

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2011)

2ο Πανελλήνιο Συνέδριο: «Ένταξη και χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία»



Ενίσχυση του μοντέλου βιωματικής μάθησης μέσω ανάπτυξης λογισμικού συλλογής πραγματικών μεγεθών - Μελέτη περίπτωσης στην περιβαλλοντική εκπαίδευση

Κ. Καλοβρέκτης, Β. Πηγαδάς

Βιβλιογραφική αναφορά:

Καλοβρέκτης Κ., & Πηγαδάς Β. (2023). Ενίσχυση του μοντέλου βιωματικής μάθησης μέσω ανάπτυξης λογισμικού συλλογής πραγματικών μεγεθών - Μελέτη περίπτωσης στην περιβαλλοντική εκπαίδευση. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, 1, 0291-0300. ανακτήθηκε από <https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/4780>

Ενίσχυση του μοντέλου βιωματικής μάθησης μέσω ανάπτυξης λογισμικού συλλογής πραγματικών μεγεθών – Μελέτη περίπτωσης στην περιβαλλοντική εκπαίδευση

Κ. Καλοβρέκτης¹, Β. Πηγαδάς²

¹ Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, kkalovr@uth.gr

² Φοιτητής Πανεπιστημίου Στερεάς Ελλάδος, pigadasbasilis@gmail.com

Περίληψη

Η χρήση των Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) τα τελευταία χρόνια έχει ενσωματωθεί στην ελληνική πραγματικότητα σε κάθε μοντέλο μάθησης της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Ωστόσο όμως τις περισσότερες φορές η χρήση των ΤΠΕ εφαρμόζεται κυρίως μέσω αναζήτησης πληροφοριών από πηγές του διαδικτύου, εφαρμογές πολυμέσων, και προσομοιώσεων. Θεωρώντας ότι ένας μαθητής αντιλαμβάνεται και ενδιαφέρεται περισσότερο για πράγματα τα οποία βιώνει και χειρίζεται σύμφωνα με τις επιταγές του μοντέλου της βιωματικής μάθησης γεννάται η ανάγκη χρήση ενός προηγμένου λογισμικού που θα κάνει χρήση πραγματικών φυσικών μεγεθών όπως θερμοκρασία, ταχύτητα κ.α., δίνοντας στους μαθητές την δυνατότητα να αναπτύξουν δεξιότητες και συμπεριφορές μέσω της επεξεργασίας πραγματικών δεδομένων και καταστάσεων. Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται η ανάπτυξη και η αξιολόγηση ενός λογισμικού σε πρόγραμμα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης που είχε ως στόχο την κατανόηση από τους μαθητές της έννοιας του θερμικού φορτίου της πόλης και της επίδρασης του τσιμέντου στην αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος.

Λέξεις κλειδιά: βιωματική μάθηση, περιβαλλοντική εκπαίδευση, LabVIEW.

1. Εισαγωγή

Η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση (ΠΕ) κατέχει κύριο ρόλο στην εκπαιδευτική διαδικασία με έντονο χαρακτήρα την διερεύνηση του βιοφυσικού περιβάλλοντος και του πολιτισμού με σκοπό την ανάπτυξη στάσεων ως προς την εκτίμηση του ίδιου του ανθρώπου για το οικοσύστημα μέσα στο οποίο βιώνει. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού η ΠΕ δρα μέσα σε ένα πλαίσιο βιωματικού μοντέλου στο οποίο η μάθηση και η ανάπτυξη δεξιοτήτων των εμπλεκόμενων (μαθητές) επιτυγχάνεται μέσω κοινωνικών εκδηλώσεων, ομαδικών εργασιών, μεθόδων ανάπτυξης ορθολογικών σκέψεων κ.α. (Γεωργόπουλος & Τσαλίκη, 1993; Παρασκευόπουλος & Κορφιάτης, 2003; Παπαδημητρίου, 1998). Τα τελευταία χρόνια η Ελληνική κυβέρνηση μέσω του Νόμου 1892/31-7-1990 εισήγαγε την σχεδίαση και την υλοποίηση προγραμμάτων περιβαλλοντικής εκπαίδευσης τόσο στην 'Α/θμια όσο και στην 'Β/θμια εκπαίδευση (Παπαδημητρίου, 1998) καθιερώνοντας κατά αυτό τον τρόπο τα περιβαλλοντικά προγράμματα ως αναπόσπαστο κομμάτι της εκπαιδευτικής διαδικασίας στη σύνταξη των αναλυτικών προγραμμάτων (Ιωαννίδου Ε, κ.α., 2010).

