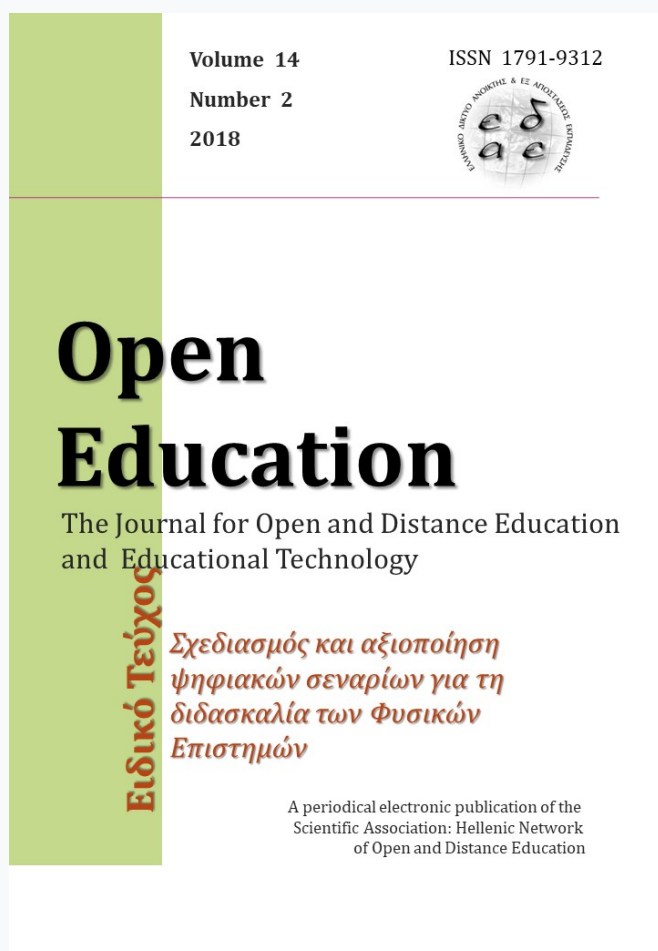


## Ανοικτή Εκπαίδευση: το περιοδικό για την Ανοικτή και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση και την Εκπαιδευτική Τεχνολογία

Τόμ. 14, Αρ. 2 (2018)

Σχεδιασμός και αξιοποίηση ψηφιακών σεναρίων για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών



**Σενάρια περιβαλλοντικών εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων με την αξιοποίηση του Διαδικτύου των Αντικειμένων**

*Χρυσάνθη Τζιωρτζιώτη, Ειρήνη Μαυρομμάτη, Γεώργιος Μυλωνάς, Ιωάννης Χατζηγιαννάκης*

doi: [10.12681/jode.19013](https://doi.org/10.12681/jode.19013)

**Βιβλιογραφική αναφορά:**

## Σενάρια περιβαλλοντικών εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων με την αξιοποίηση του Διαδικτύου των Αντικειμένων

### Environmental educational activities using data from the Internet of Things

**Χρυσάνθη Τζιωρτζιώτη**

Υποψήφια Διδάκτωρ  
Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών,  
Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα  
[tziortzio@gmail.com](mailto:tziortzio@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0001-9652-6063>

**Ειρήνη Μαυρομάτη**

Επίκουρη Καθηγήτρια  
Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών,  
Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα  
[mavrommati@eap.gr](mailto:mavrommati@eap.gr)  
<https://orcid.org/0000-0002-8870-746X>

**Γεώργιος Μυλωνάς**

Μηχανικός Η/Υ και Πληροφορικής (PhD)  
Επιστημονικός Υπεύθυνος Ερευνητικών Έργων  
ITYE Διόφαντος, Πάτρα  
[mylonasg@cti.gr](mailto:mylonasg@cti.gr)  
<https://orcid.org/0000-0003-2128-720X>

**Ιωάννης Χατζηγιαννάκης**

Associate Professor  
Department of Computer Engineering and Automated Management  
University of Rome La Sapienza  
[ichatz@dis.uniroma1.it](mailto:ichatz@dis.uniroma1.it)  
<https://orcid.org/0000-0001-8955-9270>

### Extended Abstract

Raising awareness among young people and changing their behavior and habits concerning energy usage and the environment is key to achieving a sustainable planet. Promoting sustainable behavior at school impacts the home behavior, as children communicate their newly acquired knowledge to parents. In this context, reinforcing the educational community on educating new generations potentially has a multiplier effect for reducing our environmental footprint.

IoT sensing and related scenario and practices, which engage school children via discovery and educational activities, focusing on encouraging sustainability of energy and natural resources, are examined in this paper. As an example of such an approach, the GAIA platform can act as the basis for scenarios utilizing real world data for educational activities that encourage energy efficient behavior. In addition, the use of seawater sensors in STEM education, that has been realized in very few cases, is proposed as educational scenarios utilizing real-world data that are worth exploring.

**The GAIA platform** (Mylonas et al, Amaxilatis et al, 2017) is one of a number of recent IoT systems that focus on the educational community. A real-world IoT deployment is spread in 3 countries (Greece, Italy, Sweden), monitoring in real time

18 school buildings in terms of electricity consumption and indoor/outdoor environmental conditions. The data collected is used as input in educational scenarios, whose goal is to educate and attempt to transform the behavior of students through a series of trials conducted in the educational environment. Feedback mechanisms inform the students and teachers on current energy consumption at school; in this way, they assist towards raising awareness regarding environmental effects of energy spending and promote energy literacy among students.

GAIA (Mylonas et al, Nov. 2017) is based on the assumption that continuous monitoring of the power consumption-related behavior of students can positively contribute towards energy savings. Since the IoT deployment is multi-site and multi-country can motivate, e.g., to identify energy consumption patterns in different countries and across different climate zones. This can be used to draw comparisons or kickstart competitions; for instance, students of school A can compete with students of school B in terms of energy efficiency. This could also help to better understand cultural differences with respect to energy efficiency awareness and sustainability. The devices deployed provide 880 sensing points organized in four main categories: (1) classroom environmental comfort sensors (devices within classrooms); (2) atmospheric sensors (devices positioned outdoors); (3) weather stations (devices positioned on rooftops); and (4) power consumption meters (devices attached to the main breakout box of the buildings, measuring energy consumption). The IoT deployments vary significantly from school to school (e.g., in number of sensors, hardware manufacturer, networking technology, communication protocols for delivering sensor data, etc.). The IoT devices used are either open-source hardware IoT nodes (based on the Arduino popular electronics prototyping platform, Pocero et al, 2017) or off-the-shelf products, acquired from IoT device manufacturers. The platform also incorporates participatory sensing technologies for periodical collection of energy usage to acquire information in buildings where no IoT sensing elements are available, e.g., utilizing web/smartphone/social networking applications for acquiring information on room occupancy, usage of conditioning or special machinery, opening of windows, etc. The goal of GAIA is to include the users in the loop of monitoring the energy consumption in the buildings they use daily, thus making the first steps towards raising awareness, connecting the educational activities carried out at schools with their activities at their home environment and also engaging the parents and relatives at home. The teachers can initiate participatory sensing sessions during the courses, so that students can use phones and tablets to gather data in real time and then review them in class, as part of an educational activity.

**Bringing IoT into the sea:** Most IoT related research focuses on terrestrial applications. Even when offshore infrastructures or vessels are considered, IoT devices are mostly deployed in “dry” surfaces and only some specific transducers are actually deployed into the water. The underwater environment is hostile, and consequently underwater IoT devices are very expensive. If you only consider a reliable water-proof housing for shallow water, it costs at least 2 orders of magnitude more than the respective terrestrial solutions, or even more in the case of deep water scenarios. Underwater operations are complex and challenging. As an example, the fast growth of algae or microorganisms can rapidly affect the quality of sensors readings that have to be often cleaned up. In addition, underwater communications are still extremely difficult and energy hungry; RF propagates only at a few centimeters and only acoustic or optical communications can be used for longer distances. The energy cost of underwater communications strongly limits the device lifetime that is

usually in the order of few months at best and requires frequent replacements of the batteries, a time and resource-consuming task. Finally, communication standards are emerging only in the last years.

