

Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 13 (2024)

13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: ΠΡΑΚΤΙΚΑ

13^ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΚΑΙ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Νέες Τάσεις και Έρευνα στη Μάθηση, τη Διδασκαλία
και τις Τεχνολογίες στις Φυσικές Επιστήμες

10 - 12 Νοεμβρίου 2023

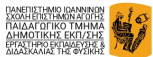


ΠΡΑΚΤΙΚΑ

Επιμέλεια έκδοσης:

Κωνσταντίνος Θ. Κώτσος, Γεώργιος Στύλος,

Γεωργία Βακάρου, Λεωνίδα Γαβριλάς, Δημήτρης Πανάγου



Ιωάννινα
10 έως 12 Νοεμβρίου 2023



Διδασκαλία στοιχείων νανοκλίμακας μέσω ψηφιακών τεχνολογιών: Πειραματική έρευνα σε παιδιά πρώιμης ηλικίας

Πανδώρα Δορούκα, Μιχαήλ Καλογιαννάκης

doi: [10.12681/codiste.6820](https://doi.org/10.12681/codiste.6820)

ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΝΑΝΟΚΛΙΜΑΚΑΣ ΜΕΣΩ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΣΕ ΠΑΙΔΙΑ ΠΡΩΙΜΗΣ ΗΛΙΚΙΑΣ

Πανδώρα Δορούκα¹, Μιχαήλ Καλογιαννάκης²

¹Εκπαιδευτικός Α/θμιας Εκπ/σης, Υπουργείο Παιδείας, Θρησκευμάτων και Αθλητισμού & Διδάκτορας Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Κρήτης, ²Αναπληρωτής Καθηγητής Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

pdorouka@edc.uoc.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στη σύγκριση του αντίκτυπου και της αποτελεσματικότητας της διδασκαλίας που αξιοποιεί υπολογιστές και έξυπνες φορητές συσκευές σε σχέση με την εναλλακτική βιωματική διδασκαλία σε μικρά παιδιά στον διεπιστημονικό τομέα της Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας (NET). Χρησιμοποιώντας εφαρμογές λογισμικού με τη μορφή ψηφιακών παιχνιδιών, το πλαίσιο αυτής της έρευνας είναι η έκθεση ομάδων μικρών παιδιών σε στοιχεία εννοιών της NET και η εξέταση των μαθησιακών αποτελεσμάτων. Η έρευνα τριών σταδίων είχε ως στόχο να μετρήσει την αποτελεσματικότητα δύο διαφορετικών ψηφιακών τεχνολογιών (υπολογιστές και tablets) στην κατανόηση στοιχείων εννοιών της NET από τα παιδιά. Εκατόν πενήντα παιδιά Β' τάξης χωρίστηκαν σε δύο πειραματικές ομάδες και μια ομάδα ελέγχου. Το ΤΕστ Αξιολόγησης Στοιχειωδών Γνώσεων ΝΑΝΟτεχνολογίας (TENANO) αξιολόγησε τις γνώσεις των παιδιών σχετικά με στοιχεία της έννοιας του μεγέθους. Τα ευρήματα έδειξαν ότι οι δύο πειραματικές ομάδες υπερέβησαν σημαντικά την ομάδα ελέγχου μετά το τεστ, με κυρίαρχη την ομάδα των ταμπλετών.

Λέξεις κλειδιά: φορητή μάθηση, νανοτεχνολογία, πρόωμη παιδική ηλικία.

TEACHING NANOSCALE ELEMENTS THROUGH DIGITAL TECHNOLOGIES: EXPERIMENTAL RESEARCH IN EARLY CHILDHOOD EDUCATION

Pandora Dorouka¹, Michael Kalogiannakis²

¹Teacher of Primary Education, Ministry of Education, Religious Affairs and Sport, PhD, Department of Preschool Education, University of Crete, ²Associate Professor, Department of Special Education

University of Thessaly

pdorouka@edc.uoc.gr

ABSTRACT

This paper focuses on comparing the impact and effectiveness of alternative experiential teaching on early-primary school children in the interdisciplinary field of NST against its more contemporary alternatives that

employ computers and smart mobile devices. Using software applications in the form of digital games, the context of this research is to expose groups of young children to elements of NST concepts and examine the

learning outcomes. The three-step research aimed to measure the effectiveness of two different digital technologies (computers and tablets) at an introductory level on children's understanding of Nanotechnology concepts. One hundred fifty second-grade children were divided into two experimental and a control group. The Nanotechnology Elementary Knowledge Assessment Test (TENANO) assessed children's knowledge about size. The findings revealed that the two experimental groups significantly outperformed the post-test control group, with the dominant tablet group.

