



**ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ ΚΑΙ ΒΙΩΣΙΜΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ**

## **Διδακτορική διατριβή**

**Εκπαιδευτικές εφαρμογές με αξιοποίηση Διαδικτύου των Πραγμάτων και  
Ανοικτών Δεδομένων για τη μελέτη του υδάτινου περιβάλλοντος**

**Χρυσάνθη Τζιωρτζιώτη**  
**Φυσικός - Γεωλόγος**

**Αθήνα, Φεβρουάριος 2025**

## ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

.....

**Χρυσάνθη Τζιωρτζιώτη**  
**A.M. 613880**

### ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

**Ειρήνη Μαυρομμάτη**, Καθηγήτρια ΕΑΠ

### ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ

**Ειρήνη Μαυρομμάτη**, Καθηγήτρια ΕΑΠ  
**Ιωάννης Χατζηγιαννάκης**, Καθηγητής Sapienza University of Rome  
**Δημήτριος Καλές**, Καθηγητής ΕΑΠ

### ΕΠΤΑΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

**Ειρήνη Μαυρομμάτη**, Καθηγήτρια ΕΑΠ – Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Βιώσιμου Σχεδιασμού  
**Ιωάννης Χατζηγιαννάκης**, Καθηγητής Sapienza University of Rome – Department of Computer, Control & Management Engineering  
**Δημήτριος Καλές**, Καθηγητής ΕΑΠ - Σχολή Θετικών Επιστημών  
**Βασίλειος Κόμης**, Καθηγητής Πανεπιστημίου Πατρών – Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης και της Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία  
**Ζαχαρούλα Σμυρναίου**, Καθηγήτρια ΕΚΠΑ – Παιδαγωγικό Τμήμα Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης  
**Αναστάσιος Μικρόπουλος**, Καθηγητής Πανεπιστημίου Ιωαννίνων – Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης  
**Ελένη Ζαγγανά**, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Πανεπιστημίου Πατρών – Τμήμα Γεωλογίας

## **Ευχαριστίες**

*Η παρούσα διδακτορική διατριβή εκπονήθηκε υπό την επίβλεψη της Καθηγήτριας κας Ειρήνης Μαυρομμάτη. Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την κα. Ειρήνη Μαυρομμάτη για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της διδακτορικής διατριβής, καθώς και για την καθοδήγηση και την συμπαράστασή της καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της πορείας.*

*Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στον κ. Ιωάννη Χατζηγιαννάκη, Καθηγητή Sapienza University of Rome, μέλος της τριμελούς επιτροπής, για την επιστημονική συμβολή και την αδιάκοπη υποστήριξή του που συνέβαλαν καθοριστικά στην ολοκλήρωση της διατριβής.*

*Ευχαριστώ επίσης, τον κ. Δημήτριο Καλλέ, Καθηγητή ΕΑΠ, μέλος της τριμελούς επιτροπής για την εν γένει βοήθεια που προσέφερε στη διάρκεια αυτής της προσπάθειας.*

*Στον κ. Βασίλειο Κόμη, Καθηγητή Παν/μίου Πατρών, εκφράζονται ευχαριστίες για τις πολύτιμες συζητήσεις που είχαμε αναφορικά με θέματα παιδαγωγικής και διδακτικής αξιοποίησης των ψηφιακών τεχνολογιών.*

*Τέλος, εκφράζω την ευγνωμοσύνη μου σε όλους όσοι συνέβαλαν, άμεσα ή έμμεσα, στην επιτυχή ολοκλήρωση αυτής της διατριβής.*

Η παρούσα διδακτορική διατριβή διερευνά την αξιοποίηση του Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things - IoT) και των Ανοικτών Δεδομένων (Open Data) στην εκπαίδευση, με εφαρμογή στη μελέτη της ποιότητας του υδάτινου περιβάλλοντος. Συνδυάζοντας θεωρητικές προσεγγίσεις και πρακτικές, με πειραματικές εφαρμογές, αναπτύσσεται ένα ολοκληρωμένο εκπαιδευτικό πλαίσιο που ενσωματώνει τεχνολογικές καινοτομίες σε πραγματικά σενάρια μάθησης.

Στο θεωρητικό μέρος παρουσιάζεται η εκπαιδευτική αξία της τεχνολογίας του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) και τονίζεται η μετασχηματιστική του επίδραση στις πρακτικές STEM και Making. Αναλύονται οι τρόποι με τους οποίους η τεχνολογία IoT μπορεί να συμπλακεί και να τροφοδοτήσει δυναμικά εξελισσόμενες εκπαιδευτικές πρακτικές, πολλαπλασιάζοντας τα αποτελέσματα της μάθησης, της γνωστικής ανάπτυξης, της κριτικής σκέψης, της ενθάρρυνσης της καινοτομίας, της αναβάθμισης των ικανοτήτων και των δεξιοτήτων των μαθητών.

Το δεύτερο μέρος της διατριβής εστιάζει στον σχεδιασμό, την ανάπτυξη και την αξιολόγηση μιας πρωτότυπης IoT εργαλειοθήκης παρακολούθησης της ποιότητας του νερού. Η εργαλειοθήκη, η οποία ενσωματώνει και διασυνδέει αισθητήρες, ηλεκτρονικές πλατφόρμες, συστήματα μετάδοσης δεδομένων και μηχανισμούς αποθήκευσης, και η οποία αποτελεί μια ολοκληρωμένη υποδομή για τη συλλογή, επεξεργασία και διαχείριση πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο, σταδιακά βελτιώνεται, συμπληρώνεται και εξελίσσεται μέχρι την τελική της έκδοση, βαθμονομείται κατά περίπτωση και αξιολογείται η αξιοπιστία των μετρήσεων, εφαρμόζεται σε διαφορετικά υδάτινα περιβάλλοντα, με τη συμμετοχή μαθητών στην σύνθεση και την κατασκευή της συσκευής, και τέλος αξιοποιείται σε εκπαιδευτικές δραστηριότητες.

Βασικό συμπέρασμα είναι ότι τα σημερινά τεχνολογικά μέσα καθιστούν εφικτή τη δημιουργία μιας γλώσσας επικοινωνίας μεταξύ των υδάτινων οικοσυστημάτων και του σχολείου, επιτρέποντας τη μετάδοση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και την εξ

αποστάσεως μελέτη των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών τους. Μέσω της μεθόδου Project-Based Learning (PBL), οι μαθητές εμπλέκονται σε μια ολιστική διαδικασία που συνδυάζει επιστημονική γνώση, τεχνολογική εφαρμογή και δημιουργικό σχεδιασμό. Προσεγγίζουν και αναλύουν το υπό μελέτη οικοσύστημα, μελετώντας τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του, όπως η θερμοκρασία, το pH, το διαλυμένο οξυγόνο και η αγωγιμότητα, με στόχο την κατανόηση της σχέσης μεταξύ των φυσικοχημικών παραμέτρων και της ποιότητας των υδάτων. Στη συνέχεια, συμμετέχουν ενεργά στην κατασκευή μιας εργαλειοθήκης IoT για την παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτινων σωμάτων, ενώ παράλληλα, οργανώνουν τη συλλογή, μετάδοση και αποθήκευση δεδομένων, χρησιμοποιώντας πλατφόρμες υπολογιστικού νέφους για τη μεταφορά της πληροφορίας σε χώρους όπως η τάξη ή το εργαστήριο.

Τέλος, συνάγονται συμπεράσματα αναφορικά με την αξία και χρηστικότητα της εργαλειοθήκης που δημιουργείται με ιδιαίτερη αναφορά στα οφέλη που αποκομίζουν οι μαθητές αλλά και τις δυσκολίες που ανακύπτουν.

Η υποδομή που δημιουργήθηκε αναδεικνύει τις δυνατότητες παρακίνησης και εμπλοκής των μαθητών σε διαδικασίες αυθεντικής μάθησης μέσω κατασκευών που συνδυάζουν ανάλυση προβλήματος, σχέδιο, κατασκευή, ανάλυση δεδομένων και συμπεράσματα, εμφανίζει παράλληλα ατέλειες και δυσκολίες οι οποίες την καθιστούν αξιόπιστη για πιλοτικές κυρίως εφαρμογές μικρής κλίμακας.

Οι δυσκολίες αυτές αίρονται όταν γίνεται προσφυγή σε Ανοικτά Δεδομένα με εγκυρότητα και αξιοπιστία που παράγονται από επίσημους φορείς, με παράλληλη όμως απώλεια των πλεονεκτημάτων που φέρουν οι πρωτογενείς κατασκευές.

Έτσι, στο τρίτο μέρος της διατριβής διερευνάται η αξιοποίηση των ανοικτών δεδομένων στην σχολική τάξη. Μέσω μιας διδακτικής παρέμβασης που βασίστηκε σε πρωτότυπο εκπαιδευτικό υλικό και ειδικά σχεδιασμένο φύλλο εργασίας οι μαθητές ανέλυσαν ανοικτά δεδομένα που προέρχονται από επίσημους φορείς και εξήγαγαν συμπεράσματα αναφορικά με τις διακυμάνσεις περιβαλλοντικών παραμέτρων και φαινομένων. Η στατιστική ανάλυση των απαντήσεων στα ερωτηματολόγια που συμπλήρωσαν οι μαθητές πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση κατέδειξε σημαντική βελτίωση της περιβαλλοντικής συνείδησης και των δεξιοτήτων ανάλυσης

δεδομένων των μαθητών, με ιδιαίτερη έμφαση στην κατανόηση της συσχέτισης ανθρώπινων δραστηριοτήτων και υδάτινων φαινομένων.

Συμπερασματικά, στο δίλημμα που ανακύπτει, πρωτογενείς κατασκευές για τη συλλογή δεδομένων ή προσφυγή σε ανοικτά δεδομένα επίσημων φορέων, η απάντηση που δίνεται είναι: και πρωτογενείς κατασκευές και αξιοποίηση ανοικτών δεδομένων.

Το εκπαιδευτικό πλαίσιο που προτείνεται αποτελεί ένα συνδυασμό των δύο προσεγγίσεων ενώ περιγράφεται η πορεία σχεδιασμού και εφαρμογής, η οποία καθορίζει τα βήματα ανάπτυξης εκπαιδευτικών σεναρίων που συνδυάζουν τη δημιουργικότητα της πρακτικής κατασκευής με την ανάλυση δεδομένων κλίμακας.

**Θεματική περιοχή:** Εκπαιδευτικές εφαρμογές τεχνολογιών Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) και Ανοικτών Δεδομένων (Open Data) για τη μελέτη της ποιότητας του υδάτινου περιβάλλοντος.

**Λέξεις κλειδιά:** Διαδίκτυο των Πραγμάτων, Ανοικτά Δεδομένα, Εκπαίδευση, Περιβαλλοντικές Παράμετροι.

This PhD thesis explores the use of the Internet of Things (IoT) and Open Data in education, with application to the study of water quality. The integration of theoretical approaches and practices, along with experimental applications, has resulted in the development of an integrated educational framework. This framework incorporates technological innovations within authentic learning scenarios.

The theoretical section of the thesis presents the educational value of IoT technology and highlights its transformative impact on STEM and Making practices. The thesis goes on to analyse the ways in which IoT technology can be used to support and enhance educational practices that are in a constant state of evolution, with a view to increasing learning outcomes, cognitive development, critical thinking, encouraging innovation, and enhancing students' competences and skills.

The second part of the thesis focuses on the design, development and evaluation of a prototype IoT water quality monitoring toolkit. The toolkit under development integrates and interconnects sensors, electronic platforms, data transmission systems and storage mechanisms, and is an integrated infrastructure for real-time information collection, processing and management. The toolkit is gradually improved, completed and evolved until its final version, calibrated on a case-by-case basis and evaluated for measurement reliability. The toolkit is then applied to a variety of water environments, with student participation in the composition and construction of the device, and it is finally evaluated.

The main conclusion drawn is that current technological tools make it possible to establish a language of communication between aquatic ecosystems and the school, allowing real-time data transmission and remote study of their physico-chemical characteristics. The Project-Based Learning (PBL) method engages students in a holistic process that integrates scientific knowledge, technological application and creative design. They approach and analyse the problem under study, studying its specific characteristics, such as temperature, pH, dissolved oxygen, and conductivity, to understand the relationship between physicochemical parameters and water

quality. Students then proactively engage in the construction of an IoT toolkit for the purpose of monitoring water quality. This undertaking involves the organisation of data collection, transmission and storage through the utilisation of cloud computing platforms, facilitating the dissemination of information to designated locations such as the classroom or laboratory.

Finally, conclusions are drawn regarding the perceived value and usability of the toolbox created, with particular reference to the benefits gained by students and the difficulties encountered.

The infrastructure created highlights the potential for motivating and engaging students in authentic learning processes through constructions that combine problem analysis, design, construction, data analysis and conclusions. However, it also shows flaws and difficulties that make it reliable for pilot applications, mainly small-scale ones.

These issues can be mitigated by leveraging Open Data, which is validated and reliable, though this approach does compromise the benefits intrinsic to primary constructs.

The third part of the thesis explores the use of Open Data in the classroom. Utilising a teaching intervention underpinned by original teaching materials and a meticulously designed worksheet, students analysed open data derived from official institutions and derived conclusions regarding variations in environmental parameters and phenomena. Statistical analysis of the responses to the questionnaires completed by the students before and after the teaching intervention showed a significant improvement in students' environmental awareness and data analysis skills, with a particular focus on understanding the correlation between human activities and water phenomena.

In conclusion, the dilemma of whether to use primary constructs for data collection or to rely on open data from official institutions is resolved, with the conclusion being that both primary constructs and the use of open data are valuable.

The proposed educational framework integrates these two approaches, and the design and implementation pathway is delineated, outlining the steps for developing

educational scenarios that amalgamate the creativity of hands-on construction with data analysis at scale.

**Thematic Area:** Educational applications of Internet of Things (IoT) and Open Data technologies for the study of water quality.

**Keywords:** Internet of Things, Open Data, Education, Environmental Parameters.



# Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	4
ABSTRACT .....	7
ΜΕΡΟΣ Α' .....	19
ΤΟ ΙΟΤ ΚΑΙ ΟΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ PBL, STEM, MAKING .....	19
ΕΙΣΑΓΩΓΗ Α' ΜΕΡΟΥΣ .....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 .....	22
ΙΟΤ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ .....	22
1. ΙΟΤ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ .....	22
1.1 Εισαγωγή .....	22
1.2 Ορισμοί και Ιστορική Εξέλιξη του ΙοΤ.....	23
1.2.1 Ορισμοί .....	23
1.2.2 Ιστορική Εξέλιξη .....	24
1.3 Τα οφέλη του ΙοΤ σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα.....	26
1.4 Εφαρμογές και μετασχηματισμός στην τριτοβάθμια εκπαίδευση .....	27
1.5 Ενσωμάτωση του ΙοΤ στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση .....	29
1.5.1 Εκπαιδευτικές Πρακτικές με Βάση το Project-Based Learning (PBL) .....	29
1.5.2 STEM Learning Model Design και ΙοΤ.....	32
1.5.3 Δυνατότητες και προστιθέμενη αξία .....	35
1.6 Επίδραση στη μάθηση και στα οφέλη του ΙοΤ για την εκπαίδευση .....	37
1.6.1 Οφέλη και Ευκαιρίες.....	37
1.6.2 Βελτίωση της μαθησιακής εμπειρίας .....	39
1.7 Αλλαγές στον ρόλο του εκπαιδευτικού και νέες προοπτικές.....	41
1.7.1 Εξέλιξη του ρόλου του εκπαιδευτικού.....	41
1.7.2 Προκλήσεις και νέες πρακτικές.....	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 .....	46
ΙΟΤ ΚΑΙ STEM ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ .....	46
2. ΙΟΤ ΚΑΙ STEM ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ .....	46
2.1 Εισαγωγή .....	46
2.2 Σχέση STEM και ΙοΤ στην εκπαίδευση.....	48
2.3 Εκπαιδευτικά παραδείγματα και κατασκευές ΙοΤ .....	51
2.4 Προστιθέμενη αξία του ΙοΤ στις STEM δραστηριότητες .....	56
2.5 Η σημασία της διαθεματικής προσέγγισης με ΙοΤ στο STEM.....	60
2.6 Περίληψη και συμπεράσματα.....	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 .....	69
ΙΟΤ ΚΑΙ MAKING ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ .....	69
3. ΙΟΤ ΚΑΙ MAKING ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ .....	69
3.1 Εισαγωγή .....	69
3.2 Arduino/ Raspberry Pi και αισθητήρες στο σχολικό εργαστήριο φυσικών επιστημών .....	74
3.3 Υποστήριξη ΙοΤ σε περιβαλλοντικά projects με προσέγγιση Making .....	79
3.4 Εκπαιδευτικά πλεονεκτήματα του Making με Arduino και Raspberry Pi.....	85
3.5 Συμπεράσματα και προτάσεις .....	90
ΜΕΡΟΣ Β' .....	97
ΜΕΛΕΤΗ, ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΔΟΚΙΜΗ ΙΟΤ ΕΡΓΑΛΕΙΟΘΗΚΗΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΩΝ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....	97
ΕΙΣΑΓΩΓΗ Β' ΜΕΡΟΥΣ .....	98

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b> .....	<b>101</b>
<b>ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΩΝ</b> .....	<b>101</b>
4. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΩΝ.....	101
4.1 Εισαγωγή.....	101
4.2 Φυσικοχημικές παράμετροι ελέγχου ποιότητας νερού .....	103
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</b> .....	<b>111</b>
<b>ΠΡΩΤΗ ΕΚΔΟΣΗ ΤΗΣ ΙΟΤ ΕΡΓΑΛΕΙΟΘΗΚΗΣ - ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ</b> .....	<b>111</b>
5. ΠΡΩΤΗ ΕΚΔΟΣΗ ΤΗΣ ΙΟΤ ΕΡΓΑΛΕΙΟΘΗΚΗΣ - ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ” .....	111
5.1 Εισαγωγή.....	111
5.2 Ανάπτυξη της ΙοΤ εργαλειοθήκης.....	113
5.2.1 Σχεδίαση συσκευής.....	113
5.2.2 Πρωτότυπη εφαρμογή για κινητά .....	116
5.2.3 Βαθμονόμηση και αξιολόγηση της συσκευής.....	118
5.3 Σχεδίαση ενός εκπαιδευτικού παιχνιδιού αξιοποίησης τεχνολογίας ΙοΤ .....	120
5.4 Δοκιμή σε περιβάλλοντα πραγματικού κόσμου.....	122
5.5 Συζήτηση και συμπεράσματα.....	123
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6</b> .....	<b>126</b>
<b>ΔΕΥΤΕΡΗ ΕΚΔΟΣΗ ΤΗΣ ΙΟΤ ΕΡΓΑΛΕΙΟΘΗΚΗΣ ΚΑΙ ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ</b> .....	<b>126</b>
6. ΔΕΥΤΕΡΗ ΕΚΔΟΣΗ ΤΗΣ ΙΟΤ ΕΡΓΑΛΕΙΟΘΗΚΗΣ ΚΑΙ ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ’ ...	126
6.1 Εισαγωγή.....	126
6.2 Η εφαρμογή.....	128
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7</b> .....	<b>133</b>
<b>ΙΟΤ ΕΡΓΑΛΕΙΟΘΗΚΗ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΠΕΔΙΟΥ ΣΕ ΛΙΜΝΑΙΟ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑ</b> .....	<b>133</b>
7. ΙΟΤ ΕΡΓΑΛΕΙΟΘΗΚΗ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΠΕΔΙΟΥ ΣΕ ΛΙΜΝΑΙΟ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑ.....	133
7.1 Εισαγωγή.....	133
7.2 Μεθοδολογία και εφαρμογή της εκπαιδευτικής παρέμβασης.....	134
7.3 Περιγραφή της ερευνητικής εκπαιδευτικής δράσης .....	136
7.3.1 Περιγραφή διαδικασίας χημικού ελέγχου .....	139
7.3.2 Μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων.....	140
7.3.3 Περιγραφή διαδικασίας βιολογικού ελέγχου .....	142
7.4 Τα ευρήματα της εκπαιδευτικής παρέμβασης.....	144
7.5 Συμπεράσματα .....	145
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8</b> .....	<b>147</b>
<b>ΤΡΙΤΗ ΕΚΔΟΣΗ ΤΗΣ ΙΟΤ ΕΡΓΑΛΕΙΟΘΗΚΗΣ - ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΔΟΚΙΜΗ ΣΕ ΠΟΤΑΜΙΑ ΥΔΑΤΑ</b> .....	<b>147</b>
8. ΤΡΙΤΗ ΕΚΔΟΣΗ ΤΗΣ ΙΟΤ ΕΡΓΑΛΕΙΟΘΗΚΗΣ - ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΔΟΚΙΜΗ ΣΕ ΠΟΤΑΜΙΑ ΥΔΑΤΑ .....	147
8.1 Εισαγωγή.....	147
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9</b> .....	<b>154</b>
<b>ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΥ ΙΟΤ ΕΡΓΑΛΕΙΟΘΗΚΗΣ</b> .....	<b>154</b>
9. ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΥ ΙΟΤ ΕΡΓΑΛΕΙΟΘΗΚΗΣ’.....	154
9.1 Εισαγωγή.....	154
9.2 Περιγραφή συσκευής.....	154
9.3 Ομάδες εργασίας και προγραμματισμός .....	157
9.4 Συμπεράσματα .....	160
<b>ΜΕΡΟΣ Γ’</b> .....	<b>165</b>
<b>ΑΝΟΙΧΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ</b> .....	<b>165</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ Γ’ ΜΕΡΟΥΣ</b> .....	<b>166</b>

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10</b> .....	<b>168</b>
<b>ΑΝΟΙΧΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ</b> .....	<b>168</b>
10. ΑΝΟΙΧΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....	168
10.1 Ορισμοί και ιστορική αναδρομή .....	168
10.2 Εφαρμογές εκτός εκπαίδευσης.....	173
10.3 Τα Ανοικτά Δεδομένα στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση .....	177
10.4 Επιλεγμένα παραδείγματα αξιοποίησης στην τάξη και σχετικών ερευνητικών εργασιών .....	183
10.5 Συμπεράσματα αναφορικά με την αξιοποίηση των Ανοικτών Δεδομένων στην εκπαίδευση.....	189
10.5.1 Πλεονεκτήματα και ωφέλη .....	189
10.5.2 Δυσκολίες και προκλήσεις .....	191
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11</b> .....	<b>195</b>
<b>ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ ΑΝΟΙΧΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΛΙΜΑΚΑΣ</b> .....	<b>195</b>
11. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ ΑΝΟΙΧΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΛΙΜΑΚΑΣ .....	195
11.1 Εισαγωγή.....	195
11.2 Το ερωτηματολόγιο.....	196
11.2.1 Η δομή του ερωτηματολογίου .....	196
11.2.2 Πρακτικές που ακολουθήθηκαν για τον σχεδιασμό του ερωτηματολογίου .....	203
11.3 Διδακτική παρέμβαση - Εκπαιδευτικό υλικό, Φύλλο εργασίας.....	207
11.3.1 Περιγραφή – Περιεχόμενο διδακτικής παρέμβασης.....	207
11.3.2 Φύλλο εργασίας.....	218
11.4 Συμπεράσματα .....	231
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12</b> .....	<b>241</b>
<b>ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ</b> .....	<b>241</b>
12. ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ .....	241
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	<b>245</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ</b> .....	<b>267</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I: WATER QUALITY MONITORING</b> .....	<b>268</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II: ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ</b> .....	<b>273</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ</b> .....	<b>283</b>

## Κατάλογος Εικόνων – Πινάκων – Διαγραμμάτων

### Κύριο Μέρος - Κεφάλαια Διατριβής

<b>Εικόνα 1.</b> Πρωτότυπη εργαλειοθήκη .....	115
<b>Εικόνα 2.</b> Στιγμιότυπο οθόνης της εφαρμογής για κινητά τηλέφωνα .....	118
<b>Εικόνα 3.</b> Σημεία δειγματοληψίας σε τρία νησιά των Κυκλάδων .....	128
<b>Εικόνα 4.</b> Καταγραφή δεδομένων στο Άνω Κουφονήσι .....	129
<b>Εικόνα 5.</b> Ο αισθητήρας της θολότητας τέθηκε εκτός λειτουργίας λόγω διάβρωσης .....	131
<b>Εικόνα 6.</b> Στιγμιότυπα από την εκπαιδευτική δράση στην λίμνη Κουμουνδούρου .....	137
<b>Εικόνα 7.</b> Δειγματοληψία νερού από την λίμνη Κουμουνδούρου για χημική ανάλυση .....	138

<b>Εικόνα 8.</b> Εργαστηριακές χημικές αναλύσεις από τους μαθητές για τον προσδιορισμό των θρεπτικών συστατικών στον κινητό εργαστηριακό σταθμό του ΕΛΚΕΘΕ.....	140
<b>Εικόνα 9.</b> Μετρήσεις φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού της λίμνης με την πρωτότυπη συσκευή .....	141
<b>Εικόνα 10.</b> Μακροσκοπική αναγνώριση με στερεοσκόπια και σχετικά κλειδιά στο πεδίο .....	143
<b>Εικόνα 11.</b> Η συσκευή μετά την αναβάθμιση λειτουργίας.....	148
<b>Εικόνα 12.</b> Θέση τοποθέτησης του σταθμού στο ρέμα της Πικροδάφνης.....	149
<b>Εικόνα 13.</b> Τοποθέτηση του σταθμού στο ρέμα της Πικροδάφνης.....	150
<b>Εικόνα 14.</b> Τα κανάλια του σταθμού στην πλατφόρμα ThingSpeak.....	156
<b>Εικόνα 15.</b> Διαγράμματα των φυσικοχημικών παραμέτρων στην πλατφόρμα ThingSpeak .....	157
<b>Εικόνα 16.</b> Διαγράμματα συνδεσμολογίας αισθητήρων .....	158
<b>Εικόνα 17.</b> Συνδεσμολογία του σταθμού.....	159
<b>Εικόνα 18.</b> Συνδεσμολογία στο εσωτερικό του σταθμού .....	159
<b>Εικόνα 19.</b> Η σχέση των Ανοικτών Δεδομένων με άλλους τύπους Δεδομένων, McKinsey Global Institute analysis .....	169
<b>Εικόνα 20.</b> Η πυραμίδα DIKW. Russ Ackoff "From Data to Wisdom" .....	181
<b>Εικόνα 21.</b> Καταγραφή της στάθμης στον σταθμό «Ατσίχολου» στον Λούσιο ποταμό (Αρκαδία). Τα σημεία απότομης αύξησης της στάθμης επισημαίνονται με κόκκινο κύκλο. ....	208
<b>Εικόνα 22.</b> Ο ποταμός Κηφισός στην Αττική, με βασική ροή (αριστερή) και στο όριο της υπερχειλίσης (δεξιά) μετά από επεισόδιο έντονης βροχόπτωσης. ....	208
<b>Εικόνα 23.</b> Η μετακίνηση του πλημμυρικού κύματος στον Σπερχειό ποταμό, από τον σταθμό «Λουτρά Υπάτης» (επάνω) που βρίσκεται ανάντη του ποταμού προς τον σταθμό «Ανθήλη» που βρίσκεται κατάντη και κοντά στις εκβολές του Σπερχειού.....	209
<b>Εικόνα 24.</b> Η αποτύπωση της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας, στον σταθμό «Αλαμάνα» στο ποταμό Σπερχειό. ....	210
<b>Εικόνα 25.</b> Η αποτύπωση της ετήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας για την τριετία 2017-2020, στον σταθμό «Αλαμάνα» στο ποταμό Σπερχειό. ....	211
<b>Εικόνα 26.</b> Συσχέτιση της διακύμανσης της θερμοκρασίας (μπλε γραμμή) και της συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου (πορτοκαλί γραμμή) στο νερό ενός ποταμού κατά τη διάρκεια ενός έτους (USGS, 2018).....	212
<b>Εικόνα 27.</b> Ημερήσια διακύμανση του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό, από την διαδικασία της φωτοσύνθεσης και της αναπνοής (Geography QMUL, 2022).....	213
<b>Εικόνα 28.</b> Κλίματα μέτρησης του pH (τιμές 0-14) και χρωματική διαβάθμιση από τις πιο όξινες συνθήκες (κόκκινο χρώμα) στις πιο βασικές (μωβ χρώμα). (Geography QMUL, 2022) .....	215
<b>Εικόνα 29.</b> Απεικόνιση τεσσάρων επεισοδίων κατά τα οποία απότομη αύξηση της στάθμης προκαλούν μείωση της τιμής της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, στον ποταμό Κηφισό (Αττικό). ....	217
<hr/>	
<b>Πίνακας 1.</b> Δεδομένα που προέκυψαν κατά τη μέτρηση στη μαρίνα της Ίου .....	130

<b>Πίνακας 2.</b> Πίνακας τιμών των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού της λίμνης Κουμουνούρου που κατέγραψε η πρωτότυπη συσκευή.....	141
---	-----

<b>Διάγραμμα 1:</b> Διάγραμμα pH - Θερμοκρασίας .....	152
---	-----

<b>Διάγραμμα 2.</b> Διάγραμμα τιμών TDS από τα δεδομένα του σταθμού .....	153
---	-----

## **Παραρτήματα**

<i>Πίνακας 1. Δημογραφικά Χαρακτηριστικά των Μαθητών ανά Ομάδα (Ομάδα Ελέγχου και Ομάδα Εκπαιδευτικής Παρέμβασης).....</i>	285
--	-----

<i>Πίνακας 2. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο σε Σχέση με την Οικειότητα και το Ενδιαφέρον για το Αντικείμενο της Υδρογεωλογίας πριν την Εκπαιδευτική Παρέμβαση .....</i>	288
---	-----

<i>Πίνακας 3. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο σε Σχέση με τα Κίνητρα για Επαγγελματική Ενασχόληση πριν την Εκπαιδευτική Παρέμβαση .....</i>	289
---	-----

<i>Πίνακας 4. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο σχετικά με τη Σημαντικότητα των Επιστημονικών Στοιχείων για την Προστασία του Νερού πριν την Εκπαιδευτική Παρέμβαση .....</i>	291
---	-----

<i>Πίνακας 5. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο σχετικά με την Αυτο-αποτελεσματικότητα στη Διαχείριση Επιστημονικών Εννοιών πριν την Εκπαιδευτική Παρέμβαση .....</i>	293
---	-----

<i>Πίνακας 6. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο σχετικά με την Ανησυχία από Έντονα Φαινόμενα πριν την Εκπαιδευτική Παρέμβαση.....</i>	294
---	-----

<i>Πίνακας 7. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο σχετικά με τις Πηγές Πληροφόρησης πριν την Εκπαιδευτική Παρέμβαση .....</i>	297
---	-----

<i>Πίνακας 8. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο σχετικά με την Ανησυχία από Συμβάντα πριν την Εκπαιδευτική Παρέμβαση .....</i>	298
--	-----

<i>Πίνακας 9. Ποσοστά Σωστών και Λάθος Απαντήσεων των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο πριν την Εκπαιδευτική Παρέμβαση .....</i>	301
--	-----

<i>Πίνακας 10. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις της Οικειότητας, Κινήτρων, και Ανησυχιών ανά Φύλο σε Διάφορες Μεταβλητές Σχετικές με την Υδρογεωλογία.....</i>	303
--	-----

<i>Πίνακας 11. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Φύλο και Τμήμα σε Διάφορες Μεταβλητές πριν την Εκπαιδευτική Παρέμβαση.....</i>	304
--	-----

<i>Πίνακας 12. Πίνακας Συσχετίσεων Spearman Μεταξύ των Μεταβλητών πριν την Εκπαιδευτική Παρέμβαση .....</i>	307
---	-----

<i>Πίνακας 13. Αποτελέσματα Ανάλυσης Διακόμανσης (ANOVA) για την Εξέταση της Επίδρασης του Φύλου, της Τάξης και της Ηλικίας στην Οικειότητα και το Ενδιαφέρον για το Αντικείμενο .....</i>	309
--	-----

<i>Πίνακας 14. Αποτελέσματα Μονοπαραγοντικής Ανάλυσης Διακόμανσης (Univariate Analysis of Variance) για τη Σημαντικότητα Επιστημονικών Στοιχείων σε Σχέση με το Φύλο, την Τάξη και την Ηλικία .....</i>	311
---	-----

<i>Πίνακας 15. Αποτελέσματα Μονοπαραγοντικής Ανάλυσης Διακόμανσης (Univariate Analysis of Variance) για τη Σημασία των Φαινομένων για την Περιοχή Διαβίωσης σε Σχέση με το Φύλο, την Τάξη και την Ηλικία .....</i>	312
--	-----

Πίνακας 16. Αποτελέσματα Μονοπαραγοντικής Ανάλυσης Διακύμανσης (Univariate Analysis of Variance) για την Αυτο-αποτελεσματικότητα στη Διαχείριση Επιστημονικών Εννοιών σε Σχέση με το Φύλο, την Τάξη και την Ηλικία.....	314
Πίνακας 17. Αποτελέσματα Μονοπαραγοντικής Ανάλυσης Διακύμανσης (Univariate Analysis of Variance) για την Ανησυχία από Συμβάντα σε Σχέση με το Φύλο, την Τάξη και την Ηλικία.....	315
Πίνακας 18. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο για την Οικειότητα και το Ενδιαφέρον σχετικά με την Υδρογεωλογία μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση .....	317
Πίνακας 19. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο για τα Κίνητρα Επαγγελματικής Ενασχόλησης στην Υδρογεωλογία μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση.....	318
Πίνακας 20. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο για τη Σημαντικότητα των Επιστημονικών Στοιχείων στην Προστασία του Νερού μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση .....	319
Πίνακας 21 Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο για τη Σημασία Φαινομένων για την Περιοχή Διαβίωσης μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση .....	320
Πίνακας 22. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο για την Αυτο-αποτελεσματικότητα στη Διαχείριση Επιστημονικών Εννοιών μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση .....	321
Πίνακας 23. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο για την Ανησυχία από Έντονα Φαινόμενα που Επηρεάζουν τα Υδάτινα Περιβάλλοντα μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση .....	325
Πίνακας 24. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο για τις Πηγές Πληροφόρησης σχετικά με την Υδρογεωλογία μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση .....	325
Πίνακας 25. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο για την Ανησυχία από Συμβάντα που Επηρεάζουν το Περιβάλλον και την Κοινωνία.....	326
Πίνακας 26. Διαφοροποιήσεις στην Οικειότητα, το Ενδιαφέρον, και τα Κίνητρα των Μαθητών ανά Φύλο και Τμήμα μετά την Εκπαιδευτική Παρέμβαση .....	327
Πίνακας 27. Πίνακας Συσχετίσεων Μεταξύ Οικειότητας, Κινήτρων, και Άλλων Μεταβλητών Μετά την Εκπαιδευτική Παρέμβαση .....	331
Πίνακας 28. Σύγκριση των Μέσων Τιμών Μεταξύ της Ομάδας Ελέγχου και της Ομάδας Παρέμβασης Μετά την Εκπαιδευτική Παρέμβαση .....	332
Πίνακας 29. Σύγκριση των Πηγών Πληροφόρησης Μεταξύ της Ομάδας Ελέγχου και της Ομάδας Παρέμβασης Μετά την Εκπαιδευτική Παρέμβαση.....	335
Πίνακας 30. Σύγκριση των Μέσων Τιμών Πριν και Μετά την Εκπαιδευτική Παρέμβαση και Εκτίμηση του Μεγέθους Επίδρασης (τμήματα B2, B4 και B5).....	336
Πίνακας 31 Σύγκριση των Μέσων Τιμών των Πηγών Πληροφόρησης Πριν και Μετά την Εκπαιδευτική Παρέμβαση .....	339
Πίνακας 32. Ανάλυση επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (repeated measures ANOVA) για την Οικειότητα/ Ενδιαφέρον για το αντικείμενο.....	341
Πίνακας 33. Ανάλυση επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (repeated measures ANOVA) για τη σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων .....	343
Πίνακας 34. Ανάλυση επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (repeated measures ANOVA) για την αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών .....	345
Πίνακας 35. Ανάλυση επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (repeated measures ANOVA) για την ανησυχία από έντονα φαινόμενα.....	346

Πίνακας 36. Ανάλυση επαναλαμβανόμενων μετρήσεων ( <i>repeated measures ANOVA</i> ) για την ανησυχία από συμβάντα.....	347
Πίνακας 37. Ανάλυση επαναλαμβανόμενων μετρήσεων ( <i>repeated measures ANOVA</i> ) για την επίδοση στην αξιολόγηση γνώσεων.....	348
<hr/>	
Διάγραμμα 1. Εκτιμώμενες οριακές μέσες τιμές της οικειότητας/ενδιαφέροντος για το αντικείμενο, σε σχέση με την τάξη και το φύλο.....	309
Διάγραμμα 2. Εκτιμώμενες οριακές μέσες τιμές της σημαντικότητας των επιστημονικών στοιχείων, σε σχέση με την τάξη και το φύλο.....	311
Διάγραμμα 3. Εκτιμώμενες οριακές μέσες τιμές της σημαντικότητας φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης, σε σχέση με την τάξη και το φύλο.....	313
Διάγραμμα 4. Εκτιμώμενες οριακές μέσες τιμές της αυτο-αποτελεσματικότητας στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών, σε σχέση με την τάξη και το φύλο.....	313
Διάγραμμα 5. Εκτιμώμενες οριακές μέσες τιμές της ανησυχίας από συμβάντα, σε σχέση με την τάξη και το φύλο.....	316
Διάγραμμα 6. Εκτιμώμενες οριακές μέσες τιμές της οικειότητας/ ενδιαφέροντος για το αντικείμενο πριν και μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση, σε σχέση με α) το τμήμα, β) την ηλικία γ) το τμήμα για τα αγόρια και δ) το τμήμα για τα κορίτσια.....	342
Διάγραμμα 7. Εκτιμώμενες οριακές μέσες τιμές της σημαντικότητας των επιστημονικών στοιχείων πριν και μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση.....	343
Διάγραμμα 8. Εκτιμώμενες οριακές μέσες τιμές για την αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών πριν και μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση ανά α) τμήμα, β) ηλικία για τα αγόρια και γ) ηλικία για τα κορίτσια.....	345
Διάγραμμα 9. Εκτιμώμενες οριακές μέσες τιμές για την ανησυχία από έντονα φαινόμενα πριν και μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση ανά α) ηλικία για τα αγόρια και β) ηλικία για τα κορίτσια.....	346
Διάγραμμα 10. Εκτιμώμενες οριακές μέσες τιμές για την ανησυχία από συμβάντα πριν και μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση.....	347
Διάγραμμα 11. Εκτιμώμενες οριακές μέσες τιμές για την επίδοση των μαθητών στην αξιολόγηση γνώσεων πριν και μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση.....	348



## ΜΕΡΟΣ Α΄

---

---

Το ΙοΤ και οι εκπαιδευτικές  
προσεγγίσεις και πρακτικές PBL, STEM,  
Making

## Εισαγωγή Α' Μέρους

Στο μέρος Α' της διατριβής παρουσιάζεται η εκπαιδευτική αξία της τεχνολογίας του Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things – IoT) και η επίδραση που αυτή έχει σε εκπαιδευτικές προσεγγίσεις και πρακτικές όπως PBL, STEM, Making.

Αναλύονται οι τρόποι με τους οποίους η τεχνολογία IoT μπορεί να συμπλακεί και να τροφοδοτήσει δυναμικά εξελισσόμενες εκπαιδευτικές πρακτικές, πολλαπλασιάζοντας τα αποτελέσματα της μάθησης, της γνωστικής ανάπτυξης, της κριτικής σκέψης, της ενθάρρυνσης της καινοτομίας, της αναβάθμισης των ικανοτήτων και των δεξιοτήτων των μαθητών.

Στο Πρώτο Κεφάλαιο εκτίθεται η περιγραφή και η ιστορική εξέλιξη της τεχνολογίας IoT, παρουσιάζονται παραδείγματα εφαρμογών IoT στην εκπαίδευση, αναλύονται οι δυνατότητες και η προστιθέμενη αξία της εκπαιδευτικής αξιοποίησης, και εξετάζεται ο ρόλος του εκπαιδευτικού στο πλαίσιο ενσωμάτωσης της τεχνολογίας IoT.

Το Δεύτερο Κεφάλαιο εστιάζει στη σχέση μεταξύ του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) και της εκπαίδευσης STEM (Επιστήμη, Τεχνολογία, Μηχανική και Μαθηματικά). Αρχικά, παρέχεται μια εισαγωγή στην έννοια και τη φιλοσοφία του STEM, ακολουθούμενη από μια ενδελεχή ανάλυση της αλληλεπίδρασης μεταξύ STEM και IoT. Στη συνέχεια, εξετάζεται η προστιθέμενη εκπαιδευτική αξία που προσφέρει η ενσωμάτωση του IoT σε δραστηριότητες STEM, αναδεικνύοντας τις νέες δυνατότητες και προοπτικές που ανοίγονται. Τέλος, υπογραμμίζεται η σημασία της διαθεματικής προσέγγισης στη διδασκαλία STEM με τη χρήση τεχνολογιών IoT, τονίζοντας πώς αυτή η συνδυαστική μέθοδος μπορεί να ενισχύσει την κατανόηση και να προωθήσει την καινοτομία στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Στο Τρίτο Κεφάλαιο επιχειρείται μια εισαγωγή στο Making και την εκπαιδευτική του αξία. Παρουσιάζεται μια προσέγγιση μάθησης που αξιοποιεί μικρο-ελεγκτές και μικρο-επεξεργαστές, όπως το Arduino και το Raspberry, καθώς και αισθητήρες. Επίσης, αναλύεται η υποστήριξη που παρέχει το IoT σε περιβαλλοντικά

projects, ενώ διερευνώνται τα εκπαιδευτικά πλεονεκτήματα των ψηφιακών πλακετών.

Τέλος, ακολουθούν ορισμένα συμπεράσματα.

### 1. IoT και Εκπαίδευση

#### 1.1 Εισαγωγή

Η ραγδαία ανάπτυξη του Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things - IoT) τα τελευταία χρόνια έχει επιφέρει σημαντικές αλλαγές σε πολλούς τομείς της καθημερινής ζωής και της οικονομίας. Το IoT, ως ένα δίκτυο διασυνδεδεμένων συσκευών που συλλέγουν και ανταλλάσσουν δεδομένα, προσφέρει πρωτοφανείς ευκαιρίες για την ενίσχυση της αποδοτικότητας και της αυτοματοποίησης σε διάφορους κλάδους. Η τεχνολογία αυτή ενσωματώνει ποικίλες τεχνολογίες, όπως ασύρματη δικτύωση και ευφυείς αισθητήρες, επιτρέποντας στις συσκευές να συλλέγουν, να επεξεργάζονται και να διαβιβάζουν δεδομένα αυτόνομα.

Στον τομέα της εκπαίδευσης, το IoT προσφέρει τη δυνατότητα του μετασχηματισμού των παραδοσιακών τάξεων σε δυναμικά, διαδραστικά περιβάλλοντα μάθησης. Χαρακτηριστικά παραδείγματα περιλαμβάνουν την αυτόματη παρακολούθηση της παρουσίας των μαθητών μέσω τεχνολογίας RFID, τη βελτιστοποίηση των περιβαλλοντικών συνθηκών στην τάξη για ενίσχυση της μαθησιακής εμπειρίας, και την παροχή εξατομικευμένων μαθησιακών εμπειριών βάσει δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Ταυτόχρονα, ανοίγει νέους ορίζοντες, δημιουργώντας μια **αδιάλειπτη σύνδεση μεταξύ της τάξης και των φυσικών οικοσυστημάτων**. Αυτή η καινοτόμος προσέγγιση επιτρέπει στους μαθητές να αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον με τρόπους που ήταν αδιανόητοι στο παρελθόν. Μέσω της χρήσης αισθητήρων IoT και συνδεδεμένων συσκευών, οι μαθητές μπορούν να συλλέγουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από διάφορα οικοσυστήματα, είτε πρόκειται για ένα κοντινό δάσος, μια λίμνη ή ακόμα και έναν αστικό κήπο.

Καθώς προχωρούμε προς ένα μέλλον όπου η τεχνολογία και η εκπαίδευση συγκλίνουν όλο και περισσότερο, η κατανόηση και η αποτελεσματική αξιοποίηση του

IoT στην εκπαιδευτική διαδικασία γίνεται ολοένα και πιο σημαντική. Μέσα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, το Κεφάλαιο αυτό στοχεύει να εξερευνήσει τις δυνατότητες, τις προκλήσεις και τις μελλοντικές προοπτικές του IoT στην εκπαίδευση, αναδεικνύοντας πώς αυτή η τεχνολογία μπορεί να επιδράσει στις διαδικασίες της μάθησης και να προετοιμάσει τους μαθητές για έναν ολοένα και πιο συνδεδεμένο κόσμο.

## 1.2 Ορισμοί και Ιστορική Εξέλιξη του IoT

### 1.2.1 Ορισμοί

Το «Διαδίκτυο των Πραγμάτων» (Internet of Things - IoT) αποτελεί μια μετασχηματιστική έννοια στην οποία φυσικές συσκευές και συστήματα διασυνδέονται μέσω του Διαδικτύου, επιτρέποντας την απρόσκοπτη ανταλλαγή δεδομένων και αλληλεπίδραση. Το IoT ενσωματώνει ποικίλες τεχνολογίες, όπως ασύρματη δικτύωση και ευφυείς αισθητήρες, ώστε οι συσκευές, που συνήθως αναφέρονται ως «έξυπνες συσκευές», να μπορούν να συλλέγουν, να επεξεργάζονται και να διαβιβάζουν δεδομένα αυτόνομα (Rayes & Salam, 2022). Αυτές οι συσκευές, οι οποίες περιλαμβάνουν από οικιακές συσκευές έως βιομηχανικά μηχανήματα, μπορούν να παρακολουθούν περιβάλλοντα, να λαμβάνουν αποφάσεις βάσει δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και να εκτελούν ενέργειες ανεξάρτητα ή σε συντονισμό με άλλες συσκευές, χωρίς να απαιτείται η παρέμβαση του χρήστη (Quezada Sarmiento et al., 2018; Kanth et al., 2019).

Μέσω αυτών των συνδέσεων, τα συστήματα IoT διευκολύνουν εκτεταμένες αλληλεπιδράσεις «πραγμάτων προς πράγματα», οι οποίες επαναπροσδιορίζουν την παραδοσιακή λειτουργία των συσκευών ενισχύοντας την αυτοματοποίηση και την ανταπόκριση, αναδιαμορφώνοντας έτσι τον τρόπο με τον οποίο τα άτομα και οι οργανισμοί εμπλέκονται καθημερινά με την τεχνολογία (Kanth et al., 2019). Το διευρυνόμενο πεδίο εφαρμογής του IoT, όπως σημειώνεται από τους Quezada Sarmiento et al. (2018), υπογραμμίζει την επιρροή του σε διάφορους τομείς, καθώς προωθεί την ενσωμάτωση διασυνδεδεμένων συστημάτων που βελτιώνουν τη

λειτουργική αποτελεσματικότητα και δημιουργούν πιο ευέλικτες εφαρμογές με επίγνωση του πλαισίου<sup>1</sup>.

### 1.2.2 Ιστορική Εξέλιξη

Το IoT ξεκίνησε με τις προσπάθειες να καταστεί δυνατή η επικοινωνία μεταξύ μηχανών, μια ιδέα που απέκτησε έδαφος με την εισαγωγή της τεχνολογίας RFID (Radio Frequency Identification). Ο Kevin Ashton επινόησε για πρώτη φορά τον όρο «Internet of Things» το 1999, τονίζοντας τη δυνατότητα επικοινωνίας αντικειμένων μέσω του διαδικτύου (Rahmani et al., 2022). Η ιδέα αυτή βρήκε την πρώιμη υλοποίησή της όταν μια ομάδα του Πανεπιστημίου του Κέιμπριτζ συνέδεσε μια μηχανή καφέ στο διαδίκτυο, επιτρέποντας στο προσωπικό να ελέγχει εξ αποστάσεως τα επίπεδα του καφέ της. Τέτοιες καινοτομίες έδειξαν πώς το IoT θα μπορούσε να γεφυρώσει το φυσικό και το ψηφιακό πεδίο, θέτοντας τα θεμέλια για το σημερινό διασυνδεδεμένο περιβάλλον (Rahmani, et al., 2022; Zainuddin et al., 2021).

Η ανάπτυξη του IoT επιταχύνθηκε καθώς η ασύρματη συνδεσιμότητα και η υπολογιστική νέφους έγιναν ευρέως προσβάσιμες. Αυτές οι εξελίξεις κατέστησαν εφικτή την αυτόνομη ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των συσκευών, εξελίσσοντας το IoT από ένα απλό πλαίσιο επικοινωνίας σε ένα σύνθετο δίκτυο έξυπνων αντικειμένων με ποικίλες εφαρμογές. Ειδικότερα, η Βιομηχανία 4.0, γνωστή και ως τέταρτη βιομηχανική επανάσταση, σηματοδότησε ένα σημαντικό άλμα για το IoT. Αυτή η εποχή εισήγαγε αυτοματοποιημένα, καθοδηγούμενα από δεδομένα συστήματα παραγωγής, όπου οι μηχανές μπορούσαν να συλλέγουν, να αναλύουν και να ανταποκρίνονται σε δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Αυτός ο μετασχηματισμός επέτρεψε στις βιομηχανίες να βελτιστοποιήσουν τις διαδικασίες, να μειώσουν τη σπατάλη και να αυξήσουν την αποδοτικότητα, καθιερώνοντας το IoT ως βασικό συστατικό της σύγχρονης τεχνολογίας (Rahmani et al., 2022).

Καθώς η τεχνολογία εξελισσόταν, οι εφαρμογές του IoT επεκτάθηκαν πέρα από τα βιομηχανικά πλαίσια και συμπεριέλαβαν τομείς όπως η κατασκευή έξυπνων

---

<sup>1</sup> Η επίγνωση πλαισίου (context awareness) είναι «η ικανότητα ενός συστήματος να ανακαλύπτει, να ερμηνεύει, να συμπεραίνει, να αξιοποιεί και να συλλογίζεται βάσει της περιρρέουσας πληροφορίας, ώστε να λαμβάνει αποφάσεις, να προβαίνει σε προκαθορισμένες ενέργειες και να προσαρμόζεται σε διάφορες καταστάσεις» (Anagnostopoulos, Tsounis & Hadjiefthymiades, 2006).

κτηρίων και αστικών δομών, η παροχή υπηρεσιών υγείας, η γεωργία και η κτηνοτροφία, η ενέργεια, τα μέσα μεταφοράς, κ.λπ. Συσκευές υλοποιημένες ως έξυπνα αντικείμενα με ενσωματωμένους αισθητήρες που ανιχνεύουν τις μεταβολές φυσικών μεγεθών και μπορούν να ενεργούν αυτόνομα, αντιδρώντας χωρίς επίβλεψη στις μεταβολές του περιβάλλοντος, προσφέρουν τη δυνατότητα λεπτομερούς παρακολούθησης του περιβάλλοντος σε πραγματικό χρόνο, ενώ η γνώση και ανάλυση των μετρούμενων δεδομένων βοηθά στην λήψη καλύτερων αποφάσεων και στην υιοθέτηση αποδοτικότερων τρόπων λειτουργίας και εξοικονόμησης πόρων. Σύμφωνα με τους Gubbi et al (2013) τα φυσικά αντικείμενα μετατρέπονται σε έξυπνα αντικείμενα και τους παρέχεται η δυνατότητα να «βλέπουν», να «ακούν», να «σκέφτονται» και να εκτελούν εργασίες «μιλώντας» μεταξύ τους, ενώ μοιράζονται πληροφορίες και συντονίζουν αποφάσεις. Για παράδειγμα, οι έξυπνες πόλεις αξιοποιούν το IoT για τον έλεγχο της κυκλοφορίας, την περιβαλλοντική παρακολούθηση και τη δημόσια ασφάλεια. Έξυπνα συστήματα ενημερώνουν για τις μεταβολές της κυκλοφοριακής κίνησης στους δρόμους, για τις ελεύθερες θέσεις στάθμευσης, για την θέση και το χρόνο άφιξης των μέσων μαζικής μεταφοράς καθώς και για τους ρύπους στον ατμοσφαιρικό αέρα ανά περιοχή. Στην υγειονομική περίθαλψη, συστήματα παρακολούθησης ασθενών και έξυπνες ιατρικές συσκευές καθώς και συσκευές παρακολούθησης λήψης φαρμάκων, επιτρέπουν την παρακολούθηση της κατάστασης της υγείας των ασθενών, τη διαχείριση χρόνιων παθήσεων και την παροχή έγκαιρης παρέμβασης. Το IoT παρέχει έξυπνες φορητές (wearable) συσκευές για την καταγραφή των βιομετρικών στοιχείων του ασθενούς όπως η πίεση του αίματος, ο καρδιακός ρυθμός, το ποσοστό οξυγόνου ή γλυκόζης στο αίμα, κ.ο.κ. Έτσι μπορούμε να παρακολουθούμε συνεχώς την υγεία του ασθενούς, και έχουμε τη δυνατότητα άμεσης αποστολής προειδοποιητικών μηνυμάτων κάθε φορά που η μεταβολή των στοιχείων συσχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο. Επιπρόσθετα, είναι δυνατή η ανάπτυξη αλγορίθμων πρόγνωσης, οι οποίοι με βάση το σύνολο των διαθέσιμων βιομετρικών δεδομένων, να προβλέπουν πιθανούς μελλοντικούς κινδύνους υγείας. Το IoT μπορεί να διευκολύνει τις αγροτικές εργασίες συλλέγοντας δεδομένα σχετικά με την βροχόπτωση, την υγρασία, τη θερμοκρασία και την περιεκτικότητα του εδάφους σε θρεπτικά στοιχεία και ταυτόχρονα βοηθάει στην αυτοματοποίηση των τεχνικών καλλιέργειας. Έχοντας

άμεση και συνεχή εικόνα της ανάπτυξης των φυτών/ ζώων βοηθά τους αγρότες/ κτηνοτρόφους να προσδιορίσουν με ακρίβεια την ποσότητα λιπασμάτων/ τροφής ή των φυτοφαρμάκων/ κτηνιατρικών φαρμάκων που πρέπει να χρησιμοποιηθούν. Στον τομέα της διαχείρισης ενέργειας, τα έξυπνα ενεργειακά δίκτυα (smart grid) και οι έξυπνοι μετρητές (smart meter) επιτρέπουν την παρακολούθηση και τη βελτιστοποίηση της χρήσης ενέργειας, τη διαχείριση προγραμμάτων απόκρισης στη ζήτηση και την αποτελεσματικότερη ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τέλος, στη βιομηχανία των μεταφορών, συστήματα που υποστηρίζονται από το IoT παρακολουθούν την αποδοτικότητα καυσίμων των συνδεδεμένων οχημάτων για τη μείωση του κόστους και βελτιστοποιούν τις διαδρομές που ακολουθούνται παρακολουθώντας τις αποστολές. Η εφαρμογή των τεχνολογιών IoT στην περίπτωση των μέσων μεταφοράς προσφέρει λύσεις οι οποίες επιτρέπουν τη μείωση τόσο του χρόνου όσο και του κόστους των μεταφορών.

### 1.3 Τα οφέλη του IoT σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα

Στα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, το IoT έχει συμβάλει καθοριστικά στη δημιουργία καινοτόμων εφαρμογών με στόχο τη βελτίωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αφορά στη χρήση συστημάτων που βασίζονται στο IoT για την αυτόματη παρακολούθηση της παρουσίας των μαθητών. Τα σχολεία και τα πανεπιστήμια υιοθετούν ολοένα και περισσότερο συσκευές εξοπλισμένες με τεχνολογία RFID ή βιομετρικές τεχνολογίες για τον εξορθολογισμό της καταγραφής των παρουσιών. Με την ενσωμάτωση ετικετών RFID στις ταυτότητες των μαθητών και την εγκατάσταση αναγνώστων RFID στις εισόδους των αιθουσών διδασκαλίας, τα εκπαιδευτικά ιδρύματα μπορούν να παρακολουθούν αποτελεσματικά την παρουσία των μαθητών και να ελαχιστοποιούν τον συμβατικό τρόπο που απαιτείται για τον ονομαστικό έλεγχο (Das et al., 2015).

Το IoT υποστηρίζει την παρακολούθηση του επιπέδου άνεσης στην τάξη, έναν ουσιαστικό παράγοντα για τη βελτιστοποίηση του μαθησιακού περιβάλλοντος. Μέσω αισθητήρων IoT, παράγοντες όπως η θερμοκρασία, ο φωτισμός και η ποιότητα του αέρα μπορούν να μετρηθούν και να ρυθμιστούν σε πραγματικό χρόνο, ώστε να δημιουργηθεί μια ιδανική ατμόσφαιρα για τη συγκέντρωση των μαθητών. Τα

αυτοματοποιημένα συστήματα μπορούν να ανιχνεύουν και να ρυθμίζουν αυτές τις περιβαλλοντικές μεταβλητές με βάση προκαθορισμένες ρυθμίσεις ή εξωτερικές συνθήκες. Για παράδειγμα, οι αισθητήρες θερμοκρασίας μπορούν να ενεργοποιήσουν τη ρύθμιση των συστημάτων κλιματισμού ή θέρμανσης, εξασφαλίζοντας μια άνετη θερμοκρασία περιβάλλοντος καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας (Das et al., 2015, Amaxilatis et al., 2017, Mylonas et al., 2017a,b, Mylonas et al., 2018, Mylonas et al. 2019a,b). Αυτή η προσέγγιση όχι μόνο ενισχύει την άνεση, αλλά μπορεί επίσης να συμβάλει στην ενεργειακή απόδοση των εκπαιδευτικών εγκαταστάσεων, ελέγχοντας δυναμικά τα συστήματα φωτισμού και θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (HVAC) με βάση την πραγματική πληρότητα και τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις (Todorov & Vela, 2023).

Οι εφαρμογές του IoT στην εκπαίδευση υπογραμμίζουν τις δυνατότητες των έξυπνων τεχνολογιών να υποστηρίξουν μια απρόσκοπτη, ευέλικτη μαθησιακή εμπειρία. Οι τεχνολογίες αυτές ενσωματώνουν πρακτικές λειτουργίες με ελάχιστη ανθρώπινη παρέμβαση, επιτρέποντας στους εκπαιδευτικούς να επικεντρωθούν περισσότερο στη διδασκαλία, ενώ οι μαθητές επωφελούνται από ένα δομημένο, καλά οργανωμένο μαθησιακό περιβάλλον. Η εφαρμογή του IoT στην εκπαίδευση αναδεικνύει τη στροφή προς έξυπνες λύσεις με βάση τα δεδομένα, ενισχύοντας το ρόλο του στη μετατροπή των παραδοσιακών εκπαιδευτικών πλαισίων σε δυναμικούς, διαδραστικούς χώρους που ανταποκρίνονται τόσο στις ακαδημαϊκές όσο και στις προσωπικές ανάγκες των μαθητών.

#### 1.4 Εφαρμογές και μετασχηματισμός στην τριτοβάθμια εκπαίδευση

Η ενσωμάτωση του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) στην τριτοβάθμια εκπαίδευση έχει επιφέρει σημαντικές αλλαγές, μετασχηματίζοντας τόσο τις διαχειριστικές διαδικασίες όσο και τις μαθησιακές εμπειρίες. Το IoT επιτρέπει την αποτελεσματική διαχείριση των πόρων μέσω της σύνδεσης συσκευών και υποδομών, όπως έξυπνα εργαστήρια και αίθουσες διδασκαλίας, βελτιστοποιώντας τη χρήση του χώρου και του εξοπλισμού. Παράλληλα, οι δυνατότητες του IoT επεκτείνονται στην υποστήριξη υβριδικών και εξ αποστάσεως μοντέλων εκπαίδευσης, παρέχοντας στους

φοιτητές πρόσβαση σε εικονικά εργαστήρια, διαλέξεις και διαδραστικές πλατφόρμες από οποιαδήποτε τοποθεσία.

Επιπλέον, το IoT προωθεί μια εξατομικευμένη προσέγγιση στη μάθηση, αξιοποιώντας δεδομένα για την παρακολούθηση της ακαδημαϊκής δέσμευσης των φοιτητών και την προσαρμογή του εκπαιδευτικού περιεχομένου στις ατομικές τους ανάγκες. Μέσω αυτής της προσέγγισης, τα ιδρύματα μπορούν να προσφέρουν στοχευμένες μαθησιακές εμπειρίες που ανταποκρίνονται στις εξελισσόμενες απαιτήσεις της σύγχρονης εκπαίδευσης. Τα εργαλεία που υποστηρίζονται από το IoT, όπως οι διαδικτυακές πλατφόρμες συνεργασίας και τα εικονικά εργαστήρια, εμπλουτίζουν την εκπαιδευτική εμπειρία, προωθώντας τη συμμετοχικότητα και τη συνεργασία.

Στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, το IoT προωθεί μετασχηματιστικές εφαρμογές που ενισχύουν τη διαχείριση των πόρων, τη δέσμευση των φοιτητών και τις δυνατότητες εξ αποστάσεως μάθησης. Τα έξυπνα εργαστήρια και οι αίθουσες διαλέξεων αποτελούν παράδειγμα των δυνατοτήτων του IoT, ενσωματώνοντας συνδεδεμένες συσκευές, όπως αισθητήρες και διαδραστικούς πίνακες, για την παρακολούθηση της χρήσης, τη διαχείριση των πόρων και τη δημιουργία διαδραστικών περιβαλλόντων μάθησης. Αυτή η ρύθμιση επιτρέπει στα ιδρύματα να βελτιστοποιούν τη χρήση του χώρου, να συντηρούν τον εξοπλισμό και να προσφέρουν στους φοιτητές μια πιο δυναμική εκπαιδευτική εμπειρία (Pervez et al., 2018). Συνδέοντας συσκευές σε όλο των πανεπιστημιακό χώρο, τα πανεπιστήμια μπορούν να διασφαλίσουν ότι πόροι όπως ο φωτισμός και η θερμοκρασία ρυθμίζονται αυτόματα ανάλογα με την πληρότητα, προωθώντας ενεργειακά αποδοτικούς και άνετους χώρους μάθησης (Aldowah et al., 2017).

Επιπλέον, οι εφαρμογές του IoT στην τριτοβάθμια εκπαίδευση επεκτείνονται σε απομακρυσμένα και υβριδικά μοντέλα μάθησης. Τα πανεπιστήμια υιοθετούν ολοένα και περισσότερο εργαλεία με δυνατότητα IoT που διευκολύνουν την απομακρυσμένη πρόσβαση σε μαθησιακό υλικό και την αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο μεταξύ φοιτητών και εκπαιδευτών. Για παράδειγμα, οι πλατφόρμες που βασίζονται στο νέφος και οι συνδεδεμένες συσκευές επιτρέπουν

στους φοιτητές να συμμετέχουν σε εικονικά εργαστήρια και να έχουν πρόσβαση σε διαλέξεις από οποιαδήποτε τοποθεσία, γεφυρώνοντας τα γεωγραφικά εμπόδια στην εκπαίδευση και προωθώντας τη συμμετοχικότητα. Αυτή η διασυνδεδεμένη υποδομή στην τριτοβάθμια εκπαίδευση αντικατοπτρίζει τον μετασχηματιστικό ρόλο του IoT, το οποίο όχι μόνο υποστηρίζει τη μάθηση, αλλά και επαναπροσδιορίζει την προσβασιμότητα και την ευελιξία των ακαδημαϊκών πόρων, τοποθετώντας το IoT ως βασικό παράγοντα για τον εκσυγχρονισμό της εκπαίδευσης (Aldowah et al., 2017; Pervez et al., 2018).

## 1.5 Ενσωμάτωση του IoT στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση

Οι έρευνες καταδεικνύουν ότι οι καινοτόμες τεχνολογίες συμβάλλουν πραγματικά στη μάθηση μόνο μέσα από καλά επεξεργασμένες, ολοκληρωμένες και προγραμματισμένες παιδαγωγικές μεθόδους, οι οποίες συνοδεύονται από κατάλληλα σχεδιασμένες δραστηριότητες και με σαφώς καθορισμένους στόχους (Κόμης, 2004). Κάθε τεχνολογική καινοτομία στο χώρο της εκπαίδευσης δεν θα πρέπει να θεωρείται ως ένα ουδέτερο μέσο διδασκαλίας, αλλά θα πρέπει να αξιοποιείται με παιδαγωγικούς όρους (Λιοναράκης, 2006), με απώτερο στόχο την ανάπτυξη συνεργατικής οικοδόμησης της γνώσης (Anastasiades, 2017), της διερευνητικής και κριτικής σκέψης (Kemmis, 1985; Mezirow, 2008) μέσα από την ένταξή της στο ευρύτερο κοινωνικό και πολιτισμικό πλαίσιο (Κωτσίδης & Αναστασιάδης, 2019).

Στη συνέχεια, περιγράφονται εκπαιδευτικές προσεγγίσεις και πρακτικές που μπορούν να υποστηρίξουν την ενσωμάτωση της τεχνολογίας IoT στην εκπαίδευση.

### 1.5.1 Εκπαιδευτικές Πρακτικές με Βάση το Project-Based Learning (PBL)

Η «μάθηση βάσει έργου» μπορεί να περιγραφεί ως μια συνεργατική, διερευνητική διαδικασία κατά την οποία οι μαθητές συμμετέχουν ενεργητικά, οικοδομούν, ενσωματώνουν και εφαρμόζουν τη γνώση τους, καθώς εργάζονται ομαδικά για να επιλύσουν σύνθετα προβλήματα. Οι μαθητές εργάζονται και συνεργάζονται για μια εκτεταμένη περίοδο διερευνώντας και προσπαθώντας να απαντήσουν σε ένα αυθεντικό ερώτημα, πρόκληση ή διαθεματικό πρόβλημα (Ferrero

et al., 2021). Οι προσεγγίσεις της συγκεκριμένης μεθόδου προέρχονται από τη θεωρία του κονστрукτιβισμού, ειδικά τον κοινωνικό εποικοδομισμό που ενθαρρύνει τη συνεργασία μεταξύ των μαθητών και τη μάθηση εντός της κοινότητας με σκοπό την οικοδόμηση της γνώσης μέσα από την ανάπτυξη και ολοκλήρωση ενός έργου (project), κάνοντας χρήση και ψηφιακών τεχνολογιών (Handrianto et al., 2018).

Η μάθηση με βάση το έργο (PBL) είναι ένας τύπος διερευνητικής, συνεργατικής μάθησης, η οποία απαιτεί από τους μαθητές να συμμετέχουν ενεργά στην επαγωγική μάθηση (Loyens et al., 2010). Κατά τη διαδικασία PBL, οι μαθητές πρέπει να εργαστούν από κοινού και συνεργατικά για να φέρουν εις πέρας μια δεδομένη εργασία, για παράδειγμα, την επίλυση ενός προβλήματος ή την ανάπτυξη και προσαρμογή ενός παραγόμενου ώστε να ανταποκρίνεται σε συγκεκριμένες προδιαγραφές και απαιτήσεις (Thomas, 2000). Μετά την ολοκλήρωση της ανατεθείσας εργασίας, οι μαθητές αξιολογούν τόσο το παραχθέν όσο και τη διαδικασία ανάπτυξης (Hugerat, 2016; Kokotsaki et al., 2016). Πολυάριθμες καινοτόμες εξελίξεις έχουν εισαχθεί για τη δημιουργία μαθημάτων βασισμένων σε επιστημονικά έργα για μαθητές K-12 (Dori, 2003; Tal & Hochberg, 2003). Μια μελέτη που διεξήχθη από τους Chang και Lee (2006) έδειξε ότι το PBL άλλαξε τη δυναμική της τάξης από δασκαλοκεντρική σε μαθητοκεντρική, μια αλλαγή που χαρακτηρίστηκε από ζωντανές αλληλεπιδράσεις, με τους μαθητές να γίνονται ενεργοί συμμετέχοντες στη διδακτική διαδικασία. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της PBL, σύμφωνα με τους Krajcik & Blumenfeld (2006), είναι ότι η μάθηση πραγματοποιείται με την ενεργή εφαρμογή ιδεών σε ένα πραγματικό περιβάλλον που προσομοιάζει το σχετικό επαγγελματικό περιβάλλον. Η εκπαιδευτική προσέγγιση PBL ευθυγραμμίζεται με τα Επιστημονικά Πρότυπα της Επόμενης Γενιάς<sup>2</sup> (NGSS) καθώς περιλαμβάνει την εφαρμογή μιας ιδέας σε ένα διεπιστημονικό πλαίσιο (Wan et al., 2020), το σχεδιασμό και τη διεξαγωγή μιας επιστημονικής έρευνας για τον έλεγχο της ιδέας αυτής, τη διερεύνηση και τη συζήτηση για την εφαρμογή της και τέλος, την εξαγωγή συμπερασμάτων με βάση τη λογική ερμηνεία των επιστημονικών δεδομένων που

---

<sup>2</sup> Next Generation Science Standards (NGSS), πρόκειται για ένα σύνολο προτύπων για την επιστημονική εκπαίδευση στις ΗΠΑ, το οποίο στηρίζεται σε τρεις διαστάσεις: i) Πρακτικές Επιστήμες και Μηχανική, ii) Διεπιστημονικές Έννοιες, iii) Βασικές Ιδέες Επιστημονικών Κλάδων. Εισάγει ως καινοτομίες: i) την έμφαση στην πρακτική εφαρμογή, ii) την ενσωμάτωση της Μηχανικής σε όλες τις βαθμίδες, και iii) την προώθηση της κριτικής σκέψης και επίλυσης προβλημάτων.

συλλέγονται (Krajcik, 2015). Η μάθηση βάσει έργου ενσωματώνει με φυσικό τρόπο πολλαπλά επιστημονικά πεδία και παρέχει περιβάλλοντα στα οποία εξασκούνται και εφαρμόζονται πολλαπλές γλώσσες ειδικού περιεχομένου (Krajcik & Czerniak, 2018).

Η ενσωμάτωση του IoT στις εκπαιδευτικές πρακτικές που βασίζονται στην μάθηση μέσω project προσφέρει μια πρακτική και ελκυστική προσέγγιση, ιδίως στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση, συνδέοντας τη θεωρητική γνώση με πρακτικές εφαρμογές. Μέσω της PBL, οι μαθητές ενθαρρύνονται να εργαστούν σε έργα πραγματικής ζωής, αξιοποιώντας το IoT για να εξερευνήσουν έννοιες της «επιστήμης, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών» (Science, Technology, Engineering, and Mathematics - STEM) με απτό τρόπο. Για παράδειγμα, τα εκπαιδευτικά kit που ενσωματώνουν εξαρτήματα IoT, όπως αισθητήρες και μικροελεγκτές, επιτρέπουν στους μαθητές να κατασκευάσουν και να προγραμματίσουν συνδεδεμένα συστήματα, επιτρέποντάς τους να κατανοήσουν τις αρχές του IoT καθώς εργάζονται σε κάθε φάση ανάπτυξης του έργου (Syahada et al., 2021).

Μια τυπική ρύθμιση PBL που περιλαμβάνει τις διατάξεις του IoT μπορεί να απαιτεί από τους μαθητές να εντοπίσουν ένα πρόβλημα -όπως η παρακολούθηση του περιβάλλοντος ή η αυτοματοποίηση της τάξης- και στη συνέχεια να σχεδιάσουν και να υλοποιήσουν μια λύση χρησιμοποιώντας την τεχνολογία IoT. Το έργο θα μπορούσε να περιλαμβάνει εργασίες όπως η εγκατάσταση αισθητήρων θερμοκρασίας ή υγρασίας για την παρακολούθηση των περιβαλλοντικών αλλαγών, με τα δεδομένα να συλλέγονται και να εμφανίζονται σε έναν πίνακα τιμών (Tziortzioti et al., 2023). Τέτοια έργα όχι μόνο επιτρέπουν στους μαθητές να εφαρμόζουν θεωρητικές έννοιες σε πρακτικό πλαίσιο, αλλά και ενισχύουν τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων και κριτικής σκέψης (Srinivasa & Sowmya, 2016; Tziortzioti, 2019). Επιπλέον, συμμετέχοντας σε δραστηριότητες PBL, οι μαθητές αποκτούν εμπειρία στην ομαδική συνεργασία, την επικοινωνία και τη διαχείριση έργων, καθώς εργάζονται συλλογικά για την επίλυση σύνθετων προβλημάτων και τη δημιουργία λειτουργικών πρωτοτύπων (Syahada et al., 2021).

Η αξιοποίηση του IoT στο PBL ενθαρρύνει τους μαθητές να αλληλεπιδρούν με την τεχνολογία πέρα από τα σχολικά βιβλία, επιτρέποντας μια βαθύτερη και πιο

βιώσιμη κατανόηση των βασικών εννοιών (Mavroudi et al., 2017, Glaroudis et al., 2019). Εργαζόμενοι σε έργα με εφαρμογές IoT, οι μαθητές εξοικειώνονται επίσης με πτυχές της συλλογής δεδομένων, της ανάλυσης, ακόμη και της οπτικοποίησης, καθώς συχνά ενσωματώνουν υπηρεσίες cloud ή εργαλεία ανάλυσης δεδομένων για την ερμηνεία των πληροφοριών που συλλέγονται από αισθητήρες (Srinivasa & Sowmya, 2016; Tziortzioti, 2019). Αυτή η μέθοδος ενισχύει την κατανόηση των διαδικασιών που βασίζονται στα δεδομένα, μια βασική δεξιότητα στο σημερινό τεχνολογικό τοπίο. Μέσω τέτοιων διαδραστικών και συνεργατικών έργων, το IoT-driven PBL<sup>3</sup> γεφυρώνει αποτελεσματικά το χάσμα μεταξύ της αφηρημένης γνώσης και της εφαρμογής στον πραγματικό κόσμο, καλλιεργώντας ένα περιβάλλον όπου οι μαθητές αναπτύσσουν ενεργά δεξιότητες και γνώσεις που είναι κρίσιμες για τη μελλοντική μάθηση και την καινοτομία (Ferreira et al., 2019; Syahada et al., 2021).

### 1.5.2 STEM Learning Model Design και IoT

Τα σύγχρονα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών χαρακτηρίζονται όλο και περισσότερο από την ολιστική και διαθεματική προσέγγιση της γνώσης, προτείνοντας την εφαρμογή συμμετοχικών, βιωματικών μεθοδολογιών ανακάλυψης. Αφορμή για την ανάπτυξη των ολιστικών και διαθεματικών προσεγγίσεων αποτελεί η διαπίστωση ότι τα προβλήματα που θέτει η σύγχρονη καθημερινότητα απαιτούν πλέον μια ευρύτερη θεώρηση και μπορούν να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά με την ταυτόχρονη χρήση πολλών γνωστικών αντικειμένων. Με τον όρο διαθεματικότητα εννοούμε την οργάνωση της σχολικής γνώσης διαμέσου θεμάτων καταργώντας το διαχωρισμό των συμβατικών μαθημάτων. Η διαθεματική προσέγγιση της γνώσης υποστηρίζει την αρχή της συμπληρωματικότητας σύμφωνα με την οποία οι διαφορετικές οπτικές γωνίες που προσφέρει κάθε γνωστικό αντικείμενο στη μελέτη ενός ζητήματος δεν είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους αλλά συμπλέκονται και αλληλοσχετίζονται αυξάνοντας έτσι την επιδιωκόμενη μάθηση.

---

<sup>3</sup> Τα projects και οι δραστηριότητες που αναπτύσσονται με βάση αυτή τη μέθοδο, αξιοποιούν την τεχνολογία IoT για να ενισχύσουν τη μάθηση και να προσφέρουν μια πιο πρακτική και ελκυστική εμπειρία. Σε αυτό το πλαίσιο, το IoT προσφέρει τη δυνατότητα να συνδέσει φυσικά αντικείμενα με ψηφιακά συστήματα, επιτρέποντας στους μαθητές να εργαστούν με πραγματικά προβλήματα και να αναπτύξουν λύσεις που είναι συνδεδεμένες με την τεχνολογία. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει τη χρήση αισθητήρων, μικροελεγκτών και άλλων IoT συσκευών για να συλλέξουν δεδομένα, να αναλύσουν προβλήματα και να δημιουργήσουν καινοτόμες λύσεις.

Μέσα από την πολύπλευρη και πολυδιάστατη εξέταση ζητημάτων οι μαθητές αντιλαμβάνονται τη συνθετικότητα και πολυπλοκότητα τους και οδηγούνται στην κατανόηση γνώσεων που αποκτούν περισσότερο νόημα.

Ένας συγγενής ως προς τη διαθεματικότητα όρος είναι η διεπιστημονικότητα, η οποία αναφέρεται στην οριζόντια διασύνδεση των γνωστικών αντικειμένων που διδάσκονται σε μία βαθμίδα εκπαίδευσης, όπου ενώ διατηρούνται τα διακριτά αντικείμενα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους, επιχειρείται παράλληλα ο συσχετισμός του περιεχομένου των μαθημάτων προκειμένου να εξασφαλιστεί η πληρέστερη και σφαιρικότερη μελέτη. Κοινή μεθοδολογική αρχή της διεπιστημονικής – διαθεματικής προσέγγισης είναι η εφαρμογή σχεδίων εργασίας (project) και ενός διερευνητικού τρόπου διδασκαλίας με στόχο τη σφαιρική μελέτη ενός θέματος, μέσω της ανάδειξης των διασυνδέσεων και συσχετίσεων μεταξύ του περιεχομένου των διαφορετικών μαθημάτων (Αθανασάκης, 2008).

Το 2001 εισήχθη για πρώτη φορά στις Ηνωμένες Πολιτείες ο όρος STEM για να περιγράψει εκπαιδευτικές προσεγγίσεις που διακατέχονταν από ένα ενοποιητικό και διεπιστημονικό χαρακτήρα. Με τον όρο STEM περιγράφεται μία σύγχρονη και καινοτόμος εκπαιδευτική πρακτική η οποία αξιοποιεί και ενσωματώνει γνώσεις από τέσσερις διαφορετικούς επιστημονικούς κλάδους: τις Φυσικές Επιστήμες, την Τεχνολογία, τη Μηχανική και τα Μαθηματικά. Πρακτικά, πρόκειται για το ακρωνύμιο των όρων Science (Φυσικές Επιστήμες), Technology (Τεχνολογία), Engineering (Μηχανική) και Mathematics (Μαθηματικά). Το πεδίο εφαρμογής της STEM έρευνας έχει πλέον διευρυνθεί αγγίζοντας τομείς όπως οι κοινωνικές, πολιτικές και οικονομικές επιστήμες με στόχο την ολιστική διδασκαλία των γνωστικών αυτών αντικειμένων.

Υποστηρίζεται ότι το STEM δεν αφορά μόνο σε μία διδακτική προσέγγιση στα πλαίσια μιας εκπαιδευτικής διαδικασίας αλλά μία σύγχρονη απαίτηση και μία απαραίτητη δεξιότητα για τους μελλοντικούς εργαζομένους (Daher & Shahbari, 2020). Η πολυπλοκότητα των οικονομικών και κοινωνικών ζητημάτων που ανακύπτουν στις σύγχρονες κοινωνίες υπαγορεύει πλέον την πολυδιάστατη και διεπιστημονική αντιμετώπιση τους αξιοποιώντας μεθοδολογίες και εργαλεία και των

τεσσάρων επιστημονικών κλάδων. Η διδασκαλία με STEM αποτελεί μία διεπιστημονική προσέγγιση κατά την οποία διακριτά γνωστικά αντικείμενα συμπλέκονται μεταξύ τους με στόχο το σχεδιασμό και την εφαρμογή λύσεων σε περίπλοκα σύγχρονα προβλήματα. Με το STEM αξιοποιούνται ταυτόχρονα όλα τα διαθέσιμα μεθοδολογικά εργαλεία των επιστημών, της μηχανικής και της τεχνολογίας. Η εκπαίδευση μέσω STEM συμπλέκει αποτελεσματικά δύο διακριτές προσεγγίσεις: τη διερεύνηση, η οποία ξεκινά με τη διατύπωση ενός ερωτήματος και την μετέπειτα απάντηση του μέσω της διαδικασίας της διερεύνησης, και το σχεδιασμό, ο οποίος περιλαμβάνει τη διατύπωση ενός προβλήματος, την υλοποίηση μίας κατασκευής και την αξιολόγηση της λύσης μέσω της επανεξέτασης του αρχικού σχεδιασμού (Kennedy & Odell, 2014).

Η ενσωμάτωση του IoT στα μοντέλα μάθησης STEM εμπλουτίζει σημαντικά τις εκπαιδευτικές εμπειρίες στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση, βυθίζοντας τους μαθητές σε δεδομένα πραγματικού κόσμου και συνδεδεμένες τεχνολογίες. Μέσω του IoT, οι μαθητές εμπλέκονται με φυσικές συσκευές, όπως αισθητήρες και επεξεργαστές δεδομένων, παρέχοντάς τους πρακτικές εμπειρίες που ενισχύουν την κατανόηση των αρχών της επιστήμης, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών. Για παράδειγμα, εφαρμογές του IoT, όπως ψηφιακοί αισθητήρες ανάπτυξης φυτών, επιτρέπουν στους μαθητές να παρατηρούν περιβαλλοντικούς παράγοντες -όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και το ηλιακό φως- που επηρεάζουν την ανάπτυξη των φυτών. Αυτή η πρακτική εφαρμογή όχι μόνο επεξηγεί έννοιες της βιολογικής και περιβαλλοντικής επιστήμης, αλλά και βελτιώνει τις ικανότητες των μαθητών στην καταγραφή, ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων (Herro & Quigley, 2017; Μαϊδάτση και συν., 2022; Beng et al., 2022).

Η ενσωμάτωση του IoT στην εκπαίδευση STEM υποστηρίζει την ανάπτυξη κρίσιμων δεξιοτήτων πέρα από τις γνώσεις περιεχομένου. Με την ενασχόληση με έργα βασισμένα στο IoT, οι μαθητές διατυπώνουν οι ίδιοι τα ερωτήματα τους και ανακαλύπτουν τις απαντήσεις τους, η μάθηση αποκτά προσωπικό νόημα, καταργούνται τα παραδοσιακά στεγανά των τεσσάρων επιστημονικών πεδίων και ευνοείται η καινοτομία. Μαθαίνουν να διαχειρίζονται και να αναλύουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, καλλιεργώντας βασικές δεξιότητες στον γραμματισμό δεδομένων

και τη στατιστική συλλογιστική. Τα έργα που ενσωματώνουν εργαλεία IoT ενθαρρύνουν τους μαθητές να συλλέγουν, να επεξεργάζονται και να ερμηνεύουν σύνολα δεδομένων, γεγονός που ενισχύει την επάρκεια στην υπολογιστική σκέψη και την επίλυση προβλημάτων (Beng et al., 2022). Αυτές οι ικανότητες είναι θεμελιώδεις για την επιτυχία σε τομείς STEM, όπου οι διορατικές και αναλυτικές δεξιότητες που βασίζονται στα δεδομένα εκτιμώνται ιδιαίτερα. Επιπλέον, ο διαδραστικός χαρακτήρας του IoT ενθαρρύνει την ενεργητική μάθηση, καθώς οι μαθητές πειραματίζονται με τις συνδέσεις των συσκευών, αντιμετωπίζουν προβλήματα και διερευνούν τις επιδράσεις των διαφόρων μεταβλητών σε ένα ελεγχόμενο περιβάλλον, εμβαθύνοντας την εννοιολογική κατανόηση και τη διατήρησή τους (Μαϊδάτση και συν., 2022).

Η μάθηση με βάση το IoT ευθυγραμμίζεται επίσης με την αυξανόμενη ανάγκη προετοιμασίας των μαθητών για τις τεχνολογικές απαιτήσεις του μέλλοντος. Οι εφαρμογές του IoT στο STEM βοηθούν να γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ θεωρητικής γνώσης και πρακτικής εφαρμογής, δίνοντας στους μαθητές τη δυνατότητα να συνδέσουν τις θεωρητικές γνώσεις με τις εμπειρίες της καθημερινής ζωής. Αυτή η προσέγγιση όχι μόνο διεγείρει την περιέργεια και τα κίνητρα, αλλά και καλλιεργεί μια νοοτροπία προσανατολισμένη στην καινοτομία, καθώς οι μαθητές συνειδητοποιούν τις δυνατότητες της τεχνολογίας για την επίλυση προβλημάτων του πραγματικού κόσμου. Στην ουσία, η χρήση του IoT στο πλαίσιο STEM προάγει ένα ολοκληρωμένο μοντέλο μάθησης που προετοιμάζει τους μαθητές για έναν διασυνδεδεμένο, τεχνολογικά καθοδηγούμενο κόσμο (Beng et al., 2022).

### 1.5.3 Δυνατότητες και προστιθέμενη αξία

Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας του IoT στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια εκπαίδευση προσφέρει σημαντικές ευκαιρίες και προστιθέμενη αξία στη μαθησιακή εμπειρία, επιτρέποντας τη συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, την προώθηση της ομαδικής εργασίας και την ενίσχυση της αλληλεπίδρασης των μαθητών με το περιβάλλον τους. Με τη χρήση συσκευών που υποστηρίζουν το IoT, όπως αισθητήρες και συνδεδεμένα συστήματα, οι μαθητές μπορούν να συλλέγουν και να αναλύουν δεδομένα από διάφορες πηγές, παρέχοντάς τους άμεσες γνώσεις σχετικά με

περιβαλλοντικά και επιστημονικά φαινόμενα. Αυτή η πρακτική ενασχόληση με πραγματικά δεδομένα εμβαθύνει την κατανόηση και την αφομοίωση, μετατρέποντας αφηρημένες έννοιες σε απτές μαθησιακές εμπειρίες (Harun & Mohd Zin, 2015; Tziortzioti, 2018).

Πέρα από τη συλλογή δεδομένων, το IoT στην εκπαίδευση προωθεί τη συνεργατική μάθηση, καθώς οι μαθητές εργάζονται από κοινού σε έργα που περιλαμβάνουν συνδεδεμένες συσκευές. Αυτό το περιβάλλον επιτρέπει στους μαθητές να αναπτύξουν βασικές διαπροσωπικές δεξιότητες, συμπεριλαμβανομένης της ομαδικής εργασίας και της επικοινωνίας, καθώς συνεργάζονται για την ανάλυση δεδομένων, την αντιμετώπιση προβλημάτων σε συσκευές και την παρουσίαση των ευρημάτων (Harun & Mohd Zin, 2015). Η εργασία σε ομάδες με εργαλεία βασισμένα στο IoT ενθαρρύνει μια συνεργατική προσέγγιση στην επίλυση προβλημάτων, καθώς οι μαθητές βασίζονται στις δυνάμεις και τις γνώσεις του άλλου για την επίτευξη κοινών στόχων. Αυτό το συνεργατικό πλαίσιο όχι μόνο βελτιώνει τα μαθησιακά τους αποτελέσματα, αλλά και τους προετοιμάζει για μελλοντικά, ομαδικά περιβάλλοντα (Purnamawati et al, 2021).

Επιπλέον, το IoT επιτρέπει την ενισχυμένη αλληλεπίδραση με το φυσικό περιβάλλον, επιτρέποντας στους μαθητές να πειραματιστούν και να παρατηρήσουν τον αντίκτυπο διαφόρων παραγόντων στα έργα τους σε πραγματικό χρόνο (Mylonas et al. 2023a,b). Για παράδειγμα, οι εφαρμογές IoT μπορούν να περιλαμβάνουν την παρακολούθηση περιβαλλοντικών μεταβλητών όπως η θερμοκρασία και η υγρασία, παρέχοντας στους μαθητές ένα δυναμικό μαθησιακό περιβάλλον. Αυτή η αλληλεπίδραση ενισχύει τη συνάφεια των ακαδημαϊκών εννοιών, καθώς οι μαθητές βιώνουν τις πρακτικές συνέπειες των σπουδών τους και εφαρμόζουν τις θεωρητικές γνώσεις για την επίλυση πραγματικών ζητημάτων. Συνολικά, οι ευκαιρίες που παρουσιάζει το IoT στην εκπαίδευση συμβάλλουν σημαντικά σε μια πιο διαδραστική, πλούσια σε δεδομένα και συνεργατική εκπαιδευτική εμπειρία, εξοπλίζοντας τους μαθητές με τις δεξιότητες και την κατανόηση που είναι απαραίτητες για έναν ολοένα και πιο συνδεδεμένο κόσμο (Harun & Mohd Zin, 2015; Purnamawati et al, 2021).

## 1.6 Επίδραση στη μάθηση και στα οφέλη του IoT για την εκπαίδευση

### 1.6.1 Οφέλη και Ευκαιρίες

Τα τελευταία χρόνια η διαφοροποίηση στη διδασκαλία και τη μάθηση των μαθητών αναφέρεται συχνά σε εγχειρίδια διδακτικών προσεγγίσεων και πρακτικών καθώς και άρθρων που δημοσιεύονται σε εκπαιδευτικά περιοδικά. Η συζήτηση για υιοθέτηση διδακτικών στρατηγικών προς την κατεύθυνση της διαφοροποιημένης παιδαγωγικής προκύπτει κυρίως ως αποτέλεσμα της έλευσης νέων προγραμμάτων σπουδών τα οποία εμπεριέχουν αρχές διαφοροποιημένης παιδαγωγικής. Στην Ελλάδα η διαφοροποιημένη παιδαγωγική συζητείται αφενός λόγω της αύξησης της μαθητικής ανομοιογένειας (Ζώνιου-Σιδέρη, κ.ά. 2020), αφετέρου λόγω της διαπίστωσης ότι η ένταξη των μαθητών που κατατάσσονται σε ειδικές κατηγορίες του μαθητικού πληθυσμού θέτει ζήτημα συμπερίληψής τους στο κοινό για όλους πρόγραμμα σπουδών (ΙΕΠ, 2015). Σε διεθνές επίπεδο, η διαφοροποίηση προβάλλεται ως ένας τρόπος ανταπόκρισης της διδασκαλίας στην ετερογένεια του μαθητικού πληθυσμού και κατ' επέκταση ως ένας τρόπος αντιμετώπισης της σχολικής αποτυχίας και της σχολικής διαρροής.

Η διαφοροποίηση της διδασκαλίας περιλαμβάνει την εκ των προτέρων σχεδίαση της διδασκαλίας για να ανταποκριθεί στις διαφορετικές μαθησιακές ανάγκες των παιδιών. Η διαφορετικότητα μπορεί να αφορά στην ταχύτητα με την οποία μαθαίνουν οι μαθητές, τις τεχνικές με τις οποίες μελετούν, τον τρόπο με τον οποίο λύνουν προβλήματα, τα ενδιαφέροντά τους ή τα κίνητρα τους για μάθηση (Burns, 1972). Ο εκπαιδευτικός μπορεί να διαφοροποιήσει το περιεχόμενο του μαθήματος (τις πληροφορίες και ιδέες που παρέχονται στους μαθητές προκειμένου να πετύχουν τους μαθησιακούς στόχους), τη διαδικασία της διδασκαλίας (τις δραστηριότητες στις οποίες συμμετέχει ο μαθητής προκειμένου να κατανοήσει ή να κατακτήσει την πληροφορία και την οργάνωση της τάξης), τα προϊόντα ή το αποτέλεσμα (τις εργασίες με τις οποίες ο μαθητής παρουσιάζει αυτό που γνωρίζει, έχει κατανοήσει και μπορεί να κάνει).

Το IoT μπορεί να υποστηρίξει την διαφοροποιημένη διδασκαλία καθώς παρέχει οφέλη, ιδίως στους τομείς της εξατομικευμένης μάθησης και της παρακολούθησης

της προόδου των μαθητών. Ενισχύει την εξατομικευμένη μάθηση, επιτρέποντας προσαρμοστικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα όπου το μαθησιακό υλικό και οι δραστηριότητες μπορούν να προσαρμοστούν στις ατομικές ανάγκες των μαθητών. Μέσω της συλλογής και ανάλυσης δεδομένων από συνδεδεμένες συσκευές, τα συστήματα IoT μπορούν να αξιολογήσουν τα μαθησιακά στυλ, τις προτιμήσεις και την πρόοδο των μαθητών, επιτρέποντας την προσαρμογή των μεθόδων διδασκαλίας για τη μεγιστοποίηση της δέσμευσης και της αποτελεσματικότητας. Η προσέγγιση αυτή υποστηρίζει μια πιο προσαρμοσμένη εκπαιδευτική εμπειρία που ανταποκρίνεται στα ατομικά επίπεδα των μαθητών, προωθώντας τη βαθύτερη κατανόηση και την ακαδημαϊκή επιτυχία (Rajeshwari, 2020).

Το IoT διευκολύνει επίσης, την ολοκληρωμένη παρακολούθηση των μαθητών, παρέχοντας στους εκπαιδευτικούς δεδομένα σε πραγματικό χρόνο που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση και την αξιολόγηση των επιδόσεών τους. Για παράδειγμα, οι πλατφόρμες με δυνατότητα IoT επιτρέπουν τη συνεχή συλλογή πληροφοριών σχετικά με τη δέσμευση των μαθητών, τη φοίτηση και την ολοκλήρωση των εργασιών, προσφέροντας πληροφορίες για την πρόοδο κάθε μαθητή με την πάροδο του χρόνου (Kounara et al., 2023). Τα δεδομένα αυτά βοηθούν τους εκπαιδευτικούς να εντοπίζουν τους μαθητές που μπορεί να χρειάζονται πρόσθετη υποστήριξη και επιτρέπουν την έγκαιρη παρέμβαση, κάτι που είναι ιδιαίτερα επωφελές σε μεγάλες τάξεις, όπου η ατομική παρακολούθηση θα μπορούσε διαφορετικά να είναι δύσκολη. Αναλύοντας τις τάσεις σε αυτά τα δεδομένα, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να εντοπίσουν μοτίβα που μπορεί να υποδεικνύουν περιοχές δυσκολίας ή αποδέσμευσης, επιτρέποντάς τους να εφαρμόσουν άμεσα διορθωτικές στρατηγικές (Rajeshwari, 2020).

Επιπλέον, τα συνεργατικά εργαλεία με δυνατότητα IoT ενισχύουν την ομαδική εργασία και τη διαδραστική μάθηση, ενθαρρύνοντας τους μαθητές να ασχοληθούν με τους συμμαθητές τους και το μαθησιακό υλικό με πιο δυναμικό τρόπο. Τέτοιες συνεργατικές εφαρμογές όχι μόνο εμπλουτίζουν τη μαθησιακή διαδικασία, αλλά και εφοδιάζουν τους μαθητές με πολύτιμες δεξιότητες επικοινωνίας και ομαδικής εργασίας, απαραίτητες για μελλοντικές ακαδημαϊκές και επαγγελματικές προοπτικές (Rajeshwari, 2020; Kassab et al., 2020).

Το IoT προσφέρει προστιθέμενη αξία στην εκπαίδευση, προωθώντας την εξατομικευμένη μάθηση, επιτρέποντας την αποτελεσματική παρακολούθηση της προόδου των μαθητών και υποστηρίζοντας ένα ασφαλές και ελκυστικό περιβάλλον στην τάξη. Αυτές οι εξελίξεις καταδεικνύουν τις μετασχηματιστικές δυνατότητες του IoT στη δημιουργία προσαρμοστικών, μαθητοκεντρικών εκπαιδευτικών πρακτικών που προετοιμάζουν καλύτερα τους μαθητές για τις απαιτήσεις ενός ταχέως εξελισσόμενου ψηφιακού κόσμου (Kounara et al., 2023).

### 1.6.2 Βελτίωση της μαθησιακής εμπειρίας

Η εφαρμογή της τεχνολογίας του IoT στην εκπαίδευση προσφέρει μετασχηματιστικά οφέλη, ιδίως με την ενίσχυση της υποστήριξης των μαθητών μέσω της εύκολης πρόσβασης σε πόρους και της αλληλεπίδρασης με το περιεχόμενο σε πραγματικό χρόνο. Συσκευές με δυνατότητα IoT, όπως ταμπλέτες, έξυπνοι πίνακες και συνδεδεμένες εφαρμογές, καθιστούν τους μαθησιακούς πόρους άμεσα διαθέσιμους στους μαθητές, επιτρέποντάς τους να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες άμεσα και από οποιαδήποτε τοποθεσία. Αυτή η προσβασιμότητα προάγει ένα πιο ευέλικτο μαθησιακό περιβάλλον, όπου οι μαθητές μπορούν να ασχοληθούν με το υλικό των μαθημάτων με το δικό τους ρυθμό και να επανεξετάσουν έννοιες ανάλογα με τις ανάγκες (Kusmin & Laanpere, 2020). Το IoT υποστηρίζει έτσι διαφοροποιημένες μαθησιακές διαδρομές, καθιστώντας δυνατή την προσαρμογή της εκπαίδευσης των μαθητών στις ατομικές τους ανάγκες και στο μαθησιακό τους στυλ. Εκτός από την αυξημένη πρόσβαση, το IoT επιτρέπει επίσης, τη δυναμική αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο με το εκπαιδευτικό περιεχόμενο. Μέσω διαδραστικών πλατφορμών IoT, οι μαθητές μπορούν να εκτελούν πειράματα, να συλλέγουν δεδομένα και να οπτικοποιούν πληροφορίες άμεσα, γεφυρώνοντας το χάσμα μεταξύ θεωρίας και πράξης. Για παράδειγμα, τα εργαστήρια φυσικών επιστημών που είναι εξοπλισμένα με αισθητήρες IoT επιτρέπουν στους μαθητές να παρακολουθούν ζωντανά πειράματα, συλλέγοντας δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για περιβαλλοντικές μεταβλητές όπως η θερμοκρασία ή η υγρασία (Yildiz, 2020). Μια τέτοια πρακτική εμπλοκή εμβαθύνει την κατανόηση των μαθητών και ενισχύει τις θεωρητικές έννοιες, καθιστώντας τη μάθηση πιο αποτελεσματική και αξιωματική. Αυτή η αμεσότητα της ανατροφοδότησης επιτρέπει ένα μοντέλο

βιωματικής μάθησης, όπου οι μαθητές μαθαίνουν μέσω της άμεσης αλληλεπίδρασης με το αντικείμενο (Todorov & Vela, 2023).

Ενισχύει επίσης, περαιτέρω τη συνεργασία μεταξύ των μαθητών, δημιουργώντας ευκαιρίες για ομαδική εργασία σε συνδεδεμένες πλατφόρμες. Με τη χρήση κοινών συσκευών και εφαρμογών IoT, οι μαθητές μπορούν να εργάζονται από κοινού σε έργα ανεξάρτητα από τη φυσική τους τοποθεσία, προωθώντας ένα συνεργατικό περιβάλλον μάθησης. Τα συνεργατικά εργαλεία επιτρέπουν στους μαθητές να αλληλεπιδρούν και να μοιράζονται γνώσεις σε πραγματικό χρόνο, ενισχύοντας τις διαπροσωπικές και ομαδικές τους δεξιότητες. Αυτή η πτυχή του IoT προωθεί ένα περιβάλλον μάθησης χωρίς αποκλεισμούς, όπου οι μαθητές συμβάλλουν ενεργά στην επίτευξη κοινών στόχων, αποκτώντας δεξιότητες απαραίτητες για τους σύγχρονους, τεχνολογικά προσανατολισμένους χώρους εργασίας (Todorov & Vela, 2023; Meylani, 2024).

Η αναδρομή και τα αναλυτικά στοιχεία που παρέχονται από το IoT μπορεί να ενισχύσουν την υποστήριξη των εκπαιδευτικών, διευκολύνοντας την παρακολούθηση της δέσμευσης και της προόδου των μαθητών. Τα δεδομένα από τις εφαρμογές IoT μπορούν να αποκαλύψουν τα μαθησιακά μοτίβα των μαθητών, τα επίπεδα συμμετοχής και τους τομείς όπου ενδεχομένως απαιτείται πρόσθετη υποστήριξη. Αυτή η προσέγγιση με βάση τα δεδομένα επιτρέπει στους εκπαιδευτικούς να προσαρμόζουν τη διδασκαλία πιο αποτελεσματικά, εστιάζοντας σε συγκεκριμένες ανάγκες και βοηθώντας στην άμεση αντιμετώπιση των προκλήσεων (Meylani, 2024). Παρέχοντας μια σαφή εικόνα της πορείας κάθε μαθητή, το IoT προωθεί μια πιο εξατομικευμένη και υποστηρικτική εκπαιδευτική εμπειρία, βελτιώνοντας τα μαθησιακά αποτελέσματα και ενθαρρύνοντας τη συνεχή ενασχόληση με το ακαδημαϊκό υλικό (Todorov & Vela, 2023).

Τέλος, το IoT όχι μόνο εμπλουτίζει τις ατομικές μαθησιακές εμπειρίες, αλλά προωθεί ένα συνδεδεμένο, ευέλικτο εκπαιδευτικό περιβάλλον. Αυτή η ενσωμάτωση της τεχνολογίας σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα καταδεικνύει τη δυνατότητα του IoT να αναβαθμίσει τα παραδοσιακά μοντέλα μάθησης, καθιστώντας την εκπαίδευση πιο προσιτή, διαδραστική και προσαρμοσμένη στην ατομική πρόοδο των μαθητών.

Η προκύπτουσα αλλαγή στα παραδείγματα διδασκαλίας και μάθησης υπογραμμίζει τον αντίκτυπο του IoT στη σύγχρονη εκπαίδευση, προετοιμάζοντας τους μαθητές για μελλοντικές εξελίξεις σε έναν κόσμο με γνώμονα την τεχνολογία (Todorov & Vela, 2023).

## 1.7 Αλλαγές στον ρόλο του εκπαιδευτικού και νέες προοπτικές

### 1.7.1 Εξέλιξη του ρόλου του εκπαιδευτικού

Η ενσωμάτωση του IoT στην εκπαίδευση συμβάλει επίσης, στην εξέλιξη του ρόλου του εκπαιδευτικού από παραδοσιακού μεταδότη γνώσεων σε διαμεσολαβητή που καθοδηγεί τους μαθητές σε ένα διαδραστικό, πλούσιο σε τεχνολογία μαθησιακό περιβάλλον. Αυτή η μετατόπιση οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην ικανότητα του IoT να παρέχει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και συνδεδεμένες μαθησιακές εμπειρίες, οι οποίες επιτρέπουν στους εκπαιδευτικούς να υποστηρίζουν την ενεργό μάθηση και όχι απλώς να παραδίδουν πληροφορίες. Καθώς οι συσκευές IoT συλλέγουν δεδομένα σχετικά με την πρόοδο και τη συμμετοχή των μαθητών, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να προσαρμόζουν τις διδακτικές τους προσεγγίσεις, ανταποκρινόμενοι στις μοναδικές μαθησιακές ανάγκες κάθε μαθητή και προωθώντας μια πιο εξατομικευμένη εκπαιδευτική εμπειρία (Aloufi et al., 2024).

Σε αυτό το εκπαιδευτικό πλαίσιο που ενισχύεται από το IoT, οι εκπαιδευτικοί καλούνται να προβούν σε εύστοχη στοχοθεσία για το τι θέλουν να πετύχουν στην τάξη, να επιλέγουν την τεχνολογία που θα υπηρετήσει αυτούς τους παιδαγωγικούς στόχους και να αναζητούν την καταλληλότερη προσέγγιση για την εισαγωγή της τεχνολογικής καινοτομίας. Γίνονται μέντορες που ενθαρρύνουν τους μαθητές να εξερευνούν, να συνεργάζονται και να χρησιμοποιούν την τεχνολογία για τη μάθηση. Αντί να επικεντρώνονται αποκλειστικά στην παροχή περιεχομένου, οι εκπαιδευτικοί παίζουν πλέον καθοριστικό ρόλο στη δημιουργία ενός ευνοϊκού περιβάλλοντος όπου οι μαθητές ασχολούνται ενεργά με τα εργαλεία IoT, πειραματίζονται με δεδομένα πραγματικού χρόνου και αναπτύσσουν δεξιότητες κριτικής σκέψης (Aloufi et al., 2024). Καθοδηγώντας τους μαθητές στη χρήση συσκευών με δυνατότητες IoT, όπως αισθητήρες και πλατφόρμες συλλογής δεδομένων, οι εκπαιδευτικοί τους βοηθούν να

συνδέσουν τη θεωρητική γνώση με πρακτικές εφαρμογές, κάτι που είναι ιδιαίτερα πολύτιμο στους τομείς STEM (Konstantinidis, 2021).

Επιπλέον, το IoT στην τάξη υποστηρίζει τη στροφή προς τη μάθηση με βάση το έργο και τη βιωματική μάθηση, επιτρέποντας στους εκπαιδευτικούς να σχεδιάζουν μαθήματα που περιλαμβάνουν πρακτική αλληλεπίδραση με την τεχνολογία. Αυτή η προσέγγιση προάγει την αυτονομία των μαθητών και ενθαρρύνει μια συνεργατική ατμόσφαιρα, όπου ο εκπαιδευτικός λειτουργεί ως διευκολυντής και πάροχος πόρων, βοηθώντας τους μαθητές να πλοηγηθούν στα τεχνολογικά εργαλεία και ενθαρρύνοντας την ομαδική εργασία. Αξιοποιώντας το IoT, οι εκπαιδευτικοί δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές να εργαστούν σε έργα που αφορούν δεδομένα του πραγματικού κόσμου, εμβαθύνοντας έτσι την κατανόησή τους και καθιστώντας τη μάθηση πιο σχετική με τα καθημερινά πλαίσια (Konstantinidis, 2021).

Ο ρόλος του εκπαιδευτικού, επομένως, δίνει όλο και περισσότερο έμφαση στην καθοδήγηση, καθώς η τεχνολογία IoT επιτρέπει προσαρμοστικά μαθησιακά περιβάλλοντα όπου οι μαθητές μπορούν να ελέγχουν πτυχές της μαθησιακής τους εμπειρίας. Οι εκπαιδευτικοί καθοδηγούν αυτή τη διαδικασία προωθώντας δεξιότητες όπως η αυτοκατευθυνόμενη μάθηση και η επίλυση προβλημάτων, προετοιμάζοντας τους μαθητές για τις απαιτήσεις ενός συνδεδεμένου κόσμου. Αυτός ο εξελισσόμενος ρόλος αντανακλά μια θεμελιώδη μεταμόρφωση στην εκπαίδευση, όπου ο εκπαιδευτικός γίνεται οδηγός και μέντορας που δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να αξιοποιήσουν την τεχνολογία για μια εμπλουτισμένη μαθησιακή εμπειρία που υπερβαίνει τα παραδοσιακά όρια της τάξης (Aloufi et al., 2024).

Παραφράζοντας τους Goulão & Henriques (2015), ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να εκμεταλλευτεί το IoT για να «σχεδιάσει και να δομήσει την εκπαιδευτική διαδικασία με ανοιχτό και ευέλικτο τρόπο, επιτρέποντας διαφοροποιημένες προσεγγίσεις, όπου εισάγονται πόροι και δυναμικό, σύγχρονο και παρακινητικό διδακτικό υλικό, χρησιμοποιώντας για το σκοπό αυτό μια διαδραστική και συνεργατική μεθοδολογία, θέτοντας στην υπηρεσία της διδασκαλίας του διάφορα κανάλια επικοινωνίας». Επειδή η αξιοποίηση του IoT στην τάξη σύμφωνα πάντα με τους Goulão & Henriques, δεν έχει στόχο μόνο την «απόκτηση περιεχομένου αλλά

είναι, πάνω απ' όλα, μια αλλαγή νοοτροπίας και στάσης στη διαδικασία διδασκαλίας και μάθησης. Ο εκπαιδευτικός πρέπει να συνοδεύει, να παρακινεί, να διαλέγεται, να είναι ηγέτης και διαμεσολαβητής, προωθώντας και μεσολαβώντας σε μια θετική ανθρώπινη αλληλεπίδραση».

### 1.7.2 Προκλήσεις και νέες πρακτικές

Η ενσωμάτωση του IoT στην εκπαίδευση εισάγει πολλές προκλήσεις για τους εκπαιδευτικούς, απαιτώντας την υιοθέτηση νέων πρακτικών για την αποτελεσματική υποστήριξη της χρήσης αυτών των τεχνολογιών. Μία από τις πρωταρχικές προκλήσεις είναι η ανάγκη για εκτεταμένη τεχνολογική κατάρτιση, καθώς πολλοί εκπαιδευτικοί μπορεί να μην είναι εξοικειωμένοι με τις συσκευές IoT και τις εφαρμογές τους σε ένα μαθησιακό περιβάλλον. Οι εκπαιδευτικοί πρέπει να μάθουν να διαχειρίζονται μια σειρά από εργαλεία που υποστηρίζουν το IoT, όπως αισθητήρες, έξυπνους πίνακες και συσκευές συλλογής δεδομένων, γεγονός που απαιτεί ειδική επιμόρφωση. Χωρίς μια τέτοια προετοιμασία, οι εκπαιδευτικοί μπορεί να δυσκολευτούν να αξιοποιήσουν πλήρως τις δυνατότητες του IoT, περιορίζοντας τον αντίκτυπο της τεχνολογίας στη δέσμευση των μαθητών και στα μαθησιακά αποτελέσματα (Zainuddin et al., 2021).

Πέρα από την απαιτούμενη τεχνική κατάρτιση, οι εκπαιδευτικοί αντιμετωπίζουν την πρόκληση της προσαρμογής των παιδαγωγικών τους προσεγγίσεων για την αποτελεσματική ενσωμάτωση του IoT. Οι παραδοσιακές μέθοδοι διδασκαλίας μπορεί να μην ευθυγραμμίζονται με τις διαδραστικές, πλούσιες σε δεδομένα μαθησιακές εμπειρίες που μπορεί να προσφέρει το IoT (Fitria & Simbolon, 2023). Ως αποτέλεσμα, οι εκπαιδευτικοί πρέπει να μετατοπιστούν από παραδότες/ μεταβιβαστές περιεχομένου σε διευκολυντές ενεργητικής, μαθητοκεντρικής μάθησης, όπου οι μαθητές ενθαρρύνονται να εξερευνήσουν και να αλληλεπιδράσουν με δεδομένα πραγματικού χρόνου και συνδεδεμένες συσκευές. Αυτός ο μετασχηματισμός της διδακτικής πρακτικής απαιτεί επανεξέταση του σχεδιασμού των μαθημάτων, όπου οι δραστηριότητες χτίζονται γύρω από πρακτικές εμπειρίες και ανάλυση δεδομένων για να γίνουν οι αφηρημένες έννοιες πιο προσιτές και ελκυστικές για τους μαθητές (Zainuddin et al., 2021).

Εκτός από τις τεχνικές και παιδαγωγικές προκλήσεις, οι εκπαιδευτικοί πρέπει επίσης να αντιμετωπίσουν ζητήματα που σχετίζονται με την ιδιωτικότητα των μαθητών και την ασφάλεια των δεδομένων, καθώς οι συσκευές IoT συλλέγουν σημαντικό όγκο πληροφοριών σχετικά με τη δραστηριότητα και τις επιδόσεις των μαθητών (Zainuddin et al., 2021). Οι εκπαιδευτικοί και οι διαχειριστές πρέπει να γνωρίζουν τα πρωτόκολλα προστασίας δεδομένων και να διασφαλίζουν ότι τα εργαλεία IoT που χρησιμοποιούνται στην τάξη συμμορφώνονται με τα νομικά και ηθικά πρότυπα για την προστασία της ιδιωτικής ζωής των μαθητών. Αυτή η πρόσθετη ευθύνη επιβαρύνει τους εκπαιδευτικούς όχι μόνο με τη διδασκαλία αλλά και με τη διαχείριση ευαίσθητων δεδομένων, γεγονός που απαιτεί σαφείς πολιτικές και κατάρτιση σχετικά με τις πρακτικές κυβερνοασφάλειας (Fitria & Simbolon, 2023).

Για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να υιοθετήσουν νέες πρακτικές που ευθυγραμμίζονται με τις δυνατότητες του IoT. Μια προσέγγιση περιλαμβάνει την εφαρμογή μοντέλων PBL, όπου οι μαθητές εργάζονται σε έργα πραγματικού κόσμου χρησιμοποιώντας συσκευές IoT (Ardi et al., 2023). Σχεδιάζοντας έργα που χρησιμοποιούν συνδεδεμένες συσκευές για τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να προωθήσουν ένα πιο ελκυστικό και βασισμένο στη διερεύνηση μαθησιακό περιβάλλον. Αυτή η προσέγγιση όχι μόνο καθιστά τη μάθηση πιο διαδραστική, αλλά και ενισχύει τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων και κριτικής σκέψης των μαθητών, ενθαρρύνοντάς τους να εργάζονται με πραγματικά δεδομένα και να εξαγάγουν ουσιαστικά συμπεράσματα από τα ευρήματά τους (Zainuddin et al., 2021).

Μια άλλη πρακτική που υποστηρίζει την ενσωμάτωση του IoT είναι η συνεργατική μάθηση, όπου οι μαθητές εργάζονται από κοινού σε εργασίες που βασίζονται στο IoT, όπως η εγκατάσταση αισθητήρων για την παρακολούθηση περιβαλλοντικών αλλαγών ή η χρήση συνδεδεμένων εργαλείων για την επίλυση ενός συγκεκριμένου προβλήματος (Zainuddin et al., 2021). Η συνεργατική μάθηση με το IoT επιτρέπει στους μαθητές να μοιράζονται γνώσεις και να αντιμετωπίζουν σύνθετα έργα συλλογικά, καλλιεργώντας την ομαδική εργασία και τις επικοινωνιακές δεξιότητες. Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να υποστηρίξουν αυτή την πρακτική δημιουργώντας δομημένες ομαδικές δραστηριότητες που επιτρέπουν στους μαθητές

να πειραματιστούν με τα εργαλεία IoT, ενθαρρύνοντας παράλληλα τη μάθηση και τη συζήτηση μεταξύ ομοτίμων (Ardi et al., 2023).

Επιπλέον, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να ενισχύσουν τη διαχείριση της τάξης χρησιμοποιώντας συστήματα IoT που παρακολουθούν τη συμμετοχή των μαθητών και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Τα εργαλεία IoT μπορούν να παρέχουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο για παράγοντες όπως η θερμοκρασία της τάξης, ο φωτισμός ή η ποιότητα του αέρα, βοηθώντας τους εκπαιδευτικούς να δημιουργήσουν ένα πιο άνετο μαθησιακό περιβάλλον.

Τα εργαλεία παρακολούθησης της παρουσίας και παρακολούθησης της απόδοσης επιτρέπουν στους εκπαιδευτικούς να αξιολογούν γρήγορα τη συμμετοχή των μαθητών και να εντοπίζουν τους τομείς στους οποίους μεμονωμένοι μαθητές μπορεί να χρειάζονται πρόσθετη υποστήριξη. Αυτές οι πρακτικές εξορθολογίζουν τη διαχείριση της τάξης και επιτρέπουν ένα πιο ευέλικτο και προσαρμοστικό εκπαιδευτικό περιβάλλον (Zainuddin et al., 2021).

Οι προκλήσεις και οι νέες πρακτικές που σχετίζονται με το IoT αναδεικνύουν τον εξελισσόμενο ρόλο των εκπαιδευτικών σε μια τεχνολογικά ενισχυμένη τάξη. Για να ανταποκριθούν σε αυτές τις απαιτήσεις, οι εκπαιδευτικοί χρειάζονται συνεχή υποστήριξη και κατάρτιση, καθώς και μια ευέλικτη νοοτροπία που αγκαλιάζει την καινοτομία στις διδακτικές πρακτικές. Καθώς το IoT συνεχίζει να αναδιαμορφώνει την εκπαίδευση, οι εκπαιδευτικοί καλούνται όλο και περισσότερο να είναι διευκολυντές, μέντορες και διαχειριστές δεδομένων, καθοδηγώντας τους μαθητές σε ένα διαδραστικό, καθοδηγούμενο από δεδομένα μαθησιακό περιβάλλον που τους προετοιμάζει για το τεχνολογικό τοπίο του μέλλοντος.

---

---

## IoT και STEM στην εκπαίδευση

### 2. IoT και STEM στην εκπαίδευση

#### 2.1 Εισαγωγή

Η διδακτική προσέγγιση STEM, ένα ακρωνύμιο για την επιστήμη, την τεχνολογία, τη μηχανική και τα μαθηματικά (Science, Technology, Engineering and Mathematics), έχει αναδειχθεί σε κεντρικό σημείο του παγκόσμιου εκπαιδευτικού λόγου. Αρχικά επινοημένο από το Εθνικό Ίδρυμα Επιστημών (NSF) των ΗΠΑ το 2001, το STEM περικλείει ένα φάσμα ακαδημαϊκών και επαγγελματικών κλάδων που θεωρούνται ολοένα και περισσότερο απαραίτητοι για την ανάπτυξη ανταγωνιστικών και καινοτόμων οικονομιών (Marrero et al., 2014). Η σημασία του STEM στην εκπαίδευση απορρέει από τη διεπιστημονική του εκπαιδευτική πρακτική, ενσωματώνοντας μαθήματα που παραδοσιακά διδάσκονταν μεμονωμένα. Αυτό το ολοκληρωμένο μοντέλο δίνει έμφαση στην επίλυση προβλημάτων, τη δημιουργικότητα και την εφαρμογή της γνώσης σε πραγματικές συνθήκες, γεγονός που το καθιστά ιδιαίτερα σημαντικό για την προετοιμασία των μαθητών για την πολυπλοκότητα της σύγχρονης κοινωνίας (Kennedy & Odell, 2014). Ωστόσο, όπως σημειώνει ο Hasanah (2020), δεν υπάρχει ένας μοναδικός ορισμός της εκπαίδευσης STEM και η εφαρμογή της ποικίλλει σημαντικά μεταξύ χωρών και εκπαιδευτικών ιδρυμάτων.

Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα του STEM είναι η διεπιστημονικότητά του, η οποία διαπερνά τα παραδοσιακά ακαδημαϊκά όρια. Η προσέγγιση αυτή είναι ουσιαστικής σημασίας για την προώθηση της καινοτομίας και της δημιουργικότητας, καθώς ενθαρρύνει τους μαθητές να δημιουργούν συνδέσεις μεταξύ διαφορετικών πεδίων γνώσης (Takeuchi et al., 2020). Στην πραγματικότητα, ο διεπιστημονικός χαρακτήρας της εκπαίδευσης STEM αμφισβητεί τα παραδοσιακά εκπαιδευτικά πλαίσια, μετατοπίζοντας την εστίαση από την απομνημόνευση σε μια πιο δυναμική

μορφή εκπαίδευσης που επιδιώκει την ενσωμάτωση διαφόρων πεδίων για μια πιο ολοκληρωμένη κατανόηση σύνθετων προβλημάτων. Αυτή η μορφή εκπαίδευσης αμφισβητεί τις δομές που κυριαρχούσαν επί μακρόν στον ακαδημαϊκό διάλογο, προωθώντας τον αναπροσανατολισμό προς μια πιο ποικιλόμορφη και χωρίς αποκλεισμούς έρευνα και ευρύτερες εκπαιδευτικές πρακτικές. Η ενσωμάτωση αυτών των θεμάτων δεν αφορά μόνο στη βελτίωση της τεχνικής επάρκειας, αλλά και την καλλιέργεια μιας νοοτροπίας προσανατολισμένης στην καινοτομία και την επίλυση προβλημάτων σε ένα ταχέως μεταβαλλόμενο παγκόσμιο τοπίο (Ritz & Fan, 2015).

