



**3<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή  
«Εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και  
Φυσικών Επιστημών: διαφορετικές χρήσεις,  
διασταυρούμενες πορείες μάθησης»**

**Ρόδος, Παρασκευή 9, Σάββατο 10 και Κυριακή 11 Νοεμβρίου 2018**

# **Πρακτικά Συνεδρίου**

**Επιμέλεια: Χρυσάνθη Σκουμπορδή, Μιχαήλ Σκουμιός**

**Ρόδος 2018**

Μελέτη για την επιρροή της οπτικοποίησης και της εμπλοκής νέων τεχνολογικών μέσων κατά την διδασκαλία των πιθανοτήτων στο σχολείο

*Μιχαήλ Ζώρζος και Ευγένιος Ανγερινός..... 389*

### **Χρήση εκπαιδευτικού υλικού Φυσικών Επιστημών**

«Το σωματίδιο φάντασμα» πρότυπο καλών διδακτικών πρακτικών του ευρωπαϊκού ερευνητικού έργου Creations

*Ζαχαρούλα Σμυρναίου..... 400*

Μαύρα Κουτιά (Black Boxes) στη διδασκαλία χαρακτηριστικών της φύσης των Φυσικών Επιστημών στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

*Άννα Κουμαρά και Κατερίνα Πλακίτση..... 409*

Διδακτικές παρεμβάσεις για τη μεταβολή των αντιλήψεων των φοιτητών του ΠΤΔΕ σε έννοιες της θερμότητας

*Γεώργιος Στύλος και Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης..... 419*

Χρήση έξυπνων κινητών συσκευών στη διδασκαλία των ευθύγραμμων κινήσεων

*Νικόλαος Τζιούφας και Δημήτριος Τσαρούχας..... 429*

Οι προσωπικοί πόροι που αξιοποιούν οι εκπαιδευτικοί κατά την εφαρμογή καινοτόμων διδακτικών εννοιών αντικειμένων έρευνας αιχμής με την υποστηρίξιμη μεντόρων-εκπαιδευτικών

*Αιμιλία Μιχαηλίδη και Δημήτρης Σταύρου..... 439*

Μελλοντικοί Νηπιαγωγοί Σχεδιάζουν & Αναστοχάζονται Δραστηριότητες Φυσικών Επιστημών: Μια Μελέτη Περίπτωσης για τις Λειτουργίες του Ανθρώπινου Οργανισμού

*Αναστάσιος Σιάτρας και Βασιλεία Χρηστίδου..... 449*

Συχνότητα και διδακτική καταλληλότητα των αναλογιών των σχολικών βιβλίων φυσικών επιστημών στο γυμνάσιο

*Ελένη Χατζηνικολάου, Γεώργιος Αμπατζίδης και Μιχαήλ Καλογιαννάκης..... 459*

Εισαγωγή βασικών αρχών του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού στην προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία στα πλαίσια της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών

*Καλλιόπη Κανάκη και Μιχαήλ Καλογιαννάκης..... 469*

Εικονική πραγματικότητα και περιβαλλοντική αγωγή. Αποτελέσματα από πιλοτική εφαρμογή σε μαθητές της Στ' τάξης δημοτικού

*Εμμανουήλ Φωκίδης και Άννα Κομιζόγλου..... 479*

Ο προφορικός λόγος των μαθητών κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης πειραματικών δραστηριοτήτων που βασίζονται στη «μάθηση μέσω διερεύνησης» και πειραματικών δραστηριοτήτων «παραδοσιακού τύπου»

*Δήμητρα Λαζάρου και Μιχαήλ Σκουμιός..... 490*

Οι επιδράσεις μιας διδακτικής-μαθησιακής ακολουθίας για τον 2ο νόμο του Νεύτωνα στη δομή των επιχειρημάτων των μαθητών

*Μελπομένη Μαστρογιωργάκη και Μιχαήλ Σκουμιός..... 501*

Βελτιώνοντας το περιεχόμενο των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών της Β' τάξης του Γυμνασίου στις Φυσικές Επιστήμες

*Χριστίνα Ανθούλας και Μιχαήλ Σκουμιός..... 511*

Ανάπτυξη πρακτικών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων σε μαθητές της Α' τάξης του Λυκείου

*Σταμάτιος Εμμανουήλ και Μιχαήλ Σκουμιός..... 521*

Διδακτική Προσέγγιση της Έννοιας της Δύναμης για παιδιά με μαθησιακές δυσκολίες

*Κωνσταντίνος Π. Μπούσιος..... 531*

# Εικονική πραγματικότητα και περιβαλλοντική αγωγή. Αποτελέσματα από πιλοτική εφαρμογή σε μαθητές της Στ' τάξης δημοτικού

Εμμανουήλ Φωκίδης<sup>1</sup> και Άννα Κομιζόγλου<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Πανεπιστήμιο Αιγαίου, fokides@aegean.gr

<sup>2</sup> Πανεπιστήμιο Αιγαίου, pre13079@rhodes.aegean.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Η εργασία παρουσιάζει τα αποτελέσματα από τη χρήση εφαρμογής εικονικής πραγματικότητας για την διδασκαλία θεμάτων που σχετίζονται με τη μόλυνση του περιβάλλοντος. Η εφαρμογή στηρίχθηκε στην πλατφόρμα ανοιχτού λογισμικού Opensimulator. Ομάδα στόχος ήταν μαθητές της Στ' τάξης. Για να εξεταστούν τα μαθησιακά αποτελέσματα, σαράντα μαθητές δύο δημοτικών σχολείων στη Ρόδο χωρίστηκαν σε δύο ομάδες. Η διδασκαλία στηρίχθηκε στο μοντέλο των Driver και Oldham, με τη διαφορά ότι στην πρώτη ομάδα χρησιμοποιήθηκε έντυπο υλικό ενώ στη δεύτερη η εφαρμογή. Ερευνητικά δεδομένα συλλέχθηκαν με pre- και delayed post-tests, με φύλλα αξιολόγησης και με ένα ερωτηματολόγιο για την αξιολόγηση της εφαρμογής. Η ανάλυση έδειξε ότι οι μαθητές που χρησιμοποίησαν την εφαρμογή είχαν καλύτερα γνωστικά αποτελέσματα σε σχέση με την άλλη ομάδα. Όμως, η εφαρμογή δεν φάνηκε να ικανοποιεί ιδιαίτερα τους μαθητές. Τα αποτελέσματα οδηγούν στην ανάγκη περαιτέρω διερεύνησης του θέματος.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** εικονική πραγματικότητα, εποικοδομητισμός, μόλυνση περιβάλλοντος, περιβαλλοντική εκπαίδευση

