ePublishing

Open Schools Journal for Open Science

Vol 6, No 1 (2023)

Open Schools Journal for Open Science - Special Issue -Πρακτικά του «3ου Μαθητικού Συνεδρίου Έρευνας και Επιστήμης»

Aquabi. Τηλεπισκόπηση και έλεγχος ρύπανσης υδάτινου αποδέκτη.

Βαϊα – Ιωάννα Αραπάκη, Ηλίας Ζαφειριάδης

doi: 10.12681/osj.31895

Copyright © 2023, Βαϊα – Ιωάννα Αραπάκη, Ηλίας Ζαφειριάδης

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0.

To cite this article:

Αραπάκη Β. – Ι., & Ζαφειριάδης Η. (2023). Aquabi. Τηλεπισκόπηση και έλεγχος ρύπανσης υδάτινου αποδέκτη. *Open Schools Journal for Open Science*, *6*(1). https://doi.org/10.12681/osj.31895

https://epublishing.ekt.gr | **e-Publisher:** EKT | **Downloaded at:** 21/02/2026 00:31:03

https://epublishing.ekt.gr | **e-Publisher:** EKT | **Downloaded at:** 21/02/2026 00:31:03

Aquabi. Τηλεπισκόπηση και έλεγχος ρύπανσης υδάτινου αποδέκτη

Αραπάκη Βαϊα – Ιωάννα[1]

[1]*3ο Γενικό Λύκειο Σερρών*
arapakivagianna@gmail.com

Επιβλέπων Καθηγητής: Ηλίας Ζαφειριάδης

Χημικός, PhD, 4ο ΠΕΚΕΣ Κ. Μακεδονίας, 3ο Γενικό Λύκειο Σερρών
ilzaf@sch.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η προστασία των υδάτινων οικοσυστημάτων από ρυπογόνους παράγοντες είναι κομβικής σημασίας για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας και την εύρυθμη λειτουργία τους. Στην παρούσα εργασία, εξετάζεται η δυνατότητα εξ αποστάσεως τηλεπισκόπησης και ανάλυσης των φυσικοχημικών παραμέτρων του λιμναίου οικοσυστήματος της τεχνητής λίμνης Κερκίνης. Σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε ένα τηλεχειριζόμενο πλωτό όχημα (Aquabi), εξοπλισμένο με αισθητήρες, κατάλληλους για την ανάλυση υδάτων. Στο Aquabi τοποθετήθηκε συσκευή κινητού τηλεφώνου (smartphone) προκειμένου να αξιοποιηθούν η κάμερα και όσοι αισθητήρες αυτό διαθέτει. Χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα MIT App Inventor, δημιουργήθηκε εφαρμογή android για τον απομακρυσμένο έλεγχο του Aquabi και την καταγραφή και ανάλυση των δεδομένων των αισθητήρων. Με την ίδια εφαρμογή και μέσω τοπικού δικτύου wifi και εφαρμογής ip camera, ο Aquabi παρέχει δυνατότητα τηλεπισκόπησης. Έτσι επιτυγχάνεται η λήψη βίντεο και φωτογραφικού υλικού. Η καταγραφή και η ανάλυση σε πραγματικό χρόνο δεικτών ρύπανσης και ο οπτικός έλεγχος δυσπρόσιτων σημείων της λίμνης μπορούν να συμβάλλουν στην προστασία του οικοσυστήματος.

Λέξεις κλειδιά: Arduino, τηλεχειρισμός, ρύπανση υδάτων, ip camera, App Inventor

Εισαγωγή

Η σημασία της ποιότητας των υδάτινων πόρων τόσο για τα υδάτινα και τα χερσαία οικοσυστήματα όσο και για το βιοτικό επίπεδο των ανθρώπινων κοινωνιών είναι αδιαμφισβήτητη. Βιομηχανική, αγροτική ή άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες υποβαθμίζουν τη βιοποικιλότητα και απειλούν την υγεία του οικοσυστήματος (Lindemann-matthies, 2002; Schneiderhan-Opel, και Bogner, 2019).

