



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΘΕΜΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΑΥΤΟΜΑΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΙΑΣ ΓΙΑ ΟΙΚΙΑΚΗ ΧΡΗΣΗ



ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ:

ΧΑΝΙΩΤΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΑΒΡΑΑΜ ΧΑΤΖΟΠΟΥΛΟΣ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2023



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
SCHOOL OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL DESIGN
AND PRODUCTION ENGINEERING

DIPLOMA THESIS

Automatic hydroponic cultivation system for home use



STUDENT NAME :

CHANIOTAKIS GEORGIOS

SUPERVISOR:

ΑΒΡΑΑΜ ΧΑΤΖΟΠΟΥΛΟΣ

ATHENS, JUNE 2023

Η παρούσα διπλωματική εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την τριμελή εξεταστική επιτροπή, η οποία ορίστηκε από την Γ.Σ. του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, σύμφωνα με το νόμο και τον εγκεκριμένο Οδηγό Σπουδών του τμήματος.

Επιβλέπων: Χατζόπουλος Αβραάμ
Λέκτορας

Επιτροπή Αξιολόγησης:

.....
Χατζόπουλος Αβραάμ	Σκλαβούνου Ελένη Ορσαλία	Δρόσος Χρήστος
Λέκτορας	Λέκτορας Εφαρμογών	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Γεώργιος Χανιωτάκης του Γεωργίου, με αριθμό μητρώου 18389307 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΧΑΝΙΩΤΑΚΗΣ



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Υδροπονία (ή υδροπονική καλλιέργεια) ονομάζεται η διαδικασία ανάπτυξης φυτών εκτός εδάφους. Τα θρεπτικά συστατικά τα οποία κρίνονται απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών δεν εμφανίζονται στο υπόστρωμα στο οποίο αναπτύσσεται το φυτό, αντίθετα αυτά τα συστατικά προσφέρονται μέσω θρεπτικού διαλύματος και τα φυτά μεγαλώνουν στο εμπλουτισμένο με κατάλληλα συστατικά νερό. Το ριζικό σύστημα του φυτού μπορεί να πλέει σε νερό ή σε περλίτη, βοτσαλάκι ή άλλο μέσο από το οποίο παρέχεται διαρκώς νερό. Σκοπός της κατασκευής είναι η δημιουργία μιας αυτόματης συσκευής καλλιέργειας φυτών για οικιακή χρήση. Η κατασκευή, θα πρέπει να καταλαμβάνει όσο είναι δυνατόν λιγότερο χώρο και η λειτουργία της θα είναι απόλυτα αυτοματοποιημένη ώστε να μην χρειάζονται ιδιαίτερες γνώσεις για την καλλιέργεια των φυτών με λίγα λόγια το πρόγραμμα μέσω του μικροελεγκτή θα αναλαμβάνει την καλλιέργεια των φυτών. Στόχος αυτές της κατασκευής είναι κάθε νοικοκυριό να απολαμβάνει υγιεινά λαχανικά απουσία φυτοφαρμάκων και βλαβερών ατμοσφαιρικών ρύπων. Ένας ακόμη στόχος είναι η ανάπτυξη αυτού του μοντέλου σε ακόμη μεγαλύτερο δηλαδή σε μέγεθος παραγωγής το μόνο που αλλάζει είναι ο όγκος της κατασκευής μας.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Υδροπονία, υδροπονική καλλιέργεια, hydroponics.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	iii
ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ	iii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	4
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	2
2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	1
Άρδευση καλλιεργειών υδροπονικού συστήματος	2
Εγκαταστάσεις χειρωνακτικής αραίωσης πυκνών διαλυμάτων.....	3
Μονάδα αυτόματης αραίωσης πυκνών διαλυμάτων.....	4
Σύστημα μεταφοράς θρεπτικού διαλύματος.....	5
3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	1
4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	1
4.1 Μηχανολογικό σχεδιασμό (μηχανολογικό σχέδιο)	2
Κατασκευή δεξαμενών	4
Κατασκευή σασί:	9
4.2 Ηλεκτρονικό - ηλεκτρολογικό σχεδιασμό (ηλεκτρονικό σχέδιο)	17
4.3 Υδραυλική εγκατάσταση μετακίνησης του θρεπτικού διαλύματος	4
4.4 Σχεδιασμός Λογισμικού του μικροελεγκτή.....	6
4.5 Φως ανάπτυξης φυτών.	10
5. ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ	12
5.1 Συναρμολόγηση μηχανολογικών τμημάτων κατασκευής,	12
5.2 Συναρμολόγηση δεξαμενής προετοιμασίας θρεπτικού διαλύματος,	3
5.3 Συναρμολόγηση κύριας δεξαμενής.....	3
6. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΤΩΤΥΠΟΥ– ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ – ΘΕΤΙΚΑ – ΑΡΝΗΤΙΚΑ – ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ.....	9
7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	11
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	1
9 Βιβλιογραφία.....	1

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Καλλιέργεια εκτός εδάφους ονομάζεται οποιαδήποτε μέθοδος ανάπτυξης φυτών των οποίων οι ρίζες τους αναπτύσσονται απουσία του φυσικού εδάφους (χώμα). Στις νεότερες υδροπονικές καλλιέργειες, η παροχή των φυτών με νερό και με θρεπτικής αξίας στοιχεία στηρίζεται στη χορήγηση ενός τεχνητά παρασκευασμένου θρεπτικού διαλύματος. Το ριζικό σύστημα μεγαλώνει είτε αμέσως στο θρεπτικό διάλυμα είτε σε πορώδη στερεά υλικά τα οποία αναφέρονται ως υποστρώματα και βρέχονται τακτικά με θρεπτικό διάλυμα το οποίο καλύπτει ταυτόχρονα και τις αρδευτικές ανάγκες των φυτών (Σάββας, 2011).

Το **θρεπτικό διάλυμα** είναι ένα μη συμπυκνωμένο υγρό διάλυμα που αποτελείται από όλα τα θρεπτικά στοιχεία που είναι απαραίτητα για τα φυτά. Τα θρεπτικά στοιχεία υπάρχουν διαλυμένα στο νερό κατά κανόνα με τη μορφή ιόντων ανόργανων αλάτων (Σάββας, 2011).

Ως **υπόστρωμα υδροπονικών καλλιεργειών** μπορεί να θεωρηθεί οποιοδήποτε φυσικό ή τεχνητό δηλαδή προερχόμενο από βιομηχανική κατεργασία πορώδες υλικό, εκτός από το χώμα, το οποίο εξαιτίας της ύπαρξης των πόρων βρίσκεται σε θέση να συγκρατεί νερό (θρεπτικό διάλυμα) και αέρα σε κατάλληλες για την καλλιέργεια των φυτών αναλογίες, έχοντας έτσι σαν αποτέλεσμα, να μπορεί να υποκαθιστά το έδαφος ως μέσο καλλιέργειας της ρίζας ενός φυτού. Καθώς, το θρεπτικό διάλυμα που παρέχεται στα υποστρώματα περιέχει όλα τα θρεπτικά στοιχεία που απαιτείται για τα φυτά για να αναπτυχθούν και να ολοκληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο, τα υποστρώματα είναι σε θέση να υποκαταστήσουν πλήρως το έδαφος ως μέσο ανάπτυξης των καλλιεργειών. Η πλειονότητα των υποστρωμάτων της υδροπονίας δρουν χημικός ως αδρανή υλικά στις κανονικές συνθήκες καλλιέργειας. Έτσι, κατανοούμε ότι πρακτικά δεν προσδίδουν θρεπτικά στοιχεία στο θρεπτικό διάλυμα ούτε δεσμεύουν ιόντα που υπάρχουν ήδη σε αυτό (Σάββας, 2011).

Δύο όροι που χρησιμοποιούνται όταν αναφερόμαστε σε υδροπονικές καλλιέργειες είναι οι ονομασίες **“καλλιέργεια σε υπόστρωμα”** και **“καλλιέργεια σε θρεπτικό διάλυμα”**. Αυτές οι ορολογίες θεωρείται ότι περιγράφουν δυο διαφορετικά μεταξύ τους υποσύνολα, τα οποία συντελούν το σύνολο των υδροπονικών καλλιεργειών. Ειδικότερα, στις υδροπονικές καλλιέργειες στις οποίες κάνουν χρήση υποστρωμάτων ονομάζονται και **“καλλιέργεια σε υπόστρωμα”**, όμως αυτές στις οποίες δεν γίνεται χρήση υποστρωμάτων και το ριζικό σύστημα των φυτών αναπτύσσεται εντός στάσιμου ή ρέον θρεπτικού διαλύματος, εκτός από **“υδροκαλλιέργεια”** ονομάζονται και **“καλλιέργεια σε θρεπτικό διάλυμα”** (Σάββας, 2011).

Τέλος, μια άλλη διαφοροποίηση που γίνεται σε αυτόν τον όρο είναι αυτή που ξεχωρίζει τα συστήματα ανάπτυξης φυτών εκτός εδάφους σε δύο βασικές κατηγορίες, η πρώτη είναι τα ανοιχτά και η δεύτερη είναι τα κλειστά συστήματα. Το αρχικό συστήματα καλλιέργειας απουσία εδάφους είναι σύστημα καλλιέργειας με υπόστρωμα. Εξαιτίας της πορώδους φύσης τους, τα υποστρώματα έχουν την τάση να συγκρατούν αρκετές ποσότητες θρεπτικού διαλύματος. Όταν μια καλλιέργεια με υπόστρωμα αρδεύεται, ο όγκος του θρεπτικού διαλύματος που της παρέχεται ίσως να υπερβαίνει την δυνατότητα του υποστρώματος να

τον συγκρατήσει. Από την συνολική ποσότητα του διαλύματος που παρέχεται στην καλλιέργεια, το μέρος που δεν κατακρατάτε στο υπόστρωμα, αλλά απορρέει ονομάζεται οπτικό διάλυμα ή κλάσμα απορροής. Για αυτό το κλάσμα απορροής συμβάλλει στην πλύση των αλάτων από το υπόστρωμα συχνά ονομάζεται και κλάσμα έκπλυσης. Όταν το διάλυμα απορροής δεν ανακυκλώνεται αλλά απορρίπτεται στο περιβάλλον (συνήθως απορροφάτε από το έδαφος του περιβάλλοντος χώρου του θερμοκηπίου), αυτό το σύστημα καλλιέργειας αναφέρεται ως ανοιχτό υδροπονικό σύστημα. Αντίστοιχα, κλειστό σύστημα καλλιέργειας εκτός εδάφους ονομάζεται εκείνο το οποίο το απορρέων κλάσμα που απομακρύνεται από το ριζικό σύστημα ανακυκλώνεται, συμπληρώνεται κατάλληλα εκ νέου με διάλυμα και με τη συνεισφορά μίας αντλίας οδηγείται ξανά στα φυτά προς επαναχρησιμοποίηση. Στα κλειστά συστήματα δηλαδή, οι απορροές νερού και θρεπτικών στοιχείων που προέρχονται από την υδρολίπανση ανακυκλώνεται (Σάββας, 2011).

Το αρχικό και βασικό **ερώτημα** που τίθεται από έναν αγρότη ή επιστήμονα που δηλώνει ενδιαφέρον για την υδροπονική καλλιέργεια αφορά στη χρησιμότητα και την αξία της ως ενός διαφορετικού τρόπου καλλιέργειας φυτών στο θερμοκήπιο. Σε αυτό λοιπόν το ερώτημα καταβάλλεται προσπάθεια να δοθεί ξεκάθαρη και ολοκληρωμένη απάντηση παρακάτω, παρουσιάζοντας τόσο τα πλεονεκτήματα που διαθέτει η υδροπονική καλλιέργεια όσο και τα μειονεκτήματα που την ακολουθούν, κάνοντας εκτίμηση ταυτόχρονα σε ποιο βαθμό αυτά τα τελευταία εξισορροπούνται από τα οφέλη που προκύπτουν από την υιοθέτηση της διαφορετικής αυτής μεθόδου καλλιέργειας. Έτσι πιστεύετε ότι γίνεται ευκολότερο να καταλάβει κανείς για ποιο λόγο και σε ποιες περιπτώσεις ένας καλλιεργητής θερμοκηπίου μπορεί να λάβει ωφέλει επιλέγοντας την υδροπονία (Σάββας, 2011).

Το πρώτο που ώθησε τους καλλιεργητές θερμοκηπίου της Ολλανδίας και των σκανδιναβικών χωρών στην υδροπονική καλλιέργεια ήταν η σημαντική ανάγκη για αποτελεσματική αντίδραση των ολοένα και αυξανόμενων δυσκολιών που είχαν σχέση με το έδαφος. Στην πραγματικότητα, η εδραίωση της υδροπονικής καλλιέργειας σε αυτές τις χώρες απέδειξε ότι πλέον αποτελεσματική λύση των προβλημάτων που αφορούν το έδαφος με έντονης δραστηριότητας μορφής καλλιέργειας θερμοκηπίου πραγματοποιείται εξαιτίας της καλλιέργειας των φυτών εκτός εδάφους, δηλαδή μέσω της υδροπονίας. Η υδροπονική καλλιέργεια πραγματοποιείται με μεγάλη αποτελεσματικότητα σε αρκετές χώρες, ενώ σε μερικές χώρες, για παράδειγμα η Ολλανδία, ήδη από τα τέλη του 20^{ου} αιώνα η υδροπονική καλλιέργεια αποτελεί σχεδόν την μοναδική μέθοδο παραγωγής καρπών λαχανικών στο θερμοκήπιο. Οι καλλιέργειες της υδροπονίας διαθέτουν ένα καθαρό ξεκίνημα από παθολογικούς μικροοργανισμούς εδάφους όταν γίνεται χρήση υποστρωμάτων για πρώτη φορά αν το υπόστρωμα χρησιμοποιηθεί ξανά, μπορεί να απολυμανθεί πιο εύκολα σε σύγκριση με το έδαφος (χαμηλότερο κόστος, μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα) (Σάββας, 2011).

Η υιοθέτηση όμως της αξίας της υδροπονίας μόνο ως μία μορφής αποφυγής των δυσκολιών που έχουν σχέση με το έδαφος στις περιπτώσεις εκείνες που αυτά είναι σε μεγάλο βαθμό έντασης ώστε να μειώνουν σημαντικά την παραγωγή, δεν είναι ανάλογη στη σημερινή πραγματικότητα. Η συνεχής εξέλιξη και η βελτιστοποίηση της υδροπονίας ως μίας διαφορετικής μεθόδου καλλιέργειας φυτών στο θερμοκήπιο είναι αξιοσημείωτη τα τελευταία χρόνια. Με αποτέλεσμα, στις μέρες μας η υδροπονία συχνά να αποτελεί επιλογή και για τους καλλιεργητές που δεν αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα με το έδαφός τους (χώμα), γνωρίζοντας ότι τα πλεονεκτήματα της σε σχέση με το κλασικό τρόπο καλλιέργειας

στο χώμα δεν περιορίζονται πλέον μόνο στην υποκατάσταση ενός ελλατωματικού εδάφους αλλά αφορούν και πολλές άλλες πλευρές της καλλιεργητικής τεχνικής (Σάββας, 2011).

Το πιο σημαντικό πλεονέκτημα της υδροπονικής καλλιέργειας αποτελεί η δραστική αντιμετώπιση των προβλημάτων που δημιουργούνται στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες οι μεταδιδόμενες εξαιτίας του εδάφους αρρώστιες (φουζάριο, βερτισίλλιο , πύθιο, πυρηνόχαιτη , έντομα εδάφους , νηματώδεις , ορισμένα βακτήρια και φυτοϊοί). Γενικά, η υδροπονική καλλιέργεια αποτελεί σήμερα ως μια ασφαλή εναλλακτική λύση καταπολέμησης των ασθενειών του εδάφους στα θερμοκήπια, αντί της απάλλαξης από μικρόβια του εδάφους με χρήση τοξικών χημικών ουσιών, για παράδειγμα το βρωμιούχο μεθύλιο. Για το οποίο, έχει απαγορευθεί η χρήση του και γνωρίζοντας ότι οι παρόμοιες απολυμαντικές ουσίες με επιθυμητά αποτελέσματα παρόμοια με αυτή του βρωμιούχου μεθυλίου δεν υπάρχουν. Βάση αυτών των καταστάσεων, αναζητούνται διαφορετικές, πιθανές λύσεις για την αντιμετώπιση των ασθενειών που προκαλούνται από το καλλιεργητικό έδαφος, εκτός από τη χημική απολύμανση του εδάφους. Μια από αυτές τις πιθανές λύσεις, είναι η καλλιέργεια εκτός εδάφους (υδροπονία) (Σάββας, 2011).

