



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

Τομέας Τεχνολογίας Πληροφορικής & Υπολογιστών

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ανάπτυξη αυτόματου συστήματος υδροπονίας

Επιβλέπων Καθηγητής: Χριστοφόρου Ευάγγελος

Αθήνα, 2021



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Τομέας Τεχνολογίας Πληροφορικής & Υπολογιστών

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ανάπτυξη αυτόματου συστήματος υδροπονίας

Τσελίκης Θεοχάρης Βαρνάβας

Επιβλέπων Καθηγητής: Χριστοφόρου Ευάγγελος

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 18η Ιουνίου 2021.

.....

Ευάγγελος Χριστοφόρου

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

Ιωάννης Γκόνος

Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

Παναγιώτης Τσαραμπάρης

Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Τσελίκης Θεοχάρης Βαρνάβας

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π

Copyright © Τσελίκης Θεοχάρης Βαρνάβας, 2021

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved. Απαγορεύεται η αντιγραφή αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν την χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Η υδροπονική καλλιέργεια είναι μία προηγμένη και εξελιγμένη τεχνική καλλιέργειας με την οποία τα φυτά αναπτύσσονται χωρίς τη χρησιμοποίηση εδάφους ή εδαφικών μιγμάτων. Η σωστή θρέψη των φυτών εξασφαλίζεται με κάποιο θρεπτικό διάλυμα. Το θρεπτικό διάλυμα αποτελείται από νερό μέσα στο οποίο βρίσκονται διαλυμένα σε ισορροπία μεταξύ τους, όλα τα απαραίτητα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία που χρειάζονται τα φυτά για την ανάπτυξή τους. Αντίθετα στο έδαφος είναι πολύ πιο δύσκολη η ισορροπία ιόντων και πολλές φορές γίνεται αλόγιστη χρήση λιπασμάτων με βλάβη της ποιότητας και του περιβάλλοντος. Η υδροπονία επιτρέπει τον απόλυτο έλεγχο της θρέψης των φυτών. Για τις ανάγκες της παρούσας διπλωματικής θα χρησιμοποιηθούν δεδομένα που συλλέγονται από ένα αισθητήρα μέτρησης της καθαρότητας του νερού, καθώς και ένας αισθητήρας μέτρησης της θερμοκρασίας στις ρίζες του φυτού συνδεδεμένα σε ένα arduino, το οποίο με χρήση αλγορίθμου θα επεξεργάζεται τα δεδομένα από τους αισθητήρες και θα ελέγχει για τη σωστή ανάπτυξη του φυτού.

Λέξεις κλειδιά

Υδροπονική, Αισθητήρας, Μικροελεγκτής

Abstract

Hydroponic cultivation is an advanced and sophisticated cultivation technique by which plants grow without the use of soil or soil mixtures. Proper nutrition of plants is ensured with a nutrient solution. The nutrient solution consists of water in which they are dissolved in balance with each other, all the essential inorganic nutrients that plants need for their growth. On the contrary, in the soil it is much more difficult to balance the creatures and many times there is a reckless use of fertilizers with poor quality and the environment. Hydroponics allows complete control of plant nutrition. For the purposes of this diploma thesis, data collected from a water purity sensor will be used, as well as a temperature sensor at the roots of the plant connected to an arduino, which will use an algorithm to process the data from the sensors and checks for proper plant growth.

Keywords

Hydroponic, Sensor, Arduino

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας μου δίνεται η ευκαιρία να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέπων καθηγητή μου Ευάγγελο Χριστοφόρου, που μου παρείχε την δυνατότητα να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα, καθώς και για την πολύτιμη και ουσιαστική καθοδήγηση που μου προσέφερε.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένειά μου, καθώς και τους φίλους μου για την σημαντική στήριξη και ενθάρρυνση τους όλα αυτά τα χρόνια.

Περιεχόμενα

| | |
|---|----|
| Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή & Βιβλιογραφική Αναθεώρηση | |
| 1.1 Εισαγωγή..... | 10 |
| 1.2 Γεωπονία & Τεχνολογία..... | 11 |
| 1.3 Γεωπονία με Χούμο | 12 |
| 1.3 Υδροπονική Καλλιέργεια | |
| 1.3.1 Ορισμός Υδροπονικής..... | 13 |
| 1.3.2 Κατηγορίες Υδροπονικής..... | 15 |
| 1.3.3 Οφέλη Υδροπονικής..... | 19 |
| 1.3.4 Αρνητικά Υδροπονικής..... | 20 |
| 1.3.5 Υδροπονική με Drip System..... | 21 |
| 1.4 Αισθητήρες..... | 22 |
| 1.5 Αισθητήρες στην υδροπονική | |
| 1.5.1 Ποιότητα Νερού..... | 24 |
| 1.5.2 Θερμοκρασία Φυτού..... | 25 |
| 1.6 Φως Ανάπτυξης χόρτου..... | 26 |
| 1.7 Κίνητρο Εργασίας..... | 31 |
| Κεφάλαιο 2: Ανάπτυξη Διάταξης | |
| 2.1 Συνοπτική Παρουσίαση..... | 32 |
| 2.2 Arduino..... | 33 |
| 2.3 Υλικό & Αισθητήρες | |
| 2.3.1 Full Spectrum LED Lamp..... | 35 |
| 2.3.2 RELAY 5V..... | 36 |
| 2.3.3 LCD Screen..... | 37 |
| 2.3.4 TDS Sensor..... | 38 |
| 2.3.5 Temperature Sensor..... | 40 |
| 2.4 Παρουσίαση Διάταξης..... | 43 |
| 2.5 Υδροπονική Κατασκευή..... | 44 |
| 2.6 Αλγόριθμος..... | 45 |
| Κεφάλαιο 3: Πείραμα & Μετρήσεις | |
| 3.1 Περιγραφή Πειραματικής Διαδικασίας..... | 51 |
| 3.2 Πείραμα..... | 52 |
| 3.3 Μετρήσεις & Αποτελέσματα..... | 57 |
| 3.4 Συμπεράσματα..... | 58 |
| 3.5 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα..... | 59 |
| Κεφάλαιο 4: Λογισμικό | |
| 4.1 Κώδικας..... | 60 |
| Βιβλιογραφική Ανασκόπηση | |

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή & Βιβλιογραφική Αναθεώρηση

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η γεωργία από την αρχαιότητα έως και στη σύγχρονη εποχή καθιστά σημαντικό ρόλο στην κοινωνική και οικονομική ζωή του ανθρώπου, καθώς είναι συνυφασμένη με την οργάνωσή του σε κοινωνίες. Η οικονομία πολλών χωρών, όπως και της Ελλάδας, βασίζεται στον πρωτογενή τομέα παραγωγής. Συνεπώς, η αναγκαιότητα επένδυσης στον πρωτογενή τομέα παραγωγής, αποτελεί μείζον θέμα. Επιπλέον, η γεωργία έχει καθοριστικό ρόλο και στην πρόληψη κατά της κλιματικής αλλαγής.

Χώρες στην Ε.Ε αλλά και η Κίνα έχουν επενδύσει στην ανάπτυξη πράσινων πόλεων για την προστασία του περιβάλλοντος. Τέτοιου είδους project είναι αναγκαίο να λάβουν χώρα παγκοσμίως, καθώς συμβάλουν στην βελτίωση της ανθρώπινης ζωής. Για την ανάπτυξη αυτών των πόλεων καθώς και στην γεωργία, είναι απαραίτητη πολύ κατανάλωση νερού. Αυτό το πρόβλημα καλείται να επιλύσει η υδροπονία.[1]

Τα υδροπονικά συστήματα αποτελούν απαραίτητα εργαλεία για την παραγωγή φυτών σε εσωτερικούς χώρους, όπως εργοστάσια φυτών με τεχνητό φωτισμό. Διάφορα υδροπονικά συστήματα έχουν χρησιμοποιηθεί στο εμπόριο με ανακυκλοφορία θρεπτικών διαλυμάτων. Επειδή οι συγκεντρώσεις ιόντων στα θρεπτικά διαλύματα αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου, δημιουργείται μια ανισορροπία θρεπτικών συστατικών. Για αυτό το λόγο απαιτούνται συνεχής έλεγχοι κατά τη διάρκεια ανάπτυξης των φυτών.[2]

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής αποτελεί η έρευνα υδροπονικών συστημάτων, αισθητήρων, ελεγκτών, καθώς και συστημάτων διαχείρισης θρεπτικών συστατικών, που απαιτούνται για την παραγωγή φυτών σε εργοστάσια φυτών.

1.2 ΓΕΩΠΟΝΙΑ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Η επιστήμη της γεωπονίας αναπτύχθηκε μετά το 19^ο αιώνα, όμως σύμφωνα με τις μέχρι τώρα γνώσεις, η γεωργία πρωτοεμφανίστηκε στη νεολιθική εποχή (10.000 με 3.000 π.Χ) . Ο άνθρωπος καλλιεργούσε τη γη με απλά ξύλινα εργαλεία. Όλες οι εργασίες γίνονταν με τη χρήση της μυϊκής του δύναμης.

Στην πρώιμη γεωργία, οι σπόροι δεν καλύπτονταν με χώμα. Ο άνθρωπος τους άφηνε στην επιφάνεια της γης και περίμενε να φυτρώσουν. Πολύ αργότερα, κατανόησε ότι για τη πιο γρήγορη παραγωγή οι σπόροι θα πρέπει να καλύπτονται.[3] Η σπορά από τον πρωτόγονο άνθρωπο γινόταν σε μέρη που δε φύτρωναν θάμνοι ή άλλα δέντρα. Άρχισε όμως να παρατηρεί ότι οι σπόροι προκειμένου να φυτρώσουν έπρεπε να βρέξει. Ακόμη, παρατηρούσε ότι οι σπόροι που έσπερνε εκεί όπου δε φύτρωναν άλλα χόρτα δε μεγάλωναν. Άρχισε λοιπόν να καλλιεργεί τους σπόρους κοντά στις λίμνες και στα ποτάμια, όπου υπήρχε άφθονο νερό. Ακόμη άρχισε να καθαρίζει τα άλλα χόρτα στο μέρος, όπου επρόκειτο να σπείρει. Για το λόγο αυτό, κατασκεύασε τα πρώτα εργαλεία, τα οποία άρχισε να τα χρησιμοποιεί πριν από 4.000 μέχρι 7.000 χρόνια. Η χρησιμοποίηση της σάπας, έδωσε τη δυνατότητα να καλλιεργεί όλο και περισσότερες εκτάσεις με μεγαλύτερη ευκολία. Παράλληλα, με τη χρήση της αξίνας, έμαθε και την ανάγκη του ποτίσματος. Έτσι τα πρώτα χωράφια του, τα είχε πάντα κοντά στα ποτάμια και στις λίμνες, δηλαδή σε μέρη που μπορούσε να τα ποτίζει.[4] Η γεωργική απασχόληση οδήγησε τον πρωτόγονο άνθρωπο και σε πλήρη αλλαγή του τρόπου της ζωής του.

Με την πάροδο των χρόνων και με την χρήση της τεχνολογίας ήρθαν και οι πρώτοι αυτοματισμοί, καθώς διανύουμε την εποχή της έξυπνης γεωργίας. Πρόκειται για μία καλλιεργητική τακτική που βασίζεται στις νέες τεχνολογίες, κάνοντας τους χώρους παραγωγής πιο αποδοτικούς με τον αυτοματισμό διάφορων διαδικασιών. Στην ουσία χρησιμοποιούνται διάφορα είδη ρομπότ, από drone, έως αυτόματα τρακτέρ, αυτόματα συστήματα για το πότισμα, αυτόματα συστήματα για τη συγκομιδή των καρπών, αλλά και για τη φύτευση κλπ. Οι σύγχρονοι παραγωγοί χρησιμοποιούν πλέον έναν φορητό υπολογιστή ή ένα έξυπνο κινητό για να διαχειριστούν τις καθημερινές τους δουλειές. Κατά τις πρώτες μεταπολεμικές δεκαετίες του 1960 και 1970, μεγάλες εταιρείες σε Αμερική, Ευρώπη και Ασία ανέπτυσαν πλέον την υδροπονία για εμπορικούς σκοπούς.

1.3 ΓΕΩΠΟΝΙΑ ΜΕ ΧΟΥΜΟ

Το χούμους είναι ένα λίπασμα οργανικής προέλευσης. Με τη βοήθειά του, είναι δυνατόν να κορεστεί το φτωχό έδαφος με όλα τα ιχνοστοιχεία που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη και την ανάπτυξη των φυτών. Το Humus είναι εύκολο να το κάνετε με τα χέρια σας. Όλα τα απαραίτητα συστατικά μπορούν να βρεθούν σε οποιαδήποτε θυγατρική φάρμα.

Όλο και περισσότερες χρησιμοποιείται στη γεωπονία καθώς, το γρασίδι και τα φύλλα είναι η βάση για λίπανση. Αλλά αυτό από μόνο του δεν θα είναι αρκετό. Επίσης, δεν μπορείτε να κάνετε χωρίς περιττώματα πουλερικών και κοπριά βοοειδών. Διαφορετικά, αντί της γονιμοποίησης θρεπτικών συστατικών, μπορείτε να πάρετε ενσίρωση ή σάπιο γρασίδι, το οποίο δεν αποφέρει κανένα όφελος στα φυτά.

Για την παραγωγή ενός τέτοιου συστήματος γεωπονίας υπάρχουν και κάποιοι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη.

- **ΦΥΤΑ.** Το πρώτο στρώμα είναι υπολείμματα φυτών. Δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 15 εκ. Εάν αυτό το στρώμα είναι μεγαλύτερο, τότε η διαδικασία αποσύνθεσης θα είναι πιο αργή.
- **Άχυρο και σανό.** Χάρη στο άχυρο, τα φυλλοβόλα και όλα τα άλλα στρώματα είναι κορεσμένα με οξυγόνο. Το άχυρο δημιουργεί μια πορώδη δομή και δεσμεύει την υγρασία στο χούμο.
- **Φύλλα.** Τα φύλλα πρέπει να στεγνώσουν πριν φτιάξετε το δικό σας χούμο. Εάν αυτό δεν γίνει, τότε θα μπουν σε κομμάτια.
- **Φλοιός δέντρου.** Ο φλοιός περιέχει μεγάλη ποσότητα αζώτου. Αλλά για να αυξηθεί η συγκέντρωσή του στο κομπόστ, είναι απαραίτητο να αναμειγνύεται ο φλοιός με περιττώματα κοτόπουλου, κοπριά βοοειδών ή ουρία.

Για να προετοιμαστεί το χούμους από κοπριά υπάρχουν κάποιοι κανόνες απαράβατοι για την σωστή ανάπτυξη του φυτού.

- Η κοπριά για χούμους πρέπει να λαμβάνεται φρέσκια.
- Το χούμους πρέπει να είναι κορεσμένο με οξυγόνο.
- Το χούμους πρέπει να ποτίζεται περιοδικά.
- Το χούμους πρέπει να αποθηκεύετε, ώστε να μην χάνει τις θεραπευτικές ιδιότητες.
- Το χούμους πρέπει να βρίσκεται σε σταθερή θερμοκρασία.

1.3 ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ

1.3.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ

Συστήματα καλλιέργειας όπως είναι η υδροπονική αναπτύσσει τα φυτά σε υδατικό διάλυμα πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά, στο οποίο το χώμα δεν είναι απαραίτητο. Το χρησιμοποιούμενο νερό μπορεί να ανακυκλωθεί, και τα θρεπτικά συστατικά μπορούν να ληφθούν από μια ποικιλία πηγών, όπως η σκόνη λιπάσματος. Η καλλιέργεια φυτών σε νερό χωρίς την ανάγκη εδάφους δεν είναι καινούργια. Οι πρώτες αναφορές εμφανίζονται σε ένα έργο του Francis Bacon που δημοσιεύθηκε μετά το θάνατό του (1627), *Sylva Sylvarium*. Στο τέλος του 19ου αιώνα, δύο Γερμανοί βοτανολόγοι (Julius von Sachs και Wilhelm Knor) περιέγραψαν τον κατάλογο των στοιχείων που έπρεπε να περιέχεται στα θρεπτικά συστατικά για να θρέψουν τα φυτά. Έκτοτε, ήταν μια μορφή καλλιέργειας που χρησιμοποιείται συνήθως σε εργαστήρια, αλλά η οποία τα τελευταία χρόνια έχει γίνει σημαντική ως τρόπος παραγωγής τροφίμων με υψηλότερη απόδοση και λιγότερη χρήση γης, νερού και ενέργειας.

Η υδροπονία δίνει την δυνατότητα να ελέγχουμε τις συνθήκες στις οποίες αναπτύσσεται το φυτό, να ρυθμίζουμε το πρόγραμμα θρέψης του φυτού, όπως θερμοκρασία και υγρασία του χώρου που περιβάλλει την ρίζα. Επίσης εφόσον δεν υπάρχει χώμα, δεν αναπτύσσονται τα ζιζάνια που σημαίνει μηδενική χρήση φυτοφαρμάκων και ζιζανιοκτόνων.

Σκοπός της υδροπονικής είναι να βελτιώσει την ισορροπία των θρεπτικών ουσιών, καθώς περιλαμβάνει περιοδική ανάλυση των διατροφικών διαλυμάτων και προσαρμόζει την αναλογία θρεπτικών ουσιών.[5] Τα υδροπονικά φυτά παράγουν μεγαλύτερη απόδοση φρούτων και λαχανικών επειδή σε ένα υδροπονικό σύστημα τα φυτά είναι πιο πυκνά μεταξύ τους σε σύγκριση με το μέγεθος της γης που θα χρειαζόταν για την ανάπτυξη του ίδιου αριθμού φυτών στην παραδοσιακή γεωπονία.