Πρακτικά, ο διεπιστημονικός χαρακτήρας της εκπαίδευσης STEM εκδηλώνεται στα παιδαγωγικά μοντέλα που εισάγει, τα οποία ενθαρρύνουν τους μαθητές να συμμετέχουν σε πρακτική μάθηση με βάση τα έργα. Τέτοια μοντέλα έχουν σχεδιαστεί για την άρση των παραδοσιακών φραγμών μεταξύ των γνωστικών αντικειμένων, ιδίως σε σχολεία όπου οι άκαμπτες δομές του αναλυτικού προγράμματος συχνά εμποδίζουν τη συνεργασία μεταξύ των γνωστικών αντικειμένων (Marrero, et al., 2014). Η εκπαίδευση STEM υπερβαίνει την απλή διδασκαλία γεγονότων και θεωριών, και προωθεί την ανάπτυξη κριτικής σκέψης, συνεργασίας και σχεδιαστικής σκέψης, δεξιότητες που είναι ζωτικής σημασίας για τους μαθητές καθώς αντιμετωπίζουν τις πολυπλοκότητες του σύγχρονου κόσμου (Kennedy & Odell, 2014). Είναι σημαντικό ότι η πρακτική STEM διαδραματίζει επίσης καθοριστικό ρόλο στον περιορισμό των στερεοτύπων και στην αντιμετώπιση της υποεκπροσώπησης ορισμένων ομάδων σε αυτούς τους τομείς. Η πρώιμη δε έκθεση σε STEM, σε συνδυασμό με τις προσπάθειες αντιμετώπισης των αρνητικών στερεοτύπων για τους τομείς αυτούς, μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τις επαγγελματικές επιλογές των μαθητών, ιδίως των υποεκπροσωπούμενων ομάδων (Van Tuijl & van der Molen, 2016).

Η εκπαίδευση STEM είναι βαθιά συνδεδεμένη με την καινοτομία και την ικανότητα επίλυσης σύνθετων, διεπιστημονικών προβλημάτων. Με την προώθηση δεξιοτήτων που είναι εφαρμόσιμες σε ένα ευρύ φάσμα βιομηχανιών, το STEM προωθεί τη δημιουργία νέων λύσεων σε προκλήσεις που εκτείνονται πέρα από την τάξη (Hasanah, 2020). Αυτή η ολιστική θεώρηση του STEM τονίζει την ανάγκη να αποκτήσουν όλοι οι μαθητές αυτό που ο Mahoney (2010) αποκαλεί «γραμματισμό STEM», ο οποίος είναι ζωτικής σημασίας στη σημερινή οικονομία, όπου οι τεχνικές

δεξιότητες έχουν όλο και μεγαλύτερη ζήτηση. Ο ρόλος του STEM στην προώθηση της καινοτομίας συνδέεται επίσης, με την εφαρμογή του σε αναδυόμενους τομείς όπως το «Διαδίκτυο των Πραγμάτων» (Internet of Things - IoT), όπου απαιτείται ένα μείγμα τεχνολογίας, μηχανικής και σχεδιαστικής σκέψης για τη δημιουργία και τη διαχείριση διασυνδεδεμένων συστημάτων που εκτείνονται σε διάφορους τομείς (Takeuchi et al., 2020).

Η παγκόσμια ανάγκη για επαγγελματίες με επιστημονική-τεχνολογική ευρύτητα αναδεικνύει περαιτέρω τον κρίσιμο ρόλο αυτού του εκπαιδευτικού μοντέλου. Ωστόσο, όπως προτείνουν οι van Aalderen-Smeets και Walma van der Molen (2018), η εμπλοκή των μαθητών στο STEM απαιτεί κάτι περισσότερο από απλή μετάδοση γνώσεων. Περιλαμβάνει την ενίσχυση της αυτοαποτελεσματικότητας, την ανάπτυξη κινήτρων και την αμφισβήτηση της στερεοτυπικής σκέψης, που είναι ζωτικής σημασίας για την ενθάρρυνση των μαθητών να ακολουθήσουν σταδιοδρομία σε τομείς STEM. Αυτοί οι παράγοντες, σε συνδυασμό με την έμφαση στη διεπιστημονική εργασία, καταδεικνύουν ότι η εκπαίδευση STEM είναι ένα ισχυρό εργαλείο τόσο για την ατομική ανάπτυξη όσο και για την κοινωνική πρόοδο. Στην ουσία, η άνοδος της εκπαίδευσης STEM σηματοδοτεί μια στροφή προς ένα πιο ολοκληρωμένο, καινοτόμο και χωρίς αποκλεισμούς εκπαιδευτικό μοντέλο που αντικατοπτρίζει τις ανάγκες του 21ου αιώνα.

## 2.2 Σχέση STEM και IoT στην εκπαίδευση

Η ενσωμάτωση των τεχνολογιών του IoT στην εκπαίδευση STEM αντιπροσωπεύει μια σημαντική εξέλιξη στον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές ασχολούνται με την επιστήμη, την τεχνολογία, τη μηχανική και τα μαθηματικά. Το IoT παρέχει στους μαθητές μια διαδραστική πλατφόρμα για να εξερευνήσουν προβλήματα του πραγματικού κόσμου μέσω της συλλογής δεδομένων, της ανάλυσης και των αρχών της εφαρμοσμένης μηχανικής, καθιστώντας τις μαθησιακές εμπειρίες πιο δυναμικές και ελκυστικές (Abichandani et al., 2022). Η εκπαιδευτική δυναμική του IoT έγκειται στην ικανότητά του να διευκολύνει την πρακτική μάθηση, όπου οι μαθητές μπορούν να σχεδιάζουν και να αλληλεπιδρούν με συστήματα που γεφυρώνουν το χάσμα μεταξύ της θεωρητικής γνώσης και των πρακτικών

εφαρμογών. Με την ενσωμάτωση του IoT στα προγράμματα σπουδών STEM, οι εκπαιδευτικοί είναι σε θέση να ενθαρρύνουν την καινοτομία και την κριτική σκέψη, δεξιότητες ζωτικής σημασίας για το σύγχρονο ανθρώπινο δυναμικό (Chen et al., 2020).

Στην πράξη, οι τεχνολογίες IoT ενσωματώνονται όλο και περισσότερο στις τάξεις STEM μέσω διαφόρων εκπαιδευτικών εργαλείων και μαθησιακών ενοτήτων. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η ανάπτυξη έξυπνων εργαλειοθηκών που χρησιμοποιούν υλικό χαμηλού κόστους, όπως το Arduino ή το Raspberry Pi, επιτρέποντας στους μαθητές να εργαστούν με την απόκτηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και την ανάλυση στο σύννεφο (Habib et al., 2021). Αυτή η προσέγγιση προωθεί την κατανόηση των υποκείμενων αρχών του IoT, ενώ ταυτόχρονα εμπλέκει τους μαθητές σε επιστημονικούς, τεχνολογικούς και μηχανολογικούς κλάδους. Η εργαλειοθήκη επιτρέπει στους μαθητές να διεξάγουν πειράματα και να συλλέγουν δεδομένα, ενισχύοντας τις έννοιες STEM μέσω της ενσωμάτωσης του IoT. Εκθέτοντας τους μαθητές σε αυτές τις τεχνολογίες σε πρώιμο στάδιο, τα εκπαιδευτικά ιδρύματα μπορούν να καλλιεργήσουν τις απαραίτητες δεξιότητες για μελλοντική καινοτομία σε τομείς που σχετίζονται με το IoT (Habib et al., 2021).

Επιπλέον, το IoT έχει τη δυνατότητα να μεταμορφώσει τον τρόπο διδασκαλίας των μαθημάτων στο πλαίσιο του STEM. Στην εκπαίδευση μηχανικών, για παράδειγμα, το IoT παρέχει ένα πρακτικό πλαίσιο για τους σπουδαστές να συμμετέχουν σε προκλήσεις σχεδιασμού και μάθηση βάσει έργου. Το μοντέλο "Προτείνω, καθοδηγώ, σχεδιάζω, σχολιάζω, υλοποιώ, εμφανίζω και αξιολογώ" (PGDCIDE) που χρησιμοποιείται στο μάθημα IoT Maker δείχνει πώς η θεωρία και η πρακτική μπορούν να συνδυαστούν για την προώθηση της καινοτομίας και των δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων (Chen et al., 2020). Επιτρέποντας στους σπουδαστές να σχεδιάζουν και να βελτιώνουν συστήματα βασισμένα στο IoT, το μοντέλο αυτό όχι μόνο ενισχύει την τεχνική τους κατανόηση αλλά και ενθαρρύνει τη νοοτροπία της συνεχούς μάθησης και βελτίωσης. Η μέθοδος αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στη διδασκαλία σύνθετων αρχών μηχανικής, όπου οι θεωρητικές γνώσεις πρέπει να εφαρμοστούν σε πρακτικές προκλήσεις.

Στο πλαίσιο της επιστήμης και της τεχνολογίας, οι εφαρμογές IoT παρέχουν στους σπουδαστές ευκαιρίες να εξερευνήσουν την επιστημονική έρευνα με νέους τρόπους. Οι Hasni και Potvin (2015) τονίζουν ότι οι σπουδαστές συχνά δυσκολεύονται να δουν τη συνάφεια των παραδοσιακών προγραμμάτων σπουδών επιστήμης και τεχνολογίας με την καθημερινή τους ζωή. Το IoT μπορεί να γεφυρώσει αυτό το χάσμα, επιτρέποντάς τους να συμμετέχουν σε επιστημονικές διαδικασίες χρησιμοποιώντας δεδομένα σε πραγματικό χρόνο που παράγονται από συσκευές IoT. Για παράδειγμα, μπορούν να αναπτυχθούν αισθητήρες για την παρακολούθηση περιβαλλοντικών συνθηκών ή την παρακολούθηση βιολογικών διαδικασιών, παρέχοντας στους σπουδαστές πρακτικές εμπειρίες που κάνουν τις αφηρημένες έννοιες πιο απτές. Αυτή η μορφή μάθησης που βασίζεται στη διερεύνηση ευθυγραμμίζεται με τις παιδαγωγικές προσεγγίσεις STEM, οι οποίες δίνουν προτεραιότητα στην ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων και στην εφαρμογή της γνώσης σε πραγματικές συνθήκες.

Οι Thibaut et al. (2018) τονίζουν ότι η επιτυχής εφαρμογή της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM, συμπεριλαμβανομένων των εφαρμογών του IoT, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη στάση των εκπαιδευτικών και την υποστήριξη που λαμβάνουν όσον αφορά την επαγγελματική ανάπτυξη και τους πόρους. Οι θετικές στάσεις των εκπαιδευτικών απέναντι στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM διαμορφώνονται από την προσωπική συνάφεια, την επαγγελματική ανάπτυξη και το σχολικό περιβάλλον. Ωστόσο, προκλήσεις όπως η έλλειψη διεπιστημονικής κατανόησης και η σχολική δομή μπορούν να εμποδίσουν την αποτελεσματικότητα των ολοκληρωμένων προσεγγίσεων. Η τεχνολογία IoT, γεφυρώνοντας με φυσικό τρόπο πολλαπλά επιστημονικά πεδία, προσφέρει μια λύση σε ορισμένες από αυτές τις προκλήσεις, καθώς ενθαρρύνει τη συνεργασία μεταξύ διαφορετικών γνωστικών αντικειμένων STEM. Ο Thibaut και οι συνεργάτες του υποστηρίζουν ότι η παροχή κατάλληλης κατάρτισης στους εκπαιδευτικούς και η προώθηση ενός υποστηρικτικού σχολικού πλαισίου είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχή ενσωμάτωση του IoT και του STEM.

Η τεχνολογία IoT μπορεί να ενισχύσει τη συνεργασία και τη διεπιστημονική μάθηση στο πλαίσιο της εκπαίδευσης STEM. Η φύση του IoT, η οποία περιλαμβάνει διασυνδεδεμένες συσκευές και συστήματα, αντικατοπτρίζει τις διεπιστημονικές

απαιτήσεις του ίδιου του STEM. Ο Ryu (2019) επισημαίνει ότι μία από τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί κατά την εφαρμογή της ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM είναι η έλλειψη διεπιστημονικής κατανόησης. Το IoT παρέχει μια ιδανική πλατφόρμα για την αντιμετώπιση αυτής της πρόκλησης, καθώς οι εφαρμογές του συνδυάζουν με φυσικό τρόπο έννοιες από πολλούς κλάδους STEM. Για παράδειγμα, η εφαρμογή του IoT σε μια τάξη συχνά απαιτεί από τους μαθητές να εργάζονται σε διάφορα γνωστικά αντικείμενα -όπως η κωδικοποίηση, η ανάλυση δεδομένων και ο σχεδιασμός μηχανικής- προωθώντας έτσι μια ολιστική προσέγγιση της μάθησης. Αυτή η διεπιστημονική ενσωμάτωση είναι απαραίτητη για την προετοιμασία των μαθητών για τη διασυνδεδεμένη φύση των σύγχρονων τεχνολογικών πεδίων.

Η ενσωμάτωση των τεχνολογιών IoT στην εκπαίδευση STEM προσφέρει ένα ισχυρό εργαλείο για την ενίσχυση της δέσμευσης των μαθητών και την προώθηση της διεπιστημονικής μάθησης. Παρέχοντας πρακτικές, πραγματικές εφαρμογές, το IoT επιτρέπει στους μαθητές να εξερευνήσουν επιστημονικές, τεχνολογικές και μηχανολογικές έννοιες με πιο ουσιαστικό και πρακτικό τρόπο. Αυτή η ενσωμάτωση όχι μόνο εμπλουτίζει την εκπαιδευτική εμπειρία αλλά και προετοιμάζει τους μαθητές για την πολυπλοκότητα του σύγχρονου κόσμου, όπου το IoT γίνεται όλο και περισσότερο κυρίαρχο τεχνολογικό παράδειγμα. Μέσω καινοτόμων μεθόδων διδασκαλίας και διεπιστημονικών προσεγγίσεων, η εκπαίδευση IoT και STEM μπορεί να εξοπλίσει συλλογικά τους μαθητές με τις δεξιότητες και τις γνώσεις που είναι απαραίτητες για να ευδοκιμήσουν σε έναν ταχέως εξελισσόμενο κόσμο (Bell et al., 2018).

### 2.3 Εκπαιδευτικά παραδείγματα και κατασκευές IoT

Η ενσωμάτωση των τεχνολογιών IoT στην εκπαίδευση STEM παρουσιάζει πολλές ευκαιρίες για τη δημιουργία διαδραστικών, πρακτικών μαθησιακών εμπειριών. Ένα από τα σημαντικότερα παραδείγματα αυτής της ενσωμάτωσης είναι η χρήση του Arduino και του Raspberry Pi σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. Αυτοί οι μικροελεγκτές και οι υπολογιστές μιας πλακέτας επιτρέπουν στους μαθητές να ασχοληθούν άμεσα με φυσικές παραμέτρους και συστήματα ελέγχου, συνδυάζοντας

τις αφηρημένες αρχές του STEM με εφαρμογές του πραγματικού κόσμου. Με την αξιοποίηση των συσκευών IoT, οι μαθητές αποκτούν πρακτικές δεξιότητες στην απόκτηση δεδομένων χρησιμοποιώντας αισθητήρες, την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και τον έλεγχο συστημάτων, και όλα αυτά μέσα σε ένα πλαίσιο STEM (Balyk et al., 2023).

Οι δραστηριότητες που συνδυάζουν STEM και IoT συχνά περιστρέφονται γύρω από τη μέτρηση φυσικών παραμέτρων και τον έλεγχο συσκευών ενσωμάτωσης αισθητήρων. Για παράδειγμα, οι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της θερμοκρασίας, της υγρασίας ή των επιπέδων φωτισμού σε πραγματικό χρόνο, παρέχοντας στους μαθητές άμεση ανατροφοδότηση και δεδομένα προς ανάλυση. Αυτές οι δραστηριότητες συμβάλλουν στη γεφύρωση του χάσματος μεταξύ θεωρίας και εφαρμογής, προσφέροντας στους μαθητές την ευκαιρία να δουν πώς οι επιστημονικές έννοιες σχετίζονται με την καθημερινή ζωή. Μέσω του σχεδιασμού και της υλοποίησης συστημάτων IoT, όπως μοντέλα έξυπνων σπιτιών, οι μαθητές μπορούν να μάθουν πώς να εφαρμόζουν τις αρχές της μηχανικής για την επίλυση πρακτικών προβλημάτων, ενώ παράλληλα αποκτούν εμπειρία στον προγραμματισμό, τα ηλεκτρονικά και την ανάλυση δεδομένων.

Το Arduino και το Raspberry Pi είναι ιδιαίτερα πολύτιμα σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα λόγω της ευελιξίας και της προσβασιμότητάς τους. Αυτές οι πλατφόρμες επιτρέπουν στους μαθητές να δημιουργήσουν ένα ευρύ φάσμα έργων, από βασικά συστήματα παρακολούθησης αισθητήρων έως πιο σύνθετες συσκευές IoT που αλληλεπιδρούν με συστήματα αποθήκευσης δεδομένων που βασίζονται στο σύννεφο (cloud). Για παράδειγμα, το Raspberry Pi, σε συνδυασμό με αισθητήρες και ενεργοποιητές, επιτρέπει στους μαθητές να σχεδιάζουν συστήματα που όχι μόνο συλλέγουν δεδομένα αλλά και ανταποκρίνονται στις μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες σε πραγματικό χρόνο, όπως η αυτόματη προσαρμογή του φωτισμού ή του ελέγχου της θερμοκρασίας σε ένα μοντέλο έξυπνου σπιτιού. Αυτή η ενσωμάτωση υλικού και λογισμικού αναδεικνύει τη διεπιστημονική φύση της εκπαίδευσης STEM, όπου οι μαθητές πρέπει να εφαρμόζουν γνώσεις από διάφορους τομείς για την επίλυση σύνθετων προβλημάτων.

Η εκπαιδευτική αξία των κατασκευών IoT ενισχύεται περαιτέρω από δραστηριότητες μάθησης βάσει έργου, όπως αυτές που περιγράφονται από τους Bevan et al. (2015), όπου οι μαθητές συμμετέχουν σε διαδικασίες "μαστορέματος" και επαναληπτικού σχεδιασμού. Σε αυτές τις δραστηριότητες, οι μαθητές πειραματίζονται με διαφορετικούς αισθητήρες, κυκλώματα και συστήματα ελέγχου, βελτιώνοντας τα σχέδιά τους μέσω δοκιμής και σφάλματος. Αυτή η διαδικασία αντικατοπτρίζει τη μηχανική του πραγματικού κόσμου και προάγει τη δημιουργικότητα και τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων.

Ένα άλλο παράδειγμα ενσωμάτωσης STEM - IoT είναι η εφαρμογή συστημάτων με βάση το Arduino στις τάξεις του δημοτικού και του γυμνασίου. Οι Harwell et al. (2015) υπογραμμίζουν τα οφέλη των προκλήσεων σχεδιασμού μηχανικής που ενσωματώνουν το Arduino για να διδάξουν στους μαθητές βασικές αρχές ηλεκτρονικής, κωδικοποίησης και ελέγχου συστημάτων. Αυτές οι δραστηριότητες, οι οποίες περιλαμβάνουν τη συναρμολόγηση κυκλωμάτων, τον προγραμματισμό αισθητήρων και την ανάλυση δεδομένων, βοηθούν τους μαθητές να αναπτύξουν τόσο τεχνικές δεξιότητες όσο και κριτική σκέψη. Δουλεύοντας μέσα από τη διαδικασία σχεδιασμού, δοκιμής και βελτίωσης των συστημάτων τους που βασίζονται στο Arduino, οι μαθητές αποκτούν βαθύτερη κατανόηση των εννοιών STEM με πρακτικό και ελκυστικό τρόπο. Οι αξιολογήσεις που προκύπτουν από αυτές τις τάξεις αποκαλύπτουν επίσης, ότι οι μαθητές που συμμετέχουν σε έργα βασισμένα στο IoT επιδεικνύουν σημαντικά κέρδη στην κατανόηση των εννοιών της μηχανικής και της τεχνολογίας.

Οι Glancy et al. (2017) υπογραμμίζουν περαιτέρω τη σημασία των δεξιοτήτων ανάλυσης δεδομένων και μέτρησης σε δραστηριότητες STEM που ενισχύονται από το IoT. Σε μια μελέτη περίπτωσης μαθητών της πέμπτης τάξης, παρατήρησαν πώς οι μαθητές δυσκολεύονταν με τη συλλογή, οργάνωση και ερμηνεία των δεδομένων που παράγονται από τις συσκευές IoT. Ωστόσο, η διαδικασία εργασίας με δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από αισθητήρες παρείχε πολύτιμες μαθησιακές εμπειρίες, καθώς οι μαθητές έμαθαν να κατανοούν τη σχέση μεταξύ των ακατέργαστων δεδομένων και των φυσικών φαινομένων που μελετούσαν. Αυτές οι προκλήσεις και οι επιτυχίες υπογραμμίζουν τη σημασία του προσεκτικά σχεδιασμένου προγράμματος που

εφαρμόζεται και της υποστήριξης των εκπαιδευτικών σε περιβάλλοντα μάθησης που βασίζονται στο IoT, καθώς οι μαθητές πρέπει να μάθουν όχι μόνο να χειρίζονται την τεχνολογία αλλά και να εξάγουν ουσιαστικά συμπεράσματα από τα δεδομένα που συλλέγουν.

Οι King και English (2016) παρουσιάζουν επίσης μια πειστική υπόθεση για την ενσωμάτωση του μηχανολογικού σχεδιασμού και των τεχνολογιών IoT σε περιβάλλοντα πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Στη μελέτη τους, οι μαθητές χρησιμοποίησαν ένα επαναληπτικό μοντέλο μηχανολογικού σχεδιασμού για να κατασκευάσουν οπτικά όργανα, εφαρμόζοντας βασικές έννοιες STEM στις κατασκευές τους. Η δραστηριότητα αυτή όχι μόνο εμπάθυε την κατανόηση των αρχών STEM, αλλά ενθάρρυνε επίσης τη συνεργασία και τον πειραματισμό. Η ενσωμάτωση τεχνολογιών IoT, όπως αισθητήρες και ενεργοποιητές, σε παρόμοιες δραστηριότητες θα επέτρεπε, σύμφωνα με τους ερευνητές, στους μαθητές να επεκτείνουν τη μάθησή τους συλλέγοντας και αναλύοντας δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, ενισχύοντας περαιτέρω την εμπλοκή τους με τις έννοιες της μηχανικής και της τεχνολογίας.

Η σημασία της προώθησης θετικών στάσεων απέναντι στο STEM μέσω τέτοιων διαδραστικών δραστηριοτήτων υπογραμμίζεται από τους Guzey et al. (2014). Η μελέτη τους τονίζει ότι η βελτίωση των αντιλήψεων των μαθητών για τους κλάδους και τις σταδιοδρομίες STEM είναι κρίσιμη για την παρακίνησή τους να ακολουθήσουν αυτούς τους τομείς στο μέλλον. Οι εκπαιδευτικές δραστηριότητες που βασίζονται στο IoT, όπως αυτές που χρησιμοποιούν το Arduino και το Raspberry Pi, προσφέρουν έναν απτό και συναρπαστικό τρόπο για την εμπλοκή των μαθητών στο STEM, συμβάλλοντας στην ανάπτυξη θετικής στάσης απέναντι σε αυτά τα αντικείμενα. Παρέχοντας στους μαθητές πρακτικές εμπειρίες που καταδεικνύουν τη συνάφεια των εννοιών STEM με εφαρμογές στον πραγματικό κόσμο, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να συμβάλουν στην ενίσχυση του μακροπρόθεσμου ενδιαφέροντος και των επαγγελματικών φιλοδοξιών στους τομείς STEM.

Η ευελιξία των κατασκευών του IoT σε εκπαιδευτικά σενάρια δεν περιορίζεται μόνο σε μαθητές μεγαλύτερης ηλικίας. Η English (2019) περιγράφει μια

ολοκληρωμένη δραστηριότητα STEM στην οποία μαθητές της τετάρτης τάξης συμμετείχαν σε μια πρόκληση σχεδιασμού που περιελάμβανε επίλυση προβλημάτων πραγματικού κόσμου. Στην περίπτωση αυτή, οι μαθητές εξερεύνησαν τους ρόλους των σχεδιαστών και των μηχανικών, δοκιμάζοντας και επαναλαμβάνοντας τις ιδέες τους. Με την ενσωμάτωση εργαλείων IoT, όπως αισθητήρες και Arduino, σε παρόμοιες προκλήσεις, οι μαθητές σε νεαρή ηλικία μπορούν να βιώσουν τη διασταύρωση της τεχνολογίας και της σχεδιαστικής σκέψης. Τέτοιες δραστηριότητες τους δίνουν τη δυνατότητα να αναπτύξουν χωρικές, μαθηματικές και τεχνικές δεξιότητες, ενώ παράλληλα καλλιεργούν τη δημιουργικότητα και την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι λύσεις της μηχανικής εφαρμόζονται σε καθημερινές προκλήσεις.

Οι Gravel et al. (2018) υπογραμμίζουν πώς οι κατασκευαστές (Makers) χρησιμοποιούν δραστηριότητες με επίκεντρο τον σχεδιασμό για να αναπτύξουν τον γραμματισμό STEM. Σε εκπαιδευτικά πλαίσια, αυτή η προσέγγιση του Making, όταν συνδυάζεται με το IoT, ενισχύει την ικανότητα των μαθητών να εφαρμόζουν επιστημονικές και τεχνολογικές γνώσεις για την επίλυση προβλημάτων σχεδιασμού. Τα Maker spaces που ενσωματώνουν τεχνολογίες IoT ενθαρρύνουν τους μαθητές να σκέφτονται κριτικά σχετικά με τη συλλογή δεδομένων και το σχεδιασμό συστημάτων και παρέχουν ένα αυθεντικό πλαίσιο για τη μάθηση σχετικά με τα ηλεκτρονικά, την κωδικοποίηση και την παρακολούθηση παραμέτρων σε πραγματικό χρόνο. Αυτή η κουλτούρα του κατασκευαστή - maker, σε συνδυασμό με το IoT, τοποθετεί τους μαθητές να αναλάβουν ενεργό ρόλο στη μάθησή τους, προωθώντας μια βαθιά σύνδεση μεταξύ της θεωρητικής γνώσης STEM και της πρακτικής εφαρμογής.

Συμπερασματικά, οι δραστηριότητες και οι κατασκευές που βασίζονται στο IoT στην εκπαίδευση STEM προσφέρουν στους μαθητές μια ολοκληρωμένη, πρακτική εμπειρία που ενσωματώνει πολλαπλούς κλάδους. Μέσω της χρήσης Arduino, Raspberry Pi και συστημάτων που βασίζονται σε αισθητήρες, οι μαθητές είναι σε θέση να συμμετέχουν σε παρακολούθηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, επίλυση προβλημάτων και επαναληπτικές διαδικασίες σχεδιασμού. Αυτά τα εκπαιδευτικά παραδείγματα δεν ενισχύουν μόνο την τεχνική επάρκεια, αλλά προωθούν επίσης την κριτική σκέψη, τη δημιουργικότητα και τη βαθύτερη κατανόηση του τρόπου με τον

οποίο οι έννοιες STEM εφαρμόζονται στον πραγματικό κόσμο. Καθώς το IoT γίνεται όλο και πιο διαδεδομένο σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, συμβάλλει στη διαμόρφωση του τρόπου διδασκαλίας των θεμάτων STEM, καθιστώντας τη μάθηση πιο ελκυστική, σχετική και διεπιστημονική.

## 2.4 Προστιθέμενη αξία του IoT στις STEM δραστηριότητες

Η ενσωμάτωση των τεχνολογιών IoT στην εκπαίδευση STEM προσφέρει μετασχηματιστικά οφέλη που βελτιώνουν τη μαθησιακή εμπειρία, αυξάνοντας το ενδιαφέρον των μαθητών και προωθώντας την ανάπτυξη κρίσιμων δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων. Με την ενσωμάτωση του IoT στις εκπαιδευτικές δραστηριότητες, οι μαθητές εμπλέκονται στη συλλογή και ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, η οποία ζωντανεύει τις έννοιες STEM με τρόπους που οι παραδοσιακές εκπαιδευτικές προσεγγίσεις συχνά δεν μπορούν. Αυτή η πρακτική αλληλεπίδραση με την τεχνολογία προάγει τη βαθύτερη κατανόηση των επιστημονικών, τεχνολογικών, μηχανικών και μαθηματικών αρχών, δημιουργώντας ένα πιο ελκυστικό και πρακτικό μαθησιακό περιβάλλον (Fan & Yu, 2017).

Μία από τις σημαντικότερες συνεισφορές του IoT στην εκπαίδευση STEM είναι η ικανότητά του να αυξάνει τα κίνητρα και το ενδιαφέρον των μαθητών. Μελέτες έχουν δείξει ότι οι μαθητές εμφανίζουν ενισχυμένα κίνητρα όταν εμπλέκονται σε δραστηριότητες που σχετίζονται με προβλήματα και εφαρμογές του πραγματικού κόσμου. Οι Julià και Antolí (2019) απέδειξαν ότι η εφαρμογή μακροχρόνιων μαθημάτων ενεργητικής μάθησης με βάση το STEM, ιδίως εκείνων που περιλαμβάνουν τεχνολογίες IoT, οδήγησε σε υψηλά επίπεδα παρακίνησης των μαθητών. Δίνοντας τη δυνατότητα στους μαθητές να εργαστούν σε ομάδες σε αυθεντικές εργασίες επίλυσης προβλημάτων, οι δραστηριότητες IoT τους βοηθούν να δουν τη συνάφεια του STEM με την καθημερινή τους ζωή. Η μελέτη διαπίστωσε ότι ο πρακτικός χαρακτήρας αυτών των δραστηριοτήτων είχε ως αποτέλεσμα την αυξημένη δέσμευση και τη διατήρηση των κινήτρων καθ' όλη τη διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους, ιδίως όταν οι μαθητές μπορούσαν να οπτικοποιήσουν την πρόοδό τους μέσω εφαρμογών IoT.

Επιπλέον, η χρήση του IoT στην εκπαίδευση STEM υποστηρίζει την ανάπτυξη βασικών δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων. Τα συστήματα IoT απαιτούν εγγενώς από τους μαθητές να συμμετέχουν σε επαναληπτικές διαδικασίες σχεδιασμού, όπου πρέπει να εντοπίζουν ένα πρόβλημα, να συλλέγουν δεδομένα χρησιμοποιώντας αισθητήρες, να αναλύουν τα δεδομένα αυτά και να προσαρμόζουν την προσέγγισή τους για να βελτιώσουν τα αποτελέσματα. Οι Fan και Yu (2017) διαπίστωσαν ότι οι μαθητές που συμμετείχαν σε ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα σπουδών STEM, το οποίο περιελάμβανε πρακτικές σχεδιασμού μηχανικής με βάση το IoT, υπερείχαν έναντι των συμμαθητών τους όσον αφορά στις εννοιολογικές γνώσεις και τις δεξιότητες σκέψης ανώτερης τάξης. Αυτή η διαδικασία της πρόβλεψης του προβλήματος, της ανάλυσης και της βελτίωσης της λύσης αντικατοπτρίζει τον κύκλο σχεδιασμού της μηχανικής στον πραγματικό κόσμο και είναι ζωτικής σημασίας για την προετοιμασία των μαθητών για σταδιοδρομία σε τομείς STEM. Η εμπειρία της εργασίας με εργαλεία IoT βοηθά τους μαθητές να αναπτύξουν δεξιότητες κριτικής σκέψης, καθώς μαθαίνουν να ερμηνεύουν δεδομένα, να αναγνωρίζουν μοτίβα και να επιλύουν σύνθετα προβλήματα μέσω επαναληπτικών διαδικασιών.

Η έρευνα υπογραμμίζει επίσης, τη σημασία της ενσωμάτωσης των ερευνητικών δραστηριοτήτων στην εκπαίδευση STEM που ενισχύεται από το IoT. Οι Vossen et al. (2020a) σημείωσαν ότι οι σχεδιαστικά προσανατολισμένες ενότητες STEM, επιτρέπουν στους μαθητές να χρησιμοποιούν την έρευνα σε διάφορες μορφές, είτε πρόκειται για θεωρητική έρευνα, είτε για έρευνα χρηστών, είτε για δοκιμή πρωτοτύπων. Αυτές οι ερευνητικές δραστηριότητες εμπλουτίζουν τη διαδικασία σχεδιασμού, βοηθώντας τους μαθητές να ξεπεράσουν τις απλές προσεγγίσεις δοκιμής και λάθους και να θεμελιώσουν τις αποφάσεις τους σε στοιχεία και δεδομένα. Η ενσωμάτωση των τεχνολογιών IoT παρέχει στους σπουδαστές πρόσβαση σε δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, τα οποία μπορούν να αναλύσουν για να βελτιώσουν τα σχέδιά τους και να κατανοήσουν καλύτερα τις υποκείμενες αρχές. Αυτή η σύνδεση μεταξύ έρευνας και σχεδιασμού είναι απαραίτητη για να βοηθήσει τους σπουδαστές να αναπτύξουν μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση στην επίλυση προβλημάτων, που συνδυάζει τη θεωρία με την πρακτική εφαρμογή.

Επιπλέον, οι δραστηριότητες STEM που ενισχύονται από το IoT συμβάλλουν στην άρση των φραγμών μεταξύ παραδοσιακά απομονωμένων κλάδων, προωθώντας μια ολοκληρωμένη και διεπιστημονική προσέγγιση στην εκπαίδευση. Οι Guzey et al. (2016) τόνισαν τη σημασία της ενσωμάτωσης πρακτικών σχεδιασμού μηχανικής στην εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες, μια στρατηγική που ευθυγραμμίζεται στενά με τη μάθηση που βασίζεται στο IoT. Με την ενσωμάτωση της μηχανικής και της τεχνολογίας στα μαθήματα φυσικών επιστημών και μαθηματικών, οι δραστηριότητες IoT ενθαρρύνουν τους μαθητές να σκέφτονται ολιστικά για τα προβλήματα, λαμβάνοντας υπόψη πολλαπλές προοπτικές και αξιοποιώντας διάφορα εργαλεία για την ανάπτυξη λύσεων. Αυτή η διεπιστημονική προσέγγιση είναι απαραίτητη για την προετοιμασία των μαθητών για την πολυπλοκότητα των σύγχρονων επιστημονικών και μηχανολογικών προκλήσεων, όπου οι λύσεις συχνά απαιτούν γνώσεις από πολλαπλά πεδία. Επιπλέον, μια μελέτη των Guzey et al. (2017) κατέδειξε τη θετική επίδραση των προγραμμάτων σπουδών ένταξης STEM, τα οποία βασίζονται στον σχεδιασμό, στις επιδόσεις των μαθητών σε όλους τους τομείς της μηχανικής, των φυσικών επιστημών και των μαθηματικών. Η έρευνα διαπίστωσε ότι οι μαθητές που εκτέθηκαν σε μάθηση βασισμένη στον σχεδιασμό της μηχανικής, ενισχυμένη με εργαλεία όπως το IoT, παρουσίασαν σημαντική βελτίωση στην κατανόηση των αρχών της μηχανικής και βελτιωμένη απόδοση στις αξιολογήσεις των φυσικών επιστημών.

Ένα άλλο βασικό πλεονέκτημα του IoT στην εκπαίδευση STEM είναι η ικανότητά του να ανταποκρίνεται σε διαφορετικά μαθησιακά στυλ και ανάγκες. Οι Buckley et al. (2019) τόνισαν πώς οι αντιλήψεις των μαθητών για τη νοημοσύνη στην εκπαίδευση STEM μπορεί να διαφέρουν σημαντικά, με ορισμένους να θεωρούν τη νοημοσύνη ως σταθερό χαρακτηριστικό και άλλους ως εύπλαστη δεξιότητα που μπορεί να αναπτυχθεί μέσω της προσπάθειας και της πρακτικής. Οι δραστηριότητες STEM που βασίζονται στο IoT παρέχουν στους μαθητές την ευκαιρία να βιώσουν την επιτυχία μέσω πρακτικών πειραματισμών, γεγονός που μπορεί να βοηθήσει στη μετατόπιση των αντιλήψεών τους για τη νοημοσύνη προς μια αυξητική νοοτροπία. Δίνοντας στους μαθητές την ελευθερία να εξερευνήσουν, να πειραματιστούν και να αποτύχουν σε ένα ελεγχόμενο περιβάλλον, το IoT ενισχύει την ανθεκτικότητα και ενθαρρύνει μια προσέγγιση μάθησης προσανατολισμένη στην ανάπτυξη.

Επιπλέον, οι τεχνολογίες IoT μπορούν να καταστήσουν την εκπαίδευση STEM πιο προσιτή σε μαθητές με διαφορετικό υπόβαθρο. Ο Daugherty (2013) υποστήριξε ότι η δημιουργικότητα είναι ένα ζωτικό συστατικό της εκπαίδευσης STEM που συχνά παραβλέπεται. Ο διαδραστικός και καινοτόμος χαρακτήρας των εργαλείων IoT υποστηρίζει τη δημιουργική επίλυση προβλημάτων, επιτρέποντας στους μαθητές να ασχοληθούν με έννοιες STEM με τρόπους που έχουν νόημα για αυτούς. Αυτή η δημιουργική πτυχή είναι ιδιαίτερα σημαντική για τους μαθητές που μπορεί να μην διακρίνονται παραδοσιακά σε τυπικές συνθήκες τάξης, αλλά ευδοκιμούν όταν τους δίνεται η ευκαιρία να εργαστούν με πρακτικά εργαλεία και τεχνολογίες. Επιτρέποντας στους μαθητές να προσεγγίσουν τη μάθηση STEM από διαφορετικές οπτικές γωνίες, το IoT συμβάλλει στον εκδημοκρατισμό της εκπαίδευσης STEM, καθιστώντας την πιο περιεκτική και προσιτή σε ένα ευρύτερο φάσμα μαθητών.

Οι Daher και Shahbari (2020) παρατήρησαν επίσης ότι ο σχεδιασμός των δραστηριοτήτων STEM διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στη διαμεσολάβηση των εμπειριών και των αποτελεσμάτων των μαθητών. Δραστηριότητες οι οποίες ενθαρρύνουν τη διερεύνηση και την ενσωμάτωση πολλαπλών κλάδων STEM, βοηθούν τους μαθητές να αναπτύξουν πρακτικές δεξιότητες, ενώ παράλληλα εμβαθύνουν την εννοιολογική τους κατανόηση. Οι υποψήφιοι εκπαιδευτικοί στη μελέτη των Daher και Shahbari διαπίστωσαν ότι ο σχεδιασμός αυτών των δραστηριοτήτων έθετε προκλήσεις, αλλά αναγνώρισαν επίσης την αξία του IoT στην παροχή αυθεντικών, πραγματικών πλαισίων για να εφαρμόσουν οι μαθητές τις γνώσεις τους. Η συμπερίληψη του IoT στα προγράμματα σπουδών STEM διασφαλίζει ότι οι μαθητές όχι μόνο μαθαίνουν το περιεχόμενο αλλά και αναπτύσσουν τις δεξιότητες που είναι απαραίτητες για την πλοήγηση σε έναν κόσμο που καθοδηγείται όλο και περισσότερο από την τεχνολογία και τα διασυνδεδεμένα συστήματα.

Το IoT προσφέρει σημαντική προστιθέμενη αξία στην εκπαίδευση STEM αυξάνοντας το ενδιαφέρον των μαθητών, προωθώντας τη δέσμευση και αναπτύσσοντας δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων. Μέσω των εφαρμογών του πραγματικού κόσμου, της διεπιστημονικής μάθησης και του πρακτικού πειραματισμού, τα εργαλεία IoT βοηθούν τους μαθητές να αναπτύξουν κρίσιμες δεξιότητες που είναι απαραίτητες για την επιτυχία σε τομείς STEM. Η δυνατότητα

εργασίας με δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, η συμμετοχή σε διαδικασίες σχεδιασμού με γνώμονα την έρευνα και η ενσωμάτωση πολλαπλών επιστημονικών κλάδων ενισχύει τις μαθησιακές εμπειρίες των μαθητών και τους προετοιμάζει για τις προκλήσεις του μέλλοντος. Καθώς το IoT ενσωματώνεται όλο και περισσότερο στην εκπαίδευση, οι δυνατότητές του να ενισχύσει τη μάθηση STEM συνεχίζουν να αυξάνονται, προσφέροντας νέες ευκαιρίες για καινοτομία, δημιουργικότητα και συμμετοχικότητα στην τάξη.

## 2.5 Η σημασία της διαθεματικής προσέγγισης με IoT στο STEM

Η διεπιστημονική προσέγγιση, ειδικά όταν συνδυάζεται με το IoT στην εκπαίδευση STEM, ενισχύει την κατανόηση των μαθητών, επιτρέποντάς τους να δουν τις συνδέσεις μεταξύ της επιστήμης, της μηχανικής και των μαθηματικών σε πραγματικές συνθήκες. Το IoT λειτουργεί ως καταλύτης που συγχωνεύει αυτούς τους κλάδους, δημιουργώντας ένα περιβάλλον όπου οι μαθητές δεν μαθαίνουν πλέον χρησιμοποιώντας απομονωμένα τμήματα της επιστήμης, αλλά αντίθετα συμμετέχουν σε δραστηριότητες που απαιτούν μια ολιστική εφαρμογή της γνώσης. Αυτή η προσέγγιση προάγει μια βαθύτερη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο αλληλοσυνδέονται οι επιστημονικές αρχές, ο σχεδιασμός μηχανικής και η μαθηματική ανάλυση, ιδίως μέσω της επίλυσης προβλημάτων και της μάθησης βάσει έργου (Tan et al., 2019).

Ένας από τους πιο επιδραστικούς τρόπους με τους οποίους το IoT ενισχύει τη διεπιστημονική μάθηση είναι μέσω της ικανότητάς του να παρέχει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και διαδραστική ανατροφοδότηση, η οποία βοηθά τους μαθητές να συνδέσουν άμεσα τις θεωρητικές γνώσεις με τις πρακτικές εφαρμογές. Για παράδειγμα, όταν οι μαθητές χρησιμοποιούν αισθητήρες για τη συλλογή δεδομένων σχετικά με τις περιβαλλοντικές συνθήκες, εφαρμόζουν επιστημονικές αρχές για την παρακολούθηση και την ανάλυση φυσικών φαινομένων. Ταυτόχρονα, συμμετέχουν σε εργασίες μηχανικής σχεδιάζοντας συστήματα για τη συλλογή και αξιοποίηση των δεδομένων, ενώ χρησιμοποιούν μαθηματικά για να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματα και να λάβουν αποφάσεις με βάση τα ευρήματά τους. Αυτού του είδους η ολοκληρωμένη μάθηση ενισχύει την κατανόηση των μαθητών για κάθε κλάδο, καθώς

αναδεικνύει τις αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των θετικών επιστημών, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών (Marshall & Harron, 2018).

Ο διεπιστημονικός χαρακτήρας των δραστηριοτήτων που βασίζονται στο IoT είναι ιδιαίτερα εμφανής στη μάθηση βάσει έργου, όπου οι μαθητές πρέπει να εμπλακούν με πολλούς κλάδους STEM για την επίλυση σύνθετων προβλημάτων. Οι Al Salami et al. (2017) απέδειξαν ότι όταν οι εκπαιδευτικοί ενσωμάτωναν έννοιες της μηχανικής και της τεχνολογίας στα προγράμματα σπουδών των φυσικών επιστημών και των μαθηματικών, οι μαθητές έδειχναν αυξημένο ενδιαφέρον. Αυτές οι διεπιστημονικές δραστηριότητες ενθαρρύνουν τους μαθητές να προσεγγίσουν τα προβλήματα από διάφορες οπτικές γωνίες, αξιοποιώντας τα δυνατά σημεία κάθε επιστημονικού κλάδου για την ανάπτυξη λύσεων. Τα εργαλεία IoT ενισχύουν αυτή τη διαδικασία παρέχοντας την τεχνολογική υποδομή που απαιτείται για τη διερεύνηση επιστημονικών εννοιών μέσω του σχεδιασμού μηχανικής και της μαθηματικής ανάλυσης.

Επιπλέον, η χρήση του IoT στη διεπιστημονική εκπαίδευση STEM προάγει τη βαθύτερη κατανόηση των διεργασιών της μηχανικής, ιδίως όσον αφορά τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές προσεγγίζουν την επίλυση προβλημάτων. Οι Vossen et al. (2020b) τόνισαν τη σημασία της σύνδεσης της έρευνας και του σχεδιασμού στην εκπαίδευση STEM, η οποία ευθυγραμμίζεται στενά με τον τρόπο με τον οποίο το IoT ενθαρρύνει τον επαναληπτικό σχεδιασμό και τη λήψη αποφάσεων βάσει δεδομένων. Το IoT επιτρέπει στους μαθητές να συμμετέχουν σε πρακτικές μηχανικής αναπτύσσοντας και βελτιώνοντας πρωτότυπα, δοκιμάζοντας τα σχέδιά τους και προσαρμόζοντάς τα με βάση δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Αυτή η προσέγγιση βοηθά τους μαθητές να δουν τις πρακτικές εφαρμογές των επιστημονικών και μαθηματικών εννοιών, ενισχύοντας τη συνολική κατανόηση των διαδικασιών της μηχανικής. Μέσω του IoT, οι μαθητές μπορούν να βιώσουν από πρώτο χέρι πώς η μηχανική δεν είναι απομονωμένη από την επιστήμη ή τα μαθηματικά, αλλά αντίθετα είναι βαθιά συνυφασμένη με αυτούς τους κλάδους.

Μια άλλη σημαντική πτυχή αυτής της προσέγγισης είναι ο τρόπος με τον οποίο προωθείται η συνεργασία και η επικοινωνία μεταξύ των μαθητών. Οι Uddin et al.

(2021) τόνισαν την αξία της διεπιστημονικής έρευνας στα STEM, σημειώνοντας ότι η μηχανική και η τεχνολογία συχνά διαδραματίζουν ηγετικό ρόλο σε συνεργατικά έργα. Ομοίως, σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, τα έργα που βασίζονται στο IoT ενθαρρύνουν τους μαθητές να συνεργαστούν, αξιοποιώντας τα συλλογικά τους πλεονεκτήματα στις επιστήμες, την τεχνολογία και τα μαθηματικά για την ανάπτυξη λύσεων. Αυτή η συνεργατική πτυχή όχι μόνο ενισχύει την κατανόηση των επιμέρους επιστημονικών κλάδων από τους μαθητές, αλλά τους διδάσκει επίσης πώς να ενσωματώνουν τις γνώσεις σε διάφορους τομείς για την επίλυση προβλημάτων του πραγματικού κόσμου. Ο διεπιστημονικός χαρακτήρας προάγει την αίσθηση της ομαδικής εργασίας και της κοινής ευθύνης, οι οποίες αποτελούν κρίσιμες δεξιότητες τόσο σε ακαδημαϊκά όσο και σε επαγγελματικά περιβάλλοντα STEM.

Η πολυδιάστατη προσέγγιση με το IoT παρέχει επίσης στους μαθητές μια πιο αυθεντική μαθησιακή εμπειρία, καθώς αντικατοπτρίζει τον τρόπο με τον οποίο εργάζονται οι επαγγελματίες STEM στον πραγματικό κόσμο. Στο επαγγελματικό περιβάλλον, η έρευνα και ο σχεδιασμός σπάνια αποτελούν μεμονωμένες εργασίες, αντίθετα, είναι διασυνδεδεμένες, απαιτώντας γνώσεις από διάφορους κλάδους. Με την ενσωμάτωση του IoT στα προγράμματα σπουδών STEM, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να παρέχουν στους μαθητές μια πιο ρεαλιστική κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η επιστήμη, η μηχανική και τα μαθηματικά συνεργάζονται για την αντιμετώπιση σύνθετων ζητημάτων. Αυτή η προσέγγιση όχι μόνο ενισχύει την ακαδημαϊκή κατανόηση των μαθητών, αλλά και τους προετοιμάζει για μελλοντικές σταδιοδρομίες σε τομείς STEM, όπου η διεπιστημονική συνεργασία είναι ο κανόνας (Vossen et al., 2020b).

Επιπλέον, η αξιοποίηση του IoT στην εκπαίδευση συμβάλλει στην αντιμετώπιση της ανάγκης για καινοτόμο επίλυση προβλημάτων σε έναν κόσμο που διαμορφώνεται όλο και περισσότερο από την τεχνολογία. Οι Costello et al. (2020) συζήτησαν τη σημασία των κυβερνητικών πρωτοβουλιών στην Ευρώπη με στόχο την προώθηση της εκπαίδευσης STEM, ιδίως μέσω διεπιστημονικών προσεγγίσεων μάθησης. Οι πρωτοβουλίες αυτές αναγνωρίζουν ότι η ικανότητα ενσωμάτωσης γνώσεων από διαφορετικά πεδία είναι κρίσιμη για την επίλυση των πολύπλοκων προβλημάτων του 21ου αιώνα. Με την ενσωμάτωση διεπιστημονικών

δραστηριοτήτων, οι εκπαιδευτικοί εξοπλίζουν τους μαθητές με τις δεξιότητες και τη νοοτροπία που απαιτούνται για την αντιμετώπιση των προκλήσεων που θέτει η σύγχρονη τεχνολογία. Η ικανότητα σύνδεσης της επιστήμης, της μηχανικής και των μαθηματικών μέσω του IoT όχι μόνο ενισχύει την κατανόηση των μαθητών αλλά και προάγει την καινοτόμο σκέψη που είναι απαραίτητη για τις μελλοντικές εξελίξεις.

Επιπροσθέτως, η ολιστική προσέγγιση επιτρέπει στους μαθητές να βιώσουν την επαναληπτική φύση της διαδικασίας σχεδιασμού, η οποία αποτελεί βασικό συστατικό της εκπαίδευσης στη μηχανική. Το IoT επιτρέπει τη συνεχή παρακολούθηση δεδομένων, επιτρέποντας στους μαθητές να δοκιμάζουν υποθέσεις, να προσαρμόζουν τα σχέδιά τους και να βελτιώνουν τα συστήματά τους με βάση την ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο. Αυτή η διαδικασία επανάληψης και βελτίωσης αντικατοπτρίζει τη διαδικασία σχεδιασμού της μηχανικής που χρησιμοποιείται σε επαγγελματικά περιβάλλοντα, δίνοντας στους μαθητές μια βαθύτερη εκτίμηση για τη διασύνδεση των επιστημονικών κλάδων. Συμμετέχοντας σε αυτές τις δραστηριότητες οι μαθητές, αναπτύσσουν μια πιο ολοκληρωμένη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο ο μηχανολογικός σχεδιασμός βασίζεται σε επιστημονικές αρχές και μαθηματική ανάλυση (Tan et al., 2019).

Η χρήση του IoT έχει επίσης τη δυνατότητα να αυξήσει τη δέσμευση και τα κίνητρα των μαθητών, καθώς τους παρέχει απτές, πραγματικές εφαρμογές των εννοιών που μαθαίνουν. Μέσα από τη συμμετοχή σε έργα που αντιμετωπίζουν αυθεντικές προκλήσεις, οι μαθητές είναι σε θέση να δουν τη συνάφεια των κλάδων STEM στην καθημερινή τους ζωή. Αυτή η σύνδεση μεταξύ της μάθησης στην τάξη και των εφαρμογών στον πραγματικό κόσμο αυξάνει το ενδιαφέρον των μαθητών και τους παρακινεί να εξερευνήσουν περαιτέρω αυτούς τους επιστημονικούς τομείς (Marshall & Harron, 2018).

Η προσέγγιση STEM σε συνδυασμό με το IoT ενισχύει σημαντικά την κατανόηση των μαθητών για τις θετικές επιστήμες, τη μηχανική και τα μαθηματικά παρέχοντας μια ολοκληρωμένη μαθησιακή εμπειρία που αντικατοπτρίζει τις εφαρμογές στον πραγματικό κόσμο. Το IoT διευκολύνει τη σύνδεση μεταξύ αυτών των επιστημονικών κλάδων, επιτρέποντας στους μαθητές να συμμετάσχουν σε

πρακτικά, καθοδηγούμενα από δεδομένα έργα που απαιτούν την εφαρμογή γνώσεων από πολλαπλά πεδία. Αυτή η προσέγγιση όχι μόνο εμβαθύνει την κατανόηση των μαθητών στα επιμέρους θέματα, αλλά προάγει επίσης τη συνεργασία, την επίλυση προβλημάτων και την καινοτομία. Καθώς το IoT συνεχίζει να διαμορφώνει το τεχνολογικό τοπίο, ο ρόλος του στην ενίσχυση της εκπαίδευση STEM θα γίνεται όλο και πιο σημαντικός, προετοιμάζοντας τους μαθητές για τις πολύπλοκες προκλήσεις του μέλλοντος.

## 2.6 Περίληψη και συμπεράσματα

Η ενσωμάτωση του IoT στην εκπαίδευση STEM αντιπροσωπεύει μια αξιοσημείωτη αλλαγή στον τρόπο με τον οποίο οι εκπαιδευτικές κοινότητες προσεγγίζουν τη διδασκαλία της επιστήμης, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών. Η σύνδεση μεταξύ STEM και IoT είναι ουσιαστική, καθώς το IoT χρησιμεύει τόσο ως εργαλείο όσο και ως πλαίσιο που ενισχύει τα παραδοσιακά όρια αυτών των κλάδων, παρέχοντας μια πιο διασυνδεδεμένη, πρακτική και ελκυστική μαθησιακή εμπειρία για τους μαθητές. Οι τεχνολογίες IoT επιτρέπουν τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, προωθώντας ένα περιβάλλον στο οποίο οι μαθητές όχι μόνο παρατηρούν θεωρητικές έννοιες αλλά συμμετέχουν ενεργά στην εφαρμογή τους. Αυτή η ενσωμάτωση εμβαθύνει την κατανόηση των κλάδων STEM συνδέοντας αφηρημένες έννοιες με απτά αποτελέσματα και πρακτικές χρήσεις, καθιστώντας τη μαθησιακή εμπειρία πιο δυναμική και σχετική.

Μία από τις βασικές σχέσεις μεταξύ STEM και IoT είναι ο τρόπος με τον οποίο το IoT παρέχει μια γέφυρα μεταξύ θεωρίας και πρακτικής. Στην παραδοσιακή εκπαίδευση, οι μαθητές συχνά μαθαίνουν έννοιες μεμονωμένα, εστιάζοντας σε θεωρητικές γνώσεις χωρίς σαφή κατανόηση του τρόπου με τον οποίο αυτές οι αρχές εφαρμόζονται σε σενάρια του πραγματικού κόσμου. Το IoT το αλλάζει αυτό ενσωματώνοντας την τεχνολογία σε καθημερινά εκπαιδευτικά καθήκοντα. Μέσω της χρήσης αισθητήρων, εργαλείων συλλογής δεδομένων και δικτυωμένων συσκευών, οι μαθητές μπορούν να πειραματιστούν και να εξερευνήσουν φυσικά φαινόμενα σε πραγματικό χρόνο. Είτε παρακολουθούν τις περιβαλλοντικές συνθήκες, είτε ελέγχουν μηχανικά συστήματα, είτε αναλύουν τις τάσεις των δεδομένων, το IoT δίνει τη

δυνατότητα στους μαθητές να ασχοληθούν με έννοιες STEM με πιο συστηματικό τρόπο. Αυτή η πρακτική, πειραματική προσέγγιση υποστηρίζει την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης και των δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων, καθώς οι μαθητές εφαρμόζουν επιστημονικές και μαθηματικές αρχές σε περιβάλλοντα μηχανικής για την επίλυση σύνθετων προβλημάτων.

Μια άλλη σημαντική πτυχή της σχέσης μεταξύ STEM και IoT είναι η διεπιστημονική προσέγγιση που προωθείται. Το IoT λειτουργεί εγγενώς σε πολλαπλούς κλάδους, απαιτώντας την ενσωμάτωση γνώσεων από την επιστήμη, την τεχνολογία, τη μηχανική και τα μαθηματικά για τη δημιουργία λειτουργικών συστημάτων. Αυτός ο διεπιστημονικός χαρακτήρας ευθυγραμμίζεται στενά με τους στόχους της εκπαίδευσης STEM, η οποία στοχεύει στην άρση των φραγμών μεταξύ των εν λόγω πεδίων και στην ενθάρρυνση των μαθητών να σκέφτονται ολιστικά για την επίλυση προβλημάτων. Με την ενσωμάτωση των νέων δυνατοτήτων που προσφέρονται οι μαθητές μαθαίνουν να βλέπουν τις συνδέσεις μεταξύ των διαφόρων κλάδων, κατανοώντας πώς ο καθένας συμβάλλει στη δημιουργία και τη βελτίωση της τεχνολογίας. Για παράδειγμα, ο σχεδιασμός ενός συστήματος για την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα απαιτεί γνώσεις επιστημονικών αρχών που σχετίζονται με τη χημεία και την περιβαλλοντική επιστήμη, δεξιότητες μηχανικού για την κατασκευή του συστήματος, τεχνολογική εξειδίκευση για τον προγραμματισμό και τη διαχείριση των αισθητήρων και μαθηματική επάρκεια για την ανάλυση των δεδομένων που συλλέγονται. Αυτή η διεπιστημονική ενασχόληση όχι μόνο ενισχύει την κατανόηση κάθε γνωστικού αντικειμένου από τους μαθητές, αλλά και τους προετοιμάζει για τη συνεργατική, διεπιστημονική φύση των σύγχρονων επαγγελματιών.

Η εκπαιδευτική κοινότητα έχει αναγνωρίσει την αξία αυτής της διεπιστημονικής προσέγγισης, καθώς αντικατοπτρίζει καλύτερα την πραγματικότητα του επαγγελματικού κόσμου. Σε κλάδους όπου το IoT γίνεται όλο και πιο διαδεδομένο, οι επαγγελματίες πρέπει να αντλούν γνώσεις από διάφορα επιστημονικά πεδία για να καινοτομούν και να επιλύουν προβλήματα. Καλλιεργώντας μια διεπιστημονική νοοτροπία από νεαρή ηλικία, οι εκπαιδευτικοί βοηθούν τους μαθητές να αναπτύξουν τις δεξιότητες που θα χρειαστούν για να

επιτύχουν σε αυτούς τους ταχέως εξελισσόμενους τομείς. Η χρήση του IoT στην εκπαίδευση ενθαρρύνει επίσης τους μαθητές να ασχοληθούν με τεχνολογίες αιχμής, παρέχοντάς τους μια σταθερή βάση στα εργαλεία και τις μεθοδολογίες που οδηγούν στην καινοτομία. Αυτό όχι μόνο βελτιώνει τις ακαδημαϊκές τους επιδόσεις, αλλά τους καθιστά και πιο ανταγωνιστικούς στην αγορά εργασίας, καθώς θα εισέλθουν στο εργατικό δυναμικό με πρακτική εμπειρία στις τεχνολογίες που διαμορφώνουν το μέλλον της βιομηχανίας και της έρευνας.

Εκτός από την ενίσχυση των ακαδημαϊκών και επαγγελματικών δεξιοτήτων των μαθητών, η ενσωμάτωση του IoT στην εκπαίδευση προσφέρει οφέλη όσον αφορά στη δέσμευση και τα κίνητρα των μαθητών. Έρευνες έχουν δείξει σταθερά ότι οι μαθητές έχουν μεγαλύτερο κίνητρο για μάθηση όταν μπορούν να δουν τις πρακτικές εφαρμογές αυτού που μελετούν. Το IoT φέρνει αυτές τις εφαρμογές στο προσκήνιο, επιτρέποντας στους μαθητές να αλληλεπιδρούν με συστήματα που έχουν «επιπτώσεις» στον πραγματικό κόσμο. Είτε ελέγχουν έναν ρομποτικό βραχίονα μέσω μιας εφαρμογής smartphone είτε αναλύουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από έναν μετεωρολογικό σταθμό, οι μαθητές είναι σε θέση να δουν τον άμεσο αντίκτυπο της εργασίας τους. Αυτό το επίπεδο εμπλοκής επιτρέπει στους μαθητές να εισέλθουν σε ένα περιβάλλον όπου μπορούν να πειραματιστούν, να εξερευνήσουν και να καινοτομήσουν, αυξάνοντας τη πιθανότητα να παραμείνουν αφοσιωμένοι στα θέματα STEM καθ' όλη τη διάρκεια της ακαδημαϊκής τους σταδιοδρομίας.

Τα αποτελέσματα αυτής της σχέσης μεταξύ STEM και IoT επεκτείνονται πέρα από την ατομική επίδοση των μαθητών. Για τους εκπαιδευτικούς, η εισαγωγή του IoT στην τάξη αποτελεί ευκαιρία για καινοτομία στις μεθοδολογίες διδασκαλίας. Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να αξιοποιήσουν τις τεχνολογίες IoT για να δημιουργήσουν πιο διαδραστικά και ανταποκρινόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα, όπου τα μαθήματα δεν διδάσκονται απλώς αλλά βιώνονται. Το IoT μπορεί να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς να παρακολουθούν την πρόοδο των μαθητών σε πραγματικό χρόνο, παρέχοντας άμεση ανατροφοδότηση και επιτρέποντας πιο εξατομικευμένη διδασκαλία. Αυτή η προσέγγιση της εκπαίδευσης με γνώμονα τα δεδομένα ευθυγραμμίζεται με τις ευρύτερες τάσεις στην εκπαιδευτική τεχνολογία, όπου η έμφαση δίνεται όλο και περισσότερο στη χρήση δεδομένων για την ενημέρωση των

διδασκικών πρακτικών και τη βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων. Επιπλέον, μπορεί να διευκολυνθεί η συνεργατική μάθηση, καθώς δουλεύοντας οι μαθητές από κοινού για να σχεδιάσουν, να κατασκευάσουν και να δοκιμάσουν συστήματα IoT, μαθαίνουν όχι μόνο τις τεχνικές πτυχές του αλλά και τις κοινωνικές δεξιότητες που είναι κρίσιμες στα σημερινά συνεργατικά περιβάλλοντα εργασίας, όπως η επικοινωνία, η ομαδική εργασία και η ηγεσία.

Η ευρύτερη εκπαιδευτική κοινότητα μπορεί να επωφεληθεί σημαντικά από την ενσωμάτωση του IoT στην εκπαίδευση STEM, ιδίως όσον αφορά στην ανάπτυξη προγραμμάτων σπουδών μέσω μίας διεπιστημονικής προσέγγισης που να συνδυάζει θεωρητικές γνώσεις με πρακτικές εφαρμογές. Καθώς το IoT γίνεται όλο και πιο διαδεδομένο, τα εκπαιδευτικά ιδρύματα αρχίζουν να αναθεωρούν τα προγράμματα σπουδών τους ώστε να περιλαμβάνουν ενότητες και έργα με επίκεντρο το IoT. Η στροφή αυτή αντανακλά την αυξανόμενη σημασία αυτής της τεχνολογίας στην παγκόσμια οικονομία και την ανάγκη προετοιμασίας των μαθητών για τις προκλήσεις και τις ευκαιρίες ενός κόσμου με γνώμονα την τεχνολογία. Με την ενσωμάτωση του IoT σε δραστηριότητες STEM, τα σχολεία μπορούν να παρέχουν στους μαθητές μια πιο σχετική και ενημερωμένη εκπαίδευση, η οποία αντανακλά τις συνθήκες και τις προκλήσεις του σύγχρονου επαγγελματικού περιβάλλοντος και τους εξοπλίζει με τις δεξιότητες που απαιτούνται για να ευδοκιμήσουν σε έναν ολοένα και πιο διασυνδεδεμένο κόσμο. Επιπλέον, η χρήση του IoT στην εκπαίδευση υποστηρίζει την ανάπτυξη δεξιοτήτων του 21ου αιώνα, όπως ο ψηφιακός αλφαριθμητισμός, η κριτική σκέψη και η επίλυση προβλημάτων, οι οποίες είναι απαραίτητες για την επιτυχία στην παγκόσμια οικονομία.

Οι δυνατότητες του IoT στην εκπαίδευση επεκτείνονται επίσης σε θέματα προσβασιμότητας και συμμετοχικότητας, καθώς μπορεί να συμβάλει στη γεφύρωση του χάσματος για τους μαθητές που δυσκολεύονται με τις παραδοσιακές μεθόδους μάθησης, παρέχοντας εναλλακτικούς τρόπους ενασχόλησης με το υλικό. Για παράδειγμα, projects που δίνουν έμφαση στον πρακτικό πειραματισμό και την ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο μπορούν να είναι ιδιαίτερα ωφέλιμα για μαθητές που δυσκολεύονται με θεωρητικές ή αφηρημένες έννοιες. Ο απτικός και διαδραστικός χαρακτήρας των συσκευών IoT επιτρέπει σε αυτούς τους μαθητές να

μάθουν καθιστώντας τα θέματα STEM πιο προσιτά και λιγότερο εκφοβιστικά. Επιπλέον, το IoT μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία πιο περιεκτικών μαθησιακών περιβαλλόντων, επιτρέποντας απομακρυσμένες και ασύγχρονες ευκαιρίες μάθησης. Οι μαθητές που δεν μπορούν να παρακολουθήσουν παραδοσιακά μαθήματα, είτε λόγω φυσικών, γεωγραφικών ή κοινωνικοοικονομικών εμποδίων, μπορούν να συμμετέχουν σε δραστηριότητες STEM που βασίζονται στο IoT μέσω διαδικτυακών πλατφορμών, καθιστώντας την εκπαίδευση STEM πιο δίκαιη και διαθέσιμη σε ένα ευρύτερο φάσμα μαθητών.

---

---

# IoT και Making στην εκπαίδευση

## 3. IoT και Making στην εκπαίδευση

### 3.1 Εισαγωγή

Το «Κίνημα των Κατασκευαστών» (Maker Movement) έχει εισαγάγει μια νέα προσέγγιση στην εκπαίδευση, με τις ρίζες του σε μια φιλοσοφία που βασίζεται στη δημιουργικότητα, την εξερεύνηση και την πρακτική μάθηση. Προερχόμενο από την κουλτούρα των κατασκευαστών, ενθαρρύνει τα άτομα να συμμετέχουν ενεργά στη διαδικασία της κατασκευής, είτε μέσω της ψηφιακής κατασκευής, είτε μέσω των ηλεκτρονικών, είτε μέσω της παραδοσιακής χειροτεχνίας. Αυτή η αλλαγή έχει βαθιές επιπτώσεις στον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται η μάθηση στα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, ιδίως στις επιστήμες και την τεχνολογία. Το κεντρικό δόγμα του Maker Movement, που συχνά συμπυκνώνεται με τη φράση «μάθηση μέσω κατασκευής», τονίζει τη σημασία του να αναλαμβάνουν οι μαθητές την ευθύνη της εκπαίδευσής τους, συμμετέχοντας στη διαδικασία σχεδιασμού, κατασκευής και πειραματισμού. Το κίνημα αυτό όχι μόνο επαναπροσδιόρισε τις εκπαιδευτικές πρακτικές αλλά και δημιούργησε χώρους όπου η μάθηση γίνεται μια προσωπική και δημιουργική προσπάθεια, συνδυάζοντας την επίλυση προβλημάτων με την καινοτομία.

Στις σχολικές αίθουσες, η προσέγγιση της κατασκευής προσφέρει στους μαθητές την ευκαιρία να συμμετάσχουν στη «μάθηση με βάση το πρόβλημα» (Problem-Based Learning - PBL), μια μέθοδο που τους επιτρέπει να αντιμετωπίσουν κακοδομημένα<sup>4</sup> προβλήματα (Κυπρίγος, 2022) σε περιβάλλοντα συνεργασίας. Οι Chan

---

<sup>4</sup> «Κακοδομημένο πρόβλημα» (ill-structured problem) είναι ένα πρόβλημα που δεν έχει σαφώς καθορισμένη λύση ή μονοσήμαντη απάντηση. Τα κακοδομημένα προβλήματα χαρακτηρίζονται από ασαφή ή ελλιπή δεδομένα, πολλαπλές πιθανές λύσεις και απαιτούν από τους μαθητές να διερευνήσουν, να αξιολογήσουν και να επιλέξουν στρατηγικές επίλυσης με βάση την κριτική και δημιουργική τους σκέψη. Σε τέτοια προβλήματα, δεν υπάρχει μία σωστή απάντηση, αλλά πολλές εναλλακτικές, και οι μαθητές ενθαρρύνονται να αναπτύξουν τις δικές τους προσεγγίσεις, αξιοποιώντας τη συνεργασία και τη γνώση που κατασκευάζουν μέσα από τη διαδικασία της μάθησης με βάση το πρόβλημα.

και Blikstein (2018) το καταδεικνύουν αυτό μέσω της μελέτης τους σε τάξεις μηχανικής γυμνασίου, όπου οι μαθητές εργάστηκαν σε ομάδες για να αντιμετωπίσουν σχεδιαστικές προκλήσεις σε εργαστήρια ψηφιακής κατασκευής. Αυτές οι εμπειρίες υπογραμμίζουν πώς η κατασκευή ενθαρρύνει τους μαθητές να καθορίζουν τα δικά τους προβλήματα και λύσεις, προωθώντας μια βαθύτερη αίσθηση της ιδιοκτησίας για την εκπαιδευτική τους πορεία. Η διαδικασία της κατασκευής γίνεται μια δραστηριότητα με γνώμονα τη διερεύνηση, όπου οι μαθητές όχι μόνο αποκτούν τεχνικές δεξιότητες αλλά αναπτύσσουν επίσης ικανότητες επικοινωνίας, κριτικής σκέψης και συνεργασίας.

Η εκπαιδευτική αξία της κατασκευής έγκειται στη διεπιστημονική της φύση, ενσωματώνοντας απρόσκοπτα τις επιστήμες STEM με τις τέχνες, τη χειροτεχνία και το σχεδιασμό. Αυτό επιβεβαιώνεται από τους Paravlasoroulou et al. (2017), οι οποίοι πραγματοποίησαν μια εκτεταμένη ανασκόπηση εμπειρικών μελετών σχετικά με το Maker Movement. Το έργο τους υπογραμμίζει την ευελιξία της κατασκευής που επιτρέπει στους μαθητές να συμμετέχουν τόσο σε δραστηριότητες υψηλής τεχνολογίας, όπως η ρομποτική και η τρισδιάστατη εκτύπωση, όσο και σε πιο παραδοσιακές μορφές χειροτεχνίας, όπως το ράψιμο. Αυτή η ενσωμάτωση προωθεί ένα μαθησιακό περιβάλλον όπου οι μαθητές δεν περιορίζονται σε άκαμπτα θεματικά όρια, αλλά ενθαρρύνονται να εξερευνούν, να μαστορεύουν και να πειραματίζονται σε διάφορα γνωστικά αντικείμενα. Ως αποτέλεσμα, η κατασκευή ενισχύει τόσο τις γνωστικές όσο και τις δημιουργικές πτυχές της εκπαίδευσης, προσφέροντας στους μαθητές πολλαπλούς, προσιτούς και ουσιαστικούς τρόπους να ασχοληθούν με πολύπλοκες έννοιες.

Τα θεωρητικά θεμέλια της δημιουργικής εκπαίδευσης εδράζονται σταθερά σε προοδευτικές εκπαιδευτικές πρακτικές που εστιάζουν στη βιωματική μάθηση και τη μάθηση με βάση το έργο. Η Pei (2018) σημειώνει ότι η Maker Education επεκτείνεται πέρα από τις τεχνικές δεξιότητες, συμβάλλοντας στην ολιστική ανάπτυξη των μαθητών. Προωθεί ένα περιβάλλον όπου οι μαθητές ενθαρρύνονται να σκέφτονται κριτικά, να εργάζονται συνεργατικά και να επιλύουν προβλήματα του πραγματικού κόσμου. Η ιδέα της «μάθησης μέσω της πράξης» ευθυγραμμίζεται στενά με τις αρχές της θεωρίας της εποικοδομητικής μάθησης, όπου η γνώση κατασκευάζεται ενεργά

από τον μαθητή μέσω της άμεσης εμπειρίας και όχι παθητικά λαμβανόμενη. Συμμετέχοντας σε δραστηριότητες κατασκευαστών, οι μαθητές αναπτύσσουν τόσο διανοητικές όσο και συναισθηματικές συνδέσεις με το έργο τους, προωθώντας ένα βαθύτερο επίπεδο δέσμευσης και κινήτρων για μάθηση.

Επιπλέον, η κατασκευή παρέχει μια μοναδική οδό για την ανάπτυξη πρακτικών δεξιοτήτων που είναι όλο και πιο σημαντικές στον 21ο αιώνα. Όπως αναλύει ο Anderson (2012) στο βιβλίο του “Makers: The New Industrial Revolution”, η προσβασιμότητα εργαλείων όπως οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές, οι μηχανές CNC και οι πλατφόρμες ανοικτού κώδικα έχει εκδημοκρατίσει την καινοτομία, επιτρέποντας στα άτομα να σχεδιάζουν και να παράγουν τις δικές τους δημιουργίες. Σε ένα εκπαιδευτικό πλαίσιο, αυτό σημαίνει ότι οι μαθητές μπορούν να δημιουργήσουν πρωτότυπα, να δοκιμάσουν και να βελτιώσουν τις ιδέες τους, μαθαίνοντας πολύτιμες δεξιότητες σχεδιαστικής σκέψης και επίλυσης προβλημάτων.

Οι Halverson και Sheridan (2014) πλαισιώνουν περαιτέρω τον ρόλο της κατασκευής στην εκπαίδευση διερευνώντας τον τρόπο με τον οποίο αλληλεπιδρά με τις παραδοσιακές εκπαιδευτικές πρακτικές. Ενώ το Maker Movement συχνά περιγράφεται ως μια απόκλιση από τη συμβατική σχολική εκπαίδευση, μοιράζεται πολλές ομοιότητες με καθιερωμένες μορφές βιωματικής μάθησης, όπως η εργαστηριακή εργασία στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών. Ωστόσο, το Making διευρύνει αυτά τα όρια δίνοντας έμφαση στην αυτονομία του μαθητή, τη δημιουργικότητα και τη διεπιστημονική συνεργασία. Υπό αυτή την έννοια, δεν είναι κάτι εντελώς νέο, αλλά μάλλον μια σύγχρονη εξέλιξη της πρακτικής μάθησης με βάση τη διερεύνηση που ενσωματώνει ψηφιακές τεχνολογίες και πλατφόρμες ανοικτού κώδικα.

Τα οφέλη του Making επεκτείνονται πέρα από την ανάπτυξη ατομικών δεξιοτήτων. Οι Halverson και Perpler (2018) υπογραμμίζουν πώς οι χώροι κατασκευής χρησιμεύουν ως ισχυρά μαθησιακά περιβάλλοντα, παρέχοντας στους μαθητές ευκαιρίες συνεργασίας, πειραματισμού και μάθησης από την αποτυχία. Τα περιβάλλοντα αυτά καλλιεργούν στους μαθητές την αίσθηση της δράσης και της ενδυνάμωσης, επιτρέποντάς τους να αναλαμβάνουν προκλήσεις και να μαθαίνουν

από τα λάθη. Αυτή η διαδικασία είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη της ανθεκτικότητας και της επιμονής, ιδιότητες που είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχία τόσο σε ακαδημαϊκό όσο και σε πραγματικό περιβάλλον. Επιπλέον, ο συνεργατικός χαρακτήρας της δημιουργίας ενισχύει την αίσθηση της κοινότητας μεταξύ των μαθητών, προωθώντας την κοινωνική αλληλεπίδραση και τη μάθηση από ομοτίμους.

Μια από τις σημαντικότερες συνεισφορές του κινήματος των κατασκευαστών στην εκπαίδευση είναι η ικανότητά του να εμπλέκει διαφορετικούς μαθητές, ιδίως εκείνους που προέρχονται από κοινότητες που υποεκπροσωπούνται στους τομείς STEM. Ο Bevan (2017) υποστηρίζει ότι η κατασκευή διευρύνει τη συμμετοχή στην εκπαίδευση STEM παρέχοντας πολλαπλά σημεία εισόδου για μαθητές με διαφορετικά ενδιαφέροντα και επίπεδα δεξιοτήτων. Τοποθετώντας τις επιστημονικές και μαθηματικές έννοιες ως υλικά για το σχεδιασμό, το Making επιτρέπει στους μαθητές να ασχοληθούν με αυτά τα θέματα με τρόπους που είναι σχετικοί και έχουν νόημα για αυτούς. Αυτή η συμμετοχικότητα υποστηρίζεται περαιτέρω από το έργο των Vossoughi et al. (2016), οι οποίοι τονίζουν τη σημασία της συνεκτίμησης του πολιτισμικού και κοινωνικοπολιτικού πλαισίου στο σχεδιασμό των δραστηριοτήτων δημιουργού. Η έρευνά τους υπογραμμίζει πώς η κατασκευή μπορεί να αποτελέσει μια μετασχηματιστική εμπειρία για μαθητές από περιθωριοποιημένες κοινότητες, προσφέροντάς τους την ευκαιρία να αμφισβητήσουν τις παραδοσιακές δομές εξουσίας και να συμμετάσχουν σε απελευθερωτικές εκπαιδευτικές πρακτικές.

Η δυνατότητα της κατασκευής να μετασχηματίσει την εκπαίδευση είναι επίσης εμφανής στην ικανότητά της να δημιουργεί συνδέσεις μεταξύ τυπικών και άτυπων περιβαλλόντων μάθησης. Οι Bevan et al. (2015) περιγράφουν πώς το «μαστόρεμα», μια υποκατηγορία του Making που δίνει έμφαση στη δημιουργικότητα και τον αυτοσχεδιασμό, μπορεί να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ σχολικής και εξωσχολικής μάθησης. Οι δραστηριότητες μαστορέματος επιτρέπουν στους μαθητές να συμμετάσχουν σε έρευνες πλούσιες σε STEM που είναι τόσο παιχνιδιάρικες όσο και διανοητικά αυστηρές, προωθώντας τη βαθιά μάθηση μέσω της εξερεύνησης και του πειραματισμού. Αυτή η ευελιξία στα μαθησιακά περιβάλλοντα υποστηρίζει την

ανάπτυξη μιας πιο ολοκληρωμένης εκπαιδευτικής εμπειρίας, όπου οι μαθητές μπορούν να εφαρμόζουν τις γνώσεις και τις δεξιότητες που αποκτούν στο σχολείο σε προβλήματα του πραγματικού κόσμου και σε δημιουργικές προσπάθειες.

Επιπλέον, ο Dougherty (2012) υπογραμμίζει την αξία της κοινότητας στη δημιουργία, τονίζοντας πώς εκδηλώσεις όπως το Maker Faire φέρνουν κοντά άτομα όλων των ηλικιών και υποβάθρων για να μοιραστούν τις δημιουργίες τους και να μάθουν ο ένας από τον άλλο. Αυτές οι συγκεντρώσεις ενισχύουν την αίσθηση της κοινής μάθησης και της αμοιβαίας υποστήριξης, η οποία είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση του Maker Movement σε εκπαιδευτικά πλαίσια. Συμμετέχοντας σε τέτοιες εκδηλώσεις, οι μαθητές όχι μόνο μπορούν να παρουσιάσουν το έργο τους αλλά και να λάβουν ανατροφοδότηση από ένα ευρύτερο κοινό, εμπλουτίζοντας περαιτέρω τη μαθησιακή τους εμπειρία.

Επιπλέον, η ενσωμάτωση της κατασκευής στην εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες ευθυγραμμίζεται με τις σύγχρονες προσεγγίσεις στη μάθηση που δίνουν προτεραιότητα στη διερεύνηση και την ανακάλυψη. Οι Hofstein και Lunetta (2004a) εξετάζουν τον τρόπο με τον οποίο οι εργαστηριακές δραστηριότητες στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών έχουν εξελιχθεί τις τελευταίες δύο δεκαετίες, τονίζοντας τη σημασία της πρακτικής μάθησης, που βασίζεται στη διερεύνηση, για την ανάπτυξη του επιστημονικού γραμματισμού. Το Maker Movement βασίζεται σε αυτή την παράδοση παρέχοντας στους μαθητές τα εργαλεία και τους πόρους για να διεξάγουν τα δικά τους πειράματα, να επιλύουν σύνθετα προβλήματα και να συμμετέχουν σε επιστημονική έρευνα με αυτοκατευθυνόμενο τρόπο. Αυτή η προσέγγιση όχι μόνο ενισχύει την κατανόηση των επιστημονικών εννοιών από τους μαθητές, αλλά και καλλιεργεί ένα δια βίου ενδιαφέρον για τη μάθηση και την εξερεύνηση.

Τέλος, η έμφαση του Maker Movement στην κοινότητα και τη συνεργασία αποτελεί βασικό παράγοντα της εκπαιδευτικής του αξίας. Οι Kwon και Lee (2017) διερευνούν τα κίνητρα των ατόμων που συμμετέχουν σε κοινότητες κατασκευαστών, διαπιστώνοντας ότι η συμμετοχή στην κοινότητα διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο τόσο στη μάθηση όσο και στις επιδόσεις. Σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, αυτή η αίσθηση

της κοινότητας είναι απαραίτητη για την προώθηση της μάθησης από ομοτίμους, της συνεργασίας και της ανταλλαγής γνώσεων και πόρων. Ο συνεργατικός χαρακτήρας της κατασκευής επιτρέπει στους μαθητές να συνεργάζονται για την επίλυση προβλημάτων, να μοιράζονται ιδέες και να μαθαίνουν ο ένας από τον άλλο, δημιουργώντας ένα δυναμικό και υποστηρικτικό μαθησιακό περιβάλλον.

Το Maker Movement αντιπροσωπεύει μια στροφή προς μια πιο δημιουργική, διεπιστημονική και μαθητοκεντρική προσέγγιση στην εκπαίδευση. Δίνοντας έμφαση στην πρακτική, διερευνητική μάθηση, η κατασκευή προάγει την κριτική σκέψη, την επίλυση προβλημάτων και τις δεξιότητες συνεργασίας που είναι απαραίτητες στον 21ο αιώνα. Η ενσωμάτωση του STEM με τις τέχνες και τις ανθρωπιστικές επιστήμες παρέχει στους μαθητές μια ολιστική εκπαιδευτική εμπειρία που ενθαρρύνει τη δημιουργικότητα και την καινοτομία. Καθώς όλο και περισσότεροι εκπαιδευτικοί και ιδρύματα υιοθετούν πρακτικές maker, η δυνατότητα του Making να μεταμορφώσει την εκπαίδευση γίνεται όλο και πιο εμφανής, προσφέροντας νέες ευκαιρίες στους μαθητές να εμπλακούν με τη μάθηση με ουσιαστικούς και μετασχηματιστικούς τρόπους.

### 3.2 Arduino/ Raspberry Pi και αισθητήρες στο σχολικό εργαστήριο φυσικών επιστημών

Η ενσωμάτωση τεχνολογιών όπως το Arduino και το Raspberry Pi στο σχολικό εργαστήριο φυσικών επιστημών έχει καταστεί σημαντικό στοιχείο για τη διευκόλυνση της πειραματικής μάθησης και την ενίσχυση της κατανόησης των φυσικών φαινομένων από τους μαθητές. Αυτές οι πλατφόρμες επιτρέπουν στους μαθητές να ασχοληθούν άμεσα με τη μέτρηση μεταβλητών όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και η φωτεινότητα, γεφυρώνοντας έτσι το χάσμα μεταξύ της θεωρητικής γνώσης και της πρακτικής εφαρμογής. Η χρήση αυτών των τεχνολογιών σε συνδυασμό με αισθητήρες έχει επίσης, αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική στην ανάπτυξη των δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων των μαθητών και στην προώθηση μιας βαθύτερης σύνδεσης με τις επιστημονικές έννοιες, ευθυγραμμιζόμενη με τους βασικούς στόχους της επιστημονικής εκπαίδευσης και των περιβαλλοντικών προγραμμάτων.

Η πλατφόρμα Arduino, ένας μικροελεγκτής ανοικτού κώδικα, παρέχει ένα ευέλικτο και φιλικό προς το χρήστη περιβάλλον για τους μαθητές ώστε να κατασκευάσουν τα δικά τους πειράματα. Αυτή η προσαρμοστικότητα το καθιστά ιδανικό για επιστημονικά εργαστήρια, όπου οι μαθητές μπορούν να συνδέσουν αισθητήρες για τη μέτρηση διαφόρων περιβαλλοντικών παραμέτρων, όπως η θερμοκρασία με θερμίστορες ή η υγρασία με ψηφιακούς αισθητήρες υγρασίας. Όπως έδειξαν οι Fernández - Pacheco et al. (2019), το Arduino έχει αποκτήσει σημαντική δημοτικότητα, στις εκπαιδευτικές κοινότητες, δημιουργώντας ευκαιρίες για τους μαθητές να σχεδιάζουν και να υλοποιούν έργα βασισμένα στο IoT. Η εργασία τους σε απομακρυσμένα εργαστήρια αναδεικνύει πώς η δυνατότητα του Arduino να υποστηρίζει πειραματισμούς IoT είναι σημαντική για την προώθηση μιας πρακτικής μαθησιακής εμπειρίας σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. Με τη χρήση του Arduino, οι μαθητές όχι μόνο διεξάγουν πειράματα, αλλά αναπτύσσουν επίσης ψηφιακό γραμματισμό, δεξιότητες προγραμματισμού και την ικανότητα ανάλυσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, σημαντικά στοιχεία για τη σύγχρονη επιστημονική έρευνα.

Παράλληλα, το Raspberry Pi προσφέρει μια χαμηλού κόστους, ιδιαίτερα προσιτή υπολογιστική πλατφόρμα που έχει διεισδύσει σε εκπαιδευτικά ιδρύματα σε όλο τον κόσμο. Η ευελιξία του συστήματος Raspberry Pi το καθιστά ιδανικό εργαλείο για πειραματισμούς στην τάξη. Σύμφωνα με τους Bruce et al. (2015), το Raspberry Pi έχει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση στα προγράμματα σπουδών πληροφορικής, καθιστώντας τον προγραμματισμό και το «μαστόρεμα» υλικού τόσο κοινά όσο και τα σχολικά βιβλία στις τάξεις. Με την ικανότητά του να συνδέεται με διάφορους αισθητήρες, το Raspberry Pi επιτρέπει στους μαθητές να μετρούν παραμέτρους όπως η ένταση του φωτός, η ατμοσφαιρική πίεση, ακόμη και η υγρασία του εδάφους, καθιστώντας το ιδανική πλατφόρμα για έργα περιβαλλοντικής επιστήμης. Η ικανότητα της συσκευής να ενσωματώνεται σε έργα IoT επιτρέπει στους μαθητές να συνδέουν τις μετρήσεις τους με βάσεις δεδομένων που βασίζονται στο cloud ή με συστήματα παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο, ενισχύοντας περαιτέρω τη σύνδεση μεταξύ της μάθησης στην τάξη και των ευρύτερων πρωτοβουλιών περιβαλλοντικής παρακολούθησης.

Η πρακτική εφαρμογή αυτών των πλατφορμών επεκτείνεται σε ένα ευρύ φάσμα πειραμάτων που βοηθούν τους μαθητές να κατανοήσουν τα φυσικά φαινόμενα. Μια από τις πιο συνηθισμένες χρήσεις του Arduino και του Raspberry Pi στα σχολικά εργαστήρια είναι η μέτρηση της θερμοκρασίας. Για παράδειγμα, οι Vitoriano et al. (2016) διερεύνησαν την κατασκευή ενός προσβάσιμου θερμομέτρου χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα Arduino, σχεδιασμένη ειδικά για μαθητές με προβλήματα όρασης. Αυτό το θερμομέτρο όχι μόνο μετρούσε αποτελεσματικά τη θερμοκρασία, αλλά παρουσίαζε επίσης δεδομένα μέσω ήχου και δονήσεων, καθιστώντας την επιστημονική έρευνα πιο περιεκτική. Το έργο αποδεικνύει ότι η προσαρμοστικότητα του Arduino σε εφαρμογές που βασίζονται σε αισθητήρες μπορεί να προωθήσει την ισότιμη πρόσβαση στην επιστημονική εκπαίδευση, βοηθώντας παράλληλα τους μαθητές να κατανοήσουν την έννοια της θερμοκρασίας με ελκυστικό τρόπο.

Επιπλέον, η ανάπτυξη προσβάσιμων εργαλείων με τη χρήση του Arduino, όπως έδειξαν οι Vitoriano et al. (2016), ενισχύει το ρόλο της πλατφόρμας στην εκπαίδευση χωρίς αποκλεισμούς. Σε περιβάλλοντα όπου οι μαθητές μπορεί να έχουν διαφορετικές μαθησιακές ανάγκες, η εν λόγω τεχνολογία υποστηρίζει τη διαφοροποιημένη μάθηση, διασφαλίζοντας ότι όλοι οι μαθητές μπορούν να συμμετέχουν σε πειράματα που ενισχύουν την κατανόηση των επιστημονικών εννοιών. Οι συσκευές αυτές παρέχουν μια ουσιαστική σύνδεση μεταξύ της τεχνολογικής καινοτομίας και της επιστημονικής εκπαίδευσης, προωθώντας μια κουλτούρα συμμετοχικότητας, ενώ ταυτόχρονα προσφέρουν πρακτικές εφαρμογές που ευθυγραμμίζονται με τους περιβαλλοντικούς και πειραματικούς στόχους μάθησης.

Τα Arduino και Raspberry Pi έχουν επίσης συμβάλει καθοριστικά στη δημιουργία επιστημονικών οργάνων χαμηλού κόστους, όπως μετρητές pH και υγρόμετρα. Αυτά τα εργαλεία είναι απαραίτητα σε πειράματα που σχετίζονται με την περιβαλλοντική παρακολούθηση, η οποία τονίζεται όλο και περισσότερο στα σχολικά προγράμματα φυσικών επιστημών. Οι Kubínová και Šlégr (2015) παρουσίασαν τις δυνατότητες του Arduino στην κατασκευή φθηνών συσκευών μέτρησης, όπως ψηφιακά θερμομέτρα και pH-μετρητές, που είναι αρκετά απλές για να τις

κατασκευάσουν και να τις χρησιμοποιήσουν οι μαθητές σε εργαστηριακές συνθήκες. Η πλατφόρμα ChemDuino, που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της έρευνάς τους, επιτρέπει στους μαθητές να δημιουργήσουν τα δικά τους εργαλεία χημικών μετρήσεων, καταδεικνύοντας πώς αυτές οι τεχνολογίες μπορούν να εφαρμοστούν για τη μελέτη φαινομένων του πραγματικού κόσμου. Κατασκευάζοντας τις δικές τους συσκευές, οι μαθητές μπορούν να αναλάβουν την ευθύνη της μαθησιακής διαδικασίας, οδηγώντας σε βαθύτερη κατανόηση των επιστημονικών αρχών που διέπουν τις περιβαλλοντικές μετρήσεις.

Εκτός από τη δημιουργία εργαλείων, η διαδικασία κατασκευής και πειραματισμού με πλατφόρμες ανοιχτού κώδικα προάγει την κριτική σκέψη και τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων. Ο Chou (2018) διερεύνησε πώς η εκπαίδευση των κατασκευαστών, ιδίως με ρομποτική βασισμένη στο Arduino, βελτίωσε τις γνώσεις των μαθητών για την ηλεκτρολογία και τον προγραμματισμό υπολογιστών, ενώ παράλληλα ενίσχυσε την ικανότητά τους να επιλύουν σύνθετα προβλήματα. Τα ευρήματα αυτά ευθυγραμμίζονται στενά με τους στόχους της επιστημονικής εκπαίδευσης, όπου οι μαθητές αναμένεται όχι μόνο να κατανοήσουν έννοιες αλλά και να τις εφαρμόσουν με καινοτόμους τρόπους. Η χρήση του Arduino και του Raspberry Pi σε αυτό το πλαίσιο ενθαρρύνει τη δημιουργικότητα, καθώς οι μαθητές σχεδιάζουν, κατασκευάζουν και επιλύουν τα δικά τους πειράματα, στο πλαίσιο της επιστημονικής μεθόδου.

Η δυνατότητα σύνδεσης αυτών των πλατφορμών με αισθητήρες που μετρούν περιβαλλοντικές μεταβλητές συνδέεται άμεσα με τις βασικές αρχές του IoT. Για παράδειγμα, οι μαθητές μπορούν να κατασκευάσουν μετεωρολογικούς σταθμούς χρησιμοποιώντας αισθητήρες θερμοκρασίας, υγρασίας και ατμοσφαιρικής πίεσης συνδεδεμένους στο Raspberry Pi. Τα δεδομένα που συλλέγονται από αυτούς τους αισθητήρες μπορούν να αναλυθούν σε πραγματικό χρόνο ή να αποθηκευτούν για διαχρονικές μελέτες, επιτρέποντας στους μαθητές να ασχοληθούν με την επιστημονική διαδικασία με δυναμικό και διαδραστικό τρόπο. Καθώς η τεχνολογία IoT ενσωματώνεται όλο και περισσότερο στην εκπαίδευση, οι μαθητές μπορούν να σχεδιάζουν πειράματα που όχι μόνο μετρούν φυσικά φαινόμενα αλλά και συμβάλλουν στην περιβαλλοντική έρευνα. Αυτά τα έργα μπορούν να ενισχυθούν

περαιτέρω με την ενσωμάτωση υπηρεσιών cloud, όπου οι μαθητές μεταφορτώνουν και αναλύουν δεδομένα, καλλιεργώντας την αίσθηση της παγκόσμιας επιστημονικής συνεργασίας (Chou, 2018) μέσω δράσεων της επιστήμης των πολιτών.

Η εκπαιδευτική αξία τέτοιων έργων εκτείνεται πέρα από τις τεχνικές γνώσεις που αποκτώνται. Ο Urban (2014) υποστηρίζει πώς οι πλατφόρμες ανοικτού κώδικα, μπορούν να ενισχύσουν την τεχνολογικά προσανατολισμένη εκπαίδευση των φοιτητών χημείας. Ενώ η εστίασή του ήταν στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, οι αρχές της ηλεκτρονικής ανοικτού κώδικα μπορούν να εφαρμοστούν και στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Αυτές οι πλατφόρμες ενθαρρύνουν τη διεπιστημονική μάθηση, όπου οι μαθητές πρέπει να αξιοποιήσουν γνώσεις από τις επιστήμες STEM για να ολοκληρώσουν με επιτυχία τα έργα τους. Η ενσωμάτωση αισθητήρων σε περιβαλλοντικά πειράματα επιτρέπει στους μαθητές να δουν τον άμεσο αντίκτυπο της εργασίας τους, είτε πρόκειται για την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα είτε για τη μέτρηση της υγρασίας του εδάφους, και συνδέει τις ακαδημαϊκές τους σπουδές με περιβαλλοντικές προκλήσεις του πραγματικού κόσμου.

Τα έργα αυτά χρησιμεύουν ως γέφυρα μεταξύ της θεωρητικής γνώσης και της πρακτικής εφαρμογής, βοηθώντας τους μαθητές να αναπτύξουν τις δεξιότητες που είναι απαραίτητες για μελλοντικές επιστημονικές προσπάθειες. Η ενσωμάτωση του IoT επιτρέπει τη συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση οικοσυστημάτων, την παρακολούθηση καιρικών συνθηκών ή ακόμη και την παρατήρηση αλλαγών σε αστικά περιβάλλοντα (Urban, 2014). Συμμετέχοντας σε τέτοια έργα, οι μαθητές συμβάλλουν σε έναν αυξανόμενο όγκο περιβαλλοντικών δεδομένων, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ενημέρωση των προσπαθειών διατήρησης και των πολιτικών αποφάσεων. Τα εκπαιδευτικά οφέλη αυτών των έργων επεκτείνονται πολύ πέρα από την τάξη, παρέχοντας στους μαθητές τα εργαλεία που χρειάζονται για να γίνουν ενεργά μέλη σε παγκόσμιες περιβαλλοντικές πρωτοβουλίες (Fernández-Pacheco et al., 2019).

### 3.3 Υποστήριξη IoT σε περιβαλλοντικά projects με προσέγγιση Making

Η ενσωμάτωση του IoT σε περιβαλλοντικά έργα έχει βελτιώσει σημαντικά τον τρόπο συλλογής, επεξεργασίας και ανάλυσης των δεδομένων, ιδίως σε εκπαιδευτικά πλαίσια. Οι τεχνολογίες IoT, μέσω πλατφορμών ανοιχτού κώδικα, επιτρέπουν στους μαθητές να κατασκευάσουν συστήματα που συλλέγουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας διάφορους αισθητήρες, προωθώντας μια πρακτική προσέγγιση στη μάθηση. Η προσέγγιση αυτή όχι μόνο ενισχύει την κατανόηση της περιβαλλοντικής επιστήμης από τους μαθητές, αλλά και τους εξοπλίζει με τις τεχνικές δεξιότητες που είναι απαραίτητες για την ερμηνεία πολύπλοκων ροών δεδομένων. Οι τεχνολογίες αυτές προσφέρουν ένα ισχυρό μέσο για τη σύνδεση των περιβαλλοντικών φαινομένων με γνώσεις που βασίζονται σε δεδομένα, ιδίως μέσω της συνεχούς παρακολούθησης και καταγραφής παραμέτρων όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και η ποιότητα του αέρα. Ο συνδυασμός της κατασκευής και των δυνατοτήτων του IoT παρέχει μια μοναδική ευκαιρία στους μαθητές να συμμετάσχουν σε έργα με νόημα, βασισμένα στη διερεύνηση, τα οποία αντικατοπτρίζουν τις πραγματικές εφαρμογές της επιστημονικής γνώσης.

Οι τεχνολογίες IoT προσφέρουν πολυάριθμες δυνατότητες για τη συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο σε περιβαλλοντικά έργα. Με αισθητήρες συνδεδεμένους σε μικροελεγκτές ή σε μικροεπεξεργαστές, οι μαθητές μπορούν να συλλέγουν δεδομένα συνεχώς, παρέχοντάς τους μια συνεχή ροή πληροφοριών που αντικατοπτρίζει τις αλλαγές στις περιβαλλοντικές συνθήκες. Ένα από τα κύρια οφέλη του IoT είναι η ικανότητά του να παρέχει ακριβή, άμεση ανατροφοδότηση, η οποία επιτρέπει την ανάπτυξη πιο ευέλικτων και δυναμικών συστημάτων περιβαλλοντικής παρακολούθησης. Όπως συζητούν οι Hofstein et al. (2004), η χρήση εργαστηρίων τύπου διερεύνησης προάγει ένα αυθεντικό μαθησιακό περιβάλλον όπου οι μαθητές συμμετέχουν ενεργά στην επιστημονική διερεύνηση θέτοντας ερωτήσεις, διατυπώνοντας υποθέσεις και διερευνώντας φαινόμενα μέσω πειραμάτων. Με παρόμοιο τρόπο, τα περιβαλλοντικά έργα που υποστηρίζονται από την τεχνολογία IoT δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές να συλλέγουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και να θέτουν περαιτέρω ερωτήματα με βάση τις παρατηρήσεις τους, ενθαρρύνοντας τη βαθύτερη εμπλοκή με τις επιστημονικές διαδικασίες.

Για παράδειγμα, μια ομάδα μαθητών μπορεί να αναπτύξει ένα σύστημα καταγραφής ατμοσφαιρικών δεδομένων που μετρά τη θερμοκρασία, την υγρασία και την πίεση του αέρα χρησιμοποιώντας αισθητήρες Arduino. Αυτοί οι αισθητήρες καταγράφουν συνεχώς δεδομένα και τα μεταδίδουν σε μια διαδικτυακή πλατφόρμα για οπτικοποίηση σε πραγματικό χρόνο, ή για αποθήκευση και μεταγενέστερη ανάλυση. Οι Gravel et al. (2018) υπογραμμίζουν τη σημασία των πρακτικών γραμματισμού σε περιβάλλοντα STEM, σημειώνοντας πώς οι μαθητές εμπλέκονται με αναπαραστάσεις και δεδομένα για να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις. Στην προκειμένη περίπτωση, τα δεδομένα που συλλέγονται από περιβαλλοντικούς αισθητήρες μπορούν να οπτικοποιηθούν σε γραφήματα ή διαγράμματα, επιτρέποντας στους μαθητές να ερμηνεύσουν μοτίβα και να εξάγουν συμπεράσματα σχετικά με τις τοπικές κλιματικές συνθήκες. Τέτοιες δραστηριότητες όχι μόνο διδάσκουν στους μαθητές πώς να χειρίζονται δεδομένα, αλλά τους παρέχουν και τις απαραίτητες δεξιότητες για να κατανοήσουν πολύπλοκα φαινόμενα του πραγματικού κόσμου (Tziortzioti et al., 2023).

Εκτός από τη συλλογή δεδομένων, οι τεχνολογίες IoT διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων που συλλέγονται από περιβαλλοντικά έργα. Ένα από τα δυνατά σημεία των πλατφορμών IoT, όπως το Raspberry Pi, είναι η ικανότητά τους να επεξεργάζονται μεγάλες ποσότητες δεδομένων και να εκτελούν αυτοματοποιημένες εργασίες βάσει συγκεκριμένων συνθηκών. Για παράδειγμα, οι μαθητές θα μπορούσαν να κατασκευάσουν ένα σύστημα που παρακολουθεί τα επίπεδα υγρασίας του εδάφους σε έναν κήπο χρησιμοποιώντας αισθητήρες. Όταν το έδαφος γίνεται πολύ ξηρό, το Raspberry Pi μπορεί να ενεργοποιήσει αυτόματα ένα σύστημα ποτίσματος, ανταποκρινόμενο ουσιαστικά στα περιβαλλοντικά δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Αυτό το είδος βρόχου ανατροφοδότησης καταδεικνύει τη δύναμη του IoT στην κατασκευή συστημάτων που όχι μόνο παρακολουθούν αλλά και αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον. Οι Kim και Zimmerman (2017) τονίζουν τη σημασία της προώθησης της νοοτροπίας του κατασκευαστή, όπου οι μαθητές ενθαρρύνονται να ασχοληθούν με την τεχνολογία με δημιουργικούς και προβληματικούς τρόπους. Σχεδιάζοντας συστήματα που ανταποκρίνονται στις περιβαλλοντικές αλλαγές, οι μαθητές

μαθαίνουν να σκέφτονται κριτικά για την εφαρμογή της τεχνολογίας σε πραγματικές προκλήσεις.

Ένα άλλο παράδειγμα επεξεργασίας δεδομένων σε έργα που υποστηρίζονται από το IoT είναι η παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα. Οι μαθητές μπορούν να αναπτύξουν αισθητήρες για τη μέτρηση ρύπων όπως το διοξείδιο του άνθρακα ή τα σωματίδια στον αέρα. Τα δεδομένα που συλλέγονται μπορούν να μεταφορτωθούν σε μια πλατφόρμα cloud, όπου αποθηκεύονται, επεξεργάζονται και αναλύονται. Σε αυτό το πλαίσιο, οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν γλώσσες προγραμματισμού όπως η Python ή η JavaScript για να γράψουν αλγόριθμους που ανιχνεύουν τάσεις στα δεδομένα ή στέλνουν ειδοποιήσεις όταν τα επίπεδα ρύπων υπερβαίνουν τα ασφαλή όρια. Οι Marshall και Harron (2018) συζητούν το πλαίσιο για την αξιολόγηση της λήψης αποφάσεων στην εκπαίδευση STEM, δίνοντας έμφαση στο πώς η εμπλοκή των μαθητών στην επίλυση προβλημάτων πραγματικού κόσμου ενισχύει τη μάθησή τους. Στην περίπτωση της παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα, οι μαθητές όχι μόνο συλλέγουν και αναλύουν δεδομένα, αλλά και εφαρμόζουν τα ευρήματά τους για την αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προβλημάτων, αναπτύσσοντας την ικανότητά τους να χρησιμοποιούν την τεχνολογία για τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων.

Ο πραγματικού χρόνου χαρακτήρας της συλλογής δεδομένων IoT υποστηρίζει επίσης μακροπρόθεσμα έργα περιβαλλοντικής παρακολούθησης. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές μεθόδους συλλογής δεδομένων, οι οποίες συχνά περιλαμβάνουν μετρήσεις σε σταθερά χρονικά διαστήματα, οι συσκευές IoT μπορούν να συλλέγουν δεδομένα συνεχώς για μεγάλα χρονικά διαστήματα, παρέχοντας μια πιο ολοκληρωμένη κατανόηση των περιβαλλοντικών τάσεων. Για παράδειγμα, ένας μετεωρολογικός σταθμός που έχει κατασκευαστεί με αισθητήρες Arduino μπορεί να συλλέγει δεδομένα σχετικά με την ταχύτητα του ανέμου, τη βροχόπτωση και τη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια αρκετών μηνών. Οι μαθητές μπορούν να αναλύσουν αυτά τα δεδομένα για να παρατηρήσουν τα εποχιακά μοτίβα, να κάνουν προβλέψεις για τις μελλοντικές καιρικές συνθήκες ή να αξιολογήσουν τον αντίκτυπο της κλιματικής αλλαγής στο τοπικό τους περιβάλλον. Οι Stocklmayer et al. (2010) υπογραμμίζουν τη σημασία της συνεργασίας μεταξύ του επίσημου και του

ανεπίσημου τομέα στην επιστημονική εκπαίδευση, σημειώνοντας πώς τα ανεπίσημα μαθησιακά περιβάλλοντα, όπως οι χώροι κατασκευής, συμπληρώνουν την επίσημη εκπαίδευση προσφέροντας πρακτικές εμπειρίες που βασίζονται στην έρευνα. Τα έργα περιβαλλοντικής παρακολούθησης που χρησιμοποιούν τεχνολογίες IoT προσφέρουν ένα τέλειο παράδειγμα για το πώς αυτοί οι δύο τομείς μπορούν να συνεργαστούν για να βελτιώσουν τις μαθησιακές εμπειρίες των μαθητών.

Εκτός από την υποστήριξη της συλλογής δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, οι τεχνολογίες IoT επιτρέπουν επίσης στους μαθητές να επεξεργάζονται και να αναλύουν τα δεδομένα που συλλέγουν με πιο εξελιγμένους τρόπους. Μία από τις βασικές προκλήσεις στα περιβαλλοντικά έργα είναι η αξιοποίηση μεγάλων συνόλων δεδομένων, ιδίως όταν πρόκειται για συνεχείς ροές δεδομένων από πολλαπλούς αισθητήρες. Πλακέτες ανάπτυξης (development boards), όπως Arduino και Raspberry Pi, παρέχουν στους μαθητές τα εργαλεία για να φιλτράρουν, να επεξεργάζονται και να αναλύουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, χρησιμοποιώντας αλγορίθμους για τον εντοπισμό μοτίβων ή ανωμαλιών. Για παράδειγμα, μια ομάδα μαθητών θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει ένα σύστημα παρακολούθησης οικοσυστημάτων με βάση το IoT για να παρακολουθήσει τις αλλαγές στην ποιότητα του νερού σε ένα τοπικό ποτάμι. Αισθητήρες που τοποθετούνται στο ποτάμι μετρούν παραμέτρους όπως το pH, το διαλυμένο οξυγόνο και η θολότητα και τα δεδομένα αποστέλλονται σε ένα Raspberry Pi για ανάλυση. Οι μαθητές μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιήσουν εργαλεία οπτικοποίησης δεδομένων για να εντοπίσουν τάσεις, όπως περιόδους χαμηλών επιπέδων οξυγόνου ή αιχμές στη θολότητα μετά από έντονες βροχοπτώσεις. Με την επεξεργασία των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, οι μαθητές αποκτούν βαθύτερη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι περιβαλλοντικοί παράγοντες επηρεάζουν την υγεία του οικοσυστήματος και μπορούν να λαμβάνουν πιο τεκμηριωμένες αποφάσεις σχετικά με την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων (Gravel et al., 2018, Tziortzioti et al., 2019).

Τα περιβαλλοντικά έργα που υποστηρίζονται από τεχνολογίες IoT προωθούν επίσης τη συνεργασία και την ανταλλαγή γνώσεων μεταξύ των μαθητών. Πολλές πλατφόρμες IoT επιτρέπουν την ηλεκτρονική ανταλλαγή δεδομένων, επιτρέποντας στους μαθητές να συνεργάζονται με άλλους που εργάζονται σε παρόμοια έργα. Αυτή

η πτυχή της συνεργασίας είναι ιδιαίτερα πολύτιμη σε περιβαλλοντικά έργα, όπου δεδομένα από διαφορετικές τοποθεσίες μπορούν να συγκριθούν για τον εντοπισμό ευρύτερων τάσεων. Για παράδειγμα, μαθητές σε διαφορετικά σχολεία θα μπορούσαν να κατασκευάσουν από έναν μετεωρολογικό σταθμό και στη συνέχεια να μοιραστούν τα δεδομένα τους στο διαδίκτυο για να συγκρίνουν τα πρότυπα του καιρού σε διάφορες περιοχές. Αυτού του είδους η συνεργασία όχι μόνο βελτιώνει τις μαθησιακές εμπειρίες των μαθητών αλλά και τους διδάσκει τη σημασία της συνεργασίας για την επίλυση παγκόσμιων προκλήσεων. Οι Gravel et al. (2018) τονίζουν τον ρόλο των πρακτικών γραμματισμού STEM στη δημιουργία, σημειώνοντας πώς οι μαθητές πλοηγούνται και ενσωματώνουν πληροφορίες από πολλαπλές πηγές για την επίλυση σύνθετων προβλημάτων, ενώ οι Iivari et al. (2018) υπογραμμίζουν τη σημασία της καλλιέργειας της ταυτότητας του κατασκευαστή στους μαθητές, επιτρέποντάς τους να αναλάβουν την ευθύνη της μάθησής τους και να αναπτύξουν μια ουσιαστική σχέση με τη διαδικασία σχεδιασμού και κατασκευής. Συνεργαζόμενοι σε περιβαλλοντικά έργα με βάση το IoT, οι μαθητές αναπτύσσουν αυτές τις πρακτικές γραμματισμού, μαθαίνοντας πώς να ερμηνεύουν δεδομένα, να επικοινωνούν τα ευρήματά τους και να συμβάλλουν σε συλλογικές προσπάθειες επίλυσης προβλημάτων.

Η ικανότητα ανάλυσης και ερμηνείας δεδομένων IoT επεκτείνεται επίσης στην ανάπτυξη προγνωστικών μοντέλων. Για παράδειγμα, οι μαθητές θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν ιστορικά δεδομένα καιρού που συλλέγονται από τους μετεωρολογικούς σταθμούς που βασίζονται σε Arduino για να αναπτύξουν μοντέλα που προβλέπουν μελλοντικές καιρικές συνθήκες. Συγκρίνοντας τις προβλέψεις τους με τα πραγματικά αποτελέσματα του καιρού, οι μαθητές μπορούν να βελτιώσουν τα μοντέλα τους, μαθαίνοντας πώς να χρησιμοποιούν τα δεδομένα για να κάνουν τεκμηριωμένες προβλέψεις. Αυτή η διαδικασία όχι μόνο ενισχύει τη σημασία της ανάλυσης δεδομένων στην επιστημονική έρευνα, αλλά διδάσκει επίσης στους μαθητές την αξία της επαναληπτικής μάθησης, όπου τα μοντέλα βελτιώνονται συνεχώς με βάση τα νέα δεδομένα. Οι Marshall και Harron (2018) υπογραμμίζουν τον ρόλο της δημιουργίας στην εκπαίδευση, σημειώνοντας πώς η εμπλοκή των μαθητών στη μάθηση με βάση το πρόβλημα τους βοηθά να αναπτύξουν την κριτική σκέψη και

τις αναλυτικές δεξιότητες που είναι απαραίτητες για την επιστημονική έρευνα. Τα περιβαλλοντικά έργα που υποστηρίζονται από το IoT παρέχουν ένα ιδανικό πλαίσιο για να εφαρμόσουν οι μαθητές αυτές τις δεξιότητες, χρησιμοποιώντας δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για να αναπτύξουν και να βελτιώσουν την κατανόηση των περιβαλλοντικών φαινομένων (Famularo et al., 2016).

Εκτός από την ενίσχυση των τεχνικών δεξιοτήτων των μαθητών, τα περιβαλλοντικά έργα που υποστηρίζονται από το IoT προωθούν επίσης τη βαθύτερη κατανόηση των περιβαλλοντικών ζητημάτων. Με την άμεση ενασχόληση με περιβαλλοντικά δεδομένα, οι μαθητές αποκτούν μια πιο λεπτή κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν την υγεία των οικοσυστημάτων, την κλιματική αλλαγή και την ποιότητα του αέρα και του νερού. Για παράδειγμα, ένα έργο που περιλαμβάνει την παρακολούθηση των επιπέδων υγρασίας του εδάφους με τη χρήση αισθητήρων Arduino μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν τον αντίκτυπο της ξηρασίας στα τοπικά οικοσυστήματα. Ομοίως, ένα έργο που παρακολουθεί την ποιότητα του αέρα σε αστικές περιοχές μπορεί να οδηγήσει τους μαθητές να διερευνήσουν τις επιπτώσεις της ρύπανσης στη δημόσια υγεία. Αυτά τα έργα όχι μόνο διδάσκουν στους μαθητές την περιβαλλοντική επιστήμη, αλλά τους ενθαρρύνουν επίσης να σκεφτούν κριτικά για το πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία για την αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προκλήσεων. Οι Stocklmayer et al. (2010) υποστηρίζουν τη σημασία της σύνδεσης της τυπικής και της άτυπης εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες, σημειώνοντας πώς τα πρακτικά, διερευνητικά έργα μπορούν να ενισχύσουν την κατανόηση των επιστημονικών εννοιών από τους μαθητές. Με την ενσωμάτωση του IoT στην περιβαλλοντική εκπαίδευση, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να παρέχουν στους μαθητές τα εργαλεία για να διερευνήσουν και να αντιμετωπίσουν περιβαλλοντικά ζητήματα του πραγματικού κόσμου με ουσιαστικό τρόπο.

Η χρήση τεχνολογιών IoT σε περιβαλλοντικά έργα παρέχει ένα ισχυρό εργαλείο για τη συλλογή, επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Πλατφόρμες όπως το Arduino και το Raspberry Pi επιτρέπουν στους μαθητές να κατασκευάσουν συστήματα που συλλέγουν δεδομένα από αισθητήρες, προσφέροντας πολύτιμες πληροφορίες για τις περιβαλλοντικές συνθήκες και τάσεις.

Επεξεργαζόμενοι και αναλύοντας αυτά τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, οι μαθητές όχι μόνο αποκτούν βαθύτερη κατανόηση της περιβαλλοντικής επιστήμης αλλά και αναπτύσσουν κρίσιμες τεχνικές και αναλυτικές δεξιότητες. Τα έργα που υποστηρίζονται από το IoT προωθούν τη συνεργασία, την επίλυση προβλημάτων και τη μάθηση με βάση τη διερεύνηση, παρέχοντας στους μαθητές την ευκαιρία να ασχοληθούν άμεσα με περιβαλλοντικές προκλήσεις του πραγματικού κόσμου. Τα έργα αυτά όχι μόνο ενισχύουν τον γραμματισμό STEM των μαθητών, αλλά και τους ενθαρρύνουν να σκεφτούν κριτικά για τον ρόλο της τεχνολογίας στην αντιμετώπιση παγκόσμιων περιβαλλοντικών ζητημάτων. Μέσω της ενσωμάτωσης του IoT στην περιβαλλοντική εκπαίδευση, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να παρέχουν στους μαθητές τα απαραίτητα εργαλεία και τις γνώσεις για να συμβάλουν ουσιαστικά στην κατανόηση και τη διατήρηση του φυσικού κόσμου.

### 3.4 Εκπαιδευτικά πλεονεκτήματα του Making με Arduino και Raspberry Pi

Το εκπαιδευτικό τοπίο έχει επηρεαστεί από την ενσωμάτωση του κινήματος Maker, με εργαλεία όπως οι πλατφόρμες ανοικτού κώδικα Arduino και Raspberry Pi να παίζουν κεντρικό ρόλο στην ενίσχυση των μαθησιακών εμπειριών των μαθητών. Αυτές οι πλατφόρμες προσφέρουν μια μοναδική ευκαιρία να συνδυαστούν πρακτικές, δημιουργικές δραστηριότητες με την τεχνολογική επίλυση προβλημάτων, προωθώντας τόσο την τεχνική επάρκεια όσο και τη φαντασία. Η πράξη της κατασκευής, ειδικά σε εκπαιδευτικά πλαίσια που χρησιμοποιούν τεχνολογίες IoT, προσφέρει στους μαθητές την ευκαιρία να ασχοληθούν σε βάθος με θέματα όπως η επιστήμη, η μηχανική και οι περιβαλλοντικές σπουδές. Αυτή η προσέγγιση έχει τη δυνατότητα να αναπτύξει όχι μόνο τις τεχνικές δεξιότητες των μαθητών αλλά και την ικανότητά τους να σκέφτονται κριτικά και δημιουργικά, επιτρέποντάς τους να επιλύουν προβλήματα του πραγματικού κόσμου μέσω καινοτόμων λύσεων.

Ένα από τα βασικά εκπαιδευτικά πλεονεκτήματα της χρήσης του Arduino και του Raspberry Pi στην τάξη έγκειται στην ανάπτυξη τεχνικών δεξιοτήτων μέσω της πρακτικής μάθησης. Αυτές οι πλατφόρμες έχουν σχεδιαστεί για να είναι προσβάσιμες, προσφέροντας στους μαθητές την ευκαιρία να εργαστούν άμεσα με το υλικό και το λογισμικό για τη δημιουργία λειτουργικών συσκευών. Ο Martin (2023)

αναλύει πώς η έμφαση του Maker Movement σε ψηφιακά εργαλεία, όπως μικροελεγκτές και αισθητήρες, επιτρέπει στους μαθητές να ασχοληθούν με πρακτικές μηχανικής που κάποτε περιορίζονταν σε επαγγελματικά εργαστήρια. Το Arduino και το Raspberry Pi παρέχουν μια πύλη στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο συνεργάζονται τα κυκλώματα, η κωδικοποίηση και η συλλογή δεδομένων, προσφέροντας στους μαθητές έναν πρακτικό τρόπο για να εφαρμόσουν τις θεωρητικές γνώσεις.

Κατασκευάζοντας έργα που αξιοποιούν πλατφόρμες ανοικτού κώδικα, οι μαθητές είναι σε θέση να αναπτύξουν δεξιότητες προγραμματισμού παράλληλα με την κατανόηση των ηλεκτρονικών. Αυτές οι δεξιότητες είναι ιδιαίτερα σημαντικές στο πλαίσιο περιβαλλοντικών έργων που βασίζονται στο IoT, όπου οι μαθητές μπορεί να δημιουργήσουν συστήματα που παρακολουθούν μεταβλητές όπως η θερμοκρασία, η υγρασία ή η ποιότητα του αέρα. Οι Fasso και Knight (2020) υπογραμμίζουν πώς οι χώροι δημιουργίας επιτρέπουν στους μαθητές να αλληλεπιδρούν με την τεχνολογία με τρόπους που ενθαρρύνουν την ανάπτυξη μιας ταυτότητας δημιουργού. Αυτή η ταυτότητα συνδέεται στενά με την αυξανόμενη εμπιστοσύνη των μαθητών στις τεχνικές τους ικανότητες, καθώς κατασκευάζουν συστήματα που συλλέγουν και επεξεργάζονται δεδομένα σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας αισθητήρες συνδεδεμένους με μικροελεγκτές. Η διαδικασία δημιουργίας αυτών των συστημάτων όχι μόνο ενισχύει τις τεχνικές γνώσεις των μαθητών αλλά και καλλιεργεί την αίσθηση της ιδιοκτησίας της μάθησής τους.

