

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

Τόμ. 14, Αρ. 2 (2026)

Πρακτικά 14ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

ΠΡΑΚΤΙΚΑ

14^ο

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
και ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ στην ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες
στην Εποχή της Τεχνητής Νοημοσύνης: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές



12-14 Απριλίου 2025

Στην μνήμη της Άννας Σπύριου

ΥΠΟ ΤΗΝ ΑΙΓΙΔΑ
ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ, ΔΠΘ
ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΔΠΘ

Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,
Τμήμα Φυσικής, Σχολή Θετικών Επιστημών,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

synedrio2025.enepht.gr



**Φύση της Επιστήμης και Στρατηγική Ελέγχου
Μεταβλητών: Διασυνδέσεις και Εκπαιδευτικές
Εφαρμογές**

Βασίλειος Γκάγκας, Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης

doi: [10.12681/codiste.9811](https://doi.org/10.12681/codiste.9811)

Φύση της Επιστήμης και Στρατηγική Ελέγχου Μεταβλητών: Διασυνδέσεις και Εκπαιδευτικές Εφαρμογές

Βασίλειος Γκάγκας ¹ και Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης ²

¹Υποψήφιος διδάκτορας, ²Καθηγητής

Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,

Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

¹vgkagk@auth.gr

Περίληψη

Η έρευνα διερευνά τη σχέση μεταξύ της επιστημολογικής γνώσης και των δεξιοτήτων στρατηγικής ελέγχου μεταβλητών, μέσα από δραστηριότητες διερεύνησης διάρκειας τεσσάρων μηνών σε μαθητές/τριες λυκείου. Τα ευρήματα έδειξαν στατιστικά σημαντικές βελτιώσεις στις επιστημολογικές γνώσεις και δεξιότητες των μαθητών/τριών, καθώς και συσχετίσεις μεταξύ τους. Η έρευνα υπογραμμίζει τη σημασία της διερευνητικής μάθησης για την ανάπτυξη επιστημολογικών πεποιθήσεων και δεξιοτήτων στις φυσικές επιστήμες.

Λέξεις κλειδιά: φύση της επιστήμης, φύση της επιστημονικής διερεύνησης, στρατηγική ελέγχου μεταβλητών, διερευνητική μάθηση

Nature of Science and Control of Variables Strategy: Interconnections and Educational Applications

Vasileios Gkagkas ¹ and Euripides Hatzikraniotis ²

¹PhD Candidate, ²Professor

Laboratory of Didactics of Physics & Educational Technology,

School of Physics, Aristotle University of Thessaloniki

¹vgkagk@auth.gr

Abstract

The study examines the relationship between epistemological knowledge and control of variables strategy through four-month inquiry-based activities with high school students. The results demonstrated statistically significant improvements in students' epistemological knowledge and skills, along with correlations between these two aspects. The research highlights the significance of inquiry-based learning in fostering epistemological beliefs and skills in the natural sciences.

Keywords: nature of science, nature of scientific inquiry, control of variables strategy, inquiry-based learning

Εισαγωγή

Η διερεύνηση (Inquiry) αναφέρεται στις μεθόδους που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες για τη μελέτη του φυσικού κόσμου και τη διαμόρφωση ερμηνειών βασισμένων σε ισχυρές ενδείξεις. Αυτή η προσέγγιση, περιλαμβάνει τη συμμετοχή των μαθητών σε διαδικασίες που μιμούνται τις επιστημονικές (Alake-Tuenter et al., 2012) δίνοντας τους την ευκαιρία να αποκτήσουν γνώσεις επιστημονικού περιεχομένου (Scientific Content Knowledge). Παράλληλα λειτουργούν υποβοηθητικά για την κατανόηση των χαρακτηριστικών της επιστημονικής γνώσης (Scientific Knowledge) και την απόκτηση διερευνητικών δεξιοτήτων (Savery, 2015).

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι «γνώσεις επιστημονικού περιεχομένου» και η «επιστημονική γνώση» δεν είναι έννοιες ταυτόσημες. Ο πρώτος όρος αφορά στο τι γνωρίζουμε, δηλαδή τις έννοιες, νόμους και θεωρίες που συγκροτούν το περιεχόμενο μιας επιστήμης. Ο δεύτερος όρος (επιστημονική γνώση) περιλαμβάνει επίσης και την κατανόηση του πώς παράγεται και ελέγχεται αυτή η γνώση.

Η Φύση της Επιστήμης (Nature of Science, NOS) αναφέρεται στα χαρακτηριστικά της επιστημονικής γνώσης, εστιάζοντας στις επιστημολογικές και κοινωνιολογικές βάσεις αυτής. Περιλαμβάνει τις αξίες, τις υποθέσεις και τις διαδικασίες που καθοδηγούν τη σκέψη και τη πρακτική της επιστημονικής κοινότητας (Lederman et al., 2002). Η Φύση της Επιστημονικής Διερεύνησης (Nature of Scientific Inquiry, NOSI) αναφέρεται στις συστηματικές διαδικασίες μέσω των οποίων οι επιστήμονες απαντούν σε ερευνητικά ερωτήματα και παράγουν επιστημονικά αποδεκτή γνώση (Priemer & Lederman, 2021), και εστιάζει τόσο στις πρακτικές πλευρές της επιστημονικής έρευνας όσο και στη κριτική σκέψη και τη συλλογιστική που απαιτείται για την κατανόηση και δημιουργία επιστημονικών εξηγήσεων.