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση με την οδηγία 2000/60/ΕΚ τίθεται το θεσμικό πλαίσιο με στόχο τη διατήρηση και βελτίωση του υδάτινου περιβάλλοντος. Στην ίδια οδηγία ορίζονται και οι κυριότεροι δείκτες ποιότητας των υδάτινων αποδεκτών, μεταξύ των οποίων και η θολερότητα, η θερμοκρασία και ο pH του υδάτινου αποδέκτη.

Η ανάπτυξη νέων καινοτόμων τεχνολογικών εργαλείων χαμηλού κόστους και υψηλών δυνατοτήτων όπως είναι ο μικροελεγκτής Arduino και οι αισθητήρες του, δίνουν την ευκαιρία δημιουργίας εφαρμογών αυτοματισμού διευκολύνοντας την επίλυση διάφορων τεχνολογικών προβλημάτων (Παπαδημητρόπουλος και Παυλάτου, 2019). Στην περίπτωση των υδάτινων αποδεκτών η αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών συμβάλλει στην ευχερέστερη επισκόπηση της ποιότητας των υδάτων και τη δειγματοληψία από δυσπρόσιτα σημεία.

Αξιοποιώντας τα παραπάνω δημιουργείται μια αυθεντική μαθησιακή εμπειρία που προ(σ)καλεί την εξερεύνηση του διδακτικού αντικειμένου του προγραμματισμού αλλά και της περιβαλλοντικής χημείας, επιτυγχάνοντας μάθηση εντός διδακτικού πλαισίου (Mercer και Leech, 2018, Κόμης κα, 2017).

Ραγδαία ανάπτυξη γνωρίζει την τελευταία δεκαετία η ανάπτυξη εφαρμογών σχεδιασμένων να λειτουργούν σε λειτουργικό τύπου Android. Στην κατεύθυνση αυτή συμβάλει η δημιουργία προγραμματιστικών οπτικών περιβαλλόντων προγραμματισμού όπως είναι το App Inventor for Android. Το App Inventor αναπτύχθηκε αρχικά από την Google και εν συνεχεία αναπτύχθηκε στο MIT από την ομάδα του Hal Abelson (Abelson, 2009). Το αντικειμενοστρεφές προγραμματιστικό περιβάλλον του App Inventor προσομοιάζει με αυτό του Scratch και του Alice ωστόσο πλεονεκτεί αναφορικά με το ότι οι εφαρμογές που δημιουργούνται λειτουργούν σε συσκευές Android όπως κινητά τηλέφωνα και tablet (Παπαδάκης και Ορφανάκης, 2015).

Η ανάγκη ασύρματης μετάδοσης τηλεοπτικού σήματος οδήγησε στη δημιουργία υλισμικού και λογισμικού όπως κάμερες και πρωτόκολλα διαδικτύου κατάλληλα για την εξ αποστάσεως αποστολή εικόνας και ήχου μέσω διαδικτυακής διεύθυνσης. Τα τελευταία χρόνια αναπτύσσονται όλο και περισσότερες εφαρμογές απομακρυσμένου ελέγχου κάμερας κατάλληλες για το λειτουργικό σύστημα Android που χρησιμοποιείται από πλειάδα φορητών συσκευών. Παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών είναι οι «IP camera monitor», «IP webcam», «ONVIF ip camera», «Free IP camera» και πολλές άλλες. Αξιοποιώντας κανείς τέτοιες εφαρμογές μπορεί να χειριστεί κάμερες κινητών τηλεφώνων και tablets και να δημιουργήσει διδακτικά σενάρια κινητής μάθησης (mobile learning scenarios). Η κινητή μάθηση προϋποθέτει την αξιοποίηση κινητών συσκευών στη μαθησιακή διαδικασία και θεωρείται πως μπορεί να προσφέρει σημαντικά στη βελτίωση της αποτελεσματικότητάς της (Williams και Pence, 2011).

