



## **Ανάπτυξη, εφαρμογή και αξιολόγηση Προγράμματος Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης για τη Β/θμια Εκπ/ση με τίτλο «Η επίδραση της φωτιάς στο έδαφος».**

**Κιούπη Β., Αριανούτσου Μ.**

Γενικό Λύκειο Λιδωρικού Ν. Φωκίδας, vkiouri@sch.gr

Τομέας Οικολογίας και Ταξινομικής, Τμήμα Βιολογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, marianou@biol.uoa.gr

Η παρούσα εργασία εστιάζεται στο σχεδιασμό, την εφαρμογή και την αξιολόγηση ενός προγράμματος Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης στη Δευτεροβάθμια βαθμίδα με τίτλο «Η επίδραση της φωτιάς στο έδαφος». Στο πρόγραμμα, που πραγματοποιήθηκε το σχολικό έτος 2007-2008, συμμετείχαν 24 μαθητές του Γυμνασίου και Λυκείου Λιδωρικού Νομού Φωκίδας. Η μεθοδολογική προσέγγιση που ακολουθήθηκε ήταν η μέθοδος Project. Το πρόγραμμα διακρίθηκε σε ένα θεωρητικό (επίτευξη γνωστικών και συναισθηματικών στόχων) και ένα πειραματικό μέρος (επίτευξη γνωστικών και ψυχοκινητικών στόχων). Η αξιολόγηση του προγράμματος ακολούθησε το σχήμα: αρχική (διερευνητικό ερωτηματολόγιο), διαμορφωτική (παρακολούθηση ομάδων, εξέταση φύλλων εργασίας) και τελική (τελικό ερωτηματολόγιο). Η ανάλυση των ερωτηματολογίων ανίχνευσε αρχικά σημαντικές παρανοήσεις που έχουν οι μαθητές, τη θετική αλλαγή στις στάσεις των μαθητών μετά τη συμμετοχή τους στο πρόγραμμα και αποκάλυψε ικανοποιητικά αποτελέσματα για τις γνώσεις και δεξιότητες που αποκτήθηκαν. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων ήταν άκρως ενδιαφέροντα και με σημαντική επιστημονική και παιδαγωγική αξία.

### **Εισαγωγή**

Η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση (ΠΕ) «γεννήθηκε» στους κόλπους του διεθνούς περιβαλλοντικού κινήματος που αναπτύχθηκε τις δεκαετίες του 1960-1970. Στη διαμόρφωση του όρου ΠΕ συντέλεσε μια σειρά διασκέψεων που πραγματοποιήθηκαν και στις οποίες γινόταν προσπάθεια κάθε φορά να του αποδοθεί ένα νέο και διευρυμένο περιεχόμενο που να ενσωματώνει περιβαλλοντικές, κοινωνικές, πολιτικές και οικονομικές παραμέτρους (Τρικαλίτη 2004). Με τις παγκόσμιες διασκέψεις του Ρίο (1992) και κυρίως της Θεσσαλονίκης (1997) η ιδέα για την προστασία του περιβάλλοντος συνδέεται με ένα ειδικό πρότυπο ανάπτυξης που θα πρέπει να εδραιωθεί παγκοσμίως και έτσι η ΠΕ αρχίζει να μετασχηματίζεται σε εκπαίδευση για την αειφόρο ανάπτυξη (Scoullios 1995, 1997). Έτσι, ενώ αρχικά η ΠΕ προσανατολιζόταν περισσότερο προς τη γνώση, την κατανόηση και επίλυση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, στη συνέχεια άρχισε να ενσωματώνει στη θεματολογία της κοινωνικά ζητήματα, όπως η φτώχεια, με την ενεργό πολιτική συμμετοχή ατόμων και ομάδων, αλλά και με την προβολή ενός προτύπου ανάπτυξης που να ικανοποιεί τις ανθρώπινες ανάγκες και να στοχεύει στη βελτίωση της ποιότητας ζωής του ανθρώπου χωρίς να υπονομεύει το περιβάλλον και τους φυσικούς πόρους (Φλογαΐτη 2006). Λαμβάνοντας υπόψη τη σύγχρονη προβληματική γύρω από την ΠΕ έγινε μια προσπάθεια το περιβαλλοντικό πρόγραμμα «η επίδραση της φωτιάς στο έδαφος» να συνδεθεί όχι μόνο με τις φυσικές επιστήμες και την παροχή αποκλειστικά περιβαλλοντικών γνώσεων στους μαθητές, αλλά και με τις κοινωνικές, πολιτικές και οικονομικές διαστάσεις που αναμφισβήτητα ανακύπτουν από το ίδιο το θέμα του προγράμματος.