Due to these reasons, the availability of underwater IoT data is still very limited. One of the few attempts to provide a federation of underwater testbeds for the Internet of Underwater Things is the EU project SUNRISE (SUNRISE Project [website](#)). While SUNRISE clearly showed us the potential of exploring underwater data, it was not originally conceived for STEM educational activities, and both the complexity of the tools and the costs of the equipment are not yet suitable to be operated by students. Despite these difficulties, there are already some efforts for more affordable tools for underwater investigations (Baichtal, 2015) (OpenROV [website](#)) (The Cave Pearl Project [website](#)) and is, however, possible to design significant STEM activities that focus on shallow water and/or surface sampling that significantly lower the above discussed difficulties. Indeed, the focus on the shallow water and/or the sea surface allow us to a) engage students in participatory sampling (i.e., they are directly involved in the sampling procedure at sea), b) deploy relatively simple networking infrastructures capable to deliver the data acquired by possible underwater transducers. In the latter case, the transducers can be placed underwater and the collected data are delivered by a cable to a wireless device on the surface that makes them available on the cloud.

In order to achieve better use of the potential of the sea and protect it at the same time, more detailed studies are still required (Green Paper Marine Knowledge 2020, 2012). In this paper, we propose a set of educational scenarios, whereby sensors are used to measure physical and chemical marine parameters. Bringing the IoT into the sea is still very difficult, therefore the focus of these scenarios is on surface sampling activities that are more affordable in the context of STEM educational activities.

The steps of the pedagogical activities followed are: awareness, observation, experimentation and action. School students located in Europe's coastal areas use portable equipment to carry out relevant measurements and submit them to a database they have access to. Depending on the teaching needs and priorities, students can collect and analyze the following:

- real-time values and any fluctuations of them during the observation period of the activity,
- changing values for longer periods of time, e.g., making comparisons between different times of the day, between months, seasons, or years,
- variance of the phenomena between different areas.

The mathematical and scientific thinking developed in the above process can be exploited in various ways by tutors, in the context of teaching mathematical and other science skills, not only during science courses but also in cross-thematic approaches that combine such observations and analyze the economic, social and other aspects of our efforts for clean seas.

**Discussion:** During spring 2017, a set of preliminary GAIA testing was conducted over several weeks to get feedback regarding the educational scenarios that promote energy efficiency and sustainability. Several hundreds of students and teachers had a first interaction with the GAIA platform, while a form-based survey was conducted focusing on the gamification component. 78% of the students found the content of its gamification component interesting, and an 89% found the activity user-friendly. Regarding the acceptance of the tools from educators, the direct response gathered through a set of workshops, addressed specifically at educators, has been positive and several schools have provided their own proposals for schedules to integrating GAIA

tools in their curriculum. Thus, in terms of overall acceptance of both the tools and the infrastructure inside buildings and the schools' curricula, these results indicate that GAIA's educational scenarios had a quite positive initial response.

In addition to the GAIA platform that facilitates educational activities and scenarios for energy awareness and environmental sustainability utilizing real data from IoT sensors, we present here a number of alternative scenarios utilizing different data sets. Marine water scenarios remain an undiscovered but challenging territory that remains unexplored in STEM education. IoT platforms such as GAIA can facilitate educational scenarios towards the sustainability of the environment, based on understanding the implications of real world data.

### **Keywords**

IoT, sensors, educational scenarios, environmental awareness, energy efficiency education

### **Περίληψη**

Η ευαισθητοποίηση των νέων και η αλλαγή των συνηθειών τους όσον αφορά στην προστασία του περιβάλλοντος και την εξοικονόμηση ενέργειας, θα είναι καθοριστικής σημασίας για την διατήρηση ενός βιώσιμου πλανήτη στο εγγύς μέλλον. Σε αυτό το πλαίσιο, η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής απαιτεί αρχικά την ενημέρωση και κατόπιν την αλλαγή νοοτροπίας και εφαρμογή συμπεριφορών φιλικότερων προς το περιβάλλον. Σε αυτό το κείμενο, παρουσιάζουμε μερικές εκπαιδευτικές πρακτικές STEM που αξιοποιούν συστήματα Διαδικτύου των Αντικειμένων με αισθητήρες (Internet of Things, IoT), σε συνδυασμό με κατάλληλα σχεδιασμένες εκπαιδευτικές δραστηριότητες διερευνητικής μάθησης. Η ενίσχυση της εκπαιδευτικής κοινότητας στην περιβαλλοντική εκπαίδευση των νέων έχει πολλαπλασιαστικό αποτέλεσμα, καθώς η υιοθέτηση ενεργειακά αποδοτικών συνηθειών επηρεάζει και το άμεσο οικογενειακό τους περιβάλλον. Ως ένα τέτοιο παράδειγμα, η πλατφόρμα του έργου GAIA αξιοποιεί πραγματικά δεδομένα από σχολικά κτίρια, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βάση για τη σχεδίαση εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων STEM, αντλώντας δεδομένα από διάφορα περιβάλλοντα. Επιπλέον, προτείνεται η χρήση αισθητήρων για τη μέτρηση βασικών ωκεανογραφικών παραμέτρων όπως η θερμοκρασία, η αλατότητα, το διαλυμένο οξυγόνο, η αλκαλικότητα και η θολρότητα σε παράκτια περιβάλλοντα, η οποία δεν έχει εξεταστεί στο παρελθόν, ως ένα επόμενο βήμα για το σχεδιασμό εκπαιδευτικών σεναρίων αυτού του τύπου.

### **Λέξεις-κλειδιά**

IoT, αισθητήρες, εκπαιδευτικά σενάρια, περιβαλλοντική συνείδηση, εκπαίδευση και ενεργειακή κατανάλωση.

### **Εισαγωγή και στόχοι**

Οι εξελίξεις των τελευταίων χρόνων στα δίκτυα ασύρματων αισθητήρων και τις σχετικές τεχνολογίες μας οδηγούν με σταθερά βήματα προς ένα Διαδίκτυο των Αντικειμένων (IoT). Η ευρεία διαθεσιμότητα υλικού και λογισμικού και το μειούμενο κόστος τέτοιων τεχνολογιών προσφέρει τη δυνατότητα χρήσης τους σε μια σειρά πρακτικών εφαρμογών. Ένα τέτοιο πεδίο αποτελεί ο χώρος της εκπαίδευσης, με την ανάπτυξη καινοτόμων ψηφιακών συστημάτων που χρησιμοποιούν συνδυαστικές υπηρεσίες συλλογής και διαχείρισης δεδομένων (π.χ., μέτρηση της κατανάλωσης

ενέργειας και των περιβαλλοντικών συνθηκών σε σχολικά κτίρια), ενώ παρέχει αναλύσεις δεδομένων, καθώς και λειτουργίες συστάσεων και ειδοποιήσεων. Σε μία κρίσιμη στιγμή για το μέλλον του πλανήτη, μια προσέγγιση για την αντιμετώπιση του προβλήματος είναι η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση μέσω της εκπαίδευσης STEM, σύμφωνα με την οποία εφαρμόζονται οι γνώσεις των φυσικών επιστημών, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών για το σχεδιασμό και τη διεξαγωγή πειραμάτων, την ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων και της επικοινωνίας των αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων με συνεργαζόμενες ομάδες (Psycharis, 2018). Αυτό επιτυγχάνεται με συστήματα βασισμένα σε Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ), τα οποία περιλαμβάνουν διαδικτυακές και κινητές εφαρμογές, καθώς και εφαρμογές κοινωνικής δικτύωσης και χρησιμοποιούν δεδομένα από τους εγκατεστημένους αισθητήρες. Τα δεδομένα που συλλέγονται αξιοποιούνται στο πλαίσιο ενός αριθμού εκπαιδευτικών δράσεων με στόχο να επηρεάσουν και να μετασχηματίσουν τη συμπεριφορά των μαθητών σχετικά με την ενεργειακή κατανάλωση. Το παιχνίδι, ο ανταγωνισμός, η ανακάλυψη και η περιπέτεια είναι αδιάσπαστα στοιχεία της δραστηριότητας που οδηγεί στη γνώση.

