

# Η Εκπαιδευτική Ρομποτική ως εργαλείο ανάπτυξης τεχνολογικού γραμματισμού και περιβαλλοντικής βιωσιμότητας: Μια έρευνα δράση σε μαθητές Δημοτικού

Σίμος Αναγνωστάκης<sup>1</sup>, Βασίλειος Μακράκης<sup>2</sup>,  
[sanagn@edc.uoc.gr](mailto:sanagn@edc.uoc.gr), [makrakis@edc.uioe.gr](mailto:makrakis@edc.uioe.gr)

<sup>1</sup> Ε.Ε.Δι.Π. Πανεπιστήμιο Κρήτης

<sup>2</sup> Καθηγητής, Π.Τ.Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Κρήτης

## Περίληψη

Η εργασία αυτή αναφέρεται σε μια συμμετοχική έρευνα δράσης που επιχειρεί να διερευνήσει την αποτελεσματικότητα της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής στην σχολική τάξη σε θέματα περιβαλλοντικής διάσωσης της αειφόρου ανάπτυξης. Στην έρευνα συμμετείχαν μαθητές της Ε' και ΣΤ' τάξης του Δημοτικού Σχολείου οι οποίοι σχεδίασαν και κατασκεύασαν ρομποτικές εφαρμογές για την ανακύκλωση, την ρύπανση των υδάτων, και τη συλλογή των σκουπιδιών. Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι η ρομποτική τεχνολογία, πέρα από την ανάπτυξη τεχνολογικού γραμματισμού και δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέσο ενδυνάμωσης της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης των μαθητών.

**Λέξεις κλειδιά:** Εκπαιδευτική Ρομποτική, αειφόρος ανάπτυξη, Δημοτικό σχολείο, τεχνολογικός γραμματισμός.

## Εισαγωγή

Η εμπειρία και οι γνώσεις στον τομέα της Ρομποτικής έχουν δημιουργήσει ένα όλο και περισσότερο θετικό κλίμα εφαρμογής της στο χώρο της εκπαίδευσης. Όπως έχει διαπιστωθεί από διάφορες έρευνες ενισχύει την εκπαιδευτική διαδικασία στον προγραμματισμό-χειρισμό ρομποτικών κατασκευών (Καρατράντου, Τάχος, Αλιμήσης, 2005· Hussain, Lindh & Shukur, 2006· Φασουλός & Κουλιτζής, 2009) καθώς και στην ανάπτυξη διαθεματικών συνθετικών εργασιών (Φράγκου & Γρηγοριάδου, 2009). Εφαρμογές της εκπαιδευτικής ρομποτικής με μαθητές και εκπαιδευτικούς έδειξαν θετικά αποτελέσματα στην ανάπτυξη του τεχνολογικού γραμματισμού και της επίλυσης προβλημάτων (Anagnostakis & Michaelides, 2006, 2007· Τσοβόλας & Κόμης, 2010). Τέτοιου είδους δεξιότητες είναι καθοριστικές για την κατανόηση προβλημάτων που σχετίζονται με τη βιώσιμη ανάπτυξη (Κωστούλα-Μακράκη & Μακράκης, 2008). Προβλήματα, όπως η διαταραχή των βιογεωχημικών κύκλων, η απώλεια της βιοποικιλότητας, η παγκόσμια υπερθέρμανση, η αποδάσωση και ερημοποίηση, η μείωση της στοιβάδας του όζοντος και η κλιματική αλλαγή αποτελούν κύρια προβλήματα της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας. Οι Κωστούλα-Μακράκη & Μακράκης (2008:34) επισημαίνουν ότι: «Για τη δημιουργία ενός βιώσιμου μέλλοντος απαιτούνται ριζικές αλλαγές στο σύστημα αξιών, στις στάσεις και στον τρόπο ζωής των ατόμων και της κοινωνίας». Στο πλαίσιο αυτό, η Διεθνής Επιτροπή για την Εκπαίδευση στον 21ο αιώνα (UNESCO, 2002), προτείνει τέσσερις πυλώνες της εκπαίδευσης και της γνώσης:

- Να μάθει το άτομο πώς να μαθαίνει, δηλαδή, πώς να αποκτά τα εργαλεία κατανόησης του κόσμου με την ευρεία έννοια του.

- Να μάθει το άτομο πώς να ενεργεί (πράττει), έτσι ώστε το άτομο να μπορεί να είναι παραγωγικό στο χώρο του.
- Να μάθει το άτομο πώς να ζει με τους άλλους, δηλαδή πώς να συμμετέχει και να συνεργάζεται μαζί τους.
- Να μάθει το άτομο πώς να υπάρχει, μια διαδικασία μάθησης που προκύπτει από τους τρεις προηγούμενους πυλώνες.

Σύμφωνα με τον Makrakis (2006) προστίθεται ένα πέμπτος και έκτος πυλώνας της εκπαίδευσης για ένα βιώσιμο μέλλον:

- Να μάθει το άτομο πώς να αλλάζει, δηλαδή, πώς να μετατρέπει τη γνώση και κατανόηση σε προσωπική δράση.
- Να μάθει το άτομο πώς να μετασχηματίζει, δηλαδή, πώς να συμμετέχει ενεργά στο κοινωνικό γίνεσθαι μέσα από τη συλλογική δράση.

