



Δισδιάστατες-Τρισδιάστατες Ψηφιακές Αναπαραστάσεις / Προσομοιώσεις για την Πρωτοβάθμια Περιβαλλοντική Εκπαίδευση στο πλαίσιο του μαθήματος των Φυσικών και Αρχικές Αντιλήψεις Φοιτητών

Μαρία Μπιμπούδη, Γεωργ. Θεοφ. Καλκάνης

Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος,
Παιδαγωγικό Τμήμα Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Αθηνών, <http://micro-kosmos.uoa.gr>
bibumaria@gmail.com,

Περίληψη

Η εργασία αναφέρεται στη χρήση εφαρμογής των ψηφιακών Τεχνολογιών στην εκπαίδευση, με σκοπό να ερμηνευτεί και να κατανοηθεί η εξοικονόμηση ενέργειας στο πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής στο σύγχρονο σχολείο. Η λειτουργικότητα και η εύχρηστη εφαρμογή τους, όπως παρουσιάζονται μέσα από τις ψηφιακές αναπαραστάσεις με τις μορφές της προσομοίωσης και μοντελοποίησης σε δισδιάστατο, αλλά και τρισδιάστατο χώρο δια μέσω του ηλεκτρονικού υπολογιστή παρουσιάζουν τη διαδικασία μάθησης με τρόπο ελκυστικό και διερευνητικό. Η εργασία επιχειρεί να παρουσιάσει τέτοιες ενδεικτικές αναπαραστάσεις εννοιών και φυσικών πειραματισμών που σχετίζονται με το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής, όπως σχεδιάστηκαν για τη δημιουργία εκπαιδευτικού λογισμικού για τη βαθμίδα της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Η προσέγγιση που προτείνεται μπορεί να ενταχθεί υποστηρικτικά στη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής της Ε΄ και Στ΄ τάξης του Δημοτικού Σχολείου στα βιβλία "Φυσικά-Ερευνώ και Ανακαλύπτω" σύμφωνα με το Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών και το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών, όπου εκεί αναφέρονται ζητήματα ενέργειας και προστασίας του οικοσυστήματος. Η ανάπτυξη αυτών των μοντέλων κρίθηκε απαραίτητη μετά από τα αποτελέσματα της μέχρι τώρα ερευνητικής διαδικασίας, που δείχνει την αναγκαιότητα ένταξης του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Abstract

The work refers to the use of digital technologies in education, so as to interpret and understand the energy saving in the context of climate change of modern school. The functionality and easy-to-use application as displayed through the digital representations in the forms of computer modeling and simulation in two-dimensional and three-dimensional space, present the learning process in an attractive and exploratory way. The study attempts to demonstrate such indicative representations of concepts and physical experimentation related to the phenomenon of climate change, as designed for the creation of educational software for primary school education. The approach that is proposed can be integrated in the "Physics – Exploring and Discovering" books so as to support teaching of the Physics course during the fifth and sixth grade of primary school education, according to the cross-curricular unified framework of program and curriculum studies referring to energy issues and ecosystem protection. The development of these models was deemed necessary after the results of the present research process which demonstrated the necessity for the integration of climate change phenomenon into the educational process.

Εισαγωγή

Οι εκπαιδευτικές εφαρμογές των σύγχρονων ψηφιακών Τεχνολογιών είτε με τη μορφή πληροφοριών και γνώσεων είτε με τη μορφή δυναμικών, μη σειριακών τρισδιάστατων προγραμμάτων ενός γνωστικού αντικείμενου ή μιας θεματικής ενότητας προσφέρουν μια δημιουργική - υποστηρικτική παρέμβαση στην εκπαιδευτική διαδικασία παρέχοντας χρηστικότητα και ευελιξία (Καλκάνης 2007). Το ψηφιακό μοντέλο στο πλαίσιο τέτοιων εφαρμογών αποτελεί την αναπαραστάση ενός προτύπου της πραγματικής καθημερινότητας, ώστε να είναι ακριβής, αντικειμενική και αξιόπιστη ως προς τη λειτουργικότητα και χρηστικότητα απλοποιώντας το μοτίβο ενός επιστημονικού – εννοιολογικού περιεχομένου (Halloun, 2006).

Επομένως, η αναπαράσταση ενός σύνθετου φαινομένου ή μιας πολύπλοκης εννοιολογικής οντότητας αποτελεί αρωγή στη μαθησιακή διαδικασία συμβάλλοντας στην απεμπλοκή του νου από συγκεχυμένες καταστάσεις. Πάνω σε αυτή θα στηριχθεί η προσομοίωση που δεν αγνοεί τις προϋποθέσεις και τους κανόνες ενός υπολογιστικού πειράματος (Ψυχάρης, 2009).