Η Στρατηγική Ελέγχου Μεταβλητών, ΣΕΜ (Control of Variables Strategy, CVS), διαδικαστικά συνιστά μια δεξιότητα της επιστημονικής διερεύνησης η οποία επιτρέπει το σχεδιασμό και τη διεξαγωγή έγκυρων πειραμάτων (Chen & Klahr, 1999). Η στρατηγική αυτή απαιτεί τον έλεγχο όλων των ανεξάρτητων μεταβλητών, εκτός από μία, ώστε να διασφαλίζεται η μελέτη της αιτιακής σχέσης με την εξαρτημένη μεταβλητή. Η CVS αποτελείται από τέσσερις υπό-δεξιότητες: Σχεδιασμός (Planning), Αναγνώριση (Identifying), Ερμηνεία (Interpreting), και Κατανόηση (Understanding) (Schwichow et al., 2016).

Στη βιβλιογραφία εντοπίζονται περιορισμένες μελέτες σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης οι οποίες να χρησιμοποιούν τη κατανόηση της λειτουργίας της επιστήμης (NOS) και της επιστημονικής διερεύνησης (NOSI) είτε ως προγνωστικό παράγοντα (Lin & Chiu, 2004), είτε ως συσχέτιση (Kremer et al., 2014) με τις ανώτερες δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων (όπως η CVS). Ωστόσο, αυτό δεν σημαίνει ότι οι δεξιότητες CVS δεν μπορούν να καλλιεργηθούν και μέσω άλλων προσεγγίσεων όπως π.χ. μέσω του μοντέλου της διερευνητικής μάθησης, στο οποίο έχει φανεί ότι οι μαθητές που εμπλέκονται με τη διερεύνηση βελτιώνουν σημαντικά την ικανότητα τους να εφαρμόζουν τη στρατηγική ελέγχου μεταβλητών (Petridou et al., 2022).

Σκοπός της παρούσης έρευνας είναι αρχικά να διερευνηθεί η ανάπτυξη της επιστημολογικής κατανόησης (NOS & NOSI), καθώς και η ανάπτυξη διερευνητικών δεξιοτήτων (CVS), σε μαθητές/τριες της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης διερευνώντας πιθανές συσχετίσεις μεταξύ τους. Το πλαίσιο εφαρμογής της έρευνας είναι η διερευνητική μάθηση και τα ερευνητικά ερωτήματα της έρευνας διαμορφώνονται ως εξής:

1. Ενισχύονται οι επιστημολογικές πεποιθήσεις (NOS & NOSI) και οι δεξιότητες στρατηγικής ελέγχου μεταβλητών (CVS), μέσω δραστηριοτήτων διερεύνησης σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης;
2. Πώς σχετίζεται η βελτίωση των επιστημολογικών πεποιθήσεων (NOS & NOSI) με την ανάπτυξη της δεξιότητας στρατηγικής ελέγχου μεταβλητών (CVS);

Μεθοδολογία

Σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε ένα πρόγραμμα μέσω Hands-On δραστηριοτήτων διερεύνησης, στη Νευτώνεια Μηχανική, σε διαδοχικά τρεις τύπους διερεύνησης (επιβεβαιωτική, δομημένη, καθοδηγούμενη). Χρησιμοποιήθηκε σύγχρονος εργαστηριακός εξοπλισμός (αμαξίδια Pasco, ρυθμιζόμενες ράμπες, αυτόματα χρονόμετρα, ψηφιακές ζυγαριές, υπολογιστές, Phyphox), καθώς και προσομοιώσεις. Οι μαθητές κλήθηκαν να διερευνήσουν φυσικά φαινόμενα και έννοιες όπως η επιτάχυνση, η πτώση των σωμάτων, η κίνηση των βλημάτων, και η κρούση. Μέσω σταδιακά μειούμενης υποστήριξης (scaffolding), σύμφωνα με τις αρχές του συνεχούς της διερεύνησης (Banchi & Bell, 2008), και με τη χρήση καθοδηγητικών ερωτήσεων στα φύλλα εργασίας, οι μαθητές αναλάμβαναν όλο και πιο ενεργό ρόλο στο σχεδιασμό, την

εκτέλεση και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των διερευνήσεων τους. Οι μαθητές μετέβαλλαν ανεξάρτητες μεταβλητές (όπως η κλίση μιας ράμπας ή η ταχύτητα εκτόξευσης ενός βλήματος), καταγράφοντας τις αντίστοιχες τιμές των εξαρτημένων μεταβλητών (όπως την επιτάχυνση ή την εμβέλεια). Τα δεδομένα αναλύθηκαν μέσω του MS Excel με τη χρήση διαγραμμάτων διασποράς και γραμμών τάσεων, ώστε οι μαθητές αρχικά να εντοπίσουν μοτίβα σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών, στη συνέχεια να εξαγάγουν πειραματικές νομοτέλειες, και εν τέλη να εξαγάγουν τα συμπεράσματα των διερευνήσεων τους.

