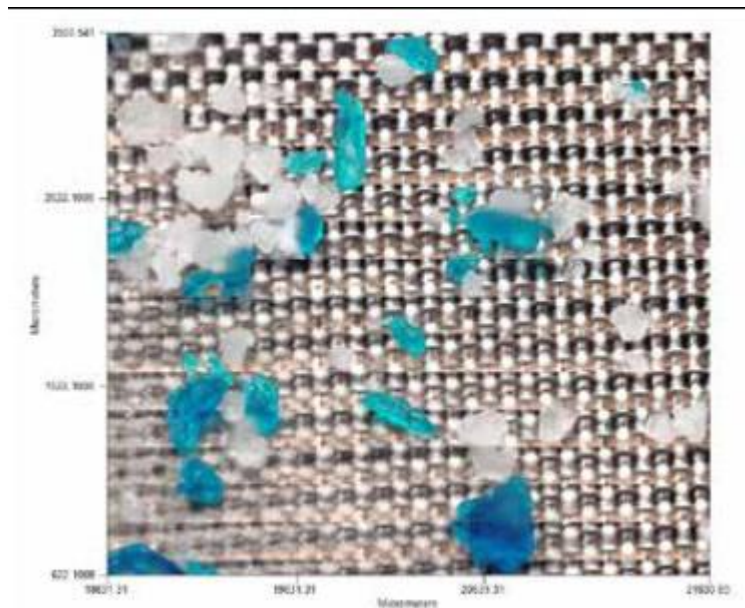
### 2.4.3 Υδρόβιοι οργανισμοί (biota)

Για την απομόνωση των μικροπλαστικών από τους υδρόβιους οργανισμούς χρησιμοποιούνται μέθοδοι κατεργασίας με τα εξής αντιδραστήρια:

- Οξέα όπως νιτρικό οξύ (69% HNO<sub>3</sub>) ή υδροχλωρικό οξύ (HCl)
- Βάσεις όπως καυστικό νάτριο (NaOH) ή καυστικό κάλιο (30% KOH)
- Υπεροξειδία όπως υπεροξειδίο του υδρογόνου (30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)
- Μείγματα των παραπάνω

Τα αντιδραστήρια αυτά χρησιμοποιούνται μαζί με πρωτεΐνάσες ως ενζυματική μέθοδο για να εξάγουν μικροπλαστικά από τον γαστρεντερικό σωλήνα ψαριών. (Claessens et al., 2013, Bouwmeester, Hollman, & Peters, 2015, Duis & Coors, 2016). Όπως και στα δείγματα νερού, ο διαχωρισμός των μικροσωματιδίων σε διάφορα μεγέθη γίνεται με ειδικά φίλτρα με πόρους από 1 έως και 1,6 μm ή πλέγματα με οπές μεταξύ 0,038 και 4,75 mm (Bouwmeester, Hollman, & Peters, 2015).

Οι Bouwmeester, Hollman, & Peters (2015) επισημαίνουν ότι δεν περιγράφονται στη βιβλιογραφία ειδικές μέθοδοι για το διαχωρισμό νανοπλαστικών από οργανικά υπολείμματα ή οργανισμούς. Όπως και με τα ιζήματα μπορούν να εφαρμοστούν οι ίδιες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή νανοσωματιδίων μετάλλων και οξειδίων των μετάλλων με τις ίδιες χημικές και ενζυματικές μεθόδους που χρησιμοποιούνται για τα μικροπλαστικά (Bouwmeester, Hollman, & Peters, 2015, σ. 8938).

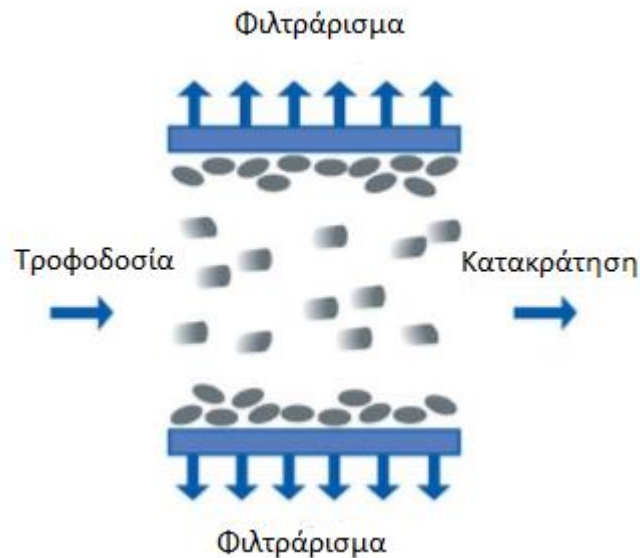


Εικόνα 2.8 - Μικροπλαστικά που έχουν συλληχθεί σε πλέγμα

Πηγή: (Robertson, 2015)

Ο διαχωρισμός των νανοσωματιδίων από άλλα μικροσωματίδια, επιτυγχάνεται πάρα πολύ δύσκολα όταν γίνεται προσπάθεια φιλτραρίσματος του συνολικού δείγματος με μία κίνηση (Dead Flow Filtration – DFF) καθώς υπάρχει η περίπτωση να βουλώσουν οι οπές ή να πολωθεί η συγκέντρωση του δείγματος ή να συμβεί κάποια άλλη αλληλεπίδραση με την μεμβράνη του ίδιου του φίλτρου (Bouwmeester, Hollman, & Peters, 2015). Εναλλακτικά προτείνεται η μέθοδος Εγκάρσιας (Εφαπτομενικής) Ροής (Tangential Flow Filtration - TFF) η οποία αποκαλείται και διασταυρούμενης ροής (cross flow filtration) όπου η τροφοδοσία γίνεται παράλληλα με την επιφάνεια της μεμβράνης. Ένα τμήμα διαπερνά τη μεμβράνη ενώ το υπόλοιπο κατακρατείται και επαναπροωθείται στην τροφοδοσία σε μία κυκλική διεργασία μέχρι να γίνει πλήρης διήθηση. Η μέθοδος TFF χρησιμοποιείται κατ' εξοχήν στα μικροβιολογικά εργαστήρια για το διαχωρισμό βιομορίων και βρίσκει εφαρμογή στην ανοσολογία, χημεία πρωτεϊνών, μοριακή βιολογία, βιοχημεία κα (PALL, χχ).





Διάγραμμα 2.5 - Μέθοδος Tangential Flow Filtration (TFF) για το φιλτράρισμα νανοσωματιδίων

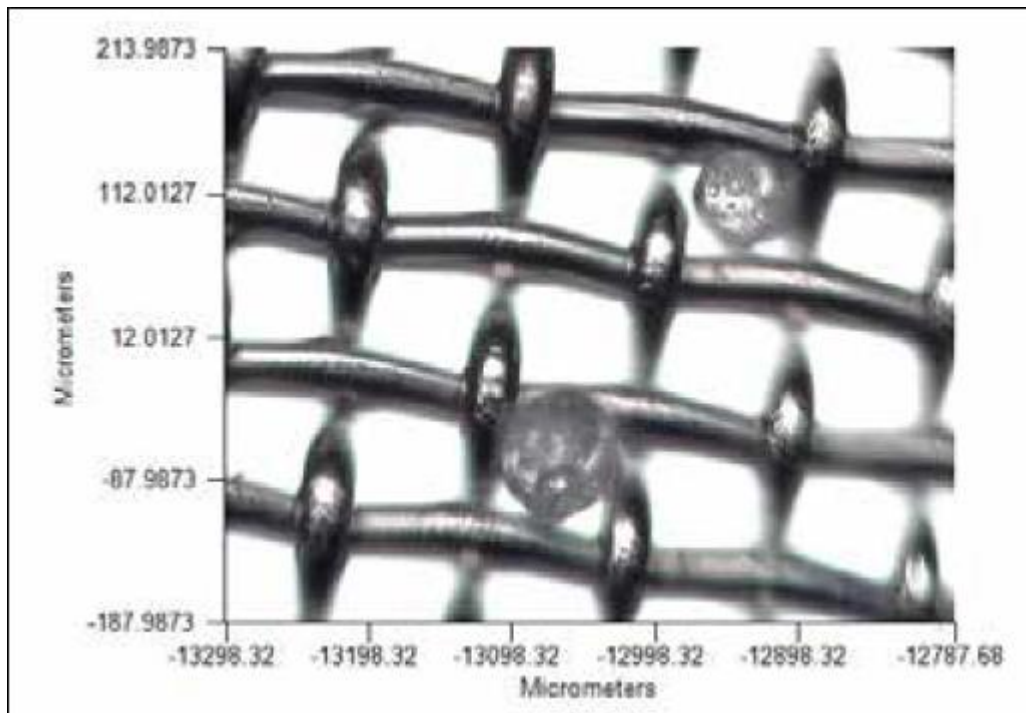
## 2.5 Εντοπισμός, μέτρηση μεγέθους, καταμέτρησης και ταυτοποίηση μικροπλαστικών

Αφού απομονωθούν τα μικροσωματίδια είναι αναγκαία η οπτική εξέταση του δείγματος ώστε να γίνει διαχωρισμός των μικροπλαστικών από άλλα μικροσκοπικά υπολείμματα (Bouwmeester, Hollman, & Peters, 2015), (Duis & Coors, 2016). Στα δείγματα μπορεί να περιλαμβάνονται:

- Οργανικά υλικά όπως: σπασμένα κοχύλια, ζωντανοί ιστοί, ξεραμένη ή ζωντανή άλγη, ζωντανοί μικροοργανισμοί κα
- Ανόργανα υλικά όπως: μικροσωματίδια μετάλλου, πίσσας, γυαλιού, μπιγιές, επιχρίσματα κα (Bouwmeester, Hollman, & Peters, 2015)
- Κόκκοι άμμου (Duis & Coors, 2016)

Η διάκριση με γυμνό μάτι ή οπτικό μικροσκόπιο είναι μία πολύ δύσκολη διαδικασία η οποία συνήθως είναι δυνατή μόνο σε μικροσωματίδια μεγαλύτερα του 1mm (Duis & Coors, 2016, σ. 3). Η χρήση ηλεκτρονικού μικροσκοπίου επιβάλλεται στον εντοπισμό των μικρότερων σωματιδίων (Bouwmeester, Hollman, & Peters, 2015, σ. 8938) ενώ διαφανή ή λευκά μικροσωματίδια

διακρίνονται μόνο με μικροσκοπία φθορισμού ώστε να επιβεβαιωθεί ότι δεν υπάρχει κυτταρική δομή (Duis & Coors, 2016, σ. 3)



Εικόνα 2.9 - Μεγέθυνση *microbeads* που περιέχονται σε απολεπιστικό σώματος (*body scrub*) μέσω ηλεκτρονικού μικροσκοπίου

Πηγή: (Robertson, 2015)

Τα μικροπλαστικά περιγράφονται με βάση:

- Την πηγή
- Τον τύπο
- Το σχήμα
- Τη διάβρωση και
- Το χρώμα

(Hidalgo-Ruz et al., 2012, σ. 3064)

Πίνακας 2.3 - Τρόποι περιγραφής των μικροπλαστικών που έχουν καταγραφεί στη βιβλιογραφία

Κατηγορίες	
<b>Πηγές</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Θραύσματα προϊόντων</li><li>• ακατέργαστα βιομηχανικά σφαιρίδια</li></ul>
<b>τύπος</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Πλαστικά θραύσματα</li><li>• Σφαιρίδια</li><li>• νήματα (filaments)</li><li>• πλαστικές μεμβράνες (films)</li><li>• αφρώδη πλαστικά, κόκκοι και φενιζόλ (styrofoam)</li></ul>
<b>σχήμα</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Σφαιρίδια<ul style="list-style-type: none"><li>* Κυλινδρικά</li><li>* δισκοειδή, επίπεδα, ωοειδή, σφαιροειδή</li></ul></li><li>• Θραύσματα<ul style="list-style-type: none"><li>* στρογγυλεμένα</li><li>* ελαφρώς στρογγυλεμένα (subrounded)</li><li>* γωνιώδη (angular)</li><li>* ελαφρώς γωνιώδη (subangular)</li></ul></li><li>• Γενικά<ul style="list-style-type: none"><li>* ακανόνιστα</li><li>* επιμήκη (elongated)</li><li>* τραχιά (rough)</li></ul></li></ul>
<b>διάβρωση</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• αλλοίωση<ul style="list-style-type: none"><li>* πρόσφατη</li><li>* οφειλόμενη στον καιρό</li><li>* απροσδιόριστη</li></ul></li><li>• κατάσταση επιφανείας (κογχοειδή θραύσματα)<ul style="list-style-type: none"><li>* οφειλόμενη στον καιρό</li><li>* αυλακώσεις</li><li>* ακανόνιστη</li><li>* ημιπαράλληλες κορυφογραμμές</li></ul></li><li>• διάβρωση μεγάλου βαθμού</li></ul>
<b>χρώμα</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• διαφανές</li><li>• αδιάφανο</li><li>• κρυσταλλικό</li><li>• με συγκεκριμένο χρώμα (άσπρο, κρεμ, κόκκινο, πορτοκαλί, μπλε, μαύρο, γκρίζο, καφέ, πράσινο, ροζ, κίτρινο)</li><li>• μαυρισμένο</li><li>• χρωματισμένο</li></ul>

Πηγή: (Hidalgo-Ruz et al., σ. 3064)



Εικόνα 2.10 - Απομόνωση *microbeads* σε ειδικό δοχείο

Πηγή: <http://www.rinnovabili.it/ambiente/faidafiltro-microplastiche-mare-legge/>

### **Μέτρηση μεγέθους**

Στις περισσότερες έρευνες για την μέτρηση του μεγέθους των μικροπλαστικών χρησιμοποιείται ένα laser μικρομετρητής (particle size laser). Η περίθλαση της ακτίνας του laser η οποία προσπίπτει πάνω στα μικροσωματίδια δίνει πληροφορίες για τις γεωμετρικές τους διαστάσεις (Napper et al., 2015, Kalcikova et al., 2017b), ενώ σε άλλες έρευνες γίνεται διήθηση υπό διάφορα φίλτρα με πόρους από 1 έως 1,6  $\mu\text{m}$  ή πλέγματα με πόρους από 0,038 έως 4,75 mm η η οποία επιτυγχάνει διαχωρισμό των υλικών (Bouwmeester, Hollman, & Peters, 2015). Για την αποφυγή δημιουργίας συσσωματωμάτων μπορεί να εφαρμοστεί έκπλυση με απιονισμένο νερό και 0,1% sodium dodecyl sulfates (Kalcikova et al., 2017b). Σε κάθε περίπτωση το μέγεθος δεν μπορεί να αποτυπωθεί σε απόλυτες τιμές αλλά σε εύρος (size bands) (Bouwmeester, Hollman, & Peters, 2015, Napper et. al, 2015)

### **Καταμέτρηση**

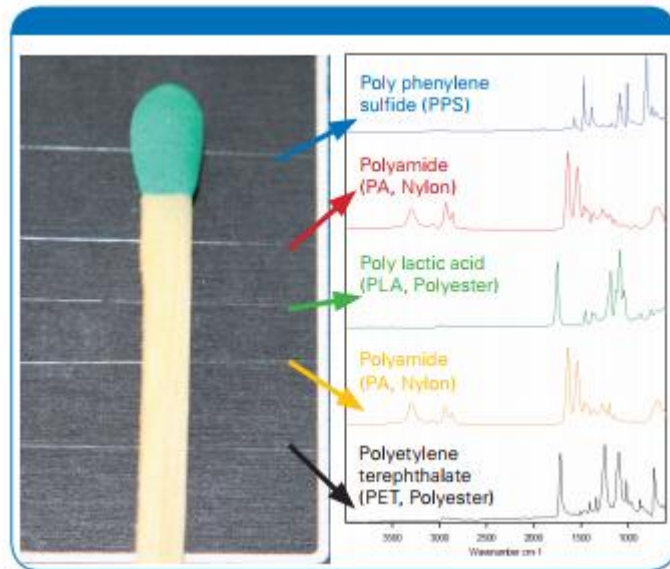
Η καταμέτρηση των σωματιδίων εξαρτάται από την προέλευση του δείγματος για παράδειγμα αν προέρχεται από το περιβάλλον ή από κάποιο προϊόν (καλλυντικό) κα. Συνήθως σε έρευνες στο περιβάλλον, σε μία μικρή

δειγματοληψία τα ανιχνευόμενα σωματίδια είναι πεπερασμένα σε αριθμό και μπορούν να καταμετρηθούν με περισσότερη ευκολία. Σε δείγματα νερού η ποσότητα εκφράζεται ως γραμμάρια μικροπλαστικών ανά τετραγωνικό μέτρο, σε οργανισμούς ποσότητα μικροπλαστικών ανά οργανισμό (Bouwmeester, Hollman, & Peters, 2015).

Σε έρευνες σε καλλυντικά με microbeads, όπου οι ποσότητες των ανιχνευόμενων μικροπλαστικών είναι τεράστιες, δεν είναι δυνατή η μέτρηση των μικροπλαστικών ένα ένα, αλλά η καταμέτρηση επιτυγχάνεται με την μέτρηση της συνολικής μάζας, του όγκου και της πυκνότητας των μικροπλαστικών, κάνοντας την παραδοχή ότι τα microbeads έχουν σχήμα απόλυτα σφαιρικό. Το αποτέλεσμα συνήθως εκφράζεται σε αριθμό μικροπλαστικών ανά προϊόν (Napper et al., 2015, Kalcikova, Zgajnar Gotvajn, & Jemec, 2017)

### **Ταυτοποίηση**

Αν το δείγμα προέρχεται από το περιβάλλον, οι φυσικοχημικές ιδιότητες του πλαστικού π.χ. πυκνότητα, που θα επέτρεπαν και την ταυτοποίησή του είναι πολλές φορές δύσκολο να προσδιοριστούν, διότι μπορεί να έχει προέλθει μερική ή πλήρης αποδόμησή του (Duis & Coors, 2016). Ακόμα και με τη χρήση ηλεκτρονικού μικροσκοπίου δεν μπορεί να βεβαιωθεί ότι το υπόλειμμα αφορά μικροπλαστικά καθώς σε πολλές έρευνες μικροσκοπικά σωματίδια που είχαν μεγάλη ομοιότητα με μικροπλαστικά αποδείχθηκε ότι αφορούσαν πυριτικά αργίλια από τέφρα άνθρακα (Eriksen et al., 2013, Murphy et al., 2016).



Εικόνα 2.11 - Αποτέλεσμα υπέρυθρης φασματοσκοπίας συνθετικών ινών που με γυμνό μάτι ή μικροσκόπιο μοιάζουν καταπληκτικά μεταξύ τους

Πηγή: [https://www.bruker.com/fileadmin/user\\_upload/8-PDF-Docs/OpticalSpectroscopy/FT-IR/LUMOS/AN/AN102\\_LUMOS\\_identification\\_fibers\\_EN.pdf](https://www.bruker.com/fileadmin/user_upload/8-PDF-Docs/OpticalSpectroscopy/FT-IR/LUMOS/AN/AN102_LUMOS_identification_fibers_EN.pdf)

Απαιτείται επομένως περαιτέρω ανάλυση για την ανίχνευση της χημικής σύνθεσης των μικροσωματιδίων ώστε να μπορούν να αποδοθούν σε μικροπλαστικά (Duis & Coors, 2016). Για την ανάλυση της μορφολογίας της επιφάνειας, της σύνθεσης και της συγκέντρωσης των μικροπλαστικών χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες τεχνικές:

- Ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (Scanning electron microscopy - SEM)
- Φασματοσκοπία υπέρυθρου αντίστροφου μετασχηματισμού κατά Fourier (Fourier Transform Infrared Spectroscopy - FT-IR)
- Πυρόλυση-αέρια χρωματογραφία-φασματοσκοπία μάζας (pyrolysis-gas chromatography-mass spectrometry - Pyr-GC-MS)
- Φασματοσκοπία Raman (Raman spectroscopy)

και συνδυαστικές τεχνικές:

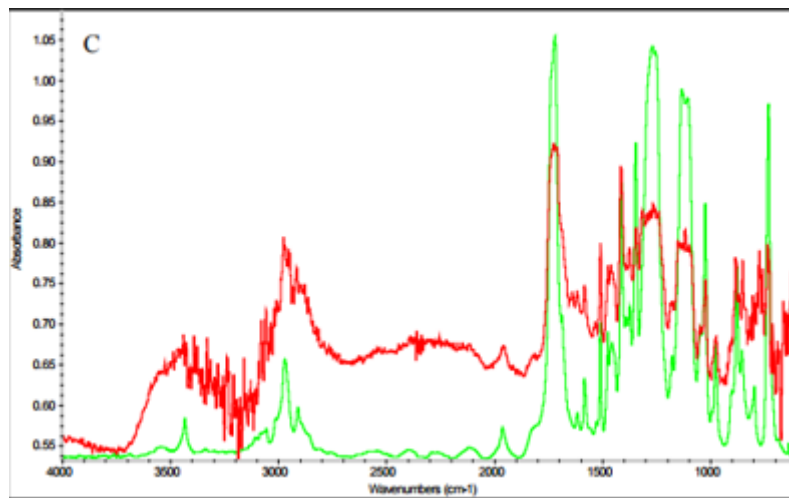
- Ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (Scanning electron microscopy) μαζί με Ενεργειακή διασπορά στην ανάλυση φθορισμού ακτίνων Χ (Energy-dispersive X-ray Spectroscopy - SEM-EDS)

- Ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης περιβάλλοντος (Environmental scanning electron microscopy) μαζί με Ενεργειακή διασπορά στην ανάλυση φθορισμού ακτίνων Χ (Energy-dispersive X-ray Spectroscopy - SEM-EDS)

(Rocha-Santos & Duarte, 2015)

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή συνιστά τη χρήση φασματοσκοπίας Raman ή φασματοσκοπία αντίστροφου μετασχηματισμού Fourier (FTIR) για όλα τα σωματίδια μεταξύ 20 και 100  $\mu\text{m}$  και για το 5 με 10% των σωματιδίων μεταξύ 100  $\mu\text{m}$  και 5 mm (European Commission, 2013).

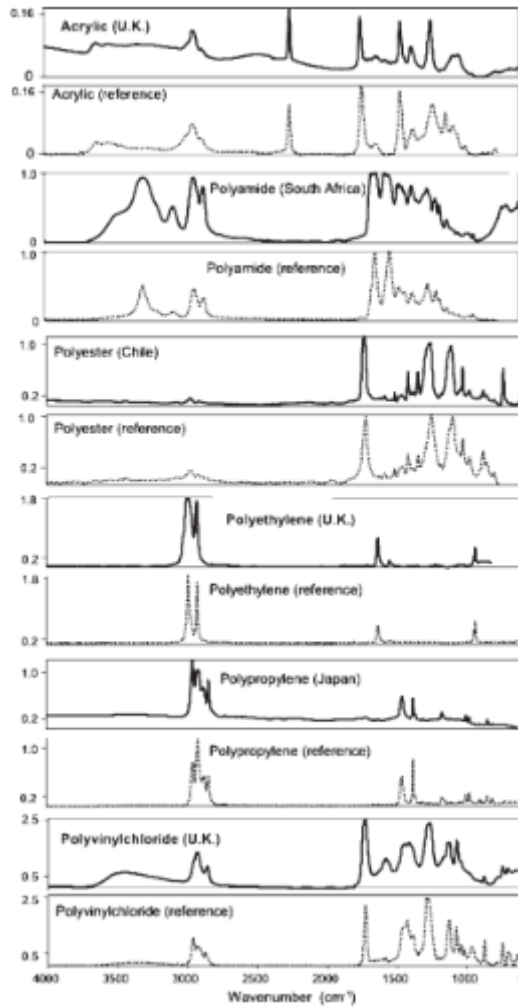
Τα αποτελέσματα συγκρίνονται με την χρήση μίας βιβλιοθήκης φασμάτων συνθετικών πολυμερών (Bouwmeester, Hollman, & Peters, 2015), όπως την Bruker I26933 Synthetic fibres ATR library (Napper et al., 2015) και ταυτοποιείται η πολυμερής χημική ένωση.



Διάγραμμα 2.6 - Σύγκριση της βιβλιοθήκης φασματοσκόπησης polyethylene terephthalate (PET) (πράσινη γραμμή με fiber μικροπλαστικού που εντοπίστηκε σε σύστημα επεξεργασίας αποβλήτων (κόκκινη γραμμή))

Πηγή: Πηγή: (Murphy, Ewins, Carbonnier, & Quinn, 2016)

Στο Διάγραμμα 2.7 φαίνεται συγκριτικά το αποτέλεσμα της FTIR μικροπλαστικών ινών που βρέθηκαν στο περιβάλλον με την αντίστοιχη εικόνα από τη βιβλιοθήκη της εταιρείας Bruker I26933 Synthetic fibres ATR library για τη φασματοσκόπηση πολυμερών



Διάγραμμα 2.7 - Σύγκριση και ταυτοποίηση αποτελεσμάτων FTIR μικροπλαστικών ινών που βρέθηκαν σε θαλάσσιο περιβάλλον σε διάφορες χώρες με τη βιβλιοθήκη Bruker I26933 Synthetic fibres ATR library

Πηγή: (Browne et al., 2011)

Η μόνη σημαντική διαφορά ως προς τα αποτελέσματα μεταξύ των μεθόδων είναι ότι ο συνδυασμός φασματοσκοπίας Raman και ηλεκτρονικού μικροσκοπίου έχει καλύτερη ανάλυση (Song et al., 2015, σ. 208) και δίνει πληροφορίες για την κρυσταλλική δομή του πολυμερούς (Bouwmeester, Hollman, & Peters, 2015) σε σχέση με τον συνδυασμό φασματοσκοπίας FTIR και μικροσκοπικής ανάλυσης (Song et al., 2015)



Πίνακας 2.4 - Μέθοδοι ανίχνευσης της μορφολογίας, της σύνθεσης και της συγκέντρωσης των μικροπλαστικών

Μέθοδος	Διαδικασία	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης <i>Scanning electron microscopy (SEM)</i>	Αλληλεπίδραση ακτίνας ηλεκτρονίων με δείγμα με σκοπό την μέτρηση των δευτερευόντων ιόντων παράγοντας μία δειγματοληπτική εικόνα	Εικόνα υψηλής ανάλυσης – ευκρίνειας	- Μπορεί να χρειαστεί επίστρωση (coating) - Καταστρέφει το δείγμα - Φαινόμενα φορτίου
Φασματοσκοπία υπέρυθρου αντίστροφου μετασχηματισμού κατά Fourier <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)</i>	Συλλογή φάσματος κατά την λειτουργία μετάδοσης, ανάκλασης ή εξασθενημένης ολικής ανάκλασης	- Ειδικό λογισμικό επιτρέπει την απεικόνιση των δειγμάτων και την αναπαράσταση ενός τμήματος του φάσματος - Δε χρειάζεται καμία ειδική προετοιμασία	- Κατάλληλη για ποιοτική και όχι ποσοτική ανάλυση
Πυρόλυση-αέρια χρωματογραφία-φασματοσκοπία μάζας <i>Pyrolysis-gas chromatography-mass spectrometry (Pyr-GC-MS)</i>	Το δείγμα θερμαίνεται έως την τελική αποδόμησή του (πυρόλυση) και τα προϊόντα διαχωρίζονται με χρωματογραφία αερίου Τα προϊόντα ανιχνεύονται με φασματομετρία μάζας	- Ανάλυση πλαστικών χωρίς τη χρήση διαλυτών άρα απαλλαγμένη από προσμείξεις - Κατάλληλη για ποσοτική ανάλυση	- Καταστρέφει το δείγμα - Απαιτείται σύστημα θερμικής εκρόφησης
Φασματοσκοπία Raman <i>Raman Spectroscopy</i>	Μία ακτίνα laser διεγείρει το πλέγμα μεταξύ μορίων Δίνει πληροφορίες για τους δεσμούς μέσα στο υλικό και για τη δομή των μορίων	- Μπορεί να εφαρμοστεί σε μεγάλο εύρος υλικών χωρίς να έρχεται σε επαφή με το δείγμα - Δεν προκαλεί καταστροφές - Δεν απαιτείται ειδική προετοιμασία εκτός από καθαρισμό του δείγματος	- Χρωματισμένα μικροπλαστικά παρεμποδίζουν τις μετρήσεις και αντί να απεικονιστεί το φάσμα του πλαστικού να απεικονίζεται το φάσμα του χρώματος
Συνδυασμός ηλεκτρονικής μικροσκοπίας σάρωσης ( <i>Scanning electron microscopy</i> ) με Ενεργειακή διασπορά στην ανάλυση φθορισμού ακτίνων Χ ( <i>Energy-dispersive X-ray Spectroscopy - SEM-EDS</i> )	Περίθλαση και ανάκλαση της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από την επιφάνεια των μικροπλαστικών	- Χημικός και μορφολογικός χαρακτηρισμός των σωματιδίων - κατάλληλη και για ποσοτική ανάλυση - Δεν απαιτείται επίστρωση στο κενό	- η ακρίβεια των μετρήσεων επηρεάζεται από τη φύση του υλικού
Συνδυασμός ηλεκτρονικής μικροσκοπίας σάρωσης περιβάλλοντος ( <i>Environmental scanning electron microscopy</i> ) με Ενεργειακή διασπορά στην ανάλυση φθορισμού ακτίνων Χ ( <i>Energy-dispersive X-ray Spectroscopy - SEM-EDS</i> )	Περίθλαση και ανάκλαση της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από την επιφάνεια των μικροπλαστικών	- Πληροφορίες για τα στοιχεία που απαρτίζουν τα μικροσωματίδια - Πληροφορίες για την επιφάνεια των μικροπλαστικών - Δεν χρειάζεται καμία ειδική προετοιμασία ή παρατηρούνται φαινόμενα φορτίου	- η ακρίβεια των μετρήσεων επηρεάζεται από τη φύση του υλικού

Πηγή: (Rocha-Santos & Duarte, 2015)

## Εντοπισμός και Ταυτοποίηση Νανοπλαστικών

Λόγω του μικρού μεγέθους των νανοπλαστικών απαιτείται μεγάλης κλίμακας μεγέθυνση η οποία μειώνει την ανάλυση που επιτυγχάνει το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο και οι φασματοσκοπικές μέθοδοι, δυσκολεύοντας τον εντοπισμό των νανοσωματιδίων (matrix effect). Ερευνητές έχουν προσπαθήσει να χρησιμοποιήσουν φθορισμοφόρα νανοσωματίδια ώστε να τα εντοπίσουν αργότερα σε ιστούς, αλλά οι ίδιοι οι ιστοί έχουν αυτόματο φθορισμό που δεν επιτρέπει το διαχωρισμό. Η υπέρυθη φασματοσκοπία ή η φασματοσκοπία Raman δεν είναι δυνατή σε νανοσωματίδια και έχουν προταθεί κατά καιρούς μέθοδοι όπως:

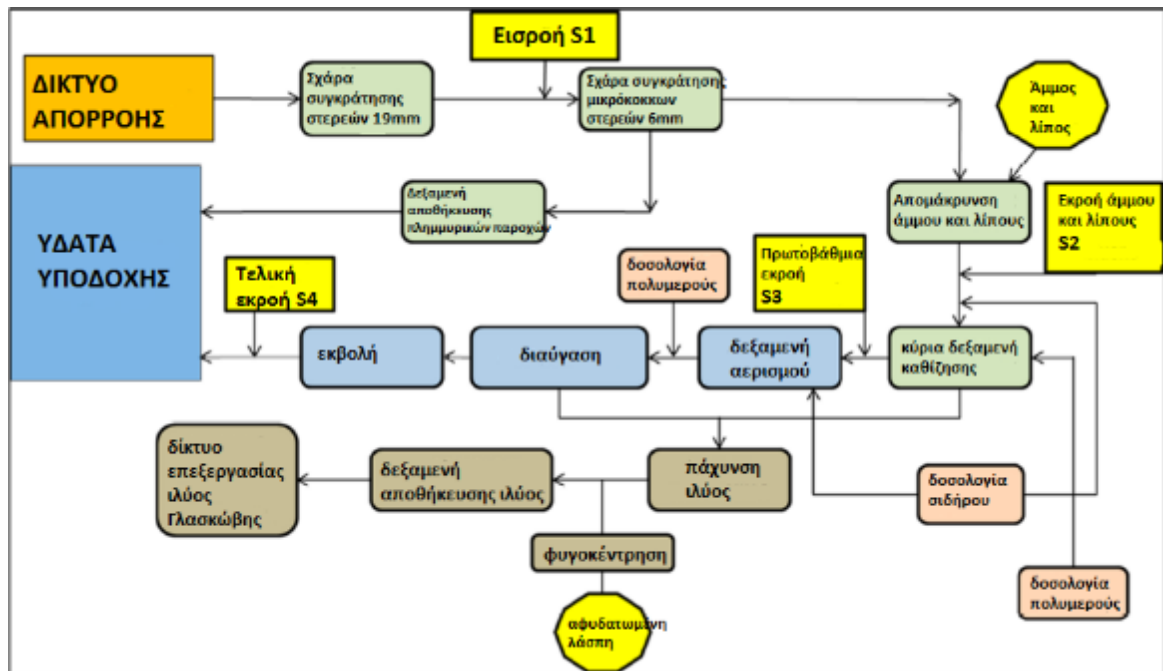
- Ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (Scanning electron microscopy - SEM) μαζί με Ενεργειακή διασπορά στην ανάλυση φθορισμού ακτίνων Χ (Energy dispersive X-ray spectrometry - EDX)
- Ηλεκτρονική μικροσκοπία διαπερατότητας (Transmission electron microscopy) κα

(Bouwmeester, Hollman, & Peters, 2015, σ. 8938)

## **2.6 Μέθοδοι ανίχνευσης μικροπλαστικών σε συστήματα Επεξεργασίας Αποβλήτων**

Η μεθοδολογία για την ανίχνευση μικροπλαστικών σε ένα σύστημα επεξεργασίας αποβλήτων εξαρτάται από την ίδια τη δομή του συστήματος, αν είναι για παράδειγμα δύο ή τριών σταδίων και από τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία (Kalcikova et al., 2017b). Κύριο ερευνητικό ερώτημα είναι ο υπολογισμός των μικροπλαστικών που διαφεύγουν σε κάθε στάδιο και στο περιβάλλον, ώστε να υπολογιστεί η αποτελεσματικότητα του συστήματος να συγκρατεί μικροσωματίδια (Duis & Coors, 2016, Murphy et al., 2016, Kalcikova, et al., 2017b). Ερευνητές έχουν διεξάγει επί τόπου (on site) μετρήσεις (Murphy et al., 2016), ενώ ανακτήθηκε μία έρευνα όπου έγινε μία προσπάθεια προσομοίωσης του συστήματος επεξεργασίας σε συνθήκες εργαστηρίου αναπαράγοντας τις σχάρες και τα φίλτρα κάθε σταδίου, η οποία όμως δεν περιελάμβανε αναλυτική μεθοδολογία (Kalcikova et al., 2017b).

Στο σύστημα επεξεργασίας λυμάτων του ποταμού Clyde της Γλασκώβης έγινε προσπάθεια ανίχνευσης μικροπλαστικών σε 4 διαφορετικά στάδια του συστήματος επεξεργασίας, σε τρεις διαφορετικές μέρες την ίδια περίπου ώρα, ώστε να αυξηθεί η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Παραλείφθηκε το 1<sup>ο</sup> στάδιο επεξεργασίας οι δεξαμενές του οποίου περιέχουν πολύ μεγάλο μέγεθος πλαστικά. Τα σημεία δειγματοληψίας στην ροή των αποβλήτων απεικονίζονται στο Διάγραμμα 2.8 με κίτρινη επισήμανση:

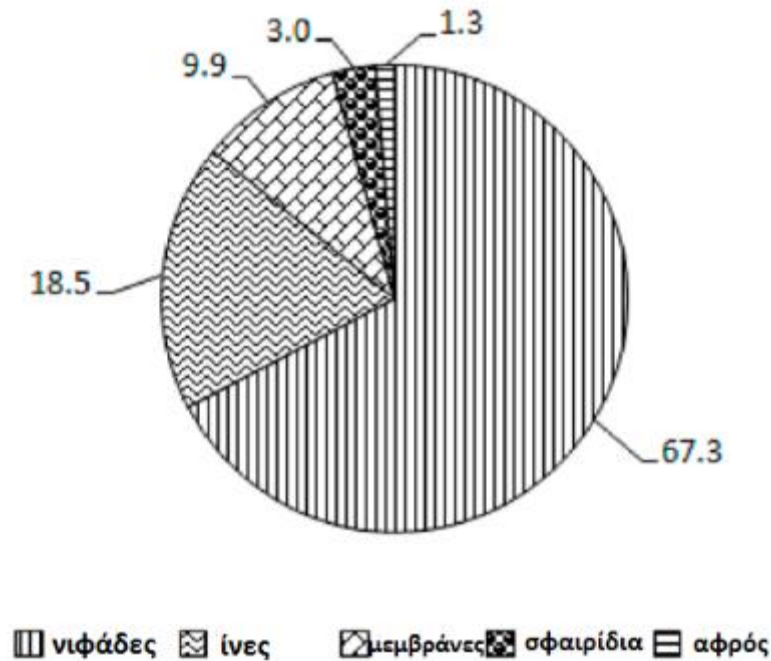


Διάγραμμα 2.8 – Διάγραμμα ροής του συστήματος επεξεργασίας λυμάτων της Γλασκώβης με κίτρινη επισήμανση των σημείων δειματοληψίας

Πηγή: (Murphy et al., 2016)

Η δειματοληψία (σημεία S1, S2, S3, S4) έγινε στο στροβιλώδες ρεύμα εκροής (έξοδος) κάθε σταδίου επεξεργασίας. Ο αρχικός σχεδιασμός ήταν η λήψη 5 δειγμάτων από 10 lt σε κάθε στάδιο με ασάλινους κουβάδες οι οποίοι είχαν προσαρμοσμένα φίλτρα με οπές διαμέτρου 65 μm, αλλά οι μεγάλες ποσότητες αποβλήτων στα στάδια S1, S2 και S3 μπλόκαραν τα φίλτρα και επιτράπη η λήψη συνολικά μόνο 30 λίτρων. Στο στάδιο S4 συγκεντρώθηκαν κανονικά 50 lt. Τα δείγματα εκπλύθηκαν με απεσταγμένο νερό και έγινε διήθηση υπό κενό με φίλτρα Whatman με οπές διαμέτρου 11μm. Το αποτέλεσμα της διήθησης μελετήθηκε με στερεοσκοπικό μικροσκόπιο. Η αρχική υπόθεση ήταν ότι όλα τα μικροσωματίδια που εντοπίστηκαν ήταν μικροπλαστικά μέχρι να αποδειχθεί κάποια διαφορετική δομή με τη χρήση FTIR, η οποία θεωρείται η μόνη αξιόπιστη μέθοδος ταυτοποίησης πλαστικών σε απόβλητα.

Τα μικροσωματίδια που προέκυψαν ταξινομήθηκαν με βάση το χρώμα, το μήκος και τον τύπο: ίνες, σφαιρίδια (beads), μεμβράνες (films), νιφάδες (flakes), αφροί (foams).



Διάγραμμα 2.9 - Τύποι μικροπλαστικών που βρέθηκαν στο σύστημα επεξεργασίας λυμάτων της Γλασκώβης

Πηγή: (Murphy, Ewins, Carbonnier, & Quinn, 2016)

Στα σημεία S1, S2, S3 δεν ήταν δυνατή η απομόνωση, επομένως και η ταυτοποίηση όλων των μικροσωματιδίων, λόγω μεγάλης ποσότητας επιπλέοντων αποβλήτων. Για αυτό το λόγο προτιμήθηκε να μην εξεταστεί η επιφάνεια και πάρθηκε δείγμα από κατώτερα μέρη

Για την μέτρηση της αποτελεσματικότητας στη συγκράτηση μικροπλαστικών εξετάστηκε στα τρία πρώτα στάδια ο αριθμός των μικροπλαστικών που κατακρατήθηκαν σε κάθε φίλτρο και έγινε αναγωγή του αριθμού στο σύνολο του κάθε σταδίου.

## 2.7 Μέθοδοι ανίχνευσης μικροπλαστικών και νανοπλαστικών σε καλλυντικά

Στις έρευνες που ανακτήθηκαν με στόχο την ανίχνευση μικροπλαστικών (Fendall & Sewell, 2009, Napper et al., 2015, Cheung & Fok, 2017, Kalcikova et al., 2017b) η νανοπλαστικών (Hernandez, Yousefi, & Tufenkji, 2017) σε καλλυντικά, δεν ακολουθήθηκε η ίδια μεθοδολογία. Προτιμήθηκε να παρουσιαστεί η μέθοδος κάθε έρευνας ξεχωριστά παρόλο που:

- Για τη δειγματοληψία στις περισσότερες έρευνες μελετήθηκαν καθαριστικά προσώπου και η επιλογή των περισσότερων προϊόντων έγινε με τυχαίο τρόπο
- Για το διαχωρισμό των μικροπλαστικών από το υπόλοιπο περιεχόμενο εφαρμόστηκε αραίωση, θέρμανση, φυγοκέντριση και διήθηση
- Για τον εντοπισμό των μικροπλαστικών χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο
- Για την ταυτοποίηση της πλαστικής δομής χρησιμοποιήθηκε υπέρυθρη φασματοσκόπηση (IR spectroscopy) ή υπέρυθρη φασματοσκόπηση αντίστροφου μετασχηματισμού Fourier (FTIR)

Στην έρευνα των Fendall & Sewell (2009), για την απομόνωση των μικροπλαστικών ελήφθησαν 0,5 gr από τέσσερα διαφορετικά προϊόντα καθαρισμού προσώπου που περιείχαν πολυαιθυλένιο και αναμίχθηκαν με 25 gr νερού σε σύριγγα στο στόμιο της οποίας ήταν προσαρμοσμένο ένα φίλτρο μικροκυτταρίνης με πόρους διαμέτρου 8 μm. Η θερμοκρασία που διεξήχθη το πείραμα ήταν 40°C, ώστε το μίγμα να φτάσει σε υδατική φάση, η σύριγγα ανακινήθηκε βίαια για περίπου 1 λεπτό ώστε να γίνει ανάμειξη, και έπειτα πιάστηκε αργά ώστε να βγει το μίγμα από το στόμιο. Τα μικροπλαστικά που συγκεράτηθηκαν από το φίλτρο τοποθετήθηκαν σε μικρά πλαστικά πιατάκια όπου και μετρήθηκε το μέγεθός τους με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο μεγεθύνοντας το δείγμα κατά 40 μέχρι και 100 φορές. Έγινε επανάληψη της διαδικασίας τέσσερις φορές ανά προϊόν. Δεν έγινε προσπάθεια ταυτοποίησης των μικροσωματιδίων με πολυμερή (Fendall & Sewell, 2009).

Οι Napper et al. (2015) ανέλυσαν καθαριστικά προϊόντα προσώπου που περιείχαν πολυαιθυλένιο στην σύνθεσή τους προερχόμενα από έξι διαφορετικές εταιρείες της βρετανικής αγοράς. Κάθε προϊόν ήταν σε υγρή μορφή και σε περιεκτικότητα μεταξύ 120 και 125 ml. Για την εξαγωγή των μικροπλαστικών το κάθε προϊόν αναμείχθηκε με 1 lt βραστού νερού και διυλίστηκε με τη χρήση φίλτρου *Whatman No4* (οπές διαμέτρου 20 με 25 μm). Το τελικό υπόλειμμα αφέθηκε να στεγνώσει και μετρήθηκε το βάρος του με ζυγαριές ακριβείας. Τα μικροπλαστικά από κάθε προϊόν ταυτοποιήθηκαν με

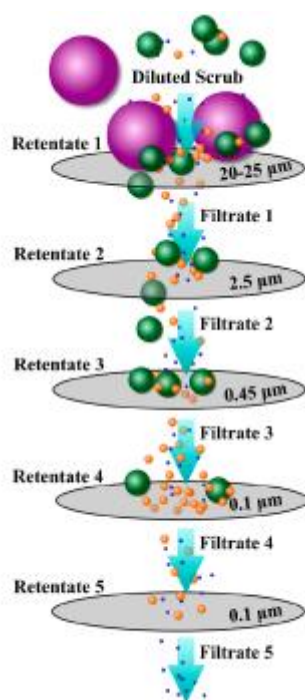
φασματοσκοπία αντίστροφου μετασχηματισμού Fourier (FTIR) χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Το μη πλαστικό υπόλειμμα διαχωρίστηκε από τα μικροπλαστικά με τη χρήση κόσκινων από υφασμένο σύρμα με διάφορα μεγέθη οπών (Napper et al., 2015).

Οι Cheung & Fok (2017) μελέτησαν εννέα (9) διαφορετικά καθαριστικά προσώπου που λανσάρονταν στην κινεζική αγορά τα οποία προέρχονταν από πέντε (5) διαφορετικές χώρες (Κίνα, Ιαπωνία, Νότια Κορέα, Ηνωμένες Πολιτείες και Ευρώπη). Χρησιμοποιήθηκαν διάφορες ποσότητες προϊόντων, από 1 έως 4 gr, για την καλύτερη διασπορά των δειγμάτων οι οποίες διαλύθηκαν σε 150 ml βραστού νερού. Τα μίγματα ανακατεύτηκαν ώσπου το υδατοδιαλυτό του μέρος να διαχωριστεί πλήρως και εφαρμόστηκε διήθηση υπό κενό με τη χρήση φίλτρων Whatman με πόρους 11 μm. Στο προϊόν της διήθησης προστέθηκαν 50 ml απεσταγμένου νερού με σκοπό τη διάλυση των απορρυπαντικών ουσιών και τον καθαρισμό των σωματιδίων. Για την εξέταση των μικροσωματιδίων χρησιμοποιήθηκε μικροσκόπιο το οποίο μεγέθυνε τα δείγματα κατά 40 φορές και η πλαστική σύνθεση των μικροσωματιδίων ταυτοποιήθηκε με FTIR. Τα μη πλαστικά μικροσωματίδια απομακρύνθηκαν με ειδικές λαβίδες. Κάτι τέτοιο ήταν δυνατό καθώς ήταν πολύ λιγότερα από τα μικροπλαστικά. Η παραπάνω διαδικασία εφαρμόστηκε έξι (6) φορές ανά προϊόν για επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων (Cheung & Fok, 2017).

Οι Kalcikova, Zgajnar Gotvajn, & Jemec (2017) προσπάθησαν να ανιχνεύσουν microbeads σε απολεπιστικά σώματος πέρα από προσώπου, και στα αποτελέσματα ταυτοποιήθηκαν microbeads πολυαιθυλενίου με την ακόλουθη διαδικασία: Πάρθηκαν περίπου 20 ml από το κάθε προϊόν τα οποία ανακατεύτηκαν με 1lt απιονισμένου νερού στους 50 βαθμούς κελσίου στις 400 στροφές ανά λεπτό με σκοπό την πλήρη διάλυση του δείγματος για την εξαγωγή των μικροπλαστικών. Και σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν φίλτρα Whatman με πόρους μεγέθους 4 έως 12 μm. Το υπόλειμμα πλύθηκε πολλές φορές με απιονισμένο νερό και αποξηράνθηκε στους 60°C. Για την επιβεβαίωση της πλαστική δομής των μικροσωματιδίων χρησιμοποιήθηκε φασματοσκόπηση FTIR και ο αριθμός τους μετρήθηκε με ανάλυση διάθλασης laser (Microtrac). Στην έρευνα έγινε η υπόθεση ότι το κάθε σωματίδιο είναι ένα

απόλυτα σφαιρικό σωματίδιο πολυαιθυλενίου (Kalcikova, Zgajnar Gotvajn, & Jemec, 2017)

Στην μοναδική έρευνα όπου ανακτήθηκε και έγινε προσπάθεια ανίχνευσης νανοπλαστικών μέσα σε καλλυντικό προϊόν πάρθηκαν δείγματα 0,2 g από τρία καθαριστικά προσώπου της αγοράς του Καναδά που περιείχαν πολυαιθυλένιο, αραιώθηκαν σε 10 ml νερού με αντίστροφη ώσμωση ώστε να μειωθεί το ιξώδες και ταυτόχρονα να διατηρηθεί η συγκέντρωση των μικροσωματιδίων. Έπειτα το μίγμα υποβλήθηκε σε διήθηση πέντε (5) σταδίων: Στα δύο πρώτα στάδια η διήθηση έγινε υπό κενό (negative pressure) με φίλτρα Whatman (στάδιο 1: οπές 20-25  $\mu\text{m}$ , στάδιο 2: οπές 2,5  $\mu\text{m}$ ) ενώ στα τρία τελευταία με την υποβοήθηση σύριγγας από την οποία πιάστηκε το υλικό να βγει και η οποία στην οπή της είχε ειδικό φίλτρο της Millipore Millex Sterile (από 0,45 έως και 0,1  $\mu\text{m}$ )



Διάγραμμα 2.10 - Διαδικασία φιλτραρίσματος νανοπλαστικών που προέρχονταν από απολεπιστικό προσώπου

Πηγή: (Hernandez, Yousefi, & Tufenkji, 2017)

Όπως και με τα μικροπλαστικά η μέθοδος ταυτοποίησης που ακολουθήθηκε ήταν η ταυτόχρονη χρήση ηλεκτρονικού μικροσκοπίου, FTIR και ηλεκτρονικού μικροσκοπίου ακτίνων X και πιστοποιήθηκε η παρουσία θραυσμάτων με τη



μορφή νανοσωματιδίων πολυαιθυλενίου (Hernandez, Yousefi, & Tufenkji, 2017).

## **2.8 Ανίχνευση προέλευσης μικροπλαστικών αφού έχουν απορριφθεί στο περιβάλλον**

Παρουσιάζει εξαιρετικό ενδιαφέρον η ποιοτική ανάλυση των μικροπλαστικών, όχι μόνο από πλευράς χρώματος, χημικής σύνθεσης και δομής, αλλά το αν προέρχονται από τη διάσπαση πρωτογενών πλαστικών ή πρόκειται για δευτερογενή πλαστικά. Στις περιπτώσεις που αφορούν πρωτογενή είναι ενδιαφέρον να προσδιοριστεί η χρήση που είχαν πριν απορριφθούν.

Τα παραπάνω ερευνητικά ερωτήματα αποτελούν δυσεπίλυτα προβλήματα της περιβαλλοντικής χημείας. Ακόμα και τα πρωτογενή μικροπλαστικά μπορούν πολύ δύσκολα να διαχωριστούν από τα μεγέθους μικρομέτρων (μm) δευτερογενή πλαστικά καθώς περιλαμβάνουν παρόμοιες χημικές ενώσεις (UNEP, 2015) και έχουν πολλές φορές παρόμοιο σχήμα (Nalbone, 2015).

Οι Leslie, van Velzen, & Vethaak (2013, σ. 9) τόνιζαν ότι δεν υπάρχει μέθοδος καθορισμού της ακριβής προέλευσης μικροπλαστικών με μικρή διάμετρο σε δείγματα που συλλέγονται στο περιβάλλον. Ένας τρόπος διαχωρισμού ενός μικροπλαστικού που προέρχεται από καλλυντικά από οποιοδήποτε άλλο μικροπλαστικό είναι η χημική ανάλυση των πρόσθετων που περιλαμβάνει. Τα microbeads ενσωματώνουν ελάχιστα πρόσθετα, για παράδειγμα δεν περιλαμβάνουν επιβραδυντικά φλόγας ή φίλτρα UV (UNEP, 2015, σ. 23)

Μόνο σε σχετικά μεγαλύτερου διαμέτρου μικροπλαστικά μερικές φορές μπορεί να αναγνωριστεί το αρχικό προϊόν και να προκύψουν πληροφορίες για την προέλευσή του (Leslie, van Velzen, & Vethaak, 2013, σ. 9). Έτσι τα μεγαλύτερα απολύτως σφαιρικά χρωματισμένα σφαιρίδια μπορούν να αποδοθούν σε καλλυντικά (UNEP, 2015). Για τα μικροπλαστικά με πολύ μικρή διάμετρο και ακανόνιστη μορφή τα οποία είναι και πολύ περισσότερα σε αριθμό στο περιβάλλον (Nalbone, 2015), η προέλευση είναι μάλλον μη ανιχνεύσιμη με

τις σημερινές επιστημονικές μεθόδους. Η μέτρηση της πυκνότητας και της πλευστότητας του υλικού δείχνει να είναι ένας τρόπος διαχωρισμού για το μέλλον (EUNOMIA, 2016) και μάλιστα οι Leslie, van Velzen, & Vethaak (2013, σ. 9) προτείνουν την ανάπτυξη αναλυτικών μεθόδων μελέτης των μικροπλαστικών ως ένα νέο κλάδο της περιβαλλοντικής χημείας.

Έτσι είναι αδύνατος ο υπολογισμός της συνεισφοράς των microbeads στην συνολική ποσότητα μικροπλαστικών που εντοπίζονται στο περιβάλλον είναι αδύνατος έστω και κατά προσέγγιση (ECCC, 2015). Ερευνητές έχουν κάνει παραδοχές με βάση το ποσοστό των χρωματισμένων πολυμερών σφαιριδίων στο τελικό στάδιο επεξεργασίας αποβλήτων (στάδιο εξόδου) σε σχέση με τα συνολικά διαφεύγοντα μικροπλαστικά. Μία τέτοια υπόθεση είναι εξαρχής λανθασμένη καθώς στο υπόλοιπο μέρος μικροπλαστικών που διαφεύγουν με ακανόνιστο σχήμα και απροσδιόριστη προέλευση, περιέχονται και πάλι microbeads τα οποία δεν λαμβάνονται υπόψη.

Παρατηρείται επίσης ο λόγος των microbeads που διαφεύγουν από ένα σύστημα επεξεργασίας αποβλήτων δια των συνολικών μικροπλαστικών που διαφεύγουν να είναι μεγαλύτερος του αντίστοιχου λόγου μικροσωματιδίων πριν από την επεξεργασία:

$$\left( \frac{\text{microbeads}}{\text{μετά την επεξεργασία σε WWTP}} \right) > \left( \frac{\text{microbeads}}{\text{πριν την είσοδο σε WWTP}} \right)$$

*συνολικά μικροπλαστικά*  *συνολικά μικροπλαστικά*

*μετά την επεξεργασία σε WWTP*  *πριν την είσοδο σε WWTP*

Αυτό συμβαίνει γιατί η χημική σύνθεση των microbeads (μικρότερη πυκνότητα) επιτρέπει να έχουν μεγαλύτερη ικανότητα διαφυγής από άλλα μικροπλαστικά (EUNOMIA, 2016).

Παράλληλα οι δειγματοληψίες θαλασσινού νερού που πραγματοποιούνται για την ανίχνευση μικροσωματιδίων χρησιμοποιούν ειδικά δίκτυα με δυνατότητα να συγκρατούν μικροσωματίδια με διάμετρο από 0,3mm και πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, ενώ το μέγεθος των microbeads καθαριστικών ή απολεπιστικών προϊόντων ποικίλει μεταξύ 0,2 και 0,8 mm (Fendall & Sewell, 2009, Gouin et al., 2015). Άρα δεν υπάρχει η δυνατότητα συλλογής των μικροπλαστικών που οφείλονται σε καλλυντικά και είναι στο κάτω

όριο μεγέθους, των μικροπλαστικών που περιέχονται σε οδοντόκρεμες, τα οποία είναι 100 φορές μικρότερα (Verschoor et al., 2015), όπως και των νανοπλαστικών, αφού διαφύγουν σε υδατικά περιβάλλοντα (Cheung & Fok, 2016)

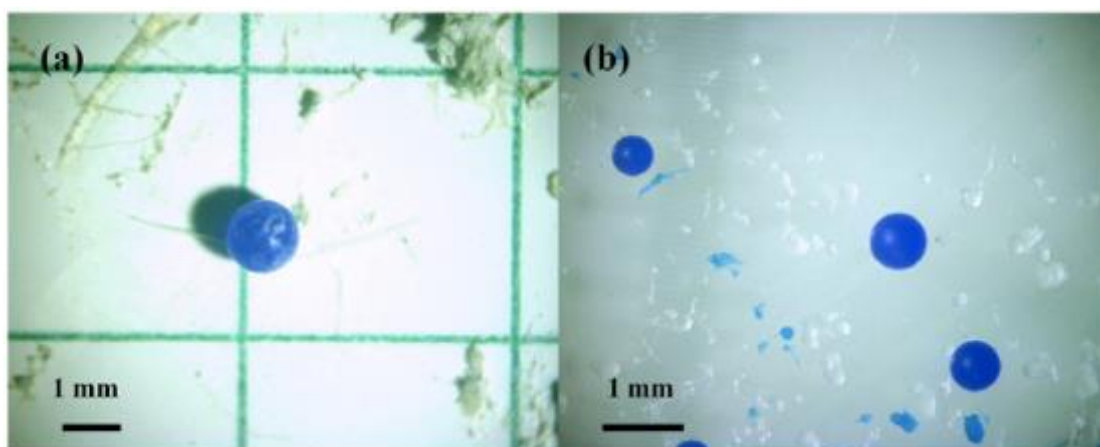
Μία σημαντική παρατήρηση όμως που προκύπτει από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, είναι ότι η συγκέντρωση των απολύτως σφαιρικών microbeads ανά ml σε γλυκό νερό (ποτάμια ή λίμνες) είναι σημαντικά μεγαλύτερη από ότι στους ωκεανούς, και ότι η αναλογία τους προς τον συνολικό αριθμό μικροπλαστικών είναι μεγαλύτερη στο ανοιχτό πέλαγος απ' ότι στις ακτές, καθώς έχουν την ιδιότητα να επιπλέουν (New York State Attorney General, 2015). Η παρουσία των microbeads είναι εντονότερη στα συστήματα γλυκού νερού (fresh water systems) από ότι στο θαλασσινό νερό και στην επιφάνεια της ανοικτής θάλασσας από ότι στα μεσόνερα, σε μεγαλύτερα βάθη ή το βυθό.

## Κεφάλαιο 3 - Microbeads στο περιβάλλον

Αποτελέσματα πλήθους ερευνών αποδεικνύουν την ύπαρξη μικροπλαστικών σε υδρόβιους οργανισμούς. Στις περισσότερες από αυτές τα ευρεθέντα μικροπλαστικά κατηγοριοποιούνται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: ίνες και θραύσματα, χωρίς να γίνεται περαιτέρω ανάλυση (Andrady, 2011). Προσπάθεια της παρούσης εργασίας αποτέλεσε η παρουσίαση εκείνων των μελετών με ευρήματα μικροπλαστικά σφαιρίδια που μπορούν να αποδοθούν σε microbeads και οφείλονται σε καλλυντικά και όχι των μικροπλαστικών εν γένει.

### 3.1 Θαλάσσια περιβάλλοντα

Οι Cheung & Fok (2016) πραγματοποίησαν έρευνα στην νότια ακτή του νησιού του Lantau του Χόνγκ Κόνγκ και κατάφεραν να αιχμαλωτίσουν μικροσωματίδια, μεγέθους μεταξύ 0,3 και 1 mm, με τη χρήση manta trawl. Η πλαστική σύσταση των μικροσωματιδίων αποδείχθηκε μέσω φασματοσκοπίας FTIR. Εφάρμοσαν την ίδια μέθοδο σε καθαριστικά προϊόντα της αγοράς των καλλυντικών του Χονγκ Κονγκ και ανίχνευσαν σφαιρικά μπλε microbeads που έμοιαζαν καταπληκτικά και είχαν το ίδιο μέσο μέγεθος (0,663 με 0,655 mm) με τα μπλε μικροσωματίδια που βρήκαν στη θάλασσα του Lantau. Η μόνη διαφορά ήταν ότι τα μικροσωματίδια που βρέθηκαν στο περιβάλλον είχαν χάσει την λάμψη και την στιλπνάδα τους.



Εικόνα 3.1 - Μικροφωτογραφία microbead από το θαλάσσιο περιβάλλον του Hong Kong (εικόνα a) σε σύγκριση με microbeads σε απολεπιστικά προσώπου της αγοράς του Hong Kong (εικόνα b)

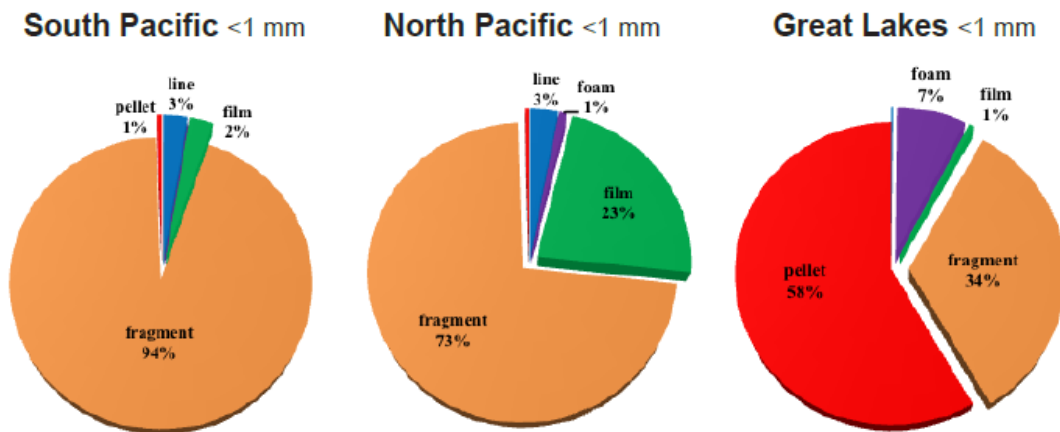
Πηγή: (Cheung & Fok, 2016, σ. 583)

Συμπέραναν ότι τα θαλάσσια microbeads προέρχονταν από καλλυντικά της αγοράς του Hong Kong τα οποία είχαν διαφύγει από κάποιο από τα δέκα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων της πόλης. Δεν κατάφεραν όμως να εντοπίσουν στη θάλασσα τα ακανόνιστου σχήματος άσπρα και μπλε microbeads που είχαν ανιχνεύσει στα καλλυντικά. Επειδή τα συγκεκριμένα ακανόνιστου σχήματος microbeads είναι μικρότερα σε μέγεθος, θεώρησαν ότι τα δίκτυα που χρησιμοποίησαν κατά τη δειγματοληψία δεν είχαν την ικανότητα συγκράτησης μικρότερων microbeads (Cheung & Fok, 2016).

Η πρόσφατη αναφορά του διετούς προγράμματος των Ηνωμένων Πολιτειών για την ανίχνευση μικροπλαστικών στις ακτές θαλάσσιων πάρκων της χώρας, έδειξε ότι σε έξι (6) από τις τριανταεπτά (37) παραλίες που ερευνήθηκαν παρατηρήθηκαν microbeads (Whitmire & Van Bloem, 2017, σ. 10) χωρίς όμως να δίνονται περισσότερες πληροφορίες για το διαχωρισμό με τον οποίο επιτρέπει η ανίχνευση

### **3.2 Συστήματα γλυκού νερού (Fresh water systems)**

Σε δείγματα γλυκού νερού από την περιοχή Great Lakes η οποία βρίσκεται τόσο εντός των Ηνωμένων Πολιτειών αλλά και του Καναδά, μικροσφαιρίδια συγκρίθηκαν, ως προς τη χημική σύσταση, το σχήμα και το χρώμα, με microbeads πολυαιθυλενίου που περιέχονταν σε δύο προϊόντα από γνωστές εταιρείες καλλυντικών (Eriksen et al., 2013). Οι ποσότητες των ταυτόσημων μικροπλαστικών ξεπερνούσαν κατά πολύ τις συγκεντρώσεις των microbeads που είχαν ανιχνευτεί στο βόρειο και νότιο Ειρηνικό ωκεανό στο παρελθόν, και ήταν συγκρίσιμες σε ποσοστό με αυτές των μικροπλαστικών που προέρχονταν από διάσπαση (ίνες ή θραύσματα) (New York State Attorney General, 2015, σ. 3). Σχεδόν το 57% των δειγμάτων μικροπλαστικών αποτελούνταν από πολύχρωμα σφαιρίδια πολυαιθυλενίου ενώ το αντίστοιχο ποσοστό σε δείγματα από το βόρειο και νότιο Ειρηνικό ωκεανό ήταν περίπου στο 1% (Eriksen et al., 2013).



Διάγραμμα 3.1 - Σύγκριση ποσοστού microbeads μεταξύ της περιοχής Great Lakes και του βόρειου και νότιου Ειρηνικού το 2013

Πηγή: (New York State Attorney General, 2015, σ. 3)

Για την επιβεβαίωση και επέκταση των παραπάνω αποτελεσμάτων ερευνητές του πανεπιστημίου State University of New York at Fredonia εξέτασαν δείγματα νερού από τις λίμνες Michigan, Erie και Ontario και να μεν το ποσοστό των microbeads αναλογικά με τα υπόλοιπα μικροπλαστικά ήταν σημαντικά μικρότερο, αλλά οι συγκεντρώσεις ιδίως κοντά σε μεγάλες πόλεις ξεπερνούσαν σε ορισμένες περιπτώσεις το 1.000.000 μικροσωματίδια ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο. Η λίμνη Erie μάλιστα, στην οποία εκβάλλουν τα λύματα από τις πόλεις του Cleveland και του Buffalo, εμφάνιζε την πλέον ανησυχητική εικόνα (New York State Attorney General, 2015).

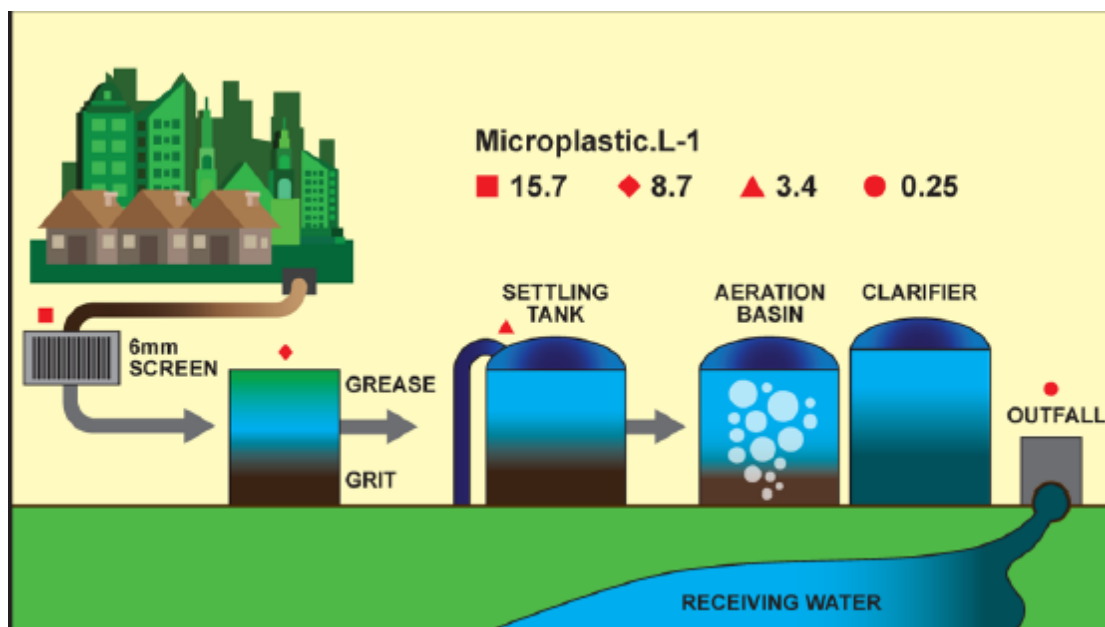
### 3.3 Υπολογιστική προσέγγιση των microbeads στο περιβάλλον σύμφωνα με τις καταναλωτικές συνήθειες

Ένας άλλος τρόπος έμμεσου προσδιορισμού των ποσοτήτων των μικροπλαστικών (MP) που διαφεύγουν στο περιβάλλον είναι ο ακόλουθος:

$$\left( \begin{array}{c} \%_{MP} \\ \text{ποσοστό μικροπλαστικών} \\ \text{που διαφεύγουν από} \\ \text{συστήματα} \\ \text{επεξεργασίας αποβλήτων} \end{array} \right) \times \left( \begin{array}{c} n_{MP} \\ \text{αριθμός μικροπλαστικών} \\ \text{που απορρίπτονται} \\ \text{μετά από κάθε} \\ \text{χρήση καλλυντικού} \end{array} \right) \times \left( \begin{array}{c} f \\ \text{συχνότητα} \\ \text{χρήσης} \\ \text{καλλυντικών} \end{array} \right) \times \left( \begin{array}{c} n \\ \text{πληθυσμός} \end{array} \right)$$

Το  $\%_{MP}$  υπολογίζεται με βάση την ικανότητα των συστημάτων επεξεργασίας αποβλήτων να συγκρατούν μικροσωματίδια.

Για παράδειγμα το σύστημα επεξεργασίας λυμάτων τριών σταδίων (tertiary sewage treatment) του ποταμού Clyde της Γλασκώβης πετύχαινε συγκράτηση του 98,4% των μικροσωματιδίων που επεξεργαζόταν άρα το 1,6% διέφευγε στο περιβάλλον καθημερινά (Murphy et al., 2016).



Εικόνα 3.2 - Διαφυγή διαφόρων μεγεθών μικροπλαστικών από συστήματα διαχείρισης αποβλήτων

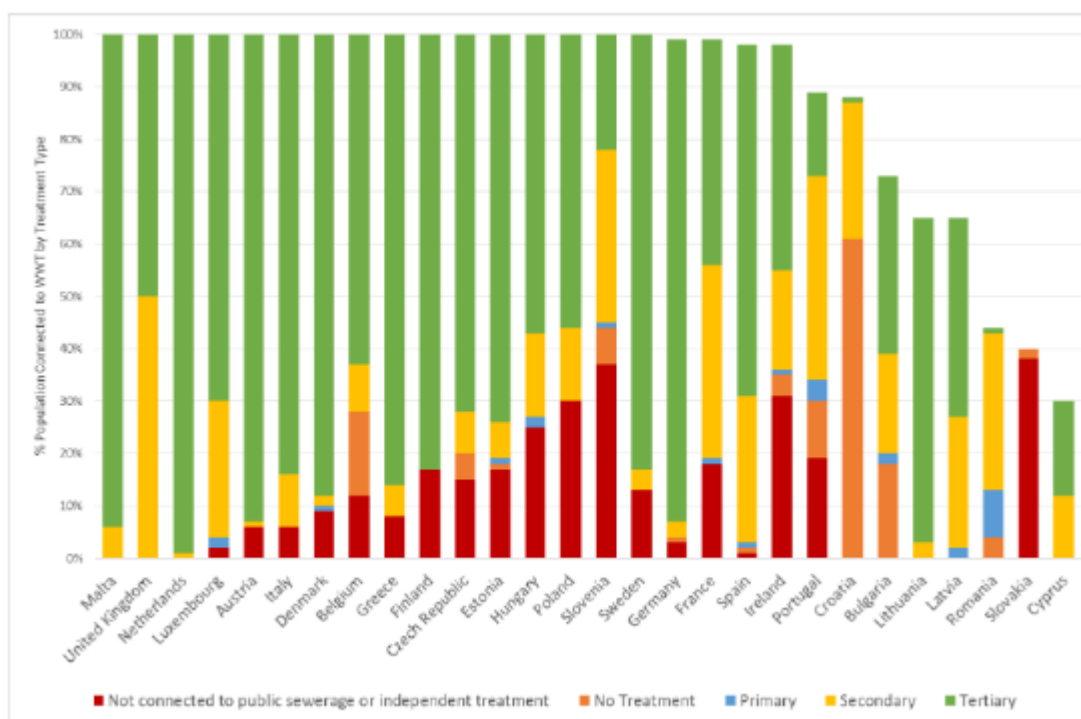
Πηγή: (Murphy, Ewins, Carbonnier, & Quinn, 2016, σ. 5800)

Το  $n_{MP}$  μπορεί να υπολογιστεί από τις έρευνες που έχουν υπολογίσει την περιεκτικότητα μίας συσκευασίας καλλυντικού σε μικροπλαστικά και έπειτα αναγωγής της στην ποσότητα σε κάθε χρήση (Cheung & Fok, 2017). Οι (Napper et al., 2015) υπολόγισαν ότι απορρίπτονταν 4594 έως 94500 microbeads σε κάθε χρήση ενός από έξι δημοφιλών προϊόντων καθαρισμού προσώπου της βρετανικής αγοράς και από έρευνα σε καταναλωτές 1,1 εκατομμύρια γυναίκες ( $n$  πληθυσμός) χρησιμοποιούσαν απολεπιστικά προϊόντα στη Μεγάλη Βρετανία καθημερινά ( $f$  συχνότητα). Οπότε αν υποτεθεί ότι το σύνολο του πληθυσμού έχει πρόσβαση σε τέτοια συστήματα ο υπολογισμός είναι:

$$lower = (1,6\%) \times (4594) \times (1) \times (1100000) = 80.854.400$$

$$upper = (1,6\%) \times (94500) \times (1) \times (1100000) = 1.663.200.000$$

Δηλαδή καθημερινά μπορεί να αποβάλλονται στο περιβάλλον από μερικές δεκάδες εκατομμύρια μέχρι δισεκατομμύρια microbeads από τη Μεγάλη Βρετανία. Ο παραπάνω υπολογισμός δεν είναι ακριβής όχι μόνο γιατί περιλαμβάνει πολλές γενικεύσεις και στατιστικά σφάλματα (καταναλωτικές τάσεις κ), αλλά και γιατί υποθέτει λανθασμένα ότι: το σύνολο των γυναικών που χρησιμοποιούν προϊόντα απολέπισης αγοράζουν προϊόντα με microbeads και ότι το σύνολο του πληθυσμού της Μεγάλης Βρετανίας έχει πρόσβαση στο ίδιο τριτοβάθμιο σύστημα επεξεργασίας λυμάτων που περιεγράφηκε παραπάνω. Με βάση όμως το παρακάτω διάγραμμα της Eurostat μόλις το 50% του πληθυσμού της Μεγάλης Βρετανίας είχε πρόσβαση σε σύστημα επεξεργασίας λυμάτων τριών σταδίων:



Διάγραμμα 3.2 - Ποσοστά πληθυσμού που συνδέονται με Συστήματα Επεξεργασίας Λυμάτων στην ΕΕ το 2011

Πηγή: (EUNOMIA, 2016, σ. 258)

Οι ποσοτικές αναλύσεις των microbeads που διαφεύγουν στο περιβάλλον οι οποίες υπολογίζονται με βάση τις καταναλωτικές συνήθειες είναι πολυπαραγοντικής μορφής που κάνει περίπλοκους τους υπολογισμούς. Θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη:



- 1) Καταναλωτικές τάσεις του τοπικού πληθυσμού δηλαδή:
  - Τον αριθμό των καλλυντικών με microbeads που κυκλοφορούν στην τοπική αγορά
  - Τον όγκο των πωλήσεών τους σε μία σταθερή βάση και
  - Την συχνότητα με την οποία χρησιμοποιούνται
- 2) Τον πληθυσμό που έχει πρόσβαση στο συγκεκριμένο σύστημα
- 3) Τις δυνατότητες και την τεχνολογία του συστήματος επεξεργασίας αποβλήτων που έχει πρόσβαση ο παραπάνω πληθυσμός ώστε να υπολογιστεί το ποσοστό των microbeads που διαφεύγουν

Οι Cheung & Fok (2016) προσπάθησαν να εφαρμόσουν μία τέτοια μέθοδο υπολογίζοντας τα microbeads που απελευθερώνονται στις θάλασσες του Hong Kong με τις εξής παραδοχές:

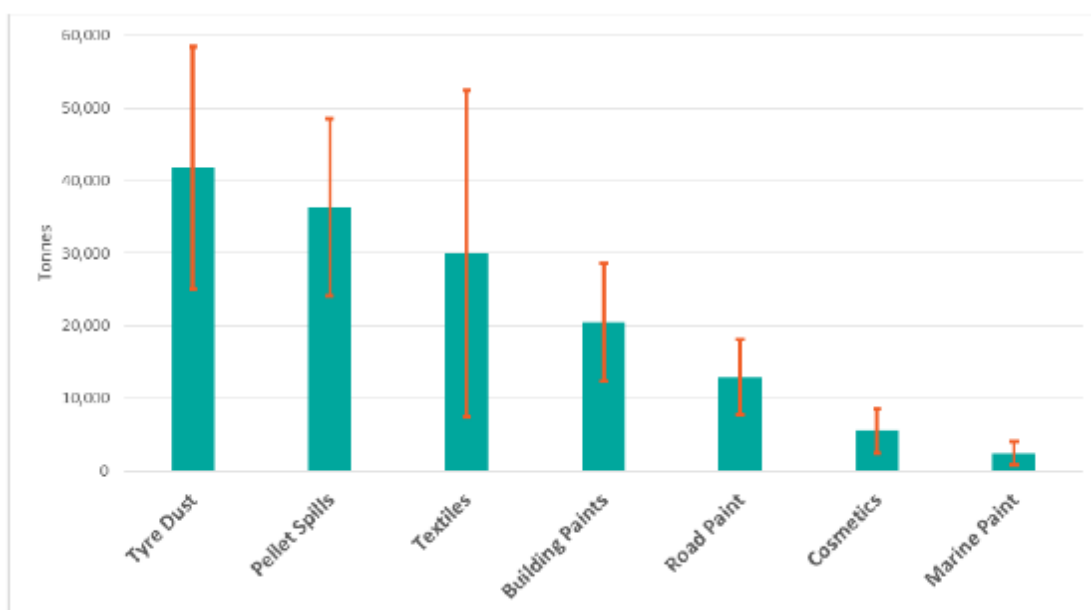
- Το 44% των απολεπιστικών προσώπου της αγοράς του Hong Kong περιείχε plastic microbeads
- Το 90% των πολιτών μεταξύ 20 και 44 ετών (2,19 εκατομμύρια) χρησιμοποιούσε απολεπιστικά προϊόντα μία φορά την εβδομάδα
- Το 29% των πολιτών δεν είχαν πρόσβαση σε πρωτοβάθμια συστήματα επεξεργασίας λυμάτων (primary waste treatment systems)

Προσθέτοντας τα microbeads που απελευθερώνονταν απευθείας στο περιβάλλον χωρίς να έχουν διοχετευτεί σε σύστημα επεξεργασίας λυμάτων όσο και τα υπόλοιπα που διέφευγαν από την επεξεργασία, υπολόγισαν ότι 342,2 δισεκατομμύρια μικροπλαστικά που προέρχονται από απολεπιστικά προϊόντα απελευθερώνονταν ετησίως στις θάλασσες του Hong Kong, μία πρόβλεψη που σημείωναν ότι ήταν μάλλον συγκρατημένη (Cheung & Fok, 2016).

