ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Ανοικτή Εκπαίδευση: το περιοδικό για την Ανοικτή και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση και την Εκπαιδευτική Τεχνολογία

Τόμ. 15, Αρ. 1 (2019)

Εκπαιδευτικές δραστηριότητες σε επιφανειακά ύδατα με την αξιοποίηση του Διαδικτύου των Αντικειμένων

ΧΡΥΣΑΝΘΗ ΤΖΙΩΡΤΖΙΩΤΗ, ΕΙΡΗΝΗ ΜΑΥΡΟΜΜΑΤΗ, ΙΩΑΝΝΗΣ ΧΑΤΖΗΓΙΑΝΝΑΚΗΣ, ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΑΜΑΧΙΛΑΤΗΣ

doi: 10.12681/jode.16385

Βιβλιογραφική αναφορά:

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** ΕΚΤ | **Πρόσβαση:** 30/03/2026 11:31:15

Εκπαιδευτικές δραστηριότητες σε επιφανειακά ύδατα με την αξιοποίηση του Διαδικτύου των Αντικειμένων

Educational activities pertaining aquatic environments and Internet of Things data

Χρυσάνθη Τζιωρτζιώτη
Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
tziortzio@gmail.com

Ειρήνη Μαυρομμάτη
Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
mavrommati@eap.gr

Δημήτρης Αμαξιλάτης
ΙΤΥΕ Διόφαντος
Πάτρα
amaxilat@cti.gr

Ιωάννης Χατζηγιαννάκης
University of Rome "La Sapienza"
Ρώμη
ichatz@dis.uniroma1.it

Summary
Aquatic environments play an extremely important role in supporting life on Earth. However, aquatic ecosystems are directly at risk from increased pollution, climate change and loss of biodiversity, making it prominent to monitor constantly the status of water's quality. Young people's awareness and active involvement in environmental protection is crucial to maintain a sustainable planet. In this direction, this paper presents a STEM educational practice that uses Internet of Things (IoT) data, along with educational activities based on Design Learning method (DBL), so as to comprehend aquatic environments. The design and operation of an automated system is proposed, that exploits data from installed sensors in lakes and rivers, to monitor physicochemical water parameters. The collected data is used in several educational activities to influence students' environmental behavior. The article deals with the effort to raise students' awareness on water quality protection as a result of STEM educational activities in which science, technology, engineering and mathematics are applied, aiming at: a) knowledge and understanding of basic physical and chemical parameters of water in lakes and rivers, and (b) the ability to correlate, interpret and evaluate changes in water's physical and chemical parameters.
Real data in STEM education: The approach of promoting citizens' sustainable behavior through educational activities falls within the scope of various research programs. The GAIA platform is among few IoT systems that focus on the educational community. The goal of GAIA is to include the users in the loop of monitoring the energy consumption in the buildings they use daily, connecting the educational activities carried out at schools with their activities at home. A real-world IoT deployment is spread in 3 countries, monitoring in real-time 18 school buildings

in terms of electricity consumption and indoor and outdoor environmental conditions. GAIA's IoT devices are either open-design IoT nodes or off-the-shelf products acquired from IoT device manufacturers. The data collected is used as part of a series of education scenarios whose goal is to educate, influence and attempt to transform the energy consumption behavior of school students.

In order to enrich STEM education, the National Science Foundation (NSF) - funded the SENSE-IT project. SENSE-IT use educational modules that teach students to construct, program, and test a series of sensors to monitor water quality, which readily provides a motivating context for a variety classroom curricula. Students gather a data set, in order to consider and research potential water quality issues in their region.

The concept of users in the loop of monitoring is central in the area of participatory sensing as students are gaining deep domain-specific knowledge through their science campaign, as well as broad general STEM knowledge through data-collection best practices, data analysis, scientific methods, and other areas specific to their project.

Educational approaches: As Caine notes, "children learn best if they are immersed in complex experiences and are given the opportunity to actively process what they have learned". This emphasis on application through design has been informed by research on the use of design for learning complex and interrelated ideas. Design Based Learning is a combination of problem learning method, based on small-scale research and design an artifact to solve a human-generated challenge. Students are involved in solving problems in a real context that make sense to them following the engineering design process.

In the context of the proposed educational activities, students undertake to design an automatic device to monitor the environmental variables of a lake or river, to evaluate water quality. The requested construction aims to mobilize, engage and take responsibility of learners themselves to seek out and acquire knowledge, skills and practices through design challenge as well as practicing problem solving techniques.

The IoT water sensor set up: The sensor unit used in our experiments is based on the open-source (hardware and software) Arduino platform. The Arduino platform was selected as it is well-established electronics prototyping platform and offers multiple variations that provide us with the appropriate core components for building sensing devices with the lowest cost and effort. Our goal has been to develop a small, relatively inexpensive, portable device that can easily be deployed and packed after the measurements are collected. Due to the area of our test, lakes and rivers, we wanted an easy way to collect measurements without the need of a deployed communications infrastructure (e.g., a mobile data network connection). Therefore, an Arduino device that is equipped with an SD card reader module was used. Using the SD card allows us to store the measurements collected in each session locally. After the data collection, the SD card can be removed from the Arduino and the measurements can be easily transferred to a laptop or a smartphone. In a future version of our device this could become a more automated process, by transmitting the data using Bluetooth or WiFi to a smartphone application, including geolocation and the local time, as this information is not available in our design. The Arduino program follows an extremely simplied approach to collect the measurements. As soon as the device is powered a file is created in the SD card to append new data. Each sensor is polled sequentially and once data are retrieved for all sensors, the collected data are appended to the file together with a relative timestamp. This timestamp shows the time since the device's power on time (as the device has no real time clock or battery to maintain a constant time reference). It is therefore important

to store the measurements after each sampling session and properly tag them for location and time manually.
Educational scenarios: Students create an independent water quality investigation by identifying the water body, the investigation questions and the water quality parameters are needed. Then design, construct and program the sensor device to monitor physicochemical water parameters. After that, they gather and analyze the data to determine the correlation between variables and create a final report or an action plan.
Water quality depends on several different variables. Some of the most basic are water temperature, dissolved oxygen, conductivity, pH, salinity, hardness and sedimentation. In the present study was chosen to study i) temperature, ii) dissolved solids, iii) dissolved oxygen and iv) pH, based mainly on economic criteria, considering that temperature and dissolved oxygen are the two most important factors affecting water ecosystems.
Discussion: The dissemination of the IoT, and the use of various sensors in education, can help promote sustainable behavior. Using such an infrastructure and the data, it is easy to create tools that reflect the actual environmental conditions of different ecosystems and provide feedback. At the same time, recent technological developments allow us to expand our network infrastructure in order to monitor additional environmental parameters. To this end, we recommend the use of additional sensors and the operation of a network to collect real-time environmental variables that will help to understand the effects of man-pressures, and to take action to protect aquatic ecosystems.

Keywords
IoT, sensors, educational scenarios, aquatic ecosystems, environmental awareness

Περίληψη
Το υδατικό περιβάλλον διαδραματίζει έναν εξόχως σημαντικό ρόλο για την ύπαρξη της ζωής στη Γη. Ωστόσο, τα υδατικά οικοσυστήματα κινδυνεύουν άμεσα από την ολοένα αυξανόμενη ρύπανση, την κλιματική αλλαγή και την απώλεια της βιοποικιλότητας, με αποτέλεσμα να καθίσταται κάτι περισσότερο από απαραίτητη η διαρκής, όσο και λεπτομερής παρακολούθησή τους. Σε αυτή την εργασία, παρουσιάζεται η εφαρμογή μιας εκπαιδευτικής πρακτικής STEM που αξιοποιεί συστήματα Διαδικτύου των Αντικειμένων με αισθητήρες (Internet of Things, IoT), σε συνδυασμό με κατάλληλα σχεδιασμένες εκπαιδευτικές δραστηριότητες που βασίζονται στη Μάθηση μέσω Σχεδιασμού (Design Based Learning), για την κατανόηση του υδάτινου περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, περιγράφεται ο σχεδιασμός και η λειτουργία ενός αυτοματοποιημένου συστήματος, το οποίο αξιοποιεί δεδομένα αισθητήρων εγκατεστημένων σε λίμνες και ποτάμια, για την παρακολούθηση και καταγραφή των περιβαλλοντικών παραμέτρων. Μέσα από την προσπάθεια ευαισθητοποίησης της σχολικής κοινότητας σε θέματα προστασίας της ποιότητας των υδάτων ως αποτέλεσμα εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων STEM, στις οποίες εφαρμόζονται οι γνώσεις των φυσικών επιστημών, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών, οι μαθητές στοχεύουν: α) στη γνώση και κατανόηση των βασικών φυσικών και χημικών παραμέτρων του νερού υδατικών οικοσυστημάτων, και β) στην ικανότητα συσχετισμού, ερμηνείας και εκτίμησης των μεταβολών των φυσικών και χημικών παραμέτρων του νερού.