Η σημασία της χρήσης μοντέλων στη μαθησιακή διαδικασία κατά το σχεδιασμό και τη δημιουργία εκπαιδευτικών λογισμικών αναγνωρίζεται όλο και περισσότερο στις μέρες μας τόσο στο πλαίσιο της φυσικής μέσω της υπολογιστικής πραγμάτωσης πειραμάτων (Crawford, 2004; Sperandeo-Mineo et al., 2003) όσο και των υπόλοιπων γνωστικών αντικειμένων σε όλες της βαθμίδες της εκπαίδευσης (Hjorth-Jensen, 2007). Παρατηρείται, λοιπόν μια βελτίωση της ικανότητας μάθησης και κατανόησης γνωστικών προτύπων μέσω της παρουσίασης μοντελοποιημένων δραστηριοτήτων (Hestenes, 1996; Justi & Gilbert, 2002; Wells et al., 1995).

Αρκετές έρευνες στις μέρες μας ασχολούνται με την εκπαιδευτική αξία και τη χρησιμότητα της δημιουργίας μοντέλων στη σχολική τάξη ως αυτόνομης εκπαιδευτικής διαδικασίας ή ως τμήμα της διερευνητικής μάθησης (Smyrniotou et al., 2011). Έχει βρεθεί ότι οι ψηφιακές αναπαραστάσεις φυσικών προβλημάτων της πραγματικότητας συμβάλλουν στη καλύτερη αντίληψη των φαινομένων (Gould et al., 2007). Επίσης, έχει αποδειχθεί ότι οι μοντελοποιημένες διαδικασίες βοηθούν τους μαθητές να αναπτύξουν συλλογισμούς και να κατανοήσουν καλύτερα τις επιστημονικές έννοιες (De Jong & Van Joolingen, 2008).

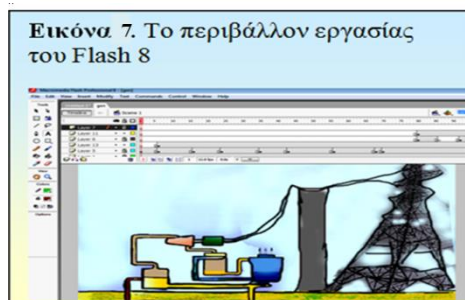
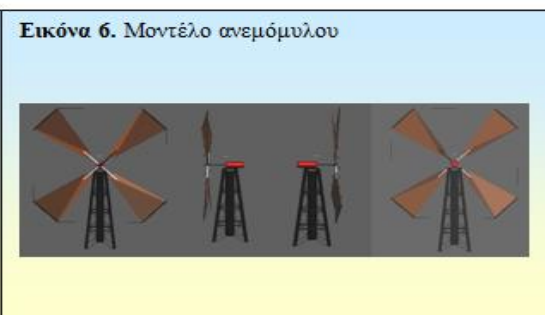
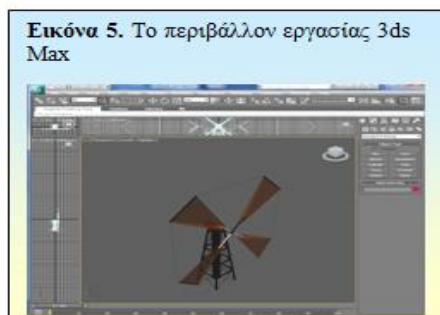
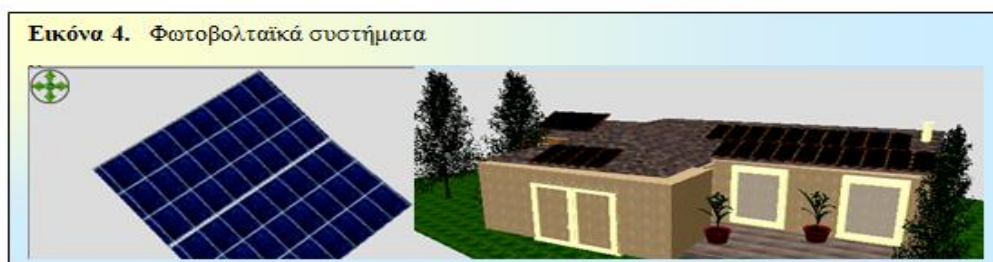
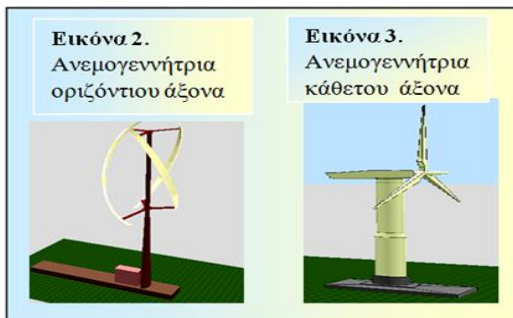
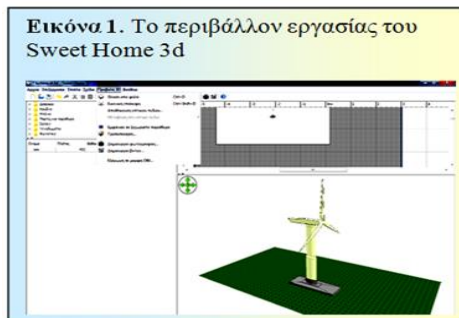
Στη διαδικασία της μάθησης, όπως αποδεικνύεται από τις νεότερες διδακτικές θεωρίες κατά βάσει στις φυσικές επιστήμες, η παρέμβαση μοντελοποιημένων δραστηριοτήτων λειτουργεί υποστηρικτικά, γιατί σε αυτές ενυπάρχουν στοιχεία, πρακτικές και τεχνικές που μοιάζουν με τις γνήσιες – άμεσα εφαρμόσιμες επιστημονικές δράσεις (Weil-Barais, 1994; Gilbert & Boulter, 2000). Με βάση την οπτική αυτή η μάθηση δε λαμβάνει χώρα μόνο δεσμευτικά για την αποκόμιση αυτού καθαυτού του μοντέλου, αλλά ενεργοποιεί εκείνα τα γνωστικά εργαλεία που είναι εναρμονισμένα στις πρακτικές τεχνικές της μοντελοποίησης (Ραβάνης, 1999). Εξάλλου, έχει αποδειχθεί ότι παρεμβάσεις που επιτρέπουν την έκφραση και τη σκέψη των μαθητών με όρους μοντέλων και όχι με μαθηματικά σύμβολα ή γλωσσικές εκφράσεις ενδυναμώνουν την κατανόησή τους και όχι τη στεία απομνημόνευση (Βοσνιαδου, 1998).