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο οι Leslie et al. (2012), Leslie, van Velzen, & Vethaak, (2013) επιβεβαίωσαν σε πολλαπλές έρευνες ότι το 10% περίπου των μικροπλαστικών που διοχετεύονται στα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων της Ολλανδίας είχαν την ικανότητα να διαφεύγουν λόγω πλευστότητας και μεγέθους. Σύμφωνα με το Διάγραμμα 3.2 σχεδόν το σύνολο του ολλανδικού πληθυσμού έχει πρόσβαση σε σύστημα επεξεργασία λυμάτων τριών σταδίων

(tertiary sewage treatment) τα οποία έχουν την μεγαλύτερη ικανότητα συγκράτησης μικροσωματιδίων από οποιοδήποτε άλλο σύστημα, κάνοντας την Ολλανδία τη φιλικότερη, για το περιβάλλον, χώρα στην ΕΕ σε σχέση με την επεξεργασία λυμάτων. Ταυτόχρονα όμως το ίδιο διάγραμμα δείχνει ότι οι υπόλοιπες χώρες της ΕΕ επιτυγχάνουν χειρότερα αποτελέσματα. Υπάρχουν χώρες όπως η Βουλγαρία ή η Ιρλανδία όπου το 30% των σπιτιών δεν είναι καν διασυνδεδεμένο με βιολογικούς καθαρισμούς. Είναι λογικό επομένως να υποτεθεί ότι οι ευρωπαϊκός μέσος όρος διαφυγής microbeads στο περιβάλλον είναι πολύ μεγαλύτερος από το αντίστοιχο ποσοστό που έχει υπολογιστεί για την Ολλανδία.

Παρ' όλους τους περιορισμούς στη μεθοδολογία και την τεχνολογία, η (EUNOMIA, 2016) χρησιμοποίησε δεδομένα πωλήσεων ευρωπαϊκών εταιρειών καλλυντικών, τα οποία τα προμηθεύτηκε από την Cosmetics Europe, και υπολόγισε για το 2012 ότι απορρίπτονταν από 2461 έως 8627 τόνοι μικροπλαστικών που οφείλονταν σε καλλυντικά σε συστήματα επεξεργασίας λυμάτων, αντιστοιχώντας μέχρι και στο 4% των συνολικών αποβαλλόμενων μικροπλαστικών. Με τις παραπάνω διαπιστώσεις τουλάχιστον το 10% (η καλύτερη επίδοση της Ολλανδίας) των παραπάνω ποσοτήτων έχει την ικανότητα τελικής διαφυγής στο περιβάλλον.



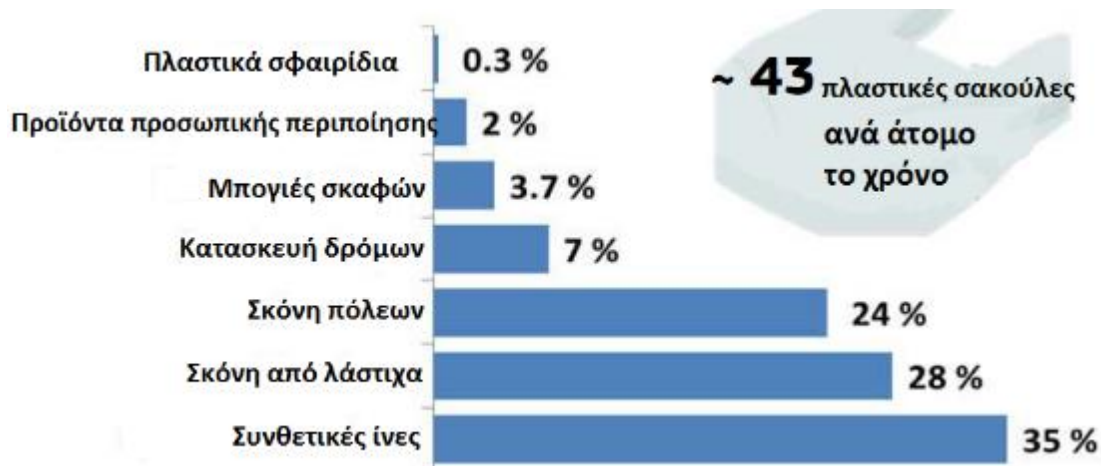
Διάγραμμα 3.3 - Ετήσια απόρριψη μικροπλαστικών στο θαλάσσιο περιβάλλον: Εκτιμήσεις για την Ευρώπη

Πηγή: (EUNOMIA, 2016, σ. 236)

Ο παραπάνω εκτιμητικός πίνακας των ποσοτήτων των μικροπλαστικών που απελευθερώνονται στο περιβάλλον στην ΕΕ, συγκρίνει τον αριθμό των μικροπλαστικών ανά κατηγορία προέλευσης. Η εκτίμηση του αριθμού έγινε με τον υπολογισμό του όγκου παραγωγής μικροπλαστικών σωματιδίων λαμβάνοντας υπόψη το ποσοστό αυτών που είναι ικανά να διαφύγουν από συστήματα επεξεργασίας λυμάτων. Τα καλλυντικά είναι η έκτη κατά σειρά σημαντικότερη πηγή μικροπλαστικών στο περιβάλλον (EUNOMIA, 2016, σ. 235)

Σε αντίστοιχη μετα-ανάλυση των (Rochman, και συν., 2015) σε συστήματα επεξεργασίας λυμάτων στις Ηνωμένες Πολιτείες, υπολογίστηκε ότι διαφεύγουν στο περιβάλλον περίπου οκτώ (8) τρισεκατομμύρια microbeads καθημερινά (Rochman, και συν., 2015). Επιπλέον, εφόσον δεν έχει υπάρξει ακόμα αποδοτική μέθοδος ανάκτησής τους από το περιβάλλον (Cheung & Fok, 2016), και η πλήρης διάσπασή τους είναι μία διαδικασία που μπορεί να πάρει από εκατοντάδες μέχρι χιλιάδες χρόνια (Barnes et al., 2009), είναι αναμενόμενο οι αριθμοί τους να συνεχίσουν να αυξάνονται (NSW EPA, 2016)

Στην αναφορά των Boucher & Friot (2017) για τη Διεθνή Ένωση για τη Διατήρηση της Φύσης (International Union for the Conservation of Nature – IUCN) το ποσοστό των μικροπλαστικών που οφείλονται σε προϊόντα προσωπικής περιποίησης υπολογίζεται στο 2% των συνολικών πρωτογενών μικροπλαστικών που απελευθερώνονται στους ωκεανούς. Οι ίδιοι ερευνητές επισημάνουν ότι το 98% των πρωτογενών μικροπλαστικών στους ωκεανούς οφείλεται σε δραστηριότητες που συμβαίνουν στην ξηρά και τα μικροπλαστικά διαφεύγουν με κάποιο τρόπο στη θάλασσα



Διάγραμμα 3.4 - Πρωτογενή μικροπλαστικά στους ωκεανούς σε παγκόσμια κλίμακα με βάση την προέλευση

Πηγή: (Boucher & Friot, 2017)

### 3.4 Έρευνες ανίχνευσης μικροπλαστικών στις ελληνικές θάλασσες

Πολύ λίγες έρευνες έχουν διεξαχθεί στις ελληνικές θάλασσες με σκοπό την ανίχνευση μικροπλαστικών. Σε δελτίο τύπου του 2009 από το Ινστιτούτο Θαλάσσιας & Περιβαλλοντικής Έρευνας του Πανεπιστημίου Αιγαίου, δόθηκαν κάποια στοιχεία για παρουσία μικροπλαστικών ινών σε ακτές της Αττικής και της Ικαρίας και επισημάνθηκε ότι ανησυχητικές συγκεντρώσεις μικροπλαστικών δεν ανιχνεύτηκαν μόνο σε επιβαρυμένες από την μόλυνση παραλίες της Αττικής αλλά και σε απομακρυσμένες, και υποτίθεται καθαρές, παραλίες του Αιγαίου (Αρχιπέλαγος, 2009). Οι έρευνες του ίδιου ινστιτούτου που ακολούθησαν το 2012 και το 2013 σε 167 ελληνικές παραλίες επιβεβαίωσαν τα αποτελέσματα και έδειξαν ότι το σύνολο των θαλασσίων οργανισμών που μελετήθηκαν περιείχαν μικροπλαστικές ίνες στα στομάχια τους (Αρχιπέλαγος, 2017α).

Σε επιτόπια έρευνα για ανίχνευση μικροπλαστικών στις ακτές της Κέας που διεξήχθη το 2012 βρέθηκαν μικροπλαστικά τα οποία είχαν υποστεί μερική αποδόμηση και αποτελούνταν κυρίως από πολυαιθυλένιο. Μεγαλύτερες ποσότητες μικροπλαστικών ανιχνεύτηκαν στα βόρεια και νότια του νησιού από ότι δυτικά και ανατολικά γεγονός που επιβεβαιώνει ότι το μεγαλύτερο μέρος μεταφέρθηκε στις ακτές μέσω της ανοικτής θάλασσας επιβεβαιώνοντας την θεωρία περί πλευστότητάς τους (Kaberli et al., 2013).

Στα μέσα του Δεκέμβρη του 2013 και στις αρχές του Γενάρη του 2014 ερευνητές του εργαστηρίου Περιβαλλοντικής Ποιότητας και Γεωπεριβαλλοντικών Εφαρμογών του Τμήματος Θαλασσίων Ερευνών του πανεπιστημίου Αιγαίου διεξήγαγαν έρευνα παίρνοντας δείγματα από τέσσερις ακτές της νήσου Λέσβου. Και στα τέσσερα δείγματα το κύριο μέρος των απορριμμάτων αποδείχθηκε ότι ήταν πλαστικά σε ποσοστό από 25 έως 73%. Σε σύνολο 859 gr συλλεχθέντων πλαστικών το βάρος των μικροπλαστικών ήταν 3,79 gr, δηλαδή το 1,95% της συνολικής ποσότητας. Παρόλο που στο θεωρητικό μέρος της δημοσίευσης γινόταν αναφορά στο μηχανισμό δημιουργίας μικροπλαστικών ακόμα και διάσπασής τους σε νανοπλαστικά, δεν έγινε καμία προσπάθεια ανίχνευσης ή διαχωρισμού των μικροπλαστικών (Lambrinos et al., 2013).

Το 2014 και το 2015 πραγματοποιήθηκε έρευνα από το Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.) για ανίχνευση μικροπλαστικών στις ακτές, το θαλάσσιο περιβάλλον και στο σύστημα θαλασσίων οργανισμών του νησιού της Κέρκυρας. Βρέθηκαν μικροπλαστικά σχεδόν στο σύνολο του θαλασσίου νερού (97%) και των ακτών (100%) που εξετάστηκαν, αλλά και στο 43,75% των μυδιών και ψαριών. Αποδείχθηκε ότι η θαλάσσια μόλυνση της θάλασσας της Κέρκυρας από μικροπλαστικά (1 έως 5 mm) είναι περίπου όση και στις έρευνες που είχαν προηγηθεί σε άλλες θάλασσες της Μεσογείου (περίπου 0,18 σωματίδια ανά m<sup>2</sup>). Ανιχνεύτηκαν στην επιφάνεια της θάλασσας μικροπλαστικά πολυαιθυλενίου (PE - ποσοστό 67%), πολυπροπυλενίου (PP – ποσοστό 17,3%) και πολυστυρολίου (PS – ποσοστό 4,2%) και όχι PET, γεγονός που τεκμηριώνεται από το ότι πρόκειται για μικρής πυκνότητας μικροπλαστικά που επιπλέουν, σε αντίθεση με το PET που λόγω μεγάλης πυκνότητας βυθίζεται. Ο μόνος διαχωρισμός των μικροπλαστικών που έγινε ήταν μεταξύ ινών και θραυσμάτων όπου και αποδείχθηκε ότι τα περισσότερα επιπλέοντα μικροπλαστικά ήταν θραύσματα (Digka et al., 2018).

Σε πρόσφατη δημοσίευση του Ινστιτούτου Θαλάσσια Προστασίας έγινε ειδική μνεία για 700 είδη μικροπλαστικών που βρέθηκαν στα στομάχια δελφινιών που ξεβράστηκαν νεκρά σε ελληνικές ακτές (Αρχιπέλαγος, 2017β).

Και στην συγκεκριμένη δημοσίευση γίνεται θεωρητική αναφορά στην πιθανή προέλευση των μικροπλαστικών στο περιβάλλον με ειδική μνεία στα microbeads, αλλά και πάλι δεν έγινε προσπάθεια διάκρισης των μικροπλαστικών που βρέθηκαν.

Την περίοδο του Ιουλίου του 2017 η Greenpeace, χρησιμοποιώντας το ειδικά διαμορφωμένο σκάφος Rainbow Warrior της οργάνωσης, σε συνεργασία με το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε), συγκέντρωσε δείγματα μικροπλαστικών



*Εικόνα 3.3 - Μικροπλαστικά που ανιχνεύτηκαν στην έρευνα του ΕΛΚΕΘΕ και της Greenpeace*

Πηγή: <https://www.greenpeace.org/greece/issues/plastika/2746/plastikh-rypansh-sth-thalassa-mexr/>

Οι περιοχές που ερευνήθηκαν ήταν η επιφάνεια των θαλασσών του Ιονίου, του Κρητικού πελάγους, του κεντρικού Αιγαίου και των Κυθήρων (Greenpeace, 2017)



Εικόνα 3.4 - Τα σημεία της επιστημονικής έρευνας για μικροπλαστικά της Greenpeace και του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε στην Ελλάδα το 2017

Πηγή: (Greenpeace, 2017)

Την ανίχνευση της προέλευσης των μικροπλαστικών έχει αναλάβει το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε και τα αποτελέσματα δεν είχαν ακόμα δημοσιευτεί κατά τη συγγραφή της παρούσης εργασίας.

## **Κεφάλαιο 4 – Μικροπλαστικά σε οργανισμούς του υδατικού περιβάλλοντος**

Το μικρό μέγεθος των microbeads δίνει τη δυνατότητα σε θαλάσσιους οργανισμούς με μικρό μέγεθος να τα καταναλώσουν, όπως σε οργανισμούς που φιλτράρουν το θαλάσσιο νερό (δίθυρα μαλάκια όπως μύδια, στρείδια), που τρέφονται από το βυθό (θαλάσσια σκουλήκια), σαπροφάγα (αμφίποδα, θαλάσσια σκουλήκια) ή μικροσκοπικούς οργανισμούς όπως ζωοπλαγκτόν που τρέφονται από την άλγη στην επιφάνεια των υδάτων (Napper et al., 2015, σ. 182).

### **Άμεση μεταφορά – Άμεση κατανάλωση**

Αρχικά ερευνητές απέδειξαν σε έρευνες στο εργαστήριο ότι μικροσκοπικοί θαλάσσιοι οργανισμοί, όπως ζωοπλαγκτόν ή κωπήποδα, ελλείπει τροφής ή σε περίπτωση ανάμειξης της φυσικής τους τροφής με μικροσωματίδια, κατανάλωναν και χώνευαν μικροπλαστικά (άμεση μεταφορά) (Cole et al., 2013; Setälä, Fleming-Lehtinen, & Lehtiniemi, 2013). Στην έρευνα των Setälä, Fleming-Lehtinen, & Lehtiniemi (2013) προσφέρθηκαν μικροπλαστικά σε κωπήποδα τόσο ως μοναδική τροφή όσο και αναμειγμένα με τη φυσική τους τροφή. Στην πρώτη περίπτωση έδειχναν να μην τρέφονται και στη δεύτερη έδειχναν ξεκάθαρη προτίμηση προς τη φυσική τους τροφή. Και όμως ένα μέρος των μικροπλαστικών κατέληγε στο γαστρεντερικό τους σύστημα. Πιθανότερη ερμηνεία που δόθηκε από τους επιστήμονες ήταν ότι τα κατανάλωναν κατά λάθος, πράγμα που συμβαίνει κατά κόρον και με τους οργανισμούς που φιλτράρουν την τροφή τους (οστρακοειδή και δίθυρα μαλάκια) (Setälä, Fleming-Lehtinen, & Lehtiniemi, 2013, σ. 79).

Σε ορισμένες περιπτώσεις ειδών βέβαια οι ερευνητές θεωρούν ότι η κατανάλωση μικροπλαστικών γίνεται από πρόθεση, καθώς το μέγεθος και η πλευστότητά τους θυμίζει τις κινήσεις μικροοργανισμών που αποτελούν τροφή τους (Boerger et. al, 2010). Για παράδειγμα πολλές φορές ψάρια περνούν τα μικροπλαστικά για ζωοπλαγκτόν το οποίο αποτελεί την τροφή τους, λόγω του ότι έχει παρόμοιο μέγεθος και η κίνησή τους στην επιφάνεια της θάλασσας ανάλογα με το ρεύμα θυμίζει έντονα την κίνηση του ζωοπλαγκτόν. Παράλληλα



πολλά μικροπλαστικά έχουν έντονους χρωματισμούς προκαλώντας το ενδιαφέρον των ψαριών (Jovanovic, 2017).

### **Έμμεση μεταφορά – Έμμεση κατανάλωση**

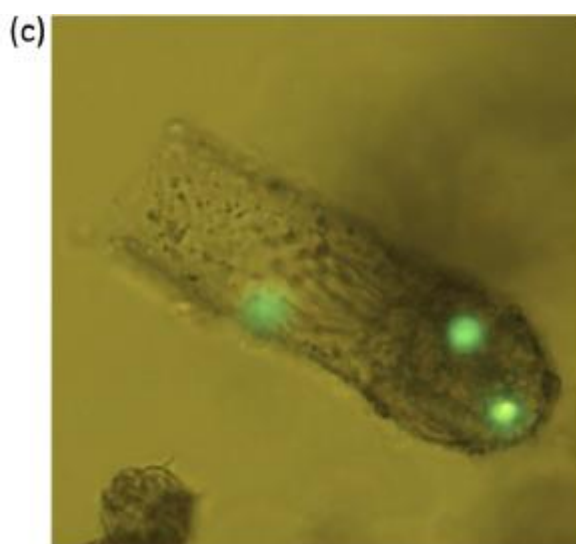
Εφόσον αποδείχθηκε η άμεση κατανάλωση μικροπλαστικών από είδη που αποτελούν τη βάση της τροφικής αλυσίδας, ερευνητές μελέτησαν αν τα μικροπλαστικά μεταφέρονταν με παθητικό τρόπο και σε μεγαλύτερους θηρευτές και επιβεβαιώθηκαν. Μικροπλαστικά μεταφέρθηκαν σε γαρίδες ή ψάρια που κατανάλωναν μικροοργανισμούς (ζωοπλαγκτόν, φυτοπλαγκτόν), οι οποίοι προηγουμένως είχαν καταπιεί μικροπλαστικά (έμμεση μεταφορά) (Cole et al., 2013), παρόλο που κάποιοι από αυτούς, όπως γαρίδες, αποδείχθηκε ότι κατανάλωναν απευθείας μικροπλαστικά με μεγάλη ευκολία (άμεση μεταφορά) (Setälä, Fleming-Lehtinen, & Lehtiniemi, 2013, σ. 81). Ειδικότερα για microbeads, η έρευνα των Browne et al.(2008) απέδειξε την έμμεση μεταφορά μικροπλαστικών πολυστυρολίου, τα οποία αναμείχθηκαν με την τροφή μυδιών, και έπειτα τα μύδια προσφέρθηκαν σε καβούρια, όπου και ανιχνεύτηκαν στο γαστρεντερικό τους σύστημα (Browne et al., 2008).

Οι ερευνητές έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι η εξέλιξη της μεταφοράς των μικροπλαστικών στη θαλάσσια τροφική αλυσίδα εξαρτάται από το είδος των μικροπλαστικών και την ποσότητά τους, αλλά και από το είδος του οργανισμού που θα τα καταναλώσει. Μπορεί να γίνει απέκκριση από τον αρχικό καταναλωτή στο περιβάλλον, να συσσωρευτεί (accumulate) στους ιστούς του, όπως στο ζωοπλαγκτόν *E. affinis*, ή να παραμείνει στο γαστρεντερικό του σύστημα του και να μεταφερθεί στον θηρευτή του (Setälä, Fleming-Lehtinen, & Lehtiniemi, 2013, σ. 81). Δε φαίνεται να υπάρχει όμως συσχέτιση μεταξύ του αριθμού των μικροπλαστικών που έχουν καταναλωθεί και του μεγέθους, του σχήματος ή της θέσης του οργανισμού στην τροφική αλυσίδα (Jovanovic, 2017, σ. 511). Διαφορετικά σε μεγαλύτερα σε ηλικία και μέγεθος είδη θα ανιχνευόντουσαν μεγαλύτερες ποσότητες μικροπλαστικών. Αυτό που φαίνεται να ισχύει όμως είναι ότι η ποσότητα των μικροπλαστικών που ανιχνεύτηκε σε πελαγίσια ψάρια είναι μεγαλύτερη από ότι σε ψάρια του βυθού (βενθικά), ανεξάρτητα από το αν είναι αρπακτικά είδη ή όχι (Güven et al., 2017), πράγμα που εξηγείται από την πλευστότητα των μικροπλαστικών.

## 4.1 Μελέτες σε οργανισμούς σε εργαστηριακές συνθήκες

Τα πειράματα ερευνητών σε εργαστηριακές συνθήκες περιλαμβάνουν την αιχμαλώτιση θαλάσσιων οργανισμών και την ανάμειξη της τροφής τους με μικροπλαστικά ή με θηράματα που έχουν προηγουμένως καταναλώσει μικροπλαστικά.

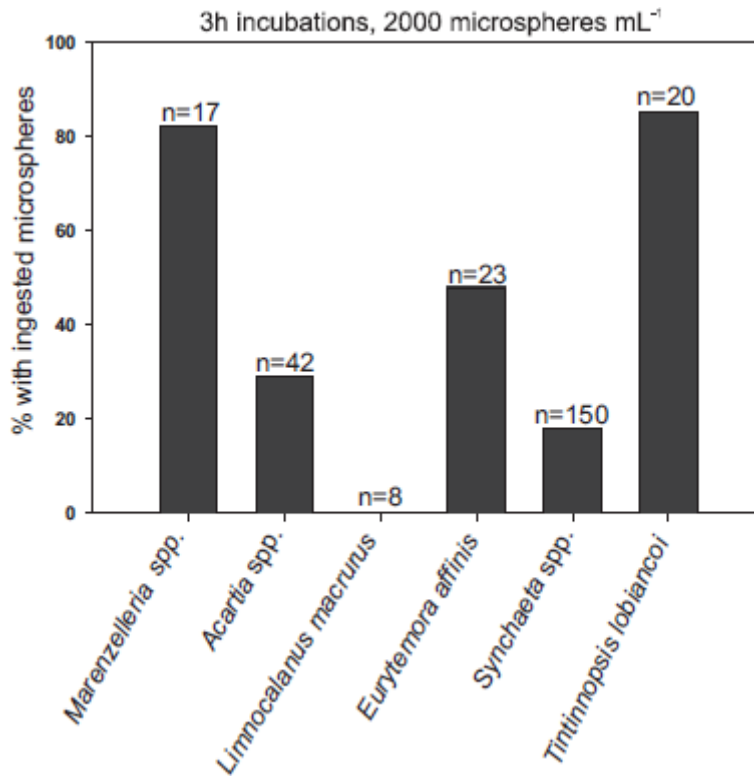
Οι Setälä, Fleming-Lehtinen, & Lehtiniemi (2013) διοχέτευσαν microbeads πολυστυρολίου (polystyrene) σε ζωοπλαγκτόν, κωπήποδα και γαρίδες που συλλέχθηκαν από θάλασσες της Φινλανδίας, με σκοπό να ελεγχθεί η ικανότητά τους να χωνεύουν μικροπλαστικά σφαιρίδια. Το ζωοπλαγκτόν εξετάστηκε με ένα εργαλείο επιφθορισμού (epifluorence) και το γαστρεντερικό σύστημα των κωπήποδων και των γαρίδων με στερεομικροσκόπιο (stereomicroscope). (Setälä, Fleming-Lehtinen, & Lehtiniemi, 2013, σ. 78).



Διάγραμμα 4.1 - Παρατήρηση microbeads πολυστυρολίου (Polystyrene) με φθορισμό σε ζωοπλαγκτόν

Πηγή: (Setälä, Fleming-Lehtinen, & Lehtiniemi, 2013, σ. 78)

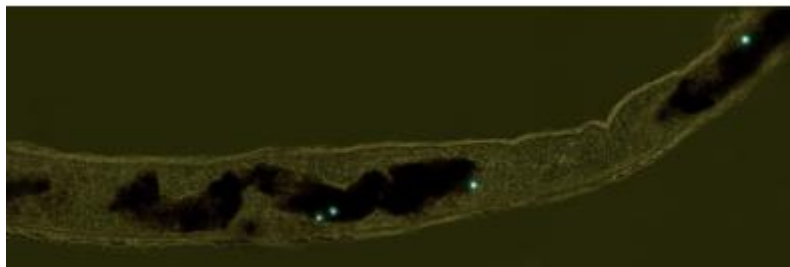
Τα αποτελέσματα ήταν εντυπωσιακά. Ορισμένα είδη ζωοπλαγκτόν είχαν τόσες μεγάλες ποσότητες microbeads στο γαστρεντερικό τους σύστημα που ήταν αδύνατη η μέτρηση του αριθμού τους.



Διάγραμμα 4.2 - Ποσοστά αντίληψης *microbeads* πολυστυρολίου στο γαστρεντερικό σύστημα διαφόρων ειδών ζωοπλαγκτόν

Πηγή: (Setälä, Fleming-Lehtinen, & Lehtiniemi, 2013, σ. 79)

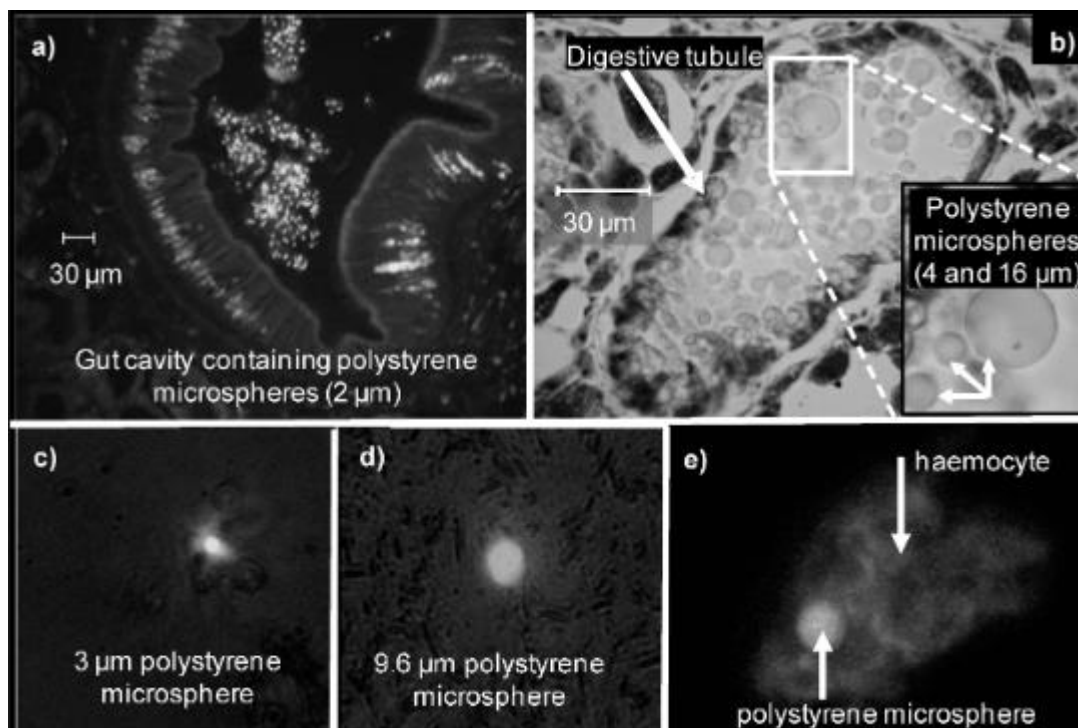
Τα κωπήποδα και οι γαρίδες είχαν την ικανότητα να καταπίνουν το 67% των διοχετευμένων *microbeads* αλλά όταν απελευθερώνονταν σε θαλάσσιο περιβάλλον το ποσοστό έπεφτε στο 3,7 %, που σήμαινε ότι η υπόλοιπη ποσότητα απεκκρινόταν στο περιβάλλον (Setälä, Fleming-Lehtinen, & Lehtiniemi, 2013, σ. 79)



Εικόνα 4.1 - Γαστρεντερικό σύστημα γαρίδας με ανιχνεύσιμα *microbeads* πολυστυρολίου μετά από έκθεση 3 ωρών

Πηγή: (Setälä, Fleming-Lehtinen, & Lehtiniemi, 2013, σ. 80)

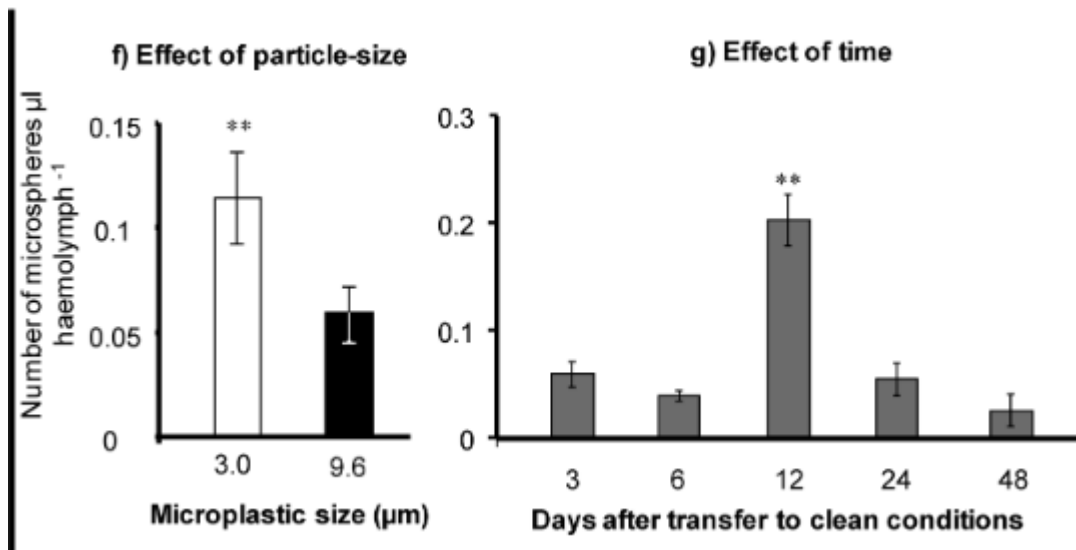
Σε παρόμοια αποτελέσματα είχε καταλήξει και έρευνα σε μύδια όπου τα microbeads χωνεύονταν και περνούσαν στο κυκλοφορικό τους σύστημα μέσα σε 3 ημέρες και παρέμεναν εκεί για 48 ώρες (Browne et al., 2008).



Εικόνα 4.2 - Πρόσληψη μικροπλαστικών πολυστυρολίου (polystyrene) από το μύδι *Mytilus edulis* (L)

Πηγή: (Browne et al., 2008, σ. 5029)

Μετά την έκθεση όταν ο οργανισμός μεταφερόταν σε καθαρό περιβάλλον, η συγκέντρωση των μικροπλαστικών έφτανε στη μεγαλύτερη τιμή της μετά από 12 ημέρες και έπειτα μειωνόταν (απέκκριση), ενώ τα μικρότερου μεγέθους μικροπλαστικά παρέμεναν για μεγαλύτερο διάστημα (Browne et al., 2008).



Διάγραμμα 4.3 – f) Απεικόνιση συγκέντρωσης συναρτήσει του μεγέθους του μικροπλαστικού g) Απεικόνιση της μεταβολής της συγκέντρωσης συναρτήσει του χρόνου

Πηγή: (Browne et al., 2008, σ. 5029)

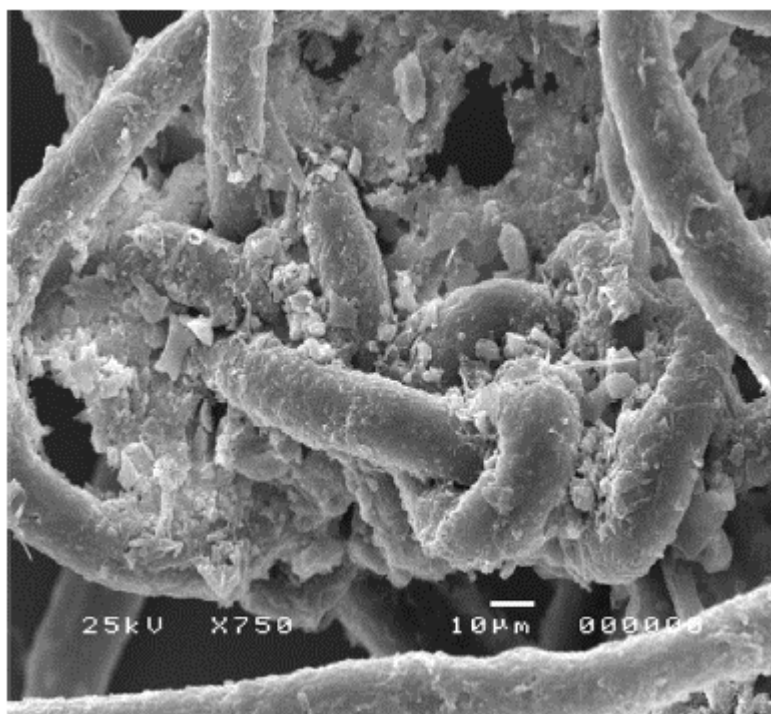
Ερευνητές παρατήρησαν έπειτα από την έκθεση ολοθούριων (sea cucumbers) σε μικροπλαστικά σε εργαστήριο, ότι τα καταλάωναν και τα χώνευαν σε μεγαλύτερο από τον αναμενόμενο ρυθμό. Δύο μάλιστα από τα τέσσερα είδη που μελετήθηκαν έδειξαν την ικανότητα να χωνεύουν και πλαστικά μικροσφαιρίδια (microbeads) προερχόμενα από καλλυντικά. Οι ερευνητές όμως δεν μελέτησαν αν τα μικροπλαστικά επηρέαζαν το γαστρεντερικό σύστημα των ολοθούριων (Graham & Thompson, 2009).

## 4.2 Ανίχνευση μικροπλαστικών σε θαλάσσιους οργανισμούς στο περιβάλλον

Έχει υπάρξει πλήθος ερευνών που αποδεικνύουν την ύπαρξη μικροπλαστικών στο γαστρεντερικό σύστημα οργανισμών στο περιβάλλον που καλύπτουν σχεδόν το σύνολο της τροφικής αλυσίδας καθώς έχουν βρεθεί σε φύκη (άλγη), φυτά, πρωτόζωα, δίθυρα μαλάκια, καρκινοειδή, ψάρια και θηλαστικά. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο περιβάλλον δεν μπορεί να αποδειχθεί η προέλευση των μικροπλαστικών, δηλαδή το αν τα μικροπλαστικά καταναλώθηκαν απευθείας από τον οργανισμό (άμεση μεταφορά) ή μεταφέρθηκαν σε αυτόν μέσω της τροφικής αλυσίδας (έμμεση μεταφορά) (Duis & Coors, 2016)

Τα περισσότερα μικροπλαστικά ανιχνεύονται σε οργανισμούς οι οποίοι φιλτράρουν το νερό για να τραφούν (filter feeders) όπως ζωοπλαγκτόν, στρείδια, μύδια ή άλλα δίθυρα μαλάκια. Δεν αποτελεί έκπληξη για τους ερευνητές η εύρεση μικροπλαστικών σε αυτά τα είδη καθώς αποτελούν τα πλέον εκτεθειμένα στην περιβαλλοντική μόλυνση και κάθε χημική ουσία που βρίσκεται στο νερό μπορεί να καταλήξει στο έντερό τους (van Cauwenberghe & Janssen, 2014, σ. 67).

Το μεγαλύτερο μέρος των μικροπλαστικών που ανιχνεύονται σε θαλάσσιους οργανισμούς έχει τη μορφή ινών (Neves et al., 2015) οι οποίες στις περισσότερες περιπτώσεις οφείλονται στη διάσπαση συνθετικών ρούχων ή ειδών ψαρέματος (New York State Attorney General, 2015). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η έρευνα των Murray & Cowie (2011) όπου οι μικροπλαστικές ίνες αποτελούσαν το 87% του συνόλου των μικροπλαστικών που ανιχνεύτηκαν σε καραβίδες (Murray & Cowie, 2011). Η ανησυχία των ερευνητών για πιθανές επιδράσεις των μικροπλαστικών ήταν μεγάλη, καθώς οι καραβίδες αυτές αποτελούν ένα από τα κύρια εξαγωγίμα είδη της χώρας (Murray & Cowie, 2011).



*Εικόνα 4.3 – Πλαστικές ίνες στο στομάχι καραβίδας*

Πηγή: (Murray & Cowie, 2011, σ. 1208)

Οι Neves et al (2015) επιβεβαίωσαν τον παραπάνω ισχυρισμό ανιχνεύοντας μικροπλαστικές ίνες σε ποσοστό 65,8% σε ψάρια στις θάλασσες της Πορτογαλίας, τα οποία ψαρεύονται και πωλούνται στις τοπικές αγορές της χώρας. Μάλιστα η αναλογία υπέρ των θραυσμάτων ήταν μεγαλύτερη για τα βενθικά είδη (ψάρια του βυθού) ενώ τα θραύσματα (σφαιρίδια, ακανόνιστα σωματίδια) ήταν περισσότερα στα πελαγίσια (αφρόψαρα) (Neves et al., 2015).

Σε διεξοδική έρευνα για το Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Σπουδών της Ολλανδίας, το οποίο είναι υπεύθυνο για τον καθορισμό της περιβαλλοντικής πολιτικής της χώρας, πάρθηκαν δείγματα από πέντε (5) θαλάσσιους οργανισμούς: στρείδια, μύδια, κοινά σαλιγκάρια, αμφίποδα και καβούρια από τρεις παράκτιες περιοχές της χώρας. Σε όλα τα είδη ανιχνεύτηκαν μικροπλαστικά στους μαλακούς ιστούς και στο γαστρεντερικό σύστημα ενώ στα αμφίποδα ανιχνεύτηκαν σε όλο το σώμα (Leslie, van Velzen, & Vethaak, 2013, σ. 22).

Πίνακας 4.1 - Συγκεντρώσεις μικροπλαστικών σε 5 θαλάσσια είδη που αλιεύτηκαν το 2011 σε ακτές της Ολλανδίας

Είδος	Βάρος επί ξηρού (%)	Συνολικά σωματίδια ανά gr ξηρού ιστού	Μέγεθος σωματιδίου 1-300 μm (%)	Μέγεθος σωματιδίου 300-5000 μm (%)
Σαλιγκάρι*	33	20	25	75
Αμφίποδο*	10	11	67	33
Στρείδι Ειρηνικού*	14	87	75	25
Μύδι*	13	105	82	18
Καβούρι άμμου**	24	0	0	0
Στρείδι Ειρηνικού**	8	30	80	20
Μύδι***	19	19	50	50

\* ακτή *Oosterschelde Neeltje Jan*

\*\* ακτή *Rhine Estuary*

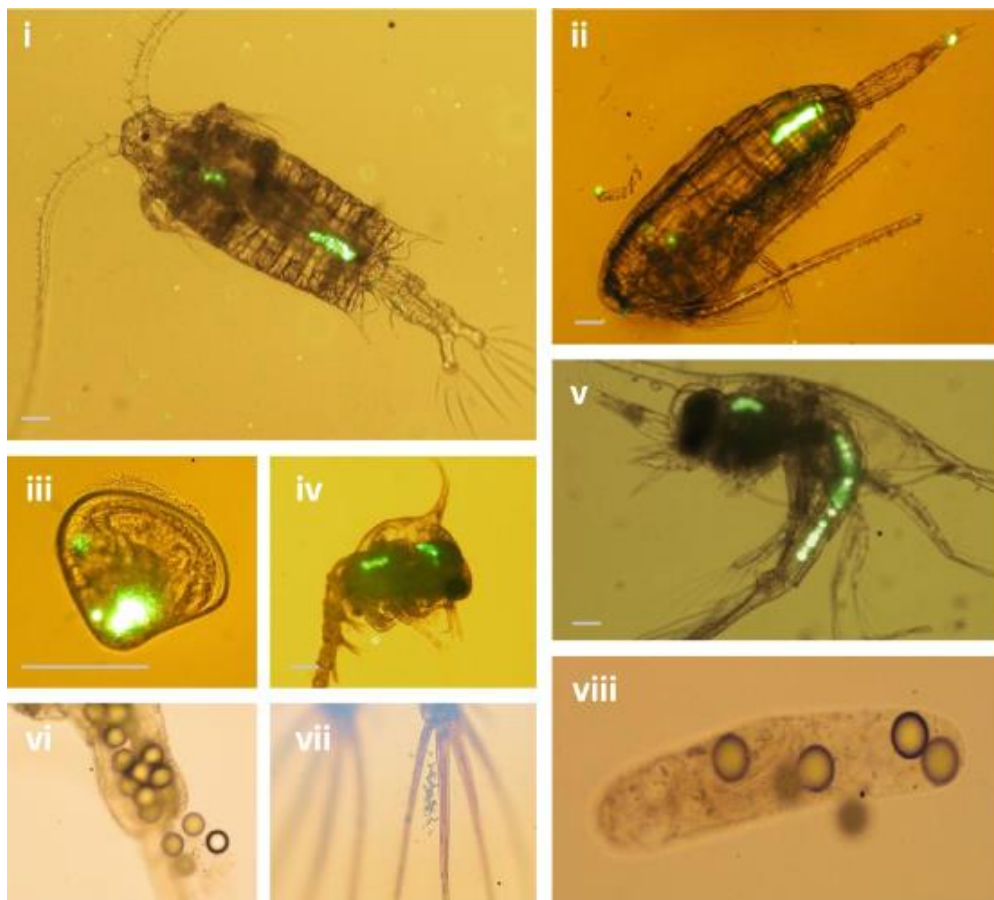
\*\*\* ακτή *Ter Heide North Sea*

Πηγή: (Leslie, van Velzen, & Vethaak, 2013, σ. 23)

Όπως ήταν αναμενόμενο, οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις ανιχνεύτηκαν στους οργανισμούς που φιλτράρουν το νερό για να τραφούν (filter feeders), δηλαδή τα μύδια και τα στρείδια, ενώ τα μεγέθη ποίκιλαν από 0,001 mm

(νανοπλαστικά) έως 0,5 mm. Τα μύδια μάλιστα είχαν την ικανότητα να χωνεύουν πολύ μικρού διαμέτρου πλαστικά (0,003 έως 0,01 mm) (Leslie, van Velzen, & Vethaak, 2013, σ. 22). Τα παραπάνω είδη καταναλώνονται άμεσα από τον άνθρωπο, χωρίς να αφαιρείται το γαστρεντερικό τους σύστημα στο οποίο προσκολλώνται τα μικροπλαστικά, επομένως συγκεντρώνουν το ενδιαφέρον των μελετών. Μάλιστα οι συγκεντρώσεις μικροπλαστικών σε υδατοκαλλιέργειες μυδιών έχει αποδειχθεί ότι είναι μεγαλύτερες από αυτές σε θαλάσσια περιβάλλοντα, πιθανότατα λόγω της φθοράς των πλαστικών που χρησιμοποιούνται σε αυτές (δίκτυα, κλωβοί ψαριών κα) (Oliveira Castro, Silva, Marques, & de Araújo, 2016)

Το 2013 οι Cole et al απέδειξαν για πρώτη φορά στο περιβάλλον ότι τα μικροπλαστικά καταπίνονται, χωνεύονται και προσκολλώνται στο ζωοπλαγκτόν το οποίο αποτελεί πολύ σημαντική τροφή για πλήθος ψαριών και άλλων θαλάσσιων οργανισμών (Cole et al., 2013, σ. 6646).

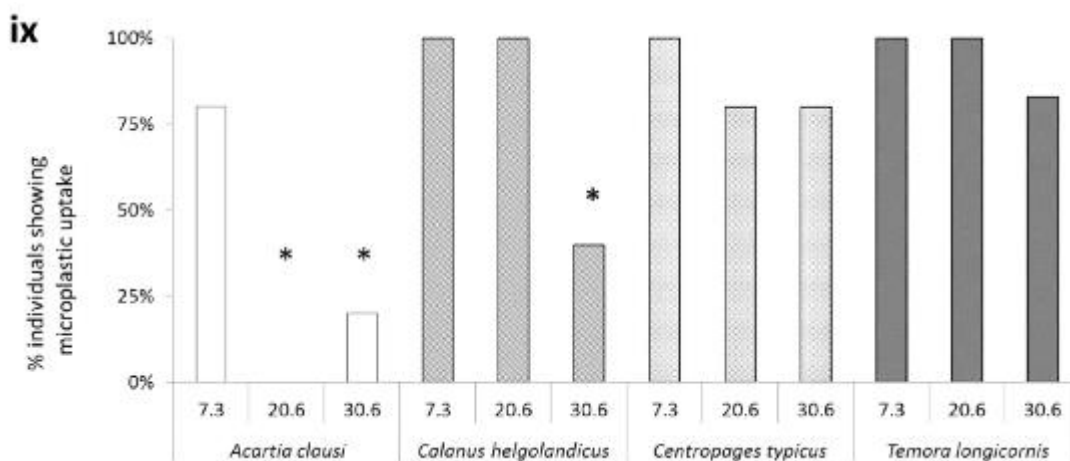


Εικόνα 4.4 - Σφαιρίδια μικροπλαστικών (*Microbeads*) στο γαστρεντερικό σύστημα ειδών ζωοπλαγκτόν

Πηγή: (Cole et al., 2013, σ. 6649)



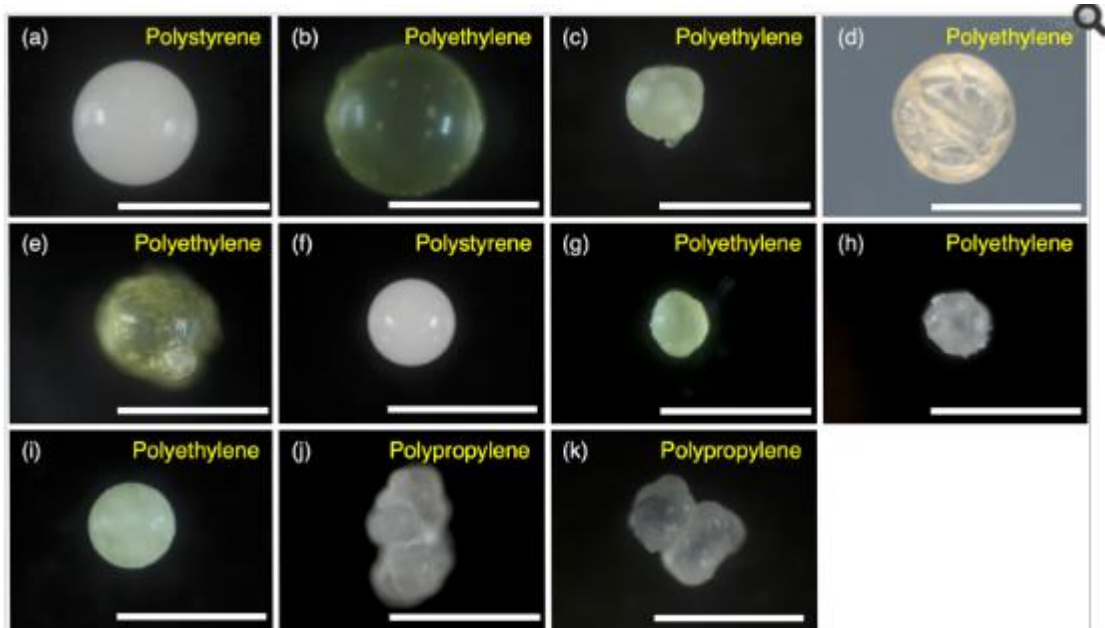
Η ικανότητα κατανάλωσης μικροπλαστικών από ζωοπλαγκτόν εξαρτάται από το μέγεθος των μικροπλαστικών (Cole et al., 2013, Setälä, Fleming-Lehtinen, & Lehtiniemi, 2013) και το είδος και την ηλικιακή φάση του ζωοπλαγκτόν (Cole et al., 2013).



Διάγραμμα 4.4 - Ποσοστό κωπηπόδων με μικροπλαστικά στο εντερικό τους σύστημα έπειτα από 24ωρη έκθεση

Πηγή: (Cole et al., 2013, σ. 6649)

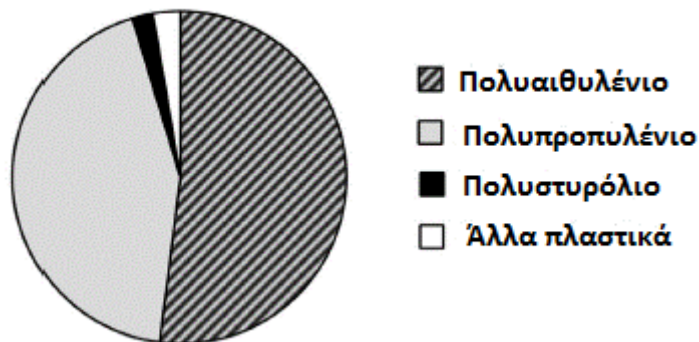
Λογικό επόμενο ήταν να προκύψουν έρευνες που να αποδεικνύουν την παρουσία μικροπλαστικών σε οργανισμούς ψαριών που τρέφονται με ζωοπλαγκτόν όπως στην έρευνα των Tanaka & Takada, (2016) όπου ανιχνεύτηκαν μικροπλαστικά στο 77% των αντζούγιων (anchovies) που μελέτησαν. Στο μεγαλύτερο μέρος (86%) ήταν ίνες αλλά ανιχνεύτηκαν και μικροπλαστικά σε ποσοστό 7,3% τα οποία έμοιαζαν καταπληκτικά με τα microbeads που περιέχονται σε καθαριστικά προσώπου.



Εικόνα 4.5 - Μικροσφαιρίδια που έχουν βρεθεί στο γαστρεντερικό σύστημα της ιαπωνικής αντζούγιας

Πηγή: (Tanaka & Takada, 2016, σ. 34355)

Από την ανάλυση των μικροπλαστικών που βρέθηκαν διαπιστώθηκε ότι σε ποσοστό άνω του 50% αποτελούνταν από πολυαιθυλένιο:

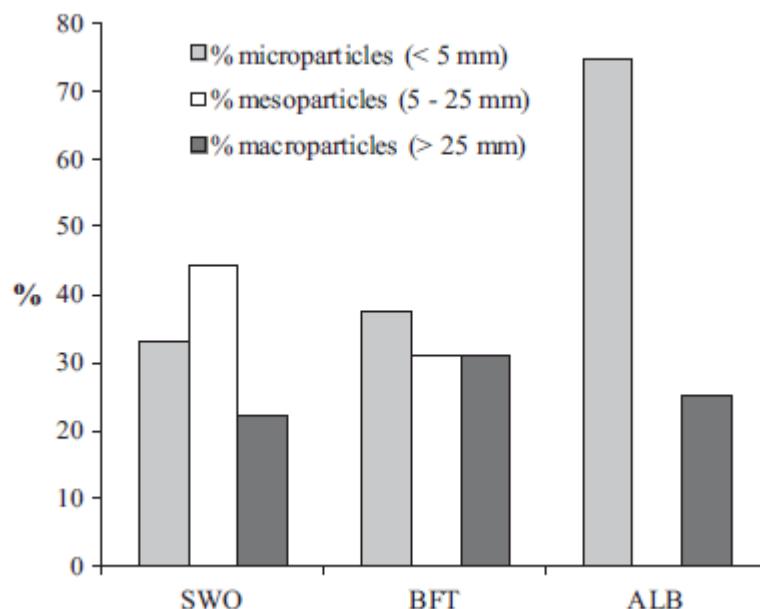


Διάγραμμα 4.5 - Ποσοστό με βάση το πολυμερές που ανιχνεύτηκε σε microbeads που βρέθηκαν στο στομάχι αντζούγιων στο Τόκιο το 2016

Οι ερευνητές τόνιζαν ότι επρόκειτο για την πρώτη έρευνα που αποδείκνυε την ύπαρξη μικροπλαστικών σφαιριδίων σε ψάρια στο θαλάσσιο περιβάλλον και με δεδομένο ότι τα μικροπλαστικά περιέχουν επιμολύνσεις και ότι τα συγκεκριμένα ψάρια είναι από τα δημοφιλέστερα προς κατανάλωση από τον άνθρωπο, δεν μπορούσε να μην παρατηρηθεί ότι αναπόφευκτα επρόκειτο για πρόβλημα δημόσιας υγείας πέρα από περιβαλλοντικό (Tanaka & Takada,

2016). Σε παρόμοια αποτελέσματα κατέληξε η έρευνα για μικροπλαστικά σε πολλαπλά είδη ψαριών που πραγματοποιήθηκε στο βορειοατλαντικό ωκεανό από τους Murphya et al (2017). Αν και ανιχνεύτηκαν κυρίως μικροπλαστικές ίνες, το 13,7% των μικροπλαστικών αποδόθηκε σε microbeads (Murphya et al., 2017).

Σε έρευνα που διεξήχθη το 2012 και το 2013 στην Μεσόγειο, μελέτησαν τα περιεχόμενα των στομαχιών μεγάλων πελαγικών ψαριών (ξιφίες, τόνοι, μπακαλιάροι) και πέρα από τα πολλαπλά μακροπλαστικά, βρήκαν μικροπλαστικά στο 18,2% των δειγμάτων.



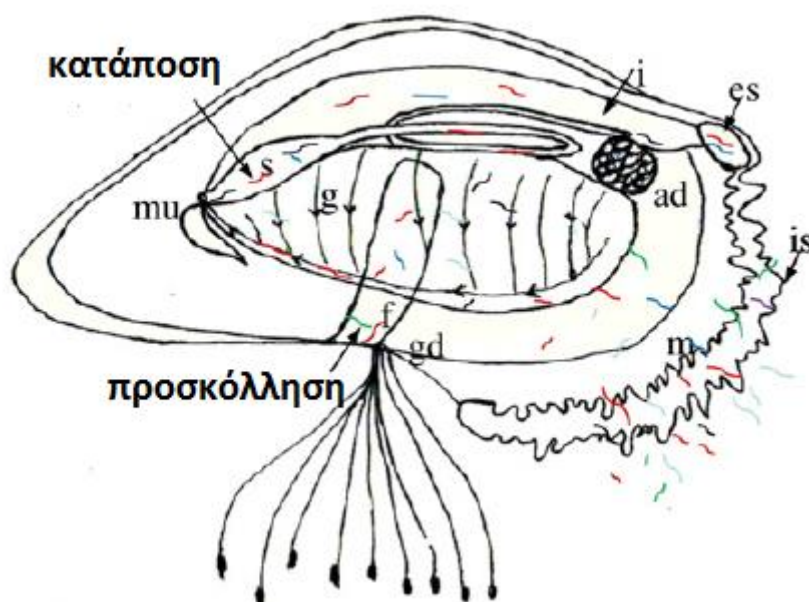
Διάγραμμα 4.6 - Ποσοστά μικροπλαστικών που ανιχνεύτηκαν σε ξιφίες (SWO), γαλαζόπτερους τόνους (BFT) και μπακαλιάρους (ALB) στη Μεσόγειο Θάλασσα μεταξύ 2012 και 2013

Πηγή: (Romeo et al., 2015, σ. 359)

Η συγκεκριμένη έρευνα αποδεικνύει την μεταφορά μικροπλαστικών στους ανώτατους θηρευτές της θαλάσσιας τροφικής αλυσίδας των ωκεανών (Romeo et al., 2015). Ο μόνος θηρευτής που καταναλώνει τα παραπάνω είδη είναι ο άνθρωπος.

Μία πολύ πρόσφατη έρευνα των παρουσιάζει ισχυρές ενδείξεις ότι η παρουσία μικροπλαστικών σε μύδια δεν οφείλεται μόνο σε κατάποση, καθώς ανιχνεύτηκαν σε όργανα τα οποία δεν εντάσσονται στο γαστρεντερικό τους

σύστημα, όπως στις κεραίες και στον μανδύα. Οι μέχρι τότε έρευνες σε μύδια σε εργαστηριακές συνθήκες περιέγραφαν την κατάποση μικροπλαστικών και συσσώρευση στους ιστούς. Τα μικροπλαστικά κατέληγαν στον εντερικό σωλήνα ενώ τα μικρότερα σε μέγεθος (μέχρι 9,6 μm) είχαν την ικανότητα να μεταπηδήσουν στην λέμφο και στα αιμοκύτταρα (Browne et al., 2008). Στην προκειμένη περίπτωση τα μύδια εκτέθηκαν σε μικροίνες μεγαλύτερες των 100 μm και ανιχνεύτηκαν σε σημεία του οργανισμού που ήταν αδύνατο να μεταφερθούν μέσω του γαστρεντερικού συστήματος λόγω μεγάλου μεγέθους. Οι ερευνητές υπέθεσαν ότι μεταφέρθηκαν εκεί μέσω προσκόλλησης και επεσήμαιναν ότι ήταν η πρώτη φορά που υπήρχαν ενδείξεις για κάτι τέτοιο.



Εικόνα 4.6 - Απεικόνιση της οδού κατάποσης και απέκκρισης μικροπλαστικών ινών σε μύδια

ad: προσαγωγός ιστός, es: «σιφώνι» εκπνοής, f: πόδι, g: βράγχια, gd: γονάδες  
m: μανδύας, mu: στόμα, i: έντερο, is: «σιφώνι» εισπνοής, s: στομάχι

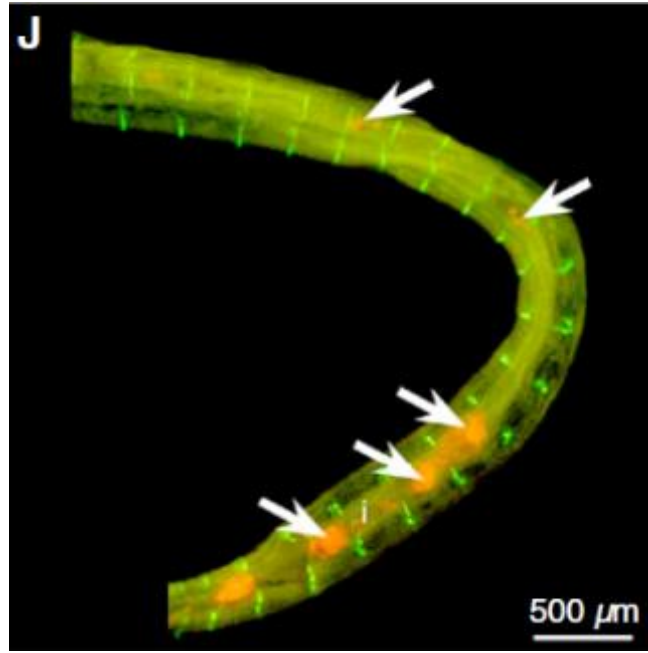
Πηγή: (Kolandhasamy et al., 2018, σ. 640)

Αν μεταγενέστερες έρευνες επιβεβαιώσουν τα αποτελέσματα, τότε εγείρονται ανησυχίες για την μεταφορά προσκολλώμενων ρύπων που μεταφέρουν μικροπλαστικά, καθώς η πλειοψηφία των μικροπλαστικών που μεταφέρονται στον οργανισμό μέσω κατάποσης απεκκρίνονται από το έντερο στο περιβάλλον, ενώ στην προσκόλληση και απορρόφηση παραμένουν στον οργανισμό (Kolandhasamy et al., 2018).

Υπάρχουν βέβαια και εξαιρέσεις ερευνών οι οποίες έδειξαν ασήμαντη ως μηδενική έκθεση μικροπλαστικών σε είδη που καταναλώνονται από τον άνθρωπο. Οι Liboiron et al (2016) εξέτασαν τα στομάχια 206 ψαριών του είδους *Gadus morhua* (μπακαλιάρος του Ατλαντικού) που προμηθεύτηκαν από ψαράδες της περιοχής Newfoundland, του Καναδά και εντόπισαν μικροπλαστικά μόλις στο 2,6% των ψαριών. Μάλιστα δεν εντόπισαν σε κανένα μικροπλαστικά σφαιρίδια (Liboiron et al., 2016). Βέβαια κάτι που δεν παρατηρούν οι ερευνητές είναι ότι το συγκεκριμένο είδος είναι μπενθικό και κυνηγά είδη σε μεγαλύτερα βάθη, όπου σπανίως εντοπίζονται μικροπλαστικά του είδους που αποτελούν το ενδιαφέρον της εργασίας.

### **4.3 Ανίχνευση μικροπλαστικών σε οργανισμούς του γλυκού νερού**

Έχουν υπάρξει πολύ λίγες έρευνες που να μελετούν την παρουσία μικροπλαστικών σε οργανισμούς του γλυκού νερού (Duis & Coors, 2016, σ. 11). Οι Imhof et al (2013) συνέλεξαν δείγματα από τις ακτές της λίμνης Garda στη βόρειο Ιταλία και ανίχνευσαν μικροπλαστικά στις ίδιες αναλογίες με αυτές που ανιχνεύονται στις παραλίες όλου του κόσμου. Αυτό έδειξε ότι τα μικροπλαστικά δεν αποτελούν «προνόμιο» θαλάσσιας περιβαλλοντικής μόλυνσης αλλά έχουν επεκταθεί και σε οικοσυστήματα γλυκού νερού. Το πλέον ανησυχητικό στοιχείο είναι ότι η συγκεκριμένη λίμνη δεν παρουσιάζει ωκεάνια χαρακτηριστικά (μικρή σε μέγεθος) και είναι σχετικά απομονωμένη από τον πολιτισμό άρα και από την ρύπανση (βρίσκεται στους πρόποδες των Άλπεων). Μελετώντας παράλληλα και σκουλήκια της λίμνης ανακάλυψαν μικροπλαστικά πολυαιθυλενίου και πολυστυρολίου σχεδόν στα ίδια ποσοστά, πράγμα που αύξησε την ανησυχία τους καθώς έχουν αποδειχθεί ότι ενσωματώνουν ρύπους επικίνδυνους για την υγεία των οργανισμών (Imhof et al., 2013)



Εικόνα 4.7 - Ανιχνεύσιμα μικροπλαστικά στο στομάχι του σκουληκιού *Lumbricus variegates* που βρέθηκαν στη λίμνη Garda της Ιταλίας

Πηγή: (Imhof et al., 2013).

## **Κεφάλαιο 5 - Επιπτώσεις των μικροπλαστικών σε οργανισμούς**

Έχει αποδειχθεί ότι η πλήρης αποδόμηση των μικροπλαστικών δεν είναι δυνατή σε υδατικά περιβάλλοντα και μπορεί να παραμένουν για εκατοντάδες χρόνια κυρίως στην επιφάνεια του θαλασσινού νερού. Τα πρωτογενή και τα δευτερογενή μικροπλαστικά και νανοπλαστικά καταναλώνονται με ευκολία από μικροσκοπικούς υδατικούς οργανισμούς και μπορούν να μεταφερθούν μέσω της τροφικής αλυσίδας σε μεγαλύτερους οργανισμούς (Munoz-Pineiro, 2018). Σε μικρότερους οργανισμούς μπορούν να προκαλέσουν μηχανικές καταπονήσεις καθώς η απέκκριση είναι αδύνατη. Επίσης μπορεί να απορροφήσουν ρύπους από το περιβάλλον και να τους μεταφέρουν στους οργανισμούς που θα τα καταναλώσουν. Παράλληλα ενσωματώνουν πρόσθετα τα οποία μπορεί να απελευθερωθούν στο γαστρεντερικό σύστημα οργανισμών υπό κατάλληλες συνθήκες.

### **5.1 Άμεσες επιπτώσεις στους υδρόβιους οργανισμούς**

Οι άμεσες επιδράσεις στην υγεία υδρόβιων οργανισμών από μικροπλαστικά σχετίζονται με μηχανικές καταπονήσεις (τραυματισμούς) λόγω κατάποσης. Το μικρό μέγεθος των μικροπλαστικών δίνει τη δυνατότητα ακόμα και σε μικροσκοπικούς οργανισμούς όπως άλγη ή ζωοπλαγκτόν να τα καταπίνουν εμφανίζοντας δυσκολία στη χώνεψη της τροφής (Cole et al., 2013, DEFRA, 2014b), προκαλώντας αίσθηση κορεσμού οδηγώντας τελικά σε υποσιτισμό. Οι ερευνητές έχουν παρατηρήσει ότι κάτι τέτοιο συμβαίνει κυρίως σε συνθήκες εργαστηρίου ή σε παράκτιες περιοχές στο περιβάλλον όπου οι οργανισμοί εκτέθηκαν σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις μικροπλαστικών (DEFRA, 2014b)

### **5.2 Έμμεσες επιπτώσεις στους υδρόβιους οργανισμούς**

#### **5.2.1 Πρόσθετα (additives) μικροπλαστικών**

Τα πλαστικά θεωρούνταν στο παρελθόν άφθαρτα ακόμα στις πιο ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες. Στα τέλη της προηγούμενης δεκαετίας έρευνες απέδειξαν ότι με τις κατάλληλες συνθήκες, οι οποίες υπάρχουν στο

γαστρεντερικό σύστημα οργανισμών, μπορούν να αποσυντεθούν και να απελευθερώσουν όχι μόνο κομμάτια μικροπλαστικού (ίνες, σφαιρίδια, ακανόνιστα θραύσματα κα) (Teuten et al., 2009) αλλά και χημικές ενώσεις (πρόσθετα) οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή τους όπως:

- Πλαστικοποιητές (plasticisers) – μικρού μοριακού βάρους φθαλικές ενώσεις όπως: DEHP, BBP, DBD, DIBP
- Σε πολύ μικρές ποσότητες χρωστικές (pigments) ή σταθεροποιητικές ουσίες (stabilisers) που περιέχουν βαρέα μέταλλα όπως κάδμιο (Cd), χρώμιο 6 (Cr6), μόλυβδο (Pb) και υδράργυρο (Hg)
- Αλογονωμένες (halogenated) αντιπυρικές ενώσεις (flame retardants)
- Αντιμικροβιακές ουσίες (antimicrobials)
- Αλκυλοφαινόλες
- Δισφαινόλη Α (bisphenol A) σε μικρές συγκεντρώσεις

(Merex, 2014, Duis & Coors, 2016, σ. 2)

Τα παραπάνω πρόσθετα μπορεί να φτάνουν μέχρι και το 4% κατά βάρος των πρόσθετων (Bhattacharya et al., 2010) και μπορούν να διαταράξουν το ενδοκρινικό σύστημα με επικίνδυνες επιπτώσεις για την υγεία. Επισημαίνεται πάντως ότι τα περισσότερα microbeads που προστίθενται σε καλλυντικά δεν ενσωματώνουν επιβλαβή πρόσθετα (UNEP, 2015)

### **5.2.2 Ρύποι που προσκολλώνται στα μικροπλαστικά στο περιβάλλον – Έμμονοι Οργανικοί Ρύποι (POP's)**

Πέρα από τις χημικές ουσίες που βρίσκονται μέσα στα μικροπλαστικά και απελευθερώνονται με την αποδόμησή τους, υδροφοβικές ουσίες προσκολλώνται στην επιφάνειά τους με τη βοήθεια του νερού. Υπάρχει η πιθανότητα λοιπόν επικίνδυνες ουσίες όπως έμμονοι οργανικοί ρύποι (Persistent Organic Pollutants – POPs) να προσκολληθούν στα μικροπλαστικά τα οποία δείχνουν να έχουν απορροφητική ικανότητα (New York State Attorney General, 2015, σ. 1), όπως:

- πολυχλωριωμένα διφαινύλια (polychlorinated biphenyls (PCB's)),
- πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες



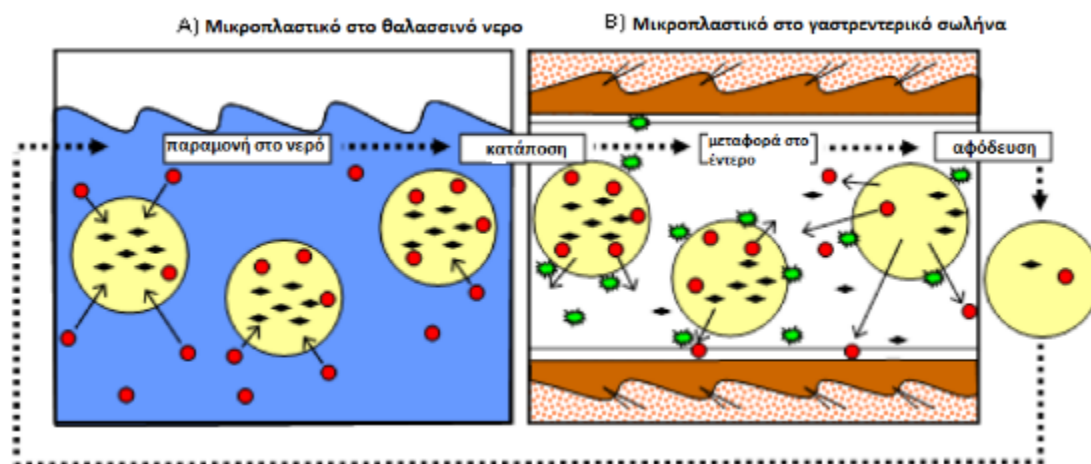
- πετρελαϊκοί υδρογονάνθρακες (petroleum hydrocarbons)
- χλωριούχα παρασιτοκτόνα όπως DDT
- πολυβρωμιούχοι διφαινυλαιθέρες (polybrominated diphenylethers)

(Greene, 2010, Teuten et al., 2009, Velzeboer, Kwadijk, & Koelmans, 2014)

Τα μικροπλαστικά πολυαιθυλενίου έχουν την ικανότητα σε λιγότερο από 48 ώρες, να απορροφούν έμμονους οργανικούς ρύπους (persistent organic pollutants) όπως: φαινανθρένιο (phenanthrene - Phe), διχλωροδιφαινυλοτριχλωροαιθάνιο (dichlorodiphenyltrichloroethane - DDT) και υπερφθοροοκτανοϊκό οξύ (perfluorooctanoic acid - PFOA) (EPA, 2017b).

### 5.2.3 Μηχανισμός μεταφοράς πρόσθετων και έμμονων οργανικών ρύπων μικροπλαστικών σε υδρόβιους οργανισμούς

Στο γαστρεντερικό σύστημα οργανισμών που καταπίνουν μικροπλαστικά τόσο τα πρόσθετα όσο και τα μίγματα POPs εκροφώνται (απελευθερώνονται) με την επίδραση φυσικών διεργασιών καθαρισμού του εντέρου (επιφανειοδραστικοί παράγοντες) (DEFRA, 2014b). Ένα μέρος των πρόσθετων και των POPs απεκκρίνεται αλλά το υπόλοιπο αν παραμείνει για ικανό χρονικό διάστημα βιοσυσσωρεύεται και προκαλεί βλαβερές συνέπειες για τον οργανισμό (Setälä, Fleming-Lehtinen, & Lehtiniemi, 2013).



Εικόνα 5.1 - Σχηματικό διάγραμμα μεταφοράς ρύπων από μικροπλαστικά σε υδρόβιους οργανισμούς

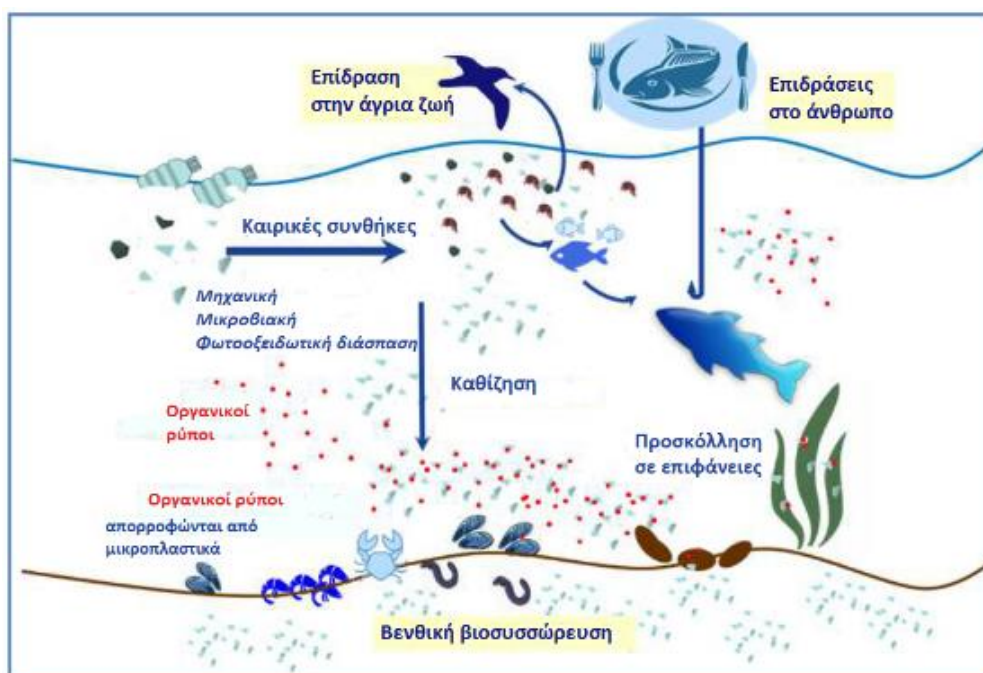
Πηγή: (DEFRA, 2014b)

Στην Εικόνα 5.1.A οι μεγάλες κίτρινες σφαίρες (επιπλέοντα μικροπλαστικά) μπορεί να περιέχουν επικίνδυνα πρόσθετα (μαύροι ρόμβοι) και μπορούν να

απορροφήσουν περιβαλλοντικούς ρύπους (κόκκινες σφαίρες). Αφού εισέλθουν στο γαστρεντερικό σύστημα θαλασσίων οργανισμών Εικόνα 5.1.B, τα χημικά εκροφούνται (desorb), διαδικασία που διευκολύνεται από επιφανειοδραστικές φυσικές καθαριστικές ουσίες του γαστρεντερικού σωλήνα (πράσινα αστεράκια) (DEFRA, 2014b). Το ανησυχητικό είναι ότι η διαδικασία εκρόφησης (desorption) δείχνει να διευκολύνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, άρα ο ρυθμός εκρόφησης αναμένεται να είναι μεγαλύτερος σε θερμότερους οργανισμούς όπως είναι ο άνθρωπος (DEFRA, 2014b)

Η υπόθεση ότι οι ρύποι που ενσωματώνουν τα πλαστικά βιοσυσσωρεύονται σε οργανισμούς επιβεβαιώθηκε για πρώτη φορά το 1988 όπου και παρατηρήθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις έμμονων οργανικών ρύπων σε θαλάσσια πτηνά (άλμπατρος) (Ryan, Connell, & Gardner, 1988). Όπως παρατηρούν οι Wardrop et al. (2016) παρόλο που έχουν περάσει 30 χρόνια έχουν διεξαχθεί ελάχιστες έρευνες είτε σε ελεγχόμενο περιβάλλον είτε στο πεδίο που να ελέγχουν την παραπάνω υπόθεση.