Keywords: portable learning, nanotechnology, early childhood.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι φορητές συσκευές έχουν γίνει αναπόσπαστο μέρος της καθημερινής μας ζωής με την πρόοδο της τεχνολογίας και τις σύγχρονες εξελίξεις. Παρά τον πολλαπλασιασμό των ερευνών που εστιάζουν στη μάθηση μέσω ψηφιακών τεχνολογιών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, όπως αποδεικνύεται από την πρόσφατη βιβλιογραφία, υπάρχει σημαντική έλλειψη αναπτυξιακά κατάλληλων ψηφιακών εφαρμογών που ενθαρρύνουν εκπαιδευτικά την αλληλεπίδραση των παιδιών της πρώιμης παιδικής ηλικίας με τη νανοτεχνολογία- αν και τα παιδιά έχουν βιώσει την πρωτοφανή κρίση υγείας με τον νέο κορονοϊό (80-120 nm) (Zhou, 2022), μια ξεχωριστή οντότητα νανοκλίμακας (Delgado et al., 2015).

Οι ταμπλέτες μετατρέπονται στην προτιμώμενη συσκευή για τα μικρά παιδιά λόγω της ελκυστικότητας της οθόνης, της φορητότητας, της δυνατότητας ροής πολυμέσων εκτός σύνδεσης και σε απευθείας σύνδεση, του χαμηλού κόστους και των προηγμένων διαδραστικών δυνατοτήτων τους (Chmiliar, 2017). Οι συσκευές αυτές είναι κατάλληλες για τα μικρά παιδιά, καθώς είναι πολύ κινητές και δεν απαιτούν ιδιαίτερες κινητικές δεξιότητες, καθώς δεν χρειάζεται οι χρήστες να χρησιμοποιούν πληκτρολόγιο ή ποντίκι (Kucirkova et al., 2014). Υπάρχει μια αυξημένη τάση προς την κατεύθυνση της χρήσης φορητών συσκευών από τα μικρά παιδιά, επειδή οι οθόνες αφής τους έχουν ακριβώς το κατάλληλο μέγεθος για να τις χειριστεί ένα μικρό παιδί.

Οι εφαρμογές οι οποίες είναι κατασκευασμένες για να εκτελούνται σε συσκευές με οθόνη αφής, είναι ιδιαίτερα κατάλληλες για μικρά παιδιά. Αυτό που επηρεάζει τα μικρά παιδιά στο να τις θεωρούν ελκυστικές, απλές και διαισθητικές στη χρήση, είναι κυρίως τα παιγνιώδη χαρακτηριστικά αυτών των εφαρμογών (Dorouka et al., 2020a). Οι έξυπνες κινητές συσκευές και οι εφαρμογές μπορούν να προωθήσουν νέες και αποτελεσματικές διδακτικές πρακτικές, όταν ενθαρρύνουν τη γενική εξερεύνηση ανοικτού τύπου και τις εμπειρίες σκαλωσιάς. Ως εκ τούτου, η χρήση των τεχνολογιών οθόνης αφής φαίνεται να είναι απαραίτητη, καθώς η ενσωμάτωσή τους σε περιβάλλοντα πρώιμης παιδικής ηλικίας μπορεί να ωθήσει τις πολυτροπικές μαθησιακές εμπειρίες των μικρών παιδιών με γλωσσικό, οπτικό, ακουστικό και επικοινωνιακό τρόπο.

Η Νανοεπιστήμη και Νανοτεχνολογία (NET) αποτελεί ένα πλεονεκτικό πλαίσιο για τη βελτίωση των γνώσεων των παιδιών που σχετίζονται με την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες (Blonder & Sakhnini, 2012· Blonder & Yonai, 2020· Mandrikas et al., 2019· Xie & Pallant, 2011). Τα χαρακτηριστικά που καθιστούν τις έξυπνες φορητές συσκευές, όπως οι ταμπλέτες, δυνητικά ιδανικά εργαλεία για τη διδασκαλία της NET είναι η ευκολία χρήσης, η ταχύτητα, η ευελιξία όσον αφορά τον τόπο όπου λαμβάνει χώρα η μαθησιακή διαδικασία, η δυνατότητα άμεσης πληροφόρησης και ανατροφοδότησης και η δυνατότητα αναπαράστασης (Dorouka et al., 2020b, 2021b). Παρόλο που υπάρχουν εφαρμογές για φορητές συσκευές που παρακινούν την εμπλοκή των μικρών παιδιών σε διεπιστημονικές δραστηριότητες, είναι εξαιρετικά περιορισμένες (Dorouka et al., 2021a, 2021b).