Με το πέρασμα των ετών η εμφάνιση προγραμματισμένων διαλέξεων, σεμιναρίων ή ημερίδων αποτέλεσε πηγή ενθάρρυνσης και έναυσης για την εμπλοκή όλο και μεγαλύτερου αριθμού εκπαιδευτικών με συμμετοχή σε κάποια μορφή περιβαλλοντικής εκπαίδευσης. Ωστόσο παρ' όλες τις νομοθετικές ρυθμίσεις του Υπουργείου Παιδείας και Δια Βίου Μάθησης η εικόνα που παρουσιάζεται στην εφαρμογή τέτοιων προγραμμάτων δεν είναι ικανοποιητική. Το φαινόμενο αυτό έγκειται στο γεγονός ότι δεν παρέχεται στους εκπαιδευτικούς κάθε είδους στήριξη από την υλικοτεχνική υποδομή για την υλοποίηση του προγράμματος έως το περιεχόμενο των δραστηριοτήτων που θα μπορούσαν να υλοποιήσουν με τους μαθητές στο πλαίσιο ενός περιβαλλοντικού ζητήματος καταλήγοντας τις περισσότερες φορές τα περιβαλλοντικά ζητήματα να περιστρέφονται γύρω από το ενδιαφέρον και τις γνώσεις του εκπαιδευτικού (Σκαναβή & Σακελάρη, 2002).

Στον καμβά του θέματος για την πλήρη αξιοποίηση των αποτελεσμάτων κατά την διάρκεια και κατά το πέρας της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης έρχονται να συνδράμουν οι Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) (Rickinson, 2001; Rohwedder, 1999). Στη διεθνή βιβλιογραφία ο δεσμός μεταξύ ΠΕ και ΤΠΕ εμφανίζεται κυρίως με το πρόσωπο της χρήσης του διαδικτύου, των διαδραστικών πολυμέσων (Coleman & Penuel, 2000; Moore & Huber, 2000) των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών και των εικονικών προσομοιώσεων (Μαυρικάκη, 2002; Χαλκίδης, κ.α., 1998). Θεωρώντας ότι ένας μαθητής αντιλαμβάνεται και ενδιαφέρεται περισσότερο για πράγματα τα οποία βιώνει και χειρίζεται σύμφωνα με τις επιταγές του μοντέλου της βιωματικής μάθησης γεννάται η ανάγκη χρήση ενός προηγμένου λογισμικού που θα κάνει χρήση πραγματικών φυσικών μεγεθών όπως θερμοκρασίας, δύναμης, ταχύτητας κ.α., δίνοντας στους μαθητές την δυνατότητα να αναπτύξουν δεξιότητες, συμπεριφορές και επιστημονικό πνεύμα μέσω της επεξεργασίας πραγματικών δεδομένων και καταστάσεων.

Σκοπός της εργασίας είναι η παρουσίαση ενός αναπτυσσόμενου λογισμικού μετρήσεων πραγματικού χρόνου το οποίο συμβάλει στην ενίσχυση της βιωματικής μάθησης σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι η χρήση εικονικών πολυμέσων και προσομοιώσεων δίνοντας στους μαθητές την δυνατότητα να αναπτύξουν δεξιότητες και συμπεριφορές με την διαχείριση πραγματικών δεδομένων και καταστάσεων. Το λογισμικό εφαρμόστηκε σε πρόγραμμα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης στην πόλη της Λιβαδειά που είχε ως στόχο την κατανόηση από τους μαθητές της έννοιας του θερμικού φορτίου της πόλης και της επίδρασης της τσιμεντένιας άναρχης δόμησης στην αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος.

