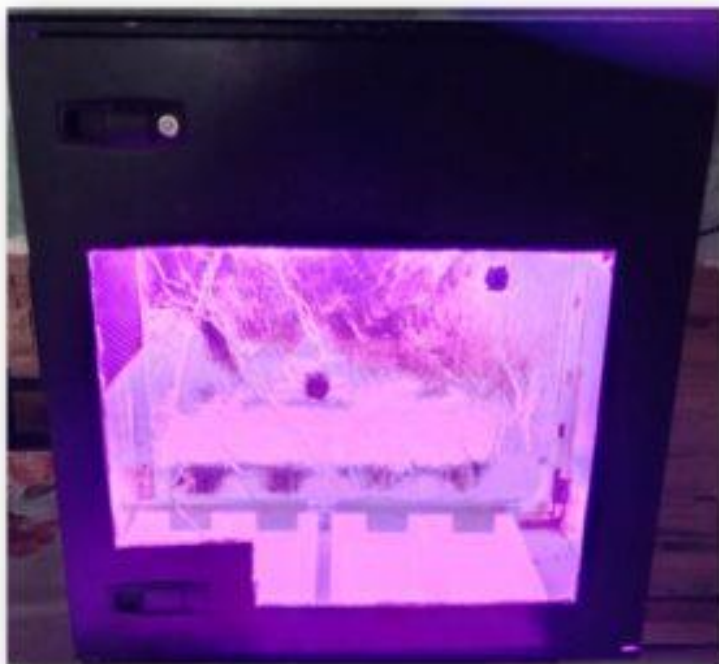


Αυτοματοποιημένος θάλαμος ανάπτυξης και καλλιέργειας μικρολαχανικών (microgreens).

10 Φεβρουαρίου 2023 •

2ο ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΚΙΛΚΣ

A Fully Automated Climate Chamber for Easy and Quick Production of Microgreens.



Εισαγωγή

Η ομάδα PcHarv από το 2ο Πειραματικό Γυμνάσιο Κιλκίς έχει δημιουργήσει ένα καινοτόμο έργο που συνδυάζει τις αρχές της κυκλικής οικονομίας, την τεχνολογία IoT και το πάθος για βιώσιμη παραγωγή τροφίμων. Ο πρωτότυπος αυτοματοποιημένος θάλαμος ανάπτυξης και καλλιέργειας μικρολαχανικών, κατασκευασμένος από πύργους και εξαρτήματα υπολογιστών προς απόσυρση, όχι μόνο αντιμετωπίζει το ζήτημα των ηλεκτρονικών αποβλήτων αλλά επιτυγχάνει επίσης βέλτιστες συνθήκες καλλιέργειας των μικρολαχανικών και μεγιστοποιεί την παραγωγή.

Αξιοποιώντας το IoT (Internet of Things), ο θάλαμος ανάπτυξης οδηγεί την καλλιέργεια σε νέα επίπεδα. Με τον μικροελεγκτή να παρέχει ενημερώσεις σε πραγματικό χρόνο και παρακολούθηση 24/7, το σύστημα να εξασφαλίζει μέγιστη ακρίβεια σε ολόκληρο τον κύκλο καλλιέργειας, το σύστημα αντιπροσωπεύει εφαρμογή της έξυπνης γεωργίας.

Το έργο στοχεύει στην επίτευξη πολλών σημαντικών στόχων που συμβάλλουν σε ένα βιώσιμο και αποτελεσματικό μέλλον:

Εξοικονόμηση νερού: Το πλήρως αυτοματοποιημένο σύστημα ποτίζει έξυπνα τις καλλιέργειες σύμφωνα με τις ιδιαίτερες ανάγκες τους, με αποτέλεσμα την αξιοσημείωτη μείωση της κατανάλωσης νερού έως και 80%. Αντιμετωπίζοντας ενεργά τη λειψυδρία, το έργο προωθεί την υπεύθυνη χρήση του νερού.

Πρόληψη ασθeneιών: Τα μικρολαχανικά έχουν σύντομη καλλιεργητική περίοδο και συγκεκριμένες απαιτήσεις υγρασίας που τα καθιστούν ευπαθή στη μούχλα. Ωστόσο, ελέγχοντας προσεκτικά τα επίπεδα υγρασίας στο εσωτερικό του θαλάμου, εξαιλείται ο κίνδυνος σχηματισμού μούχλας, εξασφαλίζοντας καλλιέργειες υψηλής ποιότητας.

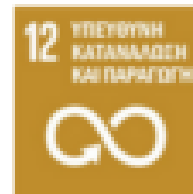
Ενεργειακή απόδοση και μειωμένο αποτύπωμα άνθρακα: Με την προώθηση της τοπικής παραγωγής τροφίμων, το έργο μειώνει την ανάγκη για εκτεταμένη μεταφορά τροφίμων, ελαχιστοποιώντας έτσι τα τροφοχιλιόμετρα, την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Η βιωσιμότητα έχει προτεραιότητα σε κάθε στάδιο.

Κυκλική Οικονομία: Το έργο ενστερνίζεται τις αρχές της κυκλικής οικονομίας επαναχρησιμοποιώντας τα ηλεκτρονικά απόβλητα. Με τη μετατροπή των υπολογιστών που έχουν αποσυρθεί σε έναν θάλαμο καλλιέργειας αιχμής, η ομάδα φέρνει επανάσταση στις πρακτικές χρήσης τεχνολογίας και διαχείρισης απορριμμάτων.

Αστική Καλλιέργεια: Το PcHarv φέρνει τα οφέλη των υπερτροφών στις αστικές περιοχές. Επιτρέποντας την αστική γεωργία, το έργο δίνει τη δυνατότητα στον κάθε ένα να αναλάβει τον έλεγχο της δικής του παραγωγής τροφίμων και ενθαρρύνει έναν πιο υγιεινό τρόπο ζωής.

Έξυπνη γεωργία: Μέσω της ενσωμάτωσης του IoT και του αυτοματισμού, το έργο δημιουργεί μια σφαίρα έξυπνης γεωργίας. Η συγχώνευση τεχνολογίας και γεωργίας επιτρέπει τον ακριβή έλεγχο, τις βέλτιστες συνθήκες ανάπτυξης και τις πρωτόγνωρες αποδόσεις. Το μέλλον της γεωργίας αναδιαμορφώνεται.

Το έργο PcHarv επιδεικνύει τη δέσμευση της ομάδας για βιώσιμες πρακτικές, αρχές κυκλικής οικονομίας και τη μετασχηματιστική δύναμη της τεχνολογίας IoT. Με την επαναχρησιμοποίηση των ηλεκτρονικών αποβλήτων και την εφαρμογή προηγμένων τεχνικών καλλιέργειας, ανοίγουν το δρόμο για ένα πιο πράσινο, πιο αποτελεσματικό και πιο υγιεινό μέλλον στην παραγωγή τροφίμων.



