

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
**«ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΕΚΒΡΑΣΜΕΝΩΝ ΜΙΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΩΝ
(PELLETS) ΣΕ ΑΜΜΩΔΗ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΠΑΡΑΛΙΩΝ ΤΗΣ
ΒΟΡΕΙΑΣ ΚΡΗΤΗΣ»**

Καρκανοραχάκη Αικατερίνη

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ
Καλογεράκης Νικόλαος, Καθηγητής (Επιβλέπων)
Ψυλλάκη Ελευθερία, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια
Τσούτσος Θεοχάρης, Αναπληρωτής Καθηγητής

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗ



ΧΑΝΙΑ
Οκτώβριος 2014

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Νικόλαο Καλογεράκη, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε κατά την ανάθεση της παρούσας εργασίας και τη συνεργασία που ακολούθησε.

Επίσης, ευχαριστώ τα υπόλοιπα μέλη της τριμελούς επιτροπής κ. Ψυλλάκη Ελευθερία και κ. Τσούτσο Θεοχάρη, για το χρόνο που αφιέρωσαν για την αξιολόγηση της εργασίας μου.

Ένα ειλικρίνες ευχαριστώ χρωστάω στον Dr. Σωτήρη Κυπαρίσση, για την καθοδήγηση και την άψογη συνεργασία, τη βοήθεια αλλά και την υπομονή του, τόσο στο εργαστήριο, όσο και στο πεδίο, καθ'όλη τη διάρκεια της εκτέλεσης της διπλωματικής μου εργασίας.

Ευχαριστώ, ακόμα, το προσωπικό και τους φοιτητές του εργαστηρίου Βιοχημικής Μηχανικής και Περιβαλλοντικής Βιοτεχνολογίας, με τους οποίους μοιράστηκα το εργαστήριο, και κυρίως τη Dr. Ελευθερία Αντωνίου, για την ανοχή και την αντοχή της, αλλά και την παρέα, τις μέρες που μοιραζόμασταν το γραφείο της.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια και τους φίλους μου, που στάθηκαν δίπλα μου σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Είναι πολύ σημαντικό να έχεις ανθρώπους που πιστεύουν σε σένα, ακόμα κι όταν δεν το κάνεις εσύ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μεγάλες ποσότητες πλαστικών καταλήγουν στα οικοσυστήματα κάθε χρόνο, είτε με τη μορφή απορριμμένων ή χαμένων αντικειμένων, είτε σαν διαρροές από ΧΥΤΑ ή μονάδες παραγωγής πλαστικών, με αποτέλεσμα να συσσωρεύονται, έχοντας αρνητικές συνέπειες για τη θαλάσσια ζωή. Τα μικροπλαστικά εισέρχονται στο περιβάλλον αυτοτελή αντικείμενα, όπως τα pellets, ή σαν αποτέλεσμα κατάτμησης μεγαλύτερων αντικειμένων.

Για την πραγματοποίηση της εργασίας αυτής, μέσα σε διάστημα 3 μηνών συγκεντρώθηκαν, μετά από κοσκίνισμα, δείγματα εκβρασμένων τμημάτων πλαστικών αντικειμένων και πλαστικών pellets παραγωγής από την επιφάνεια και από βάθος υποστρώματος μέχρι 10cm, 4 παραλιών της Βόρειας Κρήτης, με τη μέθοδο της συστηματικής δειγματοληψίας. Τα pellets διαχωρίστηκαν σε 6 κατηγορίες με βάση το χρώμα (νέα λευκά, παλαιά λευκά, υπόλευκα, πορτοκαλί, καφέ και έγχρωμα), ενώ τα τμήματα πλαστικών σε 4 κλάσεις μεγέθους (0-4mm, 4-15mm, 15-50mm και >50mm) και για κάθε κατηγορία μετρήθηκαν οι αφθονίες και τα βάρη σε g. Μετρήθηκαν, επίσης, οι αφθονίες των πλαστικών που καλύπτονταν από πίσσα. Μετά από στατιστική επεξεργασία των δεδομένων, εξήχθησαν συμπεράσματα σχετικά με τις κατανομές των πλαστικών συνολικά, αλλά και των επιμέρους κατηγοριών, κατά μήκος και κατά πλάτος των παραλιών, αλλά και στην επιφάνεια σε σχέση με το υπόστρωμα, καθιστώντας έτσι δυνατή την κατανόηση της συμπεριφοράς των πλαστικών αλλά και των ίδιων των παραλιών.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	4
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
1.1 Τα πλαστικά	4
1.2 Η γήρανση των πλαστικών.....	5
1.3 Τα πλαστικά στο περιβάλλον	6
1.4 Τα πλαστικά απορρίματα στα υδάτινα οικοσυστήματα.....	7
1.5 Τα πλαστικά στα παράλια οικοσυστήματα.....	11
1.6 Επίδραση των πλαστικών στα έμβια όντα.....	13
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	17
2.1 Περιοχές Δειγματοληψίας	17
2.2 Χαρακτηριστικά Δειγματοληψίας	20
2.3 Διαλογή των δειγμάτων και κατηγοριοποίηση των πλαστικών	27
2.4 Ανάλυση Δεδομένων	31
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	33
3.1 Σύγκριση Υποπεριοχών	33
3.2 Μέσες Αφθονίες και Βάρη	35
3.3 Σύγκριση Στρώσεων	40
3.4 Κατανομή των διαφόρων κατηγοριών pellet.....	49
3.5 Κατανομή των κατηγοριών pellet στις στρώσεις	60
3.6 Κλάσεις Μεγέθους Τμημάτων πλαστικών	61
3.7 Κατανομή τμημάτων πλαστικών ανά κλάση μεγέθους στις στρώσεις.....	66
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	77
4.1 Συμπεράσματα	77
4.2 Προτάσεις	79
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	82

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η δημιουργία του πρώτου πλαστικού στα τέλη του 19^{ου} αιώνα οδήγησε στη σταδιακή αντικατάσταση των παραδοσιακών υλικών, όπως το ξύλο και τα μέταλλα. Με τη χρήση αυτού, αλλά και μεταγενέστερων πλαστικών υλικών, για την κατασκευή αντικειμένων καθημερινής χρήσης και συσκευασίας, αλλά και για βιομηχανικών και άλλων εξαρτημάτων, θεωρήθηκε πως πολλά πρακτικά προβλήματα της ανθρωπότητας είχαν λυθεί.

Το 2012 παρήχθησαν 288 εκατομμύρια τόνοι πλαστικών, ενώ και τα δεδομένα και οι προβλέψεις, δείχνουν μια σταθερή αύξηση της ζήτησης για πλαστικά, στις αναπτυγμένες, αλλά και στις αναπτυσσόμενες χώρες (PlasticsEurope, 2013). Σύμφωνα με υπολογισμούς, σε κάθε Ευρωπαϊκό αντιστοιχεί μια μέση ετήσια κατανάλωση πλαστικών περί τα 100kg (Mulder K.F., 1998). Ανάμεσα σε αυτά, κυρίαρχα είδη είναι το διαφόρων πυκνοτήτων πολυαιθυλένιο (PE), το πολυπροπυλένιο (PP) και το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC). Η πλειοψηφία αυτών αποτελεί προϊόντα συσκευασίας, ενώ τα υπόλοιπα κατανέμονται σε είδη κατασκευών, ηλεκτρονικά είδη, συσκευές, κα (PlasticsEurope, 2013).

1.1 Τα πλαστικά

Τα πλαστικά είναι οργανικά πολυμερή, είτε από φυσικά, είτε από συνθετικά υλικά. Τα πολυμερή είναι σύνθετες ουσίες μεγάλου μοριακού βάρους, που δημιουργούνται από την ένωση πολλών (100-100.000) όμοιων ή διαφορετικών, κατά περίπτωση, μορίων, των μονομερών.

Οι ιδιότητες των πλαστικών που τα κατέστησαν τόσο διαδεδομένα σχετίζονται αφ'ενός με την χαμηλή αναλογία βάρους προς όγκο (πυκνότητα), αλλά και με την ικανότητά τους να υφίστανται μεγάλες μηχανικές καταπονήσεις, λόγω υψηλής ελαστικότητας. Παράλληλα, εμφανίζουν μικρή ηλεκτρική και θερμική αγωγιμότητα, που τους επιτρέπουν να δρουν σαν μονωτές.

Τα πλαστικά χωρίζονται σε 3 κατηγορίες και κάθε μια από αυτές, χαρακτηρίζεται από διαφορετικές ιδιότητες, κι επομένως, περιοχές χρησιμότητας: Τα **θερμοπλαστικά** (Thermoplastics), όπως πολυαιθυλένιο (PE), το χλωριούχο πολυβινύλιο (PVC), τα πολυαμίδια (nylon) και άλλα, τα **θερμοσκληρυνόμενα** (thermosets), με χαρακτηριστικά παραδείγματα τους πολυεστέρες, τα φαινολικά πολυμερή (βακελίτες ή φαινοπλάστες) και τις εποξειδικές ρητίνες, και τα **ελαστομερή** (elastomers ή rubbers), όπως το φυσικό και συνθετικό καουτσούκ, το πολυχλωροπένιο και οι σιλικόνες.

Η κατασκευή των πλαστικών είναι μια σύνθετη διαδικασία που περιλαμβάνει πολλά διαφορετικά στάδια, ανάλογα με την πρώτη ύλη και το επιθυμητό τελικό προϊόν. Τα πρώτα πλαστικά κατασκευάστηκαν από φυσικά υλικά, όπως η κυτταρίνη, το ελαστικό κόμμι (ή καουτσούκ) και φυσικές ρητίνες. Με την πάροδο του χρόνου, η πλειοψηφία των πλαστικών προέρχεται από πετρελαϊκούς υδρογονάνθρακες, ή ακόμα και από φυσικό αέριο (Altenprohl D., 1980). Τα τελευταία χρόνια, ωστόσο, η βιομηχανία, έχει αρχίσει να ερευνά τις δυνατότητες παραγωγής πλαστικών από βιοδιασπώμενα υλικά, όπως το άμυλο, των λεγόμενων 'βιοπλαστικών' (Iles and Martin, 2013).

Είναι χαρακτηριστικό, όμως, ότι ακόμα και σήμερα το 6% του συνόλου των πετρελαιοειδών της χημικής βιομηχανίας διοχετεύεται στην παραγωγή πλαστικών. Η καταλυτική πυρόλυση της νάφθας, ενός παραπροϊόντος της διύλισης του πετρελαίου, δίνει σαν κύριο προϊόν το αιθυλένιο, ενώ παράγονται επίσης ακετυλένιο και προπυλένιο. Την πυρόλυση ακολουθεί ο πολυμερισμός, κατά τον οποίο, με την προσθήκη διεγερτών, τα μονομερή ενώνονται μεταξύ τους προς το σχηματισμό αλυσίδων. Πριν το πολυμερές να πάρει την τελική του μορφή, ενδέχεται να προστεθούν σ' αυτό πλαστικοποιητές, σταθεροποιητές, λιπαντικά, χρωστικές, ή άλλες ουσίες που επηρεάζουν την όψη και τις ιδιότητες του υλικού. Το τελικό προϊόν έχει τη μορφή κόκκων (pellets), σκόνης ή ακόμα και υγρή μορφή, έτοιμων να διοχετευτούν, σαν πρώτη ύλη πια, για θερμική επεξεργασία.

Η κατεργασία του πλαστικού - πρώτης ύλης, περιλαμβάνει την προσθήκη θερμότητας και πίεσης, ή και των δυο. Πιο συγκεκριμένα, το πλαστικό θερμαίνεται, ώστε να περιέλθει σε υγρή κατάσταση, που επιτρέπει τη ροή και εισαγωγή του σε καλούπια, και στη συνέχεια υφίσταται διεργασίες, οι οποίες εμφανίζουν διαφοροποιήσεις ανάλογα με τον τύπο πολυμερούς που καλούνται να επεξεργαστούν, όπως χύτευση, εκβολή, ινοποίηση και άλλες.

1.2 Η γήρανση των πλαστικών

Με την πάροδο του χρόνου, τα πλαστικά εκτίθενται σε συνθήκες που οδηγούν στη διάσπαση των δεσμών των μονομερών, προκαλώντας έτσι την **γήρανσή** ή αποσύνθεσή τους. Η γήρανση των πλαστικών μπορεί να προκαλέσει αφ' ενός μεταβολές στις μηχανικές, οπτικές ή ηλεκτρικές ιδιότητές τους και αφ' ετέρου διαβρώσεις, ρωγμές, αποχρωματισμούς ή διαχωρισμό φάσεων.

Η αποσύνθεση των πλαστικών, μπορεί να είναι: **φυσική**, οπότε και οι δεσμοί ανάμεσα στα μόρια αποδυναμώνονται ή εξαφανίζονται εντελώς, προκαλώντας έτσι είτε αναδιάταξη της αλυσίδας, είτε επιστροφή στα μονομερή, μεταβάλλοντας έτσι τις ιδιότητες του προϊόντος. Η γήρανση μπορεί να είναι επίσης **χημική**, όπου τα πλαστικά υφίστανται γήρανση, τόσο μέσω της απορρόφησης υπεριώδους (UV) ακτινοβολίας από τον ήλιο, οπότε και οι δεσμοί μεταξύ των μορίων γίνονται ασθενέστεροι, μεταβάλλοντας έτσι τις πολυμερικές αλυσίδες και αποδεσμεύοντας ελεύθερες ρίζες, όσο και υπό την επίδραση του ατμοσφαιρικού όζοντος (O_3), οπότε και επέρχεται και πάλι η διάσπαση των αλυσίδων. Κατά τη **θερμική** γήρανση, δηλαδή υπό την επίδραση υψηλών θερμοκρασιών κατά τη χρήση ή τη διαμόρφωση των πλαστικών, τα πλαστικά δύνανται να υποστούν διεργασίες όπως τον αποπολυμερισμό, τη σχάση των πολυμερικών αλυσίδων ή τη δημιουργία ελαττωματικών αλυσίδων ή μορίων, ακόμα και ανάφλεξη, που μπορεί να οδηγήσει σε περεταίρω γήρανση του υλικού. Η **μηχανική** γήρανση αφορά την εφαρμογή τάσεων, καθώς και κάποιες διεργασίες διαμόρφωσης, όπως η ανάδευση και η έγχυση, που μπορεί να οδηγήσουν σε μεταβολή των μηχανικών ιδιοτήτων των πολυμερών. Τέλος, κατά τη **βιοχημική** γήρανση, η δράση των μικροοργανισμών επηρεάζει κυρίως τα φυσικά πολυμερή, όπως την κυτταρίνη, τα ελαστικά ή τα βιοπλαστικά. Τα μακρομόρια αποσταθεροποιούνται από τα κυτταρικά ένζυμα, προκαλώντας έτσι αλλοιώσεις που μπορεί να είναι και ορατές με γυμνό μάτι, όπως μεταβολές στο χρώμα ή τη διαφάνεια, απώλειες σε πρόσθετα, όπως πλαστικοποιητές και σταθεροποιητές, αλλά και μεταβολές στις φυσικές, μηχανικές και ηλεκτρικές ιδιότητές τους.

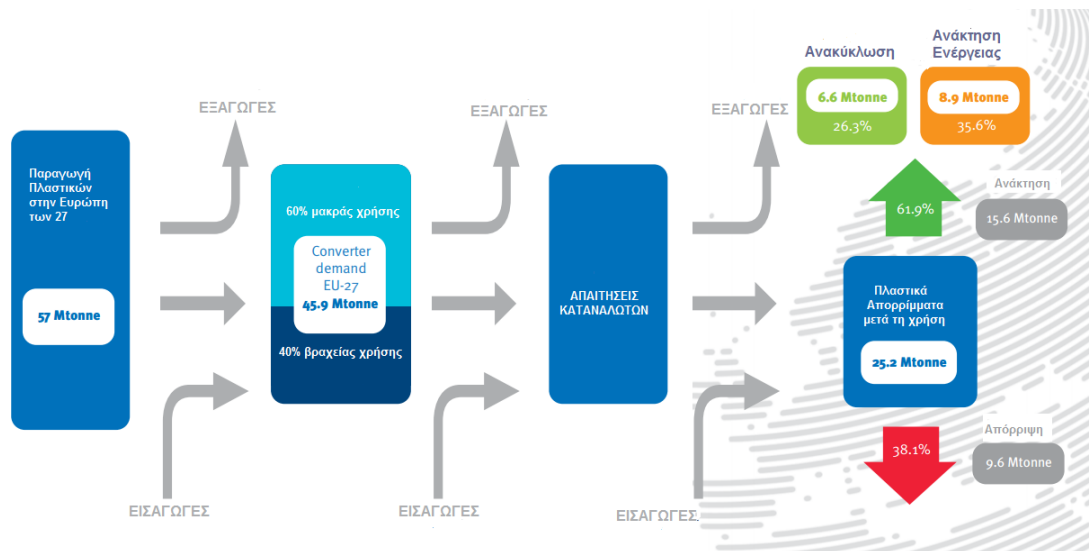
Από τις παραπάνω διεργασίες, στο περιβάλλον συχνότερες είναι η χημική και η βιοχημική αποσύνθεση, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ρύπων με άγνωστες συχνά ιδιότητες και συνέπειες. Από την άλλη πλευρά, η αποσύνθεση των πλαστικών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν το πρώτο βήμα επεξεργασίας, μετά τη χρήση τους, καθώς η διάσπαση των μακρομοριακών αλυσίδων διευκολύνει την αποσύνθεσή τους σε λιγότερο ρυπαντικές ουσίες (Παντελής Δ., 2008, Singh and Sharma, 2008).

1.3 Τα πλαστικά και το περιβάλλον

Η παραγωγή των πλαστικών διεκδικεί, σύμφωνα με υπολογισμούς, ενέργεια ίση με 15EJ (ή $15 \cdot 10^{18}$ J) το χρόνο. Αυτό αντιστοιχεί στο 3.6% της συνολικής χρήσης ενέργειας στον κόσμο. Χαρακτηριστικά, ένας τόνος πολυαιθυλενίου (PE) θεωρείται ότι απαιτεί ενέργεια που κυμαίνεται μεταξύ 64,6 έως 85GJ, ενώ ένας τόνος τερεφθαλικού πολυαιθυλενίου (PET), που χρησιμοποιείται ευρέως για τη συσκευασία τροφίμων, από 59,4 έως 113,2GJ (Patel and Mutha, 2014).

Από την άλλη πλευρά, το ενεργειακό αποτύπωμα των πλαστικών προϊόντων είναι ιδιαίτερα υψηλό. Υπολογίζεται πως 1kg τερεφθαλικού πολυαιθυλενίου (PET), χρησιμοποιούμενο για συσκευασία τροφίμων, συνεισφέρει 1,538kg ισοδύναμου CO₂ στην ατμόσφαιρα. Το 45% αυτού προέρχεται από την πρώτη ύλη, ενώ ένα εξίσου σημαντικό 38% είναι αποτέλεσμα της παραγωγικής διαδικασίας (Dormer *et al*, 2013).

Οι κυριότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ωστόσο, φαίνεται να προκύπτουν μετά τη χρήση των πλαστικών προϊόντων. Η ανακύκλωση ιδανικά θα αποτελούσε μια λύση στο πρόβλημα της συσσώρευσής τους στους ΧΥΤΑ, ειδικά στην περίπτωση των θερμοπλαστικών. Παρουσιάζονται, όμως, πρακτικά προβλήματα, καθώς τα είδη των πλαστικών είναι πολλά και δύσκολα μπορούν να διακριθούν μεταξύ τους, ενώ οι προσμίξεις με χαρτί, μέταλλα ή άλλα πλαστικά, καθιστούν τα προϊόντα της ανακύκλωσης ακατάλληλα για χρήση. Η υψηλή θερμογόνο δύναμη των πλαστικών ανέρχεται στα 33.000kJ/kg και τα καθιστά ικανά να υποστούν θερμική επεξεργασία, με σκοπό την εκμετάλλευση της παραγόμενης ενέργειας. Τα μειονεκτήματα της μεθόδου αυτής, είναι οι επιπλέον εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, αλλά και ο κίνδυνος παραγωγής και διαφυγής τοξικών ουσιών. Συχνά αναφέρεται, για παράδειγμα, η παραγωγή πολυχλωριωμένων διβενζοφουρανίων αλλά και διοξινών (PCDFs και PCDDs), από την καύση αποβλήτων που περιέχουν χλώριο, όπως το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) (Mulder K.F., 1998; Ανδρεαδάκης Α., 2001). Ακόμα και αυτό, ωστόσο, είναι δυνατό να αποφευχθεί με την εφαρμογή μεθόδων αποχλωρίωσης των προϊόντων της διεργασίας (López *et al*, 2011). Πρακτικές, όπως η παραγωγή από την θερμική επεξεργασία πλαστικών απορριμμάτων, καύσιμης ύλης ή πρώτων υλών για τη χημική βιομηχανία, αν και πολλά υποσχόμενες, έχουν λειτουργήσει μονάχα σε πιλοτική κλίμακα (Siddiqui M.N, 2009; Sriningsih *et al*, 2014; Syamsiro *et al*, 2014). Τέλος, η διαφυγή πλαστικών από τους ΧΥΤΑ, αλλά και η ανεξέλεγκτη απόρριψή τους στο περιβάλλον έχει ως αποτέλεσμα τη συσσώρευσή τους, στα χερσαία, αλλά και στα θαλάσσια οικοσυστήματα (Barnes *et al*, 2009). Σχηματικά, ο κύκλος ζωής των πλαστικών στην Ευρωπαϊκή Ένωση για το 2012 φαίνεται στην εικόνα 1.

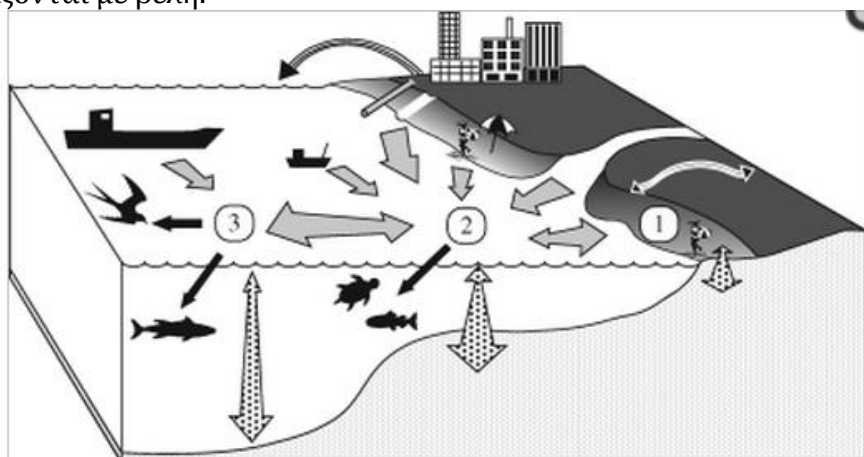


Εικόνα 1: Κύκλος ζωής των πλαστικών στην Ευρώπη των 27 το 2012 (PlasticsEurope, 2013).

1.4 Τα πλαστικά απορρίμματα στα υδάτινα οικοσυστήματα

Ενώ η μελέτη της συσσώρευσης των πλαστικών απορριμμάτων στα χερσαία οικοσυστήματα εμφανίζει σημαντικές δυσκολίες, στα υδάτινα τα πράγματα είναι πιο ξεκάθαρα, καθώς η εξέταση της συμπεριφοράς των πλαστικών στα υδατικά, και κυρίως τα θαλάσσια, οικοσυστήματα είναι επιβεβλημένη, αφ' ενός επειδή οι επικρατούσες συνθήκες συμβάλλουν σημαντικά στην μηχανική και χημική αποσύνθεσή τους (Corcoran *et al*, 2009), και αφ' ετέρου γιατί οι ποσότητές τους είναι σημαντικές (Thiel *et al*, 2013). Υπολογίζεται έτσι ότι κάθε χρόνο, πάνω από 6 εκατομμύρια τόνοι πλαστικών καταλήγουν στους ωκεανούς (Derraik, 2002). Τα πλαστικά που καταλήγουν στα θαλάσσια και παράκτια οικοσυστήματα προέρχονται σε ένα ποσοστό 80% από απευθείας απόρριψη και διαρροές από τη στεριά (Allsopp *et al*, 2009, Andrady A.L, 2011) και από την τάση των πληθυσμών για συσσώρευση στις παράλιες περιοχές, όσο και από δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στη θάλασσα (Allsopp *et al*, 2009; Ribic *et al*, 2010). Η παρουσία πλαστικών σακουλών συσκευασίας και μεταφοράς στα υδάτινα περιβάλλοντα είναι γνωστή, μαζί με τους κινδύνους που κρύβουν για τη θαλάσσια ζωή, ειδικά μετά από φωτοοξείδωση, που επιταχύνεται κατά την παραμονή τους στις παραλίες (O'Brine and Thompson, 2010). Σημαντικές στη ρύπανση των υδατικών οικοσυστημάτων φαίνεται να είναι και επαγγελματικές δραστηριότητες που σχετίζονται με αυτά, όπως η εξόρυξη πετρελαίου, η αλιεία, αλλά και οι υδατοκαλλιέργειες. Απώλειες πλαστικού εξοπλισμού, αλλά και σκόπιμη απόρριψή του, μετά το πέρας της χρησιμότητάς του, έχουν σαν αποτέλεσμα τη συγκέντρωσή του σε περιοχές όπου καταλήγουν θαλάσσια ρεύματα (Watson *et al*, 2009). Η παρουσία οργανικών ρύπων (PCB, DDTs, PAHs) στην Αρκτική, μάλιστα, φαίνεται να σχετίζεται με την εισροή μεγάλων ποσοτήτων πλαστικών, διαφορετικών μεγεθών και πολυμερών συστατικών, που φτάνουν έως και τις 105.000 τόνους το χρόνο (Zarfl and Matthies, 2010). Στην εικόνα 2 απεικονίζονται σχηματικά οι διεργασίες μεταφοράς των πλαστικών στο περιβάλλον και κάποιες από τις αλληλεπιδράσεις τους με αυτό. Με τον αριθμό 1 παρουσιάζονται οι διεργασίες απόθεσης πλαστικών στις παραλίες, με τον αριθμό 2 τα πλαστικά στα ρηχά νερά και με τον αριθμό 3 τα

πλαστικά στους ωκεανούς. Οι μεταξύ των περιοχών αλληλεπιδράσεις απεικονίζονται με βέλη.



Εικόνα 2: Διεργασίες μεταφοράς και αλληλεπιδράσεις των πλαστικών στο περιβάλλον (Ryan *et al*, 2009)

Φορείς ρύπανσης από πλαστικά, τόσο στα θαλάσσια όσο και στα παράλια οικοσυστήματα, εκτός από τα ογκώδη πλαστικά αντικείμενα και τα τμήματά τους, αποτελούν και τα σφαιρίδια (pellet) ρητινών που χρησιμοποιούνται κατά την παραγωγική διαδικασία (Moore C.J., 2008).

Στη βιβλιογραφία, εμφανίζονται διαφορετικές κατηγοριοποιήσεις των τμημάτων πλαστικών με βάση το μέγεθος. Από κάποιους ερευνητές θεωρούνται σα **μικροπλαστικά** τα τμήματα μεγέθους έως 1mm, ενώ οι περισσότεροι αυτά με μέγεθος έως 5mm (Derraik, 2002; Barnes *et al*, 2009; Cheshire *et al*, 2009; Ryan *et al*, 2009; Costa *et al*, 2010; Claessens *et al*, 2011; Cole *et al*, 2011). Έτσι, σαν μικροπλαστικά θεωρούμε ότι ορίζονται τα αόρατα με το γυμνό μάτι τμήματα πλαστικού με διαστάσεις μικρότερες των 5mm, τα οποία συλλέγονται με τη χρήση κοσκίνων και φίλτρων (Arthur *et al*, 2009) και είτε εισάγονται αυτούσια στα οικοσυστήματα μέσω της μεταφοράς από ρεύματα, είτε είναι προϊόντα της κατάτμησης μεγαλύτερων τμημάτων πλαστικών (δευτερογενή πλαστικά). Η κατάτμηση των πλαστικών έρχεται σαν αποτέλεσμα της γήρανσής τους, και της επακόλουθης διάσπασής των πολυμερικών αλυσίδων, υπό την επίδραση του νερού, του ηλιακού φωτός στις παραλίες, αλλά και μικροοργανισμών. Η γήρανση έχει σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση μικρορωγμών στην επιφάνεια των πλαστικών, που στη συνέχεια επεκτείνονται και οδηγούν στον τεμαχισμό τους (Choi *et al*, 2005; Shah *et al*, 2008; Sivan A., 2011, Andrady, 2003). Πρόσφατα, όμως, αναγνωρίστηκε και η συμβολή της χρήσης καθαριστικών και άλλων προϊόντων ατομικής υγιεινής με «μικρο-κόκκους», μεγέθους περί τα 0,5mm, στην ρύπανση του περιβάλλοντος με μικροπλαστικά (Fendal and Sewell, 2009). Η συλλογή και στατιστική ανάλυση των δεδομένων για τα μικροπλαστικά καθίστανται δύσκολες αφ'ενός από τον μεγάλο όγκο, την πολυμορφία, τη διαφορετικότητα και τη διασπορά τους, και αφ'ετέρου από την τεράστια έκταση των ακτογραμμών. Έρευνες έχουν λάβει χώρα σε τοπικό επίπεδο, χωρίς, ωστόσο, να είναι δυνατός ο σαφής διαχωρισμός των μικροπλαστικών με κριτήριο την προέλευσή τους, από τη στεριά ή τη θάλασσα (Cheshire *et al*, 2009). Η διασπορά των πλαστικών στα οικοσυστήματα είναι μεγάλη, και ευνοείται από το γεγονός ότι σχεδόν τα μισά από αυτά έχουν την τάση να

επιπλέον και επομένως να μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις (EPA, 2008). Χαρακτηριστική για την έκταση που έχει λάβει η διασπορά των μικροπλαστικών είναι η συλλογή δειγμάτων από τον Αρκτικό κύκλο (Zarfl and Matthies, 2010), αλλά και από βάθη που φτάνουν τις 5000m (Van Cauwenberghe *et al*, 2013).

Στη Μεσόγειο θάλασσα, η πλειοψηφία των απορριμμάτων είναι πλαστικά χερσαίας προέλευσης, που λόγω της μορφολογίας της, της μεγάλης διέλευσης πλοίων και της εκβολής ενός μεγάλου αριθμού ποταμών, πληθύνονται και συσσωρεύονται συνεχώς. Μετρήθηκαν, έτσι, πυκνότητες επιπλεόντων πλαστικών από 0,12 έως και 2.000 αντικειμένων ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο, ενώ στο βένθος η μέση πυκνότητα πλαστικών ανήλθε σε 42 αντικείμενα ανά εκτάριο. Οι διαφορές στις πυκνότητες, αλλά και στην κατανομή των πλαστικών, φαίνεται να σχετίζονται με τη γεωμορφολογία του βυθού και των παραλίων, με την επίδραση ρευμάτων αλλά και με τον μεγάλο αριθμό σημείων εισόδου των πλαστικών στο σύστημα (Papatheodorou, 2012).

Η παραμονή των μικροπλαστικών στα υδατικά περιβάλλοντα έχει σαν συνέπεια την ταχύτερη ανάπτυξη μικροβιακού βιοφίλμ στην επιφάνειά τους, που στη συνέχεια οδηγεί στην ανάπτυξη βακτηριακών αποικιών, αλλά και σε αυξημένη υδροφιλία (Lobelle and Cunliffe, 2011). Παρά το γεγονός ότι έχουν ανιχνευθεί βακτήρια ικανά να αποσυνθέσουν πλαστικά, και πιο συγκεκριμένα πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE), τα ευρήματα αυτά αφορούν δείγματα από στερεά εδάφη και πειράματα εκτελούμενα υπό ελεγχόμενες εργαστηριακές συνθήκες, οπότε δεν μπορεί να θεωρηθεί πως η ανάπτυξη του βιοφίλμ θα μπορούσε να οδηγήσει στη διάσπαση των πολυμερών (Balasubramanian *et al*, 2010).