Ο πρακτικός χαρακτήρας της κατασκευής με πλακέτες ανάπτυξης ενθαρρύνει επίσης τη δημιουργική επίλυση προβλημάτων. Καθώς οι μαθητές εργάζονται σε έργα, έρχονται συχνά αντιμέτωποι με προκλήσεις που απαιτούν από αυτούς να σκεφτούν κριτικά για το πώς να σχεδιάσουν, να κατασκευάσουν και να βελτιώσουν τις δημιουργίες τους. Ο Dougherty (2013) τονίζει το ρόλο του πειραματικού παιχνιδιού στο Maker Movement, όπου οι μαθητές ενθαρρύνονται να πειραματιστούν με την τεχνολογία, να δοκιμάσουν νέα πράγματα και να μάθουν από την αποτυχία. Σε αυτό το πλαίσιο, η δημιουργικότητα δεν αφορά μόνο τη δημιουργία νέων ιδεών, αλλά και την επανάληψη αυτών των ιδεών, τη δοκιμή τους και τη βελτίωσή τους με την πάροδο του χρόνου. Αυτή η διαδικασία πειραματισμού είναι

κεντρική για τη μαθησιακή εμπειρία, καθώς διδάσκει στους μαθητές ανθεκτικότητα και προσαρμοστικότητα - δεξιότητες που είναι απαραίτητες για την επιτυχία τόσο σε ακαδημαϊκό όσο και σε επαγγελματικό επίπεδο.

Στα περιβαλλοντικά έργα, η χρήση του Arduino και του Raspberry Pi επιτρέπει στους μαθητές να εφαρμόσουν τις δημιουργικές τους δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων σε πραγματικές προκλήσεις. Για παράδειγμα, μια ομάδα μαθητών μπορεί να σχεδιάσει ένα σύστημα που παρακολουθεί τα επίπεδα υγρασίας του εδάφους σε έναν σχολικό κήπο, χρησιμοποιώντας αισθητήρες για τη συλλογή δεδομένων και ένα Arduino για τον έλεγχο ενός αυτοματοποιημένου συστήματος άρδευσης. Ένα τέτοιο έργο δεν απαιτεί μόνο τεχνικές δεξιότητες, αλλά προκαλεί επίσης τους μαθητές να σκεφτούν δημιουργικά για το πώς να βελτιστοποιήσουν το σύστημα, διασφαλίζοντας ότι ανταποκρίνεται κατάλληλα στις αλλαγές των περιβαλλοντικών συνθηκών. Αυτού του είδους η επίλυση προβλημάτων καλλιεργεί μια βαθιά σύνδεση μεταξύ των μαθητών και του αντικειμένου, καθώς βλέπουν τον από αντίκτυπο της εργασίας τους στο περιβάλλον γύρω τους (Dougherty, 2013).

Τα εκπαιδευτικά πλεονεκτήματα της κατασκευής με Arduino και Raspberry Pi ενισχύονται περαιτέρω με την ενσωμάτωση τεχνολογιών IoT, οι οποίες επιτρέπουν στους μαθητές να συλλέγουν, να επεξεργάζονται και να αναλύουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Αυτή η ικανότητα είναι ιδιαίτερα πολύτιμη σε περιβαλλοντικά έργα, όπου η συνεχής συλλογή δεδομένων είναι συχνά απαραίτητη για την κατανόηση τάσεων και προτύπων. Οι Kurti et al. (2014) υποστηρίζουν ότι η χρήση των maker spaces στην εκπαίδευση επιτρέπει στους μαθητές να συμμετέχουν σε μάθηση βασισμένη στη διερεύνηση, όπου αναπτύσσουν γνώσεις μέσω πειραματισμού και εξερεύνησης. Οι τεχνολογίες IoT ενισχύουν αυτή τη διαδικασία παρέχοντας στους μαθητές τα εργαλεία για τη συλλογή δεδομένων από το περιβάλλον τους και τη χρήση αυτών των δεδομένων για τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων.

Για παράδειγμα, μια εργασία μαθητή μπορεί να περιλαμβάνει την κατασκευή ενός μετεωρολογικού σταθμού που συλλέγει δεδομένα σχετικά με τη θερμοκρασία, την υγρασία και την ταχύτητα του ανέμου χρησιμοποιώντας αισθητήρες συνδεδεμένους σε ένα Raspberry Pi. Τα δεδομένα που συλλέγονται μπορούν στη

συνέχεια να μεταφορτωθούν σε μια πλατφόρμα cloud, όπου οι μαθητές μπορούν να τα αναλύσουν για να παρατηρήσουν τις τάσεις με την πάροδο του χρόνου. Αυτού του είδους τα έργα διδάσκουν στους μαθητές όχι μόνο πώς να εργάζονται με υλικό και λογισμικό, αλλά και πώς να σκέφτονται κριτικά για τα δεδομένα που συλλέγουν. Οι Garneli et al. (2013) υπογραμμίζουν τη σημασία της μάθησης με βάση τα δεδομένα, όπου οι μαθητές μαθαίνουν να κατανοούν τις πληροφορίες και να τις εφαρμόζουν σε προβλήματα του πραγματικού κόσμου. Αναλύοντας τα δεδομένα από τον μετεωρολογικό σταθμό τους, οι μαθητές μπορούν να αναπτύξουν βαθύτερη κατανόηση των κλιματικών προτύπων και των παραγόντων που επηρεάζουν τις καιρικές συνθήκες.

Η πρακτική μαθησιακή εμπειρία που παρέχει η κατασκευή παίζει επίσης καθοριστικό ρόλο στην ενίσχυση της εκπαιδευτικής εμπειρίας των μαθητών, καθώς ενισχύει τη δέσμευση και τα κίνητρα. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές μορφές μάθησης, οι οποίες συχνά βασίζονται στην παθητική κατανάλωση πληροφοριών, η κατασκευή απαιτεί ενεργό συμμετοχή. Οι μαθητές δεν είναι απλώς αποδέκτες της γνώσης, αλλά δημιουργοί, κατασκευάζοντας συσκευές, συστήματα και λύσεις που έχουν πραγματικές εφαρμογές. Οι Fasso και Knight (2020) υποστηρίζουν ότι αυτή η μετατόπιση από την παθητική στην ενεργητική μάθηση είναι ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα των χώρων δημιουργίας στην εκπαίδευση. Συμμετέχοντας σε πρακτικές δραστηριότητες, οι μαθητές είναι πιο πιθανό να παραμείνουν παρακινημένοι και να επενδύσουν στη μάθησή τους, καθώς βλέπουν τα άμεσα αποτελέσματα των προσπαθειών τους.

Στα περιβαλλοντικά έργα, αυτή η αίσθηση δέσμευσης είναι ιδιαίτερα ισχυρή, καθώς οι μαθητές μπορούν να δουν τον άμεσο αντίκτυπο της εργασίας τους στον φυσικό κόσμο. Για παράδειγμα, ένα έργο που περιλαμβάνει την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα σε αστικές περιοχές με τη χρήση αισθητήρων IoT μπορεί να αποκαλύψει μοτίβα ρύπανσης που οι μαθητές μπορούν να συσχετίσουν με τις δικές τους εμπειρίες από τη ζωή σε μια πόλη. Κατασκευάζοντας οι ίδιοι τις συσκευές που συγκεντρώνουν αυτά τα δεδομένα και αναλύοντας τα αποτελέσματα, οι μαθητές αποκτούν την αίσθηση ότι είναι υπεύθυνοι για τη μάθησή τους. Ο Gibson (2019) συζητά πώς η κατασκευή προάγει τον προσωπικό και κοινωνικό μετασχηματισμό,

επιτρέποντας στους μαθητές να δράσουν στα προβλήματα του άμεσου περιβάλλοντός τους. Με αυτόν τον τρόπο, η κατασκευή που βασίζεται στη τεχνολογία IoT όχι μόνο διδάσκει τεχνικές δεξιότητες αλλά και δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις του πραγματικού κόσμου με ουσιαστικό τρόπο.

Ο ρόλος της πρακτικής μάθησης στην κατασκευή είναι επίσης στενά συνδεδεμένος με την ανάπτυξη δεξιοτήτων συνεργασίας και επικοινωνίας καθώς πολλά κατασκευαστικά έργα, απαιτούν από τους μαθητές να συνεργάζονται, να μοιράζονται ιδέες, να επιλύουν προβλήματα και να κατασκευάζουν συστήματα ως ομάδα. Αυτή η συνεργατική πτυχή της κατασκευής είναι απαραίτητη για την καλλιέργεια της αίσθησης της κοινότητας μεταξύ των μαθητών, επειδή μαθαίνουν να βασίζονται στις δυνάμεις και την τεχνογνωσία του άλλου. Οι Kurti et al. (2014) τονίζουν πώς η συνεργατική φύση των χώρων κατασκευής θολώνει τα όρια μεταξύ δασκάλου και μαθητή, δημιουργώντας ένα περιβάλλον όπου η γνώση μοιράζεται και κατασκευάζεται συλλογικά. Στα περιβαλλοντικά έργα, αυτή η συνεργατική προσέγγιση είναι ιδιαίτερα πολύτιμη, εφόσον οι μαθητές πρέπει να συνεργαστούν για να σχεδιάσουν συστήματα που παρακολουθούν και ανταποκρίνονται σε πολύπλοκες περιβαλλοντικές μεταβλητές.

Η ενσωμάτωση του Arduino, του Raspberry Pi και του IoT στο σχολικό εργαστήριο φυσικών επιστημών παρέχει ένα ισχυρό εργαλείο για τη βελτίωση των εκπαιδευτικών εμπειριών των μαθητών. Δουλεύοντας με αυτές τις πλατφόρμες, οι μαθητές αναπτύσσουν τόσο τεχνικές όσο και δημιουργικές δεξιότητες, μαθαίνοντας πώς να κατασκευάζουν συστήματα που παρακολουθούν τις περιβαλλοντικές συνθήκες και επεξεργάζονται δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Ο πρακτικός χαρακτήρας της κατασκευής ενθαρρύνει την ενεργό συμμετοχή, ενισχύοντας την εμπλοκή, τα κίνητρα και την αίσθηση της ιδιοκτησίας επί της μαθησιακής διαδικασίας. Στα περιβαλλοντικά έργα, οι μαθητές είναι σε θέση να εφαρμόσουν τις τεχνικές τους δεξιότητες σε πραγματικές προκλήσεις, αποκτώντας βαθύτερη κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν την περιβαλλοντική υγεία (Martin & Begani, 2017).

Μέσω αυτών των εμπειριών, οι μαθητές όχι μόνο αναπτύσσουν πρακτικές δεξιότητες στον προγραμματισμό, τα ηλεκτρονικά και την ανάλυση δεδομένων, αλλά και καλλιεργούν μια νοοτροπία ανάπτυξης, όπου η αποτυχία θεωρείται ευκαιρία για μάθηση και όχι αποτυχία. Ο Dougherty (2013) υπογραμμίζει τη σημασία αυτής της νοοτροπίας στο Maker Movement, σημειώνοντας ότι ενθαρρύνει τους μαθητές να αναλαμβάνουν ρίσκα, να πειραματίζονται και να επαναλαμβάνουν τις ιδέες τους. Αυτή η προσέγγιση της μάθησης είναι ιδιαίτερα πολύτιμη στο πλαίσιο των περιβαλλοντικών έργων, όπου οι μαθητές πρέπει να σκέφτονται δημιουργικά και κριτικά για το πώς να σχεδιάζουν συστήματα που αντιμετωπίζουν πραγματικές προκλήσεις.

Η κατασκευή με πλατφόρμες ανοικτού κώδικα προσφέρει σημαντικά εκπαιδευτικά πλεονεκτήματα συνδυάζοντας την ανάπτυξη τεχνικών δεξιοτήτων με τη δημιουργική επίλυση προβλημάτων. Η ενσωμάτωση των τεχνολογιών IoT σε αυτά τα έργα ενισχύει την ικανότητα των μαθητών να συλλέγουν, να επεξεργάζονται και να αναλύουν δεδομένα, παρέχοντάς τους μια βαθύτερη κατανόηση της περιβαλλοντικής επιστήμης και του ρόλου της τεχνολογίας στην επίλυση παγκόσμιων προκλήσεων. Μέσω της πρακτικής μάθησης, οι μαθητές γίνονται ενεργοί συμμετέχοντες στην εκπαίδευσή τους, αναπτύσσοντας τις δεξιότητες και την αυτοπεποίθηση που απαιτούνται για την αντιμετώπιση των πολύπλοκων προβλημάτων του σύγχρονου κόσμου. Ο συνεργατικός, διερευνητικός χαρακτήρας της κατασκευής ενισχύει περαιτέρω την εκπαιδευτική εμπειρία, καλλιεργώντας την αίσθηση της κοινότητας και της κοινής μάθησης μεταξύ των μαθητών, καθώς εργάζονται από κοινού για να σχεδιάσουν και να κατασκευάσουν καινοτόμες λύσεις.

### 3.5 Συμπεράσματα και προτάσεις

Η ενσωμάτωση του Making και του IoT σε εκπαιδευτικά και περιβαλλοντικά έργα έχει εισάγει μια νέα διάσταση στη μάθηση, ιδίως στους τομείς STEM. Τα εργαλεία αυτά προσφέρουν στους μαθητές την ευκαιρία να συμμετάσχουν σε μια πρακτική, διερευνητική μάθηση, όπου μπορούν να αναπτύξουν κρίσιμες τεχνικές και δημιουργικές δεξιότητες, ενώ παράλληλα αντιμετωπίζουν περιβαλλοντικά ζητήματα του πραγματικού κόσμου. Μέσω της χρήσης πλατφορμών όπως το Arduino και το

Raspberry Pi, οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να κατασκευάζουν, να προγραμματίζουν και να αλληλεπιδρούν με συσκευές που παρακολουθούν περιβαλλοντικές μεταβλητές, δημιουργώντας μια πλούσια μαθησιακή εμπειρία που συνδυάζει τη θεωρητική γνώση με την πρακτική εφαρμογή. Αυτή η προσέγγιση όχι μόνο ενισχύει την κατανόηση των επιστημονικών εννοιών από τους μαθητές, αλλά και καλλιεργεί την αίσθηση της υπευθυνότητας, καθώς αναλαμβάνουν την ευθύνη της μάθησής τους και συμβάλλουν σε περιβαλλοντικά έργα με νόημα.

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της ενσωμάτωσης του Making και του IoT στα εκπαιδευτικά πλαίσια είναι η ανάπτυξη τεχνικών δεξιοτήτων που είναι κρίσιμες για την επιτυχία στον σύγχρονο, τεχνολογικά καθοδηγούμενο κόσμο. Μέσα από τη διαδικασία κατασκευής και προγραμματισμού, οι μαθητές αποκτούν πρακτική εμπειρία με τα ηλεκτρονικά, την κωδικοποίηση και την ανάλυση δεδομένων, οι οποίες αποτελούν βασικές δεξιότητες σε πολλούς τομείς STEM. Όπως σημειώνει ο Cheung (2018), οι καταστασιακές επιρροές στα μαθήματα φυσικών επιστημών μπορούν να έχουν σημαντικό αντίκτυπο στο ενδιαφέρον των μαθητών για το αντικείμενο. Παρέχοντας στους μαθητές την ευκαιρία να συμμετάσχουν σε πρακτικές, δημιουργικές δραστηριότητες που περιλαμβάνουν την επίλυση προβλημάτων του πραγματικού κόσμου, τα έργα Making και IoT μπορούν να ενισχύσουν το ενδιαφέρον των μαθητών για την επιστήμη και την τεχνολογία, οδηγώντας σε αυξημένα κίνητρα και δέσμευση.

Εκτός από τις τεχνικές δεξιότητες, η χρήση του Making και του IoT σε περιβαλλοντικά έργα προάγει την ανάπτυξη δημιουργικών ικανοτήτων επίλυσης προβλημάτων. Καθώς οι μαθητές σχεδιάζουν, κατασκευάζουν και βελτιώνουν τα έργα τους, ενθαρρύνονται να σκεφτούν κριτικά για το πώς μπορούν να αντιμετωπίσουν τις περιβαλλοντικές προκλήσεις με τη χρήση της τεχνολογίας. Αυτή η διαδικασία επαναληπτικού σχεδιασμού και πειραματισμού είναι κεντρική στο Maker Movement, όπου οι μαθητές μαθαίνουν μέσω της δοκιμής και του λάθους, αποκτώντας βαθύτερη κατανόηση τόσο της τεχνολογίας που χρησιμοποιούν όσο και των περιβαλλοντικών ζητημάτων που αντιμετωπίζουν. Οι Hofstein και Rosenfeld (1996) τονίζουν τη σημασία της παροχής στους μαθητές ευκαιριών να αλληλεπιδρούν σωματικά και διανοητικά με το διδακτικό υλικό μέσω πρακτικών πειραματισμών και

αναστοχασμού. Σε αυτό το πλαίσιο, το Making και το IoT προσφέρουν ένα ισχυρό εργαλείο για τη γεφύρωση του χάσματος μεταξύ των αφηρημένων επιστημονικών εννοιών και των πρακτικών εφαρμογών τους, επιτρέποντας στους μαθητές να συμμετάσχουν σε ουσιαστικές μαθησιακές εμπειρίες που έχουν σχέση με τον πραγματικό κόσμο.

Η εφαρμογή του IoT σε περιβαλλοντικά έργα είναι ιδιαίτερα πολύτιμη, καθώς επιτρέπει στους μαθητές να συλλέγουν και να αναλύουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Αυτή η δυνατότητα βελτιώνει την εκπαιδευτική εμπειρία παρέχοντας στους μαθητές άμεση ανατροφοδότηση σχετικά με τον αντίκτυπο των έργων τους, επιτρέποντάς τους να λαμβάνουν αποφάσεις με βάση τα δεδομένα σχετικά με τον τρόπο βελτίωσης των σχεδίων τους. Για παράδειγμα, οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν αισθητήρες συνδεδεμένους σε ένα Arduino ή Raspberry Pi για να παρακολουθούν την ποιότητα του αέρα, την υγρασία του εδάφους ή τη θερμοκρασία σε έναν σχολικό κήπο ή ένα τοπικό οικοσύστημα. Τα δεδομένα που συλλέγονται μπορούν στη συνέχεια να αναλυθούν για τον εντοπισμό τάσεων ή μοτίβων, βοηθώντας τους μαθητές να κατανοήσουν τη σχέση μεταξύ των περιβαλλοντικών μεταβλητών και της υγείας ενός οικοσυστήματος. Οι Fallik et al. (2013) συζητούν τη σημασία της γεφύρωσης των τυπικών και άτυπων περιβαλλόντων μάθησης, σημειώνοντας ότι οι μαθητές συχνά δυσκολεύονται να ενσωματώσουν όσα μαθαίνουν σε διαφορετικά πλαίσια. Χρησιμοποιώντας τεχνολογίες IoT τόσο στην τάξη όσο και σε περιβαλλοντικά περιβάλλοντα, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να κάνουν συνδέσεις μεταξύ της τυπικής επιστημονικής τους εκπαίδευσης και των πραγματικών εφαρμογών αυτής της γνώσης.

Μία από τις βασικές προκλήσεις για την εφαρμογή αυτής της εκπαιδευτικής προσέγγισης είναι να διασφαλιστεί ότι οι μαθητές έχουν την υποστήριξη και τους πόρους που χρειάζονται για να επιτύχουν. Ενώ πλατφόρμες όπως το Arduino και το Raspberry Pi έχουν σχεδιαστεί για να είναι προσβάσιμες, οι μαθητές συχνά χρειάζονται καθοδήγηση προκειμένου να αξιοποιήσουν πλήρως τις δυνατότητες αυτών των εργαλείων. Οι Hofstein et al. (1996) υπογραμμίζουν τη σημασία της χρήσης ενός ευρέος φάσματος διδακτικών στρατηγικών για την υποστήριξη μαθητών

με διαφορετικά μαθησιακά στυλ και ικανότητες. Στο πλαίσιο του Making και του IoT, αυτό μπορεί να περιλαμβάνει την παροχή στους μαθητές βήμα προς βήμα οδηγιών για την κατασκευή των συσκευών τους, την προσφορά σεμιναρίων κωδικοποίησης ή τη διευκόλυνση συνεργατικών έργων όπου οι μαθητές μπορούν να μάθουν ο ένας από τον άλλο. Επιπλέον, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να διαδραματίσουν κρίσιμο ρόλο στην καθοδήγηση των μαθητών κατά τη διαδικασία συλλογής και ανάλυσης δεδομένων, βοηθώντας τους να ερμηνεύσουν τα δεδομένα που συλλέγουν και να τα εφαρμόσουν τα αποτελέσματά τους.

Προκειμένου να ενισχυθεί η χρήση του Making και του IoT στην εκπαιδευτική πρακτική, μπορούν να προταθούν διάφορες στρατηγικές. Πρώτον, τα σχολεία και οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να επενδύσουν στην απαραίτητη υποδομή για την υποστήριξη αυτών των έργων. Αυτό περιλαμβάνει την παροχή πρόσβασης σε μικροελεγκτές και μικροεπεξεργαστές, αισθητήρες και άλλα υλικά που απαιτούνται για την κατασκευή και τον προγραμματισμό συσκευών, καθώς και την προσφορά ευκαιριών επαγγελματικής ανάπτυξης για τους εκπαιδευτικούς ώστε να μάθουν πώς να ενσωματώνουν αποτελεσματικά αυτά τα εργαλεία στο πρόγραμμα σπουδών τους. Ο Eshach (2007) υπογραμμίζει τη σημασία της δημιουργίας συνδέσεων μεταξύ σχολικών και εξωσχολικών μαθησιακών εμπειριών. Με τη δημιουργία χώρων δημιουργίας μέσα στα σχολεία και την ενθάρρυνση των μαθητών να εφαρμόζουν όσα μαθαίνουν στην τάξη σε περιβαλλοντικά έργα του πραγματικού κόσμου, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να δημιουργήσουν μια αδιάλειπτη μαθησιακή εμπειρία που προάγει τόσο τις τεχνικές όσο και τις δημιουργικές δεξιότητες.

Δεύτερον, οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να επικεντρωθούν στη δημιουργία ενός συνεργατικού μαθησιακού περιβάλλοντος, όπου οι μαθητές μπορούν να συνεργαστούν για να επιλύσουν προβλήματα και να μοιραστούν τις γνώσεις τους. Ο συνεργατικός χαρακτήρας των έργων Making και IoT επιτρέπει στους μαθητές να μαθαίνουν ο ένας από τον άλλο, αναπτύσσοντας όχι μόνο τις τεχνικές τους δεξιότητες αλλά και τις ικανότητες επικοινωνίας και ομαδικής εργασίας. Καθώς οι μαθητές συνεργάζονται για να σχεδιάσουν, να κατασκευάσουν και να βελτιώσουν τα έργα τους, αποκτούν βαθύτερη κατανόηση του αντικειμένου, ενώ παράλληλα αναπτύσσουν τις διαπροσωπικές δεξιότητες που είναι απαραίτητες για την επιτυχία

τόσο σε ακαδημαϊκό όσο και σε επαγγελματικό επίπεδο. Ο Cheung (2018) επισημαίνει τη σημασία της προώθησης μιας θετικής αυτοαντίληψης για τις φυσικές επιστήμες στους μαθητές, σημειώνοντας ότι οι μαθητές που έχουν εμπιστοσύνη στην ικανότητά τους να επιτύχουν στις φυσικές επιστήμες είναι πιο πιθανό να ασχοληθούν με το αντικείμενο. Με τη δημιουργία ενός υποστηρικτικού, συνεργατικού μαθησιακού περιβάλλοντος, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να αποκτήσουν εμπιστοσύνη στις τεχνικές τους ικανότητες, ενθαρρύνοντάς τους να παίρνουν ρίσκα, να πειραματίζονται και να διευρύνουν τα όρια του τι μπορούν να επιτύχουν.

Τέλος, είναι σημαντικό να δημιουργηθούν ευκαιρίες για τους μαθητές να παρουσιάσουν το έργο τους και να μοιραστούν τα έργα τους με ένα ευρύτερο κοινό. Ένα από τα καθοριστικά χαρακτηριστικά του Maker Movement είναι η έμφαση που δίνει στην κοινότητα και την ανταλλαγή, όπου οι κατασκευαστές ενθαρρύνονται να παρουσιάζουν το έργο τους σε Maker Faires, διαδικτυακά φόρουμ και άλλες δημόσιες πλατφόρμες. Παρέχοντας στους μαθητές ευκαιρίες να μοιραστούν τα περιβαλλοντικά έργα τους που βασίζονται στο IoT με τους συμμαθητές τους, τους εκπαιδευτικούς και την ευρύτερη κοινότητα, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να ενισχύσουν την αίσθηση υπερηφάνειας και επιτυχίας στους μαθητές τους, παρακινώντας τους να συνεχίσουν την εξερεύνηση και τη μάθηση. Οι Fallik et al. (2013) προτείνουν ένα μοντέλο για τη γεφύρωση της τυπικής και της άτυπης επιστημονικής εκπαίδευσης, όπου οι μαθητές ενθαρρύνονται να εφαρμόζουν όσα μαθαίνουν στην τάξη σε έργα πραγματικού κόσμου και να μοιράζονται τα ευρήματά τους με άλλους. Με την εφαρμογή αυτού του μοντέλου οι εκπαιδευτικοί μπορούν να δημιουργήσουν ένα μαθησιακό περιβάλλον που όχι μόνο ενισχύει τις τεχνικές και δημιουργικές δεξιότητες των μαθητών αλλά και καλλιεργεί την αίσθηση ευθύνης για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προκλήσεων.

Η ενσωμάτωση του Making και του IoT σε εκπαιδευτικά και περιβαλλοντικά έργα προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα, όπως η ανάπτυξη τεχνικών και δημιουργικών δεξιοτήτων, η προώθηση της πρακτικής μάθησης με βάση τη διερεύνηση και η δυνατότητα συλλογής και ανάλυσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Παρέχοντας στους μαθητές τα εργαλεία και την υποστήριξη που χρειάζονται για να επιτύχουν, οι

εκπαιδευτικοί μπορούν να δημιουργήσουν ένα δυναμικό μαθησιακό περιβάλλον που προωθεί τόσο την ατομική όσο και τη συνεργατική επίλυση προβλημάτων. Στρατηγικές όπως η επένδυση σε υποδομές, η προώθηση της συνεργασίας και η δημιουργία ευκαιριών για τους μαθητές να παρουσιάσουν το έργο τους μπορούν να συμβάλουν στην ενίσχυση της χρήσης αυτών των εργαλείων στην εκπαιδευτική πρακτική, διασφαλίζοντας ότι οι μαθητές είναι εφοδιασμένοι με τις δεξιότητες και τις γνώσεις που απαιτούνται για την αντιμετώπιση των πολύπλοκων περιβαλλοντικών προκλήσεων του μέλλοντος. Μέσω της ενσωμάτωσης του Making και του IoT, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να δημιουργήσουν μια μαθησιακή εμπειρία που έχει νόημα και αντίκτυπο, προετοιμάζοντας τους μαθητές να γίνουν οι καινοτόμοι λύτες προβλημάτων και οι περιβαλλοντικοί διαχειριστές του αύριο.



## ΜΕΡΟΣ Β΄

---

---

Μελέτη, ανάλυση απαιτήσεων,  
κατασκευή και πιλοτική δοκιμή IoT  
εργαλειοθήκης ελέγχου ποιότητας υδάτων  
- Αξιοποίηση και εφαρμογή σε  
εκπαιδευτικές εφαρμογές

## Εισαγωγή Β' Μέρους

Στο Β' μέρος της διατριβής παρουσιάζεται η δημιουργία ενός πρωτότυπου σταθμού IoT για την μελέτη της ποιότητας υδάτων.

Ο σταθμός, ο οποίος ενσωματώνει και διασυνδέει αισθητήρες, ηλεκτρονικές πλατφόρμες, συστήματα μετάδοσης δεδομένων και μηχανισμούς αποθήκευσης, αποτελεί μια ολοκληρωμένη υποδομή για τη συλλογή, επεξεργασία και διαχείριση πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο:

- Σταδιακά βελτιώνεται, συμπληρώνεται και εξελίσσεται μέχρι την τελική του έκδοση.
- Βαθμονομείται κατά περίπτωση και αξιολογείται η αξιοπιστία των μετρήσεων.
- Εφαρμόζεται σε διαφορετικά υδάτινα περιβάλλοντα, με τη συμμετοχή μαθητών στην σύνθεση και κατασκευή της συσκευής.
- Αξιοποιείται σε εκπαιδευτικές δραστηριότητες με μαθητές.

Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται οι φυσικοχημικές παράμετροι ελέγχου υδάτων, αναλύεται η σημασία κάθε παραμέτρου, καθώς και οι λόγοι για τους οποίους οι μετρούμενες τιμές αυτών των παραμέτρων παρουσιάζουν διακυμάνσεις με την πάροδο του χρόνου. Εξετάζονται επίσης, οι παράγοντες που ενδέχεται να επηρεάσουν τις τιμές τους, είτε πρόκειται για φυσικές αιτίες είτε για ανθρωπογενείς επιδράσεις. Επιπλέον, επισημαίνεται ότι οι περισσότερες από αυτές τις παραμέτρους είναι αλληλένδετες, δημιουργώντας μια δυναμική σχέση όπου οι μεταβολές στη μία μπορούν να έχουν σημαντική επίδραση στις τιμές των υπόλοιπων. Η κατανόηση αυτής της αλληλεπίδρασης είναι κρίσιμη για τη συνολική ερμηνεία των δεδομένων και την εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων.

Στο Κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται η πρώτη έκδοση της συσκευής καθώς και τα αποτελέσματα της εφαρμογής μιας εκπαιδευτικής δραστηριότητας που συνδυάζει την τεχνολογία IoT με την παιχνιδοποίηση, με στόχο την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση μαθητών δημοτικού. Οι μαθητές χρησιμοποίησαν την πρωτότυπη

συσκευή IoT, εξοπλισμένη με αισθητήρες για τη μέτρηση παραμέτρων ποιότητας νερού (όπως θερμοκρασία, pH και θολότητα), και συμμετείχαν σε ένα παιχνίδι που τους καλούσε να συλλέξουν δεδομένα από το δημόσιο δίκτυο πηγών στην περιοχή τους. Η δραστηριότητα περιελάμβανε τη συλλογή δεδομένων, τη γεωεντοπισμένη καταγραφή τους, τη σύγκριση τιμών και την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Στο Κεφάλαιο 6 η συσκευή τροποποιείται ώστε να δοκιμαστεί σε θαλάσσια παράκτια ύδατα. Η ανάπτυξη της συσκευής βασίστηκε στην πλατφόρμα Arduino, εξοπλίστηκε με αισθητήρες μέτρησης φυσικοχημικών παραμέτρων (θερμοκρασίας, pH, ολικών διαλυμένων στερεών και θολότητας), ενώ η μεταφορά των δεδομένων έγινε χειροκίνητα μέσω κάρτας SD. Καταγράφονται τα τεχνικά προβλήματα που παρουσιάστηκαν κατά τη λειτουργία της και επισημαίνονται οι αδυναμίες, όπως η περιορισμένη αντοχή των αισθητήρων και η ανάγκη τακτικής βαθμονόμησης, η μη δυνατότητα καταγραφής των γεωγραφικών συντεταγμένων και της ακριβούς ώρας δειγματοληψίας, καθώς και η περιορισμένη αυτοματοποίηση.

Στο Κεφάλαιο 7 παρουσιάζεται μια εκπαιδευτική παρέμβαση που συνδυάζει τη μάθηση μέσω πραγματικών επιστημονικών διαδικασιών με τη χρήση τεχνολογιών IoT, στοχεύοντας στην κατανόηση της ποιότητας υδατικών οικοσυστημάτων και την ενίσχυση των δεξιοτήτων STEM των μαθητών. Στο πλαίσιο της δραστηριότητας, μαθητές Λυκείου συμμετείχαν στην κατασκευή της αυτοματοποιημένης συσκευής παρακολούθησης περιβαλλοντικών παραμέτρων, και στη συνέχεια, συμμετείχαν σε άσκηση πεδίου στη λίμνη Κουμουνδούρου, όπου συνέλεξαν και συνέκριναν δεδομένα με επιστημονικά φορητά όργανα και τη δική τους συσκευή. Επιπλέον, οι μαθητές πραγματοποίησαν χημικές αναλύσεις (π.χ. νιτρικά, φωσφορικά) και βιολογικές αξιολογήσεις χρησιμοποιώντας βενθικά μακροασπόνδυλα ως δείκτες οικολογικής ποιότητας. Η διαδικασία περιλάμβανε σχεδιασμό πειραμάτων, συλλογή δεδομένων, ανάλυση αποτελεσμάτων και εξαγωγή συμπερασμάτων.

Στο Κεφάλαιο 8 περιγράφονται τα αποτελέσματα της δοκιμής της αναβαθμισμένης έκδοσης της συσκευής IoT στο ρέμα της Πικροδάφνης, ένα σημαντικό φυσικό υδατικό οικοσύστημα στη Νότια Αθήνα. Η συσκευή, εξοπλισμένη με τεχνολογία GPRS, επέτρεψε τη συνεχή παρακολούθηση και τη μετάδοση

δεδομένων σε πραγματικό χρόνο σε βάση δεδομένων MySQL, για χρονικό διάστημα δύο ημερών. Κατά τη δοκιμή, η συσκευή κατέγραψε τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και του pH, οι οποίες σχετίζονται με την ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται το υδάτινο σώμα κατά τη διάρκεια της ημέρας και τις απώλειες θερμότητας κατά τη διάρκεια της νύχτας, καθώς επίσης, συνδέονται με βιολογικές διεργασίες, όπως η φωτοσύνθεση και η αναπνοή των υδρόβιων οργανισμών. Παρά την περιορισμένη διάρκεια λειτουργίας της συσκευής, τα δεδομένα επαλήθευσαν τη σχέση μεταξύ θερμοκρασίας και pH.

Στο Κεφάλαιο 9 παρουσιάζεται η τελική έκδοση του αυτοματοποιημένου σταθμού IoT, η κατασκευή του οποίου έγινε τμηματικά από ομάδες μαθητών στο πλαίσιο λειτουργίας του Ομίλου Φυσικών Επιστημών. Στη συσκευή προστέθηκε ο αισθητήρας ηλεκτρικής αγωγιμότητας, καθώς και ασπίδα GSM/GPRS/GPS, που επέτρεψε την αποστολή δεδομένων μέσω δικτύων κινητής τηλεφωνίας και την ενσωμάτωση λειτουργιών GPS. Για την ανάπτυξη του σταθμού επιλέχθηκε η πλακέτα Arduino Mega, λόγω των αυξημένων δυνατοτήτων της σε θύρες σύνδεσης και αποθηκευτικό χώρο. Η συσκευή προγραμματίστηκε στο περιβάλλον Arduino IDE, χρησιμοποιώντας εξειδικευμένες βιβλιοθήκες για κάθε αισθητήρα, και τα δεδομένα συλλέχθηκαν και αποστάλλησαν στην πλατφόρμα ThingSpeak, όπου αποθηκεύονται, αναλύονται και οπτικοποιούνται σε πραγματικό χρόνο μέσω γραφημάτων.

Τέλος, παρουσιάζονται συμπεράσματα αναφορικά με τις τεχνικές δυσκολίες που παρουσιάζει η ενσωμάτωση τεχνολογιών IoT στην εκπαιδευτική διαδικασία και την εφαρμογή τους σε πραγματικά περιβαλλοντικά ζητήματα.

---

# Φυσικοχημικές παράμετροι μετρήσεων και ελέγχου ποιότητας υδάτων

## 4. Φυσικοχημικές παράμετροι μετρήσεων και ελέγχου ποιότητας υδάτων

### 4.1 Εισαγωγή

Η επιφάνεια της Γης καλύπτεται κατά 75% από νερό. Το 97% αυτού αποτελεί τους ωκεανούς και τις θάλασσες, το 2,37% είναι δεσμευμένο στους πολικούς πάγους και παγετώνες, το 0,6% περιλαμβάνει τα υπόγεια νερά μεγάλου βάθους και μόνο το 0,03% αντιπροσωπεύει τα επιφανειακά νερά (ποτάμια, λίμνες, υδρατμοί της ατμόσφαιρας, υγρασία του εδάφους, υπόγεια υδάτινα αποθέματα σε μικρό σχετικά βάθος από την επιφάνεια της Γης).

Το νερό είναι ένας ανανεώσιμος αλλά περιορισμένος πόρος. Τα αποθέματα ανανεώνονται μέσω του υδρολογικού κύκλου, ωστόσο η διαθέσιμη ποσότητα νερού είναι περιορισμένη και η κατανομή του στον χώρο και τον χρόνο άνιση. Η διαχείριση των υδατικών πόρων αποτελεί μια από τις πιο έντονες, τοπικής και παγκόσμιας κλίμακας, συζητήσεις του 21ου αιώνα. Η αύξηση του πληθυσμού, η έντονη ανάπτυξη της βιομηχανίας, η γεωργική επέκταση και η ολοένα αυξανόμενη κλιματική αλλαγή έχει επιφέρει σημαντικές αλλαγές στην ποιότητα των ωκεάνιων, παράκτιων και εσωτερικών υδάτων. Η ποιότητα του νερού τείνει να αποτελέσει ένα παγκόσμιο πρόβλημα αυξανόμενης σημασίας, καθώς οι κίνδυνοι υποβάθμισής του, μεταφράζονται άμεσα σε κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις.

Η ανάγκη ολοκληρωμένης αντιμετώπισης της διαχείρισης των υδατικών πόρων οδήγησε την Ε.Ε στην έκδοση της Οδηγίας - Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ για τα Ύδατα το 2000, θεσπίζοντας δύο βασικά νομικά πλαίσια για την προστασία και διαχείριση των γλυκών υδάτων και των θαλάσσιων πόρων. Αρχικός σκοπός της Οδηγίας είναι η προστασία και η αποτροπή της περαιτέρω επιδείνωσης της κατάστασης των νερών.

Η πρόοδος όμως που σημειώνεται για την επίτευξη καλής περιβαλλοντικής κατάστασης στα ωκεάνια, παράκτια και εσωτερικά ύδατα είναι αργή καθώς αυτά συνεχίζουν να υποβαθμίζονται λόγω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβανομένης της μη βιώσιμης εκμετάλλευσης των πόρων, της χημικής και πλαστικής ρύπανσης και της καταστροφής των οικοτόπων. Στην ΕΕ, οι μισοί από τους οικοτόπους των παράκτιων και γλυκών υδάτων αξιολογούνται ως απειλούμενοι (στις κατηγορίες κρίσιμα απειλούμενοι, απειλούμενοι και ευάλωτοι) σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κόκκινο Κατάλογο Οικοτόπων.

Η υιοθέτηση της Agenda 2030 των Ηνωμένων Εθνών για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη και των 17 Στόχων Βιώσιμης Ανάπτυξης (SDGs) από όλα τα κράτη-μέλη του ΟΗΕ, αποτελεί ορόσημο για τη διεθνή κοινότητα καθώς για πρώτη φορά τέθηκαν διεθνώς «οικουμενικοί» στόχοι, τους οποίους καλούνται να υλοποιήσουν όλες οι χώρες από κοινού, τόσο ανεπτυγμένες όσο και αναπτυσσόμενες. Αρκετοί στόχοι βιώσιμης ανάπτυξης στοχεύουν στην αντιστροφή της υποβάθμισης των υδάτων, όπως ο στόχος SDG6 - «καθαρό νερό και αποχέτευση», ο οποίος στοχεύει στην προστασία και αποκατάσταση των υδατικών οικοσυστημάτων, τη βελτίωση της ποιότητας του νερού, τη διασφάλιση της βιώσιμης άντλησης και προμήθειας πόσιμου νερού, την πρόληψη και την σημαντική μείωση της ρύπανσης, καθώς και την εφαρμογή της ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων. Αντίστοιχα, ο στόχος SDG14 – «ζωή στο νερό», στοχεύει στη βιώσιμη διαχείριση και προστασία των θαλάσσιων και παράκτιων οικοσυστημάτων, την ενίσχυση της διατήρησης και της βιώσιμης χρήσης των ωκεανών και των πόρων τους, καθώς και την αύξηση της επιστημονικής γνώσης, την ανάπτυξη των ερευνητικών ικανοτήτων και τη μεταφορά της θαλάσσιας τεχνολογίας ώστε να βελτιωθεί η υγεία των ωκεανών. Παράλληλα, ο στόχος SDG4 – «ποιοτική εκπαίδευση», επιδιώκει να διασφαλίσει ότι όλοι οι εκπαιδευόμενοι θα αποκτήσουν τη γνώση και θα καλλιεργήσουν τις δεξιότητες που χρειάζονται για να προάγουν τη βιώσιμη ανάπτυξη, μέσω, μεταξύ άλλων, της εκπαίδευσης για τη βιώσιμη ανάπτυξη και τον βιώσιμο τρόπο ζωής.

Ωστόσο, μέχρι στιγμής τα αποτελέσματα κρίνονται ανεπαρκή καθώς χρειάζεται η νέα γενιά να αναλάβει τον ρόλο της ενεργούς φροντίδας των υδατικών πόρων, μια αλλαγή που θα επιτρέψει την εφαρμογή των εθνικών και παγκόσμιων

προγραμμάτων περιβαλλοντικής πολιτικής και την επίτευξη των στόχων των Ηνωμένων Εθνών για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη. Ένα σημαντικό τμήμα αυτής της αλλαγής αφορά στην περιβαλλοντική εκπαίδευση που απαιτείται για την προώθηση της ευρείας κοινωνικής ευθύνης απέναντι στα υδατικά οικοσυστήματα και της βιοποικιλότητάς τους και για την επίτευξη σχετικών αλλαγών πολιτικής. Ένας τρόπος για να γίνει αυτή η αλλαγή είναι η επέκταση της παιδείας για τους υδατικούς πόρους στα σχολεία, υπερβαίνοντας τα πολιτιστικά και κοινωνικοοικονομικά εμπόδια. Η ευαισθητοποίηση των νέων και η ενεργή συμμετοχή τους όσον αφορά στην προστασία του περιβάλλοντος είναι καθοριστικής σημασίας για τη διατήρηση ενός βιώσιμου πλανήτη. Σε αυτό το πλαίσιο, η αντιμετώπιση της υποβάθμισης της ποιότητας των υδατικών οικοσυστημάτων απαιτεί αρχικά την ενημέρωση και κατόπιν την αλλαγή νοοτροπίας και την εφαρμογή συμπεριφορών φιλικότερων προς το περιβάλλον. Τα άτομα με γνώση των ωκεάνιων, των θαλάσσιων και των εσωτερικών υδάτων είναι σε θέση να κατανοούν θεμελιώδεις έννοιες σχετικά με τη λειτουργία τους, μπορούν να συζητούν ουσιαστικά θέματα που αφορούν τα υδάτινα σώματα και μπορούν να λαμβάνουν ενημερωμένες και υπεύθυνες αποφάσεις.

## 4.2 Φυσικοχημικές παράμετροι ελέγχου ποιότητας νερού

Οι πιο συχνά μετρούμενες παράμετροι, που χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση της κατάστασης των υδάτων είναι: η στάθμη, το pH, η θερμοκρασία νερού, το διαλυμένο οξυγόνο και η αγωγιμότητα. Στο παρόν κεφάλαιο εξηγείται γιατί είναι σημαντική η κάθε παράμετρος, γιατί οι μετρούμενες τιμές των παραμέτρων μεταβάλλονται στον χρόνο και ποιοι παράγοντες, φυσικοί ή άλλοι (π.χ. ρύπανση), μπορεί να επηρεάσουν τις τιμές αυτές. Οι περισσότερες από τις παραμέτρους που περιγράφονται σχετίζονται μεταξύ τους και συχνά οι τιμές της μίας επηρεάζουν σημαντικά τις τιμές της άλλης. (Αναλυτικό κείμενο για τις φυσικοχημικές παραμέτρους παρατίθεται στην Παράγραφο 11.3 με τίτλο Εκπαιδευτικό υλικό).

### **Θερμοκρασία**

Η θερμοκρασία του νερού είναι μία από τις πιο εύκολα μετρήσιμες παραμέτρους της ποιότητας του νερού, αλλά και ένας από τους πιο κρίσιμους παράγοντες στη λειτουργία ενός υδατικού οικοσυστήματος. Η θερμοκρασία είναι

σημαντική γιατί καθορίζει τα είδη της υδρόβιας ζωής που μπορούν να ζήσουν στο υδάτινο σώμα. Ψάρια, έντομα, ζωοπλαγκτόν, φυτοπλαγκτόν και άλλα υδρόβια είδη έχουν όλα ένα προτιμώμενο εύρος θερμοκρασίας στο οποίο μπορούν να ζήσουν. Αν η θερμοκρασία του νερού κινηθεί πολύ πάνω ή κάτω από αυτό το προτιμώμενο εύρος, ο πληθυσμός του είδους μειώνεται μέχρι τελικά να εξαφανιστεί.

Ο φυσικός μηχανισμός που καθορίζει τη θερμοκρασία του νερού είναι η ηλιακή ακτινοβολία, με τη θερμοκρασία του νερού να ακολουθεί εν γένει, τη διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα. Επομένως έχει χαρακτηριστική διακύμανση μέσα στην ημέρα, με υψηλότερες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της ημέρα και χαμηλότερες κατά τη διάρκεια της νύχτας, ενώ αντίστοιχη διακύμανση παρουσιάζει και στο σύνολο του έτος καταγράφοντας υψηλότερες τιμές κατά την καλοκαιρινή περίοδο και χαμηλότερες κατά την χειμερινή. Η θερμοκρασία ενός υδάτινου σώματος, π.χ. ενός ποταμού επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες όπως το είδος της βλάστησης στις όχθες του: μια καλά σκιασμένη όχθη μειώνει την επίδραση της θέρμανσης από τον ήλιο.

Ένα συχνό πρόβλημα αποτελεί η απόρριψη αστικών λυμάτων ή βιομηχανικών υγρών αποβλήτων με υψηλές θερμοκρασίες στα ποτάμια. Τέτοια γεγονότα, προκαλούν στα ποτάμια την απόκλιση (συνήθως αύξηση) από τη φυσική θερμοκρασία και είναι γνωστά ως θερμική ρύπανση. Επίσης, τεχνητές κατασκευές όπως τα φράγματα, μπορούν να επηρεάσουν δραστικά τους κύκλους θερμοκρασίας του νερού. Ενώ ένα φράγμα δεν αυξάνει άμεσα τη θερμοκρασία στο νερό, μεταβάλλει τα νερά από τρεχούμενα σε στάσιμα και προκαλεί έμμεσα την αύξηση της θερμοκρασίας.

Η θερμοκρασία είναι ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την αξιολόγηση της ποιότητας του νερού, καθώς επηρεάζει όλες τις άλλες παραμέτρους και κυριότερα την παράμετρο του διαλυμένου οξυγόνου.

Στη θάλασσα η κατανομή της επιφανειακής θερμοκρασίας αντιστοιχεί πλήρως με την ποσότητα της ακτινοβολίας που προσπίπτει στην υδάτινη επιφάνεια, η οποία εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος. Διακύμανση της επιφανειακής θερμοκρασίας της θάλασσας σημειώνεται και κατά τη διάρκεια του έτους, με το ετήσιο εύρος των

επιφανειακών θερμοκρασιών να γίνεται μέγιστο στα ενδιάμεσα γεωγραφικά πλάτη, ενώ στα μικρά και μεγάλα γεωγραφικά πλάτη να είναι ελάχιστο.

Αντίστοιχα σε μια λίμνη, την άνοιξη και το καλοκαίρι, το ανώτερο στρώμα νερού τείνει να θερμαίνεται και η ανάμειξη μεταξύ αυτού του επιφανειακού στρώματος νερού και του ψυχρότερου νερού του πυθμένα επιβραδύνεται.

Η θερμοκρασία είναι ζωτικής σημασίας για τα περισσότερα ζώα και φυτά στο υδάτινο σύστημα. Τόσο τα φυτά όσο και τα ζώα χρειάζονται οξυγόνο για την αναπνοή, μια διαδικασία κρίσιμη για τις βασικές μεταβολικές διεργασίες. Ο μεταβολικός ρυθμός των υδρόβιων οργανισμών αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Επίσης, η θερμοκρασία μπορεί να επηρεάσει τους ρυθμούς αναπαραγωγής ορισμένων υδρόβιων ειδών, καθώς μπορεί να μην είναι σε θέση να αναπαραχθούν σε θερμότερα νερά.

### **Διαλυμένο Οξυγόνο**

Το διαλυμένο οξυγόνο είναι ένα μέτρο του πόσο οξυγόνο βρίσκεται διαλυμένο και διαθέσιμο για πρόσληψη στο νερό, και μπορεί να μας πει πολλά για την ποιότητα του νερού. Πολύ υψηλά ή πολύ χαμηλά επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου, μπορεί να βλάψουν την υδρόβια ζωή και να επηρεάσουν την ποιότητα του νερού.

Η συγκέντρωση οξυγόνου στον ατμοσφαιρικό αέρα είναι περίπου 21%, ενώ το νερό περιέχει λιγότερο από 1% οξυγόνο. Στην επιφάνεια όπου ο αέρας και το νερό συναντώνται, αυτή η μεγάλη διαφορά συγκέντρωσης προκαλεί τη διάλυση των μορίων οξυγόνου στο νερό. Το οξυγόνο δηλαδή, εισέρχεται στην επιφάνεια των υδάτινων σωμάτων μέσω απορρόφησης από την ατμόσφαιρα, διεργασία που επιταχύνεται σε καθεστώς τυρβώδους ροής. Περισσότερο οξυγόνο διαλύεται στο νερό όταν το νερό αναδεύεται και δημιουργείται μεγαλύτερη επιφάνειας επαφής ώστε να απορροφηθεί μεγαλύτερο ποσοστό οξυγόνου. Επομένως, το νερό που κινείται γρήγορα, όπως ένα ορεινό ρέμα ή ένα μεγάλο ποτάμι, τείνει να περιέχει περισσότερο διαλυμένο οξυγόνο, ενώ το στάσιμο νερό περιέχει λιγότερο. Ακόμα, ο γρήγορος αερισμός του νερού (π.χ. σε ένα καταρράκτη) συμβάλει στην αύξηση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου.

Οι φυσικές αιτίες μεταβολής της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό, είναι η θερμοκρασία, η διαδικασία της φωτοσύνθεσης, η αναπνοή των υδρόβιων οργανισμών και η αποσύνθεση των οργανισμών. Τα επίπεδα οξυγόνου στο νερό ενός ποταμού ή μιας λίμνης είναι σε μια ισορροπία μεταξύ της παροχής οξυγόνου (από την ατμόσφαιρα και τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης) και της κατανάλωσης οξυγόνου λόγω της αναπνοής των φυτών, των ζώων και των μικροβίων.

Τα ψάρια και οι άλλοι υδρόβιοι οργανισμοί (φυτά, ασπόνδυλα, βακτήρια), χρειάζονται οξυγόνο για να αναπνεύσουν. Η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου που απαιτείται διαφέρει ανά οργανισμό. Κάποια ζώα χρειάζονται ελάχιστες ποσότητες οξυγόνου, ενώ π.χ. τα ψάρια ρηχών νερών χρειάζονται υψηλότερα επίπεδα.

Τα βακτήρια στο νερό, καταναλώνουν το οξυγόνο για να αποσυνθέσουν την οργανική ύλη. Αυτοί οι οργανισμοί χρησιμοποιούν το διαλυμένο οξυγόνο για να διασπάσουν οργανικό υλικό στον πυθμένα ενός υδατικού σώματος. Η μικροβιακή αποσύνθεση συμβάλλει σημαντικά στην ανακύκλωση των θρεπτικών συστατικών, ωστόσο εάν υπάρχει περίσσεια οργανικού υλικού σε αποσύνθεση θα οδηγήσει σε σημαντικά μειωμένη συγκέντρωση οξυγόνου και πιθανώς υποξικές συνθήκες. Η περίσσεια οργανικού υλικού σε λίμνες και ποτάμια, λόγω ρύπανσης (κυρίως από αστικά/ κτηνοτροφικά λύματα και από γεωργικά λιπάσματα) μπορεί να προκαλέσει το φαινόμενο του ευτροφισμού (ευτροφικές συνθήκες) και οδηγεί σε μια κατάσταση ανεπάρκειας οξυγόνου που μπορεί να προκαλέσει τον «θάνατο» ενός υδατικού συστήματος. Η συνθήκη αυτή περιγράφει συνθήκες όπου οι υδρόβιοι οργανισμοί δεν μπορούν να επιβιώσουν.

Πιθανές πηγές ρύπανσης μπορεί να είναι τα αστικά λύματα, υγρά απόβλητα με χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου, γεωργικές απορροές και γενικά απόρριψη στο νερό χημικών ή βιολογικών συστατικών που έχουν υψηλή ζήτηση οξυγόνου, δηλαδή απαιτούν μεγάλες ποσότητες οξυγόνου προτού μπορέσουν να αποσυντεθούν πλήρως.

## **pH**

Το pH του νερού είναι ένα μέτρο της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου ( $H^+$ ) που ορίζει πόσο όξινο ή βασικό είναι το νερό και μετριέται σε μια προκαθορισμένη κλίμακα από 0 έως 14. Όσο μικρότερος είναι ο αριθμός, τόσο πιο όξινο είναι το νερό ενώ όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός, τόσο πιο βασικό. Η μέτρησή του είναι πολύ σημαντική γιατί εάν το pH του νερού είναι πολύ υψηλό ή πολύ χαμηλό, οι υδρόβιοι οργανισμοί που ζουν μέσα σε αυτό θα δυσκολευτούν να επιβιώσουν. Διαφορετικοί οργανισμοί μπορούν να ζήσουν σε διαφορετικά εύρη τιμών, με το συνηθέστερο εύρος σε γλυκά νερά να είναι από 6 έως 9. Επίσης, το pH επηρεάζει τις περισσότερες χημικές και βιολογικές διεργασίες στο νερό. Είναι ένας από τους σημαντικότερους περιβαλλοντικούς παράγοντες που περιορίζουν την κατανομή των ειδών στους υδρόβιους οικοτόπους. Οι εναλλαγές στις τιμές του pH ή η παραμονή του pH εκτός φυσιολογικού εύρους για παρατεταμένο διάστημα, καταπονεί πολλά είδη και μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη αναπαραγωγή, μειωμένη ανάπτυξη, ασθένεια ή θάνατο. Αυτό μπορεί τελικά να οδηγήσει σε μειωμένη βιολογική ποικιλότητα στα υδάτινα σώματα.

Το pH μπορεί επίσης να επηρεάσει τη διαλυτότητα και την τοξικότητα των χημικών ουσιών και των βαρέων μετάλλων στο νερό. Για παράδειγμα τα βαρέα μέταλλα τείνουν να είναι πιο τοξικά σε χαμηλότερο pH, επειδή είναι πιο διαλυτά και πιο βιοδιαθέσιμα. Παρόλα αυτά, ούτε οι πολύ υψηλές τιμές pH είναι επιθυμητές γιατί δεν ανταποκρίνονται σε ένα υγιές υδάτινο περιβάλλον.

Οι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν το επίπεδο του pH στο νερό, είναι: η βακτηριακή δραστηριότητα, ο ρυθμός φωτοσύνθεσης (καθώς αυξάνεται το διαλυμένο οξυγόνο και μειώνεται το διοξείδιο του άνθρακα, το pH αυξάνεται), η τυρβώδης ροή, τα χημικά συστατικά των απορροών που εισρέουν στο υδάτινο σώμα, οι ανθρώπινες δραστηριότητες εντός και εκτός της λεκάνης απορροής.

## **Αγωγιμότητα**

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μας δίνει μια ένδειξη για το σύνολο των διαλυμένων στερεών μέσα στο νερό. Τα διαλυμένα στερεά είναι ουσιαστικά ένα μέτρο για

οτιδήποτε είναι διαλυμένο στο νερό όπως μέταλλα, ιόντα και άλατα. Διαλυμένες ουσίες μπορεί επίσης, να προέρχονται από την αποσύνθεση των φυτών, τα απορρίμματα των ζώων που ζουν στον νερό αλλά και από απόβλητα.

Ειδικότερα, νερό με υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα είναι χαρακτηριστικό του θαλάσσιου νερού. Έτσι πολύ υψηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας ενδέχεται να υποδεικνύουν την υφαλμύριση του νερού και την πιθανότητα θαλάσσιας διείσδυσης.

Ο φυσικός μηχανισμός που επηρεάζει την ηλεκτρική αγωγιμότητα στα νερά ενός ποταμού είναι η γεωλογία της περιοχής. Το φυσικό εύρος τιμών των γλυκών νερών (ανάλογα την γεωλογία) κυμαίνεται από 100-2.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Τα περισσότερα υδάτινα σώματα διατηρούν μια αρκετά σταθερή τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βάση αναφοράς (συνήθως μεταξύ 300 και 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Ασυνήθιστα υψηλές τιμές, υποδηλώνουν ότι έχει συμβεί κάποιο περιστατικό μόλυνσης.

Η αγωγιμότητα ποικίλλει επίσης ως αποτέλεσμα των αλλαγών της παροχής (δηλαδή της ποσότητας του νερού) ενός ποταμού και της θερμοκρασίας. Για παράδειγμα, ένα επεισόδιο έντονης βροχόπτωσης προκαλεί ουσιαστικά την ανάμειξη και αραίωση των διαλυμένων στερεών που βρίσκονται σε έναν ποταμό. Κατά αυτόν τον τρόπο, αύξηση της ποσότητας του νερού επιφέρει άμεσα μείωση στις τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Αντιθέτως, η βροχή που πέφτει σε γεωργικές εκτάσεις ξεπλένει τα χώματα από τα λιπάσματα και καταλήγει στα ποτάμια με υψηλή συγκέντρωση διαλυμένων στερεών και μπορεί να οδηγήσει τελικά σε αύξηση της τιμής της αγωγιμότητας. Η εκτεταμένη χρήση λιπασμάτων στη γεωργική παραγωγή είναι μια σημαντική παράμετρος που επηρεάζει την ηλεκτρική αγωγιμότητα των ποταμών.

Η αγωγιμότητα στα ρέματα και τα ποτάμια επηρεάζεται κυρίως από το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής από την οποία διέρχεται το νερό. Το νερό των ποταμών που διέρχονται από περιοχές με γρανιτικά πετρώματα τείνουν να έχουν χαμηλότερη αγωγιμότητα, επειδή ο γρανίτης αποτελείται από αδρανή υλικά που δεν

δημιουργούν ιόντα όταν διαλύονται στο νερό. Από την άλλη, το νερό των ποταμών που διέρχονται από περιοχές με αργιλώδη εδάφη τείνει να έχει υψηλότερη αγωγιμότητα λόγω της παρουσίας υλικών που ιονίζονται όταν διαλύονται στο νερό. Οι εισροές των υπόγειων υδάτων μπορούν να έχουν παρόμοια αποτελέσματα, ανάλογα με το γεωλογικό υπόβαθρο των περιοχών που διαρρέουν.

Η απόρριψη λυμάτων, μπορεί επίσης, να μεταβάλει την αγωγιμότητα ανάλογα με τη σύσταση των λυμάτων.

### **Θολότητα**

Η θολότητα εμφανίζεται στο νερό λόγω της παρουσίας αιωρούμενων και αδιάλυτων σωματιδίων. Αιωρούμενα στερεά και κολλοειδή όπως το έδαφος, η λάσπη, η λεπτή οργανική ύλη, η ανόργανη ύλη και το πλαγκτόν στο νερό μπορούν να κάνουν το νερό θολό. Πρόκειται δηλαδή, για τη φυσική παράμετρο που καθορίζει την ικανότητα διέλευσης του ηλιακού φωτός και τον βαθμό διάχυσης και απορρόφησής του. Η θολότητα είναι αρνητικό χαρακτηριστικό του νερού όχι μόνο για αισθητικούς λόγους, αλλά και για παράγοντες που σχετίζονται με την υγεία, καθώς τα αιωρούμενα συστατικά που δημιουργούν τη θολότητα μπορούν να συμβάλουν στην ανάπτυξη και μεταφορά μικροοργανισμών.

Θολότητα μπορεί να προκληθεί από φυσικά αίτια όπως η διάβρωση πετρωμάτων ή η αποσύνθεση οργανισμών μετά το θάνατό τους, ή από ανθρώπινες δραστηριότητες όπως η απόρριψη λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων. Το βάθος διείσδυσης του φωτός στο υδάτινο σώμα είναι καθοριστικό για την πρωτογενή παραγωγή (φωτοσύνθεση) και εξαρτάται από τη διαύγεια του νερού και το μήκος κύματος της ακτινοβολίας.

### **Στάθμη**

Στάθμη είναι το ύψος της επιφάνειας του νερού σε ένα συγκεκριμένο σημείο ενός ποταμού από τον πυθμένα. Μπορεί να γίνει πιο εύκολα αντιληπτό ως το βάθος ενός ποταμού, σε ένα δεδομένο σημείο. Η στάθμη είναι μια βασική παράμετρος που επηρεάζει πολλές άλλες πτυχές της υδρολογίας και της ποιότητας του νερού ενός ποταμού. Η μέτρηση της στάθμης χρησιμοποιείται ως πληροφορία της ποσότητας

του νερού που υπάρχει στο ποτάμι κάθε στιγμή και είναι απαραίτητη για μια σειρά από διαφορετικούς λόγους. Αξιοποιείται ως πληροφορία για την προστασία από πλημμύρες, για την διαχείριση των αποθεμάτων του νερού (ύδρευση, άρδευση, κτλ), για την εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης ενός ποταμού (π.χ. όταν η στάθμη πέφτει πολύ χαμηλά τότε το οικοσύστημα δέχεται πιέσεις) και για τον σχεδιασμό τεχνικών έργων (π.χ. γέφυρες, φράγματα).

Οι μεταβολές αυτές άλλοτε μπορεί να είναι ήπιες ενώ άλλες φορές, πολύ έντονες. Για παράδειγμα, σε επεισόδια έντονης βροχόπτωσης υπάρχει ο κίνδυνος η στάθμη να αυξηθεί απότομα έως και να υπερβεί τις όχθες ενός ποταμού.

Το φαινόμενο που προκαλείται από την απότομη αύξηση της στάθμης καλείται πλημμυρικό κύμα. Το πλημμυρικό κύμα μετακινείται με ένταση που προοδευτικά μειώνεται, από τα ανάντη προς τα κατόντη του ποταμού, μέχρι τη θάλασσα ή τη λίμνη που εκβάλλει. Η συνεχής μέτρηση της στάθμης, σε διάφορα σημεία κατά μήκος ενός ποταμού, μας επιτρέπει να παρακολουθήσουμε την μετακίνηση του πλημμυρικού κύματος και τον υπολογισμό της ταχύτητάς του.

Ο εντοπισμός της απότομης αύξησης της στάθμης ή της δημιουργίας του πλημμυρικού κύματος αποτελεί βασική προϋπόθεση για την έγκαιρη ειδοποίηση ως προς τον κίνδυνο πλημμύρας, που είναι κομβικής σημασίας για την προστασία της ανθρώπινης ζωής και τη μείωση των οικονομικών καταστροφών που μπορεί να προκληθούν. Αντίστοιχα, η ελάττωση της στάθμης κάτω από ένα συγκεκριμένο όριο, το οποίο καλείται οικολογική παροχή, σηματοδοτεί τον κίνδυνο για την ζωή που φιλοξενείται σε ένα ποτάμι.

---

# Πρώτη έκδοση της IoT εργαλειοθήκης - Πιλοτική εφαρμογή

## 5. Πρώτη έκδοση της IoT εργαλειοθήκης - Πιλοτική εφαρμογή<sup>1,2,3</sup>

### 5.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η πρώτη προσπάθεια με στόχο την εμπλοκή των μαθητών σε μια πρακτική εμπειρία εφαρμογής της επιστημονικής μεθοδολογίας, αξιοποιώντας μια συσκευή IoT. Οι μαθητές μιας σχολικής τάξης δημοτικού χρησιμοποιώντας μια πρωτότυπη συσκευή IoT, με ένα βασικό σύνολο αισθητήρων, διερεύνησαν τυχόν προβλήματα ρύπανσης σε υδάτινα σώματα που βρίσκονται στην περιοχή τους, παίρνοντας μέρος σε ένα ειδικά σχεδιασμένο παιχνίδι. Οι μαθητές ελέγχουν την ποιότητα του νερού στις δημόσιες βρύσες και συντριβάνια της πόλης τους, συλλέγοντας και αναλύοντας δεδομένα και καταλήγουν σε συμπεράσματα για την ποιότητα του νερού, μέσω της εφαρμογής μιας παιγνιώδους προσέγγισης που παρέχει χρήσιμες, ελκυστικές και αυθεντικές εκπαιδευτικές εμπειρίες.

Στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού σεναρίου, μια ομάδα μαθητών αναλαμβάνει την αποστολή να εξερευνήσει και να αξιολογήσει την ποιότητα του νερού δημόσιων πηγών σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή. Οι νεαροί ερευνητές, εξοπλισμένοι με την πρωτότυπη εργαλειοθήκη, συλλέγουν δείγματα νερού, καλύπτοντας όσο το δυνατόν μεγαλύτερη έκταση του χάρτη. Στόχος τους είναι να αναλύσουν κρίσιμες

---

<sup>1</sup> Tziortzioti, C., Andreetti, G., Rodinò, L., Mavrommati, I., Vitaletti, A., Chatzigiannakis, I. (2018). Raising Awareness for Water Pollution Based on Game Activities Using Internet of Things. In: Kameas, A., Stathis, K. (eds) Ambient Intelligence. Aml 2018. Lecture Notes in Computer Science(), vol 11249. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-03062-9\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-030-03062-9_14)

<sup>2</sup> Tziortzioti, C., Mavrommati, I., Mylonas, G., Vitaletti, A., & Chatzigiannakis, I. (2018, August). Scenarios for educational and game activities using internet of things data. In *2018 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG)* (pp. 1-8). IEEE.

<sup>3</sup> Mylonas, G., Hofstaetter, J., Mavrommati, I., & Tziortzioti, C. (2017, October). Green Awareness via Embedded Sensors and Games in the School Environment: the GAIA case [Paper presentation]. Arguing on the Holodeck, CHI Play 2017 workshop, Amsterdam, Netherlands.

παραμέτρους όπως το pH, η θερμοκρασία και η θολότητα, αποκτώντας έτσι μια ολοκληρωμένη εικόνα για την κατάσταση του νερού στις δημόσιες βρύσες.

Αυτή η βιωματική εμπειρία λειτουργεί ως καταλύτης για την ανάπτυξη περιβαλλοντικής συνείδησης στους μαθητές. Μέσα από την άμεση επαφή με το περιβάλλον και τη συλλογή πραγματικών δεδομένων, οι νέοι συνειδητοποιούν τη σημασία των υδάτινων πόρων και την επιτακτική ανάγκη προστασίας τους. Η διαδικασία αυτή καλλιεργεί μια βαθύτερη περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και ενθαρρύνει την υιοθέτηση μιας πιο υπεύθυνης στάσης απέναντι στη χρήση και διαχείριση του νερού.

Παράλληλα, οι μαθητές συμμετέχουν σε μια διαδικασία μάθησης που ακολουθεί τα βήματα της επιστημονικής μεθοδολογίας, αναπτύσσοντας δεξιότητες συλλογής, ανάλυσης και αξιολόγησης δεδομένων. Μαθαίνουν να εντοπίζουν πιθανά προβλήματα στην ποιότητα του νερού και, το σημαντικότερο, να σκέφτονται δημιουργικά και να προτείνουν λύσεις που βασίζονται σε αυτά που έχουν μάθει. Αυτή η διαδικασία τους βοηθά να κατανοήσουν πώς η επιστήμη που διδάσκεται στην τάξη μπορεί να εφαρμοστεί στην καθημερινή ζωή και να βελτιώσει την ποιότητα της. Οι μαθητές γίνονται πραγματικοί «μικροϊδιοκτήτες» της γνώσης τους και μαθαίνουν να τη χρησιμοποιούν για να κάνουν τη ζωή τους καλύτερη.

Η συμμετοχή σε τέτοιου είδους δραστηριότητες δεν περιορίζεται μόνο στην επιστημονική κατάρτιση των μαθητών. Αντιθέτως, συμβάλλει στη διαμόρφωση ενεργών πολιτών με αυξημένη περιβαλλοντική συνείδηση και διάθεση για συμμετοχή στα κοινά καθώς οι μαθητές αντιλαμβάνονται τη σημασία της συλλογικής δράσης και της ατομικής ευθύνης στην αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προκλήσεων.

Η έρευνα για την ποιότητα των υδάτων αποτελεί ιδανικό πεδίο για την ανάπτυξη περιβαλλοντικών πρωτοβουλιών μέσω π.χ. προγραμμάτων επιστήμης των πολιτών. Η εγγενής σύνδεση των ανθρώπων με τους υδατικούς πόρους δημιουργεί ισχυρά κίνητρα συμμετοχής σε τέτοιες πρωτοβουλίες. Σε παγκόσμιο επίπεδο, παρατηρείται μια αυξανόμενη τάση συνεργασίας μεταξύ επιστημόνων-πολιτών και ερευνητών για την παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων. Οι πολίτες-επιστήμονες συμβάλλουν στη συλλογή δεδομένων για παραμέτρους όπως το pH, η

θολότητα, η θερμοκρασία, κ.λπ επιτρέποντας την παρακολούθηση σε μεγαλύτερες χωρικές και χρονικές κλίμακες (Farnham et al., 2017; Ho et al., 2020; Wang et al., 2020).

## 5.2 Ανάπτυξη της IoT εργαλειοθήκης

### 5.2.1 Σχεδίαση συσκευής

Στο πλαίσιο συνεργασίας με τον καθ. Ι. Χατζηγιαννακη και την ομάδα μεταπτυχιακών φοιτητών του στο Master of Science in Engineering in Computer Science at the Department of Computer, Control, and Management Engineering, Sapienza University of Rome (στο πλαίσιο εργασιών στο μάθημα: "Internet of Things"), αναπτύχθηκε μια πρωτότυπη συσκευή, η οποία αποτέλεσε το κιτ μετρήσεων που δόθηκε στους μαθητές. Το κιτ σχεδιάστηκε έτσι ώστε να προσφέρεται η δυνατότητα χρήσης, χωρίς να απαιτείται ο συνδυασμός πολλαπλών εξαρτημάτων για την αποθήκευση και τη μεταφορά δεδομένων ή για την τροφοδοσία της συσκευής. Στόχος ήταν μέσω μιας απλουστευμένης εμπειρίας οι μαθητές να επικεντρωθούν στην εκτέλεση των επιμέρους βημάτων της αποστολής τους. Για το λόγο αυτό, η συσκευή αναπτύχθηκε για να λειτουργεί ανεξάρτητα και όχι απαραίτητα σε συνδυασμό με οποιαδήποτε άλλη συσκευή όπως π.χ ένα smartphone ή ένα tablet.

Ως βάση χρησιμοποιήθηκε η πλακέτα B-L072Z-LRWAN, με τα ακόλουθα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά:

CPU – STM32L072CZ η οποία προσφέρει πυρήνα Arm®Cortex®-M0+, με 192 KbytesFlash μνήμη, 20 KbytesRAM και 20 KbytesEEPROM,

POWER – με ενσωματωμένη θύρα στην κάτω πλευρά που συνδέεται με μπαταρία μεγέθους 3xAAA,

NET – πομποδέκτης SX1276, ο οποίος διαθέτει modemLoRa® μεγάλης εμβέλειας και περιλαμβάνει μια κεραία SMARF των 50 ohm, παρέχοντας επικοινωνία φάσματος διασποράς εξαιρετικά μεγάλης εμβέλειας και υψηλής ανοσίας σε παρεμβολές, ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα την κατανάλωση ρεύματος,

UX – τέσσερα LED και δύο push-button τα οποία προσφέρουν απλούς μηχανισμούς αλληλεπίδρασης,

IO – Arduino™ Uno V3, με υποδοχές που επιτρέπουν την επέκταση της πλακέτας με αισθητήρες.

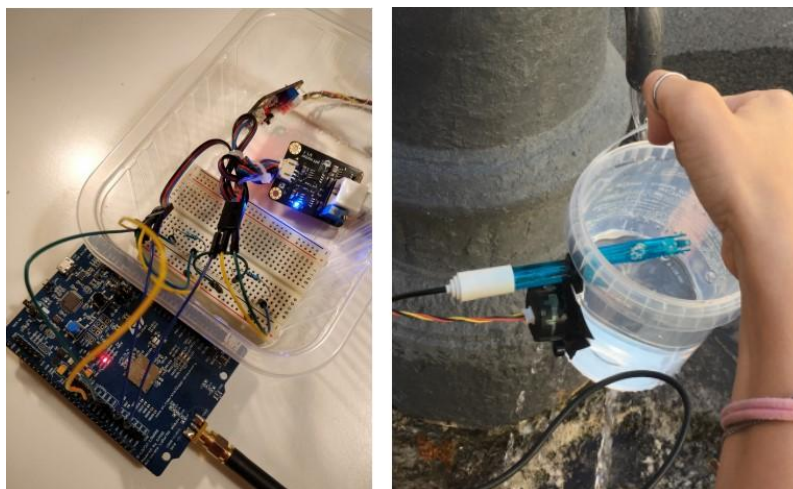
Η πρωτότυπη συσκευή εξοπλίστηκε με αισθητήρες χαμηλού κόστους για τη μέτρηση της Θερμοκρασίας (T), της Οξύτητας – Αλκαλικότητας (pH), και της Θολότητας του νερού.

Για την μέτρηση της θερμοκρασίας χρησιμοποιήθηκε αδιάβροχος αισθητήρας θερμοκρασίας, ο οποίος περιείχε μονάδα αντίστασης ώστε να είναι ευκολότερη η σύνδεση στην πλακέτα Arduino, καθώς συνδέθηκε μόνο μέσω ενός καλώδιου (και γείωση) με τον μικροεπεξεργαστή. Έχει εύρος μέτρησης θερμοκρασίας  $-55^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$  και ακρίβεια  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ .

Για την μέτρηση του pH χρησιμοποιήθηκε αναλογικός αισθητήρας, που ρυθμίζεται με ποτενσιόμετρο και ένα ηλεκτρόδιο pH. Ο αισθητήρας επιτυγχάνει ακρίβεια  $\pm 0,1\text{pH}$  κατά τη μέτρηση διαλύματος στους  $25^{\circ}\text{C}$ . Για τη βαθμονόμηση του αισθητήρα παρέχεται ένα πρότυπο διάλυμα του οποίου η τιμή pH είναι 7,00. Ο χρόνος απόκρισης του αισθητήρα είναι περίπου 1sec.

Για την μέτρηση της θολότητας του νερού, χρησιμοποιήθηκε αναλογικός αισθητήρας θολότητας. Χρησιμοποιεί φως για την ανίχνευση αιωρούμενων σωματιδίων στο νερό με τη μέτρηση της διαπερατότητας και του ρυθμού σκέδασης του φωτός, ο οποίος μεταβάλλεται ανάλογα με την ποσότητα των ολικών αιωρούμενων στερεών (Total Suspended Solids - TSS) στο νερό. Καθώς αυξάνεται το TSS, αυξάνεται το επίπεδο θολότητας του υγρού. Ο χρόνος απόκρισης του αισθητήρα είναι περίπου 500ms.

Τέλος, προσαρτήθηκε ένας απλός δέκτης GPS στην πλακέτα, ώστε να προσδιορίζεται αυτόματα η θέση της μέτρησης. Η πλακέτα, οι αισθητήρες και τα υπόλοιπα εξαρτήματα τοποθετούνται μέσα σε ένα απλό περίβλημα, ενώ οι δύο αισθητήρες είναι προσαρτημένοι στο πλάι ενός μικρού κάδου που περιέχει το νερό που θα ληφθεί ως δείγμα. Στην Εικόνα 1 απεικονίζεται μια απλή υλοποίηση του πρωτοτύπου με τη χρήση εξαρτημάτων DIY.



Εικόνα 1. Πρωτότυπη εργαλειοθήκη

### Υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους (cloud services)

Η πρωτότυπη συσκευή που αναπτύχθηκε για τη συλλογή δεδομένων χρησιμοποιεί την τεχνολογία LoRa (Long Range) LPWAN (Low-Power Wide-Area Network) για τη μετάδοση των μετρήσεων στην πλησιέστερη πύλη που παρέχεται από το The Things Network. Το LoRa είναι μια τεχνολογία ασύρματης επικοινωνίας μεγάλης εμβέλειας και χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, ιδανική για εφαρμογές IoT (Internet of Things). Μετά τη λήψη των δεδομένων από το δίκτυο LoRa, μια υπηρεσία νέφους αναλαμβάνει τη συλλογή και αποθήκευσή τους. Η υπηρεσία αυτή χρησιμοποιεί μια βάση δεδομένων NoSQL για την αποθήκευση των πληροφοριών. Οι βάσεις δεδομένων NoSQL είναι σχεδιασμένες για την αποθήκευση και ανάκτηση μεγάλου όγκου μη δομημένων δεδομένων, όπως αυτά που παράγονται από συσκευές IoT.

Παρακάτω αναφέρονται τα βήματα που ακολουθεί η διαδικασία μετάδοσης των δεδομένων:

1. Η συσκευή συλλέγει τις μετρήσεις από τους ενσωματωμένους αισθητήρες,
2. Τα δεδομένα κωδικοποιούνται και μεταδίδονται μέσω του πρωτοκόλλου LoRaWAN,
3. Το σήμα λαμβάνεται από την πλησιέστερη πύλη (gateway) του δικτύου The Things Network (TTN).

Το The Things Network είναι ένα παγκόσμιο, ανοιχτό και αποκεντρωμένο δίκτυο LoRaWAN που βασίζεται στη συνεισφορά της κοινότητας. Οι πύλες του TTN λειτουργούν ως διεπαφή μεταξύ των συσκευών LoRa και του διαδικτύου, προωθώντας τα ληφθέντα πακέτα δεδομένων στους κεντρικούς εξυπηρετητές του δικτύου.

Η αποθήκευση των δεδομένων γίνεται με τη μορφή ζευγών κλειδιού-τιμής (key-value pairs). Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει την ταχεία αποθήκευση και ανάκτηση των δεδομένων, καθώς και την εύκολη κλιμάκωση της βάσης δεδομένων καθώς ο όγκος των πληροφοριών αυξάνεται.

Επιπλέον, η υπηρεσία νέφους παρέχει το front-end της εφαρμογής, το οποίο υλοποιείται χρησιμοποιώντας Node.js. Το Node.js είναι ένα περιβάλλον εκτέλεσης JavaScript στην πλευρά του εξυπηρετητή, που προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα για εφαρμογές IoT, όπως ασύγχρονη επεξεργασία για τον χειρισμό πολλών ταυτόχρονων συνδέσεων, μεγάλο οικοσύστημα βιβλιοθηκών και εργαλείων μέσω του npm, δυνατότητα χρήσης της ίδιας γλώσσας προγραμματισμού (JavaScript) τόσο στο front-end όσο και στο back-end, και εύκολη ενσωμάτωση με βάσεις δεδομένων NoSQL.

Συνοψίζοντας, η αρχιτεκτονική που επιλέχθηκε για την ανάπτυξη της συσκευής επιτρέπει την αποτελεσματική συλλογή, μετάδοση, αποθήκευση και οπτικοποίηση δεδομένων από απομακρυσμένες συσκευές IoT, αξιοποιώντας τα πλεονεκτήματα των τεχνολογιών LoRaWAN, NoSQL και Node.js.

### 5.2.2 Πρωτότυπη εφαρμογή για κινητά

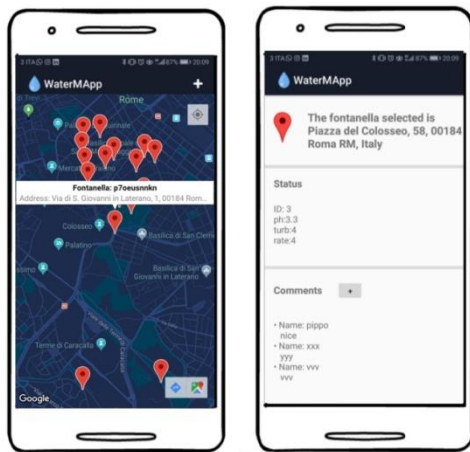
Στο πλαίσιο μιας παιγνιώδους εκπαιδευτικής δραστηριότητας σχεδιάστηκε μια εφαρμογή για κινητές συσκευές. Αυτή η εφαρμογή λειτουργεί ως συμπληρωματικό εργαλείο για τους μαθητές που συμμετέχουν ενεργά στη δραστηριότητα, προσφέροντας τους τη δυνατότητα να καταγράφουν και να οργανώνουν τις μετρήσεις τους με έναν εύχρηστο και αποτελεσματικό τρόπο.

Η εφαρμογή σχεδιάστηκε από τους φοιτητές του μαθήματος Internet of Things, του Sapienza DIAG Department, με επιβλέποντα καθηγητή τον Ι. Χατζηγιαννάκη, με γνώμονα την ευκολία χρήσης και την πρακτικότητα, λειτουργώντας ως ένα ψηφιακό

ημερολόγιο για τους μαθητές. Μέσω αυτής, οι συμμετέχοντες μπορούν να καταχωρούν σημειώσεις, παρατηρήσεις και σχόλια που σχετίζονται με κάθε συγκεκριμένη μέτρηση που πραγματοποιούν. Αυτό επιτρέπει στους μαθητές να διατηρούν ένα λεπτομερές αρχείο των ευρημάτων τους, διευκολύνοντάς τους στο έργο τους.

Η κύρια λειτουργία της εφαρμογής επικεντρώνεται στην οπτικοποίηση των δεδομένων μέσω ενός διαδραστικού χάρτη της πόλης. Σε αυτόν τον χάρτη, απεικονίζονται με ακρίβεια οι τοποθεσίες όπου έχουν πραγματοποιηθεί μετρήσεις. Αυτή η λειτουργία προσφέρει στους μαθητές μια συνολική εικόνα της γεωγραφικής κατανομής των μετρήσεών τους, βοηθώντας τους να αντιληφθούν χωρικά μοτίβα και να αναπτύξουν μια πιο ολοκληρωμένη κατανόηση των περιβαλλοντικών συνθηκών στην περιοχή μελέτης τους.

Πέρα από την κύρια λειτουργία, η εφαρμογή διαθέτει και μια δευτερεύουσα δραστηριότητα που εμπλουτίζει περαιτέρω την εμπειρία των χρηστών. Αυτή η λειτουργία επιτρέπει στους μαθητές να εξετάζουν λεπτομερώς τις τιμές που έχουν συλλέξει για κάθε μεμονωμένο σημείο μέτρησης. Επιπλέον, παρέχει τη δυνατότητα προσθήκης ετικετών στις μετρήσεις, διευκολύνοντας την οργάνωση και την ταξινόμηση των δεδομένων. Οι μαθητές μπορούν επίσης να επαναπροσδιορίσουν τη θέση μιας μέτρησης, εάν χρειαστεί, εξασφαλίζοντας την ακρίβεια των χωρικών δεδομένων. Τέλος, η εφαρμογή επιτρέπει την προσθήκη σχολίων, δίνοντας στους μαθητές τη δυνατότητα να καταγράψουν πρόσθετες πληροφορίες ή παρατηρήσεις που θεωρούν σημαντικές.



**Εικόνα 2. Στιγμιότυπο οθόνης της εφαρμογής για κινητά τηλέφωνα**

Η εφαρμογή αναπτύχθηκε για το λειτουργικό σύστημα Android, ώστε να εξασφαλισθεί η συμβατότητα με ένα ευρύ φάσμα κινητών συσκευών, καθώς το Android είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα λειτουργικά συστήματα για smartphones και tablets. Η ανάπτυξη για το περιβάλλον Android επιτρέπει στην εφαρμογή να αξιοποιεί πλήρως τις δυνατότητες των σύγχρονων κινητών συσκευών, προσφέροντας μια ομαλή και αποδοτική εμπειρία χρήσης.

### 5.2.3 Βαθμονόμηση και αξιολόγηση της συσκευής

Μετά τη συναρμολόγηση της συσκευής ακολούθησε η βαθμονόμηση των αισθητήρων του pH και της θολότητας καθώς και ο έλεγχος των τιμών που λαμβάνονται σε δείγματα νερού διαφόρων ποιοτήτων. Ο αισθητήρας της θερμοκρασίας δεν χρειαζόταν βαθμονόμηση.

Για τη βαθμονόμηση του αισθητήρα pH τοποθετήθηκε το ηλεκτρόδιο pH εντός του παρεχόμενου πρότυπου διαλύματος με τιμή pH=7,00 και έγινε η κατάλληλη παρέμβαση στον κώδικα. Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικά διαλύματα οξέων και βάσεων, σε θερμοκρασία δωματίου, για να ελεγχθεί η ακρίβεια του αισθητήρα. Όταν ο βαθμονομημένος αισθητήρας χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση του pH του νερού της βρύσης, η συσκευή παρείχε την τιμή pH 7,14 για θερμοκρασία περιβάλλοντος 23°C και ο αισθητήρας θολότητας παρείχε τιμή κοντά στο καθαρό νερό (492mV). Πραγματοποιήθηκε μια σειρά δοκιμών σε διαφορετικές θερμοκρασίες για την περαιτέρω δοκιμή της πρωτότυπης συσκευής. Σε διάλυμα χυμού λεμονιού μετρήθηκε pH 2,3, σε χυμό ντομάτας 4,7, σε νερό βρύσης 6,98, σε αποσταγμένο νερό

7,02 και σε νερό που περιείχε σαπούνι 12,09. Για την περίπτωση της θολότητας, η υψηλότερη τιμή καταγράφηκε στο αποσταγμένο νερό 492mV, ποσότητα νερού αναμεμειγμένου με λίγο χρώμα έδωσε 374mV ενώ νερό αναμεμειγμένο με επιπλέον χρώμα έδωσε τιμή 62mV.

Το επόμενο βήμα της αξιολόγησης επικεντρώθηκε στη δοκιμή της συσκευής κατά τη διεξαγωγή μετρήσεων σε εξωτερικό χώρο. Στόχος ήταν να εξεταστεί η συνδεσιμότητα του modem μεγάλης εμβέλειας LoRa που περιλαμβάνεται στην κύρια πλακέτα. Η συσκευή δοκιμάστηκε στο κέντρο της πόλης της Ρώμης, σε περιοχές κοντά στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής, Ελέγχου και Διοίκησης (DIAG) του Πανεπιστημίου Sapienza, όπου λειτουργεί συσκευή πύλης LoRa. Συνολικά εντοπίστηκαν 12 δημόσιες βρύσες/ σιντριβάνια σε ακτίνα 700 μέτρων και η μέτρηση επαναλήφθηκε 10 φορές. Και οι 120 μετρήσεις ελήφθησαν σωστά από την υπηρεσία νέφους.

Ένα ζήτημα που παρατηρήθηκε εξ αρχής αφορά στη βαθμονόμηση του αισθητήρα pH που χρησιμοποιήθηκε και την ακρίβεια των τιμών που καταγράφονται από τον αισθητήρα. Η βαθμονόμηση αυτού του τύπου αισθητήρα pH γίνεται μέσω του κώδικα ενώ οι τιμές που λαμβάνονται παρουσιάζουν απόκλιση. Αυτή η «χαλαρότητα» στις μετρήσεις επηρεάζει επίσης τα αποτελέσματα της καταλληλότητας, σε ένα δεδομένο αποδεκτό εύρος. Για παράδειγμα, οι μετρήσεις του pH σε πόσιμο νερό πρέπει να κυμαίνονται μεταξύ 6,5 και 9,5. Εάν η μέτρηση σε μια δημόσια βρύση της πόλης αποκλίνει από τις προκαθορισμένες τιμές, ενδέχεται να προκύψει ζήτημα σχετικά με την αξιοπιστία και την εγκυρότητα των δεδομένων που καταγράφει ο αισθητήρας. Αυτό ενδέχεται να οφείλεται είτε στη μεθοδολογία λήψης της μέτρησης, γεγονός που καθιστά σκόπιμη την επανάληψή της για μεγαλύτερη ακρίβεια, είτε στα χαρακτηριστικά του ίδιου του αισθητήρα, ο οποίος παρουσιάζει χαμηλότερη ακρίβεια βαθμονόμησης σε σύγκριση με ένα πιο εξειδικευμένο και ακριβές όργανο μέτρησης. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, μόλις ληφθεί μια μέτρηση και διαπιστωθεί ότι βρίσκεται εκτός του αναμενόμενου εύρους, δίνεται στον παίκτη ένα άμεσο προειδοποιητικό μήνυμα για να ελέγξει τη βαθμονόμηση του αισθητήρα και να επαναλάβει τη δειγματοληψία, προκειμένου να αποκλείσει ένα σφάλμα μέτρησης, λαμβάνοντας μια δεύτερη

μέτρηση από την ίδια πηγή νερού. Έτσι, ο παίκτης μαθαίνει σταδιακά να διασφαλίζει ότι λαμβάνει έγκυρες μετρήσεις. Οι παίκτες ενθαρρύνονται (με μηνύματα και επισημασμένες θέσεις στο χάρτη) να επιστρέφουν για να λάβουν μετρήσεις σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα, π.χ κατά τη διάρκεια της ημέρας, της εβδομάδας, του μήνα ή σε διαφορετικές εποχές. Εάν άλλοι παίκτες λάβουν πρώτοι μετρήσεις, οριοθετούν την περιοχή και τα δικαιώματα των προηγούμενων παικτών αποδυναμώνονται. Επιπλέον, οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να συγκρίνουν διαφορετικές ερμηνείες, να συζητούν και να ανταλλάσσουν απόψεις τόσο με τους καθηγητές τους όσο και με τα μέλη των ομάδων τους, ενισχύοντας τη συνεργατική μάθηση και την ανάπτυξη κριτικής σκέψης.

### 5.3 Σχεδίαση ενός εκπαιδευτικού παιχνιδιού αξιοποίησης τεχνολογίας IoT

Το εκπαιδευτικό παιχνίδι που περιγράφεται αξιοποιεί δεδομένα από αισθητήρες, καθώς και πληροφορίες θέσης και χρόνου, για την παρακολούθηση της ποιότητας του νερού σε διάφορες πηγές, όπως δημόσιες βρύσες, συντριβάνια και άλλες συγκεντρώσεις νερού. Οι συμμετέχοντες καλούνται να συλλέξουν, καταγράψουν και τεκμηριώσουν δεδομένα από όσο το δυνατόν περισσότερες πηγές νερού σε μια καθορισμένη περιοχή.

Η διαδικασία περιλαμβάνει τη σύγκριση δεδομένων μεταξύ διαφορετικών πηγών νερού, αλλά και την παρακολούθηση των διακυμάνσεων σε μία συγκεκριμένη πηγή σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Οι παίκτες καλούνται να διατυπώσουν και να τεκμηριώσουν υποθέσεις για να εξηγήσουν τις παρατηρήσεις τους, υποστηρίζοντας τα συμπεράσματά τους με γεγονότα και σχετικές μετρήσεις.

Για παράδειγμα, οι μαθητές μπορούν να διερευνήσουν ερωτήματα όπως: «είναι το pH της βρύσης στη γειτονιά μου εντός των επιτρεπτών ορίων;» ή «διαφέρει το pH του νερού στη βρύση του σχολείου από αυτό της γειτονιάς μου, και αν ναι, ποιοι μπορεί να είναι οι λόγοι;». Επίσης, καλούνται να θέσουν πιο σύνθετα ερωτήματα σχετικά με τις παραμέτρους του νερού. Για παράδειγμα, «αν οι τιμές pH είναι υψηλές, ποιοι οργανισμοί θα επιβιώσουν και ποιοι όχι;» ή «ποιο είναι το όριο pH πέρα από το οποίο το οικοσύστημα κινδυνεύει να χάσει τη βιωσιμότητά του;». Επιπλέον, οι συμμετέχοντες ενθαρρύνονται να προτείνουν πιθανές εξηγήσεις για τις

παρατηρούμενες αλλαγές, να συζητήσουν διάφορες υποθέσεις με τους συμπαίκτες τους και να διασταυρώσουν πολλαπλές παραμέτρους για να υποστηρίξουν τις εξηγήσεις τους.

Το παιχνίδι περιλαμβάνει επίσης, στοιχεία λήψης αποφάσεων, όπου οι παίκτες πρέπει να προτείνουν λύσεις για την αντιμετώπιση προβλημάτων ποιότητας νερού και την αποκατάσταση της οικολογικής ισορροπίας. Για παράδειγμα, αν παρατηρηθεί μια απότομη αύξηση του pH, οι παίκτες πρέπει να εξετάσουν πιθανές αιτίες, όπως η απόρριψη ακατάλληλων ουσιών, και να προτείνουν κατάλληλες διορθωτικές ενέργειες.

Τέλος, οι μαθητές ενθαρρύνονται να παρατηρήσουν την μεταβολή διαφόρων παραμέτρων όπως η θολότητα, το pH και η θερμοκρασία, και να τις συσχετίσουν με παράγοντες όπως η τοποθεσία, η ώρα της ημέρας, η εποχή του έτους και οι ανθρώπινες δραστηριότητες. Αυτή η πολυπαραγοντική ανάλυση βοηθά τους μαθητές να αναπτύξουν μια ολιστική κατανόηση των περιβαλλοντικών συστημάτων και των αλληλεπιδράσεών τους.

Οι παίκτες παίρνουν το σετ αισθητήρων που περιέχει: έναν αισθητήρα θολότητας, έναν αισθητήρα pH και έναν αισθητήρα θερμοκρασίας νερού, συνοδευόμενο από την εφαρμογή για κινητά τηλέφωνα.

1. Επιλέγουν μια δημόσια βρύση στη περιοχή δράσης,
2. Χρησιμοποιούν τα κινητά τους τηλέφωνα για να εντοπίσουν τη θέση της βρύσης στον χάρτη της google,
3. Βγάζουν φωτογραφίες της περιοχής και της βρύσης και τις προσθέτουν ως επιπλέον πληροφορίες για την πηγή νερού που έχουν υιοθετήσει,
4. Λαμβάνουν δείγμα του νερού στο δοχείο με τους αισθητήρες και καταγράφουν τις τιμές,
5. Συγκρίνουν τα δεδομένα που έχουν συλλέξει, με έναν πίνακα σχετικών δεδομένων που δείχνει τα εύρη των φυσιολογικών τιμών,

6. Επαναλαμβάνουν την μέτρηση από την αρχή για να συλλέξουν όσο το δυνατόν περισσότερα δεδομένα και να επεκτείνουν την περιοχή τους με περισσότερες πηγές.

Μέσω αυτής της διαδικασίας οι παίκτες αναπτύσσουν ορισμένες δεξιότητες, όπως κατανόηση και περιγραφή του υπό μελέτη χώρου, τεκμηρίωση των πτυχών του υπό μελέτη χώρου, λήψη μετρήσεων, και εφαρμογή των βημάτων μιας λεγόμενης επιστημονικής διαδικασίας σε πρακτικό επίπεδο. Η δομή του εκπαιδευτικού παιχνιδιού επιτρέπει τόσο την ατομική όσο και την ομαδική συμμετοχή, προωθώντας τον ανταγωνισμό μέσω μιας προσομοιωμένης αποστολής εξερεύνησης. Το σύστημα βαθμολόγησης ενθαρρύνει την εκτενή συλλογή δεδομένων, καθώς:

- Ο αριθμός των καταγραφών συσχετίζεται θετικά με την επέκταση της περιοχής επιρροής στον χάρτη της πόλης, και
- Η ποσότητα και η ποικιλία των συλλεγόμενων δεδομένων αντιστοιχούν σε υψηλότερη βαθμολογία.

Η μεθοδολογία προβλέπει επαναλαμβανόμενες μετρήσεις σε διαφορετικές χρονικές περιόδους (ημερήσιες και εποχιακές διακυμάνσεις), επιτρέποντας τη διαχρονική παρακολούθηση της ποιότητας του νερού. Αυτή η προσέγγιση ενισχύει την κατανόηση των περιβαλλοντικών μεταβολών και των παραγόντων που τις επηρεάζουν.

Για την οργάνωση και οπτικοποίηση των δεδομένων, προτείνεται η χρήση ενός ψηφιακού ημερολογίου για την παρουσίαση των συλλεγόμενων δεδομένων και την καταγραφή πρόσθετων παρατηρήσεων και σχετικών δραστηριοτήτων.

#### 5.4 Δοκιμή σε περιβάλλοντα πραγματικού κόσμου

Ο σχεδιασμός του συστήματος IoT, το εκπαιδευτικό σενάριο και οι αντίστοιχες δραστηριότητες παιχνιδοποίησης αξιολογήθηκαν για να μετρηθεί η συνάφεια του υλοποιημένου συστήματος με τους στόχους που είχαν αρχικά προσδιοριστεί. Η αξιολόγηση ακολουθεί μια πειραματική προσέγγιση που εξετάζει την απόδοση ορισμένων τεχνικών στοιχείων μέσω της λειτουργίας σε περιβάλλοντα του

πραγματικού κόσμου. Επιπλέον, το πλήρες σύστημα αξιολογήθηκε από τους τελικούς χρήστες ως μια ολοκληρωμένη εμπειρία αλληλεπίδρασης.

Στην τελική φάση της αξιολόγησης συμμετείχε μια σχολική τάξη μαθητών ηλικίας εννέα (9) ετών, ενός Δημοτικού Σχολείου της Ρώμης, από τους οποίους ζητήθηκε να χρησιμοποιήσουν την πρωτότυπη συσκευή προκειμένου να μετρήσουν τις παραμέτρους του νερού σε δημόσιες βρύσες και σιντριβάνια της πόλης. Οι μαθητές ενημερώθηκαν αναλυτικά για την αποστολή που ανέλαβαν, ενώ τους παρουσιάστηκαν οι τεχνικές προδιαγραφές της συσκευής, καθώς και η λειτουργία των επιμέρους εξαρτημάτων που τη συνθέτουν. Επιπλέον, τους παρασχέθηκαν λεπτομερείς οδηγίες σχετικά με τη διαδικασία συλλογής υδάτινων δειγμάτων και τη μέτρηση των σχετικών φυσικοχημικών παραμέτρων. Επιπλέον, εξηγήθηκε στους μαθητές ότι η συσκευή έχει αναπτυχθεί μόνο για εκπαιδευτικούς σκοπούς και ως εκ τούτου, θα πρέπει να αντιμετωπίζεται με προσοχή, φροντίζοντας να μην εισέρχεται νερό στα ευαίσθητα μέρη του υλικού. Μετά την παρουσίαση στην τάξη που διήρκεσε περίπου μία (1) ώρα, οι μαθητές οργανώθηκαν σε ομάδες των τριών (3) ατόμων και κάθε ομάδα κλήθηκε να καταγράψει τις παραμέτρους του νερού σε τέσσερις (4) δημόσιες βρύσες που βρίσκονταν σε απόσταση 200 μέτρων από το σχολείο τους. Για να εξασφαλιστεί μια λογική ποιότητα των μετρήσεων, ζητήθηκε από τους μαθητές να κάνουν τρεις (3) μετρήσεις σε κάθε βρύση. Κατά μέσο όρο, κάθε ομάδα χρειάστηκε περίπου σαράντα (40) λεπτά για να πραγματοποιήσει όλες τις μετρήσεις. Μια μεμονωμένη μέτρηση απαιτούσε περίπου τρία (3) με τέσσερα (4) λεπτά, σύμφωνα τις χρονοσφραγίδες που ελήφθησαν από τις διαδοχικές μετρήσεις. Στο τέλος του πειράματος, όλοι οι μαθητές κατάφεραν να χρησιμοποιήσουν σωστά τη συσκευή χωρίς να αναφέρουν κάποια δυσκολία ή να προκαλέσουν οποιαδήποτε ζημιά στη συσκευή. Η μπαταρία που χρησιμοποιήθηκε ήταν επαρκής για τη λειτουργία της συσκευής καθόλη τη διάρκεια της ημέρας.

## 5.5 Συζήτηση και συμπεράσματα

Ο κύριος στόχος της εκπαίδευσης για τη βιωσιμότητα και την ευαισθητοποίηση σε περιβαλλοντικά θέματα είναι να συνειδητοποιήσουν οι μαθητές ότι οι πράξεις τους μπορεί να έχουν άμεσο αντίκτυπο στο περιβάλλον. Απλές αλλαγές

συμπεριφοράς και παρεμβάσεις μπορούν να έχουν από αντίκτυπο στην αποφυγή/αποτροπή της ρύπανσης των υδάτων. Για το σκοπό αυτό, οι τεχνολογίες IoT μπορούν να υποστηρίξουν τέτοιες πρωτοβουλίες με άμεση ανατροφοδότηση σχετικά με τον αντίκτυπο των ενεργειών τους. Αυτό επιτρέπει, αφενός, την καλύτερη ενημέρωση των πολιτών και τη δυνατότητα λήψης τεκμηριωμένων αποφάσεων και, αφετέρου, την ενεργοποίηση ενός διαφορετικού συνόλου εφαρμογών, όπως η παιχνιδιοποίηση που γεφυρώνει τον εικονικό κόσμο με τον πραγματικό. Η διαθεσιμότητα πραγματικών μετρήσεων των παραμέτρων που σχετίζονται με την ποιότητα του νερού ανοίγει τον δρόμο για μια ποικιλία εφαρμογών και εκπαιδευτικών σεναρίων. Συγκεκριμένα, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να αξιοποιήσουν τα συλλεχθέντα δεδομένα για να ερμηνεύσουν φαινόμενα που συνδέονται με τις παρακολουθούμενες παραμέτρους, ενισχύοντας την κατανόηση των μαθητών. Επιπλέον, μπορούν να οργανώσουν εκπαιδευτικά project, στα οποία οι μαθητές, είτε ατομικά είτε σε ομάδες, αναλαμβάνουν την παρακολούθηση περιβαλλοντικών παραμέτρων τόσο στην τάξη όσο και στο σπίτι.

Ωστόσο, ένα σημαντικό ζήτημα που αναδείχθηκε κατά την πιλοτική εφαρμογή αφορά τους χαμηλού κόστους αισθητήρες. Παρότι είναι οικονομικά προσιτοί, παρουσιάζουν αυξημένη ευαισθησία στη φθορά και συχνά παρέχουν μετρήσεις μειωμένης ακρίβειας. Η πειραματική λειτουργία της συσκευής κατέδειξε ότι οι ερασιτεχνικοί αισθητήρες που χρησιμοποιούνται εμφανίζουν συχνά αποκλίσεις στις τιμές των μετρήσεων, γεγονός που υπογραμμίζει την ανάγκη για τακτική βαθμονόμηση και αξιολόγηση της αξιοπιστίας τους.

Η διαφοροποίηση των μετρήσεων στις παραμέτρους ποιότητας νερού μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές αποκλίσεις στα εξαγόμενα συμπεράσματα. Συνεπώς, είναι κρίσιμο να διασφαλίζεται η ορθή βαθμονόμηση των οργάνων μέτρησης καθ' όλη τη διάρκεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας, εξασφαλίζοντας την ακρίβεια και αξιοπιστία των μετρήσεων. Η εξοικείωση των μαθητών με την επιστημονική μεθοδολογία απαιτεί την καλλιέργεια δεξιοτήτων μέτρησης και κριτικής αξιολόγησης των εργαλείων που χρησιμοποιούν. Η διαδικασία διόρθωσης σφαλμάτων μπορεί να ξεκινά από τους εκπαιδευτικούς, αλλά είναι εξίσου σημαντικό οι μαθητές να αναπτύξουν την ικανότητα αυτόνομης επανάληψης της διαδικασίας όταν κρίνεται

απαραίτητο. Η ενσωμάτωση μηχανισμών ανατροφοδότησης στην εφαρμογή, όπως προειδοποιητικά μηνύματα για τιμές εκτός αποδεκτού εύρους, βοηθά τη διαδικασία ελέγχου και επαλήθευσης των μετρήσεων.

Οι σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις έχουν καταστήσει εφικτή την επέκταση των υποδομών του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) σε νέα πεδία περιβαλλοντικής παρακολούθησης, όπως τα υδάτινα οικοσυστήματα, διευρύνοντας σημαντικά τις δυνατότητες για εκπαιδευτικές εφαρμογές. Η ενσωμάτωση των τεχνολογιών IoT στην περιβαλλοντική εκπαίδευση απαιτεί τη δημιουργία ολοκληρωμένων συστημάτων ανατροφοδότησης, τα οποία όχι μόνο θα υποστηρίζουν τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων αλλά θα παρέχουν και κρίσιμες λειτουργίες, όπως η καθοδήγηση για την αποτελεσματική διαχείριση των αισθητήρων. Αυτές οι λειτουργίες περιλαμβάνουν τον έλεγχο της απόδοσης, τη βαθμονόμηση για τη διασφάλιση της ακρίβειας των μετρήσεων και, όταν κρίνεται απαραίτητο, την αντικατάσταση φθαρμένων ή μη αξιόπιστων αισθητήρων. Με αυτόν τον τρόπο, οι τεχνολογίες IoT μπορούν να συμβάλουν ουσιαστικά στη βιωματική μάθηση, ενισχύοντας την κατανόηση περιβαλλοντικών φαινομένων και την ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων.

Η σταδιακή εισαγωγή προηγμένων αισθητήρων για υδατικές μετρήσεις ανοίγει νέους ορίζοντες στην περιβαλλοντική εκπαίδευση, επιτρέποντας την ανάπτυξη καινοτόμων διδακτικών σεναρίων που συνδυάζουν τη συλλογή πραγματικών δεδομένων με τεχνικές παιχνιδιοποίησης. Αυτή η προσέγγιση στοχεύει στην ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης και την προώθηση βιώσιμων συμπεριφορών μέσω της ενεργού εμπλοκής των μαθητών. Η μελλοντική έρευνα θα πρέπει να εστιάσει στην αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας αυτών των μεθόδων, εξετάζοντας τα κίνητρα και τη δέσμευση των μαθητών στην επιστημονική διερεύνηση και την περιβαλλοντική προστασία.

---

---

# Δεύτερη έκδοση της IoT εργαλειοθήκης και πιλοτική εφαρμογή σε θαλάσσιο περιβάλλον

## 6. Δεύτερη έκδοση της IoT εργαλειοθήκης και πιλοτική εφαρμογή σε θαλάσσιο περιβάλλον <sup>8,9</sup>

### 6.1 Εισαγωγή

Η ανάπτυξη και εφαρμογή φορητών συσκευών IoT για την παρακολούθηση διάφορων παραμέτρων της ποιότητας του νερού αποτελεί μια καινοτόμο προσέγγιση στην έρευνα της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης. Η συγκεκριμένη πιλοτική εφαρμογή επικεντρώθηκε στη σχεδίαση και υλοποίηση ενός συστήματος βασισμένου σε πλατφόρμα Arduino, το οποίο ενσωματώνει πολλαπλούς αισθητήρες για τη μέτρηση παραμέτρων ποιότητας νερού, συμπεριλαμβανομένων της θερμοκρασίας, του pH, των ολικών διαλυμένων στερεών, της θολότητας και του διαλυμένου οξυγόνου.

Στόχος μας ήταν να αναπτύξουμε μια μικρή, σχετικά φθηνή, φορητή συσκευή που μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί από μαθητές. Λόγω της περιοχής της δοκιμής, παράκτια περιβάλλοντα, επιλέχθηκε ένας εύκολος τρόπος συλλογής μετρήσεων χωρίς την ανάγκη αναπτυγμένης υποδομής επικοινωνιών (π.χ. σύνδεση δικτύου δεδομένων κινητής τηλεφωνίας). Ως εκ τούτου, χρησιμοποιήθηκε μια συσκευή Arduino που είναι εξοπλισμένη με μια μονάδα ανάγνωσης καρτών SD σε συνδυασμό με μια μονάδα Ethernet. Η μονάδα Ethernet προσέφερε έναν εύκολο τρόπο διασύνδεσης με τον αναγνώστη καρτών SD, καθώς είναι ενσωματωμένη στην πλακέτα Arduino. Η χρήση της κάρτας SD επέτρεψε την τοπική αποθήκευση των μετρήσεων που συλλέγονται σε κάθε δειγματοληψία. Μετά τη συλλογή δεδομένων,

---

<sup>8</sup> Tziortzioti, C., Mavrommati, I., & Chatzigiannakis, I. (2019). Evaluating a design-based learning approach using IoT technologies for STEM education. In *CEUR Workshop Proceedings* (Vol. 2492, pp. 75-83). CEUR-WS.

<sup>9</sup> Tziortzioti, C., Amaxilatis, D., Mavrommati, I., & Chatzigiannakis, I. (2019). IoT sensors in sea water environment: Ahoj! Experiences from a short summer trial. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, 343, 117-130.

η κάρτα SD μπορεί να αφαιρεθεί με ευκολία από το Arduino και οι μετρήσεις να μεταφερθούν σε ένα φορητό υπολογιστή ή ένα smartphone. Μια μελλοντική έκδοση της συσκευής, θα περιλαμβάνει την αυτοματοποιημένη διαδικασία μετάδοσης των δεδομένων μέσω Bluetooth ή WiFi σε μια εφαρμογή smartphone, συμπεριλαμβανομένης της γεωγραφικής θέσης και της τοπικής ώρας.

Το πρόγραμμα Arduino ακολουθεί μια εξαιρετικά απλοποιημένη προσέγγιση για τη συλλογή των μετρήσεων. Μόλις η συσκευή τροφοδοτηθεί με ρεύμα, δημιουργείται ένα αρχείο στην κάρτα SD για την προσθήκη νέων δεδομένων. Κάθε αισθητήρας ερωτάται διαδοχικά και μόλις ανακτηθούν δεδομένα από όλους τους αισθητήρες, τα δεδομένα που συλλέγονται προσαρτώνται στο αρχείο μαζί με μια σχετική χρονοσφραγίδα. Αυτή η χρονοσφραγίδα δείχνει τον χρόνο από την ενεργοποίηση της συσκευής, καθώς η συσκευή σε αυτή την έκδοση δεν διαθέτει ρολόι πραγματικού χρόνου ή μπαταρία για τη διατήρηση σταθερής χρονικής αναφοράς) Επομένως, ήταν σημαντικό να αποθηκεύονται οι μετρήσεις μετά από κάθε δειγματοληψία και να επισημαίνεται κατάλληλα η τοποθεσία και η ώρα από τον χρήστη.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε περιλάμβανε τη διεξαγωγή επιτόπιων μετρήσεων σε διάφορες παράκτιες περιοχές των Κυκλάδων, παρέχοντας έτσι ένα ευρύ φάσμα δεδομένων για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας και των περιορισμών του συστήματος. Οι παρατηρήσεις που προέκυψαν από αυτή την πιλοτική εφαρμογή ανέδειξαν σημαντικές διακυμάνσεις στις παραμέτρους ποιότητας νερού μεταξύ διαφορετικών τοποθεσιών και χρονικών στιγμών, υπογραμμίζοντας τη σημασία της συνεχούς παρακολούθησης για την κατανόηση των δυναμικών των παράκτιων οικοσυστημάτων.

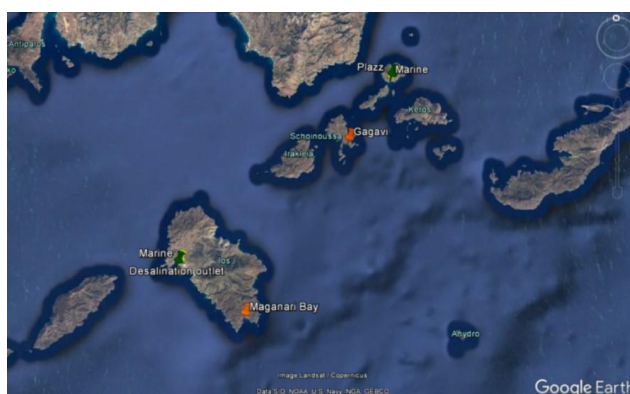
Ωστόσο, η μελέτη αποκάλυψε επίσης σημαντικές προκλήσεις στην εφαρμογή τέτοιων συστημάτων, ιδιαίτερα όσον αφορά την ανθεκτικότητα των αισθητήρων σε συνθήκες θαλάσσιου περιβάλλοντος. Για παράδειγμα, η διάβρωση του αισθητήρα θολότητας αναδεικνύει την ανάγκη για βελτιωμένα σχέδια μόνωσης και προστασίας των ευαίσθητων ηλεκτρονικών στοιχείων. Επιπλέον, η εμπειρία αυτή τονίζει τη

σημασία της τακτικής βαθμονόμησης και συντήρησης των οργάνων μέτρησης για τη διασφάλιση της ακρίβειας και αξιοπιστίας των δεδομένων.

## 6.2 Η εφαρμογή

Μετά την συναρμολόγηση της συσκευής IoT και τη βαθμονόμηση των αισθητήρων, τον Αύγουστο του 2018 πραγματοποιήθηκε η πρώτη πρακτική εφαρμογή των αισθητήρων σε πραγματικές συνθήκες, προσφέροντας πολύτιμα δεδομένα και εμπειρίες για τη λειτουργικότητα του συστήματος.

Η περίοδος δειγματοληψίας εκτεινόταν από τις 10 έως τις 18 Αυγούστου, καλύπτοντας τρία διαφορετικά νησιά του συμπλέγματος των Κυκλάδων: την Ίο, τη Σχοινούσα και το Άνω Κουφονήσι. Οι ακριβείς τοποθεσίες των μετρήσεων απεικονίζονται λεπτομερώς στην Εικόνα 3, παρέχοντας μια οπτική αναπαράσταση της γεωγραφικής κατανομής των σημείων δειγματοληψίας.



**Εικόνα 3. Σημεία δειγματοληψίας σε τρία νησιά των Κυκλάδων**

Για να εξασφαλιστεί μια ολοκληρωμένη καταγραφή των διακυμάνσεων στις τιμές των παραμέτρων ποιότητας του νερού, οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε διάφορες χρονικές στιγμές κατά τη διάρκεια της ημέρας - πρωί, μεσημέρι και βράδυ. Αναλυτικότερα, η κατανομή των μετρήσεων ανά νησί ήταν ως εξής:

Στην Ίο, πραγματοποιήθηκαν συνολικά εννέα μετρήσεις: επτά στη μαρίνα του νησιού, παρέχοντας δεδομένα για μια περιοχή με έντονη ανθρώπινη δραστηριότητα, και δύο στην εκβολή της μονάδας αφαλάτωσης, επιτρέποντας την αξιολόγηση των πιθανών επιπτώσεων αυτής της εγκατάστασης στο θαλάσσιο περιβάλλον. Επιπλέον, τρεις μετρήσεις έλαβαν χώρα στον γραφικό όρμο Μαγγανάρι, προσφέροντας

δεδομένα από μια λιγότερο ανεπτυγμένη περιοχή. Στη Σχοινούσα, τέσσερις μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στον όρμο Αλιγάρια, παρέχοντας πληροφορίες για τις συνθήκες σε ένα μικρότερο και λιγότερο τουριστικό νησί. Τέλος, στο Άνω Κουφονήσι, η έρευνα επικεντρώθηκε σε δύο κύριες περιοχές: δεκατέσσερις μετρήσεις έγιναν στη μαρίνα του νησιού, επιτρέποντας μια λεπτομερή ανάλυση των συνθηκών σε μια περιοχή με έντονη κίνηση μικρών σκαφών, ενώ πέντε επιπλέον μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στην τοπική παραλία, παρέχοντας δεδομένα για μια περιοχή με υψηλή τουριστική κίνηση.

Η δειγματοληψία επέτρεψε τη συλλογή ενός συνόλου δεδομένων, καλύπτοντας διαφορετικά περιβάλλοντα και συνθήκες, και παρέχοντας τη δυνατότητα να δοκιμαστεί η συσκευή σε αυτά (**Εικόνα 4**).



**Εικόνα 4. Καταγραφή δεδομένων στο Άνω Κουφονήσι**

Οι πιο αξιοσημείωτες παρατηρήσεις από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε αυτή τη διαδικασία ελέγχου λειτουργίας της συσκευής ήταν οι ακόλουθες: Παρατηρήθηκαν μικρές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του νερού κατά τη διάρκεια της ημέρας (π.χ. στις 11/8/2018 στη μαρίνα της Ίου στις 07:00 η θερμοκρασία του νερού ήταν 25,06°C, στις 15:00 ανέβηκε στους 25,56°C και στις 22:00 ήταν 25,25°C). Ελαφρώς χαμηλότερη τιμή pH και διαλυμένου οξυγόνου καταγράφηκε στη Μαρίνα Ίου, από αυτή που καταγράφηκε στην περιοχή του κόλπου Μαγγανάρι, την ίδια ώρα της ημέρας (07:00), σε διαφορετικές ημερομηνίες (11/08 και 14/08 αντίστοιχα). Επιπλέον, η τιμή των διαλυμένων στερεών στο λιμάνι της

μαρίνας Ίου ήταν αυξημένη, σε σύγκριση με οποιαδήποτε άλλη τοποθεσία. Αυτό μπορεί να οφείλεται στις εκροές της μονάδας αφαλάτωσης του νησιού στον όρμο. Τμήμα των δεδομένων από τη δειγματοληψία, φαίνονται στον παρακάτω Πίνακας 1.