Εικόνα 1 : Στόχοι βιώσιμης Ανάπτυξης που εξυπηρετούνται

Στην επόμενη εικόνα επιλέξτε το OER του project μας για αναλυτική ενημέρωση.



Όλο το παραγόμενο υλικό, για κατέβασμα επιλέξτε την εικόνα στο Github.

Η επιδημία των ηλεκτρονικών αποβλήτων

Η επιδημία των ηλεκτρονικών αποβλήτων απαιτεί δράση:

Πρόβλημα και συνέπειες:

- Η αγορά και αντικατάσταση συχνά των ηλεκτρονικών προϊόντων έχει περιβαλλοντικές και ανθρώπινες συνέπειες.
- Η παραγωγή ηλεκτρονικών αποβλήτων αυξάνει δραματικά, φτάνοντας τους 75 εκατομμύρια τόνους μέχρι το 2030.

Προβλήματα της ανακύκλωσης:

- Η αποστολή ηλεκτρονικών σε αναπτυσσόμενες χώρες με επικίνδυνες εξορύξεις προκαλεί ζημιά τόσο στους ανθρώπους όσο και στο περιβάλλον.

Καινοτόμες λύσεις:

- Υπηρεσίες ανάκτησης και ανακύκλωσης ηλεκτρονικών συσκευών προσφέρουν υπευθυνότητα στους καταναλωτές.
- Έξυπνοι αυτοματοποιημένοι θάλαμοι ανάπτυξης και καλλιέργειας αξιοποιούν παλιά ηλεκτρονικά προϊόντα για την παραγωγή τροφίμων.

Δράση και προοπτικές:

- Αναγνώριση της σημασίας της προστασίας του περιβάλλοντος και υποστήριξη της ανακύκλωσης και της κυκλικής οικονομίας.

- Επιλογή προϊόντων ευκολότερα ανακυκλώσιμων και υποστήριξη καινοτόμων λύσεων για τη βιώσιμη ανάπτυξη.
- Δημιουργία ενός πράσινου και ευημερούντος μέλλοντος μέσα από συνειδητές επιλογές και συνεργασία.



Κυκλική οικονομία

Η κυκλική οικονομία είναι μια ανανεωμένη προσέγγιση παραγωγής και κατανάλωσης πόρων, προωθώντας τη μείωση, την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση. Στοχεύει στην αποδοτική χρήση των πόρων, τη δημιουργία κλειστού κυκλώματος για τα προϊόντα και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η κυκλική οικονομία προάγει την οικονομική ανάπτυξη, δημιουργεί θέσεις εργασίας και αντιμετωπίζει περιβαλλοντικές προκλήσεις. Επιχειρήσεις, κυβερνήσεις και άτομα μπορούν να συμβάλουν στην εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας και να απολαύσουν τα οφέλη της.

Το έργο μας ενσωματώνει τη φιλοσοφία της κυκλικής οικονομίας, χρησιμοποιώντας παλιούς πύργους υπολογιστών για να δημιουργήσει έναν θάλαμο αυτοματοποιημένης ανάπτυξης μικρολαχανικών. Αυτό μειώνει τα ηλεκτρονικά απόβλητα, προστατεύει το περιβάλλον και αξιοποιεί πολύτιμους πόρους.

Η χρήση κυκλικής οικονομίας είναι πιο επιτακτική από κάθε άλλη φορά.

Αστική καλλιέργεια - Έξυπνη γεωργία

Η αστική γεωργία φέρνει επανάσταση στην καλλιέργεια και την κατανάλωση τροφίμων στις πόλεις. Χρησιμοποιεί αχρησιμοποίητους χώρους όπως στέγες και μπαλκόνια για καλλιέργεια προϊόντων. Επιτυγχάνει υψηλή παραγωγικότητα, αποδοτική χρήση πόρων και βιωσιμότητα. Η χρήση έξυπνων τεχνολογιών βελτιστοποιεί την αστική γεωργία και μας πλησιάζει περισσότερο σε ένα μέλλον όπου η γεωργία και η αστική ζωή συνυπάρχουν ομαλά.

Τεχνολογία IoT και οφέλη που παρέχει.

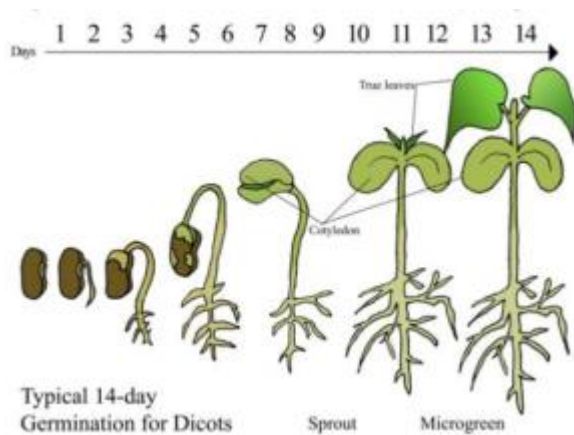
Η τεχνολογία IoT ενσωματώνεται στο σύστημα PcHarv για την παρακολούθηση της καλλιέργειας μικρολαχανικών. Αισθητήρες συλλέγουν δεδομένα για θερμοκρασία, υγρασία, φωτισμό, νερό κ.α., τα οποία μεταδίδονται σε πραγματικό χρόνο στην πλατφόρμα στο cloud. Αυτό επιτρέπει την άμεση αντίδραση και λήψη αυτόματων μέτρων, σε δυσλειτουργίες του

συστήματος όπως στο πότισμα, τον φωτισμό, αντιμετωπίζοντας ασθένειες και παρακολουθώντας την υγρασία. Η τεχνολογία IoT προσφέρει ακριβή παρακολούθηση, εξοικονόμηση νερού, πρόληψη ασθενειών και ενεργειακή απόδοση.

ΜΙΚΡΟΛΑΧΑΝΙΚΑ (MICROGREENS)

Microgreens (Μικροσαλάτες)

Τα microgreens είναι νεαροί βλαστοί λαχανικών που καλλιεργούνται για την απόκτηση υψηλής διατροφικής αξίας. Ξεκίνησαν ως μόδα στον χώρο της γαστρονομίας και στη συνέχεια αναγνωρίστηκαν για την υψηλή θρεπτική τους αξία. Καλλιεργούνται σε σύντομο χρονικό διάστημα και μπορούν να προέρχονται από διάφορα είδη φυτών. Κατά την συγκομιδή, το στέλεχος κόβεται λίγο πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, με πλήρως αναπτυγμένα φύλλα κοτυληδόνου.



Τυπικό χρονικό διάστημα ανάπτυξης στο στάδιο microgreens δικοτυλήδονων φυτών.

