

# Εφαρμογή και Αξιολόγηση Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας για τη διδασκαλία περιεχομένου της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας στο Δημοτικό Σχολείο

## Περίληψη

Στην εργασία αυτή αρχικά περιγράφεται η εφαρμογή μιας Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας (ΔΜΑ) για το περιεχόμενο της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας (N-ET) στο δημοτικό σχολείο. Δείγμα αποτελούν 22 μαθητές της Στ' τάξης. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η εξέλιξη των ιδεών και των γνώσεων των μαθητών για το νόημα που αποδίδουν στον όρο Νανοτεχνολογία, για τα όργανα παρατήρησης των αντικειμένων στην κλίμακα του νάνο καθώς και για το φαινόμενο του λωτού. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ενώ οι αρχικές ιδέες και γνώσεις των μαθητών για το περιεχόμενο της N-ET ήταν πρώιμες και περιορισμένες, μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ, οι περισσότεροι από αυτούς βελτίωσαν τον νανογραμματισμό τους.

## Abstract

In this paper, firstly, we describe the implementation of a Teaching Learning Sequence concerning the Nanoscience-Nanotechnology content in elementary education. The sample was consisted of 22 6<sup>th</sup> grade students. In addition, we present the development of students' ideas as well as knowledge about the meaning of the term "Nanotechnology", the tools used for studying nanoscale objects, and the lotus effect. Although the students' initial ideas and knowledge were rather naïve and limited, the post results revealed that they enhanced their own nanoliteracy.

## 1. Εισαγωγή

Στην εργασία αυτή επικεντρωνόμαστε στην εισαγωγή του περιεχομένου της N-ET στην Α/θμια εκπαίδευση. Με βάση τον περιορισμένο αριθμό σχετικών προτάσεων διαπιστώνουμε, ότι τρεις *Μεγάλες Ιδέες* (ΜΙς), το «μέγεθος», οι «εφαρμογές», οι «εξαρτώμενες από το μέγεθος ιδιότητες», μπορούν να αποτελέσουν τον πυρήνα του περιεχομένου της N-ET για τη βαθμίδα αυτή (Blonder & Sakhnini 2016). Επιπλέον, η κατανόηση φαινομένων, εννοιών και ιδιοτήτων στην κλίμακα του νάνο, υποστηρίζεται, ότι μπορεί να προσεγγιστεί με τη *Μεγάλη Ιδέα*, «εργαλεία και όργανα» καθώς και τα αντικείμενα αναφοράς (landmark objects), π.χ. το οπτικό μικροσκόπιο και το ερυθρό αιμοσφαίριο συνδέονται με τον μικρόκοσμο, ενώ το DNA και το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο «χαρακτηρίζουν» τον νανόκοσμο (Stevens et al. 2009). Έτσι, μπορούμε να χωρίσουμε το μεγάλο φάσμα των μεγεθών σε «κόσμους» (μάκρο-, μικρο-, νανο-, ατομικό). Στον ίδιο προβληματισμό, η διδασκαλία για τη φύση και τον ρόλο των μοντέλων (ΜΙ, «μοντέλα και προσομοιώσεις») θεωρείται ότι μπορεί να συμβάλει στην κατανόηση του περιεχομένου της N-ET, γιατί αφορά αντικείμενα που είναι μακριά από την αισθητηριακή μας αντίληψη (Magana et al. 2012, Stevens et al. 2009).

Η παρούσα έρευνα αποτελεί συνέχεια προηγούμενης εργασίας, στην οποία περιγράφηκε η πιλοτική εφαρμογή μιας ΔΜΑ για το περιεχόμενο της N-ET (Πέκος κ.ά. 2015). Τόσο στην πιλοτική όσο και στην κανονική εφαρμογή της ΔΜΑ, ο πυρήνας του περιεχομένου περιελάμβανε τις πέντε προαναφερθείσες ΜΙς. Συγκεκριμένα, στόχος αυτού του άρθρου είναι

να αξιολογήσουμε την κανονική εφαρμογή της ΔΜΑ με βάση την εξέλιξη των ιδεών και των γνώσεων των μαθητών του δείγματος.