Στο πλαίσιο αυτό η ανάπτυξη της κατανόησης και της ευαισθητοποίησης σε θέματα βιώσιμης ανάπτυξης αποτελεί προϋπόθεση για μάθηση βασισμένη στην αλλαγή. Η διαμόρφωση όχι απλά ευαισθητοποιημένων, αλλά και ενεργών πολιτών αποτελεί το ζητούμενο για την οικοδόμηση μιας βιώσιμης κοινωνίας (Κωστούλα-Μακράκη, 2008). Η ανάδειξη των περιβαλλοντικών προβλημάτων και ο προβληματισμός για τη διαχείριση και την αλλαγή συμπεριφορών με την υποστήριξη των νέων τεχνολογιών είναι μια σημαντική συνιστώσα στην εκπαιδευτική διαδικασία και στο ρόλο του σχολείου στο πλαίσιο της βιώσιμης ανάπτυξης. Η διαδικασία της μάθησης γίνεται πιο αποτελεσματική μέσα από τη δημιουργία περιβαλλόντων μάθησης, τα οποία πραγματεύονται προβλήματα που εντάσσονται στο βιωματικό ή ζωτικό χώρο του μαθητή. Επικεντρώνεται, δηλαδή, σε αυθεντικές δραστηριότητες, οι οποίες σχετίζονται με τις καταστάσεις και τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στην καθημερινή τους ζωή. Τέτοιες δραστηριότητες μπορούν να αναδειχθούν και να ενταχθούν στο βιωματικό και μαθησιακό χώρο των μαθητών (Μακράκης, 2000). Τα παιδιά μπορούν να μάθουν περισσότερο για τον πραγματικό κόσμο δουλεύοντας με τις ρομποτικές κατασκευές (Nalajala, 2003). Η αυξανόμενη ζήτηση τεχνολογικών καινοτομιών που θα μπορούσαν να ενδυναμώσουν άτομα και κοινότητες για την περιβαλλοντική βιωσιμότητα αναδεικνύει τις δυνατότητες των ΤΠΕ και της εκπαιδευτικής ρομποτικής (Dias, Mills-Tetty & Nanayakkara, 2005· Dias, κ.ά., 2007). Η ρομποτική τεχνολογία για να χρησιμοποιηθεί ως μοντέλο υποστήριξης της εκπαίδευσης για τη βιώσιμη ανάπτυξη προϋποθέτει να γίνουν συγκεκριμένες αλλαγές στο αναλυτικό πρόγραμμα (Gerretson κ.ά., 2008). Δεν είναι σπάνιες βέβαια οι περιπτώσεις όπου οι νέες τεχνολογίες αντιμετωπίζονται ως απειλή για το φυσικό περιβάλλον, καθώς θεωρείται ότι χρησιμοποιείται στη βάση μιας νέο-φιλελεύθερης οικονομικής πολιτικής η οποία συνάδει με ανθρωποκεντρικές πρακτικές σε θέματα προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος. Σε άλλες πάλι περιπτώσεις, οι νέες τεχνολογίες θεωρούνται ως βασικό εργαλείο για την επίλυση των προβλημάτων που σχετίζονται με την περιβαλλοντική πολιτική και γενικότερα την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος. Διεθνής έρευνα δείχνει ότι οι στάσεις ως προς τον αρνητικό ή θετικό ρόλο της τεχνολογίας και της επιστήμης στο περιβάλλον δεικνύονται, αν και σε περιπτώσεις που υποστηρίζονται οικο-κεντρικές απόψεις, οι αντιλήψεις για την επίδραση της τεχνολογίας στο περιβάλλον είναι περισσότερο αρνητικές παρά θετικές (Μακράκης, 2000). Τίθεται, λοιπόν, το θέμα της διερεύνησης των δυνατοτήτων της εκπαιδευτικής ρομποτικής ως εργαλείων ενδυνάμωσης φιλικών προς το περιβάλλον συμπεριφορών, πέρα από την ανάπτυξη τεχνολογικού γραμματισμού και δεξιοτήτων επίλυσης προβλήματος. Ερωτήματα στα οποία η παρούσα μελέτη επιχειρεί να μελετήσει.

## Μεθοδολογία

Η Ε.Ρ. σαν διδακτικό εργαλείο δημιουργεί την ανάγκη για ένα πιο ευέλικτο βιωματικό αναλυτικό πρόγραμμα για να μπορεί να υποστηρίξει την διαθεματική και κοινοτροκτιβιστική προσέγγιση. Μια παρέμβαση μικρής κλίμακας στη λειτουργία του πραγματικού κόσμου της εκπαιδευτικής τάξης. Επιλέχθηκε η έρευνα δράσης σαν καταλληλότερος τύπος ερευνάς. Η διαδικασία που ακοπουθήσαμε είναι τέσσερις επαναλήψεις των σταδίων σχεδίασης, δράσης, παρατήρησης, επανεκκίνησης (Zuber-Skerritt, 1992)

Για τη διερεύνηση των παραπάνω προβλημάτων θεωρήσαμε ως καταλληλότερο πλαίσιο το επίπεδο σχολικής πρακτικής ΙΙΙ (εναλλακτικές μορφές διδασκαλίας) των φοιτητών του ΠΤΔΕ στο Πανεπιστήμιο Κρήτης και το 7ο Δημοτικό Σχολείο Ρεθύμνου το οποίο χρησιμοποιείται για τη Σχολική Πρακτική των φοιτητών του ΠΤΔΕ. Αν και σκοπός μας ήταν να καλύψουμε όλη την 5η και 6η τάξη του σχολείου, εξαιτίας της περιορισμένης υλικο-τεχνικής υποδομής, τελικά προκρίναμε τα δυο τμήματα της Στ' (15 και 16 μαθητές αντίστοιχα) και ένα τμήμα της Ε' (23 μαθητές). Χρησιμοποιήσαμε 11 σύνολα LEGO® MINDSTORMS® Education NXT (kit 9797 και 9648) συνοδευμένα με 11 φορητούς Η/Υ (5 macbook και 6 PC) για το γραφικό περιβάλλον προγραμματισμού Mindstorms Edu NXT. Επιπρόσθετα για τις διδακτικές παρεμβάσεις χρησιμοποιήσαμε χαρτί γκοφρέ, νερό, μαύρο χρώμα, σταγονόμετρα, εκτοπώσεις 60x60, κουτάκια αναψυκτικών. Μία άλλη σημαντική διάσταση ήταν η συμμετοχή μιας ομάδας διευκολυντών (5 κορίτσια, 1 αγόρι), που προέρχονταν από την ομάδα των φοιτητών της Σχολικής Πρακτικής ΙΙΙ επιπέδου. Για την καλύτερη προετοιμασία των διευκολυντών αφιερώθηκε ένα σύνολο 24 ωρών κατάρτισης (βλ. Πίνακα 1), χρησιμοποιώντας την εμπειρία και το επιμορφωτικό υλικό από ένα προπτυχιακό εργαστηριακό μάθημα το οποίο υλοποιείται στο «Εργαστήριο Εκπαιδευτικής Ρομποτικής» του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης.