Αυτού του είδους, λοιπόν οι δραστηριότητες σηματοδοτούν τη μαθησιακή διαδικασία και εμπεριέχονται σε ταξινομήσεις εκπαιδευτικών λογισμικών που είναι γνωστά ως λογισμικά μοντελοποίησης (Teodoro, 1994; Mellar et al., 1994). Ταυτόχρονα με τη σημασία των μοντέλων αυτών αναγνωρίζεται και η αναγκαιότητα πλαισίωσής του με θεωρίες διδασκαλίας και μάθησης (Mellar et al., 1994; Gilbert & Boulter, 2000). Μελέτες που πραγματοποιήθηκαν με τα λογισμικά 'Δημιουργός Μοντέλων και Modeling Space' (Κόμης Β., Ράπτης Α., Πολίτης Π., Δημητρακοπούλου Α., 2004) στη διδακτική των φυσικών επιστημών καθώς και στη δημιουργία λογισμικών (Κόμης Β., Κότσαρη Μ., Λαβίδας Κ., Φείδας Χ., Αβούρης Ν., Δημητρακοπούλου Α., & Πολίτης Π., 2001), έχουν δείξει την αποτελεσματικότητα των μοντέλων στην ενθάρρυνση των μαθητών για μάθηση (Εργαζάκη Μ., Κόμης Β., Ζόγκζα Β., 2002).

Νέα λογιστικά μοντελοποίησης προκύπτουν από τις καινοτόμες ερευνητικές δράσεις της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Για παράδειγμα, το τρισδιάστατο μοντέλο στο πρόγραμμα Sweet home 3d που παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη-μαθητή να δημιουργήσει, αλλά και να δει τα αποτελέσματα αυτής της δημιουργίας με θέαση από ψηλά, σε εικονική επίσκεψη ακόμα και μέσω της δημιουργίας video ή εικόνας. Πιο συγκεκριμένα, κατασκευάστηκε μοντέλο ανεμογεννήτριας οριζόντιου και κάθετου άξονα (εικόνα 1., εικόνα 2., εικόνα 3.). Δημιουργήθηκε μοντέλο φωτοβολταϊκού συστήματος (εικόνα 4.) και οικοδομή με φωτοβολταϊκά συστήματα στη στέγη (εικόνα 4.). Πρόκειται για μοντέλα που μπορούν να λειτουργήσουν υποστηρικτικά στο πλαίσιο της θεματικής ενότητας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Επίσης, στο πρόγραμμα 3ds Max κατασκευάστηκε μοντέλο ανεμόμυλου (εικόνα 5. εικόνα 6.), επιτρέποντας στο μαθητή να δει, κάνοντας ζουμ, λεπτομέρειες της κατασκευής καθώς και τον τρόπο που κινείται, αφού το πρόγραμμα δίνει τη δυνατότητα με μεγάλη ακρίβεια να καθοριστούν κινήσεις με εντολές του animation. Ακόμα, σε δισδιάστατο επίπεδο σχεδιάστηκε προσομοίωση στο πρόγραμμα Flash