Καλλιέργεια microgreens

Η καλλιέργεια των microgreens απαιτεί προστατευμένο περιβάλλον και εντατική εργασία για τον παραγωγό. Τα microgreens καλλιεργούνται σε θερμοκήπια ή κλειστά περιβάλλοντα, χρησιμοποιώντας χώμα ή υπόστρωμα. Η εφαρμογή τεχνολογιών IoT μπορεί να βοηθήσει στον έλεγχο και την αυτοματοποίηση της καλλιέργειας. Η ποιότητα των microgreens είναι σημαντική για την αξία του προϊόντος και μπορεί να έχει οικονομικά οφέλη. Ο χειρισμός τους απαιτεί ακρίβεια και προσοχή, ειδικά κατά τη συγκομιδή. Ο έλεγχος της υγρασίας και της άρδευσης είναι σημαντικός για την ανάπτυξή τους.

Θρεπτική αξία microgreens

Η προσθήκη των microgreens, σήμερα, στα πιάτα γαστρονομίας δεν ενέχει μόνο ρόλο αισθητικής αλλά κυρίως λόγω του επιστημονικά αποδεδειγμένα πολύ καλού διατροφικού προφίλ τους έχουν αναδειχθεί από τις πιο ενδιαφέρουσες καινοτομίες στο χώρο καλλιέργειας των λαχανικών. Συνδυάζουν, εκτός από την υψηλής αξίας θρεπτικών συστατικών, βιονεργές ενώσεις οι οποίες συμβάλλουν στην βελτίωση ορισμένων λειτουργιών του οργανισμού αλλά και στη μείωση κινδύνου εμφάνισης ορισμένων ασθενειών. Επειδή η περιεκτικότητα των μικρολαχανικών σε μεταλλικά στοιχεία μπορεί να καθοριστεί σε μεγάλο βαθμό με ρύθμιση της περιεκτικότητας τους στα θρεπτικά διαλύματα ή στα άλλα καλλιεργητικά μέσα παροχής

τους, με κατάλληλη τροποποίηση και διαχείριση των θρεπτικών διαλυμάτων, μπορεί να ενισχυθεί η περιεκτικότητα των microgreens σε μακρο-μικρο θρεπτικά συστατικά , αυξάνοντας σημαντικά την θρεπτική αξία τους.

Συνθήκες περιβάλλοντος καλλιέργειας και μεταφοράς

Η καλλιέργεια των microgreens περιλαμβάνει την σπορά σε σκοτάδι, τη μεταφορά στον θάλαμο ανάπτυξης, τη χρήση LED φωτισμού grow light και υποστρωμάτων όπως η τύρφη και η καρύδα, καθώς και τον έλεγχο της υγρασίας. Η συγκομιδή γίνεται όταν τα φυτά έχουν αναπτύξει τους κοτυληδόνες τους, και η διαδικασία απαιτεί προσοχή. Μετά τη συγκομιδή, τα microgreens πρέπει να πλυθούν και να ψύχονται για διατήρηση της φρεσκάδας. Επίσης, πρέπει να ληφθούν μέτρα για την πρόληψη ασθενειών και την παρακολούθηση των παραμέτρων καλλιέργειας.

Καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας, πρέπει να ληφθούν μέτρα για την αντιμετώπιση των ασθενειών και κυρίως της μούχλας που μπορεί να επηρεάσουν τα microgreens. Η παρακολούθηση της υγρασίας, της θερμοκρασίας και της εξαερισμού του χώρου καλλιέργειας είναι επίσης σημαντική για την επίτευξη καλών αποτελεσμάτων στη συγκομιδή των microgreens.



Φύτρα ρεπανιού στην τέταρτη ημέρα από την σπορά τους.

Η λειτουργία του Pcharv

Το Pcharv προσφέρει τις ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξη των μικρολαχανικών μέσα από το πλήρως αυτοματοποιημένο και ελεγχόμενο περιβάλλον που προσφέρει, ώστε να υπάρχει η μέγιστη παραγωγή στον συντομότερο χρόνο με διασφάλιση της ποιότητας.

ΕΞΥΠΝΟ Grow Box:

Μέσα στο ελεγχόμενο περιβάλλον του PcHarv, η εφαρμογή πλήρους ελέγχου και η εφαρμογή προηγμένης τεχνολογίας με την χρήση του IoT υλοποιεί την έξυπνη γεωργία. Ο θάλαμος καλλιέργειας μετατρέπεται σε ιδανικό περιβάλλον εφαρμογής όλων των συστημάτων που έχει η έξυπνη γεωργία.

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΙΔΑΝΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ



ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ:

Ο θάλαμος καλλιέργειας εσωτερικού χώρου παρέχει έλεγχο της θερμοκρασίας με θερμαντήρα και εξαερισμό για τα διάφορα είδη μικρολαχανικών. Τα ευαίσθητα μικρολαχανικά απαιτούν ένα συγκεκριμένο περιβάλλον καλλιέργειας, όπου η ανάπτυξη σταματά κάτω από τους 18°C. Παρακολουθώντας και ρυθμίζοντας προσεκτικά τη θερμοκρασία, διασφαλίζουμε ότι δεν πέφτει ποτέ κάτω από αυτό το κρίσιμο όριο. Με τις ιδανικές τιμές θερμοκρασίας να κυμαίνονται γύρω στους 20-25°C, επιτυγχάνουμε την τέλεια ισορροπία μεταξύ ζέστης και ανάπτυξης αν και πολλοί καλλιεργητές μπορούν να καλλιεργήσουν και σε υψηλότερες θερμοκρασίες.



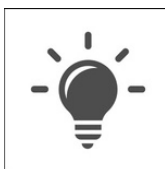
ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ:

Ο έλεγχος υγρασίας γίνεται με μέθοδο νεφελοποίησης, εξασφαλίζοντας την κατάλληλη ενυδάτωση των φυτών. Η υγρασία πρέπει να κυμαίνεται γύρω στο 40-65% για βέλτιστη ανάπτυξη, αποφεύγοντας τη μούχλα και την ξήρανση.



ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ

Το σύστημα εξαερισμού επαναφέρει την υγρασία σε βέλτιστα επίπεδα μέσω ανεμιστήρων, παρέχοντας ιδανικό περιβάλλον για την ανάπτυξη των μικρολαχανικών.



ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ:

Ο φωτισμός γίνεται με ειδικούς λαμπτήρες LED Full-Spectrum, που προσομοιάζουν το ηλιακό φως και ευνοούν την βέλτιστη ανάπτυξη των φυτών.