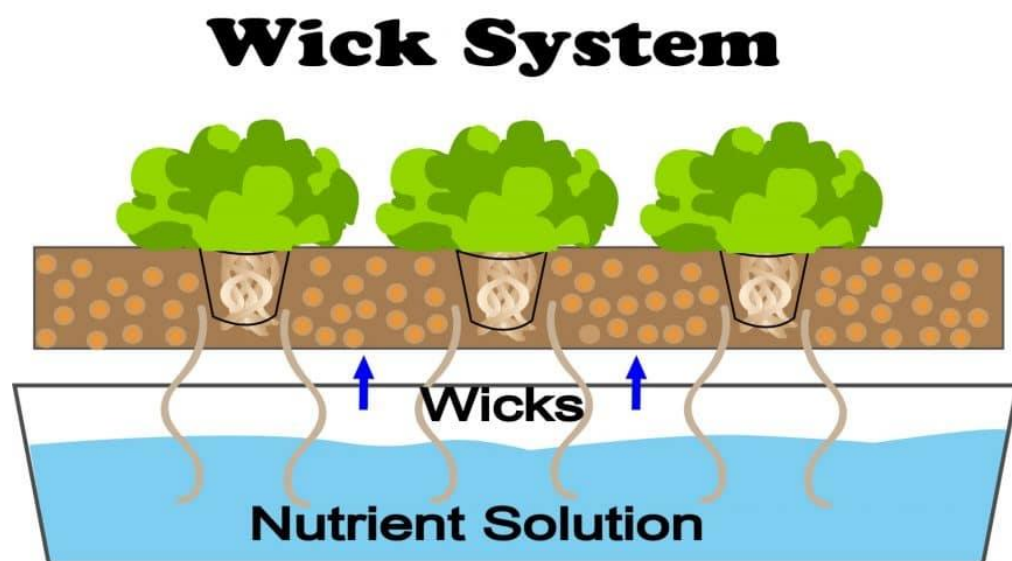
Απαραίτητα στοιχεία για την ανάπτυξη ενός συστήματος υδροπονικής αποτελούν τα παρακάτω:

- **ΝΕΡΟ:** Το φρέσκο νερό είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη οποιουδήποτε οργανισμού. Πιο συγκεκριμένα, το νερό χρησιμοποιείται ως ο μεταφορέας των θρεπτικών συστατικών στο ριζικό σύστημα και κατ' επέκταση στους ιστούς του φυτού. Το νερό είναι απαραίτητο να φιλτράρετε με ισχυροποιημένο pH. Για σωστή μέτρηση του pH, το νερό δεν πρέπει να περιέχει χλωρίνη.
- **ΟΞΥΓΟΝΟ:** Εκτός από το απαραίτητο νερό και τα θρεπτικά συστατικά που πρέπει να παρέχουμε, ένα άλλο απαραίτητο στοιχείο για τη σωστή ανάπτυξη του φυτού αποτελεί το οξυγόνο. Σε κάθε καλλιέργεια είτε αυτή είναι απλή γλάστρα με φυτόχωμα, είτε ένα υδροπονικό σύστημα, εάν οι ρίζες είναι μονίμως σε πολύ υγρό περιβάλλον και δεν υπάρχει οξυγόνωση, αναπτύσσονται παθογόνοι μικροοργανισμοί που μπορούν εύκολα να σαπίσουν τις ρίζες και να καταστρέψουν τα φυτά. Ανάλογα με το σύστημα της υδροπονικής που χρησιμοποιείτε θα χρειαστεί το φυτό να έχει πηγή οξυγόνου μεταξύ της βάσης του φυτού και της δεξαμενής νερού. Αν το σύστημα δεν έχει καμία πηγή οξυγόνου, τότε θα χρειαστεί να τοποθετηθεί μία αντλία οξυγόνου μέσα στη δεξαμενή.
- **ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΡΙΖΩΝ:** Όπως προαναφέραμε τα φυτά μπορούν να αναπτύξουν το ριζικό τους σύστημα στον αέρα, σε νερό ή σε ένα πλήθος διαφόρων υποστρωμάτων. Ως υπόστρωμα αναφερόμαστε στο υλικό που θα χρησιμοποιηθεί, ώστε να αναπτυχθεί σε αυτό το ριζικό σύστημα και στο οποίο θα παραχθούν τα θρεπτικά συστατικά με κάποιο θρεπτικό διάλυμα. Το υπόστρωμα αυτό μπορεί να είναι τύρφη, περλίτης, ίνες κοκοφοίνικα ή άργιλο, σκέτα ή σε οποιαδήποτε μείξη. Κάθε υπόστρωμα έχει τα δικά του χαρακτηριστικά και ιδιαιτερότητες και ως προς την ικανότητα πρόσληψης θρεπτικών συστατικών από το φυτό και ως προς τον τρόπο και τη συχνότητα ποτίσματος.
- **ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ:** Το φυτό για να αναπτυχθεί και να παραμείνει υγιές, θα χρειαστεί άφθονο μαγνήσιο, φώσφορο, ασβέστιο και άλλα θρεπτικά συστατικά. Αυτά τα θρεπτικά συστατικά πρέπει να περιλαμβάνονται στο νερό που θα τρέφει το φυτό.
- **ΛΑΜΠΑ:** Εάν το φυτό μεγαλώνει σε κάποιο εσωτερικό χώρο, στο οποίο δεν έχει πρόσβαση ο ήλιος, πρέπει με κάποιο τρόπο να αντικατασταθεί. Για αυτό το λόγο έχουν αναπτυχθεί ειδικοί φωτισμοί, οι οποίοι αντικαθιστούν την ανάγκη των φυτών για ήλιο .

1.3.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ

1) WICK SYSTEM

Το συγκεκριμένο σύστημα αποτελεί το πιο απλό σύστημα υδροπονίας, με την έννοια ότι όλα τα μέρη του είναι στατικά. Το σύστημα χρησιμοποιεί ένα σκοινί ή ύφασμα για να μεταφέρει το νερό μαζί με τα ειδικά ιχνοστοιχεία στο φυτό. Με αυτό τον τρόπο, το φυτό καθιστά τις ρίζες του υδατωμένες. Το συγκεκριμένο σύστημα δεν χρειάζεται βοήθεια στη μεταφορά του νερού με χρήση αντλιών νερού, έτσι το νερό παραμένει στάσιμο.[6]



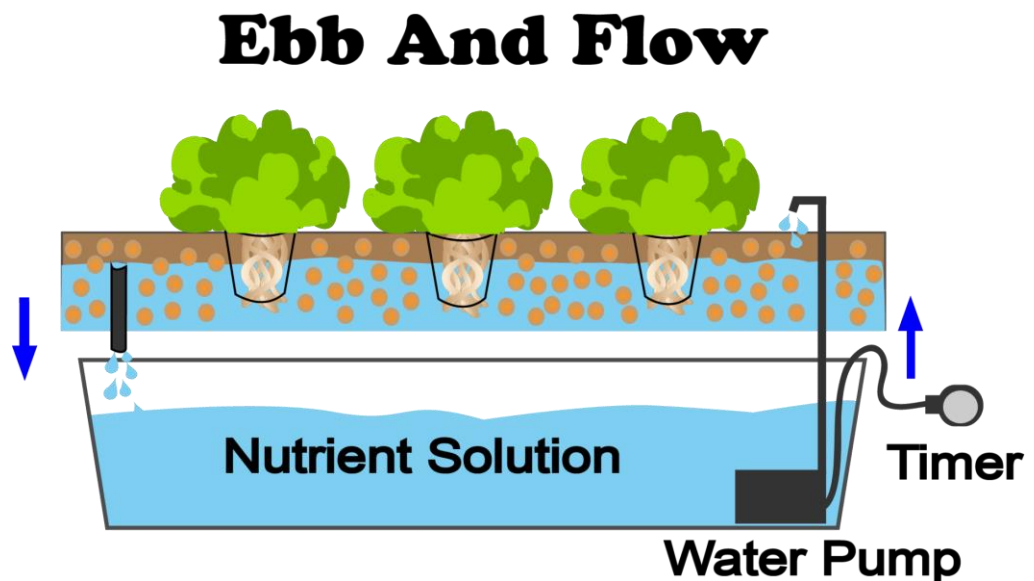
Εικόνα 1:Wick System

Το πιο απλό σύστημα υδροπονίας

Το συγκεκριμένο σύστημα αποτελεί το απλούστερο σύστημα υδροπονίας, μέθοδος η οποία είναι πολύ προσιτή σε αρχάριους χρήστες. Το σύστημα είναι φθηνό και εύκολο στη ρύθμιση. Απαιτείται ελάχιστη συντήρηση. Χρησιμοποιεί ελάχιστες εισόδους ενέργειας.

2) EBB AND FLOW SYSTEM

Το συγκεκριμένο σύστημα χρησιμοποιεί μία αντλία και ένα χρονομετρητή για να ταΐσει τα φυτά χρησιμοποιώντας το νερό με το θρεπτικό διάλυμα. Στο σύστημα χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικά δοχεία. Το ένα περιέχει το μείγμα του νερού με τα ιχνοστοιχεία και το άλλο χρησιμοποιείται για να βρέχει τις ρίζες του φυτού, όταν το επιτρέπει ο χρονομετρητής. Από εκεί το μείγμα επιστρέφει στο προηγούμενο δοχείο με τη μέθοδο της υπερχειλίσης. Το συγκεκριμένο σύστημα εφαρμόζεται καλύτερα σε μεσαίου τύπου φυτά, που διατηρούν την υγρασία.[7]



Εικόνα 2: Ebb & Flow

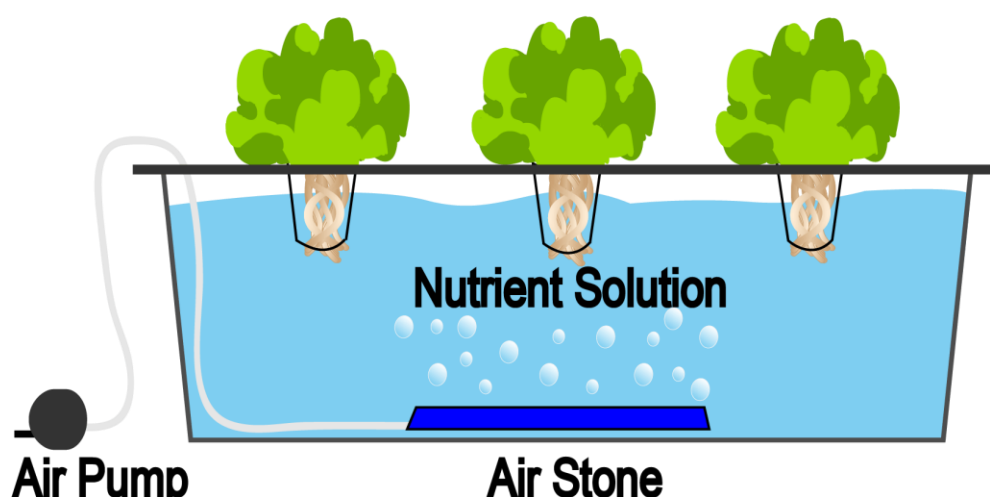
Σύστημα που λειτουργεί με τη μέθοδο υπερχειλίσης

Το σύστημα προωθεί ένα υγιές περιβάλλον για τα φυτά. Όταν πλημμυρίζει ο δίσκος, ποτίζεται το φυτό. Αυτός ο τύπος ποτίσματος βοηθά στην ανάπτυξη υγιών ριζών. Όταν το δοχείο αποστραγγίζεται, δημιουργείται στο περιβάλλον του φυτού οξυγόνο για το φυτό.

3) DEEP WATER CULTURE

Το deep water culture system χρησιμοποιεί μία αρχιτεκτονική, στην οποία οι ρίζες του φυτού είναι βουλιαγμένες μέσα σε ένα δοχείο γεμάτο με νερό και θρεπτικό διάλυμα. Το οξυγόνο εισέρχεται στο φυτό, μέσω μίας αντλίας. Το συγκεκριμένο σύστημα δεν χρειάζεται κάποιο είδος αυτοματισμού, καθώς η ανάπτυξη του φυτού δεν χρειάζεται κάποιου είδους χρονομετρητή.[8]

Deep Water Culture (DWC)



Εικόνα 3:Deep Water Culture

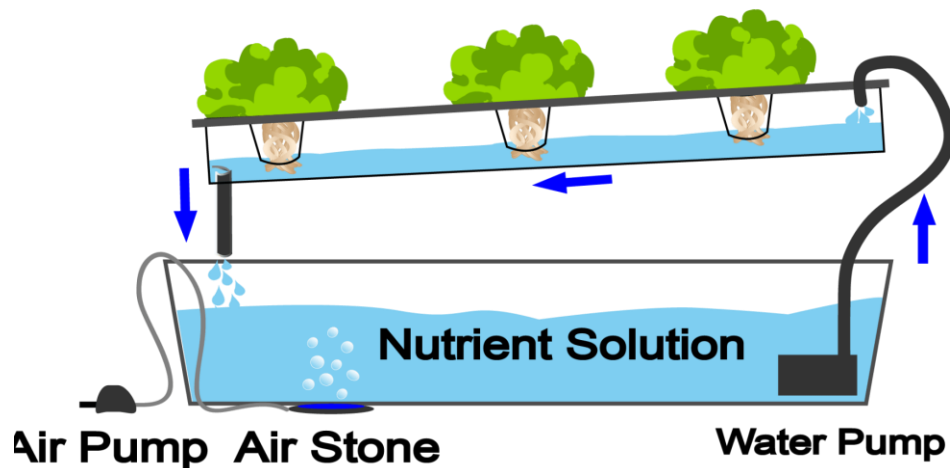
Σύστημα που οι ρίζες του φυτού βρίσκονται συνέχεια σε νερό

Το συγκεκριμένο σύστημα βοηθά στην ταχύτερη ανάπτυξη των φυτών . Το κόστος εκκίνησης ενός τέτοιου συστήματος είναι αρκετά μικρό .

4) NUTRIENT FILM TECHNIQUE

Το σύστημα NFT ακολουθεί παρόμοια αρχιτεκτονική με αυτή του Ebb and Flow. Και τα δύο συστήματα χρησιμοποιούν αντλίες νερού για να παραδώσουν τα θρεπτικά συστατικά στα φυτά. Ωστόσο, σε αντίθεση με τη μέθοδο πλημυπερχείλισης του Ebb και Flow, το σύστημα NFT είναι ένα συνεχώς ρέον και διώχνει το νερό με τη δύναμη της βαρύτητας.[9]

Nutrient Film Technique



Εικόνα 4: Nutrient Film Technique

Σύστημα που λειτουργεί με το νόμο της βαρύτητας

Το σύστημα περιέχει χαμηλή κατανάλωση νερού και θρεπτικών συστατικών. Μπορεί να απολυμανθεί εύκολα και εγκαθίσταται επίσης με μεγάλη ευκολία. Συμβάλει άμεσα στη ποιότητα και την υγεία των ριζών. Η συνεχής ροή αποτρέπει τη συσσώρευση αλατιού στην περιοχή των ριζών. Τέλος είναι πολύ αρθρωτό και επεκτάσιμο.

1.3.3 ΟΦΕΛΗ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ

Η υλοποίηση ενός συστήματος υδροπονικής σε σχέση με την παραδοσιακή γεωπονική έχει δημιουργήσει μία πληθώρα θετικών σημείων που αξίζουν να αναφερθούν.[10,11]

Τα σημαντικότερα από αυτά είναι τα παρακάτω:

- Το πιο σημαντικό θετικό της υδροπονικής αποτελεί η επανακυκλοφορία του νερού. Τα θρεπτικά διαλύματα που δεν απορροφώνται από τα φυτά επιστρέφουν στη δεξαμενή και συνεχίζεται η ροή. Έτσι μειώνεται τόσο η κατανάλωση νερού από το παραγωγό, αλλά συμβάλει και στην προστασία του περιβάλλοντος.
- Επειδή τα φυτά δεν υπόκεινται στις απρόβλεπτες καιρικές συνθήκες (ξηρασία, χαλαζοπτώσεις), υπάρχει μικρότερη απώλεια καλλιεργειών και επομένως, μεγαλύτερη ποσότητα παραγόμενων προϊόντων.
- Τα λαχανικά δεν επιβαρύνονται με φυτοφάρμακα, ζιζανιοκτόνα και μυκητοκτόνα αφού δεν υπάρχει χώμα. Έτσι ο κίνδυνος για διάφορες παθήσεις του ανοσοποιητικού μειώνεται αισθητά.
- Εφόσον υπάρχει τεχνητός έλεγχος καθόλη τη διάρκεια της ημέρας, δεν τίθενται περιορισμοί στο είδος του λαχανικού που θα παραχθεί, ανά εποχή.
- Τα υδροπονικά λαχανικά μπορούν να καλλιεργηθούν σε οποιοδήποτε μέρος του κόσμου, ανεξαρτήτως κλίματος και βλάστησης.
- Τα φυτά δεν έρχονται σε επαφή με το χώμα. Μειώνεται έτσι αισθητά η ανησυχία για την απορρόφηση μικροσωματιδίων και την μόλυνσή τους από βακτήρια που υπάρχουν στα ζωικά λιπάσματα.
- Ο καθορισμός του μείγματος των θρεπτικών συστατικών σε μια υδροπονική καλλιέργεια μπορεί να βελτιώσει τη γεύση τους.