(εικόνα 6.,εικόνα7) , όπου αναπαριστά τη χρήση της γεωθερμικής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.



Στην ίδια θεματική ενότητα στη θεματική της εξοικονόμησης ενέργειας στο πρόγραμμα Sweet home 3d (εικόνα 9.) σχεδιάστηκε το εσωτερικό ενός σπιτιού με λεπτομέρειες στις ηλεκτρικές συσκευές που μπορούν πλοηγώντας τρισδιάστατα στο χώρο οι μαθητές να εντοπίσουν εκείνες της συσκευές που απαιτούν ορθολογική χρήση, ώστε να μειωθεί η σπάταλη από την αλόγιστη κατανάλωση ενέργειας.

Εικόνα 9 Το εσωτερικό σπιτιού



Η εφαρμογή ωστόσο λογισμικών μοντελοποίησης όπως το παραπάνω, προϋποθέτει έναν εκπαιδευτικό ο οποίος έχει τις ικανότητες να το διδάξει αλλά και διακατέχεται από μία θετική στάση απέναντι στα θέματα που καλλιεργούν αυτά τα μοντέλα και αφορούν την προστασία του περιβάλλοντος, την εξοικονόμηση ενέργειας και την καλλιέργεια οικολογικής συνείδησης. Οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί θα είναι αυτοί που θα αναλάβουν το έργο να καλλιεργήσουν αυτές τις αξίες στους μαθητές τους σε μία εκπαιδευτική διαδικασία που χρειάζεται χρόνο για την ανάπτυξη περιβαλλοντικής συνείδησης. Πριν ωστόσο από αυτήν την εκπαιδευτική υλοποίηση χρειάζεται να καταγραφεί η αντίληψη των μελλοντικών εκπαιδευτικών που έχουν για την χρήση και την αξία των προγραμμάτων αυτών.

Σκοπός της έρευνας ήταν να μελετηθούν οι αντιλήψεις φοιτητών πριν και μετά την ολοκλήρωση ενός προγράμματος ασκήσεων με λογισμικό μοντελοποίησης, σχετικά με τις συμβατικές και εναλλακτικές μορφές ενέργειας και τον βαθμό στον οποίο κατανοούν την αναγκαιότητα της ένταξης της ενεργειακής εκπαίδευσης στη σχολική τάξη και τη σημασία της ατομικής ενέργειας και δράσης στην προστασία του περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, η έρευνα αποσκοπεί να απαντήσει στις εξής ερευνητικές ερωτήσεις αναφορικά με τις αντιλήψεις των συμμετεχόντων:

Ποια είναι η αυτό-αντιλαμβανόμενη εκπαιδευτική επάρκεια των συμμετεχόντων;

Ποιος είναι ο βαθμός ικανοποίησης από την εκπαίδευση για την κλιματική αλλαγή;

Ποια μπορεί να είναι η επίδραση του λογισμικού μοντελοποίησης στην ανάπτυξη οικολογικής συνείδησης και γνώσης;

Ποιες ενέργειες προωθούν την προστασία του περιβάλλοντος;

Μεθοδολογία

Δείγμα

Το δείγμα αποτελούνταν από 335 τριτοετείς φοιτητές (35φοιτητές, 300 φοιτήτριες) του Εργαστηρίου Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Αθηνών κατά τα ακαδημαϊκά έτη 2011-2012.

