



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Διερεύνηση των απόψεων μαθητών για την
Τρύπα του Όζοντος

Ονοματεπώνυμο: Ελένη Χατζήνα

Επιβλέπων καθηγητής: κ. Δημήτριος Παπαναστασίου

Λάρισα, Ιούνιος 2024

Περίληψη

Αυτή η εργασία διερευνά τις απόψεις Ελληνίδων μαθητριών και Ελλήνων μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, ηλικίας 13-16 ετών για το πρόβλημα της τρύπας του όζοντος και πιο συγκεκριμένα για τα αίτια, τις συνέπειες και τις λύσεις του προβλήματος. Οι απόψεις 210 μαθητριών/τών διερευνήθηκαν με τη βοήθεια ενός κλειστού τύπου ερωτηματολογίου, το οποίο αντλήθηκε από τη βιβλιογραφία και προσαρμόστηκε στις ανάγκες της παρούσας έρευνας. Το ερωτηματολόγιο πριν διαμοιραστεί σε έντυπη μορφή στους μαθητές, ελέγχθηκε από μικρή ομάδα μαθητών για εκφραστικές και νοηματικές ασάφειες. Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας έδειξαν ότι οι περισσότερες/οι μαθήτριες/τές του δείγματος έχουν αρκετά καλή αντίληψη αναφορικά με το τι είναι το στρώμα του όζοντος, πού βρίσκεται και ποιος είναι ο βασικός του ρόλος. Δυσκολεύονται ωστόσο να εντοπίσουν τις αιτίες καταστροφής του. Αν και γνωρίζουν καλά ότι προέρχονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, ένα μεγάλο ποσοστό από αυτούς τις αποδίδει εσφαλμένα κυρίως στην ραδιενέργεια και το διοξείδιο του άνθρακα. Σημαντικές παρανοήσεις δείχνουν οι μαθήτριες/τές του δείγματος όσον αφορά τις συνέπειες της τρύπας του όζοντος καθώς συνδέουν τις περισσότερες συνέπειές της με εκείνες του ανθρωπογενούς φαινομένου του θερμοκηπίου. Επιπλέον, παρόλο που αντιλαμβάνονται ότι η τρύπα του όζοντος επιτρέπει να διαπεράσουν περισσότερες βλαβερές υπεριώδεις ακτίνες, δεν είναι αρκετά ενήμεροι για τον καρκίνο του δέρματος που αυτές προκαλούν. Παρανοήσεις των μαθητριών/τών εντοπίζονται και στις προτεινόμενες λύσεις που εκφράζουν, καθώς συνεχίζουν να συγχέουν σε μεγάλο βαθμό το πρόβλημα της τρύπας του όζοντος με το ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου και με άλλα περιβαλλοντικά θέματα. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας συγκρίνονται με τρεις αντίστοιχες έρευνες που διεξήχθησαν στο Ηνωμένο Βασίλειο, στην Τουρκία και στην Ελλάδα. Από τη σύγκριση αυτή προέκυψαν κάποια κοινά στοιχεία, όπως για παράδειγμα η σύγχυση των μαθητών αναφορικά με τις συνέπειες της τρύπας του όζοντος με εκείνες από την κλιματική αλλαγή και την ρύπανση γενικά, αλλά και κάποιες διαφορές, όπως ότι μόνο οι μισοί περίπου από το δείγμα των μαθητριών/τών αναγνωρίζουν τη σημαντικότερη αιτία καταστροφής του στρατοσφαιρικού όζοντος, τα CFCs, σε αντίθεση με τους μαθητές στην Τουρκία και στη Βρετανία.

Λέξεις – Κλειδιά

Στρώμα του όζοντος, Τρύπα του όζοντος, Ερωτηματολόγιο, Αντιλήψεις, Παρανοήσεις, Μαθητές, Ελλάδα

Abstract

This paper explores the views of Greek female and Greek male secondary school students, aged 13-16, on the problem of the ozone hole and more specifically on the causes, consequences and solutions of the problem. The views of 210 students were investigated with the help of a closed-ended questionnaire, which was drawn from the literature and adapted to the needs of the present survey. Before distributing the questionnaire in printed form to students, it was checked by a small group of students for expressive and conceptual ambiguities. The results of this survey showed that most of the students in the sample have a fairly good understanding of what the ozone layer is, where it is located and what its main role is. However, they find it difficult to identify the causes of its destruction. Although they are well aware that they originate from anthropogenic activities, a large percentage of them mistakenly attribute them mainly to radioactivity and carbon dioxide. Significant misconceptions are shown by the students of the sample regarding the consequences of the ozone hole as they link most of its consequences with those of the anthropogenic greenhouse effect. In addition, although they realize that the ozone hole allows more harmful ultraviolet rays to penetrate through, they are not sufficiently aware of the skin cancer they cause. Misunderstandings of the students are also found in the proposed solutions they express, as they continue to confuse to a large extent the problem of the ozone hole with the anthropogenic greenhouse effect and other environmental issues. The results of this survey are compared with three similar surveys conducted in the UK, Turkey and Greece. This comparison revealed some common elements, such as students' confusion about the consequences of the ozone hole with those of climate change and pollution in general, but also some differences, such as that only about half of the sample of students identify the most important cause of stratospheric ozone depletion, CFCs, unlike students in Turkey and Britain.

Keywords

Ozone layer, Ozone hole, Questionnaire, Perceptions, Misconceptions, Students, Greece

Περιεχόμενα

Περίληψη	1
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	7
ΟΖΟΝ	7
1.1 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΤΗΣ ΓΗΣ.....	7
1.1.1 Η προέλευση του όζοντος της τροπόσφαιρας και η σημασία του	8
1.1.2 Η προέλευση του όζοντος της στρατόσφαιρας και η σημασία του.....	9
1.2 Η ΤΡΥΠΑ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ.....	11
1.2.1 Ιστορική αναδρομή.....	11
1.2.2 Κύρια στάδια στην καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος.	12
1.3 ΑΙΤΙΑ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ ΤΗΣ ΣΤΙΒΑΔΑΣ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ.....	13
1.3.1 Ουσίες και αέρια που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος.....	13
1.3.2 «Καταλυτικοί κύκλοι» καταστροφής του όζοντος	15
1.4 ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ ΤΗΣ ΣΤΙΒΑΔΑΣ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ.....	17
1.4.1 Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία.....	18
1.4.1.1 Καρκίνος του δέρματος.....	18
1.4.1.2 Μελάνωμα	18
1.4.1.3 Μη μελανωματικοί καρκίνοι του δέρματος.....	18
1.4.1.4 Πρόωρη γήρανση και άλλες βλάβες του δέρματος.....	19
1.4.1.5 Καταρράκτης και άλλες οφθαλμικές βλάβες	19
1.4.1.6 Καταστολή του ανοσοποιητικού συστήματος	20
1.4.2 Επιδράσεις στα φυτά.....	20
1.4.3 Επιπτώσεις στα θαλάσσια οικοσυστήματα	20
1.4.4 Επιδράσεις στους βιογεωχημικούς κύκλους.....	21
1.4.5 Επιδράσεις στα υλικά.....	21
1.4.6 Επίδραση στο τοπικό κλίμα της Ανταρκτικής.....	21
1.5 ΛΥΣΕΙΣ - ΜΕΤΡΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΣΤΙΒΑΔΑΣ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ.....	21
1.5.1 Το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ.....	22
1.5.2 Προσαρμογές και τροποποιήσεις του Πρωτοκόλλου	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	25
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ ΤΟΥ ΜΟΝΤΡΕΑΛ – ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΣΤΙΒΑΔΑΣ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	27
ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΕΡΕΥΝΩΝ	27
3.1 Έρευνα για τη γνώση του Φαινομένου του Θερμοκηπίου και των επιπτώσεων στη Στιβάδα του Όζοντος σε Νορβηγούς μαθητές που έχουν τελειώσει την υποχρεωτική εκπαίδευση, κατά το 1989, το 1993 και το 2005 (Pal J. Kirkeby Hansen, 2010)..	27
3.2 Έρευνα σχετικά με τις αντιλήψεις μαθητών μεταδευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στη Μάλτα, σχετικά με την υπερθέρμανση του πλανήτη και την καταστροφή του όζοντος (Joanne Grima, Walter Leal Filho, Paul Pace, 2010).....	28
3.3 Έρευνα σε μαθητές γυμνασίου στην Τουρκία σχετικά με τις αντιλήψεις τους για την υποβάθμιση της Στιβάδας του Όζοντος (Feyzi Osman Pekel & Esra Özay, 2005).....	30

3.4 Έρευνα σε μαθητές γυμνασίου και σε εκπαιδευόμενους καθηγητές επιστημών στην Τουρκία σχετικά με τις αντιλήψεις τους για την υποβάθμιση της Στιβάδας του Όζοντος (Feyzi Osman Pekel, 2005).	31
3.5 Γνωστικές ψευδαισθήσεις ως εμπόδια στο μαθησιακό σύμπλεγμα των Περιβαλλοντικών Θεμάτων (Fred Groves & Ava Pugh, 2002). Έρευνα που διεξήχθη στις Η.Π.Α. σε καθηγητές προ υπηρεσίας.	32
3.6 Έρευνα για τις ιδέες Ελλήνων μαθητών γυμνασίου σχετικά με τη Στιβάδα του Όζοντος (Edward Boyes, Martin Stanisstreet, Vasso Spiliotopoulou Papantoniou, 1998).	33
3.7 Έρευνα επάνω στις αντιλήψεις για το πρόβλημα της Υποβάθμισης του Όζοντος σε φοιτητές και μαθητές γυμνασίου σε περιοχή των Η.Π.Α (Fred Groves & Ava Pugh, 1998).	34
3.8 Έρευνα σχετικά με τα Μοντέλα Κατανόησης σε παιδιά του Ηνωμένου Βασιλείου, αναφορικά με τα δύο μεγάλα παγκόσμια θέματα: τη Στιβάδα του Όζοντος και το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου (Edward Boyes & Martin Stanisstreet, 1997).	35
3.9 Έρευνα για τις ιδέες μαθητών γυμνασίου σχετικά με τη Στιβάδα του Όζοντος στο Ηνωμένο Βασίλειο (Edward Boyes & Martin Stanisstreet, 1994).	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	38
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	39
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	39
5.1 Απόψεις μαθητών για τη στιβάδα του όζοντος (Σχήμα 2)	40
5.2 Απόψεις μαθητών για τα αίτια της τρύπας του όζοντος, (Σχήμα 3)	42
5.3 Απόψεις μαθητών για τις συνέπειες της τρύπας του όζοντος, (Σχήμα 4)	45
5.4 Απόψεις μαθητών για τις λύσεις του προβλήματος της τρύπας του όζοντος, (Σχήμα 5)	48
5.5 Απόψεις μαθητών για το πρόβλημα της τρύπας του όζοντος, (Σχήμα 6)	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	52
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	52
Βιβλιογραφία	54
Παράρτημα: Ερωτηματολόγιο	56

Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Εικόνα 1: Το όζον στην ατμόσφαιρα της Γης.....	8
Εικόνα 2: Δημιουργία Τροποσφαιρικού Όζοντος.....	8
Εικόνα 3: Οκτώβριος 1998. Από το φασματόμετρο χαρτογράφησης ολικού όζοντος της Γης Ανιχνευτής (TOMS EP). Τα χαμηλά επίπεδα όζοντος είναι διαφανή (μπλε), ενώ τα υψηλά επίπεδα είναι αδιαφανή (λευκό).....	11
Εικόνα 4: Κύκλος καταστροφής όζοντος 1	16
Εικόνα 5:Καταστροφή πολικού όζοντος Κύκλοι 2 και 3.	17
Σχήμα 1: Ποσοστό συμμετοχής αγοριών/κοριτσιών	39
Σχήμα 2: Απόψεις των μαθητών για τη στιβάδα του όζοντος.....	40
Σχήμα 3: Απόψεις των μαθητών για τα αίτια της τρύπας του όζοντος	42
Σχήμα 4: Απόψεις των μαθητών για τις συνέπειες της τρύπας του όζοντος	45
Σχήμα 5: Απόψεις των μαθητών για τις λύσεις του προβλήματος της τρύπας του όζοντος.....	48
Σχήμα 6: Απόψεις των μαθητών για το πρόβλημα της τρύπας του όζοντος	51

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γεγονός ότι πλέον στις μέρες μας η ανθρωπότητα βιώνει τα αποτελέσματα της αλόγιστης συμπεριφοράς της προς την φύση. Δεν υπάρχει καμία αμφισβήτηση των επιστημονικών ερευνών και προειδοποιήσεων για τα παγκόσμια περιβαλλοντικά ζητήματα. Πιο πολύ από ποτέ, είναι επιτακτική η ανάγκη της κατανόησης των περιβαλλοντικών αυτών ζητημάτων, ώστε η στάση των πολιτών να χαρακτηρίζεται από σωστή διαχείριση, κρίση και δράση με γνώμονα την προστασία του περιβάλλοντος.

Αδιαμφισβήτητα, ένα από τα πιο ισχυρά όπλα για την κατανόηση των επιστημονικών θεμάτων είναι η γνώση που μεταλαμπαδεύεται σε όλες τις βαθμίδες των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων. Ωστόσο, πολλοί παράγοντες επιδρούν ώστε οι σωστές πληροφορίες εύκολα να ερμηνεύονται λανθασμένα με αποτέλεσμα να μετατρέπονται σε πάγιες παρανοήσεις. Η τάση αυτή επιβεβαιώνεται από μελέτες που έχουν γίνει σε πολλές χώρες του κόσμου, κυρίως στη δευτεροβάθμια και στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, οι οποίες ερευνούν τις αντιλήψεις των μαθητών για τα καίρια περιβαλλοντικά θέματα, όπως η κλιματική αλλαγή, το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η τρύπα του όζοντος. Μια από τις πιο δημοφιλείς παρανοήσεις εντοπίζεται στη σχέση της τρύπας του όζοντος με το φαινόμενο του θερμοκηπίου (Edward Boyes & Martin Stanisstreet 1994, Edward Boyes & Martin Stanisstreet, 1997, Boyes et al. 1998, Fred Groves & Ava Pugh, 1998, Feyzi Osman Pekel & Esra Özay, 2005).

Η παρούσα έρευνα έχει ως σκοπό τη διερεύνηση των απόψεων Ελλήνων μαθητών/τριών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για το πρόβλημα της τρύπας του όζοντος. Πιο συγκεκριμένα, η έρευνα στοχεύει να εντοπισθούν σωστές και λανθασμένες απόψεις των μαθητών αναφορικά με τα αίτια, τις συνέπειες αλλά και τις λύσεις του προβλήματος της τρύπας του όζοντος.

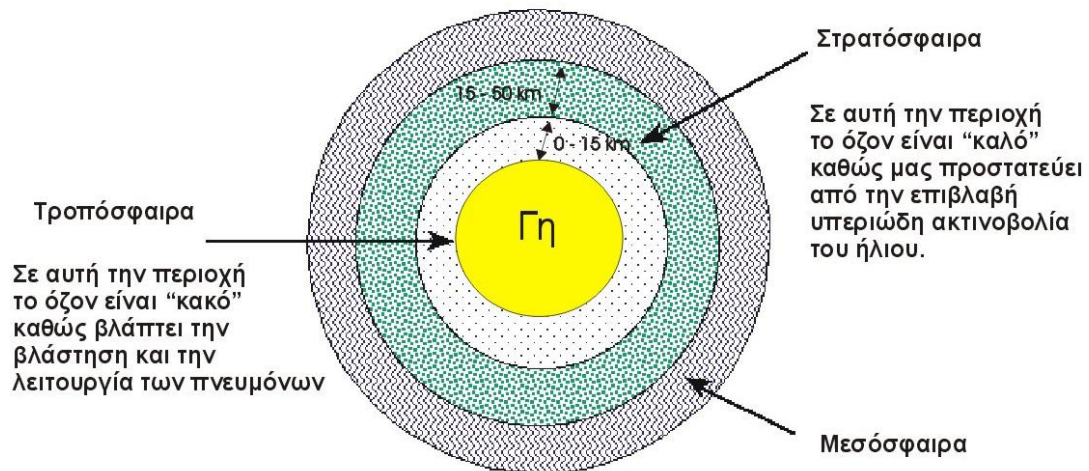
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΟΖΟΝ

1.1 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

Σε αντίθεση με τα μόρια οξυγόνου που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα, τα οποία αποτελούνται από δύο άτομα οξυγόνου συνδεδεμένα μεταξύ τους, το όζον αποτελείται από τρία άτομα οξυγόνου. Αυτή η χημική δομή παρέχει στο όζον μερικές μοναδικές ιδιότητες που το καθιστούν απαραίτητο για την υγεία και την ευημερία των έμβιων όντων και των οικοσυστημάτων. Τα ευεργετικά αυτά αποτελέσματα του όζοντος είναι ιδιαίτερα εντυπωσιακά, δεδομένου του πόσο λίγο όζον βρίσκεται πραγματικά μεταξύ του ήλιου και της επιφάνειας της Γης. Το μεγαλύτερο μέρος του όζοντος, περίπου το 90% του ολικού όζοντος της ατμόσφαιρας της γης συγκεντρώνεται στο στρατοσφαιρικό «στρώμα του όζοντος», περίπου 15 – 35 χιλιόμετρα πάνω από την επιφάνεια (περίπου το διπλάσιο του υψομέτρου στο οποίο πετούν τα εμπορικά αεροπλάνα). Ακόμη και σε αυτό το στρώμα, υπάρχουν μόνο μερικές χιλιάδες μόρια όζοντος για κάθε δισεκατομμύριο μόρια αέρα (Environmental Protection Agency, 2024a).

Στο ευρύ κοινό είναι γενικά γνωστό ότι το όζον είναι ένα αέριο στοιχείο που παράγεται στην στρατόσφαιρα (15-50 km) όπου και βρίσκεται περίπου το 90% του ολικού όζοντος της ατμόσφαιρας της γης. Το στρατοσφαιρικό όζον είναι το λεγόμενο «καλό» όζον γιατί δρα ως φίλτρο που μας προστατεύει από τις επιβλαβείς ηλιακές υπεριώδεις ακτινοβολίες. Η μείωση του όζοντος στην στρατόσφαιρα από την χρήση ανθρωπογενών χημικών στοιχείων όπως οι χλωροφθοράνθρακες τις τελευταίες δεκαετίες του 20ου αιώνα είναι ένα πρόβλημα παγκόσμιας κλίμακας και έχει απασχολήσει ιδιαίτερα αλλά και συνεχίζει να απασχολεί τόσο την επιστημονική κοινότητα όσο και την κοινή γνώμη και τις κυβερνήσεις των κρατών. Το υπόλοιπο 10% του όζοντος βρίσκεται στο χαμηλότερο στρώμα της ατμόσφαιρας, την τροπόσφαιρα (0-15 km). Το όζον χαμηλά στο έδαφος είναι ένας ρύπος που συνδέεται με επεισόδια φωτοχημικού νέφους σε αστικά κέντρα και γύρω από αυτά, όπου μπορεί να προκαλέσει ποικίλα προβλήματα στον άνθρωπο και την φύση όταν ξεπεραστούν κάποιες οριακές τιμές. Για αυτό τον λόγο έχει επικρατήσει να αποκαλούμε το τροποσφαιρικό όζον ως το «κακό» όζον. Είναι χαρακτηριστική η φράση για το όζον «good up high, bad nearby » που σημαίνει καλό εκεί ψηλά, κακό εδώ γύρω (Σχήμα 1) (Ζάνης, 2024).



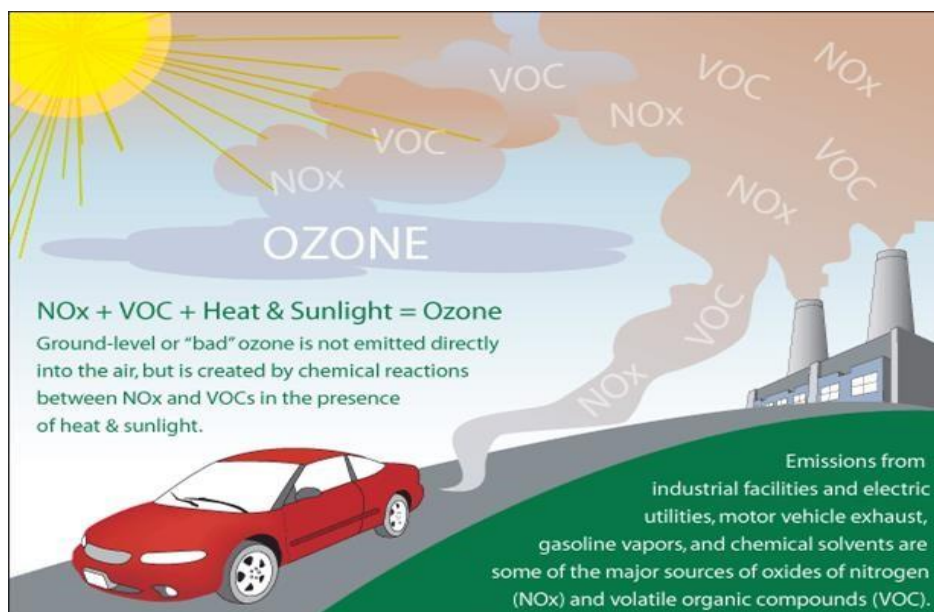
Όζον στην Ατμόσφαιρα της Γης

Εικόνα 1: Το όζον στην ατμόσφαιρα της Γης.

<https://msc-env.physics.auth.gr/troposfairiko-ozon-astiko-i-pagkosmio-provlima-tyransis>

1.1.1 Η προέλευση του όζοντος της τροπόσφαιρας και η σημασία του

Σήμερα γνωρίζουμε ότι το τροποσφαιρικό όζον είναι ένας δευτερογενής ρύπος που δημιουργείται από την παρουσία διάφορων πρωτογενών ρύπων (π.χ. οξείδια του αζώτου, υδρογονάνθρακες) και την επίδραση του φωτός. Επιπλέον, ένα τμήμα του μεταφέρεται από το στρατοσφαιρικό όζον προς την τροπόσφαιρα (Ζάνης, 2024).



Εικόνα 2. Δημιουργία Τροποσφαιρικού όζοντος.

<http://www.epa.gov/ozone-layer-protection/information-ozone-and-ozone-depletion>

Ήταν στα τέλη της δεκαετίας του '70 και '80 που τέθηκαν τα θεμέλια της θεωρίας της φωτοχημικής παραγωγής του τροποσφαιρικού όζοντος. Η πρώτη προσπάθεια για την εξήγηση του φωτοχημικού νέφους του Λος Άντζελες έγινε στην δεκαετία του '60 από όπου διαπιστώθηκε ότι το φωτοχημικό νέφος (ή ρύπανση του όζοντος) δημιουργείται από μία πολύπλοκη σειρά χημικών αντιδράσεων που περιλαμβάνουν πτητικούς υδρογονάνθρακες και οξειδία του αζώτου από βιομηχανικές πηγές και αυτοκίνητα σε συνδυασμό με την δράση της ηλιακής ακτινοβολίας. Καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται κατά την διάρκεια της ημέρας, η ενέργεια του ήλιου επιταχύνει αυτές τις χημικές αντιδράσεις με αποτέλεσμα την αύξηση της ποσότητας όζοντος που παράγεται. Το αντίθετο συμβαίνει όταν η θερμοκρασία μειώνεται. Πρόκειται λοιπόν για ένα φαινόμενο που ευνοείται κατά την διάρκεια της ημέρας και των θερμών μηνών του έτους.

Το τροποσφαιρικό όζον έχει πολλαπλή σημασία για την ατμόσφαιρα της γης. Καταρχήν το τροποσφαιρικό όζον κατέχει κεντρικό ρόλο στη σύσταση της τροπόσφαιρας καθώς αποτελεί την βασική πηγή του πιο σημαντικού οξειδωτικού μέσου στην τροπόσφαιρα, της ρίζας του υδροξυλίου (OH). Με πιο απλά λόγια το υδροξύλιο αποτελεί το ισχυρότερο «απορρυπαντικό» της ατμόσφαιρας γιατί την καθαρίζει από μια σειρά οργανικών και ανόργανων ενώσεων που εκλύονται από φυσικές ή ανθρωπογενείς πηγές. Υπό την έλλειψη της ρίζας του υδροξυλίου όλες αυτές οι ενώσεις θα είχαν πολύ μεγάλο χρόνο ζωής και θα συσσωρεύονταν στα ανώτερα στρώματα της τροπόσφαιρας δρώντας αθροιστικά στο γνωστό φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αυτό θα είχε σαν αποτέλεσμα ακόμα μεγαλύτερες θερμοκρασίες στο πλανήτη μας.

Επιπρόσθετα, το τροποσφαιρικό όζον που βρίσκεται στα υψηλότερα στρώματα της τροπόσφαιρας είναι από μόνο του ένα αέριο του θερμοκηπίου. Πρέπει να επισημανθεί ότι εκτός από το CO₂ που είναι το βασικότερο αέριο που συνεισφέρει στην ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου, η αύξηση του τροποσφαιρικού όζοντος συνεισφέρει παγκοσμίως περίπου το 1/3.