## 2. Μεθοδολογία

Σε έξι δίωρα διδασκαλίας περιλαμβάνονταν δραστηριότητες (πίνακας 1) σχετικές με: (α) την ταξινόμηση και σειροθέτηση αντικειμένων του μακρόκοσμου, του μικρόκοσμου και του νανόκοσμου (1<sup>ο</sup>-3<sup>ο</sup> δίωρο), (β) το φαινόμενο της ίωσης (4<sup>ο</sup> δίωρο), (γ) το φαινόμενο της υπερυδροφοβικότητας (5<sup>ο</sup> δίωρο) και (δ) τον καθαρισμό του νερού με φίλτρα νανοτεχνολογίας (6<sup>ο</sup> δίωρο). Παράλληλα, και στα έξι μαθήματα έγινε ρητή διδασκαλία της φύσης και του ρόλου των μοντέλων καθώς και μοντελοποίηση, π.χ. οι μαθητές κατασκεύασαν ένα τρισδιάστατο μοντέλο για να περιγράψουν το φαινόμενο του λωτού. Επισημαίνουμε ότι, στη διδασκαλία χρησιμοποιήθηκε για λόγους απλότητας, μόνο ο όρος «Νανοτεχνολογία», λαμβάνοντας υπόψη μας αντίστοιχες ερευνητικές προσεγγίσεις (Castellini et al. 2007).

**Πίνακας 1.** Το περιεχόμενο και η δομή της ΔΜΑ

Μαθήματα	Τίτλος
1 <sup>ο</sup>	Μακρόκοσμος: Διερευνώντας αντικείμενα που βλέπω με γυμνό μάτι
2 <sup>ο</sup>	Μικρόκοσμος: Διερευνώντας τον αόρατο κόσμο των κυττάρων
3 <sup>ο</sup>	Νανόκοσμος: Διερευνώντας τον αόρατο κόσμο των ιών και του DNA
4 <sup>ο</sup>	Το φαινόμενο της ίωσης
5 <sup>ο</sup>	Το φαινόμενο του λάχανου-Υδροφοβικά υλικά
6 <sup>ο</sup>	Καθαρισμός νερού μέσω νανόφιλτρων

Το δείγμα της έρευνας ήταν 22 μαθητές (12 κορίτσια) της Στ' τάξης του Δημοτικού Σχολείου. Οι μαθητές δεν είχαν εμπειρία σε θέματα της Ν-ΕΤ καθώς και σε θέματα σχετικά με τη φύση και τον ρόλο των μοντέλων. Ο πρώτος συγγραφέας αυτού του άρθρου υλοποίησε τη ΔΜΑ.

Τα Ερευνητικά Ερωτήματα (ΕΕ) είναι τα εξής:

- ΕΕ1. Πώς εξελίσσεται η νοηματοδότηση της νανοτεχνολογίας από τους μαθητές;
- ΕΕ2. Πώς εξελίσσονται οι ιδέες των μαθητών για το μικρότερο αντικείμενο που υπάρχει;
- ΕΕ3. Πώς εξελίσσονται οι γνώσεις των μαθητών για τα όργανα παρατήρησης του μακρόκοσμου, του μικρόκοσμου και του νανόκοσμου;
- ΕΕ4. Πώς εξελίσσεται η περιγραφή του φαινομένου της υδροφοβικότητας από τους μαθητές;

Ερευνητικό εργαλείο αποτελεί το γραπτό ερωτηματολόγιο αρχικής και τελικής μέτρησης (πίνακας 2).

Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με βασικό κριτήριο, το εάν οι απαντήσεις των μαθητών συνδέονται σωστά με μια τουλάχιστον από τις πέντε ΜΙς, που περιελάμβανε το περιεχόμενο της ΔΜΑ. Για τις απαντήσεις του δείγματος αναγνωρίστηκαν για κάθε ερευνητική ερώτηση, επίπεδα κατανόησης με δείκτες E3, E2, E1, E0 τα οποία είναι: E3, επιστημονική άποψη, E2 μερικώς επιστημονική, E1 εναλλακτική άποψη, E0 Αναπάντητες, ή ασαφείς απαντήσεις. Στο συνέδριο πρόκειται να περιγράψουμε αναλυτικά το κάθε επίπεδο.