Για τη διδασκαλία του μεγέθους και της κλίμακας, της πρώτης Μεγάλης Ιδέας (ΜΙ) της Ν-ΕΤ εντοπίζονται στη βιβλιογραφία συγκεκριμένες προτάσεις (όπως Stavrou et al., 2018· Stevens et al., 2019). Οι προτάσεις αυτές συμφωνούν στο ότι η εννοιολογική κατανόηση του μεγέθους και της κλίμακας περιλαμβάνει τέσσερις γνωστικές διαδικασίες: (α) γενίκευση (generalization), (β) διάκριση (discrimination), (γ) λογική αναλογική σκέψη (logical proportional reasoning), και (δ) απόδοση του απόλυτου μεγέθους (absolute size). Διευκρινίζεται ότι το μέγεθος και η κλίμακα σχετίζονται μεταξύ τους, όμως το μέγεθος αναφέρεται στην ποιοτική ιδιότητα ενός αντικειμένου. Αφορά το φυσικό μέγεθος, την έκταση ενός αντικειμένου, που μπορεί να συμβάλλει στην περιγραφή των χαρακτηριστικών του (Magana et al., 2012). Η κλίμακα αναφέρεται στην ποσοτική ιδιότητα ενός αντικειμένου, που χαρακτηρίζεται από τις μονάδες μέτρησης (Dorouka & Kalogiannakis, 2023, 2024).

Η προσέγγιση αυτής της ΜΙ προτείνεται στο πλαίσιο μιας υποστηρικτικής διδασκαλίας που ξεκινά με την ποιοτική διάσταση και εξελίσσεται προς την ποσοτική. Η ποιοτική διάσταση περιλαμβάνει την ικανότητα οι μαθητές/τριες να ταξινομούν αντικείμενα στους κόσμους (μακρόκοσμος, μικρόκοσμος, νανόκοσμος) με βάση ποιοτικά κριτήρια και να σειροθετούν αντικείμενα, για παράδειγμα από το μικρότερο προς το μεγαλύτερο, επίσης με ποιοτικά κριτήρια. Επόμενο βήμα είναι η ανάπτυξη ποιοτικών αναλογικών συλλογισμών. Όσον αφορά την ποσοτική διάσταση οι μαθητές/τριες εισάγονται σε ποσοτικούς αναλογικούς συλλογισμούς, καθώς και σε μαθηματικούς συλλογισμούς που περιλαμβάνουν το απόλυτο μέγεθος των αντικειμένων. Λαμβάνοντας υπόψη ότι στο δημοτικό σχολείο η προσέγγιση των Φυσικών Επιστημών είναι κυρίως ποιοτική (Peikos et al., 2022) αποφασίστηκε από τη ΜΙ Μέγεθος και Κλίμακα να προσεγγιστεί μόνο το Μέγεθος. Ειδικότερα από τα τρία ποιοτικά επίπεδα κατανόησης του μεγέθους επιλέξαμε την σειροθέτηση και την ομαδοποίηση, με βάση την επιτέλεση των σκοπών της παρούσας έρευνας που υλοποιείται στο πλαίσιο διδακτορικής διατριβής (Dorouka, 2022).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Οι ερευνητικές υποθέσεις διατυπώνονται ως εξής:

1^η Υπόθεση: Οι ψηφιακές τεχνολογίες (ταμπλέτες) είναι πιο κατάλληλες αναπτυξιακά σε παιδιά πρώτης σχολικής ηλικίας από τις παραδοσιακές (υπολογιστές) για την κατανόηση στοιχείων εννοιών ΝΕΤ.

2^η Υπόθεση: Οι επιδόσεις των δύο πειραματικών ομάδων θα διαφέρουν σημαντικά μετά την παρέμβαση, ανάλογα με την τεχνική διδασκαλίας, ακόμη και μετά τον έλεγχο του φύλου των παιδιών, του επιπέδου της μη λεκτικής νοητικής ικανότητας και του αρχικού επιπέδου νανο-εγγραμματισμού τους.

