

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ



«Αξιοποίηση της Νανοεπιστήμης- Νανοτεχνολογίας στην αντιμετώπιση της τυφλότητας
απέναντι στα φυτά: ανάπτυξη και αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού στην Πρωτοβάθμια
Εκπαίδευση»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΗΣ ΦΟΥΛΙΔΟΥ ΕΙΡΗΝΗΣ

ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΚΤΗΣΗ ΤΟΥ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΤΙΤΛΟΥ

Στις «Επιστήμες της Αγωγής με Νέες Τεχνολογίες»
με ειδίκευση «Θετικές Επιστήμες»

ΦΛΩΡΙΝΑ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την κ. Σπύρτου που αποτέλεσε σημείο σταθμό στις επιλογές μου σε προπτυχιακό και μεταπτυχιακό επίπεδο, καθώς πλάι της διδάχθηκα πολλά σε επαγγελματικό και προσωπικό επίπεδο. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την κ. Παπαδοπούλου Πηνελόπη που με μύησε στον μαγικό κόσμο της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους κυρίους Αμπράζη Αλέξανδρο και Πέικο Γεώργιο, διδάκτορες του Πανεπιστημίου, για την συνεχή στήριξή τους σε ό, τι χρειάστηκα καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας μου. Τέλος, ευχαριστώ τους δικούς μου ανθρώπους για την στήριξή τους κάθε φορά που ένιωθα ότι βρίσκομαι σε αδιέξοδο.

«Καθώς προχωρούμε, μαθαίνουμε τα όρια των ικανοτήτων μας»

Sigmud Freud

Φύλλο Εξέτασης

1. Επόπτρια: Σπύρτου Άννα

Βαθμός: _____

Υπογραφή:

Ημερομηνία:

2. Δεύτερη Βαθμολογήτρια: Παπαδοπούλου Πηνελόπη

Βαθμός: _____

Υπογραφή:

Ημερομηνία:

3. Τρίτος Βαθμολογητής: Λεύκος Ιωάννης

Βαθμός: _____

Υπογραφή:

Ημερομηνία:

Γενικός Βαθμός: - _____

Η συγγραφέας **Φουλίδου Ειρήνη** βεβαιώνει ότι το περιεχόμενο του παρόντος έργου είναι αποτέλεσμα προσωπικής εργασίας και ότι έχει γίνει η κατάλληλη αναφορά στις εργασίες τρίτων, όπου κάτι τέτοιο ήταν απαραίτητο, σύμφωνα με τους κανόνες της ακαδημαϊκής δεοντολογίας.

Υπογραφή:

Ημερομηνία:

1 Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια έχει αναδειχθεί ως σημαντικό ζήτημα η Τυφλότητα απέναντι στα φυτά (εφεξής ΤΑΦΥ). Πρόκειται για ένα φαινόμενο που απασχολεί την επιστημονική κοινότητα και σχετίζεται με την υποτίμηση των φυτών σε σχέση με τα ζώα. Ταυτόχρονα, επιστημονικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν και οι ιδιότητες των φυτών σε επίπεδο νανοκλίμακας, όπως η υπερ-υδροφοβικότητα και ο αυτοκαθαρισμός των φύλλων του λωτού. Η παρούσα εργασία επιχειρεί την καταπολέμηση του φαινομένου της ΤΑΦΥ μέσα από την διδασκαλία του φαινομένου του λωτού. Το εκπαιδευτικό υλικό που προτείνεται απευθύνεται σε μαθητές/τριες χαμηλού κοινωνικο-οικονομικού επιπέδου της Ε΄ και ΣΤ΄ δημοτικού σχολείου μιας αστικής περιοχής. Σχετικά με την ΤΑΦΥ, επιχειρήθηκε να καταπολεμηθεί 1) η αδυναμία επεξήγησης των βιολογικών διαδικασιών ανάπτυξης των φυτικών οργανισμών, 2) η έλλειψη ευαισθησίας στις αισθητικές ιδιότητες των φυτών και στις δομές τους, 3) η υποτίμηση αξίας των φυτών στη καθημερινή ζωή των ανθρώπων και 4) η αδυναμία παρατήρησης των φυτών στην καθημερινή ζωή και στο περιβάλλον του ατόμου. Σχετικά με τη Νανοεπιστήμη - Νανοτεχνολογία (εφεξής Ν- ET), αναμένεται μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού οι μαθητές/τριες να είναι ικανοί να ορίζουν τη Ν- ET και να αναγνωρίζουν και να εξηγούν το φαινόμενο του λωτού με επιστημονικούς όρους. Στο ερευνητικό μέρος οι μαθητές/τριες πραγματοποίησαν διερευνητικές πειραματικές δραστηριότητες μέσα από τις οποίες παρατήρησαν και μελέτησαν τη συμπεριφορά της σταγόνας νερού καθώς κυλά σε επιφάνειες φυτικών οργανισμών. Εξερεύνησαν και ταξινόμησαν τα φυτά της περιοχής τους, ώστε να τα αναδειχθεί η αξία ύπαρξής τους. Τέλος, εξοικειώθηκαν με εργαλεία εργαστηρίου καθώς και με ψηφιακά μέσα. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν πως η εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού σχετικά με το φαινόμενο του λωτού ενίσχυσε τον νανογραμματισμό των μαθητών/τριών της Ε Δημοτικού σχετικά με την εξήγηση της υπερ-υδροφοβικότητας και του αυτοκαθαρισμού, καθώς και τον ορισμό της Νανοτεχνολογίας, ωστόσο δεν συνέβαλε στην καταπολέμηση της ΤΑΦΥ. Αντίστοιχα, το εκπαιδευτικό υλικό ενίσχυσε την παρατήρηση των φυτών στον περιβάλλοντα χώρο των μαθητών/τριών της ΣΤ τάξης, καθώς και τον νανογραμματισμό τους σχετικά με την εξήγηση του φαινομένου του λωτού σε φυτικούς οργανισμούς και τεχνητά προϊόντα. Ωστόσο,

η μελέτη έχει κάποιους περιορισμούς, όπως ο μικρός αριθμός του πληθυσμού που συμπεριλήφθηκε, η μικρή διάρκεια της παρέμβασης, η απουσία τεχνογνωσίας εκ μέρους των μαθητών/τριών, η έλλειψη εργαστηρίου φυσικής στο σχολείο, καθώς και τα προσωπικά χαρακτηριστικά των μαθητών. Μελλοντικά, θα μπορούσαν να ενταχθούν περισσότεροι μαθητές από διαφορετικά σχολεία και με διαφορετική κοινωνικοοικονομική θέση, ώστε να εξαχθούν πιο ασφαλή συμπεράσματα.

Λέξεις – Κλειδιά

Τυφλότητα απέναντι στα φυτά, ΤΑΦΥ, Νανοτεχνολογία – Νανοεπιστήμη, N- ET, Δημοτικό σχολείο, εκπαιδευτικό υλικό, υπερ- υδροφοβικότητα, αυτοκαθαρισμός

2 Abstract

In recent years, blindness towards plants has emerged as an important issue. It is a modern phenomenon that concerns the scientific community and it is associated with plants and their general underestimation in relation to animals. In the meanwhile, plant properties especially at the nanoscale level, such as the super-hydrophobicity and self-cleaning of lotus leaves, are noteworthy. This paper investigates the phenomenon of blindness towards plants and its fight through the application of teaching material of the lotus phenomenon. The teaching material that has been used is addressed to immigrants and refugees students of the 5th and 6th grade of an urban primary school. With regard to plants blindness, researcher attempted to combat 1) the inability to explain the biological processes of growth of plant organisms, 2) the lack of sensitivity to the aesthetic properties of plants and their structures, 3) the indifference to the value of plants in people's daily lives, and 4) the inability of observation of plants in daily life and in the person's environment. With regard to Nanoscience – Nanotechnology, it's expected that students will be able to observe and explain the lotus effect scientifically. At an experimental level, the students carried out experiments through which they observed and studied the behavior of the drop of water as it rolls on the surfaces of plant organisms and explored and classified the plants in their area so as to relate them to their existence value. Finally, they became familiar with laboratory tools as well as digital media. Specifically, the results of the study showed that the application of the educational material on the lotus effect reinforced the nanoliteracy of 5th grade Primary School students regarding the explanation of hyper-hydrophobicity and self-purification, as well as the definition of Nanotechnology, but did not contribute to the fight against plants blindness. However, students cultivated their nanoliteracy as the questions about the explanation of lotus effect and the definition of Nanotechnology were observed statistically significant difference. Similarly, the educational material enhanced the observation of plants in the surrounding area of 6th grade students, as well as their nanoliteracy regarding the explanation of the lotus effect in plant organisms and artificial products. However, we must mention that during the meetings the students of both classes were excited when they were asked to look for plants based on their morphology in the

surrounding area. However, the study has some limitations such as the small number of the population included, the short duration of the intervention, the absence of expertise on the part of the students and equipment, as well as the personal characteristics of the students. In the future, more students from different schools and of different socio-economic status could be included in order to draw more reliable conclusions.

Keywords

Plant blindness, nanotechnology, nanoscience, primary school, teaching material, hydrophobic, self- cleaning

Περιεχόμενα

1	Περίληψη.....	5
2	Abstract.....	7
	Κατάλογος Εικόνων	11
	Κατάλογος Πινάκων	13
	Συντομογραφίες & Ακρωνύμια.....	17
1.	Εισαγωγή	18
1.1	Η εισαγωγή του περιεχόμενο της Νανοεπιστήμης – Νανοτεχνολογίας (N -ET) στην υποχρεωτική εκπαίδευση.....	18
1.2	Η σημασία των φυτών για την ανθρώπινη ζωή	41
1.3	Η αξία και η χρήση του εκπαιδευτικού υλικού για την εκπαιδευτική διαδικασία.....	50
2.	Ερευνητική Μεθοδολογία	58
	Συμμετέχοντες.....	59
	Ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού της έρευνας.....	60
	Διαδικασία συλλογής δεδομένων	80
	Εργαλείο συλλογής δεδομένων.....	81
	Κωδικοποίηση δεδομένων	85
3.	Αποτελέσματα.....	92
3.1	Συγκριτική παρουσίαση των απαντήσεων του αρχικού και τελικού ερωτηματολογίου των μαθητών/ τριών της Ε΄ δημοτικού	92
3.2	Συγκριτική παρουσίαση των απαντήσεων του αρχικού και του τελικού ερωτηματολογίου των μαθητών/ τριών της ΣΤ΄ δημοτικού.....	103
4.	Συζήτηση.....	116
4.1	ΕΕ1 «Σε ποιο βαθμό εντοπίζεται το φαινόμενο της ΤΑΦΥ στους συμμετέχοντες, πριν και μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού;».....	117

4.2 ΕΕ2 «Ποιο νόημα αποδίδουν οι μαθητές/ τριες σε έννοιες και φαινόμενα σχετικά με την Ν- ΕΤ πριν και μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού;».....	119
Βιβλιογραφία	124
Παράρτημα	138

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Είδος επιφάνειας με βάση τη γωνία επαφής της σταγόνας νερού με αυτή.....	22
Εικόνα 2: Ασιατικός λωτός ως σύμβολο αγνότητας και καθαρότητας.....	23
Εικόνα 3: Υδροφοβικότητα και αυτοκαθαρισμός επιφανειών.....	24
Εικόνα 4: Η επιφάνεια του φύλλου του λωτού στον μακρόκοσμο (a) και οι μικροδομές και οι νανοδομές της επιφάνειάς του στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (b).....	24
Εικόνα 5: Παρατήρηση της συμπεριφοράς σταγόνων νερού καθώς πέφτουν πάνω στην επιφάνεια υδρόφιλων και υδρόφοβων φυτών.....	68
Εικόνα 6: Πειραματική δραστηριότητα για την παρατήρηση του αυτοκαθαρισμού υδρόφοβων φυτών.....	68
Εικόνα 7: Μελέτη της παρουσίασης «Το μυστικό των φυτών» για την εξήγηση της υδροφοβικότητας και του αυτοκαθαρισμού στον μακρόκοσμο.....	69
Εικόνα 8: Αφίσες υδροφοβικότητας υλικών της καθημερινής ζωής.....	70
Εικόνα 9: Το παιχνίδι «Βρες πως ονομάζεται».....	70
Εικόνα 10: Οι μαθητές/ τριες παίζουν το παιχνίδι «Βρες πως ονομάζεται».....	70
Εικόνες 11: Αναζήτηση των φυτών του περιβάλλοντος χώρου με τα φυτά των καρτών.....	71
Εικόνες 12: Αντιστοιχία των φυτών του περιβάλλοντος χώρου με τα φυτά των καρτών.....	71
Εικόνα 13: Οι πάγκοι εργασίας.....	72
Εικόνα 14: Δοκιμή της υδροφοβικότητας των συλλεχθέντων φυτών.....	72
Εικόνα 15: Κατηγοριοποίηση των φυτών που συλλέχθηκαν σε υδρόφιλα και υδρόφοβα.....	72

Εικόνα 16: Μελέτη των πληροφοριών των καρτών και κατηγοριοποίηση των φυτών ανάλογα με την επίδρασή τους στη ζωή των ανθρώπων.....	73
Εικόνα 17: Συμπλήρωση του μακρόκοσμου στην αφίσα των τριών κόσμων.....	74
Εικόνα 18: Παρουσίαση των μερών του οπτικού μικροσκοπίου.....	75
Εικόνα 19: Μοντελοποίηση της δομής του φυτικού κυττάρου με πλαστελίνη.....	76
Εικόνα 20: Παρουσίαση των μοντέλων των φυτικών κυττάρων στην ολομέλεια.....	76
Εικόνα 21: Συμπλήρωση του μικρόκοσμου στην αφίσα των τριών κόσμων.....	77
Εικόνα 22: Η αφίσα των τριών κόσμων.....	77
Εικόνα 23: Μελέτη της νανοδομής φύλλων φυτών σε προσομοίωση «Ηλεκτρονικού μικροσκοπίου».....	78
Εικόνα 24: Μοντελοποίηση του φαινομένου του λωτού.....	79
Εικόνα 25: Τα μοντέλα των ομάδων για την αναπαράσταση του φαινομένου του λωτού.....	79
Εικόνα 26: Εξήγηση της υδροφοβικότητας και του αυτοκαθαρισμού μέσα από την παρουσίαση του μοντέλου του φαινομένου του λωτού.....	80
Εικόνα 27: Συμπλήρωση του νανόκοσμου στην αφίσα των τριών κόσμων.....	80

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Η ταξινόμηση του φυσικού κόσμου σε κλίμακες.....	19
Πίνακας 2: Είδος επιφάνειας με βάση τη γωνία επαφής της σταγόνας νερού με αυτή.....	22
Πίνακας 3 : Μεγάλες Ιδέες «Big Ideas» της N-ET.....	28
Πίνακας 4: Ο μαθητικός πληθυσμός της έρευνας ανά φύλο και τάξη.....	59
Πίνακας 5: Η δομή και το περιεχόμενο του εκπαιδευτικού υλικού.....	61
Πίνακας 6: Περιγραφή της διαδικασίας συλλογής δεδομένων.....	81
Πίνακας 7: Δομή και οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου.....	83
Πίνακας 8: Η κωδικοποίηση των απαντήσεων των μαθητών/ τριών σχετικά με τη συχνότητα αναφοράς των φυτικών οργανισμών ως ζωντανών οργανισμών.....	86
Πίνακας 9: Κωδικοποίηση των απαντήσεων των μαθητών/ τριών στις ερωτήσεις διερεύνησης του ενδιαφέροντος των μαθητών/ τριών για τα ζώα και τα φυτά.....	87
Πίνακας 10: Κωδικοποίηση των απαντήσεων των μαθητών/ τριών σχετικά με τη συχνότητα παρατήρησης των φυτικών οργανισμών στο περιβάλλοντα χώρο και του ενδιαφέροντος μάθησης τους για τα φυτά.....	88
Πίνακας 11: Κωδικοποίηση των απαντήσεων των μαθητών/ τριών στις ερωτήσεις για τη χρησιμότητα των φυτών από τον άνθρωπο.....	88

Πίνακας 12: Κωδικοποίηση των απαντήσεων των μαθητών/ τριών σχετικά με την εξήγηση του φαινομένου του λωτού και την περιγραφή του περιεχομένου της Ν-ΕΤ.....	91
Πίνακας 13: Ο μαθητικός πληθυσμός της Ε' τάξης.....	92
Πίνακας 14: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της αναφοράς φυτικών οργανισμών ως ζωντανών οργανισμών από τους μαθητές/ τριες της Ε' τάξης πριν και μετά την παρέμβαση.....	93
Πίνακας 15: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων του ενδιαφέροντος των μαθητών/ τριών Ε' τάξης για τα ζώα πριν και μετά την παρέμβαση.....	94
Πίνακας 16: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων του ενδιαφέροντος των μαθητών/ τριών Ε' τάξης για τα φυτά πριν και μετά την παρέμβαση.....	95
Πίνακας 17: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της συχνότητας παρατήρησης των φυτικών οργανισμών στο περιβάλλοντα χώρο των μαθητών/ τριών της Ε' τάξης πριν και μετά την παρέμβαση.....	96
Πίνακας 18: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων του ενδιαφέροντος των μαθητών/ τριών Ε' τάξης για τη μάθηση για τα φυτά πριν και μετά την παρέμβαση.....	97
Πίνακας 19: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων σχετικά με τη στάση των μαθητών/ τριών της Ε' τάξης για τα ζώα πριν και μετά την παρέμβαση για τη χρήση των φυτικών οργανισμών μόνο ως τροφή.....	98
Πίνακας 20: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της στάση των μαθητών/ τριών της Ε' τάξης σχετικά με τη χρήση των φυτικών οργανισμών στη φαρμακοβιομηχανία πριν και μετά την παρέμβαση.....	98
Πίνακας 21: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της στάση των μαθητών/ τριών της Ε' τάξης σχετικά με τη χρήση των φυτών για τη παραγωγή χρήσιμων προϊόντων πριν και μετά την παρέμβαση.....	99

Πίνακας 22: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων σχετικά με την εξήγηση της υπερυδροφοβικότητας του φύλλου του μπρόκολου από τους μαθητές/ τριες της Ε΄τάξης πριν και μετά την παρέμβαση.....	100
Πίνακας 23: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων σχετικά με την εξήγηση της υπερυδροφοβικότητας και του αυτοκαθαρισμού του παπουτσιού από τους μαθητές/ τριες της Ε΄τάξης πριν και μετά την παρέμβαση.....	101
Πίνακας 24: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων σχετικά με τον ορισμό της Νανοτεχνολογίας από τους μαθητές/ τριες της Ε΄τάξης για τα ζώα πριν και μετά την παρέμβαση.....	102
Πίνακας 25: Ο μαθητικός πληθυσμός της ΣΤ΄ τάξης Δημοτικού.....	104
Πίνακας 26: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της συχνότητας της αναφοράς φυτικών οργανισμών ως ζωντανών οργανισμών πριν και μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού.....	105
Πίνακας 27: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων του ενδιαφέροντος των μαθητών/τριών ΣΤ΄τάξης για τα ζώα πριν και μετά την παρέμβαση.....	106
Πίνακας 28: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων του ενδιαφέροντος των μαθητών/τριών ΣΤ΄τάξης για τα φυτά πριν και μετά την παρέμβαση.....	107
Πίνακας 29: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της συχνότητας παρατήρησης των φυτών από τους μαθητές/ τριες της ΣΤ΄ τάξης πριν και μετά την παρέμβαση.....	108
Πίνακας 30: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών του ενδιαφέροντος των μαθητών/τριών της ΣΤ΄τάξης για τη μάθηση σχετικά με τα φυτά πριν και μετά την παρέμβαση.....	109
Πίνακας 31: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της στάση των μαθητών/τριών της ΣΤ΄ τάξης για τη χρήση των φυτών μόνο ως τροφή πριν και μετά την παρέμβαση.....	110

Πίνακας 32: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της στάσης των μαθητών/ τριών της ΣΤ τάξης σχετικά με τη χρήση των φυτών στην παραγωγή φαρμάκων πριν και μετά την παρέμβαση..... 111

Πίνακας 33: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της στάσης των μαθητών/ τριών της ΣΤ τάξης σχετικά με τη χρήση των φυτών στην παραγωγή χρήσιμων προϊόντων πριν και μετά την παρέμβαση..... 112

Πίνακας 34: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της εξήγησης της υπερυδροφοβικότητας του φύλλου του μπρόκολου από τους μαθητές/ τριες της ΣΤ τάξης πριν και μετά την παρέμβαση..... 113

Πίνακας 35: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της εξήγησης της υπερυδροφοβικότητας και του αυτοκαθαρισμού του παπουτσιού πριν και μετά την παρέμβαση..... 113

Πίνακας 36: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της εξήγησης του όρου Νανοτεχνολογία από τους μαθητές/ τριες της ΣΤ'τάξης πριν και μετά την παρέμβαση.....114

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

NET Νανοεπιστήμη – Νανοτεχνολογία

ΤΑΦΥ Τυφλότητα απέναντι στα φυτά

Α. Π. Σ. Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών

ΔΜΑ Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία

Βλ. βλέπε

1. Εισαγωγή

1.1 Η εισαγωγή του περιεχόμενου της Νανοεπιστήμης – Νανοτεχνολογίας (N - ET) στην υποχρεωτική εκπαίδευση

1.1.1 Η μελέτη του φυσικού κόσμου μέσα από το μέγεθος και τη κλίμακα




Σύμφωνα με τους Delgado, Stevens & Shin (2008), το μέγεθος και η κλίμακα συνιστούν χρήσιμα εννοιολογικά εργαλεία για την καλύτερη κατανόηση του φυσικού κόσμου. Με κριτήριο το μέγεθος και την κλίμακα, ο φυσικός κόσμος διακρίνεται σε περιοχές διαστάσεων των υλικών σωμάτων. Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται σε τρεις από αυτές: τη μακροκλίμακα, τη μικροκλίμακα και τη νανοκλίμακα (Πίνακας 1), οι οποίες αναλύονται παρακάτω. Οι Stevens κ.ά. (2009), πέρα από τη μονάδα μέτρησης, χρησιμοποιούν το όργανο παρατήρησης, καθώς και αντικείμενα αναφοράς (landmarkobjects) για την ταξινόμηση αντικειμένων σε κλίμακες.

Σε επίπεδο μακροκλίμακας, οι ερευνητές μελετούν την συμπεριφορά της ύλης στο εύρος διαστάσεων 50 - 100 μm . Στην κλίμακα αυτή περιλαμβάνονται αντικείμενα που μπορούν να παρατηρηθούν με γυμνό μάτι. Αντικείμενο αναφοράς του μακρόκοσμου (landmarkobject) είναι το μυρμήγκι και η τρίχα, η οποία θεωρείται χαρακτηριστικό αντικείμενο – πέρασμα από τη μακροκλίμακα στην αμέσως επόμενη κλίμακα μεγέθους, τη μικροκλίμακα (Stevens κ.ά., 2009; Magana κ.ά., 2012) .

Η μικροκλίμακα ή μικρόκοσμος αφορά την συμπεριφορά της ύλης στο εύρος των διαστάσεων 50-100 μm ως 0,2 μm ή 200 nm. Τα αντικείμενα αναφοράς του μικρόκοσμου είναι το DNA και το κύτταρο (Steven κ.ά. 2009; Magana, Brophy & Bryan, 2012). Το όργανο παρατήρησης του μικρόκοσμου είναι το οπτικό μικροσκόπιο.

Τέλος, η νανοκλίμακα ή νανόκοσμος αφορά το εύρος διαστάσεων 1-100 νανόμετρα (nm). Το όργανο παρατήρησης του νανόκοσμου είναι το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο ή το μικροσκόπιο σάρωσης. Τα σωματίδια στην περιοχή της νανοκλίμακας ονομάζονται νανοσωματίδια. Αποτελούνται από 100 ως 10.000 άτομα και συνιστούν τα δομικά μέρη των νανοϋλικών (Kumar & Kumbhat, 2016). Στην περιοχή της νανοκλίμακας παρατηρούνται αλλαγές στις ιδιότητες των υλικών σε σχέση με την μακροκλίμακα και την μικροκλίμακα.

Πίνακας 1: Η ταξινόμηση του φυσικού κόσμου σε κλίμακες

Διαστάσεις μελέτης της ύλης	Όργανο παρατήρησης	Όριο
Μακρόκοσμος	Ανθρώπινο μάτι ¹ 	50-100μm
Μικρόκοσμος	Οπτικό μικροσκόπιο ² 	50-100μm ως 0,2μm (200nm)
Νανόκοσμος	Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο/μικροσκόπιο σάρωσης ³ 	1-100nm

Τμήμα της παρούσας εργασίας ασχολείται με τη διδασκαλία ενός φαινομένου της φύσης το οποίο παρατηρείται στη νανοκλίμακα. Συνεπώς, τα επόμενα κεφάλαια επικεντρώνονται στην περιγραφή του περιεχομένου και των ιδιοτήτων του νανόκοσμου.

¹ [daskalakisi_bioamechanical.pdf\(ntua.gr\)](http://daskalakisi_bioamechanical.pdf(ntua.gr))

² <https://mre.uowm.gr/ereyna/ergastiria/ergastirio-mikroskopias-orykton-kai-petromaton/>

³ <https://docplayer.gr/39187625-Ηλεκτρονικι-mikroskopia.html>

1.1.2 Ορισμός και το περιεχόμενο της Νανοεπιστήμης - Νανοτεχνολογίας (N- ET)

Τα τελευταία χρόνια αναπτύσσεται ένας νέος επιστημονικός κλάδος που ασχολείται με τη μελέτη της ύλης στις διαστάσεις της νανοκλίμακας, ο οποίος καλείται Νανοεπιστήμη – Νανοτεχνολογία (N –ET). Πρόκειται για ένα σύγχρονο, καινοτόμο επιστημονικό πεδίο (Sengupta & Sarkar, 2015), το οποίο συνδυάζει την επιστήμη και την τεχνολογία με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας της ανθρώπινης ζωής (Kumar & Kumbhat 2016; Χαριτίδης & Βιδάλης 2010; Ozel & Ozel, 2008; Logothetidis, 2012).

Η N- ET μελετά την ύλη μέσα από πολλά επιστημονικά πεδία. Η Βιολογία, η Φυσική, η Χημεία και η Επιστήμη των υλικών συνδυάζονται και εξερευνούν την ύλη στη νανοκλίμακα. Η συνύπαρξη πολλών επιμέρους επιστημονικών πεδίων οδηγεί στην ύπαρξη ποικίλων ορισμών για το περιεχόμενό της ανάλογα με τον τρόπο χρήσης και εφαρμογής της (Kaya & Karatas, 2016; Klaessig & Marrapese, & Abe, 2011; Hingant & Albe, 2010; Unesco, 2006). Οι Palmberg κ.ά. (2009) μελετώντας το περιεχόμενο της N- ET, κατέγραψαν μια λίστα ορισμών γενικού χαρακτήρα (generalpolicy- relateddefinitions) από ερευνητικές προσπάθειες που έγιναν διεθνώς (π. χ. ΗΠΑ, Ιαπωνία και κράτη- μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης).

Σύμφωνα με τους Palmberg κ.ά. (2009), η N- ET συμπεριλαμβάνει δυο επιμέρους επιστημονικούς κλάδους, τη Νανοεπιστήμη και τη Νανοτεχνολογία, οι οποίοι μελετούν τη νανοκλίμακα από διαφορετική ερευνητική οπτική. Πιο συγκεκριμένα, Νανοτεχνολογία καλείται ο επιστημονικός κλάδος που σχετίζεται με τον χειρισμό της ύλης και την τροποποίηση μοριακών δομών σε επίπεδο νανοκλίμακας (1- 100nm). Στόχος της είναι η ανάπτυξη νέων προϊόντων και εφαρμογών με καινοτόμες ιδιότητες που εμφανίζονται στην κλίμακα αυτή. Αντίθετα, Νανοεπιστήμη καλείται ο επιστημονικός κλάδος ο οποίος μελετά τη συμπεριφορά των αντικειμένων και τα φαινόμενα στη νανοκλίμακα. Ωστόσο, όλες οι βιβλιογραφικές αναφορές υποστηρίζουν ότι η N- ET στο σύνολό της ασχολείται με την νανοκλίμακα (1- 100nm) και ότι η αλλαγή της δομής των υλικών σε αυτό το εύρος κλίμακας οδηγεί στην δημιουργία υλικών με προηγμένες ιδιότητες (Πέικος, 2022).

Στη νανοκλίμακα οι ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις και η επίδραση της ατομικής οργάνωσης της ύλης ασθενούν. Συνεπώς, το ίδιο υλικό μπορεί στη μακροκλίμακα να εμφανίζει εντελώς διαφορετικές ιδιότητες από τη νανοκλίμακα. Πιο συγκεκριμένα, στο εύρος της νανοκλίμακας

αυξάνεται ο λόγος της επιφάνειας προς τον όγκο (S/V). Η αύξηση του λόγου S/V προσδίδει νέες ιδιότητες στα υλικά της νανοκλίμακας (Kumar & Kumbhat, 2016). Σε αυτό το εύρος διαστάσεων, δηλαδή, οι ιδιότητες ενός υλικού καθορίζονται από την επιφάνειά του και όχι από τον όγκο του, γιατί το ποσοστό των ατόμων της επιφάνειας είναι μεγαλύτερο από τον αριθμό των ατόμων στο εσωτερικό του υλικού. Για παράδειγμα, ο χρυσός αλλάζει χρώμα καθώς προσεγγίζει την νανοκλίμακα και αποκτά κόκκινο χρώμα (Filipponietal., 2013). Η N- ET μελετά τις αλλαγές αυτές με στόχο την παραγωγή προϊόντων με καινοτόμες ιδιότητες αντιγράφοντας τη δομή της ύλης στη νανοκλίμακα.

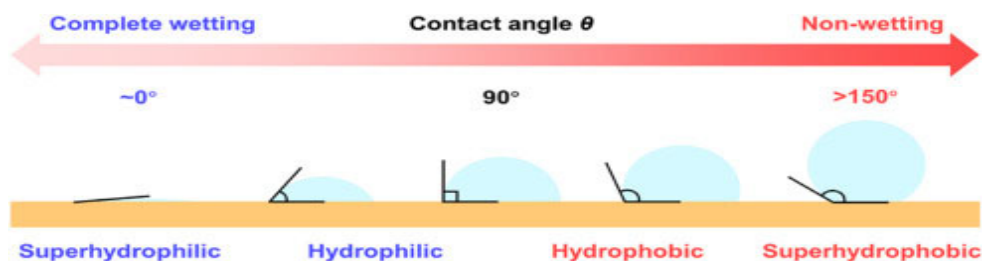
1.1.3 Οι εφαρμογές της N- ET στη φύση: η περίπτωση του φαινομένου του λωτού

Τμήμα του ερευνητικού ενδιαφέροντος της παρούσας εργασίας εστιάζεται στο φαινόμενο του λωτού. Δηλαδή, το φαινόμενο κατά το οποίο επιφάνειες της φύσης (π.χ. υδρόφοβα φυτά) αλλά και βιομηχανικά προϊόντα (π.χ. παπούτσια) δε βρέχονται και δε λερώνονται. Οι επιφάνειες αυτές έχουν την ικανότητα να παραμένουν στεγνές απομακρύνοντας ταυτόχρονα κάθε σωματίδιο βρωμιάς και σκόνης που τυχόν θα βρεθεί πάνω σε αυτές. Το φαινόμενο του λωτού σχετίζεται με τη συμπεριφορά της σταγόνας νερού, όταν πέφτει και κυλά πάνω σε φυσικές (π.χ. υδρόφοβα φυτά) ή τεχνητές επιφάνειες (π.χ. παπούτσια που δε βρέχονται και δε λερώνονται).

Σύμφωνα με τον Πίνακα 2, παρατηρούνται τέσσερα είδη επιφανειών με κριτήριο τη γωνία επαφής του υγρού με την επιφάνεια ενός στερεού. Συγκεκριμένα, όπως βλέπουμε στην Εικόνα 1, όταν μια σταγόνα νερού πέσει σε μια επιφάνεια και απλωθεί πλήρως πάνω της, η επιφάνεια θα βραχεί. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται διαβροχή (Lee, 2014). Ο προσδιορισμός της διαβροχής πραγματοποιείται από τη μέτρηση της γωνίας επαφής (contactangle) που σχηματίζεται από την επιφάνεια και το υγρό, στο σημείο όπου συναντώνται οι τρεις φάσεις της ύλης (στερεό, υγρό, αέριο) (Bhushan κ.ά., 2010, σ. 1420; Μάνου, 2020). Για να υπολογιστεί η γωνία επαφής χρειάζεται να φέρουμε την επαπτομένη στο σημείο που τέμνονται η υγρή, η στερεή και η αέρια φάση.

Όταν η γωνία επαφής είναι $\theta < 10$ μοιρών, τότε η επιφάνεια χαρακτηρίζεται υπερ- υδρόφιλη (superhydrophilic) . Όταν η γωνία επαφής είναι $10 < \theta < 90$ μοίρες, τότε η επιφάνεια χαρακτηρίζεται ως υδρόφιλη (hydrophilic) και η σταγόνα απλώνεται πάνω της (Σπύρτου κ.α, 2018). Καθώς μεγαλώνει η γωνία επαφής, μικραίνει η διαβροχή της επιφάνειας. Όταν η γωνία

επαφής είναι $90 < \theta < 150$ μοίρες, τότε η επιφάνεια χαρακτηρίζεται υδρόφοβη (hydrophobic). Τέλος, όταν η γωνία επαφής ξεπερνά τις 150 μοίρες ($\theta > 150$ μοίρες), η επιφάνεια χαρακτηρίζεται υπερ- υδρόφοβη (superhydrophobic) και η σταγόνα έχει σφαιρικό σχήμα. Είναι δυνατόν μια υδρόφιλη επιφάνεια να γίνει υπερ- υδρόφοβη ή το αντίστροφο, αυξάνοντας ή μειώνοντας την τραχύτητα της.



Εικόνα 1: Είδος επιφάνειας με βάση τη γωνία επαφής της σταγόνας νερού με αυτή⁴

Πίνακας 2: Είδος επιφάνειας με βάση τη γωνία επαφής της σταγόνας νερού με αυτή

Είδος επιφάνειας	Γωνία Επαφής (Contact angle) θ
Υπερ- υδρόφιλη (super- hydrophilic)	$\theta < 10$ μοίρες
Υδρόφιλη (hydrophilic)	$10 < \theta < 90$ μοίρες
Υδρόφοβη (hydrophobic)	$90 < \theta < 150$ μοίρες
Υπερ- υδρόφοβη (super- hydrophobic)	$\theta > 150$ μοίρες

Η συμπεριφορά της σταγόνας του νερού σε υπέρ- υδρόφοβες επιφάνειες αποτελεί μια από τις εφαρμογές της N- ET (Πέικος, 2016). Το φαινόμενο αυτό παρατηρήθηκε για πρώτη φορά στο φύλλο ενός ασιατικού υδρόβιου φυτού, τον λωτό, από όπου πήρε και το όνομά του (Taylor κ.ά., 2008) (βλ. Εικόνα 2). Το συγκεκριμένο είδος φυτού ζει και αναπτύσσεται σε λίμνες και λασπώδεις τοποθεσίες. Αποτελεί σημαντικό θρησκευτικό στοιχείο των κατοίκων της περιοχής και είναι σύμβολο αγνότητας και καθαρότητας.

⁴

[Schematic illustration of the "self-cleaning" concept. A water droplet... | Download Scientific Diagram \(researchgate.net\)](#)

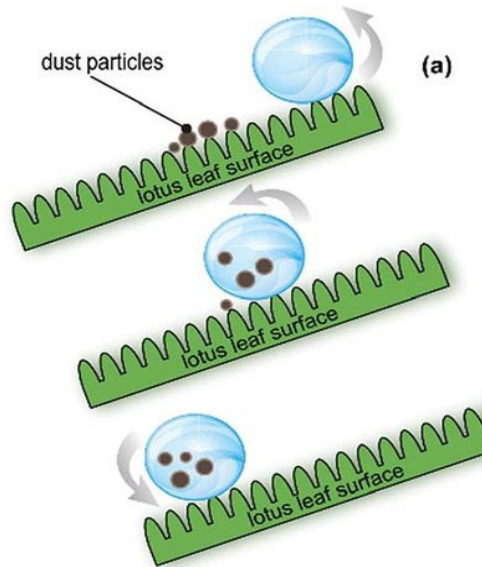


Εικόνα 2: Ασιατικός λωτός ως σύμβολο αγνότητας και καθαρότητας

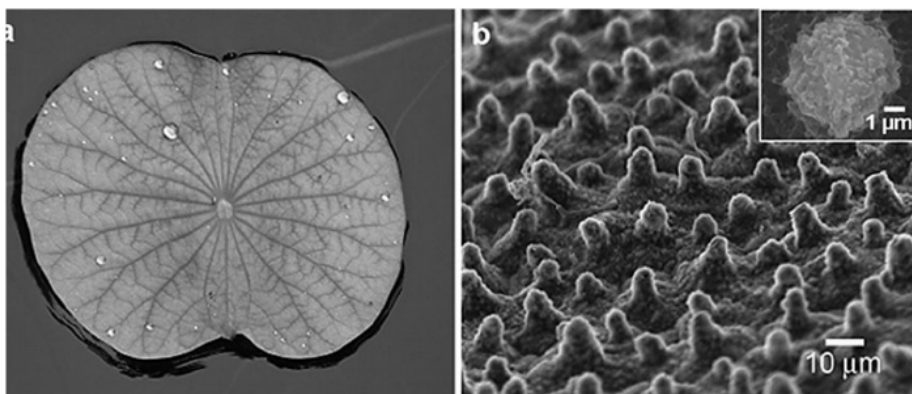
Ο λωτός απασχόλησε τους ερευνητές λόγω των υπερ- υδροφοβικών ιδιοτήτων της επιφάνειας του. Πιο συγκεκριμένα, η επιφάνεια του φύλλου του λωτού (lotus leaf surface) στη νανοκλίμακα καλύπτεται από μικροδομές και νανοδομές (Εικόνα 4). Η μικροδομή του φύλλου καλύπτεται από προεξοχές μεγέθους μικροκλίμακας με ύψος περίπου 15 μm και διάμετρο περίπου 5-10 μm . Κάθε προεξοχή καλύπτεται από κηρώδη σωληνοειδή εξογκώματα ύψους περίπου 100-500 nm και διαμέτρου 100 - 300nm (Bhushan κ.α 2010; Kim κ.ά., 2018). Η νανοδομή της επιφάνειας προσδίδει σφαιρικό σχήμα σε κάθε υγρό στοιχείο που έρχεται σε επαφή, μετατρέποντας την επιφάνεια σε υπερ- υδρόφοβη. Συνεπώς, όταν μια σταγόνα νερού πέσει στο φύλλο, ο αέρας που υπάρχει μεταξύ των νανοεξογκωμάτων εγκλωβίζεται ανάμεσα τους, γεγονός που αυξάνει την επιφανειακή τάση του νερού, λόγω των ελκτικών δυνάμεων που ασκούνται μεταξύ των μορίων του. Τα μόρια του νερού στο εσωτερικό της σταγόνας έλκονται περισσότερο μεταξύ τους παρά με τα μόρια του αέρα που βρίσκονται στον χώρο γύρω από αυτήν (Bhushan κ.ά., 2010).

Ταυτόχρονα, η νανοδομή του φύλλου το βοηθά να αυτοκαθαρίζεται. Πιο συγκεκριμένα, όταν μια σταγόνα νερού πέσει πάνω σε μια υπερ- υδρόφοβη επιφάνεια, η σταγόνα γίνεται σφαιρική και κυλά στην επιφάνεια. Καθώς η σταγόνα νερού κυλά, τα σωματίδια βρομιάς (dust particles) που υπάρχουν στην επιφάνεια προσκολλώνται στη σταγόνα με αποτέλεσμα το φύλλο να αυτοκαθαρίζεται. Ο αυτοκαθαρισμός σχετίζεται με τη γωνία κλίσης του φύλλου (Εικόνα 3). Η γωνία κλίσης είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της επιφάνειας και της σταγόνας του νερού όταν η σταγόνα αρχίζει να κινείται. Στις υπερ- υδρόφοβες και αυτοκαθαριζόμενες

επιφάνειες η γωνία κλίσης είναι μικρότερη των 10 μοιρών (Bhushan κ.ά. , 2010, σσ 1420-1421).



Εικόνα 3: Υδροφοβικότητα και αυτοκαθαρισμός επιφανειών⁵



Εικόνα 4: Η επιφάνεια του φύλλου του λωτού στον μακρόκοσμο (a) και οι μικροδομές και οι νανοδομές της επιφάνειάς του στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (b)⁶

Σήμερα, τα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών (εφεξής Α. Π. Σ.) της Α/θμιας και Β/θμιας εκπαίδευσης δεν περιλαμβάνουν την διδασκαλία φαινομένων τουνανόκοσμου (Σπύρτου ,

⁵ (a) An image of a lotus leaf on the water. (b) A scanning electron... | Download Scientific Diagram (researchgate.net)

⁶ Welcome to The Nanodatabase (nanodb.dk)

Μάνου , Πέικος & Παπαδοπούλου , 2018). Ωστόσο, η ραγδαία ανάπτυξη της N- ET καθιστά επιτακτική την διάδοση του περιεχομένου της στις σχολικές τάξεις, καθώς οι μαθητές/τριες, ως μελλοντικοί πολίτες, θα κληθούν να εργαστούν σε τομείς που σχετίζονται με το περιεχόμενο και τα φαινόμενα της. Στο επόμενο κεφάλαιο περιγράφεται η εκπαιδευτική αξία της N- ET και η αξία της για την εκπαιδευτική πραγματικότητα.

1.1.4 Η αξία της N- ET για την εκπαιδευτική πραγματικότητα

Η καλλιέργεια του γραμματισμού συνιστά έναν από τους πρωταρχικούς στόχους της σύγχρονης εκπαιδευτικής κοινότητας. Στην περίπτωση της N- ET, στόχος είναι η κατάκτηση του νανο-γραμματισμού, ο οποίος σχετίζεται με την καλλιέργεια του γραμματισμού σχετικά με το περιεχόμενο και τα φαινόμενα του νανόκοσμου (Laherto, 2010; Kurt Winkelmann & Bhushan, 2017). Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για την ικανότητα των μαθητών/τριών να κατέχουν γνώσεις και δεξιότητες που τους επιτρέπουν να χειρίζονται με ευκολία θέματα της καθημερινής ζωής που άπτονται στη N- ET (Laherto, 2010; Kurt Winkelmann & Bhushan, 2017; Σπύρτου, Μάνου, Πέικος & Παπαδοπούλου, 2018).

Τα τελευταία χρόνια ερευνητικές ομάδες διεθνώς μελετούν και εργάζονται πάνω στην διδακτική του περιεχομένου και των φαινομένων της N- ET σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης. Οι Bryan κ.ά. (2015) περιγράφουν αναλυτικά το περιεχόμενο των εννοιών της N- ET και τους αντίστοιχους μαθησιακούς στόχους οι οποίοι απευθύνονται σε μαθητές/τριες Β/θμιας εκπαίδευσης. Φαίνεται, μάλιστα, πως το ερευνητικό ενδιαφέρον σχετικά με την διδασκαλία ζητημάτων που άπτονται της N- ET δεν περιορίζεται μόνο στην εκπαίδευση του μαθητή αλλά και στην εκπαίδευση των εκπαιδευτικών. Για παράδειγμα, στην Ελλάδα ήδη εντοπίζονται εκπαιδευτικά προγράμματα και έρευνες που μελετούν τις απόψεις εν ενεργεία και εν δυνάμει υποψηφίων εκπαιδευτικών Α/θμιας εκπαίδευσης σχετικά με τη N- ET (Μπατσιόλας, 2021) και την εκπαίδευσή τους σε ζητήματα Νανοτεχνολογίας (Μάνου κ.ά. 2018; Αλεξίου, 2019).

Τις τελευταίες δεκαετίες διερευνάται η εισαγωγή του περιεχομένου και των φαινομένων της N- ET στα Προγράμματα Σπουδών των Φυσικών Επιστημών. Οι συζητήσεις για την τροποποίηση των Α. Π. Σ. σε σχέση με θέματα που άπτονται της N- ET στρέφεται γύρω από τις κατευθυντήριες γραμμές διαμόρφωσής του. Ζητήματα όπως ο χρόνος και η υπερφόρτωση των Π. Σ με γνωστικά αντικείμενα έρχονται στην επιφάνεια (Ghattas & Carver, 2012). Η υλοποίηση ερευνών σχετικά με την τροποποίηση των Α. Π. Σ. και τον εμπλουτισμό τους με έννοιες που

σχετίζονται με τη Ν- ET υποδηλώνει αφενός μεν την αναγκαιότητα εισχώρησης της Ν- ET στα Α. Π. Σ. , αφετέρου δε την δυνατότητα διάχυσης του περιεχομένου και των εννοιών της Ν- ET στο ήδη υπάρχον Π. Σ. του δημοτικού σχολείου.

Στην Ελλάδα, οι Μάνου & Σπύρτου (2013) επιχείρησαν την σύνδεση βασικών εννοιών της Ν- ET με το Νέο Π. Σ. για τις Φυσικές Επιστήμες. Σύμφωνα με την έρευνά τους, βασικές έννοιες της Ν- ET μπορούν να ενταχθούν σε θεματικές ενότητες του γνωστικού αντικειμένου «Φυσικά: Ερευνώ και ανακαλύπτω» του Νέου Προγράμματος Σπουδών για τις Φυσικές Επιστήμες . Οι ενότητες αυτές σχετίζονται με την έμφια ύλη, την ενέργεια και τα τεχνολογικά μέσα που χρησιμοποιούνται στην καθημερινή ζωή (Μάνου & Σπύρτου, 2013).

Ο πολυεπιστημονικός χαρακτήρας της Ν- ET και η άμεση σύνδεσή της με το περιεχόμενο των αναλυτικών προγραμμάτων καθιστούν επιτακτική την εκπαίδευση των πολιτών του 21ου αιώνα για θέματα που σχετίζονται με αυτή. Ταυτόχρονα, αναδεικνύουν την ανάγκη επαναπροσδιορισμού του υλικού κόσμου στον οποίο μαθητές/ τριες και εκπαιδευτικοί ζουν και δρουν, συμπεριλαμβάνοντας σε αυτόν το νανόκοσμο και τις καινοτόμες ιδιότητες των εφαρμογών του, εκτός από τον μακρόκοσμο και το μικρόκοσμο (Ghattas & Carver, 2012). Πέρα από την επιστήμη, η Ν- ET φέρει αλλαγές σε θέματα που απασχολούν την κοινωνία, το περιβάλλον και την υγεία (Spencer, Waldron & Batt, 2006). Συνεπώς, οι πολίτες καλούνται να διαχειριστούν τα ζητήματα αυτά με υπευθυνότητα, ώστε να είναι ικανοί να διαμορφώσουν τη δική τους στάση απέναντι σε καίρια ζητήματα του μέλλοντος (Laherto, 2010).

1.1.5 Οι «Μεγάλες Ιδέες» και οι ιδέες των μαθητών/ τριών για τη Ν- ET Μεγάλες Ιδέες της Ν- ET

Η εισχώρηση της Ν- ET στην εκπαιδευτική πραγματικότητα αποτελεί πρόκληση (Roco, 2003). Ωστόσο, έχουν ήδη πραγματοποιηθεί έρευνες οι οποίες διερευνούν ποιες έννοιες της Ν- ET δύνανται να εισαχθούν σε κάθε βαθμίδα εκπαίδευσης (Blonder & Sakhnini, 2016, σ. 124). Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, οι θεμελιώδεις έννοιες που απαιτούνται για την διαμόρφωση ενός πεδίου ικανού για την εξήγηση ενός φαινομένου ονομάζονται Μεγάλες Ιδέες (εφεξής Μ. Ι. ή Big Ideas) (Stevens et. al., 2009). Οι έννοιες της Ν- ET που μπορούν να διδαχθούν στις σχολικές βαθμίδες καλούνται και *πυρηνικές ιδέες* (coreconcepts) (Huang κ.ά., 2011) ή *Βασικές έννοιες* (essential concepts) (Sakhnini & Blonder, 2015). Ωστόσο, ο όρος

Μεγάλες Ιδέες (M. I. και Big Ideas) της N- ET υιοθετείται και χρησιμοποιείται με μεγαλύτερη συχνότητα (Stevens κ.ά., 2009).

Εντοπίζονται τέσσερις ερευνητικές ομάδες οι οποίες ασχολούνται με τον διδακτικό μετασχηματισμό του περιεχόμενου και των φαινομένων της N- ET για μαθητές/ τριες Α/ θμιας και Β/ θμιας εκπαίδευσης. Οι δυο ερευνητικές ομάδες βρίσκονται στις ΗΠΑ (Stevens κ.ά., 2012) και στο Ισραήλ (Sahknini & Blonder, 2015) και ασχολούνται με την εισαγωγή της N- ET στην Β/ θμια εκπαίδευση. Αντίστοιχα, οι Huang κ.ά. (2011) στο Ταϊβάν και οι Ρείκος κ.ά. (2022) στην Ελλάδα μελετούν την εισαγωγή εννοιών και φαινομένων της N- ET στην Α/ θμια εκπαίδευση. Σύμφωνα με τον Πίνακα 4, οι Μ. Ι. που απευθύνονται στη Β/ θμια εκπαίδευση είναι εννέα (Stevens κ.ά., 2009; Μάνου & Σπύρτου, 2018), ενώ, σύμφωνα με τους Πείκος κ.ά. (2022) και Ju & Jen (2020), σχεδόν οι μισές από αυτές (βλ. πράσινο χρώμα στον Πίνακα 4) απευθύνονται στην Α/θμια εκπαίδευση.

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στην διδασκαλία ενός φαινομένου της N- ET στην Α/ θμια εκπαίδευση. Συνεπώς, η βιβλιογραφική έρευνα επικεντρώθηκε στις Μ.Ι. που χρησιμοποιούνται στο δημοτικό.