Λόγω της μετάβασης στην υδροπονική καλλιέργεια, λειτουργικά το πρόβλημα της χαμηλής γονιμότητας που εμφανίζουν τα περισσότερα εδάφη θερμοκηπίου, είτε λόγω της αυξημένης εκμετάλλευσης και της μονοκαλλιέργειας (κόπωση εδάφους) είτε εξαιτίας δύσκολων φυσικών ιδιοτήτων (π.χ. Πολύ βαριά ή πολύ ελαφρά εδάφη, εδάφη με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία) (Σάββας, 2011).

Μπορούμε να αντιληφθούμε λοιπόν ότι από τη στιγμή που η καλλιέργεια εκτός εδάφους έχει αρχίσει να επεκτείνεται και να πλεονεκτεί σε πολλά σημεία έναντι της κλασικής μεθόδου καλλιέργειας φυτών, αναπόφευκτα την καθιστά και ως τη μοναδική λύση για οικιακή καλλιέργεια. σημαντικός αλλά και καθοριστικός είναι ο λόγος ότι στο σπίτι δεν είναι εύκολη η τοποθέτηση κάποιου υποστρώματος με σκοπό να εφαρμοστεί η κλασική μέθοδος καλλιέργειας. Έτσι με ένα αυτόματο υδροπονικό σύστημα εξοικονομούμε χώρο και με μηδενικές γνώσεις καλλιέργειας θα επιτυγχάνεται η ανάπτυξη των φυτών με όσο το δυνατόν καθαρό και υγιεινό τρόπο (Σάββας, 2011).

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η μελέτη, σχεδίαση και κατασκευή ενός αυτόματου μηχανήματος υδροπονικής καλλιέργειας για οικιακή χρήση. Στόχος αυτής της κατασκευής είναι η δημιουργία ενός μηχανήματος το οποίο θα μπορεί να προσαρμοστεί εντός του οικιακού περιβάλλοντα χώρου, να είναι εύκολο στη χρήση του και να καθιστά τη διαδικασία της καλλιέργειας φυτών αρκετά εύκολη και απλή. Έτσι το μηχάνημα αυτό έχει τη δυνατότητα εντός ενός ξένου χώρου για την καλλιέργεια φυτών , να δημιουργεί ιδανικές συνθήκες για τη σωστή και γρήγορη ανάπτυξη αυτών. Με αποτέλεσμα κάθε νοικοκυριό να έχει τη δυνατότητα να απολαμβάνει ποιοτικά και υγιεινά λαχανικά δικής τους καλλιέργειας απουσία φυτοφαρμάκων και οποιωνδήποτε άλλων βλαβερών ουσιών.

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά τα βήματα της **μεθοδολογίας** που ακολουθήθηκαν για τη διεκπεραίωση της :

- 1) Στο στάδιο της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, θα αναζητήσουμε τρόπους με τους οποίους γίνεται η υδροπονία, τα μέρη που αποτελούνται τα υδροπονικά συστήματα.
- 2) Κατά τη φάση του σχεδιασμού του υδροπονικού συστήματος το πρώτο στάδιο είναι να αποτυπωθούν οι προδιαγραφές του ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας που επιλέχθηκε και συγκεκριμένα:

2.1) Μηχανολογικό σχέδιο της κατασκευής του υδροπονικού συστήματος, που περιλαμβάνει τα μηχανολογικά μέρη της κατασκευής όπως για παράδειγμα (σωληνώσεις, σασί).

2.2) Ηλεκτρονικό σχέδιο που περιλαμβάνει τα ηλεκτρονικά κυκλώματα ελέγχου και οδήγησης ενεργοποιητών και αισθητήρων.

2.3) Λογισμικό του μικροελεγκτή που ενσωματώνει το κύκλωμα ελέγχου του υδροπονικού συστήματος.

3) Σχεδιασμός και κατασκευή πρωτότυπου προκειμένου να μελετηθεί η ορθή λειτουργία του, να καταγραφούν λάθη και ελλείψεις με σκοπό την περαιτέρω ανάπτυξη/βελτίωση του.

3.1) Εκτύπωση 3D των μηχανολογικών μερών του μηχανολογικού σχεδίου.

3.2) Σύνθεση – συναρμολόγηση των μηχανολογικών τμημάτων της κατασκευής του συστήματος. Έλεγχος (δουλεύει, δεν δουλεύει).

3.3) Κατασκευή ηλεκτρονικού κυκλώματος βάση του ηλεκτρονικού σχεδίου (schematic). Αρχική υλοποίηση σε ένα πρωτότυπο. Έλεγχος ορθής λειτουργίας. Σε περίπτωση που δεν δουλεύει σύμφωνα με τις προδιαγραφές, επανασχεδίαση και επανέλεγχος. Αν το πρωτότυπο δουλεύει ορθά τότε το επόμενο βήμα είναι η σχεδίαση και κατασκευή πλακέτας .

3.4) Συγγραφή κώδικα μικροελεγκτή βάση του διαγράμματος ροής (2.3).

3.5) Σύνθεση, συναρμολόγηση. Έλεγχος σωστής λειτουργίας του ηλεκτρονικού σχεδίου και ενδεχόμενη προσθήκη κάποιων αλλαγών αν παρατηρούνται σφάλματα κατά τη λειτουργία.

4) Αξιολόγηση πρωτότυπου – Βελτιώσεις – Θετικά – Αρνητικά – Προβλήματα

2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Μια τοποθέτηση μονάδας καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους από άποψη εξοπλισμού αποτελείται από 3 βασικά τμήματα τα οποία υπάρχουν αναγκαστικά σε όλα τα συστήματα καλλιέργειας αυτού του τύπου:

- 1) Την εγκατάσταση παρασκευής θρεπτικού διαλύματος,
- 2) Τον εξοπλισμό μεταφοράς και διανομής του διαλύματος,
- 3) τους υποδοχείς των υποστρωμάτων ή του θρεπτικού διαλύματος και των φυτών.

Εκτός από τα προαναφερθέντα , πολλές εγκαταστάσεις υδροπονίας περιλαμβάνουν και ειδικά συστήματα αυτοματισμών καθώς και εξοπλισμό για τη συλλογή και ανακύκλωση των απόρων (Σάββας, 2011).

Εγκαταστάσεις προετοιμασίας θρεπτικού διαλύματος

Οι κοινές εγκαταστάσεις προετοιμασίας θρεπτικού διαλύματος που χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες εκτός εδάφους αποτελούνται από τα παρακάτω :

- 1) Σύστημα παροχής νερού,
- 2) Δεξαμενές πυκνών ή μητρικών διαλυμάτων, όπου σε αυτά διαλύονται αρχικά τα λιπάσματα με νερό,
- 3) εγκατάσταση αραιώσης των πυκνών διαλυμάτων χρησιμοποιώντας το νερό της άρδευσης το οποίο συνήθως συμπεριλαμβάνει και σύστημα για τον αυτόματο έλεγχο της λειτουργίας της εγκατάστασης καθώς και μια μεγάλης ισχύς αντλία για την μεταφορά του διαλύματος στον χώρο της καλλιέργειας (Σάββας, 2011).

Σύστημα παροχής νερού

Το σύστημα παροχής νερού ενδεχομένως να είναι είτε μια γεώτρηση είτε μια σύνδεση με ένα τοπικό αρδευτικό δίκτυο είτε ένα σύστημα μετακίνησης του νερού από ένα πηγάδι σε μια πηγή. Το νερό κρίνεται απαραίτητο να είναι υψηλής ποιότητας όσον αφορά την περιεκτικότητά τους σε άλατα. Επιπλέον , τα υλικά της εγκατάστασης (σωληνώσεις) σημαντικό είναι να μην αφήνουν ελεύθερες στο νερό ουσίες ή ιόντα (π.χ. Zn). Σε όγκο , τέτοιο που μπορεί να οδηγήσει σε τοξικές συγκεντρώσεις για τα φυτά. Αν δεν διατίθεται νερό υψηλής ποιότητας, συνιστάται συγκέντρωση βρόχινου νερού το οποίο μπορεί να συλλέγεται από την οροφή του θερμοκηπίου ή σπιτιού(για την οικιακή εφαρμογή) και μέσω κατάλληλων υδρορροών να οδηγείται σε μια μεγάλη δεξαμενή αποθήκευσης. Μεταξύ της πηγής του νερού και του συστήματος παρασκευής του διαλύματος παρεμβάλλονται διάφορες συσκευές και εξαρτήματα με στόχους τον καθαρισμό του νερού, ρύθμιση και τον έλεγχο της παροχής αυτού και την ασφάλεια λειτουργίας των εγκαταστάσεων. Για τον καθαρισμό του νερού χρησιμοποιούνται κατάλληλα για το σκοπό αυτό φίλτρα. Κρίνεται σημαντικό για τον καθαρισμό του νερού από στερεά σωματίδια όπως άμμος, άργιλος, μικροοργανισμοί κι άλλα, ώστε να μην δημιουργούνται δυσλειτουργίες αποφράξεων στην εγκατάσταση παροχής του θρεπτικού διαλύματος στα φυτά. Υπάρχουν αρκετοί τύποι φίλτρων νερού κατάλληλη για εγκαταστάσεις υδροπονικών καλλιεργειών. Οι τύποι αυτοί δεν διαφέρουν σημαντικά από τους αντίστοιχους που γίνεται χρήση και στις κοινές καλλιέργειες στο έδαφος (Σάββας, 2011).

Η πίεση του νερού που φθάνει στο σύστημα παρασκευής θρεπτικού διαλύματος κρίνεται απαραίτητο να είναι επαρκής ώστε να διασφαλίζεται η καλή λειτουργία αυτού, χωρίς όμως να είναι και υπερβολικά υψηλή. Σε περίπτωση που η πίεση του νερού που φθάνει στον χώρο των εγκαταστάσεων παρασκευής του θρεπτικού διαλύματος είναι ανεπαρκής, θα πρέπει να παρεμβάλλεται ένα πιεστικό μηχάνημα. Άλλα εξαρτήματα που γίνεται χρήση για τη σωστή ρύθμιση της πίεσης του νερού καθώς και για τον έλεγχο και την ασφάλεια της λειτουργίας τις εγκαταστάσεις είναι ρυθμιστές πίεσης, μανόμετρα, βάνες, βαλβίδα αντεπιστροφής, υδρόμετρα και άλλα (Σάββας, 2011).

Άρδευση καλλιέργειών υδροπονικού συστήματος.

Στην υδροπονική καλλιέργεια η παροχή νερού συνδέεται άρρηκτα με τη τροφοδότηση λιπασμάτων δεδομένου ότι τα φυτά δεν ποτίζονται ποτέ με καθαρό νερό αλλά με θρεπτικό διάλυμα. Στις υδροκαλλιέργειες, λόγω της απουσίας ενός πορώδους υλικού που θα μπορούσε να συγκρατήσει το νερό, είναι αναγκαία η συνεχής χορήγηση θρεπτικού διαλύματος η συνεχής διατήρηση μιας ποσότητας αυτού σε ένα δοχείο ή μια λεκάνη καλλιέργειας. Αντίθετα, στις καλλιέργειες σε υποστρώματα, τα τελευταία συγκρατούν σημαντικές ποσότητες νερού στο πορώδες τους, οπότε δεν είναι αναγκαία η συνεχής χορήγηση θρεπτικού διαλύματος. Όπως και στις καλλιέργειες στο έδαφος, τα φυτά που αναπτύσσονται σε υποστρώματα μπορούν να αρδεύονται περιστασιακά για μικρά χρονικά διαστήματα με στόχο να δημιουργηθεί ένα απόθεμα νερού το οποίο συγκρατείται στο πορώδες. Αυτό το απόθεμα νερού καλύπτει τις υδατικές ανάγκες των φυτών για ένα χρονικό διάστημα και στη συνέχεια επακολουθεί νέα εφαρμογή άρδευσης. Στις εκτός εδάφους καλλιέργειες όμως, ο όγκος του υποστρώματος και συνεπώς και του μέγιστου δυνατού αποθέματος θρεπτικού διαλύματος ανά φυτό είναι δραστικά μικρότερος σε σύγκριση με τις παραδοσιακές καλλιέργειες στο έδαφος. Επομένως, οι εκτός εδάφους καλλιέργειες πρέπει απαραίτητα να αρδεύονται πολύ πιο συχνά από αυτές που αναπτύσσονται στο έδαφος, ενώ παράλληλα ο όγκος νερού ανά φυτό που παρέχεται σε κάθε εφαρμογή άρδευσης (αρδευτική δόση) πρέπει να είναι ανάλογα μειωμένος. Η εφαρμογή υψηλών αρδευτικών δόσεων στις εκτός εδάφους καλλιέργειες είναι συνήθως ανώφελη, δεδομένου ότι ο όγκος του νερού που διαθέτει τη δυνατότητα να συγκρατηθεί στο πορώδες του υποστρώματος είναι σχετικά μικρός, οπότε το υπόλοιπο νερό θα στραγγίσει και θα απομακρυνθεί από το ριζόστρωμα (απορροή). Στην περίπτωση μάλιστα που δεν εφαρμόζεται ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος, η εφαρμογή υψηλών αρδευτικών δόσεων είναι και βλαπτική γιατί οδηγεί στην κατασπατάληση του νερού και των λιπασμάτων. Κατά κανόνα, στις καλλιέργειες σε υποστρώματα τα φυτά ποτίζονται αρκετές φορές στη διάρκεια του εικοσιτετράωρου. Κατά τη διάρκεια ημερών με ζεστό καιρό και ηλιοφάνεια ο αριθμός των αρδεύσεων μπορεί να φτάσει μέχρι και στις 20 ανά ημέρα ακόμα ανάλογα με το είδος του υποστρώματος, τον όγκο του ριζοστρώματος ανά φυτό και το είδος του καλλιεργούμενου φυτού (Σάββας, 2011).

Η συνολική ποσότητα νερού που κρίνεται αναγκαία να δοθεί σε μια υδροπονική καλλιέργεια συχνά δεν διαφέρει σημαντικά σε σύγκριση με τις ποσότητες που διατίθενται σε ανάλογες καλλιέργειες στο έδαφος, εφόσον όλοι οι άλλοι παράγοντες (ηλικία φυτών, κλιματικές συνθήκες, σύστημα άρδευσης και άλλα) είναι παρόμοια. Συχνά μάλιστα η κατανάλωση νερού στις εκτός εδάφους καλλιέργειες είναι χαμηλότερες σε σύγκριση με αυτές που αναπτύσσονται στο έδαφος ακόμα δεδομένου ότι στις πρώτες η εξάτμιση είναι μειωμένη, αφού τόσο το έδαφος όσο και τα υποστρώματα, τα κανάλια ή οι λεκάνες καλλιέργειας καλύπτονται με πλαστικό φύλλο. Συνεπώς, στις καλλιέργειες εκτός εδάφους η

αποτελεσματικότητα χρήσης νερού είναι συνήθως υψηλότερη σε σύγκριση με τις καλλιέργειες στο έδαφος. Η εφαρμογή συχνής άρδευσης στις εκτός εδάφους καλλιέργειες δεν αυξάνει σε καμία περίπτωση την κατανάλωση νερού ακόμα αφού η αρδευτική δόση είναι πολύ μικρότερη σε σύγκριση με τις καλλιέργειες που αναπτύσσονται στο έδαφος (Σάββας, 2011).

Εγκαταστάσεις χειρωνακτικής αραίωσης πυκνών διαλυμάτων

Σε σπάνιες περιπτώσεις, ορισμένες μικρού μεγέθους καλλιέργειες εκτός εδάφους δεν παρέχουν ειδικές μονάδες για αυτόματη αραίωση των πυκνών διαλυμάτων αλλά μια μεγάλη δεξαμενή, μέσα στην οποία δημιουργείται το θρεπτικό διάλυμα χειρωνακτικά. Η παρασκευή του διαλύματος γίνεται εύκολα με ρίψη των αναγκαίων ποσοτήτων πυκνών διαλυμάτων μέσα στη δεξαμενή και στη συνέχεια με γέμισμα αυτής με νερό. Για την ακριβή μέτρηση του όγκου των πυκνών διαλυμάτων που ρίχνονται κάθε φορά στη δεξαμενή μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε μεγάλα ογκομετρικά δοχεία είτε δοσομετρικές αντλίες. Στην πρώτη περίπτωση η μεταφορά των πυκνών διαλυμάτων από τα δοχεία τους στην δεξαμενή γίνεται χειρωνακτικά, οπότε καταβάλλεται η ανάλογη προσπάθεια από το εργατικό προσωπικό. Στην δεύτερη περίπτωση, η έναρξη και η λήξη της έγχυσης πυκνών διαλυμάτων μέσω των δοσομετρικών αντλιών μπορεί να γίνεται είτε χειροκίνητα είτε αυτόματα μέσω κατάλληλου προγραμματιστή. Το νερό που εισάγεται στη δεξαμενή θα πρέπει να έχει κάποια πίεση, ώστε να δημιουργείται ρεύμα ανάδευσης το οποίο προκαλεί ταχύτατη ανάμιξη των πυκνών διαλυμάτων με το νερό. Για την επίτευξη όσο το δυνατόν μεγαλύτερης ακρίβειας στην αναλογία αραίωσης του νερού με τα πυκνά διαλύματα, συνιστάται η κατά όγκο βαθμολόγηση της δεξαμενής με μια κατακόρυφη κλίμακα. Η χωρητικότητα της δεξαμενής κρίνεται απαραίτητο να είναι όσο γίνεται μεγαλύτερη, ώστε ο όγκος του θρεπτικού διαλύματος που παρασκευάζεται κάθε φορά να επαρκεί για την τροφοδότηση των φυτών για χρονικό διάστημα 1 έως 2 ημερών τουλάχιστον (Σάββας, 2011).