Πραγματοποιήθηκε διδακτική παρέμβαση σε 150 παιδιά της Β' τάξης Δημοτικού για μία εβδομάδα. Δημιουργήθηκαν τρεις ομάδες οι οποίες προσέγγισαν θεμελιώδη στοιχεία εννοιών ΝΕΤ, η ομάδα με εναλλακτική βιωματική διδασκαλία (ομάδα ελέγχου), η πρώτη πειραματική ομάδα με τη χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού μέσω υπολογιστή και η δεύτερη πειραματική ομάδα με τη χρήση του ίδιου εκπαιδευτικού λογισμικού που εκτελείται σε έξυπνες φορητές συσκευές ακολουθώντας όλους του κανόνες της δεοντολογίας της έρευνας (Petousi & Sifaki, 2020). Πριν και μετά το τέλος των διδακτικών παρεμβάσεων, εξετάστηκαν και οι τρεις ομάδες για να διαπιστωθεί αν υπήρχαν διαφορές στο επίπεδο του νανο-εγγραμματισμού των παιδιών. Συγκεκριμένα, κάθε ομάδα πέρασε από τρεις φάσεις. Η πρώτη και η τρίτη φάση περιλάμβαναν ατομικές ημιδομημένες συνεντεύξεις με τις ίδιες ερωτήσεις για κάθε παιδί, ενώ την δεύτερη φάση αποτελούσε η διδασκαλία στοιχείων ΝΕΤ. Στο πλαίσιο της συνέντευξης, τα παιδιά έλαβαν ένα κατάλληλα σχεδιασμένο τεστ (TENANO) που μετρούσε τις γνώσεις τους σχετικά με τη σύγκριση, την σειροθέτηση και την ομαδοποίηση στοιχείων μακρο/μικρο/νανο-κόσμου και δημιουργήθηκε βάσει της βιβλιογραφίας (Delgado et al., 2015).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Διεξήχθη έλεγχος χ^2 για να ελεγχθεί η ισοδυναμία φύλου μεταξύ των τριών ομάδων. Δεν διαπιστώθηκε διαφορά σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο μεταξύ του αριθμού των αγοριών και των κοριτσιών, $\chi^2(2) = 0,30$, $p > 0,05$. Προκειμένου να ανακαλυφθούν οι διαφορές μεταξύ των ομάδων όσον αφορά το επίπεδο μη λεκτικών γνωστικών ικανοτήτων και το αρχικό επίπεδο ναογραμματισμού τους, διενεργήθηκε ανάλυση διακύμανσης μονής κατεύθυνσης (ANOVA). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι πειραματικές ομάδες και οι ομάδες ελέγχου δεν διέφεραν ως προς το επίπεδο μη λεκτικής γνωστικής ικανότητας ($F(2, 149) = 2,62$, $p > 0,05$), ούτε ως προς τις βαθμολογίες TENANO πριν από την παρέμβαση ($F(2, 149) = 1,62$, $p > 0,05$), σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο.

Επιπλέον, η ανάλυση διακύμανσης μονής κατεύθυνσης (ANOVA) έδειξε ότι η κύρια επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής (τύπος ομάδας) στις επιδόσεις των παιδιών στον TENANO μετά τη διδακτική παρέμβαση βρέθηκε στατιστικά σημαντική, ($F(2, 149) = 299,74$, $p < 0,001$) (βλ. Πίνακα 1). Τόσο η πειραματική ομάδα όσο και η ομάδα ελέγχου αύξησαν τις επιδόσεις των παιδιών στον TENANO μετά την ολοκλήρωση της πειραματικής παρέμβασης. Οι μαθησιακές επιδόσεις των μαθητών/τριών της δεύτερης πειραματικής ομάδας (ταμπλέτες) ήταν σημαντικά καλύτερες από εκείνες των μαθητών/τριών της πρώτης πειραματικής ομάδας (υπολογιστές) και των μαθητών/τριών της ομάδας ελέγχου.

Ωστόσο, τα αποτελέσματα της ανάλυσης των στοιχείων του TENANO έδειξαν ότι οι επιδόσεις των παιδιών της 2ης πειραματικής ομάδας (ταμπλέτες) δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά σε ορισμένες περιπτώσεις από τις επιδόσεις των παιδιών της 1ης πειραματικής ομάδας με τους υπολογιστές. Οι επιδόσεις των παιδιών της πειραματικής ομάδας με τους υπολογιστές στο έργο ανάθεσης TENANO που αφορούσε το μικρότερο πράγμα, τη σειρά και την εξήγηση της μόλυνσης από τον ιό δεν ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερες από τις επιδόσεις των παιδιών της πειραματικής ομάδας 2 (ταμπλέτες) ($p > .05$). Αντίθετα, βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της πειραματικής ομάδας 1 (υπολογιστές) και της πειραματικής ομάδας 2 (ταμπλέτες) ($p < .05$) στην ομαδοποίηση και τη συνολική επίδοση σε κάθε στοιχείο του TENANO, με την ομάδα των ταμπλετών να υπερτερεί. Διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της πειραματικής ομάδας 1 (υπολογιστές) και της ομάδας ελέγχου ($p < .05$) στην επίδοσή τους σε κάθε στοιχείο του TENANO, με την πειραματική ομάδα 1 να υπερτερεί σημαντικά της ομάδας ελέγχου.