## Η ταυτότητα της έρευνας

### Γενικά στοιχεία για το περιβαλλοντικό πρόγραμμα

Το περιβαλλοντικό πρόγραμμα «Η επίδραση της φωτιάς στο έδαφος» υλοποιήθηκε το σχολικό έτος 2007-2008 από μαθητές του Γυμνασίου και Λυκείου Λιδωρικίου. Συμμετείχαν συνολικά 24 μαθητές, συγκεκριμένα 18 μαθητές της Γ' Γυμνασίου και 6 μαθητές της Α' Λυκείου. Το πρόγραμμα είχε διάρκεια περίπου έξι μήνες (έναρξη 14/1/2008, λήξη 26/06/2008). Οι συναντήσεις της περιβαλλοντικής ομάδας ήταν κατά κανόνα δίωρες και πραγματοποιούνταν απογευματινές ώρες. Στα πλαίσια του προγράμματος έγιναν δύο εξορμήσεις στο πεδίο, μια περιβαλλοντική επίσκεψη και μια ημερίδα παρουσίασης του προγράμματος. Η επιλογή των μαθητών που στελέχωσαν την περιβαλλοντική ομάδα έγινε λαμβάνοντας υπόψη τρεις κύριους παράγοντες: την ηλικία των μαθητών που καθορίζει και το γνωστικό τους επίπεδο, τη δυνατότητα τους να διαθέσουν μέρος του ελεύθερου χρόνου τους για τις δραστηριότητες του προγράμματος και την εκδήλωση ενδιαφέροντος από τους μαθητές.

Το θέμα του προγράμματος επιλέχθηκε ως κατάλληλο για τους παραπάνω μαθητές γιατί:

1. Έχει άμεση σχέση με τις πυρκαγιές που εκδηλώνονται κάθε καλοκαίρι στη χώρα μας,
2. Οι μαθητές ήταν ευαισθητοποιημένοι λόγω των εκτεταμένων καταστροφών που συνέβησαν το καλοκαίρι του 2007 από τις φωτιές,
3. Είναι εύκολη η συλλογή δειγμάτων εδάφους από τους μαθητές στην περιοχή όπου βρίσκεται το σχολείο,
4. Το έδαφος είναι ένας σημαντικός φυσικός πόρος που δεν τυγχάνει μεγάλης προσοχής και επαρκούς προστασίας,
5. Τα πειράματα και οι δραστηριότητες που μπορούν να πραγματοποιηθούν με το έδαφος είναι πολλά, μικρής δυσκολίας και σημαντικής παιδαγωγικής και επιστημονικής αξίας και
6. Είναι ένας τρόπος να καλλιεργηθεί το ενδιαφέρον των μαθητών προς την κατεύθυνση της επιστημονικής έρευνας και της εξαγωγής συμπερασμάτων με τη χρήση επιστημονικής μεθόδου. Κάποια από τα θέματα που διερευνήθηκαν πριν από το σχεδιασμό του περιβαλλοντικού προγράμματος ήταν:

1. Οι σημαντικές συνέπειες που έχουν οι πυρκαγιές στη λειτουργία του εδαφικού συστήματος σε φυσικό, χημικό και βιολογικό επίπεδο (DeBano et al. 1976, Arianoutsou & Margaris 1981, 1982, Chandler et al. 1983, Arianoutsou 1998, Neary et al. 1999, González-Pérez et al. 2004).
2. Οι παρανοήσεις των μαθητών που σχετίζονται με έννοιες και διαδικασίες που περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα (π.χ. σχετικά με το έδαφος, τη φωτιά, τους βιογεωχημικούς κύκλους, τους μικροοργανισμούς και την αποικοδόμηση κ.ά.), (π.χ. Leach et al. 1992, Σωτηρίου κ.ά. 2004).
3. Οι στόχοι που θέλουμε να επιτευχθούν κατά τη διάρκεια του προγράμματος. Ο καθορισμός των στόχων βοηθά στη σωστή οργάνωση και αξιολόγηση του προγράμματος. Ακολουθήθηκε η τριμερής ταξινόμηση των στόχων σύμφωνα με τον Bloom (1991) σε γνωστικούς, συναισθηματικούς και ψυχοκινητικούς.

**Πίνακας 1:** Οι στόχοι του Προγράμματος Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (κατά Bloom, 1991).

Στόχοι Προγράμματος		
Γνωστικοί	Συναισθηματικοί	Ψυχοκινητικοί
Να γνωρίζουν οι μαθητές τι είναι έδαφος και από τι αποτελείται. Να αναγνωρίζουν τη σημασία του εδάφους για τη βίωση γενικά και για τον άνθρωπο ειδικά. Να γνωρίζουν τις συνθήκες που απαιτούνται για την εκδήλωση φωτιάς. Να συσχετίζουν τους κύκλους του νερού, του άνθρακα και του αζώτου με το έδαφος. Να εφαρμόζουν την επιστημονική μέθοδο. Να απαριθμούν τις επιδράσεις της φωτιάς στα οικοσυστήματα. Να εφαρμόζουν απλούς μαθηματικούς τύπους. Να ερμηνεύουν τα δεδομένα και να τα συσχετίζουν μεταξύ τους. Να αναλύουν κείμενα από εφημερίδες και περιοδικά. Να ασκηθούν στην κριτική παρακολούθηση οπτικο-ακουστικού υλικού.	Να αποδέχονται τη γνώμη των άλλων μέσα στην ομάδα. Να ενθαρρυνθούν στο να εκφράζουν τη γνώμη τους στην ομάδα. Να εκτιμήσουν τη σημασία του εδάφους για τον άνθρωπο και τη βίωση. Να είναι πρόθυμοι να βοηθήσουν την ομάδα τους. Να έχουν θετική στάση απέναντι στις φυσικές επιστήμες. Να διερωτώνται για τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των παραγόντων ενός οικοσυστήματος. Να υιοθετήσουν συμπεριφορές αρμονικές προς το περιβάλλον. Να απορρίπτουν προτάσεις που δε συμβαδίζουν με την προστασία του περιβάλλοντος.	Να συνεργάζονται με τα άλλα μέλη της ομάδας. Να αποκτήσουν δεξιότητες συλλογής και χαρακτηρισμού δειγμάτων στο πεδίο. Να χειρίζονται ποικίλα όργανα του εργαστηρίου φυσικών επιστημών. Να κατασκευάζουν απλές διατάξεις στο εργαστήριο για την εκτέλεση των πειραμάτων. Να χειρίζονται με προσοχή και ακρίβεια τον εξοπλισμό του εργαστηρίου. Να οργανώνουν τα πειραματικά αποτελέσματα. Να παρουσιάζουν τα αποτελέσματα της ομάδας με τον πιο κατανοητό τρόπο. Να συγκρίνουν τις διάφορες πειραματικές μεθόδους ως προς την ακρίβεια των αποτελεσμάτων που παρέχουν.