Οι Huang κ.ά. (2011) υποστηρίζουν ότι οι Μ. Ι. α) Μέγεθος και κλίμακα, β) Ιδιότητες των υλικών που εξαρτώνται από το μέγεθος, γ) Εργαλεία και όργανα δ) Αυτο- οργάνωση ε) Μοντέλα και προσομοιώσεις, στ) Επιστήμη – Τεχνολογία - Κοινωνία δύνανται να αξιοποιηθούν στο δημοτικό σχολείο (Stevens, Sutherland, Schank & Krajcik, 2007; Stevens, Sutherland & Krajcik, 2009). Μεταγενέστερες έρευνες των Yu & Jen (2020) υποστηρίζουν ότι πέντε Μ. Ι. προτείνονται να αξιοποιηθούν στην Α/θμια εκπαίδευση. Ωστόσο, οι Πείκος κ. α. (2022) ακολουθώντας την ερευνητική προσπάθεια των Ju & Jen (2020), υποστηρίζουν ότι η Μ. Ι. «Δομή της ύλης» και τα «Μοντέλα και προσομοιώσεις» δεν είναι κατάλληλες ώστε να διδαχθούν στο Δημοτικό σχολείο.

Πίνακας 3 : Μεγάλες Ιδέες «Big Ideas» της N- ET (Stevens κ.ά., 2009; Peikos κ.ά., 2022)

Μεγάλες Ιδέες (Big Ideas) της N- ET
M. I. 1 Μέγεθος και κλίμακα (Size and scale)
M. I. 2 Δομή της ύλης (Structure of matter)
M. I. 3 Δυνάμεις και αλληλεπιδράσεις (Forces and Interactions)
M. I. 4 Κβαντικά φαινόμενα (Quantum Effects)
M. I. 5 Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος (Size- dependent properties)
M. I. 6 Αυτο- οργάνωση (Self- Assembly)
M. I. 7 Εργαλεία και όργανα (Tools and Instrumentation)
M. I. 8 Μοντέλα και προσομοιώσεις (Models and Stimulation)
M. I. 9 Επιστήμη – Τεχνολογία – Κοινωνία (Science – Technology - Society)

Παρακάτω περιγράφεται το περιεχόμενο και η περιγραφή των M. I. της N- ET (Big Ideas) που εφαρμόζονται στις διδακτικές προτάσεις μετασχηματισμού του περιεχομένου της N- ET οι οποίες απευθύνονται σε μαθητές/ τριες δημοτικού σχολείου (Μάνου κ.ά., 2018; Peikos κ.ά., 2022).

Μέγεθος και κλίμακα (M.I. 1)

Όπως είδαμε παραπάνω, τα αντικείμενα ανάλογα με το μέγεθός τους ταξινομούνται σε κλίμακες (μακρόκοσμος, μικρόκοσμος, νανόκοσμος). Η ταξινόμηση των αντικειμένων σε κλίμακες πραγματοποιείται με αριθμητικά (π. χ. μονάδες μέτρησης) ή ποιοτικά (π. χ. αντικείμενα αναφοράς) κριτήρια. Σε αυτή τη M. I. εντάσσεται και η αναλογία S/V , η οποία αναλύθηκε παραπάνω. Το μέγεθος και η κλίμακα συγκεντρώνει το μεγαλύτερο ερευνητικό

ενδιαφέρον (Bryan κ.α, 2015) καθώς συνιστούν θεμελιακές ιδέες για την κατανόηση όλων των άλλων M. I. (Stevens κ.ά., 2009).

Μέσα από τη διδασκαλία της M. I. Μέγεθος και κλίμακα οι μαθητές/ τριες αναμένεται να αναπτύσσουν δεξιότητες εκτίμησης και σύγκρισης μεγεθών σε όλες τις κλίμακες (Μάνου & Σπύρτου, 2013). Ωστόσο, η εκτίμηση και η σύγκριση μεγεθών στη νανοκλίμακα προϋποθέτει την εννοιολογική κατανόηση ποιοτικών και ποσοτικών γνωστικών διαδικασιών: τη γενίκευση, τη διάκριση, τη λογική αναλυτική σκέψη, την απόδοση του απόλυτου μεγέθους και την αριθμητική αναλογική σκέψη. Οι τρεις πρώτες γνωστικές διαδικασίες είναι ποιοτικές, ενώ οι υπόλοιπες ποσοτικές (Magana κ.ά., 2012; Tretter κ.ά., 2006; Delgado κ.ά., 2007, 2015; Magana, 2014; Kong κ.ά., 2017). Σύμφωνα με τους Peikos κ.ά. (2022), το Μέγεθος και η Κλίμακα θεωρούνται απαραίτητες έννοιες για την σχεδίαση προγραμμάτων Νανοτεχνολογίας που απευθύνονται σε μαθητές/ τριες με περιορισμένη προϋπάρχουσα γνώση για το περιεχόμενο της N- ET. Μάλιστα, στην Α/ θμια εκπαίδευση χρησιμοποιείται ως εργαλείο για τον ορισμό φαινομένων και εννοιών της N- ET (Sakhnini & Blonder, 2015).

Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος (M.I.5)

Οι ιδιότητες ενός υλικού συνδέονται άμεσα με το εύρος των διαστάσεων στις οποίες μελετάται κάθε φορά. Όταν αναφερόμαστε σε ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος ενός υλικού, αναφερόμαστε είτε σε ιδιότητες που κυριαρχούν στην επιφάνεια και σχετίζονται με το λόγο S/V, είτε σε ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος και σχετίζονται με τον αριθμό των ατόμων που συγκροτούν το υλικό και το σχήμα του υλικού (Stevens κ.ά., 2009). Πιο συγκεκριμένα, κατά τη μετάβαση ενός υλικού από τη μακροκλίμακα στη νανοκλίμακα, οι ιδιότητες του αλλάζουν απροσδόκητα και το υλικό αποκτά νέα λειτουργικότητα (Stevens κ.ά., 2009; Sakhnini & Blonder, 2015).

Οι Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος συναντώνται και αναγνωρίζονται ως M. I. της N- ET και στις τέσσερις προτάσεις για την εισαγωγή εννοιών και φαινομένων της N- ET σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης. Σχετικά με την διδασκαλία της N- ET στο δημοτικό σχολείο, αυτή η M. I. εντάσσεται στη M. I. «Χαρακτηριστικά της Νανοκλίμακας» (Sakhnini & Blonder, 2015). Τέλος, οι Peikos κ.ά. (2022), συμφωνούν με προγενέστερες έρευνες (Blonder & Rap, 2013; Blonder & Sakhnini, 2012; Blonder & Yonai, 2020; Sakhnini & Blonder, 2015), οι οποίες υποστηρίζουν πως οι Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος ενισχύουν την κατανόηση και την

αντίληψη των μαθητών/ τριών Α/ θμιας εκπαίδευσης σχετικά με θέματα που σχετίζονται με το περιεχόμενο της Ν- ΕΤ και τα φαινόμενα της νανοκλίμακας.

Εργαλεία και όργανα (Μ. Ι. 7)

Ο άνθρωπος για να παρατηρήσει και να μελετήσει το περιβάλλον γύρω του αξιοποιεί τις αισθήσεις του. Ωστόσο, η ανακάλυψη υλικών που δεν είναι αντιληπτά με τις ανθρώπινες αισθήσεις, ανέδειξε την ανάγκη δημιουργίας νέων πειραματικών επιστημονικών εργαλείων για την παρατήρησή τους. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποίησε την τεχνολογία και προχώρησε στην κατασκευή εργαλείων και οργάνων για την παρατήρηση πειραματικών ελέγχων σε μικρότερες κλίμακες. Τα πειραματικά όργανα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της τεχνολογίας και της επιστήμης. Παραδείγματα εργαλείων και οργάνων που κατασκευάστηκαν και αξιοποιήθηκαν από τον άνθρωπο για την μελέτη του φυσικού κόσμου είναι το οπτικό και το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

Τον 17^ο αιώνα ο Anton Van Leeuwenhoek ανέπτυξε το πρώτο οπτικό μικροσκόπιο και παρατήρησε τη δομή του νερού και του αίματος. Το όριο ανάλυσης του οπτικού μικροσκοπίου του ήταν 0,2 μm ή 2×10^{-7} m (Stevens κ.ά., 2009). Η ανάπτυξη της επιστήμης οδήγησε στην δημιουργία νέων ακόμα ισχυρότερων μικροσκοπίων. Τα όρια μελέτης των νέων οργάνων έφταναν τα 10 nm (Stevens κ.ά., 2009; Kumar & Kumbhat, 2016).

Πιο συγκεκριμένα, στα τέλη του 20^{ου} αιώνα παρουσιάστηκαν τα πρώτα ηλεκτρονικά μικροσκόπια σάρωσης (Scanning Electron Microscope) και τα μικροσκόπια ακίδας (Scanning Probe Microscopes). Σε αντίθεση με τα οπτικά μικροσκόπια, τα ηλεκτρονικά μικροσκόπια σάρωσης χρησιμοποιούν μαγνητικούς φακούς και δέσμες ηλεκτρονίων για τη παρατήρηση του παρατηρούμενου υλικού. Οι δέσμες ηλεκτρονίων σαρώνουν το παρατηρούμενο υλικό και ο μαγνητικός φακός το μεγεθύνει μέχρι και 10 nm.

Αντιστοίχως, τα μικροσκόπια ακίδας εξετάζουν το παρατηρούμενο υλικό με μια ακίδα διαμέτρου μικρότερη των 10 nm, η οποία περνά πάνω από την επιφάνεια έχοντας πάντοτε την ίδια απόσταση με αυτή. Τα εργαλεία αυτά χρησιμοποιούνται για το χειρισμό και την κατασκευή δομών στη νανοκλίμακα (Stevens κ. α., 2009; Kumar & Kumbhat, 2016).

Τα εργαλεία και τα όργανα εμφανίζονται ως αυτόνομη μεγάλη ιδέα στους Stevens κ.ά., (2009), ενώ οι Sakhnini & Blonder (2015) κατατάσσουν την κατηγορία αυτή στην Μ. Ι. «Μέθοδοι

χαρακτηρισμού». Ομοίως με τη Μ. Ι. Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος, έτσι και η Μ. Ι. Όργανα και Εργαλεία υποστηρίζεται ότι βοηθά τους μαθητές/ τριες να αντιληφθούν και να κατανοήσουν καλύτερα το περιεχόμενο της Ν- ΕΤ και τα φαινόμενα της ναοκλίμακας (Blonder & Rap, 2013; Blonder & Sakhnini, 2012; Blonder & Yonai, 2020; Sakhnini & Blonder, 2015; όπως αναφέρεται στους Ρεϊκος κ.ά., 2022). Μάλιστα, οι Stevens κ.ά. (2009) προτείνουν αυτή η Μ. Ι. να διδάσκεται συνδυαστικά με τη Μ. Ι. Μέγεθος και κλίμακα, αφού το μέγεθος ενός αντικειμένου καθορίζει το όργανο με το οποίο θα μελετηθεί.

Επιστήμη- Τεχνολογία- Κοινωνία (MI9)

Η Ν- ΕΤ και οι καινοτομίες της σταδιακά διαμορφώνουν μια νέα πραγματικότητα με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας της ζωής του ανθρώπου. Προϊόντα που αξιοποιούν τις ιδιαίτερες ιδιότητες της ναοκλίμακας παράγονται συνεχώς για την κάλυψη των ανθρώπινων αναγκών σε κάθε τομέα της ανθρώπινης ζωής (π.χ. υγεία, τεχνολογία, βιομηχανία) (Jones κ.ά., 2013; Stevens κ.ά., 2009). Για παράδειγμα, ήδη ο σύγχρονος καταναλωτής μπορεί να βρει στην αγορά προϊόντα που δε βρέχονται και δε λερώνονται, τα οποία μιμούνται τη δομή του φύλλου του λωτού στη ναοκλίμακα (βιομίμηση) (Kim κ.ά., 2018).

Ωστόσο, η ραγδαία ανάπτυξη της Ν- ΕΤ και η διάχυσή της στη καθημερινή ζωή του σύγχρονου ανθρώπου, αφενός μεν επιλύει προβλήματα της καθημερινής ζωής, αφετέρου δε, υποκρύπτει έναν προβληματισμό για τις επιπτώσεις των νέων, καινοτομικών προϊόντων που παράγονται με τις αρχές της Ν- ΕΤ. Για τον λόγο αυτό, η Μ. Ι. Επιστήμη – Τεχνολογία – Κοινωνία περιγράφει τη φύση της επιστήμης και της τεχνολογίας, καθώς και την επίδραση της κοινωνίας από την τεχνολογική και επιστημονική πρόοδο. Υποστηρίζει την μάθηση με ενεργό συμμετοχή των μαθητών/ τριών στην εξέλιξη της Ν- ΕΤ, ενώ μελετώνται και τα οφέλη και οι επιπτώσεις της Ν- ΕΤ στον άνθρωπο και το περιβάλλον. Τέλος, συνδέεται με όλες τις άλλες έννοιες που σχετίζονται με το περιεχόμενο της Ν- ΕΤ, όπως το Μέγεθος και η Κλίμακα και οι καινοτομίες και οι εφαρμογές της Ν- ΕΤ (Stevens κ.ά., 2009; Ρεϊκος κ.ά., 2022).

1.1.7 Έρευνες σχετικές με τις ιδέες των μαθητών/ τριών Α/θμιας εκπαίδευσης για το περιεχόμενο της Ν- ET και το φαινόμενο του λωτού

Το πρώτο βήμα για τη διδασκαλία ενός φαινομένου των Φυσικών Επιστημών είναι η εξερεύνηση των αρχικών ιδεών των μαθητών/ τριών σχετικά με το φαινόμενο που μελετάται. Οι αρχικές ιδέες των μαθητών/ τριών για τον φυσικό κόσμο και τα φυσικά φαινόμενα σχετίζονται με ό, τι είναι αντιληπτό με τις αισθήσεις και στηρίζονται στα φυσικά χαρακτηριστικά των αντικειμένων με τα οποία οι μαθητές/τριες έρχονται σε επαφή στην καθημερινή τους ζωή πριν από την σχολική γνώση. Η μετάβαση από τις αρχικές ιδέες στις επιστημονικές γνώσεις καλείται εννοιολογική αλλαγή. Πρόκειται για μια αργή διαδικασία τα αποτελέσματα της οποίας εμφανίζονται με την πάροδο του χρόνου (Vosniadou, 2012, σ. 121).

Η Ν- ET μελετά και αναφέρεται σε έννοιες και φαινόμενα που παρατηρούνται στη νανοκλίμακα. Πρόκειται, δηλαδή, για φαινόμενα και διαδικασίες που δεν είναι αντιληπτά με τις αισθήσεις. Συνεπώς, η εισαγωγή εννοιών της Ν- ET στην εκπαίδευση δεν είναι εύκολη υπόθεση και αποτελεί πρόκληση. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια πραγματοποιούνται έρευνες που διερευνούν τις αρχικές ιδέες των μαθητών για έννοιες που σχετίζονται με τη Ν- ET και μελετούν την εισαγωγή φαινομένων της Ν- ET στην Α/ θμια και Β/ θμια εκπαίδευση. Παρακάτω παρουσιάζονται οι αρχικές ιδέες των μαθητών/ τριών για τον ορισμό της νανοτεχνολογίας, το μικρότερο αντικείμενο και την εξήγηση του φαινομένου του λωτού.

Ιδέες των μαθητών/ τριών για το περιεχόμενο του όρου Νανοτεχνολογία

Οι ιδέες των μαθητών/τριών για το περιεχόμενο του όρου Νανοτεχνολογία πηγάζουν από τις απαντήσεις τους σε ερωτήματα όπως «Τι νομίζεις ότι είναι η νανοτεχνολογία;». Βιβλιογραφικά, οι περισσότεροι μαθητές/τριες Α/θμιας εκπαίδευσης συνδέουν τη Νανοτεχνολογία με ανθρωπομορφικούς όρους λόγω του προσφύματος «νάνο» που σημαίνει πολύ μικρός ή νάνος (Ρεϊκος κ.ά., 2021; Ρεϊκος κ.ά., 2017; Πέικος κ.ά., 2017; Πέικος, Μάνου, κ.ά., 2015b; Πέικος, Παπαδοπούλου, κ.ά., 2015), ενώ λιγότεροι μαθητές αναφέρονται σε μη ορατά αντικείμενα, όπως τα κύτταρα (Ρεϊκος κ.ά. 2022). Ακόμα, συνδέουν τη νανοτεχνολογία με ισχυρά όργανα παρατήρησης ή τεχνολογικές και ηλεκτρονικές εφευρέσεις (Ρεϊκος κ.ά., 2022). Τέλος, δίνουν απαντήσεις όπως «...είναι κάμερες που μπαίνουν στο σώμα μας» (Murriello κ.ά., 2006; Waldron κ.ά., 2006; Castellini κ.ά., 2007).

Ιδέες των μαθητών/τριών σχετικά με το Μέγεθος και την κλίμακα

Το μέγεθος και η κλίμακα έχουν συγκεντρώσει το μεγαλύτερο ερευνητικό ενδιαφέρον σχετικά με την εκπαίδευση των μαθητών/τριων (Bryan κ.ά., 2015), καθώς επίσης, συμπεριλαμβάνονται στις Μεγάλες Ιδέες που προτείνονται να αξιοποιηθούν στην Α/θμια εκπαίδευση για την διάχυση της N- ET στις σχολικές τάξεις (Peikos κ.ά., 2022). Ωστόσο, η σχεδίαση εκπαιδευτικού υλικού για τον σκοπό αυτό, προϋποθέτει την διερεύνηση των αρχικών ιδεών των μαθητών/τριων της Α/θμιας εκπαίδευσης για τις δυο έννοιες.

Όταν αναφερόμαστε στο Μέγεθος και την κλίμακα, επικεντρωνόμαστε στην αντίληψη που έχουν οι μαθητές για το μικρότερο αντικείμενο που μπορούν να παρατηρήσουν, καθώς και στην δεξιότητά τους να κατηγοριοποιούν αντικείμενα με βάση το μέγεθός τους ή να ταξινομούν αντικείμενα από το μικρότερο στο μεγαλύτερο. Παρακάτω, παρουσιάζονται οι αρχικές ιδέες των μαθητών/τριων Α/θμιας εκπαίδευσης σχετικά με α) το μικρότερο αντικείμενο που μπορούν να ονοματίσουν, β) την ταξινόμηση αντικειμένων και γ) την σειροθέτηση αντικειμένων στη μακροκλίμακα, τη μικροκλίμακα και τη νανοκλίμακα.

Σχετικά με το μικρότερο αντικείμενο που υπάρχει, οι μαθητές/τριες Α/θμιας εκπαίδευσης αναφέρουν μη ορατά αντικείμενα, συμπεριλαμβανομένων κυρίως αντικείμενα του μικρόκοσμου (Peikos κ.ά., 2022). Συγκεκριμένα, αναφέρουν τα «μικρόβια», το «κύτταρο», το «κουάρκ», το «μυρμήγκι», το «μόριο» (Castellini κ.ά., 2007; Tretter κ.ά., 2006; Peikos κ.ά., 2020), «το ηλεκτρόνιο» (Peikos κ.ά., 2022), ενώ από τη ΣΤ΄ τάξη και έπειτα αναφέρουν «τα άτομα» και «τα μόρια» (Castellini κ.ά., 2007; Waldron, Spencer, & Batt, 2006).

Οι Peikos κ.ά. (2020) υποστηρίζουν ότι οι μαθητές γνωρίζουν μη ορατά αντικείμενα, αλλά δυσκολεύονται να ταξινομήσουν τα αντικείμενα σε πλευρικές κατηγορίες (π.χ. στον μικρόκοσμο και στον νανόκοσμο) ή να τα τοποθετήσουν από το μεγαλύτερο προς το μικρότερο (Tretter κ.ά., 2006; Peikos κ.ά., 2022). Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές/τριες δυσκολεύονται να κατηγοριοποιήσουν αντικείμενα σε ομάδες με κριτήριο το μέγεθος («μεγάλα- πολύ μικρά αντικείμενα») ή την ορατότητα των αντικειμένων με γυμνό μάτι. Έτσι, διαχωρίζουν τα αντικείμενα σε «ορατά» και «μη ορατά» αντικείμενα (Σπύρτου κ.ά., 2016; Peikos κ.ά., 2020; Peikos κ.ά., 2022). Χαρακτηριστικό είναι ότι, κατά την ταξινόμηση αντικειμένων, το μυρμήγκι και το ερυθρό αιμοσφαίριο προκαλεί σύγχυση στη σκέψη των μαθητών/τριων (Peikos κ.ά., 2020).

Τέλος, σχετικά με την σειροθέτηση αντικειμένων, οι μαθητές/τριες ανταποκρίνονται επιτυχώς όταν καλούνται να εργαστούν με αντικείμενα που έχουν κάποια σχέση μεταξύ τους. Συγκεκριμένα, οι μαθητές/τριες σειροθετούν με επιτυχία ορατά αντικείμενα, ενώ δεν τα καταφέρνουν το ίδιο όταν καλούνται να σειροθετήσουν αντικείμενα μη ορατά με το ανθρώπινο μάτι, όπως το κύτταρο, το βακτήριο ή το μόριο του νερού (Tretter κ.ά., 2006; Cellestino κ.ά., 2007). Φαίνεται, λοιπόν, ότι η εμπειρία βοηθά στην εκτίμηση του μεγέθους των αντικειμένων (Peikos κ.ά., 2022; Tretter κ.ά., 2006). Μάλιστα, οι πειραματικές δραστηριότητες υποστηρίζεται ότι ενισχύουν την εκτίμηση της έννοιας του μεγέθους (Peikos κ.ά., 2022).

Ιδέες των μαθητών/τριών σχετικά με το φαινόμενο του λωτού

Η εξήγηση του φαινομένου του λωτού φαίνεται να είναι μια αναδυόμενη διαδικασία, καθώς σχετίζεται με μια συλλογική αλληλεπίδραση παραγόντων (αέρας, σταγόνα, επιφάνεια του φύλλου) που συμβάλλει στο σχηματισμό του σφαιρικού σχήματος της σταγόνας του νερού καθώς πέφτει και κυλά πάνω στην επιφάνεια του φύλλου. Ωστόσο, οι αρχικές ιδέες των μαθητών/τριών για την εξήγηση του φαινομένου απέχουν από την επιστημονική γνώση, καθώς δεν έχει δημιουργηθεί το κατάλληλο εννοιολογικό Σχήμα προκειμένου οι σχετικές έννοιες να επανακατηγοριοποιηθούν στη σωστή πλευρική κατηγορία (Peikos κ.ά., 2022). Παρακάτω περιγράφονται οι αρχικές ιδέες των μαθητών/τριών για το φαινόμενο της υπερυδροφοβικότητας και του αυτοκαθαρισμού των υλικών.

Βιβλιογραφικά, οι μαθητές/τριες προσεγγίζουν το φαινόμενο του λωτού ως άμεση διαδικασία που βασίζεται σε ασαφείς ή λανθασμένους παράγοντες (Peikos κ.ά., 2020; Peikos κ.ά., 2022). Αποδίδουν, δηλαδή, το φαινόμενο σε παράγοντες που βασίζονται στη μακροσκοπική αντιληπτική εμπειρία των μαθητών, όπως την αρχική κατάσταση του φύλλου (υγρό ή ξερό), την τραχύτητα του φύλλου (Kubish & Heyne, 2015; Peikos κ.ά., 2020;), το σχήμα ή το πάχος του φύλλου (Peikos κ.ά., 2020; Peikos κ.ά., 2022). Ακόμα, αναφέρονται σε μη ορατά χαρακτηριστικά του φύλλου, χρησιμοποιώντας μια εξήγηση που βασίζεται σε κύτταρα ή μόρια. Κάνουν λόγο, επίσης, και για αόρατες επιφάνειες που προστατεύουν το φύλλο από τη βροχή. (Peikos κ.ά., 2020). Θεωρούν, επιπρόσθετα, ότι η φύση της σταγόνας (π.χ. σχήμα του νερού ή ικανότητα της σταγόνας να κολλά στην επιφάνεια) που πέφτει και κυλά στην επιφάνεια προκαλεί το φαινόμενο. Τέλος, όλο και λιγότεροι μαθητές αναφέρονται σε εξωτερικά χαρακτηριστικά του συστήματος φύλλου-επιφάνειας. Για παράδειγμα, αποδίδουν το φαινόμενο

του λωτού στην αλλαγή της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος χώρου ή θεωρούν ότι είναι αποτέλεσμα ανθρώπινης ενέργειας π.χ. ψεκασμός με φυτοφάρμακα (Ρεϊκος κ.ά., 2020).

Τα τελευταία χρόνια, οι επιστήμονες επιχειρούν την ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού με στόχο την (επανα)τοποθέτηση των αρχικών ιδεών των μαθητών/τριων για έννοιες και φαινόμενα σχετικά με τη Ν- ET στις σωστές πλευρικές κατηγορίες, οι οποίες θα βρίσκονται κοντά στην επιστημονική γνώση. Στη συνέχεια, περιγράφονται ερευνητικές προσπάθειες ανάπτυξης εκπαιδευτικού υλικού για το φαινόμενο του λωτού στην Α/θμια εκπαίδευση.

Ανάπτυξη πειραματικών δραστηριοτήτων για το φαινόμενο του λωτού στην Α/θμια εκπαίδευση

Οι εφαρμογές της Ν- ET τόσο σε ζωικούς όσο και σε φυτικούς οργανισμούς αλλά και στην καθημερινή ζωή του ανθρώπου είναι ποικίλες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα που έχει απασχολήσει ερευνητικά τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών λόγω της νανοδομής της ύλης είναι η υπερυδροφοβικότητα των επιφανειών (φαινόμενο του λωτού). Οι περισσότερες έρευνες σχετικά με το θέμα αφορούν την Β/βαθμια και τη Γ/βαθμια εκπαίδευση, ενώ τα τελευταία χρόνια γίνεται εντατικότερη προσπάθεια και στην Α/βαθμια εκπαίδευση. Βιβλιογραφικά εντοπίζονται έρευνες σχετικά με την διάχυση φαινομένων της Ν- ET στο Δημοτικό Σχολείο. Παρακάτω περιγράφονται τα αποτελέσματα ερευνών σχετικά με την διδασκαλία του φαινομένου του λωτού στην Α/ θμια εκπαίδευση μέσα από την εμπλοκή μαθητών/ τριών σε πειραματικές δραστηριότητες.

Οι Chen, Lu & Sung (2012) πραγματοποίησαν μια διδακτική παρέμβαση 200 ωρών σε μαθητές/ τριες της Ε΄ δημοτικού. Στόχος της έρευνας ήταν η διερεύνηση της επίδρασης της άμεσης διδασκαλίας και των βιωματικών μεθόδων διδασκαλίας (experimental teaching methods) στη μάθηση εννοιών της Ν- ET. Κατά τη διάρκεια της παρέμβασης οι μαθητές/ τριες μελέτησαν πειραματικά το περιεχόμενο του φαινομένου του λωτού, τα νανοσωματίδια, τις νανοκάψουλες άνθρακα και τους νανοσωλήνες. Πιο συγκεκριμένα, παρατήρησαν τη συμπεριφορά σταγόνων νερού και σωματιδίων σκόνης πάνω στην επιφάνεια ενός φύλλου λωτού. Ακόμα, μελέτησαν τη συμπεριφορά της σταγόνας νερού καθώς κυλά στην επιφάνεια ενός ποτηριού το κάτω μέρος του οποίου είχε καεί. Μετά την ολοκλήρωση του εκπαιδευτικού προγράμματος παρατηρήθηκε ότι οι μαθητές/ τριες κατανόησαν καλύτερα το φαινόμενο του λωτού. Συγκεκριμένα, η εμπλοκή τους σε χειραπτικές δραστηριότητες και η παρατήρηση της συμπεριφοράς και του σχήματος της σταγόνας νερού σε διαφορετικές περιστάσεις βοήθησαν

τους μαθητές/τριες να αντιληφθούν την υπερ- υδροφοβικότητα και τον αυτοκαθαρισμό επιφανειών. Τέλος, αναγνώριζαν εμπειρικά τα προϊόντα που μιμούνται το φαινόμενο του λωτού (Y. – Y, Chen κ.ά., 2012).

Επίσης, οι Yu & Jen (2020) σχεδίασαν, εφάρμοσαν και μελέτησαν την αποτελεσματικότητα μιας σειράς μαθημάτων σχετικά με το φαινόμενο του λωτού που απευθύνονταν σε χαρισματικούς μαθητές/ τριες του Δημοτικού σχολείου στο Ταϊβάν. Συγκεκριμένα, οι μαθητές/ τριες πειραματίστηκαν με υδρόφοβες επιφάνειες και παρατήρησαν τις νανοδομές τους χρησιμοποιώντας μια προσομοίωση ηλεκτρονικού μικροσκοπίου, ενώ μελέτησαν τις εφαρμογές του φαινομένου του λωτού στην καθημερινότητα μέσα από διαφημίσεις υπερ-υδρόφοβων προϊόντων. Οι ερευνητές παρατήρησαν ότι η ενασχόληση των μαθητών/ τριών με πειραματικές δραστηριότητες ενίσχυσε την κατανόηση της υδροφοβικότητας των επιφανειών.

Αντίστοιχες έρευνες πραγματοποιήθηκαν σε περιβάλλοντα μη τυπικής εκπαίδευσης (Blonder & Rap, 2012; Lin κ.ά., 2015; Saudi & Sigauke, 2017). Πιο συγκεκριμένα, οι Blonder & Rap (2012) στα πλαίσια ενός φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών ανέπτυξαν και εφάρμοσαν μια δραστηριότητα σχετικά με έννοιες της N- ET. Στόχος της έρευνας ήταν να διερευνηθεί εάν η εμπλοκή των μαθητών/ τριών σε τέτοιου τύπου δραστηριότητες ενισχύει την επιθυμία τους για την ενασχόλησή τους με έννοιες και φαινόμενα της N- ET, καθώς επίσης και αν ενισχύει την εξοικείωσή τους με το μέγεθος και την κλίμακα αλλά και τις εφαρμογές της N- ET στη φύση, όπως το φαινόμενο του λωτού.

Ειδικότερα, μέσα από πειραματικές δραστηριότητες οι μαθητές/ τριες ήρθαν σε επαφή με το περιεχόμενο της N- ET. Συγκεκριμένα, μελέτησαν το φαινόμενο του λωτού και το Μέγεθος και την κλίμακα, με στόχο την κατασκευή ενός εννοιολογικού χάρτη για τη N- ET. Οι ερευνητές συμπέραναν ότι οι μαθητές/ τριες μετά την ολοκλήρωση της πειραματικής δραστηριότητας όριζαν με μεγαλύτερη ευκολία το περιεχόμενο της N- ET, χρησιμοποιούσαν ως κριτήρια αναφοράς για την προσέγγιση του μεγέθους της νανοκλίμακας αντικείμενα που μελέτησαν κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας και ο ενθουσιασμός τους για την ενασχόληση με θέματα σχετικά με τη N- ET αυξήθηκε.

Επιπλέον, οι Lin κ.ά. (2015) διερεύνησαν την επίδραση ενός κατασκευαστικού προγράμματος Νανοτεχνολογίας σε 323 μαθητές/ τριες της ΣΤ΄ Δημοτικού. Η διάρκεια του προγράμματος ήταν 160 λεπτά. Κατά τη διάρκεια του προγράμματος οι μαθητές/ τριες μελέτησαν το

περιεχόμενο της N- ET και διερεύνησαν πειραματικά εφαρμογές της N- ET στη φύση, όπως το φαινόμενο του λωτού. Τα αποτελέσματα της έρευνας τους ανέδειξαν ότι οι μαθητές/ τριες μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος ανέπτυξαν δεξιότητες σειροθέτησης και ταξινόμησης αντικειμένων στις τρεις κλίμακες μεγέθους, ενώ κατανόησαν το περιεχόμενο του φαινομένου του λωτού και άλλων εννοιών σχετικών με τη N- ET (Lin κ.ά.,2015).

Αντίστοιχα, οι Saudi & Sigauke (2017) στο Γιοχάνεσμπουργκ μελέτησαν τα μαθησιακά οφέλη που μπορεί να έχουν μαθητές/ τριες χαμηλών οικονομικο- κοινωνικών στρωμάτων ηλικίας 11- 13 ετών από την επίσκεψή τους σε μια μουσειακή έκθεση Νανοτεχνολογίας. Συγκεκριμένα, οι μαθητές/ τριες επισκέφθηκαν μια έκθεση μουσείου Φυσικών Επιστημών με θέμα το περιεχόμενο της N- ET και τις εφαρμογές της. Τα εκθέματα του μουσείου συνδέονταν με Μ. Ι. όπως «Μέγεθος και κλίμακα», «Εργαλεία και όργανα» και «Εφαρμογές της N- ET». Οι ερευνητές συμπέραναν ότι μέσα σε ένα πλαίσιο μη τυπικής μάθησης, όπως αυτό ενός μουσείου, οι βιωματικές πειραματικές δραστηριότητες διαδραστικού χαρακτήρα ενίσχυσαν τον ενθουσιασμό των μαθητών/ τριών για το περιεχόμενο και τα φαινόμενα της N- ET και οδήγησαν στην καλύτερη κατανόηση εννοιών σχετικά με τη N- ET (Saidi & Sigauke, 2017).

Τα τελευταία χρόνια, στην χώρα μας πραγματοποιείται έρευνα σχετικά με τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη διδακτικών προτάσεων με πειραματικές δραστηριότητες για την εισαγωγή εννοιών της N- ET στην εκπαίδευση.

Πιο συγκεκριμένα, οι Madrikas κ.ά. (2014) ανέπτυσαν και εφάρμοσαν μια Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία (εφεξής ΔΜΑ) που απευθύνεται σε μαθητές/ τριες ΣΤ΄ δημοτικού. Στόχος της έρευνας ήταν η διερεύνηση της επίδρασης πειραματικών δραστηριοτήτων σχετικά με τη N- ET μέσα από την χρήση Νέων Τεχνολογιών. Οι έννοιες της N- ET που συμπεριλήφθηκαν στη ΔΜΑ είναι το μέγεθος και η μέτρηση στη νανοκλίμακα, η υπερυδροφοβικότητα των υλικών και ο προβληματισμός τους για το ρόλο της N- ET και τα νανοϋλικά στην καθημερινή ζωή και την κοινωνία. Οι Μ. Ι. που αξιοποιήθηκαν είναι το μέγεθος και η κλίμακα και οι ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος. Μετά την ολοκλήρωση της ΔΜΑ, οι ερευνητές συμπέραναν πως οι πειραματικές δραστηριότητες της ΔΜΑ, η χρήση Νέων Τεχνολογιών και η χρήση μοντέλων ενίσχυσαν τον νανογραμματισμό των μαθητών/ τριών. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές/ τριες ήταν ικανοί να ταξινομήσουν αντικείμενα στο μακρόκοσμο, στο μικρόκοσμο και στο νανόκοσμο, να κατηγοριοποιούν επιφάνειες με βάση την

υδροφοβικότητά τους και να αντιστοιχίζουν την υδροφοβικότητα των υλικών με κριτήριο την αναλογία επιφάνειας και όγκου.

Ο Γκίτσας (2017) σχεδίασε, ανέπτυξε και αξιολόγησε εκπαιδευτικό υλικό το οποίο εφαρμόστηκε σε 15 μαθητές/τριες της ΣΤ' δημοτικού χωρίς προϋπάρχουσα γνώση σχετική με τη Ν-ΕΤ. Στόχος της έρευνας ήταν η διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών/τριών για το περιεχόμενο της Ν-ΕΤ και την υπερ-υδροφοβικότητα πριν και μετά την εφαρμογή της παρέμβασης. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές/τριες ερωτήθηκαν για τον ορισμό της Ν-ΕΤ, το μικρότερο αντικείμενο που μπορεί να παρατηρηθεί και το όργανο παρατήρησης του, ενώ ενεπλάκησαν σε δραστηριότητες ταξινόμησης και σειροθέτησης αντικειμένων με βάση το μέγεθός τους. Πριν την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού, οι μαθητές/τριες συνέδεσαν τη Ν-ΕΤ με κάτι πολύ μικρό που μπορεί να παρατηρηθεί με το οπτικό μικροσκόπιο. Ωστόσο ο ορισμός της έννοιας φάνηκε ότι τους δυσκόλεψε. Ακόμη, ήταν ικανοί να ταξινομήσουν αντικείμενα στο μακρόκοσμο, στο μικρόκοσμο και στο νανόκοσμο. Ωστόσο, δυσκολεύτηκαν όταν ορίστηκε κριτήριο ταξινόμησης των αντικειμένων το μέγεθος. Επίσης, όριζαν ως μικρότερα αντικείμενα, αντικείμενα του μικρόκοσμου. Τέλος, όταν οι μαθητές/τριες κλήθηκαν να εξηγήσουν το φαινόμενο του λωτού, δεν έδωσαν πλήρως επιστημονικές απαντήσεις και δεν αναφέρθηκε καμία ιδιότητα του νανόκοσμου. Η εφαρμογή και η χρήση του εκπαιδευτικού υλικού από τους μαθητές/τριες φαίνεται, ωστόσο, να καλλιέργησε το νανογραμματισμό τους, αφού παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση των αντιλήψεων τους για έννοιες Ν-ΕΤ.

Οι Αλεξίου κ.α (2018) μελέτησαν τις ιδέες των μαθητών/τριών σχετικά με φαινόμενα της Ν-ΕΤ που παρατηρούνται στη φύση. Ανάμεσα σε αυτά ήταν και το φαινόμενο του λωτού. Το ερευνητικό εργαλείο ήταν ένα ερωτηματολόγιο για την υδροφοβικότητα και τον αυτοκαθαρισμό επιφανειών και την προσκόλληση σε επιφάνειες λόγω της νανοδομής της επιφάνειας. Το δείγμα της έρευνας αποτελούνταν από 26 μαθητές/τριες ΣΤ' δημοτικού δυο δημοτικών σχολείων της Φλώρινας. Αποδείχθηκε πως οι μαθητές/τριες αποδίδουν τις ιδιαιτερότητες των φύλλων του λωτού και της σαύρας γκέκο σε φυσικά χαρακτηριστικά των επιφανειών και όχι στη νανοκλίμακα.

Οι Mandrikas κ.ά. (2020) σχεδίασαν, ανέπτυξαν και εφάρμοσαν μια ΔΜΑ σχετικά με τη Ν-ΕΤ. Η ΔΜΑ περιλάμβανε πειραματικές δραστηριότητες α) ταξινόμησης και σειροθέτησης αντικειμένων με κριτήριο το μέγεθος, β) πειραματισμού με υδρόφιλα, υδρόφοβα και υπερ-

υδρόφοβα υλικά, γ) μοντελοποίησης φαινομένων και εννοιών της N- ET, καθώς επίσης και δ) την ενημέρωση για τα υπερ- υδρόφοβα προϊόντα που βρίσκονται στην αγορά. Τα αποτελέσματα της έρευνας ανέδειξαν πως οι μαθητές/ τριες ανέπτυξαν δεξιότητες σειροθέτησης και ταξινόμησης αντικειμένων με βάση το μέγεθος τους. Ακόμα, κατανόησαν το λόγο S/V επιτυγχάνοντας έτσι την εξήγηση του φαινομένου του λωτού. Τέλος, απέκτησαν γνώσεις για τη N- ET και τις εφαρμογές της (Mandrikas κ.ά., 2020).

Οι Πέικος κ.ά. (2016) επιχείρησαν να εισάγουν τη N- ET στην Α/θμια εκπαίδευση (Πέικος κ.ά., 2016; Peikos κ.ά., 2017; Peikos κ.ά. 2020; Peikos κ.ά., 2021; Peikos κ.ά., 2022). Σε πρώτη φάση, ο στόχος της έρευνάς τους ήταν η διερεύνηση των αρχικών ιδεών των μαθητών/τριων της Α/θμιας εκπαίδευσης σχετικά με έννοιες και φαινόμενα της N- ET. Στη συνέχεια, προχώρησαν στην ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για το περιεχόμενο του όρου Νανοτεχνολογία, την εξήγηση του φαινομένου του λωτού, τη διάκριση των τριών κόσμων με βάση το όργανο παρατήρησης, την σχέση ιδιοτήτων - μεγέθους ενός υλικού και την αλληλεπίδραση του νανόκοσμου με το μακρόκοσμο.

Συγκεκριμένα, οι μαθητές/ τριες ήρθαν σε επαφή με το φαινόμενο του λωτού και την ίωση, γνώρισαν τους τρεις κόσμους (μικρόκοσμο, μακρόκοσμο, νανόκοσμο), κατασκεύασαν φίλτρα καθαρισμού του νερού, μοντελοποίησαν φαινόμενα και αντιλήφθηκαν τα οφέλη της N- ET στην καθημερινή τους ζωή. Μετά την ολοκλήρωση της έρευνας, παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση των αρχικών ιδεών των μαθητών/ τριών για θέματα Νανοτεχνολογίας. Επίσης, καλλιέργησαν τον νανογραμματισμό (nanoliteracy) τους, καθώς εξηγούσαν φαινόμενα της N- ET (π.χ. το φαινόμενο του λωτού) χρησιμοποιώντας επιστημονικούς όρους. Τέλος, σειροθετούσαν και ταξινομούσαν μη ορατά αντικείμενα στις τρεις κλίμακες μεγέθους (μακροκλίμακα, μικροκλίμακα και νανοκλίμακα). Το αποτέλεσμα της έρευνας φανέρωσαν ότι η ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού με χαρακτηριστικά κονστрукτιβισμού σχετικά με το μέγεθος και την κλίμακα, το όργανο παρατήρησης και τις εφαρμογές της N- ET θα ήταν βοηθητική και καρποφόρα για την διάχυση της N- ET στα σχολικά περιβάλλοντα (Peikos κ.ά., 2021).

Σχετικά με το φαινόμενο του λωτού, προτείνεται η ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού με κριτήριο (α) τις νανοδομές του φύλλου και (β) τον παγιδευμένο αέρα στους ενδιάμεσους χώρους που σχηματίζει το σφαιρικό σχήμα της η σταγόνα του νερού (Peikos κ.ά., 2020). Συγκεκριμένα, προτείνεται οι μαθητές/τριες αρχικά να μελετήσουν τη νανοδομή του φύλλου (Chiu & Chung

2013; Peikos κ.ά., 2020) και στη συνέχεια να ενταχθεί η έννοια του αέρα ως ίσος παράγοντας με τη νανοδομή που σχηματίζει το σφαιρικό σχήμα της σταγόνας (Peikos κ.ά., 2020). Υποστηρίζεται ότι η διδασκαλία του φαινομένου του λωτού με βάση την παραπάνω λογική, συμβάλει θετικά στην μετατόπιση των αντιλήψεων των μαθητών/τριων σχετικά με το φαινόμενο από άμεση σε αναδυόμενη διαδικασία (Peikos κ.ά., 2020). Με τον τρόπο αυτό, οι μαθητές/τριες αρχικά αποδίδουν το φαινόμενο του λωτού σε μη ορατούς παράγοντες και σταδιακά χτίζεται η ιδέα ότι το φαινόμενο προκύπτει από μια συλλογική αλληλεπίδραση παραγόντων (νανοδομή – αέρας- σταγόνα νερού).

Τέλος, αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε μια ΔΜΑ για να διερευνηθεί αν δύναται η διδασκαλία μη ορατών οντοτήτων και διαδικασιών σε μαθητές δημοτικού (Peikos κ.ά., 2022). Η ΔΜΑ είχε διάρκεια 14 ωρών και περιλάμβανε έξι ενότητες σχετικά με τον διαχωρισμό των αντικειμένων σε τρεις κόσμους, το φαινόμενο της ίωσης, το φαινόμενο του λωτού και τον καθαρισμό του νερού με τη χρήση νανο- φίλτρου. Ο σχεδιασμός της ΔΜΑ βασίστηκε στην Θεωρία του Πλαισίου και στην εννοιολογική αλλαγή (Vosniadou, 2012). Σύμφωνα με τη Θεωρία Πλαισίου, η απόκτηση της επιστημονικής γνώσης απαιτεί μερικές φορές την επανακατηγοριοποίηση των αρχικών διαισθητικών εννοιών σε νέες οντολογικές κατηγορίες ή την επανακατηγοριοποίηση από μια πλευρική κατηγορία στην οποία οι έννοιες ταξινομούνται σε άλλη. Κατά την διάρκεια της ΔΜΑ, οι μαθητές/τριες πραγματοποίησαν διερευνητικές πειραματικές δραστηριότητες, κατασκεύασαν και παρουσίασαν αφίσες και μοντέλα και χρησιμοποίησαν επιστημονικά εργαλεία και τεχνολογικά μέσα. Το ερευνητικό εργαλείο ήταν ένα ερωτηματολόγιο που εφαρμόστηκε πριν, αμέσως μετά και τρεις μήνες μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ. Σχετικά με το φαινόμενο του λωτού, οι μαθητές/τριες πριν την εφαρμογή της ΔΜΑ απέδιδαν το φαινόμενο σε ασαφείς ή λανθασμένους παράγοντες (π.χ. το σχήμα του λάχανου ή το σχήμα της σταγόνα). Αμέσως μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ, οι περισσότεροι μαθητές/τριες απάντησαν χρησιμοποιώντας επιστημονικούς όρους, όπως νανοεξογκώματα, ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Η επανάληψη του ερωτηματολογίου τρεις μήνες μετά έδειξε ότι η επίδραση της ΔΜΑ στις αντιλήψεις των μαθητών/τριων για τις σχετικές με τη Ν- ΕΤ έννοιες ήταν ακόμα εμφανής, αφού χρησιμοποίησαν και πάλι επιστημονικούς όρους στις απαντήσεις τους.

Συμπερασματικά, οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι το φαινόμενο του λωτού προσεγγίζεται ως διεργασία και το γνωστικό σχήμα που λείπει περιλαμβάνει τις αναδυόμενες διεργασίες που σχετίζονται με αυτό. Η επανακατηγοριοποίηση των εννοιών στην σωστή πλευρική κατηγορία

απαιτεί την κατασκευή ενός εννοιολογικού σχήματος σχετικά με τις αναδυόμενες διεργασίες για το φαινόμενο του λωτού. Επομένως, η ανάπτυξη και η εφαρμογή μιας ΔΜΑ με βάση τις αρχές σχεδίασης της παραπάνω έρευνας (Peikos κ.ά., 2022) μπορούν να έχουν θετικά αποτελέσματα και προτείνεται να χρησιμοποιηθούν και για άλλες μη αντιληπτές έννοιες.

Οι φυτικοί οργανισμοί, όπως ο λωτός, εξακολουθούν να βρίσκονται στο επίκεντρο σε πολλούς τομείς της ζωής των ανθρώπων. Η μαγειρική, η ιατρική και πολλά πολιτισμικά στοιχεία που εξακολουθούν να συνδέουν το παρόν με το παρελθόν (Schaal, 2019), η βιολογία (Hiscock, Wilkin, Lennon & Bennett, 2019), η γενετική (Gilchrist & Haughn, 2010; Hafez, Abdel-Rahman, & Naguib, 2017; Niazian, 2019), αλλά και η εκπαίδευση (Galbraith, 2003; Ratcliffe, Merrigan, Rogers & Goldberg, 2011) εντάσσουν τα φυτά ενεργά στο ερευνητικό επιστημονικό τους πλαίσιο. Συνεπώς, η παρουσία των φυτών στην καθημερινότητα του ανθρώπου είναι γεγονός. Στο επόμενο κεφάλαιο παρατίθεται η στάση του ανθρώπου απέναντι στα φυτά και η σημασία τους για το ανθρώπινο είδος.

1.2. Η σημασία των φυτών για την ανθρώπινη ζωή

Η Γη αποτελείται από εκατομμύρια βιοτικούς και αβιοτικούς οργανισμούς οι οποίοι συνυπάρχουν και διατηρούν την ισορροπία των οικοσυστημάτων. Οι φυτικοί οργανισμοί ανήκουν στους βιοτικούς οργανισμούς και αποτελούν το 98% της βιομάζας (Stern κ.ά., 2008). Μέσω της φωτοσύνθεσης εκκινούν τον κύκλο της ζωής, εισάγουν ενέργεια στον πλανήτη, απελευθερώνουν οξυγόνο στην ατμόσφαιρα και δεσμεύουν διοξείδιο του άνθρακα διεργασίες πολύ ιδιαίτερα σημαντικές για τη διατήρηση της ποιότητας ζωής (Beerling, 2017). Συμμετέχουν, ακόμα, και στον κύκλο του νερού και άλλων χημικών ουσιών όπως το άζωτο.

Οι φυτικοί οργανισμοί δεν επηρεάζουν μόνο το περιβάλλον αλλά και τους υπόλοιπους οργανισμούς μεταξύ των οποίων και ο άνθρωπος (Evert & Eichhorn, 2013). Είναι γνωστό, ότι το ανθρώπινο είδος χρησιμοποιεί τα φυτά για την κάλυψη βασικών καθημερινών του αναγκών και αποτελούν και πρώτη ύλη σε τομείς, όπως την βιομηχανία παραγωγής ρούχων, τροφίμων, φαρμάκων (Crabb, 2004; Lewis & Elvin-Lewis 2003; Raskin et al., 2002; Sen & Samanta, 2014). Επίσης, οι φυτικοί οργανισμοί συμβάλλουν στη διαχείριση περιβαλλοντικών ζητημάτων ανθρωπογενούς προέλευσης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Φυτοεξυγίανση (Schwitzguébel, 2001). Πρόκειται για έναν «πράσινο» τρόπο καθαρισμού του περιβάλλοντος σύμφωνα με τον οποίο τα φυτά μεταβολίζουν διάφορους ρύπους ανθρώπινης προέλευσης

(Ghosh & Singh, 2005; Pletsch, 2004) και μειώνουν την ένταση τους συμβάλλοντας έτσι στην επιβίωση όλων των βιοτικών παραγόντων του πλανήτη (Ashraf κ.ά., 2019; Dhanwal κ.ά., 2017).

