

**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΘΗΝΩΝ ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

ΤΜΗΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

Εργασία στο Μάθημα «898. Η Διδασκαλία μέσω Επίλυσης Προβλήματος -
Μαθηματικοποίηση»

Διδάσκουσα: Χ. Τριανταφύλλου

Θέμα εργασίας:

«Μαθηματικά Προβλήματα για την Πετρελαϊκή Ρύπανση στο Θαλάσσιο Χώρο»

ΚΑΒΑΛΛΑΡΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ (Α.Μ.: 1112202000069)

ΣΚΕΠΕΤΑΡΗ ΑΝΔΡΙΑΝΗ (Α.Μ.: 1112201900364)

ΣΠΥΡΟΛΛΑΡΙ ΗΛΙΑΝΑ (Α.Μ.:1112201900314)

Ακαδημαϊκό έτος 2023-2024

ΑΘΗΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ:

| | |
|--|-------|
| Πρόλογος | 3 |
| A. Προβλήματα | 4 |
| A.1. Κατανομές αιτιών πετρελαιοκηλίδας | 5-7 |
| A.2. Αριθμός πετρελαιοκηλίδων ανά χρόνο | 7-8 |
| A.3. Μέσο κόστος απορρύπανσης ανά μονάδα τόνου πετρελαιοειδούς | 8-14 |
| B. Περιγραφή του σχεδιασμού του προβλήματος | 15 |
| Γ. Το περιβαλλοντικής φύσης ζήτημα | 16 |
| Δ. Το πλαίσιο διδασκαλίας | 16-17 |
| Βιβλιογραφία | 18 |

Πρόλογος

Η Πετρελαϊκή Ρύπανση αποτελεί ένα αναδυόμενο περιβαλλοντικό πρόβλημα παγκοσμίως, επηρεάζοντας σοβαρά τους θαλάσσιους χώρους και τα οικοσυστήματα. Στον Ελληνικό Θαλάσσιο Χώρο, οι περιπτώσεις πετρελαϊκής ρύπανσης έχουν αυξηθεί, αναδεικνύοντας την ανάγκη για αποτελεσματικές μεθόδους και τεχνολογίες απορρύπανσης.

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στο Κόστος Απορρύπανσης για Περιστατικά Πετρελαϊκής Ρύπανσης στον Ελληνικό Θαλάσσιο Χώρο, αναλύοντας τις διάφορες πτυχές που συνδέονται με τη διαχείριση των ρύπων και την αποκατάσταση του περιβάλλοντος. Εντός αυτού του πλαισίου, η εργασία προσφέρει μια πρωτοποριακή προσέγγιση, ενσωματώνοντας μαθηματικά προβλήματα που αναδεικνύουν τη σημασία της επιστήμης των αριθμών και της στατιστικής στον τομέα της περιβαλλοντικής επιστήμης.

Μέσα από την ανάλυση αυτών των μαθηματικών προβλημάτων, στοχεύουμε όχι μόνο στην ενίσχυση της κατανόησης των μαθητών για την πετρελαϊκή ρύπανση, αλλά και στην προώθηση της εκπαιδευτικής αξίας των μαθηματικών στην επίλυση πραγματικών προβλημάτων.

Με αυτόν τον τρόπο, η εργασία αναδεικνύει τη συνέργεια μεταξύ της εκπαίδευσης και της πρακτικής εφαρμογής στην αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προκλήσεων, προσδίδοντας στους μαθητές τη δυνατότητα να αντιληφθούν τον ρόλο που διαδραματίζουν οι μαθηματικές δεξιότητες στην επίλυση πραγματικών προβλημάτων και να αναπτύξουν κριτική σκέψη και συνειδητότητα για το περιβάλλον.

A. Προβλήματα

Σύμφωνα με την ναυτική γεωγραφία, θάλασσα θεωρείται η υγρή μάζα που καλύπτει τα 3/4 της επιφάνειας της Γης. Η τεράστια, αυτή, υγρή έκταση διακρίνεται σε επί μέρους εκτάσεις, συγκεκριμένα οι πολύ μεγάλες θαλάσσιες εκτάσεις ονομάζονται ωκεανοί, ενώ οι θαλάσσιες εκτάσεις μικρότερες των ωκεανών ονομάζονται θάλασσες (Μεσόγειος).

Ως θαλάσσια ρύπανση θεωρείται η άμεση ή έμμεση διαρροή διαφόρων ουσιών στο θαλάσσιο περιβάλλον από τον άνθρωπο που επιφέρουν καταστροφικές επιπτώσεις στο θαλάσσιο οικοσύστημα, τόσο ζωικό όσο και φυτικό, τεράστιους κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία, παρεμπόδιση της πλήρους εκμετάλλευσης των υδάτων μέσω π.χ της αλιείας και παρεμπόδιση των θαλάσσιων δραστηριοτήτων. Υποδιαιρείται στη λειτουργική ρύπανση που προκύπτει λόγω των διαφόρων προγραμματισμένων διαδικασιών και λειτουργιών που λαμβάνουν χώρα, όπως για παράδειγμα ο ανεφοδιασμός των καυσίμων και στην ατυχηματική ρύπανση που προκύπτει λόγω ατυχημάτων π.χ συγκρούσεις πλοίων και προσαράξεις.

Το πετρέλαιο είναι το ρυπογόνο στοιχείο που έλαβε τη μεγαλύτερη δημοσιότητα σε διεθνές επίπεδο, διότι συχνά είναι το πιο ορατό και φανερό, αφού επιπλέει στην επιφάνεια της θάλασσας.

Η έντονη δημοσιότητα που έχει δοθεί σε περιστατικά ναυτικών ατυχημάτων που είχαν ως συνέπεια μεγάλη διαρροή πετρελαίου στη θάλασσα, έχει δημιουργήσει την εντύπωση ότι τα ατυχήματα των πλοίων αποτελούν τις κυριότερες πηγές ρύπανσης πετρελαίου στις θάλασσες. Εν τούτοις κάτι τέτοιο δεν είναι ακριβές, αφού σύμφωνα με στοιχεία του Ο.Η.Ε μόνο το 26% της συνολικής ποσότητας πετρελαιοειδών που καταλήγουν στη θάλασσα οφείλεται σε ναυτικά ατυχήματα, που αποτελούν άλλωστε το κρίσιμο γεγονός πάνω στο οποίο στηρίζεται η εργασία μας.