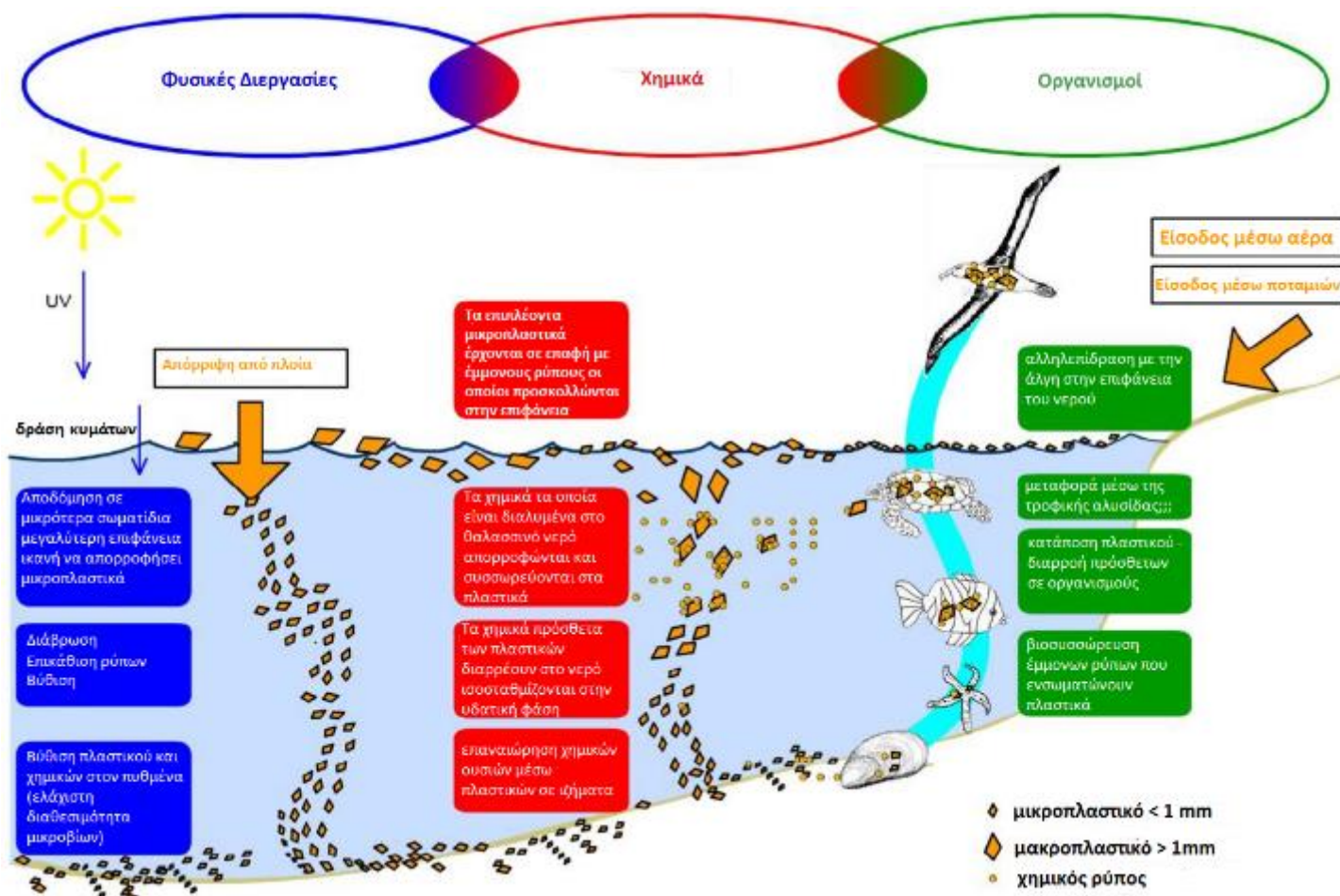
Η παρακάτω σχηματική αναπαράσταση της μεταφοράς ρύπων από μικροπλαστικά στην τροφική αλυσίδα δημοσιεύτηκε σε ενημερωτικό δελτίο της ΕΕ τον Μάρτιο του 2018:



Διάγραμμα 5.1 - Σχηματική αναπαράσταση μεταφοράς ρύπων από μικροπλαστικά στην τροφική αλυσίδα

Πηγή: (Lin, 2016, Munoz-Pineiro, 2018)

Σε πιο αναλυτικό διάγραμμα ο Leslie συμπεριλαμβάνει και τις οδούς διαφυγής των μακροπλαστικών και των μικροπλαστικών στις θάλασσες:

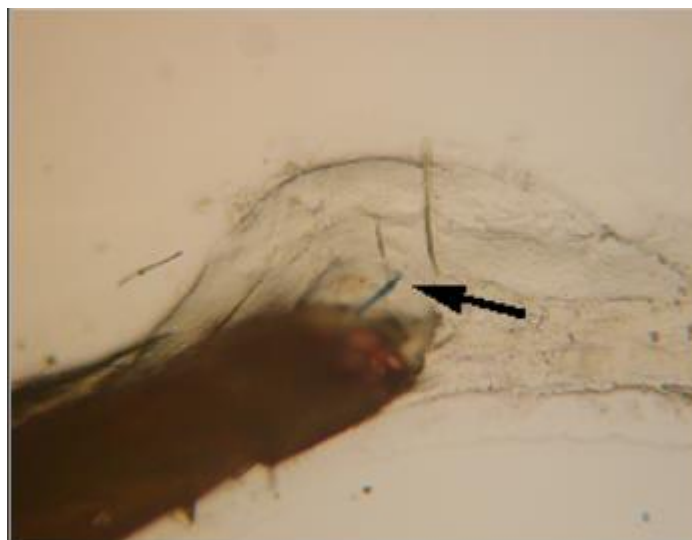


Εικόνα 5.2 - Μηχανισμός διασποράς μακροπλαστικών και μικροπλαστικών, προσκόλλησης ρύπων, απελευθέρωσης πρόσθετων με βιοσυσσώρευση στους θαλάσσιους οργανισμούς

Πηγή: (Leslie, 2014)

### 5.3 Επίδραση σε οργανισμούς που βρίσκονται σε χαμηλότερο επίπεδο της τροφικής αλυσίδας

Ήδη από το 2004 ερευνητές επέλεξαν ένα εύρος θαλάσσιων οργανισμών που τρέφονται με διαφορετικό τρόπο και τα εξέθεσαν για 10 ημέρες σε μικροπλαστικά πολυβινυλχλωριδίου που είχαν απορροφήσει ρύπους όπως: Phenanthrene (a PAH), tetrabromodiphenyl ether (PBDE), triclosan (αντιμικροβιακό) και nonylphenole. Τα είδη συμπεριελάμβαναν αμφίποδα που τρέφονται από νεκρούς θαλάσσιους οργανισμούς, θαλάσσια σκουλήκια του είδους *Arenicola Marina* που τρέφονται από τα ιζήματα των ωκεανών και στρείδια που φιλτράρουν το θαλάσσιο νερό ώστε να τραφούν. Και τα τρία είδη χώνευαν τα πλαστικά μέσα σε λίγες ημέρες και μάλιστα στο τέλος της έρευνας οι συγκεντρώσεις των ρύπων στους ιστούς των σκουληκιών ήταν αρκετά μεγαλύτερη από ότι στο νερό που τα περιέβαλε, αν και δεν ήταν ξεκάθαρος ο μηχανισμός μεταφοράς τους (Thompson et al., 2004).



Εικόνα 5.3 - Μικροπλαστική ίνα στο γαστρεντερικό σύστημα ενός αμφίποδου

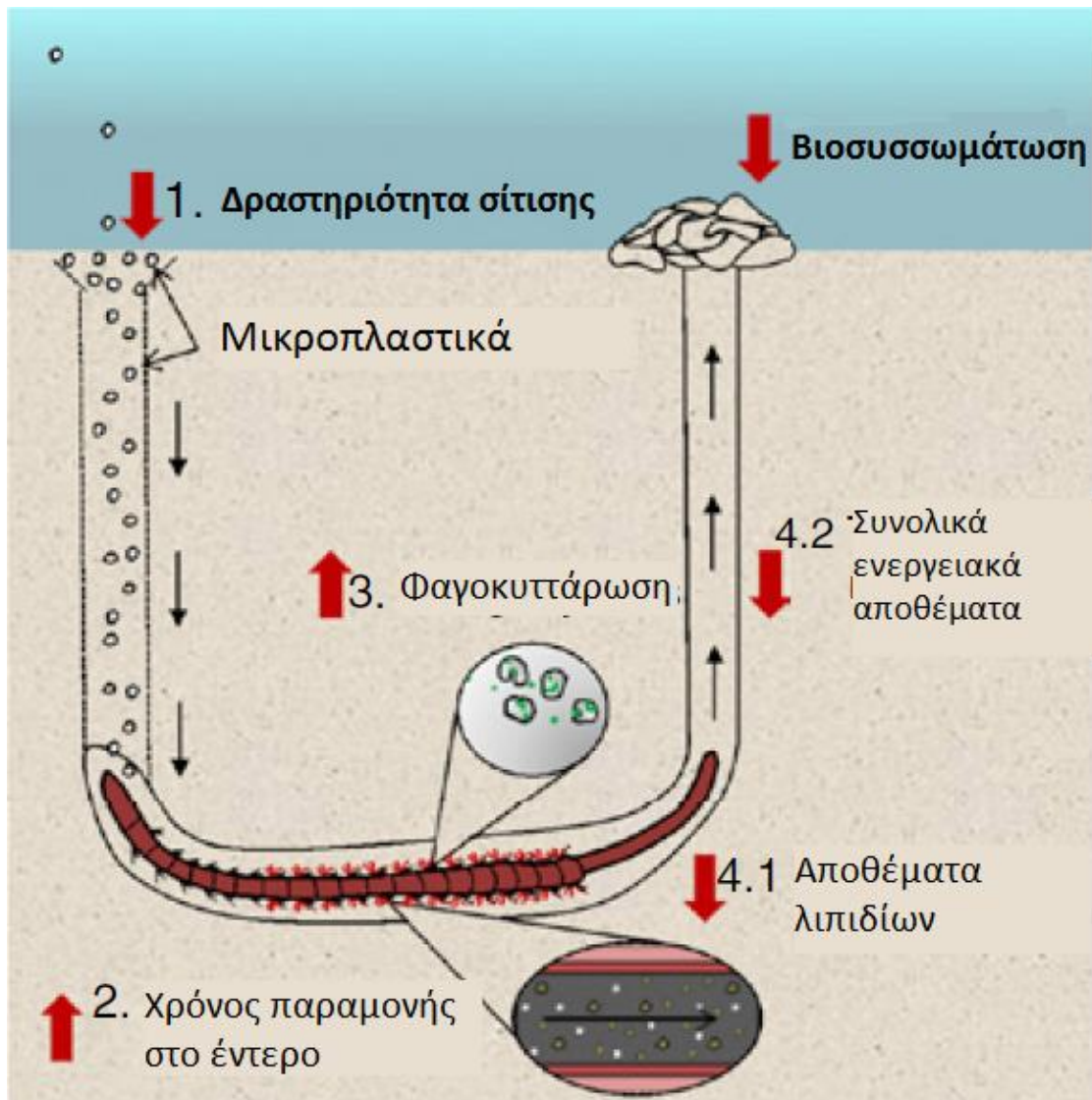
Πηγή: (Thompson et al., 2004)

Οι Browne et al (2008) απέδειξαν ότι ακόμα και η σύντομη παραμονή μικροπλαστικών έχει επίδραση σε οργανισμούς, καθώς μετά από παραμονή 72 ωρών στο γαστρεντερικό σύστημα ασπόνδυλων μεταφερόντουσαν στο hemolymph το οποίο είναι το ανάλογο του αίματος για αυτά τα είδη, και παρέμεναν εκεί για 48 ώρες. Η μεταφορά αυτή των μικροπλαστικών στο

κυκλοφορικό σύστημα, αύξανε σημαντικά την πιθανότητα κατανάλωσης των ρύπων που ενσωμάτωναν στους ιστούς (Browne et al., 2008).

Σε ανασκόπηση της μέχρι τότε βιβλιογραφίας από τον Engler (2012) σχετικά με τις επιδράσεις που έχουν σε πρωτόζωα οι προσκολλώμενοι ρύποι σε μικροπλαστικά, το συμπέρασμα ήταν ότι αποτελούν κίνδυνο όχι μόνο για τα είδη που τα καταναλώνουν αλλά και για ολόκληρη την τροφική αλυσίδα. Λίγο αργότερα οι Browne et al (2013) για πρώτη φορά απέδειξαν ότι όχι μόνο τα POPs αλλά και τα πρόσθετα που ενσωματώνουν τα μικροπλαστικά έχουν επίδραση στους ιστούς θαλάσσιων σκουληκιών. Η πρόσληψη nonylphenol από μικροπλαστικά μείωνε την ικανότητα των σκουληκιών να αφαιρούν παθογόνα βακτήρια κατά 60%, το triclosan μείωνε την ικανότητα να παράγουν ιζήματα και αύξανε τη θνησιμότητα κατά 55%, και η κατανάλωση πλαστικού πολυβινυλοχλωριδίου από μόνη της αύξανε τα επίπεδα του οξειδωτικού στρες κατά 30% (Browne et al., 2013, σ. 2388).

Δύο από τους παραπάνω ερευνητές μαζί με δύο ακόμα συναδέλφους τους σε νέα έρευνα παρατήρησαν ότι το ίδιο είδος σκουληκιών όταν τρεφόταν με μικροπλαστικά εμφάνιζε σημαντικά μικρότερα ποσοστά κατανάλωσης ενέργειας στους ιστούς. Απέδωσαν τα αποτελέσματα σε ένα συνδυασμό παραγόντων όπως μειωμένη διάθεση για τροφή, μεγαλύτερη παραμονή της τροφής στο έντερο και φλεγμονές που οφείλονταν στα μικροπλαστικά (Wright et al., 2013).



Διάγραμμα 5.2 - Εννοιολογικό διάγραμμα των επιδράσεων των μικροπλαστικών στο σκουλήκι *A. Marina*

Πηγή: (Wright et al., 2013)

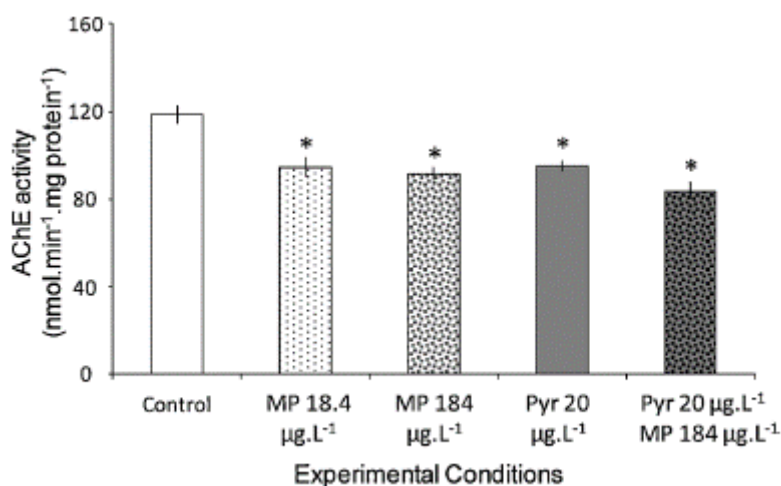
Στο Διάγραμμα 5.2 φαίνεται ότι η κατανάλωση μικροπλαστικών από το σκουλήκι *A. Marina* μείωνε τη διάθεσή του για σίτιση, η τροφή παρέμενε για περισσότερο χρονικό διάστημα στο έντερο προκαλώντας διόγκωση και αιμάτωμα, με αποτέλεσμα την παραγωγή μειωμένων λιπιδίων και ενεργειακών αποθεμάτων στον οργανισμό (Wright et al., 2013). Στις δύο παραπάνω έρευνες μελετήθηκαν PCB's προσκολλημένα σε μικροπλαστικά από πολυβινυλοχλωρίδιο από το οποίο δεν κατασκευάζονται microbeads, αλλά οι ερευνητές παρατηρούν ότι ενώσεις όπως το πολυπροπυλένιο ή το πολυαιθυλένιο έχουν πολύ μεγαλύτερη ικανότητα απορρόφησης ρύπων, οπότε

αντίστοιχα πειράματα θα έδιναν μεγεθυμένα αποτελέσματα (Browne et al., 2013, σ. 2390)

## 5.4 Επιδράσεις σε θαλάσσια ψάρια και θηλαστικά

Έρευνες έχουν δείξει ότι τα μικροπλαστικά μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιδράσεις σε ψάρια όπως φυσικές καταπονήσεις, διαταραχή στον μεταβολισμό του λίπους, αλλαγές στην συμπεριφορά και κυτοτοξικότητα (Jovanovic, 2017)

Τα μικροπλαστικά δείχνουν να αλληλεπιδρούν με πολυκυκλικούς υδρογονάνθρακες (PAH) του περιβάλλοντος. Σε έρευνα των Oliveira et al. (2013) μικροπλαστικά πολυαιθυλενίου επηρέαζαν τη βιοδιαθεσιμότητα και βιομετατροπή του πυρενίου (pyrene), μείωναν τα ενεργειακά αποθέματα, και ανέστειλαν τη δραστηριότητα της ακετυλοχολινεστεράσης (acetylcholinesterase - AChE) σε ψάρια του είδους *Pomatoschistus microps* (κοινοί γοβιοί).

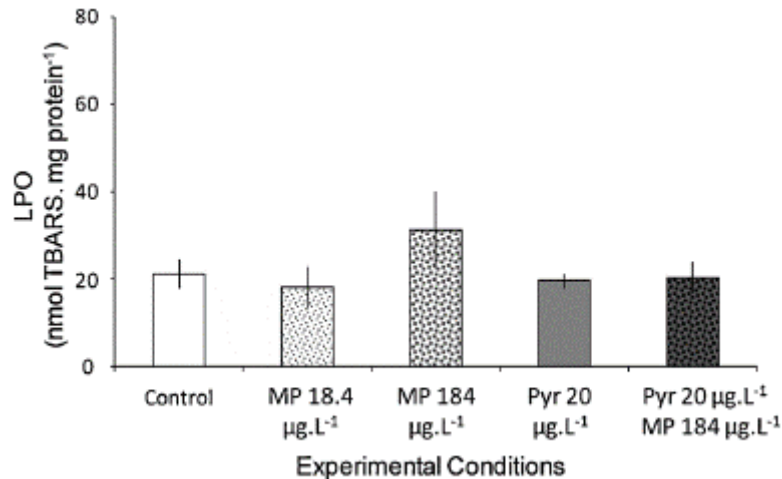


Διάγραμμα 5.3 – Μείωση της της AChE δραστηριότητας ψαριών του είδους *Pomatoschistus microps* (γοβιοί) λόγω αλληλεπίδρασης πυρενίου (pyrene) με μικροπλαστικά

Πηγή: (Oliveira et al., 2013, σ. 644)

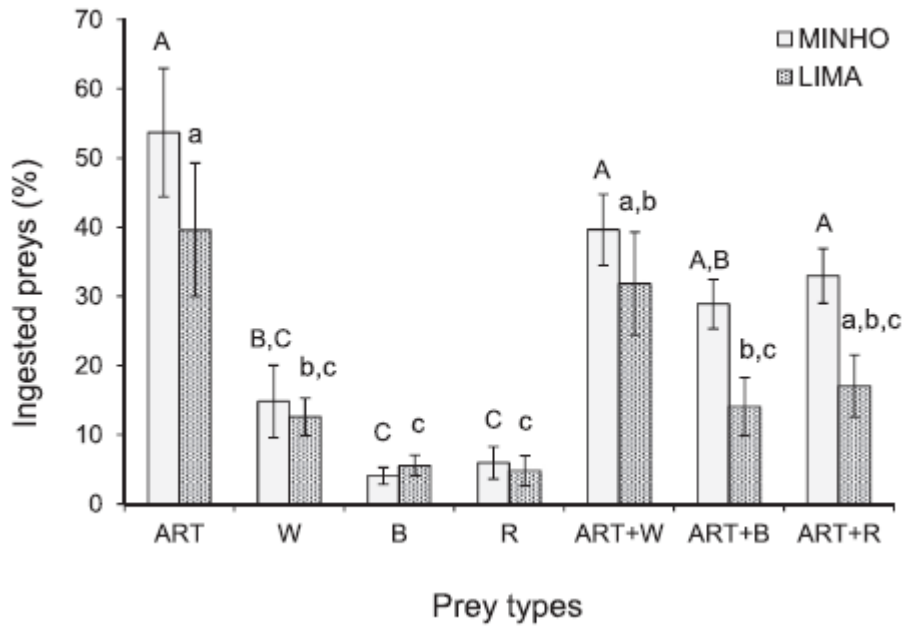
Ο συνδυασμός αυτών των δύο στρεσογόνων παραγόντων (stressors) έδειχνε να επηρεάζει επίσης τη νευρική και μυϊκή λειτουργία του είδους (Oliveira et al., 2013).





Διάγραμμα 5.4 - Περιοξείδωση λιπιδίων (*Lipid peroxidation*) των ψαριών του είδους μετά από έκθεση 96 ωρών σε μικροπλαστικά με πυρένιο (*pyrene*)

Ελαφρώς διαφοροποιημένη έρευνα, ως προς τους στόχους της, έγινε το 2014 από τους de Sa, Luis, & Guilerminho (2015) οι οποίοι μελέτησαν την επίδραση των microbeads πολυαιθυλενίου σε νεαρά άτομα ψαριών του ίδιου είδους (γοβιών) που αλιεύτηκαν όμως από διαφορετικές περιοχές. Οι γοβιοί θεωρούνται ψάρια σημαντικά για τη θαλάσσια τροφική αλυσίδα καθώς βρίσκονται στο μέσο της και αποτελούν συνδετικό κρίκο μεταξύ ειδών. Οι υποθέσεις των ερευνητών ήταν ότι και οι δύο πληθυσμοί ψαριών θα καταλάωναν μικροπλαστικά όταν προσφέρονταν ως τροφή, ότι και οι δύο πληθυσμοί θα παρουσίαζαν δυσκολία στο διαχωρισμό της τροφής τους από μικροπλαστικά, και τρίτο και σημαντικότερο: ότι θα διαπίστωναν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο πληθυσμών στην ικανότητα διαχωρισμού της φυσικής τους τροφής όταν αυτή αναμειγνυόταν με μικροπλαστικά. Η πρώτη και η δεύτερη υπόθεση είχαν αποδειχθεί και στο παρελθόν, ενώ η τρίτη υπόθεση, αν επιβεβαιωνόταν, θα έδειχνε ότι διαδραματίζει σημαντικό ρόλο το περιβάλλον στην ανάπτυξη ενός είδους και στην ικανότητά του για σίτιση. Και οι τρεις υποθέσεις επαληθεύτηκαν και για πρώτη φορά αποδείχθηκε ότι η περιβαλλοντική μόλυνση, σε συνδυασμό με την μόλυνση από μικροπλαστικά, μπορεί να οδηγήσει σε πρόβλημα υποσιτισμού θαλασσίων ειδών, άρα και σε πρόβλημα επάρκειας τροφίμων (de Sa, Luis, & Guilerminho, 2015).



Διάγραμμα 5.5 - Ποσοστό κατανάλωσης τροφή σε σχέση με την συνολική πριν και μετά την ανάμειξη της με *microbeads* συναρτήσει της περιοχής προέλευσης του ψαριού

Πηγή: (de Sa, Luis, & Guilerminho, 2015)

Στο Διάγραμμα 5.5 με ART απεικονίζεται η φυσική τροφή του γοβιού (*common goby*), με W τα λευκά (*White*), με B τα μαύρα (*Black*) και με R τα κόκκινα (*Red*) *microbeads* πολυαιθυλενίου. Οι στήλες *Minho* απεικονίζουν το ποσοστό της τροφής που κατανάλωσαν τα ψάρια από την περιοχή *Minho* συναρτήσει της συνολικής τροφής, ενώ οι στήλες *Lima* το αντίστοιχο ποσοστό για την περιοχή *Lima*. Από την παρατήρηση του γραφήματος προκύπτει εύκολα ότι τα ψάρια που αλιεύτηκαν από την περιοχή *Lima* δυσκολεύτηκαν περισσότερο να διαχωρίσουν τη φυσική τους τροφή από τα *microbeads* και κατανάλωσαν μεγαλύτερο ποσοστό *microbeads* και μικρότερα ποσοστά κανονικής τροφής (de Sa, Luis, & Guilerminho, 2015).

Την επόμενη χρονιά οι Luis και Guilerminho που συμμετείχαν στην παραπάνω έρευνα, μαζί με άλλους ερευνητές δοκίμασαν να συνδυάσουν τις παραπάνω υποθέσεις, δηλαδή να αποδείξουν ότι υπάρχει συνδυαστική επίδραση μικροπλαστικών, πρόσθετων των μικροπλαστικών και της περιβαλλοντικής μόλυνσης όπου αναπτύχθηκε και μεγάλωσε ένα είδος. Μελέτησαν την αλληλεπίδραση χρωμίου με μικροπλαστικά σε δύο πληθυσμούς του ίδιου είδους ψαριών με τις προηγούμενες έρευνες, τα οποία προέρχονταν

από διαφορετικά περιβάλλοντα. Όλα τα ψάρια έδειχναν μείωση της θηρευτικής τους ικανότητας κατά 67% και μείωση της δραστηριότητας της ακετυλοχολινεστεράσης (acetylcholinesterase - AChE) κατά 31%. Το χρώμιο από μόνο του δεν έδειχνε καμία επίδραση, με την ανάμειξή του με μικροπλαστικά όμως, αύξησε τα επίπεδα της υπεροξειδωσής των λιπιδίων (lipid peroxidation – LPO) προκαλώντας οξειδωτικό stress. Προφανής αιτία ήταν ότι είσοδος του χρωμίου στον οργανισμό συνέβαινε διαμέσου των μικροπλαστικών

Πίνακας 5.1 - Επιδράσεις των μικροπλαστικών με χρώμιο σε διάφορους συνδυασμούς συγκεντρώσεων στην PEPP, AChE, EROD, GST και LPO

Cr(VI) conc. MP conc. (mg/l)	0	0.216	1.8	3.9	8.0	18.9	28.4	ANOVA results
Minho River estuary fish								
N	9	5	9	9	8	8	3	
PEPP (%)	66.7 <sup>a</sup> (±4.39)	50.0 <sup>abc</sup> (±5.89)	55.6 <sup>ab</sup> (±7.48)	45.4 <sup>abc</sup> (±7.49)	39.6 <sup>abc</sup> (±7.51)	32.3 <sup>bc</sup> (±4.29)	22.0 <sup>c</sup> (±5.56)	$F_{6,44} = 4.167,$ $p < 0.05$
AChE activity (nmol/min/mg prot.)	117.4 <sup>a</sup> (±3.92)	96.4 <sup>ab</sup> (±6.84)	97.7 <sup>ab</sup> (±7.21)	87.8 <sup>b</sup> (±9.35)	83.1 <sup>b</sup> (±2.95)	84.8 <sup>b</sup> (±2.61)	80.7 <sup>b</sup> (±6.41)	$F_{6,44} = 6.735,$ $p < 0.05$
EROD activity (pmol/min/mg prot.)	0.05 (±0.01)	0.04 (-)	0.06 (±0.03)	0.06 (±0.02)	0.11 (±0.03)	0.11 (±0.01)	0.08 (±0.01)	$F_{4,10} = 1.738,$ $p > 0.05$
GST activity (nmol/min/mg prot.)	41.6 (±7.48)	27.2 (±4.06)	36.4 (±6.72)	32.0 (±5.95)	32.1 (±4.06)	29.7 (±3.99)	22.9 (±5.50)	$F_{6,44} = 0.811,$ $p > 0.05$
LPO levels (nmol TBARS/mg prot.)	0.5 (±0.05)	0.4 (±0.02)	0.7 (±0.11)	0.8 (±0.15)	0.6 (±0.08)	0.7 (±0.13)	1.0 (±0.13)	$F_{6,44} = 1.891,$ $p > 0.05$
Lima River estuary fish								
N	9	6	9	8	8	7	1	
PEPP (%)	65.7 <sup>a</sup> (±4.23)	50.0 <sup>ab</sup> (±4.23)	55.6 <sup>ab</sup> (±4.23)	49.0 <sup>ab</sup> (±4.23)	49.0 <sup>ab</sup> (±4.23)	34.5 <sup>b</sup> (±4.23)	-	$F_{5,41} = 6.536,$ $p < 0.05$
AChE activity (nmol/min/mg prot.)	92.4 <sup>a</sup> (±2.99)	73.5 <sup>bc</sup> (±3.87)	77.8 <sup>abc</sup> (±4.90)	85.7 <sup>ab</sup> (±3.62)	63.6 <sup>c</sup> (±4.31)	72.5 <sup>bc</sup> (±4.45)	-	$F_{5,41} = 6.536,$ $p < 0.05$
EROD activity (pmol/min/mg prot.)	0.05 (±0.01)	0.03 (-)	0.07 (±0.03)	0.07 (±0.02)	0.09 (±0.03)	0.10 (±0.01)	-	$F_{4,10} = 1.072,$ $p > 0.05$
GST activity (pmol/min/mg prot.)	39.4 (±4.28)	36.3 (±9.53)	41.0 (±6.54)	44.7 (±8.71)	55.7 (±4.74)	45.7 (±7.27)	-	$F_{5,41} = 0.967,$ $p > 0.05$
LPO levels (nmol TBARS/mg prot.)	0.3 <sup>a</sup> (±0.03)	0.4 <sup>a</sup> (±0.05)	0.3 <sup>a</sup> (±0.06)	0.6 <sup>b</sup> (±0.12)	0.6 <sup>b</sup> (±0.13)	0.6 <sup>b</sup> (±0.09)	-	$F_{5,41} = 4.317,$ $p < 0.05$

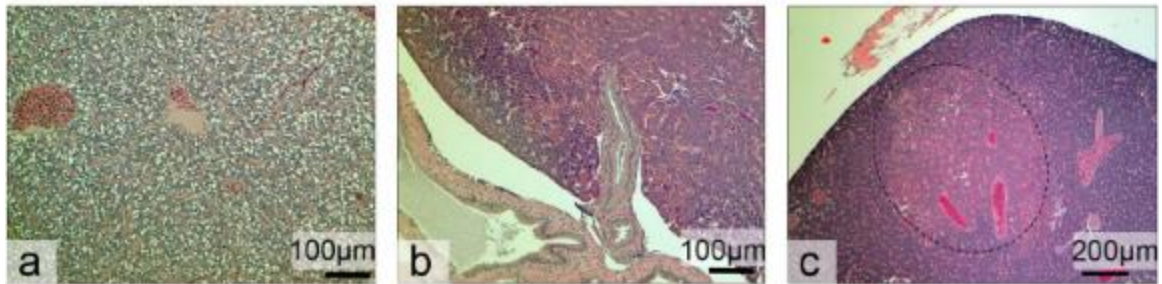
Πηγή: (Luís et al., 2015)

Οι δύο πληθυσμοί ψαριών έδειχναν να επηρεάζονται σε διαφορετικό βαθμό όσο αφορά την μείωση της θηρευτικής ικανότητας και την αύξηση του οξειδωτικού stress, δείχνοντας ότι και το περιβάλλον στο οποίο αναπτύχθηκαν τα ψάρια διαδραμάτιζε και αυτό σημαντικό ρόλο (Luís et al., 2015).

## 5.5 Επίδραση σε οργανισμούς του γλυκού νερού

Όπως και με την ανίχνευση microbeads σε fresh water systems ελάχιστες έρευνες ανακτήθηκαν με αντικείμενο την επίδραση των microbeads σε υδρόβιους οργανισμούς του γλυκού νερού. Οι Rochman et al (2013) μελέτησαν

την επίδραση microbeads πολυαιθυλενίου επιμολυσμένα με ρύπους που είχαν απορροφήσει από το περιβάλλον, σε ψάρια του είδους *Japanese madaka* που χρησιμοποιείται σε ενυδρεία. Διαπίστωσαν ότι η κατανάλωση και χώνεψη των microbeads προκαλούσε σημαντικό ηπατικό stress. Βλάβες στο ήπαρ διαπιστώνονταν ακόμα και όταν δίνονταν pristine particles (καθαρά σωματίδια – απαλλαγμένα από ρύπους) αλλά σε μικρότερο βαθμό (Rochman et al., 2013)

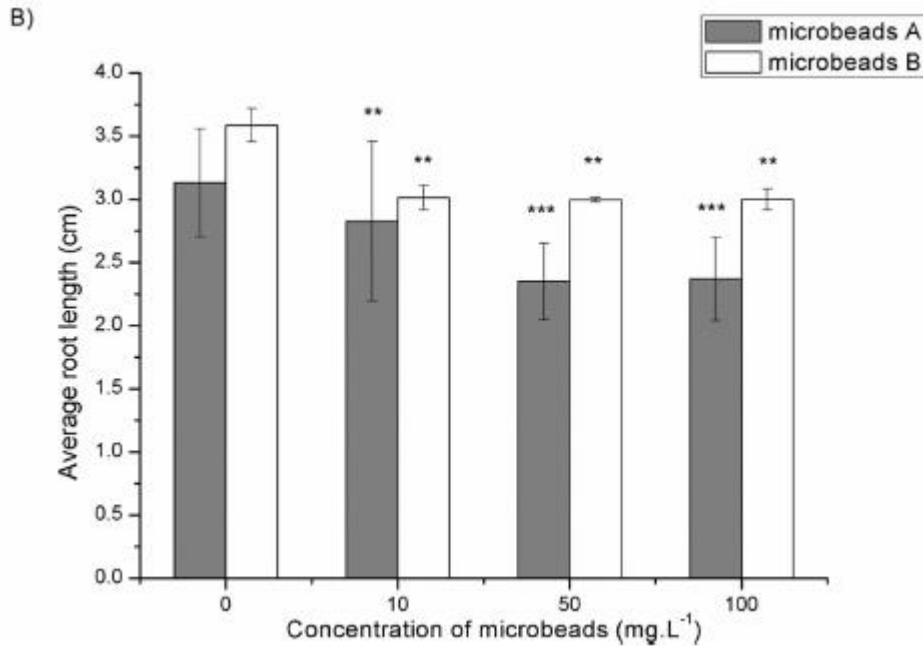


Εικόνα 5.4 - Επίδρασεις των pristine και επιμολυσμένων microbeads στο ήπαρ ψαριών του είδους *Japanese madaka*

Πηγή: (Rochman et al., 2013)

Στην Εικόνα 5.4.a φαίνεται το πλούσιο σε γλυκογόνο ήπαρ του ψαριού *Japanese madaka* πριν την επίδραση των microbeads, ενώ στις διπλανές εικόνες είναι σε έλλειψη λόγω της κατανάλωσης «καθαρών» (εικόνα b) και μολυσμένων με ρύπους (εικόνα c) microbeads. Στην εικόνα c φαίνεται και η ανάπτυξη νεοπλασιών οι οποίες επισημαίνονται με κύκλο. Στη συγκεκριμένη έρευνα αποδείχθηκε ότι οι ρύποι από microbeads βιοσυσσωρεύονται στον οργανισμό του ψαριού και προκαλούσαν σημαντικές βλάβες στην ηπατική λειτουργία.

Σε πρόσφατη έρευνα οι Kalcikova, Zgajnar Gotvajn, & Jemec (2017, σ. 1108) απέδειξαν ότι τα πλαστικά microbeads πολυαιθυλενίου που προέρχονται από καλλυντικά μπλόκαραν με μηχανικό τρόπο την ανάπτυξη της ρίζας των νούφαρων *Lemna minor* επηρεάζοντας σημαντικά την ανάπτυξη του φυτού (Kalcikova, Zgajnar Gotvajn, & Jemec, 2017)



Διάγραμμα 5.6 - Τυπική απόκλιση της ανάπτυξης των ριζών του νούφαρου *Lemna minor* λόγω παρουσίας microbeads πολυαιθυλενίου

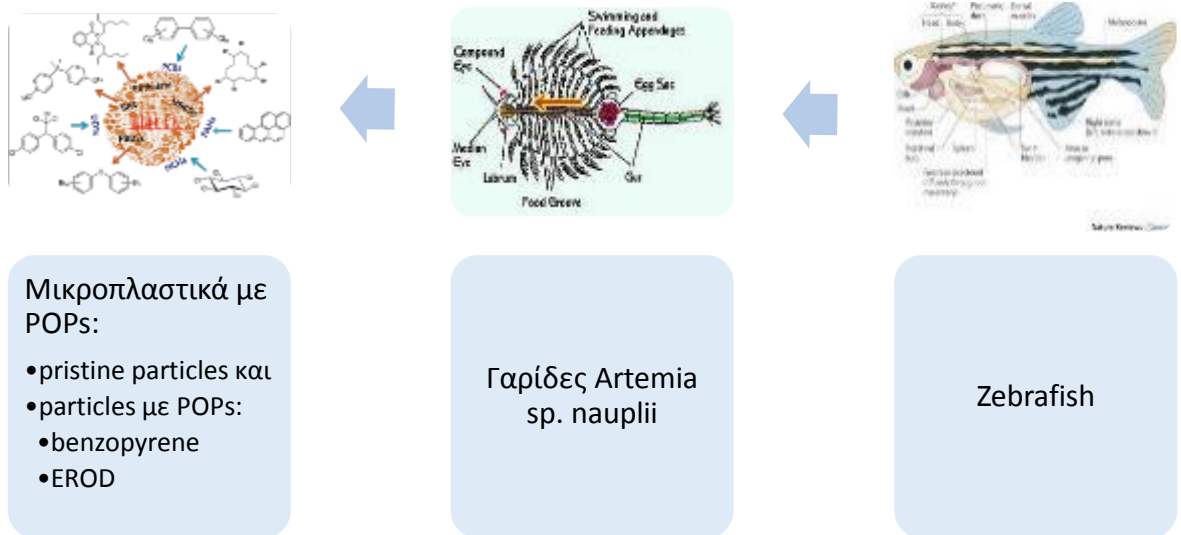
Πηγή: (Kalcikova, Zgajnar Gotvajn, & Jemec, 2017, σ. 1112)

Στο Διάγραμμα 5.6 φαίνεται καθαρά η μειωμένη ανάπτυξη των ριζών του νούφαρου *Lemna minor* σε σχέση με την μέση τιμή, λόγω της επίδρασης των microbeads πολυαιθυλενίου. Τα ακανόνιστα και αιχμηρά microbeads μείωναν το χρόνο ζωής των κυττάρων της ρίζας ενώ τα απολύτως σφαιρικά δεν είχαν καμία επίδραση. Τα νούφαρα είναι πολύ χρήσιμα για τα υδατικά οικοσυστήματα καθώς πέρα από τροφή για πολλά ψάρια και υδρόβια πτηνά, αποτελούν καμουφλάζ για πολλά υδρόβια είδη προστατεύοντάς τα από θηρευτές ή χρησιμοποιώντας τα ως προπετάσματα για ξεγελάσουν θηράματα, εξασφαλίζοντας την επάρκεια των ειδών (Kalcikova, Zgajnar Gotvajn, & Jemec, 2017, σ. 1108)

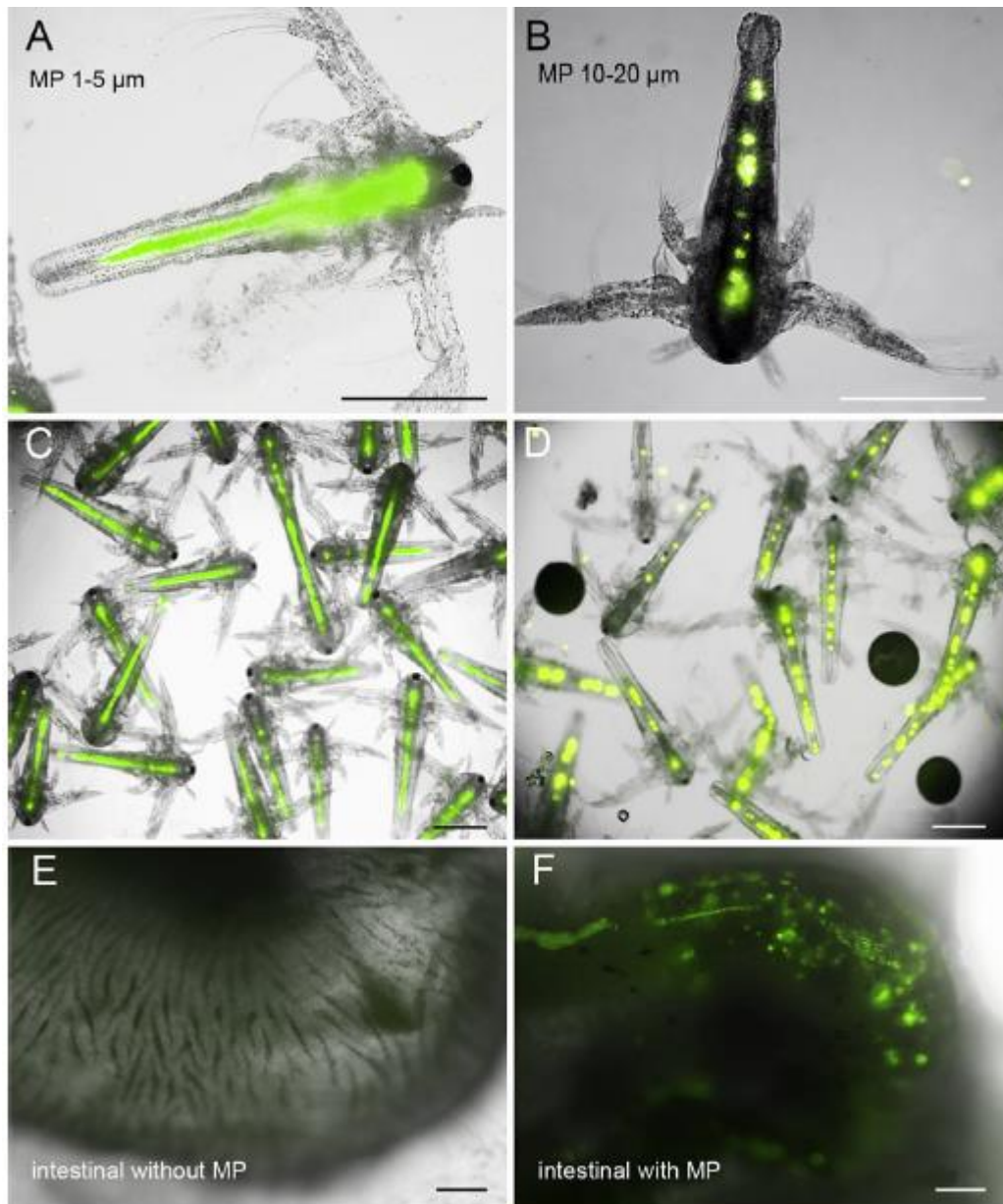
## 5.6 Μεταφορά ρύπων μέσω της τροφικής αλυσίδας

Οι Batel et al (2016) παρατήρησαν ότι έχει αποδειχθεί η μεταφορά και οι επιδράσεις επίμονων οργανικών ρύπων (persistent organic pollutants) που ενσωματώνουν μικροπλαστικά σε θαλάσσιους οργανισμούς. Αυτό που δεν είχε αποδειχθεί ακόμη ήταν ότι η βιοσυσσώρευση και βιομεγένθυση των ρύπων

μπορεί να επηρεάσει ανώτερους θηρευτές. Διεξήγαγαν ένα απλό πείραμα σχηματίζοντας την μικρή τεχνητή τροφική αλυσίδα του παρακάτω σχήματος:



Τα μικροπλαστικά εκτέθηκαν σε δύο πολύ γνωστούς επίμονους οργανικούς ρύπους (POPs), το βενζοπυρένιο (benzopyrene) και την ethoxyresorufin-O-deethylase (EROD) οι οποίοι χρησιμοποιούνται κατά κόρον σε έρευνες ως βιοδείκτες και δόθηκαν προς τροφή σε γαρίδες του είδους *Artemia* sp. *Nauplii*, οι οποίες με την σειρά τους καταναλώθηκαν από *zebrafish* (Batel et al., 2016).



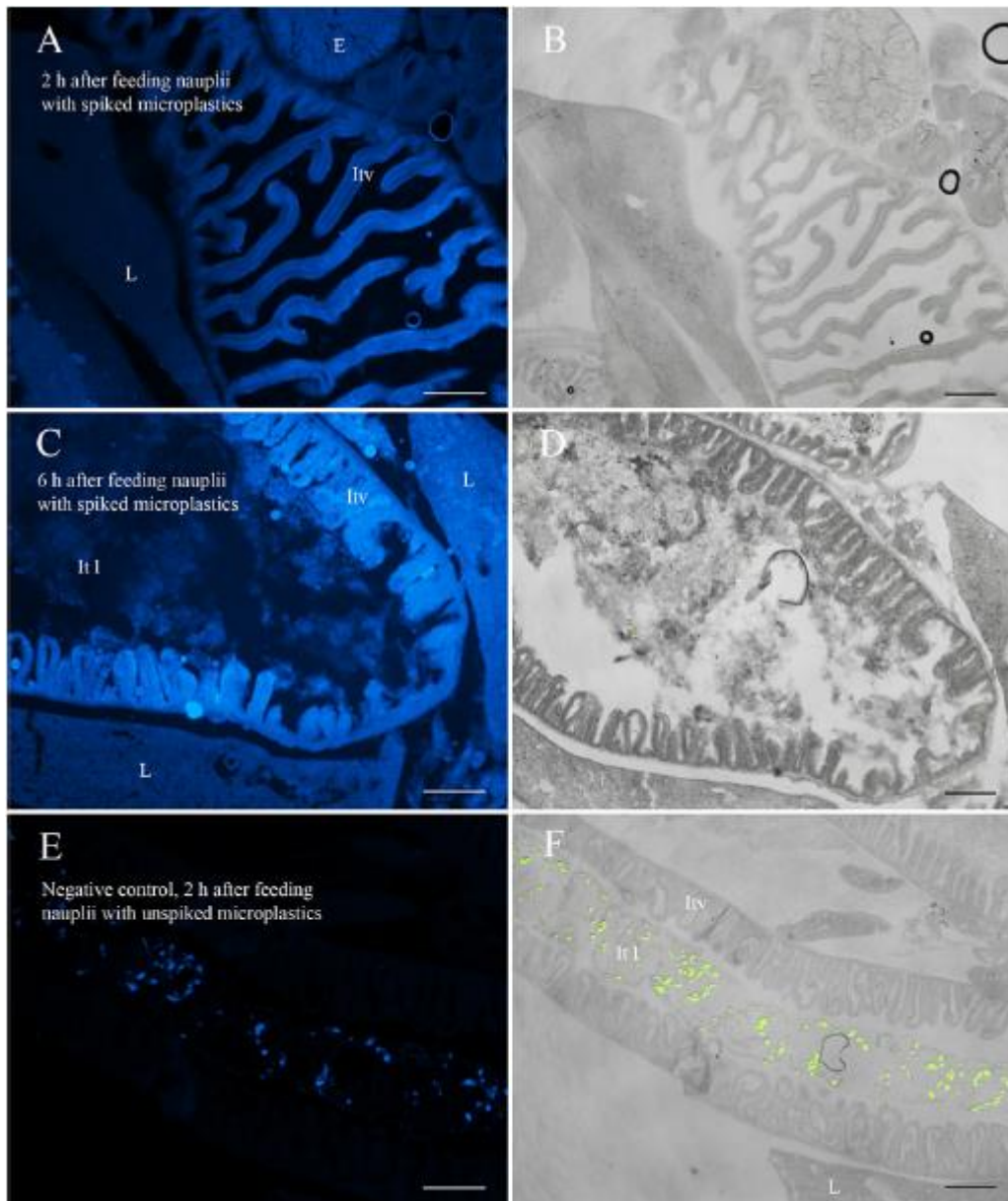
Εικόνα 5.5 - Μεταφορά επιφορισμένων μικροπλαστικών από το *Artemia nauplii* σε *zebrafish*

Πηγή: (Batel et al., σ. 1660)

Στην Εικόνα 5.5.A έως D φαίνονται οι γαρίδες *Artemia nauplii* με τα μικροπλαστικά τονισμένα με φθορισμό. Στην Εικόνα 5.5.E και F το έντερο ενός *zebrafish* χωρίς μικροπλαστικά και με την παρουσία μικροπλαστικών αντίστοιχα.

Αρχικά δόθηκαν στους οργανισμούς «καθαρά» (pristine) απαλλαγμένα από ρύπους μικροπλαστικά, μερικά από τα οποία διατηρήθηκαν στην εσωτερική βλέννα του εντέρου και μπορεί να απορροφήθηκαν από επιθηλιακά κύτταρα,

αλλά φαινόταν να μην έχουν καμία επίδραση στο γαστρεντερικό σύστημα των zebrafish, απορρίπτοντας την υπόθεση βιοσυσσώρευσης. Οι ερευνητές έπρεπε να ελέγξουν αν συμβαίνει το ίδιο και με τα επιμολυσμένα μικροπλαστικά. Δεν κατέστη δυνατή η ανίχνευση του EROD στον οργανισμό των zebrafish πιθανότατα λόγω ελλείψεων της μεθοδολογίας, όμως το βενζοπυρένιο (benzopyrene) αποδείχθηκε ότι εκροφήθηκε στο έντερο του ψαριού και μεταφέρθηκε στο επιθήλιο και το ήπαρ (Batel et al., 2016).



Εικόνα 5.6 - Τομές zebrafish που δείχνουν την παρουσία βενζοπυρενίου στο ήπαρ (L), στη βλέννα (Itr) και τον αυλό (It I) του εντέρου και τα αυγά (E)

Πηγή: (Batel et al., 2016, σ. 1664)



Στην Εικόνα 5.6 C και D επισημαίνεται με φθορισμό το βενζοπυρένιο στο ήπαρ (L), στην βλέννα (Itv) και τον αυλό (It I) του εντέρου, και τα αυγά (E) του zebrafish μετά από 2 ώρες ταΐσματος των γαρίδων με μικροπλαστικά, ενώ στις εικόνες C,D μετά από 6 ώρες. Οι εικόνες A και B απεικονίζουν την επίδραση των μικροπλαστικών χωρίς βενζοπυρένιο. Αυτό που απέμενε για επόμενες έρευνες ήταν το αποτέλεσμα του μεταβολισμού του βενζοπυρενίου και των επιδράσεων του στα διάφορα όργανα

Μία πολύ σημαντική έρευνα για την ανάπτυξη μεθοδολογίας ανίχνευσης μικροπλαστικών και επιδράσεών τους σε ανώτατους θηρευτές διεξήχθη το 2012 στις θάλασσες της Λιγουρίας (Ligurian Sea) και της Σαρδηνίας (Sardinian Sea) της Ιταλίας. Με το σκεπτικό ότι τα περισσότερα είδη φαλαινών τρέφονται με πλαγκτόν αφού φιλτράρουν την επιφάνεια του θαλασσίου νερού με τις μπανέλες τους, οι ερευνητές υπέθεσαν ότι οι ρύποι θα μεταφέρονται και στις φάλαινες. Το ενδιαφέρον τους εστιαζόταν στην ανίχνευση φθαλικών εστέρων, οι οποίοι συνδέονται έντονα με ενδοκρινικές διαταραχές, σε επιπλέοντα μικροπλαστικά τα οποία μπορούν να καταναλωθούν από το πλαγκτόν και έπειτα στο αν ανιχνεύονται και στις μπανέλες των φαλαινών. Βρέθηκαν μικροπλαστικά στο 56% της επιπλέοντος άλγης, με την περιοχή του *Portofino* να είναι η πλέον επιβαρυμένη. Η περιεκτικότητα των δειγμάτων άλγης σε φθαλικούς εστέρες ήταν τρεις φορές μεγαλύτερη στην επιφάνεια από ότι στα μεσόνερα και παρόμοιες ποσότητες φθαλικών εστέρων ανιχνεύτηκαν στις 5 από τις 6 φάλαινες που μελετήθηκαν. Οι ερευνητές θεώρησαν ότι μπορεί να υιοθετηθεί η αντίστροφη μεθοδολογία για μελλοντικά πειράματα, δηλαδή αν ανιχνευτούν πρόσθετα πλαστικών (όπως οι φθαλικοί εστέρες) στις μπανέλες φαλαινών (baleen whales) σε μία θάλασσα, τότε συνεπάγεται ότι είναι μολυσμένη η επιφάνειά της με μικροπλαστικά. Στην ουσία η συγκεκριμένη έρευνα ήταν η πρώτη που ισχυριζόταν ότι οι φάλαινες μπορούν να αποτελέσουν βιοδείκτες της παρουσίας μικροπλαστικών, χωρίς να έχει προηγηθεί η ανίχνευσή τους. Η πραγματική ανησυχία των ερευνητών όμως ήταν για τις πιθανές επιδράσεις των φθαλικών εστέρων στην υγεία των κητών (Fossi et al., 2012)

## **5.7 Έρευνες που αμφισβητούν την επίδραση των μικροπλαστικών στην υγεία των οργανισμών**

### **Αμφισβήτηση των άμεσων επιπτώσεων των μικροπλαστικών στην υγεία των υδρόβιων οργανισμών**

Ο Jovanovic (2017) επεσήμαινε ότι τα μικροπλαστικά δεν είναι τα μόνα μικροσκοπικά σωματίδια που καταναλώνουν οργανισμοί στο περιβάλλον. Ψάρια για παράδειγμα καταπίνουν μικροσωματίδια που δεν είναι σε θέση να χωνέψουν, όπως άμμο, ή χωνεύουν μερικώς, όπως ακίδες ξύλου, λέπια, κελύφη οστρακοειδών ή ασπόνδυλα, χωρίς να εμφανίζουν τραυματισμούς ή άλλες μηχανικές καταπονήσεις (του γαστρεντερικού σωλήνα κα) (Jovanovic, 2017).

Κάτι τέτοιο όμως δεν μπορεί να γενικευτεί καθώς μικροσκοπικά είδη, όπως κωπήποδα, καταναλώνουν μικροπλαστικά μαζί με άλγη, η οποία αποτελεί την κύρια τροφή τους και δείχνουν να δυσκολεύονται να τη χωνέψουν (Cole, και συν., 2013). Έχει παρατηρηθεί επίσης ότι ελλείπει τροφής όλα τα είδη ζωοπλαγκτόν, ολοπλαγκτόν, μεροπλαγκτόν, μικροζωοπλαγκτόν, καταναλώνουν μικροπλαστικά. Ανησυχητικό αποτέλεσμα είναι ότι ενώ μερικά είδη ζωοπλαγκτόν έχουν την ικανότητα χημικής ανίχνευσης της βασικής τους τροφής (άλγης) και διαχωρισμού της από «αμόλυντα» (pristine) μικροσφαιρίδια όταν αυτά έχουν παραμείνει στο περιβάλλον για πολύ καιρό και έχουν αντιδράσει με στοιχεία του, έχαναν αυτή την ικανότητα (Cole et al., 2013).

### **Αμφισβήτηση των έμμεσων επιπτώσεων των μικροπλαστικών στην υγεία των υδρόβιων οργανισμών**

Έχουν υπάρξει έρευνες, κυρίως σε περιβάλλον εργαστηρίου, που κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι επιδράσεις των μικροπλαστικών στην υγεία των οργανισμών είναι μάλλον ασήμαντες. Το μεγαλύτερο μέρος των microbeads, που αποδεδειγμένα χωνεύουν, φαίνεται να απεκκρίνεται εκ νέου στο περιβάλλον σε σύντομο χρονικό διάστημα οπότε οι ενσωματωμένοι ρύποι δεν προλαβαίνουν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο (Cole et al., 2013; Setälä, Fleming-Lehtinen, & Lehtiniemi, 2013). Τόσο στην έρευνα των Setälä,

Fleming-Lehtinen, & Lehtiniemi (2013) όσο και των Cole et al (2013), όπου ανιχνεύτηκαν πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις (από 4000 έως 20000 σωματίδια ανά ml) μικροσφαιρίδιων σε ζωοπλαγκτόν, δεν παρατηρήθηκε καμία αλλαγή στην συμπεριφορά τους σχετικά με την αναζήτηση τροφής. Στην έρευνα των Hämer et al (2014) όπου ισόποδα εκτέθηκαν σε δώδεκα (12) διαφορετικά είδη microbead για έξι εβδομάδες, δεν ανιχνεύτηκε καμία επίδραση στη θνησιμότητα και την ανάπτυξή τους, παρόλο που χώνευαν 500 περίπου πλαστικά μικροσωματίδια τη μέρα (Hämer et al., 2014).

Στην έρευνα στις ακτές της Μεσογείου σε ψάρια οι Güven et al. (2017) δεν ανίχνευσαν μεγαλύτερες ποσότητες μικροπλαστικών σε θαλάσσιους οργανισμούς που βρίσκονται στα υψηλότερα επίπεδα της τροφικής αλυσίδας όπως περίμεναν (Güven et al., 2017). Το συμπέρασμά τους λοιπόν ήταν ότι τα μικροπλαστικά δε βιοσυσσωρεύονται στους οργανισμούς των ψαριών, αλλά απεκκρίνονται στην πλειοψηφία τους, επομένως δεν είναι δυνατή η βιομεγέθυνσή τους (biomagnification) όσο μεταφέρονται προς τον ανώτερο θηρευτή (Jovanovic, 2017). Οι ερευνητές βέβαια διατηρούν τις αμφιβολίες τους και περιμένουν περισσότερες επιστημονικές αποδείξεις για το αν υφίσταται μικρή παραμονή και μόνο των μικροπλαστικών σε θαλάσσιους οργανισμούς, η οποία έτσι δεν επιτρέπει την απελευθέρωση ρύπων (Güven et al., 2017).

### **Αντίλογος**

Οι περισσότερες από τις παραπάνω μελέτες που δε βρήκαν συσχέτιση μεταξύ ρύπων προερχόμενη από μικροπλαστικά και επιδράσεων στην υγεία, είχαν επικεντρωθεί σε πειράματα σε εργαστήριο (in vitro), όπου ερευνούσαν την επίδραση κάθε ρύπου ξεχωριστά. Στο περιβάλλον όμως οι ρύποι αυτοί συνυπάρχουν και οι Bakir, Rowland, & Thompson (2012) απέδειξαν ότι μπορεί να συνυπάρχουν και στην ίδια πλαστική ουσία. Μάλιστα στην ίδια έρευνα αποδείχτηκε ότι το DDT ανταγωνίζεται και εκτοπίζει τους υπόλοιπους POPs από την επιφάνεια μικροπλαστικών (Bakir, Rowland, & Thompson, 2012, σ. 2782). Παράλληλα σε πολλές εργαστηριακές έρευνες που δεν παρατηρήθηκαν βιολογικές επιδράσεις, είχαν επιλεγεί συγκεκριμένες πολυμερείς ενώσεις, η έκθεση των οργανισμών σε αυτές ήταν βραχύβια και με το πέρας των πειραμάτων μεταφέρονταν σε καθαρό περιβάλλον όπου και απεκκρίνονταν οι

μικροπλαστικές ουσίες. Στο φυσικό περιβάλλον αντίθετα, οι συνθήκες είναι εντελώς διαφορετικές. Πολλαπλές πολυμερείς ενώσεις και ρύποι αλληλοεπιδρούν με θαλάσσιους οργανισμούς, η έκθεση είναι συνεχής και μακροχρόνια (βιοσυσσώρευση) και διεξάγεται σε απρόβλεπτες συνθήκες πίεσης, θερμοκρασίας και κίνησης (Browne et al., 2013, σ. 5026).

Σημαντικός περιορισμός επίσης για τις έρευνες που δεν έχουν δείξει επιδράσεις στην υγεία των θαλάσσιων οργανισμών από μικροπλαστικά, είναι ότι τα μικροπλαστικά στα οποία εκτέθηκαν οι οργανισμοί ήταν καινούργια (brand new pristines particles), καθαρά από επιμολύνσεις, χωρίς να έχει επέλθει η φθορά του χρόνου και οι επιδράσεις του περιβάλλοντος. Στο περιβάλλον όμως, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, έμμονοι οργανικοί ρύποι (Persistent Organic Pollutants – POPs) προσκολλώνται σε μικροπλαστικά και μπορούν να απελευθερωθούν στον οργανισμό θαλασσίων ειδών που θα τα καταναλώσουν, ενώ ταυτόχρονα, τα μικροπλαστικά φθείρονται και με την επίδραση συνθηκών στο γαστρεντερικό σύστημα οργανισμών μπορεί να διασπαστούν και να απελευθερώσουν τοξικά πρόσθετα που χρησιμοποιήθηκαν κατά την παρασκευή τους (Browne et al., 2013, σ. 2391). Έχει διαπιστωθεί μάλιστα ότι η συγκέντρωση των POPs στην επιφάνεια των πλαστικών σε θαλάσσια περιβάλλοντα είναι μέχρι και ένα εκατομμύριο φορές μεγαλύτερη από αυτή που έχει ανιχνευτεί στο ίδιο το θαλασσινό νερό (Baker & Bamford, 2008)

## **5.8 Γενικά συμπεράσματα για την επίδραση των μικροπλαστικών σε οργανισμούς**

Η γενική παραδοχή είναι ότι η συνεχής έκθεση των οργανισμών σε υψηλές συγκεντρώσεις μικροπλαστικών στο περιβάλλον, αυξάνει τη βιοσυσσώρευση των ρύπων (Setälä, Fleming-Lehtinen, & Lehtiniemi, 2013, σ. 81) και ότι όσο μικρότερο μέγεθος έχει η μικροπλαστική ουσία τόσο περισσότερο αυξάνει η πιθανότητα κατανάλωσή της στους ιστούς (Browne et al., σ. 5026). Παράλληλα τα microbeads δείχνουν να μπορούν να δράσουν συνεργατικά ή και συνεργιστικά με άλλες περιβαλλοντικές μολύνσεις και να επηρεάσουν βασικές

λειτουργίες ειδών όπως τη φωτοσύνθεση (Kalcikova, Zgajnar Gotvajn, & Jemec, 2017), τη σίτιση (de Sa, Luis, & Guilerminho, 2015), κα

## **Κεφάλαιο 6 - Νανοπλαστικά σε καλλυντικά**

Νανοσωματίδια χρησιμοποιούνται τα τελευταία χρόνια σε καλλυντικά με σκοπό κυρίως την καλύτερη ενδοδερμική μεταφορά ενεργών ουσιών και ως φίλτρα σε αντηλιακά ( $\text{TiO}_2$  και  $\text{ZnO}$ ). Τα μεγαλύτερου μεγέθους ( $>100\text{nm}$ ) έχουν αποδειχτεί ασφαλή σε μελέτες για χρήση τους από τον άνθρωπο καθώς δεν καταφέρνουν να διαπεράσουν πλήρως την κεράτινη στιβάδα (Ζαχαροπούλου & Βαρβαρέσου, 2012).

Υπάρχουν όμως σημαντικές ανησυχίες για τις επιδράσεις σωματιδίων με πολύ μικρή διάμετρο στον άνθρωπο, καθώς αποδεδειγμένα έχουν την ικανότητα να διαπερνούν το κύτταρο. Το πρόσφατο ενδιαφέρον επικεντρώνεται στα νανοπλαστικά που η μεγάλη τους επιφάνεια επιτρέπει την προσκόλληση ρύπων (Besseling et al., 2014, σ. 12336), άρα και μεταφορά τους στο εσωτερικό του κυττάρου. Όσο μικρότερο μάλιστα είναι το μέγεθος ενός πλαστικού τόσο μεγαλύτερες ανησυχίες προκαλούνται για τις επιδράσεις του στο περιβάλλον και την υγεία (Camera dei Deputati N.3852, 2016).

### **6.1 Ορισμός συνθετικών νανοπλαστικών**

Όπως και με τα μικροπλαστικά δεν υπάρχει συμφωνία μεταξύ ερευνητών για το αποδεκτό μέγεθος των νανοπλαστικών. Σύμφωνα με την πρόταση νόμου για απαγόρευση των μικροπλαστικών στην Ιταλία νανοπλαστικά θεωρούνται τα πλαστικά με μέγεθος μικρότερο των 20 nm ενώ οι (Nafishi & Maibach, 2017) ορίζουν ως συνθετικά νανοπλαστικά τα μικροσκοπικά στερεά πολυμερή σωματίδια με μέγεθος μεταξύ 1  $\mu\text{m}$  και 10 nm (Nafishi & Maibach, 2017). Παρασκευάζονται για χρήση σε δερματολογικά σκευάσματα (Nafishi & Maibach, 2017) αλλά μπορεί να προέρχονται και από την καταπόνηση, τριβή ή απόξεση μικροπλαστικών (Besseling et al., 2014, Hernandez, Yousefi, & Tufenkji, 2017)

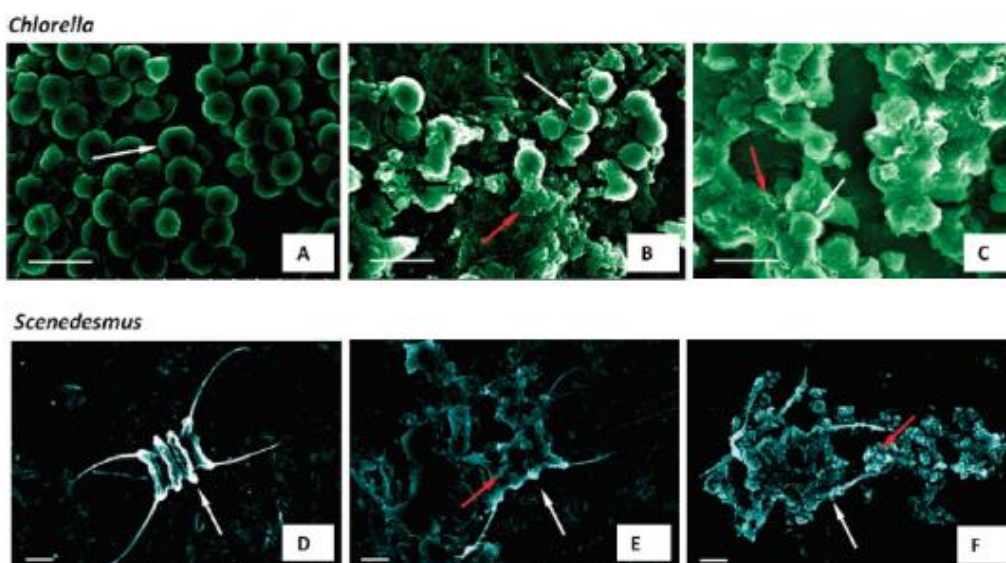
### **6.2 Επιδράσεις νανοπλαστικών σε οργανισμούς**

Οι Lambrinos et al (2013) υποστήριξαν ότι δεν είχαν ανιχνευτεί νανοπλαστικά στο περιβάλλον μέχρι πρόσφατα, παρόλο που υπήρχε υποψία

γι' αυτό, λόγω της απουσίας επιστημονικών μεθόδων ικανών να τα ανιχνεύουν. Οι μελέτες για τις επιδράσεις των νανοπλαστικών σε θαλάσσιους οργανισμούς είναι περιορισμένες και μόλις πρόσφατα αποτέλεσαν πεδίο έρευνας της περιβαλλοντικής χημείας (Besseling et al., 2014). Οι περισσότεροι ερευνητές έχουν επικεντρωθεί στις επιδράσεις των ανόργανων νανοσωματιδίων όπως είναι το διοξείδιο του τιτανίου ( $TiO_2$ ) (Nafishi & Maibach, 2017)

Οι επιδράσεις των νανοπλαστικών μπορεί να σχετίζονται τόσο με την τοξικότητά που μπορεί να επιφέρουν ως νανοσωματίδια λόγω ικανότητας διαπέρασης της κυτταρικής μεμβράνης, αλλά και με την τοξικότητα του πλαστικού από το οποίο αποτελούνται, και εξαρτώνται από το μέγεθος και τον τύπο του πολυμερούς (Besseling et al., 2014, σ. 12336).

Κυρίως έχει ερευνηθεί η απορρόφηση νανοπλαστικών πολυστυρολίου από μικροοργανισμούς (Kalcikova, Zgajnar Gotvajn, & Jemec, 2017). Υπενθυμίζεται ότι το πολυστυρόλιο (polystyrene - PS) είναι το τρίτο σε συχνότητα πολυμερές που χρησιμοποιείται για την παρασκευή *microbeads* και χρησιμοποιείται με σκοπό τον καθαρισμό ή την απολέπιση, αλλά ως αισθητικός παράγοντας (χρωματισμένα σφαιρίδια) σε καλλυντικά. Στην έρευνα των Bhattacharya et al (2010) πολυστυρόλιο σε μέγεθος νάνο μείωνε την συγκέντρωση χλωροφύλλης σε δύο είδη φυτοπλαγκτόν, επηρεάζοντας τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, άρα και την ανάπτυξή του (Bhattacharya et al., 2010).



Εικόνα 6.1 - Ανιχνεύσιμα νανοπλαστικά πολυστυρολίου σε άλγη του είδους *Chlorella* και *Scenedesmus*

Πηγή: (Bhattacharya et al., 2010, σ. 16560)

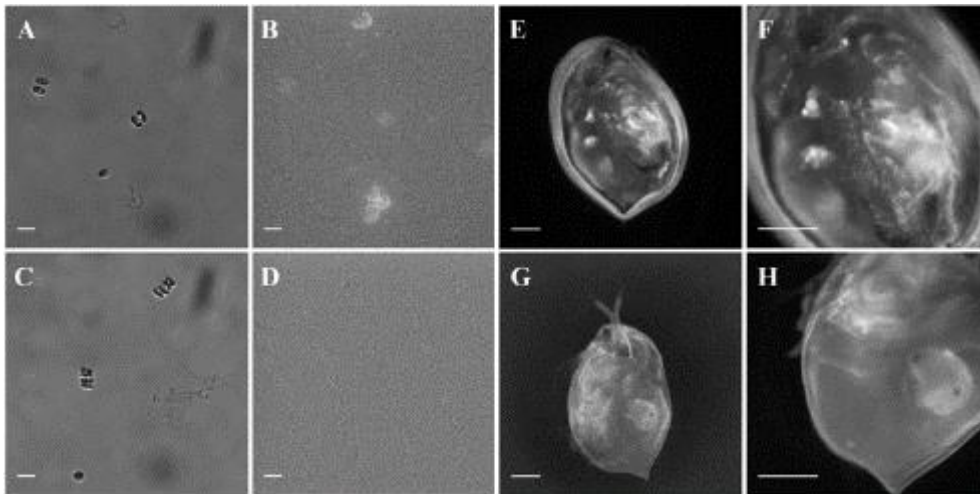
Οι Besseling et al. (2014) σε έρευνα το 2014 επιβεβαίωσαν τα παραπάνω αποτελέσματα σε ένα ακόμα είδος άλγης (*S. Obliquus*) αλλά παρατηρήθηκαν και σοβαρές επιδράσεις στην ανάπτυξη, την αναπαραγωγή αλλά και δημιουργία δυσπλασιών σε ζωοπλαγκτόν (*D. Magna*). (Besseling et al., 2014, σ. 12336).



Εικόνα 6.2 - Δυσπλασίες σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης ζωοπλαγκτόν  
Πηγή: (Besseling et al., 2014, σ. 12341)

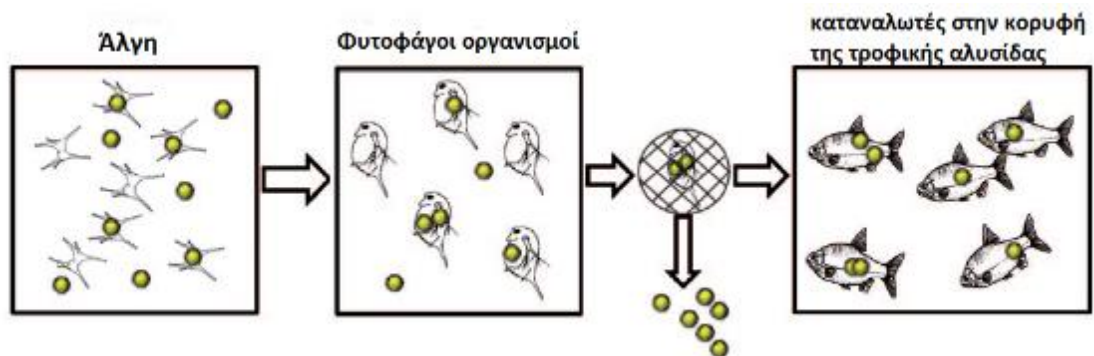
Στην Εικόνα 6.2 κάτω αριστερά φαίνονται οι φυσιολογικές κεραιές ζωοπλαγκτόν ενώ κάτω δεξιά είναι εμφανείς οι δυσπλασίες των κεραιών του ζωοπλαγκτόν που έχει εκτεθεί σε νανο-πολυστυρόλιο (nanoPS). Στην Εικόνα 6.3 παρατηρείται η μεταφορά νανοπλαστικών από τον γονέα στο έμβρυο σε ζωοπλαγκτόν τύπου *Daphnia*.





Εικόνα 6.3 - Νανοπλαστικά πολυστυρολίου (polystyrene) σε άλγη, στο ζωοπλαγκτόν *Daphnia* και στο έμβρυό του

Εφόσον η άλγη αποτελεί τροφή για το ζωοπλαγκτόν και το ζωοπλαγκτόν αποτελεί τροφή για τα ψάρια, είναι λογική η μεταφορά των νανοπλαστικών σε όλο το μήκος της θαλάσσιας τροφικής αλυσίδας κάτι που αποδείχθηκε στην έρευνα των (Cedervall et al., 2012).



Διάγραμμα 6.1 - Σχηματική απεικόνιση της μεταφοράς νανοσωματιδίων πολυστυρολίου στην τροφική αλυσίδα

Πηγή: (Cedervall et al., 2012, σ. 2)

Τα ψάρια που καταλάωναν ζωοπλαγκτόν εκτεθειμένο σε νανοπλαστικά παρουσίαζαν διαταραχή της τροφικής τους συμπεριφοράς καθώς ο χρόνος που τους έπαιρνε να καταναλώσουν την τροφή τους ήταν διπλάσιος από τον κανονικό. Παράλληλα τα νανοπλαστικά έδειχναν να επηρεάζουν τον μεταβολισμό των λιπιδίων στα ψάρια καθώς τα νανοσωματίδια δεσμεύονταν στην απολιποπρωτεΐνη A-I του ορού των ψαριών, περιορίζοντάς την σωστή χρήση των αποθεμάτων λίπους που είχαν (Cedervall et al., 2012).

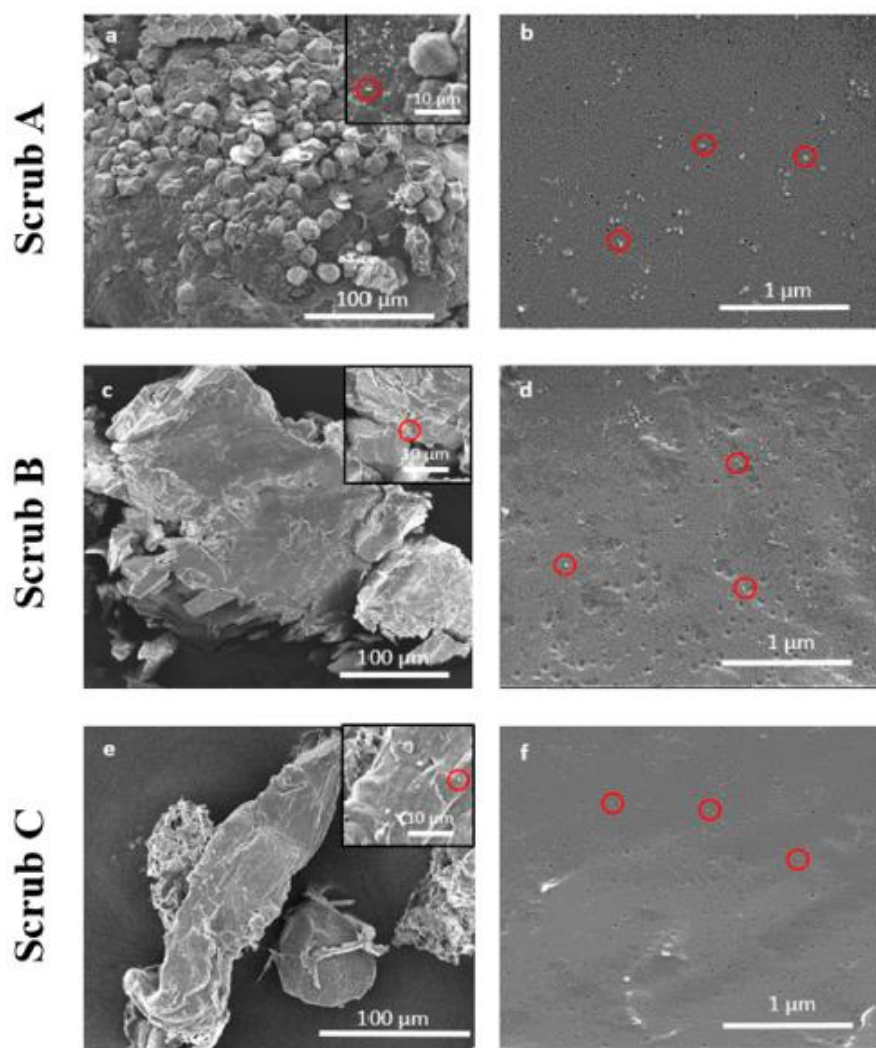
Σημαντικός περιορισμός των μελετών για την επίδραση των νανοπλαστικών σε θαλάσσιους οργανισμούς είναι ότι οι περισσότερες έχουν διενεργηθεί σε περιβάλλον εργαστηρίου (*in vitro*) και τα νανοπλαστικά στα οποία εκτέθηκαν οι οργανισμοί αποτελούνταν από «pristine particles» δηλαδή «παρθένα» (αχρησιμοποίητα - άφθαρτα) νανοσωματίδια (Besseling et al., 2014). Στη φύση όμως (*in vivo*) τα σωματίδια εκτίθενται σε ρύπους, καιρικές συνθήκες και στη φθορά του χρόνου και ανακατεύονται με άλλες ουσίες που επηρεάζουν το μέγεθος και τη χημική τους σύσταση. Τα νανοπλαστικά, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω για τα μικροπλαστικά, έχουν την ικανότητα προσρόφησης πολυχλωριωμένων διφαινυλίων (PCB's) (Velzeboer, Kwadijk, & Koelmans, 2014, σ. 4869), και η πιθανή μεταφορά τους στο κύτταρο λόγω της πιθανής τους ικανότητας διάβασης της κυτταρικής μεμβράνης, εγείρει σημαντικές ανησυχίες για την υγεία (Besseling et al., 2014)

### **6.3 Ανίχνευση πλαστικών nanobeads σε καλλυντικά**

Τα microbeads στα καλλυντικά χρησιμοποιούνται για τις καθαριστικές και απολεπιστικές τους ιδιότητες οι οποίες παρέχουν τα βέλτιστα αποτελέσματα όταν το μέγεθός τους δεν είναι πάρα πολύ μικρό αλλά μεταξύ 0,074 και 0,42 mm (EUNOMIA, 2016, σ. 207). Αυτό αποκλείει την περίπτωση ηθελημένης χρήσης νανοπλαστικών microbeads από τις εταιρείες καλλυντικών με σκοπό τον καθαρισμό ή την απολέπιση, καθώς θα ήταν τόσο μικρά που δε θα πετύχαιναν κανένα αποτέλεσμα. Οι Lambrinos et al. (2013) τόνιζαν ότι είναι μάλλον απίθανη η ύπαρξη ηθελημένων πρωτογενών νανοπλαστικών σε καλλυντικά προϊόντα (Lambrinos et al., 2013). Η μόνη περίπτωση λοιπόν ύπαρξης νανοπλαστικών προερχόμενων από microbeads είναι μέσω της αποδόμησης ή διάσπασής τους.