Το άρθρο αυτό ασχολείται με την ευαισθητοποίηση της σχολικής κοινότητας σε θέματα αειφορίας ως αποτέλεσμα εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων STEM με δύο τρόπους: α) με την προσπάθεια εξοικονόμησης και καταγραφής αλλαγών συμπεριφοράς στην κατανάλωση ενέργειας, συνδυάζοντας τεχνολογία IoT και παιγνιώδη στοιχεία με τη χρήση πραγματικών δεδομένων σε σχολικά κτίρια και β) με τη μελέτη φυσικοχημικών μεγεθών παράκτιων υδάτων ώστε να εκτιμηθεί ο τρόπος με τον οποίο οι διαφορετικές ανθρωπογενείς πιέσεις προκαλούν αλλαγές στο περιβάλλον. Το τελευταίο αποτελεί αντικείμενο έρευνας λόγω των δυσκολιών της υποδομής αυτής για τη διατήρηση του δικτύου συλλογής των δεδομένων.

### **Πραγματικά δεδομένα στην εκπαίδευση STEM**

Η ευαισθητοποίηση σε περιβαλλοντικά ζητήματα για την αλλαγή συμπεριφοράς των πολιτών αποτελεί μια από τις προσεγγίσεις για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Η βασική ιδέα είναι ότι η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και η επίτευξη φιλόδοξων ενεργειακών και κλιματικών στόχων απαιτεί αλλαγή της συμπεριφοράς και των πρακτικών κατανάλωσης των πολιτών (European Environment Agency (EEA), 2013). Σχετικές εκθέσεις δείχνουν ότι η αποτελεσματική χρήση της ενέργειας μπορεί να οδηγήσει σε εξοικονόμηση και ενδεχομένως σε ουσιαστικά θετικό περιβαλλοντικό αντίκτυπο (European Environment Agency (EEA), 2013). Σημείο εκκίνησης αποτελεί ο εκπαιδευτικός τομέας με την ευαισθητοποίηση των νέων και την αλλαγή της συμπεριφοράς και των συνηθειών τους.

Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες, η προώθηση βιώσιμων συμπεριφορών στο σχολείο επηρεάζει και το άμεσο οικογενειακό περιβάλλον των μαθητών (Schelly, 2012). Οι συνεντεύξεις που διεξήχθησαν στο πλαίσιο του προγράμματος Powerdown (Crosby et al, 2012) έδειξαν ότι η αλλαγή συμπεριφοράς στην κατανάλωση ενέργειας που καλλιεργείται στο σχολείο μπορεί να εφαρμοστεί από τους μαθητές και τις οικογένειές τους και στο σπίτι. Οι στοχοθετημένες προσπάθειες προσέγγισης των μελών των οικογενειών έχουν ως αποτέλεσμα την προσέγγιση ενός μεγάλου μέρους του πληθυσμού και τον πολλαπλασιασμό των οφελών.

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 et al., 2017). Το έργο επικεντρώνεται σε μαθητές διαφόρων βαθμίδων

εκπαίδευσης από το Δημοτικό, το Γυμνάσιο, το Λύκειο και το Πανεπιστήμιο, στο προσωπικό των σχολείων, και τους γονείς των μαθητών. Οι δραστηριότητες του έργου περιλαμβάνουν παιγνιοποίηση και εκπαιδευτικές δράσεις βασισμένες σε πραγματικά δεδομένα ενεργειακής κατανάλωσης σχολικών κτιρίων σε τρεις Ευρωπαϊκές χώρες. Οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί των σχολείων που συμμετέχουν στο έργο, έχουν την ευκαιρία να εμπλακούν σε καινοτόμες δράσεις, οι οποίες τους παρέχουν τη δυνατότητα να αξιοποιήσουν νέες μαθησιακές και διδακτικές ευκαιρίες. 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 εσωτερικών και εξωτερικών περιβαλλοντικών συνθηκών. Τα δεδομένα που συλλέγονται στο πλαίσιο του έργου 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, στις συμμετέχουσες σχολικές μονάδες έχουν εγκατασταθεί σε διάφορες αίθουσες 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.

Κατά τη διάρκεια του έργου αναπτύσσεται ένα καινοτόμο σύστημα βασισμένο σε Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ), το οποίο περιλαμβάνει διαδικτυακές και κινητές εφαρμογές, καθώς και εφαρμογές κοινωνικής δικτύωσης που χρησιμοποιούν τα δεδομένα από τους εγκατεστημένους αισθητήρες. Το καινοτόμο ψηφιακό σύστημα χρησιμοποιεί συνδυαστικές υπηρεσίες συλλογής και διαχείρισης δεδομένων μέτρησης ενέργειας, ενώ παρέχει αναλύσεις δεδομένων, καθώς και λειτουργίες συστάσεων (recommendations) και ειδοποιήσεων. Οι εφαρμογές που υλοποιήθηκαν στο πλαίσιο του έργου είναι ένα Σύστημα Σχολικού Διαχειριστή (Building Manager System), ένα εκπαιδευτικό παιχνίδι GAIA Challenge και μία εφαρμογή κοινωνικής δικτύωσης και προσφέρονται για αξιοποίηση από τους μαθητές με την καθοδήγηση της εκπαιδευτικής προσέγγισης GAIA, που περιλαμβάνει προτεινόμενα εκπαιδευτικά σενάρια και φύλλα εργασίας.

### Σχετική έρευνα

Η προσέγγιση της προώθησης της βιώσιμης συμπεριφοράς μέσω εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων εμπίπτει στο πεδίο εφαρμογής διαφόρων ερευνητικών προγραμμάτων. Το Smart Campus (Medina et al., 2014) επικεντρώνεται σε τέσσερις δημόσιους πανεπιστημιακούς ιστότοπους με πιλοτικές εγκαταστάσεις και υλικό, σε συνδυασμό με λογισμικό που απευθύνεται σε χρήστες προσωπικών υπολογιστών ή κινητών συσκευών, με στόχο την προώθηση της ευαισθητοποίησης στην εξοικονόμηση ενέργειας. Στα σχολικά κτίρια εστιάζουν τα έργα Vervyschool (Brogan et al., 2015) και Zemeds (Gaitani et al., 2015), στο πλαίσιο των οποίων αναπτύχθηκε λογισμικό που παρέχει συμβουλές στους χρήστες για τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης της ενέργειας καθώς και σχετικά εργαλεία και μεθοδολογίες. Επίσης, το έργο School of the Future (School of the Future, 2016) έχει ως αποτέλεσμα μια σειρά οδηγιών σχετικά με τις πρακτικές εξοικονόμησης ενέργειας σε εκπαιδευτικό περιβάλλον.

Οι προτεινόμενες στο παρόν άρθρο εκπαιδευτικές δραστηριότητες υπερβαίνουν την απλή ενημέρωση σχετικά με τα ζητήματα ενεργειακής απόδοσης. Οι μαθητές αξιοποιούν τις τεχνολογικές εφαρμογές για να μετατραπούν σε ενεργούς φορείς που

συνεργάζονται μεταξύ τους για να παρακολουθούν και να διαμορφώνουν τη χρήση της ενέργειας στο σχολείο ή να λαμβάνουν αποφάσεις 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, έχουν προστιθέμενη αξία για τα 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 et al., 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 et al., 2005) σε ένα επιστημονικό εκπαιδευτικό πρόγραμμα για τη βιολογία των πτηνών, ενώ στο άρθρο (Kotovirta et al., 2012) οι συγγραφείς περιγράφουν δοκιμές για την ποιότητα του αέρα. Αντίστοιχα, στο EnviObserver (Sun et al., 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 et al., 2017) και (Mylonas et al., 2017).