The Internet of Things (IoT):

Το IoT συλλέγει και μεταδίδει δεδομένα στο cloud για την παρακολούθηση της καλλιέργειας. Η πλατφόρμα Thingspeak αποθηκεύει τα δεδομένα της καλλιέργειας των φυτών

Θερμοκρασία (°C)	Συνθήκες καλλιέργειας θαλάμου Υγρασία Χώρου RH(%)	Υγρασία χώματος (%)
17-20	45-60	
20-25	60-75	70-90
25-30	75-80	

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Αρχιτεκτονική συστήματος πειραματικής καλλιέργειας

Βήματα Υλοποίηση της Κατασκευής PCHarv

1. Σχεδιασμός:

Το πρώτο βήμα για την υλοποίηση του έργου PCHarv είναι ο σχολαστικός σχεδιασμός. Αυτό περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των στόχων του έργου, τον προσδιορισμό των απαιτούμενων υλικών και πόρων και τη δημιουργία ενός σχεδίου κατασκευής. Η φάση σχεδιασμού περιλαμβάνει επίσης το σχεδιασμό της διάταξης του θαλάμου καλλιέργειας, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως η χρήση του χώρου, η προσβασιμότητα σε wi-fi και η τοποθέτηση εξοπλισμού. Το έργο PCHarv δίνει μια ελευθερία σχετικά με τον σχεδιασμό καθώς μπορούν να ακολουθηθούν διαφορετικά μονοπάτια σχεδίασης και κατασκευής, ανάλογα με τις ανάγκες, τις δεξιότητες και τα μέσα που διαθέτει ο κατασκευαστής.



Παρακάτω παρουσιάζουμε τα δικά μας βήματα υλοποίησης.

1. Υλικά:

Μόλις ολοκληρωθεί ο σχεδιασμός, το επόμενο βήμα είναι να συγκεντρωθούν όλα τα απαραίτητα υλικά και εξαρτήματα. Αυτό περιλαμβάνει την προμήθεια του μικροελεγκτή ESP32, αισθητήρα θερμοκρασίας-υγρασίας, αισθητήρα υγρασίας εδάφους, αισθητήρα ύψους, αισθητήρα στάθμης υγρού, ενεργοποιητές (αντλίες νερού και ανεμιστήρες), μονάδες ρελέ και φωτισμό τεχνητού θαλάμου ανάπτυξης. Δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή υψηλής ποιότητας, αξιόπιστων εξαρτημάτων που ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του έργου.



ΛΙΣΤΑ ΥΛΙΚΩΝ & ΤΙΜΕΣ

α/α	Υλικά	Τεμ.	Τιμή
1	ESP32 Development Board - ESP32-C3-DevKitC	1	€16.04
2	GRAVITY: ANALOG CAPACITIVE SOIL MOISTURE SENSOR- CORROSION RESISTANT (SEN0193)	1	€10,71
3	4 CHANNEL 5V RELAY MODULE WITH OPTO-COUPLING 5V	2	€11,02
4	DC COOLING FAN 5V (5015)	1	€2,19
5	IMMERSIBLE PUMP & WATERTUBE (FIT0200)	1	€13,39
6	MB-102 SOLDERLESS BREADBOARD W/ 830 TIE POINTS	1	€4,50
7	NON-CONTACT LIQUID LEVEL SENSOR (PNP)	1	€8,95
8	DFRobot I2C Αισθητήρας Υγρασίας & Θερμοκρασίας (Stainless Steel Shell)	1	€7.74
9	30W E27-LED full spectrum Λαμπα Ανάπτυξης Φυτών 85-265V plant fill light Led Grow Light Growing Lamp Φούξια-1 τεμ.	2	€22.50
10	Υγραντήρας - νεφελοποιητής υπερήχων 1 Membrane	1	€29
11	Τροφοδοτικό 66W/5V/12V Διπλής Εξόδου RD65A Mean Well	1	€20.32
12	Infrared obstacle avoidance sensor (E18-D80NK)	1	€7.49
13	250W 220V PTC FAN HEATER CONSTANT TEMPERATURE INCUBATOR - 2730	1	€25
Σύνολο			178,85

Περιγραφή των υλικών (Hardware)

Τα εξαρτήματα υλικού που αποτελούν τη ραχοκοκαλιά του πειραματικού μας συστήματος καλλιέργειας. Κάθε προσεκτικά επιλεγμένο υλικό και αισθητήρας παίζει ζωτικό ρόλο στη δημιουργία ενός περιβάλλοντος όπου τα μικρολαχανικά μπορούν να ευδοκιμήσουν και να αναπτυχθούν.

Μικροελεγκτής ESP32

Για την υλοποίηση της πειραματικής καλλιέργειας ως μικροελεγκτής επιλέχθηκε ο ESP32 Development Board - NodeMCU-32S της κινέζικης εταιρείας Espressif Systems, ο οποίος έχει ενσωματωμένη δυνατότητα ασύρματης δικτύωσης (Wi-Fi) και dual-mode Bluetooth. Η ενσωματωμένη του δυνατότητα Wi-Fi επιτρέπει την εύκολη συνδεσιμότητα, επιτρέποντας απρόσκοπτη επικοινωνία και ανταλλαγή δεδομένων.



Αισθητήρες

Αισθητήρας Θερμοκρασίας – Υγρασίας



Η επιλογή του αισθητήρα για τη χρήση αυτή είναι του DFRobot I2C Temperature & Humidity Sensor (Κέλυφος από ανοξείδωτο χάλυβα). Η επιλογή του συγκεκριμένου αισθητήρα έγινε λόγω των χαρακτηριστικών του όπως, της υψηλής ποιότητας κατασκευής, της γρήγορης απόκρισης, της μικρής πιθανότητας λάθους, του μικρού μεγέθους, της μέτρησης με ακρίβεια, του αδιάβροχου περιβλήματος προστασίας από ανοξείδωτο χάλυβα 304 και της χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης. Είναι ιδανικός για τις συνθήκες εντός του θαλάμου, καθώς επικρατούν υψηλές τιμές και η μη αδιάβροχοι αισθητήρες οξειδώνονται μετά από ένα μήνα λειτουργίας τους. Αυτός ο ψηφιακός αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας I2C προσφέρει υψηλή ακρίβεια $\pm 3,0\text{RH}\%$ για την υγρασία και $\pm 0,5^\circ\text{C}$ για τη θερμοκρασία και διαθέτει λειτουργία συναγερμού υγρασίας και θερμοκρασίας που μπορεί να προγραμματίσει ο χρήστης.

Αισθητήρας μέτρησης υγρασίας εδάφους SEN0193



Ως αισθητήρας μέτρησης της υγρασίας του υποστρώματος επιλέχθηκε ο SEN0193 που είναι προϊόν από της εταιρείας DF Robot. Ο αισθητήρας υγρασίας του εδάφους είναι ένας χωρητικός αισθητήρας μας μετρά τα επίπεδα υγρασίας του εδάφους δίνοντας δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Το SEN0193 έχει καλή ανταπόκριση στην αλλαγή υγρασίας του και η απόδοση του αισθητήρα δεν επηρεάζεται από τον όγκο του εδάφους και επηρεάζεται ελάχιστα από τις περιβαλλοντικές συνθήκες θερμοκρασίας.