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα περιβαλλοντικά προβλήματα απασχολούν, σε καθημερινή βάση, τους πολίτες, οι οποίοι θα πρέπει να τα κατανοούν μιας και αφορούν το παρόν και το μέλλον όλων. Ένα σημαντικό μέρος των περιβαλλοντικών ζητημάτων που απασχολούν έντονα, σχετίζεται με τη μόλυνση τόσο της ατμόσφαιρας, του εδάφους και των υδάτων από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Σημαντικό ρόλο στην κατανόηση των παραπάνω προβλημάτων, αλλά και στην ευαισθητοποίηση απέναντι σε αυτά, παίζει η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση (ΠΕ) στην οποία η χρήση της τεχνολογίας θεωρείται αυτονόητη (Vining, 2003). Η εικονική πραγματικότητα (ΕΠ), που χρησιμοποιείται ευρέως στις θετικές επιστήμες, είναι μια τέτοια τεχνολογία (Pan, Cheok, Yanh, Zhu, & Shi, 2006). Μάλιστα, η χρήση της ΕΠ στην

ΠΕ φαίνεται να έχει πολλαπλά οφέλη (ενδεικτικά, Dillahunt, Becker, Mankoff, & Kraut, 2008; Jacobson, McDuff, & Monroe, 2015), εφόσον η θετική επίδρασή της δεν αφορά μόνο την απόκτηση γνώσεων, αλλά εκτείνεται και στο κομμάτι των στάσεων, των αξιών και των δεξιοτήτων (Quinn & Lyons, 2013). Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, θεωρήθηκε ότι θα είχε ενδιαφέρον να διερευνηθεί το κατά πόσο η ΕΠ μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές του δημοτικού να κατανοήσουν τις επιπτώσεις και τα προβλήματα που προκύπτουν από τη μόλυνση του περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, τα κύρια ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν ήταν: (α) εάν η διδασκαλία με τη χρήση ενός περιβάλλοντος ΕΠ που παρουσιάζει τη μόλυνση της ατμόσφαιρας, του εδάφους και των υδάτων, επιτυγχάνει καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σύγκριση με τη διδασκαλία μέσω έντυπου υλικού και (β) εάν οι μαθητές διαμορφώνουν θετικές στάσεις και απόψεις για τη διδασκαλία τους μέσω ΕΠ. Στις ενότητες που ακολουθούν αναπτύσσεται το σκεπτικό και η οργάνωση της όλης προσπάθειας.

## ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Η ΠΕ αναφέρεται στην οργανωμένη προσπάθεια να διδάξει κάποιος το πώς λειτουργούν τα φυσικά περιβάλλοντα, και ιδιαίτερα, το πώς οι άνθρωποι μπορούν να διαχειριστούν, με βιώσιμο τρόπο, τα οικοσυστήματα (Reynolds, Brondizio, & Robinson, 2010). Ο όρος συχνά υπονοεί εκπαίδευση μέσα στο σχολικό σύστημα, ωστόσο, μπορεί να περιλαμβάνει όλες τις προσπάθειες να εκπαιδευτεί το κοινό και με άλλους τρόπους, όπως μέσω έντυπου υλικού, ιστοσελίδων και εκστρατειών στα μέσα ενημέρωσης (Stapp, 1969). Απώτερος στόχος της ΠΕ είναι η μετάβαση σε μια κοινωνία όπου οι πολίτες είναι γνώστες του περιβάλλοντος και των προβλημάτων που σχετίζονται με αυτό, γνωρίζουν τις λύσεις σε αυτά τα προβλήματα και έχουν κίνητρα για την επίλυσή τους. Επιμέρους στόχοι της ΠΕ είναι: (α) η ευαισθητοποίηση στο περιβάλλον και τα προβλήματά του, (β) η απόκτηση αξιών, στάσεων και ανησυχιών για το περιβάλλον, (γ) η απόκτηση δεξιοτήτων για τον εντοπισμό και την επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων, (δ) η ενεργός συμμετοχή στην επίλυσή τους, (ε) η κατανόηση τόσο της τοπικής όσο και της διεθνούς διάστασης των προβλημάτων και (στ) η διεπιστημονική προσέγγιση (UNESCO, 1977). Η ΠΕ δεν αποτελεί αυτόνομο μάθημα στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα, ενώ σε άλλες χώρες αποτελεί κατ' επιλογήν αντικείμενο ή συμπληρωματικό του παραδοσιακού προγράμματος σπουδών. Στο επίπεδο της Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης μπορεί να λάβει τη μορφή του εμπλουτισμού του περιεχομένου των θετικών επιστημών, εκδρομών στο φυσικό περιβάλλον, συμμετοχής του σχολείου σε κοινωφελή έργα, ή ακόμα υπαίθριων δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τις φυσικές επιστήμες που αποσκοπούν στη σε βάθος κατανόηση του περιβάλλοντος (Stohr, 2013).