Η αποστολή του θρεπτικού διαλύματος από τη δεξαμενή στα φυτά γίνεται με μια κοινή αντλία η οποία όμως κρίνεται απαραίτητο να έχει την απαιτούμενη παροχή και να είναι ανθεκτική στη διάβρωση. Ακόμη και σε τέτοιες απλές εγκαταστάσεις παρασκευής θρεπτικού διαλύματος είναι δυνατή η τοποθέτηση ενός περιορισμένου συστήματος αυτομάτου ελέγχου (χρονοδιακόπτες, χρόνο ρυθμιστές, ηλεκτροβάννας), ώστε η έναρξη και η λήξη κάθε κύκλου άρδευσης να γίνεται αυτόματα (Σάββας, 2011).

Όταν επιλέγεται η λύση της κατασκευής μιας μεγάλης δεξαμενής για την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος αποφεύγεται η δαπάνη της αγοράς εγκαταστάσεων αυτόματης αραίωσης των πυκνών διαλυμάτων. Ένα ακόμη πλεονέκτημα σε αυτήν την περίπτωση αποτελεί ότι δεν χρειάζεται η εξοικείωση του καλλιεργητή στον χειρισμό μηχανημάτων που λειτουργούν με σχετικά περίπλοκο τρόπο. Από την άλλη πλευρά όμως, προκύπτει το όχι ευκαταφρόνητο κόστος της κατασκευής μιας μεγάλης χωρητικότητας δεξαμενής με υλικά που θα πρέπει να μην απελευθερώνουν ιόντα ή άλλες χημικές ουσίες στο διάλυμα το οποίο περιέχουν. Παράλληλα, αχρηστεύετε και ένα σημαντικό μέρος της καλλιεργούμενης έκτασης το οποίο χρησιμοποιείται για την κατασκευή της δεξαμενής, ενώ ένα άλλο πολύ σημαντικό μειονέκτημα είναι η ανάγκη καθημερινής σχεδόν παρασκευής νέου θρεπτικού διαλύματος, με συνέπεια να δημιουργούνται αυξημένες δαπάνες για εργατικά. Ένα ακόμη μειονέκτημα που χαρακτηρίζει μια τέτοια απλή εγκατάσταση είναι η δυσκολία αραίωσης των πυκνών διαλυμάτων με νερό στην κατάλληλη αναλογία. Τέλος, ένας τέτοιος τρόπος παρασκευής θρεπτικού διαλύματος και αποστολής του στα φυτά δεν είναι συμβατός με τη

χρήση εκτεταμένων αυτοματισμών όσον αφορά τη ρύθμιση της σύστασης του διαλύματος, τον χρόνο και τη διάρκεια των ποτισμάτων. Για όλους τους παραπάνω λόγους, η χρήση μεγάλου δεξαμενών για την απευθείας παρασκευή και χορήγηση θρεπτικού διαλύματος σε καλλιέργειες εκτός εδάφους χωρίς τη χρήση εγκαταστάσεων αυτόματης αραιώσης πυκνών διαλυμάτων χρησιμοποιείται σπάνια στη καλλιεργητική πράξη. Ωστόσο στη δική μας περίπτωση, που απευθυνόμαστε σε μια οικιακή εφαρμογή της οποίας το κόστος θα πρέπει να είναι μειωμένο, η λύση της χειρωνακτικής αραιώσης σε σχέση με τη λύση της αυτοματοποιημένης αραιώσης είναι πολύ πιο απλή ως κατασκευή και μειώνει αρκετά το κόστος της. (Σάββας, 2011)

Μονάδα αυτόματης αραιώσης πυκνών διαλυμάτων.

Στις επόμενες παραγράφους θα γίνει μια γενική περιγραφή της αυτόματης αραιώσης πυκνών διαλυμάτων, με σκοπό απλά την ενημέρωση καθώς δεν χρησιμοποιήθηκε στη κατασκευή.

Το σύστημα αυτόματης αραιώσης των συμπυκνωμένων διαλυμάτων (κεφαλή υδρολίπανσης) υπάρχει πιθανότητα να είναι είτε ένα αυτοσχέδιο σύστημα που αποτελείται από μία ή περισσότερες ανεξάρτητες αντλίες, ή από ανεξάρτητες μεταξύ τους δοσομετρικές αντλίες, ή μία προκατασκευασμένη εγκατάσταση. Οι κεφαλές υδρολίπανσης αραιώνουν με αυτόματο τρόπο τα συμπυκνωμένα διαλύματα των υδατοδιαλυτών λιπασμάτων και αφού δημιουργήσουν το αραιωμένο διάλυμα το αποστέλλουν στα φυτά μέσω της εγκατάστασης άρδευσης. Γενικά, οι κεφαλές υδρολίπανσης που χρησιμοποιούνται στις υδροπονικές καλλιέργειες είναι κατάλληλες και για καλλιέργειες στο έδαφος. Συνήθως όμως, όταν οι κεφαλές υδρολίπανσης είναι ειδικά κατασκευασμένες για χρήση σε καλλιέργειες εκτός εδάφους, έχουν αυξημένες δυνατότητες αυτοματοποίησης και διαχείρισης του θρεπτικού διαλύματος, πολλές από τις οποίες δεν είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για τις καλλιέργειες στο έδαφος (Σάββας, 2011).

Οι ανεξάρτητες μεταξύ τους δοσομετρικές αντλίες συντελούν μια φθηνή λύση για μικρές θερμοκηπιακές μονάδες οι οποίες επιθυμούν μεν να μεταπηδήσουν στην υδροπονία αλλά παράλληλα διστάζουν ή δεν έχουν την οικονομική δυνατότητα να προμηθευτούν τον κατάλληλο πάγιο εξοπλισμό. Λόγω των περιορισμένων δυνατοτήτων που έχουν οι ανεξάρτητες δοσομετρικές αντλίες, οι περισσότερες υδροπονικές μονάδες χρησιμοποιούν προκατασκευασμένες κεφαλές υδρολίπανσης με ενσωματωμένα όλα τα στοιχεία που απαιτούνται για την παρασκευή και τη διαχείριση του θρεπτικού διαλύματος μια προκατασκευασμένη κεφαλή υδρολίπανσης μπορεί να διαχωριστεί : α) Στην υδραυλική μονάδα μέσω της οποίας αραιώνονται συνδυασμένα όλα τα συμπυκνωμένα διαλύματα συμπεριλαμβανομένων και του οξέος και β) στο ηλεκτρονικό σύστημα αυτόματου ελέγχου της λειτουργίας της με αφετηρία προκαθορισμένες οδηγίες (Σάββας, 2011).

Η μονάδα αυτόματου ελέγχου (προγραμματιστής) συντελεί ενιαίο κομμάτι του εξοπλισμού όλων των νέων κεφαλών υδρολίπανσης. Σημαντικά συστατικά της μονάδας αυτόματου ελέγχου αποτελούν 2 αισθητήρες, ο πρώτος για την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) και ο άλλος για το pH του παραγόμενου θρεπτικού διαλύματος. Αυτοί οι αισθητήρες καταγράφουν απρόσκοπτα τις τιμές EC και pH στο θρεπτικό διάλυμα για όσο διαρκεί η παρασκευή του και τις αποστέλλουν άμεσα στο σύστημα αυτόματου ελέγχου (δηλαδή σε πραγματικό χρόνο) (Σάββας, 2011).

Σύστημα μεταφοράς θρεπτικού διαλύματος.

Όταν δεν διατίθεται στερεό υπόστρωμα, το ριζικό σύστημα των φυτών αναπτύσσεται μέσα σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα το οποίο κατά κανόνα ανακυκλώνεται. Ειδικότερα, το θρεπτικό διάλυμα, αφού πάει στη δεξαμενή ανάπτυξης των φυτών, είτε εισάγεται και μένει εντός των δεξαμενών καλλιέργειας, είτε ρέει σε υδρορροές (NFT) ή πάνω στο καλυμμένο και σωστά διαμορφωμένο δάπεδο του θερμοκηπίου (plant plane hydroponics), είτε ψεκάζεται στο εσωτερικό των κλειστών δοχείων (αεροπονία). Καθένα από τα προαναφερθέντα υδροπονικά συστήματα παρουσιάζει σημαντικές ιδιαιτερότητες, τόσο στην κατασκευή του όσο και στον τρόπο λειτουργίας του, με συνέπεια να υπάρχουν σημαντικές διαφορές και στο σύστημα διακίνησης του θρεπτικού διαλύματος (Σάββας, 2011).

Αντίθετα με τα συστήματα καλλιέργειας σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα, στις καλλιέργειες σε στερεά υποστρώματα το σύστημα μετακίνησης του θρεπτικού διαλύματος προς και από τα φυτά συνήθως δεν διαφοροποιείται σημαντικά. Ένα τέτοιο σύστημα συνίσταται από τα εξής μέρη:

A) ένα δίκτυο αγωγών που μεταφέρουν το θρεπτικό διάλυμα από τις εγκαταστάσεις παρασκευής του στις γραμμές των φυτών,

B) τους διανεμητές του χορηγούμενου θρεπτικού διαλύματος και

Γ) τους αγωγούς συλλογής και επιστροφής του απορρέοντος θρεπτικού διαλύματος από τον χώρο του ριζοστρώματος πίσω στην εγκατάσταση παρασκευής αυτού, το οποίο όμως υπάρχει μόνο όταν το διάλυμα απορροής επαναχρησιμοποιείται (ανακυκλώνεται) (Σάββας, 2011).

3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Ύστερα από έρευνα αναζήτησης πληροφοριών στο διαδίκτυο αλλά και σε βιβλία (για παράδειγμα το βιβλίο με τίτλο «Καλλιέργειας εκτός εδάφους εκδόσεις αγροτύπος Α.Ε»). Οδηγήθηκα στο συμπέρασμα ότι η υδροπονία είναι μια καινοτομία η οποία δίνει λύση σε πολλά προβλήματα και εμπόδια που ταλαιπωρούν τις έως τώρα κλασσικές μεθόδους καλλιέργειας. Δίνει τη δυνατότητα στον καλλιεργητή να έχει τον πλήρη έλεγχο των καλλιεργειών του σε σημείο που μπορεί να λάβει πληροφορίες για την κατάστασή τους αλλά και για τις ανάγκες τους .

Αναζητώντας πληροφορίες για την υδροπονία μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι είναι πάρα πολλοί οι μέθοδοι καλλιέργειας. Έτσι αυτός ο καινοτόμος τρόπος καλλιέργειας μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί στις απαιτήσεις κάθε περιοχής εκμηδενίζοντας προβλήματα τα οποία μπορούν να εμφανιστούν, (για παράδειγμα: μολυσμένο νερό, χαμηλές θερμοκρασίες , ακραίες καιρικές συνθήκες). Η υδροπονική καλλιέργεια έχει πάρα πολλές διαφοροποιήσεις, μια από τις πιο βασικές είναι το ίδιο το έδαφος. Εύκολα λοιπόν μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι σε κάποιες καλλιέργειες χρησιμοποιείται υπόστρωμα και όχι το συνηθισμένο έδαφος (χώμα) που έως σήμερα γνωρίζαμε ότι είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη ενός φυτού. Το χαρακτηριστικό όμως αυτής της καλλιέργειας είναι η χρήση νερού και συγκεκριμένα διαλύματος καθώς περιέχει και λίπασμα για να μεταφέρει θρεπτικές ουσίες στη ρίζα του φυτού. Με λίγα λόγια δεν χρειάζεται χώμα ούτε καν υπόστρωμα αλλά οι ρίζες των φυτών «επιπλέουν» σε θρεπτικό διάλυμα ώστε να πραγματοποιηθεί η ανάπτυξη του φυτού. Με αυτή τη μέθοδο καλλιέργειας λοιπόν ο καλλιεργητής δεν κινδυνεύει από τα μικρόβια που βρίσκονται στο χώμα και βλάπτουν τα φυτά , άρα δεν χρησιμοποιούνται και φυτοφάρμακα ώστε να εξοντωθούν αυτά τα μικρόβια. Ήδη λοιπόν από το πρώτο και πιο βασικό στοιχείο «το έδαφος» που απαιτείται έως τώρα για να υφίσταται η καλλιέργεια ενός φυτού παρακάμπτεται με στόχο να επωφεληθεί ο καλλιεργητής . Ακόμη η καλλιέργεια μπορεί να πραγματοποιηθεί σε κλειστό στεγασμένο χώρο με σκοπό την αποφυγή των ακραίων καιρικών συνθηκών να πλήξουν την καλλιέργεια.

Έχοντας λοιπόν αυτά ως βάση επιλέχθηκε η κατασκευή ενός μηχανήματος που θα πραγματοποιεί όλη τη διαδικασία μιας υδροπονικής καλλιέργειας σε αυτοματοποιημένη μορφή. Με σκοπό, να χρησιμοποιηθεί ως μια οικιακή συσκευή η οποία δεν απαιτεί γνώσεις τη λειτουργία της έτσι όλα τα μέλη ενός νοικοκυριού να μπορούν να τη χρησιμοποιούν και να παράγουν τα δικά τους φυτά και να κατανοούν ακόμη και ως τροφή με όσο το δυνατόν πιο υγιεινό τρόπο.

4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

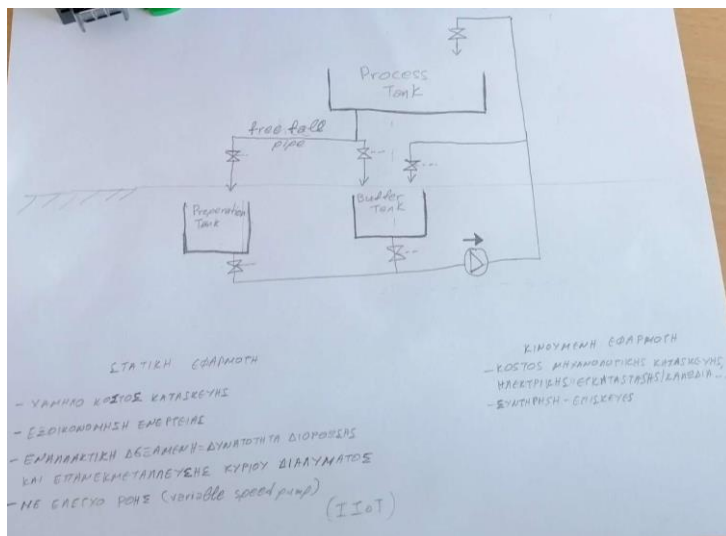
Σε πρώτο στάδιο αναγκαίο κρίνεται η διαδικασία ορισμού των προδιαγραφών της κατασκευής, καθώς έτσι θα οριστεί και η δομή της (για παράδειγμα το μέγεθος της και άλλα...).

Αφού αναφερόμαστε σε μια οικιακή συσκευή - μηχάνημα, θα πρέπει να καταλαμβάνει όσο το δυνατόν λιγότερο χώρο για να μπορεί να τοποθετηθεί στο εσωτερικό ή στον εξωτερικό χώρο ενός σπιτιού. Στη συνέχεια αναγκαίο κρίνεται να είναι ασφαλές και εύκολο στη λειτουργία του καθώς σε επαφή με το μηχάνημα θα έρχονται όλα τα μέλη της οικογένειας, δηλαδή και παιδιά μικρής ηλικίας τα οποία δεν μπορούν να αντιληφθούν τον κίνδυνο. Πρέπει να διασφαλιστεί η σωστή και ασφαλή λειτουργία του καθώς τροφοδοτείται με τάση 220 volt η οποία είναι ικανή να βλάψει σοβαρά την υγεία και αποτελεί τον πρωταρχικό και πιο σημαντικό κίνδυνο. Στη συνέχεια πραγματοποιείται κίνηση διαλύματος οπότε σημαντικό είναι να διασφαλιστεί η στεγανοποίηση του κλειστού κυκλώματος - βρόχου διαλύματος που ταξιδεύει μέσω της αντλίας και των συνδυασμό ηλεκτροβανών στις δεξαμενές της κατασκευής.