Ο αισθητήρας SEN0193 πριν την τοποθέτηση του χρειάζεται βαθμονόμηση. Για την βαθμονόμηση του ακολουθείται η εξής διαδικασία. Με τον επόμενο κώδικα γίνεται η βαθμονόμηση. Φορτώνουμε τον κώδικα στο ESP32 και στη συνέχεια από το serial port monitor θέτουμε το baud rate σε 9600. Έχοντας τον αισθητήρα στον αέρα καταγράφουμε την τιμή 1 και στην συνέχεια το βυθίζουμε σε νερό μέχρι το κατάλληλο σημείο και καταγράφουμε την τιμή 2. Η τιμή 2 αντιστοιχεί στο όριο της υγρασίας στο έδαφος σε 100%RH ενώ η τιμή 1 σε όριο υγρασίας εδάφους 0%RH. Ωστόσο η τελική τιμή υγρασίας του μετράει ο αισθητήρας επηρεάζεται από το βάθος εισαγωγής του αισθητήρα στο υπόστρωμα και τον βαθμό πυκνότητας του υποστρώματος γύρω του.

```
Calibration Code

void setup() {
  Serial.begin(9600); // open serial port, set the baud rate as 9600 bps
}
void loop() {
  int val;
  val = analogRead(A0); //connect sensor to Analog 0
  Serial.print(val); //print the value to serial port
  delay(1000);
}
```

Αισθητήρας ύψους



Προκειμένου να μετρήσουμε το ύψος των microgreens κατά την διάρκεια της ανάπτυξης τους, ώστε να ξέρουμε πότε έχουν αναπτυχθεί σε ύψος 10cm, χρησιμοποιήθηκε ο αισθητήρας υπέρυθρης ακτινοβολίας Infrared obstacle avoidance sensor (E18-D80NK).

Αισθητήρας στάθμης υγρού



Για την επιτήρηση της πληροτητας του δοχείου νερού επιλέχθηκε ο ανέπαφος αισθητήρας ελέγχου στάθμης νερού HS3978-PNP. Ο αισθητήρας τοποθετείται εξωτερικά του δοχείου νερού προκειμένου να είναι εύκολη η απόσπαση και η πλήρωση του δοχείου με νερό.

Ενεργοποιητές

Για ενεργοποιητές χρησιμοποιήθηκαν μια αντλία νερού για την άρδευσή και ένας νεφελοποιητής για τον έλεγχο της υγρασίας του μικροκλίματος του θαλάμου, ένα αερόθερμο για τον έλεγχο της θερμοκρασίας και ένας ανεμιστήρας για τον έλεγχο της θερμοκρασίας και της υγρασίας αντίστοιχα.

Υγραντήρας - νεφελοποιητής υπερήχων



Ο Υγραντήρας υπερήχων είναι κατάλληλος για χώρους εσωτερικής καλλιέργειας. Είναι μια συσκευή υπερήχων που με τη βοήθεια υπερήχων σχηματίζει ένα παχύ νέφος για αποτελεσματική αύξηση του επιπέδου υγρασίας στο θάλαμο.

Το σωστό επίπεδο υγρασίας προσαρμοσμένο στη φάση ανάπτυξης επηρεάζει σημαντικά την πρόσληψη θρεπτικών συστατικών, τη μεταφορά τροφής και τις γενικές συνθήκες για περαιτέρω ανάπτυξη των φυτών.



Για καλύτερα αποτελέσματα η συσκευή παραγωγής ομίχλης λειτουργεί σε συνδυασμό με τον ανεμιστήρα DC Cooling Fan 5V (5015).

Αντλία νερού.



Για αντλία νερού επιλέχθηκε ο τύπος SKU:FIT0200 της εταιρείας DFRobot. Είναι μια κατάλληλη για πότισμα αντλία που λειτουργεί μέσα στο νερό σε χαμηλά επίπεδα θορύβου κάτω από 40dB. Επίσης διαθέτει εσωτερικό φίλτρο και εξωτερικές βεντούζες για καλύτερη σταθεροποίηση.

Ανεμιστήρας.



Ο ανεμιστήρας που χρησιμοποιείται είναι από τον υπολογιστή προς απόσυρση εφόσον είναι λειτουργικός.

Relay module



Ο έλεγχος των ενεργοποιητών γίνεται μέσω δύο module τεσσάρων relay με opto-coupling (οπτικής ζεύξης). Τα 4 channel 5V relay module που χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια του συστήματος είναι τύπου SRD-05VDC-SL-C της SONGLE. Η οδήγηση των relay μπορεί να επιτευχθεί μέσω της παρουσίας (ή μη) ενός σήματος συνεχούς τάσης 5Volt, το οποίο δίδεται από το ESP32. Τα relay έχουν συνδεθεί ως Normally Open και προκειμένου να άγουν δίνονται οι εντολές από πλευράς ESP32.

Τεχνητός φωτισμός θαλάμου ανάπτυξης.



Για τον τεχνητό φωτισμό του θαλάμου ανάπτυξης χρησιμοποιήθηκαν δύο Λάμπες Θερμοκηπίου LED Ανάπτυξης Φυτών Full Spectrum. Το φως Full-Spectrum είναι ομοιόμορφης φασματικής απόδοσης, με φωτισμό στον οποίο υπάρχει ισορροπία ψυχρού και θερμού φωτός που αναπαριστά το φως της ημέρας.

Θερμαντήρας .



Ανεμιστήρας PTC αερόθερμο σταθερής θερμοκρασίας 250W 220V
PTC FAN HEATER CONSTANT TEMPERATURE INCUBATOR - 2730.

Για την θέρμανση του εσωτερικού χώρου χρησιμοποιήθηκε ο ανεμιστήρας PTC αερόθερμο σταθερής θερμοκρασίας.

Κατασκευή θαλάμου ανάπτυξης και καλλιέργειας microgreens:

Με την απόκτηση των υλικών έχει συνέχεια η συναρμολόγηση του θαλάμου καλλιέργειας. Αυτό περιλαμβάνει τη συναρμολόγηση της δομής του θαλάμου χρησιμοποιώντας δυο ίδιους πύργους υπολογιστών προς απόσυρση. Ο θάλαμος έχει σχεδιαστεί για να παρέχει ένα κλειστό και ελεγχόμενο περιβάλλον για τη βέλτιστη ανάπτυξη των μικρολαχανικών. Ο ένας πύργος θα χρησιμοποιηθεί για τον θάλαμο και ο άλλος θα είναι ο χώρος ελέγχου. Θα πρέπει να γίνουν μετατροπές και παρεμβάσεις για κατάλληλο αερισμό, μόνωση και σημεία πρόσβασης για αισθητήρες, ενεργοποιητές και φωτισμό. Τα καπάκια κόβονται περιμετρικά και κολλάται υλικό πλαστικοποίησης A3 ώστε να υπάρχει οπτική επαφή με το εσωτερικό του θαλάμου και του χώρου ελέγχου.