Πίνακας 1. Μέσοι όροι (M), τυπικές αποκλίσεις (sd) του τεστ TENANO μετά τη διδακτική παρέμβαση ανά ομάδα και αποτελέσματα της ανάλυσης ANOVA

	Στοιχεία μετα-δοκιμασίας - TENANO				ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ
	1. Μικρό πράγμα	2. Σειροθέτηση	3. Ομαδοποίηση	4. Επεξήγηση της μόλυνσης	
	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)
Πειραματική ομάδα 1 (H/Y)	1.96 (.20)	2.67(.62)	1.24 (.59)	1.78 (.55)	7.65 (1.18)
Πειραματική ομάδα 2 (tablets)	1.87 (.39)	2.83(.51)	1.90 (.35)	1.88 (.42)	8.48(0.89)
Ομάδα ελέγχου	.94 (.94)	.45(1.04)	.29 (.45)	.51 (.82)	2.18(1.92)
ANOVA	$F(2, 149) = 43.71$, $p < .05$	$F(2, 149) = 153.08$ $p < .05$	$F(2, 149) = 145.72$ $p < .05$	$F(2, 149) = 75.90$, $p < .05$	$F(2, 149) = 299.74$, $p < .05$

Αναλύοντας περαιτέρω τα δεδομένα της διαδικασίας, πρέπει να σημειωθεί ότι τα μαθησιακά αποτελέσματα ήταν θετικά για όλες τις ερευνητικές ομάδες. Παρόλο που, σε αρκετές περιπτώσεις, οι μαθητές/τριες της ομάδας του υπολογιστή είχαν δυσκολίες στη χρήση του πληκτρολογίου και του ποντικιού, έφτασαν στην ολοκλήρωση των ψηφιακών δραστηριοτήτων εξίσου καλά με τα παιδιά της ομάδας της ταμπλέτας. Οι μαθητές/τριες της ομάδας ελέγχου απόλαυσαν τη δραστηριότητα του θεατρικού παιχνιδιού και ο ενθουσιασμός τους για συμμετοχή ήταν μεγάλος. Ως εκ τούτου, συμπεραίνεται ότι η μαθησιακή προσέγγιση με τη χρήση ψηφιακών τεχνολογιών για την εισαγωγή στοιχείων της NET βελτίωσε σημαντικά τα μαθησιακά αποτελέσματα των μικρών παιδιών (Dorouka & Kalogiannakis, 2023).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα μελέτη αφορά τις επιπτώσεις των διαφόρων μορφών ψηφιακής τεχνολογίας για την κατανόηση των στοιχείων της NET. Από τα αποτελέσματα, το πρώτο σημαντικό εύρημα ήταν ότι οι επιδόσεις της ομάδας των ταμπλετών ήταν υψηλότερες από αυτές της ομάδας των υπολογιστών και της ομάδας ελέγχου. Αυτό επιβεβαίωσε τα ευρήματα προηγούμενων ερευνών που συνέκριναν τις δυνατότητες των ψηφιακών τεχνολογιών ως προς την αποτελεσματικότητά τους στην πρώιμη παιδική ηλικία (Papadakis et al., 2016). Επιπλέον, τα ευρήματα αυτά υποδηλώνουν ότι τα παιδιά της πρώιμης παιδικής ηλικίας μπορούν να μάθουν μέσω διαδραστικών εμπειριών παιχνιδιού από κινητές συσκευές με οθόνη αφής. Υπάρχουν, επίσης, στοιχεία που υποστηρίζουν τη χρήση των εφαρμογών κινητών τηλεφώνων σε προγράμματα μάθησης και τον ισχυρισμό ότι, αν χρησιμοποιηθούν σωστά, ενισχύουν τη μάθηση σε STEM, τις δεξιότητες ανάγνωσης και γραφής και τα κίνητρα των μικρών παιδιών να εμπλακούν στη μαθησιακή διαδικασία (Herodotou, 2018).