1.3.4 ΑΡΝΗΤΙΚΑ

Σε κάθε σύστημα στο οποίο χρησιμοποιείτε η τεχνολογία, εγκυμονούν κίνδυνοι καθώς και προβλήματα.[12,13]

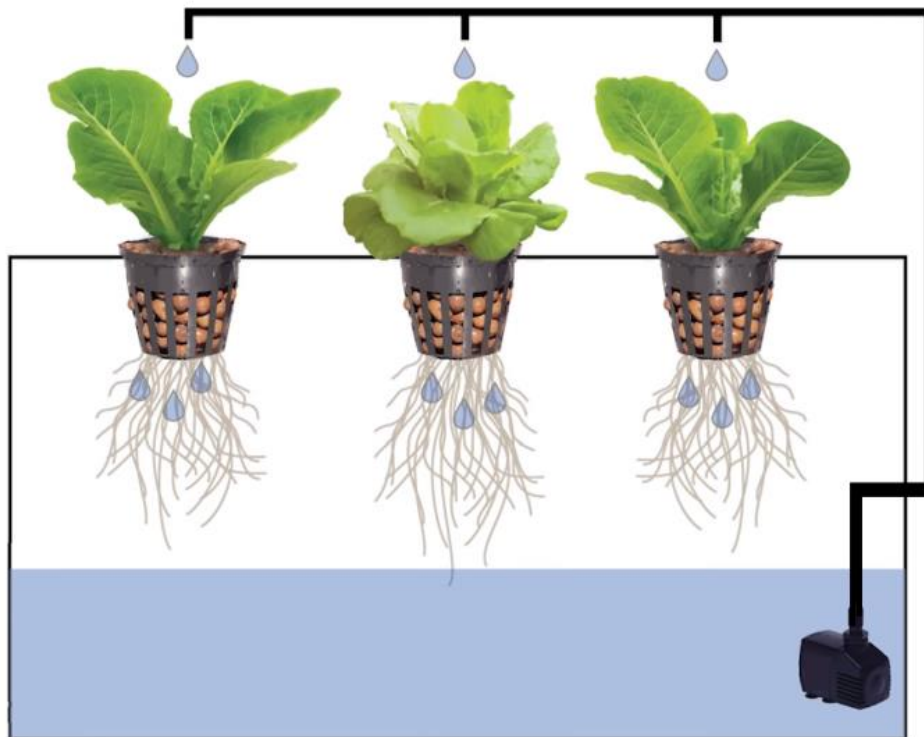
Τα πιο σημαντικά από αυτά είναι τα παρακάτω:

- Η εγκατάσταση ενός συστήματος υδροπονίας δεν είναι φθηνή. Η αγορά του εξοπλισμού και η κατανάλωση ρεύματος είναι δαπανηρή.
- Η επίβλεψη ενός τέτοιου συστήματος αποτελεί μείζον θέμα. Συνεπώς θα πρέπει να υπάρχει συνέχεια ένας άνθρωπος διαθέσιμος σε περίπτωση που χρειαστεί να επέμβει, είτε σε κάποια βλάβη, είτε απλά για πρόληψη .
- Σε περίπτωση κάποιας δυσλειτουργίας του συστήματος, είτε από κάποιο ανθρώπινο λάθος, το φυτό επηρεάζεται ταχύτερα, χωρίς το έδαφος να λειτουργεί ως ρυθμιστικό.
- Η περίπτωση διακοπής του ρεύματος, μπορεί να αποδειχθεί καθοριστική για την ανάπτυξη του φυτού καθώς και να οδηγήσει σε απώλειες εσόδων.
- Στην υδροπονική, η ανάπτυξη του φυτού επηρεάζεται άμεσα από το νερό. Συνεπώς είναι επιτακτική ανάγκη υψηλής ποιότητας νερού.

1.3.5 DRIP HYDROPONIC SYSTEM

Ένα σύστημα drip είναι ένα ενεργό υδροπονικό σύστημα. Αυτό σημαίνει ότι χρησιμοποιεί μια αντλία για να ταΐζει τα φυτά με θρεπτικά συστατικά και νερό τακτικά. Ονομάζεται επίσης σύστημα μικρής άρδευσης. Όπως υποδηλώνει το όνομα, το σύστημα χρησιμοποιεί μικρούς πομπούς για να στάξει το θρεπτικό

διάλυμα απευθείας στα φυτά σας. Μια τέτοια εγκατάσταση χρησιμοποιείται επίσης ευρέως σε εξωτερικούς κήπους για την παροχή νερού και θρεπτικών συστατικών σε μεμονωμένα φυτά. Λειτουργεί εξίσου καλά με το έδαφος καθώς και με τα καλλιεργητικά μέσα. Αντί για ψεκασμό ή τρεχούμενο νερό στα φυτά, τα μπεκ εκκρίνουν το υγρό σε αργή στάση. Αυτό διασφαλίζει ότι το σύστημα χρησιμοποιεί πολύ λιγότερο νερό.[14,15]



Εικόνα 5:Drip Hydroponic System

Σύστημα που υποστηρίζει μαζική παραγωγή και υιοθετείται στην αγορά

Έχει υψηλό επίπεδο ελέγχου της ποσότητας νερού και θρεπτικών συστατικών που παρέχεται στα φυτά. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 5, το σύστημα χρησιμοποιεί ένα δίκτυο γραμμών τροφοδοσίας για να παραδώσει το νερό στα φυτά. Αυτό το είδος εγκατάστασης ταιριάζει καλύτερα σε μεγάλες εργασίες ανάπτυξης. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο οι εμπορικές πράξεις προτιμούν την υδροπονία με σύστημα drip έναντι άλλων συστημάτων.

1.4 Αισθητήρες

Αισθητήρας ονομάζεται μία συσκευή που διερευνά ένα φυσικό μέγεθος και μέσω αυτού παράγει μία μετρήσιμη έξοδο. Για παράδειγμα, το θερμόμετρο

μετατρέπει μια διαστολή λόγω θερμότητας σε μετρούμενη θερμοκρασία σε βαθμούς.

Οι αισθητήρες χρησιμοποιούνται σε καθημερινή βάση, όπως αισθητήρες θερμοκρασίας, οι οποίοι ανοίγουν και κλείνουν ένα κύκλωμα, αν η θερμοκρασία έχει άνοδο ή πτώση. Υπάρχει μια τεράστια ποικιλία από αισθητήρες, ακόμη και για χρήσεις που οι περισσότεροι άνθρωποι δεν γνωρίζουν. Αισθητήρες συναντούνται σε σπίτια, κινητά, αυτοκίνητα, μηχανές, ιατρική μηχανήματα, αλλά και σχεδόν παντού στη βιομηχανία, τη πληροφορική και τη ρομποτική.[16]

Τα βασικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων είναι:

- Το Εύρος στο οποίο η συσκευή λειτουργεί αξιόπιστα.
- Το Σφάλμα που δημιουργείται ανάμεσα στη μετρούμενη τιμή και την πραγματική τιμή.
- Η Ευαισθησία, η σχέση δηλαδή ανάμεσα στην αλλαγή της εξόδου και την αντίστοιχη αλλαγή της εισόδου.
- Η Απόκριση και ο χρόνος που απαιτείται για να λάβει την τελική τιμή η έξοδος.
- Η ακρίβεια δηλαδή η εγγύτητα της τιμής εξόδου προς τη τιμή εισόδου.
- Η Ανοχή, δηλαδή το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να δημιουργήσει ο αισθητήρας.
- Η Ευαισθησία στην οποία, η σχέση της αλλαγής εξόδου προς τη αλλαγή εισόδου, είναι ίση με τη διαφορά των τιμών της εξόδου προς τη διαφορά των αντίστοιχων τιμών εισόδου. δηλαδή το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να δημιουργήσει ο αισθητήρας.
- Η Διακριτική Ικανότητα που είναι η μικρότερη ανιχνεύσιμη αλλαγή τιμής εισόδου.
- Ο εκτιμώμενος χρόνος λειτουργίας στα πλαίσια των προδιαγραφών του.

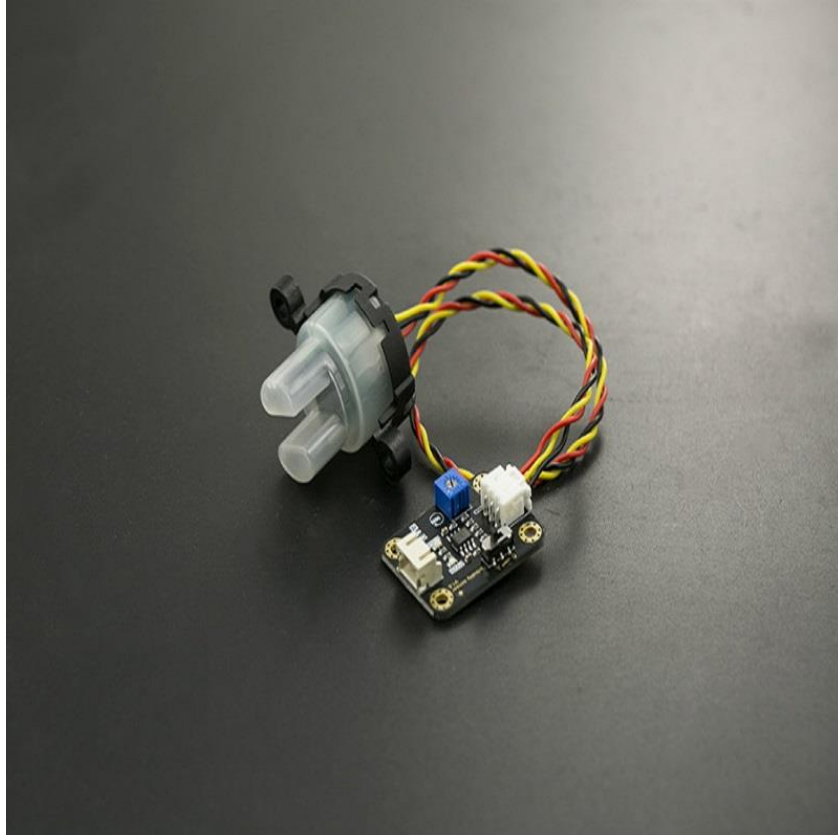
Οι αισθητήρες διακρίνονται σε θερμικούς, μηχανικούς, χημικούς, μαγνητικούς και ακτινοβολίας. Μια άλλη μέθοδος διαχωρισμού των αισθητήρων βασίζεται στο κατά πόσο χρησιμοποιούν ή όχι βοηθητική πηγή ενέργειας. Παθητικοί λέγονται οι αισθητήρες που παράγουν ηλεκτρικό σήμα εξόδου χωρίς βοηθητική πηγή ενέργειας και ενεργητικοί καλούνται οι αισθητήρες που παράγουν ηλεκτρικό σήμα εξόδου με βοηθητική πηγή ενέργειας ή διαμορφωμένου σήματος.

Στους ενεργητικούς αισθητήρες η βοηθητική πηγή ενέργειας είναι η κύρια πηγή για το σήμα εισόδου του αισθητήρα και η μετρούμενη φυσική ποσότητα το διαμορφώνει ανάλογα ή αυξάνοντάς το ή μειώνοντάς το στην έξοδο.[17]

1.5 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ

1.5.1 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η θολότητα είναι ένας οπτικός προσδιορισμός της σαφήνειας του νερού. Το θολό νερό επηρεάζει τη φυσική εμφάνιση του νερού. Τα αιωρούμενα στερεά και το διαλυμένο έγχρωμο υλικό μειώνουν τη διαύγεια του νερού δημιουργώντας μια αδιαφανή, θολή ή λασπώδη εμφάνιση. Οι μετρήσεις θολότητας χρησιμοποιούνται συχνά ως δείκτης της ποιότητας του νερού με βάση τη διαύγεια και τα εκτιμώμενα συνολικά αιωρούμενα στερεά στο νερό.



Εικόνα 6: Τύπος αισθητήρα

Αισθητήρας μέτρησης της καθαρότητας του νερού

Ανάλογα με την τιμή που μετρά ο αισθητήρας(0-4.5V), τότε υπάρχει και ανάλογη συμπεριφορά. Η θολότητα του νερού βασίζεται στην ποσότητα φωτός που διασκορπίζεται από σωματίδια στη στήλη νερού. Όσο περισσότερα σωματίδια υπάρχουν, τόσο περισσότερο φως θα διασκορπιστεί. Ως εκ τούτου, η θολότητα και τα ολικά αιωρούμενα στερεά σχετίζονται.[18]

1.5.2 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Ένας αισθητήρας θερμοκρασίας είναι μια συσκευή, συνήθως, ένα θερμοστοιχείο, που προβλέπει μέτρηση θερμοκρασίας μέσω ηλεκτρικού σήματος. Ένα θερμοστοιχείο (T / C) κατασκευάζεται από δύο ανόμοια μέταλλα που παράγουν ηλεκτρική τάση σε άμεση αναλογία με τις αλλαγές στη θερμοκρασία. Τα μέταλλα ενώνονται μαζί στο ένα άκρο για να σχηματίσουν μια διασταύρωση μέτρησης. Το άλλο άκρο, γνωστό ως η διασταύρωση αναφοράς, συνδέεται μέσω ηλεκτρονικής μέτρησης συσκευή (ελεγκτής ή ψηφιακή ένδειξη).



Εικόνα 7: Τύπος αισθητήρα

Αισθητήρας μέτρησης της θερμοκρασίας του φυτού.

Η θερμοκρασία περιβάλλοντος προσδιορίζεται με βάση τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της συσκευής μέτρησης και της θερμικής ζεύξης. Μόνο δύο καλώδια είναι απαραίτητα για τη σύνδεση ενός θερμοστοιχείου σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. Ωστόσο, αυτά τα καλώδια σύνδεσης πρέπει να κατασκευάζονται από τα ίδια μέταλλα με το ίδιο το θερμοστοιχείο. Προσθήκη καλωδίων από άλλα υλικά (όπως κοινά σύρμα χαλκού) θα δημιουργήσει νέες συνδέσεις μέτρησης που θα οδηγήσουν σε εσφαλμένη αναγνώσεις.[19]

1.6 ΦΩΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΦΥΤΟΥ

Τα φώτα ανάπτυξης δημιουργούν μια τεχνητή πηγή φωτός που είναι συγκεκριμένη για ένα φάσμα φωτός για να υποστηρίξει τη χημική διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Τα φώτα ανάπτυξης βρίσκονται σε καταστάσεις που απαιτούν ορισμένα εύρη θερμότητας και μήκους κύματος φωτός για την υποστήριξη της βλάστησης τόσο σε εσωτερικούς όσο και σε εξωτερικούς χώρους.[20,21]

Η επιλογή της λάμπας γίνεται με βάση τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Είδος φυτού: Το είδος του φυτού συμβάλει καθοριστικά στην επιλογή της κατάλληλης λάμπας, καθώς κάποια φυτά χρειάζονται περισσότερο ψυχρό φως και άλλα λιγότερο.
- Ύψος φυτού: Το ύψος που θα τοποθετηθεί η λάμπα επηρεάζει τον τρόπο ανάπτυξης του φυτού. Ανάλογα με την ισχύ της λάμπας υπολογίζεται και το ύψος που θα τοποθετηθεί.
- Τοποθεσία συστήματος υδροπονίας: Η τοποθεσία του συστήματος επηρεάζει το φυτό σε περίπτωση που παρατηρείται χαμηλή θερμοκρασία τη νύκτα, από την προσβασιμότητα στο σημείο καθώς και από το πόσο ήλιο χρειάζεται το φυτό.



Εικόνα 8:Φως Ανάπτυξης φυτού

Full spectrum φωτισμός για ανάπτυξη φυτού με υδροπονία

Το φως Full-Spectrum ομοιόμορφης φασματικής απόδοσης, παράγει φωτισμό, στον οποίο υπάρχει ισορροπία ψυχρού και θερμού φωτός, το οποίο αναπαριστά το φως της ημέρας, ξεγελώντας το φυτό πως βρίσκεται εκτεθειμένο σε αυτό. Τα φυτά εσωτερικού χώρου ευδοκιμούν βέλτιστα όταν βρίσκονται σε επαφή με τον φωτισμό Full - Spectrum που παράγει αυτό το πάνελ ανάπτυξης φυτών

1) Λαμπτήρες πυρακτώσεως

Αυτό το μοντέλο ελαφρών προϊόντων εκπέμπει ένα εύρος κόκκινου φωτός που είναι ακατάλληλο για τις περισσότερες καλλιέργειες. Τα πλεονεκτήματα αυτών των λαμπτήρων περιλαμβάνουν προϊόντα χαμηλού κόστους.



Εικόνα 9:Λαμπτήρας Πυρακτώσεως

Λαμπτήρας με χαμηλό κόστος

Η χρήση αυτών των λαμπτήρων για πρόσθετο φωτισμό φυτών έχει πολλά αρνητικά σημεία:

- Το φάσμα του φωτός που εκπέμπεται από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως, έχει επιζήμια επίδραση στα φυτά, προκαλεί παραμόρφωση του στελέχους και των φύλλων.
- Με παρατεταμένη χρήση, ο λαμπτήρας γίνεται πολύ ζεστός, μερικές φορές εξαιτίας αυτού, καίγεται από τα φύλλα και τα στελέχη των φυτών.
- Η χρήση αυτού του τύπου φωτιστικών οδηγεί σε σημαντικό οικονομικό κόστος, καθώς η κατανάλωση ενέργειας αυξάνεται σημαντικά.

2) Λαμπτήρες Φθορισμού

Η βέλτιστη και κερδοφόρα έκδοση των φωτιστικών. Οι λαμπτήρες φθορισμού καταναλώνουν αρκετά μικρή ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας και είναι κατάλληλοι για χρήση σε θερμοκήπια με επιπλέον φωτισμό φυτών.



Εικόνα 10:Λαμπτήρας Φθορισμού

Λαμπτήρας με χαμηλή κατανάλωση

Κατά την επιλογή των φωτιστικών αυτών πρέπει να ληφθούν υπόψη ορισμένα χαρακτηριστικά:

- Οι λαμπτήρες φθορισμού εκπέμπουν ένα κρύο λευκό φως και είναι μια δημοφιλής και οικονομική έκδοση των φωτιστικών που είναι κατάλληλα για οπίσθιο φωτισμό φυτών.
- Τέτοια μοντέλα ελαφρών συσκευών είναι πολύ δημοφιλή και συνεπώς το κόστος αυτών των προϊόντων είναι κάπως υψηλότερο.
- Είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείτε ταυτόχρονα διαφορετικούς λαμπτήρες που εκπέμπουν θερμό και κρύο λευκό φως σε μία συσκευή φωτισμού.
- Οι λαμπτήρες αποσκοπούν στην τόνωση της ανάπτυξης και της ανάπτυξης φυτών, καθώς και στην αύξηση των αποδόσεων.

3) Λαμπτήρες Νατρίου

Το πλεονέκτημα αυτού του τύπου λαμπτήρων είναι η εξαιρετική απόδοση φωτός. Το φάσμα που εκπέμπεται από λαμπτήρες νατρίου είναι δυσάρεστο για τα ανθρώπινα μάτια, αλλά είναι πολύ χρήσιμο για φυτά. Ως

εκ τούτου, αυτές οι συσκευές φωτισμού χρησιμοποιούνται ευρέως για επιπλέον φωτισμό φυτών σε θερμοκήπια.