Μέσα στα φύλλα εργασίας, προωθήθηκε ρητά η επιστημολογική γνώση των μαθητών μέσω μιας ρητής–αναστοχαστικής προσέγγισης. Συγκεκριμένα, τα φύλλα εργασίας ενσωμάτωναν αναστοχαστικά ερωτήματα–εργασίες προς απάντηση από τους μαθητές σχετικά με επιλεγθείσες επιστημολογικές πτυχές. Αυτές ήταν η διάκριση μεταξύ των Παρατηρήσεων, Συναγόμενων, και Εξηγήσεων (*Observations, Inferences & Explanations*), η διάκριση μεταξύ των Νόμων και Θεωριών (*Laws & Theories*), το ότι οι έρευνες συνήθως ξεκινούν με ένα διερευνήσιμο ερώτημα (*Begins with a question*), και τη σχέση μεταξύ Δεδομένων & Συμπερασμάτων (*Data & Conclusions*).

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν συνολικά 22 μαθητές /τριες που φοιτούσαν στις δύο πρώτες τάξεις του Γενικού Λυκείου. Από αυτούς οι 17 φοιτούσαν στην Α' Λυκείου και 5 στη Β' Λυκείου, εκ των οποίων 17 ήταν αγόρια και 5 κορίτσια. Οι μαθητές είχαν ποικίλα επίπεδα επίδοσης (μέσος όρος 15/20) και συμμετείχαν εθελοντικά. Τηρήθηκε η διασφάλιση της ανωνυμίας και η έγγραφη συγκατάθεση των κηδεμόνων τους, σύμφωνα με την έγκριση της Επιτροπής Ηθικής και Δεοντολογίας της Έρευνας του ΑΠΘ (Αρ. Πρωτ.: 98642/2023). Το κοινωνικοοικονομικό επίπεδο του δείγματος θεωρείται μεσαίο προς υψηλό, ενώ η επιλογή του δείγματος μη-πιθανοθεωρητική, καθώς βασίστηκε στην ευχέρεια πρόσβασης του ερευνητή. Το δείγμα χωρίστηκε σε τέσσερις ομάδες (τρεις της Α' Λυκείου και μία της Β' Λυκείου/Θετικών Σπουδών) με 4–7 μέλη η καθεμία, ώστε να υποστηριχθεί η ομαδοσυνεργατική μάθηση και να επιτευχθεί ισορροπία στον αριθμό και τις ικανότητες των συμμετεχόντων.

Κάθε συνεδρία κάλυπτε άγνωστα θέματα φυσικής για τους μαθητές, διάρκειας 40–45 λεπτών. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 18 συνεδρίες σε διάστημα τεσσάρων μηνών (Φεβρουάριος – Μάιος 2023). Κάθε γκρουπ προσερχόταν στο χώρο του ομίλου φυσικής (ο οποίος λειτουργούσε σε έναν φροντιστηριακό χώρο), για δύο διδακτικές ώρες κάθε εβδομάδα, και κατά τη διάρκεια της εργασίας τους χωρίζονταν σε μικρότερες ομάδες των 3–4 ατόμων. Έπειτα από κάθε τύπο διερεύνησης οι μαθητές (ατομικά ή ομαδικά) παρουσίαζαν τις πειραματικές εργασίες τους και συζητούσαν τα ευρήματά τους.

Εργαλεία Συλλογής Δεδομένων

Για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν δύο ερωτηματολόγια. Το πρώτο (Γκάγκας & Χατζηκρανιώτης, 2022) αξιολόγησε τις επιστημολογικές πεποιθήσεις των μαθητών (NOS/NOSI). Οι απαντήσεις ήταν ανοιχτού τύπου και η αξιολόγηση τους πραγματοποιήθηκε με τη χρήση μίας ρουμπρίκας η οποία κατέτασσε τις απαντήσεις σε τρία επίπεδα: επίπεδο 0, έλλειψη απάντησης/άγνοια (0 βαθμοί) – επίπεδο 2, ικανοποιητική επιστημονική κατανόηση (1 βαθμός). Το δεύτερο εργαλείο (δοκίμιο αξιολόγησης) αξιολόγησε τις τέσσερις υπό-δεξιότητες της CVS, όπως καταγράφονται στη βιβλιογραφία (Chen & Klahr, 1999· Schwichow et al., 2016). Συγκεκριμένα, το εργαλείο σχεδιάστηκε ώστε να αξιολογήσει κατά πόσο οι μαθητές μπορούν να προτείνουν ένα έγκυρο πείραμα επιλέγοντας τις κατάλληλες μεταβλητές τις οποίες θα χειριστούν (PL), να διακρίνουν εάν ένα πείραμα είναι έγκυρο – δηλαδή αν αλλάζει μόνο μία μεταβλητή κάθε φορά, ενώ οι υπόλοιπες παραμένουν σταθερές) (ID), να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματα ενός πειράματος εντοπίζοντας εάν το διερευνήσιμο ερώτημα σχετίζεται σωστά με τις μεταβλητές που ελέγχθηκαν και εάν μπορεί να εξαχθεί ασφαλές συμπέρασμα από αυτό (IN), και να αξιολογούν εάν οι συνθήκες ενός πειράματος επιτρέπουν την εξαγωγή έγκυρων συμπερασμάτων (UN).