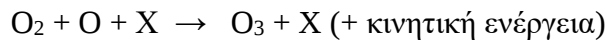
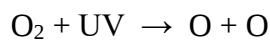
Μεγάλη όμως είναι η σημασία του τροποσφαιρικού όζοντος αναφορικά με τις επιπτώσεις που έχει τόσο στον άνθρωπο όσο και στο φυτικό και ζωικό βασίλειο αλλά και στα διάφορα υλικά κατασκευών. Ιδιαίτερα η συνεχής έκθεση του ανθρώπου σε υψηλές τιμές όζοντος μπορεί να του προκαλέσει μόνιμη βλάβη στους πνεύμονες. Ακόμα και όταν βρίσκεται σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις, η εισπνοή του μπορεί να επιφέρει μια σειρά από προβλήματα υγείας όπως βήχα, άσθμα, ακόμη και καρδιακά προβλήματα (Ζάνης, 2024).

1.1.2 Η προέλευση του όζοντος της στρατόσφαιρας και η σημασία του

Χάρη στην εξέλιξη των φωτοσυνθετικών βακτηριδίων που παράγουν οξυγόνο, η γη διαθέτει εδώ και 400 τουλάχιστον εκατομμύρια χρόνια ένα φυσικό, ισχυρό αντλητικό φίλτρο, το λεγόμενο *στρώμα του όζοντος* ή *στιβάδα του όζοντος*. Η παρουσία του αποτέλεσε απαραίτητη προϋπόθεση για την μετέπειτα ανάπτυξη της ζωής.

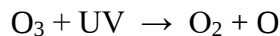
Σε μια λωρίδα της στρατόσφαιρας, περίπου 17-26 χιλιόμετρα πάνω από την επιφάνεια της γης, το οξυγόνο μετατρέπεται σε όζον και ξανά σε οξυγόνο μέσα από μια σειρά αντιδράσεων που ενεργοποιούνται με την βοήθεια της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας. Το αποτέλεσμα αυτών των αντιδράσεων είναι ο σχηματισμός ενός λεπτού προστατευτικού υμένα με εξαιρετικά χαμηλές περιεκτικότητες μορίων όζοντος (μέχρι 10 μέρη ανά εκατομμύριο). Επειδή ο ρυθμός καταστροφής του όζοντος είναι ίσος προς το ρυθμό σχηματισμού του, τα επίπεδα του όζοντος σε αυτό το αναγκαίο για τη ζωή στρώμα, υπό φυσιολογικές συνθήκες δεν παρουσιάζουν σημαντική μεταβολή (Miller, 1999).

Αυτή είναι η αντίδραση για τη δημιουργία της στιβάδας του όζοντος:

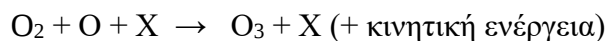


(X= συνήθως Άζωτο)

Ωστόσο, κάτω από την υπεριώδη ακτινοβολία μεταξύ 230 και 290 nm, το ίδιο το όζον διασπάται (απορροφώντας περισσότερη UV) σε ένα μόριο οξυγόνου και ένα «ελεύθερο» άτομο οξυγόνου.



Περισσότερα από αυτά τα μεμονωμένα άτομα οξυγόνου στη συνέχεια συνδυάζονται με άλλα μόρια οξυγόνου για να σχηματίσουν όζον για άλλη μια φορά,



έτσι ώστε η συνολική συγκέντρωση του όζοντος να μην εξαντλείται από αυτή τη διαδικασία «καταστροφής/αναδημιουργίας», αλλά περαιτέρω κινητική ενέργεια να δίνεται σε άλλα μόρια της στρατόσφαιρας. Το συνολικό αποτέλεσμα της στιβάδας του όζοντος είναι επομένως να απορροφά την υπεριώδη ακτινοβολία και να διαχέει την ενέργεια ως θερμότητα στη στρατόσφαιρα.

Το στρώμα του στρατοσφαιρικού όζοντος είναι σημαντικό για τη ζωή στη Γη, καθώς, στην υγρή του κατάσταση, εμποδίζει όλες τις ακτίνες UV-C (μικρού μήκους κύματος) και ορισμένες ακτίνες UV-B (μεσαίου μήκους κύματος) να φτάσουν στη Γη. Η UV-A (μεγάλο μήκος κύματος) δεν απορροφάται από το όζον, αλλά δεν πιστεύεται ότι είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη. Η UV-B που περνά είναι υπεύθυνη για ηλιακά εγκαύματα, ορισμένους καρκίνους του δέρματος και καταρράκτη των ματιών. Η υπερβολική UV-B μπορεί να βλάψει το ανθρώπινο ανοσοποιητικό σύστημα και μπορεί να μειώσει τις αποδόσεις των καλλιεργειών κατά 25%.⁷ Σε εργαστηριακές δοκιμές έχει βρεθεί ότι η UV-C καταστρέφει πρωτεΐνες και νουκλεϊκά οξέα (DNA και RNA), αλλά πιστεύεται ότι θα πρέπει να υπάρξει πολύ μεγάλη καταστροφή της στιβάδας του όζοντος για να φτάσουν σημαντικές ποσότητες UV-C στη Γη (Boyes et al., 1994).

1.2 Η ΤΡΥΠΑ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ

1.2.1 *Ιστορική αναδρομή*

Ήταν ένα τυχαίο εύρημα, όπως θυμάται ο Jonathan Shanklin, ένας από τους ερευνητές της τρύπας: έχοντας ενταχθεί στο British Antarctic Survey το 1977. Υποτίθεται ότι θα ψηφιοποιούσε τις καθυστερημένες μετρήσεις του όζοντος καθώς μέχρι τότε οι μετρήσεις κρατούνταν χειρόγραφα. Όπως μετέπειτα αποδείχθηκε, αυτό το γεγονός αποτέλεσε την αρχή της κρίσιμης δεκαετίας του 1970 (Shallcross & Harrison, 2010).

Υπήρχε ήδη αυξανόμενη ανησυχία ότι οι βιομηχανικοί χλωροφθοράνθρακες (CFC) που τότε χρησιμοποιούνταν ευρέως ως ψυκτικά μέσα, ως προωθητικά αέρια ψεκασμού και διαλύτες, θα μπορούσαν να καταστρέψουν τη στιβάδα του όζοντος. Μια τυπική ημέρα το 1983, ο Shanklin ετοίμασε ένα γράφημα για να δείξει ότι τα δεδομένα για το όζον από εκείνο το έτος δεν ήταν διαφορετικά από 20 χρόνια πριν. Αν και αυτό ίσχυε για τα συνολικά επίπεδα όζοντος, παρατήρησε ότι οι τιμές που κατέγραψε για την περίοδο της άνοιξης φαίνονταν χαμηλότερες συγκριτικά με τα προηγούμενα έτη. Περαιτέρω μελέτες το επιβεβαίωσαν αυτό, και το 1985 ο Shanklin και οι συνάδελφοί του Joe Farman και Brian Gardiner δημοσίευσαν τα ευρήματά τους. Κάθε άνοιξη μέχρι τις αρχές του καλοκαιριού του νότιου ημισφαιρίου, το 50% της στιβάδας του όζοντος, πάνω από την Ανταρκτική, καταστρεφόταν, καθώς επανεμφανιζόταν η ηλιακή ακτινοβολία μετά το σκοτεινό χειμώνα της Ανταρκτικής (Farman et al., 1985).



Εικόνα 3: Οκτώβριος 1998. Από το φασματόμετρο χαρτογράφησης ολικού όζοντος της Γης Ανιχνευτής (TOMS EP). Τα χαμηλά επίπεδα όζοντος είναι διαφανή (μπλε), ενώ τα υψηλά επίπεδα είναι αδιαφανή (λευκό).
(<https://earthobservatory.nasa.gov/features/Ozone>)

Η εποχιακή αυτή, «τρύπα» του όζοντος ή η λέπτυνση της στιβάδας του όζοντος επεκτάθηκε. Το 1992 και 1993 κάλυπτε μία περιοχή τρεις φορές μεγαλύτερη από το μέγεθος της ηπειρωτικής περιοχής των Η.Π.Α..

Με βάση τις μετρήσεις τους οι επιστήμονες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι κατεξοχήν ένοχοι γι' αυτό που συνέβαινε ήταν οι CFC. Κάθε χειμώνα οι σταθεροί άνεμοι που φυσούν σε κυκλικό πρότυπο πάνω από τους πόλους της γης δημιουργούν τους πολικούς στροβιλισμούς, τεράστιες μάζες ψυχρού αέρα που παγιδεύονται πάνω από τους πόλους μέχρι την επιστροφή του ήλιου μετά από μερικούς μήνες. Όταν το νερό των

νεφώσεων μετατρέπεται σε σταγονίδια εισβάλουν σ' αυτά τα μεγάλα κυκλικά ρεύματα ψυχρού αέρα και σχηματίζουν λεπτούς κρυστάλλους πάγου. Οι επιφάνειες αυτών των κρυστάλλων συλλέγουν τα CFC και άλλα χημικά που μειώνουν το όζον στη στρατόσφαιρα δίνοντάς τους τη δυνατότητα να καταστρέφουν το όζον πολύ πιο γρήγορα. Η επιστροφή της ηλιακής ακτινοβολίας δύο έως τρεις μήνες αργότερα προκαλεί μείωση του όζοντος επί εβδομάδες πριν διασπαστεί ο στρόβιλος. Τεράστιες μάζες ανέμου που μειώνουν το όζον πάνω από την Ανταρκτική ρέουν στη συνέχεια προς τα βόρεια, παραμένουν επί μερικές εβδομάδες πάνω από την Αυστραλία, τη Νέα Ζηλανδία, στις νότιες άκρες της Νοτίου Αμερικής και στην Αφρική αυξάνοντας τα επίπεδα της ηλιακής ακτινοβολίας σ' αυτές τις περιοχές κατά 20%.

Το 1988 οι επιστήμονες ανακάλυψαν ότι όμοια αλλά λιγότερο σοβαρή λέπτυνση του όζοντος σημειώνεται πάνω από το Βόρειο Πόλο στη διάρκεια της άνοιξης και στις αρχές του καλοκαιριού στην Αρκτική, με εποχιακή απώλεια όζοντος 10-25% σε σύγκριση με το 50% και παραπάνω που σημειώνεται στο μεγαλύτερο μέρος της Ανταρκτικής (Miller, 1999).

Ενώ ουσίες που καταστρέφουν το όζον υπάρχουν σε όλη τη στιβάδα του στρατοσφαιρικού όζοντος επειδή μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις από τις ατμοσφαιρικές κινήσεις του αέρα, η σοβαρή εξάντληση του στρώματος του όζοντος συμβαίνει μόνο στην Ανταρκτική, λόγω των ειδικών μετεωρολογικών και χημικών συνθηκών που υπάρχουν εκεί και πουθενά αλλού στον πλανήτη (Salawitch, 2018).

1.2.2 Κύρια στάδια στην καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος.

Εκπομπές, συσσώρευση και μεταφορά. Η διαδικασία καταστροφής του στρατοσφαιρικού όζοντος αρχίζει με την εκπομπή αερίων πηγής αλογόνου από ανθρώπινες δραστηριότητες και φυσικές διεργασίες. Αυτές οι ενώσεις έχουν τουλάχιστον ένα άτομο άνθρακα και ένα άτομο αλογόνου (αλογονάνθρακες). Τα αέρια πηγής αλογόνου, που συχνά αναφέρονται ως ουσίες που καταστρέφουν το όζον (ODS), περιλαμβάνουν μεταποιημένες χημικές ουσίες που απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα από ποικίλες εφαρμογές, όπως ψύξη, κλιματισμό και εμφύσηση αφρού. Οι χλωροφθοράνθρακες (CFC) είναι ένα σημαντικό παράδειγμα ενός αερίου πηγής αλογόνου που περιέχει χλώριο. Τα εκπεμπόμενα αέρια συσσωρεύονται στην κατώτερη ατμόσφαιρα (τροπόσφαιρα) και μεταφέρονται στη στρατόσφαιρα με φυσικές κινήσεις του αέρα. Η συσσώρευση συμβαίνει επειδή τα περισσότερα αέρια πηγής αλογόνου είναι εξαιρετικά αδρανή στην κατώτερη ατμόσφαιρα. Μικρές ποσότητες αυτών των αερίων διαλύονται στα ωκεάνια ύδατα. Η χαμηλή αντιδραστικότητα αυτών των κατασκευασμένων αλογονωμένων αερίων είναι μια ιδιότητα που τα κατέστησε κατάλληλα για εξειδικευμένες εφαρμογές όπως η ψύξη.

Ορισμένα αέρια αλογόνου εκπέμπονται σε σημαντικές ποσότητες από φυσικές πηγές. Αυτές οι εκπομπές συσσωρεύονται επίσης στην τροπόσφαιρα, μεταφέρονται στη στρατόσφαιρα και συμμετέχουν σε αντιδράσεις καταστροφής του όζοντος. Αυτά τα φυσικά εκπεμπόμενα αέρια αποτελούν μέρος της φυσικής ισορροπίας της παραγωγής και

καταστροφής του όζοντος που προηγείται της μεγάλης απελευθέρωσης των κατασκευασμένων αλογονωμένων αερίων (Salawitch, 2018).

Μετατροπή, αντίδραση και αφαίρεση. Τα αέρια πηγής αλογόνου δεν αντιδρούν άμεσα με το όζον. Μόλις εισέλθουν στη στρατόσφαιρα, τα αέρια πηγής αλογόνου μετατρέπονται χημικά σε δραστικά αέρια αλογόνου με υπεριώδη ακτινοβολία από τον Ήλιο. Ο ρυθμός μετατροπής σχετίζεται με την ατμοσφαιρική διάρκεια ζωής ενός αερίου. Τα αέρια με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής έχουν βραδύτερους ρυθμούς μετατροπής και επιβιώνουν περισσότερο στην ατμόσφαιρα μετά την εκπομπή. Η διάρκεια ζωής των κύριων ODS κυμαίνεται από περίπου 1 έως 100 χρόνια. Εκπεμπόμενα μόρια αερίου με ατμοσφαιρική διάρκεια ζωής μεγαλύτερη από μερικά χρόνια κυκλοφορούν μεταξύ της τροπόσφαιρας και της στρατόσφαιρας πολλές φορές, κατά μέσο όρο, πριν συμβεί η μετατροπή.

Τα αντιδραστικά αέρια που σχηματίζονται από τα αέρια πηγής αλογόνου αντιδρούν χημικά για να καταστρέψουν το όζον στη στρατόσφαιρα. Μετά από μερικά χρόνια, ο αέρας στη στρατόσφαιρα επιστρέφει στην τροπόσφαιρα, φέρνοντας μαζί του αντιδραστικά αέρια αλογόνου. Αυτά τα αντιδραστικά αέρια αλογόνου στη συνέχεια απομακρύνονται από την ατμόσφαιρα με βροχή και άλλες βροχοπτώσεις ή εναποτίθενται στις επιφάνειες της γης ή των ωκεανών. Αυτή η απομάκρυνση τερματίζει την καταστροφή του όζοντος από άτομα χλωρίου και βρωμίου που απελευθερώθηκαν για πρώτη φορά στην ατμόσφαιρα ως συστατικά των μορίων αερίου πηγής αλογόνου (Salawitch, 2018).

Τροποσφαιρική μετατροπή. Τα αέρια πηγής αλογόνου με μικρή διάρκεια ζωής (λιγότερο από 1 έτος) υφίστανται σημαντική χημική μετατροπή στην τροπόσφαιρα, παράγοντας αντιδραστικά αέρια αλογόνου και άλλες ενώσεις. Τα μόρια αερίου πηγής αλογόνου που δεν μετατρέπονται μεταφέρονται στη στρατόσφαιρα. Μόνο μικρές μερίδες αντιδραστικών αερίων αλογόνου που παράγονται στην τροπόσφαιρα μεταφέρονται στη στρατόσφαιρα, επειδή τα περισσότερα απομακρύνονται με καθίζηση. Σημαντικά παραδείγματα αερίων αλογόνου που υφίστανται κάποια τροποσφαιρική απομάκρυνση είναι οι υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFC), το μεθυλοβρωμίδιο (CH_3Br), μεθυλοχλωρίδιο (CH_3Cl), και αέρια που περιέχουν ιώδιο (Salawitch, 2018).

1.3 ΑΙΤΙΑ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ ΤΗΣ ΣΤΙΒΑΔΑΣ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ

1.3.1 Ουσίες και αέρια που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος

Ουσίες που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος (ODS). Οι συνολικές εκπομπές ODS αυξήθηκαν σημαντικά από τα μέσα έως τα τέλη του 20ού αιώνα, κορυφώθηκαν στα τέλη της δεκαετίας του 1980 και τώρα μειώνονται. Ένα μεγάλο μέρος των εκπεμπόμενων ODS φτάνουν στη στρατόσφαιρα, όπου μετατρέπονται σε δραστικά αέρια που περιέχουν χλώριο και βρώμιο που οδηγούν σε καταστροφή του όζοντος. Τα ODS που περιέχουν μόνο άνθρακα, χλώριο και φθόριο ονομάζονται χλωροφθοράνθρακες, συνήθως

συντομογραφημένοι ως CFC. Οι κυριότεροι CFC είναι οι CFC-11 (CCl_3F), CFC-12 (CCl_2F_2), και CFC-113 ($\text{CCl}_2\text{FCClF}_2$). CFC, μαζί με τετραχλωράνθρακα (CCl_4) και μεθυλοχλωροφόρμιο (CH_3CCl_3), ιστορικά υπήρξαν τα σημαντικότερα αέρια πηγής αλογόνου που περιέχουν χλώριο και εκπέμπονται από ανθρώπινες δραστηριότητες. Αυτά και άλλα ODS που περιέχουν χλώριο έχουν χρησιμοποιηθεί σε πολλές εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένης της ψύξης, του κλιματισμού, της εμφύσησης αφρού, των προωθητικών δοχείων ψεκασμού και του καθαρισμού μετάλλων και ηλεκτρονικών εξαρτημάτων.

Μια άλλη κατηγορία ODS περιέχει βρώμιο. Τα σημαντικότερα από αυτά τα αέρια είναι τα halons και το μεθυλοβρωμίδιο (CH_3Br). Τα halons είναι μια ομάδα βιομηχανικών ενώσεων που περιέχουν τουλάχιστον ένα βρώμιο και ένα άτομο άνθρακα. Τα halons μπορεί να περιέχουν ή να μην περιέχουν άτομο χλωρίου. Τα halons αναπτύχθηκαν αρχικά για την κατάσβεση πυρκαγιών και χρησιμοποιήθηκαν ευρέως για την προστασία μεγάλων εγκαταστάσεων υπολογιστών, στρατιωτικού υλικού και κινητήρων εμπορικών αεροσκαφών. Κατά συνέπεια, κατά τη χρήση τα halons απελευθερώνονται απευθείας στην ατμόσφαιρα. Τα halon-1211 και halon-1301 είναι τα πιο άφθονα halons που εκπέμπονται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Το μεθυλοβρωμίδιο χρησιμοποιείται κυρίως ως υποκαπνιστικό για τον έλεγχο παρασίτων στη γεωργία και την απολύμανση των εξαγωγικών ναυτιλιακών αγαθών και έχει επίσης σημαντικές φυσικές πηγές (Salawitch, 2018).

Φυσικές πηγές χλωρίου και βρωμίου. Υπάρχουν μερικά αέρια πηγής αλογόνου που υπάρχουν στη στρατόσφαιρα που έχουν μεγάλες φυσικές πηγές. Αυτά περιλαμβάνουν μεθυλοχλωρίδιο (CH_3Cl) και μεθυλοβρωμίδιο (CH_3Br), τα οποία εκπέμπονται από ωκεάνια και χερσαία οικοσυστήματα. Επιπλέον, πολύ βραχύβια αρχικά αέρια που περιέχουν βρώμιο, όπως το βρωμοφόρμιο (CHBr_3) και το διβρωμομεθάνιο (CH_2MB_2) απελευθερώνονται επίσης στην ατμόσφαιρα, κυρίως από τη βιολογική δραστηριότητα στους ωκεανούς. Μόνο ένα κλάσμα των εκπομπών πολύ βραχύβιων αερίων πηγής φτάνει στη στρατόσφαιρα, επειδή αυτά τα αέρια απομακρύνονται αποτελεσματικά στην κατώτερη ατμόσφαιρα. Τα ηφαίστεια παρέχουν μια επεισοδιακή πηγή αντιδραστικών αερίων αλογόνου που μερικές φορές φτάνουν στη στρατόσφαιρα σε σημαντικές ποσότητες. Άλλες φυσικές πηγές αλογόνων περιλαμβάνουν το αντιδραστικό χλώριο και το βρώμιο που παράγονται από την εξάτμιση των ωκεανών. Αυτές οι δραστικές χημικές ουσίες διαλύονται εύκολα στο νερό και απομακρύνονται στην τροπόσφαιρα. Το 2016, οι φυσικές πηγές συνεισέφεραν περίπου το 16% του συνολικού στρατοσφαιρικού χλωρίου και περίπου το 50% του συνολικού στρατοσφαιρικού βρωμίου. Η ποσότητα χλωρίου και βρωμίου που εισέρχεται στη στρατόσφαιρα από φυσικές πηγές είναι αρκετά σταθερή με την πάροδο του χρόνου και, ως εκ τούτου, δεν μπορεί να είναι η αιτία της καταστροφής του όζοντος που παρατηρείται από τη δεκαετία του 1980 (Salawitch, 2018).

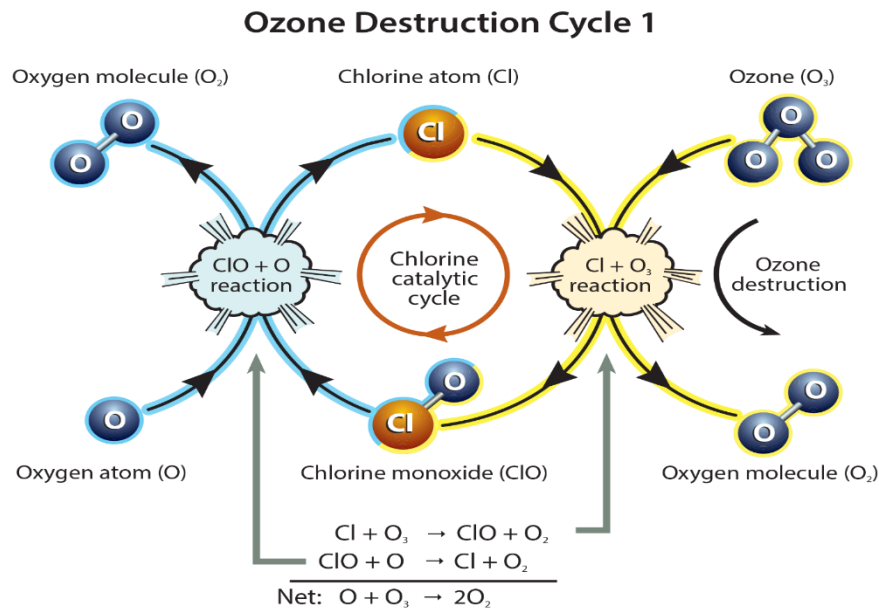
Άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες που αποτελούν πηγές αερίων χλωρίου και βρωμίου. Άλλα αέρια που περιέχουν χλώριο και βρώμιο απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα από ανθρώπινες δραστηριότητες. Κοινά παραδείγματα είναι η χρήση

διαλυτών που περιέχουν χλώριο και βιομηχανικών χημικών ουσιών, καθώς και η χρήση αερίων χλωρίου στην παραγωγή χαρτιού και την απολύμανση πόσιμου και βιομηχανικού νερού (συμπεριλαμβανομένων των πισινών). Τα περισσότερα από αυτά τα αέρια είναι πολύ βραχύβια και μόνο ένα μικρό κλάσμα των εκπομπών τους φτάνει στη στρατόσφαιρα. Η συμβολή των πολύ βραχύβιων χλωριωμένων αερίων από φυσικές πηγές και ανθρώπινες δραστηριότητες στο ολικό στρατοσφαιρικό χλώριο ήταν 44% μεγαλύτερη το 2016 σε σύγκριση με το 1993 και τώρα συνεισφέρει περίπου το 3,5% του συνολικού χλωρίου που εισέρχεται στη στρατόσφαιρα. Επιπλέον, οι κινητήρες των πυραύλων που χρησιμοποιούνται για την προώθηση ωφέλιμων φορτίων σε τροχιά, απελευθερώνουν αντιδραστικά αέρια χλωρίου απευθείας στην τροπόσφαιρα και τη στρατόσφαιρα. Οι ποσότητες χλωρίου που εκπέμπονται παγκοσμίως από πυραύλους είναι σήμερα μικρές σε σύγκριση με τις εκπομπές αλογόνου από άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες (Salawitch, 2018).

1.3.2 «Καταλυτικοί κύκλοι» καταστροφής του όζοντος

Τα ενεργά αέρια που περιέχουν χλώριο και βρώμιο καταστρέφουν το στρατοσφαιρικό όζον σε «καταλυτικούς» κύκλους που αποτελούνται από δύο ή περισσότερες ξεχωριστές αντιδράσεις. Ως αποτέλεσμα, ένα μόνο άτομο χλωρίου ή βρωμίου μπορεί να καταστρέψει πολλές χιλιάδες μόρια όζοντος πριν φύγει από τη στρατόσφαιρα. Με αυτόν τον τρόπο, μια μικρή ποσότητα αντιδραστικού χλωρίου ή βρωμίου έχει μεγάλη επίδραση στη στιβάδα του όζοντος. Αυτά τα αέρια συμμετέχουν σε τρεις κύριους κύκλους αντίδρασης που καταστρέφουν το όζον (Salawitch, 2018).