#### Μεθοδολογικές προσεγγίσεις και αξιολόγηση του προγράμματος

Το πρόγραμμα βασίστηκε στη μέθοδο Project. Η μέθοδος αυτή χαρακτηρίζεται ως μέθοδος ομπρέλα που μπορεί να στεγάσει πλήθος άλλες στρατηγικές μάθησης, καλλιέργειας αξιών, στάσεων και συμπεριφορών. Από αυτές τις στρατηγικές χρησιμοποιήθηκαν στο πρόγραμμα: η *διάλεξη μέσω παρουσίασης* με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή, η *συζήτηση με τους μαθητές*, ο *καταιγισμός ιδεών*, η *επεξεργασία κειμένων και άρθρων* από εφημερίδες, τα *παιχνίδια με διδακτικό στόχο*, η *μελέτη πεδίου*, η *έρευνα* και ο *πειραματισμός*. Όλες οι παραπάνω στρατηγικές συνδέθηκαν άρρηκτα με το *ομαδοσυνεργατικό μοντέλο μάθησης και διδασκαλίας*, εφόσον καθ' όλη τη διάρκεια του προγράμματος οι μαθητές ήταν χωρισμένοι σε ομάδες (6 τετραμελείς και ανομοιογενείς) και αναλάμβαναν συγκεκριμένους ρόλους μέσα σε αυτές.

Η αξιολόγηση του προγράμματος έγινε με τους εξής τρόπους: α) το *διερευνητικό ερωτηματολόγιο* (χρήση κλίμακας Likert, ερωτήσεων κλειστού-ανοιχτού τύπου), όπου με την ανίχνευση των προϋπαρχουσών αντιλήψεων και γνώσεων των μαθητών για το θέμα και των προσδοκιών που έχουν από το πρόγραμμα καθορίστηκε ο σχεδιασμός και η πορεία του προγράμματος, β) την *παρακολούθηση* της πορείας εργασίας κάθε ομάδας και τη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων των δραστηριοτήτων και των φύλλων εργασίας των πειραμάτων και γ) το *τελικό ερωτηματολόγιο* αξιολόγησης του προγράμματος (χρήση κλίμακας Likert, ερωτήσεων κλειστού-ανοιχτού τύπου) που καθόρισε το βαθμό επίτευξης των στόχων και τα αποτελέσματα της εργασίας των μαθητών.

Κάθε ερωτηματολόγιο (διερευνητικό – τελικό) έχει την παρακάτω δομή:

**Α μέρος:** Ερωτήσεις που ανιχνεύουν τις στάσεις των μαθητών απέναντι στο περιβάλλον και διακρίνονται σε ερωτήσεις για:

- πηγές πληροφόρησης σχετικά με το περιβάλλον (μόνο στο διερευνητικό, 6 ερωτήσεις),
- γενικές στάσεις (ατομικές δράσεις για την προστασία του περιβάλλοντος, 6 ερωτήσεις),
- ειδικές στάσεις (αφορούν στα θέματα που πραγματεύεται το πρόγραμμα, 11 ερωτήσεις).

**Β μέρος:** Ερωτήσεις που ανιχνεύουν: προσδοκίες από το περιβαλλοντικό πρόγραμμα (στο διερευνητικό, 7 ερωτήσεις) – εκπλήρωση των προσδοκιών (στο τελικό, 5 ερωτήσεις).

**Γ μέρος:** Ερωτήσεις που ανιχνεύουν: προϋπάρχουσες γνώσεις (στο διερευνητικό, 13 ερωτήσεις) - γνώσεις που αποκτήθηκαν μέσα από το περιβαλλοντικό πρόγραμμα (στο τελικό, 12 ερωτήσεις).

Πρέπει να σημειωθεί ότι όσον αφορά στο πρώτο μέρος των ερωτηματολογίων και συγκεκριμένα στις γενικές και ειδικές στάσεις των μαθητών τα δύο ερωτηματολόγια περιείχαν τις ίδιες ερωτήσεις, αλλά όσον αφορά στο κομμάτι των γνώσεων στο τελικό ερωτηματολόγιο οι ερωτήσεις ήταν ποιοτικά διαφορετικές από αυτές του διερευνητικού για να μπορέσουν να καλύψουν όσο το δυνατό μεγαλύτερο φάσμα των γνώσεων και δεξιοτήτων που αποκτήθηκαν από τους μαθητές μέσω του προγράμματος.

