



## ΠΡΑΞΗ

**«Γαλάζια Ανάπτυξη με Καινοτομία και εφαρμογή  
στις Ελληνικές Θάλασσες - ΓΛΑΥΚΗ»**

**κωδικός ΟΠΣ (MIS) 5002438**

### Υποέργο 1

***«Κλιματική αλλαγή και ανθρωπογενείς πιέσεις στο  
θαλάσσιο οικοσύστημα του Σαρωνικού και ανάπτυξη  
νέων μεθοδολογιών και τεχνολογίας» της***

**Πακέτο εργασίας 3 : Ανάπτυξη θαλάσσιας τεχνολογίας**

**Υπεύθυνος Πακέτου Εργασίας: Δρ. Χ. Τσαμπάρης**

***Παραδοτέο:***

**Έκθεση ανάπτυξης νέων τεχνολογικών εφαρμογών για την παρακολούθηση περιβαλλοντικών παραμέτρων αλλά και την βελτίωση επιβαρυμένων οικοσυστημάτων.**

**Μάρτιος 2021**

## **Θέμα 1:**

**Ανάπτυξη συστήματος συνεχούς παρακολούθησης και καταγραφής δεδομένων ποιότητας ύδατος με τη δυνατότητα να ενσωματωθεί σε εφαρμογές πραγματικού χρόνου τόσο σε περιοχές με θερμές/ιαματικές πηγές όσο και σε παράκτιες περιοχές με βιομηχανική δραστηριότητα**

***Υπεύθυνος: Χρήστος Τσαμπάρης***

***Υλοποίηση: Στυλιανός Αλεξάκης***

## 1. Εισαγωγή

Στις μέρες μας έχει διαδοθεί ευρέως η χρήση του “Mobile Internet”, το οποίο στην ουσία αναφέρεται στην πρόσβαση στο Διαδίκτυο μέσω ενός παρόχου κινητής τηλεφωνίας. Η πρόσβαση είναι ασύρματη και το σήμα έρχεται από κεραιές κινητής τηλεφωνίας. Από τη στιγμή λοιπόν που υπάρχει σύνδεση στο Διαδίκτυο ενός “cellular router” και ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή, είναι δυνατή η μεταξύ τους επικοινωνία. Έτσι αφού συνδεθεί ο router μας με τους αισθητήρες μας μέσω σειριακής θύρας ή Ethernet θύρας, μπορούμε να έχουμε αμφίδρομη επικοινωνία (επικοινωνία και προς τις δύο κατευθύνσεις) μεταξύ των δύο μερών. Στη συγκεκριμένη εφαρμογή σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε η ανάπτυξη ενός συστήματος επικοινωνίας όπου μπορούν να ενσωματωθούν αισθητήρες με πρωτόκολλα επικοινωνίας RS232 και ETHERNET. Το σύστημα αυτό υλοποιήθηκε και εφαρμόστηκε με αισθητήρες ραδιενέργειας σε δύο περιοχές (παράκτια περιοχή Λαυρίου και εγκαταστάσεις ΕΛΚΕΘΕ στην Ανάβυσσο Αττικής).



*Σχήμα 1. Το σύστημα επικοινωνίας μαζί με τον ανιχνευτή GeoMAREA. Το σύστημα επικοινωνίας αποτελείται από το δρομολογητή (router), τον επαναφορτιζόμενο συσσωρευτή, τη φωτοβολταϊκή μονάδα και το ρυθμιστή φόρτισης.*

Τα συστήματα παρατήρησης για τους ωκεανούς παρέχουν συνεχή δεδομένα φυσικών, βιολογικών, χημικών και γεωλογικών παραμέτρων στην επιφάνεια της θάλασσας αλλά και στη στήλη του θαλασσινού νερού. Τα μακροπρόθεσμα δεδομένα μπορούν να παρέχουν σημαντικές πληροφορίες στις εθνικές υπεύθυνες αρχές που αφορούν μεταβολές στις μετρήσεις και έτσι να καταγράφονται πιθανές περιπτώσεις ατυχημάτων [1] - [2]. Τα συστήματα παρατήρησης του ωκεανού παρέχουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και έτσι είναι χρήσιμα για την παρακολούθηση φαινομένων φυσικών κινδύνων (π.χ. σεισμοί, τσουνάμι, ηφαίστεια), για τη μελέτη της

μεταβλητότητας της κλιματικής αλλαγής, για τη συλλογή βιογεωχημικών παραμέτρων για θαλασσινό νερό.

Όσον αφορά τις ανάγκες παρακολούθησης της θαλάσσιας ραδιενέργειας λόγω της λειτουργίας πυρηνικών αντιδραστήρων, υπάρχουν πάνω από 50 αντιδραστήρες υπό κατασκευή και 450 σε λειτουργία παγκοσμίως [3] (IAEA 2020). Επιπλέον, ορισμένες χώρες κατασκευάζουν τους δικούς τους πλωτούς πυρηνικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας που μπορούν να μεταφερθούν σε παράκτιες περιοχές ή ανοικτή θάλασσα για παροχή ηλεκτρικής ενέργειας [4]. Επομένως, υπάρχει ανάγκη να εκτελεστούν μέθοδοι παρακολούθησης για τον ποσοτικό προσδιορισμό του επιπέδου ραδιενέργειας κοντά στους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής για την αξιολόγηση του δυνητικού κινδύνου λόγω διαρροών στον ωκεανό ή / και λόγω της διάθεσης πυρηνικών αποβλήτων ή / και λόγω πυρηνικού ατυχήματος (όπως στον πυρηνικό σταθμό Fukushima Dai-ichi) [5]. Το ραδιενεργό υλικό σε περίπτωση ατυχήματος μπορεί να εξαπλωθεί σε όλο τον κόσμο μέσω των ρευμάτων που επηρεάζουν τη θάλασσα ζωή και, στη συνέχεια, τους ανθρώπους μέσω της τροφικής αλυσίδας [6] - [10].

Τα συστήματα παρατήρησης σε πραγματικό χρόνο στους ωκεανούς απαιτούν απομακρυσμένα εργαλεία επικοινωνίας (π.χ. τεχνολογίες δορυφορικής, RF και τηλεμετρίας κινητών τηλεφώνων). Η τηλεμετρία αναφέρεται στην απόκτηση και αυτόματη μετάδοση μετρήσεων ή άλλων δεδομένων από απομακρυσμένα ή δύσκολα προσβάσιμα σημεία των ανεπτυγμένων αισθητήρων. Όσον αφορά την κυψελοειδή τηλεμετρία, βασίζεται σε ασύρματη μετάδοση δεδομένων και η πρόσβαση στα δεδομένα γίνεται μέσω Διαδικτύου δεδομένου ότι οι μεταδόσεις δεδομένων πραγματοποιούνται από περιοχές όπου υπάρχει κυψελοειδές σήμα. Για παράδειγμα, ο κυψελοειδής δρομολογητής που χρησιμοποιείται στο πρόγραμμα αυτό είναι μια κυψελοειδής τερματική συσκευή που παρέχει μεταφορά δεδομένων μέσα από δημόσια δίκτυα (π.χ. GPRS, CDMA, WCDMA, EVDO, LTE). Υιοθετεί βιομηχανικό επεξεργαστή 32-bit υψηλής ισχύος και ενσωματωμένο λειτουργικό σύστημα σε πραγματικό χρόνο και υποστηρίζει κανονικές θύρες RS232 (ή RS485 / RS422), θύρες Ethernet και WIFI που μπορούν να συνδέσουν μία συσκευή σε ένα δίκτυο κινητής τηλεφωνίας, επιτρέποντας στον χρήστη να συνδεθεί στις υπάρχουσες συσκευές.

Ένα in-situ υποθαλάσσιο σύστημα είναι ενσωματωμένο σε αυτόνομο σύστημα επικοινωνίας (που αποτελείται από τον αισθητήρα, τη μπαταρία, το δρομολογητή και το ηλιακό πλαίσιο) για συνεχή παρακολούθηση της ραδιενέργειας στη θάλασσα χρησιμοποιώντας τη μέθοδο σε πραγματικό χρόνο. Οι μέθοδοι είναι διαδραστικές μεταξύ του επιχειρησιακού κέντρου και του συστήματος επικοινωνίας. Είναι ασφαλές, ενσωματώνεται εύκολα σε μετρητικούς πλωτούς σταθμούς ή άλλους σταθερούς και κινητούς σταθμούς. Είναι οικονομικά αποδοτικό και λειτουργεί με αυτόνομο τρόπο από πλευράς ισχύος. Ο επιτόπιος αισθητήρας ραδιενέργειας μπορεί να εφαρμοστεί σε εφαρμογές έγκαιρης προειδοποίησης για ζητήματα επιθεώρησης ή να πραγματοποιήσει έρευνες στα λιμάνια λόγω των υδάτων έρματος των πλοίων

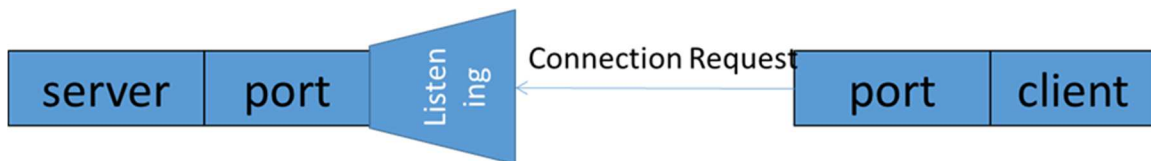
από ξένες χώρες που ενδέχεται να δημιουργήσουν κίνδυνο μόλυνσης. Το πλαίσιο επικοινωνίας έχει αρθρωτή διαμόρφωση για ενσωμάτωση άλλων τριών αισθητήρων (έναν με σειριακή θύρα και δύο με πρωτόκολλα επικοινωνίας Ethernet).

## 2. Περιγραφή Συστήματος Επικοινωνίας

Το σύστημα απομακρυσμένου ελέγχου των αισθητήρων ραδιενέργειας που κατέχει και συντηρεί το ΕΛΚΕΘΕ (συστήματα GeoMAREA και KATEPINA I και KATEPINA II) βασίζεται στον F3826 δρομολογητή (cellular router) και στον κεντρικό υπολογιστή (server) του Data Center της ομάδας μελέτης ραδιενέργειας περιβάλλοντος στα γραφεία του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε στο Μαύρο Λιθάρι Αττικής από άποψη Hardware. Από άποψη Software στο λογισμικό του F3826 cellular router και στο λογισμικό του server στο Data Center.

Με τη χρήση μίας κάρτας SIM έχουμε τη δυνατότητα μέσω του δικτύου 4G ή 3G ενός παρόχου Ίντερνετ να στέλνουμε εντολές στους αισθητήρες από έναν υπολογιστή που είναι συνδεδεμένος στο διαδίκτυο. Έτσι οι αισθητήρες μπορούν να ξεκινούν την καταγραφή, να σταματούν, και να αποστέλλουν τα δεδομένα στον υπολογιστή του επιχειρησιακού κέντρου (στις εγκαταστάσεις του ΕΛΚΕΘΕ, Ανάβυσσος). Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα να ελέγχονται από ένα τρίτο πρόγραμμα το οποίο να τους θέτει σε λειτουργία ανά τακτά χρονικά διαστήματα με σκοπό τη συνεχή καταγραφή και αποστολή των δεδομένων στον υπολογιστή σε πραγματικό χρόνο. Τα δεδομένα αποθηκεύονται σε μία βάση δεδομένων και μέσω μιας Ιστοσελίδας μπορούν να βγουν προς τον τελικό χρήστη, μέσω του Διαδικτύου. Έτσι αναπτύχθηκε το λογισμικό απομακρυσμένου ελέγχου των αισθητήρων GeoMAREA, KATEPINA I και KATEPINA II όπως επίσης και το λογισμικό για sequential operation των αισθητήρων.

Όλη η επικοινωνία στηρίζεται στην τεχνολογία των “sockets”(υποδοχές) κι αναπαρίσταται στο Σχήμα 2. Βάσει αυτής της τεχνολογίας μπορούν να “μιλούν” οι αισθητήρες μας με άλλους υπολογιστές μέσω του Διαδικτύου. Έτσι δημιουργήθηκε και εφαρμόστηκε το μοντέλο πελάτη-εξυπηρετητή, όπου η μία διεργασία είναι ο πελάτης και η άλλη ο εξυπηρετητής.



Σχήμα 2. Η αναπαράσταση της τεχνολογίας των υποδοχών του συστήματος επικοινωνίας.

Στη δικιά μας περίπτωση έχει αναπτυχθεί λογισμικό ώστε οι αισθητήρες να ενεργούν και σαν πελάτες (εάν υπάρχει στατική IP διεύθυνση του εξυπηρετητή), αλλά και σαν εξυπηρετητές στην περίπτωση που δεν έχουμε στατική IP διεύθυνση δρομολογητή. Τότε συνδεόμαστε σαν πελάτες στους αισθητήρες, που ως εξυπηρετητές θα πρέπει να έχουν σταθερή διεύθυνση IP ή να γίνεται χρήση της υπηρεσίας DynamicDNS, ώστε

να είμαστε ενήμεροι για την IP διεύθυνση των αισθητήρων και να μπορεί έτσι να καταστεί εφικτή η επικοινωνία μεταξύ τους.

### 2.1. Υλικό (Cellular Router-Κυψελοειδής Δρομολογητής)

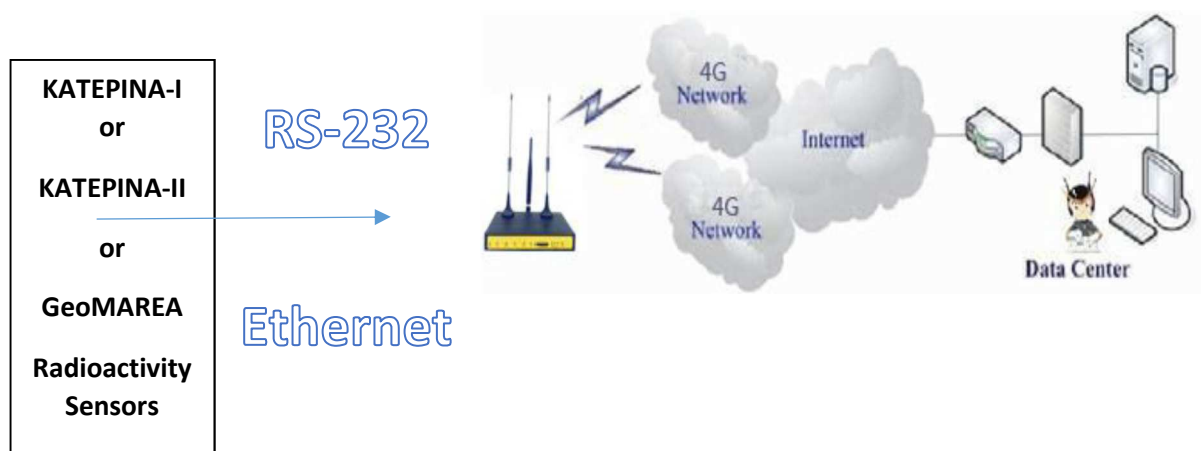
Ο δρομολογητής (βλέπε Σχήμα 3) που χρησιμοποιούμε είναι ο F3826 και φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα:



Σχήμα 3. Ο δρομολογητής για την ασύρματη επικοινωνία με το επιχειρησιακό κέντρο.