Η παρακάτω εικόνα απεικονίζει τη γεωγραφική κατανομή των κηλίδων πετρελαίου στον ελληνικό θαλάσσιο χώρο και στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου.

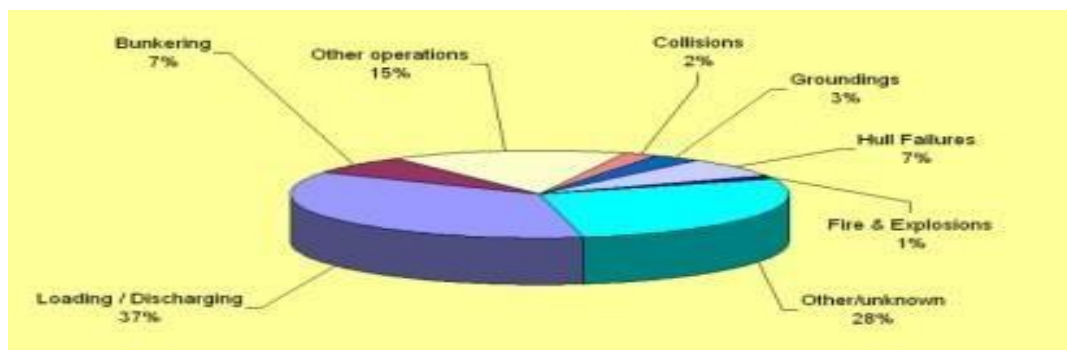


A.1. Κατανομές αιτιών πετρελαιοκηλίδας

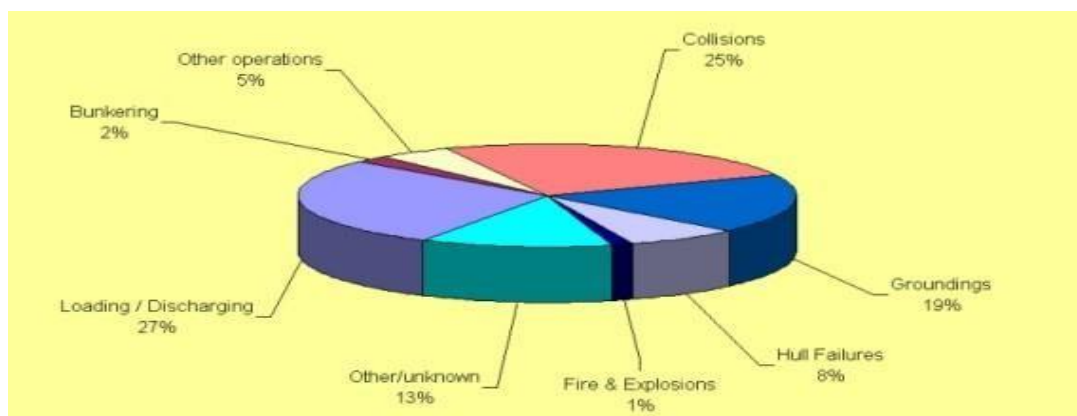
Η μόλυνση από πετρέλαιο στη θάλασσα είναι από τις χειρότερες μορφές ρύπανσης των θαλάσσιων υδάτων. Κάθε χρόνο εξορύσσονται περίπου 3 δισεκατομμύρια τόνοι αργού πετρελαίου και το μισό αυτής της ποσότητας μεταφέρεται δια της θαλάσσης, με αποτέλεσμα 3 εκατομμύρια περίπου τόνοι να διαρρέουν στη θάλασσα. Από αυτή την ποσότητα μόνο το 15% οφείλεται σε ατυχήματα δεξαμενοπλοίων που είναι βεβαίως και τα πλέον γνωστά στην κοινή γνώμη λόγω των έντονων επιπτώσεων τους στο περιβάλλον.

Είναι εμφανές ότι ανάλογα με το μέγεθος της πετρελαιοκηλίδας ποικίλει και το ποσοστό των λόγων που οδήγησαν σε αυτή. Έτσι για παράδειγμα για πετρελαιοκηλίδες μικρότερες των 7 τόνων ο κύριος λόγος που οδήγησε σε αυτήν είναι κατά 37% η φορτοεκφόρτωση του πετρελαίου, για κηλίδες από 7-700 τόνους κατά 25% λόγω συγκρούσεων και 19% λόγω προσaráξεων ενώ για κηλίδες πάνω από 700 τόνους 28% από συγκρούσεις και 34,4% από προσaráξεις.

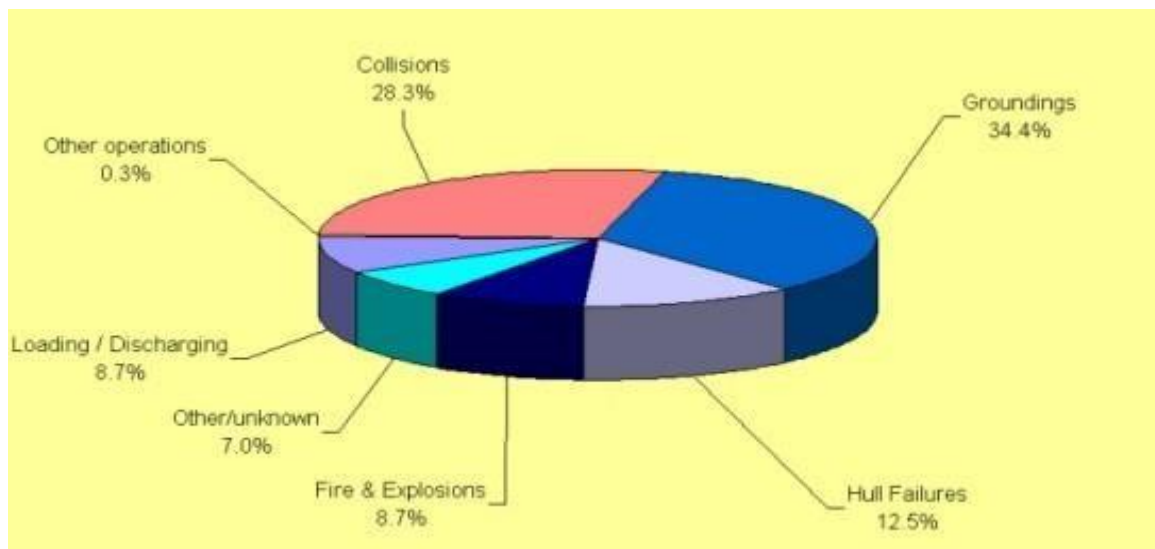
1. Μελετώντας τις γραφικές «πίτες», υπολογίστε το μέσο ποσοστό των αθροισμάτων της κατανομής των αιτιών πετρελαιοκηλίδας από 0 έως και μεγαλύτερης των 700 τόνων και τι παρατηρείτε;