Αναφορικά με την αξιοποίηση εργαλείων της Πληροφορικής στην ΠΕ, η βασική διαπίστωση είναι ότι υπάρχει μια πλούσια ποικιλία τέτοιων εργαλείων και εφαρμογών. Εντούτοις, σχετικά λίγες έρευνες εξέτασαν το πώς χρησιμοποιούνται αυτά τα εργαλεία. Στην πραγματικότητα, φαίνεται να υπάρχει πολύ μεγαλύτερο ενδιαφέρον για το σχεδιασμό τέτοιων εργαλείων από ό,τι στην ανάλυση του πώς η χρήση τους συμβάλλει στη διαμόρφωση των γνώσεων των μαθητών και στην κατανόηση των περιβαλλοντικών

θεμάτων από αυτούς (Fauville, Lantz-Andersson, & Säljö, 2014). Επίσης, οι περισσότερες εφαρμογές φαίνεται να αφορούν μόνο την απόκτηση δεξιοτήτων για τον εντοπισμό και την επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων. Από την άλλη, η κατανόηση τόσο της τοπικής όσο και της διεθνούς διάστασης των προβλημάτων φαίνεται να είναι δύσκολο να επιτευχθεί από τις εφαρμογές, αν και κάτι τέτοιο θα επέτρεπε μια ολιστική θεώρηση του θέματος. Τέλος, μόνο μερικές εφαρμογές φαίνεται να δίνουν τη δυνατότητα ενεργού συμμετοχής των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία και στην εξεύρεση λύσεων για τα περιβαλλοντικά προβλήματα, παρότι αυτό εντάσσεται στους σημαντικότερους στόχους της ΠΕ (Fauville et al., 2014).

## **ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ**

Υπάρχουν διάφοροι ορισμοί για την ΕΠ. Για παράδειγμα, οι Pan et al. (2006) την ορίζουν ως τη χρήση γραφικών που παρέχουν τη δυνατότητα της εμπύθισης εντός ενός διαδραστικού, τρισδιάστατου, εικονικού κόσμου. Εστιάζοντας στην εκπαιδευτική διάσταση της ΕΠ, αυτή θα πρέπει να βασίζεται σε συγκεκριμένο παιδαγωγικό μοντέλο, που ενσωματώνει ένα ή περισσότερα διδακτικά αντικείμενα και παρέχει εμπειρίες στον χρήστη που με άλλο τρόπο δεν θα μπορούσε να βιώσει στον πραγματικό κόσμο, έχοντας ως απόρροια συγκεκριμένα μαθησιακά αποτελέσματα (Mikropoulos & Natsis, 2011). Η ΕΠ, χρησιμοποιείται ευρέως στις θετικές επιστήμες, σε τομείς που αφορούν τη μελέτη των φυσικών φαινομένων (Schneps, Ruel, Sonnert, Dussault, Griffin, & Sadler, 2014).

Η ΕΠ μπορεί να αποτελέσει ένα ενδιαφέρον εκπαιδευτικό εργαλείο γιατί: (α) περιέχει τρισδιάστατες αναπαραστάσεις των αντικειμένων και του περιβάλλοντος, παρέχοντας μια πιο ρεαλιστική εικόνα σε αυτόν που μαθαίνει, διευκολύνοντας την ανάπτυξη πιο ολοκληρωμένων νοητικών μοντέλων (Dede, Salzman, Loftin, & Sprague, 1999), (β) αυτός που μαθαίνει αποκτά ενεργό ρόλο, εφόσον μέσα στον εικονικό κόσμο έχει τον έλεγχο πάνω στο τι και πότε θα δει κάτι (Pan et al., 2006), (γ) παρέχει μαθησιακές εμπειρίες πρώτου προσώπου, δηλαδή άμεσες (Fokides, 2017), σε αντίθεση με την επίσημη εκπαίδευση που τείνει να παρέχει εμπειρίες τρίτου προσώπου, δηλαδή εμπειρίες που προέρχονται από τρίτους και (δ) παρέχει αυξημένα κίνητρα για μάθηση, ωθώντας τους μαθητές να οικοδομήσουν από μόνοι τους τη γνώση (Pan et al., 2006). Στην ΠΕ, η ΕΠ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προσομοίωση περιβαλλοντικών προβλημάτων, για τη δημιουργία κατάλληλων συνθηκών για την επιθυμητή περιβαλλοντική συμπεριφορά ή προσφέροντας πληροφορίες που μπορεί να επηρεάσουν τις επιλογές κάποιου σχετικά με το πραγματικό περιβάλλον. Για παράδειγμα, προσομοιώνονται θαλάσσιοι βιότοποι ώστε να γίνουν κατανοητές οι σχέσεις που υπάρχουν σε ένα θαλάσσιο οικοσύστημα (Tarng, Tsai, Lin, & Shiu, 2009). Άλλα παραδείγματα αποτελούν η προσομοίωση αστικών περιβαλλόντων (Quinn & Lyons, 2013), η ευαισθητοποίηση σε θέματα κλιματικής αλλαγής (Dillahunt et al., 2008), υπερ-εκμετάλλευσης των φυσικών πόρων (Jacobson et al., 2015) και διατήρησης της ισορροπίας των οικοσυστημάτων (Okada, Yamada, Tarumi, Yoshida, & Moriya, 2003).

## ΜΕΘΟΔΟΣ

Όπως φάνηκε από την προηγούμενη ενότητα, οι εφαρμογές ΕΠ συνιστούν μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική πρόταση για τη διδασκαλία των ΦΕ. Ως εκ τούτου, σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε σειρά διδακτικών παρεμβάσεων που χρησιμοποίησαν μία εφαρμογή ΕΠ για τη διδασκαλία στοιχείων που αφορούσαν τη μόλυνση του περιβάλλοντος και ειδικότερα του αέρα, του εδάφους και των υδάτων.