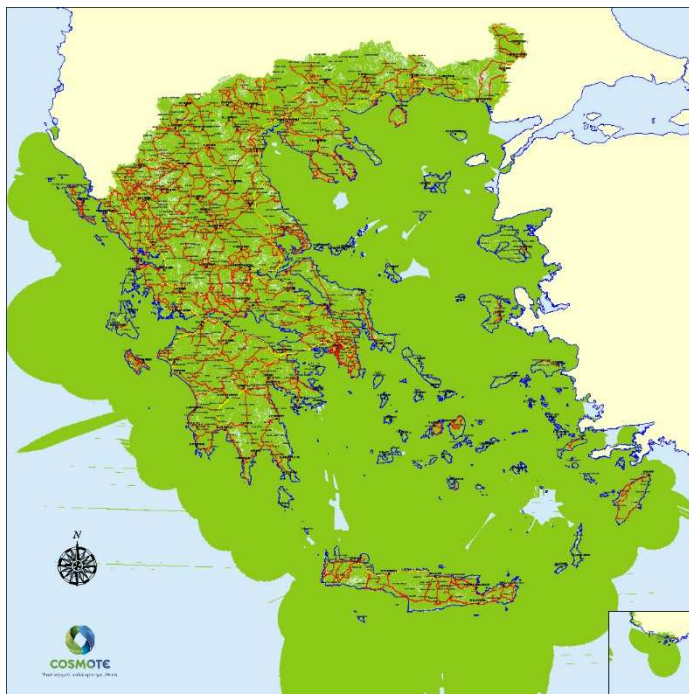
Στην μπροστινή όψη του δρομολογητή υπάρχει υποδοχή στην οποία μπαίνει η SIM (Subscriber Identity Module-Μονάδα Ταυτότητας Συνδρομητή) κάρτα για να μπορεί να συνδεθεί η μονάδα μας με το δίκτυο GSM (Global System for Mobile communications - Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών).

Η τοπολογία του κυψελωτού συστήματος επικοινωνίας φαίνεται παρακάτω:



Σχήμα 4. Τοπολογία κυψελωτού συστήματος επικοινωνίας.

Στην εικόνα φαίνεται η δυνατότητα σύνδεσης του συστήματος μας σε δίκτυο 4G. Το 4G είναι η τέταρτη γενιά της τεχνολογίας ευρυζωνικών κυψελοειδών δικτύων, που διαδέχθηκε το 3G. Στην περίπτωση μας χρησιμοποιούμε το πρόγραμμα CosmoteInternetGo και ο χάρτης κάλυψης του δικτύου 4G της Cosmote φαίνεται παρακάτω στο Σχήμα 5:

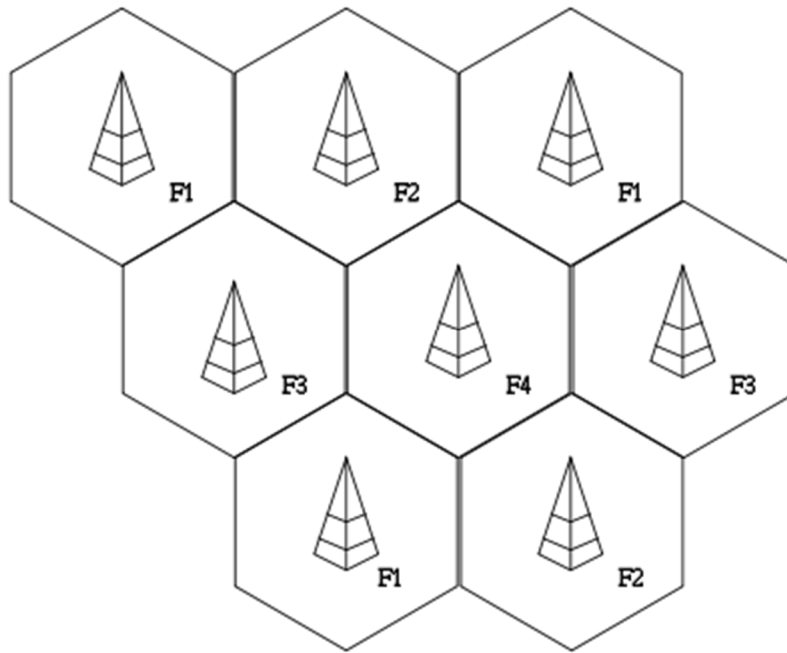


Σχήμα 5. Χάρτης κάλυψης δικτύου 4G της εταιρίας COSMOTE.

Το κόστος είναι 10 ευρώ για δεδομένα 10GB το μήνα ή εναλλακτικά 80 ευρώ για 120 GB για 365 ημέρες.

Πρέπει να σημειωθεί ότι στο σύστημα μπορεί να συνδεθεί ένας αισθητήρας μέσω RS-232 και δύο αισθητήρες με Ethernet θύρες. Συνολικά δηλαδή μπορούν να συνδεθούν 3 μετρητικά συστήματα. Εάν έχουμε περισσότερους αισθητήρες μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε επιπλέον συστήματα (cellular routers) ή έναν υπολογιστή με σειριακές θύρες ο οποίος με τη σειρά του θα είναι συνδεδεμένος με το Wifi του router και έτσι θα είναι συνδεδεμένος στο Ίντερνετ. Στην ουσία αυτό που μπορεί να λάβει χώρα είναι η δυνατότητα να συνδέονται μέσω του router στο Ίντερνετ οι αισθητήρες και σαν πελάτες (clients) να συνδέονται με τον εξυπηρετητή (server) στο επιχειρησιακό κέντρο και να στέλνουν τα δεδομένα.

Η επικοινωνία υλοποιείται μέσω του συστήματος GSM. Το σύστημα GSM αποτελείται από μία σειρά τηλεπικοινωνιακών κόμβων (βλέπε Σχήμα 6) όπως φαίνεται παρακάτω:



Σχήμα 6. Κυψέλες δικτύου επικοινωνίας.

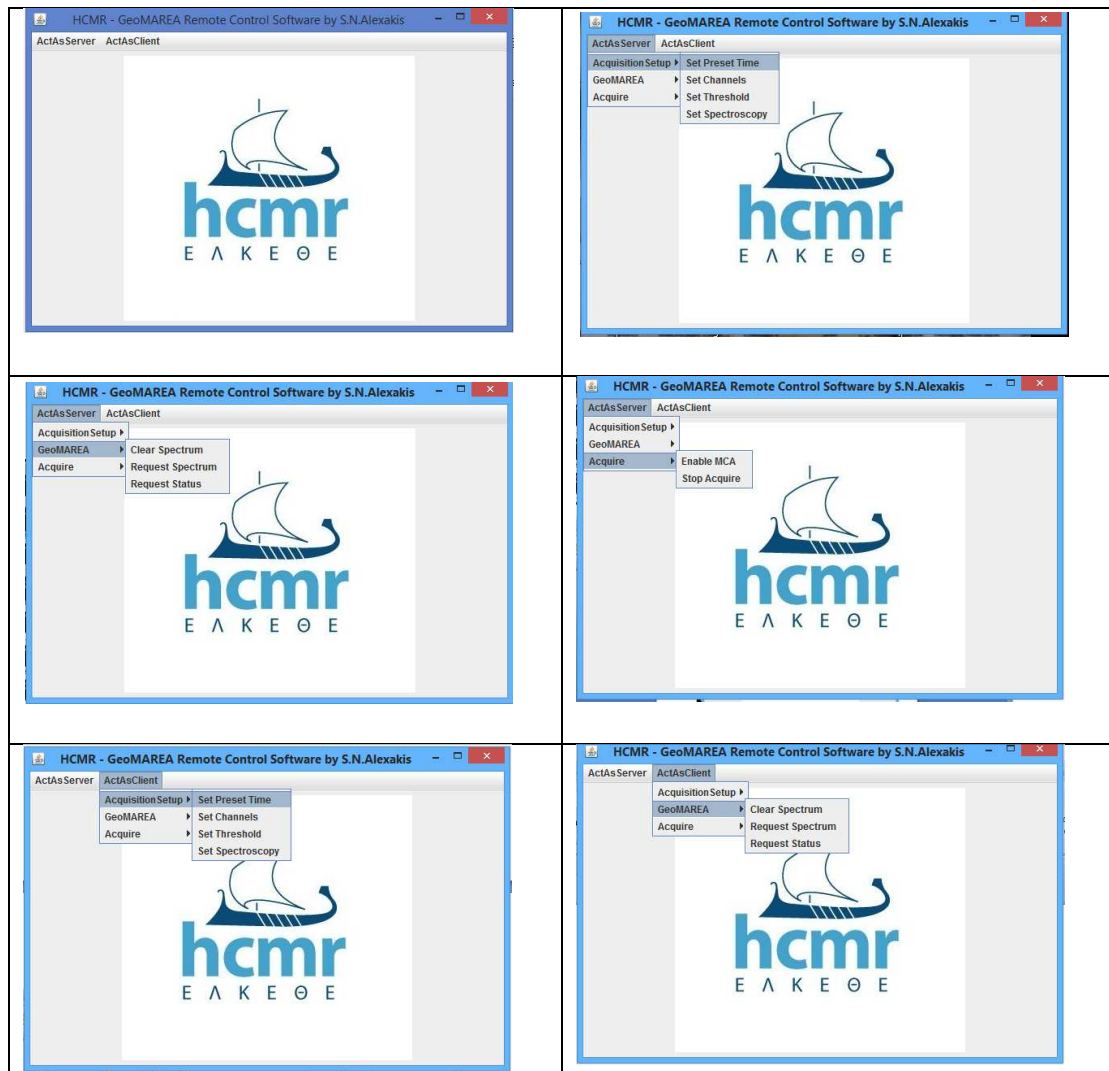
Στο παραπάνω σχήμα η περιοχή κάλυψης του δικτύου χωρίζεται σε κελιά-(κυψέλες) εντός των οποίων κινούνται οι κινητοί χρήστες. Επίσης, σε κάθε κελί βρίσκεται και ένας σταθμός βάσης ο οποίος υποστηρίζει τη φυσική ασύρματη πρόσβαση στο δίκτυο. Κάθε κινητός χρήστης διεξάγει μετρήσεις και σε συνεργασία με το δίκτυο επιλέγει να συνδεθεί με το σταθμό βάσης που εμφανίζει το καλύτερο σήμα. Στο κέντρο κάθε κυψέλης-κελιού βρίσκεται ένας σταθμός βάσης προς τον οποίον μεταδίδουν όλα τα τηλέφωνα που βρίσκονται εντός της κυψέλης. Ο σταθμός βάσης απαρτίζεται από έναν υπολογιστή και έναν πομποδέκτη συνδεδεμένο σε μια κεραία.

## 2.2. Λογισμικό

### 2.2.1. Λογισμικό απομακρυσμένης διαχείρισης

Το λογισμικό απομακρυσμένης διαχείρισης των αισθητήρων “GeoMAREA” και “KATEPINA I, II” αναπτύχθηκε με τη γλώσσα προγραμματισμού Java. Το λογισμικό αποτελείται από αλγόριθμους για να δρα ο router F3826 και σαν client και σαν server. Το γραφικό περιβάλλον του λογισμικού για το σύστημα GeoMAREA και KATEPINA-II φαίνεται παρακάτω στο Σχήμα 7:





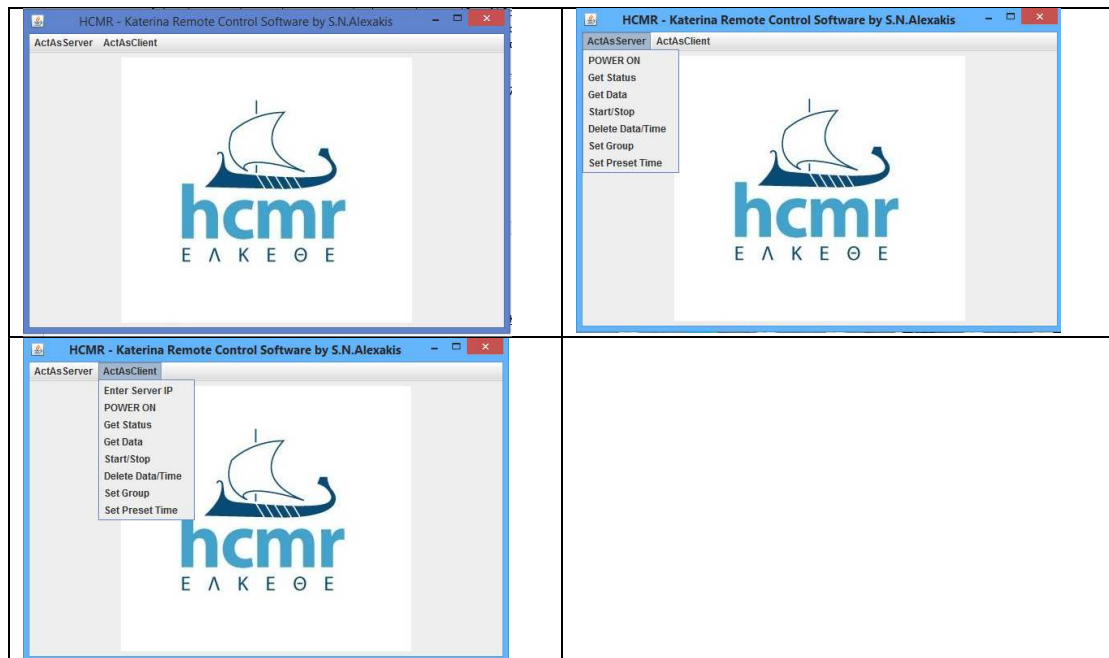
Σχήμα 7. Το γραφικό περιβάλλον για τη λειτουργία του συστήματος GeoMAREA και KATERINA-II.