Στην επίσημη αναφορά του 2015 για την παρουσία microbeads στα λύματα της πολιτείας της Νέας Υόρκης, τα microbeads περιγράφονταν ως σχεδόν άφθαρτα (indestructible) (New York State Attorney General, 2015, σ. 2). Πολύ πρόσφατες έρευνες όμως αποδεικνύουν ότι και τα μικροπλαστικά, όπως τα μακροπλαστικά, διασπώνται επίσης σε ακόμη μικρότερα κομμάτια.

Οι Hernandez, Yousefi, & Tufenkji (2017) υπέθεσαν ότι, εφόσον κατά την παρασκευή καλλυντικών, όπως απολεπιστικών προϊόντων και σαμπουάν, εφαρμόζονται μηχανικές μέθοδοι καταπόνησης, τα τυχόν μικροπλαστικά που περιέχουν θα μπορούσαν να διασπαστούν σε μεγέθη νάνο. Εξέτασαν τρία απολεπιστικά προϊόντα προσώπου που περιείχαν *microbeads* πολυαιθυλενίου με διάμετρο περίπου 0,2 mm και προς έκπληξή τους επιβεβαιώθηκαν. Μέσω μικροσκοπίας βρέθηκαν νανοσωματίδια μεγέθους μεταξύ 18 και 66 νανομέτρων (nm) τα οποία με τη χρήση φασματοσκοπίας φωτοηλεκτρονίων ακτίνων Χ και υπέρυθρης φασματοσκοπίας (FTIR) αποδείχθηκε ότι αποτελούνταν από πολυαιθυλένιο (Hernandez, Yousefi, & Tufenkji, 2017, σ. 280).



Εικόνα 6.4 - Φασματοσκοπία τριών απολεπιστικών προϊόντων με *microbeads* πολυαιθυλενίου - ανιχνεύονται νανοπλαστικά σωματίδια πολυαιθυλενίου  
Πηγή: (Hernandez, Yousefi, & Tufenkji, 2017, σ. 282)

Δεν ήταν όμως σε θέση να εντοπίσουν με βεβαιότητα την αιτία της διάσπασης και υπέθεταν ότι μπορεί να συνέβη κατά την γαλακτωματοποίηση των απολεπιστικών προϊόντων που συνέβη κατά την παρασκευή τους. Μία ακόμα λιγότερη πιθανή εξήγηση ήταν ότι εξαρχής τα microbeads παρασκευάστηκαν σε διάφορα μεγέθη από nano μέχρι micro (Hernandez, Yousefi, & Tufenkji, 2017, σ. 283), η οποία όμως με βάση την παραπάνω υπόθεση για το βέλτιστο μέγεθος των microbeads είναι απορριπτέα.

Οι ερευνητές τόνιζαν ότι παρόλο που η παρουσία νανοπλαστικών στο περιβάλλον παρουσιάζει όλο και μεγαλύτερο ενδιαφέρον, λόγω των πιθανών επιπλοκών, ο εντοπισμός και ανίχνευση του είδους και των ποσοτήτων τους παρουσιάζει αυξημένες δυσκολίες (Hernandez, Yousefi, & Tufenkji, 2017, σ. 283)

## Κεφάλαιο 7 – Πιθανές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία

### 7.1 Πιθανές άμεσες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από την κατάποση μικροπλαστικών που περιέχονται σε καλλυντικά

Το μέγεθος των microbeads δεν επιτρέπει την απορρόφησή τους δια της δερματικής οδού και είναι μόνο σε θέση να απομακρύνουν νεκρά επιδερμικά κύτταρα και να ξεπλυθούν με νερό (Leslie, 2014) (UNEP, 2015). Η πιθανότερη επομένως οδός άμεσης μεταφοράς microbeads στον ανθρώπινο οργανισμό είναι η κατάποσή τους (UNEP, 2015, σ. 23). Σε αναφορές οδοντιάτρων έχουν επισημανθεί microbeads προερχόμενα από οδοντόκρεμες να βρίσκονται κολλημένα στο χώρο μεταξύ δοντιών και ούλων στο στόμα ασθενών. Υπάρχουν ενδείξεις ότι τα microbeads μπορεί να παγιδεύουν έτσι βακτήρια οδηγώντας σε ουλίτιδες (Greenwall, 2015), αλλά δεν έχουν υπάρξει ακόμη επαρκή στοιχεία που να το επιβεβαιώνουν (UNEP, 2015, σ. 23).



Εικόνα 7.1 - Microbeads στα ούλα δοντιών

Πηγή: <https://inhabitat.com/dentists-are-finding-plastic-microbeads-from-toothpaste-stuck-in-patients-gums/>

Κίνδυνος κατάποσης μικροπλαστικών από τον άνθρωπο μέσω της τροφικής αλυσίδας μπορεί να συμβεί μόνο στην περίπτωση κατανάλωσης οργανισμών μαζί με το γαστρεντερικό τους σύστημα (δίθυρα μαλάκια, καρκινοειδή κα), όπως μύδια, στρείδια, γαρίδες, караβίδες κα. Σε σπάνιες περιπτώσεις μπορεί να προκαλέσουν φυσική καταπόνηση που μπορεί να οδηγήσει σε κυτταρική νέκρωση, φλεγμονή και τραυματισμούς ιστών του γαστρεντερικού σωλήνα, (Rochman et al., 2016)

Υπάρχει το ενδεχόμενο πρόσθετα μικροπλαστικών, όπως είναι οι φθαλικοί εστέρες όπως ο φθαλικός διβουτυλεστέρας (dibutyl phthalate - DBP) που χρησιμοποιείται για τη μείωση της ευθρυπτότητας του στρώματος των γυαλιστικών σε νύχια ή ο φθαλικός διαιθυλεστέρας (diethyl phthalate - DEP) ως μαλακτικό και βελτιωτικό υφής, να εισχωρήσουν τον ανθρώπινο οργανισμό μέσω του δέρματος. Έχει αποδειχθεί η επίδρασή τους στο ανθρώπινο αναπαραγωγικό σύστημα και μάλιστα έχουν ανιχνευτεί σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στα ούρα βρεφών των οποίων οι μητέρες χρησιμοποιούσαν καλλυντικά προϊόντα για παιδιά που περιείχαν φθαλικούς εστέρες (Sathyanarayana et al., 2008). Αν και περιέχονται σπάνια σε microbeads, η μεταφορά τους στον ανθρώπινο οργανισμό είναι σε τόσο μικρές συγκεντρώσεις, λόγω μικρού μεγέθους των microbeads, που δύσκολα θα συνδεθούν με επιπτώσεις στην υγεία. Άλλωστε ως ενώσεις έχουν την τάση να βιοδιασπώνται πολύ γρήγορα στον ανθρώπινο οργανισμό και να μη βιοσυσσωρεύονται (UNEP, 2015).

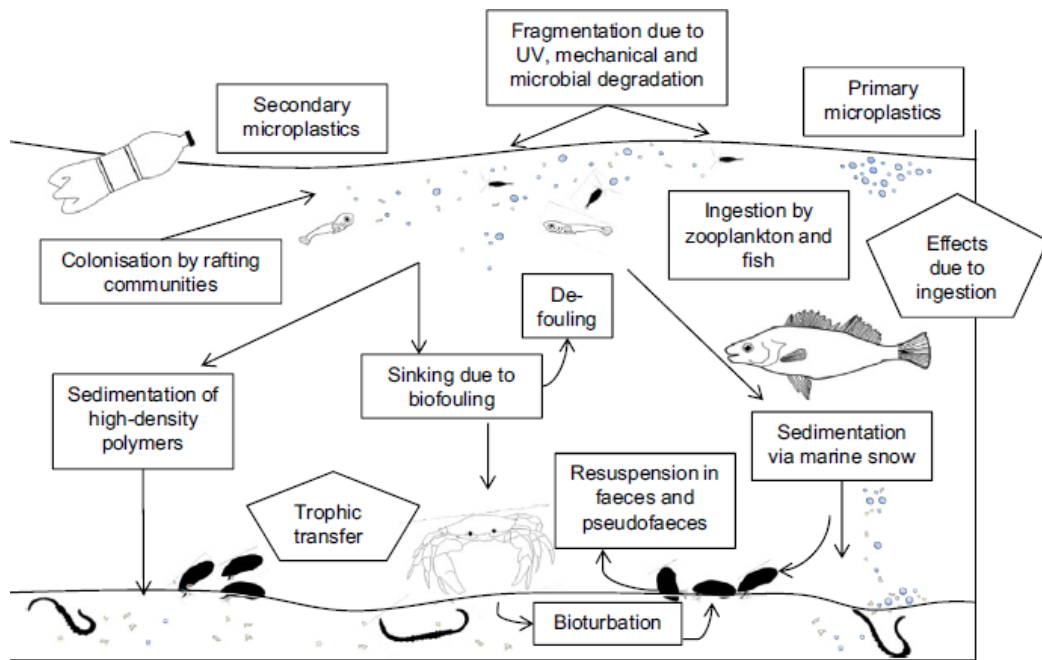
## **7.2 Πιθανές έμμεσες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από βιομεγένθυνση ρύπων προερχόμενων από μικροπλαστικά**

### **7.2.1 Μηχανισμός μεταφοράς ρύπων μέσω της τροφικής αλυσίδας**

Για να αποδειχθεί η μεταφορά βλαβερών ουσιών στην τροφική αλυσίδα θα πρέπει να αποδειχθεί ότι υπάρχει σημαντική συγκέντρωση ρύπων σε κάποιο επίπεδο της και μεταφορά της στους ανώτερους θηρευτές (Setälä, Fleming-Lehtinen, & Lehtiniemi, 2013, σ. 79). Η βιοσυσσώρευση σε οργανισμούς έχει αποδειχθεί από πολλαπλούς ερευνητές κάτι που επισημάνθηκε στο Κεφάλαιο 5 της παρούσης εργασίας.

Ανεξάρτητα από το αν η βιοσυσσώρευση σε κάποιο επίπεδο της τροφικής αλυσίδας επιφέρει επιπτώσεις στους οργανισμούς που το αποτελούν, η υπόθεση των ερευνητών είναι ότι οι μικρές συγκεντρώσεις (Teuten, και συν., 2009) τοξικών ουσιών που περιέχουν ή απελευθερώνουν τα microbeads στους διάφορους οργανισμούς, βιοσυσσωρεύονται και μπορούν να μεταφερθούν μέσω της τροφικής αλυσίδας στον άνθρωπο σε ικανές συγκεντρώσεις (βιομεγένθυνση - biomagnification) (New York State Attorney General, 2015, σ. 5).

Παράδειγμα ικανό ώστε να στηρίξει ένα τέτοιο επιχείρημα βιομεγένθυνσης τοξικής ουσίας διαμέσου της θαλάσσιας τροφικής αλυσίδας στον «ανώτατο θηρευτή» που είναι ο άνθρωπος, είναι οι φυτοτοξίνες. Φυτοτοξίνες οι οποίες δεν προκαλούν επιδράσεις στην άγλη, βιοσυσσωρεύονται σε οστρακόδερμα τα οποία τρέφονται με αυτή χωρίς προβλήματα. Η κατανάλωση στρειδιών με ικανό φορτίο φυτοτοξινών μπορεί να προκαλέσει δηλητηριάσεις τύπου PSP (Paralytic Shellfish Poisoning) και DSP (Diarrhetic Shellfish Poisoning) (δύο στάδια έκθεσης) (Campbell et al., 2005). Υπάρχουν βέβαια και λιγότερο σύντομα «μονοπάτια» έκθεσης που μπορεί να φτάνουν και τα πέντε (5) στάδια μεταφοράς και τα οποία δυσκολεύουν το έργο των επιστημόνων για τον προσδιορισμό της τοξικής προέλευσης. Τέτοιο παράδειγμα αποτέλεσαν φάλαινες με επικίνδυνα υψηλή τοξικότητα η οποία προκάλεσε ακόμα και τον θάνατό τους. Οι τοξίνες είχαν μεταφερθεί και βιοσυσσωρευτεί στα κήτη από την κατ' εξοχήν τροφή τους που ήταν σκουμπριά και τα οποία με την σειρά τους είχαν καταναλώσει ζωοπλαγκτόν που είχε τραφεί με άγλη μολυσμένη με φυτοτοξίνες. Οι φάλαινες αυτού του είδους, σε ορισμένες χώρες όπως στην Ιαπωνία, καταναλώνονται από ανθρώπους. (Setälä, Fleming-Lehtinen, & Lehtiniemi, 2013, σ. 81).



Εικόνα 7.2 - Πιθανές οδοί για την μεταφορά μικροπλαστικών και οι βιολογικές τους αλληλεπιδράσεις

Πηγή: (EFSA, 2016, σ. 4509)

### 7.2.2 Πιθανές έμμεσες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από μικροπλαστικά καλλυντικών

Τα μικροπλαστικά που περιέχονται στα καλλυντικά δείχνουν να είναι ασφαλή κατά τη χρήση τους, ως συστατικό καλλυντικών προϊόντων, αλλά δεν υπάρχουν αρκετές μελέτες που να ερευνούν την επίπτωσή τους στην ανθρώπινη υγεία από τη βιομεγένθυνση των πρόσθετων ρύπων που ενσωματώνουν ή απορροφούν από το περιβάλλον και εκροφούν στον οργανισμό ειδών που καταναλώνει ο άνθρωπος (DEFRA, 2014b).

Η αξιολόγηση κινδύνου (risk assessment) στην παραπάνω περίπτωση μεταφοράς ρύπων μέσω της τροφικής αλυσίδας και βιοσυσσώρευσης στον ανθρώπινο οργανισμό δεν έχει τεκμηριωθεί μέχρι σήμερα. Υπάρχει αντικειμενική δυσκολία αποτύπωσης του ενδεχόμενου ρίσκου σε τέτοιες περιπτώσεις κυρίως λόγω του γεγονότος ότι οι έμμονοι οργανικοί ρύποι ανιχνεύονται σε μικροπλαστικά σε μίγματα τα οποία ανταγωνίζονται το ένα το άλλο, πράγμα που αυξάνει την πολυπλοκότητα των μελετών (DEFRA, 2014b).



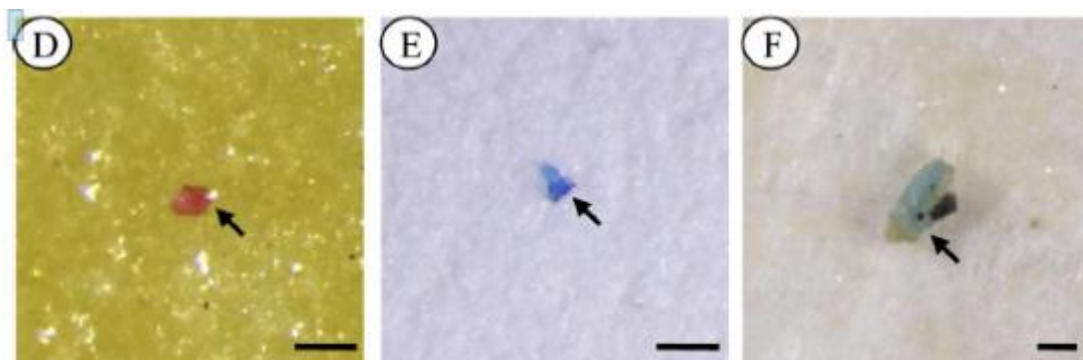
Για να μελετηθεί ο κίνδυνος μεταφοράς επικίνδυνων ρύπων στην τροφική αλυσίδα μέσω των μικροπλαστικών, τα πανεπιστήμια του Plymouth και του Exeter προσομοίωσαν τη διαδικασία της απορρόφησης (absorption) και εκρόφησης (desorption) μέσω υπολογιστικών μοντέλων σε ανώτερους θηρευτές όπως ψάρια και θαλάσσια πουλιά. Το γενικό συμπέρασμα ήταν ότι η κατάποση μικροπλαστικών από υδρόβιους οργανισμούς δεν αποτελούσε σημαντική αιτία επιβάρυνσης της τροφικής αλυσίδας με ρύπους που επιφέρουν επιπτώσεις στην υγεία (DEFRA, 2014b).

Η παραπάνω διαπίστωση έρχεται σε συμφωνία με την αξιολόγηση κινδύνου της Ευρωπαϊκής Αρχής για την Ασφάλεια των τροφίμων (EFSA) ή οποία λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα των ερευνών που έχουν ποσοτικοποιήσει την παρουσία μικροπλαστικών σε θαλάσσια τρόφιμα που καταναλώνει ο άνθρωπος, όπως ψάρια (Rochman et al., 2013, Rochman et al., 2015, de Sa, Luis, & Guilerminho, 2015), παρατήρησε ότι σε σχέση με την συνολική επιβάρυνση των οργανισμών σε περιβαλλοντικούς ρύπους, τα μικροπλαστικά προκαλούν ελάχιστη (EFSA, 2016).

Παράλληλα επισημάνθηκε ότι η παρουσία ρύπων στο γαστρεντερικό σύστημα ψαριών δεν συνεπάγεται μεταφορά τους στον άνθρωπο καθώς αυτό συνήθως αφαιρείται πριν από την κατανάλωση. Η αναφορά της EFSA βέβαια εφιστά την προσοχή στην κατανάλωση καρκινοειδών και δίθυρων μαλακίων, όπου καταναλώνεται και το γαστρεντερικό σύστημα αλλά και στο θαλασσινό αλάτι που μπορεί να ενσωματώνει μικροπλαστικές ουσίες (EFSA, 2016).

Οι van Cauwenberghe & Janssen (2014) σε έρευνά τους για την ανίχνευση μικροπλαστικών σε υδατοκαλλιέργειες μυδιών και στρειδιών, υπολόγισαν με βάση τις ποσότητες που ανίχνευσαν και τις καταναλωτικές συνήθειες των ευρωπαίων, ότι ένα μέσος καταναλωτής οστρακοειδών μπορεί να χωνεύει ετησίως 11.000 μικροπλαστικά το χρόνο (van Cauwenberghe & Janssen, 2014). Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι η παρουσία μικροπλαστικών στα παραπάνω είδη έθετε σε κίνδυνο την ασφάλεια τροφίμων, καθώς οι οργανισμοί καταναλώνοντας μικροπλαστικά αισθάνονται κορεσμό με αποτέλεσμα να υποσιτίζονται και να αποθηκεύουν λιγότερο λίπος, μειώνοντας έτσι τον πληθυσμό τους. Επεσήμαναν όμως ότι η εκτίμηση κινδύνου για την ανθρώπινη

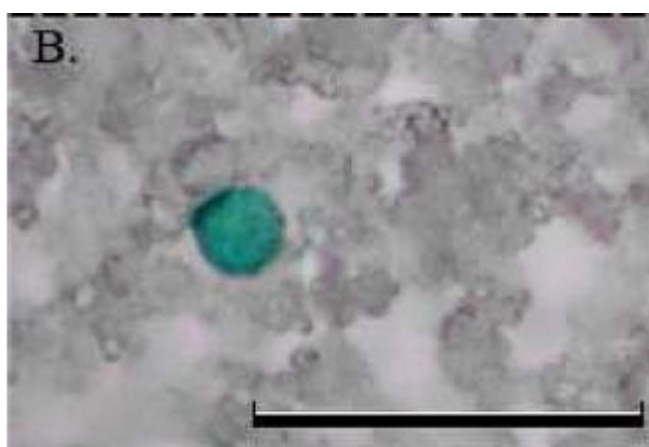
υγεία από τα μικροπλαστικά δεν ήταν ακόμα εφικτή (van Cauwenberghe & Janssen, 2014). Την επόμενη χρονιά οι Li et al (2015) μελέτησαν εννέα (9) είδη δίθυρων μαλακίων τα οποία αγόρασαν από την μεγαλύτερη ψαραγορά της Σαγκάης στην Κίνα.



Εικόνα 7.3 - Microbeads που ανιχνεύτηκαν σε δίθυρα μαλάκια στην ψαραγορά της Σαγκάης

Πηγή: (Li et al., 2015, σ. 192)

Σε όλα τα είδη ανιχνεύτηκαν μικροπλαστικά και μάλιστα στο στρείδι *Alectryonella plicatula* το 60% των μικροπλαστικών που βρέθηκαν ήταν microbeads. Οι επιστήμονες έκαναν σύσταση προς το υπουργείο περιβάλλοντος της Κίνας να ληφθούν μέτρα καθώς η τοπική αγορά των οστρακοειδών ήταν επιμολυσμένη με μικροπλαστικά (Li et al., 2015).



Εικόνα 7.4 - Πράσινο μικροσφαιρίδιο πλαστικού (microbead) που ανιχνεύτηκε στους μαλακούς ιστούς του στρείδιού *Crassostrea gigas*

Πηγή: (van Cauwenberghe & Janssen, 2014, σ. 66)

Σύμφωνα με την EFSA όμως, ακόμα και με τις παραπάνω εκτιμήσεις των επιστημόνων, υπολογίζεται ότι μία μερίδα μυδιών (225g) μπορεί να περιέχει 7

mg μικροπλαστικά τα οποία ακόμα και αν θεωρηθούν ότι είναι πλήρως μολυσμένα με τοξικές ουσίες, θα είχαν πολύ μικρό αντίκτυπο στην συνολική έκθεση ενός ανθρώπινου οργανισμού σε τέτοιες ενώσεις από άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες (EFSA, 2016).

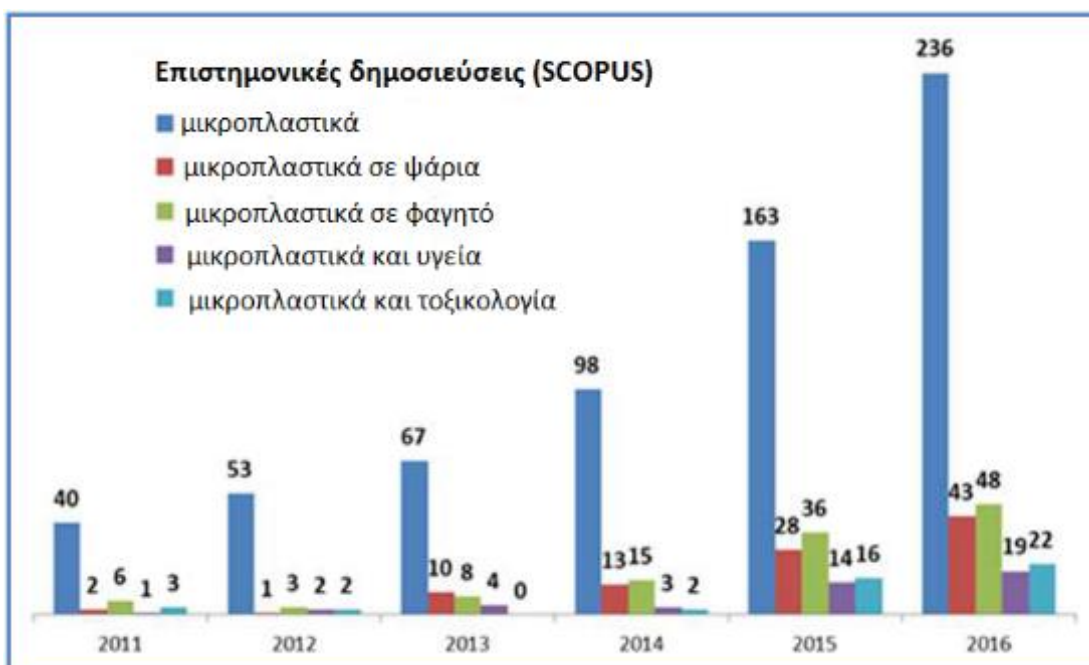
Ο αντίλογος προκύπτει από το γεγονός ότι οι αξιολογήσεις κινδύνου που εκπονήθηκαν, τόσο για το DEFRA όσο και για την EFSA, στηρίχθηκαν σε μαθηματικά μοντέλα τα οποία έλαβαν υπόψη τους έρευνες όπου οι οργανισμοί ήταν εκτεθειμένοι σε μικροπλαστικά για μικρό χρονικό διάστημα και αυτά μετά απεκκρίνονταν, όπως και το μεγαλύτερο μέρος των ρύπων που ενσωμάτωναν (Thompson et al., 2004, Browne et al, 2008, Wright et al., 2013). Τα μικροπλαστικά όμως στο περιβάλλον μπορεί διατηρηθούν για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα στον οργανισμό ειδών ή να μην είναι δυνατή η απέκκρισή τους (μικροοργανισμοί) κάνοντας την έκθεση σε ρύπους μακροχρόνια. Έτσι αυξάνεται σημαντικά η βιοσυσσώρευση ρύπων, επομένως και η βιομεγένθυσή τους στους ανώτερους θηρευτές (DEFRA, 2014b). Έρευνες που να μελετούν την μακροχρόνια έκθεση σε μικροπλαστικά, όπως πιθανότατα συμβαίνει στο περιβάλλον, δεν έχουν υπάρξει μέχρι σήμερα, καθώς πρόκειται για σχετικά πρόσφατο περιβαλλοντικό πρόβλημα, αλλά αντιμετωπίζουν και σημαντική δυσκολία στη διεξαγωγή τους.

Παράλληλα εκεί που δείχνει να υπάρχει πραγματική ανησυχία είναι στις επιδράσεις των νανοπλαστικών όπου δείχνουν την ικανότητα να εισέρχονται στα ανθρώπινα κύτταρα αλλά οι έρευνες είναι περιορισμένες και ζητείται άμεση επιστημονική τεκμηρίωση (EFSA, 2016). Σχετικά με την επίδραση των νανοπλαστικών στην ανθρώπινη υγεία η EFSA επισημαίνει ότι τα δεδομένα τοξικότητας και τοξοκινητικής που θα βοηθούσαν στην αξιολόγηση κινδύνου για την ανθρώπινη υγεία είναι ελλιπή και οι έρευνες που να αξιολογούν τις επιδράσεις τους σε υδρόβιους οργανισμούς ελάχιστες (EFSA, 2016). Στις προθέσεις της EFSA είναι συγκεντρώνοντας δεδομένα να αναθεωρήσει μέχρι το 2018 την οδηγία του 2011 για τις επιδράσεις της νανοτεχνολογίας στην τροφική αλυσίδα.

Ένα ακόμη θέμα που μπορεί να έχει έμμεσες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία είναι οι φαινομενικές επιπτώσεις στην συμπεριφορά θαλασσίων

οργανισμών που καταναλώνουν μικροπλαστικά όπως: απροθυμία για αναζήτηση τροφής, κατανάλωση λιγότερου φαγητού, αίσθηση κορεσμού αλλά και πιθανές βλάβες στο ενδοκρινικό και αναπαραγωγικό σύστημα. Όλα αυτά σε βάθος ετών και χωρίς να ληφθούν μέτρα για την αντιστροφή του προβλήματος μπορεί να προκαλέσουν μείωση του πληθυσμού τους, άρα και της διαθέσιμης τροφής για τον άνθρωπο, μετατρέποντας το από περιβαλλοντικό πρόβλημα σε πρόβλημα επάρκειας τροφίμων (food safety) (Rochman et al., 2015).

Η ΕΕ καταγράφοντας τις δημοσιευμένες έρευνες για την περίοδο 2011 – 2016 για την παρουσία μικροπλαστικών στο περιβάλλον, παρόλο που παρατηρεί αυξημένο αριθμό δημοσιεύσεων χρόνο με το χρόνο γεγονός που σημαίνει ότι συγκεντρώνει το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας όλο και περισσότερο, σημειώνει ότι ο αριθμός των ερευνών με αντικείμενο την παρουσία μικροπλαστικών σε τροφές που καταναλώνονται από τον άνθρωπο, την επίδραση των μικροπλαστικών στην υγεία και την συσχέτιση μικροπλαστικών με τοξικολογικές επιδράσεις, είναι δυσανάλογα μικρός σε σχέση με τις συνολικές έρευνες για μικροπλαστικά, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα:



Διάγραμμα 7.1 - Αριθμός δημοσιεύσεων ερευνών σχετικών με μικροπλαστικά στη βάση δεδομένων επιστημονικής βιβλιογραφίας: SCOPUS

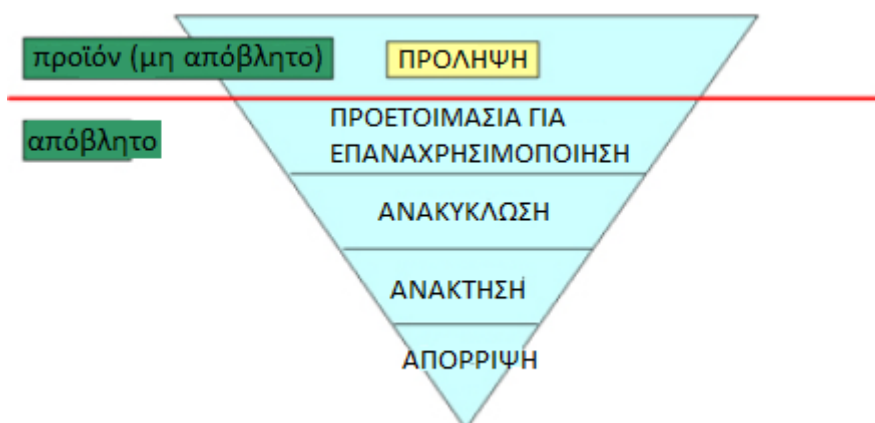
Πηγή: (Munoz-Pineiro, 2018)

Παρόλο που παρατηρείται περιορισμένος αριθμός συστηματικών ερευνών για την επιβάρυνση της τροφικής αλυσίδας από τα μικροπλαστικά για να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα (Munoz-Pineiro, 2018), από τα μέχρι στιγμής στοιχεία φαίνεται να είναι ασήμαντη σε σχέση με άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες (UNEP, 2016). Όσο αφορά τα ναοπλαστικά, όπου εγείρονται σημαντικές ανησυχίες για την υγεία λόγω της ικανότητάς τους να διαπερνούν το κύτταρο άρα και να μεταφέρουν ρύπους σε αυτό (UNEP, 2015), τα δεδομένα είναι ελλιπή, διάσπαρτα και αναμένεται περισσότερη τεκμηρίωση.

## Κεφάλαιο 8 - Προσπάθειες περιορισμού απόρριψης microbeads στο περιβάλλον

### 8.1 Πρόληψη - Βαθμός ενημέρωση του κοινού

Τα microbeads μετά τη χρήση τους αποτελούν απορρίμματα για τη διαχείριση των οποίων η ΕΕ έχει υιοθετήσει την αντίστροφη πυραμίδα της παρακάτω εικόνας. Όσο πιο ψηλά στην πυραμίδα είναι μία λύση τόσο προτιμότερη είναι, δηλαδή η προσπάθεια να μη δημιουργούνται απορρίμματα εξ αρχής (πρόληψη) είναι η βέλτιστη επιλογή για το περιβάλλον (Οδηγία 2008/98/ΕΚ).



Εικόνα 8.1 - Βέλτιστη ιεράρχηση διαχείρισης απορριμμάτων κατά την ΕΕ

Πηγή: (Οδηγία 2008/98/ΕΚ)

Στην προκειμένη περίπτωση η πρόληψη αποτελεί πρότυπη και μοναδική λύση, αφού δεν υπάρχει η δυνατότητα διαχείρισή τους (Rochman et al., 2015) καθώς μετά την απόρριψη δεν μπορούν να συλλεχθούν (Cheung & Fok, 2016) άρα να επαναχρησιμοποιηθούν (ανακύκλωση). Η συλλογή είναι αδύνατη γιατί είναι πολύ μικρά σε μέγεθος (NSW EPA, 2016) και πάρα πολλά σε αριθμό (Rochman et al., 2015). Θεωρητικά εφόσον επιπλέουν στο νερό, λόγω μικρής πυκνότητας, (California Coastal Commission & Algalita Marine Research Foundation, 2006, (New York State Attorney General, 2015), θα μπορούσε να γίνει συλλογή με σκάφη που θα έχουν ενσωματωμένα εξαιρετικά λεπτά φίλτρα (ultra fine filters) (Cheung & Fok, 2016), αλλά ο χώρος που θα πρέπει να

φιλτραριστεί είναι αχανής (θάλασσες, ωκεανοί) (Napper et al., 2015, s. 183, Cheung & Fok, 2016 και πολλά από αυτά έχουν βυθιστεί λόγω προσκόλλησης ρύπων ή έχουν ήδη καταναλωθεί από έμβιους οργανισμούς (Cheung & Fok, 2016). Ακόμη και ο καθαρισμός των ωκεανών από μακροπλαστικά φαίνεται να μη είναι αποδοτική λύση καθώς η ΝΟΟΑ υπολόγισε το 2012 ότι ο καθαρισμός του 1% του βόρειου Ειρηνικού ωκεανού (1 εκατομμύριο τετραγωνικά χιλιόμετρα) από μακροπλαστικά θα κόστιζε μεταξύ 122 και 489 εκατομμυρίων δολαρίων ετησίως (NOAA, 2012).

Με βάση την ΕΕ η πρόληψη δημιουργίας απορριμμάτων επιτυγχάνεται είτε μέσω επιβολής (χρεώσεις, περιορισμοί, ή απαγορεύσεις) είτε μέσω ήπιας αλλαγής των καταναλωτικών συνθηκών του κοινού και στροφή τους προς αειφόρες και βιώσιμες λύσεις (Οδηγία 2008/98/ΕΚ, 2008).

Σχεδόν πάντοτε καλύτερη μέθοδος από την απαγόρευση είναι η ήπια αλλαγή συνθηκών των καταναλωτών μέσω διαρκούς ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης, γιατί έτσι η αλλαγή επιτυγχάνεται ομαλότερα και αποτελεσματικότερα (UNEP, 2016). Άλλωστε οι απόψεις των καταναλωτών παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στη ζήτηση των καλλυντικών άρα επηρεάζουν σημαντικά την παραγωγή τους και εν κατακλείδι τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις. Η αρνητική στάση του κοινού απέναντι σε μία χημική ουσία ασκεί καθοριστική πίεση στις εταιρείες και στους policy makers να λάβουν μέτρα εναντίον της για οικονομικούς, πολιτικούς λόγους και λόγους πρεστίζ (Anderson et al., 2016, σ. 454).

Αυτό που όμως διαπιστώνεται από σχετικά πρόσφατες έρευνες είναι ότι οι πολίτες γνωρίζουν ελάχιστα για τα μικροπλαστικά ως ουσίες και για την αποδεδειγμένη επίδρασή τους στο περιβάλλον ή τις πιθανές επιπτώσεις στην υγεία (Anderson et al., 2016, σ. 454). Όπως χαρακτηριστικά αναφέρουν οι Fendall & Sewell (2009) ανυποψίαστοι πελάτες συμβάλλουν στην μόλυνση του περιβάλλοντος μέσω της προσωπικής τους υγιεινής.

Η υπόθεση των Fendall & Sewell (2009), για την ελλιπή ενημέρωση του κοινού, επιβεβαιώθηκε και από την στοχευμένη έρευνα των Anderson et al. (2016, σ. 458) η οποία είχε ως στόχο τη διερεύνηση των απόψεων νεαρών

φοιτητών, επαγγελματιών αισθητικής και περιβαλλοντολόγων για τα microbeads. Πέρα από την προφανή επιλογή των αισθητικών και των περιβαλλοντολόγων για τις γνώσεις τους για τα καλλυντικά και το περιβάλλον αντίστοιχα, η επιλογή της ηλικιακής ομάδας των φοιτητών δεν έγινε τυχαία, καθώς η ηλικία μεταξύ 18 έως 30 θεωρείται η πλέον ενημερωμένη και δραστήρια κοινωνική ομάδα σε αγορές αυτών των προϊόντων. Έτσι η προσεκτική επιλογή του ερευνητικού δείγματος δίνει ιδιαίτερη αξία στα αποτελέσματα της έρευνας.

Βρέθηκε ότι όλοι οι ερωτηθέντες, πλην των περιβαλλοντολόγων, ήταν ανενημέρωτοι για το «πλαστικό» περιεχόμενο των καθαριστικών και απολεπιστικών προϊόντων, και τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον, δηλώνοντας ότι θεωρούσαν ότι τα microbeads ήταν απόλυτα φυσικά συστατικά. Οι περισσότεροι γνώριζαν ότι υπήρχε πιθανότητα μέρος του προϊόντος που χρησιμοποιούσαν να κατέληγε σε υδατικά περιβάλλοντα, αλλά ακόμα και οι περιβαλλοντολόγοι δήλωναν έκπληκτοι από την ποσότητα των μικροπλαστικών που περιείχε ένα και μόνο προϊόν, ενώ οι αισθητικοί και οι φοιτητές όταν ρωτήθηκαν απάντησαν ότι μπορεί να αποσυντίθεται στο περιβάλλον.

Η σύγκριση μεταξύ μακροπλαστικής συσκευασίας και μικροπλαστικού περιεχομένου των καλλυντικών, όπως γενικότερα μεταξύ μικροπλαστικών και μακροπλαστικών, ήταν αναπόφευκτα θέμα που μελετήθηκε διεξοδικά. Τόσο πριν όσο και μετά την ενημέρωση για τις επιδράσεις των μικροπλαστικών, οι ερωτηθέντες υποστήριξαν ότι η συσκευασία και τα μακροπλαστικά αποτελούν σημαντικότερο περιβαλλοντικό πρόβλημα και επεσήμαναν μάλιστα ότι αυτή είναι η γενικότερη άποψη της κοινωνίας. Μία εξήγηση που έδιναν ήταν ότι τα μικροπλαστικά ανήκουν στον μικρόκοσμο και δεν είναι της απτής αντίληψης των πολιτών όπως τα μακροπλαστικά. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρουν ένα πλαστικό μπουκάλι που επιπλέει στη θάλασσα είναι πιο «δυνατή» εικόνα από κάτι που μπορεί να δει κανείς στο μικροσκόπιο και που δεν το καταλαβαίνει.

Το γενικό συμπέρασμα των ερευνητών ήταν ότι ναι μεν τα μικροπλαστικά δε θεωρούνται μείζων περιβαλλοντικό πρόβλημα από τους πολίτες αλλά



πιστεύουν ότι είναι μία πρόσθετη μη αναγκαία επιβάρυνση που επιβάλλει την απαγόρευση ή παύση χρήσης τους

## 8.2 Περιορισμοί που τίθενται από την νομοθεσία

Το θέμα της παρουσίας πλαστικών σε θαλάσσια περιβάλλοντα απασχολεί μεγάλους διεθνούς οργανισμούς όπως τα Ηνωμένα Έθνη, τις χώρες που ανήκουν στο G7, την Ένωση Οικονομιών Ασίας και Ειρηνικού - APEC (Asian Pacific Economic Cooperation) αλλά και εθνικές κυβερνήσεις και οργανισμούς (Registration SOR/2017-111, 2017, σ. 1355).

Τον Ιούνιο του 2015 οι χώρες με τις πιο ανεπτυγμένες οικονομίες του κόσμου (G7) υιοθέτησαν το σχέδιο *G7 Combat Plan* ενάντια στα θαλάσσια απορρίμματα. Το σχέδιο επικεντρωνόταν σε τέσσερις (4) βασικές κατευθύνσεις:

1. Περιορισμός των απορριμμάτων στην ξηρά που μπορεί να καταλήξουν στη θάλασσα
2. Περιορισμός των απορριμμάτων που απορρίπτονται στη θάλασσα
3. Απομάκρυνση των απορριμμάτων από τη θάλασσα και
4. Εκπαίδευση, έρευνα και ενημέρωση

Στις ανακοινώσεις έκαναν ιδιαίτερη μνεία στα *microbeads* αναφέροντας ότι: «...θα πρέπει να ενθαρρυνθεί η βιομηχανία να αναπτύξει βιώσιμες συσκευασίες και να αφαιρέσει συστατικά από προϊόντα προς όφελος του περιβάλλοντος όπως με μία εθελοντική παύση χρήσης *microbeads*...» (Registration SOR/2017-111, 2017, σ. 1355).

Ο τομέας περιβάλλοντος του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (UNEP) από την άλλη, την ίδια χρονιά προέτρεπε προς την πλήρη απαγόρευση των *microbeads* σε καλλυντικά κυρίως μέσω του report του με τίτλο: «*Πλαστικά σε Καλλυντικά; Μολύνουμε το περιβάλλον μέσω της προσωπικής μας περιποίησης;*» (UNEP, 2015). Πολλοί policy makers τόνιζαν παράλληλα ότι αποτελούν μη απαραίτητο συστατικό καλλυντικών (DEFRA, 2014b) (New York State Attorney General, 2015) (Registration SOR/2017-111, 2017)

## 8.2.1 Ηνωμένες Πολιτείες

Πρώτη η πολιτεία του Illinois των Ηνωμένων Πολιτειών είχε απαγορεύσει την παρασκευή και πώληση των microbeads σε καλλυντικά από το 2014 (EUNOMIA, 2016) και ακολούθησαν το 2015 άλλες οκτώ (8) πολιτείες: Colorado, Wisconsin, Indiana, Maine, Maryland, New Jersey, Connecticut και California (Registration SOR/2017-111, 2017). Ο παρακάτω πίνακας έδειχνε τα μέτρα που είχαν λάβει ή είχαν πρόθεση να λάβουν 15 πολιτείες των Ηνωμένων Πολιτειών το 2016. Η μόνη πολιτεία που φαινόταν να επιβάλλει απαγόρευση πώλησης τόσο των συνθετικών όσο και των βιοδιασπώμενων microbeads, αλλά και να μην περιορίζεται σε εκπλενόμενα προϊόντα, ήταν η Καλιφόρνια η οποία με απόφασή της τον Οκτώβριο του 2015 απαγόρευε την πώληση ή την προώθηση προϊόντων με microbeads μεγέθους μικρότερων των 5mm από την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου του 2020. Η Καλιφόρνια βέβαια εξαιρούσε την προώθηση προϊόντων με περιεκτικότητα microbeads λιγότερη από 1 ppm κατά βάρος (Assembly Bill no. 888 California, 2015).

Πίνακας 8.1 – Αποφάσεις διάφορων πολιτειών των ΗΠΑ για περιορισμό των microbeads το 2016

US state	Bill Status	Restricts 'Biodegradable' Plastics	Limited to 'Rinse-off' Products
Illinois	Law	No	Yes
Colorado	Law	No	Yes
New Jersey	Law	No	Yes
Maine	Law	No	Yes
Indiana	Law	No	Yes
Wisconsin	Law	No	Yes
Connecticut	Law	Yes	Yes
Maryland	Law	Yes	Yes
California	Law	Yes	No
Massachusetts	Stalled	Yes	No
Michigan	Stalled	Yes	No
Minnesota	Passed Senate, In House	Yes	No
Oregon	Passed House, In Senate	Yes	Yes
New York	Introduced	Yes	No
US Federal	Introduced	Yes	No

Το Δεκέμβριο του 2015 η πρόταση νόμου με τίτλο *Microbead-Free Waters Act* επικυρώθηκε από το Κογκρέσο ως ομοσπονδιακός νόμος ο οποίος επιβάλλει στον Αμερικανικό Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) να εφαρμόσει και να επιβλέψει την απαγόρευση παρασκευής και διακίνησης εκπλενόμενων καθαριστικών προϊόντων ή μη συνταγογραφούμενων φαρμάκων που περιέχουν microbeads (Registration SOR/2017-111, 2017).

Ο νόμος καθορίζει μία μεταβατική περίοδο ενός έτους, όπου από 01/07/2017 απαγορεύεται η παρασκευή καλλυντικών που περιέχουν microbeads και από 01/07/2018 η πώλησή τους, ενώ για καλλυντικά που θεωρούνται μη συνταγογραφούμενα φάρμακα και περιέχουν microbeads η αντίστοιχη περίοδος είναι 01/07/2018 με 01/07/2019 (US Congress, 2015). Στις Ηνωμένες Πολιτείες στην κατηγορία των μη συνταγογραφούμενων φαρμάκων ανήκουν οι οδοντόκρεμες (Registration SOR/2017-111, 2017).

Η καθυστέρηση στην επιβολή του νόμου έγινε για να δοθεί χρόνος στις εταιρείες να τροποποιήσουν τις φόρμουλες των προϊόντων τους εξαλείφοντας τα microbeads (FDA, The Microbead-Free Waters Act: FAQs, 2016). Παρ' όλα αυτά ο νόμος αφήνει ένα «παράθυρο» παρασκευής και χρήσης προϊόντων που περιέχουν βιοδιασπώμενα microbeads (UNEP, 2016, σ. 40), ενώ ως microbeads θεωρούνται τα σφαιρίδια που περιέχονται σε εκπλενόμενα καλλυντικά και οδοντόπαστες και μόνο (FDA, The Microbead-Free Waters Act: FAQs, 2016). Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα πάντως μόνο έξι (6) πολιτείες φαίνεται να συμφωνούν με αυτή την προσέγγιση.

Ο Αμερικανικός Οργανισμός Τροφίμων και Φαρμάκων (Food & Drug Administration – FDA) επεσήμαινε ότι ο νόμος δεν αφορούσε την προστασία της υγείας των πολιτών, καθώς δεν υπάρχουν απτές αποδείξεις για την επίδραση των microbeads στην υγεία, αλλά το ότι έχει αποδειχθεί ότι μπορούν να διαφύγουν μέσω αποχετευτικών συστημάτων στο περιβάλλον και θαλάσσιοι οργανισμοί μπορεί να τα καταναλώσουν άθελά τους (FDA, The Microbead-Free Waters Act: FAQs, 2016).

### **8.2.2 Καναδάς**

Τον Ιούλιο του 2015 το υπουργείο Περιβάλλοντος και Κλιματικής Αλλαγής του Καναδά (Environment and Climate Change Canada) πρότεινε την ένταξη των microbeads στις τοξικές ουσίες σύμφωνα με τον νόμο του 1999 για την προστασία του περιβάλλοντος (Canadian Environmental Protection Act, CEPA 1999) (ECCC, 2015). Στις 29 Ιουνίου του 2016 τα microbeads διαμέτρου μικρότερης των 5mm επισήμως εντάχθηκαν στις τοξικές ουσίες (Registration SOR/2017-111, 2017, σ. 1353).

Στις 2 Ιουνίου 2017, αφού δόθηκε μία περίοδος περίπου έξι μηνών για διαβούλευση και διατύπωση τυχόν αντιρρήσεων (από τις 5 Νοεμβρίου 2016), δημοσιεύτηκε ο κανονισμός ο οποίος απαγορεύει, από την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου του 2018 την παρασκευή ή εισαγωγή στη χώρα, και από την 1<sup>η</sup> Ιούλη του 2018 την πώληση προϊόντων περιποίησης που περιέχουν microbeads. Σε περίπτωση που τα προϊόντα περιποίησης είναι ταυτόχρονα μη συνταγογραφούμενα φάρμακα, όπως οδοντόκρεμες, ή φυσικά προϊόντα υγείας (natural health products) η απαγόρευση παρασκευής ή εισαγωγής ισχύει από την 1<sup>η</sup> Ιούλη του 2018 και η πώληση από την 1<sup>η</sup> Ιούλη του 2019 αντίστοιχα. Διευκρινίζεται στον κανονισμό πάντως ότι δεν εμποδίζεται η διέλευση από τη χώρα προϊόντων που περιέχουν microbeads (Registration SOR/2017-111, 2017).

Στα αξιοσημείωτα του παραπάνω κανονισμού είναι ότι τίθεται σε ισχύ όχι για να περιορίσει τις канаδικές βιομηχανίες καλλυντικών, καθώς αναγνωρίζει τις εθελοντικές τους προσπάθειες παύσης χρήσης συνθετικών πολυμερών microbeads, αλλά γιατί υπάρχει πιθανό ρίσκο εισαγωγής προϊόντων με microbeads από τρίτες χώρες (Registration SOR/2017-111, 2017, σ. 1352).

### **8.2.3 Αυστραλία**

Το 2015 οι πολιτείες της Νέας Νότιας Ουαλίας και της Νότιας Αυστραλίας συμφώνησαν σε μία διαδικασία, από κοινού με την ACCORD (NSW EPA, 2016, σ. 9), η οποία έδινε τη δυνατότητα στις βιομηχανίες να αφαιρέσουν εθελοντικά τα microbeads από τα προϊόντα τους μέχρι τον Ιούλιο του 2018 (NSW EPA, 2016; Registration SOR/2017-111, 2017). Η ACCORD είναι η ένωση βιομηχανιών παρασκευής και προμήθειας καλλυντικών, ειδών υγιεινής και

ειδικών προϊόντων στην Αυστραλία (NSW EPA, 2016). Ο υπουργός περιβάλλοντος της Αυστραλίας στις 28 Φεβρουαρίου του 2016 προειδοποίησε όμως ότι, αν ο εθελοντικός αυτός χαρακτήρας δεν παρουσιάσει τα αναμενόμενα αποτελέσματα μέχρι την 1<sup>η</sup> Ιουλίου του 2017, η ομοσπονδιακή κυβέρνηση θα θεσπίσει μία επίσημη εθνική απαγόρευση (NSW EPA, 2016; Registration SOR/2017-111, 2017).

#### **8.2.4 Νέα Ζηλανδία**

Όπως αναφέρει με ανακοίνωσή της στις 17/08/2017 η ιστοσελίδα του Υπουργείου Περιβάλλοντος της Νέας Ζηλανδίας, η κυβέρνηση είναι στη διαδικασία διαμόρφωσης κανονισμών για την απαγόρευση της πώλησης και κατασκευής συγκεκριμένων προϊόντων που περιέχουν microbeads. Οι κανονισμοί αυτοί θα τεθούν σε ισχύ στις 30 Μαΐου του 2018 (Ministry for the Environment, 2017). Η σκέψη για απαγόρευση είχε τεθεί σε δημόσια διαβούλευση από τον Ιανουάριο του 2017 και κατά τη διάρκειά της περιόδου αυτής κατατέθηκαν 16.223 υπομνήματα, μάλιστα 22 από αυτά από επιχειρήσεις του κλάδου, τα οποία υποστήριζαν είτε την πλήρη είτε μερική απαγόρευση. Κανένα έγγραφο δεν υπεβλήθη που να είναι κατά της απαγόρευσης (Cabinet Economic Growth & Infrastructure Committee, 2017).

Παρόλο που κάποια υπομνήματα υπαινίχθηκαν ότι microbeads δεν περιέχονται μόνο σε εκπλενόμενα προϊόντα, δεν αποδείχθηκε ότι υπάρχουν τέτοια στην αγορά της Νέας Ζηλανδίας. Μία τέτοια σκέψη ήταν αρκετή για τη διεύρυνση της πρότασης απαγόρευσης ως εξής: «...*όλα τα wash-off προϊόντα καθαρισμού που περιέχουν microbeads με σκοπό την εφαρμογή σε εξωτερική εμφάνιση, την απολέπιση και τον καθαρισμό ή την λείανση...*». Στο σκεπτικό της απόφασης, δεν έγινε προσπάθεια ποσοτικής αποτίμησης των υπέρ και κατά της απαγόρευσης όπως έγινε στον Καναδά. Στηρίχθηκε κυρίως στο γεγονός ότι αποτελούν πρόσθετη μη αναγκαία επιβάρυνση του περιβάλλοντος, με βάση τα αποτελέσματα ερευνών που δείχνουν ότι θαλάσσιοι οργανισμοί περνούν τα μικροπλαστικά ως τροφή, και όχι τόσο για τις επιδράσεις τους στην υγεία, όπου θεωρήθηκε ότι τα microbeads είναι ένα απειροελάχιστο κλάσμα των αποβλήτων των ωκεανών. Προσθετικά λειτούργησε η διαπίστωση ότι υπάρχουν κατάλληλες εναλλακτικές ουσίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν

σε καλλυντικά χωρίς παρενέργειες στο περιβάλλον (Cabinet Economic Growth & Infrastructure Committee, 2017).

Κάποιες μη κυβερνητικές οργανώσεις πρότειναν στην απαγόρευση να συμπεριληφθούν προϊόντα makeur και αντιηλιακά που περιέχουν μικροσκοπικά συνθετικά πολυμερή (πλαστικά) ή νανοπλαστικά, αλλά απορρίφθηκε το αίτημά τους με το σκεπτικό ότι αυτά πολύ μικρά σε μέγεθος ώστε να μπορούν να θεωρηθούν microbeads. Επίσης από την απαγόρευση θα εξαιρεθούν τα προϊόντα με microbeads που χρησιμοποιούνται για θεραπευτικούς σκοπούς. Μία ακόμη εξαίρεση προκύπτει από τη δέσμευση της συνθήκης για ανταλλαγή αγαθών της «Τασμανίας» (TransTasman) όπου επιτρέπεται η ελεύθερη εισαγωγή και εξαγωγή αγαθών από και προς την Αυστραλία. Επισημαίνεται επομένως ότι αν ένα καλλυντικό που περιέχει microbeads πωλείται στην αγορά της Αυστραλίας τότε μπορεί και να πωλείται και στη Νέα Ζηλανδία. Αυτό έχει προκαλέσει σκέψεις στους policy makers καθώς μία εταιρεία θα μπορούσε να κάνει εισαγωγή μέσω Αυστραλίας, όπου δεν ισχύει απαγόρευση για τα microbeads, για να παρακάμψει την νομοθεσία (Cabinet Economic Growth & Infrastructure Committee, 2017).

### 8.2.5 Ευρωπαϊκή Ένωση

Σύμφωνα με την απόφαση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής της 9<sup>ης</sup> Δεκεμβρίου του 2014 τα απολεπιστικά προϊόντα που περιέχουν microbeads δεν μπορούν να φέρουν στο εξής την σφραγίδα *Ecolabel*. Συγκεκριμένα η απόφαση αναφέρει ότι: «...Μικροπλαστικά δεν πρέπει να περιέχονται στο προϊόν ούτε ως συστατικά της σύνθεσης αυτού ούτε ως συστατικά μείγματος που υπεισέρχεται στη σύνθεση του προϊόντος...» (2014/893/ΕΕ, σσ. 52-53). Η ένδειξη *Ecolabel* αναγνωρίζεται σε όλη την ΕΕ ως πιστοποίηση ότι το προϊόν έχει το ελάχιστο αντίκτυπο στο περιβάλλον (minimum environmental impact) (Registration SOR/2017-111, 2017, σ. 1356). Λίγους μήνες μετά, τον Ιανουάριο του 2014, πέρασε ένα ψήφισμα από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο σχετικά με τα πλαστικά απόβλητα, το οποίο προσκαλούσε τα κράτη μέλη να αποσύρουν ή να απαγορεύσουν πλαστικά που δεν ανακυκλώνονται, κάτι που συμπεριλαμβάνει και τα microbeads (UK Parliament, 2016)

Μετά τις παραπάνω αποφάσεις η Αυστρία, το Βέλγιο, η Ολλανδία, το Λουξεμβούργο και η Σουηδία κατέθεσαν ένα ομαδικό αίτημα για την θέσπιση της πλήρους απαγόρευσης της προσθήκης microbeads σε καλλυντικά στο Ευρωπαϊκό Συμβούλιο για το περιβάλλον (Council of the European Union, 2014). Το αίτημα διαβιβάστηκε στους 28 υπουργούς περιβάλλοντος της ΕΕ με την πρόταση: «...η εξάλειψη των μικροπλαστικών σε προϊόντα, και κυρίως σε καλλυντικά και απορρυπαντικά, είναι ύψιστης προτεραιότητας...» («...the elimination of microplastics in products, and in particular, in cosmetics and detergents, is of utmost priority...») (NSW EPA, 2016, σ. 8). Τον Μάιο η κυβέρνηση του Ηνωμένου Βασιλείου υποστήριξε την κίνηση αυτή για προτροπή προς την ΕΕ να αναλάβει δράση για την απαγόρευση των microbeads σε καλλυντικά και απορρυπαντικά, τονίζοντας ότι πρόκειται για μη αναγκαία επιβάρυνση του περιβάλλοντος (Hirst & Bennett, 2017, σ. 11)

Σε απάντηση η Ευρωπαϊκή Ένωση ζήτησε από την ανεξάρτητη εταιρεία συμβουλευτικών υπηρεσιών EUNOMIA να συντάξει μία αναφορά για τα θαλάσσια απορρίμματα η οποία εκδόθηκε το 2016 και περιλάμβανε τέσσερις βασικούς άξονες:

1. Παροχή κινήτρων ώστε τα πλοία να αδειάζουν τα απορρίμματά τους στα λιμάνια και όχι στη θάλασσα
2. Νομικές διατάξεις για τα απόβλητα πλοίων
3. Δράσεις για μείωση των απορριμμάτων αλιείας και υδατοκαλλιέργειας
4. Μικροπλαστικά σε καλλυντικά

(EUNOMIA, 2016).

Σκοπός της έρευνας που ανατέθηκε στην EUNOMIA για τον 4<sup>ο</sup> άξονα ήταν να «αποτυπώσει» το εύρος της χρήσης μικροπλαστικών στη βιομηχανία καλλυντικών στην ΕΕ και στον σχεδιασμό που πρέπει να γίνει για τον περιορισμό τους, σε σχέση πάντα με το συνολικό πρόβλημα των μικροπλαστικών στο περιβάλλον. Οι ερευνητές τόνιζαν ότι ήταν η πρώτη (1<sup>η</sup>) προσπάθεια ποσοτικοποίησης των μικροπλαστικών σε καλλυντικά στην ΕΕ (EUNOMIA, 2016, σ. ν). Η αναφορά δεν πρότεινε άμεση απαγόρευση των

microbeads από την ΕΕ αλλά έδινε ένα εργαλείο παρακολούθησης των εταιρειών που χρησιμοποιούν microbeads αλλά έχουν δεσμευτεί ή έχουν δηλώσει την πρόθεσή τους για παύση χρήσης (phase out). Ανάμεσα στις σημαντικότερες παρατηρήσεις ήταν ότι ο ευρωπαϊκός ορισμός για τα μικροπλαστικά στα καλλυντικά δεν ήταν «συμπαγής» και άφηνε πολλά «παράθυρα» ανοικτά σε ερμηνεία καθώς:

- Επέτρεπε τη χρήση βιοδιασπώμενων πολυμερών χωρίς να ορίζει τον τρόπο και το ποσοστό βιοδιάσπασης
- Περιοριζόταν μόνο σε εκπλενόμενα προϊόντα ενώ μικροπλαστικά χρησιμοποιούνται και σε άλλα προϊόντα προσωπικής περιποίησης
- Δεν υπήρχε πρόβλεψη για μικροπλαστικά διαμέτρου κάτω του 1 μm (ναοπλαστικά).

(EUNOMIA, 2016, σ. vii)

Η παραπάνω αναφορά έδειχνε τη δυσκολία της επιβολής απαγόρευσης από την ΕΕ στα πρότυπα των αντίστοιχων των Ηνωμένων Πολιτειών και του Καναδά. Τόσο οι ΗΠΑ όσο και ο Καναδάς έχουν ολοκληρωμένη νομοθεσία για τον έλεγχο της ασφάλειας και ποιότητας των καλλυντικών προϊόντων και αρκεί η τροποποίησή τους ώστε να περιλαμβάνει τον όρο μικροπλαστικά, σε αντίθεση με την ΕΕ που χρησιμοποιεί διάφορα εργαλεία ελέγχου της ποιότητας ενός προϊόντος. Το καθένα από αυτά έχει διαφορετικά μειονεκτήματα που δεν δίνουν την νομοθετική δυνατότητα επιβολής απαγόρευσης των μικροπλαστικών:

- Η ευρωπαϊκή νομοθεσία για τα καλλυντικά αφορά μόνο τις επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία και όχι το περιβάλλον και μέχρι στιγμής δεν έχει τεκμηριωθεί η επίδραση των microbeads στην ανθρώπινη υγεία (UNEP, 2015)
- Η οδηγία REACH περιλαμβάνει ορισμούς για μεμονωμένες χημικές ουσίες και δεν αναγνωρίζει τον όρο «πολυμερή» ή «πλαστικά»
- Η οδηγία ECO Design αφορά μόνο την ενέργεια που δαπανάται για την παρασκευή ενός προϊόντος και



- Η οδηγία Urban Waste Water Treatment για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων αν χρησιμοποιούνταν για επιβολή απαγόρευσης μπορεί να μην ήταν αποδοτική οικονομικά και αποτελεσματική για την εξάλειψη των μικροπλαστικών

(EUNOMIA, 2016, σ. 331)

Οι ερευνητές θεωρούσαν ότι αν επιβληθεί απαγόρευση από την ΕΕ τότε το πιθανότερο θα είναι μέσω τροποποίησης της οδηγίας ECO Design αλλά πρώτα θα πρέπει να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα:

1. Της διατύπωσης σαφούς και χωρίς «παράθυρα» ορισμού για τα μικροπλαστικά, πράγμα για το οποίο ήδη διαφωνούν οι εθνικές κυβερνήσεις και οι εταιρείες καλλυντικών
2. Το αν θα συμπεριλαμβάνονται η όχι τα βιοδιασπώμενα πλαστικά, διαδικασία αρκετά σύνθετη, καθώς δεν υπάρχουν στάνταρ βιοδιάσπασης, τα οποία θα πρέπει και να αναθεωρούνται, ή κάποια εικόνα για το αν και πώς πραγματοποιείται η βιοδιάσπαση σε θαλάσσια περιβάλλοντα.

(EUNOMIA, 2016, σ. 331)

Το γενικό συμπέρασμα της EUNOMIA που προκαλούσε προβληματισμό ήταν ότι δεν μπορούσε να αποφανθεί για την αναγκαιότητα της απαγόρευσης των microbeads καθώς:

- Μεγάλο μέρος της βιομηχανίας έχει δεσμευτεί για phase-out
- Δεν έχει τεκμηριωθεί η προέλευση των μικροπλαστικών από καλλυντικά
- Ο ορισμός των microbeads θα πρέπει να είναι σαφής χωρίς παρερμηνείες
- Θα πρέπει να υπάρχει συνεχής παρακολούθηση των μικροπλαστικών σε καλλυντικά και άλλα προϊόντα προσωπικής υγιεινής

(Hirst & Bennett, 2017)

Η Ευρωπαϊκή Αρχή Ασφάλειας Τροφίμων (European Food Safety Authority – EFSA) σε απάντηση αιτήματος του Ομοσπονδιακού Ινστιτούτου Διαχείρισης Κινδύνου (Federal Institute of Risk Assessment) της Γερμανίας σχετικά με την υιοθέτηση διαχείρισης κινδύνου (risk assessment) για την παρουσία μικροπλαστικών στην τροφική αλυσίδα, δημοσίευσε τον Ιούνιο του 2016 μία επιστημονική μελέτη για τα μικροπλαστικά και τα νανοπλαστικά προτείνοντας μία μεθοδολογική προσέγγιση του θέματος και ζητώντας περισσότερη τεκμηρίωση για την τοξοκινητική τους και το περιβαλλοντικό τους αντίκτυπο, με ιδιαίτερη ανησυχία για τα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη των 150 μm (EFSA, 2016). Παράλληλα η ανεξάρτητη εταιρεία ερευνών *Amec Foster Wheeler* διεξήγαγε έρευνα για λογαριασμό της ΕΕ η οποία έκανε μία ανασκόπηση των ορισμών των μικροπλαστικών και των ισχύοντων απαγορεύσεων σε άλλες χώρες, όπως και τις πιθανές κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις ανά βιομηχανία στην περίπτωση που επιβληθεί απαγόρευση στην ΕΕ (*Amec Foster Wheeler*, 2017).

Το θέμα τέθηκε και σε δημόσια διαβούλευση και συντάχθηκε διαδικτυακό ερωτηματολόγιο για λογαριασμό της ΕΕ από την EUNOMIA, που καλούσε όλους τους εμπλεκόμενους φορείς να διατυπώσουν την άποψή τους μέχρι τις 16 Οκτωβρίου του 2017 (European Commission, 2017). Συνολικά λήφθηκαν 487 απαντήσεις τόσο από ενδιαφερόμενους φορείς (stakeholders) όσο και απλούς πολίτες. Οι ενδιαφερόμενοι φορείς (stakeholders) δεν αξιολογούσαν τα μικροπλαστικά σε καλλυντικά ως σημαντική απειλή για το περιβάλλον σε αντίθεση με τους απλούς πολίτες που θεωρούσαν τα καλλυντικά ως 3<sup>η</sup> κυριότερη αιτία διαφυγής μικροπλαστικών μετά τις μικροπλαστικές συνθετικές ίνες από ρούχα και τα μικροπλαστικά που προέρχονται από τη φθορά ελαστικών. Παρόλα αυτά πάνω από το 70% των συνολικά ερωτηθέντων θεωρούσε ότι η απαγόρευση είναι το αποτελεσματικότερο μέτρο αντιμετώπισης της απειλής (EUNOMIA, 2017)



Διάγραμμα 8.1 - Αποτελέσματα πανευρωπαϊκής δημόσιας διαβούλευσης για αποτελεσματικότερα μέτρα αντιμετώπισης μικροπλαστικών σε καλλυντικά

Πηγή: (EUNOMIA, 2017)

Η μάλλον επιφυλακτική και προσεκτική αντιμετώπιση του θέματος από την ΕΕ, πιθανότατα οφείλεται στο γεγονός ότι προς το παρόν δεν επαρκούν οι επιστημονικές αποδείξεις για επίδραση στον άνθρωπο (Anderson, Grose, Pahl, Thompson, & Wyles, 2016), ώστε να ενεργοποιηθεί αυτόματα η ευρωπαϊκή νομοθεσία για την προστασία της δημόσιας υγείας (EUNOMIA, 2016), και ώθησε χώρες όπως η Ιταλία και η Γαλλία να μελετήσουν την απαγόρευση των μικροπλαστικών σε καλλυντικά σε εθνικό και όχι ευρωπαϊκό επίπεδο.

## Ιταλία

Η Μη Κυβερνητική Οργάνωση (Non-Government Organization - NGO) για την προστασία της θάλασσας *Marevivo* πρότεινε στις 23 Μαΐου του 2016 στο Ιταλικό Κοινοβούλιο τη θέσπιση ενός νόμου για απαγόρευση χρήσης μικροπλαστικών με διάμετρο μικρότερη των 5 mm σε βιομηχανίες καλλυντικών από την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου του 2019, ο οποίος μάλιστα θα προέβλεπε και πρόστιμα από 100 έως και 500 χιλιάδες ευρώ και σε περίπτωση υποτροπής ποινή φυλάκισης τουλάχιστον τριών ετών και αναστολή λειτουργίας της επιχείρησης για τουλάχιστον 12 μήνες (Camera dei Deputati N.3852, 2016). Η πρόταση νόμου ενσωματώθηκε στην τροποποίηση του κρατικού ιταλικού προϋπολογισμού για το έτος 2018 και την τριετία 2018-2020 και η μόνη διαφοροποίηση είναι ότι η απαγόρευση θα ισχύσει ένα χρόνο μετά, δηλαδή από την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου του 2020. Ο νόμος μάλιστα απαγορεύει από την 1<sup>η</sup>

Ιανουαρίου του 2019 την παρασκευή ή εμπορία πλαστικών μη βιοδιασπώμενων ή λιπασματοποιήσιμων μπατονέτων για καθαρισμό των ώτων (Senato della Repubblica, 2017)

## Γαλλία

Στη Γαλλία στις 6 Μαρτίου του 2017 δημοσιεύτηκε διάταγμα που απαγορεύει από την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου του 2018 την διάθεση καλλυντικών προϊόντων έκπλυσης με σκοπό τον καθαρισμό ή την απολέπιση που περιέχουν στερεά σωματίδια με κύριο δομικό στοιχείο το πλαστικό, με μέγεθος μικρότερο των 5mm. Ο νόμος εξαιρεί τα σωματίδια φυσικής προέλευσης που δεν συσσωρεύονται στο περιβάλλον, δεν μεταφέρουν δραστικές χημικές ή βιολογικές ουσίες και δεν επηρεάζουν τις τροφικές αλυσίδες. Στο σκεπτικό της απόφασης γίνεται ειδική αναφορά στις επιτρεπόμενες χημικές ουσίες από τον ευρωπαϊκό κανονισμό REACH. Όπως και η Ιταλία έτσι και η Γαλλία ενσωματώνει στην ίδια νομοθετική πράξη και την απαγόρευση διάθεσης πλαστικής μπατονέτας. Η μόνη διαφοροποίηση είναι η ημερομηνία έναρξης της απαγόρευσης (1<sup>η</sup> Ιανουαρίου του 2020).

Παρατηρώντας την κινητοποίηση χωρών μελών για την θέσπιση απαγορεύσεων, η διεύθυνση για το Περιβάλλον, την Κυκλική Οικονομία και την Πράσινη Ανάπτυξη της ΕΕ, στις 9 Νοεμβρίου του 2017 ζήτησε από τον Ευρωπαϊκό Μηχανισμό Χημικών Προϊόντων (ΕΟΧΠ) (European Chemical Agency – ECHA) να διερευνήσει μία πιθανή τροποποίηση της ευρωπαϊκής οδηγίας REACH για πιθανό περιορισμό των προστιθέμενων μικροπλαστικών σε προϊόντα όπως:

- Προϊόντα προσωπικής περιποίησης
- Μπογιές
- Καθαριστικά
- Και άλλα καταναλωτικά ή επαγγελματικά προϊόντα

Από την ECHA επίσης ζητείται να προσθέσει κριτήρια για τον ορισμό των μικροπλαστικών όπως:

- Βιοδιασπασιμότητα

- Στερεή κατάσταση σε θαλάσσιο περιβάλλον κα

(European Commision, 2017)

Στο σκεπτικό τονίζεται ότι σύμφωνα και με απόφαση του Ευρωπαϊκού Δικαστηρίου του 2016 για την Διακίνηση Αγαθών εντός της ΕΕ (EFTA Court): «...αν μία χώρα επιθυμεί να υιοθετήσει νομοθεσία που περιορίζει ή απαγορεύει τη διακίνηση μίας χημικής ουσίας εντός της ΕΕ η διαδικασία περιορισμού θα πρέπει να συνάδει με τη διαδικασία της οδηγίας REACH...» (European Commision, 2017)

Θα πρέπει να τονιστεί επίσης ότι μία χώρα μέλος της ΕΕ δεν μπορεί αυτόνομα να νομοθετήσει υπέρ της απαγόρευσης ενός προϊόντος καθώς δεσμεύεται από την κοινή συνθήκη για ελεύθερη διακίνηση αγαθών (Hirst & Bennett, 2017, σ. 12). Μία τέτοια κίνηση είναι εφικτή μόνο αν χρησιμοποιηθεί το άρθρο 151 της Συνθήκης Λειτουργίας της ΕΕ για την λήψη μέτρων που επηρεάζουν το εμπόριο για περιβαλλοντικούς λόγους . Σε μία τέτοια περίπτωση πρέπει να αποδείξει:

1. *Τις επιπτώσεις που αυτό φέρει στο περιβάλλον και την υγεία με την καλύτερη δυνατή επιστημονική τεκμηρίωση*
2. *Ότι δε γίνεται για λόγους ανταγωνισμού, δηλαδή δεν νομοθετεί υπέρ τοπικών προϊόντων και κατά εισαγόμενων από άλλες χώρες μέλη, και*
3. *Ότι κανένα άλλο μέτρο, όπως περιορισμός, εναλλακτικοί τρόποι παρασκευής κα δεν μπορούσε να λειτουργήσει αντί της απαγόρευσης* (Hirst & Bennett, 2017, σ. 12).

### **8.2.6 Ηνωμένο Βασίλειο**

Οι κινήσεις του Ηνωμένου Βασιλείου παρουσιάζονται ξεχωριστά από αυτές των χωρών της ΕΕ καθώς εγκαταλείπει την ΕΕ. Κάτι τέτοιο άλλωστε αποτυπώνεται και στο σκεπτικό που διατυπώνεται παρακάτω. Το κοινοβούλιο του Ηνωμένου Βασιλείου τον Αύγουστο του 2015 ξεκίνησε μία «εκστρατεία» για την επίτευξη απαγόρευσης των microbeads σε καλλυντικά η οποία κατάφερε να συγκεντρώσει 14717 υπογραφές πολιτών μέχρι και τον Ιανουάριο του 2016 (UK Government & Parliament, 2016). Η κυβέρνηση ενημέρωσε εκείνη την

περίοδο ότι συνεργαζόταν με τις βιομηχανίες για την επίτευξη εθελοντικής παύσης (phase out), στην ουσία υιοθετώντας την τακτική της ΕΕ (Hirst & Bennett, 2017, σ. 13). Ξαφνικά όμως τον Σεπτέμβριο του 2016 ανακοίνωσε ότι σχεδίαζε την επιβολή απαγόρευσης των microbeads μέχρι τον Οκτώβριο του 2017 (DEFRA, 2016b).

Η μεταστροφή αυτή εξηγείται από πλήθος παραγόντων:

- Διαπιστώθηκε ότι στο phase out είχε ανταποκριθεί μόνο το 50% των εταιρειών οι οποίες προχωρούσαν με πολύ αργό ρυθμό.
- Οι προτροπές της κυβέρνησης προς τις εταιρείες να υπάρχει ειδική σήμανση στη συσκευασία του προϊόντος για την περιεκτικότητα σε microbeads δεν απέδωσαν καρπούς, καθώς:
  - διαπιστώθηκαν περιορισμοί στην ευρωπαϊκή νομοθεσία – οι εταιρείες είναι υποχρεωμένες να αναγράφουν μόνο την ονοματολογία INCI των συστατικών στις συσκευασίες (ισχυρισμός της εταιρείας Procter & Gamble κατά την ακρόαση στη Βουλή των Αντιπροσώπων) (House of Commons, 2016)
  - απροθυμία των εταιρειών για εθελοντική σήμανση καθώς: δεν κατανοούσαν την αναγκαιότητα εφόσον είχαν δεσμευτεί για phase out (Procter & Gamble και Unilever) και υποστήριζαν ότι κάτι τέτοιο είναι ενάντια στους νόμους του ανταγωνισμού καθώς είναι προτροπή προς μη αγορά (CTPA) (House of Commons, 2016)
- Κορυφώθηκε η δυσαρέσκεια της κοινής γνώμης, η οποία εκφράστηκε κατά την «εκστρατεία» του κοινοβουλίου, αλλά και από την συμμετοχή των πολιτών σε δράσεις κατά των microbeads (Johnston, 2017).

Η κυβέρνηση έθεσε παράλληλα το θέμα σε δημόσια διαβούλευση μέχρι τις 28 Φεβρουαρίου του 2017, αναζητώντας περισσότερα στοιχεία για τα μικροπλαστικά που περιέχονται σε άλλα καλλυντικά, όπως προϊόντα μακιγιάζ (makeup) και αντιηλιακά, αλλά και σε οικιακά και βιομηχανικά απορρυπαντικά (DEFRA, 2016a).