### Ερευνητικές υποθέσεις, δείγμα και διάρκεια

Οι ερευνητικές υποθέσεις που τέθηκαν προς εξέταση ήταν οι εξής:

Υ1: Με τη χρήση μίας εφαρμογής ΕΠ με αντικείμενο την ατμοσφαιρική ρύπανση, τη ρύπανση του εδάφους και των υδάτων, επιτυγχάνονται καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα συγκριτικά με τη διδασκαλία του ίδιου αντικειμένου με έντυπο υλικό.

Υ2: Η διατηρησιμότητα των γνώσεων είναι επίσης μεγαλύτερη.

Υ3: Οι μαθητές διαμορφώνουν θετικές στάσεις/απόψεις για τη διδασκαλία τους με ΕΠ.

Ομάδα-στόχο αποτέλεσαν 45 μαθητές της Στ΄ τάξης δύο δημοτικών σχολείων της πόλεως Ρόδου. Για την επιλογή του δείγματος εφαρμόστηκαν τα εξής κριτήρια: (α) οι συμμετέχοντες να μην έχουν διδαχθεί τα συγκεκριμένα αντικείμενα, (β) οι επιδόσεις τους να αντανακλούν μια μέση/συνηθισμένη Στ΄ τάξη και (γ) η κατανομή αγοριών-κοριτσιών να αντανακλά και πάλι μια συνηθισμένη τάξη. Σκοπός των παραπάνω ήταν να δημιουργηθεί ένα "συνηθισμένο" και "τυπικό" δείγμα (Creswell & Poth, 2017). Η έρευνα πραγματοποιήθηκε τον Φεβρουάριο του 2018 και είχε συνολική διάρκεια 6 διδακτικών δίωρων, όπως αναλύεται στην ενότητα "Διαδικασία". Πριν από την πραγματοποίησή της εξασφαλίστηκε η έγγραφη συγκατάθεση των γονέων των μαθητών και η συγκατάθεση των εκπαιδευτικών οι τάξεις των οποίων συμμετείχαν στην έρευνα.

### Υλικό

Ως διδακτικά αντικείμενα επιλέχθηκαν η ατμοσφαιρική ρύπανση, η ρύπανση του εδάφους και των υδάτων. Παρότι ανάλογες ενότητες δεν υπάρχουν στο βιβλίο της Φυσικής της Στ΄ τάξης, τα παραπάνω αντικείμενα μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελούν επέκταση του βου κεφαλαίου που διαπραγματεύεται τα οικοσυστήματα. Αν και στο κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνονται στοιχεία για το πώς ο άνθρωπος, με τις ενέργειές του, διαταράσσει την οικολογική ισορροπία, εντούτοις, δεν περιλαμβάνονται στοιχεία για το πώς οι ανθρώπινες δραστηριότητες μολύνουν το περιβάλλον. Έτσι, η συμπερίληψη ανάλογου υλικού θεωρήθηκε ότι αποτελεί μιας πρώτης τάξης ευκαιρία για την ευαισθητοποίηση των μαθητών σε θέματα ΠΕ. Καθώς δεν υπάρχει το ανάλογο διδακτικό υλικό, αυτό χρειάστηκε να αναπτυχθεί. Εκτός από τη συγγραφή των απαραίτητων κειμένων, συλλέχθηκε και διαμορφώθηκε το συνοδευτικό πολυμεσικό υλικό (βίντεο και εικόνες). Για την κατασκευή της εφαρμογής επιλέχθηκε το Opensimulator (<http://opensimulator.org/>). Το Opensimulator είναι, κατά βάση, ένας διακομιστής ο οποίος διαχειρίζεται τρισδιάστατα εικονικά περιβάλλοντα. Το γενικό περίγραμμα του εικονικού κόσμου που κατασκευάστηκε ήταν ένα νησί έκτασης 512X512 μέτρων, νοητά χωρισμένου σε τρεις περιοχές όπου σε κάθε μία γινόταν αναπαράσταση μιας εκ των τριών μορφών ρύπανσης

(Εικόνες 1-3). Επίσης, οι μαθητές μπορούσαν να επισκεφτούν διάφορα κτίρια και χώρους οι οποίοι παρείχαν επιπρόσθετο σχετικό πληροφοριακό υλικό (βίντεο, εικόνες και κείμενα). Παράλληλα με την κατασκευή του εικονικού κόσμου διαμορφώθηκε έντυπο υλικό με τη μορφή ενός μικρού βιβλίου με το ίδιο ακριβώς γνωστικό περιεχόμενο με αυτό του εικονικού κόσμου. Σκοπός ήταν η αξιοποίησή του από άλλη ομάδα μαθητών που διδάχθηκε με συμβατικά μέσα, έτσι ώστε να συγκριθούν τα αποτελέσματα. Τέλος, έγινε η συγγραφή φύλλων καταγραφής απόψεων, εργασιών και δραστηριοτήτων, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν από όλους τους μαθητές, ανεξάρτητα από τον τρόπο που διδάχθηκαν. Λεπτομέρειες για το πώς αξιοποιήθηκε το παραπάνω υλικό παρέχονται στην ενότητα "Διαδικασία".