Η ενσωμάτωση μιας πλατφόρμας διαχείρισης δεδομένων IoT και ενός σοβαρού παιχνιδιού, στο οποίο οι μαθητές αναλαμβάνουν μια σειρά αποστολών γνώσης και δράσης, αναφέρεται στο άρθρο του Garcia-Garcia (2017). Στο έργο GAIA αντίστοιχα, στις αποστολές γνώσης, υπάρχουν κουίζ σχετικά με διάφορες πτυχές της ενεργειακής απόδοσης και εξοικονόμησης ενέργειας. Μέσα από τις αποστολές αυτές, οι εκπαιδευτικοί ενισχύουν τη δράση μαθητών με στόχο την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης στο σχολικό κτίριο. Επιπλέον, το διαδικτυακό παιχνίδι προσφέρει ένα ψηφιακό περιβάλλον κοινωνικής δικτύωσης για τους μαθητές και τις ομάδες των μαθητών που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους σε θέματα που σχετίζονται με την ενεργειακή απόδοση, ώστε να μοιράζονται τις εμπειρίες και τα επιτεύγματά τους και να συναγωνίζονται για καλύτερα αποτελέσματα για την ομάδα τους (Mylonas et al., Nov. 2017).

Στο άρθρο (Heggen et al., 2013), επισημαίνεται η αξία της συμμετοχής σε αντίστοιχα προγράμματα όπως τα προαναφερόμενα, καθώς οι σπουδαστές 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.

### **Τοποθέτηση αισθητήρων στη θάλασσα**

Τα περισσότερα έργα στον τομέα του IoT επικεντρώνονται σε εφαρμογές στη ξηρά. Ακόμη και όταν αφορούν σε υπεράκτιες υποδομές ή σκάφη, οι συσκευές IoT εγκαθίστανται κυρίως στη ξηρά και μόνο μερικοί συγκεκριμένης μορφής αισθητήρες τοποθετούνται στο νερό. Το θαλάσσιο περιβάλλον είναι εχθρικό και η τεχνολογία των υποβρύχιων συσκευών IoT είναι πολύ ακριβή. Ένα αξιόπιστο υδατοστεγές περίβλημα για αισθητήρες που θα χρησιμοποιηθούν σε ρηχά νερά, κοστίζει τουλάχιστον 2 ή 3 φορές περισσότερο από τους αντίστοιχους που λειτουργούν στο έδαφος και πολύ περισσότερο εάν προορίζονται για βαθιά νερά. Οι ωκεανογραφικές επιχειρήσεις είναι περίπλοκες και δύσκολες. Για παράδειγμα, η ταχεία ανάπτυξη φυκιών ή

μικροοργανισμών μπορεί να επηρεάσει ξαφνικά την ποιότητα των μετρήσεων. Οι υποβρύχιες επικοινωνίες είναι ακόμα εξαιρετικά δύσκολες και ενεργοβόρες. Τα κύματα RF μπορούν να διανύσουν λίγα εκατοστά απόστασης και μόνο ηχητικές ή οπτικές επικοινωνίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μεγαλύτερες αποστάσεις. Το ενεργειακό κόστος των υποβρύχιων επικοινωνιών περιορίζει σημαντικά τη διάρκεια ζωής της συσκευής, που είναι συνήθως ολιγόμηνη στην καλύτερη περίπτωση και απαιτεί συχνές αντικαταστάσεις των μπαταριών, ένα χρονοβόρο και δύσκολο έργο. Τέλος, τα πρότυπα επικοινωνίας εμφανίστηκαν κατά τα τελευταία χρόνια. Ως αποτέλεσμα των παραπάνω η διαθεσιμότητα υποβρύχιων δεδομένων IoT εξακολουθεί να είναι πολύ περιορισμένη.

Μία από τις λίγες προσπάθειες για την παροχή υποβρύχιων δεδομένων μέσω διαδικτύου είναι το έργο της EE SUNRISE (Petrioli et al., 2013), (SUNRISE Project <http://fp7-sunrise.eu/>). Παρόλο που το SUNRISE μας έδειξε σαφώς τη δυνατότητα συλλογής υποβρύχιων δεδομένων, δε σχεδιάστηκε για εκπαιδευτικές δραστηριότητες STEM και τόσο η πολυπλοκότητα των εργαλείων όσο και το κόστος του εξοπλισμού δεν είναι ακόμη κατάλληλα για την λειτουργία σε σχολικές τάξεις. Παρά τις δυσκολίες, υπάρχουν ήδη κάποιες προσπάθειες για πιο προσιτά εργαλεία για υποβρύχιες έρευνες (Baichtal, 2015), (OpenROV, <https://www.openrov.com/>), (The Cave Pearl Project <https://thecavepearlproject.org/>)

Είναι λοιπόν δυνατόν να σχεδιαστούν ουσιαστικές δραστηριότητες STEM που επικεντρώνονται σε ρηχά νερά ή/ και στη δειγματοληψία στην επιφάνεια της θάλασσας που μειώνουν σημαντικά τις παραπάνω δυσκολίες. Η εστίαση στα ρηχά νερά και/ ή στην επιφάνεια της θάλασσας μας επιτρέπει:

- (α) να εμπλέξουμε τους μαθητές σε συμμετοχική δειγματοληψία,
- (β) να αναπτυχθούν σχετικά απλές υποδομές δικτύωσης ικανές να αποστείλουν υποθαλάσσια δεδομένα, οι οποίες χρησιμοποιούν ασύρματες τεχνολογίες (π.χ. LoRa, Sigfox).

Στην τελευταία περίπτωση, οι μαθητές ποντίζουν τις συσκευές και τα δεδομένα που συλλέγονται μεταφέρονται μέσω καλωδίου σε μια ασύρματη συσκευή στην επιφάνεια του νερού, η οποία τα καθιστά διαθέσιμα στο υπολογιστικό νέφος.

### **Ο ρόλος των ανθρωπογενών πιέσεων στο παράκτιο περιβάλλον**

Το μεγαλύτερο ποσοστό της επιφάνειας του πλανήτη καλύπτεται από θάλασσα. Συγκεκριμένα το 79% περίπου της επιφάνειας της Γης καλύπτεται από νερό και μόνο το 21% από ξηρά. Σήμερα, γνωρίζουμε την τεράστια σημασία που έχει η θάλασσα για τη ζωή σε ολόκληρο τον πλανήτη και ειδικότερα για τον άνθρωπο. Η θάλασσα αποτελεί πολλαπλά σημαντική “πηγή ζωής” για τη Γη μας.

Παρέχει την δυνατότητα παραγωγής τροφής, ορυκτών υλών και ενέργειας, αποτελεί κύριο παράγοντα ανανέωσης του οξυγόνου που αναπνέουμε, καθώς και το μέσο για τη μεταφορά αγαθών (εμπόριο, μεταφορά ενέργειας/ πληροφοριών). Οι θαλάσσιοι δρόμοι διακίνησης του εμπορίου αποτέλεσαν συγχρόνως και γέφυρες πολιτισμού, ενοποιώντας πολιτισμικά μεγάλες γεωγραφικές ενότητες και επιτρέποντας την ανάπτυξη των πολιτισμών. Όμως, για την καλύτερη αξιοποίησή των δυνατοτήτων της θάλασσας και παράλληλα για την αποτελεσματική προστασία της επιβάλλεται η προσεκτική και λεπτομερής μελέτη της από κάθε άποψη (Green paper Marine Knowledge 2020, 2012)

Στα εκπαιδευτικά σενάρια που προτείνονται αξιοποιούνται μια σειρά αισθητήρων για την μέτρηση φυσικών και χημικών θαλάσσιων παραμέτρων. Τα βήματα των παιδαγωγικών δραστηριοτήτων που ακολουθούμε είναι: η ευαισθητοποίηση, η παρατήρηση, ο πειραματισμός και η δράση. Οι μαθητές σχολείων (ηλικίας από 15

έως 18 ετών) που ζουν σε παράκτιες περιοχές της Ευρώπης χρησιμοποιούν φορητό εξοπλισμό για να πραγματοποιήσουν σχετικές μετρήσεις και να τις υποβάλουν σε μια βάση δεδομένων στην οποία έχουν κοινή πρόσβαση. Ανάλογα με τις ανάγκες και τις προτεραιότητες της διδασκαλίας, οι μαθητές μπορούν να συλλέγουν και να αναλύουν:

- τις τρέχουσες τιμές και τυχόν διακυμάνσεις σε αυτές κατά τη διάρκεια της περιόδου παρατήρησης της δραστηριότητας,
- τη μεταβολή των τιμών για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους, π.χ. συγκρίνοντας τις τιμές μεταξύ διαφορετικών ωρών της ημέρας, μεταξύ μηνών, εποχών, ή ετών,
- τη διακύμανση των φαινομένων από περιοχή σε περιοχή.