**Πίνακας 1: Οργανόγραμμα κατάρτισης διευκολυντών**

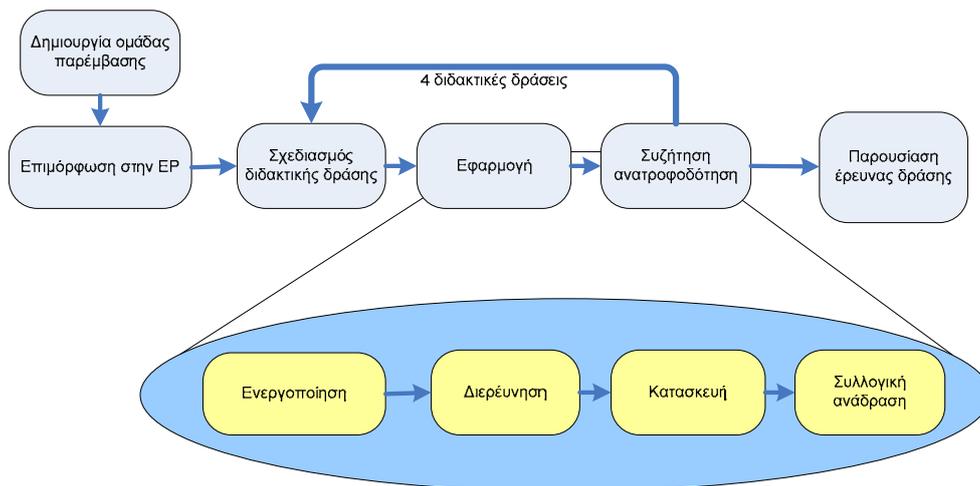
Ημέρα	δ.ώρες	Περιεχόμενο
11/3/09	5	Γνωριμία με όλα τα εξαρτήματα των συνόλων LEGO MINDSTORMS NXT #9797 και #9648, κατασκευή ρομπότ Παρουσίαση του προγράμματος Εγκατάσταση και εισαγωγή στο λογισμικό NXT Educator Επικοινωνία υπολογιστή με ρομπότ
16/3/09	5	Εννέα εισαγωγικές δραστηριότητες σχετικές με τις έννοιες της Ρομποτικής. ( <i>παίξε ήχο, χρήση οθόνης, κίνηση εμπρός, πίσω, επιτάχυνση, στροφή, επιτόπου στροφή, κίνηση σε τετράγωνο, τα μπλοκ μου</i> ).
18/3/09	5	Πέντε εισαγωγικές δραστηριότητες σχετικές με τις έννοιες της Ρομποτικής (στάθμευση, επανάληψη δράσης, ανίχνευση ήχου, έλεγχος ήχου, ανίχνευση απόστασης).
23/3/09	5	Έξι εισαγωγικές δραστηριότητες σχετικές με τις έννοιες της Ρομποτικής (έλεγχος απόστασης, ανίχνευση μαύρης γραμμής, ακολούθησε τη γραμμή, ανίχνευση αφής, αναπήδηση)
24/3/09	4	Τέσσερις εισαγωγικές δραστηριότητες σχετικές με τις έννοιες της Ρομποτικής (χτύπα την κόκκινη μπάλα, έλεγχος ταχύτητας, αισθητήρας περιστροφής, κουμπιά NXT)

### Μοντέλο ερευνητικής παρέμβασης

Το μεθοδολογικό μοντέλο της διδακτικο-ερευνητικής μας παρέμβασης είναι μερικώς προσαρμοσμένο από το μοντέλο των Carbonaro, Rex και Chambers (2004), το οποίο

περιλαμβάνει πέντε στάδια: της ενεργοποίησης, εξερεύνησης, διερεύνησης, δημιουργίας και παρουσίασης. Το μοντέλο που αναπτύξαμε περιλαμβάνει τέσσερα στάδια: ενεργοποίηση, 2) διερεύνηση, 3) κατασκευή και 4) συλλογιστική ανάδραση.

1. **Ενεργοποίηση:** Στο στάδιο αυτό γίνεται η εισαγωγή του θέματος που θα μελετήσουν οι μαθητές, το οποίο αναλύεται και εμπλουτίζεται με τη βοήθεια της ερευνητικής ομάδας. Πρόκειται για ένα στάδιο στο οποίο αναζητούνται και αξιοποιούνται οι προηγούμενες γνώσεις των μαθητών.
2. **Διερεύνηση:** Στο στάδιο αυτό οι μαθητές καλούνται να αξιοποιήσουν τη γνώση και την εμπειρία τους για να δώσουν απάντηση στο πρόβλημα μέσα από στρατηγικές καταιγισμού ιδεών, εννοιολογικών χαρτών, διαλογικής συζήτησης με τη χρήση των εργαλείων της εκπαιδευτικής ρομποτικής. Στην πράξη, μέσα από τη διαδικασία αυτή επιχειρείται ο μετασχηματισμός της γνώσης και της κατανόησης ενός προβλήματος σε τεχνούργημα, με κατεύθυνση να μάθουμε να ζούμε βιώσιμα.
3. **Κατασκευή:** Στο στάδιο αυτό επιχειρείται η κατάκτηση των απαιτούμενων γνώσεων και δεξιοτήτων με τα εργαλεία της εκπαιδευτικής ρομποτικής μέσα από ομαδοσυνεργατικές δραστηριότητες με τελικό προϊόν ένα ρομποτικό τεχνούργημα.
4. **Συλλογιστική ανάδραση:** Στο στάδιο αυτό επιχειρείται η κριτική ανάλυση των δρώντων κατά τη διάρκεια, της διαδικασίας που ακολουθήθηκε και των διαμορφωτικών αλλαγών που ενδείκνυται. Η πρακτική αυτή τροφοδοτεί στη συνέχεια το στοχασμό και την παραπέρα δράση της ομάδας.



Σχήμα 1. Η ροή της έρευνας.