Οργανικοί ρυπαντές έχουν βρεθεί σε μικροπλαστικά, με προέλευση τόσο από την ανοιχτή θάλασσα όσο και από παραλίες. Ανησυχία προκαλείται γιατί μέσω των πλαστικών, οι ρύποι αυτοί μπορούν να περάσουν στο περιβάλλον ή και στους θαλάσσιους οργανισμούς (EPA, 1993). Έτσι, ανιχνεύθηκαν 1 έως και 436ng/g πολυχλωριομένων διφαινυλίων (PCBs), με τις υψηλότερες συγκεντρώσεις να εμφανίζονται στις παραλίες κοντά σε αστικά κέντρα και τις χαμηλότερες στον ωκεανό. Στα δείγματα από την ανοιχτή θάλασσα αφθονούσαν PCBs με 3-4 άτομα χλωρίου, ενώ σε αυτά από τις παραλίες αυτά με 6-7. Τα δεδομένα αυτά, σε συνδυασμό με την πτητικότητα των πολυχλωριομένων διφαινυλίων, αλλά και γενικά τους συντελεστές κατανομής των οργανικών ρύπων στα πλαστικά, μπορούν να οδηγήσουν στο συμπέρασμα πως τα δείγματα με πεντα- ή εξαχλωροδιφαινύλια που παρατηρήθηκαν στον ωκεανό είναι αποτέλεσμα μεταφοράς από τη στεριά, μέσω των πλαστικών. (Lee *et al* 2014). Αντίστοιχα ευρήματα προέκυψαν και για τους αρωματικούς πολυκυκλικούς υδρογονάνθρακες (PAHs), με τιμές συγκεντρώσεων ανάμεσα σε 1 και 9300ng/g, με τις υψηλότερες να εμφανίζονται σε δείγματα από αστικές παραλίες. Επιπλέον, η περίσσεια PAHs χαμηλού μοριακού βάρους, μπορεί να συνδεθεί με την αλληλεπίδραση των πλαστικών με πετρέλαιο, ενδεχομένως από διαρροές ή το έρμα πλοίων. Για τα διχλωροδιφαινολτριχλωροαιθάνια (DDTs) παρατηρήθηκαν συγκεντρώσεις από 0,2 έως 142ng/g. Οι υψηλότερες τιμές εμφανίστηκαν κοντά σε περιοχές που έχουν χρησιμοποιηθεί σαν εντομοκτόνα, όπως το Βιετνάμ. Από την άλλη μεριά, ενώσεις όπως οι πολυβρωμιωμένοι διφαινυλαιθέρες (PDBEs), με συγκεντρώσεις από 0,0002 έως 9900ng/g και οι αλκυλοφαινόλες, θα μπορούσαν να προϋπάρχουν στα πλαστικά, μια και

χρησιμοποιούνται σαν προσθετα, ή να προσροφώνται από το νερό. Οι χαμηλές τιμές διφαινόλης α (BPA), τέλος, αποδίδονται εξ'ολοκλήρου στα πρόσθετα των πλαστικών (Hirai H. *et al*, 2010). Τα παραπάνω ευρήματα, συμφωνούν σε γενικές γραμμές και με άλλα αντίστοιχα, από μικρότερης έκτασης έρευνες σε ακτές της Πορτογαλίας, την Καλιφόρνια, της δυτικής Αμερικής και από τον Ειρηνικό ωκεανό (Rios *et al*, 2007; Frias *et al*, 2010; Rochman *et al*, 2012).

Η παρουσία των **σφαιριδίων (pellet)** που απαιτούνται για την παραγωγή των πλαστικών, σε αντίθεση με αυτή των πλαστικών αυτών καθ'αυτών, προκαλεί ερωτήματα, δεδομένου ότι σχετίζεται άμεσα με οικονομικές απώλειες για τους εμπλεκόμενους. Χαρακτηριστική είναι η παρουσία 250.000 pellet σε ένα μόνο δείγμα στο Huston των ΗΠΑ, μια περιοχή που συγκεντρώνει μεγάλο αριθμό βιομηχανιών πλαστικών στη χώρα.

Αποκλειστική πηγή των pellet στο περιβάλλον είναι η βιομηχανία πλαστικών. Σχετική έρευνα της Υπηρεσίας Προστασίας του Περιβάλλοντος στην Αμερική (EPA) σε επτά εταιρείες (δυο κατασκευαστικές, δυο μεταφορικές και τρεις τελικούς χρήστες των pellet) έδειξε ότι όλοι οι παραπάνω τομείς συμβάλλουν στη ρύπανση του περιβάλλοντος με pellets. Πιο συγκεκριμένα, εντοπίστηκαν οκτώ διαφορετικά μονοπάτια, μέσω των οποίων τα σφαιρίδια μπορούν να καταλήξουν στο περιβάλλον και όλα σχετίζονται με πλημμέλειες και ελλείψεις εκ μέρους των εταιρειών.

Μετά τη διαφυγή τους από τις εγκαταστάσεις παραγωγής πλαστικών ή τα μεταφορικά μέσα, τα pellet μπορούν να μεταφερθούν με τη βοήθεια απορροών από καταιγίδες, θαλάσσια ρεύματα, συστήματα αποχετεύσεων σε μεγάλες αποστάσεις (EPA, 1993).

Στα θαλάσσια οικοσυστήματα, τα pellet έχουν την τάση να εμφανίζουν υψηλότερες συγκεντρώσεις σε μέταλλα και μεταλλικά ιχνοστοιχεία, όπως το κάδμιο, το χαλκό, το μόλυβδο και το χρώμιο (Cd, Cu, Pb, Cr) σε σχέση με τα υποστρώματα από τα οποία είχαν ανακτηθεί. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα σφαιρίδια μέσα στο νερό αλλά και στις παραλίες αποκτούν μεγαλύτερη ενεργό επιφάνεια, αρνητικά φορτισμένη ή πολωμένη (Fotopoulou and Karapanagioti, 2012), που διευκολύνει την προσρόφηση των μετάλλων. Εντυπωσιακή είναι η αυξημένη προσρόφησή τους από παλαιά pellet, τα οποία λόγω φωτοοξειδωσης έχουν υποστεί αλλαγές στην επιφάνειά τους, ενώ ταυτόχρονα έχουν καλυφθεί από βιοφίλμ και ουσίες που διευκολύνουν την καθίζηση των μετάλλων προς το εσωτερικό τους (Ashton *et al*, 2010; Holmes *et al*, 2011). Από τους ίδιους ερευνητές μελετήθηκε η συμπεριφορά των pellet σε σχέση με τα μεταλλικά ιχνοστοιχεία, αυτή τη φορά σε εκβολές ποταμών, όπου η διαφορά στην αλατότητα των αναμειγμένων νερών, προκαλεί και μεταβολή στο pH. Έτσι, τα αρνητικά φορτισμένα pellet, φαίνεται να προσροφούν περισσότερο τα θετικά μεταλλικά ιόντα (Cd, Co, Ni, Pb) αυξανόμενου του pH. Εξαίρεση φαίνεται να αποτελούν το χρώμιο (Cr), το οποίο με την αύξηση του pH έτεινε να προσροφάται λιγότερο, και ο χαλκός (Cu) που δεν εμφάνιζε μεταβολή στην προσροφητικότητα (Holmes *et al*, 2012).

Οι POPs είναι ανθρωπογενείς ρύποι που χαρακτηρίζονται από την υψηλή βιοσυσσωρευτική τους ικανότητα και σχετίζονται με καρκινογένεσεις, οι οποίοι φαίνεται να προσροφώνται κατά την παραμονή τους στο θαλασσινό νερό. Η απορρόφησή τους αυξάνεται με το χρόνο παραμονής των pellet στο υδάτινο

περιβάλλον. Η προσρόφηση των ρύπων από τα pellet είναι μια αντιστρεπτή διεργασία, και εκεί έγκεινται οι περιβαλλοντικές συνέπειες που σχετίζονται μ'αυτά, μια και η αντίστροφη διεργασία μπορεί να λάβει χώρα μέσα ή κοντά σε θαλάσσιους οργανισμούς (Endo *et al*, 2013).

Πιο συγκεκριμένα, έρευνες σε σφαιρίδια πολυπροπυλενίου (PP) και πολυαιθυλενίου (PE) στην Ιαπωνία έδειξαν συγκεντρώσεις πολυβινυλοχλωριδίου (PCB) από 5 έως και 892ng/g, με αυτές στα pellet από PE να εμφανίζονται υψηλότερες (Takada *et al*, 2009). Στην Πορτογαλία, αντίστοιχα, συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν pellet που έδωσαν συγκεντρώσεις πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων (PAHs) από 53 έως 44800ng/g, PCB από 2 έως 223ng/g και DDT από 0,42 έως 41ng/g . Στην εργασία αυτή, μάλιστα, (Antunes *et al*, 2013), εμφανίζεται θετική συσχέτιση μεταξύ του σκούρου χρώματος και της γήρανσης των pellet και υψηλότερων συγκεντρώσεων ρύπων, πράγμα που συμφωνεί και με τα ευρήματα των Endo *et al* (2005) σε σχετική έρευνα στην Ιαπωνία και των Turner *et al* (2011) στη Μάλτα. Σε περιοχές, ωστόσο, που επηρεάζονται λιγότερο από τη βιομηχανία, λόγω γεωγραφικής απομόνωσης, οι συγκεντρώσεις αυτές είναι σαφώς χαμηλότερες. Θεωρείται, μάλιστα, πως τα σφαιρίδια πλαστικού αποτελούν τον κυριότερο τρόπο μεταφοράς POPs στις περιοχές αυτές. Χαρακτηριστικά, σε σφαιρίδια από απομακρυσμένα νησιά μετρήθηκαν συγκεντρώσεις PCB της τάξης του 0,1-9,9 ng/g, ενώ για το διχλωροδιφαινόλοτριχλωροαιθάνιο (DDT) 0,7-4,1ng/g και το εξαχλωροκυκλοεξάνιο (HCH) 0,2-1,7ng/g (Heskett *et al*, 2011).

Όσον αφορά τους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAHs), εμφανίζονται κυρίως σε δείγματα που έχουν συλλεχθεί σε παραλίες που βρίσκονται κοντά σε βιομηχανικές περιοχές και λιμάνια. Αποτελούν αντικείμενο μελέτης λόγω της μεγάλης εξάπλωσής τους αλλά και των καρκινογενετικών και μεταλλαξιογόνων ιδιοτήτων τους. Από έρευνα σε pellet από παραλίες της Βραζιλίας, προέκυψαν ολικές συγκεντρώσεις PAHs από 130 έως και 27.735ng/g, ενώ, για τα θαλάσσια υποστρώματα υπολογίστηκαν οι τιμές του οριακού κατωφλίου (TEL) και επιτρεπτό όριο έκθεσης (PEL), 1684 και 16.770, αντίστοιχα (Fisner *et al*, 2013). Φαίνεται, επίσης, οι συγκεντρώσεις των PAHs στα σφαιρίδια να μεταβάλλονται συναρτήσει του βάθους του υποστρώματος, με αυτές στα pellet από υπόστρωμα ως 10cm να φτάνουν τις 2000ng/g. (Fisner *et al*, 2013).

1.6 Τα πλαστικά στα παράλια υποστρώματα

Πλαστικά απορρίμματα είναι δυνατό να βρεθούν σε κάθε παραλία του πλανήτη, ανεξάρτητα από την εγγύτητά αστικών ή βιομηχανικών κέντρων . Πέρα από την επισκεψιμότητα μιας παραλίας, η ποσότητα των πλαστικών απορριμμάτων σ'αυτήν επηρεάζεται και από την επίδραση θαλασσίων ρευμάτων, παλιρροιακών και μετεωρολογικών φαινομένων. Έτσι, ακόμα και στην Ανταρκτική (Barnes *et al*, 2010) αλλά και σε παραλίες απομακρυσμένων νησιών στη θαλάσσια περιοχή ανάμεσα στην Αυστραλία και την Ανταρκτική παρουσιάζεται συσσώρευση εκβρασμένων πλαστικών (Eriksson *et al*, 2013).

Δεν είναι τυχαίο, λοιπόν, που την τελευταία δεκαετία, το ενδιαφέρον για τη μελέτη των πλαστικών στις παραλίες είναι εντονότερο από ποτέ.

Οι Thiel *et al* (2013) στη Χιλή, επιστράτευσαν μαθητές των τοπικών σχολείων, ώστε να διενεργηθούν δειγματοληψίες σε 39 παραλίες. Μόλις πέντε από αυτές τις παραλίες δεν έδωσαν πλαστικά, ενώ από τις υπόλοιπες, σε μία μόνο τα pellets ήταν το κυρίαρχο συστατικό των συλλεγμένων πλαστικών. Η πλειοψηφία των πλαστικών (85%) ανήκε στην κατηγορία μεγέθους έως 4,75mm ενώ τα υπολοιπόμενα ήταν μεγαλύτερα, μέχρι 10mm. Στη Χαβάη, δείγματα ανθρωπογενών απορριμμάτων αναλύθηκαν από 9 παραλίες, εκ των οποίων 19.100 ή το 72% ήταν πλαστικά. Το 11% από αυτά ήταν pellets, και το 87% τμήματα πλαστικών, ενώ από άποψη μεγέθους, το 43% ανήκε στην κατηγορία 1-2.8mm (McDermid and McMullen, 2004).

Στην Ασία, και πιο συγκεκριμένα στη Νότια Κορέα, δείγματα από 6 παραλίες έδωσαν πληροφορίες για τις συσχετίσεις των κλάσεων μεγεθώς των πλαστικών. Εξαιρουμένων των πολυπληθών αντικειμένων που αποτελούνταν από Styrofoam, τα τμήματα χωρίστηκαν στις παρακάτω κατηγορίες: μικροπλαστικά (1-5mm), μεσοπλαστικά (5-25mm) και μακροπλαστικά (>25mm). Παρατηρήθηκαν, έτσι, υψηλές συσχετίσεις ανάμεσα στα μικρο- και μεσοπλαστικά και τα μεσό και -μακροπλαστικά, ενώ χαμηλές ανάμεσα στα μικρο- και μακροπλαστικά. Από τα δεδομένα προέκυψαν, επίσης, εποχιακές διακυμάνσεις των ποσοτήτων των πλαστικών, με υψηλότερες τιμές το Σεπτέμβριο, σε σχέση με το Μάιο (Lee *et al*, 2013). Από 10 παραλίες της Μαύρης Θάλασσας συλλέχθηκαν δείγματα ανθρωπογενών απορριμμάτων που αποτελούνταν κυρίως από πλαστικά, με πυκνότητες 0,085-5,058 τμήματα ανά τετραγωνικό μέτρο δείγματος. Το 72% αυτών, βρέθηκε να έχει μεγέθη από 2 έως 7mm (Torcu *et al*, 2012). Στην Ινδία, από την άλλη, δείγματα από 4 παραλίες που χρησιμοποιούνται για αναψυχή, έδωσαν μέση πυκνότητα πλαστικών 7.49g/m² ή 68.83 τμήματα ανά τετραγωνικό μέτρο. Από αυτά, το 41.85% είχε μέγεθος από 1 έως 5mm, ενώ πάνω από το 75%, 1-200mm. Παρατηρήθηκαν, ακόμα, διαφοροποιήσεις που σχετίζονται με την εποχή, τον προσανατολισμό, αλλά και τη χρήση της εκάστοτε παραλίας (Jayasiri *et al*, 2013).

Στο Βέλγιο, δειγματοληψίες, μεταξύ των άλλων σε παραλίες, έδωσαν πυκνότητες της τάξης των 92.8±37.2 τμημάτων πλαστικού ανά κιλό ξηρού δείγματος, με την πλειοψηφία του να έχει διαστάσεις μικρότερες του 1mm (Claessens *et al*, 2011). Στο νησί Norderey της Βόρειας Θάλασσας, τρεις περιοχές από μια έκταση 500m έδωσαν πυκνότητες 1.7, 1.3 και 2.3 τμήματα πλαστικών ανά κιλό υποστρώματος, ενώ παρατηρήθηκε και ομοιγενής διασπορά των τμημάτων στις μελετούμενες εκτάσεις (Dekiff *et al*, 2014). Στην Πορτογαλία, μετά από δειγματοληψίες σε 5 παραλίες απομονώθηκαν τα τμήματα πλαστικού με εύρος μεγεθών από 50μm έως 20cm, δίνοντας μέση πυκνότητα 185.1 τμήματα ανά τετραγωνικό μέτρο ή 36.4g/m². Από αυτά, το 72% ήταν μικρότερο από 5mm, ενώ το 10% μεγαλύτερο από 10cm (Martins and Sobral, 2011).

Οι Turner και Holmes (2011) πραγματοποίησαν δειγματοληψίες σε 8 παραλίες στο νησί της Μάλτας, με το ενδιαφέρον τους να επικεντρώνεται στα pellet. Υπολογίστηκαν συγκεντρώσεις της τάξης των 0-1462 pellet/m², με τις υψηλότερες τιμές να εμφανίζονται στις αμμώδεις παραλίες, έναντι των βραχωδών. Ταυτόχρονα, παρατηρήθηκε ότι τα pellet είχαν την τάση να συγκεντρώνονται στο ανώτερο μέρος της παραλίας, μακριά από την ακτογραμμή, ενώ έγινε και διαχωρισμός τους ανάλογα με το χρώμα.

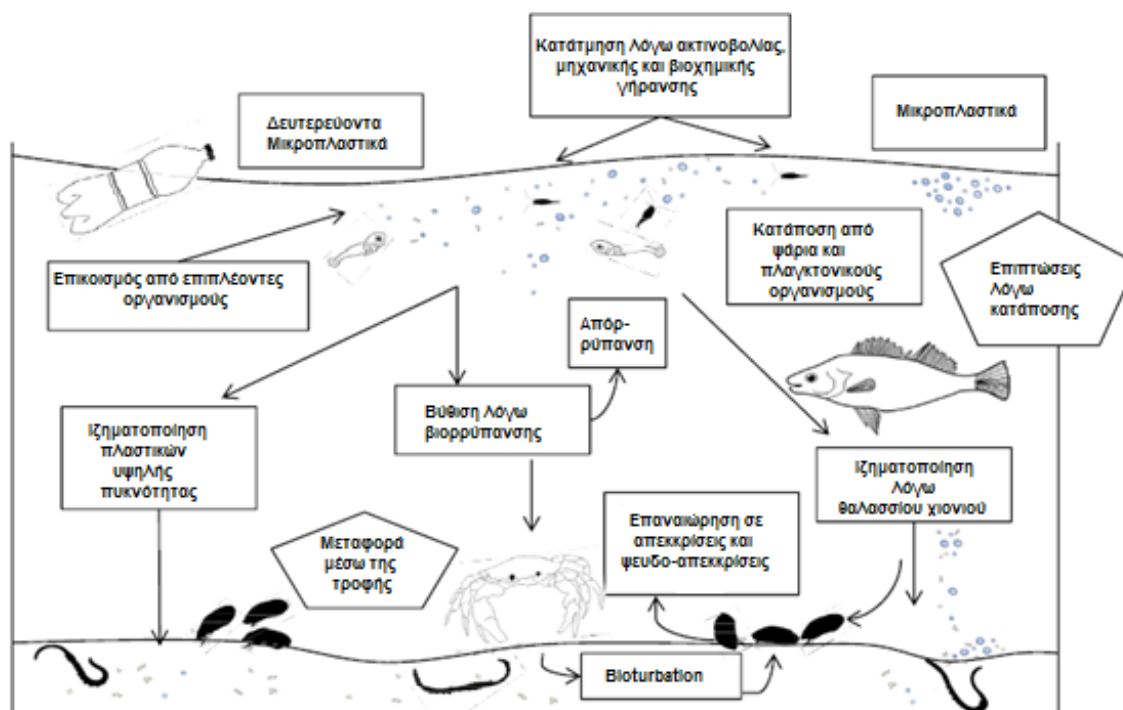
Οι συνέπειες της ύπαρξης των πλαστικών στα αμμώδη υποστρώματα μελετήθηκαν στην παραλία Kamilo στη Χαβάη, η οποία έχει υποστεί σημαντική ρύπανση από πλαστικά. Πιο συγκεκριμένα, τα πρώτα 5cm και 15cm πυρήνων από το αμμώδες υπόστρωμα περιείχαν το 3.3% και 95% των συνολικών πλαστικών, αντίστοιχα. Η ύπαρξή τους είχε σαν αποτέλεσμα αφ' ενός την αύξηση της κοκκομετρίας του υλικού, και έτσι της υδραυλικής του διαπερατότητας, και αφ' ετέρου τη μείωση της θερμικής αγωγιμότητας μέχρι και 16%. Μετρήθηκαν, μάλιστα, ανώτερες θερμοκρασίες μέχρι και 21% χαμηλότερες (Carson *et al*, 2011).

1.6 Επίδραση των πλαστικών στα έμβρια όντα

Τα πλαστικά έχουν την ικανότητα να εισχωρούν στις θαλάσσιες τροφικές αλυσίδες, ήδη από τα κατώτερα επίπεδά τους. Πάνω από 267 είδη υδρόβιων οργανισμών έχουν υποστεί τις αρνητικές συνέπειες της παρουσίας των πλαστικών στα θαλάσσια και παράκτια οικοσυστήματα. (Allsopp *et al*, 2009).

Οργανικές ενώσεις, όπως οι εμμένοντες οργανικοί ρύποι (POPs), μεταφέρονται από τα πλαστικά στους θαλάσσιους οργανισμούς, έχοντας μάλιστα την τάση να βιοσυσσωρεύονται στους ιστούς και να μεταφέρονται προς τα ανώτερα είδη των τροφικών αλυσίδων, ακόμα και τον άνθρωπο, προκαλώντας σε πολλά είδη ορμονικές διαταραχές, τερατογενέσεις και δυσκολίες στη διαδικασία αναπαραγωγής (Hammer *et al*, 2012).

Στην εικόνα 3 απεικονίζονται οι αλληλεπιδράσεις των μικροπλαστικών με το υδάτινο περιβάλλον και τους θαλάσσιους οργανισμούς.



Εικόνα 3: Αλληλεπιδράσεις των μικροπλαστικών με το υδάτινο περιβάλλον και τους θαλάσσιους οργανισμούς (Wright *et al.* 2013)

Σε έρευνά τους, οι Frias *et al* (2014) εντόπισαν μικροπλαστικά, με κυρίαρχα μεταξύ αυτών τα πολυαιθυλένιο (PE), πολυπροπυλένιο (PP) και τα πολυακρυλικά (PA), στο 61% των πλαγκτονικών δειγμάτων από θάλασσες της Πορτογαλίας. Αντίστοιχα ευρήματα προέκυψαν και στη Φινλανδία, όπου και παρατηρήθηκε η πρόσληψη πλαστικών από πλαγκτονικούς μικροοργανισμούς (Setälä *et al*, 2014).

Μελέτες σε ολοθούρια ή θαλάσσια αγγούρια (*echinodermata*), έδειξαν την πρόσληψη μικροπλαστικών (PVC και nylon) από βενθικά υποστρώματα. Τα ολοθούρια αποτελούν τροφή για άλλους οργανισμούς, υποβοηθώντας έτσι το πέρασμα των πλαστικών σε ανώτερα επίπεδα της τροφικής αλυσίδας (Graham and Thompson, 2009).

Τα ανώτερα είδη, υποφέρουν πολλαπλές συνέπειες από την παρουσία των πλαστικών στο νερό. Θαλάσσια θηλαστικά, κήτη, πουλιά και ψάρια εγκλωβίζονται σε πλαστικά (πχ σακούλες) ή τμήματά τους, με αποτέλεσμα τραυματισμούς, που τα καθιστούν εύκολο θήραμα, αλλά ταυτόχρονα μειώνουν τη θηρευτική αλλά και κολυμβητική τους ικανότητα, οδηγώντας τα στο θάνατο (Laist D.W., 1987). Εγκαταλελειμένα δίχτυα μεγάλου μήκους και βάρους, τα αποκαλούμενα ghost nets, παραμένουν στο νερό και εγκλωβίζουν τεράστιους αριθμούς ζώων και ψαριών (CGNP, 2010). Από την άλλη πλευρά, η λήψη των πλαστικών σαν τροφή, εμποδίζει την χώνεψη, αλλά και προκαλεί τραυματισμούς στο πεπτικό σύστημά τους (Laist D.W., 1987). Στην Ολλανδία, 11% από ένα σύνολο περίπου 100 στομαχιών από φώκιες του είδους *Phoca vitulina* περιείχε πλαστικά, ενώ δε βρέθηκαν πλαστικά στις απεκκρίσεις τους (Bravo Rebolledo *et al*, 2013). Τα αποτελέσματα αυτά, όμως, δε συμφωνούν με

εκείνα των Ericsson και Burton, που σε έρευνα σε απεγκρίσεις φωκιών στο νησί Macquarie ανακάλυψαν 164 τμήματα πλαστικών διαφόρων χρωμάτων και χημικών συστάσεων. Αντίστοιχα, διάφορα πλαστικά έχουν απομακρυνθεί από στομάχια εκβρασμένων φαλαινών φουσητήρων (de Stefanis *et al*, 2013).

Αν και η πρόσληψη πλαστικών από ψάρια μεγάλων βαθών είναι χαμηλή (Anastasopoulou *et al*, 2013), δεν φαίνεται να ισχύει το ίδιο και για τα δελφίνια, με τα στομάχια αυτών που τρέφονται κοντά στο βυθό να εμφανίζουν πολύ μεγαλύτερες ποσότητες πλαστικών σε σχέση με εκείνα δελφινιών που κυνηγούν κοντά στην επιφάνεια. (Di Benedetto and Ramos, 2014).

Το 51.4% δείγματος στομαχιών 74 χελώνων του είδους *Caretta-Caretta* περιείχε απορρίμματα ανθρωπογενούς προέλευσης, με το 96,2% αυτών να αποτελείται από πλαστικά. Ένα μικρό ποσοστό από αυτά εμφανίστηκαν μετά την αφόδευση, δημιουργώντας έτσι απορίες σχετικά με την συσσώρευση των πλαστικών στα πεπτικά συστήματα των χελωνών (Hoarau *et al*, 2014). Παράλληλα, οι Müller *et al* (2012) έδειξαν ότι η αποδόμηση των πλαστικών σακουλών στα στομάχια πράσινων χελώνων (*Chelonia Mydas*) και *Caretta-Caretta*, γίνεται με ρυθμούς της τάξης του 3-9%.

Ανάλογα, κατάποση πλαστικών έχει παρατηρηθεί σε 111 είδη θαλάσσιων πουλιών, ενώ 51 είδη έχουν βρεθεί εγκλωβισμένα (Allsopp *et al*, 2009). Πιο συγκεκριμένα, στην Καναδική αρκτική ζώνη, το 84% των στομαχιών θυελλοπουλιών (*Fulmarus Glacialis*) βρέθηκε να περιέχει πλαστικά (Provencher *et al*, 2009), ενώ στη Βραζιλία, πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs) και οργανοχλωριωμένα παρασιτοκτόνα (OCPs), σχετίστηκαν με την πρόσληψη πλαστικών σαν τροφή από 8 είδη πουλιών Procellariiformes (Colabuono *et al*, 2010). Πουλιά του είδους Kittiwake (*Rissa tridactyla*) στη Δανία παρατηρούνται να κατασκευάζουν φωλιές χρησιμοποιώντας και πλαστικά υλικά (Hartwig *et al*, 2007).

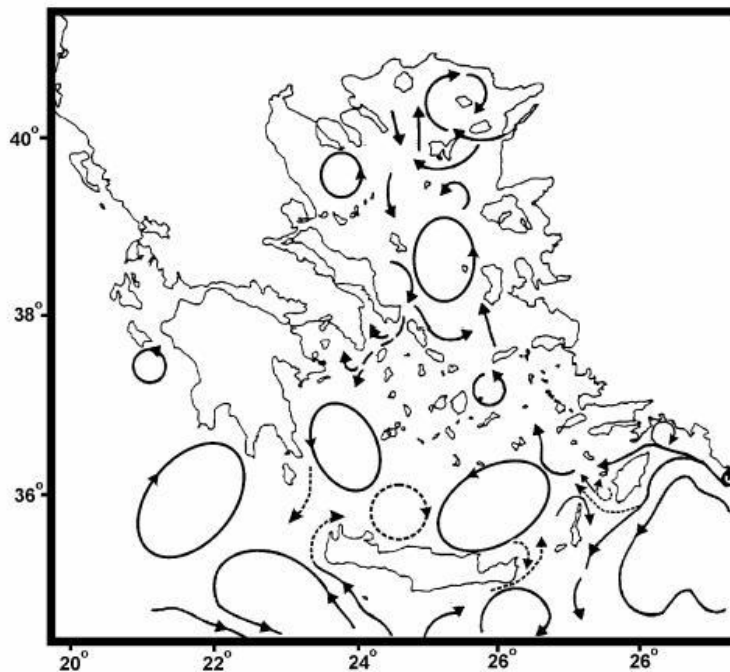
Ταυτόχρονα, επιπλέουσες «νησίδες» πλαστικών, αποτελέσματα φυσικών καταστροφών, όπως τα τσουνάμι ή οι τυφώνες, συσχετίζονται με την μετανάστευση και εισαγωγή ξένων οργανισμών στα οικοσυστήματα (McKinney M., 2001).

Στις παραλίες, τα ισόποδα (*Oniscidea*) αντιλαμβάνονται τα μικροπλαστικά σαν τροφή, αλλά στη συνέχεια τα αποβάλλουν χωρίς να έχουν υποστεί κάποια διάσπαση (Ugolini *et al*, 2013). Στο εργαστήριο, τα ισόποδα που τρέφονταν με βιοπλαστικά εμφάνισαν σχεδόν μηδενικό ρυθμό ανάπτυξης και μείωση βιομάζας, παρά την ικανότητά τους να μεταβολίσουν τα πολυμερή σε μονοσακχαρίτες και ολιγοσακχαρίτες (Wood C.M., Zimmer M., 2014).

Τέλος, υπάρχουν ενδείξεις ότι τα πλαστικά κοντά στις παραλίες λειτουργούν σαν υπόστρωμα ανάπτυξης μικροβιακών οργανισμών, παθογόνων και μη, χωρίς, ωστόσο, να επηρεάζουν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών δεικτών για τη βιολογική ρύπανση, όπως το *E. Coli* (Quilliam *et al*, 2014).

Από όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, καθίσταται σαφής η ανάγκη ελέγχου των πλαστικών που καταλήγουν στα υδατικά οικοσυστήματα. Για την επίτευξη, όμως, αυτού, απαιτείται η διεξοδική μελέτη και κατανόηση των ποσοτήτων, των ειδών, των μεγεθών αλλά και των συμπεριφορών των πλαστικών, προκειμένου να καθοριστεί ο τρόπος αντιμετώπισης της κατάστασης.

Στην περιοχή της βόρειας Κρήτης, μάλιστα, όπου η επικράτηση ισχυρών ρευμάτων ευνοεί τη συσσώρευση εκβρασμένων πλαστικών στις παραλίες, η ανάγκη προστασίας των ευαίσθητων οικοσυστημάτων αποτελεί επιτακτικότερη ανάγκη από ποτέ. Το πρώτο βήμα προς την κατεύθυνση αυτή, ευελπιστεί να αποτελέσει η παρούσα εργασία.



Εικόνα 4: Θαλάσσια ρεύματα στον ελληνικό χώρο (Lykousis *et al.*, 2002).

Όλες οι δειγματοληψίες της συγκεκριμένης εργασίας πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια του προγράμματος: "BIOCLEAN - New BIOtechnologiCaL approaches for biodegrading and promoting the environmEntal biotrAnsformation of syNthetic polymeric materials". Οι δειγματοληψίες αυτές αποσκοπούσαν στην ποσοτική εκτίμηση της ρύπανσης των επιλεγμένων περιοχών από πλαστικά σφαιρίδια (pellets) και από μικρά τμήματα πλαστικών. Τα τελευταία, ως επί το πλείστον παράγονται από τη διάσπαση μεγαλύτερων πλαστικών αντικειμένων τα οποία καταλήγουν κάποια στιγμή στο περιβάλλον ως ρύποι.