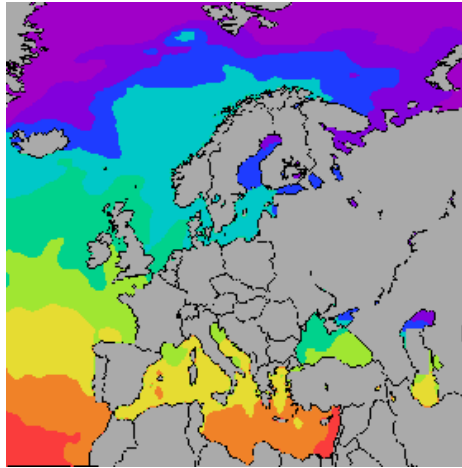
Σύμφωνα με το σχεδιασμό των εκπαιδευτικών σεναρίων, η επιστημονική σκέψη που αναπτύσσεται κατά την παραπάνω διαδικασία μπορεί να αξιοποιηθεί με διάφορους τρόπους στο πλαίσιο της διδασκαλίας όχι μόνο στα μαθήματα των φυσικών επιστημών, αλλά και στο πλαίσιο διαθεματικών προσεγγίσεων που συνδυάζουν αυτές τις παρατηρήσεις και αναλύσεις με τις οικονομικές, κοινωνικές και άλλες πτυχές της προσπάθειάς μας για καθαρές θάλασσες.

### **1. Αισθητήρας Θερμοκρασίας: Μέτρηση της θερμοκρασίας (T).**

Η θερμοκρασία των επιφανειακών νερών παρουσιάζει φυσική ημερήσια και εποχιακή διακύμανση λόγω των καιρικών συνθηκών και των θερμικών ανταλλαγών με την ατμόσφαιρα. Οι μαθητές κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους, καταγράφουν τη θερμοκρασία των επιφανειακών νερών της θάλασσας, παίρνοντας μετρήσεις σε διαφορετικές ώρες της ημέρας και σε διαφορετικά βάθη (έως 10m) και επιβεβαιώνουν πειραματικά τις θεωρητικές προβλέψεις τους.

#### **α. Μελέτη της επιφανειακής θερμοκρασίας της θάλασσας σε σχέση με το γεωγραφικό πλάτος.**

Η κατανομή της επιφανειακής θερμοκρασίας αντιστοιχεί πλήρως με την κατανομή της ακτινοβολίας που εισέρχεται στη θάλασσα. Οι τιμές της θερμοκρασίας στην επιφάνεια του παγκόσμιου ωκεανού (βάθη νερού μέχρι 5 m) παρουσιάζουν μια ζώνωση ως προς το γεωγραφικό πλάτος (εικόνα 1). Κοντά στον Ισημερινό, τα νερά έχουν υψηλές θερμοκρασίες καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Αντίθετα, στις περιοχές που βρίσκονται κοντά στους πόλους, οι θερμοκρασίες των επιφανειακών στρωμάτων είναι σχεδόν πάντα ιδιαίτερα χαμηλές. Στην εύκρατη κλιματική ζώνη, οι τιμές της θερμοκρασίας που λαμβάνει ένα μια επιφανειακή μάζα νερού είναι χαμηλότερες από αυτές των τροπικών νερών και υψηλότερες των αντίστοιχων πολικών νερών και μεταβάλλονται σημαντικά κατά τη διάρκεια του έτους (Εργαστηριακές Ασκήσεις Παράκτιας Ωκεανογραφίας, 2016).



Εικόνα 1: Θερμοκρασία επιφάνειας των Ευρωπαϊκών θαλασσών (Ιστοσελίδα: Seatemperature.org)

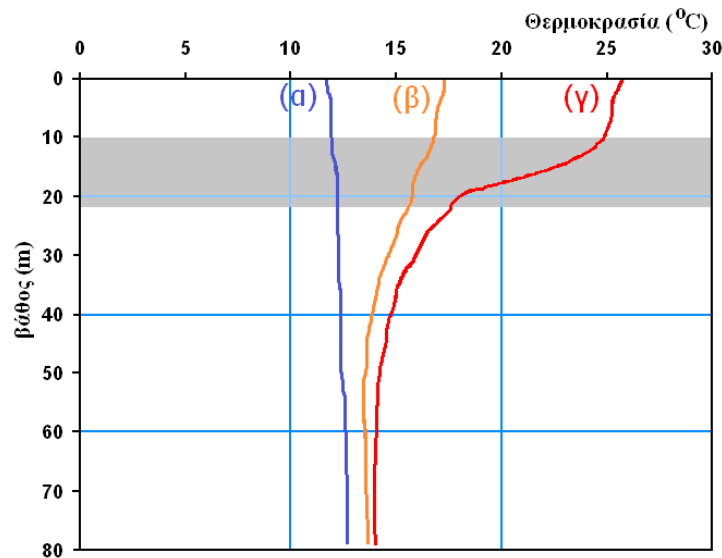
Οι μαθητές παράκτιων περιοχών της Μεσογείου θα καταγράψουν την ίδια ημέρα του έτους μεγαλύτερη επιφανειακή θερμοκρασία από τους μαθητές παράκτιων περιοχών της Βαλτικής ή του Ατλαντικού, γεγονός το οποίο οφείλεται στο διαφορετικό γεωγραφικό πλάτος και κατά συνέπεια στη διαφορετική ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται η περιοχή.

#### **β. Μελέτη της επιφανειακής θερμοκρασίας της θάλασσας κατά τη διάρκεια του έτους.**

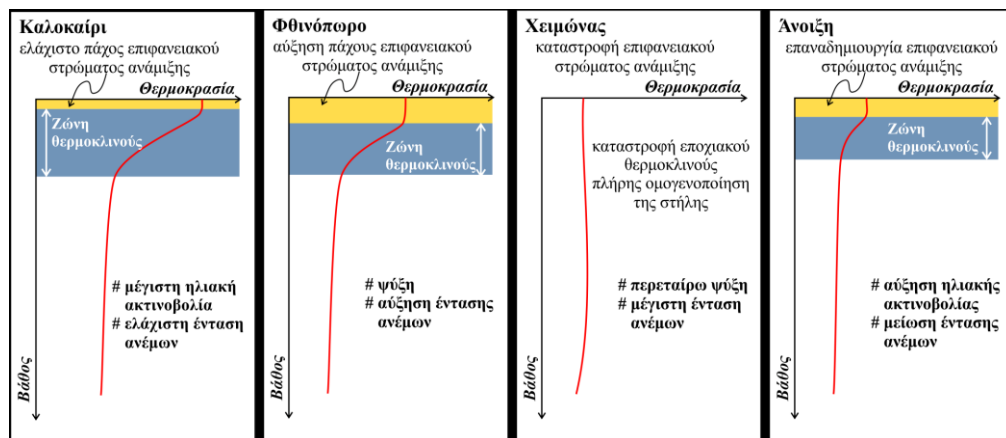
Οι μαθητές αξιοποιώντας τις μετρήσεις που κατέγραψαν κατά τη διάρκεια του έτους θα είναι σε θέση να εξηγήσουν την εποχιακή διακύμανση της επιφανειακής θερμοκρασίας. Το χειμώνα ο κυματισμός της θάλασσας είναι πιο έντονος και το επιφανειακό στρώμα υφίσταται μίξη ενώ η θερμοκρασία είναι χαμηλή και ομοιόμορφη. Το καλοκαίρι, όπου η ατμοσφαιρική θερμοκρασία είναι υψηλή και η ένταση των κυμάτων μικρή, η μίξη είναι ελάχιστη και η θερμοκρασία του επιφανειακού στρώματος αυξάνει έντονα λόγω συσσώρευσης θερμότητας.