Στη συνέχεια, οι διευκολυντές με την δική μας συνδρομη σχεδίασαν και οργάνωσαν για αρχική παρέμβαση την οικιοποίηση των μαθητών με την Ε.Ρ. (έξι διδακτικών ωρών). Συγκεκριμένα, οι διευκολυντές δημιούργησαν παρουσιάσεις για τα ρομπότ στην κοινωνία, οδηγούς χρήσης των NXT και του γραφικού περιβάλλοντος προγραμματισμού, φύλλα έργου για να βοηθήσουν τους μαθητές να αναγνωρίσουν τα υλικά, να συνειδητοποιήσουν τον τρόπο λειτουργίας των ρομπότ. Συνολικά σχεδιαστηκαν και υλοποιήθηκαν οι παρακάτω διδακτικο-ερευνητικές παρεμβάσεις.

**Πίνακας 2: Ημερολόγιο παρεμβάσεων**

<b>Παρεμβάσεις</b>	<b>Θέμα παρεμβάσεων</b>	<b>Ημερομηνία</b>
1η παρέμβαση	Εισαγωγή στην Εκπαιδευτική Ρομποτική	Τρίτη 31/3
2η παρέμβαση	Συλλογή σκουπίδιων και ανακύκλωση, ιδέες για την διευκόλυνση των πολιτών (έξυπνος κάδος)	Τρίτη 7/4
3η παρέμβαση	Ρύπανση των επιφανειακών υδάτων (κατσίγαρος)	Τρίτη 28/4
4η παρέμβαση	Συλλογή αλουμινένιων κουτιών για ανακύκλωση (Τενεκεδία, Φρουτοπία, Ρομποπία).	Τρίτη 5/5

Στην πρώτη πειραματική διδασκαλία χωρίστηκαν οι τάξεις σε ομάδες, με την κατάλληλη διαμόρφωση των θρανίων. Αποδόθηκαν ρόλοι στα μέλη των ομάδων (κατασκευαστές, υπεύθυνη υλικού, προγραμματιστές, γραμματέες-οργανωτής) Σε κάθε τάξη υπήρχαν δυο διευκολυντές που εποπτεύαν δυο ομάδες ο καθνας. Κάθε ομάδα παρακολούθησε την παρουσίαση «Η ρομποτική στην καθημερινή ζωή» στον υπολογιστή της διαβάζοντας το αντίστοιχο κείμενο. Οι κατασκευαστές ξεκίνησαν την συναρμολόγηση του ρομπότ μέσω εικονογραφημένων οδηγιών, ενώ οι προγραμματιστές με την βοήθεια της διευκολυντριάς ασχολήθηκαν με το λογισμικό προγραμματισμού (γνωριμία με το πρόγραμμα και τα εικονίδια του). Έγινε εισαγωγή σε βασικές έννοιες (τούβλο NXT - αισθητήρες - κινητήρες εισόδου - τούβλο - έξοδος αισθάνομαι - σκέφτομαι - ενεργώ). Έπειτα οι ομάδες άρχισαν να εργάζονται με τα φύλλα έργου.

### **Τεχνικές συλλογής των δεδομένων**

Για να έχουμε μία ολοκληρωμένη εικόνα της μαθησιακής, και όχι μόνο, πορείας των συμμετεχόντων μαθητών, καθώς και των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων, υιοθετήσαμε ένα πολλαπλό σύστημα καταγραφής της μαθησιακής εμπειρίας. Συνολικά, τα διαγνωστικά εργαλεία που χρησιμοποιήσαμε για να ελέγξουμε την πορεία αλλαγής συμπεριφοράς των μαθητών μέσα στις ομάδες τους περιελάμβανε:

- Καταγραφή με σταθερή βιντεοκάμερα σε κάθε τάξη (60 ώρες βίντεο).
- Επιτόπια παρατήρηση του ερευνητή.
- Κοινή συζήτηση με τους διευκολυντές αμέσως μετά την κάθε παρέμβαση.
- Αναφορές των διευκολυντών.
- Ερωτηματολόγια γνώσεων μια εβδομάδα μετά την παρέμβαση.

Τα διαμορφωτικά εργαλεία περιελάμβαναν:

- Καταγραφή με σταθερή βιντεοκάμερα σε κάθε τάξη.
- Κοινή συζήτηση με τους διευκολυντές αμέσως μετά την κάθε παρέμβαση.

### **Ερευνητικά Αποτελέσματα**

#### **Ενεργοποίηση**

Για την ενεργοποίηση των μαθητών επιλέχθηκαν καθημερινές προβληματικές καταστάσεις ή γενικότερα τοπικά προβλήματα που έχουν σχέση με το περιβάλλον και την τοπική οικονομία. Για την ανακύκλωση επιλέξαμε, μετά από πρόταση των διευκολυντών, ένα σενάριο για μια νέα φανταστική ήπειρο με τρεις χώρες (Φρουτοπία, Ρομποπία, Τενεκεδία). Στην αρχή κάθε φύλλου έργου που μοιράσαμε σε κάθε ομάδα παρουσιαζόταν μια προβληματική κατάσταση σχετική με το περιβάλλον. Στο «Συλλογή αλουμινένιων κουτιών για ανακύκλωση» (μέθοδοι διαχείρισης απορριμμάτων, ανακύκλωση), η διερευνητική

διαδικασία βασίστηκε σε μια αυθεντική ιστορία που δημιούργησε η ομάδα των διευκολυντών με φανταστικές χώρες (Την Φρουτοπία, Την Ρομποτία, Τενεκεδία) και ζητήσαμε από τις ομάδες να βοηθήσουν τα ρομπότ να μεταφέρουν τα κουτάκια από την Ρομποτία στην Τενεκεδία) πάνω σε ένα εκτυπωμένο γήπεδο 60εκ.Χ60εκ. Στην πράξη μετά την ανάγνωση του φύλλου έργου σε κάθε ομάδα ακολουθούσαν επεξηγήσεις από τους διευκολυντές και ακολουθούσε συζήτηση σε όλη την τάξη. Διευκολυντής: *«Κάποιοι δεν γνώριζαν καθόλου τι είναι ο κατσίγαρος, ενώ κάποιοι άλλοι είχαν και προσωπική εμπειρία πάνω σ' αυτό το θέμα. Π.χ. η Ιωάννα μας εξήγησε τι είναι ο κατσίγαρος και μας είπε ότι ο θειος τη, για να τον ξεφορτωθεί, τον έβαλε σε βαρέλια και τον πούλησε, δεν ήταν όμως σίγουρη που τον πούλησε και για ποιο λόγο. Συζητήσαμε για το πρόβλημα και γνωρίσαμε κάποια βασικά πράγματα, πχ. ότι ο κατσίγαρος κάνει κακό στο περιβάλλον και ειδικά στα ποτάμια και στις θάλασσες. Επομένως, σίγουρα οι μαθητές απέκτησαν σημαντικές γνώσεις για το θέμα που πραγματευόμασταν.»*