Time (ms)	Temperature (Celsius)	Dissolved Solids (V)	Turbidity (V)	Dissolved Oxygen (V)	Acidity (pH)
2544	25.19	2.57	1.04	1.69	6.15
4407	25.19	2.58	1.12	1.66	6.19
6268	25.19	2.57	1.15	1.56	6.24
8131	25.19	2.58	1.18	1.46	6.28
9994	25.19	2.57	1.19	1.43	6.28
11855	25.19	2.57	1.18	1.44	6.31
13718	25.19	2.57	1.17	1.52	6.31
15581	25.19	2.57	1.14	1.63	6.36
17443	25.19	2.57	1.11	1.73	6.37
19306	25.19	2.57	1.09	1.84	6.39
21168	25.19	2.56	1.10	1.83	6.37
23030	25.19	2.56	1.04	1.75	6.36
24893	25.19	2.57	1.03	1.61	6.36
26756	25.19	2.57	1.00	1.46	6.37
28622	25.19	2.56	0.96	1.50	6.42
30485	25.19	2.56	0.98	1.64	6.39
32347	25.19	2.55	0.68	1.61	6.47
34209	25.19	2.56	0.60	1.81	6.39
36072	25.19	2.39	0.88	1.84	6.72
37935	25.19	2.54	0.56	1.63	6.47
39797	25.19	2.02	0.87	1.55	6.57
41660	25.19	2.52	0.58	1.37	6.69
43523	25.25	2.55	0.42	1.17	6.37
45385	25.25	2.42	0.58	1.31	6.61
47247	25.25	2.55	0.33	1.44	6.35
49110	25.25	2.56	0.34	1.60	6.39
50972	25.25	2.55	0.34	1.71	6.36
52835	25.25	2.55	0.33	1.62	6.41
54697	25.25	2.52	0.52	1.49	6.80
56560	25.25	2.58	0.29	1.23	6.37
58427	25.25	2.56	0.31	1.40	6.38

**Πίνακας 1. Δεδομένα που προέκυψαν κατά τη μέτρηση στη μαρίνα της Ίου**

Ο αισθητήρας θολότητας παρουσίασε σοβαρά λειτουργικά προβλήματα κατά τη διάρκεια της δοκιμαστικής φάσης, με αποτέλεσμα να τεθεί εκτός λειτουργίας μετά από λίγες ημέρες λόγω προβλημάτων σκουριάς, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5. Στις 17 Αυγούστου, μετά από επτά ημέρες χρήσης, ο αισθητήρας είχε ήδη υποστεί σημαντική διάβρωση, γεγονός που επηρέασε αρνητικά την ακρίβεια των μετρήσεων. Οι τιμές που καταγράφηκαν από τον αισθητήρα ήταν χαμηλότερες από τις πραγματικές για την περιοχή, υποδεικνύοντας τη δυσλειτουργία του εξοπλισμού λόγω της έκθεσής του στο θαλασσινό νερό.

Τα προβλήματα αυτά ανέδειξαν την ανάγκη για βελτιώσεις στον σχεδιασμό και την κατασκευή του εξοπλισμού, ώστε να διασφαλιστεί η ανθεκτικότητα και η αξιοπιστία των αισθητήρων σε συνθήκες θαλάσσιου περιβάλλοντος. Η ενίσχυση της μόνωσης των αισθητήρων και η χρήση καλωδίων μεγαλύτερου μήκους για μεγαλύτερη ευελιξία κατά τη δειγματοληψία αποτελούν μέτρα για την αποφυγή παρόμοιων προβλημάτων στο μέλλον. Επιπλέον, η εμπειρία αυτή υπογραμμίζει τη σημασία της δοκιμαστικής φάσης σε πραγματικές συνθήκες για τον εντοπισμό και την αντιμετώπιση τεχνικών αδυναμιών πριν από την ευρύτερη εφαρμογή τέτοιων συστημάτων.



**Εικόνα 5. Ο αισθητήρας της θολότητας τέθηκε εκτός λειτουργίας λόγω διάβρωσης**

Και σε αυτή την προσπάθεια επισημαίνεται ότι οι αισθητήρες χαμηλού κόστους, αν και προσφέρουν τη δυνατότητα ευρείας διάδοσης της τεχνολογίας IoT, παρουσιάζουν συχνά περιορισμούς όσον αφορά την ακρίβεια και την αξιοπιστία των μετρήσεών τους. Αυτοί οι περιορισμοί καθιστούν απαραίτητη τη συστηματική βαθμονόμηση πριν από τη χρήση τους, καθώς και την τακτική επανάληψη της διαδικασίας.

Η αρχική βαθμονόμηση των αισθητήρων είναι απαραίτητη για να διασφαλιστεί ότι οι μετρήσεις που παράγονται ανταποκρίνονται στις πραγματικές τιμές των παραμέτρων που παρακολουθούνται. Ωστόσο, λόγω της ευαισθησίας των αισθητήρων χαμηλού κόστους οι τιμές που καταγράφονται ενδέχεται να αποκλίνουν με την πάροδο του χρόνου. Η τακτική επανάληψη της βαθμονόμησης είναι σημαντική για τη διατήρηση της αξιοπιστίας των δεδομένων. Η διαδικασία αυτή απαιτεί την επαλήθευση των μετρήσεων του αισθητήρα μέσω σύγκρισης με πιστοποιημένα επιστημονικά όργανα ή αναφορά σε πρότυπα δείγματα. Παράλληλα, είναι

απαραίτητο να εντοπίζονται και να διορθώνονται αποκλίσεις που προκύπτουν από τη χρήση του αισθητήρα σε πραγματικές συνθήκες. Ωστόσο, η επανάληψη της βαθμονόμησης μπορεί να είναι χρονοβόρα και απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις, γεγονός που ενδέχεται να περιορίσει την αποτελεσματικότητα της διαδικασίας σε εκπαιδευτικά ή ερευνητικά πλαίσια με περιορισμένους πόρους.

Τα προβλήματα που προκύπτουν από την ανεπαρκή βαθμονόμηση ή την απουσία τακτικής επανάληψής της περιλαμβάνουν την παραγωγή λανθασμένων δεδομένων, τα οποία μπορούν να οδηγήσουν σε εσφαλμένα συμπεράσματα. Για παράδειγμα, οι τιμές που καταγράφονται από έναν μη βαθμονομημένο αισθητήρα ενδέχεται να υποδεικνύουν φυσικοχημικές παραμέτρους εκτός αποδεκτών ορίων, δημιουργώντας λανθασμένες εντυπώσεις για την ποιότητα του νερού ή άλλων περιβαλλοντικών παραμέτρων. Επιπλέον, τέτοιες αποκλίσεις μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά την εκπαιδευτική διαδικασία, καθώς οι μαθητές ενδέχεται να μην κατανοήσουν τη σημασία της ακρίβειας στις επιστημονικές μετρήσεις.

Η ανάπτυξη πρωτοκόλλων για τη διευκόλυνση αυτής της διαδικασίας και η παροχή κατάλληλης εκπαίδευσης στους χρήστες θεωρείται σημαντική για τη βελτίωση της αξιοπιστίας των δεδομένων και τη μεγιστοποίηση του οφέλους από τη χρήση αυτών των τεχνολογιών.

---

# IoT εργαλειοθήκη και εκπαιδευτική δράση πεδίου σε λιμναίο οικοσύστημα

## 7. IoT εργαλειοθήκη και εκπαιδευτική δράση πεδίου σε λιμναίο οικοσύστημα

### 7.1 Εισαγωγή

Απώτερος στόχος του Κεφαλαίου αυτού είναι να μελετηθεί κατά πόσο μια εκπαιδευτική προσέγγιση βασισμένη στον διεπιστημονικό χαρακτήρα του υδατικού γραμματισμού, η οποία ακολουθεί τις διαστάσεις του μοντέλου των Επιστημονικών Προτύπων Νέας Γενιάς, επιτυγχάνει να ενεργοποιήσει το ενδιαφέρον των μαθητών και να συμβάλει στην οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης. Αφορμή για την ανάπτυξη της ολιστικής, διαθεματικής προσέγγισης αποτελεί η διαπίστωση ότι τα προβλήματα που θέτει η σύγχρονη πραγματικότητα απαιτούν πλέον μια ευρύτερη θεώρηση και μπορούν να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά με την ταυτόχρονη αναφορά και αξιοποίηση πολλών γνωστικών αντικειμένων.

Το 2008, το Office for Standards in Education, Children's Services and Skills (OFSTED) διαπίστωσε ότι, όταν η μάθηση εκτός της τάξης σχεδιάζεται και εφαρμόζεται σωστά, συμβάλλει σημαντικά στην αύξηση των ακαδημαϊκών επιδόσεων, στη βελτίωση της προσωπικής ανάπτυξης και στην ενίσχυση της κοινωνικής και συναισθηματικής ανάπτυξης των μαθητών. Έχει αποδειχθεί ότι η ακαδημαϊκή εργασία πεδίου εκτός της τάξης παρέχει στους μαθητές μια «απαράμιλλη» ευκαιρία να μελετήσουν τον πραγματικό κόσμο, βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν τη σχέση μεταξύ των γνωστικών αντικειμένων που διδάσκονται στο σχολείο με την καθημερινή ζωή και αυξάνει το ενδιαφέρον και τα κίνητρα των μαθητών για τη μελέτη των φυσικών επιστημών.

Η εκπαιδευτική προσέγγιση που παρουσιάζεται σε αυτό το κεφάλαιο αποσκοπούσε στην προώθηση της βιωματικής μάθησης στο πεδίο, ενθαρρύνοντας

τους μαθητές να συμμετάσχουν ενεργά σε πραγματικές επιστημονικές διαδικασίες. Μέσω αυτής της προσέγγισης, η επιστήμη έγινε πιο προσιτή και ελκυστική, ενώ παράλληλα δημιουργήθηκαν συνδέσεις με τους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΣΒΑ) του ΟΗΕ. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στο πώς οι καθημερινές μας επιλογές επηρεάζουν το μέλλον του πλανήτη τόσο σε τοπικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο, ενισχύοντας την περιβαλλοντική συνείδηση και την κατανόηση των παγκόσμιων προκλήσεων.

## 7.2 Μεθοδολογία και εφαρμογή της εκπαιδευτικής παρέμβασης

Στην εκπαιδευτική δραστηριότητα έλαβαν μέρος συνολικά 30 μαθητές ηλικίας 16-17 ετών του Γενικού Λυκείου Ν. Χαλκηδόνας και του 3<sup>ου</sup> Γεν. Φιλαδέλφειας<sup>10</sup>. Στο πλαίσιο της δραστηριότητας, οι μαθητές επέλεξαν να μελετήσουν τα επίπεδα ρύπανσης ενός υδάτινου οικοσυστήματος ως συνέπεια της ανθρώπινης δραστηριότητας, ως ενεργοί συμμετέχοντες στην αντιμετώπιση πραγματικών προβλημάτων μέσω ενός συνδυασμού εκπαίδευσης STEM και μεθόδων Do-it-Yourself. Συγκεκριμένα οι μαθητές μελέτησαν την ποιότητα του νερού της λίμνης Κουμουνδούρου, η οποία βρίσκεται σε μια από τις πιο έντονα βιομηχανοποιημένες και αστικοποιημένες περιοχές, στο Θριάσιο πεδίο Αττικής.

Στη πρώτη φάση της δραστηριότητας, στο εργαστήριο Φυσικών Επιστημών του σχολείου, οι μαθητές με τις οδηγίες της εκπαιδευτικού σχεδίασαν, κατασκεύασαν και έθεσαν σε λειτουργία την αυτόματη συσκευή για την παρακολούθηση και καταγραφή των περιβαλλοντικών παραμέτρων που χαρακτηρίζουν την ποιότητα των νερών σε λίμνες και ποτάμια χρησιμοποιώντας τεχνολογίες IoT<sup>11</sup>. Για το σκοπό αυτό, ακολουθήθηκε η διαδικασία μηχανολογικού σχεδιασμού οκτώ βημάτων: α) προσδιορισμός της ανάγκης ή του προβλήματος, β) έρευνα της ανάγκης ή του προβλήματος, γ) ανάπτυξη πιθανών λύσεων, δ) επιλογή της βέλτιστης πιθανής λύσης, ε) κατασκευή πρωτοτύπου, στ) δοκιμή και αξιολόγηση του πρωτοτύπου, ζ) επικοινωνία της λύσης και η) επανασχεδιασμός του πρωτοτύπου.

---

<sup>10</sup> <https://www.openeliot.com/en/environmental-education-in-the-context-of-the-open-eliot-project/>

<sup>11</sup> <https://github.com/tziortzioti/waterQualitySensing>

Η μάθηση με βάση το σχεδιασμό είναι μια εκπαιδευτική προσέγγιση που χρησιμεύει ως όχημα για την εισαγωγή εννοιών στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση των φυσικών επιστημών και έχει προταθεί από μεγάλο αριθμό ερευνητών. Σύμφωνα με την Dohn (2019) η προσέγγιση αναφέρεται στο σχεδιασμό αντικειμένων, διαδικασιών και συστημάτων για την επίλυση μιας πρόκλησης. Οι μαθητές εμπλέκονται στην επίλυση ρεαλιστικών προβλημάτων σχεδιασμού σε ένα πραγματικό πλαίσιο που έχει νόημα για τους ίδιους. Κατά τη διαδικασία, οι μαθητές διερευνούν εναλλακτικές λύσεις, κάνουν χρήση μεθόδων επίλυσης, επιλέγουν τα κριτήρια, επαναπροσδιορίζουν τους περιορισμούς, λαμβάνουν αποφάσεις και υλοποιούν λύσεις. Η ζητούμενη κατασκευή, στη προκειμένη περίπτωση ο σταθμός μέτρησης της ποιότητας των υδάτων, αποσκοπεί στην κινητοποίηση και στο να δεσμεύσει τους μαθητές να αναλάβουν οι ίδιοι την ευθύνη να αναζητήσουν και να αποκτήσουν γνώσεις, δεξιότητες και πρακτικές μέσω μιας πρόκλησης σχεδιασμού καθώς και την εξάσκηση σε τεχνικές επίλυσης προβλημάτων.

Στη δεύτερη φάση της εκπαιδευτικής διαδικασίας πραγματοποιήθηκε άσκηση πεδίου, με στόχο οι μαθητές να μελετήσουν *in situ* το υδάτινο οικοσύστημα και να αποκτήσουν μια ολοκληρωμένη εμπειρία επιστημονικής διερεύνησης. Η άσκηση αυτή σχεδιάστηκε ώστε να ενισχύσει τις δεξιότητες των μαθητών στη συλλογή, ανάλυση και παρουσίαση δεδομένων, ενώ παράλληλα τους παρείχε την ευκαιρία να συνδέσουν τη θεωρητική γνώση με την πρακτική εφαρμογή. Σύμφωνα με τον Caine (1991), η μάθηση είναι πιο αποτελεσματική όταν οι μαθητές εμπλέκονται σε σύνθετες εμπειρίες και τους δίνεται η ευκαιρία να επεξεργάζονται ενεργά αυτά που μαθαίνουν.

Κατά τη διάρκεια της άσκησης πεδίου, οι μαθητές κλήθηκαν να αναπτύξουν δεξιότητες διερεύνησης στο πεδίο, εστιάζοντας στη συστηματική παρατήρηση του υδάτινου οικοσυστήματος. Μέσα από αυτή τη διαδικασία, αξιοποίησαν γνώσεις σχετικά με τις ανθρώπινες ενέργειες και τις φυσικές διεργασίες, εξετάζοντας τον τρόπο με τον οποίο αυτές αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Παράλληλα, δημιούργησαν μια αλληλουχία ερευνητικών βημάτων που βασίζονταν σε παρατηρήσεις του πραγματικού κόσμου, ενισχύοντας έτσι την ικανότητά τους να προσεγγίζουν επιστημονικά προβλήματα με δομημένο τρόπο.

Οι μαθητές προσδιόρισαν και κατέγραψαν τα βασικά ευρήματα της έρευνάς τους μέσω συστηματικής παρατήρησης, ενώ στη συνέχεια παρουσίασαν τα δεδομένα τους χρησιμοποιώντας κατάλληλες μεθόδους. Αυτές περιλάμβαναν τη δημιουργία πινάκων και γραφικών παραστάσεων, οι οποίες συνέβαλαν στην οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων και στην καλύτερη κατανόηση των ευρημάτων. Επιπλέον, κλήθηκαν να διατυπώσουν αιτιολογημένες εξηγήσεις για τα δεδομένα που συνέλεξαν, συνδέοντας τις παρατηρήσεις τους με προβλέψεις και υποθέσεις που είχαν διατυπώσει εκ των προτέρων.

Η διαδικασία ολοκληρώθηκε με τον προσδιορισμό περαιτέρω ερωτημάτων που προέκυψαν από τα αποτελέσματα της έρευνάς τους. Αυτά τα ερωτήματα αποτέλεσαν τη βάση για τη διατύπωση νέων ερευνητικών υποθέσεων και την επέκταση της διερεύνησης σε επόμενα στάδια. Μέσα από αυτή την εμπειρία, οι μαθητές όχι μόνο ανέπτυξαν επιστημονικές δεξιότητες αλλά και κατανόησαν βαθύτερα τη σημασία της συστηματικής έρευνας για την κατανόηση και την προστασία του περιβάλλοντος.

### 7.3 Περιγραφή της ερευνητικής εκπαιδευτικής δράσης

Οι μαθητές χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες και συμμετείχαν κυκλικά σε ερευνητικές δραστηριότητες όπως:

α) μετρήσεις φυσικοχημικών παραμέτρων (pH, θερμοκρασία, ηλεκτρική αγωγιμότητα, διαλυμένο οξυγόνο και θολότητα) με φορητό πολυπαραμετρικό όργανο, καθώς και με τη συσκευή που οι ίδιοι κατασκεύασαν, προκειμένου στη συνέχεια να συγκρίνουν τις τιμές των μετρήσεων,

β) εργαστηριακές χημικές αναλύσεις για τον προσδιορισμό των θρεπτικών συστατικών (νιτρικά, νιτρώδη, αμμωνία και φωσφορικά) με φορητό φασματοφωτόμετρο και ιοντική χρωματογραφία,

γ) μακροσκοπική αναγνώριση με στερεοσκόπια και σχετικά κλειδιά, καθώς και αξιολόγηση της οικολογικής ποιότητας με μακροσκόπια χρησιμοποιώντας δείγματα βενθικών μακροασπονδύλων.

Αρχικά, οι μαθητές ενημερώθηκαν από ομάδα ερευνητών του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσιών Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ) σχετικά με τις εργασίες πεδίου που θα αναλάμβαναν να υλοποιήσουν. Στη δράση συμμετείχαν πέντε ερευνητές διαφορετικών επιστημονικών ειδικοτήτων, συμπεριλαμβανομένων δύο γεωλόγων, ενός υδρογεωλόγου, ενός βιολόγου και ενός χημικού, οι οποίοι συνδύασαν τις γνώσεις και την εμπειρία τους για την καθοδήγηση των μαθητών και την επιτυχή διεξαγωγή της εκπαιδευτικής δραστηριότητας.



**Εικόνα 6. Στιγμιότυπα από την εκπαιδευτική δράση στην λίμνη Κουμουνδούρου**

Περιγράφηκε λεπτομερώς η στρατηγική δειγματοληψίας που ακολουθήθηκε, παρέχοντας σαφείς οδηγίες και απαντήσεις σε βασικά ερωτήματα που αφορούσαν τη διαδικασία παρακολούθησης των υδάτινων οικοσυστημάτων.

Αρχικά, εξετάστηκε το "γιατί" της παρακολούθησης, δηλαδή οι σκοποί και οι στόχοι που εξυπηρετεί. Η παρακολούθηση ενός υδάτινου σώματος μπορεί να έχει ως στόχο την αξιολόγηση της ποιότητάς του, την ανίχνευση πιθανών πηγών ρύπανσης ή τη μελέτη των επιδράσεων ανθρώπινων δραστηριοτήτων και φυσικών διεργασιών στο οικοσύστημα.

Στη συνέχεια, αναλύθηκε το "τι" παρακολουθούμε, με έμφαση σε συγκεκριμένες περιβαλλοντικές ή χημικές μεταβλητές, όπως η ρύπανση από θρεπτικά συστατικά, η θολότητα ή άλλες κρίσιμες παράμετροι που επηρεάζουν την ποιότητα του νερού. Ιδιαίτερη σημασία δόθηκε στο "πώς" της συλλογής και ανάλυσης των δεδομένων. Τονίστηκε η ανάγκη εφαρμογής συστηματικής και τυποποιημένης διαδικασίας συλλογής δειγμάτων, καθώς και αξιοποίησης κατάλληλων μεθόδων ανάλυσης που διασφαλίζουν την ακρίβεια και την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

Επιπλέον, συζητήθηκε το "πού" της δειγματοληψίας, δηλαδή τα σημεία του υδάτινου σώματος από τα οποία λαμβάνονται δείγματα. Η επιλογή των σημείων αυτών βασίζεται σε παράγοντες όπως η γεωγραφική κατανομή του υδάτινου σώματος, οι πιθανές πηγές ρύπανσης και οι περιοχές ενδιαφέροντος για τη μελέτη. Επίσης, εξετάστηκε το "πότε" της συλλογής δειγμάτων, δηλαδή η συχνότητα δειγματοληψίας. Τονίστηκε πως όσο πιο τακτική είναι η δειγματοληψία (π.χ. μηνιαία, εποχιακή ή ετήσια), τόσο πιο σαφείς είναι οι τάσεις που προκύπτουν από τα δεδομένα. Αυτή η τακτικότητα επιτρέπει την εξέταση της ετήσιας διακύμανσης και των εποχιακών επιδράσεων στην ποιότητα του νερού. Για παράδειγμα, οι αυξημένες καλοκαιρινές συγκεντρώσεις των φωσφορικών στη στήλη του νερού μπορεί να αντανακλούν την απελευθέρωση φωσφόρου από το υπόστρωμα σε συνθήκες χαμηλού οξυγόνου. Επίσης, η αύξηση των θρεπτικών συστατικών (ιδίως των νιτρικών) στη στήλη του νερού μπορεί να δηλώνουν την απελευθέρωση νιτρικών λόγω της αποσύνθεσης της οργανικής ύλης (π.χ νεκρά φυτά), κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου και του χειμώνα.



Εικόνα 7. Δειγματοληψία νερού από την λίμνη Κουμουνδούρου για χημική ανάλυση

Οι μαθητές πραγματοποίησαν δειγματοληψία χρησιμοποιώντας ένα καθαρό, αδρανές γυάλινο δοχείο. Το δοχείο ξεπλύθηκε δύο φορές με νερό από το υδάτινο σώμα πριν από τη λήψη του δείγματος που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των θρεπτικών στοιχείων, για να μειωθεί ο κίνδυνος διασταυρούμενης μόλυνσης. Με τη συσκευή δειγματοληψίας, συνέλεξαν δείγμα νερού, ακριβώς κάτω από την επιφάνεια της λίμνης, σε βάθος μεταξύ 10 και 30 cm.

### 7.3.1 Περιγραφή διαδικασίας χημικού ελέγχου

Οι συγκεντρώσεις θρεπτικών συστατικών συχνά καθορίζουν την οικολογική κατάσταση ενός υδάτινου σώματος και συνδέονται με τις δραστηριότητες και τη διαχείριση της γύρω λεκάνης απορροής. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις θρεπτικών ουσιών υποδηλώνουν κίνδυνο ευτροφισμού και παρουσία εξωτερικών εισροών θρεπτικών ουσιών μέσω διάχυτων ή σημειακών πηγών ρύπανσης. Οι φυσικές συγκεντρώσεις θρεπτικών συστατικών μπορεί να ποικίλλουν λόγω του κλίματος, της υδρολογίας, της φυσικής βλάστησης και της ορυκτολογικής σύστασης του εδάφους και των πετρωμάτων. Ωστόσο, ο αντίκτυπος των ανθρώπινων δραστηριοτήτων έχει οδηγήσει σε αύξηση των συγκεντρώσεων θρεπτικών συστατικών μέσω της απόρριψης λυμάτων, της χρήσης λιπασμάτων και των κτηνοτροφικών δραστηριοτήτων. Τόσο τα νιτρικά όσο και τα φωσφορικά άλατα αποτελούν φυσικά συστατικά των κύκλων του αζώτου και του φωσφόρου στο περιβάλλον. Τα νιτρικά είναι μια μορφή αζώτου που βρίσκεται συχνότερα στο έδαφος και χρησιμοποιείται από τα φυτά για την ανάπτυξή τους. Τα υδρόβια φυτά απορροφούν άζωτο από τα διαθέσιμα διαλυμένα νιτρικά στο νερό. Οι ανθρώπινες πηγές νιτρικών προέρχονται συχνά από τη χρήση λιπασμάτων, αλλά μπορεί επίσης να υπάρχουν στα αστικά λύματα. Το φωσφορικό άλας είναι επίσης ένα θρεπτικό συστατικό που απαιτείται για την ανάπτυξη των φυτών. Τα φωσφορικά άλατα είναι σπάνια στη φύση, ωστόσο τεχνητές πηγές φωσφορικών αλάτων βρίσκονται στα λιπάσματα και στα οικιακά λύματα.



**Εικόνα 8. Εργαστηριακές χημικές αναλύσεις από τους μαθητές για τον προσδιορισμό των θρεπτικών συστατικών στον κινητό εργαστηριακό σταθμό του ΕΛΚΕΘΕ**

Κατά τη διαδικασία της χημικής ανάλυσης, οι μαθητές τοποθέτησαν συγκεκριμένη ποσότητα από το συλλεχθέν δείγμα νερού σε δοκιμαστικούς σωλήνες και πρόσθεσαν το κατάλληλο χημικό αντιδραστήριο. Το αντιδραστήριο προκάλεσε αλλαγή χρώματος, η οποία εξαρτιόταν από τη συγκέντρωση των διαλυμένων νιτρικών ή φωσφορικών ιόντων στο δείγμα. Η ανάπτυξη του χρώματος στους σωλήνες ήταν χρονικά ευαίσθητη, γεγονός που απαιτούσε ακρίβεια στη μέτρηση του χρόνου. Με την ολοκλήρωση της αντίδρασης, οι μαθητές συνέκριναν το χρώμα του δείγματος με το παρεχόμενο χρωματολόγιο και εντόπισαν την πλησιέστερη αντιστοιχία, καταγράφοντας έτσι τα αποτελέσματα της ανάλυσης.

### 7.3.2 Μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων

Οι επί τόπου μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων στην λίμνη Κουμουνδούρου, πραγματοποιήθηκαν απευθείας με τη χρήση φορητών οργάνων που παρείχε το ΕΛΚΕΘΕ. Αυτή η μέθοδος, αν και αποτελεσματική, απαιτεί εκπαιδευμένο προσωπικό, εξειδικευμένο εξοπλισμό και μπορεί να είναι δαπανηρή και χρονοβόρα. Οι μαθητές χρησιμοποίησαν τους επαγγελματικούς αισθητήρες του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ) για τη μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων, όπως η θερμοκρασία, το pH, το διαλυμένο οξυγόνο και η αγωγιμότητα.

Στη συνέχεια, επανέλαβαν τις μετρήσεις χρησιμοποιώντας τη συσκευή που είχαν κατασκευάσει οι ίδιοι στο σχολικό εργαστήριο. Κατά τη σύγκριση των αποτελεσμάτων, διαπιστώθηκε ότι η αυτοσχέδια συσκευή ήταν σημαντικά πιο ευαίσθητη στη φθορά και ότι οι μετρήσεις της παρουσίαζαν μικρές αποκλίσεις σε σχέση με εκείνες των επαγγελματικών αισθητήρων. Και στις δύο περιπτώσεις, υπογραμμίστηκε η σημασία της τακτικής βαθμονόμησης των οργάνων, ανεξαρτήτως του αν αυτά χρησιμοποιούνται για επιστημονική-ερευνητική ή ερασιτεχνική χρήση, ώστε να διασφαλίζεται η ακρίβεια και η αξιοπιστία των δεδομένων.



**Εικόνα 9.** Μετρήσεις φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού της λίμνης με την πρωτότυπη συσκευή

Time (ms)	Temperature (Celsius)	Dissolved Solids (V)	Dissolved Oxygen (V)	Acidity (pH)
67557	10.25	2.34	1.25	7.23
69416	10.19	2.34	1.25	7.23
71276	10.19	2.36	1.25	7.23
73136	10.13	2.36	1.25	7.23
74995	10.19	2.36	1.25	7.23
76855	10.13	2.37	1.25	7.23
78714	10.13	2.37	1.25	7.24
80573	10.13	2.38	1.25	7.23
82433	10.13	2.38	1.25	7.24
84292	10.13	2.38	1.25	7.24
86155	10.13	1.82	1.34	7.24
88014	10.06	1.40	1.24	7.23
89874	10.00	1.81	1.24	7.23
91734	9.94	1.56	1.23	7.23
93593	9.88	1.74	1.34	7.23
95453	9.81	1.74	1.24	7.23
97312	9.75	0.89	1.22	7.23
99171	9.75	0.91	1.22	7.23
101030	9.69	1.12	1.22	7.09
102890	9.69	1.29	1.23	7.21
104750	9.69	1.29	1.22	7.19

**Πίνακας 2.** Πίνακας τιμών των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού της λίμνης Κουμουνδούρου που κατέγραψε η πρωτότυπη συσκευή

### 7.3.3 Περιγραφή διαδικασίας βιολογικού ελέγχου

Ο έλεγχος της ποιότητας του νερού με τη χρήση δειγμάτων βενθικών μακροασπονδύλων είναι μια αποτελεσματική μέθοδος βιολογικής παρακολούθησης. Οι μαθητές δεν ακολούθησαν το πρωτόκολλο συλλογής δειγμάτων καθώς θα έπρεπε να χρησιμοποιήσουν τη μέθοδο τρίλεπτης σάρωσης του πυθμένα και δεν διέθεταν τον απαραίτητο εξοπλισμό, αλλά πραγματοποίησαν εργαστηριακή ανάλυση με δείγματα οργανισμών που τους παρείχε η ομάδα του ΕΛΚΕΘΕ. Χρησιμοποίησαν στερεομικροσκόπιο για την ταξινόμηση σε επίπεδο είδους ή ανώτερο ταξινομικό επίπεδο (οικογένεια, γένος, φύλο) των δειγμάτων και βιοτικό δείκτη Bentix για την κατηγοριοποίηση της οικολογικής κατάστασης του οικοσυστήματος. Από τον αριθμό των ταξινομικών κατηγοριών (εφημερόπτερα, πλεκόπτερα και τριχόπτερα), κρίθηκε ότι η ποιότητα του νερού ήταν μέτρια.

Στους μαθητές εξηγήθηκε ότι η παρουσία και η αφθονία συγκεκριμένων ειδών μακροασπονδύλων αποτελούν κρίσιμους δείκτες για την αξιολόγηση της οικολογικής κατάστασης ενός υδάτινου οικοσυστήματος. Η μέθοδος αυτή παρέχει μια ολοκληρωμένη εικόνα του περιβάλλοντος, καθώς τα βενθικά μακροασπόνδυλα είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι δείκτες που αντανακλούν τις μακροπρόθεσμες περιβαλλοντικές συνθήκες. Η χρήση τους για την εκτίμηση της ποιότητας του νερού προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα, καθιστώντας τα ένα πολύτιμο εργαλείο για την παρακολούθηση και διαχείριση των υδάτινων πόρων.

Ένας λόγος γι' αυτό, είναι πως τα βενθικά μακροασπόνδυλα χαρακτηρίζονται από υψηλή αντιπροσωπευτικότητα και ευαισθησία. Καθώς ζουν ολόκληρη τη ζωή τους μέσα στο νερό, αντικατοπτρίζουν με ακρίβεια τις μεταβολές στη φυσική, χημική και βιολογική ιστορία των υδάτων. Διαθέτουν ευρεία κλίμακα ευαισθησίας, από πολύ ευαίσθητα έως πολύ ανθεκτικά είδη, και ανταποκρίνονται σε διαβαθμίσεις της υποβάθμισης των οικοσυστημάτων ακολουθώντας συγκεκριμένα πρότυπα. Αυτό τα καθιστά ιδανικούς βιοδείκτες για την ανίχνευση αλλαγών στην ποιότητα των υδάτων.

Κατά δεύτερον, η μακροπρόθεσμη παρακολούθηση είναι ένα ακόμη πλεονέκτημα της χρήσης τους. Τα βενθικά μακροασπόνδυλα έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, γεγονός που επιτρέπει την καταγραφή μόνιμων αλλαγών στο υδάτινο

περιβάλλον. Σε αντίθεση με μικρότερους οργανισμούς, επηρεάζονται λιγότερο από βραχυπρόθεσμες ή τοπικές μεταβολές, παρέχοντας έτσι πιο αξιόπιστα δεδομένα για τη συνολική κατάσταση του οικοσυστήματος.

Επιπλέον, η πρακτικότητα και η οικονομία που προσφέρουν καθιστούν τη χρήση τους ιδιαίτερα προσιτή. Η συλλογή δειγμάτων είναι σχετικά απλή και οικονομική, και οι τυποποιημένες μέθοδοι που εφαρμόζονται διευκολύνουν τη διαδικασία δειγματοληψίας.

Τέλος, η ευρεία εφαρμογή τους σε διάφορους βιοτικούς δείκτες προσφέρει τη δυνατότητα εκτιμήσεων σε μεγαλύτερες κλίμακες. Έχουν αναπτυχθεί πολλοί τέτοιοι δείκτες σε ευρωπαϊκές χώρες, επιτρέποντας την παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων με μικρότερη επίδραση από τοπικές μεταβολές. Αυτό ενισχύει τη δυνατότητα σύγκρισης δεδομένων μεταξύ διαφορετικών περιοχών και την ανάπτυξη ολοκληρωμένων στρατηγικών διαχείρισης.



**Εικόνα 10. Μακροσκοπική αναγνώριση με στερεοσκόπια και σχετικά κλειδιά στο πεδίο**

Η χρήση των βενθικών μακροασπονδύλων ως βιοδεικτών παρέχει μια ολοκληρωμένη εικόνα της οικολογικής κατάστασης ενός υδατικού οικοσυστήματος, συμπληρώνοντας τις φυσικοχημικές μετρήσεις και επιτρέποντας την αποτελεσματική παρακολούθηση των υδατικών πόρων.

Κατά την υλοποίηση όλων των δραστηριοτήτων οι μαθητές συμπλήρωναν τα αντίστοιχα φύλλα εργασίας, όπου κατέγραφαν τις μετρήσεις, τις παρατηρήσεις τους και τα συμπεράσματά τους.

## 7.4 Τα ευρήματα της εκπαιδευτικής παρέμβασης

Τα αποτελέσματα της προσωπικής παρατήρησης της εκπαιδευτικής παρέμβασης από την ερευνήτρια, σε σχέση με τη συνήθη διδασκαλία στη τάξη, συνοψίζονται στα εξής:

- Οι μαθητές έδειξαν αυξημένο ενδιαφέρον και για τα τρία μαθήματα (Βιολογία, Γεωλογία και Χημεία), ακόμη και όταν αυτά τα μαθήματα απείχαν από τα μαθήματα προσανατολισμού που είχαν επιλέξει στο σχολείο. Αυτό προκύπτει από τις απαντήσεις των μαθητών σε σχετικές ερωτήσεις, από τον αριθμό των ερωτήσεων των μαθητών και των διευκρινίσεων που ζήτησαν από την επιστημονική ομάδα, από την αφοσίωσή τους κατά τη διάρκεια των εργασιών στο πεδίο, καθώς και από την ενεργό συμμετοχή τους.

- Οι μαθητές φάνηκαν να απολαμβάνουν τη μάθηση περισσότερο σε σχέση με την τάξη. Ήταν συγκεντρωμένοι, αναζητούσαν λύσεις και έκαναν συνεχώς νέες υποθέσεις και προτάσεις. Η εποικοδομητική προσέγγιση απέναντι στα θέματα που είχαν να διαχειριστούν ανακλά θετική γνωστική στάση, καθώς αναγνώρισαν τις ευκαιρίες για προσωπική ανάπτυξη και μάθηση, ανέπτυξαν στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων, και τονώθηκε η αυτοεικόνα και αυτοπεποίθησή τους.

- Το ενδιαφέρον των μαθητών ήταν σταθερό καθ' όλη τη διάρκεια της παρέμβασης. Αυτό προκύπτει από τις απαντήσεις σε σχετική ερώτηση της ερευνήτριας που τέθηκε στην αρχή του εργαστηρίου σε κάθε ομάδα (αν το έργο εξακολουθεί να φαίνεται ενδιαφέρον ή κουραστικό) και από το γεγονός ότι κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων όλοι οι μαθητές εργάστηκαν με την ίδια αφοσίωση.

- Η ευχαρίστηση και η ικανοποίηση των μαθητών ήταν εμφανής. Η επίτευξη των στόχων ενίσχυσε την αίσθηση ικανότητας και επάρκειας, με την δημιουργία ευκαιριών επιτυχίας για κάθε μαθητή, την καλλιέργεια κλίματος αποδοχής και σεβασμού, την επιβράβευση της προσπάθειας και του αποτελέσματος, την ενθάρρυνση ανάληψης πρωτοβουλιών και ευθυνών. Ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο έπαιξε η θετική ενίσχυση και ενθάρρυνση από την επιστημονική ομάδα.

Η πραγματοποίηση των σωστών συσχετισμών και η εξαγωγή συμπερασμάτων για την οικολογική κατάσταση της λίμνης ήταν μια πρόκληση για τους μαθητές, οι οποίοι πείσμωναν όταν οι λύσεις που πρότειναν δεν ήταν ικανοποιητικές, χειροκροτούσαν όταν κάποιος από την ομάδα συνεισέφερε με μια πρακτική πρόταση ή χειριζόταν με επιτυχία τον εξοπλισμό για τα πειράματα, ενώ ήταν έκδηλη η ικανοποίηση και η χαρά στα πρόσωπά τους όταν κατάφερναν να πραγματοποιήσουν τις μετρήσεις, να καταλήξουν σε αποτελέσματα και να δώσουν απαντήσεις (επιφωνήματα ικανοποίησης, χειραψία μεταξύ των μελών της ομάδας).

## 7.5 Συμπεράσματα

Η εμπλοκή των μαθητών σε ένα πλαίσιο αυθεντικής μάθησης έχει αποδειχθεί ότι είναι μια αποτελεσματική εκπαιδευτική προσέγγιση. Η βασική έννοια της αυθεντικής μάθησης βασίζεται στην αντίληψη ότι οι μαθητές μπορεί να ενδιαφέρονται περισσότερο για αυτό που μαθαίνουν, αν αυτό αντανακλά στην πραγματική ζωή, είναι πρακτικό και χρήσιμο και αφορά θέματα που είναι σημαντικά και εφαρμόσιμα στη μη σχολική ζωή. Είναι ένας τρόπος διδασκαλίας της επιστημονικής σκέψης και εργασίας κατά τον οποίο οι μαθητές κάνουν υποθέσεις μετά από παρατήρηση, σχεδιάζουν και υλοποιούν πειράματα, επιβεβαιώνουν ή απορρίπτουν τις υποθέσεις τους και τέλος, παρουσιάζουν τα αποτελέσματα της έρευνάς τους. Οι μαθητές εφαρμόζουν γνώσεις ή δεξιότητες, όπως η επίλυση προβλημάτων και η κριτική σκέψη σε καταστάσεις που αντιπροσωπεύουν καταστάσεις της πραγματικής ζωής. Για την διερεύνηση π.χ τυχόν προβλημάτων ρύπανσης σε υδάτινα σώματα που βρίσκονται στην περιοχή τους, οι μαθητές σχεδιάζουν τη δική τους μελέτη, η οποία ακολουθεί την επιστημονική μέθοδο και προσπαθεί να απαντήσει σε ερωτήματα διερεύνησης με τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων, την εξαγωγή συμπερασμάτων και τη διατύπωση προτάσεων.

Στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής δραστηριότητας που παρουσιάστηκε, επιχειρήθηκε ο μετασχηματισμός της εκπαιδευτικής πρακτικής με επανεξέταση του σχεδιασμού των μαθημάτων, όπου οι δραστηριότητες χτίζονται γύρω από πρακτικές εμπειρίες και ανάλυση ερευνητικών δεδομένων για να γίνουν οι αφηρημένες έννοιες πιο προσιτές και ελκυστικές για τους μαθητές.

Η διαδικασία της μάθησης είναι μια κοινωνικά οργανωμένη δράση που συγκροτείται στον πραγματικό κόσμο μέσω μιας διαδικασίας συμμετοχής σε κοινότητες πρακτικής. Αυτό απαιτεί να προσφέρονται στους μαθητές ευκαιρίες να συμμετέχουν ενεργά στη διατύπωση και αξιολόγηση προβλημάτων, ερευνητικών ερωτημάτων, υποθέσεων, συμπερασμάτων, και επιχειρημάτων.

Αυτή η έρευνα υποστηρίζει περαιτέρω ότι η εκπαίδευση που επικεντρώνεται στον πραγματικό κόσμο μπορεί να βοηθήσει στη διαμόρφωση μιας βαθύτερης κατανόησης του περιβάλλοντος και να προωθήσει βιώσιμες δραστηριότητες, ξεκινώντας από το σχολικό επίπεδο. Με τη χρήση φθηνών και εύκολα διαθέσιμων υποδομών IoT οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να αποκτήσουν γνώσεις και δεξιότητες στα μαθηματικά (συστήματα εξισώσεων, καταγραφή δεδομένων, σχεδιασμός γραφικών παραστάσεων, στατιστική ανάλυση), τις φυσικές επιστήμες (συσχέτιση φυσικοχημικών παραμέτρων, μέτρηση και εκτίμηση σφαλμάτων, ηλεκτρικά κυκλώματα), τη μηχανική (σχεδιασμός συσκευών μέτρησης, βαθμονόμηση, χρήση εξοπλισμού) και την τεχνολογία (προγραμματισμός ψηφιακής πλατφόρμας), πετυχαίνοντας μια πιο ουσιαστική κατανόηση του περιβάλλοντος. Ταυτόχρονα παρέχεται μια ευκαιρία να αντιληφθούν τη σχολική επιστήμη ως σχετική και πρακτική, να κάνουν συνδέσεις μεταξύ της σχολικής επιστήμης και της καθημερινής ζωής και να συμμετέχουν με χειροπιαστά/ πρακτικά πειράματα στη φύση.

Ενώ οι μελετητές και οι εκπαιδευτικοί έχουν βάσιμους λόγους να πιστεύουν ότι η δημιουργία μαθησιακών εμπειριών μπορεί να εμπλουτίσει τη σχολική επιστήμη και να προσφέρει μια πολύ ταχύτερη ανταπόκριση στις νέες ανακαλύψεις από ό,τι είναι δυνατόν να γίνει στο επίσημο τομέα, πρέπει να επενδύσουμε περισσότερο στο πώς αυτές οι εμπειρίες μπορούν να ενσωματωθούν καλύτερα στο σχολικό πρόγραμμα σπουδών.

---

### Τρίτη έκδοση της IoT εργαλειοθήκης - Πιλοτική δοκιμή σε ποτάμια ύδατα

#### 8. Τρίτη έκδοση της IoT εργαλειοθήκης - Πιλοτική δοκιμή σε ποτάμια ύδατα<sup>12</sup>

##### 8.1 Εισαγωγή

Το παρόν κεφάλαιο εστιάζει στην αναβάθμιση της συσκευής μέτρησης φυσικοχημικών παραμέτρων για την παρακολούθηση της ποιότητας του νερού. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται δύο σημαντικές βελτιώσεις που ενισχύουν ουσιαστικά τις λειτουργικές δυνατότητες της συσκευής. Οι εν λόγω βελτιώσεις επέτρεψαν την λειτουργία της συσκευής για συνεχόμενη χρονική περίοδο παρακολούθησης και παρείχαν τη δυνατότητα μετάδοσης των δεδομένων. Αυτές οι προσθήκες διεύρυναν σημαντικά το πεδίο εφαρμογής και την αποτελεσματικότητα της συσκευής.

Η πρώτη σημαντική αναβάθμιση αφορά στην ενσωμάτωση τεχνολογίας GPRS για τη μετάδοση των δεδομένων. Αυτή η προσθήκη επέτρεψε:

- τη συνεχή και σε πραγματικό χρόνο παρακολούθηση των παραμέτρων ποιότητας νερού,
- την άμεση πρόσβαση στα δεδομένα μέσω διαδικτύου, επιτρέποντας την ταχεία ανίχνευση αλλαγών στην ποιότητα του νερού,
- την αυτοματοποιημένη συλλογή και αποθήκευση δεδομένων σε μια βάση δεδομένων MySQL.

---

<sup>12</sup> Tziortzioti, C., Mavrommati, I., Kalkavouras, C., Dimitriou, E., & Chatzigiannakis, I. (2019, September). Observation and analysis of environmental factors of surface waters: An internet of things educational approach. In *2019 First International Conference on Societal Automation (SA)* (pp. 1-7). IEEE.

Η βάση δεδομένων φιλοξενήθηκε σε server του ΕΛΚΕΘΕ, εξασφαλίζοντας ασφαλή αποθήκευση και εύκολη πρόσβαση στα δεδομένα για περαιτέρω ανάλυση και επεξεργασία.

Αρχικά κρίθηκε απαραίτητη η αντικατάσταση του αισθητήρα pH που χρησιμοποιήθηκε στις προηγούμενες εκδόσεις της συσκευής, καθώς σχηματίστηκαν κρύσταλλοι άλατος στην επιφάνεια σύνδεσης. Επιπλέον, η μεμβράνη του γυαλιού αφυδατώθηκε σταδιακά, επηρεάζοντας την απόδοσή του και οδηγώντας σε πιο αργή απόδοση. Για το λόγο αυτό αντικαταστάθηκε ο αισθητήρας pH με νέο αισθητήρα που διέθετε βιομηχανικό ηλεκτρόδιο pH. Ο νέος αισθητήρας προσέφερε:

- Αυξημένη ανθεκτικότητα σε σχέση με τον προηγούμενο σε δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες όπως αυτές σε ένα ρέμα ποταμού,
- Βελτιωμένη ακρίβεια και αξιοπιστία μετρήσεων,
- Δυνατότητα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα λειτουργίας χωρίς την ανάγκη συχνής συντήρησης ή αντικατάστασης.

Το νέο βιομηχανικό ηλεκτρόδιο pH ήταν ειδικά σχεδιασμένο για μακροχρόνια παρακολούθηση, επιτρέποντας τη συνεχή λειτουργία της συσκευής για εκτεταμένες χρονικές περιόδους.



Εικόνα 11. Η συσκευή μετά την αναβάθμιση λειτουργίας

Η αναβαθμισμένη έκδοση του σταθμού μετά την αυτοματοποίηση της διαδικασίας, συμπεριλαμβανομένης της χρονοσήμανσης και της λειτουργίας βαθιάς

νάρκης, τοποθετήθηκε στο ρέμα του ποταμού Πικροδάφνης<sup>13</sup> (3755'7.05 "N, 2342'9.02 "E) προκειμένου να αξιολογηθεί το επίπεδο λειτουργίας και η αξιοπιστία των μετρήσεών του σε χρονικό διάστημα μεγαλύτερου εύρους. Για την τροφοδοσία της συσκευής χρησιμοποιήθηκε μπαταρία εξωτερικής φόρτισης (powerbank). Η μετάδοση των δεδομένων, μέσω GPRS σε μια βάση δεδομένων προσβάσιμη μέσω του Διαδικτύου <http://netmon-noc.ath.hcmr.gr/pikrodafni>, άρχισε στις 13/02/19 και 16:12 και σταμάτησε στις 15/02/19 και 16:12 με την εκφόρτιση της μπαταρίας.



**Εικόνα 12. Θέση τοποθέτησης του σταθμού στο ρέμα της Πικροδάφνης**

Το Ρέμα της Πικροδάφνης αποτελεί ένα μοναδικό υδρολογικό σύστημα στη νότια Αττική, διατηρώντας σε μεγάλο βαθμό τη φυσική του μορφολογία. Το ρέμα πηγάζει από τη δυτική πλευρά του όρους Υμηττού και εκβάλλει στον Σαρωνικό κόλπο, στα όρια των δήμων Παλαιού Φαλήρου και Αλίμου. Περίπου τρία (3) χλμ του συνολικού μήκους είναι εγκιβωτισμένα σετσιμεντένια αναχώματα. Παρά ταύτα, το Ρέμα της Πικροδάφνης διατηρεί σε σημαντικό βαθμό τον αρχικό του ρου και τη φυσική παρόχθια βλάστηση, αποτελώντας ένα από τα ελάχιστα εναπομείναντα φυσικά υδάτινα οικοσυστήματα εντός του αστικού ιστού της ευρύτερης μητροπολιτικής περιοχής των Αθηνών.

Το οικοσύστημα του ρέματος αντιμετωπίζει σημαντικές περιβαλλοντικές πιέσεις, συμπεριλαμβανομένων της συσσώρευσης απορριμμάτων και μπαζών στις όχθες και την πιθανή εισροή αστικών λυμάτων μέσω παράνομων συνδέσεων με το

<sup>13</sup> <https://www.openeliot.com/εγκατάσταση-πειραματικού-αυτόματου/>

δίκτυο ομβρίων υδάτων. Η Πικροδάφνη ως το μόνο ανοικτό φυσικό ρέμα στη Νότια Αθήνα και ως ο μοναδικός πλέον πόλος συγκέντρωσης της άγριας πανίδας και κυρίως ορνιθοπανίδας της παραθαλάσσιας περιοχής της, χρήζει προστασίας από τις ανθρωπογενείς παρεμβάσεις, ενώ μπορεί να λειτουργήσει ως μοντέλο διατήρησης φυσικού ρέματος για επίσκεψη, αναψυχή και περιβαλλοντική εκπαίδευση.



**Εικόνα 13. Τοποθέτηση του σταθμού στο ρέμα της Πικροδάφνης**

Παρά το ότι ο σταθμός λειτούργησε για το περιορισμένο χρονικό διάστημα των δύο ημερών, ήταν αρκετό για να καταγραφούν οι διακυμάνσεις των τιμών της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του 24ώρου και να επαληθευτούν τα μοτίβα που ακολουθούν οι παράγοντες που προκαλούν τις μεταβολές (Παράρτημα Ι – Water Quality Monitoring).

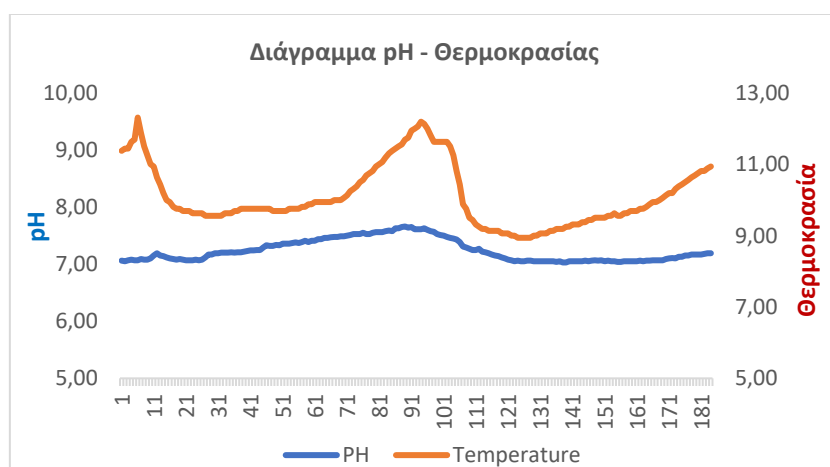
Οι τιμές της θερμοκρασίας παρουσίασαν ημερήσιες διακυμάνσεις που οφείλονται στην αύξηση της θερμοκρασίας λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας, με τη μέγιστη θερμοκρασία να καταγράφεται το απόγευμα (12,19°C στις 2019-02-14 15:29:05). Κατά τη διάρκεια της νύχτας η θερμοκρασία του νερού μειώθηκε σταδιακά

λόγω της απώλειας θερμότητας προς την ατμόσφαιρα και η ελάχιστη θερμοκρασία καταγράφηκε τις πρώτες πρωινές ώρες (8,94°C στις 2019-02-14 06:13:16). Το νερό παραμένει θερμότερο από τον αέρα κατά τη διάρκεια της νύχτας, γεγονός που δεν καταγράφηκε καθώς ο σταθμός δεν διέθετε αισθητήρα μέτρησης της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας. Οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαινόταν από 12,19 °C η μέγιστη έως 8,94 °C η ελάχιστη, καθώς οι μετρήσεις έγιναν Φεβρουάριο μήνα και το χειμώνα παρατηρούνται οι χαμηλότερες θερμοκρασίες νερού καθώς και οι μικρότερες ημερήσιες διακυμάνσεις. Αν ο σταθμός λειτουργούσε κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού θα κατέγραφε υψηλότερες θερμοκρασίες νερού και τις μεγαλύτερες ημερήσιες διακυμάνσεις στη διάρκεια του έτους. Την άνοιξη και το φθινόπωρο οι θερμοκρασίες αναμένονται ενδιάμεσες, με μικρότερες ημερήσιες διακυμάνσεις.

Σύμφωνα με τα δεδομένα που κατέγραψε η συσκευή το pH στο ρέμα της Πικροδάφνης παρουσιάζει ημερήσια διακύμανση (μέγιστη τιμή pH 7,66 στις 16:44:09, ελάχιστη τιμή 7,03 στις 03:43:03). Η διακύμανση αυτή κατά τη διάρκεια της ημέρας οφείλεται στις βιολογικές διεργασίες της φωτοσύνθεσης και της αναπνοής των υδρόβιων φυτών. Κατά τη διάρκεια της ημέρας τα υδρόβια φυτά και το φυτοπλαγκτόν πραγματοποιούν φωτοσύνθεση. Η φωτοσύνθεση καταναλώνει διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) από το νερό, η μείωση του οποίου οδηγεί σε αύξηση του pH, καθιστώντας το νερό πιο αλκαλικό. Κατά τη διάρκεια της νύχτας τα φυτά και οι μικροοργανισμοί πραγματοποιούν μόνο αναπνοή, και απελευθερώνουν CO<sub>2</sub> στο νερό. Η αύξηση του CO<sub>2</sub> οδηγεί σε μείωση του pH, καθιστώντας το νερό πιο όξινο.

Στο παρακάτω διάγραμμα θερμοκρασίας – pH, η διακύμανση του pH (μπλε γραμμή) ακολουθεί περίπου την διακύμανση της θερμοκρασίας (κόκκινη γραμμή). Αυτό συμβαίνει συνήθως για δύο λόγους, ο ένας έχει να κάνει με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, η οποία όταν συμβαίνει κατά την διάρκεια της ημέρας, αυξάνει το pH γιατί δεσμεύει το CO<sub>2</sub> που βρίσκεται διαλυμένο στο νερό και το οποίο ενσωματώνεται στην άλγη. Ο δεύτερος λόγος οφείλεται στο ότι καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία του νερού κατά την διάρκεια της ημέρας, λόγω της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, μειώνεται η διαλυτότητα του CO<sub>2</sub> στο νερό, κάτι που επίσης οδηγεί σε αύξηση των τιμών του pH. Επειδή οι μετρήσεις έγιναν την χειμερινή περίοδο, η δεύτερη εκδοχή/ διαδικασία, δηλ. ότι η μείωση των τιμών του pH

οφείλεται στη μειωμένη διαλυτότητα του CO<sub>2</sub> λόγω αύξησης της θερμοκρασίας του νερού, είναι πιο σημαντική.



Διάγραμμα 1: Διάγραμμα pH - Θερμοκρασίας

Τα δεδομένα που κατέγραψε η συσκευή αποτυπώνουν τη σχέση θερμοκρασίας – pH, αναδεικνύοντας πώς η αύξηση της θερμοκρασίας επηρεάζει τη συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου στο διάλυμα και, κατά συνέπεια, μειώνει την τιμή του pH. Αυτό συμβαίνει επειδή σε υψηλότερες θερμοκρασίες το νερό ιονίζεται περισσότερο, αυξάνοντας τα ιόντα H<sup>+</sup> και οδηγώντας σε χαμηλότερες ενδείξεις pH, χωρίς όμως απαραίτητα το διάλυμα να γίνεται πιο όξινο· για παράδειγμα, το ουδέτερο pH του καθαρού νερού μειώνεται από 7 στους 25°C σε 6,14 στους 100°C, παρότι το διάλυμα παραμένει ουδέτερο. Η καταγραφή αυτής της σχέσης είναι σημαντική για την ορθή ερμηνεία των μετρήσεων pH, καθώς κάθε τιμή pH είναι έγκυρη μόνο σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία στην οποία πραγματοποιήθηκε η μέτρηση.

Οι τιμές των Ολικών Διαλυμένων Στερεών (Total Dissolved Solids - TDS) στα νερά ενός ποταμού παρουσιάζουν σημαντικές διακυμάνσεις που εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες όπως η γεωλογία της περιοχής, το κλίμα, οι ανθρώπινες δραστηριότητες, οι υδρολογικοί και βιολογικοί παράγοντες.

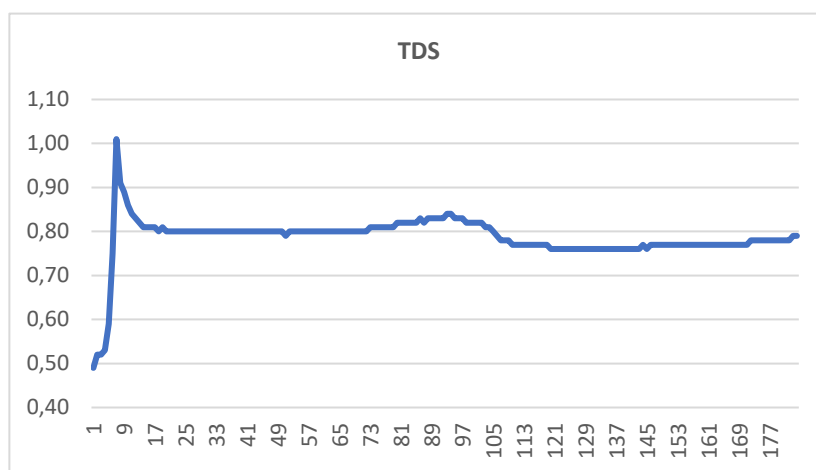
Η χωρική μεταβολή επίσης, επιδρά στις τιμές των TDS καθώς το νερό ρέει κατά μήκος του ποταμού και αναμένονται να είναι χαμηλότερες στις περιοχές

τροφοδοσίας, ενώ παρουσιάζονται συνήθως υψηλότερες τιμές λόγω συσσώρευσης διαλυμένων ουσιών στα σημεία εκφόρτισης.

Σημαντικό ρόλο στη μεταβολή των TDS παίζουν βιολογικές διεργασίες όπως η φωτοσύνθεση, η οποία επηρεάζει την ημερήσια διακύμανση των τιμών και η εξάτμιση η οποία ευθύνεται για υψηλότερες τιμές TDS κατά τους θερινούς μήνες (εποχιακή διακύμανση).

Το TDS εκφράζει ουσιαστικά τα διαλυμένα στερεά που βρίσκονται στο νερό και χρησιμοποιείται συνήθως για να καταλάβουμε πότε εισέρχεται ένας ρύπος με πολλά στερεά στο ποτάμι ή αν προκύπτει θέμα υφαλμύρινσης όταν είμαστε κοντά στην θάλασσα. Επίσης, με έντονα φαινόμενα βροχής συνήθως πέφτουν οι τιμές των TDS γιατί το βρόχινο νερό περιέχει λίγα διαλυμένα στερεά.

Οι τιμές TDS που καταγράφηκαν από τον σταθμό κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του δεν παρέχουν επαρκείς πληροφορίες για να εξαγάγουμε ασφαλή συμπεράσματα και να ταυτοποιήσουμε τους παράγοντες που επηρεάζουν την μεταβολή του.



**Διάγραμμα 2. Διάγραμμα τιμών TDS από τα δεδομένα του σταθμού**

## Ολοκλήρωση πρωτοτύπου IoT εργαλειοθήκης

### 9. Ολοκλήρωση πρωτοτύπου IoT εργαλειοθήκης<sup>14,15</sup>

#### 9.1 Εισαγωγή

Η IoT εργαλειοθήκη ελέγχου ποιότητας υδάτων, που η αρχική της έκδοση παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 5 και δοκιμάστηκε σε δημόσια δίκτυα παροχής νερού, εξελίχθηκε και δοκιμάστηκε τόσο σε θαλάσσιο περιβάλλον στο Κεφάλαιο 6, όσο και σε εσωτερικά ύδατα (λίμνη και ποτάμι) στα Κεφάλαιο 7 και 8, ολοκληρώνεται και παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο αυτό.

#### 9.2 Περιγραφή συσκευής

Στην τελική έκδοση του αυτοματοποιημένου σταθμού<sup>16</sup> προστέθηκε ο αισθητήρας της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και η ασπίδα GSM/GPRS/GPSShield για την αποστολή των δεδομένων μέσω δικτύου κινητής τηλεφωνίας.

Επιλέχθηκε η πλακέτα Arduino Mega, καθώς το πλήθος των αισθητήρων αλλά και των λειτουργιών που εκτελούνται, απαιτούν μια πλακέτα με αυξημένες δυνατότητες συγκριτικά με την απλή έκδοση UNO. Η έκδοση Mega διαθέτει μεγαλύτερο αριθμό θυρών για τη σύνδεση των αισθητήρων, καθώς και μεγαλύτερο χώρο αποθήκευσης, που είναι αναγκαίος για το σύνολο των εντολών που αναπτύχθηκαν σε συνδυασμό με τις διάφορες συνοδευτικές βιβλιοθήκες.

Για την επικοινωνία με το δίκτυο τοποθετήθηκε πάνω στην πλακέτα Arduino η ασπίδα GSM/GPRS/GPS shield (B), η οποία ενσωματώνει τη μονάδα SIM808. Η

<sup>14</sup> Tziortzioti, C., Verras, P., and Mavrommati, I.: U-DATinos: An automated IoT device for monitoring water quality in lakes and rivers, EGU General Assembly 2023, Vienna, Austria, 24–28 Apr 2023, EGU23-1913, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-1913>, 2023.

<sup>15</sup> Tziortzioti, C., Dimitriou, E., & Mavrommati, I. (2023, May). Introducing the use of Open Data into the secondary education: A study on inland water quality. In *EGU General Assembly Conference Abstracts* (pp. EGU-2741).

<sup>16</sup> <https://github.com/tziortzioti/waterQualitySensing>

μονάδα αυτή επιτρέπει την επικοινωνία μέσω δικτύων GSM και GPRS ενώ παράλληλα διαθέτει λειτουργίες επικοινωνίας με συστήματα GPS.

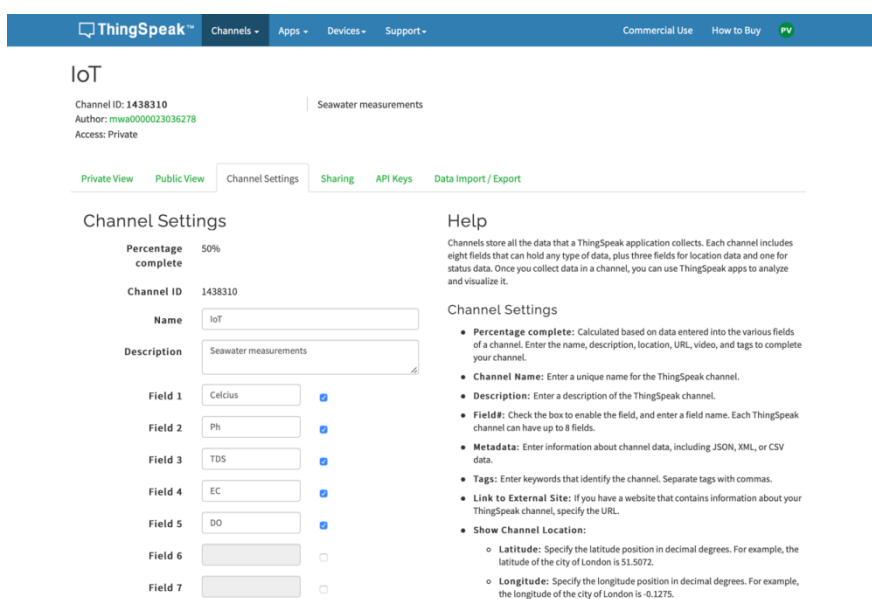
Ο προγραμματισμός της συσκευής έγινε στο περιβάλλον προγραμματισμού μικροελεγκτών Arduino IDE. Στο μενού των εργαλείων του Arduino IDE, προσφέρεται χώρος διαχείρισης των βιβλιοθηκών, οι οποίες είναι απαραίτητες για την επικοινωνία και διάδραση με τους αισθητήρες και τις περιφερειακές συσκευές που προσαρτώνται. Στην περίπτωση του συγκεκριμένου σταθμού χρησιμοποιήθηκαν βιβλιοθήκες για το σύνολο των αισθητήρων αλλά και της ασπίδας GSMshield που τοποθετήσαμε. Συγκεκριμένα, για τον αισθητήρα θερμοκρασίας γίνεται χρήση της βιβλιοθήκης OneWire, για το GSM shield η βιβλιοθήκη Software Serial, ενώ για τους αισθητήρες pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας έγινε προσθήκη των βιβλιοθηκών DFRobot\_pH και DFRobot\_EC10 αντίστοιχα, οι οποίες μεταφορτώθηκαν από την ιστοσελίδα του κατασκευαστή.

Στη συνέχεια η συσκευή IoT συνδέθηκε με την πλατφόρμα ανάπτυξης εφαρμογών ThingSpeak. Μια πλατφόρμα λογισμικού για την ανάπτυξη IoT εφαρμογών προσφέρει διάφορα εργαλεία για την διαχείριση των εφαρμογών και των δεδομένων που συλλέγονται. Στα βασικά χαρακτηριστικά μιας τέτοιας πλατφόρμας περιλαμβάνονται: α) η εύκολη σύνδεση συσκευών ή και η εξομοίωση των πραγματικών συσκευών στον ψηφιακό κόσμο, β) η γρήγορη ανάπτυξη εφαρμογών (rapid prototyping), γ) η υποστήριξη βασικών λειτουργιών διαχείρισης δεδομένων: συλλογή, αποθήκευση, ανάλυση (με αξιοποίηση τεχνικών AI & μηχανικής μάθησης) και οπτικοποίηση (π.χ. δημιουργία Dashboards).

Το ThingSpeak™ είναι μια υπηρεσία πλατφόρμας ανάλυσης IoT που επιτρέπει τη συγκέντρωση, αποθήκευση και ανάλυση ζωντανών ροών δεδομένων στο υπολογιστικό νέφος. Παρέχει τη δυνατότητα άμεσης απεικόνισης των δεδομένων που δημοσιεύονται από τις συσκευές στην πλατφόρμα. Για να χρησιμοποιήσουμε το συγκεκριμένο εργαλείο απαιτείται η δημιουργία ενός λογαριασμού χρήστη στο δίκτυο της MathWorks. Κατόπιν, επισκεπτόμενοι την σελίδα του ThingSpeak και ακολουθώντας απλά βήματα δημιουργούμε τις συνθήκες εκείνες που επιτρέπουν

αφενός την αποστολή και αφετέρου την αποθήκευση και προβολή της σχετικής πληροφορίας.

Η ομαδοποίηση τιμών γίνεται στα λεγόμενα κανάλια και για το λόγο αυτό αρχικώς καλούμαστε να δημιουργήσουμε ένα κανάλι που θα αφορά το σταθμό μας. Στη συνέχεια, μπορούμε να ορίσουμε τις σχετικές ρυθμίσεις όπως τον τίτλο, την περιγραφή, τον βαθμό πρόσβασης και φυσικά να ενεργοποιήσουμε πεδία ανάλογα με τους αισθητήρες μας.



The screenshot shows the ThingSpeak interface for a channel named 'IoT'. The channel ID is 1438310, the author is mwaa000023036278, and the access is Private. The channel description is 'Seawater measurements'. The 'Channel Settings' tab is active, showing a 'Percentage complete' of 50%. There are seven fields defined: Field 1 (Celcius), Field 2 (Ph), Field 3 (TDS), Field 4 (EC), Field 5 (DO), Field 6, and Field 7. A 'Help' section on the right provides instructions for channel settings, including fields for Percentage complete, Channel Name, Description, Field#, Metadata, Tags, Link to External Site, and Show Channel Location (Latitude and Longitude).

Εικόνα 14. Τα κανάλια του σταθμού στην πλατφόρμα ThingSpeak

Ακολούθως, μπορούμε να οπτικοποιήσουμε την πληροφορία που φθάνει από το σύστημα μας, προσθέτοντας κατάλληλες απεικονίσεις σε μορφή γραφήματος, για κάθε ένα αισθητήρα.



**Εικόνα 15. Διαγράμματα των φυσικοχημικών παραμέτρων στην πλατφόρμα ThingSpeak**

### 9.3 Ομάδες εργασίας και προγραμματισμός

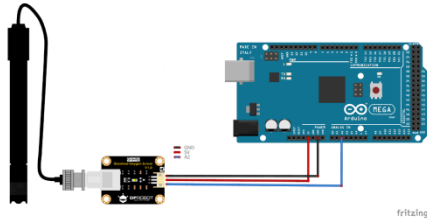
Στο πλαίσιο του Ομίλου Φυσικών Επιστημών του 2<sup>ου</sup> Πρότυπου Γυμνασίου Αθηνών, 19 μαθητές ανέλαβαν να συναρμολογήσουν και να θέσουν σε λειτουργία τη συσκευή. Οι μαθητές χωρίστηκαν σε πέντε ομάδες εργασίας, με κάθε μία να έχει ένα ξεχωριστό ρόλο και ευθύνη. Κάθε ομάδα εργασίας κλήθηκε να πραγματοποιήσει την συνδεσμολογία και τον προγραμματισμό ενός υποσυστήματος.

Κρίθηκε σκόπιμη η ανάλυση και ανάπτυξη των ηλεκτρονικών μερών και των συνδέσεων του συστήματος ως αντικείμενο γνώσης στο πλαίσιο των μικροηλεκτρονικών και της επιστήμης της φυσικής. Μέσα από τη διαδικασία της συναρμολόγησης του συστήματος έγινε αναφορά σε διάφορες παραμέτρους στο επίπεδο των επικοινωνιών μικροελεγκτή και αισθητήρων, της παροχής ενέργειας αλλά και του τομέα των τηλεπικοινωνιών και της ασύρματης μεταφοράς δεδομένων.

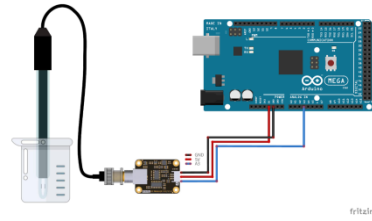
Για την πληρέστερη κατανόηση των επιμέρους αισθητήρων, το κύριο σύστημα συναρμολογήθηκε τμηματικά, με κάθε ομάδα μαθητών να αναλαμβάνει την σύνδεση, τον προγραμματισμό και τη βαθμονόμηση ενός αισθητήρα. Στο τέλος όλες

οι ομάδες μαζί ανέλαβαν τη σύνδεση της ασπίδας GSM/GPRS/GPS και τη σύνδεση του σταθμού στην πλατφόρμα ThingSpeak για την υποστήριξη των βασικών λειτουργιών διαχείρισης των δεδομένων.

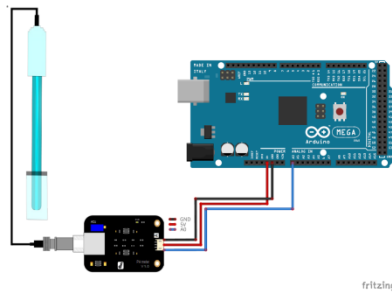
Για τη σύνδεση των αισθητήρων, παραδόθηκε σε κάθε ομάδα ο κατάλληλος εξοπλισμός και το σχετικό σχεδιάγραμμα, όπως στις εικόνες που ακολουθούν.



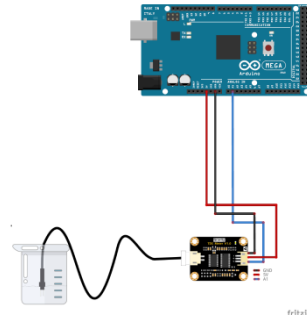
Διάγραμμα συνδεσμολογίας του αισθητήρα που μετράει το διαλυμένο οξυγόνο



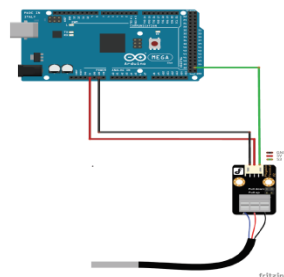
Διάγραμμα συνδεσμολογίας του αισθητήρα που μετράει την ηλεκτρική αγωγιμότητα



Διάγραμμα συνδεσμολογίας του αισθητήρα που μετράει το pH



Διάγραμμα συνδεσμολογίας του αισθητήρα που μετράει τα TDS

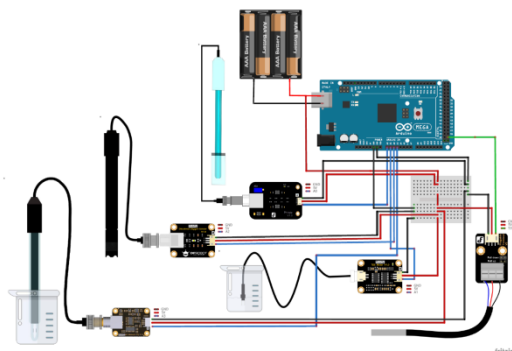


Διάγραμμα συνδεσμολογίας του αισθητήρα που μετράει τη θερμοκρασία

### Εικόνα 16. Διαγράμματα συνδεσμολογίας αισθητήρων

Για τη σύνδεση της ασπίδας GSM/GPRS/GPS δεν δόθηκε στους μαθητές διάγραμμα καθώς οι ασπίδες τοποθετούνται επάνω στον μικροελεγκτή και δεν είναι

απαραίτητη η σύνδεση με τη χρήση καλωδίων. Η επικοινωνία με τον μικροελεγκτή επιτυγχάνεται μέσω των ακίδων που βρίσκονται στο κάτω μέρος της ασπίδας.



**Εικόνα 17.** Συνδεσμολογία του σταθμού

Στο τελικό στάδιο συναρμολόγησης, και αφού ολοκληρώθηκε ο προγραμματισμός των επιμέρους συστημάτων, οι μαθητές υλοποίησαν την τελική σύνθεση του συστήματος, όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα αλλά και στην φωτογραφία που ακολουθεί.



**Εικόνα 18.** Συνδεσμολογία στο εσωτερικό του σταθμού

Ο σταθμός στη τελική του μορφή τοποθετήθηκε σε στεγανό κουτί ενώ η τροφοδοσία του πραγματοποιήθηκε με την χρήση ταμειυτήρα ενέργειας (powerbank).

Τέλος, η ομάδα U-DATinos<sup>17</sup> (το U προέρχεται από την λέξη Ubiquitous, το DAT από την λέξη Data, ενώ το όνομα της ομάδας U-DATinos παραπέμπει στην ελληνική λέξη υδάτινος) του Ομίλου Φυσικών Επιστημών του 2<sup>ου</sup> Πρότυπου Γυμνασίου Αθηνών έλαβε μέρος στο 3<sup>ο</sup> Πανελλήνιο διαγωνισμό ανοιχτών τεχνολογιών αποσπώντας διάκριση<sup>18</sup>.

## 9.4 Συμπεράσματα

Η συστηματική προσπάθεια διασύνδεσης υδάτινων οικοσυστημάτων με το σχολείο, που εκτίθεται στη διατριβή αυτή και ιδιαίτερα στο Μέρος Β' προκειμένου τα οικοσυστήματα αυτά να «μιλήσουν» και το σχολείο να τα «αφουγκραστεί» και να τα μελετήσει, οδηγεί στη διατύπωση ορισμένων συμπερασμάτων, διαπιστώσεων καθώς και στον εντοπισμό δυσκολιών.

Βασικό συμπέρασμα είναι πως πράγματι είναι δυνατή, με τα σημερινά τεχνολογικά μέσα, η δόμηση μιας γλώσσας επικοινωνίας των οικοσυστημάτων με το σχολείο, η μετάδοση των μηνυμάτων - μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο και η δυνατότητα μελέτης του οικοσυστήματος από απόσταση.

Οι μαθητές συμμετέχοντας, με την καθοδήγηση των εκπαιδευτικών σε μια διαδικασία PBL (Project Based Learning):

- Προσεγγίζουν, κατανοούν, αναλύουν το προς μελέτη πρόβλημα καθώς και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά αυτού (φυσικοχημικές παραμέτρους),
- Εμπλέκονται στην επιλογή και εσωτερική λειτουργία των επί μέρους διατάξεων (αισθητήρων) για την μέτρηση των παραμέτρων, καθώς και των ηλεκτρονικών σχετικών διατάξεων,
- Συμμετέχουν στην κατασκευή της εργαλειοθήκης,
- Κατανοούν και εφαρμόζουν τις αναγκαίες ενέργειες, π.χ βαθμονόμηση των συσκευών,

---

<sup>17</sup> [https://openedtech.ellak.gr/robotics2021/stathmos-parakolouthisis-tis-piotitas-tou-nerou-epifaniakon-idaton/?fbclid=IwAR3zTpCiE0CNjc4u6leGqdPgyWUCf1\\_A--wcqLVWAnsbyVFduTLtB\\_U2PLQ](https://openedtech.ellak.gr/robotics2021/stathmos-parakolouthisis-tis-piotitas-tou-nerou-epifaniakon-idaton/?fbclid=IwAR3zTpCiE0CNjc4u6leGqdPgyWUCf1_A--wcqLVWAnsbyVFduTLtB_U2PLQ)

<sup>18</sup> <https://openedtech.ellak.gr/2021/11/10/apotelesmata-axiologisis-ergon-tou-3ou-panelliniou-diagonismou-anichton-technologion/>

- Δοκιμάζουν την υποδομή σε πραγματικά υδάτινα περιβάλλοντα,
- Οργανώνουν τη συλλογή, μετάδοση και αποθήκευση των δεδομένων,
- Προχωρούν σε συσχέτισμό των μετρήσεων για την εξαγωγή συμπερασμάτων αναφορικά με την ποιότητα των υδάτων.

#### **Ως προς την αξία και χρηστικότητα της εργαλειοθήκης που δημιουργείται:**

Το Arduino αποτελεί μια πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα που προσφέρει ένα φιλικό περιβάλλον προγραμματισμού, καθιστώντας το ιδανικό εργαλείο για μαθητές και εκπαιδευτικούς. Η πλατφόρμα επιτρέπει στους χρήστες να βλέπουν άμεσα τα αποτελέσματα του κώδικά τους και είναι σχεδιασμένη για εύκολη χρήση, ακόμη και από μαθητές με περιορισμένη εμπειρία στους μικροελεγκτές. Συνδέεται με ένα ευρύ φάσμα αισθητήρων, όπως θερμοκρασίας, pH και διαλυμένου οξυγόνου, ενώ μπορεί να επεκταθεί για την παρακολούθηση επιπλέον παραμέτρων ποιότητας νερού σε διάφορα υδάτινα περιβάλλοντα, από ποτάμια και λίμνες έως συστήματα διανομής πόσιμου νερού. Ωστόσο, η χρήση του Arduino δεν είναι πάντα απρόσκοπτη, καθώς οι μαθητές συχνά αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην κατανόηση βασικών εννοιών προγραμματισμού και στη διόρθωση λογικών σφαλμάτων. Ειδικά η χρήση της γλώσσας C++ μπορεί να αποδειχθεί απαιτητική, γεγονός που καθιστά τις γλώσσες οπτικού προγραμματισμού προτιμότερη επιλογή για αρχάριους.

Στο πλαίσιο του έργου, αξιοποιήθηκε ένα ευρύ φάσμα μοντέλων Arduino, ξεκινώντας από την απλούστερη έκδοση Uno και προχωρώντας σε πιο εξελιγμένες πλακέτες με ενσωματωμένες δυνατότητες Wi-Fi και Bluetooth. Αυτή η προσέγγιση επέτρεψε την αποτελεσματική σύνδεση στο διαδίκτυο μέσω προηγμένων τεχνολογιών ασύρματης επικοινωνίας, όπως το LoRaWAN, για τη μετάδοση δεδομένων σε μεγάλες αποστάσεις. Παράλληλα, η αρχιτεκτονική του συστήματος σχεδιάστηκε ώστε να διευκολύνει την ενσωμάτωση με διάφορες cloud πλατφόρμες IoT, ενισχύοντας τη λειτουργικότητα του συστήματος. Αυτές οι δυνατότητες αξιοποιήθηκαν σε εφαρμογές που αναπτύχθηκαν σε διαφορετικά περιβάλλοντα, όπως στη πιλοτική έκδοση του παιχνιδιού και στη παρακολούθηση των φυσικοχημικών παραμέτρων στο ρέμα της Πικροδάφνης, καθώς και στην τελική έκδοση της συσκευής, ενισχύοντας σημαντικά τη λειτουργικότητα του συστήματος.

Τα συστήματα που βασίζονται στο Arduino προσφέρουν μια οικονομικά προσιτή λύση για την παρακολούθηση περιβαλλοντικών παραμέτρων, γεγονός που τα καθιστά ιδανικά για εκπαιδευτικούς σκοπούς ακόμη και σε σχολεία με περιορισμένους πόρους. Ωστόσο, κατά τη χρήση τους στο πλαίσιο αυτής της διατριβής, αναδείχθηκαν αρκετά προβλήματα που απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή. Ένα από τα κύρια ζητήματα αφορά τη βαθμονόμηση των αισθητήρων, η διάρκεια της οποίας ήταν περιορισμένη, απαιτώντας τακτικές επαναβαθμονομήσεις για τη διατήρηση της ακρίβειας των μετρήσεων. Επιπλέον, το υδάτινο περιβάλλον προκάλεσε φθορές στους αισθητήρες λόγω διάβρωσης ή συσσώρευσης μικροοργανισμών στην επιφάνειά τους. Αυτά τα προβλήματα επηρέασαν την ακρίβεια των μετρήσεων και περιόρισαν τη διάρκεια ζωής των αισθητήρων.

Η αδυναμία αδιάβροχης προστασίας των αισθητήρων αποτέλεσε επίσης σημαντική πρόκληση. Για παράδειγμα, ο αισθητήρας θολότητας παρουσίασε σκουριά πολύ σύντομα όταν χρησιμοποιήθηκε σε θαλάσσιο περιβάλλον. Επιπλέον, προβλήματα όπως λανθασμένη καλωδίωση ή χαλαρές συνδέσεις μεταξύ εξαρτημάτων και της πλακέτας Arduino οδήγησαν σε δυσλειτουργίες που απαιτούσαν τακτικό έλεγχο. Παρά τις δυσκολίες αυτές, κατά τον έλεγχο της συσκευής στο εργαστήριο αλλά και σε εξωτερικά περιβάλλοντα δεν παρατηρήθηκε αστάθεια στις μετρήσεις για περιορισμένα χρονικά διαστήματα λειτουργίας.

Η επιτυχής χρήση του Arduino απαιτεί επίσης την εκπαίδευση των εκπαιδευτικών ώστε να παραμένουν ενημερωμένοι για τις τεχνολογικές εξελίξεις. Η ενεργή κοινότητα χρηστών του Arduino παρέχει πληθώρα πόρων, βιβλιοθηκών και οδηγιών που διευκολύνουν την ανάπτυξη IoT εφαρμογών. Παρά τις προκλήσεις που παρουσιάζονται κατά την εφαρμογή του εξοπλισμού σε πραγματικές συνθήκες, το Arduino παραμένει ένα ισχυρό εργαλείο που συνδυάζει χαμηλό κόστος με υψηλή λειτουργικότητα, προωθώντας την εκπαίδευση STEM και ενισχύοντας τη συμμετοχή των μαθητών σε επιστημονικές δραστηριότητες.

**Ως προς της εμπλοκή των μαθητών, τα οφέλη που αποκομίζουν και τις δυσκολίες που συναντούν:**

Η ενσωμάτωση του Arduino και των αισθητήρων στην εκπαιδευτική διαδικασία αποτελεί μια καινοτόμο προσέγγιση που ενισχύει σημαντικά τις δεξιότητες των μαθητών στους τομείς της επιστήμης, τεχνολογίας, μηχανικής και μαθηματικών (STEM). Αυτή η πρακτική μέθοδος διδασκαλίας προσφέρει στους μαθητές τη δυνατότητα να εμπλακούν ενεργά στη διαδικασία συλλογής και ανάλυσης δεδομένων, αναπτύσσοντας έτσι κρίσιμες ερευνητικές δεξιότητες. Η πρακτική φύση του project αύξησε το ενδιαφέρον και τη συμμετοχή των μαθητών στη μάθηση, καθιστώντας την εκπαιδευτική εμπειρία πιο ελκυστική και διαδραστική.

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της χρήσης του Arduino ήταν η προώθηση μιας διεπιστημονικής προσέγγισης στη μάθηση, καθώς επιτρέπει τη σύνδεση διαφορετικών επιστημονικών πεδίων, προωθώντας μια ολιστική κατανόηση των οικοσυστημάτων και των περιβαλλοντικών φαινομένων. Οι μαθητές δεν περιορίστηκαν σε στεγανά γνωστικά πεδία, αλλά ήταν σε θέση να συνδυάσουν γνώσεις από διάφορους τομείς για την επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων.

Μέσω αυτής της προσέγγισης, οι μαθητές απέκτησαν την ικανότητα να σχεδιάζουν και να υλοποιούν πρακτικές λύσεις για την παρακολούθηση και προστασία των υδάτινων οικοσυστημάτων. Αυτή η δεξιότητα είναι ιδιαίτερα πολύτιμη στο πλαίσιο των σύγχρονων περιβαλλοντικών προκλήσεων, καθώς προετοιμάζει τους μαθητές να γίνουν ενεργοί συμμετέχοντες στην επίλυση πραγματικών προβλημάτων.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μαθητές δεν αντιμετώπισαν ιδιαίτερες δυσκολίες στη σύνδεση των αισθητήρων με το Arduino και στη συνέχεια με το λογισμικό ανάλυσης δεδομένων. Ωστόσο, παρατηρήθηκε ότι οι αποκλίσεις ή οι αναντιστοιχίες στις μετρήσεις των αισθητήρων μερικές φορές δυσκόλευαν τους μαθητές να ερμηνεύσουν τα δεδομένα.

Κατά την εμπλοκή των μαθητών στη διαδικασία της βαθμονόμησης οι μαθητές απέκτησαν σημαντικές γνώσεις και δεξιότητες:

- Εξοικειώθηκαν με έννοιες όπως ακρίβεια, επαναληψιμότητα και αξιοπιστία των μετρήσεων,
- Έμαθαν τη σημασία του μηδενικού σημείου αναφοράς και της κλίμακας μέτρησης,
- Ανέπτυξαν δεξιότητες εντοπισμού και διόρθωσης σφαλμάτων στις μετρήσεις,
- Εξασκήθηκαν στην εκτέλεση ρυθμίσεων και προσαρμογών,
- Ανέπτυξαν ικανότητες χειρισμού εργαλείων και οργάνων.

Τέλος, η διαδραστική φύση του project αποδείχθηκε καταλυτική στην ενίσχυση του κινήτρου συμμετοχής των μαθητών. Προώθησε την ενεργό συμμετοχή τους μέσω της πράξης, μετατρέποντας τη μάθηση από μια παθητική διαδικασία σε μια δυναμική, εμπειρική εξερεύνηση. Αυτή η προσέγγιση όχι μόνο βελτίωσε την κατανόηση των επιστημονικών εννοιών, αλλά καλλιέργησε επίσης ένα βαθύτερο ενδιαφέρον για την επιστήμη και την τεχνολογία, ενθαρρύνοντας τους μαθητές να συνεχίσουν να εξερευνούν και να μαθαίνουν πέρα από τα όρια της τάξης.

Η χρήση της πλατφόρμας Arduino σε συνδυασμό με τους αισθητήρες και την τεχνολογία IoT, ενίσχυσε την εμπειρία μάθησης, επιτρέποντας στους μαθητές να ασχοληθούν με δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και να συμβάλλουν στην περιβαλλοντική έρευνα. Συνδέοντας την πρακτική μάθηση με την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση, οι τεχνολογίες αυτές συμβάλλουν στην προώθηση μιας νέας γενιάς περιβαλλοντικά ευαισθητοποιημένων και τεχνολογικά ενημερωμένων μαθητών, οι οποίοι είναι εξοπλισμένοι για να αντιμετωπίσουν τις πολύπλοκες προκλήσεις του 21ου αιώνα.

### Ανοιχτά Δεδομένα στην Εκπαίδευση

## Εισαγωγή Γ' Μέρους

Στο Γ' Μέρος της Διατριβής εξετάζεται η σκοπιμότητα της αξιοποίησης Ανοικτών Δεδομένων, κατά τον σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός εκπαιδευτικού project, που αφορούν στο επιλεγμένο προς μελέτη υδάτινο οικοσύστημα.

Στο Κεφάλαιο 10 γίνεται εκτενής αναφορά στα Ανοικτά Δεδομένα, τους σχετικούς ορισμούς, την ιστορική εξέλιξη αυτών μέχρι τις σημερινές ψηφιακές βάσεις Ανοικτών Δεδομένων, την σημασία τους για την επιστήμη, την κοινωνία, τους πολίτες. Ακολούθως, εκτίθενται οι δυνατότητες, τα πλεονεκτήματα και οι τρόποι αξιοποίησης των Ανοικτών Δεδομένων στην εκπαίδευση, καθώς και επιλεγμένα παραδείγματα σχετικών εφαρμογών.

Στο Κεφάλαιο 11 παρουσιάζεται μια ερευνητική προσπάθεια αξιοποίησης Ανοικτών Δεδομένων στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση, και διερεύνησης των εκπαιδευτικών αποτελεσμάτων που αποτυπώθηκαν, στο πλαίσιο του υδάτινου γραμματισμού. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε με μαθητές τριών τμημάτων της Β' τάξης ενός Πρότυπου Γυμνασίου, οι οποίοι αξιοποίησαν ειδικά διαμορφωμένα Ανοικτά Δεδομένα του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσιών Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ). Η διδακτική παρέμβαση περιελάμβανε την ανάλυση δεδομένων σχετικών με υδάτινα οικοσυστήματα (π.χ., στάθμη ποταμών, θερμοκρασία, ηλεκτρική αγωγιμότητα), ενσωματώνοντας εργαλεία οπτικοποίησης και ερμηνείας πληροφοριών. Για την αξιολόγηση της επίδρασης, εφαρμόστηκε η μέθοδος των pre και post ερωτηματολογίων, με στόχο τη σύγκριση των γνώσεων, δεξιοτήτων και στάσεων των μαθητών πριν και μετά την παρέμβαση. Τα ερωτηματολόγια δομήθηκαν με βάση τις αρχές του ωκεάνειου και υδάτινου γραμματισμού, εστιάζοντας στην ενίσχυση της κατανόησης των μαθητών για τη σχέση μεταξύ ανθρώπινων δραστηριοτήτων και υδάτινων οικοσυστημάτων. Τα ερωτήματα διαμορφώθηκαν έτσι ώστε να διερευνούν την αντίληψη των μαθητών σχετικά με τις φυσικοχημικές παραμέτρους του νερού, τις επιπτώσεις της ανθρώπινης παρέμβασης και τη σημασία της βιώσιμης διαχείρισης των υδάτινων πόρων. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων (Παράρτημα ΙΙΙ) ανέδειξε σημαντικές βελτιώσεις στην κατανόηση των υδάτινων φαινομένων, ιδίως

στη συσχέτιση ανθρώπινων δραστηριοτήτων με περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Επιπλέον, παρατηρήθηκε αύξηση της ικανότητας ανάλυσης χωροχρονικών δεδομένων και ενίσχυση της κριτικής σκέψης απέναντι σε ζητήματα βιωσιμότητας.

Στο τέλος του Μέρους Γ' της διατριβής, παρατίθεται το πρωτότυπο εκπαιδευτικό υλικό και το ειδικά σχεδιασμένο φύλλο εργασίας, που αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής παρέμβασης. Το υλικό αυτό σχεδιάστηκε με βάση τις αρχές της βιωματικής μάθησης και της διερευνητικής διδασκαλίας, εστιάζοντας στην ενίσχυση των δεξιοτήτων ανάλυσης δεδομένων.

Στο τέλος παρουσιάζονται τα συμπεράσματα του Γ' Μέρους.

### 10. Ανοιχτά Δεδομένα

#### 10.1 Ορισμοί και ιστορική αναδρομή

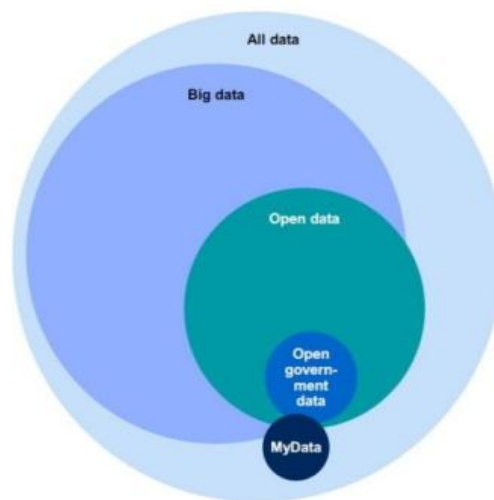
Η γενικότερη έννοια των Ανοικτών Δεδομένων (Open Data) δεν είναι καινούρια. Η αρχή ότι σε δημοκρατικές κοινωνίες το μεγαλύτερο μέρος των κυβερνητικών δεδομένων πρέπει να είναι ανοικτό στους πολίτες άρχισε να διαδίδεται από τα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα. Η ελεύθερη πρόσβαση σε επιστημονικά δεδομένα προωθήθηκε για πρώτη φορά διεθνώς με την ίδρυση του Παγκοσμίου Κέντρου Δεδομένων (World Data Center) κατά την προετοιμασία του Διεθνούς Γεωφυσικού Έτους 1957-1958. Στην ψηφιακή του διάσταση, η οποία θα μας απασχολήσει εδώ, ο όρος Ανοιχτά Δεδομένα άρχισε να χρησιμοποιείται ευρέως από την δεκαετία του 1990, παράλληλα με την εξάπλωση του Διεθνούς Ιστού (WorldWideWeb) και του Διαδικτύου. Παρ' ότι δεν υπάρχει αυστηρός ορισμός, η βασική έννοια είναι σαφής: δεδομένα που είναι ελεύθερα διαθέσιμα στον καθένα, χωρίς σημαντικούς περιορισμούς και προϋποθέσεις. Παραθέτουμε στην συνέχεια ορισμένους από τους ορισμούς που έχουν προταθεί:

- Τα Ανοιχτά Δεδομένα είναι δεδομένα που μπορούν ελεύθερα να χρησιμοποιηθούν, να επαναχρησιμοποιηθούν και να αναδιανεμηθούν από τον καθένα, με μόνες πιθανές προϋποθέσεις την ύπαρξη κατάλληλων αναφορών για τις πηγές και την διατήρηση της ελεύθερης χρήσης.
- Οποιαδήποτε δεδομένα καθίστανται Ανοιχτά όταν είναι ελεύθερα προσβάσιμα, τόσο από νομικής πλευράς (είναι κοινό κτήμα όλων, ή υπόκεινται σε ελάχιστους, τυπικούς περιορισμούς), όσο και από τεχνικής (είναι στην πράξη

αναγνώσιμα από τους υπολογιστές και από ποικίλα ελεύθερα περιβάλλοντα λογισμικού)<sup>1</sup>.

- Ανοικτά δεδομένα είναι τα ψηφιακά δεδομένα που διατίθενται με τα τεχνικά και νομικά χαρακτηριστικά που είναι απαραίτητα για την ελεύθερη χρήση, επαναχρησιμοποίηση και αναδιανομή τους από οποιονδήποτε, οποτεδήποτε και οπουδήποτε<sup>2</sup>.

Μερικές φορές δημιουργείται σύγχυση ανάμεσα στους όρους “Μεγάλα Δεδομένα” (ή “Μεγα-δεδομένα” – Big Data) και “Ανοικτά Δεδομένα”. Σε γενικές γραμμές, ο πρώτος όρος αναφέρεται σε σύνολα ψηφιακών δεδομένων, με ποικίλα καθεστώτα διάθεσης και πρόσβασης, τα οποία είναι πολύ μεγάλα ή/και πολύ σύνθετα, και συνήθως παράγονται με γρήγορους ρυθμούς από μεγάλο αριθμό διαφορετικών πηγών. Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε παραστατικά την σχέση ανάμεσα σε αυτά και άλλα υπεрсύνολα και υποσύνολα δεδομένων (Manjika et al., 2013).



**Εικόνα 19. Η σχέση των Ανοικτών Δεδομένων με άλλους τύπους Δεδομένων, McKinsey Global Institute analysis**

Μία κατηγορία δεδομένων που μπορεί να επικαλύπτεται από τα ανοικτά δεδομένα με βάση τον τρόπο δημιουργίας, τη διαθεσιμότητα και τους περιορισμούς

<sup>1</sup> The World Bank, “Open Data Essentials”  
<https://opendatatoolkit.worldbank.org/en/data/opendatatoolkit/essentials>

<sup>2</sup> Open Data Charter, retrieved from <https://opendatacharter.org/principles/>

χρήσης τους, χωρίς να είναι ταυτόσημα, είναι τα crowd data ή crowd sourced data (συμμετοχικά δεδομένα). Η κύρια διαφορά έγκειται στον στόχο της δημιουργίας τους καθώς τα crowdsourcing δεδομένα συλλέγονται από ένα μεγάλο πλήθος ατόμων, συχνά για συγκεκριμένα ερευνητικά ή εμπορικά σχέδια, ενώ τα ανοικτά δεδομένα επικεντρώνονται στη διαφάνεια και την κοινωνική ωφέλεια. Η βασική αρχή πίσω από τα crowd sourced data είναι η «σοφία του πλήθους» (Surowiecki, 2004), δηλαδή η ιδέα ότι η συλλογική γνώση και οι απόψεις πολλών ατόμων μπορούν να παράγουν πιο αξιόπιστα και ολοκληρωμένα δεδομένα από τις παραδοσιακές μεθόδους συλλογής (Seltzer & Mahmoudi, 2013). Πρακτικά, η συλλογή δεδομένων από το πλήθος πραγματοποιείται μέσω ψηφιακών πλατφορμών, εφαρμογών κινητών τηλεφώνων, κοινωνικών δικτύων και άλλων διαδραστικών μέσων, επιτρέποντας την άμεση και μαζική συμμετοχή των χρηστών (Cao et al., 2018). Αυτό το μοντέλο συλλογής δεδομένων έχει αξιοποιηθεί σε διάφορες εφαρμογές, όπως η χαρτογράφηση περιβαλλοντικών φαινομένων (de Albuquerque et al, 2016), η παρακολούθηση φυσικών καταστροφών (Goodchild & Li, 2012) και η ανάλυση κοινωνικών συμπεριφορών (Kounadi et al., 2017). Ένα σημαντικό πλεονέκτημα των crowd sourced data είναι η δυνατότητα συλλογής μεγάλου όγκου δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, με χαμηλό κόστος και χωρίς την ανάγκη εγκατάστασης πολύπλοκων αισθητήρων (Cohn & Kutten, 2014). Ωστόσο, η αξιοπιστία και η εγκυρότητα των δεδομένων αυτών αποτελεί συχνά αντικείμενο κριτικής, καθώς η ποιότητά τους εξαρτάται από την ακρίβεια και την επιμέλεια των συμμετεχόντων (Goodchild, 2018).

Στην εκπαιδευτική έρευνα και πρακτική τα συμμετοχικά δεδομένα αποτελούν ένα ραγδαία αναπτυσσόμενο πεδίο, αξιοποιώντας τη συλλογική νοημοσύνη και τη δύναμη του πλήθους για τη συλλογή, ανάλυση και αξιοποίηση δεδομένων σε πολλαπλά επίπεδα. Η έννοια αυτή βασίζεται στην ενεργό συμμετοχή μαθητών, εκπαιδευτικών, γονέων και της ευρύτερης κοινότητας στη διαδικασία παραγωγής και διαμοιρασμού δεδομένων, μετατρέποντας τους παραδοσιακούς αποδέκτες γνώσης σε συνδημιουργούς της.

Η αξιοποίηση των crowd data στην εκπαίδευση εκδηλώνεται με διάφορες μορφές, όπως η συμμετοχική αισθητήρηση (participatory sensing), τα έργα πολιτών-

επιστημόνων (citizen science), ή οι ανοιχτές διαδικτυακές πλατφόρμες μάθησης (MOOCs). Μέσα από τέτοιες πρακτικές, οι μαθητές μπορούν να συμμετέχουν σε ερευνητικά προγράμματα συλλέγοντας δεδομένα για τοπικά ή παγκόσμια ζητήματα (π.χ. ποιότητα αέρα, βιοποικιλότητα, σχολικό κλίμα), να συνεισφέρουν στη βελτίωση του σχολικού προγράμματος μέσω ερωτηματολογίων και να αναπτύξουν δεξιότητες ανάλυσης και ερμηνείας δεδομένων.

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των crowd data είναι η δυνατότητα δημιουργίας ευρύτερων και πιο αντιπροσωπευτικών συνόλων δεδομένων, καθώς η συλλογή γίνεται από ποικίλες πηγές και διαφορετικές ομάδες ενδιαφερομένων. Η ενσωμάτωσή τους στην εκπαιδευτική διαδικασία συμβάλλει επίσης στην ανάπτυξη υψηλότερων δεξιοτήτων σκέψης, όπως η κριτική ανάλυση, η επίλυση προβλημάτων και η συνεργατική μάθηση. Οι μαθητές καλούνται να συλλέξουν, να επεξεργαστούν και να ερμηνεύσουν δεδομένα, να διαπραγματευτούν νοήματα και να συνδιαμορφώσουν τη γνώση σε ανοιχτά και δικτυωμένα μαθησιακά περιβάλλοντα. Η αξιοποίησή τους ενισχύει τη συμμετοχή, τη διαφάνεια και την καινοτομία, ενώ προσφέρει στους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς τη δυνατότητα να γίνουν ενεργοί συντελεστές της γνώσης και της αλλαγής στο σχολικό περιβάλλον.

Όσον αφορά, ειδικότερα, τα Ανοικτά Δεδομένα στην εκπαίδευση, μπορεί να υπάρξει σύγχυση με τον όρο “Ανοικτοί Εκπαιδευτικοί Πόροι” (Open Educational Resources – OER). Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι τα Ανοικτά Δεδομένα που αξιοποιούνται με οποιονδήποτε τρόπο στην εκπαίδευση, τυπική ή μη, καθίστανται αυτομάτως Ανοικτοί Εκπαιδευτικοί Πόροι. Ωστόσο, όπως θα δούμε παρακάτω, το ποσοστό τέτοιας αξιοποίησης είναι ακόμη αρκετά μικρό.

Η αξιοποίηση των Ανοικτών Δεδομένων από το ευρύ κοινό, για διάφορους σκοπούς, μπορεί να θεωρηθεί σχεδόν αυτονόητη σήμερα. Ωστόσο, υπήρξε αρχικά αρκετός σκεπτικισμός σχετικά με αυτήν την δυνατότητα. Είναι χαρακτηριστικό το ακόλουθο σχόλιο του τότε Διευθυντή του Τμήματος Πειραματικής Φυσικής του CERN, όπως παρατίθεται στο Wouters and Reddy (2003): “Κάποιοι προσπαθούν να πουν ότι πρόκειται για δημόσια δεδομένα, επομένως γιατί να μην αφήσουμε το ευρύ κοινό να συμμετάσχει σε αυτά. Από γενική άποψη, σαφώς δεν υπάρχει κάτι εναντίον αυτής

της άποψης. Το ερώτημα όμως είναι: είναι αυτό κάτι χρήσιμο, με την έννοια ότι αυξάνεται η μεταφορά της γνώσης, ή μήπως αυξάνεται η σύγχυση;”.

Έκτοτε, με την ανάπτυξη καινούριων εργαλείων για επεξεργασία μεγάλων όγκων δεδομένων και την αναγνώριση ωφελειών σε επίπεδο επιχειρηματικότητας, έρευνας, σχολείου, τοπικών κοινωνιών, διαφάνειας κ.λπ, αυτός ο σκεπτικισμός δεν υφίσταται πλέον. Σημαντικά ορόσημα προς αυτήν την κατεύθυνση υπήρξαν, μεταξύ άλλων:

- Η προώθηση της έννοιας των Ανοικτών Εκπαιδευτικών Πόρων από την UNESCO, με αφετηρία το έτος 2002, με τα Ανοικτά Δεδομένα να θεωρούνται εξ αρχής τέτοιοι πόροι,
- Η διαμόρφωση της Χάρτας των Ανοικτών Δεδομένων<sup>3</sup>. Πρόκειται για ένα σύνολο αρχών και βέλτιστων πρακτικών για τη δημοσιοποίηση κυβερνητικών ανοικτών δεδομένων (Open Government Data - OGD). Η Χάρτα εγκρίθηκε επίσημα από δεκαεπτά κυβερνήσεις χωρών, πολιτειών και πόλεων στην Παγκόσμια Σύνοδο Κορυφής της Σύμπραξης Ανοικτής Διακυβέρνησης στο Μεξικό τον Οκτώβριο του 2015. Έκτοτε, την έχουν υπογράψει και υιοθετήσει περίπου 170 εθνικές και τοπικές κυβερνήσεις από όλο τον κόσμο. Η Χάρτα αναφέρεται, μεταξύ άλλων, στην αξιοποίηση των Ανοικτών Δεδομένων στην εκπαίδευση. Πιο συγκεκριμένα, περιλαμβάνει την αρχή της «συνεργασίας με τα σχολεία και με τα ιδρύματα μετα-δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για την υποστήριξη της έρευνας πάνω στην αξιοποίηση των Ανοικτών Δεδομένων και για την ενσωμάτωση του αλφαριθμητισμού δεδομένων στα προγράμματα σπουδών» (Αρχή 6, παράγραφος 5 της Χάρτας).
- Η ανάληψη σχετικών πρωτοβουλιών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ιδιαίτερα για τα κυβερνητικά Ανοικτά Δεδομένα, όπως η Πύλη Ανοικτών Δεδομένων<sup>4</sup> (EU Open Data Portal) και η Οδηγία για τα Ανοικτά Δεδομένα στον Δημόσιο Τομέα<sup>5</sup>.

---

<sup>3</sup> Open Data Charter, <https://opendatacharter.org/principles/>

<sup>4</sup> European data, retrieved from <https://data.europa.eu/en>

<sup>5</sup> Directive (EU) 2019/1024 of the European Parliament and of the Council of 20 June 2019 on open data and the re-use of public sector information (recast), retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1561563110433&uri=CELEX:32019L1024>

Γενικότερα, ο αλφαριθμητισμός δεδομένων αποτελεί κομβικό στοιχείο του Σχεδίου Δράσης για την Ψηφιακή Εκπαίδευση<sup>6</sup> (Digital Education Action Plan) της ΕΕ.

## 10.2 Εφαρμογές εκτός εκπαίδευσης

Οι συζητήσεις και η έρευνα για τα Ανοικτά Δεδομένα συχνά επικεντρώνονται σε τεχνικά ζητήματα, όπως η παραγωγή, η αποθήκευση, η αδειοδότηση και η πρόσβαση σε αυτά. Ωστόσο, μεγαλύτερη σημασία έχουν τελικά οι πρακτικές εφαρμογές των Ανοικτών Δεδομένων, οι οποίες είναι σήμερα πολλές και διευρύνονται με γρήγορους ρυθμούς. Η συντριπτική πλειονότητα αυτών των εφαρμογών δεν έχουν σχέση με την εκπαίδευση. Παραθέτουμε ενδεικτικά ορισμένες από αυτές.

- Οι μεγάλες επιχειρήσεις μπορούν να τα αξιοποιήσουν για την ανάπτυξη καλύτερων επιχειρηματικών στρατηγικών, την ανίχνευση επιχειρηματικών κινδύνων, τον έγκαιρο εντοπισμό δυνητικών ανταγωνιστών, την ανάπτυξη καινοτόμων υπηρεσιών κ.λπ. Η μεγαλύτερη χρήση τους παρατηρείται σε τομείς όπως κατασκευές, ακίνητα, υπηρεσίες υγείας, ασφάλειες και διακυβέρνηση.
- Οι ελεγκτικοί μηχανισμοί μπορούν να εντοπίσουν περιπτώσεις εξαπάτησης, παραβιάσεων των κανόνων, επιζήμιων πρακτικών κ.λπ.
- Οι ασφαλιστικές εταιρείες τα αξιοποιούν για την αξιολόγηση κινδύνου των υποψήφιων πελατών.
- Επιστημονικοί οργανισμοί και ερευνητές σε διάφορα πεδία (ιατρική, βιολογία, φυσική, κοινωνικές επιστήμες, αρχαιολογία κ.ά.) είναι σε θέση να αποκομίσουν μεγάλα οφέλη από την ελεύθερη πρόσβαση σε δεδομένα και ερευνητικά αποτελέσματα άλλων ερευνητών και οργανισμών σε ολόκληρο τον κόσμο. Αυτό επιτρέπει στην επιστημονική έρευνα να προχωρήσει με ταχύτερους ρυθμούς, έχει δε ιδιαίτερη αξία σε ερευνητικές δράσεις που απαιτούν μεγάλο όγκο δεδομένων. Ένα καλό παράδειγμα είναι το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο

---

<sup>6</sup> Digital Education Action Plan (2021-2027), retrieved from <https://education.ec.europa.eu/focus-topics/digital-education/action-plan>

Βιοπληροφορικής<sup>7</sup> (European Bioinformatics Institute – EBI), που φιλοξενεί και διαθέτει ελεύθερα τους σημαντικότερους πόρους βιομοριακών δεδομένων στην Ευρώπη. Όπως τεκμηριώνει η μελέτη περίπτωσης του EBI, που παρατίθεται στο JISC Data Sharing Final Report (Linsey et al., 2010), οι πρακτικές κοινής χρήσης και επαναχρησιμοποίησης δεδομένων στις βιοεπιστήμες εξασφαλίζει σοβαρά πλεονεκτήματα: η εμπειρία του EBI δείχνει ότι οι επιστήμονες ή τα ιδρύματα που συνδέονται με μεγάλα κέντρα δεδομένων είναι τα πλέον ορατά μεταξύ των επιστημονικών κοινοτήτων τους.

- Ένα ενδιαφέρον πρόσφατο παράδειγμα συλλογής και ελεύθερης διάθεσης μεγάλου όγκου Ανοικτών Δεδομένων, που στην συνέχεια αξιοποιήθηκαν από άλλο ερευνητή για μία σημαντική επιστημονική ανακάλυψη, είναι η περίπτωση που περιγράφεται σε άρθρο του BBC. Ένας Μεξικανικός οργανισμός περιβαλλοντικού ελέγχου συνέλεξε μεγάλο όγκο τοπογραφικών στοιχείων μιας περιοχής της ζούγκλας του Γιουκατάν και τα διέθεσε ελεύθερα στο Διαδίκτυο. Αργότερα, ένας αρχαιολόγος που βρήκε τα δεδομένα κατά τύχη, τα ανέλυσε με μεθόδους της επιστήμης του και ανακάλυψε στην περιοχή αυτή μία χαμένη πόλη των Μάγια<sup>8</sup>.
- Τα κυβερνητικά Ανοικτά Δεδομένα (Open Government Data – OGD) αναφέρονται σε δεδομένα που παράγουν, συλλέγουν και διαθέτουν ελεύθερα στο ευρύ κοινό οι διάφοροι οργανισμοί και υπηρεσίες του δημόσιου τομέα, από τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών με τις διάφορες υπηρεσίες του, ως τις κεντρικές εθνικές κυβερνήσεις και την αποκεντρωμένη αυτοδιοίκηση όλων των βαθμίδων. Τα OGD δημιουργούν πολύ μεγαλύτερη διαφάνεια στις δημόσιες υποθέσεις και επιτρέπουν στους πολίτες να παρακολουθούν από κοντά όλες τις κυβερνητικές δράσεις. Αυτό ενδυναμώνει τους πολίτες σε μεγάλη κλίμακα, προωθεί την ανάμειξή τους στα κοινά και μπορεί να ενισχύσει την κοινωνική συνοχή και τις δημοκρατικές διαδικασίες. Η χρήση των OGD μπορεί επίσης να οδηγήσει σε σημαντική μείωση του κόστους των παρεχόμενων υπηρεσιών. Τα στοιχεία δείχνουν πως οι περισσότεροι πολίτες χρησιμοποιούν τα OGD για

---

<sup>7</sup> EMBL's European Bioinformatics Institute, <https://www.ebi.ac.uk/>

<sup>8</sup> BBC, retrieved from [Lost Mayan city found in Mexico jungle by accident](#)

θέματα υγείας, εκπαίδευσης, απασχόλησης, φόρων και οικονομικών και πληροφόρησης για βασικά προγράμματα, όπως η κοινωνική ασφάλιση (Verhulst & Young, 2016).

- Σύμφωνα με το Sun light Foundation<sup>9</sup>, 148 χώρες (στοιχεία του 2020) έχουν υιοθετήσει κάποιες πολιτικές και κανόνες για τα OGD, οι οποίες ωστόσο διαφέρουν πολύ από χώρα σε χώρα. Σύμφωνα με άλλα στοιχεία της Διεθνούς Τράπεζας<sup>10</sup> περίπου 250 κυβερνητικές αρχές όλων των επιπέδων (κεντρικό, ομόσπονδο, αυτοδιοικητικό) σε περίπου 50 χώρες έχουν υιοθετήσει συγκεκριμένες πρωτοβουλίες για την προώθηση των Ανοικτών Δεδομένων.
- Η Επιστήμη της Πληροφορικής και της Επικοινωνίας και η Επιστήμη των Δεδομένων χειρίζονται τα Ανοικτά Δεδομένα ως πολύ σημαντικό μέρος του επιστημονικού τους πεδίου. Η σχετική έρευνα αφορά ζητήματα όπως η αποτελεσματική μορφοποίηση και αποθήκευση, η γρήγορη αναζήτηση και πρόσβαση εκ μέρους των χρηστών, η οπτικοποίηση με τρόπους που καθιστούν εύληπτη την πληροφορία που περιέχεται στα δεδομένα. Επίσης, η σημασία των Ανοικτών Δεδομένων καθίσταται ακόμη μεγαλύτερη με τις πρόσφατες προόδους στον τομέα της Τεχνητής Νοημοσύνης.

Ωστόσο, οι εφαρμογές των Ανοικτών Δεδομένων στην εκπαίδευση παραμένουν ακόμη σχετικά περιορισμένες, σε μία τάξη μεγέθους 1 – 2% του συνόλου των εφαρμογών, σύμφωνα με διάφορες μελέτες. Επί πλέον, το μεγαλύτερο μέρος των εκπαιδευτικών εφαρμογών αφορούν ζητήματα που βρίσκονται εκτός της θεματολογίας της παρούσας εργασίας, όπως:

- Άτυπες εκπαιδευτικές δράσεις με αποδέκτες μετανάστες και άτομα που εμπλέκονται με την εκπαίδευση των μεταναστών ή με σχετικές ενημερωτικές δράσεις, με στόχο την καλύτερη ενσωμάτωση και την προώθηση της κοινωνικής συνοχής.

---

<sup>9</sup> Sunlight Foundation, retrieved from <https://sunlightfoundation.com/opendataguidelines/>

<sup>10</sup> World Bank Group, retrieved from [Open Data Toolkit | Open Data in 60 Seconds | Data](#)

- Διαμορφωτική αξιολόγηση των σχολικών Προγραμμάτων Σπουδών και της εν γένει διδακτικής διαδικασίας. Για παράδειγμα, ο Kippers (Kippers et al., 2018) προτείνει την ανάπτυξη δεξιοτήτων «γραμματισμού δεδομένων» (data literacy) σε εκπαιδευτικούς, με σκοπό οι τελευταίοι να μπορούν να αξιοποιήσουν Ανοικτά Δεδομένα για την βελτίωση της διδακτικής πράξης σε διάφορα επίπεδα.
- Αξιοποίηση των Ανοικτών Δεδομένων στην Γ' βάρθμια εκπαίδευση, τόσο για την εκπαίδευση των φοιτητών όσο και για την επιστημονική έρευνα. Η υιοθέτηση της ανοικτής φιλοσοφίας στη στρατηγική των ακαδημαϊκών ιδρυμάτων προσφέρει σημαντικές ευκαιρίες για την επιτάχυνση και ενδυνάμωση της επιστημονικής προόδου. Η αξιοποίηση των Ανοικτών Δεδομένων παρέχει στους ερευνητές τη δυνατότητα να αντιμετωπίσουν σύνθετα ερευνητικά ζητήματα με μεγαλύτερη ταχύτητα, αξιοποιώντας αποτελεσματικά την υπάρχουσα γνώση σε κρίσιμους τομείς. Η προσέγγιση αυτή ενισχύει την επικοινωνία και συνεργασία μεταξύ ερευνητών, τη διάχυση ερευνητικών ευρημάτων, τη μείωση των επικαλυπτόμενων ερευνητικών προσπαθειών, την προώθηση της ερευνητικής καινοτομίας. Επιπλέον, η άμεση διασύνδεση δεδομένων συμβάλλει στη μείωση του παγκόσμιου κόστους έρευνας και στην εξοικονόμηση πολύτιμου χρόνου για τους επιστήμονες, απαλλάσσοντάς τους από χρονοβόρες διαδικασίες συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων (Molloy, 2011).
- Αξιοποίηση των Ανοικτών Δεδομένων σε διαδικασίες ηλεκτρονικής μάθησης εξ αποστάσεως (e-learning), κυρίως για ενήλικες, επαγγελματική κατάρτιση και διάφορες επιμορφωτικές δράσεις. Σ' ό,τι αφορά τους εκπαιδευόμενους, η αναδιοργάνωση με στρατηγική ανοικτών δεδομένων οδηγεί στην εύκολη πρόσβαση σε πλούσιο εκπαιδευτικό υλικό και σε μικρότερο κόστος, ενώ ταυτόχρονα δημιουργούνται νέες προοπτικές σχετικά με ευέλικτες μορφές εκπαίδευσης.

Στην συνέχεια αυτού του κειμένου θα εστιάσουμε σε εφαρμογές των Ανοικτών Δεδομένων στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια εκπαίδευση, στο πλαίσιο της μαθησιακής διαδικασίας αυτής καθ' αυτήν.

### 10.3 Τα Ανοικτά Δεδομένα στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση

Παρ' ότι η αξιοποίηση των Ανοικτών Δεδομένων στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια εκπαίδευση βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο στάδιο, τα τελευταία χρόνια έχουν καταβληθεί ενδιαφέρουσες προσπάθειες προς αυτήν την κατεύθυνση. Το σημαντικότερο είναι ότι έχουν αρχίσει να γίνονται αντιληπτά τα σημαντικά πλεονεκτήματα αυτής της προσέγγισης, με αποτέλεσμα να πληθαίνουν, αργά αλλά σταθερά, τόσο τα ερευνητικά έργα με αυτό το αντικείμενο, όσο και οι σχετικές πρωτοβουλίες εκπαιδευτικών μέσα στα σχολεία.

Ένας κεντρικός άξονας σε όλες τις προσεγγίσεις αξιοποίησης των Ανοικτών Δεδομένων στην εκπαίδευση είναι η **αύξηση των κινήτρων για τους μαθητές**. Τα κίνητρα είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχία σε κάθε ανθρώπινη προσπάθεια, ιδιαίτερως δε σε εκπαιδευτικά θέματα. Η παρακίνηση είναι η δύναμη που ενθαρρύνει τους μαθητές να αντιμετωπίσουν όλες τις δυσκολίες και τις προκλήσεις που ενέχει η μαθησιακή διαδικασία.

Στην διεθνή βιβλιογραφία έχουν προταθεί διάφορες θεωρίες παρακίνησης, σε σχέση με τα είδη των κινήτρων που κινητοποιούν τους ανθρώπους στις ενέργειές τους. Ειδικότερα στον τομέα της μάθησης, αναφέρουμε ενδεικτικά τις ακόλουθες θεωρίες και την σχέση τους με τα Ανοικτά Δεδομένα.