Σκοποί της παρούσας εργασίας είναι: α) ο σχεδιασμός και η κατασκευή ενός πλωτού μέσου εξοπλισμένου κατάλληλα για την εξ αποστάσεως επισκόπηση και τον έλεγχο ρύπανσης ενός υδάτινου αποδέκτη, β) η δημιουργία του λογισμικού που θα

επιτρέψει τον απομακρυσμένο έλεγχο του οχήματος και τη μεταφορά εικόνας σε πραγματικό χρόνο στο χειριστή και γ) η εμβάθυνση σε έννοιες των επιστημονικών πεδίων της πληροφορικής, της μηχανικής και της χημείας μέσω της αντιμετώπισης ενός πραγματικού προβλήματος.

Υλικά και μέθοδοι

Χημικές αναλύσεις

Η μέτρηση της θολερότητας πραγματοποιήθηκε με τον αισθητήρα θολερότητας Gravity turbidity sensor SKU:SEN0189 ο οποίος βαθμονομήθηκε με διάλυμα $CaCO_3$ γνωστής περιεκτικότητας σε αιωρούμενα στερεά.

Για τη μέτρηση της θερμοκρασίας χρησιμοποιήθηκε ο αδιάβροχος αισθητήρας DS18B20 με δυνατότητα καταγραφής θερμοκρασιών -55 ως +125 ^{o}C.

Η μέτρηση του pH πραγματοποιήθηκε με τον αισθητήρα SKU:SEN0161 ο οποίος βαθμονομείται πριν από κάθε χρήση με ρυθμιστικά διαλύματα γνωστής τιμής pH (Hanna Instruments, calibration solutions).

Υλικά κατασκευής πλωτού μέσου

Χρησιμοποιήθηκε στεγανό δοχείο πολυπροπυλένιου ως κυρίως σώμα του πλωτού μέσου και κύλινδροι πολυστυρένιου ως πλωτήρες. Για τις θήκες- βάσεις στήριξης των κινητήρων χρησιμοποιήθηκε νήμα συμπολυμερούς ακρυλονιτρίλιου-βουταδιένου-στυρόλιου (ABS).

Απομακρυσμένος έλεγχος του οχήματος

Μικροελεγκτης Arduino Uno που φέρει προσαρμογέα Bluetooth (HC-05) χρησιμοποιήθηκε για τον απομακρυσμένο έλεγχο των αισθητήρων και της κίνησης του οχήματος. Κινητό τηλέφωνο τύπου Smartphone αξιοποιήθηκε για την ασύρματη μετάδοση εικόνας και ήχου.

Αποτελέσματα

Κατασκευή

Ο σχεδιασμός και η κατασκευή ενός τηλεχειριζόμενου πλωτού μέσου απαιτεί την αντιμετώπιση μιας σειράς ζητημάτων που αφορούν στην πλευστότητα, τη στεγανότητα και την κατευθυντικότητά του. Επιλέχθηκε η δημιουργία μιας κατασκευής με την αξιοποίηση απλών και ελαφρών υλικών ακολουθώντας τη λογική ενός καταμαράν σύμφωνα και με αντίστοιχες προτάσεις (Bluetooth Boat in doubleA © Apache-2.0). Στην Εικόνα 1 απεικονίζεται η τελική κατασκευή.

Επιπλέον προβλέφθηκε η δημιουργία ειδικών βάσεων για τον μικροεπεξεργαστή Arduino UNO και τους αισθητήρες καταγραφής των φυσικοχημικών δεδομένων. Ακόμη κατασκευάστηκε ειδική στεγανή θήκη για την τοποθέτηση του κινητού τηλεφώνου και του αισθητήρα Bluetooth. Τέλος σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν με τρισδιάστατη εκτύπωση ειδικές στεγανές θήκες- βάσεις στήριξης για τους κινητήρες συνεχούς ρεύματος του πλωτού μέσου.

Η απαραίτητη ηλεκτρική ενέργεια παρέχεται μέσω επαναφορτιζόμενης μπαταρίας 6 V-7 Ah.