Το γραφικό περιβάλλον αποτελείται από ένα JFrame για κάθε περίπτωση αντίστοιχα, στο οποίο προστίθενται τα αντίστοιχα JMenuBar, JMenu και JMenuItem. Σε κάθε JMenuItem αντιστοιχεί μία συνάρτηση `actionPerformed(ActionEvent arg0)` -με παράμετρο ένα αντικείμενο της κλάσης `ActionEvent` που στην ουσία είναι ο αλγόριθμος που θα “τρέξει” όταν ο χρήστης πατήσει με αριστερό κλικ του ποντηκιού το εκάστοτε JMenuItem.

Για το GUI (Graphical User Interface) του συστήματος GeoMAREA και KATERINA-II έχουμε 8 αντικείμενα της κλάσης `JMenu` (δύο για το κύριο μενού και 6 για τα υπομενού).

Στον κώδικα υλοποίησης κάθε συνάρτησης “`actionPerformed`” που αντιστοιχεί σε κάθε JMenuItem, αναλύεται ο εκάστοτε αλγόριθμος που αφορά στην απομακρυσμένη λειτουργία του εκάστοτε συστήματος.

Το μενού εντολών για το σύστημα KATERINA-I είναι πιο απλοποιημένο λόγω των περιορισμένων εντολών που είχε το σύστημα και φαίνεται ως εξής στο Σχήμα 8:



Σχήμα 8. Το γραφικό περιβάλλον για την επικοινωνία με το σύστημα ΚΑΤΕΡΙΝΑ-I.

Αντίστοιχοι αλγόριθμοι-δομές (όπως με το ΚΑΤΕΡΙΝΑ-II) έχουν χρησιμοποιηθεί και για αυτό το γραφικό περιβάλλον.

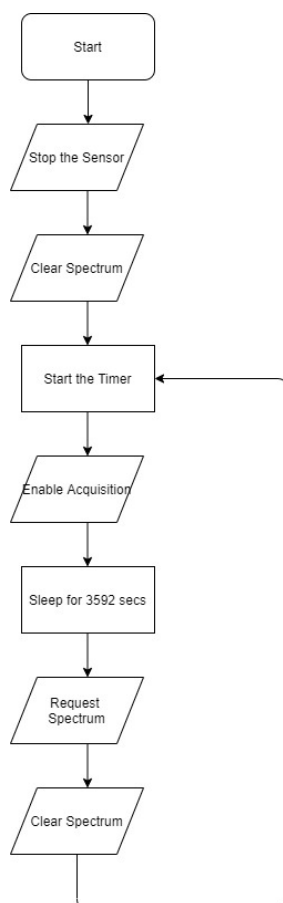
Στην περίπτωση που ο F3826 δρα σαν client, συνδέεται με τον υπολογιστή –server του ΕΛΚΕΘΕ ο οποίος έχει διεύθυνση IP:195.251.36.45. Η σύνδεση γίνεται στη θύρα (port):5001. Για να δράσει ο F3826 σαν server οπότε να μπορούν να συνδέονται clients από οπουδήποτε στον κόσμο με το σύστημα μας θα πρέπει να είναι γνωστή η διεύθυνση IP του router. Αυτό γίνεται δυνατό, με τη χρήση της υπηρεσίας DynamicDns: NO-IP.

### 2.2.2. Λογισμικό Συνεχούς Καταγραφής (sequential operation)

Το λογισμικό συνεχούς καταγραφής είναι σε θέση να ενεργοποιεί τα συστήματα και να πραγματοποιεί επαναλαμβανόμενες μετρήσεις προκαθορισμένου χρόνου και αναπτύχθηκε και αυτό σε Java. Το διάγραμμα ροής του αλγορίθμου δίνεται παρακάτω στο Σχήμα 9.

Πρέπει να αναφέρουμε ότι στο τέλος κάθε δεκαεξαδικής εντολής προστίθεται το two's complement checksum το οποίο υπολογίζεται από εξειδικευμένο λογισμικό που αναπτύχθηκε.

Τα δεδομένα μεταφέρονται μέσω Ίντερνετ στον server στο επιχειρησιακό κέντρο του ΕΛΚΕΘΕ (στη έδρα στην Ανάβυσσο Αττικής) και αποθηκεύονται σε προκαθορισμένο φάκελο στον σκληρό του δίσκο ως ASCII αρχεία κειμένου.



Σχήμα 9. Το διάγραμμα ροής του αλγορίθμου συνεχούς καταγραφής για τα συστήματα GeoMAREA και KATEPINA – II.

### 2.2.3 Βάση Δεδομένων

Ειδικό λογισμικό που αναπτύχθηκε φορτώνει τα δεδομένα σε μία Βάση Δεδομένων MySQL. Η βάση δεδομένων υλοποιείται μέσω του Συστήματος Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων (ΣΔΒΔ) MySQL. Τέλος αναπτύχθηκε MySQL κώδικας για τη δημιουργία του πίνακα “radiomeasurements” στη Βάση Δεδομένων “Glaferi” που έχουμε δημιουργήσει.

Ο πίνακας μας αποτελείται από 9 πεδία. Το πρώτο είναι το (πρωτεύον) αναγνωριστικό κλειδί “id” για τα δεδομένα μας που είναι “primary” και “auto increment” και έχει μέγεθος έως 20 χαρακτήρες. Το δεύτερο “location” είναι η τοποθεσία της μέτρησης είναι συμβολοσειρά μήκους έως 55 χαρακτήρες και δεν μπορεί να είναι κενό. Το τρίτο “instrument” είναι το όνομα του οργάνου και είναι και αυτό συμβολοσειρά μήκους έως 55 χαρακτήρες και αυτό και δεν μπορεί να είναι κενό. Το τέταρτο “date\_time” είναι datetime τύπος δεδομένων της MySQL και δεν μπορεί να είναι κενό. Το πέμπτο είναι τα δεδομένα μας, είναι mediumblob τύπος δεδομένων της MySQL και ουσιαστικά είναι μία συμβολοσειρά από 1024 αριθμούς διαχωρισμένους με κόμμα ‘,’ (comma separated values). Το έκτο πεδίο είναι το cps που είναι το άθροισμα των “counts” και είναι τύπος δεδομένων της MySQL float. Το

έβδομο το όγδοο και το ένατο είναι οι συγκεντρώσεις των στοιχείων K-40, Bi-214 και Tl-208 αντίστοιχα και είναι και τα τρία πεδία τύπου float και δεν μπορούν να μην έχουν τιμή. Επίσης υπάρχει το μοναδικό κλειδί (unique key) DateLocationInstrument που είναι σύνθετο και που αποτελείται από τα πεδία date\_time, location, instrument και δίνει περιορισμό στο να υπάρχουν δύο ή περισσότερες εγγραφές στον πίνακα με την ίδια ημερομηνία-ώρα και την ίδια περιοχή και να αφορούν το ίδιο όργανο.

Από τη στιγμή που τα δεδομένα φτάνουν στον Server δημιουργείται μία εγγραφή στον πίνακα radiomeasurements της Βάσης Δεδομένων Glafki. Η Βάση Δεδομένων έχει τα εξής πεδία: Id, location, instrument, date\_time, spectrum, cps, K-40, Bi-214, Tl-208. Id είναι το πρωτεύον κλειδί της Βάσης που αναπτύχθηκε, location είναι η περιοχή της μέτρησης π.χ. Anavyssos, date\_time είναι η ημερομηνία και η ώρα που έληξε η μέτρηση, spectrum είναι το φάσμα, οι 1024 αριθμοί που αποθηκεύονται σαν csv (comma separated values) στη Βάση μας. Το cps είναι το άθροισμα των counts, και K-40, Bi-214, Tl-208 είναι η πληροφορία για τα αντίστοιχα στοιχεία. Η ώρα είναι η ώρα του υπολογιστή (server) στο data center του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε στην Ανάβυσσο Αττικής.

Μία εγγραφή για παράδειγμα είναι η

```
1 Anavyssos GeoMAREA 2019-02-08 spectrum 18:26:07 83876 0 0 0
```

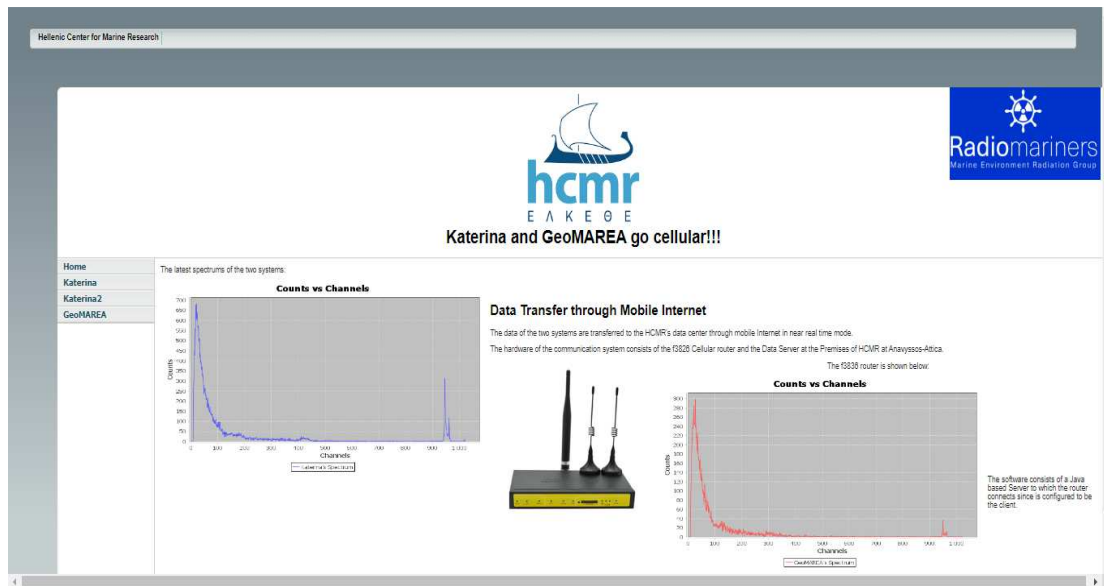
Όπου πληροφορούμαστε ότι η περιοχή μελέτης είναι η Ανάβυσσος, το ανιχνευτικό σύστημα είναι το GeoMAREA η ημερομηνία της μέτρησης είναι η 2019-02-08 και η ώρα που έληξε η ωριαία μέτρηση είναι η 18:26:07, το πεδίο spectrum είναι μία συμβολοσειρά με από 1024 αριθμούς διαχωρισμένους με κόμμα, το άθροισμα των counts είναι 83876, και η υπόλοιπη πληροφορία είναι 0 αφού δεν έχει γίνει ακόμα η ανάλυση των φασμάτων.

#### 2.2.4 Δημιουργία Γραφημάτων

Όσον αφορά τη δημιουργία των γραφημάτων χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη JFreeChart. Όταν ολοκληρώνεται η λήψη ενός αρχείου δεδομένων, δημιουργείται το αντίστοιχο γράφημα πάλι από εξειδικευμένο λογισμικό που αναπτύχθηκε και αντιγράφεται στον κατάλληλο φάκελο του Web Server στον οποίο φιλοξενείται η ιστοσελίδα μας για να είναι ορατό στο Διαδίκτυο μέσω της ιστοσελίδας.

#### 2.2.5 Ιστοσελίδα

Όσον αφορά την ιστοσελίδα παρουσιάζεται το τελευταίο χρονικά γράφημα που παράχθηκε από τα πιο πρόσφατα δεδομένα που εστάλησαν στο επιχειρησιακό κέντρο του ΕΛΚΕΘΕ (Ανάβυσσο, Αττικής). Ένα παράδειγμα για την ανάπτυξη της απλοποιημένης σελίδας φαίνεται στο Σχήμα 10.



Σχήμα 10. Γραφικό περιβάλλον ιστοσελίδας.

## 2.3. Μονάδες ενσωμάτωσης στο σύστημα επικοινωνίας -Αισθητήρες

### 2.3.1. ΚΑΤΕΡΙΝΑ I, II (Καινοτόμος Αισθητήρας Τεχνητής & Φυσικής Ραδιενέργειας)

Είναι ένα αυτόνομο υποθαλάσσιο σύστημα που πραγματοποιεί επιτόπιες μετρήσεις ραδιενέργειας. Η ΚΑΤΕΡΙΝΑ I (βλέπε Σχήμα 11) μπορεί να μετρά τη ραδιενέργεια στο υδάτινο περιβάλλον (θάλασσα, ποτάμια, ίζημα και υπόγεια νερά) επιτόπια για χρονικά διαστήματα που του καθορίζει ο υπεύθυνος, χωρίς να χρειάζεται να γίνουν δειγματοληψίες και στη συνέχεια μετρήσεις στο εργαστήριο.



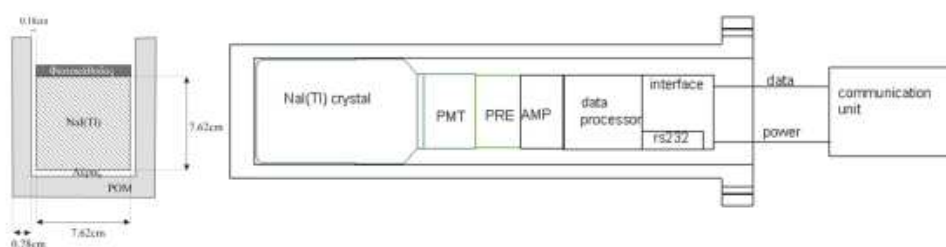
Σχήμα 11. Το σύστημα ΚΑΤΕΡΙΝΑ-I

#### Τεχνολογικές Καινοτομίες:

- Αυτόνομη λειτουργία (χωρίς σύνδεση με Η/Υ)

- Βάθος πόντισης: 400 μέτρα
- Συντήρηση χαμηλού κόστους

Το σύστημα αποτελείται από έναν 3" × 3" κρύσταλλο NaI(Tl), που συνδέεται με ένα φωτοπολλαπλασιαστή (PMT), με προ-ενισχυτή (PREAMP) και παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, μαζί με τα κατάλληλα ηλεκτρονικά για την ενίσχυση των σημάτων και την αποθήκευση δεδομένων (βλέπε Σχήμα 12).