- **Θεωρία της ενδογενούς και εξωγενούς παρακίνησης.** Η ενδογενής παρακίνηση αφορά δραστηριότητες που γίνονται μόνο για τη δική μας ικανοποίηση, χωρίς την προσδοκία κάποιας εξωτερικής αμοιβής. Η πρόκληση, η περιέργεια, ο έλεγχος και η φαντασία είναι οι βασικοί παράγοντες που πυροδοτούν τα εσωτερικά κίνητρα. Σε αντιδιαστολή, τα εξωγενή κίνητρα αφορούν εξωτερικές (ως προς την μάθηση) δραστηριότητες, όπως η ανταμοιβή, ο εξαναγκασμός και η τιμωρία. Αυτό το είδος κινήτρων παρέχει υψηλό επίπεδο δύναμης, θέλησης και δέσμευσης, χωρίς όμως να μπορεί να

διατηρηθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα. Το κίνητρο ωστόσο, μπορεί να καλλιεργηθεί εξωγενώς στο αρχικό στάδιο και να μετατραπεί σε εσωτερικό κίνητρο στην συνέχεια, καθώς η μαθησιακή διαδικασία βαθιάνει. Τόσο τα εσωτερικά όσο και τα εξωτερικά κίνητρα έχουν τα δικά τους μοναδικά χαρακτηριστικά για την παρακίνηση των μαθητών και είναι απαραίτητα στη μαθησιακή διαδικασία. Σε αυτό το πλαίσιο αναφοράς, τα Ανοικτά Δεδομένα μπορούν, κατά περίπτωση, να λειτουργήσουν είτε ως εσωτερική παρακίνηση (π.χ, διεγείροντας την περιέργεια και την φαντασία των μαθητών) είτε ως εξωτερική (π.χ, δημιουργώντας την αίσθηση ότι η επεξεργασία Ανοικτών Δεδομένων που τους αφορούν άμεσα θα μπορούσε να αποδώσει πρακτικά οφέλη για αυτούς).

- **Θεωρία του αυτοπροσδιορισμού.** Αποτελεί εξέλιξη της θεώρησης των εσωτερικών και εξωτερικών κινήτρων. Σε αυτή την περίπτωση, το εσωτερικό κίνητρο απεικονίζει τη φυσική τάση του ανθρώπου να περιλαμβάνει διάφορα χαρακτηριστικά στη διαδικασία μάθησης, ενώ το εξωτερικό κίνητρο εξελίσσεται από τον εξωτερικό έλεγχο στην πραγματική αυτορρύθμιση, ως έκφραση βούλησης και ελευθερίας.
- **Μοντέλο ARCS,** από τα αρχικά των λέξεων Προσοχή (Attention), Συνάφεια (Relevance), Εμπιστοσύνη (Confidence) και Ικανοποίηση (Satisfaction). Προτείνεται ως ένας συστηματικός τρόπος προσδιορισμού και αντιμετώπισης των κινήτρων μάθησης. Πρώτον, η προσέλκυση της προσοχής των μαθητών είναι πολύ σημαντική για να κερδίσουν και να διατηρήσουν την εμπλοκή τους στη μάθηση. Δεύτερον, συνδέεται το υλικό με τις ανάγκες και τους στόχους των εκπαιδευομένων και γεφυρώνεται το χάσμα μεταξύ θεωρίας και πράξης. Στη συνέχεια, η εμπιστοσύνη σχετίζεται με το συναίσθημα και την προσδοκία των μαθητών, προσφέροντας ευκαιρίες επιτυχίας μέσω προκλητικών αλλά εφικτών εργασιών. Τέλος, το θετικό συναίσθημα σχετικά με τη μαθησιακή διαδικασία και την αποκτηθείσα γνώση οδηγεί στην ικανοποίηση ως ολοκλήρωση της όλης μαθησιακής διαδικασίας και παρέχει ευκαιρίες εφαρμογής των νέων γνώσεων. Οι μαθητές μπορούν να παρακινηθούν σε ακόμη μεγαλύτερο βαθμό μέσω της χρήσης ελκυστικού και διεγερτικού μαθησιακού υλικού, π.χ κατάλληλα

δομημένων και απεικονισμένων Ανοικτών Δεδομένων που έχουν συνάφεια με την ζωή τους και τις εμπειρίες τους.

- **Θεωρία της κοινωνικής μάθησης** του Bandura (1977). Εφαρμόζεται σε διάφορα πεδία όπως στην ψυχολογία, την επικοινωνία, την εκπαίδευση κ.λπ, συνδυάζοντας στοιχεία του συμπεριφορικού και του γνωσιακού μοντέλου. Ειδικότερα στην εκπαίδευση, βασικός παράγων μάθησης θεωρείται η επικοινωνία και αλληλεπίδραση του ατόμου με την κοινωνία και το περιβάλλον του, κάτι που στην σύγχρονη εποχή περιλαμβάνει βεβαίως το Διαδίκτυο.

Μία άλλη ενδιαφέρουσα έννοια που απασχολεί την παιδαγωγική έρευνα είναι αυτή της **αυθεντικότητας στην μάθηση**. Η κεντρική παραδοχή των υποστηρικτών της αυθεντικότητας είναι ότι το πλαίσιο εντός του οποίου λαμβάνει μέρος η μαθησιακή διαδικασία αποτελεί αναπόσπαστη προϋπόθεση της ουσιαστικής μάθησης (Zerke & Leach, 2005). Αρκετοί ερευνητές θεωρούν ότι η εξέλιξη της λεγόμενης «τυπικής εκπαίδευσης» έχει μειώσει κατά πολύ την αυθεντικότητα στην μαθησιακή διαδικασία. Μεταξύ άλλων, η τυπική εκπαίδευση εστιάζει σε δομημένο περιεχόμενο, αφαιρετικές διαδικασίες, εξωγενή κίνητρα και αυστηρές αξιολογήσεις. Η ανάπτυξη της τυπικής εκπαίδευσης, όπως την γνωρίζουμε σήμερα, ήταν ιστορικά απαραίτητη προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος της καθολικής πρόσβασης στις εγκύκλιες σπουδές, ωστόσο ήταν αναπόφευκτο να περιορίσει την αυθεντικότητα που ενυπήρχε σε παλαιότερες, μη τυπικές μαθησιακές διαδικασίες, όπως η μαθητεία σε συντεχνίες ή οι κοινότητες πρακτικής των μικρών αγροτικών κοινοτήτων. Ως αντιστάθμισμα, προτείνονται διάφοροι τρόποι επανεισαγωγής της αυθεντικότητας στην τυπική εκπαίδευση, όπως για παράδειγμα η ανάπτυξη και λειτουργία κοινοτήτων μάθησης και πρακτικής μέσα στα σχολεία, πιθανόν με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά για κάθε γνωστικό αντικείμενο.

Έχει ενδιαφέρον να συγκρίνουμε την μαθησιακή αξία των προσομοιώσεων, όπως τα εικονικά εργαστήρια, με αυτήν δραστηριοτήτων που βασίζονται σε Ανοικτά Δεδομένα του πραγματικού κόσμου. Μία καλά σχεδιασμένη προσομοίωση μπορεί να έχει καλά αποτελέσματα, εξαλείφοντας παράλληλα την «ακαταστασία» που ενυπάρχει στην συλλογή πραγματικών δεδομένων. Ωστόσο, πολλοί ερευνητές (de

Jong et al., 2015), επισημαίνουν ότι η απώλεια της αυθεντικότητας μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τη μάθηση. Η αυθεντικότητα των Ανοικτών Δεδομένων προσδίδει σε αυτά σημαντική εκπαιδευτική αξία, διότι προέρχονται από δράσεις του πραγματικού κόσμου και οργανωτικές πρακτικές πραγματικών επαγγελματιών. Ακόμη και ενδεχόμενα λάθη στην συλλογή ή την επεξεργασία των δεδομένων έχουν την δική τους μαθησιακή αξία. Βεβαίως, η απλή χρήση Ανοικτών Δεδομένων δεν δημιουργεί από μόνη της πλήρως αυθεντική μάθηση (αυτό προϋποθέτει ευρύτερα χαρακτηριστικά, όπως η αλληλεπίδραση με κοινότητες και οι αυθεντικές αξιολογήσεις), ωστόσο προσφέρει ένα πολύ καλό σημείο εκκίνησης.

Μία γνωστική περιοχή με ιδιαίτερα μεγάλες δυνατότητες αξιοποίησης των Ανοικτών Δεδομένων είναι αυτή της **Επιστήμης των Δεδομένων** (Data Science). Στην πραγματικότητα πρόκειται για ένα διαθεματικό πεδίο, που μπορεί να οριστεί ως η τέχνη παραγωγής πληροφορίας και γνώσης από ακατέργαστα δεδομένα διαφόρων τύπων και προελεύσεων. Η καλλιέργεια τέτοιων δεξιοτήτων στους μαθητές αποτελεί κεντρικό ζητούμενο των σύγχρονων παιδαγωγικών προσεγγίσεων και των Προγραμμάτων Σπουδών των προηγμένων εκπαιδευτικών συστημάτων ανά τον κόσμο. Οι δεξιότητες αυτές, που περιγράφονται με τον όρο **Γραμματισμός Δεδομένων** (Data Literacy), μπορούν στην συνέχεια να εφαρμοσθούν σε μία σειρά ειδικότερων γνωστικών πεδίων, όπως Πληροφορική, Μαθηματικά (ιδίως στις πιθανότητες και την στατιστική), Φυσική, Κοινωνιολογία, Γεωγραφία κ.λπ.

Αξίζει να επισημανθεί ένα σημείο-κλειδί, σε θεωρητικό και πρακτικό επίπεδο, τόσο για την Επιστήμη των Δεδομένων όσο και για την παιδαγωγική αξιοποίηση των Ανοικτών Δεδομένων: η διάκριση μεταξύ *δεδομένων* και *πληροφορίας*. Η έννοια των δεδομένων αναφέρεται στην συλλογή τιμών για διάφορα μεγέθη. Οι τιμές αυτές μπορούν να διαθέτουν πλαίσιο αναφοράς, δομή κ.λπ, αλλά σε τελική ανάλυση δεν είναι κάτι περισσότερο από ένα σύνολο αριθμών. Η έννοια της πληροφορίας αναφέρεται στην κατανόηση των δεδομένων, ώστε να αποδοθεί ερμηνεία και νόημα σε αυτά. Μία επέκταση της παραπάνω διάκρισης βρίσκουμε στην λεγόμενη «πυραμίδα DIKW», όπου τα 4 αγγλικά γράμματα αναφέρονται στις έννοιες δεδομένα (data), πληροφορία (information), γνώση (knowledge) και σοφία (wisdom).



**Εικόνα 20. Η πυραμίδα DIKW. Russ Ackoff "From Data to Wisdom"**

Στο σημείο αυτό, είναι καλό να τονιστεί ένα βασικό στοιχείο σε σχέση με την αξιοποίηση Ανοικτών Δεδομένων στην μαθησιακή διαδικασία: τα Ανοικτά Δεδομένα δεν αποτελούν αυτοσκοπό ή πανάκεια, αλλά ένα εξαιρετικό εργαλείο που μπορεί να αξιοποιηθεί στο πλαίσιο διαφόρων παιδαγωγικών προσεγγίσεων. Τα Ανοικτά Δεδομένα δεν υποκαθιστούν τις θεωρίες μάθησης και τις διδακτικές μεθόδους αλλά τις υπηρετούν και τις υποστηρίζουν. Στην πράξη, υπάρχουν διδακτικές μεθοδολογίες που είναι από την φύση τους περισσότερο κατάλληλες από άλλες για να ξεκλειδώσουν τις πλήρεις δυνατότητες που προσφέρουν τα Ανοικτά Δεδομένα.

Μία τέτοια μεθοδολογία είναι η Μάθηση Βασισμένη στο Πρόβλημα (Problem-Based Learning, PBL), που επιτρέπει στους μαθητές να εργαστούν πάνω σε πραγματικά προβλήματα, μέσα σε ένα πρότζεκτ που μπορεί να διαρκέσει αρκετές εβδομάδες ή και μήνες, έχοντας τον έλεγχο του τι κάνουν και αναπτύσσοντας μία σειρά από δημιουργικές δεξιότητες. Η προσέγγιση αυτή εξυπηρετείται από τον λεγόμενο "κύκλο PPDAC", ένα πλαίσιο που ενθαρρύνει τους μαθητές να εφαρμόσουν την επιστημονική μέθοδο μέσα από πέντε (5) επαναλαμβανόμενες φάσεις: Πρόβλημα, Σχέδιο, Δεδομένα, Ανάλυση, Συμπεράσματα. Στην πρώτη φάση προσδιορίζεται και ορίζεται το πρόβλημα, καθορίζεται ο πληθυσμός-στόχος και οι μεταβλητές ενδιαφέροντος, και διατυπώνονται υποθέσεις και προβλέψεις. Στη φάση του Σχεδιασμού αναπτύσσεται η στρατηγική για τη συλλογή και ανάλυση των δεδομένων, επιλέγονται οι μέθοδοι και εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν και καθορίζεται ο τρόπος μέτρησης των μεταβλητών. Στη συνέχεια, συλλέγονται τα

δεδομένα από διάφορες πηγές και γίνεται η απαραίτητη διαχείριση και οργάνωση τους ώστε να περάσουμε στην επόμενη φάση, τη φάση της Ανάλυσης. Σε αυτό το στάδιο εφαρμόζονται κατάλληλες τεχνικές και μέθοδοι ανάλυσης, δημιουργούνται γραφήματα και οπτικοποιήσεις και αναζητούνται μοτίβα και σχέσεις στα δεδομένα. Τέλος, στη φάση των Συμπερασμάτων ερμηνεύονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης, εξάγονται συμπεράσματα σχετικά με το αρχικό πρόβλημα, επικοινωνούνται τα ευρήματα και προτείνονται περαιτέρω ενέργειες. Ο κύκλος PPDAC προσφέρει ένα ισχυρό και ευέλικτο πλαίσιο για την οργάνωση και διεξαγωγή έργων ανάλυσης δεδομένων, προωθώντας παράλληλα σημαντικές δεξιότητες και πρακτικές που βελτιώνουν την ποιότητα της έρευνας και των αποτελεσμάτων.

Άλλες προσεγγίσεις που ευνοούνται από τα Ανοικτά Δεδομένα είναι η **συνεργατική μάθηση**, με τους μαθητές να εργάζονται σε ομάδες (συνήθως των 2 ή 3 ατόμων) και η **εξατομικευμένη μάθηση**, για παράδειγμα όταν δίνεται στον μαθητή η δυνατότητα να επιλέξει ο ίδιος τα προς διερεύνηση ερωτήματα, την μεθοδολογία της έρευνας και τα δεδομένα στα οποία θα βασιστεί.

Ένα ζήτημα που επηρεάζει σημαντικά την δυνατότητα αξιοποίησης των Ανοικτών Δεδομένων είναι η ποιότητά τους. Αυτό είναι κάτι που αφορά όλα τα πεδία εφαρμογής τους, αλλά αποκτά ιδιαίτερη σημασία σε ένα πεδίο τόσο ευαίσθητο και απαιτητικό όσο η εκπαίδευση. Στην διεθνή βιβλιογραφία έχουν προταθεί διάφοροι τρόποι μέτρησης και βελτίωσης της ποιότητας των Ανοικτών Δεδομένων, όπως για παράδειγμα το πλαίσιο που προτείνουν ο Vetrò και οι συνεργάτες του (2016), με ένα σύνολο 14 μετρικών που κατανέμονται σε 7 γενικά χαρακτηριστικά: ιχνηλασιμότητα, ορθότητα, χρονική πτυχή, πληρότητα, συμμόρφωση, σαφήνεια και ακρίβεια.

Καθοριστικοί παράγοντες στην δυνατότητα αξιοποίησης των Ανοικτών Δεδομένων είναι επίσης η εύκολη **προσβασιμότητα** σε αυτά και ο **τρόπος παρουσίασής** τους. Επειδή οι δυνητικοί χρήστες (εκπαιδευτικοί και μαθητές) εν γένει δεν είναι ειδήμονες σε ζητήματα γραμματισμού δεδομένων, είναι σημαντικό να μπορούν να βρουν σχετικά εύκολα τα δεδομένα που τους είναι χρήσιμα, καθώς επίσης να μπορούν να τα δουν μπροστά τους με παραστατικούς τρόπους που τα καθιστούν εύληπτα και μεταδίδουν με σαφήνεια την πληροφορία που κρύβεται πίσω

από τους αριθμούς. Προς αυτήν την κατεύθυνση, αρκετοί ερευνητές έχουν αναπτύξει πειραματικές ψηφιακές πλατφόρμες για να διευκολύνουν και να παρέχουν εύκολη πρόσβαση σε Ανοικτά Δεδομένα για την εκπαίδευση. Για παράδειγμα, οι Friberger και Togelius (2012a, b) επινόησαν ένα παιχνίδι (Open Data Monopoly), που επιτρέπει την κατάλληλη οπτικοποίηση Ανοικτών Δεδομένων σχετικών με χώρες, πόλεις και γειτονιές, ώστε να διευκολύνουν τους μαθητές στην αξιοποίηση αυτών των δεδομένων μέσα στο μάθημα. Σε ένα άλλο παράδειγμα, οι Chiotaki και Karpouzis (2020) σχεδίασαν ένα παιχνίδι καρτών με στόχο την διδασκαλία περιβαλλοντικών θεμάτων σε μαθητές των πρώτων τάξεων του δημοτικού σχολείου, αξιοποιώντας Ανοικτά Δεδομένα. Γενικότερα, βασισμένοι σε αρκετά παραδείγματα και μελέτες, μπορούμε να πούμε ότι:

- Οι οπτικοποιήσεις αποτελούν έναν αποτελεσματικό τρόπο αλληλεπίδρασης με μεγάλες ποσότητες δεδομένων από διάφορα πεδία. Όσον αφορά τα Ανοικτά Δεδομένα, τα κατάλληλα εργαλεία οπτικοποίησης (π.χ διαγράμματα, γεωγραφικοί χάρτες κ.λπ) μπορούν να βελτιώσουν κατά πολύ τόσο την διάθεση ενασχόλησης των μαθητών όσο και την κατανόηση εκ μέρους τους αυτών των δεδομένων.
- Η παιγνιώδης προσέγγιση μπορεί να εφαρμοστεί στα Ανοικτά Δεδομένα με πολύ καλά αποτελέσματα, παρέχοντας χρήσιμες, ελκυστικές και αυθεντικές εκπαιδευτικές εμπειρίες.

Στην συνέχεια θα δούμε κάπως αναλυτικότερα συγκεκριμένα παραδείγματα αξιοποίησης Ανοικτών Δεδομένων στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια εκπαίδευση, καθώς και παραδείγματα σχετικών μελετών από την διεθνή βιβλιογραφία.

#### 10.4 Επιλεγμένα παραδείγματα αξιοποίησης στην τάξη και σχετικών ερευνητικών εργασιών

Στην Ιταλία, η πύλη δεδομένων Open Coesione<sup>11</sup> αποτελεί ένα αποθετήριο Ανοικτών Δεδομένων σχετικών με τα δημόσια έργα στην χώρα και το πώς αυτά

---

<sup>11</sup> Open Coesione – Πύλη Ανοικτής Συνοχής <http://opencoessione.gov.it/>

σχεδιάζονται, εκτελούνται και χρηματοδοτούνται. Στην πύλη έχουν αναρτηθεί ως τώρα ανοικτά δεδομένα για περίπου 2.000.000 έργα. Τα δεδομένα μπορούν να εξερευνηθούν ελεύθερα και διαδραστικά από όλους, με την χρήση χαρτών, φίλτρων και λεπτομερών δελτίων για τα έργα και τους αποδέκτες της χρηματοδότησης.

Η πύλη υλοποιήθηκε ως μέρος της στρατηγικής για την ανοικτή διακυβέρνηση και την σύγκλιση, ωστόσο έγινε γρήγορα κατανοητό ότι μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί στην εκπαίδευση. Έτσι, το 2013 ξεκίνησε το Scuola di Open Coesione (ASOC) - Σχολή Ανοικτής Συνοχής, ως εκπαιδευτική πρωτοβουλία για την Ιταλική Δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Το ASOC στοχεύει στην ενεργή προώθηση της χρήσης και επαναχρησιμοποίησης των Ανοικτών Δεδομένων της πύλης Open Coesione, ως βάση για την ανάπτυξη της ευαισθητοποίησης και εμπλοκής των πολιτών. Η εφαρμογή των Ανοικτών Δεδομένων σε πραγματικές δημόσιες παρεμβάσεις μπορεί να τονώσει τη δημιουργία μιας «ενημερωμένης και εποπτεύουσας πολιτειότητας». Κατά συνέπεια, το ASOC αφορά την Αγωγή του Πολίτη και μπορεί να συμπληρώσει το τυπικό πρόγραμμα σπουδών του Λυκείου σε αυτόν τον τομέα.

Μία εφαρμογή του ASOC στο σχολείο ξεκινά με την επιλογή ενός δημόσιου έργου, συνήθως σημαντικού για την τοπική κοινωνία. Ακολουθούν έξι (6) μαθησιακές συνεδρίες: τέσσερα (4) μαθήματα πάνω σε δημόσιες πολιτικές, ανάλυση ανοικτών δεδομένων, δημοσιογραφία δεδομένων και «παρακολούθηση από τους πολίτες» της δημόσιας χρηματοδότησης, μία επιτόπια επίσκεψη στο επιλεγμένο δημόσιο έργο (συμπεριλαμβανομένων συνεντεύξεων με βασικούς παράγοντες που εμπλέκονται στην υλοποίησή τους) και μία τελική εκδήλωση όπου οι μαθητές συναντούν παράγοντες τοπικών κοινοτήτων και φορέων χάραξης πολιτικής για να συζητήσουν τα ευρήματα των ερευνών τους. Οι μαθητές χρησιμοποιούν ποσοτικές και ποιοτικές μεθόδους έρευνας για να χειριστούν τα δεδομένα. Χρησιμοποιούν επίσης μία συγκεκριμένη μεθοδολογία<sup>12</sup> που έχει αναπτυχθεί από την ιταλική κοινωνία των

---

<sup>12</sup> Monithon – Μαραθώνιος Παρακολούθησης, μια πρωτοβουλία που προωθεί την παρακολούθηση της πολιτικής συνοχής από τους πολίτες μέσω της ενεργού συμμετοχής των κοινοτήτων και μιας κοινής μεθοδολογίας, πχ οι συμμετέχοντες συγκεντρώνουν χρήσιμο υλικό με σκοπό να αξιολογήσουν την αποτελεσματικότητα των δημόσιων δαπανών και να εφαρμόσουν μεθόδους για την άσκηση ελέγχου επί των δημόσιων πολιτικών από κάτω προς τα πάνω. <https://www.monithon.eu/en/>

πολιτών, για την συλλογή συγκρίσιμων, ποιοτικών δεδομένων σχετικά με την πρόοδο και τα αποτελέσματα των δημόσιων έργων.

Στο ASOC συμμετέχουν πολλές δεκάδες σχολείων σε κάθε σχολικό έτος από το 2013 έως σήμερα, ενώ από το 2019 υπάρχει συμμετοχή σχολείων και από άλλες χώρες (ανάμεσά τους η Ελλάδα), με χρήση μίας έκδοσης του ASOC στα αγγλικά. Από τα ερωτηματολόγια που συμπληρώθηκαν στα πρώτα έτη εφαρμογής, προκύπτει ότι η οργάνωση των δραστηριοτήτων σε μορφή σχεδίου project, με φιλόδοξους στόχους και σαφώς καθορισμένους ρόλους παρόμοιους με αυτούς που συναντάμε σε μια ειδησεογραφική αίθουσα σύνταξης, είναι η πτυχή του ASOC που καθηγητές και μαθητές εκτιμούν περισσότερο. Κάτι που ιδιαίτερα κίνησε το ενδιαφέρον των μαθητών ήταν η ευκαιρία να εντοπίσουν, να αποκτήσουν εξοικείωση και να αλληλεπιδράσουν με τα διαθέσιμα ανοικτά δεδομένα. Από την άλλη πλευρά, η μεγαλύτερη δυσκολία που αντιμετώπισαν οι συμμετέχοντες ήταν η ομαλή ενσωμάτωση αυτών των δραστηριοτήτων στο τυπικό πρόγραμμα σπουδών, καθώς αυτή αποδείχθηκε πολύ πιο χρονοβόρα για τα σχολεία από ότι αναμενόταν (σχεδόν διπλάσιες ώρες). Αυτό αφ' ενός αποδεικνύει το υψηλό επίπεδο κινήτρων και ενθουσιασμού για τις προτεινόμενες δραστηριότητες, αφ' ετέρου δημιουργεί την ανάγκη για καλύτερη ισορροπία σε σχέση με την ένταξη του ASOC στα τυποποιημένα προγράμματα σπουδών.

Οι ερευνητές Manca et al (2017) διερεύνησαν θεωρητικά το ερώτημα ποιες παιδαγωγικές προσεγγίσεις θα μπορούσαν να υιοθετηθούν σε υποστηριζόμενες από την τεχνολογία παρεμβάσεις που αφορούν τη διδασκαλία και τη μάθηση για άτομα που είναι μετανάστες ή πρόσφυγες. Περαιτέρω, εξέτασαν ποιους ρόλους θα μπορούσαν να διαδραματίσουν τα Ανοικτά Δεδομένα στην παραπάνω διαδικασία διδασκαλίας και μάθησης. Η πρόβλεψή τους ήταν ότι μια κριτική παιδαγωγική προσέγγιση, όπως αυτή που περιγράφεται από τον Zembylas (2013), θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων που βασίζονται στη χρήση Ανοικτών Δεδομένων από σενάρια του πραγματικού κόσμου, με θετικά αποτελέσματα για την καλλιέργεια της κοινωνικής συνοχής σε ένα πολύπλοκο και αβέβαιο περιβάλλον.

Με τον όρο «κριτική παιδαγωγική» (που βασίζεται στο θεωρητικό έργο του παιδαγωγού Paulo Freire<sup>13</sup>), εννοούμε εκπαιδευτικές εμπειρίες που προωθούν τον μετασχηματισμό και την ενδυνάμωση των εκπαιδευόμενων και οι οποίες εκθέτουν τις δυναμικές εξουσίας που διαιωνίζουν την κοινωνική αδικία. Η υπόθεση των ερευνητών είναι ότι ο εντοπισμός και η ανάλυση κατάλληλων Ανοικτών Δεδομένων θα μπορούσε να παράσχει τα μέσα για την ανάδειξη των κοινωνικο-πολιτισμικών δυναμικών εξουσίας, καθιστώντας τις σχετικές πληροφορίες ορατές και κατανοητές στους εκπαιδευόμενους.

Στο πλαίσιο της εκπαίδευσης, τα Ανοικτά Δεδομένα θα πρέπει να θεωρηθούν ως Ανοικτοί Εκπαιδευτικοί Πόροι, ένας όρος που προτάθηκε για πρώτη φορά από την UNESCO το 2002 για να περιγράψει «διδακτικό, μαθησιακό ή ερευνητικό υλικό που είναι κοινό κτήμα ή έχει κυκλοφορήσει με άδεια πνευματικής ιδιοκτησίας που επιτρέπει την ελεύθερη χρήση, προσαρμογή και διανομή του». Κατά συνέπεια, τέτοια δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εμπλοκή των μαθητών σε συνεργατικές δραστηριότητες με στόχο την κριτική ανάλυση σύγχρονων προβλημάτων του πραγματικού κόσμου.

Οι ερευνητές τονίζουν επίσης, ότι η ικανότητα ερμηνείας των ακατέργαστων δεδομένων μπορεί να θεωρηθεί ως κλειδί για την ανάπτυξη των εγκάρσιων δεξιοτήτων σε πέντε μαθησιακούς τομείς, όπως τους όρισε η UNESCO το 2015: **κριτική και καινοτόμο σκέψη, διαπροσωπικές δεξιότητες, ενδοπροσωπικές δεξιότητες, παγκόσμια πολιτειότητα και αλφαριθμητισμό των μέσων και της πληροφορίας.** Οι δεξιότητες αυτές, μαζί με τις βασικές και εξειδικευμένες δεξιότητες, είναι απαραίτητες για την ολιστική ανάπτυξη του ατόμου.

Σύμφωνα με τους Saddiqa et al., (2019) τα Ανοικτά Δεδομένα μπορούν να αξιοποιηθούν ως βασικοί πόροι για την ενίσχυση της κατανόησης των δεδομένων και της πληροφορίας από τους μαθητές, προάγοντας παράλληλα την κριτική σκέψη και την δεοντολογία. Πολύ σημαντικός παράγοντας για την εισαγωγή των Ανοικτών Δεδομένων στα σχολεία είναι η οπτική των εκπαιδευτικών ως προς τους τρόπους

---

<sup>13</sup> Pedagogy of the Oppressed - Η μόρφωση είναι άσκηση ελευθερίας, ένα όπλο για κοινωνική αλλαγή, για την καλλιέργεια μιας ταυτότητας που θα επιτρέψει στους ανθρώπους να αντιλαμβάνονται, να ερμηνεύουν, να κριτικάρουν και τελικά να μεταμορφώνουν τον γύρω τους κόσμο.

εισαγωγής και αξιοποίησης και τον πιθανό αντίκτυπο στους μαθητές. Οι ερευνητές εξέτασαν αυτόν τον παράγοντα στο πλαίσιο ενός προγράμματος μαθησιακής αξιοποίησης των Ανοικτών Δεδομένων της πόλεως της Κοπεγχάγης. Αξίζει να σημειωθεί ότι η πρωτεύουσα της Δανίας θεωρείται από τις κορυφαίες παγκοσμίως στην συλλογή, διάθεση και χρήση δεδομένων με μεγάλο όγκο και καλή ποιότητα και στην παροχή ψηφιακών υπηρεσιών.

Στο πρόγραμμα συμμετείχαν μαθητές 12-13 ετών από 6 σχολεία. Οι μαθησιακές δραστηριότητες που υλοποιήθηκαν αφορούσαν 4 διδακτικές περιοχές: Φυσικές Επιστήμες, Μαθηματικά, Κοινωνικές Επιστήμες και Γεωγραφία. Τα δεδομένα προέρχονταν από τις δύο κύριες πηγές Ανοικτών Δεδομένων για την Κοπεγχάγη, Open Data DK<sup>14</sup> και Open Data Copenhagen<sup>15</sup>.

Οι ερευνητές συγκέντρωσαν στοιχεία για τον αντίκτυπο στους μαθητές και την οπτική των εκπαιδευτικών τόσο μέσω παρατήρησης των μαθησιακών δραστηριοτήτων όσο και μέσω συνεντεύξεων. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στους τρόπους οπτικοποίησης των δεδομένων. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, εκτός από έτοιμα Ανοικτά Δεδομένα, αξιοποιήθηκαν επίσης δεδομένα πραγματικού χρόνου από αισθητήρες μέσα στην πόλη, κάτι που παραπέμπει στο Internet of Things, για τη γεφύρωση του χάσματος μεταξύ της αφηρημένης γνώσης και της εφαρμογής στον πραγματικό κόσμο.

Από την ανάλυση των στοιχείων που συγκεντρώθηκαν φαίνεται ότι οι εκπαιδευτικοί είναι γενικά ιδιαίτερα θετικοί στην ιδέα της αξιοποίησης συνόλων δεδομένων του πραγματικού κόσμου για τη διδασκαλία διαφόρων μαθημάτων. Επισημαίνουν επίσης, ότι αυτό καθιστά σχετικά εύκολη την συσχέτιση των διδακτικών αντικειμένων με την πραγματική ζωή, προσελκύοντας έτσι το ενδιαφέρον των μαθητών. Διδάσκοντας τους μαθητές πώς να χειρίζονται και να αναλύουν τα Ανοικτά Δεδομένα της πόλης για να φθάσουν σε πρακτικά συμπεράσματα, επιτρέπει την οικοδόμηση μαθησιακών αποτελεσμάτων υψηλότερου επιπέδου. Είναι ενδεικτικές δύο απαντήσεις εκπαιδευτικών της έρευνας:

---

<sup>14</sup> <http://www.opendata.dk/>

<sup>15</sup> <https://data.kk.dk/>

«Ο,τιδήποτε σχετίζεται με την καθημερινή ζωή των μαθητών τραβάει εύκολα την προσοχή τους, και αν οι εκπαιδευτικοί το βρίσκουν επίσης ενδιαφέρον και διασκεδαστικό τότε όλα πηγαίνουν ρολόι»

«Οι μαθητές μπορούν εύκολα να δεχτούν την εισαγωγή ενός νέου εργαλείου ή τεχνολογίας. Είναι πάντα ενθουσιασμένοι να δουλεύουν με νέα και διαφορετικά εργαλεία. Αρκεί βέβαια να κατανοήσουμε αυτά τα εργαλεία».

Στα συμπεράσματα περιλαμβάνονται επίσης η διαπίστωση ότι τα Ανοικτά Δεδομένα μπορούν να αξιοποιηθούν στο πλαίσιο αρκετών διαφορετικών διδακτικών αντικειμένων, η συνεισφορά τους στην ευαισθητοποίηση των μαθητών για διάφορα κοινωνικά και πολιτικά ζητήματα, η προστιθέμενη αξία της συλλογής δεδομένων από αισθητήρες, η μεγάλη σημασία της κατάλληλης οπτικοποίησης κ.λπ. Αναφέρθηκαν επίσης μία σειρά από εμπόδια, με σημαντικότερα τις περιορισμένες γνώσεις των εκπαιδευτικών πάνω στα Ανοικτά Δεδομένα και τα εργαλεία οπτικοποίησης και τις δυσκολίες που δημιουργεί ο μεγάλος όγκος των αφιτράριστων δεδομένων.

Στο άρθρο «*Open Data as Open Educational Resources: Towards transversal skills and global citizen ship*», οι ερευνητές (Atenas et al., 2015) αναφέρουν ότι ακατέργαστα ή επεξεργασμένα Ανοικτά Δεδομένα διατίθενται πλέον όλο και περισσότερο από διεθνείς οργανισμούς, κυβερνήσεις, ΜΚΟ και ακαδημαϊκά ερευνητικά ιδρύματα. Η κριτική ενασχόληση με αυτά τα δεδομένα, στο πλαίσιο κατάλληλα αναμορφωμένων Προγραμμάτων Σπουδών της Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, μπορεί να αναπτύξει/ καλλιεργήσει στους μαθητές τις εγκάρσιες δεξιότητες που ορίζει και περιγράφει η UNESCO (2015, 2016), καθώς επίσης να τους ενθαρρύνει να ασχολούνται συχνότερα και δημιουργικότερα με τις ανάγκες της κοινωνίας γύρω τους. Επίσης, με βάση μία ευρεία επισκόπηση της διεθνούς έρευνας, συνοψίζουν ένα σύνολο σημαντικών δεξιοτήτων που οι μαθητές μπορούν να καλλιεργήσουν στο πλαίσιο μαθησιακών δραστηριοτήτων που βασίζονται σε ερευνητικές μεθοδολογίες και αξιοποιούν Ανοικτά Δεδομένα ως ανοικτούς εκπαιδευτικούς πόρους: **κριτική σκέψη, επιμέλεια δεδομένων** (ανάλυση, διαχείριση, οπτικοποίηση κ.λπ), **ερευνητικές δεξιότητες, στατιστικός αλφαριθμητισμός, δεξιότητες ομαδικής εργασίας και παγκόσμια πολιτειότητα.**

Οι ερευνητές παραθέτουν μία σειρά παραδειγμάτων αξιοποίησης Ανοικτών Δεδομένων στην εκπαίδευση, σε αρκετές χώρες της Ευρώπης και της Αμερικής. Οι συντελεστές αυτών των παραδειγμάτων συμπλήρωσαν ερωτηματολόγια στο πλαίσιο της έρευνας, από τα οποία προκύπτουν σαφώς τα δυνητικά οφέλη των Ανοικτών Δεδομένων σε σχέση με τις προαναφερθείσες δεξιότητες. Από την άλλη, οι απαντήσεις στα ερωτηματολόγια φανερώνουν επίσης έναν βαθμό σύγχυσης ως προς την έννοια των Ανοικτών Δεδομένων και των τρόπων αξιοποίησης αυτών στην εκπαίδευση.

## 10.5 Συμπεράσματα αναφορικά με την αξιοποίηση των Ανοικτών Δεδομένων στην εκπαίδευση

Από τα προηγούμενα, γίνεται φανερό ότι η αξιοποίηση των Ανοικτών Δεδομένων στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια εκπαίδευση παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον και μπορεί δυνητικά να προσφέρει σημαντικά οφέλη στην μαθησιακή διαδικασία. Θα συνοψίσουμε παρακάτω αυτά τα πλεονεκτήματα και οφέλη, όπως προκύπτουν από τα παραδείγματα που παραθέσαμε και από την διεθνή βιβλιογραφία. Θα συνοψίσουμε επίσης ορισμένες δυσκολίες και προκλήσεις που ενδέχεται να αντιμετωπίσουν οι εκπαιδευτικοί (και το εκπαιδευτικό σύστημα γενικότερα) στην προσπάθεια ουσιαστικής αξιοποίησης των Ανοικτών Δεδομένων.

### 10.5.1 Πλεονεκτήματα και ωφέλη

Τα δυνητικά οφέλη περιλαμβάνουν τα ακόλουθα, χωρίς να εξαντλούνται σε αυτά:

- Τα Ανοικτά Δεδομένα μπορούν να δημιουργήσουν συνθήκες αυθεντικότητας στην μάθηση, αυξάνοντας έτσι τα κίνητρα για τους μαθητές καθιστώντας πιο ουσιαστική την μαθησιακή διαδικασία. Οι μαθητές δείχνουν πάντα αυξημένο ενδιαφέρον όταν καλούνται να χειριστούν δεδομένα του πραγματικού κόσμου, ιδίως μάλιστα όταν αυτά προέρχονται από τον περίγυρό τους (χώρα, πόλη, γειτονιά) και αισθάνονται ότι τους αφορούν άμεσα. Αυτή η πρακτική ενασχόληση με πραγματικά δεδομένα εμβαθύνει την κατανόηση και την αφομοίωση, μετατρέποντας αφηρημένες έννοιες σε απτές μαθησιακές εμπειρίες.

- Οι εκπαιδευτικοί είναι επίσης γενικά ανοικτοί στην ιδέα αξιοποίησης Ανοικτών Δεδομένων στην διδασκαλία τους. Όπως προκύπτει από τα στοιχεία ερευνητικών έργων σε διάφορες χώρες, με ποικίλα εκπαιδευτικά συστήματα, η ανταπόκριση των εκπαιδευτικών στην πειραματική χρήση Ανοικτών Δεδομένων στο μάθημά τους είναι συνήθως πολύ θετική.
- Ο ακριβής τρόπος χειρισμού και αξιοποίησης των δεδομένων μπορεί να διαφέρει ανάλογα με την τάξη και το επίπεδο των μαθητών (π.χ λιγότερο ή περισσότερο ανοικτά σύνολα δεδομένων, διαφορετικοί τρόποι οπτικοποίησης, διαφορετικές παιδαγωγικές προσεγγίσεις), ωστόσο τα Ανοικτά Δεδομένα μπορούν εν γένει να αξιοποιηθούν με πολύ καλά αποτελέσματα σε όλες τις τάξεις της Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.
- Τα Ανοικτά Δεδομένα μπορούν να αξιοποιηθούν για την διδασκαλία πλειάδας ειδικότερων διδακτικών αντικειμένων, όπως Πληροφορική, Μαθηματικά (ιδίως πιθανότητες και στατιστική), Φυσική, Κοινωνιολογία, Γεωγραφία, Ιστορία, Γλώσσα κ.λπ.
- Πέρα από τα επί μέρους διδακτικά αντικείμενα, η κατάλληλη χρήση Ανοικτών Δεδομένων μπορεί να εισάγει τους μαθητές στην επιστημονική μέθοδο έρευνας, καθώς επίσης να βοηθήσει πολύ στην ανάπτυξη εγκάρσιων δεξιοτήτων των μαθητών (κριτική και καινοτόμος σκέψη, διαπροσωπικές δεξιότητες, ενδοπροσωπικές δεξιότητες, παγκόσμια πολιτειότητα, ψηφιακός και στατιστικός γραμματισμός, δεξιότητες ομαδικής εργασίας κ.λπ). Μια τέτοια πρακτική εμπλοκή εμβαθύνει την κατανόηση των μαθητών και ενισχύει τις θεωρητικές έννοιες, καθιστώντας τη μάθηση πιο αποτελεσματική και αξιομνημόνευτη.
- Για να είναι πραγματικά χρήσιμα, τα Ανοικτά Δεδομένα πρέπει να αξιοποιούνται μέσα στο κατάλληλο μαθησιακό πλαίσιο. Προς αυτήν την κατεύθυνση, ιδιαίτερα αποτελεσματική είναι η οργάνωση των μαθησιακών δραστηριοτήτων σε μορφή σχεδίου (project), σε ατομική κυρίως όμως σε ομαδική (συνεργατική) βάση. Ανάλογα με το επίπεδο των μαθητών και τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα, τα project αυτά μπορούν να έχουν περισσότερο

καθορισμένους στόχους και βήματα ή να αφήνουν σημαντική ελευθερία αποφάσεων και κινήσεων στους μαθητές.

- Τα Ανοικτά Δεδομένα μπορούν να βοηθήσουν στην ευαισθητοποίηση των μαθητών πάνω σε σημαντικά θέματα δημόσιου ενδιαφέροντος (μόλυνση του περιβάλλοντος, εξοικονόμηση ενέργειας, προβλήματα των προσφύγων, κοινωνικές ανισότητες, τοπικά προβλήματα κ.λπ) και γενικότερα να καλλιεργήσει την πολιτειότητα και την ενασχόληση με τα κοινά.
- Η ουσιαστική αξιοποίηση των Ανοικτών Δεδομένων προϋποθέτει την ανάπτυξη δεξιοτήτων για την παραγωγή πληροφορίας και γνώσης από ακατέργαστα δεδομένα. Προς την κατεύθυνση αυτή, οι εκπαιδευτικοί και οι μαθητές μπορούν να βοηθηθούν πάρα πολύ από εργαλεία που επιτρέπουν την σύνοψη, παρουσίαση και οπτικοποίηση των δεδομένων με διάφορους τρόπους (Tableau, Excel, Google Maps κ.λπ), καθώς και από εργαλεία Τεχνητής Νοημοσύνης.
- Ιδιαίτερα χρήσιμα είναι επίσης εργαλεία τα οποία μπορούν να παρακάμψουν την τεχνική πολυπλοκότητα και τον μεγάλο όγκο των Ανοικτών Δεδομένων, βοηθώντας στην επιλογή σχετικά μικρών υποσυνόλων δεδομένων που σχετίζονται με την εκάστοτε μαθησιακή δραστηριότητα. Τα υποσύνολα αυτά αφ' ενός είναι πιο εύκολα προσβάσιμα και διαχειρίσιμα από τους μαθητές, αφ' ετέρου μπορούν να αξιοποιηθούν καλύτερα διότι είναι σχετικά με τους εκάστοτε μαθησιακούς στόχους. Η ανάπτυξη της Τεχνητής Νοημοσύνης αναμένεται να βοηθήσει πολύ προς την κατεύθυνση ανάπτυξης τέτοιων εργαλείων.

#### 10.5.2 Δυσκολίες και προκλήσεις

Παρά τα αδιαμφισβήτητα οφέλη, η αξιοποίηση των Ανοικτών Δεδομένων στην εκπαίδευση δεν είναι εύκολη. Υπάρχουν ορισμένα σημαντικά εμπόδια, καθώς και προϋποθέσεις που είναι αναγκαίο να πληρούνται ώστε η αξιοποίηση αυτή να έχει βέλτιστα αποτελέσματα:

- Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί έχουν πολύ περιορισμένες γνώσεις σχετικά με τα Ανοικτά Δεδομένα και τα διάφορα εργαλεία που βοηθούν στην αξιοποίησή τους μέσα στην τάξη (εργαλεία αναζήτησης, στατιστικής επεξεργασίας, οπτικοποίησης κ.λπ). Τέτοια τεχνικά προβλήματα συχνά μεγεθύνονται από την ίδια την φύση των δεδομένων, που μπορεί να είναι αποθηκευμένα σε ποικίλα δυσανάγνωστα format, να έχουν υπερβολικά μεγάλο όγκο κ.λπ. Κατά συνέπεια, προϋπόθεση εκ των ων ουκ άνευ για την αποτελεσματική και ευρεία αξιοποίηση των Ανοικτών Δεδομένων στην εκπαίδευση είναι η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών, ώστε να αναπτύξουν δεξιότητες αλφαριθμητισμού δεδομένων.
- Πέρα από τα τεχνικά ζητήματα, οι γνώσεις των εκπαιδευτικών είναι επίσης περιορισμένες όσον αφορά τις διδακτικές μεθοδολογίες αξιοποίησης των Ανοικτών Δεδομένων μέσα στην τάξη και το σχετικό θεωρητικό – παιδαγωγικό πλαίσιο. Γίνεται φανερό ότι η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών θα πρέπει να καλύπτει επίσης αυτά τα ζητήματα.
- Οι τεχνικές, οργανωτικές και παιδαγωγικές απαιτήσεις τέτοιου είδους δραστηριοτήτων δημιουργούν την ανάγκη αρκετής προπαρασκευαστικής δουλειάς εκ μέρους των εκπαιδευτικών, ιδίως όταν αυτοί δεν έχουν επαρκή πρότερη εμπειρία με Ανοικτά Δεδομένα.
- Ο μεγάλος όγκος, η τεχνική και οργανωτική πολυπλοκότητα και η συχνή απουσία τεκμηρίωσης μπορούν να καταστήσουν στην πράξη απαγορευτική την χρήση των Ανοικτών Δεδομένων μέσα στην τάξη. Η στοχευμένη αναζήτηση δεδομένων συμβατών με τους μαθησιακούς στόχους δεν είναι εύκολη υπόθεση. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμο εκπαιδευτικοί και μαθητές να έχουν πρόσβαση σε μικρότερα και θεματολογικά πιο συγκεκριμένα σύνολα Ανοικτών Δεδομένων (για παράδειγμα, στοιχεία για πληθυσμούς, επίπεδα ρύπανσης, κυκλοφορία οχημάτων κ.λπ στην δική τους, τοπική περιοχή και όχι σε ολόκληρη την χώρα). Κατά συνέπεια, υπάρχει ανάγκη για εργαλεία που α) επιτρέπουν στους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές να έχουν πρόσβαση σε ειδικά για την εκπαίδευση ανοικτά σύνολα δεδομένων, β) παρέχουν εύκολους τρόπους

αναζήτησης μέσα σε μεγάλους και δυσανάγνωστους όγκους δεδομένων, ώστε εκπαιδευτικοί και μαθητές να έχουν εύκολη πρόσβαση σε μικρότερα σύνολα δεδομένων, σχετικών με τους εκάστοτε μαθησιακούς στόχους. Παράδειγμα τέτοιου εργαλείου είναι το ODI<sup>16</sup>, το οποίο παρουσιάστηκε στο Saddiqa et al. (2019). Το ODI επιτρέπει στους εκπαιδευτικούς να επιλέγουν πραγματικά σύνολα δεδομένων από τις πόλεις τους ως μέρος των σχολικών θεμάτων, δηλαδή οι εκπαιδευτικοί μπορούν να συσχετίζουν τα θέματά τους με πραγματικά δεδομένα, π.χ. επίπεδα ρύπανσης, επίπεδα θορύβου ή κυκλοφοριακή συμφόρηση κοντά στα σχολεία τους.

- Υπάρχει συνήθως χάσμα μεταξύ των παραγωγών των Ανοικτών Δεδομένων και των εκπαιδευτικών που προσπαθούν να τα αξιοποιήσουν. Η μεγάλη πλειονότητα των παραγωγών δεν έχει σχέση με την εκπαίδευση και δεν κάνει καμία προσπάθεια να δώσει στα δεδομένα μορφή και δομή εύκολα αξιοποιήσιμες στην σχολική τάξη. Συνεπώς, είναι σκόπιμο οι εκπαιδευτικοί να εξετάσουν πώς θα μπορούσαν να αποκτήσουν επιρροή στον ευρύτερο τομέα των Ανοικτών Δεδομένων. Εκπαιδευτικοί και μαθητές, συμμετέχοντας στην ζήτηση για Ανοικτά Δεδομένα, μπορούν να επηρεάσουν την προσφορά τους.
- Τα περισσότερα από τα εργαλεία ανοικτού κώδικα που μπορούν να βοηθήσουν στην εκπαιδευτική αξιοποίηση (όπως εργαλεία οπτικοποίησης) είναι στα αγγλικά, κάτι που μπορεί να μειώσει την αποτελεσματικότητά τους σε μη αγγλόφωνες χώρες. Είναι σημαντικό οι εκπαιδευτικοί να εξηγούν τους συχνά χρησιμοποιούμενους όρους και λειτουργίες αυτών των εργαλείων στη μητρική γλώσσα των μαθητών.
- Αρκετοί ερευνητές διαπιστώνουν την ύπαρξη σημαντικών κοινωνικών και τεχνικών εμποδίων όσον αφορά την αξιοποίηση των Ανοικτών Δεδομένων στην εκπαίδευση. Πέρα από το προαναφερθέν έλλειμμα απαραίτητων τεχνικών δεξιοτήτων και στατιστικών γνώσεων, αναφέρονται εμπόδια όπως:

---

<sup>16</sup> <https://odw.aau.dk/>

- απροθυμία κάποιων κυβερνήσεων να διαθέσουν Ανοικτά Δεδομένα (Zuiderwijk et al., 2012, Yang & Wu, 2016, Wirtz et al., 2016),
- νομικά ζητήματα, ιδίως όσον αφορά την προστασία της ιδιωτικής ζωής και την ασφάλεια (Khayyat & Bannister, 2015, Martin & Begany, 2017a, Stylin et al., 2017, Zuiderwijk et al., 2014, Zuiderwijk & Janssen, 2014),
- έλλειψη κοινώς αποδεκτών προτύπων και υποστηρικτικών υποδομών (Janssen et al., 2012, Lyon et al., 2015, Lyon L., 2017, Martin & Begany, 2017b),
- τεχνικά ζητήματα, όπως χαμηλή ποιότητα των δεδομένων και τεχνικά εμπόδια στην πρόσβαση και επεξεργασία τους.

Ακόμη και όταν η αξιοποίηση των Ανοικτών Δεδομένων είναι αποτελεσματική, ελλοχεύει ο κίνδυνος διεύρυνσης του ψηφιακού χάσματος, με όλες τις συνακόλουθες κοινωνικές επιπτώσεις, καθώς οι φτωχοί και ευάλωτοι είναι πολύ πιο πιθανό να σπουδάζουν σε σχολεία που δεν αξιοποιούν τα Ανοικτά Δεδομένα. Μάλιστα, οι Ruijter et al. (2017) υποστηρίζουν ότι τα πλαίσια Ανοικτών Δεδομένων έχουν αποτύχει σε μεγάλο βαθμό να προωθήσουν την ευαισθητοποίηση για κοινωνικά ζητήματα, την πολιτειότητα και την ενασχόληση με τα κοινά.

## Διερεύνηση δυνατοτήτων αξιοποίησης στην τάξη Ανοιχτών Δεδομένων κλίμακας

### 11. Διερεύνηση δυνατοτήτων αξιοποίησης στην τάξη Ανοιχτών Δεδομένων κλίμακας

#### 11.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το Κεφάλαιο παρουσιάζεται μία ερευνητική προσπάθεια αξιοποίησης των Ανοιχτών Δεδομένων στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, που αφορά στη διερεύνηση των εκπαιδευτικών αποτελεσμάτων που έχει η χρήση των Ανοιχτών Δεδομένων στην οικοδόμηση της γνώσης, την ανάπτυξη δεξιοτήτων και τη διαμόρφωση των στάσεων των μαθητών στο πλαίσιο του υδατικού γραμματισμού. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της πιλοτικής εφαρμογής του Προγράμματος Σπουδών Γεωλογίας - Γεωγραφίας, όπως προκύπτει από τη δράση MIS 5035542: «Αναβάθμιση των προγραμμάτων σπουδών και ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για την πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση» .

Η εκπαιδευτική παρέμβαση έλαβε χώρα σε τρία τμήματα της δεύτερης τάξης του 2ου Πρότυπου Γυμνασίου Αθηνών. Ακολουθήθηκαν τα παρακάτω βήματα:

- Οι μαθητές έλαβαν γενική ενημέρωση από την εκπαιδευτικό της τάξης αναφορικά με τους σκοπούς της έρευνας.
- Διανεμήθηκε σε έντυπη μορφή το ερωτηματολόγιο προελέγχου (pre-test) και δόθηκε ο απαραίτητος χρόνος για τη συμπλήρωσή του.
- Ακολούθησε τρίωρη διδακτική παρέμβαση με την αξιοποίηση πρότυπου εκπαιδευτικού υλικού το οποίο περιελάμβανε έτοιμα σύνολα Ανοιχτών Δεδομένων, σε οπτικοποιημένη μορφή (χρονικά διαγράμματα τιμών), τα οποία προέρχονται από το Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων του ΕΛΚΕΘΕ (Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών). Τα δεδομένα

αυτά αναφέρονται στις τιμές μερικών αλληλεξαρτώμενων παραμέτρων που σχετίζονται με την ποιότητα του νερού σε ποταμούς στην περιοχή της Θεσσαλίας (βάθος, pH, θερμοκρασία νερού, διαλυμένο οξυγόνο και αγωγιμότητα) και συλλέχθηκαν από σταθμούς μέτρησης τοποθετημένους σε αυτούς τους ποταμούς.

- Συμπληρώθηκε το ειδικά διαμορφωμένο φύλλο εργασίας.
- Διανεμήθηκε σε έντυπη μορφή το ερωτηματολόγιο μεταελέγχου (post-test) για να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα της παρέμβασης συγκρίνοντας τα αποτελέσματα πριν και μετά, και δόθηκε ο απαραίτητος χρόνος για τη συμπλήρωσή του. Τα ερωτηματολόγια προ και μετά ελέγχου περιλαμβάνουν τα ίδια στοιχεία, ώστε να εκτιμηθεί σε ποιες διαστάσεις του ωκεάνιου και υδατικού γραμματισμού σημειώθηκαν αλλαγές.
- Ακολούθησε η στατιστική επεξεργασία των ερωτηματολογίων και η εξαγωγή συμπερασμάτων.

## 11.2 Το ερωτηματολόγιο

### 11.2.1 Η δομή του ερωτηματολογίου

Το ερωτηματολόγιο δομήθηκε έτσι ώστε να αντιστοιχεί στις διαστάσεις του πλαισίου για τον ωκεάνιο και υδατικό γραμματισμό (McKinley et al., 2023). Από τις δέκα (10) διαστάσεις του προτεινόμενου πλαισίου αυτού, επιλέχθηκε να εξεταστούν οι έξι (6). Συγκεκριμένα οι διαστάσεις **Γνώση** και **Ευαισθητοποίηση** επιτρέπουν τη διατύπωση απλών ερωτήσεων που αξιολογούν την κατανόηση των μαθητών σε θέματα που σχετίζονται με το νερό. Η **Στάση** και η **Συμπεριφορά** εξετάζουν τον αντίκτυπο των εκπαιδευτικών δράσεων στα συναισθήματα και τις ενέργειες των μαθητών για τη διατήρηση του περιβάλλοντος, συνδέοντας άμεσα τη μάθηση με ορατά αποτελέσματα. Οι **Συναισθηματικές Συνδέσεις** διερευνούν τις συναισθηματικές επιπτώσεις που προκύπτουν και είναι σημαντικές για την προώθηση της διαρκούς περιβαλλοντικής δέσμευσης. Η **Επικοινωνία** αξιολογεί τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές μοιράζονται και εφαρμόζουν τις γνώσεις τους.

Αναλυτικότερα:

Η **γνώση** ορίζεται από τον Brennan κ.ά. (2019) ως «τι γνωρίζει ένα άτομο για ένα θέμα που σχετίζεται με τον ωκεανό και τα ύδατα καθώς και τις συνδέσεις μεταξύ των θεμάτων». Η γνώση είναι ίσως μία από τις καλύτερα κατανοητές και δυνητικά ευκολότερα μετρήσιμες διαστάσεις του ωκεάνιου και υδατικού γραμματισμού, γεγονός που αποδεικνύεται από τις πολυάριθμες μελέτες που έχουν διεξαχθεί σχετικά (Ashley et al., 2019; Guest et al., 2015; Steel et al., 2005).

Ωστόσο, υπάρχουν αυξανόμενες ερευνητικές τάσεις για την απομάκρυνση από την προσέγγιση που στοχεύει στο έλλειμμα γνώσης με ταυτόχρονη επαναξιολόγηση του τρόπου με τον οποίο ορίζεται η γνώση στα σύγχρονα μοντέλα ωκεάνιου και υδατικού γραμματισμού. Σύμφωνα με την επιστημονική κοινότητα υπάρχει ανάγκη διερεύνησης του ορισμού της «γνώσης» πέρα από τη σχολική ερμηνεία, η οποία βασίζεται κυρίως στις φυσικές επιστήμες (Glithero & Zandvliet, 2021). Η διάσταση «γνώση» αποκτά πλέον ευρύτερη έννοια και περιλαμβάνει επίσης τις γνώσεις που έχει ένα άτομο σχετικά με τη λήψη αποφάσεων για τους ωκεανούς και τα ύδατα, τις ευκαιρίες συμμετοχής και εμπλοκής σε αποφάσεις, καθώς και το πού/πώς μπορεί να αντλήσει πληροφορίες για θέματα που αφορούν τους ωκεανούς και τα ύδατα.

Στο ερωτηματολόγιο περιλαμβάνονται κλειστές και ανοικτές ερωτήσεις ειδικά σχεδιασμένες για τη μέτρηση της διάστασης της γνώσης, προσαρμοσμένες στις γνωστικές ικανότητες και τα αναπτυξιακά στάδια των εφήβων, όπως:

*«Η θερμοκρασία του νερού ενός ποταμού παρουσιάζει διακύμανση στη διάρκεια του έτους καταγράφοντας υψηλότερες τιμές κατά την καλοκαιρινή περίοδο και χαμηλότερες κατά τη χειμερινή» ή*

*«Το νερό περιέχει διαλυμένο οξυγόνο το οποίο καταναλώνουν τα ψάρια και οι άλλοι υδρόβιοι οργανισμοί (φυτά, ασπόνδυλα, βακτήρια) για να αναπνεύσουν».*

Η **ευαισθητοποίηση** αναφέρεται στη διαδικασία ανάπτυξης συνειδητοποίησης, κατανόησης και ενσυναίσθησης για μια κατάσταση, ένα πρόβλημα ή μια έννοια (Brennan et al., 2019). Η διάσταση αυτή δεν πρέπει να επικεντρώνεται μόνο στον ορισμό ενός προβλήματος, αλλά πρέπει επίσης να καλύπτει τη γνώση και την ανάπτυξη των λύσεων και των συμπεριφορών για την

αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, ώστε να ενθαρρύνεται η ανάληψη ευθύνης και να ενδυναμώνεται η ανάληψη δράσης από την κοινωνία.

Τα στοιχεία αξιολόγησης της ευαισθητοποίησης έχουν σχεδιαστεί για να καταγράφουν ένα φάσμα συμπεριφορών που σχετίζονται με την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και ευθύνη των μαθητών. Αξιολογούνται μέσω μιας πιο λεπτομερούς κλίμακας συχνότητας που κυμαίνεται από «Καθόλου» έως «Πάρα πολύ». Αυτή η διαβαθμισμένη κλίμακα είναι κατάλληλη για τους εφήβους, οι οποίοι είναι ικανοί για έναν βαθύτερο προβληματισμό σχετικά με τις συνήθειές τους (Borgers et al., 2000; Robson, 2011).

*«Θέλεις να ενημερώνεσαι για επιστημονικά θέματα γύρω από την ρύπανση του νερού και τις επιπτώσεις της;»* ή

*«Πιστεύεις ότι κατανοείς τους κινδύνους που σχετίζονται με την ρύπανση του νερού στα ποτάμια και τις λίμνες;»* ή

*«Πόσο σημαντικά θεωρείς για την περιοχή σου τα παρακάτω φαινόμενα; i) Μείωση υδάτινων αποθεμάτων, ii) Ποτάμιο πλημμυρικό κύμα, iii) Ρύπανση του νερού λόγω απορρίψεων από βιομηχανίες, κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις, κ.λπ, iv) Υπεράντληση.»*

Η **στάση** αναφέρεται ως μια σχετικά σταθερή και οργανωμένη προδιάθεση του ατόμου να σκέφτεται, να αισθάνεται και να συμπεριφέρεται με συγκεκριμένο τρόπο απέναντι σε ένα αντικείμενο, πρόσωπο, κατάσταση ή ιδέα. Σύμφωνα με τους Brennan κ.ά. (2019), η διάσταση των στάσεων αφορά «το επίπεδο συμφωνίας ή ανησυχίας ενός ατόμου για μια συγκεκριμένη θέση». Η στάση περιλαμβάνει επίσης, την εξέταση των αντιλήψεων, των αξιών και των απόψεων απέναντι σε ένα θέμα του ωκεανού των υδάτων και πώς αυτές μπορούν να οδηγήσουν σε αλλαγή χάραξης πολιτικής και ανάληψης κοινωνικών πρωτοβουλιών.

Στο ερωτηματολόγιο περιλαμβάνονται στοιχεία ειδικά σχεδιασμένα για τη μέτρηση της διάστασης της στάσης, εστιάζοντας ιδιαίτερα στην εσωτερική αποτελεσματικότητα των μαθητών, όπως:

*«Ενδιαφέρεσαι για την ποιότητα του νερού στα υδάτινα περιβάλλοντα (ποτάμια/λίμνες) καθώς και για τους παράγοντες που την επηρεάζουν;»* ή

*«Θεωρείς πως μέσα από την παρατήρηση μπορείς να ερμηνεύεις την εξέλιξη ενός φαινομένου σε ένα υδάτινο περιβάλλον; (π.χ την εμφάνιση νεκρών ψαριών σε ένα ποταμό)».*

Η εσωτερική αποτελεσματικότητα σε αυτό το πλαίσιο, αναφέρεται στην πίστη του ατόμου στην ικανότητά του να συμβάλλει αποτελεσματικά στη διατήρηση των υδάτινων σωμάτων, όπως τα ποτάμια και οι λίμνες. Αντανακλά την αντίληψη ότι μέσω των δικών του ενεργειών είναι δυνατόν να κάνει κανείς τη διαφορά στο περιβάλλον. Μια υψηλή αίσθηση εσωτερικής αποτελεσματικότητας μπορεί να παρακινήσει τα άτομα να συμμετέχουν πιο ενεργά στις προσπάθειες διατήρησης του περιβάλλοντος, επειδή αισθάνονται ότι οι ενέργειές τους μπορούν να οδηγήσουν σε θετικά αποτελέσματα.

Όλο και περισσότερο η αλλαγή **συμπεριφοράς** θεωρείται ως το επιθυμητό αποτέλεσμα των πρωτοβουλιών για τον ωκεάνιο και υδατικό γραμματισμό (Stoll-Kleemann, 2019), πράγμα που σημαίνει ότι η συμπεριφορά και οι σχετικές αλλαγές στη συμπεριφορά πρέπει να παραμείνουν ένα κρίσιμο συστατικό των σύγχρονων μοντέλων γραμματισμού. Οι Brennan κ.ά. (2019) προτείνουν ότι η συμπεριφορά μπορεί να θεωρηθεί ως οι «αποφάσεις, οι επιλογές, οι δράσεις και οι συνήθειες ενός ατόμου σε σχέση με θέματα που σχετίζονται με τα ύδατα».

Τα στοιχεία αξιολόγησης της συμπεριφοράς του ερωτηματολογίου έχουν σχεδιαστεί για να καταγράφουν ένα φάσμα συμπεριφορών που σχετίζονται με την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και ευθύνη, προσαρμοσμένα στις γνωστικές ικανότητες και τα αναπτυξιακά στάδια των εφήβων:

*«Θα σου άρεσε να ασχοληθείς με δραστηριότητες σχετικά με την παρατήρηση ενός υδάτινου περιβάλλοντος; (π.χ ενός ποταμού)»*

Τα στοιχεία του ερωτηματολογίου προσαρμόστηκαν σε πενταβάθμια κλίμακα για να καταγράψουν λεπτότερες διακυμάνσεις στη συχνότητα, ευθυγραμμίζόμενα με

τις προηγμένες γνωστικές ικανότητες των εφήβων να διακρίνουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τις συμπεριφορές τους.

Στο πλαίσιο της ωκεάνιας και υδάτινης παιδείας, η **επικοινωνία** είναι μια σύνθετη, πολύπλευρη, αλλά θεμελιώδης διάσταση (Zielinski et al., 2022). Από τα πρώτα μοντέλα περιβαλλοντικής και θαλάσσιας πολιτειότητας, η επικοινωνία έχει αναγνωριστεί ως βασική συνιστώσα του περιβαλλοντικού γραμματισμού (McKinley and Fletcher, 2012; Fletcher and Potts, 2007; Hawthorne and Alabaster, 1999). Η επικοινωνία σε σχέση με τον ωκεάνιο γραμματισμό έχει περιγραφεί ως «ο βαθμός στον οποίο ένα άτομο επικοινωνεί με άλλους, όπως η οικογένεια και οι ομάδες συνομηλίκων, για θέματα που σχετίζονται με τον ωκεανό» (Brennan et al., 2019). Ωστόσο, η επικέντρωση αποκλειστικά στον βαθμό στον οποίο ένα άτομο επικοινωνεί με άλλους δεν αποτυπώνει την πολυπλοκότητα της ωκεάνιας επικοινωνίας καθώς πρέπει να λάβουμε υπόψη εκτός από την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα άτομα με ωκεάνια παιδεία επικοινωνούν με άλλους, την ανάγκη για κατανόηση των πηγών πληροφόρησης (π.χ. μέσα κοινωνικής δικτύωσης, έντυπα μέσα ενημέρωσης, ραδιοτηλεοπτικά μέσα) σχετικά με ζητήματα, θέματα και στρατηγικές διαχείρισης των υδάτων που χρησιμοποιούνται από διαφορετικούς φορείς, άτομα, πληθυσμούς, χώρες και περιοχές.

Επιπλέον, είναι σημαντικό οι επικοινωνίες να σχεδιαστούν κατάλληλα, καθώς λόγω του «οικολογικού άγχους», το οποίο είναι ένας χρόνιος φόβος περιβαλλοντικής καταστροφής (Clayton, 2020), θα μπορούσαν να αποσυνδέσουν και να αποδυναμώσουν τα ίδια τα κοινά και τους φορείς που επιδιώκουν να προσελκύσουν και να κινητοποιήσουν για δράση και αλλαγή, επηρεάζοντας έτσι αρνητικά τα επίπεδα ωκεάνιας παιδείας αντί να τα ενισχύσουν. Για τον λόγο αυτό, προτείνεται η χρήση προσεγγίσεων που αφηγούνται ουσιαστικές ιστορίες που βρίσκουν απήχηση στους πολίτες, μειώνοντας τη συχνά εκτεταμένη ψυχολογική και γεωγραφική απόσταση μεταξύ της καθημερινής ζωής και των ζητημάτων που αντιμετωπίζουν τα ύδατα σε παγκόσμιο επίπεδο (Bearzi, 2020; Kolandai-Matchett et al., 2021a, b; Schuldt et al., 2016).

Η επικοινωνία στο πλαίσιο του ωκεάνιου και υδατικού γραμματισμού απαιτεί μια πολυδιάστατη προσέγγιση που εξετάζει το θέμα από διάφορες οπτικές γωνίες. Η πρώτη διάσταση αφορά την έκταση και την ποιότητα της διαπροσωπικής επικοινωνίας, η οποία περιλαμβάνει τις συζητήσεις και ανταλλαγές απόψεων στην οικογένεια και στις ομάδες συνομηλίκων. Η συχνότητα και το βάθος αυτών των αλληλεπιδράσεων αντικατοπτρίζουν το επίπεδο ενδιαφέροντος και κατανόησης για τα υδάτινα ζητήματα σε προσωπικό επίπεδο. Η δεύτερη οπτική εστιάζει στις πηγές πληροφόρησης και την αποτελεσματικότητά τους. Είναι σημαντικό να αναλυθεί: α) ποιες είναι οι κύριες πηγές πληροφόρησης του κοινού για θέματα υδάτων (π.χ. μέσα ενημέρωσης, εκπαιδευτικά ιδρύματα, επιστημονικές δημοσιεύσεις), και β) ποιες μέθοδοι επικοινωνίας έχουν τον μεγαλύτερο αντίκτυπο στην κατανόηση και ευαισθητοποίηση του κοινού. Η τρίτη διάσταση εξετάζει πώς οι οργανισμοί και τα ιδρύματα επικοινωνούν με διαφορετικά ακροατήρια για τα θέματα των υδάτων, δηλ. τις στρατηγικές επικοινωνίας, τις πρωτοβουλίες, τα εκπαιδευτικά προγράμματα, κ.α.

Το στοιχείο του ερωτηματολογίου, *«Πόσο εύκολο νομίζεις ότι θα ήταν να συζητήσεις πολιτικές και μέτρα για την προστασία της ποιότητας των υδάτων και του οικοσυστήματός τους;»*, εξετάζει την αντιλαμβανόμενη ικανότητα των ερωτηθέντων να επηρεάζουν τους άλλους μέσω της επικοινωνίας. Αυτό είναι ουσιώδες για την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι έφηβοι βλέπουν το ρόλο τους ως υποστηρικτές της διατήρησης του περιβάλλοντος. Η εστίαση στην προσωπική ικανότητα και επιρροή σε κάθε δήλωση ευθυγραμμίζεται καλά με τα αναπτυξιακά βήματα στην αυτονομία και τη διαμόρφωση ταυτότητας που είναι τυπικά για την εφηβεία. Απευθύνεται άμεσα στην αυξανόμενη συνειδητοποίηση του ατομικού τους αντίκτυπου στον κόσμο γύρω τους.

Οι **συναισθηματικές συνδέσεις** αφορούν τον τρόπο με τον οποίο ένα άτομο αισθάνεται και ανταποκρίνεται συναισθηματικά όταν σκέφτεται, βρίσκεται κοντά/εντός ή εξετάζει ζητήματα που σχετίζονται με τα ύδατα. Τα συναισθήματα μπορεί να είναι θετικά, αρνητικά ή ουδέτερα και είναι όλα έγκυρες αντιδράσεις και θα συμβάλουν στην αλλαγή συμπεριφοράς. Εάν παραμεληθούν οι συναισθηματικές συνδέσεις, η αλλαγή συμπεριφοράς μπορεί να είναι περιορισμένη.

Τα στοιχεία του ερωτηματολογίου που μετρούν τη διάσταση της συναισθηματικής σύνδεσης είναι προσαρμοσμένα από τη σύντομη έκδοση του προγράμματος για τη θετική και αρνητική επίδραση (PANAS) (Mackinnon et al., 1999). Το μέτρο αυτό έχει σχεδιαστεί για να αξιολογεί το φάσμα των συναισθημάτων που προκαλούν τα υδάτινα περιβάλλοντα σε νεαρά άτομα. Τα στοιχεία αυτά έχουν προσαρμοστεί για λόγους σαφήνειας και είναι κατάλληλα για εφήβους, αποτυπώνοντας θετικά ή/και αρνητικά συναισθήματα:

*«Για κάθε μία από τις παρακάτω προτάσεις σημειώστε το βαθμό της ανησυχίας που σας προκαλεί;*

- I. *"Σε επικίνδυνα επίπεδα έχει ανέβει η στάθμη του ποταμού Κηφισού από την καταρρακτώδη βροχή που σφυροκοπά την Αττική. Σε επιφυλακή πυροσβεστική και αστυνομία προκειμένου αμέσως να διακόψουν την κυκλοφορία των αυτοκινήτων".*
- II. *"«Κόκκινος συναγερμός» για ρύπανση στο πόσιμο νερό της Θεσσαλονίκης. Επείγουσα ενημέρωση σήμερα στο γραφείο του ζήτησε ο προϊστάμενος της Εισαγγελίας Πρωτοδικών από τους υπευθύνους της Εταιρείας Ύδρευσης και Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης για να διαπιστωθεί η έκταση του προβλήματος και τυχόν κίνδυνος για τη δημόσια υγεία".*
- III. *"Στέρεψε ο Πηνειός σε μήκος 25 χιλιομέτρων - Δραματική έκκληση του περιφερειάρχη".*
- IV. *"Τα παγωμένα νερά του ποταμού Ενιπέα πηγάζουν από τα Πριόνια και φθάνουν μέχρι τις πύλες του Ολύμπου, σχηματίζοντας στη διαδρομή καταρράκτες, μικρές λίμνες και πολλές διακλαδώσεις".*
- V. *"Ένα κοπάδι σολομών sockeye που κολυμπούσε σε παραπόταμο του Κολούμπια, έφερε τραύματα τα οποία είναι αποτέλεσμα άγχους και έκθεσης σε ακραίες θερμοκρασίες".*

Η 5-βάθμια κλίμακα Likert (από «Καθόλου» έως «Πάρα πολύ») επιτρέπει τη λεπτομερή μέτρηση της έντασης της συναισθηματικής σύνδεσης, καθώς οι έφηβοι

είναι ικανοί να κατανοούν και να εκφράζουν σύνθετα συναισθήματα και κρίσεις σε αυτό το αναπτυξιακό στάδιο. Αυτή η μορφή κλίμακας είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική καθώς εμπλέκει τους ερωτώμενους βαθύτερα, ενισχύοντας έτσι την αξιοπιστία των απαντήσεων σε σύγκριση με άλλες, απλούστερες μορφές (Borgers et al. 2000; Robson 2011).

Αυτή η προσέγγιση στη μέτρηση των συναισθηματικών αντιδράσεων βοηθά να διαφωτιστεί πώς τα υδάτινα σώματα μπορούν να προκαλέσουν ένα ευρύ φάσμα συναισθηματικών καταστάσεων. Η κατανόηση αυτών των καταστάσεων είναι σημαντική για την ενίσχυση των γνώσεών μας σχετικά με τα κίνητρα που κρύβονται πίσω από φιλοπεριβαλλοντικές συμπεριφορές και στάσεις, αναδεικνύοντας τον κρίσιμο ρόλο της καλλιέργειας και διατήρησης θετικών συναισθηματικών δεσμών με τη φύση στις σχετικές εκπαιδευτικές δραστηριότητες.

Για τη δομή του ερωτηματολογίου υποστηρικτικά, αξιοποιήθηκαν στοιχεία από τη μελέτη των Paragiannaki et al (2004), η οποία βασίζεται στο αναλυτικό πλαίσιο OECD (2022) για το πρόγραμμα PISA (Programme for International Student Assessment).

#### 11.2.2 Πρακτικές που ακολουθήθηκαν για τον σχεδιασμό του ερωτηματολογίου

Η κατανόηση των αναπτυξιακών και γνωστικών σταδίων των παιδιών και των εφήβων είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη αποτελεσματικών μεθοδολογιών έρευνας για τις ομάδες αυτές. Η θεωρία της γνωστικής ανάπτυξης του Piaget (Piaget, 1929) υποστηρίζει ότι καθώς τα παιδιά μεγαλώνουν, περνούν από διακριτά στάδια γνωστικής ανάπτυξης, καθένα από τα οποία χαρακτηρίζεται από μοναδικές ικανότητες και περιορισμούς στην κατανόηση και την επεξεργασία πληροφοριών. Τα στάδια αυτά αντικατοπτρίζουν τις εξελισσόμενες γνωστικές λειτουργίες που σχετίζονται με τη γλώσσα, τον γραμματισμό και τη μνήμη κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής τους. Αυτή η εξέλιξη επηρεάζει σημαντικά τον τρόπο με τον οποίο τα παιδιά και οι έφηβοι αντιλαμβάνονται και απαντούν στις ερωτήσεις μιας έρευνας, υπογραμμίζοντας τη σημασία του σχεδιασμού της έρευνας ανάλογα με την ηλικία (Borgers et al., 2003), διότι τα παιδιά και οι έφηβοι δεν διαφέρουν από τους ενήλικες μόνο ως προς τις γνωστικές τους ικανότητες, αλλά και ως προς τον τρόπο με τον οποίο

επηρεάζονται από το περιεχόμενο και το πλαίσιο των ερωτήσεων, καθώς και από πρακτικές πτυχές του περιβάλλοντος της έρευνας, π.χ το φυσικό περιβάλλον. Σύμφωνα με τους Borgers et al., (2000) από την ηλικία των 11 ετών και μετά, η ανάγκη προσαρμογής των ερευνητικών εργαλείων μειώνεται, επιτρέποντας την ομαλότερη μετάβαση προς ερωτηματολόγια που είναι περισσότερο ευθυγραμμισμένα με εκείνα που χρησιμοποιούνται για τους ενήλικες. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η χρονολογική ηλικία χρησιμεύει ως δείκτης για τη μέση γνωστική ανάπτυξη, ενώ στην πραγματικότητα η γνωστική ανάπτυξη ποικίλλει ευρέως μεταξύ των ατόμων της ίδιας ηλικιακής ομάδας, επηρεαζόμενη από ένα συνδυασμό γενετικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικοπολιτισμικών παραγόντων (Borgers et al., 2000). Επομένως, κατά το σχεδιασμό ερευνών για παιδιά και εφήβους, οι ερευνητές πρέπει να λαμβάνουν υπόψη όχι μόνο το μέσο αναπτυξιακό στάδιο που σχετίζεται με συγκεκριμένες ηλικίες αλλά και τη μεταβλητότητα της ατομικής ανάπτυξης. Έτσι, ο σχεδιασμός ερευνών για τους μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης απαιτεί προσεκτική εξέταση των μοναδικών αναπτυξιακών σταδίων, των γνωστικών ικανοτήτων και των κοινωνικών πλαισίων τους.

Για το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα λήφθηκαν υπόψη οι ακόλουθες πρακτικές με έμφαση στις θεωρητικές αρχές και τα εμπειρικά ευρήματα που τροφοδοτούν τις πρακτικές αυτές:

- **Μήκος και διατύπωση των ερωτήσεων.** Λήφθηκε μέριμνα ώστε οι ερωτήσεις να είναι σαφείς, κατανοητές και όσο το δυνατόν πιο συνοπτικές, ώστε να ανταποκρίνονται στις αναπτυσσόμενες δεξιότητες λήψης αποφάσεων και σκέψης των εφήβων. Για την βελτίωση της ποιότητας των δεδομένων (de Leeuw 2011; DeVellis 2016; Dillman et al. 2014) οι ερωτήσεις είναι σύντομες, με έκταση μικρότερη των 20 λέξεων και όχι πολύπλοκες για να διατηρηθεί η συγκέντρωση και το κίνητρο των μαθητών.

Των ερωτήσεων προηγήθηκε ένα σαφές και εκτενές εισαγωγικό κείμενο (~ 80 λέξεων) με απλές και σύντομες προτάσεις καθώς η έκταση του εισαγωγικού κειμένου ενός ερωτηματολογίου έχει θετική επίδραση στην αξιοπιστία των απαντήσεων. Σύμφωνα με τους (Borgers & Hox 2000; 2001) όσο περισσότερες

λέξεις χρησιμοποιούνται στο εισαγωγικό κείμενο, τόσο πιο αξιόπιστες είναι οι απαντήσεις που λαμβάνουμε.

- **Τύπος ερωτήσεων** (ανοικτές έναντι κλειστών ερωτήσεων). Η επιλογή μεταξύ ανοικτών και κλειστών ερωτήσεων επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα των δεδομένων στις έρευνες που απευθύνονται σε εφήβους. Οι ερωτήσεις κλειστού τύπου παρέχουν ένα σύνολο σταθερών απαντήσεων, απλοποιώντας τη διαδικασία απάντησης, **ενώ** οι ερωτήσεις ανοιχτού τύπου, αν και προσθέτουν πλούτο στα δεδομένα, απαιτούν υψηλότερες γνωστικές και επικοινωνιακές δεξιότητες από τους συμμετέχοντες (Krosnick & Presser, 2010; Rea & Parker 2005). Δεδομένου ότι οι μαθητές ενδέχεται να μην αντιλαμβάνονται την ανάγκη για πιο εκτενείς και αναλυτικές απαντήσεις που να καλύπτουν διάφορες πτυχές του ερωτήματος ή να αποτυγχάνουν να αναγνωρίσουν τις διαφορετικές διαστάσεις ή οπτικές γωνίες που μπορεί να εμπεριέχει η ερώτηση, οδηγούνται σε υψηλότερα ποσοστά μη απάντησης ανοικτών ερωτήσεων και στη χρήση στρατηγικών ικανοποίησης. Παρατηρείτε να δίνουν σύντομες και επιφανειακές απαντήσεις, χωρίς να εμβαθύνουν στο θέμα ή να παρέχουν λεπτομέρειες, να μην χρησιμοποιούν κριτική σκέψη για την σε βάθος εξέταση του θέματος και την παρουσίαση ολοκληρωμένων απόψεων, να τείνουν να δίνουν γενικές ή αόριστες απαντήσεις αντί για συγκεκριμένα παραδείγματα ή επιχειρήματα, και να μην αξιοποιούν πλήρως την ευκαιρία να εκφράσουν τις προσωπικές τους σκέψεις και εμπειρίες σχετικά με το θέμα.

Για να αντιμετωπιστεί αυτό το ζήτημα, σχεδιάστηκαν προσεκτικά τα ανοικτού τύπου στοιχεία του ερωτηματολογίου, ενώ ταυτόχρονα δόθηκαν σαφείς οδηγίες στους μαθητές για το επίπεδο λεπτομέρειας που αναμενόταν στις απαντήσεις.

- **Μορφή των κατηγοριών απάντησης.** Το ερωτηματολόγιο περιείχε διαφορετικές κατηγορίες ερωτήσεων ώστε να προκαλεί το ενδιαφέρον των μαθητών. Επιλέχθηκαν ερωτήσεις της κλίμακας Likert γιατί προσφέρουν ισορροπία μεταξύ ευκολίας κατανόησης και βάθους απάντησης, ενώ συνιστώνται για τους εφήβους, καθώς είναι πιο ελκυστικές και λιγότερο πιθανό

να οδηγήσουν σε στρατηγικές ικανοποίησης σε σύγκριση με άλλες μορφές (Borgers et al., 2000; Robson, 2011). Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν διχοτομικές ερωτήσεις (Ναι, Όχι) για ευκολία και ελάχιστο γνωστικό φορτίο, λαμβάνοντας ταυτόχρονα υπόψη τις χαμηλότερες ψυχομετρικές ιδιότητες που παρουσιάζουν οι ερωτήσεις αυτού του τύπου σε σύγκριση με κλίμακες περισσότερων επιλογών. Τέλος, το ερωτηματολόγιο περιελάμβανε και ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, οι οποίες αν και απαντώνται γρήγορα από τους συμμετέχοντες, αφήνουν το περιθώριο να οδηγηθούν οι μαθητές στο να μαντέψουν την απάντηση. Επιπλέον, υπάρχει η πιθανότητα να θεωρηθούν λιγότερο ελκυστικές λόγω της σύνδεσής τους με σχολικές εξετάσεις, μειώνοντας ενδεχομένως τα κίνητρα και την αξιοπιστία των απαντήσεων (Cronbach, 1988; Roediger & Marsh, 2005).

- **Αρνητική ή θετική διατύπωση.** Οι μαθητές κατανοούν πιο εύκολα τις θετικά διατυπωμένες ερωτήσεις και επομένως μπορούν να τις απαντήσουν με ακρίβεια, ελαχιστοποιώντας τη σύγχυση και την ασυνέπεια. Για τον λόγο αυτό, καθώς και για να μειωθεί η γνωστική επιβάρυνση και να ενισχυθεί η αξιοπιστία των απαντήσεων, αποφεύχθηκαν οι αρνητικά διατυπωμένες ερωτήσεις.
- **Προτάσεις και συνειρμοί.** Στο ερωτηματολόγιο δόθηκε μια ουσιαστική ροή με την ομαδοποίηση των συναφών ερωτήσεων για να βοηθηθούν οι συμμετέχοντες να εστιάσουν και να συγκεντρωθούν σε συγκεκριμένα θέματα χωρίς να αποσπάται η προσοχή τους (Bradburn et al., 2004).
- **Μήκος έρευνας.** Η σύσταση των ερευνητών για το σχεδιασμό των ερωτηματολογίων που απευθύνονται σε εφήβους είναι να έχουν αυτά συνολική διάρκεια μικρότερη των 10 λεπτών (Arthur et al. 2017) ώστε να μειωθεί η επιβάρυνση των συμμετεχόντων και να αυξηθεί η προθυμία συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου. Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας δεν τηρήθηκε η παραπάνω οδηγία, αλλά δόθηκε στους μαθητές η δυνατότητα συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου με χρονική άνεση.

Με βάση τα παραπάνω εκτεθέντα δομήθηκε το ερωτηματολόγιο με τη μορφή που παρατίθεται στο Παράρτημα II.

## 11.3 Διδακτική παρέμβαση - Εκπαιδευτικό υλικό, Φύλλο εργασίας

### 11.3.1 Περιγραφή – Περιεχόμενο διδακτικής παρέμβασης

Μετά τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου από τους μαθητές, ακολούθησε τρίωρη διδασκαλία με θέμα τις πιο συχνά μετρούμενες παραμέτρους, που χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση της κατάστασης των ποταμών. Οι παράμετροι αυτοί είναι: η στάθμη, το pH, η θερμοκρασία νερού, το διαλυμένο οξυγόνο και η αγωγιμότητα. Για κάθε παράμετρο εξηγείται γιατί είναι σημαντική η κάθε παράμετρος, γιατί οι μετρούμενες τιμές μεταβάλλονται στον χρόνο και ποιοι παράγοντες, φυσικοί ή άλλοι (π.χ. ρύπανση), μπορεί να επηρεάσουν τις τιμές τους. Οι περισσότερες από τις παραμέτρους που περιγράφονται σχετίζονται μεταξύ τους και συχνά οι τιμές της μίας επηρεάζουν σημαντικά τις τιμές της άλλης.

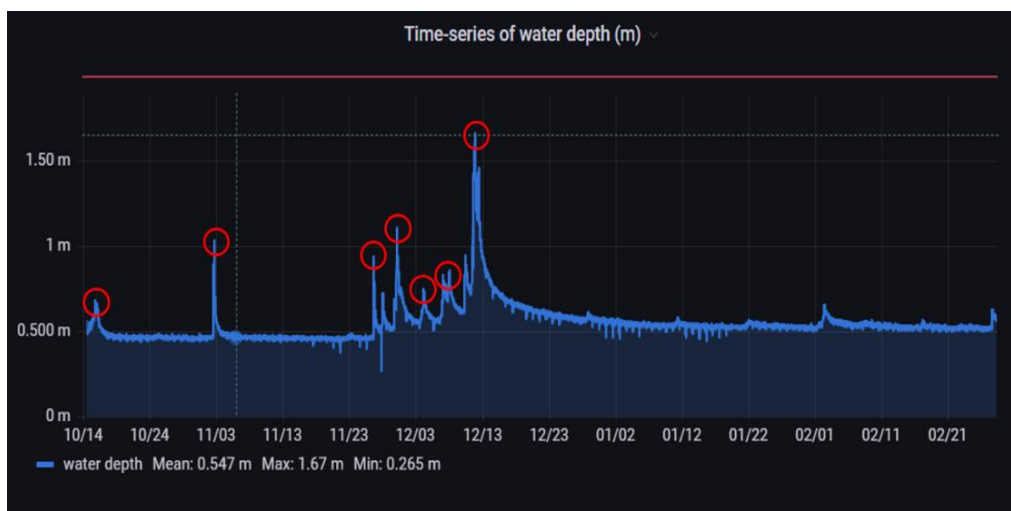
#### - **Στάθμη**

Στάθμη είναι το ύψος της επιφάνειας του νερού σε ένα συγκεκριμένο σημείο ενός ποταμού. Μπορεί να γίνει πιο εύκολα αντιληπτό ως το βάθος ενός ποταμού, σε ένα δεδομένο σημείο. Έχει μονάδες μέτρησης ύψους και συνήθως μετριέται σε μέτρα (m). Η παράμετρος της στάθμης παρουσιάζει εποχική διακύμανση και εμφανίζει κατά μέσο όρο χαμηλές τιμές την καλοκαιρινή περίοδο και υψηλές τιμές την χειμερινή περίοδο.

Η στάθμη είναι μια βασική παράμετρος που επηρεάζει πολλές άλλες πτυχές της υδρολογίας και της ποιότητας του νερού ενός ποταμού. Η μέτρηση της στάθμης χρησιμοποιείται ως πληροφορία της ποσότητας του νερού που υπάρχει στο ποτάμι κάθε στιγμή και είναι απαραίτητη για μια σειρά από διαφορετικούς λόγους. Αξιοποιείται ως πληροφορία για την προστασία από πλημμύρες, για την διαχείριση των αποθεμάτων του νερού (ύδρευση, άρδευση, κτλ), για την εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης ενός ποταμού (π.χ. όταν η στάθμη πέφτει πολύ χαμηλά τότε το οικοσύστημα δέχεται πιέσεις) και για τον σχεδιασμό τεχνικών έργων (π.χ. γέφυρες, φράγματα).

Κάθε ποτάμι, έχει μια σχετικά σταθερή ποσότητα ροής η οποία αλλάζει ανά εποχή. Σημαντικές αιτίες για την μεταβολή της μπορεί να ποικίλλουν, αλλά πιο συχνά

οφείλονται στην μείωσή της από ανθρωπογενείς απολήψεις (ύδρευση, άρδευση) ή στην αύξησή της λόγω βροχόπτωσης. Η απότομη αύξηση μπορεί εύκολα να εντοπιστεί με τη συνεχή μέτρηση και παρακολούθηση της στάθμης (**Εικόνα 21**). Αντίστοιχα εύκολα μπορεί να εντοπιστεί και η απότομη ή έντονη ελάττωση της στάθμης.

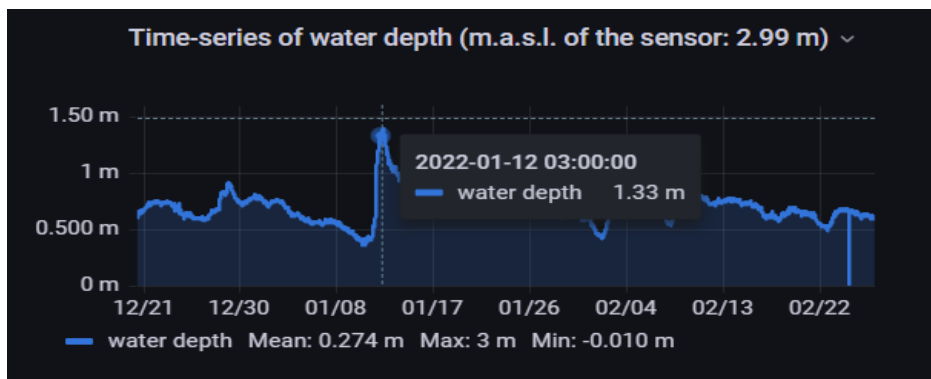
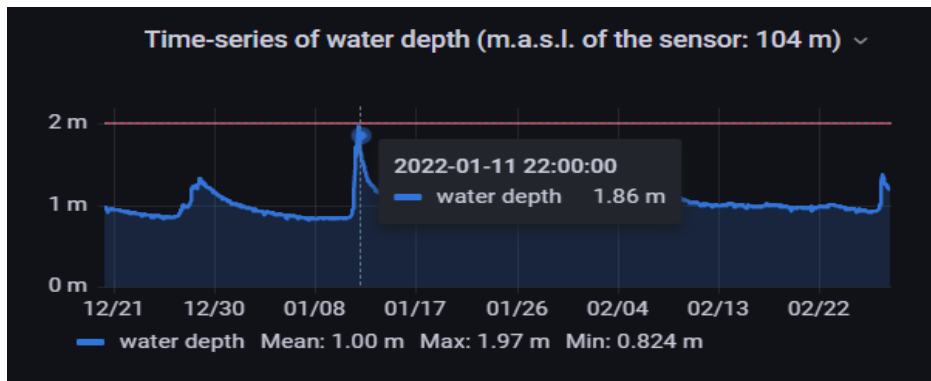


**Εικόνα 21.** Καταγραφή της στάθμης στον σταθμό «Ατσίχολου» στον Λούσιο ποταμό (Αρκαδία). Τα σημεία απότομης αύξησης της στάθμης επισημαίνονται με κόκκινο κύκλο.



**Εικόνα 22.** Ο ποταμός Κηφισός στην Αττική, με βασική ροή (αριστερή) και στο όριο της υπερχειλίσης (δεξιά) μετά από επεισόδιο έντονης βροχόπτωσης.

Οι μεταβολές αυτές άλλοτε μπορεί να είναι ήπιες ενώ άλλες φορές, πολύ έντονες. Για παράδειγμα, σε επεισόδια έντονης βροχόπτωσης υπάρχει ο κίνδυνος η στάθμη να αυξηθεί απότομα (**Εικόνα 22**) έως και να υπερβεί τις όχθες ενός ποταμού, θέτοντας σε κίνδυνο την ανθρώπινη ζωή και προκαλώντας καταστροφές σε κατασκευές (π.χ. γέφυρες, σπίτια) και την οικονομία (π.χ. πλημμύρισμα γεωργικών εκτάσεων).



**Εικόνα 23.** Η μετακίνηση του πλημμυρικού κύματος στον Σπερχειό ποταμό, από τον σταθμό «Λουτρά Υπάτης» (επάνω) που βρίσκεται ανάντη του ποταμού προς τον σταθμό «Ανθήλη» που βρίσκεται κατόντη και κοντά στις εκβολές του Σπερχειού.

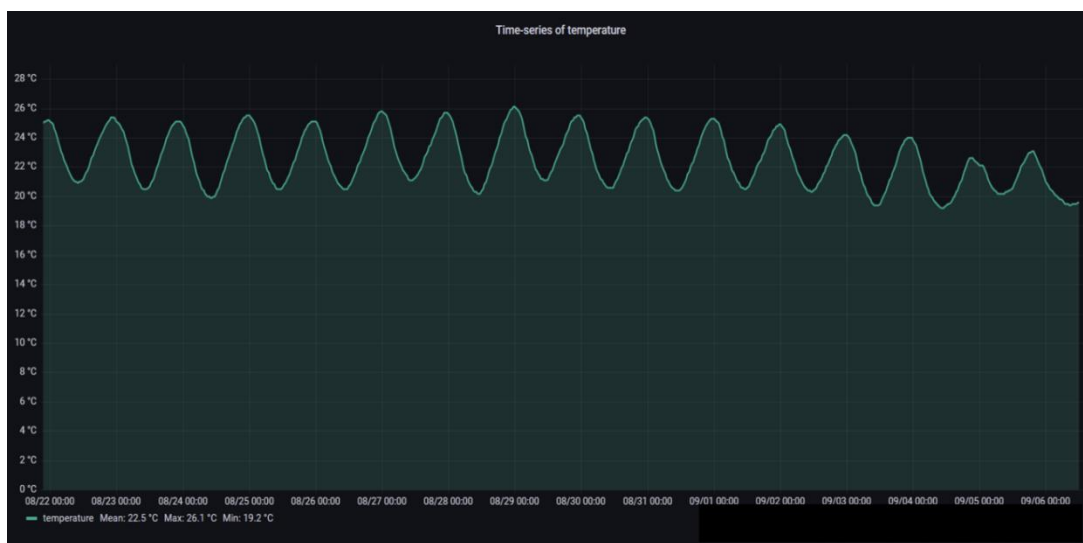
Το φαινόμενο που προκαλείται από την απότομη αύξηση της στάθμης καλείται πλημμυρικό κύμα. Το πλημμυρικό κύμα μετακινείται με ένταση που προοδευτικά μειώνεται, από τα ανάντη προς τα κατόντη του ποταμού, μέχρι τη θάλασσα ή τη λίμνη που εκβάλλει. Η συνεχής μέτρηση της στάθμης, σε διάφορα σημεία κατά μήκος ενός ποταμού, μας επιτρέπει να παρακολουθήσουμε την μετακίνηση του πλημμυρικού κύματος και τον υπολογισμό της ταχύτητάς του (**Εικόνα 23**).

Ο εντοπισμός της απότομης αύξησης της στάθμης ή της δημιουργίας του πλημμυρικού κύματος αποτελεί βασική προϋπόθεση για την έγκαιρη ειδοποίηση ως προς τον κίνδυνο πλημμύρας, που είναι κομβικής σημασίας για την προστασία της ανθρώπινης ζωής και τη μείωση των οικονομικών καταστροφών που μπορεί να προκληθούν. Αντίστοιχα, η ελάττωση της στάθμης κάτω από ένα συγκεκριμένο όριο, το οποίο καλείται οικολογική παροχή, σηματοδοτεί τον κίνδυνο για την ζωή που φιλοξενείται σε ένα ποτάμι.

## - Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία του νερού είναι μια φυσική ιδιότητα που εκφράζει πόσο ζεστό ή κρύο είναι το νερό ενός ποταμού και μετριέται σε βαθμούς Κελσίου ( $^{\circ}\text{C}$ ). Η θερμοκρασία είναι σημαντική γιατί καθορίζει τα είδη της υδρόβιας ζωής που μπορούν να ζήσουν σε ένα ποτάμι. Ψάρια, έντομα, ζωοπλαγκτόν, φυτοπλαγκτόν και άλλα υδρόβια είδη έχουν όλα ένα προτιμώμενο εύρος θερμοκρασίας στο οποίο μπορούν να ζήσουν. Αν η θερμοκρασία του νερού κινηθεί πολύ πάνω ή κάτω από αυτό το προτιμώμενο εύρος, ο πληθυσμός του είδους μειώνεται μέχρι τελικά να εξαφανιστεί.

Ο φυσικός μηχανισμός που καθορίζει τη θερμοκρασία του νερού είναι η ηλιακή ακτινοβολία, με τη θερμοκρασία του νερού να ακολουθεί τη διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα. Επομένως έχει χαρακτηριστική διακύμανση μέσα στην ημέρα, με υψηλότερες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της ημέρα και χαμηλότερες κατά τη διάρκεια της νύχτας (**Εικόνα 24**).



**Εικόνα 24.** Η αποτύπωση της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας, στον σταθμό «Αλαμάνα» στο ποτάμι Σπερχειό.

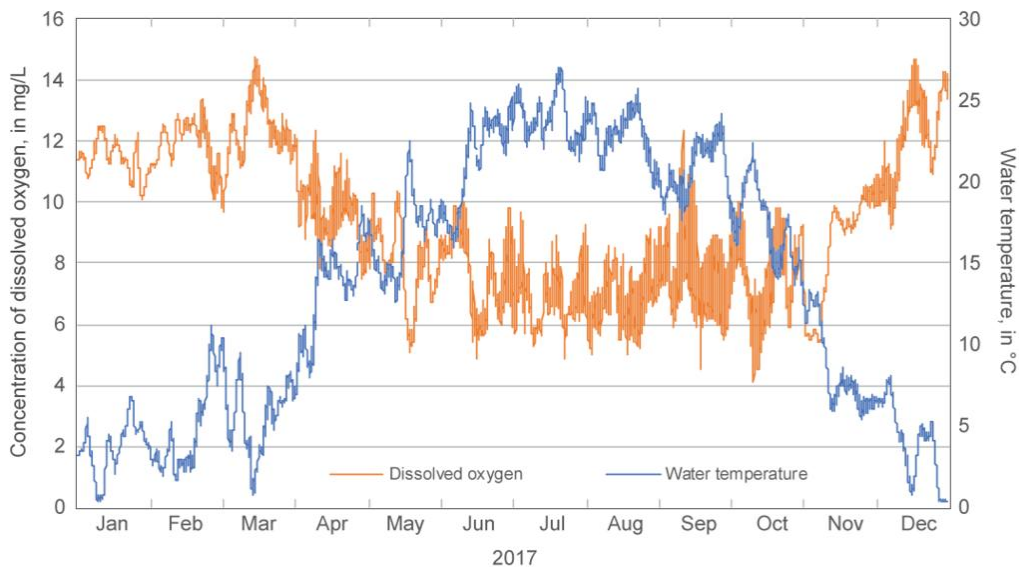
Αντίστοιχη διακύμανση παρουσιάζει και στο σύνολο του έτος καταγράφοντας υψηλότερες τιμές κατά την καλοκαιρινή περίοδο και χαμηλότερες κατά την χειμερινή (**Εικόνα 25**). Η θερμοκρασία ενός ποταμού επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες όπως το είδος της βλάστησης στις όχθες του: μια καλά σκιασμένη όχθη μειώνει την επίδραση της θέρμανσης από τον ήλιο.



**Εικόνα 25.** Η αποτύπωση της ετήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας για την τριετία 2017-2020, στον σταθμό «Αλαμάνα» στο ποταμό Σπερχειό.

Ένα συχνό πρόβλημα αποτελεί η απόρριψη αστικών λυμάτων ή βιομηχανικών υγρών αποβλήτων με υψηλές θερμοκρασίες στα ποτάμια. Τέτοια γεγονότα, προκαλούν στα ποτάμια την απόκλιση (συνήθως αύξηση) από τη φυσική θερμοκρασία και είναι γνωστά ως θερμική ρύπανση. Επίσης, τεχνητές κατασκευές όπως τα φράγματα, μπορούν να επηρεάσουν δραστικά τους κύκλους θερμοκρασίας του νερού. Ενώ ένα φράγμα δεν αυξάνει άμεσα τη θερμοκρασία στο νερό, μεταβάλλει τα νερά από τρεχούμενα σε στάσιμα και προκαλεί έμμεσα την αύξηση της θερμοκρασίας.

Η θερμοκρασία είναι ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την αξιολόγηση της ποιότητας του νερού, καθώς επηρεάζει όλες τις άλλες παραμέτρους και κυριότερα την παράμετρο του διαλυμένου οξυγόνου. Γενικά, το κρύο νερό μπορεί να κρατήσει περισσότερο διαλυμένο οξυγόνο από το ζεστό νερό. Έτσι σε ένα ποταμό αναμένουμε υψηλότερες τιμές διαλυμένου οξυγόνου την χειμερινή περίοδο και χαμηλότερες τιμές την θερινή περίοδο (**Εικόνα 26**).



Εικόνα 26. Συσχέτιση της διακύμανσης της θερμοκρασίας (μπλε γραμμή) και της συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου (πορτοκαλί γραμμή) στο νερό ενός ποταμού κατά τη διάρκεια ενός έτους (USGS, 2018).

#### - Διαλυμένο οξυγόνο

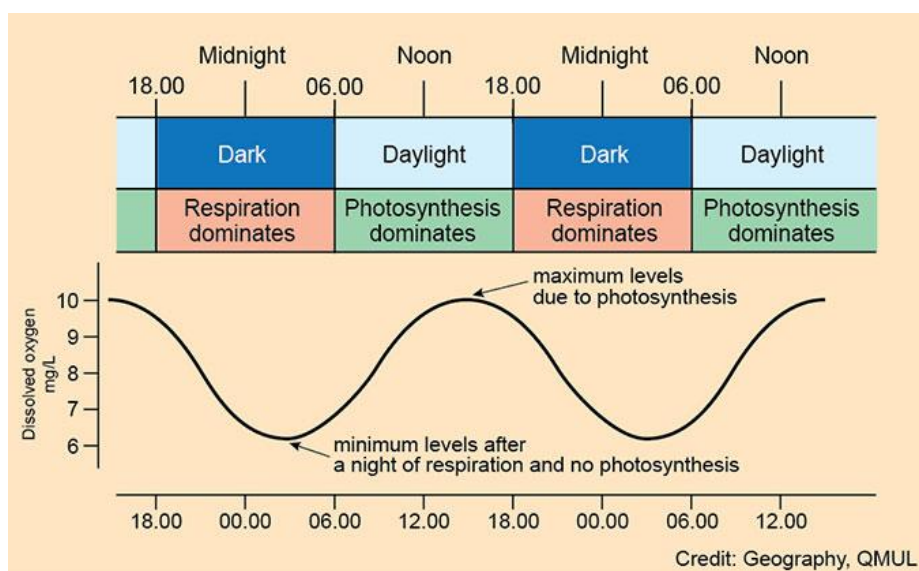
Το διαλυμένο οξυγόνο είναι ένα μέτρο του πόσο οξυγόνο βρίσκεται διαλυμένο και διαθέσιμο για πρόσληψη στο νερό, μετριέται σε mg/L και μπορεί να μας πει πολλά για την ποιότητα του νερού. Πολύ υψηλά ή πολύ χαμηλά επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου, μπορεί να βλάψουν την υδρόβια ζωή και να επηρεάσουν την ποιότητα του νερού.

Το οξυγόνο εισέρχεται στην επιφάνεια των ποταμών μέσω απορρόφησης από την ατμόσφαιρα, διεργασία που επιταχύνεται σε καθεστώς τυρβώδους ροής. Επομένως, το νερό που κινείται γρήγορα, όπως ένα ορεινό ρέμα ή ένα μεγάλο ποτάμι, τείνει να περιέχει περισσότερο διαλυμένο οξυγόνο, ενώ το στάσιμο νερό περιέχει λιγότερο. Ακόμα, ο γρήγορος αερισμός του νερού (π.χ. σε ένα καταρράκτη) συμβάλλει στην αύξηση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου.

Οι φυσικές αιτίες μεταβολής της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό, είναι η **θερμοκρασία**, η διαδικασία της **φωτοσύνθεσης**, η **αναπνοή** των υδρόβιων οργανισμών και η **αποσύνθεση των οργανισμών**. Τα επίπεδα οξυγόνου στο νερό ενός ποταμού είναι σε μια ισορροπία μεταξύ της παροχής οξυγόνου (από την ατμόσφαιρα και τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης) και της κατανάλωσης οξυγόνου λόγω της αναπνοής των φυτών, των ζώων και των μικροβίων.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η **θερμοκρασία** του νερού καθορίζει την ποσότητα οξυγόνου που αυτό μπορεί να περιέχει. Οι υψηλές θερμοκρασίες μειώνουν τη διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό με αποτέλεσμα, το ζεστό νερό να κρατά λιγότερο διαλυμένο οξυγόνο από το κρύο νερό (**Εικόνα 26**).

Η επίδραση της **φωτοσύνθεσης** στο διαλυμένο οξυγόνο ακολουθεί τον 24ωρο κύκλο, προκαλώντας έντονες καθημερινές αλλαγές στην συγκέντρωσή του. Το οξυγόνο παράγεται από τα φυτά κατά τη διάρκεια της ημέρας με την φωτοσύνθεση και καταναλώνεται κατά τη διάρκεια της νύχτας με την αναπνοή (**Εικόνα 27**). Ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης αλλάζει ανάλογα με την ένταση και τη διάρκεια του ηλιακού φωτός, επομένως μια ηλιόλουστη μέρα θα σχετίζεται με υψηλότερα ποσοστά φωτοσύνθεσης σε σύγκριση με μια συννεφιασμένη.



**Εικόνα 27.** Ημερήσια διακύμανση του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό, από την διαδικασία της φωτοσύνθεσης και της αναπνοής (Geography QMUL, 2022).

Τα ψάρια και οι άλλοι υδρόβιοι οργανισμοί (φυτά, ασπόνδυλα, βακτήρια), χρειάζονται οξυγόνο για να **αναπνεύσουν**. Η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου που απαιτείται διαφέρει ανά οργανισμό. Κάποια ζώα χρειάζονται ελάχιστες ποσότητες οξυγόνου, από 1-6 mg/L (π.χ. καβούρια, στρείδια, σκουλήκια), ενώ τα ψάρια ρηχών νερών χρειάζονται υψηλότερα επίπεδα, συνήθως από 4-15 mg/L.

Τα βακτήρια στο νερό, καταναλώνουν το οξυγόνο για να **αποσυνθέσουν την οργανική ύλη**. Αυτοί οι οργανισμοί χρησιμοποιούν το διαλυμένο οξυγόνο για να

διασπάσουν οργανικό υλικό στον πυθμένα ενός υδατικού σώματος. Η μικροβιακή αποσύνθεση συμβάλλει σημαντικά στην ανακύκλωση των θρεπτικών συστατικών, ωστόσο εάν υπάρχει περίσσεια οργανικού υλικού σε αποσύνθεση **θα οδηγήσει σε σημαντικά μειωμένη συγκέντρωση οξυγόνου και πιθανώς υποξικές συνθήκες**. Η περίσσεια οργανικού υλικού σε λίμνες και ποτάμια, λόγω ρύπανσης (κυρίως από αστικά/κτηνοτροφικά λύματα και από γεωργικά λιπάσματα) μπορεί να προκαλέσει το φαινόμενο του ευτροφισμού (ευτροφικές συνθήκες) και οδηγεί σε μια κατάσταση ανεπάρκειας οξυγόνου που μπορεί να προκαλέσει τον «θάνατο» ενός υδατικού συστήματος. Η συνθήκη αυτή περιγράφει συνθήκες όπου οι υδρόβιοι οργανισμοί δεν μπορούν να επιβιώσουν.

Πέρα από τις φυσικές αιτίες που αναφέρθηκαν παραπάνω, γενικά οι διαφορετικές πηγές ρύπανσης των νερών τείνουν να προκαλούν μείωση στις τιμές του διαλυμένου οξυγόνου. Για παράδειγμα, τα λύματα της αποχέτευσης αποτελούνται σε μεγάλο βαθμό από οργανική ύλη. Η απόρριψη ακατέργαστων λυμάτων σε ένα ποτάμι συνοδεύεται από μείωση της περιεκτικότητας σε διαλυμένο οξυγόνο, επειδή τα βακτήρια, που χρησιμοποιούν τα λύματα ως πηγή τροφής, αυξάνονται σε αριθμό και αναπνέουν. Αυτή η αναπνοή καταναλώνει γρήγορα το οξυγόνο στο νερό και μπορεί να οδηγήσει σε θάνατο των ψαριών.

Πιθανές πηγές ρύπανσης μπορεί να είναι τα αστικά λύματα, υγρά απόβλητα με χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου, γεωργικές απορροές και γενικά απόρριψη στο νερό χημικών ή βιολογικών συστατικών που έχουν υψηλή ζήτηση οξυγόνου, δηλαδή απαιτούν μεγάλες ποσότητες οξυγόνου προτού μπορέσουν να αποσυντεθούν πλήρως.

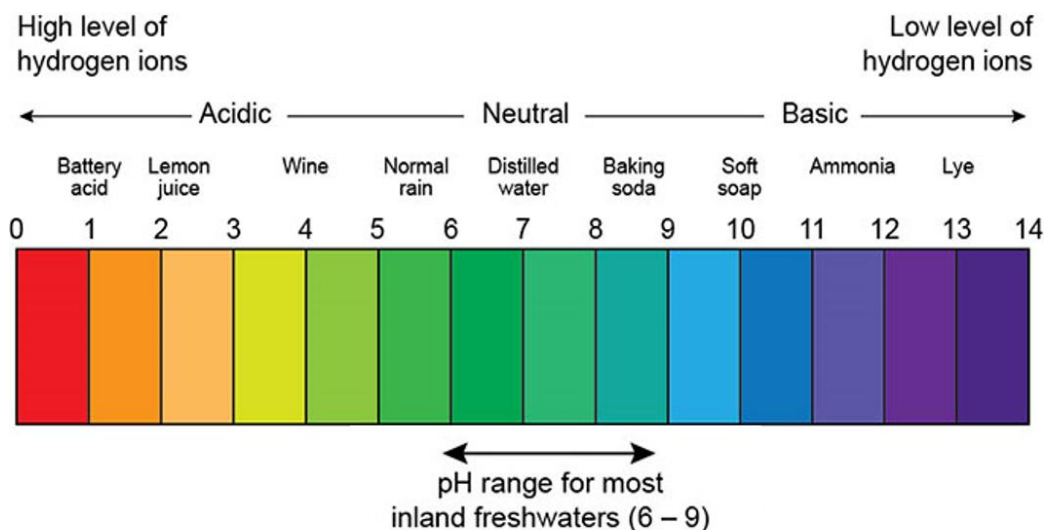
#### - **pH**

Το pH του νερού είναι ένα μέτρο της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου ( $H^+$ ) που ορίζει πόσο όξινο ή βασικό είναι το νερό και μετριέται σε μια προκαθορισμένη κλίμακα από 0 έως 14 (**Εικόνα 28**). Όσο μικρότερος είναι ο αριθμός (π.χ.  $pH=3$ ), τόσο πιο όξινο είναι το νερό ενώ όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός (π.χ.  $pH=10$ ), τόσο πιο βασικό. Ένα  $pH=7$  θεωρείται ουδέτερο. Το pH μετριέται σε λογαριθμική κλίμακα,

γεγονός που σημαίνει ότι η αλλαγή του κατά μια μονάδα συνεπάγεται δεκαπλάσια αλλαγή στο πόσο βασικό ή όξινο είναι το νερό.

Η μέτρησή του είναι πολύ σημαντική γιατί εάν το pH του νερού είναι πολύ υψηλό ή πολύ χαμηλό, οι υδρόβιοι οργανισμοί που ζουν μέσα σε αυτό θα δυσκολευτούν να επιβιώσουν. Διαφορετικοί οργανισμοί μπορούν να ζήσουν σε διαφορετικά εύρη τιμών, με το συνηθέστερο εύρος σε γλυκά νερά να είναι από 6 έως 9. Επίσης, το pH επηρεάζει τις περισσότερες χημικές και βιολογικές διεργασίες στο νερό. Είναι ένας από τους σημαντικότερους περιβαλλοντικούς παράγοντες που περιορίζουν την κατανομή των ειδών στους υδρόβιους οικοτόπους. Οι εναλλαγές στις τιμές του pH ή η παραμονή του pH εκτός φυσιολογικού εύρους για παρατεταμένο διάστημα, καταπονεί πολλά είδη και μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη αναπαραγωγή, μειωμένη ανάπτυξη, ασθένεια ή θάνατο. Αυτό μπορεί τελικά να οδηγήσει σε μειωμένη βιολογική ποικιλότητα στα ποτάμια.

Το pH μπορεί επίσης να επηρεάσει τη διαλυτότητα και την τοξικότητα των χημικών ουσιών και των βαρέων μετάλλων στο νερό. Για παράδειγμα τα βαρέα μέταλλα τείνουν να είναι πιο τοξικά σε χαμηλότερο pH, επειδή είναι πιο διαλυτά και πιο βιοδιαθέσιμα. Παρόλα αυτά, ούτε οι πολύ υψηλές τιμές pH είναι επιθυμητές γιατί δεν ανταποκρίνονται σε ένα υγιές υδάτινο περιβάλλον.



Εικόνα 28. Κλίμακα μέτρησης του pH (τιμές 0-14) και χρωματική διαβάθμιση από τις πιο όξινες συνθήκες (κόκκινο χρώμα) στις πιο βασικές (μωβ χρώμα). (Geography QMUL, 2022)

Η φυσική τιμή pH κάθε ποταμού καθορίζεται από τη γεωλογία της περιοχής και την αρχική πηγή του νερού. Αν και η τιμή του pH μπορεί να αλλάζει διαρκώς κατά τη διάρκεια της ημέρας λόγω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης, οι αλλαγές αυτές είναι σχετικά μικρού εύρους και η τιμή διατηρείται σε σχεδόν σταθερά επίπεδα. Σημαντικές αλλαγές μπορεί να οφείλονται σε επεισόδια ρύπανσης, με συνηθέστερα την απόρριψη αστικών ή βιομηχανικών λυμάτων, τις απορροές από χώρους μεταλλευτικής δραστηριότητας και τις απορροές από χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων.

#### - **Αγωγιμότητα**

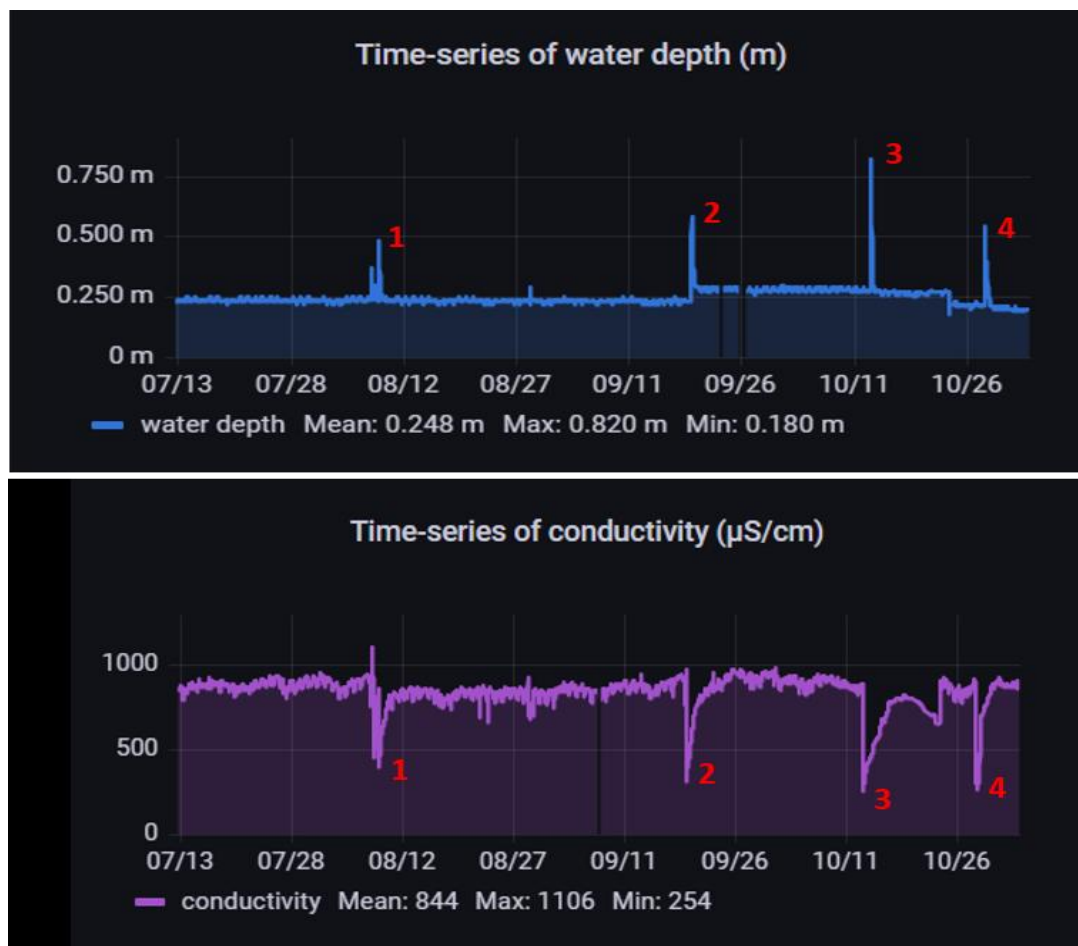
Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μας δίνει μια ένδειξη για το σύνολο των διαλυμένων στερεών μέσα στο νερό και μετρείται σε μονάδες  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Τα διαλυμένα στερεά είναι ουσιαστικά ένα μέτρο για οτιδήποτε είναι διαλυμένο στο νερό όπως μέταλλα, ιόντα και άλατα. Διαλυμένες ουσίες μπορεί να προέρχονται από την αποσύνθεση των φυτών, τα απορρίμματα των ζώων που ζουν στον νερό αλλά και από απόβλητα.