Πέρα όμως από την ικανοποίηση των βιολογικών και καθημερινών του αναγκών, η χρήση των φυτών προσφέρει πνευματικά και ψυχολογικά οφέλη στον άνθρωπο. Τα πράσινα περιβάλλοντα συμβάλλουν καθοριστικά στην μείωση του άγχους και της πίεσης της καθημερινότητας (Karjalainen, Sarjala & Raitio, 2010; Maller, 2009), παρέχουν ψυχική ευημερία (Rahm, 2018), ενώ πολύ συχνά χρησιμοποιούνται και ως μέσο βιωματικής μάθησης (Berezowitz κ.ά., 2015; Hopper, 2013).

Παρά τη σημασία τους στη διατήρηση της ζωής τα φυτά δεν αντιμετωπιζόνταν πάντα με τον ίδιο τρόπο και μάλιστα στο παρελθόν, θεωρούνταν ευάλωτα σε κάθε ανθρώπινη χρήση. Το γεγονός αυτό φάνηκε να αλλάζει, καθώς ξεκίνησε ένας αγώνας για τη νομική κατοχύρωση των δικαιωμάτων των φυτών έναντι της ανθρώπινης δραστηριότητας. Σύμφωνα με τον Roderick Nash (1989), ο οποίος συγκέντρωσε και εμπλούτισε όλες τις προτάσεις για την υπεράσπιση των δικαιωμάτων των φυτικών οργανισμών, ως τα τέλη του περασμένου αιώνα διαμορφώθηκε ένα ιδεολογικό πλαίσιο για την προστασία των φυτών από κάθε δραστηριότητα ανθρώπινης εκμετάλλευσης. Συγκεκριμένα, πρώτος ο Aldo Leopold (1949) θίγει το ζήτημα της ηθικής αντιμετώπισης όλων των στοιχείων της φύσης (έμβιων και άβιων όντων) επί ίσοις όροις. Λίγα χρόνια αργότερα, ακτιβιστές, ακαδημαϊκοί και νομικοί ξεκινούν μια προσπάθεια υπεράσπισης των φυτών έναντι της ανθρώπινης δραστηριότητας. Μάλιστα, οι Clarens Morris (1964) και Christopher Stone (1972) διαμόρφωσαν ένα νομικό πλαίσιο υπεράσπισης των φυτικών οργανισμών στο οποίο προτείνεται και η θέσπιση νομικού εκπροσώπου τους σε νομικές υποθέσεις που αφορούν φυτικούς οργανισμούς, όπως συμβαίνει αντίστοιχα με τον άνθρωπο.

Η μελέτη της σχέσης των ανθρώπων με τα φυτά αναδεικνύεται και στην ακαδημαϊκή έρευνα. Συγκεκριμένα, ήδη από τις αρχές του 20ου αιώνα (Castetter, 1944; Castetter & Underhill, 1935) καταγράφεται η κοινωνική αξία των φυτών για τον άνθρωπο. Οι επιστήμες της «Εθνογραφίας» (Balée & Erickson, 2006), της «Εθνοβιολογίας» (Wolverton, 2013) και της «Εθνοβοτανικής» (Balick & Cox, 1996) παρέχουν πληροφορίες για τον τρόπο με τον οποίο μετακινούμενοι πληθυσμοί χρησιμοποιούν τα φυτά σε διάφορους τομείς της καθημερινής τους δραστηριότητας αποδεικνύοντας την συνύφανση της ανθρώπινης ιστορίας με την χρήση των φυτών

(Cakilcioglu & Turkoglu, 2010; Camejo-Rodrigues, κ.ά., 2003; Jain, 1994; Mesfin, Demissew, & Teklehaymanot, 2009; Naghibi, κ.ά., 2005; Pieroni & Vandebroek, 2007; Teklehaymanot & Giday, 2007; Wondimu, Asfaw, & Kelbessa, 2007). Επίσης, τα φυτά στο παρελθόν χρησιμοποιήθηκαν για την εξυπηρέτηση πολιτικών, οικονομικών (εξασφάλιση πόρων διαβίωσης) και περιβαλλοντικών (π.χ. βιοκαύσιμα) ζητημάτων (Alexiades, 2003; Gade, 2006; Moret, 2008; Head κ.ά., 2017).

Ωστόσο, ακόμα και σήμερα, ο άνθρωπος φαίνεται να αγνοεί την αξία του φυσικού πλούτου. Η αλόγιστη και απερισκεπτη δράση του ανθρώπου στο περιβάλλον έχει σοβαρές συνέπειες στον πλανήτη. Τα τελευταία χρόνια η σχέση του ανθρώπου με τους φυτικούς οργανισμούς καθώς και η αξία που κατέχουν για την ανθρώπινη ζωή φαίνεται να βρίσκεται στο προσκήνιο της μελέτης της επιστημονικής κοινότητας. Βιβλιογραφικά, αναδύεται το χάσμα του ανθρώπινου είδους με τους φυτικούς οργανισμούς μέσα από ένα σύγχρονο φαινόμενο που καλείται Τυφλότητα Απέναντι στα Φυτά. Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζεται το περιεχόμενο του φαινομένου, τα κύρια αίτια δημιουργίας του και έρευνες σχετικά με την μελέτη της έντασης του φαινομένου και της καταπολέμησής του.

1.2.1 Το περιεχόμενο της Τυφλότητας απέναντι στα φυτά (ΤΑΦΥ)

Η έννοια «Τυφλότητα απέναντι στα φυτά» («Plant Blindness», εφεξής ΤΑΦΥ) περιγράφηκε από τους Wandersee & Schussler (1999). Αναφέρεται στο χάσμα μεταξύ ανθρώπου και φυτών το οποίο σχετίζεται με τη ψυχολογία του ανθρώπου που τείνει να προτιμά εικόνες σπονδυλωτών ζώων. Επίσης, αναφέρεται στην τάση του ανθρώπου να θεωρεί πως τα φυτά είναι υποδεέστερα συγκριτικά με τα ζώα καθώς οι άνθρωποι όλων των ηλικιών τείνουν να παρατηρούν και να συγκρατούν πληροφορίες ευκολότερα για τα ζώα παρά για τα φυτά (Beddington, 2005; Kose, 2011; Patrick & Tunnicliffe, 2011; Schussler & Olzak, 2008) παραβλέποντας τον λειτουργικό ρόλο των φυτικών οργανισμών για την διατήρηση της ζωής ενός οικοσυστήματος (Balas & Momsen, 2014).

Από έρευνες φαίνεται πως η ΤΑΦΥ επηρεάζεται από παράγοντες όπως το φύλο και η ηλικία. Έρευνα που μελέτησε την ένταση της ΤΑΦΥ σε μαθητές/τριες όλων των βαθμίδων εκπαίδευσης στη χώρα μας, έδειξε ότι στην Α/θμια εκπαίδευση τα κορίτσια ενδιαφέρονται περισσότερο από τα αγόρια για τα φυτά, ενώ και τα δυο φύλα φαίνεται να χάνουν το ενδιαφέρον τους καθώς μεγαλώνουν (Αμπράζης, 2021). Ωστόσο, η Περιβαλλοντική εκπαίδευση (Jickling & Sterling,

2017; Saito, 2013; Schild, 2015) ίσως θα μπορούσε να ενισχύσει το ενδιαφέρον των μαθητών/τριων για το φυσικό περιβάλλον (Wals et al. 2014). Τέλος, υποστηρίζεται ότι ο τόπος διαμονής και κατοικίας δεν επηρεάζει το ενδιαφέρον για τα φυτά, γεγονός που οφείλεται στην εξέλιξη του τρόπου οργάνωσης της κοινωνίας και την αστικοποίηση της επαρχίας (Hugo, 2017; Marrero et al., 2017; Αμπράζης, 2021).

Ακόμα, παρατηρείται αδυναμία παρατήρησης των φυτών στο περιβάλλοντα χώρο του ανθρώπου αλλά και υποτίμηση των αισθητικών και μοναδικών βιολογικών χαρακτηριστικών των φυτικών οργανισμών (Strgar, 2007). Οι έρευνες αναφέρουν ότι ακόμη και αν τα παρατηρούν έχουν αδυναμία να τα αναγνωρίσουν καθώς δεν διαθέτουν γνώσεις για αυτά (Deiglmayr & Schalk, 2013; De Jong & Ferguson-Hessler, 1996; Reber, 1989). Αυτό σημαίνει ότι, για παράδειγμα, όταν ένα παιδί εκτεθεί σε ένα περιβάλλον με ζωικούς και φυτικούς οργανισμούς, πιθανότερο είναι να ασχοληθεί με τα ζώα παρά με τα φυτά.

Η ΤΑΦΥ είναι ένα περίπλοκο φαινόμενο, ο ιδιαίτερος χαρακτήρας της οποίας δυσχεραίνει την αναγνώριση και την αντιμετώπιση της. Ωστόσο, οι Wandersee & Schussler το 2001 μελέτησαν και εντόπισαν τα συμπτώματα της ΤΑΦΥ. Μεταξύ των συμπτωμάτων το πιο κοινό αποτελεί η αδυναμία διάκρισης και παρατήρησης των φυτών στην καθημερινή ζωή και στον τόπο δράσης και κατοικίας του ατόμου. Άλλα συμπτώματα είναι η ανικανότητα του ατόμου να εξηγήσει βασικές βιολογικές διαδικασίες ανάπτυξης των φυτικών οργανισμών, η άγνοια της συμμετοχής και του ρόλου των φυτών στον κύκλο του άνθρακα, η έλλειψη της ευαισθησίας του ατόμου στις αισθητικές ιδιότητες των φυτών και τις δομές του, η ελλιπής αναγνώριση της σπουδαιότητας των φυτών στην προσπάθεια επιβίωσης των ζώων αλλά και στους ανθρώπους. Τέλος, η μη κατανόηση διαφορετικών χρονοδιαγραμμάτων των φυτικών και των ζωικών δραστηριοτήτων και η έλλειψη γεωπονικών γνώσεων φανερώνουν την διάκριση των φυτών από τα ζώα με εμφανή υπεροχή των δεύτερων.

Η επιστημονική κοινότητα μέσα από την μελέτη του φαινομένου, κατέληξε σε κάποια συμπεράσματα σχετικά με τα γενεσιουργά αίτια του. Σύμφωνα με τον Kinchin (1999), η ανικανότητα των ανθρώπων να εστιάσουν τη προσοχή τους στα φυτά οφείλεται στην έλλειψη της κίνησης των φυτικών οργανισμών σε αντίθεση με τους ζωικούς που κινούνται. Ακόμα, ο ανθρώπινος εγκέφαλος είναι περισσότερο εξοικειωμένος με οτιδήποτε παρουσιάζει ομοιότητα σε σχέση με το ανθρώπινο είδος, εντοπίζοντας ευκολότερα θηλαστικά ζώα που ομοιάζουν ως

προς τη μορφή και την συμπεριφορά τους με τον άνθρωπο (Hoekstra, 2000; Schneekloth, 1989; Yorek, Sahin & Aydin, 2009).

Μια άλλη εξήγηση αποδίδεται στην μειωμένη αντίληψη του ανθρώπινου εγκεφάλου να εκλάβει τα ερεθίσματα που δέχεται για τα φυτά, καθώς εστιάζει σε ήδη γνωστά αντικείμενα ή σε αντικείμενα που έχουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά (π.χ. χρώμα, κίνηση, ιδιαίτερα σχήματα) (Balas & Mornsen, 2014; Wandersee & Schussler, 2001). Συνεπώς, επιλέγει να αγνοήσει την ύπαρξη των φυτών στο περιβάλλον του, καθώς είναι στατικοί οργανισμοί και συνιστούν σύνηθες μέρος του οπτικού του πεδίου (Wandersee & Schussler, 2001). Τέλος, η ζωοκεντρική προσέγγιση της σχολικής μάθησης ενισχύει τα κίνητρα ενασχόλησης των μαθητών/τριών περισσότερο με τα ζώα παρά με τα φυτά (Hershey, 1996). Για παράδειγμα, διδακτικά αντικείμενα όπως η βιολογία παραθέτουν συγκριτικά περισσότερες οπτικές και γραπτές αναφορές για ζωικούς οργανισμούς έναντι φυτικών (Link- Perez, Dollo, Weber & Schussler, 2009).

Συνεπώς, η ΤΑΦΥ είναι ένα υπαρκτό φαινόμενο με σαφή καθορισμένα αίτια και χαρακτηριστικά. Η διερεύνηση της στάσης του ανθρώπου για φυτά παρέχει μια ολοκληρωμένη εικόνα για την ένταση του φαινομένου και τον τρόπο αντιμετώπισής του. Το ερευνητικό ενδιαφέρον της παρούσας εργασίας επικεντρώνεται στην αντιμετώπιση της ΤΑΦΥ σε μαθητές/τριες της Α/θμιας εκπαίδευσης.

1.2.2 Οι αρχικές ιδέες των μαθητών για τους φυτικούς οργανισμούς

Βιβλιογραφικά, η έννοια της ζωής και η αντίληψη των μαθητών/τριων για οργανισμούς που χαρακτηρίζουν ζωντανούς έχει μελετηθεί εκτενώς (Carey, 1985; King, 1961; Martínez-Losada, García-Barros, & Garrido, 2014; Richards & Siegler, 1984; Stepans, 1985; Venville, 2004; Villarroel & Infante, 2014). Συγκεκριμένα, ένας άνθρωπος στα πρώτα χρόνια της ζωής του δυσκολεύεται να ορίσει αν ένας οργανισμός είναι ζωντανός ή όχι (Margett & Witherington, 2011). Σχετικά με τους φυτικούς οργανισμούς, υποστηρίζεται ότι ένα άτομο μετά τα έξι του έτη κατατάσσει τους φυτικούς οργανισμούς στην ευρύτερη κατηγορία των ζωντανών οργανισμών (Anggoro, Medin, & Waxman, 2005; Backscheider, Shatz, & Gelman, 1993; Brulé, Labrell, Megalakaki, Fouquet, & Caillies, 2014; Nguyen & Gelman, 2002; Tao, 2016).

Η παραπάνω άποψη συμφωνεί με τους Stavy & Wax (1998) οι οποίοι σε έρευνά τους παρατήρησαν ότι το ποσοστό των μαθητών Α/θμιας εκπαίδευσης που κατατάσσουν τους

φυτικούς οργανισμούς στα άβια όντα είναι μεγαλύτερο από αυτό των μαθητών/τριων της Β/θμιας εκπαίδευσης. Επίσης, εντοπίζονται παρανοήσεις σε μαθητές/τριες σχολικής ηλικίας σχετικά με την κατάταξη των φυτών στην κατηγορία των έμβιων όντων. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία, οι μαθητές/τριες συνδέουν την έννοια της ζωής πρώτα με τον άνθρωπο, μετά με τα ζώα και τέλος με τα φυτά (Yorek, Sahin και Aydin, 2009; Inagaki & Hatano, 2002; Leddon, Waxman, & Medin, 2009; Nguyen & Gelman, 2002). Γενικότερα, ζωή συνδυάζεται με ότι φέρει ανθρωπομορφικά χαρακτηριστικά με την ιδιότητα της κίνησης να αποτελεί το κύριο κριτήριο ένταξης ενός οργανισμού στην κατηγορία των έμβιων όντων (Opfer & Siegler, 2004; Solomon & Zaitchik, 2012). Για παράδειγμα, αν υποθέσουμε ότι δείχνουμε σε μαθητή πρώιμης ηλικίας τις εικόνες ενός τριαντάφυλλου και ενός σκυλιού και του ζητήσουμε να χαρακτηρίσει τους οργανισμούς που βλέπει ως ζωντανούς ή μη ζωντανούς, το πιο πιθανό είναι ότι ο μαθητής θα κατατάξει τον σκυλί στους ζωντανούς οργανισμούς, καθώς μπορεί να κινηθεί, ενώ το τριαντάφυλλο θα το χαρακτηρίσει μη ζωντανό αφού παραμένει στατικό.

Επιπρόσθετα, έρευνες υποστηρίζουν ότι οι μαθητές/τριες σχηματίζουν εσφαλμένες αντιλήψεις ή αντιλήψεις που είναι μακριά από την επιστημονική άποψη σχετικά με τις βιολογικές λειτουργίες των φυτών (Tunnicliffe & Reis, 2000). Για παράδειγμα, οι μαθητές/τριες προσχολικής ηλικίας αλλά και πρώτης σχολικής ηλικίας θεωρούν ότι τα φυτά τρέφονται όπως οι άνθρωποι. Επίσης, αγνοούν την σημασία της ηλιακής ενέργειας για τον κύκλο της ζωής των φυτικών οργανισμών (Tunnicliffe & Reis, 2000).

Τέλος, το ευρύτερο κοινωνικό και πολιτισμικό περιβάλλον στο οποίο ένας άνθρωπος ζει και αναπτύσσεται φαίνεται να επηρεάζει τις αντιλήψεις του σχετικά με την κατάταξη οργανισμών στους ζωντανούς οργανισμούς (Leddon, Waxman, & Medin, 2009). Υποστηρίζεται ότι μαθητές/τριες διαφορετικής κοινωνικο-πολιτισμικής προέλευσης, εμφανίζουν διαφορετικές αντιλήψεις για πολλά βιολογικά χαρακτηριστικά (Hatano, Siegler, Richards, Inagaki, Stavy & Wax, 1993). Ακόμα, γλωσσικές παράμετροι μπορούν να επηρεάσουν την διαμόρφωση αντιλήψεων ατόμων που φοιτούν στην Α/θμια εκπαίδευση, καθώς βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των Α. Π. Σ. διαφόρων κρατών στον τρόπο που ερμηνεύεται η έννοια της ζωής στο σχολικό περιβάλλον (Anggoro, Medin & Waxman, 2005).

1.2.3 Ένταση και καταπολέμηση της ΤΑΦΥ στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση
Σχετικά με την διερεύνηση της έντασης της ΤΑΦΥ, οι Patrick και Tunnicliffe (2011), πραγματοποίησαν μια έρευνα με στόχο την διερεύνηση του βαθμού παρατήρησης των φυτών στο περιβάλλον τους. Η έρευνα απευθυνόταν σε μαθητές/τριες προσχολικής και σχολικής ηλικίας στην Αγγλία και το Ηνωμένο Βασίλειο. Συγκεκριμένα, ζητήθηκε από τους μαθητές/τριες να ονοματίσουν όσα περισσότερα φυτά και ζώα μπορούσαν να θυμηθούν. Τα αποτελέσματα της έρευνάς τους ανέδειξαν ότι οι μαθητές/τριες και των δυο χωρών αδυνατούν να παρατηρήσουν φυτικούς οργανισμούς και οι γνώσεις τους για αυτούς είναι ελλιπείς. Ωστόσο, η ενασχόληση με την κηπουρική μπορεί να βελτιώσει την στάση ενός ατόμου απέναντι στα φυτά (Fancovicova & Prokop, 2010).

Μια ακόμα έρευνα που διερευνά την ένταση του φαινομένου σε μαθητές/τριες Α/θμιας εκπαίδευσης, υποστηρίζει ότι το φαινόμενο εντείνεται σε αυτήν την ηλικιακή ομάδα, καθώς οι μαθητές/τριες εστιάζουν κυρίως σε εμφανή μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυτών ή τους προσδίδουν χαρακτηριστικά που δεν υφίστανται (Comeau, Hargiss, Norland, Wallace & Bormann, 2019). Συγκεκριμένα, κατά την διάρκεια σχολικού περιπάτου σε εξωτερικό χώρο με πλούσια βλάστηση, ζητήθηκε από μαθητές/τριες Δημοτικού Σχολείου των ΗΠΑ (8-10 ετών) να σχεδιάσουν τους φυτικούς οργανισμούς που μπορούσαν να παρατηρήσουν. Τα αποτελέσματα της έρευνάς τους ανέδειξαν ότι οι μαθητές/τριες στα σχέδιά τους τείνουν να προσδίδουν στα φυτά μόνο εμφανή μορφολογικά χαρακτηριστικά ή χαρακτηριστικά που δεν υπήρχαν. Μάλιστα, οι ερευνητές αποδίδουν το γεγονός αυτό σε προγενέστερα νοητικά μοντέλα που δημιουργούνται σε προσχολική ηλικία, τα οποία οδηγούν σε υπερ-απλούστερη των χαρακτηριστικών των φυτικών οργανισμών.

Ακόμα, ο Αμπράζης (2021) πραγματοποίησε μια ενδελεχή έρευνα σχετικά με τη θέση και την σημασία των φυτών στα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών της Ελλάδας, τα αποτελέσματα της οποίας, όπως ήδη αναφέρθηκε, ανέδειξαν τον ζωοκεντρικό χαρακτήρα της παρεχόμενης γνώσης. Έπειτα, πραγματοποιήθηκε μια διηλιακή έρευνα με στόχο την διερεύνηση της έντασης της ΤΑΦΥ. Το ερευνητικό εργαλείο της έρευνας ήταν ένα γραπτό ερωτηματολόγιο και απευθύνονταν μεταξύ άλλων και σε μαθητές/τριες Α/θμιας. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η αξία των φυτών για τον πλανήτη και τον άνθρωπο προσεγγίζεται ελάχιστα και μόνο στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών του δημοτικού σχολείου. Φαίνεται, μάλιστα, ότι

στην Α/θμια εκπαίδευση, το μεγαλύτερο ποσοστό γνώσεων των μαθητών/τριων είναι σχετικές με τη βιολογία και όχι με την χρησιμότητα των φυτών για τον άνθρωπο. Ωστόσο, η ένταση της ΤΑΦΥ σε παιδιά δημοτικού είναι η μικρότερη δυνατή σε σχέση με μαθητές Β/θμιας εκπαίδευσης και φοιτητές.

Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε σημαντικό χάσμα του ενδιαφέροντος των μαθητών/τριων Α/θμιας εκπαίδευσης για τα φυτά σε σύγκριση με τα ζώα. Επίσης, φαίνεται ότι η συμμετοχή σε περιβαλλοντικά προγράμματα ενισχύει την παρατήρηση των φυτών γύρω τους. Ακόμα, όταν οι μαθητές/τριες κλήθηκαν να ονοματίσουν ζωντανούς οργανισμούς, οι αναφορές σε φυτά ήταν περιορισμένες και λιγότερες αριθμητικά συγκριτικά με τα ζώα. Χαρακτηριστικό είναι ότι αναφέρθηκαν κυρίως ελληνικά ανθοκομικά φυτά. Ακόμα, οι γνώσεις των μαθητών/τριων για την φροντίδα και την αξία των φυτών για την τροφική αλυσίδα είναι ελλιπείς, ενώ οι γνωστικές πηγές για τους φυτικούς οργανισμούς είναι το σχολείο, η οικογένεια, η ανάγνωση εξωσχολικών βιβλίων και η τηλεόραση. Μάλιστα, παρατηρείται πως τα είδη των φυτών, η αναπαραγωγή τους και η παραγωγή προϊόντων από αυτά προσελκύουν το ενδιαφέρον των μαθητών. Αναφορικά με την σημασία των φυτών, θεωρούν ότι οι φυτικοί οργανισμοί στηρίζουν ενεργειακά τη ζωή του πλανήτη, χρησιμοποιούνται στην παραγωγή φαρμάκων και στη θρέψη του ανθρώπου, ενώ προσφέρουν αισθητική ομορφιά στο περιβάλλον.

Ακόμα, οι Fancovicova & Prokop (2010) σε έρευνά τους επιχείρησαν την κατασκευή ενός εργαλείου μέτρησης της έντασης της ΤΑΦΥ. Συγκεκριμένα, δημιούργησαν ένα ερωτηματολόγιο τεσσάρων αξόνων για την διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών/τριων για τους φυτικούς οργανισμούς. Οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου ήταν σχετικές με την σημασία και τη χρησιμότητα των φυτών για τον άνθρωπο, το ενδιαφέρον τους για τα φυτά και τη θέση των φυτών στον αστικό ιστό. Τα αποτελέσματα της έρευνας τους φανέρωσαν ότι οι μαθητές/τριες ανεξάρτητα από το φύλο τους δεν ενδιαφέρονται για τα φυτά. Ωστόσο, φαίνεται ότι οι μαθητές/τριες που καταπιάνονται με κηπουρικές δραστηριότητες (π.χ. φύτευση δέντρων) έχουν θετικότερες στάσεις απέναντι στα φυτά (Fancovicova & Prokop, 2010; Lohr & Pearson-Mims, 2005).

Συνεπώς, η τροποποίηση του υφιστάμενου εκπαιδευτικού πλαισίου ώστε η σχολική γνώση να απαλλαγεί από τον ζωοκεντρισμό που την διακατέχει αναδύεται πλέον ως επιτακτική ανάγκη για την καταπολέμηση της ΤΑΦΥ. Η ερευνητική κοινότητα ήδη μελετά την αντιμετώπιση του

φαινομένου με διδακτικές δραστηριότητες διαθεματικού χαρακτήρα. Ακολουθεί η περιγραφή ερευνών μέσα από τις οποίες επιχειρείται η αντιμετώπιση του φαινομένου της ΤΑΦΥ στην Α/θμια εκπαίδευση.

Εκτός από τη μελέτη της έντασης του φαινομένου, έχουν σχεδιαστεί και εφαρμοστεί και τρόποι αντιμετώπισης του. Η Strgar (2007) σχεδίασε και εφάρμοσε μια διδακτική παρέμβαση με στόχο την ανάδειξη της σημασίας των φυτών για την διατήρηση της ισορροπίας του οικοσυστήματος και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών των φυτικών οργανισμών, όπως το σχήμα, η χρησιμότητα και τα οφέλη που προσφέρει η χρήση τους στον άνθρωπο. Η έρευνα απευθύνονταν σε μαθητές/τριες όλων των βαθμίδων εκπαίδευσης και το εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε ήταν γραπτό ερωτηματολόγιο το οποίο μελετούσε την αλλαγή της στάσης των συμμετεχόντων για οκτώ (8) φυτικούς οργανισμούς πριν και μετά την παρέμβαση. Κατά την διάρκεια της παρέμβασης οι μαθητές/τριες είχαν την ευκαιρία να παρατηρήσουν φυτικούς οργανισμούς σε πραγματικό χρόνο. Τα αποτελέσματα της έρευνας ανέδειξαν ότι η στάση ενός ατόμου για τα φυτά μπορεί να αλλάξει θετικά μέσα από την φυσική αλληλεπίδρασή του με φυτικούς οργανισμούς αποκτώντας μάλιστα και εξειδικευμένες γνώσεις.

Οι Fancovicova & Prokop (2010) εφάρμοσαν μια σειρά στοχευμένων εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων σε μαθητές/τριες Α/θμιας εκπαίδευσης. Κατά την διάρκεια της έρευνας, οι μαθητές/τριες επισκέφθηκαν πράσινες εκτάσεις που βρίσκονταν πλησίον του σχολείου τους. Στόχος της έρευνας ήταν να διερευνηθεί αν η συμμετοχή σε δραστηριότητες μη τυπικής εκπαίδευσης σχετικά με τα φυτά επιδρά θετικά στη στάση των μαθητών/τριων για τα φυτά. Το ερευνητικό εργαλείο της έρευνας ήταν ένα ερωτηματολόγιο που εφαρμόστηκε πριν την έναρξη της έρευνας, αμέσως μετά και τρεις μήνες μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης. Τα αποτελέσματα της έρευνας ανέδειξαν ότι ακόμα και τρεις μήνες μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης οι μαθητές/τριες είχαν θετικότερη στάση για τους φυτικούς οργανισμούς, ενώ αυξήθηκε και το ενδιαφέρον τους για το μάθημα της βιολογίας.

Μια άλλη παρέμβαση που προτάθηκε και βασίζεται στην διεπιστημονικότητα είναι από την Cil (2015) η οποία εφάρμοσε μια διδακτική παρέμβαση σε μαθητές/τριες Α/θμιας εκπαίδευσης με στόχο την τόνωση του ενδιαφέροντος των μαθητών/τριων συνδυάζοντας το διδακτικό αντικείμενο της βοτανικής με τα εικαστικά και τη χημεία. Μετά την ολοκλήρωση της έρευνας, οι μαθητές/τριες καλλιέργησαν θετικότερη στάση για τους φυτικούς οργανισμούς γνωρίζοντας

καλύτερα τα φυτά και συνειδητοποιώντας την αξία τους για τον άνθρωπο. Επίσης, οι Stagg & Verde (2018) διερεύνησαν την βελτίωση της στάσης μαθητών/τριων του δημοτικού σχολείου απέναντι στα φυτά μέσα από το θέατρο. Συγκεκριμένα, στα πλαίσια της έρευνας, οι μαθητές/τριες συμμετείχαν σε μια διαδραστική θεατρική παράσταση σχετικά με τους φυτικούς οργανισμούς. Τα αποτελέσματα της έρευνας φανέρωσαν ότι η συμμετοχή τους σε μια δραστηριότητα με θεατρικά στοιχεία βελτίωσε τη στάση και τις γνώσεις τους σχετικά με τους φυτικούς οργανισμούς.

Με την εξέλιξη της τεχνολογία αρκετές παρεμβάσεις στηρίζονται στα ψηφιακά μέσα. Συγκεκριμένα, οι Kissi & Dreesmann (2017) οργάνωσαν ένα αλληλεπιδραστικό εκπαιδευτικό ηλεκτρονικό παιχνίδι με στόχο την εξοικείωση μαθητών/τριων Α/θμιας και Β/θμιας εκπαίδευσης με τα είδη των ανθοφόρων φυτών μέσα από την χρήση κινητών τηλεφώνων. Τα αποτελέσματα της έρευνας φανέρωσαν ότι η χρήση νέων τεχνολογιών είχε θετική επίδραση στην περιβαλλοντική συνείδηση των μαθητών/τριων, αλλά δεν είχε τα επιθυμητά αποτελέσματα σχετικά με τη στάση τους απέναντι στα φυτά.

Ακόμα, κατά την διάρκεια της πανδημίας, πραγματοποιήθηκε μια διδακτική παρέμβαση (Panitsa, 2021) η οποία διερευνά την διάθεση μαθητών/τριων 13- 17 χρόνων, φοιτητών και ειδικών να ανακαλύψουν νέα είδη φυτών. Κατά την διάρκεια της παρέμβασης, περιηγήθηκαν ψηφιακά στον Όλυμπο και μελέτησαν επιπρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό. Τα αποτελέσματα της έρευνας ανέδειξαν ότι οι μαθητές/τριες αγνόησαν την σημασία των φυτών για το οικοσύστημα και ανέφεραν, κυρίως, ενδημικά φυτά. Υποστηρίζεται, μάλιστα, ότι η ενίσχυση της αξίας των φυτών δεν θα έπρεπε να βασίζεται στις ανθρώπινες ανάγκες. Τέλος, τονίζεται η αξία της ποιοτικής εκπαίδευσης και της βιωσιμότητας για την καταπολέμηση της ΤΑΦΥ.

Οι παραπάνω έρευνες αλλά και οι έρευνες για την μελέτη του φαινομένου του λωτού βασίστηκαν στην ανάπτυξη και την χρήση εκπαιδευτικού υλικού. Παρακάτω περιγράφεται η αξία της χρήσης εκπαιδευτικού υλικού για την εκπαιδευτική πραγματικότητα.

1.3 Η αξία και η χρήση του εκπαιδευτικού υλικού για την εκπαιδευτική διαδικασία

Η εκπαιδευτική διαδικασία είναι μια δυναμική διεργασία κατά τη διάρκεια της οποίας διενεργούνται εννοιολογικές αλλαγές. Ο εκπαιδευτικός, ως ο σκηνοθέτης της εκπαιδευτικής διαδικασίας, καλείται να επιλέξει τις μεθόδους, τα μέσα και τον αποτελεσματικότερο τρόπο για

την επίτευξη αυτής της αλλαγής. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιεί διάφορα μέσα που εμπλουτίζουν τη διδασκαλία του, γνωστά και ως εκπαιδευτικό υλικό.

Εκπαιδευτικό υλικό ονομάζεται το σύνολο των στοιχείων που χρησιμοποιεί ο εκπαιδευτικός για το σχεδιασμό και την ολοκλήρωση της διδασκαλίας του. Το εκπαιδευτικό υλικό μπορεί να έχει ποικίλες μορφές. Στόχος του είναι να διαμορφώσει ένα μαθησιακό περιβάλλον με δημιουργικά χαρακτηριστικά για την κατάκτηση γνώσεων και δεξιοτήτων. Παραδείγματα εκπαιδευτικού υλικού είναι τα φύλλα εργασίας, κείμενα, εικόνες, οπτικοακουστικό υλικό, ψηφιακά παιχνίδια και εφαρμογές, διαδραστικά παιχνίδια ή παιχνίδια ρόλων (Φλογαΐτη, 2003).

Ωστόσο, η εξέλιξη της τεχνολογίας επέφερε αλλαγές στη κοινωνία και στο τρόπο ζωής που επηρεάζουν και την εκπαιδευτική πραγματικότητα, αφού το σχολείο αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της. Η εισχώρηση της πληροφορικής στην εκπαίδευση μεταξύ άλλων επηρέασε και το εκπαιδευτικό υλικό που ως τότε ήταν έντυπο. Συνεπώς, με εργαλείο την τεχνολογία ο εκπαιδευτικός μπορεί να αναπτύξει αναβαθμισμένα εκπαιδευτικά υλικά. Αυτό που θα τα χαρακτηρίσει ως σύγχρονα, όμως, δεν είναι η μορφή (ψηφιακά ή έντυπα) αλλά ο σχεδιασμός και ο τρόπος χρήσης τους στην παιδαγωγική διαδικασία (Φλογαΐτη, 2003).

Πέρα από τη μορφή, το εκπαιδευτικό υλικό κατηγοριοποιείται και ως προς το υποκείμενο στο οποίο απευθύνεται και το σκοπό χρήσης του σε διδακτικό υλικό (teaching materials) και μαθησιακό υλικό (learning materials). Διδακτικό υλικό (teaching materials) θεωρείται οτιδήποτε χρησιμοποιείται από διδακτική οπτική (συνήθως βιβλίο). Αντίστοιχα, το μαθησιακό υλικό (learning materials) συμπεριλαμβάνει φακέλους δραστηριοτήτων και χρησιμοποιείται από τους μαθητές/τριες (Ματσαγγούρας & Χέλμης, 2003).

Στόχος των παραγωγών εκπαιδευτικού υλικού είναι η παροχή έγκυρης εκπαιδευτικής γνώσης σε μαθητές/τριες και εκπαιδευτικούς που θα είναι ταυτόχρονα και κοινωνικά αποδεκτή. Συνεπώς, ο πληροφοριακός χαρακτήρας του είναι έντονος. Βιβλιογραφικά, προτείνονται συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που αφορούν τον τρόπο διαμόρφωσης ενός επιτυχημένου εκπαιδευτικού υλικού ως προς το περιεχόμενό του. Αρχικά, η βιωματικότητα και ο μετασχηματισμός της επιστημονικής γνώσης με γνώμονα το νοητικό σύστημα των μαθητών/τριών διευκολύνουν την κατανόησή του (Ματσαγγούρας & Χέλμης, 2003). Επιπρόσθετα, ο εποικοδομητισμός που βασίζεται στην οικοδόμηση της γνώσης, απαιτεί την ανάπτυξη

εκπαιδευτικού υλικού με οργανωμένες δραστηριότητες, ώστε οι μαθητές/ τριες να οικοδομούν βήμα-βήμα τις επιθυμητές γνώσεις.

Ακόμη και στον εποικοδομητισμό όμως, ο ρόλος του δασκάλου υφίσταται. Ως διαμεσολαβητής της γνώσης και όχι αυθεντία, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στον τρόπο διαχείρισης του εκπαιδευτικού υλικού στην πράξη. Ταυτόχρονα, η οριοθέτηση του εννοιολογικού πλαισίου επεξεργασίας υποστηρίζεται ότι εμποδίζει το μετασχηματισμό της επιστημονικής γνώσης σε πραγματολογική (Ματσαγγούρας & Χέλμης, 2003).

Επιπρόσθετα, η επιτυχία του εκπαιδευτικού υλικού έγκειται και σε μορφικά και δομικά χαρακτηριστικά που εντοπίζονται στο περιεχόμενο. Βασικός στόχος είναι η σαφήνεια και η άμεση κατανόηση του από το πληθυσμό στον οποίο απευθύνεται. Ταυτόχρονα, όμως, η ευελιξία, η ευχρηστία και η μικρή έκταση είναι επίσης επιθυμητά στοιχεία.

1.3.1 Το διερευνητικό μοντέλο 5E

Οι σύγχρονες έρευνες στο πεδίο των Φυσικών Επιστημών υποστηρίζουν ότι η ικανότητα λήψης αποφάσεων και επίλυσης προβλημάτων, η κριτική σκέψη και η ανεξάρτητη μάθηση περιλαμβάνονται στην βασική στοχοθεσία της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Για την επίτευξή τους συνιστά απαραίτητη η εφαρμογή της διδακτικής μεθόδου του εποικοδομισμού. Σύμφωνα με τον Δημητριάδη (2015) ο εποικοδομισμός ή κονστρουκτιβισμός είναι μια θεωρία μάθησης σύμφωνα με την οποία περιγράφονται και ερμηνεύονται οι μηχανισμοί μάθησης του ανθρώπινου είδους μέσα από μοντέλα που εξετάζουν τις συνδέσεις όλων των χαρακτηριστικών που την επηρεάζουν. Κατά τον εποικοδομισμό, η μάθηση αποτελεί μια δυναμική διεργασία που στηρίζεται στην ενεργή εμπλοκή των μαθητών/ τριών, την βιωματική μάθηση και τα ερεθίσματα που δέχεται ο δέκτης από το εκπαιδευτικό περιβάλλον (Σκουμιάς, 2018). Ο κονστρουκτιβισμός του Piaget, ο οποίος θεωρεί τη μάθηση ατομική διεργασία ονομάζεται ατομικός κονστρουκτιβισμός (personalconstructivism), αντίθετα ο Vygotsky και ο Solomon αναφέρονται στον κοινωνικό κονστρουκτιβισμό (socialconstructivism) και υποστηρίζουν ότι η μάθηση προκύπτει από την κοινωνική αλληλεπίδραση. Ωστόσο, οι Driver κ.ά. (2015) καταλήγουν πως η μάθηση προκύπτει από τον συνδυασμό ατομικών και κοινωνικών διεργασιών.

Ο κονστρουκτιβισμός τροποποίησε τον τρόπο που επιτυγχάνεται η έννοια της μάθησης, μετατοπίζοντας το κέντρο μάθησης από τον εκπαιδευτικό στον μαθητή. Πλέον, ο

εκπαιδευόμενος ενημερώνεται για ένα θέμα μέσα από τη δική του έρευνα με βοήθo του σε αυτή τον εκπαιδευτικό που πλέον έχει τον ρόλο του καθοδηγητή – διαμεσολαβητή. Συνεπώς, ο εκπαιδευτικός οφείλει να είναι άρτια καταρτισμένος στο γνωστικό αντικείμενο που διδάσκει αλλά και να διαθέτει και όλες εκείνες τις παιδαγωγικές ικανότητες για να μπορεί να στηρίζει παιδαγωγικά το εγχείρημα αυτό.

Με κριτήριο τις πρωτοβουλίες του εκπαιδευόμενου διακρίνονται τρία επίπεδα διερεύνησης: επιβεβαιωτική διερεύνηση (επίπεδο 0), καθοδηγούμενη διερεύνηση (επίπεδο 1), προσανατολισμένη διερεύνηση (επίπεδο 2) και ανοικτή διερεύνηση (επίπεδο 3). Η επιβεβαιωτική διερεύνηση ονομάζεται η διερεύνηση κατά την οποία δίνονται στους μαθητές/τριες όλα τα απαραίτητα εφόδια, όπως τον τρόπο σκέψης, τα υλικά και τα στοιχεία που χρειάζεται προκειμένου να επιβεβαιώσουν μια γνώση. Αντίστοιχα, καθοδηγούμενη διερεύνηση καλείται η μέθοδος διδασκαλίας κατά την οποία ζητείται από τους μαθητές/τριες να ανακαλύψουν τη νέα γνώση δίνοντάς τους όλα τα απαραίτητα υλικά. Επιπρόσθετα, στην προσανατολισμένη διερεύνηση οι μαθητές/τριες καλούνται να βρουν το δρόμο επίλυσης ενός ερωτήματος και να επιλέξουν τα υλικά με τα οποία θα απαντήσουν σε αυτή. Τέλος, η ανοικτή διερεύνηση είναι η πιο ελεύθερη μορφή διερεύνησης. Οι μαθητές/τριες σε αυτό το επίπεδο διερεύνησης είναι οι κύριοι πρωταγωνιστές. Βρίσκουν τα ερωτήματα με τα οποία θα ασχοληθούν και αναζητούν την πορεία και τα υλικά για να ανακαλύψουν την απάντηση. Στο επίπεδο αυτό, ο εκπαιδευτικός απλά παρέχει στους μαθητές/τριες τα αρχικά ερεθίσματα κινητοποίησης των μαθητών/τριών και ύστερα εκείνοι αναλαμβάνουν δράση.

Παρακάτω αναλύεται το διερευνητικό μοντέλο μάθησης 5E (Bybee&Eisenkraft, 1997; Bybee, R. W., κ.ά., 2006) στο οποίο η ερευνήτρια βασίστηκε για την σχεδίαση και τη κατασκευή του εκπαιδευτικού υλικού της παρούσας έρευνας. Πρόκειται για μια μαθητοκεντρική μέθοδο διδασκαλίας η οποία βασίζεται στον εποικοδομισμό και στη γνωστική ψυχολογία. Οι δραστηριότητες που σχεδιάζονται σύμφωνα με το διερευνητικό μοντέλο μάθησης 5E στοχεύουν στην μετατόπιση των αρχικών ιδεών των μαθητών/τριων για το φαινόμενο ή την έννοια που μελετούν κοντά στις επιστημονικές έννοιες μέσα από μια διαδικασία γνωστικής σύγκρουσης.

Το διερευνητικό μοντέλο 5E αποτελείται από 5 φάσεις οι οποίες πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους: α) Εμπλοκή (Engagement) β) Διερεύνηση (Exploration) γ) Επεξήγηση (Explanation) δ)

Επεξεργασία (Elaboration) ε) Αξιολόγηση (Evaluation). Η ονομασία του αποδίδεται στο γεγονός ότι το αρχικό γράμμα του ονόματος κάθε φάσης στην αγγλική βιβλιογραφία ξεκινά από το γράμμα E. Ακολουθεί η περιγραφή του περιεχομένου της κάθε φάσης.

Εμπλοκή (Engagement)

Η φάση της Εμπλοκής (engagement) εμπλέκει τους μαθητές στη μαθησιακή διαδικασία και τους εισάγει σε νέους όρους και έννοιες που σχετίζονται με το αντικείμενο μελέτης. Στόχος της φάσης της Εμπλοκής είναι η παροχή κινήτρου ώστε οι μαθητές να εμπλακούν ενεργά με το υπό μελέτη αντικείμενο, φαινόμενο ή διαδικασία. Ο εκπαιδευτικός γίνεται ο συντονιστής της μαθησιακής διαδικασίας. Παρουσιάζει το αρχικό ερώτημα - πρόβλημα, ορίζει τους κανόνες και περιγράφει τις διαδικασίες για την πραγμάτωση των δραστηριοτήτων. Η επιτυχή ολοκλήρωση της φάσης της Εμπλοκής δημιουργεί στους μαθητές/τριες τον προβληματισμό ώστε να επιθυμούν να συμμετάσχουν ενεργά στη μαθησιακή διαδικασία.

Συγκεκριμένα, στη φάση αυτή ο εκπαιδευτικός υποβάλλει μια ερώτηση, διατυπώνει ένα πρόβλημα, αναδεικνύει ένα ασυμβίβαστο γεγονός ή αναδεικνύει μια προβληματική κατάσταση. Με τον τρόπο αυτό, οι μαθητές/τριες εστιάζουν σε ένα αντικείμενο, ένα πρόβλημα, μια κατάσταση ή ένα γεγονός. Οι δραστηριότητες αυτής της φάσης δημιουργούν συνδέσεις με προηγούμενες εμπειρίες και αποκαλύπτουν τις παρανοήσεις των μαθητών/τριων.

Διερεύνηση (Exploration)

Η επόμενη φάση είναι η φάση της Διερεύνησης (exploration). Οι μαθητές/τριες, αφού έχουν εμπλακεί με το θέμα μελέτης, έχουν πλέον μια ψυχολογική ανάγκη να εξερευνήσουν τις νέες ιδέες που παρουσιάστηκαν κατά την διάρκεια της φάσης της Εμπλοκής. Οι δραστηριότητες της φάσης αυτής σχεδιάζονται με στόχο οι μαθητές/τριες στην τάξη να έχουν κοινές, συγκεκριμένες εμπειρίες βάσει των οποίων συνεχίζουν να σχηματίζουν έννοιες, να πραγματώνουν διαδικασίες και να καλλιεργούν νέες δεξιότητες. Η Διερεύνηση εξισορροπεί τη νοητική σύγχυση που προκλήθηκε στην φάση της Εμπλοκής (engagement).

Το εκπαιδευτικό υλικό που χρησιμοποιείται κατά την διάρκεια της Διερεύνησης χρειάζεται να είναι προσεκτικά σχεδιασμένο και να περιλαμβάνει δραστηριότητες πρακτικού χαρακτήρα (hands-on activities), ώστε να διαμορφωθούν με ακρίβεια οι νέες έννοιες. Ο στόχος των δραστηριοτήτων στην φάση της Διερεύνησης είναι να δημιουργήσουν εμπειρίες που μπορούν

να χρησιμοποιήσουν οι εκπαιδευτικοί και οι μαθητές/τριες ώστε να εισαγάγουν επίσημα νέες ιδέες και να διαπραγματευτούν έννοιες, να εμπλακούν διαδικασίες ή να αναπτύξουν δεξιότητες. Κατά τη διάρκεια της κάθε δραστηριότητας διατίθεται χρόνος ώστε οι μαθητές/τριες να εξερευνήσουν αντικείμενα, γεγονότα ή καταστάσεις. Ως αποτέλεσμα της διανοητικής και σωματικής εμπλοκής τους στις δραστηριότητες της φάσης αυτής, οι μαθητές/τριες δημιουργούν εννοιολογικές σχέσεις, παρατηρούν πρότυπα, εντοπίζουν μεταβλητές και αμφισβητούν γεγονότα.

Ο ρόλος του εκπαιδευτικού στη φάση της Διερεύνησης είναι και πάλι συντονιστικός. Συγκεκριμένα, εκκινεί την κάθε δραστηριότητα περιγράφοντας το περιεχόμενό της και διαθέτει στους μαθητές/τριες τον χρόνο και την ευκαιρία να διερευνήσουν αντικείμενα, υλικά και καταστάσεις με βάση τις ιδέες του κάθε μαθητή και της κάθε μαθήτριας για υπό το μελέτη φαινόμενο. Ωστόσο, καθ' όλη την διάρκεια αυτής της φάσης, ο/η εκπαιδευτικός μπορεί να καθοδηγήσει τους μαθητές/τριες, καθώς αρχίζουν να ανακατασκευάζουν τις εξηγήσεις τους για το φαινόμενο, το αντικείμενο ή τη διαδικασία που μελετούν. Στο σημείο αυτό, η χρήση απτών υλικών και συγκεκριμένων εμπειριών είναι απαραίτητη.

Επεξήγηση (Explanation)

Η φάση της Επεξήγησης (explanation) παρέχει στους μαθητές/τριες και στον εκπαιδευτικό μια κοινή χρήση όρων σχετικά με τη μαθησιακή εργασία και καθιστά τις έννοιες, τις δεξιότητες ή τις διαδικασίες σαφείς και κατανοητές για όλους. Σε αυτή τη φάση, ο εκπαιδευτικός κατευθύνει την προσοχή των μαθητών/τριων σε συγκεκριμένες πτυχές των εμπειριών των δραστηριοτήτων της Εμπλοκής και Διερεύνησης.

Συγκεκριμένα, ο εκπαιδευτικός, αρχικά, ζητά από τους μαθητές/τριες να δώσουν τις εξηγήσεις τους για την έννοια, τη διαδικασία ή το φαινόμενο που μελετούν και στη συνέχεια, εισάγει επιστημονικές ή τεχνολογικές εξηγήσεις με άμεσο και ρητό τρόπο. Ο/η εκπαιδευτικός θα πρέπει να βασίσει το αρχικό μέρος αυτής της φάσης στις εξηγήσεις των μαθητών/τριων και να συνδέσει ξεκάθαρα τις εξηγήσεις αυτές με το περιεχόμενο των δραστηριοτήτων των φάσεων της Εμπλοκής και της Εξερεύνησης. Το κλειδί σε αυτή τη φάση είναι να παρουσιαστούν οι έννοιες, οι διαδικασίες ή οι δεξιότητες εν συντομία, απλά, ξεκάθαρα και άμεσα.

Οι εκπαιδευτικοί έχουν στην διάθεσή τους μια ποικιλία τεχνικών και στρατηγικών για να προκαλέσουν τους μαθητές/τριες να αναπτύξουν εξηγήσεις για το υπό μελέτη ζήτημα. Για

παράδειγμα, χρησιμοποιούν λεκτικές εξηγήσεις, χρήση βίντεο, ταινιών και εκπαιδευτικών ψηφιακών προγραμμάτων. Αυτή η φάση συνεχίζει τη διαδικασία της νοητικής διάταξης και παρέχει όρους για εξηγήσεις. Στο τέλος της φάσης της Επεξήγησης, οι μαθητές/τριες θα πρέπει να είναι σε θέση να εξηγήσουν τις εμπειρικές καταστάσεις με τις οποίες καταπιάστηκαν χρησιμοποιώντας κοινούς όρους. Ωστόσο, αναμένεται ότι δεν θα εκφράσουν και δε θα εφαρμόσουν αμέσως τις εξηγήσεις, καθώς η μάθηση απαιτεί χρόνο.