Η συλλογή των δεδομένων σχετικά με τις επιστημολογικές πεποιθήσεις των μαθητών πραγματοποιήθηκε σε δύο χρονικές στιγμές: α) πριν την έναρξη των παρεμβάσεων (Pre),

ώστε να καταγραφεί το αρχικό επίπεδο γνώσεων των μαθητών, και β) μετά το πέρας των παρεμβάσεων (Post), δηλαδή έπειτα από την εφαρμογή και του τελευταίου τύπου διερευνητικής μάθησης (καθοδηγούμενη διερεύνηση).

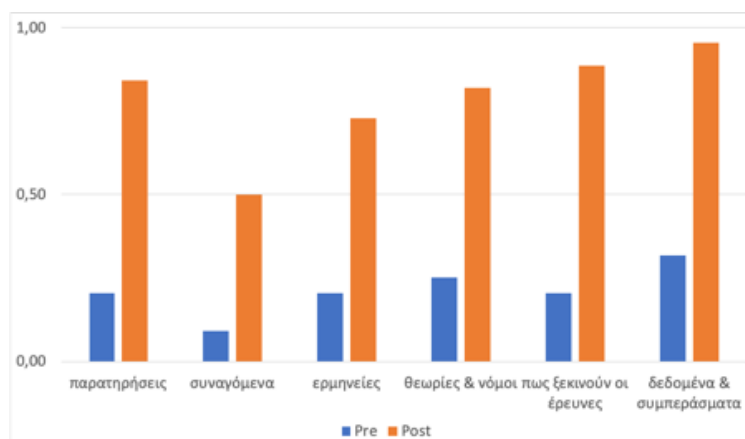
Το δοκίμιο αξιολόγησης, των υπό-δεξιότητων CVS, περιλάμβανε ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής από τη Νευτώνεια Μηχανική, προσαρμοσμένες στο επίπεδο κατανόησης των μαθητών. Τα δοκίμια είχαν κοινή δομή με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και σύντομη αιτιολόγηση, ανοιχτού τύπου. Η ερώτηση του σχεδιασμού (PL) ζητούσε την πρόταση ενός έγκυρου πειράματος σύμφωνα με ένα διερευνήσιμο ερώτημα που δινόταν στους μαθητές, η αναγνώριση (ID) ζητούσε την επιλογή της σωστής πειραματικής διάταξης σύμφωνα με ένα διερευνήσιμο ερώτημα, και η ερώτηση της ερμηνείας (IN) ζητούσε από τους μαθητές να επιλέξουν το κατάλληλο διερευνήσιμο ερώτημα που μπορεί να απαντήσει ένα συγκεκριμένο πείραμα. Τέλος η ερώτηση της κατανόησης (UN) ζητούσε από τους μαθητές να καταλάβουν ότι σε ένα πείραμα στο οποίο αλλάζουν ταυτόχρονα δυο (η και περισσότερες μεταβλητές) δεν μπορεί να εξαχθεί ασφαλές συμπέρασμα. Η διπλή φύση στο δοκίμιο αξιολόγησης με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και ανοιχτού τύπου, επέτρεψε τον συνδυασμό ποσοτικής και ποιοτικής προσέγγισης στην ανάλυση των δεδομένων. Η αξιολόγηση των απαντήσεων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση μίας ρουμπρίκας τεσσάρων επιπέδων: επίπεδο 0, έλλειψη απάντησης/άγνοια (0 βαθμοί) – επίπεδο 3, επιστημονικά τεκμηριωμένη απάντηση (3 βαθμοί). Τα ερωτηματολόγια CVS χορηγήθηκαν ομοίως σε δύο φάσεις (pre-test και post-test), με σκοπό να γίνει η σύγκριση των επιδόσεων των μαθητών πριν και έπειτα από την παρέμβαση.

Αποτελέσματα

Αξιολόγηση των επιστημολογικών πεποιθήσεων (NOS & NOSI) και των υπό-δεξιότητων της στρατηγικής ελέγχου Μεταβλητών (CVS)