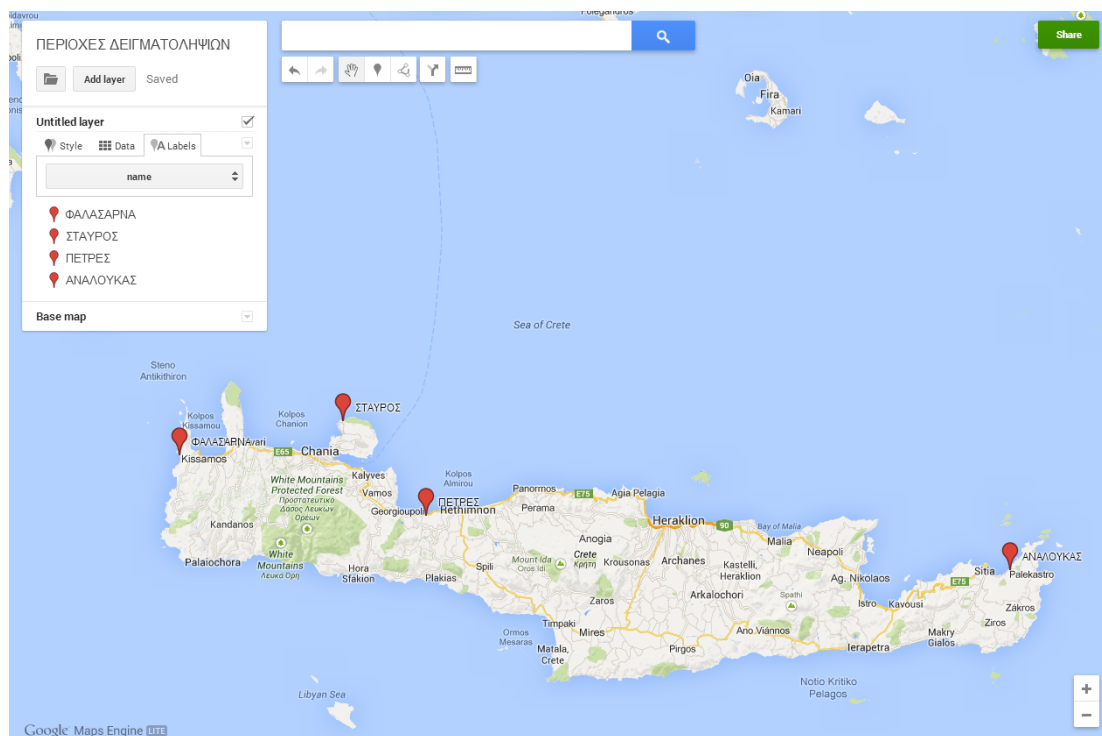
2.1 Περιοχές δειγματοληψίας

Τα δείγματα συλλέχθηκαν από τις παραλίες περιοχών, οι οποίες μετά από πιλοτική έρευνα που διεξήχθη στην ακτογραμμή της Κρήτης εντοπίστηκαν να δέχονται μεγάλο φορτίο πλαστικών ρύπων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα αυτής της πιλοτικής έρευνας φάνηκε ότι μεγάλο φορτίο ρύπων (κάθε τύπου), δέχεται το βόρειο και το δυτικό τμήμα της ακτογραμμής του νησιού, ιδιαίτερα οι περιοχές με ΒΔ προσανατολισμό.

Εκτός από τον προσανατολισμό και την ποσότητα ρύπων, κριτήριο στην επιλογή των περιοχών αποτέλεσε επίσης και ο τύπος του υποστρώματος. Οι βραχώδεις παραλίες δεν ήταν κατάλληλες για τη συγκεκριμένη έρευνα μια που δε συγκρατούν τα μικρού μεγέθους πλαστικά, μ' αποτέλεσμα η συλλογή τους με κάποιο συστηματικό τρόπο και η διεξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων για την πυκνότητα τους να είναι αδύνατη. Συνεπώς, η έρευνα περιορίστηκε σε παραλίες με αμμώδη υποστρώματα.

Βάσει λοιπόν των παραπάνω επιλέχθηκαν τέσσερις περιοχές: στα δυτικά οι παραλίες των Φαλασάρνων και του Σταυρού στο νομό Χανίων και η παραλία του Πετρέ στο νομό Ρεθύμνου, ενώ στα ανατολικά επιλέχθηκε η παραλία του Ανάλουκα στο νομό Λασιθίου (εικ. 1). Η επιλογή μιας μόνο τοποθεσίας στην ανατολική Κρήτη υπαγορεύτηκε από τη δυσκολία και το κόστος που προκύπτει από την επανειλημμένη ανάγκη μεταφοράς εξοπλισμού και δειγμάτων σε μεγάλες αποστάσεις. Όσον αφορά στα δείγματα, ελήφθη μέριμνα ώστε αυτά να συλλέγονται από τμήματα των παραπάνω παραλιών τα οποία δεν δέχονται μεγάλο αριθμό επισκεπτών, οι δραστηριότητες των οποίων στις παραλίες (καθίσματα, σκαψίματα και μεταφορά άμμου από τα παιδιά, ανακίνηση του

υποστρώματος από τα πόδια, κλπ) μπορεί να αλλοιώσει την πραγματική εικόνα της φυσικής διασποράς των μικρών πλαστικών ρύπων στο χώρο. Επίσης, οι συγκεκριμένες παραλίες δεν είναι γνωστό να καθαρίζονται με μηχανήματα από τους δήμους πριν την έναρξη της τουριστικής περιόδου, πρακτική που επίσης αλλοιώνει σε πολύ μεγάλο βαθμό το πρότυπο της φυσικής διασποράς των ρύπων.

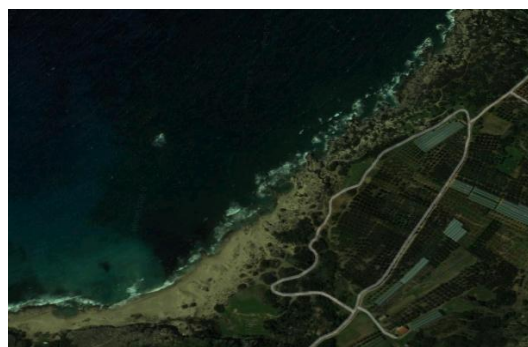


Εικόνα 1. Οι τέσσερις περιοχές που επιλέχθηκαν στο Β και ΒΔ τμήμα της ακτογραμμής της Κρήτης για τη διερεύνηση της ρύπανσης από μικροπλαστικά σε αμμώδεις παραλίες

Πιο αναλυτικά, τα χαρακτηριστικά των επιλεγμένων περιοχών ήταν:

1. Φαλάσαρνα

Η παραλία των Φαλασάρνων στο δυτικότερο άκρο του νησιού, βρίσκεται σε σημείο έντονης διέλευσης ρευμάτων (Tziperman and Rizzoli, 1991), πράγμα που εγγυάται τη μεταφορά και συγκέντρωση των πλαστικών στην ακτή. Το μεγάλο μήκος, αλλά και το πλήθος των επισκεπτών που συγκεντρώνει η παραλία, μας ανάγκασαν να περιορίσουμε την

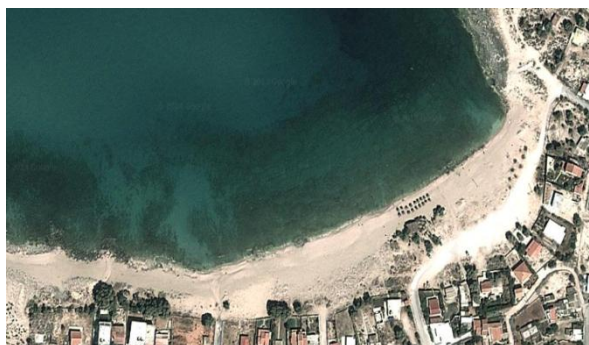


Εικόνα 2. Το βόρειο τμήμα της παραλίας των Φαλάσαρνων απ' όπου συλλέχθηκαν τα δείγματα

έρευνά μας στο βορειότερο άκρο της. Στο σημείο αυτό, τα βότσαλα δίνουν σταδιακά τη θέση τους σε άμμο λεπτής κοκκομετρίας, ενώ η παρουσία του κόσμου εκεί είναι σποραδική.

2. Η μεγάλη παραλία του Σταυρού (Γαλλίδα)

Το υλικό της παραλίας αυτής συνίσταται από βότσαλο, θραύσματα κοχυλιών και χοντρόκοκκη άμμο, με τα δυο πρώτα να δίνουν τη θέση τους αποκλειστικά σε άμμο, με την απομάκρυνση από την



Εικόνα 3. Το δυτικό τμήμα της παραλίας του Σταυρού απ' όπου συλλέχθηκαν τα δείγματα

ακτογραμμή. Η αυτοψία έδειξε την παρουσία pellets και πλαστικών, τόσο στην επιφάνεια, όσο και στο υπόστρωμα. Η επισκεψιμότητα της παραλίας είναι σχετικά χαμηλή, επιτρέποντας έτσι τη δειγματοληψία, ακόμα και κατά τους θερινούς μήνες. Δεν γίνονται καθαρισμοί.

3. Πετρές

Η παρουσία των ζητούμενων πλαστικών και pellets στην λεπτόκοκκη άμμο, το μεγάλο μήκος της, που επέτρεπε την εξέταση διαφορετικών υποπεριοχών, η εύκολη πρόσβαση σε όλα τα σημεία από την εθνική οδό, αλλά και το



Εικόνα 4. Η εκτενής παραλία του Πετρέ απ' όπου συλλέχθηκαν τα δείγματα του Ρεθύμνου

γεγονός ότι δεν είναι κατειλημμένη εξ' ολοκλήρου από καθίσματα, κατέστησαν την παραλία του Πετρέ ιδανική για εξέταση. Επίσης, λόγω του γεγονότος ότι η παραλία αυτή δεν έχει τον ίδιο προσανατολισμό (ΒΔ) με τις άλλες τρεις, μας δίνει τη δυνατότητα κάποιων επιπλέον συγκρίσεων ως προς την επίδραση του προσανατολισμού στον τύπο ρύπανσης των παραλιών.

4. Ανάλουκας

Στο άλλο άκρο του νησιού, η παραλία Ανάλουκας αποτελεί ένα ακόμα σημείο σύγκλισης ρευμάτων (Tziperman and Rizzoli, 1991), καθιστώντας την άξια διερεύνησης. Χαρακτηριστικός της επικρατούσας κατάστασης ήταν ο μεγάλος

όγκος των εκβρασμένων αντικειμένων που ρύπαιναν την παραλία σε ολόκληρη την έκτασή της. Το υλικό της παραλίας αποτελείται από βότσαλο στην ακτογραμμή, χονδρόκοκκη και λεπτόκοκκη άμμο σε συνδυασμό βότσαλο στο μέσο, που σταδιακά αντικαθίστανται από κοκκινόχωμα, που με την απομάκρυνση από την ακτή αφυδατώνοταν και σκλήραινε, καθιστώντας τη δειγματοληψία πολύ δυσκολότερη.



Εικόνα 5. Η παραλία του Ανάλουκα απ' όπου συλλέχθηκαν τα δείγματα του Λασιθίου.

2.2 Χαρακτηριστικά της δειγματοληψίας

Μέθοδος δειγματοληψίας

Προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος της συγκεκριμένης έρευνας (η διερεύνηση του πρότυπου κατανομής των μικροπλαστικών στις παραλίες και η μετέπειτα τύχη τους), επιλέχθηκε για τη συλλογή των δειγμάτων να εφαρμοστεί συστηματική δειγματοληψία. Κατά τη συστηματική δειγματοληψία αρχικά επιλέγεται ένα σημείο έναρξης της λήψης δειγμάτων (συνήθως τυχαία), και μετά λαμβάνεται δείγμα από προκαθορισμένων διαστάσεων δειγματοληπτική μονάδα ανά συγκεκριμένο, σταθερό διάστημα. Ο συγκεκριμένος τύπος δειγματοληψίας χρησιμοποιήθηκε γιατί πλεονεκτεί άλλων τύπων δειγματοληψίας όταν το ζητούμενο είναι η διερεύνηση προτύπων και τάσεων στην κατανομή μιας μεταβλητής στον ελεγχόμενο πληθυσμό (Krebs, 1999). Αντιρρήσεις στη χρήση της συγκεκριμένης μεθόδου έχουν εκφραστεί για τις περιπτώσεις που η ελεγχόμενη μεταβλητή ακολουθεί περιοδικότητα. Σ' αυτήν την περίπτωση μπορεί λόγω τυχαιότητας τα δείγματα να λαμβάνονται από σημεία όπου η μεταβλητή εμφανίζει συγκεκριμένη τιμή, με αποτέλεσμα να εξαχθούν λάθος αποτελέσματα αναφορικά με την μέση τιμή της μεταβλητής και τη διασπορά της. Ωστόσο, τέτοια φαινόμενα περιοδικότητας δεν παρατηρούνται σε οικολογικά συστήματα (Milne, 1959) και η εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου μπορεί να παράξει αξιόπιστα αποτελέσματα. Για τον υπολογισμό των μέσων τιμών και των διασπορών στη συστηματική δειγματοληψία, χρησιμοποιούνται οι ίδιοι τύποι που χρησιμοποιούνται και στην περίπτωση της τυχαίας δειγματοληψίας, ήτοι:

Μέση τιμή (\bar{x}): $\bar{x} = \frac{\sum(x_i)}{n}$

Διασπορά (s^2): $s^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}$, και

Τυπικό σφάλμα (s_x): $s_x = \sqrt{\frac{s^2}{n}} \left(\sqrt{1 - \frac{n}{N}} \right)$

όπου:

x: η μετρούμενη μεταβλητή

n: το πλήθος των δειγματοληπτικών μονάδων, και

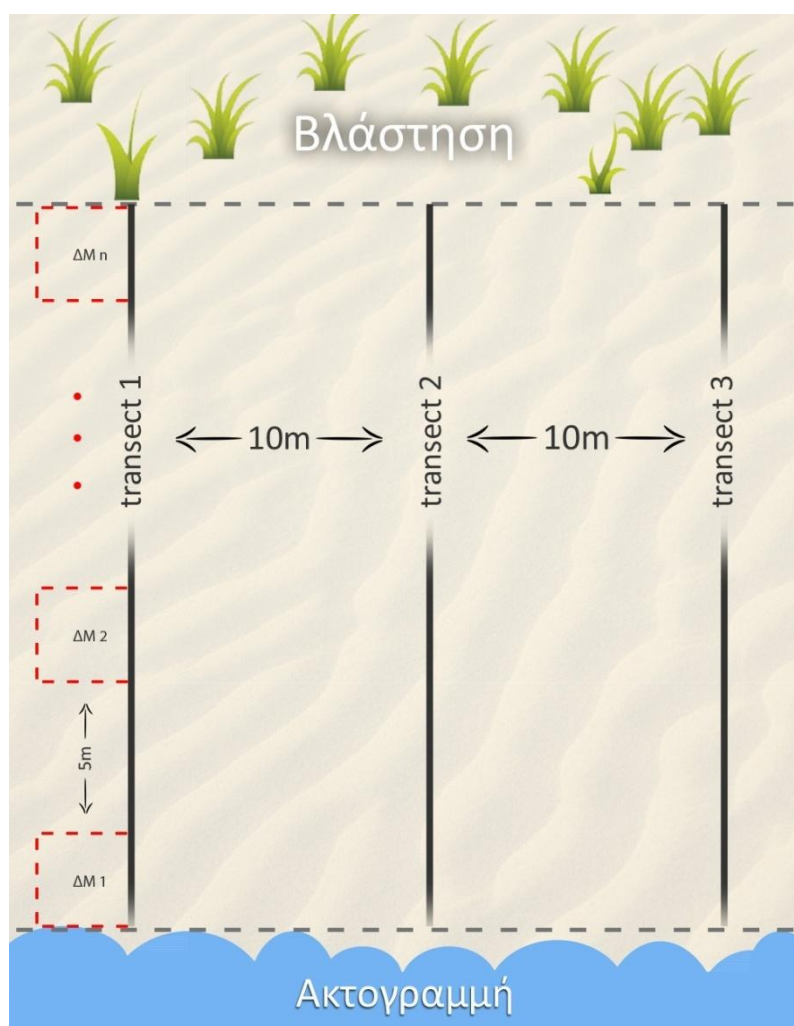
N: το μέγεθος του ελεγχόμενου πληθυσμού.

Η διόρθωση για πεπερασμένο πληθυσμό ($fpc = 1 - \frac{n}{N}$) δεν εφαρμόστηκε στη δική μας περίπτωση λόγω του πολύ μεγάλου μεγέθους του ελεγχόμενου πληθυσμού (N) σε σχέση με το μέγεθος του δείγματος (n), γεγονός που καθιστά το κλάσμα σχεδόν μηδενικό και κατ' επέκταση την επίδραση του μεγέθους του δείγματος στον ελεγχόμενο πληθυσμό αμελητέα (Krebs 1999).

Επιλογή θέσεων ανάπτυξης των διατομών και μέγεθος δείγματος

Τα δείγματα από τις επιλεγμένες παραλίες συλλέχθηκαν κατά το διάστημα 8 Απριλίου έως 26 Ιουνίου 2014. Ως δειγματοληπτική μονάδα χρησιμοποιήθηκε το τετράγωνο 40x40 cm και τα δείγματα συλλεγόταν κατά μήκος γραμμικών διατομών (line transects) οι οποίες ξεκινούσαν από το άκρο της ακτογραμμής και τελείωναν στο ανώτερο σημείο της παραλίας απ' όπου μπορούσαν να παρθούν δείγματα. Συνήθως αυτό το σημείο βρισκόταν στην έναρξη της ζώνης βλάστησης (εικ. 6). Πλαστικά κομμάτια και σφαιρίδια υπήρχαν και ανάμεσα από τα φυτά αλλά η συλλογή αξιόπιστων δειγμάτων απ αυτά τα σημεία ήταν επισφαλής, λόγω της παρουσίας των φυτών γι αυτό και τα σημεία αυτά εξαιρέθηκαν. Κάθε παραλία, ανάλογα με την έκταση της, χωρίστηκε σε δύο με τρεις υποπεριοχές και σε κάθε υποπεριοχή ελήφθησαν δείγματα κατά μήκος τριών διατομών. Ο διαχωρισμός μιας παραλίας σε υποπεριοχές έγινε προκειμένου να υπάρξει όσο το δυνατόν καλύτερη αντιπροσώπευση της παραλίας στο δείγμα αλλά και για να εξεταστεί πιθανή διαφοροποίηση στον τρόπο διασποράς των ρύπων σε διαφορετικά σημεία της παραλίας. Η επιλογή του σημείου ανάπτυξης της πρώτης διατομής σε κάθε υποπεριοχή, γινόταν με τυχαίο τρόπο, ενώ οι υπόλοιπες δύο διατομές αναπτυσσόταν σε σταθερή απόσταση, απέχοντας η κάθε μια, 10m από την προηγούμενη. Η συλλογή δειγμάτων σε κάθε διατομή δεν άρχιζε με τυχαίο τρόπο, αλλά η πρώτη

δειγματοληπτική μονάδα λαμβανόταν από το άκρο της ακτογραμμής και στη συνέχεια οι υπόλοιπες λαμβανόταν κάθε 5m προς το άνω μέρος της παραλίας (εικ. 6). Στο ανώτερο τμήμα της παραλίας λαμβανόταν οπωσδήποτε δείγμα ασχέτως της απόστασης από την προηγούμενη δειγματοληπτική μονάδα. Μ' αυτόν τον τρόπο εξασφαλιζόταν ότι θα υπάρχει αντιπροσώπευση και των δύο άκρων της παραλίας στα δείγματα. Ο ορισμός κάθε διατομής στην παραλία γινόταν από μετροταινία η οποία απλωνόταν σ' όλη την έκταση της διατομής. Η χρήση πυξίδας κατά την ανάπτυξη των ταινιών εξασφάλιζε την παράλληλη τοποθέτηση τους στην παραλία. Οι αριθμήσεις στις μετροταινίες βοήθησαν στην τοποθέτηση των δειγματοληπτικών μονάδων στα σωστά διαστήματα.



Εικόνα 6. Σχηματική απεικόνιση μιας υποπεριοχής δειγματοληψίας, με τις τρεις διατομές και τις δειγματοληπτικές μονάδες επί της πρώτης διατομής.

Το τελικό μέγεθος του δείγματος (όπως περιγράφηκε προηγουμένως), καθορίστηκε από προκαταρκτικές δειγματοληψίες στην μικρή παραλία του Σταυρού (Ιανουάριος 2014), οι οποίες αποσκοπούσαν στο να διαπιστωθεί σε πραγματικές συνθήκες το μέγεθος του δείγματος που ήταν δυνατόν να

συλλεχθεί ανά ημέρα δειγματοληψίας από το διαθέσιμο προσωπικό, να αναδειχθεί η βέλτιστη μέθοδος συλλογής του δείγματος αλλά και να διαπιστωθούν οι πιθανές ελλείψεις και ανάγκες στον απαιτούμενο εξοπλισμό.

Στις εικόνες 7 έως και 10 περιγράφονται τα σημεία ανάπτυξης των διατομών στις τέσσερις περιοχές δειγματοληψίας, όπου οι μπλε ευθείες γραμμές αναπαριστούν τις γραμμικές διατομές (transects) οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν ως οδηγοί για τη λήψη των δειγμάτων:

1. Φαλάσαρνα



Εικόνα 7. Σημεία ανάπτυξης των διατομών στη βόρεια παραλία των Φαλάσαρνων.

Το έντονο ανάγλυφο της παραλίας, αλλά και το σχετικό μικρό μήκος της μας οδήγησε στην εξέταση δύο υποπεριοχών με σύνολο 5 διατομών στις 29 και 30 Μαΐου, με τη δειγματοληψία να ολοκληρώνεται στις 25 Ιουνίου. Λόγω του μεγάλου πλάτους της παραλίας κάθε διατομή αναπτύχτηκε σε μήκος έως και 55m. Τα δείγματα στην πρώτη υποπεριοχή πάρθηκαν από την ακτογραμμή προς πάνω μέρος της παραλίας ανά 5m με απόσταση ίση με 10m ανάμεσα στις διατομές. Στη δεύτερη υποπεριοχή, συλλέχθηκαν δείγματα σε δύο διατομές λόγω της έλλειψης κατάλληλου χώρου για την ανάπτυξη και τρίτης. Τα δείγματα συλλέχθηκαν από την ακτογραμμή προς το πάνω μέρος της παραλίας στα σημεία, όπου το ανάγλυφο της παραλίας επέτρεπε την ανάπτυξη διατομών. Η συγκεκριμένη παραλία, λόγω του σχετικά μικρού μήκους της εκτιμήθηκε ότι μπορούσε να αντιπροσωπευθεί ακόμη και από μια υποπεριοχή, ωστόσο συλλέχθηκαν δείγματα σε 5 διατομές ώστε να υπάρξει όσο το δυνατόν μεγαλύτερη αντιπροσώπευση όλης της παραλίας.

Στη συγκεκριμένη περιοχή το μέγεθος του δείγματος αποτελούταν από συνολικά 51 δειγματοληπτικές μονάδες.

2. Η μεγάλη παραλία του Σταυρού (Γαλλίδα)

Τα δείγματα από τη συγκεκριμένη περιοχή συλλέχθηκαν στις 8 και 9 Απριλίου του 2014, από 6 διατομές, που αντιστοιχούν σε δυο υποπεριοχές. Οι διατομές (transects) 1-5 είχαν μήκος 25m, ενώ η 6^η 20m. Το μήκος κάθε διατομής καθοριζόταν από το κατώτερο σημείο που άρχιζε η ανάπτυξη της βλάστησης. Η απόσταση ανάμεσα σε δυο διαδοχικές διατομές ήταν 10m, ενώ τα δείγματα συλλέχθηκαν από την ακτογραμμή προς το πάνω μέρος της παραλίας, ανά 5m.

Στη συγκεκριμένη περιοχή το μέγεθος του δείγματος αποτελούταν από συνολικά 35 δειγματοληπτικές μονάδες.



Εικόνα 8. Η νότια (μεγάλη) παραλία του Σταυρού (Γαλλίδα).

3. Πετρές (νομός Ρεθύμνου)



Εικόνα 9. Η εκτεταμένη παραλία στην περιοχή Πετρές Ρεθύμνου. Λόγω του μεγάλου μήκους της η παραλία εξετάστηκε σε τρεις υποπεριοχές

Οι δειγματοληψίες στη συγκεκριμένη περιοχή πραγματοποιήθηκαν στις 13 και 15 Μαΐου του 2014. Τα δείγματα συλλέχθηκαν από τρεις υποπεριοχές λόγω του μεγάλου μήκους της παραλίας και από συνολικά 9 διατομές. Οι διατομές είχαν μήκος από 18 έως 25m, κάτι που καθοριζόταν σε κάθε περίπτωση από το πλάτος της παραλίας στα σημεία ανάπτυξης των διατομών. Η απόσταση ανάμεσα στις διατομές ήταν 10m και τα δείγματα συλλέχθηκαν από την ακτογραμμή προς το πάνω μέρος της παραλίας, ανά 5m.

Στη συγκεκριμένη περιοχή το μέγεθος του δείγματος αποτελούταν από συνολικά 49 δειγματοληπτικές μονάδες.

4. Ανάλουκας (νομός Λασιθίου)



Εικόνα 10. Η παραλία στην περιοχή Ανάλουκας Λασιθίου.

Η δειγματοληψία στη συγκεκριμένη περιοχή πραγματοποιήθηκε στις 28 και 29 Ιουνίου 2014, και τα δείγματα συλλέχθηκαν από δυο υποπεριοχές και από συνολικά 6 διατομές μήκους από 25 έως 44m. Οι διαφορές στα μήκη των διατομών, οφείλονται σε ανέμους που έπνεαν κατά τη δεύτερη μέρα των δειγματοληψιών, που είχαν σαν αποτέλεσμα την άνοδο της θάλασσας στην παραλία. Η απόσταση μεταξύ των διατομών διαφοροποιήθηκε στη συγκεκριμένη παραλία και καθορίστηκε στα 15m.

Στη συγκεκριμένη περιοχή το μέγεθος του δείγματος αποτελούταν από συνολικά 46 δειγματοληπτικές μονάδες.

Συλλογή δειγμάτων στο πεδίο

Τα δεδομένα που συλλεγόταν σε κάθε δειγματοληπτική μονάδα αφορούσαν σε αφθονίες πλαστικών σφαιριδίων (pellet) και μικρών κομματιών πλαστικών τόσο από την επιφάνεια της άμμου, όσο και από το υπόστρωμα έως βάθους 10cm. Το μέγεθος των κομματιών που συλλεγόταν κυμαινόταν από 0mm έως 21.2 cm. Όπως προαναφέρθηκε, οι διαστάσεις της δειγματοληπτικής μονάδας ήταν 40x40cm και η τοποθέτηση τους στην παραλία καθοριζόταν από τις αριθμήσεις στις μετροταινίες οι οποίες ξεδιπλώνόταν στις θέσεις των διατομών (εικ. 11). Η οριοθέτηση των διαστάσεων της δειγματοληπτικής μονάδας για τη συλλογή του δείγματος από την επιφάνεια γινόταν με τη χρήση μεταλλικών πλαισίων 40x40cm τα οποία τοποθετούσαν στα προκαθορισμένα σημεία κατά μήκος της διατομής (βάσει των αριθμήσεων των μετροταινιών). Σε κάθε πλαίσιο συλλεγόταν το πρώτο μισό cm από την υπερκείμενη άμμο και κοσκινιζόταν με μεταλλικό κόσκινο με άνοιγμα ματιού 2mm και στη συνέχεια αποθηκευόταν σε πλαστικές σακούλες με την ανάλογη ένδειξη (εικ. 12). Όπως φάνηκε από προηγούμενες δοκιμαστικές δειγματοληψίες, η χρήση κόσκινων με μικρότερο άνοιγμα ματιού δεν ήταν δόκιμη, μια που τα ανοίγματα των ματιών πλησίαζαν στη διάμετρο των κόκκων της άμμου (παραλίες που ελέγχθηκαν), οπότε το κοσκίνισμα ήταν πολύ δύσκολο, έως αδύνατο σε κάποιες περιπτώσεις.



Εικόνα 11. Το μέγεθος της δειγματοληπτικής μονάδας για τη συλλογή πλαστικών από την επιφάνεια του υποστρώματος οριζόταν από μεταλλικά πλαίσια, ενώ η θέση τους προσδιοριζόταν με μετροταινίες που αναπτυσσόταν στα σημεία των διατομών

Εικόνα 12. Η πρώτη διαλογή των πλαστικών γινόταν στο πεδίο με κοσκίνισμα του συλλεχθέντος υποστρώματος. Γι' αυτόν το σκοπό χρησιμοποιήθηκαν κόσκινα με διάμετρο ματιού 2mm.



Εικόνα 13. Για τη συλλογή δείγματος από το υποκείμενο υπόστρωμα χρησιμοποιήθηκε ειδικά σχεδιασμένο παραλληλεπίπεδο στις διαστάσεις της δειγματοληπτικής μονάδας.

Για τη συλλογή του δείγματος μέσα από το υπόστρωμα (έως 10cm), χρησιμοποιήθηκε ειδικά κατασκευασμένο τετράγωνο παραλληλεπίπεδο βάθους 25cm (εικ. 13). Μετά τη συλλογή του δείγματος από την επιφάνεια της άμμου απομακρυνόταν το πλαίσιο και στη θέση του τοποθετούταν το παραλληλεπίπεδο, το οποίο πιεζόταν μέσα στο υπόστρωμα έως το βάθος των 10cm. Στη συνέχεια ακολουθούσαν η ίδια διαδικασία όπως και προηγουμένως, με το

υπόστρωμα που οριζόταν από τον όγκο 40x40x10 cm (16 λίτρα υποστρώματος) να συλλέγεται και να κοσκινίζεται *in situ*. Μετά από κάθε κοσκίνισμα συλλεγόταν σε πλαστικές σακούλες το εναπομείναν, στο οποίο συμπεριλαμβανόταν χαλίκια, χονδρόκοκκη άμμος και διάφορα άλλα

μικρά αντικείμενα μαζί με τα πλαστικά. Η τελική διαλογή των πλαστικών κάθε δείγματος και η κατηγοριοποίηση τους έγινε σε δεύτερη φάση, στο εργαστήριο.

2.3 Διαλογή των δειγμάτων και κατηγοριοποίηση των πλαστικών

Στο εργαστήριο, με τη βοήθεια μιας λάμπας με μεγεθυντικό φακό, λαβίδας και αλουμινένιων σκευών μιας χρήσης ακολουθούσε ο διαχωρισμός του δείγματος.

Πιο συγκεκριμένα, το δείγμα στο σύνολό του ή σε μέρη, τοποθετούνταν αρχικά σε κάποιο αλουμινένιο σκεύος, από όπου ένα ένα τα πλαστικά σφαιρίδια αλλά

και τα κομμάτια απομακρύνονταν με τη χρήση λαβίδας και τοποθετούνταν σε κάποιο μικρότερο αλουμινένιο σκεύος ανάλογα με την κατηγορία στην οποία κρινόταν ότι ανήκαν. Το κριτήριο βάσει του οποίου έγινε ο διαχωρισμός των σφαιριδίων (pellets) και η κατάταξη τους σε κατηγορίες ήταν το χρώμα τους αλλά και η παλαιότητα τους. Η μέθοδος διάκρισης τους βάσει του χρώματος τους έχει επισημανθεί και από άλλους ερευνητές (πχ Turner *et al*, 2011)

Αυτό επιτεύχθηκε με τη χρήση χρωματικής κλίμακας που δημιουργήθηκε ακριβώς για το σκοπό αυτό (εικ.14). Στο σύνολό τους, οι κατηγορίες των σφαιριδίων που εντοπίστηκαν ήταν οι παρακάτω:

- Λευκά
- Λευκά Παλιά
- Υπόλευκα (μπεζ)
- Πορτοκαλί
- Καφέ
- Έγχρωμα

Επί πλέον, καταμετρήθηκαν τα σφαιρίδια τα οποία είχαν στην επιφάνεια τους πίσσα. Τα πλαστικά κομμάτια απετέλεσαν ανεξάρτητη ενιαία κατηγορία και η

κατηγοριοποίηση τους έγινε με βάσει το μέγεθος τους.