Βήμα 1: Αποσυναρμολόγηση των πύργων Pc - συναρμολόγηση του θαλάμου

- Επιλογή των πύργων υπολογιστών με το κατάλληλο μέγεθος για την κατασκευή του θαλάμου.
- Αποσυναρμολόγηση προσεκτικά των πύργων, αφαιρώντας τα περιττά εξαρτήματα και χωρίζοντάς τα στα αντίστοιχα μέρη τους.

Συναρμολόγηση του θαλάμου

- Προετοιμασία του πύργου για το θάλαμο χρησιμοποιώντας τα αποσυναρμολογημένα μέρη των πύργων υπολογιστών.
- Σύνδεση των δύο πύργων για τον σχηματισμό της δομής του θαλάμου, διασφαλίζοντας σταθερότητα και σωστή ευθυγράμμιση.
- Διαμόρφωση των πλαϊνών καπακιών





Βήμα 2:Επένδυση εσωτερικά με το αντανακλαστικό υλικό

- Μετρήση και κόπη του ανακλαστικού υλικού, ώστε να ταιριάζει στα εσωτερικά τοιχώματα του θαλάμου, με ειδικό φύλλο αλουμινίου ντουλαπιών το οποίο είναι αντимиκροβιακό, αντимиουχλικό και δεν κρατά ανεπιθύμητες οσμές και κόβεται εύκολα με ψαλίδι στις διαστάσεις που θέλουμε.
- Στερέωση του ανακλαστικού υλικού στα τοιχώματα του θαλάμου χρησιμοποιώντας ταινία διπλής όψης ή σιλικόνη ή οποιαδήποτε κατάλληλη μέθοδο στερέωσης, εξασφαλίζοντας λεία και ομοιόμορφη επιφάνεια.



Βήμα 3: Τοποθέτηση των αισθητήρων - ενεργοποιητών- καλωδίωση

– grow lights

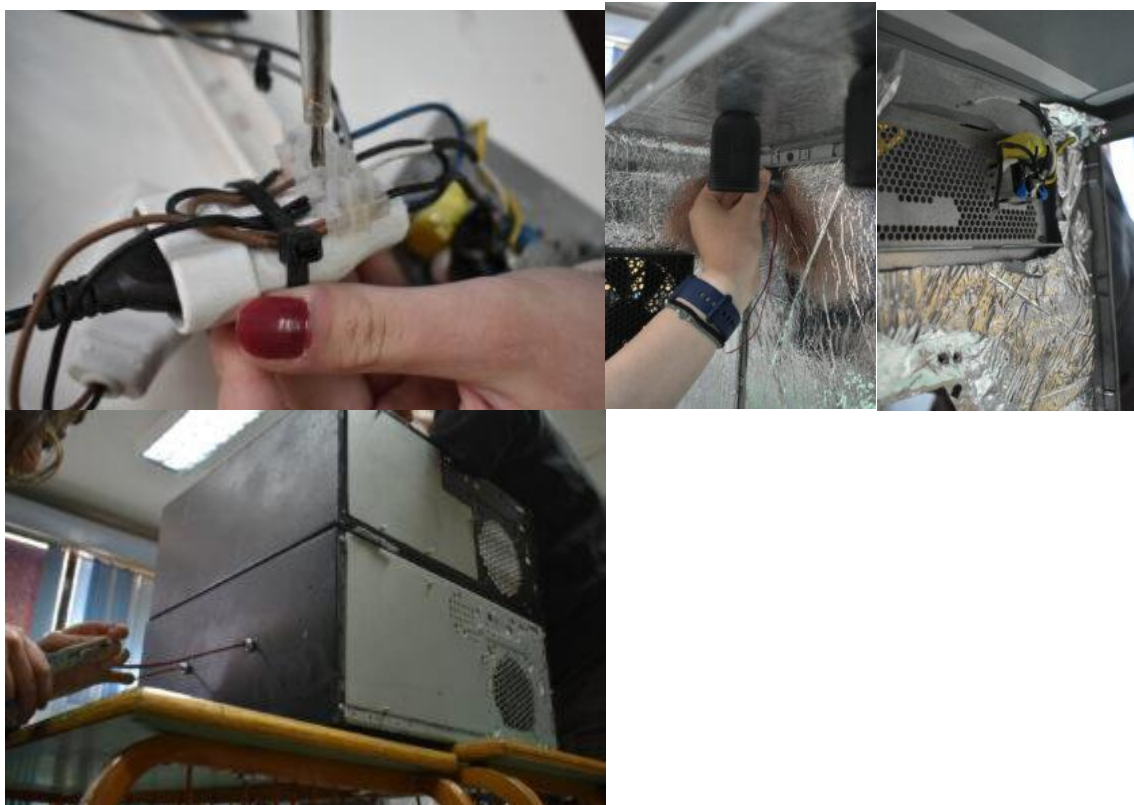
- Προσδιορισμός των βέλτιστων θέσεων για τους αισθητήρες (θερμοκρασία, υγρασία, κ.λπ.) εντός του θαλάμου.
- Τοποθέτηση των αισθητήρων με ασφάλεια στις καθορισμένες θέσεις τους, διασφαλίζοντας τη σωστή ευθυγράμμιση και συνδεσιμότητα.
- Σύνδεση των αισθητήρων στον μικροελεγκτή και στο σύστημα ελέγχου χρησιμοποιώντας την κατάλληλη καλωδίωση και συνδέσμους.

Εγκατάσταση αισθητήρων και ενεργοποιητών:

Το επόμενο βήμα είναι η εγκατάσταση των αισθητήρων και των ενεργοποιητών στις καθορισμένες θέσεις τους εντός του θαλάμου καλλιέργειας και χώρο ελέγχου. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας-υγρασίας, ο αισθητήρας υγρασίας εδάφους, ο αισθητήρας ύψους

τοποθετούνται στον θάλαμο ενώ ο αισθητήρας στάθμης υγρού στον χώρο ελέγχου. Είναι στρατηγικά τοποθετημένοι για να μετρούν και να παρακολουθούν με ακρίβεια τις σχετικές παραμέτρους. Η αντλία νερού, ο νεφελοποιητής και ο θερμαντήρας τοποθετούνται στον χώρο ελέγχου ενώ το ανεμιστηράκι στον θάλαμο και στη συνέχεια συνδέονται με τις μονάδες ρελέ και ελέγχονται για αποτελεσματική λειτουργία. Δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην καλωδίωση και στην εξασφάλιση ασφαλών συνδέσεων.





Βήμα 4: Τοποθέτηση πλακέτας ελέγχου

- Καθορισμός της κατάλληλης θέσης για την πλακέτα ελέγχου, εξασφαλίζοντας εύκολη πρόσβαση και προστασία από περιβαλλοντικούς παράγοντες.
- Τοποθέτηση της πλακέτας με ασφάλεια στην καθορισμένη θέση, διασφαλίζοντας τον σωστό εξαερισμό και τη διαχείριση των καλωδίων.
- Σύνδεση στην πλακέτα ελέγχου των αισθητήρων, των ενεργοποιητών και την πηγή ρεύματος.