Σχήμα 12. Σχηματικό διάγραμμα ανιχνευτικού συστήματος KATEPINA-I.

Το μετρητικό σύστημα KATEPINA II είναι πρόσφατη αναβάθμιση του KATEPINA I και παρουσιάζει τις εξής νέες καινοτομίες και βελτιώσεις:

- Ελάττωση των διαστάσεων
- Κατανάλωση ισχύος κάτω από 1W
- Σταθερότητα σήματος
- Ελάττωση του ορίου ανιχνευσιμότητας
- Ταχύτερη μετάδοση δεδομένων

### 2.3.2. Σύστημα GeoMAREA

Ο ανιχνευτής GeoMAREA έχει αναπτυχθεί για να καταγράφει επί τόπου την φυσική ραδιενέργεια (ή φυσικά ραδιονουκλίδια) στο θαλάσσιο περιβάλλον (για την ανίχνευση ακτίνων γάμμα). Ο ανιχνευτής, αποτελείται από κρύσταλλο  $\text{CeBr}_3$  (Βρωμιούχου Δημητρίου), ο οποίος αναπτύσσεται και διατίθεται στην αγορά τα τελευταία χρόνια. Το κυριότερο πλεονέκτημα του κρυστάλλου είναι η μεσαία διακριτική του ικανότητα. Με τον όρο αυτό εκφράζουμε την ευκολία με την οποία μπορεί να διακρίνει μεταξύ δύο κοντινών ενεργειακά κορυφών στο φάσμα καταγραφής της ακτινοβολίας γάμμα (ή φυσικής ραδιενέργειας). Ο κρύσταλλος  $\text{CeBr}_3$  έχει καλύτερη διακριτική ικανότητα από τον κρύσταλλο NaI (Ιωδιούχο Νατρίου), ο οποίος χρησιμοποιείται ευρέως για ραδιοπεριβαλλοντικές μετρήσεις γεγονός που τον καθιστά πιο κατάλληλο για επιτόπιες μετρήσεις φυσικών ραδιονουκλιδίων.

Μία άμεση εφαρμογή θα ήταν η συνεχής καταγραφή της ενεργότητας των ραδιονουκλιδίων κλειδιά σε ποτάμια που είναι κοντά σε πυρηνικά εργοστάσια με

σκοπό τον έλεγχο και την άμεση ειδοποίηση διαρροής ραδιενέργειας στο υδάτινο περιβάλλον.

Το υδατοστεγές εξωτερικό περίβλημα από ακετάλη επιτρέπει τη λειτουργία του ανιχνευτικού συστήματος στο θαλάσσιο περιβάλλον. Το θερμοπλαστικό αυτό υλικό επιλέχθηκε για τη κατασκευή του περιβλήματος καθώς παρουσιάζει ελάχιστη απορρόφηση των ακτίνων-γ ώστε να μην επηρεάζει σημαντικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Επίσης παρουσιάζει πολύ καλές μηχανικές ιδιότητες και άριστη αντίσταση στο θαλάσσιο περιβάλλον. Το υδατοστεγές περίβλημα επιτρέπει στο σύστημα

- να λειτουργεί έως και στα 600 μέτρα βάθος
- μέσω ειδικής υδατοστεγούς μπαταρίας να έχει διάρκεια ζωής 5 έτη στα μεγάλα θαλάσσια βάθη
- Τα δεδομένα των μετρήσεων να μεταδίδονται σε πραγματικό χρόνο στους ερευνητές μέσω ειδικής υδατοστεγούς σύνδεσης του ανιχνευτή με άλλα συστήματα.
- Να διακρίνει τις συνεισφορές τεχνητής ραδιενέργειας (τις φωτοκορυφές του  $^{134}\text{Cs}$  από αυτή του  $^{137}\text{Cs}$ )

Το σήμα ανίχνευσης διέρχεται από ένα φωτοπολλαπλασιαστή, έναν ενισχυτή και τέλος από ένα σύστημα ADC/MCA το οποίο ψηφιοποιεί το σήμα και το διανέμει σε 1024 κανάλια. Ο φωτοπολλαπλασιαστής βρίσκεται στο εσωτερικό του συστήματος GeoMAREA ενώ ο ενισχυτής και το σύστημα ADC/MCA συνδέονται εξωτερικά. Ο φωτοπολλαπλασιαστής λειτουργεί στα 670 V και ο ενισχυτής ρυθμίστηκε ώστε το ενεργειακό εύρος ανίχνευσης του συστήματος να έχει μια μέγιστη τιμή στα 3000 keV.

#### 2.4. Υλοποίηση επικοινωνίας

Το RS-232 είναι ένα πρότυπο για τη σειριακή μετάδοση δυαδικών σημάτων μεταξύ μίας τερματικής συσκευής-DTE (Data Terminal Equipment) και μίας συσκευής επικοινωνιών-DCE (Data Circuit-Terminating Equipment). Με τον όρο DTE χαρακτηρίζονται συσκευές όπως υπολογιστές, τερματικά, εκτυπωτές ενώ ως DCE τα modem, router και άλλες συσκευές επικοινωνίας. Σημειώνουμε ότι χρησιμοποιείται ένας αγωγός για εκπομπή δεδομένων, ένας για λήψη και μία γείωση (όπως δίνεται στον Πίνακα 1)[11].

Signal Voltage Levels (Volts)	Logical State
-3 to -25	1
+3 to +25	0

Πίνακας 1. RS232 σήματα.

Τα δεδομένα στέλνονται σειριακά, δηλαδή το ένα bit μετά το άλλο διότι υπάρχει μόνο ένας αγωγός όπως προαναφέρθηκε για εκπομπή και λήψη. Για την κωδικοποίηση των χαρακτήρων χρησιμοποιείται ο κώδικας ASCII (American Standard Code for Information Interchange).

Στην προτεινόμενη εφαρμογή οι παρακάτω παράμετροι έχουν ως εξής για το ΚΑΤΕΡΙΝΑ I:

- η ταχύτητα είναι 4800bit/sec
- Data bits είναι 8
- Parity (Ισοτιμία) είναι none
- Stop bits είναι 1
- Flow control (έλεγχος ροής) είναι none

Ενώ για το ΚΑΤΕΡΙΝΑ II και ο σύστημα GeoMAREA η προτεινόμενη εφαρμογή απαιτεί τις παρακάτω παραμέτρους:

- η ταχύτητα είναι 115200 bit/sec
- Data bits είναι 8
- Parity (Ισοτιμία) είναι none
- Stop bits είναι 1
- Flow control (έλεγχος ροής) είναι none

Όσον αφορά τον κώδικα ASCII χρησιμοποιείται 7 bit για την κωδικοποίηση των χαρακτήρων και ένα επιπλέον bit ισοτιμίας (parity bit). Έχει ξεκινήσει από τις ΗΠΑ το 1963 και έχει τυποποιηθεί έχοντας την ονομασία Διεθνές Αλφάβητο Νο.5. Παρατίθεται παρακάτω:

**USASCII code chart**

					0 0 0	0 0 1	0 1 0	0 1 1	1 0 0	1 0 1	1 1 0	1 1 1	
					0	1	2	3	4	5	6	7	
Row \ Column	b <sub>4</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>1</sub>	Column								
0	0	0	0	0	0	NUL	DLE	SP	0	@	P	\	p
0	0	0	1	1	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0	0	1	0	0	2	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0	0	1	1	1	3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0	1	0	0	0	4	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
0	1	0	1	1	5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0	1	1	0	0	6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0	1	1	1	1	7	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
1	0	0	0	0	8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1	0	0	1	1	9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1	0	1	0	0	10	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1	0	1	1	1	11	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1	1	0	0	0	12	FF	FS	,	<	L	\	l	
1	1	0	1	1	13	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1	1	1	0	0	14	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1	1	1	1	1	15	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

Πίνακας 2. Αντιστοιχία ASCII χαρακτήρων.



Για παράδειγμα ο χαρακτήρας A κωδικοποιείται ως 1000001.

Ο κώδικας ASCII όπως προαναφέραμε έχει 7 Bit πληροφορίας επομένως μπορεί να κωδικοποιήσει  $128 (=2^7)$  χαρακτήρες όπως φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα. Από αυτούς οι 95 είναι σύμβολα γραφής και οι 33 είναι χαρακτήρες ελέγχου. Τα 95 αυτά σύμβολα γραφής απαρτίζονται από τα 26 κεφαλαία λατινικά γράμματα, τα 26 μικρά λατινικά γράμματα, τους δέκα αριθμούς, τα σημεία στίξης και ειδικά σύμβολα (παρενθέσεις, κενό κλπ) [11].

Όσον αφορά το πρωτόκολλο επικοινωνίας χρησιμοποιήθηκε το ευρέως γνωστό πρωτόκολλο μέσω Internet (το πρωτόκολλο TCP). Το Internet έχει δύο κύρια πρωτόκολλα στο στρώμα μεταφοράς, το ένα είναι με σύνδεση και είναι το TCP και το άλλο είναι χωρίς σύνδεση και είναι το UDP. Το TCP σχεδιάστηκε ειδικά για να προσφέρει ένα αξιόπιστο συρμό από byte από άκρο σε άκρο μέσω ενός αναξιόπιστου διαδικτύου. Ένα διαδίκτυο διαφέρει από ένα απλό δίκτυο διότι τα διάφορα μέρη του μπορεί να έχουν διαφορετικές τοπολογίες, διαφορετικό εύρος ζώνης, διαφορετικές καθυστερήσεις, διαφορετικά μεγέθη πακέτων και άλλες διαφορετικές παραμέτρους. Το TCP είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να προσαρμόζεται δυναμικά στις ιδιότητες του διαδικτύου. Με το πέρασμα του χρόνου όμως ανακαλύφθηκαν διάφορα λάθη και αντιφάσεις και άλλαξαν οι απαιτήσεις σε κάποιες περιοχές. Για να πραγματοποιηθεί μία υπηρεσία TCP, ο αποστολέας και ο παραλήπτης δημιουργούν ακραία σημεία επικοινωνίας που καλούνται υποδοχές (sockets). Κάθε υποδοχή έχει έναν αριθμό υποδοχής (διεύθυνση) που αποτελείται από τη διεύθυνση IP του host και από έναν τοπικό αριθμό 16 bit για κάθε host ο οποίος αποκαλείται θύρα (port). Για να πάρουμε TCP υπηρεσίες πρέπει να εγκατασταθεί σύνδεση μεταξύ μιας υποδοχής του μηχανήματος αποστολής με μια υποδοχή στο μηχάνημα λήψης. Πρέπει να σημειωθεί ότι μια υποδοχή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πολλές συνδέσεις ταυτόχρονα δηλαδή δύο ή περισσότερες συνδέσεις μπορεί να τερματίζουν στην ίδια υποδοχή. Οι θύρες με αριθμό κάτω από το 1024 ονομάζονται πασίγνωστες (well-known) και δεσμεύονται για τυποποιημένες υπηρεσίες. Για παράδειγμα οποιαδήποτε διεργασία (πρόγραμμα) επιθυμεί να εγκαταστήσει μια σύνδεση με κάποιον host για να μεταφέρει ένα αρχείο χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο FTP μπορεί να συνδεθεί στη θύρα 21 του host προορισμού για να επικοινωνήσει με τον δαίμονα FTP. Ο κατάλογος με τις πασίγνωστες θύρες δίνεται στον RFC 1700.

Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι οι συνδέσεις TCP είναι πλήρως αμφίδρομες και από σημείο σε σημείο. Με τον όρο πλήρως αμφίδρομες εννοούμε ότι η κίνηση μπορεί να κυκλοφορήσει και προς τις δύο κατευθύνσεις ταυτόχρονα. Ο όρος από σημείο σε σημείο σημαίνει ότι κάθε σύνδεση έχει ακριβώς δύο ακραία σημεία. Οι αποστέλλουσες και λαμβάνουσες οντότητες TCP ανταλλάσσουν δεδομένα με τη μορφή τεμαχίων. Το τεμάχιο (segment) αποτελείται από μια σταθερή επικεφαλίδα των 20 byte (μαζί με ένα προαιρετικό κομμάτι), ακολουθούμενη από μηδέν ή περισσότερα byte δεδομένων. Το λογισμικό TCP αποφασίζει για το μέγεθος των τεμαχίων. Μπορεί να συσσωρεύσει δεδομένα από πολλές εντολές εγγραφής (write) σε ένα τεμάχιο ή να διαχωρίσει τα δεδομένα μιας εγγραφής σε πολλαπλά τεμάχια.

Το μέγεθος του τεμαχίου συμπεριλαμβανομένης της επικεφαλίδας TCP πρέπει να χωράει στο ωφέλιμο φορτίο IP των 65535 byte και πρέπει να χωράει και στην μέγιστη μονάδα μεταφοράς MTU (MaximumTransferUnit) [12].

## 2.5. Λογισμικό επικοινωνίας (StreamSockets-Υποδοχές Ροής)

Υποδοχή (socket) είναι ένα λογισμικό στην ουσία το οποίο δρα σαν εσωτερικό ακραίο σημείο (endpoint) για αποστολή ή λήψη πληροφορίας (δεδομένων) ενός διαύλου επικοινωνίας (communication link) μεταξύ δύο διεργασιών που εκτελούνται στο δίκτυο. Η ταυτοποίηση της γίνεται από το συνδυασμό μιας IP διεύθυνσης και ενός αριθμού θύρας (port number). Στην γλώσσα Java οι υποδοχές υλοποιούνται στο πακέτο "java.net" και συγκεκριμένα με τις κλάσεις: "Socket" και "ServerSocket". Η Java παρέχει επικοινωνίες βασισμένες σε ροές που επιτρέπουν στις εφαρμογές να βλέπουν την δικτύωση σαν ροές δεδομένων. Έτσι λοιπόν με τις υποδοχές, μία διεργασία δημιουργεί μία σύνδεση με μία άλλη διεργασία. Ενώ έχει γίνει η σύνδεση τα δεδομένα ρέουν ανάμεσα στις διεργασίες σε συνεχείς ροές (streams of data). Οι υποδοχές ροής λοιπόν παρέχουν μια υπηρεσία βασισμένη σε σύνδεση. Το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για τη μετάδοση είναι το TCP (Transmission Control Protocol- Πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης) για το οποίο έχει γίνει λεπτομερής αναφορά παραπάνω.