Από τον Μάρτιο ως τον Αύγουστο η θερμοκρασία στην επιφάνεια της θάλασσας συνεχώς αυξάνεται λόγω της απορρόφησης θερμότητας από την ατμόσφαιρα. Έτσι την άνοιξη αρχίζει να δημιουργείται το εποχιακό θερμοκλινές το οποίο έχει μικρό πάχος και μικρό θερμοκρασιακό εύρος. Το καλοκαίρι η επιφανειακή θερμοκρασία συνεχώς αυξάνεται λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούν στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα το εποχιακό θερμοκλινές να αποκτήσει μεγαλύτερο πάχος και μεγαλύτερο θερμοκρασιακό εύρος (εικόνα 2, 3).

Από το Σεπτέμβριο μέχρι το Φεβρουάριο το επιφανειακό στρώμα χάνει διαρκώς θερμότητα. Η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας είναι μικρότερη της θάλασσας επιπλέον δε η ένταση των κυματισμών αυξάνεται συνεχώς, ώστε να γίνεται πλήρη ανάδευση. Έτσι το φθινόπωρο το πάχος του θερμοκλινούς αυξάνει, αλλά το εύρος του ελαττώνεται σε σχέση με το καλοκαίρι. Το χειμώνα η ελάττωση του επιφανειακού στρώματος συνεχίζεται, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία να γίνει ομοιόμορφη μέχρι την οροφή του διαρκούς θερμοκλινούς.



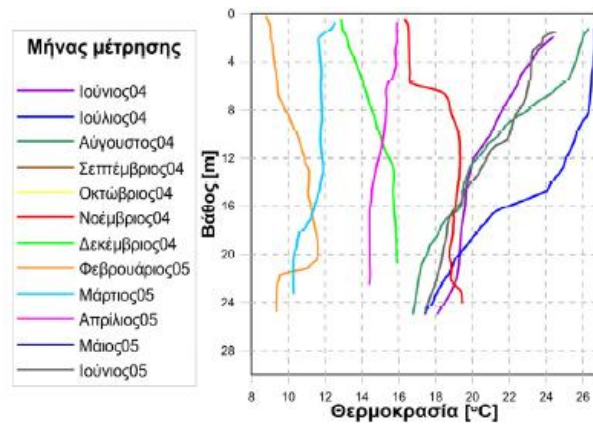
**Εικόνα 2:** Ανάπτυξη εποχιακού θερμοκλινούς στη θαλάσσια περιοχή της Αλοννήσου το χειμώνα (Ιανουάριος - καμπύλη α), την άνοιξη (Απρίλιος - καμπύλη β) και το καλοκαίρι (Ιούλιος - καμπύλη γ) του 2001 (Δασενάκης, κ.α., 2017).



**Εικόνα 3:** Αλλαγή του εποχιακού θεμοκλινούς ανάλογα με τις εποχές (Κρεστενίτης, κ.α., 2017)

Το ετήσιο εύρος των επιφανειακών θερμοκρασιών γίνεται μέγιστο στα ενδιάμεσα γεωγραφικά πλάτη, ενώ στα μικρά και μεγάλα γεωγραφικά πλάτη το εύρος είναι ελάχιστο. Οι μαθητές των σχολείων που βρίσκονται σε μεσαία γεωγραφικά πλάτη, λόγω των μεγάλων διακυμάνσεων της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας και άλλων ατμοσφαιρικών φαινομένων, αναμένουμε να καταγράψουν μεγαλύτερη εποχιακή διακύμανση της θερμοκρασίας του επιφανειακού στρώματος.

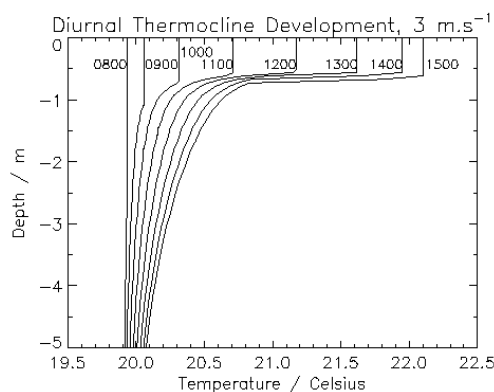
Το εκπαιδευτικό σενάριο μπορεί να επεκταθεί ώστε να συμπεριλάβει μετρήσεις σε παράκτιες περιοχές μικρού βάθους, όπου η εποχιακή μεταβολή μπορεί να απέχει από το γενικό κανόνα, ιδιαίτερα εάν υπάρχει σημαντική επίδραση υφάλμυρων νερών. Στην εικόνα 4 παρουσιάζεται το προφίλ της θερμοκρασίας στις εκβολές του Αλιάκμονα (Θερμαϊκός Κόλπος, ΒΔ Αιγαίο), όπως μετρήθηκε μεταξύ Ιουνίου του 2004 και Ιουνίου του 2005 (ΕΛΚΕΘΕ). Οι μαθητές καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι τοπικές εισροές μαζών νερού και η συνεπαγόμενη ανάμιξη διαφορετικών υδάτινων τύπων, φαινόμενο ιδιαίτερα συχνό σε παράκτια νερά, μπορούν να οδηγήσουν σε αποκλίσεις από τους γενικούς κανόνες.



Εικόνα 4: Θερμοκρασία, μετρήσεις νότια εκβολών του Αλιάκμονα, 06/2004 ως 06/2005 (Κρεστενίτης, κ.α., 2017).

### γ. Μελέτη της επιφανειακής θερμοκρασίας της θάλασσας κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Εκτός από το εποχιακό θερμοκλινές στα μέσα γεωγραφικά πλάτη υπάρχει και το ημερήσιο θερμοκλινές (εικόνα 5) το οποίο είναι ιδιαίτερα έντονο την άνοιξη, το καλοκαίρι και το φθινόπωρο. Ομάδες μαθητών από σχολεία διαφορετικών παράκτιων περιοχών της Ευρώπης συλλέγουν τιμές της θερμοκρασίας του επιφανειακού στρώματος της θάλασσας στη διάρκεια της ημέρας, καταχωρούν τις τιμές στη βάση δεδομένων, επεξεργάζονται τα δεδομένα και καταλήγουν σε επιστημονικά συμπεράσματα για τη διακύμανση της επιφανειακής θερμοκρασίας της θάλασσας.



Εικόνα 5: Ανάπτυξη ημερήσιου θερμοκλινούς (ιστοσελίδα: Research met office, 2017).

### 2. Αισθητήρας pH: Μέτρηση του pH (οξύτητα –αλκαλικότητα)

Το pH παίζει σπουδαίο ρόλο στο θαλάσσιο οικοσύστημα γιατί καθορίζει τη διαλυτότητα και τη χημική μορφή των περισσότερων ουσιών που βρίσκονται σ' αυτό. Η μείωση ή η αύξηση του pH είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη φωτοσύνθεση και την αναπνοή των οργανισμών του θαλάσσιου οικοσυστήματος και επομένως σχετίζεται με την παραγωγικότητα της βιομάζας.

Στην επιφάνεια της θάλασσας το pH κυμαίνεται από 8,0 σε 8,3 και εξαρτάται από τη μερική πίεση του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα, τη θερμοκρασία και την αλατότητα του νερού.

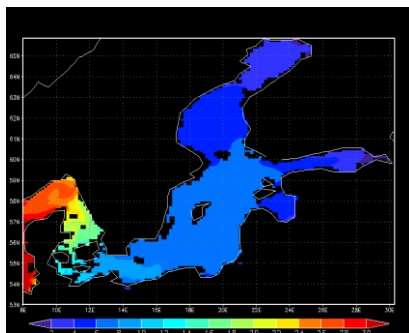
Οι μαθητές διαπιστώνουν ότι οι χημικές ιδιότητες του θαλάσσιου νερού διαφέρουν απ' αυτές του γλυκού, λόγω της παρουσίας αλάτων. Τα λιγότερα όξινα άλατα που περιέχονται στο θαλασσινό νερό (όπως τα ανθρακικά, δισανθρακικά και βορικά) μειώνουν την υψηλή όξινη ή αλκαλική σύσταση πολλών υγρών αποβλήτων. Έτσι η

τοξικότητα των λυμάτων είναι υψηλή στα γλυκά νερά ενώ μειώνεται στη θάλασσα. Η μέτρηση του pH είναι το καλύτερο μέσο εκτίμησης των αποτελεσμάτων διάθεσης των όξινων ή αλκαλικών αποβλήτων στο θαλάσσιο οικοσύστημα.