Βήμα 5: Τοποθέτηση δοχείο νερου - υγραντήρα

- Προσδιορισμός της κατάλληλης θέσης εντός του θαλάμου για το σύστημα δοχείου νερού και υγραντήρα.
- Τοποθέτηση με ασφάλεια του δοχείου νερού στην καθορισμένη θέση, διασφαλίζοντας ότι είναι εύκολα προσβάσιμο για επαναπλήρωση.
- Τοποθέτηση του υγραντήρα στο δοχείο νερού και σύνδεση στο σύστημα ελέγχου.



Βήμα 6.Ενσωμάτωση του μικροελεγκτή ESP32:

Η καρδιά του συστήματος PCHarv, ο μικροελεγκτής ESP32, είναι στην πλακέτα στον χώρο ελέγχου στον θάλαμο καλλιέργειας. Ως κεντρική μονάδα ελέγχου επικοινωνεί με τους αισθητήρες και τους ενεργοποιητές. Ο μικροελεγκτής είναι προγραμματισμένος να συλλέγει δεδομένα από τους αισθητήρες, να λαμβάνει αποφάσεις με βάση προκαθορισμένες παραμέτρους και να ελέγχει ανάλογα τη λειτουργία των ενεργοποιητών. Ο προγραμματισμός περιλαμβάνει τη σύνταξη κώδικα για τη δημιουργία πρωτοκόλλων επικοινωνίας, την επεξεργασία δεδομένων και τη λογική αυτοματισμού.



Δοκιμή και βαθμονόμηση:

Μετά την ενσωμάτωση του μικροελεγκτή, και την ολοκλήρωση της συνδεσμολογίας ολόκληρο το σύστημα σε έλεγχο. ενδελεχή δοκιμή και βαθμονόμηση. Η ακρίβεια και η αξιοπιστία κάθε αισθητήρα επαληθεύονται και οι ενεργοποιητές ελέγχονται για σωστή λειτουργία.

Βήμα 7: Έλεγχος Συνδεσμολογίας

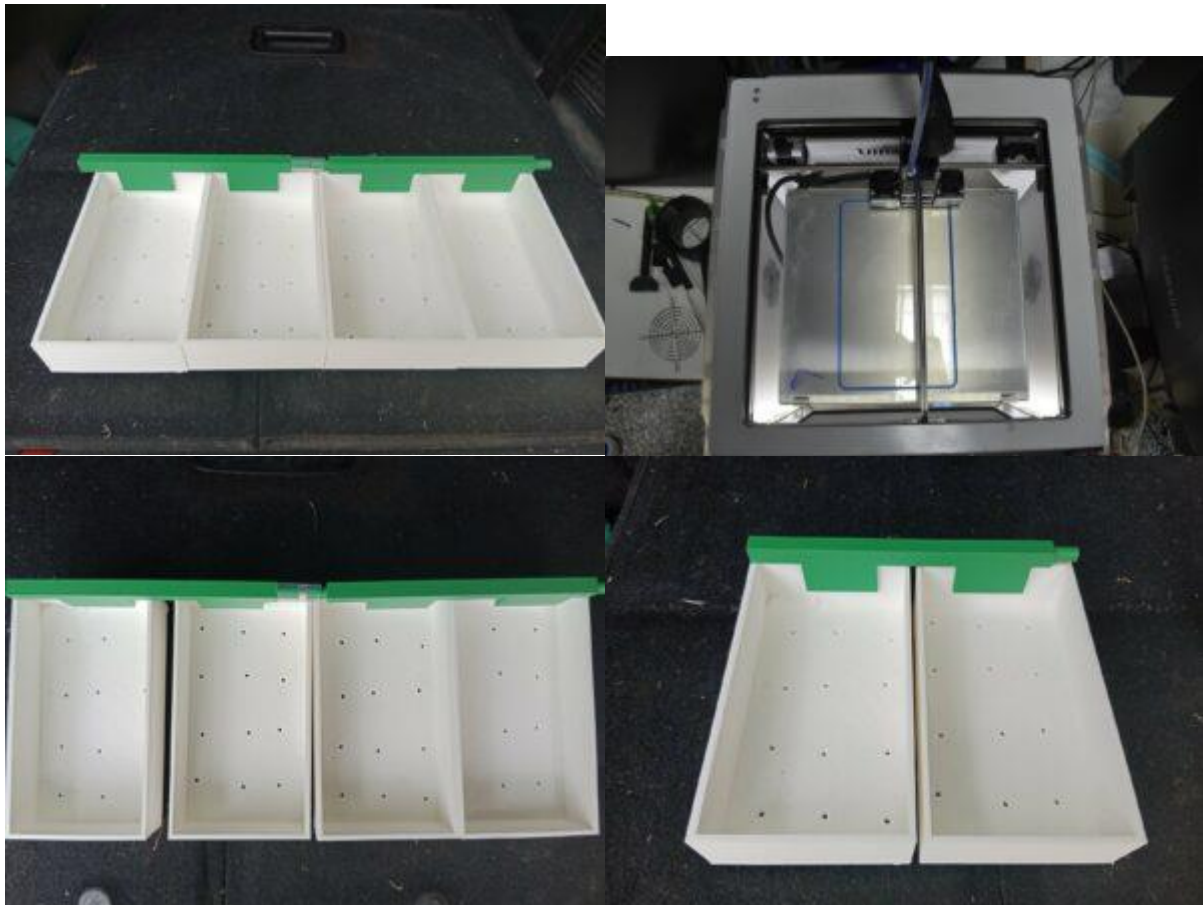
- Έλεγχος ότι όλα τα εξαρτήματα, συμπεριλαμβανομένων των αισθητήρων, των ενεργοποιητών, του κιβωτίου ελέγχου και του δοχείου νερού, είναι σωστά συνδεδεμένα και ασφαλώς στη θέση τους.
- Έλεγχος ότι όλες οι συνδέσεις καλωδίωσης είναι σωστές και μονωμένες για να αποτροπή τυχόν βραχυκυκλώματος.
- Τελικός έλεγχος της συνδεσμολογίας, διασφαλίζοντας τη σωστή ευθυγράμμιση, σταθερότητα και λειτουργικότητα.

Βήμα 8: Έλεγχος και λειτουργία

- Πραγματοποίηση τελικής επιθεώρησης του συναρμολογημένου θαλάμου, ότι όλα τα εξαρτήματα είναι στη θέση τους και λειτουργούν σωστά.
- Έλεγχος των αισθητήρων, ενεργοποιητών και το σύστημα ελέγχου για τη σωστή λειτουργία τους.
- Προσαρμογή τυχόν απαραίτητων ρυθμίσεων και βαθμονομήσεων με βάση τα αποτελέσματα των δοκιμών, διασφαλίζοντας τη βέλτιστη απόδοση.