Εικόνα 1. Η κατασκευή του τηλεχειριζόμενου πλωτού μέσου

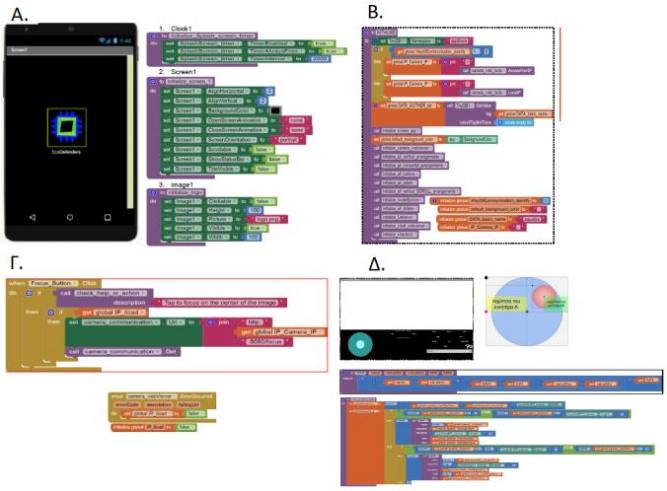
Λογισμικό

Για τον τηλεχειρισμό του Aquabi και την σύγχρονη ανάκτηση των δεδομένων των αισθητήρων και της εικόνας δημιουργήθηκε android εφαρμογή στην πλατφόρμα MIT app inventor.

Κατά την εκκίνηση της εφαρμογής επιλέχθηκε να εμφανίζεται η αρχική οθόνη (splash screen) στην οποία παρουσιάζεται, το λογότυπο και το όνομα της εφαρμογής σύμφωνα με την πρακτική για τη δημιουργία εφαρμογών android (developer.android.com). Στην Εικόνα 2Α. απεικονίζεται ο κώδικας και η οθόνης έναρξης της εφαρμογής. Σε δεύτερη οθόνη (app screen) περιέχεται ο κώδικας της εφαρμογής. Η οθόνη App σχεδιάστηκε ώστε να περιέχει δύο υπό-οθόνες (Data_Panel και Control_Panel), δηλαδή δύο διαφορετικές διατάξεις εργαλείων, τις οποίες ο χρήστης μπορεί να εναλλάσσει.

Κατά την εκκίνηση της οθόνης App, εκτελούνται με τη σειρά ορισμένες διαδικασίες απαραίτητες, είτε για την λειτουργία των εργαλείων (κουμπιά, λίστες, χρονόμετρα, ετικέτες κ.α.), είτε για διαμόρφωση της οθόνης (χρώμα παρασκηνίου, web viewer, arrangements, buttons, labels, mode spinners, sliders, list views, checkboxes κ.α.). Στην Εικόνα 2Β. απεικονίζεται μέρος του κώδικα αρχικοποίησης της εφαρμογής.

Στην εφαρμογή ενσωματώθηκε κουμπί βοήθειας το οποίο αφού ενεργοποιηθεί, δίνει διευκρινίσεις για το ρόλο κάθε εικονικού εργαλείου που αγγίζει ο χρήστης (κουμπί, joystick, dropdown menu, listview), δίχως να εκτελείται η αντίστοιχη ενέργεια. Στην Εικόνα 2Γ. απεικονίζεται δείγμα του κώδικα για το πλήκτρο βοήθειας.



Εικόνα 2. 2Α.: Η αρχική οθόνη της εφαρμογής, 2Β.: μέρος του κώδικα αρχικοποίησης, 2Γ.: Ο κώδικας για το κουμπί βοήθειας, 2Δ.: Η οθόνη του τηλεχειριστήριου και ο αντίστοιχος κώδικας.

Αναλογικός έλεγχος της κίνησης του πλωτού μέσου

Προκειμένου να επιτευχθεί ακριβής έλεγχος της κίνησης του Aquabi, σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε με το πρόσθετο Canvas του App Inventor. Χρησιμοποιήθηκε γραφική σχεδίαση, προγραμματισμός και αντιστοιχήθηκε μέσω γεωμετρίας κάθε θέση στο ορθοκανονικό σύστημα αξόνων με εντολή ρύθμισης ισχύος και φοράς περιστροφής των δύο κινητήρων. Έτσι η κατευθυντικότητα και η κίνηση που επιτυγχάνεται είναι ομαλή, συνεχής και αβαθμίδωτη. Στην Εικόνα 2Δ. απεικονίζεται η οθόνη του χειριστηρίου και τμήμα του κώδικα που χρησιμοποιήθηκε.