### Εικόνες 1-3. Στιγμιότυπα από την εφαρμογή



### Διαδικασία

Για κάθε μία από τις μορφές ρύπανσης διατέθηκε ένα διδακτικό δίωρο, ώστε να υπάρχει άνεση χρόνου για την περιήγηση στον εικονικό κόσμο και τη διεξαγωγή όλων των δραστηριοτήτων. Το θεωρητικό πλαίσιο διδασκαλίας το παρέχει ο εποικοδομητισμός. Έτσι, για τη διεξαγωγή των διδασκαλιών μέσω του περιβάλλοντος ΕΠ, αξιοποιήθηκε το μοντέλο διδασκαλίας των Driver και Oldham (1986), που αποτελείται από τις φάσεις (α) του προσανατολισμού (για την κινητοποίηση των μαθητών), (β) της ανάδειξης ιδεών των μαθητών (για να αξιολογηθεί η προηγούμενη τους γνώση και ιδέες), (γ) της αναδόμησης των ιδεών (όπου οι μαθητές ανταλλάσσουν απόψεις με τους συμμαθητές τους και τους δασκάλους τους και κατασκευάζουν νέες ιδέες), (δ) της εφαρμογής σε νέες καταστάσεις (όπου οι μαθητές ελέγχουν ότι έμαθαν) και (ε) της ανασκόπησης (που παρέχει χρόνο στους μαθητές να συλλογιστούν όσα έμαθαν). Ο εικονικός κόσμος αξιοποιήθηκε στις

τρεις πρώτες φάσεις, παράλληλα με τη χρήση φύλλων καταγραφής απόψεων στη δεύτερη και τρίτη φάση. Οι μαθητές, χρησιμοποιώντας τους υπολογιστές του σχολικού εργαστηρίου (με αναλογία ένας υπολογιστής ανά δύο μαθητές), ήταν ελεύθεροι να περιηγηθούν στον εικονικό κόσμο (στο μέρος εκείνο που αφορούσε η εκάστοτε διδασκαλία), να μελετούν το γνωστικό υλικό με όποια σειρά και για όσο ήθελαν, να συζητούν και να ανταλλάσσουν απόψεις. Ο εκπαιδευτικός παρείχε συνεχή υποστήριξη, συμμετείχε στις συζητήσεις των μαθητών και έδινε τις αναγκαίες εξηγήσεις αν κάποιο σημείο της εφαρμογής τους προβλημάτιζε. Στις επόμενες δύο φάσεις δεν έγινε χρήση της εφαρμογής, αλλά αξιοποιήθηκαν τα φύλλα εργασιών και δραστηριοτήτων, ακολουθώντας, και πάλι, το ίδιο διδακτικό σχήμα (συνεργασία μαθητών μεταξύ τους και μεταξύ μαθητών και δασκάλου). Για να είναι εφικτή η αξιολόγηση των γνωστικών/μαθησιακών αποτελεσμάτων της παραπάνω μεθόδου και της εφαρμογής ΕΠ, αποφασίστηκε η δημιουργία μιας δεύτερης ομάδας μαθητών, οι οποίοι διδάχθηκαν τα ίδια αντικείμενα, χωρίς τη χρήση της εφαρμογής, αλλά με τη χρήση του έντυπου υλικού που δημιουργήθηκε για αυτό τον σκοπό. Το διδακτικό σχήμα, το περιεχόμενο, η διάρκεια, τα φύλλα καταγραφής απόψεων, εργασιών και δραστηριοτήτων, ήταν τα ίδια ακριβώς με την ομάδα που χρησιμοποίησε την εφαρμογή ΕΠ.

### **Εργαλεία**

Για τη συλλογή ερευνητικών δεδομένων κατασκευάστηκαν τρία φύλλα αξιολόγησης (ένα για κάθε διδακτική ενότητα), καθώς επίσης ένα pre- κι ένα delayed post-test. Κατά την κατασκευή όλων των φύλλων αξιολόγησης λήφθηκαν υπόψη οι εξής παράμετροι: (α) να καλύπτεται πλήρως το διδακτικό αντικείμενο, (β) οι ερωτήσεις να είναι κλιμακούμενης δυσκολίας και (γ) λίγες ερωτήσεις να ελέγχουν απόκτηση γνώσεων, αλλά οι περισσότερες να απαιτούν κριτική σκέψη από τους μαθητές και να εξετάζουν κατά πόσο μπορούν να εφαρμόζουν σε νέες καταστάσεις ό,τι διδάχθηκαν, έτι ώστε να ελεγχθεί εάν επιτεύχθηκαν οι τρεις πρώτοι στόχοι της ΠΕ, όπως αυτοί αναφέρθηκαν στην ενότητα "Περιβαλλοντική εκπαίδευση". Επίσης, στην ομάδα που χρησιμοποίησε την εφαρμογή, χορηγήθηκε ένα ερωτηματολόγιο που αναπτύχθηκε στο παρελθόν, έχει εξεταστεί η αξιοπιστία του κι έχει ως σκοπό να αξιολογούνται ψηφιακές εκπαιδευτικές εφαρμογές διαφόρων τύπων, μεταξύ αυτών και ΕΠ (Fokides, Kaimara, Deliyiannis, & Atsikpasi, 2018). Περιλαμβάνει συνολικά 45 ερωτήσεις που εξετάζουν τους εξής παράγοντες: εμπύθιση, ευχαρίστηση, αποτελεσματικότητα της μάθησης, βελτίωση προσλαμβάνουσας γνώσης, ρεαλισμός της εφαρμογής, καταλληλότητα αφήγησης, ηχητικής και οπτικής αισθητικής, σαφήνεια του στόχου της εφαρμογής, καταλληλότητα ανατροφοδότησης, ευκολία χρήσης καταλληλότητα του εκπαιδευτικού υλικού, κίνητρα για μάθηση και σχέση με τα προσωπικά ενδιαφέροντα.