**Πίνακας 2.** Τα έργα του ερωτηματολογίου

- (1) Ένας μαθητής διάβασε στο διαδίκτυο την λέξη **νανοτεχνολογία** και αναρωτήθηκε τι άραγε να σημαίνει. Προσπάθησε να του εξηγήσεις, τι νομίζεις εσύ ότι είναι η **νανοτεχνολογία**.
- (2) Ποιο νομίζεις ότι είναι **το μικρότερο** αντικείμενο που υπάρχει;
- (3) **Πώς μπορείς να δεις** το αντικείμενο που έγραψες;
- (4) Δυο αδέρφια, αφού έπλυναν ένα κομμάτι λάχανο παρατήρησαν το εξής: «**οι σταγόνες μόλις έπεφταν πάνω στο λάχανο γίνονταν στρόγγυλες σαν μπίλιες**». Για ποιο λόγο νομίζεις ότι μπορεί να συμβαίνει αυτό;

### 3. Αποτελέσματα

Στον πίνακα 3 παρατηρούμε, ότι πριν την εφαρμογή της ΔΜΑ, στο Ε3 εντοπίζεται μικρός αριθμός απαντήσεων, ενώ μετά την εφαρμογή, στο Ε3 εντοπίζονται οι περισσότερες απαντήσεις. Στη συνέχεια παραθέτουμε αντιπροσωπευτικές απαντήσεις για κάθε ερώτημα.

**Πίνακας 3.** Αριθμός απαντήσεων για τα επίπεδα κατανόησης (Ε), ανά ΕΕ.

	<b>Νοηματοδότηση της N-ET (EE1)</b>			
	E3	E2	E1	E0
Αρχική Μέτρηση	1	8	7	6
Τελική Μέτρηση	14	5	3	0
<b>Οι ιδέες των μαθητών για το μικρότερο αντικείμενο (EE2)</b>				
Αρχική Μέτρηση	5	9	7	1
Τελική Μέτρηση	19	1	2	0
<b>Ποια όργανα παρατήρησης αναφέρουν οι μαθητές; (EE3<sub>α</sub>)</b>				
Αρχική Μέτρηση	2	12	6	2
Τελική Μέτρηση	20	2	0	0
<b>Κατά πόσο είναι σωστό το όργανο παρατήρησης για το αντικείμενο που κατέγραψαν; (EE3<sub>β</sub>)</b>				
Αρχική Μέτρηση	2	8	4	8
Τελική Μέτρηση	19	0	0	3
<b>Περιγραφή του φαινομένου της υδροφοβικότητας (EE4)</b>				
Αρχική Μέτρηση	0	1	5	16
Τελική Μέτρηση	16	2	2	2

Όσον αφορά το EE1 (νοηματοδότηση της N-ET), ένας μαθητής αρχικά έγραψε «δεν ξέρω τι είναι η Νανοτεχνολογία», ενώ μετά την εφαρμογή η απάντησή του ήταν: «η Νανοτεχνολογία είναι πολύ μα πολύ μικρά πράγματα, που δεν μπορούμε να τα δούμε με γυμνό μάτι, μόνο με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, σε αυτή την κατηγορία ανήκει ο ιός και το DNA του ιού».