Τέλος, μετρήθηκε το βάρος των πλαστικών κάθε κατηγορίας (σφαιριδίων και κομματιών), σε ηλεκτρονικό ζυγό με ακρίβεια τέταρτου δεκαδικού.

Η χρωματική κλίμακα

Όσον αφορά στη χρωματική κλίμακα, η λογική της δημιουργία της είναι η εξής:

Με δεδομένο ότι η χρήση ενός σωστά βαθμονομημένου εκτυπωτή θα δίνει κάθε φορά το ίδιο οπτικό αποτέλεσμα, επιλέχτηκε η κατηγοριοποίηση του χρώματος RGB. Όπως φαίνεται στην εικόνα 14, κάθε χρώμα, εκτός από το όνομά του, αντιπροσωπεύεται και από μια τριάδα

1	white	#FFFFFF	255	255	255
2	aliceblue	#F0F8FF	240	248	255
3	antiquewhite	#FAEBD7	250	235	215
4	antiquewhite1	#FDE0D8	255	239	219
5	antiquewhite2	#EEDCFC	238	223	204
6	antiquewhite3	#CDC0B0	205	192	176
7	antiquewhite4	#B8B378	139	131	120
8	aquamarine	#7FFFD4	127	255	212
9	aquamarine1	#7FFFD4	127	255	212
10	aquamarine2	#76EBC6	118	238	199
11	aquamarine3	#66CDAA	102	205	170
12	aquamarine4	#4682B4	69	139	116
13	azure	#F0F8FF	240	255	255
14	azure1	#F0F8FF	240	255	255
15	azure2	#E0EEEE	224	238	239
16	azure3	#C1DCDC	193	205	205
17	azure4	#87A8D8	131	139	139
18	beige	#F5F5DC	245	245	220
19	bisque	#FFDAB9	255	228	196
20	bisque1	#FFDAB9	255	228	196
21	bisque2	#EEDC8B	238	217	193
22	bisque3	#CDB76E	205	193	159
23	bisque4	#8B762B	139	125	107
24	black	#000000	0	0	0
25	blanchedalmond	#FFDAB9	255	235	205
26	blue	#0000FF	0	0	255
27	blue1	#0000FF	0	0	255
28	blue2	#000080	0	0	238
29	blue3	#0000CD	0	0	205
30	blue4	#00008B	0	0	139
31	blueviolet	#8A2BE2	138	43	221
32	brown	#A52A2A	165	42	42
33	brown1	#FF4500	255	69	69
34	brown2	#E9967A	238	59	59
35	brown3	#CD3333	205	51	51
36	brown4	#8B2323	139	35	35
37	burlywood	#DEB887	222	194	135
38	burlywood1	#FFD39F	255	211	155
39	burlywood2	#EEDC8B	238	197	145
40	burlywood3	#CDBA7D	205	170	125
41	burlywood4	#8B7335	139	115	85
42	cadetblue	#5F9EA0	95	158	160
43	cadetblue1	#98FB98	152	245	255
44	cadetblue2	#8EE58E	142	229	238
45	cadetblue3	#7AC5C0	122	197	205
46	cadetblue4	#53868B	83	134	139
47	chartreuse	#7FFFD0	127	255	0
48	chartreuse1	#7FFFD0	127	255	0
49	chartreuse2	#76E800	118	238	0
50	chartreuse3	#66CD00	102	205	0
51	chartreuse4	#458B00	69	139	0
52	chocolate	#D2691E	210	105	30
53	chocolate1	#FF7F0E	255	127	36
54	chocolate2	#E67E22	238	110	33
55	chocolate3	#CD561D	205	102	29
56	chocolate4	#8B4513	139	69	19
57	coral	#FF7F0E	255	127	80
58	coral1	#FF7F0E	255	114	86
59	coral2	#E67E22	238	106	80
60	coral3	#CD5B45	205	91	69
61	coral4	#8B3E2F	139	62	47
62	cornflowerblue	#6495ED	100	149	237
63	cornsilk	#FFFACD	255	248	220
64	cornsilk1	#FFFACD	255	248	220
65	cornsilk2	#EEB88D	238	232	205
66	cornsilk3	#CDC8B1	205	200	177
67	cornsilk4	#8B8878	139	136	120
68	cyan	#00FFFF	0	255	255
69	cyan1	#00FFFF	0	255	255
70	cyan2	#00BFFF	0	239	238
71	cyan3	#00CED1	0	205	205
72	cyan4	#008B8B	0	139	139
73	darkblue	#00008B	0	0	139
74	darkcyan	#008B8B	0	139	139
75	darkgoldenrod	#8B6914	138	104	11
76	darkgoldenrod1	#FF8C00	255	140	15
77	darkgoldenrod2	#E6A01E	238	173	14
78	darkgoldenrod3	#CD950C	205	149	12
79	darkgoldenrod4	#8B6508	139	101	8
80	darkgray	#A9A9A9	169	169	169
81	darkgreen	#006400	0	100	0
82	darkgrey	#A9A9A9	169	169	169
83	darkkhaki	#BDB76B	189	189	107
84	darkmagenta	#8B008B	139	0	139
85	darkolivegreen	#556B2F	85	107	47
86	darkolivegreen1	#3CB371	202	255	112
87	darkolivegreen2	#3CB371	188	238	104
88	darkolivegreen3	#A2C4C9	162	205	90
89	darkolivegreen4	#6B8E23	110	139	61
90	darkorange	#FF4500	255	140	0
91	darkorange1	#FF4500	255	127	0
92	darkorange2	#E67E00	238	110	0
93	darkorange3	#CD5C00	205	102	0
94	darkorange4	#8B4500	139	69	0
95	darkorchid	#800080	139	0	139
96	darkorchid1	#800080	139	0	255
97	darkorchid2	#800080	139	0	238
98	darkorchid3	#800080	139	0	205
99	darkorchid4	#64008B	104	0	139
100	darkred	#8B0000	139	0	0

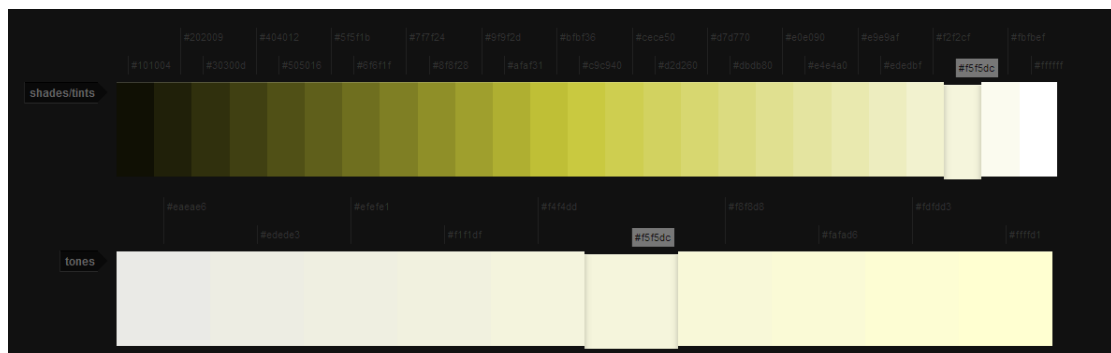
Εικόνα 14. Αντιστοίχιση χρωμάτων και κωδικών RGB.

αριθμών (RGB: red-green-blue), που επιτρέπουν την αναδημιουργία του σε κάθε οθόνη και κατά συνέπεια, εκτυπωτή.

Το λευκό χρώμα, για παράδειγμα, είναι το #FFFFFF ή 255-255-255, ενώ το μαύρο το #000000 ή 0-0-0.

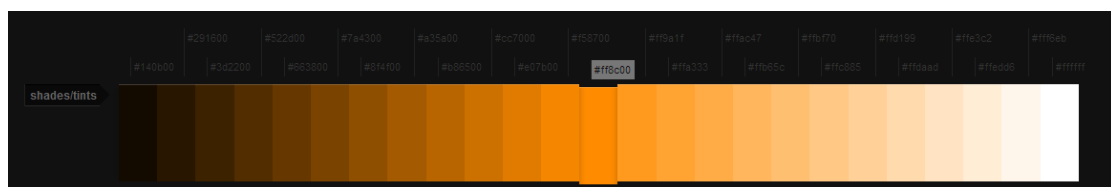
Με την επιπλέον βοήθεια της ιστοσελίδας www.colllor.com και του εργαλείου της που επιτρέπει τη δημιουργία χρωματικών παλετών, κατασκευάζονται τα παρακάτω:

-Με τη βοήθεια του χρώματος RGB **beige**, η κλίμακα των υπόλευκων:



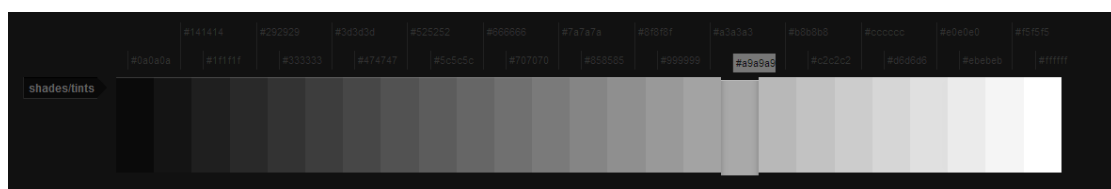
Έτσι, τα χρώματα με κωδικούς από #fbfbef έως #e0e090 θα ανήκουν στην κατηγορία ΥΠΟΛΕΥΚΑ.

- Με τη βοήθεια του χρώματος RGB **dark orange**, την κλίμακα των πορτοκαλί και καφέ:



Έτσι, τα χρώματα από #ffe3c2 έως #e07b00 θα ανήκουν στην κατηγορία ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ, Ενώ, τα χρώματα από #cc7000 έως #140b00 θα ανήκουν στην κατηγορία ΚΑΦΕ.

-Τέλος, με τη βοήθεια του χρώματος RGB **dark grey**, την κλίμακα των γκρι:



Με τη βοήθεια αυτής, καθορίζεται ότι:

-τα χρώματα από #ffffff έως #f5f5f5 θα ανήκουν στην κατηγορία ΛΕΥΚΑ ΚΑΙΝΟΥΡΙΑ, ενώ τα χρώματα από #ebebcb έως #c2c2c2 θα ανήκουν στην κατηγορία ΛΕΥΚΑ ΠΑΛΙΑ.

-Τα pellets που δεν ανήκουν σε κάποια από τις παραπάνω κατηγορίες, θα κατηγοριοποιούνται ως ΕΓΧΡΩΜΑ.

Διαχωρισμός πλαστικών κομματιών σε κλάσεις μεγέθους

Στην περίπτωση των κομματιών, η επεξεργασία του δείγματος περιελάμβανε τον επιπλέον διαχωρισμό τους σε 4 κλάσεις μεγέθους, με σκοπό την εξέταση της κατανομής τους σε σχέση με το μέγεθος τους και τη σύγκριση τους με αυτή των σφαιριδίων. Οι κατηγορίες αυτές ήταν:

- Μικρού Μεγέθους: 0-4mm, (όπου 4mm ήταν η μέση διάμετρος των σφαιριδίων)
- Μεσαίου Μεγέθους: 5-15mm
- Μεγάλου Μεγέθους: 15-50mm
- Πολύ Μεγάλου Μεγέθους: 50-212mm, (όπου 212 ήταν η μεγαλύτερη διάσταση που εμφανίστηκε στο δείγμα).

Η μέτρηση των διαστάσεων των κομματιών έγινε με τη βοήθεια ενός ηλεκτρονικού ψηφιακού παχυμέτρου ακριβείας 10^{-4}m , και αφορά στη μεγαλύτερη διάσταση τους. Τα διαχωρισμένα σφαιρίδια και κομμάτια μετρούνταν, καταγράφονταν και τοποθετούνταν σε χάρτινα φακελάκια με την ανάλογη με το περιεχόμενό τους σήμανση.

Στην τελευταία φάση των μετρήσεων, τα χάρτινα φακελάκια με τα περιεχόμενά τους μεταφέρονταν στο εργαστήριο, όπου και ζυγίζόταν

Βάσει των παραπάνω για κάθε δειγματοληπτική μονάδα καταγράφηκαν:

- το **πλήθος** των **σφαιριδίων** ανά κατηγορία στην *επιφάνεια*
- τα βάρη των **σφαιριδίων** ανά κατηγορία στην *επιφάνεια*
- το **πλήθος** των **σφαιριδίων** ανά κατηγορία στο *υπόστρωμα*
- τα βάρη των **σφαιριδίων** ανά κατηγορία στο *υπόστρωμα*

- το **πλήθος** των **πλαστικών** ανά κατηγορία στην *επιφάνεια*
- τα βάρη των **πλαστικών** ανά κατηγορία στην *επιφάνεια*
- το **πλήθος** των **πλαστικών** ανά κατηγορία στο *υπόστρωμα*
- τα βάρη των **πλαστικών** ανά κατηγορία στο *υπόστρωμα*

Μετά την ολοκλήρωση των μετρήσεων, τα πλήθη και τα μετρούμενα βάρη ανά κατηγορία καταγράφονταν σε υπολογιστικό φύλλο του προγράμματος Excel.

2.4 Ανάλυση δεδομένων

Όλοι οι υπολογισμοί και συγκρίσεις, έγιναν τόσο στις αφθονίες όσο και στα βάρη κάθε κατηγορίας (σφαιριδίων και κομματιών) αλλά και συνολικά. Η πρώτη παράμετρος που ελέγχθηκε σ' όλες τις περιπτώσεις ήταν η μέση πυκνότητα των σφαιριδίων και των κομματιών σε κάθε περιοχή δειγματοληψίας, καθώς και τα μέσα βάρη τους αντίστοιχα, σύμφωνα με τον τύπο:

$$\bar{x} = \frac{\sum(x_i)}{n}$$

όπου:

x_i : η αφθονία (σφαιριδίων ή κομματιών) στη δειγματοληπτική μονάδα i , και

n : το πλήθος των δειγματοληπτικών μονάδων.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, αξίζει προσοχής το γεγονός ότι οι στατιστικές κατανομές των δεδομένων όπως στη δική μας περίπτωση (απαριθμήσεων), δεν ακολουθούν κανονική κατανομή, αλλά στις περισσότερες των περιπτώσεων περιγράφονται από το μοντέλο της αρνητικής διωνυμικής κατανομής. Σ' αυτήν την περίπτωση, τα εκτιμώμενα διαστήματα εμπιστοσύνης δεν κατανέμονται ομοιόμορφα γύρω από τη μέση τιμή και συνεπώς δεν μπορεί να εφαρμοστούν οι κλασσικοί τύποι που δίνουν τα διαστήματα εμπιστοσύνης σε μια κανονική κατανομή. Ο υπολογισμός λοιπόν των διαστημάτων εμπιστοσύνης στη δική μας περίπτωση έγινε βάσει της μεθόδου που προτείνεται από τους Fowler *et al*, 1998 για την περίπτωση μη κανονικών κατανομών.

Οι έλεγχοι που έγιναν αποσκοπούσαν στη διαπίστωση:

α) της πιθανής διαφοροποίησης στην κατανομή σφαιριδίων και κομματιών στα διαφορετικά σημεία κάθε παραλίας,

β) στην πιθανή διαφοροποίηση της πυκνότητας των σφαιριδίων αλλά και των πλαστικών που βρίσκονται στην επιφάνεια του υποστρώματος και αυτών που είναι θαμμένα στο υπόστρωμα, και

γ) στην πιθανή διαφοροποίηση στην κατανομή των πυκνοτήτων των σφαιριδίων και των κομματιών σε σχέση με την απόσταση από την ακτογραμμή.

Για τον έλεγχο της πρώτης περίπτωσης συγκρίθηκαν στατιστικά οι αφθονίες (και τα αντίστοιχα βάρη) που καταμετρήθηκαν στις διαφορετικές υποπεριοχές σε κάθε παραλία, ενώ για τους επόμενους δύο ελέγχους συγκρίθηκαν οι αφθονίες (και τα βάρη) από το σύνολο των διατομών σε κάθε παραλία.

Επειδή, όπως προαναφέρθηκε, οι κατανομές των δεδομένων δεν περιγραφόταν από το μοντέλο της κανονικής κατανομής, και στις περισσότερες περιπτώσεις ακόμη και μετά από μετασχηματισμό των δεδομένων, οι συγκρίσεις έγιναν με τη χρήση των μη παραμετρικών ελέγχων Kruskal-Wallis ή Mann-Whitney U-test, ανάλογα με την περίπτωση.

Όλοι οι έλεγχοι έγιναν με τη χρήση του λογισμικού πακέτου SigmaPlot.

3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Συγκρίσεις Υποπεριοχών

Κάθε τριάδα γραμμικών διατομών (transects), οριοθετούσε μια υποπεριοχή σε κάθε εξεταζόμενη παραλία. Προκειμένου να ελεγχθεί η ύπαρξη διαφορών στην κατανομή των πλαστικών σε διαφορετικά τμήματα της ίδιας παραλίας, συγκρίθηκαν οι αφθονίες και τα βάρων των pellet και των πλαστικών κομματιών στις διαφορετικές υποπεριοχές με την εφαρμογή των μη παραμετρικών ελέγχων Mann-Whitney *U*-test και Kruskal-Wallis, ανάλογα με την περίπτωση. Τα αποτελέσματα των ελέγχων παρουσιάζονται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1: Αποτελέσματα των συγκρίσεων των υποπεριοχών των εξεταζόμενων παραλιών.

		ΣΤΑΥΡΟΣ (2 Υπο- περιοχές)	ΦΑΛΑ- ΣΑΡΝΑ (2 Υπο- περιοχές)	ΠΕΤΡΕΣ (3 Υπο- περιοχές)	ΑΝΑΛΟΥ- ΚΑΣ (2 Υπο- περιοχές)
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	Αφθονία Pellet (<i>Pn</i>)	<i>p=0,189</i>	<i>p<0,001</i>	<i>p=0,046</i>	<i>p=0,080</i>
	Βάρος Pellet (<i>Pw</i>)	<i>p=0,228</i>	<i>p<0,001</i>	<i>p=0,009</i>	<i>p=0,090</i>
	Αφθονία κομματιών (<i>Fn</i>)	<i>p=0,033</i>	<i>p=0,078</i>	<i>p=0,512</i>	<i>p=0,054</i>
	Βάρος κομματιών (<i>Fw</i>)	<i>p=0,189</i>	<i>p=0,125</i>	<i>p=0,407</i>	<i>p=0,184</i>
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Αφθονία Pellet (<i>Pn</i>)	<i>p=0,093</i>	<i>p<0,001</i>	<i>p=0,043</i>	<i>p=0,929</i>
	Βάρος Pellet (<i>Pw</i>)	<i>p=0,102</i>	<i>p<0,001</i>	<i>p=0,074</i>	<i>p=0,731</i>
	Αφθονία κομματιών (<i>Fn</i>)	<i>p=0,118</i>	<i>p=0,004</i>	<i>p=0,024</i>	<i>p=0,394</i>

	Βάρος κομματιών (Fw)	<i>p=0,039</i>	<i>p=0,004</i>	<i>p=0,004</i>	<i>p=0,956</i>
--	----------------------	----------------	----------------	----------------	----------------

Όπως φαίνεται στον πίνακα 1, στα Φαλάσσαρνα, όλες οι παράμετροι εκτός της αφθονίας και το βάρος των κομματιών στην επιφάνεια, ήταν στατιστικά σημαντικές. Η γενική εικόνα είναι ότι στα δύο τμήματα της παραλίας που εξετάστηκαν οι ρύποι διασπείρονται, τόσο στην επιφάνεια όσο και στο υπόστρωμα, με διαφορετικό τρόπο.

Η κατανομή των pellet στην επιφάνεια αλλά και στο υπόστρωμα της παραλίας του Σταυρού, τόσο ως προς την αφθονία όσο και ως προς το βάρος, δεν φαίνεται να διαφοροποιείται στις δύο υποπεριοχές μια που σε καμία περίπτωση οι έλεγχοι δεν έδωσαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Διαφοροποιήσεις ωστόσο, εμφανίστηκαν στην περίπτωση των κομματιών, με την αφθονία τους στην επιφάνεια να διαφέρει στην επιφάνεια των δύο υποπεριοχών και το βάρος τους να διαφέρει στο υπόστρωμα τους.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον πίνακα 1 για την παραλία του Πετρέ, τα πλαστικά σφαιρίδια φαίνεται να κατανέμονται διαφορετικά στην επιφάνεια των τριών υποπεριοχών, κάτι που δεν φαίνεται να συμβαίνει με τα πλαστικά κομμάτια που η διασπορά τους φαίνεται να γίνεται με παρόμοιο τρόπο στις υποπεριοχές. Ωστόσο, αντίθετη είναι η εικόνα στο υπόστρωμα, όπου τα πλαστικά κομμάτια δείχνουν να συγκεντρώνονται σ' αυτό με διαφορετικό τρόπο σε κάθε υποπεριοχή. Όσον αφορά στα pellet, ενώ αριθμητικά φαίνεται να διαφέρουν στις υποπεριοχές, το βάρος τους δεν δείχνει στατιστικά σημαντική διαφορά. Η γενική εικόνα είναι ότι στην επιφάνεια των διαφόρων τμημάτων της παραλίας η κατανομή των σφαιριδίων διαφέρει ενώ των πλαστικών κομματιών όχι, ενώ στο υπόστρωμα φαίνεται να υπάρχει διαφοροποίηση στα σφαιρίδια αλλά και στα κομμάτια στις τρεις υποπεριοχές.

Στην παραλία του Ανάλουκα, η κατανομή των pellet και των πλαστικών στην επιφάνεια, αλλά και στο υπόστρωμα φαίνεται να είναι ομοιόμορφη στα διάφορα σημεία της παραλίας, ως προς και τις δυο εξεταζόμενες παραμέτρους. (όλες οι τιμές $p > 0,05$).

3.2 Μέσες Αφθονίες και Βάρη

Στους παρακάτω πίνακες (πίνακες 2 έως 5) περιγράφονται οι μέσες πυκνότητες (αφθονίες ανά δειγματοληπτική μονάδα) και τα μέσα βάρη ανά δειγματοληπτική μονάδα των πλαστικών σφαιριδίων (pellet) και των πλαστικών κομματιών, τόσο στην επιφάνεια της παραλίας, όσο και στο υπόστρωμα έως του βάθους των 10cm. Τα διαστήματα εμπιστοσύνης δεν κατανέμονται ομοιόμορφα γύρω από τη μέση τιμή, γεγονός που είναι αναμενόμενο σε μη κανονικές κατανομές όπως στη συγκεκριμένη περίπτωση.

Από τους πίνακες παρατηρούμε ότι οι υψηλότερες τιμές της μέσης πυκνότητας για την επιφάνεια, για τα pellets, εμφανίζονται στην παραλία του Ανάλουκα (27,2 pellets/Δ.Μ. ή 0,7 g), ακολουθούμενου από τα Φαλάσαρνα, ενώ οι μικρότερες είναι αυτές του Πετρέ (1,8 pellets/Δ.Μ ή 0,04 g). Για τα πλαστικά κομμάτια, η μεγαλύτερη μέση πυκνότητα βρέθηκε στον Ανάλουκα (20 τμήματα/Δ.Μ. ή 0,8g), ενώ η μικρότερη στα Φαλάσαρνα (3,6 τμήματα/Δ.Μ. ή 0,2 g).

Αντίστοιχη κατάσταση φαίνεται να επικρατεί και στο υπόστρωμα, με τις μέσες αφθονίες και βάρη όμως, να είναι από μία έως δυο τάξεις μεγέθους υψηλότερες σε σύγκριση με εκείνες στην επιφάνεια. Έτσι, η υψηλότερη πυκνότητα pellets υπολογίστηκε για τον Ανάλουκα (191,2 pellets/Δ.Μ. ή 4,3g), ενώ η χαμηλότερη για την παραλία του Πετρέ (8,9 pellets/Δ.Μ ή 0,2 g). Αντίστοιχα, η πυκνότητα των πλαστικών στον Ανάλουκα (144,2 τμήματα/Δ.Μ.), υπερέβαινε σημαντικά αυτή του Σταυρού (19,5 τμήματα/Δ.Μ. ή 0,8g).

Οι τιμές p που δίνονται στους πίνακες, αναφέρονται στη στατιστική σύγκριση των αφθονιών και των βαρών των συλλεχθέντων πλαστικών από την επιφάνεια και από το υπόστρωμα. Για τις εν λόγω συγκρίσεις χρησιμοποιήθηκε ο μη παραμετρικός έλεγχος για ζεύγη παρατηρήσεων, Mann-Whitney U-test.

Σύμφωνα με τις παραπάνω συγκρίσεις, φάνηκε ότι σε κάθε περίπτωση και για κάθε παράμετρο, οι τιμές p που προκύπτουν από τα στατιστικά test είναι χαμηλότερες του $p=0,05$, επομένως μπορούμε να πούμε με 95% σιγουριά ότι υπάρχουν διαφορές στην κατανομή των πλαστικών στην επιφάνεια και στο υπόστρωμα, που δεν είναι τυχαίες, με τις τιμές στο υπόστρωμα να είναι πολλαπλάσιες αυτών της επιφάνειας. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η παραπάνω τάση ήταν παρόμοια τόσο στις αφθονίες, όσο και στα βάρη των πλαστικών που μετρήθηκαν και μάλιστα σ' όλες τις παραλίες που εξετάστηκαν.

ΠΑΡΑΛΙΑ ΣΤΑΥΡΟΥ (ΧΑΝΙΑ)

Πίνακας 1: Μέσες αφθονίες και μέσα βάρη ανά δειγματοληπτική μονάδα των πλαστικών σφαιριδίων (pellet) και των πλαστικών κομματιών στην επιφάνεια και στο υπόστρωμα στην παραλία του Σταυρού (νομός Χανίων). Οι τιμές p αναφέρονται στα αποτελέσματα των συγκρίσεων των δεδομένων από την επιφάνεια και από το υπόστρωμα.

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ			ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ			Επιφάνεια/ Υπόστρωμα
Μέση αφθονία (\bar{n}) pellet ανά δειγματοληπτική μονάδα	Άνω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	Μέση αφθονία pellets ανά δειγματοληπτική μονάδα (\bar{n})	Άνω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	p
4,6	5,5	3,9	28,8	7,8	22,0	$p=0,014$
Μέσο βάρος (\bar{w}) pellet ανά δειγματοληπτική μονάδα	Άνω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	Μέσο βάρος pellets ανά δειγματοληπτική μονάδα (\bar{w})	Άνω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	p
0,11196	0,11480	0,10919	0,67316	0,72596	0,62421	$p=0,014$
Μέση αφθονία πλαστικών ανά δειγματοληπτική μονάδα (\bar{n})	Άνω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	Μέση αφθονία πλαστικών ανά δειγματοληπτική μονάδα (\bar{n})	Άνω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	p
4,1	4,7	3,5	19,5	24,3	15,6	$p=0,007$
Μέσο βάρος πλαστικών ανά δειγματοληπτική μονάδα (\bar{w})	Άνω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	Μέσο βάρος πλαστικών ανά δειγματοληπτική μονάδα (\bar{w})	Άνω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	p
0,21382	0,22271	0,20529	0,77216	0,83190	0,71672	$p=0,003$

ΠΑΡΑΛΙΑ ΦΑΛΑΣΑΡΝΩΝ (ΧΑΝΙΑ)

Πίνακας 2: Μέσες αφθονίες και μέσα βάρη ανά δειγματοληπτική μονάδα των πλαστικών σφαιριδίων (pellet) και των πλαστικών κομματιών στην επιφάνεια και στο υπόστρωμα στην παραλία των Φαλάσαρνων (νομός Χανίων). Οι τιμές p αναφέρονται στα αποτελέσματα των συγκρίσεων των δεδομένων από την επιφάνεια και από το υπόστρωμα.

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ			ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ			Επιφάνεια/ Υπόστρωμα
Μέση αφθονία pellets ανά δειγματοληπτική μονάδα (\bar{n})	Άνω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	Μέση αφθονία pellets ανά δειγματοληπτική μονάδα (\bar{n})	Άνω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	p
8,3	9,7	7,0	79,0	101,2	61,2	$p < 0,001$
Μέσο βάρος pellets ανά δειγματοληπτική μονάδα (\bar{w})	Άνω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	Μέσο βάρος pellets ανά δειγματοληπτική μονάδα (\bar{w})	Άνω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	p
0,21900	0,22651	0,21175	1,89546	2,09795	1,71252	$p < 0,001$
Μέση αφθονία πλαστικών ανά δειγματοληπτική μονάδα (\bar{n})	Άνω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	Μέση αφθονία πλαστικών ανά δειγματοληπτική μονάδα (\bar{n})	Άνω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	p
3,6	4,1	3,2	43,4	53,5	35,2	$p < 0,001$
Μέσο βάρος πλαστικών ανά δειγματοληπτική μονάδα (\bar{w})	Άνω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	Μέσο βάρος πλαστικών ανά δειγματοληπτική μονάδα (\bar{w})	Άνω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	P
0,19938	0,20526	0,19366	1,99996	2,20842	1,81118	$p < 0,001$

ΠΑΡΑΛΙΑ ΠΕΤΡΕ (ΡΕΘΥΜΝΟ)

Πίνακας 3: Μέσες αφθονίες και μέσα βάρη ανά δειγματοληπτική μονάδα των πλαστικών σφαιριδίων (pellet) και των πλαστικών κομματιών στην επιφάνεια και στο υπόστρωμα στην παραλία Πετρέ (νομός Ρεθύμνης). Οι τιμές p αναφέρονται στα αποτελέσματα των συγκρίσεων των δεδομένων από την επιφάνεια και από το υπόστρωμα.

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ			ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ			Επιφάνεια/ Υπόστρωμα
Μέση αφθονία pellets ανά δειγματοληπτική μονάδα (\bar{n})	Άνω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	Μέση αφθονία pellets ανά δειγματοληπτική μονάδα (\bar{n})	Άνω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	p
1,8	2,0	1,6	8,9	10,6	7,5	$p=0,024$
Μέσο βάρος pellets ανά δειγματοληπτική μονάδα (\bar{w})	Άνω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	Μέσο βάρος pellets ανά δειγματοληπτική μονάδα (\bar{w})	Άνω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	p
0,03743	0,03772	0,03714	0,20900	0,21501	0,20317	$p=0,017$
Μέση αφθονία πλαστικών ανά δειγματοληπτική μονάδα (\bar{n})	Άνω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	Μέση αφθονία πλαστικών ανά δειγματοληπτική μονάδα (\bar{n})	Άνω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	p
4,9	5,5	4,3	22,1	25,0	19,5	$p<0,001$
Μέσο βάρος πλαστικών ανά δειγματοληπτική μονάδα (\bar{w})	Άνω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	Μέσο βάρος πλαστικών ανά δειγματοληπτική μονάδα (\bar{w})	Άνω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	p
0,22737	0,23535	0,21967	1,00805	1,07980	0,94107	$p<0,001$

ΠΑΡΑΛΙΑ ΑΝΑΛΟΥΚΑ (ΛΑΣΙΘΙ)

Πίνακας 4: Μέσες αφθονίες και μέσα βάρη ανά δειγματοληπτική μονάδα των πλαστικών σφαιριδίων (pellet) και των πλαστικών κομματιών στην επιφάνεια και στο υπόστρωμα στην παραλία του Ανάλουκα (νομός Λασιθίου). Οι τιμές p αναφέρονται στα αποτελέσματα των συγκρίσεων των δεδομένων από την επιφάνεια και από το υπόστρωμα.