Εικόνα 11: Λαμπτήρας Νατρίου

Λαμπτήρας ενδεικτικός για μαζική παραγωγή σε θερμοκήπια

Οι λαμπτήρες νατρίου έχουν πολλά πλεονεκτήματα:

- Διαφέρουν σε εύλογο κόστος και κερδοφορία.
- Οι λαμπτήρες είναι ανθεκτικοί και έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής.
- Έχουν εξαιρετική εκπομπή φωτός και θερμότητας, έτσι εξοικονομείται σημαντικά η θέρμανση του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια της κρύας εποχής.
- Εκπέμπουν ένα φάσμα χρήσιμο για την ανάπτυξη, την ενίσχυση και την καρποφορία των φυτών.

4) LED Λαμπτήρες

Αυτός ο τύπος φωτισμού είναι ιδανικός για φωτισμό θερμοκηπίων και φυτών στο σπίτι. Η ανθεκτικότητα των λαμπτήρων LED και η σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας καθιστούν δυνατή την ανάκτηση όλων των

δαπανών για το φωτισμό του θερμοκηπίου και την εγκατάσταση αυτών των φωτιστικών.



Εικόνα 12: LED Λαμπτήρας

Λαμπτήρας με μικρή κατανάλωση και μεγάλη διάρκεια ζωής

Τα πλεονεκτήματα των λαμπτήρων LED ξεπερνούν κατά πολύ τα πλεονεκτήματα άλλων τύπων λαμπτήρων:

- Κατά την επιλογή των προϊόντων από κορυφαίους κατασκευαστές υπάρχει εγγυημένη διάρκεια ζωής περίπου είκοσι χρόνια. Συνεπώς οι LED λαμπτήρες χαρακτηρίζονται ως ανθεκτικοί.
- Οι λαμπτήρες LED καταναλώνουν μια σχετικά μικρή ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος.
- Παρέχουν ασφάλεια στα φυτά. Η επιφάνεια των λαμπτήρων LED δεν θερμαίνεται, γεγονός που εξασφαλίζει την ποιότητα στην ανάπτυξη των φυτών.
- Η ακτινοβολία αυτών των φωτιστικών έχει μέγιστη θετική επίδραση στην ανάπτυξη και την περαιτέρω καρποφορία των φυτών.

1.7 ΣΚΟΠΟΣ & ΚΙΝΗΤΡΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Μονάδες μαζικής παραγωγής φυτών με συστήματα υδροπονίας εφαρμόζονται παγκοσμίως. Σε αρκετές περιπτώσεις η αυτοματοποίηση του συστήματος δεν λειτουργεί συγχρονισμένα, με αποτέλεσμα να προκαλέσει

σοβαρά προβλήματα. Για παράδειγμα μία λάθος εκτίμηση στο σύστημα σε μία μαζική παραγωγή, μπορεί να επιφέρει τεράστιες απώλειες εσόδων.

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η αυτοματοποίηση ενός υδροπονικού συστήματος μικρής η μεσαίας κλίμακας που θα χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη ενός φυτού.

Οι ιδιότητες του περιβάλλοντος έχουν μεγάλη σημασία για τα φυτά, ώστε να αναπτυχθούν σωστά σε ένα υδροπονικό σύστημα και οι ερωτήσεις που θα ερευνηθούν και θα απαντηθούν σε αυτήν την αναφορά περιλαμβάνουν:

- Πώς να αυτοματοποιηθεί ένα σύστημα υδροπονίας μικρής κλίμακας η μεσαίας κλίμακας;
- Πώς πρέπει να μετρηθούν οι παράμετροι που είναι ζωτικής σημασίας για τη σωστή ρύθμιση του συστήματος?
- Πώς πρέπει να ρυθμίζονται οι παράμετροι;

Το σύστημα θα σχεδιαστεί ώστε να μπορεί να αναπτύξει φυτά τύπου λάχανου, ντομάτας η μαρούλι, τα οποία αναπτύσσονται γρήγορα σε σχέση με τα υπόλοιπα. Επίσης προορίζεται να παρακολουθεί τις ακόλουθες παραμέτρους:

- Καθαρότητα του νερού.
- Θερμοκρασία στις ρίζες του φυτού

Αν το σύστημα αναγνωρίσει, ότι η ποιότητα του νερού είναι κάτω από το επιτρεπτό, τότε θα εμφανίζει κατάλληλο μήνυμα στο χρήστη. Επίσης καθώς το σύστημα θα τοποθετηθεί σε χώρο που δεν υπάρχει ήλιος και οι αλλαγές της θερμοκρασίας είναι μεγάλες, το σύστημα θα μετράει και τη θερμοκρασία στις ρίζες του φυτού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

2.1 Συνοπτική Παρουσίαση

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει η παρουσίαση της διάταξης του υδροπονικού συστήματος ανάπτυξης ενός φυτού, οι δυνατότητές του, καθώς και τα υποσυστήματα που το απαρτίζουν. Στη συνέχεια, θα αναφερθεί ο αλγόριθμος

στον όποιο στηρίζεται η λειτουργία του συστήματος. Τέλος, θα αναφερθούν προβλήματα τα οποία παρουσιάστηκαν, αλλά και οι τρόποι με τους οποίους αντιμετωπίστηκαν.

Για την υλοποίηση του πειράματος, έγινε η κατασκευή ενός αυτοματοποιημένου συστήματος υδροπονικής, για την ανάπτυξη ενός φυτού με τη χρήση ενός μικροελεγκτή. Το σύστημα υλοποιήθηκε πάνω σε μια γλάστρα επιτραπέζιου σχήματος, στην οποία τοποθετήθηκε ο μικροελεγκτής, η γλάστρα που περιέχει το φυτό σε μορφή σπόρου, ο αισθητήρας μέτρησης της καθαρότητας του νερού, ο αισθητήρας μέτρησης της θερμοκρασίας στις ρίζες του φυτού, μία full spectrum γλάστρα καθώς και η γλάστρα που περιέχει το διάλυμα φρέσκου νερού με τα θρεπτικά συστατικά. Το διάλυμα περνά στην επιτραπέζια γλάστρα μέσω μίας αντλίας, η οποία είναι συνδεδεμένη με το μικροελεγκτή και δέχεται ρεύμα μέσω ενός ρελέ. Ο χρήστης θα αλληλεπιδρά με το σύστημα μέσω μιας LCD οθόνης, στην οποία ο χρήστης θα βλέπει ζωντανά όλες τις μετρήσεις, καθώς επίσης θα έχει τη δυνατότητα να επιλέγει διάφορες μετρήσεις μέσω ενός κουμπιού.

Τα στοιχεία της πειραματικής διάταξης που χρησιμοποιήθηκαν, είναι τα παρακάτω:

- Arduino Uno R3 με μικροελεγκτή ATmega 328
- Αισθητήρας καθαρότητας νερού
- Αισθητήρας μέτρησης της θερμοκρασίας
- LCD Οθόνη 20x4
- Ρελέ
- Full spectrum lamp
- Αντλία 2.5 A
- Αντλία 12 A

2.2 Arduino

Το Arduino είναι ένας μικροελεγκτής μονής πλακέτας, δηλαδή μια απλή μητρική πλακέτα ανοικτού κώδικα με ενσωματωμένο μικροελεγκτή ATmega328 και εισόδους/εξόδους, η οποία μπορεί να προγραμματιστεί με τη γλώσσα Wiring (ουσιαστικά πρόκειται για τη γλώσσα προγραμματισμού C++ και ένα σύνολο από βιβλιοθήκες, υλοποιημένες επίσης στην C++). Πρόκειται για μια πλατφόρμα υπολογιστή ανοικτού κώδικα που αποτελείται από μια απλή πλακέτα μικροελεγκτή και ένα περιβάλλον ανάπτυξης για τη σύνταξη του κώδικα. [22]

Το Arduino μπορεί να προγραμματιστεί λαμβάνοντας δεδομένα από το περιβάλλον, από τις εισόδους, από διάφορους διακόπτες ή αισθητήρες να τα επεξεργάζεται και με τις εξόδους να κάνει έλεγχο ποικίλων οθονών, οργάνων, κινητήρων και άλλων φυσικών εξόδων. Οι εφαρμογές του Arduino είναι πραγματικά αναρίθμητες και μπορούν να είναι αυτόνομες ή μπορούν να επικοινωνούν με υπολογιστή ή κινητό ενσύρματα, με usb serial και ασύρματα με wifi , Bluetooth, Lora κλπ. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα του Arduino είναι η μεγάλη ποικιλία add-ons και modules καθώς η εύκολη σύνδεσή τους, αλλά και οι έτοιμες μονάδες προέκτασης που κουμπώνουν πάνω στην πλακέτα του arduino , τα λεγόμενα shields που προσφέρουν πολλές επιπλέον λειτουργίες και δυνατότητες σύνδεσης. [23]

Το περιβάλλον ανάπτυξης του Arduino (Arduino IDE) είναι δωρεάν λογισμικό γραμμένο σε Java και έχει σχεδιαστεί για να χρησιμοποιείται με σχετική ευκολία τόσο από ανθρώπους με βασικές γνώσεις προγραμματισμού, όσο και από επαγγελματίες με την ανάπτυξη κώδικα.

Σε κάθε εκτελέσιμο πρόγραμμα χρειάζονται 2 λειτουργίες. Το setup() που εκτελείται μία φορά στην αρχή ενός προγράμματος, που αρχικοποιεί και σετάρει τις ρυθμίσεις και το loop(), που καλείται επανειλημμένα, όταν η πλακέτα βρίσκεται σε λειτουργία. Επίσης, στην αρχή του κάθε προγράμματος αρχικοποιούνται global μεταβλητές και προστίθενται οι βιβλιοθήκες, άμα χρειάζονται.

Για την παρούσα διπλωματική εργασία επιλέχθηκε η πλακέτα Arduino Uno R3 με τις εξής προδιαγραφές που καλύπτουν πλήρως τις ανάγκες του πειράματος:

| | |
|------------------------------------|-----------|
| Μικροεπεξεργαστής | ATmega328 |
| Ταχύτητα ρολογιού | 16 Mhz |
| Flash Μνήμη | 32 KB |
| SRAM Μνήμη | 2 KB |
| EEPROM Μνήμη | 1KB |
| Τάση Λειτουργίας | 5V |
| Τάση Εισόδου | 7-12 V |
| Ψηφιακοί Ακροδέκτες Εισόδου-Εξόδου | 12 |

2.3ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

2.3.1 Full Spectrum LED Lamp

Το φως Full-Spectrum ομοιόμορφης φασματικής απόδοσης, παράγει φωτισμό στον οποίο υπάρχει ισορροπία ψυχρού και θερμού φωτός, το οποίο αναπαριστά το φως της ημέρας. Όταν το φυτό έρθει σε επαφή με το συγκεκριμένο φωτισμό, ευημερεί, αναπτύσσεται και ανθοφορεί ταχύτερα.

Χαρακτηριστικά φωτισμού που επιλέχθηκε:

- LED φωτισμός ανάπτυξης φυτών
- 36 LED
- 18 Watts
- Ρεύμα λειτουργίας: 220V
- Υλικό :Αλουμίνιο και Πλαστικό
- Τάση εισόδου: AC85 – 265 V
- Βάρος: 100g
- Διαστάσεις: 4.4×2.7 cm
- E27

Μετρήθηκε ότι η μέγιστη απόδοση των led είναι σε απόσταση περίπου 45cm από το φυτό καθώς και το φως θα πρέπει να είναι ανοιχτό για 10-14 περίπου ώρες κάθε ημέρα για ανάπτυξη μαρουλιού, ενώ για τις ντομάτες περίπου 12-16 ώρες.

2.3.2 RELAY 5V

Είναι βασικά μια ηλεκτρομαγνητική συσκευή που λειτουργεί ως ελεγχόμενος διακόπτης από μια ροή. Μέσω ενός μηχανισμού με πηνίο και ηλεκτρομαγνήτη, μπορούν να λειτουργήσουν μία ή περισσότερες επαφές για το άνοιγμα ή το κλείσιμο ενός ανεξάρτητου ηλεκτρικού κυκλώματος, δεδομένου ότι το εν λόγω

κύκλωμα λειτουργεί με τάση και έναν τύπο ρεύματος διαφορετικό από αυτόν που τον ελέγχει. Το μικρό ρεύμα ελέγχου εισόδου είναι αυτό που λειτουργεί τον ηλεκτρομαγνήτη με αυτήν την περιέλιξη χαλκού και μετακινεί το διακόπτη που ανοίγει ή κλείνει το κύκλωμα υψηλότερης ισχύος που θα ελέγχει την έξοδο του. Όλα αυτά απομονώνονται με ένα μονωτικό προστατευτικό για την αποφυγή ατυχημάτων.



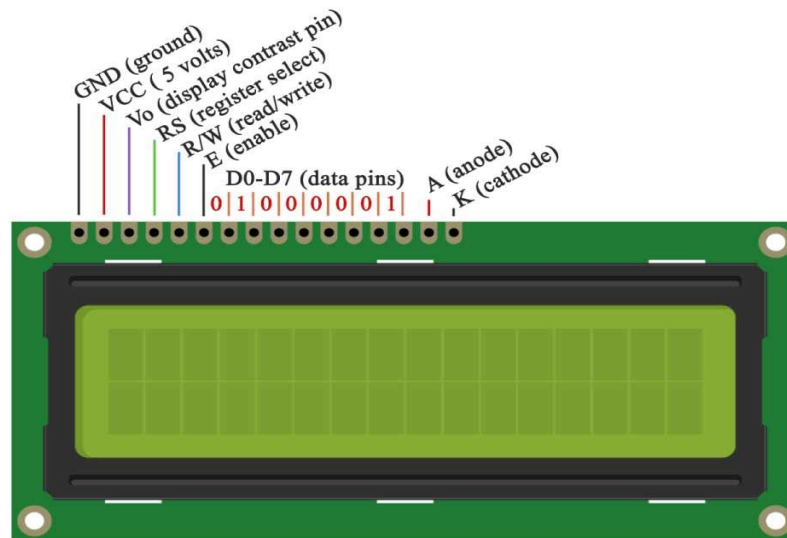
**Εικόνα 13:Ρελέ
Διακόπτης ηλεκτρικού κυκλώματος**

Ανάλογα τη χρήση που λαμβάνει χώρα, υπάρχουν δύο είδη ρελέ. Ο ένας τύπος συμβάλει, ώστε η συσκευή που είναι συνδεδεμένη σε αυτόν να δέχεται ρεύμα συνέχεια, ενώ ο άλλος τύπος δίνει ρεύμα σε συγκεκριμένες ώρες. Στη συγκεκριμένη διπλωματική χρησιμοποιήθηκαν και οι 2 τύποι. Ο ένας για την αντλία του νερού και ο άλλος για το ρεύμα που θα παίρνει το φως

2.3.3 LCD Screen

Η οθόνη LCD είναι ένας τύπος οθόνης που βασίζεται στην τεχνολογία υγρών κρυστάλλων. Είναι η πιο διαδεδομένη τεχνολογία οθονών τα τελευταία χρόνια.

Η οθόνη που χρησιμοποιήθηκε στη παρούσα εργασία είναι η LCD I2C Display 20x4 η οποία έχει 4 γραμμές από 20 χαρακτήρες η καθεμία και λειτουργεί στα 5 Volt. Έχει εγκατεστημένο το i2c module που διαθέτει ποτενσιόμετρο για τη ρύθμιση της αντίθεσης της οθόνης. Με το πρωτόκολλο επικοινωνίας i2c μπορεί να συνδεθεί η οθόνη με το Arduino μόνο με δυο καλώδια (SDA, SCL) εκτός του ρεύματος (Vin) και της γείωσης (GND). Λειτουργεί με τη χρήση των βιβλιοθηκών Wire.h και LiquidCrystal_I2C.h. Κάθε i2c συσκευή διαθέτει μια διεύθυνση που είναι by default την 0x27, η οποία μπορεί να αλλάξει βραχυκυκλώνοντας τα pins A0, A1, A2. [24]



Εικόνα 14: Lcd Οθόνη
Οθόνη παροχής πληροφοριών στο χρήστη

Για την ορθή επικοινωνία του arduino με την οθόνη γίνεται η παρακάτω σύνδεση με τη βοήθεια του i2c module.

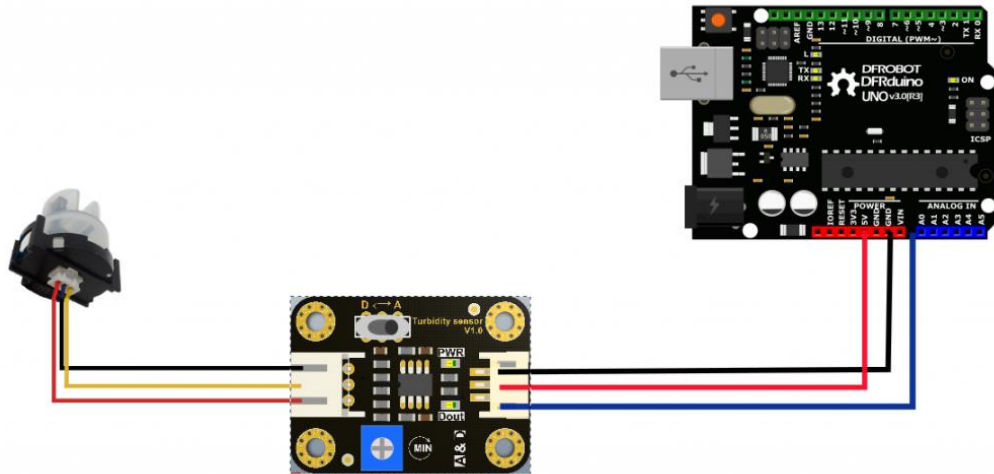
| ARDUINO | LCD SCREEN |
|---------|------------|
| 5V | Vin |
| GND | GND |
| A4 | SDA |
| A5 | SCL |

2.3.4 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΚΑΘΑΡΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ

Όπως αναφέρθηκε στο πρώτο κεφάλαιο, η θολότητα του νερού είναι ένας παράγοντας καθοριστικός για την ανάπτυξη ενός συστήματος υδροπονικής. Ο TDS αισθητήρας η αλλιώς αισθητήρας μέτρησης της καθαρότητας του νερού συνδέεται με κατάλληλο κύκλωμα και ανιχνεύει τα σωματίδια στο νερό μετρώντας

την μετάδοση του φωτός και το ρυθμό σκέδασης που μεταβάλλεται με την ποσότητα των ολικών αιωρούμενων στερεών στο νερό.

Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε ο αισθητήρας αναλογικός αισθητήρας καθαρότητας (SEN0189). Αυτός ο αισθητήρας έχει τρόπους εξόδου αναλογικού και ψηφιακού σήματος. Μπορεί να επιλεγθεί η λειτουργία σύμφωνα με το MCU, καθώς το όριο είναι ρυθμιζόμενο σε λειτουργία ψηφιακού σήματος.[25]



Εικόνα 15:Σύνδεση Κυκλώματος

Χαρακτηριστικά του αισθητήρα που επιλέχθηκε:

Τάση λειτουργίας: 5V DC

Ρεύμα λειτουργίας: 40mA

Χρόνος απόκρισης: <500ms

Αντίσταση μόνωσης: 100M

Αναλογική έξοδος: 0-4.5V

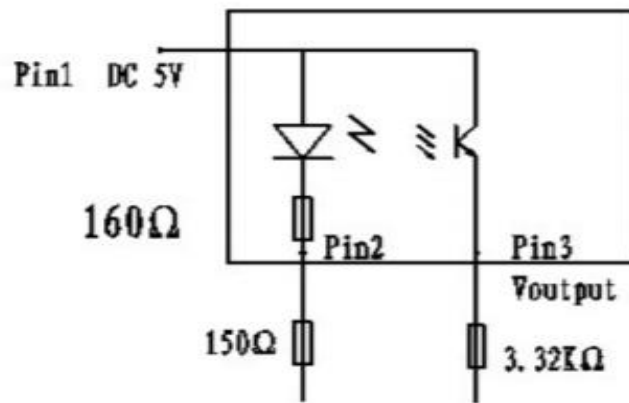
Ψηφιακή έξοδος: Σήμα υψηλού / χαμηλού επιπέδου

Θερμοκρασία λειτουργίας: 5 ° C~ 90 ° C

Θερμοκρασία αποθήκευσης: -10 ° C ~ 90 ° C

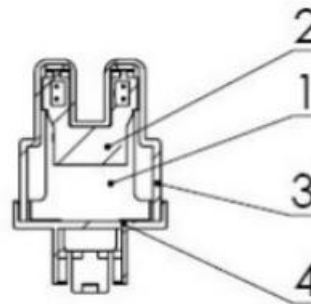
Βάρος: 30g

Στην Εικόνα 16 φαίνεται το κύκλωμα του αισθητήρα καθώς επίσης θα αναλυθούν οι παράμετροι και οι συνθέσεις των βασικών στοιχείων.



Εικόνα 16: Κύκλωμα αισθητήρα

Για την παρούσα διπλωματική εργασία επιλέχθηκε ο αισθητήρας της DFRobot με τις εξής προδιαγραφές που καλύπτουν πλήρως τις ανάγκες του πειράματος.



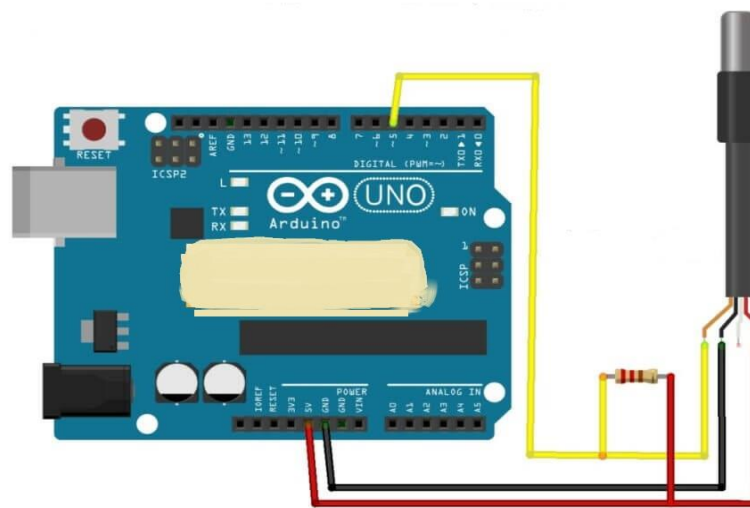
Εικόνα 17: Διαταξη κυκλώματος

| NO. | Name | Material Composition | Enviromental Standarts |
|-----|----------------|------------------------------|------------------------|
| 1 | PCB Components | CM-3, photosensitive element | RoHS |
| 2 | Support | PA6+15% | RoHS |
| 3 | Shell | PP | RoHS |
| 4 | Back Cover | PA6+15% | RoHS |

2.3.5 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

Όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 1, ένας αισθητήρας θερμοκρασίας είναι μια συσκευή, συνήθως, ένα θερμοστοιχείο, που προβλέπει μέτρηση θερμοκρασίας μέσω ηλεκτρικού σήματος.

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας είναι μια ηλεκτρονική συσκευή που μετρά τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και μετατρέπει τα δεδομένα εισόδου σε ηλεκτρονικά δεδομένα για καταγραφή, παρακολούθηση ή αλλαγή θερμοκρασίας σήματος. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι αισθητήρων θερμοκρασίας. Ορισμένοι αισθητήρες θερμοκρασίας απαιτούν άμεση επαφή με το φυσικό αντικείμενο που παρακολουθείται (αισθητήρες θερμοκρασίας επαφής), ενώ άλλοι μετρούν έμμεσα τη θερμοκρασία ενός αντικειμένου (αισθητήρες θερμοκρασίας χωρίς επαφή).[26,27]

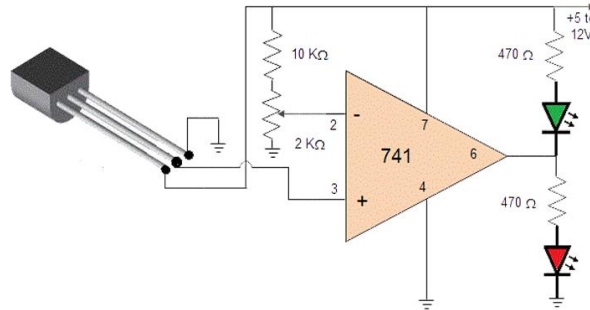


Εικόνα 18:Σύνδεση κυκλώματος

Χαρακτηριστικά του αισθητήρα που επιλέχθηκε:

- Υψηλή ποιότητα μέτρησης
- Αισθητήρας θερμοκρασίας DS18B20p
- Υψηλής ποιότητας ανοξείδωτο ατσάλι
- Αδιάβροχο σύστημα μέτρησης θερμοκρασίας
- Αποτρέπει τη σκουριά
- Ανοξείδωτο κέλυφος 6 * 50mm
- Εύρος τροφοδοσίας: 3.0V έως 5.5V
- Εύρος θερμοκρασίας: -55°C to +125°C

Στο Εικόνα 19 φαίνεται το κύκλωμα του αισθητήρα καθώς επίσης θα αναλυθούν οι παράμετροι και οι συνθέσεις των βασικών στοιχείων.



Εικόνα 19:Κύκλωμα αισθητήρα

Υπάρχουν 4 είδη αισθητήρων θερμοκρασίας, ο κάθε ένας από αυτούς, έχει δικό του πεδίο ορισμού:

Θερμίστορες αρνητικού συντελεστή θερμοκρασίας (NTC):

Ένα θερμίστορ είναι μια θερμικά ευαίσθητη αντίσταση που εμφανίζει μια συνεχή, μικρή, σταδιακή αλλαγή στην αντίσταση που σχετίζεται με διακυμάνσεις της θερμοκρασίας. Ένα θερμίστορ NTC παρέχει υψηλότερη αντίσταση σε χαμηλές θερμοκρασίες. Καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία, η αντίσταση μειώνεται σταδιακά, σύμφωνα με τον πίνακα R-T. Οι μικρές αλλαγές αντικατοπτρίζονται με ακρίβεια λόγω των μεγάλων αλλαγών στην αντίσταση ανά ° C. Η έξοδος ενός θερμίστορ NTC είναι μη γραμμική λόγω της εκθετικής του φύσης. Ωστόσο, μπορεί να ευθυγραμμιστεί με βάση την εφαρμογή του. Το πραγματικό εύρος λειτουργίας είναι -50 έως 250 ° C για θερμοστάτες με γυάλινο εγκλεισμό ή 150 ° C για τυπικά θερμίστορ.[28]

Ανιχνευτής θερμοκρασίας αντίστασης (RTC):

Ένας ανιχνευτής θερμοκρασίας αντίστασης, ή RTD, αλλάζει την αντίσταση του στοιχείου RTD με τη θερμοκρασία. Ένα RTD αποτελείται από μια μεμβράνη ή, για μεγαλύτερη ακρίβεια, ένα σύρμα τυλιγμένο γύρω από έναν κεραμικό ή γυάλινο πυρήνα. Το λευκόχρυσο αποτελεί τις πιο ακριβείς ETA ενώ το νικέλιο και ο χαλκός δημιουργούν ETA που είναι χαμηλότερου κόστους. Ωστόσο, το νικέλιο και ο χαλκός δεν είναι τόσο σταθερά ή επαναλαμβανόμενα όσο η πλατίνα. Τα πλατινένια προσφέρουν μια πολύ ακριβή γραμμική έξοδο στους -200 έως 600 °C, αλλά είναι πολύ πιο ακριβά από το χαλκό ή το νικέλιο.[29]

Θερμοστοιχεία:

Ένα θερμοστοιχείο αποτελείται από δύο σύρματα διαφορετικών μετάλλων που συνδέονται ηλεκτρικά σε δύο σημεία. Η μεταβαλλόμενη τάση που δημιουργείται μεταξύ αυτών των δύο ανόμοιων μετάλλων αντικατοπτρίζει αναλογικές αλλαγές στη θερμοκρασία. Τα θερμοζεύγη είναι μη γραμμικά και απαιτούν μετατροπή με έναν πίνακα όταν χρησιμοποιούνται για έλεγχο θερμοκρασίας και αντιστάθμιση, συνήθως πραγματοποιούνται χρησιμοποιώντας έναν πίνακα αναζήτησης. Η ακρίβεια είναι χαμηλή, από $0,5$ °C έως 5 °C, αλλά τα θερμοστοιχεία λειτουργούν στο ευρύτερο εύρος θερμοκρασίας, από -200 °C έως 1750 °C.[30]

Αισθητήρες θερμοκρασίας με χρήση ημιαγωγών:

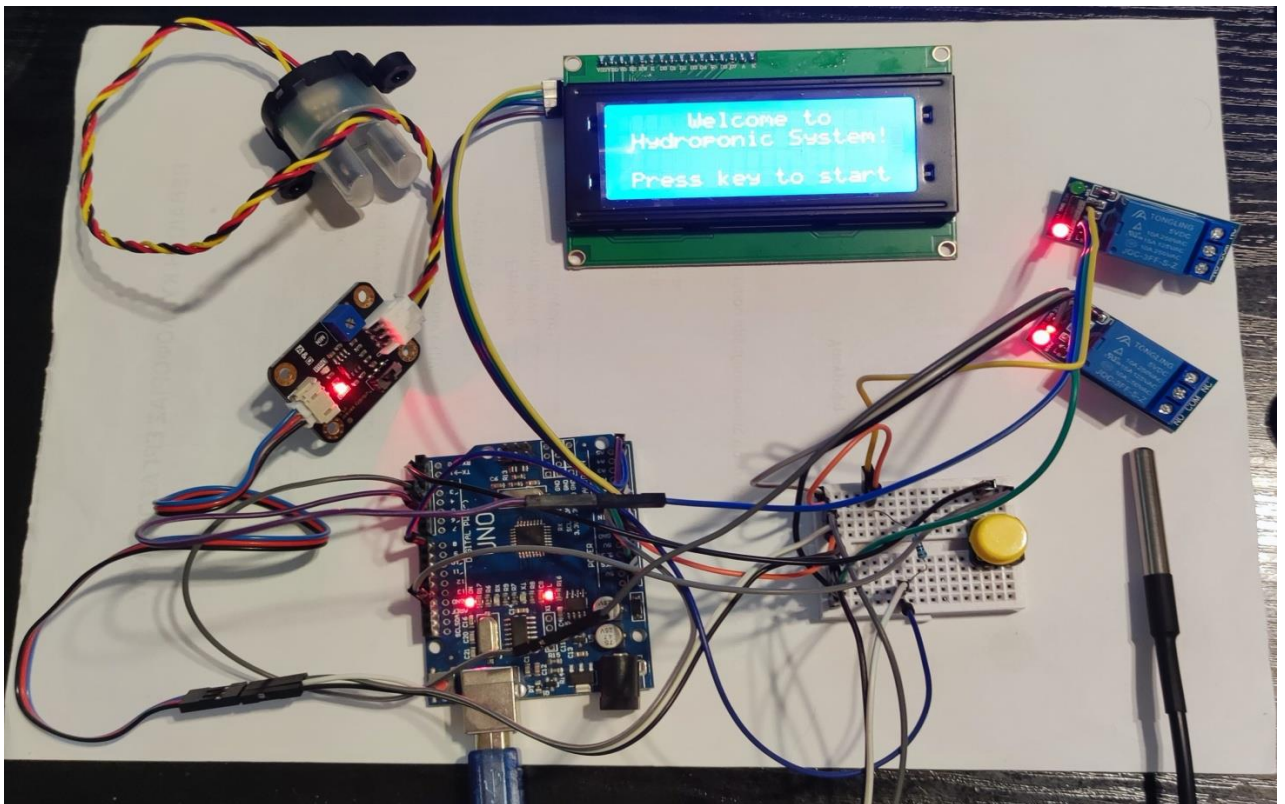
Ένας αισθητήρας θερμοκρασίας που βασίζεται σε ημιαγωγούς συνήθως ενσωματώνεται σε ολοκληρωμένα κυκλώματα (IC). Αυτοί οι αισθητήρες χρησιμοποιούν δύο ίδιες διόδους με ευαισθησία στη τάση έναντι των σημερινών χαρακτηριστικών που χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση αλλαγών στη θερμοκρασία. Αυτοί οι αισθητήρες θερμοκρασίας προσφέρουν γραμμική απόκριση καθώς επίσης έχουν εύρος θερμοκρασίας (-70 °C έως 150 °C).[31]

Για τους σκοπούς της παρούσας διπλωματικής χρησιμοποιήθηκε ο αισθητήρας DS18B20p, ο οποίος ανήκει στην αρχιτεκτονική της κατηγορίας 4.

2.4 Παρουσίαση Διάταξης

Τα στοιχεία τη πειραματικής διάταξης που χρησιμοποιήθηκαν, όπως φαίνονται και στην Εικόνα 20 είναι τα εξής:

1. Arduino Uno
2. Οθόνη LCD
3. RELAY 5V
4. Αντλία 2.5V
5. Αντλία 12V
6. Αισθητήρας μέτρησης θερμοκρασίας
7. Αισθητήρας μέτρησης καθαρότητας του νερού

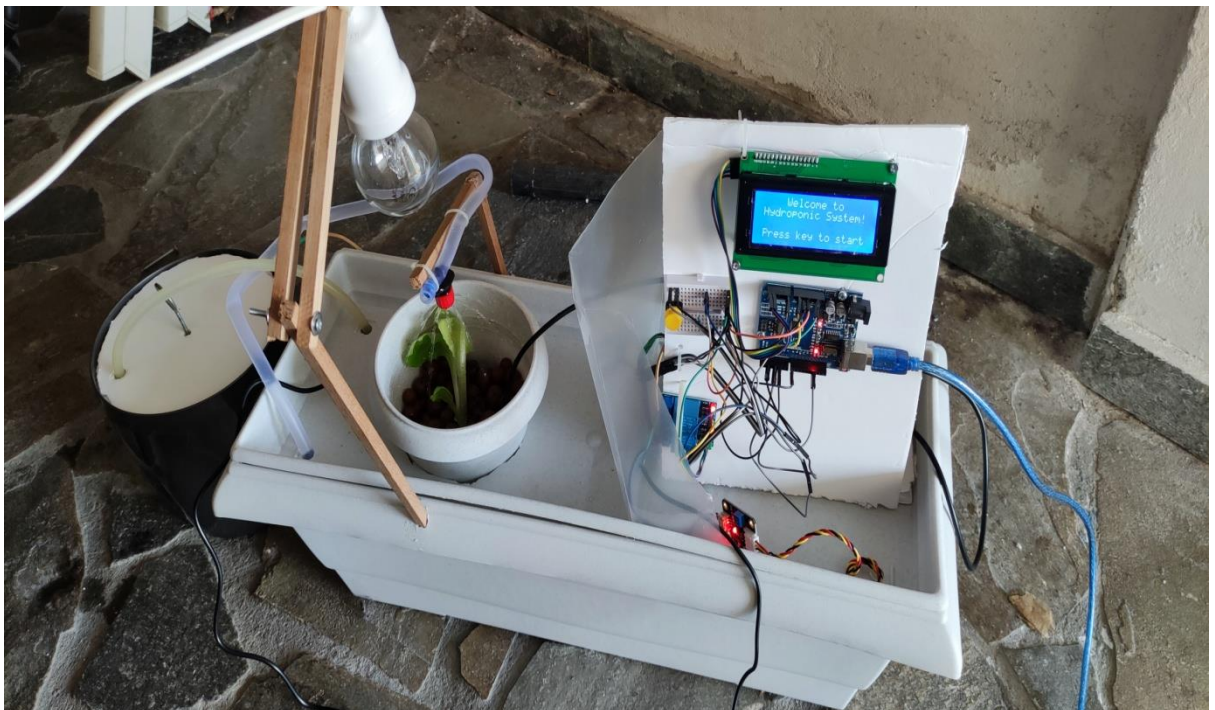


Εικόνα 20: Διάταξη κυκλώματος

2.5 Υδροπονική Κατασκευή

Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 20, γίνεται σύνδεση των αισθητήρων θερμοκρασίας και καθαρότητας του νερού, της οθόνης καθώς και των 2 ρελέ στο μικροελεγκτή με χρήση καλωδίων M-F. Για να εκκινήσει το σύστημα θα πρέπει η πλακέτα του μικροελεγκτή να συνδεθεί σε κάποια πηγή τάσης 5V μέσω της θύρας USB που διαθέτει και με τη σειρά της θα παρέχει τάση 5V στους αισθητήρες και στην οθόνη. Το όλο σύστημα όπως δείχνει η Εικόνα 21, τοποθετήθηκε πάνω σε ένα πλαστικό κομμάτι και φτιάχτηκε ώστε να εποπτεύει την ανάπτυξη του φυτού.