Κύκλος 1. Ο κύκλος 1 της καταστροφής του όζοντος απεικονίζεται στην Εικόνα 4. Ο κύκλος αποτελείται από δύο βασικές αντιδράσεις: $\text{Cl} + \text{O}_3$ και $\text{ClO} + \text{O}$. Το καθαρό αποτέλεσμα του κύκλου 1 είναι η μετατροπή ενός μορίου όζοντος και ενός ατόμου οξυγόνου σε δύο μόρια οξυγόνου. Σε κάθε κύκλο, το χλώριο δρα ως καταλύτης επειδή το ClO και το Cl αντιδρούν και αναμορφώνονται. Με αυτόν τον τρόπο, ένα άτομο Cl συμμετέχει σε πολλούς κύκλους, καταστρέφοντας πολλά μόρια όζοντος. Κατά τη διάρκεια του συνολικού χρόνου παραμονής του στη στρατόσφαιρα, σε τυπικές στρατοσφαιρικές συνθήκες σε μεσαία ή χαμηλά γεωγραφικά πλάτη, ένα μόνο άτομο χλωρίου μπορεί να καταστρέψει χιλιάδες μόρια όζοντος πριν συμβεί να αντιδράσει με ένα άλλο αέριο, σπάζοντας τον καταλυτικό κύκλο (Salawitch, 2018).

**Εικόνα 4:** Κύκλος καταστροφής όζοντος 1

<https://csl.noaa.gov/assessments/ozone/2018/twentyquestions/#section-ii>

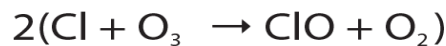
Πολικοί κύκλοι 2 και 3. Η αφθονία του ClO αυξάνεται σημαντικά στις πολικές περιοχές κατά τα τέλη του χειμώνα και νωρίς την άνοιξη, σε σχέση με άλλες εποχές, ως αποτέλεσμα των αντιδράσεων στις επιφάνειες των πολικών στρατοσφαιρικών νεφών. Οι κύκλοι 2 και 3 (Εικόνα 5) γίνονται οι κυρίαρχοι μηχανισμοί αντίδρασης για την απώλεια πολικού όζοντος λόγω της υψηλής αφθονίας ClO και της σχετικά χαμηλής αφθονίας ατομικού οξυγόνου (που περιορίζει το ρυθμό απώλειας όζοντος από τον κύκλο 1). Ο κύκλος 2 αρχίζει με την αυτοαντίδραση του ClO. Ο κύκλος 3, ο οποίος αρχίζει με την αντίδραση του ClO με BrO, έχει δύο οδούς αντίδρασης που παράγουν είτε Cl και Br είτε BrCl. Το καθαρό αποτέλεσμα και των δύο κύκλων είναι η καταστροφή δύο μορίων όζοντος και η δημιουργία τριών μορίων οξυγόνου. Οι κύκλοι 2 και 3 αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο μέρος της απώλειας όζοντος που παρατηρήθηκε στη στρατόσφαιρα πάνω από τις περιοχές της Αρκτικής και της Ανταρκτικής στα τέλη του χειμώνα/αρχές της άνοιξης. Σε υψηλές τιμές ClO, ο ρυθμός καταστροφής του πολικού όζοντος μπορεί να φτάσει το 2 έως 3% ημερησίως (Salawitch, 2018).

Απαίτηση ηλιακού φωτός. Το φως του ήλιου απαιτείται για την ολοκλήρωση και τη διατήρηση αυτών των κύκλων αντίδρασης. Ο κύκλος 1 απαιτεί υπεριώδη (UV) ακτινοβολία που είναι αρκετά ισχυρή για να διασπάσει το μοριακό οξυγόνο σε ατομικό οξυγόνο. Ο κύκλος 1 είναι πιο σημαντικός στη στρατόσφαιρα σε υψόμετρα πάνω από περίπου 30 χιλιόμετρα (18,6 μίλια), όπου η ηλιακή ακτινοβολία UV-C είναι πιο έντονη. Οι κύκλοι 2 και 3 απαιτούν επίσης ηλιακό φως.

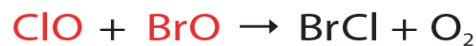
Στο συνεχές σκοτάδι του χειμώνα στην πολική στρατόσφαιρα, οι κύκλοι αντίδρασης 2

Ozone Destruction Cycles in Polar Regions

Cycle 2



Cycle 3



και 3 δεν μπορούν να συμβούν. Το φως του ήλιου είναι απαραίτητο για να σπάσει το ClO_2 και το BrCl , με αποτέλεσμα την αφθονία ClO και BrO , αρκετά μεγάλη ώστε να οδηγήσει σε ταχεία απώλεια όζοντος από τους κύκλους 2 και 3. Αυτοί οι κύκλοι είναι πιο ενεργοί όταν το φως του ήλιου επιστρέφει στις πολικές περιοχές στα τέλη του χειμώνα, νωρίς την άνοιξη. Ως εκ τούτου, η μεγαλύτερη καταστροφή του όζοντος συμβαίνει στις μερικές έως πλήρως ηλιόλουστες περιόδους μετά τα μέσα του χειμώνα στην πολική στρατόσφαιρα.

Εικόνα 5: Καταστροφή πολικού όζοντος Κύκλοι 2 και 3.

<https://csl.noaa.gov/assessments/ozone/2018/twentyquestions/#section-ii>

Η ηλιακή ακτινοβολία UV-A δεν επαρκεί για να σχηματίσει όζον, επειδή αυτή η διαδικασία απαιτεί πιο ενεργητική ηλιακή ακτινοβολία UV-C. Στα τέλη του χειμώνα / νωρίς την άνοιξη, μόνο η UV-A και η ορατή ηλιακή ακτινοβολία είναι παρούσα στην πολική στρατόσφαιρα, λόγω των χαμηλών γωνιών του ήλιου. Ως αποτέλεσμα, η καταστροφή του όζοντος από τους κύκλους 2 και 3 στην ηλιόλουστη πολική στρατόσφαιρα κατά τη διάρκεια της άνοιξης να υπερβαίνει κατά πολύ την παραγωγή όζοντος (Salawitch, 2018).

1.4 ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ ΤΗΣ ΣΤΙΒΑΔΑΣ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ

Καταστροφή της στιβάδας του όζοντος σημαίνει λιγότερη προστασία από τις ακτίνες του ήλιου και μεγαλύτερη έκθεση σε UVB ακτινοβολία στην επιφάνεια της Γης. Μελέτες έχουν δείξει ότι στην Ανταρκτική, η ποσότητα UVB που μετράται στην επιφάνεια μπορεί να διπλασιαστεί κατά τη διάρκεια της ετήσιας τρύπας του όζοντος.

1.4.1 Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία

Η εξάντληση της στιβάδας του όζοντος αυξάνει την ποσότητα UVB που φτάνει στην επιφάνεια της Γης. Εργαστηριακές και επιδημιολογικές μελέτες δείχνουν ότι η UVB προκαλεί καρκίνο του δέρματος χωρίς μελάνωμα και παίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη κακοήθους μελανώματος. Επιπλέον, η UVB έχει συνδεθεί με την ανάπτυξη καταρράκτη, μια θόλωση του φακού του ματιού (Environmental Protection Agency, 2024b).

1.4.1.1 Καρκίνος του δέρματος

Κάθε χρόνο, περισσότερες νέες περιπτώσεις καρκίνου του δέρματος διαγιγνώσκονται στις ΗΠΑ από τις νέες περιπτώσεις καρκίνου του μαστού, του προστάτη, του πνεύμονα και του παχέος εντέρου μαζί. Ένας στους πέντε Αμερικανούς θα αναπτύξει καρκίνο του δέρματος στη διάρκεια της ζωής του. Ένας Αμερικανός πεθαίνει από καρκίνο του δέρματος κάθε ώρα. Η απροστάτευτη έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία είναι ο πιο αποτρέψιμος παράγοντας κινδύνου για καρκίνο του δέρματος (Environmental Protection Agency, 2024b).

1.4.1.2 Μελάνωμα

Το μελάνωμα, η πιο σοβαρή μορφή καρκίνου του δέρματος, είναι πλέον ένας από τους πιο κοινούς καρκίνους μεταξύ των εφήβων και των νεαρών ενηλίκων ηλικίας 15-29 ετών. Ενώ το μελάνωμα αντιπροσωπεύει περίπου το τρία τοις εκατό των περιπτώσεων καρκίνου του δέρματος, προκαλεί περισσότερο από το 75 τοις εκατό των θανάτων από καρκίνο του δέρματος. Η έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία και τα ηλιακά εγκαύματα, ιδιαίτερα κατά την παιδική ηλικία, αποτελούν παράγοντες κινδύνου για την ασθένεια. Δεν σχετίζονται όλα τα μελανώματα αποκλειστικά με τον ήλιο, αλλά από πιθανές επιρροές από γενετικούς παράγοντες και ανεπάρκειες του ανοσοποιητικού συστήματος (Environmental Protection Agency, 2024b).

1.4.1.3 Μη μελανωματικοί καρκίνοι του δέρματος

Οι καρκίνοι του δέρματος χωρίς μελάνωμα είναι λιγότερο θανατηφόροι από τα μελανώματα. Παρ' όλα αυτά, μπορούν να εξαπλωθούν εάν αφεθούν χωρίς θεραπεία, προκαλώντας παραμόρφωση και πιο σοβαρά προβλήματα υγείας. Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι μη μελανωματικών καρκίνων του δέρματος: βασικοκυτταρικό και ακανθοκυτταρικό καρκίνωμα. Εάν εντοπιστούν και αντιμετωπιστούν νωρίς, αυτοί οι δύο καρκίνοι είναι σπάνια θανατηφόροι (Environmental Protection Agency, 2024b).

- Τα βασικοκυτταρικά καρκινώματα είναι ο πιο κοινός τύπος όγκων καρκίνου του δέρματος. Συνήθως εμφανίζονται ως μικρά, σαρκώδη εξογκώματα ή οζίδια στο κεφάλι και το λαιμό, αλλά μπορεί να εμφανιστούν σε άλλες περιοχές του δέρματος. Το βασικοκυτταρικό καρκίνωμα αναπτύσσεται αργά και σπάνια

εξαπλώνεται σε άλλα μέρη του σώματος. Μπορεί, ωστόσο, να διεισδύσει στο οστό και να προκαλέσει σημαντικές βλάβες.

- Τα ακανθοκυτταρικά καρκινώματα είναι όγκοι που μπορεί να εμφανιστούν ως οζίδια ή ως κόκκινα, φολιδωτά μπαλώματα. Αυτός ο καρκίνος μπορεί να εξαελιχθεί σε μεγάλες μάζες και σε αντίθεση με το βασικοκυτταρικό καρκίνωμα, μπορεί να εξαπλωθεί σε άλλα μέρη του σώματος.

1.4.1.4 Πρόωρη γήρανση και άλλες βλάβες του δέρματος

Άλλες δερματικές διαταραχές που σχετίζονται με την υπεριώδη ακτινοβολία περιλαμβάνουν ακτινικές υπερκερατώσεις και πρόωρη γήρανση του δέρματος. Οι ακτινικές υπερκερατώσεις είναι δερματικές αναπτύξεις που συμβαίνουν σε περιοχές του σώματος που εκτίθενται στον ήλιο. Το πρόσωπο, τα χέρια, οι βραχίονες και το "V" του λαιμού είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα σε αυτόν τον τύπο βλάβης. Αν και προκαρκινικές, οι ακτινικές υπερκερατώσεις αποτελούν παράγοντα κινδύνου για ακανθοκυτταρικό καρκίνωμα.

Η χρόνια έκθεση στον ήλιο προκαλεί επίσης πρόωρη γήρανση, η οποία με την πάροδο του χρόνου μπορεί να κάνει το δέρμα να γίνει παχύ, ζαρωμένο και δερματώδες. Δεδομένου ότι εμφανίζεται σταδιακά, συχνά εκδηλώνεται πολλά χρόνια μετά την πλειοψηφία της έκθεσης ενός ατόμου στον ήλιο. Η πρόωρη γήρανση θεωρείται συχνά ως ένα αναπόφευκτο, φυσιολογικό μέρος της γήρανσης. Ωστόσο, έως και το 90% των ορατών αλλαγών του δέρματος που συνήθως αποδίδονται στη γήρανση προκαλούνται από τον ήλιο. Με την κατάλληλη προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία, μπορεί να αποφευχθεί η πρόωρη γήρανση του δέρματος (Environmental Protection Agency, 2024b).

1.4.1.5 Καταρράκτης και άλλες οφθαλμικές βλάβες

Ο καταρράκτης είναι μια μορφή βλάβης των ματιών στην οποία η απώλεια διαφάνειας στο φακό του ματιού θολώνει την όραση. Εάν αφεθεί χωρίς θεραπεία, ο καταρράκτης μπορεί να οδηγήσει σε τύφλωση. Έρευνες έχουν δείξει ότι η υπεριώδης ακτινοβολία αυξάνει την πιθανότητα ορισμένων μορφών καταρράκτη. Αν και ιάσιμος με τη σύγχρονη χειρουργική επέμβαση ματιών, ο καταρράκτης μειώνει την όραση εκατομμυρίων Αμερικανών και κοστίζει δισεκατομμύρια δολάρια σε ιατρική περίθαλψη κάθε χρόνο.

Άλλα είδη βλάβης των ματιών περιλαμβάνουν το πτερύγιο (ανάπτυξη ιστού που μπορεί να εμποδίσει την όραση), τον καρκίνο του δέρματος γύρω από τα μάτια και τον εκφυλισμό της ωχράς κηλίδας (το τμήμα του αμφιβληστροειδούς όπου η οπτική αντίληψη είναι πιο οξεία). Όλα αυτά τα προβλήματα μπορούν να μειωθούν με την κατάλληλη προστασία των ματιών (Environmental Protection Agency, 2024b).

1.4.1.6 Καταστολή του ανοσοποιητικού συστήματος

Οι επιστήμονες έχουν διαπιστώσει ότι η υπερβολική έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία μπορεί να καταστείλει την καλή λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος του σώματος και τη φυσική άμυνα του δέρματος. Για παράδειγμα, το δέρμα συνήθως τοποθετεί μια άμυνα ενάντια σε ξένους εισβολείς, όπως καρκίνους και λοιμώξεις. Αλλά η υπερβολική έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία μπορεί να αποδυναμώσει το ανοσοποιητικό σύστημα, μειώνοντας την ικανότητα του δέρματος να προστατεύει από αυτούς τους εισβολείς (Environmental Protection Agency, 2024b).

1.4.2 Επιδράσεις στα φυτά

Η ακτινοβολία UVB επηρεάζει τις φυσιολογικές και αναπτυξιακές διεργασίες των φυτών. Παρά τους μηχανισμούς για τη μείωση ή την αποκατάσταση αυτών των επιδράσεων και την ικανότητα προσαρμογής σε αυξημένα επίπεδα UVB, η ανάπτυξη των φυτών μπορεί να επηρεαστεί άμεσα από την ακτινοβολία UVB.

Οι έμμεσες αλλαγές που προκαλούνται από την UVB (όπως αλλαγές στη μορφή των φυτών, ο τρόπος κατανομής των θρεπτικών ουσιών μέσα στο φυτό, ο χρόνος των αναπτυξιακών φάσεων και ο δευτερογενής μεταβολισμός) μπορεί να είναι εξίσου ή μερικές φορές πιο σημαντικές από τις επιβλαβείς επιδράσεις της UVB. Αυτές οι αλλαγές μπορούν να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην ανταγωνιστική ισορροπία των φυτών, τα φυτοφάγα, τις ασθένειες των φυτών και τους βιογεωχημικούς κύκλους (Environmental Protection Agency, 2024b).

1.4.3 Επιπτώσεις στα θαλάσσια οικοσυστήματα

Το φυτοπλαγκτόν αποτελεί το θεμέλιο των υδρόβιων τροφικών ιστών. Η παραγωγικότητα του φυτοπλαγκτού περιορίζεται στην ευφωτική ζώνη, το ανώτερο στρώμα της στήλης νερού στο οποίο υπάρχει αρκετό ηλιακό φως για την υποστήριξη της καθαρής παραγωγικότητας. Η έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία UVB έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζει τόσο τον προσανατολισμό όσο και την κινητικότητα στο φυτοπλαγκτόν, με αποτέλεσμα μειωμένα ποσοστά επιβίωσης για αυτούς τους οργανισμούς. Οι επιστήμονες έχουν αποδείξει άμεση μείωση της παραγωγής φυτοπλαγκτού λόγω της αύξησης της UVB που σχετίζεται με την καταστροφή του όζοντος.

Η ακτινοβολία UVB έχει βρεθεί ότι προκαλεί βλάβη στα πρώιμα αναπτυξιακά στάδια των ψαριών, των γαρίδων, των καβουριών, των αμφιβίων και άλλων θαλάσσιων ζώων. Οι πιο σοβαρές επιπτώσεις είναι η μειωμένη αναπαραγωγική ικανότητα και η μειωμένη ανάπτυξη των προνυμφών. Μικρές αυξήσεις στην έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε μείωση του πληθυσμού των μικρών θαλάσσιων οργανισμών με επιπτώσεις σε ολόκληρη τη θαλάσσια τροφική αλυσίδα (Environmental Protection Agency, 2024b).

1.4.4 Επιδράσεις στους βιογεωχημικούς κύκλους

Οι αυξήσεις της ακτινοβολίας UVB θα μπορούσαν να επηρεάσουν τους επίγειους και υδάτινους βιογεωχημικούς κύκλους, μεταβάλλοντας έτσι τόσο τις πηγές όσο και τις καταβόθρες αερίων θερμοκηπίου και χημικά σημαντικών ιχνοαερίων (π.χ. διοξείδιο του άνθρακα, μονοξείδιο του άνθρακα, καρβονυλοσουλφίδιο, όζον και ενδεχομένως άλλα αέρια). Αυτές οι πιθανές αλλαγές θα συμβάλουν στην ανάδραση βιόσφαιρας-ατμόσφαιρας που μετριάξει ή ενισχύει τις ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις αυτών των αερίων (Environmental Protection Agency, 2024b).

1.4.5 Επιδράσεις στα υλικά

Τα συνθετικά πολυμερή, τα φυσικά βιοπολυμερή, καθώς και ορισμένα άλλα υλικά εμπορικού ενδιαφέροντος επηρεάζονται δυσμενώς από την ακτινοβολία UVB. Τα σημερινά υλικά προστατεύονται κάπως από την UVB με ειδικά πρόσθετα. Ωστόσο, οι αυξήσεις στα επίπεδα UVB θα επιταχύνουν τη διάσπασή τους, περιορίζοντας το χρονικό διάστημα για το οποίο είναι χρήσιμα σε εξωτερικούς χώρους (Environmental Protection Agency, 2024b).

1.4.6 Επίδραση στο τοπικό κλίμα της Ανταρκτικής

Οι σχέσεις μεταξύ της καταστροφής του στρατοσφαιρικού όζοντος και των αλλαγών στο επιφανειακό κλίμα βρέθηκαν για πρώτη φορά σε ερευνητικές μελέτες στις αρχές της δεκαετίας του 2000, βασισμένες τόσο σε παρατηρήσεις όσο και σε μοντέλα. Ενώ τα αυξανόμενα αέρια του θερμοκηπίου (όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο και το υποξείδιο του αζώτου) είναι οι κύριοι παράγοντες της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής, η τρύπα του όζοντος της Ανταρκτικής, η οποία συμβαίνει κάθε άνοιξη από τις αρχές της δεκαετίας του 1980, αποδείχθηκε ότι συμβάλλει στις παρατηρούμενες αλλαγές στο κλίμα της επιφάνειας του νότιου ημισφαιρίου κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού λόγω των επιπτώσεών της στην ατμοσφαιρική κυκλοφορία (Salawitch, 2018).

1.5 ΛΥΣΕΙΣ - ΜΕΤΡΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΣΤΙΒΑΔΑΣ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ

Η προστασία της στιβάδας του όζοντος όπως και η κλιματική αλλαγή είναι ένα παγκόσμιο περιβαλλοντικό θέμα η σοβαρότητα του οποίου έγινε σαφής ήδη από τα τέλη της δεκαετίας του '70. Η Διεθνής κοινότητα ανταποκρίθηκε στο πρόβλημα θέτοντας σε εφαρμογή τη Συνθήκη της Βιέννης (1985) και το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ (1987). Τον συντονιστικό και διαχειριστικό ρόλο για την παρακολούθηση εφαρμογής του Πρωτοκόλλου έχει αναλάβει στα πλαίσια του UNEP (United Nations Environment

Programme) η Γραμματεία του Όζοντος (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2024).

Η *Σύμβαση της Βιέννης* για την προστασία της στιβάδας του όζοντος αποκαλείται συχνά ως “Συνθήκη Πλαίσιο” δεδομένου ότι αποτέλεσε το αρχικό πλαίσιο των προσπαθειών για την προστασία της στιβάδας του όζοντος. Συμφωνήθηκε το 1985 και τέθηκε σε εφαρμογή στις 22 Σεπτεμβρίου του 1988. Το 2009 η Σύμβαση της Βιέννης έγινε η πρώτη διεθνής συμφωνία που έτυχε καθολικής επικύρωσης από όλα τα κράτη μέλη (μέρη) του ΟΗΕ.

Στόχος της Σύμβασης ήταν η προώθηση της συνεργασίας μεταξύ των μερών στους τομείς της συστηματικής μελέτης, έρευνας και ανταλλαγής πληροφοριών για τις επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στη στιβάδα του όζοντος. Παράλληλα τα μέρη καλούνταν να λάβουν νομοθετικά και διοικητικά μέτρα για τον έλεγχο των ανθρώπινων δραστηριοτήτων που θα μπορούσαν να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στη στιβάδα του όζοντος. Η Σύμβαση της Βιέννης δεν δέσμευε τα μέρη στη λήψη συγκεκριμένων μέτρων. Τον ρόλο αυτό ανέλαβε, δύο χρόνια αργότερα, μία δεύτερη διεθνής συμφωνία, στα πλαίσια της Σύμβασης, το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ, Η Ελλάδα κύρωσε τη Συνθήκη το 1988 με τον Ν. 1818/1988, ΦΕΚ 253^Α/15-11-1988 (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2024).

Το *Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ* για τις ουσίες που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος, είχε αντικείμενο τη μείωση της παραγωγής και κατανάλωσης του ουσιών που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος (ozone depleting substances – ODS) με στόχο τη μείωση των συγκεντρώσεων των ουσιών αυτών στην ατμόσφαιρα και την προστασία της εύθραυστης στιβάδας του όζοντος. Το πρωτόκολλο συμφωνήθηκε στις 16 Σεπτεμβρίου 1987 και τέθηκε σε ισχύ την 1η Ιανουαρίου 1989.

Τα Ηνωμένα Έθνη έχουν ανακηρύξει την 16η Σεπτεμβρίου, ημερομηνία υπογραφής του Πρωτοκόλλου Παγκόσμια Ημέρα για την Προστασία της Στιβάδας του Όζοντος. Η Ελλάδα κύρωσε το Πρωτόκολλο το 1992 με τον Ν. 2110/1992, ΦΕΚ 206Α/29-12-1992 (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2024).

1.5.1 Το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ

Το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ θέτει συγκεκριμένους (και υποχρεωτικούς για τις χώρες-μέλη) περιορισμούς στην παραγωγή και κατανάλωση των ODS. Για κάθε μία από τις ομάδες των ODS (CFCs, Halons, HCFCs, μεθυλοβρωμίδιο κ.λπ.) τίθενται συγκεκριμένα χρονοδιαγράμματα που προβλέπουν μια διαδικασία παγώματος (σε σχέση με μία περίοδο αναφοράς), μείωσης, κατάργησης. Ισχύουν διαφορετικά χρονοδιαγράμματα για τις ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες, ή όπως χαρακτηρίζονται χώρες του άρθρου 5 (του πρωτοκόλλου). Στις αναπτυσσόμενες χώρες δίνεται συνήθως μια περίοδος χάριτος πριν αρχίσουν τη μείωση. Μέσα σε αυτή την περίοδο μπορούν ακόμη και να αυξήσουν τη χρήση των ODS.

Ορίζονται διαδικασίες ελέγχου των χωρών-μελών, όπως κανόνες για τη συλλογή και αναφορά ετήσιων στοιχείων (έτσι ώστε να είναι δυνατός ο έλεγχος), περιορισμοί στο εμπόριο και διαδικασίες που ακολουθούνται σε περίπτωση μη συμμόρφωσης.

Προβλέπονται ειδικές διατάξεις προσαρμογής που επιτρέπουν στα συμβαλλόμενα μέρη του Πρωτοκόλλου να ανταποκρίνονται γρήγορα στις νέες επιστημονικές πληροφορίες και να συμφωνούν σε επιτάχυνση των μειώσεων των ουσιών που καλύπτονται από το πρωτόκολλο.

Τον συντονιστικό και διαχειριστικό ρόλο για την παρακολούθηση εφαρμογής του Πρωτοκόλλου έχει αναλάβει στα πλαίσια του UNEP η *Γραμματεία του Όζοντος* με έδρα το Ναϊρόμπι. Διάφορα άλλα όργανα έχουν συσταθεί για να διευκολύνουν το έργο της Γραμματείας.

Το όργανο το οποίο ελέγχει τη συμμόρφωση των μερών είναι η Επιτροπή Συμμόρφωσης και ο ρόλος της είναι να εντοπίζει παραλήψεις, να εισηγείται μέτρα για την επίτευξη συμμόρφωσης και στη συνέχεια εάν αυτά αποτύχουν να εισηγείται ποινές. Σημαντικότερο ρόλο έχει η Επιστημονική και Τεχνική Επιτροπή (TEAP) που παρακολουθεί τη στιβάδα του όζοντος, τις επιστημονικές και τεχνολογικές εξελίξεις και ενημερώνει και εισηγείται ανάλογα.