Ακόμη το μηχάνημα απευθύνεται σε άτομα τα οποία δεν έχουν καλλιεργητικές γνώσεις οπότε χρησιμοποιείτε ένας προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής (plc) ο οποίος έχει προγραμματιστεί για να πραγματοποιεί αυτόματα όλη τη διαδικασία ανάπτυξης των φυτών χωρίς να χρειάζεται την επίβλεψη κάποιου άτομα για τη σωστή λειτουργία του. Στο πρόγραμμα θα έχει προκαθοριστεί η διαδικασία τροφοδοσίας διαλύματος αλλά και η διαδικασία φωτοσύνθεσης ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε φυτού.

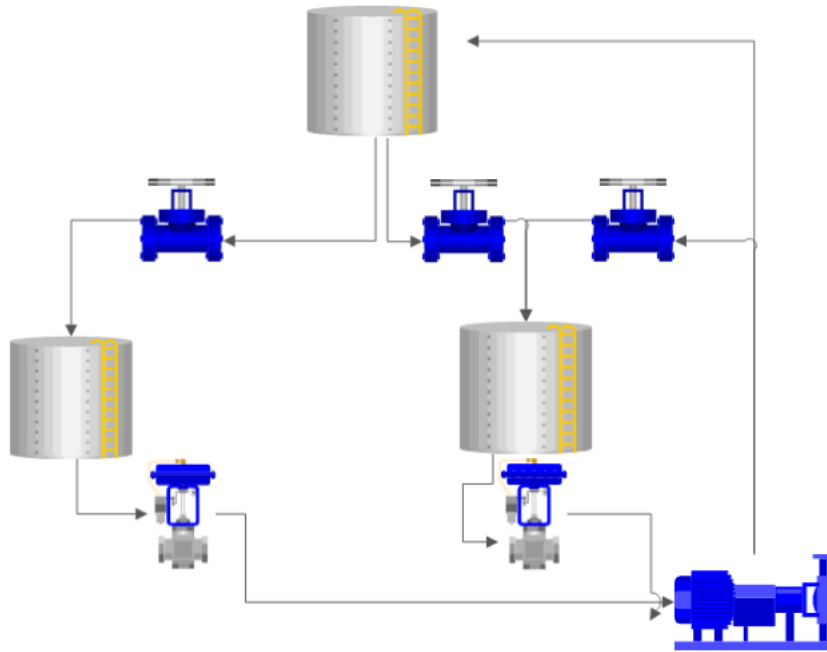
4.1 Μηχανολογικό σχέδιο.

Το πρώτο σχέδιο της κατασκευής ήταν ένα μονογραμμικό διάγραμμα ροής στο οποίο ορίσαμε τις αρχικές και βασικές προδιαγραφές στις οποίες επιλέξαμε να κινηθούμε. Στο πρώτο λοιπόν σχέδιο που απεικονίζεται στην εικόνα που ακολουθεί, απεικονίζεται η ροή του διαλύματος από την αντλία στις δεξαμενές και η κατεύθυνσή του καθορίζεται από τις ηλεκτροβάνες οι οποίες ελέγχονται από τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή (plc) και από απλές χειροκίνητες βάνες.



Εικόνα 1: Αρχικό μπλοκ Διάγραμμα του υδροπονικού συστήματος.

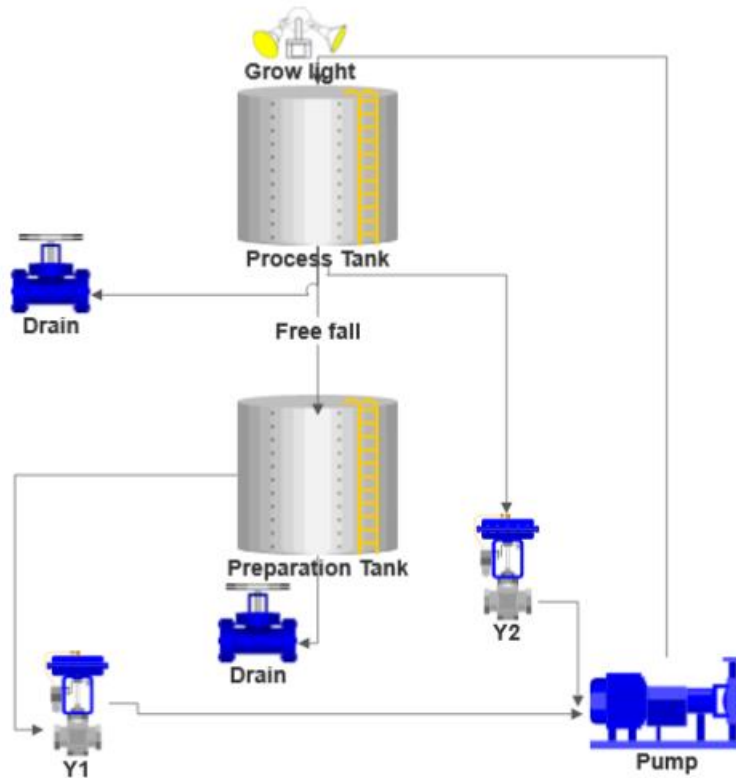
Ως πρώτη προσέγγιση του σχεδίου της κατασκευής παρατηρούμε ότι αποτελείται από 3 δεξαμενές (process tank (main tank), preparation tank, buffer tank). Στη δεξαμενή διεργασίας η οποία βρίσκεται στο υψηλότερο επίπεδο θα φιλοξενούσε τα φυτά, δηλαδή εκεί θα πραγματοποιούνταν η καλλιέργεια των φυτών. Στη συνέχεια με απλή ροή και μέσω 2 βανών το διάλειμμα θα ταξίδευε είτε στη δεξαμενή προετοιμασίας είτε στη δεξαμενή ρυθμίσεις του διαλύματος. Μετά μια αντλία θα ταξίδευε το διάλυμα είτε στη δεξαμενή ρύθμισης είτε στη δεξαμενή διεργασίας και η επιλογή συλλογής του διαλύματος από τις 2 δεξαμενές (preparation tank, buffer tank) θα πραγματοποιούνταν με ηλεκτροβάνες οι οποίες θα ρυθμιζόνταν βάση προγράμματος από προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή (plc) ώστε να γινόταν αυτόματα σωστά η επιλογή μετακίνησης του διαλύματος.



Εικόνα 2: Αρχικό μπλοκ διάγραμμα.

Ωστόσο, αυτό αποτελεί το πρώτο σχέδιο όπου και τελικά δεν υλοποιήθηκε καθώς οι 3 δεξαμενές θα καταλάμβαναν πολύ χώρο οπότε θα αυξανόταν και ο όγκος της κατασκευής αλλά και το κόστος της. Επειδή, λοιπόν βάσει των προδιαγραφών που ορίσαμε η κατασκευή μας θα πρέπει να καταλαμβάνει όσο το δυνατόν μικρότερο χώρο καταλήξαμε σε ένα άλλο σχέδιο αλλά με την ίδια λογική ροής διαλύματος αφαιρώντας μια δεξαμενή. Έτσι, το τελικό σχέδιο αποτελείται από 2 δεξαμενές. Η κύρια δεξαμενή (main tank) είναι και η δεξαμενή στην οποία πραγματοποιείται η ανάπτυξη των φυτών και η δεύτερη (buffer-preparation tank) είναι η δεξαμενή στην οποία προσθέτουμε νερό και υγρό λίπασμα δηλαδή δημιουργούμε ένα διάλυμα το οποίο μέσα σε κλειστό βρόχο θα ανακυκλώνεται.

Έτσι, το νέο σχέδιο που φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί αποτελείται πάλι από την κύρια δεξαμενή διεργασιών στην οποία αναπτύσσονται τα φυτά διαθέτει μια βάννα αποστράγγισης και με φυσική ροή το διάλυμα καταλήγει στη δεξαμενή προετοιμασίας του διαλύματος, η οποία και αυτή διαθέτει βάννα αποστράγγισης. Αυτό το σχέδιο διαθέτει πάλι 2 ηλεκτροβάνες προγραμματιζόμενες από plc, ώστε να γίνει η επιλογή της δεξαμενής μέσω της οποίας θα κινήσουμε το διάλυμα από την αντλία.



Εικόνα 3: Τελικό μπλοκ διάγραμμα το υδροπονικού συστήματος.

Κατασκευή δεξαμενών.

Η κατασκευή ξεκίνησε με τις δεξαμενές, καθώς είναι τα εξαρτήματα της κατασκευής που καταλαμβάνουν τον μεγαλύτερο χώρο και είναι αυτές που τελικά θα καθορίσουν το μέγεθος της, δηλαδή τις διαστάσεις του σασί. Στην εικόνα που ακολουθεί βλέπουμε στο πάτωμα δύο στρατζαρισμένα πολυκαρβονικά φύλλα, το ένα είναι το main tank και το δεύτερο και μικρότερο είναι το preparation tank. Πάνω στην επιφάνεια του ψαλιδιού είναι κομμάτια τα οποία ενώνονται για να φτιάξουμε τις δεξαμενές .



Εικόνα 4:Κοπή και στρατζάρισμα πολυκαρβονικών.

Στην συνέχεια, βλέπουμε την τελική όψη του preparation tank το οποίο αποτελείται από το στρατζαριστό και άλλα δύο φύλλα πολυκαρβονικού. Τα κομμάτια ενώθηκαν με ειδική κόλλα κατάλληλη για πολυκαρβονικά και επιπλέον ενισχύθηκαν με σιλικόνη για βέλτιστη μηχανική αντοχή και στεγανοποίηση.



Εικόνα 5:Preparation tank.

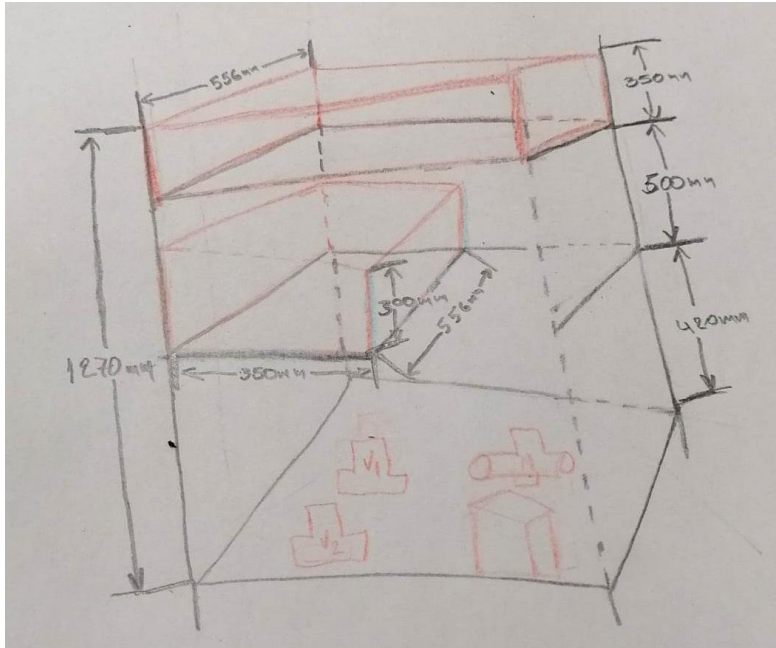
Πριν δημιουργηθεί το τελικό σχέδιο της κατασκευής μετρήθηκαν μία προς μία όλες οι διαστάσεις των εξαρτημάτων που θα τοποθετηθούν πάνω σε αυτή, ώστε να προκύψουν σωστές αποστάσεις στο τελικό σχέδιο. Η κατασκευή διαθέτει τρία επίπεδα το πρώτο είναι το επίπεδο ελέγχου, το επόμενο επίπεδο αποτελείται από τη preparation δεξαμενή και το τελευταίο από τη main δεξαμενή στην οποία αναπτύσσονται τα φυτά. Στη φωτογραφία που ακολουθεί τοποθετήθηκαν τα εξαρτήματα στο πάτωμα με σκοπό τον τελικό ορισμό αποστάσεων για την κατασκευή του σασί.



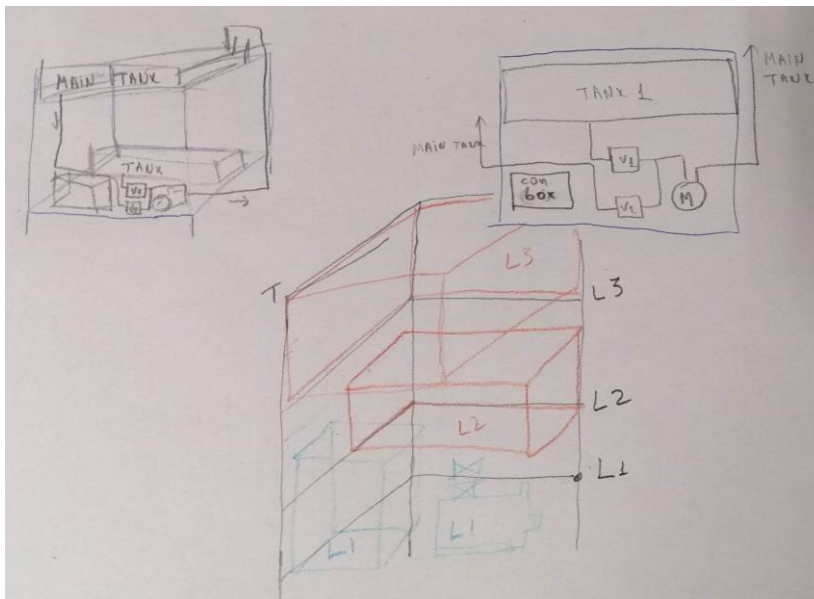
Εικόνα 6:Μέτρηση συνολικού ύψους κατασκευής.

Βλέπουμε ότι δίπλα στα εξαρτήματα είναι τοποθετημένο ένα μέτρο για να δούμε το συνολικό ύψος της κατασκευής

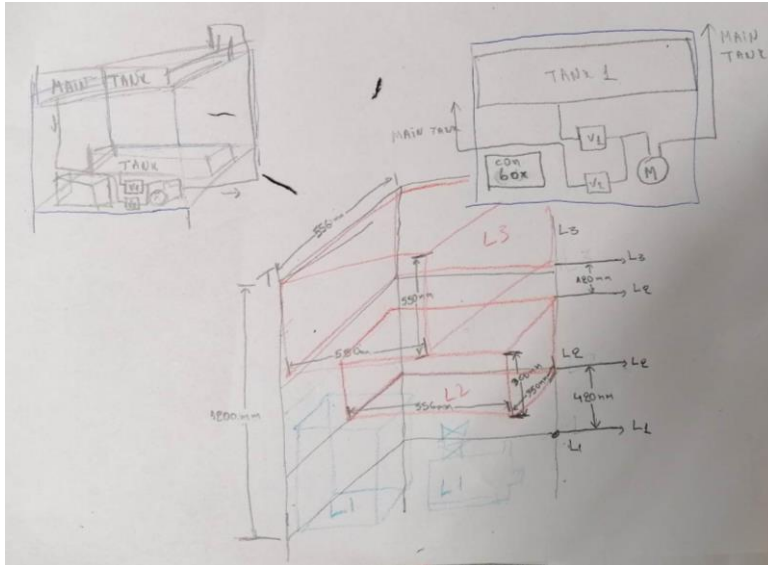
Στο σχέδιο που ακολουθεί ,σχεδιάστηκε η κατασκευή σε 3 διαστάσεις με σκοπό να οριστεί η τελική διάσταση του σασί τριών επιπέδων για να τοποθετηθούν σε αυτό οι δύο δεξαμενές , ο ηλεκτρικός πίνακας, η αντλία και οι βάνες. Προτεραιότητα στο σχεδιασμό του σασί είχε η εξοικονόμηση χώρου, έτσι βάση του εξοπλισμού της κατασκευής ελαχιστοποιήθηκαν όσο ήταν δυνατών οι αποστάσεις των εξαρτημάτων. Αναλυτικότερα, στο σχέδιο απεικονίζονται όλες οι διαστάσεις για κάθε επίπεδο της κατασκευής .



Εικόνα 7: 3D σχέδιο υδροπονικού συστήματος και διαστασιολόγηση.



Εικόνα 8: 3D απεικόνιση των επιπέδων της κατασκευής.



Εικόνα 9: Διαστασιολόγηση.

Κατασκευή σασί.