Εργαλείο μέτρησης

Δημιουργήθηκε ένα νέο εργαλείο μέτρησης προσαρμοσμένο στις ελληνικές εκπαιδευτικές συνθήκες αποτελούμενο αρχικά από 41 ερωτήσεις. Για την δημιουργία του νέου εργαλείου μέτρησης μελετήθηκαν αντίστοιχα ερωτηματολόγια όπως αυτό των επιστημών της θάλασσας του Πανεπιστημίου Αιγαίου και η τροποποιημένη μορφή του ερωτηματολογίου της έρευνας των O' Connor et al (1999), που είχαν δημιουργηθεί για την αξιολόγηση των ενεργειών/πράξεων υπέρ της εξοικονόμησης ενέργειας, την προαγωγή αντίστοιχων σχολικών προγραμμάτων, και την ικανοποίηση των εκπαιδευτικών από την αξιοποίηση των εναλλακτικών μορφών ενέργειας. Ακολούθησε παραγοντική ανάλυση από προέκυψε ένα ερωτηματολόγιο 35 ερωτήσεων που εξηγούσε το 57.19 της συνολικής διακύμανσης αποτελούμενο από εξής 5 παράγοντες:

Κλιματική αλλαγή και παράγοντες πρόκλησης

Ενέργειες για την προστασία του περιβάλλοντος

Ικανοποίηση εκπαιδευτικών από την εκπαίδευση για την κλιματική αλλαγή

Ικανότητα εκπαιδευτικού (για την προώθηση και προαγωγή της εκπαίδευσης κλιματικής συνείδησης στο σχολείο)



Σημασία λογισμικού μοντελοποίησης στην ανάπτυξη οικολογικής συνείδησης.

Η ανάλυση Cronbach's α ανέδειξε εσωτερική συνοχή των ερωτήσεων που απαρτίζουν τον κάθε παράγοντα του ερωτηματολογίου που κυμάνθηκε από καλή ($\alpha = .667$) έως υψηλή ($\alpha = .862$) (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Εσωτερική συνοχή παραγόντων ερωτηματολογίου

Παράγοντες	Cronbach's α
1. Κλιματική αλλαγή και παράγοντες πρόκλησης	.667
2. Ενέργειες για την προστασία του περιβάλλοντος	.848
3. Ικανοποίηση εκπαιδευτικών από την εκπαίδευση για την κλιματική αλλαγή	.792
4. Ικανότητα εκπαιδευτικού (από την προώθηση και προαγωγή της εκπαίδευσης κλιματικής συνείδησης στο σχολείο)	.794
5. Σημασία λογισμικού μοντελοποίησης στην ανάπτυξη οικολογικής συνείδησης	.862

** $p < .001$, ¹ ICC: Intra-class Correlation Coefficient

Διαδικασία

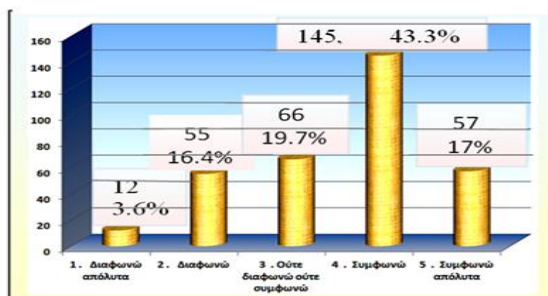
Το ερωτηματολόγιο δόθηκε στους φοιτητές/τριες του δείγματος πριν και μετά την ολοκλήρωση το προγράμματος των εργαστηριακών ασκήσεων του Γ' έτους όπου οι φοιτητές ασκήθηκαν πέρα από ασκήσεις φυσικής και στα λογισμικά προγράμματα Sweet home 3d, 3ds Max και Flash. Πριν από την συμπλήρωση του ερωτηματολογίου δόθηκαν εξηγήσεις για τον σκοπό της έρευνας, ενώ η ερευνήτρια ήταν παρούσα καθ' όλη την διάρκεια συμπλήρωσής του για να απαντήσει σε τυχόν απορίες των συμμετεχόντων. Μέση διάρκεια συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου από κάθε συμμετέχοντα ήταν 10 λεπτά.

Αποτελέσματα

Οι στατιστικές αναλύσεις βρίσκονται στο στάδιο της επεξεργασίας στα πλαίσια διδακτορικής έρευνας. Για τις ανάγκες της παρουσίασης αναφέρονται ποσοστιαίες αναλύσεις και γραφήματα αντιπροσωπευτικών ερωτήσεων από τις αρχικές απαντήσεις των συμμετεχόντων, πριν την εκπαιδευτική παρέμβαση. Τα αποτελέσματα από τις απαντήσεις στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου φαίνονται στα παρακάτω κυλινδρικά ραβδογράμματα:

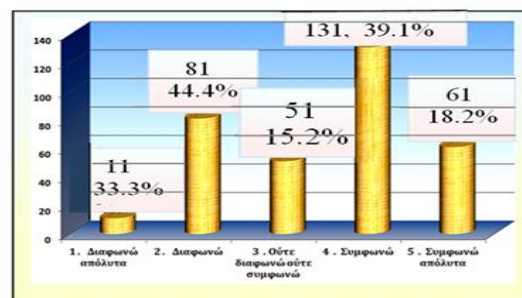
Γράφημα 1.