Επεξεργασία (elaboration)

Η φάση της Επεξεργασίας διευκολύνει τη μεταφορά των μελετούμενων εννοιών σε στενά συνδεδεμένες αλλά νέες καταστάσεις. Κατά την διάρκεια της φάσης αυτής οι μαθητές/τριες εμπλέκονται σε περαιτέρω εμπειρίες μέσα από τις οποίες επεκτείνουν και επεξεργάζονται έννοιες, διαδικασίες ή δεξιότητες. Σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να εξακολουθούν να έχουν λανθασμένες αντιλήψεις ή μπορεί να κατανοούν μια έννοια μόνο από την άποψη της εξερευνητικής εμπειρίας. Συνεπώς, οι δραστηριότητες στη φάση της Επεξεργασίας παρέχουν στους μαθητές/τριες επιπλέον χρόνο και εμπειρίες που συμβάλλουν στη μάθηση.

Σύμφωνα με την Audrey Champagne (1987) «Κατά τη φάση της Επεξεργασίας, οι μαθητές/τριες συμμετέχουν σε συζητήσεις και δραστηριότητες αναζήτησης πληροφοριών. Στόχος της ομάδας είναι να εντοπίσει και να εκτελέσει έναν μικρό αριθμό πολλά υποσχόμενων προσεγγίσεων για την εργασία. Κατά τη διάρκεια της ομαδικής συζήτησης, οι μαθητές/τριες παρουσιάζουν και υπερασπίζονται τις προσεγγίσεις τους στο εκπαιδευτικό έργο. Αυτή η συζήτηση έχει ως αποτέλεσμα τον καλύτερο ορισμό της εργασίας καθώς και τον εντοπισμό και τη συλλογή πληροφοριών που είναι απαραίτητες για την επιτυχή ολοκλήρωση της εργασίας. Ο κύκλος διδασκαλίας δεν είναι κλειστός σε εξωτερικές πληροφορίες. Οι μαθητές/τριες λαμβάνουν πληροφορίες ο ένας από τον άλλον, τον/την εκπαιδευτικό, έντυπο υλικό, ειδικούς, ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων και πειράματα που διεξάγουν δημιουργώντας μια βάση πληροφοριών. Αποτέλεσμα της συμμετοχής των μαθητών/τριων στη συζήτηση της ομάδας είναι ο κάθε μαθητής/τρια να είναι σε θέση να επεξεργαστεί τη σύλληψη των εργασιών, τις βάσεις πληροφοριών και τις πιθανές στρατηγικές για την ολοκλήρωσή της [της εργασίας]» (Champagne, A., 1987, σ. 82).

Η φάση της Επεξεργασίας είναι επίσης μια ευκαιρία για τη συμμετοχή των μαθητών/τριων σε νέες καταστάσεις και προβλήματα που απαιτούν τη μεταφορά πανομοιότυπων ή παρόμοιων

εξηγήσεων. Η γενίκευση των εννοιών, των διαδικασιών και των δεξιοτήτων είναι ο πρωταρχικός στόχος. Σημαντική, επίσης, είναι η χρήση των αλληλεπιδράσεων των μαθητών/τριων εντός των ομάδων ως μέρος της διαδικασίας επεξεργασίας. Οι ομαδικές συζητήσεις και οι καταστάσεις συνεργατικής μάθησης παρέχουν ευκαιρίες στους μαθητές/τριες να εκφράσουν την κατανόησή τους για το θέμα και να λάβουν σχόλια από άλλους που είναι πολύ κοντά στο δικό τους επίπεδο κατανόησης.

Αξιολόγηση (Evaluation)

Η πέμπτη και τελευταία φάση είναι η φάση της Αξιολόγησης (Evaluation). Αυτή είναι η φάση κατά την οποία οι εκπαιδευτικοί καθορίζουν το επίπεδο κατανόησης κάθε μαθητή/τριας. Συγκεκριμένα, στη φάση αυτή προσφέρεται μια σημαντική ευκαιρία στους μαθητές/τριες να χρησιμοποιήσουν τις δεξιότητες που έχουν αποκτήσει και να αξιολογήσουν την κατανόησή τους. Επιπλέον, οι μαθητές/τριες θα πρέπει να λαμβάνουν ανατροφοδότηση σχετικά με την επάρκεια των εξηγήσεών τους. Ο/η εκπαιδευτικός δύναται να αξιολογεί άτυπα τους μαθητές/τριες καθ' όλη την διάρκεια των φάσεων του μοντέλου 5Ε, ωστόσο μετά την ολοκλήρωση της φάσης της Επεξεργασίας μπορεί πλέον να διαμορφώσει την τελική αξιολόγηση των μαθητών/τριων.

Τα φυτά αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της ανθρώπινης ύπαρξης, ωστόσο, ήδη από τα πρώτα σχολικά του χρόνια, ο μέσος άνθρωπος φαίνεται να αγνοεί την αξία τους. Η Νανοτεχνολογία διερευνά και μελετά τις ιδιαίτερες ιδιότητες των υλικών στη νανοκλίμακα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα προς αυτήν την κατεύθυνση αποτελεί το Φαινόμενο του Λωτού (Lotus Effect). Ένα φαινόμενο της φύσης που παρατηρήθηκε σε έναν φυτικό οργανισμό, τον λωτό και όπως αναφέρθηκε παραπάνω, αποτέλεσε έμπνευση για την επιστημονική κοινότητα.

Η παρούσα έρευνα επιχειρεί την καταπολέμηση της ΤΑΦΥ μέσα από τη διδασκαλία της υδροφοβικότητας και του αυτοκαθαρισμού επιφανειών. Για τους σκοπούς της έρευνας αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε εκπαιδευτικό υλικό το οποίο απευθύνεται σε μαθητές/τριες των τελευταίων τάξεων του δημοτικού σχολείου. Στα επόμενα κεφάλαια περιγράφεται και αναλύεται το περιεχόμενο του εκπαιδευτικού υλικού και στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής του στην μείωση της έντασης της ΤΑΦΥ και στην καλλιέργεια του Νανογραμματισμού των συμμετεχόντων.

2. Ερευνητική Μεθοδολογία

Η Τυφλότητα των φυτών (ΤΑΦΥ) είναι ένα σύγχρονο φαινόμενο και η έρευνα για την αντιμετώπισή του βρίσκεται σε πρώιμα στάδια. Η αδυναμία διάκρισης και παρατήρησης φυτών στην περιοχή καθημερινής διαβίωσης και δράσης του ατόμου αποτελεί, καθώς και η ελλιπής ευαισθησία για τις αισθητικές ιδιότητες και τις δομές των φυτών, συνιστούν συμπτώματα της ΤΑΦΥ (Αμπράζης, Α., 2021 ·Wandersee & Schussler, 2001). Η Ν- ΕΤ, ως η σύγχρονη βιομηχανική επανάσταση, ασχολείται με τις ιδιαίτερες ιδιότητες της ύλης ζωικών και φυτικών οργανισμών. Το φαινόμενο του λωτού αποτελεί ένα φαινόμενο της φύσης που άπτεται στα πλαίσια ενδιαφέροντος της Ν- ΕΤ. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη, η εφαρμογή και η αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού για το φαινόμενο του λωτού, ώστε να διερευνηθεί η επίδραση της διδασκαλίας το φαινομένου του λωτού στη στάση των μαθητών/ τριών Α/θμιας εκπαίδευσης για τους φυτικούς οργανισμούς. Παρακάτω παρατίθενται τα ερευνητικά ερωτήματα και τα υπο- ερωτήματα της παρούσας έρευνας.

EE1 «Σε ποιο βαθμό εντοπίζεται το φαινόμενο της ΤΑΦΥ στους συμμετέχοντες, πριν και μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού;». Το EE1 εξειδικεύεται ως εξής:

EE1.1 «Σε τι βαθμό οι μαθητές/ τριες ανακαλούν τα φυτά ως ζωντανούς οργανισμούς πριν και μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού;».

EE 1.2 «Σε τι βαθμό οι μαθητές/ τριες ενδιαφέρονται για τα φυτά συγκριτικά με τα ζώα πριν και μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού;»

EE 1.3 «Σε τι βαθμό οι μαθητές/ τριες παρατηρούν φυτικούς οργανισμούς στο περιβάλλοντα χώρο στην καθημερινότητά τους πριν και μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού;»

EE 1.4 «Σε τι βαθμό οι μαθητές/ τριες ενδιαφέρονται να μελετήσουν τους φυτικούς οργανισμούς πριν και μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού;»

EE 1.5 «Σε τι βαθμό οι μαθητές/ τριες αναγνωρίζουν την σημασία των φυτών για την ανθρώπινη ζωή πριν και μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού;»

EE2 «Ποιο νόημα αποδίδουν οι μαθητές/ τριες σε έννοιες και φαινόμενα σχετικά με την Ν- ΕΤ πριν και μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού;». Το EE2 εξειδικεύεται ως εξής:

EE 2.1 «Πώς εξηγούν οι μαθητές/ τριες την υδροφοβικότητα των υλικών πριν και μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού;»

ΕΕ 2.2 «Πώς εξηγούν οι μαθητές/ τριες τον αυτοκαθαρισμό υλικών πριν και μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού;»

ΕΕ 2.3 «Ποιο νόημα αποδίδουν οι μαθητές/ τριες στον όρο Νανοτεχνολογία πριν και μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού;».

Συμμετέχοντες

Το εκπαιδευτικό υλικό που προτείνεται απευθύνεται σε ένα δείγμα 29 μαθητών/ τριών της Ε δημοτικού (14 μαθητές/τριες) και ΣΤ Δημοτικού (15 μαθητές/τριες) στην περιοχή του Ηρακλείου Κρήτης (Πίνακας 4). Η επιλογή του δείγματος ακολουθεί τη μέθοδο του δείγματος ευκολίας. Οι συμμετέχοντες της έρευνας προέρχονται από ευάλωτες κοινωνικές ομάδες. Οι περισσότεροι εξ' αυτών είναι Ρομά και πρόσφυγες που δεν έχουν κατακτήσει επαρκώς την ελληνική γλώσσα.

Ωστόσο, μετά την ολοκλήρωση της έρευνας, για λόγους εγκυρότητας και αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων, η ερευνήτρια αφαίρεσε τους μαθητές/τριες που απουσίαζαν έστω από μια συνάντηση ή δεν συμπλήρωσαν το αρχικό ή/και το τελικό ερωτηματολόγιο και προχώρησε στην ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών/ τριων που παρακολούθησαν όλες τις συναντήσεις που πραγματοποιήθηκαν για την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού και συμπλήρωσαν και τα δυο ερωτηματολόγια (αρχικό και τελικό). Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η διαμόρφωση του τελικού μαθητικού πληθυσμού της έρευνας.

Πίνακας 4: Ο μαθητικός πληθυσμός της έρευνας ανά φύλο και τάξη

Τάξη	Αγόρια	Κορίτσια	Σύνολο
Ε' Δημοτικού	0	6	6
ΣΤ' Δημοτικού	5	6	11
ΣΥΝΟΛΟ	5	12	17

Ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού της έρευνας

Σε αυτό το υποκεφάλαιο παρουσιάζεται η δομή και το περιεχόμενο του εκπαιδευτικού υλικού που αναπτύχθηκε για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας. Στόχος των δραστηριοτήτων είναι η αντιμετώπιση της Τυφλότητας απέναντι στα φυτά μέσα από την διδασκαλία του φαινομένου του λωτού. Οι δραστηριότητες που προτείνονται διαρκούν 360 λεπτά (4 διδακτικές ώρες) και χωρίζονται σε τρεις ενότητες. Η κάθε ενότητα μελετά τα φυτά σε κάθε διάσταση της ύλης (μακρόκοσμος, μικρόκοσμος, νανόκοσμος). Κατά την διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης, οι μαθητές/τριες εργάζονται σε ομάδες, μελετούν πληροφορίες, μοντελοποιούν φαινόμενα και διαδικασίες (φυτικά κύτταρα, υδρόφοβες επιφάνειες) και χειρίζονται ψηφιακά εργαλεία και υλικά εργαστηρίου (πιπέτες ή σταγονόμετρα, φορητούς υπολογιστές). Πιο συγκεκριμένα, το εκπαιδευτικό υλικό περιλαμβάνει φύλλα εργασίας, οπτικοακουστικό υλικό, παρουσιάσεις PowerPoint, αφίσες και προσομοιώσεις επιστημονικών εργαλείων (π.χ. οπτικό και ηλεκτρονικό μικροσκόπιο). Οι μαθητές/τριες καθ' όλη τη διάρκεια της εφαρμογής χρησιμοποιούν ψηφιακά εργαλεία και μέσα και παράγουν εκπαιδευτικό υλικό όπως αφίσες, μοντέλα αναπαράστασης φαινομένων και διαδικασιών.

Τα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα και οι προτεινόμενες δραστηριότητες τέθηκαν και προτείνονται με βάση τα συμπτώματα 1,4,6,7 και 9 της Τυφλότητας των φυτών (Wandersee&Schussler, 2001; Αμπράζης, 2021) αλλά και τις Μ. Ι. του μεγέθους και της κλίμακας, ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος, όργανα και χαρακτηρισμός, κοινωνικές επιπτώσεις για το περιεχόμενο της Ν- ET που εφαρμόζονται στο δημοτικό σχολείο (Stevens κ.ά., 2009, Hingant & Albe 2010, Μάνου & Σπύρτου 2013).

Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές/τριες μετά το πέρας της παρέμβασης θα :

- Αναγνωρίζουν πειραματικά τις υδρόφοβες επιφάνειες.
- Ταξινομούν επιφάνειες σε υδρόφιλες και υδρόφοβες.
- Παρατηρούν τη μορφολογία και τα χαρακτηριστικά των φυτών της περιοχής τους.
- Περιγράφουν τη σημασία των φυτών για τις καθημερινές υποθέσεις του ανθρώπου
- Περιγράφουν το Φαινόμενο του Λωτού.

- Μοντελοποιούν έννοιες και φαινόμενα (φυτικά κύτταρα, το φαινόμενο του λωτού) με απλά υλικά της καθημερινής ζωής.
- Ορίζουν το μακρόκοσμο, το μικρόκοσμο και το νανόκοσμο με βάση το όργανο παρατήρησης.
- Χειρίζονται ψηφιακά εργαλεία και μέσα.
- Παρατηρούν και να περιγράφουν τη νανοδομή υδρόφοβων φυτών.
- Εντοπίζουν εφαρμογές βιομιμητισμού του φαινομένου του λωτού.
- Εντοπίζουν τη χρησιμότητα υδρόφοβων προϊόντων για την ανθρώπινη ζωή.

Το εκπαιδευτικό υλικό της παρούσας εργασίας αποτελείται από τρεις ενότητες. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 5, η κάθε ενότητα αναπτύχθηκε και σχεδιάστηκε με βάση το διδακτικό διερευνητικό μοντέλο 5E (Bybee & Eisenkraft, 1997) με στόχο τη μελέτη των φυτικών οργανισμών σε μια περιοχή της ύλης (μακρόκοσμος, μικρόκοσμος και νανόκοσμος). Οι μαθητές/τριες καθ' όλη την διάρκεια της παρέμβασης εργάζονταν σε ομάδες, οι οποίες παρέμεναν ίδιες από την 1η ως την 4η συνάντηση. Παρακάτω περιγράφεται αναλυτικά το περιεχόμενο των ενοτήτων.

Πίνακας 5: Η δομή και το περιεχόμενο του εκπαιδευτικού υλικού

Ενότητα/ Μαθησιακά αποτελέσματα	Διδακτική προσέγγιση: Διερεύνηση 5 ^E
<p>1. Μακρόκοσμος</p> <p>Χρονική διάρκεια: 180 λεπτά (2 δίωρα μαθήματα/ 45λεπτά ανά ώρα)</p> <p>Στόχοι:</p> <p>Οι μαθητές/τριες αναμένεται να:</p>	<p>1ο δίωρο</p> <p>Εμπλοκή:</p> <p>Η εκπαιδευτικός προβάλλει ένα βίντεο με εφαρμογές του φαινομένου του λωτού στην καθημερινή ζωή και θέτει τα εξής ερωτήματα: «Τι περίεργο παρατηρήσατε στις επιφάνειες που είδατε όταν κάποιο υγρό έπεσε πάνω τους;», «Γιατί νομίζετε ότι συμβαίνει αυτό;», «Μπορείτε να σκεφτείτε αντικείμενα που δε βρέχονται και δε λερώνονται τα οποία χρησιμοποιείτε και εσείς;», «Γιατί μπορεί να είναι χρήσιμο να χρησιμοποιούμε επιφάνειες σαν και αυτές που παρακολουθήσατε στο βίντεο;», «Αυτό το περίεργο φαινόμενο συμβαίνει μόνο σε υλικά που</p>

<p>1) Αναγνωρίζουν πειραματικά τις υδρόφοβες επιφάνειες.</p> <p>2) Ταξινομούν επιφάνειες σε υδρόφιλες και υδρόφοβες.</p>	<p>φτιάχνει ο άνθρωπος ή συμβαίνει και στη φύση;»</p> <p>Λιερέυνηση:</p> <p>Η φάση αυτή χωρίζεται σε δυο δραστηριότητες.</p> <p>1η δραστηριότητα: Οι μαθητές/ τριες σε ολιγομελείς ομάδες πειραματίζονται με την υδροφοβικότητα 4 φυτών για να παρατηρήσουν και να ταξινομήσουν τα φυτά σε κατηγορίες με κριτήριο το σχήμα και τη συμπεριφορά της σταγόνας (π.χ. σφαιρική, απλώνεται, κυλά σα μπίλια).</p> <p>2η δραστηριότητα: Οι μαθητές/ τριες σε ολιγομελείς ομάδες πειραματίζονται και ταξινομούν φυτά (φύλλα μαρουλιού, μπρόκολου, ρόκας και λάχανου) σε κατηγορίες με κριτήριο τη συμπεριφορά του χόματος όταν σταγόνα νερού πέφτει σε αυτή (π.χ. το χόμα απομακρύνεται, το χόμα απλώνεται). Οι ομάδες συζητούν και συμπεραίνουν ότι επιφάνειες που δε βρέχονται και δε λερώνονται υπάρχουν τόσο στην καθημερινή ζωή (π.χ. τεχνητά προϊόντα του βίντεο) όσο και στην φύση (π.χ. τα φυτά που πειραματίστηκαν στις προηγούμενες 2 δραστηριότητες).</p> <p>Επεξήγηση:</p> <p>Οι ομάδες μελετούν μια παρουσίαση PowerPoint (βλ. Παράρτημα «Το μυστικό των φυτών»)στην οποία ορίζεται μακροσκοπικά το φαινόμενο του λωτού με κριτήριο την συμπεριφορά της σταγόνας του νερού καθώς πέφτει πάνω σε επιφάνειες.</p> <p>Επεξεργασία:</p> <p>Οι μαθητές/ τριες καλούνται να κατασκευάσουν μια αφίσα σε κόλλα A4 στην οποία θα προτείνουν προϊόντα της καθημερινής τους ζωής που θα ήθελαν να κάνουν υδρόφοβα.</p> <p style="text-align: center;">2ο δίωρο</p>
--	---

<p>3) Παρατηρούν τη μορφολογία και τα χαρακτηριστικά των φυτών της περιοχής τους.</p> <p>4) Περιγράφουν τη σημασία των φυτών για τις καθημερινές υποθέσεις του ανθρώπου.</p> <p>5) Ορίζουν τον μακρόκοσμο με βάση το όργανο παρατήρησης.</p>	<p>Αξιολόγηση:</p> <p>Οι μαθητές/τριες σε ολιγομελείς ομάδες με τη συνοδεία της εκπαιδευτικού μεταφέρονται σε κοντινό πάρκο της γειτονιάς. Η εκπαιδευτικός δίνει σε κάθε ομάδα μια πλαστικοποιημένη αφίσα με κενά στις οποίες οι μαθητές/τριες καλούνται να αντιστοιχήσουν έννοιες που μελέτησαν στην προηγούμενη συνάντηση με το περιεχόμενό τους.</p> <p>Εμπλοκή:</p> <p>Στη συνέχεια, μοιράζει σε κάθε ομάδα έναν φάκελο με έξι πλαστικοποιημένες κάρτες κατασκευασμένες από την εκπαιδευτικό. Στις κάρτες κάθε ομάδας απεικονίζονται τρία υδρόφιλα και τρία υδρόφοβα φυτά που βρίσκονται στο χώρο. Στην μπροστινή όψη της κάθε κάρτας υπάρχει η φωτογραφία του φυτού και στην πίσω όψη περιγράφονται τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του φυτού και η θετική ή αρνητική επίδραση του στον άνθρωπο. Σε πρώτη φάση, οι μαθητές/τριες σε ομάδες καλούνται να παρατηρήσουν τις φωτογραφίες των φυτών και να τα αναζητήσουν στο χώρο.</p> <p>Διερεύνηση - Επεξεργασία:</p> <p>Στη συνέχεια, αφού συλλέξουν φύλλα από τα φυτά που βλέπουν στις κάρτες τους, μεταφέρονται σε πάγκους εργασίας που βρίσκονται στον χώρο και καλούνται να δοκιμάσουν την υδροφοβικότητά τους. Συγκεκριμένα, ρίχνουν σταγόνες νερού με σταγονόμετρα στην επιφάνεια των φύλλων και του άνθους τους. Έπειτα, ταξινομούν τα φυτά σε υδρόφιλα και υδρόφοβα και διερευνούν την επίδραση του κάθε φυτού για την ανθρώπινη ζωή μελετώντας το εκπαιδευτικό υλικό που υπάρχει στο πίσω μέρος κάθε κάρτας φυτού.</p>
--	--

	<p>Συζητούν με την ομάδα τους τα αποτελέσματα του ελέγχου της υδροφοβικότητας των φυτών που συνέλεξαν και καταγράφουν ποια φυτά είναι υδρόφοβα. Έπειτα, κατατάσσουν τα φυτά σε κατηγορίες ανάλογα με την χρήση τους από τον άνθρωπο σε καλλωπιστικά φυτά, φαρμακευτικά φυτά, φυτά που χρησιμοποιούνται στην μαγειρική και στην βιομηχανία, ωστόσο ανακαλύπτουν και φυτά που είναι τοξικά για τον άνθρωπο. (βλ. Παράρτημα Φύλλο εργασίας 2).</p> <p>Αξιολόγηση:</p> <p>Συζητούν ως ομάδα τα αποτελέσματα της έρευνας τους και συμπεραίνουν ότι τα φυτά εμφανίζουν ιδιότητες που αξιοποιούνται σε πολλούς τομείς της ζωής του ανθρώπου, ωστόσο μερικά από αυτά μπορεί να είναι επιβλαβή για τον αυτόν. Στη συνέχεια, η κάθε ομάδα παρουσιάζει στην ολομέλεια τα αποτελέσματα της έρευνας της και συζητούν όλοι μαζί για τυχόν διαφωνίες στην ταξινόμηση των φυτών στις κατηγορίες που αναφέρθηκαν.</p> <p>Τέλος, επιστρέφουν στις ομάδες τους και η εκπαιδευτικός δίνει σε κάθε ομάδα ένα χαρτόνι-αφίσα χωρισμένο σε τρία μέρη. Το κάθε μέρος της αφίσας αντιστοιχεί σε έναν από τους τρεις κόσμους της ύλης (μακρόκοσμος, μικρόκοσμος, νανόκοσμος). Οι μαθητές/τριες με τις ομάδες τους συμπληρώνουν το πρώτο μέρος της αφίσας και ορίζουν το μακρόκοσμο ως τον κόσμο των φυτών και των αντικειμένων που μπορούμε να δούμε με τα μάτια μας.</p>
<p>2. Μικρόκοσμος</p> <p>Χρονική διάρκεια: 90 λεπτά</p>	<p>3ο δίωρο</p> <p>Εμπλοκή: Η εκπαιδευτικός προβάλλει μια παρουσίαση PPT στην οποία υπάρχουν τα εξής ερωτήματα: «Τι υπάρχει τελικά πάνω στην</p>

<p>Οι μαθητές/ τριες αναμένεται να:</p> <p>1) Παρατηρούν φυτικά κύτταρα σε ψηφιακό οπτικό μικροσκόπιο στον Η/Υ.</p> <p>2) Περιγράφουν τη δομή και τη λειτουργία ενός φυτικού κυττάρου.</p> <p>3) Μοντελοποιούν τη δομή του φυτικού κυττάρου με απλά υλικά.</p> <p>4) Ορίζουν τον μικρόκοσμο ως προς το όργανο παρατήρησης φυτικών κυττάρων.</p>	<p>επιφάνεια των υδρόφοβων φυτών που δεν έχουν τα υπόλοιπα φυτά;» και «Πώς μοιάζει ένα φύλλο φυτού στο οπτικό μικροσκόπιο;».</p> <p>Διερεύνηση: Οι μαθητές/ τριες για να απαντήσουν στα παραπάνω ερωτήματα επιστρέφουν στις ομάδες τους. Εξοικειώνονται με μια ψηφιακή προσομοίωση οπτικού μικροσκοπίου μέσα από την ιστοσελίδα VirtualMicroscope (ncbionetwork.org) και μελετούν φυτικά κύτταρα στον υπολογιστή. Σχεδιάζουν πώς μοιάζει το φύλλο όταν η μεγέθυνση είναι 40X και όταν η μεγέθυνση είναι 400X.</p> <p>Επεξήγηση: Επιστρέφουν στην ολομέλεια όπου η εκπαιδευτικός τους παρουσιάζει με το ψηφιακό οπτικό μικροσκόπιο φυτικά κύτταρα και συζητούν τα ευρήματά τους. Η εκπαιδευτικός τους ρωτά «Τι είναι αυτά που παρατηρούμε;»</p> <p>Οι μαθητές/ τριες επιστρέφουν στις ομάδες τους, μελετούν μια παρουσίαση διαφανειών PPT στην οποία περιγράφεται η δομή του φυτικού κυττάρου.</p> <p>Επεξεργασία: Μοντελοποιούν το φυτικό κύτταρο με απλά υλικά.</p> <p>Αξιολόγηση: Οι μαθητές/ τριες παρουσιάζουν τα μοντέλα που κατασκεύασαν στην ολομέλεια.</p> <p>Συμπληρώνουν το δεύτερο τμήμα της αφίσας των τριών κόσμων και ορίζουν τον μικρόκοσμο ως τον κόσμο που μπορούμε να δούμε με το οπτικό μικροσκόπιο.</p>
<p>3. Νανόκοσμος</p>	<p>4ο δίωρο</p>

<p><i>Χρονική διάρκεια:</i> 90 λεπτά (1 δίωρο μάθημα)</p> <p>Στόχοι:</p> <p>Οι μαθητές/ τριες αναμένεται να:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Περιγράψουν το φαινόμενο του λωτού. 2) Ορίζουν τον νανόκοσμο ως τον κόσμο που μπορούν να παρατηρήσουν με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο με αντικείμενο αναφοράς τα νανοεξογκώματα. 	<p>Εμπλοκή: Η εκπαιδευτικός προβάλλει μια παρουσίαση στην οποία ορίζεται ο μακρόκοσμος και ο μικρόκοσμος με βάση το όργανο παρατήρησης. Έπειτα, η εκπαιδευτικός θέτει το ερώτημα «Πώς καταφέρνουν ορισμένα φυτά, όταν πέφτει νερό πάνω τους, να κάνουν τη σταγόνα νερού σφαιρική και να αυτοκαθαρίζονται;» θέτοντας την ανάγκη ύπαρξης ενός νέου, ισχυρότερου οργάνου παρατήρησης. Παρουσιάζεται το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο ως ένα ισχυρότερο μικροσκόπιο το οποίο λειτουργεί με ακτίνες ηλεκτρονίων.</p> <p>Διαρεύνηση - Επεξήγηση: Οι μαθητές/ τριες για να απαντήσουν στο ερώτημα που τέθηκε, σε ομάδες, συλλέγουν πληροφορίες από μια αφίσα με τίτλο «Το φαινόμενο του λωτού» και ένα βίντεο με τον ίδιο τίτλο στα οποία παρουσιάζεται η νανοδομή του φύλλου και ο αυτοκαθαρισμός της επιφάνειάς του με τους αντίστοιχους επιστημονικούς όρους. Στη συνέχεια, παρατηρούν φύλλο λωτού σε ψηφιακό ηλεκτρονικό μικροσκόπιο μέσα από την εφαρμογή του scratch. Συζητούν και καταγράφουν πώς καταφέρνουν ορισμένα φυτά να κάνουν τη σταγόνα νερού σφαιρική και να αυτοκαθαρίζονται (βλ. Παράρτημα Φύλλο εργασίας 4).</p> <p>Επεξεργασία: Κατασκευάζουν με απλά υλικά ένα μοντέλο για να εξηγήσουν το φαινόμενο της υδροφοβικότητας και του αυτοκαθαρισμού.</p> <p>Αξιολόγηση: Παρουσιάζουν τα μοντέλα τους στην τάξη, συμπληρώνουν το τρίτο τμήμα της αφίσας των τριών κόσμων και ορίζουν τον νανόκοσμο ως τον κόσμο που μπορούν να παρατηρήσουν με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο με αντικείμενα αναφοράς τα νανοεξογκώματα των επιφανειών.</p>
--	---

1η ενότητα: Μακρόκοσμος

Η πρώτη ενότητα έχει διάρκεια 180 λεπτά (2 δίωρα μαθήματα) και μελετά τα φυτά στον μακρόκοσμο.

1η συνάντηση (διάρκεια: 90 λεπτά)

Η πρώτη συνάντηση πραγματοποιείται στην τάξη. Η εκπαιδευτικός, πριν την έναρξη του μαθήματος, ετοιμάζει τους πάγκους εργασίας και τα υλικά για τα πειράματα.

Εμπλοκή: Η εκπαιδευτικός προβάλλει στην ολομέλεια ένα βίντεο με εφαρμογές της N- ET και παραδείγματα βιομιμητισμού του φαινομένου του λωτού σε αντικείμενα της καθημερινής ζωής, όπως ρούχα και κόλλες τετραδίου. Στόχος είναι η δημιουργία προβληματισμού για τις υπερυδρόφοβες επιφάνειες. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται συζήτηση στην ολομέλεια για το περιεχόμενο του βίντεο. Η εκπαιδευτικός ρωτά τους μαθητές/ τριες «Τι περίεργο παρατηρήσατε στις επιφάνειες όταν ένα υγρό έπεφτε πάνω τους;» και «Γιατί νομίζετε ότι συμβαίνει αυτό;». Τέλος, συζητείται η χρησιμότητα αντίστοιχων επιφανειών στη καθημερινή ζωή.

Διερεύνηση: Στόχος της φάσης αυτής είναι να αντιληφθούν οι μαθητές/τριες ότι όπως κάποια τεχνητά υλικά δε βρέχονται και δε λερώνονται, έτσι και κάποια φυσικά υλικά έχουν την ίδια συμπεριφορά όταν πέφτουν πάνω τους σταγόνες νερού (βλ. Εικόνα 5).

Οι μαθητές/ τριες σε ομάδες, αρχικά, πειραματίζονται με υδρόφοβα (μπρόκολο και κουνουπίδι) και υδρόφιλα (μαρούλι και ρόκα) φύλλα φυτών. Συγκεκριμένα, η εκπαιδευτικός τοποθετεί στον πάγκο εργασίας κάθε ομάδα πιπέτες, γάντια, ένα πλαστικό ποτηράκι με νερό, ένα πλαστικό ποτηράκι με χρώμα και πλαστικά πιατάκια με φύλλα ρόκας, μπρόκολου, μαρουλιού και κουνουπιδιού. Οι ομάδες ρίχνουν σταγόνες νερού στην επιφάνεια των φύλλων και παρατηρούν το σχήμα της σταγόνας, καθώς πέφτει στην επιφάνεια κάθε φύλλου.



Εικόνα 5: Παρατήρηση της συμπεριφοράς σταγόνων νερού καθώς πέφτουν πάνω στην επιφάνεια υδρόφιλων και υδρόφοβων φυτών

Έπειτα, ρίχνουν με ένα κουτάλι λίγο χρώμα στην επιφάνεια κάθε φύλλου και παρατηρούν σε ποια φύλλα η σταγόνα νερού κυλά σαν μπίλια και απομακρύνει το χρώμα και σε ποια φύλλα το νερό απλώνεται μαζί με το χρώμα στην επιφάνεια. Στόχος είναι οι μαθητές/τριες να διακρίνουν ότι στα φύλλα του μπρόκολου και του κουνουπιδιού στα οποία η σταγόνα νερού γίνεται σφαιρική, κυλά σα μπίλια και απομακρύνεται, η σταγόνα παρασύρει το χρώμα από την επιφάνεια. Αντίθετα, στα φύλλα της ρόκας και του μαρουλιού στα οποία η σταγόνα απλώνεται, το χρώμα απλώνεται στην επιφάνεια (βλ. Εικόνα 6).



Εικόνα 6: Πειραματική δραστηριότητα για την παρατήρηση του αυτοκαθαρισμού υδρόφοβων φυτών



Εικόνα 7: Μελέτη της παρουσίασης «Το μυστικό των φυτών» για την εξήγηση της υδροφοβικότητας και του αυτοκαθαρισμού στον μακρόκοσμο

Επεξήγηση: Επόμενο βήμα είναι η επεξεργασία υλικού για την εξήγηση του αυτού του φαινομένου. Οι ομάδες μαθητών/τριών μελετούν μια παρουσίαση PPT (βλ. Παράρτημα «Το μυστικό των φυτών»), στην οποία εξηγείται γιατί κάποια φυτά δε βρέχονται και δε λερώνονται. Περιγράφεται το φαινόμενο του λωτού στον μακρόκοσμο. Παρουσιάζονται οι όροι υδρόφιλος, υδρόφοβος, αυτοκαθαρισμός και ορίζεται το φαινόμενο του λωτού με κριτήριο το σχήμα και τη συμπεριφορά της σταγόνας νερού καθώς πέφτει σε υδρόφοβες και υδρόφιλες επιφάνειες. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται προϊόντα που έχουν κατασκευάσει οι άνθρωποι και μιμούνται το φύλλο του λωτού. Τέλος, αναφέρεται η ιδιότητα του Νανοσπρί να μετατρέπει μια υδρόφιλη επιφάνεια σε υδρόφοβη.

Επεξεργασία: Η εκπαιδευτικός διαμοιράζει σε κάθε ομάδα φύλλα A4 και χρώματα ζωγραφικής. Ζητά από τους μαθητές/τριες να κατασκευάσουν με την ομάδα τους μια αφίσα στην οποία θα προτείνουν προϊόντα της καθημερινής ζωής που θα ήθελαν να κάνουν υδρόφοβα

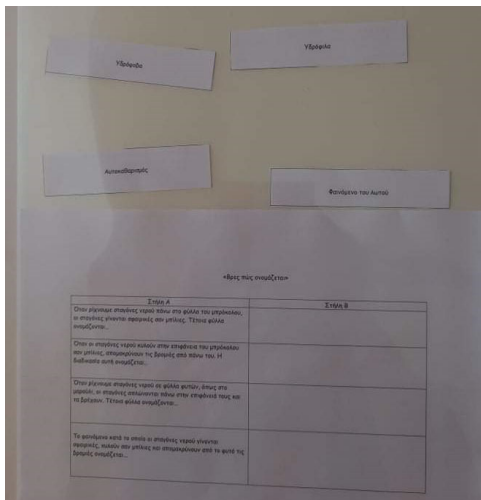
και τονίζει πως η αφίσα τους χρειάζεται να έχει τίτλο, ζωγραφιά και μικρά κείμενα (βλ. Εικόνα 8).



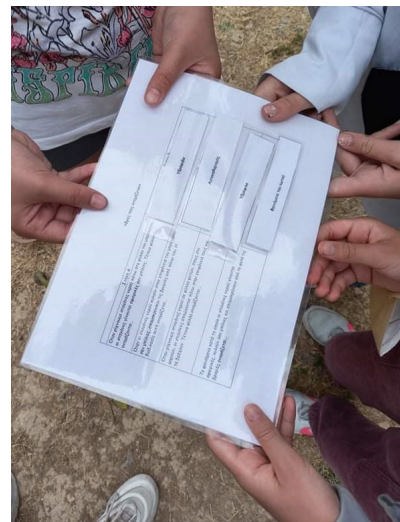
Εικόνα 8: Αφίσες υδροφοβικότητας υλικών της καθημερινής ζωής

2η συνάντηση (διάρκεια 90 λεπτά)

Αξιολόγηση: Η δεύτερη συνάντηση της ενότητας του μακρόκοσμου πραγματοποιείται σε εξωτερικό χώρο. Ως εισαγωγική δραστηριότητα, οι μαθητές/ τριες σε ομάδες παίζουν το παιχνίδι «Βρες πως ονομάζεται» (βλέπε Εικόνα 9). Πιο συγκεκριμένα, οι ομάδες καλούνται να αντιστοιχίσουν το περιεχόμενο όρων σχετικών με το φαινόμενο του λωτού (Στήλη Α) με τους αντίστοιχους ορισμούς (Στήλη Β) (βλέπε Εικόνα 10).



Εικόνα 9: Το παιχνίδι «Βρες πως ονομάζεται»



Εικόνα 10: Οι μαθητές/ τριες παίζουν το παιχνίδι «Βρες πως ονομάζεται»

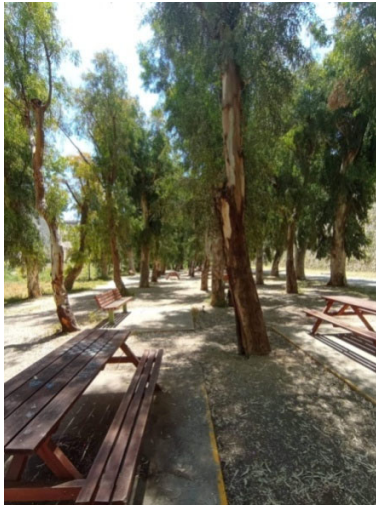
Εμπλοκή: Στη συνέχεια, η εκπαιδευτικός μοιράζει στην κάθε ομάδα πλαστικά ποτηράκια, γάντια μιας χρήσης και έναν φάκελο με πλαστικοποιημένες κάρτες. Η κάθε κάρτα έχει στην μπροστινή όψη την εικόνα του φυτού και στην πίσω πλευρά πληροφορίες για τη μορφολογία και την χρήση του κάθε φυτού για τον άνθρωπο και έναν πίνακα όπου οι μαθητές/ τριες με ένα X θα σημειώσουν αν το φυτό είναι υδρόφιλο ή υδρόφοβο. Οι μαθητές/ τριες καλούνται να διερευνήσουν τα φυτά που βρίσκονται γύρω τους, να αναζητήσουν και να συλλέξουν φύλλα από το φυτό της κάθε κάρτας (βλ. Εικόνα 11 και Εικόνα 12).



Εικόνας 11: Αναζήτηση των φυτών του περιβάλλοντος χώρου με τα φυτά των καρτών

Εικόνας 12: Αντιστοιχία των φυτών του περιβάλλοντος χώρου με τα φυτά των καρτών

Διερεύνηση - Επεξεργασία: Στη συνέχεια, μεταφέρονται σε ξύλινους πάγκους (βλ. Εικόνα 13), η εκπαιδευτικός διαμοιράζει στις ομάδες πιπέτες και πλαστικά ποτηράκια με νερό. Οι ομάδες ρίχνουν σταγόνες νερού πάνω στην επιφάνεια των φυτών που συνέλεξαν προηγουμένως (βλ. Εικόνα 14). Ταξινομούν τα φυτά σε κατηγορίες (υδρόφιλα, υδρόφοβα) και δηλώνουν με ένα X στον πίνακα που βρίσκεται στο πίσω μέρος κάθε κάρτας εάν το φυτό της κάρτας είναι υδρόφιλο ή υδρόφοβο με κριτήριο την συμπεριφορά της σταγόνας του νερού καθώς πέφτει πάνω στις επιφάνειές τους.

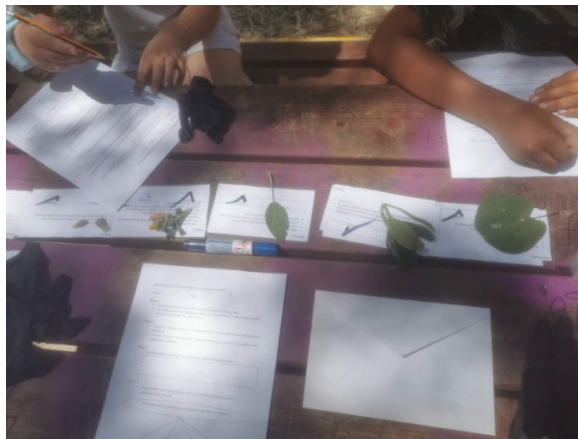


Εικόνα 13: Οι πάγκοι εργασίας



Εικόνα 14: Δοκιμή της υδροφοβικότητας των συλλεχθέντων φυτών

Συζητούν τα ευρήματά τους και όλες οι ομάδες συμφωνούν ότι από το σύνολο των φυτών με τα οποία πειραματίστηκαν, υδρόφοβα είναι η ακακία, το φασκόμηλο, η κουτσουπιά και η εχεβέρια και καταγράφουν τα συμπεράσματά τους (βλ. Παράρτημα Φύλλο εργασίας 2 (Βήμα 3)) (βλ. Εικόνα 15).



Εικόνα 15: Κατηγοριοποίηση των φυτών που συλλέχθηκαν σε υδρόφιλα και υδρόφοβα

Επόμενο βήμα είναι η διερεύνηση της χρήσης των φυτών από τον άνθρωπο. Οι ομάδες μελετούν τις πληροφορίες στις κάρτες για τα φυτά του φακέλου τους (βλ. Εικόνα 16). Συζητούν και κατατάσσουν τα φυτά που μελέτησαν σε καλλωπιστικά (π.χ. εχεβέρια και αγγελική), φαρμακευτικά (π.χ. φασκόμηλο), φυτά στη βιομηχανία (π.χ. κουτσουπιά και ακακία) και φυτά

στη μαγειρική (π.χ. φασκόμηλο). Ορίζουν ακόμη μια κατηγορία φυτών που είναι επιβλαβή για τον άνθρωπο, τα τοξικά. Παράδειγμα τοξικού φυτού που μελέτησαν είναι η τρομπέτα.



Εικόνα 16: Μελέτη των πληροφοριών των καρτών και κατηγοριοποίηση των φυτών ανάλογα με την επίδρασή τους στη ζωή των ανθρώπων

Αξιολόγηση: Τέλος, οι ομάδες επιστρέφουν στην ολομέλεια και ανακοινώνουν τα ευρήματά τους. Στη συνέχεια, ορίζουν τον μακρόκοσμο ως τον κόσμο των φυτών και των αντικειμένων που μπορούμε να δούμε με τα μάτια μας. Τέλος, η εκπαιδευτικός διαμοιράζει σε κάθε ομάδα μια αφίσα η οποία είναι χωρισμένη σε τρία πεδία. Το κάθε πεδίο αντιστοιχεί σε μια περιοχή μελέτης της ύλης (μακρόκοσμος, μικρόκοσμος, νανόκοσμος). Οι μαθητές, στο σημείο αυτό καλούνται να συμπληρώσουν το πεδίο του μακρόκοσμου. Συγκεκριμένα, δηλώνουν το όργανο παρατήρησης και τις κατηγορίες των φυτών ανάλογα με τη χρήση τους από τον άνθρωπο και ορίζουν τον μακρόκοσμο (βλ. Εικόνα 17).



Εικόνα 17: Συμπλήρωση του μακρόκοσμου στην αφίσα των τριών κόσμων

2η ενότητα: Μικρόκοσμος

Η δεύτερη θεματική ενότητα είχε διάρκεια 180 λεπτών (1 δίωρο), ονομάζεται «Μικρόκοσμος». Οι συναντήσεις της ενότητας αυτής πραγματοποιούνται στην τάξη. Πριν την έναρξη της συνάντησης, η εκπαιδευτικός τοποθετεί στους πάγκους εργασίας των ομάδων τα φύλλα εργασίας αυτής της συνάντησης (βλ. Φύλλο εργασίας 3) και φορητούς υπολογιστές.

Εμπλοκή: Η εκπαιδευτικός προβάλλει στην ολομέλεια μια παρουσίαση PPT, στην οποία ανακεφαλαιώνει ποια φυτά ονομάζονται υδρόφιλα και ποια φυτά ονομάζονται υδρόφοβα με κριτήριο το σχήμα και τη συμπεριφορά της σταγόνας νερού, καθώς πέφτει πάνω σε αυτά. Παρουσιάζει τα υδρόφοβα φυτά που μελέτησαν στην προηγούμενη συνάντηση και θέτει τα εξής ερωτήματα: «Τι υπάρχει τελικά πάνω στην επιφάνεια των υδρόφοβων φυτών που δεν έχουν τα υπόλοιπα φυτά;» και «Πώς μοιάζει ένα φύλλο φυτού στο οπτικό μικροσκόπιο;».

Διερεύνηση: Επόμενο βήμα είναι η παρατήρηση φυτικών κυττάρων σε οπτικό μικροσκόπιο. Αρχικά, η εκπαιδευτικός παρουσιάζει με μια παρουσίαση PPT στην ολομέλεια τα μέρη ενός οπτικού μικροσκοπίου και τον τρόπο λειτουργίας τους, δίνοντας έμφαση στον υπολογισμό της μεγέθυνσης (αντικειμενικός φακός X προσοφθάλμιος φακός) (βλ. Εικόνα 18).



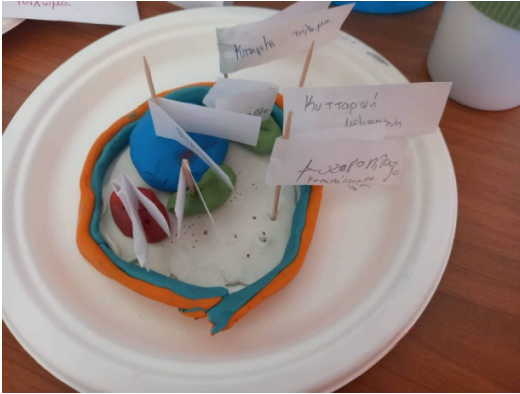
Εικόνα 18: Παρουσίαση των μερών του οπτικού μικροσκοπίου

Ακολουθεί η παρατήρηση φύλλων φυτού στο οπτικό μικροσκόπιο. Με δεδομένο ότι η σχολική μονάδα δεν είναι εξοπλισμένη με οπτικό μικροσκόπιο και η μεταφορά ενός πραγματικού μικροσκοπίου είναι δύσκολη, χρησιμοποιείται μια προσομοίωση οπτικού μικροσκοπίου. Η εκπαιδευτικός δίνει οδηγίες για την χρήση και τη λειτουργία της ψηφιακής προσομοίωσης (βλ. Παράρτημα Φύλλο εργασίας 3). Οι ομάδες μελετούν τις οδηγίες, χειρίζονται τους φορητούς υπολογιστές και ρυθμίζουν ψηφιακά τη μεγέθυνση του αντικειμενικού φακού, τον μεγάλο και τον μικρό κοχλία εστίασης και τον φωτισμό για να έχουν καθαρή την παρατηρούμενη εικόνα. Στη συνέχεια, η εκπαιδευτικός ζητά από τους μαθητές/τριες να παρατηρήσουν και σχεδιάσουν πώς μοιάζει ένα φύλλο φυτού σε μεγέθυνση 40X και 400X. Επιλέχθηκαν αυτές οι μεγεθύνσεις, καθώς είναι οι μεγαλύτερες μεγεθύνσεις που δίνονται ως επιλογή στο περιβάλλον της προσομοίωσης. Αφού εξοικειώθηκαν με τον χειρισμό της προσομοίωσης, η εκπαιδευτικός παρουσιάζει στην ολομέλεια φυτικά κύτταρα με το ψηφιακό οπτικό μικροσκόπιο και θέτει το ερώτημα «Τι είναι αυτά που παρατηρούμε;».

Επεξήγηση: Στη συνέχεια, οι ομάδες μελετούν τη δομή του φυτικού κυττάρου. Πιο συγκεκριμένα, μελετούν μια παρουσίαση PPT στην οποία περιγράφονται τα μέρη ενός φυτικού κυττάρου και η σημασία τους για την λειτουργία του κυττάρου (βλ. Παράρτημα «Τα μέρη του φυτικού κυττάρου»).

Επεξεργασία: Έπειτα, η εκπαιδευτικός ζητά από τους μαθητές να κατασκευάσουν με απλά υλικά τη δομή ενός φυτικού κυττάρου. Συγκεκριμένα, τοποθετεί στους πάγκους εργασίας κάθε

ομάδας ένα πλαστικό πιατάκι, πλαστελίνη, οδοντογλυφίδες και κόλλες A4 και ζητά από τις ομάδες να δημιουργήσουν μια κατασκευή, ένα μοντέλο, το οποίο θα αναπαριστά τα μέρη ενός φυτικού κυττάρου (βλ. Εικόνα 19).



Εικόνα 19: Μοντελοποίηση της δομής του φυτικού κυττάρου με πλαστελίνη

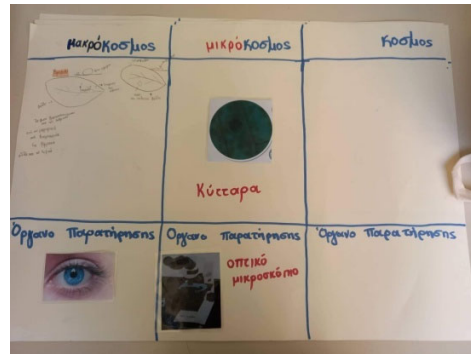


Εικόνα 20: Παρουσίαση των μοντέλων των φυτικών κυττάρων στην ολομέλεια

Αξιολόγηση: Οι μαθητές/ τριες αφού ολοκλήρωσαν τη μοντελοποίηση, οργανώνονται και παρουσιάζουν τα μοντέλα τους στην τάξη (βλ. Εικόνα 20). Στη συνέχεια, συμπληρώνουν το δεύτερο τμήμα της αφίσας των τριών κόσμων εισάγοντας σε αυτήν το νέο όργανο παρατήρησης, το οπτικό μικροσκόπιο, σχεδιάζουν τα μέρη του φυτικού κυττάρου και ορίζουν τον «Μικρόκοσμο» ως τον κόσμο που μπορούμε να παρατηρήσουμε με το οπτικό μικροσκόπιο (βλ. Εικόνα 21 και Εικόνα 22).