### **Διερεύνηση**

Σε κάθε φύλλο έργου υπήρχε το στάδιο της διερεύνησης όπου αρχικά με τη χρήση ανοικτών ερωτήσεων ζητούνταν από τις ομάδες να καταθέσουν και να συζητήσουν ιδέες για τη λύση του περιβαλλοντικού προβλήματος. Μετέπειτα μες από τον διάλογο θα έπρεπε να επιλέξουν μια από τις προτάσεις των μελών. Για παράδειγμα, Στην δράση που αφορούσε τον «Εξυπνο Κάδο» Διευκολυντής: *«Οι ομάδες είχαν αρκετές ιδέες για το πώς θα μπορούσε να λυθεί η συγκεκριμένη προβληματική κατάσταση. Πολύ γρήγορα αποφάσισαν πως η κατάλληλη λύση είναι να υπάρχει κάποιος αισθητήρας απόστασης, ο οποίος μόλις 'καταλάβει' κάποιο άνθρωπο που θέλει να πετάξει κάποιο σκουπίδι, να ανοίγει το καπάκι με ένα κινητήρα και μετά από κάποιο χρονικό διάστημα να ξανακλείνει το καπάκι του κάδου». Πρόταση ομάδας: «Θα δέσουμε το robot και τον κάδο με ένα σπάγκο και όταν το robot θα πηγαίνει πίσω ο κάδος θα ανοίγει, όταν παει μπροστά θα κλείνει». Στο «Ρύπανση των επιφανειακών υδάτων» (Τοπικά περιβαλλοντικά προβλήματα, Αγροτική και τουριστική ανάπτυξη, Ιδέες και λύσεις) δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στο τοπικό πρόβλημα των αποβλήτων (κατσίγαρος) από την παραγωγή του ελαιολάδου, διαδικασία ευρέως διαδεδομένη στην Κρήτη. Η διερεύνηση του προβλήματος ξεκίνησε με απόκομμα τοπικής εφημερίδας για το θέμα και ζητήθηκε από τις ομάδες να αξιολογήσουν τη συμβολή της σχετικής ρομποτικής κατασκευής. Διευκολυντής: *«Η καλύτερη στιγμή ήταν όταν είδα πως οι μαθητές είχαν πολύ έξυπνες ιδέες και μάλιστα τελείως διαφορετικές από αυτές που εμείς θεωρούσαμε πιθανόν να προταθούν. Επιπλέον τις υλοποίησαν χωρίς να αποθαρρύνονται από τις δυσκολίες»**

### **Κατασκευή**

Περιλαμβανε το «χτίσιμο» και τον προγραμματισμό του ρομπότ. Οι ομάδες αν και γενικότερα δυσκολευόταν με την κατασκευή λόγω τις μικρής εμπειρίας με τα εξαρτήματα NXT «έστησαν» τις ιδέες τους. Οι προγραμματιστές δημιούργησαν απλά προγράμματα με σειριακή εναπόθεση εικονιδίων εντολών. Μόνο στη δραστηριότητα «ακολουθήσε τη γραμμή» χρησιμοποίησαν διακλαδώσεις. Διευκολυντής: *«Ο προγραμματισμός έμεινε στην μέση εξαιτίας της πολυπλοκότητας του και της έλλειψης χρόνου αλλά και του προβλήματος με την δαγκάνα».* Ακόμη παρατηρήθηκαν κενά στην ροή αφού όταν οι κατασκευαστές εργαζόταν οι προγραμματιστές αδρανούσαν και το αντίστροφο. Η επιλογή αυθεντικής αλλά δύσκολα υλοποιήσιμης ιδέας από την ομάδα οδηγούσε σε κατασκευαστικό ή προγραμματιστικό αξιέξοδο και η μη έγκαιρη παρέμβαση του διευκολυντή οδηγούσε σε απογοήτευση τους μαθητές και σε κατανάλωση χρόνου. Στο «Συλλογή αλουμινένιων κουτιών για ανακύκλωση» (μέθοδοι διαχείρισης απορριμμάτων, ανακύκλωση), η διαδικασία βασίστηκε περισσότερο στην κατασκευή και τοποθέτηση στο υπάρχον ρομπότ μιας «δαγκάνας» ή ενός «χεριού» για να συλλέγει και να μεταφέρει τα κουτάκια. Ο προγραμματισμός πραγματοποιήθηκε με απλή παράθεση εντολών κίνησης.



Εικόνα 1. Ομάδες στις τάξεις.

### **Συλλογιστική Ανάδραση**

Σε κάθε στάδιο λειτουργήσαν αναδράσεις τόσο σε επίπεδο υποκειμένων όσο και διευκολυντών. Στο τέλειό στάδιο του φύλλου έργου οι ομάδες προτείνουν γενικότερες λύσεις για το περιβαλλοντικό πρόβλημα. Παραδείγματα: «να κάνουμε ένα κάδο από κάτω του να έχουμε σκάψει και να έχουν βάλει σωλήνες που θα οδηγούν στην χωματερή», «να βάζουν μεγαλύτερους κάδους στα πάρκα», «ν α έχουν όλοι οι κάδοι φωτοκόνταρο πουόταν γεμίζουν να τους αδειάζουν» «Θα μπορούσαμε να φτιαξουμε μια μηχανή που να εντοπίζει τον κασιγάρο και τα άλλα απόβλητα. Το ρομπότ θα εντοπίζει που είναι η πηγη με τη βοήθεια του αισθητήρα φωτός που θα καταλαβάνει αναλογα με το χρώμα του νερού που βρισκεται ο κασιγάρος».