Η επεξεργασία των ερωτηματολογίων έγινε με καταγραφή του αριθμού των απαντήσεων των μαθητών σε κάθε ερώτηση και βρίσκοντας το αντίστοιχο ποσοστό για τις ερωτήσεις με κλίμακα Likert, με καταγραφή του αριθμού και του ποσοστού των σωστών και λανθασμένων απαντήσεων σε ερωτήσεις κλειστού τύπου και με καταγραφή και ομαδοποίηση σε σύνολα με κοινά χαρακτηριστικά των απαντήσεων στις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου. Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία και την απεικόνιση των αποτελεσμάτων των ερωτηματολογίων ήταν το Microsoft Office Excel 2003. Ο λόγος που δε χρησιμοποιήθηκε κάποιο άλλο στατιστικό πρόγραμμα για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων ήταν ο μικρός αριθμός των ερωτηματολογίων (συνολικά 24) που θα οδηγούσε σε μη αξιόπιστα αποτελέσματα. Εντούτοις προτιμήθηκε η γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων με τη μορφή ραβδογραμμάτων για πιο άμεση και εύκολη σύγκριση των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διεξαγωγή του προγράμματος.

#### *Δομή του περιβαλλοντικού προγράμματος*

Το περιβαλλοντικό πρόγραμμα διακρίθηκε σε δύο μέρη: **ένα θεωρητικό**, όπου οι μαθητές τροφοδοτούνται με τις κατάλληλες γνώσεις γύρω από το έδαφος και τη φωτιά, ευαισθητοποιούνται και συζητούν γύρω από τις πυρκαγιές, τις αιτίες τους, τις προσπάθειες αντιμετώπισής τους, τις συνέπειές τους στο περιβάλλον και τον άνθρωπο, καθώς και για τα διαχειριστικά σχέδια που πραγματοποιούνται σε περιοχές που έχουν πληγεί από πυρκαγιές και κάνουν τις δικές τους σχετικές προτάσεις και **ένα πειραματικό – ερευνητικό**, στο οποίο γίνεται συλλογή των προς μελέτη δειγμάτων εδάφους και εκτελούνται τα απαραίτητα πειράματα, δίνονται οι απαραίτητες διευκρινήσεις ως προς το αντικείμενο μελέτης του κάθε πειράματος, γίνεται συζήτηση των προβλημάτων που ανακύπτουν από τη διεξαγωγή των πειραμάτων, αλλά και των αποτελεσμάτων τους και γίνεται προσπάθεια σύνδεσης των αποτελεσμάτων αυτών με τις πραγματικές επιδράσεις της φωτιάς στα φυσικά οικοσυστήματα.

Δραστηριότητες θεωρητικού μέρους: 1) Συμπλήρωση διερευνητικού ερωτηματολογίου - Χωρισμός σε ομάδες - Παιχνίδι γνωριμίας, 2) Καταιγισμός ιδεών σχετικά με το έδαφος και τη φωτιά - Προβολή εικόνων από καμένες περιοχές και συζήτηση για ευαισθητοποίηση των μαθητών, 3) Διάλεξη μέσω παρουσίασης σε Η/Υ σχετικά με το έδαφος και την πυρκαγιά - Συμπλήρωση ερωτηματολογίων σχετικών με τη θεωρία (εδafικό Sudoku, σχηματισμός του εδάφους, χημεία του εδάφους-pH) - Επιτραπέζιο παιχνίδι «Η τύχη του Αζώτου στο έδαφος», 4) Επεξεργασία άρθρων από εφημερίδες και περιοδικά σχετικών με τη διάβρωση του εδάφους στις περιοχές που κάηκαν το καλοκαίρι του 2007, 5) Προβολή εκπαιδευτικής ταινίας σχετικής με τις πυρκαγιές και ταυτόχρονη συμπλήρωση ερωτηματολογίου.

Δραστηριότητες πειραματικού μέρους: 1) Παρουσίαση του ερευνητικού θέματος στους μαθητές: «Μελέτη της επίδρασης της φωτιάς στο έδαφος» και του τρόπου εργασίας (μελέτη πεδίου-εκτέλεση πειραμάτων) - Κατασκευή κλισιμέτρου από τους μαθητές, 2) Συλλογή και χαρακτηρισμός εδαφικών δειγμάτων στο πεδίο από δύο περιοχές δειγματοληψίας (Αγ. Ευθύμιος και Λίμνη Μόρνου) – Συμπλήρωση φύλλου εργασίας στο πεδίο και συνοδευτικό υλικό, 3)