### **ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Όπως αναφέρθηκε, συνολικά 45 μαθητές συμμετείχαν στη μελέτη, χωρισμένοι σε 2 ομάδες. Από την ανάλυση εξαιρέθηκαν όσοι μαθητές ήταν απόντες σε ένα ή περισσότερα φύλλα αξιολόγησης. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα το τελικό δείγμα να αποτελείται από 40



μαθητές, 20 σε κάθε ομάδα (Ομάδα1 = διδασκαλία με έντυπο υλικό, Ομάδα2 = διδασκαλία με τη χρήση του εικονικού κόσμου). Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων στα φύλλα αξιολόγησης, αυτά βαθμολογήθηκαν με βάση τις σωστές απαντήσεις. Στοιχεία για τη μέση βαθμολογία και για την τυπική απόκλιση, ανά ομάδα συμμετεχόντων και ανά φύλλο αξιολόγησης, παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Αναλύσεις διασποράς μίας κατεύθυνσης (One-way ANOVA) επρόκειτο να διεξαχθούν για να συγκριθούν οι βαθμολογίες των μαθητών στα φύλλα αξιολόγησης και με βάση τις 2 ομάδες που συμμετείχαν. Η ανάλυση διασποράς μίας κατεύθυνσης επιλέχθηκε εφόσον είναι ισοδύναμη του  $t$  test, που συνήθως χρησιμοποιείται όταν το δείγμα αποτελείται από 2 ομάδες. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

**Πίνακας 1.** Ανάλυση αποτελεσμάτων φύλλων αξιολόγησης

	Ομάδα μαθητών			
	Ομάδα1 (N = 20)		Ομάδα2 (N = 20)	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Pre-test (max = 32)	15,05	5,16	14,55	5,66
Φύλλο αξιολόγησης 1 (max = 30)	17,20	4,40	20,60	5,43
Φύλλο αξιολόγησης 2 (max = 20)	14,55	3,07	15,20	3,07
Φύλλο αξιολόγησης 3 (max = 21)	14,75	2,95	16,85	3,22
Delayed post-test (max = 40)	23,05	2,37	32,10	5,24

**Πίνακας 2.** Αποτελέσματα One-way ANOVA

	Αποτέλεσμα	Ερμηνεία
Pre-test	$F(1, 38) = 0,77, p = 0,386$	ΜΣ
ΦΑ1	$F(1, 38) = 4,73, p = 0,036$	Η Ομάδα2 ξεπέρασε την Ομάδα1
ΦΑ2	$F(1, 38) = 0,45, p = 0,507$	ΜΣ
ΦΑ3	$F(1, 38) = 4,63, p = 0,038$	Η Ομάδα2 ξεπέρασε την Ομάδα1
Delayed post-test	$F(1, 38) = 49,50, p < 0,001$	Η Ομάδα2 ξεπέρασε την Ομάδα1

Σημείωση: ΜΣ = μη στατιστικά σημαντική διαφορά

Τα παραπάνω επαληθεύουν τις  $Y1$  και  $Y2$  γιατί: (α) οι δύο ομάδες είχαν το ίδιο αρχικό επίπεδο γνώσεων, εφόσον στο Pre-test δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά, (β) στο Φύλλο αξιολόγησης 2 (μόλυνση του εδάφους) δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων, (γ) στα φύλλα αξιολόγησης 1 και 3 (ατμοσφαιρική ρύπανση και ρύπανση των υδάτων), η Ομάδα2 ξεπέρασε την Ομάδα1 και (δ) στο delayed post test και πάλι η Ομάδα2 ξεπέρασε την Ομάδα1 και μάλιστα κατά πολύ. Αναφορικά με το ερωτηματολόγιο που δόθηκε στους μαθητές που χρησιμοποίησαν την εφαρμογή ΕΠ, φάνηκε ότι οι μαθητές εντόπισαν κάποια θετικά στοιχεία στην εφαρμογή και σε κάποια άλλα η άποψή τους δεν ήταν ιδιαίτερα θετική. Τα αποτελέσματα, όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 3, θα αναλυθούν περαιτέρω στην ενότητα "Συζήτηση". Πάντως, σε γενικές γραμμές, δεν φαίνεται να επαληθεύεται η  $Y3$ .

**Πίνακας 3.** Αποτελέσματα ερωτηματολογίου

Ερώτηση	<i>M</i>	<i>SD</i>
Εμβύθιση	2,33	1,05
Ευχαρίστηση	3,28	0,73
Αποτελεσματικότητα της μάθησης	3,28	0,84
Βελτίωση προσλαμβάνουσας γνώσης	3,19	1,01
Ρεαλισμός	3,12	0,98
Καταλληλότητα της αφήγησης	3,09	1,14
Καταλληλότητα ηχητικής αισθητικής	2,67	1,17
Καταλληλότητα οπτικής αισθητικής	3,16	1,05
Σαφήνεια του στόχου της εφαρμογής	2,89	1,00
Καταλληλότητα ανατροφοδότησης	2,89	1,14
Ευκολία στη χρήση	3,60	0,59
Καταλληλότητα του εκπαιδευτικού υλικού	3,89	0,60
Κίνητρα	3,63	0,62
Σχέση με προσωπικά ενδιαφέροντα	3,19	0,66

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Με βάση την ανάλυση δεδομένων, φαίνεται ότι σε δύο από τις τρεις παρεμβάσεις η ομάδα που διδάχθηκε με τη χρήση της εφαρμογής ΕΠ ξεπέρασε (με στατιστικά σημαντική διαφορά) την ομάδα που διδάχθηκε με έντυπο υλικό. Τα πιο σημαντικά όμως δεδομένα είναι ότι με την ολοκλήρωση των διδακτικών παρεμβάσεων: (α) η ομάδα που διδάχθηκε με το έντυπο υλικό παρουσίασε μία σχετικά μικρή βελτίωση και (β) η ομάδα που διδάχθηκε μέσω της εφαρμογής παρουσίασε αξιοσημείωτη βελτίωση και, μάλιστα, με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με την πρώτη. Τα παραπάνω επαληθεύουν, σε γενικές γραμμές, προηγούμενες έρευνες όπου διαπιστώθηκε πως οι εφαρμογές ΕΠ στην ΠΕ επιτυγχάνουν καλά μαθησιακά αποτελέσματα (ενδεικτικά, Jacobson et al., 2015). Παράλληλα, το γεγονός ότι η χρήση έντυπου υλικού φαίνεται ότι δεν πέτυχε ιδιαίτερα καλά αποτελέσματα, αναδεικνύει την ανάγκη η τεχνολογία να μην θεωρείται απλά ένα συμπληρωματικό στοιχείο της διδασκαλίας, αλλά ουσιαστικό μέρος της (Rikala, Vesisenaho, & Mylläri, 2013). Η ερμηνεία των μαθησιακών αποτελεσμάτων, μπορεί να στηριχθεί στα παρακάτω:

- Γενικά, οι μαθητές δείχνουν προτίμηση σε περιβάλλοντα ΕΠ, σε σχέση με άλλες εφαρμογές των ΤΠΕ, κάτι που έχει διαπιστωθεί από πάρα πολύ νωρίς (Mikropoulos, Chalkidis, Katsikis, & Emvalotis, 1997). Η προτίμηση αυτή οφείλεται στο μεγαλύτερο ενδιαφέρον και ενθουσιασμό για μάθηση που προκαλούν τα εικονικά περιβάλλοντα (Meyers & Bittner, 2012).
- Το γεγονός ότι τα εικονικά περιβάλλοντα μοιάζουν -ως ένα βαθμό- με την πραγματικότητα, ίσως να διευκόλυνε την πρόσκτηση γνώσεων, όπως έχει διαπιστωθεί και σε άλλες έρευνες (ενδεικτικά, Quinn & Lyons, 2013).

- Το εικονικό περιβάλλον έδωσε στους μαθητές την ευκαιρία να έχουν εμπειρίες πρώτου προσώπου που ήταν πολύ δύσκολο να έχουν κάτω από άλλες συνθήκες. Οι εμπειρίες πρώτου προσώπου φαίνεται να παίζουν καθοριστικό ρόλο στη μάθηση (Fokides, 2017; Quinn & Lyons, 2013).
- Η διδακτική μέθοδος που ακολουθήθηκε μπορεί κι αυτή να συνέβαλε. Στα περιβάλλοντα ΕΠ προτείνεται να ακολουθούνται μέθοδοι που στηρίζονται στον εποικοδομητισμό και στη συνεργασία των μαθητών (Pan et al., 2006). Όμως, πρέπει να τονιστεί ότι και στις δραστηριότητες εκτός του εικονικού κόσμου υπήρξε έντονο το στοιχείο της συνεργασίας. Έτσι, το σύνολο της διδασκαλίας στηρίχθηκε στις αρχές τις παραπάνω μαθησιακής θεωρίας, όπως άλλωστε προτείνεται κι από άλλους (Ertmer & Newby, 2013).
- Στην ΕΠ ο χρήστης/μαθητής είναι αυτός που έχει τον έλεγχο πάνω στο τι θα δει ή στο τι θα επισκεφτεί στον εικονικό κόσμο. Η ενεργός συμμετοχή του στη μαθησιακή διαδικασία είναι καίριας σημασίας στην επίτευξη καλών γνωστικών αποτελεσμάτων (Pan et al., 2006).
- Οι μαθητές, στην αξιολόγηση της εφαρμογής, επισήμαναν ότι αυτή τους προσέφερε αυξημένα κίνητρα για μάθηση, γεγονός που διευκολύνει τη μαθησιακή διαδικασία (Chandra, Theng, & Shou Boon, 2009).

Από την άλλη πλευρά, πρέπει να επισημανθεί ότι γενικά οι μαθητές δεν έμειναν ευχαριστημένοι από την εφαρμογή. Αυτό γιατί μόνο τρεις παράγοντες (ευκολία στη χρήση, κίνητρα για μάθηση και καταλληλότητα εκπαιδευτικού υλικού) συγκέντρωσαν βαθμολογία αρκετά πάνω πάνω από το μέσο όρο (βλ. Πίνακα 3). Η κύρια αιτία για αυτό πρέπει να είναι το γεγονός ότι η εφαρμογή ήταν "ερασιτεχνική", αναπτύχθηκε δηλαδή από έναν εκπαιδευτικό-ερευνητή με εξαιρετικά περιορισμένη εμπειρία στην ανάπτυξη εφαρμογών ΕΠ. Είναι προφανές ότι η εφαρμογή είχε αρκετές αδυναμίες και σίγουρα αυτό είχε αρνητική επίδραση στους μαθητές. Συνεπώς, καθίσταται επιτακτική η ανάγκη συνεργασίας μεταξύ προγραμματιστών και εκπαιδευτικών, όπως πρότειναν οι Shuler, Levine και Ree (2012).

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα μελέτη διερευνήθηκαν τα αποτελέσματα από τη χρήση μιας εφαρμογής ΕΠ για τη διδασκαλία στοιχείων που αφορούν τη ρύπανση της ατμόσφαιρας, του εδάφους και των υδάτων. Βρέθηκε ότι κάτι τέτοιο έχει αρκετά ενδιαφέροντα γνωστικά αποτελέσματα. Εάν ληφθεί υπόψη ότι υπάρχει έλλειψη ερευνών γύρω από το θέμα, η αναγκαιότητα για περαιτέρω διερεύνηση του θέματος είναι δεδομένη. Όμως, υπάρχουν περιορισμοί που πρέπει να αναφερθούν. Στην έρευνα έλαβαν μέρος σαράντα μαθητές από δύο τμήματα της Στ' δημοτικού. Ο μικρός αριθμός των συμμετεχόντων καθιστά δυσχερή τη δυνατότητα γενίκευσης των αποτελεσμάτων. Ο αριθμός των παρεμβάσεων ήταν μικρός. Μεγαλύτερη διάρκεια, θα επέτρεπε την κατανόηση του εξεταζόμενου προβλήματος σε μεγαλύτερο βάθος. Μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν μία πιο σύνθετη εφαρμογή. Κάτι τέτοιο θα επέτρεπε να συμπεριληφθούν κι άλλα στοιχεία, τα οποία θα αύξαναν το εύρος αποτελεσμάτων. Επίσης, θα μπορούσαν να περιληφθούν μεγαλύτερα