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ			ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ			Επιφάνεια/ Υπόστρωμα
Μέση αφθονία pellets ανά δειγματοληπτική μονάδα (\bar{n})	Άνω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	Μέση αφθονία pellets ανά δειγματοληπτική μονάδα (\bar{n})	Άνω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	p
27,2	31,9	23,2	191,2	236,1	154,9	$p < 0,001$
Μέσο βάρος pellets ανά δειγματοληπτική μονάδα (\bar{w})	Άνω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	Μέσο βάρος pellets ανά δειγματοληπτική μονάδα (\bar{w})	Άνω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	p
0,68923	0,72358	0,65652	4,27935	4,73437	3,86806	$p < 0,001$
Μέση αφθονία πλαστικών ανά δειγματοληπτική μονάδα (\bar{n})	Άνω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	Μέση αφθονία πλαστικών ανά δειγματοληπτική μονάδα (\bar{n})	Άνω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{n} \times \Delta.E.$)	p
20,0	23,1	17,3	144,2	163,9	126,9	$p < 0,001$
Μέσο βάρος πλαστικών ανά δειγματοληπτική μονάδα (\bar{w})	Άνω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	Μέσο βάρος πλαστικών ανά δειγματοληπτική μονάδα (\bar{w})	Άνω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	Κάτω Όριο ($\bar{w} \times \Delta.E.$)	p
0,79182	0,83712	0,74894	4,69303	5,13451	4,28952	$p < 0,001$

3.3 Συγκρίσεις Στρώσεων

Βασιζόμενοι στην υπόθεση ότι τα μικροπλαστικά στις παραλίες εκβράζονται εκεί από τη θάλασσα και στη συνέχεια διασπείρονται προς το άνω μέρος της παραλίας με τη δράση του κύματος και του ανέμου, αναμένουμε διαφοροποίηση στην κατανομή τους όσο προχωράμε στα ψηλότερα τμήματα της παραλίας. Ο τρόπος αυτός της κατανομής τους εξετάζεται με τον διαχωρισμό της παραλίας σε ζώνες απόστασης από την ακτογραμμή τις οποίες στη συγκεκριμένη έρευνα ορίζουμε ως "στρώσεις".

Η ενδεχόμενη διαφοροποίηση στην κατανομή των πλαστικών κατά πλάτος των παραλιών εξετάστηκε συγκρίνοντας τις αφθονίες και τα βάρη των pellet και των κομματιών σε στρώσεις με σταθερές αποστάσεις μεταξύ τους. Οι μέσες τιμές των μετρούμενων παραμέτρων υπολογίστηκαν και κατόπιν ελέγχθηκαν στατιστικά. Τα αποτελέσματα φαίνονται στους πίνακες 9 έως 12 που ακολουθούν:

Πίνακας 5: Μέσες αφθονίες και βάρη των pellet και των κομματιών ανά δειγματοληπτική μονάδα, κατά μήκος των διατομών στην παραλία του Σταυρού.

		Ακτο- γραμμή	5m	10m	15m	20m	25m	Τιμές <i>p</i>
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	Αφθονίες pellet ($\bar{n}/\Delta.M.$)	0,00	0,50	0,67	3,67	7,33	14,67	<i>p=0,029</i>
	Βάρη pellet (g) ($\bar{w}/\Delta.M.$)	0,00000	0,01159	0,01637	0,09697	0,17433	0,42462	<i>p=0,032</i>
	Αφθονίες κομματιών ($\bar{n}/\Delta.M.$)	2,00	2,50	1,67	3,00	3,83	12,80	<i>p=0,370</i>
	Βάρη κομματιών (g) ($\bar{w}/\Delta.M.$)	0,05756	0,20625	0,01740	0,12811	0,10291	0,88828	<i>p=0,231</i>
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Αφθονίες pellet ($\bar{n}/\Delta.M.$)	0,83	1,50	22,33	14,17	71,50	71,40	<i>p=0,033</i>
	Βάρη pellet (g) ($\bar{w}/\Delta.M.$)	0,01528	0,03936	0,56980	0,28030	1,65414	1,64148	<i>p=0,021</i>
	Αφθονίες κομματιών ($\bar{n}/\Delta.M.$)	21,00	30,33	10,78	14,00	31,11	29,50	<i>p=0,209</i>
	Βάρη κομματιών (g) ($\bar{w}/\Delta.M.$)	0,60519	0,81960	0,57873	1,54778	1,45295	1,08907	<i>p=0,160</i>

Πίνακας 6: Μέσες αφθονίες και βάρη των pellet και των κομματιών ανά δειγματοληπτική μονάδα, κατά μήκος των διατομών στην παραλία των Φαλασάρνων.

		Ακτό- γραμμή	5m	10m	15m	20m	25m	30m	35m	40m	45m	50m	Τιμές <i>p</i>
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	Αφθονίες pellet ($\bar{n}/\Delta.M.$)	0,80	2,20	1,20	5,40	6,00	5,00	9,40	14,20	26,00	15,33	8,00	<i>p=0,68</i> <i>1</i>
	Βάρη pellet (g) ($\bar{w}/\Delta.M.$)	0,07950	0,0405 3	0,0320 8	0,1344 8	0,1647 7	0,1418 8	0,2561 8	0,3723 4	0,7343 4	0,3978 1	0,184 31	<i>p=0,60</i> <i>6</i>
	Αφθονίες κομματιών ($\bar{n}/\Delta.M.$)	0,60	5,80	1,00	1,40	3,00	2,40	4,60	7,80	5,20	6,00	3,67	<i>p=0,26</i> <i>8</i>
	Βάρη κομματιών (g) ($\bar{w}/\Delta.M.$)	0,00188	0,0843 3	0,1386 9	0,0234 9	0,2392 6	0,2581 2	0,5734 7	0,3855 5	0,2065 2	0,0838 5	0,120 04	<i>p=0,56</i> <i>4</i>
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Αφθονίες pellet ($\bar{n}/\Delta.M.$)	1,40	7,00	24,00	35,00	89,40	94,00	38,20	50,80	211,80	235,00	188,3 3	<i>p=0,016</i>
	Βάρη pellet (g) ($\bar{w}/\Delta.M.$)	0,03091	0,1698 4	0,6610 0	0,9162 4	1,5351 1	2,3975 2	1,0008 4	1,3121 2	5,1210 6	5,6662 9	4,648 83	<i>p=0,009</i>
	Αφθονίες κομματιών ($\bar{n}/\Delta.M.$)	2,60	1,80	7,40	13,00	18,60	27,00	14,80	35,20	141,60	209,33	94,67	<i>p=0,007</i>
	Βάρη κομματιών (g) ($\bar{w}/\Delta.M.$)	0,07227	0,0627 1	0,2483 2	0,5771 7	2,1540 8	1,2582 5	0,7633 4	1,6669 1	5,3966 9	10,235 43	3,431 07	<i>p=0,011</i>

Πίνακας 7: Μέσες αφθονίες και βάρη των pellet και των κομματιών ανά δειγματοληπτική μονάδα, κατά μήκος των διατομών στην παραλία του Πετρώ.

		Ακτο- γραμμή	5m	10m	15m	20m	25m	Τιμές <i>p</i>
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	Αφθονίες pellet ($\bar{n}/\Delta.M.$)	2,89	1,11	1,89	1,22	2,11	1,25	$p=0,677$
	Βάρη pellet (g) ($\bar{w}/\Delta.M.$)	0,06287	0,02708	0,02263	0,02743	0,05128	0,02811	$p=0,653$
	Αφθονίες κομματιών ($\bar{n}/\Delta.M.$)	12,22	3,22	2,11	3,67	4,44	2,25	$p=0,320$
	Βάρη κομματιών (g) ($\bar{w}/\Delta.M.$)	0,29820	0,14387	0,05714	0,22663	0,46250	0,11152	$p=0,503$
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Αφθονίες pellet ($\bar{n}/\Delta.M.$)	2,56	10,33	2,78	8,78	15,33	19,50	$p=0,024$
	Βάρη pellet (g) ($\bar{w}/\Delta.M.$)	0,05917	0,22233	0,05803	0,21728	0,35765	0,49684	$p=0,023$
	Αφθονίες κομματιών ($\bar{n}/\Delta.M.$)	21,00	30,33	10,78	14,00	31,11	29,50	$p=0,209$
	Βάρη κομματιών (g) ($\bar{w}/\Delta.M.$)	0,60519	0,81960	0,57873	1,54778	1,45295	1,08907	$p=0,450$

Πίνακας 8: Μέσες αφθονίες και βάρη των pellet και των κομματιών ανά δειγματοληπτική μονάδα, κατά μήκος των διατομών στην παραλία του Ανάλουκα.

		Ακτο- γραμμή	5m	10m	15m	20m	25m	30m	35m	40m	45m	Τιμές <i>p</i>
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	Αφθονίες pellet ($\bar{n}/\Delta.M.$)	4,83	23,00	15,33	18,00	39,83	28,33	42,20	57,67	50,00	40,00	$p=0,067$
	Βάρη pellet (g) ($\bar{w}/\Delta.M.$)	0,11449	0,48580	0,39664	0,46455	1,06464	0,63342	1,14356	1,49576	1,43888	1,10339	$p=0,004$
	Αφθονίες τμημάτων πλαστικού ($\bar{n}/\Delta.M.$)	5,17	24,17	11,17	14,00	26,00	17,00	32,40	37,33	29,00	31,00	$p=0,070$
	Βάρη τμημάτων πλαστικού (g) ($\bar{w}/\Delta.M.$)	0,09634	1,27543	0,39776	0,53518	0,96028	0,66922	0,87381	2,17884	1,49122	0,42185	$p=0,048$
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Αφθονίες pellet ($\bar{n}/\Delta.M.$)	42,50	65,67	110,33	376,83	246,67	278,17	277,80	153,00	168,00	59,00	$p=0,017$
	Βάρη pellet (g) ($\bar{w}/\Delta.M.$)	1,02493	1,77796	2,73148	5,89962	6,22114	6,55705	6,88967	3,98793	3,63072	1,53418	$p=0,018$
	Αφθονίες τμημάτων πλαστικού ($\bar{n}/\Delta.M.$)	64,33	90,67	108,33	201,83	173,50	222,17	187,00	115,67	123,00	63,00	$p=0,042$
	Βάρη τμημάτων πλαστικού (g) ($\bar{w}/\Delta.M.$)	1,43578	2,10055	3,24194	5,27569	5,77867	8,04475	7,59647	5,16644	5,89093	1,24270	$p=0,013$

Από τον πίνακα 5 διαπιστώνουμε πως στην επιφάνεια της παραλίας των Φαλασάρνων τα πλαστικά κομμάτια αλλά και τα pellet κατανέμονται ομοιόμορφα στην επιφάνεια της παραλίας, ενώ το ακριβώς αντίθετο ισχύει για το υπόστρωμα, όπου με την απομάκρυνση από την ακτογραμμή διαφοροποιείται η πυκνότητα και το βάρος των pellet και των κομματιών, εμφανίζοντας αυξητική τάση έως και 45m από την ακτογραμμή.

Όπως φαίνεται στον πίνακα 6, στην παραλία του Σταυρού η κατανομή των pellet είναι στατιστικά σημαντική στις στρώσεις, με τις μέσες πυκνότητες στην επιφάνεια αλλά και στο υπόστρωμα να εμφανίζουν προοδευτική αυξητική τάση όσο προχωράμε προς το άνω μέρος της παραλίας. Η ίδια τάση φαίνεται και στις δυο εξεταζόμενες παραμέτρους (αφθονίες και βάρη). Τα κομμάτια από την άλλη, δεν εμφανίζουν διαφοροποίηση στην κατανομή τους κατά το πλάτος της παραλίας, ούτε στο επιφανειακό στρώμα, αλλά ούτε και στο υπόστρωμα.

Στην παραλία του Πετρέ (πίνακας 7) φαίνεται να επικρατεί μια παρόμοια κατάσταση, όπου στην επιφάνειά της τόσο τα τμήματα πλαστικών όσο και τα pellet, φαίνεται να κατανέμονται ομοιόμορφα, στο υπόστρωμα ωστόσο μόνο τα κομμάτια κατανέμονται στις στρώσεις με παρόμοιο τρόπο, ενώ η πυκνότητα των pellet φαίνεται να εμφανίζει αυξητική τάση προς το άνω μέρος της παραλίας.

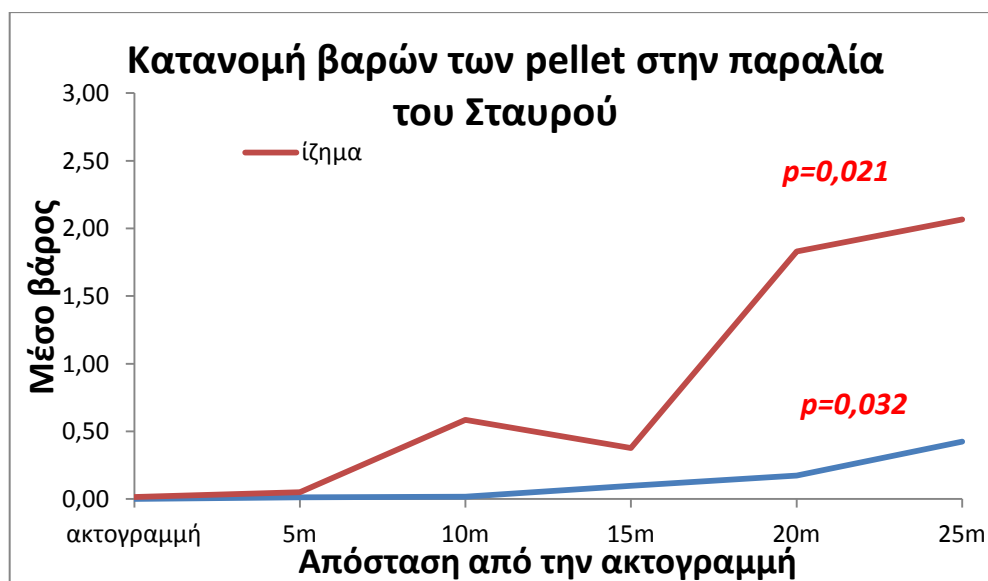
Στην επιφάνεια της παραλίας του Ανάλουκα (πίνακας 8), οι αφθονίες των pellets και των κομματιών φαίνεται να κατανέμονται ομοιόμορφα στις διάφορες στρώσεις, σε αντίθεση με το τι συμβαίνει σ' όλες τις άλλες περιπτώσεις όπου υπάρχει διαφοροποίηση τόσο στα βάρη τους στην επιφάνεια της παραλίας όσο και στις πυκνότητες και στα βάρη τους στο υπόστρωμα, με αυξητική τάση έως τα 35m στην επιφάνεια και 30m στο υπόστρωμα.

Τα παραπάνω δεδομένα για τις τέσσερις παραλίες, δίνονται σχηματικά:

ΠΑΡΑΛΙΑ ΣΤΑΥΡΟΥ



Σχήμα 1: Μέσες πυκνότητες pellet σε σχέση με την απόσταση από την ακτογραμμή στην παραλία του Σταυρού, για την επιφάνεια και το υπόστρωμα.



Σχήμα 2: Μέσα βάρη pellet σε σχέση με την απόσταση από την ακτογραμμή στην παραλία του Σταυρού, για την επιφάνεια και το υπόστρωμα.

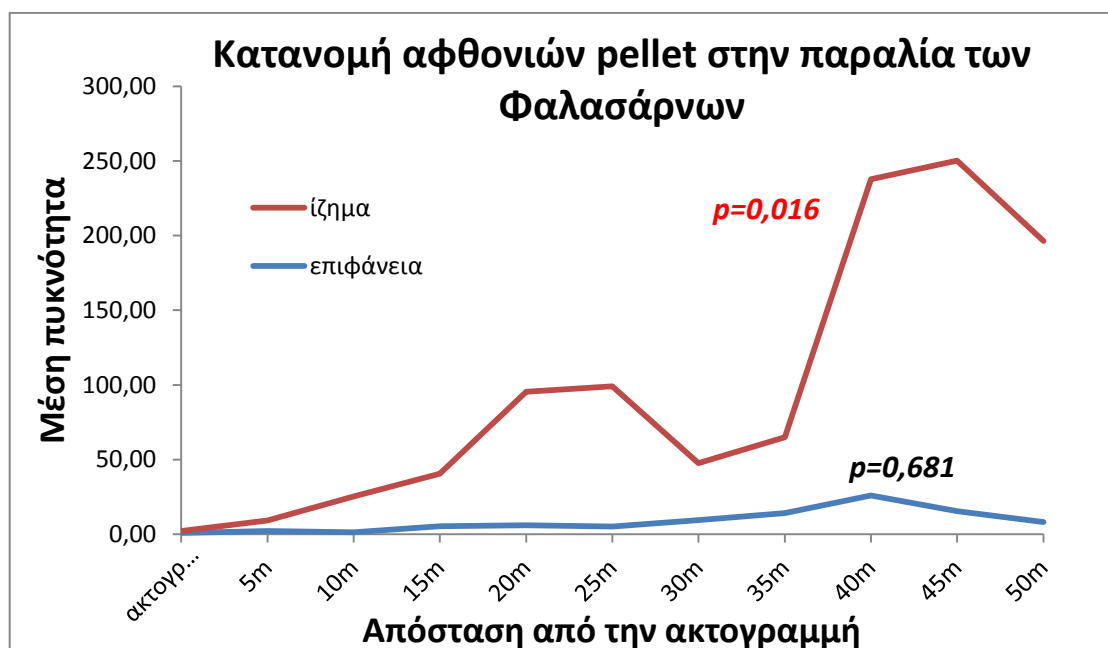


Σχήμα 3: Μέσες πυκνότητες τμημάτων πλαστικών σε σχέση με την απόσταση από την ακτογραμμή στην παραλία του Σταυρού, για την επιφάνεια και το υπόστρωμα.

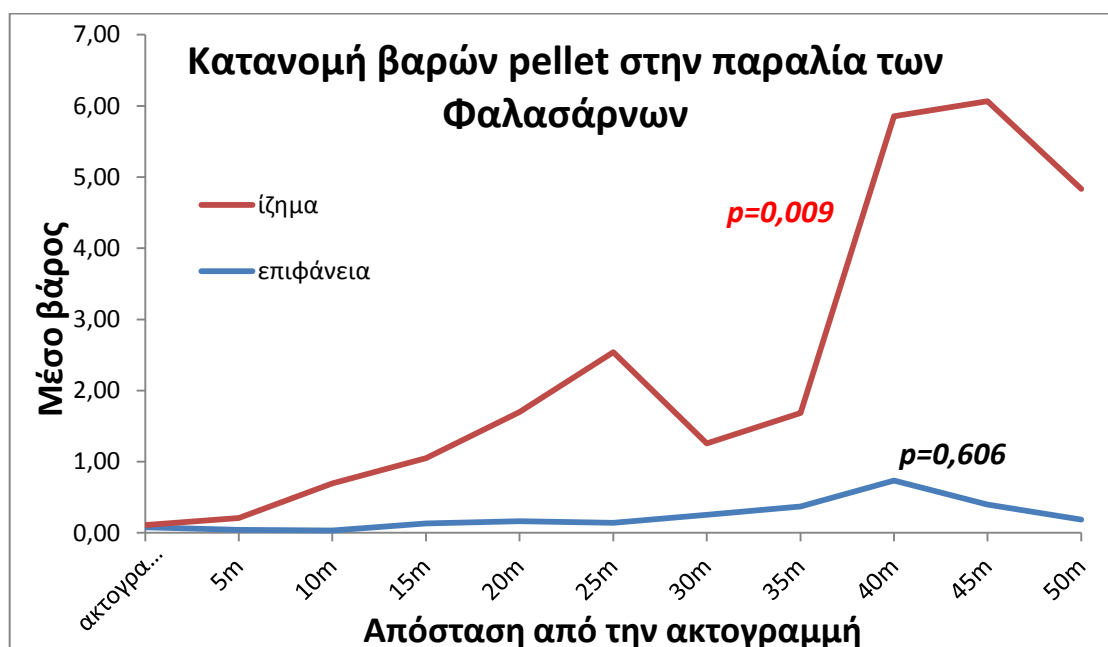


Σχήμα 4: Μέσα βάρη τμημάτων πλαστικών σε σχέση με την απόσταση από την ακτογραμμή στην παραλία του Σταυρού, για την επιφάνεια και το υπόστρωμα.

ΠΑΡΑΛΙΑ ΦΑΛΑΣΑΡΝΩΝ



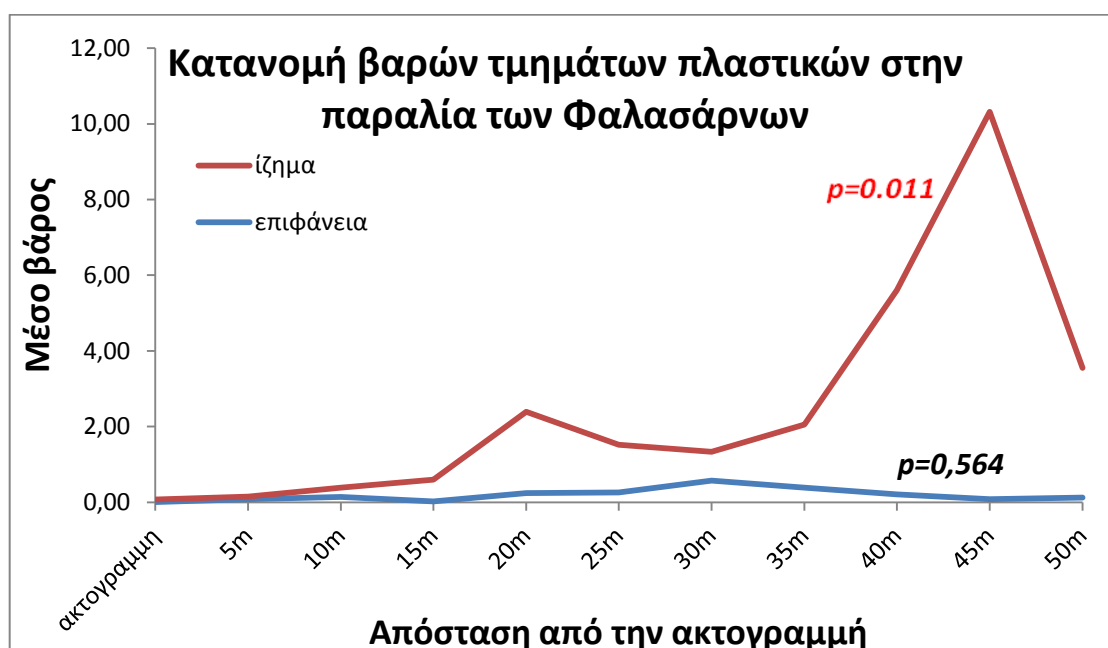
Σχήμα 5: Μέσες πυκνότητες pellet σε σχέση με την απόσταση από την ακτογραμμή στην παραλία των Φαλασάρνων, για την επιφάνεια και το υπόστρωμα.



Σχήμα 6: Μέσα βάρη pellet σε σχέση με την απόσταση από την ακτογραμμή στην παραλία των Φαλασάρνων, για την επιφάνεια και το υπόστρωμα.

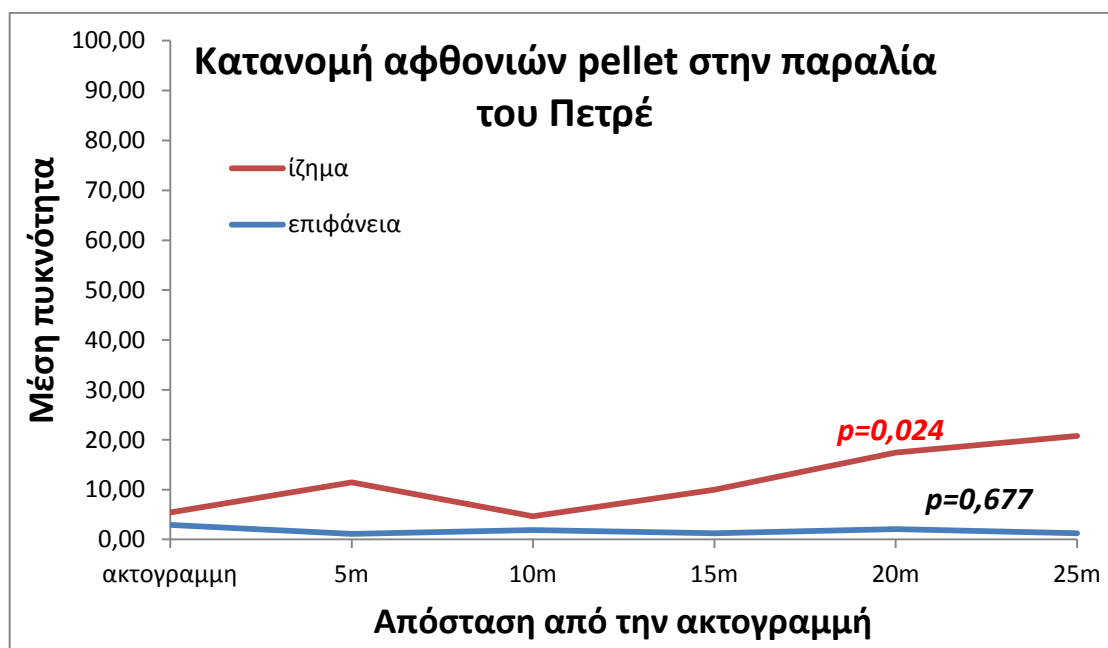


Σχήμα 7: Μέσες πυκνότητες τμημάτων πλαστικών σε σχέση με την απόσταση από την ακτογραμμή στην παραλία των Φαλασάρνων, για την επιφάνεια και το υπόστρωμα.

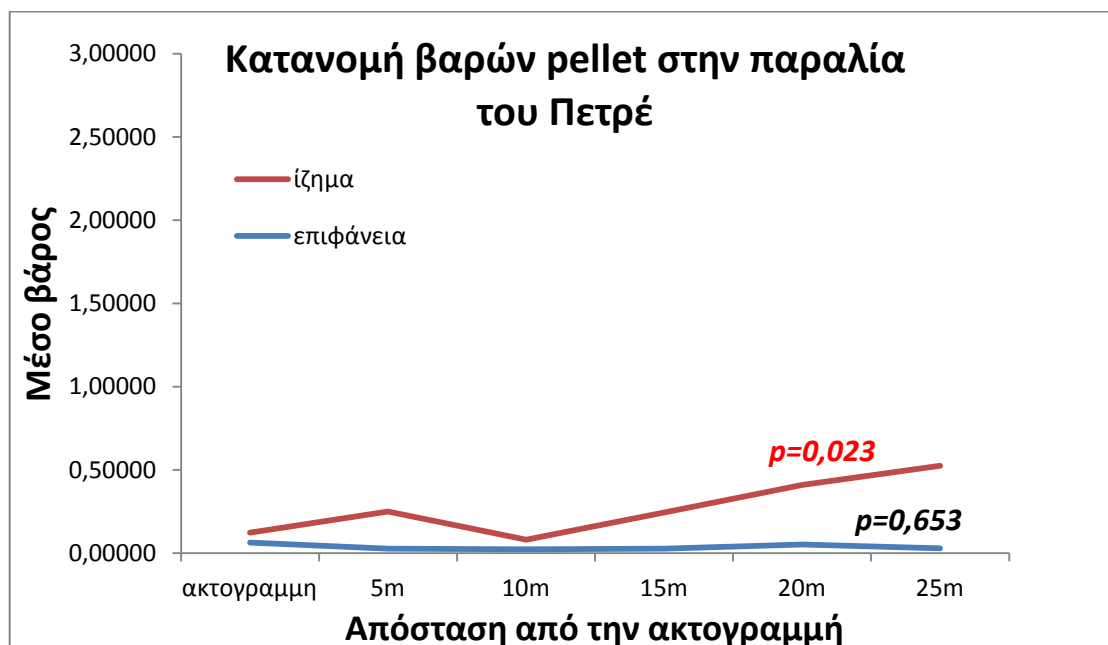


Σχήμα 8: Μέσα βάρη τμημάτων πλαστικών σε σχέση με την απόσταση από την ακτογραμμή στην παραλία των Φαλασάρνων, για την επιφάνεια και το υπόστρωμα.

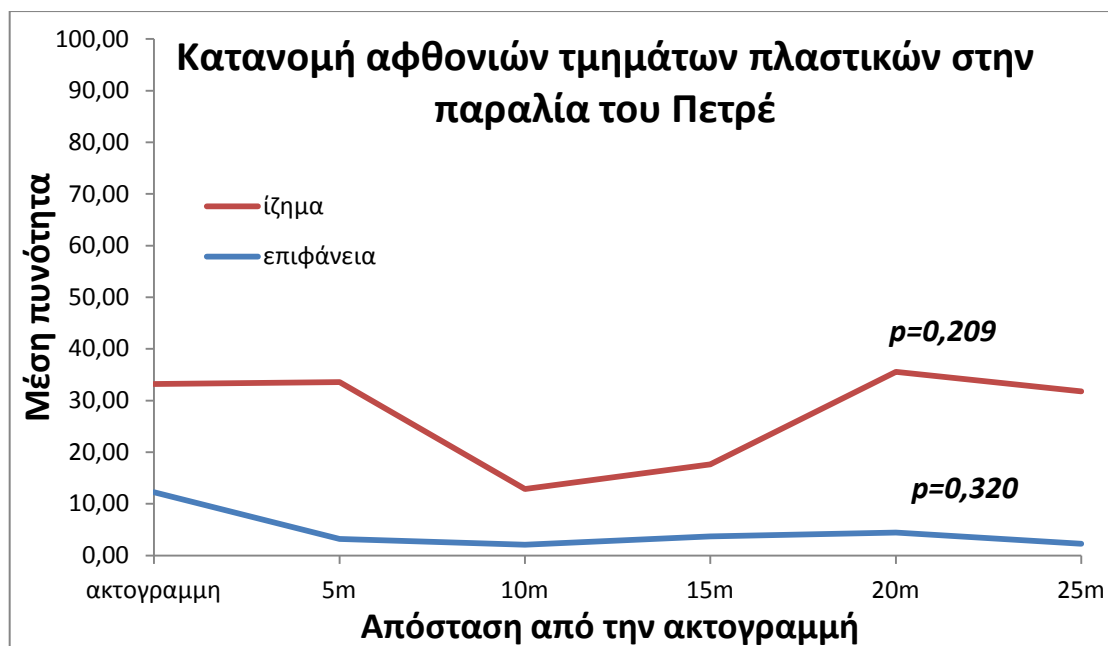
ΠΑΡΑΛΙΑ ΠΕΤΡΕ



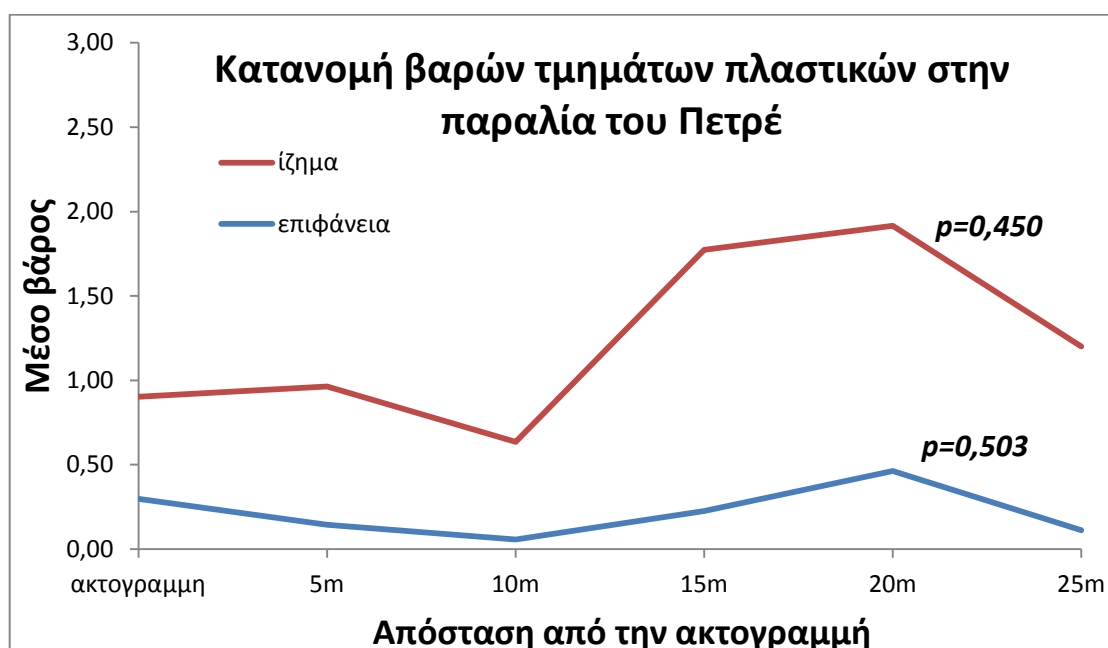
Σχήμα 9: Μέσες πυκνότητες pellet σε σχέση με την απόσταση από την ακτογραμμή στην παραλία του Πετρε, για την επιφάνεια και το υπόστρωμα.