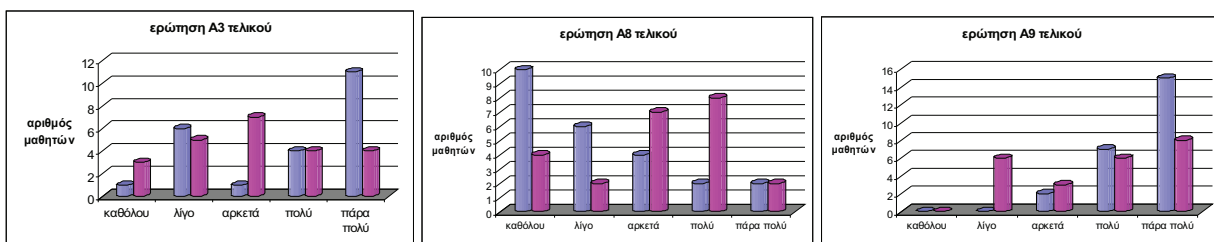


Αρχική επεξεργασία των δειγμάτων εδάφους (ξήρανση στον αέρα και κοσκίνισμα), θέρμανση των δειγμάτων των δύο ομάδων (3 και 6) στους 150 °C και άλλων δύο ομάδων (2 και 4) στους 250 °C. Τα δείγματα των υπολοίπων δύο ομάδων (1 και 5) δεν υπέστησαν θερμική επεξεργασία και χρησιμοποιήθηκαν ως δείγματα αναφοράς, 4) Πρώτη εργαστηριακή άσκηση (ΕΑ): «Προσδιορισμός της πυκνότητας και της υγρασίας του εδάφους», 5) Δεύτερη ΕΑ: «Προσδιορισμός υδατοχωρητικότητας εδάφους», 6) Τρίτη ΕΑ: «Προσδιορισμός υφής εδάφους (κοκκομετρία)», 7) Τέταρτη και πέμπτη ΕΑ: «Προσδιορισμός pH του εδάφους - Προσδιορισμός θρεπτικών του εδάφους», 8) Έκτη ΕΑ: «Απομόνωση μικροοργανισμών από το έδαφος», 9) Έβδομη ΕΑ: «Μελέτη της διάβρωσης και χρήσεις γης», 10) Επεξεργασία, συζήτηση των αποτελεσμάτων, εξαγωγή συμπερασμάτων, ταξινόμηση υλικού και φωτογραφιών, συγγραφή εργασίας και 11) Συμπλήρωση τελικού ερωτηματολογίου αξιολόγησης του προγράμματος.

## Αποτελέσματα και Συζήτηση

### Ερωτηματολόγια

Όσον αφορά στο πρώτο μέρος του διερευνητικού ερωτηματολογίου που σχετίζεται με τις πηγές από τις οποίες οι μαθητές αντλούν πληροφόρηση για το περιβάλλον τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τις περισσότερες πληροφορίες αντλούν από την τηλεόραση και το σχολείο μέσω των μαθημάτων του ημερήσιου σχολικού προγράμματος. Στο δεύτερο μέρος των ερωτηματολογίων, το οποίο εξετάζει τις ατομικές δράσεις των μαθητών για την προστασία του περιβάλλοντος, τη σημαντικότερη θέση κατέχει η σωστή διάθεση των απορριμμάτων -ανακύκλωση και η εξοικονόμηση ενέργειας στις καθημερινές τους δραστηριότητες. Από τις ερωτήσεις ειδικών στάσεων που σχετίζονται με το θέμα του περιβαλλοντικού προγράμματος επιλέχθηκαν αυτές και στις οποίες ανιχνεύτηκαν αξιοσημείωτες παρανοήσεις και οι οποίες απεικονίζονται παρακάτω. Με γαλάζιο φαίνονται τα αποτελέσματα του διερευνητικού ερωτηματολογίου και με ροζ τα αποτελέσματα του τελικού ερωτηματολογίου για εύκολη σύγκριση των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά την υλοποίηση του προγράμματος.



**Εικόνες 1, 2 και 3:** Απεικονίζονται οι απαντήσεις των μαθητών στο αν συμφωνούν με τις προτάσεις: «Όταν καεί μια δασική περιοχή πρέπει να αξιοποιηθεί για τη δημιουργία καλλιεργειών», «Ο καλύτερος τρόπος για να ξαναγίνει όπως πριν ένα καμένο πευκοδάσος είναι να αφεθεί αδιατάρακτο», «Ο καλύτερος τρόπος για να ξαναγίνει όπως πριν ένα καμένο πευκοδάσος είναι η αναδάσωση»

Ανιχνεύτηκαν τρεις σημαντικές παρανοήσεις των μαθητών μέσα από την ανάλυση των ερωτηματολογίων. Η πρώτη αφορά στη σημαντικά θετική στάση τους στην αξιοποίηση των καμένων εκτάσεων για τη δημιουργία καλλιεργειών, γεγονός που σαφώς αποκαλύπτει ότι οι μαθητές θεωρούν ότι μια περιοχή μετά από μια πυρκαγιά πρέπει να καλυφθεί από οποιοδήποτε είδους βλάστηση ακόμη κι αν αυτή δεν υπήρχε φυσικά στην περιοχή. Βέβαια, μετά την πραγματοποίηση του προγράμματος η άποψη αυτή έχει μετριαστεί αρκετά (Εικ. 1). Η δεύτερη παρανόηση φανερώνει ότι οι μαθητές θεωρούν ότι μετά από μια φωτιά ένα πευκοδάσος δεν μπορεί να επανέλθει, αν αφεθεί αδιατάρακτο (Εικ. 2), δηλαδή ότι δεν εμφανίζει ικανότητες