2. Μοντέλο βιωματικής μάθησης

Το μοντέλο της βιωματικής μάθησης αποτελεί την απέναντι όχθη μπροστά σε κάθε παραδοσιακό μοντέλο διδασκαλίας και διδακτικών προσεγγίσεων. Σύμφωνα με το μοντέλο της βιωματικής μάθησης ο μαθητής εμπλέκεται άμεσα στην πραγματικότητα που διδάσκεται ή ερευνά. Αυτό σημαίνει ότι ο μαθητής παύει να είναι ένας απλός δέκτης μηνυμάτων ή παρατηρήσεων αλλά ενεργεί με δραστική συμμετοχή στην όλη

διαδικασία της μάθησης. Κατά το μοντέλο ο μαθητής που βιώνει το ζήτημα ή το φαινόμενο που ερευνά αυξάνει το επίπεδο της μάθησης του και αποκτά βαθύτερη κατανόηση των εννοιών και των φαινομένων που μελετά. Εξάλλου η εμπειρική έρευνα είναι ένας από τους βασικούς τρόπους με τους οποίους ο άνθρωπος εξετάζει το περιβάλλον του (Κόκκοτας & Βλάχος, 2000). Ειδικότερα η εφαρμογή της βιωματικής μάθησης στο τομέα της ΠΕ δίνει στους δυνατότητες να βιώσουν το ζήτημα αλλά και να αυξήσουν την εκτίμηση τους αναφορικά με αξίες, συναισθήματα και στάσεις προς το περιβάλλον ενώ παράλληλα να αναπτύξουν το ερευνητικό τους πνεύμα για την αντιμετώπιση και λύση των περιβαλλοντικών προβλημάτων μέσω επιστημονικών προσεγγίσεων (Woolnough & Allsop, 1985). Η βιωματική μάθηση ωθεί τους μαθητές στην ουσιαστικότερη κατανόηση και απόκτηση γνώσεων στο αντικείμενο ενασχόλησης τους, όταν λειτουργούν ως σύνολο. Ως αποτέλεσμα αναπτύσσουν συνεργατικό πνεύμα, αποκτούν υψηλότερη αυτοεκτίμηση και περισσότερες θετικές δεξιότητες εν συγκρίσει με την παραδοσιακή μέθοδο διδασκαλίας.

Τέλος, το μοντέλο της βιωματικής μάθησης θεωρείται ιδιαίτερα κατάλληλο για να βοηθήσει τους μαθητές να αναπτύξουν την νοημοσύνη τους, την κριτική σκέψη τους και γενικότερα την προσωπικότητά τους (Τριλιανός, 2002).

3. Υλικά και Μέθοδοι

Για την ανάπτυξη του λογισμικού μετρήσεων πραγματικού χρόνου στο πλαίσιο της περιβαλλοντικής έρευνας που είχε ως στόχο την κατανόηση από τους μαθητές της έννοιας του θερμικού φορτίου της πόλης στην αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος υλοποιήθηκε μια διάταξη αισθητηρίων μονάδων για την λήψη της θερμοκρασίας του εδάφους, της θερμοκρασίας του κλίματος και της υγρασίας. Οι μονάδες που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη της διάταξης είναι:

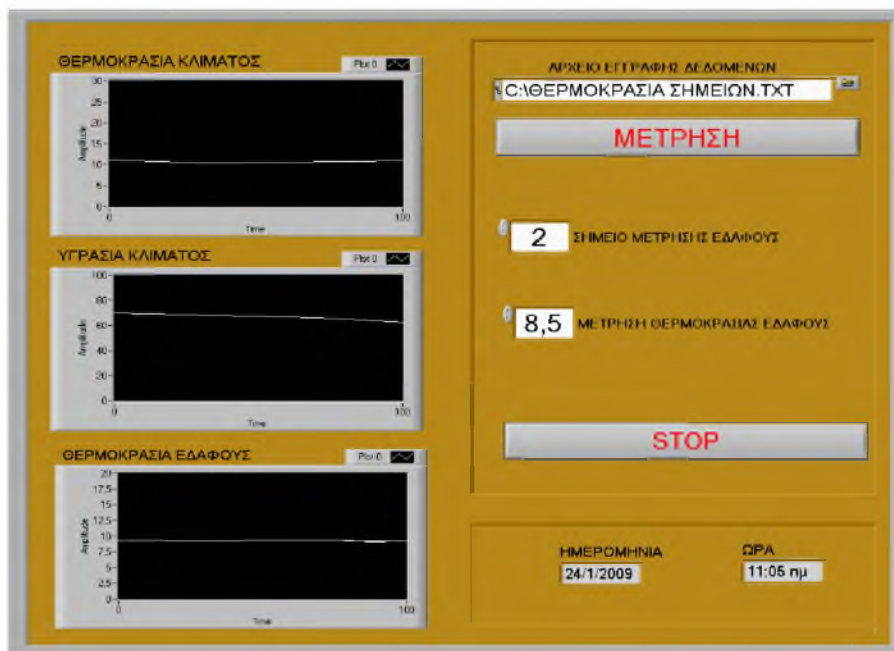
1. Φορητός υπολογιστής
2. Μονάδα απόκτησης δεδομένων USB 6008 της National Instruments
3. Αισθητήρας υγρασίας HU1012NA
4. Αισθητήρας SMT160 για την μέτρηση θερμοκρασίας (-45°C έως 150°C).
5. Τυπικό θερμόμετρο εδάφους.
6. Ανάπτυξη κώδικα LabVIEW

Η μονάδα απόκτησης δεδομένων USB 6008 της National Instruments είναι μια συσκευής απόκτησης δεδομένων (DAQ) σε πραγματικό χρόνο η οποία προγραμματίζεται μέσω της αντικειμενοστραφούς γλώσσας LabVIEW. Ο κώδικας που αναπτύχθηκε συλλέγει και καταγράφει (σε αρχείο .xls ή .txt) δεδομένα από τους αισθητήρες απεικονίζοντας ταυτόχρονα τις τιμές των μεγεθών σε οθόνες καταγραφικών (WaveGraph) πραγματικού χρόνου (εικόνα 1). Για την αξιολόγηση του αναπτυσσομένου λογισμικού στην ενίσχυση του μοντέλου της βιωματικής

μάθησης χωρίσαμε τους μαθητές της Γ' λυκείου οι οποίοι λάμβαναν μέρος στο πρόγραμμα της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης σε δύο ομάδες.

Η πρώτη ομάδα καλούμενη ως 'Εικονική Ομάδα' εργάστηκε στο σενάριο της μέτρησης και αποτύπωσης του θερμικού φορτίου της πόλης Λιβαδειάς μέσα στο εργαστήριο του σχολείου με εικονικά δεδομένα που συγκέντρωνε από λογισμικό προσομοίωσης αισθητήρων. Η δεύτερη ομάδα καλούμενη ως 'Πειραματική Ομάδα' ακολούθησε πειραματικές μετρήσεις στην πόλη μέσω του λογισμικού συλλογής πραγματικών μεγεθών.