Λέξεις-κλειδιά
IoT, αισθητήρες, υδατικά οικοσυστήματα, εκπαιδευτικά σενάρια, περιβαλλοντική συνείδηση

Εισαγωγή – Στόχοι

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 επιφανειακών υδάτων. Η ποιότητα του νερού σε λίμνες και ποτάμια, τείνει να αποτελέσει ένα παγκόσμιο πρόβλημα αυξανόμενης σημασίας, καθώς οι κίνδυνοι υποβάθμισής του, μεταφράζονται άμεσα σε κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχει θέσει ως στόχο της Στρατηγικής «Ευρώπη 2020» (COM/2010/2020/FINAL, 03.03.2010) για την προστασία του περιβάλλοντος: α) την «έξυπνη» ανάπτυξη μέσω της εκπαίδευσης, της γνώσης και της καινοτομίας, καθώς και β) τη βιώσιμη ανάπτυξη μέσω μιας πιο οικολογικής και ανταγωνιστικής οικονομίας με αποτελεσματικότερη χρήση των πόρων.

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.

Σε αυτή την εργασία, παρουσιάζονται εκπαιδευτικές πρακτικές STEM που αξιοποιούν συστήματα Διαδικτύου των Αντικειμένων με αισθητήρες (Internet of Things - IoT), σε συνδυασμό με κατάλληλα σχεδιασμένες εκπαιδευτικές δραστηριότητες που βασίζονται στην προσέγγιση της Μάθησης μέσω Σχεδιασμού (Design Based Learning), για την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των μαθητών. Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες έχουν ανεπαρκή συστήματα παρακολούθησης και δεν εξασφαλίζουν τη σωστή προστασία των υδατικών αποθεμάτων τους (WWF, 2001) προτείνουμε το σχεδιασμό και την λειτουργία ενός συστήματος, το οποίο περιλαμβάνει μια αυτοματοποιημένη εφαρμογή και αξιοποιεί δεδομένα από αισθητήρες εγκατεστημένους σε λίμνες και ποτάμια, για την παρακολούθηση και καταγραφή των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού. Τα δεδομένα που συλλέγονται αξιοποιούνται στο πλαίσιο ενός αριθμού εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων, με στόχο να επηρεάσουν και να μετασχηματίσουν τη συμπεριφορά των μαθητών. Το άρθρο ασχολείται με την προσπάθεια ευαισθητοποίησης της σχολικής κοινότητας σε θέματα προστασίας της ποιότητας των υδάτων ως αποτέλεσμα εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων STEM, στις οποίες εφαρμόζονται οι γνώσεις των φυσικών επιστημών, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών, στοχεύοντας: α) στη γνώση και κατανόηση των βασικών φυσικών και χημικών παραμέτρων των επιφανειακών υδάτων, και β) στην ικανότητα συσχετισμού, ερμηνείας και εκτίμησης των μεταβολών των φυσικών και χημικών παραμέτρων του νερού σε λίμνες και ποτάμια.

1. Σχετική έρευνα

Πραγματικά δεδομένα στην εκπαίδευση STEM

Η προσέγγιση της προώθησης της βιώσιμης συμπεριφοράς των πολιτών μέσω εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων εμπίπτει στο πεδίο εφαρμογής διαφόρων ερευνητικών προγραμμάτων. Η βασική ιδέα είναι ότι η αντιμετώπιση

περιβαλλοντικών ζητημάτων και η επίτευξη φιλόδοξων ενεργειακών και κλιματικών στόχων απαιτεί αλλαγή της συμπεριφοράς και των πρακτικών κατανάλωσης των πολιτών (European Environment Agency (EEA), 2013). Το έργο GAIA (http://gaia-project.eu) - Green Awareness in Action (Πράσινη Ευαισθητοποίηση στην Πράξη,) είναι ένα ευρωπαϊκό ερευνητικό έργο που απευθύνεται στην εκπαιδευτική κοινότητα με στόχο την προώθηση θετικών αλλαγών στη συμπεριφορά των χρηστών για την εξοικονόμηση ενέργειας στα σχολικά κτίρια (Mylonas, Amaxilatis, 2017). Το έργο επικεντρώνεται σε μαθητές διαφόρων βαθμίδων εκπαίδευσης από το Δημοτικό, το Γυμνάσιο, το Λύκειο και το Πανεπιστήμιο, στο προσωπικό των σχολικών μονάδων και τους γονείς των μαθητών. Οι δραστηριότητες του έργου περιλαμβάνουν παιγνιοποίηση και εκπαιδευτικές δράσεις βασισμένες σε πραγματικά δεδομένα ενεργειακής κατανάλωσης σε τρεις Ευρωπαϊκές χώρες. Στο πλαίσιο του έργου έχει αναπτυχθεί και λειτουργεί σύστημα Διαδικτύου των Αντικειμένων (IoT) σε Ελλάδα, Ιταλία και Σουηδία για την επίβλεψη σχολικών κτιρίων σε πραγματικό χρόνο, σε ότι αφορά στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και των εσωτερικών και εξωτερικών περιβαλλοντικών συνθηκών. Τα δεδομένα που συλλέγονται χρησιμοποιούνται σε ένα πλήθος από εκπαιδευτικές δράσεις που αποσκοπούν στο να επηρεάσουν και να μετασχηματίσουν τη συμπεριφορά των μαθητών σχετικά με την ενεργειακή κατανάλωση στη σχολική μονάδα. Πιο συγκεκριμένα, έχουν εγκατασταθεί σε αίθουσες διδασκαλίας, αισθητήρες μέτρησης θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας, φωτεινότητας, επιπέδων θορύβου και κίνησης, που συνοδεύονται από εξωτερικό μετεωρολογικό σταθμό, με απώτερο στόχο την χρήση των πραγματικών περιβαλλοντικών δεδομένων στο εσωτερικό και εξωτερικό του κτιρίου για κάθε σχολείο που συμμετέχει στο έργο.

Τα προγράμματα Veryschool (Brogan, 2015) και ZEMeds (Gaitani, 2015) εστιάζουν επίσης, στα σχολικά κτίρια. Στο πλαίσιο εφαρμογής των δύο έργων αναπτύχθηκε λογισμικό που παρέχει συμβουλές στους χρήστες για τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης της ενέργειας καθώς και σχετικά εργαλεία και μεθοδολογίες. Αντιστοίχως, το πρόγραμμα School of the Future (School of the Future, 2016) έχει ως αποτέλεσμα μια σειρά οδηγιών σχετικά με τις πρακτικές εξοικονόμησης ενέργειας σε εκπαιδευτικό περιβάλλον.

