

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Θ. ΚΩΤΣΗΣ & ΙΩΑΝΝΑ ΝΕΙΛΑ

**ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ:
ΜΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΙΜΕΣ
ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΡΑΞΗ**

Ιωάννινα 2005

Κωνσταντίνος Θ. Κώσης* & Ιωάννα Νείλα**

Θεμελιώδεις έννοιες των Φυσικών Επιστημών και περιβαλλοντικά προβλήματα: μια λειτουργική διασύνδεση με χρήσιμες προεκτάσεις στη διδακτική πράξη

Περίληψη

Η κατανόηση και η συνειδητοποίηση των περιβαλλοντικών προβλημάτων προϋποθέτουν ένα στέρεο γνωστικό υπόβαθρο σε θεμελιώδεις έννοιες των Φυσικών Επιστημών, όπως η ακτινοβολία, η ενέργεια, η θερμότητα και η θερμοκρασία, η φωτοσύνθεση, τα βιολογικά μακρομόρια.

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η μείωση της στιβάδας του όζοντος αναλύονται διεξοδικά, έτσι ώστε να γίνει φανερή αυτή η λειτουργική διασύνδεση.

Τέλος, εκτιμάται ότι τα οικολογικά αυτά προβλήματα μπορούν να αποτελέσουν έναυσμα για το ενδιαφέρον των μαθητών, όπως και ένα σύγχρονο ευέλικτο πλαίσιο για την εισαγωγή και οικοδόμηση βασικών εννοιών των Φυσικών Επιστημών.

Λέξεις κλειδιά: Φυσικές επιστήμες, φαινόμενο θερμοκηπίου, μείωση του όζοντος, διδακτική πράξη

Fundamental science concepts and environmental problems: a functional relationship and its useful teaching implications

Abstract

Understanding and becoming conscious of environmental problems presuppose a solid knowledge background in science concepts, such as radiation, energy, heat and temperature, photosynthesis, biological molecules. Greenhouse effect and Ozone depletion are analyzed in an extensive way, so as to reveal this functional relationship. These ecological matters could awake students' interest and consist a flexible context for the introduction and concept building in Science.

Keywords: Science, Greenhouse effect, Ozone depletion, teaching implications.

* Επίκουρος Καθηγητής στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

** Ερευνήτρια Εκπαιδευτικός στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Εισαγωγή

Τα περιβαλλοντικά προβλήματα, που ταλανίζουν το σύγχρονο κόσμο και υπονομεύουν τη διατήρηση της ισορροπίας και της ζωής στον πλανήτη μας, είναι –δυστυχώς– πολλά, σημαντικά και αλληλοσυνδεόμενα.

Το ενεργειακό πρόβλημα, η καταστροφή των δασών, η διάβρωση του εδάφους και η ερημοποίηση, η εξαφάνιση ειδών (φυτικών και ζωικών), η υποβάθμιση βιοτόπων, τα προβλήματα του Τρίτου Κόσμου και η ανισοκατανομή των φυσικών πόρων πάνω στη Γη, η λειψυδρία, η αστικοποίηση και οι τεράστιοι όγκοι των απορριμμάτων, όπως και οι διάφορες μορφές ρύπανσης (ατμοσφαιρική, εδάφους και υπεδάφους, επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, θερμική, ηχορύπανση, φωτορύπανση, γενετική ρύπανση) είναι μόνο ένας σύντομος απολογισμός των σύγχρονων οικολογικών προβλημάτων^{1,2,3}.

Η σχετική πληροφόρηση αποτελεί πλέον μέρος της καθημερινότητάς μας: πλήθος οι αναφορές στα δελτία ειδήσεων, τα δημοσιεύματα στον τύπο, οι ιστοσελίδες στο διαδίκτυο^{4,5,6}.

Ωστόσο, η κατανόηση και –κατ'επέκταση– η συνειδητοποίηση των περιβαλλοντικών προβλημάτων θεωρούμε ότι περνούν από την γνώση και την αλληλοσυσχέτιση ποικίλων εννοιών των Φυσικών Επιστημών, μερικές από τις οποίες είναι βασικές έννοιες της Φυσικής (ακτινοβολία, ενέργεια, θερμότητα και θερμοκρασία), της Χημείας (αέρια σώματα, καύση, υδρογονάνθρακες, ρυπογόνες χημικές ενώσεις), της Βιολογίας (λειτουργίες των φυτών, έννοια του είδους, μικροοργανισμοί, γενετικό υλικό D.N.A.), της Γεωγραφίας και των Επιστημών της Γης γενικότερα (ο κύκλος του νερού στη φύση, κλιματικές παράμετροι, οικοσυστήματα).