Εικόνα 21: Συμπλήρωση του μικρόκοσμου στην αφίσα των τριών κόσμων



Εικόνα 22: Η αφίσα των τριών κόσμων

3η ενότητα: Νανόκοσμος

Η τελευταία θεματική ενότητα αφορά τον Νανόκοσμο και έχει διάρκεια 180 λεπτών (2 διδακτικές ώρες).

Εμπλοκή: Αρχικά, η εκπαιδευτικός θέτει το ερώτημα «Πώς καταφέρνουν ορισμένα φυτά, όταν πέφτει νερό πάνω τους, να κάνουν τη σταγόνα νερού σφαιρική και να αυτοκαθαρίζονται;». Οι μαθητές/ τριες ανατρέχοντας στο περιεχόμενο της προηγούμενης συνάντησης, δεν εντοπίζουν κάποιο μέρος του φυτικού κυττάρου το οποίο να κάνει τα φυτά να μη βρέχονται και να μη λερώνονται. Για να βρουν την απάντηση στο ερώτημα, η εκπαιδευτικός μέσα από μια παρουσίαση PPT υπενθυμίζει στους μαθητές/ τριες ποιον κόσμο ονόμασαν μακρόκοσμο και ποιον μικρόκοσμο. Στη συνέχεια, ακολουθεί μια συζήτηση στην οποία αναδύεται η ανάγκη ενός νέου οργάνου παρατήρησης. Στο σημείο αυτό, η εκπαιδευτικός παρουσιάζει το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο ως ένα μικροσκόπιο πιο περίπλοκο από το οπτικό μικροσκόπιο με μεγαλύτερη ικανότητα μεγέθυνσης, το οποίο λειτουργεί με ακτίνες ηλεκτρονίων και απαιτείται η σύνδεσή του με ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Διερεύνηση – Επεξήγηση: Στη συνέχεια, οι μαθητές/ τριες προκειμένου να απαντήσουν στο αρχικό ερώτημα που έθεσε η εκπαιδευτικός στην αρχή της ενότητας, μελετούν μια αφίσα για το

φαινόμενο του λωτού (βλ. Παράρτημα αφίσα με τίτλο «Το φαινόμενο του λωτού») και παρακολουθούν ένα βίντεο όπου παρουσιάζεται η νανοδομή του φύλλου. Έπειτα, μελετούν φύλλα φυτών σε μια προσομοίωση «Ηλεκτρονικού μικροσκοπίου» που κατασκευάστηκε στο scratch (βλ. Εικόνα 23). Στο σημείο αυτό, εισάγονται επιστημονικοί όροι για τη νανοδομή της επιφάνειας του φύλλου του λωτού (π.χ. νανοεξογκώματα) . Οι ομάδες συζητούν το υλικό που μελέτησαν και καταγράφουν πώς καταφέρνουν τελικά ορισμένα φυτά να κάνουν τη σταγόνα νερού σφαιρική και να αυτοκαθαρίζονται (βλ. Παράρτημα Βήμα 1 του φύλλου εργασίας 4).



Εικόνα 23: Μελέτη της νανοδομής φύλλων φυτών σε προσομοίωση «Ηλεκτρονικού μικροσκοπίου»

Επεξεργασία: Στη συνέχεια, η εκπαιδευτικός τοποθετεί στους πάγκους εργασίας κάθε ομάδα κομμάτια φελιζόλ, οδοντογλυφίδες, μπάλες φελιζόλ περιτυλιγμένες με ταινία διπλής όψευας και χρωματιστά μπαλάκια και ζητά από τους μαθητές/ τριες να δημιουργήσουν μια κατασκευή για να εξηγήσουν πώς καταφέρνουν ορισμένα φυτά, όταν πέφτει νερό πάνω τους, να κάνουν τη σταγόνα νερού σφαιρική και να αυτοκαθαρίζονται.



Εικόνα 24: Μοντελοποίηση του φαινομένου του λωτού

Αξιολόγηση: Οι ομάδες, αφού ολοκλήρωσαν τις δημιουργίες τους (βλ. Εικόνα 24), προετοιμάζουν και παρουσιάζουν τα μοντέλα τους στην ολομέλεια περιγράφοντας το φαινόμενο του λωτού (βλ. Εικόνα 25 και Εικόνα 26).



Εικόνα 25: Τα μοντέλα των ομάδων για την αναπαράσταση του φαινομένου του λωτού



Εικόνα 26: Εξήγηση της υδροφοβικότητας και του αυτοκαθαρισμού μέσα από την παρουσίαση του μοντέλου του φαινομένου του λωτού



Εικόνα 27: Συμπλήρωση του νανόκοσμου στην αφίσα των τριών κόσμων

Τέλος, συμπληρώνουν το τρίτο κομμάτι της αφίσας των τριών κόσμων και ορίζουν τον νανόκοσμο ως τον κόσμο που μπορούμε να δούμε με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (βλ. Εικόνα 27).

Διαδικασία συλλογής δεδομένων

Η διαδικασία συλλογής δεδομένων χωρίζεται σε τρεις φάσεις. Η πρώτη φάση περιλαμβάνει τη διερεύνηση της στάσης των μαθητών/τριών για τα φυτά και θέματα που σχετίζονται με το φαινόμενο του λωτού και τη N-ET. Κατά τη φάση αυτή δόθηκε ένα ερωτηματολόγιο 11 ερωτήσεων (αρχικό ερωτηματολόγιο). Η δεύτερη φάση περιλαμβάνει την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού που αναπτύχθηκε από την ερευνήτρια. Ο τρόπος σχεδιασμού, ανάπτυξης και εφαρμογής του εκπαιδευτικού υλικού περιγράφηκε παραπάνω. Η τρίτη φάση αφορά τη

διερεύνηση της επίδρασης των δραστηριοτήτων του εκπαιδευτικού υλικού στην στάση των μαθητών/τριων για τους φυτικούς οργανισμούς και για θέματα και έννοιες σχετικά με τη Ν- ΕΤ. Το ερευνητικό εργαλείο είναι και πάλι το ερωτηματολόγιο για την ΤΑΦΥ και το φαινόμενο του λωτού (τελικό ερωτηματολόγιο).

Πίνακας 6: Περιγραφή της διαδικασίας συλλογής δεδομένων

Διαδικασία Συλλογής Δεδομένων	
Α΄ φάση	Αρχικό ερωτηματολόγιο (pre- test)
Β΄ φάση	Εφαρμογή του προτεινόμενου εκπαιδευτικού υλικού
Γ΄ φάση	Τελικό ερωτηματολόγιο (post- test)

Εργαλείο συλλογής δεδομένων

Το εργαλείο συλλογής δεδομένων της παρούσας έρευνας είναι ένα ερωτηματολόγιο έντεκα (11) ερωτήσεων σχετικά με τη διερεύνηση των στάσεων των μαθητών/ τριών για τους φυτικούς οργανισμούς και έννοιες που άπτονται της Ν- ΕΤ (βλ. Παράρτημα). Το θέμα της παρούσας εργασίας καθόρισε τους βασικούς άξονες του ερωτηματολογίου: α) το φαινόμενο της ΤΑΦΥ β) το φαινόμενο του λωτού και γ) τον ορισμό της Ν- ΕΤ. Για τον σχεδιασμό του ερωτηματολογίου συνεργάστηκαν η ερευνήτρια της παρούσας εργασίας, ένας ερευνητής ειδικός σε θέματα διδακτικής της Ν- ΕΤ, ένας ερευνητής ειδικός στην περιβαλλοντική εκπαίδευση και την ΤΑΦΥ και μια καθηγήτρια Φ. Ε ειδική σε θέματα που άπτονται της Ν- ΕΤ. Το ερωτηματολόγιο δόθηκε στους συμμετέχοντες πριν την έναρξη της εφαρμογής του εκπαιδευτικού υλικού (αρχικό ερωτηματολόγιο) και μετά την ολοκλήρωση της εφαρμογής του (τελικό ερωτηματολόγιο).

Το εργαλείο συλλογής δεδομένων της παρούσας εργασίας βασίστηκε σε ερωτηματολόγιο προϋπάρχουσας έρευνας για την ΤΑΦΥ (Αμπράζης, 2021). Το αρχικό ερωτηματολόγιο αποτελείται από 32 ερωτήσεις σχετικά με α) το ενδιαφέρον απέναντι στους φυτικούς οργανισμούς, β) το ενδιαφέρον απέναντι στους ζωικούς οργανισμούς, γ) τη σχολική γνώση για τους φυτικούς οργανισμούς, δ) τον προσδιορισμό της σημασίας των φυτών για το φαινόμενο

της ζωής στον πλανήτη Γη και ε) τον βαθμό παρατήρησης των φυτικών οργανισμών στον περιβάλλοντα χώρο (Wandersee, 1999; Strgar, 2007; Fancovicova & Prokop, 2010). Η ερευνήτρια χρησιμοποίησε τέσσερις (4) ερωτήσεις από το ερωτηματολόγιο του Αμπράζη (2021), τροποποίησε μια ερώτηση από το αρχικό ερωτηματολόγιο και πρόσθεσε επιπλέον ερωτήσεις σχετικά με έννοιες που σχετίζονται με το φαινόμενο του λωτού (υπερ-υδροφοβικότητα και αυτοκαθαρισμό επιφανειών) και τον ορισμό του περιεχομένου του όρου Νανοτεχνολογία βασισμένη επίσης σε προϋπάρχουσες έρευνες σχετικά με τη διδακτική του φαινομένου του λωτού στην Α/θμια εκπαίδευση (Πείκος, 2022). Παρακάτω περιγράφεται η δομή του τελικού ερωτηματολογίου ύστερα από τις όποιες τροποποιήσεις.

Στην αρχή του ερωτηματολογίου, πριν από τις ερωτήσεις, υπάρχουν κάποια δημογραφικά στοιχεία στα οποία ζητείται από τους μαθητές/τριες να συμπληρώσουν το όνομά τους και την τάξη στην οποία φοιτούν.

Ακολουθεί ένα εισαγωγικό σημείωμα στο οποίο τονίζεται ότι δεν πρόκειται για κάποιο διαγώνισμα, ώστε οι μαθητές/τριες να μην αισθανθούν ότι εξετάζονται. Στη συνέχεια, ακολουθούν οι κύριες ερωτήσεις του ερωτηματολογίου, οι οποίες απαρτίζονται από τρία μέρη. Το πρώτο μέρος αφορά την καταγραφή οργανισμών που οι μαθητές/τριες χαρακτηρίζουν ως ζωντανούς οργανισμούς. Το δεύτερο μέρος αποτελείται από επτά ερωτήσεις. Οι πρώτες τέσσερις (4) ερωτήσεις εξετάζουν την στάση των μαθητών/τριών απέναντι στους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς και οι επόμενες τρεις (3) αναφέρονται στην σχολική γνώση σχετικά με τα φυτά. Τέλος, το τρίτο μέρος περιλαμβάνει τρεις (3) ερωτήσεις σχετικά με τη Ν-ΕΤ. Συγκεκριμένα, ζητείται από τους μαθητές/τριες να εξηγήσουν την υπερ-υδροφοβικότητα και τον αυτοκαθαρισμό φυσικών και τεχνητών προϊόντων και να ορίσουν τη Νανοτεχνολογία. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου και η σύνδεσή τους με τα ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας έρευνας.

Πίνακας 7: Δομή και οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου

Ερωτήσεις ερωτηματολογίου	Ερευνητικά ερωτήματα
A ΜΕΡΟΣ	EE 1
1. Σημείωσε 6 ζωντανούς οργανισμούς που μπορείς να σκεφτείς.	EE 1.1
B ΜΕΡΟΣ	
Στις παρακάτω ερωτήσεις σημείωσε ένα X κάτω από την απάντησή σου.	
2. Πόσο σου αρέσουν τα ζώα;	EE. 1.2
3. Πόσο σου αρέσουν τα φυτά;	EE 1.2
4. Πόσο συχνά παρατηρείς τα φυτά που βρίσκονται γύρω σου;	EE 1.3
5. Πόσο σου αρέσει να μαθαίνεις πράγματα για τα φυτά;	EE 1.4
Στις παρακάτω ερωτήσεις διάβασε την πρόταση και κύκλωσε την απάντησή σου.	
6. Τα φυτά είναι χρήσιμα μόνο για να τα τρώμε.	
7. Τα φυτά περιέχουν ουσίες που χρησιμοποιούμε για να φτιάξουμε φάρμακα.	EE 1.5
8. Τα φυτά εμπνέουν τους επιστήμονες για να δημιουργήσουν χρήσιμα προϊόντα π.χ. παπούτσια που δε βρέχονται και δε λερώνονται.	EE 1.5
	EE 1.5
Γ ΜΕΡΟΣ	
9. Αφού έβρεξε, δύο μαθητές/ τριες που αγαπούν τα φυτά έκαναν βόλτα στον κήπο του σχολείου. Παρατήρησαν το εξής: οι σταγόνες του νερού πάνω στα φύλλα του μπρόκολου ήταν σφαιρικές σαν μπίλιες και το φύλλο δεν είχε βραχεί καθόλου. Γιατί νομίζεις ότι οι σταγόνες στα φύλλα του μπρόκολου έγιναν σφαιρικές; Αιτιολόγησε την απάντησή σου με λόγια και σχέδιο.	EE 2.1
10. Κατά τη διάρκεια ενός πειράματος, ένας επιστήμονας βούτηξε δυο παπούτσια σε χρωματισμένο νερό. Όπως βλέπουμε στην παρακάτω εικόνα, συνέβη κάτι παράξενο. Το ένα παπούτσι δε λερώθηκε καθόλου! Γιατί νομίζεις ότι το ένα παπούτσι δε λερώθηκε; Αιτιολόγησε την απάντησή σου με λόγια και σχέδιο.	EE 2.2
	EE 2.3
11. Τι νομίζεις ότι είναι η Νανοτεχνολογία;	

Σύμφωνα με τον πίνακα, το ερωτηματολόγιο συνίσταται από τρία μέρη. Το πρώτο και το δεύτερο μέρος διερευνούν το EE1 και τα υποερωτήματά του (EE 1.1 – 1.5), ενώ το τρίτο μέρος διερευνά το EE2 με τα αντίστοιχα υποερωτήματα (EE 2.1, EE 2.2 και EE 2.3).

Πιο συγκεκριμένα, το πρώτο μέρος αποτελείται από μια ερώτηση ανοιχτού τύπου στην οποία οι μαθητές/ τριες κλήθηκαν να καταγράψουν 6 ζωντανούς οργανισμούς με στόχο την διερεύνηση των αντιλήψεων τους για τους οργανισμούς τους οποίους θεωρούν ζωντανούς (EE1.1). Η ερώτηση αυτή αποσπάστηκε από το αρχικό ερωτηματολόγιο του Αμπράζι (2021).

Συγκεκριμένα, πρόκειται για την ερώτηση «Σημείωσε 5 ζωντανούς οργανισμούς που μπορείς να σκεφτείς» του αρχικού ερωτηματολογίου (Αμπράζης, 2021, σ. 96). Η ερευνήτρια, ωστόσο, τροποποίησε την αρχική ερώτηση αυξάνοντας τον αριθμό των ζωντανών οργανισμών που ζητήθηκαν οι μαθητές/τριες να αναφέρουν κατά ένα (1), ώστε να είναι ζυγός ο αριθμός των απαντήσεων.

Το δεύτερο μέρος αποτελούνταν από επτά (7) ερωτήσεις σχετικές με την ΤΑΦΥ. Τέσσερις (4) εξ αυτών ήταν ερωτήσεις κλειστού τύπου της μορφής κλίμακας Likert (5/θμια κλίμακα Likert), οι οποίες αποσπάστηκαν από ερευνητικό εργαλείο προϋπάρχουσας έρευνας σχετικά με την ΤΑΦΥ (Αμπράζης, 2021, σ. 96). Συγκεκριμένα, οι δυο πρώτες ερωτήσεις του δεύτερου μέρους σχετίζονται με το ενδιαφέρον των μαθητών/τριών για τα ζώα και τα φυτά. Η τρίτη ερώτηση στοχεύει στην διερεύνηση της συχνότητας παρατήρησης των φυτικών οργανισμών στον περιβάλλοντα χώρο των μαθητών/τριών. Τέλος, η τέταρτη ερώτηση διερευνά την διάθεση των μαθητών/τριών να μελετούν και να μαθαίνουν σχετικά με τους φυτικούς οργανισμούς. Οι υπόλοιπες ερωτήσεις του δεύτερου μέρους του ερωτηματολογίου προστέθηκαν από την ερευνήτρια βασιζόμενη σε ερώτηση γνωστικού τύπου του αρχικού ερωτηματολογίου (Αμπράζης, 2021, σ. 97). Πρόκειται για γνωστικού τύπου ερωτήματα, στα οποία οι μαθητές/τριες καλούνταν να διαβάσουν τρεις (3) προτάσεις σχετικά με την χρήση των φυτών από τον άνθρωπο και να κυκλώσουν το «ΣΩΣΤΟ» αν θεωρούσαν το περιεχόμενο της κάθε πρότασης σωστό, «ΛΑΘΟΣ» αν το θεωρούσαν λανθασμένο ή «ΔΕ ΓΝΩΡΙΖΩ» αν δεν γνώριζαν την απάντηση.

Οι ερωτήσεις αυτές είχαν στόχο την διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών/τριών για α) την σημασία τους για την διατροφή του ανθρώπου («Τα φυτά είναι χρήσιμα μόνο για να τρώμε») β) την χρησιμότητα των φυτικών οργανισμών στη φαρμακοβιομηχανία («Τα φυτά περιέχουν ουσίες που χρησιμοποιούμε για να φτιάξουμε φάρμακα»), και γ) την χρήση τους στην παραγωγή χρήσιμων προϊόντων (π.χ. παπούτσια που δε βρέχονται και δε λερώνονται) («Τα φυτά εμπνέουν τους επιστήμονες για να δημιουργήσουν χρήσιμα προϊόντα π. χ. παπούτσια που δε βρέχονται και δε λερώνονται»). Οι δυο πρώτες ερωτήσεις βασίστηκαν σε ερώτηση του αρχικού ερωτηματολογίου, ενώ η τρίτη ερώτηση η σχετική με τη Ν-ΕΤ προστέθηκε από την ερευνήτρια.

Το τρίτο μέρος του ερωτηματολογίου συνίσταται από τρεις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου σχετικά με τη Ν- ET οι οποίες προστέθηκαν από την ερευνήτρια βασιζόμενη σε προγενέστερη έρευνα σχετικά με τη Ν- ET και το φαινόμενο του λωτού (Πέικος κ.ά., 2022, σ. 161). Με τις ερωτήσεις του τρίτου μέρους εξετάζονται το ερευνητικό ερώτημα EE2 και τα υποερωτήματά του. Συγκεκριμένα, οι μαθητές/ τριες κλήθηκαν να ορίσουν την Νανοτεχνολογία (EE 2.3) και να εξηγήσουν με κείμενο ή σχέδιο α) το σφαιρικό σχήμα της σταγόνας νερού, καθώς αυτή κυλά στην επιφάνεια του μπρόκολου («Γιατί νομίζεις ότι οι σταγόνες στα φύλλα του μπρόκολου έγιναν σφαιρικές; Αιτιολόγησε την απάντησή σου με λόγια και σχέδιο») (EE 2.1) και β) τον αυτοκαθαρισμό τεχνιτών καθημερινών προϊόντων («Γιατί νομίζεις ότι το ένα παπούτσι δε λερώθηκε; Αιτιολόγησε την απάντησή σου με λόγια και σχέδιο») (EE 2.2).

Στην επόμενη υπο- ενότητα περιγράφεται ο τρόπος κωδικοποίησης και ανάλυσης των δεδομένων του ερωτηματολογίου.

Κωδικοποίηση δεδομένων

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η διαδικασία την οποία ακολούθησε η ερευνήτρια για να κωδικοποιήσει τις απαντήσεις των μαθητών/τριων στο αρχικό και το τελικό ερωτηματολόγιο. Η παρούσα έρευνα ακολουθεί ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των δεδομένων. Η ποιοτική ανάλυση πραγματοποιήθηκε για τις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου, ενώ η ποσοτική ανάλυση αξιοποιήθηκε στις ερωτήσεις κλειστού τύπου. Μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης και τον διαμοιρασμό των τελικών ερωτηματολογίων στους μαθητές/ τριες, οι απαντήσεις των μαθητών/τριών κωδικοποιήθηκαν και μεταφέρθηκαν από την ερευνήτρια σε αρχείο υπολογιστικών δεδομένων (excel).

Συγκεκριμένα, δημιουργήθηκαν τέσσερα φύλλα excel που περιλάμβαναν τις απαντήσεις της κάθε ηλικιακής ομάδας των μαθητών/ τριών στο αρχικό και το τελικό ερωτηματολόγιο αντίστοιχα. Στη συνέχεια, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η ερευνήτρια για λόγους εγκυρότητας και αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων, αφαίρεσε τους μαθητές που δεν παρακολούθησαν έστω και μια συνάντηση και προχώρησε στην κωδικοποίηση των δεδομένων. Παρακάτω περιγράφεται ο τρόπος κωδικοποίησης των δεδομένων για τις ερωτήσεις σχετικά με τη ΤΑΦΥ και στη συνέχεια η κωδικοποίηση των δεδομένων για τις ερωτήσεις σχετικά με τη Ν- ET.

Εργαλείο κωδικοποίησης των δεδομένων σχετικά με τη ΤΑΦΥ

Στο υποκεφάλαιο αυτό, περιγράφεται η πορεία κωδικοποίησης των δεδομένων σχετικά το ΕΕ 1 και των υποερωτημάτων του (ΕΕ 1.1 – ΕΕ 1.5) που αναφέρονται στην ΤΑΦΥ. Οι σχετικές με την ΤΑΦΥ ερωτήσεις είναι οκτώ (8). Η διαδικασία κωδικοποίησης των δεδομένων είναι διαφορετική ανάλογα με τον τύπο των ερωτήσεων. Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη ερώτηση που αναφέρεται στην καταγραφή 6 ζωντανών οργανισμών είναι ανοιχτού τύπου, δηλαδή οι μαθητές/τριες καταγράφουν με κείμενο τις απαντήσεις τους χωρίς καμία κατεύθυνση, ενώ οι υπόλοιπες επτά (7) έχουν τη μορφή 5/βαθμιας κλίμακας Likert και χαρακτηρίζονται κλειστού τύπου. Παρακάτω παρουσιάζεται ο τρόπος κωδικοποίησης των απαντήσεων των ερωτηματολογίων για κάθε ερευνητικό ερώτημα.

Για το ΕΕ 1.1 «Σε τι βαθμό οι μαθητές/τριες ανακαλούν τα φυτά ως ζωντανούς οργανισμούς;», αρχικά, καταχωρήθηκαν το σύνολο των απαντήσεων του κάθε μαθητή και της κάθε μαθήτριας σε ένα έγγραφο excel. Στη συνέχεια, μελετήθηκε η συχνότητα καταγραφής φυτικών οργανισμών ως ζωντανούς οργανισμούς. Με το τρόπο αυτό, διαμορφώθηκαν έξι (6) κατηγορίες απαντήσεων, οι οποίες περιγράφονται αναλυτικά στον πίνακα παρακάτω.

Πίνακας 8: Η κωδικοποίηση των απαντήσεων των μαθητών/τριών σχετικά με τη συχνότητα αναφοράς των φυτικών οργανισμών ως ζωντανών οργανισμών

Περιεχόμενο κατηγορίας	Κωδικοποίηση κατηγορίας
0 αναφορές φυτικών οργανισμών	K0
1 αναφορά φυτικού οργανισμού	K1
2 αναφορές φυτικών οργανισμών	K2
3 αναφορές φυτικών οργανισμών	K3
4 αναφορές φυτικών οργανισμών	K4
5 αναφορές φυτικών οργανισμών	K5
6 αναφορές φυτικών οργανισμών	K6

Το ΕΕ 1.2 «Σε τι βαθμό οι μαθητές/τριες ενδιαφέρονται για τα φυτά συγκριτικά με τα ζώα;», το οποίο αφορά το ενδιαφέρον των μαθητών/τριών για τα ζώα συγκριτικά με τα φυτά, αναφέρεται στις ερωτήσεις «Πόσο σου αρέσουν τα ζώα;», «Πόσο σου αρέσουν τα φυτά;». Πρόκειται για ερωτήσεις της μορφής 5/θμιας κλίμακας Likert. Οι επιλογές που οι μαθητές/

τριες είχαν τη δυνατότητα να επιλέξουν ήταν: «Καθόλου», «Λίγο», «Ούτε λίγο ούτε πολύ», «Πολύ» και «Πάρα πολύ». Αρχικά, η ερευνήτρια όρισε κωδικά ονόματα στις ερωτήσεις: «Στάση απέναντι στα ζώα» και «Στάση απέναντι στα ζώα». Στη συνέχεια, όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα, κωδικοποίησε αριθμητικά τις δυνατές επιλογές των απαντήσεων από το Κ0 (Καθόλου) ως το Κ5 (Πάρα πολύ) και καταχώρησε τις απαντήσεις των μαθητών/τριών με την αριθμητική κωδικοποίησή τους στο excel.

Πίνακας 9: Κωδικοποίηση των απαντήσεων των μαθητών/τριών στις ερωτήσεις διερεύνησης του ενδιαφέροντος των μαθητών/τριών για τα ζώα και τα φυτά

Δυνατές επιλογές απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο	Κωδικοποίηση
Καθόλου	Κ0
Λίγο	Κ1
Ούτε λίγο ούτε πολύ	Κ2
Πολύ	Κ3
Πάρα πολύ	Κ4

Τα ΕΕ 1.3 «Σε τι βαθμό οι μαθητές/τριες παρατηρούν φυτικούς οργανισμούς στον περιβάλλοντα χώρο στην καθημερινότητά τους;» και ΕΕ 1.4 «Σε τι βαθμό οι μαθητές/τριες ενδιαφέρονται να μελετήσουν τους φυτικούς οργανισμούς πριν και μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού;» αναφέρονται στα ερωτήματα «Πόσο συχνά παρατηρείς τα φυτά που βρίσκονται γύρω σου;» - ΕΕ1.3 και «Πόσο σου αρέσει να μαθαίνεις πράγματα για τα φυτά;»- ΕΕ 1.4, αντίστοιχα. Αρχικά, η ερευνήτρια όρισε κωδικά ονόματα στις ερωτήσεις: «Συχνότητα παρατήρησης φυτικών οργανισμών» και «Ενδιαφέρον για μάθηση σχετικά με τα φυτά». Οι επιλογές που οι μαθητές/τριες μπορούσαν να δώσουν ως απάντηση ήταν «Ποτέ», «Σπάνια», «Μερικές φορές», «Συχνά», «Πάντα». Οι δυνατές επιλογές των απαντήσεων ήταν κοινές για τις παραπάνω ερωτήσεις. Στη συνέχεια, κωδικοποιήθηκαν αριθμητικά οι δυνατές επιλογές απαντήσεων ξεκινώντας από το Κ0 (Ποτέ) ως το Κ4 (Πάντα) και μεταφέρθηκαν με τους αριθμητικούς κωδικούς τους στο excel.

Πίνακας 10: Κωδικοποίηση των απαντήσεων των μαθητών/ τριών σχετικά με τη συχνότητα παρατήρησης των φυτικών οργανισμών στο περιβάλλοντα χώρο και του ενδιαφέροντος μάθησης τους για τα φυτά

Δυνατές επιλογές απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο	Κωδικοποίηση
Ποτέ	K0
Σπάνια	K1
Μερικές φορές	K2
Συχνά	K3
Πάντα	K4

Σχετικά με το ΕΕ 1.5 «Σε τι βαθμό οι μαθητές/ τριες αναγνωρίζουν την σημασία των φυτών για την ανθρώπινη ζωή;», τα δεδομένα αντλήθηκαν από τις απαντήσεις των μαθητών/ τριών σε τρεις (3) ερωτήσεις γνωστικού τύπου («Τα φυτά είναι χρήσιμα μόνο για να τα τρώμε», «Τα φυτά περιέχουν ουσίες που χρησιμοποιούμε για να φτιάξουμε φάρμακα» και «Τα φυτά εμπνέουν τους επιστήμονες για να δημιουργήσουν χρήσιμα προϊόντα π.χ. παπούτσια που δε βρέχονται και δε λερώνονται»), στις οποίες δόθηκαν από την ερευνήτρια τα εξής κωδικά ονόματα: «Χρήση των φυτών μόνο στη μαγειρική», «Χρήση των φυτικών στη παραγωγή φαρμάκων» και «Τα φυτά ως πρώτη ύλη καινοτόμων προϊόντων». Οι δυνατές απαντήσεις των παραπάνω ερωτήσεων ήταν «ΣΩΣΤΟ», «ΛΑΘΟΣ» και «ΔΕ ΓΝΩΡΙΖΩ». Η ερευνήτρια κωδικοποίησε την επιλογή «ΣΩΣΤΟ» με τον κωδικό K1, την επιλογή «ΛΑΘΟΣ» με τον κωδικό K2 και την επιλογή «ΔΕ ΓΝΩΡΙΖΩ» με τον κωδικό K3.

Πίνακας 11: Κωδικοποίηση των απαντήσεων των μαθητών/ τριών στις ερωτήσεις για τη χρησιμότητα των φυτών από τον άνθρωπο

Δυνατές απαντήσεις των ερωτήσεων σχετικά με τη χρήση και την επίδραση των φυτών στην ανθρώπινη ζωή	Κωδικοποίηση
ΣΩΣΤΟ	K1
ΛΑΘΟΣ	K2
ΔΕ ΓΝΩΡΙΖΩ	K3

Εργαλείο κωδικοποίησης των δεδομένων σχετικά με τη Ν- ΕΤ

Για την κωδικοποίηση των δεδομένων σχετικά με το ΕΕ 2 και των υποερωτημάτων του (ΕΕ 2.1 – ΕΕ 2.3) ακολουθήθηκε η ποιοτική παραγωγική (deductive) μέθοδος ανάλυσης. Σύμφωνα με αυτή χρησιμοποιούνται εννοιολογικές δομές που βασίζονται στη θεωρία (theory-driven data coding) και μπορεί να εντοπίσει στρατηγικές ανάλυσης σε σύγκριση με τις επαγωγικές τεχνικές που βασίζονται σε δεδομένα (Τσιώλης, Γ., 2015).

Σύμφωνα με έρευνες, οι μαθητές/τριες καθ' όλη την διάρκεια της φοίτησής τους στο δημοτικό σχολείο εκτίθενται σε βιολογικές έννοιες και οικοδομούν κατανοήσεις μέσα από τις αλληλεπιδράσεις τους με τον κόσμο γύρω τους. Αυτές οι εξηγήσεις και οι εννοιολογικές αντιλήψεις αναπτύσσονται από τις άμεσες, συγκεκριμένες εμπειρίες των παιδιών με ζωντανούς οργανισμούς, κύκλους ζωής, οικοσυστήματα και ενδιατήματα. Σύμφωνα με τον Αμπράζι (2021), τα φυτά υπο-εκπροσωπούνται στο πρόγραμμα σπουδών του δημοτικού σχολείου, ενισχύοντας την εμφάνιση της ΤΑΦΥ στον πολιτισμό μας. Τα μικρά παιδιά έχουν ένα έμφυτο ενδιαφέρον για τα φυτά, αλλά καθώς μεγαλώνουν, αυτό το ενδιαφέρον μειώνεται και έχει αποδοθεί στο πώς περιγράφονται τα φυτά - ως ακίνητα, απρόσωπα αντικείμενα με μη απειλητική διάθεση. Λόγω αυτής της αντιληπτής έλλειψης ενδιαφέροντος από τα παιδιά (και τους ενήλικες), τα φυτά συχνά παραβλέπονται στο πρόγραμμα σπουδών από τους εκπαιδευτικούς (Sanders, 2007) παρά τη σημασία τους στα οικοσυστήματα. Επειδή δεν έχουν μελετήσει τα φυτά δεν γνωρίζουν και περαιτέρω τη Ν-ΕΤ (Anderson, J. L., Ellis, J. P., & Jones, A. M. 2014).

Σε αυτό το πλαίσιο η υπόθεση βασίστηκε ότι τα παιδιά της Ε' και ΣΤ' τάξης του δημοτικού εμφανίζουν ΤΑΦΥ, η οποία βέβαια μπορεί να αρθεί ή τουλάχιστον να περιοριστεί μέσα από την εφαρμογή κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού. Για αυτόν τον σκοπό στο ερωτηματολόγιο συμπεριλήφθηκαν ερωτήσεις ανοιχτού τύπου, δηλαδή οι μαθητές/τριες καλούνταν να απαντήσουν με λόγια ή με σχέδιο. Οι δυο (2) πρώτες ερωτήσεις, ερώτηση 9 και 10, ήταν σχετικές με το φαινόμενο του λωτού και η τρίτη, ερώτηση 11, αφορούσε τον ορισμό της Νανοτεχνολογίας. Η κωδικοποίηση των ερωτήσεων και των απαντήσεων βασίστηκε σε προγενέστερες έρευνες (Προσαρμογή στο Ρεϊκος κ.ά., 2020) για την υπερ- υδροφοβικότητα φυσικών και τεχνητών επιφανειών. Παρακάτω περιγράφεται αναλυτικά ο τρόπος κωδικοποίησης των απαντήσεων των μαθητών στις σχετικές με τη Ν- ΕΤ ερωτήσεις.

Αναζητήθηκαν λέξεις/ φράσεις που είχαν νόημα για κάθε ερώτηση ανοιχτού τύπου και ομαδοποιήθηκαν σε κατηγορίες ανάλογα με λέξεις-κλειδιά. Στη συνέχεια, ταξινομήθηκαν ανάλογα με το περιεχόμενο σε θεματικές κατηγορίες, οι οποίες ενέχουν κλιμάκωση νοημάτων από ασαφείς προς πιο επιστημονικές εξηγήσεις. Συγκεκριμένα συμπεριλήφθηκαν 3 κατηγορίες η Κ0 η οποία περιέχει κενές απαντήσεις ή απαντήσεις που είναι άσχετες με το συγκεκριμένο θέμα, η Κ1 η οποία εμπεριέχει αναφορά σε λέξεις που αφορούν τον κάθε ορισμό και η Κ2 που περιλαμβάνει σαφή αναφορά στον ορισμό. Αφού κατηγοριοποιήθηκαν τα δεδομένα, μεταφέρθηκαν στο EXCEL και έγινε επεξεργασία των αποτελεσμάτων με το υπολογιστικό πρόγραμμα SPSS. Στον ακόλουθο πίνακα δίνεται η κωδικοποίηση των δεδομένων των ερωτήσεων 9-11.

Για την ερώτηση 9, περιγράφηκε στους μαθητές/ τριες η παρακάτω συνθήκη «Αφού έβρεξε, δύο μαθητές/ τριες που αγαπούν τα φυτά έκαναν βόλτα στον κήπο του σχολείου. Παρατήρησαν το εξής: οι σταγόνες του νερού πάνω στα φύλλα του μπρόκολου ήταν σφαιρικές σαν μπίλιες και το φύλλο δεν είχε βραχεί καθόλου» και στη συνέχεια, ερωτήθηκαν «Γιατί νομίζεις ότι οι σταγόνες στα φύλλα του μπρόκολου έγιναν σφαιρικές; Αιτιολόγησε την απάντησή σου με λόγια και σχέδιο».

Για την ερώτηση 10, παρουσιάστηκε η παρακάτω συνθήκη «Κατά τη διάρκεια ενός πειράματος, ένας επιστήμονας βούτηξε δυο παπούτσια σε χρωματισμένο νερό. Όπως βλέπουμε στην παρακάτω εικόνα, συνέβη κάτι παράξενο. Το ένα παπούτσι δε λερώθηκε καθόλου». Στη συνέχεια ερωτήθηκαν «Γιατί νομίζεις ότι το ένα παπούτσι δε λερώθηκε; Αιτιολόγησε την απάντησή σου με λόγια και σχέδιο». Τέλος, ερωτήθηκαν «Τι νομίζεις ότι είναι η Νανοτεχνολογία;».

Πίνακας 12: Κωδικοποίηση των απαντήσεων των μαθητών/ τριών σχετικά με την εξήγηση του φαινομένου του λωτού και την περιγραφή του περιεχομένου της N- ET(Προσαρμογή στο Peikosk.ά., 2020, σ. 9)

Ερώτηση	Περιγραφή του περιεχομένου των απαντήσεων κάθε κατηγορίας		
	K2	K1	K0
9-Φαινόμενο λωτού	Αναφορά στα νανοεξογκώματα ή στην υδροφοβικότητα του φύλλου	Αναφορά Α)στην επιφάνεια του φύλλου (Σχήμα μπρόκολου, Σκληρότητα/ποσότητα/πάχος των φύλλων, Τραχύτητα του φύλλου ορατή με το μάτι, Β)στην επιφάνεια του φύλλου του μπρόκολου Γ) στην αρχική κατάσταση του φύλλου του μπρόκολου (υγρό ή στεγνό) ή Δ) στη σύσταση του υγρού	Κενές απαντήσεις ή απαντήσεις που είναι άσχετες με το συγκεκριμένο θέμα
10-Αυτόκαθαρισμός υλικών	Αναφορά στα νανοεξογκώματα ή στην υδροφοβικότητα του παπουτσιού	Αναφορά Α)στην επιφάνεια του παπουτσιού (ποιότητα, είδος υφάσματος, χαρακτηριστικά της επιφάνειάς του) ή Β) στη σύσταση του διαλυμένου στο νερό χρώματος ή Γ) στον αυτοκαθαρισμό	Κενές απαντήσεις ή απαντήσεις που είναι άσχετες με το συγκεκριμένο θέμα
11-Ορισμός N-ET	Αναφορές σε υδρόφοβα φυτά και υδρόφοβες επιφάνειες ή στα νανοεξογκώματα	Αναφορά Α) στο Μέγεθος ή Β)σε τεχνολογικές εφευρέσεις που βοηθούν στην ζωή μας και στην επικοινωνία των ανθρώπων ή Γ) αναφορές σε αντικείμενα μικροσκοπικά αόρατα με γυμνό μάτι	Κενές απαντήσεις ή απαντήσεις που είναι άσχετες με το συγκεκριμένο θέμα
Πίνακας13: Κωδικοποίηση των απαντήσεων των μαθητών/ τριών σχετικά με την εξήγηση του φαινομένου του λωτού και την περιγραφή του περιεχομένου της N- ET(Προσαρμογή στο Peikos κ.ά., 2020, σ. 9)			

3.Αποτελέσματα

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφονται και αναλύονται συγκριτικά τα ποιοτικά και ποσοτικά αποτελέσματα των απαντήσεων των μαθητών/ τριών στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου πριν την έναρξη (αρχικό ερωτηματολόγιο) και μετά μια εβδομάδα μετά ολοκλήρωση της παρέμβασης (τελικό ερωτηματολόγιο).

3.1 Συγκριτική παρουσίαση των απαντήσεων του αρχικού και τελικού ερωτηματολογίου των μαθητών/ τριών της Ε΄ δημοτικού

Οι μαθητές/ τριες της Ε΄ δημοτικού ήταν 6 σε αριθμό. Στον Πίνακα 13 παρουσιάζονται τα ποσοστά επί τοις εκατό των αγοριών και των κοριτσιών του μαθητικού πληθυσμού της Ε Δημοτικού. Πιο συγκεκριμένα, το σύνολο του μαθητικού πληθυσμού της Ε τάξης συνίσταται 6 κορίτσια (100% του συνόλου).

Πίνακας 13: Ο μαθητικός πληθυσμός της Ε τάξης

Ο μαθητικός πληθυσμός της Ε΄ τάξης		
	N	Ποσοστό % N
ΑΓΟΡΙΑ	0	0%
ΚΟΡΙΤΣΙΑ	6	100%
ΣΥΝΟΛΟ	6	100%

Παρακάτω περιγράφονται και αναλύονται τα ποσοτικά αποτελέσματα των απαντήσεων των μαθητών/ τριών που ήταν παρόντες/ούσες σε όλες τις συναντήσεις στο αρχικό και το τελικό ερωτηματολόγιο πριν και μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης. Για κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι σχετικές συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών/τριων στο αρχικό και στο τελικό ερωτηματολόγιο με κριτήριο τις κατηγορίες που περιγράφηκαν (βλ. Κωδικοποίηση).

Ζητήσαμε από τους μαθητές/ τριες να καταγράψουν 6 ζωντανούς οργανισμούς. Παρακάτω παρουσιάζονται τα ποσοστά των αναφορών των φυτικών οργανισμών ως ζωντανοί οργανισμοί πριν και μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης. Όπως βλέπουμε στον Πίνακα 14, πριν την παρέμβαση, τρεις (3) μαθήτριες (το 50% του συνόλου) σημείωσαν ένα φυτικό οργανισμό την κατηγορία φυτά στις απαντήσεις τους. Δυο (2) μαθήτριες σημείωσαν τρεις φυτικούς

οργανισμούς (σε ποσοστό 33,3% του συνόλου), ενώ ένας (1) μαθητής σημείωσε δυο (2) φυτικούς οργανισμούς (σε ποσοστό 16,7% του συνόλου). Ωστόσο, μετά την παρέμβαση, πέντε (5) μαθήτριες σημείωσαν 2 φυτικούς οργανισμούς (σε ποσοστό 83,3% του συνόλου) και μια μαθήτρια σημείωσε ένα (1) φυτικό οργανισμό (σε ποσοστό 16,7% του συνόλου).

Πίνακας 14: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της αναφοράς φυτικών οργανισμών ως ζωντανών οργανισμών από τους μαθητές/ τριες της Ε΄τάξης πριν και μετά την παρέμβαση

Συχνότητα αναφοράς φυτικών οργανισμών ως ζωντανών οργανισμών από τους μαθητές/ τριες της Ε΄τάξης πριν και μετά την παρέμβαση				
	Pre -test	Ποσοστό %	Post -test %	Ποσοστό
K0	0	0%	0	0%
K1	3	50%	1	16,7%
K2	1	16,7%	5	83,3%
K3	2	33,7%	0	0%
K4	0	0%	0	0%
K5	0	0%	0	0%
K6	0	0%	0	0%
ΣΥΝΟΛΟ	6	100%	6	100%

Ακολουθεί η παρουσίαση των απαντήσεων των μαθητών/τριων της Ε δημοτικού σε μια σειρά ερωτήσεων του αρχικού και του τελικού ερωτηματολογίου όπου οι απαντήσεις έχουν τη μορφή κλίμακας Likert («ΚΑΘΟΛΟΥ», «ΛΙΓΟ», «ΟΥΤΕ ΛΙΓΟ ΟΥΤΕ ΠΟΛΥ», «ΠΟΛΥ», «ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ»).

Αρχικά, ζητήσαμε από τους μαθητές/ τριες να σημειώσουν πόσο τους αρέσουν τα ζώα. Σύμφωνα με τον Πίνακα 15, πριν την παρέμβαση όλες οι μαθήτριες απάντησαν ότι τους αρέσουν «ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ» (Κ4) τα ζώα (6 μαθήτριες, το 100% του συνόλου). Ωστόσο, μετά την παρέμβαση, μια (1) μαθήτρια δήλωσε ότι της αρέσουν «ΠΟΛΥ» (Κ3) τα ζώα (σε ποσοστό 16,7%) του συνόλου, ενώ πέντε (5) μαθήτριες απάντησαν ότι τους αρέσουν «ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ» (Κ4) τα ζώα (σε ποσοστό 83,3% του συνόλου).

Πίνακας 15: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων του ενδιαφέροντος των μαθητών/τριών Ε΄ τάξης για τα ζώα πριν και μετά την παρέμβαση

Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της στάσης των μαθητών/τριών της Ε΄ τάξης απέναντι στα ζώα πριν και μετά την παρέμβαση				
	Pre -test	Ποσοστό %	Post -test %	Ποσοστό %
K0	0	0%	0	0%
K1	0	0%	0	0%
K2	0	0%	0	0%
K3	0	0%	1	16,7%
K4	6	100%	5	83,3%
ΣΥΝΟΛΟ	6	100%	6	100%

Έπειτα, ζητήσαμε από τους μαθητές/τριες να σημειώσουν πόσο τους αρέσουν τα φυτά. Σύμφωνα με τον Πίνακα 16, πριν την διδακτική παρέμβαση, οι περισσότεροι μαθητήτριες (4 σε αριθμό με ποσοστό 66,7%) απάντησαν ότι τους αρέσουν «ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ» (K4) τα φυτά. Ενώ δυο (2) μαθητές/τριες (σε ποσοστό 33,3% του συνόλου) απάντησαν ότι τους αρέσουν «ΠΟΛΥ» (K3) τα φυτά. Ωστόσο, μετά την διδακτική παρέμβαση, 3 μαθητές/τριες απάντησαν «ΠΟΛΥ» (K3) τα φυτά (σε ποσοστό 50% του συνόλου). Δύο (2) μαθητήτριες απάντησαν ότι τους αρέσουν «ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ» (K4) τα φυτά (σε ποσοστό 33,3% του συνόλου). Τέλος, μια μαθήτρια απάντησε ότι της αρέσουν τα φυτά «ΟΥΤΕ ΛΙΓΟ, ΟΥΤΕ ΠΟΛΥ» (K2) (σε ποσοστό 16,7%).

Πίνακας 16: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων του ενδιαφέροντος των μαθητών/ τριών Ε΄ τάξης για τα φυτά πριν και μετά την παρέμβαση

Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της στάσης των μαθητών/ τριών της Ε΄ τάξης απέναντι στα φυτά πριν και μετά την παρέμβαση

	Pre -test	Ποσοστό %	Post -test %	Ποσοστό%
K0	0	0%	0	0%
K1	0	0%	0	0%
K2	0	7,4%%	1	16,7%
K3	2	33,3%	3	50%
K4	4	66,7%	2	33,3%
ΣΥΝΟΛΟ	6	100%	6	100%

Στη συνέχεια, ζητήσαμε από τους μαθητές/ τριες και τις μαθήτριες να ορίσουν πόσο συχνά παρατηρούν τα φυτά που βρίσκονται κοντά τους. Όπως βλέπουμε στον παρακάτω πίνακα, πριν την διδακτική παρέμβαση, τρεις (3) μαθήτριες απάντησαν «ΣΥΧΝΑ» (K3) (σε ποσοστό 50% του συνόλου). Δυο (2) μαθήτριες απάντησαν ότι παρατηρούν «ΠΑΝΤΑ» (K4) τα φυτά γύρω τους (σε ποσοστό 33,3% του συνόλου). Ενώ, μια μαθήτρια (σε ποσοστό 16,7%) απάντησαν ότι παρατηρούν «ΜΕΡΙΚΕΣ ΦΟΡΕΣ» (K2) τα φυτά που βρίσκονται κοντά τους. Ωστόσο, μετά την ολοκλήρωση της διδακτικής παρέμβασης, δυο (2) μαθήτριες (το 33,3% του συνόλου) απάντησαν «ΜΕΡΙΚΕΣ ΦΟΡΕΣ» (K2) και «ΣΥΧΝΑ» (K3), αντίστοιχα. Ενώ μια (1) μαθήτρια (το 16,7% του συνόλου) απάντησε ότι παρατηρεί απάντησε «ΠΟΤΕ» (K0) και «ΠΑΝΤΑ» (K4) τα φυτά το περιβάλλοντα χώρο, αντίστοιχα.

Πίνακας 17: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της συχνότητας παρατήρησης των φυτικών οργανισμών στο περιβάλλοντα χώρο των μαθητών/ τριών της Ε τάξης πριν και μετά την παρέμβαση

Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της συχνότητας παρατήρησης των φυτών στο περιβάλλοντα χώρου				
	Pre -test	Ποσοστό %	Post -test	Ποσοστό%
K0	0	0%	1	16,7%
K1	0	0%	0	0%
K2	1	16,7%	2	33,3%
K3	3	50%	2	33,3%
K4	2	33,3%	1	16,7%
ΣΥΝΟΛΟ	6	100%	6	100%

Ρωτήσαμε τους μαθητές/ τριες «Πόσο σου αρέσει να μαθαίνεις πράγματα για τα φυτά;». Τα αποτελέσματα των απαντήσεων τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 18. Πιο συγκεκριμένα, πριν την έναρξη της διδακτικής παρέμβασης, πέντε (5) μαθήτριες (σε ποσοστό 83,3%) απάντησαν «ΠΟΛΥ» (K3) . Ενώ, μια (1) μαθήτρια απάντησε ότι «ΟΥΤΕ ΛΙΓΟ, ΟΥΤΕ ΠΟΛΥ» (K2) (σε ποσοστό 16,7% του συνόλου). Ωστόσο, μετά το τέλος της διδακτικής παρέμβασης, οι μισές μαθήτριες (σε ποσοστό 50%) απάντησαν «ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ» (K4) . Δύο (2) μαθήτριες απάντησαν «ΠΟΛΥ» (K3) (σε ποσοστό 33,3% του συνόλου) και μια μαθήτρια (το 16,7% του συνόλου) απάντησε «ΟΥΤΕ ΛΙΓΟ, ΟΥΤΕ ΠΟΛΥ» (K2).

Πίνακας 18: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων του ενδιαφέροντος των μαθητών/τριών Ε΄ τάξης για τη μάθηση για τα φυτά πριν και μετά την παρέμβαση

Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της στάσης των μαθητών/τριών της Ε΄ τάξης απέναντι στη μάθηση για τα φυτά πριν και μετά την παρέμβαση				
	Pre -test	Ποσοστό %	Post -test %	Ποσοστό%
K0	0	0%	0	0%
K1	0	0%	0	0%
K2	1	16,7%	1	16,7%
K3	5	83,3%	2	33,3%
K4	0	0%	3	50%
ΣΥΝΟΛΟ	6	100%	6	100%

Στη συνέχεια, ακολουθούν ερωτήσεις που αφορούν τη διερεύνηση της χρησιμότητας των φυτών στη καθημερινή ζωή. Πρόκειται για γνωστικού τύπου ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, όπου πιθανές απαντήσεις είναι «ΣΩΣΤΟ» (K1), «ΛΑΘΟΣ» (K2) και «ΔΕΝ ΓΝΩΡΙΖΩ» (K3).