Το ερευνητικό έργο Smart Campus (Medina, 2014) επικεντρώνεται σε τέσσερις δημόσιους πανεπιστημιακούς ιστότοπους με πιλοτικές εγκαταστάσεις και υλικό, σε συνδυασμό με λογισμικό και απευθύνεται σε χρήστες προσωπικών υπολογιστών ή κινητών συσκευών, με στόχο την προώθηση της ευαισθητοποίησης στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Προκειμένου να υποστηρίξει την εκπαίδευση STEM, ο οργανισμός National Science Foundation (NSF) χρηματοδότησε μέσω του Innovative Technology Experiences for Students and Teachers (ITEST) το πρόγραμμα SENSE-IT (Student Enabled Network of Sensors for the Environment using Innovative Technology), στο οποίο οι μαθητές σχεδιάζουν, προγραμματίζουν και χρησιμοποιούν, μια σειρά αισθητήρων για την παρακολούθηση της ποιότητας υδατικών οικοσυστημάτων (Hotaling, 2012). Αξιοποιώντας τα υλικά που προσφέρει το πρόγραμμα οι μαθητές κατασκευάζουν, βαθμονομούν και δοκιμάζουν αισθητήρες και ψηφιακά κυκλώματα για την καταγραφή φυσικών παραμέτρων, όπως η θερμοκρασία, η αγωγιμότητα, η θολερότητα και το βάθος. Στο πλαίσιο υλοποίησης του προγράμματος αναπτύχθηκε εκπαιδευτικό υλικό για την τεχνολογία των αισθητήρων κατάλληλο για τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, αξιοποιήθηκαν οι αισθητήρες και τα δεδομένα τους για τη διδασκαλία της τεχνολογίας, της μηχανικής, των μαθηματικών και των φυσικών επιστημών, ενθαρρύνθηκαν οι μαθητές να διερευνήσουν τυχόν τοπικά

περιβαλλοντικά ζητήματα που αφορούσαν στην ποιότητα του νερού υδάτινων σωμάτων και τέλος, έγινε προσπάθεια να καταστεί ελκυστικότερη για τους μαθητές, η επιλογή απασχόλησης σε σχετικούς τομείς σταδιοδρομίας.

Ο Andrei Florian, στην ιστοσελίδα huckster.io, περιγράφει μια αυτοσχέδια συσκευή, με δυνατότητα απομακρυσμένης χρήσης, για την παρακολούθηση των τιμών του pH, της θολερότητας και της στάθμης του νερού μιας λίμνης ή ενός ποταμού. Η συσκευή αποτελείται από ένα Arduino 5 MKR FOX, έναν αισθητήρα pH, έναν αισθητήρα στάθμης νερού, LED και φωτοαντιστάτη (για να μετρήσει το αποτέλεσμα της σκέδασης που προκαλούν τα αιωρούμενα στερεά σωματίδια στο φως. Όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του σκεδαζόμενου φωτός, τόσο μεγαλύτερη η θολότητα του νερού), και μπαταρίες 2AA. Η συσκευή βυθίζεται στο νερό και στη συνέχεια ο χρήστης μπορεί να διαβάσει τις καταγεγραμμένες μετρήσεις στο κινητό τηλέφωνο ή τον υπολογιστή του οπουδήποτε και αν βρίσκεται, καθώς τα δεδομένα μεταδίδονται μέσω της πλατφόρμας wia.

a. Εκπαιδευτικά σενάρια και σε ποιους απευθύνονται

Οι προτεινόμενες στο παρόν άρθρο εκπαιδευτικές δραστηριότητες απευθύνονται σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και υπερβαίνουν την απλή ενημέρωση σχετικά με τα περιβαλλοντικά ζητήματα. Οι μαθητές αξιοποιούν τις τεχνολογικές εφαρμογές για να μετατραπούν σε ενεργούς φορείς που συνεργάζονται μεταξύ τους για την παρακολούθηση περιβαλλοντικών οικοσυστημάτων σε τοπικό επίπεδο ή την λήψη αποφάσεων για θέματα προστασίας του περιβάλλοντος. Τα εκπαιδευτικά σενάρια αποτελούν σημείο εκκίνησης για τις σχολικές κοινότητες, οι οποίες σχεδιάζουν και υλοποιούν συγκεκριμένες δραστηριότητες που σχετίζονται με τις δικές τους συνθήκες, παρέχουν προστιθέμενη αξία στα μέλη τους και είναι εφαρμόσιμες στις δικές τους καθημερινές εκπαιδευτικές πρακτικές. Η έννοια της καταγραφής και ανάλυσης των δεδομένων του περιβάλλοντος είναι κεντρική στο ερευνητικό πεδίο της συλλογής δεδομένων από αισθητήρες (Burke, 2006). Στην εργασία αυτή, τα προσωπικά κινητά τηλέφωνα χρησιμοποιούνται από κοινότητα χρηστών για τη συλλογή δεδομένων για διάφορες εφαρμογές όπως ο πολεοδομικός σχεδιασμός, η δημόσια υγεία, η πολιτιστική ταυτότητα και η δημιουργική έκφραση καθώς και η διαχείριση των φυσικών πόρων.

Αυτή η προσέγγιση έχει χρησιμοποιηθεί από το Cornell Laboratory of Ornithology (Brossard, 2005) σε ένα επιστημονικό εκπαιδευτικό πρόγραμμα για τη βιολογία των πτηνών, ενώ στο άρθρο (Kotovirta, 2012) οι συγγραφείς περιγράφουν δοκιμές για την ποιότητα του αέρα. Αντίστοιχα, στο EnviObserver (Sun, 2014) παρουσιάζεται μια λύση που συνδυάζει ένα αναπτυγμένο συμμετοχικό σύστημα ανίχνευσης για την παρακολούθηση του περιβάλλοντος. Άλλες σχετικές προσεγγίσεις αναφέρουν τον συνδυασμό αξιοποίησης διαδικτυακών παιχνιδιών με IoT, με στόχο τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας σε δημόσια κτίρια (Papaioannou, 2017) και (Mylonas, 2017).

Στο άρθρο (Heggen, 2013), επισημαίνεται η αξία της συμμετοχής σε αντίστοιχα προγράμματα όπως τα προαναφερόμενα, καθώς οι μαθητές κερδίζουν βαθιά γνώση σε συγκεκριμένους επιστημονικούς τομείς μέσω της συμμετοχικής τους προσπάθειας (επιστήμη των πολιτών, Citizen Science), εφαρμόζοντας βέλτιστες πρακτικές συλλογής δεδομένων, ανάλυσης δεδομένων και επιστημονικών μεθόδων, αναλόγως των εργασιών τους.

Στόχος των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων που προτείνονται στην παρούσα εργασία, είναι η παρακολούθηση μέσω συστήματος αισθητήρων που έχουν σχεδιάσει και αναπτύξει μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, των φυσικοχημικών παραμέτρων που χαρακτηρίζουν την ποιότητα του νερού μιας λίμνης ή ενός ποταμού και η συλλογή ενός συνόλου δεδομένων, προκειμένου στη συνέχεια να εξετάσουν πιθανά

ζητήματα ρύπανσης στα υδατικά οικοσυστήματα της περιοχής τους. Μέσα από τις δραστηριότητες αυτές, οι μαθητές αναμένεται να καλλιεργήσουν γνώσεις και δεξιότητες στα μαθηματικά (συστήματα εξισώσεων, καταγραφή δεδομένων, σχεδίαση γραφικών παραστάσεων, στατιστική ανάλυση), τις φυσικές επιστήμες (συσχετισμός φυσικοχημικών παραμέτρων, μετρήσεις και εκτίμηση σφάλματος, ηλεκτρικά κυκλώματα), την εφαρμοσμένη μηχανική (σχεδιασμός συσκευής μέτρησης, βαθμονόμηση, χρήση του εξοπλισμού) και την τεχνολογία (προγραμματισμός της ψηφιακής πλατφόρμας).

b. Σχετικές εκπαιδευτικές προσεγγίσεις

Σύμφωνα με τον Caine (1991), η μάθηση είναι αποτελεσματικότερη όταν οι μαθητές εμπλέκονται σε σύνθετες εμπειρίες και τους παρέχεται η δυνατότητα να επεξεργάζονται ενεργά ό,τι μαθαίνουν. Η εκπαιδευτική προσέγγιση που βασίζεται στη μάθηση μέσω μικρών ερευνών (inquiry - based learning), η οποία εστιάζει στη δημιουργία μιας κατασκευής, από τους ίδιους τους μαθητές (Gómez, 2013) έχει προταθεί από ένα μεγάλο αριθμό ερευνητών (Brown, 1992; Blumenfeld, 1991; Papert, 1991, Khardon, 1995). Η Μάθηση μέσω Σχεδιασμού (Design Based Learning) αποτελεί ένα συνδυασμό μάθησης μέσω μικρών ερευνών και μάθησης που βασίζεται σε επίλυση ενός συγκεκριμένου προβλήματος (problem-based learning), στοχεύοντας στην επινόηση ενός τεχνολογικού αντικειμένου. Οι μαθητές εμπλέκονται στην επίλυση ρεαλιστικών προβλημάτων σχεδιασμού, σε πραγματικό πλαίσιο, που έχουν νόημα για αυτούς ακολουθώντας τη διαδικασία σχεδιασμού της εφαρμοσμένης μηχανικής (engineering design process).