**Για να δημιουργήσουμε έναν απλό εξυπηρετητή (Server) με τη χρήση των Υποδοχών Ροής στη Java απαιτούνται πέντε βήματα:**

α) Δημιουργία ενός αντικειμένου της κλάσης ServerSocket. Εδώ καλούμε τη συνάρτηση δημιουργίας (constructor) όπως παρακάτω:

```
ServerSocket myServer= new ServerSocket(αριθμόςΘύρας, μήκοςΟυράς);
```

Ο αριθμόςΘύρας δηλώνει έναν διαθέσιμο αριθμό TCP θύρας ο οποίος χρησιμοποιείται από τους πελάτες για να εντοπίζουν την server εφαρμογή στον υπολογιστή που τρέχει αυτή (τον Server δηλαδή), και το μήκοςΟυράς το μέγιστο πλήθος πελατών (clients) που μπορούν να περιμένουν για να συνδεθούν στον Server.

β) Ο Server «αφουγκράζεται» ή μπλοκάρει μία απόπειρα ενός πελάτη για να συνδεθεί. Για να περιμένει για μία σύνδεση ενός πελάτη, το πρόγραμμα του Server καλεί την μέθοδο accept της κλάσης ServerSocket όπως δηλώνεται παρακάτω:

```
Socketconnection=server.accept();
```

Η κλήση αυτής της μεθόδου επιστρέφει μία Socket (υποδοχή) όταν ενεργοποιείται μία σύνδεση με έναν πελάτη.

γ) Χρήση αντικειμένων OutputStream και InputStream. Η χρήση αυτών των αντικειμένων επιτρέπει στον Server να επικοινωνήσει με τον πελάτη (client) αποστέλλοντας και λαμβάνοντας bytes. Έτσι ο Server αποστέλλει πληροφορίες μέσω

μίας OutputStream και λαμβάνει πληροφορίες από τον πελάτη μέσω ενός InputStream.

δ) Φάση επεξεργασίας της πληροφορίας που στάλθηκε.

ε) Κλείσιμο των ροών και της υποδοχής. Όταν ολοκληρωθεί η μετάδοση ο Server κλείνει την σύνδεση με την μέθοδο close στις ροές και στην υποδοχή.

**Για να δημιουργήσουμε έναν απλό client** με τη χρήση των Υποδοχών Ροής στη Java απαιτούνται 4 βήματα:

α) Δημιουργία μίας υποδοχής για σύνδεση στον Server. Αυτό επιτυγχάνεται με τη συνάρτηση δημιουργίας Socket η οποία ενεργοποιεί την σύνδεση στον Server:

```
Socket connection=new Socket(διεύθυνσηServer, θύρα);
```

Εάν η απόπειρα σύνδεσης είναι επιτυχής επιστρέφεται μία υποδοχή, ενώ στην αντίθετη περίπτωση δημιουργείται ένα στιγμιότυπο μιας υποκλάσης της IOException.

β) Χρήση των μεθόδων getInputStream και getOutputStream της κλάσης Socket.

γ) Φάση επεξεργασίας της πληροφορίας που στάλθηκε.

δ) Κλείσιμο της σύνδεσης. Ο client κλείνει την σύνδεση όταν ολοκληρωθεί η μετάδοση με την κλήση της μεθόδου close τόσο στις ροές όσο και στην υποδοχή. Αυτό μπορεί να γίνει όταν τελειώσει η αποστολή πληροφοριών από τον Server, όταν επιστραφεί πχ η τιμή -1 από την μέθοδο read της κλάσης InputStream [13].

### **3. Εφαρμογές**

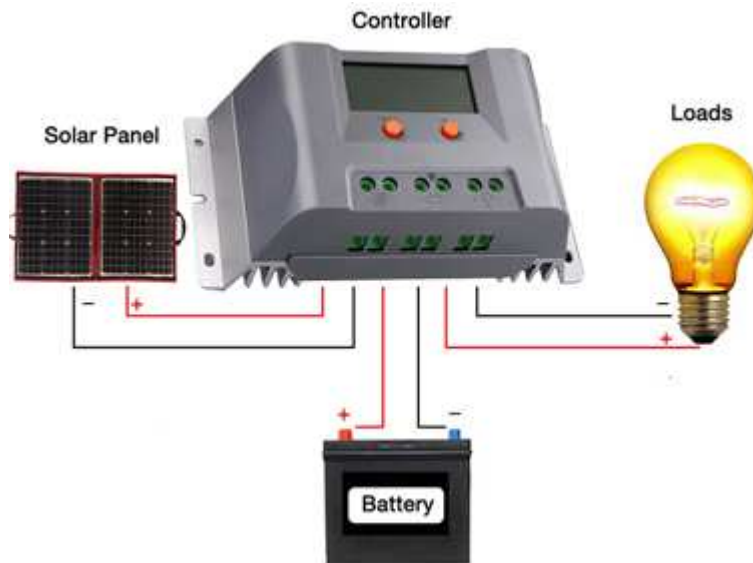
Το σύστημα μπορεί να τοποθετηθεί οπουδήποτε υπάρχει τάση τροφοδοσίας 12 Volt. Έτσι πολύ εύκολα το σύστημα μπορεί να τοποθετηθεί και σε πλωτούς σταθμούς με μπαταρία των 12 VoltDC. Η κατανάλωση ισχύος παρατίθεται παρακάτω:

**Standby 157~170mA@12VDC**

**Communication 310~485mA@12VDC**

Έτσι με μία μπαταρία 12 Volt, 100Ah μπορούμε με μέσο όρο ρεύματος τα 200mA, μπορούμε να έχουμε αδιάλειπτη λειτουργία περίπου 20 ημερών. Στο όλο σύστημα επικοινωνίας έχει ενσωματωθεί ειδική φωτοβολταϊκή μονάδα η οποία μπορεί να φορτίζει ειδική μπαταρία βαθιάς εκφόρτισης ανάλογα με την απομείνουσα χωρητικότητά της.

Παρακάτω φαίνεται (Σχήμα 13) η συνδεσμολογία της φωτοβολταϊκής μονάδας:



Σχήμα 13. Διάταξη και συνδεσμολογία επαναφόρτισης συσσωρευτή μέσω ηλιακού πάνελ.

Το φωτοβολταϊκό που χρησιμοποιούμε είναι μονοκρυσταλλικό 12V-30Watt πάνελ με πλαίσιο από αλουμίνιο με διαστάσεις 60x540x25mm. Το βάρος του είναι 3Kg και αποτελείται από 36 κελιά συνδεδεμένα σε σειρά. Ο ρυθμιστής φόρτισης είναι ψηφιακός, τεχνολογίας MPPT 12Volts και 10Amperes.

Στην περίπτωση μας τα φορτία (Loads) στην προηγούμενη εικόνα είναι ο εκάστοτε αισθητήρας ραδιενέργειας (GeoMAREA ή KATERINA-I ή KATERINA-II) και ο F3836 κυψελοειδής δρομολογητής (cellular router). Η μπαταρία είναι 42Ah τύπου AGM.

Όσον αφορά την κατανάλωση ισχύος, πρέπει να σημειώσουμε πως επειδή τα αρχεία δεδομένων είναι πάρα πολύ μικρά (περίπου 4KB) ο χρόνος που το σύστημα “επικοινωνεί” είναι πολύ λίγος, έτσι ο μέσος όρος της κατανάλωσης ισχύος πέφτει κοντά στα 200mA όπως προαναφέρθηκε.

#### 4. Συμπεράσματα – Προοπτικές

Το σύστημα επικοινωνίας έχει εφαρμοστεί σε δύο περιοχές: σε παράκτια περιοχή του Λαυρίου και στις εγκαταστάσεις του ΕΛΚΕΘΕ στην Ανάβυσσο Αττικής. Η εφαρμογή αφορούσε συνεχή καταγραφή και τα αποτελέσματα αποθηκεύτηκαν σε βάση δεδομένων. Η παρακολούθηση έγινε για την μελέτη της ποιότητας του νερού βροχής σε σχέση με τα ραδιενεργά στοιχεία που μπορεί να «ξεπλένονται» λόγω της βροχόπτωσης.

Ένα από τα προβλήματα που πρέπει να μελετηθεί είναι η διαχείριση παροχής ενέργειας και κατανάλωσης σε απομακρυσμένες περιοχές με χαμηλή ένταση σήματος κινητής τηλεφωνίας.

Μελλοντικά το σύστημα αυτό θα μπορούσε να φιλοξενήσει κι άλλους αισθητήρες ποιότητας ύδατος (pH, DO, CO<sub>2</sub>, ήχος κ.ά.) για να έχουμε συνεχή καταγραφή και σε πραγματικό χρόνο για το χαρακτηρισμό της ποιότητας του νερού μέσω των δεδομένων αυτών αλλά και με την εφαρμογή των αντίστοιχων πολιτικών που αφορούν τόσο την ποιότητα θαλασσινού νερού όσο και την ποιότητα του υπόγειου νερού.

### **Βιβλιογραφία**

- [1] Chang, G., Dickey, T., and M. Lewis (2006) Toward a global ocean system for measurements of optical properties using remote sensing and in situ observations, In: Remote Sensing of the Marine Environment, Vol. 6, J. Gower (ed.), ASPRS Publishing, 285-326.
- [2] Frye, D., L. Freitag, R. Detrick, J. Collins, J. Delaney, D. Kelley, A. LaBonte, and K. Brown (2006) An acoustically linked moored-buoy ocean observatory, EOS, 87(22), 213 and 218.
- [3] IAEA, NUCLEAR TECHNOLOGY REVIEW, IAEA/NTR/2020 (2020).
- [4] J. Buongiorno, J. Jurewicz, M. Golay and N. Todreas, The offshore floating nuclear plant concept, Nucl. Technol. 194 (2016) 1.
- [5] IAEA, The Fukushima Daiichi Accident, IAEA, Vienna Austria (2015).
- [6] Q. Schiermeier, Radiation release will hit marine life, Nature 472 (2011) 145.
- [7] K.O. Buesseler et al., Fukushima-derived radionuclides in the ocean and biota off Japan, PNAS 109 (2012) 5984.
- [8] T. Wada et al., Effects of the nuclear disaster on marine products in Fukushima, J. Environ. Radioact. 124 (2013) 246.
- [9] J.N. Smith, R.M. Brown, W.J. Williams, M. Robert, R. Nelson and S.B. Moran, Arrival of the Fukushima radioactivity plume in North American continental waters, Proc. Nat. Acad. Sci. 112 (2014) 1310.
- [10] H. Okamura, S. Ikeda, T. Morita and S. Eguchi, Risk assessment of radioisotope contamination for aquatic living resources in and around Japan, Proc. Nat. Acad. Sci. 113 (2016) 3838.
- [11] Τηλεπικοινωνίες και Δίκτυα Υπολογιστών, Άρης Αλεξόπουλος-Γιώργος Λαγογιάννης, 10<sup>η</sup> Έκδοση.
- [12] Δίκτυα Υπολογιστών, Andrew S. Tanenbaum, 3<sup>η</sup> Έκδοση.
- [13] Java Προγραμματισμός, Deitel-Deitel, 6<sup>η</sup> Έκδοση.

## **Θέμα 2:**

**Μελέτη του σοβαρού προβλήματος της ανάπτυξης biofilm στις επιφάνειες των αυτόνομων in-situ αισθητήρων (fouling) με την χρήση συσκευών υπερήχων πιλοτικά στους αισθητήρες εν λειτουργία πλωτήρων**

***Υλοποίηση: Ιορδάνης Μαγιόπουλος***

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα των αισθητήρων οι οποίοι είναι ποντισμένοι για μεγάλα χρονικά διαστήματα μέσα στη θάλασσα είναι η ανάπτυξη biofilm στις επιφάνειές τους το οποίο περιορίζει την λειτουργικότητά τους και μειώνει την ακρίβεια των μετρήσεων.

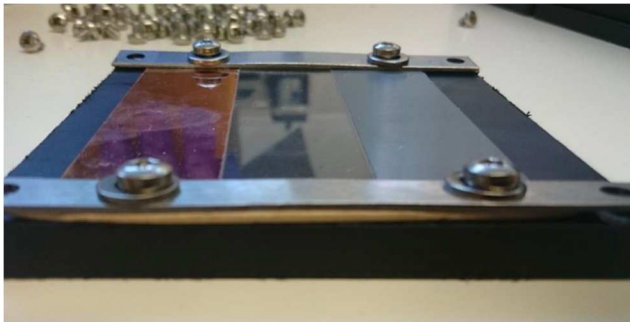
Σκοπός του συγκεκριμένου θέματος ήταν η αντιμετώπιση της ανάπτυξης biofilm στις επιφάνειες των αισθητήρων με τη χρήση υπερήχων. Συγκεκριμένα οι υπέρηχοι προκαλούν δόνηση πάνω στις επιφάνειες και κατά συνέπεια αποτρέπουν την προσκόλληση μικροοργανισμών και εν συνεχεία την ανάπτυξη του biofilm. Το πλεονέκτημα των υπερήχων έναντι άλλων συμβατικών μεθόδων anti-fouling είναι ότι δεν περιλαμβάνει χημικά τα οποία είναι βλαβερά για το περιβάλλον και κατά συνέπεια μπορούν να εφαρμοστούν in-situ.

Στα πλαίσια του προγράμματος αυτού θα εξεταζόταν η βέλτιστη διαμόρφωση των υπερήχων τόσο όσον αφορά την αποτελεσματικότητα (συχνότητα, διάρκεια και περίοδος παλμών) όσο και την χαμηλή κατανάλωση ενέργειας προκειμένου να μπορούν να τοποθετηθούν πάνω στους πλωτήρες του Προγράμματος Ποσειδώνα. Παράλληλα η ανάπτυξη του βιοφίλμ (παρουσίας και απουσίας υπερήχων) θα εξεταζόταν σε 3 διαφορετικά υλικά τα οποία είναι αντίστοιχα των υλικών που χρησιμοποιούνται στους αισθητήρες.