Αρχικά, ζητήσαμε από τους μαθητές/τριες να χαρακτηρίσουν την πρόταση «Τα φυτά είναι χρήσιμα μόνο για να τα τρώμε». Η απάντηση που αναμένεται από τους μαθητές/τριες είναι ότι ΛΑΘΟΣ (K2) τα φυτά δεν είναι χρήσιμα μόνο για να τα τρώμε. Σύμφωνα με τον Πίνακα 19, πριν την έναρξη της διδακτικής παρέμβασης, όλες οι μαθήτριες (το 100% του συνόλου) απάντησαν «ΛΑΘΟΣ» (K2), ότι δηλαδή τα φυτά δεν χρησιμοποιούνται μόνο ως τροφή από τον άνθρωπο. Ωστόσο, μετά την ολοκλήρωση της διδακτικής παρέμβασης, πέντε (5) μαθήτριες χαρακτήρισαν ως «ΛΑΘΟΣ» (K2) τη φράση «Τα φυτά είναι χρήσιμα μόνο για να τα τρώμε» (το 83,3% του συνόλου). Ενώ, μια (1) μαθήτρια απάντησαν «ΔΕΝ ΓΝΩΡΙΖΩ» (K3) (σε ποσοστό 16,7%).

Πίνακας 19: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων σχετικά με τη στάση των μαθητών/τριών της Ε΄ τάξης για τα ζώα πριν και μετά την παρέμβαση για τη χρήση των φυτικών οργανισμών μόνο ως τροφή

Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της στάσης των μαθητών/τριών της Ε΄ τάξης σχετικά με τη χρήση των φυτών μόνο ως τροφή πριν και μετά την παρέμβαση

	Pre -test	Ποσοστό %	Post -test %	Ποσοστό
K1	0	0%	0	0%
K2	6	100%	5	83,3%
K3	0	0%	1	16,7%
ΣΥΝΟΛΟ	6	100%	6	100%

Ζητήσαμε από τους μαθητές/τριες να χαρακτηρίσουν την πρόταση «Τα φυτά περιέχουν ουσίες που χρησιμοποιούμε για να φτιάξουμε φάρμακα». Η απάντηση που αναμένεται από τους μαθητές/τριες είναι ΣΩΣΤΑ (K1), ότι δηλαδή τα φυτά περιέχουν ουσίες που χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία παραγωγής φαρμάκων. Όπως φαίνεται και στον παρακάτω Πίνακα, πριν την έναρξη της διδακτικής παρέμβασης, οι μισές μαθήτριες (3 σε αριθμό και σε ποσοστό 50%) χαρακτήρισαν «ΣΩΣΤΗ» (K1) την παραπάνω πρόταση, ενώ οι άλλες μισές (3 σε αριθμό και σε ποσοστό 50%) μαθήτριες απάντησαν ότι «ΔΕΝ ΓΝΩΡΙΖΟΥΝ» (K3) αν «Τα φυτά περιέχουν ουσίες που χρησιμοποιούμε για να φτιάξουμε φάρμακα». Ωστόσο, μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης, τέσσερις (4) μαθήτριες χαρακτήρισαν σωστή τη φράση (σε ποσοστό 66,7% του συνόλου), ενώ δυο (2) μαθήτριες (το 33,3% του συνόλου) απάντησαν ότι δε γνωρίζουν.

Πίνακας 20: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της στάσης των μαθητών/τριών της Ε΄ τάξης σχετικά με τη χρήση των φυτικών οργανισμών στη φαρμακοβιομηχανία πριν και μετά την παρέμβαση

Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της στάσης των μαθητών/τριών της Ε΄ τάξης σχετικά με τη χρήση των φυτών στην παραγωγή φαρμάκων

	Pre -test	Ποσοστό %	Post -test %	Ποσοστό
K1	3	50%	4	66,7%
K2	0	0%	0	0%
K3	3	50%	2	33,3%
ΣΥΝΟΛΟ	6	100%	6	100%

Ζητήσαμε από τους μαθητές/τριες να χαρακτηρίσουν την πρόταση «Τα φυτά εμπνέουν τους επιστήμονες για να δημιουργήσουν χρήσιμα προϊόντα π. χ. παπούτσια που δε βρέχονται και δε λερώνονται». Η απάντηση που αναμένεται από τους μαθητές/τριες είναι ΣΩΣΤΑ (Κ1), δηλαδή ότι τα φυτά και οι ιδιότητές τους λειτουργούν ως πρότυπο παραγωγής χρήσιμων προϊόντων. Σύμφωνα με τον Πίνακα 21, πριν την έναρξη της διδακτικής παρέμβασης, τέσσερις (4) μαθήτριες, σε ποσοστό 66,7%, απάντησαν ότι δε γνωρίζουν. Ενώ, από μια (1) μαθήτρια (σε ποσοστό 16,7%) χαρακτήρισαν τη παραπάνω πρόταση ως «ΣΩΣΤΗ» (Κ1) και «ΛΑΘΟΣ» (Κ2) αντίστοιχα. Ωστόσο, μετά το πέρας της παρέμβασης, οι περισσότεροι μαθητές, τέσσερις (4) σε αριθμό (το 66,7% του συνόλου) χαρακτήρισαν σωστή τη φράση «Τα φυτά εμπνέουν τους επιστήμονες για να δημιουργήσουν χρήσιμα προϊόντα π.χ. παπούτσια που δε βρέχονται και δε λερώνονται», ενώ δυο μαθήτριες (σε ποσοστό 33,3% του συνόλου) απάντησαν ότι δε γνωρίζουν.

Πίνακας 21: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της στάσης των μαθητών/τριών της Ε τάξης σχετικά με τη χρήση των φυτών για τη παραγωγή χρήσιμων προϊόντων πριν και μετά την παρέμβαση

Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της στάσης των μαθητών/τριών της Ε τάξης σχετικά με τη χρήση των φυτών ως έμπνευση των επιστημόνων για την παραγωγή καινοτόμων προϊόντων (π.χ. παπούτσια που δε βρέχονται και δε λερώνονται)				
	Pre -test	Ποσοστό %	Post -test %	Ποσοστό
K1	1	16,7%	4	66,7%
K2	1	16,7%	0	0%
K3	4	66,7%	2	33,3%
ΣΥΝΟΛΟ	6	100%	6	100%

Ακολουθούν οι ερωτήσεις ανοιχτού τύπου για την εξήγηση της υδροφοβικότητας και του αυτοκαθαρισμού, καθώς και για το περιεχόμενο του όρου Νανοτεχνολογία.

Αρχικά, ζητήσαμε από τους μαθητές/τριες να εξηγήσουν τη συμπεριφορά και το σχήμα της σταγόνας του νερού όταν πέφτει πάνω στην επιφάνεια του μπρόκολου. Πιο συγκεκριμένα, αρχικά, περιεγράφηκε στους μαθητές/τριες η παρακάτω συνθήκη «Αφού έβρεξε, δύο μαθητές/τριες που αγαπούν τα φυτά έκαναν βόλτα στον κήπο του σχολείου. Παρατήρησαν το εξής: οι σταγόνες του νερού πάνω στα φύλλα του μπρόκολου ήταν σφαιρικές σαν μπίλιες και το φύλλο

δεν είχε βραχεί καθόλου» και στη συνέχεια, ερωτήθηκαν «Γιατί νομίζεις ότι οι σταγόνες στα φύλλα του μπρόκολου έγιναν σφαιρικές; Αιτιολόγησε την απάντησή σου με λόγια και σχέδιο».

Σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα, πριν την έναρξη της παρέμβασης, τα 2/3 των μαθητριών απέδωσαν την υπερ- υδροφοβικότητα του μπρόκολου σε λανθασμένους παράγοντες. Για παράδειγμα, πριν την παρέμβαση μια μαθήτρια ανέφερε «Επειδή το φύλλο ήταν βρεγμένο από την βροχή οι σταγόνες δεν βρέχουν το φύλλο επειδή ήταν ήδη βρεγμένο και γίνονται σφαιρικές ή έχει στεγνώσει το φύλλο και όταν ρίχνουν νερό η σταγόνα γίνεται σφαιρική» (K1). Ενώ οι υπόλοιποι έδωσαν ασαφείς και χωρίς νόημα απαντήσεις ή δεν απάντησαν καν (K0). Για παράδειγμα μια μαθήτρια έγραψε «Επειδή το φυτό μπορεί να έχει λίγο νερό μέσα του κι έτσι το νερό πέφτει εύκολα από το φύλλο».

Ωστόσο, μετά την ολοκλήρωση της διδακτικής παρέμβασης, όλες οι μαθήτριες είχαν κατανοήσει το φαινόμενο του λωτού και το περιέγραψαν με επιστημονικούς όρους που διδάχθηκαν κατά την διάρκεια της εφαρμογής του εκπαιδευτικού υλικού, καθώς σε όλες τις απαντήσεις υπήρχε ο όρος νανοεξογκώματα. Για παράδειγμα, μια μαθήτρια ανέφερε «Το φύλλο αυτό είναι υδρόφοβο γιατί μέσα του έχει νανοεξογκώματα τα οποία είναι κοντά (εννοεί το ένα με το άλλο) και δεν αφήνει το νερό να απλωθεί».

Πίνακας 22: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων σχετικά με την εξήγηση της υπερ-υδροφοβικότητας του φύλλου του μπρόκολου από τους μαθητές/ τριες της Ε΄τάξης πριν και μετά την παρέμβαση

Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της εξήγησης της υπερ-υδροφοβικότητας του φύλλου του μπρόκολου από τους μαθητές/ τριες/τριες της Ε΄τάξης πριν και μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού				
	Pre -test	Ποσοστό %	Post -test	Ποσοστό%
K0	2	33,34%	0	0
K1	4	66,66%	0	0%
K2	0	0%	6	100%
ΣΥΝΟΛΟ	6	100%	6	100%

Επιπλέον, ζητήθηκε από τους μαθητές/ τριες να εξηγήσουν τον αυτοκαθαρισμό τεχνητών από τον άνθρωπο επιφανειών, όπως αυτή ενός αθλητικού παπουτσιού. Πιο συγκεκριμένα,

παρουσιάστηκε στους μαθητές/ τριες η παρακάτω συνθήκη «Κατά τη διάρκεια ενός πειράματος, ένας επιστήμονας βούτηξε δυο παπούτσια σε χρωματισμένο νερό. Όπως βλέπουμε στην παρακάτω εικόνα, συνέβη κάτι παράξενο. Το ένα παπούτσι δε λερώθηκε καθόλου». Στη συνέχεια ερωτήθηκαν «Γιατί νομίζεις ότι το ένα παπούτσι δε λερώθηκε; Αιτιολόγησε την απάντησή σου με λόγια και σχέδιο».

Σχετικά, λοιπόν, με τον αυτοκαθαρισμό των παπουτσιών, ποσοστό 66,7% του συνόλου απέδωσε την ιδιότητα του παπουτσιού να μη λερώνεται σε λανθασμένους παράγοντες που σχετίζονται με στην επιφάνεια του παπουτσιού και όχι με την υδροφοβικότητα (Κ1). Για παράδειγμα μια μαθήτρια έγραψε «Μάλλον το παπούτσι που λερώθηκε θα είχε κάποιο μικρόβιο δηλαδή σκόνη και έτσι το χρώμα μπορεί να έδιωξε τα μικρόβια και να έμεινε στο παπούτσι». Μόνο δυο μαθήτριες (σε ποσοστό 33,3%) απάντησαν ότι δεν ξέρουν (Κ0).

Ωστόσο, μετά την εφαρμογή της παρέμβασης, όλες οι μαθήτριες απάντησαν αναφερόμενοι σε όρους σχετικούς με το φαινόμενο του λωτού (6 μαθήτριες, σε ποσοστό 100% του συνόλου) και περιέλαβαν στις απαντήσεις τους τον όρο νανοεξογκώματα. Για παράδειγμα, μια μαθήτρια έγραψε «Το παπούτσι όπου δεν βράχηκε είναι υδρόφοβο γιατί μέσα του έχει νανοεξογκώματα και έτσι δεν αφήνει το χρώμα να το βάψει» (Κ2).

Πίνακας 23: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων σχετικά με την εξήγηση της υπερ-υδροφοβικότητας και του αυτοκαθαρισμού του παπουτσιού από τους μαθητές/ τριες της Ε τάξης πριν και μετά την παρέμβαση.

Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της εξήγησης της υπερ-υδροφοβικότητας και του αυτοκαθαρισμού της επιφάνειας του παπουτσιού από τους μαθητές/ τριες της Ε' τάξης πριν και μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού				
	Pre –test	Ποσοστό %	Post -test	Ποσοστό%
K0	2	33,34%	0	0%
K1	4	66,66%	0	0%
K2	0	0%	6	100%
ΣΥΝΟΛΟ	6	100%	6	100%

Τέλος, σχετικά με την N-ET και τον ορισμό της πριν την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού το 66,7%, όρισε τη Νανοτεχνολογία, ως μια «τεχνολογία για νάνους» ενώ οι υπόλοιπες

μαθήτριες δήλωσαν ότι δε γνωρίζουν το περιεχόμενο του όρου Νανοτεχνολογία. Ωστόσο, μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης, τέσσερις μαθήτριες (σε ποσοστό 66,7%) έδωσαν απαντήσεις χρησιμοποιώντας επιστημονικούς όρους με τους οποίους ήρθαν σε επαφή κατά την διάρκεια της παρέμβασης. Για παράδειγμα, μια μαθήτρια έγραψε ότι «Η τεχνολογία που μελετάει τα νανοεξογκώματα» (Κ2). Ενώ, μια μαθήτρια απάντησε ότι δεν ξέρω (Κ0) και μια μαθήτρια απάντησε με λάθος όρους (Κ1).

Πίνακας 24: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων σχετικά με τον ορισμό της Νανοτεχνολογίας από τους μαθητές/ τριες της Ε΄τάξης πριν και μετά την παρέμβαση

Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της εξήγησης του περιεχομένου του όρου Νανοτεχνολογία από τους μαθητές/ τριες/τριες της Ε΄τάξης πριν και μετά την εφαρμογή της παρέμβασης				
	Pre -test	Ποσοστό %	Post -test	Ποσοστό%
K0	2	33,3%	1	16,7%
K1	4	66,7%	1	16,7%
K2	0	0	4	66.6%
ΣΥΝΟΛΟ	6	100%	6	100%

Σύγκριση των απαντήσεων των μαθητών/ τριων της Ε΄τάξης στις ερωτήσεις του αρχικού και του τελικού ερωτηματολογίου

Προκειμένου να συγκριθούν στατιστικά οι απαντήσεις των μαθητών/ τριών του αρχικού και του τελικού ερωτηματολογίου των μαθητών/ τριών της Ε΄τάξης Δημοτικού διενεργήθηκε διενεργήθηκε ο στατιστικός έλεγχος Wilcoxon Signed-Ranks Test (Ρούσσος & Τσαούσης, 2011) κατά τον οποίο συγκρίθηκαν οι απαντήσεις σε όλες τις πανομοιότυπες ερωτήσεις. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του στατιστικού ελέγχου, τα σκορ των μαθητών/ τριών στην ερώτηση σχετικά με τη καταγραφή 6 ζωντανών οργανισμών δε παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά (N=6, T=5,000, p= 1,000 > 0,05). Σχετικά με το ενδιαφέρον των μαθητών/ τριών για τα ζώα, δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά πριν και μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού (N=6, T=0, p=0,317 > 0,05). Σχετικά, με το ενδιαφέρον των μαθητών/ τριών για τα φυτά, δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά (N=6, T=0, p=0,083 > 0,05). Σχετικά με την

παρατήρηση των φυτών στο περιβάλλον, δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά ($N=6$, $T=2$, $p=0,257 > 0,05$). Σχετικά με το ενδιαφέρον για μάθηση σχετικά με τα φυτά, δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά πριν και μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού ($N=6$, $T=6$, $p=0,083 > 0,05$). Σχετικά με τη χρήση των φυτών ως τροφή, δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά ($N=6$, $T=1$, $p=0,317 > 0,05$). Σχετικά με τη χρήση των φυτών για τη παραγωγή φαρμάκων δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά, ($N=6$, $T=0$, $p=0,317 > 0,05$). Σχετικά με τη χρήση των φυτών ως έμπνευση για τη παραγωγή καινοτόμων προϊόντων δεν υπάρχει στατιστική διαφορά ($N=6$, $T=0,000$, $p=0,102 > 0,05$). Σχετικά με την εξήγηση της υδροφοβικότητας του φύλλου του μπρόκολου, υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ($N=6$, $T=21,000$, $p=0,023 < 0,05$). Σχετικά με την εξήγηση του αυτοκαθαρισμού του παπουτσιού, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά πριν και μετά την παρέμβαση ($N=6$, $T=21$, $p=0,023 < 0,05$). Σχετικά με τον ορισμό του όρου νανοτεχνολογία, δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των απαντήσεων πριν και μετά την ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ($N=6$, $T=10$, $p=0,059 > 0,05$). Συνεπώς, η εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού ενίσχυσε τον νανογραμματισμό των μαθητών/τριών της Ε Δημοτικού σχετικά με την εξήγηση της υπερ-υδροφοβικότητας και του αυτοκαθαρισμού.

3.2 Συγκριτική παρουσίαση των απαντήσεων του αρχικού και του τελικού ερωτηματολογίου των μαθητών/τριών της ΣΤ' δημοτικού

Οι μαθητές/τριες της ΣΤ' δημοτικού ήταν δεκατέσσερις (14) σε αριθμό. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η αναλογία των μαθητών/τριών που παρακολούθησαν όλες τις συναντήσεις της παρέμβασης. Οι μαθητές/τριες συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο πριν την έναρξη της παρέμβασης (αρχικό ερωτηματολόγιο), ενώ μια εβδομάδα μετά το πέρας της εφαρμογής του εκπαιδευτικού υλικού, επανέλαβαν την πραγμάτωση του ερωτηματολογίου (τελικό ερωτηματολόγιο). Το τελικό ερωτηματολόγιο συμπληρώθηκε από δέκα τέσσερις (14) μαθητές, εκ των οποίων μόνο οι έντεκα (11) παρακολούθησαν όλες τις συναντήσεις (5 αγόρια και 6 κορίτσια, 45,5% και 54,5% του συνόλου αντίστοιχα).

Πίνακας 25: Ο μαθητικός πληθυσμός της ΣΤ΄ τάξης Δημοτικού

Ο μαθητικός πληθυσμός της ΣΤ΄ τάξης		
	Ντελικό	Ποσοστό %
ΑΓΟΡΙΑ	5	45,5%
ΚΟΡΙΤΣΙΑ	6	54,5%
ΣΥΝΟΛΟ	11	100%

Ζητήσαμε από τους μαθητές/τριες να καταγράψουν έξι (6) ζωντανούς οργανισμούς. Παρακάτω παρουσιάζονται τα ποσοστά των αναφορών των φυτικών οργανισμών ως ζωντανοί οργανισμοί πριν και μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης. Όπως βλέπουμε και στον παρακάτω πίνακα, πριν την έναρξη της παρέμβασης, οι περισσότεροι μαθητές/τριες (4 σε αριθμό και σε ποσοστό 36,4 %) σημείωσαν 2 φυτά και 4 ζώα. 3 μαθητές/τριες (σε ποσοστό 27,3 %) σημείωσαν 3 φυτά και 3 ζώα και 1 φυτό και 5 ζώα. Τέλος, ένας μόνο μαθητής/τρια (σε ποσοστό 9,1%) σημείωσε 4 φυτά και 2 ζώα. Ωστόσο, μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης, οι περισσότεροι μαθητές/τριες (8 σε αριθμό και σε ποσοστό 72,7%) σημείωσαν 2 φυτικούς οργανισμούς. Ενώ ένας μαθητής/τρια (σε ποσοστό 9,1%) σημείωσε τρία φυτά, ένα φυτό ή κανένα φυτό αντίστοιχα.

Πίνακας 26: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της συχνότητας της αναφοράς φυτικών οργανισμών ως ζωντανών οργανισμών πριν και μετά την εφαρμογή της παρέμβασης

Συχνότητα αναφοράς φυτικών οργανισμών ως ζωντανών οργανισμών από τους μαθητές/ τριες της ΣΤ΄τάξης πριν και μετά τη παρέμβαση				
	Pre -test	Ποσοστό %	Post -test	Ποσοστό %
K0	0	0%	1	9,1%
K1	3	27,3%	1	9,1%
K2	4	36,4%	8	72,7%
K3	3	27,3%	1	9,1%
K4	1	9,1%	0	0%
K5	0	0%	0	0%
K6	0	0%	0	0%
ΣΥΝΟΛΟ	11	100%	11	100%

Ακολουθεί η παρουσίαση των αποτελεσμάτων των απαντήσεων των μαθητών της ΣΤ Δημοτικού σε μια σειρά ερωτήσεων του αρχικού και του τελικού ερωτηματολογίου όπου οι απαντήσεις έχουν τη μορφή κλίμακας Likert («ΚΑΘΟΛΟΥ», «ΛΙΓΟ», «ΟΥΤΕ ΛΙΓΟ ΟΥΤΕ ΠΟΛΥ», «ΠΟΛΥ», «ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ»).

Αρχικά, ζητήσαμε από τους μαθητές/ τριες να σημειώσουν πόσο τους αρέσουν τα ζώα. Σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα, πριν την παρέμβαση, δέκα (10) μαθητές/ τριες (σε ποσοστό 90,9%) απάντησαν «ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ» (Κ4), ενώ ένας (1) μαθητής (σε ποσοστό 9,1%) απάντησε «ΠΟΛΥ» (Κ3). Ωστόσο μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού, οκτώ (8) μαθητές/ τριες (σε ποσοστό 72,7%) απάντησαν «ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ» (Κ4), ενώ τρεις (3) μαθητές/ τριες απάντησαν ότι τους αρέσουν «ΠΟΛΥ» (Κ3) τα ζώα (σε ποσοστό 27,3% του συνόλου).

Πίνακας 27: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων του ενδιαφέροντος των μαθητών/ τριών ΣΤ΄ τάξης για τα ζώα πριν και μετά την παρέμβαση

Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της στάσης των μαθητών/ τριών της ΣΤ΄ τάξης απέναντι στα ζώα πριν και μετά την παρέμβαση				
	Pre -test	Ποσοστό %	Post -test	Ποσοστό %
K0	0	0%	0	0%
K1	0	0%	0	0%
K2	0	0%	0	0%
K3	1	9,10%	3	27,3%
K4	10	90,90%	8	72,7%
ΣΥΝΟΛΟ	11	100%	11	100%

Στην ερώτηση «Πόσο σου αρέσουν τα φυτά;», όπως βλέπουμε και στον παρακάτω πίνακα, πριν την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού, οκτώ (8) μαθητές/τριες (σε ποσοστό 72,7% του συνόλου) απάντησαν ότι τους αρέσουν «ΠΟΛΥ» (K3) τα φυτά, ενώ τρεις (3) μαθητές/τριες (27,3% του συνόλου) σημείωσαν ότι τους αρέσουν «ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ» (K4) τα φυτά. Ωστόσο, μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού, πέντε (5) μαθητές/τριες (σε ποσοστό 45,5%) απάντησαν «ΟΥΤΕ ΛΙΓΟ, ΟΥΤΕ ΠΟΛΥ» (K2). Τέσσερις (4) μαθητές/τριες (σε ποσοστό 36,4%) απάντησαν ότι τους αρέσουν « ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ» (K4) τα φυτά και δυο μαθητές/τριες (σε ποσοστό 18,2%) απάντησαν ότι τους αρέσουν «ΠΟΛΥ» (K3) τα φυτά.

Πίνακας 28: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων του ενδιαφέροντος των μαθητών/ τριών ΣΤ'τάξης για τα φυτά πριν και μετά την παρέμβαση

Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της στάσης των μαθητών/ τριών της ΣΤ' τάξης απέναντι στα φυτά πριν και μετά την παρέμβαση				
	Pre -test	Ποσοστό %	Post -test	Ποσοστό %
K0	0	0%	0	0%
K1	0	0%	0	0%
K2	0	0%	5	45,5%
K3	8	72,7%	2	18,2%
K4	3	27,3%	4	36,4%
ΣΥΝΟΛΟ	11	100%	11	100%

Όπως βλέπουμε και στον παρακάτω πίνακα, στην ερώτηση «Πόσο συχνά παρατηρείς τα φυτά που βρίσκονται γύρω σου;», πριν την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού, πέντε (5) μαθητές/τριες (σε ποσοστό 45,5% του συνόλου) απάντησαν ότι παρατηρούν Σπάνια τα φυτά γύρω τους. Τέσσερις (4)μαθητές/τριες (το 36,4% του συνόλου) απάντησαν ότι παρατηρούν «ΣΥΧΝΑ» (K3) τα φυτά, ενώ δυο (2)μαθητές/τριες (το 18,2% του συνόλου) δήλωσαν ότι παρατηρούν «ΜΕΡΙΚΕΣ ΦΟΡΕΣ» (K2) τα φυτά. Ωστόσο, μετά την ολοκλήρωση του εκπαιδευτικού υλικού, εννέα (9) μαθητές/τριες (81,8% του συνόλου) απάντησαν ότι παρατηρούν «ΣΥΧΝΑ» (K3) τα φυτά, ενώ ένας/μια μαθητής/τρια (9,1% του συνόλου) απάντησε ότι παρατηρεί «ΜΕΡΙΚΕΣ ΦΟΡΕΣ» (K2) ή «ΣΠΑΝΙΑ» (K1) τα φυτά.

Πίνακας 29: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της συχνότητας παρατήρησης των φυτών από τους μαθητές/ τριες της ΣΤ τάξης πριν και μετά την παρέμβαση

Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της συχνότητας παρατήρησης των φυτών στο περιβάλλοντα χώρου των μαθητών/ τριών ΣΤ' τάξης πριν και μετά την παρέμβαση

	Pre –test	Ποσοστό %	Post -test	Ποσοστό %
K0	0	0%	0	0%
K1	5	45,5%	1	9,1%
K2	2	18,2%	1	9,1%
K3	4	36,4%	9	81,8%
K4	0	0%	0	0%
ΣΥΝΟΛΟ	11	100%	11	100%

Στην ερώτηση «Πόσο σου αρέσει να μαθαίνεις πράγματα για τα φυτά;», πριν την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού, τέσσερις (4) μαθητές/ τριες (36,4% του συνόλου) σημείωσαν «ΠΟΛΥ» (K3) και «ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ» (K4) αντίστοιχα, ενώ δυο (2) μαθητές/ τριες (18,2% του συνόλου) σημείωσαν «ΟΥΤΕ ΛΙΓΟ, ΟΥΤΕ ΠΟΛΥ» (K2). Τέλος, μόλις ένας/μια (1) μαθητής/τρια απάντησε ότι «ΛΙΓΟ» (K1) τον/την ενδιαφέρει να μάθει πράγματα για τα φυτά (σε ποσοστό 9,1% του συνόλου). Ωστόσο, μετά την ολοκλήρωση της εφαρμογής, πέντε(5) μαθητές/ τριες (το 45,5% του συνόλου) απάντησαν «ΟΥΤΕ ΛΙΓΟ, ΟΥΤΕ ΠΟΛΥ» (K2) . Τέσσερις (4) μαθητές/ τριες απάντησαν ότι τους αρέσει «ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ» (K4) (το 36,4% του συνόλου) και δυο (2) μαθητές/ τριες σημείωσαν ότι τους ενδιαφέρει «ΠΟΛΥ» (K3) (το 18,2% του συνόλου) να μαθαίνουν σχετικά με τα φυτά.

Πίνακας 30: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών του ενδιαφέροντος των μαθητών/ τριών της ΣΤ τάξης για τη μάθηση σχετικά με τα φυτά πριν και μετά την παρέμβαση

Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της στάσης των μαθητών/ τριών της ΣΤ τάξης απέναντι στη μάθηση για τα φυτά πριν και μετά την παρέμβαση				
	Pre -test	Ποσοστό %	Post -test	Ποσοστό %
K0	0	0%	0	0%
K1	1	9,1%	0	0%
K2	2	18,2%	5	45,5%
K3	4	36,4%	2	18,2%
K4	4	36,4%	4	36,4%
ΣΥΝΟΛΟ	11	100%	11	100%

Στη συνέχεια, ακολουθούν ερωτήσεις που αφορούν τη διερεύνηση της χρησιμότητας των φυτών στη καθημερινή ζωή. Πρόκειται για γνωστικού τύπου ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, όπου πιθανές απαντήσεις είναι «ΣΩΣΤΟ» (K1), «ΛΑΘΟΣ» (K2) και «ΔΕΝ ΓΝΩΡΙΖΩ» (K3). Αρχικά, ζητήσαμε από τους μαθητές/ τριες να χαρακτηρίσουν την πρόταση «Τα φυτά είναι χρήσιμα μόνο για να τα τρώμε». Η απάντηση που αναμένεται από τους μαθητές/τριες είναι ΛΑΘΟΣ (K2), ότι δηλαδή τα φυτά έχουν πολλές χρήσεις από τον άνθρωπο πέρα από την χρήση τους ως τροφή. Όπως βλέπουμε και στον παρακάτω πίνακα, πριν την έναρξη της εφαρμογής του εκπαιδευτικού υλικού, όλοι οι μαθητές/τριες (11) σε αριθμό και σε ποσοστό 100%) απάντησαν «ΛΑΘΟΣ» (K2), ότι δηλαδή τα φυτά δεν χρησιμοποιούνται μόνο ως τροφή από τον άνθρωπο. Ωστόσο, μετά την ολοκλήρωση της εφαρμογής του εκπαιδευτικού υλικού, δέκα (10) μαθητές/ τριες (το 90,9% του συνόλου) χαρακτήρισαν λανθασμένη τη φράση «Τα φυτά είναι χρήσιμα μόνο για να τρώμε», ενώ ένας/μια (1) μαθητής/ τρια (το 9,1% του συνόλου) χαρακτήρισε τη παραπάνω φράση σωστή (K1).

Πίνακας 31: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της στάσης των μαθητών/ τριών της ΣΤ τάξης για τη χρήση των φυτών μόνο ως τροφή πριν και μετά την παρέμβαση

Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της στάσης των μαθητών/ τριών της ΣΤ τάξης σχετικά με τη χρήση των φυτών μόνο ως τροφή πριν και μετά την παρέμβαση				
	Pre -test	Ποσοστό %	Post -test	Ποσοστό %
K1	0	0%	1	9,1%
K2	11	100%	10	90,9%
K3	0	0%	0	0%
ΣΥΝΟΛΟ	11	100%	11	100%

Ζητήσαμε από τους μαθητές/ τριες να χαρακτηρίσουν την πρόταση «Τα φυτά περιέχουν ουσίες που χρησιμοποιούμε για να φτιάξουμε φάρμακα». Η προσδοκώμενη απάντηση από τους μαθητές/τριες ήταν ΣΩΣΤΑ (K1), ότι δηλαδή οι επιστήμονες χρησιμοποιούν τις ουσίες των φυτών και παράγουν φάρμακα. Σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα, πριν την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού, οι πλειοψηφία των μαθητών/ τριών, επτά (7) σε αριθμό (σε ποσοστό 63,6% του συνόλου) χαρακτήρισαν «ΣΩΣΤΗ» (K1) την παραπάνω φράση, ενώ από δυο (2) μαθητές/ τριες (σε ποσοστό 18,2% του συνόλου) χαρακτήρισαν λανθασμένη την παραπάνω φράση ή απάντησαν «ΔΕΝ ΓΝΩΡΙΖΩ» (K3). Ωστόσο, μετά την ολοκλήρωση της εφαρμογής του εκπαιδευτικού υλικού, όλοι οι μαθητές/ τριες (11 σε αριθμό και σε ποσοστό 100% του συνόλου) χαρακτήρισαν σωστή τη φράση «Τα φυτά περιέχουν ουσίες που χρησιμοποιούμε για να φτιάξουμε φάρμακα».

Πίνακας 32: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της στάσης των μαθητών/τριών της ΣΤ τάξης σχετικά με τη χρήση των φυτών στην παραγωγή φαρμάκων πριν και μετά την παρέμβαση

Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της στάσης των μαθητών/τριών της ΣΤ τάξης σχετικά με τη χρήση των φυτών στην παραγωγή φαρμάκων πριν και μετά την παρέμβαση				
	Pre -test	Ποσοστό %	Post -test	Ποσοστό %
K1	7	63,6%	11	100%
K2	2	18,2%	0	0%
K3	2	18,2%	0	0%
ΣΥΝΟΛΟ	11	100%	11	100%

Ζητήσαμε από τους μαθητές/τριες να χαρακτηρίσουν την πρόταση «Τα φυτά εμπνέουν τους επιστήμονες για να δημιουργήσουν χρήσιμα προϊόντα π.χ. παπούτσια που δε βρέχονται και δε λερώνονται». Η προσδοκώμενη απάντηση των μαθητών/τριών ήταν ΣΩΣΤΑ (K1), ότι δηλαδή οι επιστήμονες παρατηρούν τις ιδιότητες των φυτών και κατασκευάζουν χρήσιμα προϊόντα που ομοιάζουν με την συμπεριφορά των φυτών. Όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα, πριν την έναρξη της παρέμβασης, από τέσσερις (4) μαθητές/τριες (σε ποσοστό 36,4% του συνόλου) χαρακτήρισαν «ΣΩΣΤΗ» (K1) την παραπάνω πρόταση ή δήλωσαν «ΔΕΝ ΓΝΩΡΙΖΩ» (K3). Ενώ, τρεις (3) μαθητές/τριες (σε ποσοστό 27,3% του συνόλου) χαρακτήρισε «ΛΑΘΟΣ» (K2) την παραπάνω φράση. Ωστόσο, μετά την ολοκλήρωσή της παρέμβασης, έξι (6) μαθητές/τριες (το 54,5% του συνόλου) χαρακτήρισε «ΣΩΣΤΗ» (K1) τη φράση «Τα φυτά εμπνέουν τους επιστήμονες για να δημιουργήσουν χρήσιμα προϊόντα π.χ. παπούτσια που δε βρέχονται και δε λερώνονται», ενώ πέντε (5) μαθητές/τριες (το 45,5% του συνόλου) απάντησαν ότι δεν γνωρίζουν (K3).

Πίνακας 33: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της στάσης των μαθητών/τριών της ΣΤ τάξης σχετικά με τη χρήση των φυτών στην παραγωγή χρήσιμων προϊόντων πριν και μετά την παρέμβαση

Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της στάσης των μαθητών/τριών της ΣΤ τάξης σχετικά με τη χρήση των φυτών στην παραγωγή χρήσιμων προϊόντων πριν και μετά την παρέμβαση

	Pre -test	Ποσοστό %	Post -test	Ποσοστό %
K1	4	36,4%	6	54,5%
K2	3	27,3%	0	0%
K3	4	36,4%	5	45,5%
ΣΥΝΟΛΟ	11	100%	11	100%

Ακολουθεί η παρουσίαση των απαντήσεων των μαθητών/τριών της ΣΤ τάξης στις σχετικές με τη Ν- ET ερωτήσεις ανοιχτού τύπου του αρχικού και του τελικού ερωτηματολογίου.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι απαντήσεις των μαθητών/τριών σχετικά με την εξήγηση της υπερ- υδροφοβικότητας του μπρόκολου, οι μαθητές/τριες στην ερώτηση «Γιατί νομίζεις ότι οι σταγόνες στα φύλλα του μπρόκολου έγιναν σφαιρικές; Αιτιολόγησε την απάντησή σου με λόγια και σχέδιο». Πριν την έναρξη της εφαρμογής του εκπαιδευτικού υλικού, το 54,5% του συνόλου απέδωσε το χαρακτηριστικό αυτό σε λανθασμένους παράγοντες. Για παράδειγμα, ένας μαθητής ανέφερε «Μάλλον επειδή υπάρχει κάποιο είδους στρώματος στο φύλλο το οποίο είναι σκληρό ή η επιφάνεια του είναι δυνατή και γι' αυτό παραμένει η επιφάνεια στεγνή?..» (K1). Ενώ, το υπόλοιπο 45,5% του συνόλου απέδωσε το σφαιρικό σχήμα της σταγόνας με ασαφείς απαντήσεις χωρίς νόημα. (π.χ. «γιατί έχει ρίζες το φύλλο και δεν αφήνει να βραχεί») (K0). Ωστόσο, μετά την ολοκλήρωση της εφαρμογής του εκπαιδευτικού υλικού, όλοι οι μαθητές/τριες έδωσαν απαντήσεις με επιστημονικούς όρους κάνοντας αναφορά στα νανοεξογκώματα και την υδροφοβικότητα. Χαρακτηριστικά ένας μαθητής απάντησε απαντήσεων είναι «Αυτό το φύλλο είναι υδρόφοβο. Τι σημαίνει; Αυτό σημαίνει πως πάνω του έχει κάτι σαν πυραμίδες που είναι τόσο κοντά η μια με την άλλη που δεν αφήνει την σταγόνα να απλωθεί. Επίσης μαζεύει της βρομιές. Αυτές η πυραμιδούλες λέγονται νανοεξογκώματα» (K2).

Πίνακας 34: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της εξήγησης της υπερ- υδροφοβικότητας του φύλλου του μπρόκολου από τους μαθητές/ τριες της ΣΤ τάξης πριν και μετά την παρέμβαση

Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της στάσης των μαθητών/ τριών της ΣΤ τάξης σχετικά με την εξήγηση της υπερ- υδροφοβικότητας του φύλλου του μπρόκολου πριν και μετά την παρέμβαση

	Pre - test	Ποσοστό %	Post -test	Ποσοστό &
K0	5	45,5%	0	0%
K1	6	54,5%	0	0%
K2	0	0%	11	100%
ΣΥΝΟΛΟ	11	100%	11	100%

Στην ερώτηση για τον αυτοκαθαρισμό του παπουτσιού, πριν την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού, το 90,9% των μαθητών/τριων απέδωσαν το φαινόμενο αυτό σε χαρακτηριστικά που αναφέρονται σε λανθασμένους παράγοντες και σχετίζονται με την επιφάνεια του παπουτσιού ή το χρωματισμένο νερό. Χαρακτηριστικά, ένας μαθητής ανέφερε «Το μολ που δεν λερώθηκε να είχε λιγότερο χρώμα» (K1). Μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης, όλοι οι μαθητές/ τριες έδωσαν απαντήσεις χρησιμοποιώντας επιστημονικούς όρους. Για παράδειγμα, μια μαθήτρια ανέφερε ότι «Το 1 παπούτσι είναι υδρόφοβο. Όπως είπα και πριν (εννοεί στην προηγούμενη ερώτηση) αυτό το παπούτσι πάνω του έχει νανοεξογκώματα αλλά δεν υπήρχαν πριν διότι το ψέκασαν με νανο-σπρέι» (K2).

Πίνακας 35: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της εξήγησης της υπερ- υδροφοβικότητας και του αυτοκαθαρισμού του παπουτσιού πριν και μετά την παρέμβαση

Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της στάσης των μαθητών/ τριών της ΣΤ τάξης σχετικά με την εξήγηση της υπερ- υδροφοβικότητας και του αυτοκαθαρισμού του παπουτσιού πριν και μετά την παρέμβαση

	Pre -test	Ποσοστό %	Post -test	Ποσοστό %
K0	1	9,1%	0	0%

K1	10	90,9%	0	0%
K2	0	27,3%	11	100%
ΣΥΝΟΛΟ	11	100,00%	11	100%

Τέλος, σχετικά με τον ορισμό της Νανοτεχνολογίας το 36,4%, όρισε τη Νανοτεχνολογία αναφερόμενοι σε εφαρμογές της τεχνολογίας στην καθημερινή ζωή. Για παράδειγμα ανέφεραν ότι «Νανοτεχνολογία είναι οι μικρές τεχνολογικές εφευρέσεις οι οποίες μας βοηθούν στην ζωή μας π.χ. ακουστικό για ανθρώπους που έχουν προβλήματα ακοής» (K1). Ενώ το 27,3% των μαθητών/τριών έδωσε ασαφή (π.χ. «Η νανοτεχνολογία γίνεται το βραδύ που κλείνουν τα λουλούδια»), λανθασμένη ή κενή απάντηση (K0).

Ωστόσο, μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης, το 81,8% του συνόλου έδωσε απαντήσεις που είναι κοντά στην επιστημονική γνώση Για παράδειγμα ανέφεραν ότι «Νανοτεχνολογία είναι μια επιστήμη που μελετάνε οι επιστήμονες το φαινόμενο του λωτού» (K2). Ενώ, το υπόλοιπο 18,2% του συνόλου έδωσε κενές ή ασαφείς απαντήσεις (K0).

Πίνακας 36: Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της εξήγησης του όρου Νανοτεχνολογία από τους μαθητές/τριες της ΣΤ τάξης πριν και μετά την παρέμβαση

Πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων της στάσης των μαθητών/τριών της ΣΤ τάξης σχετικά με την εξήγηση του περιεχομένου του όρου Νανοτεχνολογία πριν και μετά την παρέμβαση

	Pre- test	Ποσοστό %	Post- test	Ποσοστό %
K0	3	27,23%	2	18,2%
K1	8	72,72%	0	0%
K2	0	0%	9	81,8%
ΣΥΝΟΛΟ	11	100%	11	100%

Σύγκριση των απαντήσεων των μαθητών/τριών της ΣΤ τάξης στις ερωτήσεις του αρχικού και του τελικού ερωτηματολογίου

Προκειμένου να συγκριθούν στατιστικά οι απαντήσεις των μαθητών/τριών της ΣΤ δημοτικού στις ερωτήσεις του αρχικού και του τελικού ερωτηματολογίου διενεργήθηκε διενεργήθηκε ο στατιστικός έλεγχος Wilcoxon Signed-Ranks Test (Ρούσος & Τσαούσης, 2011) κατά τον οποίο συγκρίθηκαν οι απαντήσεις σε όλες τις πανομοιότυπες ερωτήσεις. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του στατιστικού ελέγχου, τα σκορ των μαθητών/τριών στην ερώτηση σχετικά

με τη καταγραφή 6 ζωντανών οργανισμών δε παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά ($N=11, T=16,000, p=0,417 > 0,05$). Σχετικά με το ενδιαφέρον των μαθητών/τριών για τα ζώα, δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά πριν και μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού ($N=11, T=0,000, p=0,157 > 0,05$). Σχετικά, με το ενδιαφέρον των μαθητών/τριών για τα φυτά, δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά ($N=11, T=3,500, p=0,102 > 0,05$). Σχετικά με την παρατήρηση των φυτών στο περιβάλλον, υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά ($N=11, T=0,000, p=0,034 < 0,05$). Σχετικά με το ενδιαφέρον για μάθηση σχετικά με τα φυτά, δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά πριν και μετά την παρέμβαση ($N=11, T=6,500, p=0,785 > 0,05$). Σχετικά με τη χρήση των φυτών ως τροφή, δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά ($N=11, T=0, p=0,317 > 0,05$). Σχετικά με τη χρήση των φυτών για τη παραγωγή φαρμάκων, δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά, ($N=11, T=0,000, p=0,063 > 0,05$).

Σχετικά με τη χρήση των φυτών ως έμπνευση για τη παραγωγή καινοτόμων προϊόντων δεν υπάρχει στατιστική διαφορά ($N=11, T=13,000, p=0,862 > 0,05$). Σχετικά με την εξήγηση της υδροφοβικότητας του φύλλου του μπρόκολου, υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ($N=11, T=66, p=0,003 < 0,05$). Σχετικά με την εξήγηση του αυτοκαθαρισμού του παπουτσιού, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά πριν και μετά την παρέμβαση ($N=11, T=66, p=0,002 < 0,05$). Σχετικά με τον ορισμό του όρου νανοτεχνολογία, υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των απαντήσεων πριν και μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού ($N=11, T=52,000, p=0,011 < 0,05$). Συνεπώς, η εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού σχετικά με το φαινόμενο του λωτού ενίσχυσε την παρατήρηση των φυτών στον περιβάλλοντα χώρο των μαθητών/τριών, καθώς και τον νανογραμματισμό τους σχετικά με την εξήγηση του φαινομένου του λωτού σε φυτικούς οργανισμούς και τεχνητά προϊόντα.

4. Συζήτηση

Η Τυφλότητα απέναντι στα φυτά είναι ένα σύγχρονο φαινόμενο που απασχολεί την επιστημονική κοινότητα. Πρόκειται για το φαινόμενο κατά το οποίο οι φυτικοί οργανισμοί υποτιμούνται του ενδιαφέροντος του ανθρώπου στο περιβάλλοντα χώρο τους (Schussler & Ozlak, 2008; Wandersee & Schussler, 1986) εξαιτίας της στατικότητάς τους (Kinchin, 1999) ή της ομοιότητας του ανθρώπου με άλλα θηλαστικά όντα ως προς τη μορφή και τη συμπεριφορά του (Hoekstra, 2000; Schneekloth, 1989). Από την άλλη πλευρά, η Νανοτεχνολογία είναι ένας νέος επιστημονικός κλάδος που ασχολείται με την μελέτη και την αξιοποίηση των ιδιοτήτων της ύλης σε επίπεδο νανοκλίμακας με στόχο την βελτίωση της ζωής του ανθρώπου (Palmberg κ.ά., 2009; Peikos κ.ά., 2022). Μέρος του ερευνητικού ενδιαφέροντος της N- ET επικεντρώνεται στη μελέτη της δομής της ύλης φυτικών οργανισμών, όπως ο λωτός, οι οποίοι σε επίπεδο νανοκλίμακας εμφανίζουν νανοδομές που οδηγούν στην υπερ- υδροφοβικότητα και τον αυτοκαθαρισμό του (φαινόμενο του λωτού, lotus effect) (Taylor κ.ά., 2008 Bhushan κ.α 2010 . Kim κ.ά., 2018).

Η παρούσα εργασία προτείνει την καταπολέμηση του φαινομένου της τυφλότητας απέναντι στα φυτά (ΤΑΦΥ/ plant blindness) μέσα από την εφαρμογή ενός προγράμματος νανοτεχνολογίας σχετικά με ένα φαινόμενο της νανοκλίμακας που παρατηρήθηκε στα φυτά, το φαινόμενο του λωτού. Συγκεκριμένα, στόχος της έρευνας ήταν να διερευνηθεί αν μπορεί να αλλάξει η στάση των μαθητών για τα φυτά, μέσα από την διδασκαλία του φαινομένου του λωτού με χαρακτηριστικά ανοιχτής διερεύνησης και προβληματισμού. Το εκπαιδευτικό υλικό που αναπτύχθηκε, εφαρμόστηκε σε μαθητές/τριες της Ε΄ και ΣΤ΄ δημοτικού σχολείου μιας αστικής περιοχής.

Οι δραστηριότητες που προτάθηκαν και εφαρμόστηκαν με στόχο την αντιμετώπιση της ΤΑΦΥ (Wandersee & Schussler, 2001; Αμπράζης κ.ά., 2021) μέσα από την διδασκαλία του

φαινομένου του λωτού (Taylor κ.ά., 2008; Bhushank.ά., 2010; Kim κ.ά., 2018). Συγκεκριμένα, επιχειρήθηκε να καταπολεμηθεί 1) η αδυναμία επεξήγησης των βιολογικών διαδικασιών ανάπτυξης των φυτικών οργανισμών, 2) η έλλειψη ευαισθησίας στις αισθητικές ιδιότητες των φυτών και στις δομές τους, 3) η αδιαφορία για την αξία των φυτών στη καθημερινή ζωή των ανθρώπων και 4) η αδυναμία παρατήρησης των φυτών στην καθημερινή ζωή και στο περιβάλλον του ατόμου. Ταυτόχρονα, επιχειρήθηκε η καλλιέργεια του νανογραμματισμού των μαθητών (nanoliteracy) (Laherto, 2010· KurtWinkelmann&Bhushan, 2017· Σπύρτου κ.ά., 2018), η οποία εστίαζε στην εξήγηση του φαινομένου του λωτού με αναφορά σε όρους τηςνανοκλίμακας.

Συγκεκριμένα, οι μαθητές πραγματοποίησαν πειράματα μέσα από τα οποία παρατήρησαν και μελέτησαν τη συμπεριφορά της σταγόνας νερού, καθώς κυλά σε επιφάνειες φυτικών οργανισμών. Εξερεύνησαν τα φυτά της περιοχής τους και τα ταξινομήσαν σε κατηγορίες με κριτήριο α) τη σημασία τους για την ανθρώπινη ζωή και τη χρήση τους σε διάφορους τομείς της καθημερινής τους ζωής (π.χ. μαγειρική, φαρμοκοβιομηχανία) και β) την υπερυδροφοβικότητά τους. Εργάστηκαν ομαδικά και μοντελοποίησαν φυσικά φαινόμενα και έννοιες, όπως φυτικό κύτταρο, φαινόμενο του λωτού. Τέλος, εξοικειώθηκαν με εργαλεία εργαστηρίου (πιπέτες ή σταγονόμετρα, οπτικό και ηλεκτρονικό μικροσκόπιο) καθώς και με ψηφιακά μέσα (φορητοί υπολογιστές, προσομοιώσεις οπτικού και ηλεκτρονικού μικροσκοπίου).

Προκειμένου να συγκριθούν στατιστικά οι απαντήσεις των μαθητών/τριών του αρχικού και του τελικού ερωτηματολογίου διενεργήθηκε ο στατιστικός έλεγχος WilcoxonSigned-RanksTest (Ρούσσος & Τσαούσης, 2011) κατά τον οποίο συγκρίθηκαν οι απαντήσεις σε όλες τις πανομοιότυπες ερωτήσεις. Ακολουθεί μια σύντομη παρουσίαση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων με βάση τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν παραπάνω.