Ειδικότερα, νερό με υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα είναι χαρακτηριστικό του θαλάσσιου νερού. Έτσι πολύ υψηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας ενδέχεται να υποδεικνύουν την υφαλμύριση του νερού και την πιθανότητα θαλάσσιας διείσδυσης. Συχνά, τέτοιες περιπτώσεις εμφανίζονται στις εκβολές ποταμών, όπου υπάρχει ανάμειξη γλυκού και αλμυρού νερού.

Ο φυσικός μηχανισμός που επηρεάζει την ηλεκτρική αγωγιμότητα στα νερά ενός ποταμού είναι η γεωλογία της περιοχής. Το φυσικό εύρος τιμών των γλυκών νερών (ανάλογα την γεωλογία) κυμαίνεται από 100-2.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Τα περισσότερα υδάτινα σώματα διατηρούν μια αρκετά σταθερή τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βάση αναφοράς (συνήθως μεταξύ 300 και 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Ασυνήθιστα υψηλές τιμές, υποδηλώνουν ότι έχει συμβεί κάποιο περιστατικό μόλυνσης.

Η αγωγιμότητα ποικίλλει επίσης ως αποτέλεσμα των αλλαγών της παροχής (δηλαδή της ποσότητας του νερού) ενός ποταμού και της θερμοκρασίας. Για παράδειγμα, ένα επεισόδιο έντονης βροχόπτωσης προκαλεί ουσιαστικά την

ανάμειξη και αραιώση των διαλυμένων στερεών που βρίσκονται σε έναν ποταμό. Κατά αυτόν τον τρόπο, αύξηση της ποσότητας του νερού επιφέρει άμεσα μείωση στις τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (**Εικόνα 29**).

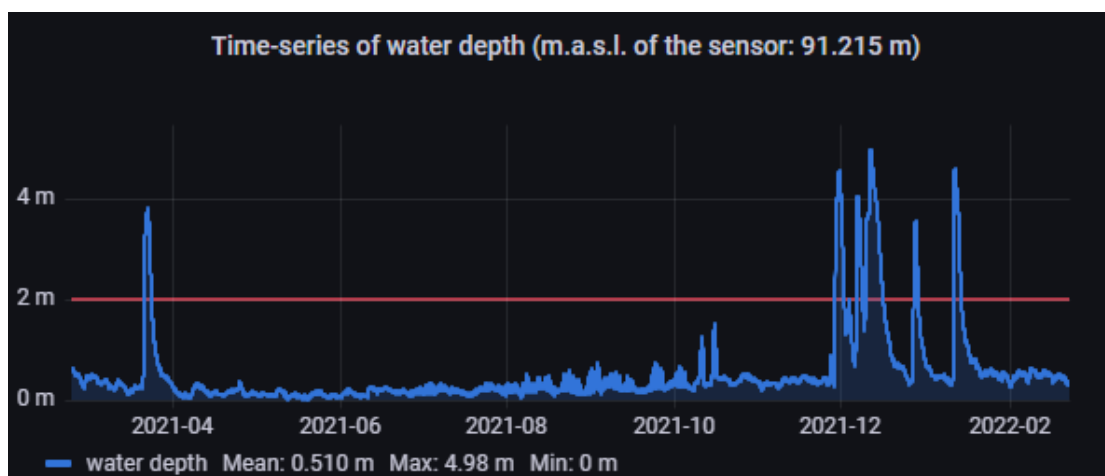


**Εικόνα 29.** Απεικόνιση τεσσάρων επεισοδίων κατά τα οποία απότομη αύξηση της στάθμης προκαλούν μείωση της τιμής της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, στον ποταμό Κηφισό (Αττικό).

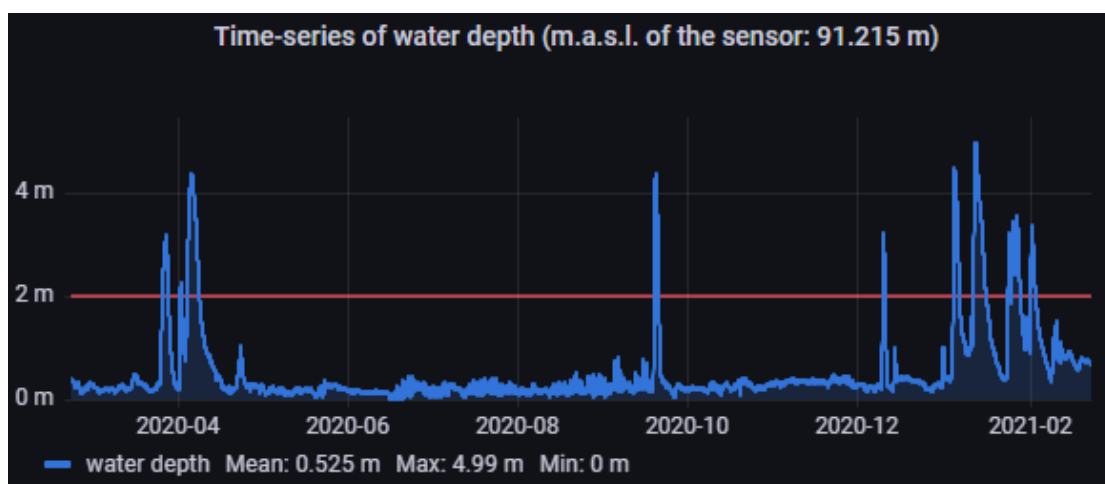
Αντιθέτως, η βροχή που πέφτει σε γεωργικές εκτάσεις ξεπλένει τα χώματα από τα λιπάσματα και καταλήγει στα ποτάμια με υψηλή συγκέντρωση διαλυμένων στερεών και μπορεί να οδηγήσει τελικά σε αύξηση της τιμής της αγωγιμότητας. Η εκτεταμένη χρήση λιπασμάτων στη γεωργική παραγωγή είναι μια σημαντική παράμετρος που επηρεάζει την ηλεκτρική αγωγιμότητα των ποταμών.

### 11.3.2 Φύλλο εργασίας

#### 2021-2022 Σταθμός Τεμπών – Πηνειός ποταμός



#### 2020-2021 Σταθμών Τεμπών – Πηνειός ποταμός



1) Σε ποιο εκ των 2 ετών που φαίνονται στα παραπάνω διαγράμματα είχαμε περισσότερα έντονα καιρικά φαινόμενα;

A) Στο έτος 2021-22

B) Στο έτος 2020-21

Γ) και στα 2 έτη είχαμε τον ίδιο αριθμό έντονων καιρικών φαινομένων

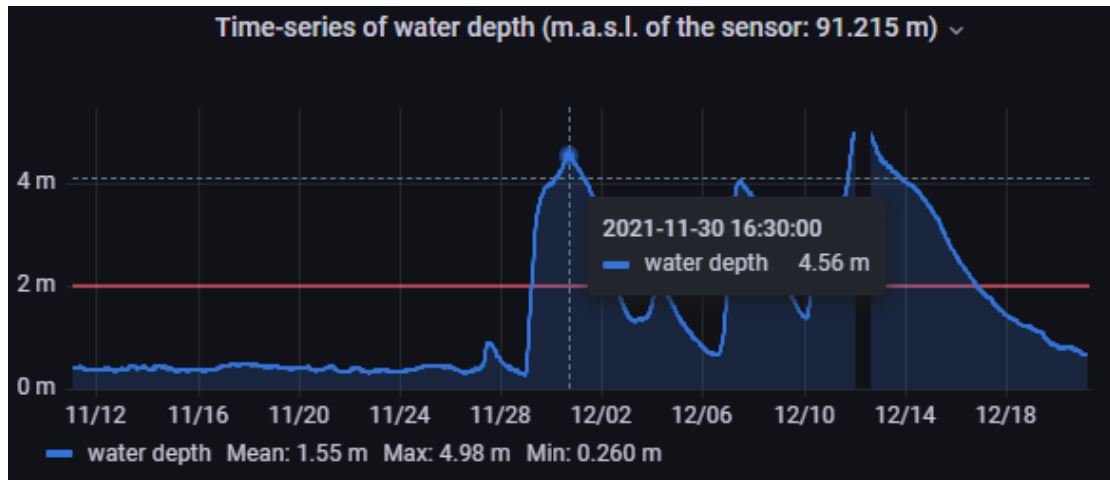
2) Ποια είναι η ετήσια συχνότητα των έντονων καιρικών φαινομένων στην περιοχή των Τεμπών – Πηνειός ποταμός, σύμφωνα με τα παραπάνω διαγράμματα;

A) 10 γεγονότα στο έτος 2020-21 και 7 στο 2021-22

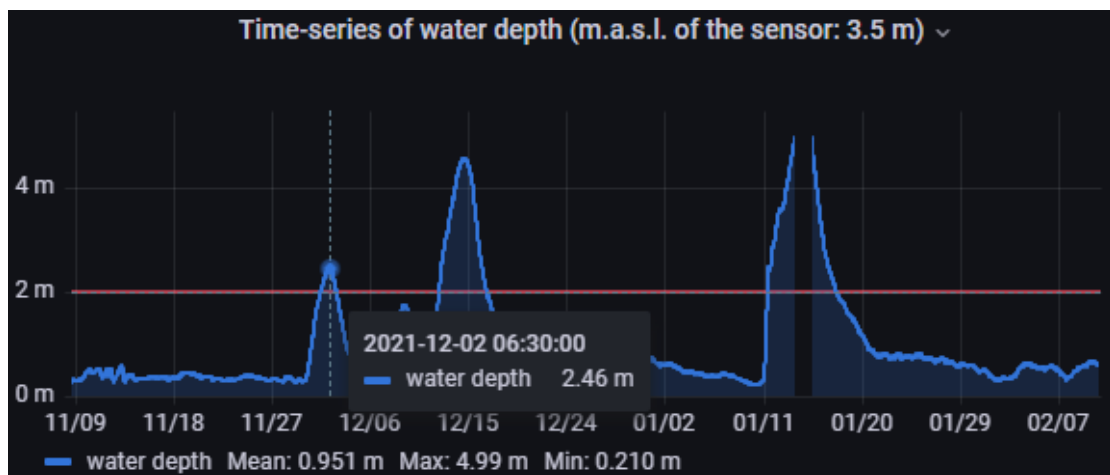
B) 8 γεγονότα στο έτος 2020-21 και 5 στο 2021-22

Γ) 12 γεγονότα στο έτος 2020-21 και 7 στο 2021-22

Σταθμός Νομής Τρικάλων – Πηνειός ποταμός



Σταθμός Τεμπών Λάρισας– Πηνειός ποταμός



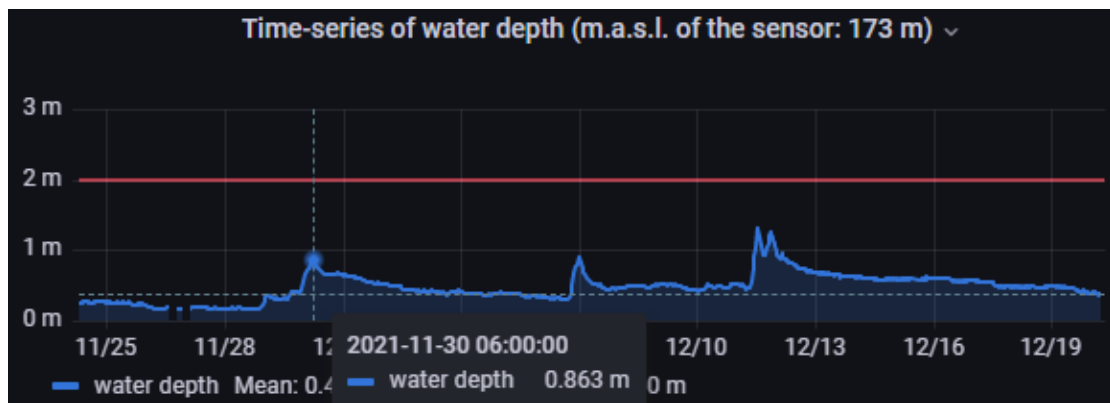
3) Πόσο χρόνο κάνει το πλημμυρικό κύμα για να φτάσει από την Νομή Τρικάλων στα Τέμπη Λάρισας;

\_\_\_\_\_ ώρες

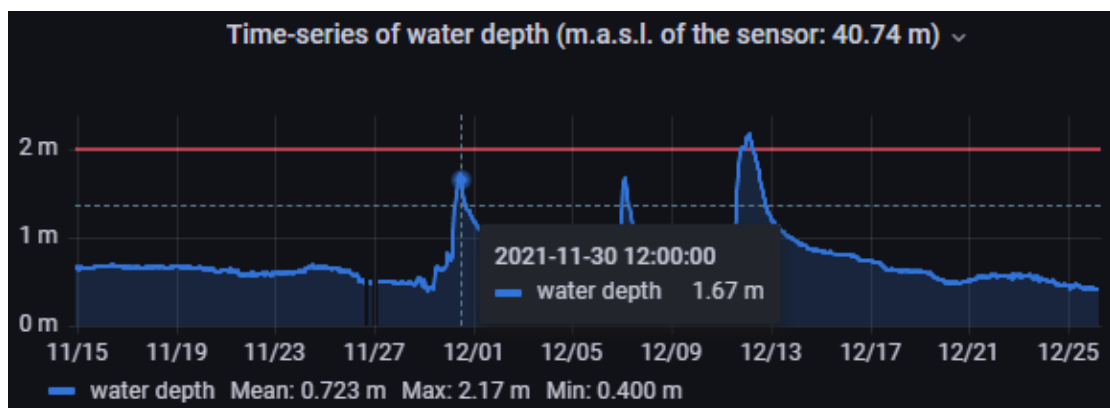
Ποια είναι η μέση ταχύτητα του νερού αν οι 2 σταθμοί απέχουν 80km;

\_\_\_\_\_ km/h

### Σταθμός Θεόπετρα – Ληθαίος ποταμός



### Σταθμός Τρίκαλα – Ληθαίος ποταμός



4) Πόσο χρόνο κάνει το πλημμυρικό κύμα για να φτάσει από την Θεόπετρα Τρικάλων μέσα στην πόλη των Τρικάλων (Ληθαίος ποταμός);

\_\_\_\_\_ ώρες

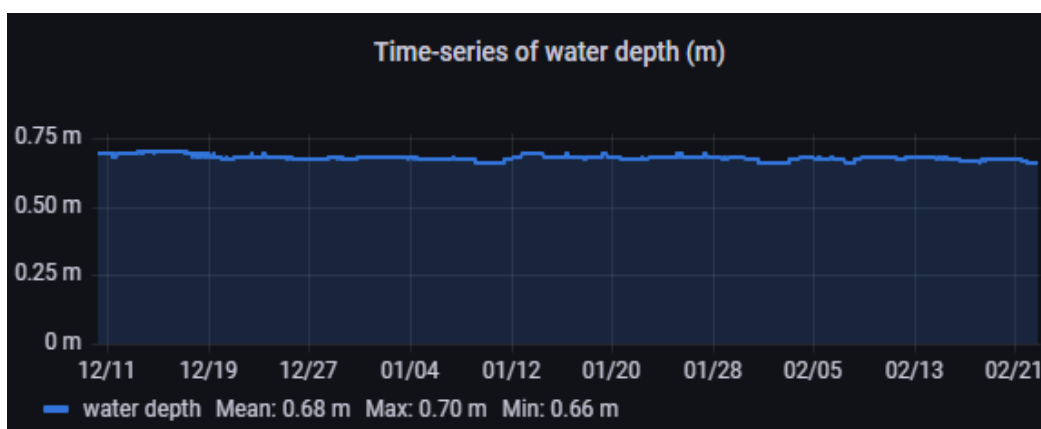
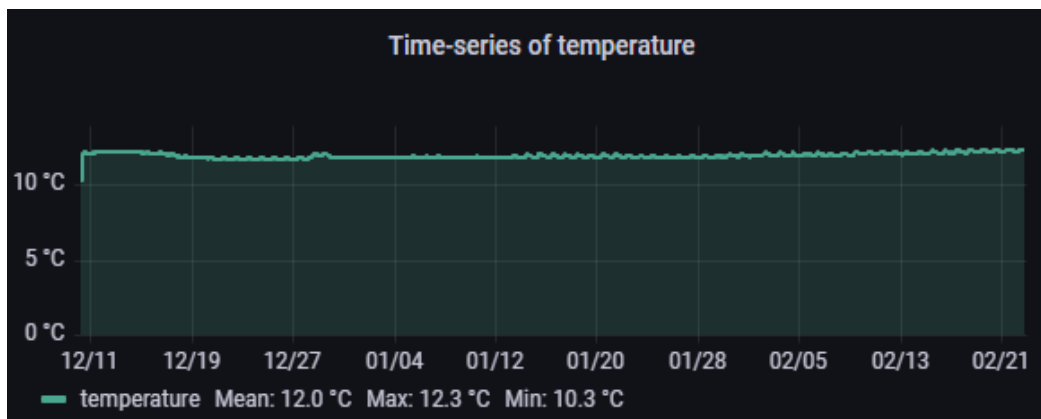
5) Ποια είναι η μέση ταχύτητα του νερού αν οι 2 σταθμοί απέχουν 15 km;

\_\_\_\_\_ km/h

6) Που οφείλεται η μεγάλη διαφορά χρόνου που χρειάζεται το πλημμυρικό κύμα για να ταξιδέψει σε όλο σχεδόν το μήκος του ποταμού Πηνειού σε σχέση με τον Ληθαίο;

\_\_\_\_\_

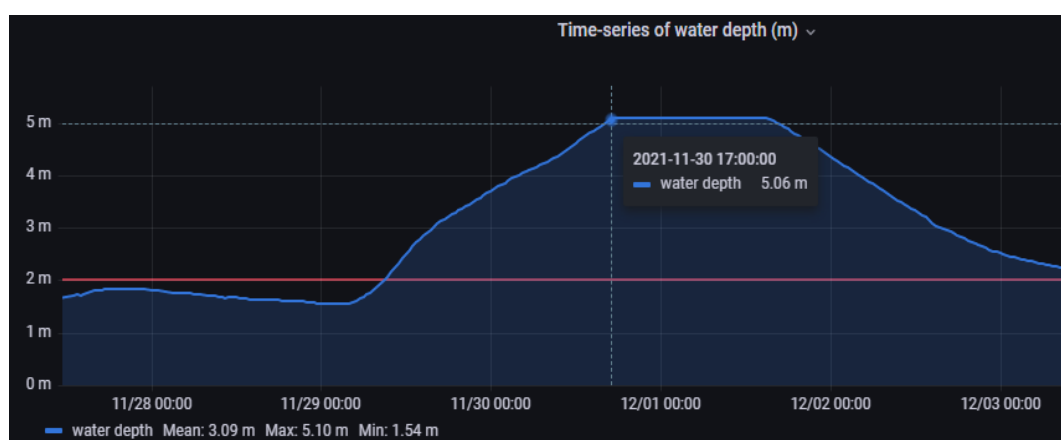
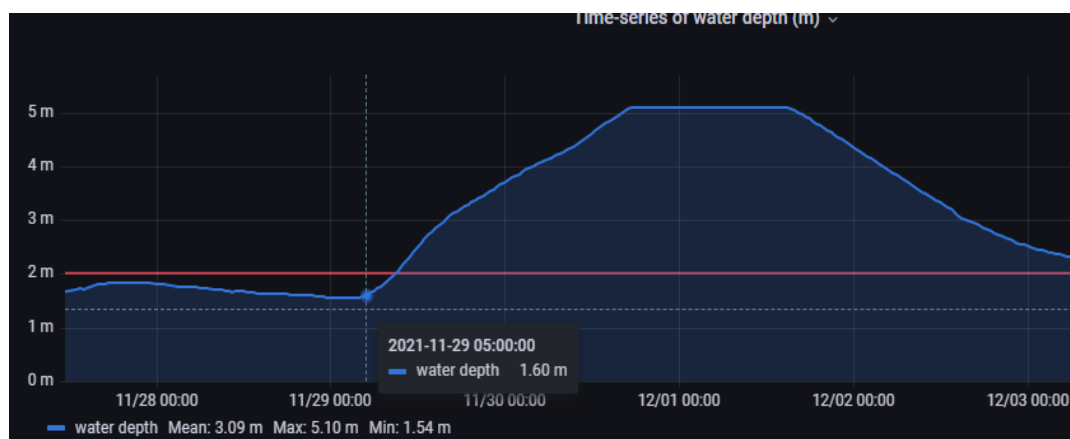
## Σταθμός Γοργογύρι Τρικάλων



7) Που μπορεί να οφείλεται η μεγάλη σταθερότητα τιμών της θερμοκρασίας νερού και της στάθμης που φαίνεται στα παραπάνω διαγράμματα; (σταθμός Γοργογύρι Τρικάλων – στις πλαγιές του όρους Κόζιακα, διάρκεια τιμών περίπου 3 μήνες)

.....  
.....

## Σταθμός Ενιπέας – Πηνειός ποταμός

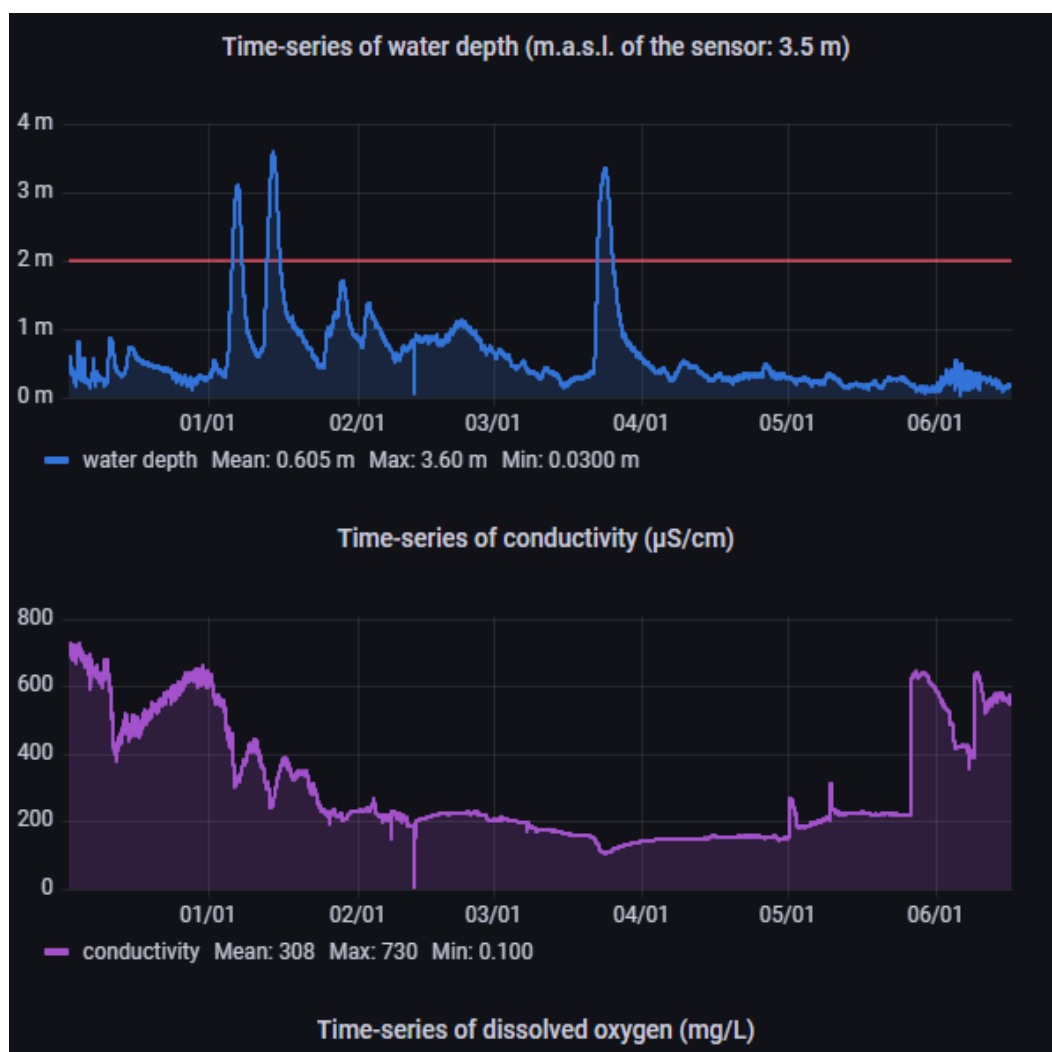


8) Δείτε το διάγραμμα της στάθμης του Ενιπέα ποταμού και υπολογίστε πόσο χρόνο χρειάστηκε για να κορυφωθεί το πλημμυρικό φαινόμενο που βλέπετε στο διάγραμμα.

- A) 7 ώρες
- B) 15 ώρες
- Γ) 24 ώρες
- Δ) 36 ώρες

9) Υπάρχει επαρκής χρόνος αντίδρασης των αρμόδιων αρχών αν χρησιμοποιούν ένα παρεμφερές σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης με το παραπάνω, ώστε να λάβουν μέτρα μείωσης των επιπτώσεων της πλημμύρας;

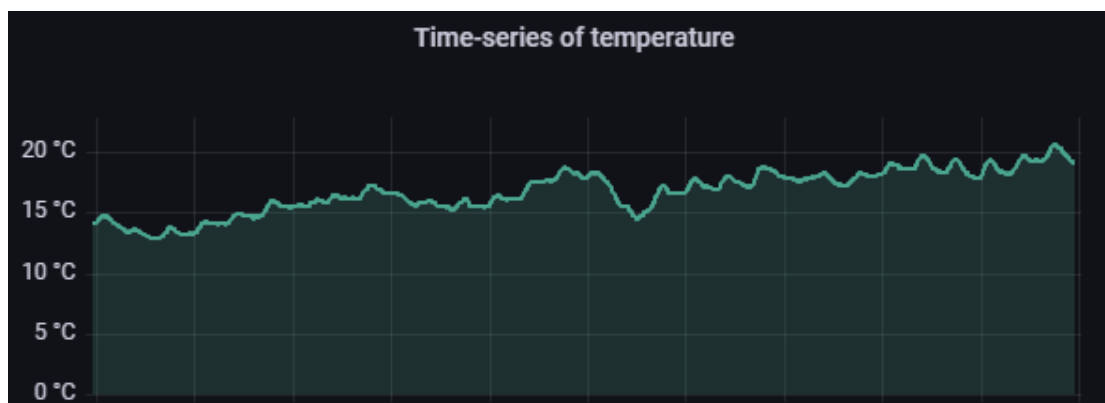
## Σταθμός Τεμπών – Πηνειός ποταμός



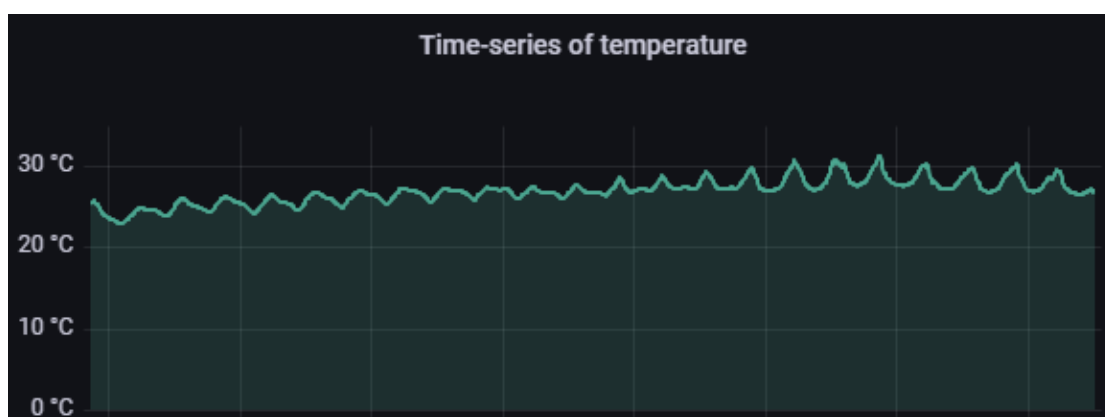
10) Για ποιο λόγο παρατηρείται η σημαντική πτώση στην ηλεκτρική αγωγιμότητα μετά την 1/1 από τα 600 στα περίπου 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ;

- A) εισροή ρυπαντών στα ύδατα
- B) αύξηση της θερμοκρασίας του νερού
- Γ) εισροή μεγάλων ποσοτήτων βρόχινου νερού
- Δ) έντονη διαδικασία φωτοσύνθεσης

1) Σταθμός Νομή - Πηνειός ποταμός



2) Σταθμός Νομή - Πηνειός ποταμός



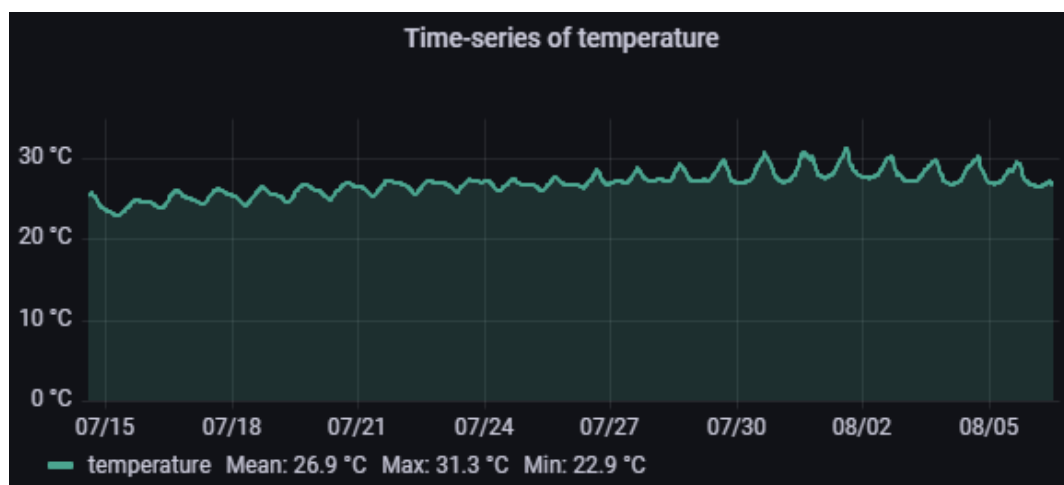
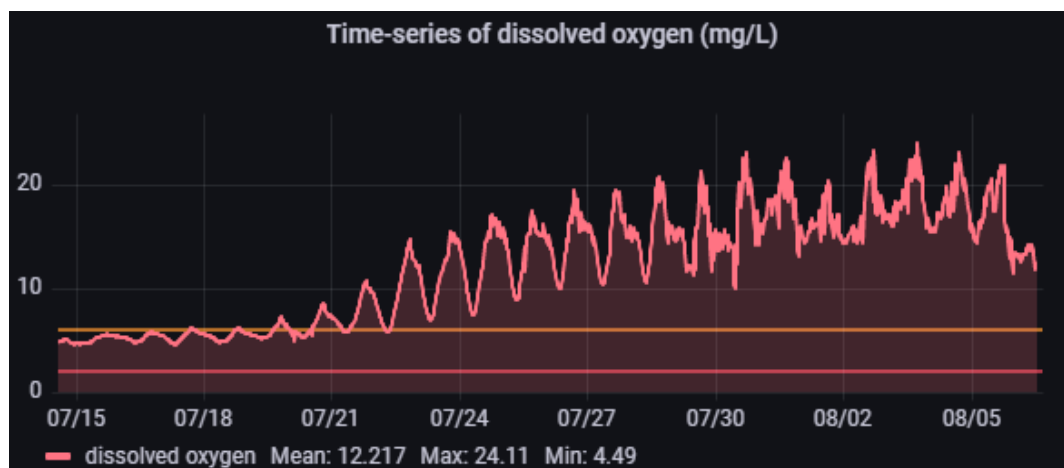
11) Ποια περίοδο του έτους αντιπροσωπεύουν τα παραπάνω διαγράμματα της θερμοκρασίας στον σταθμό Νομή Τρικάλων (Πηνειός ποταμός)

- A) 1: Καλοκαίρι, 2: Άνοιξη
- B) 1: Χειμώνας, 2: Άνοιξη
- Γ) 1: Φθινόπωρο, 2: Άνοιξη
- Δ) 1: Άνοιξη, 2: Καλοκαίρι

12) Τι μπορεί να αντιπροσωπεύουν οι έντονες διακυμάνσεις που παρατηρούνται στο 2ο διάγραμμα;

- A) Εισροή βρόχινου νερού
- B) Εισροή ρύπων
- Γ) διαφορά στην θερμοκρασία αέρα μέρας-νύχτας
- Δ) έντονες απολήψεις/αντλήσεις νερού

## Σταθμός Νομή – Πηνειός ποταμός



13) Τι μπορεί να αντιπροσωπεύουν οι έντονες διακυμάνσεις του διαλυμένου οξυγόνου στο παραπάνω διάγραμμα;

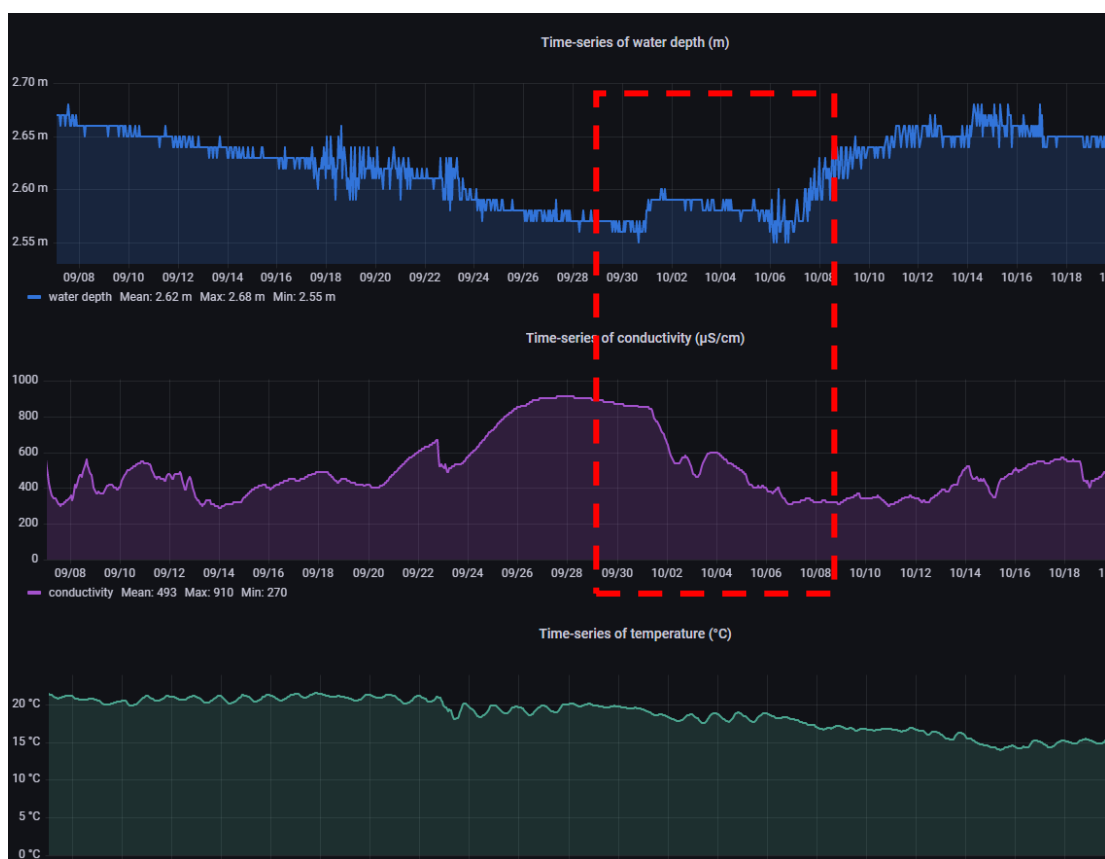
A) Έντονες διεργασίες φωτοσύνθεσης και αναπνοής κατά την διάρκεια του καλοκαιριού (έντονη φωτοσύνθεση την ημέρα και αναπνοή την νύχτα)

B) Εισροή μεγάλων ποσοτήτων ρυπαντών ανά τακτά χρονικά διαστήματα

Γ) Εισροή μεγάλων ποσοτήτων βρόχινου νερού

Δ) Έντονες απολήψεις/αντλήσεις νερού

## Σταθμός Πρέσπες – Λίμνη Μεγάλη Πρέσπα



14) Που μπορεί να οφείλεται η σημαντική πτώση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας που παρατηρείται στο τμήμα του ανωτέρω διαγράμματος που περικλείεται στην διακεκομμένη κόκκινη γραμμή;

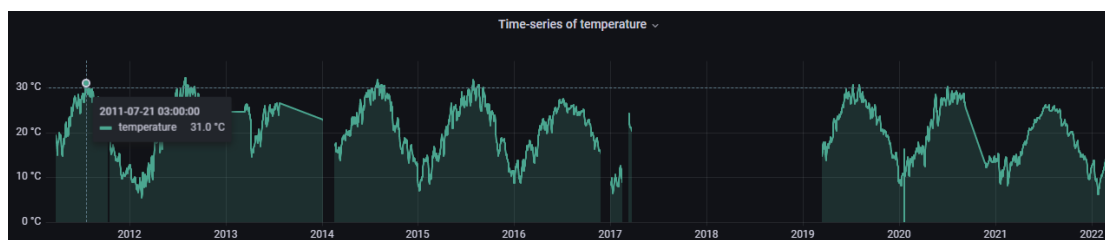
A) Σε αύξηση των εισροών γλυκού νερού λόγω βροχόπτωσης

B) Σε μείωση των ρυπαντικών φορτίων που φτάνουν στη λίμνη

Γ) Στην εντατικοποίηση της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης στη λίμνη

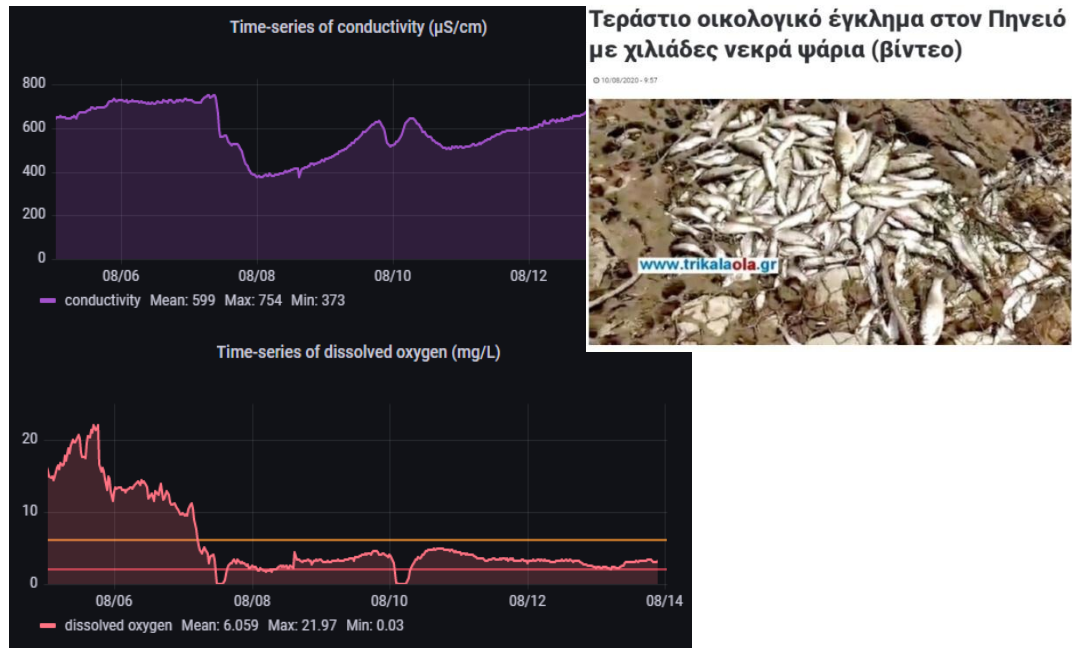
Δ) Στην καθίζηση των διαλυμένων στερεών που υπάρχουν στο νερό της λίμνης

## Σταθμός Κουμουνδούρου – Λίμνη Κουμουνδούρου



15) Παρατηρείστε την χρονοσειρά της θερμοκρασίας νερού στη λίμνη Κουμουνδούρου, στο ανωτέρω διάγραμμα (ημερήσια δεδομένα για την περίοδο 2012-2022). Ποια είναι η τάση των μέγιστων ετήσιων τιμών (κορυφές διακυμάνσεων στα διαγράμματα) για την τελευταία δεκαετία (ανοδική ή πτωτική); Ποιο είναι το μέσο ετήσιο ποσοστό μεταβολής στην θερμοκρασία κατά την ανωτέρω περίοδο; (πρέπει να δείτε το διάγραμμα στην πλατφόρμα για να διευκολυνθείτε στους υπολογισμούς).

## Σταθμός Νομή Τρικάλων – Πηνειός ποταμός



16) Δείτε την δημοσίευση στον τοπικό τύπο του Ν. Τρικάλων. Θα μπορούσε κάποιος να προβλέψει την επερχόμενη οικολογική βλάβη κοιτάζοντας τις μετρήσεις των αυτόματων σταθμών; Αν ναι, με ποιόν τρόπο και με βάση ποια παράμετρο;

---

## Απαντήσεις

B

B

38 hr - 2.1 km/hr

6 hr

2.5 km/hr

Στην μικρή απόσταση μεταξύ των σταθμών και στο μικρότερο μέγεθος της υδρολογικής λεκάνης του Ληθαίου σε σχέση με τον Πηνειό

Πρόκειται για ρέμα κοντά στις πηγές του που παρουσιάζουν μεγάλη σταθερότητα στην συμπεριφορά τους (περίπου σταθερή ποσότητα και ποιότητα νερού στον χρόνο)

Δ

Ναι, διότι 36 ώρες είναι αρκετές για να τεθεί σε εφαρμογή κάποιο σχέδιο αντιπλημμυρικής προστασίας (κατ' ελάχιστον να απομακρυνθούν άνθρωποι και ζώα που βρίσκονται στην περιοχή)

Γ

Δ

Γ

A

A

Πτωτική – 0,44 °C / έτος

Ναι, θα μπορούσε με βάση το διαλυμένο οξυγόνο το οποίο βλέπουμε ότι λίγες ώρες/ημέρες πριν το συμβάν έπεσε απότομα σε πολύ χαμηλά επίπεδα που δεν επιτρέπουν την επιβίωση των ψαριών

## 11.4 Συμπεράσματα

Η υιοθέτηση νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση αποτελεί ένα από τα κεντρικά ζητήματα στη σύγχρονη εκπαιδευτική πρακτική, ειδικά καθώς οι τεχνολογίες Internet of Things (IoT) και τα Ανοικτά Δεδομένα (Open Data) αναδεικνύονται ως σημαντικά εργαλεία καινοτομίας. Η παρούσα ανάλυση επικεντρώνεται στην επίδραση που είχε στους μαθητές μία εκπαιδευτική παρέμβαση με επίκεντρο την αξιοποίηση των Ανοικτών Δεδομένων που αντλήθηκαν με την τεχνολογία Internet of Things, στην διδακτική διαδικασία. Η εκπαιδευτική παρέμβαση περιγράφεται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 11. Για την μέτρηση της επίδρασης συγκροτήθηκαν μία ομάδα ελέγχου και μία ομάδα παρέμβασης, με τους μαθητές κάθε ομάδας να συμπληρώνουν κατάλληλα διαμορφωμένο ερωτηματολόγιο πριν και μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση. Τα ερωτηματολόγια αυτά παρατίθενται στο παράρτημα II.

Το κυριότερο ερευνητικό ερώτημα που τέθηκε στο πλαίσιο της έρευνας ήταν:

- Πώς η εκπαιδευτική παρέμβαση επηρέασε τις γνώσεις και στάσεις των μαθητών σε μία σειρά από ζητήματα και φαινόμενα που σχετίζονται με τον υδατικό γραμματισμό:
  - a. οικειότητα και ενδιαφέρον για ζητήματα που αφορούν το νερό και τη διαχείρισή του,
  - b. κίνητρα για επαγγελματική ενασχόληση σε αυτόν τον τομέα,
  - c. εκτίμηση της σημαντικότητας των επιστημονικών στοιχείων για την προστασία των υδάτινων πόρων,
  - d. σημασία των φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης των μαθητών,
  - e. αυτο-αποτελεσματικότητα των μαθητών ως προς τη διαχείριση επιστημονικών εννοιών,
  - f. ανησυχία από συγκεκριμένα έντονα φαινόμενα και ακραία συμβάντα,
  - g. πηγές πληροφόρησης των μαθητών για τέτοια ζητήματα
  - h. αξιολόγηση των γνώσεων των μαθητών πάνω σε συγκεκριμένα ζητήματα που αφορούν τον υδατικό γραμματισμό και την ποιότητα του νερού.

Τα αποτελέσματα αποκαλύπτουν μία πολύπλευρη εικόνα, που αναδεικνύει τόσο τα οφέλη όσο και τους πιθανούς περιορισμούς στην αξιοποίηση των ανοικτών δεδομένων στη διδακτική διαδικασία των ελληνικών σχολείων. Οι διαπιστώσεις αυτές παρέχουν χρήσιμες κατευθύνσεις για τη βελτίωση της εφαρμογής αυτών των πρακτικών, συμβάλλοντας στην ανάπτυξη πιο αποτελεσματικών και βιώσιμων εκπαιδευτικών προσεγγίσεων.

### **Συμπεράσματα ως προς την επίδραση της εκπαιδευτικής παρέμβασης**

Η ανάλυση των δεδομένων που αφορούν τις γνώσεις και στάσεις των μαθητών σε μία σειρά από ζητήματα που σχετίζονται με τον υδατικό γραμματισμό αποκαλύπτει μία σύνθετη αλλά σε γενικές γραμμές συνεπή εικόνα. Αναδεικνύει επίσης την εγκυρότητα, σε ικανοποιητικό βαθμό, της ερευνητικής υπόθεσης ότι η αξιοποίηση των Ανοικτών Δεδομένων στην διδακτική διαδικασία μπορεί να έχει σημαντικές θετικές επιπτώσεις, κάτι που συμφωνεί και με τα συμπεράσματα από την επισκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας πάνω σε αυτόν τον τομέα. Η ανάλυση δίνει επίσης ορισμένες ενδείξεις για παράγοντες που μπορούν να περιορίσουν αυτήν την θετική επίδραση, επομένως μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση των προϋποθέσεων βέλτιστης αξιοποίησης αυτών των πρακτικών.

### **Πριν από την παρέμβαση**

Ως επί το πλείστον, οι γνώσεις και στάσεις των μαθητών πριν από την εκπαιδευτική παρέμβαση βαθμολογούνται κάπου στο μέσο της χρησιμοποιούμενης κλίμακας, υποδεικνύοντας έλλειψη εξοικείωσης με ζητήματα που αφορούν το νερό και έναν μικρό έως μέτριο βαθμό ενδιαφέροντος για τις επί μέρους παραμέτρους του και τα επιστημονικά δεδομένα στα οποία βασίζεται η μελέτη της ποιότητας των υδάτων. Όπως είναι αναμενόμενο, το ενδιαφέρον αυτό εμφανίζεται σχετικά μεγαλύτερο όταν πρόκειται για ζητήματα της επικαιρότητας, ή που σχετίζονται άμεσα με τις οικολογικές ευαισθησίες των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, σημεία στα οποία παρατηρείται σημαντική απόκλιση, προς τα πάνω ή προς τα κάτω, από την μέση κατάσταση είναι τα εξής:

- Οι μαθητές δηλώνουν ότι έχουν ελάχιστες (έως καθόλου) γνώσεις για θέματα ρύπανσης του νερού.
- Ανάμεσα σε όσους διαθέτουν τέτοιες γνώσεις, υπάρχει ξεκάθαρη υπεροχή συγκεκριμένων πηγών πληροφόρησης (οικογένεια, εφημερίδες και περιοδικά) και υστέρηση άλλων (τηλεόραση, Διαδίκτυο)
- Παρά την έλλειψη γνώσεων, οι μαθητές πιστεύουν σε μεγάλο βαθμό ότι είναι σε θέση να συζητήσουν μέτρα και πολιτικές για την προστασία της ποιότητας των υδάτων και του οικοσυστήματός τους.
- Επίσης, οι μαθητές εμφανίζονται να έχουν υψηλά κίνητρα επαγγελματικής ενασχόλησης με τον τομέα της υδρογεωλογίας, και θεωρούν ότι μπορούν να πετύχουν σε αυτόν.

Στην πραγματικότητα δεν υπάρχει αντίφαση ανάμεσα στην έλλειψη γνώσεων από την μία μεριά και τα υψηλά κίνητρα επαγγελματικής ενασχόλησης και την αυτοπεποίθηση ότι μπορούν να συζητήσουν μέτρα και πολιτικές από την άλλη. Η αρχική άγνοια των πολύπλοκων παραγόντων και των δύσκολων επιστημονικών θεμάτων που σχετίζονται με την ποιότητα του νερού είναι λογικό να δίνει στους μαθητές την εντύπωση ότι η ενασχόληση με τον τομέα της υδρογεωλογίας, η μελέτη των προβλημάτων ρύπανσης και η διαμόρφωση σχετικών μέτρων και πολιτικών είναι σχετικά εύκολη υπόθεση.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η μεγάλη υστέρηση του Διαδικτύου ως πηγή πληροφόρησης, την στιγμή που άλλες έρευνες (και η καθημερινή εμπειρία) δείχνουν ότι πολλοί μαθητές χρησιμοποιούν υπηρεσίες και εφαρμογές του Διαδικτύου για αρκετές ώρες καθημερινά. Θεωρούμε ότι το εύρημα αυτό καταδεικνύει ότι, παρά την ενασχόλησή τους, οι μαθητές δεν έχουν την εξοικείωση (ή την διάθεση) να αξιοποιήσουν το Διαδίκτυο για την άντληση επιστημονικών δεδομένων και πληροφοριών και την πραγματοποίηση δομημένων αναζητήσεων γενικότερα.

Ως προς τις συσχετίσεις μεταξύ των διαφόρων μεταβλητών, όπως καταγράφηκαν πριν από την εκπαιδευτική παρέμβαση, τα κυριότερα συμπεράσματα είναι τα εξής:

- Το ενδιαφέρον για το νερό και το υδάτινο περιβάλλον εμφανίζει ισχυρή θετική συσχέτιση με τα κίνητρα για επαγγελματική ενασχόληση, υποδηλώνοντας ότι όσο μεγαλύτερη οικειότητα και ενδιαφέρον έχουν οι μαθητές για το αντικείμενο, τόσο ισχυρότερα είναι και τα κίνητρά τους για επαγγελματική ενασχόληση στον τομέα.
- Υπάρχει επίσης μέτρια έως ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ της οικειότητας/ ενδιαφέροντος για το αντικείμενο και της αυτο-αποτελεσματικότητας στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών, υποδεικνύοντας ότι οι μαθητές που έχουν μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών τείνουν να αισθάνονται πιο άνετοι και να ενδιαφέρονται περισσότερο για την υδρογεωλογία.
- Τα κίνητρα για επαγγελματική ενασχόληση έχουν ισχυρή θετική συσχέτιση με την σημασία των φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης των μαθητών, υποδεικνύοντας ότι τα υψηλότερα επαγγελματικά κίνητρα συνδέονται με μεγαλύτερη εκτίμηση της σημασίας των υδρογεωλογικών φαινομένων για την τοπική περιοχή.
- Η ανησυχία από έντονα φαινόμενα και ακραία συμβάντα σχετίζεται θετικά με την σημασία των φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης (άρα οι μαθητές που ανησυχούν περισσότερο όταν εκδηλώνονται έντονα φαινόμενα ή ακραίες καταστάσεις είναι πιο πιθανό να αναγνωρίζουν την σημασία αυτών των φαινομένων για την περιοχή τους).

Τέλος, αξίζει να επισημανθεί ότι δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις ανάμεσα στις γνώσεις των μαθητών (πάνω σε συγκεκριμένα ζητήματα που αφορούν την ποιότητα του νερού) και στις άλλες μεταβλητές, υποδεικνύοντας ότι η αξιολόγηση των γνώσεων των μαθητών δεν σχετίζεται άμεσα με τα κίνητρα, την αυτο-αποτελεσματικότητα ή την ανησυχία τους για τα φαινόμενα και τα συμβάντα.

#### Μετά από την παρέμβαση

Σε γενικές γραμμές, οι γνώσεις και στάσεις των μαθητών μετά από την εκπαιδευτική παρέμβαση βαθμολογούνται στο μέσο και προς τα πάνω της χρησιμοποιούμενης κλίμακας, υποδεικνύοντας μία μέτρια εξοκείωση με ζητήματα

που αφορούν στο νερό και τα υδάτινα περιβάλλοντα και αρκετές ενδιαφέρουσες διαφοροποιήσεις σε σχέση με την εικόνα πριν από την παρέμβαση (οι διαφοροποιήσεις αυτές θα περιγραφούν αναλυτικότερα στην επόμενη υποενότητα). Μετά την παρέμβαση, περιοχές στις οποίες παρατηρείται σημαντική απόκλιση από την μέση κατάσταση, προς τα πάνω ή προς τα κάτω, είναι τα εξής:

- Οι μαθητές εμφανίζονται να έχουν χαμηλά κίνητρα επαγγελματικής ενασχόλησης με τους τομείς που σχετίζονται με το νερό και το υδάτινο περιβάλλον.
- Οι μαθητές εμφανίζουν μικρό βαθμό εμπιστοσύνης στην δυνατότητά τους να συζητήσουν μέτρα και πολιτικές για την προστασία της ποιότητας των υδάτων και του οικοσυστήματός τους.
- Υπάρχει και πάλι ξεκάθαρη υπεροχή συγκεκριμένων πηγών πληροφόρησης και υστέρηση άλλων, ωστόσο η εικόνα είναι τώρα πολύ διαφορετική σε σχέση με πριν.

Όσον αφορά τις συσχετίσεις μεταξύ των διαφόρων μεταβλητών μετά από την εκπαιδευτική παρέμβαση:

- Η οικειότητα/ενδιαφέρον για το αντικείμενο έχει ισχυρή θετική συσχέτιση με την αυτο-αποτελεσματικότητα των μαθητών στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών, υποδεικνύοντας ότι όσο μεγαλύτερη είναι η οικειότητα με το αντικείμενο, τόσο μεγαλύτερη είναι η αυτο-αποτελεσματικότητα. Επίσης, παρουσιάζει θετική συσχέτιση με τη σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων και την ανησυχία από έντονα φαινόμενα.
- Τα κίνητρα για επαγγελματική ενασχόληση σχετίζονται θετικά με την σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων, την ανησυχία από έντονα φαινόμενα, την αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών και την σημασία των φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης.
- Η σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων σχετίζεται θετικά με την ανησυχία από έντονα φαινόμενα, την αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών και την σημασία των φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης.

- Η αξιολόγηση συγκεκριμένων γνώσεων των μαθητών έχει μικρές θετικές συσχετίσεις με τη σημασία των φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης και την ανησυχία από έντονα φαινόμενα.

Οι ισχυρές συσχετίσεις που παρατηρήθηκαν μεταξύ της ανησυχίας από έντονα φαινόμενα και άλλων παραμέτρων υποδηλώνουν ότι η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση παίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των στάσεων και των συμπεριφορών των μαθητών μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση. Γενικότερα, παρατηρούμε ισχυρές συσχετίσεις μεταξύ πολλών μεταβλητών, σε αρκετά μεγαλύτερο βαθμό απ' ό τι πριν την εκπαιδευτική παρέμβαση.

### **Συγκρίσεις αποτελεσμάτων – Συμπεράσματα ως προς την επίδραση της εκπαιδευτικής παρέμβασης**

Η ανίχνευση των αποτελεσμάτων της εκπαιδευτικής παρέμβασης επιχειρήθηκε σε δύο επίπεδα: α) με την σύγκριση, μετά την παρέμβαση, των αποτελεσμάτων ανάμεσα στα σχολεία της ομάδας ελέγχου και αυτά της ομάδας παρέμβασης, β) με την σύγκριση των καταστάσεων πριν και μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση.

#### Σύγκριση ομάδας ελέγχου και ομάδας παρέμβασης

Η σύγκριση διαφόρων μεταβλητών στις δύο αυτές ομάδες ανέδειξε ορισμένες στατιστικά σημαντικές διαφορές, με σημαντικότερες τις ακόλουθες:

- Σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων, όσον αφορά την οικειότητα και το ενδιαφέρον για το νερό και το υδάτινο περιβάλλον. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές της ομάδας παρέμβασης δείχνουν υψηλότερη οικειότητα και ενδιαφέρον σε σχέση με τους μαθητές της ομάδας ελέγχου.
- Η ομάδα παρέμβασης παρουσιάζει σημαντικά υψηλότερη ανησυχία από έντονα φαινόμενα σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου.
- Η ομάδα παρέμβασης έχει σημαντικά υψηλότερη αξιολόγηση γνώσεων πάνω σε συγκεκριμένα ζητήματα που αφορούν το υδάτινο περιβάλλον και την ποιότητα του νερού, σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου.

Στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων αναδεικνύονται επίσης όσον αφορά τις πηγές πληροφόρησης. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η εκπαιδευτική παρέμβαση επηρέασε την αξιοποίηση συγκεκριμένων πηγών πληροφόρησης από τους μαθητές. Η ομάδα παρέμβασης τείνει να βασίζεται περισσότερο στο σχολείο για πληροφόρηση, ενώ η ομάδα ελέγχου φαίνεται να χρησιμοποιεί περισσότερο το διαδίκτυο, την τηλεόραση, και την οικογένεια. Η διαφοροποίηση αυτή μπορεί να αντανακλά τις αλλαγές στις προτιμήσεις και την πρόσβαση σε νέες πληροφορίες μέσω του σχολείου, μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση.

Συνοψίζοντας, τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι η εκπαιδευτική παρέμβαση είχε ιδιαίτερα θετική επίδραση στην οικειότητα/ενδιαφέρον για το αντικείμενο, στην ανησυχία από έντονα φαινόμενα, στην αξιολόγηση συγκεκριμένων γνώσεων των μαθητών και στην αξιοποίηση του σχολείου ως πηγή πληροφόρησης. Διευκρινίζεται ότι παρατηρούνται ορισμένες διαφορές και σε άλλες μεταβλητές, ωστόσο αυτές δεν είναι στατιστικά σημαντικές, υποδεικνύοντας ότι οι άλλοι παράγοντες επηρεάστηκαν σε μικρότερο βαθμό από την παρέμβαση.

#### Σύγκριση των καταστάσεων πριν και μετά

Η σύγκριση διαφόρων μεταβλητών πριν και μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση ανέδειξε επίσης μερικές στατιστικά σημαντικές διαφορές, με το μέγεθος της επίδρασης να εκτιμάται εν γένει ως μέτριο:

- Υπήρξε σημαντική αύξηση στην αυτο-αποτελεσματικότητα των μαθητών στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών μετά την παρέμβαση σε σχέση με πριν.
- Η ανησυχία από έντονα φαινόμενα αυξήθηκε σημαντικά μετά την παρέμβαση σε σχέση με πριν.
- Υπήρξε σημαντική αύξηση στην επίδοση των μαθητών, όπως προκύπτει από την σύγκριση της αξιολόγησης συγκεκριμένων γνώσεων των μαθητών πριν και μετά την παρέμβαση.
- Επί πλέον, όσον αφορά τις διάφορες πηγές πληροφόρησης, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση στην χρήση του σχολείου ως πηγή

πληροφόρησης μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση σε σύγκριση με πριν. Παρόμοια σημαντική αύξηση παρατηρήθηκε στην χρήση της τηλεόρασης ως πηγή πληροφόρησης μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση.

Συνοψίζοντας, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η εκπαιδευτική παρέμβαση είχε θετική επίδραση στην αυτο-αποτελεσματικότητα των μαθητών στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών, στην ανησυχία τους από έντονα φαινόμενα, στην αξιολόγηση συγκεκριμένων γνώσεων των μαθητών και στην αξιοποίηση του σχολείου και της τηλεόρασης ως πηγές πληροφόρησης. Κάποιες διαφορές παρατηρούνται και σε άλλες μεταβλητές, ωστόσο αυτές δεν είναι στατιστικά σημαντικές, υποδεικνύοντας ότι οι άλλοι παράγοντες επηρεάστηκαν σε μικρότερο βαθμό από την παρέμβαση.

### **Κάποιες τελικές επισημάνσεις και συμπεράσματα**

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων δημιουργεί την υποψία ότι ενδεχομένως να υπάρχουν και άλλες επιδράσεις ανάμεσα σε διάφορες μεταβλητές. Ωστόσο, το περιορισμένο μέγεθος του δείγματος ενδεχομένως να μην επέτρεψε να φανούν αυτές οι επιδράσεις ως στατιστικά σημαντικές. Θα είχε ενδιαφέρον ο σχεδιασμός και η εκτέλεση, στο μέλλον, παρόμοιων παρεμβάσεων σε μεγαλύτερους πληθυσμούς μαθητών, ώστε να μελετηθούν καλύτερα αυτές οι δυνητικές επιδράσεις.

Σε κάθε περίπτωση, ακόμη και με τα μικρά μεγέθη αυτής της παρέμβασης, τεκμηριώνονται κάποιες πολύ σημαντικές επιδράσεις. Επί πλέον, η σύγκριση της ομάδας ελέγχου με την ομάδα παρέμβασης δίνει σχεδόν ταυτόσημα συμπεράσματα με την σύγκριση των καταστάσεων πριν και μετά την παρέμβαση, ενισχύοντας την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων.

Η παρατηρούμενη θετική επίδραση της εκπαιδευτικής παρέμβασης είναι συμβατή με τα ευρήματα της διεθνούς βιβλιογραφίας, όπως παρατέθηκαν στο Κεφάλαιο 10. Με βάση την βιβλιογραφία, αναμένεται ότι η αξιοποίηση Ανοικτών Δεδομένων αυξάνουν τα κίνητρα για τους μαθητές και καθιστούν πιο ουσιαστική την μαθησιακή διαδικασία, κάτι που αντικατοπτρίζεται εδώ στην σημαντική αύξηση στην

αυτο-αποτελεσματικότητα των μαθητών στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών μετά την παρέμβαση σε σχέση με πριν, καθώς επίσης στην αντίστοιχη σημαντική αύξηση στην επίδοση των μαθητών, όπως προκύπτει από την σύγκριση της αξιολόγησης συγκεκριμένων γνώσεων πριν και μετά την παρέμβαση.

Ένα άλλο συμπέρασμα από την μελέτη της βιβλιογραφίας είναι ότι τα Ανοικτά Δεδομένα και το IoT πρέπει να αξιοποιούνται μέσα στο κατάλληλο μαθησιακό πλαίσιο. Πιο συγκεκριμένα, ιδιαίτερα αποτελεσματική είναι η οργάνωση των μαθησιακών δραστηριοτήτων σε μορφή σχεδίου (project), σε ομαδική (συνεργατική) βάση και στο πλαίσιο προσεγγίσεων όπως η διερευνητική μάθηση και η αυθεντικότητα. Αυτό ακριβώς είναι το μαθησιακό πλαίσιο στο οποίο βασίστηκε η δική μας εκπαιδευτική παρέμβαση.

Επίσης, με βάση την διεθνή βιβλιογραφία, φαίνεται ότι τα Ανοικτά Δεδομένα μπορούν να βοηθήσουν στην ευαισθητοποίηση των μαθητών πάνω σε σημαντικά θέματα δημόσιου ενδιαφέροντος. Στην δική μας περίπτωση, η σημαντική αύξηση της ανησυχίας από έντονα φαινόμενα δείχνει ότι οι μαθητές όντως ευαισθητοποιήθηκαν πάνω στο σημαντικό οικολογικό ζήτημα της ποιότητας των υδάτων.

Υπενθυμίζουμε και πάλι ότι η μεθοδολογική προσέγγιση της εκπαιδευτικής παρέμβασης σχετίζεται άμεσα με την διεθνή βιβλιογραφία. Πιο συγκεκριμένα, η εκπαιδευτική δραστηριότητα που εκπονήθηκε και χρησιμοποιήθηκε ταιριάζει με τον τύπο δραστηριοτήτων που προτείνουν οι Bosnić et al (2023) και η μεθοδολογική προσέγγιση στην δόμηση των δραστηριοτήτων περιλαμβάνει πέντε (5) φάσεις: *i) συλλογή δεδομένων, ii) επεξεργασία των δεδομένων, iii) Ανάλυση των δεδομένων, iv) οπτικοποίηση, και v) εξαγωγή συμπερασμάτων.*

Σημειώνουμε, τέλος, ότι ένα μέρος της ανάλυσης των αποτελεσμάτων της παρέμβασης εστίασε σε πιθανές διαφοροποιήσεις ανάλογα με το φύλο ή το τμήμα στο οποίο ανήκαν οι μαθητές. Δεν θα δώσουμε εδώ σχετικές λεπτομέρειες, ωστόσο η ανάλυση υποδεικνύει ότι η συνολική αλληλεπίδραση Εκπαιδευτικής Παρέμβασης, Φύλου, Ηλικίας, και Τάξης είναι στατιστικά σημαντική, κάτι που σημαίνει ότι η επίδραση της εκπαιδευτικής παρέμβασης είναι σύνθετη και επηρεάζεται από την

αλληλεπίδραση όλων αυτών των παραγόντων. Αυτή η διαπίστωση μάς οδηγεί στην εκτίμηση ότι κάποιοι παράγοντες μπορούν να περιορίσουν την θετική επίδραση των εκπαιδευτικών παρεμβάσεων που αξιοποιούν τα Ανοικτά Δεδομένα ή ακόμη και να επιφέρουν τον κίνδυνο αύξησης του ψηφιακού χάσματος, όπως επισημαίνουν αρκετές δημοσιεύσεις της διεθνούς βιβλιογραφίας. Επομένως, οι οποιοσδήποτε εκπαιδευτικές παρεμβάσεις είναι καλό να συνυπολογίζουν μία σειρά από παράγοντες, όπως οι ψηφιακές υποδομές, ενδεχόμενες ανισότητες στο επίπεδο των μαθητών, διαφοροποιήσεις ως προς το φύλο και την ηλικία, το γενικότερο επίπεδο του σχολείου, η στάση των παραγόντων του σχολείου απέναντι στις νέες τεχνολογίες κλπ. Περαιτέρω έρευνα είναι απαραίτητη προκειμένου να κατανοηθούν με μεγαλύτερη πληρότητα οι προϋποθέσεις βέλτιστης αξιοποίησης αυτών των τεχνολογιών στην εκπαιδευτική/μαθησιακή διαδικασία.

---

# Τελικά συμπεράσματα και πρόταση εκπαιδευτικού πλαισίου εφαρμογής

## 12. Τελικά συμπεράσματα και πρόταση εκπαιδευτικού πλαισίου εφαρμογής

Η εκτενής θεωρητική παρουσίαση του Α' Μέρους καταδεικνύει το αναμφισβήτητο της εκπαιδευτικής αξίας της Τεχνολογίας IoT η οποία συμπληρώνει και δίνει νέες δυνατότητες στις διδακτικές προσεγγίσεις και συνδυασμένες διδακτικές πρακτικές PBL, STEM και Making.

Η δημιουργία IoT υποδομής με τη συμμετοχή των μαθητών στο πλαίσιο ενός project για την ανάσυρση, μετάδοση, αποθήκευση και οπτικοποίηση δεδομένων, που αφορούν σε υδάτινα οικοσυστήματα, η οποία παρατίθεται στ Β' Μέρος, αναδεικνύει τις δυνατότητες παρακίνησης και εμπλοκής των μαθητών σε διαδικασίες αυθεντικής μάθησης μέσω κατασκευών που συνδυάζουν ανάλυση προβλήματος, σχέδιο, κατασκευή, δεδομένα, ανάλυση, συμπεράσματα. Η υποδομή σταδιακά κατασκευάζεται και δοκιμάζεται σε διαφορετικά υδάτινα περιβάλλοντα (πηγών δημόσιου δικτύου, θαλάσσια, λίμνης, ποταμού), εμφανίζει παράλληλα ατέλειες και δυσκολίες οι οποίες την καθιστούν αξιόπιστη για πιλοτικές κυρίως εφαρμογές μικρής κλίμακας.

Οι δυσκολίες αυτές αίρονται όταν γίνεται προσφυγή σε Ανοικτά Δεδομένα (Μέρος Γ') με εγκυρότητα και αξιοπιστία που παράγονται από επίσημους φορείς, με παράλληλη όμως απώλεια των πλεονεκτημάτων που φέρουν οι πρωτογενείς κατασκευές. Πράγματι, η μαθησιακή διαδικασία που αξιοποιεί δεδομένα είναι πιο αποτελεσματική όταν οι ίδιοι οι μαθητές οργανώνουν τη συλλογή των δεδομένων αντί να βασίζονται σε έτοιμα σύνολα. Οι δραστηριότητες συλλογής παρακινούν τους μαθητές, τους προσφέρουν πρακτική εμπειρία σχετικά με το πώς παράγονται τα

δεδομένα και καλύτερη αντίληψη για το πώς μπορούν να αξιοποιηθούν αυτά στην μελέτη είτε επίλυση ενός προβλήματος.

Στο δίλημμα που έτσι ανακύπτει: πρωτογενείς κατασκευές για τη συλλογή δεδομένων ή προσφυγή σε ανοικτά δεδομένα, η απάντηση που δίνουμε σε αυτή την διατριβή είναι: Και πρωτογενείς κατασκευές και αξιοποίηση ανοικτών δεδομένων.

Τούτο περιγράφουμε στην πρόταση που ακολουθεί για ένα πλαίσιο εκπαιδευτικών εφαρμογών, το οποίο κινείται στους εξής βασικούς άξονες δράσεων:

- I. Επιλέγεται το προς μελέτη οικοσύστημα που περιλαμβάνει δυνατότητα προσφυγής σε ανοικτά δεδομένα
- II. Σχεδιάζεται, κατασκευάζεται και δοκιμάζεται σε μικρή κλίμακα η IoT υποδομή, η οποία προσομοιώνει τις μεθόδους δημιουργίας των ανοικτών δεδομένων
- III. Σχεδιάζονται και υλοποιούνται εκπαιδευτικές δραστηριότητες για την μελέτη του οικοσυστήματος με τη δημιουργία δεδομένων σε μικρή κλίμακα είτε με προσφυγή σε ανοικτά δεδομένα φορέων σε μεγάλη κλίμακα.

Οι παραπάνω άξονες αναλύονται ακολούθως σε μια διαδρομή – οδικό χάρτη των διαδοχικών βημάτων που θα ακολουθήσει η ομάδα εκπαιδευτικών – μαθητών για τη διεκπεραίωση της μελέτης του οικοσυστήματος:

Βήμα 1: Επιλογή του οικοσυστήματος και του προς μελέτη προβλήματος

Βήμα 2: Αναζήτηση ανοικτών δεδομένων που αφορούν στο συγκεκριμένο θέμα

Βήμα 3: Ανάλυση και μελέτη των παραμέτρων που χαρακτηρίζουν το οικοσύστημα

Βήμα 4: Προσομοίωση μεθόδων και διαδικασιών με τις οποίες οι φορείς παράγουν τα ανοικτά δεδομένα

Βήμα 5: Επιλογή των διατάξεων για τη διεξαγωγή των μετρήσεων

Βήμα 6: Διαμόρφωση της υποδομής παραγωγής των δεδομένων

Βήμα 7: Σταδιακή ολοκλήρωση της σύνθετης διάταξης με παράλληλες δοκιμές μικρής κλίμακας σε πραγματικές συνθήκες

Βήμα 8: Οργάνωση της συλλογής, μετάδοσης, οπτικοποίησης, αποθήκευσης των παραγόμενων δεδομένων

Βήμα 9: Εκπαιδευτικές δραστηριότητες συσχέτισης των δεδομένων μικρής κλίμακας, εξαγωγή και έλεγχος συμπερασμάτων.

Στο σημείο αυτό της διαδρομής οι μαθητές έχουν μνηθεί στους τρόπους και τις διαδικασίες που οδηγούν σε πληροφορίες αναγκαίες για την συγκεκριμένη μελέτη του επιλεγμένου οικοσυστήματος και την συναγωγή συμπερασμάτων, έχουν κατασκευάσει το σύστημα παραγωγής και μετάδοσης των δεδομένων τους. Εδώ ακολουθούν τα επόμενα βήματα της διαδρομής με κλιμάκωση χωρική είτε χρονική και την προσφυγή σε δεδομένα επίσημων φορέων που αναφέρονται σε μετρήσεις των αντίστοιχων παραμέτρων σε μεγάλη κλίμακα.

Βήμα 10: Αξιολογείται η καταλληλότητα της μορφής των διαθέσιμων ανοικτών δεδομένων για εκπαιδευτική χρήση και αναλόγως αυτά μετατρέπονται.

Βήμα 11: Σχεδιάζονται και οργανώνονται τα εκπαιδευτικά σενάρια που αξιοποιούν τα ανοικτά δεδομένα των φορέων για την μελέτη του οικοσυστήματος σε ευρεία κλίμακα.

Βήμα 12: Συναγωγή συμπερασμάτων στα οποία περιλαμβάνονται συγκρίσεις και γενικεύσεις μικρής και ευρείας κλίμακας.



- “AScuoladi Open Coesione”, απότοAtenas, J., & Havemann, L. (Eds.). (2015). *Open Data as Open Educational Resources: Case studies of emerging practice*.
- “Open data: Unlocking innovation and performance with liquid information | McKinsey & Company.” [Online]. IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Vol. 11, Issue 5, No 1, September 2014 ISSN (Print): 1694-0814 | ISSN.
- Abichandani, P., Sivakumar, V., Lobo, D., Iaboni, C., & Shekhar, P. (2022). Internet-of-things curriculum, pedagogy, and assessment for stem education: A review of literature. *IEEE Access*, 10, 38351-38369.
- Ackoff, R. L. (1989). From data to wisdom. *Journal of applied systems analysis*, 16(1), 3-9.
- Al Salami, M. K., Makela, C. J., & De Miranda, M. A. (2017). Assessing changes in teachers’ attitudes toward interdisciplinary STEM teaching. *International Journal of Technology and Design Education*, 27, 63-88.
- Alcará, A. R., & Guimarães, S. É. R. (2007). A Instrumentalidade como uma estratégia motivacional. *Psicologia Escolar e Educacional*, 11, 177-178.
- Aldowah, H., Rehman, S. U., Ghazal, S., & Umar, I. N. (2017, September). Internet of Things in higher education: a study on future learning. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 892, No. 1, p. 012017). IOP Publishing.
- Aloufi, F., Tashtoush, M. A., Shirawia, N., Tashtoush, R. A., Az-Zo’bi, E. A., & Arabia, S. (2024). Internet of Things in Education: Teachers’ Perspectives, Practices and Challenges.
- Amaxilatis, D., Akrivopoulos, O., Mylonas, G., & Chatzigiannakis, I. (2017). An IoT-based solution for monitoring a fleet of educational buildings focusing on energy efficiency. *Sensors*, 17(10), 2296.
- Anastasiades, P. (2017). ICT and Collaborative Creativity in Modern School Towards Knowledge Society. In: Anastasiades, P., Zaranis, N. (eds) *Research on e-Learning and ICT in Education*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-34127-9\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-34127-9_2)
- Anderson, C. (2012). *Makers: The new industrial revolution*. Random House.

- Andriamahefazafy, M.; Touron-Gardic, G.; March, A.; Hosch, G.; Palomares, M.L.D.; Failler, P. Sustainable development goal 14: To what degree have we achieved the 2020 targets for our oceans? *Ocean. Coast. Manag.* 2022, 227, 106273.
- Ardi, A., Triyono, A., & Santosa, T. A. (2023). The Influence of the Internet of Things in Education: Meta-Analysis. *Indonesia Journal of Engineering and Education Technology (IJEET)*, 1(4), 59-65.
- Arthur, A. M., Smith, M. H., White, A. S., Hawley, L., & Koziol, N. A. (2017). *Age-sensitive instrument design for youth: A developmental approach*. Retrieved from <http://cyfs.unl.edu/resources/downloads/working-papers/MAP-working-paper-2017-1.pdf>. Accessed October, 30 2024.
- Ashley, M., Pahl, S., Glegg, G., & Fletcher, S. (2019). A change of mind: applying social and behavioral research methods to the assessment of the effectiveness of ocean literacy initiatives. *Frontiers in Marine Science*, 6, 288.
- Atenas, J., Havemann, L., & Priego, E. (2015). Open data as open educational resources: Towards transversal skills and global citizenship. *Open praxis*, 7(4), 377-389.
- Balyk, N., Leshchuk, S., & Yatsenyak, D. (2023). Design and implementation of an IoT-based educational model for smart homes: a STEM approach. *Journal of Edge Computing*, 2(2), 148-162.
- Bandura, A. (1977). Social learning theory. *Englewood Cliffs*.
- Bearzi, G. (2020). Marine biology on a violated planet: from science to conscience. *Ethics in Science and Environmental Politics*, 20, 1-13.
- Begany, G. M., & Martin, E. G. (2017). An open health data engagement ecosystem model: Are facilitators the key to open data success?. *Proceedings of the Association for Information Science and Technology*, 54(1), 621-623.
- Bell, D., Morrison-Love, D., Wooff, D., & McLain, M. (2018). STEM education in the twenty-first century: learning at work—an exploration of design and technology teacher perceptions and practices. *International Journal of Technology and Design Education*, 28, 721-737.
- Beng, J. T., Dewi, F. I., Amanto, A. F., Fiscarina, C., Chandra, D., Lusiana, F., ... & Tiatri, S. (2022, April). STEM Learning Model Design Using IoT for Primary School Students. In *3rd Tarumanagara International Conference on the Applications of Social Sciences and Humanities (TICASH 2021)* (pp. 1117-1122). Atlantis Press.

- Bevan, B. (2017). The promise and the promises of making in science education. *Studies in Science Education*, 53(1), 75-103.
- Bevan, B., Gutwill, J. P., Petrich, M., & Wilkinson, K. (2015). Learning through STEM-rich tinkering: Findings from a jointly negotiated research project taken up in practice. *Science Education*, 99(1), 98-120.
- Bloom, B. S., Anderson, L., & Sosniak, L. (1994). Bloom's taxonomy: A forty-year retrospective. *Yearbook of the National Society for the Study of Education*, 93(2), 1-214.
- Borgers, N., & Hox, J. (2001) Item nonresponse in questionnaire research with children. *Journal of Official Statistics*, 17(2), 321–335.
- Borgers, N., & Hox, J. J. (2000, October). Reliability of responses in questionnaire research with children. In *fifth international conference on logic and methodology, Cologne, Germany*.
- Borgers, N., De Leeuw, E., & Hox, J. (2000). Children as respondents in survey research: Cognitive development and response quality 1. *Bulletin of Sociological Methodology/Bulletin de méthodologie sociologique*, 66(1), 60-75.
- Borgers, N., Hox, J., & Sikkel, D. (2003). Response quality in survey research with children and adolescents: The effect of labeled response options and vague quantifiers. *International Journal of Public Opinion Research*, 15(1), 83-94
- Bosnić, I., Divjak, A. K., & van Loenen, B. (2023, May). Stimulating (open) data literacy at the basis of society: approaches for active learning and teaching to young children. In *2023 46th MIPRO ICT and Electronics Convention (MIPRO)* (pp. 1584-1589). IEEE.
- Bradburn, N. M., Sudman, S., & Wansink, B. (2004). *Asking questions the definitive guide to questionnaire design—for market research, political polls, and social and health questionnaires*. San Francisco: Jossey-Bass Inc.
- Brennan, C., Ashley, M., & Molloy, O. (2019). A system dynamics approach to increasing ocean literacy. *Frontiers in Marine Science*, 6, 360.
- Britain, G. (2008). Learning outside the classroom: How far should you go?. Ofsted.
- Bruce, R. F., Brock, J. D., & Reiser, S. L. (2015, April). Make space for the Pi. In *SoutheastCon 2015* (pp. 1-6). IEEE.
- Buckley, J., O'Connor, A., Seery, N., Hyland, T., & Canty, D. (2019). Implicit theories of intelligence in STEM education: Perspectives through the lens of technology

- education students. *International Journal of Technology and Design Education*, 29, 75-106.
- Burns, R. W. (1972). Achievement testing in competency-based education. *Educational Technology*, 12(11), 39-42.
- BZUNECK, J. A., BORUCHOVITCH, E., & Bzuneck, J. A. (2009). A motivação do aluno: contribuições da psicologia contemporânea. Petrópolis: Editora Vozes, 4.
- Caine, R. N., & Caine, G. (1991). Making connections: Teaching and the human brain.
- Cao, L., Wu, H., Wang, Z., & Li, Y. (2018). Crowdsourcing in environmental monitoring: A review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(8), 1-14.
- Chan, M. M., & Blikstein, P. (2018). Exploring problem-based learning for middle school design and engineering education in digital fabrication laboratories. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 12(2).
- Chang, L. C., and Lee, G. C. (2006). Incorporating PBL in a high school computer science course. *Proceedings of Frontiers in Education, 36th Annual Conference*, 9-14. IEEE.
- Chen, R., Zheng, Y., Xu, X., Zhao, H., Ren, J., & Tan, H. Z. (2020). STEM teaching for the Internet of Things maker course: A teaching model based on the iterative loop. *Sustainability*, 12(14), 5758.
- Cheung, D. (2018). The key factors affecting students' individual interest in school science lessons. *International Journal of Science Education*, 40(1), 1-23.
- Chiotaki, D., & Karpouzis, K. (2020, September). Open and cultural data games for learning. In *Proceedings of the 15th International Conference on the Foundations of Digital Games* (pp. 1-7).
- Chou, P. N. (2018). Skill development and knowledge acquisition cultivated by maker education: Evidence from Arduino-based educational robotics. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(10), em1600.
- Clayton, S. (2020). Climate anxiety: Psychological responses to climate change. *Journal of anxiety disorders*, 74, 102263.
- Cohn, J., & Kutten, S. (2014). Crowdsourcing for data collection in smart cities. *IEEE Communications Magazine*, 52(5), 106–113.
- Costello, E., Girme, P., McKnight, M., Brown, M., McLoughlin, E., & Kaya, S. (2020). Government responses to the challenge of STEM education: case studies from Europe.

- Cronbach, L. J. (1988). Five perspectives on validity argument. In H. Wainer & H. I. Braun (Eds.), *Test validity* (pp. 3–16). New York: Routledge.
- Cronbach, L. J. (1988). Internal consistency of tests: Analyses old and new. *Psychometrika*, *53*(1), 63-70.
- Daher, W., & Shahbari, J. A. (2020). Design of STEM activities: Experiences and perceptions of prospective secondary school teachers. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, *15*(4), 112-128.
- Das, A., Hazari, A., & Karmakar, R. (2015). IOT in modern day education: A Study. *no, 1*, 331-336.
- Daugherty, M. K. (2013). The prospect of an "A" in STEM education. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, *14*(2).
- de Jong, J. T., Kleijn, G. A. V., Boxhoorn, D. R., Buddelmeijer, H., Capaccioli, M., Getman, F., ... & Vriend, W. J. (2015). The first and second data releases of the Kilo-Degree Survey. *Astronomy & Astrophysics*, *582*, A62.
- de Leeuw, E. D. (2011). *Improving data quality when surveying children and adolescents: Cognitive and social development and its role in questionnaire construction and pretesting*. In Report prepared for the Annual Meeting of the Academy of Finland: Research Programs Public Health, Finland.
- de Leeuw, E., Borgers, N., Strijbos-Smits, A. (2002) Children as respondents: developing, evaluating, and testing questionnaires for children. Paper presented at the *International Conference on Questionnaire Development, Evaluation and Testing Methods*, Charleston, South Carolina, United States.
- DeVellis, R. F. (2016). *Scale development: Theory and applications* (4th edn.). London: SAGE.
- Dillman, D. A., Smyth, J. D., & Christian, L. M. (2014). *Internet, phone mail and mixed-mode surveys: The Tailored design method* (4th edn.). New York: Wiley.
- Dohn, N. B., Hansen, J. J., & Goodyear, P. (2019). Basic design principles for learning designs to support knowledge transformation. In *Designing for situated knowledge transformation* (pp. 160-179). Routledge.
- Dori, Y. J. (2003). From nationwide standardized testing to schoolbased alternative embedded assessment in Israel: Students' performance in the "Matriculation 2000" project. *Journal of Research in Science Teaching*, *40*(1), 34–52.
- Dougherty, D. (2012). The maker movement. *Innovations: Technology, governance, globalization*, *7*(3), 11-14.

- Dougherty, D. (2013). The maker mindset. In *Design, make, play* (pp. 7-11). Routledge.
- English, L. D. (2019). Learning while designing in a fourth-grade integrated STEM problem. *International Journal of Technology and Design Education*, 29(5), 1011-1032.
- Eshach, H. (2007). Bridging in-school and out-of-school learning: Formal, non-formal, and informal education. *Journal of science education and technology*, 16, 171-190.
- European Commission, Directorate-General for Environment; Tsiripidis, I.; Piernik, A.; Janssen, J. *European Red List of Habitats Part 2, Terrestrial and Freshwater Habitats*; Publications Office of the European Union: Brussels, Belgium, 2017
- European Union. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy (Water Framework Directive). In *Official Journal of the European Communities*; European Union: Maastricht, The Netherlands, 2000; L 327/1–72.
- European Union. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive). In *Official Journal of the European Union*; European Union: Maastricht, The Netherlands, 2008; L 164/19–40.
- Fallik, O., Rosenfeld, S., & Eylon, B. S. (2013). School and out-of-school science: A model for bridging the gap. *Studies in Science Education*, 49(1), 69-91.
- Famularo, N., Kholod, Y., & Kosenkov, D. (2016). Integrating chemistry laboratory instrumentation into the industrial internet: building, programming, and experimenting with an automatic titrator. *Journal of Chemical Education*, 93(1), 175-181.
- Fan, S. C., & Yu, K. C. (2017). How an integrative STEM curriculum can benefit students in engineering design practices. *International Journal of Technology and Design Education*, 27, 107-129.
- Farnham, D. J., Gibson, R. A., Hsueh, D. Y., McGillis, W. R., Culligan, P. J., Zain, N., & Buchanan, R. (2017). Citizen science-based water quality monitoring: Constructing a large database to characterize the impacts of combined sewer overflow in New York City. *Science of the Total Environment*, 580, 168-177.

- Fasso, W., & Knight, B. A. (2020). Identity development in school makerspaces: Intentional design. *International Journal of Technology and Design Education*, 30(2), 275-294.
- Fernández-Pacheco, A., Martin, S., & Castro, M. (2019, April). Implementation of an Arduino remote laboratory with raspberry Pi. In 2019 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) (pp. 1415-1418). IEEE.
- Ferreira, L. C. B. C., Branquinho, O. C., Chaves, P. R., Cardieri, P., Fruett, F., & Yacoub, M. D. (2019). A PBL-Based Methodology for IoT Teaching. *IEEE Communications Magazine*, 57(11), 20-26. <https://doi.org/10.1109/MCOM.001.1900242>
- Ferrero, M., Vadillo, M. A., & León, S. P. (2021). Is project-based learning effective among kindergarten and elementary students? A systematic review. *PloS one*, 16(4), e0249627.
- Fisman, L. The Effects of Local Learning on Environmental Awareness in Children: An Empirical Investigation. *J. Environ. Educ.* 2005, 36, 39–50.
- Fitria, T. N., & Simbolon, N. E. (2023, December). Internet of Things (IoT) in Education: Opportunities and Challenges. In *Prosiding Seminar Nasional & Call for Paper STIE AAS* (Vol. 6, No. 1).
- Fletcher, S., & Potts, J. (2007). Ocean citizenship: an emergent geographical concept. *Coastal management*, 35(4), 511-524.
- Friberger, M. G., & Togelius, J. (2012, May). Generating game content from open data. *In Proceedings of the international conference on the foundations of digital games* (pp. 290-291).
- Friberger, M. G., & Togelius, J. (2012, September). Generating interesting monopoly boards from open data. In 2012 *IEEE conference on computational intelligence and games (CIG)* (pp. 288-295). IEEE.
- Ganea, D., Crăciun, M., Aramă, C., & Vlad, C. (2020). Advances in education through IoT. *Analele Universității "Dunărea de Jos" din Galați. Fascicula II, Matematică, fizică, mecanică teoretică/Annals of the "Dunărea de Jos" University of Galati. Fascicle II, Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics*, 43(2), 102-107.
- Garneli, B., Giannakos, M. N., Chorianopoulos, K., & Jaccheri, L. (2013). Learning by playing and learning by making. In *Serious Games Development and Applications: 4th International Conference, SGDA 2013, Trondheim, Norway, September 25-27, 2013. Proceedings 4* (pp. 76-85). Springer Berlin Heidelberg.

- Gibson, M. (2019). Crafting communities of practice: the relationship between making and learning. *International Journal of Technology and Design Education*, 29, 25-35.
- Glancy, A. W., Moore, T. J., Guzey, S., & Smith, K. A. (2017). Students' successes and challenges applying data analysis and measurement skills in a fifth-grade integrated STEM unit. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 7(1), 5.
- Glaroudis, D., Iossifides, A., Spyropoulou, N., Zaharakis, I. D., & Kameas, A. D. (2019, March). STEM learning and career orientation via IoT hands-on activities in secondary education. In *2019 IEEE international conference on pervasive computing and communications workshops (PerCom workshops)* (pp. 480-485). IEEE.
- Glithero, L. D., & Zandvliet, D. B. (2021). Evaluating ocean perceptions and ocean values: the Canadian ocean literacy survey. *Canadian Journal of Environmental Education (CJEE)*, 24(1), 216-232.
- Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors: The world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69(4), 211-221.
- Goodchild, M. F. (2008). Towards a taxonomy of volunteered geographic information. *International Journal of Geographical Information Science*, 22(7), 693-705.
- Goodchild, M. F. (2018). Towards a taxonomy of volunteered geographic information. *International Journal of Geographical Information Science*, 32(7), 1357-1370.
- Goodchild, M. F., & Li, L. (2012). Assuring the quality of volunteered geographic information. *Spatial Statistics*, 1, 110-120.
- Gopalan, V., Bakar, J. A. A., Zulkifli, A. N., Alwi, A., & Mat, R. C. (2017, October). A review of the motivation theories in learning. In *Aip conference proceedings* (Vol. 1891, No. 1). AIP Publishing.
- Goulao, M. D. F., & Henriques, S. (2015). Ensinar e aprender em ambientes virtuais de aprendizagem. *Inovação e formação na sociedade digital—ambientes virtuais, tecnologias e serious games*, 21-35.
- Gravel, B. E., Tucker-Raymond, E., Kohberger, K., & Browne, K. (2018). Navigating worlds of information: STEM literacy practices of experienced makers. *International Journal of Technology and Design Education*, 28, 921-938.

- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future generation computer systems*, 29(7), 1645-1660.
- Guest, H., Lotze, H. K., & Wallace, D. (2015). Youth and the sea: Ocean literacy in Nova Scotia, Canada. *Marine Policy*, 58, 98-107.
- Guzey, S. S., Harwell, M., & Moore, T. (2014). Development of an instrument to assess attitudes toward science, technology, engineering, and mathematics (STEM). *School Science and Mathematics*, 114(6), 271-279.
- Guzey, S. S., Harwell, M., Moreno, M., Peralta, Y., & Moore, T. J. (2017). The impact of design-based STEM integration curricula on student achievement in engineering, science, and mathematics. *Journal of Science Education and Technology*, 26, 207-222.
- Guzey, S. S., Moore, T. J., Harwell, M., & Moreno, M. (2016). STEM integration in middle school life science: Student learning and attitudes. *Journal of Science Education and Technology*, 25, 550-560.
- Habib, K., Kai, E. E. T., Saad, M. H. M., Hussain, A., Ayob, A., & Ahmad, A. S. S. (2021, November). Internet of Things (IoT) Enhanced Educational Toolkit for Teaching & Learning of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM). In *2021 IEEE 11th International Conference on System Engineering and Technology (ICSET)* (pp. 194-199). IEEE.
- Halverson, E. R., & Sheridan, K. (2014). The maker movement in education. *Harvard educational review*, 84(4), 495-504.
- Halverson, E., & Peppler, K. (2018). The maker movement and learning. In *International handbook of the learning sciences* (pp. 285-294). Routledge.
- Handrianto, C., & Rahman, M. A. (2018). Project based learning: a review of literature on its outcomes and implementation issues. *LET: Linguistics, Literature and English Teaching Journal*, 8(2), 110-129.
- Harun, H., & Mohd Zin, A. (2015). A Study using Internet of Things Concept toward Engineering Education. *International Journal of Advances in Computer Science and Technology*, 4(6).
- Harwell, M., Moreno, M., Phillips, A., Guzey, S. S., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. (2015). A study of STEM assessments in engineering, science, and mathematics for elementary and middle school students. *School Science and Mathematics*, 115(2), 66-74.

- Hasanah, U. (2020). Key definitions of STEM education: Literature review. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education*, 16(3), e2217.
- Hasni, A., & Potvin, P. (2015). Student's Interest in Science and Technology and Its Relationships with Teaching Methods, Family Context and Self-Efficacy. *International journal of environmental and science education*, 10(3), 337-366.
- Hawthorne, M., & Alabaster, T. (1999). Citizen 2000: development of a model of environmental citizenship. *Global environmental change*, 9(1), 25-43.
- Herro, D., & Quigley, C. (2017). Exploring teachers' perceptions of STEAM teaching through professional development: implications for teacher educators. *Professional Development in Education*, 43(3), 416-438.
- Higgins, S. Critical thinking for 21st-century education: A cyber-tooth curriculum?. *Prospects* 44, 559–574 (2014). <https://doi.org/10.1007/s11125-014-9323-0>
- Hildén, M. The evolution of climate policies—The role of learning and evaluations. *J. Clean. Prod.* 2011, 19, 1798–1811.
- Ho, S. Y. F., Xu, S. J., & Lee, F. W. F. (2020). Citizen science: An alternative way for water monitoring in Hong Kong. *PLoS One*, 15(9), e0238349.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science education*, 88(1), 28-54.
- Hofstein, A., & Rosenfeld, S. (1996). Bridging the gap between formal and informal science learning.
- Hofstein, A., Shore, R., & Kipnis, M. (2004). Providing high school chemistry students with opportunities to develop learning skills in an inquiry-type laboratory: A case study. *International Journal of Science Education*, 26(1), 47-62.
- Hugerat, M. (2016). How teaching science using project-based learning strategies affects the classroom learning environment. *Learning Environments Research*, 19(3), 383–395.
- Iivari, N., Kinnula, M., & Molin-Juustila, T. (2018, June). You have to start somewhere: initial meanings making in a design and making project. In *Proceedings of the 17th ACM Conference on Interaction Design and Children* (pp. 80-92).

- Janssen, M., Charalabidis, Y., & Zuiderwijk, A. (2012). Benefits, adoption barriers and myths of open data and open government. *Information systems management, 29*(4), 258-268.
- Julià, C., & Antolí, J. Ò. (2019). Impact of implementing a long-term STEM-based active learning course on students' motivation. *International Journal of Technology and Design Education, 29*(2), 303-327.
- Kanth, R., Korpi, T., Toppinen, A., Myllymäki, K., Chaudhary, J., & Heikkonen, J. (2019, November). Educational Approach to the Internet of Things (IoT) Concepts and Applications. In *6th International Conference on Computer Science, Engineering and Information Technology (CSEIT-2019)*. Aircc Publishing Corporation (Vol. 11232019, pp. 233-247).
- Kassab, M., DeFranco, J., & Laplante, P. (2020). A systematic literature review on Internet of things in education: Benefits and challenges. *Journal of computer Assisted learning, 36*(2), 115-127.
- Keane, J. (2009) Monitory democracy and media-saturated societies. *Griffith Review, 24*. Retrieved from <http://griffithreview.com/articles/monitory-democracy-and-media-saturatedsocieties/>
- Kemmis, S., (1985). Action Research and the Politics of Reflection. In: Boud, D., Keogh, R., & Walker, D. (Eds.). (1985). *Reflection: Turning Experience into Learning* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315059051>
- Kennedy, T. J., & Odell, M. R. (2014). Engaging students in STEM education. *Science education international, 25*(3), 246-258.
- Khayyat, M., & Bannister, F. (2015). Open data licensing: More than meets the eye. *Information Polity, 20*(4), 231-252.
- Kim, S. H., & Zimmerman, H. T. (2017, October). Towards a stronger conceptualization of the maker mindset: a case study of an after school program with squishy circuits. In *Proceedings of the 7th Annual Conference on Creativity and Fabrication in Education* (pp. 1-4).
- King, D., & English, L. D. (2016). Engineering design in the primary school: Applying STEM concepts to build an optical instrument. *International Journal of Science Education, 38*(18), 2762-2794.
- Kippers, W. B., Poortman, C. L., Schildkamp, K., & Visscher, A. J. (2018). Data literacy: What do educators learn and struggle with during a data use intervention?. *Studies in educational evaluation, 56*, 21-31.

- Knüppe, L. (2006). Motivação e desmotivação: desafio para as professoras do Ensino Fundamental. *Educar em revista*, (27), 277-290.
- Kokotsaki, D., Menzies, V., & Wiggins, A. (2016). Project-based learning: A review of the literature. *Improving Schools*, 19(3), 267–277
- Kolandai-Matchett, K., Armoudian, M., & Thrush, S. (2021). Communicating complex marine science: Does media format matter?. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 31(7), 1772-1790.
- Kolandai-Matchett, K., Armoudian, M., Thrush, S., Hillman, J., Schwendenmann, L., Jakobsson, J., ... & Lear, G. (2021). Marine ecosystem science and the media: exploring ways to improve news coverage through journalist–scientist working relations. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 31(11), 3034-3055.
- Konstantinidis, S. T. (2021). Internet of things in education. In *Digital innovations in healthcare education and training* (pp. 61-86). Academic Press.
- Kounadi, O., Rinner, C., & Zipf, A. (2017). Crowdsourcing spatial data for disaster management. *GeoJournal*, 82(4), 635–648.
- Kouvara, T., Fanariotis, A., Fotopoulos, V., Karachristos, C., & Orphanoudakis, T. (2023, October). Why Re-focus on IoT in education? Evidence of the PARADIGM Project. In *2023 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 01-09). IEEE.
- Krajcik, J. (2015). Project-based science. *The Science Teacher*, 82(1), 25–27.
- Krajcik, J. S., & Czerniak, C. (2018). *Teaching science in elementary and middle school classrooms: A project-based learning approach* (5th ed.). Routledge.
- Krajcik, J., & Blumenfeld, P. C. (2006). Project-based learning. In *The Cambridge handbook of learning sciences*, edited by R. K. Sawyer, (pp. 317-333). Cambridge University Press.
- Krosnick, J. A. & Fabrigar, L. R. (1997). *Designing Rating Scaling for Effective Measurement in Surveys. Survey Measurement and Process Quality*. New York: Wiley.
- Krosnick, J. A., & Presser, S. (2010). Question and questionnaire design. In J. D. Wright & P. V. Marsden (Ed.), *Handbook of survey research* (pp. 263–314). Bingley: Emerald Group Publishing Ltd.
- Krosnick, J. A., Presser, S., Fealing, K. H., Ruggles, S., & Vannette, D. L. (2015). The future of survey research: Challenges and opportunities. *The National Science*

*Foundation Advisory Committee for the Social, Behavioral and Economic Sciences Subcommittee on Advancing SBE Survey Research, 1-15.*

- Kubínová, S., & Šlégr, J. (2015). ChemDuino: Adapting Arduino for low-cost chemical measurements in lecture and laboratory.
- Kurelovic, E. K., Tomljanovic, J., & Kukuljan, D. (2018). Introducing the Internet of Things to Computer Science Students. *The Eurasia Proceedings of Educational and Social Sciences, 11*, 30-35.
- Kurti, R. S., Kurti, D. L., & Fleming, L. (2014). The philosophy of educational makerspaces part 1 of making an educational makerspace. *Teacher Librarian, 41*(5), 8.
- Kusmin, M., & Laanpere, M. (2020, April). Supporting teachers for innovative learning in smart schools using Internet of things. In *2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 1024-1030). IEEE.
- Kwon, B. R., & Lee, J. (2017). What makes a maker: the motivation for the maker movement in ICT. *Information Technology for Development, 23*(2), 318-335.
- Kynigos, C., & Diamantidis, D. (2022). Creativity in engineering mathematical models through programming. *ZDM—Mathematics Education, 54*(1), 149-162.
- Leicht, A. (2018). Issues and trends in education for sustainable development. **UNESCO**
- Leite, E. C. R., Ruiz, J. B., Ruiz, A. M. C., de Fátima Aguiar, T., & de Oliveira, M. R. C. (2005). Influência da motivação no processo ensino aprendizagem. *AKRÓPOLIS-Revista de Ciências Humanas da UNIPAR, 13*(1).
- Linsey, T., Hall, R., Ooms, A., Taylor, P., Andrew, M., O'Brien, J., ... & Downward, S. (2010). JISC Final Report. *Transforming Curriculum Delivery through Technology*.
- Loyens, S. M. M., Kirschner, P. A., & Paas, F. (2010). Problem-based Learning. In *APA educational psychology handbook: Application to learning and teaching, Vol. 3* edited by S. Graham, A. Bus, S. Major, & L. Swanson, (pp. 403–425). American Psychological Association.
- Lyon, F., Gyateng, T., Pritchard, D., Vaze, P., Vickers, I., & Webb, N. (2015). Opening access to administrative data for evaluating public services: The case of the Justice Data Lab. *Evaluation, 21*(2), 232-247.
- Lyon, L. (2016). Transparency: The emerging third dimension of open science and open data. *LIBER Quarterly: The Journal of the Association of European Research Libraries, 25*(4), 153-171.

- Mackinnon, A., Jorm, A. F., Christensen, H., Korten, A. E., Jacomb, P. A., & Rodgers, B. (1999). A short form of the Positive and Negative Affect Schedule: Evaluation of factorial validity and invariance across demographic variables in a community sample. *Personality and Individual Differences, 27*(3), 405-416.
- Magalhães, A., Andrade, A., & Alves, J. M. (2020, June). Impact of the Internet of Things on 3rd cycle students motivation in an interdisciplinary approach to science. In *2020 15th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)* (pp. 1-7). IEEE.
- Mahoney, M. P. (2010). Students' Attitudes toward STEM: Development of an Instrument for High School STEM-Based Programs. *Journal of Technology Studies, 36*(1), 24-34.
- Manca, A., Atenas, J., Ciociola, C., & Nascimbeni, F. (2017). Critical pedagogy and open data for educating towards social cohesion. *Italian Journal of Educational Technology, 25*(1), 111-115. doi: 10.17471/2499-4324/917
- Manyika, J., Chui, M., Groves, P., Farrell, D., Van Kuiken, S., & Doshi, E. A. (2013). Open data: Unlocking innovation and performance with liquid information. *McKinsey Global Institute, 21*, 116.
- Marrero, M. E., Gunning, A. M., & Germain-Williams, T. (2014). What is STEM education?. *Global Education Review, 1*(4).
- Marshall, J. A., & Harron, J. R. (2018). Making learners: A framework for evaluating making in STEM education. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning, 12*(2).
- Martin, E. G., & Begany, G. M. (2017). Opening government health data to the public: benefits, challenges, and lessons learned from early innovators. *Journal of the American Medical Informatics Association, 24*(2), 345-351.
- Martin, L. M. (2023). The promise of the maker movement for education.
- Mavroudi, A., Economides, A. A., Fragkou, O., Nikou, S. A., Divitini, M., Giannakos, M., & Kameas, A. (2017, April). Motivating students with Mobiles, Ubiquitous applications and the Internet of Things for STEM (MUMI4STEM). In *2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 37-38). IEEE.
- McKinley, E., & Fletcher, S. (2012). Improving marine environmental health through marine citizenship: a call for debate. *Marine Policy, 36*(3), 839-843.
- McKinley, E., Burdon, D., & Shellock, R. J. (2023). The evolution of ocean literacy: A new framework for the United Nations Ocean Decade and beyond. *Marine Pollution Bulletin, 186*, 114467.

- Meylani, R. (2024). Transforming education with the internet of things: A journey into smarter learning environments. *International Journal of Research in Education and Science (IJRES)*, 10(1), 161-178. <https://doi.org/10.46328/ijres.3362>
- Mezirow, J. (2008). An overview on transformative learning. *Lifelong learning*, 40-54.
- Molloy, J.C., 2011, "The open knowledge foundation: Open data means better science", *PLoS Biology*, vol. 9, no. 12. Ανακτήθηκε 10/08/2024 από doi:10.1371/journal.pbio.1001195
- Mylonas, G., & Amaxilatis, D. (2019). The Case for OpenDatasets from IoT-connected School Buildings. In *Aml (Workshops/Posters)* (pp. 38-45).
- Mylonas, G., Amaxilatis, D., Chatzigiannakis, I., Anagnostopoulos, A., & Paganelli, F. (2019). Enabling sustainability and energy awareness in schools based on iot and real-world data. *IEEE Pervasive Computing*, 17(4), 53-63.
- Mylonas, G., Amaxilatis, D., Leligou, H., Zahariadis, T., Zacharioudakis, E., Hofstaetter, J., ... & Lerch, J. (2017, June). Addressing behavioral change towards energy efficiency in European educational buildings. In *2017 Global Internet of Things Summit (GloTS)*(pp. 1-6). IEEE.
- Mylonas, G., Amaxilatis, D., Pocero, L., Markelis, I., Hofstaetter, J., & Koulouris, P. (2018, June). Using an educational iot lab kit and gamification for energy awareness in european schools. In *Proceedings of the Conference on Creativity and Making in Education* (pp. 30-36).
- Mylonas, G., Amaxilatis, D., Tsampas, S., Pocero, L., & Gunneriusson, J. (2019, July). A methodology for saving energy in educational buildings using an IoT infrastructure. In *2019 10th international conference on information, intelligence, systems and applications (IISA)* (pp. 1-7). IEEE.
- Mylonas, G., Hofstaetter, J., Giannakos, M., Friedl, A., & Koulouris, P. (2023). Playful interventions for sustainability awareness in educational environments: A longitudinal, large-scale study in three countries. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 35, 100562.
- Mylonas, G., Paganelli, F., Cuffaro, G., Nesi, I., & Karantzis, D. (2023). Using gamification and IoT-based educational tools towards energy savings-some experiences from two schools in Italy and Greece. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 14(12), 15725-15744.
- Neves, E. R. C., & Boruchovitch, E. (2007). Escala de avaliação da motivação para aprender de alunos do ensino fundamental (EMA). *Psicologia: reflexão e crítica*, 20, 406-413.

- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.
- OECD. (2022). *PISA 2022 assessment and analytical framework*. OECD Publishing. [https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-assessment-and-analytical-framework\\_dfe0bf9c-en.html](https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-assessment-and-analytical-framework_dfe0bf9c-en.html)
- Papavlasopoulou, S., Giannakos, M. N., & Jaccheri, L. (2017). Empirical studies on the Maker Movement, a promising approach to learning: A literature review. *Entertainment Computing, 18*, 57-78.
- Papagiannaki, K., Makri, K., Kotroni, V., & Lagouvardos, K. (2024). Analyzing literacy on weather-related hazards and risks among students of an eastern Mediterranean region. *GeoHazards, 5*(3), 853–865. <https://doi.org/10.3390/geohazards5030043>
- Parellada, I. L., & Rufini, S. É. (2013). O uso do computador como estratégia educacional: relações com a motivação e aprendizado de alunos do ensino fundamental. *Psicologia: Reflexão e crítica, 26*, 743-751.
- Pei, Y. (2018, August). The theoretical basis and importance of maker education. In *2018 2nd International Conference on Education Science and Economic Management (ICESEM 2018)* (pp. 531-534). Atlantis Press.
- Pervez, S., ur Rehman, S., & Alandjani, G. (2018). Role of internet of things (iot) in higher education. *Proceedings of ADVED, 792-800*.
- Piaget, J. (1929). *The Child's Conception of the world*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Purnamawati, P., Akil, M., & Nuridayanti, N. (2021). Analysis of needs for the development of trainer sensor and transducer learning media based on Internet of Things (IoT). *Jurnal Pendidikan Vokasi, 11*(3), 232-242.
- Quezada Sarmiento, P. A., Enciso Quispe, L. E., Washizaki, H., & Hernandez Perdomo, W. (2018). Body of knowledge on IoT education.
- Rahmani, A. M., Bayramov, S., & Kiani Kalejahi, B. (2022). Internet of things applications: opportunities and threats. *Wireless Personal Communications, 122*(1), 451-476.
- Rajeshwari, M. (2020). Application of IOT in analyzing cognitive skills of students-a systematic literature review. *International Journal of Management, Technology and Social Sciences (IJMTS), 5*(1), 158-184.

- Rayes, A., Salam, S. (2022). Internet of Things (IoT) Overview. In: Internet of Things from Hype to Reality. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-90158-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-90158-5_1)
- Rea, L. M., & Parker, R. A. (2005). *Designing and conducting survey research: A comprehensive guide* (3rd edn.). San Francisco: Jossey-Bass.
- Ritz, J. M., & Fan, S. C. (2015). STEM and technology education: International state-of-the-art. *International Journal of Technology and Design Education*, 25, 429-451.
- Robson, C. (2011). *Real world research: A resource for users of social research methods in applied settings* (3rd edn.). Chichester: Wiley.
- Roediger, H. L., & Marsh, E. J. (2005). The positive and negative consequences of multiple-choice testing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31(5), 1155– 1159.
- Rosenfeld, S., Yayon, M., Halevi, R., & Blonder, R. (2019). Teachers as makers in chemistry education: An exploratory study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17, 125-148.
- Ruijter, E., Grimmelikhuijsen, S., & Meijer, A. (2017). Open data for democracy: Developing a theoretical framework for open data use. *Government Information Quarterly*, 34(1), 45-52.
- Ryu, M., Mentzer, N., & Knobloch, N. (2019). Preservice teachers' experiences of STEM integration: Challenges and implications for integrated STEM teacher preparation. *International journal of technology and design education*, 29, 493-512.
- Saddiqa, M., Rasmussen, L., Magnussen, R., Larsen, B., & Pedersen, J. M. (2019, August). Bringing open data into Danish schools and its potential impact on school pupils. In *Proceedings of the 15th international symposium on open collaboration* (pp. 1-10).
- Schudson, M. (1998). *The good citizen: A history of American civic life*. New York: Martin Kessler Books.
- Schuldt, B., Knutzen, F., Delzon, S., Jansen, S., Müller-Haubold, H., Burlett, R., ... & Leuschner, C. (2016). How adaptable is the hydraulic system of European beech in the face of climate change-related precipitation reduction?. *New Phytologist*, 210(2), 443-458.

- Seltzer, E., & Mahmoudi, D. (2013). Citizen participation, open innovation, and crowdsourcing: Challenges and opportunities for planning. *Journal of Planning Literature*, 28(1), 3-18.
- Srinivasa, K. G., & Sowmya, B. J. (2016, December). Project based learning for Internet of Things and data analytics: Experience report of learning from ET601X. In *2016 IEEE Eighth International Conference on Technology for Education (T4E)* (pp. 262-263). IEEE.
- Steel, B. S., Smith, C., Opsommer, L., Curiel, S., & Warner-Steel, R. (2005). Public ocean literacy in the United States. *Ocean & Coastal Management*, 48(2), 97-114.
- Stockmayer, S. M., Rennie, L. J., & Gilbert, J. K. (2010). The roles of the formal and informal sectors in the provision of effective science education. *Studies in science education*, 46(1), 1-44.
- Stoll-Kleemann, S. (2019). Feasible options for behavior change toward more effective ocean literacy: a systematic review. *Frontiers in Marine Science*, 6, 273.
- Styrin, E., Luna-Reyes, L. F., & Harrison, T. M. (2017). Open data ecosystems: an international comparison. *Transforming Government: People, Process and Policy*, 11(1), 132-156.
- Surowiecki, J. (2004). *The Wisdom of Crowds*. Anchor Books.
- Syahada, A. N., Sinaga, D. A. D., & Priandana, K. (2021). Development of Education Kit Prototype Based on Internet of Things (IoT). *Cylinder: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 7(1), 27-33.
- Takeuchi, M. A., Sengupta, P., Shanahan, M. C., Adams, J. D., & Hachem, M. (2020). Transdisciplinarity in STEM education: A critical review. *Studies in Science Education*, 56(2), 213-253.
- Tal, R. T., & Hochberg, N. (2003). Assessing high order thinking of students participating in a web-based malaria project. *Studies in Educational Evaluation*, 29(2), 69–89.
- Tan, A. L., Teo, T. W., Choy, B. H., & Ong, Y. S. (2019). The STEM quartet. *Innovation and Education*, 1(1), 1-14.
- Thibaut, L., Knipprath, H., Dehaene, W., & Depaepe, F. (2018). How school context and personal factors relate to teachers' attitudes toward teaching integrated STEM. *International Journal of Technology and Design Education*, 28, 631-651.

- Thomas, J. W. (2000). A review of research on project-based learning: Report prepared for the Autodesk Foundation. Retrieved from [http://www.bie.org/index.php/site/RE/PBL\\_research/29](http://www.bie.org/index.php/site/RE/PBL_research/29)
- Todorov, T., & Vela, P. (2023). Internet of Things in Education. *Science Series-Innovative STEM Education*, 5, 193-200.
- Tsipianitis, D., Filippou, M., Lavidas, K., & Komis, V. (2025). Real-time Monitoring of IoT-based Educational Aquatic Microecosystem. *Procedia Computer Science*, 257, 801-808.
- Uddin, S., Imam, T., & Mozumdar, M. (2021). Research interdisciplinarity: STEM versus non-STEM. *Scientometrics*, 126, 603-618.
- UNESCO (2015). Transversal Skills in TVET: Policy Implications. Asia-Pacific Education System Review Series No. 8. Retrieved from <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002347/234738E.pdf>
- UNESCO (2016). Open Educational Resources. Retrieved from <http://www.unesco.org/new/en/communication-and-information/access-to-knowledge/open-educational-resources/>
- UN-Water. 2021: *Summary Progress Update 2021—SDG 6—Water and Sanitation for All*; UN-Water: Geneva, Switzerland, 2021.
- Urban, P. L. (2014). Open-source electronics as a technological aid in chemical education.
- van Aalderen-Smeets, S. I., & Walma van der Molen, J. H. (2018). Modeling the relation between students' implicit beliefs about their abilities and their educational STEM choices. *International journal of technology and design education*, 28(1), 1-27.
- Van Tuijl, C., & van der Molen, J. H. W. (2016). Study choice and career development in STEM fields: An overview and integration of the research. *International journal of technology and design education*, 26(2), 159-183.
- Verhulst, S., & Young, A. (2016). Open data impact when demand and supply meet key findings of the open data impact case studies. *Available at SSRN 3141474*.
- Vetrò, A., Canova, L., Torchiano, M., Minotas, C. O., Iemma, R., & Morando, F. (2016). Open data quality measurement framework: Definition and application to Open Government Data. *Government Information Quarterly*, 33(2), 325-337.
- Vitoriano, F. A., Teles, V. L., Rizzatti, I. M., & de Lima, R. C. P. (2016). Promoting inclusive chemistry teaching by developing an accessible thermometer for

- students with visual disabilities. *Journal of Chemical Education*, 93(12), 2046-2051.
- Vossen, T. E., Henze, I., De Vries, M. J., & Van Driel, J. H. (2020b). Finding the connection between research and design: the knowledge development of STEM teachers in a professional learning community. *International Journal of Technology and Design Education*, 30(2), 295-320.
- Vossen, T. E., Tigelaar, E. H., Henze, I., De Vries, M. J., & Van Driel, J. H. (2020a). Student and teacher perceptions of the functions of research in the context of a design-oriented STEM module. *International Journal of Technology and Design Education*, 30(4), 657-686.
- Vossoughi, S., Hooper, P. K., & Escudé, M. (2016). Making through the lens of culture and power: Toward transformative visions for educational equity. *Harvard educational review*, 86(2), 206-232.
- Walkowiak, M., & Nehring, A. (2016). Using ChemDuino, Excel, and PowerPoint as tools for real-time measurement representation in class.
- Wan, Z. H., So, W. M. W., & Zhan, Y. (2020). Developing and validating a scale of STEM project-based learning experience. *Research in Science Education*, 1-17.
- Wang, S., Matt, M., Murphy, B. L., Perkins, M., Matthews, D. A., Moran, S. D., & Zeng, T. (2020). Organic micropollutants in New York lakes: A statewide citizen science occurrence study. *Environmental science & technology*, 54(21), 13759-13770.
- Welchen, D., & de Oliveira, M. M. C. (2013). A formação de valores no ambiente escolar. *Unoesc & Ciência-ACHS*, 4(1), 19-30.
- Wichmann, C.-S.; Fischer, D.; Geiger, S.M.; Honorato-Zimmer, D.; Knickmeier, K.; Kruse, K.; Sundermann, A.; Thiel, M. Promoting pro-environmental behavior through citizen science? A case study with Chilean schoolchildren on marine plastic pollution. *Mar. Policy* 2022, 141, 105035.
- Wirtz, B. W., Piehler, R., Thomas, M. J., & Daiser, P. (2016). Resistance of public personnel to open government: A cognitive theory view of implementation barriers towards open government data. *Public Management Review*, 18(9), 1335-1364.
- World Bank. (2017). Open Data in 60 Seconds, Retrieved Dec 15, 2024, from <http://opendatatoolkit.worldbank.org/en/open-data-in-60-seconds.html>.