Τα Μέρη έχουν οικονομικές υποχρεώσεις προς τη Σύμβαση και το Πρωτόκολλο για τις λειτουργικές ανάγκες της Γραμματείας.

Οι αναπτυγμένες χώρες έχουν επιπλέον υποχρεώσεις, ώστε να ενισχύονται οι αναπτυσσόμενες ως προς την εφαρμογή του Πρωτοκόλλου μέσω του ειδικού πολυμερούς ταμείου (Multilateral Fund – MLF). Το ύψος των υποχρεώσεων ακολουθεί την σχετική κλίμακα του ΟΗΕ που έχουν αποδεχτεί τα Κράτη Μέλη.

Κάθε χρόνο πραγματοποιείται Συνάντηση των Μερών (MOP) στην οποία συζητούνται όλα τα επί μέρους θέματα και αποφασίζονται (με ομοφωνία) προσαρμογές και τροποποιήσεις του πρωτοκόλλου (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2024).

1.5.2 Προσαρμογές και τροποποιήσεις του Πρωτοκόλλου

Το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ του 1987, ήταν το πρώτο βήμα της διεθνούς προσπάθειας για την προστασία του στρατοσφαιρικού όζοντος. Έκτοτε, το πρωτόκολλο έχει υποστεί αρκετές τροποποιήσεις και προσαρμογές προς την κατεύθυνση της συμπερίληψης νέων επικίνδυνων ουσιών και της συντόμευσης των χρονοδιαγραμμάτων μείωσης/απόσυρσης.

Στο πρωτόκολλο του 1987, οι ανεπτυγμένες χώρες ήταν υποχρεωμένες να αρχίσουν τη σταδιακή κατάργηση των χλωροφθορανθράκων (CFCs) το 1993 και να φθάσουν σε μείωση της κατανάλωσης κατά 50% (σε σχέση με τα επίπεδα του 1986) το 1998. Επίσης οι ανεπτυγμένες χώρες είχαν την υποχρέωση να παγώσουν την κατανάλωση των Halons στα επίπεδα του 1986. Στις αναπτυσσόμενες χώρες δόθηκε περίοδος χάριτος 10 ετών πριν αρχίσουν τη διαδικασία μείωσης.

Από το 1987, το πρωτόκολλο έχει υποστεί σημαντικές τροποποιήσεις και προσαρμογές οι οποίες έχουν συμφωνηθεί στις συναντήσεις των μερών (ΜΟΡ) με ομοφωνία (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2024).

Η τροποποίηση του Λονδίνου (1990) άλλαξε τα χρονοδιαγράμματα μείωσης για τα CFCs, τα halons και τον τετραχλωράνθρακα απαιτώντας την πλήρη κατάργησή τους (phase-out) μέχρι το 2000 στις ανεπτυγμένες χώρες, και μέχρι το 2010 στις αναπτυσσόμενες. Το μεθυλοχλωροφόρμιο προστέθηκε επίσης στον κατάλογο των ελεγχόμενων ODSs, με προβλεπόμενη κατάργηση το 2005 στις ανεπτυγμένες χώρες και το 2015 στις αναπτυσσόμενες.

Η τροποποίηση της Κοπεγχάγης (1992) επιτάχυνε σημαντικά τη σταδιακή κατάργηση των ODS και ενσωμάτωσε χρονοδιάγραμμα σταδιακής κατάργησης των HCFCs για τις ανεπτυγμένες χώρες, ξεκινώντας από το 2004. Βάσει της συμφωνίας αυτής, τα CFCs, τα halons, ο τετραχλωράνθρακας και το μεθυλοχλωροφόρμιο προβλέφθηκε να καταργηθούν το 1996 στις ανεπτυγμένες χώρες. Επιπλέον, η κατανάλωση βρωμιούχου μεθυλίου σταθεροποιήθηκε στα επίπεδα του 1991.

Η τροποποίηση του Μόντρεαλ (1997) προσδιόρισε την πλήρη κατάργηση των HCFCs στις αναπτυσσόμενες χώρες, καθώς και τη σταδιακή κατάργηση του βρωμιούχου μεθυλίου στις αναπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες το 2005 και το 2015, αντίστοιχα.

Η τροποποίηση του Πεκίνου (1999) ενσωμάτωσε αυστηρούς ελέγχους στην παραγωγή και το εμπόριο των HCFCs. Προστέθηκε επίσης το βρωμοχλωρομεθάνιο στον κατάλογο των ελεγχόμενων ουσιών με κατάργηση το 2004.

Εκτός από τις προσαρμογές και τροποποιήσεις του Πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ, στις συναντήσεις των μερών του πρωτοκόλλου (ΜΟΡ) κάθε χρόνο λαμβάνονται και πολλές εφαρμοστικές αποφάσεις. Μέχρι σήμερα έχουν ληφθεί περισσότερες από 750 αποφάσεις. Αξίζει εδώ να αναφερθεί η απόφαση 6 της 19ης ΜΟΡ (Απόφαση XIX/6 – Μόντρεαλ 2007) στην οποία τα συμβαλλόμενα μέρη συμφώνησαν σε μια πιο επιθετική πολιτική (χρονοδιαγράμματα) για την κατάργηση των HCFC τόσο στις ανεπτυγμένες όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Κατά τον ΟΗΕ το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ αποτελεί παράδειγμα επιτυχούς συνεργασίας της επιστημονικής κοινότητας και των πολιτικών και οικονομικών παραγόντων, καθώς και μεταξύ αναπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2024).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ ΤΟΥ ΜΟΝΤΡΕΑΛ – ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΣΤΙΒΑΔΑΣ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ

Σήμερα και μετά από 35 χρόνια εφαρμογής του Πρωτοκόλλου, η παγκόσμια επιστημονική κοινότητα είναι πλέον σε θέση να καταγράψει και να τεκμηριώσει τα πρώτα σίγουρα σημάδια αναστροφής του επικίνδυνου φαινομένου της καταστροφής της στιβάδας του στρατοσφαιρικού όζοντος.

Στις 10 Σεπτεμβρίου 2014 το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών (UNEP) και ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός (WMO) παρουσίασαν στη Νέα Υόρκη επίσημη έκθεση με τα αποτελέσματα των πρόσφατων επιστημονικών ερευνών για την κατάσταση της στιβάδας του όζοντος. Η έκθεση, η οποία συντάχθηκε και ελέγχθηκε από 282 επιστήμονες από 36 χώρες, δίνει τις πρώτες τεκμηριωμένες ενδείξεις για αναστροφή του φαινομένου (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2024) :

- Η εφαρμογή του Πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ είχε σαν αποτέλεσμα τη μείωση του συνολικού όγκου των καταστροφικών ουσιών (ODS) στην τροπόσφαιρα και τη στρατόσφαιρα και την καταγραφή πλέον πτωτικών τάσεων στις συγκεντρώσεις. Στις επί μέρους κατηγορίες ουσιών και ενώ το μεγαλύτερο μέρος αυτών μειώνεται, παρατηρείται ακόμη αύξηση για τα HCFCs και το Halon 1301.
- Σαν αποτέλεσμα του ελέγχου των ODS, η σταδιακή μείωση της στιβάδας του όζοντος, η οποία ήταν εμφανής κατά τη δεκαετία του '80 και τις αρχές της δεκαετίας του '90 έχει πλέον ανακοπεί. Ήδη από το 2000 η ολική ποσότητα όζοντος παραμένει σταθερή ενώ υπάρχουν ενδείξεις κάποιας μικρής ανάκαμψης τα τελευταία χρόνια.
- Με βάση τις προβλέψεις των ερευνητών η ανάκαμψη της στιβάδας του όζοντος είναι πλέον εφικτή εφόσον συνεχίσει να εφαρμόζεται το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις, η στιβάδα του όζοντος θα επανέλθει στα επίπεδα του 1980 πριν από τα μέσα του 21ου αιώνα στις περισσότερες περιοχές του πλανήτη (Αρκτική και μέσα γεωγραφικά πλάτη), ενώ στην Ανταρκτική, στην οποία παρατηρείται και η μεγαλύτερη απώλεια, η ανάκαμψη θα καθυστερήσει περισσότερο.

Ωστόσο, η έκθεση διαπιστώνει ότι οι θετικές αυτές εξελίξεις θα μπορούσαν ενδεχομένως να απειληθούν εάν δεν ληφθούν στο μέλλον σοβαρά μέτρα για τον έλεγχο άλλων ουσιών οι οποίες συνδέονται και με την κλιματική αλλαγή.

Οι υδροφθοράνθρακες (HFCs), οι οποίοι έχουν χρησιμοποιηθεί και χρησιμοποιούνται ευρύτατα για την αντικατάσταση των ODS κυρίως στους τομείς Ψύξης και Κλιματισμού, έχουν πολύ υψηλό δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη (GWP) και εάν δεν ανακοπεί η αυξανόμενη χρήση τους (ιδιαίτερα αυτών με υψηλό GWP), θα συμβάλλουν σημαντικά στην κλιματική αλλαγή τις επόμενες δεκαετίες (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2024).

Τα πιο πρόσφατα δεδομένα από το AGAGE (the Advanced Global Atmospheric Gases Experiment), το οποίο παρακολουθεί τα επίπεδα των CFCs και των αντικαταστατών τους από το 1978, δείχνουν ότι ακόμα και τα ατμοσφαιρικά επίπεδα του διχλωροδιφθορομεθανίου (CF_2Cl_2), του μεγαλύτερης διάρκειας ζωής χλωροφθοράνθρακα, τώρα μειώνονται. Η νομοθεσία ήταν αποτελεσματική. Μία τρύπα στη στιβάδα του όζοντος συνεχίζει να σχηματίζεται κάθε άνοιξη πάνω από το Νότιο Πόλο, αλλά εκτιμάται ότι έως το 2050 αυτό δε θα συμβαίνει πλέον, και ότι έως το 2080 το παγκόσμιο όζον θα επιστρέψει στα επίπεδα της δεκαετίας του 1950 (Shallcross & Harrison, 2010).

Η τρύπα του όζοντος είναι το αποτέλεσμα μιας αυξημένης χρήσης των CFCs, η οποία ξεκίνησε τη δεκαετία του 1930. Οι CFCs χρειάζονται 30-40 χρόνια για να φτάσουν την ανώτερη στρατόσφαιρα όπως οποιοδήποτε άλλο αέριο, που σημαίνει ότι υπάρχει μια αντίστοιχη καθυστέρηση στην επίπτωση που έχουν στη στιβάδα του όζοντος. Αυτή τη στιγμή βιώνουμε το μέγιστο των επιπέδων του χλωρίου στη στρατόσφαιρα, ως αποτέλεσμα της μεγάλης χρήσης των CFCs κατά τη δεκαετία του 1980, οπότε το μέγιστο μέγεθος, που έχει η τρύπα του όζοντος κάθε χρόνο, θα πρέπει να αρχίσει να μειώνεται σε λίγα χρόνια από τώρα.

Παρόλο που η ανάκαμψη είναι αργή, σίγουρα σταματήσαμε μια καταστροφή: οι επιστήμονες έχουν υπολογίσει ότι αν η χρήση των CFCs είχε συνεχιστεί με τον ετήσιο ρυθμό αύξησης 3% της δεκαετίας του 1970, αυτό θα είχε οδηγήσει σε μια παγκόσμια τρύπα του όζοντος έως το 2060, με όλα τα προβλήματα υγείας που θα επέφερε.

Ίσως το πιο σημαντικό μάθημα που πρέπει να πάρουμε από την τρύπα του όζοντος είναι το πόσο γρήγορα ο πλανήτης μας μπορεί να αλλάξει από την ανθρώπινη επίδραση – κυρίως προς το χειρότερο, αλλά επίσης και προς το καλύτερο – και ότι η αλλαγή είναι δυνατή, αν δράσουμε συντονισμένα, αποτελεσματικά και γρήγορα (Shallcross & Harrison, 2010).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΕΡΕΥΝΩΝ

Έως σήμερα έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες για τις ιδέες/αντιλήψεις μαθητών για καίρια περιβαλλοντικά ζητήματα. Ο κύριος σκοπός των ερευνών αυτών είναι να εντοπισθούν οι αιτίες που οδηγούν συχνά σε παρανοήσεις. Ορισμένες έρευνες σχετικές με το φαινόμενο της τρύπας του όζοντος παρατίθενται σε αυτό το κεφάλαιο. Από αυτές, επιλέχθηκαν τρεις, ώστε τα συμπεράσματα της παρούσας έρευνας να αποτιμηθούν συγκριτικά με τα αποτελέσματα των τριών αυτών ερευνών (Boyes & Stanisstreet, 1994; Boyes et al. 1998; Pekel, 2005).

3.1 Έρευνα για τη γνώση του Φαινομένου του Θερμοκηπίου και των επιπτώσεων στη Στιβάδα του Όζοντος σε Νορβηγούς μαθητές που έχουν τελειώσει την υποχρεωτική εκπαίδευση, κατά το 1989, το 1993 και το 2005 (Pal J. Kirkeby Hansen, 2010).

Ο κύριος στόχος αυτού του άρθρου είναι να ελέγξει τις αποκτηθείσες γνώσεις των μαθητών σχετικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τις επιπτώσεις της στιβάδας του όζοντος τη στιγμή που ολοκληρώνουν την υποχρεωτική εκπαίδευση. Το άρθρο εξετάζει ορισμένες πιθανές αιτίες για τις τάσεις στη γνώση και δίνει ορισμένες συστάσεις για τη διδασκαλία των θεμάτων στο νέο εθνικό πρόγραμμα σπουδών που υλοποιήθηκε το 2006.

Στη δοκιμή του 1989, το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η στιβάδα του όζοντος δεν ήταν τα θέματα στο πρόγραμμα σπουδών, αλλά είχαν μετακινηθεί στα μέσα ενημέρωσης και την προσοχή του κοινού τα τελευταία χρόνια. Δεν υπήρχαν γνωστές δοκιμές σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τις επιπτώσεις της στιβάδας του όζοντος ως τότε. Το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε ήταν πολύ απλό. Περιέχει δηλώσεις κατασκευασμένες για να ανιχνεύσουν εάν οι μαθητές διαχωρίζουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου από τις επιπτώσεις της στιβάδας του όζοντος.

Ο πληθυσμός ήταν μαθητές που ολοκλήρωσαν την υποχρεωτική εκπαίδευση (15 ετών) το 1989, το 1993 και το 2005. Οι μαθητές κλήθηκαν να επιλέξουν τις σωστές κατά τη γνώμη τους από τις παρακάτω δηλώσεις.

- Το φαινόμενο του θερμοκηπίου μας προστατεύει από την υπερϊώδη ακτινοβολία του ήλιου.
- Το φαινόμενο του θερμοκηπίου κάνει τη θερμοκρασία να μειώνεται.
- Το φαινόμενο του θερμοκηπίου προκαλείται από το αέριο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂).
- Ο χλωροφθοράνθρακας (CFC) που χρησιμοποιείται ως ψυκτικό μέσο μπορεί να συμβάλλει καταστροφικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

- Η αυξημένη καύση άνθρακα, φυσικού αερίου και πετρελαίου αυξάνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- Το φαινόμενο του θερμοκηπίου προκαλείται από το αέριο του όζοντος (O₃) στη στιβάδα του όζοντος.
- Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι απαραίτητο για τη ζωή στη Γη.

Αυτό το άρθρο είναι η πρώτη διεθνής παρουσίαση του πρώτου γνωστού τεστ για τη γνώση των μαθητών σχετικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τις επιπτώσεις της στιβάδας του όζοντος. Για την ανάλυση της εξέλιξης αυτών των γνώσεων, το ερωτηματολόγιο του 1989 χρησιμοποιείται σε ορισμένα από τα ίδια σχολεία το 1993 και το 2005. Οι ανακαλύψεις και τα αποτελέσματα της έρευνας σχετικά με τις αλλαγές στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και τις επιπτώσεις της στιβάδας του όζοντος κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1980 αύξησαν την εστίαση των μέσων ενημέρωσης και πυροδότησαν την πολιτική και δημόσια συζήτηση σχετικά με τα στοιχεία, τα αποτελέσματα, τις πιθανές αιτίες και τις πιθανές συνέπειες. Σημαντικά διεθνή βήματα προς τον έλεγχο των ατμοσφαιρικών προβλημάτων έγιναν κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990. Τα θέματα εισήχθησαν σταδιακά στο πρόγραμμα σπουδών των φυσικών επιστημών για το υποχρεωτικό σχολείο. Το 1989, μόνο ένας στους τέσσερις 15χρονους μαθητές γνώριζε ότι το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι απαραίτητο για τη ζωή στη Γη. Το 2005 τρεις στους τέσσερις γνώριζαν. Τόσο η τυπική μάθηση στο σχολείο όσο και η άτυπη μάθηση από τα μέσα ενημέρωσης και τον δημόσιο διάλογο μπορεί να συνέβαλαν στην αύξηση της γνώσης.

Ωστόσο, η σύγχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου για τις επιπτώσεις της στιβάδας του όζοντος έχει αυξηθεί από 1989 έως 2005. Η σύγχυση θα μπορούσε ίσως εν μέρει να οφείλεται στην τάση των μαθητών για υπερ-γενίκευση των περιβαλλοντικών προβλημάτων που προκαλούνται από τη χρήση της έννοιας "ρύπανση" σε διαφορετικά πλαίσια (Hansen, 2010).

3.2 Έρευνα σχετικά με τις αντιλήψεις μαθητών μεταδευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στη Μάλτα, σχετικά με την υπερθέρμανση του πλανήτη και την καταστροφή του όζοντος (Joanne Grima, Walter Leal Filho, Paul Pace, 2010).

Αυτή η μελέτη διερεύνησε τις αντιλήψεις και τις παρανοήσεις των Μαλτέζων φοιτητών μετά από ένα μεταδευτεροβάθμιο μάθημα στην Περιβαλλοντική Επιστήμη με στόχο τον προσδιορισμό του εννοιολογικού τους πλαισίου και των επιπτώσεών του. Αυτή η μελέτη στόχευε επίσης στον εντοπισμό των κύριων πηγών πληροφοριών μέσω των οποίων οι μαθητές μάθαιναν για το περιβάλλον. Η γνώση του προβλήματος θα δώσει στους εκπαιδευτικούς την ευκαιρία να αναπτύξουν μεθοδολογίες για την αντιμετώπιση παρανοήσεων.

Το δείγμα της δοκιμής περιλάμβανε 280 δευτεροετείς φοιτητές που προέρχονταν από τέσσερα σχολεία μεταδευτεροβάθμιας εκπαίδευσης της Μάλτας. Οι μαθητές του δείγματος δοκιμής είχαν ήδη παρακολουθήσει μαθήματα σχετικά με την υπερθέρμανση του πλανήτη και την καταστροφή του όζοντος ως μέρος του τακτικού προγράμματος Περιβαλλοντικής Επιστήμης.

Η έρευνα περιελάμβανε ερωτηματολόγιο που παρείχε ποσοτικά στοιχεία όσον αφορά τις έννοιες που διαμορφώθηκαν από τους φοιτητές των Περιβαλλοντικών Επιστημών και μια εις βάθος ομαδική συνέντευξη με στόχο την αποσαφήνιση οποιασδήποτε υποκείμενης συλλογιστικής. Το ερωτηματολόγιο βασίστηκε σε προηγούμενη έρευνα (Boyes and Stanisstreet, 1993; Summers et al., 2001; Leighton & Bisanz, 2003) και χρησιμοποιήθηκε για να διερευνήσει τις ιδέες των μαθητών σχετικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τις δράσεις που θα μπορούσαν να το μειώσουν, καθώς και σχετικά με τη στιβάδα του όζοντος και την εξάντλησή της. Το ερωτηματολόγιο προσαρμόστηκε στην κατάσταση της Μάλτας. Η τελική έκδοση του ερωτηματολογίου περιείχε 21 δηλώσεις σχετικά με την καταστροφή του όζοντος και 35 δηλώσεις σχετικά με την υπερθέρμανση του πλανήτη. Οι μαθητές κλήθηκαν να απαντήσουν Σωστό, Λάθος ή Δεν Γνωρίζω σε κάθε δήλωση επιλέγοντας το κατάλληλο πλαίσιο.

Από τις 21 δηλώσεις σχετικά με το θέμα, μόνο 10 απαντήθηκαν σωστά από την πλειοψηφία που δείχνει ότι οι φοιτητές των Περιβαλλοντικών Επιστημών εξακολουθούν να στερούνται επιστημονικών γνώσεων σχετικά με την καταστροφή του όζοντος. Το 57,9% των μαθητών είχε επίγνωση ότι το όζον όχι μόνο βρίσκεται στην ατμόσφαιρα σε μεγάλο υψόμετρο και ότι είναι ευεργετικό για τα έμβια όντα (67,1%), αλλά το 50,7% δεν γνώριζε ότι τα σημερινά επίπεδα τροποσφαιρικού όζοντος βλάπτουν ήδη το περιβάλλον και το 62,5% ότι είναι τοξικό. Ενώ το 85,4% αναγνώρισε ότι η ποσότητα του όζοντος έχει αλλάξει με την πάροδο των ετών, μόνο το 43,6% των μαθητών συνειδητοποίησε ότι το επίπεδο του τροποσφαιρικού όζοντος έχει αυξηθεί.

Ενώ η πλειοψηφία των μαθητών είχε επίγνωση ότι η αραίωση της στιβάδας του όζοντος μπορεί σιγά-σιγά να αποκατασταθεί με φυσικές διεργασίες (59,3% και 51,8%), το 51,4% των μαθητών δεν γνώριζε ότι το όζον που παράγεται στο επίπεδο του εδάφους δεν θα βοηθήσει στην αντικατάσταση του στρατοσφαιρικού όζοντος. Η συντριπτική πλειοψηφία (92,1%) κατανόησε ότι οι ποσότητες υπεριώδους φωτός που εισέρχονται μέσω των λεπτότερων τμημάτων της στιβάδας του όζοντος, επηρεάζουν δυσμενώς την ανθρώπινη υγεία και ότι η εξάντληση αυτού του αερίου αποτελεί σημαντική αιτία καρκίνου του δέρματος (83,2%). Κατά τη διάρκεια των συνεντεύξεων μερικοί μαθητές ανέφεραν τους CFCs ως την αιτία της καταστροφής του όζοντος, αλλά στη συνέχεια όλα τα άλλα αέρια και όλα τα είδη ρύπανσης που προκύπτουν από την καύση ορυκτών καυσίμων θεωρήθηκαν υπεύθυνα τόσο για την υπερθέρμανση του πλανήτη όσο και για την καταστροφή του όζοντος.

Ενώ οι μαθητές ήταν μπερδεμένοι σχετικά με το αν ο ήλιος πρέπει να δράσει στην ατμοσφαιρική ρύπανση για να παράγει όζον στο επίπεδο του εδάφους, μόνο το 45% γνώριζε για το ρόλο του ήλιου στο σχηματισμό του ατμοσφαιρικού όζοντος. Φαίνεται ότι υπάρχουν μεγάλες παρανοήσεις σχετικά με το ατμοσφαιρικό όζον και το τροποσφαιρικό

όζον. Το 52,5% των μαθητών θεωρούσε το όζον ως ρύπο που αραιώνει την ατμόσφαιρα αφήνοντας περισσότερο υπεριώδες φως να περάσει. Αν και οι μαθητές γνώριζαν ότι το όζον είναι παρόν στο επίπεδο του εδάφους και επίσης ψηλά στην ατμόσφαιρα, είχαν δυσκολίες στην κατανόηση του πώς σχηματίζονται και τα δύο και αν σχετίζονται.

Οι μαθητές πίστευαν επίσης ότι η ρύπανση δεν μειώνει την ποσότητα του όζοντος στο επίπεδο του εδάφους (58,6%), ότι οι κινητήρες αυτοκινήτων δεν εκπέμπουν όζον απευθείας στην ατμόσφαιρα (60%), αλλά μόνο το 41,8% γνώριζε ότι οι εκπομπές από τις βιομηχανίες δεν περιλαμβάνουν το όζον.

Επιπλέον, οι μαθητές θεώρησαν ότι οι ενέργειές τους, ως άτομα, έχουν ελάχιστη επίδραση στο περιβάλλον σε σύγκριση με αυτό που μπορούν να κάνουν οι βιομηχανίες. Σχεδόν όλοι οι μαθητές, θεώρησαν ότι η υπερθέρμανση του πλανήτη και η καταστροφή του όζοντος συνδέονται (Grima et al., 2010).

3.3 Έρευνα σε μαθητές γυμνασίου στην Τουρκία σχετικά με τις αντιλήψεις τους για την υποβάθμιση της Στιβάδας του Όζοντος (Feyzi Osman Pikel & Esra Özyay, 2005).

Η κατανόηση των μαθητών ηλικίας μεταξύ 16 και 18 ετών σχετικά με το όζον στρώμα τι είναι, τι θα το βλάψει και ποιο θα είναι το πιθανό αποτέλεσμα αυτού ζημιά μελετήθηκε μέσω ερωτηματολογίου τύπου Likert κλειστής μορφής.

Οι συμμετέχοντες στη μελέτη ήταν 177 μαθητές γυμνασίου ηλικίας μεταξύ 16 και 19 ετών από το ανατολικό τμήμα της Τουρκίας.