I. Κατανομή αιτιών πετρελαιοκηλίδας μικρότερης των 7 τόνων, 1974-2006



II. Κατανομή αιτιών πετρελαιοκηλίδας από 7-700 τόνων, 1974-2006



III. Κατανομή αιτιών πετρελαιοκηλίδας μεγαλύτερης των 700 τόνων , 1974-2006

Ενδεικτική λύση των μαθητών

Για να υπολογίσουμε τις τιμές των αιτιών πετρελαιοκηλίδας για 0 έως και μεγαλύτερης των 700 τόνων, θα πρέπει οι μαθητές να «διαβάσουν» τις τρεις παραπάνω πίτες και να αθροίσουν την κάθε αιτία των τριών περιπτώσεων, δηλαδή των τόνων <7, 7-700 και >700 τόνους.

Οι μαθητές παρατηρούν στο πίνακα I ότι οι τιμές των αιτιών πετρελαιοκηλίδας για τόνους μικρότερης των 7, έχουμε: ανεφοδιασμός 7%, άλλες λειτουργίες 15%, συγκρούσεις 2%, γειώσεις 3%, αστοχία κύτους 7%, πυρκαγιές & εκρήξεις 1%, φόρτωση/εκφόρτωση 37% και άλλα άγνωστα 28%.

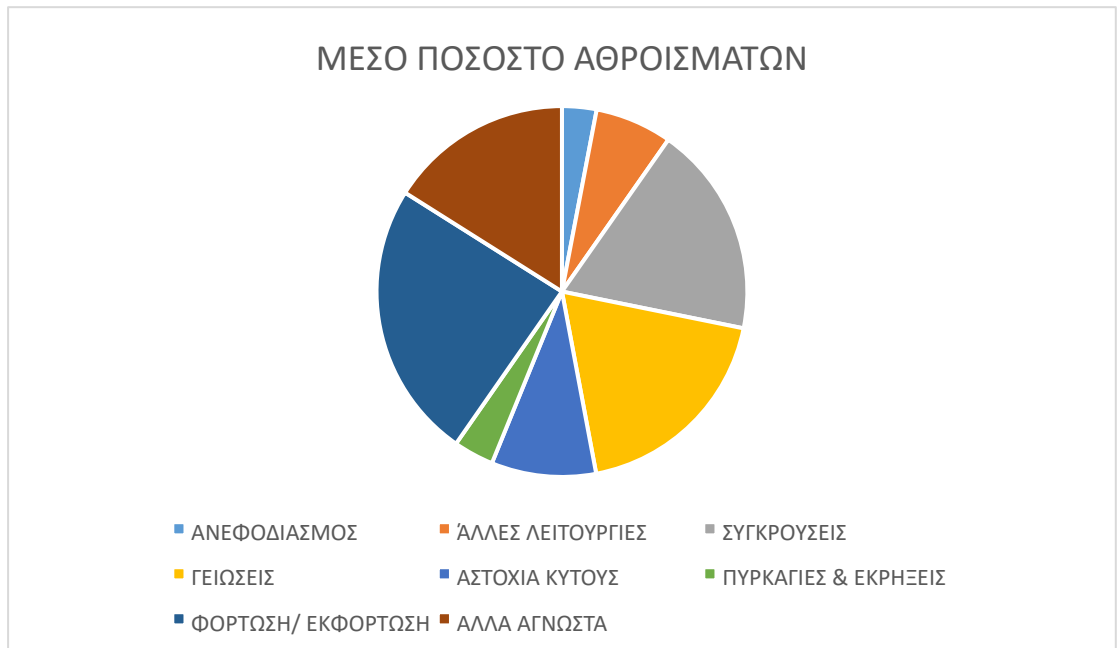
Για τον πίνακα II έχουμε τις τιμές: ανεφοδιασμός 2%, άλλες λειτουργίες 5%, συγκρούσεις 25%, γειώσεις 19%, αστοχία κύτους 8%, πυρκαγιές & εκρήξεις 1%, φόρτωση/εκφόρτωση 27% και άλλα άγνωστα 13%.

Για τον πίνακα III έχουμε τις τιμές: ανεφοδιασμός 0%, άλλες λειτουργίες 0,3%, συγκρούσεις 28,3%, γειώσεις 34,4%, αστοχία κύτους 12,5%, πυρκαγιές & εκρήξεις 1%, φόρτωση/εκφόρτωση 8,7% και άλλα άγνωστα 7%.