Στο πλαίσιο των προτεινόμενων εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων, οι μαθητές αναλαμβάνουν να σχεδιάσουν μια αυτοματοποιημένη συσκευή για την παρακολούθηση των περιβαλλοντικών μεταβλητών μιας λίμνης ή ενός ποταμού, για τον διαρκή έλεγχο της ποιότητας του νερού. Η ζητούμενη κατασκευή έχει ως σκοπό την κινητοποίηση, την εμπλοκή και την ανάληψη της ευθύνης της μάθησης από τους ίδιους τους μαθητές, ώστε να αναζητήσουν και να αποκτήσουν γνώσεις, δεξιότητες και πρακτικές μέσω της σχεδιαστικής πρόκλησης καθώς και την άσκηση σε τεχνικές επίλυσης προβλήματος.

2. Το πείραμα

a. Περιγραφή του πλαισίου

Στις εκπαιδευτικές δραστηριότητες για την παρακολούθηση των περιβαλλοντικών παραμέτρων υδατικών οικοσυστημάτων έλαβαν μέρος τριάντα μαθητές της Β' Λυκείου, οι οποίοι φοιτούν σε δύο ΓΕΛ του Δήμου Ν. Φιλαδέλφειας.

Οι μαθητές στο πλαίσιο του προγράμματος έπρεπε να σχεδιάσουν μια έρευνα για την ποιότητα των επιφανειακών υδάτων, επιλέγοντας το υδατικό σύστημα που θα μελετούσαν, θέτοντας τα ερευνητικά ερωτήματα και προσδιορίζοντας τις παραμέτρους που θα κατέγραφαν. Στη συνέχεια, κατασκεύασαν και προγραμμάτισαν τη συσκευή για τη μέτρηση των φυσικοχημικών παραμέτρων που χαρακτηρίζουν την ποιότητα του νερού, την οποία και χρησιμοποίησαν για να συλλέξουν δεδομένα. Μετά την ανάλυση των δεδομένων προσδιόρισαν τις συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών και συνέταξαν μια τελική έκθεση ή ένα σχέδιο δράσης.

Μετά το στάδιο της κατασκευής της συσκευής πραγματοποιήθηκε επίσκεψη στην λίμνη Κουμουνδούρου, η οποία βρίσκεται σε μία από τις πιο έντονα βιομηχανοποιημένες και αστικοποιημένες περιοχές της Ελλάδας, το Θριάσιο πεδίο. Οι μαθητές είχαν την ευκαιρία να πραγματοποιήσουν επιτόπου μετρήσεις (real time on site measurements) καθώς και να ενημερωθούν από ομάδα ερευνητών του ΕΛΚΕΘΕ (έλαβαν μέρος πέντε ερευνητές διαφορετικών ειδικοτήτων – δύο γεωλόγοι,

ένας υδρογεωλόγος, ένας βιολόγος και ένας χημικός) για τις επιστημονικές διαδικασίες που ακολουθούν.

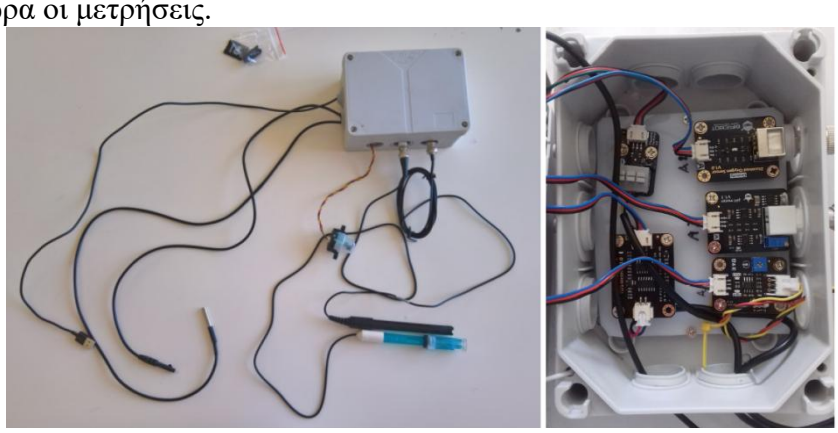
Οι μαθητές χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες και κυκλικά ενεπλάκησαν σε διερευνητικές δραστηριότητες: α) αναγνώρισης μακροασπονδύλων με στερεοσκόπια και σχετικές κλείδες και εκτίμησης της οικολογικής ποιότητας με χρήση μακροασπονδύλων, β) εργαστηριακών χημικών αναλύσεων για τον προσδιορισμό των θρεπτικών αλάτων (νιτρικών NO_3^-, νιτρωδών NO_2^-, αμμωνιακών NH_4^+, φωσφορικών PO_4^{3-}) με χρήση φορητού φασματοφωτομέτρου, και γ) μέτρησης φυσικοχημικών παραμέτρων (pH, θερμοκρασία, ηλεκτρική αγωγιμότητα, διαλυμένο οξυγόνο και θολότητα) με φορητό πολυπαραμετρικό όργανο του ΕΛΚΕΘΕ.

Η επαφή με την ομάδα των ερευνητών του ΕΛΚΕΘΕ πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας (Responsible Research and Innovation) για την εισαγωγή θεμάτων έρευνας αιχμής, συνδυάζοντας για αυτόν τον σκοπό τυπικές (σχολείο) και άτυπες (έρευνα πεδίου) μορφές μάθησης.

3. Σχεδιασμός συσκευών αισθητήρων διάχυτου υπολογισμού

Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη της συσκευής που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων ενός υδατικού οικοσυστήματος, βασίστηκε στην πλατφόρμα ανοικτού κώδικα (υλικό και λογισμικό) Arduino. Η πλατφόρμα Arduino επιλέχθηκε καθώς είναι μια καλά εδραιωμένη πλατφόρμα ηλεκτρονικών πρωτοτύπων η οποία παρέχει πολλαπλές δυνατότητες για την κατασκευή συσκευών ανίχνευσης με σχετική ευκολία και με το χαμηλότερο κόστος. Η αξιοποίηση της πλατφόρμας Arduino στην εκπαίδευση έχει αξιολογηθεί με εξαιρετικά θετικά αποτελέσματα (Pocero, 2017) και συνάδει πλήρως με τις αρχές της Κοινότητας Arduino.