Ωστόσο, όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα (βλ. Πίνακα 2) της χαμηλότερης επίδοσης της πειραματικής ομάδας 1 σε σύγκριση με την πειραματική ομάδα 2 αφενός στην εργασία ομαδοποίησης και αφετέρου στη συνολική βαθμολογία του TENANO, η χρήση των υπολογιστών είχε πιο αμελητέα επίδραση από τη χρήση των tablet. Οι ταμπλέτες ήταν πιο αποτελεσματικές από τους υπολογιστές λόγω της διαισθητικής διεπαφής αφής των πρώτων (Neumann, 2018) για την ανακάλυψη των κριτηρίων ομαδοποίησης οντοτήτων στον μακρο-, μικρο- και νανο-κόσμο μέσω του παιχνιδιού, αποτυπώνοντας τη σημασία της σύγκρισης των δύο ψηφιακών τεχνολογιών. Δηλαδή, ο πιο παθητικός ρόλος των παιδιών κατά την ενασχόληση με τους υπολογιστές σε σύγκριση με την ενασχόληση με τις ταμπλέτες πιθανόν να μην ενθάρρυνε επαρκώς τα παιδιά να ασχοληθούν ενεργά με τις πληροφορίες που παρείχαν οι δραστηριότητες που πραγματοποιούσαν οι ψηφιακές εφαρμογές για τη σωστή χρήση της οπτικοποιημένης αναπαράστασης των οντοτήτων του μακρο-, μικρο- και νανοκόσμου μέσω της σωστής κίνησής τους στο παιχνίδι. Η παρούσα μελέτη συνάδει με άλλες μελέτες, οι οποίες δείχνουν ότι το διαδραστικό περιβάλλον που δημιουργείται σε ένα δημοτικό σχολείο με τη χρήση ταμπλετών είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση του ενδιαφέροντος των παιδιών για τις ψηφιακές δραστηριότητες (Liu, 2013· Risconscente, 2012). Επιπλέον, τα ενθαρρύνει να ασχοληθούν πιο αποτελεσματικά και στενά με τις ψηφιακές δραστηριότητες για την εκμάθηση επιστημονικών ή διεπιστημονικών εννοιών.

Η δυνατότητα επίτευξης της ανάπτυξης του νανογραμματισμού των μικρών παιδιών επιβεβαιώνεται και από άλλες έρευνες. Ενώ η μελέτη των Voo & Lajium (2022) συμφωνεί ότι η κατανόηση από τους/ις μαθητές/τριες της έννοιας του μεγέθους και της κλίμακας που περιλαμβάνει την ικανότητα συλλογισμού είναι μια υψηλή γνωστική ικανότητα, οι Mandrikas et al., (2020), καθώς και οι Peikos et al., (2022), έχουν αποδείξει ότι οι μαθητές/τριες ήδη από το δημοτικό μπορούν να φτάσουν σε αυτό το γνωστικό επίπεδο όταν οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν άμεσα διαθέσιμο εκπαιδευτικό υλικό για να βοηθήσουν τους/ις μαθητές/τριες να κατανοήσουν τις αφηρημένες έννοιες. Μια άλλη μελέτη των Lin et al., (2015) αποκάλυψε ότι οι μαθητές/τριες δημοτικού που συμμετείχαν σε μια κατασκήνωση νανοεπιστήμης για την προώθηση της επιστημονικής εκπαίδευσης,

είχαν επιτύχει σημαντική βελτίωση στην κατανόηση των θεμάτων της ΝΕΤ μετά τη συμμετοχή τους σε διαδραστικές, πρακτικές δραστηριότητες.

Επιπλέον, δεν βρήκαμε στατιστικά σημαντικές διαφορές στις μαθησιακές επιδόσεις μεταξύ αγοριών και κοριτσιών (Goodwin, 2012· Gunbatar et al., 2018· Hyde & Mertz, 2009· Yang & Bers, 2023).

Πίνακας 2. Post Hoc Tests για την πειραματική ομάδα 1, την πειραματική ομάδα 2 και την ομάδα ελέγχου μετά την παρέμβαση

Πολλαπλές συγκρίσεις Bonferroni

Στοιχείο 1 του TENANO: Πιο μικρό πράγμα

(I) Ομάδα	(J) Ομάδα	Mean Difference	Std. Error	Sig.
ΠΟ1	ΠΟ2	.094	.119	-
	ΟΕ	1.020*	.121	.000
ΠΟ2	ΠΟ1	-.094	.119	-
	ΟΕ	.927*	.119	.000
ΟΕ	ΠΟ1	-1.020*	.121	.000
	ΠΟ2	-.927*	.119	.000

Στοιχείο 2 του TENANO: Σειροθέτηση

(I) Ομάδα	(J) Ομάδα	Mean Difference	Std. Error	Sig.
ΠΟ1	ΠΟ2	-.153	.151	-
	ΟΕ	2.224*	.153	.000
ΠΟ2	ΠΟ1	.153	.151	-
	ΟΕ	2.378*	.151	.000
ΟΕ	ΠΟ1	-2.224*	.153	.000
	ΠΟ2	-2.378*	.151	.000