Βήμα 9: Εκτύπωση 3D εκτυπωτή γλαστρών και αξεσουάρ

- Σε έναν τρισδιάστατο εκτυπωτή εκτύπωση γλαστρών και αξεσουάρ .
- Εκτυπώστε εάν θέλετε τις δικές σας γλάστρες.



Βήμα 10: Τελική δοκιμή

- Θέστε σε λειτουργία τον θάλαμο και δείτε ότι όλα λειτουργούν σωστά.
- Βεβαιωθείτε για την σύνδεση στο cloud και την αναγραφή των μετρήσεων.
- Κάντε τις απαραίτητες μικρορυθμίσεις και αλλαγές εάν είναι απαραίτητο.



Βήμα 11: Εφαρμογή συνδεσιμότητας IoT:

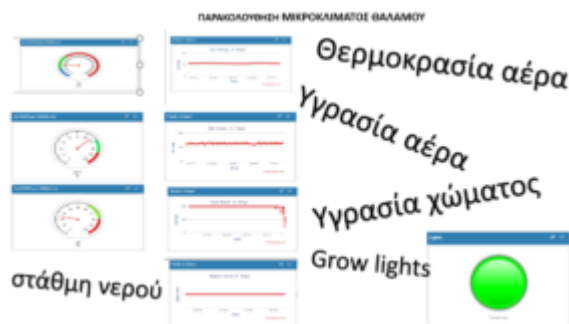
Για να ενεργοποιηθεί η απομακρυσμένη παρακολούθηση, εφαρμόζεται η συνδεσιμότητα IoT στο σύστημα PCHarv. Ο μικροελεγκτής ESP32 έχει ρυθμιστεί να στέλνει δεδομένα κατάστασης καλλιέργειας στο cloud μέσω του Διαδικτύου. Πλατφόρμες όπως το Thingspeak χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση και την οπτικοποίηση των δεδομένων, επιτρέποντας στους χρήστες να παρακολουθούν την καλλιέργεια 24/7. Αυτό το βήμα περιλαμβάνει τη

ρύθμιση των απαραίτητων συνδέσεων δικτύου, τη διαμόρφωση της πλατφόρμας cloud και τη διασφάλιση ασφαλούς μετάδοσης δεδομένων.

Το Esp32 συνδέεται με το WiFi στο ThingSpeak για την αποστολή των μετρήσεων μέσω του πρωτοκόλλου MQTT.

Στη πλατφόρμα Thingspeak έχει δημιουργηθεί ένα κανάλι το κανάλι [PcHarv](#) για τα δεδομένα θερμοκρασία και υγρασίας του αέρα, της υγρασίας υποστρώματος και του ύψους ανάπτυξης που στέλνει το ESP32.

Τα όρια υγρασίας και θερμοκρασίας είναι 40-65% και 20-25°C αντίστοιχα και αφορούν τις βέλτιστες περιοχές ανάπτυξης των φυτών.



Βήμα 12: Τελικές προσαρμογές και βελτιστοποίηση:

Μόλις το σύστημα είναι πλήρως λειτουργικό και συνδεθεί με το cloud, γίνονται οι τελικές προσαρμογές και βελτιστοποιήσεις. Ενδέχεται να απαιτηθεί ακριβής ρύθμιση του ελέγχου θερμοκρασίας και υγρασίας, χρονοδιαγράμματα άρδευσης και κύκλοι φωτισμού για την επίτευξη βέλτιστων συνθηκών ανάπτυξης για τα μικρολαχανικά. Οι επαναληπτικές δοκιμές και η ανάλυση δεδομένων συμβάλλουν στη βελτίωση της απόδοσης του συστήματος, διασφαλίζοντας μέγιστη απόδοση και παραγωγικότητα.

Βήμα 13: Συνεχής παρακολούθηση και συντήρηση:

Με το σύστημα PCHarv σε λειτουργία και λειτουργία, η συνεχής παρακολούθηση και συντήρηση είναι απαραίτητη. Ο τακτικός έλεγχος των ενδείξεων των αισθητήρων, η επιθεώρηση της λειτουργίας των ενεργοποιητών και η έγκαιρη αντιμετώπιση τυχόν προβλημάτων διασφαλίζει ότι το σύστημα λειτουργεί ομαλά. Η περιοδική βαθμονόμηση των αισθητήρων και οι ενημερώσεις λογισμικού ενδέχεται να είναι απαραίτητες για τη διατήρηση ακριβών μετρήσεων και τη βελτίωση των δυνατοτήτων του συστήματος.

Ακολουθώντας αυτές τις βήμα προς βήμα διαδικασίες υλοποίησης, ολοκληρώνεται η κατασκευή του PCHarv, παρέχοντας ένα πλήρως λειτουργικό πειραματικό σύστημα καλλιέργειας. Αυτό το καινοτόμο σύστημα προσφέρει ακριβή έλεγχο των περιβαλλοντικών παραγόντων, αποτελεσματική διαχείριση του νερού και βέλτιστες συνθήκες φωτισμού, οδηγώντας τελικά σε επιτυχημένη καλλιέργεια μικρολαχανικών.

		Vcc (V)			Gnd	Esp32 Pin	Rele	Τιμή
		220	12	5				
1	ESP32 Development Board - ESP32-C3-DevKitC-0225-00016650							
2	GRAVITY: ANALOG CAPACITIVE SOIL MOISTURE SENSOR-CORROSION RESISTANT (SEN0193)			✓	✓	GPIO36		
3	4 CHANNEL 5V RELAY MODULE WITH OPTOCOUPLING 5V		✓		✓			
4	DC COOLING FAN 5V			✓	✓	GPIO17	✓	

	(5015)							
5	IMMERSIBLE PUMP & WATER TUBE (FIT0200)		✓		✓	GPIO33	✓	
6	MB-102 SOLDESLESS BREAD BOARD W/ 830 TIE POINTS							
7	NON-CONTACT LIQUID LEVEL SENSOR (PNP)			✓	✓	GPIO5		
8	DFRobot I2C Αισθητήρας Υγρασίας & Θερμοκρασίας (Stainless Steel Shell)			✓	✓	SDA / SCL		
9	30W E27-LED full spectrum Λαμπα Ανάπτυξης Φυτών 85-265V plant fill light Led	✓				GPIO26	✓	

	Grow Light Growing Lamp_Φ ούξια-1 τεμ.							
1 0	Υγραντή ρας - νεφελοπ οιητής υπερήχ ων 1 Membra ne	✓				GPIO13	✓	
1 1	Τροφοδ οτικό 66W/5V/ 12V Διπλής Εξόδου RD65A Mean Well							
1 2	Infrared obstacle avoidan ce sensor (E18- D80NK)			✓	✓	GPIO32		
1 3	DC 12V 100W Room Heater Energy Saving	✓	✓		✓	GPIO14 / GPIO16	✓	



Η PcHarv ομάδα μας.