Απομακρυσμένη μεταφορά οπτικού υλικού σε πραγματικό χρόνο

Η ζωντανή μεταφορά οπτικού υλικού μεταξύ συσκευών android, υποστηρίζεται από το περιβάλλον προγραμματισμού MIT App Inventor και μιας εμπορικής εφαρμογής ανοιχτής χρήσης όπως η «ip webcam». Ο συνδυασμός αυτών επιλέχθηκε, γιατί ενώ το MIT App Inventor υποστηρίζει τη χρήση κάμερας, δεν υποστηρίζει τη δυνατότητα απομακρυσμένου ελέγχου της.

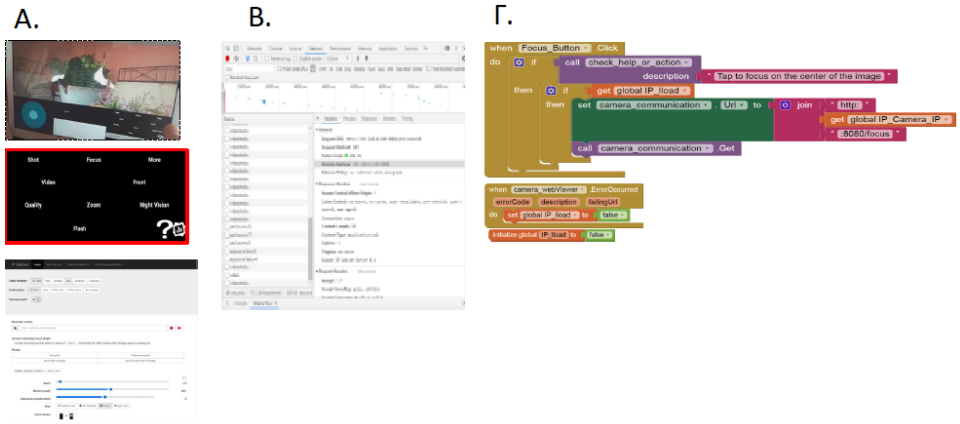
Η εφαρμογή ip webcam, δημιουργεί web server στο android, στον οποίο μπορεί να έχει πρόσβαση οποιοσδήποτε κατέχει τη διεύθυνση διαδικτυακού πρωτοκόλλου (ip address). Χρησιμοποιώντας το εργαλείο web viewer και την επέκταση TaifunWiFi (Pura Vida Apps) αναγνωρίσαμε τη διεύθυνση διαδικτυακού πρωτοκόλλου και πετύχαμε τη σύνδεση με τον web server που δημιούργησε η ip webcam. Το απομακρυσμένο κινητό τηλέφωνο μετατράπηκε σε κάμερα δικτύου με πολλές επιλογές προβολής. Χρησιμοποιώντας το android τηλέφωνο ως ασύρματο σημείο πρόσβασης δημιουργήσαμε τοπικό δίκτυο WiFi μέσω του οποίου πραγματοποιήθηκε η μεταφορά δεδομένων από το απομακρυσμένο κινητό στο χειριστή. Η εικόνα που λαμβάνεται από την απομακρυσμένη κάμερα μπορεί να προβληθεί σε οποιαδήποτε πλατφόρμα με πρόγραμμα αναπαραγωγής VLC ή πρόγραμμα περιήγησης ιστού. Η εφαρμογή ip webcam, επιτρέπει να κάνουμε zoom in- zoom out, να τραβάμε βίντεο (ακόμη και προγραμματισμένα με επιλογή ώρας και διάρκειας), φωτογραφίες, χρήση flash, νυκτερινής όρασης και χρήση άλλων τρόπων επεξεργασίας της εικόνας (Εικόνα 3Α.)