Σχήμα 10: Μέσα βάρη pellet σε σχέση με την απόσταση από την ακτογραμμή στην παραλία των Φαλασάρνων, για την επιφάνεια και το υπόστρωμα.

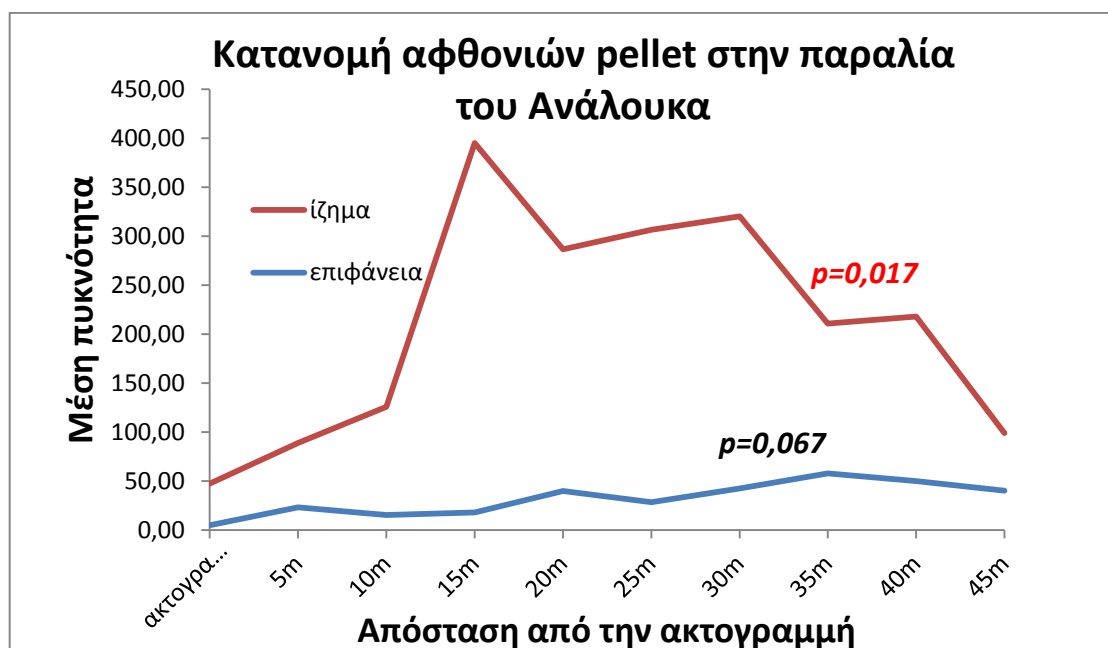


Σχήμα 11: Μέσες πυκνότητες τμημάτων πλαστικών σε σχέση με την απόσταση από την ακτογραμμή στην παραλία του Πετρέ, για την επιφάνεια και το υπόστρωμα.

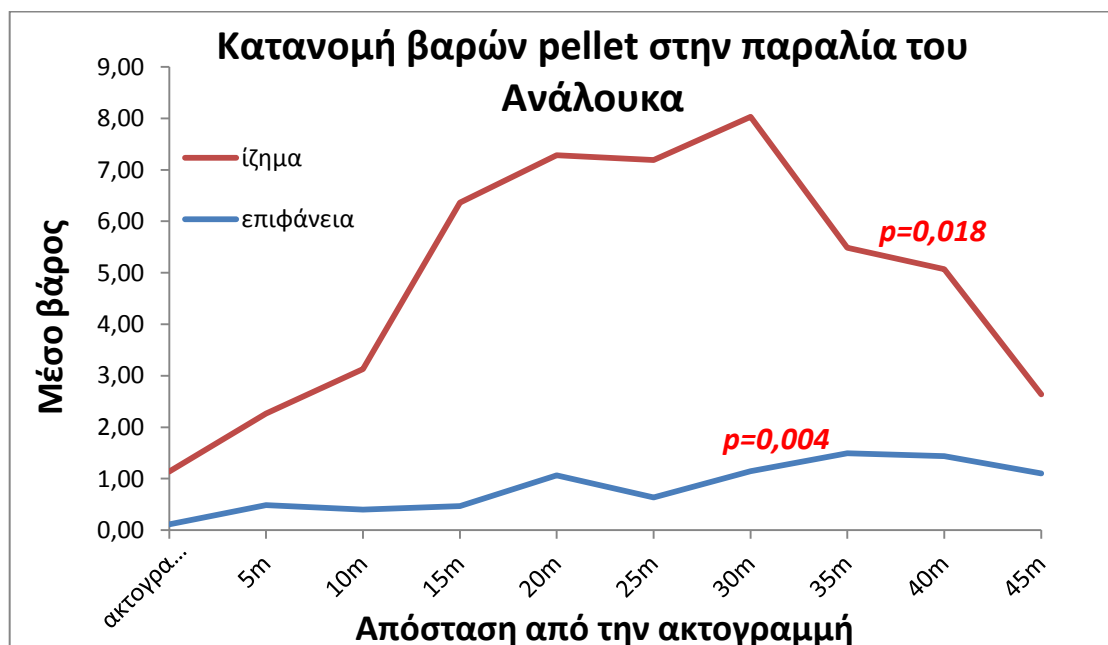


Σχήμα 12: Μέσα βάρη τμημάτων πλαστικών σε σχέση με την απόσταση από την ακτογραμμή στην παραλία του Πετρέ, για την επιφάνεια και το υπόστρωμα.

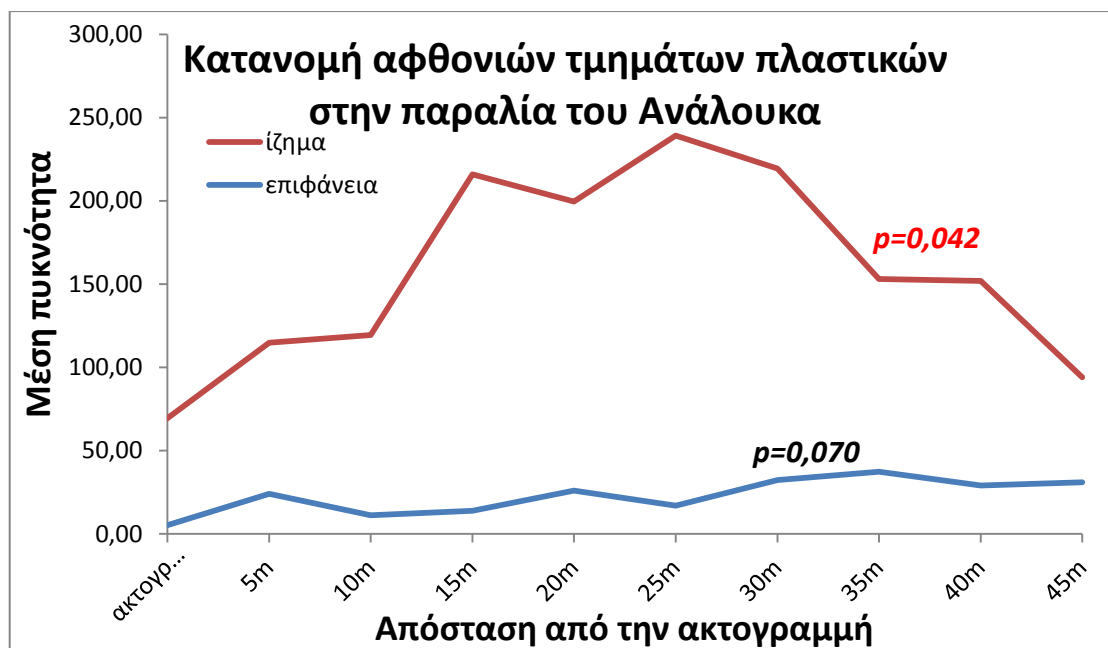
ΠΑΡΑΛΙΑ ΑΝΑΛΟΥΚΑ



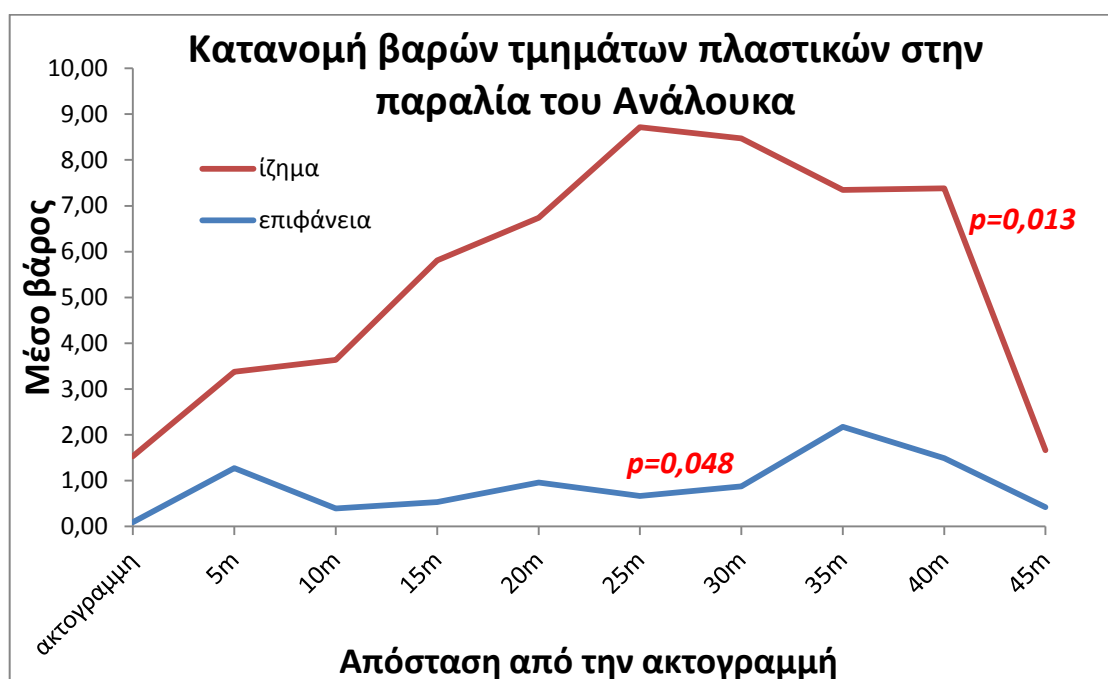
Σχήμα 13: Μέσες πυκνότητες pellet σε σχέση με την απόσταση από την ακτογραμμή στην παραλία του Ανάλουκα, για την επιφάνεια και το υπόστρωμα.



Σχήμα 14: Μέσα βάρη pellet σε σχέση με την απόσταση από την ακτογραμμή στην παραλία του Ανάλουκα, για την επιφάνεια και το υπόστρωμα.



Σχήμα 15: Μέσες πυκνότητες τμημάτων πλαστικών σε σχέση με την απόσταση από την ακτογραμμή στην παραλία του Ανάλουκα, για την επιφάνεια και το υπόστρωμα.



Σχήμα 16: Μέσα βάρη τμημάτων πλαστικών σε σχέση με την απόσταση από την ακτογραμμή στην παραλία του Ανάλουκα, για την επιφάνεια και το υπόστρωμα.

3.4 Κατανομή των διαφόρων κατηγοριών pellet

Για κάθε δείγμα, από τις 6 κατηγορίες στις οποίες κατατάχθηκαν τα pellet με βάση το χρώμα τους (Νέα Λευκά, Παλιά Λευκά, Υπόλευκα, Πορτοκαλί, Καφέ, Έγχρωμα), μετρήθηκαν οι αφθονίες και τα βάρη στην επιφάνεια και το υπόστρωμα για κάθε παραλία, και στη συνέχεια υπολογίστηκαν τα ποσοστά τους, όπως φαίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\lambda_i = \frac{\text{πλήθος pellet της κατηγορίας } i}{\text{πλήθος pellet όλων των κατηγοριών}} * 100\%$$

Από τα επιμέρους ποσοστά των δειγματοληπτικών μονάδων, υπολογίστηκε ένα μέσο \bar{p} και τα διαστήματα εμπιστοσύνης για κάθε ένα από τα μέσα ποσοστά, ως εξής:

$$\Delta.E. = \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n - 1}}$$

Ακόμα, υπολογίστηκε ο λόγος των νέων λευκών pellet προς τα παλαιά, και αποδόθηκε ως ποσοστό:

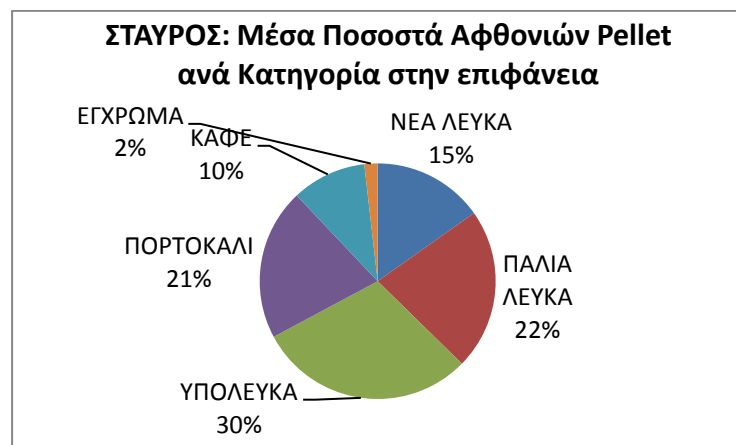
$$r = \frac{\text{αφθονίες (ή βάρη) νέων λευκών pellet}}{\text{αφθονίες (ή βάρη) παλαιών λευκών pellet}} * 100\%$$

Τέλος, βρέθηκε ο λόγος του συνόλου των λευκών pellet προς το σύνολο των υπολοίπων, μη λευκών, pellet, που αντιστοιχεί στο ποσοστό:

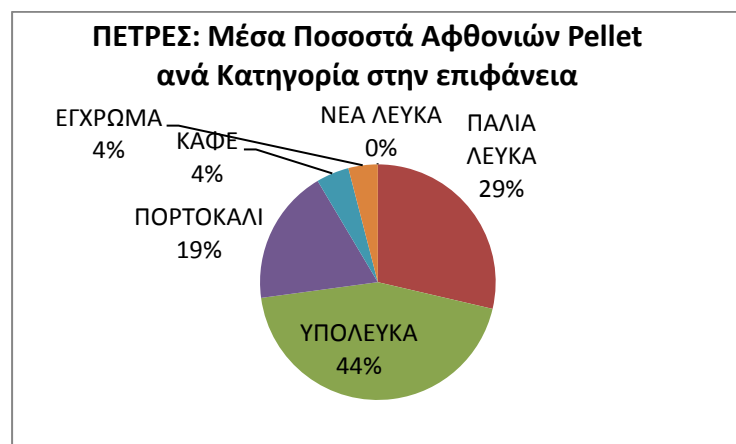
$$\rho = \frac{\text{αφθονίες (ή βάρη) του συνόλου των λευκών pellet}}{\text{αφθονίες ή βάρη του συνόλου των μη λευκών pellet}} * 100\%$$

Τα αποτελέσματα των παραπάνω υπολογισμών παρουσιάζονται στα ακόλουθα σχήματα:

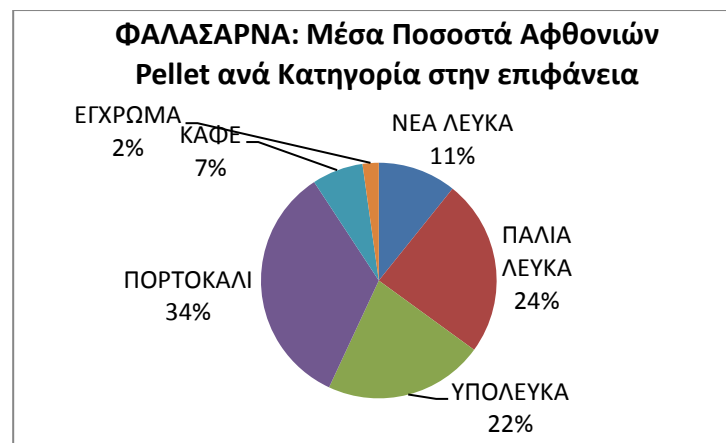
Τα μέσα ποσοστά φαίνονται στα παρακάτω σχήματα:



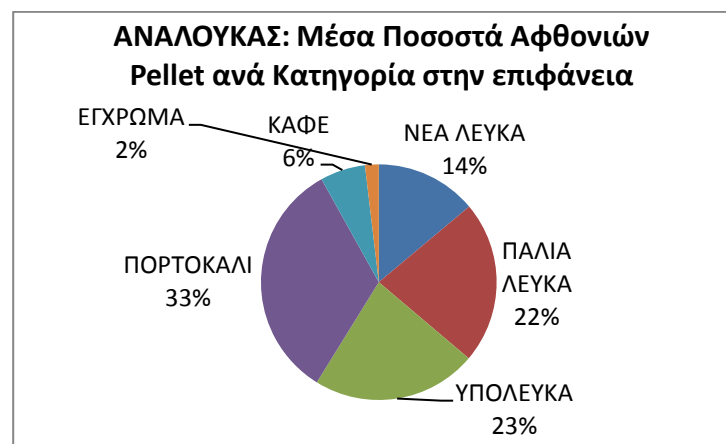
Σχήμα 17: Μέσα ποσοστά αφθονιών pellet ανά κατηγορία στην επιφάνεια της παραλίας του Σταυρού.



Σχήμα 19: Μέσα ποσοστά αφθονιών pellet ανά κατηγορία στην επιφάνεια της παραλίας του Πετρε.



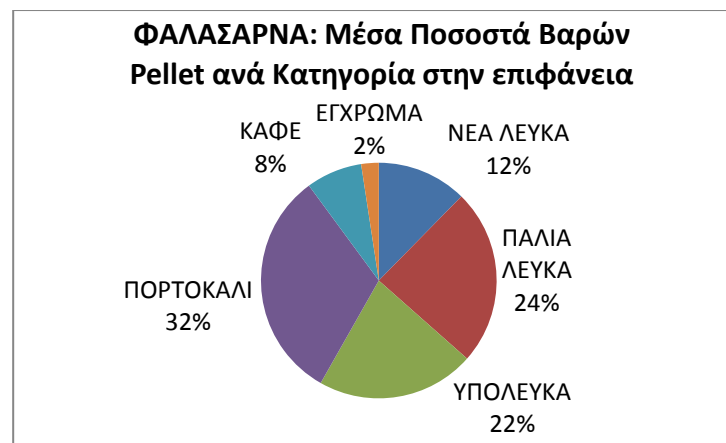
Σχήμα 18: Μέσα ποσοστά αφθονιών pellet ανά κατηγορία στην επιφάνεια της παραλίας των Φαλασάρνων.



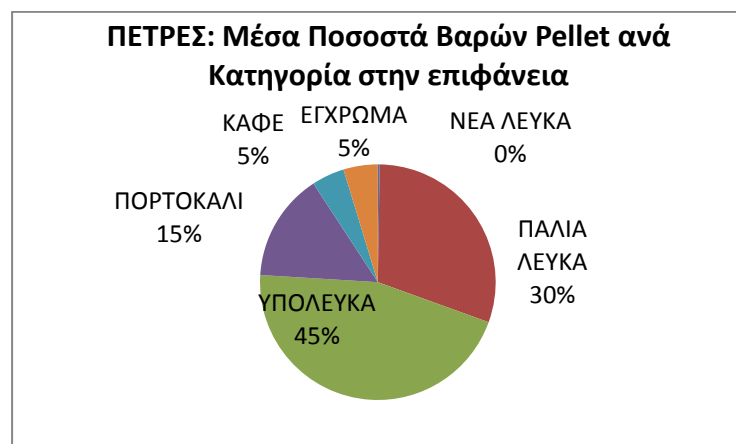
Σχήμα 20: Μέσα ποσοστά αφθονιών pellet ανά κατηγορία στην επιφάνεια της παραλίας του Ανάλουκα.



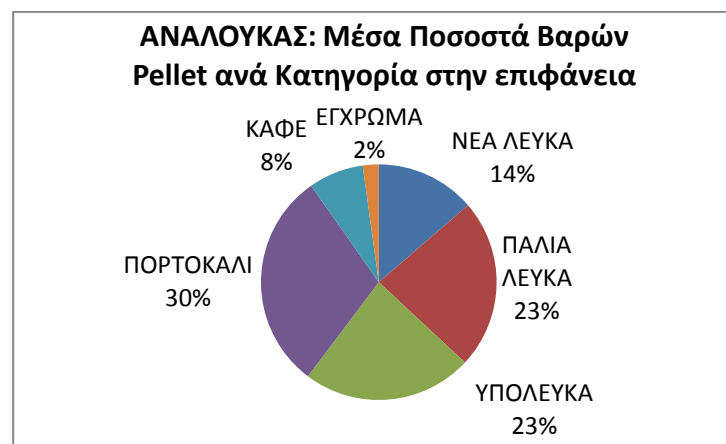
Σχήμα 21: Μέσα ποσοστά βαρών pellet ανά κατηγορία στην επιφάνεια της παραλίας του Σταυρού.



Σχήμα 22: Μέσα ποσοστά βαρών pellet ανά κατηγορία στην επιφάνεια της παραλίας των Φαλασάρνων.



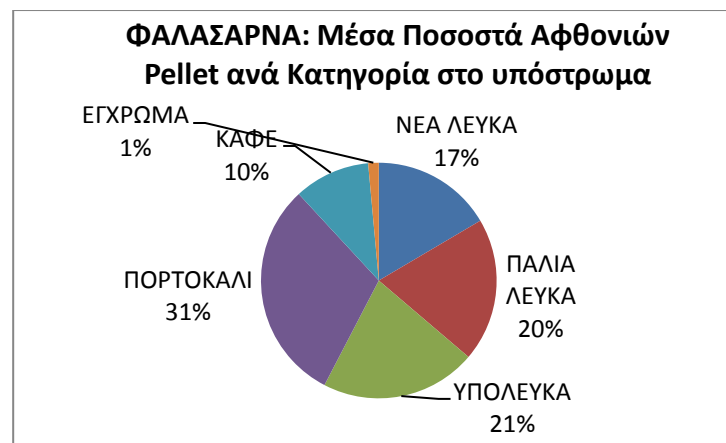
Σχήμα 23: Μέσα ποσοστά βαρών pellet ανά κατηγορία στην επιφάνεια της παραλίας του Πετρί.



Σχήμα 24: Μέσα ποσοστά βαρών pellet ανά κατηγορία στην επιφάνεια της παραλίας του Ανάλουκα.



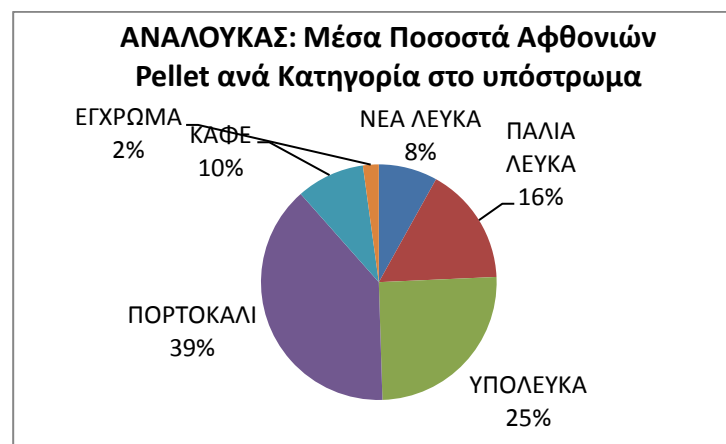
Σχήμα 25: Μέσα ποσοστά αφθονιών pellet ανά κατηγορία στο υπόστρωμα της παραλίας του Σταυρού.



Σχήμα 26: Μέσα ποσοστά αφθονιών pellet ανά κατηγορία στο υπόστρωμα της παραλίας των Φαλασάρνων.



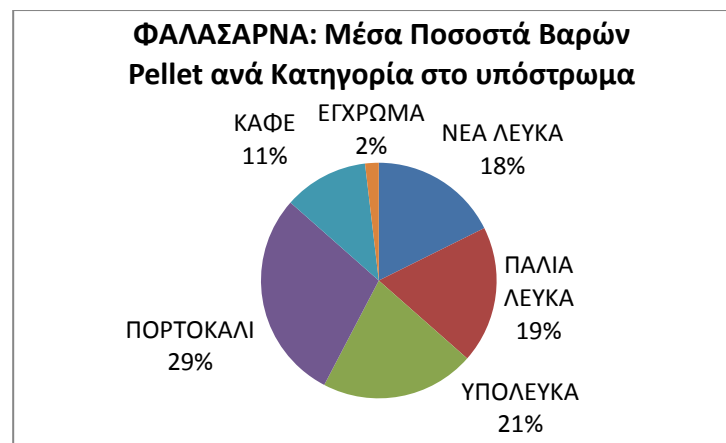
Σχήμα 272: Μέσα ποσοστά αφθονιών pellet ανά κατηγορία στο υπόστρωμα της παραλίας του Πετρέ.



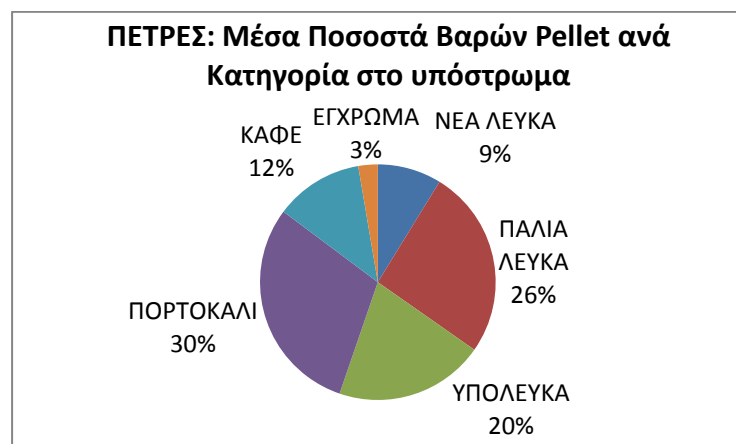
Σχήμα 28: Μέσα ποσοστά αφθονιών pellet ανά κατηγορία στο υπόστρωμα της παραλίας του Ανάλουκα.



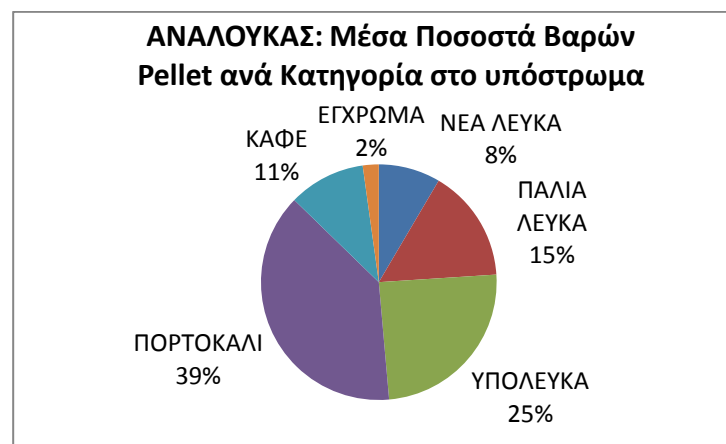
Σχήμα 29: Μέσα ποσοστά βαρών pellet ανά κατηγορία στο υπόστρωμα της παραλίας του Σταυρού.



Σχήμα 30: Μέσα ποσοστά βαρών pellet ανά κατηγορία στο υπόστρωμα της παραλίας των Φαλασάρνων.



Σχήμα 31: Μέσα ποσοστά βαρών pellet ανά κατηγορία στο υπόστρωμα της παραλίας του Πετρέ.



Σχήμα 32: Μέσα ποσοστά βαρών pellet ανά κατηγορία στο υπόστρωμα της παραλίας του Ανάλουκα.

Στην παραλία του Σταυρού (σχήματα 17, 21, 25 και 29) η κύρια κατηγορία pellet στην *επιφάνεια* φαίνεται να είναι τα υπόλευκα, με ποσοστά 13,6% και 12,7% στην αφθονία και στο βάρος αντίστοιχα, ακολουθούμενη από τα παλαιά λευκά και τα πορτοκαλί. Τα έγχρωμα pellets φαίνεται να είναι τα λιγότερα, με ποσοστά αφθονίας και βάρους 0.8% και 1.5%. Από το λόγο των νέων λευκών προς τα παλαιά λευκά παρατηρούμε ότι τα δεύτερα είναι πολυπληθέστερα, ενώ από το λόγο του συνόλου των λευκών προς τα μη λευκά, φαίνεται ότι κυριαρχούν τα μη λευκά. Στο *υπόστρωμα*, χαρακτηριστικό είναι ότι κάθε ένα από τα μέσα ποσοστά εμφανίζει μια αύξηση ως προς την επιφάνεια. Στην περίπτωση αυτή, όμως, τα παλιά λευκά, με ποσοστά αφθονίας και βάρους 15,9% και 15,4%, υπερτερούν των υπόλευκων (14,4% και 13,2%). Τα νέα λευκά είναι και στην περίπτωση αυτή λιγότερα των παλαιών, ενώ ο λόγος του συνόλου των λευκών προς τα μη λευκά είναι 52.3% στις αφθονίες και 85% στο βάρος.

Στα σχήματα 18, 22, 26 και 30 μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι στην *επιφάνεια* των Φαλασάρνων, με μέσο ποσοστό αφθονίας 19.9% και βάρους 18.6 %, τα πορτοκαλί είναι τα πιο πολυάριθμα από τα pellet. Ακολουθούν τα παλαιά λευκά, τα υπόλευκα, τα νέα λευκά και τα καφέ, ενώ τα έγχρωμα αποτελούν μόλις το 1.3% της αφθονίας και το 1.4% του βάρους των συλλεγμένων. Ο λόγος νέων προς παλαιών λευκών (36.5% για την αφθονία και 43.3% για το βάρος) δείχνει ότι τα παλαιά λευκά υπερτερούν των νέων, ενώ το σύνολο των λευκών pellet είναι μικρότερο από το σύνολο των μη λευκών. Στο *υπόστρωμα*, τα ποσοστά όλων των κατηγοριών εμφανίζουν αυξητικές τάσεις, όπως και ο λόγος των λευκών προς τα μη λευκά. Έτσι, κυριαρχούν και πάλι τα πορτοκαλί pellet (25.7% των αφθονιών και 24.3% των βαρών). Λιγότερα είναι με φθίνουσα σειρά ποσοστών τα υπόλευκα, τα παλαιά λευκά, τα νέα λευκά, τα καφέ, και τα έγχρωμα (1.2% των αφθονιών και 1.6% των βαρών). Μόνο ο λόγος νέων προς παλιά λευκά εμφανίζεται μικρότερος στο υπόστρωμα σε σχέση με την επιφάνεια.

Στην *επιφάνεια* της παραλίας του Πετρε (σχήματα 19, 23, 27 και 31) χαρακτηριστικά είναι τα ιδιαίτερα χαμηλά ποσοστά της αφθονίας ($1.07 \cdot 10^{-5}\%$) και του βάρους (0.1%) των νέων λευκών pellets, που αντικατοπτρίζονται και στον πολύ χαμηλό λόγο νέων προς παλιά λευκά. Τα υπόλευκα pellet είναι τα πολυαριθμότερα, ακολουθούμενα από τα παλαιά λευκά, τα πορτοκαλί τα καφέ και τα έγχρωμα, στην περίπτωση των αφθονιών, ενώ από τα παλαιά λευκά, τα πορτοκαλί τα έγχρωμα και τα καφέ στην περίπτωση των βαρών. Λόγω των χαμηλών ποσοστών των νέων λευκών pellets, και ο λόγος του συνόλου των

λευκών προς το σύνολο των μη λευκών είναι χαμηλός, 15.5% για τις αφθονίες και 21.7% για τα βάρη. Στο *υπόστρωμα*, τα πορτοκαλί είναι τα περισσότερα και τα έγχρωμα τα λιγότερα, με τα νέα λευκά να παρουσιάζουν μέσα ποσοστά 5.1% και 5.4% για τις αφθονίες και τα βάρη, αντίστοιχα. Ο λόγος των νέων προς τα παλαιά λευκά είναι αυξημένος σε σχέση με την επιφάνεια, με τα παλαιά να είναι τα περισσότερα, ενώ τα λευκά είναι λιγότερα και στο σύνολό τους σε σχέση με τα μη λευκά.