Σχετικά με το ερώτημα EE2 (Οι ιδέες των μαθητών για το μικρότερο αντικείμενο), ένας μαθητής αρχικά έγραψε «το κύτταρο» (επίπεδο 2) και στην τελική μέτρηση «Ιός» (επίπεδο E3). Το ερώτημα EE3 προσεγγίζεται σε δύο κατευθύνσεις: (EE3<sub>α</sub>) Ποια όργανα παρατήρησης αναφέρουν οι μαθητές; (EE3<sub>β</sub>) Συνδέουν σωστά τα όργανα παρατήρησης με το αντικείμενο αναφοράς; Όσον αφορά το EE3<sub>α</sub>, ένας μαθητής αρχικά έγραψε «με το μικροσκόπιο» (επίπεδο 2), ενώ μετά την εφαρμογή η απάντησή του ήταν: «με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο» (επίπεδο 3). Για το EE3<sub>β</sub> αναλύσαμε τα δεδομένα από τα έργα 2 και 3 του γραπτού ερωτηματολογίου, ώστε να ελέγξουμε το αν οι μαθητές συνδέουν σωστά το όργανο παρατήρησης (έργο 3) με το αντικείμενο αναφοράς (έργο 2). Έτσι, στο ανώτερο επίπεδο E3, τοποθετούμε απαντήσεις, όπου αναφέρεται το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο για την παρατήρηση αντικειμένου του νανόκοσμου. Για παράδειγμα, ένας μαθητής στην αρχή υποστήριξε ότι μπορεί να δει τον ιό με το

μικροσκόπιο (επίπεδο 0), ενώ μετά την εφαρμογή, ανέφερε ότι το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο χρησιμοποιείται για τη μελέτη του DNA (επίπεδο 3).

Τέλος, όσο αφορά το EE4, αρχικά, ένας μαθητής απέδωσε την υπερ-υδροφοβικότητα σε φυσικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας του λάχανου π.χ. «το λάχανο είναι στρογγυλό» (επίπεδο 1), ενώ μετά την εφαρμογή, οι πιο πολλοί μαθητές για να περιγράψουν το φαινόμενο χρησιμοποίησαν όρους όπως «νανοεξογκώματα» και «υδροφοβικότητα» (επίπεδο 3).

#### **4. Συμπεράσματα**

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα, θεωρούμε ότι η εφαρμογή της συγκεκριμένης ΔΜΑ είναι σε θετική κατεύθυνση. Αυτό σημαίνει ότι, μετά τη διδασκαλία του περιεχομένου της N-ET, οι περισσότεροι μαθητές βελτίωσαν τον νανογραμματισμό τους (Laherto 2010), αφενός γιατί χρησιμοποίησαν όρους της κλίμακας του νάνο π.χ. νανοεξογκώματα και υδροφοβικότητα. Αφετέρου στις περιγραφές του καθενός αναγνωρίστηκε με σαφήνεια μια τουλάχιστον από τις πέντε *Μεγάλες Ιδέες* του περιεχομένου.

#### **5. Βιβλιογραφία**

Πέικος, Γ., Μάνου, Λ. & Σπύρτου, Α. (2015). Σχεδιασμός και ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για τη διδασκαλία της νανοτεχνολογίας στο δημοτικό σχολείο. Πιλοτική εφαρμογή. Στο Χ. Σκουμπουρδή & Μ. Σκουμιός (Επμ.), *Πρακτικά του 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες»*, (σσ. 327-346). Ρόδος: Σχολή Ανθρωπιστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου.

Blonder, R., & Sakhnini, S. (2016). What Are the Basic Concepts of Nanoscale Science and Technology (NST) that Should Be Included in NST Educational Programs? In K. Winkelmann, B. Bhushan (eds.), *Global Perspectives of Nanoscience and Engineering Education*, Science Policy Reports, Springer International Publishing Switzerland, 1-31.

Castellini, O. M., Walejko, G. K., Holladay, C. E., Theim, T. J., Zenner, G. M., Crone, W. C. (2007). Nanotechnology and the public: Effectively nanoscale science and engineering concepts. *Journal of Nanoparticle Research*, 9(2), 183-189.

Laherto, A. (2010). An Analysis of the Educational Significance of Nanoscience and Nanotechnology in Scientific and Technological Literacy. *Science Education International*, 21(3), 160-175.

Magana, A., Brophy, S., Bryan, L. (2012). An Integrated Knowledge Framework to Characterize and Scaffold Size and Scale Cognition (FS2C). *International Journal of Science Education*, 34(14), 2181-2203.

Stevens, S., Sutherland, L., & Krajcik, J. (2009). *Big ideas of nanoscale science and engineering: A guidebook for secondary teachers*. Arlington, VA: NSTA Press.