Στόχος μας ήταν ο σχεδιασμός μιας μικρής, σχετικά φθηνής, φορητής συσκευής που να μπορεί εύκολα να κατασκευαστεί και να λειτουργήσει για τη συλλογή των δεδομένων. Λόγω της περιοχής δοκιμής, λίμνες και ποτάμια, σε αυτή τη φάση της εφαρμογής, επιλέχθηκε ένας εύκολος τρόπος συλλογής των δεδομένων χωρίς να είναι αναγκαία η ανάπτυξη συστήματος υποδομής επικοινωνιών (π.χ. σύνδεση κινητού δικτύου δεδομένων). Ως εκ τούτου, χρησιμοποιήθηκε μια συσκευή Arduino που έχει τη δυνατότητα ανάγνωσης καρτών SD. Η κάρτα SD μας επιτρέπει να αποθηκεύουμε τα δεδομένα που συλλέγονται σε κάθε μέτρηση. Μετά τη δειγματοληψία, η κάρτα SD αφαιρείται από τη συσκευή και οι μετρήσεις μπορούν εύκολα να μεταφερθούν σε ένα φορητό υπολογιστή ή ένα smartphone. Σε μια μελλοντική, βελτιωμένη έκδοση της συσκευής, αυτό θα γίνεται μέσω αυτοματοποιημένης διαδικασίας και τα δεδομένα θα μεταδίδονται μέσω Bluetooth ή WiFi σε μια εφαρμογή smartphone, συμπεριλαμβανομένων των γεωγραφικών συντεταγμένων και της τοπικής ώρας που έλαβαν χώρα οι μετρήσεις.



Εικόνα 1. Το κιτ αισθητήρων βασισμένο σε Arduino, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις.

Η συσκευή (εικ. 1) είναι εξοπλισμένη με τους ακόλουθους αισθητήρες:

- Ψηφιακός αισθητήρας θερμοκρασίας DS18B20 για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού στη θέση δειγματοληψίας (https://www.dfrobot.com/product-689.html)
- Αναλογικός αισθητήρας μέτρησης των ολικών διαλυμένων στερεών στο νερό στη θέση δειγματοληψίας (https://www.dfrobot.com/product-1662.html)
- Αναλογικός μετρητής διαλυμένου οξυγόνου για τη μέτρηση της ποσότητας οξυγόνου στο νερό στη θέση δειγματοληψίας (https://www.dfrobot.com/product-1628.html)
- Αναλογικός μετρητής pH για τη μέτρηση της ενεργού οξύτητας στη θέση δειγματοληψίας (https://www.dfrobot.com/product-1025.html). Στη βελτιωμένη έκδοση της συσκευής, στην οποία θα λειτουργεί ως αυτοματοποιημένος τηλεμετρικός σταθμός, ο αισθητήρας μέτρησης του pH θα αντικατασταθεί με αισθητήρα που διαθέτει βιομηχανικό ηλεκτρόδιο και είναι κατάλληλος για ανίχνευση μεγάλου χρονικού διαστήματος.
- Αναλογικός αισθητήρας θολότητας για τη μέτρηση των αιωρούμενων σωματιδίων στο νερό (TSS). Μετράει τη διαπερατότητα και τη σκέδαση του φωτός λόγω της παρουσίας αιωρούμενων στερεών. Καθώς αυξάνει η τιμή TSS αυξάνει και το επίπεδο θολότητας του νερού (https://www.dfrobot.com/product-1394.html). Ο αισθητήρας αυτός χρησιμοποιήθηκε σε σειρά δειγματοληψιών σε θαλάσσια ύδατα στο παρελθόν (Tziortzioti, 2018), όμως δεν χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη επιφανειακών υδάτων λόγω βλάβης.

Ο κώδικας προγραμματισμού του Arduino ακολουθεί μια εξαιρετικά απλή προσέγγιση για τη συλλογή των μετρήσεων. Μόλις η συσκευή τροφοδοτηθεί με ρεύμα μέσω εξωτερικής μπαταρίας φόρτισης (power bank), δημιουργείται ένα αρχείο (.txt) στην κάρτα SD για την προσθήκη νέων δεδομένων. Κάθε αισθητήρας παρακολουθείται διαδοχικά και αφού ληφθούν τα δεδομένα από όλους τους αισθητήρες, καταγράφονται στο αρχείο μαζί με τη σχετική χρονική σήμανση. Αυτή η χρονική σήμανση εμφανίζει την ώρα της ενεργοποίησης της συσκευής (δεδομένου ότι η συσκευή δεν διαθέτει ρολόι για την καταγραφή του πραγματικού χρόνου και δε διατηρεί μια σταθερή αναφοράς). Επομένως, σε αυτή την έκδοση, είναι σημαντικό να αποθηκεύονται τα δεδομένα μετά από κάθε δειγματοληψία και να επισημαίνεται η θέση καθώς και η ώρα, με μη αυτόματο τρόπο. Ο τελικός κώδικας εφαρμογής είναι διαθέσιμος στο GitHub (https://github.com/amaxilat/waterQualitySensing).

Χρόνος	**Θερμοκρασία**	**Διαλυμένα Στερεά**	**Διαλυμένο Οξυγόνο**	**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 1. Δεδομένα δειγματοληψίας στην λίμνη Κουμουνδούρου στις 07/12/2019 και ώρα 10:30

Πρέπει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι κάθε αισθητήρας που χρησιμοποιείται ως εργαλείο μέτρησης, χαρακτηρίζεται από την ορθότητα (accuracy), την επαναληψιμότητα και αναπαραγωγικότητα (repeatability και reproducibility), την ακρίβεια (precision), την ευαισθησία (sensitivity) και το εύρος τιμών (range). Οι αισθητήρες έχουν σημαντικό αντίκτυπο στη μέτρηση των μεγεθών, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους, τα οποία πρέπει να λαμβάνονται ιδιαίτερα υπόψη όταν επιλέγονται αισθητήρες χαμηλού κόστους για την κατασκευή υποδομής IoT.

4. Εκπαιδευτικά σενάρια

Η διαδικασία της μάθησης είναι μια κοινωνικά οργανωμένη δράση που συγκροτείται στον πραγματικό κόσμο μέσα από μια διαδικασία συμμετοχής σε κοινότητες πρακτικής (Wenger, 1998). Αυτό απαιτεί την προσφορά ευκαιριών στους μαθητές ώστε να συμμετέχουν ενεργά στη διατύπωση και αξιολόγηση προβλημάτων, ερευνητικών ερωτημάτων, υποθέσεων, συμπερασμάτων, επιχειρημάτων (Greeno, 1997). Η εμπλοκή των μαθητών σε ένα αυθεντικό πλαίσιο μάθησης έχει αποδειχθεί ως αποτελεσματική εκπαιδευτική προσέγγιση. Η βασική ιδέα της αυθεντικής μάθησης στηρίζεται στην αντίληψη ότι ενδεχομένως οι μαθητές να επιδείξουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον για αυτά που μαθαίνουν εάν αντανακλούν την πραγματική ζωή, είναι πρακτικά και χρήσιμα και αφορούν ζητήματα που είναι σημαντικά και εφαρμόσιμα για τη ζωή εκτός σχολείου (McKenzie, 2002). Αποτελεί έναν τρόπο διδασκαλίας της επιστημονικής σκέψης και εργασίας στον οποίο οι μαθητές διατυπώνουν υποθέσεις μετά από παρατήρηση, σχεδιάζουν και υλοποιούν πειράματα και επιβεβαιώνουν ή απορρίπτουν τις υποθέσεις τους και τέλος παρουσιάζουν τα αποτελέσματα αυτής της διερεύνησης. Οι μαθητές εφαρμόζουν γνώσεις ή δεξιότητες, όπως η επίλυση προβλήματος και η κριτική σκέψη σε συνθήκες που αναπαριστούν καταστάσεις της πραγματικής ζωής.

Για τη διερεύνηση τυχόν προβλημάτων ρύπανσης στα 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 ένα ερευνητικό ερώτημα, συλλέγοντας και αναλύοντας δεδομένα, καταλήγοντας σε συμπεράσματα και διατυπώνοντας συστάσεις.