Σύμφωνα λοιπόν με τις διαστάσεις που αποτυπώνονται στο σχέδιο, αθροίστηκαν τα μήκη και έτσι προέκυψε το τελικό σύνολο μέτρων για τα σίδερα που απαιτεί η κατασκευή. Το επόμενο βήμα ήταν η αγορά των σιδερων τύπου γωνία 90 μοιρών με πάχος 3 χιλιοστά. Επιλέχθηκε αυτό το είδος σιδερου , καθώς λόγω της γωνίας δημιουργεί «νεύρα» - ενίσχυση και το συγκεκριμένο πάχος επιλέχθηκε λόγω του φορτίου της κατασκευής , γιατί πέρα από τα εξαρτήματά της θα πρέπει να είναι ικανή να αντέξει μια ποσότητα γύρω στα 50 λίτρα διαλύματος (νερό και λίπασμα) όταν αυτή τεθεί σε λειτουργία. Οπότε, αυτή η επιλογή έγινε για να μην δημιουργηθεί κάποια μηχανική παραμόρφωση καθώς τεθεί σε λειτουργία το μηχάνημα.



Εικόνα 10: Συγκέντρωση υλικών.

Η αρχή λοιπόν έγινε κατασκευάζοντας πρώτα το περίγραμμα των δεξαμενών, όπως ήδη έχουμε αναφέρει οι δεξαμενές καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο όγκο στην κατασκευή για αυτό έγινε η αρχή από αυτές. Στην εικόνα που ακολουθεί απεικονίζεται ο τρόπος ένωσης το περιγράμματος στο οποίο πατάει πάνω η δεξαμενή. Με λίγα λόγια έχουν κοπεί τα κατάλληλα κομμάτια σίδηρο τύπου γωνία 90 μοιρών και ενώνονται μεταξύ τους.



Εικόνα 11:Κατασκευή περιγραμμάτων των δεξαμενών.



Εικόνα 12: Διαδικασία κοπής μετάλλων για τη κατασκευή του σασί.

Για διευκόλυνση του τρόπου εργασίας έχουν σημαδευτεί τα μήκη και τα πλάτη για να διευκολυνθεί η συναρμολόγηση τους και να αποφευχθούν τα λάθη, καθώς τα κομμάτια ενώνονται μεταξύ τους κολλώντας το ένα με το άλλο (γίνεται χρήση ηλεκτροκόλλησης). Επειδή λοιπόν, είναι αρκετά δύσκολη και χρονοβόρα η διαδικασία αποκόλλησης και ξανακόλλησης των κομματιών έγινε σωστή οργάνωση εξαρχής ώστε να μην επαναλαμβάνονται οι ίδιες κινήσεις.

Στις 2 επόμενες εικόνες που ακολουθούν βλέπουμε το περίγραμμα της κύριας δεξαμενής λίγο πριν ενωθούν τα κομμάτια μεταξύ τους. Γίνεται έλεγχος για τη σωστή εφαρμογή της δεξαμενής εντός του πλαισίου της και στη συνέχεια ακολουθεί η ένωση των τμημάτων.



Εικόνα 13: Σωστή συναρμολόγηση των κομματιών στο μέρος που αντιστοιχούν.



Εικόνα 14: Δοκιμή εφαρμογής περιγράμματος στη δεξαμενή.

Στην επόμενη φωτογραφία απεικονίζεται το περίγραμμα της κύριας δεξαμενής με ενωμένα τα τμήματα από τα οποία αποτελείται δηλαδή είναι κολλημένο.



Εικόνα 15: Διαδικασία κόλλησης περιγραμμάτων των δεξαμενών.

Με τον ίδιο ακριβώς τρόπο φτιάχτηκε και το περίγραμμα για την δεξαμενή 2 (preparation tank), δηλαδή πάλι κόπηκαν τα κομμάτια του προγράμματος ελέγχθηκαν εάν είναι σωστά και στη συνέχεια πωλήθηκαν μεταξύ τους.

Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε για άλλη μια φορά για να φτιαχτεί το πάτωμα δηλαδή το μέρος πάνω στο οποίο είναι τοποθετημένος ο έλεγχος της κατασκευής μας. Γίνεται λοιπόν αναφορά για το πρώτο επίπεδο το οποίο αποτελείται από τον ηλεκτρικό πίνακα, τις ηλεκτρικές βάνες και την αντλία. Με μόνη διαφορά ότι αντί για να μείνει σκέτο το περίγραμμα εντός αυτού τοποθετήθηκε μια λαμαρίνα πάχους 2 χιλιοστών πάνω στην οποία εδράζει όλος ο έλεγχος της κατασκευής.



Εικόνα 16: Κόλληση λαμαρίνας 2mm στο περίγραμμα για την κατασκευή του πατώματος.

Στην προηγούμενη φωτογραφία απεικονίζεται το περίγραμμα του πατώματος με το φύλλο λαμαρίνας το οποίο έχει κοπεί στις σωστές διαστάσεις και είναι έτοιμο να κολληθεί πάνω στο περίγραμμα. Στην αμέσως επόμενη εικόνα απεικονίζεται το πάτωμα στην τελική του μορφή.



Εικόνα 17: Τελική μορφή του πατώματος.

Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνονται και τα 3 περιγράμματα της κατασκευής δηλαδή τα 3 επίπεδα από τα οποία αποτελείται .



Εικόνα 18: Περιγράμματα.

Ύστερα από την κατασκευή των περιγραμμάτων σειρά έχει και η κατασκευή των 4 ποδιών στα οποία θα στηριχθούν όλα τα επίπεδα . Τα πόδια μεταξύ τους είναι ισομήκη οπότε πολύ απλά κόπηκαν 4 ίδια κομμάτια σίδηρο .



Εικόνα 19: Περιγράμματα και τα πόδια στήριξης του σασί.

Επόμενο στάδιο αποτέλεσε ο τρόπος στήριξης-σύνδεσης των περιγραμμάτων με τα πόδια. Για να πραγματοποιηθεί αυτό φτιάχτηκαν για κάθε περίγραμμα 4 ίδιες γωνίες όπου τοποθετούνται στις γωνίες των περιγραμμάτων. Από τη μία πλευρά τους διαθέτουν οπή 8 χιλιοστών ενώ από την άλλη κολλήθηκαν πάνω στα περιγράμματα. Στις 2 επόμενες εικόνες που ακολουθούν φαίνεται σχεδίαση και κατασκευή αυτών.



Εικόνα 20 : Κατασκευή γωνιών ένωσης περιγραμμάτων με τα πόδια.



Εικόνα 21 : Κόλληση γωνιών στα περιγράμματα.

Αφού λοιπόν ολοκληρώθηκαν όλα τα περιγράμματα, στη συνέχεια ανοίχτηκαν οπές πάνω στα πόδια διατομής 8 χιλιοστών σε αποστάσεις σύμφωνα με το σχέδιο ώστε να βιδωθούν πάνω σε αυτά τα περιγράμματα. Έτσι, στην εικόνα που ακολουθεί απεικονίζεται η συναρμολόγηση των επιπέδων που φιλοξενούν τις δεξαμενές.



Εικόνα 22 : Συναρμολόγηση των επιπέδων των δεξαμενών με τα πόδια στήριξης.

Η ένωση των ποδιών με τα περιγράμματα τους πραγματοποιήθηκε με βίδες 8 χιλιοστών. Επιλέχθηκαν αυτές οι βίδες ώστε να είναι ικανές να αντέξουν τις μηχανικές καταπονήσεις της κατασκευής. Στην επόμενη φωτογραφία που ακολουθεί απεικονίζεται όλο το σασί συναρμολογημένο.



Εικόνα 23: Ολοκλήρωση συναρμολόγηση όλων των κομματιών του σασί.

Ολοκλήρωση σασί και τοποθέτηση των δεξαμενών πάνω σε αυτό.



Εικόνα 24: Πρώτη όψη κατασκευής με τις δεξαμενές τοποθετημένες στη θέση τους.

4.2 Ηλεκτρονικό - ηλεκτρολογικό σχεδιασμό (ηλεκτρονικό σχέδιο)

Επόμενο βήμα για την αποπεράτωση της κατασκευής αποτελεί η κατασκευή του ελέγχου - διαχείρισης του μηχανήματος. Αυτό αφορά την κατασκευή του ηλεκτρολογικού - ηλεκτρονικού ελέγχου. Βάση λοιπόν του αρχικού σχεδίου η μετακίνηση του θρεπτικού διαλύματος πραγματοποιείται μέσω μίας αντλίας και η επιλογή ανάλογα με το κύκλο του προγράμματος που έχει επιλεχθεί, δηλαδή από ποια δεξαμενή θα αντλήσουμε το θρεπτικό διάλυμα πραγματοποιείται μέσω 2 ηλεκτροβανών. Η μία βάννα στέλνει το διάλυμα από την κύρια δεξαμενή στην αντλία ενώ η δεύτερη βάννα στέλνει το διάλυμα από τη δευτερεύουσα - preparation δεξαμενή στην αντλία. Από την αντλία λοιπόν το διάλυμα μεταφέρεται μόνο στην κύρια δεξαμενή, δηλαδή εκεί που γίνεται η ανάπτυξη των φυτών. Έχοντας λοιπόν ως βάση αυτό το σχέδιο μεταφοράς του θρεπτικού διαλύματος αποτυπώθηκε το παρακάτω ηλεκτρολογικό σχέδιο στο πρόγραμμα σχεδίασης erlan με σκοπό να ξεκινήσει η κατασκευή του πίνακα .

Στην πρώτη σελίδα αποτυπώνονται τα στοιχεία του κατασκευαστή αλλά και τα στοιχεία του "πελάτη" στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι το Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.



GC

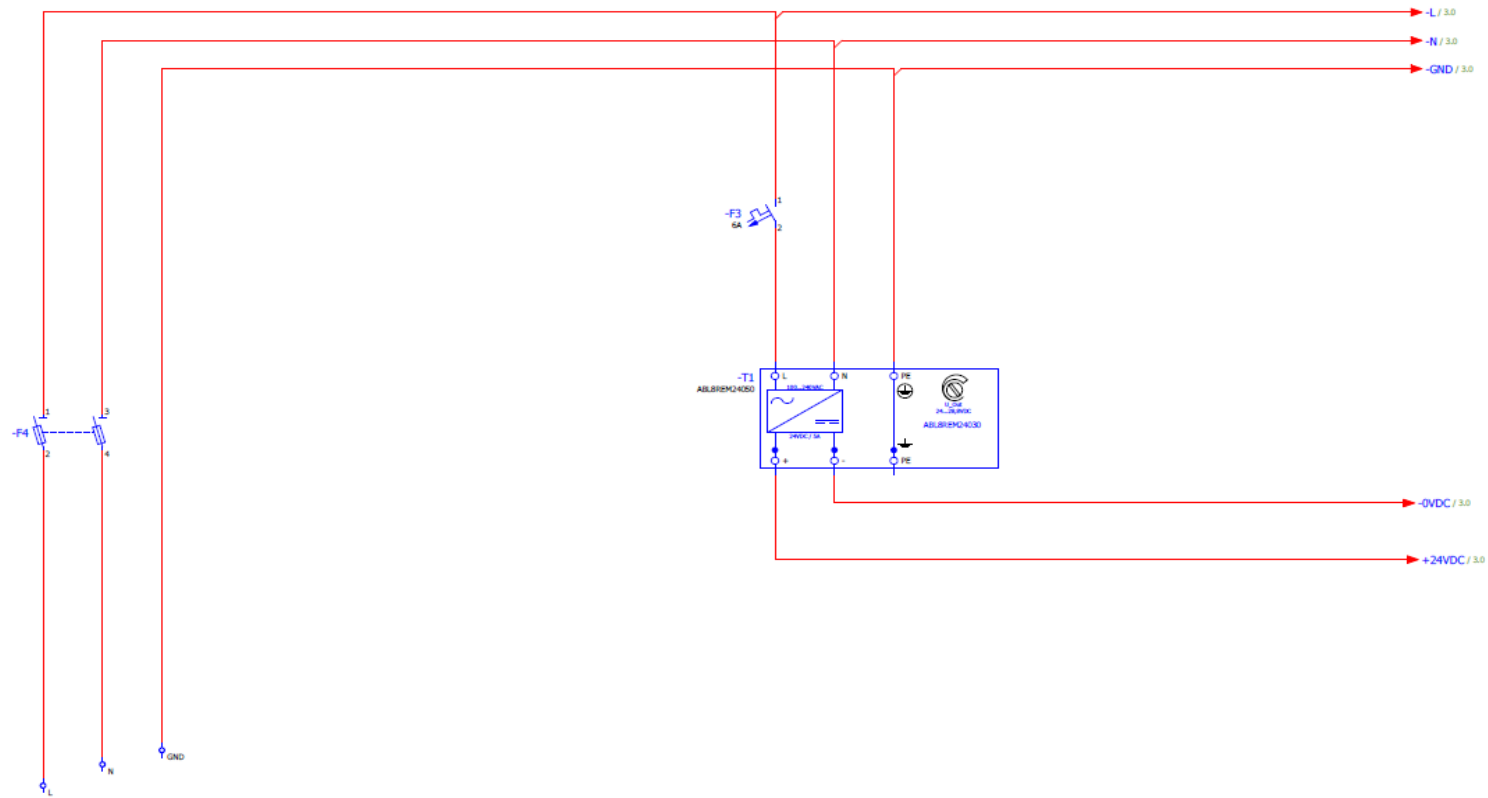
73005 Χανιά
Phone. 6930380633

Company / customer	Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής		
Project description	Αυτόματο σύστημα υδροπονικής καλλιέργειας για οικιακή χρήση		
Job number	ΠΑΔΑ_1		
Commission	EPLAN		
Manufacturer (company)	GC		
Path	EPLAN sample project		
Project name	OGARDEN		
Make	GC		
Type			
Place of installation	Χανιά		
Responsible for project			
Part feature			
Created on	12/8/2022		
Edit date	29/3/2023	by (short name) Pc	Number of pages 3

Εικόνα 25 : Στοιχεία πελάτη.

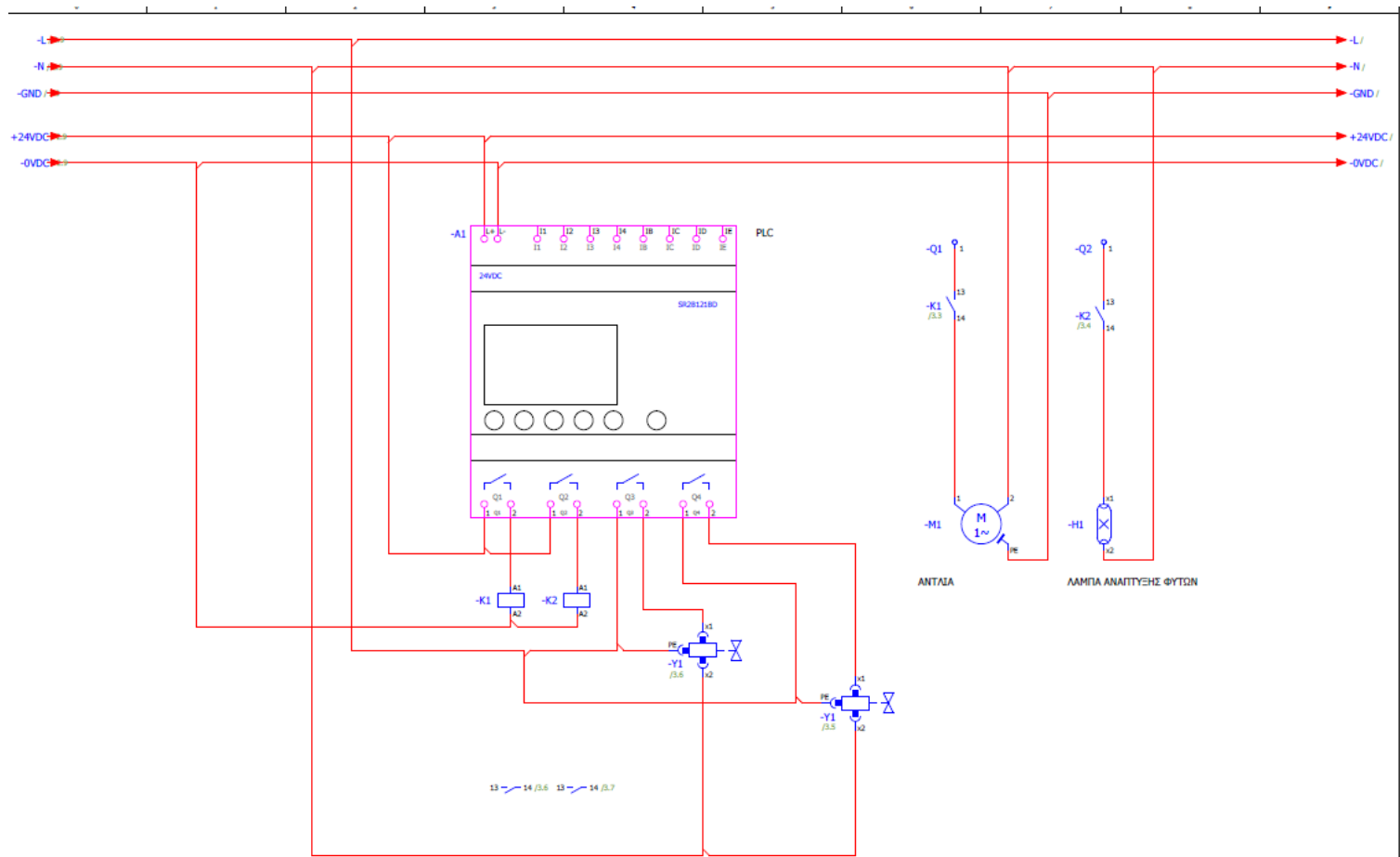
Στην πρώτη σελίδα που ουσιαστικά ξεκινάει το σχέδιό αποτυπώνεται το κομμάτι ισχύος του πίνακα. Με μια γρήγορη εξήγηση οι 3 κύριες γραμμές αποτυπώνουν φάση (L), ουδέτερο (N) και γείωση (GND) παρατηρούμε μια ασφάλεια η οποία διακόπτει φάση και ουδέτερο ενώ παρατηρούμε άλλη μια ασφάλεια η οποία διακόπτει φάση και τροφοδοτεί το τροφοδοτικό το οποίο από 230 volt ac τα μετατρέπει σε 24 volt dc. Τα 24 volt dc τα χρειάζονται για να τροφοδοτήσουν τον μικροελεγκτή και τον αισθητήρα - φλοτέρ που έχει χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή.