Στα σχήματα 20, 24, 28 και 32, τα ποσοστά των αφθονιών των πορτοκαλί pellet είναι τα υψηλότερα στην *επιφάνεια* της παραλίας του Ανάλουκα (31.7%) και ακολουθούν αυτά των υπόλευκων, των παλαιών λευκών, των νέων λευκών και των καφέ, με τελευταία τα έγχρωμα (1.8%). Οι λόγοι των νέων προς τα παλιά λευκά είναι κοντά στο 50%, ενώ τα ποσοστά του συνόλου των λευκών σε σχέση με τα μη λευκά, είναι σχετικά υψηλό (56.8% στην αφθονία και 63.7% στο βάρος). Αν και τα πορτοκαλί είναι τα πιο πολυάριθμα και στο *υπόστρωμα*, το μέσο ποσοστό των παλαιών λευκών, είναι υψηλότερο από εκείνο των υπόλευκων, στην περίπτωση των αφθονιών, αλλά και των βαρών. Οι λόγοι των νέων προς τα παλιά λευκά είναι μονοψήφιοι (7.7% και 8.1% στην αφθονία και το υπόστρωμα, αντίστοιχα), ενώ το σύνολο των λευκών είναι περίπου το ένα τρίτο του συνόλου, τόσο των αφθονιών, όσο και των βαρών των pellets.

3.5 Κατανομή των κατηγοριών των pellets στις στρώσεις

Για κάθε παραλία, κρίθηκε σκόπιμο, επίσης, να διερευνηθεί η αναλογία των νέων λευκών προς τα παλαιά λευκά, αλλά και του συνόλου των λευκών προς το σύνολο των έγχρωμων. Η σύγκριση των δεδομένων έγινε με τη μέθοδο Mann-Whitney, και οι τιμές *p* υπολογίστηκαν δίνοντας στον πίνακα 9:

Πίνακας 9: Αναλογίες Νέων Λευκών προς Παλαιά Λευκά και Συνόλου Λευκών προς το Σύνολο των έγχρωμων στην επιφάνεια και το υπόστρωμα κάθε παραλίας.

ΠΑΡΑΛΙΑ		ΝΕΑ ΛΕΥΚΑ/ ΠΑΛΑΙΑ ΛΕΥΚΑ			ΣΥΝΟΛΟ ΛΕΥΚΩΝ / ΣΥΝΟΛΟ ΕΓΧΡΩΜΩΝ		
		Επιφάνεια	Υπόστρωμα	Τιμές <i>p</i>	Επιφάνεια	Υπόστρωμα	Τιμές <i>p</i>
ΦΑΛΑΣΑΡΝΑ	ΑΦΘΟΝΙΕΣ	0,36	0,14	<i>p=0,002</i>	0,32	0,45	<i>p=0,009</i>
ΣΤΑΥΡΟΣ		0,11	0,11	<i>p=0,015</i>	0,28	0,52	<i>p=0,028</i>
ΠΕΤΡΕΣ		0,004	0,05	<i>p=0,004</i>	0,15	0,30	<i>p=0,029</i>
ΑΝΑΛΟΥΚΑΣ		0,48	0,08	<i>p=0,007</i>	0,57	0,34	<i>p=0,058</i>
ΦΑΛΑΣΑΡΝΑ	ΒΑΡΗ	0,43	0,15	<i>p=0,004</i>	0,41	0,44	<i>p=0,010</i>
ΣΤΑΥΡΟΣ		0,08	0,12	<i>p=0,004</i>	0,29	0,85	<i>p=0,047</i>
ΠΕΤΡΕΣ		0,01	0,05	<i>p=0,004</i>	0,22	0,33	<i>p=0,015</i>
ΑΝΑΛΟΥΚΑΣ		0,49	0,08	<i>p=0,008</i>	0,64	0,34	<i>p=0,025</i>

Από τον πίνακα 9 είναι προφανές ότι η αναλογία των νέων και των παλαιών pellet, τόσο στην επιφάνεια, όσο και στο υπόστρωμα εμφανίζει στατιστικά σημαντικές διαφορές, που δεν μπορούν να αποδοθούν σε τυχαία αίτια. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση των αναλογιών του συνόλου των λευκών σε σχέση με το σύνολο των έγχρωμων, με μοναδική εξαίρεση την περίπτωση των αφθονιών στην παραλία του Ανάλουκα.

3.6 Κλάσεις Μεγέθους Τμημάτων Πλαστικών

Για κάθε δείγμα από τις 4 κλάσεις στις οποίες κατατάχθηκαν τα τμήματα των πλαστικών με βάση το μέγεθός τους (0-4mm, 4-15mm, 15-50mm, >50mm) μετρήθηκαν οι αφθονίες και τα βάρη στην επιφάνεια και το υπόστρωμα για κάθε παραλία, και στη συνέχεια υπολογίστηκαν τα ποσοστά τους, όπως φαίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\mu_i = \frac{\text{πλήθος (ή βάρος) τμημάτων της κλάσης } i}{\text{πλήθος (ή βάρος) τμημάτων όλων των κλάσεων}} * 100\%$$

Από τα επιμέρους ποσοστά των δειγματοληπτικών μονάδων, υπολογίστηκε ένα μέσο \bar{p} και τα διαστήματα εμπιστοσύνης για κάθε ένα από τα μέσα ποσοστά, ως εξής:

$$\Delta.E. = \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n - 1}}$$

Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας αυτής, παρουσιάζονται παρακάτω στους πίνακες 10 έως 13:

ΠΑΡΑΛΙΑ ΣΤΑΥΡΟΥ

Πίνακας 10: Μέσα ποσοστά και τα διαστήματα εμπιστοσύνης τους για τα μήματα πλαστικών ανά κλάση μεγέθους στην παραλία του Σταυρού, ανά δειγματοληπτική μονάδα.

		0-4 mm	4-15 mm	15-50 mm	> 50 mm
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	Αφθονίες Πλαστικών	11.0 ± 0.4 %	44.6 ± 0.9 %	12.0 ± 0.5 %	1.0 ± 0.1%
	Βάρη Πλαστικών	11.2 ± 0.5 %	41.2 ± 1.1 %	13.7 ± 0.6 %	2.4 ± 0.3 %
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Αφθονίες Πλαστικών	19.1 ± 0.8 %	35.6 ± 1.0 %	13.5 ± 0.6 %	0.4 ± 0.1 %
	Βάρη Πλαστικών	7.5 ± 0.5 %	37.6 ± 1.0 %	32.7 ± 1.0 %	5.0 ± 0.4 %

ΠΑΡΑΛΙΑ ΦΑΛΑΣΑΡΝΩΝ

Πίνακας 11: Μέσα ποσοστά και τα διαστήματα εμπιστοσύνης τους για τα τμήματα πλαστικών ανά κλάση μεγέθους στην παραλία των Φαλασάρνων, ανά δειγματοληπτική μονάδα.

		0-4 mm	4-15 mm	15-50 mm	> 50 mm
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	Αφθονίες Πλαστικών	$11.0 \pm 0.5 \%$	$44.6 \pm 0.9 \%$	$12.0 \pm 0.5 \%$	$1.0 \pm 0.1 \%$
	Βάρη Πλαστικών	$6.1 \pm 0.3 \%$	$34.8 \pm 0.9 \%$	$21.1 \pm 0.6 \%$	$3.0 \pm 0.2 \%$
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Αφθονίες Πλαστικών	$13.0 \pm 0.5 \%$	$61.9 \pm 1.1 \%$	$8.9 \pm 0.4 \%$	$0.5 \pm 0.1 \%$
	Βάρη Πλαστικών	$4.5 \pm 0.3 \%$	$51.9 \pm 1.0 \%$	$24.5 \pm 0.7 \%$	$34.0 \pm 0.3 \%$

ΠΑΡΑΛΙΑ ΠΕΤΡΕ

Πίνακας 12: Μέσα ποσοστά και τα διαστήματα εμπιστοσύνης τους για τα τμήματα πλαστικών ανά κλάση μεγέθους στην παραλία του Πετρε, ανά δειγματοληπτική μονάδα.

		0-4 mm	4-15 mm	15-50 mm	> 50 mm
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	Αφθονίες Πλαστικών	$24.2 \pm 0.7 \%$	$36.1 \pm 0.9 \%$	$3.5 \pm 0.3 \%$	$1.5 \pm 0.2 \%$
	Βάρη Πλαστικών	$18.8 \pm 0.6 \%$	$32.4 \pm 0.8 \%$	$10.8 \pm 0.5 \%$	$3.3 \pm 0.3 \%$
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Αφθονίες Πλαστικών	$29.8 \pm 0.8 \%$	$59.9 \pm 1.1 \%$	$9.4 \pm 0.4 \%$	$1.0 \pm 0.1 \%$
	Βάρη Πλαστικών	$16.9 \pm 0.6 \%$	$56.7 \pm 1.1 \%$	$22.4 \pm 0.7 \%$	$38.7 \pm 0.3 \%$

ΠΑΡΑΛΙΑ ΑΝΑΛΟΥΚΑ

Πίνακας 13: Μέσα ποσοστά και τα διαστήματα εμπιστοσύνης τους για τα τμήματα πλαστικών ανά κλάση μεγέθους στην παραλία του Ανάλουκα, ανά δειγματοληπτική μονάδα.

		0-4 mm	4-15 mm	15-50 mm	> 50 mm
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	Αφθονίες Πλαστικών	10.1 ± 0.5 %	70.6 ± 1.2 %	12.3 ± 0.5 %	2.7 ± 0.2 %
	Βάρη Πλαστικών	4.1 ± 0.3 %	53.5 ± 1.1 %	33.8 ± 0.9 %	4.2 ± 0.3 %
ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Αφθονίες Πλαστικών	7.4 ± 0.4 %	70.8 ± 1.2 %	19.2 ± 0.6 %	2.7 ± 0.2 %
	Βάρη Πλαστικών	1.3 ± 0.2 %	53.4 ± 1.1 %	40.9 ± 0.9 %	4.4 ± 0.3 %

Στον πίνακα 10 φαίνεται πως στην παραλία του Σταυρού τα περισσότερα από τα τμήματα πλαστικού ανήκουν στην κλάση (4-15mm), καθώς τόσο οι αφθονίες, όσο και τα βάρη τους έχουν τα υψηλότερα ποσοστά στην *επιφάνεια* (44.6% και 41.2%), αλλά και στο *υπόστρωμα* (35.6% και 37.6%). Τα τμήματα των οποίων η μεγαλύτερη διάσταση υπερβαίνει τα 50mm είναι σαφώς λιγότερα σε κάθε περίπτωση. Στην *επιφάνεια*, τα ποσοστά των αφθονιών, αλλά και των βαρών της κλάσης (15-50mm) είναι ελαφρώς υψηλότερα από εκείνης των (0-4mm), όμως στο *υπόστρωμα*, τα πράγματα είναι διαφορετικά. Οι αφθονίες των πλαστικών της κλάσης (0-4mm), με ένα ποσοστό 19.1% ξεπερνούν εκείνες της κλάσης (15-50mm), ενώ αντίθετα, τα βάρη της κλάσης (15-50mm) με ποσοστό 32.7%, υπερβαίνουν εκείνα των (0-4mm) με μέσο ποσοστό 7.5%.

Στην παραλία των Φαλασάρνων (πίνακας 11), τα μεγαλύτερα μέσα ποσοστά παρατηρούνται στην κλάση (4-15mm), ενώ τα μικρότερα στην κλάση (>50mm), με εξαίρεση τα βάρη τους στο *υπόστρωμα*, με ένα μέσο ποσοστό 34.0%. Στην *επιφάνεια*, οι αφθονίες, αλλά και τα βάρη των πλαστικών της κλάσης (15-50mm) είναι υψηλότερα από εκείνα της κλάσης (0-4mm). Στο *υπόστρωμα*, όμως, αν και οι αφθονίες των τμημάτων της κλάσης (0-4mm), με

ένα μέσο ποσοστό 13% είναι κατά 4.1% υψηλότερες εκείνων της κλάσης (15-50mm), στα βάρη τα πράγματα αντιστρέφονται, και η κλάση (15-50mm) εμφανίζει ένα μέσο ποσοστό 20% υψηλότερο από το 4.5% της κλάσης (0-4mm).

Και στην περίπτωση της παραλίας του Πετρέ (πίνακας 12), τα μέσα ποσοστά των αφθονιών αλλά και των βαρών των πλαστικών της κλάσης (4-15mm) είναι τα υψηλότερα (36.1% και 32.4%, αντίστοιχα, στην *επιφάνεια*, 59.9% και 56.7% στο *υπόστρωμα*). Η κλάση (>50mm) αν και χαρακτηρίζεται από χαμηλά ποσοστά αφθονιών και βαρους στην *επιφάνεια* και αφθονιών στο *υπόστρωμα*, εμφανίζει το υψηλότερο ποσοστό 38.7% για το βάρος στο υπόστρωμα. Επίσης, τα ποσοστά της κλάσης (0-4mm) στην *επιφάνεια*, είναι υψηλότερα εκείνων της κλάσης (15-50mm), τόσο για τις αφθονίες, όσο και για τα βάρη. Στο *υπόστρωμα*, ωστόσο, αν και οι αφθονίες των πλαστικών της κλάσης (0-4mm) αντιπροσωπεύονται από ένα ποσοστό 29.8%, έναντι του 9.4% της κλάσης (15-50mm), κατά την εξέταση των βαρών τα πράγματα είναι διαφορετικά, και η κατηγορία (15-50mm) εμφανίζει ποσοστό κατά 5.5% υψηλότερο.

Στον πίνακα 13, όπου απεικονίζονται τα ποσοστά των κλάσεων για την παραλία του Ανάλουκα. Φαίνεται χαρακτηριστικά η επικράτηση των πλαστικών της κατηγορίας (4-15mm) με μέσα ποσοστά περίπου 70% για τις αφθονίες *επιφάνειας* και *υποστρώματος* και 53% για τα βάρη *επιφάνειας* και *υποστρώματος*. Ακολουθεί η κατηγορία (15-50mm) σε όλες τις μετρούμενες παραμέτρους. Η κατηγορία (0-4mm) γενικά υπερτερεί της (>50mm), με εξαίρεση τα βάρη στο υπόστρωμα, όπου τα μεγάλα πλαστικά κομμάτια εμφανίζουν κατά 3.1% υψηλότερο ποσοστό.

3.7 Κατανομή των τμημάτων πλαστικών ανά κλάση μεγέθους στις στρώσεις

Για κάθε παραλία, κρίθηκε σκόπιμο, επίσης, να διερευνηθεί η κατανομή των στις στρώσεις ανά κλάση μεγέθους. Για το λόγο αυτό, δημιουργήθηκαν σχήματα, στα οποία παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των εξεταζόμενων παραμέτρων (αφθονία, βάρος) ανά δειγματοληπτική μονάδα, για την επιφάνεια και το υπόστρωμα:

ΠΑΡΑΛΙΑ ΦΑΛΑΣΑΡΝΩΝ



Σχήμα 33: Μέσες αφθονίες κλάσεων στην επιφάνεια στην παραλία των Φαλασάρνων.



Σχήμα 34: Μέσες αφθονίες κλάσεων στο υπόστρωμα στην παραλία των Φαλασάρνων.



Σχήμα 35: Μέσα βάρη κλάσεων στην επιφάνεια στην παραλία των Φαλασάρνων.

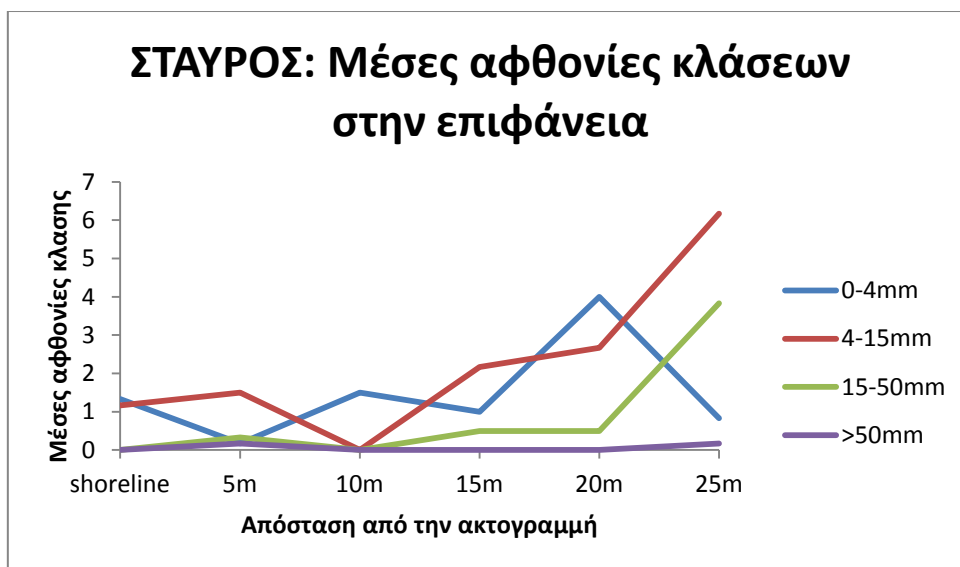


Σχήμα 36: Μέσα βάρη κλάσεων στο υπόστρωμα στην παραλία των Φαλασάρνων.

Από τα σχήματα 33 έως 36 γίνεται προφανές πως οι μέσες αφθονίες και τα μέσα βάρη στην *επιφάνεια* είναι σημαντικά χαμηλότερα από εκείνα στο *υπόστρωμα*. Παρ'όλα αυτά φαίνεται να υπάρχει μια τάση οι συγκεντρώσεις κοντά στην ακτογραμμή να είναι πολύ χαμηλές έως μηδενικές, ενώ με την απομάκρυνση από αυτήν, αυξάνονται περίπου από τα 30m μέχρι να πάρουν μέγιστες τιμές κοντά

στα 45m, οπότε και αρχίζουν να μειώνονται. Τόσο οι αφθονίες, όσο και τα βάρη των μεγάλων πλαστικών κομματιών φαίνεται από μηδενικές τιμές να μεγιστοποιούνται στα 25m, μετά από τα οποία μηδενίζονται ξανά.

ΠΑΡΑΛΙΑ ΣΤΑΥΡΟΥ



Σχήμα 37: Μέσες αφθονίες κλάσεων στην επιφάνεια στην παραλία του Σταυρού.



Σχήμα 38: Μέσες αφθονίες κλάσεων στο υπόστρωμα στην παραλία του Σταυρού.



Σχήμα 39: Μέσα βάρη κλάσεων στην επιφάνεια στην παραλία του Σταυρού.



Σχήμα 40: Μέσα βάρη κλάσεων στο υπόστρωμα στην παραλία του Σταυρού.

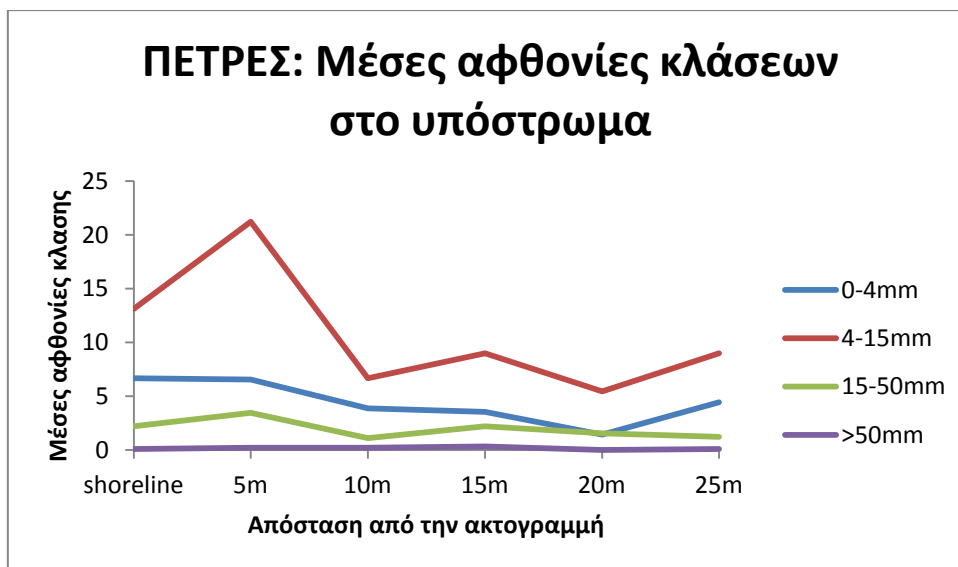
Από τα σχήματα 37 έως 40 φαίνεται πως οι κλάσεις (0-4mm), (4-15mm) και (15-50mm) εμφανίζουν παρόμοια χαμηλές μέσες αφθονίες και μέσα βάρη κοντά στην ακτογραμμή που σταδιακά αυξάνονται με την απομάκρυνση από την ακτογραμμή, τόσο στην *επιφάνεια*, όσο και στο *υπόστρωμα*. Ενίοτε οι υψηλότερες τιμές εμφανίζονται στα 20m με την τάση να μειωθούν στη συνέχεια, κι ενίοτε ακολουθούν ανοδική πορεία μέχρι και τα 25m. Τα μεγάλα τμήματα πλαστικών της κλάσης (>50mm) συμπεριφέρονται διαφορετικά, δίνοντας τις

μέγιστες μέσες τιμές αφθονίας και βάρους στα 5m στην *επιφάνεια*, και στα 10 στο *υπόστρωμα*, μετά από τα οποία ακολουθεί πτώση ή και μηδενισμός.

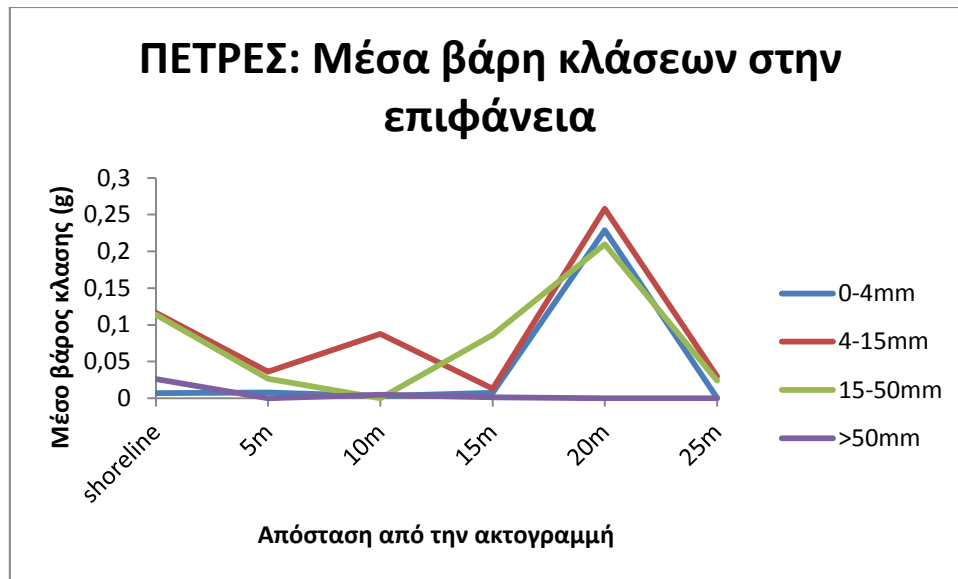
ΠΑΡΑΛΙΑ ΠΕΤΡΕ



Σχήμα 41: Μέσες αφθονίες κλάσεων στην επιφάνεια στην παραλία του Πετρέ.



Σχήμα 42: Μέσες αφθονίες κλάσεων στο υπόστρωμα στην παραλία του Πετρέ.



Σχήμα 43: Μέσα βάρη κλάσεων στην επιφάνεια στην παραλία του Πετρί.



Σχήμα 44: Μέσα βάρη κλάσεων στο υπόστρωμα στην παραλία του Πετρί.

Στα σχήματα 41 έως 44 παρατηρούμε πως στην *επιφάνεια*, οι μέσες αφθονίες των πλαστικών τμημάτων της κλάσης (0-4mm) μειώνονται ως τα 10m, μετά από τα οποία αυξάνονται έως τα 20m, για να μηδενιστούν στα 25m. Τα μέσα βάρη της ίδιας κλάσης, ωστόσο, παραμένουν σταθερά, μέχρι τα 20m, όπου και μεγιστοποιούνται, μετά από τα οποία μειώνονται απότομα, μέχρι μηδενισμού τους στα 25. Τα τμήματα της κλάσης (4-15mm), από την άλλη εμφανίζουν πτωτικές τάσεις με την απομάκρυνση από την ακτογραμμή ως προς την

αφθονία, ενώ τα μέσα βάρη υφίστανται αυξομειώσεις μέχρι τα 20m, όπου και μεγιστοποιούνται. Τόσο οι μέσες αφθονίες, όσο και τα μέσα βάρη της κλάσης (15-50mm) εμφανίζουν πτωτική τάση μέχρι τα 10m, με τη διαφορά ότι μετά από το σημείο αυτό οι αφθονίες παραμένουν σταθερές για το υπόλοιπο της παραλίας, ενώ τα μέσα βάρη εμφανίζουν μέγιστο στα 20m, μετά από το οποίο μειώνονται. Η αφθονία της κλάσης (>50mm) από ένα μέγιστο στην ακτογραμμή, μηδενίζεται στα 5m, αυξάνεται στα 10m, παραμένοντας σταθερή ως τα 15m και μηδενίζεται στα 20. Αντίστοιχα συμπεριφέρεται και το μέσο βάρος της κλάσης αυτής.

Στο *υπόστρωμα* της παραλίας του Πετρέ, η αφθονία των μικρών πλαστικών της κλάσης (0-4mm) μειώνεται σταδιακά μέχρι τα 20m, οπότε και αρχίζει να αυξάνεται ξανά, σε αντίθεση με τα βάρη της, που παραμένουν αμετάβλητα σχεδόν σε όλο το πλάτος της παραλίας. Οι αφθονίες της κλάσης (4-15mm) παρουσιάζουν μέγιστο στα 5m, και στη συνέχεια αυξομειώνονται ελαφρώς με την απομάκρυνση από την ακτογραμμή. Τα βάρη της ίδιας κλάσης, αντίστοιχα, αυξομειώνονται ανάμεσα στα 0.15g και τα 0.45g. Οι αφθονίες των πλαστικών κομματιών της κλάσης (15-50mm) αυξομειώνονται με μη τυχαίο τρόπο στο πλάτος της παραλίας, παρουσιάζοντας μέγιστο στα 5m (≈ 3.5 τμήματα/Δ.Μ.) και ελάχιστο στα 10m (≈ 1 τμήμα/Δ.Μ.). Τα αντίστοιχα μέσα βάρη της κλάσης αυξομειώνονται επίσης με μη τυχαίο τρόπο κατά πλάτος της παραλίας, με μέγιστα στα 5m και τα 20m. Τα μεγάλα πλαστικά κομμάτια της κλάσης (>50mm) εμφανίζουν σταδιακή αύξηση της αφθονίας τους μέχρι μεγιστοποίησής της στα 15m, και μηδενισμού στα 20m, από όπου, ωστόσο φαίνεται η τάση εκ νέου αύξησης. Παρόμοια είναι η καμπύλη των μέσων βαρών της κλάσης ως τα 15m, με την εξαίρεση στη συνέχεια πέφτει μέχρι σχεδόν το μηδέν στα 25m.

ΠΑΡΑΛΙΑ ΑΝΑΛΟΥΚΑ



Σχήμα 45: Μέσες αφθονίες κλάσεων στην επιφάνεια στην παραλία του Ανάλουκα.



Σχήμα 46: Μέσες αφθονίες κλάσεων στο υπόστρωμα στην παραλία του Ανάλουκα.



Σχήμα 47: Μέσα βάρη κλάσεων στην επιφάνεια στην παραλία του Ανάλουκα.



Σχήμα 48: Μέσα βάρη κλάσεων στο υπόστρωμα στην παραλία του Ανάλουκα.

Στην *επιφάνεια* της παραλίας του Ανάλουκα (σχήματα 45-48), οι μέσες αφθονίες των πλαστικών της κλάσεις (0-4mm) από μηδέν στην ακτογραμμή αυξομειώνονται μέχρι τα 40m, όπου και σχεδόν μηδενίζονται. Τα αντίστοιχα μέσα βάρη είναι σχεδόν σταθερά πάνω από τα 0.005g, μεγιστοποιούνται στα 20m και εμφανίζουν πτωτικές τάσεις μέχρι τα 40m, όπου και σταθεροποιούνται. Οι κλάσεις (4-15mm) και (15-50mm) παρουσιάζουν ανάλογη συμπεριφορά, όσον αφορά τις αφθονίες, αλλά και τα μέσα βάρη, παραμένοντας σχετικά σταθερά. Η αφθονία των τμημάτων της κλάσης (4-15mm) μάλιστα, φαίνεται να

συμπεριφέρεται έτσι με μη τυχαίο τρόπο. Οι μέσες αφθονίες των μεγάλων κομματιών της κλάσης (>50), δε, είναι σταθερές και σχεδόν μηδενικές, ενώ τα μέσα βάρη είναι μηδενικά, με εξαίρεση τα 5m, όπου και εμφανίζουν μια τιμή περίπου 0.18g.

Στο *υπόστρωμα* της παραλίας οι μέσες αφθονίες των πλαστικών με μέγεθος από 0mm έως 4mm, αυξομειώνονται χωρίς, ωστόσο να ξεπερνούν ποτέ τα 4 τμήματα/Δ.Μ., ενώ αντίστοιχες αυξομειώσεις παρουσιάζουν και τα μέσα βάρη. Οι κλάσεις (4-15mm) και (15-50mm) και στην περίπτωση αυτή εμφανίζουν παρόμοια συμπεριφορά, με τις αφθονίες να αυξάνονται σταθερά μέχρι τα 15m, να μειώνονται ελαφρώς στα 20m και να αυξάνονται ξανά στα 25m, οπότε και αρχίζουν να μειώνονται. Τα μέσα βάρη τους, αντιστοιχα, ακολουθούν αυξητική πορεία, μέχρι μεγιστοποίησης στα 25m, και στη συνέχεια πτωτική, ως τα 40m, όπου και σταθεροποιούνται. Οι αφθονίες των μεγάλων κομματιών (>50 mm) στο υπόστρωμα παρουσιάζουν έντονες αυξομειώσεις, με μέγιστο στα 25m, όπως και τα μέσα βάρη, που κορυφώνονται στα 20m, διατηρώντας τις υψηλές τιμές, έως τα 30m, για να μειωθούν στη συνέχεια.

3.8 Πίσσα

Άξια διερεύνησης φάνηκε να είναι και η παρουσία πίσσας στα κομμάτια των πλαστικών και τα pellets. Έτσι, το σύνολο των pellet και των κομματιών που ήταν καλυμμένα από πίσσα απομονώθηκε και οι αφθονίες τους μετρήθηκαν χωριστά. Στη συνέχεια, υπολογίστηκε ο λόγος των κομματιών με πίσσα προς τα καθαρά από πίσσα πλαστικά, και αποδόθηκε ως ένα ποσοστό της μορφής:

$$p = \frac{\text{πλήθος κομματιών και pellet με πίσσα}}{\text{πλήθος κομματιών και pellet χωρίς πίσσα}} * 100\%$$

Τα αποτελέσματα με τα ποσοστά που υπολογίστηκαν τόσο για την επιφάνεια, όσο και για το υπόστρωμα, για κάθε μία από τις εξεταζόμενες παραλίες, παρουσιάζονται στον πίνακα 14:

Πίνακας 14: Μέσα ποσοστά πίσσας στο σύνολο των κομματιών και των pellet ανά παραλία, στην επιφάνεια και στο υπόστρωμα, ανά δειγματοληπτική μονάδα.

Παραλία	Ποσοστό pellet και κομματιών με πίσσα	
	Επιφάνεια	Υπόστρωμα
Σταυρός	6.1 ± 4.1 %	10.3 ± 5.2 %
Φαλάσαρνα	9.2 ± 4.1 %	14.9 ± 5.0 %
Πετρές	5.7 ± 3.4 %	4.3 ± 2.9 %
Ανάλουκας	20.3 ± 6.0 %	15.4 ± 5.4 %

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η παρουσία της πίσσας στα εξεταζόμενα πλαστικά ήταν σχετικά χαμηλή, με τα μέσα ποσοστά να κυμαίνονται σε μονοψήφια επίπεδα για τις επιφάνειες των 3 παραλιών, φτάνοντας, όμως, το 20,3% στον Ανάλουκα.