Επομένως, το μέσο ποσοστό των αθροισμάτων για την κάθε αιτία πετρελαιοκηλίδας είναι η εξής:

- Ανεφοδιασμός = $(7\% + 2\% + 0\%)/3 = 3\%$
- Άλλες λειτουργίες = $(15\% + 5\% + 0,3\%)/3 = 6,7\%$
- Συγκρούσεις = $(2\% + 25\% + 28,3\%)/3 = 18,4\%$
- Γειώσεις = $(3\% + 19\% + 34,4\%)/3 = 18,8\%$
- Αστοχία κύτους = $(7\% + 8\% + 12,5\%)/3 = 9,1\%$
- Πυρκαγιές & εκρήξεις = $(1\% + 1\% + 8,7\%)/3 = 3,5\%$
- Φόρτωση/εκφόρτωση = $(37\% + 27\% + 8,7\%)/3 = 24,2\%$

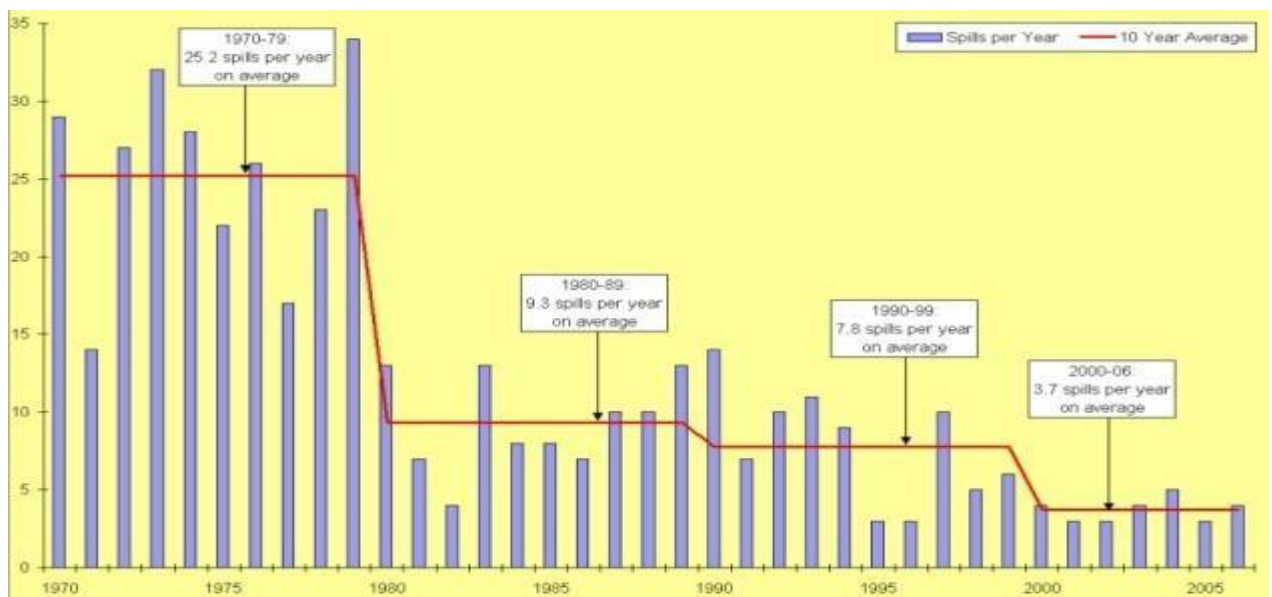
- Άλλα άγνωστα = $(28\% + 13\% + 7\%)/3 = 16\%$



Οι μαθητές παρατηρούν ότι η μεγαλύτερη αιτία πετρελαιοκηλίδας είναι η Φόρτωση/εκφόρτωση που έχει τιμή ίσο με 24,2%. Τοποθετούν οι μαθητές με κατά φθίνουσα σειρά τα παραπάνω αποτελέσματα.

Φόρτωση/εκφόρτωση> Γειώσεις> Συγκρούσεις> Άλλα άγνωστα> Αστοχία κύτους > Άλλες λειτουργίες> Πυρκαγιές & εκρήξεις> Ανεφοδιασμός.

2. Μελετώντας την παρακάτω γραφίδα, ποια χρονιά έχουμε μεγάλο αριθμό πετρελαιοκηλίδων και πότε μικρό. Τι συμβαίνει κάθε 10 χρόνια; (Υπόδειξη: Βρείτε το ποσοστό μείωσης.)



Αριθμός πετρελαιοκηλίδων ανά χρόνο

Ενδεικτική λύση

Οι μαθητές μελετώντας το παραπάνω σχήμα, παρατηρούν με ευκολία ότι την χρονιά 1979 παρουσιάζει τον μεγαλύτερο αριθμό πετρελαιοκηλίδων, που βρίσκεται ανάμεσα στις τιμές 30 με 35. Αντίθετα, οι χρονιές που παρουσιάζουν τον μικρότερο αριθμό πετρελαιοκηλίδων είναι το 1995, 1996, 2001, 2002 και το 2005.

Οι εκπαιδευόμενοι καταλαβαίνουν ότι κάθε 10 χρόνια παρουσιάζεται η ελάττωση του αριθμού των πετρελαιοκηλίδων. Για να βρουν το ποσοστό μείωσης των αριθμών πετρελαιοκηλίδων χρησιμοποιούν τον τύπο :

$$\text{Τελική Ποσότητα} = \text{Αρχική ποσότητα} * (1 - \text{Ποσοστό μείωσης})^{\text{χρόνος}} \quad (1)$$

Τον τύπο αυτόν θα τον χρησιμοποιήσουν τρεις φορές, διότι παρατηρείται η μείωση τις χρονικές περιόδους 1979-1980, 1989-1990 και 1999-2000.