Το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή την έρευνα ελήφθη από τη μελέτη των Boyes και Stanisstreet (1994). Περιείχε μια σειρά δηλώσεων σχετικά με τη στιβάδα του όζοντος, στις οποίες οι μαθητές κλήθηκαν να απαντήσουν σημειώνοντας ένα από τα πέντε πλαίσια με την ένδειξη «Είμαι βέβαιος ότι αυτό είναι σωστό» έως «Είμαι βέβαιος ότι αυτό είναι λάθος». Οι 36 δηλώσεις ήταν σε τρία τμήματα των 12. Τα τμήματα συνδέονταν με τη φύση της στιβάδας του όζοντος, τις αιτίες της υποβάθμισής της και τις συνέπειες της εξάντλησής της.

Φύση της στιβάδας του όζοντος

Οι περισσότεροι από τους μαθητές ήταν καλά ενημερωμένοι για τη θέση του στρώματος του όζοντος, καθώς πολύ λίγοι πίστευαν ότι ήταν μέσα σε δοχεία ψεκασμού (13%), κοντά στο έδαφος (44%) και οι περισσότεροι επιβεβαίωσαν ότι ήταν ψηλά στην ατμόσφαιρα (76%). Ωστόσο, ορισμένοι μαθητές το φαντάστηκαν να βρίσκεται γύρω από τον ήλιο (22%).

Ομοίως, οι περισσότεροι από τους ερωτηθέντες εκτίμησαν τη φύση της στιβάδας του όζοντος, επιβεβαιώνοντας την ιδέα ότι ήταν αέρια (94%). Περισσότεροι από τους μισούς μαθητές ήταν βέβαιοι ότι το στρώμα του όζοντος δεν ήταν στερεό.

Οι περισσότεροι εκτίμησαν ότι η στιβάδα του όζοντος ήταν ένα «φυσικό» φαινόμενο, αφού υπήρχε πριν εξελιχθεί η ανθρωπότητα (80%).

Σχεδόν όλοι οι μαθητές γνώριζαν ότι το στρώμα του όζοντος προστατεύει τη γη από την ηλιακή υπεριώδη ακτινοβολία (86%), αν και σχεδόν οι περισσότεροι από τους μαθητές πίστευαν ότι προστατεύει επίσης τη γη από την όξινη βροχή (67%) και μερικοί πίστευαν ότι «κρατούσε τον κόσμο ζεστό» (16%).

Αιτίες υποβάθμισης της στιβάδας του όζοντος

Οι περισσότεροι από τους μαθητές συσχέτισαν τους χλωροφθοράνθρακες (CFC) με βλάβη στη στιβάδα του όζοντος (59%). Σχεδόν οι μισοί πίστευαν ότι η όξινη βροχή θα μπορούσε να καταστρέψει το όζον (48%). Οι περισσότεροι από τους ερωτηθέντες πιστεύουν ότι η ραδιενέργεια βλάπτει τη στιβάδα του όζοντος (68%), αλλά σχεδόν το ήμισυ αυτού του ποσοστού πιστεύει ότι το φαινόμενο του θερμοκηπίου οδηγεί σε καταστροφή του όζοντος (35%). Η καταστροφή των δασών βροχής (48%) και ο καπνός των εργοστασίων (67%) θεωρήθηκαν επίσης ότι βλάπτουν τη στιβάδα του όζοντος από περισσότερους από τους μισούς ερωτηθέντες και τα τρία τέταρτα θεώρησαν ότι οι εκπομπές των οχημάτων ήταν υπαίτιες (75%).

Συνέπειες της στιβάδας του όζοντος

Οι περισσότεροι από τους μαθητές συνειδητοποίησαν ότι η μείωση της στιβάδας του όζοντος θα επιτρέψει τη διείσδυση περισσότερης ηλιακής υπεριώδους ακτινοβολίας (81%) και ότι θα υπάρξει αυξημένη συχνότητα εμφάνισης καρκίνων του δέρματος (85%).

Όπως και με το προηγούμενο τμήμα του ερωτηματολογίου, αποκαλύφθηκαν εδώ ορισμένες κοινές παρανοήσεις σχετικά με τις συνέπειες της καταστροφής του όζοντος. Οι περισσότεροι από τους μαθητές πίστευαν ότι τα αποθέματα νερού δεν θα ήταν ασφαλή για πόση (70%). Ωστόσο, περίπου οι μισοί από τους μαθητές φαντάστηκαν ότι η καταστροφή του όζοντος θα οδηγούσε σε περισσότερες πλημμύρες (50%), θα επιδείνωνε τα καρδιακά προβλήματα (47%) και το φαινόμενο του θερμοκηπίου (44%) (Pekel & Özyay, 2005).

3.4 Έρευνα σε μαθητές γυμνασίου και σε εκπαιδευόμενους καθηγητές επιστημών στην Τουρκία σχετικά με τις αντιλήψεις τους για την υποβάθμιση της Στιβάδας του Όζοντος (Feyzi Osman Pekel, 2005).

Το επίκεντρο αυτής της μελέτης ήταν να εντοπίσει και να περιγράψει τις παρανοήσεις που κατείχαν οι καθηγητές φυσικών επιστημών και οι μαθητές γυμνασίου σχετικά με την καταστροφή της στιβάδας του όζοντος. Οι απόψεις των συμμετεχόντων διερευνήθηκαν με τη χρήση ερωτηματολογίου κλειστής μορφής. Η ανάλυση των δεδομένων της έρευνας δείχνει ότι πολλοί μαθητές γυμνασίου και καθηγητές φυσικών επιστημών έχουν μια σειρά από λανθασμένες ιδέες σχετικά με τη ζημιά στη στιβάδα του όζοντος, τις αιτίες και τις συνέπειές της. Για την καλύτερη διδασκαλία των περιβαλλοντικών θεμάτων, αυτή η μελέτη παρέχει κάποιες συστάσεις τόσο για τους εκπαιδευτικούς όσο και για τους ερευνητές της εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες.

Προκειμένου να προσδιοριστούν οι ιδέες των Τούρκων μαθητών γυμνασίου και των πανεπιστημιακών καθηγητών φυσικών επιστημών σχετικά με τη στιβάδα του όζοντος, ζητήθηκε από μαθητές από δύο διαφορετικά γυμνάσια και εκπαιδευόμενους καθηγητές φυσικών επιστημών από μια εκπαιδευτική σχολή να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο. Το δείγμα αποτελείται από 178 μαθητές φυσικών επιστημών ηλικίας μεταξύ 16 και 18 ετών από προαστιακά ($n = 115$) και αστικά ($n = 63$) γυμνάσια και 69 τελειόφοιτους εκπαιδευόμενους καθηγητές δευτεροβάθμιας επιστήμης ($n = 35$) και βιολογίας ($n = 34$) από σχολή εκπαίδευσης στην Τουρκία. Κατά τη διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους 2002-2003 διεξήχθησαν ερωτηματολόγια, με συνολικά 247 συμμετέχοντες. Το όργανο έρευνας που χρησιμοποιήθηκε για αυτή τη μελέτη ήταν μια μικρή τροποποιημένη έκδοση αυτής που χρησιμοποιήθηκε από τους Groves και Pugh, (2002). Το ερωτηματολόγιο αποτελούνταν από 37 στοιχεία σχετικά με τη στιβάδα του όζοντος και 2 επιπλέον στοιχεία σχετικά με δημογραφικές πληροφορίες.

Από τα αποτελέσματα της μελέτης, φάνηκε ότι οι Τούρκοι μαθητές και οι δάσκαλοι προϋπηρεσίας έχουν καλή κατανόηση της θέσης και του σκοπού της στιβάδας του όζοντος όσον αφορά την προστασία από τις επιβλαβείς υπεριώδεις ακτίνες, αλλά ορισμένοι πιστεύουν επίσης ότι βοηθά να διατηρηθεί ο κόσμος ζεστός ή τον προστατεύει από τις όξινες βροχές. Οι συμμετέχοντες φάνηκαν να γνωρίζουν ότι η στιβάδα του όζοντος κινδυνεύει και πιστεύουν ότι πολλές και ποικίλες μορφές ρύπανσης είναι η αιτία. Φάνηκε επίσης γνωστό ότι η περαιτέρω εξάντληση μπορεί να προκαλέσει αύξηση των καρκίνων του δέρματος, ωστόσο, οι συμμετέχοντες υπέθεσαν ισχυρούς, λανθασμένους δεσμούς με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και άλλες μορφές τοπικής ρύπανσης, χρησιμοποιώντας φυτοφάρμακα και τεχνητά λιπάσματα (Pekel, 2005).

3.5 Γνωστικές ψευδαισθήσεις ως εμπόδια στο μαθησιακό σύμπλεγμα των Περιβαλλοντικών Θεμάτων (Fred Groves & Ava Pugh, 2002). Έρευνα που διεξήχθη στις Η.Π.Α. σε καθηγητές προ υπηρεσίας.

Η διδασκαλία και η μάθηση πολύπλοκων ζητημάτων συχνά συγχέεται από την παρουσία απλοϊκών νοητικών μοντέλων που κατέχουν οι μαθητές. Αυτά τα απλοϊκά μοντέλα μπορούν να περιγράφουν ως «γνωστικές ψευδαισθήσεις» που εμποδίζουν την ανάπτυξη της σωστής κατανόησης τέτοιων ζητημάτων στην επιστήμη. Πολλά τρέχοντα περιβαλλοντικά ζητήματα, όπως η καταστροφή του όζοντος, είναι αρκετά περίπλοκα και η κατανόησή μας για τις αιτιώδεις δυνάμεις που τα οδηγούν υπόκειται συνεχώς σε αναθεώρηση. Η καταστροφή του όζοντος επιλέχθηκε ως τέτοιο ζήτημα για να προσπαθήσει να απαντήσει σε δύο ερωτήματα. Πρώτον, μπορεί μια βραχυπρόθεσμη παρέμβαση να βελτιώσει σημαντικά την κατανόηση αυτού του θέματος από τους εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης; Δεύτερον, μπορούν να αντιμετωπιστούν επιτυχώς σύνθετα ζητήματα μέσω μιας τέτοιας βραχυπρόθεσμης παρέμβασης; Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η κατανόηση αυτού του ζητήματος μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά μέσω μιας βραχυπρόθεσμης παρέμβασης. Όμως, οι πραγματικές

βαθμολογίες εξακολουθούν να είναι κάτω από αυτό που είναι αποδεκτό. Δεύτερον, η μελέτη δείχνει ότι οι βραχυπρόθεσμες παρεμβάσεις μπορούν να παράγουν κάποιο βαθμό κέρδους γνώσης, ειδικά σε πραγματικό επίπεδο, αλλά οι γνωστικές ψευδαισθήσεις εξακολουθούν να είναι πολύ ανθεκτικές στην αλλαγή (Groves & Pugh 2002).

3.6 Έρευνα για τις ιδέες Ελλήνων μαθητών γυμνασίου σχετικά με τη Στιβάδα του Όζοντος (Edward Boyes, Martin Stanisstreet, Vasso Spiliotopoulou Papantoniou, 1998).

Έλληνες μαθητές γυμνασίου ηλικίας μεταξύ 11 και 16 ετών έχουν ερωτηθεί σχετικά με την αντίληψή τους για τη στιβάδα του όζοντος. Συγκεκριμένα, ρωτήθηκαν τί και πού νομίζουν ότι είναι, τι κάνει, τι θα το βλάψει και ποιο μπορεί να είναι το αποτέλεσμα οποιασδήποτε περαιτέρω ζημιάς. Οι ιδέες 1161 μαθητών διερευνήθηκαν χρησιμοποιώντας μια κλειστή μορφή ερωτηματολογίου που είχε συνταχθεί μετά από συνεντεύξεις σε μικρότερη ομάδα. Αυτό το ερωτηματολόγιο χρησιμοποιήθηκε προηγουμένως σε μια μελέτη στην οποία συμμετείχαν πάνω από 1700 φοιτητές στο Ηνωμένο Βασίλειο. Από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, φαίνεται ότι οι Έλληνες μαθητές λυκείου έχουν καλή κατανόηση της θέσης και του σκοπού της στιβάδας του όζοντος όσον αφορά την προστασία από τις επιβλαβείς υπεριώδεις ακτίνες, αλλά ορισμένοι πιστεύουν επίσης ότι βοηθά να διατηρηθεί ο κόσμος ζεστός ή τον προστατεύει από την όξινη βροχή. Οι μαθητές φαίνεται να γνωρίζουν ότι το στρώμα του όζοντος βρίσκεται σε κίνδυνο και πιστεύουν ότι πολλές και ποικίλες μορφές ρύπανσης είναι η αιτία. Φαίνεται γνωστό ότι η περαιτέρω εξάντληση μπορεί να προκαλέσει αύξηση των καρκίνων του δέρματος και του καταρράκτη των ματιών, αν και οι μαθητές υπέθεσαν ισχυρούς, λανθασμένους δεσμούς με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και άλλες μορφές τοπικής ρύπανσης, ιδιαίτερα με εκείνες που σχετίζονται με ασθένειες και ασθένειες.

Φύση και σκοπός της στιβάδας του όζοντος

Οι περισσότεροι μαθητές, σχεδόν το 90% γνώριζαν ότι το στρώμα του όζοντος είναι ένα στρώμα αερίου. Ομοίως, γύρω στο 80% ή περισσότερο πίστευε ότι ήταν ψηλά στην ατμόσφαιρα της γης και ότι προστατεύει τη γη από τις υπεριώδεις ακτίνες.

Πάνω από το 60% γνώριζαν ότι το στρώμα του όζοντος υπήρχε για μεγάλο χρονικό διάστημα. Το 35% των μαθητών πίστευαν ότι το στρώμα του όζοντος βοήθησε να διατηρηθεί η γη ζεστή. Περίπου το ίδιο ποσοστό πίστευε ότι βοήθησε στην προστασία της γης από την όξινη βροχή.

Ουσίες και διεργασίες που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος

Φαίνεται να είναι γνωστό από πάνω από το 70% όλων των μαθητών ότι το αέριο από δοχεία αεροζόλ και το αέριο που χρησιμοποιείται στην κατασκευή ορισμένων πλαστικών προκαλεί βλάβη στη στιβάδα του όζοντος. Επίσης, λιγότεροι μαθητές (44%)

φάνηκαν να γνωρίζουν ότι τέτοια αέρια ονομάζονται χλωροφθοράνθρακες και είναι η αιτία βλάβης της στιβάδας του όζοντος.

Πάνω από το 80% των φοιτητών πίστευαν λανθασμένα ότι ο καπνός από τα εργοστάσια και τα αυτοκίνητα προκαλούν ζημιές, ενώ πάνω από το 70% πιστεύει ότι η ραδιενέργεια ήταν η αιτία.

Λιγότεροι από τους μισούς μαθητές πίστευαν ότι η καταστροφή των τροπικών δασών προωθούσε την καταστροφή της στιβάδας του όζοντος (43%), και πιο κοντά στο ένα τέταρτο πιστεύει ότι το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η θαλάσσια ρύπανση και η όξινη βροχή θα μπορούσαν να προκαλέσουν βλάβη στο στιβάδα του όζοντος.

Συνέπειες περαιτέρω βλάβης της στιβάδας του όζοντος

Φαίνεται ότι ένα υψηλό ποσοστό μαθητών συνειδητοποίησε ότι μια εξαντλημένη στιβάδα του όζοντος θα επιτρέψει σε περισσότερη υπεριώδη ακτινοβολία να φτάσει στη γη και μπορεί να προκαλέσει περισσότερο καρκίνο του δέρματος. Λιγότεροι από τους μισούς πίστευαν ότι η καταστροφή της στιβάδας του όζοντος προκάλεσε το φαινόμενο του θερμοκηπίου και το ένα τέταρτο από αυτούς πίστευε ότι θα προκαλούσε περισσότερες πλημμύρες στον κόσμο (Boyes et al., 1998).

3.7 Έρευνα επάνω στις αντιλήψεις για το πρόβλημα της Υποβάθμισης του Όζοντος σε φοιτητές και μαθητές γυμνασίου σε περιοχή των Η.Π.Α (Fred Groves & Ava Pugh, 1998).

Αυτή η έρευνα εξετάζει τις γνώσεις των φοιτητών βιολογίας γυμνασίου ($n = 107$), των προπτυχιακών σπουδών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης ($n = 42$) και των μεταπτυχιακών φοιτητών σε ένα προηγμένο μάθημα μεθόδων στοιχειώδους επιστήμης ($n = 22$) σχετικά με την καταστροφή του όζοντος. Το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε περιείχε 30 στοιχεία σχετικά με την καταστροφή του όζοντος, τα οποία χωρίστηκαν σε τρεις υποκλίμακες: (1) αποτελέσματα της καταστροφής του όζοντος, (2) αίτια της καταστροφής του όζοντος και (3) τρόποι ανακούφισης της καταστροφής του όζοντος. Τα αποτελέσματα αναλύονται σύμφωνα με τις διάφορες ομάδες που μελετήθηκαν: μαθητές προαστιακού γυμνασίου, μαθητές αστικών γυμνασίων, προπτυχιακοί φοιτητές και μεταπτυχιακοί φοιτητές.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές έχουν γενική συνείδηση των περιβαλλοντικών θεμάτων, αλλά έχουν λίγες ειδικές γνώσεις για αυτά, και οι πληροφορίες που αποκτώνται μέσω έντυπων και τηλεοπτικών μέσων είναι συχνά απλοϊκές και παραπλανητικές. Έτσι, υποθέτουν λανθασμένα σχέσεις μεταξύ των διαφόρων περιβαλλοντικών προβλημάτων που στην πραγματικότητα δεν υπάρχουν (Groves & Pugh 1998).

3.8 Έρευνα σχετικά με τα Μοντέλα Κατανόησης σε παιδιά του Ηνωμένου Βασιλείου, αναφορικά με τα δύο μεγάλα παγκόσμια θέματα: τη Στιβάδα του Όζοντος και το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου (Edward Boyes & Martin Stanisstreet, 1997).

Αυτή η εργασία έχει ως στόχο να ποσοτικοποιήσει τα κυρίαρχα μοντέλα που κατέχουν τα παιδιά ηλικίας 13 και 14 ετών για το αιτίες του φαινομένου του θερμοκηπίου και της καταστροφής της στιβάδας του όζοντος. Φαίνεται ότι περίπου διπλάσια παιδιά πιστεύουν ότι οι τρύπες στη στιβάδα του όζοντος προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου από ό,τι πιστεύουν ότι το φαινόμενο του θερμοκηπίου προκαλεί το όζον ζημιά στρώματος. Η πιο κοινή προτεινόμενη σύνδεση φαίνεται να είναι ότι οι τρύπες στη στιβάδα του όζοντος επιτρέπουν με κάποιο τρόπο περισσότερη ηλιακή ενέργεια να φτάσει στη Γη. Άλλα, πιο περίεργα μοντέλα, υποθέτουν ότι η υπερθέρμανση του πλανήτη είναι συνέπεια της καταστροφής του όζοντος. Κοινή άποψη φαίνεται να είναι ότι το φαινόμενο του θερμοκηπίου προκαλεί αύξηση του καπνού και της ρύπανσης ή προκαλεί την αύξηση της σε μεγαλύτερα ύψη, και αυτό βλάπτει τη στιβάδα του όζοντος.

Ερωτηματολόγιο κλειστής μορφής επινοήθηκε για τους σκοπούς αυτής της έρευνας το οποίο περιείχε 27 δηλώσεις. Οι δηλώσεις σχετίζονται με τις αιτίες και των δύο ζητημάτων, συμπεριλαμβανομένων των υποτιθέμενων συνδέσεων μεταξύ τους.

Το ερωτηματολόγιο δοκιμάστηκε με μία τάξη μαθητών ηλικίας 13-14 ετών και δεν υπήρχαν δυσκολίες στην ολοκλήρωση. Συνολικά, το ερωτηματολόγιο χορηγήθηκε σε 501 παιδιά ηλικίας 13-14 ετών από οκτώ διαφορετικές τάξεις σε σχολεία δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης που επιλέχθηκαν τυχαία.

Οι κυρίαρχες τάσεις των μοντέλων που επικράτησαν είναι οι εξής:

- Τα παιδιά είναι πιο πιθανό να πιστέψουν ότι οι τρύπες στη στιβάδα του όζοντος προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου από ό,τι το αντίστροφο. Το κυρίαρχο μοντέλο για αυτό είναι πιθανό να είναι ότι οι οπές επιτρέπουν περισσότερη θερμότητα ή τις υπεριώδεις ακτίνες να φτάσουν στην επιφάνεια της γης και αυτό προκαλεί υπερθέρμανση του πλανήτη.
- Άλλα μοντέλα προς αυτή την κατεύθυνση περιλαμβάνουν τις ιδέες ότι οι ακτίνες του ήλιου εισέρχονται στην ατμόσφαιρα και δεν μπορούν να βρουν τις τρύπες για να βγουν. Ενώ ο δροσερός αέρας διαφεύγει έξω στο διάστημα μέσα από τις τρύπες, αφήνοντας τη γη πιο ζεστή.
- Λιγότερα παιδιά (λίγο περισσότερο από το ένα τρίτο) πιστεύουν ότι το φαινόμενο του θερμοκηπίου προκαλεί καταστροφή της στιβάδας του όζοντος. Τα μοντέλα που προτείνονται για αυτό φαίνονται εγγενώς λιγότερο ισχυρά. Ο πιο δημοφιλής μηχανισμός φαίνεται να είναι ότι μια θερμότερη γη με κάποιο τρόπο κάνει καπνό και οι ρύποι αυξάνονται περισσότερο ή αυξάνονται, γεγονός που με τη σειρά του θα έβλαπτε τη στιβάδα του όζοντος.

• Ωστόσο, υπάρχει ένα πρόβλημα με τις ιδέες τους για το διοξείδιο του άνθρακα ιδιαίτερα. Μόνο περίπου τα μισά παιδιά πιστεύουν ότι προκαλεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου, και περίπου τα ίδια παιδιά πιστεύουν ότι προκαλεί επίσης καταστροφή της στιβάδας του όζοντος (Boyes & Stanisstreet, 1997).

3.9 Έρευνα για τις ιδέες μαθητών γυμνασίου σχετικά με τη Στιβάδα του Όζοντος στο Ηνωμένο Βασίλειο (Edward Boyes & Martin Stanisstreet, 1994).

Ερωτηματολόγια δόθηκαν σε 1701 μαθητές κατά τα πέντε σχολικά έτη μεταξύ ηλικίας 11 και 16 ετών. Οι μαθητές ελήφθησαν από 64 ομάδες διδασκαλίας σε 20 σχολεία δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Το τελικό ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου περιείχε 36 ερωτήσεις σε τρεις ενότητες, που ασχολούνται με (1) τι καταλαβαίνουν οι μαθητές από τη στιβάδα του όζοντος - τι είναι, πού βρίσκεται και τι κάνει, (2) τι μπορεί να βλάψει τη στιβάδα του όζοντος και (3) τι μπορεί να συμβεί εάν προκληθεί περαιτέρω ζημιά. Κάθε ερώτηση αποτελούνταν από μια δήλωση στην οποία οι μαθητές κλήθηκαν να απαντήσουν σημειώνοντας ένα από τα πέντε κουτάκια με την ένδειξη «Είμαι βέβαιος ότι αυτό είναι σωστό», «Νομίζω ότι αυτό είναι σωστό», «Δεν ξέρω σχετικά με αυτό», «Νομίζω ότι αυτό είναι λάθος» και «είμαι βέβαιος ότι αυτό είναι λάθος».

Τί και πού βρίσκεται το στρώμα του όζοντος και τι κάνει;

Τα στοιχεία δείχνουν ότι οι περισσότεροι μαθητές ηλικίας μεταξύ 11 και 16 ετών, πάνω από το 70% γνωρίζουν ότι η στιβάδα του όζοντος είναι ένα στρώμα αερίου, ότι βρίσκεται ψηλά στην ατμόσφαιρα, ότι προστατεύει τη Γη από τις υπερυώδεις ακτίνες του ήλιου και ότι υπάρχει εδώ και πολλά χρόνια.

Η κυρίαρχη παρανόηση σε αυτό το τμήμα του ερωτηματολογίου, ωστόσο, προέρχεται από τη σύγχυση με άλλα παγκόσμια περιβαλλοντικά ζητήματα. Σχεδόν το 40% των μικρότερων παιδιών πιστεύουν ότι η στιβάδα του όζοντος κρατά τον κόσμο ζεστό, αν και υπήρχαν εκείνοι που πίστευαν ότι κρατούσε τη γη δροσερή.

Παρόμοια τάση παρατηρείται και μια σημαντική μειοψηφία όπου οι μαθητές πιστεύουν ότι το στρώμα του όζοντος προστατεύει τη γη από την όξινη βροχή.

Τι μπορεί να βλάψει τη στιβάδα του όζοντος?

Φαίνεται να είναι γνωστό ότι οι CFCs βλάπτουν τη στιβάδα του όζοντος, με ποσοστό πάνω από το 80%. Οι περισσότεροι γνωρίζουν ότι τα αέρια από ορισμένα είδη δοχείων ψεκασμού είναι ένοχα.

Από τις ερωτήσεις αυτής της ενότητας φαίνεται σαφές ότι σχεδόν κάθε είδους «βρώμικη» ατμοσφαιρική ρύπανση θεωρείται ότι αποτελεί αιτία καταστροφής του όζοντος. Ο καπνός των εργοστασίων και οι εξατμίσεις των αυτοκινήτων θεωρήθηκαν από το 80% περίπου των μαθητών να είναι ένοχοι.

Η ραδιενέργεια θεωρήθηκε επίσης από το 60% περίπου των μαθητών ως αιτία, αν και αυτό έπεσε λίγο στην παλαιότερη ομάδα. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου ως αιτία καταστροφής του όζοντος πιστεύεται από το 50% περίπου όλων των ηλικιακών ομάδων, όπως και ότι η καταστροφή των τροπικών δασών θα μπορούσε να είναι μια αιτία.