Στο υπόστρωμα, τα ποσοστά καλυμμένων από πίσσα πλαστικών και pellet στις παραλίες του Ανάλουκα και τον Φαλασάρνων κυμαίνονται κοντά στο 15%. Στο Σταυρό πίσσα εμφανίστηκε στο 10,3% των πλαστικών, ενώ στον Πετρέ μόλις στο 4,3%.

4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

4.1 Συμπεράσματα

Από την αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν πιο πάνω, μπορούμε να καταλήξουμε σε συμπεράσματα σχετικά με τη συμπεριφορά των πλαστικών από τη στιγμή που θα ξεβραστούν στην παραλία μέχρι τη δειγματοληψία, αλλά και για τις ίδιες τις παραλίες.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των πυκνοτήτων των πλαστικών ρύπων στην επιφάνεια και στο υπόστρωμα, φάνηκε ότι η πιο ρυπασμένη παραλία απ' αυτές που ελέγχθηκαν ήταν αυτή του Ανάλουκα, όπου σ' όλες τις παραμέτρους που εξετάστηκαν είχε τις υψηλότερες συγκεντρώσεις.

Επίσης, από την παρατήρηση ότι ο Ανάλουκας, αλλά και τα Φαλάσαρνα, δηλαδή οι παραλίες που υφίστανται εντονότερα την επίδραση των ρευμάτων, εμφανίζουν τις υψηλότερες μέσες τιμές αφθονιών και βαρών, τόσο στα pellet, όσο και στα τμήματα πλαστικών, μπορούμε να συνάγουμε ότι τα πλαστικά, στην πλειοψηφία τους τουλάχιστον, όντως έχουν *θαλάσσια προέλευση*, και δεν είναι αποτέλεσμα χερσαίας απόρριψης. Η παραλία του Πετρέ, μάλιστα, εκτεθειμένη καθώς είναι στα ανοιχτά νερά του Κρητικού Πελάγους, εμφανίζει τη λιγότερο προβλέψιμη συμπεριφορά, όσον αφορά τις συγκεντρώσεις και τις κατανομές των πλαστικών στο υπόστρωμά της.

Παράλληλα, η εξέταση και σύγκριση των αφθονιών, αλλά και των βαρών των πλαστικών, στην επιφάνεια σε σχέση με το υπόστρωμα του υποστρώματος, και οι ιδιαίτερα αυξημένες τιμές του δεύτερου, μας οδηγούν με σιγουριά στο πόρισμα ότι με την πάροδο του χρόνου, και υπό την επίδραση φυσικών δυνάμεων, όπως ο άνεμος και το νερό, τα πλαστικά απομακρύνονται από την επιφάνεια και *συσσωρεύονται στο υπόστρωμα*. Το γεγονός, μάλιστα, ότι γενικά τα ποσοστά των παλαιών λευκών pellet τείνουν να είναι υψηλότερα από των νέων στο υπόστρωμα σε σχέση με την επιφάνεια, συνάδει με τη σκέψη ότι τα pellet εκβράζονται στην παραλία, και μετά από ένα χρονικό διάστημα, αφού έχουν υποστεί παλαίωση στην παραλία, καταλήγουν στο υπόστρωμα. Φαίνεται, έτσι η *σταθερότητα του υποστρώματος*.

Η σύγκριση των υποπεριοχών στις οποίες πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες καθιστά δυνατή την εξαγωγή συμπερασμάτων για τον τρόπο με τον οποίο οι παραλίες συμπεριφέρονται, αλλά και επηρεάζονται από τα θαλάσσια ρεύματα στην έκτασή τους. Έτσι, παρατηρείται ότι στην παραλία του Σταυρού οι

επιμέρους υποπεριοχές παρουσιάζουν ελάχιστες διαφορές, οι οποίες θα μπορούσαν ίσως να αποδοθούν και στο γεγονός ότι η μία μπορεί να έχει υποστεί ανατάραξη λόγω της μεγαλύτερης εγγύτητάς της σε ξαπλώστρες και στην υπάρχουσα καντίνα. Στα Φαλάσαρνα, από την άλλη πλευρά, η διαφορετική γεωμορφολογία των εξεταζόμενων υποπεριοχών προκάλεσε τις σημαντικές διαφορές που εμφανίζονται. Οι συγκεντρώσεις στο ανοιχτό τμήμα της παραλίας ήταν χαμηλότερες από αυτές στο κομμάτι που περικλειόταν από λόφους, οδηγώντας μας στην υπόθεση ότι η διασπορά των πλαστικών από τα στοιχεία της φύσης ήταν δυσχερέστερη εκεί. Οι τρεις υποπεριοχές του Πετρέ φαίνεται να εμφανίζουν διαφορές, που σχετίζονται με την μεγάλη έκταση της παραλίας και τις αποστάσεις ανάμεσα στις υποπεριοχές. Αυτό υποστηρίζεται από το γεγονός ότι κατά τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων η συσχέτιση της υποπεριοχής 1 με την υποπεριοχή 3 ήταν σπάνια, ενώ η συσχέτιση των άλλων δυο ζευγαριών υποπεριοχών (1 και 2, 2 και 3), ήταν συχνότερη. Στον Ανάλουκα, από την άλλη, οι 2 υποπεριοχές που μελετήθηκαν δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις αφθονίες, αλλά ούτε και στα βάρη των πλαστικών, γεννώντας έτσι τη σκέψη πως η σχετικά περιορισμένη έκτασή της, σε συνδυασμό με την συνεχή και έντονη δράση ρευμάτων, οδηγούν σε ομοιογενή συμπεριφορά της παραλίας.

Κατά τη σύγκριση των στρώσεων των παραλιών, παρατηρήθηκε το φαινόμενο της *συσσώρευσης των πλαστικών στο άνω τμήμα* τους. Η ίδια τάση φαίνεται να επικρατεί στο σύνολο των εξεταζόμενων παραλιών, ανεξάρτητα από το μήκος των transect, την επίδραση των ρευμάτων αλλά και τη σταθερή επίδραση κυρίως Βόρειων και Βορειοδυτικών ανέμων (ΕΜΥ, 2014). Τα πλαστικά συγκεντρώνονται στο ανώτερο επίπεδο του υποστρώματος με τρόπο που γενικά είναι τυχαίος, αφού δεν εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, ενώ στο σύνολο των περιπτώσεων, ο τρόπος κατανομής των pellet στο υπόστρωμα έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές..

Τα ποσοστά της πίσσας στα πλαστικά των εξεταζόμενων παραλιών είναι σχετικά χαμηλά, με εξαίρεση αυτά που υπολογίστηκαν για την παραλία του Ανάλουκα. Συνάγεται, έτσι, για τις 3 παραλίες, ότι κατά την παραμονή τους στο υδάτινο περιβάλλον, τα πλαστικά ήρθαν σε μικρή επαφή με πετρελαιοειδή, πράγμα που δεν ισχύει για τον Ανάλουκα. Τα δεδομένα αυτά, σε συνδυασμό με τη μελέτη των θαλασσίων ρευμάτων που επικρατούν σε κάθε περιοχή, θα μπορούσαν, να οδηγήσουν στην εκτίμηση των πηγών της ρύπανσης από πετρελαιοειδή, εφόσον καταστεί δυνατός ο αποκλεισμός των πλαστικών που

έχουν παραμείνει στο νερό για μεγάλα χρονικά διαστήματα, προκαλώντας, έτσι, σφάλματα.

Σε κάθε περίπτωση, οι πυκνότητες των λευκών pellet ήταν χαμηλότερες από αυτές των μη λευκών. Η πλειοψηφία των παραγόμενων pellet είναι διάφανα ή λευκού χρώματος (EPA, 2009), κι αυτό επιβεβαιώνεται στα αποτελέσματά μας από τα πολύ χαμηλά ποσοστά εμφάνισης των έγχρωμων pellet. Δε γίνεται, λοιπόν, να μην γεννηθούν προβληματισμοί σχετικά με τα ευρήματα αυτά. Ο χρωματισμός των pellets στο περιβάλλον θα μπορούσε ενδεχομένως να αποδοθεί σε διεργασίες γήρανσης ή στην επαφή με χρωστικές ουσίες και άλλους ρύπους. Οι καφετί και πορτοκαλί χρωματισμοί των pellet θα ήταν, για παράδειγμα, δυνατό να συσχετιστούν με την παραμονή τους σε ρυπασμένα από πετρελαϊκούς υδρογονάνθρακες νερά. Η υπόθεση αυτή ενισχύεται από το γεγονός ότι η πλειοψηφία των pellet καφέ χρώματος ήταν καλυμμένη από πίσσα.

Φαίνεται, ακόμα, πως το χρώμα των pellet δεν καθορίζει τη μεταφορά τους στο πλάτος της παραλίας, μια και γενικά οι κατανομές των κατηγοριών στις στρώσεις ακολουθούν το ίδιο μοτίβο. Για τα πλαστικά, όμως, τα πράγματα είναι διαφορετικά. Τα μεγάλα κομμάτια της κλάσης (0-50mm), εμφανίζουν τάσεις συγκέντρωσης πιο κοντά στην ακτογραμμή σε σχέση με τα τμήματα πλαστικών των υπόλοιπων κλάσεων. Δεν είναι δύσκολο να γίνει συσχέτιση των παρατηρήσεων αυτών με το γεγονός ότι το μεγαλύτερο βάρος τους καθιστά τη μεταφορά τους από τον άνεμο δυσκολότερη.

Τέλος, παρατηρείται πως τα μεγαλύτερα ποσοστά, τόσο των αφθονιών, όσο και των βαρών, των τμημάτων πλαστικών αναλογούν στην κλάση μεγέθους (4-15mm). Από την άλλη πλευρά, συχνά παρατηρείται το φαινόμενο κατά το οποίο οι μέσες αφθονίες των πλαστικών της κλάσης (0-4mm) είναι περίπου ίσες ή και μεγαλύτερες από αυτές της κλάσης (15-50mm), ενώ τα μέσα βάρη είναι σημαντικά χαμηλότερα. Η διαφορά αυτή εξηγείται εύκολα, θεωρώντας κομμάτια παρόμοιων πυκνοτήτων με διαφορετικούς όγκους.

4.2 Προτάσεις

Τα ευρήματα της έρευνάς μας, αν και πολύ ενδιαφέροντα και κατατοπιστικά, εγείρουν ακόμα περισσότερα ερωτήματα, άξια μελλοντικής διερεύνησης.

Αρχικά, θα ήταν πολύ κατατοπιστική η *μελέτη περισσότερων παραλιών*, τόσο από άποψη τοποθεσίας, όσο και γεωμορφολογίας. Επίσης, μια και δεν εξετάστηκαν παραλίες της Νότιας Κρήτης, που χαρακτηρίζονται από

διαφορετικά υποστρώματα και μορφολογίες, και επηρεάζονται από διαφορετικό μικροκλίμα και σύστημα θαλασσίων ρευμάτων, αυτό θα μπορούσε να γίνει σε επόμενες έρευνες.

Προτείνεται, ακόμα, οι μετρήσεις που έγιναν κατά τους θερινούς μήνες για την εκπόνηση της εργασίας αυτής, *να επαναληφθούν και για τη χειμερινή περίοδο*, ώστε να γίνουν συγκρίσεις των παραμέτρων για το θερινό και το χειμερινό προφίλ των εξεταζόμενων παραλιών, προκειμένου να σημειωθούν τυχόν διαφορές.

Πολύ ενδιαφέρουσα, επίσης, κρίνεται η *διεξοδική μελέτη σε εργαστηριακές συνθήκες των διεργασιών γήρανσης των πλαστικών* και του ενδεχόμενου χρωματισμού των pellet από πετρελαϊκούς υδρογονάνθρακες.

Η παρακολούθηση και μελέτη, είναι το πρώτο βήμα προς την κατανόηση της κατάστασης που επικρατεί και δείχνει την κατεύθυνση κατά την οποία επιβάλλεται να στοχεύσουν οι δράσεις, σε πρακτικό αλλά και νομοθετικό επίπεδο.

Επιβάλλεται, από τη μια πλευρά, να ερευνηθούν μέθοδοι εξυγίανσης και εναλλακτικής απομάκρυνσης των πλαστικών από τα συστήματα, για παράδειγμα με εφαρμογές της βιοτεχνολογίας, μια και η κλίμακα του προβλήματος καθιστά τους παραδοσιακούς καθαρισμούς των παραλιών και του βυθού, στην καλύτερη περίπτωση αναποτελεσματικούς. Η στροφή της χημικής βιομηχανίας στα βιοπλαστικά, επίσης, θα εξασφάλιζε όχι μόνο τη δυνατότητα αποδόμησης των προϊόντων μετά τη χρήση τους, αλλά και την εξοικονόμηση των εξαντλούμενων ορυκτών πόρων. Ειδικά για τον έλεγχο των μικροπλαστικών, ορθή θα ήταν η κατάργηση των προϊόντων με μικροκόκκους, που καταλήγουν αυτούσιοι στο υδατικό περιβάλλον. Αναγκαία είναι και η θέσπιση αυστηρότερων νομοθεσιών με απώτερο σκοπό τον έλεγχο των διαρροών από τις εγκαταστάσεις παραγωγής πλαστικών.

Από την άλλη, ουσιαστικά αποτελέσματα δεν είναι δύνατο να αναμένονται, χωρίς τον αποτελεσματικό έλεγχο των εισροών των πλαστικών στο φυσικό περιβάλλον. Η αντικατάσταση των πλαστικών από φιλικότερα προς το περιβάλλον υλικά, όπως το χαρτί, θα οδηγούσε σε χαμηλότερες απαιτήσεις παραγωγής πλαστικών και μικρότερες ποσότητες απορριμμάτων από αυτήν την ομάδα υλικών. Απαραίτητη, επίσης, είναι η εφαρμογή της ανακύκλωσης, που θα εξασφαλίσει τη διάθεση μικροτερων ποσοτήτων πλαστικών σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής. Με τον τρόπο αυτό, μειώνονται οι απαιτήσεις χώρου, αλλά και οι πιθανότητες διαρροών πλαστικών από τις εγκαταστάσεις αυτές.

Βασικό ρόλο στις προσπάθειες περιορισμού της ρύπανσης από πλαστικά παίζει και η παιδεία, όχι μόνο των παραγωγών και των φορέων διαχείρισης, αλλά και σε ατομικό επίπεδο. Η σκόπιμη αποφυγή πλαστικών συσκευασιών και προϊόντων, όταν είναι αυτό δυνατό, η ορθή απόρριψη και η εφαρμογή της ανακύκλωσης, είναι μικρές καθημερινές πρακτικές, με μεγάλα αποτελέσματα.

5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

Ανδρεαδάκης, Α., (2001). “Θερμική Επεξεργασία Αστικών Στερεών Απορριμμάτων (Α.Σ.Α.) και Ιλύων”, Πανεπιστημιακές Παραδόσεις, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ.

Παντελής, Δ., (2008). “Μη μεταλλικά τεχνικά Υλικά”, 2^η Έκδοση, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.

Ξένη Βιβλιογραφία

Allsopp, M., Pambuccian, S.E., Johnston, P., Santillo, D., (2009). State of the World's Oceans, Springer, Berlin.

Altenpohl, D., (1980). “Materials in World Perspective”, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

Anastasopoulou, A., Mytilineou, C., Smith, C.J., Papadopoulou, K.N., (2013). “Plastic debris ingested by deep-water fish of the Ionian Sea (Eastern Mediterranean)”, Deep-Sea Research I 74, 11-13.

Andrady, A. L. 2003. “Plastics and the environment”, Wiley, New York.

Andrady, A.L., (2011). “Microplastics in the marine environment”, Marine Pollution Bulletin 62, 1596–1605.

Antunes, J.C., Frias, J.G.L., Micaelo, A.C., Sobral, P., (2013). “Resin pellets from beaches of the Portuguese coast and adsorbed persistent organic pollutants”, Estuarine, Coastal and Shelf Science 130, 62-69.

Arthur, C., Baker, J., Bamford, H. (2009). “Proceedings of the International Research

Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Microplastic Marine Debris”, 9-11 September 2008, NOAA Technical, Memorandum NOS-OR&R30.

Ashton, K., Holmes, L., Turner, A., (2010), “Association of metals with plastic production pellets in the marine environment”, Marine Pollution Bulletin 60, 2050-2055.

Balasubramanian, V., Natarajan, K., Hemambika, B., Ramesh, N., Sumathi, C.S., Kottaimuthu, R., Kannan, R.V., (2010). "High-density polyethylene (HDPE)-degrading potential bacteria from marine ecosystem of Gulf of Mannar, India", *Letters in Applied Microbiology*, Volume 51, Issue 2, 205-211.

Barnes, D.K.A., Galgani, F., Thompson, R.C., Barlaz, M., (2009). "Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments", *Philosophical Transactions of the Royal Society Biol Sci* 346, 1985-98.

Barnes, D.K.A., Walters, A., Gonçalves, L., (2010). "Macroplastics at sea around Antarctica", *Marine Environmental Research* 70, 250-252.

Bravo Rebolledo, E.L., Van Franeker, J.A., Jansen, O.E., Brasseur, S.M.J.M., (2013). "Plastic ingestion by harbour seals (*Phoca vitulina*) in The Netherlands", *Marine Pollution Bulletin* 67, 200-202.

Carson H.S., Colbert .L., Kaylor M.J., McDermid K.J., (2011). "Small plastic debris changes water movement and heat transfer through beach sediments", *Marine Pollution Bulletin* 62, 1708-1713.

Cheshire, A.C., Adler, E., Barbière, J., Cohen, Y., Evans, S., Jarayabhand, S., Jeltic, L., Jung, R.T., Kinsey, S., Kusui, E.T., Lavine, I., Manyara, P., Oosterbaan, L., Pereira, M.A., Sheavly, S., Tkalin, A., Varadarajan, S., Wenneker, B., Westphalen, G. (2009). "UNEP/IOC Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter", *UNEP Regional Seas Reports and Studies*, No. 186; *IOC Technical Series* No. 83.

Choi, Y.W., Moon, D.J., Chung, J.S., Cho S.K., (2005). "Effects of waste PET bottles aggregate on the properties of Concrete", *Cement and Concrete Research*, volume 35, 776-81.

Claessens, M., De Meester, S., Van Landuyt, L, De Clerck, K, Janssen, C.R., (2011). "Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast", *Marine Pollution Bulletin* 62, 2199-2204.

Colabuono, F.I., Taniguchi, S., Montone, R.C., (2010). "Polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in plastics ingested by seabirds", *Marine Pollution Bulletin* 60, 630-634.

Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., Galloway T.S., (2011). "Microplastics as contaminants in the marine environment: A review", *Marine Pollution Bulletin* 62, 2588-2597.

Corcoran, P.L., Biesinger, M.C., Grifi, M., (2009). "Plastics and beaches: A degrading relationship", *Marine Pollution Bulletin* 58, 80-84.

Costa, M.F., Ivar do Sul, J.A., Silva-Cavalcanti, J.S., Araújo, M.C.B., Spengler, Â., Tourinho, P.S., (2010). "On the importance of size of plastic fragments and pellets on the strandline: a snapshot of a Brazilian beach", *Environmental Monitoring and Assessment* 168, 299-304.

Dekiff, J.H., Remy, D., Klasmeier, J., Fries, E., (2014). "Occurrence and spatial distribution of microplastics in sediments from Norderney", *Environmental Pollution* 186, 248-256.

Derraik, J.G.B., (2002). "The pollution of the marine environment by plastic debris: a review", *Marine Pollution Bulletin* 44, 842-852.

de Stephanis, R., Gimenez, J., Carpinelli, E., Gutierrez-Exposito, C., Canadas, A., (2013). "As main meal for sperm whales: Plastics debris", *Marine Pollution Bulletin* 69, 206-214.

Di Benedetto, A.P.M., Ramos, R.M.A., (2014). "Marine debris ingestion by coastal dolphins: What drives differences between sympatric species?", *Marine Pollution Bulletin* 83, 298-301.

Dormer, A., Finn, D.P., Ward, P., Cullen, J., (2013). "Carbon footprint analysis in plastics manufacturing", *Journal of Cleaner Production* 51, 133-141.

Environmental Protection Agency (EPA), (1993). "Plastic pellets in the aquatic environment. Sources and Recommendations".

Environmental Protection Agency (EPA), (2008). "Municipal Solid Waste Generation, Recycling, and Disposal in the United States: Facts and Figures for 2008".

Endo, S., Takizawa, R., Okuda, K., Takada, H., Chiba, K., Kanehiro, H., Ogi, H., Yamashita, R., Date, T., (2005). "Concentration of polychlorinated biphenyls (PCBs) in beached resin pellets: Variability among individual particles and regional differences", *Marine Pollution Bulletin* 50, 1103-1114.

Endo, S., Yuyama, M., Takada, H., (2013). "Desorption kinetics of hydrophobic organic contaminants from marine plastic pellets", *Marine Pollution Bulletin* 74, 125-131.

Eriksen, M., Maximenko, N., Theil, M., Cummins, A., Lattin, G., Wilson, S., Hafner, J., Zellers, A., Rifman, S., (2013). Plastic pollution in the South Pacific subtropical gyre. *Marine Pollution Bulletin* 68, 71-76.

Eriksson, C., Burton, H., Fitch, S., Schulz, M., van den Hoff, J., (2013). "Daily accumulation rates of marine debris on sub-Antarctic island beaches", *Marine Pollution Bulletin* 66, 199-208.

Fendall, L.S., Sewell, M.A., (2009). "Contributing to marine pollution by washing your face: Microplastics in facial cleansers", *Marine Pollution Bulletin* 58, 1225-1228.

Fisner, M., Taniguchi, S., Moreira, F., Bvcego, M.C., Turra, A., (2013). "Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in plastic pellets: Variability in the concentration and composition at different sediment depths in a sandy beach", *Marine Pollution Bulletin* 70, 219-226.

Fotopoulou, K.N., Karapanagioti, H.K., (2012). "Surface properties of beached plastic pellets", *Marine Environmental Research* 81, 70-77.

Graham, E.R., Thompson, J.T., (2009). "Deposit- and suspension-feeding sea cucumbers (Echinodermata) ingest plastic fragments", *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 368, 22-29.

Gunn, R., Hardesty, B.D., Butler, J., (2010). "Tackling 'ghost nets': Local solutions to a global issue in northern Australia", CGNP, 2010.

Hammer, J., Kraak, M.H., Parsons, J.R., (2012). "Plastics in the marine environment: the dark side of a modern gift", *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* 220, 1-44.

Hartwig, E., Clemens, T., Heckroth, M., (2007). "Plastic debris as nesting material in a Kittiwake-(*Rissa tridactyla*)- colony at the Jammerbugt, Northwest Denmark", *Marine Pollution Bulletin* 54, 595-597.

Heskett, M., Takada, H., Yamashita, R., Yuyama, M., Ito, M., Geok, Y.B., Ogata, Y., Kwan, C., Heckhausen, A., Taylor, H., Powell, T., Morishige, C., Young, D., Patterson, H., Robertson, B., Bailey, E., Mermoz, J., (2012). "Measurement of persistent organic pollutants (POPs) in plastic resin pellets from remote islands: Toward establishment of background concentrations for International Pellet Watch", *Marine Pollution Bulletin* 64, 445-448.

Hidalgo-Ruz, V., Thiel, M., (2013). "Distribution and abundance of small plastic debris on beaches in the SE Pacific (Chile): A study supported by a citizen science project", *Marine Environmental Research* 87-88, 12-18.

Hirai, H., Takada, H., Ogata, Y., Yamashita, R., Mizukawa, K., Saha, M., Kwan, C., Moore, C., Gray, H., Laursen, D., Zettler, E.R., Farrington, J.W., Reddy, C.M., Peacock, E.E., Ward, M.W., (2011). "Organic micropollutants in marine plastics debris from the open ocean and remote and urban beaches", *Marine Pollution Bulletin* 62, 1683-1692.

Hoarau, L., Ainley, L., Jean, C., Ciccione, S., (2014). "Ingestion and defecation of marine debris by loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, from by-catches in the South-West Indian Ocean", *Marine Pollution Bulletin* 84 (2014) 90-96.

Holmes, L.A., Turner, A., Thompson, R.C., (2012). "Adsorption of trace metals to plastic resin pellets in the marine environment", *Environmental Pollution* 160, 42-48.

Iles, A., Martin, A.N., (2013). "Expanding bioplastics production: sustainable business innovation in the chemical industry", *Journal of Cleaner Production* 45, 38-49.

Jayasiri, H.B., Purushothaman, C.S., Vennila, A., (2013). "Quantitative analysis of plastic debris on recreational beaches in Mumbai, India", *Marine Pollution Bulletin* 77 (2013) 107-112.

Krebs J. C., 1999. *Ecological Methodology*, 2nd edition. Addison-Welsey Educational Publishers, Inc.

Laist, D.W. (1987). "Overview of the biological effects of lost and discarded plastic debris in the marine environment", *Marine Pollution Bulletin* 18, no 6-B, 319-326.

Lee, K.-W., Shim, W.J., Kwon, O.Y., Kang, J.-H., (2013). "Size-dependent effects of micro polystyrene particles in the marine copepod *Tigriopus japonicus*". *Environmental Science and Technology* 47, 11278-11283

Lee, H., Shim, W.J., Kwon, J.-H., (2014). "Sorption capacity of plastic debris for hydrophobic organic chemicals", *Science of the Total Environment* 470-471, 1545-1552.

Lobelle, D, Cunliffe, M., (2011). "Early microbial biofilm formation on marine plastic debris", *Marine Pollution Bulletin* 62, 197-200.

López, A., de Marco, I., Caballero, B.M., Laresgoiti, M.F., Adrados A., (2011). "Dechlorination of fuels in pyrolysis of PVC containing plastic wastes", *Fuel Processing Technology* 92 , 253-260.

Martins, J., Sobral, P., (2011). "Plastic marine debris on the Portuguese coastline: a matter of size?" *Marine Pollution Bulletin* 62, 1649-1653.

McDermid, K.J., McMullen, T.L., (2004). "Quantitative analysis of small-plastic debris on beaches in the Hawaiian archipelago", *Marine Pollution Bulletin* 48, 790-794.

McKinney, M.L., (2001): Effects of human population, area, and time on non-native plant and fish diversity in the United States, *Biological Conservation* 100, 243-252.

Milne A., 1959. The centric systematic area-sample treated as a random sample. *Biometrics*, 15: 270-297.

Moore, C.J., (2008). "Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat", *Environmental Research* volume 108, Issue 2, 131-139.

Mulder, K.F., (1998). "Sustainable Consumption and Production of Plastics?", *Technological Forecasting & Social Change* 58, nrs. 1&2, 105-124.

Müller, C., Townsend, K., Matschullat, J., (2012). "Experimental degradation of polymer shopping bags (standard and degradable plastic, and biodegradable) in the gastrointestinal fluids of sea turtles", *Science of the Total Environment* 416, 464-467.

O'Brine, T., Thompson, R.C., (2009). "Degradation of plastic carrier bags in the marine environment", *Marine Pollution Bulletin* 60, 2279-2283.

Papatheodorou, G., (2012). "Life in the Mediterranean Sea: A Look at Habitat Changes", Nova Science Publishers, New York.

Patel, M., Mutha, N. (2004). '*Plastics production and energy*', *Encyclopedia of Energy*, volume 5, 81-91.

Provencher, J.F., Gaston, A.J., Mallory, M.L., (2009). "Evidence for increased ingestion of plastics by northern fulmars (*Fulmarus glacialis*) in the Canadian Arctic", *Marine Pollution Bulletin* 58, 1078-1096.

Quilliam, R.S., Jamieson, J., Oliver, D.M., (2014). "Seaweeds and plastic debris can influence the survival of faecal indicator organisms in beach environments", *Marine Pollution Bulletin* 84, 201-207.

Ribic, C.A., Sheavly, S.B, Rugg, D.J., Erdmann, E.S., (2010). "Trends and drivers of marine debris on the Atlantic coast of the United States 1997-2007", *Marine Pollution Bulletin* 60, 1231-1242.

Rios, L.M., Moore, C., Jones, P.R., (2007). "Persistent organic pollutants carried by synthetic polymers in the ocean environment", *Marine Pollution Bulletin* 54, 1230-1237.

Ryan, P.G., Moore, C.J., van Franeker, J.A., Moloney, C.L., (2009). "Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment", *Philos Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 364, 1999-2012.

Setälä, O., Fleming-Lehtinen, V., Lehtiniemi, M., (2014). "Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web", *Environmental Pollution* 185, 77-83.

Shah, A.A., Hasan, F., Hameed, A., Ahmed, S., (2008). "Biological degradation of plastics: A comprehensive review", *Biotechnology Advances* 26, 246-265.

Siddiqui, M.N., (2009). "Conversion of hazardous plastic wastes into useful chemical products", *Journal of Hazardous Materials* 167, 728-735.

Singh, B., Sharma, N., (2008). "Thermal degradation of municipal plastic waste for production of fuel-like hydrocarbons", *Polymer Degradation and Stability* 93, 561-584.

Sivan, A., (2011). "New perspectives in plastic biodegradation", *Current Opinion in Biotechnology* 22, 422-426.

Sriningsih, W., Saerodji, M.G., Trisunaryanti, W., Triyono Armunanto, R., Falah, I.I., (2014). "Fuel Production from LDPE Plastic Waste over Natural Zeolite Supported Ni, Ni-Mo, Co and Co-Mo Metals", *Procedia Environmental Sciences* 20, 215-224.

Syamsiro, M., Saptoadi, H., Norsujianto, T., Noviasri, P., Cheng, S., Alimuddin, Z., Yoshikawa, K., (2014). "Fuel Oil Production from Municipal Plastic Wastes in Sequential Pyrolysis and Catalytic Reforming Reactors", *Energy Procedia* 47, 180-188.

Teuten, E. L., *et al.* (2009). "Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife." *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 364.1526. 2027-2045.

Topçu, E.N., Tonay, A.M., Dede, A., Öztürk, A.A., Öztürk, B., (2012). "Origin and abundance of marine litter along sandy beaches of the Turkish Western Black Sea Coast", *Marine Environmental Research* 85 (2013) 21-28.

Turner, A., Holmes, L., (2011). "Occurrence, distribution and characteristics of beached plastic production pellets on the island of Malta (central Mediterranean)", *Marine Pollution Bulletin* 62, 377-381.

Tziperman, E., Malanotte-Rizzoli, P., (1991). "The climatological seasonal circulation of the Mediterranean Sea", *Journal of Marine Research* 49(3), 411-434.

Ugolini, A., Ungherese, G., Ciofini, M., Lapucci, A., Camaiti, M. (2013). "Microplastic debris in sandhoppers" *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 129, 19-22.

Van, A., Rochman, C.M., Flores, E.M., Hill, K.L., Vargas, E., Vargas, S.A., Hoh, E., (2012). "Persistent organic pollutants in plastic marine debris found on beaches in San Diego, California", *Chemosphere* 86, 258-263.

Van Cauwenberghe, L., Vanreusel, A., Mees, J., Janssen, C.R., (2013). "Microplastic pollution in deep-sea sediments", *Environmental Pollution* 182, 495-499.

Watson, R., Revenga, C., Kura, Y., (2006). "Fishing gear associated with global marine catches. I. Database development", *Fisheries Research* 79, 97-102.

Wood, C.M., Zimmer, M., (2014). "Can terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea) make use of biodegradable plastics?", *Applied Soil Ecology* 77, 72-79.

Wright, S.L., Thompson, R.C., Galloway, T.S., (2013). "The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review", *Environmental Pollution* 178, 483-492.

Zarfl, C., Matthies, M., (2010). "Are marine plastic particles transport vectors for organic pollutants to the Arctic?", *Marine Pollution Bulletin* 60, 1810-1814.

Διαδίκτυο

www.colllor.com

<http://www.hnms.gr/hnms/greek/climatology>

www.plasticseurope.org/Document/plastics-the-facts-2013.aspx?FolID=2