Το Υπουργείο Περιβάλλοντος Τροφίμων και Αγροτικών Προϊόντων (DEFRA) του Ηνωμένου Βασιλείου, διαπιστώνοντας τα πενιχρά αποτελέσματα της ήπιας αντιμετώπισης του θέματος, πριν βγει καν το αποτέλεσμα της δημόσιας διαβούλευσης ζήτησε την νομοθέτηση της απαγόρευσης οποιασδήποτε μορφής καλλυντικών με microbeads μεγέθους μικρότερου ή ίσου των 5 mm μέχρι την 1<sup>η</sup> Οκτωβρίου του 2017, με σκοπό να επιβληθεί απαγόρευση παρασκευής προϊόντων με microbeads από την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου του 2018 και πώλησης από τις 30 Ιουνίου του 2018 (Hirst & Bennett, 2017, σ. 14). Η απαγόρευση παρασκευής τέθηκε τελικά σε ισχύ στις 9 Ιανουαρίου του 2018 και αναμένεται η νομοθέτηση της απαγόρευσης πώλησης καλλυντικών με microbeads από τις 20 Ιουνίου του 2018 (DEFRA, 2018). Η απαγόρευση μάλιστα ως απόφαση κοινοποιήθηκε σχετικά πρόσφατα στην ΕΕ στις 29/01/2018 (GROWTH, 2018)

Η απαγόρευση εξαιρεί προς το παρόν καλλυντικά ή άλλα οικιακά ή βιομηχανικά καθαριστικά που περιέχουν άλλα μικροπλαστικά (DEFRA, 2016b), παρόλο που αρχικά τόνιζε τις αδυναμίες του ευρωπαϊκού ορισμού για τα μικροπλαστικά, ο οποίος δεν συμπεριελάμβανε τέτοιου είδους προϊόντα (Hirst & Bennett, 2017). Κατά την εφημερίδα Independent αυτό έγινε γιατί οι βιομηχανίες διαμαρτυρήθηκαν για το τεράστιο κόστος που θα επέφερε η αντικατάσταση όλων των μικροπλαστικών σε προϊόντα (Johnston, 2017)

Η πρόεδρος της επιτροπής Περιβαλλοντικών Ελέγχων, που έκανε και την σχετική εισήγηση απαγόρευσης στη Βουλή των Λόρδων, τόνισε ότι «...θα ήταν προτιμητέα μία διεθνής απαγόρευση καθώς τα περιβαλλοντικά προβλήματα δε γνωρίζουν σύνορα, αλλά κάτι τέτοιο μπορεί να μην είναι εφικτό τώρα που το Ηνωμένο Βασίλειο εγκαταλείπει την Ευρωπαϊκή Ένωση. Επιβάλλεται επομένως μία εθνική απαγόρευση για την μείωση της μη αναγκαίας μόλυνσης από πλαστικά που περιέχονται σε καλλυντικά...» (Commons Select Committee, 2016)

Όπως τονίζει η Greenpeace UK, η απαγόρευση που επιβάλλει το Ηνωμένο Βασίλειο είναι η αυστηρότερη μέχρι στιγμής παγκοσμίως, καθώς παρέχει ένα σαφή χωρίς «παράθυρα» ορισμό και συμπεριλαμβάνει και τα βιοδιασπώμενα πλαστικά, παρόλο που οι εγχώριες βιομηχανίες παραπονέθηκαν ιδιαίτερα για

το κόστος αντικατάστασης των microbeads με φυσικά ανάλογα (Commons Select Committee, 2016).

### 8.2.7 Ελλάδα

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και έπειτα από την αναζήτηση πληροφοριών στις επίσημες ιστοσελίδες των ελληνικών αρμόδιων υπουργείων: Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ) και αυτή του υπουργείου Υγείας, δεν προέκυψε καμία πρόθεση για περιορισμό των microbeads ή των μικροπλαστικών σε εθνικό επίπεδο. Η μόνη επίσημη αναφορά σε μικροπλαστικά σε επίπεδο ελληνικής διακυβέρνησης είναι σε ένα πρόχειρο (draft) Υπουργικής Απόφασης του 2016, η οποία έχει τεθεί σε ισχύ, όπου αναγράφεται ο περιβαλλοντικός δείκτης GR 10.1.3 για τα επιπλέοντα μικροπλαστικά ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2016, σ. 7). Παράλληλα η μόνη ελληνική νομοθετική πρωτοβουλία ενάντια στα πλαστικά στο περιβάλλον, είναι η επιβολή ανταποδοτικού τέλους για τον περιορισμό της πλαστικής σακούλας από 01/01/2018, η οποία προέκυψε κυρίως κάτω από την πίεση της ευρωπαϊκής νομοθεσίας (ΥΠΕΚΑ, 2017). Το Ινστιτούτο Αρχιπέλαγος μάλιστα επισημαίνει ότι όχι μόνο η ελληνική πολιτεία δεν έχει πάρει κανένα αποτελεσματικό μέτρο κατά των μικροπλαστικών, αλλά εφαρμόζει επιλεκτικά ακόμα και την ευρωπαϊκή νομοθεσία (Αρχιπέλαγος, 2017β).

Σε επίπεδο τοπικής διακυβέρνησης η περιφέρεια Αττικής ενημέρωσε με απόφασή της τον Ιούνιο του 2017 την πρόθεσή της για συμμετοχή στο project SPLASH (Stop PLAStic in H<sub>2</sub>O) του προγράμματος INTERREG της ΕΕ για την ανταλλαγή καλών πρακτικών σχετικά με την απόρριψη μικροπλαστικών στο νερό. Το INTERREG είναι πρόγραμμα το οποίο επιδοτεί τις περιφέρειες και τις τοπικές αρχές της Ευρώπης σε διάφορους τομείς όπως την έρευνα, την καινοτομία, το περιβάλλον, σε δράσεις ενάντια στην κλιματική αλλαγή και την πράσινη οικονομία. Το project SPLASH έχει μορφή εταιρικού σχήματος με επιβλέποντα την Υπηρεσία Περιβάλλοντος της Σικελίας και συμμετέχοντες εταίρους τα πανεπιστήμια του Παλέρμο και της Μάλτας, το Υπουργείο Περιβάλλοντος της Εσθονίας, το δήμο Koszalin, το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Ερευνών, το δήμο Μαρκόπουλου και την Περιφέρεια Αττικής. Αναμενόμενα



αποτελέσματα του project είναι η ανταλλαγή τεχνογνωσίας για τις συνέπειες μικροπλαστικών απορριμμάτων και των συστημάτων διαχείρισης μικροπλαστικών απορριμμάτων μεταξύ δημόσιων φορέων που είναι αρμόδιοι για τα ύδατα. Σκοπός του project ,το οποίο θα έχει διάρκεια 60 μήνες, είναι « ... η εφαρμογή μέτρων παρακολούθησης, αξιολόγησης πρόληψης και περιορισμού των μικροπλαστικών από την ξηρά στο νερό για την τελική βελτίωση της ποιότητας του νερού...» (Απόφαση 226/2017, 2017)

### **8.2.8 Ταιβάν**

Η Υπηρεσία Περιβαλλοντικής Προστασίας της Ταιβάν (Taiwan Environmental Protection Administration - EPA) με ανάρτηση στην ιστοσελίδα της στις 01/07/2016 αναφέρει ότι σύντομα θα ανακοινώσει την απαγόρευση των microbeads σε καλλυντικά σε απάντηση των εκκλήσεων από περιβαλλοντικές οργανώσεις. Επισημαίνεται ότι κλήθηκαν εκπρόσωποι από εταιρείες καλλυντικών, από το υπουργείο υγείας και από το υπουργείο οικονομικών της χώρας για να καταθέσουν τις απόψεις τους (EPA TW, 2016). Στις 29 Ιουνίου του 2016 κλήθηκαν ξανά οι εκπρόσωποι του υπουργείου υγείας και του υπουργείου οικονομικών ώστε να συζητήσουν τα μέτρα που θα επιβληθούν (EPA TW, 2016) τα οποία θα τεθούν σε ισχύ από την 1<sup>η</sup> Ιουλίου του 2018. Επειδή όμως πολλά καλλυντικά μπορεί να έχουν κατασκευαστεί νόμιμα πριν από την απαγόρευση δίνονται 12 με 18 μήνες προθεσμία στις εταιρείες για προσαρμογή. Η πλήρης απαγόρευση τίθεται σε ισχύ την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου του 2020 (EPA TW, 2017).

Η διεθνής ανησυχία για τις πιθανές βλάβες που προκαλούν τα microbeads στο οικοσύστημα, το ότι είναι μη βιοδιασπώμενα όπως και μη ανακτήσιμα μετά τη διαφυγή τους στο περιβάλλον, λειτούργησαν καταλυτικά υπέρ της απόφασης. (EPA TW, 2016). Εντύπωση προκαλεί ότι η EPA πριν ακόμα τα μέτρα τεθούν σε ισχύ καλεί τους πολίτες να μην καταναλώνουν καλλυντικά με microbeads (EPA TW, 2017).

### **8.2.9 Νότια Κορέα**

Η Νότια Κορέα κάτω από τον εθνικό νόμο για την ασφάλεια των καλλυντικών έχει ξεκινήσει από τις 6 Οκτωβρίου του 2016 μία διαδικασία διαβούλευσης για

την απαγόρευση των microbeads σε καλλυντικά. Ενημέρωσε ταυτόχρονα τον Παγκόσμιο Οργανισμό Εμπορίου (World Trade Organization, 2016) και τον οργανισμό GROWTH της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την Εσωτερική Αγορά, Βιομηχανία, Επιχειρηματικότητα και τις Μικρομεσαίες Επιχειρήσεις (Internal Market, Industry, Entrepreneurship & SME's) (GROWTH, European Commission GROWTH, 2016) για το ενδεχόμενο. Λαμβάνοντας υπόψη ότι υποχρέωση μίας χώρας είναι η ενημέρωση των δύο παραπάνω οργανισμών 60 μέρες πριν συμβεί οποιαδήποτε αλλαγή στην νομοθεσία η οποία και επηρεάζει το διεθνές εμπόριο, θα μπορούσε ήδη να έχει επιβληθεί απαγόρευση. Το πρωτότυπο κείμενο της πρότασης δυστυχώς είναι στα Κορεατικά και δεν υπάρχει καμία πληροφόρηση για το περιεχόμενο, το σκεπτικό ή την εξέλιξη του θέματος.

### **8.3 Η στάση των εταιρειών και των καταστημάτων**

#### **8.3.1 Προτροπές ενώσεων βιομηχανιών καλλυντικών για παύση χρήσης (phase out)**

Η ευρωπαϊκή εμπορική ένωση των βιομηχανιών καλλυντικών και προϊόντων προσωπικής περιποίησης Cosmetic Europe διατείνεται ότι τα μέλη της αποτελούν το 90% της ευρωπαϊκής αγοράς καλλυντικών (EUNOMIA, 2016). Τον Οκτώβριο του 2015 η Cosmetics Europe, προέτρεπε τα μέλη της να έχουν σταματήσει μέχρι το 2020 να χρησιμοποιούν microbeads σε απολεπιστικά και καθαριστικά προϊόντα (Hirst & Bennett, 2017, σ. 8). Επισημαίνει ότι προέβη σε αυτή την κίνηση περισσότερο για να κατευναστούν οι ανησυχίες της κοινής γνώμης, παράλο που τα microbeads ευθύνονται κατά ένα απειροελάχιστο ποσοστό για την θαλάσσια μόλυνση από πλαστικά: «... *a very small fraction of the plastic debris found in the marine environment...*» (Cosmetics Europe, 2017). Στο σκεπτικό της προτροπής συμπλήρωνε ότι η παύση είναι δυνατή καθώς υπάρχει πληθώρα εναλλακτικών συστατικών που είναι φιλικά προς το περιβάλλον (Hirst & Bennett, 2017).

Μάλιστα σε δελτίο τύπου, που δόθηκε στη δημοσιότητα στις 5 Ιουνίου του 2017, η Cosmetic Europe διαμαρτύρεται έντονα για την καμπάνια Clean Seas του Περιβαλλοντικού Προγράμματος των Ηνωμένων Εθνών (UNEP) η οποία

αναφέροντας, όπως λέει, ανακρίβειες υπερτονίζει την επίδραση των μικροπλαστικών των καλλυντικών (microbeads) στο περιβάλλον (Cosmetics Europe, 2017). Τεκμηριώνει το ανακριβές του ισχυρισμού με αναφορές σε πλήθος επιστημονικών ερευνών αλλά και σε έρευνα του ίδιου του UNEP, τονίζοντας παράλληλα την εθελοντική προτροπή προς παύση χρήσης (phase out) που εξέδωσε για τα μέλη της (Cosmetics Europe, 2017).

Η ένωση Cosmetic Toiletry and Perfumery Association του Ηνωμένου Βασιλείου τόνιζε ότι η προτροπή για εθελοντική παύση από τις βιομηχανίες είναι απόλυτα επιτυχημένη καθώς παρουσιάζεται μία αξιοσημείωτη μείωση των εκπομπών microbeads στο περιβάλλον, και μέχρι το 2020 προβλέπεται ότι δε θα χρησιμοποιούνται καθόλου (Hirst & Bennett, 2017, σ. 11). Με την προοπτική της εξάλειψης των microbeads μέχρι το 2020 συμφωνεί σχεδόν το σύνολο των ευρωπαϊκών ενώσεων καλλυντικών της ΕΕ αλλά και ενώσεις βιομηχανιών πλαστικών όπως: *Cosmetics Europe, Cefic, AmCham, SPT, SOS Mal de Sein, Dow, British Plastics Federation, Polish Union of Cosmetics* κα (EUNOMIA, 2017) παρόλο που οι βιομηχανίες θεωρούν ότι τα microbeads είναι ένα απειροελάχιστο περιβαλλοντικό πρόβλημα σε σχέση με τα άλλα είδη πλαστικών (Hirst & Bennett, 2017, σ. 11)

Οι εταιρείες μέλη της Ένωσης Καλλυντικών της Ολλανδίας (Dutch Cosmetics Association) έχουν ξεκινήσει μία προσπάθεια ώστε κανένα προϊόν των εταιρειών που συμμετέχει στον συνασπισμό να μην περιέχει microbeads στο μέλλον. Υπολογιζόταν ότι μέσα στο 2017 το 80% των εταιρειών της χώρας θα διέθεταν προϊόντα που δε θα περιείχαν microbeads (UNEP, 2016, σ. 40).

Παρά τις προτροπές των καταναλωτών και των ενδιαφερόμενων μερών για απαγόρευση η Cosmetics Europe αδυνατεί να εκδώσει οποιαδήποτε οδηγία παύσης χρήσης ή στροφής προς εναλλακτικά για τις εταιρείες μέλη της καθώς δεσμεύεται από το άρθρο 101 της Συνθήκης για τη λειτουργία της ΕΕ (Cosmetics Europe, 2017), όπου « ...απαγορεύονται όλες οι συμφωνίες μεταξύ επιχειρήσεων, όλες οι αποφάσεις ενώσεων επιχειρήσεων και κάθε εναρμονισμένη πρακτική... για τον περιορισμό ή έλεγχο της παραγωγής, των αγορών, της ανάπτυξης τεχνολογίας και των επενδύσεων εντός της ΕΕ...» (Ευρωπαϊκή Ένωση Άρθρο 101, 2008).

### 8.3.2 Οι κινήσεις και οι προθέσεις των εταιρειών και των καταστημάτων

Όπως σημειώνει η EUNOMIA (2016), η βιομηχανία των καλλυντικών αποτελεί ολιγοπώλιο λιγοστών πολυεθνικών που παρασκευάζουν και πουλούν σε παγκόσμιο επίπεδο. Δεν πρέπει να συγχέονται οι μητρικές εταιρείες με τις «φίρμες» κάτω από τις οποίες πουλούν τα προϊόντα τους και να θεωρεί κάποιος ότι πρόκειται για πολλαπλές εταιρείες. Πολλές φορές μάλιστα δεν μπορεί ένας καταναλωτής να αναγνωρίσει την μητρική εταιρεία αγοράζοντας ένα προϊόν. Για παράδειγμα αγοράζοντας ένα προϊόν της Nivea δεν είναι ευρέως γνωστό ότι πρόκειται για την εταιρεία Beierdorf.

Μεγάλες ευρωπαϊκές εταιρείες ανταποκρίθηκαν στο «κάλεσμα» της Cosmetics Europe και κατήγγησαν ή δήλωσαν την πρόθεση να καταργήσουν τα microbeads από τα προϊόντα τους, όπως η Colgate-Palmolive η οποία δε χρησιμοποιεί microbeads από το 2014, η Unilever και η Boots από το 2015, ενώ η L’Oreal (Hirst & Bennett, 2017, σ. 8), η Johnson & Johnson και η Procter & Gamble (Robles, 2016) αναμένονται να τα αποσύρουν πλήρως μέσα στο 2017. Η εισαγγελία της Νέας Υόρκης βέβαια παρατηρεί ότι οι εταιρείες δεν κινητοποιήθηκαν ούτε από τις αυξανόμενες μελέτες για τις επιδράσεις των microbeads ούτε από τις παραινέσεις των ενώσεων καλλυντικών, αλλά από την πρόταση νόμου Microbeads Free-Waters Act για απαγόρευση των microbeads στις Ηνωμένες Πολιτείες, καθώς σχεδόν ταυτόχρονα ανακοίνωσαν τις προθέσεις τους (New York State Attorney General, 2015, σ. 7)

Πίνακας 8.2 – Συγκριτική παρουσίαση προθέσεων εταιρειών για παύση χρήσης (phase out) και μεριδίου αγοράς στη βιομηχανία φροντίδας του δέρματος το 2016

Manufacturer	European Skincare Sales(billion €)	Market Share	Public Commitment Made?	Commitment to Remove by
Company 'A'	€ 2.40	21%	yes	End of 2016
Company 'B'	€ 1.24	11%	no	End of 2017
Company 'C'	€ 1.22	11%	yes	Jan 2015
Company 'D'	€ 1.13	10%	yes	End of 2015
Company 'E'	€ 0.87	8%	yes	End of 2016
Company 'F'	€ 0.85	8%	yes	Non-specific commitment
Company 'G'	€ 0.73	7%	yes	End of 2017
Company 'H'	€ 0.65	6%	yes	End of 2014
Company 'I'	€ 0.41	4%	no	No commitment
Company 'J'	€ 0.30	3%	no	No commitment
Company 'K'	€ 0.26	2%	no	Non-specific commitment
Company 'L'	€ 0.26	2%	no	End of 2017
Company 'M'	€ 0.24	2%	no	Non-specific commitment
Company 'N'	€ 0.20	2%	no	No commitment
Company 'O'	€ 0.13	1%	no	No commitment
Company 'P'	€ 0.10	1%	yes	End of 2014
Company 'Q'	€ 0.08	1%	yes	End of 2016
Company 'R'	€ 0.08	1%	no	No commitment

Πηγή: (EUNOMIA, 2016, σ. 300)

Η Greenpeace της Ανατολικής Ασίας έχει δημιουργήσει ένα σύστημα αξιολόγησης των δεσμεύσεων για κατάργηση το οποίο και έχει εφαρμόσει σε τριάντα (30) μεγάλες εταιρείες του κλάδου. Τα κριτήρια αξιολόγησης είναι::

1. Η ισχύς της δέσμευσης (commitment) για παύση χρήσης microbeads και η παροχή διαφανών πληροφοριών σε πελάτες
2. Η σαφήνεια του ορισμού των microbeads
3. Η καταληκτική ημερομηνία που πραγματοποιηθεί η δέσμευση
4. Η εφαρμογή και αν αυτή θα περιλαμβάνει όλα τα προϊόντα σε όλες τις αγορές που διατίθενται

Παράλληλα πολλά καταστήματα πωλήσεων ειδών προσωπικής περιποίησης στις Ηνωμένες Πολιτείες έχουν αφαιρέσει ήδη από τα ράφια τους τα προϊόντα με microbeads (Robles, 2016), όπως η αλυσίδα πώλησης καλλυντικών Wegmans που το έκανε από το 2015, την ίδια χρονιά που τέθηκε προς διαβούλευση ο νόμος «*Microbead-Free Waters*» και πριν καν τεθεί σε ισχύ το 2017 (Wegmans, 2015).

Η Αρχή Προστασίας του Περιβάλλοντος (Environment Protection Agency – EPA) της Αυστραλίας παρατηρούσε το 2016 ότι ναι μεν οι μεγάλες εταιρείες καλλυντικών αλλά και τα μεγάλα καταστήματα πωλήσεων έχουν δεσμευτεί ως προς την εθελοντική παύση παρασκευής και πώλησης καλλυντικών με microbeads αντίστοιχα, δεν συνέβαινε το ίδιο όμως με τις μικρές εταιρείες και με τα ανεξέλεγκτα διαδικτυακά (online) καταστήματα (NSW EPA, 2016, σ. 7). Για να αποτυπωθεί το μέγεθος αυτών, κάνοντας τον υπολογισμό ότι η Cosmetics Europe εκπροσωπεί το 90% των ευρωπαϊκών βιομηχανιών καλλυντικών, ενώ ισχυρίζεται ότι ένα 7% δεν είναι μέλη της (EUNOMIA, 2016, σ. 297), προκύπτει ότι καλύπτουν ένα αξιοσημείωτο 3% της ευρωπαϊκής αγοράς που αντιστοιχεί περίπου σε 390 εκατομμύρια ευρώ έσοδα ετησίως. Παράλληλα οι βιομηχανίες έχουν ανακοινώσει εθελοντικά μέτρα κυρίως βλέποντας τις απαγορεύσεις που έρχονται, αλλά εκμεταλλεύονται τον αυθαίρετο ορισμό του μεγέθους και δεν αναγράφουν συστατικά μικρότερα από 5 nm (νανοπλαστικά).

## 8.4 Αντικατάσταση πολυμερών microbeads με εναλλακτικά συστατικά

Βασικό ρόλο στην εθελοντική παύση χρήσης (phase out) των microbeads από τις εταιρείες και στο σκεπτικό των αποφάσεων για απαγόρευση των microbeads ήταν ότι υπάρχουν έτοιμα ανάλογα με σχετικά μικρό κόστος. (EUNOMIA, 2016) (Registration SOR/2017-111, 2017). Η πιθανή αδυναμία πρόσβασης σε κάποιες αγορές χωρών, λόγω των απαγορεύσεων που είχαν επιβληθεί ή επρόκειτο να επιβληθούν και η παράλληλη πίεση των περιβαλλοντικών οργανώσεων και καταναλωτών για παύση χρήσης (phase out), διαγνώστηκε από τις πολυεθνικές εταιρείες ως κίνδυνος για τις μελλοντικές πωλήσεις αλλά και τη φήμη τους, και τις ώθησε να στραφούν σε εναλλακτικά (Robles, 2016).

Η Cosmetics Europe πρότεινε στις εταιρείες μέλη της τα ακόλουθα ανάλογα:

- Κεριά – κεριά μέλισσας, κεριά από πίτουρο, κεριά jojoba
- Άμυλο από καλαμπόκι, ταπιόκα (tapioca) ή καρναούμπα (carnauba)
- Θαλάσσια φύκη
- Διοξείδιο του πυριτίου (Silica)
- Πηλό
- Σκόνη από αμύγδαλα
- Άλλα φυσικά προϊόντα

(Amec Foster Wheeler, 2017)

Η επιλογή του αναλόγου που θα προστεθεί εξαρτάται από τις ιδιότητες του τελικού προϊόντος, δηλαδή αν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για καθαρισμό ή απολέπιση και σε τι βάθος θα το επιτυγχάνει. Έτσι ανάλογα με το προϊόν απαιτούνται διαφορετικού μεγέθους, σχήματος και σκληρότητας μικροσωματίδια με σκοπό τον καθαρισμό ή την απολέπιση. Τα μεγαλύτερα, σκληρότερα και ακανόνιστου σχήματος φυσικά ή τεχνητά μικροσωματίδια όπως η ελαφρόπετρα, το διοξείδιο του πυριτίου (silica) και οι κόκκοι άμμου είναι προτιμότεροι για απολεπιστικά σώματος, ενώ τα μικρότερα και απαλότερα

όπως οι καρποί φρούτων είναι καταλληλότερα για καθαριστικά προσώπου ή για ευαίσθητες επιδερμίδες (Robles, 2016)

Ο Πίνακας 8.3 της Euromonitor International παρουσιάζει τα δοκιμασμένα εναλλακτικά συστατικά που χρησιμοποιούν πολυεθνικές για να αντικαταστήσουν τα microbeads.

Πίνακας 8.3 - Δοκιμασμένα εναλλακτικά των microbeads από πολυεθνικές του κλάδου

Εταιρεία	Εναλλακτικά				
Reckitt Benckiser	Διοξειδίο του πυριτίου (silica)				
Shiseido Co	Κυτταρίνη (cellulose)				
Colgate – Palmolive	jojoba beads				
L’Oreal	Μίξη ορυκτού περλίτη (mineral perlite) και κουκουτσιών από φρούτα (fruit kernels)				
Beiersdorf AG	Κυτταρίνη (cellulose)	Υδρογονωμένο καστορέλαιο (hydrogenated castor oil)	Ένυδρο διοξειδίο του πυριτίου (hydrated silica)		
Unilever Group	Κουκούτσια βερίκοκου (apricot kernels)	Κελύφη αμυγδάλου (walnut shells)	Καλαμποκάλευρο (Corn meal)	Ελαφρόπετρα (pumice)	Διοξειδίο του πυριτίου (silica)

Πηγή: (Robles, 2016)

Ο Πίνακας 8.4 της εταιρείας Amec Foster Wheeler που καταρτίστηκε για λογαριασμό της ECHA δείχνει ευρωπαϊκές εταιρείες που έχουν δεσμευτεί για phase out των microbeads και τα εναλλακτικά συστατικά τα οποία χρησιμοποιούν

Πίνακας 8.4 - Εναλλακτικά των microbeads που έχουν δηλώσει ότι χρησιμοποιούν ή θα χρησιμοποιήσουν ευρωπαϊκές εταιρείες καλλυντικών

Εταιρεία	Εναλλακτικά
<b>Beiersdorf</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μικροκρυσταλλική κυτταρίνη</li> <li>• Κυτταρίνη</li> <li>• Υδρογονωμένο καστορέλαιο</li> <li>• Ένυδρο διοξειδίο του πυριτίου (hydrated silica)</li> </ul> <p><i>Είτε ως μεμονωμένες πρώτες ύλες είτε σε συνθέσεις</i></p>
<b>Colgate-Palmolive</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Φυσικά υλικά όπως μικροσωματίδια jojoba</li> </ul>



Εταιρεία	Εναλλακτικά
<b>L Brands</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Οτιδήποτε που δεν είναι πλαστικό</li> </ul>
<b>Henkel</b>	<p>Πολυμερή γαλακτικού οξέος (INCI: polylactic acid)</p> <p>Στην παρούσα φάση γίνονται έρευνες με:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ελαφρόπετρα</li> <li>• Κελύφη καρύδας</li> <li>• Διοξείδιο του πυριτίου (silica)</li> </ul>
<b>Clarins</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• κυτταρίνη</li> </ul>
<b>Unilever Group</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Κουκούτσια από βερίκοκο</li> <li>• Καλαμποκάλευρο</li> <li>• Ελαφρόπετρα εδάφους</li> <li>• Διοξείδιο του πυριτίου (silica)</li> <li>• Κελύφη από αμύγδαλα</li> </ul>
<b>Botica Comercial Farmacêutica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Δεν αναφέρονται ποια εναλλακτικά χρησιμοποιούνται αλλά τα microbeads έχουν αφαιρεθεί</li> </ul>
<b>Oriflame Cosmetics</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Σπόροι παπαρούνας</li> <li>• Κελύφη από αμύγδαλα</li> <li>• Διοξείδιο του πυριτίου (silica) και ζάχαρη</li> </ul>
<b>Shiseido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• κυτταρίνη</li> </ul>
<b>Avon Products</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Κατακρημνισμένο διοξείδιο του πυριτίου (silica)</li> <li>• Υδρογονωμένο φυτικό έλαιο</li> <li>• Διάφοροι σπόροι ή κελύφη</li> </ul>

Πηγή: (Amec Foster Wheeler, 2017)

#### 8.4.1 Ανόργανα ανάλογα των microbeads και επιδράσεις στο περιβάλλον και την υγεία

Βασικός περιορισμός των οργανικών ανάλογων είναι οι αλλεργικές αντιδράσεις και η μειωμένη διάρκεια ζωής του τελικού προϊόντος, γι' αυτό και εννέα (9) μεγάλες ευρωπαϊκές εταιρείες επέλεξαν το διοξείδιο του πυριτίου (silica), το οποίο είναι ανόργανο, αδρανές και μη τοξικό, στις νέες φόρμουλες τους για καθαριστικά και απολεπιστικά προϊόντα. Στη φυσική κρυσταλλική του μορφή δε θεωρείται αρκετά «καθαρό» ώστε να προστεθεί σε καλλυντικά, γι' αυτό και παράγεται ένα συνθετικό άμορφο ανάλογο σε μεγέθη από 0,12 mm μέχρι 0,32 mm, που αποκαλείται fumed silica και το οποίο έχει τις ίδιες χημικές ιδιότητες και είναι απαλλαγμένο από προσμείξεις. Επειδή το μέγεθός του είναι

σχετικά μικρό θα ήταν κατάλληλο μόνο για το ένα τρίτο των συνολικών προϊόντων που περιέχουν microbeads πολυαιθυλενίου, αλλά βασικό μειονέκτημά του είναι ότι λόγω μεγάλης πυκνότητας βυθίζεται και δεν ξεπλένεται εύκολα από τα υδραυλικά και τις αποχετεύσεις με αποτέλεσμα το συχνό βούλωμά τους (EUNOMIA, 2016, σ. 304).

#### **8.4.2 Οργανικά ανάλογα των microbeads**

Οργανικά συστατικά με σκοπό τον καθαρισμό ή την απολέπιση χρησιμοποιούνται σε καλλυντικά πριν τα microbeads γίνουν τόσο δημοφιλή (EUNOMIA, 2016) (Robles, 2016). Εταιρείες όπως η Unilever Group (Robles, 2016) έχουν ανακοινώσει την πρόθεσή τους για χρήση πούδρας από κελύφη ξηρών καρπών (όπως walnut shells, pecan shells) ή καρπών φρούτων (όπως apricot kernels) στη θέση των microbeads στα προϊόντα τους, με την σκέψη ότι είναι φυσικά συστατικά άρα βιοδιασπώνται με ευκολία (EUNOMIA, 2016).

Τα οργανικά συστατικά όμως αυξάνουν τη δυσκολία της παρασκευής της τελικής σύνθεσης των προϊόντων καθώς αλληλεπιδρούν με άλλα συστατικά και με συνθήκες του περιβάλλοντος. Για παράδειγμα τα walnut shells θα πρέπει να έχουν πρώτα αποστειρωθεί πριν προστεθούν στο τελικό προϊόν και να εξασφαλιστεί η διάρκεια του προϊόντος με τη χρήση συντηρητικών (EUNOMIA, 2016). Παράλληλα τα κελύφη ή οι καρποί χρησιμοποιούνται αλεσμένοι και η διαδικασία της άλεσης δημιουργεί αναπόφευκτα πιο τραχιά κομμάτια, άρα η χρήση τους ενδείκνυται κυρίως για απολεπιστικά σώματος και όχι για απαλά καθαριστικά προσώπου. Ένας σημαντικός προβληματισμός προκύπτει επίσης από το γεγονός ότι πολλά άτομα εμφανίζουν αλλεργίες σε ξηρούς καρπούς, πράγμα που πρέπει να επισημανθεί με ειδικό τρόπο στην συσκευασία του προϊόντος.

#### **8.4.3 Βιοπλαστικά και Βιοδιασπώμενα μικροπλαστικά ανάλογα των microbeads**

Θα πρέπει να γίνεται ένας διαχωρισμός μεταξύ βιοδιασπώμενων πλαστικών και βιοπλαστικών, τα οποία ναι μεν παρασκευάζονται από ανανεώσιμα υλικά αλλά δε βιοδιασπώνται στο περιβάλλον (EUNOMIA, 2016). Για παράδειγμα σε καλλυντικά έχουν αντικατασταθεί συνθετικά πολυμερή microbeads με

βιοπολυαιθυλένιο (biopolyethylene - bioPE) που παράγεται από φυσικά συστατικά αλλά πολύ δύσκολα βιοδιασπάται. Υπάρχουν βέβαια και βιοπλαστικά που είναι ταυτόχρονα και βιοδιασπώμενα όπως ο βουτυρικός πολυβουτυλεστέρας πολυυδροξυλίου (poly hydroxyl butyrate valerate - PHBV), ο οποίος εξάγεται από βιομάζα και μέσω της συνήθους διαδικασίας πολυμεροποίησης μετατρέπεται σε πλαστικό (GESAMP, 2016), όμως η σύγκριση των όρων έχει δώσει την ευκαιρία σε βιομηχανίες εκμεταλλεόμενες τα κενά στην νομοθεσία να την ερμηνεύουν σύμφωνα με τα συμφέροντά τους.

Για παράδειγμα στο ψήφισμα της πολιτείας του Illinois των Ηνωμένων Πολιτειών, αναγράφει: «...απαγορεύεται η παρασκευή ή η πώληση εκπλενόμενων καλλυντικών προϊόντων που περιέχουν πλαστικά *microbeads*...» ορίζοντας ως πλαστικά «...τα στοιχεία που διατηρούν το καθορισμένο σχήμα τους τόσο κατά τον κύκλο ζωής του προϊόντος όσο και μετά την απόρριψη...». Έτσι θα μπορούσε να επιτρέπεται και ένα πολυμερές που θα εμφάνιζε ελάχιστη αποδόμηση (Rochman et al., 2015). Παράλληλα αντί να εξαιρέσει τα βιοδιασπώμενα μικροπλαστικά (*biodegradable microplastics*) εξαιρεί τα βιοπλαστικά (*bioplastics*), αγνοώντας προφανώς ότι δεν είναι όλα τα βιοπλαστικά βιοδιασπώμενα (EUNOMIA, 2016)

Σε καλλυντικά χρησιμοποιούνται βιοδιασπώμενα μικροπλαστικά από πολυυδροξυαλκανοϊκό (polyhydroxyalkanoate - PHA) για το οποίο η κατασκευάστρια εταιρεία σημειώνει ότι βιοδιασπάται στο θαλάσσιο περιβάλλον μέσα σε έξι μήνες σε ποσοστό 30% στη θερμοκρασία των 30 βαθμών κελσίου. Σε εργαστηριακά πειράματα μετά από 12 μήνες το ποσοστό ανέβαινε στο 80%, πετύχαινε δηλαδή αποτελέσματα αντίστοιχα με την κυτταρίνη (cellulose) που θεωρείται φυσικό πολυμερές φιλικό προς το περιβάλλον (EUNOMIA, 2016)

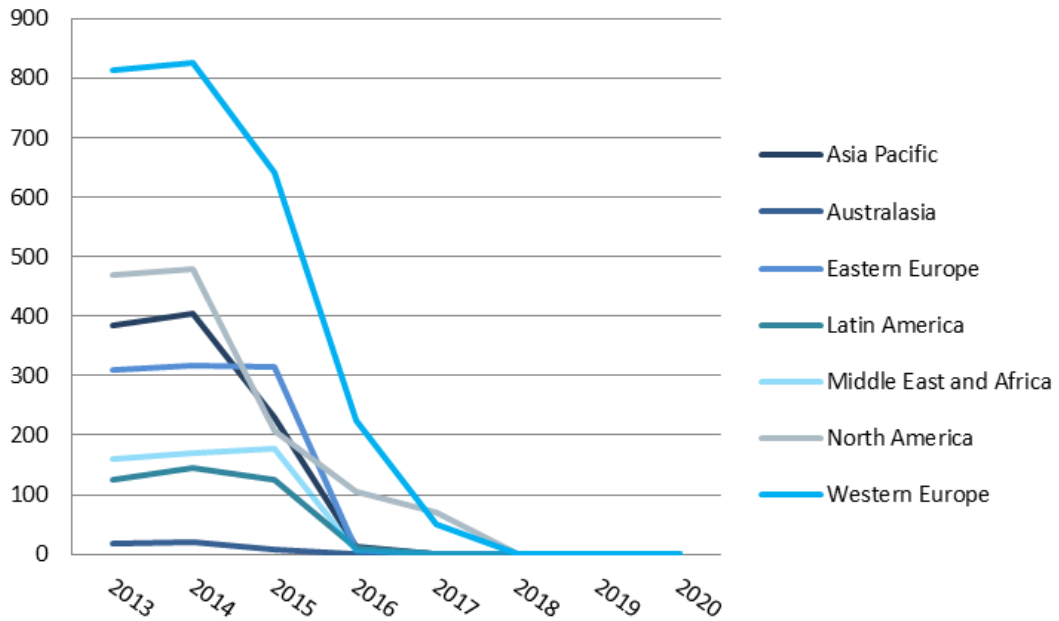
Η αντικατάσταση των πολυμερών πλαστικών *microbeads* με βιοδιασπώμενα συστατικά δεν σημαίνει απαραίτητα και λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον (NSW EPA, 2016, σ. 7). Συνήθως δεν υπάρχουν σε θαλάσσια περιβάλλοντα οι απαιτούμενες συνθήκες βιοδιάσπασης (NSW EPA, 2016; Robles, 2016), όπως υψηλές θερμοκρασίες και πίεση. Η EUNOMIA μάλιστα επισημαίνει για το PHA ότι πολύ δύσκολα υπάρχει η απαιτούμενη θερμοκρασία των 30 βαθμών κελσίου σε ωκεανούς για να εκκινήσει η βιοδιάσπαση ή οι 50

βαθμοί Κελσίου που απαιτούνται για την πλήρη αποδόμηση (Munoz-Pineiro, 2018). Παίρνοντας ως δεδομένο λοιπόν ότι η βιοδιάσπαση των μικροπλαστικών σε υδατικά οικοσυστήματα είναι αδύνατη ή υπερβολικά αργή ως διαδικασία (>12 μήνες), η ενσωμάτωση επίμονων οργανικών ρύπων ακόμα και από βιοδιασπώμενα μικροπλαστικά είναι μία σημαντική πιθανότητα (EUNOMIA, 2016). Η παραπάνω υπόθεση ενισχύθηκε και από πειράματα με σκοπό το risk assessment για μικροπλαστικά για το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Αγροτικής Πολιτικής του Ηνωμένου Βασιλείου όπου αποδείχθηκε ότι τα βιοδιασπώμενα μικροπλαστικά έχουν την ίδια ικανότητα απορρόφησης ρύπων με τα συμβατικά (DEFRA, 2014b).

Ακολουθώντας το παραπάνω σκεπτικό πολλοί περιβαλλοντικοί οργανισμοί έχουν προτείνει την απαγόρευση και των βιοδιασπώμενων πολυμερών μικροπλαστικών, όπως έχει κάνει ήδη η πολιτεία της Καλιφόρνια από το 2015 (EUNOMIA, 2016) (Robles, 2016), πράγμα που μπορεί να ωθήσει τους φορείς χάραξης πολιτικής να τα συμπεριλάβουν στις απαγορεύσεις στο μέλλον. Μία τέτοια πιθανή εξέλιξη κάνει τις βιομηχανίες καλλυντικών να δείχνουν μικρότερο ενδιαφέρον (Robles, 2016)

#### **8.4.4 Αναμενόμενες επιπτώσεις από την παύση χρήσης microbeads και τη χρήση εναλλακτικών για τις εταιρείες**

Όπως είναι λογικό οι απαγορεύσεις όπως και το εθελοντικό phase out των εταιρειών έχουν μειώσει δραστικά τη ζήτηση για κατασκευή πολυμερών μικροπλαστικών σε καλλυντικά. Όπως διαφαίνεται και από το Διάγραμμα 8.2 η ζήτηση συνθετικών microbeads φθίνει και κάποια στιγμή θα πάψει να υφίσταται. Λογικό επόμενο είναι να δημιουργούνται επιχειρηματικές ευκαιρίες για εταιρείες που προμηθεύουν τις εταιρείες καλλυντικών με εναλλακτικά συστατικά (Robles, 2016)



Διάγραμμα 8.2 – Πτώση παγκόσμιας ζήτησης για microbeads πολυαιθυλενίου

Πηγή: (Robles, 2016)

Στο σκεπτικό του κανονισμού απαγόρευσης των microbeads στον Καναδά περιλαμβάνεται μία ανάλυση του αναμενόμενου κόστους που θα έχει μία πλήρης απαγόρευση για τις βιομηχανίες. Όσο αφορά τη βιομηχανία πλαστικών υπολογιζόταν το 2014 ότι παρασκευάζονταν περίπου 10 τόνοι microbeads για λογαριασμό καλλυντικών με κόστος 30 δολάρια το κιλό, άρα επρόκειτο για μία αγορά 300.000 δολαρίων ετησίως. Σε σχέση με τα 59 δισεκατομμύρια δολάρια των ετησίων εσόδων των βιομηχανιών πλαστικών στον Καναδά φάνταζαν απειροελάχιστη ποσότητα. Οι αναμενόμενες οικονομικές επιπτώσεις της απαγόρευσης στα οικονομικά στοιχεία των εταιρειών καλλυντικών ήταν να μην μεγαλύτερες, αλλά όχι ιδιαίτερα σημαντικές, καθώς τονιζόταν ότι ήδη οι εταιρείες είχαν περάσει σε φάση αντικατάστασης των συνθετικών microbeads. Τονιζόταν μάλιστα ότι τα ήδη υπάρχοντα καλλυντικά με εναλλακτικά φυσικά συστατικά είχαν παρόμοιο κόστος παραγωγής με αυτά με microbeads (Registration SOR/2017-111, 2017, σ. 1361). Οι υπόλοιπες χώρες που έχουν νομοθετήσει κατά των microbeads έχουν να μην αναλογιστεί τις πιθανές οικονομικές επιπτώσεις στη βιομηχανία των καλλυντικών, χωρίς να έχουν κάνει ποσοτικές αναλύσεις όπως ο Καναδάς, αλλά συμφωνούν ως προς το ότι οι απώλειες είναι σχετικά μικρές (NSW EPA, 2016) καθώς τα εναλλακτικά φυσικά

συστατικά των microbeads είναι διαθέσιμα σε ανταγωνιστική τιμή (Cabinet Economic Growth & Infrastructure Committee, 2017).

Οι εταιρείες καλλυντικών και πολλοί συγγραφείς δε δείχνουν να συμφωνούν με αυτή την απλουστευμένη προσέγγιση. Η απόσυρση προϊόντων, η εύρεση ανάλογων και η δημιουργία και ο έλεγχος των νέων συνθέσεων, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της εκάστοτε νομοθεσίας, είναι διαδικασίες οι οποίες κοστίζουν τόσο σε χρόνο όσο και σε χρήμα (EUNOMIA, 2016, σ. 304).

## **8.5 Εκσυγχρονισμός συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων ώστε να συγκρατούν μικροπλαστικά**

Η πολιτεία της Νέας Υόρκης επεσήμαινε ότι η πλειοψηφία των συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων δεν έχει σχεδιαστεί ώστε να συγκρατεί τα microbeads. Ο χρόνος και το κόστος που απαιτούνται κάνουν την επανασχεδίαση τέτοιων συστημάτων αποτελεί μία μη βιώσιμη λύση. (Nalbone, 2015, σ. 1). Παρ' όλα αυτά σε μετρήσεις σε έξι (6) τριτοβάθμια συστήματα επεξεργασίας λυμάτων (tertiary sewage systems) στην ίδια πολιτεία δε βρέθηκαν καθόλου microbeads πράγμα που αποτελεί ένδειξη και όχι απόδειξη, ότι τέτοια συστήματα είναι ικανά να απομακρύνουν μικροπλαστικά, καθώς η μόνη δυνατότητα ταυτοποίησης microbeads μέχρι σήμερα είναι για σφαιρικά χρωματισμένα πολυμερή μικροσωματίδια που αποτελούν κατά βάση μόλις το 6% των συνολικών microbeads που προέρχονται από καλλυντικά. Παράλληλα οι ερευνητές επεσήμαιναν ότι υπεισέρχονται παράγοντες όπως ο τρόπος δειγματοληψίας ή η θερμοκρασία που μπορεί να οδήγησαν σε εσφαλμένα συμπεράσματα. Για παράδειγμα δεν υπάρχει πληροφόρηση αν τα δείγματα πάρθηκαν από την επιφάνεια των υδάτων ή από το βυθό. Αν πάρθηκαν από το βυθό, ενώ τα μικροπλαστικά έχουν την τάση να συγκεντρώνονται στην επιφάνεια, προφανώς αμφισβητείται τόσο η μεθοδολογία όσο και τα αποτελέσματα. Για όλους τους παραπάνω λόγους η πολιτεία κατέληγε στο συμπέρασμα ότι αποδοτικότερη λύση ήταν η αποτροπή χρήσης των microbeads σε καλλυντικά (Nalbone, 2015, σ. 9).

Θεωρητικά ο εξοπλισμός των συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων με εξαιρετικά λεπτές σχάρες (ultra-fine screens) που έχουν την ικανότητα να

συγκρατούν μικροπλαστικά και η μετατροπή τους σε σύγχρονα tertiary systems μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την πλήρη συγκράτηση μέχρι και νανοπλαστικών μεγέθους 0,001 mm (Murphy et al., 2016). Τέτοια συστήματα όμως είναι ιδιαίτερα δαπανηρά (NSW EPA, 2016), ιδίως για αναπτυσσόμενες χώρες (Κίνα, Ινδία κα) που τα είδη που διακινούνται με μικροπλαστικά είναι σε τεράστιες ποσότητες (Cheung & Fok, 2016). Άλλωστε τα μικροπλαστικά που συγκρατούνται σε συστήματα επεξεργασίας λυμάτων είτε μεταφέρονται σε χώρους υγειονομικής ταφής, είτε ανήκουν στο οργανικό υπόλειμμα που κομποστοποιείται και χρησιμοποιείται ως οργανικό λίπασμα (Robles, 2016). Και στις δύο περιπτώσεις μπορεί να διαφύγουν μέσω του υδροφόρου ορίζοντα και να καταλήξουν σε υδατικά περιβάλλοντα (NSW EPA, 2016)

## 8.6 Δράσεις οργανώσεων και πολιτών

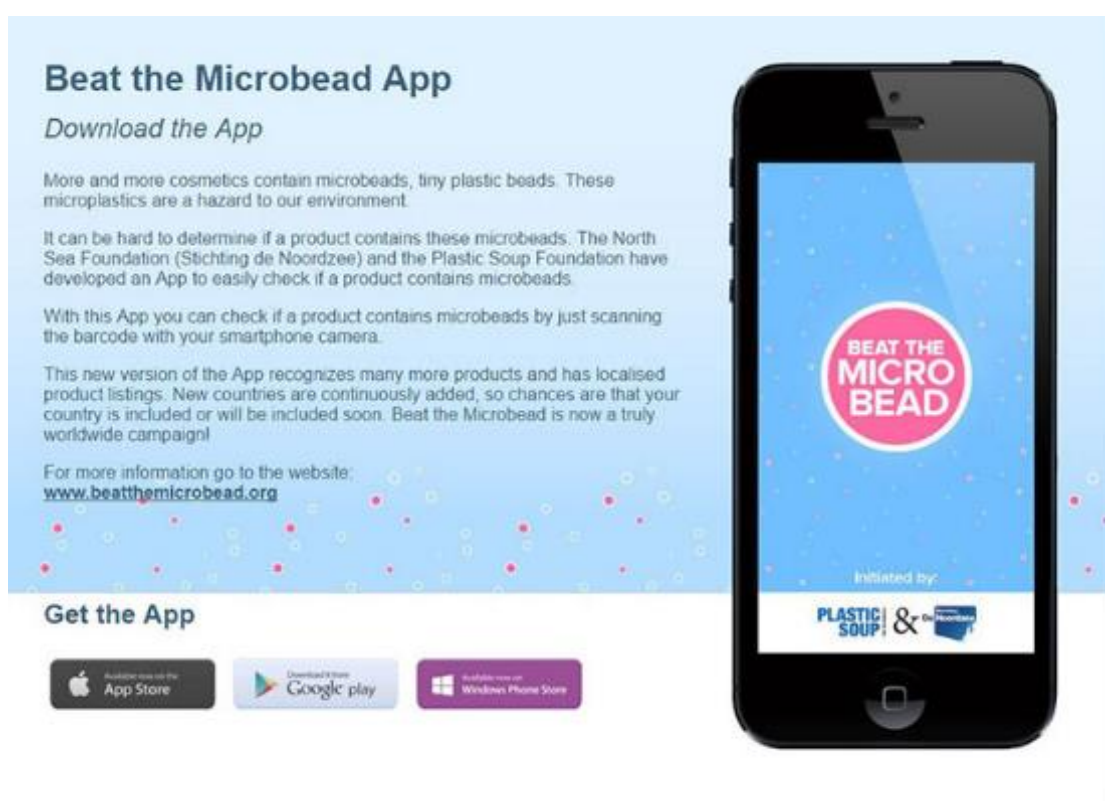
Είναι αποδεδειγμένος ο ρόλος των μη κυβερνητικών οργανώσεων στη διαμόρφωση λήψης αποφάσεων σε περιβαλλοντικά ζητήματα. Αποτελούν μεταδότες πληροφορίας από τους ερευνητές προς τους πολίτες και χρησιμοποιούν τις αντιδράσεις των πολιτών ώστε να ασκήσουν πιέσεις προς τους φορείς χάραξης πολιτικής (policy makers) για αλλαγές περιβαλλοντικής πολιτικής, αν και πολλές φορές η ενημέρωση δε στηρίζεται απόλυτα σε τεκμηριωμένα ερευνητικά αποτελέσματα και είναι υπερβολική ως προς τις αντιδράσεις από υπερβάλλοντα ζήλο προς την προστασία του περιβάλλοντος ή λόγω δυσπιστίας προς τους πολιτικούς ή τις βιομηχανίες (Betsill & Corell, 2001).

Υπάρχει πλήθος δράσεων μη κυβερνητικών οργανώσεων για την ενημέρωση των βιομηχανιών και των πολιτών για τις επιπτώσεις των microbeads στο περιβάλλον, με κύριο σκοπό την παύση χρήσης ή την απαγόρευση των microbeads (NSW EPA, 2016, σ. 7).

Η καμπάνια «*Clean Seas#*» του τομέα περιβάλλοντος των Ηνωμένων Εθνών για την εθελοντική αντικατάσταση των microbeads με εναλλακτικά «φιλικά» προς τους ωκεανούς συστατικά ενεργοποιήθηκε στις 23 Φεβρουαρίου του 2017 και μέσα σε ένα μήνα είχε συγκεντρώσει ήδη υπογραφές από 800 βιομηχανίες. Στόχος της καμπάνιας ήταν η επίτευξη πλήρους απαγόρευσης

παραγωγής πλαστικών microbeads πράγμα που επετεύχθη (UNEP, 2017). Η κυβέρνηση του Καναδά τόνιζε ότι η παραπάνω δράση και συμμετοχή διευκόλυνε την απόφαση των Ηνωμένων Πολιτειών για απαγόρευση (Registration SOR/2017-111, 2017).

Η δράση ενάντια στα microbeads με τίτλο «*Beat the microbead*» είχε προσελκύσει μέχρι το 2016, την υποστήριξη 79 μη κυβερνητικών οργανώσεων 59 εταιρειών καλλυντικών από 35 χώρες όπου παρέχεται μία δωρεάν εφαρμογής κινητού (app) μέσω του ηλεκτρονικού καταστήματος της *Google Playstore*, όπου ο χρήστης μπορεί «σκανάροντας» το barcode ενός προϊόντος να πληροφορηθεί για το αν περιέχει ή όχι microbeads.



Εικόνα 8.2 - Η εφαρμογή *Beat the Microbead*

Η διαδικτυακή καμπάνια *DoSomething*, η οποία αυτοπροσδιορίζεται ως ένα «παγκόσμιο κίνημα για το κοινό καλό» και απευθύνεται κυρίως σε νέους, ισχυρίζεται ότι με την συμμετοχή 1056 εθελοντών πέτυχε την προβολή και ενημέρωση των καταναλωτών για πάνω από τριακόσια (300) προϊόντα που περιέχουν microbeads. Στην καμπάνια οι εθελοντές καλούνταν να κρατήσουν ένα ταμπελάκι που δείχνει ένα ψάρι να προειδοποιεί ότι δεν πρόκειται για τροφή



αλλά και πάλι τα ψάρια το τρώνε και να φωτογραφηθούν με αυτό μπροστά σε ένα προϊόν που περιέχει microbeads (DoSomething!, 2016). Η καμπάνια δείχνει να είναι ανενεργή κατά τη διάρκεια συγγραφής της παρούσης εργασίας.



*Εικόνα 8.3 - Δράση DoSomething ενάντια στα microbeads*

Πηγή: <https://www.dosomething.org/us/campaigns/beat-microbead>

Το ελληνικό τμήμα της ακτιβιστικής οργάνωσης Greenpeace συγκέντρωνε διαδικτυακές υπογραφές σε μία καμπάνια με τίτλο: «πες ΌΧΙ στα βλαβερά μικροπλαστικά». Μέχρι τον Σεπτέμβριο του 2017 είχε συγκεντρώσει τον αξιοπρόσεκτο αριθμό των 6.335 υπογραφών πολιτών (Greenpeace, 2016).

## ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### Κεφάλαιο 9 – Μεθοδολογία έρευνας

#### 9.1 Σκοπός της έρευνας – Ερευνητικές υποθέσεις και Ερευνητικά ερωτήματα

Σκοπός της παρούσης έρευνας είναι η καταγραφή του εύρους χρήσης microbeads σε απολεπιστικά καλλυντικά προϊόντα που ξεπλένονται μετά τη χρήση (rinse-off) και παράγονται στην Ελλάδα από ελληνικές εταιρείες καθώς δεν υπάρχει πληροφόρηση για το αν έχουν δεσμευτεί ή έχουν ήδη αντικαταστήσει τα microbeads από τα προϊόντα τους σε αντίθεση με άλλες μεγάλες ευρωπαϊκές εταιρείες του κλάδου (EUNOMIA, 2017).

Μηδενική Υπόθεση (Y0): Η πλειοψηφία των ελληνικών εταιρειών έχει περάσει σε phase out των microbeads, δηλαδή τα περισσότερα ελληνικά καλλυντικά προϊόντα με σκοπό την απολέπιση δεν περιέχουν στην σύνθεσή τους microbeads.

Υπόθεση 1 (Y1): Τα περισσότερα προϊόντα απολέπισης που χαρακτηρίζονται ως φυσικά δεν περιέχουν στην σύνθεσή τους microbeads. Είναι όμως πιθανό να εξακολουθούν να υπάρχουν, περιορισμένα σε αριθμό, συμβατικά προϊόντα που να περιέχουν στη σύνθεσή τους microbeads.

Υπόθεση 2 (Y2): Δεν εντοπίζονται σημαντικές διαφορές ως προς την συχνότητα χρήσης microbeads σε απολεπιστικά προϊόντα σώματος ή προσώπου.

Υπόθεση 3 (Y3): Τα περισσότερα προϊόντα που περιέχουν microbeads αποτελούνται από πολυαιθυλένιο (polyethylene - PE)

Υπόθεση 4 (Y4): Δεν παρατηρείται σημαντική απόκλιση κόστους μεταξύ των προϊόντων που περιέχουν microbeads και αυτών που χρησιμοποιούν εναλλακτικά συστατικά για καθαρισμό.

## 9.2 Τεκμηρίωση ερευνητικών υποθέσεων μέσω της βιβλιογραφικής ανασκόπησης

Μέχρι σήμερα δεν υπάρχει ελληνική νομοθετική πρωτοβουλία ή πανευρωπαϊκή νομοθεσία που να περιορίζει ή να απαγορεύει την παρασκευή και πώληση microbeads στην Ελλάδα. Με δεδομένη όμως τη δέσμευση των περισσότερων ευρωπαϊκών εταιρειών καλλυντικών για οριστικό phase out μέχρι το 2020 (EUNOMIA, 2017) και την καταγραφόμενη μείωση χρήσης microbeads κατά 82% στην ΕΕ σε έρευνα που διεξήχθη σε πανευρωπαϊκό επίπεδο την περίοδο 2012 έως 2015 (Gouin et al., 2015) είναι λογικό να υποτεθεί ότι και οι ελληνικές εταιρείες παρασκευής καλλυντικών έχουν ήδη ακολουθήσει την ίδια πρακτική. Παράλληλα οι απαγορεύσεις που ισχύουν ήδη ή ενεργοποιούνται άμεσα ανά τον κόσμο και σε πλήθος ευρωπαϊκών χωρών όπως: Ιταλία (Camera dei Deputati N.3852, 2016), Γαλλία (European Commission, 2017), Ηνωμένο Βασίλειο (DEFRA, 2018) αναμένεται να έχουν κινητοποιήσει ήδη ελληνικές εταιρείες που έχουν εξαγωγική δραστηριότητα και να έχουν αντικαταστήσει τα microbeads στις συνθέσεις των προϊόντων τους. Τέλος η ολοένα αυξανόμενη ευαισθητοποίηση των πολιτών ενάντια στην περιβαλλοντική μόλυνση από microbeads είναι ένας ακόμη λόγος απόσυρσής τους καθώς δε θέλουν οι εταιρείες να ρισκάρουν την καλή φήμη του brand name τους (Robles, 2016).

Για όλους τους παραπάνω λόγους η παρούσα έρευνα αναμένεται να ανακτήσει ελάχιστα ελληνικά προϊόντα απολέπισης που να περιέχουν microbeads.

Στον κανονισμό για τα καλλυντικά προϊόντα, η ΕΕ δεν ορίζει τι σημαίνει φυσικό ή βιολογικό καλλυντικό (Ref. Ares 4230487, 2015). Λόγω έλλειψης επίσημης νομοθεσίας επομένως, οι εταιρείες καλλυντικών που επιθυμούν τα προϊόντα τους να φέρουν σήμανση: «φυσικό» ή «βιολογικό», στρέφονται σε ιδιωτικούς φορείς πιστοποίησης οι οποίοι θεσπίζουν ακολουθούμενα πρότυπα. Μία προσπάθεια εναρμόνισης των διάσπαρτων προτύπων που ακολουθούνται για πιστοποίηση φυσικών και βιολογικών καλλυντικών αποτελεί το πρότυπο

COSMOS (COSMOS-Standard) το οποίο συνυπογράφουν οι παρακάτω φορείς πιστοποίησης:

- AUSTRALIAN CERTIFIED ORGANIC
- BUREAU VERITAS CERTIFICATION
- COSMECERT SASU
- CONTROL UNION KOREA Co
- ECOCERT GREENLIFE
- EKOLOJIK TARIM KONTROL ORG
- ICEA
- IONC
- KOREA TESTING AND RESEARCH INSTITUTE
- SOIL ASSOCIATION CERTIFICATION

(COSMOS, 2017)

Στο σκεπτικό του COSMOS για την πιστοποίηση φυσικών και βιολογικών καλλυντικών, παρόλο που δεν απαγορεύεται ρητά η χρήση στερεών συνθετικών μικροπλαστικών, επισημαίνεται ότι τα τελικά προϊόντα θα πρέπει να μην είναι οικοτοξικά, να είναι βιοδιασπώμενα, και γενικά να έχουν το ελάχιστο δυνατό αντίκτυπο στο περιβάλλον (COSMOS, 2013). Με λίγα λόγια δηλαδή οι φορείς πιστοποίησης θεωρούν αλληλένδετες τις έννοιες φυσικό ή βιολογικό καλλυντικό με την έννοια «φιλικό προς το περιβάλλον». Τα προϊόντα με microbeads όμως δεν είναι βιοαποικοδομήσιμα στο περιβάλλον αλλά αποδεδειγμένα είναι και επιβλαβή για τους υδρόβιους οργανισμούς όπως αναφέρθηκε ενδελεχώς σε προηγούμενα κεφάλαια. Την μη φιλικότητα προς το περιβάλλον των προϊόντων με microbeads επιβεβαιώνει εμμέσως και η ΕΕ, η οποία απαγορεύει σε καλλυντικά προϊόντα που περιέχουν μικροπλαστικά να φέρουν τη σφραγίδα Ecolabel (2014/893/ΕΕ, σσ. 52-53). Η πιθανή χρήση microbeads επομένως σε ελληνικά προϊόντα τα οποία οι εταιρείες ισχυρίζονται ότι είναι φυσικά, αν και δεν είναι ενάντια σε κανονισμούς, έρχεται σε αντιδιαστολή με τον ισχυρισμό των προϊόντων.

Σε όλες τις έρευνες για ανίχνευση μικροπλαστικών σε καλλυντικά αποδείχθηκε ότι κύρια ανιχνεύσιμη πλαστική ουσία είναι το πολυαιθυλένιο σε

ποσοστά άνω του 90 % (Fendall & Sewell, 2009, Napper et al., 2015, Cheung & Fok, 2017, Kalcikova et al., 2017b, Hernandez, Yousefi, & Tufenkji, 2017). Αναμένεται από την παρούσα έρευνα η πλειοψηφία των εξεταζόμενων προϊόντων με μικροπλαστικά να περιέχει microbeads πολυαιθυλενίου.

Στο σκεπτικό της απαγόρευσης παρασκευής και χρήσης καλλυντικών με microbeads για τον Καναδά (Registration SOR/2017-111, 2017), όπως και στην αντίστοιχη για το Ηνωμένο Βασίλειο (DEFRA, 2018), επισημαίνεται ότι υπάρχει πλήθος εναλλακτικών συστατικών που μπορεί να χρησιμεύσουν για καθαρισμό ή απολέπιση, τα οποία είναι και σε ανάλογες τιμές με τα συνθετικά microbeads, οπότε μία πιθανή απαγόρευση δεν συνεπάγεται σημαντική οικονομική επιβάρυνση για τις εταιρείες καλλυντικών. Η υπόθεση της παρούσας εργασίας ήταν ότι αν προέκυπτε σημαντική διαφορά κόστους λόγω αντικατάστασης των συνθετικών microbeads με εναλλακτικά, τότε η εταιρεία θα μετακύλυε το κόστος αυτό στους καταναλωτές αυξάνοντας την τιμή του προϊόντος. Υποθέτοντας λοιπόν ότι το κόστος παρασκευής είναι παρόμοιο, τότε και οι τελικές τιμές λιανικής διάθεσης τόσο των προϊόντων με microbeads όσο και αυτών χωρίς microbeads να είναι περίπου οι ίδιες.

### **9.3 Μεθοδολογική προσέγγιση**

Για τους στόχους της έρευνας χρειάστηκε ενδελεχής αναζήτηση και καταγραφή των τιμών (values) των μεταβλητών που ήταν απαραίτητες για την επιβεβαίωση ή διάψευση των ερευνητικών υποθέσεων. Για κάθε ένα από τα προϊόντα επομένως χρειαζόταν:

1. Όνομα εταιρείας
2. Όνομα προϊόντος
3. Χρήση
4. Είδος
5. Τιμή
6. Ποσότητα
7. Συστατικά προϊόντος με βάση την ονοματολογία INCI

Για να συνάδει η ανάλυση των αποτελεσμάτων με τον σκοπό της έρευνας η κατηγορική μεταβλητή «*όνομα εταιρείας*» έπρεπε να περιλαμβάνει μόνο ελληνικές εταιρείες που παράγουν τα προϊόντα τους στην Ελλάδα. Στην κατηγορική μεταβλητή «*όνομα προϊόντος*» έγινε καταχώριση της εμπορικής ονομασίας του προϊόντος το οποίο έπρεπε να είναι προϊόν απολέπισης ή καθαρισμού με κόκκους, ώστε να θεωρείται εκπλενόμενο απολεπιστικό προϊόν, ενώ στην κατηγορική μεταβλητή «*χρήση*» δεκτές ήταν μόνο οι τιμές: «*πρόσωπο*» (1) ή «*σώμα*» (2). Η κατηγορική μεταβλητή «*είδος*» μπορούσε να έχει δύο τιμές επίσης: «*φυσικό*» (1) ή «*συμβατικό*» (2). Έτσι προέκυψαν οι υπομεταβλητές: «*πρόσωπο*» ή «*σώμα*» για την μεταβλητή «*χρήση*» και «*φυσικό*», «*συμβατικό*» για την μεταβλητή «*είδος*».

Για να μπορέσει να γίνει σύγκριση της τιμής (αξία) μεταξύ διαφορετικών προϊόντων, τα οποία μάλιστα ήταν σε διαφορετικές ποσότητες, χρησιμοποιήθηκαν οι ποσοτικές μεταβλητές: «*τιμή*» (σε ευρώ) και «*ποσότητα*» (σε ml ή gr) για να δημιουργηθεί μία νέα ποσοτική μεταβλητή με τίτλο: «*Αναλογική τιμή*» η οποία υπολογίστηκε ως τιμή ανά ml ή τιμή ανά gr.

Η καταγραφή των συστατικών του προϊόντος κατά INCI ήταν απαραίτητη για τον εντοπισμό των αναζητούμενων μικροπλαστικών. Τα δημοφιλέστερα microbeads που χρησιμοποιούνται σε εκπλενόμενα προϊόντα αναγράφονται συνήθως κατά INCI ως:

- Polyethylene ή Polyethylene powder
- Polypropylene
- Polystyrene
- Polyethylene terephthalate
- Methyl methacrylate
- Nylon-6

Παρόλο που δεν αποτελούσε αντικείμενο της παρούσης έρευνας καταγράφηκε το σύνολο των συστατικών των προϊόντων κατά INCI και έγινε προσπάθεια εντοπισμού των συστατικών εκείνων που προκαλούν την απολέπιση ακόμα και αν δεν ήταν microbeads.

Έχουν αναφερθεί περιεκτικότητες microbeads μεταξύ 0,1 έως και 10% του τελικού προϊόντος (Gouin, και συν., 2015), (Strand, 2015, Cheung & Fok, 2017). Για να γίνει ο σχετικός έλεγχος στα ελληνικά προϊόντα θα έπρεπε να εφαρμοστούν οι μέθοδοι που αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο για την απομόνωση, εντοπισμό, ταυτοποίηση και καταμέτρηση των μικροπλαστικών, κάτι που ήταν αδύνατο δεδομένου του μεγέθους του δείγματος. Προτιμήθηκε η εναλλακτική προσέγγιση της καταγραφής των συστατικών κατά τη φθίνουσα σειρά INCI, η οποία να μην μπορεί να δώσει ακριβείς ποσότητες, αλλά προσεγγιστικά μπορεί να δείξει αν ένα συστατικό βρίσκεται σε μεγάλη περιεκτικότητα στο τελικό προϊόν ή όχι. Μία τέτοια καταγραφή μπορεί να δείξει το ποσοστό των προϊόντων που περιέχουν microbeads σε πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις και το ποσοστό των εταιρειών που εφαρμόζουν μία τέτοια πρακτική στα προϊόντα τους. Επιπροσθέτως αν ένα συστατικό Α προηγείται σε σειρά από ένα άλλο συστατικό Β στο ίδιο προϊόν και είναι και τα δύο στις πρώτες θέσεις, τότε μπορεί να εξαχθεί με σχετική ασφάλεια το συμπέρασμα ότι το συστατικό Α είναι σε μεγαλύτερη ποσότητα. Έτσι επιτρέπεται η σύγκριση μεταξύ δύο συστατικών αν ισχύουν οι παραπάνω προϋποθέσεις.

Τέλος στα μικτά προϊόντα η σειρά INCI μπορεί να δώσει σημαντικές πληροφορίες για τη χρήση για την οποία τα προορίζουν οι εταιρείες, δηλαδή αν τα microbeads έχουν τον «κύριο λόγο» στον καθαρισμό ή λειτουργούν υποστηρικτικά.

#### **9.4 Διαδικασία έρευνας – Ερευνητικό δείγμα**

Αρχικά έγινε αναζήτηση στις ιστοσελίδες των δημοφιλέστερων ελληνικών εταιρειών καλλυντικών για τις παραπάνω μεταβλητές. Σε πολλές από αυτές τα στοιχεία ήταν ελλιπή και είτε απουσίαζε η αναλυτική καταγραφή των συστατικών κατά INCI είτε η τιμή του προϊόντος. Για την όσο το δυνατόν πιο αναλυτική καταγραφή και για την εξασφάλιση όσο το δυνατόν μεγαλύτερου δείγματος προϊόντων προς εξέταση, έγινε επί τόπου έρευνα σε φαρμακεία, πολυκαταστήματα και μικρότερα καταστήματα καλλυντικών αλλά και αναζήτηση σε ηλεκτρονικά καταστήματα (eshops). Για την αύξηση της αξιοπιστίας των δεδομένων πάρθηκαν φωτογραφίες από όσο το δυνατόν

περισσότερα προϊόντα ήταν δυνατόν. Έγινε παράλληλα και συνδυαστική αναζήτηση σε διαδικτυακά καταστήματα πώλησης καλλυντικών.

Η όλη διαδικασία διήρκησε από τον Οκτώβριο του 2017 μέχρι και τον Νοέμβριο του 2017 και ανακτήθηκαν συνολικά 201 προϊόντα ( $n = 201$ ) που πληρούσαν τις προδιαγραφές της έρευνας. Η στατιστική ανάλυση έγινε με την εφαρμογή SPSS v21.0 της IBM σε συνεργασία με το Analysis Toolpack του Microsoft Office Excel το οποίο προσέφερε καλύτερη απεικόνιση των διαγραμμάτων.

## 9.5 Περιορισμοί έρευνας

Η δειγματοληψία που ακολουθήθηκε προφανώς καταγράφει ένα «στιγμιότυπο» και όχι τη διαχρονική παρουσία των microbeads στην ελληνική αγορά καλλυντικών. Πιθανότατα, όπως επισημαίνουν και ερευνητές, σε μελλοντικό χρόνο να βρεθούν λιγότερα καλλυντικά με microbeads καθώς οι βιομηχανίες περνάνε σε phase out και αρχίζουν να επιβάλλονται οι διεθνείς απαγορεύσεις. Παράλληλα, ιδίως σε πολυκαταστήματα, πιθανότατα να έχουν παραμείνει διαθέσιμα προς πώληση (stock) προϊόντα με microbeads από εταιρείες οι οποίες κατά τη διεξαγωγή της έρευνας να είχαν τροποποιήσει τις συνθέσεις των νέων προϊόντων τους ώστε να μην περιέχουν microbeads.

Εντοπίστηκαν στο σύνολο 205 προϊόντα από τα οποία για τα 201 μόνο υπήρχαν πλήρη στοιχεία (ερευνητικό δείγμα). Καθώς δεν υπήρχε η δυνατότητα χρήσης μία βάσης δεδομένων που να απεικονίζει το σύνολο των ελληνικών προϊόντων απολέπισης που παράγονται από ελληνικές εταιρείες, είναι άγνωστο το πραγματικό μέγεθος του πληθυσμού της έρευνας. Ακόμη η έρευνα που ακολουθήθηκε στο μεγαλύτερο της μέρος ήταν έρευνα πεδίου και περιλάμβανε και διαδικτυακή αναζήτηση, με κίνδυνο την μη ανάκτηση κάποιων προϊόντων, είτε λόγω παράλειψης του ερευνητή είτε λόγω μη διαθεσιμότητας. Για τους παραπάνω λόγους είναι άγνωστη η αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος που εξετάστηκε σε σχέση με το γενικό πληθυσμό.

Κανονικά θα έπρεπε να υπάρχει ισοκατανομή μεταξύ των μεταβλητών του δείγματος, δηλαδή να υπάρχει παρόμοιος αριθμός προϊόντων από κάθε



εταιρεία ή παρόμοιος αριθμός απολεπιστικών προσώπου και σώματος και φυσικών και συμβατικών καλλυντικών ώστε να τεκμηριώνεται στατιστικά η ανάλυση των αποτελεσμάτων. Πέρα από το γεγονός ότι σε αυτή την περίπτωση το δείγμα θα ήταν χαρακτηριστικά μικρό για ασφαλή συμπεράσματα, προτιμήθηκε να αναλυθεί το σύνολο του δείγματος για να αποτυπωθεί όσο το δυνατόν αντιπροσωπευτικότερα το σύνολο της ελληνικής αγοράς.

Θεωρητικά μπορεί να διερευνηθεί αν υπάρχει διαφορά στην επιβάρυνση των ελληνικών εταιρειών που χρησιμοποιούν microbeads σε σχέση με όσες χρησιμοποιούν εναλλακτικές ουσίες εξετάζοντας τις τιμές των προμηθευτών των υλών των εταιρειών. Κάτι τέτοιο όμως είναι πρακτικά αδύνατο και προτιμήθηκε η εξέταση των τελικών τιμών διάθεσης που θα μπορούσε να δίνει πληροφορίες για το αν οι εταιρείες μετακυλύουν πιθανό ανεβασμένο κόστος παραγωγής. Στην ακρόαση όμως της Βουλής των Λόρδων για την απαγόρευση των microbeads στο Ηνωμένο Βασίλειο, δύο από τις μεγαλύτερες εταιρείες του κλάδου επεσήμαναν ότι μπορεί οι πρώτες ύλες να έχουν παρόμοιο κόστος αλλά οι απαιτούμενες τροποποιήσεις των συνθέσεων και τα προβλήματα που προκαλούν τα φυσικά ανάλογα στην σταθερότητά τους, απαιτεί χρόνια έρευνας και επιβαρύνει σημαντικά τις εταιρείες (House of Commons, 2016). Είναι πιθανό επομένως η τελική τιμή διάθεσης να επηρεαστεί σημαντικά όχι από τις πρώτες ύλες αλλά από το κόστος παρασκευής. Πιο σωστή θα ήταν η σύγκριση της τιμής ενός προϊόντος μίας εταιρείας που περιείχε microbeads πριν την επιβολή απαγόρευσης ή phase out με την τιμή του ίδιου προϊόντος που περιέχει το εναλλακτικό συστατικό απολέπισης. Μία τέτοια σύγκριση ήταν αδύνατη καθώς δεν υπάρχει πρόσβαση σε τιμοκαταλόγους των εταιρειών που ίσχυαν στο παρελθόν και μπορούν να ανακτηθούν μόνο τρέχουσες τιμές.

Παράλληλα η τελική τιμή διάθεσης ενός προϊόντος επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως: προωθητικές ενέργειες, οικονομικό περιβάλλον, ανταγωνισμό, αν είναι λιανικής ή χονδρικής κα, είναι παράλληλα ασταθής - ευμετάβλητη στο χρόνο, οπότε η καταγραφή η οποία επιδιώχτηκε πιθανότατα δίνει μη τεκμηριωμένα αποτελέσματα. Παρ' όλα αυτά επειδή το δείγμα των προϊόντων ήταν αρκετά μεγάλο (n=201) και η συλλογή των τιμών έγινε την ίδια περίπου περίοδο, προτιμήθηκε να διερευνηθεί η υπόθεση ώστε να δοθεί μία

προσεγγιστική «εικόνα» της αγοράς και πιθανόν να καταγραφούν σημαντικές διαφορές στις τιμές των προϊόντων.

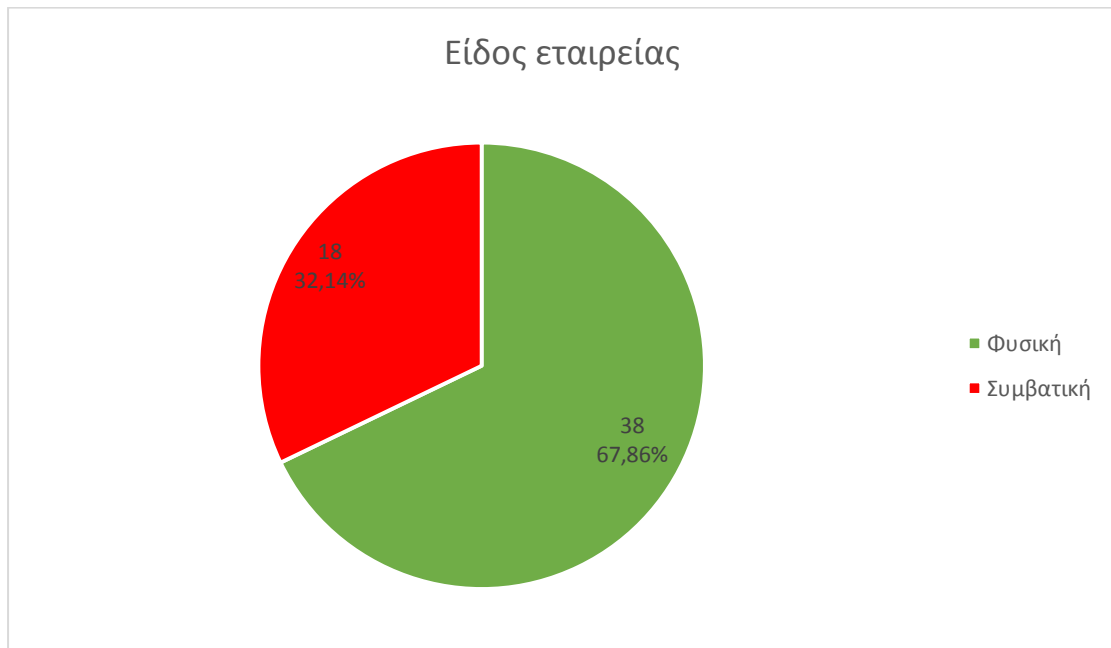
## **9.6 Σημασία έρευνας**

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας δεν ανακτήθηκε έρευνα που να ακολουθούσε παρόμοια μεθοδολογία και να είχε ως σκοπό την καταγραφή όσο το δυνατόν περισσότερων προϊόντων απολέπισης της αγοράς μίας χώρας, αναζητώντας μικροπλαστικά στα αναγραφόμενα συστατικά. Η παρούσα έρευνα βέβαια δεν αφορούσε το σύνολο των προϊόντων που διακινούνται στην ελληνική αγορά καθώς απέκλειε προϊόντα εισαγωγής και περιορίστηκε μόνο σε ελληνικά προϊόντα, αλλά αναμένεται να δώσει πολύτιμες πληροφορίες για τις πρακτικές που ακολουθούν οι ελληνικές εταιρείες καθώς στην Ελλάδα δεν ισχύει η απαγόρευση από την νομοθεσία.