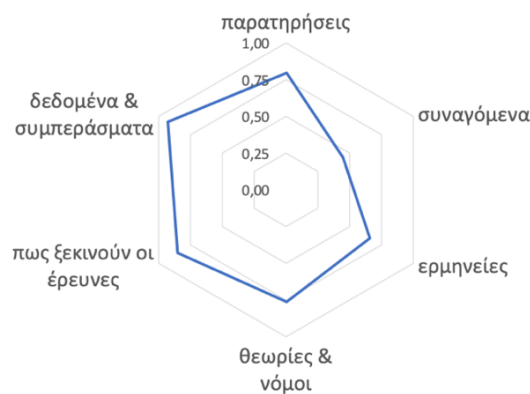
Για την ανάλυση της αξιοπιστίας των εργαλείων μέτρησης, η τιμή του συντελεστή Cronbach's α βρέθηκε ίση με ,67 για το ερωτηματολόγιο επιστημολογικών πεποιθήσεων, και ,79 για το ερωτηματολόγιο υπό-δεξιότητων της στρατηγικής ελέγχου μεταβλητών, αντίστοιχα. Οι τιμές αυτές υποδηλώνουν μια αποδεκτή εσωτερική συνοχή, δεδομένου του μικρού μεγέθους του δείγματος. Έπειτα από την παρέμβαση σημειώθηκε βελτίωση των επιστημολογικών πεποιθήσεων (NOS & NOSI) των μαθητών, καθώς αυξήθηκαν οι μέσες τιμές στις εξεταζόμενες επιστημολογικές πτυχές (Σχήμα 1) με το paired t-test να επιβεβαιώνει ότι οι διαφορές ήταν όλες στατιστικά σημαντικές ($p < ,001$). Το 95% διάστημα εμπιστοσύνης για τη μέση διαφορά κυμάνθηκε από ,25 έως ,88 ανάλογα με την ερώτηση. Οι αυξήσεις αυτές υποδηλώνουν ότι οι μαθητές ανέπτυξαν πιο ώριμες επιστημολογικές πεποιθήσεις αναφορικά με τη λειτουργία της επιστήμης και τις διαδικασίες της επιστημονικής διερεύνησης.

Σχήμα 1. Σύγκριση των μέσων τιμών των επιστημολογικών πεποιθήσεων των μαθητών, pre/post test.

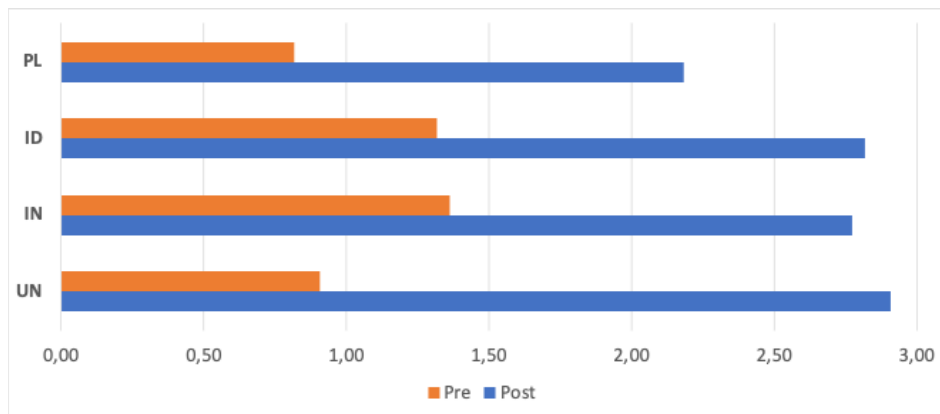


Ο υπολογισμός του μέσου κέρδους Hake (Hake, 1998) (Σχήμα 2) ανέδειξε υψηλά επίπεδα κέρδους στις επιστημολογικές πεποιθήσεις των μαθητών πριν και μετά από την παρέμβαση. Συγκεκριμένα, στις έξι επιστημολογικές πτυχές που αξιολογήθηκαν, το κέρδος υπερέβη το .5 σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις, στοιχείο που υποδηλώνει υποδειγματική βελτίωση των πεποιθήσεων των μαθητών. Το υψηλότερο μέσο κέρδος εντοπίστηκε στην πτυχή «Δεδομένα & Συμπεράσματα» ($G_{ave} = ,93$), γεγονός που φανερώνει ότι η παρέμβαση βοήθησε ιδιαίτερα τους μαθητές να κατανοήσουν τη σχέση ανάμεσα στη συλλογή δεδομένων και στην εξαγωγή επιστημονικών συμπερασμάτων. Σημαντική βελτίωση παρατηρήθηκε επίσης στις πτυχές «Πως ξεκινούν οι έρευνες» ($G_{ave} = ,86$), «Παρατηρήσεις» ($G_{ave} = ,80$), και «Θεωρίες & Νόμοι» ($G_{ave} = ,76$), ενώ εξίσου θετική είναι και η βελτίωση στις «Ερμηνείες» ($G_{ave} = ,66$). Η μοναδική πτυχή στην οποία το κέρδος ήταν μέτριο, αφορά τα «Συναγόμενα» ($G_{ave} = ,45$).

Σχήμα 2. Hake gain (Gave) στις επιστημολογικές πεποιθήσεις των μαθητών Pre/Post (N=22)



Σχήμα 3. Η εξέλιξη των μέσων τιμών για κάθε υπό-δεξιότητα της CVS πριν και έπειτα από την παρέμβαση.



Τα εν λόγω ευρήματα υποδεικνύουν ότι η διδακτική παρέμβαση υπήρξε αποτελεσματική οδηγώντας σε στατιστικά σημαντική βελτίωση των επιστημολογικών πεποιθήσεων των μαθητών τόσο ως προς τη Φύση της Επιστήμης όσο και τη Φύση της Επιστημονικής Διερεύνησης. Το υψηλό κέρδος Hake, σε συνδυασμό με τη συνολική και στατιστικά σημαντική αύξηση των μέσων τιμών, επιβεβαιώνει την αξία της παρέμβασης για την καλλιέργεια πιο ώριμων – επιστημονικά ορθότερων επιστημολογικών πεποιθήσεων των μαθητών.