Το κάθε άτομο κάνει ενέργειες υιοθετώντας οικολογικές ιδέες αντικαθιστώντας τις παλιές συσκευές με νέες που είναι ενεργειακά αποδοτικότερες



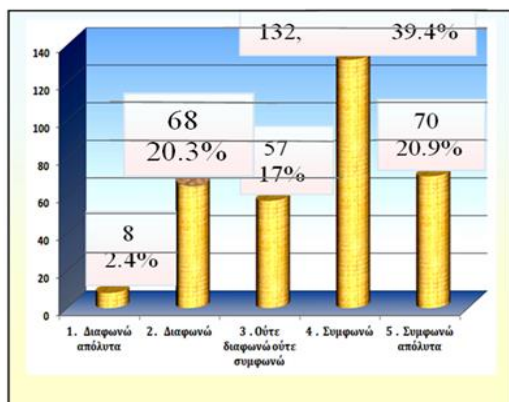
Γράφημα 2.

Το κάθε άτομο κάνει ενέργειες μη αφήνοντας τις ηλεκτρικές συσκευές σε κατάσταση αναμονής



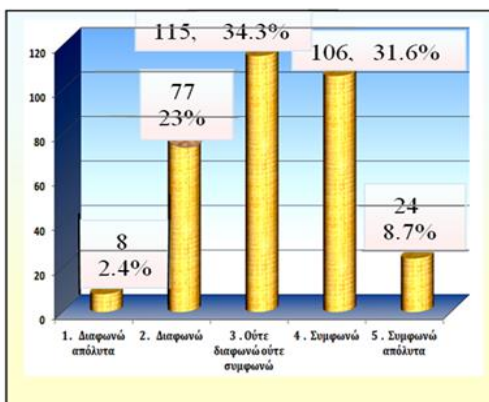
Γράφημα 3.

Το κάθε άτομο κάνει ενέργειες διαχειρίζοντας υπεύθυνα οικονομικά την κατανάλωση νερού



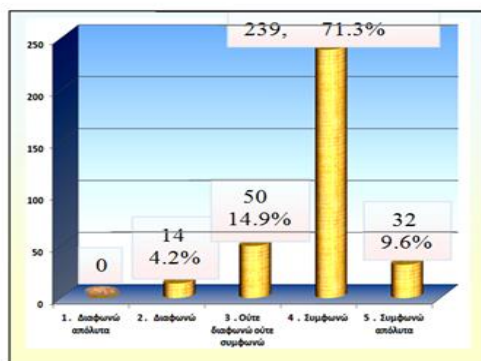
Γράφημα 4.

Το κάθε άτομο κάνει ενέργειες διαφυλάττοντας τα κτίρια προσέχοντας να υπάρχει η κατάλληλη μόνωση



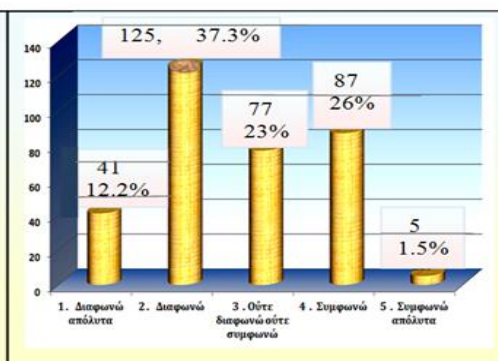
Γράφημα 5.

Πιστεύω ότι η ενημέρωση και η κατάλληλη εκπαίδευση του εκπαιδευτικού οδηγεί στην εξοικονόμηση ενέργειας



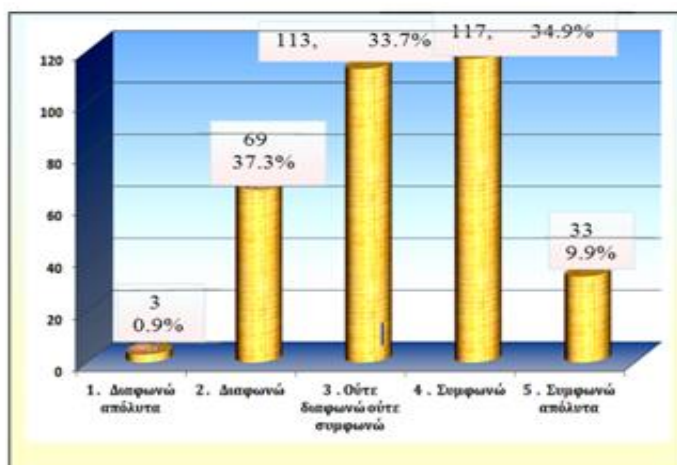
Γράφημα 6.