## Κεφάλαιο 10 - Αποτελέσματα Έρευνας

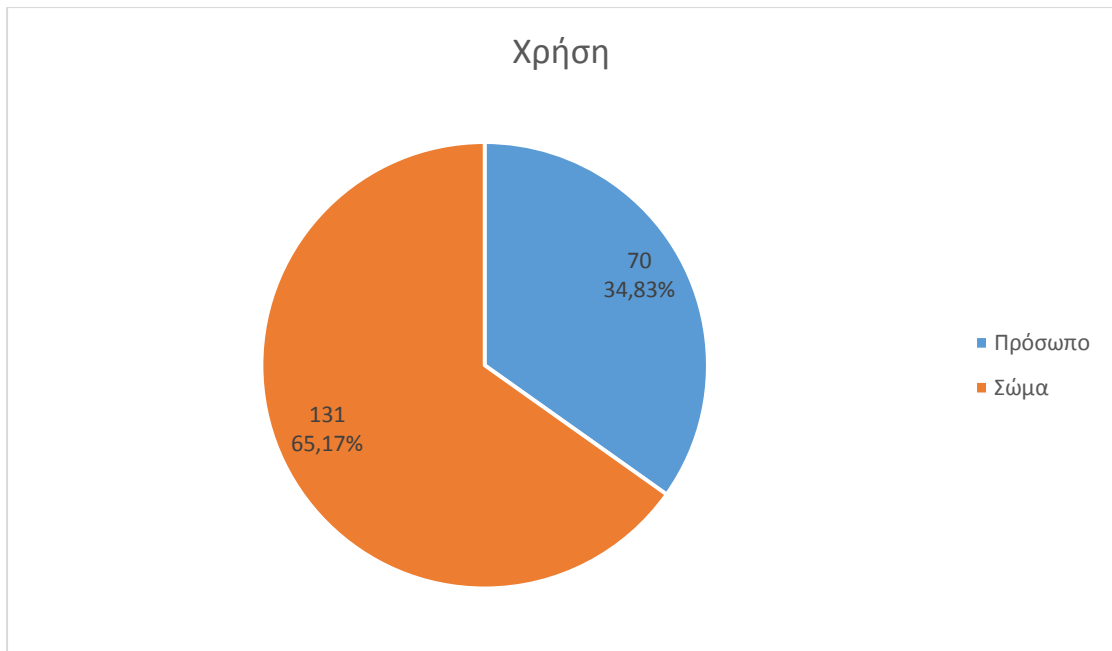
### 10.1 Δημογραφικά στοιχεία δείγματος

Συνολικά εξετάστηκαν 56 εταιρείες από τις οποίες οι 38 (67,9%) δήλωσαν ότι παρασκεύαζαν φυσικά προϊόντα και 18 (32,1%) συμβατικά.



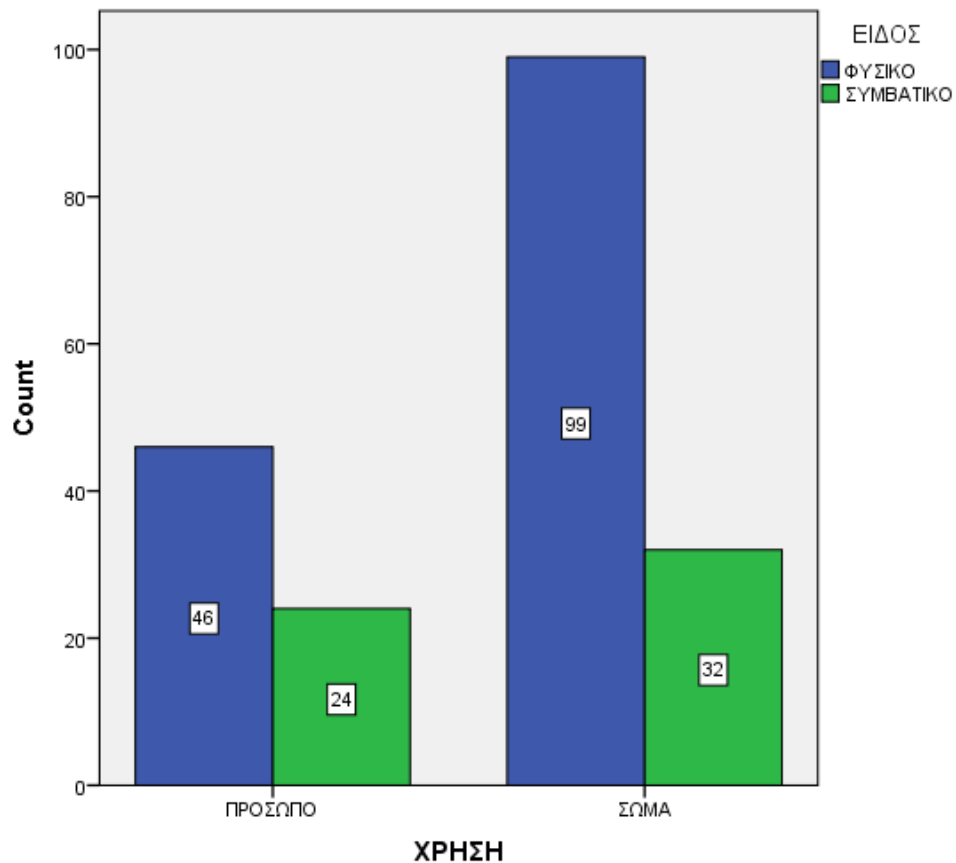
Διάγραμμα 10.1 - Διάγραμμα μεταβλητή Εταιρεία ανά μεταβλητή Είδος

Συνολικά εξετάστηκαν 201 προϊόντα (n=201) από τα οποία τα 70 ήταν προϊόντα προσώπου και τα 131 προϊόντα σώματος:



*Διάγραμμα 10.2 - Διάγραμμα μεταβλητής Χρήση*

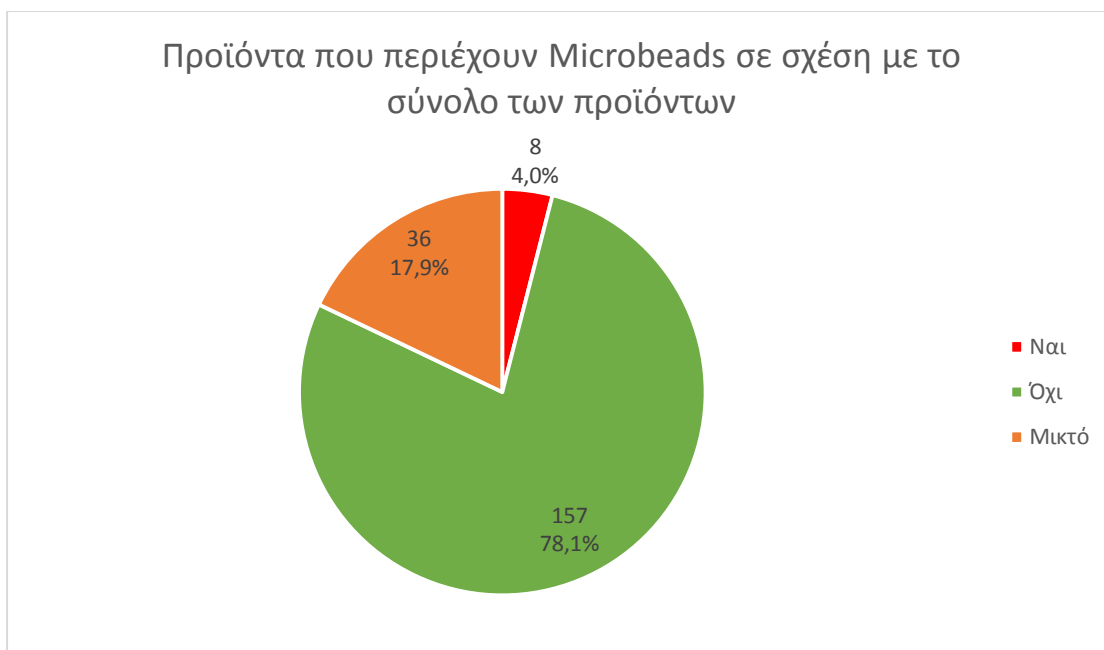
Τα φυσικά απολεπιστικά προσώπου ήταν 46 (65,7%), ενώ τα συμβατικά απολεπιστικά προσώπου 24 (34,3%). Αντίστοιχα τα φυσικά απολεπιστικά σώματος ήταν 99 (75,6%) ενώ τα συμβατικά 32 (24,4%):



Διάγραμμα 10.3 - Διάγραμμα συχνοτήτων μεταβλητή Είδος ανά μεταβλητή Χρήση

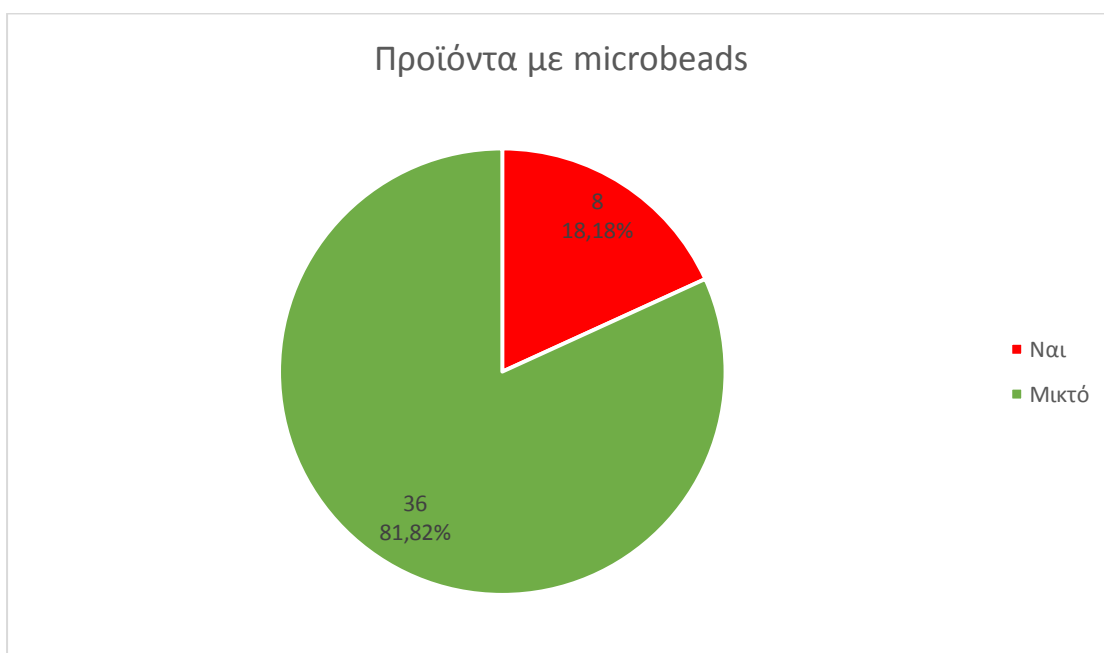
## 10.2 Προϊόντα που περιέχουν microbeads

Από τα 201 προϊόντα ( $n = 201$ ) τα 44 (21,9%) ανέγραφαν στα συστατικά τους microbeads. Τα 8 προϊόντα, δηλαδή 4,0% επί των συνολικών προϊόντων, περιείχαν ως μοναδική καθαριστική ουσία microbeads, ενώ τα 36, δηλαδή ποσοστό 17,9 % επί των συνολικών προϊόντων περιείχαν microbeads σε συνδυασμό με κάποιο άλλο συστατικό εναλλακτικής μορφής (μικτά προϊόντα).



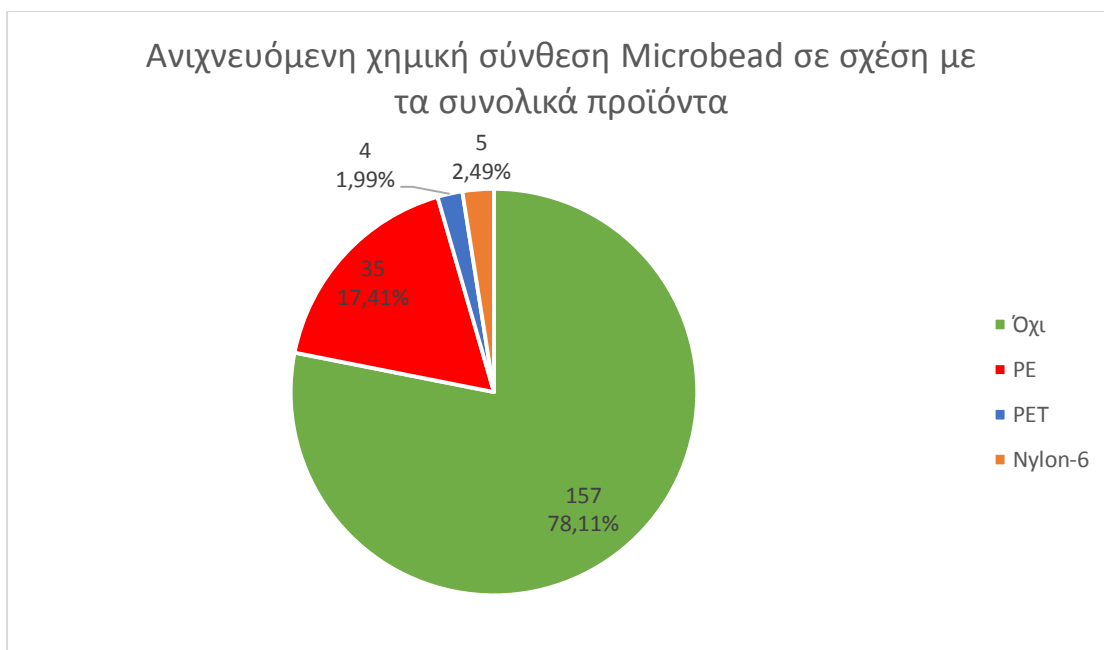
Διάγραμμα 10.4 – Διάγραμμα μεταβλητής Περιέχουν\_Microbeads στο σύνολο των προϊόντων

Από τα 44 προϊόντα που περιέχουν microbeads τα 8 (18,2%) έχουν αποκλειστική απολεπιστική ουσία microbeads ενώ τα 36 (81,8%) είναι μικτά.



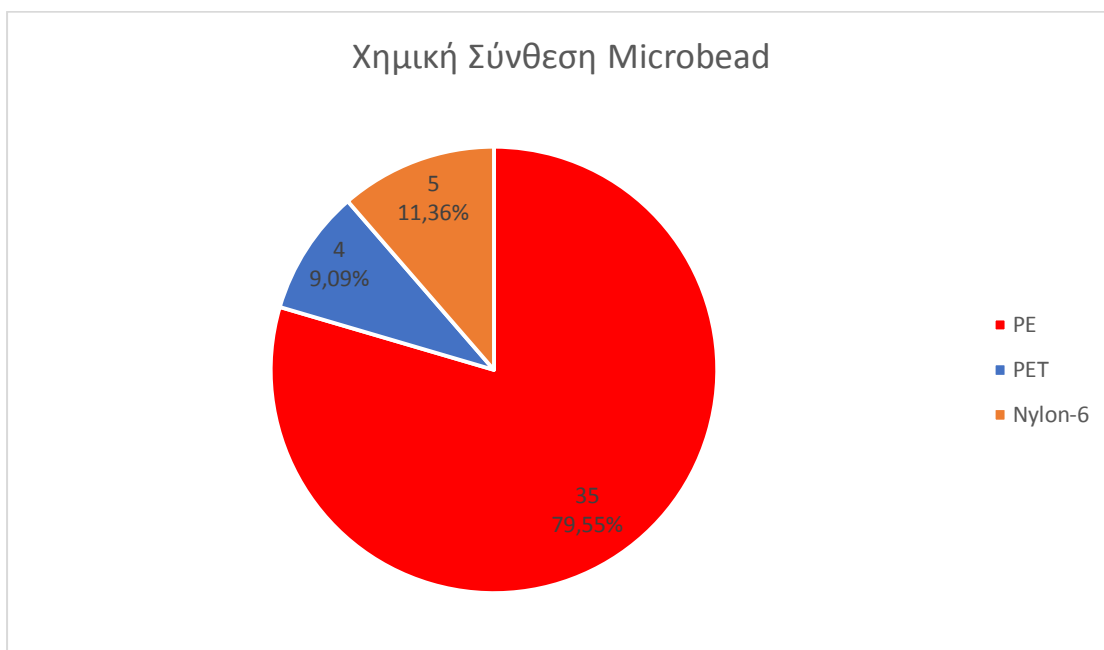
Διάγραμμα 10.5 - Διάγραμμα σύγκρισης προϊόντων με αποκλειστική απολεπιστική ουσία microbeads και μικτών προϊόντων

Από τα 201 (n = 201) συνολικά προϊόντα τα 35 (17,4%) περιέχουν polyethylene (PE), τα 4 (2%) polyethylene terephthalate (PET) και τα 5 (2,5%) Nylon-6.



Διάγραμμα 10.6 - Διάγραμμα μεταβλητής Χημική\_Σύνθεση\_Microbead

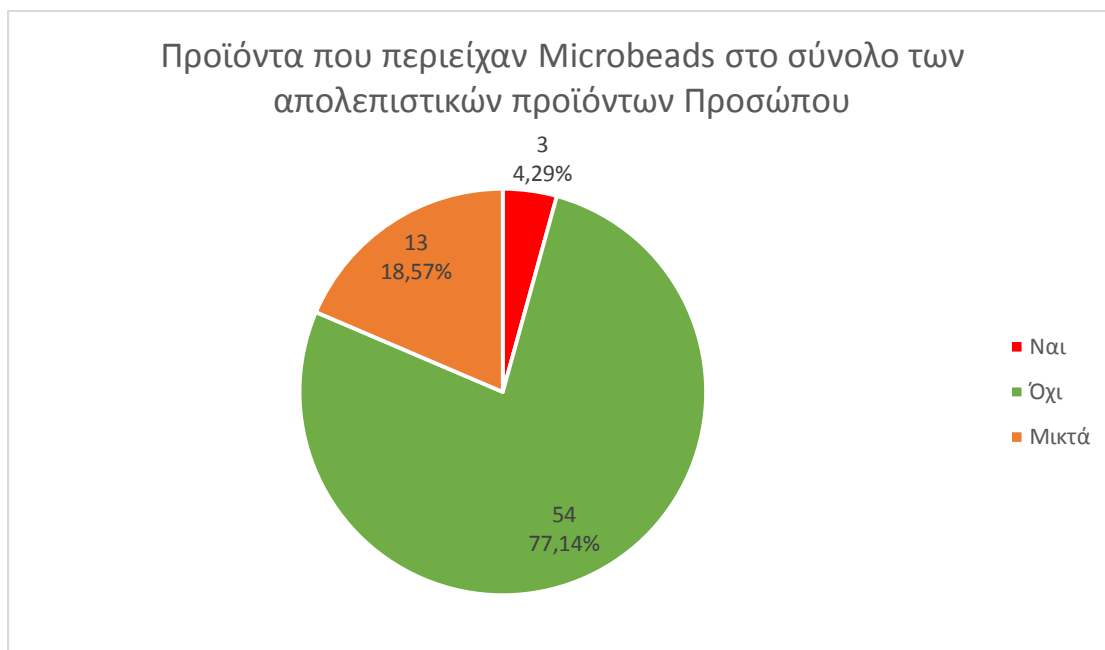
Από τα 44 συνολικά προϊόντα που περιέχουν microbeads τα 35 (79,5%) περιέχουν polyethylene (PE), τα 4 (9,1%) polyethylene terephthalate (PET) και τα 5 (11,4%) Nylon-6:



Διάγραμμα 10.7 - Διάγραμμα μεταβλητής Χημική\_Σύνθεση\_Microbead – περαιτέρω διερεύνηση

### 10.2.2 Απολεπιστικά προσώπου

Από τα συνολικά 70 απολεπιστικά προσώπου τα 16 (22,9%) περιείχαν microbeads. Από τα 16 τα 3 (4,3%) περιείχαν microbeads ως μοναδική καθαριστική ουσία ενώ τα 13 ήταν μικτά (18,6%).

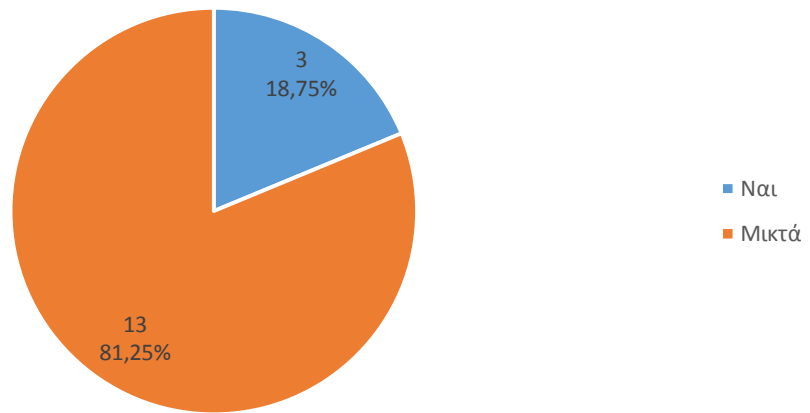


Διάγραμμα 10.8 - Διάγραμμα μεταβλητής Περιέχουν\_Microbeads σε σχέση με υπομεταβλητή Χρήση: Πρόσωπο

Αναλύοντας περαιτέρω τα απολεπιστικά προσώπου που περιείχαν microbeads τα 3 (18,8%) είχαν μοναδική καθαριστική ουσία microbeads, ενώ τα 13 (81,3%) ήταν μικτά.



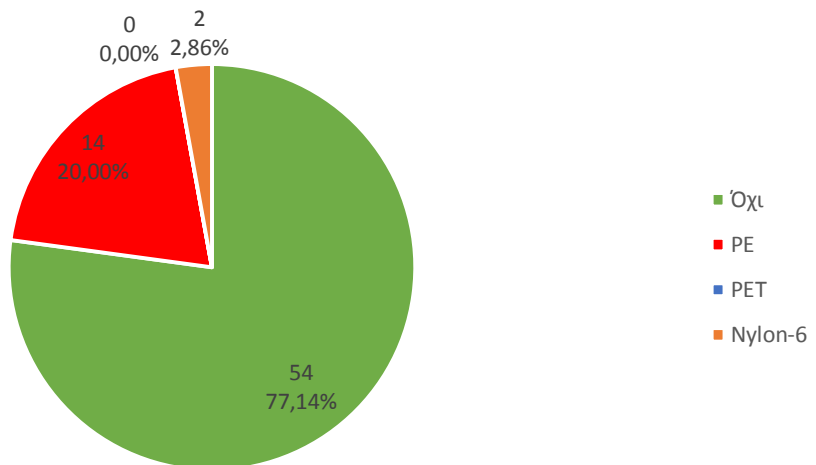
Επιμέρους ανάλυση των προϊόντων προσώπου που περιείχαν Microbeads



Διάγραμμα 10.9 - Διάγραμμα επιμέρους ανάλυσης των προϊόντων με Χρήση: Πρόσωπο που περιείχαν Microbeads

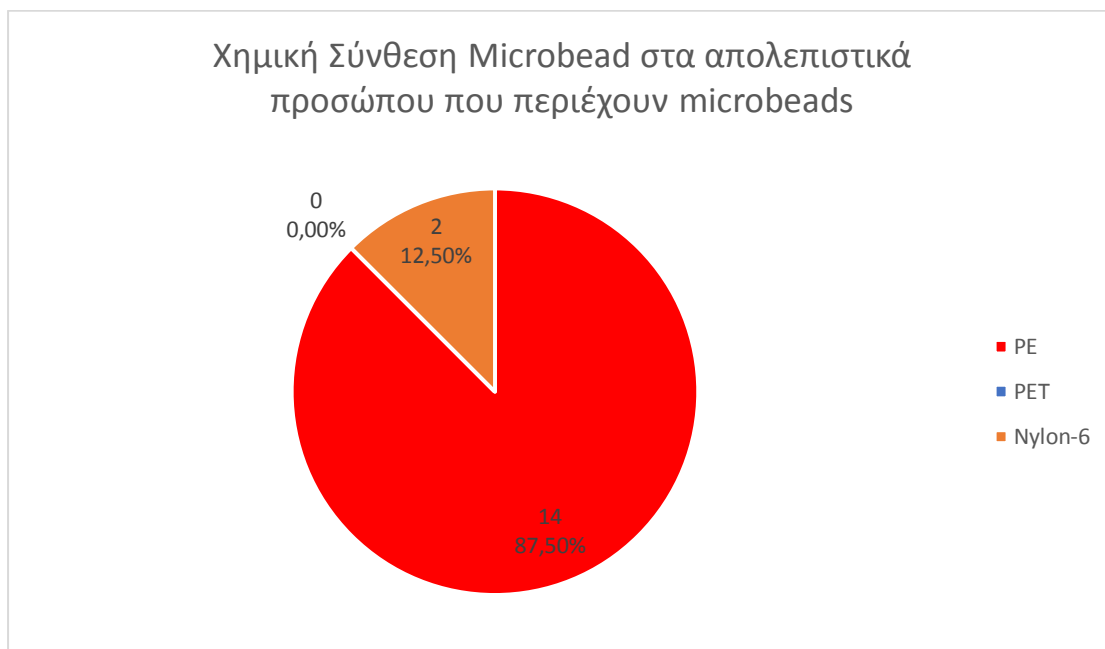
Από τα 70 προϊόντα προσώπου τα 14 (20,0%) περιέχουν polyethylene (PE), τα 2 (2,9%) Nylon-6 και κανένα (0%) δεν περιέχει polyethylene terephthalate (PET):

Χημική σύνθεση Microbead στο σύνολο των απολεπιστικών προσώπου



Διάγραμμα 10.10 - Διάγραμμα μεταβλητής Χημική Σύνθεση Microbead με υπομεταβλητή Είδος: Απολεπιστικό Προσώπου

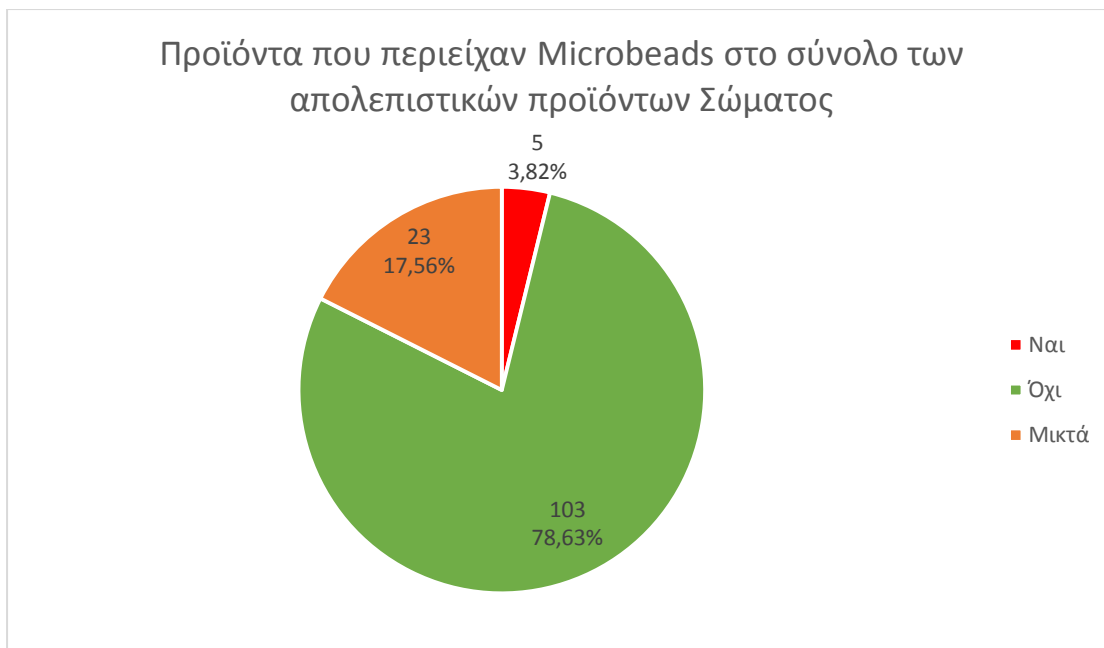
Από τα 16 απολεπιστικά πρόσωπου που περιείχαν microbeads τα 14 (87,5%) περιείχαν polyethylene ενώ 2 (12,5%) περιείχαν Nylon-6 και κανένα δεν περιείχε polyethylene terephthalate (PET):



Διάγραμμα 10.11 - Διάγραμμα μεταβλητής Χημική Σύνθεση Microbead με μεταβλητή: Περιέχουν Microbeads για υπομεταβλητή Χρήση: Πρόσωπο

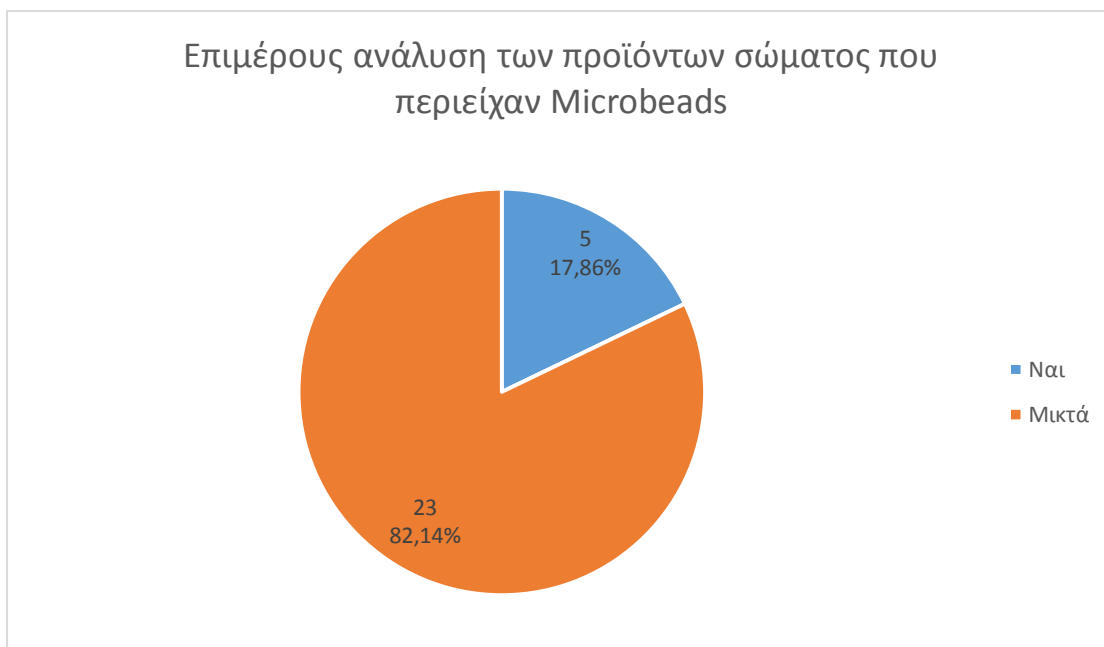
### 10.2.3 Απολεπιστικά σώματος

Από τα συνολικά 131 απολεπιστικά σώματος τα 28 (21,4%) περιείχαν microbeads. Από τα 28 τα 5 (3,8% επί των συνολικών απολεπιστικών σώματος) περιείχαν microbeads ως μοναδική απολεπιστική ουσία ενώ τα 23 (17,6% επί των συνολικών απολεπιστικών σώματος) ήταν μικτά.



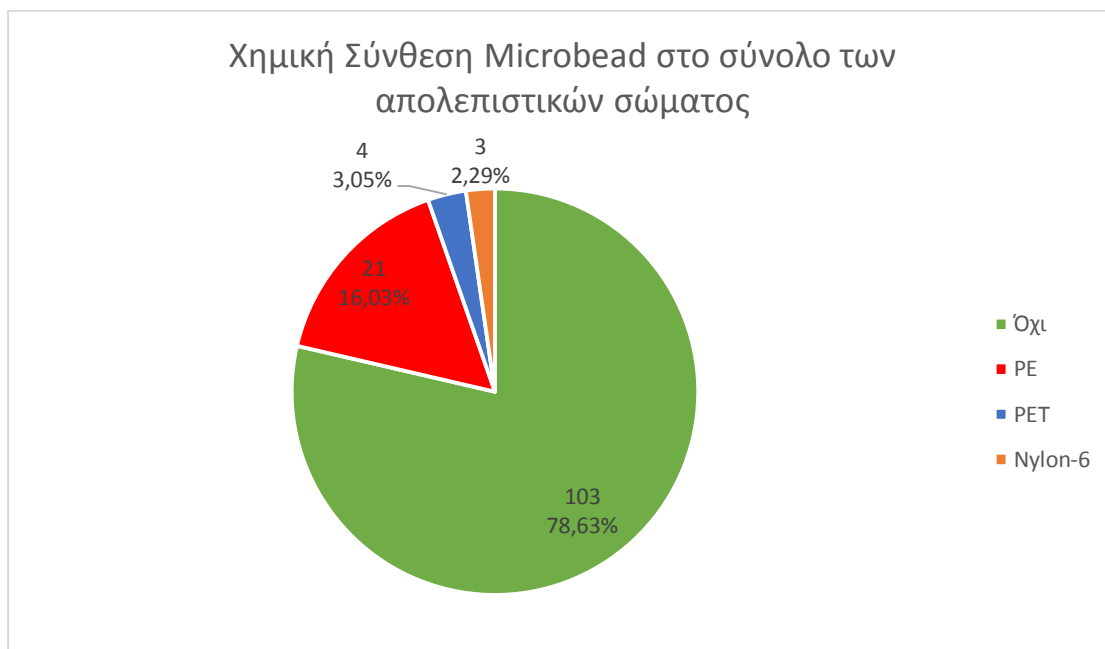
*Διάγραμμα 10.12 - Διάγραμμα μεταβλητής Περιέχουν\_Microbeads με υπομεταβλητή Χρήση: Σώμα*

Αναλύοντας περαιτέρω τα απολεπιστικά σώματος που περιείχαν microbeads, τα 5 (17,9%) περιείχαν microbeads ως μοναδική καθαριστική ουσία, ενώ τα 23 ήταν μικτά (82,1%):



*Διάγραμμα 10.13 - Διάγραμμα επιμέρους ανάλυσης των προϊόντων με Χρήση: Σώμα που περιείχαν Microbeads*

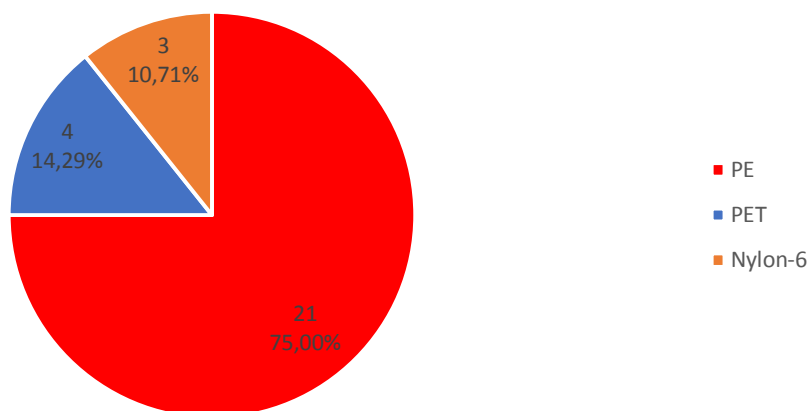
Από τα 131 απολεπιστικά προϊόντα σώματος τα 21 (16,0%) περιείχαν polyethylene (PE), τα 4 (3,1%) polyethylene terephthalate (PET) και τα 3 (2,3%) Nylon-6:



Διάγραμμα 10.14 - Διάγραμμα μεταβλητής Χημική Σύνθεση Microbead και υπομεταβλητή Χρήση: Σώμα

Αναλύοντας περαιτέρω τα 28 απολεπιστικά προϊόντα σώματος που περιείχαν microbeads τα 21 (75,0%) περιείχαν polyethylene (PE), τα 4 (14,3%) polyethylene terephthalate (PET) και τα 3 (10,7%) Nylon-6:

### Χημική Σύνθεση Microbead στα απολεπιστικά σώματος που περιείχαν Microbeads

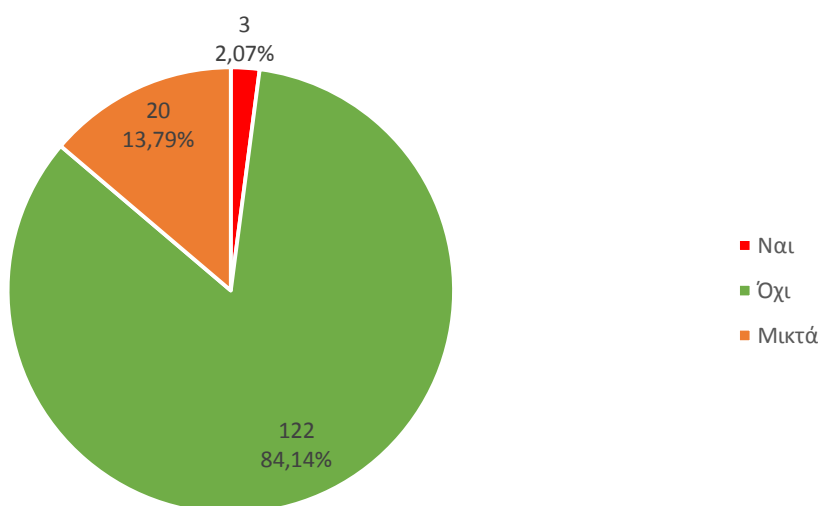


Διάγραμμα 10.15 - Διάγραμμα μεταβλητής Χημική Σύνθεση Microbead με μεταβλητή Περιέχουν\_Microbeads για υπομεταβλητή Χρήση: Σώμα

#### 10.2.4 Φυσικά προϊόντα με microbeads

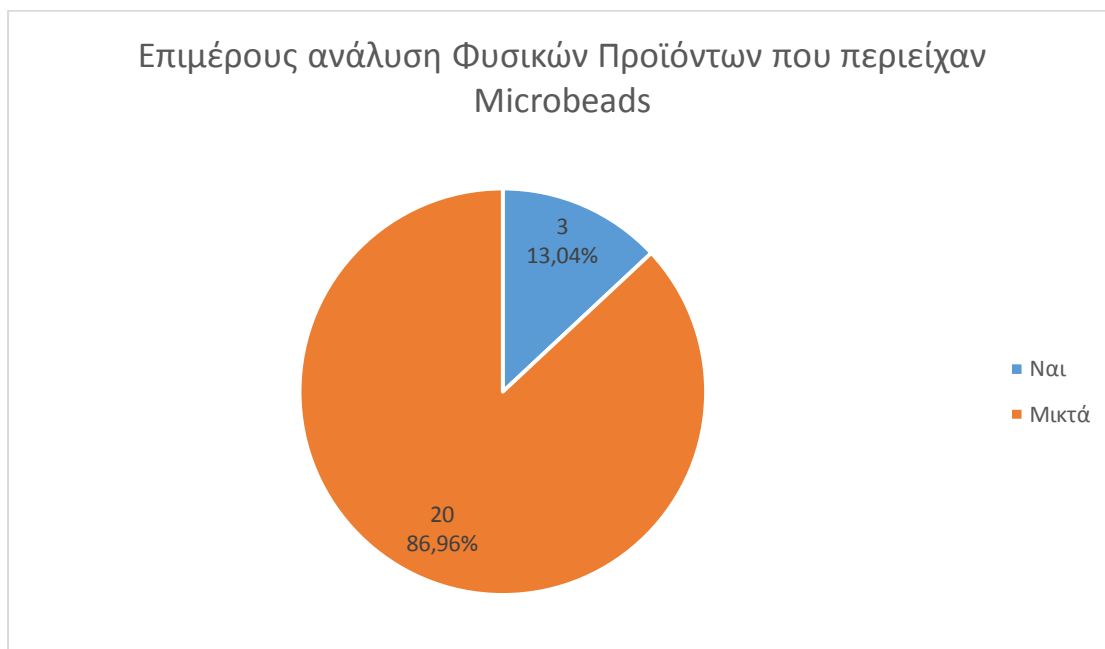
Από τα 145 συνολικά προϊόντα που «δήλωναν» φυσικά, τα 23 (15,9%) περιείχαν microbeads:

### Φυσικά Προϊόντα που περιείχαν Microbeads



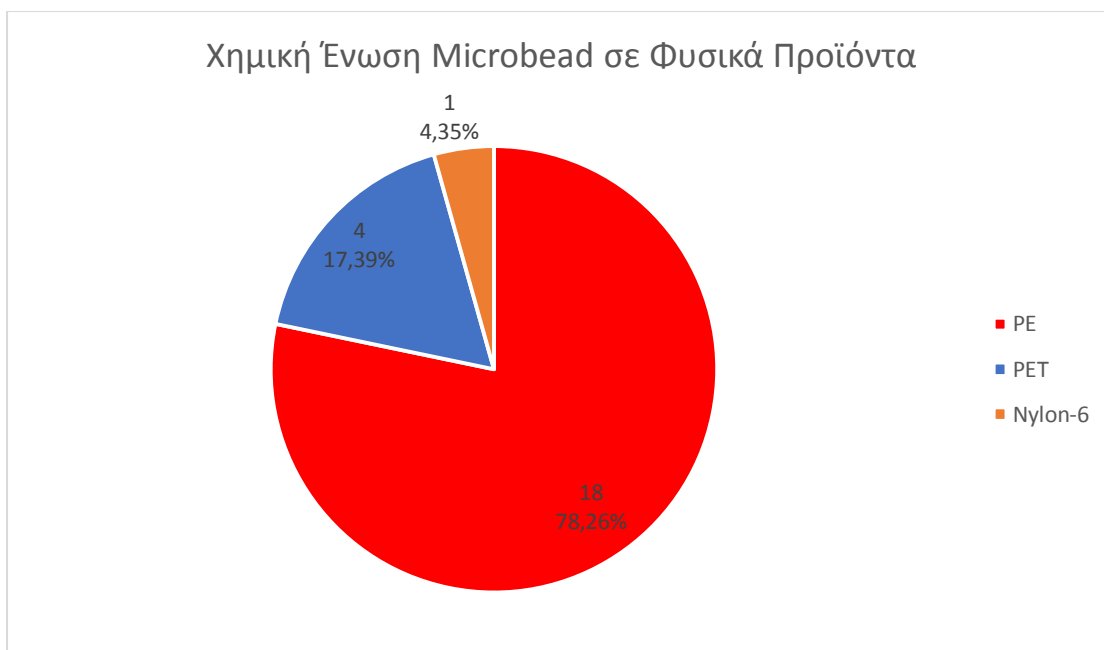
Διάγραμμα 10.16 - Διάγραμμα μεταβλητής Περιέχουν\_Microbeads με υπομεταβλητή Είδος: Φυσικό

Αναλύοντας περαιτέρω τα 23 προϊόντα που «δήλωναν» φυσικά και περιείχαν microbeads τα 3 (13,0%) είχαν μοναδική καθαριστική ουσία microbeads ενώ τα 20 (87,0%) ήταν μικτά:



Διάγραμμα 10.17 – Διάγραμμα επιμέρους ανάλυσης των προϊόντων με Είδος: Φυσικό που περιείχαν Microbeads

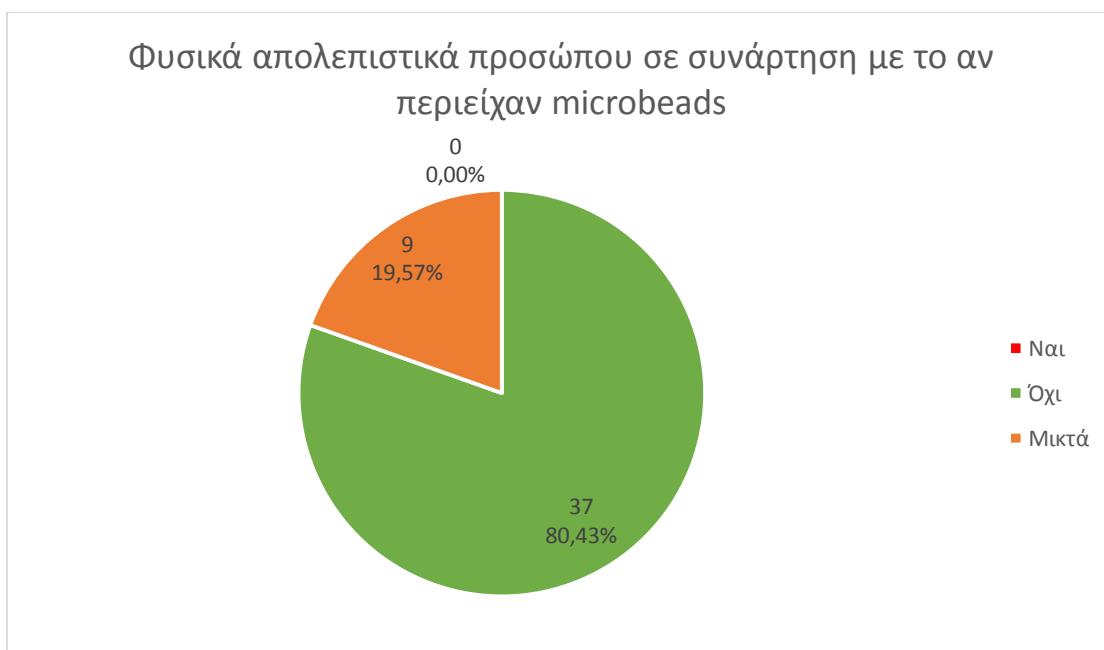
Στα 23 φυσικά προϊόντα που περιείχαν microbeads η δημοφιλέστερη χημική ένωση ήταν το polyethylene (PE) με 18 προϊόντα (78,2%), ακολουθούσε το polyethylene terephthalate με 4 προϊόντα (17,4%) και το Nylon-6 υπήρχε σε 1 προϊόν (4,3%):



Διάγραμμα 10.18 - Διάγραμμα Χημική Ένωση Microbead με υπομεταβλητή Είδος: Φυσικό

#### 10.2.4.1 Φυσικά απολεπιστικά προσώπου

Από τα 46 απολεπιστικά προϊόντα προσώπου που «δήλωναν» φυσικά τα 9 (19,6%) περιείχαν microbeads:



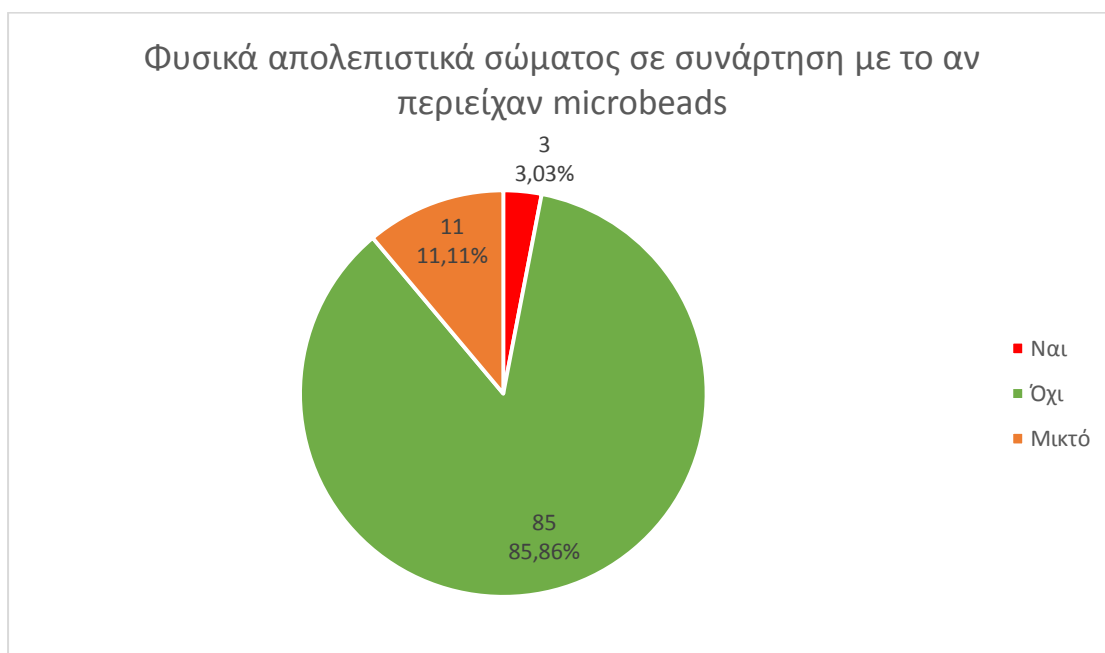
Διάγραμμα 10.19 - Διάγραμμα μεταβλητής Περιέχουν\_Microbeads με υπομεταβλητή Είδος: Φυσικό και Χρήση: Πρόσωπο

Και τα 9 (100%) απολεπιστικά προϊόντα προσώπου που «δήλωναν» φυσικά και περιείχαν microbeads ήταν μικτά. Δεν ανακτήθηκε δηλαδή κανένα (0%)

φυσικό απολεπιστικό προσώπου που να έχει μοναδική καθαριστική ουσία microbead.

#### 10.2.4.2 Φυσικά απολεπιστικά σώματος

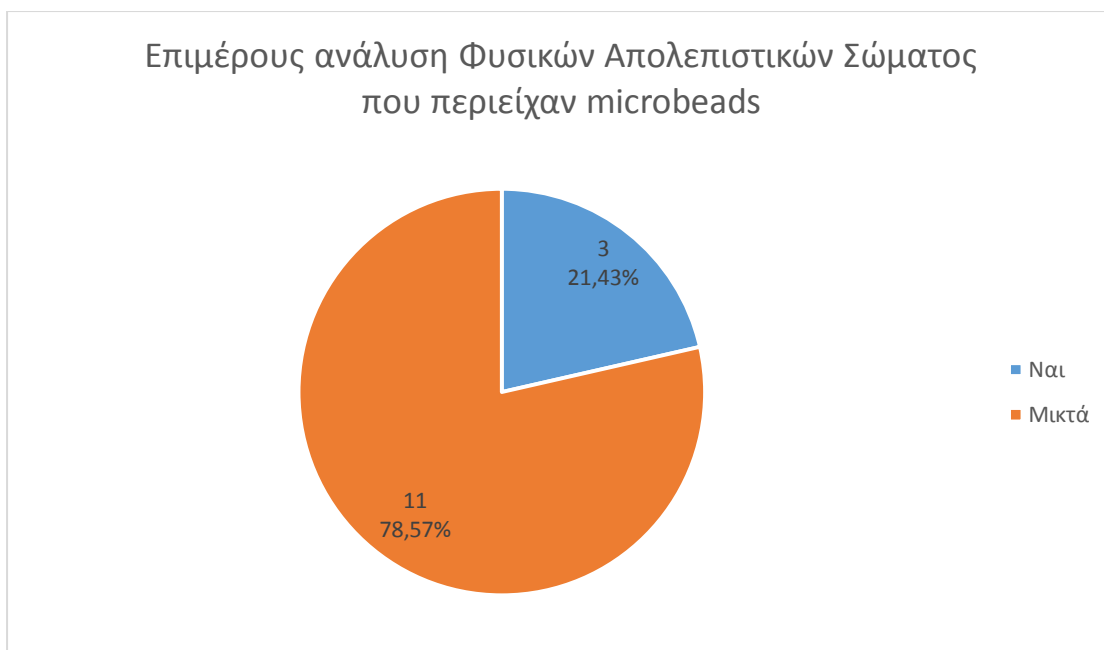
Από τα 99 απολεπιστικά προϊόντα σώματος που «δήλωναν» φυσικά τα 14 (14,1%) περιείχαν microbeads:



Διάγραμμα 10.20 - Διάγραμμα μεταβλητής Περιέχουν\_Microbeads και υπομεταβλητής Είδος: Φυσικό και Χρήση: Σώμα

Τα 3 (21,4%) απολεπιστικά προϊόντα σώματος που δήλωναν φυσικά περιείχαν ως μοναδική ουσία καθαρισμού microbeads ενώ τα 11 (78,6%) ήταν μικτά:

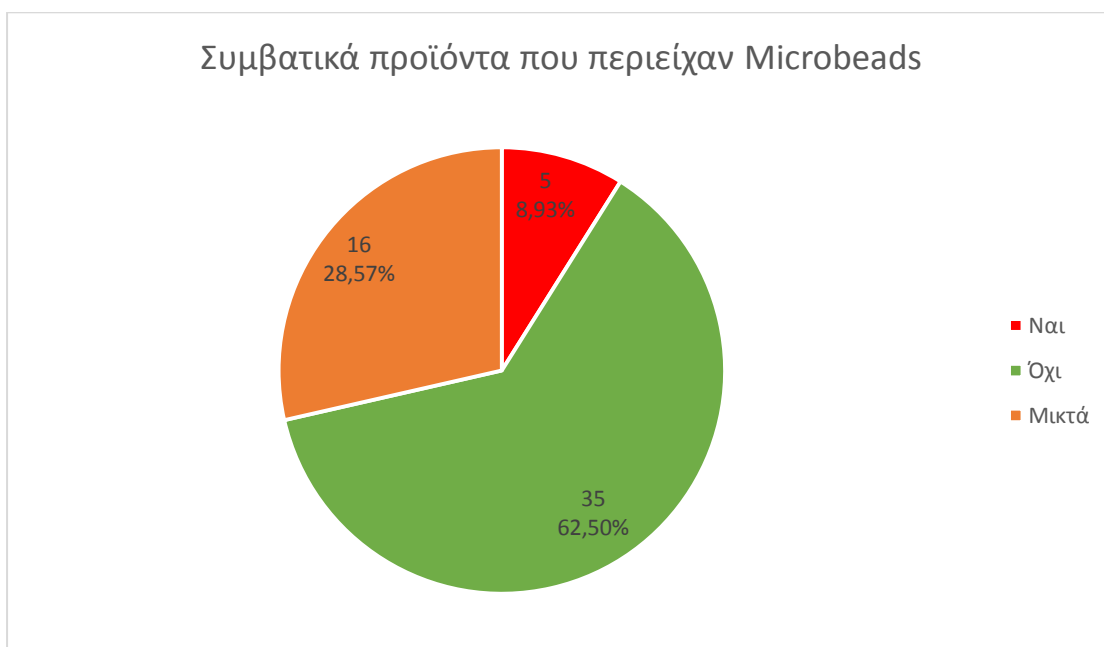




Διάγραμμα 10.21 – Διάγραμμα επιμέρους ανάλυσης προϊόντων με Είδος: Φυσικό και Χρήση: Σώμα προϊόντων που περιείχαν Microbeads

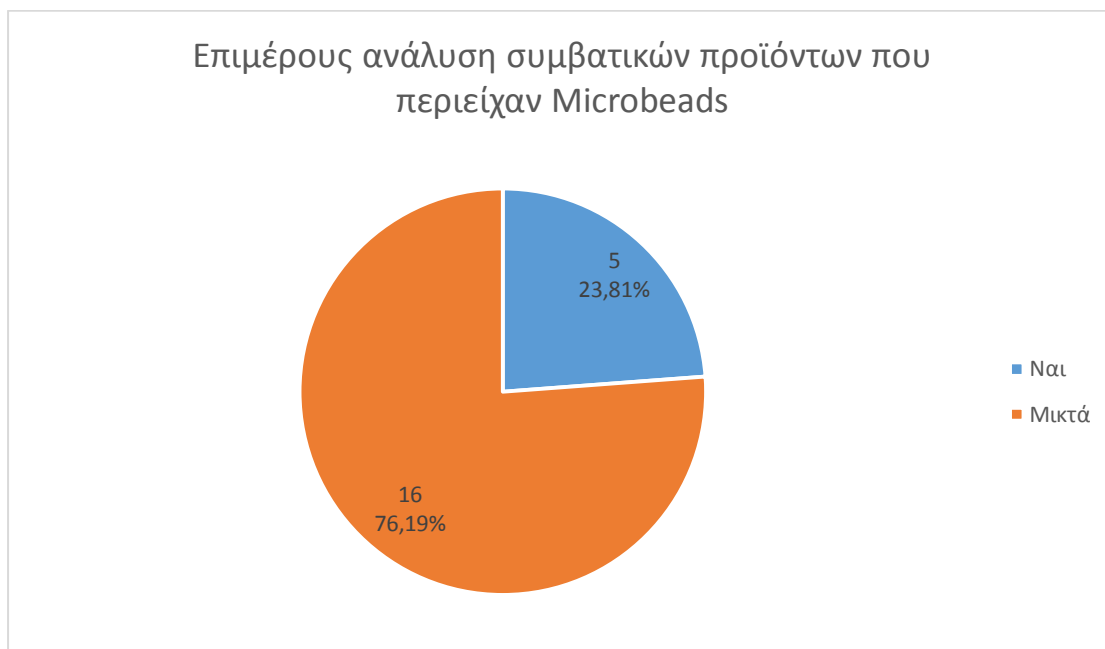
### 10.2.5 Συμβατικά προϊόντα με microbeads

Από τα 56 συνολικά προϊόντα που «δήλωναν» συμβατικά, τα 21 (37,5%) περιείχαν microbeads.



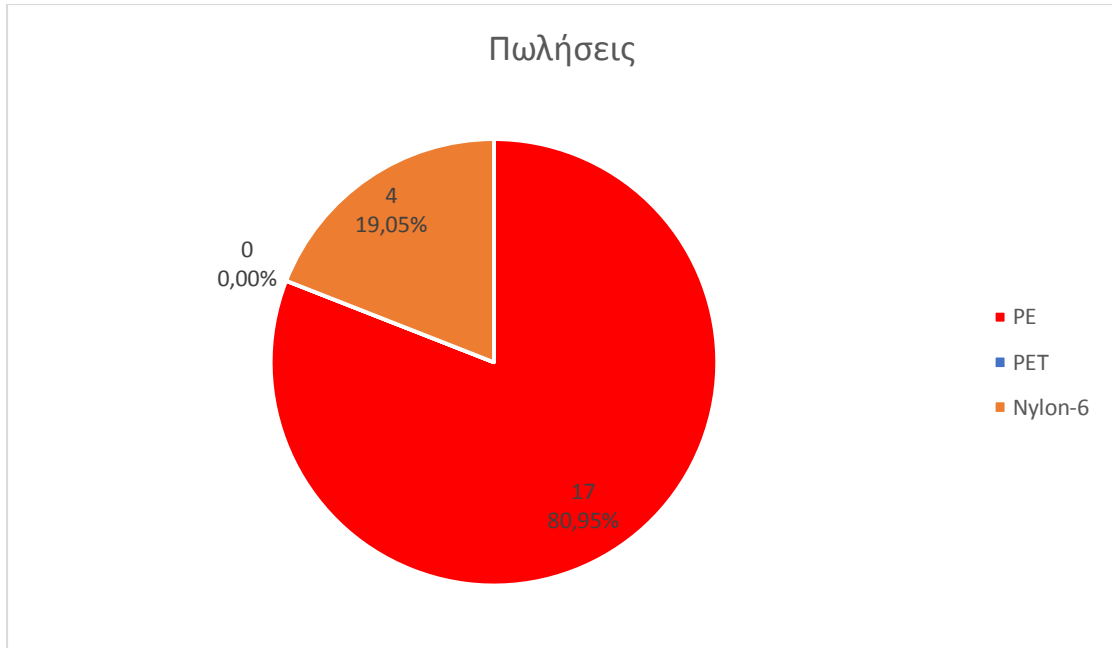
Διάγραμμα 10.22 - Διάγραμμα μεταβλητής Περιέχουν\_Microbeads με υπομεταβλητή Είδος: Συμβατικό

Αναλύοντας περαιτέρω τα 21 προϊόντα που «δήλωναν» συμβατικά και περιείχαν microbeads, τα 5 (23,8%) είχαν μοναδική καθαριστική ουσία microbeads και τα 16 (76.2%) ήταν μικτά:



Διάγραμμα 10.23 - Επιμέρους ανάλυση συμβατικών προϊόντων που περιείχαν Microbeads

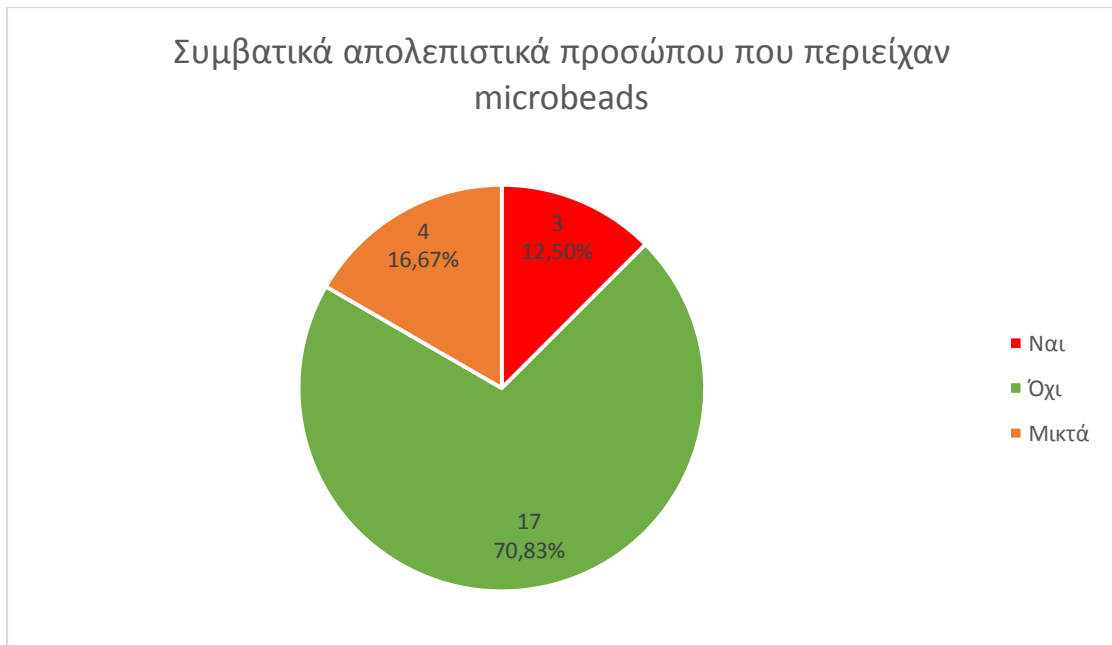
Στα 21 συμβατικά προϊόντα που περιείχαν microbeads η δημοφιλέστερη χημική ένωση ήταν το polyethylene (PE) με 17 προϊόντα (81,0%) και ακολουθούσε το Nylon-6 υπήρχε με 4 προϊόντα (19,0%). Δεν ανακτήθηκε συμβατικό προϊόν που να περιείχε PET (0%):



Διάγραμμα 10.24 - Διάγραμμα Χημική Ένωση Microbead με υπομεταβλητή Είδος: Συμβατικό

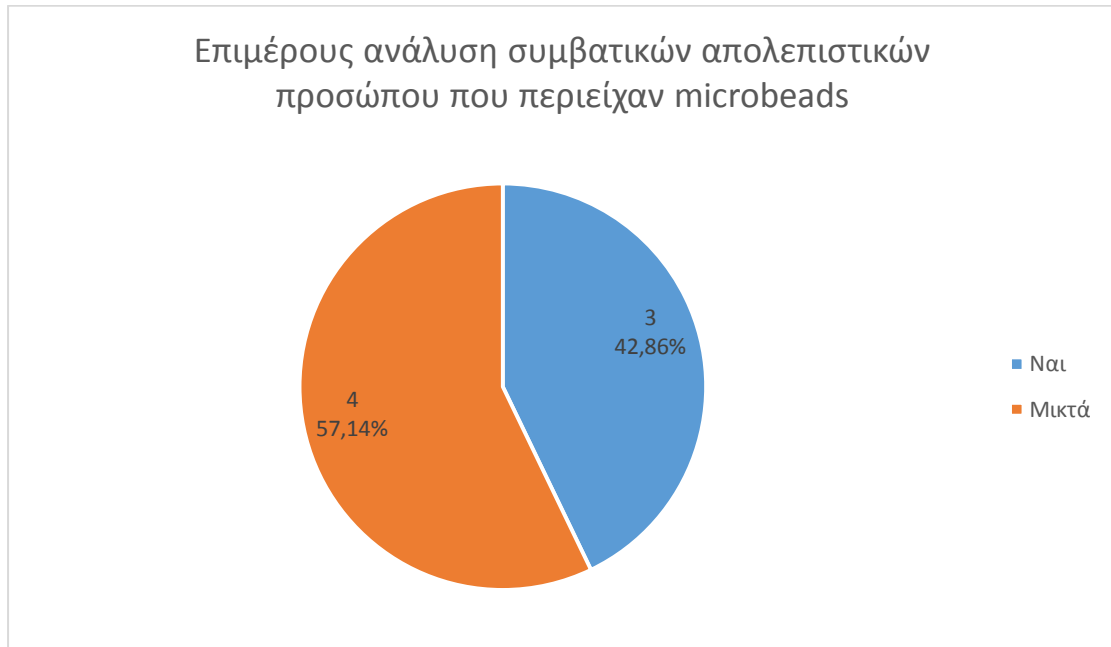
#### 10.2.5.1 Συμβατικά απολεπιστικά προσώπου

Από τα 24 απολεπιστικά προϊόντα προσώπου που «δήλωναν» συμβατικά τα 7 (29,2%) περιείχαν microbeads:



Διάγραμμα 10.25 - Διάγραμμα μεταβλητής Περιέχουν\_Microbeads με υπομεταβλητή Είδος: Συμβατικό και Χρήση: Πρόσωπο

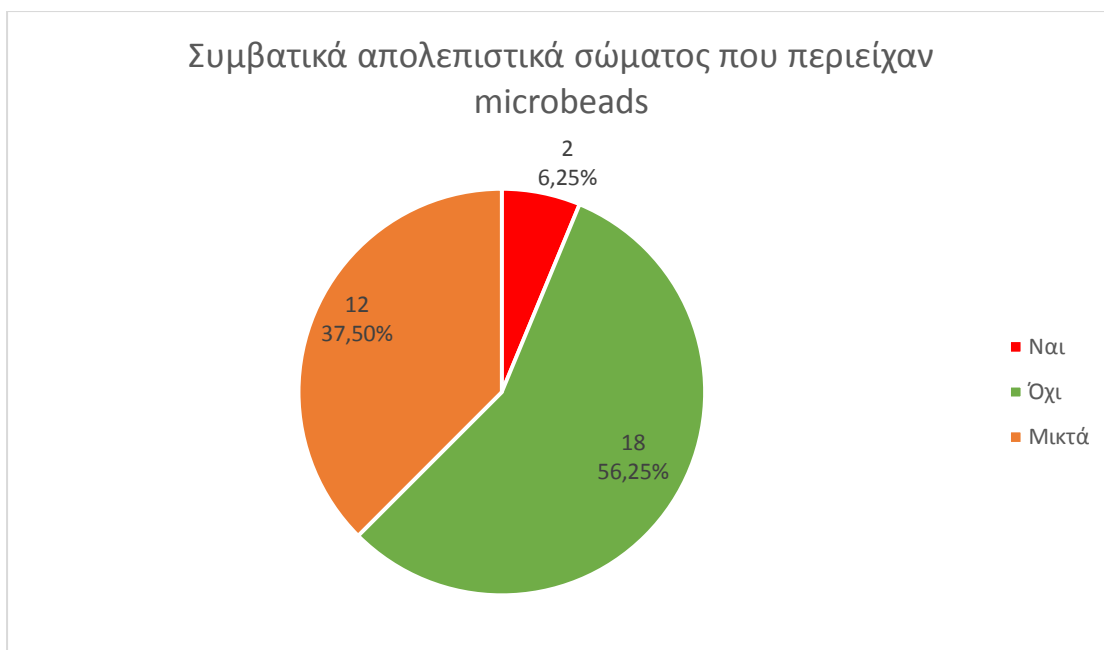
Αναλύοντας περαιτέρω τα 7 απολεπιστικά προσώπου τα οποία δήλωναν συμβατικά και περιείχαν microbeads, τα 3 (42,9%) είχαν αποκλειστική καθαριστική ουσία microbeads, ενώ τα 4 (57,1%) ήταν μικτά:



Διάγραμμα 10.26 - Διάγραμμα επιμέρους ανάλυσης προϊόντων με Είδος: Συμβατικό και Χρήση: Πρόσωπο προϊόντων που περιείχαν Microbeads

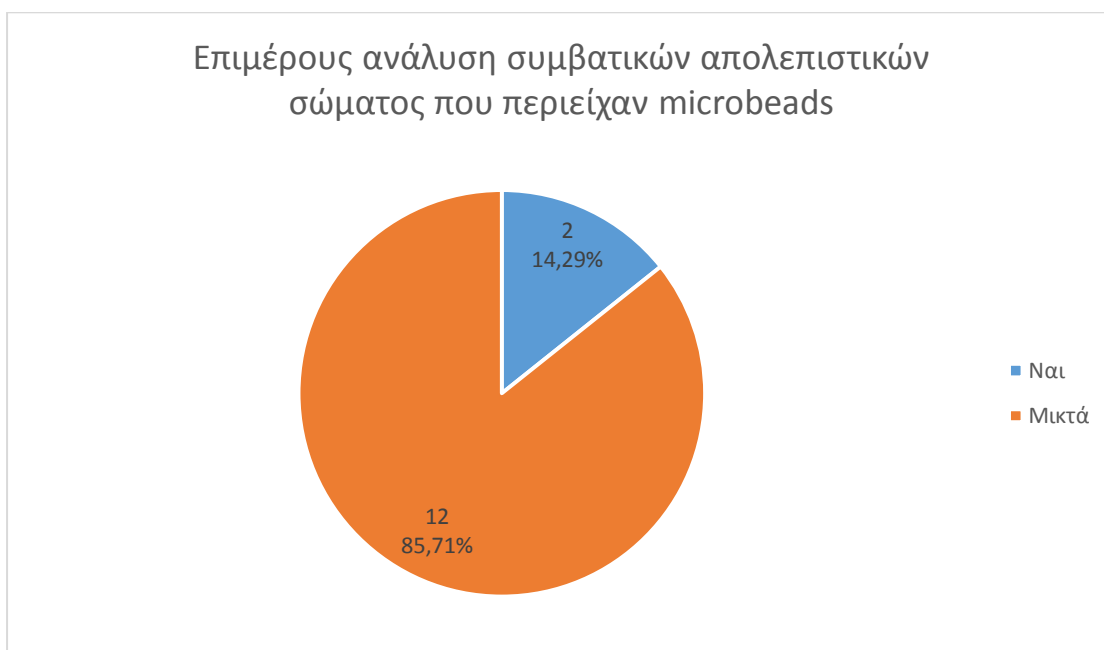
#### 10.2.5.2 Συμβατικά απολεπιστικά σώματος

Από τα 32 συνολικά απολεπιστικά σώματος που «δήλωναν» συμβατικά τα 14 (43,8%) περιείχαν microbeads:



Διάγραμμα 10.27 - Διάγραμμα μεταβλητής: Περιέχουν Microbeads και υπομεταβλητής Είδος: Συμβατικό και Χρήση: Σώμα

Αναλύοντας περαιτέρω τα 14 απολεπιστικά σώματος που δήλωναν συμβατικά και περιείχαν microbeads, τα 2 (14,3%) είχαν αποκλειστική καθαριστική ουσία microbead και τα 12 ήταν μικτά (85,7%):

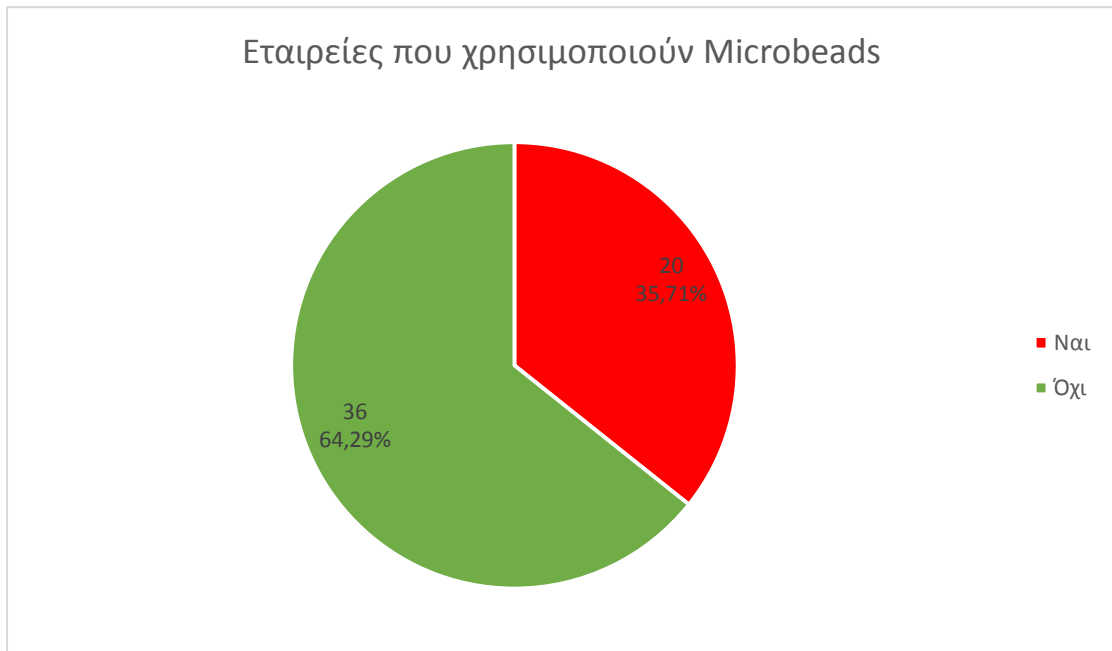


Διάγραμμα 10.28 - Διάγραμμα επιμέρους ανάλυσης προϊόντων με Είδος: Συμβατικό και Χρήση: Σώμα προϊόντων που περιείχαν Microbeads

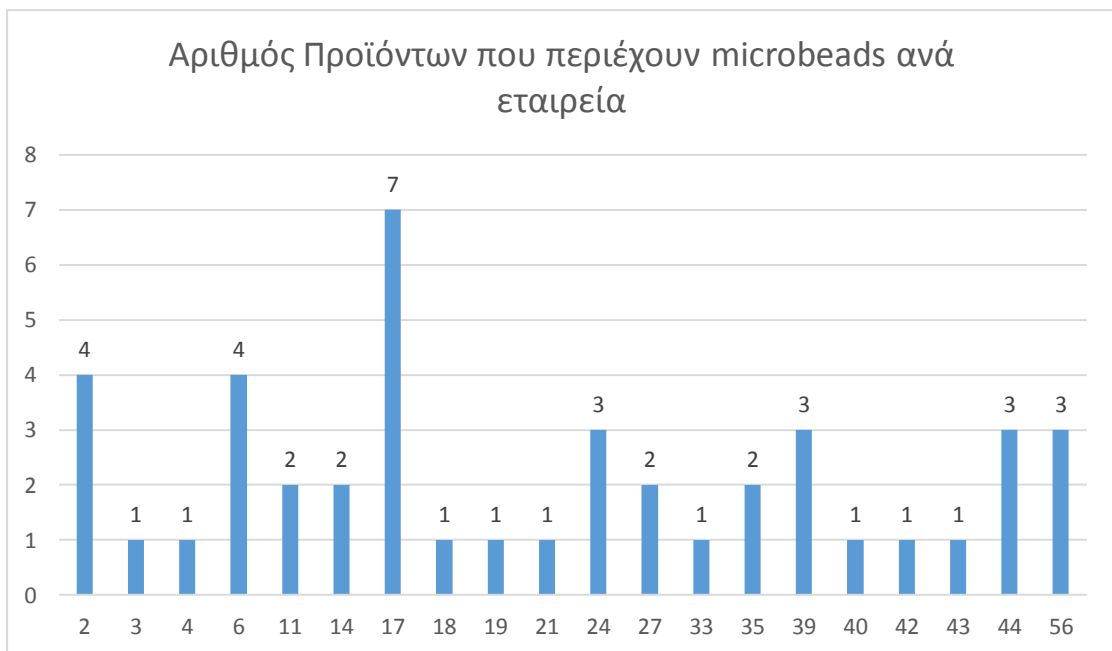
### 10.3 Εταιρείες

20 (35,7%) εταιρείες από τις συνολικά 56 χρησιμοποιούν microbeads στα προϊόντα τους. Συγκεκριμένα οι εταιρείες:

2, 3, 4, 6, 11, 14, 17, 18, 19, 21, 24, 27, 33, 35, 39, 40, 42, 43, 44, 45



Διάγραμμα 10.29 - Διάγραμμα μεταβλητής Εταιρεία με μεταβλητή Περιέχουν\_Microbeads



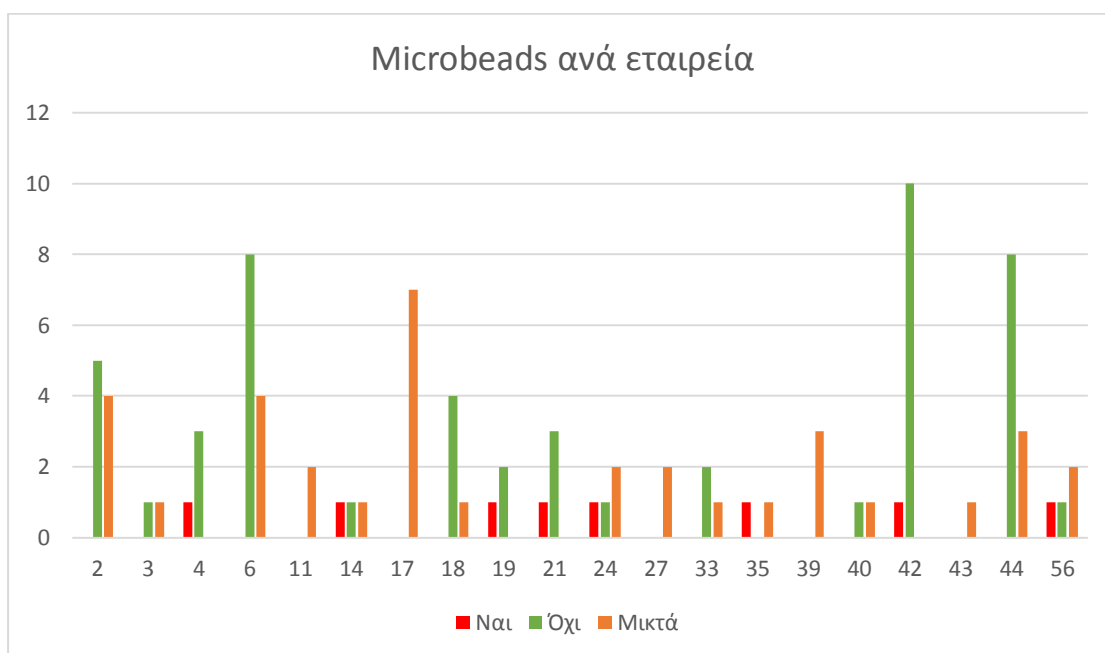
Διάγραμμα 10.30 – Διάγραμμα στηλών αριθμού Προϊόντων που Περιέχουν\_Microbeads ανά Εταιρεία