Σε αυτή την κατεύθυνση αναλύονται στη συνέχεια δύο από τα πιο γνωστά περιβαλλοντικά προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης, με επίκαιρο και παγκόσμιο χαρακτήρα, το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου και η Μείωση της στιβάδας του Όζοντος.

Η επιλογή αυτών των συγκεκριμένων οικολογικών προβλημάτων έγινε αφενός γιατί η διεξοδική τους εξέταση εμπλέκει αρκετές θεμελιώδεις έννοιες

1. Emberlin J.C. (1996), Εισαγωγή στην Οικολογία. Εκδ. Τυπωθήτω.

2. Tyler Miller J.R. (1999), Βιώνοντας το Περιβάλλον, Εκδ. Ίων.

3. Κατσίκης Α. (2004), «Πόσο πιθανές είναι οι μεταβολές του περιβάλλοντος;», άρθρο στον τοπικό τύπο στις 9/6/2004.

4. G. R.I.D.A., Global Resource Information Database Arendal, www.grida.no/climate

5. U.C.A.R., University Corporation Atmospheric Research, www.ucar.edu/learn

6. Scientific American, www.sciencemag.org.

των Φυσικών Επιστημών αναδεικνύοντας τις μεταξύ τους σχέσεις, αφετέρου δε γιατί έχουν μελετηθεί ως προς τις δυσκολίες κατανόησής τους για διάφορες ηλικιακές ομάδες (μαθητές^{7, 8, 9}, εκπαιδευτικούς^{10, 11}, ενήλικους^{12, 13} γενικά).

Ανάλυση των περιβαλλοντικών προβλημάτων

Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου και η Μείωση της στιβάδας του Όζοντος ανήκουν σε εκείνες τις μορφές ατμοσφαιρικής ρύπανσης, που δεν γίνονται άμεσα ορατές ή γενικότερα αντιληπτές από τον άνθρωπο (όπως π.χ. το «νέφος» στα μεγάλα αστικά κέντρα).

Ωστόσο, διαφέρουν μεταξύ τους τόσο όσον αφορά τις αιτίες γένεσής τους, όσο και τις συνέπειές τους.

Ας αναλύσουμε πρώτα το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου.

Πρόκειται για το φαινόμενο εκείνο, που συγκρατεί αρκετή ηλιακή ενέργεια με τη μορφή θερμότητας πάνω στη γη. Πράγματι, με τη θερμική ακτινοβολία, που παραμένει κοντά στην γήινη επιφάνεια χωρίς να μπορεί να διαφύγει προς τα ανώτερα ατμοσφαιρικά στρώματα, η Γη μπορεί να παρομοιαστεί με θερμοκήπιο.

Πιο συγκεκριμένα, το μεγαλύτερο μέρος από την υπέρυθη (=θερμική) ακτινοβολία (IR, Infrared Radiation), που αποβάλλεται από την επιφάνεια της γης, «παγιδεύεται» και επανακυκλοφορεί προς τη γη –όχι από τα τζάμια, όπως σε ένα θερμοκήπιο– αλλά κυρίως από τους υδρατμούς, όπως και από άλλα αέρια (διοξείδιο του άνθρακα CO₂, μεθάνιο CH₄, υποξείδιο του αζώτου

7. Boyes E., Stanisstreet M., Papantoniou V. (1999), "The ideas of Greek high school students about the ozone layer", *Science Education*, 83(6), 724-737.

8. Koulaidis V., Christidou V. (1999), "Models of students' thinking concerning the greenhouse effect and teaching implications", *Science Education*, 83(5), 559-576.

9. Andersson B., Wallin A. (2000), "Students' understanding of the greenhouse effect, the societal consequences of reducing CO₂ emissions and the problem of ozone layer depletion", *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 1096-1111.

10. Summers M., Kruger C., Childs A., (2001), "Understanding the science of environmental issues", *International Journal of Science Education*, 23(1), 33-53.

11. Khalid T., (2003), "Pre-service High School Teachers' Perceptions of three Environmental Phenomena", *Environmental Education Research*, 9(1), 35-50.

12. Fortner R. et al, (2000), "Public understanding of climate change", *Environmental Education Research*, 6(2), 127-141.