Στη συνέχεια, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα, το σύστημα στερεώθηκε καλά πάνω στο υδροπονικό σύστημα, καθώς με τη σύνδεση όλων των κομματιών εκκίνησε η πειραματική διάταξη.



Εικόνα 21: Τελική Πειραματική Διάταξη

2.6 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, σκοπός της διπλωματικής είναι η παρουσίαση ενός συστήματος υδροπονίας για την ανάπτυξη ενός φυτού με την επίβλεψη ενός μικροελεγκτή και αισθητήρων για την καθαρότητα του νερού που θα χρησιμοποιηθεί καθώς και τη σωστή θερμοκρασία του φυτού. Ο χρήστης θα ενημερώνεται για την υγεία του φυτού καθώς και του περιβάλλοντος, στο οποίο αυτό αναπτύσσεται και άλλες σχετικές πληροφορίες (όπως σε ποια μέρα βρίσκεται η ανάπτυξη του φυτού, αν η αντλία για την έκχυση διαλύματος είναι ανοιχτή, καθώς και αν η λάμπα είναι ανοιχτή η κλειστή) μέσω της οθόνης.

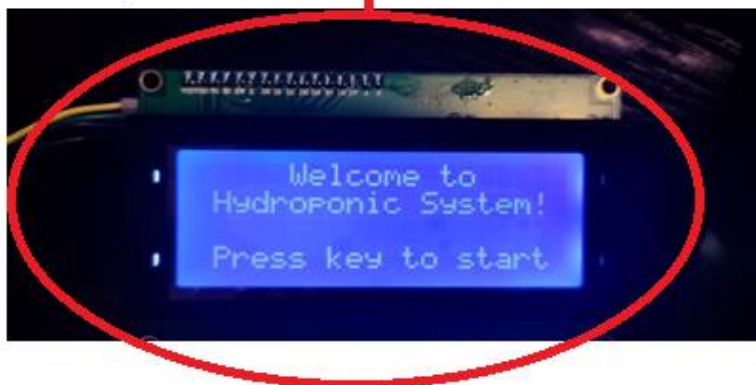
Η λογική, στην οποία βασίζεται ο αλγόριθμος που ελέγχει την υγεία του φυτού λαμβάνει χώρα μέσω μετρήσεων, τόσο ως προς τη καθαρότητα του νερού, όσο και ως προς τη θερμοκρασία του φυτού. Όπως είναι γνωστό το νερό, φθείρετε με τη πάροδο του χρόνου, οπότε με τη μέτρηση, επιτυγχάνεται η σωστή ανάπτυξη του φυτού σε ένα υγιές περιβάλλον.

Για να γίνει πλήρως κατανοητή η λειτουργία του συστήματος για την επιβλεπόμενη ανάπτυξη του φυτού, πρέπει να μελετηθούν τα βήματα που ακολουθούν. Μέσω της οθόνης ο χρήστης ενημερώνεται σε πραγματικό χρόνο για όλα τα βήματα και τα στάδια της διαδικασίας επίβλεψης.

Τοποθετώντας το μικροελεγκτή στο ρεύμα εκκινεί η διαδικασία με τα εξής στάδια:

1. Στο πρώτο στάδιο γίνεται εκκίνηση του συστήματος και παρουσιάζονται κάποιες αρχικές πληροφορίες του συστήματος.

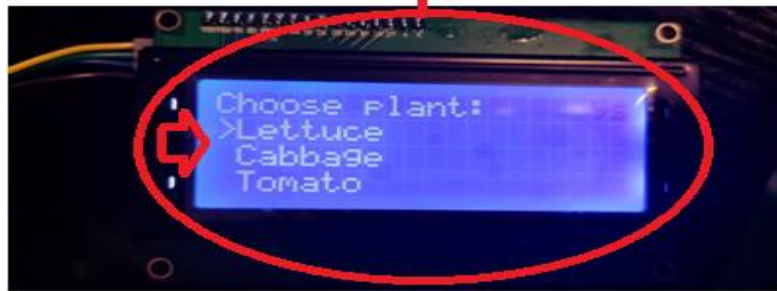
Γενικές πληροφορίες



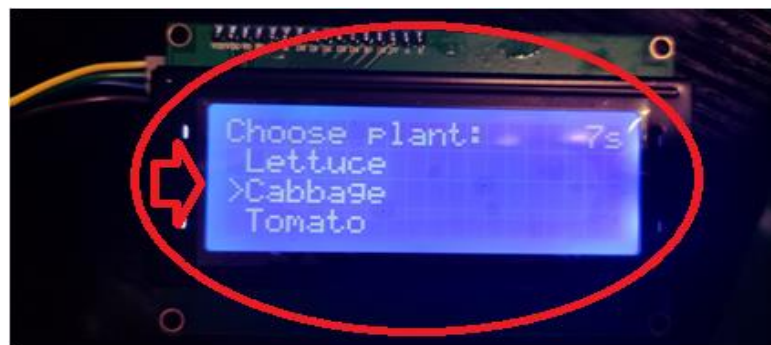
Εικόνα 22: Αρχικοποίηση συστήματος

2. Αμέσως μετά ξεκινά η ρύθμιση του αλγορίθμου και ο χρήστης επιλέγει το κατάλληλο είδος φυτού για ανάπτυξη. Ο αλγόριθμος έχει ρυθμιστεί να λειτουργεί για τρία διαφορετικά φυτά και ο χρήστης θα πρέπει να επιλέξει το κατάλληλο σε διάστημα δέκα δευτερολέπτων.

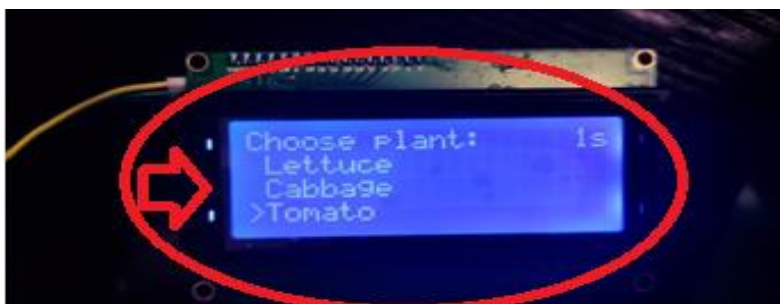
Επιλογή κατάλληλου φυτού



Εικόνα 22:Επιλογή για Μαρούλι



Εικόνα 23:επιλογή για λάχανο



Εικόνα 24:επιλογή για ντομάτα

3. Στο τρίτο στάδιο για τους σκοπούς της διπλωματικής θα επιλέξουμε μία ποικιλία μαρουλιού. Ο αλγόριθμος ενημερώνει το χρήστη τη διάρκεια ανάπτυξης του φυτού από τη μορφή σπόρου μέχρι την ωρίμανση του φυτού.

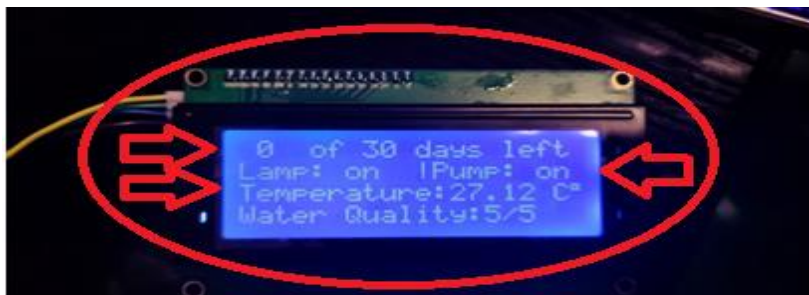
Αρχικοποίηση μεταβλητών



Εικόνα 25: Αρχικοποίηση Μεταβλητών για επιλογή μαρουλιού

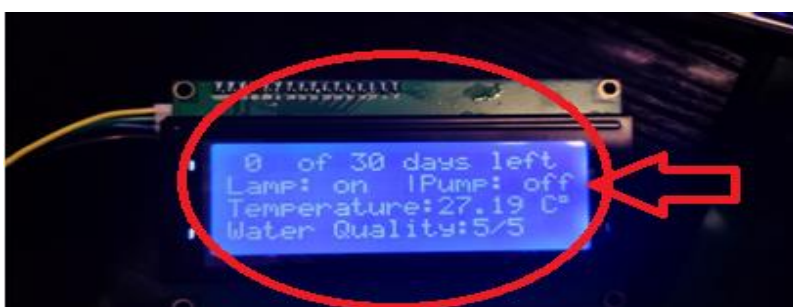
Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί, ότι ο χρόνος ανάπτυξης ντομάτας είναι περίπου 35 ημέρες ενώ για την ανάπτυξη λάχανου ο χρόνος αλλάζει σε 50 ημέρες.

4. Στο επόμενο στάδιο ξεκινά η διαδικασία ανάπτυξης του φυτού. Στο πάνω μέρος της οθόνης εμφανίζονται πληροφορίες σχετικά με την διάρκεια της ανάπτυξης του φυτού. Αμέσως κάτω από αυτό εμφανίζονται πληροφορίες σχετικά με τη λειτουργία της λάμπας ανάπτυξης του φυτού, καθώς και πληροφορίες σχετικά με τη λειτουργία της αντλίας που μεταφέρει το ειδικό διάλυμα με τα θρεπτικά στοιχεία που χρειάζεται το φυτό από τη μικρή γλάστρα στη μεγάλη.



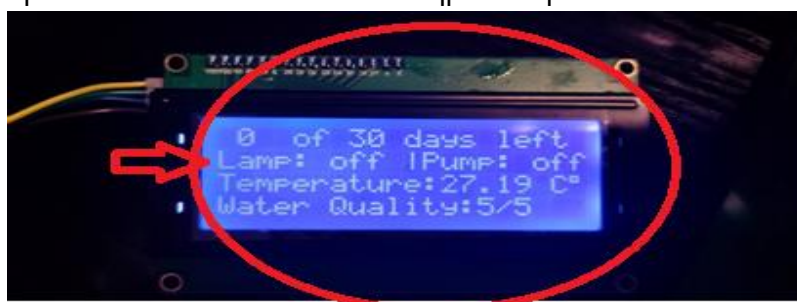
Εικόνα 26: Πληροφορίες Συστήματος

Στη παραπάνω εικόνα φαίνεται ότι έχει εκκινήσει το σύστημα, με την λάμπα του φυτού καθώς και την αντλία ανοιχτή.



Εικόνα 27: Απενεργοποίηση αντλίας

Στη παραπάνω εικόνα φαίνεται ακριβώς ότι και στη προηγούμενη, με τη διαφορά τώρα, ότι η αντλία μεταφοράς του θρεπτικού διαλύματος για το φυτό έχει σταματήσει να λειτουργήσει μετά τη συμπλήρωση κάποιας ποσότητας θρεπτικών συστατικών στο σύστημα του φυτού.



Εικόνα 29: Απενεργοποίηση λάμπας

Στη παραπάνω εικόνα γίνεται κατανοητό στο χρήστη, ότι το φυτό έχει λάβει τα κατάλληλα συστατικά που χρειάζεται από τον ήλιο και έτσι η λάμπα σταμάτησε να λειτουργεί.

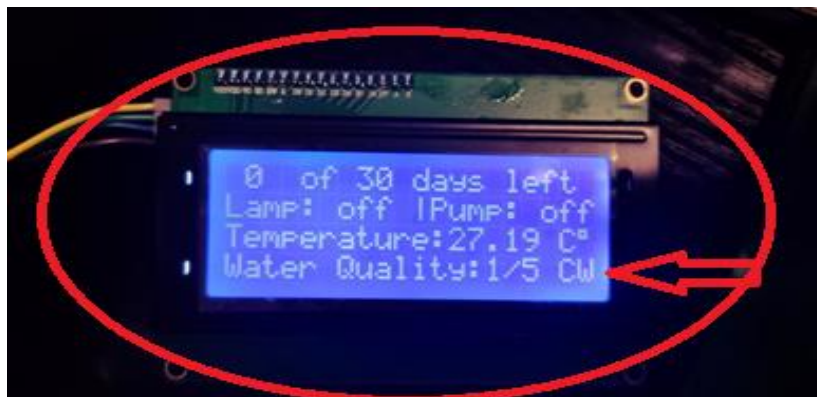
5. Στο ίδιο στάδιο της ανάπτυξης του φυτού όπως φαίνεται και στην εικόνα 30 εμφανίζονται επίσης πληροφορίες, σχετικά με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος του φυτού και ειδικότερα στη ρίζα του φυτού. Όπως προαναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, η διάρκεια που θα χρησιμοποιηθεί η λάμπα, επηρεάζεται από τη πρόσβαση που έχει ο ήλιος στο περιβάλλον του φυτού. Συνεπώς η υπερβολική χρήση του συνδυασμού ήλιου και λάμπας επηρεάζουν και τη θερμοκρασία του φυτού. Επίσης καθοριστικό ρόλο στην

ανάπτυξη του φυτού έχει και η καθαρότητα του νερού. Για αυτό το λόγο θα γίνονται συνεχείς μετρήσεις της ποιότητας του νερού σε κάθε χρονική στιγμή. Συνεπώς μετριέται και εμφανίζεται στην οθόνη, τόσο η θερμοκρασία του φυτού, όσο και η καθαρότητα του νερού σε κάθε χρονική στιγμή της μέρας.



Εικόνα 30: Πληροφορίες Συστήματος

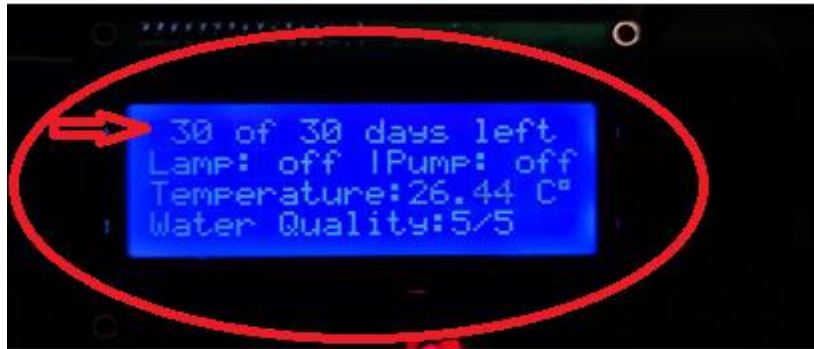
6. Όπως είδαμε και στο προηγούμενο στάδιο με την εκκίνηση του φυτού δίνεται ρεύμα, τόσο στην αντλία με το διάλυμα, όσο και στην ειδική λάμπα. Στο επόμενο στάδιο θα δείξουμε, ότι είτε κάποιοι εξωτερικοί παράγοντες είτε κάποιο πρόβλημα του συστήματος (για παράδειγμα η δυσλειτουργία της αντλίας) μπορούν να μετατρέψουν την ποιότητα του νερού σε κακή και να εμφανίζεται κατάλληλο μήνυμα στο χρήστη για αλλαγή του νερού.



Εικόνα 31: Ένδειξη αλλαγής νερού

Όπως φαίνεται και στη παραπάνω εικόνα η ποιότητα του νερού είναι αρκετά χαμηλή και για αυτό το λόγο εμφανίζεται στο χρήστη, κατάλληλο μήνυμα (CW) για την αλλαγή του νερού που περιέχεται στο περιβάλλον του φυτού.

7. Τα επόμενα στάδια μέχρι και την τελευταία μέρα ωρίμανσης του φυτού περιλαμβάνουν τον ίδιο έλεγχο αλλά και την ίδια λογική στην ανάπτυξη του φυτού. Για τους σκοπούς του πειράματος το επόμενο πείραμα αναφέρεται την τελευταία ημέρα ανάπτυξης του φυτού.



Εικόνα 32:Τελευταία μέρα ανάπτυξη φυτού

Μετά το πέρας αυτού του σταδίου, το φυτό έχει αναπτυχθεί και είναι έτοιμο να καταναλωθεί από το χρήστη.

8. Στο τελευταίο στάδιο ο αλγόριθμος έχει ρυθμιστεί, ώστε να ενημερώνει το χρήστη, ότι το φυτό είναι έτοιμο και με το πάτημα του κουμπιού ο χρήστης μπορεί να ξεκινήσει τη διαδικασία πάλι από την αρχή με κάποιο άλλο φυτό.

Μηδενισμός Μεταβλητών



Εικόνα 33:Απενεργοποίηση μεταβλητών

Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί, ότι ο αλγόριθμος τρέχει συνεχόμενα σε βρόχο πλήρως αυτοματοποιημένα. Οποιαδήποτε στιγμή ο χρήστης μπορεί να ανατρέξει στην οθόνη του συστήματος και να ενημερωθεί άμεσα για την υγεία του περιβάλλοντος του φυτού τη δεδομένη χρονική στιγμή, καθώς και αν υπάρχουν σφάλματα, τα οποία θα πρέπει να διορθώσει, καθώς επίσης μπορεί να κρίνει άμα πρέπει να προβεί σε κάποια ενέργεια(για παράδειγμα μετακίνηση του φυτού σε κάποιο σημείο με περισσότερο ήλιο).