Από την άλλη, για άλλες πιθανές περιβαλλοντικές αιτίες, όπως η θαλάσσια ρύπανση και όξινη βροχή, περίπου το 40% των νεότερων θεώρησε ότι ήταν μια αιτία.

Τι μπορεί να συμβεί εάν οι τρύπες στη στιβάδα του όζοντος επιδεινωθούν;

Περίπου το 70% των νεότερων μαθητών πίστευαν ότι η καταστροφή του όζοντος θα οδηγούσε σε περισσότερη υπεριώδη ακτινοβολία που θα έφτανε στη γη και σε περισσότερες περιπτώσεις καρκίνου του δέρματος.

Μόνο περίπου το 50% όλων των ηλικιών γνώριζαν την πιθανή αύξηση των οφθαλμικών προβλημάτων.

Μεταξύ του 40 και 50% των νεότερων μαθητών αισθάνθηκε ότι το πόσιμο νερό θα καταστεί μη ασφαλές, ενώ οι ιδέες που συνδέονται με το φαινόμενο του θερμοκηπίου ήταν ισχυρές. Περίπου το 80% πιστεύει ότι το φαινόμενο του θερμοκηπίου θα επιδεινωθεί και μεταξύ του 50% και 60% πιστεύει ότι θα υπάρξουν περισσότερες πλημμύρες στον κόσμο (Boyes & Stanisstreet, 1994).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η διερεύνηση των απόψεων των μαθητριών/τών έγινε με τη χρήση ερωτηματολογίου, οι ερωτήσεις του οποίου αντλήθηκαν από ερωτηματολόγια που χρησιμοποιήθηκαν από τους Groove and Pugh (2002) και Boyes and Stanissteet (1994) σε αντίστοιχες έρευνες. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για τις πρώτες 30 ερωτήσεις που χρησιμοποίησαν οι Groove and Pugh ως εργαλείο στην έρευνα του 2002 και επιπλέον 8 ερωτήσεις από την πρώτη ενότητα του ερωτηματολογίου των Boyes and Stanissteet στην έρευνα του 1994. Στην τελική μορφή του ερωτηματολογίου προστέθηκαν 2 επιπλέον ερωτήσεις κρίσεως. Συνολικά, το ερωτηματολόγιο αποτελείται από 40 δηλώσεις - ερωτήσεις οι οποίες ομαδοποιούνται σε 5 ενότητες. Η πρώτη ενότητα περιέχει 8 δηλώσεις που αφορούν γενικά στη στιβάδα του όζοντος (τί είναι, πού βρίσκεται και ποιος είναι ο ρόλος της). Η δεύτερη, η τρίτη και η τέταρτη ενότητα, με 10 δηλώσεις η κάθε μία, αφορά στα αίτια του προβλήματος της τρύπας του όζοντος, στις συνέπειες και στις πιθανές λύσεις του, αντίστοιχα. Η πέμπτη και τελευταία ενότητα αποτελείται από 2 ερωτήσεις που εστιάζουν στο αν η τρύπα του όζοντος μπορεί να αποκατασταθεί και στο αν οφείλεται σε ανθρώπινες ενέργειες και δραστηριότητες. Τέλος, για στατιστικούς λόγους, ζητήθηκε από τους μαθητές το φύλο και η ηλικία τους. Αξίζει να σημειωθεί ότι το ερωτηματολόγιο δεν περιείχε κάποια ερώτηση που να αποκαλύπτει κάποιο προσωπικό δεδομένο των μαθητριών/των που συμμετείχαν στην έρευνα.

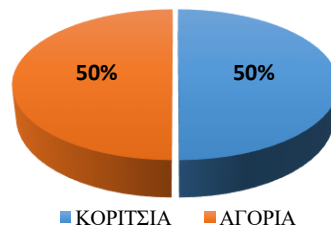
Η διατύπωση των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου και ο απαιτούμενος χρόνος συμπλήρωσής του καθορίστηκε ύστερα από δοκιμαστικό έλεγχο του από μικρή ομάδα (testing group) μαθητριών/των εκτός του σχολείου που συμμετείχε στην έρευνα. Με αυτόν τον τρόπο εξαλείφθηκαν τυχόν δυσκολίες στην κατανόηση των δηλώσεων – ερωτήσεων του ερωτηματολογίου και υπολογίστηκε ο μέσος απαιτούμενος χρόνος συμπλήρωσής του. Πιο συγκεκριμένα, 20 άτομα τυχαία επιλεγμένα ηλικίας 13 έως 16 ετών αποτέλεσαν την δοκιμαστική ομάδα.

Το ερωτηματολόγιο (παράτιθεται στο Παράρτημα) διανεμήθηκε στις μαθήτριες και στους μαθητές ηλικίας 13 έως 16 ετών ενός ιδιωτικού Γυμνασίου -Λυκείου στην πόλη της Λάρισας στην Ελλάδα. Διανεμήθηκε σε έντυπη μορφή, καθώς έτσι θεωρήθηκε ότι ενισχύθηκε η αμεσότητα, η απλότητα και η συντόμευση της διαδικασίας. Συμπληρώθηκε ανώνυμα και δεν έθιγε κοινωνικοοικονομικά θέματα καθώς και προσωπικά δεδομένα είτε των μαθητριών/των είτε του σχολείου γενικότερα. Ακολουθώντας την πρακτική άλλων σχετικών ερευνών, οι μαθητές κλήθηκαν να επιλέξουν μία από 5 απαντήσεις σύμφωνα με την πενταβάθμια κλίμακα Likert: Είμαι σίγουρη/ος ότι αυτό είναι σωστό (ΣΣ), Νομίζω ότι αυτό είναι σωστό (Σ), Δεν ξέρω για αυτό (-), Νομίζω ότι αυτό είναι λάθος (Λ), Είμαι σίγουρη/ος ότι αυτό είναι λάθος (ΛΛ). Επιπρόσθετα, οι μαθητές είχαν πληροφορηθεί ότι εξυπηρετούσαν τους σκοπούς έρευνας και ότι η βοήθειά τους ήταν πολύτιμη. Τέλος, υπήρχε επιτήρηση της διαδικασίας από αρμόδια καθηγήτρια του σχολείου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

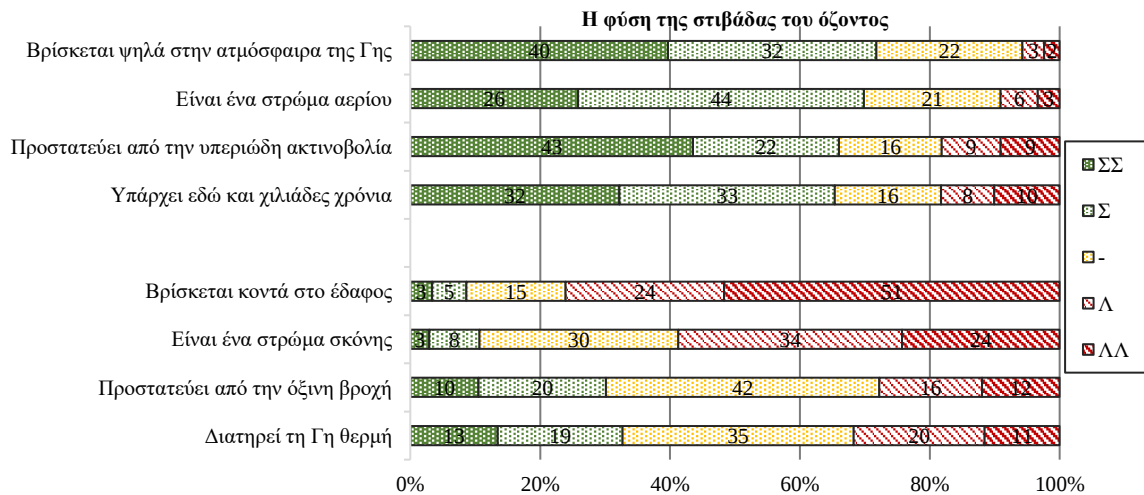
Στην έρευνα πήραν μέρος 210 μαθητές ηλικίας 13 έως 16 ετών. Το συνολικό δείγμα αντλήθηκε από μαθητές ιδιωτικού Γυμνασίου-Λυκείου της Λάρισας, στην Ελλάδα και μοιράστηκε σε 105 (50%) αγόρια και 105 (50%) κορίτσια (Σχήμα 1).



Σχήμα 1: Ποσοστό συμμετοχής αγοριών/κοριτσιών

Οι απαντήσεις (εκτός από τα δημογραφικά στοιχεία που δίνονται στο Σχήμα 1) παρουσιάζονται γραφικά στα Σχήματα 2 έως 5 και αναλύονται παρακάτω. Κάθε σχήμα αντιστοιχεί και σε μια ενότητα δηλώσεων-ερωτήσεων του ερωτηματολογίου. Η πενταβάθμια κλίμακα των απαντήσεων παρουσιάζεται με πέντε διαφορετικές σκιαγραφήσεις. Κάθε απάντηση αντιστοιχεί σε μια τυποποιημένη σκιαγραφημένη γραμμή (μπάρα), η οποία διαιρείται σε πέντε τμήματα τα οποία παρουσιάζουν τα ποσοστά της απόδοσης της κάθε ερώτησης. Στο δεξιό μέρος του σχήματος βρίσκεται ένας κώδικας σκίασης που επεξηγεί τους τύπους σκίασης με τις αναγραφόμενες συντομογραφίες (ΣΣ, Σ, -, Λ, ΛΛ). Στο επάνω τμήμα του σχήματος παρουσιάζονται οι ερωτήσεις με φθίνουσα κατάταξη ως προς την ορθότητά τους από πάνω προς τα κάτω. Αντίθετα, στο κάτω τμήμα του σχήματος παρουσιάζονται οι παρανοήσεις με αύξουσα σειρά. Με αυτή τη διαβάθμιση εύκολα μπορούν να εντοπισθούν οι πιο δημοφιλείς σωστές απαντήσεις (στην κορυφή του σχήματος), όπως και οι πιο κοινές λάθος απαντήσεις (στο κάτω μέρος). Το κριτήριο της διαβάθμισης ορίζεται από το άθροισμα των ΣΣ με τις Σ απαντήσεις και του αθροίσματος των ΛΛ με τις Λ απαντήσεις για κάθε ερώτηση. Ο σχολιασμός που ακολουθεί βασίζεται στο ίδιο μοτίβο, ξεκινώντας από την πιο δημοφιλή απάντηση.

5.1 Απόψεις μαθητών για τη στιβάδα του όζοντος (Σχήμα 2)



Σχήμα 2: Απόψεις των μαθητών για τη στιβάδα του όζοντος

Σωστές Δηλώσεις

Ερώτηση 8: Η φύση της στιβάδας του όζοντος βρίσκεται ψηλά στην ατμόσφαιρα της γης. Οι απαντήσεις των συμμετεχόντων στην ερώτηση αυτή συγκέντρωσαν το μεγαλύτερο ποσοστό (72%) θετικών απαντήσεων σε αυτή την ενότητα. Το υπόλοιπο 22% δήλωσε ότι δεν γνώριζε για αυτό, ενώ μόλις το 6% απάντησε αρνητικά. Οι μαθητές δείχνουν αρκετά ενήμεροι για το θέμα αυτό. Το αποτέλεσμα αυτό βρίσκεται σε καλή συμφωνία, τόσο με το αποτέλεσμα της έρευνας των Boyes & Sanisstreet που διεξήχθη το 1994 μεταξύ μαθητών στο Ηνωμένο Βασίλειο, με το αντίστοιχο ποσοστό να ισούται με 70%, όσο και με το αποτέλεσμα της έρευνας των Boyes et al. που διεξήχθη το 1998 μεταξύ Ελλήνων μαθητών, με το αντίστοιχο ποσοστό να ισούται με 80%.

Ερώτηση 1: Είναι ένα στρώμα αερίου. Οι απαντήσεις αυτής της ερώτησης δείχνουν ότι οι περισσότεροι μαθητές του δείγματος (70%) φαίνεται να γνωρίζουν ότι η στιβάδα του όζοντος είναι ένα στρώμα αερίου, το 21% επέλεξε να απαντήσουν ότι δεν γνωρίζουν για αυτό, ενώ ένα μικρό ποσοστό (9%) δεν συμφωνεί με αυτή τη δήλωση. Το ίδιο ακριβώς ποσοστό είχε σημειώσει το δείγμα των Βρετανών μαθητών ως προς την θετική τους απάντηση (Boyes & Sanisstreet, 1994), ενώ το ποσοστό αυτό ήταν μεγαλύτερο (90%) στην έρευνα των Boyes et al. (1998).

Ερώτηση 2: Προστατεύει τη Γη από την υπεριώδη ακτινοβολία του ήλιου. Περίπου τα 2/3 των μαθητών του δείγματος (65%) κατανοούν τον βασικό ρόλο της στιβάδας του όζοντος που είναι να προστατεύει την γη από την υπεριώδη ακτινοβολία του ήλιου. Το 16% του δείγματος δεν γνωρίζει αυτή την ιδιότητα της στιβάδας του όζοντος, ενώ το 19% του δείγματος απάντησε ότι η στιβάδα του όζοντος δε διαθέτει αυτή την ιδιότητα. Το αποτέλεσμα αυτό δεν θεωρείται καθόλου ικανοποιητικό ιδίως για μια χώρα σαν την Ελλάδα όπου παρατηρείται ηλιοφάνεια τις περισσότερες μέρες του χρόνου και μεγάλη ροή ηλιακής ακτινοβολίας τους καλοκαιρινούς μήνες. Τα ποσοστά των θετικών

απαντήσεων στις έρευνες των (Boyes & Sanisstreet, 1994) και (Boyes et al., 1998) ήταν 80% και 70%, αντίστοιχα.

Ερώτηση 6: Υπάρχει εδώ και χιλιάδες χρόνια, ακόμη και πριν ζήσουν οι άνθρωποι στη Γη. Όμοια με την προηγούμενη ερώτηση, το 65% του δείγματος απάντησε σωστά, το 16% απάντησε ότι δεν γνωρίζει και το 19% απάντησε ότι διαφωνεί. Τα ποσοστά αυτά φανερώνουν ότι το 1/3 περίπου του δείγματος δε γνωρίζει την ιστορική προέλευση της στιβάδας του όζοντος. Αντίστοιχα θετικά ποσοστά, 70% και 60%, καταγράφηκαν στις έρευνες των (Boyes & Sanisstreet, 1994) και (Boyes et al., 1998), αντίστοιχα.

Παρανοήσεις

Ερώτηση 5: Βρίσκεται κοντά στο έδαφος. Τα αποτελέσματα αυτής της ερώτησης συμφωνούν με τα αποτελέσματα της ερώτησης 8 που παρουσιάστηκαν παραπάνω, επιβεβαιώνοντας το συμπέρασμα ότι περισσότερο από τα 2/3 του δείγματος γνωρίζουν τη θέση του στρώματος του όζοντος στην ατμόσφαιρα. Παράλληλα, η απάντηση αυτή συμφωνεί με τα αποτελέσματα των ερευνών των (Boyes & Sanisstreet, 1994) και των (Boyes et al., 1998), στις οποίες καταγράφηκαν τα ίδια ποσοστά.

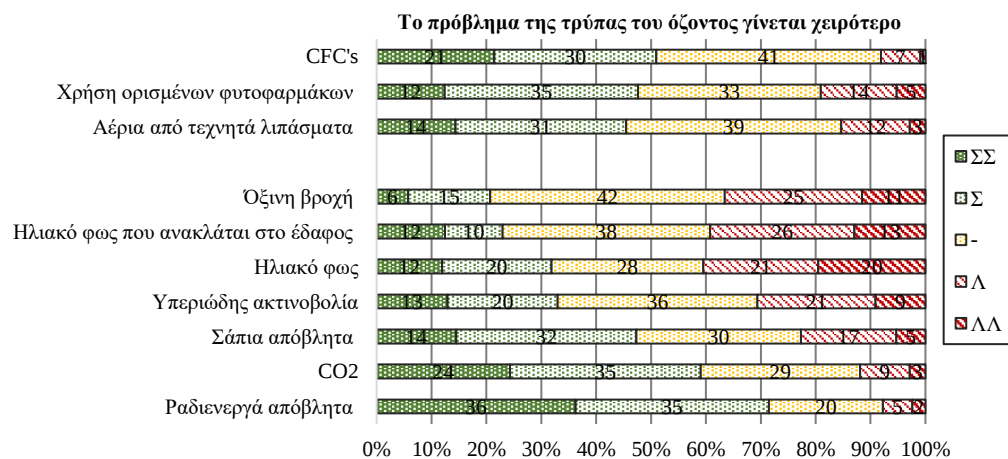
Ερώτηση 4: Είναι ένα στρώμα σκόνης. Λιγότερο ενημερωμένους βρίσκει αυτή η ερώτηση τους μαθητές του δείγματος, καθώς λίγο λιγότεροι από τους μισούς δεν γνωρίζουν ότι η στιβάδα του όζοντος δεν αποτελείται από σκόνη. Συγκεκριμένα, το 58% από αυτούς απάντησε ορθά, το 30% παρέμεινε ουδέτερο και το 12% απάντησε λάθος. Ενθαρρυντικό είναι το γεγονός ότι οι λανθασμένες απαντήσεις ήταν πολύ περιορισμένες. Συγκριτικά με τις άλλες έρευνες (Boyes & Sanisstreet, 1994; Boyes et al., 1998), το ποσοστό των λάθος απαντήσεων παρέμεινε στο 7% και 10%, αντίστοιχα.

Ερώτηση 7: Προστατεύει τη γη από την όξινη βροχή. Το 30% του δείγματος των μαθητριών/τών είχε την άποψη ότι η στιβάδα του όζοντος προστατεύει από την όξινη βροχή, ενώ το 42% δήλωσε άγνοια για το φαινόμενο αυτό. Μόνο το 28% του δείγματος γνωρίζει ότι αυτή είναι μια λάθος δήλωση. Τα αποτελέσματα αυτής της ερώτησης φανερώνουν ότι το δείγμα των μαθητών δεν έχει το υπόβαθρο των γνώσεων ώστε να διαχωρίζει τα χαρακτηριστικά δύο σημαντικών περιβαλλοντικών προβλημάτων. Περίπου το ίδιο ποσοστό ορθών απαντήσεων καταγράφηκε στην έρευνα των Boyes et al. (1998) (35%) που διεξήχθη 26 χρόνια πριν, ενώ το ποσοστό των ορθών απαντήσεων ήταν αρκετά μικρότερο στο δείγμα των μαθητών του Ηνωμένου Βασιλείου στην έρευνα των Boyes & Sanisstreet (1994) (12%), η οποία μάλιστα διεξήχθη 30 χρόνια πριν.

Ερώτηση 3: Διατηρεί τη γη θερμή. Το 1/3 των μαθητριών/τών του δείγματος δε γνωρίζει ότι το στρώμα του όζοντος δε διατηρεί τη γη θερμή, ενώ ένα άλλο 1/3 του δείγματος των μαθητριών/τών γνωρίζει ότι αυτή είναι μια λάθος δήλωση. Αντίστοιχα ποσοστά λανθασμένων απαντήσεων καταγράφηκαν και στις έρευνες των Boyes & Sanisstreet (1994) (40%) και Boyes et al. (1998) (35%). Οι απαντήσεις σε αυτή την ερώτηση επιβεβαιώνουν τη σύγχυση που έχει καταγραφεί στη βιβλιογραφία μεταξύ της τρύπας του όζοντος και του φαινομένου του θερμοκηπίου. Από τη συγκεκριμένη ερώτηση εντοπίζεται μια παρανόηση σχετικά με τη βασική επίπτωση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Αν και το όζον συγκαταλέγεται μεταξύ των αερίων του θερμοκηπίου, δεν

είναι η στιβάδα του όζοντος αυτή που διατηρεί τη γη θερμή. Η Γη διατηρούταν θερμή εξαιτίας της φυσικής συνιστώσας του φαινομένου του θερμοκηπίου, ενώ για την υπερθέρμανση του πλανήτη υπαίτια είναι η ανθρωπογενής συνιστώσα του φαινομένου του θερμοκηπίου.

5.2 Απόψεις μαθητών για τα αίτια της τρύπας του όζοντος, (Σχήμα 3)



Σχήμα 3: Απόψεις των μαθητών για τα αίτια της τρύπας του όζοντος

Σωστές Δηλώσεις

Ερώτηση 11: Από ανθρωπογενή αέρια, όπως οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs), που εισέρχονται στην ατμόσφαιρα. Το 51% των συμμετεχόντων έδωσε σωστές απαντήσεις, ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό της τάξης του 41% δήλωσε πως δεν γνώριζε και το υπόλοιπο 8% απάντησε αρνητικά. Επομένως, μόνο περίπου οι μισές/οί μαθήτριες/τές αναγνώρισαν την βασική αιτία καταστροφής της στιβάδας του όζοντος, τα CFCs, ανάλογα με το δείγμα των μαθητών στην Τουρκία (84%) (Feyzi Osman Pekel, 2005) και στη Βρετανία (85%)(Boyes & Sanisstreet,1994) που έδειξε πως κατέχει το θέμα αυτό. Ενώ συγκριτικά με τους Έλληνες του 1998 (44%) (Boyes et al. 1998) η σημερινή γενιά τα πήγε κάπως καλύτερα.

Ερώτηση 18: Από τη χρήση ορισμένων φυτοφαρμάκων. Απροσδόκητα το 47% του δείγματος των μαθητριών/τών απάντησε σωστά, αν θεωρηθεί ότι πρόκειται για μια εξειδικευμένη γνώση που αφορά τον τομέα της γεωργίας, με δεδομένο το ότι υπάρχει έλλειψη πληροφόρησης για αυτό το θέμα. Το υπόλοιπο 33% του δείγματος ανήκει σε αυτούς που απάντησαν ότι δεν γνωρίζουν και το 20% σε αυτούς που απάντησαν λάθος. Αντίθετα, τα αποτελέσματα των απαντήσεων για αυτή την ερώτηση στην έρευνα του Pekel (2005) ήταν εντυπωσιακά, με το 84% του δείγματος των μαθητών να γνωρίζει ότι η χρήση κάποιων φυτοφαρμάκων καταστρέφει την στιβάδα του όζοντος.

Ερώτηση 16: Αέρια που εκλύονται από τεχνητά λιπάσματα. Αρκετά ευνοϊκό είναι το γεγονός πως το δείγμα των μαθητριών/τών έδωσε το ποσοστό του 45% σε θετικές απαντήσεις. Το 39% κράτησε ουδέτερη στάση ενώ το υπόλοιπο 16% δεν τα κατάφερε να

απαντήσει σωστά. Τα αέρια που εκλύονται από τεχνητά λιπάσματα αποτελούν αιτία του προβλήματος, η οποία όμως αναμενόμενα δεν αναγνωρίζεται από τους περισσότερους μαθητές, καθώς αποτελεί πληροφορία επιστημονικής φύσεως που ακόμη παραμένει άγνωστη για το ευρύ κοινό, πόσο μάλλον για τους μαθητές. Το ποσοστό των σωστών απαντήσεων που σημειώθηκε από το αντίστοιχο δείγμα των μαθητών για την ερώτηση αυτή στην έρευνα του Pekel (2005) ήταν 67%.

Παρανοήσεις

Ερώτηση 14: Από ραδιενεργά απόβλητα από εργοστάσια παραγωγής πυρηνικής ενέργειας. Μόνο το ελάχιστο ποσοστό του 9% του δείγματος των μαθητριών/των αντιλήφθηκε ότι αυτό δεν ισχύει, το 20% δεν γνώριζε για αυτό το θέμα ενώ το συντριπτικό ποσοστό του 71% απάντησε εσφαλμένα πως για την καταστροφή του όζοντος ευθύνονται τα ραδιενεργά απόβλητα που εκλύονται από τα εργοστάσια παραγωγής πυρηνικής ενέργειας. Η εξήγηση πιθανώς να τοποθετείται στο γεγονός ότι η Ελλάδα δεν είναι χώρα παραγωγής πυρηνικής ενέργειας όπου κάλλιστα οι μαθητές θα μπορούσαν να έχουν ένα είδος εξοικείωσης. Και από ότι φαίνεται την αντιλαμβάνονται με κάτι γενικά περιβαλλοντικά «κακό» που, γιατί όχι στην δική τους σφαίρα αντίληψης, μπορεί να βλάψει και το στρατοσφαιρικό όζον. Βέβαια, ούτε στο δείγμα των Βρετανών μαθητών (Boyes & Sanisstreet, 1994) παρατηρούνται καλύτερα αποτελέσματα, με ποσοστό 60% να δίνεται σε λάθος απαντήσεις, παρόλο που στη Μεγάλη Βρετανία παράγεται πυρηνική ενέργεια και επομένως οι επιπτώσεις της θα έπρεπε να είναι περισσότερο γνωστές. Όμως και το δείγμα των Ελλήνων μαθητών αντίστοιχα στην έρευνα των Boyes et al. (1998) είχε απαντήσει ακριβώς το ίδιο με τους σημερινούς Έλληνες, με το 70% από αυτούς να θεωρούν υπαίτια τα ραδιενεργά απόβλητα για την χειροτέρευση της τρύπας του όζοντος.