δείγματα μαθητών. Παραλλαγές της διδακτικής μεθόδου θα επέτρεπαν τον καλύτερο εντοπισμό των πλεονεκτημάτων ή των μειονεκτημάτων της. Τέλος, μελλοντικές εργασίες θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν ποιοτικά εργαλεία συλλογής δεδομένων, για τη δημιουργία μιας πιο σφαιρικής εικόνας της εκπαιδευτικής αξίας της ΕΠ. Εν κατακλείδι και λαμβάνοντας υπόψη όλους τους περιορισμούς, φαίνεται ότι η ΕΠ μπορεί να έχει ικανοποιητικά και ενδιαφέροντα μαθησιακά αποτελέσματα. Ως εκ τούτου, προς την κατεύθυνση της περαιτέρω διερεύνησης του θέματος, ήδη σχεδιάζεται ένα εκτενέστερο πρόγραμμα παρεμβάσεων, το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε μία πιο ολοκληρωμένη εικόνα για την αποτελεσματικότητά της σε σχέση με τη διδασκαλία εννοιών των ΦΕ.

## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Chandra, S., Theng, Y. L., & Shou-Boon, S. F. (2009). Proposed theoretical framework for virtual world adoption. *Proceeding of SLACTIONS 2009*, 22.
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2017). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Sage Publications.
- Dede, C., Salzman, M. C., Loftin, R. B., & Sprague, D. (1999). Multisensory immersion as a modeling environment for learning complex scientific concepts. In W. Feurzeig, & N. Roberts (Eds.), *Computer Modeling and Simulation in Science Education* (pp. 282-319). New York: Springer-Verlag.
- Dillahunt, T., Becker, G., Mankoff, J., & Kraut, R. (2008). Motivating environmentally sustainable behavior changes with a virtual polar bear. *Proceedings of the Pervasive 2008 Workshop*, 58-62.
- Driver, R., & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 18, 105-122.
- Ertmer, P. A. & Newby, T. J. (2013). Behaviorism, cognitivism, constructivism: Comparing critical features from an instructional design perspective. *Performance Improvement Quarterly*, 26(2), 43-71.
- Fauville, G., Lantz-Andersson, A., & Säljö, R. (2014). ICT tools in environmental education: reviewing two newcomers to schools. *Environmental Education Research*, 20(2), 248-283.
- Fokides, E. (2017). A model for explaining primary school students' learning outcomes when they use multi-user virtual environments. *Journal of Computers in Education*, 4(3), 225-250.
- Fokides, E., Kaimara, P., Deliyiannis, I., & Atsikpasi, P. (2018). Development of a scale for measuring the learning experience in serious games. *Proceeding of the International Conference Digital Culture and AudioVisual Challenges, Interdisciplinary Creativity in Arts and Technology*. Corfu, Greece: Ionian University.
- Jacobson, S. K., McDuff, M. D., & Monroe, M. C. (2015). *Conservation education and outreach techniques*. Oxford University Press.
- Meyers, E., & Bittner, R. (2012). "Green washing" the digital playground: How virtual worlds support ecological intelligence...or do they? *Proceedings of the 2012 iConference*, 608-61. Toronto, Ontario, Canada.
- Mikropoulos, T. A., Chalkidis, A., Katsikis, A., & Emvalotis, A. (1998). Students' attitudes towards educational virtual environments. *Education & Information Technologies*, 3(2), 137-148.
- Mikropoulos, T. A., & Natsis, A. (2011). Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999–2009). *Computers & Education*, 56(3), 769-780.

- Okada M., Yamada A., Tarumi H., Yoshida M., & Moriya K. (2003). DigitalEE II: RV-augmented interface design for networked collaborative environmental learning. *Proceedings of the International Conference on Computer Support for Collaborative Learning*, 265-274.
- Pan, Z., Cheok, A.D., Yang, H., Zhu, J., & Shi, J. (2006). Virtual reality and mixed reality for virtual learning environments. *Computers & Graphics*, 30(1), 20-28.
- Quinn, F., & Lyons, T. (2013). Educating for sustainability in virtual worlds: Does the virtual have value? *Strand 9 Environmental, Health and Outdoor Science Education*, 118.
- Reynolds, H. L., Brondizio, E. S., & Robinson, J. M. (Eds.). (2010). *Teaching environmental literacy: Across campus and across the curriculum* (Vol. 38). Indiana university press.
- Rikala, J., Vesisenaho, M., & Mylläri, J. (2013). Actual and potential pedagogical use of tablets in schools. *Human Technology: An Interdisciplinary Journal on Humans in ICT Environments*, 9(2), 113-131.
- Schneps, M. H., Ruel, J., Sonnert, G., Dussault, M., Griffin, M., & Sadler, P. M. (2014). Conceptualizing astronomical scale: Virtual simulations on handheld tablet computers reverse misconceptions. *Computers & Education*, 70, 269-280.
- Shuler, C., Levine, Z., & Ree, J. (2012, January). *iLearn II: An analysis of the education category of Apple's app store*. New York: The Joan Ganz Cooney Center at Sesame Workshop.
- Stapp, W. B. (1969). The concept of environmental education. *Environmental Education*, 1(1), 30-31.
- Stohr, W. (2013). Coloring a green generation: The law and policy of nationally-mandated environmental education and social value formation at the primary and secondary academic levels. *JL & Educ.*, 42, 1.
- Tarng, W. H., Tsai, W. S., Lin, Y. S., & Shiu, C. K. (2009). Instructional design using the virtual ecological pond for science education in elementary schools. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 28-30.
- United Nations of Education Scientific and Cultural Organisation (UNESCO). (1977). *First Intergovernmental Conference on Environmental Education Final Report, Tbilisi, USSR*. Paris: UNESCO.
- Vining, J. (2003). The connection to other animals and caring for nature. *Human Ecology Review*, 10(2), 87-99.