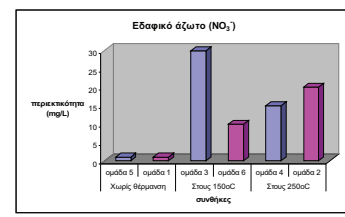
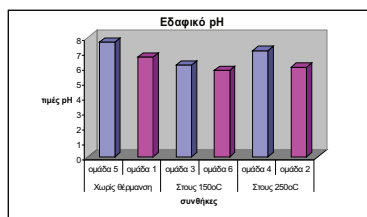
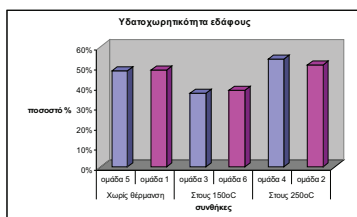


φυσικής αναγέννησης κάτι που σχετίζεται άρρηκτα με την τρίτη παρανόηση. Σε αυτή φαίνεται ότι οι μαθητές υποστηρίζουν ότι ο καλύτερος τρόπος για να επανέλθει στην αρχική κατάσταση ένα καμένο πευκοδάσος είναι η αναδάσωση (Εικ. 3). Και στις δύο προηγούμενες περιπτώσεις, όπως προκύπτει από τα αντίστοιχα γραφήματα μετά την υλοποίηση του προγράμματος, φαίνεται να υπάρχει ποιοτικά μια θετική αλλαγή στις στάσεις των μαθητών και άρα υπήρξε μια επαρκής επίτευξη των συναισθηματικών στόχων, τουλάχιστον ως προς τις παρανοήσεις που ανιχνεύθηκαν.

Στο κομμάτι των ερωτηματολογίων που αφορά στις γνώσεις των μαθητών, στο μεν διερευνητικό όπου οι ερωτήσεις επιλέχθηκαν με βάση το τι έχουν διδαχθεί οι μαθητές στα προηγούμενα σχολικά τους χρόνια σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα για το δημοτικό σχολείο και το γυμνάσιο, οι απαντήσεις τους σχετικά με τις γνώσεις για το έδαφος και τη φωτιά ήταν επαρκείς και έδειξαν ότι οι μαθητές κατέχουν κάποιες βασικές έννοιες σχετικές με το πρόγραμμα, αλλά και όσον αφορά στις απαντήσεις τους σε θέματα διεξαγωγής πειραμάτων αυτές υπήρξαν ικανοποιητικές δεδομένης και της σχετικής εμπειρίας τους από τα σχολικά πειράματα. Στις αντίστοιχες ερωτήσεις γνώσεων του τελικού ερωτηματολογίου, οι οποίες πραγματεύονταν είτε νέες έννοιες που γνώρισαν στο πρόγραμμα, είτε έννοιες που είχαν εξεταστεί και στο διερευνητικό ερωτηματολόγιο, δοσμένες όμως με διαφορετικό τρόπο, τα αποτελέσματα ήταν άκρως ικανοποιητικά, γεγονός που καταδεικνύει ότι οι γνωστικοί στόχοι του προγράμματος καλύφθηκαν επαρκώς. Επιπλέον, οι μαθητές, σχεδόν στο σύνολό τους, λόγω της εξοικείωσης τους με τις εργαστηριακές τεχνικές, ήταν σε θέση να απαντήσουν άκρως ικανοποιητικά σε ερωτήσεις σχετικές με τη διεξαγωγή των πειραμάτων, να εξηγήσουν για ποιο λόγο ακολουθήθηκε η συγκεκριμένη πορεία σε κάθε πείραμα, κάτω από ποιες συνθήκες το κάθε πείραμα έδινε τα καλύτερα αποτελέσματα, αλλά και να κάνουν συγκρίσεις των πειραματικών τεχνικών ως προς την ακρίβεια των αποτελεσμάτων που παρέχουν. Μπορούμε λοιπόν να συμπεράνουμε ότι καλύφθηκαν επαρκώς και οι ψυχοκινητικοί στόχοι του προγράμματος.

### Εργαστηριακά πειράματα

Η αναφορά στα αποτελέσματα των εργαστηριακών πειραμάτων κρίθηκε σκόπιμη και απαραίτητη διότι αποτελούν την προσέγγιση πάνω στη οποία δομήθηκε όλο το πρόγραμμα και είναι αναπόσπαστο κομμάτι των ερευνητικών ερωτημάτων και συμπερασμάτων. Αποδεικνύουν ακόμη πως οι εργαστηριακές μέθοδοι που ακολουθήθηκαν έδωσαν σημαντικής επιστημονικής αξίας αποτελέσματα, τα οποία συμβαδίζουν με τη διεθνή βιβλιογραφία, ήταν παράλληλα μεγάλης παιδαγωγικής αξίας, αφού βοήθησαν τους μαθητές να εργαστούν με βάση την επιστημονική μέθοδο, να καταλήξουν σε λογικά συμπεράσματα στην έρευνά τους, αλλά και να συνδέσουν τη μελέτη των επιδράσεων της φωτιάς στο έδαφος -υπό εργαστηριακές συνθήκες- με αυτό που πιθανά συμβαίνει στη φύση. Στα παρακάτω γραφήματα απεικονίζονται αποτελέσματα εργαστηριακών πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν στο περιβαλλοντικό πρόγραμμα και είχαν μεγαλύτερο ενδιαφέρον.