Ερώτηση 10: Επειδή μεγάλη ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) εισέρχεται στην ατμόσφαιρα. Μόλις το 12% του δείγματος των μαθητών συγκέντρωσε σωστές απαντήσεις, το 29% δεν γνώριζε την απάντηση και το μεγαλύτερο μέρος του δείγματος με ποσοστό 59% έδωσε λάθος απάντηση. Διαφαίνεται εδώ ότι οι περισσότεροι μαθητές αδυνατούν να γνωρίζουν ότι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) δεν αποτελεί αιτία καταστροφής του στρατοσφαιρικού όζοντος αλλά αιτία της δημιουργίας του ανθρωπογενούς φαινομένου του θερμοκηπίου. Αντίθετα, στην έρευνα του Pekel το 2005 στην Τουρκία, οι συμμετέχοντες πέτυχαν το τριπλάσιο ποσοστό σωστών απαντήσεων (36%) για την ερώτηση αυτή.

Ερώτηση 13: Από αέρια που εκλύονται από σάπια απόβλητα. Το 23% του δείγματος των μαθητών γνώριζε ότι τα αέρια που απελευθερώνονται από τα σάπια απόβλητα δεν προκαλούν μείωση στη στιβάδα του όζοντος. Το 30% του δείγματος δήλωσε πως δεν γνώριζε για αυτό, ενώ περίπου το μισό (47%) λανθασμένα θεώρησε πως πρόκειται για αιτία του προβλήματος. Φαίνεται πιθανότερο κάποιοι μαθητές να στηρίζουν αυτήν τους την πεποίθηση σε μια γενικότερη εικόνα που έχουν για το ότι αν κάτι είναι «κακό» για το περιβάλλον είναι κακό γενικά (παρατηρήθηκε και στην ερώτηση 14). Ενώ ίσως κάποιοι άλλοι να συγχέουν το πρόβλημα της τρύπας του όζοντος

με το φαινόμενο του θερμοκηπίου γνωρίζοντας όμως ότι τα σάπια απόβλητα εκλύουν τα λεγόμενα αέρια του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Ανάλογες απαντήσεις δόθηκαν από το δείγμα των μαθητών στην Τουρκία (Pekel, 2005), συγκεντρώνοντας το ποσοστό του 19% για τη σωστή τοποθέτηση του θέματος.

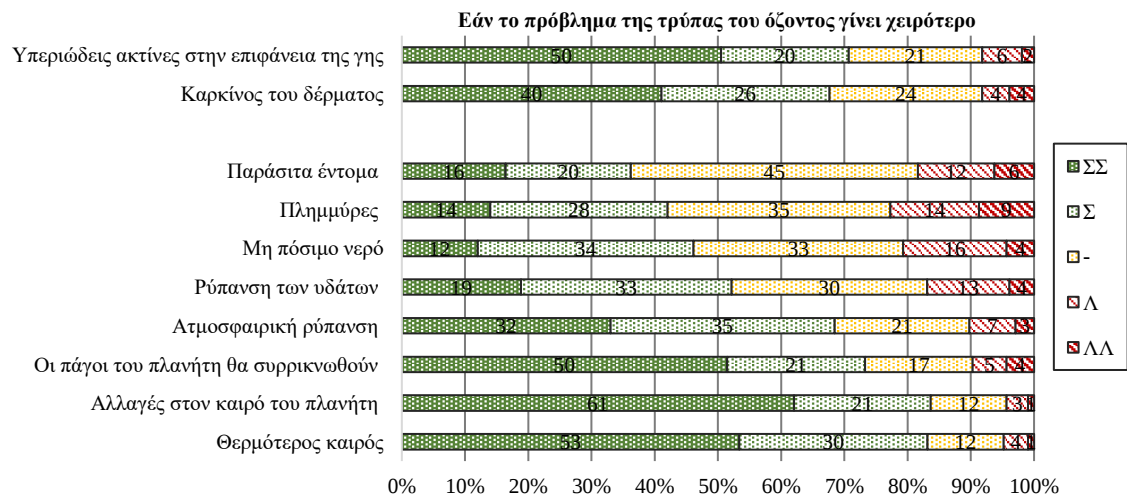
Ερώτηση 17: Επειδή το ηλιακό φως που αντανακλάται στο έδαφος δεν μπορεί να διαφύγει προς το διάστημα. Το 39% του δείγματος των μαθητών επέλεξε τη σωστή απάντηση, το 38% την απάντηση «δεν ξέρω για αυτό» και το 23% έδωσε λάθος απάντηση. Καθότι και αυτή η ερώτηση, μαζί με τη 10 και τη 13, δεν αποτελούν αιτίες του προβλήματος της τρύπας του όζοντος αλλά συνδέονται με το μηχανισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου, φαίνεται ότι οδήγησε σε παρανόηση τους μαθητές και έτσι μόνο το 39% από αυτούς κατάφερε να διαχωρίσει τα δύο αυτά περιβαλλοντικά προβλήματα.

Ερώτηση 12: Από τη μεγάλη ποσότητα υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της Γης. Μόνο το 30% των ερωτηθέντων κατανόησαν ότι η υπεριώδης ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται στην επιφάνεια της γης δεν είναι αιτία της καταστροφής του στρατοσφαιρικού όζοντος. Το 36% από αυτούς απάντησαν ότι δεν γνωρίζουν και το υπόλοιπο 34% απάντησε λανθασμένα. Ενώ στην προηγούμενη ενότητα (ερώτηση 2) το 65% του δείγματος των μαθητών έδειχνε να αντιλαμβάνεται το βασικό ρόλο του στρώματος του όζοντος που είναι να προστατεύει τη γη από την υπεριώδη ακτινοβολία, το ένα τρίτο του δείγματος, σε αυτή την ερώτηση, δείχνει ότι ουσιαστικά δεν έχει κατανοήσει το θέμα καθώς συγχέει την συνέπεια του προβλήματος με την αιτία του. Ακριβώς την ίδια στάση επέδειξαν οι μαθητές στην έρευνα του Pekel (2005) με μόνο το 30% του δείγματος να απαντά σωστά.

Ερώτηση 9: Από τη μεγάλη ποσότητα ηλιακού φωτός που φτάνει στην επιφάνεια της Γης. Το 40% του δείγματος των μαθητών σωστά αναγνώρισε ότι η παραπάνω συνθήκη δεν αποτελεί αιτία του προβλήματος. Όμως το 28% δήλωσε πως δεν γνώριζε κάτι για αυτό ενώ το 32% του δείγματος έδωσε λάθος απάντηση. Είναι πολύ πιθανό οι μαθητές να ταυτίζουν την έννοια του ακίνδυνου ηλιακού φωτός με την έννοια της βλαβερής ηλιακής ακτινοβολίας. Και εφόσον διακατέχονται από αυτή τη σύγχυση είναι επόμενο να μεταβαίνουν εύκολα και σε επόμενη παρανόηση θεωρώντας το ηλιακό φως αιτία του προβλήματος. Σε αυτή την ερώτηση οι σωστές απαντήσεις που δόθηκαν από το δείγμα των μαθητών στην Τουρκία ξεπέρασαν τις μισές (54%) (Pekel, 2005).

Ερώτηση 15: Από την όξινη βροχή. Ενθαρρυντικό είναι ότι μόνο το 21% των ερωτηθέντων σύνδεσε το πρόβλημα με την όξινη βροχή, το 42% παρέμεινε ουδέτερο ενώ το 37% τοποθετήθηκε σωστά. Παρόλα αυτά ένα 30% (λίγο παραπάνω από το 21%) των μαθητών νόμιζαν, σε προηγούμενη ερώτηση, ότι το στρώμα του όζοντος προστατεύει από την όξινη βροχή. Αν και οι μαθητές τα πήγαν κάπως καλύτερα αναφορικά με το αν η όξινη βροχή αποτελεί αιτία της καταστροφής του όζοντος, παραμένει άγνωστο στους περισσότερους το γεγονός ότι πρόκειται για ένα περιβαλλοντικό πρόβλημα διαφορετικής φύσεως και προέλευσης. Συγκριτικά με το δείγμα των μαθητών στην Τουρκία (20%) (Pekel, 2005), οι Έλληνες συγκέντρωσαν τις διπλάσιες περίπου σωστές απαντήσεις.

5.3 Απόψεις μαθητών για τις συνέπειες της τρύπας του όζοντος, (Σχήμα 4)



Σχήμα 4: Απόψεις των μαθητών για τις συνέπειες της τρύπας του όζοντος

Σωστές Δηλώσεις

Ερώτηση 28: Περισσότερες υπεριώδεις ηλιακές ακτίνες θα φτάνουν στην επιφάνεια της Γης. Το 70% των συμμετεχόντων έδωσε σωστές απαντήσεις, το 21% απάντησε ότι δεν γνώριζε για αυτό, ενώ το 9% έδωσε λανθασμένες απαντήσεις. Οι περισσότεροι μαθητές κατανοούν ότι η μείωση της στιβάδας του όζοντος θα επιφέρει σαν συνέπεια περισσότερες υπεριώδεις ηλιακές ακτίνες να φτάνουν στην επιφάνεια της γης. Η απάντηση αυτή έρχεται να επισφραγίσει την απάντησή τους ως προς το ρόλο του στρώματος του όζοντος (ερώτηση 2) όπου περίπου το ίδιο ποσοστό (65%) του δείγματος των μαθητών είχε αντιληφθεί πολύ σωστά ότι προστατεύει την γη από την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία. Αυτό δείχνει μια σταθερότητα στις αντιλήψεις των μαθητών, εξαιρώντας την δυσκολία που σημείωσε το 34% αυτών στην ερώτηση 12 στο να αναγνωρίσει ότι η υπεριώδης ακτινοβολία δεν αποτελεί αιτία του προβλήματος. Ωστόσο περισσότερο σίγουροι έδειξαν να είναι οι μαθητές στο Ηνωμένο Βασίλειο (Boyes & Sanisstreet, 1994) με ποσοστό θετικών απαντήσεων το 80% για το δείγμα των ερωτηθέντων. Ενώ εξαιρετικά τα πήγαν οι μαθητές των συγκρινόμενων ερευνών σε Ελλάδα (90%) (Boyes et al., 1998) και Τουρκία (94%) (Pekel, 2005).

Ερώτηση 23: Περισσότεροι άνθρωποι θα πάθουν καρκίνο του δέρματος. Μόνο το 66% των συμμετεχόντων ανταποκρίθηκε θετικά, το 24% δήλωσε άγνοια για το θέμα και μόλις το 10% απάντησε αρνητικά. Είναι αρκετά απογοητευτικό το γεγονός ότι μόνο το 66% του δείγματος των Ελλήνων μαθητών γνωρίζει ότι περισσότεροι άνθρωποι σταδιακά θα πάθουν καρκίνο του δέρματος, μιας και διαμένουν σε μια χώρα με αρκετή ηλιοφάνεια και αν ληφθεί υπόψη πως εδώ και τρεις δεκαετίες τουλάχιστον η ενημέρωση που γίνεται για αυτό το θέμα (επιπτώσεις και μέτρα προστασίας) είναι παραπάνω από ικανοποιητική. Επιπλέον, εντυπωσιάζει το γεγονός πως όταν οι Έλληνες μαθητές είχαν ερωτηθεί το 1998

στην έρευνα των Boyes et al. ήταν σαφώς πολύ πιο ενημερωμένοι με ποσοστό απαντήσεων 90%. Περισσότερο ενημερωμένοι έδειξαν οι Τούρκοι μαθητές στην έρευνα του Pekel το 2005 με ποσοστό σωστών απαντήσεων το 95% ενώ και οι Βρετανοί δεν τα πήγαν καθόλου άσχημα (80%) (Boyes & Sanisstreet, 1994).

Παρανοήσεις

Ερώτηση 19: Ο καιρός θα γίνει θερμότερος. Ελάχιστοι ερωτηθέντες με μόλις 5% αυτών σημείωσαν σωστές απαντήσεις. Το 12% απάντησε ότι δεν γνώριζε να απαντήσει για αυτό, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό του 83% συγκεντρώθηκε για τις λανθασμένες απαντήσεις. Σε αυτή την ερώτηση είναι ξεκάθαρη η σύγχυση της πλειοψηφίας του δείγματος των μαθητών που επικρατεί μεταξύ των επιπτώσεων που προκαλεί η τρύπα του όζοντος και εκείνων από την κλιματική αλλαγή. Η σκέψη των μαθητών πιθανώς να βασίζεται στο συνειρμό του ότι εφόσον περισσότερη υπεριώδης ακτινοβολία διαπερνά το κατεστραμμένο στρώμα του όζοντος, τότε θα το διαπεράσει και περισσότερη θερμότητα. Έτσι, μόνο το 12% των συμμετεχόντων κατανοεί ότι η μείωση της στιβάδας του όζοντος δεν σχετίζεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Ακόμη πιο αποθαρρυντικά ήταν τα αποτελέσματα για τους Τούρκους ερωτηθέντες (Pekel, 2005) με μόλις το 2% να τοποθετείται σωστά.

Ερώτηση 25: Θα υπάρξουν αλλαγές στον καιρό του πλανήτη. Όμοια με την προηγούμενη ερώτηση αντέδρασαν οι συμμετέχοντες με μόλις το 5% αυτών να σημειώνεται για εκείνους που απάντησαν σωστά, το 83% για εκείνους που απάντησαν λάθος και το 12% για εκείνους που δήλωσαν ότι δεν γνωρίζουν. Εδώ αξίζει να τονιστεί όχι μόνο η ομοιότητα των απαντήσεων με την ερώτηση 19 αλλά και η ομοιότητα του περιεχομένου της. Και οι δύο ερωτήσεις έχουν ως θέμα τους την αλλαγή του καιρού, με αποτέλεσμα οι μαθητές να επιμένουν και πάλι στην άποψή τους ότι αυτό θα είναι το αποτέλεσμα της τρύπας του όζοντος. Όσον αφορά στο δείγμα των Τούρκων μαθητών (Pekel, 2005), καταγράφηκαν οι ίδιες παρανοήσεις για το θέμα αυτό με ποσοστό των θετικών απαντήσεων να σημειώνει το ελάχιστο ποσοστό του 3%.

Ερώτηση 26: Οι πάγοι του πλανήτη συρρικνώνονται σε μέγεθος. Το 72% των ερωτηθέντων έδωσαν λάθος απάντηση, το 18% δεν γνώριζαν αν θα συμβεί κάτι τέτοιο και το 10% έδωσαν σωστή απάντηση. Για άλλη μια φορά περίπου τα τρία τέταρτα του δείγματος των μαθητών καθιστά υπαίτια την τρύπα του όζοντος για το 'λιώσιμο' των πάγων στους πόλους της γης καθώς είναι ολοφάνερο ότι δεν γνωρίζει ότι πρόκειται για επίπτωση της κλιματικής αλλαγής. Η παρανόηση αυτή ίσως εξηγείται με το λανθασμένο μοντέλο «υπεριώδης ακτινοβολία-μεταφορά θερμότητας» που είναι πολύ πιθανό να έχουν δημιουργήσει στο μυαλό τους οι μαθητές. Τις ίδιες παρανοήσεις σημειώνουν και οι Τούρκοι συμμαθητές τους στην έρευνα του Pekel το 2005 με 5% μόνο από αυτούς να έχουν σωστή άποψη για το θέμα.

Ερώτηση 27: Θα υπάρξει περισσότερη ατμοσφαιρική ρύπανση. Μόνο το 11% του δείγματος των μαθητών απάντησε σωστά σε αυτή την ερώτηση, το 21% παρέμεινε ουδέτερο, ενώ το 68% απάντησε λανθασμένα. Εδώ οι μαθητές εμπλέκουν την αιτία με το αποτέλεσμα. Ενώ όπως φάνηκε από προηγούμενες τοποθετήσεις τους πως γνωρίζουν

ότι μέρος των ανθρωπογενών ρύπων είναι υπεύθυνο για την καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος, αντιστρέφουν άστοχα τους ρόλους, θεωρώντας πως η τρύπα του όζοντος είναι τώρα η αιτία που προκαλεί τους ατμοσφαιρικούς ρύπους. Με τον ίδιο τρόπο σκέψης απαντούν και οι αντίστοιχοι μαθητές στην Τουρκία στην έρευνα του Pekel (2005), με ένα εξίσου μικρό ποσοστό του 14% να έχει ξεκάθαρη εικόνα.

Ερώτηση 22: Θα υπάρξει μεγαλύτερη ρύπανση των υδάτων. Οι ερωτηθέντες που διαφώνησαν εύστοχα με την συνθήκη αυτή συμπλήρωσαν μόνο το 17%. Ενώ αντίθετα το 53% αυτών την θεώρησαν σωστή και το υπόλοιπο 30% δήλωσε ότι δεν γνωρίζει για αυτό. Επομένως, περίπου οι μισοί φέρουν την εντύπωση του ότι η τρύπα του όζοντος συνεπάγεται ρύπανση των υδάτων και πως αν χειροτερέψει, θα μεγαλώσει και η ρύπανση. Δεν έχουν κατανοήσει ότι το θέμα της ρύπανσης, ενώ επιφέρει περιβαλλοντικά προβλήματα, δεν συμβαίνει το αντίθετο. Ομοίως μόνο το 24% του δείγματος των Τούρκων μαθητών (Pekel, 2005) αντιλήφθηκε τη σωστή διάσταση του θέματος.

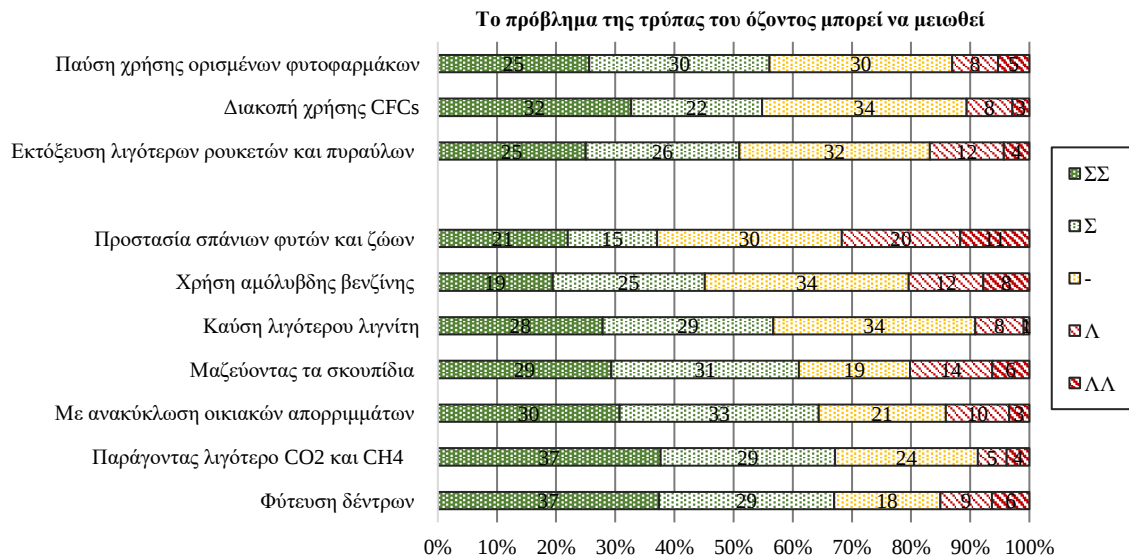
Ερώτηση 20: Μέρος από το νερό της βρύσης μας δεν θα είναι ασφαλές για να το πούμε. Το 20% των συμμετεχόντων δεν συμφωνεί με την συνθήκη αυτή, το 33% δηλώνει άγνοια και το υπόλοιπο 47% δυστυχώς ταυτίζεται με την ιδέα αυτή. Όμοια με την προηγούμενη ερώτηση, οι μισοί σχεδόν συγχέουν το πρόβλημα της ρύπανσης με την τρύπα του όζοντος. Επισφραγίζουν έτσι την παρανόησή τους σχετικά με τη ρύπανση των υδάτων χρεώνοντάς τη και πάλι στο φαινόμενο της μείωσης του στρατοσφαιρικού όζοντος. Με τον ίδιο τρόπο φαίνεται να σκέφτονται και οι Τούρκοι συμμετέχοντες στην έρευνα του Pekel το 2005 καθώς μόνο 16% από αυτούς κατανοούν ότι το νερό της βρύσης μας θα παραμείνει ασφαλές ακόμη και αν το πρόβλημα της τρύπας του όζοντος χειροτερέψει.

Ερώτηση 21: Θα υπάρξουν περισσότερες πλημμύρες. Οι σωστές απαντήσεις που δίνονται για αυτή την ερώτηση δεν ξεπερνούν το 23%. Το 35% αποτελεί τις ουδέτερες, ενώ το 42% τις λανθασμένες απαντήσεις. Σχεδόν οι μισοί ερωτηθέντες παρανοήσαν το γεγονός πιστεύοντας ότι η χειροτέρευση της τρύπας του όζοντος θα επιφέρει πλημμύρες στον πλανήτη. Είναι ολοφάνερο πως δεν γνωρίζουν ότι οι πλημμύρες είναι αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής, ενός σύνθετου αλλά διαφορετικού περιβαλλοντικού προβλήματος. Πιθανώς εδώ οι μαθητές να βασίζουν την γνώμη τους στις ανθρωπογενείς αιτίες που είναι κοινές για τα δύο αυτά προβλήματα και στηριζόμενοι σε αυτό θεωρούν ότι προκαλούν και κοινές επιπτώσεις. Στα ίδια επίπεδα κυμάνθηκαν και οι αντιλήψεις των Τούρκων ερωτηθέντων (Pekel, 2005) των οποίων οι σωστές τοποθετήσεις συγκέντρωσαν το 29%.

Ερώτηση 24: Θα υπάρξουν περισσότερα παράσιτα έντομα. Σχεδόν οι μισοί συμμετέχοντες (45%), απαντούν ότι δεν γνωρίζουν κάτι για το θέμα αυτό. Το 36% αυτών δίνει λάθος απάντηση και μόνο το 19% γνωρίζει ότι δεν σχετίζεται με το πρόβλημα της τρύπας του όζοντος. Είναι αναμενόμενη η στάση αυτή των μαθητών, κυρίως αυτών που απαντούν πως δεν γνωρίζουν, καθώς αποτελεί δευτερεύουσα συνέπεια μιας προχωρημένης σε ένταση κλιματικής αλλαγής και άρα ίσως όχι και τόσο αναγκαίας να τονιστεί από τους φορείς της ενημέρωσης. Παρόλα αυτά το 36% του δείγματος των μαθητών άστοχα συνδέει την ύπαρξη περισσότερων παρασίτων καθώς η τρύπα του

όζοντος μεγαλώνει. Το ίδιο περίπου ποσοστό (38%) λάθος αντίληψης παρουσιάζουν και οι Τούρκοι μαθητές στην έρευνα του Pekel το 2005.

5.4 Απόψεις μαθητών για τις λύσεις του προβλήματος της τρύπας του όζοντος, (Σχήμα 5)



Σχήμα 5: Απόψεις των μαθητών για τις λύσεις του προβλήματος της τρύπας του όζοντος

Σωστές Δηλώσεις

Ερώτηση 38: Με την παύση της χρήσης ορισμένων φυτοφαρμάκων. Το 56% του δείγματος των μαθητών, συμφωνεί με την παύση της χρήσης ορισμένων φυτοφαρμάκων προκειμένου να ανακάμψει το πρόβλημα, το 31% δηλώνει ότι δεν γνωρίζει για αυτό και μόνο το 13% έχει αντίθετη γνώμη. Αρκετά αισιόδοξο μπορεί να χαρακτηριστεί το γεγονός ότι πάνω από τους μισούς μαθητές έδωσαν σωστή απάντηση, καθώς η πληροφορία αυτή είναι δύσκολο να εντοπιστεί εκτός των κύκλων της επιστημονικής κοινότητας. Όμως πιο πιθανό είναι το γεγονός οι μαθητές να κατάλαβαν ότι πρόκειται για ουσίες που ρυπαίνουν γενικά την ατμόσφαιρα και με αυτό το σκεπτικό μοντέλο έπειτα να παραλλήλισαν την πιθανή βλάβη του στρατοσφαιρικού όζοντος που και αυτό επίσης είναι κομμάτι της ατμόσφαιρας. Επίσης και οι συμμαθητές τους στην Τουρκία (Pekel, 2005), συμφώνησαν οι πιο πολλοί (81%) ότι πρέπει να διακοπεί η χρήση ορισμένων φυτοφαρμάκων.

Ερώτηση 32: Με διακοπή της χρήσης αερίων όπως οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs). Οι σωστές απαντήσεις συγκέντρωσαν το ποσοστό του 54%, οι ουδέτερες το 34% και οι λανθασμένες το 12%. Μόνο το 54% του δείγματος των μαθητών αναγνώρισε ότι οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs) κατέχουν πρωταρχικό ρόλο ως υπαίτιοι της τρύπας του όζοντος γι' αυτό και συμφωνούν με την διακοπή της χρήσης τους. Αν και τα αποτελέσματα αυτά δεν θεωρούνται αρκετά ικανοποιητικά, παρόλα αυτά εκφράζουν μια

σταθερότητα στις απόψεις των μαθητών αν συγκριθούν με τις απόψεις τους στην ενότητα για τα αίτια της τρύπας του όζοντος που σημείωσαν αντίστοιχο ποσοστό (51%). Οι Τούρκοι συμμετέχοντες στην έρευνα του Pekel (2005) έδειξαν πολύ καλύτερα ενημερωμένοι επάνω σε αυτό το θέμα αφού συγκέντρωσαν το ποσοστό του 79% για τις σωστές τους απαντήσεις.