Χρησιμοποιώντας τον τύπο (1) έχουμε:

$$1^{\text{η}} \text{ μείωση: } 10 = 25 * (1 - \text{Ποσοστό μείωσης})^1 \Rightarrow$$

$$0,4 = 1 - \text{Ποσοστό μείωσης} \Rightarrow \text{Ποσοστό μείωσης} = 0,6 \Rightarrow \text{Ποσοστό μείωσης} = \alpha_1 = 60\%$$

$$2^{\text{η}} \text{ μείωση: } 9 = 10(1 - \text{Ποσοστό μείωσης})^1 \Rightarrow$$

$$0,9 = (1 - \text{Ποσοστό μείωσης})^1 \Rightarrow \text{Ποσοστό μείωσης} = 0,1 \Rightarrow \text{Ποσοστό μείωσης} = \alpha_2 = 10\%$$

$$3^{\text{η}} \text{ μείωση: } 5 = 9(1 - \text{Ποσοστό μείωσης})^1 \Rightarrow$$

$$0,56 = (1 - \text{Ποσοστό μείωσης})^1 \Rightarrow \text{Ποσοστό μείωσης} = 0,44 \Rightarrow \text{Ποσοστό μείωσης} = \alpha_3 = 44\%$$

Η μεγαλύτερη μείωση παρατηρείται στη 1^η περίπτωση $\alpha_1 = 60\%$, στη συνέχεια ακολουθεί η 3^η με ποσοστό μείωσης ίσο με $\alpha_3 = 44\%$ και στο τέλος η 2^η με ποσοστό $\alpha_2 = 10\%$. ($\alpha_1 > \alpha_3 > \alpha_2$)

3. Βρείτε το μέσο κόστος απορρύπανσης ανά μονάδα τόνου πετρελαιοειδούς.

Για να υπολογίσουμε το Μέσο Κόστος Απορρύπανσης (Μ.Κ.Α.) θα πρέπει να γνωρίζουμε τον τύπο : $C = c_g * T_i * S_i * l_i * L_i * O_i * M_i * R_i$, και για το Ολικό

Κόστος (Ο.Κ.) δίνεται από τον τύπο: $C_t = C * A_i$

- C : κόστος απορρύπανσης ανά μονάδα τόνου διαρρέοντος πετρελαίου για το σενάριο i (€/ton)
- C_g : κόστος απορρύπανσης ανά μονάδα τόνου διαρρέοντος πετρελαίου για τον ελληνικό θαλάσσιο χώρο (€/ton)
- T_i : συντελεστής βαρύτητας του είδους πετρελαιοειδούς
- S_i : συντελεστής βαρύτητας της ποσότητας διαρρέοντος πετρελαίου
- L_i : συντελεστής βαρύτητας της γεωγραφικής τοποθεσίας
- l_i : συντελεστής βαρύτητας του είδους της τοποθεσίας
- O_i : συντελεστής βαρύτητας του μήκους της προσβληθείσας ακτής
- M_i : συντελεστής βαρύτητας της μεθόδου απορρύπανσης
- R_i : συντελεστής βαρύτητας του χρόνου αντίδρασης
- A_i : ποσότητα πετρελαιοειδούς
- C_i : Ολικό κόστος απορρύπανσης για το σενάριο i (€)

Έχουμε δύο διαφορετικά είδη πετρελαιοειδούς: 1) fuel oil και 2) diesel oil. Άρα, το i =(fuel oil , diesel oil).

- Μέσο κόστος καθορισμού για κατηγορία περιστατικών ανάλογα με το είδος πετρελαιοειδούς.

Τα περιστατικά ανάλογα με το είδος πετρελαίου χωρίζονται σε:

- Περιστατικά με διαρρέον πετρέλαιο fuel oil.
- Περιστατικά με διαρρέον πετρέλαιο diesel oil.

| Τύπος διαρρέοντος πετρελαίου | Μέσο κόστος απορρύπανσης ανά τόνο πετρελαίου (€/ton) |
|------------------------------|--|
| fuel oil | 41.000 |
| diesel oil | 30.600 |

- Μέσο κόστος καθαρισμού για κατηγορία περιστατικών ανάλογα με την ποσότητα πετρελαιοειδούς

Τα περιστατικά που βασίζονται ανάλογα με την ποσότητα πετρελαίου που διέρρευσε χωρίζεται σε:

- Ποσότητα διαρρέοντος πετρελαίου 0-5 ton
- Ποσότητα διαρρέοντος πετρελαίου 5,1-20 ton

- Ποσότητα διαρρέοντος πετρελαίου 20,1-100 ton
- Ποσότητα διαρρέοντος πετρελαίου >100 ton

| Ποσότητα διαρρέοντος πετρελαίου (ton) | Μέσο κόστος απορρύπανσης ανά τόνο διαρρέοντος πετρελαίου (€/ton) |
|---------------------------------------|--|
| 0-5 | 46.000 |
| 5,1-20 | 25.300 |
| 20,1-100 | 7.500 |
| >100 | 4.000 |

- Μέσο κόστος καθαρισμού για κατηγορία περιστατικών ανάλογα με την γεωγραφική τοποθεσία

Ανάλογα με την τοποθεσία του περιστατικού ρύπανσης, χωρίζεται σε:

- Αιγαίο πέλαγος
- Ιόνιο πέλαγος
- Σαρωνικό πέλαγος

Η τιμή του μέσου κόστους απορρύπανσης ανάλογα με την τοποθεσία δίνεται

| Γεωγραφική τοποθεσία | Μέσο κόστος απορρύπανσης ανά τόνο διαρρέοντος πετρελαίου (€/ton) |
|----------------------|--|
| Αιγαίο | 14.300 |
| Ιόνιο | 53.000 |
| Σαρωνικό | 40.000 |

- Μέσο κόστος καθαρισμού για κατηγορία περιστατικών ανάλογα με το είδος της τοποθεσίας

Ανάλογα με την χρησιμότητα και το χαρακτηριστικό της περιοχής, χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Port (λιμάνι ή μαρίνα)
- Offshore (Ανοικτή θάλασσα, περιοχή αλιείας)
- Nearshore (Αγκυροβόλιο, βιομηχανική ή τουριστική περιοχή)

| Είδος περιοχής | Μέσο κόστος απορρύπανσης ανά τόνο διαρρέοντος πετρελαίου (€/ton) |
|---|--|
| Port (λιμάνι ή μαρίνα) | 39.000 |
| Offshore (Ανοικτή θάλασσα, περιοχή αλιείας) | 25.900 |
| Nearshore (Αγκυροβόλιο, βιομηχανική ή τουριστική περιοχή) | 73.000 |

- Μέσο κόστος καθαρισμού για κατηγορία περιστατικών ανάλογα με το μήκος της προσβληθείσας ακτής