Για να επιτευχθεί η ζεύξη, αναλύθηκε με το πρόσθετο firebug (https://getfirebug.com/) η ιστοσελίδα που αντιστοιχούσε ο web server της ip camera, εντοπίστηκε το πρωτόκολλο επικοινωνίας και καταγράφηκαν οι εντολές (GET) που χρησιμοποιούνταν για τον έλεγχο των ρυθμίσεων της κάμερας (Εικόνα 3Β). Αναπτύχθηκε έτσι αμφίδρομος δίαυλος επικοινωνίας μεταξύ χρήστη-απομακρυσμένης συσκευής επισκόπησης και αξιοποιήθηκε το οπτικό-ακουστικό υλικό και το γράφημα δεδομένων που της ιστοσελίδας της ip camera. Ταυτόχρονα η κάμερα ελέγχεται απομακρυσμένα μέσω των επιλογών της δικής μας εφαρμογής. Οι εντολές αποστέλλονται ως http requests, ενώ με τον ίδιο τρόπο έχουμε πρόσβαση στους διαθέσιμους αισθητήρες του κινητού, όπως το GPS, το γυροσκόπιο, το μαγνητόμετρο (Εικόνα 3Γ.).

Συλλογή των δεδομένων από τους αισθητήρες του Arduino

Ο προγραμματισμός της διαδικασίας συλλογής, οργάνωσης και ελέγχου των μετρήσεων από τους αισθητήρες αποτέλεσε μια επιπλέον πρόκληση. Ο κώδικας της εφαρμογής εκτός της συλλογής και αποθήκευσης των μετρήσεων έχει τη δυνατότητα

να διαπιστώσει πότε μια τιμή δεν έχει ληφθεί ή είναι άκυρη. Προκειμένου να εξοικονομηθεί ενέργεια, δε γίνεται συνεχής αναζήτηση απεσταλμένων τιμών ούτε μεταφορά δεδομένων από τους αισθητήρες του μικροελεγκτή. Προβλέθηκε ειδική εντολή για την υλοποίηση της παραπάνω επικοινωνίας (BT_data_sendData_Command). Τη λήψη δεδομένων ακολουθεί η εξής επεξεργασία: πολλαπλασιασμός επί εκατό ώστε να διατηρηθούν τρία δεκαδικά ψηφία, άθροιση με γνωστό αριθμό, χαρακτηριστικό για κάθε αισθητήρα και μετατροπή σε δεκαεξαδικό σύστημα αρίθμησης. Έτσι διακρίνονται από τυχόν παρεμβολές άλλων συσκευών που λειτουργούν στο ίδιο φάσμα ραδιοσυχνοτήτων. Τελικά οι μετρήσεις καταγράφονται και αποθηκεύονται κατά ημέρα και ώρα, σε μια βάση δεδομένων (DATA_MOTHER_list) και βάσει αυτών δημιουργούνται γραφήματα που αποθηκεύονται αυτόματα και διαγράφονται μόνο μετά από εντολή του χρήστη. Με τη διαδικασία chartType_picker ανασύρονται τα επιθυμητά δεδομένα, αναγνωρίζεται ο τρόπος προβολής και μέσω της δευτερεύουσας διαδικασίας ShowChart, αξιοποιούνται google html αρχεία (chart.html και grafik.html) ώστε να δημιουργείται γράφημα με την χρήση της τριτεύουσας διαδικασίας MakeWebString. Με την τελευταία, ορίζεται το είδος γραφήματος (μπάρες, στήλες, γραμμές), ο τίτλος, η λίστα που περιέχει τα συγκεκριμένα δεδομένα και η αντίστοιχη λίστα που περιέχει τις ημερομηνίες που έχουν ζητηθεί. Η επόμενη διαδικασία (graph_data) είναι υπεύθυνη για την επεξεργασία των τιμών και την προβολή κάτω από το γράφημα, επιπλέον δεδομένων (ακρότατα, μέση τιμή, έγκυρες τιμές εκ του συνόλου και άκυρες τιμές). Τέλος, μπορεί να δημιουργηθεί ένα γράφημα που περιλαμβάνει όλες τις μετρήσιμες παραμέτρους αλλά και ξεχωριστό γράφημα για κάθε μία από αυτές