Αναλύοντας περαιτέρω τις 20 εταιρείες που χρησιμοποιούν στα προϊόντα τους microbeads, οι 14 (70,0%) έχουν παράλληλα και προϊόντα που δεν περιέχουν microbeads και συγκεκριμένα οι εταιρείες: 2, 3, 4, 6, 14, 18, 19, 21, 24, 33, 35, 40, 42, 44, 56

Μόλις 3 (15,0%) εταιρείες έχουν τόσο προϊόντα που έχουν αποκλειστική καθαριστική ουσία microbeads όσο και μικτά προϊόντα και συγκεκριμένα οι εταιρείες: 24, 35, 56:

Καμία εταιρεία (0%) δε βρέθηκε που να έχει μόνο προϊόντα που έχουν αποκλειστικό συστατικό καθαρισμού microbeads

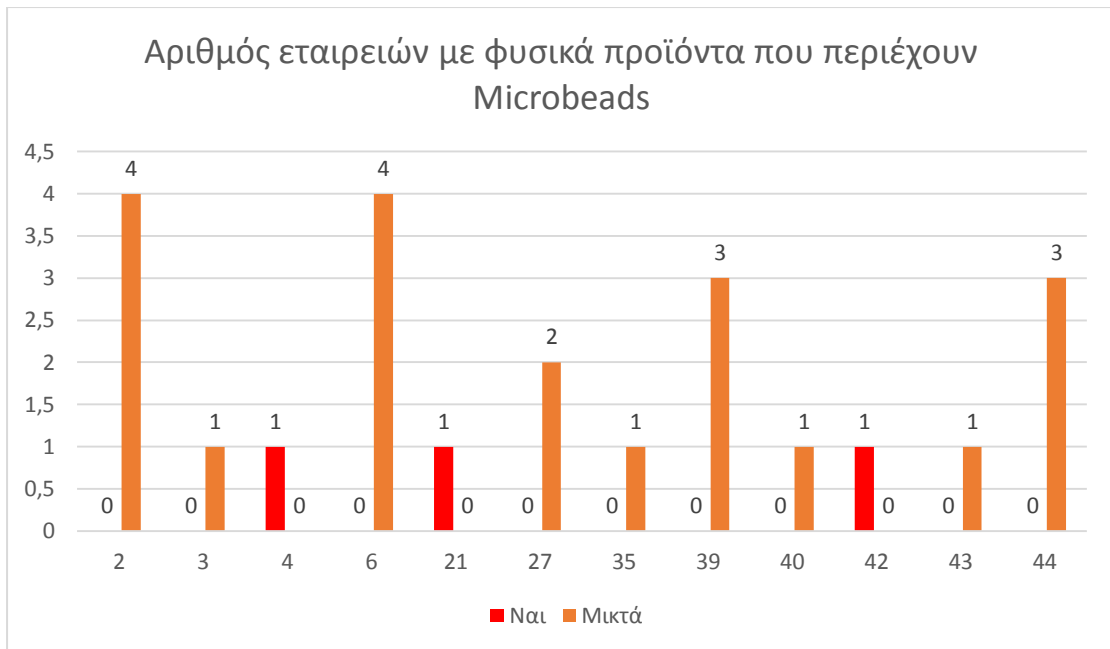
5 (20,0%) εταιρείες που χρησιμοποιούν στα προϊόντα τους microbeads έχουν αποκλειστικά μικτά προϊόντα και μόνο και συγκεκριμένα οι: 11, 17, 27, 39, 43



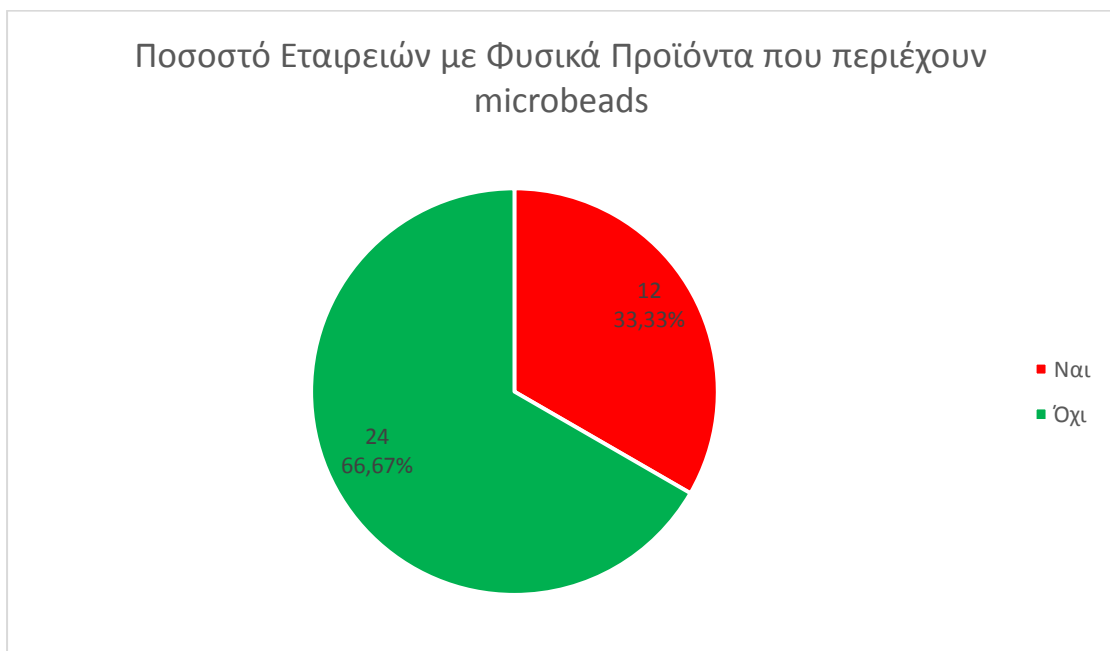
Διάγραμμα 10.31 - Διάγραμμα στηλών μεταβλητής Περιέχει\_Microbeads με μεταβλητή Εταιρεία

### 10.3.1 Εταιρείες που δηλώνουν φυσικές και χρησιμοποιούν microbeads

Από τις 36 εταιρείες που δήλωναν ότι παράγουν φυσικά προϊόντα βρέθηκαν προϊόντα που περιέχουν microbeads σε 12 (33,3%) εταιρείες και συγκεκριμένα στις: 2, 3, 4, 6, 21, 27, 35, 39, 40, 42, 43, 44:



Διάγραμμα 10.32 - Διάγραμμα στηλών αριθμού φυσικών εταιρειών με προϊόντα που περιέχουν microbeads



Διάγραμμα 10.33 - Διάγραμμα μεταβλητής Περιέχουν\_Microbeads ανά υπομεταβλητή Εταιρεία με Είδος: Φυσικό

### 10.3.2 Χημική σύνθεση microbead που χρησιμοποιούν οι περισσότερες εταιρείες

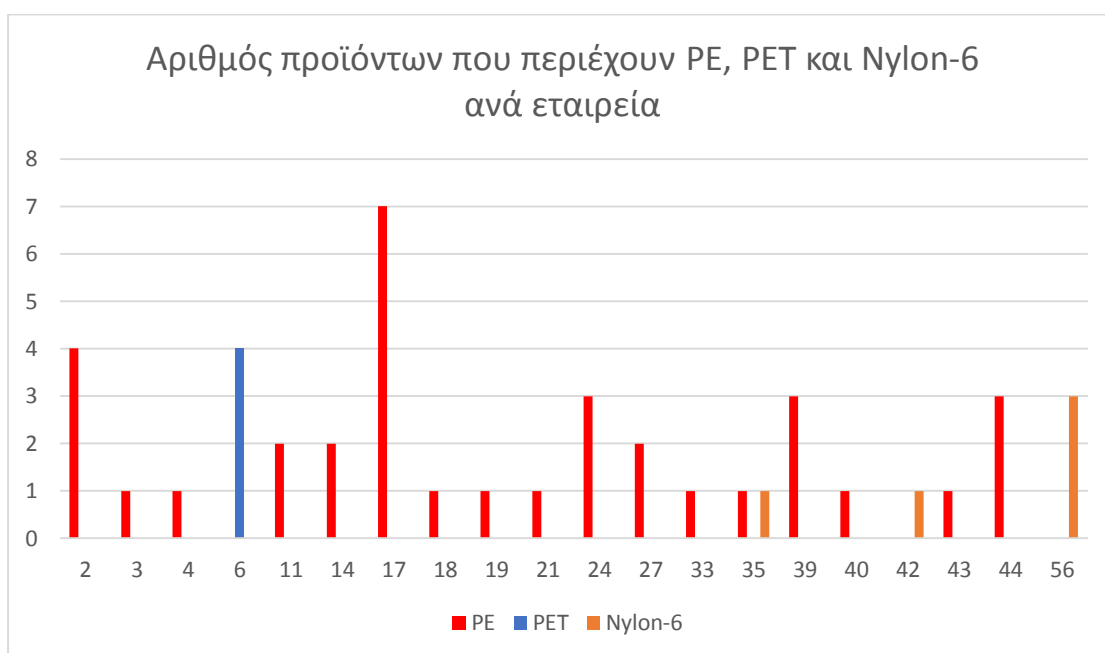
17 (85%) από τις 20 εταιρείες με προϊόντα με microbeads χρησιμοποιούν polyethylene (PE) και συγκεκριμένα οι εταιρείες: 2, 3, 4, 11, 14, 17, 18, 19, 21, 24, 27, 33, 35, 39, 40, 43, 44



Μία μόνο εταιρεία (5,0%) χρησιμοποιούσε PET στα προϊόντα της και συγκεκριμένα η εταιρεία 6

3 εταιρείες (15,0%) χρησιμοποιούσαν Nylon-6 στα προϊόντα τους και συγκεκριμένα οι: 35, 42, 56

Η εταιρεία 35 ήταν η μόνη (1,8%) εταιρεία που είχε τόσο προϊόν με polyethylene όσο και προϊόν με Nylon-6:

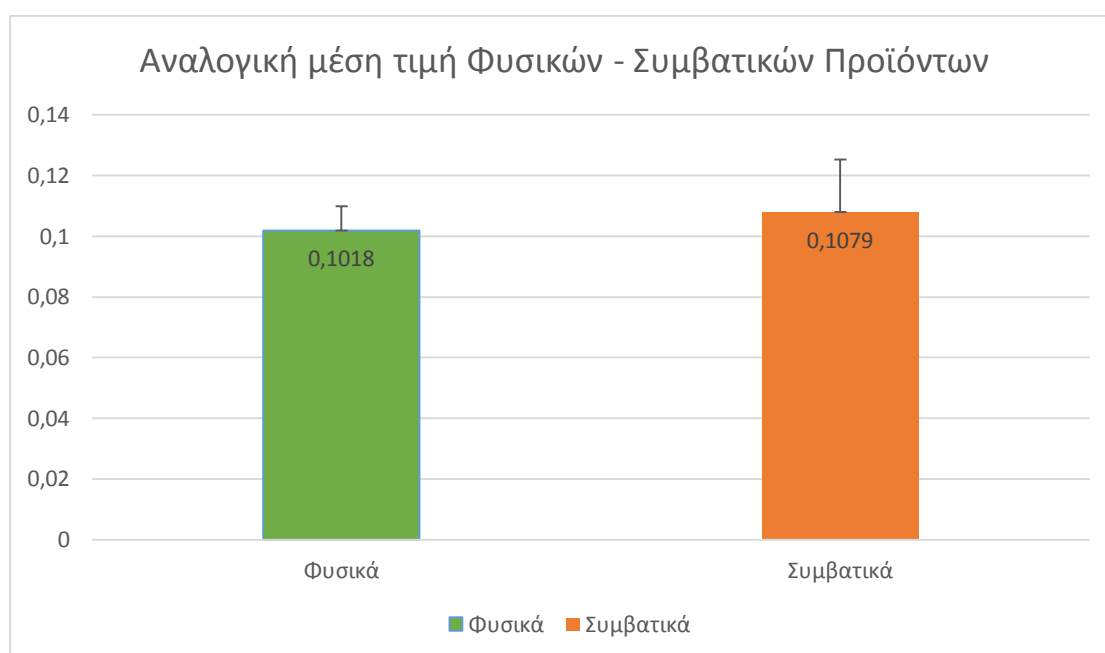


Διάγραμμα 10.34 - Διάγραμμα στήλης μεταβλητής Χημική Ένωση ανά μεταβλητή: Εταιρεία

## 10.4 Σύγκριση τιμής

### 10.4.1 Σύγκριση μεταξύ φυσικών και συμβατικών

Αν εξεταστεί το σύνολο των προϊόντων (n=201) τα φυσικά προϊόντα (n=145) δε φαίνεται να είναι ακριβότερα από τα συμβατικά (n=56) καθώς η μέση αναλογική τιμή των φυσικών (mean=0,1018 ευρώ ανά ml) μάλιστα κατά ελάχιστα μικρότερη της μέσης αναλογικής τιμής των συμβατικών (mean=0,1079 ευρώ ανά ml)

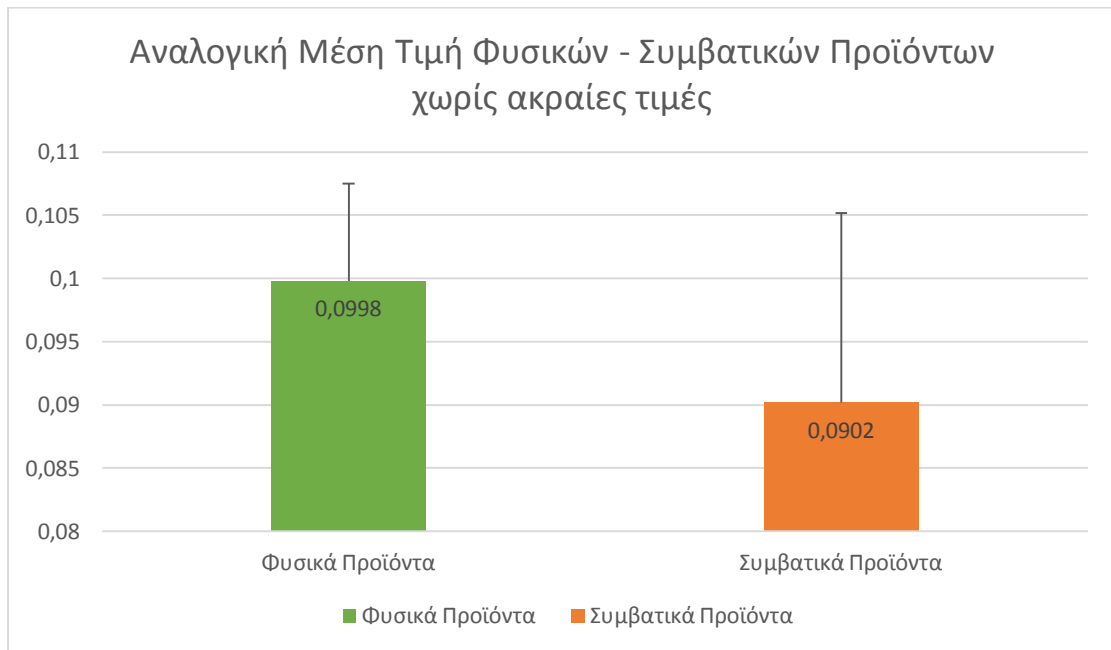


Διάγραμμα 10.35 – Διάγραμμα στηλών σύγκρισης αναλογικής μέσης τιμής μεταξύ φυσικών και συμβατικών προϊόντων

Το παραπάνω συμπέρασμα πιθανότατα να επηρεάζεται από προϊόντα με ιδιαίτερα υψηλή τιμή τα οποία χρησιμοποιούνται για επαγγελματικό σκοπό, όπως τα 4 προϊόντα της φυσικής εταιρείας με κωδική ονομασία 4 και τα 3 προϊόντα της συμβατικής εταιρείας με κωδική ονομασία 53. Κρίθηκε σκόπιμο να εξεταστεί αν ευσταθεί ο παραπάνω ισχυρισμός αφαιρώντας τα προϊόντα των παραπάνω εταιρειών (ακραίες τιμές).

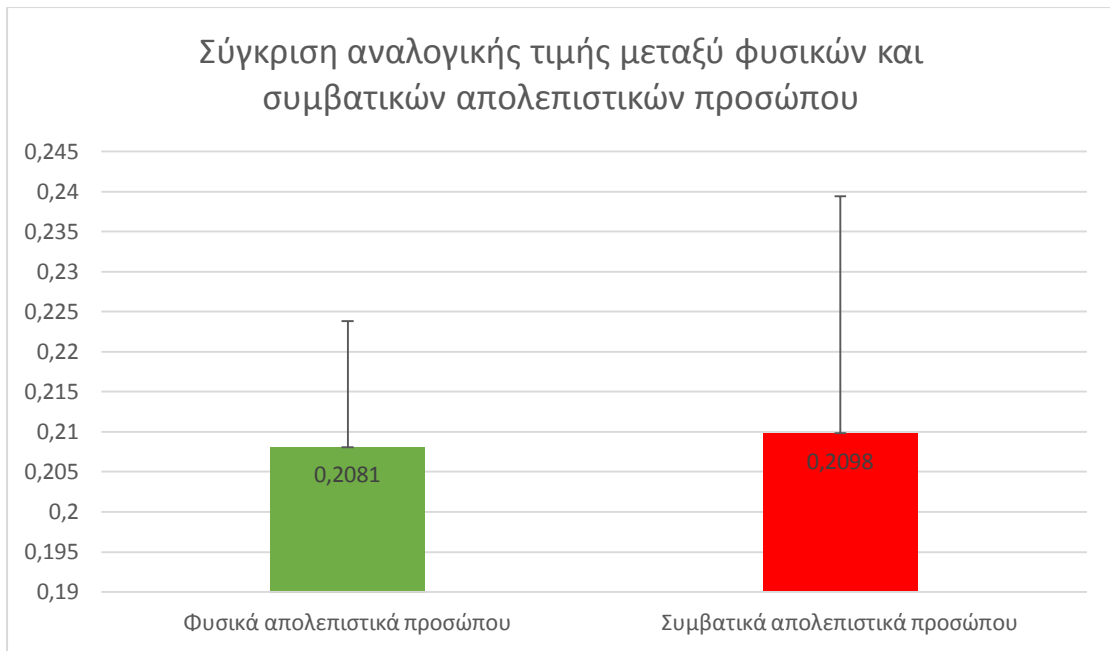
Σε σύνολο 194 προϊόντων (n=194) από 54 εταιρείες (n=54) τα φυσικά προϊόντα (n=141) ήταν κατ' ελάχιστο ακριβότερα (mean=0,0998) από τα 53 (n=53) συμβατικά (mean=0,0901). Το αποτέλεσμα δε φαίνεται να επηρεάζεται

ιδιαίτερα από τις ακραίες τιμές και τα φυσικά με τα συμβατικά φαίνεται να έχουν παρόμοια τιμή.



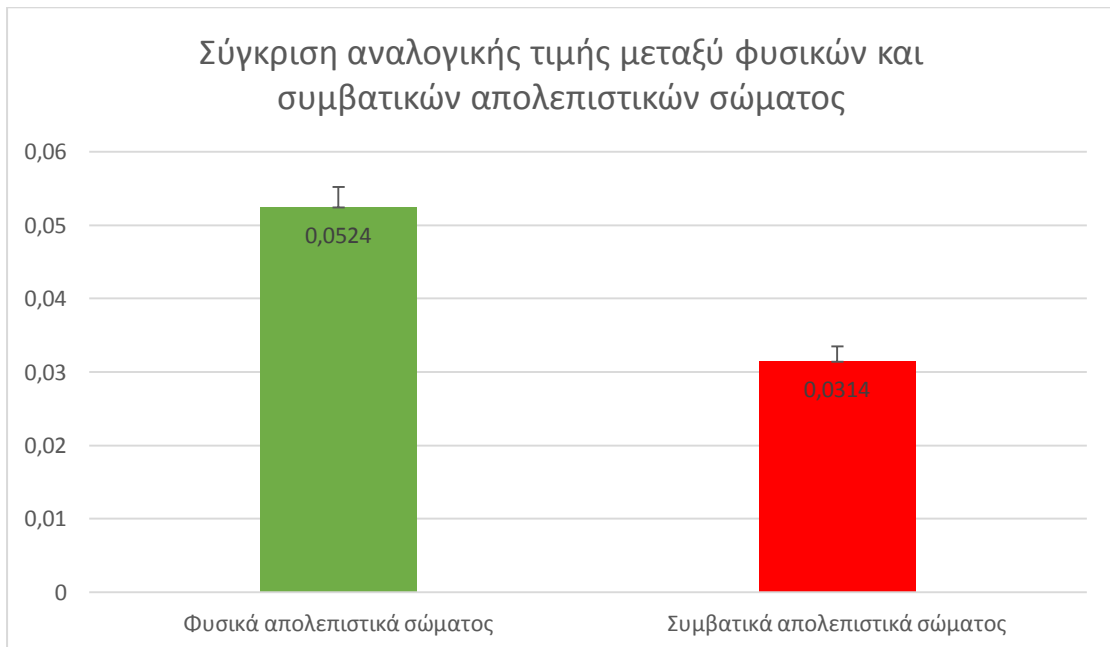
Διάγραμμα 10.36 - Διάγραμμα στήλων σύγκρισης αναλογικής μέσης τιμής μεταξύ φυσικών και συμβατικών προϊόντων

Στο σύνολο των προϊόντων (n=201) τα φυσικά απολεπιστικά προσώπου ήταν ελαφρώς φθηνότερα (mean = 0,2081) από τα συμβατικά απολεπιστικά προσώπου (mean=0,2098)



*Διάγραμμα 10.37 - Διάγραμμα στήλων σύγκρισης Αναλογικής Τιμής Φυσικών και Συμβατικών Απολεπιστικών Προσώπου*

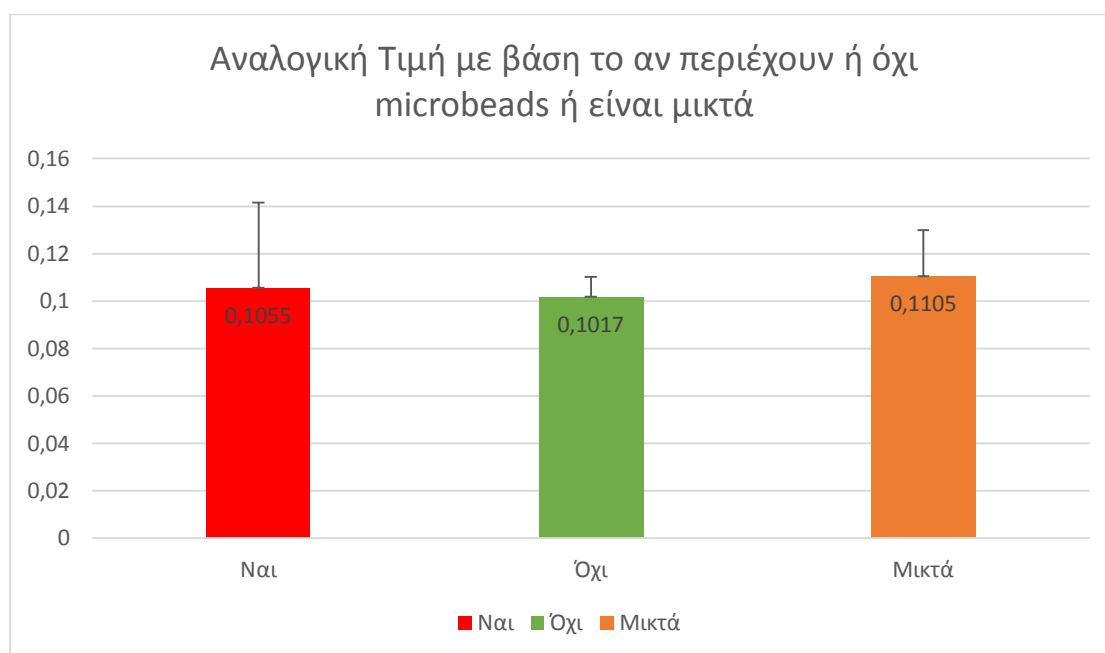
Στο σύνολο των προϊόντων (n=201) τα φυσικά απολεπιστικά σώματος (mean=0,0524) βρέθηκε να είναι αρκετά ακριβότερα από τα συμβατικά απολεπιστικά σώματος (mean=0,0314)



*Διάγραμμα 10.38 - Διάγραμμα στήλων σύγκρισης Αναλογικής Τιμής Φυσικών και Συμβατικών Απολεπιστικών Σώματος*

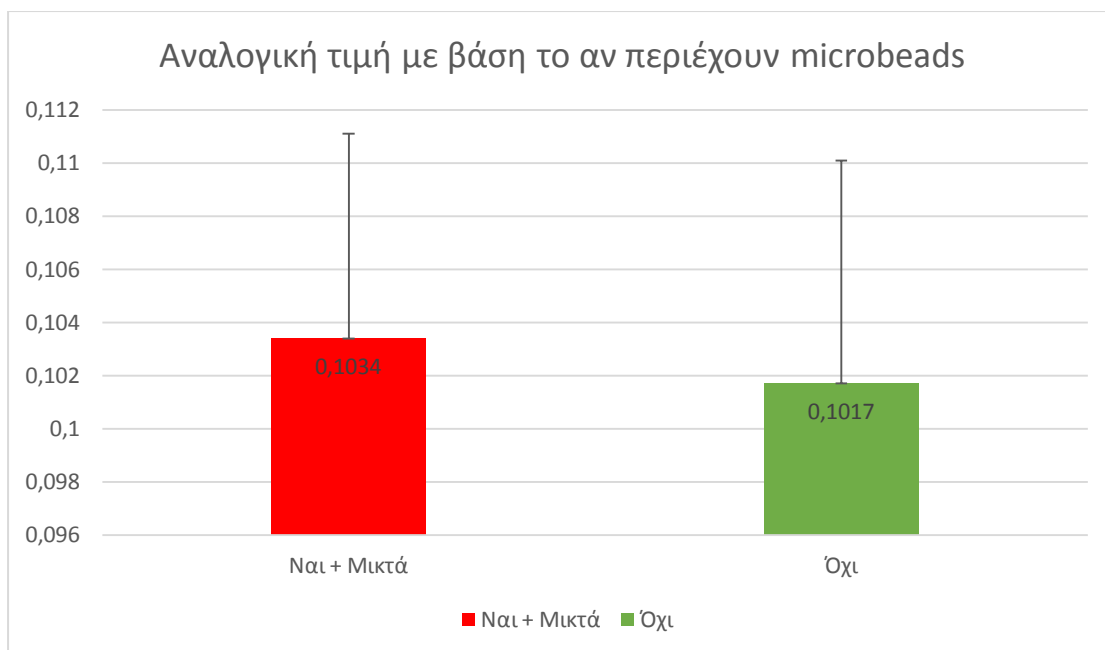
#### 10.4.2 Σύγκριση τιμής προϊόντων με microbeads και προϊόντων χωρίς microbeads

Στο σύνολο των προϊόντων, αυτά με microbeads ήταν ελαφρώς ακριβότερα (mean = 0,1055) σε σχέση με όσα δεν περιείχαν microbeads (mean = 0,1022) και ελαφρώς ακριβότερα από τα μικτά (mean = 0,1105)



Διάγραμμα 10.39 - Διάγραμμα στηλών σύγκρισης Αναλογικής τιμής με βάση τη μεταβλητή Περιέχει\_Microbeads

Ομαδοποιώντας τα προϊόντα που περιέχουν Microbeads ως αποκλειστική καθαριστική ουσία και τα μικτά, δηλαδή όλα τα προϊόντα που περιέχουν microbeads και συγκρίνοντάς τα με όσα δεν περιέχουν, προκύπτει ότι τα προϊόντα με microbeads (mean=0,1034) έχουν ελαφρώς μεγαλύτερη αναλογική τιμή από όσα δεν περιέχουν

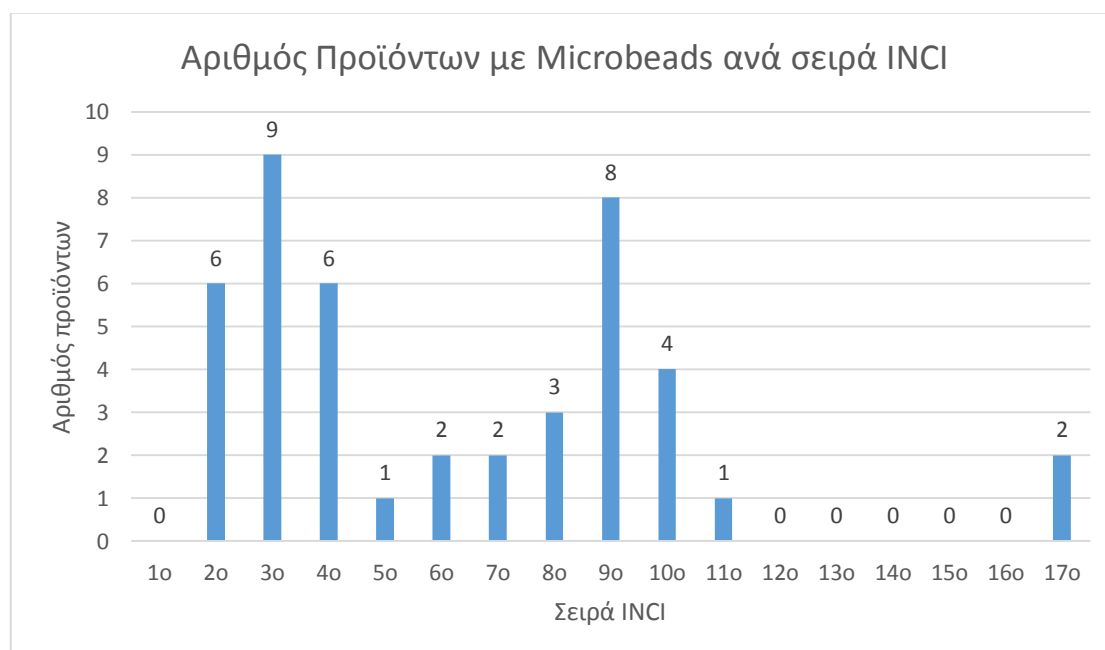


Διάγραμμα 10.40 - Διάγραμμα στηλών σύγκρισης Αναλογικής τιμής με βάση το αν έχει ή όχι Microbeads

## 10.5 Θέση microbead στη σειρά INCI

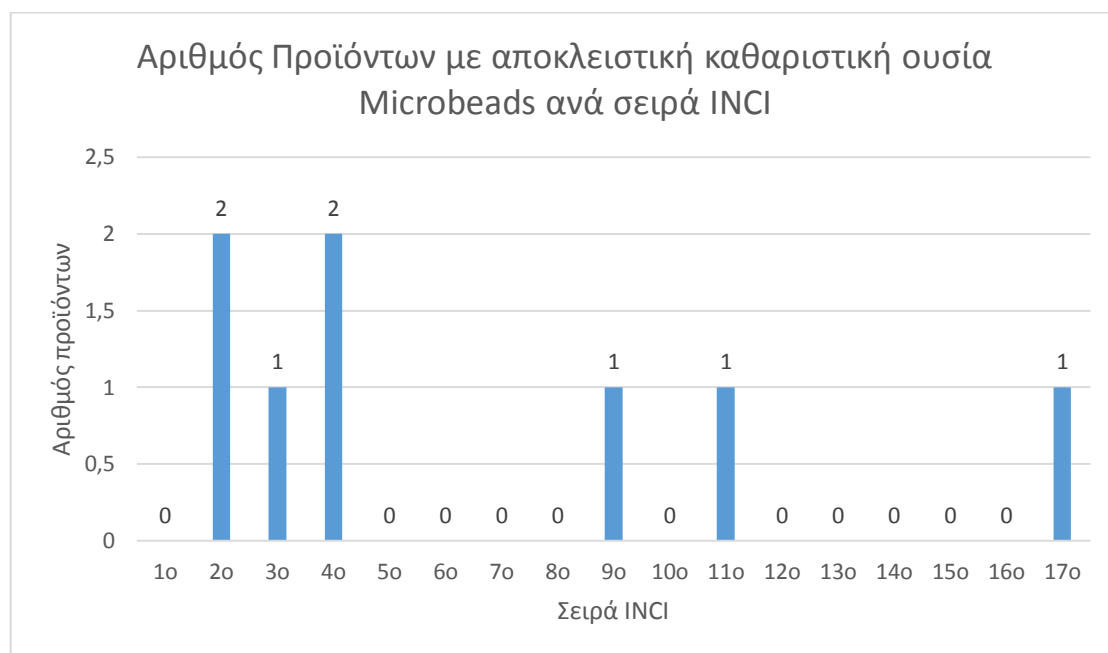
### 10.5.1 Θέση στη σειρά INCI σε όλα τα προϊόντα

Σε όλα τα προϊόντα που περιείχαν microbeads δημοφιλέστερες θέσεις ήταν η 3<sup>η</sup> με 9 προϊόντα και η 9<sup>η</sup> με 8 προϊόντα.



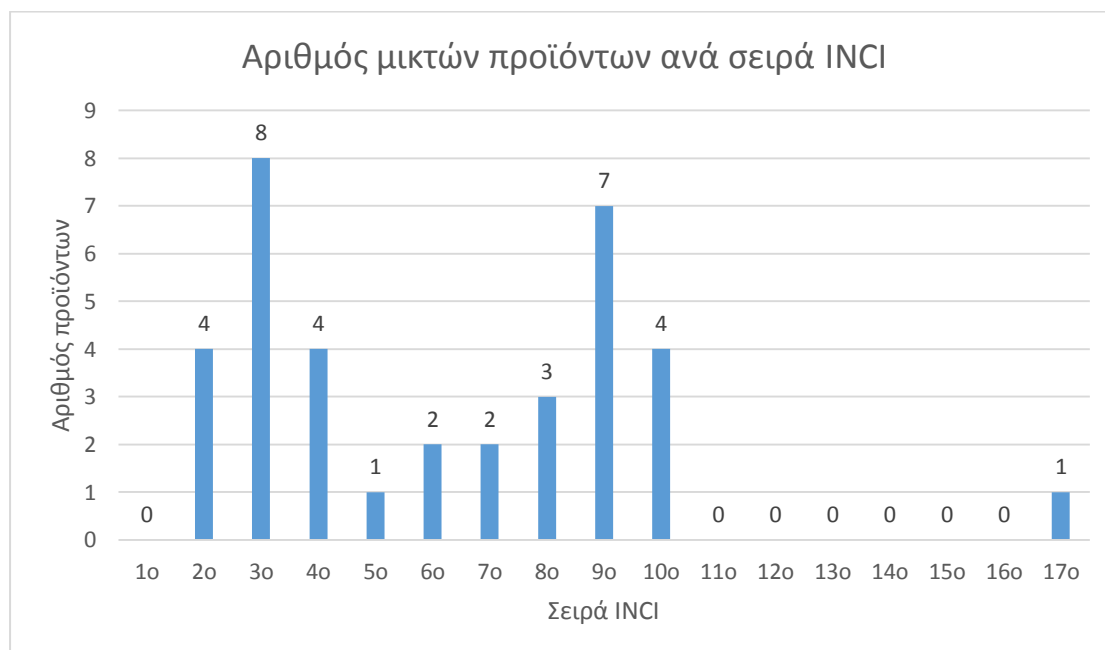
Διάγραμμα 10.41 - Διάγραμμα στηλών προϊόντων με microbeads ανά κάθε θέση της σειράς INCI

Στα 8 προϊόντα που είχαν ως αποκλειστική ουσία microbead δημοφιλέστερες θέσεις ήταν η 2<sup>η</sup> και 4<sup>η</sup> θέση με 2 προϊόντα



Διάγραμμα 10.42 - Διάγραμμα στηλών προϊόντων με αποκλειστική καθαριστική ουσία microbeads ανά κάθε θέση της σειράς INCI

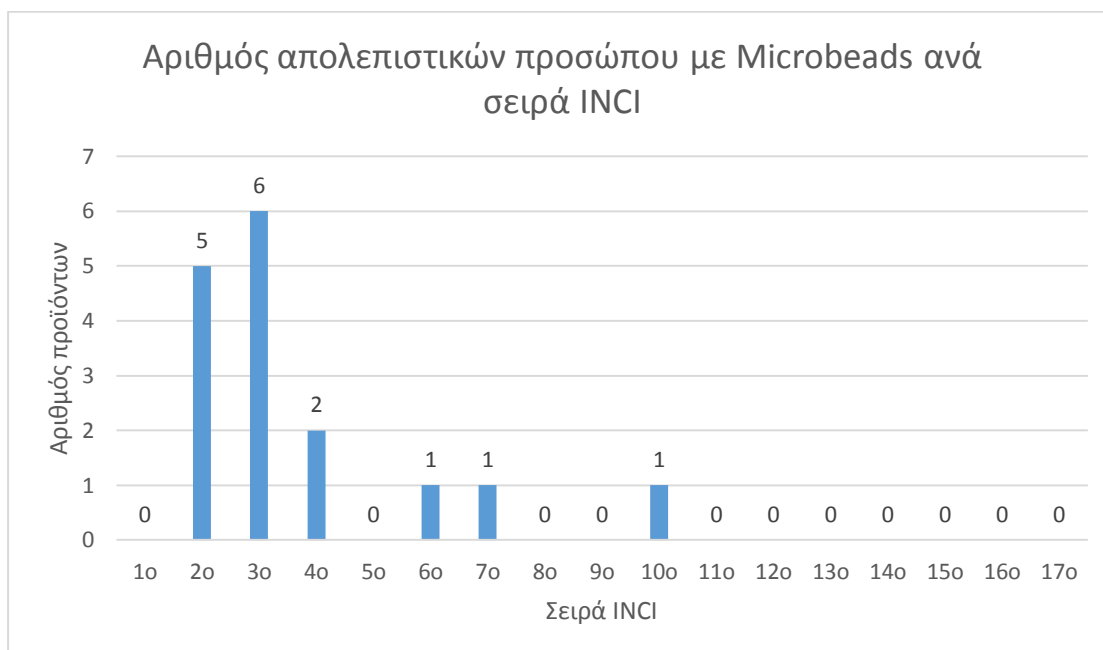
Στα 36 μικτά προϊόντα δημοφιλέστερες θέσεις ήταν η 3<sup>η</sup> με 8 προϊόντα, η 9<sup>η</sup> με 7 προϊόντα.



Διάγραμμα 10.43 - Διάγραμμα στηλών μικτών προϊόντων microbeads ανά κάθε θέση της σειράς INCI

### 10.5.2 Θέση στη σειρά INCI στα απολεπιστικά προσώπου

Σε όλα τα απολεπιστικά προσώπου δημοφιλέστερες θέσεις ήταν η 3<sup>η</sup> με 6 προϊόντα και η 2<sup>η</sup> με 5 προϊόντα

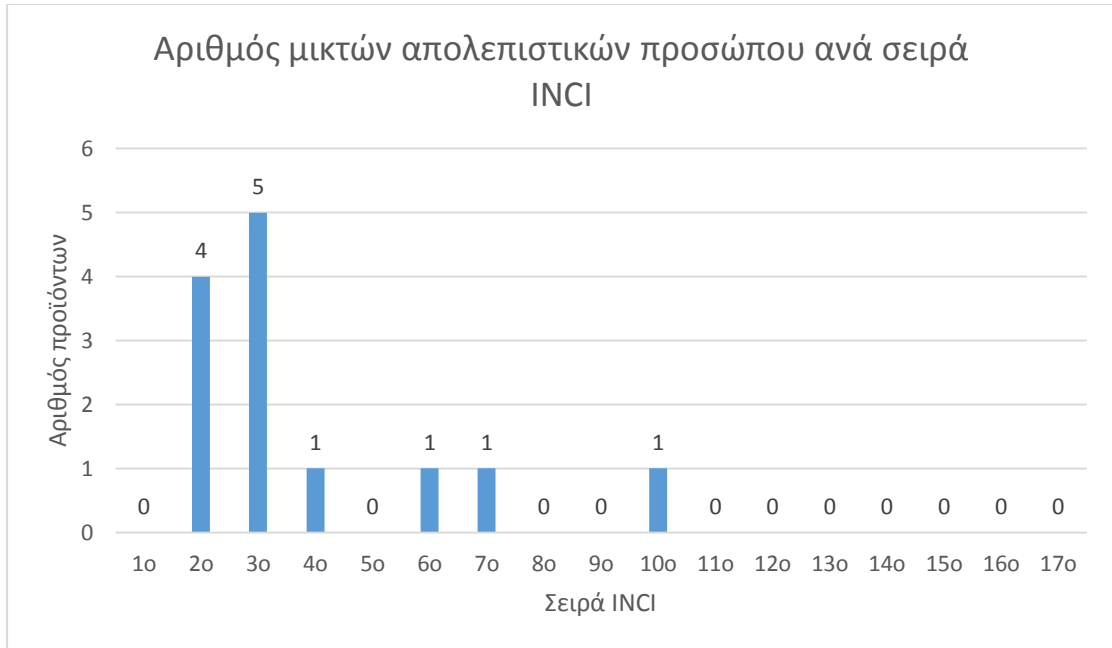


Διάγραμμα 10.44 - Διάγραμμα στηλών απολεπιστικών προσώπου ανά κάθε θέση της σειράς INCI

Στα 3 απολεπιστικά προσώπου που περιείχαν ως μοναδική ουσία καθαρισμού microbeads: σε 1 προϊόν ανιχνεύτηκε στην 2<sup>η</sup>, σε 1 στην 3<sup>η</sup> και σε 1 στην 4<sup>η</sup> θέση.

Στα 13 απολεπιστικά προσώπου που ήταν μικτά δημοφιλέστερες θέσεις ήταν η 3<sup>η</sup> με 5 προϊόντα και η 2<sup>η</sup> με 4 προϊόντα

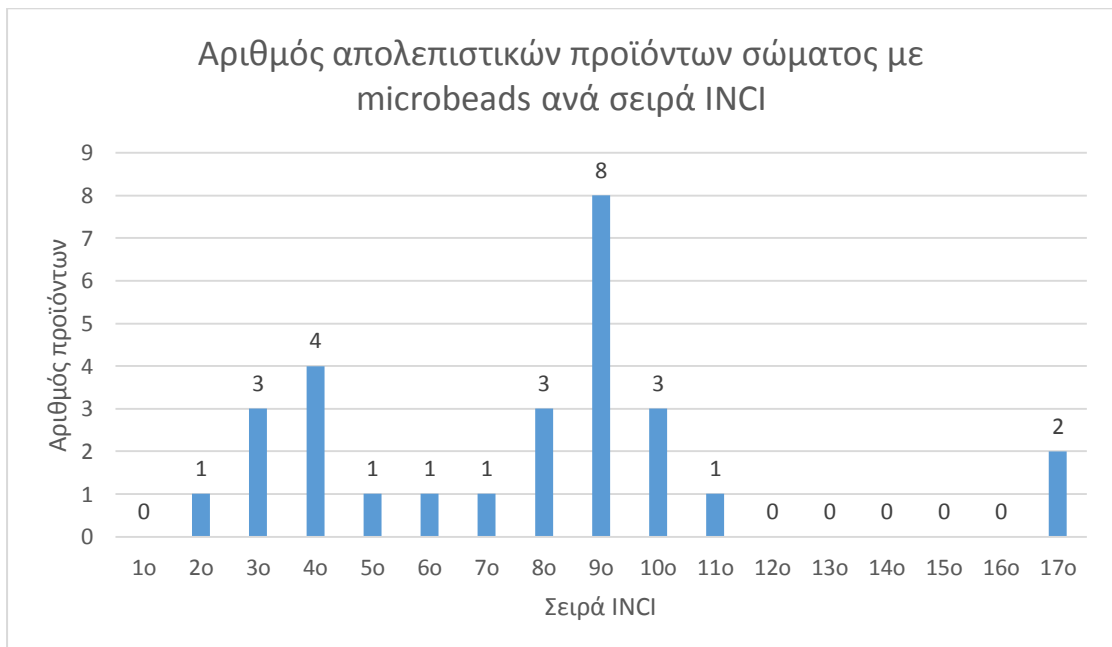




Διάγραμμα 10.45 - Διάγραμμα στηλών μικτών απολεπιστικών προσώπου ανά κάθε θέση της σειράς INCI

### 10.5.3 Θέση στη σειρά INCI στα απολεπιστικά σώματος

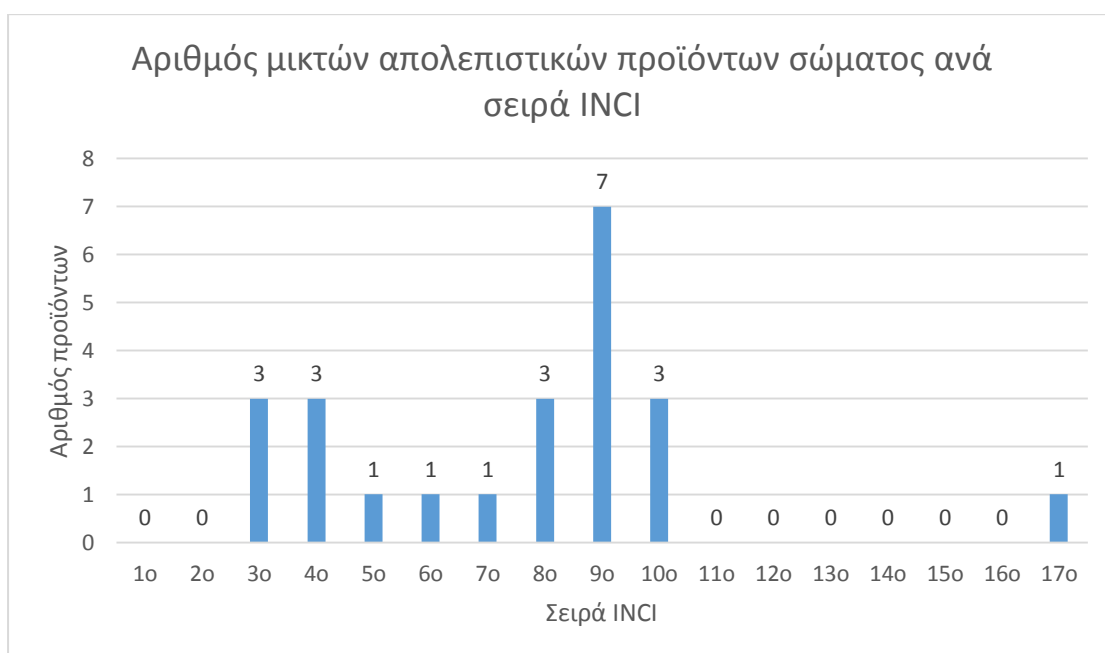
Στα 28 απολεπιστικά σώματος: Δημοφιλέστερες θέσεις ήταν η 9<sup>η</sup> με 8 προϊόντα και η 4<sup>η</sup> με 4 προϊόντα.



Διάγραμμα 10.46 - Διάγραμμα στηλών απολεπιστικών σώματος ανά κάθε θέση της σειράς INCI

Στα 5 απολεπιστικά σώματος με αποκλειστική καθαριστική ουσία microbeads: σε 1 προϊόν ανιχνεύτηκε στην 2<sup>η</sup>, σε 1 στην 4<sup>η</sup>, σε 1 στην 9<sup>η</sup>, σε 1 στην 11<sup>η</sup> και σε 1 στην 17<sup>η</sup> σειρά.

Στα μικτά απολεπιστικά σώματος δημοφιλέστερες θέσεις ήταν η 9<sup>η</sup> με 7 προϊόντα, και η 3<sup>η</sup>, 4<sup>η</sup>, 8<sup>η</sup>, 9<sup>η</sup> είχαν από 3 προϊόντα.



Διάγραμμα 10.47 - Διάγραμμα στηλών μικτών απολεπιστικών σώματος ανά κάθε θέση της σειράς INCI

#### 10.5.4 Θέση στη σειρά INCI ανά εταιρεία

Στα προϊόντα των 12 από 19 εταιρειών το περιεχόμενο microbead αναγράφεται υψηλά στη λίστα των συστατικών κατά INCI (από 2 έως 5). Συγκεκριμένα στις εταιρείες: 2, 3, 11, 14, 18, 19, 27, 35, 39, 42, 43, 56.

Στα προϊόντα 5 εταιρειών τα microbead αναγράφονται σε σχετικά χαμηλή θέση (από 8 έως 17).

Δύο εταιρείες είχαν μόλις από ένα προϊόν η καθεμία με μέση περιεκτικότητα (θέσεις 6 και 7). Εταιρείες: 7 και 40.

## 10.6 Συνοπτικά αποτελέσματα

Συνολικά ανακτήθηκαν 201 προϊόντα (n=201), 70 απολεπιστικά προσώπου και 131 απολεπιστικά σώματος, από 56 εταιρείες από τις οποίες οι 38 δήλωναν ότι παρήγαγαν φυσικά προϊόντα και οι 18 συμβατικά.

Ανιχνεύτηκαν microbeads σε 44 προϊόντα (ποσοστό 21,9%) τα οποία αντιστοιχούσαν σε 20 εταιρείες επί του συνόλου (35,7%). Το ποσοστό των απολεπιστικών προσώπου (16/70 – 22,9%) που περιείχαν microbeads ήταν παρόμοιο με των απολεπιστικών σώματος (28/131 – 21,4%).

Από τα 145 προϊόντα που δήλωναν φυσικά τα 23 (15,9%) περιείχαν microbeads. Οι 12 από τις 36 εταιρείες που αναγράφουν στην συσκευασία τους ότι διαθέτουν φυσικά προϊόντα παρήγαγαν προϊόντα με microbeads (33,3%).

Δημοφιλέστερη μικροπλαστική ουσία ήταν το polyethylene (PE) το οποίο ανιχνεύτηκε στα 35 από τα 44 προϊόντα με microbeads (ποσοστό: 79,5%). Μόλις 4 προϊόντα περιείχαν PET (9,5%) και 5 προϊόντα Nylon-6 (11,9%). Η χρήση πολυαιθυλενίου ήταν ελαφρώς υψηλότερη στα απολεπιστικά προσώπου (14 από τα 16 – ποσοστό 87,5%) σε σχέση με τα απολεπιστικά σώματος (21 στα 28 – ποσοστό: 75%).

Η μέση τιμή των συμβατικών προϊόντων που εξετάστηκαν βρέθηκε ελάχιστα υψηλότερη από εκείνη των φυσικών. Έγινε η υπόθεση ότι στα συμβατικά περιλαμβάνονταν επαγγελματικά προϊόντα με πολύ υψηλή τιμή τα οποία επηρέαζαν το δείγμα. Με την αφαίρεση των «ακραίων τιμών» όμως, η παραπάνω διαπίστωση δεν άλλαξε σημαντικά και βρέθηκε απλά η τιμή των συμβατικών να συγκλίνει με εκείνη των φυσικών. Τα φυσικά απολεπιστικά προσώπου είχαν παρόμοια τιμή με τα συμβατικά ενώ τα φυσικά απολεπιστικά σώματος σχετικά μεγαλύτερη από τα αντίστοιχα συμβατικά. Τα προϊόντα που περιείχαν microbeads είχαν επίσης παρόμοια τιμή με εκείνα που είχαν εναλλακτικές ουσίες απολέπισης. Με πιο ενδελεχή έλεγχο ανιχνεύτηκε ότι τα μόνα που ήταν ελαφρώς ακριβότερα ήταν τα μικτά φυσικά προϊόντα.

Το 60% των εταιρειών (12 στις 20) δείχνει να χρησιμοποιεί microbeads σε μεγάλες ποσότητες μέσα στο προϊόν, καθώς αναγράφονται στα συστατικά στις

θέσεις 2 έως και 5 στην σειρά INCI. Προϊόντα δύο εταιρειών (10%) εμφάνιζαν μία μέση περιεκτικότητα, ενώ 6 στις 20 (ποσοστό 30%) χρησιμοποιούσαν ελάχιστες ποσότητες microbeads στα προϊόντα τους.

## Συμπεράσματα

Πλήθος ερευνητών, οργανώσεων και κυβερνητικών οργανισμών ανά την υφήλιο υποστηρίζει την απαγόρευση παρασκευής και χρήσης μικροπλαστικών σφαιριδίων που αποκαλούνται *microbeads* στις συνθέσεις καλλυντικών προϊόντων με σκοπό την απολέπιση ή τον καθαρισμό.

Η επιχειρηματολογία υπέρ της απαγόρευσης έχει ως κύριους άξονες ότι υπάρχει επαρκής επιστημονική τεκμηρίωση για:

- την ικανότητα διαφυγής τους και παρουσία τους σε υδατικά περιβάλλοντα
- ότι δεν υπάρχει η δυνατότητα ανάκτησής τους αν διαφύγουν (επαναχρησιμοποίηση ή ανακύκλωση)
- ότι δεν υπάρχουν οι συνθήκες πλήρους αποδόμησής τους στο περιβάλλον άρα παραμένουν για χρόνια
- ότι μπορεί να περιέχουν πρόσθετα (*additives*) ή να προσκολλώνται επάνω τους έμμονοι οργανικοί ρύποι (*persistent organic pollutants*) από το περιβάλλον
- ότι λόγω μικρού μεγέθους και πλευστότητας καταναλώνονται από μικροσκοπικούς υδατικούς οργανισμούς που τα περνούν για την τροφή τους
- ότι η κατανάλωσή τους από μικροσκοπικούς υδατικούς οργανισμούς μπορεί να προκαλέσει μηχανικές καταπονήσεις και ασπία λόγω κορεσμού
- ότι τα πρόσθετα και οι ρύποι που ενσωματώνουν μπορούν να απελευθερωθούν στους οργανισμούς που θα τα καταναλώσουν προκαλώντας τοξικές επιδράσεις
- ότι μπορεί να μεταφερθούν τόσο αυτά όσο και οι ρύποι που ενσωματώνουν μέσω της τροφικής αλυσίδας σε ανώτερους θηρευτές όπως ο άνθρωπος

(Cheung & Fok, 2016, Rochman et al., 2016).

Επισημαίνεται σχεδόν από το σύνολο των ερευνητών και των φορέων χάραξης πολιτικής (policy makers) ότι τα μικροπλαστικά αποτελούν μικρή σχετικά περιβαλλοντική μόλυνση, και μάλιστα τα μικροπλαστικά από προϊόντα προσωπικής περιποίησης (personal care products) αποτελούν μόλις το 2% των πρωτογενών μικροπλαστικών που διαφεύγουν στους ωκεανούς (Munoz-Pineiro, 2018). Με τα μέχρι στιγμής στοιχεία δεν προκύπτει κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία καθώς οι ποσότητες των μικροπλαστικών, άρα και η ποσότητα των ρύπων, που μπορεί να καταναλώσει ο άνθρωπος είναι ασήμαντη από πλευράς τοξικότητας (Rochman et al., 2016) παρόλο που δεν υπάρχουν επαρκείς συστηματικές μελέτες (Munoz-Pineiro, 2018). Παρόλο που υπάρχουν αυξανόμενες αλλά ακόμα ελάχιστες έρευνες για την μεταφορά τους στην τροφική αλυσίδα δεν μπορεί να υπάρξει ακόμα αξιολόγηση κινδύνου (risk assessment) των microbeads για την ανθρώπινη υγεία, λόγω του ότι δεν υπάρχει η δυνατότητα σύγκρισης αποτελεσμάτων ερευνών, καθώς δεν ακολουθείται μία ενιαία μεθοδολογία (Munoz-Pineiro, 2018). Ακόμα και με αυτή τη διαπίστωση ερευνητές και πλήθος κυβερνητικών οργανώσεων σημειώνουν ότι δεν υπάρχει καιρός για χάσιμο (Cheung & Fok, 2016), ότι τα microbeads είναι μη αναγκαία περιβαλλοντική επιβάρυνση (Hirst & Bennett, 2017) και ότι η απαγόρευση είναι η πιο απλή λύση που θα φέρει άμεσα αποτελέσματα (Rochman et al., 2016, Hirst & Bennett, 2017)

Με βάση τα παραπάνω, χώρες όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες, ο Καναδάς, η Ταιβάν, η Νότια Κορέα, αλλά και χώρες της ΕΕ όπως: η Ιταλία, η Γαλλία και το Ηνωμένο Βασίλειο, έχουν ήδη επιβάλει ή ετοιμάζονται να επιβάλουν απαγορεύσεις παρασκευής και χρήσης προϊόντων που περιέχουν μη βιοδιασπώμενα microbeads. Επισημαίνεται όμως από ερευνητές (Leslie, 2014), και από οργανώσεις (EUNOMIA, 2016, Amec Foster Wheeler, 2017), η αναποτελεσματικότητα ενός τέτοιου εφαρμοστικού μέτρου αν πρώτα δεν έχει διασφαλιστεί ότι κάθε απαγόρευση δε θα αφήνει «κενά» εξαιρώντας συγκεκριμένα μικροπλαστικά, όπως στους ορισμούς απαγορεύσεων που εξαιρούν ή δε συμπεριλαμβάνουν βιοδιασπώμενα microbeads τα οποία και αυτά αποδεδειγμένα προκαλούν το ίδιο αντίκτυπο στο περιβάλλον με τα συνθετικά. Παράλληλα η αδυναμία εναρμόνισης των απανταχού κανονισμών ως προς το μέγεθος των μικροπλαστικών που απαγορεύονται προκαλεί

σύγχυση (EUNOMIA, 2016). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι πλέον η αγορά των καλλυντικών είναι μία παγκόσμια αγορά και προϊόντα διακινούνται μεταξύ χωρών στις οποίες μπορεί να μην έχουν επιβληθεί απαγορεύσεις ή πωλούνται μέσω διαδικτυακών καταστημάτων που καθιστούν αδύνατο κάθε έλεγχο (NSW EPA, 2016)

Με βάση όμως το σχέδιο διαχείρισης απορριμμάτων της ΕΕ η επιβολή απαγόρευσης σε ένα περιβαλλοντικό πρόβλημα αποτελεί την ύστατη επιλογή (Οδηγία 2008/98/ΕΚ). Άλλωστε έχει αποδειχθεί ότι αν μία αλλαγή στις συνήθειες των καταναλωτών και στις πρακτικές ενδιαφερόμενων μερών (στην προκειμένη περίπτωση βιομηχανίες καλλυντικών και προμηθευτών τους), γίνεται με εθελοντικό τρόπο και σταδιακά, σχεδόν πάντοτε είναι πιο αποτελεσματική ως μέθοδος από κάθε είδους απαγόρευση (UNEP, 2016). Πέρα από την αδυναμία της ΕΕ, λόγω της δομής της, να επιβάλλει ενιαίες απαγορεύσεις γιατί παραβιάζονται βασικές έννοιες της συνθήκης του Μάαστριχτ για ελεύθερη διακίνηση προϊόντων εντός της ΕΕ (Hirst & Bennett, 2017) όπως και ότι δεν υπάρχουν αποδείξεις για επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία ώστε να ενεργοποιηθεί η οδηγία REACH (Amec Foster Wheeler, 2017), δίνεται έμφαση στην προτροπή προς εθελοντική παύση χρήσης των microbeads από τις ευρωπαϊκές εταιρείες καλλυντικών, αλλά και στην ταυτόχρονη ενημέρωση των ευρωπαίων καταναλωτών για το πρόβλημα. Οι μεγάλες ευρωπαϊκές βιομηχανίες καλλυντικών ανταποκρίθηκαν στο κάλεσμα και έχουν ήδη προχωρήσει ή έχουν δεσμευτεί για αντικατάσταση των microbeads από τα προϊόντα τους (EUNOMIA, 2017).

Με δεδομένο λοιπόν ότι δεν υπάρχει ελληνική ή ευρωπαϊκή νομοθεσία που να επιβάλλει απαγορεύσεις, παρουσιάζε ιδιαίτερο ενδιαφέρον η καταγραφή της υπάρχουσας κατάστασης στην Ελλάδα και την απόκριση των ελληνικών εταιρειών στο «κάλεσμα» της Ευρωπαϊκής Ένωσης Βιομηχανιών Καλλυντικών Cosmetics Europe και της ΕΕ για phase out. Η επιτόπια έρευνα σε καταστήματα πώλησης καλλυντικών και η αναζήτηση προϊόντων σε διαδικτυακά καταστήματα έδειξε ότι 20 από τις 56 εταιρείες που εξετάστηκαν διακινούσαν 44 προϊόντα (21,9% επί του συνόλου) που ανέγραφαν στην σύνθεσή τους microbeads. Η διαπίστωση αυτή καταρρίπτει την βασική υπόθεση της εργασίας

ότι οι ελληνικές εταιρείες έχουν προχωρήσει σχεδόν στο σύνολο τους σε phase out.

Το ποσοστό των εταιρειών με συμβατικά προϊόντα που περιείχαν microbeads (9 στις 18 εταιρείες – 50%) συγκρινόμενο με το αντίστοιχο αυτών με φυσικά (12 στις 36 εταιρείες – 33,3%) επιβεβαίωσε εν μέρει την υπόθεση ότι microbeads προστίθενται κυρίως σε συμβατικά προϊόντα, αλλά αναμενόταν να προκύψουν πολύ λιγότερες εταιρείες με φυσικά προϊόντα που να χρησιμοποιούν microbeads στις συνθέσεις τους, καθώς υπάρχει αλληλένδετη σχέση μεταξύ φυσικού προϊόντος και προστασίας του περιβάλλοντος (COSMOS, 2013).

Microbeads περιέχονταν τόσο σε απολεπιστικά προσώπου όσο και σε σώματος σε περίπου ίδια ποσοστά, με κύρια ουσία το πολυαιθυλένιο (ποσοστό 87,5 %) επιβεβαιώνοντας παρελθούσες έρευνες (Fendall & Sewell, 2009, Napper et al., 2015, Cheung & Fok, 2017, Hernandez, Yousefi, & Tufenkji, 2017. Kalcikova et al., 2017b). Αποδείχθηκε ότι στα φυσικά και συμβατικά προϊόντα η κύρια απολεπιστική ουσία ήταν το πολυαιθυλένιο όπως στα προϊόντα προσώπου και σώματος. Δεν ανακτήθηκαν καθόλου προϊόντα με πολυπροπυλένιο (polypropylene – PP), μεθακρυλικό μεθυλεστέρα (methyl methacrylate - PMMA) ή πολυστυρόλιο (polystyrene - PS) τα οποία αναφέρονται σε άλλες έρευνες ότι έχουν βρεθεί σε απολεπιστικά προϊόντα (Duis & Coors, 2016)

Αξιοσημείωτη ήταν η εύρεση προϊόντων που περιείχαν τόσο microbeads όσο και εναλλακτικά συστατικά με σκοπό την απολέπιση τα οποία ήταν και περισσότερα σε αριθμό (36 από τα 44 προϊόντα – 81,8%). Για παράδειγμα στη χημική σύνθεση του απολεπιστικού σώματος με αριθμό 165 αναφέρεται τόσο το *polyethylene* όσο και το συστατικό *Olea Europaea (Olive) Seed Powder*, με σκοπό την απολέπιση. Τα συγκεκριμένα προϊόντα καταγράφηκαν ως μικτά και παρατηρήθηκε ότι στα περισσότερα αναγραφόταν το πολυαιθυλένιο ή το *Nylon-6* από 2<sup>ο</sup> έως 6<sup>ο</sup> συστατικό κατά σειρά INCI, σε αντίθεση με τα εναλλακτικά συστατικά για απολέπιση που αναγραφόντουσαν σε χαμηλότερες θέσεις. Λογικό συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι σε αυτά τα προϊόντα η κύρια δραστική ουσία απολέπισης ήταν τα microbeads.



Έγινε αναζήτηση για σχετική βιβλιογραφία ή έστω οποιασδήποτε σχετική δημοσίευση που να αναγράφει την πιθανότητα ύπαρξης μικτών προϊόντων και ανακτήθηκε μόλις μία έρευνα που ανέφερε κρέμα απολέπισης που περιείχε τόσο πολυαιθυλένιο όσο και εναλλακτικό συστατικό (καρποί βερίκοκου - apricot kernels) με σκοπό τον καθαρισμό. Ο ισχυρισμός της συσκευασίας του προϊόντος ήταν ότι: «...οι ψιλοαλεσμένοι καρποί βερίκοκου αφαιρούν τους κάλους και το νεκρό δέρμα...» και δε γινόταν καμία ειδική αναφορά στο πολυαιθυλένιο το οποίο είχε προστεθεί στην σύνθεση με σκοπό την απολέπιση, παρόλο που το πολυαιθυλένιο αναφερόταν ως 5<sup>ο</sup> κατά σειρά INCI και η σκόνη *Prunus Armeniaca Seed Powder* (επιστημονική ονομασία του βερίκοκου) ήταν 9<sup>η</sup> στη σειρά.

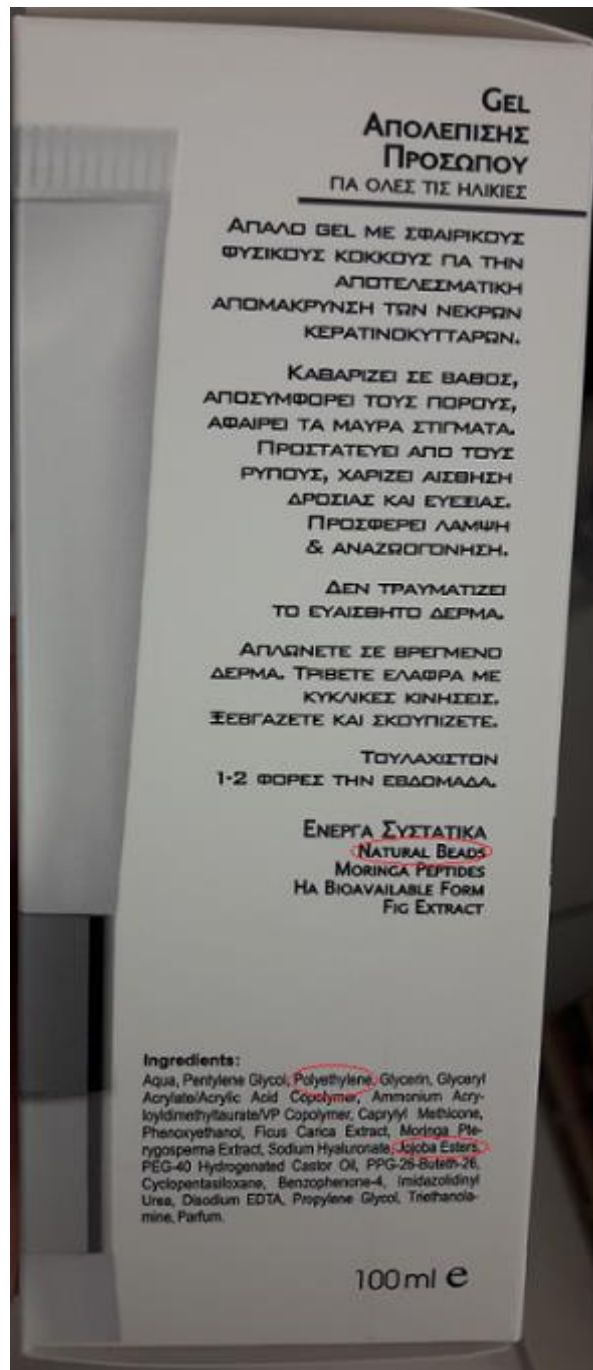
Πίνακας – Συστατικά απολεπιστικής κρέμα καθαρισμού που περιέχει τόσο *microbeads* πολυαιθυλενίου όσο και κόκκους βερίκοκου

Product Name	Properties declared by the producer according to the label	Composition (INCI)
Cream scrub	Peeling Cream improves natural skin tone. Finely ground apricot kernels remove callous, dead skin. The cream is enriched with pro-vitamin B5 and vitamin C. It improves blood circulation.	AQUA, SESAMUM INDICUM OIL, CETEARYL ALCOHOL, GLYCERYL STEARATE CITRATE, <b>POLYETHYLENE</b> , SORBITOL, GLYCERYL STEARATE, <b>PRUNUS ARMENIACA SEED POWDER</b> , OLEA EUROPEA FRUIT OIL, PHENOXYETHANOL, PANTHENOL, PARFUM, XANTHAN GUM, PROPYLENE GLYCOL, MAGNESIUM ALUMINIUM SILICATE, POTASSIUM SORBATE, ETHYLHEXYLGLYCERIN, PRUNUS ARMENIACA FRUIT EXTRACT, CITRIC ACID, LECITHIN., ASCORBYL PALMITATE, ANTOLACTONE, GLYCERYL OLEATE, SODIUM BENZOATE, SORBIC ACID, METHYLPARABEN, BUTYLPARBEN, ETHYLPARBEN, ISOBUTYLPARBEN, PROPYLPARBEN

Πηγή: (Malysa & Witkowska, 2015)

Σκοπός της συγκεκριμένης έρευνας ήταν κατά πόσο η απολεπιστική ουσία επηρεάζει βασικές ιδιότητες του προϊόντος όπου αποδείχθηκε ότι το μικτό προϊόν επηρέαζε το ιξώδες περισσότερο από προϊόντα με φυσικά ή ημισυνθετικά συστατικά και δε δόθηκε ιδιαίτερη σημασία στο προϊόν αυτό καθ' αυτό (Malysa & Witkowska, 2015).

Το γεγονός ότι η παρασκευάστρια εταιρεία επέλεξε να αναφέρει στην συσκευασία μόνο το φυσικό συστατικό απολέπισης και όχι το πολυαιθυλένιο που υπήρχε για τον ίδιο σκοπό στην σύνθεση του παραπάνω προϊόντος της πολωνικής αγοράς που εξετάστηκε στην έρευνα των Malysa & Witkowska (2015), παρατηρήθηκε και στα μικτά ελληνικά προϊόντα της παρούσης έρευνας που εξετάστηκαν. Για παράδειγμα στο προϊόν με αριθμό 63 στα συστατικά κατά INCI αναφερόταν το πολυαιθυλένιο (*polyethylene – PE*) ως 3<sup>ο</sup> συστατικό και το εναλλακτικό *Jojoba Esters* ως 13<sup>ο</sup> συστατικό που σημαίνει ότι το εναλλακτικό συνθετικό συστατικό *Jojoba Esters* υπήρχε σε πολύ μικρότερη ποσότητα. Στην συσκευασία υπήρχε όμως ο ισχυρισμός ότι πρόκειται για: «...απαλό *gel* με σφαιρικούς φυσικούς κόκκους για την αποτελεσματική απομάκρυνση των νεκρών κερατινοκυττάρων...» παραλείποντας την αναφορά του συνθετικού πολυαιθυλενίου και της ιδιότητας που προσέδιδε στο προϊόν.



Εικόνα - Συσκευασία προϊόντος gel απολέπισης προσώπου που περιέχει microbeads πολυαιθυλενίου αλλά και jojoba esters

Θα πρέπει να επισημανθεί ότι τόσο δύο (2) μικτά προϊόντα ανέγραφαν ότι περιείχαν πολυαιθυλένιο όσο και δύο (2) ότι περιείχαν PET στη θέση 10, και ένα (1) ότι περιείχε πολυαιθυλένιο στη θέση 17. Στα παραπάνω προϊόντα με προφανώς χαμηλή περιεκτικότητα σε microbeads εικάζεται ότι αυτά δεν είχαν ως σκοπό την απολέπιση αλλά ότι χρησιμοποιούνταν μάλλον για αισθητικούς

λόγους (χρωματισμένα μικροσφαιρίδια), γεγονός όμως που δεν μπορεί να επιβεβαιωθεί.

Επιβεβαιώθηκε ότι τα προϊόντα με microbeads έχουν παρόμοια μέση τιμή με εκείνα που περιέχουν εναλλακτικά συστατικά. Μόνο τα προϊόντα που χαρακτηρίζονται ως μικτά ήταν ελαφρώς ακριβότερα. Παρόλο που η τελική τιμή είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων και κάθε εταιρεία μπορεί να τη διαμορφώνει με βάση διαφορετικά κριτήρια, υπάρχει η ένδειξη ότι τόσο τα προϊόντα που περιέχουν, όσο και τα προϊόντα χωρίς microbeads έχουν παρόμοιο κόστος παραγωγής, ειδάλλως οι εταιρείες θα μετακύλυαν τη διαφορά στον πελάτη. Ιδανικά θα έπρεπε να συγκριθεί η τιμή του προϊόντος που περιείχε στο παρελθόν microbeads με την τιμή που του δόθηκε με εναλλακτικά συστατικά, δεν πρέπει όμως να αποκλειστεί ότι οι εταιρείες ενδέχεται να απορροφούν το επιπλέον κόστος παραγωγής. Δε φαίνεται όμως να προκύπτει όμως σημαντική επιβάρυνση για τον καταναλωτή, ο οποίος μπορεί να επιλέξει μεταξύ προϊόντων με εναλλακτικά συστατικά με παρόμοιες τιμές με προϊόντα που περιέχουν microbeads, γεγονός που ενισχύει την επιχειρηματολογία για επιβολή απαγόρευσης των microbeads.

## Συζήτηση

Όπως αναγράφεται στους περιορισμούς της παρούσης έρευνας έχει γίνει μία προσπάθεια καταγραφής της χρήσης microbeads στη ελληνική αγορά απολεπιστικών προϊόντων, σε μία δεδομένη στιγμή. Τα καταγεγραμμένα αποτελέσματα πιθανότατα θα μεταβληθούν σημαντικά με την έναρξη των διεθνών απαγορεύσεων, ή αν συμβεί μεταβολή στην στάση των εταιρειών. Σε περίπτωση επιβολής απαγορεύσεων από την ΕΕ η οποία είχε προταθεί από χώρες μέλη και εξεταζόταν κατά την συγγραφή της παρούσης εργασίας, τότε είναι λογικό τα προϊόντα με microbeads να περιοριστούν πιθανότατα μόνο σε αυτά που διακινούνται διαδικτυακά. Πρόκειται επομένως για μία ευμετάβλητη κατάσταση η οποία χρήζει συνεχής παρακολούθησης για να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα.

Στην παρούσα εργασία η μέθοδος που ακολουθήθηκε για την ανίχνευση microbeads σε απολεπιστικά προϊόντα ήταν μέσω της αναζήτησης των δημοφιλέστερων χημικών ενώσεων (PE, PP, PS, PET, Nylon-6, PVC) στα συστατικά που αναγράφονταν στη συσκευασία κατά σειρά INCI. Με δεδομένο ότι πρόκειται για προϊόντα με σκοπό την απολέπιση αν το προϊόν ανέγραφε κάποια από τις παραπάνω ενώσεις στις πρώτες θέσεις, σχεδόν με βεβαιότητα επρόκειτο για στερεά συνθετικά μικροπλαστικά. Αν περιέχεται όμως πολυμερής ένωση σε μικρές ποσότητες είναι αμφίβολο ότι πρόκειται για microbeads, καθώς θα μπορούσε να είναι σε υγρή μορφή για να προσδώσει άλλες ιδιότητες στο προϊόν όπως έλεγχο του ιξώδους. Η επιβεβαίωση μπορεί να γίνει μόνο με διήθηση για απομόνωση των στερεών μικροσωματιδίων και υπέρυθη μικροσκοπική και φασματοσκοπική ανάλυση για ταυτοποίησή τους με δομές πολυμερούς (πλαστικού). Αντικείμενο μελλοντικής έρευνας θα μπορούσε να είναι η ενδεδειγμένη ανάλυση των συγκεκριμένων προϊόντων γεγονός που μπορεί να διαφοροποιούσε τα αποτελέσματα της παρούσης έρευνας.

Είναι άγνωστο κατά πόσο οι Έλληνες καταναλωτές είναι ενημερωμένοι για τις επιδράσεις των απολεπιστικών προϊόντων στο περιβάλλον. Έχει παρατηρηθεί ότι οι περισσότεροι ευρωπαίοι καταναλωτές αγνοούν όχι μόνο ότι καλλυντικά προϊόντα μπορεί να περιέχουν μικροπλαστικά (Fendall & Sewell,

2009), αλλά και ότι αυτά μπορεί να επιδρούν αρνητικά σε υδατικούς οργανισμούς (Anderson et al., 2016). Με δεδομένο ότι η κοινή γνώμη αποτελεί πολύ ισχυρή μορφή πίεσης προς τις εταιρείες για αλλαγή πολιτικής προτείνεται η διεξαγωγή έρευνας που θα καταγράφει τις απόψεις ερωτηθέντων στα πρότυπα της έρευνας των Anderson et al (2016)

## Βιβλιογραφία

- 2014/893/EE. (2014, Δεκέμβριος 9). Απόφαση της επιτροπής σχετικά με τον καθορισμό των οικολογικών κριτηρίων απονομής του οικολογικού σήματος της ΕΕ για καλλυντικά προϊόντα που ξεπλένονται μετά τη χρήση. *Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης*, 47-61. Ανάκτηση από <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014D0893&from=EL>
- A ROCHA. (2017). *Microplastics*. London: A ROCHA International.
- Amec Foster Wheeler. (2017). *European Commission (DG Environment) - Intentionally added microplastics in products*. London: Amec Foster Wheeler & Infrastructure UK Limited.
- Anderson, A. G., Grose, J., Pahl, S., Thompson, R. C., & Wyles, K. J. (2016). Microplastics in personal care products: Exploring perceptions of environmentalists, beauticians and students. *Marine Pollution Bulletin*, 113, σσ. 454-460.
- Andrady, A. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62, σσ. 1596-1605.
- Assembly Bill No. 888. (2015, Οκτώβριος 8). Waste management: plastic microbeads. (C. S. USA, Επιμ.) *California Legislative Information*, 93-95.
- Assembly Bill no. 888 California. (2015). *Chapter 5.9. Plastic Microbeads Nuisance Prevention Law*. Los Angeles: State of California.
- Baker, A., & Bamford, H. (2008). *Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Microplastic Marine Debris*. Washigton: NOAA.
- Bakir, A., Rowland, S., & Thompson, R. (2012). Competitive sorption of persistent organic pollutants onto microplastics in the marine environment. *Marin Pollution Bulletin*, 64, σσ. 2782-2789.
- Barnes, D., Galgani, F., Thompson, R., & Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *364*(1526), σσ. 1985-1999.