Σύμφωνα με την ανάλυση των ημερολογίων των διευκολυντών οι αναδράσεις αφορούσαν τόσο τη διαδικασία της συναρμολόγησης όσο και της δραστηριότητας της κάθε ρομποτικής κατασκευής. Στην περίπτωση της ρομποτικής κατασκευής, για παράδειγμα, που αφορούσε στον έξυπνο κάδο τα μέλη συζήτησαν και ανέφεραν και άλλες λύσεις που δεν απαιτούσαν την κατασκευή του κάδου. Οι μαθητές της ομάδας έφεραν στη μνήμη τους τρόπους κατασκευής του έξυπνου κάδου με βάση εμπειρίες τους από την καθημερινή ζωή τους.

### **Συζήτηση**

Διαπιστώνεται ότι η χρήση του Lego Mindstorms στην πραγμάτευση θεμάτων που σχετίζονται με την εκπαίδευση για τη βιώσιμη ανάπτυξη παρέχει δυνατότητες ενεργούς συμμετοχής των μαθητών στα μαθησιακά δρώμενα, στην ανάπτυξη των κοινωνικών τους δεξιοτήτων και του αναγκαίου πολυγραμματισμού τους.

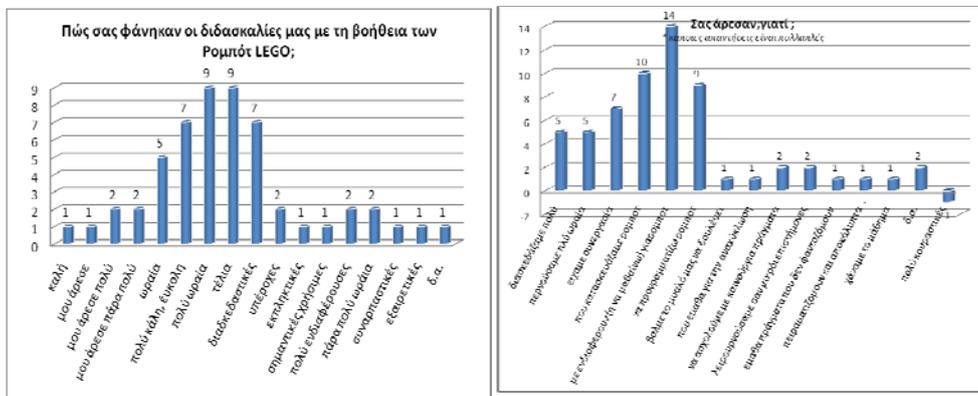
Η ενεργή συμμετοχή των μαθητών στην μαθησιακή διαδικασία τους δίνει μια μεγαλύτερη αίσθηση του ελέγχου και της ευθύνης για την μαθησιακή διαδικασία και οδηγεί στην χειραφέτησή τους.

Αναγνωρίστηκε το ενδιαφέρον των μαθητών για την ΕΡ και η χρήση της ως μια πιθανής διαθεματικής διδακτικής προσέγγισης. Με τα κατάλληλα παιδαγωγικά πλαίσια – διδακτικά σενάρια θα μπορούσε να επεκταθεί και πέρα από την μάθηση των θετικών επιστημών και της τεχνολογία και να συμβάλει. Ενίσχυσε:

- την αυτοεκτίμηση των μαθητών «μάθαμε να προγραμματίζουμε και να κατασκευάζουμε σαν τους επιστήμονες και τα ρομποτάκια ήταν σαν αληθινά όπως δούλευαν στα παιδικά. Δεν ήξερα ότι ήμουν τόσο έξυπνη»,

- την ανάπτυξη κοινωνικών-επικοινωνιακών δεξιοτήτων «οι δασκάλες μας έδειξαν όλα αυτά και μας βοήθησαν πολύ!!! Και συνεργαζόμασταν όλοι μαζί σαν ομάδα που δεν το έχουμε κάνει ποτέ», «υπήρχε συνεργασία μεταξύ μας και γελούσαμε με αυτά. Όταν κάναμε κάποιο λάθος δεν θυμόναμε ο ένας με τον άλλο μόνο καμιά φορά όταν γινόταν κάποια σοβαρή ζημιά»,
- Την ανάπτυξη της δημιουργικότητας «είναι πολύ ωραίο να βλέπεις ένα ρομποτάκι να μιλάει, να περπατάει και να το έχεις φτιάξει εσύ με την ομάδα σου», «μας βοήθησε να συνεργαστούμε και να βάλουμε το μυαλό μας να δουλέψει».
- Την ανάπτυξη της ενεργούς συμμετοχής «πολύ ωραίες αλλά επειδή στην αρχή το είδα ότι ήταν lego λέω καμιά βλακεία θα 'ναι αλλά μου άρεσε πάρα πολύ».
- Ανάπτυξη περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και γνώσης «ήταν πολύ ωραία και ο έξυπνος κάδος, η πίστα με τα κουτάκια που έπρεπε να τα μαζέψει κ.α.», «έμαθα για την ανακύκλωση και όταν φτιάζαμε το ρομποτάκι», «μου άρεσε πολύ ο κάδος ανακύκλωσης που φτιάξαμε ομαδικά», «μας φάνηκαν εξαιρετικές. Καταλάβαμε κάποια χρήσιμα πράγματα που θα χρειαζόμαστε στη ζωή μας».

Και όλα αυτά μέσα από ένα ευχάριστο περιβάλλον «και βέβαια διασκεδάσαμε γιατί ο καθένας έβαζε την δική του ιδέα και ήταν πολύ ωραία.», «μου φαίνονται διασκεδαστικές και μου αρέσουν. Μου φαίνονται σαν παιχνίδια και να είστε σίγουροι ότι μου αρέσουν πολύ τα παιχνίδια», «όλοι κάναμε κάτι ωραίο και όταν το κατασκευάζαμε ήταν σαν παιχνίδι», «συνεργαστήκαμε σωστά για πρώτη φορά. Διασκεδάσα και γιατί μου άρεσε η δουλειά μου».