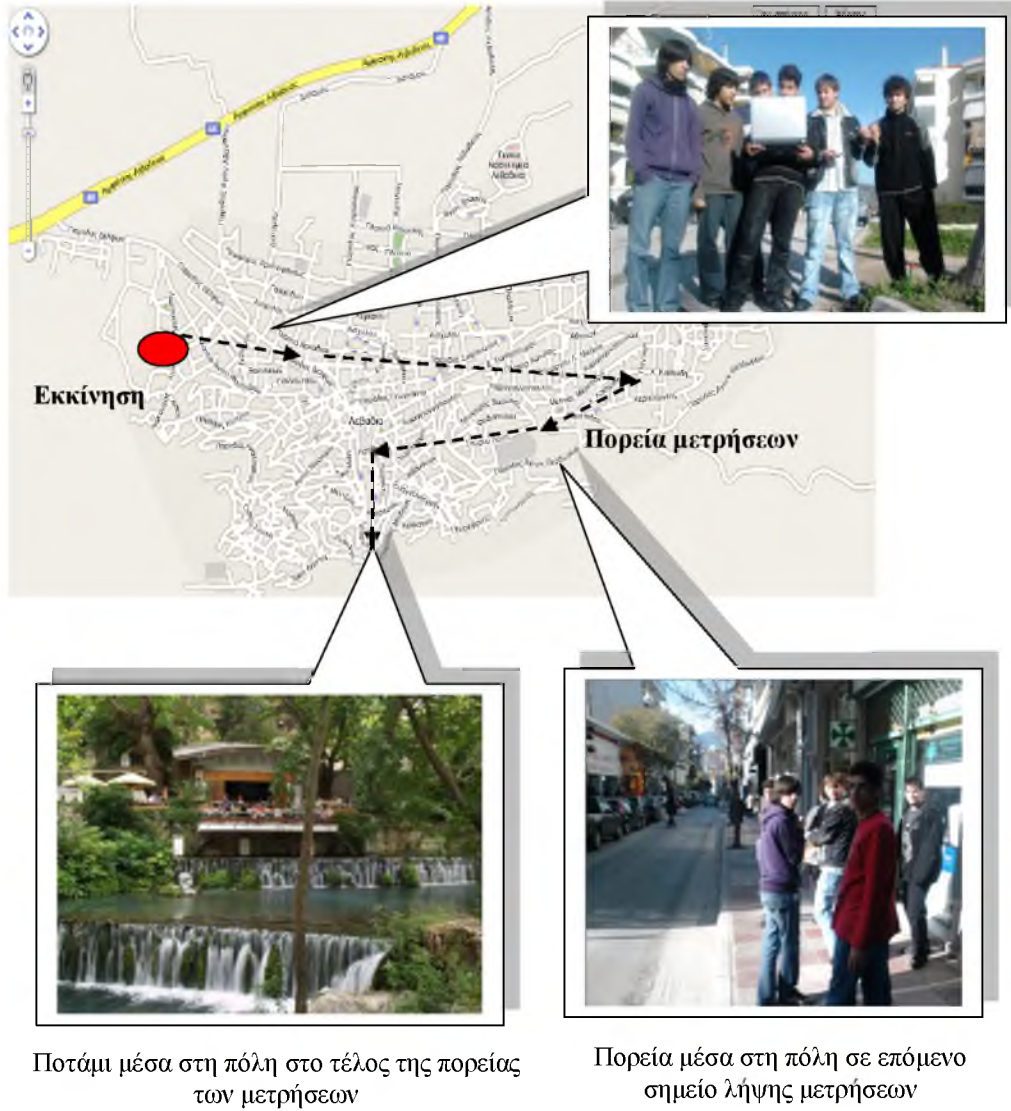
Και οι δύο ομάδες χαρτογράφησαν ένα σύνολο 13 σημείων στα οποία θα αποτυπώσουν το θερμικό φορτίο στην περιοχή της πόλης με την βοήθεια ενός ηλεκτρονικού χάρτη (Google Map). Η Εικονική Ομάδα αποτύπωνε σύμφωνα με την κρίση της ως προς τον περιβαλλοντικό χώρο της πόλης επάνω στο χάρτη τιμές μεγεθών θερμοκρασίας εδάφους, θερμοκρασίας κλίματος και υγρασίας από λογισμικό προσομοίωσης αισθητήρων. Η Πειραματική Ομάδα με την χρήση της αναπτυσσόμενης διάταξης και του λογισμικού πραγματοποίησαν μετρήσεις στα προάστια της πόλης (σε ανοιχτούς χώρους), μέσα στην πόλη (όπως σημεία που υπήρχε μεγάλη κίνηση αυτοκινήτων) και σε σημεία με πάρκα και ποτάμι στα βόρεια της πόλης (εικόνα 2). Μέσω του λογισμικού λάμβαναν τις τιμές των μεγεθών από την διάταξη των αισθητήρων σε πραγματικό χρόνο και τις αποθήκευαν σε αρχείο για την επεξεργασία αυτών στο σχολικό εργαστήριο.