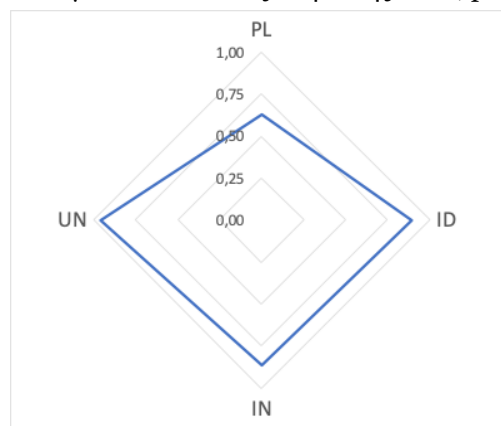
Αναφορικά με την αξιολόγηση των τεσσάρων υπό-δεξιοτήτων CVS: *Σχεδιασμός (Planning)*, *Αναγνώριση (Identifying)*, *Ερμηνεία (Interpreting)*, και *Κατανόηση (Understanding)* τα αποτελέσματα αποκάλυψαν στατιστικά σημαντική βελτίωση των

επιδόσεων των μαθητών σε όλες τις υπό-δεξιότητες πριν (Pre) και έπειτα (Post) από την παρέμβαση ($p < ,001$) (Σχήμα 3).

Το 95% διάστημα εμπιστοσύνης για τη μέση διαφορά κυμάνθηκε από ,89 έως 2,56 μονάδες ανάλογα με την ερώτηση. Συγκεκριμένα εντοπίστηκε ότι οι αρχικές επιδόσεις σε κάθε υπό-δεξιότητα ήταν μέτριες ή χαμηλές, με τις υψηλότερες από αυτές να εντοπίζονται στις υπό-δεξιότητες *Αναγνώριση (ID)* (M.T. = 2,82, T.A. = ,50) και *Ερμηνεία (IN)* (M.T. = 2,77, T.A. = ,43), και τη χαμηλότερη μέση τιμή στην υπό-δεξιότητα *Σχεδιασμός (PL)* (M.T. = 2,18, T.A. = ,73).

Η πιο μεγάλη βελτίωση παρατηρήθηκε στην υπό-δεξιότητα *Κατανόηση (UN)* στην οποία η μέση τιμή αυξήθηκε από M.T. = ,91, T.A. = 1,27 (Pre) στην τιμή M.T. = 2,91, T.A. = ,43 (Post). Τα αποτελέσματα αντανακλούν την ενίσχυση της παρέμβασης στην ικανότητα των μαθητών να κατανοούν τη βασική αρχή της στρατηγικής ελέγχου μεταβλητών στη πειραματική διαδικασία: για να είναι ένα πείραμα έγκυρο, πρέπει να αλλάζει μόνο μία μεταβλητή κάθε φορά (ανεξάρτητη μεταβλητή), να μετράται η επίδραση της σε μια άλλη μεταβλητή (εξαρτημένη μεταβλητή), ενώ όλες οι υπόλοιπες μεταβλητές (μεταβλητές ελέγχου) να διατηρούνται σταθερές. Ο υπολογισμός του κέρδους Hake αποκάλυψε υψηλά κέρδη σε κάθε υπό-δεξιότητα τα οποία κυμάνθηκαν από ,63 έως ,96, επιβεβαιώνοντας τη μεγάλη αποτελεσματικότητα των παρεμβάσεων (Σχήμα 4).

Σχήμα 4. Το κέρδος Hake για κάθε υπό-δεξιότητα της ΣΕΜ, pre-post της παρέμβασης.



Γενικά τα αποτελέσματα αναδεικνύουν ότι η εμπλοκή των μαθητών με δραστηριότητες διερεύνησης, με σταδιακά αυξανόμενα επίπεδα αυτονομίας και ταυτόχρονα την εφαρμογή μειούμενης υποστήριξης από τον εκπαιδευτικό, ενισχύει τις αναλυτικές, κριτικές και ερμηνευτικές δεξιότητες τους. Η πρόοδος αυτή αφορά το σύνολο των μαθητών, ανεξάρτητα από το φύλο ή την τάξη φοίτησης, επιβεβαιώνοντας τη δυναμική των διερευνητικών παρεμβάσεων στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Συσχετίσεις επιστημολογικών πεποιθήσεων NOS & NOSI και υπό-δεξιοτήτων της CVS

Ο έλεγχος συσχέτισης Pearson των επιστημολογικών πεποιθήσεων (NOS/NOSI) με τη δεξιότητα της στρατηγικής ελέγχου μεταβλητών (CVS), αποκάλυψε την ύπαρξη θετικής συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών τόσο πριν από την παρέμβαση όσο και μετά. Συγκεκριμένα, πριν από την παρέμβαση παρατηρήθηκε πολύ ισχυρή και στατιστικά σημαντική συσχέτιση ($r = ,764, p < ,001$) μεταξύ των επιστημολογικών πεποιθήσεων και των υπό-δεξιοτήτων CVS, ενώ μετά την παρέμβαση η συσχέτιση παρέμεινε στατιστικά σημαντική αλλά εξασθενημένη ($r = ,477, p = ,025$). Όμως, η τιμή του συντελεστή Pearson (r) επηρεάζεται από την ομοιογένεια των τιμών ή φαινόμενα οροφής (ceiling effects) τα οποία μπορεί να μειώσουν τεχνητά τον συντελεστή συσχέτισης, ακόμη και όταν η υποκείμενη σχέση είναι σταθερή (Goodwin & Leech, 2006).