13. Leighton, J., Bisanz, G. (2003), "Children's and adults' knowledge and models of reasoning about the ozone layer and its depletion", *Int. J. Sci. Educ.*, 25(1), 117-139.

N₂O), που ανιχνεύονται στην ατμόσφαιρα προερχόμενα από φυσικές διεργασίες (αποβάλλονται από τους οργανισμούς, τα ηφαίστεια κ.λ.π.).

Πρέπει να τονίσουμε εδώ ότι χάρις σε αυτό το «φυσιολογικό» φαινόμενο του θερμοκηπίου έχει επιτραπεί η ανάπτυξη της ζωής πάνω στον πλανήτη μας. Είναι ενδεικτικό ότι χωρίς αυτό υπολογίζεται ότι η μέση ετήσια θερμοκρασία στην επιφάνεια της γης θα μειωνόταν από 15°C σε -20°C.

Η καύση τεραστίων ποσοτήτων ορυκτών καυσίμων (κυρίως άνθρακα) μετά την αρχή της βιομηχανοποίησης, σε συνδυασμό με τις πυρκαγιές και τις καταστροφές των δασών, θεωρούνται οι κύριες αιτίες απελευθέρωσης μεγάλων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), με αποτέλεσμα την υπέρμετρη αύξηση της συγκέντρωσης του αερίου αυτού στην ατμόσφαιρα (από περίπου 280 ppm το 1870 σε 365 ppm σήμερα).

Σα συνέπεια, ενισχύονται υπερβολικά τα αέρια του θερμοκηπίου και παρατηρείται μια αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης (κατά 0,3-0,6°C κατά τη διάρκεια της ίδιας χρονικής περιόδου), ενώ αναμένεται ακόμη μεγαλύτερη άνοδος κατά 3-4,5°C για τις επόμενες δεκαετίες.

Ας διευκρινίσουμε εδώ ότι στην υπερβολική κατακράτηση της θερμότητας συμβάλλει κυρίως το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) κατά 60%, αλλά και άλλα «αέρια του θερμοκηπίου», όπως το μεθάνιο (CH₄) κατά 15%, οι χλωροφθοράνθρακες (CFC) κατά 12%, το (τροποσφαιρικό) όζον κατά 8% κ.ά., όλα προϊόντα των καύσεων και της χημικής βιομηχανίας.

Πρόκειται για το «επαυξημένο» ή «ενισχυμένο» ή «ανθρωπογενές» φαινόμενο του θερμοκηπίου, που είναι γνωστό σαν μείζον περιβαλλοντικό πρόβλημα στο σύγχρονο κόσμο και συνήθως αναφέρεται απλά σαν «Φαινόμενο του Θερμοκηπίου» (όπως και στην παρούσα εργασία).

Με την τάση για υπερθέρμανση της γης σηματοδοτείται μια γενικότερη κλιματική αλλαγή, επηρεάζοντας την ισορροπία ολόκληρης της βιόσφαιρας: παρατηρούνται μεταβολές στην κατανομή και τη συχνότητα των βροχοπτώσεων στις διάφορες περιοχές της γης, επέκταση των ερήμων, τήξη των πάγων, άνοδος της στάθμης των θαλασσών, εξαφάνιση ή υποβάθμιση βιοτόπων (παγετώνων, παράκτιων περιοχών), επιπτώσεις στη βιωσιμότητα διαφόρων φυτικών και ζωικών ειδών (μη ανθεκτικών στις νέες κλιματικές συνθήκες), αλλαγές στις ζώνες καλλιέργειας και εξάπλωσης των φυτών.

Το Φαινόμενο του θερμοκηπίου, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, συνδέεται άμεσα με ένα άλλο μεγάλο οικολογικό πρόβλημα, την καταστροφή των δασών (ή «αποδάσωση»).

Είναι προφανές ότι, αν πρόκειται για δασικές πυρκαγιές, απελευθερώνονται μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα από την καύση των ξύλων στην ατμόσφαιρα.

Αλλά, οποιαδήποτε και αν είναι η αιτία της αποδάσωσης (οι εκχερσώσεις τροπικών δασών για παραγωγή ξυλείας, γεωργικών και κτηνοτροφικών προϊόντων, η υπερβόσκηση, η οικοπεδοποίηση, η υπερβολική υλοτομία, η υποβάθμισή τους λόγω όξινης βροχής στην εύκρατη ζώνη), η μείωση της δασοκάλυψης του πλανήτη έχει σαν αποτέλεσμα την προβληματική ανανέωση του οξυγόνου της ατμόσφαιρας.