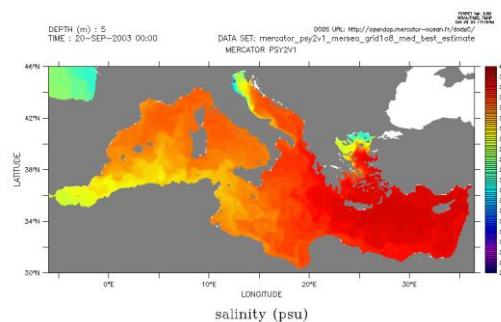
Επίσης, στόχος της δραστηριότητας είναι οι μαθητές να κατανοήσουν ότι το κρίσιμο όριο επιβίωσης για τη ζωή στις λίμνες και τα υδάτινα ρεύματα, δεν εξαρτάται από τη μέση τιμή του pH (βαθμός όξυνσης) κατά τη διάρκεια ενός έτους, αλλά από την πιο χαμηλή τιμή του pH. Τέτοιες σύντομες, αλλά επικίνδυνες περιόδους με χαμηλές τιμές pH εμφανίζονται, κυρίως την άνοιξη κατά την τήξη των πάγων (πλήγματα οξύτητας). Οι διακυμάνσεις του pH μπορεί να έχουν σαν αποτέλεσμα το θάνατο πολλών οργανισμών (π.χ. πλαγκτόν στο 6,5 και η πέρκα και το χέλι στους 6,4 και 6,3-6,5 αντίστοιχα). Εάν η τιμή του pH είναι κάτω από 6,5 αρχίζουν οι δυσμενείς επιπτώσεις σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς και κάτω από pH 5 όλα τα ζώα και τα φυτά πεθαίνουν.

### 3. Αισθητήρες Αλατότητας - Αγωγιμότητας: Μέτρηση αλατότητας (S) – Μέτρηση αγωγιμότητας (STD)

Οι μαθητές σε διαφορετικές παράκτιες περιοχές της Ευρώπης καταγράφουν τιμές της αλατότητας της θάλασσας και καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η ολική μάζα των διαλυμένων αλάτων ποικίλλει από μια θάλασσα σε άλλη ξεπερνώντας τα 36gr στην Μεσόγειο θάλασσα και πέφτοντας κάτω από 10gr αλάτων ανά Kg νερού, σε ορισμένες περιοχές της Βαλτικής θάλασσας.



Εικόνα 6: Βαλτική: κατανομή αλατότητας στην επιφάνεια της θάλασσας



Εικόνα 7: Μεσόγειος: κατανομή αλατότητας στην επιφάνεια της θάλασσας

Οι μαθητές καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η επιφανειακή αλατότητα είναι μέγιστη στα γεωγραφικά πλάτη όπου η ετήσια εξάτμιση είναι μεγαλύτερη από την ετήσια βροχόπτωση και οι ελάχιστες τιμές αλατότητας βρίσκονται στα γεωγραφικά πλάτη όπου η βροχόπτωση είναι μεγαλύτερη από την εξάτμιση (εικόνες 6, 7). Επίσης, η τα νερά των ποταμών επηρεάζουν τις τιμές της αλατότητας π.χ η Βαλτική θάλασσα αποτελεί μια λεκάνη με περιορισμένη επικοινωνία με τον Ατλαντικό, όπου χύνονται μεγάλοι ποταμοί, ενώ η εξάτμιση είναι ελάχιστη. Αντίθετα η Μεσόγειος και η Ερυθρά θάλασσα είναι δύο λεκάνες όπου η εξάτμιση είναι μεγάλη και η έκχυση ποτάμιων υδάτων είναι ελάχιστη με αποτέλεσμα μεγάλα ποσά αλατότητας.

Επιπλέον, η τήξη και ο σχηματισμός των πάγων παίζουν ρόλο στις πολικές περιοχές.

### 4. Αισθητήρας θολερότητας: Μέτρηση της θολερότητας (Turbidity)

Οι μαθητές χρησιμοποιώντας τον αισθητήρα της θολερότητας καταγράφουν τιμές της φυσικής παραμέτρου η οποία καθορίζει την ικανότητα διέλευσης του ηλιακού φωτός στο νερό. Η θολερότητα προκαλείται ή από φυσική αιτία (διάβρωση ή αποσύνθεση οργανισμών μετά το θάνατό τους) ή από τα κολλοειδή και λεπτόκοκκα αιωρούμενα στερεά που περιέχονται στα λύματα και βιομηχανικά απόβλητα και καθιζάνουν στον

πυθμένα με μεγάλη δυσκολία και επηρεάζει άμεσα τα είδη του οικοσυστήματος που έχουν αυξημένες ανάγκες φωτός για την ανάπτυξή τους. Το βάθος διείσδυσης του φωτός στο θαλασσινό νερό είναι καθοριστικό για την πρωτογενή παραγωγή (φωτοσύνθεση) και εξαρτάται από τη διαύγεια του θαλασσινού νερού και το μήκος κύματος της φωτεινής ακτινοβολίας.

### **5. Αισθητήρας Διαλυμένου Οξυγόνου: Μέτρηση Διαλυμένου Οξυγόνου (D.O.)**

Στα οικιακά λύματα περιέχονται οργανικές ουσίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν τροφή από άλλους οργανισμούς και ιδιαίτερα από μικρόβια. Αυτοί οι οργανισμοί με οξειδωτικές αντιδράσεις μεταβολίζουν τις οργανικές ουσίες καταναλώνοντας γι' αυτή τη διαδικασία το οξυγόνο που είναι διαλυμένο στο νερό. Επειδή το οξυγόνο έχει σχετικά μικρή διαλυτότητα στο νερό, καταναλώνεται γρήγορα όταν υπάρχει μεγάλο οργανικό φορτίο με αποτέλεσμα να δημιουργούνται αναερόβιες συνθήκες. Συγκέντρωση μικρότερη από 7 mg/lt σημαίνει έλλειψη οξυγόνου που έχει σαν αποτέλεσμα την μη επιβίωση των ψαριών και των άλλων αερόβιων οργανισμών. Οι φυσιολογικές τιμές του D.O κυμαίνονται πάνω από 7 mg/lit.

Τους αισθητήρες της θολερότητας και του διαλυμένου οξυγόνου θα τους χρησιμοποιήσουμε για την μελέτη του φαινομένου του ευτροφισμού σε κλειστές ακτές - κόλπους όπου η κυκλοφορία των υδάτων είναι περιορισμένη, κοντά σε παράκτιες αγροτικές περιοχές ή σε περιοχές κοντά σε λιμάνια ή σε περιοχές όπου τα λύματα εισρέουν στο θαλάσσιο περιβάλλον χωρίς να έχουν υποστεί βιολογικό καθαρισμό.

Εκτός όμως από τις περιοχές που το φαινόμενο του ευτροφισμού επιδρά αρνητικά στο περιβάλλον, οι μαθητές θα προσδιορίσουν και περιοχές όπως οι εκβολές των ποταμών οι οποίες τείνουν συνήθως να είναι φυσικά ευτροφικές, λόγω του ότι μεταφέρουν θρεπτικά συστατικά στην ανοιχτή θάλασσα, δίνοντας αυξημένη παραγωγικότητα και τροφή στα ψάρια και σε άλλους οργανισμούς. Δεν είναι τυχαίο ότι σημαντικά θαλάσσια αλιευτικά πεδία βρίσκονται κοντά σε περιοχές με εκβολές ποταμών (Βόρειο Αιγαίο, Θρακικό πέλαγος, κτλ).

### **Συζήτηση-Συμπεράσματα**

Αυτό το άρθρο προτείνει τη χρήση ψηφιακών αισθητήρων ως βάση για την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των μαθητών μέσα από εκπαιδευτικές δραστηριότητες STEM. Παρουσιάζονται διάφορες εφαρμογές που βασίζονται σε δεδομένα αισθητήρων που έχουν εγκατασταθεί σε σχολικά κτίρια, οι οποίες μπορούν να βρουν εφαρμογή και στη μελέτη ωκεανογραφικών μεγεθών σε παράκτιες περιοχές. 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 σεναρίων.