Στοιχείο 3 του TENANO: Ομαδοποίηση

(I) Ομάδα	(J) Ομάδα	Mean Difference	Std. Error	Sig.
ΠΟ1	ΠΟ2	-.659*	.095	.000
	ΟΕ	.959*	.097	.000
ΠΟ2	ΠΟ1	.659*	.095	.000
	ΟΕ	1.618*	.095	.000
ΟΕ	ΠΟ1	-.959*	.097	.000
	ΠΟ2	-1.618*	.095	.000

Στοιχείο 4 του TENANO: Επεξήγηση λήψης

(I) Ομάδα	(J) Ομάδα	Mean Difference	Std. Error	Sig.
ΠΟ1	ΠΟ2	-.109	.123	-
	ΟΕ	1.265*	.125	.000
ΠΟ2	ΠΟ1	.109	.123	-
	ΟΕ	1.374*	.123	.000
ΟΕ	ΠΟ1	-1.265*	.125	.000
	ΠΟ2	-1.374*	.123	.000

Συνολική βαθμολογία του TENANO

ΠΟ1	ΠΟ2	-.82771*	.27743	.010
	ΟΕ	5.46939*	.28152	.000
ΠΟ2	ΠΟ1	.82771*	.27743	.010
	ΟΕ	6.29710*	.27743	.000
ΟΕ	ΠΟ1	-5.46939*	.28152	.000
	ΠΟ2	-6.29710*	.27743	.000

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ΔΗΛΩΣΗ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ

Πριν από την έναρξη της πρώτης φάσης της έρευνας, το ερευνητικό πρωτόκολλο εξετάστηκε και εγκρίθηκε από την Επιτροπή Δεοντολογίας του Παιδαγωγικού Τμήματος Προσχολικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Κρήτης (αρ. 135/24-03-2020 & 1016/22-11-2021), την Επιτροπή Δεοντολογίας και Ερευνητικής Δεοντολογίας του Πανεπιστημίου Κρήτης (REC-UOC) (αρ. 35/24.02.2022, <https://www.ehde.uoc.gr/index.php/en>), καθώς και από το Ελληνικό Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής (ΙΕΠ) (αρ. 3578/14-03-2022).

ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ



Η ερευνητική εργασία υποστηρίχθηκε από το Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας και Καινοτομίας (ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ.) στο πλαίσιο της «3ης Προκήρυξης ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ. για Υποψήφιους/ες Διδάκτορες» (Αριθμός Υποτροφίας: 5503).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Blonder, R., & Sakhnini, S. (2012). Teaching two basic nanotechnology concepts in secondary school by using a variety of teaching methods. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(4), 500-516. <https://doi.org/10.1039/C2RP20026K>
- Blonder, R., & Yonai, E. (2020). Exposing school students to nanoscience: A review of published programs. In K. D. Sattler (Ed.), *21st Century Nanoscience – A Handbook: Public Policy, Education, and Global Trends* (Vol. 10). Boca Raton: Taylor & Francis (CRC Press). <https://doi.org/10.1201/9780429351631>
- Chmiliar, L. (2017). Improving learning outcomes: the iPad and preschool children with disabilities. *Frontiers in Psychology*, 8, 660. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00660>
- Delgado, C., Stevens, S.Y., Shin, N. & Krajcik, J. (2015). A middle school instructional unit for size and scale contextualized in nanotechnology, *Nanotechnology Reviews*, 4(1), 51–69. <https://doi.org/10.1515/ntrev-2014-0023>
- Dorouka P. & Kalogiannakis M., (2024). *Teaching nanotechnology concepts through the use of digital technology to early-primary school children, 15th Conference Of The European Science Education Research Association (ESERA) "Connecting Science Education With Cultural Heritage"*, Cappadocia, Turkey, 28/8-1/9/2023 (forthcoming).
- Dorouka, P. (2022). The influence of Digital Technology on young Children's "Nano-Literacy": Pilot intervention in Greek early primary school-age children. *Science Education: Research and Praxis*, 85, 20–32. <https://www.lib.uoi.gr/serp/>
- Dorouka, P., & Kalogiannakis, M. (2023). Teaching Nanotechnology Concepts in Early-Primary Education: An Experimental Study Using Digital Games, *International Journal of Science Education*. <https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2286299>
- Dorouka, P., Papadakis, St., & Kalogiannakis, M. (2020a). Tablets & apps for promoting Robotics, Mathematics, STEM Education and Literacy in Early Childhood Education, *International Journal of Mobile Learning and Organisation (IJMLO)*, 14(2), 255-274. <https://doi.10.1504/IJMLO.2020.10026334>.
- Dorouka, P., Papadakis, St., & Kalogiannakis, M. (2020b). The influence of digital technology on young children's "nano-literacy". In K. Plakitsi, E. Kolokouri & A.-C. Kornelaki (Eds.), *ISCAR (International Society of Cultural-historical Activity Research) Regional Conference 'Crisis in contexts', e-proceedings*, 308-320, University of Ioannina, 19-24 March 2019.
- Dorouka, P., Papadakis, St., & Kalogiannakis, M. (2021a). Nanotechnology and Mobile Learning: Perspectives and Opportunities in Young Children's Education, *Int. J. Technology Enhanced Learning*, 13(3), 237-252. <https://doi.10.1504/IJTEL.2021.115975>
- Dorouka, P., Papadakis, St., & Kalogiannakis, M. (2021b). The contribution of the health crisis to young children's nano-literacy through STEAM education, *Hellenic Journal of STEM Education*, 2(1), 1-7. <https://doi.org/10.51724/hjstemed.v2i1.18>
- Goodwin, K. (2012). Use of Tablet Technology in the Classroom. *Education and Communities*, 1–96.
- Herodotou, C. (2018) Young children and tablets: A systematic review of effects on learning and development. *Journal of Computer Assisted Learning*. 34(1), 1–9. <https://doi.10.1111/jcal.12220>
- Kucirkova, N., Messer, D., Sheehy, K., & Fernández Panadero, C. (2014). Children's engagement with educational iPad apps: Insights from a Spanish classroom. *Computers and Education*, 71, 175–184. <https://doi.10.1016/j.compedu.2013.10.003>
- Lin, S. Y., Wu, M. T., Cho, Y. I., & Chen, H. H. (2015). The effectiveness of a popular science promotion program on nanotechnology for elementary school students in I-Lan City. *Research in Science and Technological Education*, 33(1), 22–37. <https://doi.10.1080/02635143.2014.971733>