Η ποιότητα του νερού εξαρτάται από ένα πλήθος διαφορετικών μεταβλητών. Μερικές από τις πιο βασικές είναι η θερμοκρασία του νερού, το διαλυμένο οξυγόνο, η ειδική αγωγιμότητα, το pH, η αλμυρότητα, η σκληρότητα και η καθίζηση. Στην παρούσα εργασία επελέγησαν να μελετηθούν η θερμοκρασία, τα διαλυμένα στερεά, το διαλυμένο οξυγόνο και το pH βάσει κυρίως οικονομικών κριτηρίων, λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι η θερμοκρασία και το διαλυμένο οξυγόνο είναι οι δύο από τους πλέον σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζουν τα υδάτινα οικοσυστήματα.

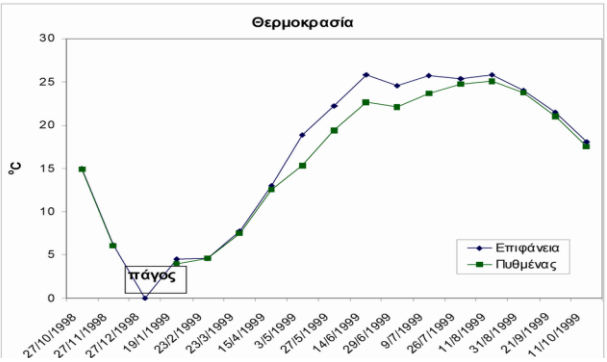
Α. Η θερμοκρασία αποτελεί μία από τις πιο εύκολα μετρήσιμες παραμέτρους, αλλά και τον κύριο παράγοντα που ρυθμίζει τις φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες σε ένα υδάτινο οικοσύστημα. Κατά κύριο λόγο, επηρεάζει την ικανότητα

των ζώντων οργανισμών να αντιστέκονται σε ορισμένες μολύνσεις και την ικανότητα του νερού να δεσμεύει το οξυγόνο.

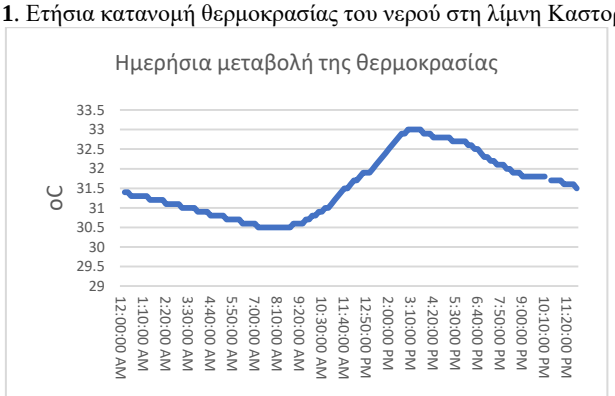
Η θερμοκρασία του νερού μιας λίμνης ή ενός ποταμού εξαρτάται από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνειά του, η οποία μεταβάλλεται με το γεωγραφικό πλάτος. Η ακτινοβολία προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας των επιφανειακών υδάτων, η οποία είναι μεγαλύτερη με τη μείωση του γεωγραφικού πλάτους. Οι μαθητές μπορούν να επαληθεύσουν τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα σε υδάτινα σώματα που βρίσκονται σε διαφορετικά γεωγραφικά πλάτη.

Επίσης, με ανάλυση των πραγματικών δεδομένων μπορούν να καταλήξουν στο συμπέρασμα ότι η θερμοκρασία ενός υδάτινου συστήματος παρουσιάζει εποχιακή διακύμανση (Σχ. 1), με τις χαμηλότερες τιμές να καταγράφονται κατά τους χειμερινούς μήνες (Δεκέμβριο, Ιανουάριο, Φεβρουάριο) και τις υψηλότερες τιμές το καλοκαίρι (Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο). Μεταβολή της θερμοκρασίας καταγράφεται και κατά τη διάρκεια της ημέρας (Σχ. 2).

Σε μια λίμνη η κατανομή της θερμοκρασίας δεν είναι ίδια σ' όλη τη στήλη του νερού και εμφανίζει στρωμάτωση (επιλίμνιο, μεταλίμνιο, υπολίμνιο). Στα ποτάμια δεν παρατηρείται θερμική στρωμάτωση, όμως παρατηρείται διαβάθμιση της θερμοκρασίας κατά μήκος του ποταμού (από την πηγή στην εκβολή).



Σχ. 1. Ετήσια κατανομή θερμοκρασίας του νερού στη λίμνη Καστοριάς

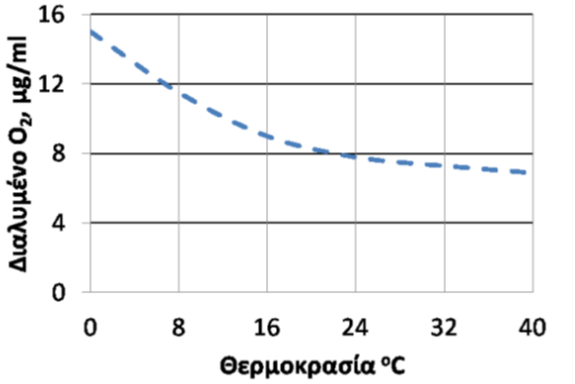


Σχ. 2. Η ημερήσια μεταβολή της θερμοκρασίας στη λίμνη Κουμουνδούρου στις 30/07/15 (ΕΛΚΕΘΕ)

Β. Το διαλυμένο οξυγόνο (D.O) είναι η ποσότητα του αέριου οξυγόνου που βρίσκεται διαλυμένο σε μια ποσότητα νερού για δεδομένη θερμοκρασία και ατμοσφαιρική πίεση. Είναι συχνά η πιο σημαντική παράμετρος για το χαρακτηρισμό των υδάτων στις μελέτες ρύπανσης, αφού η έλλειψη οξυγόνου συχνά υποδηλώνει μεγάλο ρυπαντικό φορτίο. Η παρουσία οξυγόνου στο νερό οφείλεται στην αλληλεπίδραση του με την ατμόσφαιρα και την παραγωγή του κατά τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης από τα υδρόβια φυτά.

Το ποσό του διαλυμένου οξυγόνου σε ένα υδάτινο σύστημα εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η θερμοκρασία, η αλκαλικότητα και η ατμοσφαιρική πίεση. Οι

μαθητές μπορούν να συσχετίσουν τη θερμοκρασία του νερού με την ποσότητα του οξυγόνου. Οι χαμηλές θερμοκρασίες ευνοούν την αύξηση του οξυγόνου, καθώς είναι γνωστό ότι η διαλυτότητα των αερίων στο νερό αυξάνεται καθώς η θερμοκρασία μειώνεται. Η διαφορά στα επίπεδα τιμών του οξυγόνου παρατηρείται εύκολα με δειγματοληψίες κατά τη διάρκεια της ημέρας, π.χ νωρίς το πρωί όταν το νερό είναι δροσερό καθώς και αργότερα, το απόγευμα μιας ηλιόλουστης ημέρας, όταν η θερμοκρασία έχει αυξηθεί. Ομοίως, μπορούμε να παρατηρήσουμε διαφορετικά επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου σε διαφορετικά βάθη μιας λίμνης.
Η συγκέντρωση οξυγόνου εξαρτάται επίσης, από το οργανικό φορτίο του νερού και των φωτοσυνθετικών οργανισμών που διαβιούν σε αυτό. Στα ολιγοτροφικά συστήματα το νερό είναι κορεσμένο σε O_2 ενώ στα εύτροφα υπάρχει μείωση (Σχ. 3).