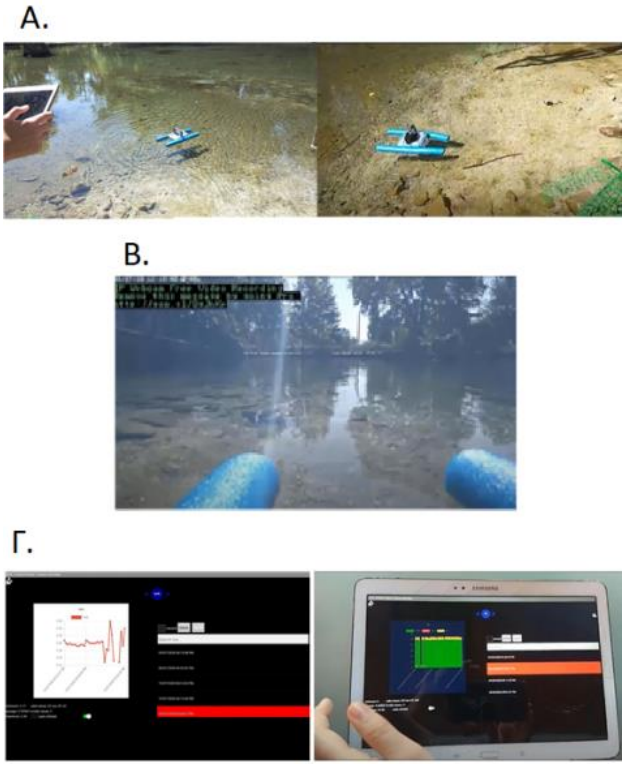
Εικόνα 3. 3Α.: Εικόνα από την απομακρυσμένη κάμερα, πλήκτρα χειρισμού και ρυθμίσεων εικόνας, 3Β.: ανάλυση με το πρόσθετο firebug, 3Γ.: Ο κώδικας για τον απομακρυσμένο έλεγχο της κάμερας.

Συζήτηση- Συμπεράσματα

Ο τριπλός στόχος της παρούσας εργασίας όπως παρουσιάστηκε στην εισαγωγή, απαιτούσε την αντιμετώπιση σειράς ζητημάτων. Το ρομποτικό όχημα έπλευσε και τηλεκατευθύνθηκε με επιτυχία (Εικόνα 4Α.). Η επικοινωνία με το χρήστη μέσω wifi υπήρξε επιτυχής, όπως και η λειτουργία της εφαρμογής που δημιουργήσαμε στο MIT app invertor. Απεικονίστηκε απομακρυσμένα σε πραγματικό χρόνο ο εποπτευόμενος χώρος, και αποδείχθηκε η χρησιμότητα του πλεούμενου οχήματος στην επισκόπηση ενός υδάτινου αποδέκτη, τον εντοπισμό ειδών άγριας ζωής και την εκπαιδευτική περιήγηση (Εικόνα 4Β.). Προσδιορίστηκαν οι τιμές φυσικοχημικών παραμέτρων των επιπέδων ρύπανσης του νερού, και οι μετρήσεις οπτικοποιήθηκαν αυτόματα σε

διαγράμματα (Εικόνα 4Γ.). Έτσι αξιοποιώντας γνώσεις από διάφορα επιστημονικά πεδία συμβάλουμε στην αντιμετώπιση ενός καίριου περιβαλλοντικού προβλήματος. Η αύξηση της εμβέλειας τηλεχειρισμού και ασύρματης μετάδοσης δεδομένων καθώς και η ενεργειακή αυτονομία του πλωτού μέσου μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενα επόμενης μελέτης και να βελτιώσουν τις δυνατότητες αξιοποίησης του Aquabi.

Εικόνα 4. 4Α.: Δοκιμαστική πλεύση και τηλεχειρισμός,4Β.: Εικόνα από την απομακρυσμένη κάμερα



κατά τη δοκιμή, 4Γ.: Διαγραμματική απεικόνιση τιμών από τους αισθητήρες θολερότητας (αριστερά) και συνολικά (δεξιά) (μετρήσεις της 19ης/07/2020).