- Wouters, P. and Reddy, C. (2003), Big science data policies. IN P. Wouters and P. Schroder (eds), *The Public Domain of Digital Research Data: Promise and Practice in Data Sharing*. Amsterdam: NIWI-KNAW
- Yang, T. M., & Wu, Y. J. (2016). Examining the socio-technical determinants influencing government agencies' open data publication: A study in Taiwan. *Government Information Quarterly*, 33(3), 378-392.
- Yildiz, R. (2020). Handbook of research on educational communications and technology. *Contemporary Educational Technology*, 1(1), 60-83.
- Zainuddin, A. A., Bhattacharjee, S., Kalliat, S., Shrestha, S., Sivaraman, S., Khaliq, M. M., ... & Manokaran, P. (2021). Trends and challenges of internet-of-things in the educational domain. *Malaysian Journal of Science and Advanced Technology*, 81-88.
- Zembylas, M. (2013). Critical Pedagogy and Emotion: Working Through 'Troubled Knowledge' in Posttraumatic Contexts. *Critical Studies in Education*, 54(2), 176-189. doi:10.1080/17508487.2012.74346
- Zepke, N., & Leach, L. (2005). Integration and adaptation: Approaches to the student retention and achievement puzzle. *Active Learning in higher education*, 6(1), 46-59.
- Zielinski, S., Anfuso, G., Botero, C. M., & Milanes, C. B. (2022). Beach litter assessment: critical issues and the path forward. *Sustainability*, 14(19), 11994.
- Zuiderwijk, A., & Janssen, M. (2014). Open data policies, their implementation and impact: A framework for comparison. *Government information quarterly*, 31(1), 17-29.
- Zuiderwijk, A., Janssen, M., & Davis, C. (2014). Innovation with open data: Essential elements of open data ecosystems. *Information polity*, 19(1-2), 17-33.
- Zuiderwijk, A., Janssen, M., Choenni, S., Meijer, R., & Alibaks, R. S. (2012). Socio-technical Impediments of Open Data. *Electronic Journal of e-Government*, 10(2), pp156-172
- Αθανασάκης, Α. (2008). Διαδικασίες μάθησης φυσικών επιστημών. *Εκδόσεις Χρήστος Ε Δαρδάνος*.
- Ασημακόπουλος Ζ., Σμυρναίου Ζ. (2022). Ενοιολογική διασύνδεση Επιστημονικών Προτύπων Νέας γενιάς και Δεξιοτήτων 21ου αιώνα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. *i-Teacher*, 35, σελ 53-63. Διαθέσιμο σε [http://i-teacher.net/files/35o\\_teyxos\\_i\\_teacher\\_11\\_2022.pdf](http://i-teacher.net/files/35o_teyxos_i_teacher_11_2022.pdf)

- Ζώνιου-Σιδέρη, Α., Λαμπροπούλου, Κ., Παπασταυρινίδου, Γ., Τσερμίδου, Λ., & Χριστοπούλου, Α. (2020). Διαφοροποιημένη παιδαγωγική & ενταξιακή εκπαίδευση: θεωρητικές επισημάνσεις, προβληματισμοί και προοπτικές. *Διάλογοι! Θεωρία και πράξη στις επιστήμες αγωγής και εκπαίδευσης*, 6, 61-76.
- Ιωαννίδου-Κουτσελίνη, Μ. (2020). Διαφοροποίηση της διδασκαλίας και της μάθησης: Δυσκολίες και παρανοήσεις. *Διάλογοι! Θεωρία και πράξη στις επιστήμες αγωγής και εκπαίδευσης*, 6, 12-29.
- Κόμης, Β. (2004). Εισαγωγή στις εκπαιδευτικές εφαρμογές των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών.
- Κωτσίδης, Κ. Μ., & Αναστασιάδης, Π. (2019). Η παιδαγωγική αξιοποίηση των «Κοινωνικών Μέσων Δικτύωσης» στη διαδικασία επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών. *Διεθνές Συνέδριο για την Ανοικτή & εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση*, 10(3Α), 133-151.
- Λιοναράκης, Α. (2006). Η θεωρία της εξ αποστάσεως εκπαίδευσης και η πολυπλοκότητα της πολυμορφικής της διάστασης. Στο Α. Λιοναράκης (επιμ.), *Ανοικτή και εξ αποστάσεως εκπαίδευση – Στοιχεία θεωρίας και πράξης* (σσ. 7–41). Αθήνα: Προπομπός.
- Μαϊδάτση, Κ., Χριστοπούλου, Ε. & Οικονόμου, Κ. (2022). Χρήση εννοιών μάθησης STEM με την τεχνολογία IoT στο δρόμο της εκπαίδευσης για την αιεφορία: Βιβλιογραφική ανασκόπηση.

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

---

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: Water Quality Monitoring

## Water Quality Monitoring – Δεδομένα από το ρέμα της Πικροδάφνης

Timestamp_received	Timestamp_taken	PH	TDS	Temperature
2019-02-15 14:46:00	2018/2/15-14:40:4	7,06	0,49	11,38
2019-02-15 14:31:00	2018/2/15-14:25:4	7,05	0,52	11,44
2019-02-15 14:15:56	2018/2/15-14:10:4	7,07	0,52	11,44
2019-02-15 14:00:57	2018/2/15-13:55:4	7,08	0,53	11,63
2019-02-15 13:45:57	2018/2/15-13:40:4	7,07	0,59	11,69
2019-02-15 13:30:56	2018/2/15-13:25:4	7,07	0,75	12,31
2019-02-15 13:15:52	2018/2/15-13:10:4	7,09	1,01	11,88
2019-02-15 13:00:52	2018/2/15-12:55:4	7,08	0,91	11,50
2019-02-15 12:45:52	2018/2/15-12:40:4	7,08	0,89	11,25
2019-02-15 12:30:48	2018/2/15-12:25:4	7,10	0,86	11,00
2019-02-15 12:15:48	2018/2/15-12:10:4	7,15	0,84	10,94
2019-02-15 12:00:48	2018/2/15-11:55:4	7,19	0,83	10,63
2019-02-15 11:45:44	2018/2/15-11:40:4	7,15	0,82	10,44
2019-02-15 11:30:44	2018/2/15-11:25:4	7,14	0,81	10,19
2019-02-15 11:15:44	2018/2/15-11:10:4	7,12	0,81	10,00
2019-02-15 11:00:44	2018/2/15-10:55:4	7,10	0,81	9,94
2019-02-15 10:45:40	2018/2/15-10:40:4	7,09	0,81	9,81
2019-02-15 10:30:40	2018/2/15-10:25:4	7,08	0,80	9,75
2019-02-15 10:15:40	2018/2/15-10:10:4	7,09	0,81	9,75
2019-02-15 10:00:36	2018/2/15-9:55:4	7,08	0,80	9,69
2019-02-15 09:45:36	2018/2/15-9:40:4	7,07	0,80	9,69
2019-02-15 09:30:36	2018/2/15-9:25:4	7,07	0,80	9,69
2019-02-15 09:15:32	2018/2/15-9:10:4	7,07	0,80	9,63
2019-02-15 09:00:32	2018/2/15-8:55:4	7,08	0,80	9,63
2019-02-15 08:45:31	2018/2/15-8:40:4	7,07	0,80	9,63
2019-02-15 08:30:31	2018/2/15-8:25:4	7,08	0,80	9,63
2019-02-15 08:15:27	2018/2/15-8:10:4	7,12	0,80	9,56
2019-02-15 08:00:27	2018/2/15-7:55:4	7,17	0,80	9,56
2019-02-15 07:45:27	2018/2/15-7:40:4	7,17	0,80	9,56
2019-02-15 07:30:23	2018/2/15-7:25:4	7,19	0,80	9,56
2019-02-15 07:15:23	2018/2/15-7:10:4	7,19	0,80	9,56
2019-02-15 07:00:23	2018/2/15-6:55:4	7,20	0,80	9,56
2019-02-15 06:45:23	2018/2/15-6:40:4	7,20	0,80	9,63
2019-02-15 06:30:19	2018/2/15-6:25:4	7,20	0,80	9,63
2019-02-15 06:15:19	2018/2/15-6:10:4	7,21	0,80	9,63
2019-02-15 06:00:19	2018/2/15-5:55:4	7,20	0,80	9,69
2019-02-15 05:45:15	2018/2/15-5:40:4	7,21	0,80	9,69
2019-02-15 05:30:15	2018/2/15-5:25:4	7,21	0,80	9,75
2019-02-15 05:15:15	2018/2/15-5:10:4	7,22	0,80	9,75

2019-02-15 05:00:11	2018/2/15-4:55:4	7,23	0,80	9,75
2019-02-15 04:45:11	2018/2/15-4:40:4	7,24	0,80	9,75
2019-02-15 04:30:11	2018/2/15-4:25:4	7,24	0,80	9,75
2019-02-15 04:15:11	2018/2/15-4:10:4	7,25	0,80	9,75
2019-02-15 04:00:07	2018/2/15-3:55:4	7,25	0,80	9,75
2019-02-15 03:45:07	2018/2/15-3:40:4	7,29	0,80	9,75
2019-02-15 03:30:07	2018/2/15-3:25:4	7,33	0,80	9,75
2019-02-15 03:15:03	2018/2/15-3:10:4	7,32	0,80	9,75
2019-02-15 03:00:03	2018/2/15-2:55:4	7,32	0,80	9,69
2019-02-15 02:45:02	2018/2/15-2:40:4	7,34	0,80	9,69
2019-02-15 02:29:59	2018/2/15-2:25:4	7,33	0,80	9,69
2019-02-15 02:14:58	2018/2/15-2:10:4	7,36	0,79	9,69
2019-02-15 01:59:58	2018/2/15-1:55:4	7,36	0,80	9,69
2019-02-15 01:44:58	2018/2/15-1:40:4	7,36	0,80	9,75
2019-02-15 01:29:54	2018/2/15-1:25:4	7,37	0,80	9,75
2019-02-15 01:14:54	2018/2/15-1:10:4	7,38	0,80	9,75
2019-02-15 00:59:54	2018/2/15-0:55:4	7,37	0,80	9,75
2019-02-15 00:44:50	2018/2/15-0:40:4	7,39	0,80	9,81
2019-02-15 00:29:50	2018/2/15-0:25:4	7,41	0,80	9,81
2019-02-15 00:14:50	2018/2/15-0:10:4	7,39	0,80	9,88
2019-02-14 23:59:46	2018/2/14-23:55:4	7,41	0,80	9,88
2019-02-14 23:44:46	2018/2/14-23:40:4	7,41	0,80	9,94
2019-02-14 23:29:46	2018/2/14-23:25:4	7,44	0,80	9,94
2019-02-14 23:14:42	2018/2/14-23:10:4	7,44	0,80	9,94
2019-02-14 22:59:42	2018/2/14-22:55:4	7,46	0,80	9,94
2019-02-14 22:44:42	2018/2/14-22:40:4	7,46	0,80	9,94
2019-02-14 22:29:43	2018/2/14-22:25:4	7,47	0,80	9,94
2019-02-14 22:14:38	2018/2/14-22:10:4	7,48	0,80	10,00
2019-02-14 21:59:38	2018/2/14-21:55:4	7,48	0,80	10,00
2019-02-14 21:44:38	2018/2/14-21:40:4	7,49	0,80	10,00
2019-02-14 21:29:34	2018/2/14-21:25:4	7,49	0,80	10,06
2019-02-14 21:14:34	2018/2/14-21:10:4	7,50	0,80	10,13
2019-02-14 20:59:34	2018/2/14-20:55:4	7,51	0,80	10,25
2019-02-14 20:44:29	2018/2/14-20:40:4	7,53	0,81	10,31
2019-02-14 20:29:29	2018/2/14-20:25:4	7,53	0,81	10,38
2019-02-14 20:14:31	2018/2/14-20:10:4	7,53	0,81	10,50
2019-02-14 19:59:26	2018/2/14-19:55:4	7,55	0,81	10,56
2019-02-14 19:44:25	2018/2/14-19:40:4	7,53	0,81	10,69
2019-02-14 19:29:25	2018/2/14-19:25:4	7,53	0,81	10,75
2019-02-14 19:14:25	2018/2/14-19:10:4	7,55	0,81	10,81
2019-02-14 18:59:21	2018/2/14-18:55:4	7,56	0,82	10,94
2019-02-14 18:44:21	2018/2/14-18:40:4	7,56	0,82	11,00
2019-02-14 18:29:21	2018/2/14-18:25:4	7,56	0,82	11,06
2019-02-14 18:14:17	2018/2/14-18:10:4	7,58	0,82	11,19
2019-02-14 17:59:18	2018/2/14-17:55:4	7,59	0,82	11,31
2019-02-14 17:44:17	2018/2/14-17:40:4	7,58	0,82	11,38

2019-02-14 17:29:13	2018/2/14-17:25:4	7,63	0,83	11,44
2019-02-14 17:14:13	2018/2/14-17:10:4	7,63	0,82	11,50
2019-02-14 16:59:13	2018/2/14-16:55:4	7,65	0,83	11,56
2019-02-14 16:44:09	2018/2/14-16:40:4	7,66	0,83	11,69
2019-02-14 16:29:09	2018/2/14-16:25:4	7,64	0,83	11,75
2019-02-14 16:14:09	2018/2/14-16:10:4	7,65	0,83	11,94
2019-02-14 15:59:05	2018/2/14-15:55:4	7,61	0,83	12,00
2019-02-14 15:44:05	2018/2/14-15:40:4	7,61	0,84	12,06
2019-02-14 15:29:05	2018/2/14-15:25:4	7,61	0,84	12,19
2019-02-14 15:14:01	2018/2/14-15:10:4	7,63	0,83	12,13
2019-02-14 14:59:01	2018/2/14-14:55:4	7,60	0,83	12,00
2019-02-14 14:44:00	2018/2/14-14:40:4	7,58	0,83	11,81
2019-02-14 14:29:33	2018/2/14-14:25:4	7,57	0,82	11,63
2019-02-14 14:13:59	2018/2/14-14:10:4	7,53	0,82	11,63
2019-02-14 13:58:57	2018/2/14-13:55:4	7,51	0,82	11,63
2019-02-14 13:43:53	2018/2/14-13:40:4	7,50	0,82	11,63
2019-02-14 13:28:53	2018/2/14-13:25:4	7,48	0,82	11,63
2019-02-14 13:13:53	2018/2/14-13:10:4	7,46	0,81	11,50
2019-02-14 12:58:49	2018/2/14-12:55:4	7,45	0,81	11,25
2019-02-14 12:43:50	2018/2/14-12:40:4	7,43	0,80	10,81
2019-02-14 12:28:49	2018/2/14-12:25:4	7,39	0,79	10,44
2019-02-14 11:58:44	2018/2/14-11:55:4	7,31	0,78	9,88
2019-02-14 11:43:44	2018/2/14-11:40:4	7,29	0,78	9,75
2019-02-14 11:28:44	2018/2/14-11:25:4	7,27	0,78	9,50
2019-02-14 11:13:40	2018/2/14-11:10:4	7,25	0,77	9,44
2019-02-14 10:58:41	2018/2/14-10:55:4	7,25	0,77	9,31
2019-02-14 10:43:40	2018/2/14-10:40:4	7,27	0,77	9,25
2019-02-14 10:28:36	2018/2/14-10:25:4	7,22	0,77	9,19
2019-02-14 10:13:36	2018/2/14-10:10:4	7,21	0,77	9,19
2019-02-14 09:28:32	2018/2/14-9:25:4	7,19	0,77	9,13
2019-02-14 09:13:32	2018/2/14-9:10:4	7,17	0,77	9,13
2019-02-14 08:58:29	2018/2/14-8:55:4	7,15	0,77	9,13
2019-02-14 08:43:28	2018/2/14-8:40:4	7,14	0,77	9,13
2019-02-14 08:28:28	2018/2/14-8:25:4	7,12	0,77	9,06
2019-02-14 08:13:28	2018/2/14-8:10:4	7,10	0,76	9,06
2019-02-14 07:58:24	2018/2/14-7:55:4	7,08	0,76	9,06
2019-02-14 07:43:24	2018/2/14-7:40:4	7,07	0,76	9,00
2019-02-14 07:28:24	2018/2/14-7:25:4	7,05	0,76	9,00
2019-02-14 07:13:20	2018/2/14-7:10:4	7,06	0,76	8,94
2019-02-14 06:58:20	2018/2/14-6:55:4	7,05	0,76	8,94
2019-02-14 06:43:20	2018/2/14-6:40:4	7,05	0,76	8,94
2019-02-14 06:28:19	2018/2/14-6:25:4	7,06	0,76	8,94
2019-02-14 06:13:16	2018/2/14-6:10:4	7,06	0,76	8,94
2019-02-14 05:58:16	2018/2/14-5:55:4	7,05	0,76	9,00
2019-02-14 05:43:16	2018/2/14-5:40:4	7,05	0,76	9,00
2019-02-14 05:28:12	2018/2/14-5:25:4	7,05	0,76	9,06

2019-02-14 05:13:11	2018/2/14-5:10:4	7,05	0,76	9,06
2019-02-14 04:58:11	2018/2/14-4:55:4	7,05	0,76	9,06
2019-02-14 04:43:08	2018/2/14-4:40:4	7,05	0,76	9,13
2019-02-14 04:28:07	2018/2/14-4:25:4	7,05	0,76	9,13
2019-02-14 04:13:07	2018/2/14-4:10:4	7,04	0,76	9,19
2019-02-14 03:58:07	2018/2/14-3:55:4	7,05	0,76	9,19
2019-02-14 03:43:03	2018/2/14-3:40:4	7,03	0,76	9,19
2019-02-14 03:28:03	2018/2/14-3:25:4	7,03	0,76	9,25
2019-02-14 03:13:03	2018/2/14-3:10:4	7,05	0,76	9,25
2019-02-14 02:58:00	2018/2/14-2:55:4	7,05	0,76	9,31
2019-02-14 02:42:59	2018/2/14-2:40:4	7,05	0,76	9,31
2019-02-14 02:27:59	2018/2/14-2:25:4	7,05	0,76	9,31
2019-02-14 02:12:59	2018/2/14-2:10:4	7,05	0,77	9,38
2019-02-14 01:57:55	2018/2/14-1:55:4	7,06	0,76	9,38
2019-02-14 01:42:55	2018/2/14-1:40:4	7,05	0,77	9,44
2019-02-14 01:27:55	2018/2/14-1:25:4	7,06	0,77	9,44
2019-02-14 01:12:51	2018/2/14-1:10:4	7,07	0,77	9,50
2019-02-14 00:57:51	2018/2/14-0:55:4	7,06	0,77	9,50
2019-02-14 00:42:50	2018/2/14-0:40:4	7,07	0,77	9,50
2019-02-14 00:27:47	2018/2/14-0:25:4	7,05	0,77	9,50
2019-02-14 00:12:47	2018/2/14-0:10:4	7,06	0,77	9,56
2019-02-13 23:57:47	2018/2/13-23:55:4	7,05	0,77	9,56
2019-02-13 23:42:46	2018/2/13-23:40:4	7,05	0,77	9,63
2019-02-13 23:27:43	2018/2/13-23:25:4	7,04	0,77	9,56
2019-02-13 23:12:42	2018/2/13-23:10:4	7,04	0,77	9,56
2019-02-13 22:57:42	2018/2/13-22:55:4	7,05	0,77	9,63
2019-02-13 22:42:39	2018/2/13-22:40:4	7,05	0,77	9,63
2019-02-13 22:27:38	2018/2/13-22:25:4	7,05	0,77	9,69
2019-02-13 22:12:38	2018/2/13-22:10:4	7,05	0,77	9,69
2019-02-13 21:57:38	2018/2/13-21:55:4	7,05	0,77	9,69
2019-02-13 21:42:34	2018/2/13-21:40:4	7,06	0,77	9,75
2019-02-13 21:27:34	2018/2/13-21:25:4	7,05	0,77	9,75
2019-02-13 21:12:34	2018/2/13-21:10:4	7,06	0,77	9,81
2019-02-13 20:57:31	2018/2/13-20:55:4	7,06	0,77	9,88
2019-02-13 20:42:30	2018/2/13-20:40:4	7,07	0,77	9,94
2019-02-13 20:27:30	2018/2/13-20:25:4	7,07	0,77	9,94
2019-02-13 20:12:30	2018/2/13-20:10:4	7,07	0,77	10,00
2019-02-13 19:57:26	2018/2/13-19:55:4	7,07	0,77	10,06
2019-02-13 19:42:26	2018/2/13-19:40:4	7,09	0,77	10,13
2019-02-13 19:27:26	2018/2/13-19:25:4	7,10	0,77	10,19
2019-02-13 19:12:23	2018/2/13-19:10:4	7,11	0,78	10,19
2019-02-13 18:57:23	2018/2/13-18:55:4	7,10	0,78	10,31
2019-02-13 18:42:23	2018/2/13-18:40:4	7,13	0,78	10,38
2019-02-13 18:27:19	2018/2/13-18:25:4	7,13	0,78	10,44
2019-02-13 18:12:18	2018/2/13-18:10:4	7,15	0,78	10,50
2019-02-13 17:57:18	2018/2/13-17:55:4	7,15	0,78	10,56

2019-02-13 17:42:15	2018/2/13-17:40:4	7,17	0,78	10,63
2019-02-13 17:27:14	2018/2/13-17:25:4	7,17	0,78	10,69
2019-02-13 17:12:15	2018/2/13-17:10:4	7,17	0,78	10,75
2019-02-13 16:57:14	2018/2/13-16:55:4	7,17	0,78	10,81
2019-02-13 16:42:10	2018/2/13-16:40:4	7,18	0,78	10,81
2019-02-13 16:27:10	2018/2/13-16:25:4	7,19	0,79	10,88
2019-02-13 16:12:10	2018/2/13-16:10:4	7,19	0,79	10,94

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II: Ερωτηματολόγιο

### 1. Εισαγωγή

Το νερό είναι ένα στοιχείο απολύτως απαραίτητο για κάθε μορφή ζωής. Στο σώμα των ανθρώπων και των ζώων αλλά και στα φυτά το νερό αποτελεί πάνω από τα 2/3 του ολικού τους βάρους. Το 70% του ανθρώπινου σώματος αποτελείται από νερό.

Έχετε σκεφτεί από πού προέρχεται το νερό που πίνουμε; Με ποιο τρόπο θα μπορούσε η επιστήμη να προστατέψει τα υδατικά οικοσυστήματα που κινδυνεύουν άμεσα από την ολοένα αυξανόμενη ρύπανση, την κλιματική αλλαγή και την απώλεια της βιοποικιλότητας;

Απαντήστε στο παρακάτω ερωτηματολόγιο ώστε να μας βοηθήσετε να αποτυπώσουμε τις απόψεις σας. Η διάρκεια του ερωτηματολογίου δεν ξεπερνάει τα 20 λεπτά.

Το ερωτηματολόγιο αναπτύχθηκε στο πλαίσιο έρευνας κατά την Πιλοτική Εφαρμογή του Προγράμματος Σπουδών Γεωλογίας - Γεωγραφίας, όπως προκύπτει από την πράξη MIS 5035542: «ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ».

### 2. Στάσεις

1η ερώτηση	καθόλου	λίγο	πολύ	αρκετά	πάρα πολύ
I. Ενδιαφέρεσαι για την ποιότητα του νερού στα υδάτινα περιβάλλοντα (ποτάμια/ λίμνες) καθώς και για τους παράγοντες που την επηρεάζουν;					
II. Θα σου άρεσε να ασχοληθείς με δραστηριότητες σχετικά με την παρατήρηση ενός υδάτινου					

περιβάλλοντος (π.χ ενός ποταμού);					
III. Θεωρείς πως μέσα από την παρατήρηση μπορείς να ερμηνεύεις την εξέλιξη ενός φαινομένου σε ένα υδάτινο περιβάλλον (π.χ την εμφάνιση νεκρών ψαριών σε ένα ποταμό);					
IV. Η επιστήμη της Υδρογεωλογίας σου είναι οικεία;					
V. Θα σκεφτόσουν να εργαστείς επαγγελματικά στον τομέα της Υδρογεωλογίας και της προστασίας του νερού;					
VI. Εάν η απάντησή σου είναι «πολύ, αρκετά ή πάρα πολύ», να επιλέξεις την απάντηση που εκφράζει καλύτερα το κίνητρό σου.					
▪ Είναι ένας τομέας που θεωρώ ότι μπορώ να επιτύχω					
▪ Είναι ένας τομέας ο οποίος θεωρώ ότι μπορώ να κάνω καριέρα					
▪ Είναι ένας τομέας στον οποίο οι καθηγητές μου και/ή οι γονείς/κηδεμόνας με ενθαρρύνουν να τον ακολουθήσω					
▪ Άλλο ..... . ..... ...					

2η ερώτηση	καθόλου	λίγο	πολύ	αρκετά	πάρα πολύ
I. Πόσο χρήσιμη θεωρείς την επιστημονική γνώση για την προστασία του νερού (σε ποτάμια/λίμνες);					

II. Σε ποιο βαθμό πιστεύεις ότι η επιστημονική έρευνα μπορεί να βοηθήσει στην προστασία του νερού και των οργανισμών που διαβιούν σε υδάτινα περιβάλλοντα (ποτάμια/ λίμνες);					
III. Θέλεις να ενημερώνεσαι για επιστημονικά θέματα γύρω από την ρύπανση του νερού και τις επιπτώσεις της;					
IV. Πόσο σημαντικά θεωρείς για την περιοχή σου τα παρακάτω φαινόμενα;					
Μείωση υδάτινων αποθεμάτων					
Ποτάμιο πλημμυρικό κύμα					
Ρύπανση του νερού λόγω απορρίψεων από βιομηχανίες, κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις, κ.λπ					
Υπεράντληση					
Υφαλμύριση					

3η ερώτηση	καθόλου	λίγο	πολύ	αρκετά	πάρα πολύ
I. Πιστεύεις ότι μπορείς να κατανοήσεις τις έννοιες της υδρογεωλογίας;					
II. Πιστεύεις ότι κατανοείς τους κινδύνους που σχετίζονται με την ρύπανση του νερού στα ποτάμια και τις λίμνες;					
III. Πόσο εύκολο νομίζεις ότι θα ήταν να κάνεις τα παρακάτω μόνη/ος σου;					
a. Να ερμηνεύσεις την μεταβολή των τιμών των φυσικών και χημικών παραμέτρων που καθορίζουν την ποιότητα του νερού (π.χ τη θερμοκρασία, το pH, το διαλυμένο οξυγόνο, κ.λπ).					
b. Να προσδιορίσεις τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της ρύπανσης του νερού.					

c. Να εξηγήσεις πώς η μείωση του διαλυμένου οξυγόνου επηρεάζει τους οργανισμούς που διαβιούν σε ένα ποτάμι ή μια λίμνη.					
d. Να συζητήσεις πολιτικές και μέτρα για την προστασία της ποιότητας των υδάτων και του οικοσυστήματός τους.					
IV. Σημείωσε για τα παρακάτω έντονα φαινόμενα το βαθμό της ανησυχίας που σου προκαλούν.					
Υπερχείλιση ενός ποταμού					
Ξηρασία ενός ποταμού/ λίμνης					
Ρύπανση ενός ποταμού/ λίμνης					
Εμφάνιση νεκρών ψαριών					

### 3. Γνώσεις

4η ερώτηση	καθόλου	λίγο	πολύ	αρκετά	πάρα πολύ
Οι γνώσεις που έχεις για τα υδάτινα οικοσυστήματα (ποτάμια/ λίμνες), σε ποιο βαθμό προέρχεται από:					
I. Σχολείο					
II. Εξωσχολικές εκπαιδευτικές δραστηριότητες					
III. Διαδίκτυο					
IV. Τηλεόραση					
V. Από την οικογένεια μου					
VI. Από τον τύπο (εφημερίδες/ περιοδικά)					
VII. Δεν έχω σχετικές γνώσεις					

5η ερώτηση	Σωστό	Λάθος
Συμπληρώστε ΣΩΣΤΟ ή ΛΑΘΟΣ σε κάθε μία από τις παρακάτω προτάσεις:		
I. Η θερμοκρασία του νερού ενός ποταμού/ λίμνης δεν επηρεάζει τα είδη της υδρόβιας ζωής που διαβιούν σ' αυτό/ή.		

II. Η θερμοκρασία του νερού σ' ένα ποτάμι/ λίμνη καθορίζεται από την ηλιακή ακτινοβολία που πέφτει σ' αυτό/ή.		
III. Το νερό ενός ποταμού παρουσιάζει διακύμανση στη διάρκεια του έτους καταγράφοντας υψηλότερες τιμές κατά την καλοκαιρινή περίοδο και χαμηλότερες κατά τη χειμερινή.		
IV. Το νερό περιέχει διαλυμένο οξυγόνο το οποίο καταναλώνουν τα ψάρια και οι άλλοι υδρόβιοι οργανισμοί (φυτά, ασπόνδυλα, βακτήρια) για να αναπνεύσουν.		
V. Οι διαφορετικές πηγές ρύπανσης των νερών (π.χ τα λύματα της αποχέτευσης) δεν προκαλούν καμία μείωση στις τιμές του διαλυμένου οξυγόνου.		
VI. Το φαινόμενο του ευτροφισμού οδηγεί σε μια κατάσταση ανεπάρκειας οξυγόνου, όπου οι υδρόβιοι οργανισμοί δεν μπορούν να επιβιώσουν.		
VII. Όταν παρατηρείται μια σημαντική αλλαγή στην τιμή του pH του νερού αυτή οφείλεται σε κάποιο επεισόδιο ρύπανσης (π.χ. απόρριψη βιομηχανικών λυμάτων).		
VIII. Η γεωλογία μιας περιοχής (δηλ. η χημική σύσταση των πετρωμάτων της) δεν επηρεάζει την ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού του ποταμού που διέρχεται από αυτή.		
Η εκτεταμένη χρήση λιπασμάτων στη γεωργική παραγωγή επηρεάζει την ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού των ποταμών/ λιμνών.		

### 6η ερώτηση

Με βάση το διάγραμμα από τον σταθμό «Αλαμάνα» στο Σπερχειό ποταμό, μπορείς να περιγράψεις τη διακύμανση της θερμοκρασίας στη διάρκεια ενός 24ωρου; Που οφείλεται αυτή η μεταβολή;



Αποτύπωση της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας, στον σταθμό «Αλαμάνα», στον ποταμό Σπερχειό. Στον οριζόντιο άξονα της γραφικής παράστασης αποτυπώνονται οι ημερομηνίες στις οποίες καταγράφηκε η θερμοκρασία. Στον κάθετο άξονα αποτυπώνονται οι τιμές της θερμοκρασίας.

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

**7η ερώτηση**

Με βάση το διάγραμμα από τον σταθμό «Αλαμάνα» στο Σπερχειό ποταμό, μπορείς να περιγράψεις τη διακύμανση της θερμοκρασίας στη διάρκεια του έτους; Που οφείλεται αυτή η μεταβολή;

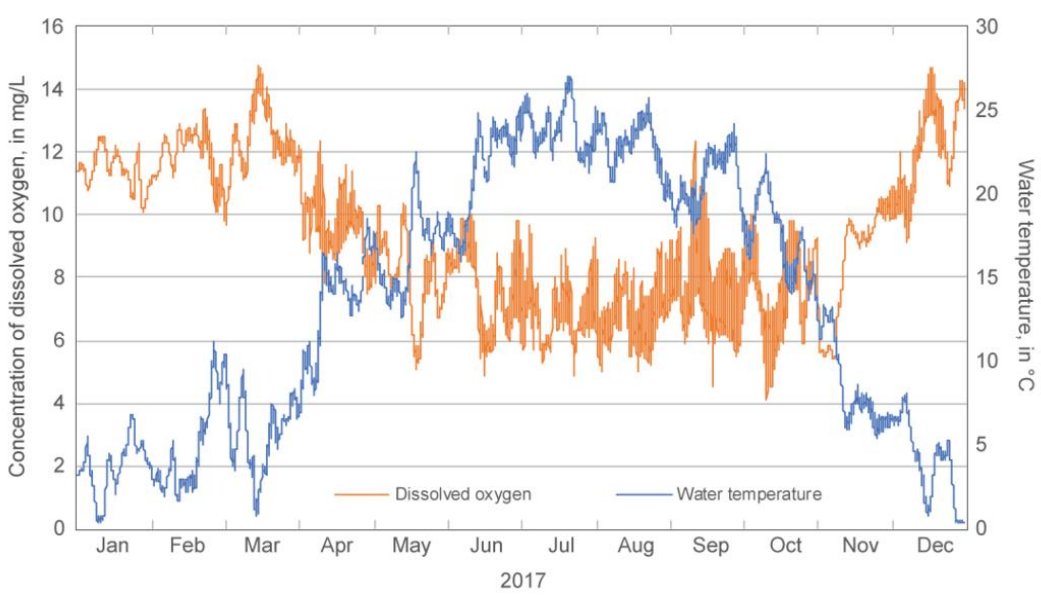


Η αποτύπωση της ετήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας για την τριετία 2017-2020, στον σταθμό «Αλαμάνα» στο ποταμό Σπερχειό. Στον οριζόντιο άξονα της γραφικής παράστασης αποτυπώνονται οι ημερολογιακοί μήνες στους οποίους καταγράφηκε η θερμοκρασία. Στον κάθετο άξονα αποτυπώνονται οι τιμές της θερμοκρασίας.

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

**8η ερώτηση**

Με βάση το διάγραμμα που ακολουθεί μπορείς να περιγράψεις τη συσχέτιση της διακύμανσης της θερμοκρασίας (μπλε γραμμή) και της συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου (πορτοκαλί γραμμή) στο νερό ενός ποταμού κατά τη διάρκεια ενός έτους;

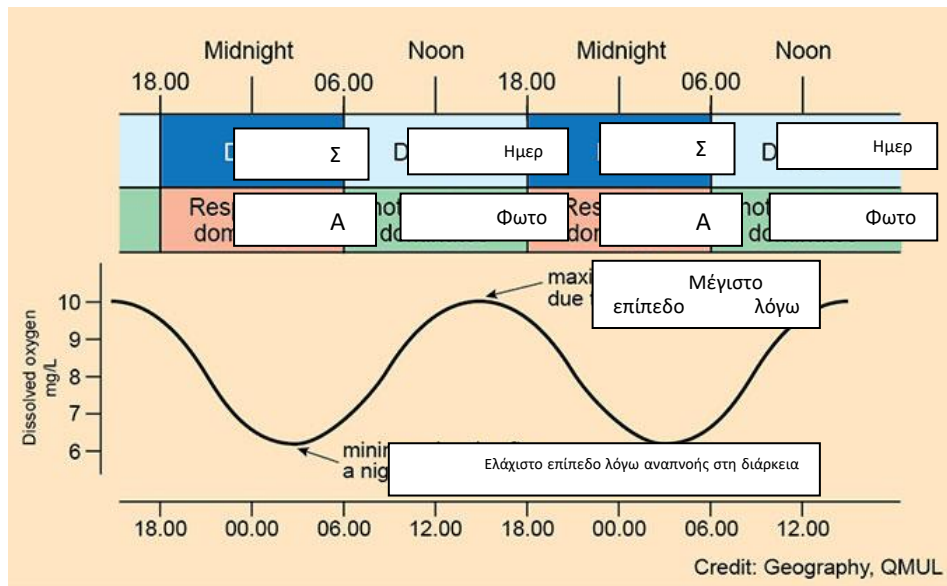


Συσχέτιση της διακύμανσης της θερμοκρασίας (μπλε γραμμή) και της συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου (πορτοκαλί γραμμή) στο νερό ενός ποταμού κατά τη διάρκεια ενός έτους (USGS, 2018). Στον οριζόντιο άξονα της γραφικής παράστασης αποτυπώνονται οι μήνες του έτους στους οποίους καταγράφηκε η θερμοκρασία. Στον αριστερό κάθετο άξονα αποτυπώνονται οι τιμές της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου (dissolved oxygen) και στον δεξιό κάθετο άξονα οι τιμές της θερμοκρασίας.

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

**9η ερώτηση**

Με βάση το διάγραμμα που ακολουθεί μπορείς να περιγράψεις πώς επηρεάζει η φωτοσύνθεση την ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό;



Ημερήσια διακύμανση του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό, από την διαδικασία της φωτοσύνθεσης και της αναπνοής (GeographyQMUL, 2022).

.....

.....

.....

.....

10η ερώτηση	καθόλου	λίγο	πολύ	αρκετά	πάρα πολύ
Για κάθε μία από τις παρακάτω προτάσεις σημειώστε το βαθμό της ανησυχίας που σας προκαλεί;					
I. "Σε επικίνδυνα επίπεδα έχει ανέβει η στάθμη του ποταμού Κηφισού από την καταρρακτώδη βροχή που σφυροκοπά την Αττική. Σε επιφυλακή πυροσβεστική και αστυνομία προκειμένου αμέσως να διακόψουν την κυκλοφορία των αυτοκινήτων".					
II. "«Κόκκινος συναγερμός» για ρύπανση στο πόσιμο νερό της Θεσσαλονίκης. Επείγουσα ενημέρωση σήμερα στο γραφείο του ζήτησε ο προϊστάμενος της Εισαγγελίας Πρωτοδικών από τους υπευθύνους της Εταιρείας Ύδρευσης και Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης για να διαπιστωθεί η					

έκταση του προβλήματος και τυχόν κίνδυνος για τη δημόσια υγεία".					
III. "Στέρεψε ο Πηνειός σε μήκος 25 χιλιομέτρων - Δραματική έκκληση του περιφερειάρχη".					
IV. "Τα παγωμένα νερά του ποταμού Ενιπέα πηγάζουν από τα Πριόνια και φθάνουν μέχρι τις πύλες του Ολύμπου, σχηματίζοντας στη διαδρομή καταρράκτες, μικρές λίμνες και πολλές διακλαδώσεις".					
V. "Ένα κοπάδι σολομών sockeye που κολυπούσε σε παραπόταμο του Κολούμπια, έφερε τραύματα τα οποία είναι αποτέλεσμα άγχους και έκθεσης σε ακραίες θερμοκρασίες".					

<b>11η ερώτηση</b>					
Σημείωσε ποια από τις παρακάτω εικόνες απεικονίζει:	<b>1η εικόνα</b>	<b>2η εικόνα</b>	<b>3η εικόν α</b>	<b>4η εικόνα</b>	<b>5η εικόνα</b>
Χαμηλό ποσοστό διαλυμένου οξυγόνου					
Λειψυδρία					
Ευτροφισμό					
Ξηρασία					
Υπεράρδευση					



Εικ. 1



Εικ. 2



Εικ. 3



Εικ. 4



Εικ. 5

## Δημογραφικά στοιχεία

- I. Αγόρι  Κορίτσι
- II. Ηλικία: .....
- III. Σχολείο: Γυμνάσιο, Τάξη: Β'
- IV. Περιοχή: Αστική
- V. Δήμος μόνιμης κατοικίας:  
.....
- VI. Επάγγελμα - επίπεδο μόρφωσης γονέων  
Μητέρας:  
.....  
Πατέρα:  
.....
- VII. Χώρα γέννησης – Χώρα γέννησης γονέων/ γλώσσα γονέων:  
.....  
.....  
.....

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: Στατιστική ανάλυση ερωτηματολογίου

---

### Ερευνητικά ερωτήματα

1. Σε ποιο βαθμό επηρέασε η εκπαιδευτική παρέμβαση την ευαισθητοποίηση των μαθητών για το αντικείμενο (οικειότητα, σημαντικότητα επιστημονικών στοιχείων, αντιλήψεις για τις επιπτώσεις/ανησυχία);
2. Υπήρξε επίδραση της εκπαιδευτικής παρέμβασης στην αντίληψη σχετικά με την αυτο-αποτελεσματικότητα των μαθητών στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών;
3. Είχε αποτέλεσμα η εκπαιδευτική παρέμβαση στη βελτίωση των γνώσεων των μαθητών σχετικά με το αντικείμενο;
4. Με ποιο τρόπο επηρεάζουν τα δημογραφικά στοιχεία των μαθητών την βελτίωση από την εκπαιδευτική παρέμβαση στην ευαισθητοποίηση και τις γνώσεις των μαθητών;
5. Σε ποιο βαθμό διαφέρουν οι μαθητές που συμμετείχαν στην εκπαιδευτική παρέμβαση από εκείνους που δεν συμμετείχαν, ως προς την ευαισθητοποίηση και τις γνώσεις για το αντικείμενο;

## Μεθοδολογία Στατιστικής Ανάλυσης

Η επεξεργασία των στατιστικών δεδομένων πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πακέτο IBM SPSS v.29. Τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των μαθητών παρουσιάστηκαν σε απόλυτους αριθμούς και ποσοστά (N,%). Η αξιοπιστία των κλιμάκων και υποκλιμάκων του ερωτηματολογίου διερευνήθηκε με τον δείκτη αξιοπιστίας και εσωτερικής συνάφειας Cronbach's alpha και εν συνεχεία υπολογίστηκαν νέες, σύνθετες μεταβλητές ως το άθροισμα των στοιχείων κάθε κλίμακας. Κάθε νέα μεταβλητή παρουσιάστηκε με τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία (μέσος όρος, τυπική απόκλιση, ασυμμετρία, κύρτωση) και εκτιμήθηκε η κανονικότητα των κατανομών των συνολικών μεταβλητών.

Διενεργήθηκε Μονοπαραγοντική Ανάλυση Διακύμανσης (ANOVA) για την εξέταση της επίδρασης της εκπαιδευτικής παρέμβασης ή άλλων δημογραφικών παραγόντων στις εξαρτημένες μεταβλητές (ανεξάρτητα δείγματα). Η ANOVA βοήθησε στον προσδιορισμό της ύπαρξης στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των δημογραφικών ομάδων των μαθητών. Ο έλεγχος Mann-Whitney χρησιμοποιήθηκε για τη σύγκριση των μέσων τιμών μεταξύ δύο ανεξάρτητων ομάδων, όπως η ομάδα ελέγχου και η ομάδα παρέμβασης, για να εκτιμηθεί η επίδραση της εκπαιδευτικής παρέμβασης σε διάφορες μεταβλητές. Ο έλεγχος Wilcoxon χρησιμοποιήθηκε για τη σύγκριση των μετρήσεων πριν και μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση για την ίδια ομάδα συμμετεχόντων. Αυτός ο μη παραμετρικός έλεγχος επιλέχθηκε για να εξεταστούν οι μεταβολές στις μεταβλητές που αξιολογήθηκαν κατά τη διάρκεια της μελέτης.

Η Ανάλυση Επαναλαμβανόμενων Μετρήσεων (Repeated Measures ANOVA) χρησιμοποιήθηκε για να εξεταστούν οι διαφορές μεταξύ των μέσων τιμών σε διάφορες μεταβλητές, όπως η οικειότητα/ ενδιαφέρον για το αντικείμενο, η σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων, η αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών, η ανησυχία από έντονα φαινόμενα, η ανησυχία από συμβάντα, και η επίδοση στην αξιολόγηση γνώσεων. Η ανάλυση αυτή επέτρεψε την αξιολόγηση των αλλαγών που προέκυψαν από την εκπαιδευτική παρέμβαση, καθώς και την ανάλυση των αλληλεπιδράσεων με παράγοντες όπως το φύλο, η ηλικία και η τάξη. Τα μεγέθη επίδρασης (Cohen's d και  $\eta^2_p$ ) υπολογίστηκαν για να εκτιμηθεί η ισχύς των διαφορών που βρέθηκαν στα αποτελέσματα των αναλύσεων. Ο δείκτης Cohen's d χρησιμοποιήθηκε για να μετρηθεί το μέγεθος της διαφοράς μεταξύ των ομάδων, ενώ το  $\eta^2_p$  (partial eta squared) χρησιμοποιήθηκε για να εκτιμηθεί το ποσοστό της διακύμανσης που εξηγείται από την ανεξάρτητη μεταβλητή στις αναλύσεις ANOVA.

## Αποτελέσματα

### Περιγραφικά στοιχεία δείγματος μαθητών

Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των μαθητών που συμμετείχαν στη μελέτη, κατανεμημένα ανάμεσα στην ομάδα ελέγχου και στην ομάδα εκπαιδευτικής παρέμβασης. Σχετικά με το φύλο, το δείγμα είναι ισορροπημένο, με τα αγόρια να αποτελούν το 47.3% του συνόλου των συμμετεχόντων και τα κορίτσια το 52.7%. Τα ποσοστά είναι σχεδόν ίδια τόσο στην ομάδα ελέγχου όσο και στην ομάδα εκπαιδευτικής παρέμβασης, με μικρές αποκλίσεις (Αγόρια: 47.5% στην ομάδα ελέγχου και 47.1% στην ομάδα παρέμβασης, Κορίτσια: 52.5% και 52.9% αντίστοιχα). Όσον αφορά την ηλικία, η πλειονότητα των μαθητών είναι 14 ετών (53.7% του συνολικού δείγματος), με τους μαθητές 14 ετών να είναι περισσότεροι στην ομάδα ελέγχου (58.6%) σε σχέση με την ομάδα παρέμβασης (48.0%). Οι μαθητές 13 ετών αντιπροσωπεύουν το 46.3% του συνόλου, με το ποσοστό να είναι μεγαλύτερο στην ομάδα παρέμβασης (52.0%) σε σχέση με την ομάδα ελέγχου (41.4%). Σχετικά με την περιοχή διαμονής, η πλειονότητα των μαθητών προέρχεται από τον Δήμο Αθηναίων (45.3%), με το ποσοστό αυτό να είναι υψηλότερο στην ομάδα ελέγχου (51.8%) σε σύγκριση με την ομάδα παρέμβασης (38.0%). Σημαντική διαφορά παρατηρείται και στους μαθητές που προέρχονται από τις περιοχές Ζωγράφου, Βύρωνα, και Καισαριανή, οι οποίοι είναι περισσότεροι στην ομάδα παρέμβασης (26.0%) σε σχέση με την ομάδα ελέγχου (10.7%).

Τα αποτελέσματα της δοκιμής Chi-Square δείχνουν ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων προ- και μετά-παρέμβασης με βάση το φύλο (Chi-square = 0.002, df = 1, p = 0.967), την ηλικία (Chi-square = 1.218, df = 1, p = 0.270), και την περιοχή (Chi-square = 5.125, df = 3, p = 0.163). Συνολικά, τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι οι δύο ομάδες (ελέγχου και παρέμβασης) είναι συγκρίσιμες όσον αφορά τα βασικά δημογραφικά χαρακτηριστικά.

Πίνακας 1. Δημογραφικά Χαρακτηριστικά των Μαθητών ανά Ομάδα (Ομάδα Ελέγχου και Ομάδα Εκπαιδευτικής Παρέμβασης)

		Total		Ομάδα ελέγχου		Ομάδα εκπαιδευτικής παρέμβασης	
		N	%	N	%	N	%
Φύλο	Αγόρι	52	47.3%	28	47.5%	24	47.1%
	Κορίτσι	58	52.7%	31	52.5%	27	52.9%

Ηλικία	13 ετών	50	46.3%	24	41.4%	26	52.0%
	14 ετών	58	53.7%	34	58.6%	24	48.0%
Τμήμα	B2	23	20.7%	8	13.3%	15	29.4%
	B3	19	17.1%	19	31.7%	0	0.0%
	B4	23	20.7%	3	5.0%	20	39.2%
	B5	24	21.6%	8	13.3%	16	31.4%
	B6	22	19.8%	22	36.7%	0	0.0%
	Περιοχή	Δήμος Αθηναίων	48	45.3%	29	51.8%	19
Άλλοι δήμοι ΚΔΤ		17	16.0%	8	14.3%	9	18.0%
Ζωγράφου- Βύρωνας- Καισαριανή		19	17.9%	6	10.7%	13	26.0%
Δήμοι ΒΤ και ΝΤ		22	20.8%	13	23.2%	9	18.0%

*Σημείωση.* ΚΔΤ: Περιφερειακή Ενότητα Κεντρικού και Δυτικού Τομέα (εκτός Δήμου Αθηναίων, Βύρωνα, Καισαριανής και Ζωγράφου), ΒΤ: Περιφερειακή Ενότητα Βορείου Τομέα, ΝΤ: Περιφερειακή Ενότητα Νοτίου Τομέα.

## Περιγραφική ανάλυση πριν την εκπαιδευτική παρέμβαση

Οι μέσες τιμές και οι τυπικές αποκλίσεις των απαντήσεων των μαθητών σε πέντε ερωτήματα σχετικά με την οικειότητα και το ενδιαφέρον τους για το αντικείμενο της υδρογεωλογίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Οι ερωτήσεις αφορούν την ποιότητα του νερού, την προτίμηση για δραστηριότητες παρατήρησης υδάτινων περιβαλλόντων, την ικανότητα ερμηνείας φαινομένων σε αυτά τα περιβάλλοντα, την οικειότητα με την επιστήμη της υδρογεωλογίας, και την πρόθεση επαγγελματικής ενασχόλησης με τον τομέα.

Συνολικά, οι μαθητές έδειξαν μέτριο ενδιαφέρον για την ποιότητα του νερού στα υδάτινα περιβάλλοντα ( $M = 3.61$ ,  $SD = .72$ ) και για δραστηριότητες σχετικές με την παρατήρηση αυτών των περιβαλλόντων ( $M = 3.83$ ,  $SD = .93$ ). Οι μαθητές από το τμήμα B4 ανέφεραν το υψηλότερο ενδιαφέρον σε σχέση με τα άλλα τμήματα για την ποιότητα του νερού ( $M = 4.01$ ,  $SD = .65$ ) και για δραστηριότητες παρατήρησης ( $M = 4.46$ ,  $SD = .68$ ). Αντίθετα, οι μαθητές του τμήματος B2 και B5 παρουσίασαν χαμηλότερο ενδιαφέρον στις ίδιες ερωτήσεις. Όσον αφορά την ερμηνεία φαινομένων στα υδάτινα περιβάλλοντα, οι μαθητές έδειξαν μέτρια ικανότητα ( $M = 3.32$ ,  $SD = .84$ ), με τους μαθητές του τμήματος B5 να παρουσιάζουν ελαφρώς υψηλότερη ικανότητα ( $M = 3.55$ ,  $SD = .53$ ) σε σχέση με τα υπόλοιπα τμήματα. Η οικειότητα των μαθητών με την επιστήμη της υδρογεωλογίας ήταν αρκετά χαμηλή ( $M = 1.86$ ,  $SD = .81$ ), με τους μαθητές του τμήματος B4 να αναφέρουν την υψηλότερη οικειότητα ( $M = 2.29$ ,  $SD = .98$ ). Η πρόθεση των μαθητών να εργαστούν επαγγελματικά στον τομέα της υδρογεωλογίας και της προστασίας του νερού ήταν επίσης χαμηλή ( $M = 2.02$ ,  $SD = .77$ ), με μικρές διαφοροποιήσεις μεταξύ των τμημάτων.

Αυτά τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι πριν την εκπαιδευτική παρέμβαση, οι μαθητές είχαν περιορισμένη γνώση και ενδιαφέρον για την υδρογεωλογία, ενώ η διακύμανση των απαντήσεων μεταξύ των τμημάτων δείχνει πιθανές διαφορές στις αρχικές γνώσεις ή στα ενδιαφέροντα των μαθητών.

Πίνακας 2. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο σε Σχέση με την Οικειότητα και το Ενδιαφέρον για το Αντικείμενο της Υδρογεωλογίας πριν την Εκπαιδευτική Παρέμβαση

	Έγκυρες απαντήσεις των μαθητών ανά τμήμα και στο σύνολο, πριν την εκπαιδευτική παρέμβαση							
	Σύνολο (n=59)		B2 (n=21)		B4 (n=21)		B5 (n=17)	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
<u>Οικειότητα/ Ενδιαφέρον για το αντικείμενο</u>								
Ενδιαφέρεσαι για την ποιότητα του νερού στα υδάτινα περιβάλλοντα (ποτάμια/ λίμνες) καθώς και για τους παράγοντες που την επηρεάζουν;	3.61	.72	3.44	.57	4.01	.65	3.39	.78
Θα σου άρεσε να ασχοληθείς με δραστηριότητες σχετικά με την παρατήρηση ενός υδάτινου περιβάλλοντος (π.χ ενός ποταμού);	3.83	.93	3.38	1.03	4.46	.68	3.66	.73
Θεωρείς πως μέσα από την παρατήρηση μπορείς να ερμηνεύεις την εξέλιξη ενός φαινομένου σε ένα υδάτινο περιβάλλον (π.χ την εμφάνιση νεκρών ψαριών σε ένα ποταμό);	3.32	.84	2.94	.91	3.46	.94	3.55	.53
Η επιστήμη της Υδρογεωλογίας σου είναι οικεία;	1.86	.81	1.68	.76	2.29	.98	1.63	.46
Θα σκεφτόσουν να εργαστείς επαγγελματικά στον τομέα της Υδρογεωλογίας και της προστασίας του νερού;	2.02	.77	1.91	.90	2.26	.69	1.88	.68

*Σημείωση.* Ελάχιστη τιμή=1, Μέγιστη τιμή=5. M: mean value (μέσος όρος), SD: standard deviation (τυπική απόκλιση).

Ο Πίνακας 3 παρουσιάζει τις μέσες τιμές και τις τυπικές αποκλίσεις των απαντήσεων των μαθητών σε τρία ερωτήματα σχετικά με τα κίνητρά τους για επαγγελματική ενασχόληση σε έναν συγκεκριμένο τομέα πριν από την εκπαιδευτική παρέμβαση. Τα ερωτήματα αφορούν την αυτοπεποίθηση των μαθητών στην ικανότητά τους να επιτύχουν σε αυτόν τον τομέα, τη δυνατότητα για καριέρα, και την ενθάρρυνση από καθηγητές ή γονείς/ κηδεμόνες.

Γενικά, οι μαθητές δήλωσαν ότι θεωρούν τον τομέα αυτόν ως έναν χώρο όπου μπορούν να επιτύχουν (M = 4.00, SD = .87), με τους μαθητές του τμήματος B2 να εκφράζουν την υψηλότερη αυτοπεποίθηση (M = 4.17, SD = 1.11) και τους μαθητές του τμήματος B5 την χαμηλότερη (M = 3.83, SD = .64).

Όσον αφορά την προοπτική καριέρας, οι μαθητές ήταν επίσης θετικοί (M = 4.02, SD = .97), με τους μαθητές του τμήματος B4 να παρουσιάζουν την υψηλότερη αντίληψη για καριέρα στον τομέα αυτόν (M = 4.35, SD = .77). Οι μαθητές του τμήματος B2 είχαν την χαμηλότερη μέση τιμή σε αυτό το ερώτημα (M = 3.83, SD = 1.15).

Η ενθάρρυνση από τους καθηγητές ή τους γονείς/ κηδεμόνες παρουσιάζει χαμηλότερες τιμές σε σύγκριση με τα άλλα κίνητρα ( $M = 3.27, SD = 1.05$ ), με τους μαθητές του τμήματος B4 να αναφέρουν την περισσότερη ενθάρρυνση ( $M = 3.72, SD = .96$ ), ενώ οι μαθητές του τμήματος B2 ανέφεραν την λιγότερη ( $M = 3.02, SD = 1.17$ ).

Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι πριν την εκπαιδευτική παρέμβαση, οι μαθητές έχουν μια αρκετά θετική αντίληψη για την επαγγελματική τους πορεία στον τομέα, αν και η εξωτερική ενθάρρυνση από καθηγητές και γονείς είναι λιγότερο ισχυρή. Υπάρχουν επίσης διαφορές στις αντιλήψεις των μαθητών μεταξύ των τμημάτων, γεγονός που μπορεί να αντικατοπτρίζει διαφορές στην υποστήριξη ή στην προσωπική τους αυτοπεποίθηση.

*Πίνακας 3. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο σε Σχέση με τα Κίνητρα για Επαγγελματική Ενασχόληση πριν την Εκπαιδευτική Παρέμβαση*

	Έγκυρες απαντήσεις των μαθητών ανά τμήμα και στο σύνολο, πριν την εκπαιδευτική παρέμβαση							
	Σύνολο (n=59)		B2 (n=21)		B4 (n=21)		B5 (n=17)	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
<u><i>Κίνητρα για επαγγελματική ενασχόληση</i></u>								
Είναι ένας τομέας που θεωρώ ότι μπορώ να επιτύχω.	4.00	.87	4.17	1.11	4.00	.80	3.83	.64
Είναι ένας τομέας ο οποίος θεωρώ ότι μπορώ να κάνω καριέρα.	4.02	.97	3.83	1.15	4.35	.77	3.88	.90
Είναι ένας τομέας στον οποίο οι καθηγητές μου και/ή οι γονείς/ κηδεμόνας με ενθαρρύνουν να τον ακολουθήσω.	3.27	1.05	3.02	1.17	3.72	.96	3.08	.89

*Σημείωση.* Ελάχιστη τιμή=1, Μέγιστη τιμή=5. M: mean value (μέσος όρος), SD: standard deviation (τυπική απόκλιση).

Ο Πίνακας 4 παρουσιάζει τις μέσες τιμές και τις τυπικές αποκλίσεις των απαντήσεων των μαθητών σε τρία ερωτήματα που αφορούν τη σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων για την προστασία του νερού πριν από την εκπαιδευτική παρέμβαση. Οι ερωτήσεις σχετίζονται με τη χρησιμότητα της επιστημονικής γνώσης για την προστασία του νερού, την εμπιστοσύνη στην επιστημονική έρευνα για τη διατήρηση του νερού και των οργανισμών του, και το ενδιαφέρον για ενημέρωση γύρω από θέματα ρύπανσης του νερού.

Οι μαθητές, στο σύνολο τους, θεωρούν τη χρησιμότητα της επιστημονικής γνώσης για την προστασία του νερού ως μέτρια προς υψηλή ( $M = 3.61, SD = 1.31$ ). Ωστόσο, οι μαθητές του τμήματος B4 αποδίδουν μεγαλύτερη σημασία στην επιστημονική γνώση ( $M = 4.14, SD = 1.00$ ), σε σύγκριση με τα άλλα τμήματα, ενώ οι μαθητές του τμήματος B2 δίνουν τη χαμηλότερη μέση τιμή ( $M = 3.18, SD = 1.55$ ).

Όσον αφορά την πίστη στην ικανότητα της επιστημονικής έρευνας να βοηθήσει στην προστασία του νερού και των οργανισμών σε υδάτινα περιβάλλοντα, οι μαθητές εμφανίζονται ελαφρώς πιο επιφυλακτικοί ( $M = 3.19, SD = 1.32$ ). Οι μαθητές του τμήματος B4 παρουσιάζουν υψηλότερη εμπιστοσύνη στην επιστημονική έρευνα ( $M = 3.80, SD = 1.07$ ), ενώ οι μαθητές του τμήματος B2 έχουν τη χαμηλότερη εμπιστοσύνη ( $M = 2.45, SD = 1.42$ ).

Τέλος, σχετικά με την επιθυμία να ενημερώνονται για επιστημονικά θέματα γύρω από τη ρύπανση του νερού και τις επιπτώσεις της, οι μαθητές εκφράζουν θετική διάθεση ( $M = 3.61, SD = 1.41$ ), με τους μαθητές του τμήματος B4 να δείχνουν το υψηλότερο ενδιαφέρον ( $M = 4.36, SD = .81$ ). Οι μαθητές του τμήματος B2 εκφράζουν το χαμηλότερο ενδιαφέρον ( $M = 2.75, SD = 1.81$ ).

Τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι πριν την εκπαιδευτική παρέμβαση, οι μαθητές είχαν μέτρια έως θετική στάση απέναντι στη σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων για την προστασία του νερού, με σημαντικές διαφορές να παρατηρούνται μεταξύ των τμημάτων, ιδίως μεταξύ του τμήματος B4 και B2. Οι διαφορές αυτές μπορεί να αντικατοπτρίζουν διαφορές στην προηγούμενη εκπαίδευση ή στις προσωπικές απόψεις των μαθητών.

Πίνακας 4. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο σχετικά με τη Σημαντικότητα των Επιστημονικών Στοιχείων για την Προστασία του Νερού πριν την Εκπαιδευτική Παρέμβαση

	Έγκυρες απαντήσεις ανά τμήμα και στο σύνολο, πριν την εκπαιδευτική παρέμβαση							
	Σύνολο (n=59)		B2 (n=21)		B4 (n=21)		B5 (n=17)	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
<u>Σημαντικότητα επιστημονικών στοιχείων</u>								
Πόσο χρήσιμη θεωρείς την επιστημονική γνώση για την προστασία του νερού (σε ποτάμια/ λίμνες);	3.61	1.31	3.18	1.55	4.14	1.00	3.51	1.19
Σε ποιο βαθμό πιστεύεις ότι η επιστημονική έρευνα μπορεί να βοηθήσει στην προστασία του νερού και των οργανισμών που διαβιούν σε υδάτινα περιβάλλοντα (ποτάμια/ λίμνες);	3.19	1.32	2.45	1.42	3.80	1.07	3.30	1.14
Θέλεις να ενημερώνεσαι για επιστημονικά θέματα γύρω από την ρύπανση του νερού και τις επιπτώσεις της;	3.61	1.41	2.75	1.81	4.36	.81	3.72	.96

Σημείωση. Ελάχιστη τιμή=1, Μέγιστη τιμή=5. M: mean value (μέσος όρος), SD: standard deviation (τυπική απόκλιση).

Ο Πίνακας 5 παρουσιάζει τις μέσες τιμές και τις τυπικές αποκλίσεις των απαντήσεων των μαθητών σε διάφορα ερωτήματα που αφορούν την αυτο-αποτελεσματικότητα τους στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών σχετικών με την υδρογεωλογία και τη ρύπανση του νερού πριν από την εκπαιδευτική παρέμβαση.

Αναφορικά με την κατανόηση των εννοιών της υδρογεωλογίας, οι μαθητές εκφράζουν μια μέτρια αυτο-αποτελεσματικότητα ( $M = 3.19$ ,  $SD = 1.08$ ), με τους μαθητές του τμήματος B4 να αναφέρουν υψηλότερη αυτο-αποτελεσματικότητα ( $M = 3.62$ ,  $SD = .98$ ), ενώ οι μαθητές του τμήματος B5 αναφέρουν τη χαμηλότερη ( $M = 2.93$ ,  $SD = .91$ ).

Σχετικά με την κατανόηση των κινδύνων που σχετίζονται με τη ρύπανση του νερού, η αυτο-αποτελεσματικότητα των μαθητών είναι σχετικά χαμηλή ( $M = 2.69$ ,  $SD = 1.16$ ). Οι μαθητές του τμήματος B4 έχουν υψηλότερη μέση τιμή ( $M = 3.15$ ,  $SD = 1.08$ ), ενώ οι μαθητές του τμήματος B5 έχουν τη χαμηλότερη ( $M = 2.29$ ,  $SD = .82$ ).

Όσον αφορά την ικανότητα των μαθητών να ερμηνεύσουν τη μεταβολή των τιμών φυσικών και χημικών παραμέτρων που καθορίζουν την ποιότητα του νερού, οι μαθητές εκφράζουν

μέτρια αυτο-αποτελεσματικότητα ( $M = 2.97$ ,  $SD = 1.05$ ), με τους μαθητές του τμήματος B4 να αναφέρουν την υψηλότερη μέση τιμή ( $M = 3.30$ ,  $SD = 1.15$ ).

Οι μαθητές εκφράζουν υψηλότερη αυτο-αποτελεσματικότητα στην ικανότητά τους να προσδιορίσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της ρύπανσης του νερού ( $M = 3.25$ ,  $SD = 1.04$ ) και να εξηγήσουν πώς η μείωση του διαλυμένου οξυγόνου επηρεάζει τους οργανισμούς σε υδάτινα περιβάλλοντα ( $M = 3.85$ ,  $SD = .91$ ). Οι μαθητές του τμήματος B4 αναφέρουν υψηλότερη αυτο-αποτελεσματικότητα σε αυτές τις ερωτήσεις σε σχέση με τα υπόλοιπα τμήματα.

Τέλος, η υψηλότερη αυτο-αποτελεσματικότητα καταγράφηκε στην ικανότητα των μαθητών να συζητήσουν πολιτικές και μέτρα για την προστασία της ποιότητας των υδάτων και του οικοσυστήματός τους ( $M = 4.29$ ,  $SD = .76$ ), με τους μαθητές του τμήματος B4 να αναφέρουν την υψηλότερη μέση τιμή ( $M = 4.59$ ,  $SD = .64$ ).

Συνολικά, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι πριν την εκπαιδευτική παρέμβαση, οι μαθητές εμφανίζουν μέτρια προς υψηλή αυτο-αποτελεσματικότητα σε ορισμένες επιστημονικές έννοιες, με τους μαθητές του τμήματος B4 να παρουσιάζουν γενικά υψηλότερη αυτο-αποτελεσματικότητα σε όλες τις ερωτήσεις. Αυτό μπορεί να υποδεικνύει ότι οι μαθητές του συγκεκριμένου τμήματος είχαν καλύτερη αρχική προετοιμασία ή μεγαλύτερη εμπιστοσύνη στις ικανότητές τους.

Πίνακας 5. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο σχετικά με την Αυτο-αποτελεσματικότητα στη Διαχείριση Επιστημονικών Έννοιών πριν την Εκπαιδευτική Παρέμβαση

	Έγκυρες απαντήσεις ανά τμήμα και στο σύνολο, πριν την εκπαιδευτική παρέμβαση							
	Σύνολο (n=59)		B2 (n=21)		B4 (n=21)		B5 (n=17)	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
<u>Αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών</u>								
<u>εννοιών</u>								
Πιστεύεις ότι μπορείς να κατανοήσεις τις έννοιες της υδρογεωλογίας;	3.19	1.08	3.02	1.24	3.62	.98	2.93	.91
Πιστεύεις ότι κατανοείς τους κινδύνους που σχετίζονται με την ρύπανση του νερού στα ποτάμια και τις λίμνες;	2.69	1.16	2.67	1.39	3.15	1.08	2.29	.82
a. Να ερμηνεύσεις την μεταβολή των τιμών των φυσικών και χημικών παραμέτρων που καθορίζουν την ποιότητα του νερού (π.χ τη θερμοκρασία, το pH, το διαλυμένο οξυγόνο, κ.λπ).	2.97	1.05	2.74	1.21	3.30	1.15	2.86	.68
b. Να προσδιορίσεις τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της ρύπανσης του νερού.	3.25	1.04	3.02	1.21	3.54	.98	3.20	.90
c. Να εξηγήσεις πώς η μείωση του διαλυμένου οξυγόνου επηρεάζει τους οργανισμούς που διαβιούν σε ένα ποτάμι ή μια λίμνη.	3.85	.91	3.68	1.06	4.07	.95	3.79	.69
d. Να συζητήσεις πολιτικές και μέτρα για την προστασία της ποιότητας των υδάτων και του οικοσυστήματός τους.	4.29	.76	4.16	.87	4.59	.64	4.13	.70
<i>Σημείωση.</i> Ελάχιστη τιμή=1, Μέγιστη τιμή=5. M: mean value (μέσος όρος), SD: standard deviation (τυπική απόκλιση).								

Πίνακας 6. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο σχετικά με την Ανησυχία από Έντονα Φαινόμενα πριν την Εκπαιδευτική Παρέμβαση

	Έγκυρες απαντήσεις ανά τμήμα και στο σύνολο, πριν την εκπαιδευτική παρέμβαση							
	Σύνολο (n=59)		B2 (n=21)		B4 (n=21)		B5 (n=17)	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
<i>Ανησυχία από έντονα φαινόμενα</i>								
Υπερχείλιση ενός ποταμού	4.19	.89	4.23	1.00	4.41	.72	3.93	.91
Ξηρασία ενός ποταμού/ λίμνης	3.58	1.14	3.14	1.17	4.09	.93	3.50	1.15
Ρύπανση ενός ποταμού/ λίμνης	1.95	.95	1.69	.70	2.21	1.21	1.94	.86
Εμφάνιση νεκρών ψαριών	3.20	1.03	2.93	1.04	3.45	1.19	3.23	.81

*Σημείωση.* Ελάχιστη τιμή=1, Μέγιστη τιμή=5. M: mean value (μέσος όρος), SD: standard deviation (τυπική απόκλιση).

Ο Πίνακας 6 παρουσιάζει τις μέσες τιμές και τις τυπικές αποκλίσεις των απαντήσεων των μαθητών σε διάφορα ερωτήματα που αφορούν την ανησυχία τους για έντονα φαινόμενα που σχετίζονται με τα υδάτινα περιβάλλοντα, όπως η υπερχειλίση και η ξηρασία ποταμών ή λιμνών, η ρύπανση και η εμφάνιση νεκρών ψαριών πριν από την εκπαιδευτική παρέμβαση.

Η υπερχειλίση ενός ποταμού φαίνεται να προκαλεί την μεγαλύτερη ανησυχία στους μαθητές, με μέση τιμή 4.19 (SD = .89) συνολικά. Οι μαθητές του τμήματος B4 εκφράζουν την υψηλότερη ανησυχία (M = 4.41, SD = .72), ενώ οι μαθητές του τμήματος B5 αναφέρουν την χαμηλότερη (M = 3.93, SD = .91).

Η ξηρασία ενός ποταμού ή λίμνης προκαλεί μέτρια ανησυχία (M = 3.58, SD = 1.14), με τους μαθητές του τμήματος B4 να εκφράζουν την υψηλότερη ανησυχία (M = 4.09, SD = .93). Οι μαθητές του τμήματος B2 παρουσιάζουν χαμηλότερα επίπεδα ανησυχίας σε αυτό το φαινόμενο (M = 3.14, SD = 1.17).

Η ρύπανση ενός ποταμού ή λίμνης φαίνεται να προκαλεί τη λιγότερη ανησυχία από τα φαινόμενα που αξιολογήθηκαν (M = 1.95, SD = .95). Οι μαθητές του τμήματος B4 δείχνουν μεγαλύτερη ανησυχία (M = 2.21, SD = 1.21) σε σχέση με τους μαθητές των άλλων τμημάτων, ενώ οι μαθητές του τμήματος B2 εμφανίζουν τη χαμηλότερη ανησυχία (M = 1.69, SD = .70).

Η εμφάνιση νεκρών ψαριών προκαλεί μέτρια ανησυχία στους μαθητές ( $M = 3.20$ ,  $SD = 1.03$ ). Οι μαθητές του τμήματος B4 εκφράζουν υψηλότερη ανησυχία ( $M = 3.45$ ,  $SD = 1.19$ ), ενώ οι μαθητές του τμήματος B2 εμφανίζουν τη χαμηλότερη ανησυχία ( $M = 2.93$ ,  $SD = 1.04$ ).

Συνολικά, τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι οι μαθητές πριν την εκπαιδευτική παρέμβαση ανησυχούν περισσότερο για φυσικά φαινόμενα όπως η υπερχειλίση και η ξηρασία, ενώ η ρύπανση φαίνεται να προκαλεί λιγότερη ανησυχία. Οι μαθητές του τμήματος B4 εμφανίζονται γενικά πιο ανήσυχοι σε όλα τα φαινόμενα σε σύγκριση με τους μαθητές των άλλων τμημάτων. Αυτές οι διαφορές μπορεί να αντανακλούν διαφοροποιήσεις στην προηγούμενη έκθεση των μαθητών σε περιβαλλοντικά θέματα ή στην ευαισθητοποίησή τους απέναντι σε αυτά τα φαινόμενα.

Ο Πίνακας 7 παρουσιάζει τις μέσες τιμές και τις τυπικές αποκλίσεις των απαντήσεων των μαθητών σχετικά με τις πηγές πληροφόρησης που χρησιμοποιούν για να ενημερώνονται για θέματα υδρογεωλογίας και ρύπανσης του νερού πριν από την εκπαιδευτική παρέμβαση. Οι πηγές περιλαμβάνουν το σχολείο, εξωσχολικές δραστηριότητες, το διαδίκτυο, την τηλεόραση, την οικογένεια, τον τύπο (εφημερίδες/περιοδικά) και την απουσία σχετικών γνώσεων.

Το σχολείο καταγράφηκε ως μέτρια πηγή πληροφόρησης ( $M = 2.54$ ,  $SD = .97$ ), με τους μαθητές του τμήματος B4 να αναφέρουν τη μεγαλύτερη χρήση αυτής της πηγής ( $M = 2.74$ ,  $SD = 1.08$ ), ενώ οι μαθητές του τμήματος B2 να παρουσιάζουν τη χαμηλότερη χρήση ( $M = 2.44$ ,  $SD = .88$ ).

Οι εξωσχολικές εκπαιδευτικές δραστηριότητες καταγράφηκαν επίσης ως μέτρια πηγή πληροφόρησης ( $M = 2.19$ ,  $SD = 1.11$ ), με τους μαθητές του τμήματος B4 να αναφέρουν μεγαλύτερη εμπλοκή ( $M = 2.46$ ,  $SD = 1.27$ ) σε σχέση με τους μαθητές του τμήματος B5 που παρουσίασαν τη χαμηλότερη ( $M = 1.97$ ,  $SD = .79$ ).

Το διαδίκτυο φαίνεται να χρησιμοποιείται λιγότερο ως πηγή πληροφόρησης ( $M = 1.45$ ,  $SD = .84$ ), με τους μαθητές του τμήματος B4 να καταγράφουν τη μεγαλύτερη χρήση ( $M = 1.58$ ,  $SD = .93$ ), ενώ οι μαθητές του τμήματος B2 να καταγράφουν τη χαμηλότερη χρήση ( $M = 1.34$ ,  $SD = .87$ ).

Η τηλεόραση καταγράφηκε με τη χαμηλότερη μέση τιμή σε όλες τις πηγές πληροφόρησης, με σταθερή τιμή ( $M = 1.00$ ,  $SD = .00$ ) σε όλα τα τμήματα, υποδεικνύοντας ότι δεν χρησιμοποιείται ως πηγή ενημέρωσης για αυτά τα θέματα.

Αντίθετα, η οικογένεια φαίνεται να είναι σημαντική πηγή πληροφόρησης ( $M = 3.91$ ,  $SD = .77$ ), με τους μαθητές του τμήματος B4 να παρουσιάζουν την υψηλότερη μέση τιμή ( $M = 4.25$ ,  $SD = .55$ ) και τους μαθητές του τμήματος B5 τη χαμηλότερη ( $M = 3.68$ ,  $SD = .61$ ).

Ο τύπος (εφημερίδες/περιοδικά) καταγράφεται επίσης ως σημαντική πηγή πληροφόρησης ( $M = 4.14$ ,  $SD = .82$ ), με τους μαθητές του τμήματος B4 να καταγράφουν τη μεγαλύτερη χρήση αυτής της πηγής ( $M = 4.45$ ,  $SD = .72$ ), ενώ οι μαθητές του τμήματος B5 αναφέρουν τη χαμηλότερη χρήση ( $M = 3.92$ ,  $SD = .75$ ).

Τέλος, η απουσία σχετικών γνώσεων καταγράφεται επίσης με υψηλή μέση τιμή ( $M = 3.91$ ,  $SD = .91$ ), με τους μαθητές του τμήματος B4 να αναφέρουν τη μεγαλύτερη αίσθηση έλλειψης γνώσεων ( $M = 4.12$ ,  $SD = .70$ ), ενώ οι μαθητές του τμήματος B5 την χαμηλότερη ( $M = 3.81$ ,  $SD = .76$ ).

Αυτά τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι πριν την εκπαιδευτική παρέμβαση, οι μαθητές βασίζονται κυρίως στην οικογένεια και στον τύπο για πληροφόρηση, ενώ η τηλεόραση και το διαδίκτυο χρησιμοποιούνται λιγότερο. Η αίσθηση της έλλειψης γνώσεων είναι επίσης αξιοσημείωτη, υποδηλώνοντας μια ανάγκη για βελτίωση της εκπαίδευσης σε θέματα υδρογεωλογίας και προστασίας του νερού.

Πίνακας 7. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο σχετικά με τις Πηγές Πληροφόρησης πριν την Εκπαιδευτική Παρέμβαση

	Έγκυρες απαντήσεις ανά τμήμα και στο σύνολο, πριν την εκπαιδευτική παρέμβαση							
	Σύνολο (n=59)		B2 (n=21)		B4 (n=21)		B5 (n=17)	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
<u>Πηγές πληροφόρησης</u>								
I. Σχολείο	2.54	.97	2.44	.88	2.74	1.08	2.45	.94
II. Εξωσχολικές εκπαιδευτικές δραστηριότητες	2.19	1.11	2.15	1.22	2.46	1.27	1.97	.79
III. Διαδίκτυο	1.45	.84	1.34	.87	1.58	.93	1.42	.73
IV. Τηλεόραση	1.00	.00	1.00	.00	1.00	.00	1.00	.00
V. Από την οικογένεια μου	3.91	.77	3.82	.98	4.25	.55	3.68	.61
VI. Από τον τύπο (εφημερίδες/ περιοδικά)	4.14	.82	4.06	.93	4.45	.72	3.92	.75
VII. Δεν έχω σχετικές γνώσεις	3.91	.91	3.82	1.19	4.12	.70	3.81	.76

Σημείωση. Ελάχιστη τιμή=1, Μέγιστη τιμή=5. M: mean value (μέσος όρος), SD: standard deviation (τυπική απόκλιση).

Πίνακας 8. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο σχετικά με την Ανησυχία από Συμβάντα πριν την Εκπαιδευτική Παρέμβαση

	Έγκυρες απαντήσεις ανά τμήμα και στο σύνολο, πριν την εκπαιδευτική παρέμβαση							
	Σύνολο (n=59)		B2 (n=21)		B4 (n=21)		B5 (n=17)	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
<i>Ανησυχία από συμβάντα</i>								
I. "Σε επικίνδυνα επίπεδα έχει ανέβει η στάθμη του ποταμού Κηφισού από την καταρρακτώδη βροχή που σφυροκοπά την Αττική. Σε επιφυλακή πυροσβεστική και αστυνομία προκειμένου αμέσως να διακόψουν την κυκλοφορία των αυτοκινήτων".	2.86	1.16	2.51	1.44	3.20	1.21	2.88	.65
II. "«Κόκκινος συναγερμός» για ρύπανση στο πόσιμο νερό της Θεσσαλονίκης. Επείγουσα ενημέρωση σήμερα στο γραφείο του ζήτησε ο προϊστάμενος της Εισαγγελίας Πρωτοδικών από τους υπευθύνους της Εταιρείας Ύδρευσης και Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης για να διαπιστωθεί η έκταση του προβλήματος και τυχόν κίνδυνος για τη δημόσια υγεία".	3.40	1.01	3.21	1.23	3.70	.85	3.28	.86
III. "Στέρεψε ο Πηνειός σε μήκος 25 χιλιομέτρων - Δραματική έκκληση του περιφερειάρχη".	3.61	.72	3.44	.57	4.01	.65	3.39	.78
IV. "Τα παγωμένα νερά του ποταμού Ενιπέα πηγάζουν από τα Πριόνια και φθάνουν μέχρι τις πύλες του Ολύμπου, σχηματίζοντας στη διαδρομή καταρράκτες, μικρές λίμνες και πολλές διακλαδώσεις".	3.83	.93	3.38	1.03	4.46	.68	3.66	.73
V. "Ένα κοπάδι σολομών sockeye που κολυμπούσε σε παραπόταμο του Κολούμπια, έφερε τραύματα τα οποία είναι αποτέλεσμα άγχους και έκθεσης σε ακραίες θερμοκρασίες".	3.32	.84	2.94	.91	3.46	.94	3.55	.53

*Σημείωση.* Ελάχιστη τιμή=1, Μέγιστη τιμή=5. M: mean value (μέσος όρος), SD: standard deviation (τυπική απόκλιση).

Ο Πίνακας 8 παρουσιάζει τις μέσες τιμές και τις τυπικές αποκλίσεις των απαντήσεων των μαθητών σχετικά με την ανησυχία τους απέναντι σε διάφορα συμβάντα που σχετίζονται με την υδρογεωλογία και το περιβάλλον πριν από την εκπαιδευτική παρέμβαση.

Αναφορικά με το συμβάν που αφορά την υπερυψωμένη στάθμη του ποταμού Κηφισού (Συμβάν I), οι μαθητές εκφράζουν μέτρια ανησυχία (M = 2.86, SD = 1.16), με τους μαθητές του τμήματος B4 να αναφέρουν τη μεγαλύτερη ανησυχία (M = 3.20, SD = 1.21) και τους μαθητές του τμήματος B2 τη χαμηλότερη (M = 2.51, SD = 1.44).

Όσον αφορά τον «κόκκινο συναγερμό» για ρύπανση στο πόσιμο νερό της Θεσσαλονίκης (Συμβάν II), η ανησυχία των μαθητών είναι υψηλότερη (M = 3.40, SD = 1.01). Οι μαθητές του τμήματος B4 εκφράζουν την υψηλότερη ανησυχία (M = 3.70, SD = .85), ενώ οι μαθητές του τμήματος B2 την χαμηλότερη (M = 3.21, SD = 1.23).

Το συμβάν με το στέρεμα του Πηνειού ποταμού σε μήκος 25 χιλιομέτρων (Συμβάν III) προκαλεί επίσης σημαντική ανησυχία στους μαθητές (M = 3.61, SD = .72), με τους μαθητές

του τμήματος B4 να δείχνουν την υψηλότερη ανησυχία ( $M = 4.01$ ,  $SD = .65$ ), ενώ οι μαθητές του τμήματος B5 έχουν τη χαμηλότερη ανησυχία ( $M = 3.39$ ,  $SD = .78$ ).

Η αναφορά στα παγωμένα νερά του ποταμού Ενιπέα (Συμβάν IV) προκαλεί τη μεγαλύτερη ανησυχία στους μαθητές συνολικά ( $M = 3.83$ ,  $SD = .93$ ). Οι μαθητές του τμήματος B4 παρουσιάζουν την υψηλότερη μέση τιμή ανησυχίας ( $M = 4.46$ ,  $SD = .68$ ), ενώ οι μαθητές του τμήματος B2 καταγράφουν τη χαμηλότερη ( $M = 3.38$ ,  $SD = 1.03$ ).

Τέλος, το συμβάν που αφορά τα τραύματα σε κοπάδι σολομών λόγω άγχους και έκθεσης σε ακραίες θερμοκρασίες (Συμβάν V) προκαλεί μέτρια ανησυχία ( $M = 3.32$ ,  $SD = .84$ ), με τους μαθητές του τμήματος B5 να αναφέρουν την υψηλότερη ανησυχία ( $M = 3.55$ ,  $SD = .53$ ), ενώ οι μαθητές του τμήματος B2 τη χαμηλότερη ( $M = 2.94$ ,  $SD = .91$ ).

Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι οι μαθητές εκφράζουν διαφορετικά επίπεδα ανησυχίας για τα διάφορα συμβάντα, με τις πιο σοβαρές ανησυχίες να σχετίζονται με την υπερυψωμένη στάθμη ποταμών και τα προβλήματα ρύπανσης, ενώ οι φυσικές περιγραφές όπως τα παγωμένα νερά του ποταμού Ενιπέα προκαλούν τη μεγαλύτερη ανησυχία, ειδικά στο τμήμα B4. Αυτές οι διαφορές μπορεί να αντικατοπτρίζουν τη διαφορετική ευαισθητοποίηση ή προτεραιότητες των μαθητών σε περιβαλλοντικά θέματα.

Ο Πίνακας 9 παρουσιάζει τα ποσοστά σωστών και λάθος απαντήσεων των μαθητών σε διάφορες ερωτήσεις που αφορούν την υδρογεωλογία και την ποιότητα του νερού πριν από την εκπαιδευτική παρέμβαση, κατανομημένα ανά τμήμα (B2, B4, B5) και συνολικά.

Σχετικά με τη δήλωση "Η θερμοκρασία του νερού ενός ποταμού/λίμνης δεν επηρεάζει τα είδη της υδρόβιας ζωής που διαβιούν σε αυτό", η συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών αναγνώρισε σωστά τη λανθασμένη φύση της δήλωσης (98.3% συνολικά). Το τμήμα B2 ήταν το μοναδικό τμήμα όπου όλοι οι μαθητές έδωσαν τη σωστή απάντηση (100%), ενώ στο τμήμα B4 ένας μαθητής έδωσε λάθος απάντηση (4.8%).

Η δήλωση "Η θερμοκρασία του νερού σ' ένα ποτάμι/λίμνη καθορίζεται από την ηλιακή ακτινοβολία που πέφτει σ' αυτό/ή" αναγνωρίστηκε ως σωστή από το 86.4% των μαθητών, με το τμήμα B2 να καταγράφει το υψηλότερο ποσοστό σωστών απαντήσεων (90.5%).

Η δήλωση "Το νερό ενός ποταμού παρουσιάζει διακύμανση στη διάρκεια του έτους καταγράφοντας υψηλότερες τιμές κατά την καλοκαιρινή περίοδο και χαμηλότερες κατά τη χειμερινή" είχε ποσοστό σωστών απαντήσεων 79.7%, με το τμήμα B5 να καταγράφει το υψηλότερο ποσοστό σωστών απαντήσεων (82.4%).

Η δήλωση "Το νερό περιέχει διαλυμένο οξυγόνο το οποίο καταναλώνουν τα ψάρια και οι άλλοι υδρόβιοι οργανισμοί για να αναπνεύσουν" είχε ένα από τα υψηλότερα ποσοστά σωστών απαντήσεων (91.4%), με τα τμήματα Β2 και Β4 να καταγράφουν ίσα ποσοστά (95.2%).

Η δήλωση "Οι διαφορετικές πηγές ρύπανσης των νερών δεν προκαλούν καμία μείωση στις τιμές του διαλυμένου οξυγόνου" αναγνωρίστηκε σωστά ως λανθασμένη από το 88.1% των μαθητών, με το τμήμα Β2 να έχει το υψηλότερο ποσοστό σωστών απαντήσεων (90.5%).

Η δήλωση "Το φαινόμενο του ευτροφισμού οδηγεί σε μια κατάσταση ανεπάρκειας οξυγόνου, όπου οι υδρόβιοι οργανισμοί δεν μπορούν να επιβιώσουν" είχε ένα ποσοστό σωστών απαντήσεων 86.0%, με το τμήμα Β5 να καταγράφει το υψηλότερο ποσοστό (93.8%).

Η δήλωση "Όταν παρατηρείται μια σημαντική αλλαγή στην τιμή του pH του νερού αυτή οφείλεται σε κάποιο επεισόδιο ρύπανσης" αναγνωρίστηκε σωστά από το 94.9% των μαθητών, με το τμήμα Β4 να καταγράφει το 100% σωστών απαντήσεων.

Η δήλωση "Η γεωλογία μιας περιοχής δεν επηρεάζει την ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού του ποταμού που διέρχεται από αυτή" είχε ένα ποσοστό σωστών απαντήσεων 79.7%, με το τμήμα Β2 να καταγράφει το υψηλότερο ποσοστό (90.5%).

Τέλος, η δήλωση "Η εκτεταμένη χρήση λιπασμάτων στη γεωργική παραγωγή επηρεάζει την ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού των ποταμών/λιμνών" είχε ποσοστό σωστών απαντήσεων 74.1%, με τα τμήματα Β2 και Β5 να έχουν παρόμοια ποσοστά σωστών απαντήσεων (76.2% και 75.0% αντίστοιχα).

Τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι οι μαθητές έχουν γενικά καλή κατανόηση βασικών εννοιών υδρογεωλογίας, με κάποιες μικρές διαφοροποιήσεις μεταξύ των τμημάτων. Το τμήμα Β4 φαίνεται να παρουσιάζει ελαφρώς καλύτερη απόδοση στις περισσότερες ερωτήσεις, γεγονός που μπορεί να υποδηλώνει καλύτερη αρχική προετοιμασία ή ενδιαφέρον για το αντικείμενο.

Πίνακας 9. Ποσοστά Σωστών και Λάθους Απαντήσεων των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο πριν την Εκπαιδευτική Παρέμβαση

	Τμήμα															
	Total				B2				B4				B5			
	Σωστό		Λάθος		Σωστό		Λάθος		Σωστό		Λάθος		Σωστό		Λάθος	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
I. Η θερμοκρασία του νερού ενός ποταμού/ λίμνης δεν επηρεάζει τα είδη της υδρόβιας ζωής που διαβιούν σ' αυτό/ή.	1	1.7%	58	98.3%	0	0.0%	21	100.0%	1	4.8%	20	95.2%	0	0.0%	17	100.0%
II. Η θερμοκρασία του νερού σ' ένα ποτάμι/ λίμνη καθορίζεται από την ηλιακή ακτινοβολία που πέφτει σ' αυτό/ή.	51	86.4%	8	13.6%	19	90.5%	2	9.5%	17	81.0%	4	19.0%	15	88.2%	2	11.8%
III. Το νερό ενός ποταμού παρουσιάζει διακύμανση στη διάρκεια του έτους καταγράφοντας υψηλότερες τιμές κατά την καλοκαιρινή περίοδο και χαμηλότερες κατά τη χειμερινή.	47	79.7%	12	20.3%	17	81.0%	4	19.0%	16	76.2%	5	23.8%	14	82.4%	3	17.6%
IV. Το νερό περιέχει διαλυμένο οξυγόνο το οποίο καταναλώνουν τα ψάρια και οι άλλοι υδρόβιοι οργανισμοί (φυτά, ασπόνδυλα, βακτήρια) για να αναπνεύσουν.	53	91.4%	5	8.6%	20	95.2%	1	4.8%	20	95.2%	1	4.8%	13	81.3%	3	18.8%
V. Οι διαφορετικές πηγές ρύπανσης των νερών (π.χ τα λύματα της αποχέτευσης) δεν προκαλούν καμία μείωση στις τιμές του διαλυμένου οξυγόνου.	7	11.9%	52	88.1%	2	9.5%	19	90.5%	3	14.3%	18	85.7%	2	11.8%	15	88.2%
VI. Το φαινόμενο του ευτροφισμού οδηγεί σε μια κατάσταση ανεπάρκειας οξυγόνου, όπου οι υδρόβιοι οργανισμοί δεν μπορούν να επιβιώσουν.	49	86.0%	8	14.0%	16	80.0%	4	20.0%	18	85.7%	3	14.3%	15	93.8%	1	6.3%
VII. Όταν παρατηρείται μια σημαντική αλλαγή στην τιμή του pH του νερού αυτή οφείλεται σε κάποιο επεισόδιο ρύπανσης (π.χ. απόρριψη βιομηχανικών λυμάτων).	56	94.9%	3	5.1%	19	90.5%	2	9.5%	21	100.0%	0	0.0%	16	94.1%	1	5.9%
VIII. Η γεωλογία μιας περιοχής (δηλ. η χημική σύσταση των πετρωμάτων της) δεν επηρεάζει την ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού του ποταμού που διέρχεται από αυτή.	12	20.3%	47	79.7%	2	9.5%	19	90.5%	6	28.6%	15	71.4%	4	23.5%	13	76.5%
IX. Η εκτεταμένη χρήση λιπασμάτων στη γεωργική παραγωγή επηρεάζει την ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού των ποταμών/ λιμνών.	43	74.1%	15	25.9%	16	76.2%	5	23.8%	15	71.4%	6	28.6%	12	75.0%	4	25.0%

## Διαφοροποιήσεις ανάλογα με το φύλο και το τμήμα, πριν την εκπαιδευτική παρέμβαση

Ο Πίνακας 10 παρουσιάζει τις μέσες τιμές (M) και τις τυπικές αποκλίσεις (SD) για διάφορες μεταβλητές που σχετίζονται με την υδρογεωλογία, κατανεμημένες συνολικά για το δείγμα (n=59) και ανά φύλο (αγόρια: n=26, κορίτσια: n=33). Γενικά, οι μαθητές έχουν μέτρια οικειότητα και ενδιαφέρον για το αντικείμενο της υδρογεωλογίας (M = 2.94, SD = .57). Τα αγόρια και τα κορίτσια δεν διαφέρουν σημαντικά ως προς αυτήν τη μεταβλητή (αγόρια: M = 3.01, SD = .61; κορίτσια: M = 2.89, SD = .54). Τα κίνητρα για επαγγελματική ενασχόληση στον τομέα της υδρογεωλογίας καταγράφονται ως σχετικά χαμηλά (M = 2.39, SD = .94), χωρίς σημαντικές διαφορές μεταξύ των φύλων (αγόρια: M = 2.43, SD = .94; κορίτσια: M = 2.36, SD = .98). Όσον αφορά τη σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων, οι μαθητές εκφράζουν υψηλότερη εκτίμηση (M = 3.83, SD = .68), με τα κορίτσια να δίνουν ελαφρώς μεγαλύτερη έμφαση σε σχέση με τα αγόρια (κορίτσια: M = 3.95, SD = .68; αγόρια: M = 3.67, SD = .66), χωρίς όμως στατιστικά σημαντική διαφορά. Η σημασία των φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης παρουσιάζει μέτρια τιμή (M = 3.47, SD = 1.12), με τα κορίτσια να δίνουν ελαφρώς μεγαλύτερη σημασία (M = 3.58, SD = 1.06) σε σχέση με τα αγόρια (M = 3.32, SD = 1.19), χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά. Η αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών παρουσιάζει μέτριες τιμές (M = 3.01, SD = .84), με τα αγόρια να αισθάνονται ελαφρώς πιο αποτελεσματικά από τα κορίτσια (αγόρια: M = 3.16, SD = .88; κορίτσια: M = 2.90, SD = .80).

Η ανησυχία από έντονα φαινόμενα καταγράφεται ως υψηλή (M = 3.89, SD = .74), με τα κορίτσια να εμφανίζουν ελαφρώς μεγαλύτερη ανησυχία (M = 3.97, SD = .71) σε σχέση με τα αγόρια (M = 3.80, SD = .78), χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά. Η ανησυχία από συμβάντα παρουσιάζει επίσης υψηλή μέση τιμή (M = 3.64, SD = .71), με μικρή διαφορά μεταξύ αγοριών (M = 3.60, SD = .61) και κοριτσιών (M = 3.68, SD = .79), χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά. Τέλος, η αξιολόγηση γνώσεων είναι παρόμοια μεταξύ αγοριών (M = 7.12, SD = 1.34) και κοριτσιών (M = 7.15, SD = 1.09), με τον συνολικό μέσο όρο να είναι 7.14 (SD = 1.20).

Συνολικά, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι διαφορές μεταξύ των φύλων είναι γενικά μικρές στις περισσότερες μεταβλητές που εξετάστηκαν, με τις μεγαλύτερες αποκλίσεις να παρατηρούνται στη σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων και στην αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών, χωρίς όμως να υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σύμφωνα με το τεστ Mann-Whitney.

Πίνακας 10. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις της Οικειότητας, Κινήτρων, και Ανησυχιών ανά Φύλο σε Διάφορες Μεταβλητές Σχετικές με την Υδρογεωλογία

	Σύνολο (n=59)		Αγόρια (n=26)		Κορίτσι(n=33)	
	M	SD	M	SD	M	SD
Οικειότητα/Ενδιαφέρον για το αντικείμενο	2.94	.57	3.01 <sub>a</sub>	.61	2.89 <sub>a</sub>	.54
Κίνητρα για επαγγελματική ενασχόληση	2.39	.94	2.43 <sub>a</sub>	.94	2.36 <sub>a</sub>	.98
Σημαντικότητα επιστημονικών στοιχείων	3.83	.68	3.67 <sub>a</sub>	.66	3.95 <sub>a</sub>	.68
Σημασία φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης	3.47	1.12	3.32 <sub>a</sub>	1.19	3.58 <sub>a</sub>	1.06
Αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών	3.01	.84	3.16 <sub>a</sub>	.88	2.90 <sub>a</sub>	.80
Ανησυχία από έντονα φαινόμενα	3.89	.74	3.80 <sub>a</sub>	.78	3.97 <sub>a</sub>	.71
Ανησυχία από συμβάντα	3.64	.71	3.60 <sub>a</sub>	.61	3.68 <sub>a</sub>	.79
Αξιολόγηση γνώσεων	7.14	1.20	7.12 <sub>a</sub>	1.34	7.15 <sub>a</sub>	1.09

Σημείωση. Οι τιμές στην ίδια γραμμή και υπο-πίνακα που δεν μοιράζονται τον ίδιο δείκτη διαφέρουν σημαντικά στο επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Mann-Whitneytest.

Πίνακας 11. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Φύλο και Τμήμα σε Διάφορες Μεταβλητές πριν την Εκπαιδευτική Παρέμβαση

	Σύνολο μαθητών (n=59)		B2 (n=21)		B4 (n=21)		B5 (n=17)		p- value
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	
<i>Αγόρια</i>									
Οικειότητα/ Ενδιαφέρον για το αντικείμενο.	3.01	0.61	2.56 <sub>a</sub>	0.48	3.61 <sub>b</sub>	0.30	2.76 <sub>a</sub>	0.27	<.001
Κίνητρα για επαγγελματική ενασχόληση.	2.43	0.94	2.00 <sub>a</sub>	1.15	2.75 <sub>b</sub>	0.64			.036
Σημαντικότητα επιστημονικών στοιχείων.	3.67	0.66	3.63 <sub>a,b</sub>	0.48	4.00 <sub>a</sub>	0.79	3.17 <sub>b</sub>	0.28	.029
Σημασία φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης.	3.32	1.19	2.62 <sub>a</sub>	1.47	4.16 <sub>b</sub>	0.49	2.83 <sub>a</sub>	0.80	.011
Αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών.	3.16	0.88	2.74 <sub>a</sub>	0.99	3.69 <sub>b</sub>	0.58	2.89 <sub>a,b</sub>	0.76	.025
Ανησυχία από έντονα φαινόμενα.	3.80	0.78	3.55 <sub>a</sub>	0.90	4.30 <sub>b</sub>	0.52	3.38 <sub>a</sub>	0.52	.017
Ανησυχία από συμβάντα.	3.60	0.61	3.32 <sub>a</sub>	0.63	4.09 <sub>b</sub>	0.33	3.33 <sub>a</sub>	0.48	.010
Αξιολόγηση γνώσεων.	7.12	1.34	7.20 <sub>a</sub>	1.03	7.40 <sub>a</sub>	1.17	6.50 <sub>a</sub>	1.97	.605
<i>Κορίτσια</i>									
Οικειότητα/ Ενδιαφέρον για το αντικείμενο.	2.89	0.54	2.73 <sub>a</sub>	0.62	3.11 <sub>a</sub>	0.45	2.82 <sub>a</sub>	0.51	.179
Κίνητρα για επαγγελματική ενασχόληση.	2.36	0.98	2.22 <sub>a</sub>	1.28	2.44 <sub>a</sub>	0.81	2.44 <sub>a</sub>	0.96	.876
Σημαντικότητα επιστημονικών στοιχείων.	3.95	0.68	4.03 <sub>a</sub>	0.59	4.09 <sub>a</sub>	0.54	3.73 <sub>a</sub>	0.87	.620
Σημασία φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης.	3.58	1.06	2.98 <sub>a</sub>	1.12	3.98 <sub>a</sub>	0.86	3.77 <sub>a</sub>	1.01	.086
Αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών.	2.90	0.80	2.92 <sub>a</sub>	0.88	3.18 <sub>a</sub>	0.83	2.61 <sub>a</sub>	0.64	.429
Ανησυχία από έντονα φαινόμενα.	3.97	0.71	3.95 <sub>a</sub>	0.79	4.07 <sub>a</sub>	0.76	3.89 <sub>a</sub>	0.65	.751
Ανησυχία από συμβάντα.	3.68	0.79	3.60 <sub>a</sub>	0.99	3.91 <sub>a</sub>	0.71	3.53 <sub>a</sub>	0.63	.433
Αξιολόγηση γνώσεων.	7.15	1.09	7.36 <sub>a</sub>	0.81	6.82 <sub>a</sub>	1.40	7.27 <sub>a</sub>	1.01	.570

Σημείωση. Οι τιμές στην ίδια γραμμή και υπο-πίνακα που δεν μοιράζονται τον ίδιο δείκτη διαφέρουν σημαντικά στο επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Kruskal-Wallis test.

Ο Πίνακας 11 παρουσιάζει τις μέσες τιμές (M) και τις τυπικές αποκλίσεις (SD) για διάφορες μεταβλητές που σχετίζονται με την υδρογεωλογία, κατανεμημένες ανά φύλο (αγόρια και κορίτσια) και τμήμα (B2, B4, B5) πριν από την εκπαιδευτική παρέμβαση. Τα αποτελέσματα συνοδεύονται από τα p-values που προέκυψαν από το Kruskal-Wallis test για τη στατιστική σημασία των διαφορών μεταξύ των τμημάτων.

Για τα αγόρια, παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στις περισσότερες μεταβλητές μεταξύ των τμημάτων. Τα αγόρια στο τμήμα B4 δείχνουν σημαντικά μεγαλύτερη οικειότητα και

ενδιαφέρον για το αντικείμενο ( $M = 3.61$ ,  $SD = 0.30$ ) σε σύγκριση με τα αγόρια στα τμήματα B2 ( $M = 2.56$ ,  $SD = 0.48$ ) και B5 ( $M = 2.76$ ,  $SD = 0.27$ ), με  $p\text{-value} < .001$ . Τα αγόρια στο τμήμα B4 έχουν υψηλότερα κίνητρα ( $M = 2.75$ ,  $SD = 0.64$ ) σε σχέση με τα αγόρια στο τμήμα B2 ( $M = 2.00$ ,  $SD = 1.15$ ), με  $p\text{-value} = .036$ . Σημαντική διαφορά στη σημαντικότητα επιστημονικών στοιχείων παρατηρείται ανάμεσα στα αγόρια του τμήματος B4 ( $M = 4.00$ ,  $SD = 0.79$ ) και του τμήματος B5 ( $M = 3.17$ ,  $SD = 0.28$ ), με  $p\text{-value} = .029$ . Τα αγόρια στο τμήμα B4 εκτιμούν τη σημασία των φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης σημαντικά περισσότερο ( $M = 4.16$ ,  $SD = 0.49$ ) από ό,τι στα τμήματα B2 ( $M = 2.62$ ,  $SD = 1.47$ ) και B5 ( $M = 2.83$ ,  $SD = 0.80$ ), με  $p\text{-value} = .011$ . Σημαντική διαφορά όσον αφορά την **αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών** παρατηρείται μεταξύ των αγοριών στο τμήμα B4 ( $M = 3.69$ ,  $SD = 0.58$ ) και του τμήματος B2 ( $M = 2.74$ ,  $SD = 0.99$ ), με  $p\text{-value} = .025$ . Τα αγόρια στο τμήμα B4 εκφράζουν σημαντικά μεγαλύτερη ανησυχία **από έντονα φαινόμενα** ( $M = 4.30$ ,  $SD = 0.52$ ) από ό,τι στα τμήματα B2 ( $M = 3.55$ ,  $SD = 0.90$ ) και B5 ( $M = 3.38$ ,  $SD = 0.52$ ), με  $p\text{-value} = .017$ . Σημαντικές διαφορές **στην ανησυχία από συμβάντα** εντοπίζονται επίσης μεταξύ των αγοριών στα τμήματα B4 ( $M = 4.09$ ,  $SD = 0.33$ ) και B2 ( $M = 3.32$ ,  $SD = 0.63$ ), με  $p\text{-value} = .010$ . Τέλος, δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές **στην αξιολόγηση γνώσεων των αγοριών** μεταξύ των τμημάτων, με  $p\text{-value} = .605$ . Για τα κορίτσια, δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές μεταξύ των τμημάτων σε καμία από τις εξεταζόμενες μεταβλητές.

Συνολικά, τα αγόρια παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις ανάλογα με το τμήμα τους σε πολλές από τις μεταβλητές, ενώ στα κορίτσια οι διαφορές αυτές δεν είναι στατιστικά σημαντικές. Οι διαφορές στα αγόρια μπορεί να υποδεικνύουν ότι οι μαθητές σε διαφορετικά τμήματα έχουν διαφορετικά επίπεδα ενδιαφέροντος, αυτο-αποτελεσματικότητας και ανησυχίας, που ενδέχεται να σχετίζονται με τις συνθήκες εκπαίδευσης ή άλλα εξωτερικά κίνητρα.

## Ανάλυση συσχετίσεων, πριν την εκπαιδευτική παρέμβαση

Ο Πίνακας 12 παρουσιάζει τις συσχετίσεις Spearman μεταξύ διαφόρων μεταβλητών που σχετίζονται με την υδρογεωλογία, όπως καταγράφηκαν πριν την εκπαιδευτική παρέμβαση. Η οικειότητα/Ενδιαφέρον για το αντικείμενο (μεταβλητή 1) εμφανίζει ισχυρή θετική συσχέτιση με τα Κίνητρα για επαγγελματική ενασχόληση (μεταβλητή 2) ( $r = .791, p < .01$ ). Αυτό υποδηλώνει ότι όσο μεγαλύτερη οικειότητα και ενδιαφέρον έχουν οι μαθητές για το αντικείμενο της υδρογεωλογίας, τόσο ισχυρότερα είναι και τα κίνητρά τους για επαγγελματική ενασχόληση στον τομέα. Υπάρχει επίσης μέτρια έως ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ της Οικειότητας/Ενδιαφέροντος για το αντικείμενο και της Αυτο-αποτελεσματικότητας στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών (μεταβλητή 5) ( $r = .554, p < .01$ ), υποδεικνύοντας ότι οι μαθητές που αισθάνονται πιο άνετοι και ενδιαφέρονται περισσότερο για την υδρογεωλογία τείνουν να έχουν μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών.

Τα κίνητρα για επαγγελματική ενασχόληση (μεταβλητή 2) έχουν ισχυρή θετική συσχέτιση με τη Σημασία των φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης (μεταβλητή 4) ( $r = .530, p < .01$ ), υποδεικνύοντας ότι τα υψηλότερα επαγγελματικά κίνητρα συνδέονται με μεγαλύτερη εκτίμηση της σημασίας των υδρογεωλογικών φαινομένων για την τοπική περιοχή. Η ανησυχία από έντονα φαινόμενα (μεταβλητή 6) σχετίζεται θετικά με τη Σημασία των φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης ( $r = .495, p < .01$ ) και την ανησυχία από συμβάντα (μεταβλητή 7) ( $r = .512, p < .01$ ). Αυτό δείχνει ότι οι μαθητές που ανησυχούν για έντονα φαινόμενα είναι επίσης πιθανό να ανησυχούν για τα συμβάντα και να αναγνωρίζουν τη σημασία αυτών των φαινομένων για την περιοχή τους. Τέλος, δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ της Αξιολόγησης γνώσεων (μεταβλητή 8) και των άλλων μεταβλητών, υποδεικνύοντας ότι η αξιολόγηση των γνώσεων των μαθητών δεν σχετίζεται άμεσα με τα κίνητρα, την αυτο-αποτελεσματικότητα ή την ανησυχία τους για τα φαινόμενα και τα συμβάντα.

Συνολικά, προκύπτει ότι η οικειότητα και το ενδιαφέρον για την υδρογεωλογία συνδέονται στενά με τα επαγγελματικά κίνητρα και την αυτο-αποτελεσματικότητα των μαθητών. Οι μαθητές που αισθάνονται πιο οικεία με το αντικείμενο και έχουν μεγαλύτερα κίνητρα είναι επίσης πιο πιθανό να αναγνωρίζουν τη σημασία των υδρογεωλογικών φαινομένων για την περιοχή τους και να ανησυχούν για έντονα φαινόμενα και συμβάντα. Ωστόσο, η αξιολόγηση των γνώσεων τους φαίνεται να είναι ανεξάρτητη από τις άλλες μεταβλητές.

Πίνακας 12. Πίνακας Συσχετίσεων Spearman Μεταξύ των Μεταβλητών πριν την Εκπαιδευτική Παρέμβαση

	1	2	3	4	5	6	7
1. Οικειότητα/ Ενδιαφέρον για το αντικείμενο	--						
2. Κίνητρα για επαγγελματική ενασχόληση	.791**	--					
3. Σημαντικότητα επιστημονικών στοιχείων	.462**	.479**	--				
4. Σημασία φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης	.425**	.530**	.360**	--			
5. Αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών	.554**	.431*	.486**	.430**	--		
6. Ανησυχία από έντονα φαινόμενα	.483**	.255	.396**	.495**	.369**	--	
7. Ανησυχία από συμβάντα	.485**	.158	.329*	.563**	.388**	.512**	--
8. Αξιολόγηση γνώσεων	.062	-.005	.194	.136	.091	.136	.200

Σημείωση. \*\* $p < .01$ , \* $p < .05$

## Αλληλεπιδράσεις δημογραφικών στοιχείων μαθητών πριν την εκπαιδευτική παρέμβαση

Ο Πίνακας 13 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της μονοπαραγοντικής ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA) που εξετάζει την επίδραση του φύλου, της τάξης και της ηλικίας στην οικειότητα και το ενδιαφέρον για το αντικείμενο της υδρογεωλογίας. **Το μοντέλο** συνολικά είναι στατιστικά σημαντικό,  $F(7, 50) = 5.276$ ,  $p < .001$ , υποδεικνύοντας ότι οι ανεξάρτητες μεταβλητές (φύλο, τάξη, ηλικία) εξηγούν ένα σημαντικό μέρος της διακύμανσης στην οικειότητα και το ενδιαφέρον για το αντικείμενο. Η τιμή του διορθωμένου συντελεστή  $\eta^2$  (PartialEtaSquared) είναι .425, που σημαίνει ότι το 42.5% της διακύμανσης στην οικειότητα και το ενδιαφέρον για το αντικείμενο εξηγείται από το μοντέλο.

**Η κύρια επίδραση της τάξης** είναι στατιστικά σημαντική,  $F(2, 50) = 11.676$ ,  $p < .001$ , με  $\text{PartialEtaSquared} = .318$ . Αυτό υποδηλώνει ότι η τάξη στην οποία ανήκουν οι μαθητές επηρεάζει σημαντικά την οικειότητα και το ενδιαφέρον τους για το αντικείμενο, εξηγώντας το 31.8% της διακύμανσης. **Η κύρια επίδραση του φύλου** δεν είναι στατιστικά σημαντική,  $F(1, 50) = .579$ ,  $p = .450$ ,  $\text{PartialEtaSquared} = .011$ , που σημαίνει ότι το φύλο δεν φαίνεται να έχει σημαντική επίδραση στην οικειότητα και το ενδιαφέρον για το αντικείμενο. **Η κύρια επίδραση της ηλικίας** επίσης δεν είναι στατιστικά σημαντική,  $F(1, 50) = .998$ ,  $p = .323$ ,  $\text{PartialEtaSquared} = .020$ , υποδεικνύοντας ότι η ηλικία δεν επηρεάζει σημαντικά την οικειότητα και το ενδιαφέρον. **Η αλληλεπίδραση μεταξύ φύλου και ηλικίας** δεν είναι στατιστικά σημαντική,  $F(1, 50) = 2.480$ ,  $p = .122$ ,  $\text{PartialEtaSquared} = .047$ , κάτι που σημαίνει ότι η επίδραση της ηλικίας δεν εξαρτάται από το φύλο.

**Η αλληλεπίδραση μεταξύ φύλου και τάξης** είναι στατιστικά σημαντική,  $F(2, 50) = 3.672$ ,  $p = .033$ ,  $\text{PartialEtaSquared} = .128$ , δείχνοντας ότι η επίδραση της τάξης στην οικειότητα και το ενδιαφέρον για το αντικείμενο διαφέρει ανάλογα με το φύλο. Το **Διάγραμμα 1** παρουσιάζει τις εκτιμώμενες οριακές μέσες τιμές της οικειότητας/ενδιαφέροντος για το αντικείμενο, σε σχέση με την τάξη και το φύλο. Για τα αγόρια, παρατηρείται σημαντική αύξηση της οικειότητας/ενδιαφέροντος από την τάξη B2 ( $M \approx 2.60$ ) στην τάξη B4 ( $M \approx 3.60$ ), και στη συνέχεια πτώση στην τάξη B5 ( $M \approx 2.70$ ). Αντίθετα, για τα κορίτσια, οι μέσες τιμές είναι πιο σταθερές και δεν παρουσιάζουν την ίδια σημαντική διακύμανση. Αυτό υποδηλώνει ότι η οικειότητα και το ενδιαφέρον των αγοριών για το αντικείμενο επηρεάζονται περισσότερο από την τάξη, ειδικά στην τάξη B4, όπου παρατηρείται η μεγαλύτερη αύξηση. Η αλληλεπίδραση αυτή είναι πιο έντονη στα αγόρια σε σχέση με τα κορίτσια, όπως δείχνει η στατιστική ανάλυση.

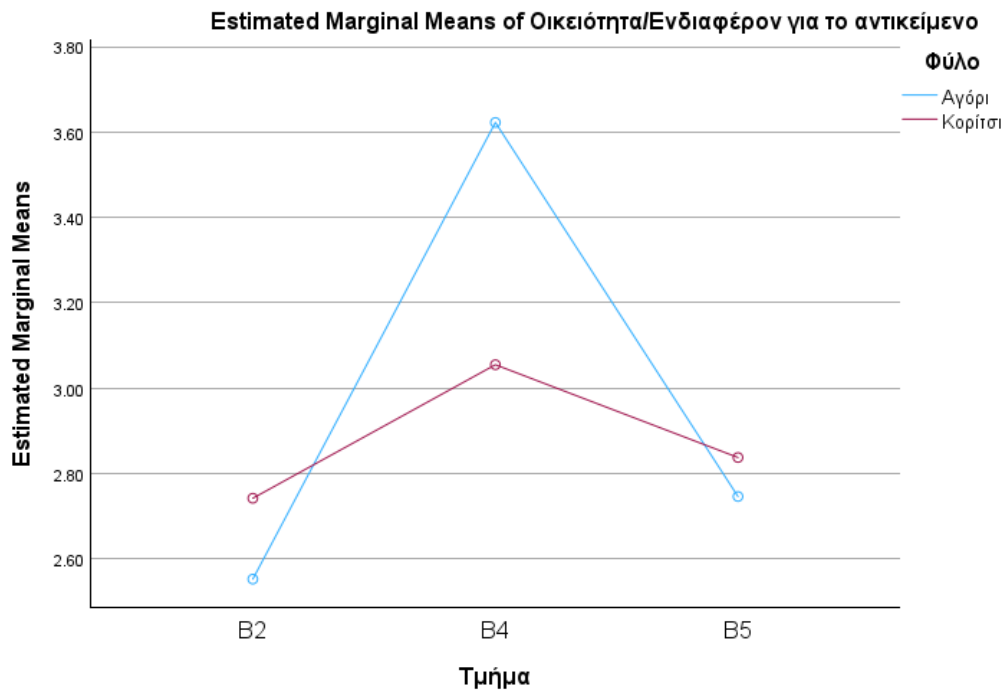
Πίνακας 13. Αποτελέσματα Ανάλυσης Διακύμανσης (ANOVA) για την Εξέταση της Επίδρασης του Φύλου, της Τάξης και της Ηλικίας στην Οικειότητα και το Ενδιαφέρον για το Αντικείμενο

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Οικειότητα/ Ενδιαφέρον για το αντικείμενο

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	8.005 <sup>a</sup>	7	1.144	5.276	<.001	.425
Intercept	470.832	1	470.832	2172.259	<.001	.978
Φύλο	.126	1	.126	.579	.450	.011
Τάξη	5.062	2	2.531	11.676	<.001	.318
Ηλικία	.216	1	.216	.998	.323	.020
Φύλο * Ηλικία	.537	1	.537	2.480	.122	.047
Φύλο * Τάξη	1.592	2	.796	3.672	.033	.128
Error	10.837	50	.217			
Total	520.347	58				
Corrected Total	18.842	57				

a. R Squared = .425 (Adjusted R Squared = .344)



Διάγραμμα 1. Εκτιμώμενες οριακές μέσες τιμές της οικειότητας/ενδιαφέροντος για το αντικείμενο, σε σχέση με την τάξη και το φύλο

Η μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) που διεξήχθη για τη σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων έδειξε τα εξής (Πίνακας 14). Το φύλο έχει στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση στη σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων,  $F(1,50)=4.774$ ,  $p=.034$ , με μέγεθος επίδρασης (PartialEtaSquared) = .087. Αυτό δείχνει ότι υπάρχει μια μέτρια διαφορά στη σημασία που αποδίδεται στα επιστημονικά στοιχεία μεταξύ αγοριών και κοριτσιών, με τα κορίτσια να δείχνουν μεγαλύτερη εκτίμηση. Η τάξη δεν έχει στατιστικά σημαντική κύρια

**επίδραση** στη σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων  $F(2,50)=2.151$ ,  $p=.127$ , αν και το μέγεθος επίδρασης (PartialEtaSquared) = .079 υποδηλώνει μια μικρή επίδραση που αξίζει περαιτέρω διερεύνησης. **Η ηλικία επίσης δεν έχει στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση**,  $F(1,50)=2.456$ ,  $p=.123$ , με ένα μικρό μέγεθος επίδρασης (PartialEtaSquared) = .047. **Η αλληλεπίδραση μεταξύ φύλου και ηλικίας δεν είναι στατιστικά σημαντική**,  $F(1,50)=.010$ ,  $p=.919$ , δείχνοντας ότι η σχέση μεταξύ φύλου και σημαντικότητας των επιστημονικών στοιχείων δεν επηρεάζεται από την ηλικία. **Η αλληλεπίδραση μεταξύ φύλου και τάξης δεν είναι στατιστικά σημαντική**,  $F(2,50)=.771$ ,  $p=.468$ , με ένα μικρό μέγεθος επίδρασης (PartialEtaSquared) = .030. Συνολικά, το μοντέλο εξηγεί το 22.6% της διακύμανσης στη σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων, αν και η προσαρμοσμένη τιμή (AdjustedRSquared) υποδεικνύει ότι το πραγματικό ποσοστό είναι πιο κοντά στο 11.8%.

Το διάγραμμα των εκτιμώμενων οριακών μέσων τιμών για τη σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων δείχνει διαφοροποιήσεις μεταξύ των τάξεων και των φύλων (Διάγραμμα 2). Παρατηρείται αύξηση της σημαντικότητας από την τάξη B2 ( $M \approx 3.40$ ) στην τάξη B4 ( $M \approx 4.00$ ) και πτώση στην τάξη B5 ( $M \approx 3.20$ ). Οι μέσες τιμές είναι πιο σταθερές, με μια ελαφρά αύξηση από την τάξη B2 ( $M \approx 4.00$ ) στην τάξη B4 ( $M \approx 4.20$ ) και στη συνέχεια μείωση στην τάξη B5 ( $M \approx 4.00$ ). Η στατιστική σημασία που αποδίδεται στο φύλο υποστηρίζεται από το διάγραμμα, όπου τα κορίτσια φαίνεται να εκτιμούν περισσότερο τη σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων σε όλες τις τάξεις σε σύγκριση με τα αγόρια. Ωστόσο, οι διαφορές μεταξύ των τάξεων για κάθε φύλο δεν είναι τόσο έντονες ώστε να έχουν στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση, όπως έδειξε και η ανάλυση ANOVA.