Ως εκπαιδευτικός είμαι ικανοποιημένος από την αξιοποίηση των εναλλακτικών μορφών



Γράφημα 7.

Θεωρώ ότι τα προγράμματα και οι υπηρεσίες που αφορούν την εξοικονόμηση ενέργειας ενθαρρύνουν τη συμμετοχή εκπαιδευτικών και παιδιών σε αντίστοιχες δράσεις εντός και εκτός του σχολείου





Συμπεράσματα

Μελετώντας τις απαντήσεις των φοιτητών /μελλοντικών εκπαιδευτικών στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου προκύπτει ότι οι φοιτητές / μελλοντικοί εκπαιδευτικοί κατανοούν τη σημασία της ατομικής ενέργειας / δράσης για την εξοικονόμηση ενέργειας, και θεωρούν ότι κάνουν μεμονωμένα ενέργειες που αφορούν τη χρήση ενεργειακά αποδοτικότερων ηλεκτρικών συσκευών, τη λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών σε κατάσταση μη αναμονής, την οικονομική κατανάλωση νερού και την μόνωση των κτιρίων. Στην τελευταία περίπτωση ωστόσο (μόνωση κτιρίων) διαφαίνεται ένα ποσοστό 34.3% των φοιτητών είναι αδιάφορο. Από αυτό διαπιστώνεται ότι ναι μεν υπάρχει ολοκληρωμένη γνώση για το ποιες ατομικές δράσεις οδηγούν στην εξοικονόμηση ενέργειας αλλά δεν δίνεται η απαραίτητη σημασία ή δεν υπάρχει η απαιτούμενη γνώση ως προς την προσαρμογή υλικών για την εξοικονόμηση ενέργειας. Όσον αφορά την εκπαίδευση και την κατάλληλη ενημέρωση των εκπαιδευτικών στο θέμα της εξοικονόμησης ενέργειας φαίνεται η αναγκαιότητά της, αφού οι φοιτητές / μελλοντικοί εκπαιδευτικοί συμφωνούν πως η υπάρχουσα σχολική πραγματικότητα το απαιτεί. Επίσης, οι περισσότεροι δεν είναι ικανοποιημένοι από την αξιοποίηση των εναλλακτικών μορφών ενέργειας στο χώρο εντός και εκτός του σχολείου και θεωρούν την ύπαρξη προγραμμάτων απαραίτητη για ενδοσχολικές και εξωσχολικές δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας. Δεν πρέπει να παραβλέψουμε και ένα ποσοστό 33.7% που είναι αδιάφορο για τη λειτουργία τέτοιων προγραμμάτων, καθώς πιθανότατα να μη γνωρίζουν επαρκώς τη χρησιμότητά τους ή να μην έχει αναπτυχθεί στον βαθμό που θα έπρεπε η οικολογική συνείδησή τους λόγω μη πρότερης επιμόρφωσής τους σε λογισμικά μοντελοποίησης.

Τα διαφορούμενα πρώτα αποτελέσματα δείχνουν ότι είναι απαραίτητη η χρήση και εφαρμογή τέτοιων ψηφιακών-τεχνολογικών προγραμμάτων για την ευαισθητοποίηση των μελλοντικών εκπαιδευτικών περί της χρησιμότητας της ενεργειακής εκπαίδευσης μέσω των νέων λογισμικών μοντελοποίησης που προσφέρουν αποτελεσματικές εικονικές / οπτικοακουστικές αναπαράστασεις σε δισδιάστατο και τρισδιάστατο χώρο.