**Εικόνες 4, 5 και 6:** Υδατοχωρητικότητα, pH και περιεκτικότητα σε άζωτο των εδαφικών δειγμάτων για τις διαφορετικές συνθήκες επεξεργασίας τους (χωρίς θέρμανση, θέρμανση στους 150 °C και στους 250 °C) και τις διαφορετικές περιοχές δειγματοληψίας (γαλάζιο=Αγ. Ευθύμιος, ροζ=Λίμνη Μόρνου).



Η **υδατοχωρητικότητα** του εδάφους φαίνεται να μειώνεται με θέρμανση στους 150 °C και να αυξάνεται πάνω από την αρχική τιμή στους 250 °C. Πιθανόν οι αλλαγές στην υδατοχωρητικότητα να σχετίζονται με αλλαγές στην υδροφοβικότητα του εδάφους. Η διαδικασία ανάπτυξης υδρόφοβων στρωμάτων θεωρείται ότι σχετίζεται με την απελευθέρωση κατά την καύση της στρωμνής υδρόφοβων ενώσεων (που πιθανά είναι αλειφατικοί υδρογονάνθρακες), οι οποίες μετακινούνται στο εδαφικό προφίλ και συμπυκνώνονται πάνω στα σωματίδια εδάφους σχηματίζοντας ζώνες που απωθούν το νερό, ενώ παράλληλα φράσσουν τους πόρους που σχηματίζουν τα σωματίδια του εδάφους, εμποδίζοντας έτσι τη συγκράτηση νερού (DeBano, 1976). Το **pH** του εδάφους και για τις δύο περιοχές δειγματοληψίας εμφανίζει μια αρχική μείωση με θέρμανση στους 150 °C και στη συνέχεια αύξηση στους 250 °C αλλά όχι πάνω από τα αρχικά επίπεδα. Με την καύση, συνήθως, προκαλείται μικρή ή μεγαλύτερη ανύψωση του pH, η οποία εξαρτάται από τα οικολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής (Agiannoutsou & Margaritis 1982). Και στις δύο περιοχές δειγματοληψίας το αρχικό περιεχόμενο του εδάφους σε **νιτρικά** είναι χαμηλό, με τη θέρμανση στους 150 °C αυξάνεται σημαντικά και στις δύο περιοχές (περισσότερο για την περιοχή Αγ. Ευθύμιος), αλλά και στους 250 °C εμφανίζεται αύξηση σε σχέση με την αρχική περιεκτικότητα. Με την καύση του οργανικού υλικού του εδάφους το άζωτο που ήταν δεσμευμένο σε οργανικές ενώσεις μετατράπηκε σε ανόργανο άζωτο και γι' αυτό παρατηρείται μια αύξηση των νιτρικών ιόντων με τη θέρμανση στους 150 °C. Πιθανά, επειδή το άζωτο εξαερώνεται σε χαμηλές θερμοκρασίες, η μείωση των νιτρικών που παρατηρείται στους 250 °C να έχει σχέση με τη μετάβασή του σε αέρια μορφή. Γενικά, η φωτιά προκαλεί απώλεια του ολικού αζώτου από τα οικοσυστήματα, η οποία συχνά μπορεί να φθάσει και σε επίπεδα του 90% (Agiannoutsou & Margaritis 1981). Παρόμοιο πρότυπο με τα νιτρικά παρουσιάζει και το **κάλιο** και για τις δύο περιοχές, έτσι το έδαφος για τα δύο αυτά στοιχεία μπορούμε να πούμε ότι γίνεται πιο πλούσιο μετά από μια φωτιά. Ο **φωσφόρος** για την περιοχή Αγ. Ευθύμιος παρουσιάζεται τελείως διαφορετικός από τα προηγούμενα στοιχεία, ενώ είναι αρκετά υψηλός αρχικά μειώνεται αρκετά και στις δύο συνθήκες θέρμανσης. Ο φωσφόρος στην περιοχή Λ. Μόρνου είναι αρχικά χαμηλός, στη συνέχεια με θέρμανση στους 150 °C αυξάνεται σε μέτρια επίπεδα, ενώ στους 250 °C μειώνεται αλλά όχι στα αρχικά επίπεδα. Μετά από μια φωτιά, που συνήθως αυξάνει το pH του εδάφους, ο φωσφόρος φαίνεται πως δε χάνεται από την περιοχή αλλά αποθηκεύεται στη στάχτη που καλύπτει το έδαφος (Agiannoutsou & Margaritis 1981). Οι **μικροοργανισμοί** που αναπτύχθηκαν στο συγκεκριμένο θρεπτικό υλικό μέσο της καλλιέργειας ήταν αποκλειστικά βακτήρια (κόκκοι, βάκιλοι, νηματοειδείς μορφές). Μεγάλοι αριθμοί βακτηρίων αναπτύχθηκαν στις καλλιέργειες των δειγμάτων που δεν είχαν υποστεί θερμική επεξεργασία. Μόνο σε ένα δείγμα που είχε θερμανθεί στους 150 °C της περιοχής Λίμνης Μόρνου αναπτύχθηκαν δύο αποικίες βακτηρίων. Μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η υψηλή και αρκετής διάρκειας θέρμανση των δειγμάτων εδάφους θανάτωσε σε μεγάλο ποσοστό τους μικροοργανισμούς ή τους στέρησε την αναπαραγωγική ικανότητα. Το ποσοστό θνησιμότητας των μικροοργανισμών του εδάφους μετά από φωτιά εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το πόσο ξηρό ήταν το έδαφος πριν τη φωτιά, από τη θερμοκρασία που αναπτύχθηκε στο έδαφος κατά τη διάρκεια της φωτιάς και από το πόσο διήρκεσε η έκθεση των μικροοργανισμών σε αυτή τη θερμοκρασία (D'Ascoli et al. 2005). Το κρίσιμο κατώφλι για τη θερμοκρασία θανάτωσης των μικροοργανισμών είναι σε αρκετές περιπτώσεις οι 100 °C, με τους μύκητες να είναι λιγότερο ανθεκτικοί στην έκθεση σε υψηλή θερμοκρασία από ότι τα βακτήρια (Agiannoutsou & Margaritis 1982, Guerrero et al. 2005). Πιθανά αυτό εξηγεί το γεγονός ότι βρέθηκε μόνο ένα είδος βακτηρίου να έχει επιβιώσει μετά από θέρμανση στους 150 °C. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων δείχνουν ότι το έδαφος μετά από μια φωτιά υφίσταται σημαντικές φυσικές, χημικές και βιολογικές μεταβολές, το είδος των οποίων εξαρτάται από τη θερμοκρασία στην οποία εκτέθηκε κατά τη διάρκεια της φωτιάς.