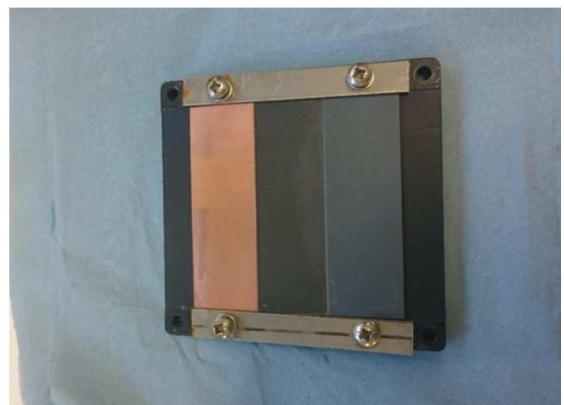
### **Μεθοδολογία και έργο**

Για την μελέτη της χρήσης και της αποτελεσματικότητας των υπερήχων σαν antifouling μεθόδου σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν δυο πειραματικές «διατάξεις» σαν πρωτότυπα, όπου στην μια θα προσαρμοστεί η συσκευή των υπερήχων ενώ η άλλη θα λειτουργεί σαν μάρτυρας.

Κάθε «διάταξη» θα αποτελείται από μια λεπτή πλάκα stainless steel (3mm, Marine Grade 316) πάνω στην οποία θα προσαρμοστούν «πακετάκια» από διάφορα υλικά (PMMA, PVC, χαλκός), τα οποία και είναι χαρακτηριστικά υλικά επιφανειών αισθητήρων, μεγέθους 25x75 mm. Ο λόγος που επιλέχτηκε αυτή η διάσταση είναι γιατί είναι όμοια με τις πλάκες των μικροσκοπίων. Σκοπός ήταν να μπορούμε εύκολα να τοποθετούμε το «πλακάκι» του κάθε υλικού στη βάση του μικροσκοπίου

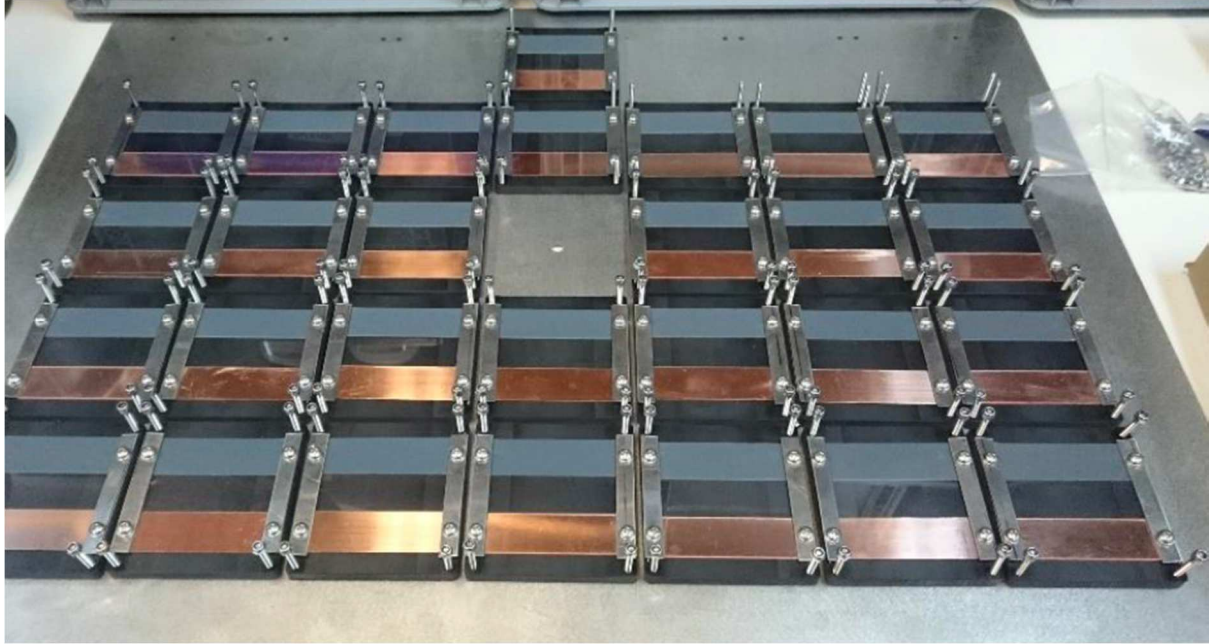


Εικόνα 2. Ένα από τα "πακετάκια" που σχεδιάσαμε για την προσαρμογή των υλικών



Εικόνα 1. Ένα από τα "πακετάκια" που σχεδιάσαμε με τα 3 υλικά που επιλέξαμε για το πείραμα

προκειμένου να μπορούμε εύκολα να εξετάσουμε την ανάπτυξη του βιοφιλμ πάνω στην επιφάνεια, είτε με οπτικό μικροσκόπιο είτε με μικροσκοπία φθορισμού (μετά την χρήση της επιφάνειας με DAPI). Στις εικόνες 1 και 2 φαίνονται τα «πακετάκια» των υλικών. Στην εικόνα 3 φαίνεται η πειραματική «διάταξη» όπου τα «πακετάκια» των υλικών τοποθετούνται πάνω στην μεταλλική πλάκα από stainless steel. Το τετράγωνο στο κέντρο της πλάκας έχει αφεθεί κενό ώστε να τοποθετηθεί ο transducer (όπως θα αναφέρουμε παρακάτω).



*Εικόνα 3. Η συνολική πειραματική "διάταξη" με τα "πακετάκια" πάνω στην πλάκα stainless steel. Το τετράγωνο κενό στο κέντρο είναι για την προσαρμογή των transducers*

Ο transducer θα βιδωθεί στο κέντρο της μεταλλικής πλάκας προκειμένου να μεταδίδει των υπέρηχο τόσο μέσω των δονήσεων της επιφάνειας όσο και στη στήλη του νερού γύρω από τα «πακετάκια».

Ο σκοπός ήταν οι παραπάνω διατάξεις θα ποντιστούν μέσα στη θάλασσα, για μια περίοδο τουλάχιστον 4 μηνών. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα (περίπου ανά 30 ημέρες) θα αφαιρούνταν ένα «πακετάκι» από κάθε υλικό και από κάθε «διάταξη» με σκοπό την μελέτη της ανάπτυξης biofilm στην επιφάνεια του κάθε υλικού και την σύγκριση μεταξύ της διάταξη των υπερήχων και του μάρτυρα. Η μελέτη της ανάπτυξης του biofilm θα γίνει με τη χρήση μικροσκοπίας φθορισμού, οπτικής μικροσκοπίας καθώς και κυτταρομετρίας ροής (μετά από αφαίρεση του υλικού από την εκάστοτε επιφάνεια με χρήση swabs).



Για την επιλογή της συσκευής παραγωγής υπερήχων ήρθαμε σε επαφή με διάφορες εταιρείες από την Ευρώπη (Ηνωμένο Βασίλειο, Ολλανδία και Γερμανία) που αναπτύσσουν συστήματα παραγωγής υπερήχων για θαλάσσιες εφαρμογές καθώς τέτοια εταιρεία δεν υπάρχει στην Ελλάδα. Από την αρχή έγινε ξεκάθαρο σε όλες τις εταιρείες ότι η συσκευή που θα επιλεγεί θα δοκιμαστεί για την αποτελεσματικότητάς της και ότι τα αποτελέσματα θα δημοσιευτούν σε επιστημονικό περιοδικό με κριτές. Θετική απάντηση για συνεργασία (και κατ' επέκτασιν δημοσιοποίηση των αποτελεσμάτων της έρευνας) έδωσαν μόνο δύο εταιρείες, η Ultrasonic Works Ltd (UK) και η Citadel Products Ltd (UK).

Αναφορικά με την Ultrasonic Works Ltd, η εταιρεία προσέφερε το μοντέλο Clear Hull 110 το οποίο θα δίνει παλμούς των 200 ms, ανά 2 sec με συχνότητα 20 kHz και συνολικής ισχύος 16.08 W. Παρόλο που το συγκεκριμένο σύστημα είναι αρκετά καλό και υπάρχει ήδη μια επιστημονική δημοσίευση σχετικά με την απόδοσή του ως antifoulant (McQuillan et al, Buzz off! An evaluation of ultrasonic acoustic vibration for the disruption of marine micro-organisms on sensor-housing materials, Letters in Applied Microbiology, 66, 2016), η εταιρεία δεν έδινε την δυνατότητα να επέμβουμε στα χαρακτηριστικά των παραγόμενων υπερήχων (συχνότητα, διάρκεια και περίοδος παλμών) προκειμένου να βρούμε την βέλτιστη διαμόρφωση (σε απόδοση και χαμηλή κατανάλωση ενέργειας) για χρήση στους πλωτήρες του Προγράμματος Ποσειδώνα.

Η εταιρεία Citadel Products Ltd αναλαμβάνει σχεδιάσεις και κατασκευές εξειδικευμένων συσκευών με εφαρμογές στην αυτοκινητοβιομηχανία, το στρατό και τις θαλάσσιες μεταφορές. Οι συσκευές τους έχουν χρησιμοποιηθεί σε αεροσκάφη, ελικόπτερα, πυρηνικά υποβρύχια ενώ μεταξύ των πελατών τους είναι η Mitsubishi, IBM, Pentax, Rolls Royce Aero Engines, SAAB, Mercedes-Benz καθώς και διάφορες κυβερνητικές υπηρεσίες στο Ηνωμένο Βασίλειο και εκτός. Η συγκεκριμένη εταιρεία δέχτηκε να αναπτύξει μια πρωτότυπη συσκευή παραγωγής υπερήχων που θα μας επέτρεπε να επέμβουμε τα χαρακτηριστικά των παραγόμενων υπερήχων που ήταν απαραίτητο για το πρόγραμμα. Παράλληλα αναλάμβανε δωρεάν την κατασκευή και σχεδίαση της συσκευής, ενώ το ΕΛΚΕΘΕ (μέσω του παρόντος προγράμματος) θα πλήρωνε μόνο το κόστος των υλικών. Τέλος, ήταν θετικοί στην δημοσιοποίηση των αποτελεσμάτων σε διεθνές επιστημονικό περιοδικό με κριτές.

Η συγκεκριμένη εταιρεία κατασκευάζει ήδη συσκευές παραγωγής υπερήχων με εφαρμογές στη θάλασσα κάτω από την εμπορική ονομασία Ultrasonic Marine. Ξεκινήσαμε το σχεδιασμό της «δικής μας» πρωτότυπης συσκευής βασιζόμενοι στο μοντέλο AF304C Pro της εταιρείας (εικόνα 4).



*Εικόνα 4. Η εμπορική συσκευή AF304C Pro της Ultrasonic Marine. Η φωτογραφία αυτή μας δόθηκε από την εταιρεία*

Η συγκεκριμένη συσκευή αποτελείται από ένα Control Box διαστάσεων 110 x 120 x 67 mm και είναι σύμφωνη με το IP66 environmental protection πρωτόκολλο προκειμένου να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε θαλάσσια περιβάλλοντα. Τροφοδοτείται με 110/230V AC ρεύμα αλλά και με 24V DC ρεύμα (όταν θα τοποθετηθεί στον πλωτήρα του Ποσειδώνα). Στην εμπορική εφαρμογή της της συσκευής το κάθε control box μπορεί να συνδεθεί με 4x transducers οι οποίοι και παράγουν υπέρηχους συχνότητας 40kHz, οι οποίοι μπορούν να ποντιστούν μέσα στο νερό (κατασκευασμένοι σύμφωνα με το IP68 environmental protection protocol) και έχουν διάμετρο 57 mm και ύψος 100 mm.

Στη δική μας περίπτωση, η Citadel Products Ltd ανέπτυξε ένα prototype control box που επιτρέπει στον χρήστη να μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά των υπερήχων μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή. Παράλληλα ανέπτυξε μια σειρά από διαφορετικούς transducers με συχνότητες 20, 28, 40 (εμπορική εφαρμογή), 54 και 60 kHz (εικόνα 5). Το κάθε πρωτότυπο control box θα μπορούσε να συνδεθεί ταυτόχρονα με 4x

transducers αλλά με μόνο 2x διαφορετικά outputs (δηλ, 2 διαφορετικά είδη υπερήχων σε 2x transducers το κάθε ένα είδος).



*Εικόνα 5. Τρεις από τους πρωτότυπους transducers που ανέπτυξε η Citadel Products Ltd στα πλαίσια του συγκεκριμένου προγράμματος. Η φωτογραφία αυτή μας δόθηκε από την εταιρεία.*

Μετά από αλληπάλληλες συνομιλίες μέσω Skype στείλαμε το παρακάτω mail:

On 15/11/2019 14:06, Iordanis Magiopoulos wrote:

Dear Victor,

thank you very much for the details!

So, what we would like from you is to see whether we can have a device in which we can alter as many parameters as possible. For example, it would be ideal if we could connect the control box with a laptop and be able to alter the frequency and the repeat or pulse times. For the testing phase, the unit will be deployed in our mesocosm and will be powered by the mains of the building.

In the case that is not possible to alter the device parameters here at HCMR, would it be possible to have 2-3 test/trial devices with i.e. different frequencies and/or pulse and/or repeat times?

Of course, in all of the cases, ALL the data regarding the antifouling efficiency of each device/parameter will be sent to you in case you are interested to improve/alter the We use an audio generator the parameters of your commercial devices in the future.

If you want, shall we talk on Tuesday over Skype again to see how we can collaborate on that?

Have a nice day!

Iordanis

**Και η απάντηση 18/11/2019):**

Hi Iordanis,

Suggested for initial testing:

We can use an audio generator that covers 0,1 Hertz to 16mHz with square wave mark/space to give pulse width, pulse length, etc and all the parameters you can ever want. It has 2 independent generators in one package.

It can be driven from a PC thru the USB port. Software is terrible Chinese effort. Rest is brilliant and no doubt designed in the US by an instrument designer.

It is easy to use with LCD read out and low cost under £100 see JDS6600. Runs from 110 to 240V AC.

We will design a box to plug into a port on the back of the generator. It will drive 2 port outputs and be able to connect 2 transducers or just one and use other output to drive an oscilloscope for monitoring the wave output.

To get high output power a power supply with 12 to 50 volts 4 amp will be needed.

A variable one will allow power to be increased from low and to a higher power out.

No doubt another Chinese low cost item.