Στην επόμενη και τελευταία σελίδα του σχεδίου αποτυπώνονται με γραμμές η φάση , ο ουδέτερος , η γείωση , τα 24 v dc και τα 0 v dc. Τροφοδοτείται ο μικροελεγκτής με 24v dc και 0v dc. Ο μικροελεγκτής που χρησιμοποιήθηκε είναι ο sr2b121bd της εταιρείας schneider electric. Στις εξόδους του μικροελεγκτή και κατά σειρά στην πρώτη έξοδο Q1 έχει συνδεθεί το μικρορελέ K1 το οποίο εκκινεί την αντλία. Στην έξοδο και Q2 έχει συνδεθεί το μικρορελέ K2 το οποίο ανάβει το (grow light) ειδικό φως ανάπτυξης το φυτών, από το οποίο ακτινοβολούν υπέρυθρες ή υπεριώδης ακτινοβολία ή και τα 2 μαζί με σκοπό να προσομοιαστεί η ακτινοβολία του ήλιου και να επιτευχθεί η φωτοσύνθεση που κρίνεται καθοριστική για την ανάπτυξη του φυτού. Ακριβώς δίπλα από τον μικροελεγκτή που αποτελεί το control των λειτουργιών της κατασκευής παρουσιάζεται και το ηλεκτρικό ισχύος της αντλίας και της λάμπας ανάπτυξης των φυτών. Συνεχίζοντας απομένουν οι 2 ηλεκτροβάνες Y1 και Y2 οι οποίες απευθύνονται στην Q3 και Q4 εξόδους του μικροελεγκτή αντίστοιχα.



1		Date		29/3/2023	ΕΡΠΑΝ	GC	3	
		Ed.		pc				
		Appr.			Αυτόματο σύστημα υδρονομικής καλιέργειας για οικιακή χρήση			
Modification	Date	Name	Original	Replacement of	Replaced by		ΠΑΔΑ_1	Page 2
								Page 2 / 3

Εικόνα 26: Σχέδιο ισχύος.



2		Date	28/3/2023	EPLAN	GC		
		By	PC	Αυτόματο σύστημα υδροπονικής καλλιέργειας για οικιακή χρήση			
Modification	Date	Name	Original	Replacement of	Replaced by	TRADA_1	Page 3 / 3

Εικόνα 27: Σχέδιο ελέγχου (control).

Αφού λοιπόν καθορίστηκε το ηλεκτρολογικό σχέδιο αλλά και ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός (ασφάλειες, ρελέ, μικροελεγκτής και άλλα) επόμενο βήμα ήταν η συγκρότηση του υλικού και στη συνέχεια το μοντάρισμα του πίνακα, δηλαδή η εφαρμογή των συνδεσμολογιών βάση του ηλεκτρολογικού σχεδίου. Στις εικόνες που ακολουθούν φαίνεται το ηλεκτρολογικό υλικό αλλά και συνδεσμολογίες τους.

Βάσει λοιπόν του ηλεκτρολογικού υλικού επιλέχθηκε όσο το δυνατόν μικρότερο ερμάριο για να μειώσουμε στο χώρο που θα καταλαμβάνει.



Εικόνα 28: Πίνακας της κατασκευής.



Εικόνα 29: Χτίσιμο δομής πίνακα.

Αρχικά ο μικροελεγκτής είχε τοποθετηθεί στο εσωτερικό του πίνακα ωστόσο για την εξοικονόμηση ακόμα περισσότερου χώρου αλλά και για την εκμετάλλευση των μπουτόν που μας προσφέρει αυτή η συσκευή τοποθετήθηκε πάνω στην πόρτα του πίνακα ώστε να προσδίδει άμεσο interface όπως θα δούμε στη συνέχεια αλλά και τη χρήση των μπουτόν για να γίνεται επιλογή των επιθυμητών προγραμμάτων.



Εικόνα 30: Εφαρμογή μικροελεγκτή στην πόρτα του πίνακα για εξοικονόμηση χώρου και για την χρήση των μπουτόν και της οθόνης.

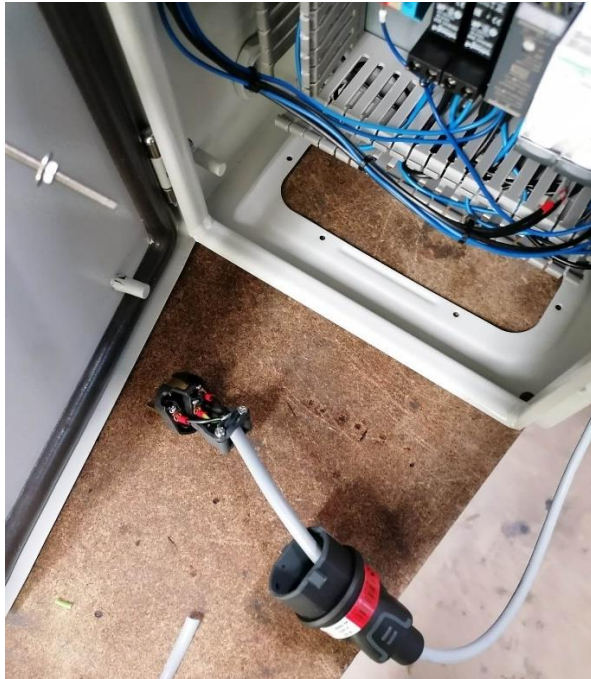
Μετά σειρά έχει η καλωδίωση του πίνακα αφού ορίστηκε η καταληκτική θέση του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού.



Εικόνα 31: Καλωδίωση πίνακα.

Ακολουθούν φωτογραφίες με τα στάδια της συνδεσμολογίας του ηλεκτρικού πίνακα .

Καλώδιο τροφοδοσίας του ηλεκτρικού πίνακα.



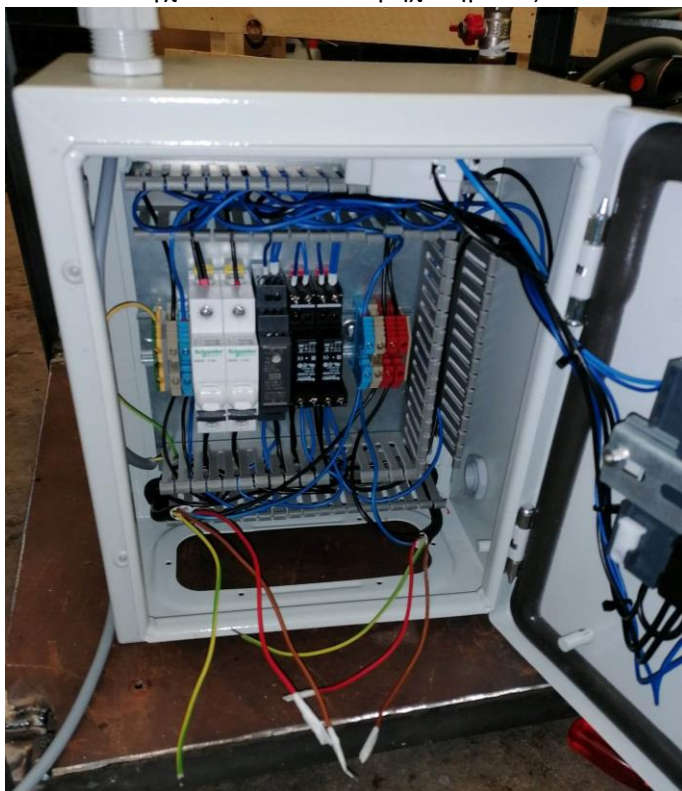
Εικόνα 32: Τροφοδοσία υδροπονικής κατασκευής.

Τοποθέτηση στιπιοθλιπτών για την σωστή μόνωση του πίνακα.



Εικόνα 33: Τοποθέτηση στιπιοθλιπτών.

Τελικές συνδεσμολογίες εντός του πίνακα και τοποθέτηση πάνω στην κατασκευή στο επίπεδο ελέγχου – control του μηχανήματος.



Εικόνα 34: Ολοκλήρωση καλωδίωσης του πίνακα.

Με μια γρήγορη επεξήγηση του υλικού του πίνακα βλέπουμε στην ακριβώς προηγούμενη εικόνα κατά σειρά από αριστερά προς τα δεξιά , αρχικά φαίνονται οι 3 κλέμες παροχής , αμέσως μετά 2 ασφάλειες διακοπής τροφοδοσίας σε όλο το μηχάνημα, ακριβώς δίπλα το τροφοδοτικό που μετατρέπει τα 230 volt AC σε 24 volt DC μετά ακολουθούν τα 2 μικρορελέ και τέλος οι 4 κλέμες τροφοδοτούν τις ηλεκτροβάνες.

4.3 Υδραυλική εγκατάσταση μετακίνησης του θρεπτικού διαλύματος

Η υδραυλική εγκατάσταση της κατασκευής αποτελείται από 2 ηλεκτροβάνες οι οποίες ελέγχονται μέσω προγράμματος του μικροελεγκτή και έχουν τοποθετηθεί για να επιλέγετε από ποια δεξαμενή η αντλία θα αντλεί το θρεπτικό διάλυμα. Η διαδικασία αυτή γίνεται αυτόματα ανάλογα με το πρόγραμμα που έχει επιλεγεί από τα μπουτόν. Πέρα από αυτές υπάρχουν και 2 χειροκίνητες βάνες οι οποίες είναι τοποθετημένες στον πυθμένα κάθε δεξαμενής με σκοπό να πραγματοποιείται η αποστράγγιση τους. Δηλαδή δίνεται η δυνατότητα στον χειριστή να αδειάσει τις δεξαμενές από το θρεπτικό διάλυμα και να φτιάξει εκ νέου καινούριο. Η αντλία που επιλέχθηκε ήταν μία αρκετά μικρή σε όγκο αλλά και σε ισχύς (370 watt) για να καταλαμβάνει όσο το δυνατόν μικρότερο χώρο και να είναι χαμηλής κατανάλωσης σε ηλεκτρικό ρεύμα. Όλες οι υδραυλικές συνδέσεις – ρακόρ που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι της διάστασης των $\frac{3}{4}$. Όλες οι συνδέσεις έχουν στεγανοποιηθεί είτε με o-ring, είτε με ειδική κόλλα στεγανοποίησης κατάλληλη για υδραυλικές εγκαταστάσεις, είτε τέλος με συνδέσμους σύσφιξης. Οι σωληνώσεις που μεταφέρουν το θρεπτικό διάλυμα από τις δεξαμενές στις ηλεκτροβάνες και από εκεί στην αντλία και από εκεί στην κύρια δεξαμενή γίνονται με λάστιχο εύκαμπτο καθώς λόγω της ιδιομορφίας της

κατασκευής απαιτούνται καμπύλες. Ακολουθούν εικόνες υδραυλικών συνδέσεων αλλά και τοποθετήσεων πάνω στην κατασκευή.



Εικόνα 35: Ηλεκτροβάνες.



Εικόνα 36: Τοποθέτηση ηλεκτροβανών και αντλίας στο πάτωμα.

Οι σωληνώσεις τοποθετήθηκαν στο τέλος καθώς έπρεπε όλα τα εξαρτήματα να λάβουν την τελική τους θέση και μετά, μεταξύ αυτών και του σασί να τοποθετηθούν και οι γραμμές παροχής θρεπτικού διαλύματος.



Εικόνα 37: Τοποθέτηση σωληνώσεων.

4.4 Σχεδιασμός Λογισμικού του μικροελεγκτή.

Για τον έλεγχο των προγραμμάτων δηλαδή τον αυτοματισμό της κατασκευής χρησιμοποιήθηκε μικροελεγκτής της εταιρείας Schneider Electric με κωδικό SR2B121BD ο οποίος τροφοδοτείται με 0 και 24 volt DC και διαθέτει 8 εισόδους και 4 εξόδους. Ακόμη έχει ενσωματωμένη μια οθόνη με αποτέλεσμα ο χειριστής να έχει στη διάθεσή του το interface της συσκευής. Πέρα από αυτά διαθέτει και 4 μπουτόν τα οποία σε συνδυασμό με το πρόγραμμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να πραγματοποιηθούν οι λειτουργίες της κατασκευής, έτσι γλιτώνονται περιττά έξοδα Αλλά και χορός του πίνακα για την τοποθέτηση διακοπών ή μπουτόν.



Επιλέχθηκε αυτός ο ελεγκτής καθώς είναι απόλυτα αξιόπιστος στη χρήση του και παρέχει πάρα πολλές δυνατότητες για την αξία του. Το τελευταίο και πιο σημαντικό προγραμματίζεται από ελεύθερο πρόγραμμα το οποίο μπορεί να έχει πρόσβαση ο καθένας σε αυτό .

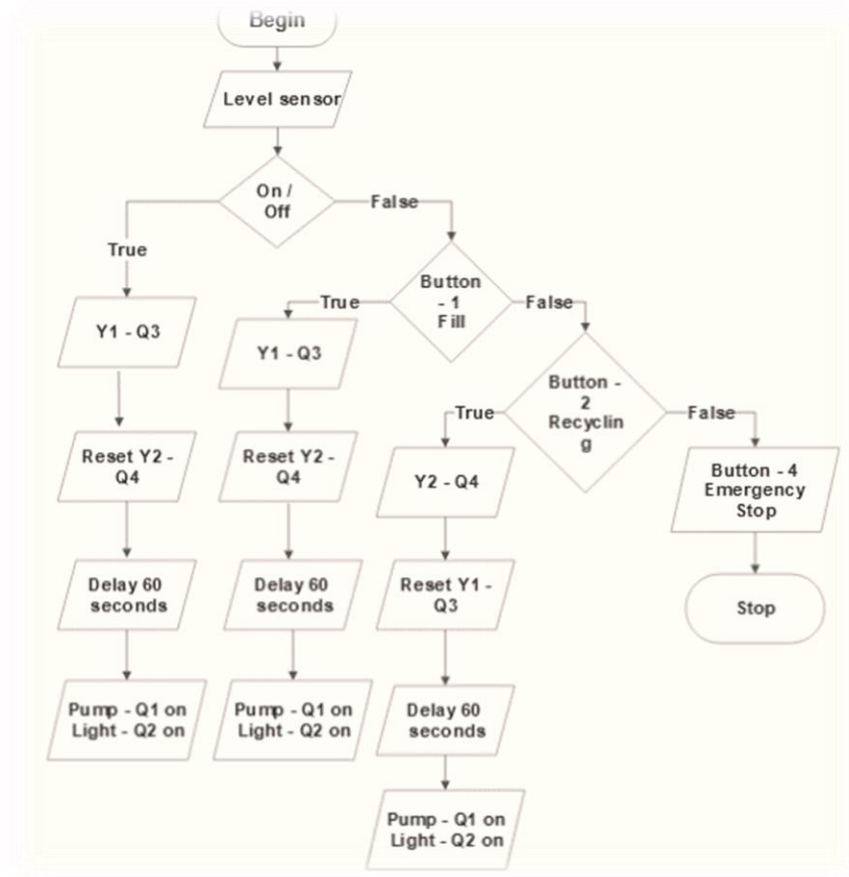
Το πρόγραμμα ονομάζεται Zelio soft και απευθύνεται για τον προγραμματισμό τέτοιων και παρόμοιων μικροελεγκτών.