Εικόνα 1: Περιβάλλον καταγραφής μετρήσεων του αναπτυγμένου λογισμικού

Πορεία σημείων λήψης μετρήσεων στο χάρτη

Προάστια πόλης/ ανοιχτοί χώροι.
Οι μαθητές μετρούν μέσω του
λογισμικού και των αισθητηρίων



Εικόνα 2: Οι μαθητές της Πειραματικής Ομάδας μετρούν και καταγράφουν μέσω του λογισμικού πραγματικών μεγεθών με χρήση των αισθητηρίων διατάξεων τις τιμές θερμοκρασίας εδάφους, κλίματος και υγρασίας στην πόλη Λιβαδειά.

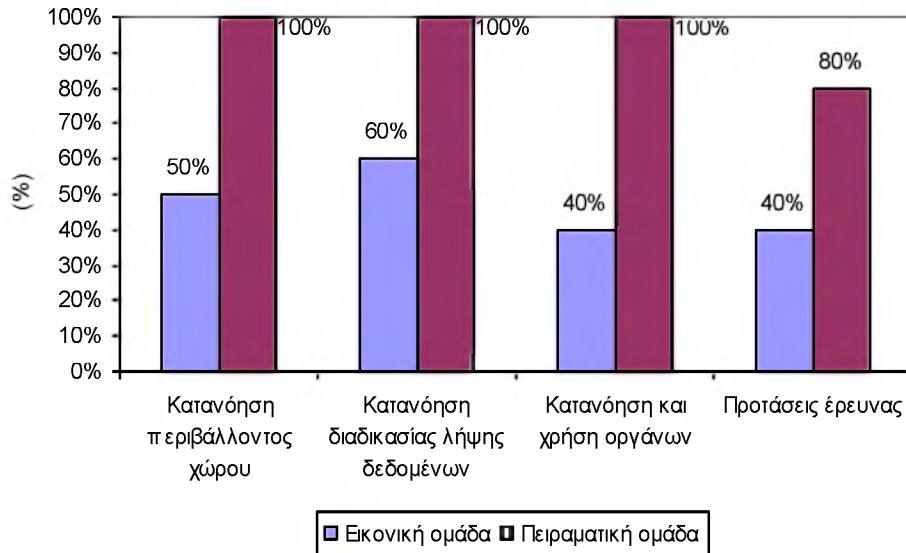
4. Αποτελέσματα / Συζήτηση

Στην εικόνα 3 παρουσιάζεται η αποτύπωση του θερμικού φορτίου στην πόλη της Λιβαδειάς από την Εικονική και την Πειραματική Ομάδα. Βάση των αποτυπωμένων αποτελεσμάτων η καταγραφή του πραγματικού θερμικού φορτίου (Πειραματική Ομάδα) διαφέρει σημαντικά από την αποτύπωση που έκαναν οι μαθητές της Εικονικής Ομάδας. Η διαφορά αυτή εγγυάται στο γεγονός ότι η χρήση εικονικού περιβάλλοντος μετρήσεις μπορεί να οδηγήσει σε λάθος εκτιμήσεις τους μαθητές σχετικά με την έννοια του περιβάλλοντος χώρου με αποτέλεσμα την εισαγωγή λανθασμένων δεδομένων από το πρόγραμμα της εικονική προσομοίωσης. Από τα παραπάνω εξάγεται το συμπέρασμα ότι η χρήση λογισμικού συλλογής πραγματικών δεδομένων μέσω της πειραματικής διαδικασίας αυξάνει την ορθή μάθηση των μαθητών και βελτιώνει την κριτική τους σκέψη απέναντι στην αντίληψη τους για τον περιβάλλοντα χώρο.