As to the transducer.

2 options.

1. Use 40 khz transducer and use from 20 to 60 kHz. Not liked as variable output at much lower power ouput outaide 40 kHz

2. Use individual transducers which are tuned for different frquencies. Our option.

You can have 20, 25, 28, 33, 40, 54, and 60 mHz

Will need to know following please:

Timescale to have two working systems to start work in Crete?

Will you move one or both to a ship for further use?

What test equipment you have if any? Oscilloscope?

(A good small portable battery one can be bought for under £150)

(Working in Crete must be similar to when I worked in Malta in the Naval base.

Urgently need something, tough, then use what you have got.

On one occasion some equipment was overheating in the middle of summer so a vacuum cleaner was used to blow air.

We have to:

Buy transducers at all the chosen frequencies.

Design the test box and get printed circuits made.

Maybe optimize driver circuit to drive at all the frequencies you have chosen.

(Hope to be able to just change a transducer and change frequency.)

Best regards,

Vic

Η προσφορά που μας έδωσε η εταιρία για την κατασκευή των παραπάνω υλικών:



Tel: 020-70960314 or Email: vic@citadelproducts.co.uk

Citadel Products Ltd  
Commonwood, The Common,  
Stanmore, Middlesex, HA7 3HP

**QUOTATION**

No. **CPQ 1104**  
Date: 25/11/2019

Purchase order No.

To:

Deliver To : (if different)

Jordanis Magiopoulos  
Institute of Oceanography  
Hellenic Centre for Marine Research (HCMR)

Contact Name/No's				
Sn/Pt.No.	Qty.	Description	Unit £	£
	2	2082 Transducer development test box. Designed to drive ultrasonic transducers from 20kHz to 60kHz. To be driven from a JDS6600 signal generator. Priced at our cost to design, produce test prototypes and production units for your use.  Expected delivery 4 weeks from order being placed.  Bare transducers can be supplied at: 20kHz £17.00 25kHz £12.00 28kHz £12.00 33kHz £14.00 40kHz £12.00 54kHz £18.00 60kHz £29.00  Payment to: Natwest Bank Account name Citadel Products Ltd Bank sort code : 60 10 12 Account number 41652037	£550.00	£1,100.00

Vat Reg. No. 902 1938 44

Στη συνέχεια είχαμε τακτική επικοινωνία καθώς κατασκεύαζαν τα τις πρώτες συσκευές και transducers (εικόνα 5). Ήταν κοινή διαπίστωση ότι για τη σωστή εφαρμογή των πρωτότυπων συσκευών πάνω στην πειραματική μας διάταξη και προκειμένου να έχουμε σωστά επιστημονικά δεδομένα θα έπρεπε 2 με 3 μηχανικοί της εταιρείας να έρθουν στην Κρήτη για μια με δύο εβδομάδες ώστε να συναρμολογήσουμε σωστά την πρωτότυπη συσκευή και να αντιμετωπίσουμε ό,τι πιθανά προβλήματα προκύψουν (πχ διαρροές νερού, μη ιδανική εφαρμογή στην μεταλλική επιφάνεια, απώλειες ενέργειας και υπερήχων, κτλ).

Στις 27/2/2020, στείλαμε το παρακάτω email:

Hi Vic

how are you?

So, we have to see and summarise:

1. the hardware that we will order
2. your visit to Crete in the frame of AQUACOSM

Regarding the 1.

We would like to have 2 control boxes. As you mentioned in the Skype meeting, each control box will have at least 2-3 outputs. One output will be fixed (40kHz - i.e. the commercial configuration) while for the rest 1-2 we will be able to control the frequency, pulse time and time period via the pulse generator.

Is the correct?

Can we have 2 variable outputs from each control box?

Also, those variable outputs, are they independent?

E.g. can we have, with the same box, 3 transducers, one 40 kHz (the fixed), one at 20 and the other at 60 kHz? Or the variable outputs have to be of the same configuration (e.g. one 40 and two 60 kHz)?

In case of 2 variable (and independent) outputs per box, I guess that there will be 2x inputs for a pulse generator?

As for the transducers, we think to use:

2x of 20 kHz

2x of 28 kHz

2x of 40 kHz

2x of 54 kHz

2x of 60 kHz

As we said over Skype, we would like initially to have the ability to “play” with variable parameters (frequency, pulse time and period) in order to find the best configuration.

The 40kHz will be water resistant from you.

What about the rest? Can you do it or shall we? And if we have to seal them, do you have specific recommendations (i.e. specific epoxy?) and a drawing?

Also, for the above 2x control boxes and and 10x transducers can we have a pro-forma invoice for our finance office?

Regarding the 2.

As I told you over Skype, we are part of a multi-national research consortium, called AQUACOSM

[www.aquacosm.eu](http://www.aquacosm.eu)

In the frame of that consortium, we can “invite” you to come to Crete. We can cover flights, accommodation and meals for up to 35 person-days.

It would be great if you could come and discuss closely about the control boxes, water sealing, how to set up the experiment, to have your input on the design and assembly of the experimental apparatus (the photos from the paper that I sent you) and also discuss the future steps (i.e. how it could be possible to put such a system on Poseidon buoys).

We can work together with Manos Pettas (our chief engineer you met yesterday) here in his workshop if needed.

As I told you, we can give you 35 person-days. Ideally, it can be 2 people for 17-18 days each or 3 people for 12 days.

So my question is:

1. Are you interested to come?
2. How many people for how many days?
3. When? Mid-late June?

I’m asking that because I have to open “officially” a call for that (it’s a European beurocratic procedure) very soon (preferably by early next week).

This is a big email....

I’m stoping here....

We can talk over Skype or phone if you want!

Have a nice day!

Iordanis

Παράλληλα η εταιρεία μας μια συμπληρωματική προσφορά στις 09/03/2020 για νέους transducers οι οποίοι θα πληρούσαν όλα τα απαραίτητα κριτήρια για τοποθέτησης στους πλωτήρες του Ποσειδώνα, μετά από κοινές τηλεδιασκέψεις που είχαμε με τον μηχανικό του συγκεκριμένου προγράμματος (Μανώλη Πέττα).





Citadel Products Ltd

PRO-FORMA INVOICE

Commonwood, The Common

Stanmore, Middx, HA7 3HP. UK. sales@citadelproducts.co.uk

**PF1105**

Date: 09-Mar-20

Purchase Order No. Email

**Deliver To : (if different)**

**Invoiced To :**

Jordanis Magiopoulos  
Institute of Oceanography  
Hellenic Centre for Marine Research (HCMR)  
CRETE.

Contact Name/No's :			
Drg/Pt.No.	Qty.	Description	Unit \$
	2.00	20kHz transducer waterproofed at £27.40 each	£54.80
	2.00	28kHz transducer waterproofed at £18.00 each	£36.00
	2.00	40kHz transducer waterproofed at £15.60 each	£31.20
	2.00	54kHz transducer waterproofed at £24.00 each	£48.00
	2.00	60kHz transducer waterproofed at £35.00 each	£70.00
Bank details Natwest Bank. Account name: Citadel Products Ltd Account number 41652037 Bank sort code 60 10 12 Swift code NWBKGB2L			
Terms Net 30 days.			
Please forward your Vat number			
Total			<b>£240.00</b>

Δυστυχώς, λόγω την πανδημίας και του συνεπακόλουθου lockdown (σε Ελλάδα και Ηνωμένο Βασίλειο) και απαγόρευσης πτήσεων από το εξωτερικό προς την Ελλάδα, δεν κατέστη εφικτό να ολοκληρωθεί το πρωτότυπο control box από την Citadel (η εταιρεία έκλεισε για μεγάλο χρονικό διάστημα λόγω διαδοχικών κρουσμάτων στο προσωπικό της) μέχρι το καλοκαίρι του 2020 (που ήταν το τελικό deadline που είχαμε θέση προκειμένου να προλάβουμε να κάνουμε όλα τα αναγκαία πειράματα) και παράλληλα δεν ήταν εφικτή η άφιξη των τεχνικών της εταιρείας στην Ελλάδα.

Καμιά από τις παραπάνω συσκευές της Citadel Products Ltd δεν ήρθαν στην Ελλάδα και κατά συνέπεια δεν προχωρήσαμε και σε σχετική δέσμευση και πληρωμή.

### **Θέμα 3:**

**Βιοτεχνολογικές εφαρμογές μεσογειακών μικροφυκών για τη βιοεξυγείανση (bioremediation) ρυπασμένων παράκτιων περιοχών**

*Υλοποίηση: Ιωάννα Βαρκιτζή & Ειρήνη Γρατσία*

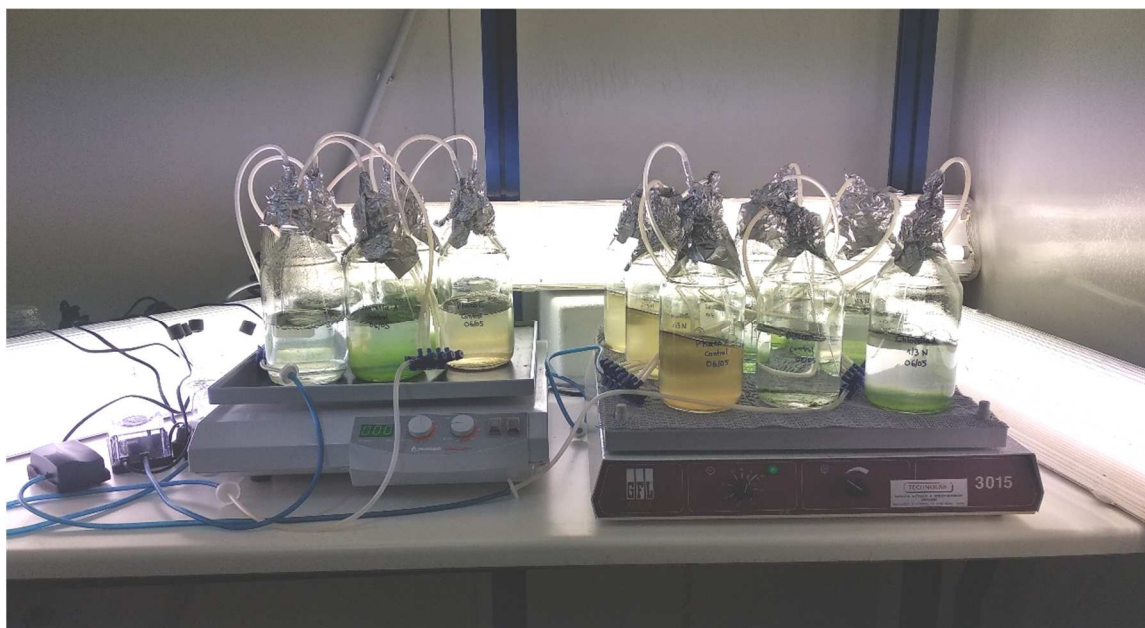
Η Ελλάδα φιλοξενεί υψηλή βιοποικιλότητα θαλάσσιων μικροφυκών, τα οποία κερδίζουν διαρκώς έδαφος σε εφαρμογές για τη βιοεξυγείανση ρυπασμένων νερών (bioremediation). Η λιμνοθάλασσα Κουμουνδούρου είναι ένα ιδιαίτερο παράκτιο οικοσύστημα της παράκτιας ζώνης του Σαρωνικού Κόλπου, που βρίσκεται στην καρδιά της βιομηχανικής ζώνης της Αττικής. Δέχεται ανθρωπογενείς πιέσεις αλλά ταυτόχρονα διαθέτει ιδιαίτερη βιοποικιλότητα (Varkitzi et al. 2017; Sabbides et al. 2019), οικολογική και αισθητική αξία. Στην παρούσα μελέτη διερευνάται η αποτελεσματικότητα των μικροφυκών της λιμνοθάλασσας Κουμουνδούρου για την απομάκρυνση ρύπων, όπως το ανόργανο άζωτο και ο φώσφορος, ώστε να προταθούν σαν μέσο βιοεξυγείανσης της παράκτιας περιοχής.

### **Περιγραφή πειραματικής μελέτης**

Στα πλαίσια του Πακέτου Εργασίας 3, πραγματοποιήθηκαν πειραματικές μελέτες στο εργαστήριο καλλιεργειών του ΙΩ στην Ανάβυσσο. Αναπτύχθηκαν πειραματικές μονοκαλλιέργειες με τα μικροφύκη *Chlorella* sp. και *Pleurochrysis* sp., που έχουν απομονωθεί από τη λιμνοθάλασσα Κουμουνδούρου, καθώς και *Phaeocystis* sp., που έχει απομονωθεί από την ακτή του Αγ. Κοσμά Σαρωνικού.

Πραγματοποιήθηκαν επίσης προκαταρκτικά πειράματα όπου τα μικροφύκη αναπτύχθηκαν σε αυτότροφες, ετερότροφες και μικτότροφες καλλιέργειες. Στη συνέχεια επελέγη η αυτότροφη ανάπτυξη ως βέλτιστη συνθήκη για τα κύρια πειράματα με τα συγκεκριμένα στελέχη. Τα μικροφύκη αναπτύχθηκαν επομένως αυτότροφα σε θάλαμο σταθερής θερμοκρασίας (25 °C) για 39 ημέρες (Εικ. 1). Χρησιμοποιήθηκε το θρεπτικό μέσο Walne's medium (Walne 1970) με δύο πηγές αζώτου (N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub>) και διαφορετικές διαθεσιμότητες αζώτου (Πιν. 1).

Το πείραμα περιελάμβανε δύο φάσεις: τη φάση I με διαθέσιμο άζωτο και φώσφορο, και τη φάση II με έλλειψη αζώτου αλλά διαθέσιμο φώσφορο. Οι καλλιέργειες-μάρτυρες διέθεταν διαρκώς άζωτο και φώσφορο. Δείγματα για αναλύσεις βιομάζας μικροφυκών και για αναλύσεις θρεπτικών στοιχείων λαμβάνονταν κάθε δύο-τρεις ημέρες σε όλη τη διάρκεια του πειράματος, σύμφωνα με γνωστές μεθοδολογίες (Varkitzi et al. 2017).