- Batel, A., Linti, F., Scherer, M., Erdinger, L., & Braunbeck, T. (2016). Transfer of benzo[a]pyrene from microplastics to *Artemia nauplii* and further to zebrafish via a trophic food web experiment: CYP1A induction and visual tracking of persistent organic pollutants. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 35(7), σσ. 1656–1666.
- Beach, W. (1972, Ιούλιος 29). *Skin cleaner*. (S. B. Co, Παραγωγός) Ανάκτηση Νοέμβριος 11, 11, από US Patent 3645904 A: <https://www.google.com/patents/US3645904>
- Besseling, H., Wang, B., Lüring, M., & Koelmans, A. (2014). Nanoplastic Affects Growth of *S. obliquus* and Reproduction of *D. Magna*. *Environmental Science and Technology*, 48, σσ. 12336-12343.
- Betsill, M., & Corell, E. (2001). NGO Influence in International Environmental Negotiations: A Framework for Analysis. *The MIT Press Journals*, 1(4), σσ. 65-85.
- Bhattacharya, P., Lin, S., Turner, J., & Chun Ke, P. (2010). Physical Adsorption of Charged Plastic Nanoparticles Affects Algal Photosynthesis. *The Journal of Physical Chemistry*, 114, σσ. 16556–16561.
- Bill 75. (2015). *Microbead Elimination and Monitoring Act, 2015*. Ontario: Legislative Assembly of Ontario.
- Blaustein, M. (1959). *Cosmetic powder compositions containing polyethylene*. (Phillips Petroleum Co) Ανάκτηση 11 11, 2017, από US Patent 319607 A: <https://www.google.com/patents/US3196079>
- Boerger, C., Lattin, G., Moore, S., & Moore, C. (2010). Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. *Marine Pollution Bulletin*, 60, σσ. 2275-2278.
- Botsou, F., Dassenakis, E., Karageorgis, A., & Scoullou, M. (2016). Heavy metal distribution in surface sediments from the deltaic system of Asopos River. *8th Panhellenic Symposium on Oceanography and Fisheries*, (σσ. 309-302). Thessaloniki.
- Boucher, J., & Friot, D. (2017). *Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources*. Gland, Switzerland: IUCN.



- Bouwmeester, H., Hollman, P., & Peters, J. (2015). Potential Health Impact of Environmentally Released Micro- and Nanoplastics in the Human Food Production Chain: Experiences from Nanotoxicology. *Environmental Science and Technology*, 49(15), 8932–8947.
- Brown, D., & Cheung, L. (1981). New net for sampling the ocean surface. *Marine Ecology Progress Series*, 5, σσ. 225-227.
- Browne, M., Crump, P., Niven, S., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompson, R. (2011). Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks. *Environmental Science and Technology*, 45(21), 9175-9179.
- Browne, M., Dissanayake, A., Galloway, T., Lowe, D., & Thompson, R. (2008). Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel *Mytilus Edulis*. *Environmental Science & Technology*, 42(13), σσ. 5026-5031.
- Browne, M., Niven, S., Galloway, T., Rowland, S., & Thompson, R. (2013). Microplastic Moves Pollutants and Additives to Worms, Reducing Functions Linked to Health and Biodiversity. *Current Biology*, σσ. 2388-2392.
- Cabinet Economic Growth & Infrastructure Committee. (2017, Αύγουστος 17). *Cabinet paper: Prohibiting the sale and manufacture of wash-off products containing plastic microbeads*. Ανάκτηση Σεπτέμβριος 15, 2017, από mfe.govt.nz: <http://www.mfe.govt.nz/node/23631>
- California Coastal Commission, & Algalita Marine Research Foundation. (2006). *Eliminating Land-Based Discharges of Marine Debris in California: A Plan of Action from the Plastic Debris Project*. Sacramento: California State Water Resources Control Board.
- Camera dei Deputati N.3852. (2016). *Introduzione del divieto di utilizzo di microparticelle di plastica*. Roma: Camera dei Deputati.
- Campbell, R., Teegarden, G., Cembella, A., & Durbin, E. (2005). Zooplankton grazing impacts on *Alexandrium* spp. in the nearshore environment of the Gulf of Maine. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 52(19-21), σσ. 2817-2833.
- Carpenter, E., Anderson, S., Harvey, G., Miklas, H., & Peck, B. (1972). Polystyrene Spherules in Coastal Waters. *178(4062)*, σσ. 749-750.

- Cedervall, T., Hansson, L.-A., Lard, M., Frohm, B., & Linse, S. (2012). Food Chain Transport of Nanoparticles Affects Behaviour and Fat Metabolism in Fish. *PLoS ONE*, 7(2), σσ. 1-6.
- Cheung, P., & Fok, L. (2016). Evidence of microbeads from personal care product contaminating the sea. *Marine Pollution Bulletin*, 109, 582-585.
- Cheung, P., & Fok, L. (2017). Characterisation of plastic microbeads in facial scrubs and their estimated emissions in Mainland China. *Water Research*, 122, 53-61.
- Claessens, M., Van Cauwenberghe, L., Vandegehuchte, M., & Janssen, C. (2013). New techniques for the detection of microplastics in sediments and field collected organisms. *Marine Pollution Bulletin*, 70(1-2), 227-233.
- Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J., & Galloway, T. (2013). Microplastic Ingestion by Zooplankton. *Environmental Science & Technology*, 47(12), σσ. 6646-6656.
- Commons Select Committee. (2016, Αυγούστου 24). *MPs urge Government to ban microbeads in cosmetics*. Ανάκτηση Οκτώβριος 3, 2017, από <http://www.parliament.uk/business/committees/committees-a-z/commons-select/environmental-audit-committee/news-parliament-2015/microplastics-report-published-16-17/>
- Cosmetics Europe. (2017). *Global Cosmetics and Personal Care Industry Addresses Plastic Pollution in Oceans*. Brussels: Cosmetics Europe The Personal Care Association.
- Cosmetics Europe. (2017a). *All About Plastic Microbeads*. Ανάκτηση Νοέμβριος 11, 2017, από Τοποθεσία Web της Cosmetics Europe : <https://www.cosmeticseurope.eu/how-we-take-action/leading-voluntary-actions/all-about-plastic-microbeads>
- COSMOS. (2013). *Cosmetics organic and natural standard*. Brussels: COSMOS-Standard. Ανάκτηση από <https://cosmosstandard.files.wordpress.com/2014/08/cosmos-standard-v2-21102013.pdf>
- COSMOS. (2017). *LIST OF CERTIFIERS AUTHORISED To certify to COSMOS-standard*. Ανάκτηση Δεκέμβριος 12, 2017, από COSMOS-standard AISBL: <https://cosmos-standard.org/approved-certification-bodies/>

- Council of the European Union. (2014, Δεκέμβριος 3). *Elimination of microplastics in products - an urgent need*. Ανάκτηση από consilium.europa.eu:  
<http://register.consilium.europa.eu/doc/srv?l=EN&f=ST%2016263%202014%20INIT>
- de Sa, C., Luis, L., & Guilerminho, L. (2015). Effects of microplastics on juveniles of the common goby (*Pomatoschistus microps*): Confusion with prey, reduction of the predatory performance and efficiency, and possible influence of developmental conditions. *Environmental Pollution*, 196, σσ. 359-362.
- DEFRA. (2014b). *ME5416 - Evidence Project Final Report*. (D. ο. Affairs, Επιμ.) Ανάκτηση Νοέμβριος 14, 2017, από ME 5416 - Potential for microplastics to cause “harm” in the marine:  
[http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=13999\\_ME5416MicroplasticsEvid4FinalReport.pdf](http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=13999_ME5416MicroplasticsEvid4FinalReport.pdf)
- DEFRA. (2014b). *ME5416 Microplastics Two Page Summary*. (Department for Environment and Rural, Επιμ.) Ανάκτηση Νοέμβριος 11, 2017, από ME5416 Potential for microplastics to cause harm in the marine environment:  
[http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=13998\\_ME5416MicroplasticsTwoPageSummary.pdf](http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=13998_ME5416MicroplasticsTwoPageSummary.pdf)
- DEFRA. (2016a, Δεκέμβριος 20). *Government sets out next steps to ban microbeads*. Ανάκτηση Οκτώβριος 3, 2017, από Department for Environment, Food & Rural Affairs UK:  
<https://www.gov.uk/government/news/government-sets-out-next-steps-to-ban-microbeads>
- DEFRA. (2016b, Δεκέμβριος). Ανάκτηση Οκτώβριος 3, 2017, από Proposals to ban the use of plastic microbeads in cosmetics and personal care products in the UK and call for evidence on other sources of microplastics entering the marine environment:  
[https://consult.defra.gov.uk/marine/microbead-ban-proposals/supporting\\_documents/Microbead%20ban\\_Consultation%20Document.pdf](https://consult.defra.gov.uk/marine/microbead-ban-proposals/supporting_documents/Microbead%20ban_Consultation%20Document.pdf)
- DEFRA. (2018, Ιανουάριος 9). *World-leading microbeads ban takes effect*. Ανάκτηση Ιανουάριος 15, 2018, από gov.uk:  
<https://www.gov.uk/government/news/world-leading-microbeads-ban-takes-effect>

- Digka, N., Tsangaris, C., Kaberi, H., & Zeri, C. (2018). Microplastic Abundance and Polymer Types in a Mediterranean Environment. Στο M. Cocca, E. Di Pace, M. Errico, & G. Gentile, *Proceedings of the International Conference on Microplastic Pollution in the Mediterranean Sea*. Springer.
- DoSomething! (2016). *Beat the microbead*. Ανάκτηση Σεπτέμβριος 17, 2017, από [DoSomething.org: https://www.dosomething.org/us/campaigns/beat-microbead](https://www.dosomething.org/us/campaigns/beat-microbead)
- Duis, K., & Coors, A. (2016). Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects. (Springer Online Journal, Επιμ.) *Environmental Sciences Europe*, 28(2), σσ. 1-25.
- ECCC. (2015). *Microbeads – A Science Summary*. Ανάκτηση Αύγουστος 27, 2017, από Environmental and Climate Change Canada: <https://www.ec.gc.ca/es-ees/default.asp?lang=En&n=ADDA4C5F-1>
- EFSA. (2016). Presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus in seafood. *European Food and Safety Authority Journal*, 14(6), 4501-4530.
- Engler, R. (2012). The Complex Interaction between Marine Debris and Toxic Chemicals in the Ocean. *Environmental Science and Technology*, 46, σσ. 12302-12315.
- EPA. (2017b). *Persistent Organic Pollutants: A Global Issue, A Global Response*. (United States Environmental Protection Agency, Εκδότης) Ανάκτηση Νοέμβριος 14, 2017, από [unep.org: https://www.epa.gov/international-cooperation/persistent-organic-pollutants-global-issue-global-response](https://www.epa.gov/international-cooperation/persistent-organic-pollutants-global-issue-global-response)
- EPA TW. (2016, Ιούλιος 1). *Ban of Microbeads in Personal Care Products Considered*. (E. P. Administration, Εκδότης) Ανάκτηση Σεπτέμβριος 16, 2017, από [epa.gov.tw: https://www.epa.gov.tw/ct.asp?xItem=61800&ctNode=35637&mp=epaen](https://www.epa.gov.tw/ct.asp?xItem=61800&ctNode=35637&mp=epaen)
- EPA TW. (2017, Αύγουστος 24). *Ban on Manufacture or Sale of Plastic Microbead-Containing Cosmetics and Personal Care Products Preannounced*. (E. P. Taiwan, Εκδότης) Ανάκτηση Σεπτέμβριος 16, 2017, από [epa.gov.tw: https://www.epa.gov.tw/ct.asp?xItem=61819&ctNode=35637&mp=epaen](https://www.epa.gov.tw/ct.asp?xItem=61819&ctNode=35637&mp=epaen)

- EPA. (XX). *Wastewater Technology Fact Sheet: Screening and Grit Removal*. (U. S. Agency, Επιμ.) Ανάκτηση Νοέμβριος 16, 2017, από About National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES): [https://www3.epa.gov/npdes/pubs/final\\_sgrit\\_removal.pdf](https://www3.epa.gov/npdes/pubs/final_sgrit_removal.pdf)
- Eriksen, M., Mason, S., Wilson, S., Box, C., Zellers, A., Edwards, W., . . . Amato, S. (2013). Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. *Marine Pollution Bulletin*, 77, σσ. 177-182.
- EUNOMIA. (2016). Microplastics in Cosmetic Products. Στο C. Sherrington, C. Darrah, S. Hann, G. Cole, & M. Corbin, *Study to support the development of measures to combat a range of marine litter sources*. Bristol: Eunomia Research & Consulting Ltd.
- EUNOMIA. (2017). *Supporting project "Investigating options for reducing releases in the aquatic environment of microplastics emitted by (but not intentionally added in) products."*. EUNOMIA.
- European Commission. (2013). *Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas*. Institute for Environment and Sustainability, Joint Research Centre. Brussels: Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- European Commission. (2017, Οκτώβριος 16). *Public consultation investigating options for reducing releases to the environment of microplastics*. Ανάκτηση Νοέμβριος 1, 2017, από European Commission - Consultations: [https://ec.europa.eu/info/consultations/public-consultation-investigating-options-reducing-releases-environment-microplastics\\_en](https://ec.europa.eu/info/consultations/public-consultation-investigating-options-reducing-releases-environment-microplastics_en)
- European Commission. (2017). *Request to the European Chemicals Agency to prepare a restriction proposal conforming to the requirements of Annex XV to REACH*. Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs Consumer, Environmental and Health Technologies. Brussels: Directorate-General for Environment Circular Economy and Green Growth.
- European Commission a. (2011, October 2011). COMMISSION RECOMMENDATION on the definition of nanomaterial (Text with EEA relevance) (2011/696/EU). *Official Journal of the European Union*, L275/38, σσ. 38-40.

- European Parliament and of the council. (2009, November 20). REGULATION (EC) No 1223/2009 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on cosmetic products. *Official Journal of the European Union*, L342/59, 59-209.
- FDA. (2016, June 12). *The Microbead-Free Waters Act: FAQs*. Ανάκτηση Αύγουστος 31, 2017, από US Food and Drug Administration: <https://www.fda.gov/cosmetics/guidanceregulation/lawsregulations/ucm531849.htm>
- FDA. (2017). *Is It a Cosmetic, a Drug, or Both? (Or Is It Soap?)*. (U. F. Administration, Εκδότης) Ανάκτηση Ιούλιος 7, 2017, από Cosmetics Guidance & Regulation, Laws & Regulations: <https://www.fda.gov/Cosmetics/GuidanceRegulation/LawsRegulations/ucm074201.htm>
- FDAc. (n.d.). *Are all "personal care products" regulated as cosmetics?* (U. D. Services, Επιμ.) Ανάκτηση Ιανουάριος 5, 2017, από FDA Basics for Industry: <https://www.fda.gov/ForIndustry/FDABasicsforIndustry/ucm238796.htm>
- Fendall, L., & Sewell, M. (2009). Contributing to marine pollution by washing your face: Microplastics in facial cleansers. *Marine Pollution Bulletin*, 58, σσ. 1225-1228.
- Fossi, M., Panti, C., Guerranti, C., Coppola, D., Giannetti, M., Marsili, L., & Minutoli, R. (2012). Are baleen whales exposed to the threat of microplastics? A case study of the Mediterranean fin whale (*Balaenoptera physalus*). *Marine Pollution Bulletin*, 64, σσ. 2374-2379.
- Geng, J., Ren, H., Ding, L., & Zhang, Y. (2015). Variation of antibiotic resistance genes in municipal wastewater treatment plant with A2O-MBR system. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(5), σσ. 3715-3726.
- GESAMP. (2015, Απρίλιος 27). *Microplastics in the ocean - Sources, fate & effects*. (I. M. Organization, Επιμ.) Ανάκτηση Νοέμβριος 1, 2017, από Plastic particles in the ocean may be as harmful as plastic bags, report says: [http://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/descriptor-10/pdf/GESAMP\\_microplastics%20full%20study.pdf](http://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/descriptor-10/pdf/GESAMP_microplastics%20full%20study.pdf)

- GESAMP. (2016). *Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment*. UNEP, Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. London: INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION.
- Gewert, B., Plassmann, M., & MacLeod, M. (2015). Pathways for degradation of plastic polymers floating in the marine environment. *Royal Society of Chemistry, 17*, 1513-1521.
- Gilan, I., Hadar, Y., & Sivan, A. (2004). Colonization, biofilm formation and biodegradation of polyethylene by a strain of *R. ruber*. *Applied Microbiology Biotechnology, 65*(1), σσ. 97-104.
- Gouin, T., Avalos, J., Brunning, I., Brzuska, K., de Graaf, J., Kaumanns, J., . . . Tomas, J. (2015, March). Use of microplastic beads in cosmetic products in Europe and their estimated emissions to the North Sea environment. *SOFW Journal, 39-46*.
- Graham, E., & Thompson, J. (2009). Deposit- and suspension-feeding sea cucumbers (Echinodermata) ingest plastic fragments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 368*, σσ. 22-29.
- Greene, J. (2010). Plastic Debris and Toxin Releases in Oceans off of California's Coast. Στο C. Arthur, & J. Baker, *Proceedings of the Second Research Workshop on Marine Debris* (σ. 16). University of Washington Tacoma: NOAA Technical Memorandum.
- Greenpeace. (2016). *πες ΟΧΙ στα βλαβερά μικροπλαστικά*. Ανάκτηση Σεπτέμβριος 17, 2017, από greenpeace.org: [http://act.greenpeace.org/ea-action/action?ea.client.id=1858&ea.campaign.id=54219&utm\\_source=other&utm\\_medium=post&utm\\_term=microbeads,openspace&utm\\_campaign=greenpeace&\\_\\_surl\\_\\_=lgOqt&\\_\\_ots\\_\\_=1473149720900&\\_\\_step\\_\\_=1](http://act.greenpeace.org/ea-action/action?ea.client.id=1858&ea.campaign.id=54219&utm_source=other&utm_medium=post&utm_term=microbeads,openspace&utm_campaign=greenpeace&__surl__=lgOqt&__ots__=1473149720900&__step__=1)
- Greenpeace. (2017, Ιούλιος). *Προκαταρκτικά αποτελέσματα της έρευνας της Greenpeace και του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. για την πλαστική ρύπανση στις ελληνικές θάλασσες*. Ανάκτηση Νοέμβριος 1, 2017, από ιστοσελίδα της Greenpeace Ελλάδος: <http://www.greenpeace.org/greece/Global/greece/2017/plastics/research2017/20170731-BriefingPlastic-Findings-final.pdf>

- Greenwall, L. (2015, Αύγουστος 6). *Plastic... Not always fantastic*. Ανάκτηση Νοέμβριος 11, 2017, από [lindagreenwall.com: http://www.lindagreenwall.com/wp-content/themes/linda/resources/editorials/Pg-06-adt.pdf](http://www.lindagreenwall.com/content/themes/linda/resources/editorials/Pg-06-adt.pdf)
- Gregory, M. (1996). Plastic 'scrubbers' in hand cleansers: a further (and minor) source for marine pollution identified. *Marine Pollution Bulletin*, 32(12), σσ. 867-871.
- GROWTH. (2016, Οκτώβριος 6). *European Commission GROWTH*. Ανάκτηση Σεπτέμβριος 15, 2017, από [http://ec.europa.eu/growth:databases/tbt/en/search/?tbtaction=search.detail&Country\\_ID=KOR&num=672&dspLang=en&basdatedeb=27/09/2016&basdatefin=11/10/2016&baspays=&basnotifnum=&basnotifnum2=&bastypepays=ANY&baskeywords=](http://ec.europa.eu/growth:databases/tbt/en/search/?tbtaction=search.detail&Country_ID=KOR&num=672&dspLang=en&basdatedeb=27/09/2016&basdatefin=11/10/2016&baspays=&basnotifnum=&basnotifnum2=&bastypepays=ANY&baskeywords=)
- GROWTH. (2018, Ιανουάριος 29). *The Environmental Protection (Microbeads) (Wales) Regulations 2018*. (E. Commission, Εκδότης) Ανάκτηση Φεβρουάριος 02, 2018, από Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs: <http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/tris/en/search/?trisaction=search.detail&year=2018&num=42>
- Güven, O., Gokdag, K., Jovanovic, B., & Erkan Kıdeys, A. (2017). Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish. *Environmental Pollution*, 223, σσ. 286-294.
- Hämer, J., Gutow, L., Köhler, A., & Saborowski, R. (2014). Fate of Microplastics in the Marine Isopod *Idotea emarginata*. *Environmental Science and Technology*, 48, σσ. 13451-13458.
- Hernandez, L., Yousefi, N., & Tufenkji, N. (2017). Are There Nanoplastics in Your Personal Care Products? *Environmental Science & Technology Letters*, 4, σσ. 280-285.
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R., & Thiel, M. (2012). Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. *Environmental Science & Technology*, 46, 3060-3075.
- Hirst, D., & Bennett, O. (2017). *Microbeads and microplastics in cosmetic and personal care products*. London: UK House of Commons Library.



- House of Commons. (2016). *Environmental impact of microplastics*. Environmental Audit Committee.
- Imhof, H., Ivleva, N., Schmid, J., Niessner, R., & Laforsch, C. (2013). Contamination of beach sediments of a subalpine lake with microplastic particles. *Current Biology*, 23(19).
- ISO472. (2013). *ISO 472:2013 - Plastics Vocabulary*. Ανάκτηση Δεκέμβριος 2, 2017, από International Organization for Standardization: <https://www.iso.org/standard/44102.html>
- Jakubowicz, I. (2003). Evaluation of degradability of biodegradable polyethylene (PE). *Polymer Degradation and Stability*, 80, 39-43.
- Jambeck, J., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T., Perryman, M., Andrady, A., . . . Lavender Law, K. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science Magazine*, 347(6223), σσ. 768-770.
- Johnston, I. (2017, Ιούλιος 21). *Microbeads ban: Government to outlaw microplastics in cosmetic products*. Ανάκτηση Οκτώβριος 3, 2017, από Independent Environment: <http://www.independent.co.uk/environment/microbeads-ban-bill-uk-cosmetic-products-government-outlaws-microplastics-a7852346.html>
- Jovanovic, B. (2017). Ingestion of Microplastics by Fish and Its Potential Consequences from a Physical Perspective. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 13(3), σσ. 510-515.
- Juliano, C., & Magrini, G. A. (2017, Απρίλιος 5). Cosmetic Ingredients as Emerging Pollutants of Environmental and Health Concern. A Mini-Review. *Cosmetics*, 7(11), σσ. 1-18.
- Kaberi, H., Tsangaris, C., Zeri, C., Mousdis, G., Papadopoulos, A., & Streftaris, N. (2013). Microplastics along the shoreline of a Greek island (Kea isl., Aegean Sea): types and densities in relation to beach orientation, characteristics and proximity to sources. *Proceedings of the 4th International Conference on Environmental Management* (σσ. 197-202). Mykonos: Engineering, Planning and Economics (CEMEPE) and SECOTOX Conference.
- Kalcikova, G., Alic, B., Skalar, T., Bundschuh, M., & Zgajnar Gotvajn, A. (2017b). Wastewater treatment plant effluents as source of cosmetic polyethylene microbeads to freshwater. *Chemosphere*, 188, 25-31.

- Kalcikova, G., Zgajnar Gotvajn, A., & Jemec, A. (2017). Impact of polyethylene microbeads on the floating freshwater plant duckweed *Lemna minor*. *Environmental Pollution*, 230, σσ. 1108-1115.
- Kolandhasamy, P., Su, L., Li, J., Qu, X., Jabeen, K., & Shi, H. (2018). Adherence of microplastics to soft tissue of mussels: A novel way to uptake microplastics beyond ingestion. *Science of the Total Environment*, 610-611, 635-640.
- Lambrinos, C., Kostopoulou, M., Kitsiou, D., & Nikolaou, A. (2013). Micro- and nano- plastics in the Mediterranean Sea: A preliminary investigation in Mytilene, Greece. *ATHENS 2017 - 5th International Conference on Solid Waste Management*. Athens: Department of Marine Sciences Laboratory of Environmental Quality & Geospatial Applications University Hill, 81 100 Mytilene (Lesvos, Greece).  
Ανάκτηση από <http://uest.ntua.gr/athens2017/proceedings/presentations/Lambrinos.pdf>
- Lassen, C., Foss Hansen, S., Magnusson, K., Norén, F., Bloch Hartmann, N., Rehne Jensen, P., . . . Brinch, A. (2015). *Microplastics: Occurrence, effects and sources of releases to the environment in Denmark*. Ministry of Environment and food in Denmark. Copenhagen: The Danish Environmental Protection Agency.
- Leslie, H. (2014). *Review of Microplastics in Cosmetics*. Amsterdam: IVM Institute for Environmental Studies.
- Leslie, H. (2014). *Review of Microplastics in Cosmetics*. Amsterdam: IVM Institute for Environmental Studies.
- Leslie, H., Moester, M., de Kreuk, M., & Vethaak, D. (2012). Verkennende studie naar lozing van microplastics door rwzi's. *H2O*, 14(15), σσ. 45-47.
- Leslie, H., van Velzen, M., & Vethaak, A. (2013). *Microplastic survey of the Dutch environment*. Amsterdam: IVM Institute for Environmental Studies.
- Li, Y., Yang, D., Li, L., Jabeen, K., & Shi, H. (2015). Microplastics in commercial bivalves from China. *207*, σσ. 190-195.

- Liboiron, M., Liboiron, F., Wells, E., Richárd, N., Zahara, A., Mather, C., . . . Murichi, J. (2016). Low plastic ingestion rate in Atlantic cod (*Gadus morhua*) from Newfoundland destined for human consumption collected through citizen science methods. *Marine Pollution Bulletin*, 113, 428-437.
- Lin, V. (2016). Research highlights: impacts of microplastics on plankton. *Environmental Science Processes & Impacts*, 18, 160-163.
- Luís, L., Ferreira, P., Fontea, E., Oliveira, M., & Guilhermino, L. (2015). Does the presence of microplastics influence the acute toxicity of chromium(VI) to early juveniles of the common goby (*Pomatoschistus microps*)? A study with juveniles from two wild estuarine populations. *Aquatic Toxicology*, 164, σσ. 163-174.
- Malysa, A., & Witkowska, M. (2015). The Influence of Different Types of Abrasives on the Properties of Emulsion-Based Scrubs. Στο K. Michocka, & M. Tichoniuk, *Current trends in Commodity Science: Development and Assessment* (σσ. 141-158). Poznan: Poznań University of Economics and Business.
- Masura, J., Baker, J., Foster, G., & Arthur, C. (2015). *Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in Marine Environments*. National Oceanic and Atmospheric Administration - US Department of Commerce. Silver Spring: NOAA Marine Debris Program. Ανάκτηση από <https://marinedebris.noaa.gov/research/detecting-microplastics-marine-environment>
- Mepex. (2014). *Sources of microplastic pollution to the marine environment*. Norwegian Environment Agency.
- Ministry for the Environment. (2017, Αύγουστος 17). *Banning the sale and manufacture of certain products containing plastic microbeads*. Ανάκτηση Σεπτέμβριος 18, 2017, από [mfe.govt.nz: http://www.mfe.govt.nz/waste/plastic-microbeads](http://www.mfe.govt.nz/waste/plastic-microbeads)
- Moore, C., Moore, S., Leecaster, M., & Weisberg, S. (2001). A Comparison of Plastic and Plankton in the North Pacific Gyre. *Marine Pollution Bulletin*, 42(12), σσ. 1297-1300.
- Munoz-Pineiro, M. (2018). *MICROPLASTICS: Focus on Food and Health*. Publications Office of the European Union. European Union.

- Murphy, F., Ewins, C., Carbonnier, F., & Quinn, B. (2016). Wastewater Treatment Works (WwTW) as a Source of Microplastics in the Aquatic Environment. *Environmental Science and Technology*, 50, σσ. 5800-5808.
- Murphy, F., Russell, M., Ewins, C., & Quinn, B. (2017). The uptake of macroplastic & microplastic by demersal & pelagic fish in the Northeast Atlantic around Scotland. *Marine Pollution Bulletin*, in Press.
- Murray, F., & Cowie, P. (2011). Plastic contamination in the decapod crustacean *Nephrops norvegicus*. *Marine Pollution Bulletin*, 62(6), σσ. 1207-1217.
- N.1312 Regulation. (2017). The Environmental Protection (Microbeads) (England). *ENVIRONMENTAL PROTECTION*.
- Nafishi, S., & Maibach, H. (2017). Nanotechnology in Cosmetics. Στο K. Sakamoto, *Cosmetic Science and Technology: Theoretical Principles and Applications* (σσ. 337-369). Elsevier.
- Nalbone, J. (2015). *Discharging Microbeads to Our Waters: An Examination of Wastewater Treatment Plants in New York*. New York: New York State Office of the Attorney General. Ανάκτηση από [https://ag.ny.gov/pdfs/2015\\_Microbeads\\_Report\\_FINAL.pdf](https://ag.ny.gov/pdfs/2015_Microbeads_Report_FINAL.pdf)
- Napper, I. E., Bakir, A., Rowland, S. J., & Thompson, R. C. (2015). Characterisation, quantity and sorptive properties of microplastics extracted from cosmetics. *Marine Pollution Bulletin*, 79, σσ. 178-185.
- Neves, D., Sobral, P., Ferreira, J., & Pereira, T. (2015). Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast. *Marine Pollution Bulletin*, 101, σσ. 119-126.
- New York State Attorney General. (2015). *Unseen Threat: How Microbeads Harm New York Waters, Wildlife, Health and Environment*. New York State Attorney General The Environmental Protection Bureau. New York: Eric T. Schneiderman.
- NOAA. (2012, Ιούλιος` 19). *How Much Would it Cost to Clean up the Pacific Garbage Patches?* (US National Oceanic and Atmospheric Administration) Ανάκτηση Νοέμβριος 16, 2017, από NOAA Office of Response and Restoration: <https://response.restoration.noaa.gov/about/media/how-much-would-it-cost-clean-pacific-garbage-patches.html>

- Nordic Swan Ecolabelling. (2016). *Nordic Swan Ecolabelling of Cosmetic Products: Version 3 - 08 November 2016 - 31 December 2021*. Oslo: Nordic Ecolabelling.
- NSW EPA. (2016). *Plastic microbeads in products and the environment*. Sydney: Environment Protection Authority Australia.
- OECD. (1992). *Ready Biodegradability*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).
- Oliveira Castro, R., Silva, M., Marques, M., & de Araújo, F. (2016). Evaluation of microplastics in Jurujuba Cove, Niterói, RJ, Brazil, an area of mussels farming. *110*, 555-558.
- Oliveira, M., Ribeiro, A., Hylland, K., & Guilhermino, L. (2013). Single and combined effects of microplastics and pyrene on juveniles (0+ group) of the common goby *Pomatoschistus microps* (Teleostei, Gobiidae). *Ecological Indicators*, *34*, σσ. 641-647.
- PALL. (χχ). *PALL Industries*. Ανάκτηση Δεκέμβριος 12, 2017, από Introduction to Tangential Flow Filtration for Laboratory and Process Development Applications: <https://laboratory.pall.com/content/dam/pall/laboratory/literature-library/non-gated/id-34212.pdf>
- PlasticsEurope. (2015). *Plastics – the Facts 2014/2015: An analysis of European plastics production, demand and waste data*. Brussels: Plastics Europe.
- PlasticsEurope. (2016). *Plastics – the Facts 2016: An analysis of European plastics production, demand and waste data*. Brussels: PlasticsEurope. Ανάκτηση Νοέμβριος 1, 2017, από <http://www.plasticseurope.org/Document/plastics---the-facts-2016-15787.aspx?FoIID=2>
- Polymer Science Learning Center. (2016). *Polypropylene*. Ανάκτηση Νοέμβριος 11, 2017, από [pslc.ws: http://pslc.ws/macrog/pp.htm](http://pslc.ws/macrog/pp.htm)
- Ref. Ares 4230487. (2015, Οκτώβριος 12). *Glossary and Acronyms related to cosmetics legislation*. (ΕΥ, Επιμ.) Ανάκτηση Δεκέμβριος 17, 2017, από European Commission Glossary Term: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/13021/attachments/1/translations/en/renditions/pdf>

- Registration SOR/2017-111. (2017, 2 June). microbeads in Toiletries regulations. *Canada Gazette Part II*, 151(12), 1349-1376.
- Robertson, I. (2015). *Identification of Microplastic Particles in Cosmetic Formulations Using IR Microscopy*. Waltham: Perkin Elmer.
- Robles, M. (2016). *Plastic Not Fantastic: Industry Responds to US Microbeads Ban*. London: Euromonitor International.
- Rocha-Santos, T., & Duarte, A. (2015). A critical overview of the analytical approaches to the occurrence, the fate and the behavior of microplastics in the environment. *Trends in Analytical Chemistry*, 65, 47-53.
- Rochman, C., Browne, M., Underwood, J., van Franeker, J., Thompson, R., & Amaral-Zettler, L. (2016). The ecological impacts of marine debris: unraveling the demonstrated evidence from what is perceived. *Ecology*, 97(2), σσ. 302-312.
- Rochman, C., Hoh, E., Kurobe, K., & Teh, S. (2013, Νοέμβριος 21). Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. *Scientific Reports*, 3(3263).
- Rochman, C., Kross, S., Armstrong, J., Bogan, M., Darling, E., Green, S., . . . Veríssimo, D. (2015). Scientific Evidence Supports a Ban on Microbeads. *Environmental Science and Technology*, 49, σσ. 10759-10761.
- Rochman, C., Tahir, A., Williams, S., Baxa, D., Lam, R., Miller, J., . . . Teh, S. (2015, Σεπτέμβριος 24). Anthropogenic debris in seafood: Plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption. *Scientific Reports*, 24(5).
- Romeo, T., Pietro, B., Pedà, C., Consoli, P., Andaloro, F., & Fossi, M. (2015). First evidence of presence of plastic debris in stomach of large pelagic fish in the Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 95, σσ. 358-361.
- Ryan, P., Connell, A., & Gardner, B. (1988). Plastic ingestion and PCBs in seabirds: Is there a relationship? *Marine Pollution Bulletin*, 9(4), 174-176.
- Sathyanarayana, S., Karr, C., Lozano, P., Brown, E., Calafat, A., Liu, F., & Swan, S. (2008, Φεβρουάριος). Baby Care Products: Possible Sources of Infant Phthalate Exposure. *Pediatrics*, 121(2), σσ. 260-268.

- Senato della Repubblica. (2017, Δεκέμβριος 23). Bilancio di previsione dello Stato per l'anno finanziario 2018 e bilancio pluriennale per il triennio 2018-2020.
- Setälä, O., Fleming-Lehtinen, V., & Lehtiniemi, M. (2013). Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web. *Environmental Pollution*, 185, σσ. 77-83.
- Song, Y., Hong, S., Jang, M., Han, G., Rani, M., Lee, J., & Shim, W. (2015). A comparison of microscopic and spectroscopic identification methods for analysis of microplastics in environmental samples. *Marine Pollution Bulletin*, 93(1-2), 202-209.
- Strand, J. (2015). Contents of polyethylene microplastic in some selected personal care products in Denmark. *NMC conference on plastics in the marine environment*. Reykjavík, Iceland. Ανάκτηση από [http://pure.au.dk/portal/files/81692041/Microplastic\\_in\\_Cosmetics\\_NMR\\_poster\\_sep14jak2.pdf](http://pure.au.dk/portal/files/81692041/Microplastic_in_Cosmetics_NMR_poster_sep14jak2.pdf)
- Sundt, P., Schulze, P., & Syversen, F. (2014). *Sources of microplastic pollution to the marine environment*. Norwegian Environment Agency.
- Tanaka, K., & Takada, H. (2016). Microplastic fragments and microbeads in digestive tracts of planktivorous fish from urban coastal waters. *Scientific Reports*, 6(34351), σσ. 1-9.
- Teuten, E., Saquing, J., Knappe, D., Barlaz, M., Jonsson, S., Bjorn, A., . . . Takada, H. (2009). Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 364, 2027-2045.
- Thompson, R., Olsen, Y., Mitchell, R., Davis, A., Rowland, S., John, A., . . . Russell, A. (2004). Lost at Sea: Where Is All the Plastic? *Science*, 304.
- UK Government & Parliament. (2016, Ιανουάριος). *Ban the use of plastic microbeads in all cosmetic products sold in the UK*. Ανάκτηση Οκτώβριος 3, 2017, από UK Government & Parliament Petitions: <https://petition.parliament.uk/archived/petitions/104464>
- UK Parliament. (2016, 4 Μαΐου). *PQ 35904 on Seas and Oceans: Pollution Control*. Ανάκτηση Οκτώβριος 2, 2017, από [data.parliament.uk](http://data.parliament.uk/writtenevidence/committeeevidence.svc/evidencedocument/environmental-audit-committee/environmental-impact-of-microplastics/written/32100.html): <http://data.parliament.uk/writtenevidence/committeeevidence.svc/evidencedocument/environmental-audit-committee/environmental-impact-of-microplastics/written/32100.html>

- UNEP. (2015). *Plastic in Cosmetics: Are we polluting the environment through our personal care?* United Nation Environment Program (UNEP).
- UNEP. (2016). *UNEP Frontiers 2016 Report: Emerging Issues of Environmental Concern*. Nairobi Kenya: United Nations Environment Programme.
- UNEP. (2017, March 24). *#CleanSeas: more than 800 people pledge to stop using cosmetics containing microbeads*. (U. Environment, Εκδότης) Ανάκτηση Σεπτέμβριος 17, 2017, από UNEP Stories: <http://www.unep.org/stories/story/cleanseas-more-800-people-pledge-stop-using-cosmetics-containing-microbeads>
- US Congress. (2015, December 28). To amend the Federal Food, Drug, and Cosmetic Act to prohibit the manufacture and introduction or delivery for introduction into interstate commerce of rinse-off cosmetics containing intentionally-added plastic microbeads. *Public Law 114-114*, σσ. 3129-3130.
- van Cauwenberghe, & Janssen, C. (2014). Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environmental Pollution*, 193, σσ. 65-70.
- Velzeboer, I., Kwadijk, C., & Koelmans, A. (2014). Strong Sorption of PCBs to Nanoplastics, Microplastics, Carbon Nanotubes, and Fullerenes. *Environmental Science and Technology*, 48, σσ. 4869-4876.
- Verschoor, A., Herremans, J., Peijnenburg, W., & Peters, R. (2015). *Size and amount of microplastics in toothpastes*. Ministry of Health, Welfare and Sport, The Netherlands. Amsterdam: National Institute for Public health and the Environment.
- Vert, M., Doi, Y., Hellwich, K.-H., Hess, M., Hodge, P., Kubisa, P., . . . Schué, F. (2012). Terminology for biorelated polymers and applications (IUPAC Recommendations 2012). *Pure Applied Chemistry*, 84(2), 377-410.
- Wardrop, P., Shimeta, J., Nugegoda, D., Morrison, P., Miranda, A., Tang, M., & Clarke, B. (2016). Chemical Pollutants Sorbed to Ingested Microbeads from Personal Care Products Accumulate in Fish. *Environmental Science Technology*, 50, 4037-4044.



- Wegmans. (2015, Δεκέμβριος 31). *Sustainability - Wegmans Removes Health and Beauty Products that Contain Polyethylene (Plastic) Microbeads from All Stores*. Ανάκτηση Σεπτέμβριος 21, 2017, από [wegmans.com: https://www.wegmans.com/news-media/press-releases/2015/wegmans-removes-health---beauty-products-containing-plastic-micr.html](https://www.wegmans.com/news-media/press-releases/2015/wegmans-removes-health---beauty-products-containing-plastic-micr.html)
- Whitley, A., Levard, C., Oostveen, E., Bertsch, P., Matocha, C., von der Kammer, F., & Unrine, J. (2013). Behavior of Ag nanoparticles in soil: Effects of particle surface coating, aging and sewage sludge amendment. *Marine Pollution Bulletin*, 182, 141-149.
- Whitmire, S., & Van Bloem, S. (2017). *Quantification of Microplastics on National Park Beaches*. US Department of Commerce. Washigton: NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration.
- World Trade Organization. (2016, Οκτώβριος 6). *Korean MFDS Proposes Ban of 5mm Microbeads in Cosmetics*. Ανάκτηση Σεπτέμβριος 15, 2017, από [wto.org: https://docs.wto.org/dol2fe/Pages/FE\\_Search/FE\\_S\\_S007.aspx?PostingDateFrom=06%2f10%2f2016&PostingDateTo=06%2f10%2f2016&FullTextHash=371857150&AllTranslationsCompleted=1&Id=231624&PageAnchorPosition=231624&SearchPagePageNumber=50&SearchPageCurrentIndex=0&S](https://docs.wto.org/dol2fe/Pages/FE_Search/FE_S_S007.aspx?PostingDateFrom=06%2f10%2f2016&PostingDateTo=06%2f10%2f2016&FullTextHash=371857150&AllTranslationsCompleted=1&Id=231624&PageAnchorPosition=231624&SearchPagePageNumber=50&SearchPageCurrentIndex=0&S)
- Wright, S., Rowe, D., Thompson, R., & Galloway, T. (2013). Microplastic ingestion decreases energy reserves in marine worms. *Current Biology*, 23(23).
- Zitko, V., & Hanlon, M. (1991). (1991) Another source of pollution by plastics: Skin cleaners with plastic scrubbers. *Marine Pollution Bulletin*, 22(1), σσ. 41-42.
- Απόφαση 226/2017. (2017, Ιούνιος 29). *ΑΠΟΦΑΣΗ υπ' αριθμ. 226/2017*. (Π. Αττικής, Επιμ.) Ανάκτηση Σεπτέμβριος 18, 2017, από [patt.gov.gr: http://www.patt.gov.gr/site/attachments/article/23708/%CE%91%CF%80%CE%BF%CF%86.%20226%20%CE%A5%CE%A0%CE%9F%CE%92%CE%9F%CE%9B%CE%97%20%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%A4%CE%91%CE%A3%CE%97%CE%A3%20%CE%93%CE%99%CE%91%20%CE%A3%CE%A5%CE%9C%CE%9C%CE%95%CE%A4%CE%9F%CE%A7%CE](http://www.patt.gov.gr/site/attachments/article/23708/%CE%91%CF%80%CE%BF%CF%86.%20226%20%CE%A5%CE%A0%CE%9F%CE%92%CE%9F%CE%9B%CE%97%20%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%A4%CE%91%CE%A3%CE%97%CE%A3%20%CE%93%CE%99%CE%91%20%CE%A3%CE%A5%CE%9C%CE%9C%CE%95%CE%A4%CE%9F%CE%A7%CE)

- Αρχιπέλαγος. (2009). *Μελέτη της Ρύπανσης Μικροσκοπικών Πλαστικών Ινών στις Ελληνικές Θάλασσες*. Σάμος: Ινστιτούτο Θαλάσσιας & Περιβαλλοντικής Έρευνας Αιγαίου.
- Αρχιπέλαγος. (2017α). *Μικροπλαστικά*. Ανάκτηση Οκτώβριος 29, 2017, από Archipelagos - Institute of Marine Conservation: <http://archipelago.gr/ti-kanoume/ergastiriaki-erevna/mikroplastika/>
- Αρχιπέλαγος. (2017β, Ιούλιος 31). *Περιεκτικότητα Μικροπλαστικών Ινών σε Στομάχια Δελφινιών από το Αιγαίο: Τα πρώτα αποτελέσματα της έρευνας σοκάρουν*. Ανάκτηση Οκτώβριος 29, 2017, από Archipelagos Institute of Marine Conservation: <http://archipelago.gr/periectikotita-mikroplastikon-inon-se-stomachia-delfinion/>
- Ειδική Γραμματεία Υδάτων. (2016). *Έγκριση των προγραμμάτων παρακολούθησης για τη συνεχή εκτίμηση της περιβαλλοντικής κατάστασης των θαλάσσιων υδάτων, του άρθρου 11 του Ν. 3983/2011 (Α΄ 144)»*. (Ε. & Υπουργείο Περιβάλλοντος, Επιμ.) Ανάκτηση 17 Σεπτέμβριος, 2017, από [ypeka.gr](http://www.ypeka.gr/): <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=rk0317VLOBw%3D&tabid=232&language=el-GR>
- Ευρωπαϊκή Ένωση Άρθρο 101. (2008). Document 12008E101 - Consolidated version of the Treaty on the Functioning of the European Union. *EUR-LEX access to European Law*, 88-89.
- Ζαχαροπούλου, Ο., & Βαρβαρέσου, Α. (2012). *Νανοτεχνολογία στην Κοσμητολογία. Επιθεώρηση Κλινικής Φαρμακολογίας και Φαρμακοκινητικής*, 30(1), σσ. 51-54.
- Κουλούρη, Π., Ντουνας, Κ., Μάρα, Π., & Ελευθερίου, Α. (2006). *Προκαταρκτικά Αποτελέσματα Επίδρασης Της Μηχανότρατας Στη Σύνθεση Της Μακροπανίδας Του Βενθικού Διαχωριστικού Στρώματος Και Στη Δίαιτα Τριών Βενθοπελαγικών Ψαριών. 8ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας*. Θεσσαλονίκη: ΕΛΚΕΘΕ & ΟΛΘΕ.
- Οδηγία 2008/98/ΕΚ. (2008, Νοεμβρίου 19). *Οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και Συμβουλίου για τα απόβλητα και την κατάργηση ορισμένων οδηγιών*. (Ε. Ένωση, Επιμ.) *Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης*, 3-29.
- Τσιρίβας, Ε., Βαρβαρέσου, Α., & Παπαγεωργίου, Σ. (2013). *Βασικές Αρχές Κοσμητολογίας*. Μεταμόρφωση Αττικής: Επιστημονικές Εκδόσεις Παριζιάνου.

ΥΠΕΚΑ. (2017, Αύγουστος 10). «*Να βγάλουμε την πλαστική σακούλα από τις καταναλωτικές μας συνήθειες*». (Ε. & Υπουργείο Περιβάλλοντος, Εκδότης) Ανάκτηση Σεπτέμβριος 18, 2017, από ypeka.gr: [http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=785&snr\[524\]=5087&language=el-GR](http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=785&snr[524]=5087&language=el-GR)

## Παράρτημα Α – Πίνακες Στατιστικής Ανάλυσης SPSS

Πίνακας Α. 1 - Πίνακας διασταυρώσεων μεταβλητής Εταιρεία με μεταβλητή Είδος

			ΕΙΔΟΣ		Total
			ΦΥΣΙΚΟ	ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ	
ΕΤΑΙΡΕΙΑ	1,00	Count	8	0	8
		% within ΕΤΑΙΡΕΙΑ	100,0%	0,0%	100,0%
	2,00	Count	9	0	9
		% within ΕΤΑΙΡΕΙΑ	100,0%	0,0%	100,0%
	3,00	Count	2	0	2
		% within ΕΤΑΙΡΕΙΑ	100,0%	0,0%	100,0%
	4,00	Count	4	0	4
		% within ΕΤΑΙΡΕΙΑ	100,0%	0,0%	100,0%
	5,00	Count	2	0	2
		% within ΕΤΑΙΡΕΙΑ	100,0%	0,0%	100,0%
	6,00	Count	12	0	12
		% within ΕΤΑΙΡΕΙΑ	100,0%	0,0%	100,0%
	7,00	Count	5	0	5
		% within ΕΤΑΙΡΕΙΑ	100,0%	0,0%	100,0%
	8,00	Count	5	0	5
		% within ΕΤΑΙΡΕΙΑ	100,0%	0,0%	100,0%
	9,00	Count	2	0	2
		% within ΕΤΑΙΡΕΙΑ	100,0%	0,0%	100,0%
	10,00	Count	12	0	12
		% within ΕΤΑΙΡΕΙΑ	100,0%	0,0%	100,0%
	11,00	Count	0	2	2
		% within ΕΤΑΙΡΕΙΑ	0,0%	100,0%	100,0%
	12,00	Count	0	1	1
		% within ΕΤΑΙΡΕΙΑ	0,0%	100,0%	100,0%
	13,00	Count	0	1	1
		% within ΕΤΑΙΡΕΙΑ	0,0%	100,0%	100,0%
	14,00	Count	0	3	3
		% within ΕΤΑΙΡΕΙΑ	0,0%	100,0%	100,0%
	15,00	Count	0	3	3
		% within ΕΤΑΙΡΕΙΑ	0,0%	100,0%	100,0%
	16,00	Count	0	3	3
		% within ΕΤΑΙΡΕΙΑ	0,0%	100,0%	100,0%

17,00	Count	0	7	7
	% within ETAIPEIA	0,0%	100,0%	100,0%
18,00	Count	0	5	5
	% within ETAIPEIA	0,0%	100,0%	100,0%
19,00	Count	0	3	3
	% within ETAIPEIA	0,0%	100,0%	100,0%
20,00	Count	5	0	5
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	100,0%
21,00	Count	4	0	4
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	100,0%
22,00	Count	0	1	1
	% within ETAIPEIA	0,0%	100,0%	100,0%
23,00	Count	6	0	6
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	100,0%
24,00	Count	0	4	4
	% within ETAIPEIA	0,0%	100,0%	100,0%
25,00	Count	0	6	6
	% within ETAIPEIA	0,0%	100,0%	100,0%
26,00	Count	3	1	4
	% within ETAIPEIA	75,0%	25,0%	100,0%
27,00	Count	2	0	2
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	100,0%
28,00	Count	3	0	3
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	100,0%
29,00	Count	4	0	4
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	100,0%
30,00	Count	1	0	1
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	100,0%
31,00	Count	2	0	2
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	100,0%
32,00	Count	2	0	2
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	100,0%
33,00	Count	0	3	3
	% within ETAIPEIA	0,0%	100,0%	100,0%
34,00	Count	1	0	1
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	100,0%
35,00	Count	1	1	2
	% within ETAIPEIA	50,0%	50,0%	100,0%

36,00	Count	2	0	2
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	100,0%
37,00	Count	1	0	1
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	100,0%
38,00	Count	4	0	4
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	100,0%
39,00	Count	3	0	3
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	100,0%
40,00	Count	2	0	2
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	100,0%
41,00	Count	2	0	2
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	100,0%
42,00	Count	11	0	11
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	100,0%
43,00	Count	1	0	1
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	100,0%
44,00	Count	11	0	11
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	100,0%
45,00	Count	3	0	3
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	100,0%
46,00	Count	0	2	2
	% within ETAIPEIA	0,0%	100,0%	100,0%
47,00	Count	2	0	2
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	100,0%
48,00	Count	1	0	1
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	100,0%
49,00	Count	0	2	2
	% within ETAIPEIA	0,0%	100,0%	100,0%
50,00	Count	1	0	1
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	100,0%
51,00	Count	3	0	3
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	100,0%
52,00	Count	1	0	1
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	100,0%
53,00	Count	0	3	3
	% within ETAIPEIA	0,0%	100,0%	100,0%
54,00	Count	0	1	1
	% within ETAIPEIA	0,0%	100,0%	100,0%

55,00	Count	2	0	2
	% within ΕΤΑΙΡΕΙΑ	100,0%	0,0%	100,0%
56,00	Count	0	4	4
	% within ΕΤΑΙΡΕΙΑ	0,0%	100,0%	100,0%
Total	Count	145	56	201
	% within ΕΤΑΙΡΕΙΑ	72,1%	27,9%	100,0%

Πίνακας Α. 2 - Πίνακας συχνοτήτων μεταβλητής Χρήση

#### ΧΡΗΣΗ

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid ΠΡΟΣΩΠΟ	70	34,8	34,8	34,8
ΣΩΜΑ	131	65,2	65,2	100,0
Total	201	100,0	100,0	

Πίνακας Α. 3 - Πίνακας διασταυρώσεων μεταβλητής Είδος με μεταβλητή Χρήση

#### ΕΙΔΟΣ \* ΧΡΗΣΗ Crosstabulation

			ΧΡΗΣΗ		Total
			ΠΡΟΣΩΠΟ	ΣΩΜΑ	
ΕΙΔΟΣ	ΦΥΣΙΚΟ	Count	46	99	145
		% within ΕΙΔΟΣ	31,7%	68,3%	100,0%
	ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ	Count	24	32	56
		% within ΕΙΔΟΣ	42,9%	57,1%	100,0%
Total		Count	70	131	201
		% within ΕΙΔΟΣ	34,8%	65,2%	100,0%

Πίνακας Α. 4 - Πίνακας Συχνοτήτων μεταβλητής Περιέχουν\_Microbeads

#### ΠΕΡΙΕΧΟΥΝ MICROBEADS

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid ΝΑΙ	8	4,0	4,0	4,0
ΟΧΙ	157	78,1	78,1	82,1
ΜΙΚΤΟ	36	17,9	17,9	100,0
Total	201	100,0	100,0	

Πίνακας Α. 5 - Πίνακας συχνοτήτων μεταβλητής περιέχουν microbeads

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	NAI	8	18,2	18,2	18,2
	ΜΙΚΤΟ	36	81,8	81,8	100,0
	Total	44	100,0	100,0	

Πίνακας Α. 6 - Πίνακας διασταυρώσεων μεταβλητής Περιέχουν\_Microbeads με μεταβλητή Χημική\_Ένωση\_Microbead

**ΠΕΡΙΕΧΟΥΝ\_MICROBEADS \* ΧΗΜΙΚΗ\_ΕΝΩΣΗ\_MICROBEAD Crosstabulation**

			ΧΗΜΙΚΗ_ΕΝΩΣΗ_MICROBEAD				Total
			NONE	PE	PET	NYLON-6	
ΠΕΡΙΕΧΟΥΝ_MICROBEADS	NAI	Count	0	5	0	3	8
		% within ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ_ΣΕ_MICROBEADS	0,0%	62,5%	0,0%	37,5%	100,0%
	OXI	Count	157	0	0	0	157
	% within ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ_ΣΕ_MICROBEADS	100%	0,0%	0,0%	0%	100,0%	
	ΜΙΚΤΟ	Count	0	30	4	2	36
	% within ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ_ΣΕ_MICROBEADS	0,0%	83,3%	11,1%	5,6%	100,0%	
Total	Count	157	35	4	5	201	
	% within ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ_ΣΕ_MICROBEADS	78,1%	17,4%	2,0%	2,5%	100,0%	

Πίνακας Α. 7 - Πίνακας διασταυρώσεων μεταβλητής Περιέχουν\_Microbeads με μεταβλητή Χρήση

**ΠΕΡΙΕΧΟΥΝ\_MICROBEADS\* ΧΡΗΣΗ Crosstabulation**

			ΧΡΗΣΗ		Total
			ΠΡΟΣΩΠΟ	ΣΩΜΑ	
ΠΕΡΙΕΧΟΥΝ_MICROBEADS	NAI	Count	3	5	8
		% within ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ_ΣΕ_MICROBEADS	37,5%	62,5%	100,0%
		ROBEADS			



	OXI	Count	54	103	157
		% within ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ_ΣΕ_MIC ROBEADS	34,4%	65,6%	100,0%
	ΜΙΚΤΟ	Count	13	23	36
		% within ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ_ΣΕ_MIC ROBEADS	36,1%	63,9%	100,0%
Total		Count	70	131	201
		% within ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ_ΣΕ_MIC ROBEADS	34,8%	65,2%	100,0%

Πίνακας Α. 8 - Πίνακας διασταυρώσεων μεταβλητής Περιέχουν\_Microbeads με μεταβλητή Χημική\_Ένωση\_Microbead για υπομεταβλητή Είδος: Πρόσωπο

**ΠΕΡΙΕΧΟΥΝ\_MICROBEADS \* ΧΗΜΙΚΗ\_ΕΝΩΣΗ\_MICROBEAD Crosstabulation**

			ΧΗΜΙΚΗ_ΕΝΩΣΗ_MICROBEAD			Total
			NONE	PE	NYLON-6	
ΠΕΡΙΕΧΟΥΝ_MICROBEADS	ΝΑΙ	Count	0	1	2	3
		% within ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ_ΣΕ_M ICROBEADS	0,0%	33,3%	66,7%	100,0%
	ΟΧΙ	Count	54	0	0	54
		% within ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ_ΣΕ_M ICROBEADS	100%	0,0%	0%	100,0%
	ΜΙΚΤΟ	Count	0	13	0	13
		% within ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ_ΣΕ_M ICROBEADS	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
Total		Count	54	14	2	70
		% within ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ_ΣΕ_M ICROBEADS	77,1%	20,0%	2,9%	100,0%

Πίνακας Α. 9 - Πίνακας διασταυρώσεων μεταβλητής Περιέχουν\_Microbeads με μεταβλητή Χημική\_Ένωση\_Microbead για υπομεταβλητή Είδος: Σώμα

**ΠΕΡΙΕΧΟΥΝ\_MICROBEADS \* ΧΗΜΙΚΗ\_ΕΝΩΣΗ\_MICROBEAD Crosstabulation**

			ΧΗΜΙΚΗ_ΕΝΩΣΗ_MICROBEAD				Total
			NONE	PE	PET	NYLON-6	
ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ_ΣΕ _MICROBEADS	ΝΑΙ	Count	0	4	0	1	5
		% within	0,0%	80,0%	0,0%	20,0%	100,0%
		ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ_ΣΕ _MICROBEADS					
	ΟΧΙ	Count	103	0	0	0	103
		% within	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
		ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ_ΣΕ _MICROBEADS					
	ΜΙΚΤΟ	Count	0	17	4	2	23
		% within	0,0%	73,9%	17,4%	8,7%	100,0%
		ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ_ΣΕ _MICROBEADS					
Total		Count	103	21	4	3	131
		% within	78,6%	16,0%	3,1%	2,3%	100,0%
		ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ_ΣΕ _MICROBEADS					

Πίνακας Α. 10 - Πίνακας Διασταυρώσεων μεταβλητής Είδος και Περιέχουν\_Microbeads

**ΕΙΔΟΣ \* ΠΕΡΙΕΧΟΥΝ\_MICROBEADS Crosstabulation**

			ΠΕΡΙΕΧΟΥΝ_MICROBEADS			Total
			ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΜΙΚΤΟ	
ΕΙΔΟΣ	ΦΥΣΙΚΟ	Count	3	122	20	145
		% within ΕΙΔΟΣ	2,1%	84,1%	13,8%	100,0%
	ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ	Count	5	35	16	56
		% within ΕΙΔΟΣ	8,9%	62,5%	28,6%	100,0%
Total		Count	8	157	36	201
		% within ΕΙΔΟΣ	4,0%	78,1%	17,9%	100,0%

Πίνακας Α. 11 - Πίνακας διασταυρώσεων μεταβλητής Εταιρεία με μεταβλητή Περιέχουν\_Microbeads

			ΠΕΡΙΕΧΟΥΝ_MICROBEADS			Total
			ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΜΙΚΤΟ	
ΕΤΑΙΡΕΙΑ	1,00	Count	0	8	0	8
		% of Total	0,0%	4,0%	0,0%	4,0%
	2,00	Count	0	5	4	9
		% of Total	0,0%	2,5%	2,0%	4,5%
	3,00	Count	0	1	1	2
		% of Total	0,0%	0,5%	0,5%	1,0%
	4,00	Count	1	3	0	4
		% of Total	0,5%	1,5%	0,0%	2,0%
	5,00	Count	0	2	0	2
		% of Total	0,0%	1,0%	0,0%	1,0%
	6,00	Count	0	8	4	12
		% of Total	0,0%	4,0%	2,0%	6,0%
	7,00	Count	0	5	0	5
		% of Total	0,0%	2,5%	0,0%	2,5%
	8,00	Count	0	5	0	5
		% of Total	0,0%	2,5%	0,0%	2,5%
	9,00	Count	0	2	0	2
		% of Total	0,0%	1,0%	0,0%	1,0%
	10,00	Count	0	12	0	12
		% of Total	0,0%	6,0%	0,0%	6,0%
	11,00	Count	0	0	3	3
		% of Total	0,0%	0,0%	1,5%	1,5%
	12,00	Count	0	1	0	1
		% of Total	0,0%	0,5%	0,0%	0,5%
	13,00	Count	0	1	0	1
		% of Total	0,0%	0,5%	0,0%	0,5%
	14,00	Count	1	1	1	3
		% of Total	0,5%	0,5%	0,5%	1,5%
	15,00	Count	0	3	0	3
		% of Total	0,0%	1,5%	0,0%	1,5%
	16,00	Count	0	3	0	3
		% of Total	0,0%	1,5%	0,0%	1,5%
	17,00	Count	0	0	7	7
		% of Total	0,0%	0,0%	3,5%	3,5%

18,00	Count	0	4	1	5
	% of Total	0,0%	2,0%	0,5%	2,5%
19,00	Count	0	2	1	3
	% of Total	0,0%	1,0%	0,5%	1,5%
20,00	Count	0	5	0	5
	% of Total	0,0%	2,5%	0,0%	2,5%
21,00	Count	1	3	0	4
	% of Total	0,5%	1,5%	0,0%	2,0%
23,00	Count	0	6	0	6
	% of Total	0,0%	3,0%	0,0%	3,0%
26,00	Count	0	3	0	3
	% of Total	0,0%	1,5%	0,0%	1,5%
27,00	Count	0	0	2	2
	% of Total	0,0%	0,0%	1,0%	1,0%
28,00	Count	0	3	0	3
	% of Total	0,0%	1,5%	0,0%	1,5%
29,00	Count	0	4	0	4
	% of Total	0,0%	2,0%	0,0%	2,0%
30,00	Count	0	1	0	1
	% of Total	0,0%	0,5%	0,0%	0,5%
31,00	Count	0	2	0	2
	% of Total	0,0%	1,0%	0,0%	1,0%
32,00	Count	0	2	0	2
	% of Total	0,0%	1,0%	0,0%	1,0%
34,00	Count	0	1	0	1
	% of Total	0,0%	0,5%	0,0%	0,5%
35,00	Count	1	0	1	1
	% of Total	0,5%	0,0%	0,5%	0,5%
36,00	Count	0	2	0	2
	% of Total	0,0%	1,0%	0,0%	1,0%
37,00	Count	0	1	0	1
	% of Total	0,0%	0,5%	0,0%	0,5%
38,00	Count	0	4	0	4
	% of Total	0,0%	2,0%	0,0%	2,0%
39,00	Count	0	0	3	3
	% of Total	0,0%	0,0%	1,5%	1,5%
40,00	Count	0	1	1	2
	% of Total	0,0%	0,5%	0,5%	1,0%

41,00	Count	0	2	0	2
	% of Total	0,0%	1,0%	0,0%	1,0%
42,00	Count	1	12	0	11
	% of Total	0,5%	6,0%	0,0%	5,5%
43,00	Count	0	0	1	1
	% of Total	0,0%	0,0%	0,5%	0,5%
44,00	Count	0	8	3	11
	% of Total	0,0%	4,0%	1,5%	5,5%
45,00	Count	0	3	0	3
	% of Total	0,0%	1,5%	0,0%	1,5%
47,00	Count	0	2	0	2
	% of Total	0,0%	1,0%	0,0%	1,0%
48,00	Count	0	1	0	1
	% of Total	0,0%	0,5%	0,0%	0,5%
50,00	Count	0	1	0	1
	% of Total	0,0%	0,5%	0,0%	0,5%
51,00	Count	0	3	0	3
	% of Total	0,0%	1,5%	0,0%	1,5%
52,00	Count	0	1	0	1
	% of Total	0,0%	0,5%	0,0%	0,5%
55,00	Count	0	2	0	2
	% of Total	0,0%	1,0%	0,0%	1,0%
Total	Count	8	157	36	201
	% of Total	4,0%	78,1%	17,9%	100,0%

Πίνακας Α. 12 - Πίνακας διασταυρώσεων μεταβλητής Εταιρεία με μεταβλητή Χημική Ένωση Microbead

**ΕΤΑΙΡΕΙΑ \* ΧΗΜΙΚΗ ΕΝΩΣΗ MICROBEAD Crosstabulation**

			ΧΗΜΙΚΗ ΕΝΩΣΗ MICROBEAD				Total
			NONE	PE	PET	NYLON-6	
ΕΤΑΙΡΕΙΑ	1,00	Count	8	0	0	0	8
		% within ΕΤΑΙΡΕΙΑ	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	2,00	Count	5	4	0	0	9
		% within ΕΤΑΙΡΕΙΑ	55,6%	44,4%	0,0%	0,0%	100,0%
	3,00	Count	1	1	0	0	2
		% within ΕΤΑΙΡΕΙΑ	50,0%	50,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	4,00	Count	3	1	0	0	4
		% within ΕΤΑΙΡΕΙΑ	75,0%	25,0%	0,0%	0,0%	100,0%

5,00	Count	2	0	0	0	2
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
6,00	Count	8	0	4	0	12
	% within ETAIPEIA	66,7%	0,0%	33,3%	0,0%	100,0%
7,00	Count	5	0	0	0	5
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
8,00	Count	5	0	0	0	5
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
9,00	Count	2	0	0	0	2
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
10,00	Count	12	0	0	0	12
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
11,00	Count	0	2	0	0	2
	% within ETAIPEIA	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	100,0%
12,00	Count	1	0	0	0	1
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
13,00	Count	1	0	0	0	1
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
14,00	Count	1	2	0	0	3
	% within ETAIPEIA	33,3%	66,7%	0,0%	0,0%	100,0%
15,00	Count	3	0	0	0	3
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
16,00	Count	3	0	0	0	3
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
17,00	Count	0	7	0	0	7
	% within ETAIPEIA	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	100,0%
18,00	Count	4	1	0	0	5
	% within ETAIPEIA	80,0%	20,0%	0,0%	0,0%	100,0%
19,00	Count	2	1	0	0	3
	% within ETAIPEIA	66,7%	33,3%	0,0%	0,0%	100,0%
20,00	Count	5	0	0	0	5
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
21,00	Count	3	1	0	0	4
	% within ETAIPEIA	75,0%	25,0%	0,0%	0,0%	100,0%
22,00	Count	1	0	0	0	1
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
23,00	Count	6	0	0	0	6
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%

24,00	Count	1	3	0	0	4
	% within ETAIPEIA	25,0%	75,0%	0,0%	0,0%	100,0%
25,00	Count	6	0	0	0	6
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
26,00	Count	4	0	0	0	4
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
27,00	Count	0	2	0	0	2
	% within ETAIPEIA	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	100,0%
28,00	Count	3	0	0	0	3
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
29,00	Count	4	0	0	0	4
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
30,00	Count	1	0	0	0	1
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
31,00	Count	2	0	0	0	2
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
32,00	Count	2	0	0	0	2
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
33,00	Count	2	1	0	0	3
	% within ETAIPEIA	66,7%	33,3%	0,0%	0,0%	100,0%
34,00	Count	1	0	0	0	1
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
35,00	Count	0	1	0	1	2
	% within ETAIPEIA	0,0%	50,0%	0,0%	50,0%	100,0%
36,00	Count	2	0	0	0	2
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
37,00	Count	1	0	0	0	1
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
38,00	Count	4	0	0	0	4
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
39,00	Count	0	3	0	0	3
	% within ETAIPEIA	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	100,0%
40,00	Count	1	1	0	0	2
	% within ETAIPEIA	50,0%	50,0%	0,0%	0,0%	100,0%
41,00	Count	2	0	0	0	2
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
42,00	Count	10	0	0	1	11
	% within ETAIPEIA	90,9%	0,0%	0,0%	9,1%	100,0%

43,00	Count	0	1	0	0	1
	% within ETAIPEIA	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	100,0%
44,00	Count	8	3	0	0	11
	% within ETAIPEIA	72,7%	27,3%	0,0%	0,0%	100,0%
45,00	Count	3	0	0	0	3
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
46,00	Count	2	0	0	0	2
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
47,00	Count	2	0	0	0	2
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
48,00	Count	1	0	0	0	1
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
49,00	Count	2	0	0	0	2
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
50,00	Count	1	0	0	0	1
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
51,00	Count	3	0	0	0	3
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
52,00	Count	1	0	0	0	1
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
53,00	Count	3	0	0	0	3
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
54,00	Count	1	0	0	0	1
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
55,00	Count	2	0	0	0	2
	% within ETAIPEIA	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
56,00	Count	1	0	0	3	4
	% within ETAIPEIA	25,0%	0,0%	0,0%	75,0%	100,0%
Total	Count	157	35	4	5	201
	% within ETAIPEIA	78,1%	17,4%	2,0%	2,5%	100,0%



Πίνακας Α. 13 - Πίνακας περιγραφικών μέτρων μεταβλητής Είδους και μεταβλητής Αναλογική Τιμή

**Descriptives**

ANALOGIKH\_TIMH

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
					ΦΥΣΙΚΟ	145		
ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ	56	,1079	,12979	,01734	,0731	,1426	,02	,48
Total	201	,1035	,10675	,00753	,0886	,1183	,02	,51

Πίνακας Α. 14 - Πίνακας περιγραφικών μέτρων μεταβλητής Είδους και μεταβλητής Αναλογική Τιμή χωρίς τις ακραίες τιμές

**Descriptives**

ANALOGIKH\_TIMH

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
					ΦΥΣΙΚΟ	141		
ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ	53	,0901	,1079	,01482	,0601	,1202	,02	0,48
Total	194	,0907	,0962	,00690	,0835	,1108	,02	0,48

Πίνακας Α. 15 - Πίνακας περιγραφικών μέτρων μεταβλητής Είδος με μεταβλητή Αναλογική Τιμή για Χρήση: Πρόσωπο

**Descriptives**

ANALOGIKH\_TIMH

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
					ΦΥΣΙΚΟ	46		
ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ	24	,2098	,14529	,02966	,1484	,2712	,02	,48
Total	70	,2087	,12026	,01437	,1800	,2373	,02	,51

Πίνακας Α. 16 - Πίνακας περιγραφικών μέτρων μεταβλητής Είδος με μεταβλητή Αναλογική Τιμή για Χρήση: Σώμα

**Descriptives**

ANALOGIKH\_TIMH

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
					ΦΥΣΙΚΟ	99		
ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ	32	,0314	,01202	,00212	,0271	,0357	,02	,05
Total	131	,0473	,02672	,00233	,0426	,0519	,02	,14

Πίνακας Α. 17 - Πίνακας περιγραφικών μέτρων μεταβλητής Περιέχει\_Microbeads με μεταβλητή Αναλογική\_Τιμή

**Descriptives**

ANALOGIKH\_TIMH

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
					NAI	8		
OXI	157	,1017	,10509	,00840	,0852	,1183	,02	,51
ΜΙΚΤΟ	36	,1105	,11686	,01948	,0710	,1501	,02	,48
Total	201	,1035	,10675	,00753	,0886	,1183	,02	,51

Πίνακας Α. 18 - Πίνακας περιγραφικών μέτρων μεταβλητής Περιέχει\_Microbeads με μεταβλητή Αναλογική\_Τιμή

**Descriptives**

ANALOGIKH\_TIMH

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
					NAI-ΜΙΚΤΟ	44		
OXI	157	,1017	,10509	,00840	,0852	,1183	,02	,51
Total	201	,1035	,10675	,00753	,0886	,1183	,02	,51

Πίνακας Α. 19 - Πίνακας διασταυρώσεων μεταβλητής Σειρά INCI με μεταβλητή Περιέχει\_Microbeads

		ΣΕΙΡΑ_INCI * ΠΕΡΙΕΧΕΙ_MICROBEADS Crosstabulation			Total	
		ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ_ΣΕ_MICROBEADS				
		ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΜΙΚΤΟ		
ΣΕΙΡΑ_INCI	0,00	Count	0	157	0	157
		% within ΣΕΙΡΑ_INCI	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
2,00	Count	2	0	4	6	
	% within ΣΕΙΡΑ_INCI	33,3%	0,0%	66,7%	100,0%	
3,00	Count	0	1	8	9	
	% within ΣΕΙΡΑ_INCI	0,0%	11,1%	88,9%	100,0%	
4,00	Count	2	0	4	6	
	% within ΣΕΙΡΑ_INCI	33,3%	0,0%	66,7%	100,0%	
5,00	Count	0	0	1	1	
	% within ΣΕΙΡΑ_INCI	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%	
6,00	Count	0	0	2	2	
	% within ΣΕΙΡΑ_INCI	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%	
7,00	Count	0	0	2	2	
	% within ΣΕΙΡΑ_INCI	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%	
8,00	Count	0	0	3	3	
	% within ΣΕΙΡΑ_INCI	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%	
9,00	Count	1	0	7	8	
	% within ΣΕΙΡΑ_INCI	12,5%	0,0%	87,5%	100,0%	
10,00	Count	0	0	4	4	
	% within ΣΕΙΡΑ_INCI	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%	
11,00	Count	1	0	0	1	
	% within ΣΕΙΡΑ_INCI	100,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
17,00	Count	1	0	1	2	
	% within ΣΕΙΡΑ_INCI	50,0%	0,0%	50,0%	100,0%	
Total	Count	8	157	36	201	
	% within ΣΕΙΡΑ_INCI	4,0%	78,1%	17,9%	100,0%	

Σε όλα τα προϊόντα που περιείχαν microbeads

- Προϊόντα που περιείχαν microbead ως 1<sup>ο</sup> συστατικό με βάση τη σειρά INCI: 0
- Προϊόντα που περιείχαν microbead ως 2<sup>ο</sup> συστατικό με βάση τ1 σειρά INCI: 6
- Προϊόντα που περιείχαν microbead ως 3<sup>ο</sup> συστατικό με βάση τη σειρά INCI: 9
- Προϊόντα που περιείχαν microbead ως 4<sup>ο</sup> συστατικό με βάση τη σειρά INCI: 6
- Προϊόντα που περιείχαν microbead ως 5<sup>ο</sup> συστατικό με βάση τη σειρά INCI: 1









- Προϊόντα που περιείχαν microbead ως 2<sup>ο</sup> συστατικό με βάση τη σειρά INCI: 0
- Προϊόντα που περιείχαν microbead ως 3<sup>ο</sup> συστατικό με βάση τη σειρά INCI: 3
- Προϊόντα που περιείχαν microbead ως 4<sup>ο</sup> συστατικό με βάση τη σειρά INCI: 3
- Προϊόντα που περιείχαν microbead ως 5<sup>ο</sup> συστατικό με βάση τη σειρά INCI: 1
- Προϊόντα που περιείχαν microbead ως 6<sup>ο</sup> συστατικό με βάση τη σειρά INCI: 1
- Προϊόντα που περιείχαν microbead ως 7<sup>ο</sup> συστατικό με βάση τη σειρά INCI: 1
- Προϊόντα που περιείχαν microbead ως 8<sup>ο</sup> συστατικό με βάση τη σειρά INCI: 3
- Προϊόντα που περιείχαν microbead ως 9<sup>ο</sup> συστατικό με βάση τη σειρά INCI: 7
- Προϊόντα που περιείχαν microbead ως 10<sup>ο</sup> συστατικό με βάση τη σειρά INCI: 3
- Προϊόντα που περιείχαν microbead ως 11<sup>ο</sup> συστατικό με βάση τη σειρά INCI: 0
- Προϊόντα που περιείχαν microbead ως 12<sup>ο</sup> συστατικό με βάση τη σειρά INCI: 0
- Προϊόντα που περιείχαν microbead ως 13<sup>ο</sup> συστατικό με βάση τη σειρά INCI: 0
- Προϊόντα που περιείχαν microbead ως 14<sup>ο</sup> συστατικό με βάση τη σειρά INCI: 0
- Προϊόντα που περιείχαν microbead ως 15<sup>ο</sup> συστατικό με βάση τη σειρά INCI: 0
- Προϊόντα που περιείχαν microbead ως 16<sup>ο</sup> συστατικό με βάση τη σειρά INCI: 0
- Προϊόντα που περιείχαν microbead ως 17<sup>ο</sup> συστατικό με βάση τη σειρά INCI: 1



Πίνακας Α. 20 - Θέσεις *microbeads* στη σειρά INCI ανά εταιρεία

Εταιρεία	Θέση INCI που ανιχνεύονται <i>microbeads</i>
Εταιρεία 2	2, 3, 4
Εταιρεία 3	2
Εταιρεία 4	9
Εταιρεία 6	9, 10, 17
Εταιρεία 11	3
Εταιρεία 14	4
Εταιρεία 17	8, 9
Εταιρεία 18	3
Εταιρεία 19	4
Εταιρεία 21	11
Εταιρεία 24	8, 17
Εταιρεία 27	2, 5
Εταιρεία 33	7
Εταιρεία 35	3, 4
Εταιρεία 39	2, 4, 6
Εταιρεία 40	6
Εταιρεία 42	2
Εταιρεία 43	3
Εταιρεία 44	7, 10
Εταιρεία 56	2, 3