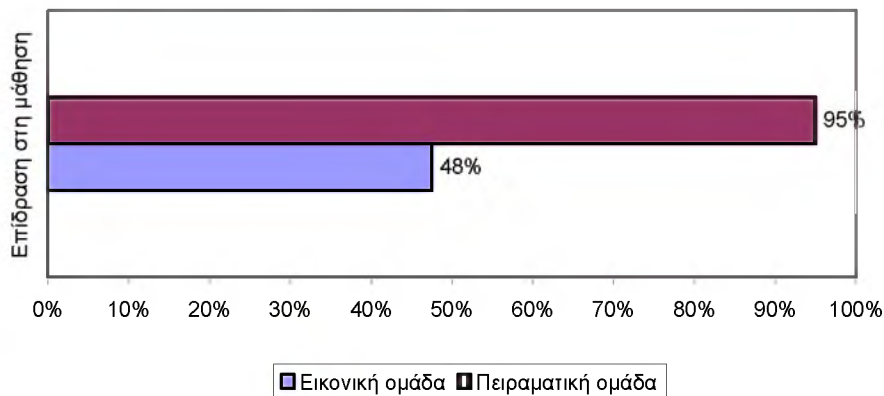
Εικόνα 3: Προφίλ αποτελεσμάτων μετρήσεων για 13 σημεία μέσα και έξω από την πόλη. Πειραματική Ομάδα (συνεχή γραμμή), Εικονική Ομάδα (διακοπτόμενη γραμμή). Μεγάλο (κόκκινο), σχετικά μεγάλο (κίτρινο) και μικρό(μπλε) θερμικό φορτίο.

Στο πέρας των εργασιών οι μαθητές της Εικονικής και της Πειραματικής Ομάδας συμπλήρωσαν ερωτηματολόγιο μέσα από το οποίο αντλήθηκαν πληροφορίες για την κατανόηση της διαδικασίας της λήψης περιβαλλοντικών μετρήσεων (μετά από διδασκαλία τους), της χρήσης οργάνων μέτρησης για την επίτευξη του σκοπού, την κατανόηση του περιβάλλοντος χώρου και των προτάσεων τους για μελλοντική έρευνα. Στο διάγραμμα των στηλών του γραφήματος 1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μέτρησης του ερωτηματολογίου.



Γράφημα 2: Ποσοστιαία αποτελέσματα ερωτηματολογίου Εικονικής και Πειραματικής Ομάδας.

Από τα παραπάνω αποτελέσματα η απόδοση μέσου όρου του συνόλου των απαντήσεων σύμφωνα με το γράφημα 2 εμφανίζει ότι οι μαθητές που έλαβαν μέρος στην Πειραματική Ομάδα μέσω του λογισμικού συλλογής πραγματικών μεγεθών παρουσίασαν μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης μάθησης μέσω της έρευνας (95%) έναντι των μαθητών της Εικονικής Ομάδας (48%).



Γράφημα 2: Απόδοση μέσου όρου αποτελεσμάτων ερωτηματολογίου Εικονικής και Πειραματικής Ομάδας.

5. Συμπεράσματα

Από τα παραπάνω αποτελέσματα συμπεραίνουμε ότι:

1. Η χρήση του λογισμικού συλλογής πραγματικών μεγεθών καθώς και η ομαδική έρευνα μέσω του μοντέλου της βιωματικής μάθησης ανοίγει νέους ορίζοντες άνθισης του ερευνητικού πνεύματος των μαθητών μέσα από επιστημονικές προσεγγίσεις και πειραματικές διαδικασίες με πραγματικά δεδομένα – μεγέθη.
2. Η χρήση του λογισμικού συλλογής δεδομένων πραγματικού χρόνου έδειξε ότι συμβάλει στην ενίσχυση της βιωματικής μάθησης σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι η χρήση εικονικών πολυμέσων και προσομοιώσεων με τρόπο ώστε οι μαθητές να παρουσιάσουν α) δεξιότητες στη διαχείριση πραγματικών δεδομένων και καταστάσεων και β) αύξηση της αντίληψή τους για τον περιβάλλοντα χώρο.
3. Η χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή ως επιστημονικό εργαλείο για την καταγραφή των μετρήσεων δίνει την δυνατότητα να αντιληφθούν οι μαθητές την επιστημονική ιδιότητα της χρήσης του πέρα από την απλή διαδικτυακή έρευνα και την εικονική διάσταση.
4. Με το λογισμικό συλλογής πραγματικών δεδομένων ο μαθητής αναζητά και ανακαλύπτει μέσω της πρακτικής εφαρμογής την "άγνωστη γνώση", εντοπίζει τα δεδομένα που χρειάζεται και προτείνει ο ίδιο μεθοδολογία για την διενέργεια της έρευνας του.
5. Η χρήση του λογισμικού συλλογής πραγματικών δεδομένων ενισχύει το βιωματικό μοντέλο μάθησης λόγω του ότι ο μαθητής χρησιμοποιώντας ένα πραγματικό εργαλείο στην έρευνα του μαθαίνει να συνεργάζεται, να αυξάνει την κριτική του σκέψη, να συζητά και να προτείνει νέες ιδέες στην ομάδα του για την επίτευξη της έρευνας ή του στόχου.

Βιβλιογραφία

- Γεωργόπουλος Α. & Τσαλίκη Ε. (1993). *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση: Αρχές-Φιλοσοφία, Μεθοδολογία, Παιχνίδια και Ασκήσεις*, Αθήνα, Εκδόσεις Gutenberg
- Βλάχος, Γ., & Κόκκοτας, Π. (2000). *Ο Ρόλος του Πειράματος στην Επιστήμη και στη Διδασκαλία – Μάθηση*, Διδακτικές Προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες: Σύγχρονοι προβληματισμοί. Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Coleman, E.B. & Penuel, W.R. (2000). *Web-Based Student Assessment for Program Evaluation*. Journal of Science Education and Technology, 9(4), 327-342
- Ιωαννίδου Ειρήνη, Μελπομένη Τσιτουρίδου, Αλέξανδρος Γεωργόπουλος, Ρένα Ψυχίδου, Κώστας Κουράκης, Στέφανος Παρασκευόπουλος (2010). *ΤΠΕ και περιβαλλοντική εκπαίδευση: η έρευνα στον ελληνικό χώρο*, Πανελλήνιο συνέδριο 'Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση' Κόρινθος.

- Μαυρικάκη Ε. (2000). *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση και Νέες Τεχνολογίες*, Σύγχρονη Εκπαίδευση, 115, 21-31
- Moore, C. J. & Huber, R. A. (2001). *Support for EE from the National Science Education Standards and the Internet*, *The Journal of Environmental Education*, 32(3), 21-25
- Παπαδημητρίου Β. (1998). *Περιβαλλοντική εκπαίδευση και σχολείο: Μια Διαχρονική Θεώρηση*, Αθήνα: Εκδόσεις Τυπωθήτω
- Παρασκευόπουλος Σ. & Κορφιάτης Κ. (2003). *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση: Θεωρίες και Μέθοδοι*, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Χριστοδουλίδη
- Rickinson, M. (2001). *Learners and Learning in Environmental Education: a critical review of the evidence*, *Environmental Education Research*, Special Issue 7(3), 207- 320
- Rohwedder, P. (1999). *Environmental Education goes High-Tech*, *Human Nature*, (1)
- Σκαναβή Κ. Σακελάρη Μ., (2002). *Η γένεση, η εξέλιξη και η δυναμική της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης*, Γέφυρες, τ.4. σ.32-59
- Τρύλιανός, Θ. (2002). *Η παρώθηση του μαθητή για μάθηση*. Αθήνα: Αυτοέκδοση.
- Χαλκίδης Α., Σαριδάκη Α. & Τσάκαλης Π. (1998). *Εφαρμογές Νέων Τεχνολογιών, στα Πλαίσια της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης*, από τη διεύθυνση <http://www.epyna.gr/show/eisigisi5.doc>
- Woolnough, B. and Allsop, T., (1985). *Practical Work in Science*, Cambridge, University Press.