Βιβλιογραφία

- Βοσνιαδου, Σ. (1998). *Γνωσιακή Ψυχολογία*. Αθήνα: Gutenberg.
- Crawford, B.A. (2004). Supporting prospective teachers' conceptions of modelling in science. *International Journal of Science Education*, 26, 1379–1401.
- De Jong, T., & Van Joolingen, W. R. (2008). Model-Facilitated Learning. In: J. M. Spector, M. D. Merrill, J. van Merriënboer & M. P. Driscoll (Eds). *Handbook of research on educational communications and technology (3rd edition)*. New York: Lawrence Erlbaum, 457–468.
- Εργαζάκη Μ., Κόμης Β., Ζόγκζα Β., “Διερεύνηση νοητικών μοντέλων για την ανάπτυξη - θρέψη των φυτών με εννοιολογική χαρτογράφηση και εκπαιδευτικό λογισμικό”, 3^ο Πανελλήνιο Συνέδριο για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και την Εφαρμογή των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Μάιος 2002
- Gilbert J., & Boulter C. (2000) *Developing Models in Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Gould, H., Tobochnik, J., & W. Christian. (2007) *An Introduction to Computer Simulation Methods: Applications to Physical Systems*, (3rd ed). Addison-Wesley.
- Halloun, I.A. (2006). *Modeling theory in science education*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Hestenes, D. (1996). Modelling Methodology for Physics Teachers, Proceedings of the International Conference on Undergraduate Physics Education (College Park, August 1996)
- Justi R., & Gilbert J. (2002) Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modelers. *International Journal of Science Education*, 24, 369–387
- Καλκάνης, Γ. Θ. (2007) *Εκπαιδευτική φυσική - εκπαιδευτικές τεχνολογίες*. Αθήνα: Αυτοέκδοση, κεντρική διάθεση Βιβλιοπωλείο Σαββάλα.

Κόμης Β., Κότσαρη Μ., Λαβίδας Κ., Φείδας Χ., Αβούρης Ν., Δημητρακοπούλου Α., & Πολίτης Π. (2001). “Εργαλεία αναπαράστασης και διαμεσολάβηση κατά τη συνεργατική επίλυση προβλήματος σε υπολογιστικό περιβάλλον”, Τζεκάκη Μ. & Χατζηπαντελής Θ. (επιμέλεια), 5^ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή «Διδακτική των Μαθηματικών και Πληροφορική στην Εκπαίδευση», Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, Οκτώβριος.

Κόμης Β., Ράπτης Α., Πολίτης Π., Δημητρακοπούλου Α., (2004). Εκπαιδευτικά Λογισμικά Μοντελοποίησης στις Φυσικές Επιστήμες, Στο Ι. Κεκκός (Επιμ). *Νέες Τεχνολογίες και Εκπαίδευση: Θέματα Σχεδιασμού, Κοινωνικές και Φιλοσοφικές Επεκτάσεις*, Εκδόσεις Ατραπός, Ένωση Ελλήνων Φυσικών, σελ.113-135.

Mellar H., Bliss J., Boohan, R., Ogborn, J., Tompsett, (Eds). (1994) *Learning with Artificial Worlds: Computer Based Modelling in the Curriculum*, London: The Falmer Press.

O’Conor, R.E., Bord, R.J., & Fisher, A. (1999). Risk perceptions, general environmental beliefs, and willingness to address climate change. *Risk Analysis*, 19 (3), 461 – 471.

Ραβάνης, Κ. (1999). Οι Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση. *Διδακτική και Γνωστική Προσέγγιση*. Αθήνα: Τυπωθήτω.

Smyrnaïou, Z., Moustaki, F., & Kynigos, C. (2011). METAFORA Learning Approach Processes Contributing To Students’ Meaning Generation In: Science Learning. In D. Gouscos, & M. Meimaris (Eds.), *Proceedings of the 5th European Conference on Games Based Learning (ECGBL)* (pp. 657-664). Athens, Greece: Academic Publishing Limited.

Sperandeo-Mineo R.M., Cerroni C. & Guastella I. (2003). *Models in Physics: Perceptions Held by Prospective Physics Teachers*. Proceedings of the GIREP Seminar, Udine.

Teodoro V. D. (1994). Learning with Computer-Based Exploratory Environments in Science and Mathematics. in S. Vosniadou, E. De Corte, H. Mandl (Eds.), *Technology - Based Learning Environments: Psychological and Educational Foundations*. NATO ASI Series, Serie F: Computer and Systems Sciences, Vol. 137, pp.179-186. Berlin : Springer Verlag.

Weil-Barais A. (1994). Les Apprentissages en Sciences Physiques, In G. Vergnaud (Ed) *Apprentissages et Didactiques, ou en est-on?* Serie: Former, Organiser pour Enseigner, Paris: HACHETTE Education.

Wells, M., Hestenes, D. & Swackhamer, G. (1995). A modeling method for high school physics instruction, *American Journal of Physics*, 63, 606-619.

Ψυχάρης, Σ. (2011). *Η μοντελοποίηση και οι θεωρίες μάθησης στις τεχνολογίες πληροφορίας και επικοινωνίας (ΤΠΕ) στην εκπαίδευση*. Αθήνα: Παπαζήση.