Σχ. 3. Σχέση διαλυμένου οξυγόνου στο νερό με τη θερμοκρασία του μέσου (διαλυτότητα οξυγόνου στο νερό)

Η ημερήσια διακύμανση της συγκέντρωσης του οξυγόνου (Σχ. 4) αποδίδεται σε χημικές και βιολογικές διαδικασίες που λαμβάνουν μέρος από τους ζώντες οργανισμούς και τη φωτοσύνθεση κατά τη διάρκεια της ημέρας (αύξηση) και την αναπνοή κατά τη διάρκεια της νύχτας (μείωση). Το οργανικό φορτίο μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρή μείωση του διαλυμένου O_2. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της αύξησης του αριθμού μικροοργανισμών που χρησιμοποιούν την οργανική ουσία ως υπόστρωμα για την αποσύνθεση με αποτέλεσμα τη μείωσή του. Όταν αυτό συμβαίνει και διαρκεί αρκετά, οι περισσότεροι υδρόβιοι οργανισμοί χάνονται ή αντικαθίστανται από άλλους εξειδικευμένους οργανισμούς και ανθεκτικούς στο χαμηλό οξυγόνο.

Σχ. 4. Κατά τις απογευματινές ώρες καταγράφονται οι μεγαλύτερες τιμές διαλυμένου οξυγόνου στο νερό λόγω της διαδικασίας φωτοσύνθεσης των υδρόβιων φυτών. Λίμνη Κουμουνδούρου, 30/07/2015 (ΕΛΚΕΘΕ)

Στα ποτάμια παρατηρείται διακύμανση της κατανομής του οξυγόνου κατά μήκος τους.
Οι μαθητές θα πρέπει να τεκμηριώσουν γιατί συμβαίνει αυτό. Στα ανώτερα τμήματα του ποταμού εκτός από τη σημασία της ανταλλαγής του οξυγόνου με την ατμόσφαιρα σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η είσοδος αλλόχθονου οργανικού υλικού με ή δίχως

την επίδραση του ανθρώπου, ενώ στο κατώτερο τμήμα όπου είναι σημαντική η βιολογική κατανάλωση και παραγωγή, η σημασία της ανταλλαγής με την ατμόσφαιρα μειώνεται.

Γ. Η ειδική αγωγιμότητα είναι ένα μέτρο της ικανότητας του νερού να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα. Η ειδική αγωγιμότητα εξαρτάται σημαντικά από την ποσότητα διαλυμένων στερεών (π.χ αλάτι) στο νερό και είναι ένα σημαντικό μέτρο για την ποιότητα του νερού γιατί δίνει καλή ένδειξη της ποσότητας της ύλης που είναι διαλυμένη στο νερό. Ζητείται από τους μαθητές να εκτιμήσουν αν θα μεταβληθεί η τιμή της αγωγιμότητας στην περίπτωση που απόβλητα και ρύποι (ειδικότερα αν οι ρύποι περιλαμβάνουν ιόντα όπως ανθρακικά, θειικά, χλωρίου, μαγνησίου, νατρίου, καλίου και φωσφόρου) εισέλθουν στο οικοσύστημα. Επίσης, ζητείται να τεκμηριώσουν γιατί η αγωγιμότητα μπορεί να αυξηθεί στη διάρκεια του καλοκαιριού (εξαιτίας της εξάτμισης) ή να μειωθεί κατά τη διάρκεια του χειμώνα ή της άνοιξης (μπορεί να επηρεαστεί από την άμεση κατακρήμνιση νερού στη λίμνη ή από υπόγειες εισροές νερού). Απότομη αύξηση της αγωγιμότητας του νερού της λίμνης αποτελεί ένδειξη ρύπανσης. Η αύξηση της αγωγιμότητας συνδέεται με την ενηλικίωση (παλαίωση) μιας υδάτινης μάζας εξαιτίας της αύξησης των θρεπτικών συστατικών της (ευτροφισμός). Όσο μεγαλύτερη είναι η αγωγιμότητα στα γλυκά νερά τόσο μεγαλύτερη είναι η βιολογική παραγωγικότητα.

Οι μαθητές καλούνται να εξηγήσουν γιατί η αύξηση της θερμοκρασίας επηρεάζει θετικά την τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Αυτό συμβαίνει επειδή η αύξηση της θερμοκρασίας επιταχύνει τη διάσταση των ηλεκτρολυτών (υδατικά διαλύματα οξέων - βάσεων - αλάτων).

Δ. Το pH (ενεργός οξύτητα) αποτελεί ένα μέτρο της ποσότητας των ελεύθερων ιόντων υδρογόνου και υδροξυλίου στο νερό. Όταν το νερό έχει περίσσεια ελεύθερων ιόντων υδρογόνου, τότε είναι όξινο, ενώ όταν έχει περίσσεια ελεύθερων ιόντων υδροξυλίου, τότε είναι βασικό. Η παρουσία χημικών ουσιών στο νερό, επηρεάζει το pH, πράγμα το οποίο μπορεί να είναι βλαβερό για τους υδρόβιους οργανισμούς. Το γεγονός αυτό καθιστά το pH σημαντικό δείκτη της ποιότητας του νερού.

Οι μαθητές αξιοποιώντας τα δεδομένα από το σύστημα παρακολούθησης εντοπίζουν την εξάρτηση της ενεργούς οξύτητας από τη θερμοκρασία, την αλατότητα, τις συγκεντρώσεις του οξυγόνου, καθώς και από τη μεταβολική δραστηριότητα των υδρόβιων οργανισμών (φωτοσύνθεση, αναπνοή) και τη χημική αποσύνθεση των οργανικών ουσιών.

Επίσης, σημαντικός είναι και ο εντοπισμός τυχόν σημειακών ή διάχυτων πηγών ρύπανσης οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν μεταβολή του pH. Χαμηλές τιμές του pH οφείλονται συχνά στην εισαγωγή οξέων στον υδάτινο όγκο (όξινη βροχή, αστικά και βιομηχανικά απόβλητα). Για παράδειγμα, εμπλουτισμός μιας λίμνης με θειικά οξέα συμβαίνει με τη βροχή (το νερό της βροχής περιέχει, μεταξύ άλλων ανιόντων και $SO_4^{=}$) ή μπορεί να οφείλεται στη σύσταση του υπεδάφους της λεκάνης απορροής. Αλκαλικές τιμές pH συναντάμε σε περιπτώσεις έντονης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας - ευτροφισμός, σε περιπτώσεις ρύπανσης της λίμνης με αλκαλικές ουσίες (απορρυπαντικά, αστικά και βιομηχανικά απόβλητα) και σε αυξημένες συγκεντρώσεις ασβεστίου, νατρίου και μαγνησίου.

Οι μαθητές θα μπορούσαν να μελετήσουν τα πετρώματα της λεκάνης απορροής περιοχής και να καταλήξουν στο συμπέρασμα ότι σε περιοχές όπου επικρατούν ασβεστολιθικά πετρώματα παρατηρείται εμπλουτισμός της λίμνης με ιόντα ασβεστίου τα οποία μεταφέρονται με το νερό της βροχής. Τα ιόντα ασβεστίου αντιδρούν με τα όξινα ανθρακικά ιόντα HCO_3^- του νερού της λίμνης σχηματίζοντας

αδιάλυτο ανθρακικό ασβέστιο που κατακρημνίζεται με αποτέλεσμα την αύξηση του pH.

Συζήτηση-Συμπεράσματα

Αυτό το άρθρο προτείνει τη χρήση ψηφιακών αισθητήρων ως βάση για την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των μαθητών μέσα από εκπαιδευτικές δραστηριότητες STEM. Παρουσιάζεται ένας αριθμός εφαρμογών που βασίζονται σε δεδομένα αισθητήρων, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν για την παρακολούθηση της ποιότητας του νερού και τη μελέτη φυσικοχημικών παραμέτρων υδατικών οικοσυστημάτων.

Στόχος της έρευνας αυτής είναι να εγείρει το θέμα της έγκαιρης συνειδητοποίησης των περιβαλλοντικών ζητημάτων με βάση τα πραγματικά δεδομένα μέσω της εφαρμογής κατάλληλων εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων.