Πράγματι, ας μη ξεχνάμε ότι τα δάση, με όλα τα φυτά που περικλείουν, καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα, με τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης, ενώ απελευθερώνουν οξυγόνο στην ατμόσφαιρα.

Αναφέρουμε με συντομία ότι, όπως είναι γνωστό, η καταστροφή των δασών επιδεινώνει και πολλά άλλα σοβαρά οικολογικά προβλήματα, όπως την ελάττωση των υδατικών πόρων, τη διάβρωση του εδάφους, την ένταση των πλημμυρικών φαινομένων, την εξαφάνιση βιοτόπων και την οριστική απώλεια φυτικών και ζωϊκών ειδών. Ακόμη, με την αποδάσωση μειώνονται τα οφέλη από την ρύθμιση του τοπικού κλίματος και την απορρόπηση (απορρόφηση διαφόρων ρύπων κυρίως στα φύλλα των δέντρων), που επιτελεί ένα δάσος.

Ας εξετάσουμε στη συνέχεια τη Μείωση της στιβάδας του Όζοντος.

Το όζον είναι το τριατομικό οξυγόνο O_3 , ασταθές μόριο, που «επιδιώκει» να γίνει διατομικό O_2 (σταθερή μορφή του οξυγόνου, που αποτελεί το 20% του ατμοσφαιρικού αέρα) αποβάλλοντας ένα άτομο O (που είναι πολύ δραστικό).

Το όζον είναι αέριο φυσικό συστατικό της στρατόσφαιρας, δηλαδή της ζώνης της γήινης ατμόσφαιρας που βρίσκεται σε υψόμετρο 12-48 km από την επιφάνεια της γης. Η συγκέντρωσή του είναι μεγαλύτερη μεταξύ των 25-30 km, οπότε και μιλάμε για «στιβάδα του όζοντος».

Εκεί το όζον δρα σαν φίλτρο της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV, Ultraviolet Radiation), ιδιαίτερα επικίνδυνης για τους ζωντανούς οργανισμούς σε μεγάλες δόσεις.

Πιο αναλυτικά, το όζον απορροφά σχεδόν το σύνολο της UV-C (με μήκος κύματος $\lambda=100-280$ nm) και μεγάλο μέρος της UV-B (με $\lambda=280-320$ nm), που έχοντας μικρά μήκη κύματος περικλείουν μεγάλα ποσά ενέργειας, ικανά να διασπάσουν αρκετά σταθερά βιολογικά μόρια (το γενετικό υλικό D.N.A. και διάφορες πρωτεΐνες) και να προκαλέσουν βλάβες στο δέρμα, στα μάτια, στο ανοσοποιητικό σύστημα. Η UV-A (με $\lambda=320-400$ nm), που απορροφάται σε μικρότερο βαθμό από το όζον, έχοντας μεγαλύτερο μήκος κύματος, είναι λιγότερο διεσδυτική στους ζωντανούς ιστούς και θεωρείται υπεύθυνη κυρίως για το μαύρισμα και τη γήρανση του δέρματος.

Το «στρατοσφαιρικό όζον» (ή «καλό όζον») δρα, επομένως, σαν προστατευτική ασπίδα για τη ζωή.

Με την απελευθέρωση στην ατμόσφαιρα χλωροφθορανθράκων (CFC), προϊόντων της χημικής βιομηχανίας (ψυκτικά αέρια των ψυγείων και των κλιματιστικών, προωθητικά αέρια διαφόρων σπρέι και καθαριστικών) προκαλείται καταστροφή του όζοντος στη στρατόσφαιρα. Συγκεκριμένα, με τη βοήθεια και των χαμηλών θερμοκρασιών, η υπεριώδης ακτινοβολία διασπά τους χλωροφθοράνθρακες απελευθερώνοντας τα άτομα χλωρίου τους. Αυτά αντιδρούν στη συνέχεια με το (ασταθές) όζον μετατρέποντάς το σε (σταθερό) διατομικό οξυγόνο, ενώ τα άτομα χλωρίου ξαναμπάνουν στον κύκλο της χημικής αυτής αντίδρασης, συνεχίζοντας την καταστροφική για το όζον δράση τους. Πρόκειται, δηλαδή, για μια «αυτοκαταλυόμενη» χημική αντίδραση.

Η σοβαρή μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος πάνω από την Ανταρκτική, κυρίως κατά τη διάρκεια του χειμώνα, είναι γνωστή σαν «τρύπα του όζοντος». Εκεί, από τις 300-350 DU (Dobson units) όζοντος κατά τη δεκαετία του 1960, έχουν παρατηρηθεί την τελευταία δεκαετία ακόμη και τιμές της τάξεως των 100 DU. (Η μονάδα αυτή ορίζεται σαν 0,01 mm πάχους, εκφράζοντας πόσο θα καταλάμβανε το όζον, αν ήταν συμπιεσμένο μάζα στη γήινη ατμόσφαιρα).

Πάντως, υπολογίζεται ότι έχει συμβεί μια γενικευμένη μείωση της στιβάδας του όζοντος κατά τις δύο τελευταίες δεκαετίες, με αποτέλεσμα να είναι κατά 3% μικρότερη κατά μέσο όρο γύρω από τη γη σήμερα από ότι το 1980.

Οι αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων, αλλά και άλλων οργανισμών είναι πολλές¹⁴, με σημαντικότερες την αύξηση των καρκίνων και διαφόρων άλλων παθήσεων του δέρματος και των ματιών στον άνθρωπο, όπως και τη μείωση της βιωσιμότητας διαφόρων πληθυσμών αμφιβίων ή και μικρών θαλάσσιων ζώων.

Επισημαίνουμε εδώ ότι το όζον συναντάται και κοντά στην επιφάνεια της γης, στην τροπόσφαιρα, δηλαδή σε υψόμετρο έως 12 km. Εδώ όμως, αν και πρόκειται για το ίδιο ακριβώς στοιχείο, δημιουργείται σαν δευτερογενές παράγωγο των καύσεων πετρελαίου και βενζίνης και αποτελεί ένα αέριο συστατικό της φωτοχημικής ρύπανσης, ενώ συμβάλλει και στο ενισχυμένο Φαινόμενο του Θερμοκηπίου. Το «τροποσφαιρικό όζον» (ή «κακό όζον») ενέχει κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία (αναπνευστικά προβλήματα, ερεθισμοί των ματιών) και την ανάπτυξη των φυτών.

14. Van der Leun J.C., Gruijl F.R. (1993), "Influences of Ozone Depletion on human and animal health", in UV-B Radiation and ozone depletion. Effects on humans, animals, plants, microorganisms and materials, Ed. Tevini, 95-123.

Εμπλεκόμενες έννοιες των Φυσικών Επιστημών

Ήδη αναλύοντας τη φύση του Φαινομένου του Θερμοκηπίου, όπως και της Μείωσης της στιβάδας του Όζοντος, παρουσιάζεται επιτακτικά η ανάγκη εισαγωγής στην έννοια της ενέργειας, που εκπέμπει ο ήλιος προς τη γη, όπως και του ηλιακού φάσματος.

Πράγματι, το ηλιακό φάσμα και οι διάφορες περιοχές του με τα χαρακτηριστικά τους (μήκος κύματος, ενέργεια, διεισδυτικότητα στους ζωντανούς ιστούς) προβάλλουν σαν βασικές γνώσεις «κλειδιά» για την κατανόηση όλων των φαινομένων που σχετίζονται με τη γήινη ατμόσφαιρα και τις κλιματικές αλλαγές, με ιδιαίτερη αναφορά στην υπέρυθη ακτινοβολία (IR, Infrared Radiation) για το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου και στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV, Ultraviolet Radiation) για τη Μείωση της στιβάδας του Όζοντος.

Ακόμη, κατά την ανάλυση των αιτιών δημιουργίας των δύο περιβαλλοντικών προβλημάτων, που εξετάσαμε, εμπλέκονται η φύση και η δομή των αερίων σωμάτων, η σύσταση του ατμοσφαιρικού αέρα, η καύση του άνθρακα και των υδρογονανθράκων, η φωτοσύνθεση με την κατανάλωση CO₂ από τα φυτά (και τα δάση), όπως και άλλες λειτουργίες των φυτών (συγκράτηση εδάφους, ρύθμιση κλίματος κ.ά.) σαν πιο «περιφερειακές» έννοιες.

Κατά την μελέτη του Φαινομένου του Θερμοκηπίου συναντάμε επίσης δυο πολύ βασικές έννοιες των Φυσικών Επιστημών, τη θερμοότητα και τη θερμοκρασία, οι οποίες είναι απαραίτητο να διευκρινιστούν, δεδομένης και της συχνής σύγχυσης, που επικρατεί γύρω από αυτές.

Όσον αφορά τη μείωση της στιβάδας του όζοντος, υπεισέρχονται οι έννοιες του μορίου, του ατόμου, οι χημικές αντιδράσεις που προκαλούν την καταστροφή του όζοντος, τα βιολογικά μακρομόρια D.N.A. και πρωτεΐνες, το ανοσοποιητικό σύστημα.

Σύμφωνα με έρευνες, που έχουν γίνει σε παιδιά 8-16 ετών σε διάφορες χώρες, αν και πολλές από αυτές τις έννοιες κατέχουν κεντρική θέση στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, οι αντιλήψεις γι' αυτές είναι συγκεχυμένες και βρίθουν εναλλακτικών ιδεών^{15, 16, 17}.

15. Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., Wood-Robinson, V. (1998), Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών, Εκδ. Τυπωθήτω-Δαρδανός.

16. Σπυροπούλου, Α. (2000), Διδακτικές και Παιδαγωγικές προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες, Εκδ. Τυπωθήτω-Δαρδανός.

17. Fzay E., Fztas H., (2003), "Secondary students' interpretations of photosynthesis and plant nutrition", Journal of Biological education, 37(2).

Εξάλλου, όσον αφορά τα προβλήματα ρύπανσης υπάρχουν πολλά εμπόδια στην κατανόησή τους^{18, 19}, ιδιαίτερα για τους μαθητές του Δημοτικού Σχολείου^{20, 21}.

Προτάσεις - Συμπεράσματα

Η μελέτη του Φαινομένου του Θερμοκηπίου, της Μείωσης της στιβάδας του Όζοντος και της Αποδάσωσης, που προηγήθηκε, ανέδειξε σαν απαραίτητες προαπαιτούμενες γνώσεις για την κατανόηση των αιτίων δημιουργίας τους, των επιπτώσεών τους, όπως και των μεταξύ τους αλληλοσυσχετίσεων, πολλές έννοιες, μερικές από τις οποίες είναι θεμελιώδεις για την οικοδόμηση της γνώσης στις Φυσικές επιστήμες, όπως η ακτινοβολία, η ενέργεια, η θερμότητα και η θερμοκρασία, η φωτοσύνθεση, τα βιολογικά μακρομόρια.

Εξετάζοντας την λειτουργική αυτή διασύνδεση από την οπτική γωνία της αξιοποίησής της στη διδακτική πράξη, εκτιμάμε ότι τα περιβαλλοντικά προβλήματα θα μπορούσαν να αποτελέσουν ένα ευέλικτο πλαίσιο για την εισαγωγή και οικοδόμηση των θεμελιωδών αυτών εννοιών, σύμφωνα με τις αρχές της εποικοδομητικής μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες^{22, 23}.

Ακόμη, έχοντας υπόψη ότι τα οικολογικά προβλήματα συνιστούν έναυσμα για το ενδιαφέρον των μαθητών, μια που συνδέονται με την καθημερινή ζωή και χαίρουν αυξημένης δημοτικότητας²⁴, αλλά και ότι πρόκειται για κα-

18. Brody M.J. (1991). «Understanding of pollution among 4th, 8th and 11th grade students”, *Journal of Environmental Education*, 22(2), 24-33.

19. Driver et al. ό.π.

20. Χρηστίδου Β., Γραμμένος Σ. (2000), “Οι αντιλήψεις μαθητών του Δημοτικού Σχολείου για τη ρύπανση της ατμόσφαιρας: εννοιολογικά εμπόδια και διδακτικές επιπτώσεις”, Πρακτικά του Διεθνούς Συνεδρίου *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση στο πλαίσιο της Εκπαίδευσης του 21ου αιώνα*, Λάρισα 6-8 Οκτωβρίου 2000, 320-326.

21. Μαρινόπουλος Δ., Σταυρίδου Ε (2002), “Η διδασκαλία της υλικότητας των αερίων και η κατανόηση της ρύπανσης του αέρα. Μια διδακτική προσέγγιση στο Δημοτικό Σχολείο”, *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών-Έρευνα και Πράξη*, 1, 60-67.

22. Κόκκοτας Π. (2002), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών Μέρος ΙΙ. Σύγχρονες Προσεγγίσεις στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης*. 3η έκδ., εκδ. Γρηγόρη.

23. Βλάχος Ι. (2004), *Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες. Η πρόταση της εποικοδόμησης*, Εκδ. Γρηγόρη.

24. Eurobarometer, (2001), *Les Europeens, la science et la technologie*. Commission Européenne, Direction generale recherche.

τεξοχήν διεπιστημονικά γνωστικά αντικείμενα²⁵, θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν διδακτικά σαν ευρύτερες θεματικές ενότητες, σαν διακλαδικοί κύκλοι μαθημάτων.

Η καταλληλότερη βαθμίδα εκπαίδευσης για τέτοιες σφαιρικές διαθεματικές προσεγγίσεις θεωρείται η Γυμνασιακή^{26,27}, αν και παρατηρείται ενίοτε θετική ανταπόκριση και από μικρότερους μαθητές^{28,29}.

Τέλος, μια διεξοδική μελέτη του Φαινομένου του Θερμοκηπίου και της Μείωσης της στιβάδας του Όζοντος, δύναται να λειτουργήσει στην κατεύθυνση της σφαιρικής κατανόησης καθενός από αυτά τα προβλήματα. Έτσι ώστε να αποτραπεί η αρκετά διαδεδομένη σύγχυση των δυο περιβαλλοντικών προβλημάτων μεταξύ τους από τους μαθητές^{30,31} και οι διάφορες άλλες παρανοήσεις, που σχετίζονται με αυτά^{32,33}.

Έτσι, με την οργάνωση της γνώσης γύρω από επίκαιρα θέματα και καταστάσεις προβληματισμού, δίνεται στους μαθητές μια ενδιαφέρουσα αφετηρία για την ανακάλυψη και την εμπάθυνση σε βασικές έννοιες για την επιστημονική κατανόηση του κόσμου, όπως και την συνειδητοποίηση της ύπαρξης σχέσεων και αλληλεπιδράσεων μεταξύ τους.

25. Φλογαίτη Ε (1993), Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, Ελληνικές Πανεπιστημιακές εκδόσεις

26. Χατζηγεωργίου, Ι. (2002). Οι Φυσικές Επιστήμες από μία Ολιστική-Οικολογική Προοπτική, Ένωση για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, Πρακτικά του 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου *Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην κοινωνία της Πληροφορίας*, 221-229, Αθήνα 18-21 Απριλίου 2002, Εκδ. Γρηγόρη.

27. Κοντογεωργάκου, Π., Μπουλουξή, Α., Σάλτα, Κ. (2004), Η έννοια της «ενέργειας» ενοποιεί Φυσική, Χημεία, Βιολογία. Διαθεματική πρόταση ανάπτυξης αναλυτικού προγράμματος, 10ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικής *Εξελίξεις, τάσεις, επιτεύγματα και Διδακτική της Φυσικής*, Λουτράκι 30/1-1/2 2004, Ένωση Ελλήνων Φυσικών.

28. Καραμέρης, Α. (2000), Αξιολόγηση της περιβαλλοντικής γνώσης, στάσης και συμπεριφοράς των μαθητών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, Πρακτικά του Διεθνούς Συνεδρίου *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση στο πλαίσιο της Εκπαίδευσης του 21ου αιώνα*, Λάρισα 6-8 Οκτωβρίου 2000, 320-326.

29. Leighton, ό.π.

30. Boyes et al. ό.π.

31. Koulaïdis, Christidou. ό.π.

32. Andersson, Wallin. ό.π.

33. Pruneau, D., Gravel, H., Bourque, W., Langis, J. (2003), Experimentation with a Socio-constructivist Process for Climate Change Education, *Env.Educ.Res.*, 9(4), 429-446.

Βιβλιογραφία

- Emberlin J.C. (1996), Εισαγωγή στην Οικολογία. Εκδ. Τυπωθήτω
- Tyler Miller J.R. (1999), Βιώνοντας το Περιβάλλον, Εκδ. Ίων
- Κατσικής Α. (2004), «Πόσο πιθανές είναι οι μεταβολές του περιβάλλοντος;», άρθρο στον τοπικό τύπο στις 9/6/2004
- G. R.I.D.A., Global Resource Information Database Arendal, www.grida.no/climate
- U.C.A.R., University Corporation Atmospheric Research, www.ucar.edu/learn
- Scientific American, www.sciencemag.org
- Boyes E., Stanisstreet M., Papantoniou V. (1999), "The ideas of Greek high school students about the ozone layer", *Science Education*, 83(6), 724-737
- Koulaidis V., Christidou V. (1999), "Models of students' thinking concerning the greenhouse effect and teaching implications", *Science Education*, 83(5), 559-576
- Andersson B., Wallin A. (2000), "Students' understanding of the greenhouse effect, the societal consequences of reducing CO₂ emissions and the problem of ozone layer depletion", *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 1096-1111
- Summers M., Kruger C., Childs A., (2001), "Understanding the science of environmental issues", *International Journal of Science Education*, 23(1), 33-53
- Khalid T., (2003), "Pre-service High School Teachers' Perceptions of three Environmental Phenomena", *Environmental Education Research*, 9(1), 35-50
- Fortner R. et al, (2000), "Public understanding of climate change", *Environmental Education Research*, 6(2), 127-141
- Leighton, J., Bisanz, G. (2003), "Children's and adults' knowledge and models of reasoning about the ozone layer and its depletion", *Int. J. Sci. Educ.*, 25(1), 117-139
- Van der Leun J.C., Gruijl F.R. (1993), "Influences of Ozone Depletion on human and animal health", in *UV-B Radiation and ozone depletion. Effects on humans, animals, plants, microorganisms and materials*, Ed. Tevini, 95-123
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., Wood-Robinson, V. (1998), Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών, Εκδ. Τυπωθήτω-Δαρδανός
- Σπυροπούλου, Δ. (2000), Διδακτικές και Παιδαγωγικές προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες, Εκδ. Τυπωθήτω-Δαρδανός

- Fzay E., Fztas H., (2003), "Secondary students' interpretations of photosynthesis and plant nutrition", *Journal of Biological education*, 37(2)
- Brody M.J. (1991), «Understanding of pollution among 4th, 8th and 11th grade students», *Journal of Environmental Education*, 22(2), 24-33
- Χρησιτίδου Β., Γραμμένος Σ. (2000), "Οι αντιλήψεις μαθητών του Δημοτικού Σχολείου για τη ρύπανση της ατμόσφαιρας: εννοιολογικά εμπόδια και διδακτικές επιπτώσεις", Πρακτικά του Διεθνούς Συνεδρίου *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση στο πλαίσιο της Εκπαίδευσης του 21ου αιώνα*, Λάρισα 6-8 Οκτωβρίου 2000, 320-326
- Μαρινόπουλος Δ., Σταυρίδου Ε (2002), "Η διδασκαλία της υλικότητας των αερίων και η κατανόηση της ρύπανσης του αέρα. Μια διδακτική προσέγγιση στο Δημοτικό Σχολείο", *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών-Έρευνα και Πράξη*, 1, 60-67
- Κόκκοτας Π. (2002), Διδακτική των Φυσικών Επιστημών Μέρος ΙΙ. Σύγχρονες Προσεγγίσεις στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης. 3η έκδ., εκδ. Γρηγόρη
- Βλάχος Ι. (2004), Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες. Η πρόταση της εποικοδόμησης, Εκδ. Γρηγόρη
- Eurobarometer, (2001), *Les Europeens, la science et la technologie*. Commission Europeenne, Direction generale recherche
- Φλογαίτη Ε (1993), Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, Ελληνικές Πανεπιστημιακές εκδόσεις
- Χατζηγεωργίου, Ι. (2002), Οι Φυσικές Επιστήμες από μία Ολιστική-Οικολογική Προοπτική, Ένωση για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, Πρακτικά του 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου *Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην κοινωνία της Πληροφορίας*, 221-229, Αθήνα 18-21 Απριλίου 2002, Εκδ. Γρηγόρη
- Κοντογεωργάκου, Π., Μπουλουξή, Α., Σάλτα, Κ. (2004), Η έννοια της «ενέργειας» ενοποιεί Φυσική, Χημεία, Βιολογία. Διαθεματική πρόταση ανάπτυξης αναλυτικού προγράμματος, 10ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικής *Εξελίξεις, τάσεις, επιτεύγματα και Διδακτική της Φυσικής*, Λουτράκι 30/1-1/2 2004, Ένωση Ελλήνων Φυσικών
- Καραμέρης, Α. (2000), Αξιολόγηση της περιβαλλοντικής γνώσης, στάσης και συμπεριφοράς των μαθητών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, , Πρακτικά του Διεθνούς Συνεδρίου *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση στο πλαίσιο της Εκπαίδευσης του 21ου αιώνα*, Λάρισα 6-8 Οκτωβρίου 2000, 320-326
- Pruneau, D., Gravel, H., Bourque, W., Langis, J. (2003), Experimentation with a Socio-constructivist Process for Climate Change Education, *Env. Educ.Res.*, 9(4), 429-446.