Τα περιστατικά ρύπανσης διακρίνονται ανάλογα με την έκταση της ακτής που ρυπάνθηκε και χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες.

| Μήκος της προσβληθείσας ακτής | Μέσο κόστος απορρύπανσης ανά τόνο διαρρέοντος πετρελαίου (€/ton) |
|-------------------------------|--|
| 0-1 | 24.500 |
| 1,1-2 | 39.000 |
| >2 | 58.000 |

- Μέσο κόστος καθαρισμού για κατηγορία περιστατικών ανάλογα με το χρόνο αντίδρασης

| Συνολικός χρόνος αντίδρασης | Μέσο κόστος απορρύπανσης ανά τόνο διαρρέοντος πετρελαίου (€/ton) |
|-----------------------------|--|
| 1-5 | 29.300 |
| 5,1-10 | 37.500 |
| >10 | 52.400 |

- Μέσο κόστος καθαρισμού για κατηγορία περιστατικών ανάλογα με τη μέθοδο αντιμετώπισης

| Μέθοδος απορρύπανσης | Μέσο κόστος απορρύπανσης ανά τόνο διαρρέοντος πετρελαίου (€/ton) |
|----------------------|--|
| Μηχανικά μέσα | 37.200 |

Η τιμή 37.200 αντικατοπτρίζει και το μέσο κόστος απορρύπανσης ανά τόνο ρυπογόνου ουσίας για τον ελληνικό χώρο, δηλαδή $C_g = 37.200 \text{ €/ton}$.

Βρείτε τον συντελεστή βαρύτητας (T_i) του είδους πετρελαιοειδούς, (S_i) της ποσότητας διαρρέοντος πετρελαίου, (l_i) του είδους της τοποθεσίας, (O_i) του μήκους της προσβληθείσας ακτής, (M_i) της μεθόδου απορρύπανσης, (R_i) του χρόνου αντίδρασης και υπολογίστε το κόστος απορρύπανσης.

Ενδεικτική λύση

Συντελεστή βαρύτητας (T_i) του είδους πετρελαιοειδούς

⇒ Για το διαρρέοντος πετρελαίου που είναι το fuel oil

Η μέση τιμή από τις μέσες τιμές κόστους όλων των ειδών της ρυπογόνου ουσίας, δηλαδή $(41.000+30.600)/2=35.800$

$$\text{Ο συντελεστής βαρύτητας } T_{\text{fuel oil}} = \frac{41.000}{35.800} = 1,14$$

⇒ Για το διαρρέοντος πετρελαίου που είναι το diesel oil

Η μέση τιμή από τις μέσες τιμές κόστους όλων των ειδών της ρυπογόνου ουσίας, δηλαδή $(41.000+30.600)/2=35.800$

$$T_{\text{diesel oil}} = \frac{30.600}{35.800} = 0,85$$

Συντελεστή βαρύτητας (S_i) της ποσότητας διαρρέοντος πετρελαίου

Παρατηρώντας τον πίνακα για τον συντελεστή βαρύτητας (S_i) της ποσότητας διαρρέοντος πετρελαίου, που δόθηκε, μπορούμε να βρούμε το

$$S_{ol} = \frac{46.000 + 25.300 + 7.357 + 3905}{4} = 20.640$$

⇒ Ποσότητα διαρρέοντος πετρελαίου 0-5 ton

$$S_1 = 46.000/S_{ol} = 46.000/20.640 = 2,23$$

⇒ Ποσότητα διαρρέοντος πετρελαίου 5,1-20 ton

$$S_2 = \frac{25.300}{20.640} = 1,22$$

⇒ Ποσότητα διαρρέοντος πετρελαίου 20,1-100 ton

$$S_3 = \frac{7.357}{20.640} = 0,36$$

⇒ Ποσότητα διαρρέοντος πετρελαίου >100 ton

$$S_4 = \frac{3.905}{20.640} = 0,19$$

Συντελεστή βαρύτητας (L_i) της γεωργικής τοποθεσίας

$$L_{o\lambda} = \frac{14.300 + 53.000 + 40.000}{3} = 35.766$$

⇒ Για το Αιγαίο πέλαγος

$$L_1 = \frac{14.300}{35.766} = 0,39$$

⇒ Για το Ιόνιο πέλαγος

$$L_2 = \frac{53.000}{35.766} = 1,48$$

⇒ Για το Σαρωνικό

$$L_3 = \frac{40.000}{35.766} = 1,12$$

Συντελεστή βαρύτητας (l_i) του είδους της τοποθεσίας

$$l_{o\lambda} = \frac{39.000 + 25.850 + 73.000}{3} = 45.950$$

⇒ Port (λιμάνι ή μαρίνα)

$$l_1 = \frac{39.000}{45.950} = 0,85$$

⇒ Offshore (Ανοικτή θάλασσα, περιοχή αλιείας)

$$l_2 = \frac{25.900}{45.950} = 0,56$$

⇒ Nearshore (Αγκυροβόλιο, βιομηχανική ή τουριστική περιοχή)

$$l_3 = \frac{73.000}{45.950} = 1,59$$

Συντελεστή βαρύτητας (O_i) συντελεστής βαρύτητας του μήκους της προσβληθείσας ακτής

$$O_{ολ} = \frac{24.500 + 39.000 + 58.000}{3} = 40.500$$

⇒ Μήκος της προσβληθείσας ακτής 0-1 Km

$$O_1 = \frac{24.500}{40.500} = 0,6$$

⇒ Μήκος της προσβληθείσας ακτής 1,1-2 Km

$$O_2 = \frac{39.000}{40.500} = 0,96$$

⇒ Μήκος της προσβληθείσας ακτής >2 Km

$$O_3 = \frac{58.000}{40.500} = 1,43$$

Συντελεστή βαρύτητας (M_i) της μεθόδου απορρύπανσης

$$M_{ολ} = 37.200, M_1 = \frac{37.200}{37.200} = 1, \text{ δηλαδή } M_i = 1 \forall i \in \mathbb{R}$$