## Βιβλιογραφία

- Bloom, B.S. & Krathwohl, D.R. (1991). Ταξινόμια διδακτικών στόχων. Μτφρ. Αλεξάνδρα Λαμπράκη - Παγανού, Εκδόσεις Κώδικας, Θεσσαλονίκη.
- Τρκαλίτη, Α. (2004). Περιβαλλοντική Εκπαίδευση: Θεωρία και Πράξη. Διαπανεπιστημιακό Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα ΔιΧηNET.
- Φλογαΐτη, Ε. (2006). Εκπαίδευση για το Περιβάλλον και την Αειφορία. Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα.
- Σωτηρίου, Ε., Αριανούτσου, Μ. και Κόκκοτας, Π. (2004). Οι απόψεις των μαθητών ηλικίας 15 ετών για το εδαφικό σύστημα και η διδακτική αξιοποίησή τους. Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου της Ε.Δ.Ι.Φ.Ε. & 2<sup>ου</sup> Συμποσίου Ι.Ο.Σ.Τ.Ε. στη Νότια Ευρώπη «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας. Οι προκλήσεις του 21<sup>ου</sup> αιώνα.», Καλαμάτα 18-20 Μαρτίου 2004.
- Arianoutsou, M. & Margaris, N. S. (1981). Fire-Induced Nutrient Losses in a Phrygic (East Mediterranean) Ecosystem. *International Journal of Biometeorology*, 25 (4), 341-347.
- Arianoutsou, M. & Margaris, N. S. (1982). Decomposers and the Fire Cycle in a Phrygic (East Mediterranean) Ecosystem. *Microbial Ecology*, 8, 91-98.
- Arianoutsou, M. (1998). Fire's effects on the ecosystem: the Prometheus Project Approach. III International Conference on Forest Fire Research, 14<sup>th</sup> Conference on fire and Forest Meteorology, Vol. II, pp 1827-1841. Luso, 16-20 November 1998.
- Chandler, C., Cheney, P., Thomas, P. Trabaud, L. & Williams, D. (1983). Fire in forestry, "Forest fire behaviour and effects". Wiley & Sons, New York.
- D'Ascoli, R., Rutigliano, F.A., De Pascale, R.A., Gentile, A. & Virzo De Santo A. (2005). Functional diversity of the microbial community in Mediterranean maquis soils as affected by fires. *International Journal of Wildland Fire*, 14, 355-363.
- DeBano, L.F., Savage, S.M. & Hamilton, D.A. (1976). The transfer of heat and hydrophobic substances during burning. *Soil Science Society of America Journal*, 65, 1667-1674.
- González-Pérez, J.A., González-Vila, F.J., Almedros, G. & Knicker, H. (2004). The effect of fire on soil organic matter-a review. *Environment International*, 30, 855-870.
- Guerrero, C., Mataix-Solera, J., Gómez, I., García-Orenes, F. & Jordan, M.M. (2005). Microbial recolonization and chemical changes in a soil heated at different temperatures. *International Journal of Wildland Fire*. 14, 385-400.
- Leach, J., Driver, R., Scott, P. & Wood-Robinson, C. (1992). Progression in understanding of ecological concepts by pupils aged 5 to 16. Leeds, UK: The University of Leeds, Centre for Studies in Science and Mathematics Education.
- Neary, D.G., Klopatek, C.C., DeBano, L.F. & Ffolliot, P.F. (1999). Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. *Forest Ecology and Management*, 122, 51-71.
- Scoullou, M. (1995). Towards an EE for Sustainable Development, Interregional Workshop on Re-orienting EE for Sustainable Development, Athens, 26-30 June 1995.





Scoullou, M. (1997). Observation, Key issues and suggested solutions open to comments by the conference. Proceedings of the International Conference, Environment and Society: Educational Public Awareness for Sustainability, Organized by UNESCO and the Greek Government, pp. 197-201.