Πληροφορίες για το Zelio Soft

Το Soft **Zelio** Soft 2 είναι το δωρεάν λογισμικό διαμόρφωσης για **έξυπνα ρελέ Zelio Logic**, που έχει σχεδιαστεί για τη διαχείριση απλών συστημάτων αυτοματισμού. Επιτρέπει τα εξής:

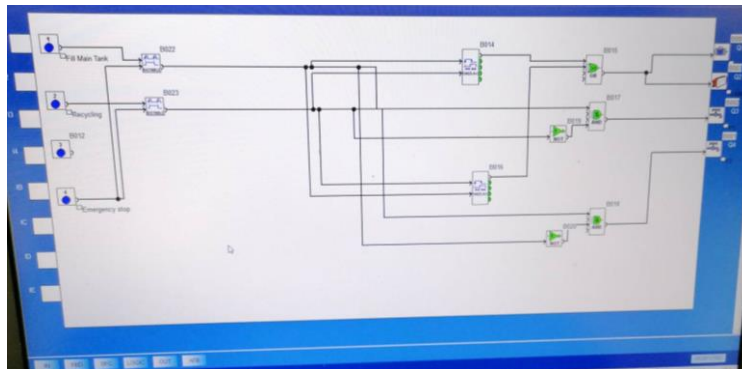
- Προγραμματισμός σε γλώσσα Ladder ή σε γλώσσα Function Block Diagram (FBD)
- Προσομοίωση, παρακολούθηση και επίβλεψη
- Αποστολή και λήψη προγραμμάτων
- Εκτύπωση προσαρμοσμένων αρχείων
- Αυτόματη μεταγλώττιση προγραμμάτων
- Ηλεκτρονική βοήθεια

Πριν ξεκινήσει ο προγραμματισμός φτιάχτηκε ένα διάγραμμα ροής βάση των λειτουργιών που πρέπει να κάνει η κατασκευή ώστε να είναι εφικτή η καλλιέργεια των φυτών σε αυτή. Με αυτό τον τρόπο καθορίστηκαν οι βάσεις πάνω στις οποίες στηρίζεται προγραμματισμός και λειτουργία του.



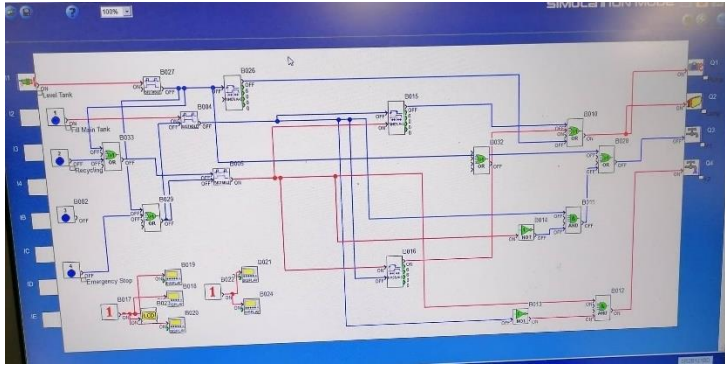
Εικόνα 38: Διάγραμμα ροής.

Οπότε μετά σταδιακά ξεκίνησε η δημιουργία του προγράμματος στην εφαρμογή.



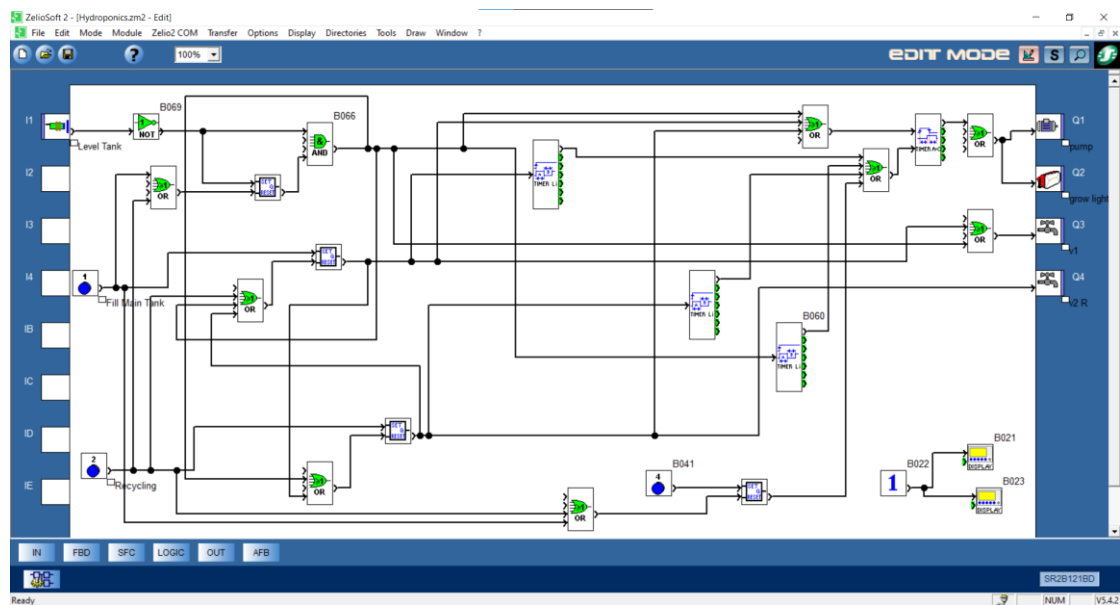
Εικόνα 39: Πρώτη προσέγγιση του προγράμματος λειτουργίας της υδροπονικής κατασκευής.

Όπως βλέπουμε την οθόνη στο προγραμματιστικό περιβάλλον στα αριστερά βρίσκονται τα κουμπιά τα οποία βρίσκονται πάνω στον μικροελεγκτή, ενώ στα δεξιά της οθόνης βρίσκονται οι έξοδοι (Q1-Q4) και στο υπόλοιπο τμήμα της οθόνης εξελίσσεται ο κώδικας σε γλώσσα προγραμματισμού FBD δηλαδή με τη χρήση λογικών πυλών (or, not, and, xor και άλλα).



Εικόνα 40: Η εξέλιξη του κώδικα (λειτουργικός).

Κατά τη διάρκεια της εξέλιξης του προγράμματος έγιναν πάρα πολλές αλλαγές. Στην επόμενη εικόνα που ακολουθεί απεικονίζεται η τελική μορφή του κώδικα.



Εικόνα 41: Τελική μορφή κώδικα με όλες τις θελιτώσεις του.

Μία ακόμη λειτουργία που προσφέρει ο μικροελεγκτής είναι οι πληροφορίες που καταγράφονται στην οθόνη του. Όπως θα δούμε στην εικόνα που ακολουθεί αναφέρεται η επωνυμία του πανεπιστημίου και ακριβώς πάνω από τα κουμπιά κατονομάζονται εν συντομία οι λειτουργίες τους.



Εικόνα 42: Πληροφορίες που προσφέρει η οθόνη στον χειριστή.

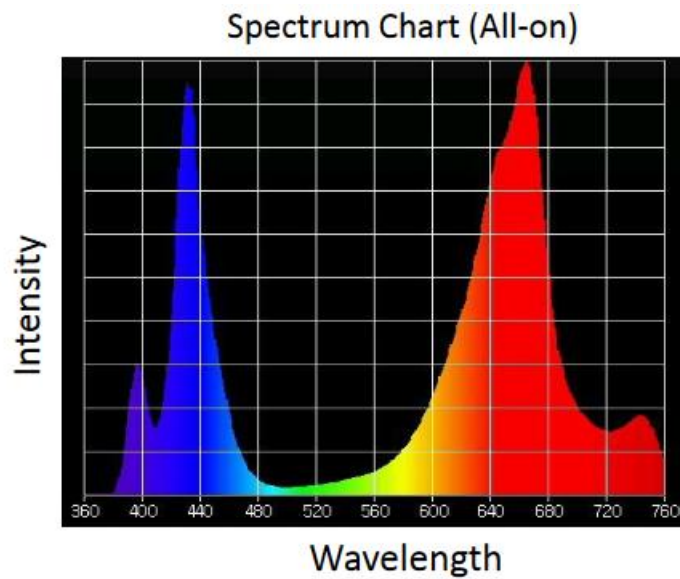
4.5 Φως ανάπτυξης φυτών.

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές της κατασκευής , προορίζεται για οικιακή χρήση οπότε θα βρίσκεται στο εσωτερικό κάποιας οικίας , για να γίνουν λοιπόν εφικτή η ανάπτυξη των φυτών αναγκαίο κρίνεται να πραγματοποιηθεί με τεχνητό τρόπο και η φωτοσύνθεση αυτών. Από τη στιγμή λοιπόν που βρίσκεται στο εσωτερικό κλειστού χώρου άρα και τα φυτά δεν έρχονται σε επαφή με τις ακτίνες του ήλιου πρέπει να χρησιμοποιηθεί ειδικός φωτισμός ο οποίος θα παρέχει τις κατάλληλες ακτίνες αλλά και θερμότητα , για να πραγματοποιηθεί η φωτοσύνθεση. Έτσι λοιπόν , επιλέχθηκε μια ειδική λάμπα ανάπτυξης η οποία είναι ικανή να πραγματοποιήσει τη φωτοσύνθεση των φυτών. Στην εικόνα που ακολουθεί βλέπουμε λάμπα τοποθετημένη πάνω στην κατασκευή.



Εικόνα 43: Grow light.

Στην εικόνα που ακολουθεί αποτυπώνονται τα χαρακτηριστικά της και το είδος της ακτινοβολίας που παράγει .



Εικόνα 44: Φωτισμός από την λάμπα ανάπτυξης.

Introduction

Full spectrum LED grow light is the newest trend for indoor plants. Advanced LED grow light chips, provide broad spectrum of 400nm-840nm, best for plant grow, suitable for all stages of plant growth. This is a revolutionary step for LED grow lights. The wavelength of this product covers 400nm~840nm, similar to sunlight.

Spectrum

The main part of the whole spectrum light is blue (peak 465nm) and red(peak 625nm), which supplies the most efficient wavelength to enhance photosynthesis performance.

The figure is a spectrum chart titled "Spectrum". The vertical axis is labeled "Relative spectrum" and ranges from 0.0 to 1.2. The horizontal axis is labeled "Wavelength" and ranges from 380 to 700 nm. The spectrum shows two main peaks: a blue peak at 465 nm and a red peak at 625 nm. The spectrum is filled with a color gradient from blue to red.

Εικόνα 45: Πληροφορίες δέσμης φωτός.

5. ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ

Ύστερα λοιπόν από την κατασκευή του αρχικού σχεδίου της κατασκευής ακολούθησε πρώτα η κατασκευή των δεξαμενών ύστερα η κατασκευή στο σασί και μετά σειρά είχαν τα ηλεκτρολογικά, τα υδραυλικά και τέλος η κατασκευή του προγράμματος. Αφού λοιπόν είχαν ολοκληρωθεί σταδιακά όλα τα τμήματα από τα οποία απαρτίζεται η κατασκευή το μόνο που έμενε ήταν η σύνθεση όλων αυτών μαζί για τη δημιουργία του τελικού αποτελέσματος. Έτσι στις επόμενες φωτογραφίες που ακολουθούν φαίνεται σταδιακά η σύνθεση όλων των επιμέρους κομματιών από τα οποία αποτελείται η κατασκευή.

Ξεκινώντας από το πρώτο στάδιο που αποτελείται από τον έλεγχο της κατασκευής (βάνες, αντλία και ηλεκτρικός πίνακας) που απαιτούσε και τον περισσότερο χρόνο κατά τη διαδικασία του μονταρίσματος καθώς διαθέτει τον περισσότερο εξοπλισμό.

Τοποθετήθηκαν βάσεις από καουτσούκ για την μηχανική στήριξη της αντλίας, για να μην μεταφέρονται οι κραδασμοί του μοτέρ κατά την εκκίνηση στην υπόλοιπη επιφάνεια αλλά και από την υπόλοιπη κατασκευή σε αυτό.

5.1 Συναρμολόγηση μηχανολογικών τμημάτων κατασκευής.



Εικόνα 46: Τοποθέτηση αντλίας.

Έπειτα στηρίχθηκαν και οι ηλεκτροβάνες .



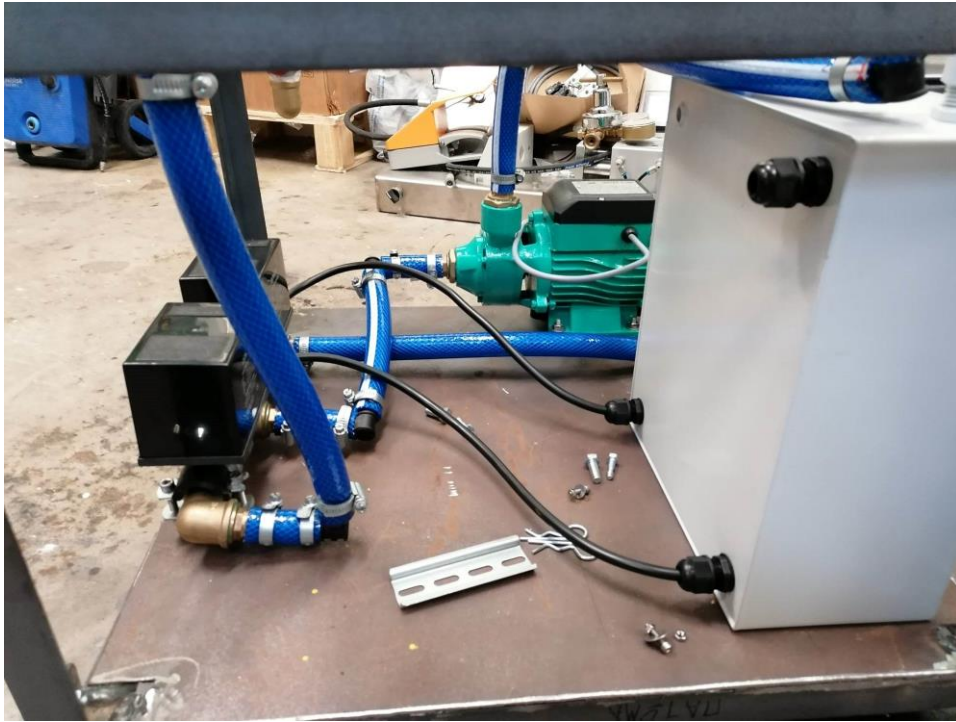
Εικόνα 47: Τοποθέτηση ηλεκτροβανών.

Πραγματοποιήθηκε αφαίρεση του δεύτερου επιπέδου της κατασκευής για να προστεθούν κάποιες ενισχύσεις για τη δεξαμενή που φιλοξενεί αλλά και κάποια τμήματα στήριξης των σωληνώσεων .



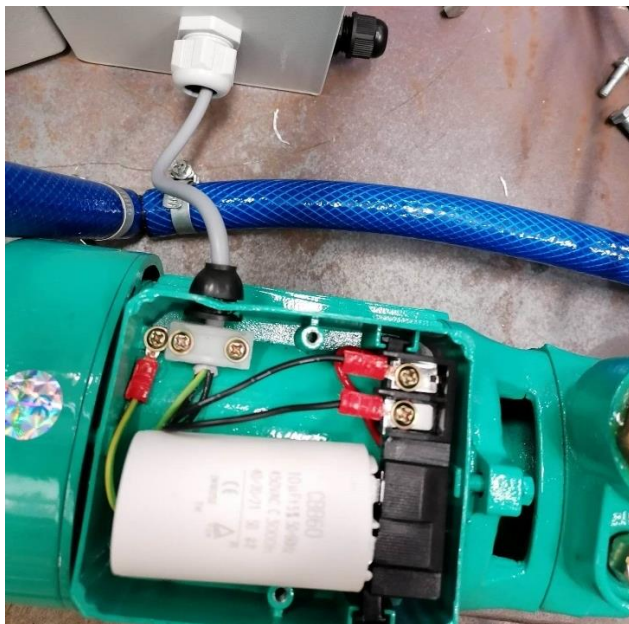
Εικόνα 48: Βελτίωση περιγράμματος του preparation tank.