Συντελεστή βαρύτητας (R_i) του χρόνου αντίδρασης

$$R_{ολ} = \frac{29.300 + 37.500 + 52.400}{3} = 39.734$$

⇒ Χρόνος αντίδρασης 1-5 hr

$$R_1 = \frac{29.300}{39.734} = 0,74$$

⇒ Χρόνος αντίδρασης 5,1-10 hr

$$R_2 = \frac{37.500}{39.734} = 0,94$$

⇒ Χρόνος αντίδρασης >10 hr

$$R_3 = \frac{52.400}{39.734} = 1,32$$

Για να υπολογίσουμε το κόστος απορρύπανσης, θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ο τύπος $C = c_g * T_i * S_i * l_i * L_i * O_i * M_i * R_i$ (1) $\forall i \in [1,3]$. Κάνοντας αντικατάσταση των τιμών στον τύπο (1), τότε παρατηρούμε ότι

Για το fuel oil:

$$C = c_g * T_{\text{fuel oil}} * S_1 * l_1 * L_1 * O_1 * M_1 * R_1 \approx 13.919,4 \text{ €/ton}$$

$$C = c_g * T_{\text{fuel oil}} * S_2 * l_2 * L_2 * O_2 * M_2 * R_2 \approx 38.695,2 \text{ €/ton}$$

$$C = c_g * T_{\text{fuel oil}} * S_3 * l_3 * L_3 * O_3 * M_3 * R_3 \approx 50.350,4 \text{ €/ton}$$

Για το diesel oil:

$$C = c_g * T_{\text{diesel oil}} * S_1 * l_1 * L_1 * O_1 * M_1 * R_1 \approx 10.378,5 \text{ €/ton}$$

$$C = c_g * T_{\text{diesel oil}} * S_2 * l_2 * L_2 * O_2 * M_2 * R_2 \approx 28.851,7 \text{ €/ton}$$

$$C = c_g * T_{\text{diesel oil}} * S_3 * l_3 * L_3 * O_3 * M_3 * R_3 \approx 37.541,9 \text{ €/ton}$$

Οι μαθητές μπορούν να καταλάβουν ποια περίπτωση είναι ακριβότερη για την απορρύπανση μιας θαλάσσιας περιοχής.

B. Περιγραφή του σχεδιασμού του προβλήματος

Ο σχεδιασμός του προβλήματος ξεκίνησε από το περιβαλλοντικό θέμα της πετρελαϊκής ρύπανσης στο θαλάσσιο χώρο. Σκοπός ήταν να δημιουργηθούν μαθηματικά προβλήματα που θα βοηθούσαν τους μαθητές στην κατανόηση της θαλάσσιας ρύπανσης. Αρχικά, προσδιορίσαμε βασικές παραμέτρους όπως τον αριθμό πετρελαιοκηλίδων ανά χρονικά διαστήματα. Έπειτα, επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε μαθηματικά μοντέλα για τον υπολογισμό του μέσου κόστους απορρύπανσης ανά μονάδα τόνου διαρρέοντος πετρελαίου που θα βρίσκεται σε κάποια θαλάσσια περιοχή. Αυτό μας οδήγησε στην κατανόηση της εξέλιξης της Πετρελαϊκής Ρύπανσης και των επιπτώσεών της. Πιο συγκεκριμένα, οι βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις της διαρροής πετρελαίου στη θάλασσα είναι:

- ❖ Τα πετρελαιοειδή μπορούν να επηρεάσουν ολόκληρη τη βιολογία και την τροφική αλυσίδα, από το πλαγκτόν μέχρι τα ψάρια, τα οστρακοειδή και τα πουλιά.
- ❖ Η μείωση και εξαφάνιση πληθυσμών της θαλάσσιας χλωρίδας και πανίδας στην πληγείσα περιοχή, των οποίων ο χρόνος ανάνηψης μπορεί να κυμανθεί από λίγα χρόνια μέχρι και ολόκληρες δεκαετίες.
- ❖ Η ανεπανόρθωτη ζημιά σε βιολογικές πηγές με παράλληλη μείωση της ποιότητας του θαλασσινού νερού.
- ❖ Το τεράστιο πλήγμα που δέχεται η αγορά αλιευμάτων.
- ❖ Η υποβάθμιση χώρων αναψυχής με σοβαρότατες επιπτώσεις στον τουρισμό, που σχεδόν σε όλες τις χώρες της Μεσογείου είναι τόσο θεμελιώδους οικονομικής σημασίας.

Γ. Το περιβαλλοντικής φύσης ζήτημα: Παρουσίαση του ζητήματος στο οποίο το πρόβλημα αναφέρεται (ποιους αφορά; Παγκόσμιο ή τοπικό; Ποια η σπουδαιότητά του; Υπάρχουν αντικρουόμενες θέσεις και ποιες;)

Η Πετρελαϊκή Ρύπανση στο Θαλάσσιο Χώρο αφορά ευρύ φάσμα ενδιαφερομένων και επηρεαζόμενων ομάδων. Ειδικότερα, η πετρελαϊκή ρύπανση επηρεάζει και καταστρέφει τη θαλάσσια οικολογία, επηρεάζοντας τα ψάρια, τα θαλάσσια θηλαστικά και τα θαλάσσια φυτά. Οι κάτοικοι των παράκτιων περιοχών επηρεάζονται άμεσα, καθώς η πετρελαϊκή ρύπανση επηρεάζει την ποιότητα του νερού, τις αλιευτικές δραστηριότητες, και τον τουρισμό. Επίσης, επηρεάζεται και ο οικονομικός τομέας, όπου οι αλιείς και οι επιχειρήσεις που εξαρτώνται από τον θαλάσσιο χώρο, όπως οι αλιευτικές εταιρείες και οι τουριστικές βιομηχανίες, υφίστανται σημαντικές οικονομικές απώλειες λόγω της πετρελαϊκής ρύπανσης. Συνεπώς, η πετρελαϊκή ρύπανση είναι ένα πρόβλημα που αφορά όλη την κοινωνία.