Πριν την παρέμβαση, οι μαθητές εμφάνιζαν μεγαλύτερη διαφοροποίηση (ετερογένεια) τόσο στις επιστημολογικές πεποιθήσεις τους όσο και στις υπό-δεξιότητες CVS, επιτρέποντας στον συντελεστή Pearson να ανιχνεύσει μια ισχυρή θετική συσχέτιση ($r = ,764$). Πράγματι, η μέση διακύμανση στις απαντήσεις του ερωτηματολογίου NOS/NOSI ήταν ,10 στο pre-test ενώ η μέση διακύμανση στις απαντήσεις των υπό-δεξιοτήτων CVS ήταν 1,25.

Μετά την παρέμβαση, πολλοί μαθητές βελτιώθηκαν και πλησίασαν υψηλές τιμές απόδοσης, ιδίως στις υπό-δεξιότητες CVS, οδηγώντας σε φαινόμενο οροφής και χαμηλότερη διακύμανση. Πράγματι, ενώ η μέση διακύμανση στις απαντήσεις του ερωτηματολογίου NOS/NOSI παρέμεινε πρακτικά σταθερή στο post-test (,09), οι μέσοι όροι των απαντήσεων των μαθητών στο ερωτηματολόγιο CVS ήταν πολύ υψηλοί (2,2–2,9 σε κλίμακα 0–3) και η διακύμανση των απαντήσεων μικρή (,29).

Αυτό δείχνει ότι οι μαθητές που είχαν αρχικά πιο ανεπτυγμένες επιστημολογικές πεποιθήσεις, παρουσίασαν και υψηλότερες επιδόσεις στη στρατηγική ελέγχου μεταβλητών, πράγμα που διατηρήθηκε και έπειτα από την παρέμβαση.

Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν ότι η ανάπτυξη των δεξιοτήτων στρατηγικής ελέγχου μεταβλητών συνδέεται με τη βελτίωση των επιστημολογικών πεποιθήσεων των μαθητών. Με άλλα λόγια, όσο ενισχύονται οι ικανότητες των μαθητών να σχεδιάζουν και να ελέγχουν πειράματα, τόσο περισσότερο μπορούν να αναπτυχθούν σε αυτούς πιο ώριμες και επιστημολογικά αποδεκτές πεποιθήσεις. Αυτό το εύρημα είναι συμβατό με τη διεθνή βιβλιογραφία (Kremer et al., 2014· Lin & Chiu, 2004), σύμφωνα με την οποία η επιστημολογική γνώση σχετίζεται θετικά με τις διερευνητικές δεξιότητες.

Συμπεράσματα

Τα ευρήματα της παρούσης μελέτης αναδεικνύουν τη σημαντική συμβολή της διερευνητικής μάθησης στην ενίσχυση της επιστημολογικής γνώσης (NOS/NOSI) και στη δεξιότητα στρατηγικής ελέγχου μεταβλητών (CVS). Συγκεκριμένα, η συστηματική εμπλοκή των μαθητών σε Hands-On δραστηριότητες, μέσω των οποίων ενθαρρύνθηκε σταδιακά η αυτονομία και η ενεργή συμμετοχή τους, οδήγησε σε στατιστικά σημαντικές βελτιώσεις σε όλες τις εξεταζόμενες υπό-δεξιότητες της CVS αλλά και στις επιλεγμένες πτυχές της επιστημολογικής γνώσης. Η περεταίρω ανάλυση έδειξε ότι η βελτίωση των υπό-δεξιοτήτων CVS συσχετίστηκε με την πρόοδο στις επιστημολογικές πεποιθήσεις των μαθητών, στοιχείο που συνιστά έναν συμπληρωματικό χαρακτήρα των δύο αυτών τομέων γνώσης. Συγκεκριμένα, οι μαθητές με υψηλότερες επιδόσεις στις διερευνητικές δεξιότητες ήταν εκείνοι που ανέπτυξαν και πιο ώριμες επιστημολογικές πεποιθήσεις επιβεβαιώνοντας τα ανάλογα ευρήματα της διεθνούς βιβλιογραφίας. Αξίζει να τονιστεί πως παρόλο που οι δύο αυτοί τομείς φάνηκε να είναι στενά συνδεδεμένοι μεταξύ τους, ωστόσο δεν αναπτύσσονται απαραίτητα ταυτόχρονα.