Κεφάλαιο 3: Πείραμα & Μετρήσεις

3.1 Περιγραφή Πειραματικής Διαδικασίας

Όπως έχει αναφερθεί και στο προηγούμενο κεφάλαιο, τα πειράματα τα οποία πραγματοποιήθηκαν, για να φανεί και στην πράξη η χρησιμότητα αλλά και η αναγκαιότητα ενός αυτόματου και επιβλεπόμενου συστήματος υδροπονίας, έχουν να κάνουν με μετρήσεις κατά τη διάρκεια ανάπτυξης ενός φυτού. Με τη χρήση του συστήματος που αποτελείται από έναν μικροελεγκτή συνδεδεμένο με δύο αισθητήρες μέτρησης της καθαρότητας του νερού αλλά και της θερμοκρασίας του φυτού και με δύο ρελέ που αναβοσβήνουν τη λάμπα και την αντλία, έγινε επίβλεψη της ανάπτυξης ενός φυτού.

Για να γίνει πιο κατανοητή η πειραματική διαδικασία μετρήθηκε και συγκρίθηκε τόσο η ανάπτυξη του φυτού μέσω του συστήματος με ένα φυτό που αναπτύχθηκε με παραδοσιακό χώμα, καθώς επίσης μετρήθηκε και συγκρίθηκε η κατανάλωση σε νερό που είχε το σύστημα στην ανάπτυξη του φυτού σε σχέση με το χώμα. Στο πρώτο πείραμα έγινε σύγκριση στο ύψος του φυτού σε όλα τα στάδια ανάπτυξής του, μέχρι και την ωρίμανσή του. Στο δεύτερο πείραμα μετρήθηκε και συγκρίθηκε η κατανάλωση του νερού του συστήματος υδροπονίας σε σχέση με την παραδοσιακή γεωπονία.

Σκοπός των πειραμάτων ήταν ο έλεγχος της σωστής και άμεσης λειτουργίας του συστήματος, καθώς επίσης και τα οφέλη της σύγχρονης υδροπονίας, καθώς σε μία μαζική παραγωγή, τα οφέλη θα είναι πολλαπλάσια.

Προτού πραγματοποιηθεί όμως η πειραματική διαδικασία και οι μετρήσεις, χρειάστηκε αρχικά να γίνουν έλεγχοι συμπεριφοράς του αισθητήρα καθαρότητας του νερού και να γίνει μια καταγραφή τιμών του αισθητήρα, ώστε να ρυθμιστεί κατάλληλα ο αλγόριθμος και ο αισθητήρας.

3.2 Πειραματική Διαδικασία & Μετρήσεις

Μέσω του πρώτου πειράματος αυτού θα γίνει κατανοητός, ο τρόπος με τον οποίο ερευνήθηκε, η καταλληλότητα του νερού που χρησιμοποιήθηκε στην ανάπτυξη του φυτού.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι τιμές που μετράει ο αισθητήρας καθαρότητας του νερού διακυμαίνονται από 0-4.5V. Για τους σκοπούς της παρούσας διπλωματικής, φυσιολογική θεωρείται μια μέτρηση από 4.3 μέχρι 4.5 V, ενώ οι πιο χαμηλές τιμές, δείχνουν ότι το νερό δεν είναι σε φυσιολογικές συνθήκες για την ανάπτυξη του φυτού.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή της ποιότητας του νερού, σύμφωνα με τις μετρήσεις που έγιναν.

| Τιμές Αισθητήρα (V) | Αξιολόγηση Ποιότητας |
|----------------------------|-----------------------------|
| 4.4-4.5 | 5/5 (Εξαιρετικό) |
| 4.3-4.4 | 4/5 (Πολύ καλό) |
| 4.2-4.3 | 3/5 (Καλό) |
| 4.1-4.2 | 2/5 (Μέτριο) |
| 0-4.0 | 1/5 (Κακό) |

Στο ένα από τα δύο πειράματα χρησιμοποιήθηκε νερό βρύσης, στο οποίο υπάρχουν διάφορα ιχνοστοιχεία (όπως άλατα), τα οποία επηρεάζουν την καθαρότητά του. Το συγκεκριμένο νερό σύμφωνα με τις μετρήσεις που έγιναν δείχνουν ότι δεν επηρεάζουν άμεσα την υγεία του φυτού, καθώς συνεχίζει να αναπτύσσεται αποτελεσματικά και γρήγορα

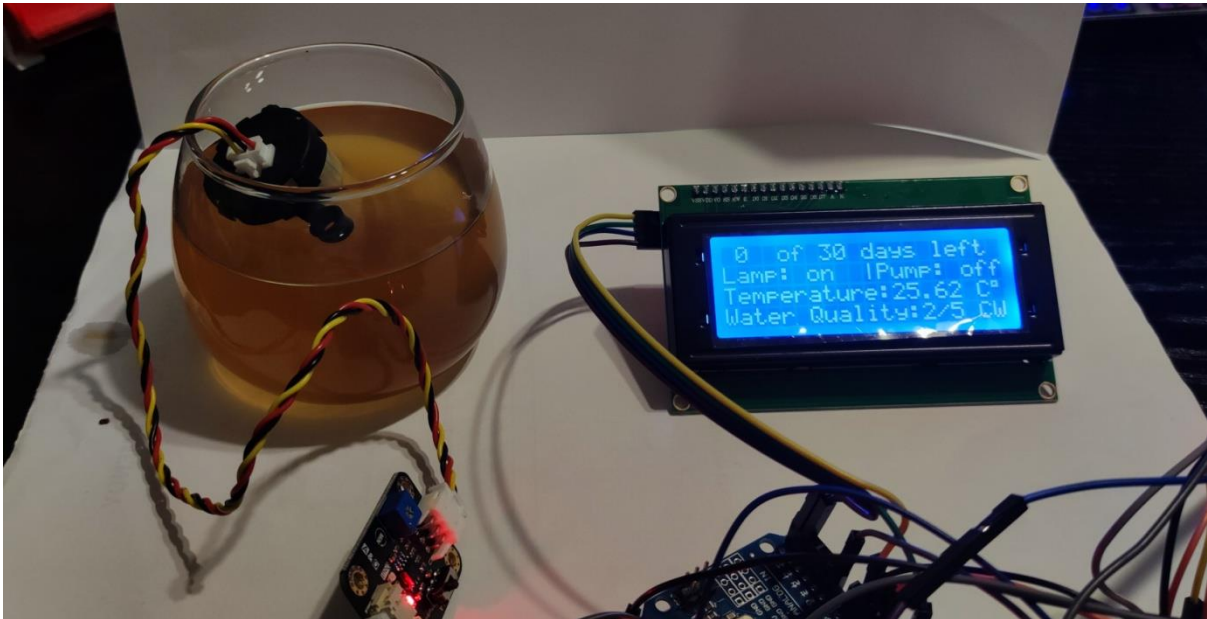


Εικόνα 34: Μέτρηση καθαρότητας του πόσιμου νερού

Όπως φαίνεται και στη παραπάνω εικόνα η μέτρηση της καθαρότητας του νερού είναι 4/5 συνεπώς βρίσκεται μέσα στα πλαίσια, που το νερό δεν χρειάζεται αλλαγή.

Στο δεύτερο πείραμα χρησιμοποιήθηκε αλλοιωμένο νερό, του οποίου πολλά θρεπτικά συστατικά εκλείπουν, καθώς και όπως φαίνεται και στην εικόνα 35 στο νερό έχει ενσωματωθεί σκουριά που είναι βλαβερή για την υγεία του. Η συγκεκριμένη ποιότητα του νερού, σύμφωνα με τις μετρήσεις που έγιναν, δείχνουν, ότι η ποιότητα του περιβάλλοντος στο φυτό καθώς και

ο τρόπος ανάπτυξης του φυτού επηρεάζονται άμεσα και επείγει η αλλαγή του για τη σωστή ανάπτυξη του φυτού.

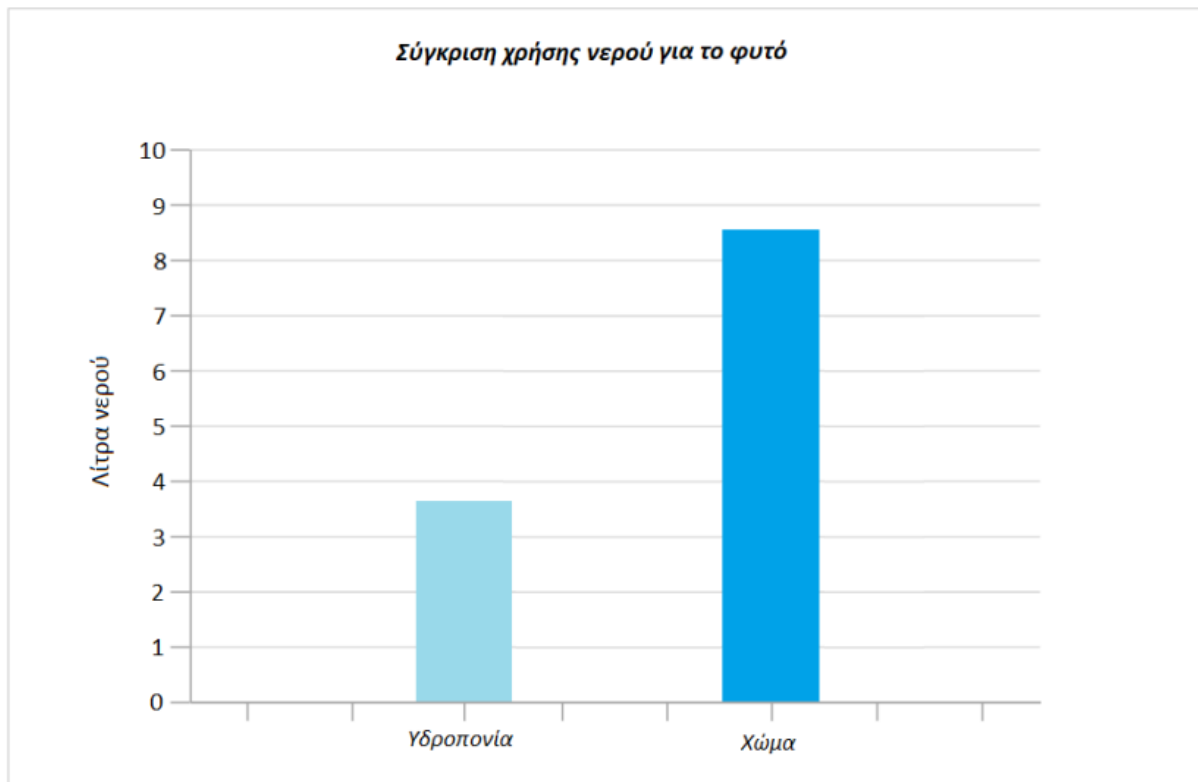


Εικόνα 35:Μέτρηση καθαρότητας νερού με σκουριά

Όπως φαίνεται και στη παραπάνω εικόνα η μέτρηση της καθαρότητας του νερού είναι 2/5, συνεπώς εμφανίζεται και κατάλληλο μήνυμα στο τελικό χρήστη για την αλλαγή του.

Στο δεύτερο πείραμα έλαβε χώρα μία έρευνα, η οποία συγκρίνει τη κατανάλωση σε νερό που χρειάζεται ένα φυτό, το οποίο αναπτύσσεται με χρήση της κλασικής γεωπονίας, σε σχέση με την ανάπτυξη ενός φυτού με χρήση υδροπονίας. Όπως θα φανεί και στην εικόνα 36, όπου με μπλε σκούρο χρώμα είναι η κατανάλωση σε νερό του φυτού σε χώμα, ενώ με μπλε

ανοιχτό είναι η κατανάλωση σε νερό του φυτού στο υδροπονικό σύστημα, η κατανάλωση του νερού μειώνεται πάρα πολύ με τη χρήση της υδροπονίας.

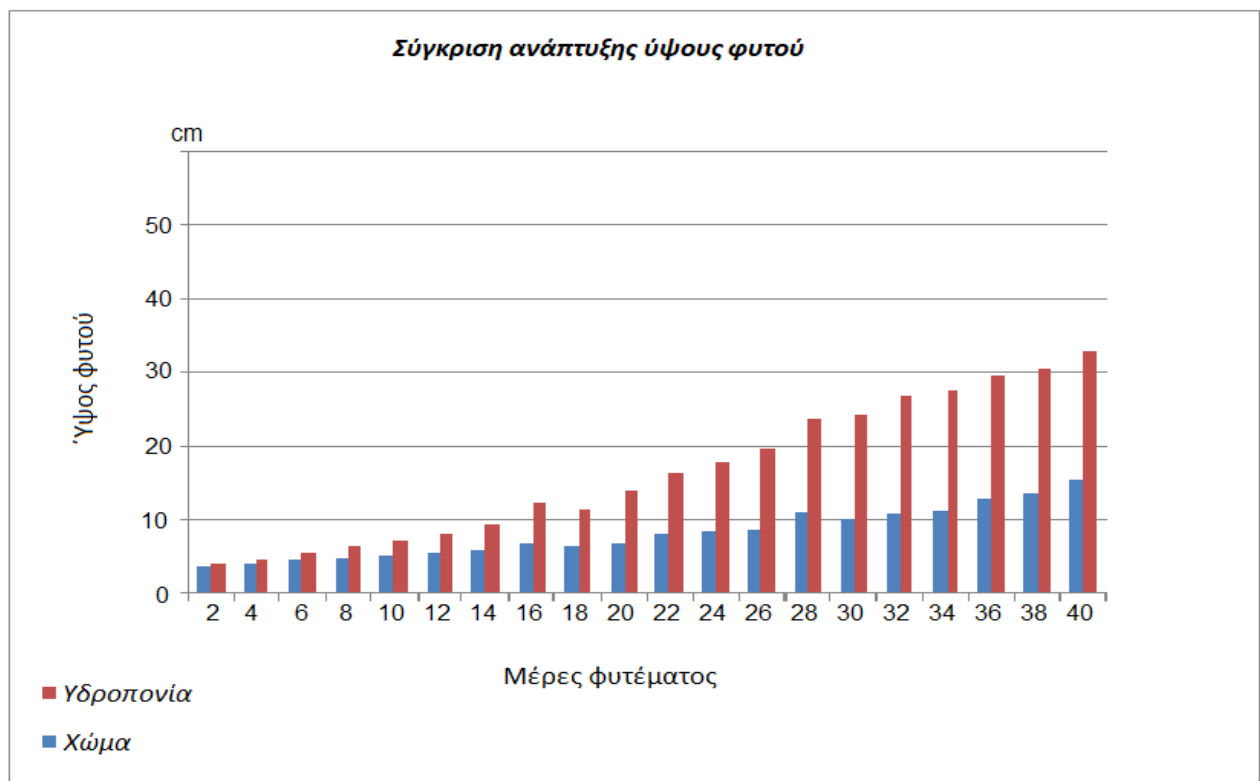


Εικόνα 36: Σύγκριση χρήσης νερού στην υδροπονία σε σχέση με τη γεωπονία

Το κύριο πλεονέκτημα του συστήματος που χρησιμοποιήθηκε, είναι η επανακυκλοφορία του νερού. Με τη χρήση αυτής της μεθόδου φαίνεται, ότι η κατανάλωση του νερού με χρήση της υδροπονίας εξασφαλίζει λιγότερο από τη μισή κατανάλωση του νερού σε σχέση με τη παραδοσιακή γεωπονία.

Στο τρίτο πείραμα πραγματοποιήθηκε μία έρευνα, στην οποία μετρήθηκε και συγκρίθηκε η διάρκεια καθώς και η ανάπτυξη του φυτού σε ύψος στην υδροπονία, σε σχέση

με τη παραδοσιακή γεωπονία. Σύμφωνα με τις μετρήσεις το φυτό με τη χρήση υδροπονίας είχε μεγαλώσει πολύ γρηγορότερα σε σχέση με τη παραδοσιακή γεωπονία.



Εικόνα 37: Σύγκριση της ανάπτυξης του φυτού στα δύο συστήματα

Σύμφωνα με τη παραπάνω εικόνα φαίνεται ότι στις πρώτες μέρες ανάπτυξης του φυτού, η ανάπτυξή του, παρότι στην αρχή δείχνει να είναι παρόμοια με αυτή της παραδοσιακής γεωπονίας, το φυτό μετά τις πρώτες 10 μέρες αναπτύσσεται πολύ πιο γρήγορα, καθώς επίσης είναι έτοιμο να καταναλωθεί στο μισό χρόνο.

3.3 Αποτελέσματα Πειραμάτων

Με την ολοκλήρωση της πειραματικής διαδικασίας παράχθηκαν σημαντικά αποτελέσματα για την ανάπτυξη ενός φυτού με αυτόνομο σύστημα υδροπονίας. Τα πειράματα που έγιναν, έδειξαν ότι το σύστημα λειτούργησε αποδοτικά, εντοπίζοντας επίσης έγκαιρα τυχόν προβλήματα που δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια ανάπτυξης του φυτού, καθώς επίσης ο χρήστης ενημερώνονταν άμεσα για αυτά, μέσω της οθόνης. Όπως προαναφέρθηκε, τα πειράματα έδειξαν ότι το σύστημα, όχι μόνο ήταν αξιόπιστο, αλλά επίσης και ότι το φυτό, αναπτύχθηκε πιο γρήγορα σε σχέση με τη παραδοσιακή γεωπονία.

Η πειραματική διαδικασία που παρουσιάστηκε δείχνει μικρά αποσπάσματα της πειραματικής διαδικασίας, όμως αυτό έγινε για τους σκοπούς της παρουσίασης στην διπλωματική εργασία. Το πείραμα έδειξε, ότι η ανάπτυξη του φυτού μπορεί να πραγματοποιηθεί σε οποιαδήποτε σημείο, ανάλογα με το φυτό. Το σύστημα λειτούργησε απροβλημάτιστα καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας και των μετρήσεων. Συνοψίζοντας λοιπόν, η πειραματική διαδικασία στέφθηκε με μεγάλη επιτυχία.

3.4 Συμπεράσματα

Κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, έγινε προσπάθεια δημιουργίας μιας ολοκληρωμένης διάταξης, ικανής να επιβλέπει την ανάπτυξη του φυτού και να ενημερώνει το χρήστη σε πραγματικό χρόνο για όλες τις πληροφορίες του συστήματος, καθώς και τυχόν προβλήματα.