Παράρτημα

Αναλυτικά ο κώδικας που δημιουργήθηκε για την παρούσα εργασία μπορεί να βρεθεί εδώ: https://github.com/IliasZafiriadis/Eco-Defenders-/tree/master/Aquabi%20%20code

Βιβλιογραφία

Abelson, Hal. (2009) *'App Inventor for Android'*. Διαδικτυακή πρόσβαση: https://ai.googleblog.com/2009/07/app-inventor-for-android.html [Ημερομηνία ανάκτησης, 30-01-2021]

Google developers (2021). *App startup time.* Διαδικτυακή πρόσβαση: https://developer.android.com/topic/performance/vitals/launch-time, [Ημερομηνία ανάκτησης, 22 Ιανουαρίου2021].

https://create.arduino.cc/ (2021). *Bluetooth Boat in doubleA © Apache-2.0*. Διαδικτυακή πρόσβαση: https://create.arduino.cc/projecthub/joeydream/bluetooth-boat-in-doublea-b9f102, [Ημερομηνία ανάκτησης, 27 Ιανουαρίου 2021].

Lindemann-matthies, P. (2002) *'The Influence of an Educational Program on Children's Perception of Biodiversity.'* The Journal of Environmental Education, 33, 2, 22-31.

Mercer, C & Leech, D. (2018) *'Cost-Effective Wireless Microcontroller for Internet Connectivity of Open*-Source Chemical Devices.' Journal of Chemical Education, 95, 7, 1221−1225.

Pura Vida Apps (2020). *App Inventor Extensions.* Διαδικτυακή πρόσβαση: https://puravidaapps.com/wifi.php, [Ημερομηνία ανάκτησης, 28/01/2021].

Schneiderhan-Opel, J. & Bogner, F.X. (2019*) 'Between Environmental Utilization and Protection: Adolescent Conceptions of Biodiversity'* Sustainability, 11, 4517-4530.

Williams, A.J. & Pence, H.E. (2011) *'Smart Phones, a Powerful Tool in the Chemistry Classroom.'* Journal of Chemical Education, 88, 6, 683-686.

Firebug. Διαδικτυακή πρόσβαση: https://github.com/firebug/firebug, [Ημερομηνία ανάκτησης, 27 Ιανουαρίου 2021].

Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. (2000) *'Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του συμβουλίου για τη θέσπιση πλαισίου δράσης στον τομέα πολιτικής των υδάτων'*Αριθ. L 327 της 22/12/2000 σ. 0001 – 0073. Διαδικτυακή πρόσβαση: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32000L0060&from=EL [Ημερομηνία ανάκτησης, 30-01-2021].

Κόμης, Β., Δημοπούλου, Α., Θεοδωροπούλου, Ι., Ζιάτα, Χ., Μισιρλή, Α., Τσοβόλας, Σ. & Δαπόντες Ν. (2017) '*Εισαγωγή στη Ρομποτική και τον Προγραμματισμό με τη χρήση του ρομπότ Thymio & του λογισμικού Aseba.'* Πρακτικά Εργασιών 5ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία», Αθήνα, 21-23 Απριλίου 2017.

Παπαδάκης, Σ. και Ορφανάκης, Β. (2015) *'Οι εκπαιδευτικοί από καταναλωτές σε δημιουργούς ψηφιακού περιεχομένου μέσω του προγραμματιστικού περιβάλλοντος App Inventor for Android.'* Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου ΙΑΚΕ - «Τ*ο σύγχρονο σχολείο μέσα από το πρίσμα των ανθρωπιστικών και κοινωνικών επιστημών: Από τη θεωρία στην καθημερινή πρακτική*». Ηράκλειο, 24-26 Απριλίου 2015.

Παπαδημητρόπουλος, Ν. και Παυλάτου, Ε. (2019) *'Χρήση του μικροελεγκτή Arduino για τη διδασκαλία της χημείας στο γυμνάσιο.'* Πρακτικά 12ου Πανελλήνιου Επιστημονικού Συνεδρίου Χημικής Μηχανικής, Αθήνα, 29-31 Μαΐου 2019.