4.1 ΕΕ1 «Σε ποιο βαθμό εντοπίζεται το φαινόμενο της ΤΑΦΥ στους συμμετέχοντες, πριν και μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού;»

Το πρώτο ερευνητικό ερώτημα περιλαμβάνει πέντε (5) υποερωτήματα. Σχετικά με το πρώτο υποερώτημα που αφορά την ονοματοδοσία ζωντανών οργανισμών, τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας ανέδειξαν ότι οι μαθητές/τριες της Ε΄ και της ΣΤ΄ δημοτικού δυσκολεύονται

να κατατάξουν φυτικούς οργανισμούς στην κατηγορία των έμβιων όντων τόσο πριν όσο και μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού, γεγονός που ενισχύεται από προϋπάρχουσες έρευνες (Margett & Witherington, 2011; Αμπράζης, 2021), καθώς οι ζωικοί οργανισμοί ομοιάζουν με τον άνθρωπο (Opfer & Siegler, 2004; Solomon & Zaitchik, 2012). Συγκεκριμένα, ο αριθμός των φυτικών οργανισμών που ανακαλούν οι μαθητές/τριες της παρούσας εργασίας είναι 0 – 3 κατά μέσο όρο τόσο πριν και όσο μετά την παρέμβαση. Παρατηρήθηκε μάλιστα ότι μετά την παρέμβαση οι μαθητές/τριες στις απαντήσεις τους αναγράφουν και τον λωτό ως παράδειγμα ζωντανού οργανισμού. Ακόμα, αρκετοί μαθητές/τριες αναφέρουν τη γενική κατηγορία φυτά και όχι επιμέρους φυτικούς οργανισμούς (π.χ. τριαντάφυλλο).

Αναφορικά με τα υποερωτήματα που σχετίζονται με το ενδιαφέρον των μαθητών/τριων για τους φυτικούς οργανισμούς (ΕΕ 1.2 και ΕΕ 1.4), τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας φανέρωσαν ότι τόσο οι μαθητές/τριες της Ε΄ δημοτικού όσο και της ΣΤ΄ δημοτικού δεν ενδιαφέρονται να κατακτήσουν γνώσεις για τα φυτά και προτιμούν τα ζώα έναντι των φυτών τόσο πριν όσο και μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού. Το γεγονός αυτό συμφωνεί με ευρήματα προγενέστερων ερευνών που υποστηρίζουν ότι οι μαθητές/τριες ανεξάρτητα από το φύλο τους δεν ενδιαφέρονται για τους φυτικούς οργανισμούς (Fancovicova & Prokop, 2010; Αμπράζης, 2021) και παρατηρούν και συγκρατούν πληροφορίες ευκολότερα για τα ζώα παρά για τα φυτά (Beddington, 2005; Kose, 2011; Patrick & Tunnicliffe, 2011; Schussler & Olzak, 2008).

Σχετικά με το υποερώτημα ΕΕ 1.3, το οποίο αναφέρεται στο βαθμό παρατήρησης φυτικών οργανισμών στον περιβάλλοντα χώρο των μαθητών/τριων της Ε΄ και ΣΤ΄ δημοτικού, τα αποτελέσματα της έρευνας ανέδειξαν ότι πριν την έναρξη της παρέμβασης οι μαθητές/τριες της Ε΄ δημοτικού δεν παρατηρούσαν τα φυτά στο περιβάλλον τους. Το εύρημα αυτό έρχεται σε συμφωνία με προγενέστερες έρευνες που υποστηρίζουν ότι οι άνθρωποι δεν παρατηρούν τους φυτικούς οργανισμούς στο περιβάλλον (Fancovicova & Prokop, 2010; Strgar, 2007; Beddington, 2005; Kose, 2011; Patrick & Tunnicliffe, 2011; Schussler & Olzak, 2008) καθώς εστιάζουν μόνο σε εμφανή μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυτών (Comeau, Hargiss, Norland, Wallace & Bormann, 2019). Ωστόσο, η συμμετοχή των μαθητών/τριων της ΣΤ΄ Δημοτικού στις δραστηριότητες του εκπαιδευτικού υλικού φάνηκε να ενίσχυσε την παρατήρηση των φυτών στο περιβάλλον γύρω τους. Συνεπώς, η υλοποίηση διδακτικής παρέμβασης με δραστηριότητες άμεσης αλληλεπίδρασης των μαθητών/τριων με φυτικούς οργανισμούς και η παροχή εξειδικευμένων γνώσεων για τα φυτά (Strgar, 2007; Fancovicova &

Prokop, 2010; Lohr & Pearson-Mims, 2005) μπορεί να λειτουργήσει ενισχυτικά στην καταπολέμηση της ΤΑΦΥ σε μαθητές/τριες μεγαλύτερης ηλικίας του δημοτικού σχολείου.

Τέλος, αναφορικά με τον βαθμό αναγνώρισης της σημασίας των φυτών για την ανθρώπινη ζωή, τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας φανέρωσαν οι μαθητές/τριες της Ε΄ και της ΣΤ΄ τάξης τόσο πριν όσο και μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού αντιλαμβάνονται ότι τα φυτά χρησιμοποιούνται σε πολλούς τομείς της ζωής του ανθρώπου, όπως η παραγωγή καινοτόμων προϊόντων ή/και φαρμάκων, και όχι μόνο για να καλύψουν διατροφικές ανάγκες, γεγονός που έρχεται σε συμφωνία με τον Αμπράζη (2021) αλλά σε αντίφαση με τους Wandersee & Schussler (2001).

4.2 ΕΕ2 «Ποιο νόημα αποδίδουν οι μαθητές/τριες σε έννοιες και φαινόμενα σχετικά με την Ν- ΕΤ πριν και μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού;»

Το ΕΕ2 διερευνά τις αντιλήψεις των μαθητών/τριων για το φαινόμενο του λωτού. Το ερευνητικό ερώτημα περιλαμβάνει τρία (3) επιμέρους υποερωτήματα τα οποία αναφέρονται στην εξήγηση της υπερ- υδροφοβικότητας και του αυτοκαθαρισμού φυσικών και τεχνητών προϊόντων και στον ορισμό της Νανοτεχνολογίας.

Τα αποτελέσματα της έρευνας ανέδειξαν ότι η εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού συνέβαλε στην κατανόηση του φαινομένου του λωτού. Συγκεκριμένα, οι μαθητές/τριες πριν την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού απέδιδαν το φαινόμενο του λωτού σε παράγοντες που σχετίζονται με την επιφάνεια των υλικών (π.χ. αρχική κατάσταση του φύλλου) ή την σύσταση του νερού, γεγονός που συμφωνεί με προγενέστερες έρευνες (Kubish & Heyne, 2015; Peikos κ.ά., 2020; Πείκος, 2021). Ωστόσο, μετά το πέρας της παρέμβασης κατανόησαν καλύτερα το περιεχόμενο του φαινομένου του λωτού και ανακαλούσαν ευκολότερα σχετικούς επιστημονικούς όρους (π.χ. Νανοεξογκώματα, υδρόφιλα και υδρόφοβα φυτά). Συγκεκριμένα, μετά την ολοκλήρωση του εκπαιδευτικού υλικού, το 100% των μαθητών/τριών ήταν σε θέση να αναγνωρίσει το φαινόμενο του λωτού τόσο στην Ε΄ όσο και στην ΣΤ΄ τάξη. Χαρακτηριστικό είναι πως στις απαντήσεις τους έδιναν ορισμούς με επιστημονικό περιεχόμενο για τη νανοτεχνολογία βασιζόμενοι στο περιεχόμενο του εκπαιδευτικού υλικού που μελέτησαν

σχετικά με το φαινόμενο του λωτού, όπως νανοεξογκώματα, υδροφόβα υλικά, φαινόμενο του λωτού και νανοσπρέι.

Επίσης, τους βοήθησε να νοηματοδοτήσουν τη Νανοτεχνολογία. Συγκεκριμένα, πριν την παρέμβαση, οι μαθητές/τριες όριζαν τη Νανοτεχνολογία με ανθρωπομορφικούς όρους, γεγονός που συμφωνεί με την βιβλιογραφία (Πέικος, 2021). Ωστόσο, μετά την παρέμβαση των 66,6% των μαθητών της Ε΄ τάξης και το 81,2% των μαθητών της ΣΤ΄ τάξης μπόρεσαν να ορίσουν τη Νανοτεχνολογία αναφερόμενοι σε όρους σχετικούς με το φαινόμενο του λωτού.

Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας σχετικά με τη N- ET έρχονται σε συμφωνία με προγενέστερες έρευνες, οι οποίες αναδεικνύουν την αξία των χειραπτικών και πειραματικών δραστηριοτήτων για όρους και φαινόμενα σχετικά με τη N- ET (Chen, Lu & Sung, 2012; Yu & Jen, 2020; Madrikas κ.ά., 2014; Madrikas κ.ά., 2020; Πέικος κ.ά., 2016; Πέικος κ.ά., 2017; Πέικος κ.ά., 2022). Ακόμα, υποστηρίζουν ότι η χρήση ψηφιακών εργαλείων και προσομοιώσεων συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση όρων και φαινομένων της N- ET (Yu&Jen, 2020; Madrikas κ.ά., 2014; Πέικος κ.ά., 2022).

Το φαινόμενο του λωτού είναι ένα φαινόμενο της νανοκλίμακας που παρατηρείται σε φυτικούς οργανισμούς, συνεπώς υποστηρίζουμε ότι η διδασκαλία το φαινομένου του λωτού μπορεί να ενισχύσει την παρατήρηση των φυτών στο περιβάλλοντα χώρο των μαθητών/τριων. Υποθέτουμε ότι η χρήση νέων τεχνολογιών, η μοντελοποίηση φαινομένων, η χρήση επιστημονικών εργαλείων, η εξερεύνηση της χλωρίδας των μαθητών/τριων σε εξωτερικούς χώρους του τόπου τους και η ενασχόληση των μαθητών με θέματα που αφορούν τη χρήση των φυτών σε διάφορους τομείς της ζωής του ανθρώπου συνιστούν εργαλεία για την αύξηση του ενδιαφέροντος τους για τους φυτικούς οργανισμούς.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η παρούσα εργασία υποστηρίζει πως η διδασκαλία εννοιών και φαινομένων της N- ET σχετικά με τα φυτά σε μαθητές/τριες της ΣΤ΄ δημοτικού μπορεί να οδηγήσει στην αντιμετώπιση της τυφλότητας απέναντι στα φυτά, ενισχύοντας την ικανότητα παρατήρησης των φυτικών οργανισμών στον περιβάλλοντα χώρο, γεγονός που αποτελεί μια από τις μορφές εμφάνισης της ΤΑΦΥ (Strgar, 2007). Ταυτόχρονα, οι μαθητές/τριες και των δυο τάξεων καλλιέργησαν δεξιότητες νανογραμματισμού, αφού ήταν σε θέση να παρατηρούν το φαινόμενο του λωτού στον περιβάλλοντα χώρο τους και να εξηγούν την υπερ-υδροφοβικότητα και τον αυτοκαθαρισμό υλικών με επιστημονικούς όρους.

Συμπερασματικά, υποθέτουμε ότι α) η ενασχόληση των μαθητών/τριων με ένα χαρακτηριστικό των φυτών που προκαλεί το ενδιαφέρον και τη περιέργειά τους, όπως η υδροφοβικότητα και ο αυτοκαθαρισμός του λωτού, β) οι πειραματικές δραστηριότητες στις οποίες οι μαθητές βιωματικά κατηγοριοποιούν φυτά σε κατηγορίες με κριτήριο της υδροφοβικότητας τους, γ) η εξερεύνηση της χλωρίδας του τόπου τους με βάση τη μορφολογία των φυτών, δ) η χρήση των φυτών από τον άνθρωπο, ε) η μελέτη της αξίας τους για την ανθρώπινη ζωή και στ) διερεύνηση των θετικών ή αρνητικών επιδράσεων των φυτών στην υγεία και στην ποιότητα ζωής του ανθρώπου συνιστούν σημαντικά εργαλεία που μπορούν να ενισχύσουν την προσοχή των μαθητών/τριων της ΣΤ΄ Δημοτικού στα φυτά του περιβάλλοντος χώρου. Ωστόσο, η εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού δεν είχε τα ίδια αποτελέσματα στους μαθητές/τριες της Ε΄ τάξης.

Η παρούσα έρευνα παρουσιάζει κάποιους περιορισμούς, οι οποίοι παρουσιάζονται παρακάτω.

Περιορισμοί της έρευνας

- Θεωρούμε ότι ο αριθμός των μαθητών που συμμετείχαν στην παρέμβαση είναι μικρός, κάτι που περιορίζει τη δυνατότητα γενίκευσης των αποτελεσμάτων.
- Η εφαρμογή της παρέμβασης πραγματοποιήθηκε σε ένα αστικό Δημοτικό σχολείο, το οποίο δεν διαθέτει εργαστήριο ΦΕ, ούτε επιστημονικό εξοπλισμό (π.χ. Οπτικό μικροσκόπιο). Η χρήση οπτικού μικροσκοπίου για την παρατήρηση των φυτικών κυττάρων αντί προσομοίωσης με χρήση νέων τεχνολογιών, ενδεχομένως να ενίσχυε την μαθησιακή διαδικασία.
- Η μικρή διάρκεια της παρέμβασης. Στόχος της έρευνας ήταν η αλλαγή της στάσης των μαθητών για τα φυτά. Η στάση ενός ατόμου για ένα ζήτημα είναι βαθιά ριζωμένη μέσα του και ενδεχομένως η αλλαγή της να απαιτεί περισσότερο χρόνο και ερεθίσματα. Συνεπώς, ενδεχομένως η εφαρμογή εκπαιδευτικού υλικού μεγαλύτερης διάρκειας να είχε εμφανέστερα αποτελέσματα.
- Το προφίλ των μαθητών. Η πλειοψηφία των συμμετεχόντων της Ε΄ τάξης ήταν μαθήτριες με ελλειπείς γνώσεις της ελληνικής γλώσσας. Πιθανώς, η προσαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού στο γλωσσικό και πολιτισμικό επίπεδο των μαθητών ή εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού σε μαθητές με επαρκείς γνώσεις της ελληνικής γλώσσας να παρείχε περισσότερα δεδομένα για την επίδραση της διδασκαλίας του φαινομένου του λωτού στην αντιμετώπιση της ΤΑΦΥ σε αυτή την ηλικιακή ομάδα. Ίσως η μελέτη φυτών που ευδοκούν

στις χώρες από τις οποίες κατάγονται οι μαθητές της έρευνας θα κινητοποιούσε το ενδιαφέρον τους καθώς θα μελετούσαν φυτά που θα τους θύμιζαν την χώρα καταγωγής τους.

Προεκτάσεις έρευνας

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκκινεί μια νέα ερευνητική προσπάθεια που αφορά την αντιμετώπιση της ΤΑΦΥ μέσα από τη διδασκαλία και μάθηση του περιεχομένου της Ν- ΕΤ σε μαθητές/ τριες Δημοτικού σχολείου. Ως προεκτάσεις της έρευνας θεωρούμε τις ακόλουθες:

- Αρχικά, προτείνεται η εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού σε μεγαλύτερο δείγμα μαθητών αστικών και μη αστικών περιοχών. Το γεγονός αυτό, αφενός θα μπορούσε να οδηγήσει σε πιο γενικευμένα αποτελέσματα και αφετέρου θα οδηγούσε σε συμπεράσματα σχετικά με το αν ο τόπος διαμονής επηρεάζει τη στάση των μαθητών για τα φυτά μέσα από την διδασκαλία του φαινομένου του λωτού.
- Επιπρόσθετα, ενδιαφέρον θα είχε η προσαρμογή του περιεχομένου του εκπαιδευτικού υλικού στις γλωσσικές ανάγκες των μαθητών/τριων ώστε να διευκολυνθεί η κατανόηση των όρων που χρησιμοποιούνται, καθώς επίσης και η συμπερίληψη φυτών από τις περιοχές από τις οποίες κατάγονται.
- Επιπλέον, θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί η παρέμβαση σε μαθητές όλων των κοινωνικών στρωμάτων, ώστε να διαπιστωθεί εάν το κοινωνικο- οικονομικό προφίλ των μαθητών/τριων της χώρας μας καθορίζει την μεταβολή της στάσης τους απέναντι στα φυτά μέσα από τη διδασκαλία του φαινομένου του λωτού.
- Επίσης, ενδιαφέρον θα είχε να διαπιστωθεί αν η ηλικία των μαθητών μπορεί να επηρεάσει την προσπάθεια αντιμετώπισης της ΤΑΦΥ μέσα από τη Ν- ΕΤ. Προτείνεται, λοιπόν, ο διδακτικός μετασχηματισμός και η διδασκαλία του φαινομένου του λωτού με στόχο την αντιμετώπιση της ΤΑΦΥ σε μαθητές μικρότερων τάξεων του Δημοτικού σχολείου. Το γεγονός αυτό, θα μπορούσε να δημιουργήσει νέους ορίζοντες στην χώρα μας για την τροποποίηση των Αναλυτικών Προγραμμάτων Σπουδών προς αυτή την κατεύθυνση.
- Ακόμα, ενδιαφέρον θα είχε η χρήση πραγματικών οπτικών μικροσκοπίων και επιστημονικών εργαλείων για την μελέτη και την παρατήρηση των φυτικών οργανισμών, ώστε να διαπιστωθεί αν η χρήση τους θα ενίσχυε το ενδιαφέρον των μαθητών/τριων για τα φυτά.

- Τέλος, θα μπορούσε να μελετηθεί αν η εφαρμογή εκπαιδευτικού υλικού σχετικά με το φαινόμενο του λωτού με περισσότερες δραστηριότητες σε περιβάλλοντα μη τυπικής μάθησης και σε εξωτερικούς χώρους θα κινητοποιούσε το ενδιαφέρον των μαθητών/τριων για τους φυτικούς οργανισμούς και την παρατήρησή τους στο περιβάλλοντα χώρο.

Βιβλιογραφία

- Amprazis, A., Papadopoulou, P., & Malandrakis, G. (2019). Plant blindness and children's recognition of plants as living things: a research in the primary schools' context. *Journal of Biological Education*, 55 (2), 139-154.
- Amprazis, A., & Papadopoulou, P. (2018). Primary school curriculum contributing to plant blindness: Assessment through the biodiversity perspective. *Advances in Ecological and Environmental Research*, 3(11), 238-256.
- Amprazis, A., & Papadopoulou, P. (2020). Plant Blindness: A Faddish Research Interest or a Substantive Impediment to achieve Sustainable Development Goals? *Environmental Education Research*, 3(11), 238-256.
- Anderson, J. L., Ellis, J. P., & Jones, A. M. (2014). Understanding early elementary children's conceptual knowledge of plant structure and function through drawings. *CBE life sciences education*, 13(3), 375–386. <https://doi.org/10.1187/cbe.13-12-0230>
- Anggoro, F. K., Medin, D. L., & Waxman, S. R. (2005). The effects of naming practices on children's understanding of living things. *In Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 27(27).
- Backscheider, A. G., Shatz, M., & Gelman, S. A. (1993). Preschoolers' ability to distinguish living kinds as a function of regrowth. *Child Development*, 64(4), 1242-1257.
- Balding, M., & Williams, K. J. (2016). Plant blindness and the implications for plant conservation. *Conservation Biology*, 30(6), 1192-1199.
- Balas, B. & Momsen, J. (2014). Attention “blinks” differently for plants and animals. *Life Sciences Education*, 13(3), 437-443.
- Batke, S. P., Dallimore, T., & Bostock, J. (2020). Understanding Plant Blindness—Students' Inherent Interest of Plants in Higher Education. *Journal of Plant Sciences*, 8(4), 98-105.

- Barman, C.R., Stein M., McNair, S., & Barman N.S. (2006). Students' ideas about plants & plants growth. *The American Biology Teacher*, 68(2), 73-79.
- Bebbington, A. (2005). The ability of A-level students to name plants. *Journal of Biological Education*, 39(2), 63–67.
- Bell, D. (2005). Liberal environmental citizenship. *Environmental Politics*, 14(2), 179-194.
- Berezowitz, C. K., Bontrager Yoder, A. B., & Schoeller, D. A. (2015). School gardens enhance academic performance and dietary outcomes in children. *Journal of School Health*, 85(8), 508-518.
- Bharat Bhushan (Ed.) (2010). *Springer Handbook of Nanotechnology USA*: Springer
- Brulé, L., Labrell, F., Megalakaki, O., Fouquet, N., & Caillies, S. (2014). Children's justifications of plants as living things between 5 and 7 years of age. *European Journal of Developmental Psychology*, 11(5), 532-545.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness. *Colorado Springs, Co: BSCS*, 5, 88-98.
- Carey S. (1985) *Conceptual Change in Childhood*, Cambridge MA: MIT Press.
- 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.
- Cheng, Y. T., Rodak, D. E., Wong, C. A. & Hayden, C. A. (2006). Effects of microand nanostructures on the self-cleaning behaviour of lotus leaves. *Nanotechnology*, 17(5), 1359
- Czech, B., Devers, P. K. & Krausman, P.R. (2001). The relationship of gender to species conservation attitudes. *Wildlife Society Bulletin*, 29, 187-194.

- Dallimer, M., Irvine, K. N., Skinner, A. J. M., Davies, Z. G., Rouquette, J. R., Maltby, L. L., ... Gaston, K. J. (2012). Biodiversity and the feel - good factor: Understanding associations between self - reported human well - being and species richness. *BioScience*, 62, 47–55. <https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.1.9>
- Daly, S. & Bryan, L. A. (2010). Model use choices of secondary teachers in nanoscale science and engineering education. *Journal of Nano Education*, 2, 76–90.
- Ellis, W. (2018). Plant knowledge: transfers, shaping and states in plant practices. *Anthropology Southern Africa*, 41(2), 80-91.
- Fancovicova, J. & Prokop, P. (2011) Plants have a chance: outdoor educational programmes alter students' knowledge and attitudes towards plants. *Environmental Education Research*, 17(4), 537-551.
- Fancovicova, J., & Prokop, P. (2010). Development and initial psychometric assessment of the Plant Attitude Questionnaire. *Journal of Science Education and Technology* 19(5), 415-421.
- Feynman, R., P. (1961). “There’s Plenty of room at the Bottom”. In Gillbert, Horace, D., *Miniaturization*. Reinhold. pp. 282-296.
- Feynman, R., P. (1992). “There’s Plenty of room at the Bottom (data storage)”. *Journal of Microelectromechanical Systems*, 1 (1): 60-66. doi:10.1109/84.128057
- Filipponi, L., & Sutherland, D. (2013). *Nanotechnologies: Principles, Applications, Implications and Hands-on- Activities*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Fitchett, J. M., Grab, S. W., and Thompson, D. I. 2015. Plant Phenology and Climate Change: Progress in Methodological Approaches and Application. *Progress in Physical Geography* 39(4),460-482.
- Gade, D. W. (2006). Converging ethnobiology and ethnobiography: Cultivated plants, Heinz Brücher, and Nazi ideology. *Journal of Ethnobiology*, 26(1), 82-106.

- Ghattas, N. I., & Carver, J. S. (2012). Integrating nanotechnology into school education: a review of the literature. *Research in Science & Technological Education*, 30, σσ. 271-284.
- Gilbert, J. K., & Lin, H. S. (2013). How might adults learn about new science and technology? The case of nanoscience and nanotechnology. *International Journal of Science Education, Part B*, 3, σσ. 267-292.
- Graham, H., Beall, DL., Lussier, M., McLaughlin., P. & Zidenberg-Cherr. S. (2005). Use of school gardens in academic instruction. *Journal of Nutrition Education and Behaviour*, 37(3), 147-151.
- Hatano, G., Siegler, R. S., Richards, D. D., Inagaki, K., Stavy, R., & Wax, N. (1993). The development of biological knowledge: A multi-national study. *Cognitive Development*, 8(1), 47-62.
- Head, L., Atchison, J., Phillips, C., & Buckingham, K. (2017). *Vegetal politics: belonging, practices and places*. Routledge.
- Hershey, D., R. (1996). A historical perspective on problems in botany teaching. *The American Biology Teacher* 58(6), 340–347.
- Hingant, B. & Albe, V. (2010). Nanosciences and nanotechnologies learning and teaching in secondary education: A review of literature. *Studies in Science Education*, 46(2), 121-152
- Hiscock, S. J., Wilkin, P., Lennon, S., & Bennett, Y. (2019). Plants matter: Introducing Plants, People, Planet. *Plants, People, Planet*, 1(1), 2-4.
- Hoekstra, B. (2000). Plant Blindness - The ultimate challenge to botanists. *The American biology teacher*, 62(2), 82-83.
- Hoffmann, L., Bauer, W., & Müller, G. (1971). Proposals for Nature Conservation in Northern Greece: A Report Prepared by the Authors as Representatives of the International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, the World Wildlife Fund, the

International Wildfowl Research Bureau and Submitted in May 1970 to the Ministry of Northern Greece (No. 1). Iucn.

Hopper, S. D. (2013). From Botany Bay to Breathing Planet: an Australian perspective on plant diversity and global sustainability. *Pacific Conservation Biology*, 19(4), 356-365.

Inagaki, K., & Hatano, G. (2006). Young children's conception of the biological world. *Current Directions in Psychological Science*, 15(4), 177-181.

Jones, G., Blonder, R., Gardner, G., Albe, V., Falvo, M., Chevrier, J. (2013). Nanotechnology and Nanoscale Science: Educational challenges. *International Journal of Science Education*. 35 (9), 1490-1512.

Kaya, N., & Karataş, H. (2016). Nanotechnology in The Curriculum: A Review of the Literature. *Eurasian Journal of Physics & Chemistry Education* , 8, σσ. 49-58.

Knapp, S. (2019). Are humans really blind to plants?. *Plants, People, Planet*, 1(3), 164-168.

Kellert, S. R. & Berry, J. K. (1987). Attitudes, knowledge and behaviors toward wildlife as affected by gender. *Wildlife Society Bulletin*, 15, 363- 371.

Kinchin, I. 1999. Investigating secondary-school girls' preferences for animals or plants: A simple 'head-to-head' comparison using two unfamiliar organisms. *Journal of Biological Education*, 33(2), 95-9.

Klaessig, F., Marrapese, M., & Abe, S. (2011). Current perspectives in nanotechnology terminology and nomenclature. Στο V. Murashov, & J. Howard, *Nanostructure Science and Technology* (σσ. 21-52). New York: Springer.

Kose, E. O. (2011). Number of animal and plant species identified by biology students. *Energy Education Science and Technology Part b-Social and Educational Studies* 3(3), 245-252.

Kroll, C., (2015), Sustainable Development Goals: Are the rich countries ready?, 106 pp, page 29, <https://www.bertelsmann-stiftung.de/en/publications/publication/did/sustainable-development-goals-are-the-rich-countries-ready/>

- Kumar, N., & Kumbhat, S., (2016). *Essentials in Nanoscience and Nanotechnology*. John Wiley & Sons.
- 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.
- Le Blanc, D. (2015). Towards integration at last? The sustainable development goals as a network of targets. *Sustainable Development*, 23(3), 176-187.
- Leddon, E. M., Waxman, S. R., & Medin, D. L. (2009). Unmasking “alive”: Children's appreciation of a concept linking all living things. *Journal of Cognition and Development*, 9(4), 461-473.
- Leopold, A. (1949). *A sand country almanac*. Ballantine Books.
- Liverman, D. M. (2018). Geographic perspectives on development goals: constructive engagements and critical perspectives on the MDGs and the SDGs. *Dialogues in Human Geography*, 8(2), 168-185.
- Lohr, V., Pearson-Mims, C., Tarnai, J., & Dillman, D. (2004). How urban residents rate and rank the benefits and problems associated with trees in cities. *Journal of Arboriculture*, 30(1), 28-35.
- Lindemann-Matthies, P. (2005). ‘Loveable’ mammals and ‘lifeless’ plants: How children’s interest in common local organisms can be enhanced through observation of nature. *International Journal of Science Education* , 27(6), 655-677.
- Link-Perez, M., A., Dollo, V., H., Weber, K., M., and Schussler, E., E. (2009). “What’s in a Name: Differential Labeling of Plant and Animal Photographs in two Nationally Syndicated Elementary Science Textbook Series.” *International Journal of Science Education*, 32(9), 1227-1242.

- Mandrikas, A., Michailidi, E., & Stavrou, D. (2019). Teaching nanotechnology in primary education. *Research in Science & Technological Education*, 1-19. doi: <https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1631783>
- Murriello, S., Contier, D., & Knobel, M. (2006). Challenges of an exhibit on nanoscience and nanotechnology. *Journal of Science Communication*, 5 (4), 1-10. doi: <https://doi.org/10.22323/2.05040201>
- Nash, R., F. (1989). *The Rights of Nature: A History of Environmental Ethics*. University of Wisconsin Press.
- Odum, H. T., & Odum, E. P. (2000). The Energetic Basis for Valuation of Ecosystem Services. *Ecosystems*, 3(1), 21–23. <https://www.jstor.org/stable/3658663>
- Opfer, J. E., & Siegler, R. S. (2004). Revisiting preschoolers' living things concept: A microgenetic analysis of conceptual change in basic biology. *Cognitive Psychology*, 49(4), 301-332.
- Panitsa, M., Iliopoulou, N., & Petrakis, E. (2021). Citizen Science, Plant Species, and Communities' Diversity and Conservation on a Mediterranean Biosphere Reserve. *Sustainability*, 13(17), 9925.
- Pany, P., & Heidinger, C. (2014). Uncovering patterns of interest in useful plants. analysis of individual students' interest types as a tool for planning botany teaching units. *Multidisciplinary Journal for Education, Social and Technological Sciences*, 2(1), 15-39.
- Peroni, N., Begossi, A., & Hanazaki, N. (2008). Artisanal fishers' ethnobotany: from plant diversity use to agrobiodiversity management. *Environment, Development and Sustainability*, 10(5), 623-637.
- Patrick, P. & Tunnicliffe, S., D. (2011). What plants and animals do early childhood and primary students' name? Where do they see them? *Journal of Science Education and Technology* 20(5), 630–642.

- Rahm, J. (2018). Youths' navigations of botanical gardens: bids for recognition, ways to desettle practice. *Environmental Education Research*, 24(8), 1115-1127.
- Robinson, C. W. & Zajicek, J. M. (2005). Growing minds: The effects of a one- year school gardenprogram on six constructs of life skills of elementary school children. *HortTechnology*, 15(3), 453-457.
- Sanders, D. L. (2007). Making public the private life of plants: The contribution of informal learning environments. *International Journal of Science Education*, 29(10), 1209-1228.
- Schaal, B. (2019). Plants and people: Our shared history and future. *Plants, People, Planet*, 1(1), 14-19.
- Schneekloth, L. H. (1989). 'Where did you go?' 'Forest.' 'What did you see?' 'Nothing.' *Children's Environments Quarterly*, 6, 14-17.
- Schulenburg, M. (2007). *Νανοτεχνολογία: Καινοτομίαγιατοναυριανόκόσμο. Λουξεμβούργο: Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Γενική Διεύθυνση Έρευνας.*
- Schussler, E., & Olzak, L. (2008). It's not easy being green: Student recall of plant and animal images. *Journal of Biological Education* 42(3), 112-118.
- Sengupta, A., & Sarkar, C. K. (2015). *Introduction to nano: basics to nanoscience and nanotechnology.* Berlin: Springer.
- Shaffer, D. R., & Kipp, K. (2013). *Developmental psychology: Childhood and adolescence.* Cengage Learning.
- Sharrock, S., & Jackson, P. W. (2017). Plant Conservation and the Sustainable Development Goals: A Policy Paper Prepared for the Global Partnership for Plant Conservation¹. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 102(2), 290-303.
- Shengji, P. (1991). Ethnobiology: a potential contributor to understanding development processes. *Entwicklung & Ländlicher Raum*, 25(2), 21-23.

- Solomon, G. E., & Zaitchik, D. (2012). Folkbiology. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 3(1), 105-115.
- Stone, C. (1972). *Should Trees Have Standing? Toward Legal Rights for Natural Objects*. Oxford University Press.
- Stevens, S., Sutherland, L. & Krajcik, J. (2009). *Big ideas of nanoscale science and engineering: A guidebook for secondary teachers*. Arlington, VA: NSTA Press.
- Strgar, J. (2007). Increasing the interest of students in plants. *Journal of Biological Education* , 42(1), 19-23.
- Suárez-López, R., & Eugenio, M. (2018). Wild botanic gardens as valuable resources for innovative environmental education programmes in Latin America. *Environmental Education Research*, 24(8), 1102-1114.
- Taylor, A., Jones, G. & Pearl, T. P. (2008). Bumpy, Sticky, and Shaky: Nanoscale Science and the Curriculum. *Science Scope*, 31(7), 28-35.
- Tao, Y. (2016). *Young Chinese children's justifications of plants as living things*. *Early Education and Development*, 27(8), 1159-1174.
- Taşkın, O. (2009). The environmental attitudes of Turkish senior high school students in the context of postmaterialism and the new environmental paradigm. *International Journal of Science Education*, 31, 4, 481-502.
- Torres-Porras, J., & Alcántara-Manzanares, J. (2019). Are plants living beings? Biases in the interpretation of landscape features by pre-service teachers. *Journal of Biological Education*, 53, 1–11.
- Tretter, T. R., Jones, M. G., & Minogue, J. (2006). Accuracy of scale conceptions in science: Mental maneuverings across many orders of spatial magnitude. *Journal of Research in Science Teaching* , 43, σσ. 1061-1085.

- Tunncliffe, S., & Reiss, M. (2000). Building a model of the environment: How do children see plants? *Journal of Biological Education*, 34(4), 172-177.
- Unesco. (2006). *The ethics and politics of nanotechnology*. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Varela-Candamio, L., Novo-Corti, I., & García-Álvarez, M. T. (2018). The importance of environmental education in the determinants of green behavior: A meta-analysis approach. *Journal of cleaner production*, 170, 1565-1578.
- Vougioukalou, S. A., Barfield, K., Huish, R. D., Shiels, L., Brosi, S. L., & Harrison, P. (2014). The contribution of ethnobiology to teaching plant sciences: Student and faculty perspectives. In *Innovative Strategies for Teaching in the Plant Sciences* (pp. 33-45). Springer, New York.
- Waldron, A., M., Spencer, D., & Batt, C., A., (2006). The current state of public understanding of nanotechnology. *Journal of Nanoparticle Research*, 8 (5), 569-575
- Wandersee, J. (1986). Plants or animals – Which do junior high school students prefer to study? *Journal of Research in Science Teaching*, 23(5), 415-426.
- Wandersee, J. H., Clary, R. M., & Guzman, S. M. (2006). A Writing Template, for Probing Students' Botanical Sense of Place. *The American Biology Teacher*, 68(7), 419-422.
- Wandersee, J., & Schussler, E. (1999). Preventing plant blindness. *The American Biology Teacher*, 61, 82-86.
- Wandersee, J., & Schussler, E. (2001b). Toward a theory of plant blindness. *Plant Science Bulletin*, 47(1), 2-9.
- Winkelmann, K., & Bhushan, B. (2016). *Global perspectives of nanoscience and engineering education*. Switzerland: Springer.

- Yorek, N., Şahin, M., & Aydın, H. (2009). Are animals 'More Alive' than Plants? Animistic-Anthropocentric construction of life concept. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 5(4), 369-378.
- Zappes, C. A., Hoffmann, L. S., Morón, S., Fruet, P. F., & Laporta, P. (2017). Report of the Working Group on Ethnobiology and Environmental Education related to *Tursiops truncatus* in the Southwest Atlantic Ocean. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 11(1-2), 99-105.
- Αλεξίου. Δ., Πέικος. Γ., Μάνου. Λ., Οι ιδέες των μαθητών/τριών δημοτικού σχολείου για τα φαινόμενα της φύσης στην κλίμακα του νάνο: Το φαινόμενο του λώτου και της σαύρας *Gecko*. *Πρακτικά 10ου συνεδρίου ΕΝΕΦΕΤ* (σ. 868- 873). Κρήτη.
- Αμπράζης, Αλέξανδρος. «Η Περιβαλλοντική εκπαίδευση και οι μαθητές/τριες με νοητική αναπηρία: Μια εφαρμογή στο ΕΕΕΕΚ Φλώρινας.» (2014).
- Αμπράζης, Α, & Παπαδοπούλου, Π. (2021). Η περιβαλλοντική εκπαίδευση ως πλαίσιο αντιμετώπισης του φαινομένου «Τυφλότητα Απέναντι στα Φυτά». *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση για την Αειφορία*, 3(1), 38-54
- Αμπράζης, Α, & Παπαδοπούλου, Π. (2021). Τυφλότητα απέναντι στα φυτά: Σύγχρονα δεδομένα και ο ρόλος της εκπαιδευτικής κοινότητας. *Για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση*, 22(67), 38-54
- Βελεσιώτης. Δ., Αλμπάνης. Ε., Βλαχοπούλου. Μ., Παπαδημητρόπουλος. Γ., Λεοντή. Ι., Γιαννέτα. Β., Γεωργίου. Χ., Βερούτη. Μ., Γιαννακόπουλος. Κ., Δράσεις γνωριμίας μαθητών/τριών με την ναυτεχνολογία στο «ΕΚΕΦΕ» Δημόκριτος, *Πρακτικά 10ου Συνεδρίου ΕΝΕΦΕΤ* (σ.37-43). Κρήτη.
- Γκίτσας, Σ. (2017). Το φαινόμενο του λώτου στο δημοτικό σχολείο: σχεδιασμός, ανάπτυξη και αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού σε περιβάλλον μη-τυπικής εκπαίδευσης (Master's thesis, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας. Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης).
- Δαρατζή., Π., Μελέτη της επαγγελματικής ανάπτυξης εκπαιδευτικού προσχολικής εκπαίδευσης στη διάρκεια του σχεδιασμού, ανάπτυξης, εφαρμογής και αξιολόγησης μιας Διδακτικής –

Μαθησιακής Ακολουθίας για τη Νανοεπιστήμη – Νανοτεχνολογία, ΦΛΩΡΙΝΑ
ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2017.

Ζουπίδης, Α. (2012). Διδασκαλία και μάθηση με τη χρήση μοντέλων φυσικών επιστημών και τεχνολογίας: εφαρμογή στα φαινόμενα της πλεύσης και της βύθισης . Διδακτορική Διατριβή . Φλώρινα: Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας. Τμήμα Νηπιαγωγών.

Κίζος. Π., Κωνσταντινίδου. Ε., Μακαρίου. Ο., Πέικος. Γ., Σπύρτου. Α., Εισαγωγή της Νανοεπιστήμης- Νανοτεχνολογίας στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση: Συγκριτική Μελέτη τριών μαθησιακών ακολουθιών ως προς το περιεχόμενο, *Πρακτικά 10ου συνεδρίου ΕΝΕΦΕΤ* (σ. 842- 847). Κρήτη.

Κονσόλας, Μ., Ορφανός, Στ., Τόγια, Κ., Χουρδάκης, Γ., Φατσέα, (2005), Η παιδαγωγική και η Διδακτική Θεώρηση της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης: Μια προσέγγιση μέσα από τα προγράμματα περ/κης εκπ/σης της πρωτοβάθμιας & της δευτεροβάθμιας εκπ/σης Δωδεκανήσου, *Πρακτικά 1ου Συνεδρίου Σχολικών Προγραμμάτων Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης*, Ισθμό Κορίνθου, Α.,
http://main.ekke.gr/estia/Cooper/Synedrio%20PE_Isthmos%20Korinthou2005/oral/PDFs/327-338_oral.pdf

Μανέτας, Γ. (2011). Τι θα έβλεπε η Αλίκη στη χώρα των φυτών. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Κρήτης.

Παπαδοπούλου. Π., «Οι αρχές και η ιστορική πορεία της Π.Ε.», Πλατφόρμα Τηλεκπαίδευσης Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, UOWM Open eClass, «ΘΝΤ004 - Διδασκαλία και Έρευνα στην Εκπαίδευση για την Αειφορία» , «Έγγραφα» ,Τι είναι η ΠΕ_19-20.pdf [προσπελάστηκε στις: 31/01/2022]
<https://eclass.uowm.gr/modules/document/index.php?course=ELED316&openDir=/5c91438cQ0h3>

Ματσαγγούρας, Η., & Χέλμης, Σ. (2003). Παραγωγή εκπαιδευτικού υλικού στην Εκπαίδευση: θεωρητικές παραδοχές και τεχνικές προδιαγραφές. Στο Β. Ψαλλιδάς (Επιμ.), *Πανελλήνιο Συμπόσιο – Σχεδιασμός και Παραγωγή Παιδαγωγικού Υλικού για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση*, σ. 63-106. Αθήνα: Λιβάνης.

- Πέικος, Γ. (2016). Σχεδιασμός, ανάπτυξη και αξιολόγηση διδακτικής μαθησιακής ακολουθίας για τη διδασκαλία του περιεχομένου της νανοεπιστήμης-νανοτεχνολογίας στο δημοτικό σχολείο. Φλώρινα: Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Παιδαγωγικό.
- Πέικος, Γ., Παπαδοπούλου, Χ., & Μάνου, Λ. (2015). Ιδέες και γνώσεις των μαθητών/τριών για τη Νανοεπιστήμη-Νανοτεχνολογία στο Δημοτικό σχολείο. Στο Δ. Ψύλλος, Δ. Μολοχίδης, & Μ. Καλλέρη, Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές, *Πρακτικά του 9ου Πανελληνίου συνεδρίου των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (σσ. 1047-1052). Θεσσαλονίκη: ΠΤΔΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο.
- Πέικος, Γ., Σπύρτου, Α., Μάνου, Λ., Εφαρμογή και αξιολόγηση Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας για τη διδασκαλία περιεχομένου της Νανοεπιστήμης- Νανοτεχνολογίας στο Δημοτικό σχολείο, *Πρακτικά 10ου συνεδρίου ΕΝΕΦΕΤ* (σ. 802-810). Κρήτη.
- Σακελλάρη, Κ., & Μάνου, Λ. (2017). Η εισαγωγή φαινομένων της κλίμακας του νάνο στο Δημοτικό σχολείο: Η περίπτωση της σαύρας gecko. Στο Δ. Σταύρου, Α. Μιχαηλίδη, & Α. Κοκολάκη, *Πρακτικά 10ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση-Γεφυρώνοντας το χάσμα μεταξύ Φυσικών Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης* (σσ. 856-861). Ρέθυμνο: ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης.
- Σπύρτου., Α., Μάνου., Λ., Πέικος., Γ., Παπαδοπούλου., Π., (2018). ΔΙΕΡΕΥΝΩΝΤΑΣ ΤΑ ΜΥΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΝΑΝΟΚΟΣΜΟ. Εκδόσεις Gutenberg.
- Τσαμπούκου-Σκαναβή, Κ. (2004). Περιβάλλον και Κοινωνία. Μια σχέση σε αδιάκοπη εξέλιξη. Εκδόσεις «Καλειδοσκόπιο», Αθήνα.
- Τσιώλης, Γ. (2015). Ανάλυση ποιοτικών δεδομένων: διλήμματα, δυνατότητες, διαδικασίες. *Ερευνητική Μεθοδολογία στις Κοινωνικές Επιστήμες και στην Εκπαίδευση. Συμβολή στην επιστημολογική θεωρία και την ερευνητική πράξη*, 473-498.

Φλογαΐτη, Ε. (2003). Το Παιδαγωγικό υλικό στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση. Στο Β. Ψαλλιδάς (Επιμ.), *Πανελλήνιο Συμπόσιο – Σχεδιασμός και Παραγωγή Παιδαγωγικού Υλικού για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση*, σ. 107-118. Αθήνα: Λιβάνης.

Χαλκιά, Κ. (2012). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες*. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.

Χατζηκρανιώτης, Ε., Μολοχίδης, Α. (2017). Εισάγοντας μαθητές/ τριες γυμνασίου σε πειραματικές διερευνητικές δραστηριότητες, *Πρακτικά 10ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (σσ. 689- 697). Ρέθυμνο

Παράρτημα

Ερωτηματολόγιο

Όνομα:

Τάξη:

Αγαπητή μαθήτριά / Αγαπητέ μαθητή,

Οι σελίδες που κρατάς στα χέρια σου είναι ένα ερωτηματολόγιο. Δεν είναι ούτε εξέταση, ούτε διαγώνισμα. Θέλουμε τη γνώμη σου για διάφορα θέματα που αφορούν τα φυτά. Θα σε παρακαλούσαμε να απαντήσεις σε όλες τις ερωτήσεις.

A ΜΕΡΟΣ

1. Σημείωσε 6 ζωντανούς οργανισμούς που μπορείς να σκεφτείς.

1.
2.
3.
4.
5.
6.

B ΜΕΡΟΣ

Στις παρακάτω ερωτήσεις σημείωσε ένα X κάτω από την απάντησή σου.

2. Πόσο σου αρέσουν τα ζώα;	Καθόλου	Λίγο	Ούτε λίγο, ούτε πολύ	Πολύ	Πάρα πολύ

3. Πόσο σου αρέσουν τα φυτά;	Καθόλου	Λίγο	Ούτε λίγο, ούτε πολύ	Πολύ	Πάρα πολύ

4. Πόσο συχνά παρατηρείς τα φυτά που βρίσκονται γύρω σου;	Ποτέ	Σπάνια	Μερικές φορές	Συχνά	Πάντα

5. Πόσο σου αρέσει να μαθαίνεις πράγματα για τα φυτά;	Καθόλου	Λίγο	Ούτε λίγο, ούτε πολύ	Πολύ	Πάρα πολύ

Στις παρακάτω ερωτήσεις διάβασε την πρόταση και κύκλωσε την απάντησή σου.

6. Τα φυτά είναι χρήσιμα μόνο για να τα τρώμε.	ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ ΔΕΝ ΓΝΩΡΙΖΩ
--	-------------------------------

7. Τα φυτά περιέχουν ουσίες που χρησιμοποιούμε για να φτιάξουμε φάρμακα.	ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ ΔΕΝ ΓΝΩΡΙΖΩ
--	-------------------------------

8. Τα φυτά εμπνέουν τους επιστήμονες για να δημιουργήσουν χρήσιμα προϊόντα π.χ. παπούτσια που δε βρέχονται και δε λερώνονται.	ΣΩΣΤΟ ΛΑΘΟΣ ΔΕΝ ΓΝΩΡΙΖΩ
---	-------------------------------

Γ ΜΕΡΟΣ

9. Αφού έβρεξε, δύο μαθητές που αγαπούν τα φυτά έκαναν βόλτα στον κήπο του σχολείου. Παρατήρησαν το εξής: οι σταγόνες του νερού πάνω στα φύλλα του μπρόκολου ήταν σφαιρικές σαν μπίλιες και το φύλλο δεν είχε βραχεί καθόλου.



Γιατί νομίζεις ότι οι σταγόνες στα φύλλα του μπρόκολου έγιναν σφαιρικές; Αιτιολόγησε την απάντησή σου με λόγια και σχέδιο.

Εξηγώ με λόγια

.....
.....
.....
.....

Σχεδιάζω

10. Κατά τη διάρκεια ενός πειράματος, ένας επιστήμονας βούτηξε δυο παπούτσια σε χρωματισμένο νερό. Όπως βλέπουμε στην παρακάτω εικόνα, συνέβη κάτι παράξενο. Το ένα παπούτσι δε λερώθηκε καθόλου!



Γιατί νομίζεις ότι το ένα παπούτσι δε λερώθηκε; Αιτιολόγησε την απάντησή σου με λόγια και σχέδιο.

Εξηγώ με λόγια

.....
.....
.....
.....