Το τελικό σύστημα είναι ικανό:

- Να επιβλέπει αδιάλειπτα την υγεία του φυτού επί 24ωρης βάσης.
- Να υποστηρίζει την ανάπτυξη του φυτού με τη βοήθεια του μικροελεγκτή, όπως έχει προγραμματιστεί.
- Να παρέχει στο χρήστη πληροφορίες σχετικά με την ανάπτυξη του φυτού, την αντλία που μεταφέρει το νουτρίσιο στο φυτό, την λάμπα ανάπτυξης του φυτού καθώς και σφάλματα μέσω της οθόνης.

Ο αλγόριθμος του συστήματος είναι προγραμματισμένος, ώστε να αναπτύσσει το φυτό αυτόματα, κάτω από ιδανικές συνθήκες. Παράλληλα το σύστημα είναι ικανό να εντοπίσει διάφορες δυσλειτουργίες, που μπορεί να είναι καθοριστικές για την ανάπτυξη του φυτού, όπως τότε χρειάζεται αλλαγή το νερό του φυτού.

Όπως προαναφέρθηκε και προηγουμένως, η ικανότητα επίβλεψης ενός τέτοιου συστήματος είναι μείζονος σημασίας, τόσο σε βιοτικό επίπεδο στο τομέα της υγείας, όσο και στη προστασία του περιβάλλοντος με τη μείωση της κατανάλωσης νερού.

Επιπροσθέτως, η παρούσα υλοποίηση είναι πολύ εύχρηστη, καθώς χρειάζεται μόνο να συνδεθεί σε μία απλή πρίζα ο μικροελεγκτής, και ύστερα το υπόλοιπο σύστημα λειτουργεί σε οποιοδήποτε σημείο. Επίσης το κόστος μιας παρόμοιας διάταξης είναι σχετικά μικρό, και το σύστημα είναι ακόμα πιο αποδοτικό σε μια μεγαλύτερη παραγωγή. Συμπερασματικά, σύμφωνα με όλα τα παραπάνω, το σύστημα λειτουργεί σε άρτιο βαθμό και εκπληρώνει επιτυχώς τις αρχικές προδιαγραφές που είχαν τεθεί.

3.5 Προτάσεις για παραπάνω έρευνα

Από την παρούσα εργασία παράχθηκαν σημαντικά δεδομένα, τα οποία μια μελλοντική εργασία θα μπορούσε να αξιοποιήσει κατάλληλα. Ένας τρόπος που θα μπορούσε να επιτευχθεί αυτό θα ήταν να παραχθούν περισσότερα σχετικά δεδομένα με τη διεξαγωγή κάποιου παρομοίου πειράματος με πολλαπλά φυτά καθώς και η δοκιμή σε ένα σύστημα αεροπονίας, υπό την καθοδήγηση του επιβλέπων καθηγητή κ. Χριστοφόρου. Έτσι τα καινούργια δεδομένα θα μπορούν να συγκριθούν με τα υπάρχοντα με σκοπό την εξαγωγή επιπλέον συμπερασμάτων.

Παράλληλα, θα παρουσίαζε ιδιαίτερο ενδιαφέρον η χρήση κάποιας τεχνολογίας ασύρματης επικοινωνίας του arduino με κάποιο κινητό η υπολογιστή μέσω Bluetooth και τη δημιουργία κάποιας σχετικής εφαρμογής, ώστε ο χρήστης να έχει άμεση επίγνωση της ανάπτυξης του φυτού.

Κεφάλαιο 4

4.1 Κώδικας

Στη συνέχεια ακολουθεί ο κώδικας του Arduino που περιέχει όλες τις εντολές που αποτελούν τον πυρήνα του συστήματος επίβλεψης ανάπτυξης του φυτού με υδροπονία και γράφηκε στο περιβάλλον ανάπτυξης Arduino IDE.

Πρώτα γίνεται η αρχικοποίηση των μεταβλητών ,αλλά και η εισαγωγή των κατάλληλων βιβλιοθηκών για την σύνδεση με τους αισθητήρες και την οθόνη.

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);
```

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS 8
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
```

```
#define key 2
const int pin = A0;
int pressed = 0;
const int R1 = 4;
const int R2 = 5;
float volt;
float ntu;
int Days=0;
```

Ύστερα ακολουθεί το σετάρισμα των εισόδων και εξόδων της πλατφόρμας του arduino και των αντίστοιχων πλακετών που συνδέονται πάνω του.

```
void setup(){

  pinMode(R1, OUTPUT);
  pinMode(R2, OUTPUT);
  pinMode(key, INPUT_PULLUP);
  lcd.begin(20,4);
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
  Serial.begin(9600);
}
```

Μετά ξεκινάει το κεντρικό πρόγραμμα με το οποίο γίνεται όλη η διαδικασία επίβλεψης και ανάπτυξης του φυτού με το καλωσόρισμα του χρήστη.

```
void loop(){

  lcd.setCursor(5, 0);
```

```

lcd.write("Welcome to");
lcd.setCursor(1, 1);
lcd.write("Hydroponic System!");
delay(2000);
lcd.setCursor(1, 3);
lcd.write("Press key to start");
while(pressed==0){
  int keyS = digitalRead(key);
  if(!keyS){
    pressed=1;
    delay(10);
  }
}
lcd.clear();
pressed=0;

```

Ύστερα ακολουθεί το μενού με το οποίο ο χρήστης επιλέγει ποίο φυτό θα τοποθετήσει στο υδροπονικό σύστημα.

```

lcd.setCursor(0, 0);
lcd.write("Choose plant:");
delay(500);
lcd.setCursor(1, 1);
lcd.write("Lettuce");
lcd.setCursor(1, 2);
lcd.write("Cabbage");
lcd.setCursor(1, 3);
lcd.write("Tomato");
delay(100);
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.write(">");

for(int k=9; k>=0; k--){
  for(int j=0; j<=10; j++){
    int keyS = digitalRead(key);
    if(!keyS){
      pressed++;
      if (pressed>2) pressed=0;
      delay(100);
      lcd.setCursor(0, 1);
      lcd.write(" ");
      lcd.setCursor(0, 2);
      lcd.write(" ");
      lcd.setCursor(0, 3);
      lcd.write(" ");
      lcd.setCursor(0, pressed+1);
      lcd.write(">");
    }
    delay(100);
  }
  lcd.setCursor(18, 0);
  lcd.print(k, DEC);
  lcd.setCursor(19, 0);

```

```

    lcd.print("s");
}
lcd.clear();

```

Ανάλογα με το ποιά φυτό επιλέχτηκε από τον χρήστη ρυθμίζονται ανάλογα και οι σχετικές μεταβλητές για την ανάπτυξη του φυτού.

```

if(pressed==0){
    lcd.setCursor(1, 0);
    lcd.write("You chose Lettuce!");
    lcd.setCursor(0, 2);
    lcd.write("It will take 30 days");
    Days=30;
}
else if(pressed==1){
    lcd.setCursor(1, 0);
    lcd.write("You chose Cabbage!");
    lcd.setCursor(0, 2);
    lcd.write("It will take 35 days");
    Days=35;
}
else{
    lcd.setCursor(1, 0);
    lcd.write("You chose Tomato!");
    lcd.setCursor(0, 2);
    lcd.write("It will take 40 days");
    Days=40;
}
pressed=0;
delay(3000);
lcd.clear();

```

Σε αυτό το σημείο λοιπόν ξεκάνει η κεντρική διαδικασία ανάπτυξης του φυτού η οποία έχει ξεχωριστή διάρκεια ανάλογα με το φυτό και στην οθόνη παρουσιάζονται όλες οι απαραίτητες πληροφορίες.

```

for(int j=0; j<=Days; j++){
    lcd.setCursor(1,0);
    lcd.print(j, DEC);
    lcd.setCursor(4,0);
    lcd.print("of");
    lcd.setCursor(7,0);
    lcd.print(Days, DEC);
    lcd.setCursor(10,0);
    lcd.print("days left");

    for(long k=0L; k<86400L; k++){
        sensors.requestTemperatures();
        float tempC = sensors.getTempCByIndex(0);
        if(tempC != DEVICE_DISCONNECTED_C) {
            lcd.setCursor(12,2);
            lcd.print(tempC);
        }
    }
}

```

```

    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("Temperature:");
    lcd.setCursor(18,2);
    lcd.print("C");
    lcd.setCursor(19,2);
    lcd.print((char)223);
}
else{
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("Error!");
}

int x = analogRead(pin);
volt = 0;
for(int i=0; i<800; i++)
{
    volt += ((float)analogRead(pin)/1023)*5;
}
volt = volt/800;
volt = round_to_dp(volt,2);

```

```

lcd.setCursor(0, 3);
lcd.write("Water Quality:");
if(volt>4.41){
    lcd.setCursor(14, 3);
    lcd.write("5/5 ");
}
else if(volt>4.31){
    lcd.setCursor(14, 3);
    lcd.write("4/5 ");
}
else if(volt>4.21){
    lcd.setCursor(14, 3);
    lcd.write("3/5 ");
}
else if(volt>4.11){
    lcd.setCursor(14, 3);
    lcd.write("2/5 CW");
}
else{
    lcd.setCursor(14, 3);
    lcd.write("1/5 CW");
}

```

```

lcd.setCursor(0, 1);
lcd.write("Lamp: |Pump: ");
if(k<10L){
    digitalWrite(R1, HIGH);
    lcd.setCursor(6, 1);
    lcd.write("on ");
    digitalWrite(R2, HIGH);
}

```

```

    lcd.setCursor(17, 1);
    lcd.write("on ");
}
else if(k<28800L){
    digitalWrite(R1, HIGH);
    lcd.setCursor(6, 1);
    lcd.write("on ");
    digitalWrite(R2, LOW);
    lcd.setCursor(17, 1);
    lcd.write("off");
}
else{
    digitalWrite(R1, LOW);
    lcd.setCursor(6, 1);
    lcd.write("off");
    digitalWrite(R2, LOW);
    lcd.setCursor(17, 1);
    lcd.write("off");
}

    lcd.setCursor(0, 3);
    lcd.write("Water Quality:");
    delay(650);
    //k=k+9999L;
}
}

```

Τέλος ο χρήστης ενημερώνεται για το πέρας της διαδικασίας ανάπτυξης του φυτού.

```

lcd.clear();
lcd.setCursor(4, 0);
lcd.write("Plant ready!");
lcd.setCursor(1, 2);
lcd.write("Press key to exit!");
while(pressed==0){
    int keyS = digitalRead(key);
    if(!keyS){
        pressed=1;
        delay(10);
    }
}
lcd.clear();
pressed=0;
delay(1000);
}

```

Συνάρτηση για τον υπολογισμό της τιμής του αισθητήρα TDS.

```

float round_to_dp( float in_value, int decimal_place ){
    float multiplier = powf( 10.0f, decimal_place );
    in_value = roundf( in_value * multiplier ) / multiplier;
    return in_value;
}

```


Βιβλιογραφία

[1] Son J. E, Kim H. J, Ahn T. I. (2020). Hydroponic systems. Plant Factory, p. 273–283.

- [2] Mamta S, Shraddha A. .A review on plant without soil - hydroponics”, MIT Academy of engineering Alandi Pune, Vol. 3, no. 3, 2013, p. 299-303.
- [3]Mark B. Tauger(2017). Agriculture in World History. p.36-39
- [4]Mosley S.(2010) The Environment in World History Stephen Mosley. p. 56-58
- [5] Savvas D, Manos G, 1999. Automated composition control of nutrient solution in closed soilless culture systems. J. Agric. Eng. Res. 73, p 88-90.
- [6]Miftah A Harahap, Fauziyah Harahap, Tumiur Gultom.(2019). The Effect of Ab mix Nutrient on Growth and Yield of Pak choi (*Brassica chinensis* L.) Plants under Hydroponic Wick System Condition. P 55-59
- [7]Buwalda F, Baas R, van Weel P. A. (1994). A SOILLESS EBB-AND-FLOW SYSTEM FOR ALL-YEAR-ROUND CHRYSANTHEMUMS. *Acta Horticulturae*. P. 123–132.
- [8] Saaid M.F, Yahya N.A.M, Noor M.Z.H, Megat Ali M.S.A.. ”A development of an automatic microcontroller system for Deep Water Culture (DWC).” 2013 IEEE 9th International Colloquium on Signal Processing and its Applications, CSPA 2013, p. 328-332.
- [9] AL-MASKRI A,AL-KHARUSI L,AL-MIQBALI H, MUMTAZ K.V.(2010). Effects of Salinity Stress on Growth of Lettuce (*Lactuca sativa*)under Closed-recycle Nutrient Film Technique. P. 35-38
- [10]Salim T. I, Alam H. S, Pratama R. P, Anto I. A. F, Munandar A. (2017). Portable and online water quality monitoring system using wireless sensor network. 2017 2nd International Conference on Automation, Cognitive Science, Optics, Micro Electro-Mechanical System, and Information Technology (ICACOMIT). p. 365-368.
- [11] Almuktar S. A. A. A. N, Scholz M, Al-Isawi R. H. K, Sani A. (2015). Recycling of domestic wastewater treated by vertical-flow wetlands for irrigating Chillies and Sweet Peppers. *Agricultural Water Management*, p. 149.
- [12] Boyden B. H, Rababah A. A. (1996). Recycling nutrients from municipal wastewater. *Desalination*, 106(1-3), 241–246.
- [13] Son J.E, Takakura T, 1987. A study on automatic control of nutrient solutions in hydroponics. *J. Agric. Meteorol*, p. 147-151.
- [9] Zekki H, Gauthier L, Gosselin A. 1996. Growth, productivity, and mineral composition of hydroponically cultivated greenhouse tomatoes, with or without nutrient solution recycling. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 121, p. 1082-1088.

- [10] Kageyama T, Miura M, Maeda A, Mori A, Lee S. S, “A wireless sensor network platform for water quality monitoring,” 2016 IEEE SENSORS, Orlando, FL, 2016, pp. 1-3.
- [11] Périlleux C, Bernier G: The control of flowering: do genetical and physiological approaches converge? In Plant Reproduction. Annual Plant Reviews. Edited by: O'Neill SD, Roberts JA. 2002, Sheffield Academic Press, Sheffield, p. 6.
- [12] Arteca R.N, Arteca J.M.: A novel method for growing Arabidopsis thaliana plants hydroponically. *Physiol Plant*. 2000, p. 188-193.
- [13] Jones Júnior J.B, 1983. A guide for the hydroponic & soilless culture grower. Timber Press, Portland. p. 250.
- [14] Azeezahmed, S. K., Dubey, R. K., Kukal, S. S., & Sethi, V. P. (2016). Effect of different nitrogen-potassium concentrations on growth and flowering of chrysanthemum in a drip hydroponic system. *Journal of Plant Nutrition*, 39(13), 1891–1898.
- [14] Nielsen, N.E. Crop production in recirculating nutrient solution according to the principle of regeneration. In: International Congress on Soilless Culture, 6th, Lunteren: International Society for Soilless Culture,(1984). pp. 421–446.
- [15] Soares H. R, Silva Ê. F, Silva, G. F, Pedrosa E. M. R, Rolim M. M, Santos A. N. (2015). Lettuce growth and water consumption in NFT hydroponic system using brackish water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*.p. 636–642.
- [16] Μαναφης Γ , Μητροπούλου Μ. Αισθητήρες και Εφαρμογές τους στα Συστήματα Αυτομάτου Έλεγχου , ΤΕΙ Καβάλας, Πτυχιακή Εργασία, 2011.
- [17] Τριτσώνης Α, Τέρτης Γ. Αισθητήρες Κίνησης και Μετατόπισης. ΤΕΙ Κρήτης, Πτυχιακή Εργασία, Ιούνιος 2012.
- [18] Soares T. M, Duarte S. N, Silva E. F. F, Melo R. F, Jorge C. A, Oliveira A. S. Experimental structure for evaluation of saline water use in lettuce hydroponic production. (2009) p.102- 114.
- [19] Da Silva Cuba Carvalho, Bastos R. G, Souza C. F. (2018). Influence of the use of wastewater on nutrient absorption and production of lettuce grown in a hydroponic system. *Agricultural Water Management*, 203, p. 311–321.
- [20] Ιστοσελίδα: <https://sensorex.com/blog/2019/10/29/hydroponic-systems-explained/> .
- [21] Ιστοσελίδα: <https://www.nps.gov/subjects/concessions/nafpsco.htm> .
- [22] Ιστοσελίδα: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>

- [23]Galeriu C, Edward S, Esper G. An arduino investigation of simple harmonic motion. *Physics Teache*, 52, 2014, 157-159.
- [24]Alt P M, Pleshko P. 'Scanning limitations of liquid crystal displays', *IEEE Transactions on Electron Devices*, ED-21, February 1974, 146–155
- [23] NISHA S, SOMEN A, KAUSHAL K, NARENDRA S, CHAURASIA O.P. Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: An overview,(2018) p.145-148.
- [24] Basilopoulou I. Implementation and prospects of amateur hydroponic culture in Greece, (2008) p 156.
- [25] Griffiths M. The design and implementation of a hydroponics control system, (2014) p 255-260.
- [26]Ortner , Agren E. Automated hydroponic system (2019), *ITM* p 158-160.
- [27] Gondim A.R.O, Flores, M.E.P, Martinez H.E.P, Fontes P.C.R, Pereira P.R.G, 2010. Electric conductivity in the production and nutrition lettuce in NFT system. *Biosci. J.* 26, 894–904.
- [28] Paulus D, Paulus E, Nava G.A, Moura C.A, 2012. Growth, water consumption and mineral composition of lettuce in hydroponic system with saline water. *Revista Ceres* 59, 110–117.
- [29] dos Santos J.D, Lopes da Silva A.L, da Luz Costa J, Scheidt G.N, Novak A.C, Sydney E.B, Soccol C.R, 2013. Development of a vinasse nutritive solution for hydroponics. *J. Environ. Manage.* 114, p. 8–12.
- [30] Bohme M. Parameters for calculating nutrient solutions for hydroponics. *International Congress on Soilless Culture*. Wageningen, p. 85-96.
- [31] Galeriu C, Edward S, Esper G. An arduino investigation of simple harmonic motion. *Physics Teache*, 52, 2014, 157-159.