Η διάδοση του Διαδικτύου των Αντικειμένων (IoT), και παράλληλα της αξιοποίησης διάφορων αισθητήρων στην εκπαίδευση, μπορεί να συμβάλει στην προώθηση βιώσιμων συμπεριφορών για την αειφορία. Χρησιμοποιώντας μια τέτοια υποδομή και τα δεδομένα που αυτή παράγει, είναι εύκολο να δημιουργηθούν εργαλεία που αντικατοπτρίζουν τις πραγματικές περιβαλλοντικές συνθήκες διάφορων οικοσυστημάτων παρέχοντας ουσιαστική ανατροφοδότηση.

Παράλληλα, οι πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις μας επιτρέπουν να επεκτείνουμε την υποδομή του δικτύου στο εγγύς μέλλον, προκειμένου να παρακολουθήσουμε επιπλέον περιβαλλοντικές παραμέτρους. Για το σκοπό αυτό προτείνουμε τη χρήση πρόσθετων αισθητήρων και τη λειτουργία δικτύου για τη συλλογή των τιμών των περιβαλλοντικών μεταβλητών σε πραγματικό χρόνο που θα βοηθήσει αφενός στην κατανόηση των επιπτώσεων των διαφορετικών ανθρωπογενών πιέσεων, αφετέρου στην ανάληψη δράσεων της κοινωνίας για την προστασία των υδάτινων οικοσυστημάτων.

Βιβλιογραφία

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).

Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R., Krajcik, J., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. Educational Psychologist, 26(3 & 4), 369–398.

Brogan, M., & Galata, A. (2015). The Veryschool project: Valuable energy for a smart school - intelligent ISO 50001 energy management decision making in school buildings In Proceedings of the Special Tracks and Workshops at the 11th International Conference on Artificial Intelligence Applications and Innovations (AIAI 2015), Bayonne, France, September 14-17, 2015. pp. 46–58. [Online]. Available: http://ceur-ws.org/Vol-1539/paper5.pdf

Brossard, D., Lewenstein B., & Bonney R. (2005). Scientific knowledge and attitude change: The impact of a citizen science project, International Journal of Science Education, 27(9), 1099-1121.

Brown, A.L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178.

Burke, J., Estrin, D., Hansen, M., Parker, A., Ramanathan, N., Reddy, S., & Srivastava, M. B. (2016). Participatory sensing, In Workshop on World-Sensor-Web (WSW06): Mobile Device Centric Sensor Networks and Applications, pp. 117–134.

Caine, R. N., and Caine, G. (1991). *Making Connections: Teaching and the Human Brain,* Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development. European Environment Agency. Annual report 2013 and Environmental statement 2014. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2014. ISBN 978-92-9213-423-5

Gaitani, N., Cases, L., Mastrapostoli, E., Eliopoulou, E (2015). Paving the Way to Nearly Zero Energy Schools in Mediterranean Region- ZEMedS Project. Energy Procedia, 78, (pp.3348-53). 6th

International Building Physics Conference, IBPC 2015. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.749

Gómez Puente, S. M., Eijck, M. van, & Jochems, W. (2013). Facilitating the learning process in design-based learning practices: an investigation of teachers' actions in supervising students. Journal Research in Science & Technological Education, 31(3), 288–307. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/02635143.2013.837043

Greeno, JG (1997). On claims that answer the wrong questions. Educational Researcher 26(1): 5-17

Hotaling, L., Lowes, S., Stolkin, R., Lin, P., Bonner, J., Kirkey, W., & Ojo, T. (2012), SENSE IT: Teaching STEM principles to middle and high school students through the design, construction and deployment of water quality sensors. Advances in Engineering Education, 3(2): 1-34.

Heggen, S. (2013). Participatory sensing: Repurposing a scientific tool for stem education, Interactions, 20(1), 18–21, Jan. 2013. [Online]. Available: http://doi.acm.org/10.1145/2405716.2405722

Khardon, R. & Roth, D. (1997). Learning to Reason. *Journal of the ACM (JACM),* 44 (5), 697-725.

Kotovirta, V., Toivanen, T., Tergujeff R., & Huttunen, M. (2012). Participatory sensing in environmental monitoring – experiences, In 6th International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing, July 2012, (pp. 155-162).

McKenzie, A., Morgan, C., Cockhrane, K., Watson, G., & Roberts, D. (2002). Authentic learning: What is it, and what are the ideal curriculum conditions to cultivate it in? Quality Conversations: Proceedings of the 25th HERDSA Annual Conference, Perth, Western Australia, 7-10 July 2002 (pp. 426-433). Milperra NSW, Australia: HERDSA.

Mylonas, G., Amaxilatis, D., Leligou, H., Zahariadis, T. B., Zacharioudakis, E., Hofstaetter, J., Friedl, A., Paganelli, F., Cuffaro, G., & Lerch J. (2017). Addressing behavioral change towards energy efficiency in european educational buildings, In Global Internet of Things Summit, GIoTS 2017, Geneva, Switzerland, June 6-9, 2017. IEEE, 2017, (pp. 1–6).

Mylonas, G., Amaxilatis, D., Mavrommati, I., & Hofstaetter, J. Green (2017). Awareness via IoT Infrastructure, Educational Labs and Games in Schools: The GAIA Case, IEEE Internet of Things Newsletter, November 14, 2017, https://iot.ieee.org/newsletter/november-2017/greenawareness-via-iot-infrastructure-educational-labs-and-games-in-schools-the-gaia-case

Papaioannou, T. G., Kotsopoulos, D., Bardaki, C., Lounis, S., Dimitriou, N., Boultadakis, G., Garbi, A., & Schoofs, A. (2017). Iot-enabled gamification for energy conservation in public buildings, In Global Internet of Things Summit, GIoTS 2017, Geneva, Switzerland, June 6-9, 2017. IEEE, 2017, (pp. 1–6).

Papert, S. (1991). Situating Constructionism. In I. Harel & S. Papert (Eds). *Constructionism.* Ablex Publishing, Norwood, NJ, 1991.

Pocero, L., Amaxilatis, D., Mylonas, G., & Chatzigiannakis, I. (2017). Open source iot meter devices for smart and energy-efficient school buildings, HardwareX. [Online]. Available: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468067216300293

School of the Future FP7 project (2016). http://www.school-of-thefuture.eu/

Sun, W., Li Q., & Tham, C. K. (2014). Wireless deployed and participatory sensing system for environmental monitoring, In 2014 Eleventh Annual IEEE International Conference on Sensing, Communication, and Networking (SECON), June 2014, (pp. 158–160).

Tziortzioti, C., Amaxilatis D., Mavrommati I., Chatzigiannakis I. (2018). IoT sensors in sea water environment: Ahoy! Experiences from a short summer trial. In: BRAINS 2018: Behavioral Change and Ambient Intelligence for Sustainability workshop, AmI 2018, Nov.12 Larnaca, Cyprus.

Tziortzioti, C., Andreetti, G., Rodinò, L., Mavrommati, I., Vitaletti, A., Chatzigiannakis, I. (2018). Raising Awareness for Water Polution Based on Game Activities Using Internet of Things. In: Kameas A., Stathis K. (eds) Ambient Intelligence. AmI 2018. Lecture Notes in Computer Science, vol 11249. Springer, Cham.

Tziortzioti, C., Mavrommati, I., Mylonas, G., Vitaletti, A., Chatzigiannakis, I. (2018). "Scenarios for Educational and Game Activities using Internet of Things Data," IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG), Maastricht, 2018, pp. 1-8. doi: 10.1109/CIG.2018.8490370

Wenger, E. (1998). Communities of practice: learning, meaning and identity, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

WWF - Περιβαλλοντικός Δείκτης Νερού & Υγροτόπων, Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα για τα Γλυκά Νερά, Απρίλιος 2001. Ανακτήθηκε στις 30/11/2018 από http://politics.wwf.gr/images/stories/political/nero/wwf_perdeiktisnerouapril01.pdf

Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Στρατηγική για έξυπνη, διατηρήσιμη και χωρίς αποκλεισμούς ανάπτυξη, COM/2010/2020/FINAL, 03.03.2010 – Βρυξέλλες. Ανακτήθηκε στις 30/11/2018 από https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX%3A52010DC2020