Το καλοκαίρι του 2017, έγινε μια αρχική αξιολόγηση του έργου GAIA για τον εντοπισμό προβλημάτων καθώς και τη συλλογή εντυπώσεων από συνολικά 944 μαθητές και εκπαιδευτικούς, ως προς το σχεδιασμό και το περιεχόμενο των εκπαιδευτικών σεναρίων. Η αξιολόγηση από τους εκπαιδευτικούς, η οποία πραγματοποιήθηκε σε εργαστήρια πληροφορικής, ήταν θετική και αρκετά σχολεία θέλησαν να συμπεριλάβουν δραστηριότητες GAIA στην εκπαιδευτική πρακτική. Υπήρξε θετική ανάδραση, όσον αφορά στη συνολική αποδοχή των εργαλείων και της υποδομής που εγκαταστάθηκε στα σχολεία, καθώς και της ένταξης των δραστηριοτήτων στο σχολικό πρόγραμμα διδασκαλίας. Επιπλέον, 196 μαθητές Γυμνασίου αξιολόγησαν το εκπαιδευτικό παιχνίδι μέσω ενός ερωτηματολογίου. Από

αυτούς το 78% βρήκε το περιεχόμενο του παιχνιδιού ενδιαφέρον (21% “extremely”, 26% “very”, 3% “moderately”), ενώ το 89% βρήκε τη δραστηριότητα φιλική προς τους χρήστες (38% “extremely”, 29% “very”, 22% “moderately”).

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 συνθήκες των σχολικών αιθουσών παρέχοντας ουσιαστική ανατροφοδότηση. Η ανάπτυξη εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων με επίκεντρο την ενεργειακή ευαισθητοποίηση στα σχολεία έλαβε θετική ανάδραση από την εκπαιδευτική κοινότητα. 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 αισθητήρων σε παράκτιες περιοχές και τη δημιουργία δικτύου ως εκπαιδευτικού εργαλείου που θα βοηθήσει αφενός στην κατανόηση των επιπτώσεων των διαφορετικών ανθρωπογενών πιέσεων στα παράκτια περιβάλλοντα, αφετέρου στην ανάληψη δράσεων της κοινωνίας για την προστασία των παράκτιων ζωνών. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων στα σχολεία καθώς και μέσω εφαρμογών, που βασίζονται σε IoT πλατφόρμες όπως αυτή του GAIA.

### Acknowledgement

This work has been partially supported by the EU research project “Green Awareness In Action”, funded by the EC and EASME under H2020 and contract number 696029. The information and views set out in this article are those of the authors and do not necessarily reflect the official opinion of the European Union.

### 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).
- Baichtal, J., (2015). *Building Your Own Drones: A Beginners' Guide to Drones, UAVs, and ROVs*, 1st Ed. Que Publishing Company.
- Brogan, M., & Galata, A. (2015). The Vervyschool 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.
- 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.
- Crosby, K., & Metzger, A. B. (2012). *Powering down: A toolkit for behavior-based energy conservation in k-12 schools*, U.S. Green Building Council (USGBC), Washington DC, USA, Tech. Rep.
- European Environment Agency (EEA) (2013). Achieving energy efficiency through behaviour change: what does it take? EEA Tech. Rep.
- Gaitani, N., Cases, L., Mastrapostoli, E., & Eliopoulou, E. (2015). Paving the way to nearly zero energy schools in mediterranean region – zemedes project, *Energy Procedia*, 78, (pp.3348-3353), 6<sup>th</sup> International Building Physics Conference, IBPC 2015. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610215024819>

- Garcia-Garcia, C., Terroso-Saenz, F., Gonzalez-Burgos, F., & Skarmeta, A. F. (2017). Integration of serious games and iot data management platforms to motivate behavioural change for energy efficient lifestyles, In Global Internet of Things Summit, GIoTTS 2017, Geneva, Switzerland, June 6-9, 2017. IEEE, 2017, (pp. 1-6). [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/GIoTTS.2017.8016255>
- 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>
- Kotovirta, V., Toivanen, T., Tergujeff R., & Huttunen, M. (2012). Participatory sensing in environmental monitoring – experiences, In 6<sup>th</sup> International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing, July 2012, (pp. 155-162).
- Mallon, E., & Beddows, P. (2017). *The cave pearl project: developing a summersible data logger system for long term environmental monitoring*, <https://thecavepearlproject.org>.
- Medina, J., Nina, M., & Oliveira, I. (2014). Smart campus - building-user interaction towards energy efficiency through ict-based intelligent energy management systems, In European Project Space on Information and Communication Systems - EPS Barcelona,, INSTICC. ScitePress, 2014, pp. 11-30.
- 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, GIoTTS 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/green-awareness-via-iot-infrastructure-educational-labs-and-games-in-schools-the-gaia-case>
- Papaioannou, T. G., Kotsopoulos, D., Bardaki, C., Lounis, S., Dimitriou, N., Boultsadakis, G., Garbi, A., & Schoofs, A. (2017). Iot-enabled gamification for energy conservation in public buildings, In Global Internet of Things Summit, GIoTTS 2017, Geneva, Switzerland, June 6-9, 2017. IEEE, 2017, (pp. 1-6).
- Petrioli, C., Potter, J., & Petrocchia, R. (2013). Sunrise sensing, monitoring and actuating on the underwater world through a federated research infrastructure extending the future internet, In *Proceedings of EMSO 2013, Rome, Italy, November, 17 2013*, demo also presented. [Online]. Available: [http://www.emso-eu.org/management/](http://www.emso-eu.org/management/images/documents/EMSO_ABSTRACT_final.pdf) images/documents/EMSO\_ABSTRACT final.pdf
- 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>
- Psycharis, S. (2018). STEAM in Education: A Literature review on the role of Computational Thinking, Engineering Epistemology and Computational Science. Computational STEAM Pedagogy (CSP). *Scientific Culture*, 4(2), 51-72.
- Schelly, C., Cross, J. E., Franzen, W. S., Hall, P., & Reeve, S. (2012). How to go green: Creating a conservation culture in a public high school through education, modeling, and communication, *Journal of Environmental Education*, 43(3), 143-161.
- 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).
- Δασενάκης, Μ., Λαδάκης, Μ., Καραβόλτσος, Σ., & Παρασκευοπούλου, Β. (2017). Χημική Ωκεανογραφία. Κεφ 2. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά γλυκού και θαλασσινού νερού. Η επίδρασή τους στο θαλάσσιο σύστημα. Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα, [www.kallipos.gr](http://www.kallipos.gr). ISBN: 978-960-603-234-9. Τελευταία πρόσβαση: Δεκέμβριος 2017.
- Κρεστενίτης, Γ., Κομπιάδου, Κ., Μακρή, Χρ., Ανδρουλάκης, Γ., & Καραμπάς, Θ. (2017). *Παράκτια Μηχανική Θαλάσσια Περιβαλλοντική Υδραυλική*. Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα, [www.kallipos.gr](http://www.kallipos.gr). ISBN: 978-960-603-253-0. Τελευταία πρόσβαση: Δεκέμβριος 2017.
- Εργαστηριακές Ασκήσεις Παράκτιας Ωκεανογραφίας (2016). *Εργαστήριο 3: Η θερμοκρασία του θαλασσινού νερού. Τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων*. Πανεπιστήμιο Πατρών. Αγρίνιο, 2016.

Green paper Marine Knowledge 2020, mapping to ocean forecasting. ISBN 978-92-79-25350-8  
Luxembourg: Publications Office of the European Union, COM (2012) 473.  
[http://research.metoffice.gov.uk/research/nwp/satellite/infrared/sst/kt\\_model.html](http://research.metoffice.gov.uk/research/nwp/satellite/infrared/sst/kt_model.html) Τελευταία  
πρόσβαση: Δεκέμβριος 2017.  
OpenROV: <https://www.openrov.com/>  
Sea Temperature Organization: <https://www.seatemperature.org/europe/>  
SUNRISE Project <http://fp7-sunrise.eu/>  
The Cave Pearl Project <https://thecavepearlproject.org>