Σχήμα 2 Διαγράμματα ενδιαφέροντος.

Οι μαθητές μπορούσαν να συνθέσουν μια μηχανική οντότητα σχετιζόμενη με αυθεντικά προβλήματα βιώσιμης ανάπτυξης (π.χ. ένα κάδο ανακύκλωσης) και να τον κατευθύνουν με τη βοήθεια ενός απλού και εύχρηστου προγραμματιστικού περιβάλλοντος.

Οι μαθητές συμμετείχαν ενεργά στη σχεδίαση και την κατασκευή (χειρωνακτική και ψηφιακή) μηχανικών οντοτήτων (ρομποτικές εφαρμογές) που φάνηκε να έχουν προσωπικό και κοινωνικό νόημα.

Η ομάδα των διευκολυντών έπαιξε καθοριστικό ρόλο στη διαδικασία των διδακτικο-ερευνητικών παρεμβάσεων.

Διευκολυντής1: «Δεν γνωρίζω για το αν θα έχει άλλα αποτέλεσμα τα η ΕΡ (που σίγουρα θα έχει), αλλά το σίγουρο αποτέλεσμα είναι ότι τα παιδιά έχουν έρθει πιο κοντά σε αυτό που θέλουμε να κάνουμε,

δηλαδή έχουν καταλάβει τι θα πει αειφορία του περιβάλλοντος, όχι αυτολεξεί, πρακτικά πιο πολύ. Δηλαδή έχουν πολλές ιδέες για το τι μπορεί να γίνει».

Διευκολητής2: «Σε σχέση με τα ρομπότ συνειδητοποίησα ότι η λεπτομέρεια παίζει πολύ μεγάλο ρόλο και ότι εμείς οφείλαμε να γνωρίζουμε και το παραμικρό στοιχείο σε σχέση με τον προγραμματισμό κυρίως, αλλά και με την κατασκευή, ώστε να είμαστε σίγουροι ότι το πρόβλημα ήταν τεχνικό και να αναζητήσουμε την λύση του προβλήματος αλλού».

Διευκολητής3: «Νιώθω ότι τώρα με την ΕΡ έχω ένα παραπάνω χαρτί στα χέρια μου όταν πάω στην τάξη πέρα από το βιβλίο μόνο».

Όπως αναφέρουν οι Μαλωτίδη & Σκούλος (2007), η εκπαίδευση εκπαιδευτικών σε θέματα βιώσιμης ανάπτυξης μέσα από βιωματικές προσεγγίσεις καθώς και η ανάδειξη των ιδεών των επιμορφούμενων και ο ρόλος των επιμορφωτών ως διευκολυντών και εμπυχωτών είναι καθοριστική στην εκπαίδευση για την αειφόρο ανάπτυξη.

Όπως αναφέρει ο McNeil (1996) οτιδήποτε αλλάζει στο θεσμοθετημένο σχολικό πλαίσιο συνιστά εκπαιδευτική αλλαγή, η ανατροπή, όμως, ενός κάθετου και στεγανοποιημένου σχολικού αναλυτικού προγράμματος, έστω και σε βραχυπρόθεσμη βάση αποκτά ιδιαίτερη σημασία.

Διευκολητής3: «Να σας πω κάτι, εγώ θα σας πω τον πόνο μου. Αυτές τις τέσσερις πρακτικές έχω στερηθεί τον πίνακα, εγώ για αυτό τον λόγο έγινα δασκάλα. Αλήθεια, δεν μπορώ μια τάξη χωρίς πίνακα και κιμωλία ή έστω μαρκαδόρο. Μου αρέσει να μεταλαμπαδεύω γνώσεις»

Κατά την άποψη μας, η σημαντικότερη εμπειρία των διδακτικο-ερευνητικών παρεμβάσεων μέσα από την έρευνα δράση, ήταν η ανατροπή του θεσμοθετημένου σχολικού προγράμματος στις τρεις τάξεις που συμμετείχαν για τρεις εβδομάδες, χωρίς να δημιουργήσει τις αναμενόμενες παρενέργειες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η διαδικασία αυτή ήταν συμμετοχική, με την έννοια ότι τόσο η διεύθυνση του σχολείου όσο και οι εκπαιδευτικοί, οι συμμετέχοντες μαθητές και οι γονείς δέχτηκαν και ενθάρρυναν την εναλλακτική αυτή διδακτική προσέγγιση. Κατά την χρονική αυτή περίοδο, οι τρεις τάξεις λειτουργούσαν ως «παιδαγωγικό και κοινωνικό εργαστήριο», όπου κυριαρχούσε η αντίληψη της μάθησης ως μιας ανοικτής και ευέλικτης διαδικασίας, όπου οι μαθητές ασχολούνταν με αυθεντικά προβλήματα της πραγματικής ζωής, καλλιεργώντας παράλληλα μαθηματικές, γλωσσικές, και κοινωνικές δεξιότητες.

Διευκολητής4: «Τους ήταν καταρχάς πρωτόγνωρο, το ότι μπορούσαν να πουν οποιαδήποτε ιδέα, να κάνουν ότι θέλουν, είδαμε την έκπληξη στα μάτια τους. Δεν αφήνουμε τους μαθητές να εκφραστούν ελεύθερα, πάντα υπάρχει μια ερώτηση που κρύβει μία απάντηση να περιμένει. Φαινόταν να ήταν η πρώτη φορά που ότι και αν έλεγαν γινόταν αποδεκτό, όποια ιδέα και να τους ερχόταν μπορούσε να μπει σε διαπραγμάτευση».