- Magana, A. J., Brophy, S. P., & Bryan, L. A. (2012). An Integrated Knowledge Framework to Characterize and Scaffold Size and Scale Cognition (FS2C). *International Journal of Science Education*, 34(14), 2181–2203. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.715316>
- Mandrikas, A., Michailidi, E., & Stavrou, D. (2020). Teaching nanotechnology in primary education. *Research in Science & Technological Education*, 38(4), 377-395. <https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1631783>
- Mandrikas, A., Michailidi, E., & Stavrou, D. (2019). Teaching nanotechnology in primary education. *Research in Science and Technological Education*, 00(00), 1–19. <https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1631783>
- Papadakis, S., Kalogiannakis, M., & Zaranis, N. (2016) Comparing tablets and PCs in teaching mathematics: An attempt to improve mathematics competence in early childhood education, *Preschool and Primary Education*, 4(2), 241–253. <https://doi.org/10.12681/ppej.8779>
- Peikos, G., Spyrtou, A., Pnevmatikos, D., & Papadopoulou, P. (2022). A teaching learning sequence on nanoscience and nanotechnology content at primary school level: evaluation of students' learning, *International Journal of Science Education*, 44(12), 1932-1957. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2105976>
- Petousi, V., & Sifaki, E. (2020). Contextualizing harm in the framework of research misconduct. Findings from discourse analysis of scientific publications, *International Journal of Sustainable Development*, 23(3/4), 149-174, <https://dx.doi.org/10.1504/IJSD.2020.10037655>
- Stavrou, D., Michailidi, E., & Sgouros, G. (2018). Development and dissemination of a teaching learning sequence on nanoscience and nanotechnology in a context of communities of learners. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(4), 1065-1080. <https://doi.org/10.1039/C8RP00088C>
- Stevens, S. Y., Sutherland, L. M., & Krajcik, J. S. (2009). *The big ideas of nanoscale science and engineering. Guidebook for Secondary Teachers*. Arlington-VA: NSTA Press.
- Voo, L. H., & Lajium, D. A. (2022). Scoping Review: Appropriate Big Ideas of Nano Science and Nanotechnology to Teach in Chemistry for Secondary School. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 7(12), e002016-e002016. <https://doi.org/10.47405/mjssh.v7i12.2016>
- Xie, C., & Pallant, A. (2011). The Molecular Workbench Software: An Innovative Dynamic Modeling Tool for Nanoscience Education. *Springer Netherlands EBooks*, 121–139. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0449-7_6
- Zhou, S. (2022). Effect of Mobile Learning on the Optimisation of Preschool Education Teaching Mode under the Epidemic, *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/2194373>