Αφού λοιπόν έγιναν οι κατάλληλες παρεμβάσεις για το σασί το δεύτερο επίπεδο ξανά τοποθετήθηκε στη θέση του και σειρά είχαν η τοποθέτηση του ηλεκτρικού πίνακα στο πάτωμα αλλά και κάποιων σωληνώσεων.



Εικόνα 49: Τελική όψη επιπέδου ελέγχου.

Από τη στιγμή που τοποθετήθηκε και ο πίνακας δίπλα στις ηλεκτροβάνες και στην αντλία συνδέθηκαν και τα καλώδια αυτών των εξαρτημάτων εντός του πίνακα. Επίσης πραγματοποιήθηκε αντικατάσταση του καλωδίου της αντλίας ώστε να μπει ένα αντίστοιχο κατάλληλου μήκους για να συνδεθεί στο εσωτερικό του πίνακα στο κατάλληλο μικρορελέ που αντιστοιχεί.



Εικόνα 50: Σύνδεση αντλίας.

5.2 Συναρμολόγηση δεξαμενής προετοιμασίας θρεπτικού διαλύματος.

Με την τοποθέτηση λοιπόν και του ηλεκτρικού πίνακα και των τελικών συνδεσμολογιών ολοκληρώθηκε το πρώτο στάδιο-πάτωμα της κατασκευής.

Το δεύτερο επίπεδο της κατασκευής αποτελείται από τη δεξαμενή προετοιμασίας θρεπτικού διαλύματος (preparation tank).



Εικόνα 51: Preparation tank.

5.3 Συναρμολόγηση κύριας δεξαμενής.

Το τρίτο και τελευταίο επίπεδο της κατασκευής αποτελείται από τη κύρια δεξαμενή (main tank) και την ειδική λάμπα ανάπτυξης των φυτών, είναι το επίπεδο που πραγματοποιείται όλη η διαδικασία ανάπτυξης των φυτών.

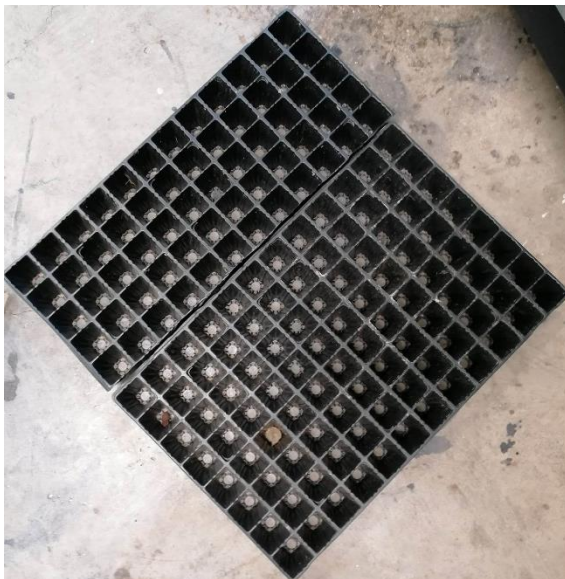


Εικόνα 52: Main tank.

Ωστόσο ακόμη δεν έχει ολοκληρωθεί η κατασκευή καθώς στην κύρια δεξαμενή πρέπει να φιλοξενηθούν τα φυτά σε κατάλληλα δοχεία τα οποία θα τα φέρνουν σε τέτοια θέση στήριξης όπου οι ρίζες θα επιπλέουν στο θρεπτικό διάλυμα και ακριβώς από πάνω από τα φυτά θα υπάρχει η λάμπα που βοηθάει στη φωτοσύνθεσή τους. Οπότε σειρά είχε η κατασκευή του δοχείου στήριξης των φυτών. Για την υλοποίηση αυτού χρησιμοποιήθηκαν ειδικά κεσεδάκια τα οποία γκολ φτιάχτηκαν στις διαστάσεις της κύριας δεξαμενής.



Εικόνα 53: Στήριξη φυτών μέσα στη κύρια δεξαμενή.



Αφού λοιπόν κατασκευάστηκαν τα κεσεδάκια σειρά είχε η κατασκευή κατάλληλης υποδομής για την στήριξη αυτών μέσα στην κύρια δεξαμενή.



Εικόνα 54: Στήριξη για τα κεσεδάκια στο εσωτερικό της κύριας δεξαμενής.

Ενσωμάτωση στο εσωτερικό της κύριας δεξαμενής.



Τελική μορφή.



Εικόνα 55: Τελική όψη στήριξης φυτών.

Στην προηγούμενη εικόνα παρατηρούμε έναν πορτοκαλί ιμάντα γύρω από την κύρια δεξαμενή. Άλλος ένας ίδιος ιμάντας τοποθετήθηκε και στην δεξαμενή προετοιμασίας με σκοπό την μηχανική ενίσχυση των δεξαμενών σε ενδεχόμενη πίεση που θα δεχόντουσαν τα τοιχώματά τους ύστερα από το γέμισμα θρεπτικού διαλύματος. Η ενίσχυση πραγματοποιήθηκε διότι οι δεξαμενές είναι χειροποίητες και για να εξαλειφθεί το ενδεχόμενο αστοχίας.

Για τον έλεγχο της στάθμης τοποθετήθηκε ένας αισθητήρας με σκοπό να αποκτήσει τη λειτουργία ενός φλοτέρ. Η λειτουργία αυτού του αισθητήρα βάσει του προγράμματος είναι η εξής: Μόλις λοιπόν ο αισθητήρας αντιληφθεί ότι η στάθμη του θρεπτικού διαλύματος έχει μειωθεί για λόγους όπως την απορρόφηση από τα φυτά ή λόγω εξάτμισης με την πάροδο του χρόνου. Τότε βάση του προγράμματος διακόπτεται οποιαδήποτε λειτουργία έχει δοθεί ως εντολή από το χειριστή του μηχανήματος με σκοπό να αναπληρώσει τη χαμένη ποσότητα σε θρεπτικό διάλυμα για να μην μείνουν οι ρίζες των φυτών εκτός θρεπτικού διαλύματος για κάποιο χρονικό διάστημα που αυτό μπορεί να καταστρέψει και τα ίδια τα φυτά. Για αυτό λοιπόν στην κύρια δεξαμενή και σε ύψος κατάλληλο για τις ρίζες των φυτών τοποθετείται αυτός ο αισθητήρας με σκοπό αυτόματα να γίνεται η πλήρωση θρεπτικού διαλύματος από τη δεξαμενή προετοιμασίας με σκοπό να αποφευχθούν τυχόν απώλειες φυτών. Στις φωτογραφίες που ακολουθούν βλέπουμε τον αισθητήρα της και τον τρόπο με τον οποίο και τέθηκε σε λειτουργία.



Εικόνα 56: Αισθητήρας στάθμης.

Ο συγκεκριμένος αισθητήρας για να λειτουργήσει χρειάζεται να αντληφθεί μαγνήτη . Έτσι λοιπόν , τοποθετήθηκε φελλός για να επιπλέει στο θρεπτικό διάλυμα της δεξαμενής και στο εσωτερικό του ενσωματώθηκε ένα κομμάτι μαγνήτη ώστε να μπορεί να αντληφθεί το ύψος της στάθμης.



Εικόνα 57: Τοποθέτηση μαγνήτη.

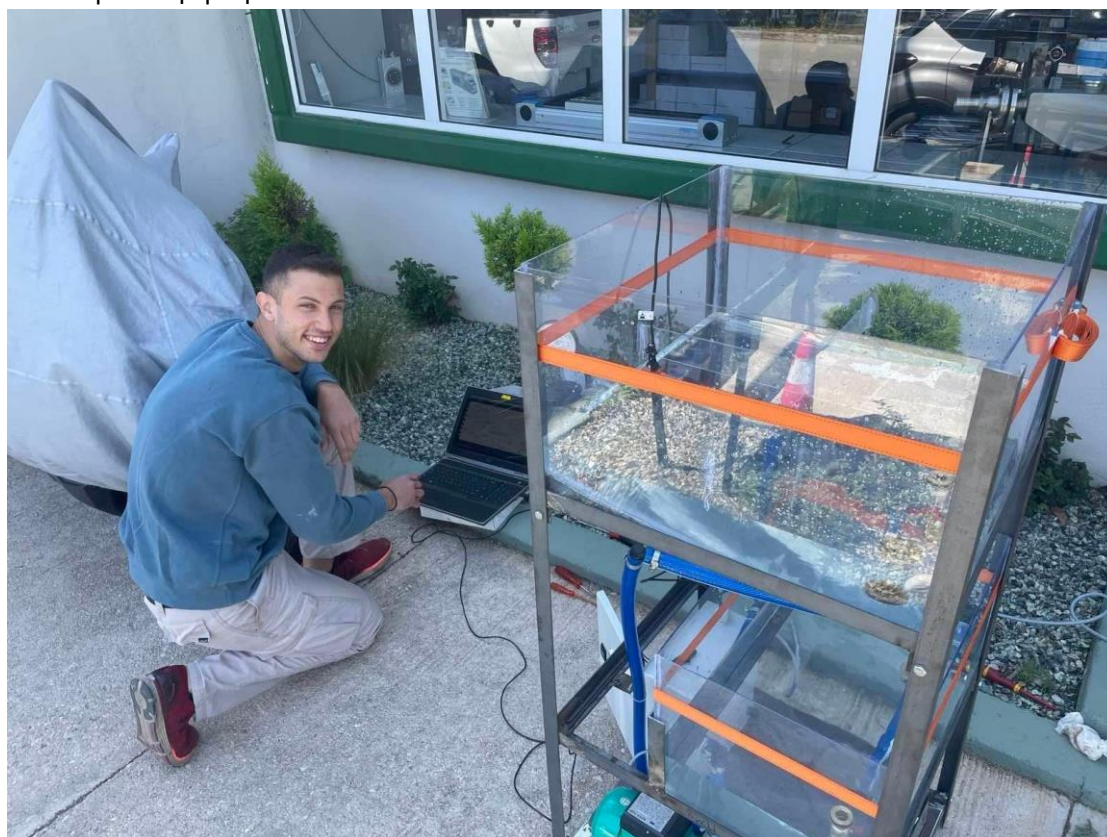
Στην επόμενη εικόνα φαίνεται η θέση του αισθητήρα εντός της κύριας δεξαμενής.



Εικόνα 58: Τοποθέτηση του αισθητήρα στη κατασκευή.

6. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΤΩΤΥΠΟΥ– ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ – ΘΕΤΙΚΑ – ΑΡΝΗΤΙΚΑ – ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ.

Μετά το πέρας του μονταρίσματος της κατασκευής σειρά είχαν οι δοκιμές με σκοπό να ελεγχθούν τα παρακάτω. Πρώτον και πιο σημαντικό ήταν να ελεγχθεί η αντοχή των δεξαμενών στον προσδοκώμενο όγκο διαλύματος που θα τοποθετούνταν κατά τη λειτουργία του. Μετά σειρά είχαν η στεγανοποίηση όλων των συνδέσμων (π.χ ρακόρ, βάνες και άλλα), όπως επίσης και η στεγανοποίηση των σωληνώσεων. Με λίγα λόγια πρωταρχικός ήταν ο υδραυλικός έλεγχος της κατασκευής. Σε δεύτερη φάση εξίσου σημαντική ήταν η εύρυθμη λειτουργία του προγράμματος ώστε εν τέλει η κατασκευή να μπορεί να πραγματοποιήσει τους αυτοματισμούς της. Ακολουθεί εικόνα από την πρώτη δοκιμή των όσων προαναφέρθηκαν.



Εικόνα 59: Πρώτη δοκιμή.

Στην εικόνα παρατηρείται ότι γίνεται χρήση υπολογιστή καθώς πραγματοποιήθηκαν κάποιες τελικές αλλαγές στο πρόγραμμα αφού παρατηρήθηκαν μερικές δυσλειτουργίες. Όσον αφορά τον υδραυλικό έλεγχο με την πρώτη δοκιμή ήταν όλα σωστά και δεν χρειάστηκε η παραμικρή παρέμβαση .

Επόμενο στάδιο αποτέλεσε λειτουργία της κατασκευής με φυτά για να παρατηρήσουμε την εξέλιξή τους. Οπότε η κατασκευή τοποθετήθηκε σε εσωτερικό χώρο και τέθηκε σε λειτουργία.



Εικόνα 60: Δοκιμές.

7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μετά το πέρας της ολοκλήρωσης κατασκευής και των δοκιμών παρατηρήθηκε ότι η κατασκευή εκτέλεσε με απόλυτη επιτυχία όλες τις λειτουργίες της και κατάφερε την ανάπτυξη φυτών.



Από τη στιγμή που πέτυχε το σκοπό σχεδίασης της και λειτουργίας της προκύπτει και η ορθότητα της εξ αρχής μελέτης. Πέραν όμως από αυτές τις λειτουργίες έχει και πολλές άλλες δυνατότητες, με λίγα λόγια μπορεί να υποστεί και μερικές ακόμα βελτιώσεις για την παροχή περισσότερων δεδομένων και μιας ακόμη πιο ελεγχόμενης καλλιέργειας. Ωστόσο, ίσως αν δεχθεί κάποιες ακόμα βελτιώσεις να μην είναι απαραίτητες τόσο για οικιακή χρήση αλλά πλέον να τηρεί επαγγελματικές προδιαγραφές. Αυτή η κατασκευή καθιστάτε μια μικρογραφία της επαγγελματικής υδροπονικής καλλιέργειας ωστόσο απευθύνεται για ερασιτεχνική χρήση και για άτομα τα οποία δεν έχουν γνώσεις για λόγο αυτό χρησιμοποιούνται και οι αυτοματισμοί. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι η χρήση των αυτοματισμών δεν είναι εξίσου σημαντικοί και για επαγγελματική χρήση, καθώς μόνο μέσω αυτοματισμών αποφεύγεται το ανθρώπινο λάθος το οποίο για τους επαγγελματίες μεταφράζεται σε κόστος χρημάτων.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τροποποίηση - αλλαγή θα μπορούσε να γίνει στο σασί της κατασκευής για να προκύψει ένα πιο όμορφο αισθητικά αποτέλεσμα. Το αρχικό σχέδιο ήταν να φτιαχτεί σε CNC laser μηχάνημα ωστόσο λόγω κάποιων κωλυμάτων δεν υλοποιήθηκε ποτέ αυτό για αυτό και το σασί έγινε χειροποίητο. Η απόφαση να φτιαχτεί στο χέρι πάρθηκε καθώς ο χρόνος ήταν περιορισμένος και η κατασκευή θα έβγαине εκτός χρονοδιαγράμματος για άλλη μια φορά εάν τελικά φτιάχνονταν σε μηχάνημα λέιζερ για να λάβει ένα καλαίσθητο αποτέλεσμα. Σαν σχεδίαση δεν θα διέφερε με αυτό που ήδη έχει κατασκευαστεί ωστόσο θα έχει ένα πιο τέλειο φινίρισμα. Όσον αφορά τα υπόλοιπα τμήματα – κομμάτια της κατασκευής δεν χρήζουν βελτίωσης καθώς ανταποκρίθηκαν στο αποτέλεσμα που είχε σχεδιαστεί εξ αρχής. Μια ακόμη προσθήκη που θα μπορούσε να λάβει η κατασκευή θα ήταν αυτή του αγωγιμόμετρου καθώς έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει ακόμη περισσότερο τον τρόπο ανάπτυξης των φυτών αλλά και να προσθέσει ένα ακόμη τμήμα αυτοματισμού. Αυτό το τμήμα αυτοματισμού αφορά την κατασκευή του θρεπτικού διαλύματος που στην προκειμένη περίπτωση της κατασκευής μας γίνεται χειρωνακτικά ενώ σε πλήρη αυτοματοποιημένη μορφή θα μπορούσε να την πραγματοποιήσει το ίδιο το μηχάνημα. Βέβαια όπως προαναφέρθηκε αυτό δεν κρίνεται τόσο απαραίτητο στις προδιαγραφές της κατασκευής μας που προορίζεται για οικιακή χρήση, αλλά ταυτίζεται πιο πολύ με την επαγγελματική χρήση αυτής της κατασκευής.

9 Βιβλιογραφία

J. Benton Jones, J. (2014). *Complete Guide for Growing Plants Hydroponically*. CRC press.

Schneider Electric. (χ.χ.). *Schneider Electric*. Ανάκτηση από <https://www.se.com/gr/el/product-range/542-zelio-soft/#overview>.

Wikipedeia. (χ.χ.). *Wikipedeia*. Ανάκτηση από <https://en.wikipedia.org/wiki/Hydroponics>.

ΓΕΩΡΓΙΟΣ, Μ. Ν. (Δεκέμβριος 2006). *ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ*. ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ.

Σάββας, Δ. (2011). *Καλλιέργειες εκτός εδάφους*. Αθήνα: ΑγρόΤυπος.