Καθοριστικής σημασίας στη διαδικασία αυτή ήταν η επεξεργασία της βιωματικής εμπειρίας των μαθητών, η αξιοποίηση της οποίας συνετέλεσε σημαντικά στην ενεργό συμμετοχή των μαθητών στα μαθησιακά δρώμενα. Η ενεργοποίηση της προϋπάρχουσας γνώσης στα εξεταζόμενα τοπικά περιβαλλοντικά προβλήματα και ο συσχετισμός της με τη νέα εμπειρία των ρομποτικών τεχνουργημάτων που κατασκεύασαν οι μαθητές δημιούργησε συνθήκες ενεργούς μάθησης. Σε αντίθεση με την προσέγγιση της πιστής εφαρμογής του αναλυτικού προγράμματος, η οποία, όπως αναφέρει η Snyder κ.ά., (1992) χειρίζεται το μαθητή ως «αντικείμενο» και τον εκπαιδευτικό ως «πομπό» και «εκτελεστή» προδιαγεγραμμένων στόχων και γνώσεων, η οριζοντοποίηση του αναλυτικού προγράμματος που επιχειρήθηκε,

έδειξε τη δυνατότητα αλλαγών. Το γνωσιακό ενδιαφέρον, στην περίπτωση αυτή, μετατρέπεται από τεχνικό σε πρακτικό και χειραφετικό, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση του Habermas (βλ. Κωστούλα-Μακράκη & Μακράκης, 2008). Η γνώση προσεγγίζεται ενιαία, επιχειρείται η σύνδεση της σχολικής γνώσης με τα ενδιαφέροντα των μαθητών και της κοινωνίας, ιδιαίτερα της τοπικής, αναπτύσσεται η συστημική και κριτική σκέψη και καλλιεργείται η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των μαθητών μέσα από την ανάπτυξη χειρονακτικών ικανοτήτων μάθησης με τη χρήση των νέων τεχνολογιών και της εκπαιδευτικής ρομποτικής.

Η ερευνητική αυτή προσπάθεια όπως δείχνουν τα αποτελέσματα των πρώτων αναλύσεων δημιούργησε συνθήκες μάθησης με την υποστήριξη της ρομποτικής τεχνολογίας μέσα από τις οποίες οι μαθητές αντιλαμβάνονται την τεχνολογία ως ένα από τα μέσα που μπορεί να βοηθήσει στην επίλυση των προβλημάτων που σχετίζονται με την περιβαλλοντική υποβάθμιση. Αυτό που φαίνεται ότι ενίσχυσε την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των μαθητών στα θέματα που πραγματεύτηκαν με τα ρομποτικά τους κατασκευάσματα ήταν περισσότερο οι συνθήκες μάθησης που δημιουργήθηκαν με την υποστήριξη των νέων τεχνολογιών και όχι η ρομποτική τεχνολογία από μόνη της.

## Βιβλιογραφία

- Anagnostakis, S., Michaelides, P. G., (2006). Laboratory of educational robotics'- An undergraduate course for Primary Education Teacher – Students. In *HSci-2006 3rd International Conference on Hands-on Science*, Braga, Portugal, (<http://www.hsci.info/hsci2006/index.html>), 4-9 September, 2006, 329-335.
- Anagnostakis, S., Michaelides, P. G., (2007). Results from an undergraduate test teaching course on robotics to Primary Education Teacher – Students. In *HSci- 2007 4th International Conference on Hands-on Science*, Universidade dos Azores, Ponta Delgada, Portugal, <http://www.hsci.info/hsci2007.html>), 23-27 July 2007,3-9
- Carbonaro, M., Rex, M. & Chambers, J. (2004). Using LEGO robotics in a project-based learning environment. *The Interactive Multimedia Electronic Journal of Computer-Enhanced Learning*, 6(1). Retrieved 10/1/2010, from <http://imej.wfu.edu/articles/index.asp>.
- Dias, M.B, Browning, B. Mills-Tettey, N. Amanquah, G.A. & El-Moughny, N. (2007). Undergraduate robotics education in technologically underserved communities. *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, April, 2007, 1387-1392.
- Dias, M.B.; Mills-Tettey, G.A.; Nanayakkara, T. (2005). Robotics, education, and sustainable development. *Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 2005, 18-22 April 4248 - 4253
- Gerretson, H., Howes, E., Campbell, S. & Thompson, D. (2008). Interdisciplinary mathematics and science education through robotics technology, its potential for education for sustainable development (a case study from the USA). *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 10, 32-41.
- Hussain, S., Lindh, J., & Shukur, G. (2006). The effect of LEGO training on pupils' school performance in Mathematics, Problem Solving Ability and Attitude: Swedish Data. *Educational Technology & Society*, 9(3), 182-194.
- Καρατράντου, Α., Τάχος, Ν., Αλιμήσης, Δ. (2005). Εισαγωγή σε βασικές αρχές και δομές προγραμματισμού με τις ρομποτικές κατασκευές LEGO Mindstorms, *Πρακτικά Εργασιών 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική της Πληροφορικής»*, Α.Τζιμογιάννης (επιμ.) Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, Κόρινθος, 7-9 Οκτωβρίου 2005.

- Κωστούλα-Μακράκη Ν. & Μακράκης, Β. (2008-Β' έκδοση). *Διαπολιτισμικότητα και εκπαίδευση για ένα βιώσιμο μέλλον*. ED-Media-University of Crete.
- Μακράκης, Β. (2000). *Υπερμέσα στην εκπαίδευση: Μια κοινωνικο-επικοινωνιακή προσέγγιση*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Μακράκης, Β. (2006). *Preparing United Arab teachers for building a sustainable society*. ED-Media-University of Crete.
- Μαλωτίδη, Β. & Σκούλλος, Μ. (2007). Η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών για την εκπαίδευση για την αειφόρο ανάπτυξη στο πλαίσιο των δράσεων του Δικτύου MEDIES. *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση*. τ. Α.'
- McNeil, J. (1996). *Curriculum. A Comprehensive Introduction*. New York: Harper Collins.
- Snyder, J., Bolin, F., & Zumwalt, K. (1992). *Curriculum Implementation*. Στο Jackson, Ph. (Επιμ.) *Handbook of Research on Curriculum*. New York: Macmillan.
- Τσοβόλας, Σ. & Κόμης, Β (2010). Ρομποτικές κατασκευές μαθητών δημοτικού: μια ανάλυση με βάση τη Θεωρία της Δραστηριότητας. Στο Μ. Γρηγοριάδου κ.ά. (Επιμ.), *Πρακτικά Εργασιών 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική της Πληροφορικής»*  
<http://hermes2.di.uoa.gr:8080/didinf5/>