Σχεδιάζω

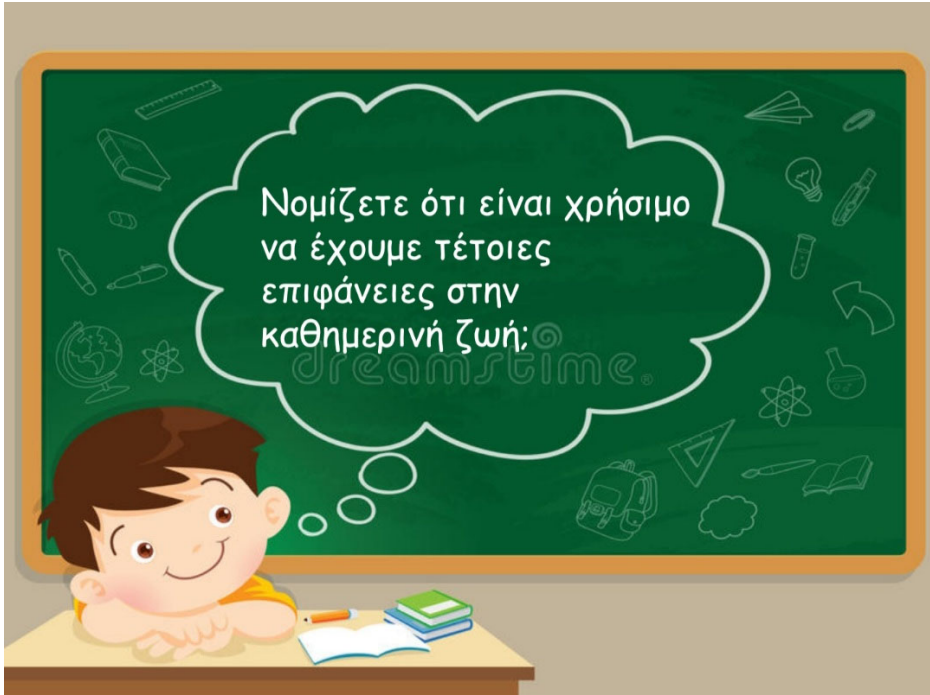
11. Τι νομίζεις ότι είναι η Νανοτεχνολογία;

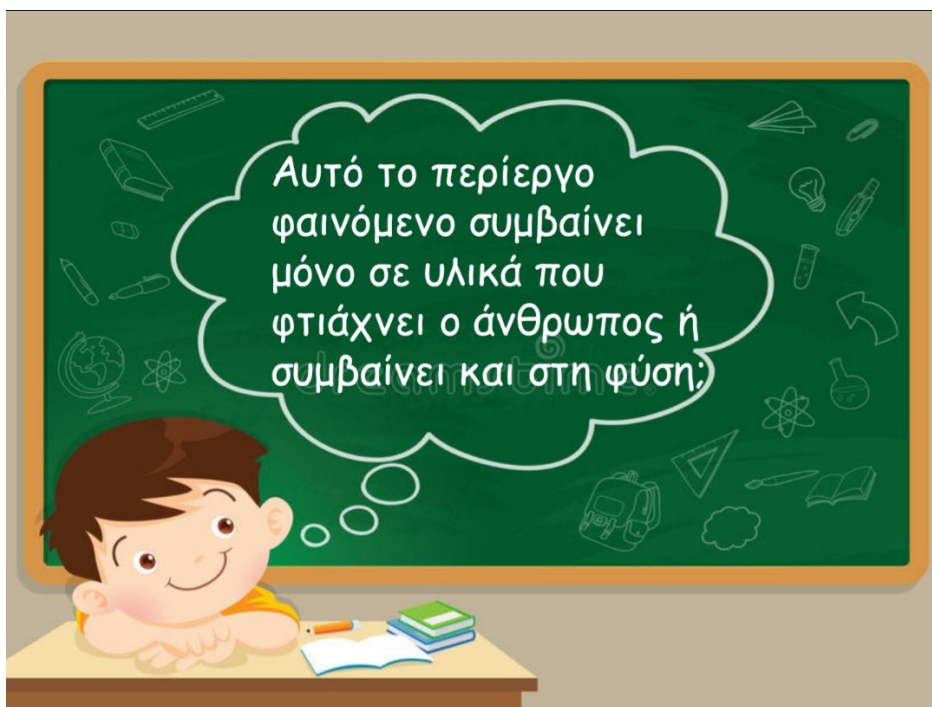
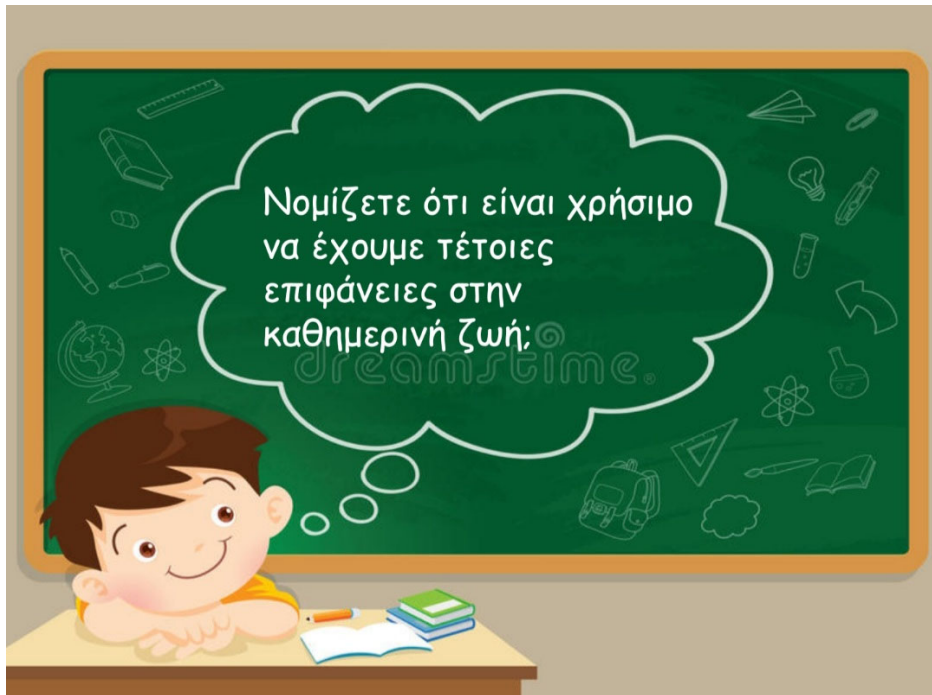
.....
.....
.....



Το μυστικό των φυτών







- Να δημιουργήσετε με την ομάδα σας μια αφίσα στην οποία θα προτείνετε προϊόντα της καθημερινής σας ζωής που θα θέλατε να κάνετε υδρόφοβα.



- Η αφίσα σας να έχει τίτλο, ζωγραφιά και μικρό κείμενο.



Φύλλο εργασίας 1 «Το μυστικό των φυτών»

Φύλλο εργασίας 1 «Το μυστικό των φυτών»

Όνομα:

Τάξη:

Βήμα 1.

- Να ρίξετε σταγόνες νερού, με τα σταγονόμετρα, στην επιφάνεια των παρακάτω φύλλων.
- Να συμπληρώσετε στον πίνακα (με ένα X) σε ποια φύλλα φυτών η σταγόνα γίνεται σφαιρική, σε ποια κυλάει σαν μπίλια και σε ποια απλώνεται.

Φύλλα	Η σταγόνα γίνεται σφαιρική	Η σταγόνα κυλάει σαν μπίλια	Η σταγόνα απλώνεται
Ρόκας			
Μπρόκολου			
Μαρουλιού			
Κουνουπιδιού			

Βήμα 2.

- Να ρίξετε λίγο χύμα, με το κουταλάκι, στην επιφάνεια των παρακάτω φύλλων.
- Να ρίξετε, με το σταγονόμετρο, σταγόνες νερού στην επιφάνεια των φύλλων που έχουν χύμα.
- Να συμπληρώσετε (με ένα X) σε ποια φύλλα το νερό κυλάει σαν μπίλια και απομακρύνει το χύμα και σε ποια φύλλα το νερό απλώνεται μαζί με το χύμα στην επιφάνεια:

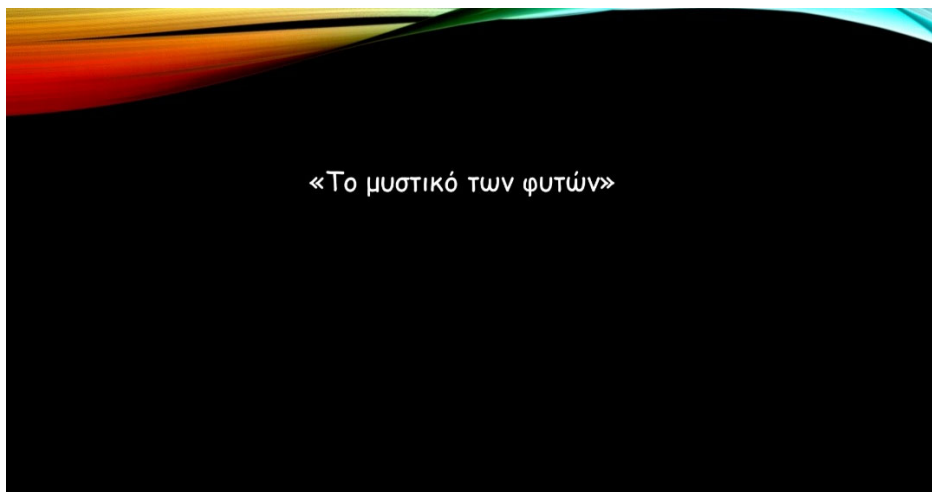
Φύλλα	Το νερό κυλάει σαν μπίλια και απομακρύνει το χύμα	Το νερό απλώνεται μαζί με το χύμα στην επιφάνεια
Ρόκας		
Μπρόκολου		
Μαρουλιού		
Κουνουπιδιού		

Βήμα 3. Τι κοινό παρατηρήσατε στη συμπεριφορά του νερού πάνω στα τεχνητά υλικά που παρουσιάστηκαν στο βίντεο και στα φύλλα φυτών με τα οποία πειραματιστήκατε στη τάξη;

Βήμα 4. Να μελετήσετε το αρχείο «Το μυστικό των φυτών» με την ομάδα σας και να συμπληρώσετε τα κενά.

- Τα υλικά στα οποία η σταγόνα γίνεται σφαιρική σαν μπίλια ονομάζονται:
- Η διαδικασία κατά την οποία η σταγόνα κυλάει σαν μπίλια και απομακρύνει τις βρομιές από μια επιφάνεια ονομάζεται:
- Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται:

Παρουσίαση PPT “Το μυστικό των φυτών” (1ο δωρο)






Μερικά φυτά εμφανίζουν μυστήρια συμπεριφορά στο νερό...

Όταν βρέχει, οι σταγόνες νερού που πέφτουν στην επιφάνειά τους γίνονται σφαιρικές και απομακρύνονται από αυτή!




Για παράδειγμα, όταν οι σταγόνες του νερού πέφτουν πάνω στο φύλλο του μπρόκολου γίνονται σφαιρικές, κυλούν σαν μπίλιες και απομακρύνονται από το φυτό!

Τέτοια φυτά ονομάζονται υδρόφοβα!



Σταγόνες νερού πάνω σε φύλλο μπρόκολου



Σφαιρική σταγόνα νερού που κυλά σαν μπίλια

Επιφάνεια φυτού

Ύδρω + φόβος
Φοβούνται το νερό!

Μάλιστα, όταν οι σταγόνες του νερού κυλούν στην επιφάνεια του μπρόκολου, παρασύρουν τις βρομιές που υπάρχουν επάνω του. Έτσι, παραμένει το φύλλο του στεγνό και καθαρό!

Η διαδικασία αυτή ονομάζεται αυτό-καθαρισμός!

Εαυτός + καθαρίζω
Καθαρίζουν τον εαυτό τους!




Σφαιρική σταγόνα νερού που κυλά σαν μπίλια

Βρομιά

Επιφάνεια φύλλου φυτού

Αντίθετα, όταν ρίχνουμε σταγόνες νερού σε φυτά, όπως το μαρούλι, αυτές απλώνονται πάνω στην επιφάνειά τους και το βρέχουν.

Η σταγόνα νερού απλώνεται και βρέχει την επιφάνεια



Σταγόνες νερού πάνω σε φύλλο μαρουλιού

Τα φυτά αυτά ονομάζονται υδρόφιλα

Ύδωρ + φίλος = Υδρόφιλος!
Αγαπά το νερό!

Φυτά που έχουν φύλλα υδρόφοβα και αυτοκαθαρίζονται είναι το μπρόκολο, το λάχανο και ο λωτός.



μπρόκολο



λάχανο



λωτός



Ο λωτός είναι ένα Ασιατικό φυτό και μοιάζει με νούφαρο. Παρόλο που βρίσκεται σε λίμνες το φύλλο του παραμένει πάντα στεγνό και καθαρό!



Επειδή οι επιστήμονες παρατήρησαν αυτό το φαινόμενο πρώτα στην επιφάνεια του λωτού, το ονομάζουν «φαινόμενο του λωτού».



Οι επιστήμονες εμπνεύστηκαν από την επιφάνεια του φύλλου του λωτού, η οποία είναι υδρόφοβη και κατασκεύασαν προϊόντα που μιμούνται το φαινόμενο του λωτού, όπως παπούτσια που δε βρέχονται και δε λερώνονται.



Για παράδειγμα, έχουν κατασκευάσει το «Νανο-σπρέι». Είναι ένα ειδικό σπρέι με το οποίο ψεκάζουν διάφορα αντικείμενα και γίνονται υδρόφοβα και αυτοκαθαριζόμενα.



Μακρόκοσμος 2ο δίωρο

«Βρες πώς ονομάζεται»

Στήλη Α	Στήλη Β
Όταν ρίχνουμε σταγόνες νερού πάνω στο φύλλο του μπρόκολου, οι σταγόνες γίνονται σφαιρικές σαν μπίλιες. Τέτοια φύλλα ονομάζονται...	
Όταν οι σταγόνες νερού κυλούν στην επιφάνεια του μπρόκολου σαν μπίλιες, απομακρύνουν τις βρομιές από πάνω του. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται...	
Όταν ρίχνουμε σταγόνες νερού σε φύλλα φυτών, όπως στο μαρούλι, οι σταγόνες απλώνονται πάνω στην επιφάνειά τους και τα βρέχουν. Τέτοια φύλλα ονομάζονται...	
Το φαινόμενο κατά το οποίο οι σταγόνες νερού γίνονται σφαιρικές, κυλούν σαν μπίλιες και απομακρύνουν από το φυτό τις βρομιές ονομάζεται...	

Φαινόμενο	του	λωτού
Υδρόφοβα		
Υδρόφιλα		
Αυτοκαθαρισμός		

Φύλλο Εργασίας 2 «Η αναζήτηση των κρυμμένων φύλλων»

Φύλλο Εργασίας 2 «Η αναζήτηση των κρυμμένων φύλλων»

Όνομα:

Τάξη:

Βήμα 1.

- Να παρατηρήσετε τα φυτά που απεικονίζονται στις κάρτες σας.
- Να αναζητήσετε στο περιβάλλον γύρω σας και να συλλέξετε φύλλα από τα φυτά που απεικονίζονται στις κάρτες σας.

Βήμα 2.

- Να ρίξετε σταγόνες νερού, με τα σταγονόμετρα, στην επιφάνεια των φύλλων που συλλέξατε.
- Για κάθε ένα φυτό, να σημειώσετε πάνω στην κάρτα (με ένα Χ) αν τα φύλλα είναι υδρόφοβα ή υδρόφιλα.

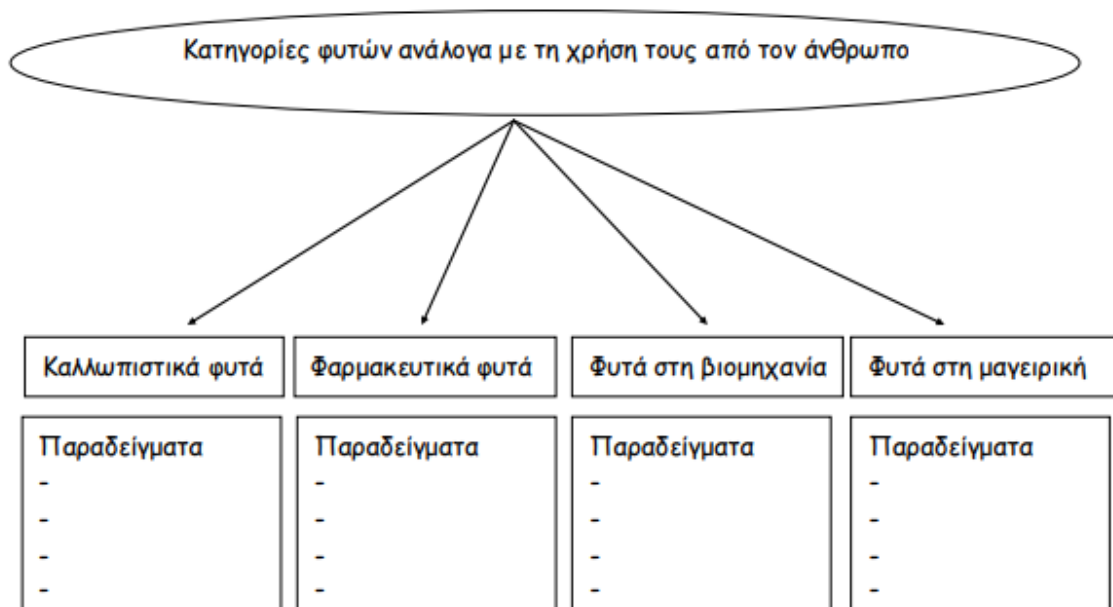
Βήμα 3.

Να καταγράψετε το όνομα των φυτών που έχουν υδρόφοβα φύλλα.

• • • •

Βήμα 4.

- Να μελετήσετε τις πληροφορίες για τα φυτά που συλλέξατε και να συμπληρώσετε τα κενά.



Ορισμένα φυτά είναι επιβλαβή για τον άνθρωπο.
Τέτοια φυτά ονομάζονται **τοξικά**.

Να καταγράψετε το όνομα των φυτών που είναι **τοξικά**.

Παραδείγματα

-
-
-
-

Μικρόκοσμος

Φύλλο εργασίας 3

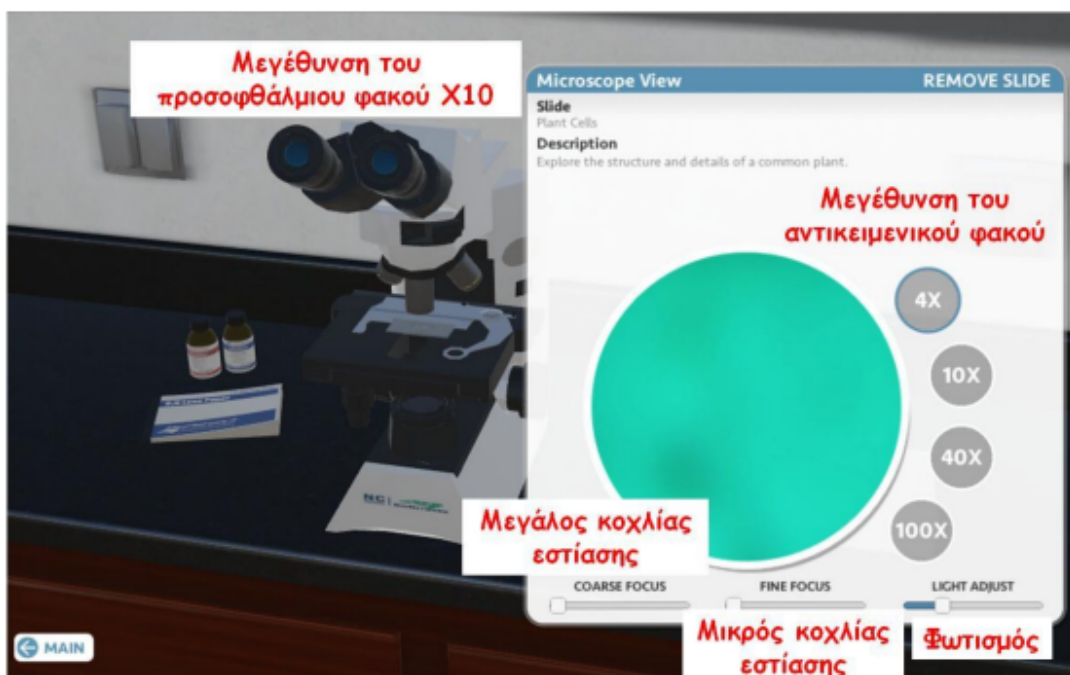
Φύλλο εργασίας 3 «Το μυστικό των φυτών»

Όνομα:

Τάξη:

Βήμα 1.

- Να χρησιμοποιήσετε την προσομοίωση του οπτικού μικροσκοπίου στον υπολογιστή σας για να μελετήσετε φύλλα φυτών.



- Να σχεδιάσετε πώς μοιάζει το φύλλο όταν η μεγέθυνση του μικροσκοπίου είναι 40X και 400X;

Σχεδιάζω πώς μοιάζει το φύλλο σε μεγέθυνση 40X (10x4)	Σχεδιάζω πώς μοιάζει το φύλλο σε μεγέθυνση 400X (10x40)

Βήμα 2.

- Να μελετήσετε το αρχείο «Τα μέρη του φυτικού κυττάρου» με την ομάδα σας.
- Να δημιουργήσετε μια κατασκευή που αναπαριστά τα μέρη ενός φυτικού κυττάρου. Να χρησιμοποιήσετε τα παρακάτω υλικά: χάρτινο πιάτο, πλαστελίνη.

Το μυστικό των φυτών

Όταν ρίξουμε νερό πάνω σε ένα φύλλο φυτού, οι σταγόνες

Θα απλωθούν



Υδρόφιλα

Σταγόνες νερού πάνω σε φύλλο μαρουλιού

Θα γίνουν σφαιρικές σαν μπίλιες και θα απομακρυνθούν από την επιφάνειά του



Υδρόφοβα

Σταγόνες νερού πάνω σε φύλλο λωτού

Ποια υδρόφοβα φυτά
παρατηρήσατε;



Φασκόμηλο



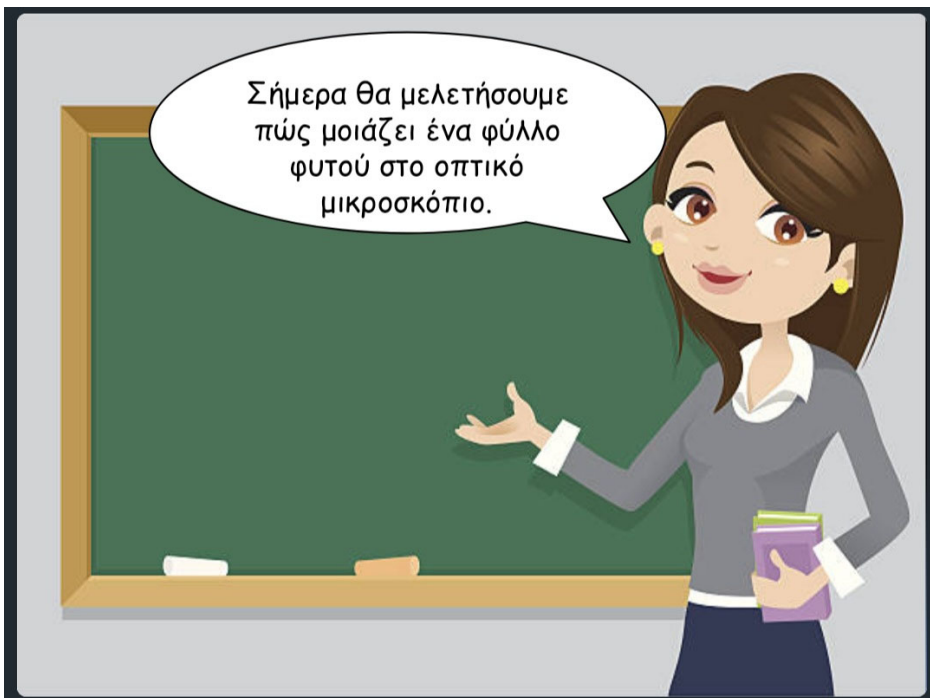
Κουτσουπιά



Εχεβέρια



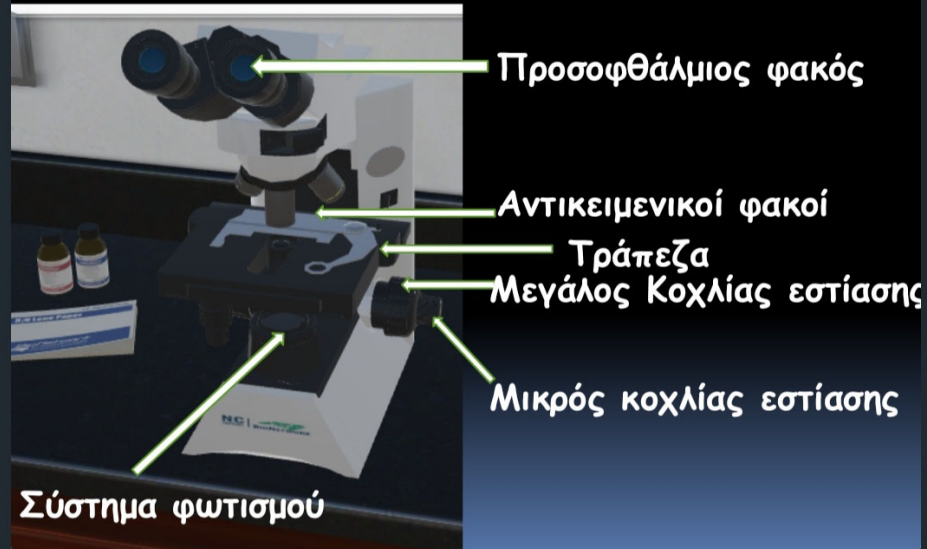
Ακακία



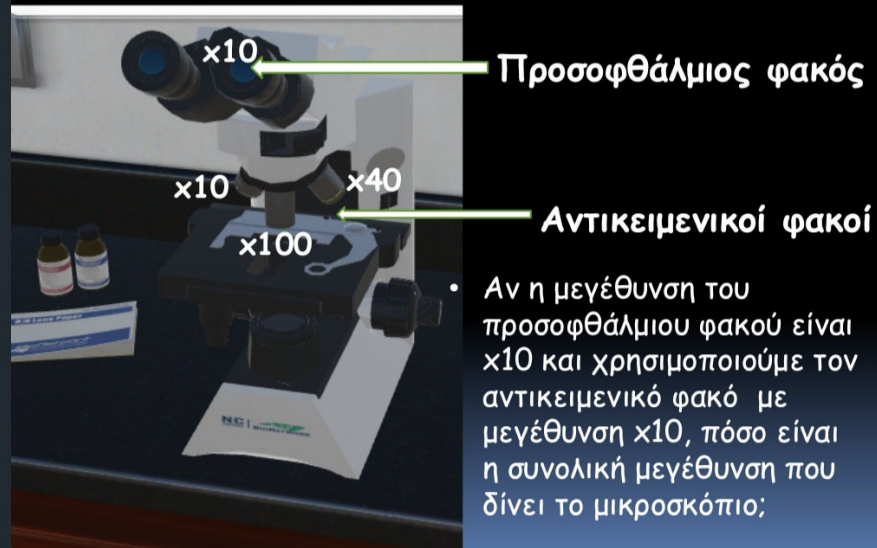




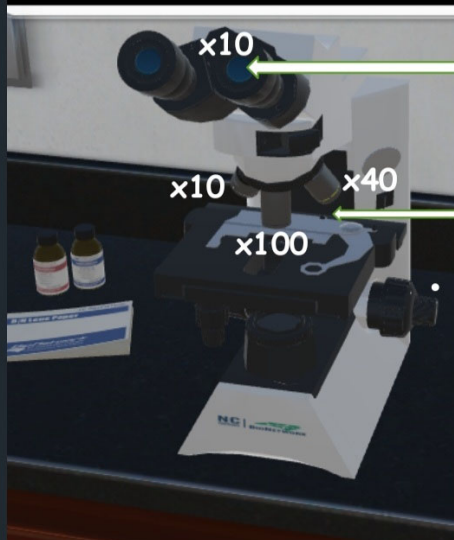
Οπτικό μικροσκόπιο



Οπτικό μικροσκόπιο



Οπτικό μικροσκόπιο

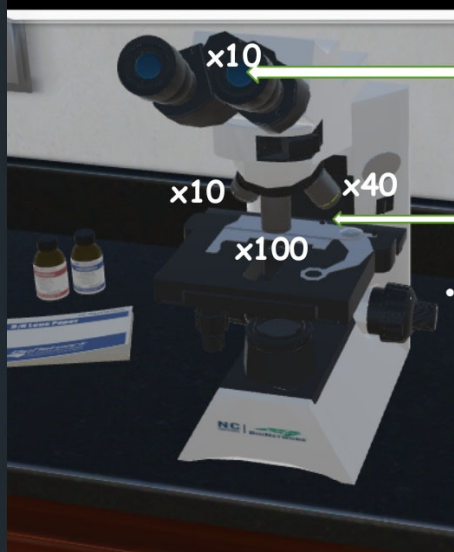


Προσοφθάλμιος φακός

Αντικειμενικοί φακοί

- Αν η μεγέθυνση του προσοφθάλμιου φακού είναι $\times 10$ και χρησιμοποιούμε τον αντικειμενικό φακό με μεγέθυνση $\times 40$, πόσο είναι η συνολική μεγέθυνση που δίνει το μικροσκόπιο;

Οπτικό μικροσκόπιο



Προσοφθάλμιος φακός

Αντικειμενικοί φακοί

- Αν η μεγέθυνση του προσοφθάλμιου φακού είναι $\times 10$ και χρησιμοποιούμε τον αντικειμενικό φακό με μεγέθυνση $\times 100$, πόσο είναι η συνολική μεγέθυνση που δίνει το μικροσκόπιο;

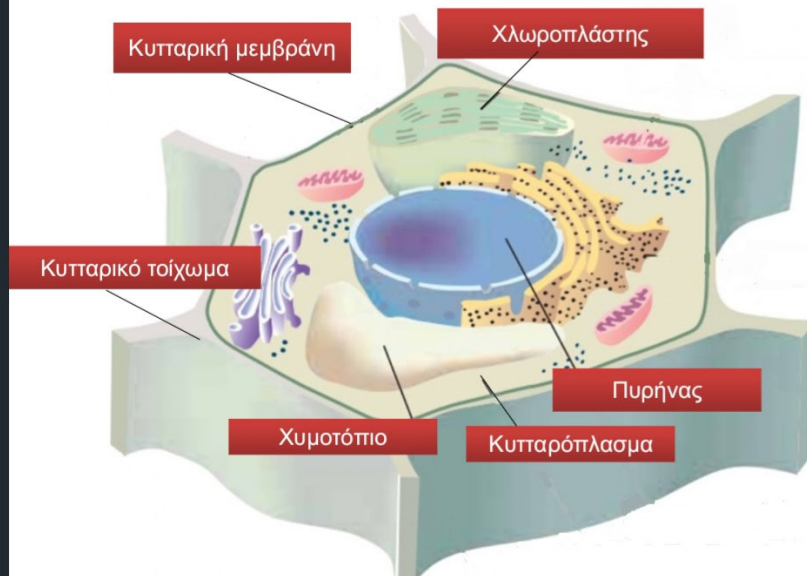
Πάμε να μελετήσουμε και εμείς φύλλα
φυτών στο οπτικό μικροσκόπιο!

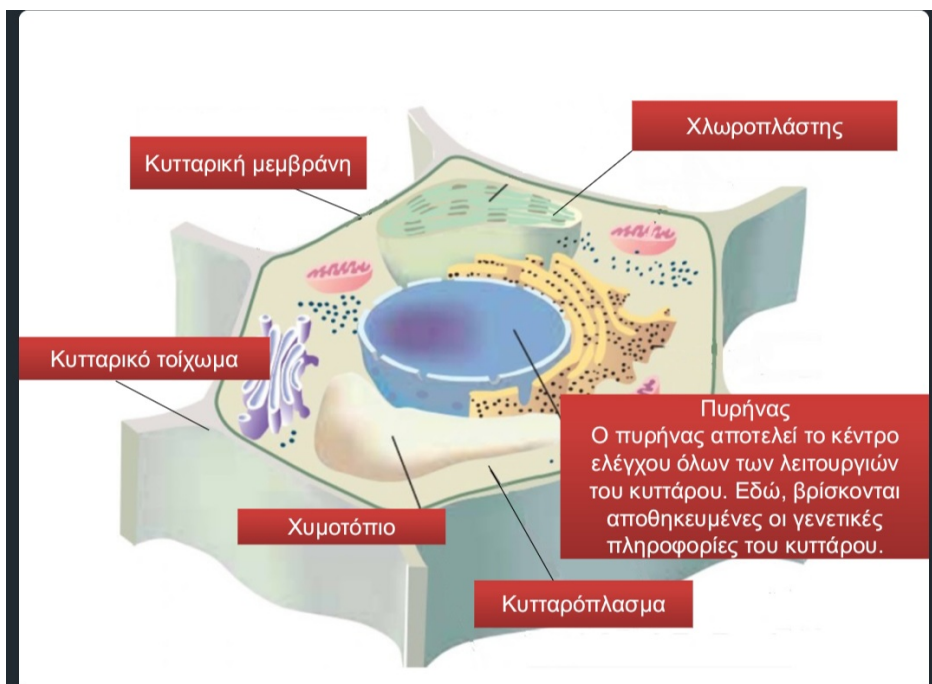
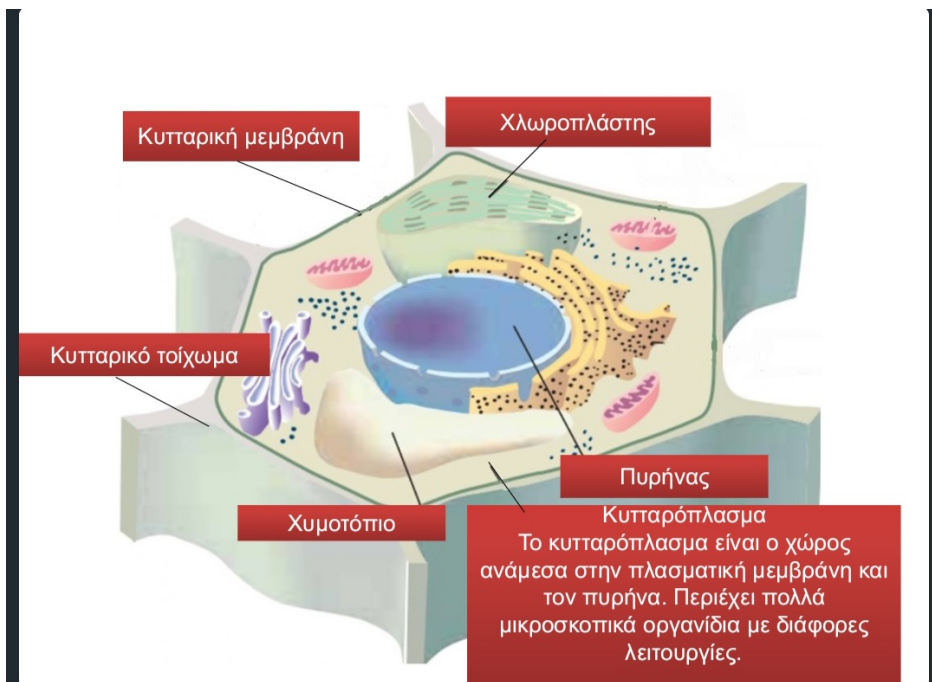


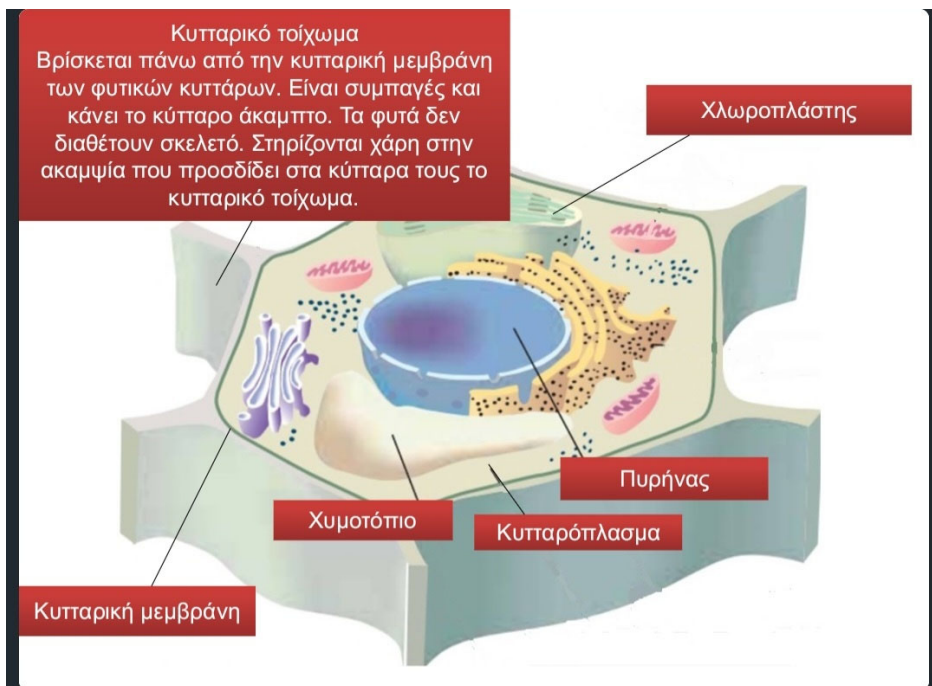
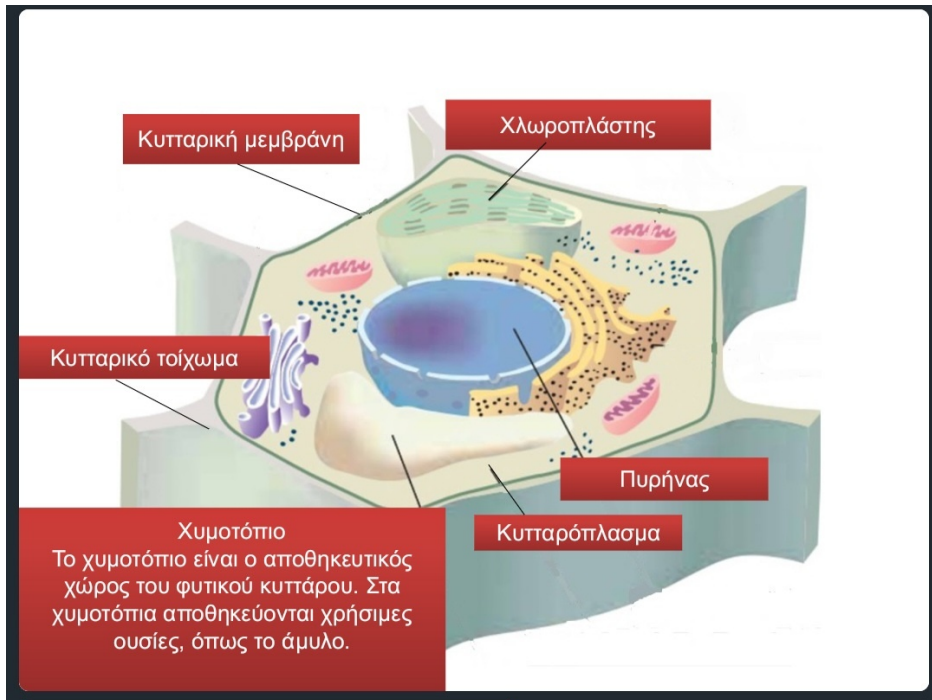
Τα μέρη του φυτικού κυττάρου (PPT)

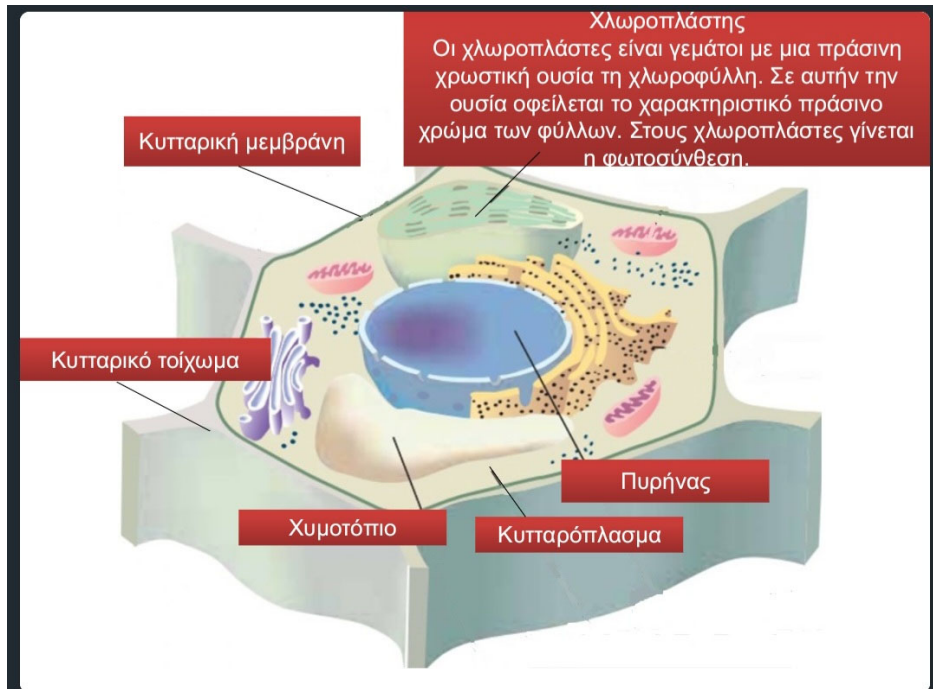
Τα μέρη του φυτικού ΚΥΤΤΑΡΟΥ

Τα μέρη του φυτικού κυττάρου









Νανόκοσμος

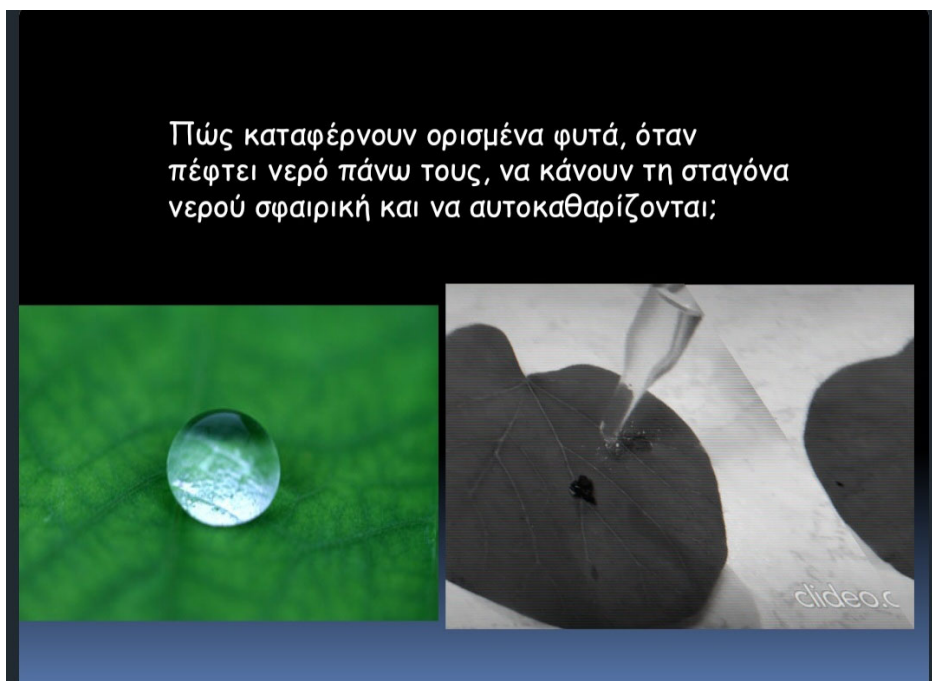
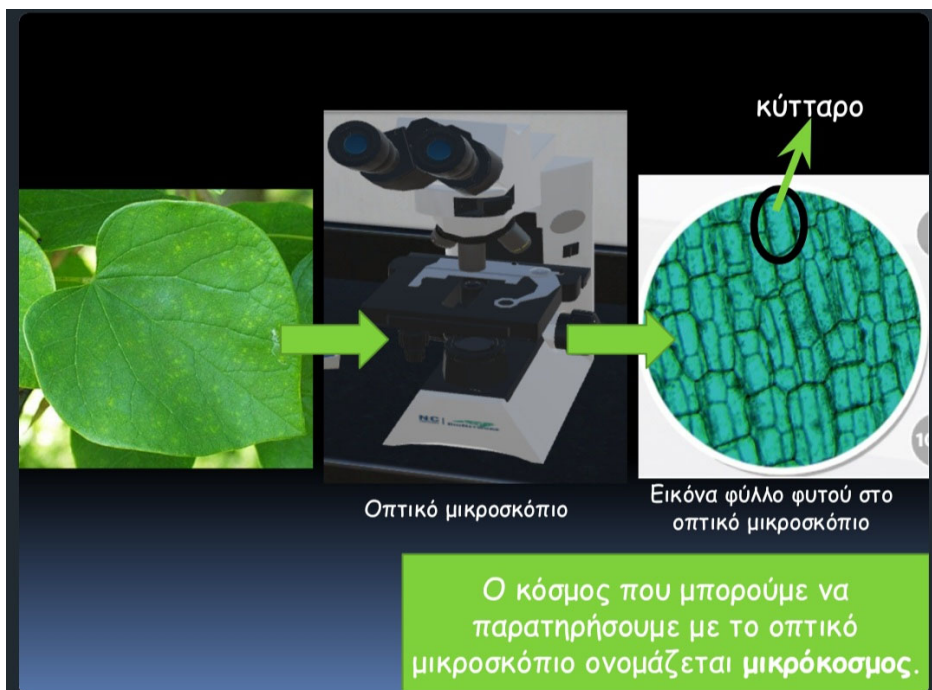
Εισαγωγικό PPT



Πώς καταφέρνουν ορισμένα φυτά, όταν πέφτει νερό πάνω τους, να κάνουν τη σταγόνα νερού σφαιρική και να αυτοκαθαρίζονται;



Ο κόσμος που μπορούμε να παρατηρήσουμε με τα μάτια μας ονομάζεται **μακρόκοσμος**



Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο



Φύλλο εργασίας 4 «Το μυστικό των φυτών»

Φύλλο εργασίας 4 «Το μυστικό των φυτών»

Όνομα:

Τάξη:

Πώς καταφέρνουν ορισμένα φυτά, όταν πέφτει νερό πάνω τους, να κάνουν τη σταγόνα νερού σφαιρική και να αυτοκαθαρίζονται;

Βήμα 1.

Για να απαντήσετε το παραπάνω ερώτημα να συλλέξετε πληροφορίες:

- Από την αφίσα με τίτλο «Το φαινόμενο του λωτού»
- Από το βίντεο με τίτλο «Το φαινόμενο του λωτού»
- Από την εφαρμογή με τίτλο «Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο»
<https://scratch.mit.edu/projects/698197951/>

Να συζητήσετε με την ομάδα σας και να καταγράψετε πώς καταφέρνουν ορισμένα φυτά να κάνουν τη σταγόνα νερού σφαιρική και να αυτοκαθαρίζονται.

Οι επιστήμονες παρατήρησαν με το
ότι η του φύλλου του λωτού είναι καλυμμένη με
.....

Τα δεν επιτρέπουν στις και στα
..... να μπουν ανάμεσά τους.

Καθώς η σταγόνα , τις βρομιές.

Βήμα 2.

- Να δημιουργήσετε μια κατασκευή για να εξηγήσετε πώς καταφέρνουν ορισμένα φυτά, όταν πέφτει νερό πάνω τους, να κάνουν τη σταγόνα νερού σφαιρική και να αυτοκαθαρίζονται. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τα υλικά που βρίσκονται στον πάγκο εργασίας σας.

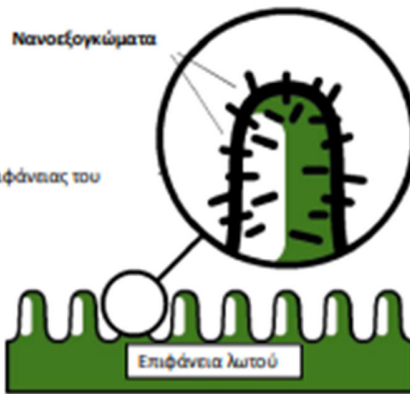
Το φαινόμενο του λωτού

Οι επιστήμονες παρατήρησαν κάτι «μυστήριο» στο φύλλο της ακακίας, του μπρόκολου και άλλων φυτών. Όταν το **νερό** πέφτει πάνω τους γίνεται **σφαιρικό** και **κυλάει έξω** από αυτό. Μάλιστα καθώς κυλάει **απομακρύνει τις βρομιές**. Έτσι τα φύλλα αυτά μένουν στεγνά και καθαρά.

Οι επιστήμονες ονόμασαν το φαινόμενο αυτό «φαινόμενο του λωτού», γιατί το παρατήρησαν πρώτα στο φύλλο του λωτού.

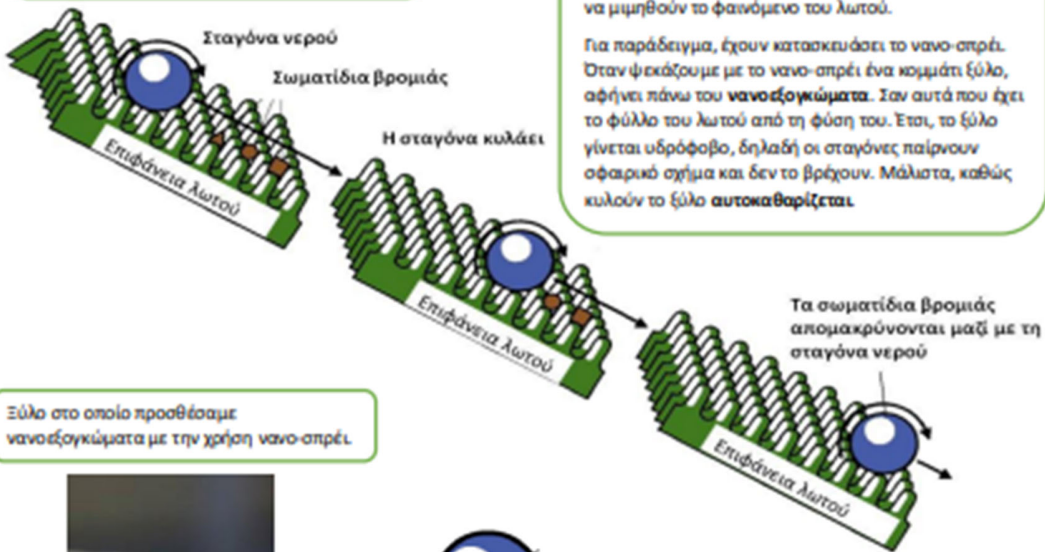
Πώς γίνεται όμως αυτό;

Οι επιστήμονες παρατήρησαν με **ηλεκτρονικό μικροσκόπιο** ότι η επιφάνεια του φύλλου του λωτού είναι καλυμμένη με **νανοεξογκώματα**. Τα **νανοεξογκώματα** δεν επιτρέπουν στις σταγόνες και στα σωματίδια βρομιάς να μπου ανάμεσά τους.



Οι επιστήμονες χρησιμοποιούν τη νανοτεχνολογία για να μιμηθούν το φαινόμενο του λωτού.

Για παράδειγμα, έχουν κατασκευάσει το νανο-σπρέι. Όταν ψεκάζουμε με το νανο-σπρέι ένα κομμάτι ξύλο, αφήνει πάνω του **νανοεξογκώματα**. Σαν αυτά που έχει το φύλλο του λωτού από τη φύση του. Έτσι, το ξύλο γίνεται υδρόφοβο, δηλαδή οι σταγόνες παίρνουν σφαιρικό σχήμα και δεν το βρέχουν. Μάλιστα, καθώς κυλούν το ξύλο αυτοκαθαρίζεται.



Ξύλο στο οποίο προσθέσαμε νανοεξογκώματα με την χρήση νανο-σπρέι.