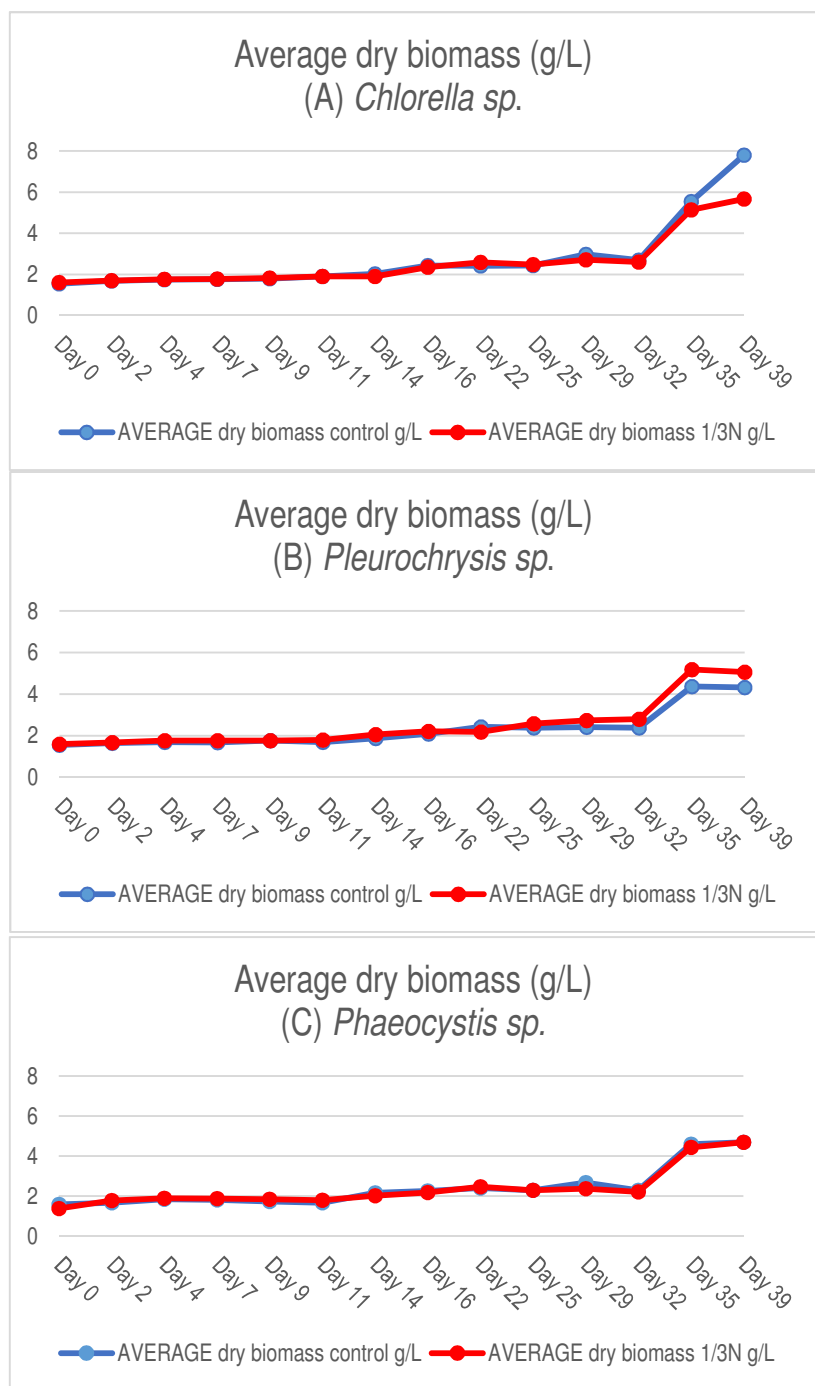
**Εικόνα 1:** Φιάλες με μονοκαλλιέργειες μικροφυκών κατά τη διάρκεια των πειραμάτων στον θάλαμο σταθερής θερμοκρασίας του ΙΩ ΕΛΚΕΘΕ Αναβύσσου.

**Πίνακας 1:** Συνθήκες ανάπτυξης των πειραματικών καλλιεργειών με το θρεπτικό μέσο Walne's κάτω από διαφορετικές διαθεσιμότητες αζώτου (N).

	Επαρκές N-N03	Χαμηλό N-N03	Επαρκές N-NH4	Χαμηλό N-NH4
<i>Chlorella</i> sp.	✓	✓	✓	✓
<i>Pleurochrysis</i> sp.	✓	✓	✓	✓
<i>Phaeocystis</i> sp.	✓	✓	✓	✓

### Αποτελέσματα

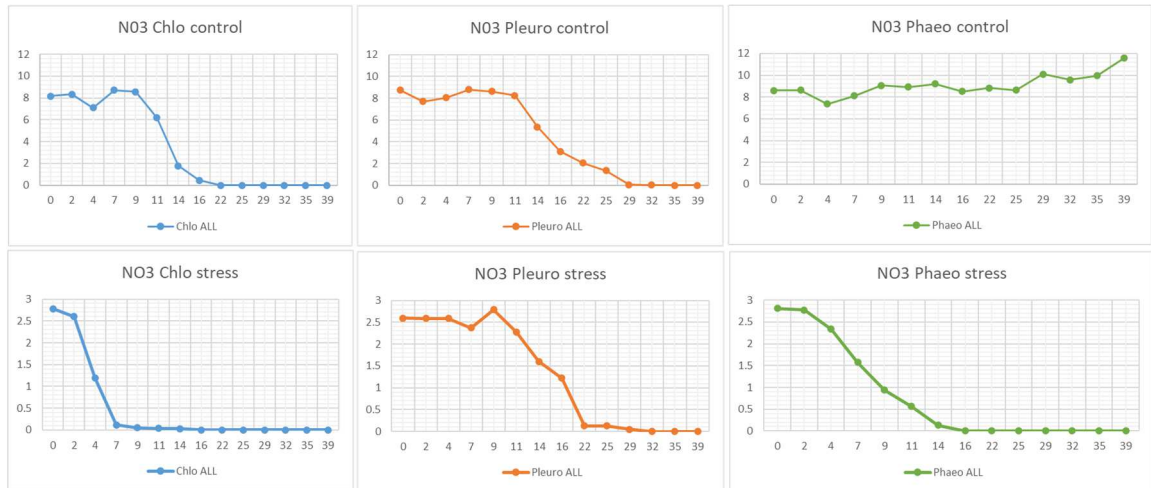
Η εξέλιξη της ανάπτυξης της βιομάζας κατά τη διάρκεια του πειράματος παρουσιάζεται στην Εικ. 2. Όλα τα μικροφύκη αύξησαν τη βιομάζα τους σημαντικά κάτω από συνθήκες επάρκειας και έλλειψης αζώτου. Μάλιστα το μικροφύκος *Chlorella* sp. οκταπλασίασε τη βιομάζα του. Τα άλλα δύο μικροφύκη *Phaeocystis* sp. και *Pleurochrysis* sp. αναπτύχθηκαν πιο αργά και η βιομάζα τους έφτασε σε χαμηλότερα παρόμοια επίπεδα, χωρίς σημαντικές διαφορές μεταξύ της επάρκειας και της έλλειψης αζώτου.



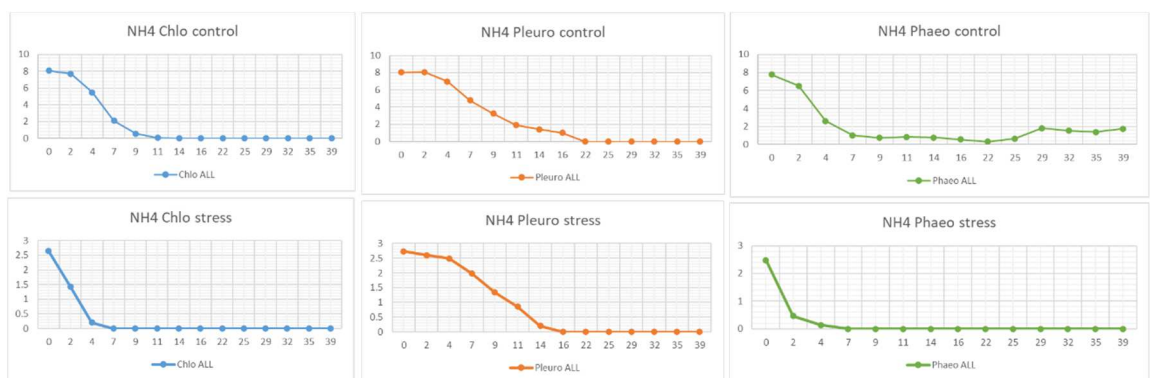
**Εικόνα 2:** Βιομάζα (g/L) των μικροφυκών (A) *Chlorella sp.*, (B) *Pleurochrysis sp.* και (C) *Phaeocystis sp.*, κάτω από συνθήκες επάρκειας (control) και έλλειψης (stress) αζώτου από την πρώτη έως την 39<sup>η</sup> ημέρα επώασης του πειράματος.

Η απορρόφηση των θρεπτικών από τα μικροφύκη παρουσιάζεται στις Εικ. 3 έως 5. Φώσφορος προστέθηκε σε κάποιες καλλιέργειες την 22<sup>η</sup> ημέρα εξαιτίας της εξάντλησής του. Τα αμμωνιακά καταναλώθηκαν γρηγορότερα από όλα τα μικροφύκη και ιδιαίτερα από τη *Phaeocystis*. Συγκεκριμένα η *Chlorella sp.* σχεδόν εξάντλησε τα αμμωνιακά μετά από 4 ημέρες επώασης, ενώ η *Phaeocystis sp.* μετά από 2 ημέρες

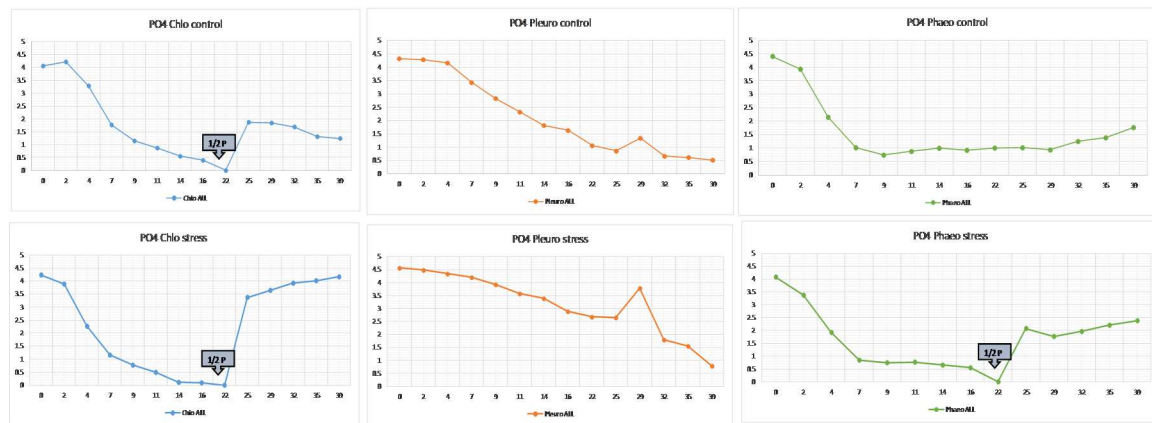
μόλις. Τα νιτρικά ιόντα απορροφήθηκαν πιο αργά από όλα τα μικροφύκη και δεν παρατηρήθηκε έλλειψή τους καθ' όλη την επώαση. Η απορρόφηση αζώτου και φωσφόρου ήταν συνολικά πιο αργή στο μικροφύκος *Pleurochrysis* sp.



**Εικόνα 3:** Απορρόφηση αζώτου με πηγή τα νιτρικά ιόντα από τα μικροφύκη *Chlorella* sp., *Pleurochrysis* sp. και *Phaeocystis* sp., κάτω από συνθήκες επάρκειας (control) και έλλειψης (stress) αζώτου, από την πρώτη έως την 39<sup>η</sup> ημέρα επώασης του πειράματος.



**Εικόνα 4:** Απορρόφηση αζώτου με πηγή τα αμμωνιακά ιόντα από τα μικροφύκη *Chlorella* sp., *Pleurochrysis* sp. και *Phaeocystis* sp. κάτω από συνθήκες επάρκειας (control) και έλλειψης (stress) αζώτου, από την πρώτη έως την 39<sup>η</sup> ημέρα επώασης του πειράματος.



**Εικόνα 5:** Απορρόφηση φωσφόρου από τα μικροφύκη *Chlorella sp.*, *Pleurochrysis sp.* και *Phaeocystis sp.* κάτω από συνθήκες έλλειψης (stress) αζώτου, από την πρώτη έως την 39<sup>η</sup> ημέρα επώασης του πειράματος. Φώσφορος προστέθηκε σε κάποιες καλλιέργειες την 22<sup>η</sup> ημέρα εξαιτίας της εξάντλησής του.

### Συμπεράσματα

Στην παρούσα πειραματική εργασία τα υπό μελέτη μικροφύκη βρέθηκαν ικανά να λειτουργήσουν σαν μέσο απορρύπανσης και βιοεξυγείανσης ενός οικοσυστήματος. Σαν επόμενο στάδιο και πέρα από τη μείωση του αζώτου και του φωσφόρου, τα επιλεγμένα μικροφύκη θα μπορούσαν να μελετηθούν ως προς τη μείωση του ρυπαντικού φορτίου αστικών αποβλήτων. Επίσης, η παραγόμενη βιομάζα των μικροφυκών θα μπορούσε να αξιοποιηθεί περαιτέρω για την απομόνωση λιπιδίων με χρήσεις στην παραγωγή βιοντήζελ, πλαστικών, πρόσθετων διατροφής, κοσμητολογία κ.ά., κι επομένως να συνδεθεί με τον παραγωγικό τομέα και σχετικές επιχειρήσεις.

### Βιβλιογραφία

Savvides, A. L., Moisi, K., Katsifas, E. A., Karagouni, A. D., & Hatzinikolaou, D. G. (2019). Lipid production from indigenous Greek microalgae: a possible biodiesel source. *Biotechnology letters*, 41(4-5), 533-545.

Varkitzi, I., Politi, D., & Dimitriou, E. (2017). Bioremediation potential of three eastern Mediterranean microalgae strains for nitrogen polluted urban water bodies. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 18(4), 1624-1636.



Walne PR (1970). Studies on the food value of nineteen genera of algae to juvenile bivalves of the genera *Ostrea*, *Crassostrea*, *Mercenaria*, and *Mytilis*. *Fish. Invest.* 26, 162.