Ερώτηση 37: Με την εκτόξευση λιγότερων ρουκετών και πυραύλων στην ατμόσφαιρα. Το 51% του δείγματος των μαθητών πέτυχε να γνωρίζει ότι η εκτόξευση λιγότερων ρουκετών και πυραύλων θα ανακουφίσει το πρόβλημα. Το 17% δεν τα κατάφερε να απαντήσει σωστά και το 32% εξέφρασε άγνοια. Αν και η γνώση αυτή θεωρείται εξειδικευμένη, πολύ σωστά οι μισοί ερωτηθέντες αντιλήφθηκαν πως κάποιο «κακό» θα προκαλούν οι πύραυλοι και οι ρουκέτες καθώς διαπερνούν την στιβάδα του όζοντος. Παραμένει όμως άγνωστο αν γνωρίζουν την πραγματική αιτία καταστροφής η οποία απορρέει από τα καυσαέρια τους. Λίγο καλύτερα τα πήγαν με τις θετικές τους απαντήσεις (60%) οι ερωτηθέντες της έρευνας του Pekel (2005) στην Τουρκία.

Παρανοήσεις

Ερώτηση 33: Με φύτευση περισσότερων δέντρων. Οι λανθασμένες απαντήσεις σημείωσαν το ποσοστό του 66%, οι σωστές το 16% και το 18% των απαντήσεων σημειώθηκε για το δείγμα των μαθητών που δεν γνώριζαν κάτι για το θέμα. Είναι σαφές εδώ η ευαισθησία των περισσότερων μαθητών για την προστασία του περιβάλλοντος αλλά και η παιδικότητα που τους διακατέχει να νομίζουν ότι όλα τα περιβαλλοντικά προβλήματα μπορούν να λυθούν αν ενισχυθεί η χλωρίδα του πλανήτη. Παρόλα αυτά το ένα πέμπτο των συμμετεχόντων γνώριζε πολύ καλά πως δεν θα βοηθήσει στον περιορισμό της τρύπας του όζοντος φυτεύοντας δέντρα. Με την άποψη αυτή συμφωνεί και το 24% των Τούρκων συμμετεχόντων (Pekel, 2005).

Ερώτηση 35: Παράγοντας λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και μεθάνιο (CH₄). Μόνο το 10% του δείγματος των μαθητών απάντησε σωστά. Το 24% απάντησε ότι δεν γνώριζε ενώ το 66% έδωσε λάθος απάντηση. Τα δύο τρίτα των ερωτηθέντων λοιπόν, απέτυχαν να γνωρίζουν ότι οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και του μεθανίου (CH₄) δεν επηρεάζουν την μείωση της στιβάδας του όζοντος και επομένως ο περιορισμός τους δεν θα απαλύνει το πρόβλημα. Ομοίως και στην ερώτηση 10 της ενότητας των αιτιών, οι μαθητές με ποσοστό 59% θεωρούσαν υπαίτιο για την τρύπα του όζοντος το διοξείδιο του άνθρακα. Φαίνεται ότι οι μαθητές συντηρούν μια εσφαλμένη αντίληψη για τα αέρια του φαινομένου του θερμοκηπίου, δείχνοντας ότι δεν έχουν κατανοήσει τις διαφορές των δύο αυτών περιβαλλοντικών προβλημάτων. Την ίδια αντίληψη με ποσοστό 14% μόνο για τις σωστές απαντήσεις φαίνεται να κατέχουν και οι Τούρκοι μαθητές που συμμετείχαν στην έρευνα του Pekel το 2005.

Ερώτηση 34: Με ανακύκλωση των οικιακών απορριμμάτων. Οι σωστές απαντήσεις που δόθηκαν σημείωσαν το ποσοστό του 21%, το 19% οι ουδέτερες και οι λανθασμένες να υπερτερούν με 60%. Οι μαθητές, παρά την καλή τους πρόθεση να μειώσουν τον όγκο των οικιακών απορριμμάτων, δεν γνωρίζουν ότι δεν ταιριάζουν όλες οι λύσεις σε όλα τα περιβαλλοντικά ζητήματα. Παρά την σύγχυση των περισσότερων

ερωτηθέντων, υπάρχει ένα ποσοστό που αντιλαμβάνεται ότι το πρόβλημα της τρύπας του όζοντος δεν αναστρέφεται με την ανακύκλωση των οικιακών απορριμμάτων. Οι Τούρκοι ερωτηθέντες (Pekel, 2005) που κατανόησαν ότι η ανακύκλωση των απορριμμάτων δεν σχετίζεται με την τρύπα του όζοντος συγκέντρωσαν το ποσοστό του 25%.

Ερώτηση 30: Μαζεύοντας τα σκουπίδια. Το 60% του δείγματος των μαθητών έδωσε λανθασμένες απαντήσεις, το 19% κράτησε ουδετερότητα και το 21% έδωσε σωστές απαντήσεις. Η αδυναμία των μαθητών να γνωρίζουν ότι η μείωση της στιβάδας του όζοντος δεν συνδέεται με την ρύπανση του περιβάλλοντος είναι ολοφάνερη. Φαίνεται ότι καθώς δυσκολεύονται να έχουν ξεκάθαρη αντίληψη για το που οφείλεται η δημιουργία της τρύπας του όζοντος, δεν μπορούν να γνωρίζουν και τις λύσεις του προβλήματος. Γι' αυτό και υιοθετούν λύσεις από άλλα περιβαλλοντικά προβλήματα. Τις ίδιες απόψεις φέρουν και οι μαθητές που ρωτήθηκαν στην Τουρκία (Pekel, 2005), καθώς οι ορθές απαντήσεις τους αντιστοιχούν στο ποσοστό του 29%.

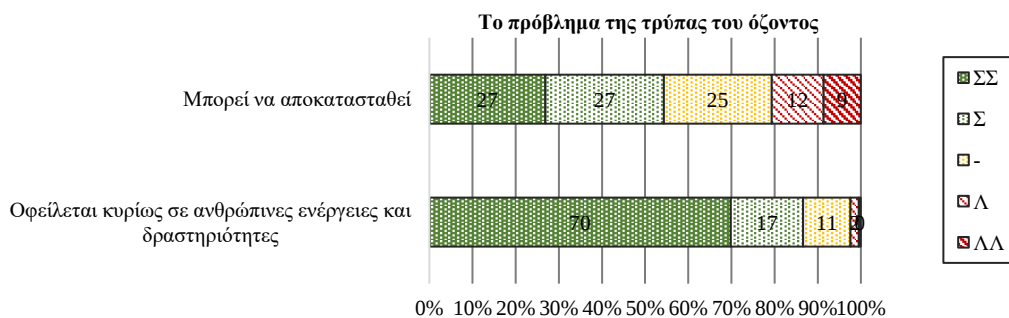
Ερώτηση 29: Αν καίμε λιγότερο λιγνίτη στους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς της Δ.Ε.Η. για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι περισσότεροι συμμετέχοντες απάντησαν λάθος με ποσοστό 57%. Το ποσοστό των συμμετεχόντων που δεν γνώριζε για το θέμα αντιστοιχεί στο 34% και μόνο το 9% απάντησε σωστά. Εκτός από το ελάχιστο ποσοστό εκείνων που τοποθετήθηκαν σωστά, οι υπόλοιποι φαίνεται ότι στερούνται παντελώς της γνώσης για το αν η καύση του λιγνίτη έχει επιπτώσεις στη στιβάδα του όζοντος. Έτσι αδυνατούν να προτείνουν την σωστή λύση για το πρόβλημα. Από την άλλη πλευρά, μπορεί απλά να συγχέουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου με την τρύπα του όζοντος, θεωρώντας και πάλι σωστό πως οτιδήποτε ρυπαίνει την ατμόσφαιρα καταστρέφει και το όζον.

Ερώτηση 31: Με τη χρήση αμόλυβδης βενζίνης. Το 45% των ερωτηθέντων απάντησε λάθος, το 34% απάντησε «δεν γνωρίζω για αυτό», ενώ το υπόλοιπο 21% έδωσε σωστές απαντήσεις. Και πάλι η εικόνα των μαθητών δεν είναι καλή αναφορικά με τη σχέση ρύπανσης - τρύπας του όζοντος. Είναι αρκετά μεγάλο το ποσοστό εκείνων που πιστεύουν μάταια πως αν χρησιμοποιείται αμόλυβδη βενζίνη θα βοηθηθεί η επίλυση του προβλήματος της τρύπας του όζοντος. Το πιο πιθανό είναι οι μαθητές να θεωρούν ότι ως τμήμα της ατμόσφαιρας που είναι και το στρώμα του όζοντος μπορεί να πλήττεται από τους ίδιους ατμοσφαιρικούς ρύπους που πλήττουν τα κατώτερα στρώματά της. Άρα, είναι επόμενο, εύκολα να καταλήγουν σε παρανοήσεις εφόσον επιπλέον δεν έχουν το κατάλληλο γνωστικό υπόβαθρο. Αναφορικά με τους Τούρκους συμμετέχοντες στην έρευνα του Pekel (2005), μόνο το 13% αυτών γνώριζε πως η χρήση της αμόλυβδης βενζίνης δεν αποτελεί τρόπο επίλυσης στο πρόβλημα της υποβάθμισης του στρατοσφαιρικού όζοντος.

Ερώτηση 36: Με την προστασία σπάνιων φυτών και ζώων. Το 32% των ερωτηθέντων έδωσαν σωστές απαντήσεις, το 30% δήλωσαν ότι δεν γνωρίζουν για αυτό και το 38% έδωσαν λανθασμένες απαντήσεις. Οι περισσότεροι συμμετέχοντες και εδώ δείχνουν να μην είναι ενημερωμένοι για το τι θα μπορούσε να προταθεί ως λύση του προβλήματος της τρύπας του όζοντος. Επιπλέον, φαίνεται να διατηρείται η εσφαλμένη άποψη του οτιδήποτε είναι ευεργετικό για το περιβάλλον συμβάλλει θετικά σε όλα τα

περιβαλλοντικά προβλήματα όπως και η τρύπα του όζοντος. Συνεπώς, μόνο το 32% του δείγματος των μαθητών γνώριζε πως το πρόβλημα δεν θα βελτιωθεί προστατεύοντας σπάνια φυτά και ζώα ενώ οι αντίστοιχοι Τούρκοι συμμαθητές τους στην έρευνα του Pekel το 2005 ξεπέρασαν τους μισούς (55%).

5.5 Απόψεις μαθητών για το πρόβλημα της τρύπας του όζοντος, (Σχήμα 6)



Σχήμα 6: Απόψεις των μαθητών για το πρόβλημα της τρύπας του όζοντος

Σωστές Δηλώσεις

Ερώτηση 39: Οφείλεται κυρίως σε ανθρώπινες ενέργειες και δραστηριότητες. Ένα συντριπτικό ποσοστό του δείγματος των μαθητών (87%) κατανοεί ότι το φαινόμενο της τρύπας του όζοντος ορθά οφείλεται κυρίως σε ανθρώπινες ενέργειες και δραστηριότητες. Το 11% δεν γνώριζε να απαντήσει, ενώ το ελάχιστο ποσοστό του 2% είχε διαφορετική άποψη.

Ερώτηση 40: Μπορεί να αποκατασταθεί. Αρκετά απαισιόδοξοι φάνηκαν οι συμμετέχοντες (54%) ως προς την πεποίθησή τους ότι μπορεί τελικά το πρόβλημα της τρύπας του όζοντος να αποκατασταθεί. Το 25% από αυτούς δήλωσαν ότι δεν γνωρίζουν να απαντήσουν, ενώ υπήρξαν και εκείνοι (21%) που πίστευαν ότι η αποκατάσταση του προβλήματος είναι δεν εφικτή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αρκετά ευνοϊκά για το δείγμα των Ελλήνων μαθητών ηλικίας 13 - 16 ετών δείχνουν να είναι τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας αναφορικά με την έννοια και τον βασικό ρόλο της στιβάδας του όζοντος. Τα δύο τρίτα των μαθητών είναι σε θέση να γνωρίζουν ότι πρόκειται για ένα στρώμα αερίου που βρίσκεται ψηλά στην ατμόσφαιρα της γης εδώ και χιλιάδες χρόνια και προστατεύει τη γη από την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία.

Οι περισσότερες παρανοήσεις του δείγματος των μαθητών καταγράφονται στην ενότητα που εξετάζει τα αίτια της καταστροφής του στρώματος του όζοντος. Μόνο το μισό περίπου ποσοστό του δείγματος αναγνωρίζει ως τη σημαντικότερη αιτία καταστροφής του στρατοσφαιρικού όζοντος τους χλωροφθοράνθρακες (CFCs), ενώ αντιθέτως ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό (71%) θεωρεί υπαίτια τα ραδιενεργά απόβλητα. Το τελευταίο, θα μπορούσε ίσως να αποδοθεί στην αντίληψη του ευρύτερου κοινού ότι η ραδιενέργεια είναι γενικά κάτι «κακό» για το περιβάλλον, οπότε θα είναι κακή και για τη στιβάδα του όζοντος. Επιπλέον, αιτίες άλλων περιβαλλοντικών προβλημάτων (όξινη βροχή, φαινόμενο του θερμοκηπίου) υιοθετούνται από τους μαθητές και αποδίδονται σαν αιτίες της υποβάθμισης του στρώματος του όζοντος.

Η λανθασμένη εκτίμηση της σχέσης *αιτίας – αποτελέσματος* επιπρόσθετα εντοπίζεται στην αντίληψη των μαθητών για την υπεριώδη ακτινοβολία και το ηλιακό φως που φθάνει στην επιφάνεια της γης, με μόνο το 35% περίπου να γνωρίζει το γεγονός ότι δεν αποτελούν αιτίες της τρύπας του όζοντος. Το ποσοστό αυτό όμως δεν παραλληλίζεται με την εντύπωση που έδωσαν οι μαθητές όταν σωστά επέλεξαν την αυξημένη ροή υπεριώδους ακτινοβολίας ως συνέπεια της καταστροφής του στρώματος του όζοντος με διπλάσιο ποσοστό (70%). Επιπρόσθετα, ενώ περίπου τα 3/4 του δείγματος των μαθητών γνωρίζει ότι περισσότερες υπεριώδεις ακτίνες θα φτάσουν στην επιφάνεια της γης, λιγότεροι από αυτούς τις συνδέουν με τον καρκίνο του δέρματος (66%). Πρόκειται για μια παρανόηση μη αναμενόμενη για τα δεδομένα της Ελλάδας, μιας χώρας ηλιόλουστης όπου η ενημέρωση για την προστασία από τις βλαβερές ακτίνες του ήλιου γίνεται ασταμάτητα εδώ και τουλάχιστον 30 χρόνια από κάθε ενημερωτικό μέσο. Όσον αφορά στις υπόλοιπες συνέπειες από την τρύπα του όζοντος, οι μαθητές συνεχίζουν να τις συγχέουν με εκείνες από την υπερθέρμανση του πλανήτη (71%, 83%), την κλιματική αλλαγή (82%) και την γενικότερη ρύπανση του περιβάλλοντος (52%, 67%).

Οι περισσότερες προτεινόμενες λύσεις των Ελλήνων μαθητών δεν αφορούν δυστυχώς στο πρόβλημα της τρύπας του όζοντος αλλά επεκτείνονται σε άλλα παγκόσμια περιβαλλοντικά προβλήματα, αναδεικνύοντας τη δυσκολία κατανόησης του μηχανισμού δημιουργίας και μετριασμού σύγχρονων περιβαλλοντικών θεμάτων. Πολλοί μαθητές πιστεύουν πως θα μετριάσουν το πρόβλημα της υποβάθμισης του στρώματος του όζοντος περιορίζοντας τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα που προέρχονται από την καύση λιγνίτη, φυτεύοντας δέντρα ή μαζεύοντας σκουπίδια. Ενθαρρυντικό είναι

παρόλα αυτά το γεγονός ότι το 54% του δείγματος των μαθητών συμφώνησε με την διακοπή της χρήσης των χλωροφθορανθράκων και ορισμένων φυτοφαρμάκων ως μέτρα μετριασμού της υποβάθμισης του στρώματος του όζοντος. Επιπλέον, είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι οι μισοί μαθητές του δείγματος γνωρίζουν ότι η εκτόξευση λιγότερων ρουκετών και πυραύλων μπορεί να απαλύνει το πρόβλημα.

Συμπερασματικά, οι παρανοήσεις που εντοπίστηκαν και από την παρούσα έρευνα φανερώνουν για άλλη μια φορά την ιδιαιτερότητα που έχουν τα επιστημονικά θέματα να κατανοηθούν. Τον πρωταρχικό ρόλο στην επίλυση αυτού του προβλήματος έχει η εκπαίδευση. Στη χώρα μας, τα διάφορα περιβαλλοντικά ζητήματα εντάσσονται κυρίως σε μαθήματα των φυσικών επιστημών και της γεωγραφίας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Σε αυτά, χρειάζονται βελτιώσεις στην προσέγγιση των περιβαλλοντικών θεμάτων, ώστε οι μαθητές να εξοικειωθούν με τα θέματα αυτά και να αποκτήσουν γνώσεις και δεξιότητες για να διακρίνουν διαφορές στη φύση τους, στα αίτιά τους και στις συνέπειες που τα ακολουθούν. Έτσι, θα υποστηριχθεί περαιτέρω ένας από τους βασικούς σκοπούς της εκπαίδευσης για το περιβάλλον και την αειφορία, να βοηθήσει τους μελλοντικούς πολίτες να είναι σωστά πληροφορημένοι ώστε να είναι σε θέση να αναλάβουν δράση προστατεύοντας τους εαυτούς τους και το περιβάλλον.

Βιβλιογραφία

Ζάνης, Π. (2024). Τροποσφαιρικό Όζον Αστικό ή Παγκόσμιο πρόβλημα ρύπανσης; Εργαστήριο Φυσικής Ατμόσφαιρας, ΑΠΘ. Διαθέσιμο στο <https://msc-env.physics.auth.gr/troposfairiko-ozon-astiko-i-pagkosmio-provlima-rypansis> [πρόσβαση 11 Ιουνίου 2024]

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (2024) Περιβάλλον / Κλιματική αλλαγή / Προστασία Στιβάδας του Όζοντος. Διαθέσιμο στο <http://ypen.gov.gr/perivallon/klimatiki-allagi/prostasia-stivadas-tou-ozontos/> [πρόσβαση 8 Ιουνίου 2024]

Boyes, E., Stanisstreet, M. (1994). The ideas of secondary school children concerning ozone layer damage. *Global Environmental Change*, 4(4), 311-324.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0959378094900310>

Boyes, E. & Stanisstreet, M. (1997). Children's Models of Understanding of Two Major Global Environmental Issues (Ozone Layer and Greenhouse Effect). *Research in Science & Technological Education*, 15(1), 19-28.<https://doi.org/10.1080/0263514970150102>

Boyes, E., Stanisstreet, M., Spiliotopoulou – Papantoniou, V. (1998). The Ideas of Greek High School Students about the "Ozone Layer". *Science Education*, 83(6), 724-737.
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199911\)83:6%3C724::AID-SCE5%3E3.0.CO;2-P](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199911)83:6%3C724::AID-SCE5%3E3.0.CO;2-P)

EPA, United States Environmental Protection Agency (2024a). *Ozone Layer Protection: Information on Ozone and Ozone Depletion*. Διαθέσιμο στο <http://www.epa.gov/ozone-layer-protection/information-ozone-and-ozone-depletion> [πρόσβαση 10 Ιουνίου 2024]

EPA, United States Environmental Protection Agency (2024b). *Sun safety: Health Effects of UV Radiation*. Διαθέσιμο στο <https://www.epa.gov/sunsafety/health-effects-uv-radiation> [πρόσβαση 10 Ιουνίου 2024]

Farman, J., C., Gardiner, B., G., & Shanklin, J., D. (1985). Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClO_x/NO_x interaction. *Nature*, 315, 207–210.
<https://www.nature.com/articles/315207a0>

Grima, J., Filho, W. L., Pace, P. (2010). Perceived Frameworks of Young People on Global Warming and Ozone Depletion. *Journal of Baltic Science Education*, 9(1), 35-49.
https://www.um.edu.mt/library/oar/bitstream/123456789/64611/1/Perceived_frameworks_of_young_people_on_global_warming_and_ozone_depletion_2010.pdf

Groves, F. & Pugh, A. (1998). High School and Student Perceptions of Ozone Depletion Problem. *Annual Meeting of the Mid-South Education Research Association (New Orleans)*.
<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED433206.pdf>

Groves, F. & Pugh, A. (2002). Cognitive Illusions as Hindrances to Learning Complex Environmental Issues. *Journal of Science Education and Technology*, 11(4), 381-390.
<https://link.springer.com/content/pdf/10.1023/A:1020694319071.pdf>

Hansen, P., J., K. (2010). Knowledge about the Greenhouse Effect and the Effects of the Ozone Layer among Norwegian Pupils Finishing Compulsory Education in 1989, 1993, and 2005—What Now? *International Journal of Science Education*, 32(3), 397-419. <https://doi.org/10.1080/09500690802600787>

Pekel, F. O. (2005). High School Students' and Trainee Science Teachers' Perceptions of Ozone Layer Depletion. *Journal of Baltic Science Education*, 1(7), 12-21. https://www.scientiasocialis.lt/jbse/files/pdf/vol4/12-21.Pekel_JBSE_Vol.4_No.1.pdf

Pekel, F. O., Özay, E. (2005). Turkish High School Students' Perceptions of Ozone Layer Depletion. *Applied Environmental Education and Communication*, 4, 115-123. <https://doi.org/10.1080/15330150590934598>

Salawitch, R., J. (2018). Scientific Assessment of Ozone Depletion. *Chemical Sciences Laboratory*. <https://csl.noaa.gov/assessments/ozone/2018/twentyquestions/#section-ii>

Shallcross, D., Harrison, T. (2010, December). A hole in the sky. *Science in School*. <https://www.scienceinschool.org/article/2010/ozone/>

Tyler Miller, G. (1999). *Βιώνοντας στο Περιβάλλον 2: Προβλήματα Περιβαλλοντικών Συστημάτων*. Εκδόσεις 'ΙΩΝ'.

Παράρτημα: Ερωτηματολόγιο

Η στιβάδα του όζοντος ή αλλιώς το στρώμα του όζοντος:

1. Είναι ένα στρώμα αερίου
2. Προστατεύει τη Γη από την υπεριώδη ακτινοβολία του ήλιου
3. Διατηρεί τη Γη θερμή
4. Είναι ένα στρώμα σκόνης
5. Βρίσκεται κοντά στο έδαφος
6. Υπάρχει εδώ και χιλιάδες χρόνια, ακόμη και πριν ζήσουν οι άνθρωποι στη Γη
7. Προστατεύει τη Γη από την όξινη βροχή
8. Βρίσκεται ψηλά στην ατμόσφαιρα της Γης

Το πρόβλημα της τρύπας του όζοντος γίνεται χειρότερο:

9. Από τη μεγάλη ποσότητα ηλιακού φωτός που φτάνει στην επιφάνεια της γης
10. Επειδή μεγάλη ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) εισέρχεται στην ατμόσφαιρα
11. Από ανθρωπογενή αέρια, όπως οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs), που εισέρχονται στην ατμόσφαιρα
12. Από τη μεγάλη ποσότητα υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης
13. Από αέρια που εκλύονται από σάπια απόβλητα
14. Από ραδιενεργά απόβλητα από εργοστάσια παραγωγής πυρηνικής ενέργειας
15. Από την όξινη βροχή
16. Από αέρια που εκλύονται από τεχνητά λιπάσματα
17. Επειδή το ηλιακό φως που ανακλάται στο έδαφος δεν μπορεί να διαφύγει προς το διάστημα
18. Από τη χρήση ορισμένων φυτοφαρμάκων

Εάν το πρόβλημα της τρύπας του όζοντος γίνει χειρότερο:

19. Ο καιρός θα γίνει θερμότερος
20. Μέρος από το νερό της βρύσης μας δεν θα είναι ασφαλές για να το πούμε
21. Θα υπάρξουν περισσότερες πλημμύρες
22. Θα υπάρξει μεγαλύτερη ρύπανση των υδάτων
23. Περισσότεροι άνθρωποι θα πάθουν καρκίνο του δέρματος
24. Θα υπάρξουν περισσότερα παράσιτα έντομα
25. Θα υπάρξουν αλλαγές στον καιρό του πλανήτη
26. Οι πάγοι του πλανήτη θα συρρικνωθούν σε μέγεθος
27. Θα υπάρξει περισσότερη ατμοσφαιρική ρύπανση
28. Περισσότερες υπεριώδεις ηλιακές ακτίνες θα φτάνουν στην επιφάνεια της γης

Το πρόβλημα της τρύπας του όζοντος μπορεί να μειωθεί:

- 29. Αν καίμε λιγότερο λιγνίτη στους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς της Δ.Ε.Η. για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
- 30. Μαζεύοντας τα σκουπίδια
- 31. Με τη χρήση αμόλυβδης βενζίνης
- 32. Με διακοπή της χρήσης αερίων όπως οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs)
- 33. Με φύτευση περισσότερων δέντρων
- 34. Με ανακύκλωση των οικιακών απορριμμάτων
- 35. Παράγοντας λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και μεθάνιο (CH_4)
- 36. Με την προστασία σπάνιων φυτών και ζώων
- 37. Με την εκτόξευση λιγότερων ρουκετών και πυραύλων στην ατμόσφαιρα
- 38. Με την παύση της χρήσης ορισμένων φυτοφαρμάκων

Το πρόβλημα της τρύπας του όζοντος:

- 39. Οφείλεται κυρίως σε ανθρώπινες ενέργειες και δραστηριότητες
- 40. Μπορεί να αποκατασταθεί