Τα αποτελέσματα της μελέτης συνεισφέρουν στη γενικότερη βιβλιογραφία και αναδεικνύουν τη σημασία του σχεδιασμού εκπαιδευτικών παρεμβάσεων που συνδυάζουν την ανάπτυξη τόσο της επιστημολογικής γνώσης όσο και των διερευνητικών δεξιοτήτων των μαθητών. Η οργανωμένη συστηματική εφαρμογή ανάλογων προσεγγίσεων μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στην καλλιέργεια της επιστημονικής εκπαίδευσης στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, ενισχύοντας τους μαθητές να σκέφτονται κριτικά και να συμβάλλουν δημιουργικά στη σύγχρονη κοινωνία.

Περιορισμοί της έρευνας και προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Η έρευνα χαρακτηρίζεται από περιορισμούς κυρίως ως προς το μέγεθος και τη σύνθεση του δείγματος. Συγκεκριμένα, το μέγεθος του δείγματος ήταν σχετικά μικρό (22 μαθητές/τριες) και τοπικά περιορισμένο (γεωγραφική περιοχή Λάρισας) πράγμα που δεν επιτρέπει εύκολες

γενικεύσεις. Επιπλέον, η επιλογή του δείγματος έγινε μη-πιθανοθεωρητικά βασιζόμενη στην ευκολία πρόσβασης.

Προτείνεται η εφαρμογή μιας αντίστοιχου τύπου παρέμβασης σε μεγαλύτερο και αντιπροσωπευτικότερο δείγμα, ώστε να ενισχυθεί η δυνατότητα γενίκευσης των ευρημάτων. Σημαντική επίσης μπορεί να είναι η διερεύνηση της μακροπρόθεσμης διατήρησης των αποτελεσμάτων μέσα από follow-up μετρήσεις όπως και η ενσωμάτωση ημιδομημένων συνεντεύξεων, ώστε να προσεγγιστεί βαθύτερα η κατανόηση των διεργασιών που εξηγούν τις αλλαγές των επιστημολογικών πεποιθήσεων NOS/NOSI και των υπό-δεξιοτήτων CVS.

Βιβλιογραφία

- Γκάγκας, Β., & Χατζηκρανιώτης, Ε. (2022). Επιστημολογικές πτυχές της Φύσης της Επιστήμης και της Φύσης της Επιστημονικής Διερεύνησης, προς διδασκαλία σε μαθητές/τριες της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στο μάθημα της Φυσικής: 4^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Νέων Ερευνητών και Ερευνητριών, 16–18 Σεπτεμβρίου 2022. Αλεξανδρούπολη. <https://doi.org/10.12681/nrcodiste.5966>
- Alake-Tuenter, E., Biemans, H. J., Tobi, H., Wals, A. E., Oosterheert, I., & Mulder, M. (2012). Inquiry-based science education competencies of primary school teachers: A literature study and critical review of the American National Science Education Standards. *International Journal of Science Education*, 34(17), 2609–2640. <http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2012.669076>
- Banchi, H., & Bell, R.L. (2008). The many levels of inquiry. *Science and Children*, 46(2), 26–29. Ανακτήθηκε στις 17/3/2022, από <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:150760967>
- Chen, Z., & Klahr, D. (1999). All other things being equal: Acquisition and transfer of the control of variables strategy. *Child development*, 70(5), 1098–1120. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00081>
- Goodwin, L. D., & Leech, N. L. (2006). Understanding correlation: Factors that affect the size of r. *The Journal of Experimental Education*, 74(3), 249–266. <https://doi.org/10.3200/JEXE.74.3.249-266>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Kremer, K., Specht, C., Urhahne, D., & Mayer, J. (2014). The relationship in biology between the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Biological Education*, 48(1), 1–8. <https://doi.org/10.1080/00219266.2013.788541>
- Lederman, N.G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L., & Schwartz, R.S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497–521. <https://doi.org/10.1002/tea.10034>
- Lin, H.-S., & Chiu, H.-L. (2004). Student understanding of the nature of science and their problem-solving strategies. *International Journal of Science Education*, 26(1), 101–112. <https://doi.org/10.1080/0950069032000070289>
- Petridou, E., Molohidis, A., & Hatzikraniotis, E. (2022). Assessing students' ability to apply the control of variables strategy when engaged with inquiry-based worksheets during the COVID era. *Education Sciences*, 12(10), 668. <https://doi.org/10.3390/educsci12100668>
- Priemer, B., & Lederman, N. G. (2021). Nature of scientific knowledge and nature of scientific inquiry in physics lessons. Στο H. E. Fischer & R. Girwidz (Επιμ.), *Physics education: Challenges in physics education*, 113–150. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87391-2_5
- Savery, J. R. (2015). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. Στο A. E. Walker, H. Leary, C. E. Hmelo-Silver, & P. A. Ertmer (Επιμ.), *Essential readings in problem-based learning: Exploring and extending the legacy of Howard S. Barrows*, 5–15. Purdue University Press.
- Schwichow, M., Christoph, S., Boone, W. J., & Härtig, H. (2016). The impact of sub-skills and item content on students' skills with regard to the control-of-variables strategy. *International Journal of Science Education*, 38(2), 216–237. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1137651>