Η Πετρελαϊκή Ρύπανση στο Θαλάσσιο Χώρο είναι ένα πρόβλημα που κατά κύριο λόγο έχει διεθνείς και παγκόσμιες επιπτώσεις. Οι πετρελαϊκές καταστροφές μπορούν να επηρεάσουν εκτενείς περιοχές και υδάτινους χώρους, διασχίζοντας σύνορα και προκαλώντας περιβαλλοντική καταστροφή σε διάφορες χώρες. Επιπρόσθετα, οι πετρελαϊκές καταστροφές συχνά είναι αποτέλεσμα ναυτικών ατυχημάτων, όπως τα ατυχήματα κατά τη διάρκεια της μεταφοράς πετρελαίου, των διαρροών από πλοία πετρελαιοφόρα, ή των εκτροχιασμών πετρελαιοφόρων. Οι επιπτώσεις αυτών των καταστροφών ξεπερνούν τα όρια μιας μεμονωμένης χώρας και επηρεάζουν τον παγκόσμιο θαλάσσιο χώρο. Επομένως, μπορούμε να χαρακτηρίσουμε την Πετρελαϊκή Ρύπανση ως πρόβλημα με παγκόσμιες επιπτώσεις.

Η σπουδαιότητα της αντιμετώπισης της Πετρελαϊκής Ρύπανσης στο Θαλάσσιο Χώρο είναι πολλαπλή και αναδεικνύει τη σημασία της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης. Ανάμεσα στα βασικά οφέλη και τη σπουδαιότητα αυτού του ζητήματος περιλαμβάνεται η διατήρηση της βιοποικιλότητας. Παρατηρείται ότι η θαλάσσια ζωή και τα οικοσυστήματα παραμένουν ευάλωτα στην πετρελαϊκή ρύπανση, οπότε η αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος συνεισφέρει στη διατήρηση της βιοποικιλότητας και της υγείας των θαλάσσιων οικοσυστημάτων. Ακόμη, βοηθάει στη προστασία της οικονομίας, όπου οι παράκτιες κοινότητες εξαρτώνται συχνά από τις θαλάσσιες δραστηριότητες, όπως η αλιεία και ο τουρισμός. Η πετρελαϊκή ρύπανση μπορεί να επηρεάσει την ποιότητα του νερού και των θαλασσίων προϊόντων, επιφέροντας επιπτώσεις στη δημόσια υγεία. Επομένως, η πρόληψη και η αντιμετώπιση της πετρελαϊκής ρύπανσης συμβάλλει στη διασφάλιση της υγείας των ανθρώπων.

Δ. Το πλαίσιο διδασκαλίας

- ◆ Τίτλος της δραστηριότητας: Μαθηματικά Προβλήματα για την Πετρελαϊκή Ρύπανση στο Θαλάσσιο Χώρο □ Ταυτότητα της δραστηριότητας:

Συγγραφείς: Σκεπετάρη Ανδριανή, Καβαλλάρης Παναγιώτης, Σπυρολλάρι Ηλιάννα.

Γνωστική περιοχή των μαθηματικών: Ποσοστά, Στατιστική

- ◆ Πλαίσιο εφαρμογής

Σε ποιους απευθύνεται: 'B Γυμνασίου

Χρόνος υλοποίησης: 2 διδακτικές ώρες

Χώρος υλοποίησης: Σχολική τάξη

Προαπαιτούμενες γνώσεις των μαθητών: Φυσικοί αριθμοί, κλάσματα, δεκαδικοί αριθμοί, πράξεις μεταξύ αυτών, ανάλογα ποσά, ποσοστά, στατιστική και μελέτη γραφικών παραστάσεων.

Στόχοι της δραστηριότητας:

Η δραστηριότητα αυτή στοχεύει στην περαιτέρω κατανόηση και χειρισμό των ποσοστών και των εισαγωγικών εννοιών της στατιστικής από τους μαθητές. Αυτό επιτυγχάνεται μέσα από την επίλυση των μαθηματικών προβλημάτων, και έτσι οι μαθητές μέσα από αυτό:

- Οι μαθητές θα μπορούν να κατανοήσουν πώς οι διαρροές πετρελαίου επηρεάζουν αρνητικά το φυσικό περιβάλλον, τον οικονομικό τομέα και την δημόσια υγεία.
- Το πρόβλημα θα ενθαρρύνει τον μαθητή να αναπτύξει κριτική σκέψη καθώς αναλύει τα δεδομένα και λαμβάνει αποφάσεις για τα ποσοστά σε σχέση με το περιβαλλοντικό πρόβλημα.
- Το πρόβλημα θα επιτρέψει στον μαθητή να συνειδητοποιήσει πώς οι μαθηματικές δεξιότητες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατανόηση και την αντιμετώπιση κοινωνικών και περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Βιβλιογραφία

- 1) <https://ikee.lib.auth.gr/record/113813/files/moralis%20sotirios.pdf>
- 2) <https://maredu.hcg.gr/modules/document/file.php/MAK263/%CE%9C%CE%B5%CF%84%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1%20-%20%CE%A0%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%B2%CE%AC%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CE%BD/%CE%A3%CF%8D%CE%B3%CF%87%CF%81%CE%BF%CE%BD%CE%B5%CF%82%20%CE%BC%CE%AD%CE%B8%CE%BF%CE%B4%CE%BF%CE%B9%20%CE%BA%CE%B1%CE%B8%CE%B1%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%8D%20%CE%B8%CE%B1%CE%BB%CE%B1%CF%83%CF%83%CF%8E%CE%BD-%CE%9C%CF%8C%CE%BB%CF%85%CE%BD%CF%83%CE%B7%20%CF%84%CF%89%CE%BD%20%CE%B8%CE%B1%CE%BB%CE%B1%CF%83%CF%83%CF%8E%CE%BD.pdf>
- 3) <https://hellanicus.lib.aegean.gr/bitstream/handle/11610/9737/file1.pdf?sequence=2>
- 4) <https://www.itopf.org/in-action/key-services/spill-response/>
- 5) <https://ikee.lib.auth.gr/record/76905/files/gri-2007-648.pdf>