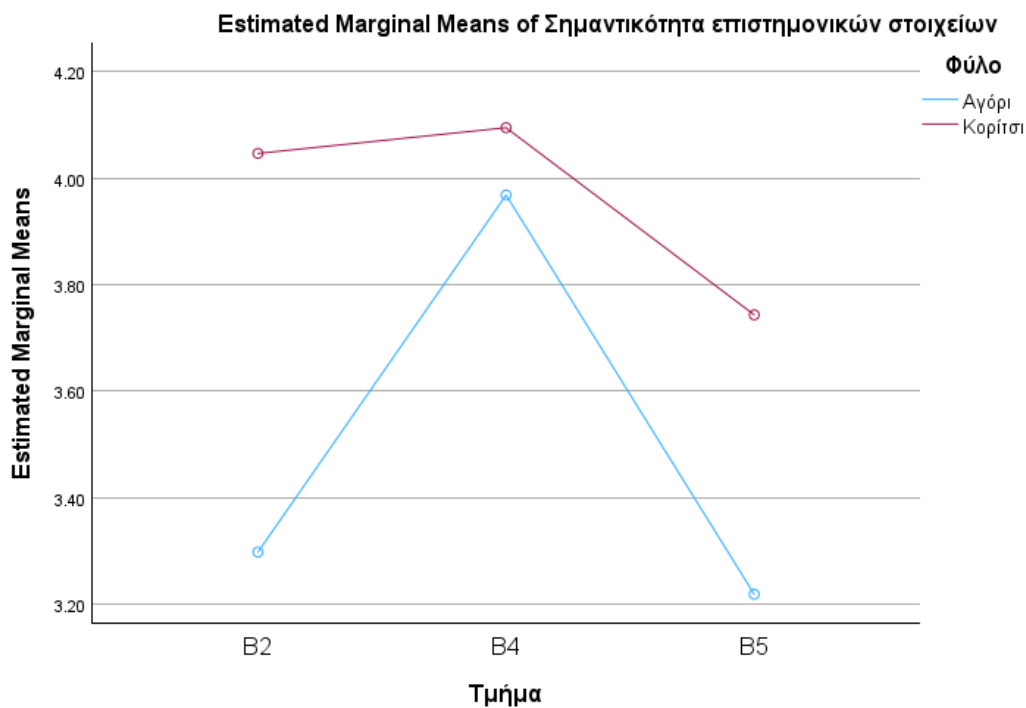
Πίνακας 14. Αποτελέσματα Μονοπαραγοντικής Ανάλυσης Διακύμανσης (Univariate Analysis of Variance) για τη Σημαντικότητα Επιστημονικών Στοιχείων σε Σχέση με το Φύλο, την Τάξη και την Ηλικία.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Σημαντικότητα επιστημονικών στοιχείων

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	9.168a	7	1.310	2.091	.062	.226
Intercept	764.540	1	764.540	1220.453	<.001	.961
Φύλο	2.991	1	2.991	4.774	.034	.087
Τάξη	2.694	2	1.347	2.151	.127	.079
Ηλικία	1.539	1	1.539	2.456	.123	.047
Φύλο * Ηλικία	.006	1	.006	.010	.919	.000
Φύλο * Τάξη	.966	2	.483	.771	.468	.030
Error	31.322	50	.626			
Total	864.889	58				
Corrected Total	40.490	57				

a. R Squared = .226 (Adjusted R Squared = .118)



Διάγραμμα 2. Εκτιμώμενες οριακές μέσες τιμές της σημαντικότητας των επιστημονικών στοιχείων, σε σχέση με την τάξη και το φύλο

Η μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) που διεξήχθη για τη σημασία των φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης (Πίνακας 15) έδειξε τα εξής. Το φύλο δεν είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στη σημασία των φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης,  $F(1, 50) = 3.302$ ,  $p = .075$ , με μέτριο μέγεθος επίδρασης (Partial Eta Squared) = .062. Παρόλο που το αποτέλεσμα πλησιάζει τη στατιστική σημαντικότητα, δεν ξεπερνά το προκαθορισμένο όριο του  $p < .05$ . Η τάξη είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στη σημασία των φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης,  $F(2, 50) = 10.012$ ,  $p < .001$ , με ένα ισχυρό μέγεθος επίδρασης (Partial Eta Squared) = .286. Η ηλικία δεν είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στη σημασία των φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης,  $F(1, 50) = .446$ ,  $p = .507$ , με πολύ μικρό μέγεθος επίδρασης (Partial Eta Squared) = .009. Η αλληλεπίδραση μεταξύ φύλου και ηλικίας δεν ήταν στατιστικά σημαντική,  $F(1, 50) = 3.143$ ,  $p = .082$ , με μέγεθος επίδρασης (Partial Eta Squared) = .059. Αν και το αποτέλεσμα πλησιάζει το επίπεδο σημασίας, δεν είναι στατιστικά σημαντικό. Η αλληλεπίδραση μεταξύ φύλου και τάξης δεν είχε στατιστικά σημαντική επίδραση,  $F(2, 50) = .783$ ,  $p = .463$ , με πολύ μικρό μέγεθος επίδρασης (Partial Eta Squared) = .030. Αυτό υποδηλώνει ότι η επίδραση της τάξης στη σημασία των φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης δεν επηρεάζεται σημαντικά από το φύλο. Το συνολικό μοντέλο εξηγεί το 38.2% της διακύμανσης στη σημασία των φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης, με την προσαρμοσμένη τιμή να δείχνει ότι το πραγματικό ποσοστό είναι πιο κοντά στο 29.5%.

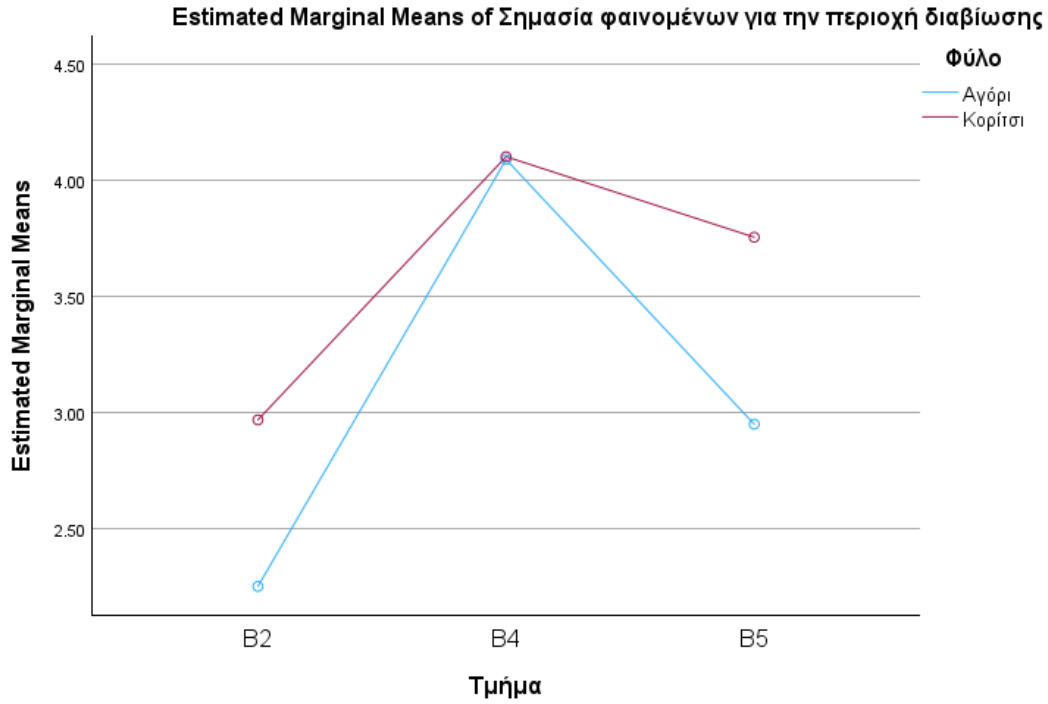
Πίνακας 15. Αποτελέσματα Μονοπαραγοντικής Ανάλυσης Διακύμανσης (Univariate Analysis of Variance) για τη Σημασία των Φαινομένων για την Περιοχή Διαβίωσης σε Σχέση με το Φύλο, την Τάξη και την Ηλικία

*Tests of Between-Subjects Effects*

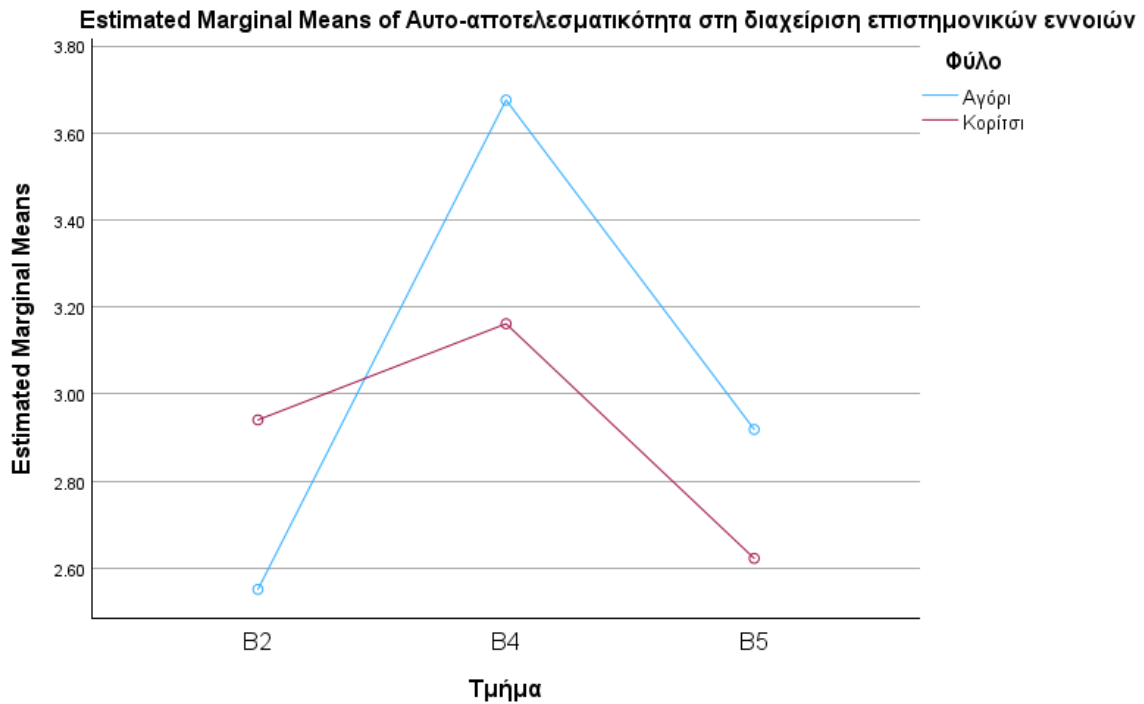
Dependent Variable: Σημασία φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	33.725 <sup>a</sup>	7	4.818	4.409	<.001	.382
Intercept	618.097	1	618.097	565.598	<.001	.919
Φύλο	3.608	1	3.608	3.302	.075	.062
Τάξη	21.882	2	10.941	10.012	<.001	.286
Ηλικία	.488	1	.488	.446	.507	.009
Φύλο * Ηλικία	3.435	1	3.435	3.143	.082	.059
Φύλο * Τάξη	1.711	2	.856	.783	.463	.030
Error	54.641	50	1.093			
Total	744.418	58				
Corrected Total	88.366	57				

a. R Squared = .382 (Adjusted R Squared = .295)



Διάγραμμα 3. Εκτιμώμενες οριακές μέσες τιμές της σημαντικότητας φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης, σε σχέση με την τάξη και το φύλο



Διάγραμμα 4. Εκτιμώμενες οριακές μέσες τιμές της αυτο-αποτελεσματικότητας στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών, σε σχέση με την τάξη και το φύλο

Η μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) που διεξήχθη για την αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών (Πίνακας 16) έδειξε τα εξής. Το φύλο δεν είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στην αυτο-αποτελεσματικότητα,  $F(1, 50) = 0.388$ ,  $p = .536$ , με πολύ μικρό μέγεθος επίδρασης (Partial Eta Squared) = .008. Η ηλικία δεν είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στην αυτο-αποτελεσματικότητα,  $F(1, 50) = 1.406$ ,  $p = .241$ , με πολύ μικρό μέγεθος επίδρασης (Partial Eta Squared) = .027. Η τάξη είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στην αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών,  $F(2, 50) = 3.863$ ,  $p = .028$ , με μέτριο μέγεθος επίδρασης (Partial Eta Squared) = .134. Αυτό δείχνει ότι η τάξη στην οποία ανήκουν οι μαθητές επηρεάζει σημαντικά την αυτο-αποτελεσματικότητά τους. Η αλληλεπίδραση μεταξύ φύλου και ηλικίας δεν ήταν στατιστικά σημαντική,  $F(1, 50) = 0.159$ ,  $p = .692$ , με πολύ μικρό μέγεθος επίδρασης (Partial Eta Squared) = .003. Η αλληλεπίδραση μεταξύ φύλου και τάξης δεν είχε στατιστικά σημαντική επίδραση,  $F(2, 50) = 1.584$ ,  $p = .215$ , με μικρό μέγεθος επίδρασης (Partial Eta Squared) = .060. Αυτό δείχνει ότι η επίδραση της τάξης στην αυτο-αποτελεσματικότητα των μαθητών δεν επηρεάζεται σημαντικά από το φύλο. Το συνολικό μοντέλο εξηγεί το 23.2% της διακύμανσης στην αυτο-αποτελεσματικότητα, με την προσαρμοσμένη τιμή να δείχνει ότι το πραγματικό ποσοστό είναι πιο κοντά στο 12.4%. Αυτό υποδηλώνει ότι, αν και υπάρχουν κάποιες επιδράσεις από την τάξη, το μεγαλύτερο μέρος της διακύμανσης παραμένει ανεξήγητο από τους παράγοντες που εξετάστηκαν.

Πίνακας 16. Αποτελέσματα Μονοπαραγοντικής Ανάλυσης Διακύμανσης (Univariate Analysis of Variance) για την Αυτο-αποτελεσματικότητα στη Διαχείριση Επιστημονικών Εννοιών σε Σχέση με το Φύλο, την Τάξη και την Ηλικία

*Tests of Between-Subjects Effects*

Dependent Variable: Αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Squared	Eta
Corrected Model	10.519 <sup>a</sup>	7	1.503	2.156	.054	.232	
Intercept	487.830	1	487.830	700.047	<.001	.933	
Φύλο	.271	1	.271	.388	.536	.008	
Τάξη	5.384	2	2.692	3.863	.028	.134	
Ηλικία	.980	1	.980	1.406	.241	.027	
Φύλο * Ηλικία	.111	1	.111	.159	.692	.003	
Φύλο * Τάξη	2.208	2	1.104	1.584	.215	.060	
Error	34.843	50	.697				
Total	559.988	58					
Corrected Total	45.362	57					

a. R Squared = .232 (Adjusted R Squared = .124)

Η μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) που διεξήχθη για την ανησυχία από συμβάντα (Πίνακας 17) έδειξε τα εξής. Το φύλο δεν είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στην

ανησυχία από συμβάντα,  $F(1, 49) = 0.388$ ,  $p = .536$ , με πολύ μικρό μέγεθος επίδρασης (Partial Eta Squared) = .008. Η ηλικία δεν είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στην ανησυχία από συμβάντα,  $F(1, 49) = 0.024$ ,  $p = .877$ , με πολύ μικρό μέγεθος επίδρασης (Partial Eta Squared) = .000. Η αλληλεπίδραση μεταξύ φύλου και ηλικίας δεν ήταν στατιστικά σημαντική,  $F(1, 49) = 0.034$ ,  $p = .854$ , με πολύ μικρό μέγεθος επίδρασης (Partial Eta Squared) = .001. Η αλληλεπίδραση μεταξύ φύλου και τάξης δεν είχε στατιστικά σημαντική επίδραση,  $F(2, 49) = 0.466$ ,  $p = .630$ , με μικρό μέγεθος επίδρασης (Partial Eta Squared) = .019. Η τάξη είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στην ανησυχία από συμβάντα,  $F(2, 49) = 4.112$ ,  $p = .022$ , με μέτριο μέγεθος επίδρασης (Partial Eta Squared) = .144. Αυτό δείχνει ότι η τάξη στην οποία ανήκουν οι μαθητές επηρεάζει σημαντικά την ανησυχία τους για συμβάντα.

Το συνολικό μοντέλο εξηγεί το 16.0% της διακύμανσης στην ανησυχία από συμβάντα, με την προσαρμοσμένη τιμή να δείχνει ότι το πραγματικό ποσοστό είναι πιο κοντά στο 4.0%. Αυτό υποδηλώνει ότι, αν και η τάξη φαίνεται να έχει μια μέτρια επίδραση, το μεγαλύτερο μέρος της διακύμανσης παραμένει ανεξήγητο από τους παράγοντες που εξετάστηκαν.

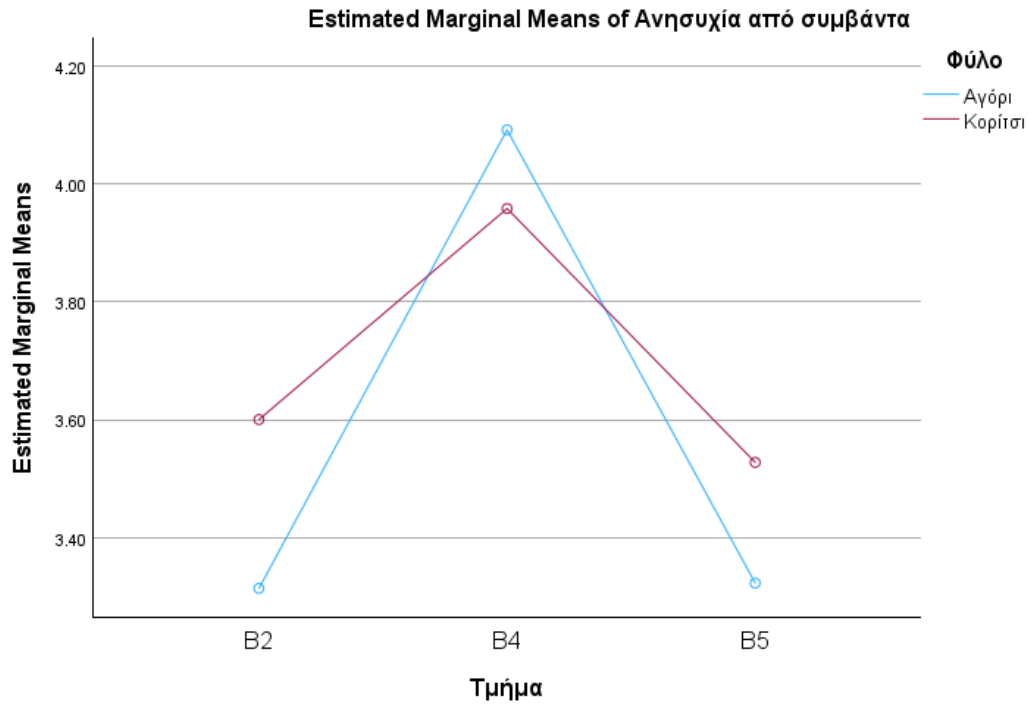
*Πίνακας 17. Αποτελέσματα Μονοπαραγοντικής Ανάλυσης Διακύμανσης (Univariate Analysis of Variance) για την Ανησυχία από Συμβάντα σε Σχέση με το Φύλο, την Τάξη και την Ηλικία*

#### *Tests of Between-Subjects Effects*

Dependent Variable: Ανησυχία από συμβάντα

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Squared	Eta
Corrected Model	4.604 <sup>a</sup>	7	.658	1.331	.256	.160	
Intercept	711.719	1	711.719	1440.007	<.001	.967	
Φύλο	.192	1	.192	.388	.536	.008	
Τάξη	4.065	2	2.032	4.112	.022	.144	
Ηλικία	.012	1	.012	.024	.877	.000	
Φύλο * Ηλικία	.017	1	.017	.034	.854	.001	
Φύλο * Τάξη	.461	2	.230	.466	.630	.019	
Error	24.218	49	.494				
Total	787.840	57					
Corrected Total	28.822	56					

a. R Squared = .160 (Adjusted R Squared = .040)



Διάγραμμα 5. Εκτιμώμενες οριακές μέσες τιμές της ανησυχίας από συμβάντα, σε σχέση με την τάξη και το φύλο

## Περιγραφική ανάλυση μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση

Ο Πίνακας 18 παρουσιάζει τις μέσες τιμές (M) και τις τυπικές αποκλίσεις (SD) για διάφορες ερωτήσεις που αφορούν την οικειότητα και το ενδιαφέρον των μαθητών σχετικά με την υδρογεωλογία, καταναμημένες ανά τμήμα (B2, B4, B5) και συνολικά.

- Ενδιαφέρον για την ποιότητα του νερού: Οι μαθητές συνολικά εκφράζουν μέτριο προς υψηλό ενδιαφέρον για την ποιότητα του νερού ( $M = 3.63$ ,  $SD = 0.94$ ). Το τμήμα B4 παρουσιάζει το υψηλότερο ενδιαφέρον ( $M = 3.90$ ,  $SD = 0.97$ ), ενώ το τμήμα B5 έχει το χαμηλότερο ενδιαφέρον ( $M = 3.25$ ,  $SD = 0.86$ ).
- Ενδιαφέρον για δραστηριότητες παρατήρησης υδάτινων περιβαλλόντων: Το ενδιαφέρον για δραστηριότητες παρατήρησης υδάτινων περιβαλλόντων είναι μέτριο ( $M = 3.47$ ,  $SD = 1.03$ ), με το τμήμα B4 να δείχνει μεγαλύτερο ενδιαφέρον ( $M = 3.95$ ,  $SD = 0.83$ ) σε σύγκριση με τα άλλα τμήματα, και το τμήμα B5 να δείχνει το χαμηλότερο ενδιαφέρον ( $M = 3.13$ ,  $SD = 0.96$ ).
- Ικανότητα ερμηνείας φαινομένων μέσω παρατήρησης: Οι μαθητές δείχνουν μια σχετικά θετική άποψη για την ικανότητά τους να ερμηνεύουν φαινόμενα μέσω παρατήρησης ( $M = 3.67$ ,  $SD = 0.89$ ). Το τμήμα B2 έχει τη μεγαλύτερη εμπιστοσύνη σε αυτήν την ικανότητα ( $M = 3.80$ ,  $SD = 0.77$ ), ενώ τα τμήματα B4 και B5 παρουσιάζουν παρόμοιες τιμές ( $M = 3.55$  και  $M = 3.69$ , αντίστοιχα).
- Οικειότητα με την επιστήμη της Υδρογεωλογίας: Η οικειότητα με την υδρογεωλογία είναι μέτρια προς χαμηλή ( $M = 2.71$ ,  $SD = 0.88$ ), με το τμήμα B4 να έχει την υψηλότερη μέση τιμή ( $M = 2.90$ ,  $SD = 0.91$ ) και το τμήμα B2 τη χαμηλότερη ( $M = 2.53$ ,  $SD = 0.52$ ).
- Επαγγελματική ενασχόληση με την Υδρογεωλογία: Οι μαθητές είναι γενικά αρνητικοί προς την ιδέα της επαγγελματικής ενασχόλησης με την υδρογεωλογία ( $M = 2.06$ ,  $SD = 0.93$ ). Το τμήμα B4 εμφανίζει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον ( $M = 2.25$ ,  $SD = 1.12$ ), ενώ το τμήμα B5 παρουσιάζει το χαμηλότερο ενδιαφέρον ( $M = 1.81$ ,  $SD = 0.66$ ).

Πίνακας 18. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο για την Οικειότητα και το Ενδιαφέρον σχετικά με την Υδρογεωλογία μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση

Total (n=51)		B2 (n=15)		B4 (n=20)		B5 (n=16)	
M	SD	M	SD	M	SD	M	SD

Οικειότητα/ Ενδιαφέρον για το αντικείμενο

Ενδιαφέρεσαι για την ποιότητα του νερού στα υδάτινα περιβάλλοντα (ποτάμια/ λίμνες) καθώς και για τους παράγοντες που την επηρεάζουν;

Θα σου άρεσε να ασχοληθείς με δραστηριότητες σχετικά με την παρατήρηση ενός υδάτινου περιβάλλοντος (π.χ ενός ποταμού);

Θεωρείς πως μέσα από την παρατήρηση μπορείς να ερμηνεύεις την εξέλιξη ενός φαινομένου σε ένα υδάτινο περιβάλλον (π.χ την εμφάνιση νεκρών ψαριών σε ένα ποταμό);

Η επιστήμη της Υδρογεωλογίας σου είναι οικεία;

Θα σκεφτόσουν να εργαστείς επαγγελματικά στον τομέα της Υδρογεωλογίας και της προστασίας του νερού;

Σημείωση. Ελάχιστη τιμή=1, Μέγιστη τιμή=5. M: mean value (μέσος όρος), SD: standard deviation (τυπική απόκλιση).

Πίνακας 19. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο για τα Κίνητρα Επαγγελματικής Ενασχόλησης στην Υδρογεωλογία μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση

	Total (n=51)		B2 (n=15)		B4 (n=20)		B5 (n=16)	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
<u>Κίνητρα για επαγγελματική ενασχόληση</u>								
Είναι ένας τομέας που θεωρώ ότι μπορώ να επιτύχω.	2.23	1.50	1.21	1.31	3.40	1.17	2.67	0.52
Είναι ένας τομέας ο οποίος θεωρώ ότι μπορώ να κάνω καριέρα.	1.83	1.37	0.86	1.03	2.80	1.14	2.50	0.84
Είναι ένας τομέας στον οποίο οι καθηγητές μου και/ή οι γονείς/ κηδεμόνας με ενθαρρύνουν να τον ακολουθήσω.	1.83	1.46	0.79	0.89	3.10	1.20	2.17	1.17

Σημείωση. Ελάχιστη τιμή=1, Μέγιστη τιμή=5. M: mean value (μέσος όρος), SD: standard deviation (τυπική απόκλιση).

Ο Πίνακας 19 παρουσιάζει τις μέσες τιμές (M) και τις τυπικές αποκλίσεις (SD) για διάφορες ερωτήσεις που αφορούν τα κίνητρα των μαθητών για επαγγελματική ενασχόληση στον τομέα της υδρογεωλογίας, κατανεμημένες ανά τμήμα (B2, B4, B5) και συνολικά.

- Τομέας στον οποίο θεωρούν ότι μπορούν να επιτύχουν: Συνολικά, οι μαθητές εμφανίζουν χαμηλή προς μέτρια εμπιστοσύνη στην ικανότητά τους να επιτύχουν στον τομέα της υδρογεωλογίας (M = 2.23, SD = 1.50). Το τμήμα B4 παρουσιάζει την υψηλότερη αυτοπεποίθηση (M = 3.40, SD = 1.17), ενώ το τμήμα B2 εμφανίζει τη χαμηλότερη (M = 1.21, SD = 1.31).
- Τομέας στον οποίο θεωρούν ότι μπορούν να κάνουν καριέρα: Οι μαθητές συνολικά έχουν χαμηλές προσδοκίες για το να κάνουν καριέρα στην υδρογεωλογία (M = 1.83, SD = 1.37). Και σε αυτήν την περίπτωση, το τμήμα B4 εκφράζει την υψηλότερη εκτίμηση (M = 2.80, SD = 1.14), ενώ το τμήμα B2 εκφράζει τη χαμηλότερη (M = 0.86, SD = 1.03).

- Ενθάρρυνση από καθηγητές ή γονείς: Οι μαθητές αναφέρουν χαμηλά επίπεδα ενθάρρυνσης από τους καθηγητές ή τους γονείς τους για να ακολουθήσουν τον τομέα της υδρογεωλογίας ( $M = 1.83, SD = 1.46$ ). Το τμήμα B4 αναφέρει την υψηλότερη ενθάρρυνση ( $M = 3.10, SD = 1.20$ ), ενώ το τμήμα B2 αναφέρει τη χαμηλότερη ( $M = 0.79, SD = 0.89$ ).

Ο Πίνακας 20 παρουσιάζει τις μέσες τιμές (M) και τις τυπικές αποκλίσεις (SD) για διάφορες ερωτήσεις που αφορούν τη σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων στην προστασία του νερού, κατανεμημένες ανά τμήμα (B2, B4, B5) και συνολικά.

- Χρησιμότητα της επιστημονικής γνώσης για την προστασία του νερού: Οι μαθητές συνολικά εκφράζουν υψηλή εκτίμηση για τη χρησιμότητα της επιστημονικής γνώσης στην προστασία του νερού ( $M = 4.16, SD = 0.81$ ). Το τμήμα B4 δείχνει τη μεγαλύτερη εκτίμηση ( $M = 4.35, SD = 0.88$ ), ενώ το τμήμα B2 παρουσιάζει τη χαμηλότερη εκτίμηση ( $M = 4.00, SD = 0.76$ ).
- Σημαντικότητα της επιστημονικής έρευνας για την προστασία των υδάτινων οργανισμών: Οι μαθητές συνολικά θεωρούν πολύ σημαντική τη συμβολή της επιστημονικής έρευνας στην προστασία των υδάτινων οργανισμών ( $M = 4.39, SD = 0.72$ ). Το τμήμα B4 αναφέρει την υψηλότερη εκτίμηση ( $M = 4.55, SD = 0.60$ ), ενώ το τμήμα B5 δείχνει ελαφρώς χαμηλότερη εκτίμηση ( $M = 4.25, SD = 0.86$ ).
- Επιθυμία ενημέρωσης για επιστημονικά θέματα σχετικά με τη ρύπανση του νερού: Η επιθυμία των μαθητών να ενημερώνονται για επιστημονικά θέματα γύρω από τη ρύπανση του νερού είναι μέτρια ( $M = 3.29, SD = 1.12$ ). Το τμήμα B4 εκφράζει την ισχυρότερη επιθυμία ( $M = 3.55, SD = 1.39$ ), ενώ τα τμήματα B2 και B5 παρουσιάζουν παρόμοιες και χαμηλότερες τιμές ( $M = 3.13, SD = 0.92$  και  $M = 3.13, SD = 0.89$ , αντίστοιχα).

Πίνακας 20. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο για τη Σημαντικότητα των Επιστημονικών Στοιχείων στην Προστασία του Νερού μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση

	Total (n=51)		B2 (n=15)		B4 (n=20)		B5 (n=16)	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
<u>Σημαντικότητα επιστημονικών στοιχείων</u>								
Πόσο χρήσιμη θεωρείς την επιστημονική γνώση για την προστασία του νερού (σε ποτάμια/λίμνες);	4.16	0.81	4.00	0.76	4.35	0.88	4.06	0.77
Σε ποιο βαθμό πιστεύεις ότι η επιστημονική έρευνα μπορεί να βοηθήσει στην προστασία του νερού και των οργανισμών που διαβιούν σε υδάτινα περιβάλλοντα (ποτάμια/λίμνες);	4.39	0.72	4.33	0.72	4.55	0.60	4.25	0.86

Θέλεις να ενημερώνεσαι για επιστημονικά θέματα γύρω από την ρύπανση του νερού και τις επιπτώσεις της; 3.29 1.12 3.13 0.92 3.55 1.39 3.13 0.89

Σημείωση. Ελάχιστη τιμή=1, Μέγιστη τιμή=5. M: mean value (μέσος όρος), SD: standard deviation (τυπική απόκλιση).

Ο Πίνακας 21 παρουσιάζει τις μέσες τιμές (M) και τις τυπικές αποκλίσεις (SD) για διάφορες ερωτήσεις που αφορούν τη σημασία διαφορετικών φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης των μαθητών, κατανεμημένες ανά τμήμα (B2, B4, B5) και συνολικά.

- Μείωση υδάτινων αποθεμάτων: Οι μαθητές συνολικά εκφράζουν μέτρια προς υψηλή εκτίμηση για τη σημασία της μείωσης των υδάτινων αποθεμάτων (M = 3.67, SD = 1.23). Το τμήμα B4 αναφέρει την υψηλότερη εκτίμηση (M = 4.30, SD = 1.03), ενώ το τμήμα B2 αναφέρει τη χαμηλότερη εκτίμηση (M = 2.80, SD = 1.26).
- Ποτάμιο πλημμυρικό κύμα: Η σημασία του ποτάμιου πλημμυρικού κύματος θεωρείται μέτρια από τους μαθητές (M = 3.31, SD = 1.38). Το τμήμα B4 δίνει μεγαλύτερη σημασία στο φαινόμενο αυτό (M = 3.85, SD = 1.27), ενώ το τμήμα B2 παρουσιάζει τη χαμηλότερη εκτίμηση (M = 2.20, SD = 1.32).
- Ρύπανση του νερού λόγω απορρίψεων: Οι μαθητές συνολικά θεωρούν τη ρύπανση του νερού λόγω απορρίψεων ως ένα πολύ σημαντικό φαινόμενο (M = 4.06, SD = 1.29). Το τμήμα B4 δείχνει την υψηλότερη εκτίμηση (M = 4.50, SD = 0.89), ενώ το τμήμα B2 δείχνει τη χαμηλότερη (M = 3.13, SD = 1.60).
- Υπεράντληση: Η υπεράντληση θεωρείται επίσης σημαντική από τους μαθητές (M = 3.69, SD = 1.05). Το τμήμα B4 έχει την υψηλότερη μέση τιμή (M = 4.05, SD = 0.89), ενώ το τμήμα B2 έχει την χαμηλότερη (M = 3.07, SD = 1.28).
- Υφαλμύριση: Η υφαλμύριση θεωρείται μέτριας σημασίας (M = 3.33, SD = 1.13). Το τμήμα B4 εκφράζει την υψηλότερη σημασία για αυτό το φαινόμενο (M = 4.05, SD = 0.89), ενώ το τμήμα B2 εκφράζει την χαμηλότερη (M = 2.33, SD = 0.98).

Πίνακας 21 Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο για τη Σημασία Φαινομένων για την Περιοχή Διαβίωσης μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση

	Total (n=51)		B2 (n=15)		B4 (n=20)		B5 (n=16)	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
<i>Σημασία φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης</i>								
Μείωση υδάτινων αποθεμάτων	3.67	1.23	2.80	1.26	4.30	1.03	3.69	0.95
Ποτάμιο πλημμυρικό κύμα	3.31	1.38	2.20	1.32	3.85	1.27	3.69	0.95
Ρύπανση του νερού λόγω απορρίψεων από βιομηχανίες, κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις, κ.λπ	4.06	1.29	3.13	1.60	4.50	0.89	4.38	0.96

Υπεράντληση	3.69	1.05	3.07	1.28	4.05	0.89	3.81	0.75
Υφαλμύριση	3.33	1.13	2.33	0.98	4.05	0.89	3.38	0.81

Σημείωση. Ελάχιστη τιμή=1, Μέγιστη τιμή=5. M: mean value (μέσος όρος), SD: standard deviation (τυπική απόκλιση).

Πίνακας 22. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο για την Αυτο-αποτελεσματικότητα στη Διαχείριση Επιστημονικών Εννοιών μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση

	Total (n=51)		B2 (n=15)		B4 (n=20)		B5 (n=16)	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
<u>Αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών</u>								
Πιστεύεις ότι μπορείς να κατανοήσεις τις έννοιες της υδρογεωλογίας;	3.25	0.89	3.07	0.70	3.55	0.94	3.06	0.93
Πιστεύεις ότι κατανοείς τους κινδύνους που σχετίζονται με την ρύπανση του νερού στα ποτάμια και τις λίμνες;	3.73	0.86	3.67	0.72	3.85	0.81	3.64	1.08
a. Να ερμηνεύσεις την μεταβολή των τιμών των φυσικών και χημικών παραμέτρων που καθορίζουν την ποιότητα του νερού (π.χ τη θερμοκρασία, το pH, το διαλυμένο οξυγόνο, κ.λπ).	3.20	1.02	3.27	0.88	3.30	1.13	3.00	1.03
b. Να προσδιορίσεις τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της ρύπανσης του νερού.	3.35	0.93	3.47	0.64	3.30	1.22	3.31	0.79
c. Να εξηγήσεις πώς η μείωση του διαλυμένου οξυγόνου επηρεάζει τους οργανισμούς που διαβιούν σε ένα ποτάμι ή μια λίμνη.	3.61	1.06	3.80	0.77	3.70	1.34	3.31	0.87
d. Να συζητήσεις πολιτικές και μέτρα για την προστασία της ποιότητας των υδάτων και του οικοσυστήματός τους.	2.96	0.94	2.73	0.96	2.90	0.97	3.25	0.86

Σημείωση. Ελάχιστη τιμή=1, Μέγιστη τιμή=5. M: mean value (μέσος όρος), SD: standard deviation (τυπική απόκλιση).

Ο Πίνακας 22 παρουσιάζει τις μέσες τιμές (M) και τις τυπικές αποκλίσεις (SD) για διάφορες ερωτήσεις που αφορούν την αυτο-αποτελεσματικότητα των μαθητών στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών που σχετίζονται με την υδρογεωλογία, καταναμημένες ανά τμήμα (B2, B4, B5) και συνολικά.

- Κατανόηση των εννοιών της υδρογεωλογίας: Οι μαθητές συνολικά εκφράζουν μέτρια αυτο-αποτελεσματικότητα στην κατανόηση των εννοιών της υδρογεωλογίας (M = 3.25, SD = 0.89). Το τμήμα B4 παρουσιάζει την υψηλότερη αυτοπεποίθηση (M = 3.55, SD = 0.94), ενώ τα τμήματα B2 και B5 έχουν παρόμοιες και χαμηλότερες τιμές (M = 3.07 και M = 3.06, αντίστοιχα).
- Κατανόηση των κινδύνων που σχετίζονται με τη ρύπανση του νερού: Οι μαθητές συνολικά δείχνουν υψηλή αυτο-αποτελεσματικότητα στην κατανόηση των κινδύνων που σχετίζονται με τη ρύπανση του νερού (M = 3.73, SD = 0.86). Το τμήμα B4

εμφανίζει την υψηλότερη αυτο-αποτελεσματικότητα ( $M = 3.85$ ,  $SD = 0.81$ ), ενώ τα άλλα δύο τμήματα έχουν παρόμοιες και ελαφρώς χαμηλότερες τιμές.

- Ερμηνεία των μεταβολών των φυσικών και χημικών παραμέτρων: Η αυτο-αποτελεσματικότητα στην ερμηνεία των μεταβολών των φυσικών και χημικών παραμέτρων που καθορίζουν την ποιότητα του νερού είναι μέτρια ( $M = 3.20$ ,  $SD = 1.02$ ). Οι μαθητές του τμήματος B4 εμφανίζουν την υψηλότερη αυτοπεποίθηση ( $M = 3.30$ ,  $SD = 1.13$ ), ενώ το τμήμα B5 έχει την χαμηλότερη τιμή ( $M = 3.00$ ,  $SD = 1.03$ ).
- Προσδιορισμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της ρύπανσης του νερού: Οι μαθητές εκφράζουν μέτρια αυτο-αποτελεσματικότητα στον προσδιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της ρύπανσης του νερού ( $M = 3.35$ ,  $SD = 0.93$ ). Το τμήμα B2 εμφανίζει τη μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση ( $M = 3.47$ ,  $SD = 0.64$ ), ενώ το τμήμα B4 έχει την χαμηλότερη τιμή ( $M = 3.30$ ,  $SD = 1.22$ ).
- Εξήγηση της επίδρασης της μείωσης του διαλυμένου οξυγόνου στους οργανισμούς: Οι μαθητές δείχνουν μέτρια προς υψηλή αυτο-αποτελεσματικότητα στην εξήγηση της επίδρασης της μείωσης του διαλυμένου οξυγόνου στους υδάτινους οργανισμούς ( $M = 3.61$ ,  $SD = 1.06$ ). Το τμήμα B2 εκφράζει τη μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση ( $M = 3.80$ ,  $SD = 0.77$ ), ενώ το τμήμα B5 έχει την χαμηλότερη ( $M = 3.31$ ,  $SD = 0.87$ ).
- Συζήτηση πολιτικών και μέτρων για την προστασία των υδάτων: Οι μαθητές εκφράζουν τη χαμηλότερη αυτο-αποτελεσματικότητα στη συζήτηση πολιτικών και μέτρων για την προστασία των υδάτων και του οικοσυστήματος ( $M = 2.96$ ,  $SD = 0.94$ ). Το τμήμα B5 παρουσιάζει την υψηλότερη αυτοπεποίθηση ( $M = 3.25$ ,  $SD = 0.86$ ), ενώ το τμήμα B2 έχει τη χαμηλότερη ( $M = 2.73$ ,  $SD = 0.96$ ).

Ο Πίνακας 23 παρουσιάζει τις μέσες τιμές ( $M$ ) και τις τυπικές αποκλίσεις ( $SD$ ) για την ανησυχία των μαθητών σχετικά με διάφορα έντονα φαινόμενα που επηρεάζουν τα υδάτινα περιβάλλοντα, καταναμημένες ανά τμήμα (B2, B4, B5) και συνολικά.

- Υπερχείλιση ενός ποταμού: Οι μαθητές συνολικά εκφράζουν μέτρια προς υψηλή ανησυχία για την υπερχείλιση ενός ποταμού ( $M = 3.78$ ,  $SD = 0.94$ ). Η υψηλότερη ανησυχία παρατηρείται στο τμήμα B5 ( $M = 4.00$ ,  $SD = 0.73$ ), ενώ η χαμηλότερη ανησυχία εκφράζεται από τους μαθητές του τμήματος B2 ( $M = 3.60$ ,  $SD = 0.74$ ).
- Ξηρασία ενός ποταμού ή λίμνης: Η ανησυχία για την ξηρασία ενός ποταμού ή λίμνης είναι υψηλή σε όλα τα τμήματα ( $M = 4.22$ ,  $SD = 0.86$ ), με το τμήμα B4 να παρουσιάζει την υψηλότερη τιμή ( $M = 4.40$ ,  $SD = 0.68$ ) και το τμήμα B5 την χαμηλότερη ( $M = 4.06$ ,  $SD = 0.93$ ).

- Ρύπανση ενός ποταμού ή λίμνης: Η ρύπανση ενός ποταμού ή λίμνης προκαλεί την υψηλότερη ανησυχία μεταξύ των μαθητών ( $M = 4.35$ ,  $SD = 0.93$ ). Οι μαθητές του τμήματος B4 εκφράζουν τη μεγαλύτερη ανησυχία ( $M = 4.50$ ,  $SD = 1.00$ ), ενώ το τμήμα B5 εμφανίζει ελαφρώς χαμηλότερη ανησυχία ( $M = 4.19$ ,  $SD = 0.91$ ).
- Εμφάνιση νεκρών ψαριών: Η εμφάνιση νεκρών ψαριών σε υδάτινα περιβάλλοντα προκαλεί επίσης σημαντική ανησυχία στους μαθητές ( $M = 4.24$ ,  $SD = 0.86$ ). Το τμήμα B4 εκφράζει την υψηλότερη ανησυχία ( $M = 4.50$ ,  $SD = 0.83$ ), ενώ το τμήμα B5 παρουσιάζει την χαμηλότερη ανησυχία ( $M = 4.00$ ,  $SD = 0.63$ ).

Ο Πίνακας 24 παρουσιάζει τις μέσες τιμές ( $M$ ) και τις τυπικές αποκλίσεις ( $SD$ ) για τις πηγές πληροφόρησης που χρησιμοποιούν οι μαθητές σχετικά με την υδρογεωλογία, καταταξιμένες ανά τμήμα (B2, B4, B5) και συνολικά.

- Σχολείο: Το σχολείο αναδεικνύεται ως η κυριότερη πηγή πληροφόρησης για την υδρογεωλογία, με υψηλή μέση τιμή στο σύνολο των μαθητών ( $M = 4.16$ ,  $SD = 0.92$ ). Το τμήμα B4 εκφράζει την υψηλότερη αξιοποίηση του σχολείου ως πηγή πληροφόρησης ( $M = 4.40$ ,  $SD = 0.88$ ), ενώ το τμήμα B2 παρουσιάζει τη χαμηλότερη ( $M = 3.87$ ,  $SD = 0.92$ ).
- Εξωσχολικές εκπαιδευτικές δραστηριότητες: Οι μαθητές συνολικά αξιοποιούν σε μικρότερο βαθμό τις εξωσχολικές εκπαιδευτικές δραστηριότητες ως πηγή πληροφόρησης ( $M = 1.88$ ,  $SD = 1.03$ ). Το τμήμα B5 δείχνει την υψηλότερη αξιοποίηση αυτής της πηγής ( $M = 2.38$ ,  $SD = 1.20$ ), ενώ το τμήμα B2 έχει τη χαμηλότερη ( $M = 1.47$ ,  $SD = 0.92$ ).
- Διαδίκτυο: Το διαδίκτυο καταγράφεται ως μια σημαντική πηγή πληροφόρησης, με μέση τιμή 2.82 ( $SD = 1.09$ ) συνολικά. Το τμήμα B4 εκφράζει την υψηλότερη χρήση του διαδικτύου για πληροφόρηση ( $M = 3.10$ ,  $SD = 1.12$ ), ενώ το τμήμα B2 παρουσιάζει τη χαμηλότερη χρήση ( $M = 2.40$ ,  $SD = 0.74$ ).
- Τηλεόραση: Η τηλεόραση χρησιμοποιείται λιγότερο από τους μαθητές ως πηγή πληροφόρησης ( $M = 2.14$ ,  $SD = 0.89$ ). Το τμήμα B4 δείχνει την υψηλότερη χρήση της τηλεόρασης ( $M = 2.35$ ,  $SD = 0.88$ ), ενώ το τμήμα B2 εκφράζει τη χαμηλότερη ( $M = 1.87$ ,  $SD = 0.83$ ).
- Από την οικογένεια: Η πληροφόρηση από την οικογένεια καταγράφεται επίσης χαμηλά ( $M = 2.14$ ,  $SD = 1.11$ ) σε όλους τους μαθητές. Το τμήμα B4 αξιοποιεί την οικογένεια ως πηγή πληροφόρησης σε μεγαλύτερο βαθμό ( $M = 2.30$ ,  $SD = 1.13$ ), ενώ το τμήμα B5 παρουσιάζει την χαμηλότερη ( $M = 1.94$ ,  $SD = 1.12$ ).

- Από τον τύπο (εφημερίδες/περιοδικά): Η χρήση του τύπου ως πηγή πληροφόρησης είναι η χαμηλότερη μεταξύ των επιλογών, με μέση τιμή 1.33 (SD = 0.74) συνολικά. Όλα τα τμήματα παρουσιάζουν παρόμοια χαμηλή χρήση, με τις τιμές να κυμαίνονται μεταξύ 1.19 και 1.40.

Πίνακας 23. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο για την Ανησυχία από Έντονα Φαινόμενα που Επηρεάζουν τα Υδάτινα Περιβάλλοντα μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση

	Total (n=51)		B2 (n=15)		B4 (n=20)		B5 (n=16)	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
<u>Ανησυχία από έντονα φαινόμενα</u>								
Υπερχείλιση ενός ποταμού	3.78	0.94	3.60	0.74	3.75	1.21	4.00	0.73
Ξηρασία ενός ποταμού/ λίμνης	4.22	0.86	4.13	0.99	4.40	0.68	4.06	0.93
Ρύπανση ενός ποταμού/ λίμνης	4.35	0.93	4.33	0.90	4.50	1.00	4.19	0.91
Εμφάνιση νεκρών ψαριών	4.24	0.86	4.13	1.06	4.50	0.83	4.00	0.63

Σημείωση. Ελάχιστη τιμή=1, Μέγιστη τιμή=5. M: mean value (μέσος όρος), SD: standard deviation (τυπική απόκλιση).

Πίνακας 24. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο για τις Πηγές Πληροφόρησης σχετικά με την Υδρογεωλογία μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση

	Total (n=51)		B2 (n=15)		B4 (n=20)		B5 (n=16)	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
<u>Πηγές πληροφόρησης</u>								
I. Σχολείο	4.16	0.92	3.87	0.92	4.40	0.88	4.13	0.96
II. Εξωσχολικές εκπαιδευτικές δραστηριότητες	1.88	1.03	1.47	0.92	1.80	0.83	2.38	1.20
III. Διαδίκτυο	2.82	1.09	2.40	0.74	3.10	1.12	2.88	1.26
IV. Τηλεόραση	2.14	0.89	1.87	0.83	2.35	0.88	2.13	0.96
V. Από την οικογένεια μου	2.14	1.11	2.13	1.13	2.30	1.13	1.94	1.12
VI. Από τον τύπο (εφημερίδες/ περιοδικά)	1.33	0.74	1.40	0.83	1.40	0.82	1.19	0.54

Σημείωση. Ελάχιστη τιμή=1, Μέγιστη τιμή=5. M: mean value (μέσος όρος), SD: standard deviation (τυπική απόκλιση).

Ο Πίνακας 25 παρουσιάζει τις μέσες τιμές (M) και τις τυπικές αποκλίσεις (SD) για την ανησυχία των μαθητών σχετικά με διάφορα συμβάντα που επηρεάζουν το περιβάλλον και την κοινωνία, κατανεμημένες ανά τμήμα (B2, B4, B5) και συνολικά.

- Ανησυχία για την άνοδο της στάθμης του ποταμού Κηφισού: Οι μαθητές συνολικά εκφράζουν υψηλή ανησυχία για την άνοδο της στάθμης του ποταμού Κηφισού (M = 3.98, SD = 0.86). Το τμήμα B4 εκφράζει τη μεγαλύτερη ανησυχία (M = 4.05, SD = 0.94), ενώ το τμήμα B5 έχει την ελαφρώς χαμηλότερη τιμή (M = 3.88, SD = 0.81).
- Ανησυχία για τη ρύπανση στο πόσιμο νερό της Θεσσαλονίκης: Αυτή η κατάσταση προκαλεί τη μεγαλύτερη ανησυχία μεταξύ των μαθητών (M = 4.08, SD = 0.91). Το τμήμα B4 εκφράζει τη μεγαλύτερη ανησυχία (M = 4.40, SD = 0.75), ενώ το τμήμα B5 εμφανίζει την χαμηλότερη (M = 3.56, SD = 1.03).
- Ανησυχία για την ξηρασία του ποταμού Πηνειού: Οι μαθητές συνολικά δείχνουν υψηλή ανησυχία για την ξηρασία του ποταμού Πηνειού (M = 3.98, SD = 0.89). Το τμήμα B4 έχει την υψηλότερη τιμή (M = 4.16, SD = 0.96), ενώ το τμήμα B5 εκφράζει τη χαμηλότερη (M = 3.63, SD = 0.96).

- Ανησυχία για τα παγωμένα νερά του ποταμού Ενιπέα: Αυτή η κατάσταση προκαλεί τη χαμηλότερη ανησυχία μεταξύ των μαθητών (M = 3.18, SD = 1.18). Το τμήμα B4 εκφράζει τη μεγαλύτερη ανησυχία (M = 3.80, SD = 0.89), ενώ το τμήμα B2 εκφράζει την χαμηλότερη (M = 2.47, SD = 1.13).
- Ανησυχία για την κατάσταση των σολομών sockeye στον ποταμό Κολούμπια: Η ανησυχία για την κατάσταση των σολομών είναι μέτρια (M = 3.57, SD = 1.08). Το τμήμα B5 εκφράζει την υψηλότερη ανησυχία (M = 3.81, SD = 1.05), ενώ το τμήμα B4 εκφράζει την χαμηλότερη (M = 3.35, SD = 1.09).

Πίνακας 25. Μέσες Τιμές και Τυπικές Αποκλίσεις των Μαθητών ανά Τμήμα και στο Σύνολο για την Ανησυχία από Συμβάντα που Επηρεάζουν το Περιβάλλον και την Κοινωνία

	Total (n=51)		B2 (n=15)		B4 (n=20)		B5 (n=16)	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
<i>Ανησυχία από συμβάντα</i>								
I. "Σε επικίνδυνα επίπεδα έχει ανέβει η στάθμη του ποταμού Κηφισού από την καταρρακτώδη βροχή που σφυροκοπά την Αττική. Σε επιφυλακή πυροσβεστική και αστυνομία προκειμένου αμέσως να διακόψουν την κυκλοφορία των αυτοκινήτων".	3.98	0.86	4.00	0.85	4.05	0.94	3.88	0.81
II. "«Κόκκινος συναγερμός» για ρύπανση στο πόσιμο νερό της Θεσσαλονίκης. Επείγουσα ενημέρωση σήμερα στο γραφείο του ζήτησε ο προϊστάμενος της Εισαγγελίας Πρωτοδικών από τους υπευθύνους της Εταιρείας Ύδρευσης και Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης για να διαπιστωθεί η έκταση του προβλήματος και τυχόν κίνδυνος για τη δημόσια υγεία".	4.08	0.91	4.20	0.77	4.40	0.75	3.56	1.03
III. "Στέρεψε ο Πηνειός σε μήκος 25 χιλιομέτρων - Δραματική έκκληση του περιφερειάρχη".	3.98	0.89	4.13	0.64	4.16	0.96	3.63	0.96
IV. "Τα παγωμένα νερά του ποταμού Ενιπέα πηγάζουν από τα Πριόνια και φθάνουν μέχρι τις πύλες του Ολύμπου, σχηματίζοντας στη διαδρομή καταρράκτες, μικρές λίμνες και πολλές διακλαδώσεις".	3.18	1.18	2.47	1.13	3.80	0.89	3.06	1.18
V. "Ένα κοπάδι σολομών sockeye που κολυμπούσε σε παραπόταμο του Κολούμπια, έφερε τραύματα τα οποία είναι αποτέλεσμα άγχους και έκθεσης σε ακραίες θερμοκρασίες".	3.57	1.08	3.60	1.12	3.35	1.09	3.81	1.05

Σημείωση. Ελάχιστη τιμή=1, Μέγιστη τιμή=5. M: mean value (μέσος όρος), SD: standard deviation (τυπική απόκλιση).

## Διαφοροποιήσεις ανάλογα με το φύλο και το τμήμα, μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση

Πίνακας 26. Διαφοροποιήσεις στην Οικειότητα, το Ενδιαφέρον, και τα Κίνητρα των Μαθητών ανά Φύλο και Τμήμα μετά την Εκπαιδευτική Παρέμβαση

	Total		B2		B4		B5		p-value
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	
<i>Αγόρια</i>									
Οικειότητα/ Ενδιαφέρον για το αντικείμενο	3.14	0.72	2.78 <sub>a</sub>	0.57	3.48 <sub>a</sub>	0.74	3.12 <sub>a</sub>	0.72	.106
Κίνητρα για επαγγελματική ενασχόληση	2.08	1.19	1.38 <sub>a</sub>	0.93	3.11 <sub>b</sub>	0.96	1.83 <sub>a,b</sub>	0.24	.026
Σημαντικότητα επιστημονικών στοιχείων	3.99	0.70	3.63 <sub>a</sub>	0.59	4.37 <sub>b</sub>	0.67	3.87 <sub>a</sub>	0.65	.035
Σημασία φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης	3.51	1.24	2.42 <sub>a</sub>	1.30	4.32 <sub>b</sub>	0.57	3.84 <sub>b</sub>	0.61	.003
Αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών	3.47	0.87	3.35 <sub>a</sub>	0.61	3.65 <sub>a</sub>	1.05	3.33 <sub>a</sub>	1.01	.417
Ανησυχία από έντονα φαινόμενα	4.27	0.67	3.97 <sub>a</sub>	0.91	4.52 <sub>a</sub>	0.43	4.30 <sub>a</sub>	0.33	.139
Ανησυχία από συμβάντα	3.96	0.52	3.73 <sub>a</sub>	0.59	4.18 <sub>a</sub>	0.46	3.92 <sub>a</sub>	0.39	.312
Αξιολόγηση γνώσεων	7.46	1.02	7.33 <sub>a</sub>	1.32	7.70 <sub>a</sub>	0.82	7.20 <sub>a</sub>	0.84	.567
<i>Κορίτσια</i>									
Οικειότητα/ Ενδιαφέρον για το αντικείμενο	3.07	0.67	3.47 <sub>a</sub>	0.50	3.14 <sub>a</sub>	0.60	2.80 <sub>a</sub>	0.72	.096
Κίνητρα για επαγγελματική ενασχόληση	1.83	1.60	.39 <sub>a</sub>	0.95	3.08 <sub>b</sub>	1.29	2.75 <sub>b</sub>	0.74	.016
Σημαντικότητα επιστημονικών στοιχείων	3.91	0.73	4.11 <sub>a</sub>	0.40	3.93 <sub>a</sub>	0.83	3.79 <sub>a</sub>	0.81	.756
Σημασία φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης	3.70	0.87	3.13 <sub>a</sub>	0.64	3.98 <sub>a</sub>	1.01	3.76 <sub>a</sub>	0.74	.084
Αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών	3.23	0.56	3.31 <sub>a</sub>	0.48	3.22 <sub>a</sub>	0.53	3.21 <sub>a</sub>	0.67	.885
Ανησυχία από έντονα φαινόμενα	4.04	0.70	4.17 <sub>a</sub>	0.41	4.05 <sub>a</sub>	0.83	3.95 <sub>a</sub>	0.73	.886
Ανησυχία από συμβάντα	3.58	0.66	3.60 <sub>a</sub>	0.44	3.72 <sub>a</sub>	0.82	3.44 <sub>a</sub>	0.62	.642
Αξιολόγηση γνώσεων	7.85	1.13	7.83 <sub>a</sub>	1.33	7.80 <sub>a</sub>	1.14	7.91 <sub>a</sub>	1.14	.985

Σημείωση. Οι τιμές στην ίδια γραμμή και υπο-πίνακα που δεν μοιράζονται τον ίδιο δείκτη διαφέρουν σημαντικά στο επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Kruskal-Wallis test.

Ο Πίνακας 26 παρουσιάζει τις μέσες τιμές (M) και τις τυπικές αποκλίσεις (SD) για διάφορες μεταβλητές που σχετίζονται με την οικειότητα, το ενδιαφέρον, τα κίνητρα, και άλλες παραμέτρους των μαθητών, κατανεμημένες ανά φύλο (αγόρια και κορίτσια) και τμήμα (B2, B4, B5), μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση.

- Οικειότητα/Ενδιαφέρον για το αντικείμενο: Οι μαθητές του τμήματος B4 εκφράζουν τη μεγαλύτερη οικειότητα και ενδιαφέρον για το αντικείμενο ( $M = 3.48$ ,  $SD = 0.74$ ), ενώ οι μαθητές του τμήματος B2 εμφανίζουν τη χαμηλότερη τιμή ( $M = 2.78$ ,  $SD = 0.57$ ). Η διαφορά αυτή δεν είναι στατιστικά σημαντική ( $p = .106$ ). Οι μαθήτριες του τμήματος B2 εκφράζουν τη μεγαλύτερη οικειότητα και ενδιαφέρον για το αντικείμενο ( $M = 3.47$ ,  $SD = 0.50$ ), με τις διαφορές μεταξύ των τμημάτων να μην είναι στατιστικά σημαντικές ( $p = .096$ ).
- Κίνητρα για επαγγελματική ενασχόληση: Υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση στα κίνητρα των αγοριών για επαγγελματική ενασχόληση ( $p = .026$ ). Οι μαθητές του τμήματος B4 έχουν τα υψηλότερα κίνητρα ( $M = 3.11$ ,  $SD = 0.96$ ), ενώ οι μαθητές του τμήματος B2 έχουν τα χαμηλότερα ( $M = 1.38$ ,  $SD = 0.93$ ). Υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση στα κίνητρα των κοριτσιών για επαγγελματική ενασχόληση ( $p = .016$ ). Οι μαθήτριες του τμήματος B4 έχουν τα υψηλότερα κίνητρα ( $M = 3.08$ ,  $SD = 1.29$ ), ενώ οι μαθήτριες του τμήματος B2 έχουν τα χαμηλότερα ( $M = 0.39$ ,  $SD = 0.95$ ).
- Σημαντικότητα επιστημονικών στοιχείων: Οι μαθητές του τμήματος B4 αναφέρουν τη μεγαλύτερη εκτίμηση για τη σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων ( $M = 4.37$ ,  $SD = 0.67$ ), με τις διαφορές μεταξύ των τμημάτων να είναι στατιστικά σημαντικές ( $p = .035$ ). Οι μαθήτριες του τμήματος B2 αναφέρουν την υψηλότερη εκτίμηση για τη σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων ( $M = 4.11$ ,  $SD = 0.40$ ), αλλά οι διαφορές μεταξύ των τμημάτων δεν είναι στατιστικά σημαντικές ( $p = .756$ ).
- Σημασία φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης: Η σημασία των φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης διαφέρει σημαντικά μεταξύ των τμημάτων ( $p = .003$ ), με τους μαθητές του τμήματος B4 να αποδίδουν τη μεγαλύτερη σημασία ( $M = 4.32$ ,  $SD = 0.57$ ), ενώ οι μαθητές του τμήματος B2 εκφράζουν τη χαμηλότερη σημασία ( $M = 2.42$ ,  $SD = 1.30$ ). Οι μαθήτριες του τμήματος B4 αποδίδουν τη μεγαλύτερη σημασία στα φαινόμενα για την περιοχή διαβίωσης ( $M = 3.98$ ,  $SD = 1.01$ ), με τις διαφορές μεταξύ των τμημάτων να πλησιάζουν τη στατιστική σημασία ( $p = .084$ ).

Μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση, παρατηρούνται διαφοροποιήσεις στα επίπεδα οικειότητας, ενδιαφέροντος, και κινήτρων των μαθητών ανάλογα με το φύλο και το τμήμα. Ειδικά στα αγόρια, παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στα κίνητρα για επαγγελματική ενασχόληση και στη σημασία των φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης, με τους μαθητές του τμήματος B4 να εκφράζουν τις υψηλότερες τιμές. Στα κορίτσια, οι διαφορές είναι λιγότερο έντονες, αλλά εξακολουθούν να υπάρχουν σημαντικές διαφορές στα κίνητρα για

επαγγελματική ενασχόληση, με τις μαθήτριες του τμήματος Β4 να εκφράζουν και εδώ τα υψηλότερα κίνητρα.

## Ανάλυση συσχετίσεων, μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση

Ο Πίνακας 27 παρουσιάζει τις συσχετίσεις μεταξύ διαφόρων παραγόντων που σχετίζονται με την οικειότητα και το ενδιαφέρον για το αντικείμενο, τα κίνητρα για επαγγελματική ενασχόληση, τη σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων, και άλλες παραμέτρους που εξετάστηκαν μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση.

- Οικειότητα/Ενδιαφέρον για το αντικείμενο: Η οικειότητα/ενδιαφέρον για το αντικείμενο έχει ισχυρή θετική συσχέτιση με την αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών ( $r = .667, p < .01$ ), υποδεικνύοντας ότι όσο μεγαλύτερη είναι η οικειότητα με το αντικείμενο, τόσο μεγαλύτερη είναι η αυτο-αποτελεσματικότητα των μαθητών. Επίσης, παρουσιάζει θετική συσχέτιση με τη σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων ( $r = .564, p < .01$ ) και την ανησυχία από έντονα φαινόμενα ( $r = .514, p < .01$ ).
- Κίνητρα για επαγγελματική ενασχόληση: Τα κίνητρα για επαγγελματική ενασχόληση σχετίζονται θετικά με τη σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων ( $r = .463, p < .05$ ) και την ανησυχία από έντονα φαινόμενα ( $r = .461, p < .05$ ). Επίσης, υπάρχει μια θετική συσχέτιση με την αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών ( $r = .478, p < .01$ ) και τη σημασία των φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης ( $r = .416, p < .05$ ).
- Σημαντικότητα επιστημονικών στοιχείων: Η σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων σχετίζεται θετικά με την ανησυχία από έντονα φαινόμενα ( $r = .621, p < .01$ ) και την αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών ( $r = .524, p < .01$ ). Υπάρχει επίσης θετική συσχέτιση με τη σημασία των φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης ( $r = .326, p < .05$ ).
- Ανησυχία από έντονα φαινόμενα: Η ανησυχία από έντονα φαινόμενα έχει ισχυρή θετική συσχέτιση με την ανησυχία από συμβάντα ( $r = .658, p < .01$ ), την αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών ( $r = .556, p < .01$ ), και τη σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων ( $r = .621, p < .01$ ).
- Ανησυχία από συμβάντα: Η ανησυχία από συμβάντα σχετίζεται θετικά με την ανησυχία από έντονα φαινόμενα ( $r = .658, p < .01$ ) και τη σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων ( $r = .420, p < .01$ ).

- Αξιολόγηση γνώσεων: Η αξιολόγηση γνώσεων έχει μικρές θετικές συσχετίσεις με τη σημασία των φαινομένων για την περιογή διαβίωσης ( $r = .317, p < .05$ ) και την ανησυχία από έντονα φαινόμενα ( $r = .309, p < .05$ ).

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η οικειότητα και το ενδιαφέρον για το αντικείμενο, καθώς και τα κίνητρα για επαγγελματική ενασχόληση, συσχετίζονται θετικά με άλλους σημαντικούς παράγοντες, όπως η σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων και η αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών. Οι ισχυρές συσχετίσεις μεταξύ της ανησυχίας από έντονα φαινόμενα και άλλων παραμέτρων υποδηλώνουν ότι η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση παίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των στάσεων και των συμπεριφορών των μαθητών μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση.

Πίνακας 27. Πίνακας Συσχετίσεων Μεταξύ Οικειότητας, Κινήτρων, και Άλλων Μεταβλητών Μετά την Εκπαιδευτική Παρέμβαση

	1	2	3	4	5	6	7
1. Οικειότητα/ Ενδιαφέρον για το αντικείμενο	--						
2. Κίνητρα για επαγγελματική ενασχόληση	.411*	--					
3. Σημαντικότητα επιστημονικών στοιχείων	.564**	.463*	--				
4. Σημασία φαινομένων για την περιογή διαβίωσης	.241	.416*	.326*	--			
5. Αυτο- αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών	.667**	.478**	.524**	.204	--		
6. Ανησυχία από έντονα φαινόμενα	.514**	.461*	.621**	.402**	.556**	--	
7. Ανησυχία από συμβάντα	.380**	.395*	.420**	.397**	.357*	.658**	--
8. Αξιολόγηση γνώσεων	.199	.038	.158	.317*	.201	.309*	.032

Σημείωση. \*\* $p < .01$ , \* $p < .05$

## Συγκρίσεις αποτελεσμάτων τμημάτων που συμμετείχαν και δεν συμμετείχαν στην εκπαιδευτική παρέμβαση (μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση)

Πίνακας 28. Σύγκριση των Μέσων Τιμών Μεταξύ της Ομάδας Ελέγχου και της Ομάδας Παρέμβασης Μετά την Εκπαιδευτική Παρέμβαση

	Total		Ομάδα ελέγχου (B3 και B6, n=60)		Ομάδα παρέμβασης (B2, B4 και B5, n=51)		p-value
	M	SD	M	SD	M	SD	
<b>Οικειότητα/ Ενδιαφέρον για το αντικείμενο</b>	2.95	.67	2.80 <sub>a</sub>	.63	3.11 <sub>b</sub>	.69	<b>.024</b>
Κίνητρα για επαγγελματική ενασχόληση	1.73	1.43	1.53 <sub>a</sub>	1.47	1.97 <sub>a</sub>	1.38	.173
Σημαντικότητα επιστημονικών στοιχείων	3.90	.80	3.84 <sub>a</sub>	.89	3.95 <sub>a</sub>	.71	.749
Σημασία φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης	3.63	1.07	3.64 <sub>a</sub>	1.10	3.61 <sub>a</sub>	1.05	.764
Αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών	3.21	.74	3.07 <sub>a</sub>	.73	3.35 <sub>a</sub>	.73	.100
<b>Ανησυχία από έντονα φαινόμενα</b>	4.01	.67	3.87 <sub>a</sub>	.64	4.15 <sub>b</sub>	.69	<b>.012</b>
Ανησυχία από συμβάντα	3.66	.66	3.55 <sub>a</sub>	.68	3.76 <sub>a</sub>	.62	.107
<b>Αξιολόγηση γνώσεων</b>	6.46	2.59	5.43 <sub>a</sub>	3.03	7.67 <sub>b</sub>	1.09	<b>&lt;.001</b>

Σημείωση. Οι τιμές στην ίδια γραμμή και υπο-πίνακα που δεν μοιράζονται τον ίδιο δείκτη διαφέρουν σημαντικά στο επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Mann-Whitneytest.

Ο Πίνακας 28 παρουσιάζει τη σύγκριση των μέσων τιμών (M) και των τυπικών αποκλίσεων (SD) μεταξύ της ομάδας ελέγχου και της ομάδας παρέμβασης σε διάφορες μεταβλητές, μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση. Οι διαφορές αναλύθηκαν με το τεστ Mann-Whitney, και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται με το αντίστοιχο επίπεδο σημαντικότητας (p-value).

- Οικειότητα/Ενδιαφέρον για το αντικείμενο: Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας ελέγχου και της ομάδας παρέμβασης στην οικειότητα και το ενδιαφέρον για το αντικείμενο ( $p = .024$ ). Οι μαθητές της ομάδας παρέμβασης ( $M =$

3.11, SD = 0.69) δείχνουν υψηλότερη οικειότητα και ενδιαφέρον σε σχέση με τους μαθητές της ομάδας ελέγχου (M = 2.80, SD = 0.63).

- Κίνητρα για επαγγελματική ενασχόληση: Αν και η ομάδα παρέμβασης έχει υψηλότερα κίνητρα για επαγγελματική ενασχόληση (M = 1.97, SD = 1.38) σε σχέση με την ομάδα ελέγχου (M = 1.53, SD = 1.47), η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική ( $p = .173$ ).
- Σημαντικότητα επιστημονικών στοιχείων: Δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά στη σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων μεταξύ των δύο ομάδων ( $p = .749$ ).
- Σημασία φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης: Η σημασία των φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης είναι παρόμοια και στις δύο ομάδες, χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά ( $p = .764$ ).
- Αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών: Οι μαθητές της ομάδας παρέμβασης (M = 3.35, SD = 0.73) παρουσιάζουν υψηλότερη αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών σε σχέση με την ομάδα ελέγχου (M = 3.07, SD = 0.73), ωστόσο η διαφορά αυτή δεν είναι στατιστικά σημαντική ( $p = .100$ ).
- Ανησυχία από έντονα φαινόμενα: Η ομάδα παρέμβασης (M = 4.15, SD = 0.69) παρουσιάζει στατιστικά σημαντικά υψηλότερη ανησυχία από έντονα φαινόμενα σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου (M = 3.87, SD = 0.64), με  $p = .012$ .
- Ανησυχία από συμβάντα: Η ανησυχία από συμβάντα είναι υψηλότερη στην ομάδα παρέμβασης (M = 3.76, SD = 0.62) σε σχέση με την ομάδα ελέγχου (M = 3.55, SD = 0.68), αλλά η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική ( $p = .107$ ).
- Αξιολόγηση γνώσεων: Η ομάδα παρέμβασης (M = 7.67, SD = 1.09) έχει στατιστικά σημαντικά υψηλότερη αξιολόγηση γνώσεων σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου (M = 5.43, SD = 3.03), με  $p < .001$ .

Τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι η εκπαιδευτική παρέμβαση είχε θετική επίδραση στην οικειότητα/ενδιαφέρον για το αντικείμενο, στην ανησυχία από έντονα φαινόμενα, και στην αξιολόγηση γνώσεων των μαθητών. Η ομάδα παρέμβασης παρουσίασε σημαντικά υψηλότερες τιμές σε αυτές τις μεταβλητές σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου. Αν και παρατηρούνται διαφορές και στις υπόλοιπες μεταβλητές, αυτές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές, υποδηλώνοντας ότι οι άλλοι παράγοντες μπορεί να μην επηρεάστηκαν στον ίδιο βαθμό από την παρέμβαση.

Ο Πίνακας 29 παρουσιάζει τη σύγκριση των μέσων τιμών (M) και των τυπικών αποκλίσεων (SD) για διάφορες πηγές πληροφόρησης, όπως το σχολείο, το διαδίκτυο, και η τηλεόραση, μεταξύ της ομάδας ελέγχου και της ομάδας παρέμβασης μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση. Οι διαφορές αναλύθηκαν με το τεστ Mann-Whitney, και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται με το αντίστοιχο επίπεδο σημαντικότητας (p-value).

- Σχολείο: Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στην αξιοποίηση του σχολείου ως πηγή πληροφόρησης μεταξύ της ομάδας ελέγχου και της ομάδας παρέμβασης ( $p < .001$ ). Οι μαθητές της ομάδας παρέμβασης ( $M = 4.16, SD = 0.92$ ) χρησιμοποιούν το σχολείο ως πηγή πληροφόρησης σε μεγαλύτερο βαθμό σε σχέση με την ομάδα ελέγχου ( $M = 3.33, SD = 1.09$ ).
- Εξωσχολικές εκπαιδευτικές δραστηριότητες: Αν και οι μαθητές της ομάδας ελέγχου έχουν ελαφρώς υψηλότερη μέση τιμή ( $M = 2.16, SD = 1.05$ ) σε σχέση με την ομάδα παρέμβασης ( $M = 1.88, SD = 1.03$ ), η διαφορά αυτή δεν είναι στατιστικά σημαντική ( $p = .115$ ).
- Διαδίκτυο: Το διαδίκτυο αξιοποιείται περισσότερο από τους μαθητές της ομάδας ελέγχου ( $M = 3.57, SD = 1.24$ ) σε σχέση με την ομάδα παρέμβασης ( $M = 2.82, SD = 1.09$ ), με τη διαφορά αυτή να είναι στατιστικά σημαντική ( $p = .002$ ).
- Τηλεόραση: Οι μαθητές της ομάδας ελέγχου χρησιμοποιούν την τηλεόραση ως πηγή πληροφόρησης σε μεγαλύτερο βαθμό ( $M = 2.96, SD = 1.17$ ) από την ομάδα παρέμβασης ( $M = 2.14, SD = 0.89$ ), με στατιστικά σημαντική διαφορά ( $p < .001$ ).
- Από την οικογένεια: Η ομάδα ελέγχου παρουσιάζει υψηλότερη αξιοποίηση της πληροφόρησης από την οικογένεια ( $M = 2.78, SD = 1.14$ ) σε σύγκριση με την ομάδα παρέμβασης ( $M = 2.14, SD = 1.11$ ), με τη διαφορά αυτή να είναι επίσης στατιστικά σημαντική ( $p = .005$ ).
- Από τον τύπο (εφημερίδες/περιοδικά): Δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά στην αξιοποίηση του τύπου ως πηγή πληροφόρησης μεταξύ των δύο ομάδων ( $p = .175$ ).

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η εκπαιδευτική παρέμβαση επηρέασε την αξιοποίηση συγκεκριμένων πηγών πληροφόρησης από τους μαθητές. Η ομάδα παρέμβασης τείνει να βασίζεται περισσότερο στο σχολείο για πληροφόρηση, ενώ η ομάδα ελέγχου φαίνεται να χρησιμοποιεί περισσότερο το διαδίκτυο, την τηλεόραση, και την οικογένεια. Η διαφοροποίηση

αυτή μπορεί να αντανακλά τις αλλαγές στις προτιμήσεις και την πρόσβαση σε πληροφορίες μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση.

Πίνακας 29. Σύγκριση των Πηγών Πληροφόρησης Μεταξύ της Ομάδας Ελέγχου και της Ομάδας Παρέμβασης Μετά την Εκπαιδευτική Παρέμβαση

	Total		Ομάδα ελέγχου (n=60)		Ομάδα παρέμβασης (n=51)		p-value
	M	SD	M	SD	M	SD	
I. Σχολείο	3.75	1.09	3.33 <sub>a</sub>	1.09	4.16 <sub>b</sub>	.92	<.001
II. Εξωσχολικές εκπαιδευτικές δραστηριότητες	2.02	1.04	2.16 <sub>a</sub>	1.05	1.88 <sub>a</sub>	1.03	.115
III. Διαδίκτυο	3.19	1.22	3.57 <sub>a</sub>	1.24	2.82 <sub>b</sub>	1.09	.002
IV. Τηλεόραση	2.54	1.11	2.96 <sub>a</sub>	1.17	2.14 <sub>b</sub>	.89	<.001
V. Από την οικογένεια μου	2.45	1.17	2.78 <sub>a</sub>	1.14	2.14 <sub>b</sub>	1.11	.005
VI. Από τον τύπο (εφημερίδες/περιοδικά)	1.47	.93	1.61 <sub>a</sub>	1.08	1.33 <sub>a</sub>	.74	.175

*Σημείωση.* Οι τιμές στην ίδια γραμμή και υποπίνακα που δεν μοιράζονται τον ίδιο δείκτη διαφέρουν σημαντικά στο επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Mann-Whitneytest.

## Ανάλυση επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (συγκρίσεις πριν-μετά)

Πίνακας 30. Σύγκριση των Μέσων Τιμών Πριν και Μετά την Εκπαιδευτική Παρέμβαση και Εκτίμηση του Μεγέθους Επίδρασης (τιμήματα B2, B4 και B5)

	Πριν		Μετά		p-value	Cohen'sd
	M	SD	M	SD		
Οικειότητα/ Ενδιαφέρον για το αντικείμενο	2.93	.57	3.11	.69	.063	0.266
Κίνητρα για επαγγελματική ενασχόληση	2.27	.94	1.97	1.38	.737	0.083
Σημαντικότητα επιστημονικών στοιχείων	3.77	.68	3.95	.71	.081	0.252
Σημασία φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης	3.55	1.08	3.61	1.05	.175	0.197
Αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών	2.97	.83	3.35	.73	.002	0.469
Ανησυχία από έντονα φαινόμενα	3.89	.73	4.15	.69	.011	0.368
Ανησυχία από συμβάντα	3.75	.63	3.76	.62	.403	0.119
Αξιολόγηση γνώσεων	7.08	1.25	7.67	1.09	.012	0.364

*Σημείωση.* Οι τιμές στην ίδια γραμμή και υποπίνακα που δεν μοιράζονται τον ίδιο δείκτη διαφέρουν σημαντικά στο επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με τα αποτελέσματα Paired samples t-test.

Ο Πίνακας 30 παρουσιάζει τη σύγκριση των μέσων τιμών (M) και των τυπικών αποκλίσεων (SD) σε διάφορες μεταβλητές πριν και μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση, μαζί με το p-value και τον δείκτη Cohen'sd, που υποδεικνύει το μέγεθος της επίδρασης.

- Οικειότητα/Ενδιαφέρον για το αντικείμενο: Υπήρξε αύξηση της οικειότητας και του ενδιαφέροντος για το αντικείμενο μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση (M = 3.11, SD = 0.69) σε σύγκριση με πριν (M = 2.93, SD = 0.57), αν και η διαφορά αυτή δεν ήταν στατιστικά σημαντική ( $p = .063$ ). Ο δείκτης Cohen's d (0.266) υποδεικνύει μικρό μέγεθος επίδρασης.

- **Κίνητρα για επαγγελματική ενασχόληση:** Τα κίνητρα για επαγγελματική ενασχόληση μειώθηκαν ελαφρώς μετά την παρέμβαση ( $M = 1.97, SD = 1.38$ ) σε σχέση με πριν ( $M = 2.27, SD = 0.94$ ), αλλά η διαφορά δεν ήταν στατιστικά σημαντική ( $p = .737$ ), με πολύ μικρό μέγεθος επίδρασης (Cohen's  $d = 0.083$ ).
- **Σημαντικότητα επιστημονικών στοιχείων:** Υπήρξε μια αύξηση στη σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων μετά την παρέμβαση ( $M = 3.95, SD = 0.71$ ) σε σύγκριση με πριν ( $M = 3.77, SD = 0.68$ ), αλλά η διαφορά αυτή δεν ήταν στατιστικά σημαντική ( $p = .081$ ). Ο δείκτης Cohen's  $d$  ( $0.252$ ) υποδεικνύει μικρό μέγεθος επίδρασης.
- **Σημασία φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης:** Υπήρξε μια ελαφρά αύξηση στη σημασία των φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης μετά την παρέμβαση ( $M = 3.61, SD = 1.05$ ) σε σύγκριση με πριν ( $M = 3.55, SD = 1.08$ ), αν και η διαφορά δεν ήταν στατιστικά σημαντική ( $p = .175$ ). Ο δείκτης Cohen's  $d$  ( $0.197$ ) υποδεικνύει μικρό μέγεθος επίδρασης.
- **Αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών:** Υπήρξε σημαντική αύξηση στην αυτο-αποτελεσματικότητα των μαθητών στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών μετά την παρέμβαση ( $M = 3.35, SD = 0.73$ ) σε σχέση με πριν ( $M = 2.97, SD = 0.83$ ), με  $p = .002$  και μέγεθος επίδρασης Cohen's  $d = 0.469$ , υποδεικνύοντας μέτριο μέγεθος επίδρασης.
- **Ανησυχία από έντονα φαινόμενα:** Η ανησυχία από έντονα φαινόμενα αυξήθηκε σημαντικά μετά την παρέμβαση ( $M = 4.15, SD = 0.69$ ) σε σχέση με πριν ( $M = 3.89, SD = 0.73$ ), με  $p = .011$  και μέγεθος επίδρασης Cohen's  $d = 0.368$ , υποδεικνύοντας μικρό προς μέτριο μέγεθος επίδρασης.
- **Ανησυχία από συμβάντα:** Η ανησυχία από συμβάντα παρέμεινε σχεδόν αμετάβλητη μετά την παρέμβαση ( $M = 3.76, SD = 0.62$ ) σε σχέση με πριν ( $M = 3.75, SD = 0.63$ ), χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά ( $p = .403$ ) και πολύ μικρό μέγεθος επίδρασης (Cohen's  $d = 0.119$ ).
- **Αξιολόγηση γνώσεων:** Υπήρξε σημαντική αύξηση στην επίδοση των μαθητών όσον αφορά την αξιολόγηση γνώσεων των μαθητών μετά την παρέμβαση ( $M = 7.67, SD = 1.09$ ) σε σχέση με πριν ( $M = 7.08, SD = 1.25$ ), με  $p = .012$  και μέγεθος επίδρασης Cohen's  $d = 0.364$ , υποδεικνύοντας μικρό προς μέτριο μέγεθος επίδρασης.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η εκπαιδευτική παρέμβαση είχε θετική επίδραση στην αυτο-αποτελεσματικότητα των μαθητών στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών, στην ανησυχία από έντονα φαινόμενα, και στην αξιολόγηση γνώσεων, με μέτριο μέγεθος επίδρασης. Αν και παρατηρήθηκε αύξηση στην οικειότητα και το ενδιαφέρον για το αντικείμενο και στη σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων, οι διαφορές αυτές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές, μάλλον λόγω του περιορισμένου δείγματος.

Ο Πίνακας 31 παρουσιάζει τις μέσες τιμές (M) και τις τυπικές αποκλίσεις (SD) για διάφορες πηγές πληροφόρησης, όπως το σχολείο, το διαδίκτυο, και η τηλεόραση, πριν και μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση. Οι διαφορές εξετάστηκαν με το Wilcoxon test και οι τιμές p αναφέρονται για κάθε σύγκριση.

- Σχολείο: Υπάρχει στατιστικά σημαντική αύξηση στη χρήση του σχολείου ως πηγή πληροφόρησης μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση (M = 3.75, SD = 1.09) σε σύγκριση με πριν (M = 3.58, SD = 1.25), με  $p = .002$ . Αυτό δείχνει ότι το σχολείο έγινε πιο σημαντική πηγή πληροφόρησης μετά την παρέμβαση.
- Εξωσχολικές εκπαιδευτικές δραστηριότητες: Η χρήση των εξωσχολικών εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων ως πηγή πληροφόρησης παρουσίασε μικρή αύξηση μετά την παρέμβαση (M = 2.02, SD = 1.04) σε σχέση με πριν (M = 1.95, SD = 1.04), αλλά η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική ( $p = .553$ ).
- Διαδίκτυο: Η χρήση του διαδικτύου ως πηγή πληροφόρησης παρέμεινε σταθερή μετά την παρέμβαση (M = 3.19, SD = 1.22) σε σύγκριση με πριν (M = 3.20, SD = 1.13), με  $p = .048$ , δείχνοντας μικρές αλλαγές.
- Τηλεόραση: Παρατηρείται μια στατιστικά σημαντική αύξηση στη χρήση της τηλεόρασης ως πηγή πληροφόρησης μετά την παρέμβαση (M = 2.54, SD = 1.11) σε σχέση με πριν (M = 2.54, SD = 1.06), με  $p = .021$ .
- Από την οικογένεια: Η πληροφόρηση από την οικογένεια παρουσίασε αύξηση μετά την παρέμβαση (M = 2.45, SD = 1.17) σε σχέση με πριν (M = 2.19, SD = 1.22), αλλά η διαφορά δεν ήταν στατιστικά σημαντική ( $p = .575$ ).
- Από τον τύπο (εφημερίδες/περιοδικά): Δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στη χρήση του τύπου ως πηγή πληροφόρησης μετά την παρέμβαση (M = 1.47, SD = 0.93) σε σύγκριση με πριν (M = 1.45, SD = 0.92), με  $p = .390$ .

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η εκπαιδευτική παρέμβαση είχε σημαντική επίδραση στην αύξηση της χρήσης του σχολείου και της τηλεόρασης ως πηγές πληροφόρησης. Αντίθετα, η χρήση του διαδικτύου παρέμεινε σταθερή, ενώ η πληροφόρηση από την οικογένεια και τον

τύπο δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές αλλαγές. Συνολικά, η παρέμβαση φαίνεται να ενίσχυσε κυρίως το ρόλο του σχολείου ως πηγή πληροφόρησης, ενώ οι υπόλοιπες πηγές δεν επηρεάστηκαν σε μεγάλο βαθμό.

Πίνακας 31 Σύγκριση των Μέσων Τιμών των Πηγών Πληροφόρησης Πριν και Μετά την Εκπαιδευτική Παρέμβαση

	Πριν		Μετά		p-value
	M	SD	M	SD	
I. Σχολείο	3.58 <sub>a</sub>	1.25	3.75 <sub>b</sub>	1.09	.002
II. Εξωσχολικές εκπαιδευτικές δραστηριότητες	1.95 <sub>a</sub>	1.04	2.02 <sub>a</sub>	1.04	.553
III. Διαδίκτυο	3.20 <sub>a</sub>	1.13	3.19 <sub>b</sub>	1.22	.048
IV. Τηλεόραση	2.54 <sub>a</sub>	1.06	2.54 <sub>b</sub>	1.11	.021
V. Από την οικογένεια μου	2.19 <sub>a</sub>	1.22	2.45 <sub>a</sub>	1.17	.575
VI. Από τον τύπο (εφημερίδες/ περιοδικά)	1.45 <sub>a</sub>	.92	1.47 <sub>a</sub>	.93	.390

*Σημείωση.* Οι τιμές στην ίδια γραμμή και υποπίνακα που δεν μοιράζονται τον ίδιο δείκτη διαφέρουν σημαντικά στο επίπεδο  $p < 0,05$  σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Wilcoxon test.

## Αλληλεπιδράσεις δημογραφικών στοιχείων πριν και μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση, στα τμήματα B2, B4, B5

Σε αυτή την ενότητα εξετάζονται οι αλληλεπιδράσεις των δημογραφικών στοιχείων των μαθητών, στις μεταβλητές του Πίνακα 30 που βρέθηκαν οριακά σημαντικές ή στατιστικά σημαντικές διαφορές πριν και μετά την παρέμβαση (Οικειότητα/Ενδιαφέρον για το αντικείμενο, Σημαντικότητα επιστημονικών στοιχείων, Αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών, Ανησυχία από έντονα φαινόμενα, Αξιολόγηση γνώσεων).

Η ανάλυση επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (repeatedmeasuresANOVA) που διεξήχθη για να εξεταστεί η επίδραση της εκπαιδευτικής παρέμβασης (εκπαίδευση) στην οικειότητα και το ενδιαφέρον για το αντικείμενο, καθώς και οι αλληλεπιδράσεις της εκπαίδευσης με το φύλο, την ηλικία, και την τάξη, αποκάλυψε τα εξής στατιστικά σημαντικά ευρήματα (Πίνακας 32).

**Η εκπαιδευτική παρέμβαση είχε μια στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση** στην οικειότητα και το ενδιαφέρον για το αντικείμενο,  $F(1, 38) = 12.972$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2_p = 0.254$ . Αυτό υποδηλώνει ότι η εκπαίδευση οδήγησε σε σημαντική αύξηση της οικειότητας και του ενδιαφέροντος των μαθητών για το αντικείμενο. Υπήρξε μια στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ της εκπαιδευτικής παρέμβασης και της ηλικίας,  $F(1, 38) = 6.301$ ,  $p = .016$ ,  $\eta^2_p = 0.142$ . Υπήρξε επίσης μια στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ της εκπαιδευτικής παρέμβασης και του τμήματος,  $F(2, 38) = 7.437$ ,  $p = .002$ ,  $\eta^2_p = 0.281$ . Αυτό δείχνει ότι η επίδραση της εκπαίδευσης στην οικειότητα και το ενδιαφέρον ποικίλλει μεταξύ των διαφορετικών τμημάτων και ηλικιών. Επιπλέον, βρέθηκε μια στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ της εκπαίδευσης, του φύλου και της τάξης,  $F(2, 38) = 6.928$ ,  $p = .003$ ,  $\eta^2_p = 0.267$ , υποδεικνύοντας ότι η συνδυασμένη επίδραση αυτών των παραγόντων επηρεάζει την οικειότητα και το ενδιαφέρον για το αντικείμενο. Συνολικά, η **αλληλεπίδραση Εκπαιδευτικής παρέμβασης, Φύλου, Ηλικίας, και Τάξης** ήταν στατιστικά σημαντική,  $F(2, 38) = 5.751$ ,  $p = .007$ ,  $\eta^2_p = 0.232$ , υποδεικνύοντας ότι η επίδραση της εκπαιδευτικής παρέμβασης είναι σύνθετη και επηρεάζεται από την αλληλεπίδραση όλων αυτών των παραγόντων.

Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι η εκπαιδευτική παρέμβαση είχε σημαντική θετική επίδραση στην οικειότητα και το ενδιαφέρον για το αντικείμενο. Η επίδραση αυτή, ωστόσο, διαφοροποιείται ανάλογα με την ηλικία, την τάξη, το φύλο, και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ αυτών των παραγόντων, υποδεικνύοντας μια σύνθετη σχέση μεταξύ της εκπαίδευσης και των παραπάνω δημογραφικών χαρακτηριστικών.

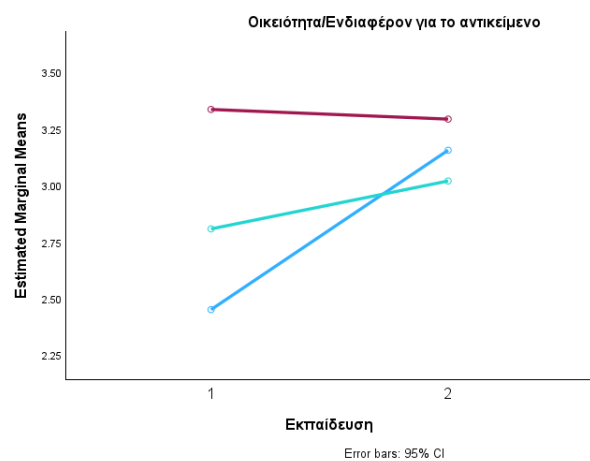
Παρατηρώντας το Διάγραμμα 6(α) προκύπτει ότι για το Β4 η οικειότητα με το αντικείμενο ήταν ήδη υψηλή και δεν μεταβλήθηκε μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση. Αντίθετα, στα τμήματα Β2 και Β5, η εκπαιδευτική παρέμβαση συνετέλεσε στην αύξηση της οικειότητας και του ενδιαφέροντος των μαθητών για το αντικείμενο.

Από το Διάγραμμα 6(β) προκύπτει ότι η μεγαλύτερη αύξηση της οικειότητας και του ενδιαφέροντος των μαθητών για το αντικείμενο μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση σημειώθηκε στην ηλικία των 14 ετών συγκριτικά με την ηλικία των 13 ετών.

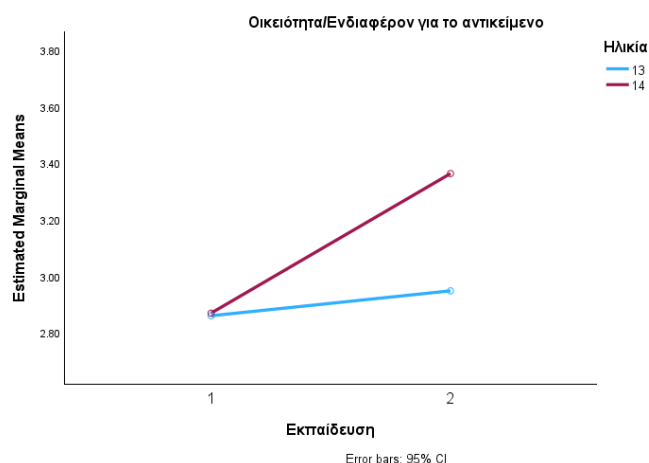
Από το Διάγραμμα 6(γ) που αφορά τα αγόρια, προκύπτει ότι η μεγαλύτερη αύξηση της οικειότητας και του ενδιαφέροντος για το αντικείμενο μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση σημειώθηκε στο τμήμα Β5, ενώ το Διάγραμμα 6(δ) που αφορά τα κορίτσια δείχνει αύξηση στις μαθήτριες του τμήματος Β2 και σχετικά σταθερές τιμές στις μαθήτριες των άλλων τμημάτων.

Πίνακας 32. Ανάλυση επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (repeated measures ANOVA) για την Οικειότητα/ Ενδιαφέρον για το αντικείμενο

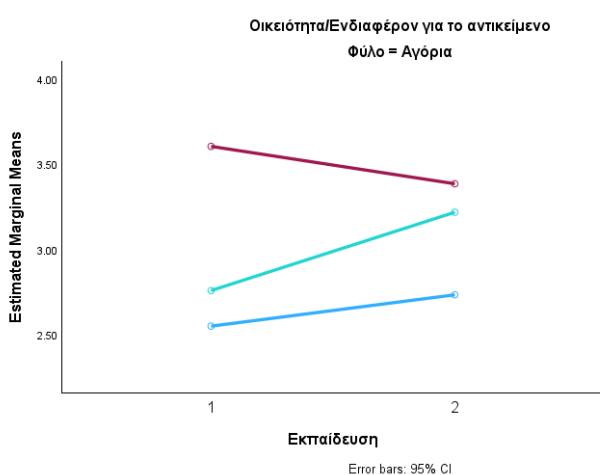
Source	Type III SS	df	MSE	F	p	$\eta^2_p$
Εκπαίδευση (παρέμβαση)	1.812	1	1.812	12.972	<b>&lt;.001</b>	0.254
Εκπαίδευση * Φύλο	0.482	1	0.482	3.449	0.071	0.083
Εκπαίδευση * <b>Ηλικία</b>	0.88	1	0.88	6.301	<b>0.016</b>	0.142
Εκπαίδευση * <b>Τάξη</b>	2.077	2	1.039	7.437	<b>0.002</b>	0.281
Εκπαίδευση * Φύλο * Ηλικία	0.384	1	0.384	2.748	0.106	0.067
Εκπαίδευση * <b>Φύλο * Τάξη</b>	1.935	2	0.967	6.928	<b>0.003</b>	0.267
Εκπαίδευση * Ηλικία * Τάξη	0.048	2	0.024	0.173	0.841	0.009
Εκπαίδευση * <b>Φύλο * Ηλικία * Τάξη</b>	<b>1.606</b>	<b>2</b>	<b>0.803</b>	<b>5.751</b>	<b>0.007</b>	<b>0.232</b>
Error(Εκπαίδευση)	5.307	38	0.14			



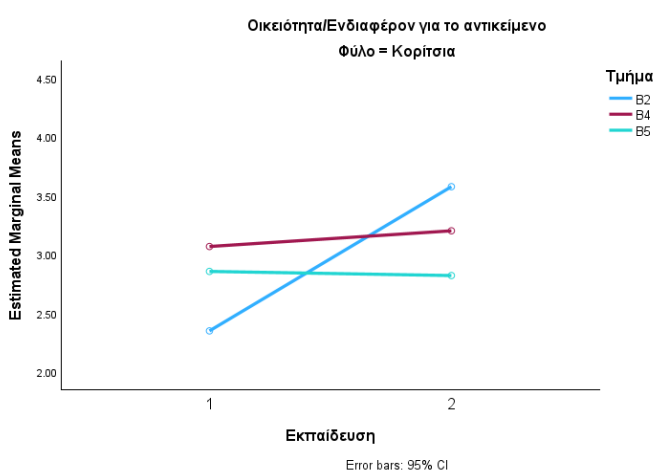
(α)



(β)



(γ)



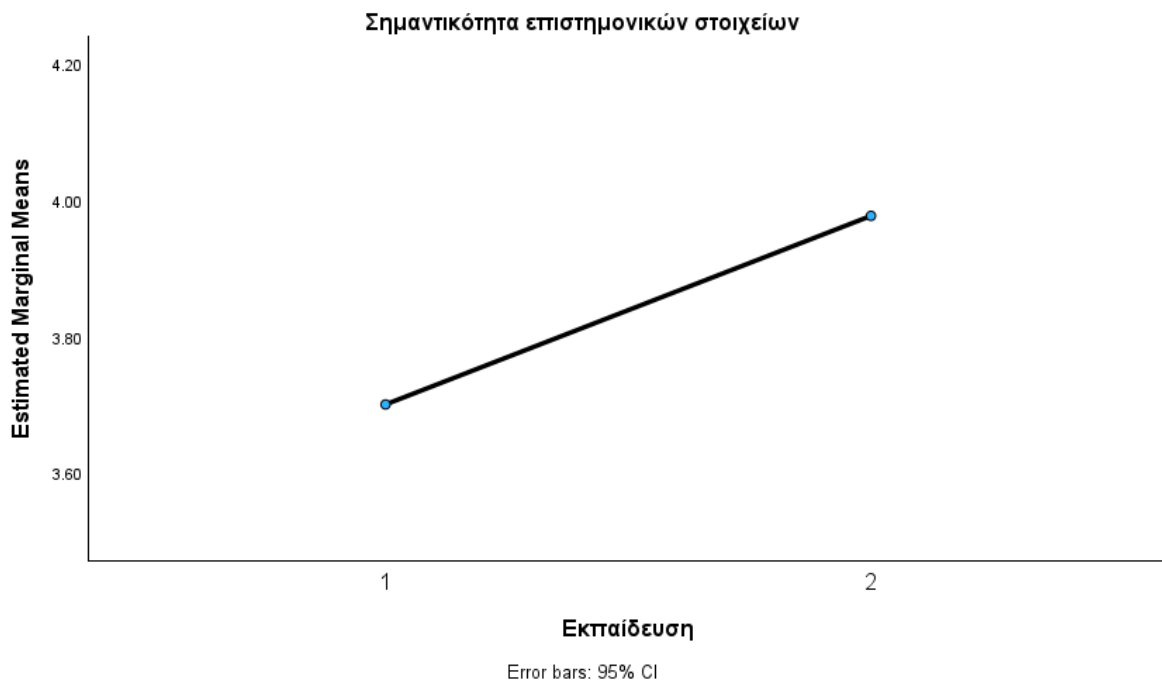
(δ)

Διάγραμμα 6. Εκτιμώμενες οριακές μέσες τιμές της οικειότητας/ ενδιαφέροντος για το αντικείμενο πριν και μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση, σε σχέση με α) το τμήμα, β) την ηλικία γ) το τμήμα για τα αγόρια και δ) το τμήμα για τα κορίτσια.

Η ανάλυση επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (repeated measures ANOVA) που εξετάζει τη σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων (Πίνακας 33) έδειξε ότι η εκπαιδευτική παρέμβαση είχε μια στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση στη σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων,  $F(1, 37) = 6.881$ ,  $p = .013$ ,  $\eta^2_p = 0.157$ . Αυτό δείχνει ότι η εκπαίδευση είχε σημαντική θετική επίδραση στην αντίληψη των μαθητών σχετικά με τη σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 7. Δεν παρατηρήθηκαν άλλες στατιστικά σημαντικές αλληλεπιδράσεις ή κύριες επιδράσεις σε αυτήν την ανάλυση.

Πίνακας 33. Ανάλυση επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (repeated measures ANOVA) για τη σημαντικότητα των επιστημονικών στοιχείων

Source	Type III SS	df	MSE	F	p	$\eta^2_p$
Εκπαίδευση	1.618	1	1.618	6.881	0.013	0.157
Εκπαίδευση * Φύλο	0.264	1	0.264	1.121	0.297	0.029
Εκπαίδευση * Ηλικία	0.406	1	0.406	1.726	0.197	0.045
Εκπαίδευση * Τάξη	0.177	2	0.089	0.376	0.689	0.02
Εκπαίδευση * Φύλο * Ηλικία	0.314	1	0.314	1.335	0.255	0.035
Εκπαίδευση * Φύλο * Τάξη	0.909	2	0.454	1.933	0.159	0.095
Εκπαίδευση * Ηλικία * Τάξη	0.237	2	0.118	0.503	0.609	0.026
Εκπαίδευση * Φύλο * Ηλικία * Τάξη	0.229	2	0.114	0.487	0.619	0.026
Error(Εκπαίδευση)	8.699	37	0.235			



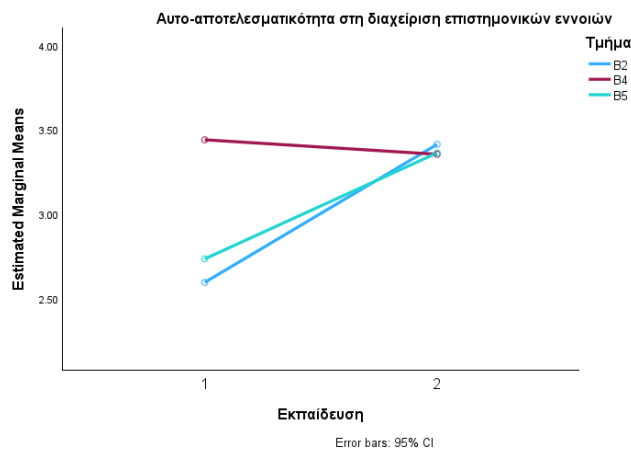
Διάγραμμα 7. Εκτιμώμενες οριακές μέσες τιμές της σημαντικότητας των επιστημονικών στοιχείων πριν και μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση

Η ανάλυση επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (repeated measures ANOVA) που διεξήχθη για να εξετάσει την αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών (Πίνακας 34) έδειξε ότι η εκπαιδευτική παρέμβαση είχε μια στατιστικά σημαντική επίδραση στην αυτο-αποτελεσματικότητα των μαθητών στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών,  $F(1, 37) = 17.098$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2_p = 0.316$ . Επίσης, υπήρξε μια στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ της εκπαιδευτικής παρέμβασης και της τάξης,  $F(2, 37) = 6.867$ ,  $p = .003$ ,  $\eta^2_p = 0.271$ , και μεταξύ της εκπαίδευσης, του φύλου και της ηλικίας,  $F(1, 37) = 6.08$ ,  $p = .018$ ,  $\eta^2_p = 0.141$ , υποδεικνύοντας ότι η συνδυασμένη επίδραση αυτών των παραγόντων επηρεάζει την αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών. Δεν παρατηρήθηκαν άλλες στατιστικά σημαντικές επιδράσεις ή αλληλεπιδράσεις σε αυτήν την ανάλυση.

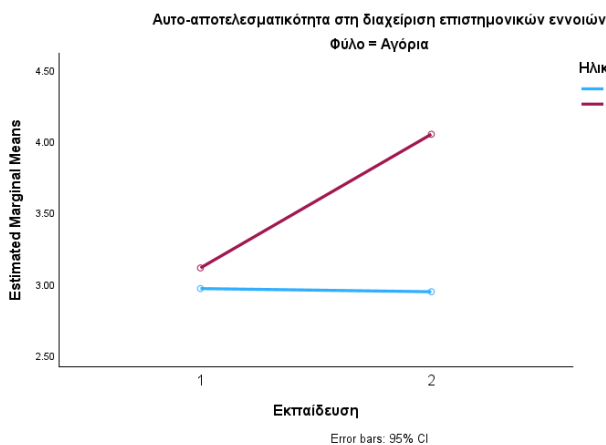
Παρατηρώντας το Διάγραμμα 8(α) προκύπτει ότι για το B4 η αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών ήταν ήδη υψηλή και δεν μεταβλήθηκε μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση. Αντίθετα, στα τμήματα B2 και B5, η εκπαιδευτική παρέμβαση συνετέλεσε στην αύξηση της αυτο-αποτελεσματικότητας στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών. Από το Διάγραμμα 8(β) που αφορά τα αγόρια, προκύπτει ότι η μεγαλύτερη αύξηση της αυτο-αποτελεσματικότητας μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση σημειώθηκε στις ηλικίες των 14 ετών ενώ το Διάγραμμα 8(γ) που αφορά τα κορίτσια δείχνει αύξηση της αυτο-αποτελεσματικότητας και στις δύο ηλικίες.

Πίνακας 34. Ανάλυση επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (repeated measures ANOVA) για την αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών

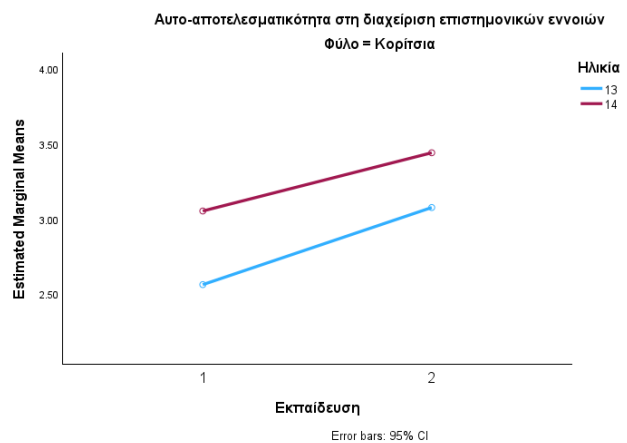
Source	Type III SS	df	MSE	F	p	$\eta^2_p$
Εκπαίδευση	4.368	1	4.368	17.098	<.001	0.316
Εκπαίδευση * Φύλο	0.000	1	0.000	0.000	0.983	0.000
Εκπαίδευση * Ηλικία	0.915	1	0.915	3.582	0.066	0.088
Εκπαίδευση * Τάξη	3.509	2	1.754	6.867	<b>0.003</b>	0.271
Εκπαίδευση * Φύλο * Ηλικία	1.553	1	1.553	6.08	<b>0.018</b>	0.141
Εκπαίδευση * Φύλο * Τάξη	0.125	2	0.063	0.245	0.784	0.013
Εκπαίδευση * Ηλικία * Τάξη	0.084	2	0.042	0.163	0.850	0.009
Εκπαίδευση * Φύλο * Ηλικία * Τάξη	0.584	2	0.292	1.143	0.330	0.058
Error(Εκπαίδευση)	9.453	37	0.255			



(α)



(β)



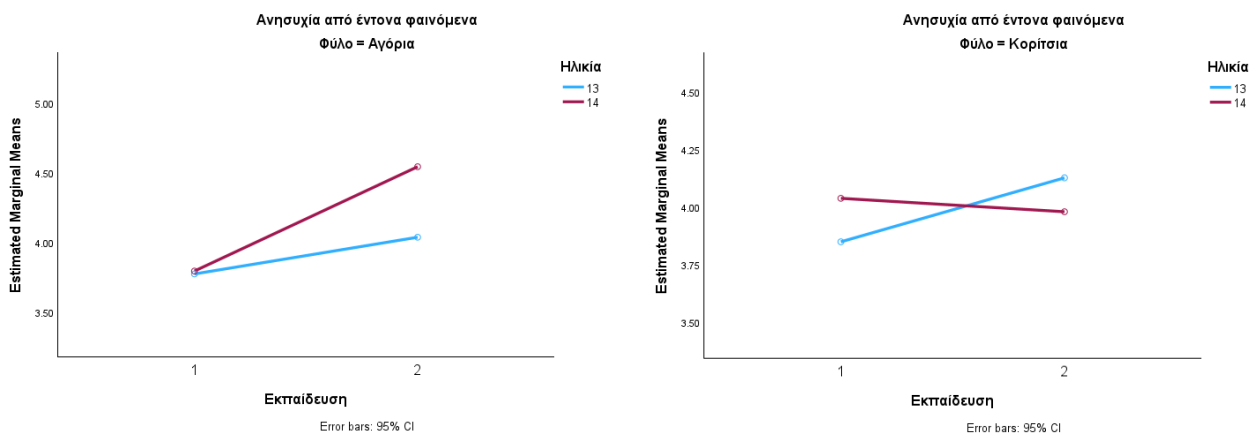
(γ)

Διάγραμμα 8. Εκτιμώμενες οριακές μέσες τιμές για την αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών πριν και μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση ανά α) τμήμα, β) ηλικία για τα αγόρια και γ) ηλικία για τα κορίτσια.

Η ανάλυση επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (repeated measures ANOVA) που εξετάζει την ανησυχία των μαθητών από έντονα φαινόμενα (Πίνακας 35) έδειξε ότι η εκπαιδευτική παρέμβαση είχε μια στατιστικά σημαντική επίδραση στην ανησυχία των μαθητών από έντονα φαινόμενα,  $F(1, 38) = 9.041$ ,  $p = .005$ ,  $\eta^2_p = 0.192$ . Δεν παρατηρήθηκαν άλλες στατιστικά σημαντικές αλληλεπιδράσεις ή κύριες επιδράσεις σε αυτήν την ανάλυση. Ωστόσο, η αλληλεπίδραση μεταξύ της εκπαίδευσης, του φύλου και της ηλικίας πλησίασε το επίπεδο της στατιστικής σημαντικότητας,  $F(1, 38) = 4.02$ ,  $p = .052$ ,  $\eta^2_p = 0.096$ , υποδεικνύοντας ότι η επίδραση της εκπαίδευσης στην ανησυχία από έντονα φαινόμενα μπορεί να διαφέρει μεταξύ των φύλων και των ηλικιακών ομάδων. Συγκεκριμένα, στο Διάγραμμα 9, φαίνεται ότι η ανησυχία αυξάνεται για τα μεγαλύτερα σε ηλικία αγόρια ενώ για τα κορίτσια η επίδραση της εκπαιδευτικής παρέμβασης είναι πιο έντονη στις μικρότερες ηλικίες.

Πίνακας 35. Ανάλυση επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (repeated measures ANOVA) για την ανησυχία από έντονα φαινόμενα

Source	Type III SS	df	MSE	F	p	$\eta^2_p$
Εκπαίδευση	2.033	1	2.033	9.041	0.005	0.192
Εκπαίδευση * Φύλο	0.844	1	0.844	3.751	0.060	0.090
Εκπαίδευση * Ηλικία	0.03	1	0.03	0.134	0.717	0.004
Εκπαίδευση * Τάξη	0.622	2	0.311	1.384	0.263	0.068
Εκπαίδευση * Φύλο * Ηλικία	0.904	1	0.904	4.018	0.052	0.096
Εκπαίδευση * Φύλο * Τάξη	0.772	2	0.386	1.715	0.194	0.083
Εκπαίδευση * Ηλικία * Τάξη	0.106	2	0.053	0.235	0.792	0.012
Εκπαίδευση * Φύλο * Ηλικία * Τάξη	0.282	2	0.141	0.626	0.540	0.032
Εγγο(Εκπαίδευση)	8.546	38	0.225			



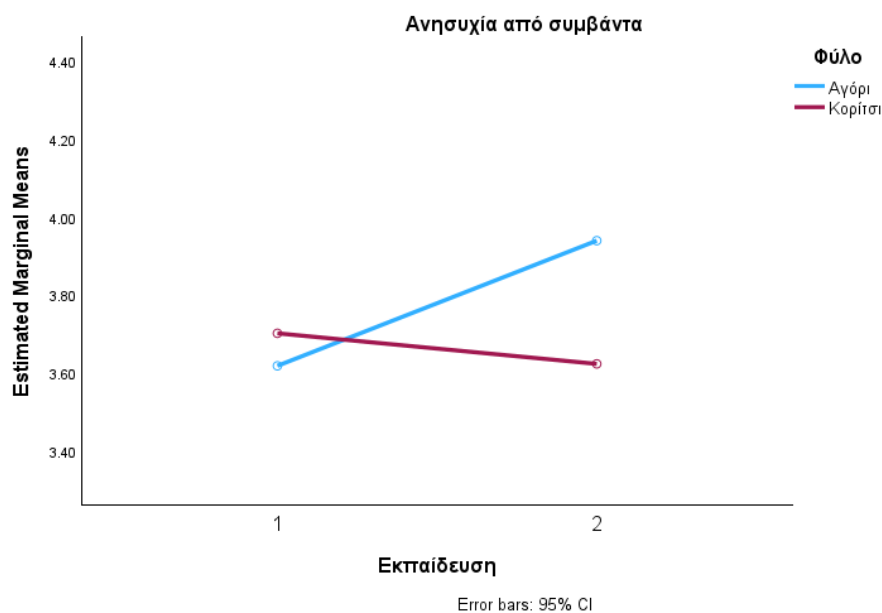
Διάγραμμα 9. Εκτιμώμενες οριακές μέσες τιμές για την ανησυχία από έντονα φαινόμενα πριν και μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση ανά α) ηλικία για τα αγόρια και β) ηλικία για τα κορίτσια.

Η ανάλυση επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (repeatedmeasuresANOVA) που διεξήχθη για να εξετάσει την ανησυχία από συμβάντα (Πίνακας 36), έδειξε μια στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ της εκπαιδευτικής παρέμβασης και του φύλου,  $F(1, 37) = 5.002$ ,  $p =$

.031,  $\eta^2_p = 0.119$ . Συγκεκριμένα, στο Διάγραμμα 10, φαίνεται ότι η ανησυχία αυξάνεται περισσότερο για τα αγόρια συγκριτικά με τα κορίτσια μετά το πέρας της εκπαιδευτικής παρέμβασης.

Πίνακας 36. Ανάλυση επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (repeated measures ANOVA) για την ανησυχία από συμβάντα

Source	Type III SS	df	MSE	F	p	$\eta^2_p$
Εκπαίδευση	0.311	1	0.311	1.845	0.183	0.048
Εκπαίδευση * Φύλο	0.843	1	0.843	5.002	0.031	0.119
Εκπαίδευση * Ηλικία	0.015	1	0.015	0.09	0.766	0.002
Εκπαίδευση * Τάξη	0.171	2	0.086	0.508	0.606	0.027
Εκπαίδευση * Φύλο * Ηλικία	0.026	1	0.026	0.153	0.698	0.004
Εκπαίδευση * Φύλο * Τάξη	0.352	2	0.176	1.045	0.362	0.053
Εκπαίδευση * Ηλικία * Τάξη	0.298	2	0.149	0.886	0.421	0.046
Εκπαίδευση * Φύλο * Ηλικία * Τάξη	1.108	2	0.554	3.289	0.048	0.151
Error(Εκπαίδευση)	6.235	37	0.169			



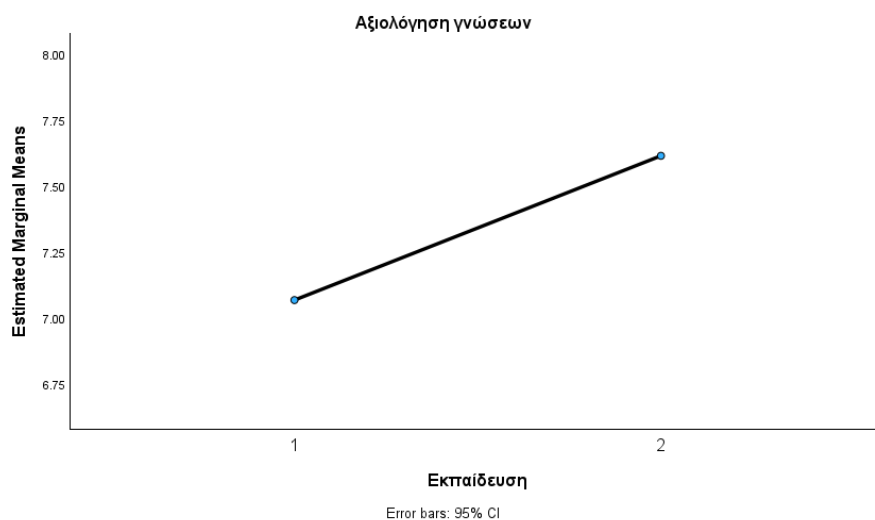
Διάγραμμα 10. Εκτιμώμενες οριακές μέσες τιμές για την ανησυχία από συμβάντα πριν και μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση.

Η ανάλυση επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (repeated measures ANOVA) που διεξήχθη για να εξετάσει την επίδοση στην αξιολόγηση γνώσεων (Πίνακας 37) αποκάλυψε ότι η εκπαιδευτική παρέμβαση είχε μια στατιστικά σημαντική επίδραση στην επίδοση των μαθητών στην αξιολόγηση γνώσεων,  $F(1, 38) = 4.394$ ,  $p = .043$ ,  $\eta^2_p = 0.104$ . Αυτό δείχνει ότι η εκπαίδευση

οδήγησε σε βελτίωση της επίδοσης των μαθητών στις γνώσεις που αξιολογήθηκαν (Διάγραμμα 11).

Πίνακας 37. Ανάλυση επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (repeated measures ANOVA) για την επίδοση στην αξιολόγηση γνώσεων

Source	Type III SS	df	MSE	F	p	$\eta^2_p$
Εκπαίδευση	6.372	1	6.372	4.394	0.043	0.104
Εκπαίδευση * Φύλο	0.22	1	0.22	0.152	0.699	0.004
Εκπαίδευση * Ηλικία	0.565	1	0.565	0.389	0.536	0.01
Εκπαίδευση * Τάξη	0.372	2	0.186	0.128	0.880	0.007
Εκπαίδευση * Φύλο * Ηλικία	0.245	1	0.245	0.169	0.684	0.004
Εκπαίδευση * Φύλο * Τάξη	0.43	2	0.215	0.148	0.863	0.008
Εκπαίδευση * Ηλικία * Τάξη	0.095	2	0.048	0.033	0.968	0.002
Εκπαίδευση * Φύλο * Ηλικία * Τάξη	4.773	2	2.386	1.646	0.206	0.08
Error(Εκπαίδευση)	55.108	38	1.45			



Διάγραμμα 11. Εκτιμώμενες οριακές μέσες τιμές για την επίδοση των μαθητών στην αξιολόγηση γνώσεων πριν και μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση.

## Παράρτημα

	Cronbach's α	N		M	SD	Skewness	Kurtosis	Minimum	Maximum
		Valid	Missing						
<b>Πριν την εκπαιδευτική παρέμβαση</b>									
Οικειότητα/Ενδιαφέρον για το αντικείμενο	.574	59	52	2.9415	.57002	.173	-.923	1.80	4.00
Κίνητρα για επαγγελματική ενασχόληση	.909	29	82	2.3908	.94310	.350	-.859	1.00	4.33
Σημαντικότητα επιστημονικών στοιχείων	.626	58	53	3.8276	.67896	-.187	-.637	2.33	5.00
Σημασία φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης	.711	57	54	3.4678	1.11693	-.582	-.305	1.00	5.00
Αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών	.917	58	53	3.0132	.83817	.145	-.446	1.50	4.83
Ανησυχία από έντονα φαινόμενα	.851	59	52	3.8941	.74453	-.707	.419	1.50	5.00
Ανησυχία από συμβάντα	.743	58	53	3.6448	.71185	.172	-.914	2.40	5.00
Αξιολόγηση γνώσεων	.719	59	52	7.1356	1.19565	-.959	1.261	3.00	9.00
<b>Μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση</b>									
Οικειότητα/ Ενδιαφέρον για το αντικείμενο	.665	100	11	2.9540	.67441	.022	-.102	1.20	4.60
Κίνητρα για επαγγελματική ενασχόληση	.740	64	47	1.7344	1.43425	.198	-1.075	.00	5.00
Σημαντικότητα επιστημονικών στοιχείων	.744	100	11	3.8967	.80221	-.758	.416	1.33	5.00
Σημασία φαινομένων για την περιοχή διαβίωσης	.897	100	11	3.6260	1.07333	-.982	.723	.00	5.00
Αυτο-αποτελεσματικότητα στη διαχείριση επιστημονικών εννοιών	.820	100	11	3.2097	.73968	-.232	-.179	1.17	4.83
Ανησυχία από έντονα φαινόμενα	.693	100	11	4.0125	.67455	-.810	.588	2.00	5.00
Ανησυχία από συμβάντα	.657	99	12	3.6561	.65537	-.188	-.213	2.00	5.00
Αξιολόγηση γνώσεων	.769	111	0	6.4595	2.58943	-1.445	1.327	.00	9.00

«Δηλώνω ρητά ότι σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986 η παρούσα διατριβή αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης».