

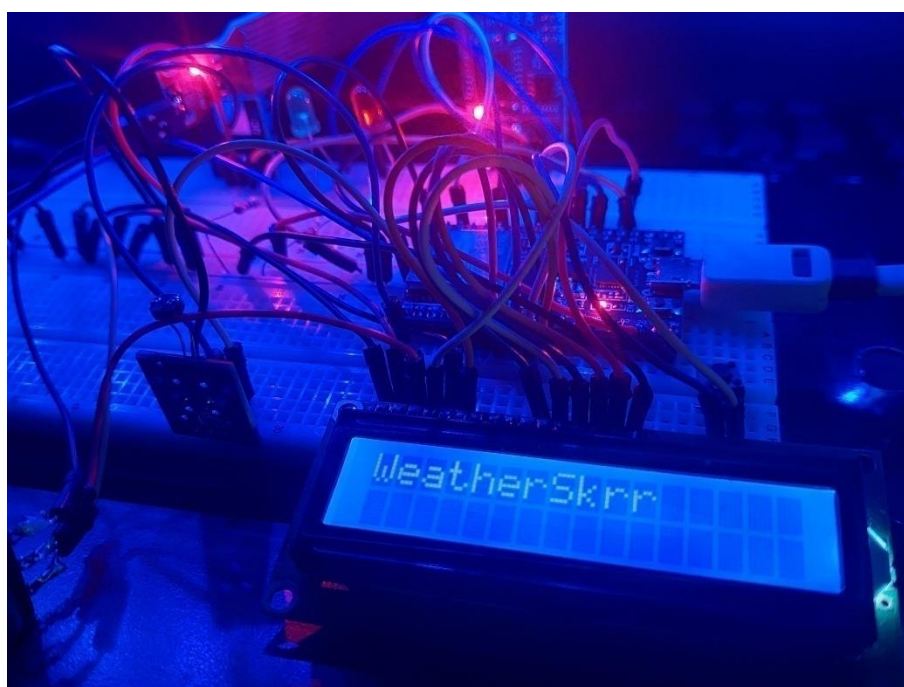


ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ



Του φοιτητή Σκρέκα Παναγιώτη

Επιβλέπων Καθηγητής Κιοσκερίδης Ιορδάνης

Αρ. Μητρώου: 516317

Θεσσαλονίκη, Μάιος 2025

Τίτλος Δ.Ε.: Ανάπτυξη Συσκευής Μέτρησης Μετεωρολογικών Δεδομένων

Κωδικός Δ.Ε.: **24252**

Όνοματεπώνυμο φοιτητή: Σκρέκας Παναγιώτης

Όνοματεπώνυμο εισηγητή: Κιοσκερίδης Ιορδάνης

Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε.: 09-10-2024

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε.: 31-05-2025

Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω καταγράψει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών, εικόνων και κειμένου, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επιπλέον, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά ως διπλωματική εργασία, στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.ΠΑ.Ε.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή Σκρέκα Παναγιώτη που την εκτόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης, ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσης της εργασίας διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο της εργασίας, δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού, ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, πώληση, εμπορική χρήση, διανομή, έκδοση, μεταφόρτωση(downloading), ανάρτηση (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία με τίτλο «Ανάπτυξη Συσκευής Μέτρησης Μετεωρολογικών Παραμέτρων» εκπονήθηκε κατά τη θερινή περίοδο του Ακαδημαϊκού Έτους 2024 – 2025 για τη Σχολή Μηχανικών, Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος. Η εργασία πραγματοποιήθηκε υπό την επίβλεψη του κ. Κιοσκερίδη Ιορδάνη, Καθηγητή του Τμήματος.

Η εργασία αυτή έχει ως στόχο την ανάπτυξη μιας έξυπνης συσκευής ικανής να καταγράφει και να προβάλλει βασικές μετεωρολογικές παραμέτρους όπως την θερμοκρασία, την υγρασία, την ένταση φωτός και των βροχοπτώσεων. Η συσκευή βασίζεται στη χρήση μικροελεγκτή ESP32, αισθητήρων περιβάλλοντος, οθόνης LCD και πλατφόρμας Blynk για απομακρυσμένη παρακολούθηση των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

Η ανάπτυξη της συσκευής αποτέλεσε μια δημιουργική και τεχνικά απαιτητική διαδικασία, μέσα από την οποία εφαρμόστηκαν γνώσεις προγραμματισμού και ηλεκτρονικών συστημάτων. Η εργασία στοχεύει όχι μόνο στην επίδειξη τεχνικής επάρκειας, αλλά και στη συμβολή προς πιο έξυπνες και προσβάσιμες τεχνολογικές λύσεις για την παρακολούθηση περιβαλλοντικών συνθηκών.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας αποτελεί ο σχεδιασμός και η υλοποίηση μιας συσκευής συλλογής μετεωρολογικών δεδομένων βασισμένη στο μικροελεγκτή ESP32. Παράλληλα αναπτύσσεται λογισμικό που επιτρέπει την καταγραφή, την επεξεργασία και την απεικόνιση των δεδομένων αυτών μέσω μίας ειδικά σχεδιασμένης εφαρμογής. Η εφαρμογή αυτή προσφέρει μια φιλική προς το χρήστη διεπαφή και τη δυνατότητα παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο.

Αρχικά, γίνεται αναφορά στα μετεωρολογικά δεδομένα καθώς και στις κύριες μετεωρολογικές παραμέτρους. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα όργανα μέτρησης που έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται για την καταγραφή σχετικών δεδομένων. Επίσης, γίνεται και μια αναφορά σε κάποια απλοϊκά μοντέλα πρόγνωσης καιρού.

Κατόπιν, γίνεται ανάλυση των απαιτήσεων του μετεωρολογικού σταθμού και παρουσιάζεται η πλακέτα ESP32, οι αισθητήρες και τα υπόλοιπα ηλεκτρονικά εξαρτήματα.

Στο κατασκευαστικό μέρος της εργασίας παρουσιάζεται αναλυτικά η διαδικασία συνδεσμολογίας των ηλεκτρονικών αισθητήρων και εξαρτημάτων με την επιλεγμένη πλακέτα μικροελεγκτή. Η σχεδίαση του κυκλώματος έγινε με γνώμονα την ευκολία αναπαραγωγής και τη μελλοντική επέκταση του συστήματος. Αντίστοιχα στο κομμάτι του κώδικα γίνεται λεπτομερή επεξήγηση κάθε τμήματος και του τρόπου που συμβάλλει στη συνολική λειτουργία και απόδοση της κατασκευής. Ο κώδικας υλοποιήθηκε σε γλώσσα προγραμματισμού C++ με χρήση κατάλληλων βιβλιοθηκών για τη διαχείριση των αισθητήρων και της επικοινωνίας μέσω Wi-Fi.

Τέλος, για την επιβεβαίωση της ορθής λειτουργίας της συσκευής πραγματοποιήθηκε και καταγράφηκε πειραματική επίδειξη του συστήματος στο εργαστήριο μου. Μέσω αυτής της πειραματικής διαδικασίας αποδείχτηκε ότι το σύστημα ανταποκρίνεται αξιόπιστα. Τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν την ακρίβεια των μετρήσεων και την σταθερότητα της λειτουργίας του συστήματος σε πειραματικό επίπεδο.

ABSTRACT

The subject of this diplomatic thesis is the design and implementation of a weather data collection device based on the ESP32 microcontroller. At the same time, software is developed that enables the recording, processing, and visualization of this data through a specially designed application. This application offers a user-friendly interface and the ability to monitor data in real time.

Firstly, reference is made to meteorological data and the main weather parameters. Then, the measuring instruments that have been developed and are used for recording relevant data are presented. Additionally, a brief reference is made to some simple weather forecasting models.

Subsequently, the requirements of the weather station are analyzed, and the ESP32 board, sensors, and other electronic components are presented.

In the construction section of the thesis, the process of connecting the electronic sensors and components to the selected microcontroller board is described in detail. The circuit design was carried out with a focus on ease of reproduction and future system expansion. Similarly, in the code section, a detailed explanation is provided for each part and how it contributes to the overall functionality and performance of the system. The code was implemented in C++ using appropriate libraries for sensor management and Wi-Fi communication.

Finally, to verify the correct operation of the device, an experimental demonstration of the system was carried out and documented in my laboratory. Through this experimental process, it was proven that the system responds reliably. The results confirmed the accuracy of the measurements and the stability of the system's operation on an experimental level.

Πίνακας περιεχομένων

1. Εισαγωγή	11
1.1 Τι είναι τα μετεωρολογικά δεδομένα	11
1.2 Κύριες μετεωρολογικές παράμετροι	12
2. Τεχνολογίες καταγραφής μετεωρολογικών δεδομένων	17
2.1 Αυτόματος μετεωρολογικός σταθμός.....	17
2.2 Όργανα μέτρησης μετεωρολογικού σταθμού	18
2.3 Θερμόμετρο – Όργανο μέτρησης θερμοκρασίας	18
Τύποι θερμομέτρων που χρησιμοποιούνται σε μετεωρολογικούς σταθμούς:	18
Τοποθέτηση και λειτουργία:.....	19
2.4 Υγρόμετρο	19
2.5 Βαρόμετρο.....	20
2.6 Ανεμόμετρο	22
2.7 Ανεμοδείκτης.....	23
2.8 Βροχογράφος ή συλλέκτης βροχής (Rain gauge).....	23
3. Πρόγνωση καιρού	26
3.1 Διαδικασία πρόγνωσης καιρού με τη μέθοδο Zambretti	27
4.Υλικά κατασκευής συσκευής συλλογής μετεωρολογικών δεδομένων	29
4.1 Raster.....	29
4.2 ESP32-WROOM-32UE.....	30
4.3 Βραχυκυκλωτήρες αρσενικούς	31
4.4 Led (Πράσινο - Κόκκινο)	32
4.5 Αντιστάσεις (220Ω).....	32
4.6 LCD 1602A	33
4.7 DHT11	34
4.8 Water Level Detection Sensor Module	34
4.9 Dependent Resistor Module KY-018 (Φωτοαντίσταση).....	35
Χαρακτηριστικά του LDR Module	35
Συνδέσεις του LDR Module με Arduino.....	35
4.10 RTC Module (Real Time Clock Module).....	36
4.11 Ροοστάτης	37
4.12 Καλώδιο MICRO-USB.....	37
5. Αρχιτεκτονική, χρήση και ενδείξεις συσκευής.....	38
5.1 Αρχιτεκτονική της συσκευής.....	38

5.2 Ενδείξεις οθόνης LCD	39
5.3 Ενδείξεις και λειτουργία εφαρμογής Blynk	42
6. Συνδεσμολογία.....	44
6.1 LCD Οθόνη.....	45
6.2 Η συνδεσμολογία του RTCModule με το ESP32	45
6.3 Η συνδεσμολογία του αισθητήρα DHT11	46
6.4 Η συνδεσμολογία του αισθητήρα βροχής	47
6.5 Η συνδεσμολογία της Φωτοαντίστασης	48
6.6 Σύνδεση LED&Button	48
7. Λογισμικό ArduinoIDE & Κώδικας.....	49
7.1 Κώδικας σε ArduinoIDE	49
7.2Κώδικας για DHT11	49
7.3 Κώδικας για Φωτοαντίσταση	51
7.4 Κώδικαςγια αισθητήραβροχής.....	52
7.5 Κώδικας αισθητήρα DS3231S (RTCMODULE)	54
7.6 Κώδικας για LCD 1602A.....	55
7.7 Κώδικας Εναλλαγής Οθόνης (BUTTON)	58
7.8 Κώδικας για εφαρμογή BLYNK και WI-FI	59
8. Πειραματική παρουσίαση και επαλήθευση λειτουργίας.....	62
8.1 Πειραματική δοκιμή αισθητήρα βροχής, εναλλαγή ενδείξεων της LCD και των LEDs.....	62
8.2 Πειραματική δοκιμή της Φωτοαντίστασης.....	64
8.3 Πειραματική δοκιμή αισθητήρα θερμοκρασίας – υγρασίας (DHT11)	66
 Ενδεικτική Βιβλιογραφία	68

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Αυτόματος μετεωρολογικός σταθμός εθνικού αστεροσκοπείου	17
Εικόνα 2: υδραργυρικό θερμόμετρο (πηγή xromatakarantinos.gr).....	18
Εικόνα 3: RTD (Πηγή www.geeksforgeeks.org)	19
Εικόνα 4: Ψηφιακό Θερμόμετρο (Πηγή planitario.gr).....	19
Εικόνα 5: Υγρόμετρο Τρίχας (Πηγή el.wikipedia.org).....	20
Εικόνα 6: Υδραργυρικό βαρόμετρο (Πηγή archive.noesis.edu.gr).....	21
Εικόνα 7: Ανερροειδές βαρόμετρο (Πηγή el.wikipedia.org)	21
Εικόνα 8: Ψηφιακό Βαρόμετρο(Πηγή pasidi.gr)	22

Εικόνα 9: CupΑνεμόμετρο(Πηγή en.wikipedia.org).....	22
Εικόνα 10: Ανεμοδείκτης (Πηγή en.wikipedia.org).....	23
Εικόνα 11: Βροχόμετρο με πλωτήρα(Πηγή www.researchgate.net).....	24
Εικόνα 12: Tipping Bucket(Πηγή novalynx.com).....	24
Εικόνα 13: Tipping Bucket (Πηγή bellflowsystems.co.uk).....	25
Εικόνα 14: Το όργανο Zambretti(Πηγή sciencedirect.com).....	27
Εικόνα 15: Το όργανο Zambretti(Πηγή sciencedirect.com).....	27
Εικόνα 16:Το Raster (Πηγή electronicroom.eu).....	29
Εικόνα 17: (Πηγή digikey.gr)	31
Εικόνα 18:(Πηγή find.gr)	31
Εικόνα 19: (Πηγή grobotronics.com)	32
Εικόνα 20: (Πηγή devobox.com)	32
Εικόνα 21: (Πηγή beskas.eu)	33
Εικόνα 22: (Πηγή sastronlimited.com).....	33
Εικόνα 23: (Πηγή botland.store)	34
Εικόνα 24: (Πηγή hellasdigital.gr)	35
Εικόνα 25: (Πηγή einstronic.com).....	35
Εικόνα 26: (Πηγή web.wpi.edu)	36
Εικόνα 27: (Πηγή stemvolt.in).....	36
Εικόνα 28: (Πηγή grobotronics.com)	37
Εικόνα 29: (Πηγή e-gem.gr).....	37
Εικόνα 30: Συσκευή μέτρησης μετεωρολογικών παραμέτρων 1	38
Εικόνα 31: Συσκευή μέτρησης μετεωρολογικών παραμέτρων 2	39
Εικόνα 32: Ένδειξη έναρξης λειτουργίας	39
Εικόνα 33: Πρώτη οθόνη	40
Εικόνα 34: Δεύτερη οθόνη	40
Εικόνα 35: Τρίτη οθόνη	41
Εικόνα 36: Τέταρτη οθόνη	41
Εικόνα 37: Πέμπτη οθόνη	42
Εικόνα 38: Το dashboard της Blynk στον Η/Υ	43
Εικόνα 39: Το dashboard στο app της Blynk	44
Εικόνα 40: Το περιβάλλον του ArduinoIDE.....	49
Εικόνα 41: Σταγόνες νερού σε επαφή με τον αισθητήρα βροχής	62
Εικόνα 42: Ένδειξη βροχόπτωσης "YES" στην LCD.....	63
Εικόνα 43: Ορθή ανταπόκριση της συσκευής στην τεχνητή βροχόπτωση	63
Εικόνα 44: Η ακριβής ώρα της πρώτης βροχής της ημέρας	64
Εικόνα 45: Η μπάρα φωτεινότητας του χώρου και το σχόλιο 1	65
Εικόνα 46: Η μπάρα φωτεινότητας του χώρου και το σχόλιο 2	65
Εικόνα 47: Η μπάρα φωτεινότητας του χώρου και το σχόλιο 3 (με φλας κινητού)	66
Εικόνα 48: Η πραγματική ώρα πριν θερμάνουμε τον αισθητήρα DHT11	67
Εικόνα 49: Ο τρόπος γρήγορης αύξησης της θερμοκρασίας.....	67
Εικόνα 50: Η θερμοκρασία ανεβαίνει ραγδαία, ανταποκρινόμενη στο ερέθισμά μας και η υγρασία πέφτει αντιστρόφως	68
Εικόνα 51: Η ώρα αφού έχουμε σβήσει τον αναπτήρα.....	68

Εικόνα 52: Οθόνη 3 και η μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας μετά το πείραμα, μαζί με ώρα και ημ/νία καταγραφής.....	69
Εικόνα 53: Το app της Blynk, την ώρα που δεν βρέχει	69
Εικόνα 54: Το app της Blynk, την ώρα που βρέχει.....	70

1. Εισαγωγή

Η πρόγνωση του καιρού αποτελεί μια από τις αρχαιότερες και πιο κρίσιμες δραστηριότητες του ανθρώπου. Από τους πρώτους πολιτισμούς, ο άνθρωπος παρακολουθούσε τον ουρανό, τα σύννεφα και τις ατμοσφαιρικές συνθήκες, προσπαθώντας να προβλέψει τον καιρό και να προστατευθεί από φυσικές καταστροφές ή να εκμεταλλευτεί κατάλληλα τις ευνοϊκές καιρικές συνθήκες. Η σωστή πρόγνωση του καιρού έχει άμεση επίδραση σε πολλούς τομείς της ζωής, όπως τη γεωργία, τη ναυτιλία, την αεροπλοΐα και την καθημερινή ανθρώπινη δραστηριότητα.

Με την πάροδο του χρόνου, η τεχνολογία έκανε σημαντικά βήματα προόδου, επιτρέποντας την αντικατάσταση των παραδοσιακών μεθόδων παρατήρησης με πιο εξελιγμένα και αυτοματοποιημένα συστήματα. Καθοριστικό ρόλο σε αυτήν την εξέλιξη είχαν οι μικροελεγκτές, μικρά αλλά ισχυρά υπολογιστικά συστήματα που μπορούν να ελέγξουν και να διαχειριστούν αισθητήρες σε πραγματικό χρόνο. Ιδιαίτερα σημαντικός είναι ο μικροελεγκτής ESP32, ο οποίος ξεχωρίζει για την υψηλή του επεξεργαστική ισχύ, την ενσωματωμένη υποστήριξη Wi-Fi και Bluetooth, καθώς και την ευκολία προγραμματισμού του. Οι δυνατότητες αυτές καθιστούν τον ESP32 ιδανικό για χρήση σε μετεωρολογικές συσκευές που συλλέγουν, επεξεργάζονται και μεταδίδουν δεδομένα.

Οι συσκευές καταγραφής μετεωρολογικών δεδομένων που βασίζονται σε μικροελεγκτές όπως ο ESP32 χρησιμοποιούνται ευρέως για πολλαπλούς σκοπούς: από την παρακολούθηση τοπικών καιρικών συνθηκών σε αγροτικές εκτάσεις και πόλεις, μέχρι τη χρήση τους σε εκπαιδευτικά προγράμματα και ερευνητικά έργα που αφορούν το κλίμα. Η δυνατότητα απομακρυσμένης συλλογής δεδομένων σε πραγματικό χρόνο συμβάλλει στη βελτίωση των προγνώσεων και στη λήψη άμεσων μέτρων για την αντιμετώπιση καιρικών φαινομένων.

Η παρούσα εργασία εστιάζει στη μελέτη και την κατασκευή μιας συσκευής συλλογής μετεωρολογικών δεδομένων, αξιοποιώντας την τεχνολογία του ESP32, και αναδεικνύει τη σημασία τέτοιων συστημάτων στη σύγχρονη μετεωρολογία και τις πρακτικές εφαρμογές τους. Μέσω της χρήσης σύγχρονων μικροελεγκτών, όπως ο ESP32, επιτυγχάνεται η αυτοματοποίηση της καταγραφής και μετάδοσης των δεδομένων, επιτρέποντας τη συνεχή παρακολούθηση των καιρικών συνθηκών με ακρίβεια και αξιοπιστία. Τα δεδομένα αυτά αποτελούν πολύτιμο εργαλείο για τους επιστήμονες, τους γεωργούς, τους μηχανικούς και τους φορείς πολιτικής προστασίας, συμβάλλοντας στην πρόληψη και αντιμετώπιση φυσικών φαινομένων και στην καλύτερη προσαρμογή της κοινωνίας στις κλιματικές αλλαγές. Με τον τρόπο αυτό, η τεχνολογία των μετεωρολογικών συσκευών όχι μόνο ενισχύει την κατανόηση του περιβάλλοντος αλλά και βελτιώνει σημαντικά την ποιότητα ζωής και την ασφάλεια των ανθρώπων.

1.1 Τι είναι τα μετεωρολογικά δεδομένα

Με τον όρο μετεωρολογικά δεδομένα εννοούμε τις πληροφορίες παρατήρησης του καιρού και του κλίματος μιας συγκεκριμένης περιοχής, σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Τα δεδομένα αυτά καταγράφονται από μετεωρολογικούς σταθμούς παρακολούθησης και οι πληροφορίες αυτές περιλαμβάνουν τη θερμοκρασία, τη σχετική υγρασία, την ατμοσφαιρική πίεση, την ταχύτητα και τη διεύθυνση του ανέμου, την ηλιακή ακτινοβολία, το σημείο δρόσου, τη βροχόπτωση, τη νέφωση κτλ.

Η πρόγνωση καιρού μπορεί να είναι βραχυπρόθεσμη, μεσοπρόθεσμη ή μακροπρόθεσμη.

Ένας μετεωρολογικός αισθητήρας είναι μια συσκευή που συλλέγει δεδομένα σχετικά με τον καιρό και το περιβάλλον χρησιμοποιώντας διάφορους αισθητήρες. Τα συστήματα αυτά είναι επίσης γνωστά και ως αυτόματοι κλιματικοί σταθμοί ή μετεωρολογικοί σταθμοί. Ένας μετεωρολογικός αισθητήρας διαθέτει συνήθως θερμόμετρο για τη μέτρηση της θερμοκρασίας, βαρόμετρο για τη μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης, καθώς και άλλους αισθητήρες για τη μέτρηση της βροχόπτωσης, του ανέμου, της υγρασίας και άλλα. Η τεχνολογία που χρησιμοποιούν μπορεί να είναι από την πιο

απλή χειροκίνητη, έως την πιο εξελιγμένη ψηφιακή. Ορισμένα μηχανήματα μπορούν να συνδεθούν σε υπολογιστή ή στο διαδίκτυο, ώστε τα δεδομένα που συλλέγονται να μπορούν να αναλυθούν με τη χρήση λογισμικού μετεωρολογικού σταθμού. [10]

Τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού χρησιμοποιούνται για την πρόγνωση και αξιολόγηση των τρεχουσών καιρικών συνθηκών όπως υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες και πιθανότητα βροχής. Τέτοιου είδους δεδομένα αξιοποιούνται τόσο από επαγγελματίες όπως μετεωρολόγοι, κηπουροί, αγρότες, φοιτητές και πιλότοι, όσο και από άτομα που χρειάζονται αυτές τις πληροφορίες περιστασιακά[1].

1.2 Κύριες μετεωρολογικές παράμετροι

Οι βασικές μετεωρολογικές παράμετροι που χρησιμοποιούνται για την μελέτη και την κατανόηση των καιρικών φαινομένων περιλαμβάνουν:

1. Θερμοκρασία:

Η θερμοκρασία είναι ένα φυσικό μέγεθος που μας βοηθά να καταλάβουμε τη θερμική κατάσταση ενός σώματος — δηλαδή, αν είναι ζεστό ή κρύο. Στην πραγματικότητα, αντανακλά τη μέση κινητική ενέργεια των σωματιδίων του: όσο πιο γρήγορα κινούνται αυτά τα σωματίδια, τόσο πιο υψηλή είναι η θερμοκρασία.

Η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας μετράται με τη χρήση θερμομέτρων και καταγράφει την ποσότητα της θερμικής ενέργειας στην ατμόσφαιρα. Εκφράζεται συνήθως σε βαθμούς Κελσίου (°C) ή Φαρενάιτ (°F).

Η θερμοκρασία μεταβάλλεται λόγω:

- Της ηλιακής ακτινοβολίας (πρωτογενής πηγή ενέργειας της Γης)
- Του γεωγραφικού πλάτους
- Του υψομέτρου
- Της εγγύτητας σε θάλασσα ή ξηρά
- Της νεφοκάλυψης και την κυκλοφορίας των αέριων μαζών.

Οι ημερήσιες και εποχιακές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας είναι φυσικές και επηρεάζονται από τη γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας. Επίσης, σε αστικές περιοχές καταγράφεται το φαινόμενο της «θερμικής νησίδας», όπου οι θερμοκρασίες είναι συστηματικά υψηλότερες λόγω της απορρόφησης και επανεκπομπής θερμότητας από το αστικό περιβάλλον.

Η θερμοκρασία είναι σημαντική για τη μελέτη του καιρού καθώς επηρεάζει την υγρασία, την πίεση και την κατεύθυνση των ανέμων, με αποτέλεσμα να επηρεάζει τον άνθρωπο, τα οικοσυστήματα και τις καλλιέργειες.[2],[12]

2. Υγρασία:

Ο όρος υγρασία αναφέρεται στην ποσότητα των υδρατμών που περιέχει ο αέρας. Αποτελεί βασικό στοιχείο για τη μελέτη των καιρικών φαινομένων, καθώς οι υδρατμοί διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στη δημιουργία νεφών, βροχοπτώσεων και στη ρύθμιση της θερμοκρασίας, μέσω απορρόφησης και εκπομπής θερμικής ενέργειας.

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι υγρασίας:

- Σχετική υγρασία: Εκφράζεται σε ποσοστό και δείχνει την αναλογία της ποσότητας υδρατμών στον αέρα σε σχέση με τη μέγιστη ποσότητα που μπορεί να χωρέσει ο αέρας σε συγκεκριμένη θερμοκρασία έως ότου κορεσθεί. Για την έκφραση της σχετικής θερμοκρασίας χρησιμοποιούμε το % και ο τύπος που μας δίνει το μέγεθος της είναι ο $S_u = \frac{B'}{B} 100$ όπου B'

είναι η ποσότητα των υδρατμών που υπάρχουν στην ατμόσφαιρά την στιγμή της μέτρησης και B είναι η ποσότητα των υδρατμών που χρειάζεται ο αέρας έτσι ώστε να κορεσθεί.

Ο κεκορεσμένος αέρας έχει σχετική υγρασία 100%, ενώ ο τελείως ξηρός αέρας έχει υγρασία 0%.

- Απόλυτη υγρασία: Μετρά την ποσότητα του νερού σε γραμμάρια ανά κυβικό μέτρο αέρα, δηλαδή την περιεκτικότητα του αέρα σε υδρατμούς και υπολογίζεται από τον τύπο: $a=m/V$ [3].

Η παρακολούθηση της υγρασίας είναι κρίσιμη για τη γεωργία, τη δασοπροστασία, την υγεία (ιδιαίτερα σε περιόδους καύσωνα ή έντονης ψύχρας), καθώς και για την πρόγνωση και τη διαχείριση φυσικών καταστροφών.[11]

3. Ατμοσφαιρική ή Βαρομετρική πίεση:

Ατμοσφαιρική ή Βαρομετρική πίεση, ονομάζεται η δύναμη που ασκεί η ατμόσφαιρα σε μια επιφάνεια λόγω του βάρους του αέρα.

Η βαρομετρική πίεση στην επιφάνεια της Γης σε ύψος ίσο με τη στάθμη της θάλασσας ισούται τυποποιημένα με το βάρος στήλης υδραργύρου ύψους 760 χιλιοστών ή με 1 Atm. Ένα Pascal ισούται με την πίεση που ασκεί 1Nm⁻².

Η μέτρηση της γίνεται με βαρόμετρα και μονάδες μέτρησης της ατμοσφαιρικής πίεσης είναι τα hectopascals(hPa). 1013,25 hPa είναι η ατμοσφαιρική πίεση που ασκείται στην μέση επιφάνεια της θάλασσας. Πίεση μικρότερη των 1012 hPa θεωρείται χαμηλή πίεση, ενώ πίεση μεγαλύτερη των 1012hPa θεωρείτε υψηλή.

Η πίεση της ατμόσφαιρας επηρεάζει τις καιρικές συνθήκες τόσο χωρικά όσο και χρονικά. Αυτές οι μεταβολές είναι ιδιαίτερα σημαντικές καθώς:

- Οι περιοχές χαμηλής πίεσης (βαρομετρικά χαμηλά) συνδέονται με αστάθεια καιρού, νεφοκάλυψη, άνεμο και βροχοπτώσεις.
- Οι περιοχές υψηλής πίεσης (αντικυκλώνες) συνήθως συνοδεύονται από σταθερό καιρό, ξηρότερη ατμόσφαιρα και καθαρό ουρανό.

Η ατμοσφαιρική ή βαρομετρική πίεση αλλάζει τόσο από μέρος σε μέρος όσο και με το πέρασμα του χρόνου, και αυτές οι αλλαγές μπορεί να συμβαίνουν είτε οριζόντια είτε κατακόρυφα. Αν και οι οριζόντιες μεταβολές της πίεσης είναι συνήθως μικρότερες σε σχέση με τις κατακόρυφες, παίζουν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του καιρού. Για παράδειγμα, οι άνεμοι δημιουργούνται εξαιτίας αυτών των διαφορών στην πίεση.[4].

4. Άνεμος:

Ο άνεμος είναι η φυσική κίνηση του ατμοσφαιρικού αέρα που ρέει γενικά παράλληλα προς το έδαφος. Αποτελεί μια από τις πιο χαρακτηριστικές και άμεσα αντιληπτές μετεωρολογικές παραμέτρους και παίζει καθοριστικό ρόλο στη μεταφορά θερμότητας, υγρασίας και ρύπων.

Οι δύο βασικές ιδιότητες που μετρούνται σχετικά με τον άνεμο είναι:

- Η ταχύτητα (ή ένταση) του ανέμου αναφέρεται στον ρυθμό με τον οποίο κινούνται τα μόρια του αέρα σε μία συγκεκριμένη περιοχή. Η κίνηση αυτή είναι αποτέλεσμα της διαφοράς της ατμοσφαιρικής πίεσης μεταξύ δύο γεωγραφικών περιοχών.
Ο άνεμος, σε γενικές γραμμές, κινείται οριζόντια και κατευθύνεται από περιοχές υψηλής βαρομετρικής πίεσης προς περιοχές χαμηλότερης πίεσης. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά πίεσης μεταξύ δύο περιοχών, τόσο ισχυρότεροι είναι οι άνεμοι που δημιουργούνται. Αντίθετα, μικρότερες διαφορές πίεσης οδηγούν σε ηπιότερους ανέμους.

Η μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου γίνεται με τη χρήση ειδικών οργάνων, όπως ο ανεμόμετρο, και εκφράζεται σε διάφορες μονάδες μέτρησης: Km/h, m/sec, Ναυτικά μίλια / ώρα (knots), Μίλια/ώρα.

Η αντιστοιχία μεταξύ των μονάδων είναι η εξής:
 $1 \text{ m s} = 3,6 \text{ km h} = 1,943 \text{ Knots} = 2,237 \text{ m. p. h.}$

Η επιλογή μονάδας εξαρτάται από το πεδίο εφαρμογής: για παράδειγμα, στη ναυσιπλοΐα και την αεροπλοΐα προτιμώνται οι κόμβοι, ενώ στη μετεωρολογία χρησιμοποιούνται συνήθως τα m/s ή τα km/h.

- Η διεύθυνση(κατεύθυνση) του ανέμου, που δείχνει από ποιο σημείο του ορίζοντα προέρχεται ο άνεμος, και καταγράφεται είτε σε μοίρες (0° = βόρειος άνεμος), είτε με την ονομασία των σημείων του ορίζοντα (πχ βορειοανατολικός)
 Επίδραση ασκεί στην διεύθυνση και η περιστροφή της Γης. Ανάλογα με τη διεύθυνσή τους, οι άνεμοι διακρίνονται σε τρεις βασικές κατηγορίες: **σταθεροί άνεμοι**, οι οποίοι πνέουν συνεχώς από συγκεκριμένη κατεύθυνση καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, αν και η έντασή τους μπορεί να μεταβάλλεται· **περιοδικοί άνεμοι**, που αλλάζουν κατεύθυνση σε τακτά και προβλέψιμα χρονικά διαστήματα· και **μεταβλητοί άνεμοι**, οι οποίοι παρουσιάζουν αστάθεια τόσο στη διεύθυνση όσο και στην έντασή τους, χωρίς κάποιο συγκεκριμένο μοτίβο.

Η παρακολούθηση και η μέτρηση του ανέμου είναι απαραίτητη για την αεροπλοΐα, τη ναυσιπλοΐα, τη γεωργία, την πυροπροστασία καθώς και την πρόγνωση ακραίων καιρικών φαινομένων. [5].

5. Βροχόπτωση:

Η βροχή ή βροχόπτωση ή υδατόπτωση, μετρά την ποσότητα νερού που πέφτει στην επιφάνεια της Γης από τον ουρανό και ανήκει στα υδατώδη μετεωρολογικά κατακρημνίσματα ή υδρομετέωρα όπως ονομάζονται τα διάφορα φαινόμενα του νετού, του οποίου άλλα επίσης είδη είναι το η καταιγίδα, το χιονόνερο, το χιόνι και το χαλάζι.

Η βροχή είναι η πιο κοινή και χαρακτηριστική μορφή υδατώδους κατακρήμνισης.

Βροχόπτωση έχουμε στις παρακάτω τρεις περιπτώσεις.

1. Όταν ψύχεται ο αέρας με αποτέλεσμα να μειωθεί και η δυνατότητά του να συγκρατεί υδρατμούς. Στην περίπτωση αυτή έχουμε κολλοειδή διασπορά.
2. Όταν αυξάνεται η ατμοσφαιρική πίεση με συνέπεια να μειώνεται η δυνατότητα του αέρα να συγκρατεί υδρατμούς σε μορφή μικρών σταγονιδίων, οπότε και έχουμε κολλοειδή διασπορά.
3. Όταν αυξάνεται πολύ η συγκέντρωση της υγρασίας με αποτέλεσμα να μη μπορεί ο αέρας να συγκρατήσει τους υδρατμούς, δεδομένου ότι παραμένει σταθερή η θερμοκρασία και η πίεση. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται πίεση.

Η ένταση της βροχής ποικίλει:

- Ασθενής 2mm/h και 5mm/h. συνήθως προέρχεται από στρωματόμορφα σύννεφα με πάχος μικρότερο των 2 km.
- Μέτρια βροχή >2mm/h και
- Ισχυρή >5mm/h
- Βίαιη, καταρακτώδης >50mm/h.

Η βροχόπτωση μετράται με βροχόμετρα ή αυτόματους μετεωρολογικούς σταθμούς και εκφράζεται σε χιλιοστά (mm), που δηλώνουν το ύψος του νερού σε μια επιφάνεια 1τ.μ. αν δεν απορροφηθεί ή εξατμιστεί.

Η βροχή αποτελεί βασικό στοιχείο του υδρολογικού κύκλου και επηρεάζει άμεσα τη γεωργία, την υδροδότηση, την οικολογία και την πολιτική προστασία. Ενώ η απουσία ή η υπερβολή της μπορεί να προκαλέσει ξηρασία ή πλημμύρες αντίστοιχα.[6].

6. Ηλιακή ακτινοβολία ή Ηλιοφάνεια:

Η ηλιοφάνεια είναι η μετεωρολογική κατάσταση κατά την οποία ο Ήλιος λάμπει στον ουρανό χωρίς ιδιαίτερες νεφώσεις και αναφέρεται στην ποσότητα ενέργειας που φτάνει στην επιφάνεια της Γης από τον Ήλιο.

Στη Γη, το ηλιακό φως περνά μέσα από την ατμόσφαιρα και φιλτράρεται, δημιουργώντας έτσι τη φυσική εναλλαγή μεταξύ ημέρας και νύχτας. Η ημέρα είναι το χρονικό διάστημα κατά το οποίο οι ακτίνες του ήλιου φτάνουν και φωτίζουν ένα μέρος της Γης, ενώ η νύχτα είναι η περίοδος κατά την οποία το ίδιο σημείο βρίσκεται στη σκιά, χωρίς άμεση ηλιακή ακτινοβολία.

Η ακτινοβολία που φτάνει στη Γη διακρίνεται σε:

- Υπεριώδης (UV): Με μικρό μήκος κύματος, επικίνδυνη για τον άνθρωπο, αλλά σε μεγάλο ποσοστό απορροφάται από το στρώμα του όζοντος.
- Ορατή ακτινοβολία: Η πιο γνωστή, αυτή που βλέπει το ανθρώπινο μάτι. Αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που φτάνει στην επιφάνεια.
- Υπέρυθρη (IR): Μεταφέρει θερμότητα και συμμετέχει στη διαδικασία θέρμανσης της ατμόσφαιρας και της Γης.

Η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει σε μια δεδομένη τοποθεσία επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες όπως το γεωγραφικό πλάτος, η εποχή του έτους, η παρουσία νεφών (νεφοκάλυψη), η γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτίνων στην επιφάνεια και η διάρκεια της ημέρας. Οι παράγοντες αυτοί καθορίζουν την ένταση και τη διάρκεια της ηλιακής ακτινοβολίας επηρεάζοντας σημαντικά τις θερμοκρασιακές συνθήκες και την ενεργειακή ισορροπία μια περιοχής.[7].

7. Σημείο Δρόσου:

Η δρόσος ή δροσιά είναι το φυσικό φαινόμενο κατά το οποίο οι υπάρχοντες υδρατμοί στην ατμόσφαιρα πλησίον του εδάφους συμπυκνώνονται σε μικρές σταγόνες (σταγονίδια) νερού, που καλύπτουν κάθε αντικείμενο. Αυτό το φαινόμενο συμβαίνει όταν ο αέρας ψύχεται και φτάνει στη θερμοκρασία του σημείου δρόσου, η οποία είναι η θερμοκρασία στην οποία ο αέρας δεν μπορεί να συγκρατήσει πλέον την ποσότητα υδρατμών που περιέχει και αρχίζει να συμπυκνώνεται. Οι υδρατμοί του αέρα, που είναι σε αέρια κατάσταση, γίνονται υγροί και σχηματίζουν το νερό που βλέπουμε ως δροσιά στις επιφάνειες.

Το φαινόμενο του δρόσου είναι πιο συνηθισμένο τις πρωινές ώρες ή όταν οι θερμοκρασίες πέφτουν κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Διάκριση δρόσου: Η δημιουργία της δρόσου εξαρτάται κυρίως από την υπάρχουσα συγκέντρωση και την κίνηση των υδρατμών στην ατμόσφαιρα. Εξετάζοντας τη συμπεριφορά αυτών των υδρατμών — ιδιαίτερα πάνω από επιφάνειες με βλάστηση — διακρίνονται δύο βασικοί μηχανισμοί σχηματισμού δρόσου: είτε μέσω καθοδικής μεταφοράς υδρατμών από την ατμόσφαιρα προς το έδαφος, είτε μέσω ανοδικής κίνησης υδρατμών από το έδαφος, οι οποίοι συμπυκνώνονται όταν συναντήσουν ψυχρότερα στρώματα αέρα.

- Η **καθοδική δρόσος** που λέγεται αυτή που προκαλείται με καθοδική κίνηση υδρατμών και που εμφανίζεται στη πάνω επιφάνεια των φύλλων, η οποία και φέρεται στην αγγλική ορολογία ως «dewfall».
- Η **ανοδική δρόσος** που λέγεται αυτή που δημιουργείται με ανοδική κίνηση υδρατμών από κάτω προς τα επάνω και που εμφανίζεται στην κάτω επιφάνεια των φύλλων των λουλουδιών, η οποία και φέρεται στην αγγλική ορολογία ως «distillation».

Τέλος, η δρόσος δεν πρέπει να συγχέεται με τη βροχόπτωση, καθώς η βροχή είναι αποτέλεσμα ενεργής διαδικασίας συμπύκνωσης και κατάρρευσης των νεφών. Ενώ η δρόσος είναι απλώς αποτέλεσμα συμπύκνωσης της υγρασίας από την ατμόσφαιρα στην επιφάνεια.[8].

8. Νέφωση:

Νέφωση είναι η μετεωρολογική παράμετρος που εκφράζει το ποσοστό του ουρανού το οποίο καλύπτεται από σύννεφα όπως παρατηρείται από ένα γεωγραφικό τόπο. Αποτελεί ένα εξαιρετικά σπουδαίο κλιματολογικό στοιχείο. Αυτό οφείλεται στο ότι αποτελεί τον κρίσιμο παράγοντα ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται η επιφάνεια του εδάφους καθώς επίσης και των αντίστοιχων ποσών της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από το έδαφος προς το διάστημα. Ως αποτέλεσμα, η νέφωση και τα είδη της, συντελούν με αποφασιστικό τρόπο στη διαμόρφωση της θερμοκρασίας του αέρος. Εκτός από τη νεφοκάλυψη, το είδος των νεφών και η διάταξή τους αποτελούν ενδιαφέροντα μετεωρολογικά και κλιματικά στοιχεία.

Η μέτρηση της εκτιμάται εμπειρικά χωρίς τη χρήση ειδικών οργάνων και εκφράζεται με βάση οκτάβαθμη ή δεκάβαθμη κλίμακα, γνωστή ως κλίμακα νέφωσης. Κάθε βαθμίδα αντιστοιχεί προς το 1/8 ή 1/10, ανάλογα της κλίμακας, του ουρανού που καλύπτεται από νέφη.

Η ένταση και η έκταση της νέφωσης παρουσιάζουν διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια της ημέρας, με τις απογευματινές ώρες να χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη μεταβλητότητα σε σχέση με τις πρωινές. Το φαινόμενο αυτό είναι ιδιαίτερα έντονο κατά τη θερινή περίοδο, λόγω της αυξημένης ηλιακής ακτινοβολίας και της σχετικής αστάθειας της ατμόσφαιρας.

Η ημερήσια μεταβολή της νέφωσης σχετίζεται άμεσα με τον τρόπο σχηματισμού των νεφών, ενώ διαφοροποιείται ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος. Ιδιαίτερα στα μέσα γεωγραφικά πλάτη, η εποχική διακύμανση της νέφωσης είναι αξιοσημείωτη. Είναι χαρακτηριστικό ότι τις καλοκαιρινές περιόδους, τα μέγιστα της νέφωσης συνδέονται με τους σωρείτες ανοδικών ρευμάτων (Cu, Cb - convective cumulus). Αντίθετα, τον χειμώνα παρατηρούνται αυξημένα επίπεδα νέφωσης κατά την ανατολή του ηλίου, τα οποία αποδίδονται σε στρωματόμορφα νέφη ακτινοβολίας (radiational stratiform clouds). Συγκρίνοντας τα χειμερινά με τα θερινά μέγιστα της νέφωσης, καταλήγουν οι επιστήμονες ότι τα πρώτα είναι λιγότερο διακεκριμένα, εξαιτίας του μικρότερου ωριαίου εύρους της νέφωσης λόγω της υψηλής συχνότητας κυκλωνικών συστημάτων.[9].

2. Τεχνολογίες καταγραφής μετεωρολογικών δεδομένων

Η παρακολούθηση των μετεωρολογικών παραμέτρων βασίζεται σε εξειδικευμένα όργανα και τεχνολογικά συστήματα, τα οποία επιτρέπουν την αξιόπιστη καταγραφή και ανάλυση των καιρικών συνθηκών, αυτά ονομάζονται Μετεωρολογικοί Σταθμοί.

Οι μετεωρολογικοί σταθμοί σε σχέση με τον τρόπο λειτουργίας τους είναι είτε αυτόματοι (ΑΜΣ), είτε συμβατικοί (ΣΜΣ) και χρησιμοποιούν μια ποικιλία αισθητήρων για την καταγραφή των μετεωρολογικών παραμέτρων που αναφέρθηκαν παραπάνω (θερμοκρασία, υγρασία κτλ.). Η ανάπτυξη της τεχνολογίας έχει επιτρέψει τη συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, τη μετάδοση τους μέσω σύγχρονων δικτύων και την επεξεργασία τους για χρήση σε καιρικές προγνώσεις, αγροτικές εφαρμογές, έρευνα και παρακολούθηση του κλίματος.

Ο χάρτης μετεωρολογικών σταθμών κάθε χώρας απεικονίζει κάθε μετεωρολογικό σταθμό ο οποίος έχει και μοναδικό διεθνή αριθμό ταυτότητας. Μετεωρολογικοί σταθμοί κατασκευάζονται σε πόλεις, αεροδρόμια, λιμάνια, λίμνες και άλλα σημεία μετεωρολογικού ενδιαφέροντος κάθε χώρας. [13]

2.1 Αυτόματος μετεωρολογικός σταθμός

Ως αυτόματος μετεωρολογικός σταθμός (ΑΜΣ) (AWS – Automatic Weather Station) ορίζεται ένας μετεωρολογικός σταθμός στον οποίο οι παρατηρήσεις γίνονται και μεταδίδονται αυτόματα (ορισμός κατά WMO).

Σε έναν αυτόματο μετεωρολογικό σταθμό οι μετρήσεις που λαμβάνονται από τα όργανα είτε διαβάζονται στο σταθμό είτε λαμβάνονται από ένα κεντρικό σύστημα ανάκτησης δεδομένων. Τα δεδομένα που συλλέγονται από τις αυτόνομες μονάδες μέτρησης μπορούν να υποστούν την κατάλληλη επεξεργασία είτε στον ΑΜΣ ή κάπου αλλού π.χ. στον κεντρικό επεξεργαστή του δικτύου. Οι ΑΜΣ μπορεί να θεωρηθούν ως ένα ολοκληρωμένο σύστημα συσκευών μέτρησης σε συνδυασμό με τις μονάδες ανάκτησης και επεξεργασίας δεδομένων. Ένα τέτοιο ολοκληρωμένο σύστημα οργάνων συχνά αποκαλείται ως αυτοματοποιημένο σύστημα μετεωρολογικής παρατήρησης (AWOS – Automated Weather Observing System) ή αυτοματοποιημένο σύστημα παρατηρήσεων εδάφους (ASOS – Automated Surface Observing System). Παρ' όλα αυτά έχει επικρατήσει, σαν κοινή πρακτική, η ονομασία ΑΜΣ (AWS) για αυτά τα ολοκληρωμένα συστήματα. [13]



Εικόνα 1: Αυτόματος μετεωρολογικός σταθμός εθνικού αστεροσκοπείου
στην Μάνδρα Αττικής (πηγή www.meteo.gr).

2.2 Όργανα μέτρησης μετεωρολογικού σταθμού

Τα όργανα μέτρησης σε έναν μετεωρολογικό σταθμό, και κατ' επέκταση σε έναν αυτόματο σταθμό, είναι οι συσκευές και οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή των μετεωρολογικών φαινομένων.[14]

Τα κυριότερα όργανα-αισθητήρες που διαθέτουν οι μετεωρολογικοί σταθμοί είναι:

- Θερμόμετρα
- Υγρόμετρα
- Βαρόμετρα
- Ανεμόμετρα
- Ανεμοδείκτες
- Βροχόμετρα.

2.3 Θερμόμετρο – Όργανο μέτρησης θερμοκρασίας

Το θερμόμετρο είναι το βασικό όργανο για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του αέρα, μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους της μετεωρολογίας. Χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση των θερμικών μεταβολών της ατμόσφαιρας, τόσο σε πραγματικό χρόνο όσο και για μακροχρόνιες κλιματολογικές μελέτες.

Τύποι θερμομέτρων που χρησιμοποιούνται σε μετεωρολογικούς σταθμούς:

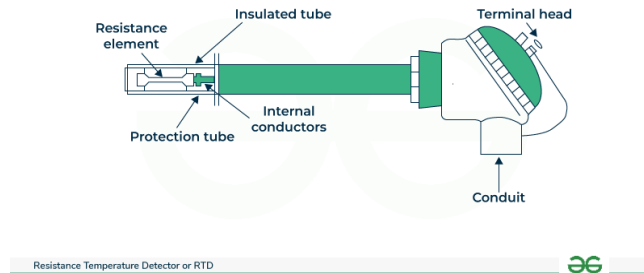
1. Υδραργυρικά θερμόμετρα (παραδοσιακά):
 - ο Περιέχουν υδράργυρο μέσα σε γυάλινο σωλήνα.
 - ο Ο υδράργυρος διαστέλλεται ή συστέλλεται ανάλογα με τη θερμοκρασία.
 - ο Παρόλο που είναι ακριβή, πλέον χρησιμοποιούνται λιγότερο λόγω της τοξικότητας του υδραργύρου



Εικόνα 2: υδραργυρικό θερμόμετρο (πηγή xromatakarantinos.gr)

Αισθητήρια Αντίστασης θερμοκρασίας (RTD – Resistance Temperature Detectors):

- Ηλεκτρονικοί αισθητήρες που βασίζονται στην αλλαγή της ηλεκτρικής αντίστασης ενός υλικού ανάλογα με τη θερμοκρασία.
- Πολύ ακριβείς και σταθεροί – χρησιμοποιούνται σε αυτόματους μετεωρολογικούς σταθμούς. [15]



Εικόνα 3: RTD (Πηγή www.geeksforgeeks.org)

2. Ψηφιακά θερμομέτρα:

- Περιλαμβάνουν αισθητήρες θερμοκρασίας και μικροεπεξεργαστές.
- Εμφανίζουν την τιμή ψηφιακά και συχνά ενσωματώνονται σε αυτόματα συστήματα μέτρησης.



Εικόνα 4: Ψηφιακό Θερμόμετρο (Πηγή planitario.gr)

Τοποθέτηση και λειτουργία:

- Το θερμομέτρο τοποθετείται συνήθως σε μετεωρολογικό κλωβό (Stevenson screen) σε ύψος περίπου 1,2 έως 2 μέτρα από το έδαφος, για να προστατεύεται από απευθείας ηλιακή ακτινοβολία και βροχόπτωση.
- Οι μετρήσεις καταγράφονται σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα, είτε χειροκίνητα είτε αυτόματα.

2.4 Υγρόμετρο

Το υγρόμετρο είναι το όργανο που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της υγρασίας της ατμόσφαιρας. Υπάρχουν διάφοροι τύποι υγρομέτρων, οι οποίοι διαφέρουν στον τρόπο λειτουργίας και στη βασική αρχή μέτρησης της υγρασίας. Οι πιο κοινές κατηγορίες υγρομέτρων περιλαμβάνουν:

1. Υγρόμετρο Τρίχας:

Το υγρόμετρο τρίχας βασίζεται στη χρήση τρίχας (συνήθως αλόγου ή ανθρώπινης) για τη μέτρηση της υγρασίας. Οι τρίχες αυτές έχουν την ιδιότητα να επιμηκύνονται όταν

απορροφούν υγρασία και να συρρικνώνονται όταν η ατμόσφαιρα είναι ξηρή. Αυτή η μεταβολή στο μήκος της τρίχας χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της υγρασίας του αέρα. Είναι μια από τις παλαιότερες και πιο γνωστές μεθόδους μέτρησης της υγρασίας.

2. Υγρόμετρο Αλλυάρ (Υγρόμετρο Δρόσου):

Το υγρόμετρο Αλλυάρ βασίζεται στη μέτρηση της θερμοκρασίας δρόσου. Η διαδικασία αυτή αφορά την ψύξη μιας επιφάνειας μέχρι να εμφανιστεί συμπύκνωση, που συμβαίνει όταν η υγρασία του αέρα φτάσει στην τιμή δρόσου. Η θερμοκρασία στην οποία αρχίζει η συμπύκνωση προσδιορίζει την υγρασία του αέρα και χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της σχετικής υγρασίας.

3. Ηλεκτρονικά Υγρόμετρα:

Τα ηλεκτρονικά υγρόμετρα αποτελούν μια πιο σύγχρονη και ακριβή μέθοδο μέτρησης της υγρασίας, βασιζόμενα στην αλλαγή κάποιων ηλεκτρικών παραμέτρων, όπως η ηλεκτρική αντίσταση ή η χωρητικότητα ενός πυκνωτή. Όταν η υγρασία του αέρα μεταβάλλεται, οι ηλεκτρικές παράμετροι του αισθητήρα (συνήθως κατασκευασμένου από υλικό ευαίσθητο στην υγρασία) αλλάζουν αναλόγως, και αυτή η μεταβολή χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της υγρασίας του αέρα. Αυτά τα υγρόμετρα είναι συνήθως πιο ακριβή και εύχρηστα για εφαρμογές που απαιτούν συνεχείς και ακριβείς μετρήσεις. [14]



Εικόνα 5:Υγρόμετρο Τρίχας (Πηγή el.wikipedia.org)

2.5 Βαρόμετρο

Το βαρόμετρο είναι το μετεωρολογικό όργανο που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης, δηλαδή της δύναμης που ασκείται από την ατμόσφαιρα πάνω σε μια επιφάνεια. Η ατμοσφαιρική πίεση μεταβάλλεται ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και την υψομετρική θέση και αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για τη μελέτη των καιρικών φαινομένων.[16]

Τα βαρόμετρα διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες, ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους:

1. Βαρόμετρα Υγρών

- Το πιο παραδοσιακό υδραργυρικό βαρόμετρο, το οποίο εφευρέθηκε το 1643 από τον Ιταλό φυσικό Evangelista Torricelli, χρησιμοποιεί μια στήλη υδραργύρου σε έναν κλειστό σωλήνα για να μετρήσει την ατμοσφαιρική πίεση. Η πίεση της ατμόσφαιρας επηρεάζει το ύψος της στήλης του υδραργύρου, δίνοντας την ένδειξη της πίεσης.

Παρά την εξαιρετική ακρίβειά του, το υδραργυρικό βαρόμετρο είναι δύσκολο στην χρήση και επικίνδυνο λόγω της τοξικότητας του υδραργύρου.



Εικόνα 6: Υδραργυρικό βαρόμετρο (Πηγή archive.noesis.edu.gr)

2. Μεταλλικά Βαρόμετρα

- Τα μεταλλικά βαρόμετρα, όπως το ανερροειδές βαρόμετρο, χρησιμοποιούν ελαστικά μέρη (π.χ., ελαστικές μεμβράνες ή πηνία) που παραμορφώνονται ανάλογα με την ατμοσφαιρική πίεση. Αν και προσφέρουν λιγότερη ακρίβεια σε σχέση με τα υδραργυρικά βαρόμετρα, είναι πιο εύκολα στη χρήση και πιο προσιτά, καθιστώντας τα δημοφιλή για καθημερινή χρήση.



Εικόνα 7: Ανερροειδές βαρόμετρο (Πηγή el.wikipedia.org)

3. Ηλεκτρονικά Βαρόμετρα

- Τα ηλεκτρονικά βαρόμετρα χρησιμοποιούν ηλεκτρικά στοιχεία όπως αντιστάσεις και πυκνωτές, οι οποίοι μεταβάλλονται ανάλογα με την αλλαγή στην ατμοσφαιρική πίεση. Αυτά τα στοιχεία συνήθως κατασκευάζονται από υλικά που είναι ευαίσθητα στην αλλαγή της πίεσης και χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της ακριβούς πίεσης σε διάφορες περιοχές, με τη χρήση σύγχρονης τεχνολογίας.[16]



Εικόνα 8: Ψηφιακό Βαρόμετρο (Πηγή pasidi.gr)

Τα βαρόμετρα διακρίνονται επίσης σε απλής ένδειξης και αυτογραφικά (βαρογράφοι). Οι βαρογράφοι καταγράφουν τις μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης με την πάροδο του χρόνου, παρέχοντας συνεχή δεδομένα.

2.6 Ανεμόμετρο

Το ανεμόμετρο είναι το όργανο που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου. Συνήθως, τα ανεμόμετρα αποτελούνται από μία έλικα που περιστρέφεται όταν έρχεται σε επαφή με τον άνεμο. Η ταχύτητα του ανέμου υπολογίζεται μετρώντας τις περιστροφές της έλικας σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα. Η γεωμετρία της έλικας σχετίζεται άμεσα με την ταχύτητα του ανέμου που μετράται. Αυτού του τύπου τα ανεμόμετρα ονομάζονται "cup anemometer". [14,17]



Εικόνα 9: Cup Ανεμόμετρο (Πηγή en.wikipedia.org)

Άλλοι τύποι ανεμόμετρων περιλαμβάνουν τα θερμαινόμενα νήματα, τα οποία αξιοποιούν την ψυκτική ικανότητα του ανέμου πάνω σε θερμαινόμενα μέταλλα, προκαλώντας μεταβολές της θερμοκρασίας σε ένα νήμα. Από τη μεταβολή αυτή, με τη χρήση κατάλληλων συναρτήσεων, υπολογίζεται η ταχύτητα του ανέμου. Επιπλέον, υπάρχουν τα ανεμόμετρα υπερήχων, τα οποία μετρούν τον χρόνο που χρειάζεται ο ήχος για να ταξιδέψει από τον πομπό στο δέκτη, και χρησιμοποιούν αυτή τη χρονική μεταβολή για να υπολογίσουν την ταχύτητα του ανέμου. Τέλος, τα ηλεκτρονικά ανεμόμετρα χρησιμοποιούν μαγνητικούς διακόπτες για την καταμέτρηση των περιστροφών της έλικας.

Τα ανεμόμετρα συνήθως διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες: αυτά που μετρούν μόνο την ταχύτητα του ανέμου και αυτά που καταγράφουν τόσο την ταχύτητα όσο και την πίεση του ανέμου. Στην Ελλάδα, οι μονάδες μέτρησης της ταχύτητας του ανέμου είναι συνήθως τα χιλιόμετρα ανά ώρα (km/h) ή τα μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m/s). [17]

2.7 Ανεμοδείκτης

Ο ανεμοδείκτης είναι ένα όργανο που χρησιμοποιείται για την ένδειξη της κατεύθυνσης του ανέμου. Αποτελείται από μια συσκευή, συνήθως με τη μορφή ενός περιστρεφόμενου δείκτη ή πτερυγίου, το οποίο τοποθετείται σε ελεύθερη περιστροφή και στρέφεται προς την κατεύθυνση από την οποία πνέει ο άνεμος. Ο ανεμοδείκτης είναι συνήθως τοποθετημένος σε ύψωμα, ώστε να υπάρχει ελάχιστη ακαμψία από άλλα αντικείμενα που μπορεί να παρεμποδίσουν την κίνηση του ανέμου.[14]

Όταν ο άνεμος φυσά, το αεροδυναμικό σχήμα του ανεμοδείκτη προκαλεί την περιστροφή του γύρω από έναν άξονα. Το πτερύγιο του δείχνει προς την κατεύθυνση του ανέμου, ενώ το αντίθετο άκρο του δείκτη υποδεικνύει την κατεύθυνση από την οποία πνέει ο άνεμος. Οι ανεμοδείκτες μπορεί να είναι μηχανικοί (με περιστροφικά πτερύγια) ή ηλεκτρονικοί (που χρησιμοποιούν αισθητήρες για την ανίχνευση της κατεύθυνσης του ανέμου και την ψηφιακή του απεικόνιση).



Εικόνα 10:Ανεμοδείκτης (Πηγή en.wikipedia.org)

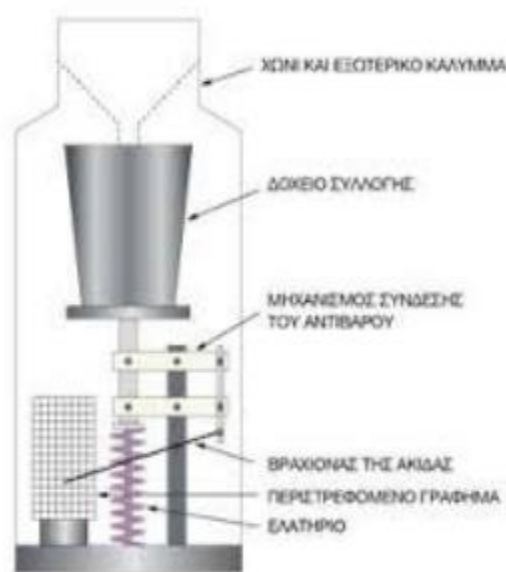
2.8 Βροχογράφος ή συλλέκτης βροχής (Rain gauge)

Ο βροχογράφος είναι το όργανο που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ποσότητας βροχόπτωσης σε μία περιοχή. Υπάρχουν διάφοροι τύποι βροχογράφων που διαφέρουν στη μέθοδο καταγραφής της βροχόπτωσης και στη λειτουργία τους.

1. Δεκαπλασιαστικό βροχόμετρο: Αυτός ο τύπος βροχογράφου αποτελείται από μια χοάνη που συλλέγει το βρόχινο νερό και το μεταφέρει σε έναν βαθμονομημένο ογκομετρικό σωλήνα. Για τη μέτρηση, καταγράφεται το ύψος του νερού στον σωλήνα και υπολογίζεται το ύψος της βροχόπτωσης. Το όνομα "Δεκαπλασιαστικό" προέρχεται από το γεγονός ότι η διάμετρος της χοάνης είναι δεκαπλάσια από τη διάμετρο της τομής του γυάλινου σωλήνα.
2. Βροχόμετρο με πλωτήρα: Σε αυτό το είδος βροχόμετρου, η χοάνη συλλέγει το βρόχινο νερό, το οποίο προωθείται στο δοχείο που περιέχει τον πλωτήρα και το σιφόνι. Ο πλωτήρας συνδέεται με μια γραφίδα που καταγράφει τη στάθμη του νερού σε τακτά χρονικά διαστήματα. Καθώς η βροχόπτωση συνεχίζεται, η θέση του πλωτήρα αλλάζει και η γραφίδα καταγράφει την αλλαγή στο χαρτί, σχηματίζοντας μια καμπύλη. Αν η βροχόπτωση είναι έντονη, η καμπύλη γίνεται πιο στενή. Όταν δεν υπάρχει βροχή, ο πλωτήρας παραμένει σταθερός, καταγράφοντας 0mm. Όταν το δοχείο γεμίσει, ενεργοποιείται το σιφόνι για να το

αδειάσει. Στα ηλεκτρονικά βροχόμετρα με πλωτήρα, η καταγραφή γίνεται μέσω ηλεκτρονικού καταχωρητή δεδομένων, αντί για γραφίδα και χαρτί.

3. Βροχογράφος με τεχνολογία ανατροπής κάδου (Tipping bucket): Ένας από τους πιο διαδεδομένους τύπους βροχογράφων, ο οποίος χρησιμοποιεί χοάνη για να συλλέξει το βρόχινο νερό και το προωθεί σε έναν μηχανισμό ανατρεπόμενων κάδων. Κάθε κάδος έχει καθορισμένη χωρητικότητα και όταν γεμίσει, ανατρέπεται και αντικαθίσταται από τον επόμενο. Κάθε ανατροπή καταγράφεται μέσω ενός συστήματος καταγραφής. Συνήθως, απαιτούνται 10 ml νερού (ισοδύναμο με 0,2 mm βροχόπτωση) για να ανατραπεί ο κάδος. Οι σύγχρονοι ηλεκτρονικοί βροχογράφοι χρησιμοποιούν μαγνητικούς διακόπτες που στέλνουν ηλεκτρικούς παλμούς κάθε φορά που ανατρέπεται ο κάδος, επιτρέποντας την ακριβή μέτρηση της βροχόπτωσης.
4. Ραντάρ καιρού: Τα τελευταία χρόνια, η παρατήρηση των βροχοπτώσεων γίνεται και με τη χρήση ραντάρ καιρού, τα οποία επιτρέπουν την παρακολούθηση των βροχοπτώσεων σε πραγματικό χρόνο και την πρόβλεψη της έντασης και της περιοχής της βροχόπτωσης.



Εικόνα 11: Βροχόμετρο με πλωτήρα(Πηγή www.researchgate.net)



Εικόνα12: Tipping Bucket(Πηγή novalynx.com)



Εικόνα13: Tipping Bucket (Πηγή bellflowsystems.co.uk)

Κάθε τύπος βροχογράφου έχει τις δικές του εφαρμογές, ανάλογα με τις ανάγκες του μετεωρολογικού σταθμού ή της περιοχής μέτρησης, με τον στόχο της ακριβούς και αποτελεσματικής καταγραφής της βροχόπτωσης.[18,14]

2.9 Συμπέρασμα

Η καταγραφή μετεωρολογικών δεδομένων αποτελεί θεμέλιο λίθο για την κατανόηση των καιρικών και κλιματικών φαινομένων. Η πρόοδος της τεχνολογίας έχει καταστήσει δυνατή την ανάπτυξη αυτόματων μετεωρολογικών σταθμών και εξελιγμένων αισθητήρων, επιτρέποντας την αξιόπιστη και σε πραγματικό χρόνο συλλογή κρίσιμων πληροφοριών. Τα σύγχρονα όργανα μέτρησης, όπως θερμόμετρα, υγρόμετρα, βαρόμετρα και ανεμόμετρα, ενσωματώνονται πλέον σε ολοκληρωμένα συστήματα παρακολούθησης, ενισχύοντας σημαντικά την ακρίβεια και την αποδοτικότητα των μετεωρολογικών παρατηρήσεων. Η κατανόηση της λειτουργίας και των χαρακτηριστικών αυτών των οργάνων είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη καινοτόμων συσκευών μέτρησης, όπως αυτή που πραγματεύεται η παρούσα πτυχιακή εργασία.

4. Πρόγνωση καιρού

Η πρόγνωση του καιρού αποτελεί μια από τις πιο χρήσιμες και απαραίτητες εφαρμογές της μετεωρολογίας στη σύγχρονη κοινωνία. Μέσω της συλλογής, ανάλυσης και ερμηνείας δεδομένων από δορυφόρους, ραντάρ και μετεωρολογικούς σταθμούς, οι επιστήμονες μπορούν να προβλέψουν τις καιρικές συνθήκες για τις επόμενες ώρες ή και ημέρες. Καθώς οι καιρικές συνθήκες μπορούν να μεταβληθούν ραγδαία και να προκαλέσουν φυσικά φαινόμενα όπως καταιγίδες, καύσωνες ή χιονοπτώσεις, η πρόγνωση του καιρού συμβάλλει στην έγκαιρη ενημέρωση και προετοιμασία του πληθυσμού, μειώνοντας τις επιπτώσεις από ακραία καιρικά φαινόμενα.[18]

Η πρόγνωση του καιρού δεν βασίζεται αποκλειστικά σε πολύπλοκα υπολογιστικά μοντέλα ή υπερσύγχρονα δορυφορικά δεδομένα. Σε τοπικό επίπεδο, ένας απλός μετεωρολογικός σταθμός μπορεί να προσφέρει ικανοποιητικές προβλέψεις μέσω πιο απλών, εμπειρικών μεθόδων. Τρεις χαρακτηριστικοί τρόποι με τους οποίους αυτό είναι εφικτό περιλαμβάνουν:

- I. Μέθοδος του βαρομέτρου (Απλή μετεωρολογική πρόγνωση):
Αυτή η μέθοδος βασίζεται στην παρατήρηση της μεταβολής της ατμοσφαιρικής πίεσης. Γενικά, μια άνοδος της πίεσης υποδηλώνει βελτίωση του καιρού, ενώ μια πτώση προμηνύει κακοκαιρία.
- II. Σύγκριση με την ουδέτερη βαρομετρική πίεση της θάλασσας:
Σε αυτή τη μέθοδο, η παρατηρούμενη βαρομετρική πίεση συγκρίνεται με τη "φυσιολογική" ή ουδέτερη πίεση στο επίπεδο της θάλασσας (περίπου 1013 hPa). Αν η πίεση είναι σημαντικά χαμηλότερη, μπορεί να σημαίνει ότι πλησιάζει σύστημα χαμηλών πιέσεων (κακοκαιρία), ενώ υψηλότερη πίεση συνδέεται συνήθως με καλές καιρικές συνθήκες.
- III. Μέθοδος Zambretti:
Η μέθοδος Zambretti αποτελεί μια από τις πιο γνωστές εμπειρικές τεχνικές πρόγνωσης καιρού που αναπτύχθηκαν πριν την ευρεία χρήση των αριθμητικών μετεωρολογικών μοντέλων. Δημιουργήθηκε στις αρχές του 20ού αιώνα από τους Άγγλους κατασκευαστές επιστημονικών οργάνων Negretti και Zambra και βασίζεται σε μια σειρά από απλές αλλά αποτελεσματικές μετρήσεις, που συνδυάζονται με έναν μηχανικό τρόπο.[14]

Συγκεκριμένα, το 1915 σχεδίασαν και κατασκεύασαν μια αναλογική συσκευή πρόγνωσης καιρού, γνωστή ως Zambretti Forecaster, με ποσοστό επιτυχίας που ξεπερνούσε το 90% σε βραχυπρόθεσμη πρόγνωση (έως 12 ώρες) για το βόρειο ημισφαίριο. Η συσκευή αποτελείται από τρεις περιστρεφόμενους δίσκους, οι οποίοι ρυθμίζονται με βάση:

- την κατεύθυνση του ανέμου,
- την βαρομετρική πίεση (αν παρουσιάζει άνοδο ή πτώση), και
- την εποχή του έτους (χειμώνας ή καλοκαίρι).

Καθώς ο χρήστης ευθυγραμμίζει σωστά τους δίσκους, από ειδικά διαμορφωμένες οπές εμφανίζεται ένα γράμμα. Αυτό το γράμμα αντιστοιχεί, μέσω συγκεκριμένου πίνακα, σε μια σύντομη και αρκετά αξιόπιστη πρόγνωση του καιρού.

3.2 Συμπέρασμα

Η πρόγνωση του καιρού αποτελεί κρίσιμο εργαλείο στην καθημερινή ζωή και βασικό αντικείμενο της μετεωρολογικής επιστήμης. Η κατανόηση και αξιοποίηση των δεδομένων, είτε μέσω προηγμένων τεχνολογικών μέσων είτε μέσω απλών εμπειρικών μεθόδων, επιτρέπει την έγκαιρη και αποτελεσματική ενημέρωση για τις επικείμενες καιρικές συνθήκες. Η παρουσίαση της μεθόδου Zambretti στο παρόν κεφάλαιο αναδεικνύει πως ακόμη και με βασικά μετεωρολογικά στοιχεία και σωστή εφαρμογή, μπορεί να επιτευχθεί αξιόπιστη βραχυπρόθεσμη πρόγνωση. Η μεθοδολογία αυτή, προσαρμοσμένη αλγοριθμικά, ενισχύει τον ρόλο ενός απλού μετεωρολογικού σταθμού ως εργαλείου πρόγνωσης και επιβεβαιώνει τη σημασία της σύνδεσης ανάμεσα στην επιστημονική τεκμηρίωση και την πρακτική εφαρμογή.

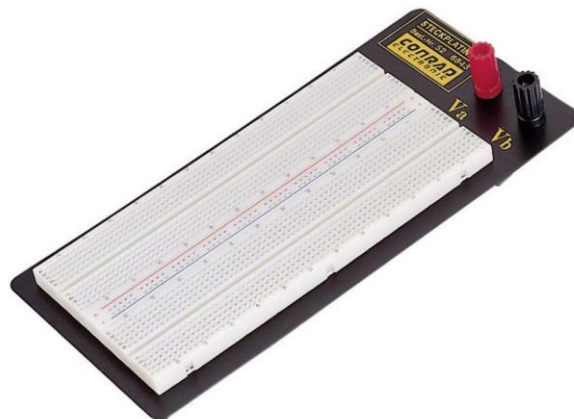
4.Υλικά κατασκευής συσκευής συλλογής μετεωρολογικών δεδομένων

Για την κατασκευή συσκευής συλλογής μετεωρολογικών δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά τα οποία και αναλύονται στη συνέχεια:

- RASTER
- ESP32 WROOM DEV KIT32
- ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΤΗΡΕΣ ΑΡΣΕΝΙΚΟΥΣ
- LED (ΠΡΑΣΙΝΟ ΚΟΚΚΙΝΟ)
- ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ (220Ω)
- LCD1602A
- DHT11
- Water LevelDetectionSensor Module
- DEPENDENT RESISTOR MODULE (Φωτοαντίσταση)
- RTC MODULE
- ΡΟΟΣΤΑΤΗΣ(10ΚΩ)
- ΚΑΛΩΔΙΟ MICRO-USB

4.1 Raster

Ένα σημαντικό εργαλείο που μας βοηθάει στην κατασκευή πειραματικών κυκλωμάτων είναι το Raster. Το Raster χρησιμοποιείται για την υλοποίηση του ηλεκτρονικού κυκλώματος και τον έλεγχο του ώστε όταν περαστεί σε πλακέτα να είμαστε σίγουροι ότι λειτουργεί σωστά.



Εικόνα16:Το Raster (Πηγή electronicroom.eu)

4.2 ESP32-WROOM-32UE

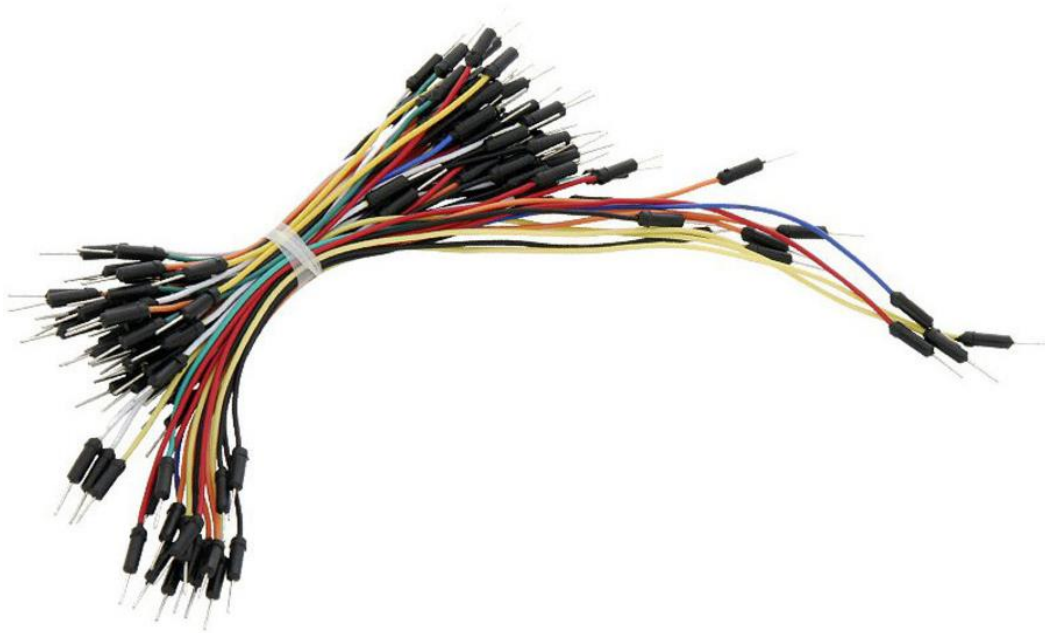
Το ESP32-WROOM-32UE DevKit είναι μια πλατφόρμα ανάπτυξης που βασίζεται στο τσιπ ESP32, ένα ισχυρό μικροελεγκτή με δυνατότητες Wi-Fi και Bluetooth. Το ESP32 είναι ιδανικό για έργα που απαιτούν ασύρματη επικοινωνία, όπως Internet of Things (IoT), έξυπνα συστήματα, αυτοματισμούς και πολλές άλλες εφαρμογές. Διαθέτει πληθώρα ψηφιακών και αναλογικών εισόδων/εξόδων, γεγονός που την καθιστά ιδανική για την επικοινωνία με μεγάλο αριθμό αισθητήρων και περιφερειακών συσκευών, όπως είναι η οθόνη LCD, το ρολόι και τα ασύρματα συστήματα επικοινωνίας που περιλαμβάνει η παρούσα κατασκευή. Επιπλέον, η επιλογή της συγκεκριμένης πλακέτας ενισχύθηκε και από το γεγονός ότι ήταν ήδη διαθέσιμη για χρήση.[20]

Χαρακτηριστικό	Τιμή / Περιγραφή
Μικροελεγκτής	ESP32 (Xtensa Dual-Core 32-bit LX6, έως 240 MHz)
Μνήμη RAM	520 KB SRAM
Flash μνήμη	4 MB (συνήθως)
Wi-Fi	802.11 b/g/n (2.4 GHz)
Bluetooth	Bluetooth v4.2 BR/EDR και BLE
Τάση λειτουργίας	3.0V – 3.6V (συνήθως 3.3V)
Ψηφιακές εισοδοί/εξοδοί (GPIO)	Έως 34 GPIO pins
ADC	Έως 18 κανάλια 12-bit
DAC	2 κανάλια 8-bit
PWM	Υποστηρίζεται
SPI / I2C / UART	Υποστηρίζεται (πολλαπλά interface)
USB	Μέσω μετατροπέα USB-to-Serial (π.χ. CP2102)
Κατανάλωση ενέργειας	Πολύ χαμηλή σε sleepmodes
Τάση εισόδου (μέσω USB)	5V μέσω micro-USB
Υποστήριξη προγραμματισμού	Arduino IDE, Espressif IDF, PlatformIO



Εικόνα 17: (Πηγή digikey.gr)

4.3 Βραχυκυκλωτήρες αρσενικούς



Εικόνα 18:(Πηγή find.gr)

4.4 Led (Πράσινο - Κόκκινο)



Εικόνα 19: (Πηγή grobotronics.com)



Εικόνα 20: (Πηγή devobox.com)

4.5 Αντιστάσεις (220Ω)

Η αντίσταση 220Ω (220 ohm) είναι ένα παθητικό ηλεκτρονικό εξάρτημα που περιορίζει τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα κύκλωμα. Στη συσκευή, επέλεξα να χρησιμοποιήσω 220Ω για να μειώσω την τάση των 5V σε περίπου 3V ώστε να αποφύγουμε την καταστροφή τους.



Εικόνα 21: (Πηγή beskas.eu)

4.6 LCD 1602A

Ο LCD1602A είναι μία ευρέως χρησιμοποιούμενη οθόνη LCD (LiquidCrystalDisplay) που μπορεί να εμφανίσει 2 γραμμές με 16 χαρακτήρες η κάθε μία. Είναι ιδανική για projects με Arduino, ESP32, RaspberryPi, κ.λπ., και χρησιμοποιείται για την απεικόνιση κειμένου, αισθητήρων ή μηνυμάτων σε πραγματικό χρόνο.

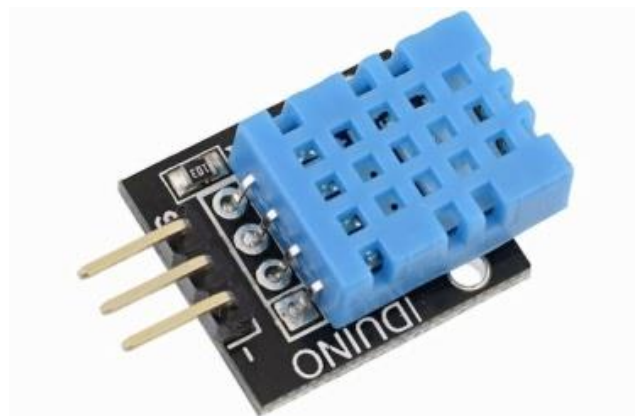
Το χρώμα της οθόνης είναι μπλε με λευκούς χαρακτήρες, η τάση λειτουργίας είναι 5V (μπορεί να λειτουργήσει και σε 3,3V ωστόσο ενδέχεται να δημιουργηθούν επιπλοκές οπότε προτιμούμε την τροφοδότηση της με 5V που είναι πιο ασφαλής). Ο ελεγκτής της οθόνης είναι ο SPLC780D1 και η διασύνδεση είναι 8-bit παράλληλη.[21]



Εικόνα22: (Πηγή sastronlimited.com)

4.7 DHT11

- Ο αισθητήρας DHT11 είναι ένας ευρέως χρησιμοποιούμενος ψηφιακός αισθητήρας που μετρά θερμοκρασία και σχετική υγρασία. Είναι φτηνός, εύκολος στη χρήση με μικροελεγκτές όπως το Arduino, το ESP8266, ή το RaspberryPi, και ιδανικός για εκπαιδευτικές και απλές εφαρμογές μέτρησης περιβαλλοντικών συνθηκών. Τα χαρακτηριστικά του φαίνονται παρακάτω:
- Μετρήσεις:
 - ✓ Θερμοκρασία: από 0°C έως 50°C (με ακρίβεια $\pm 2^\circ\text{C}$)
 - ✓ Σχετική υγρασία: από 20% έως 90% RH (με ακρίβεια $\pm 5\% \text{ RH}$)
- Τάση λειτουργίας: 3.5V – 5.5V
- Ρεύμα λειτουργίας: περίπου 2.5 mA όταν στέλνει δεδομένα
- Ρυθμός ενημέρωσης δεδομένων: 1Hz (1 φορά ανά δευτερόλεπτο)
- Έξοδος: Ψηφιακή (μέσω ενός μόνο καλωδίου δεδομένων)[22]



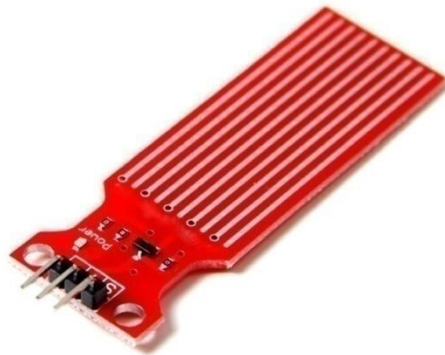
Εικόνα23: (Πηγή botland.store)

4.8 WaterLevelDetectionSensorModule

Ο αισθητήρας στάθμης νερού (Water LevelSensor) είναι ένας απλός και οικονομικός αισθητήρας που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση της στάθμης υγρών, συνήθως νερού, σε δεξαμενές ή άλλες εφαρμογές. Για τις ανάγκες της συγκεκριμένης συσκευής, θα χρησιμοποιήσω τον αισθητήρα στάθμης νερού, ως αισθητήρα ανίχνευσης βροχόπτωσης.

Χαρακτηριστικά:

- Τάση λειτουργίας: 3.3V – 5V
- Έξοδος:
 - ✓ Αναλογική έξοδος : Παράγει τιμές 0–4000 ανάλογα με το ύψος του νερού.
 - ✓ Ψηφιακή έξοδος : Μπορεί να ενεργοποιείται/απενεργοποιείται με βάση ένα όριο (threshold).
- Κατανάλωση ρεύματος: πολύ μικρή
- Ακρίβεια: εξαρτάται από το σχεδιασμό και το επίπεδο υγρασίας



Εικόνα24: (Πηγή hellasdigital.gr)

4.9 Dependent Resistor Module KY-018 (Φωτοαντίσταση)

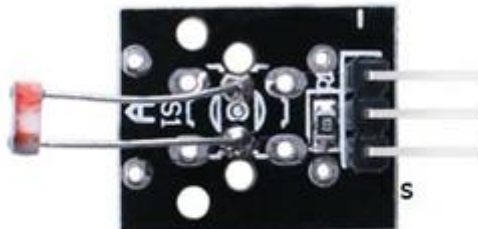
Ο Light Dependent Resistor (LDR) είναι ένας τύπος αντιστάτη του οποίου η αντίσταση μειώνεται καθώς αυξάνεται η ένταση του φωτός που πέφτει πάνω του. Χρησιμοποιείται σε εφαρμογές που απαιτούν μέτρηση ή ανίχνευση φωτός, όπως σε αυτόματα συστήματα φωτισμού, φωτοκύτταρα, ρολόγια ημέρας-νύχτας, και άλλες εφαρμογές περιβαλλοντικού ελέγχου. Στη συσκευή συλλογής μετεωρολογικών δεδομένων χρησιμοποιήσα τον συγκεκριμένο αισθητήρα για την ανίχνευση των επιπέδων ηλιοφάνειας και συννεφιάς.

Χαρακτηριστικά του LDR Module

- Λειτουργία: Όσο περισσότερο φως πέφτει πάνω στον LDR, τόσο χαμηλότερη είναι η αντίσταση του.
- Σύνδεση: Συνήθως συνδέεται μέσω ενός αναλογικού εισόδου

Συνδέσεις του LDR Module με Arduino

1. VCC → 3.3V
2. GND → Γείωση
3. OUT (Analog Output) → Αναλογικό pin



Εικόνα25: (Πηγή einstronic.com)

4.10 RTC Module (Real Time Clock Module)

Ο αισθητήρας RTC (Real-Time Clock) είναι μια συσκευή που επιτρέπει την παρακολούθηση του πραγματικού χρόνου (ώρες, λεπτά, δευτερόλεπτα, ημέρα, μήνας, έτος) σε συστήματα που απαιτούν ακριβή χρονική μέτρηση, ακόμα και όταν η κύρια πηγή τροφοδοσίας (π.χ. ρεύμα) είναι εκτός λειτουργίας. Οι RTC μονάδες διαθέτουν μια ενσωματωμένη μπαταρία (συνήθως μπαταρία κέρματος CR2032), η οποία τους επιτρέπει να συνεχίζουν να λειτουργούν για μεγάλο χρονικό διάστημα, ακόμα και όταν η τροφοδοσία διακοπεί.[23]

Τα χαρακτηριστικά του είναι:

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS

($T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , unless otherwise noted.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V_{CC}		2.3	3.3	5.5	V
	V_{BAT}		2.3	3.0	5.5	V
Logic 1 Input SDA, SCL	V_{IH}		0.7 x V_{CC}		$V_{CC} + 0.3$	V
Logic 0 Input SDA, SCL	V_{IL}		-0.3		+0.3 x V_{CC}	V
Pullup Voltage (SDA, SCL, 32kHz, \overline{INT}/SQW)	V_{PU}	$V_{CC} = 0V$			5.5V	V

Εικόνα 26: (Πηγή web.wpi.edu)



Εικόνα 27: (Πηγή stemvolt.in)

4.11 Ροοστάτης

Στο κύκλωμα μας γίνεται και χρήση ενός ροοστάτη ο οποίος ρυθμίζει το contrast της LCD οθόνης.



Εικόνα 28: (Πηγή grobotronics.com)

4.12 Καλώδιο MICRO-USB

Το χρησιμοποιήσα για να συνδέσω το ESP32 με τον Η/Υ για να μεταφορτώσω τον κώδικα.



Εικόνα 29: (Πηγή e-gem.gr)

4.13 Συμπέρασμα

Η επιλογή και συνδυασμένη χρήση των κατάλληλων υλικών αποτελεί θεμέλιο για την επιτυχή ανάπτυξη μιας συσκευής συλλογής μετεωρολογικών δεδομένων. Κάθε εξάρτημα που παρουσιάστηκε στο παρόν κεφάλαιο συμβάλλει καθοριστικά στη λειτουργικότητα, την ακρίβεια και την αποδοτικότητα της συσκευής. Η χρήση του μικροελεγκτή ESP32 σε συνδυασμό με αισθητήρες θερμοκρασίας, υγρασίας, φωτεινότητας και στάθμης νερού, καθώς και η ενσωμάτωση απλών εξαρτημάτων όπως LED και οθόνη LCD, αποδεικνύει πως με έξυπνο σχεδιασμό και κατάλληλη επιλογή υλικών μπορεί να υλοποιηθεί ένα ολοκληρωμένο και λειτουργικό μετεωρολογικό σύστημα.

5. Αρχιτεκτονική, χρήση και ενδείξεις συσκευής

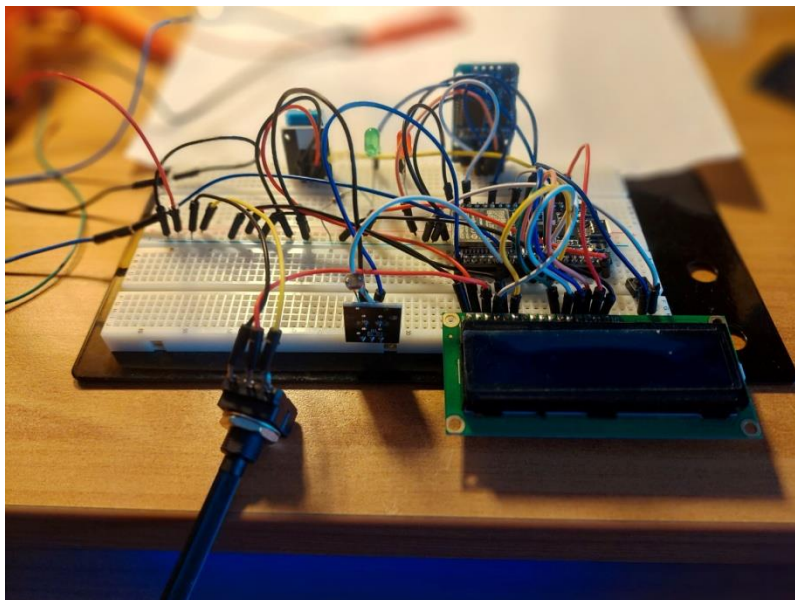
Με βάση την αρχιτεκτονική της συσκευής, όταν τη θέσουμε σε λειτουργία, καταγράφονται οι μετρήσεις από τους αισθητήρες και εμφανίζονται στην οθόνη LCD. Η εναλλαγή των οθονών για την εμφάνιση των μετρήσεων των μετεωρολογικών δεδομένων γίνεται πατώντας το button.

5.1 Αρχιτεκτονική της συσκευής

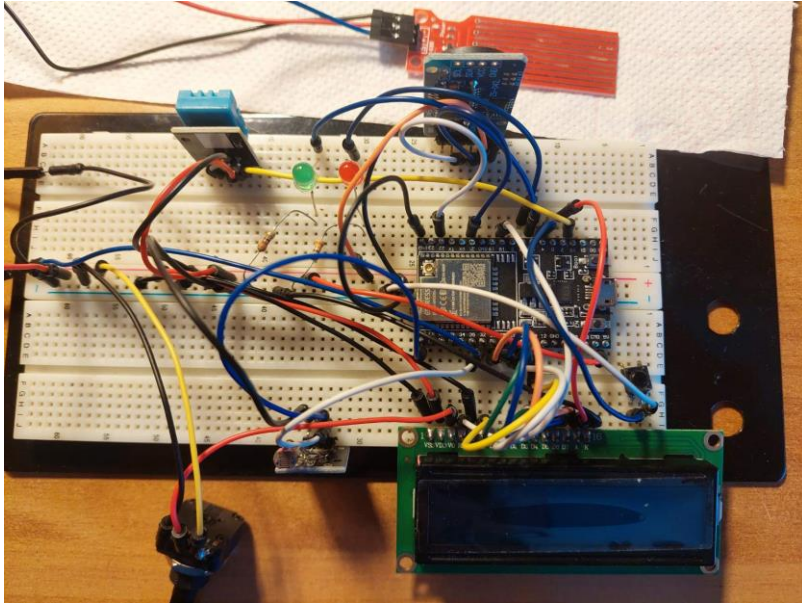
Η αρχιτεκτονική του μετεωρολογικού σταθμού αποτυπώνεται στις εικόνες 3-4. Η κεντρική μονάδα ελέγχου είναι ένας Μικροελεγκτής ESP32 WROOM 32U, ο οποίος διασυνδέεται με μια σειρά από αισθητήρες για τη συλλογή μετεωρολογικών δεδομένων. Συγκεκριμένα:

- Ο αισθητήρας DHT11 παρέχει μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας.
- Ο αισθητήρας WaterLevelDetectionSensorModule είναι υπεύθυνος για την ανίχνευση βροχής.
- Η Φωτοαντίσταση εντοπίζει τα επίπεδα ηλιοφάνειας και συννεφιάς.

Για τον συγχρονισμό της ώρας και ημερομηνίας, το σύστημα χρησιμοποιεί το ρολόι πραγματικού χρόνου DS3231, τόσο για την πραγματική ημερομηνία και ώρα όσο και για τις μέγιστες τιμές που καταγράφονται. Η προβολή των μετρήσεων γίνεται μέσω LCD οθόνης συνδεδεμένης απευθείας με το ESP32. Η σύνδεση του μικροελεγκτή με την εφαρμογή Blynk επιτυγχάνεται μέσω του δικτύου Wi-Fi, χρησιμοποιώντας τον Blynk AuthToken, το SSID και τον κωδικό πρόσβασης του τοπικού δικτύου. Μέσω της βιβλιοθήκης BlynkSimpleEsp32.h, το ESP32 συνδέεται στους servers της Blynk και αποστέλλει κάθε τρία δευτερά τα δεδομένα (θερμοκρασία, υγρασία, ένταση φωτός και ένδειξη βροχής). Αυτά τα δεδομένα εμφανίζονται σε εικονικά pin (Virtual Pins) στην εφαρμογή Blynk στο κινητό, προσφέροντας απομακρυσμένη παρακολούθηση του μετεωρολογικού σταθμού.[24]



Εικόνα 30: Συσκευή μέτρησης μετεωρολογικών παραμέτρων 1



Εικόνα 31: Συσκευή μέτρησης μετεωρολογικών παραμέτρων 2

5.2 Ενδείξεις οθόνης LCD

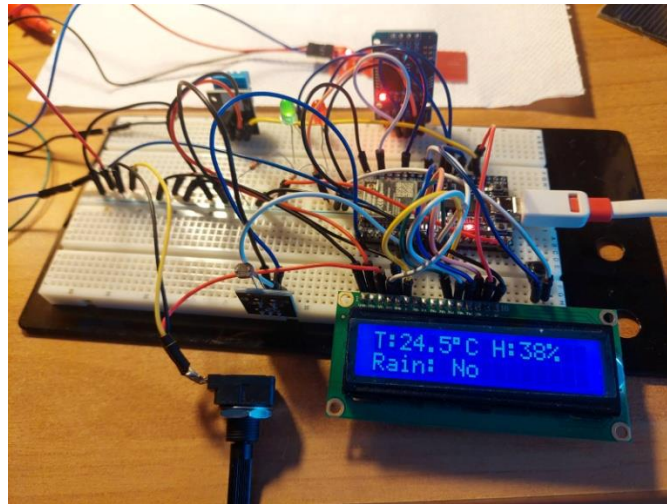
Η οθόνη LCD της συσκευής εμφανίζει διαδοχικά διάφορες πληροφορίες που σχετίζονται με τις καιρικές συνθήκες. Προβάλλει τη θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου, την υγρασία σε ποσοστό, καθώς και αν έχει καταγραφεί βροχή ή όχι. Δείχνει την τρέχουσα ημερομηνία και ώρα μέσω του ρολογιού RTC, ενώ καταγράφει και προβάλλει τη μέγιστη θερμοκρασία της ημέρας μαζί με την ώρα που σημειώθηκε. Αν υπάρξει βροχόπτωση, εμφανίζεται η ώρα και η ημερομηνία της πρώτης καταγραφής της. Τέλος, απεικονίζεται και η ένταση του φωτός με μπάρες και σχόλιο όπως "Sunny", "Cloudy" ή "Dark", προσφέροντας μια καθαρή και ολοκληρωμένη εικόνα των συνθηκών του περιβάλλοντος.

Κατά την εκκίνηση της συσκευής, η οθόνη LCD εμφανίζει για 5 δευτερόλεπτα το μήνυμα "WeatherSkrr" ως ένδειξη έναρξης λειτουργίας. Στη συνέχεια, η οθόνη καθαρίζει και ξεκινά η προβολή των μετεωρολογικών δεδομένων.



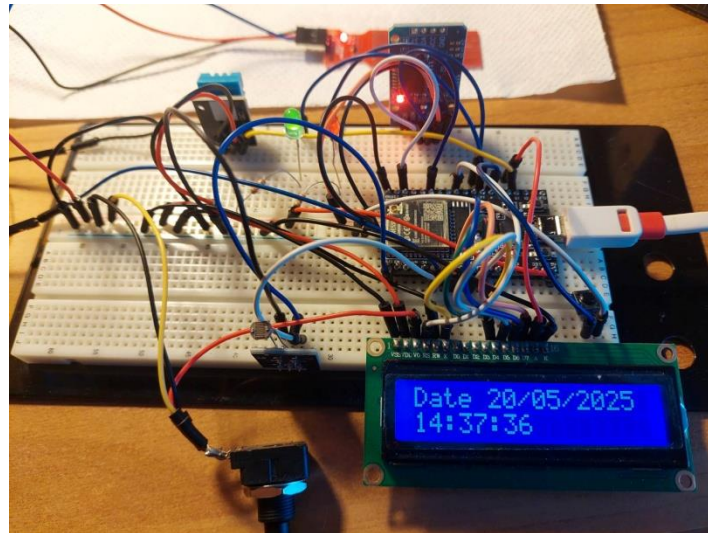
Εικόνα 32: Ένδειξη έναρξης λειτουργίας

Η πρώτη οθόνη στην LCD εμφανίζει τη θερμοκρασία περιβάλλοντος σε βαθμούς Κελσίου και την υγρασία σε ποσοστό, μαζί με ένδειξη για το αν υπάρχει βροχή ή όχι. Τα δεδομένα έχουν συλλεχθεί από τον αισθητήρα "βροχής" και DHT11.



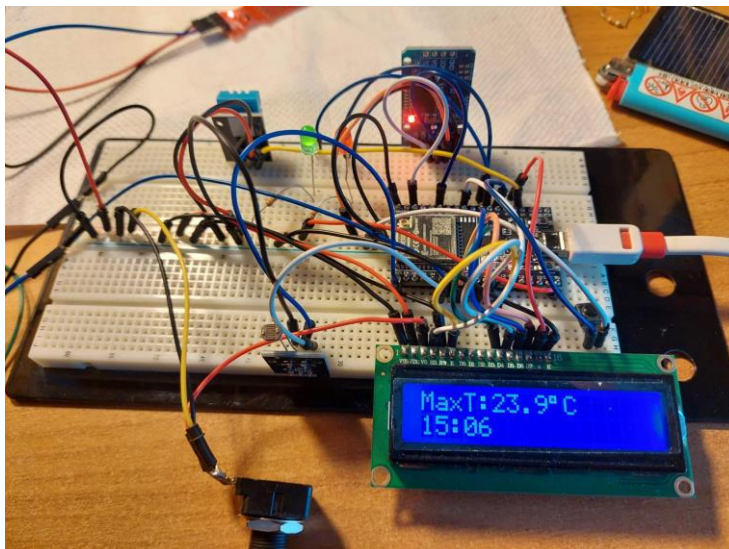
Εικόνα 33: Πρώτη οθόνη

Η δεύτερη οθόνη εμφανίζει την τρέχουσα ημερομηνία και ώρα από το ρολόι πραγματικού χρόνου (RTCModule), επιτρέποντας συνεχή παρακολούθηση του χρόνου.



Εικόνα 34: Δεύτερη οθόνη

Η τρίτη εικόνα δείχνει τη μέγιστη θερμοκρασία της ημέρας και την ώρα που αυτή καταγράφηκε, προσφέροντας μια ένδειξη των πιο ζεστών στιγμών ανά ημέρα.



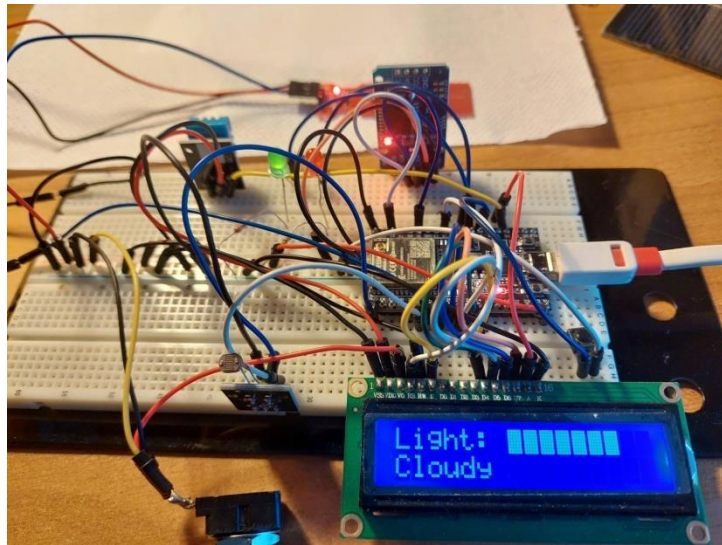
Εικόνα 35: Τρίτη οθόνη

Η τέταρτη εικόνα εμφανίζει την ώρα και ημερομηνία της πρώτης καταγραφής βροχόπτωσης για την τρέχουσα ημέρα, εάν και εφ' όσον υπάρχει.



Εικόνα 36: Τέταρτη οθόνη

Η πέμπτη και τελευταία εικόνα παρουσιάζει τη φωτεινότητα περιβάλλοντος με γραφική αναπαράσταση μέσω μπάρας και περιγραφή ("Sunny", "Cloudy" ή "Dark"), ανάλογα με το αν έχει συννεφιά ή μία ηλιόλουστη μέρα.



Εικόνα 37: Πέμπτη οθόνη

Οι εναλλαγές των οθονών, γίνονται με το πάτημα του button που προσθέσαμε στην κατασκευή.

5.3 Ενδείξεις και λειτουργία εφαρμογής Blynk

Η εφαρμογή Blynk, τόσο στην έκδοσή της για κινητά όσο και στον υπολογιστή, επιτρέπει την απομακρυσμένη παρακολούθηση και διαχείριση του μετεωρολογικού σταθμού. Μέσω της σύνδεσης του ESP32 με την πλατφόρμα, αποστέλλονται σε πραγματικό χρόνο μετρήσεις όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η ένδειξη βροχής, η ένταση φωτός και η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία. Οι μεταβλητές που ορίστηκαν για την αποστολή δεδομένων στην εφαρμογή Blynk είναι οι εξής: [26]

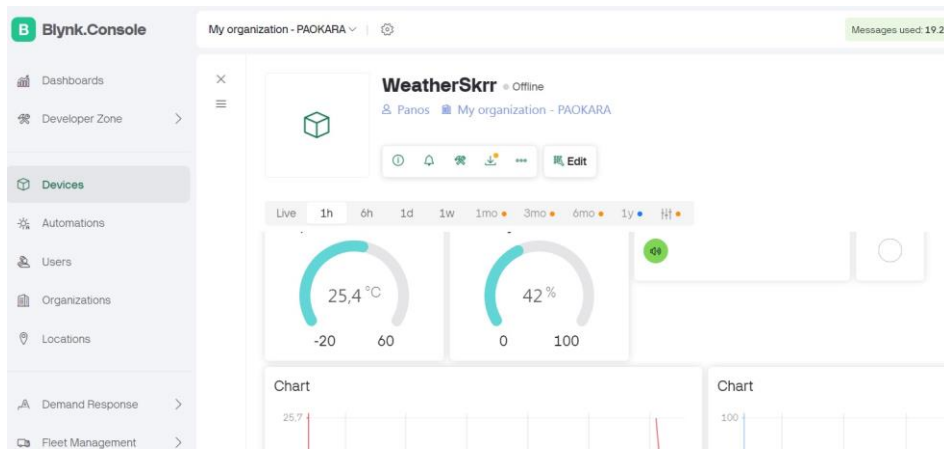
1. **V0:** Θερμοκρασία (°C)
2. **V1:** Υγρασία (%)
3. **V2:** Ένδειξη βροχής σε πραγματικό χρόνο (ON/OFF)
4. **V3:** Πρώτη φορά που ανιχνεύθηκε βροχόπτωση
5. **V4:** Ένδειξη φωτεινότητας (%)
6. **V5:** Ανώτατη θερμοκρασία της ημέρας
7. **V6:** Διάγραμμα καταγραφής βροχής (ιστορικά δεδομένα)

Αυτές οι μεταβλητές χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία του μικροελεγκτή με την πλατφόρμα Blynk, επιτρέποντας την προβολή και παρακολούθηση των περιβαλλοντικών δεδομένων μέσω του υπολογιστή ή του κινητού.

Στην οθόνη της εφαρμογής παρουσιάζονται οι τρέχουσες τιμές, η πρώτη ώρα βροχής (αν έχει σημειωθεί), καθώς και στατιστικά δεδομένα, προσφέροντας στον χρήστη σαφή εικόνα των καιρικών συνθηκών. Στον υπολογιστή, ο χρήστης έχει περισσότερες δυνατότητες προσθήκης και παραμετροποίησης widgets, διευκολύνοντας την πιο αναλυτική απεικόνιση και διαχείριση των δεδομένων.

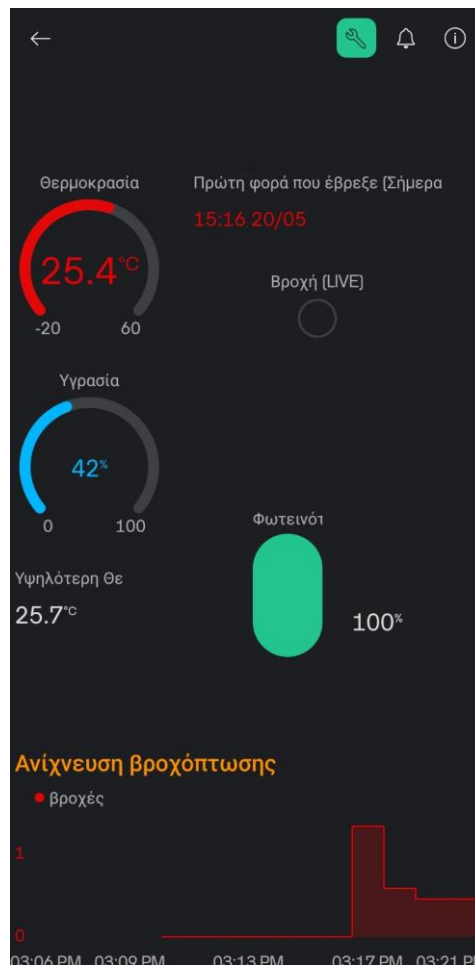
Στην εικόνα 10 φαίνεται η σελίδα της εφαρμογής Blynk μέσα από τον υπολογιστή, συγκεκριμένα το dashboard της συσκευής "WeatherSktr". Παρουσιάζονται γραφικές ενδείξεις της τρέχουσας θερμοκρασίας και υγρασίας, ένα Led που ενεργοποιείται όταν βρίσκεται σε εξέλιξη βροχόπτωση και

widget (soundalarm) για την ενημέρωσή μας. Ενώ ακριβώς από κάτω, υπάρχουν διαθέσιμα γραφήματα (charts) για την απεικόνιση της μεταβολής των τιμών στο χρόνο (θερμοκρασίας και βροχοπτώσεων). Η πλατφόρμα επιτρέπει προηγμένες ρυθμίσεις και παρακολούθηση των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο ή σε επιλεγμένα χρονικά διαστήματα.



Εικόνα 38: Το dashboard της Blynk στον Η/Υ

Σε αντίθεση με την πλατφόρμα του υπολογιστή που προσφέρει περισσότερες δυνατότητες ρύθμισης και επιλογής widgets, η εφαρμογή Blynk στο κινητό δίνει έμφαση στην απλότητα και την άμεση παρακολούθηση των δεδομένων. Μέσα από ένα καλοσχεδιασμένο περιβάλλον, ο χρήστης μπορεί να βλέπει σε πραγματικό χρόνο τις μετρήσεις, διευκολύνοντας έτσι την άμεση ενημέρωση όπου κι αν βρίσκεται.



Εικόνα 39: Το dashboard στο app της Blynk

5.4 Συμπέρασμα

Η αρχιτεκτονική και η λειτουργία της συσκευής μετεωρολογικών μετρήσεων αναδεικνύουν την αποδοτικότητα του συνδυασμού απλών αισθητήρων με σύγχρονες τεχνολογίες όπως το ESP32 και η πλατφόρμα Blynk. Η δυνατότητα άμεσης προβολής των μετρήσεων στην οθόνη LCD και η απομακρυσμένη πρόσβαση μέσω κινητής συσκευής ενισχύουν τη χρηστικότητα της συσκευής. Η ολοκληρωμένη και λειτουργική σχεδίαση επιβεβαιώνει τη δυνατότητα κατασκευής ενός προσιτού και αποτελεσματικού μετεωρολογικού σταθμού για εκπαιδευτική ή πρακτική χρήση.

6.Συνδεσμολογία

Η συνδεσμολογία του μετεωρολογικού σταθμού βασίζεται στο μικροελεγκτή ESP32, ο οποίος αποτελεί το κέντρο ελέγχου για τη συλλογή και αποστολή δεδομένων από όλους τους αισθητήρες. Κάθε αισθητήρας συνδέεται προσεκτικά σε κατάλληλες εισόδους του ESP32, εξασφαλίζοντας σωστή λειτουργία και επικοινωνία. Παρακάτω παρουσιάζεται αναλυτικά η σύνδεση του κάθε αισθητήρα με το ESP32, ξεχωριστά, ώστε να γίνει πιο κατανοητή η δομή και η λειτουργικότητα του συστήματος.

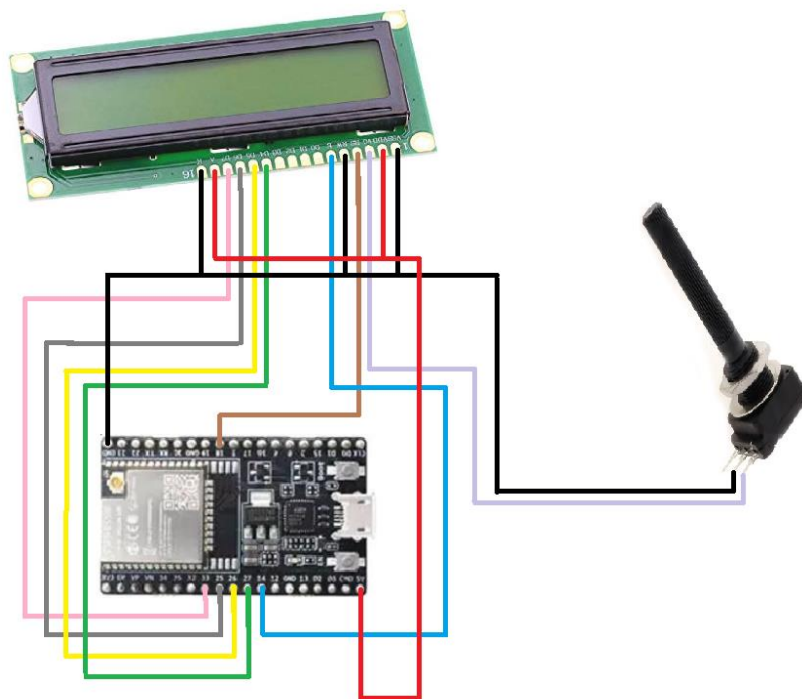
6.1 LCD Οθόνη

Η οθόνη LCD 1602A είναι συνδεδεμένη με το ESP32 όπως ακριβώς φαίνεται στον παρακάτω πίνακα: [19]

LCD	ESP32
VSS	GND
VDD	5V
V0	Ροοστάτης
RS	18
RW	GND
E	14
D4	27
D5	26
D6	25
D7	33
A	2
K	GND

Πίνακας 6.1

Το σχέδιο συνδεσμολογίας:



Σχήμα1: Συνδεσμολογία τηςLCD με το ποτεσιόμετρο και το ESP32

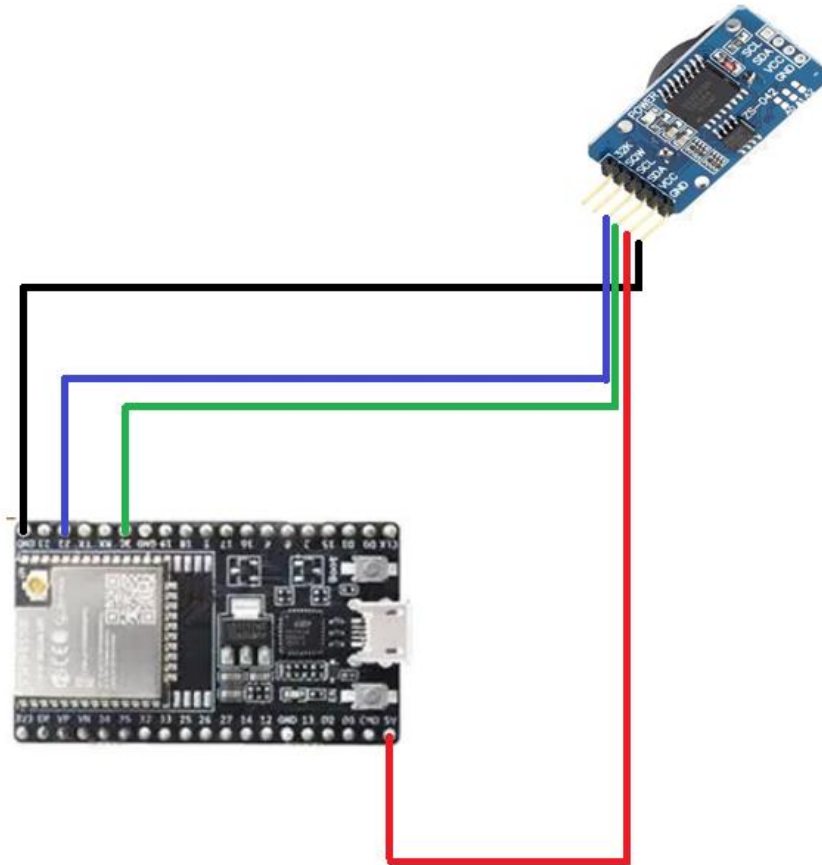
6.2 Η συνδεσμολογία του RTC Module με το ESP32

RTC M	ESP32
SCL	22

SDA	21
VCC	5V
GND	GND

Πίνακας 6.2

Το σχέδιο συνδεσμολογίας:[19]



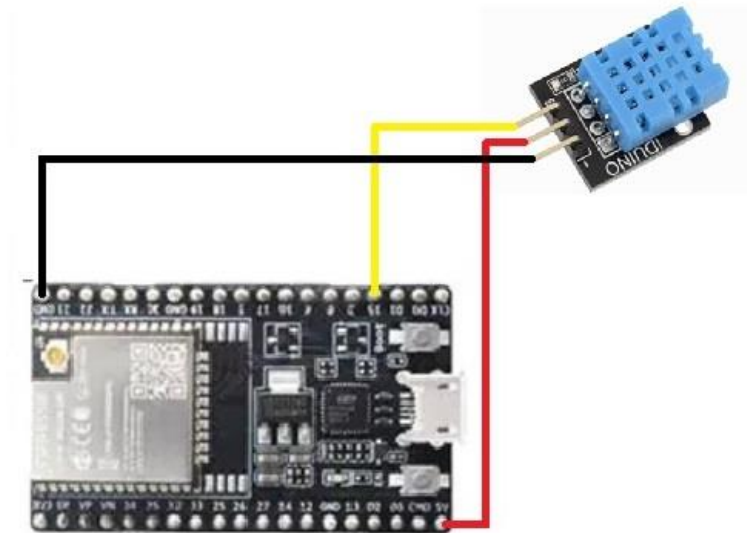
Σχήμα2: Συνδεσμολογία του αισθητήρα RTC Module με το ESP32

6.3 Η συνδεσμολογία του αισθητήρα DHT11

DHT11	ESP32
S	15
+	5V
-	GND

Πίνακας 6.3

Το σχέδιο συνδεσμολογίας:[19]



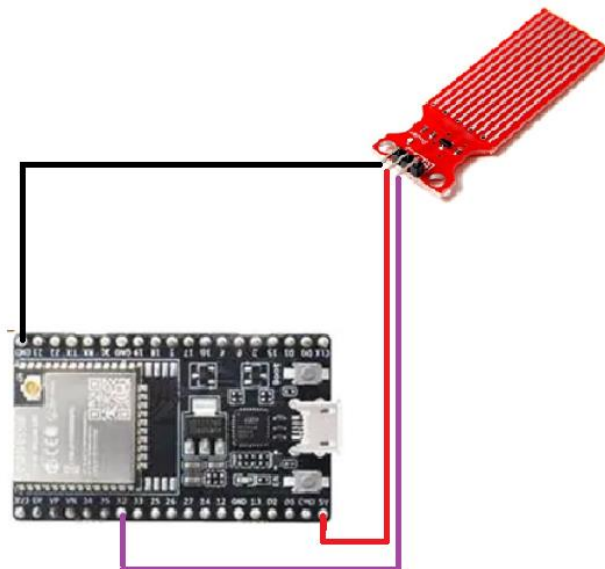
Σχήμα 3: Συνδεσμολογία του αισθητήρα DHT11 με το ESP32

6.4 Η συνδεσμολογία του αισθητήρα βροχής

WTR S	ESP32
S	32
+	5V
-	GND

Πίνακας 6.4

Το σχέδιο συνδεσμολογίας:[19]



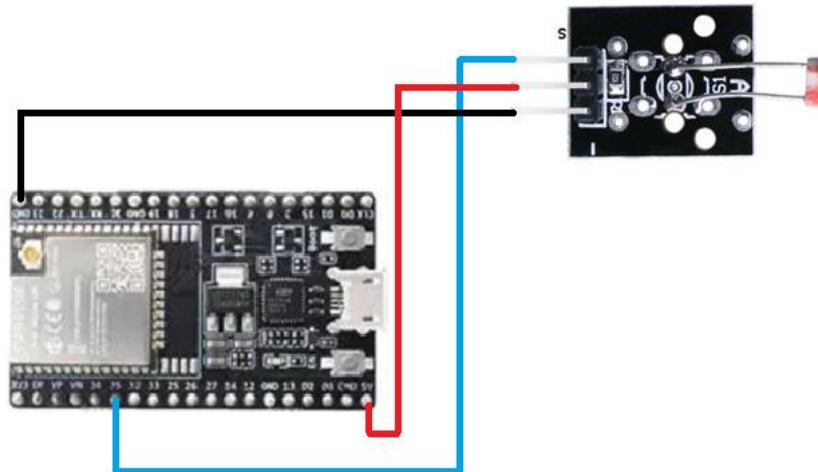
Σχήμα 4: Συνδεσμολογία του αισθητήρα WaterLevelDetectionSensorModule με το ESP32

6.5 Η συνδεσμολογία της Φωτοαντίστασης

DRESISTOR	ESP32
S	35
+	3.3V
-	GND

Πίνακας 6.5

Το σχέδιο συνδεσμολογίας:[19]



Σχήμα 5: Συνδεσμολογία του αισθητήρα WaterLevelDetectionSensorModule με το ESP32

6.6 Σύνδεση LED & Button

Η σύνδεση των LED και του κουμπιού με το ESP32 είναι απλή. Τα δύο LED, πράσινο και κόκκινο, συνδέονται σε ψηφιακές εξόδους του ESP32 (GPIO16 και GPIO17), με 220Ω αντίσταση στο κάθε ένα για προστασία, και χρησιμοποιούνται για να δείχνουν αν ανιχνεύεται βροχόπτωση ή όχι. Το κουμπί συνδέεται σε είσοδο με εσωτερικό pull-up (GPIO4) και χρησιμεύει για την εναλλαγή των οθονών στην LCD, επιτρέποντας στον χρήστη να βλέπει διαφορετικές πληροφορίες.[19]

6.7 Συμπέρασμα

Η συνδεσμολογία του μετεωρολογικού σταθμού αποτελεί κρίσιμο στοιχείο για την επιτυχή λειτουργία της συσκευής, καθώς εξασφαλίζει την ορθή επικοινωνία μεταξύ μικροελεγκτή και αισθητήρων. Μέσα από την αναλυτική απεικόνιση των συνδέσεων, καθίσταται σαφής η λογική πίσω από τη διάταξη του κυκλώματος, ενισχύοντας την κατανόηση του συστήματος. Η σωστή συνδεσμολογία διασφαλίζει αξιόπιστη συλλογή δεδομένων και σταθερή λειτουργία, αποτελώντας τη βάση για την περαιτέρω αξιοποίηση και εξέλιξη της συσκευής.

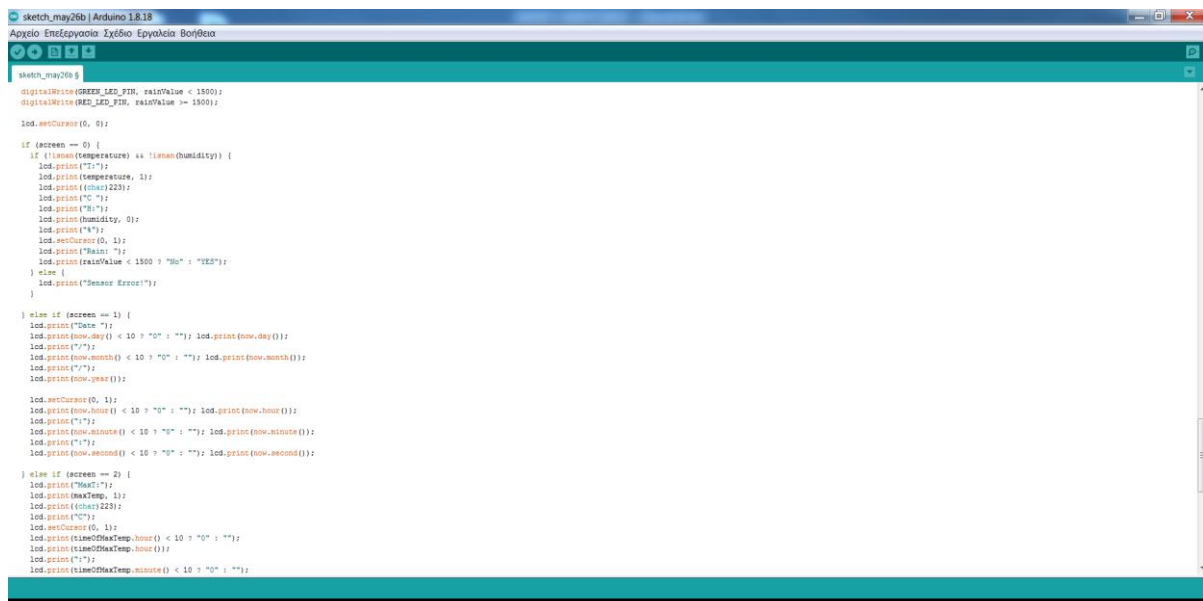
7. Λογισμικό Arduino IDE & Κώδικας

Το Arduino IDE είναι ένα ανοιχτού κώδικα περιβάλλον προγραμματισμού με το οποίο μπορούμε να γράφουμε κώδικά και να τον ανεβάζουμε στην πλακέτα ESP32 για εκτέλεση. Η πλατφόρμα Arduino IDE αποτέλεσε το βασικό εργαλείο για την ανάπτυξη και μεταγλώττιση του κώδικα του μετεωρολογικού σταθμού, καθώς προσφέρει ένα φιλικό περιβάλλον προγραμματισμού για μικροελεγκτές όπως το ESP32. Ο λόγος για τον οποίο χρησιμοποίησα το συγκεκριμένο πρόγραμμα είναι η απλότητα του περιβάλλοντος, η υποστήριξη πληθώρας αισθητήρων (βιβλιοθήκες), καθώς και ο εύκολος εντοπισμός τυχόν σφαλμάτων στον κώδικα και η διόρθωσή τους.[27]

Υπάρχουν δύο δυνατοί τρόποι χρήσης του προγράμματος:

- Online δημιουργία και εκτέλεση του κώδικα με πρόσβαση στο ίντερνετ
- Εγκατάσταση του λογισμικού στον υπολογιστή

Για τις ανάγκες της πτυχιακής μου χρησιμοποίησα τον δεύτερο τρόπο δηλαδή εγκατάσταση του λογισμικού στον υπολογιστή μου και στη συνέχεια δούλεψα τον κώδικα επικοινωνίας πλακέτας - αισθητήρων και των υπόλοιπων εξαρτημάτων. Ένα ακόμη θετικό που προσφέρει το συγκεκριμένο πρόγραμμα είναι η γρήγορη εξαγωγή δεδομένων στο serial monitor για την ανάγνωση των αποτελεσμάτων των αισθητήρων.



```
sketch_may26b | Arduino 1.8.18
Αρχείο: Εντεξερρασία Σχέδιο: Εργαλεία Βοήθεια

sketch_may26b.g
digitalWrite(DREX_LED_PIN, digitalWrite < 1500);
digitalWrite(DREX_LED_PIN, digitalWrite >= 1500);

led.setDuration(0, 0);

if (isnan(temperature) || !isnan(humidity)) {
  led.println("T:");
  led.println(temperature, 1);
  led.println((char)223);
  led.println("C");
  led.println("H:");
  led.println(humidity, 0);
  led.println("%");
  led.setDuration(0, 1);
  led.println("Rain: ");
  led.println(rainValue < 1500 ? "No" : "Yes");
} else {
  led.println("Sensor Error!");
}

} else if (isnan(0)) {
  led.println("Date");
  led.println(now.day() < 10 ? "0" : ""); led.println(now.day());
  led.println("/");
  led.println(now.month() < 10 ? "0" : ""); led.println(now.month());
  led.println("/");
  led.println(now.year());

  led.setDuration(0, 1);
  led.println(now.hour() < 10 ? "0" : ""); led.println(now.hour());
  led.println(":");
  led.println(now.minute() < 10 ? "0" : ""); led.println(now.minute());
  led.println(":");
  led.println(now.second() < 10 ? "0" : ""); led.println(now.second());

} else if (isnan(0)) {
  led.println("MaxT");
  led.println(maxTemp, 1);
  led.println((char)223);
  led.println("C");

  led.setDuration(0, 1);
  led.println(timeOfMaxTemp.hour() < 10 ? "0" : "");
  led.println(timeOfMaxTemp.hour());
  led.println(":");
  led.println(timeOfMaxTemp.minute() < 10 ? "0" : "");
```

Εικόνα 40: Το περιβάλλον του ArduinoIDE

7.1 Κώδικας σε Arduino IDE

Παρακάτω αναλύεται η δομή του κώδικα βήμα – βήμα, για κάθε αισθητήρα και εξάρτημα ξεχωριστά.

7.2Κώδικας για DHT11

Για τις μετρήσεις υγρασίας και θερμοκρασίας χρησιμοποιούμε τον αισθητήρα DHT11 με την χρήση κώδικα που ακολουθεί τα εξής βήματα: [22]

Αρχικά δηλώνουμε την βιβλιοθήκη του αισθητήρα.
`#include <dht.h>`

Ορίζουμε το pin του ESP32 στο οποίο είναι συνδεδεμένος ο DHT11 και στην συνέχεια ορίζουμε τον τύπο του αισθητήρα που χρησιμοποιούμε (DHT11).

```
#define DHTPIN 15
```

```
#define DHTTYPE DHT11
```

Εκκίνηση του αισθητήρα στη `setup()`

```
dht.begin();
```

Ανάγνωση θερμοκρασίας και υγρασίας:

```
float humidity = dht.readHumidity();
```

```
float temperature = dht.readTemperature();
```

Αποστολή των τιμών στο Blynk:

```
Blynk.virtualWrite(V0, temperature);
```

```
Blynk.virtualWrite(V1, humidity);
```

Εμφάνιση στην οθόνη LCD (`screen:0` και `screen:2`)

```
lcd.print("T:");
```

```
lcd.print(temperature, 1);
```

...

```
lcd.print("H:");
```

```
lcd.print(humidity, 0);
```

Επιπλέον γίνεται και η μέτρηση της μέγιστης θερμοκρασίας (`maxTemp`)

Αυτό γίνεται μέσω των γραμμών:

```
if (!isnan(temperature) && temperature > maxTemp) {
```

```
maxTemp = temperature;
```

```
timeOfMaxTemp = now;
```

```
}
```

Έλεγχος εγκυρότητας με `isnan()`

Εδώ, ελέγχει αν οι μετρήσεις από τον αισθητήρα DHT11 είναι έγκυρες. Αν για κάποιο λόγο ο αισθητήρας δεν κατάφερε να δώσει τιμή (π.χ. δεν είναι σωστά συνδεδεμένος ή καθυστερήσε), τότε οι τιμές `temperature` ή `humidity` μπορεί να είναι `NaN`.

```
if (!isnan(temperature) && !isnan(humidity))
```

```
{
```

7.3 Κώδικας για Φωτοαντίσταση

Αρχικά ορίζουμε το pin του ESP32[25]

```
#define LIGHT_SENSOR_PIN 35
```

Ανάγνωση τιμής από τον αισθητήρα

Σε διάφορα σημεία του κώδικα, γίνεται ανάγνωση της τιμής φωτεινότητας μέσω της `analogRead`. Η τιμή που επιστρέφεται κυμαίνεται από 0 (πολύ φως) έως 4095 (σκοτεινό).

```
int lightValue = analogRead(LIGHT_SENSOR_PIN);
```

Αποστολή τιμής στο Blynk

Η τιμή της φωτοαντίστασης αποστέλλεται στο Blynk app μέσω του `virtualpin V3` για απομακρυσμένη παρακολούθηση.

```
Blynk.virtualWrite(V3, lightValue);
```

Ρύθμιση φωτεινότητας οθόνης

Όταν η οθόνη είναι ενεργή, προσαρμόζεται η φωτεινότητά της ανάλογα με το φως του περιβάλλοντος.

- ▶ Η `map()` μετατρέπει την τιμή από το εύρος 0–4095 (αισθητήρας) σε 255–80 (PWM φωτεινότητα)
- ▶ Η `constrain()` εξασφαλίζει ότι η τιμή δεν ξεφεύγει από τα όρια
- ▶ Η `ledcWrite()` εφαρμόζει τη φωτεινότητα στην οθόνη μέσω PWM

```
if (backlightOn) {
```

```
    int brightness = map(lightValue, 0, 4095, 255, 80);
```

```
    brightness = constrain(brightness, 80, 255);
```

```
    ledcWrite(1, brightness);
```

```
}
```

Αυτόματη απενεργοποίηση της οθόνης

Αν περάσει συγκεκριμένος χρόνος χωρίς αλληλεπίδραση, η οθόνη σβήνει — άρα δεν εφαρμόζεται φωτεινότητα, ακόμα κι αν διαβάζεται τιμή φωτός.

```
if (backlightOn && millis() - lastInteractionTime > backlightTimeout) { setBacklight(false);
```

```
}
```

Γραφική απεικόνιση φωτεινότητας στην LCD

Στην τελευταία οθόνη (`screen == 4`), δημιουργείται μια μπάρα με `blocks` στην οθόνη που δείχνει την ένταση φωτός και κάτω εμφανίζεται περιγραφή (Sunny, Cloudy, Dark).

```
lcd.print("Light:");
```

```
int barLength = map(lightValue, 0, 4095, 8, 0);
```

```

lcd.setCursor(7, 0);
for (int i = 0; i < 8; i++) {
  lcd.write(i < barLength ? byte(0) : byte(1));}
lcd.setCursor(0, 1);
if (lightValue < 1000) {
  lcd.print("Sunny  ");
} else if (lightValue < 2500) {
  lcd.print("Cloudy  ");
} else {
  lcd.print("Dark  ");}

```

7.4 Κώδικας για αισθητήρα βροχής

Για τον αισθητήρα βροχής που χρησιμοποιούμε στον κώδικα δεν απαιτείται ξεχωριστή εξωτερική βιβλιοθήκη, όπως συμβαίνει με τους υπόλοιπους αισθητήρες. Αυτό συμβαίνει γιατί ο αισθητήρας βροχής λειτουργεί πολύ απλά: δίνει αναλογική έξοδο ανάλογα με την υγρασία πάνω στην επιφάνειά του και αυτή διαβάζεται απευθείας με την `analogRead` του ESP32.[23]

Αρχικά ορίζουμε το pin του αισθητήρα βροχής

```
#define RAIN_SENSOR_PIN 32
```

Στη συνέχεια δημιουργούμε μεταβλητές για να καταγράφεται η ώρα και η ημέρα καταγραφής καθώς και αν έχει καταγραφεί βροχή σήμερα:

```
DateTimefirstRainTime;
```

```
bool rainRecorded = false;
```

```
int rainRecordedDay = -1;
```

Ανάγνωση τιμής αισθητήρα βροχής

```
int rainValue = analogRead(RAIN_SENSOR_PIN);
```

Ο αισθητήρας αντιλαμβάνεται:

- `Rain Value < 1500` → Δεν βρέχει
- `Rain Value >= 1500` → Βρέχει

Η κατάσταση βροχής στέλνεται μέσω ενός virtual pin στην εφαρμογή Blynk:

```
Blynk.virtualWrite(V2, (rain Value > 1500) ? 1 : 0);
```

Αν βρέχει στέλνεται 1, αλλιώς 0.

Αν έχει καταγραφεί ώρα βροχής αποστέλλεται η ώρα της πρώτης βροχής της ημέρας, ή μήνυμα "Notyet" αν δεν έχει βρέξει.

```
if (rainRecorded) {
    char buf[20];
    sprintf(buf, "%02d:%02d %02d/%02d",
        firstRainTime.hour(),
        firstRainTime.minute(),
        firstRainTime.day(),
        firstRainTime.month());
    Blynk.virtualWrite(V5, buf);
} else { Blynk.virtualWrite(V5, "Not yet");}
```

Αν ανιχνευθεί βροχή και δεν έχει καταγραφεί ήδη για σήμερα, αποθηκεύεται η ώρα:

```
if (!rainRecorded && rainValue > 1500) {
    firstRainTime = now;
    rainRecorded = true;
    rainRecordedDay = now.day();}
```

Επίσης, στο τέλος κάθε ημέρας (όταν αλλάζει η ημέρα), γίνεται επαναφορά:

```
if (now.day() != rainRecordedDay) {
    rainRecorded = false;
    rainRecordedDay = -1;}
```

Χρησιμοποιούνται δύο LEDs για να δείξουν αν βρέχει:

- ✓ Πράσινο LED: Όταν δεν βρέχει
- ✓ Κόκκινο LED: Όταν βρέχει

```
digitalWrite(GREEN_LED_PIN, rainValue < 1500);
digitalWrite(RED_LED_PIN, rainValue >= 1500);
```

Στην πρώτη οθόνη (screen == 0), εμφανίζεται στην LCD αν βρέχει:

```
lcd.print("Rain: ");
lcd.print(rainValue < 1500 ? "No" : "YES");
```

Επίσης, στην οθόνη (screen == 3) εμφανίζεται η πρώτη ώρα βροχής της ημέρας:

```
lcd.print("Rain at:");
```

```
lcd.print(firstRainTime.hour() <10 ? "0" : "");
```

```
lcd.print(firstRainTime.hour());
```

7.5 Κώδικας αισθητήρα DS3231S (RTCMODULE)

Αρχικά εισάγουμε τη βιβλιοθήκη RTCLib που επιτρέπει στον κώδικα να επικοινωνεί με το ρολόι DS3231 και να διαβάζει - να ρυθμίζει την ώρα.[23]

```
#include <RTCLib.h>
```

Δημιουργεί ένα αντικείμενο rtc για να μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε συναρτήσεις της βιβλιοθήκης όπως rtc.now() ή rtc.adjust().

```
RTC_DS3231 rtc;
```

Μέσα στο set up αρχικοποιούμε την επικοινωνία με το DS3231 μέσω I2C. Αν δεν το βρει, εμφανίζει μήνυμα σφάλματος και σταματά το πρόγραμμα.

```
Wire.begin();
```

```
if (!rtc.begin()) {
```

```
  lcd.print("RTC Error");
```

```
  while (1);
```

```
}
```

Αν ο αισθητήρας έχει χάσει την ώρα (π.χ. αν βγήκε η μπαταρία του), τότε τον ρυθμίζει αυτόματα με την ημερομηνία και ώρα από τον υπολογιστή όταν έγινε το upload του κώδικα.

```
if (rtc.lostPower()) {
```

```
  rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
```

```
}
```

Σε διάφορα σημεία του loop, η εντολή αυτή παίρνει την τρέχουσα ώρα και ημερομηνία από το DS3231 και τη χρησιμοποιεί για εμφάνιση ή λογική.

```
DateTime now = rtc.now();
```

Μέσα στο loop() όταν screen == 1 εμφανίζεται στην LCD οθόνη την τρέχουσα ημερομηνία και ώρα που διαβάζει από τον DS3231.

```
lcd.print("Date ");
```

```
lcd.print(now.day());
```

```
lcd.print("/");
```

```
lcd.print(now.month());
```

```
lcd.print("/");
```

```

lcd.print(now.year());
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(now.hour());
lcd.print(":");
lcd.print(now.minute());
lcd.print(":");
lcd.print(now.second());

```

Όταν εντοπίζει νέα μέγιστη θερμοκρασία, κρατάει την αντίστοιχη ώρα που συνέβη αυτό χρησιμοποιώντας την τρέχουσα ώρα από το now.

```

if (temperature >maxTemp) {
maxTemp = temperature;
timeOfMaxTemp = now;}

```

Όταν εντοπιστεί πρώτη φορά βροχή, καταγράφεται η ώρα και ημερομηνία μέσω now, ώστε να παρουσιαστεί μετά.

```

if (!rainRecorded&&rainValue> 1500) {
firstRainTime = now;
rainRecorded = true;
rainRecordedDay = now.day();
}

```

Εμφάνιση ώρας μέγιστης θερμοκρασίας και βροχής το οποίο γίνεται με τις τιμές που έχουν αποθηκευτεί με βάση το now του DS3231.

```

lcd.print(timeOfMaxTemp.hour());
lcd.print(firstRainTime.day());

```

7.6 Κώδικας για LCD1602A

Αρχικά εισάγουμε τη βιβλιοθήκη που επιτρέπει τον έλεγχο της οθόνης LCD 1602A. Χωρίς αυτήν δεν μπορούμε να στέλνουμε δεδομένα στην οθόνη.

```
#include <LiquidCrystal.h>
```

Στη συνέχεια δημιουργούμε ένα αντικείμενο lcd και δηλώνει ποια pin του ESP32 συνδέονται με τα pin της LCD (RS, E, D4, D5, D6, D7). Έτσι καταλαβαίνει η βιβλιοθήκη πού να στέλνει σήματα.

```
LiquidCrystalled(18, 14, 27, 26, 25, 33);
```

Δηλώνουμε ότι το pin 2 του ESP32 ελέγχει τον οπίσθιο φωτισμό (backlight) της LCD για να μπορούμε να τον ρυθμίζουμε δυναμικά.

```
#define BACKLIGHT_PIN 2
```

Αρχικοποιούμε την LCD για χρήση. Δηλώνουμε ότι είναι οθόνη 16x2, δηλαδή με 16 θέσεις ανά γραμμή και 2 γραμμές.

```
lcd.begin(16, 2);
```

Χρησιμοποιούμε PWM για να ελέγξουμε την ένταση του φωτισμού της LCD. Η ένταση μεταβάλλεται δυναμικά ανάλογα με το φως του περιβάλλοντος.

```
ledcAttachPin(BACKLIGHT_PIN, 1);
```

```
ledcSetup(1, 5000, 8);
```

```
setBacklight(true);
```

Ανάλογα με το φως του περιβάλλοντος προσαρμόζεται το backlight της LCD μέσω της φωτοαντίστασης.

```
void setBacklight(bool on) {
```

```
    backlightOn = on;
```

```
    if (on) {
```

```
        ledcWrite(1, map(analogRead(LIGHT_SENSOR_PIN), 0, 4095, 255, 80));
```

```
    } else {
```

```
        ledcWrite(1, 0);
```

```
    }}
```

Αρχικό μήνυμα και καθάρισμα οθόνης

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

```
lcd.print("WeatherSkrr");
```

```
delay(5000);
```

```
lcd.clear();
```

Στη συνέχεια δημιουργούμε 2 χαρακτήρες: έναν "γεμάτο" και έναν "κενό", για χρήση σε μπάρα φωτεινότητας ή άλλη γραφική απεικόνιση στην LCD.

```
byte fullBlock[8] = { B11111, B11111, B11111, B11111,
```

```
    B11111, B11111, B11111, B11111};
```

```
byte emptyBlock[8] = { B00000, B00000, B00000, B00000,
```

```
B00000, B00000, B00000, B00000});
```

```
lcd.createChar(0, fullBlock);
```

```
lcd.createChar(1, emptyBlock);
```

Εμφάνιση στην οθόνη με βάση το screen (0–4)

Screen 0 – Θερμοκρασία&Υγρασία&Βροχή

```
lcd.print("T:"); lcd.print(temperature);
```

```
lcd.print(" H:"); lcd.print(humidity);
```

```
lcd.setCursor(0, 1);
```

```
lcd.print("Rain: "); lcd.print("Yes/No");
```

Screen 1 – Ημερομηνία&Ωρα

```
lcd.print("Date: DD/MM/YYYY");
```

```
lcd.setCursor(0, 1);
```

```
lcd.print("HH:MM:SS");
```

Screen 2 – Μέγιστη Θερμοκρασία της Ημέρας

```
lcd.print("MaxT:"); lcd.print(maxTemp);
```

```
lcd.setCursor(0, 1);
```

```
lcd.print("Time of Max");
```

Screen 3 – Πρώτη Βροχή (FRain)

```
lcd.print("Rain at: HH:MM DD/MM");
```

Screen 4 – Ένδειξη Φωτεινότητας (με μπάρες)

```
lcd.print("Light:");
```

```
lcd.write(byte(0))
```

```
lcd.write(byte(1))
```

```
lcd.setCursor(0, 1);
```

```
lcd.print("Sunny / Cloudy / Dark");
```

Έλεγχος φωτεινότητας οθόνης (Backlight)

```
#define BACKLIGHT_PIN 2

ledcAttachPin(BACKLIGHT_PIN, 1);

ledcSetup(1, 5000, 8);

set Backlight(true);
```

- Ενεργοποιούμε το PWM για ρύθμιση της έντασης φωτισμού (backlight).
- Η συνάρτηση set Backlight(bool on):
 - Ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί τον φωτισμό.
 - Ρυθμίζει τη φωτεινότητα με βάση τον αισθητήρα φωτός.

Επιπλέον, στο loop() ελέγχουμε αν πρέπει να σβήσει μετά από 20 δευτερόλεπτα αδράνειας.

7.7 Κώδικας Εναλλαγής Οθόνης (BUTTON)

Ορισμός PIN του κουμπιού και μεταβλητών

```
#define BUTTON_PIN 4

int screen = 0;

unsigned long lastDebounce = 0;

const unsigned long debounceDelay = 200;
```

Στη συνέχεια ορίζω το κουμπί ως είσοδο στο setup(), με εσωτερική pull-up αντίσταση. □ Αυτό σημαίνει ότι όταν το κουμπί δεν πατιέται, το σήμα είναι HIGH, όταν πατηθεί, γίνεται LOW (γείωση).

```
pinMode(BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP);
```

Ο Χειρισμός κουμπιού μέσα στο loop()είναι το βασικό σημείο που ελέγχει αν πατήθηκε το κουμπί και αλλάζει την οθόνη:

```
if (digitalRead(BUTTON_PIN) == LOW &&millis() - lastDebounce>debounceDelay) {
  lastDebounce = millis();
  screen = (screen + 1) % 5;
  lcd.clear();
  lastInteractionTime = millis();
  if (!backlightOn) {
    setBacklight(true);
  }
}
```

Αναφορικά με την εμφάνιση των δεδομένων στην LCD ,κάθε φορά που πατάμε το κουμπί, αλλάζει η τιμή της screen, και η LCD δείχνει διαφορετική πληροφορία με κάθε πάτημα.

```

if (screen == 0) {
  } else if (screen == 1) {
} else if (screen == 2) {
} else if (screen == 3) {
} else if (screen == 4) {
}

```

7.8 Κώδικας για εφαρμογή BLYNK & WI-FI

Αρχικά δηλώνω τις βιβλιοθήκες για Blynk&Wi-Fi[26]

```
#include <WiFi.h>
```

```
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
```

Δηλώσεις για Blynk

Το TEMPLATE_ID και TEMPLATE_NAME τα βρίσκουμε στην πλατφόρμα της BLYNK και είναι μοναδικοί κωδικοί που χρησιμεύουν στη σύνδεση του μικροελεγκτή με την εφαρμογή BLYNK. Ακριβώς το ίδιο ισχύει και για το BLYNK_AUTH_TOKEN.

```
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL4sOh7jLRI"
```

```
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "WeatherStation"
```

```
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "7OW1f3sHHomitKLZqrCTUITSozvgpWzp"
```

Στη συνέχεια δηλώνουμε το όνομα (SSID) και τον κωδικό (Password) του ασύρματου δικτύου σου, ώστε το ESP32 να συνδεθεί στο Internet.

```
char ssid[] = "PAOKG4";
```

```
char pass[] = "cfr11851";
```

Η εντολή δημιουργίας αντικειμένου BlynkTimer συμβάλει στην αποστολή δεδομένων στο BLYNK κάθε 3 δευτερόλεπτα.

```
BlynkTimer timer;
```

```
timer.setInterval(3000L, sendDataToBlynk);
```

Σύνδεση Wi-Fi και Blynk στο setup()

Στο σημείο αυτό ξεκινά η προσπάθεια σύνδεσης στο Wi-Fi. Μέσα στο while, περιμένει έως 5 δευτερόλεπτα για να συνδεθεί. Έπειτα δηλώνει το AuthToken για Blynk χωρίς αυτόματη σύνδεση. Τέλος, αν βρει το Wi-Fi που δηλώσαμε παραπάνω, προσπαθεί να συνδεθεί στο Blynk για 2 δευτερόλεπτα.

```
WiFi.begin(ssid, pass);
```

```
unsigned long startAttemptTime = millis();
```

```
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED &&millis() - startAttemptTime < 5000) {
```

```
  delay(100);}
```

```
Blynk.config(BLYNK_AUTH_TOKEN);
if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
  Blynk.connect(2000);
}
```

Το συγκεκριμένο σημείο του κώδικα, βοηθάει στην επανασύνδεση του BLYNK σε περίπτωση που χαθεί και, αν ναι, προσπαθεί να επανασυνδεθεί για 1 δευτερόλεπτο.

```
if (WiFi.status() == WL_CONNECTED && !Blynk.connected()) {
  Blynk.connect(1000);}
```

Εκτέλεση Blynk & Timer

```
Blynk.run();
timer.run();
```

Συνάρτηση αποστολής δεδομένων στο Blynk

Αρχικά ελέγχει αν το ESP32 είναι συνδεδεμένο στο Blynk. Στη συνέχεια, διαβάζει τη Θερμοκρασία, Υγρασία από DHT11, την τιμή βροχής από τον αισθητήρα και τη φωτεινότητα από τον αισθητήρα φωτός. Τέλος, στέλνει όλες τις παρακάτω μεταβλητές στην εφαρμογή:

- V0 → Θερμοκρασία
- V1 → Υγρασία
- V2 → Βροχή (0/1)
- V3 → Φωτεινότητα
- V4 → Μέγιστη Θερμοκρασία
- V5 → Ωρα πρώτης βροχής (ή "Notyet")

```
void sendDataToBlynk() {
  if (!Blynk.connected()) return;
  DateTime now = rtc.now();
  float humidity = dht.readHumidity();
  float temperature = dht.readTemperature();
  int rainValue = analogRead(RAIN_SENSOR_PIN);
  int lightValue = analogRead(LIGHT_SENSOR_PIN);
  Blynk.virtualWrite(V0, temperature);
  Blynk.virtualWrite(V1, humidity);
  Blynk.virtualWrite(V2, (rainValue > 1500) ? 1 : 0);
  Blynk.virtualWrite(V3, lightValue);
  Blynk.virtualWrite(V4, maxTemp);
  if (rainRecorded) {
```

```

char buf[20];
sprintf(buf, "%02d:%02d %02d/%02d",
firstRainTime.hour(),
firstRainTime.minute(),
firstRainTime.day(),
firstRainTime.month());
    Blynk.virtualWrite(V5, buf);
} else {
    Blynk.virtualWrite(V5, "Not yet");
}}

```

Τελειώνοντας το loop, βάζουμε την εντολή delay για να αποφύγουμε πιθανή υπερφόρτωση.

```

delay(300);

```

7.9 Συμπέρασμα

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκε ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Arduino IDE για τον προγραμματισμό και τη λειτουργία του μετεωρολογικού σταθμού. Μέσα από απλό και ευέλικτο κώδικα, επιτεύχθηκε η σύνδεση και συνεργασία των αισθητήρων με την πλακέτα ESP32. Η χρήση της οθόνης LCD και της εφαρμογής Blynk ενίσχυσε τη δυνατότητα παρακολούθησης των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Συνολικά, ο προγραμματισμός αποτέλεσε βασικό κομμάτι της λειτουργικότητας της συσκευής, επιτρέποντας αξιόπιστες και εύκολες μετρήσεις μετεωρολογικών παραμέτρων.

8. Πειραματική παρουσίαση και επαλήθευση λειτουργίας

Για την επιβεβαίωση της ορθής λειτουργίας του έξυπνου μετεωρολογικού σταθμού, πραγματοποιήσα και κατέγραψα πειραματική επίδειξη του συστήματος στο εργαστήριό μου. Το σύστημα ενεργοποιήθηκε και αφού εμφανίστηκε η ένδειξη έναρξης λειτουργίας "WeatherSktr", καταγράφηκαν δεδομένα από τους αισθητήρες θερμοκρασίας, υγρασίας, φωτεινότητας και βροχόπτωσης, τα οποία απεικονίζονταν σε πραγματικό χρόνο τόσο στην οθόνη LCD1602A όσο και στην πλατφόρμα Blynk μέσω σύνδεσης Wi-Fi. Κατά τη διάρκεια του πειράματος, λήφθηκαν φωτογραφίες και βίντεο όπου αποτυπώνονται οι μεταβαλλόμενες ενδείξεις στην οθόνη και στην εφαρμογή, ανάλογα με τα διάφορα ερεθίσματα που λαμβάνουν οι αισθητήρες. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στον αισθητήρα DHT11, τοποθετώντας έναν αναπτήρα μπροστά του για λιγότερο από ένα λεπτό και βλέποντας σχεδόν απευθείας τις τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας να μεταβάλλονται στην lcd και στην εφαρμογή BLYNK, όπως επίσης και στον αισθητήρα βροχής. Μέσω αυτής της πειραματικής διαδικασίας αποδείχθηκε ότι το σύστημα ανταποκρίνεται δυναμικά και λειτουργικά, επιτυγχάνοντας έτσι την εξακρίβωση ορθής λειτουργίας.

8.1 Πειραματική δοκιμή αισθητήρα βροχής, εναλλαγή ενδείξεων της LCD και των LEDs.

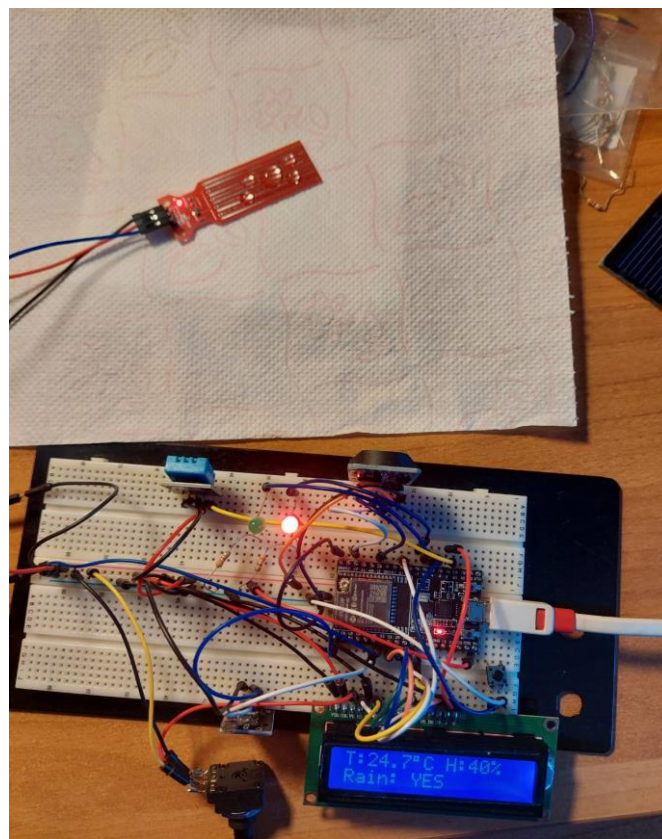
Στην παρούσα φάση της δοκιμής, παρατηρείται η αντίδραση του αισθητήρα βροχής όταν έρχονται σε επαφή μερικές σταγόνες νερού με την επιφάνειά του. Όπως φαίνεται στην εικόνα 40, η ένδειξη "Rain: YES" εμφανίζεται στην οθόνη LCD, δηλώνοντας ότι έχει ανιχνευτεί βροχόπτωση. Παράλληλα, το πράσινο LED απενεργοποιείται και ενεργοποιείται το κόκκινο, προσφέροντας μία ακόμη σαφή και άμεση ένδειξη ότι τη δεδομένη χρονική στιγμή βρέχει. Μόλις ο αισθητήρας σταματήσει να δέχεται υγρασία, το σύστημα επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση. Το κόκκινο LED σβήνει και το πράσινο ανάβει, ενώ στην LCD εμφανίζεται ξανά η ένδειξη "Rain: NO". Η εναλλαγή αυτών των ενδείξεων αποδεικνύει τη σωστή λειτουργία του αισθητήρα και την ομαλή συνεργασία του με το υπόλοιπο σύστημα.



Εικόνα 41: Σταγόνες νερού σε επαφή με τον αισθητήρα βροχής

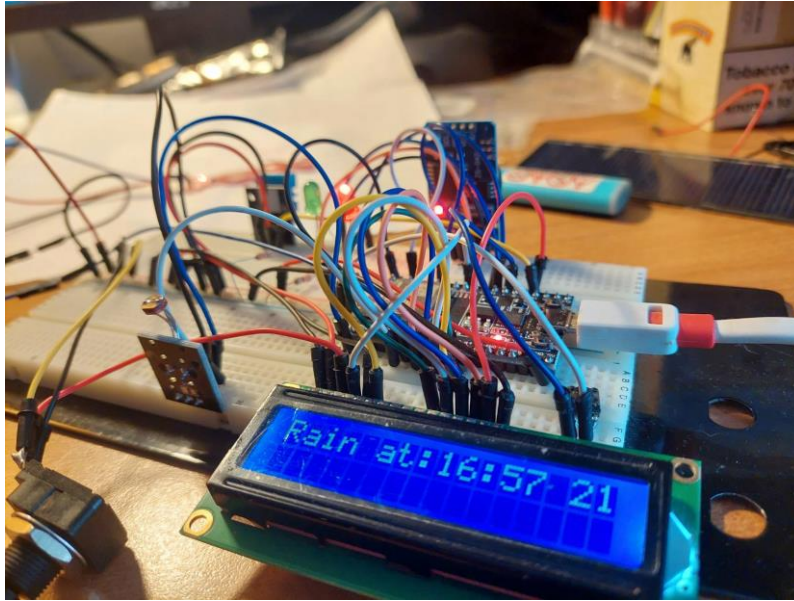


Εικόνα 42: Ένδειξη βροχόπτωσης "YES" στην LCD



Εικόνα 43: Ορθή ανταπόκριση της συσκευής στην τεχνητή βροχόπτωση

Επιπλέον, στην τέταρτη οθόνη (screen 4) εμφανίζεται η ακριβής ώρα και ημερομηνία της πρώτης ανίχνευσης βροχής για τη συγκεκριμένη ημέρα παρέχοντας μία σημαντική πληροφορία για τη μετεωρολογική καταγραφή. Η δυνατότητα αυτή επιτυγχάνεται μέσω της συνεργασίας του αισθητήρα βροχής με το ρολόι πραγματικού χρόνου (RTC), επιτρέποντας στο σύστημα να καταγράφει με ακρίβεια το χρονικό σημείο εμφάνισης των πρώτων σταγόνων.



Εικόνα 44: Η ακριβής ώρα της πρώτης βροχής της ημέρας

Στο συνοδευτικό βίντεο της πειραματικής διαδικασίας, παρουσιάζεται η άμεση απόκριση του αισθητήρα βροχής κατά την επαφή του με σταγόνες νερού. Παρατηρείται η αυτόματη ενεργοποίηση του κόκκινου LED και η απενεργοποίηση του πράσινου, υποδεικνύοντας ξεκάθαρα την έναρξη βροχόπτωσης. Ταυτόχρονα, στην οθόνη LCD εμφανίζεται η ένδειξη "Rain: YES", ενώ όταν σταματήσει η επαφή με το νερό, τα LED επανέρχονται στις αρχικές τους καταστάσεις και η ένδειξη μεταβάλλεται σε "Rain: NO". Παράλληλα, γίνεται επίδειξη της λειτουργίας του ηχητικού widget (Sound Alarm) στην εφαρμογή Blynk στον υπολογιστή, το οποίο ειδοποιεί ηχητικά τον χρήστη για την ανίχνευση βροχής. Στην εφαρμογή εμφανίζεται επίσης σε πραγματικό χρόνο η σχετική αλλαγή ένδειξης, επιβεβαιώνοντας τη σωστή λειτουργία του συστήματος και την επιτυχή επικοινωνία μεταξύ αισθητήρων, μικροελεγκτή και πλατφόρμας Blynk.

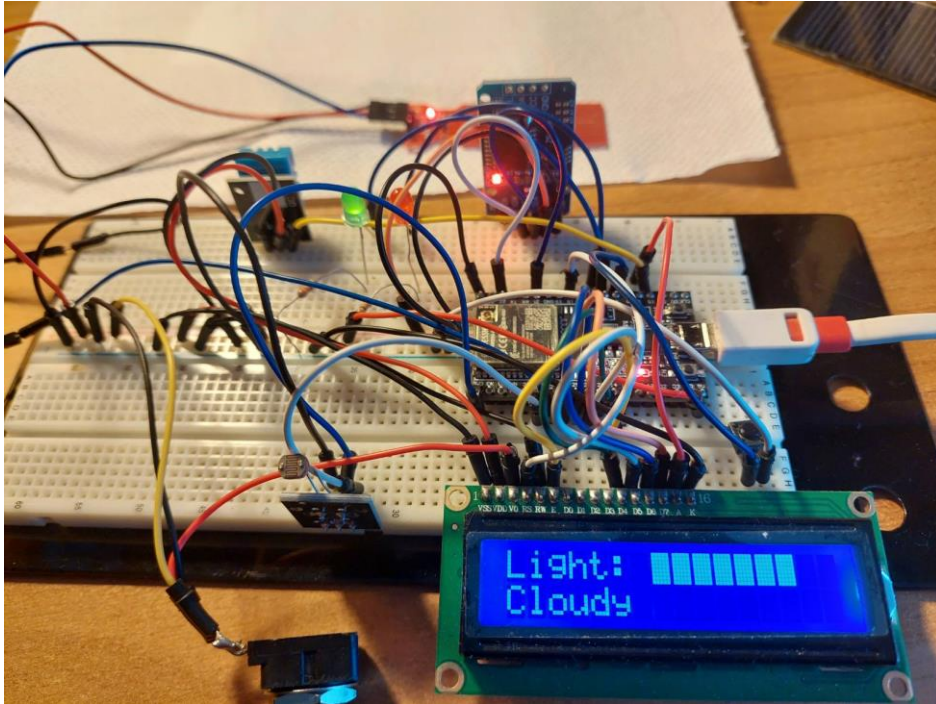


4440-02-05-d0dd1e9e4c6f8edfcd3f926960942bb74d86ca52d0a6b6c732aa5011cc82e69c_8e2e87fd.mp4

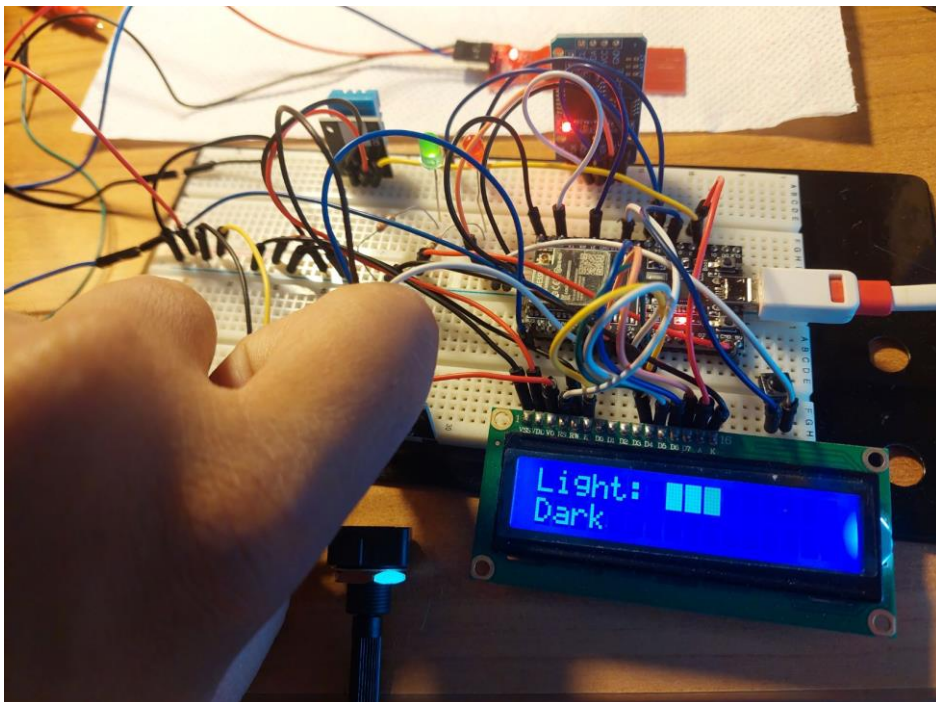
Βίντεο 1: Το πείραμα με την τεχνητή βροχή, η αλλαγή των LEDs και το SoundAlarm από την Blynk

8.2 Πειραματική δοκιμή της Φωτοαντίστασης

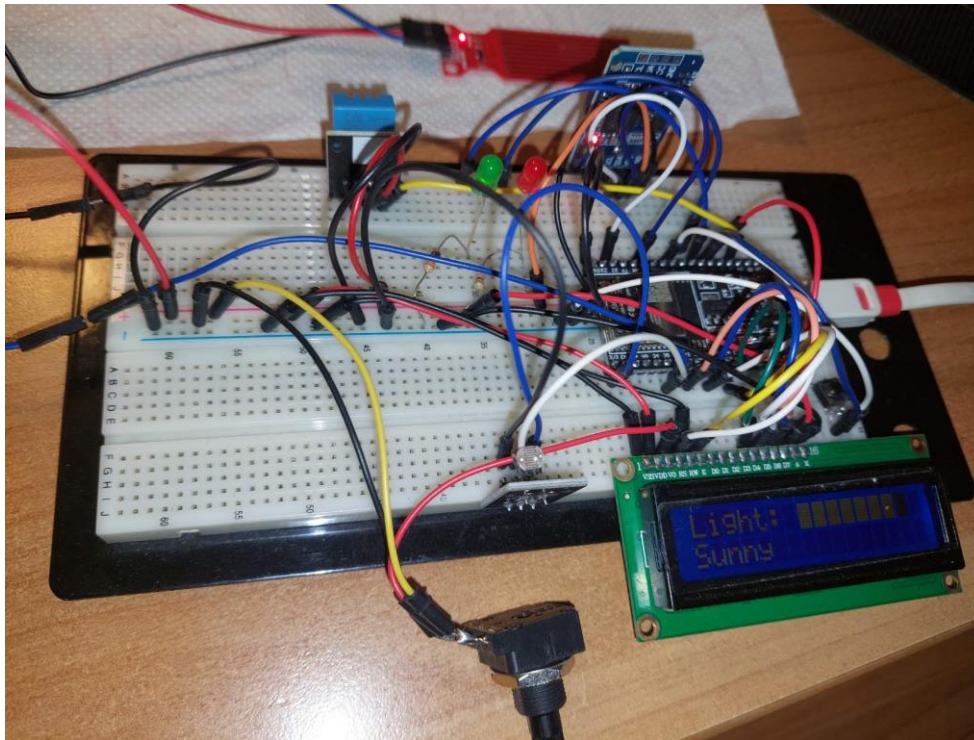
Κατά τη διάρκεια της πειραματικής δοκιμής της φωτοαντίστασης, παρουσιάζεται η αντίδραση του συστήματος σε διαφορετικά επίπεδα φωτεινότητας περιβάλλοντος. Αρχικά, σε κανονικές συνθήκες δωματίου, η LCD εμφανίζει την ένδειξη "Cloudy" με τη φωτεινότητα να απεικονίζεται σε μεσαίο επίπεδο μέσω της ειδικής μπάρας. Όταν η φωτοαντίσταση καλύπτεται με το χέρι, η μπάρα μειώνεται σημαντικά και εμφανίζεται η ένδειξη "Dark", δείχνοντας μειωμένο φως. Αντίθετα, όταν εκτεθεί σε έντονη φωτεινότητα, όπως από φλας κάμερας, η μπάρα γεμίζει πλήρως και η ένδειξη μεταβάλλεται σε "Sunny". Η λειτουργία αυτή αποδεικνύει την αξιοπιστία του αισθητήρα στην αναγνώριση μεταβολών φωτός και την άμεση απεικόνισή τους στο σύστημα.



Εικόνα 45: Η μπάρα φωτεινότητας του χώρου και το σχόλιο 1



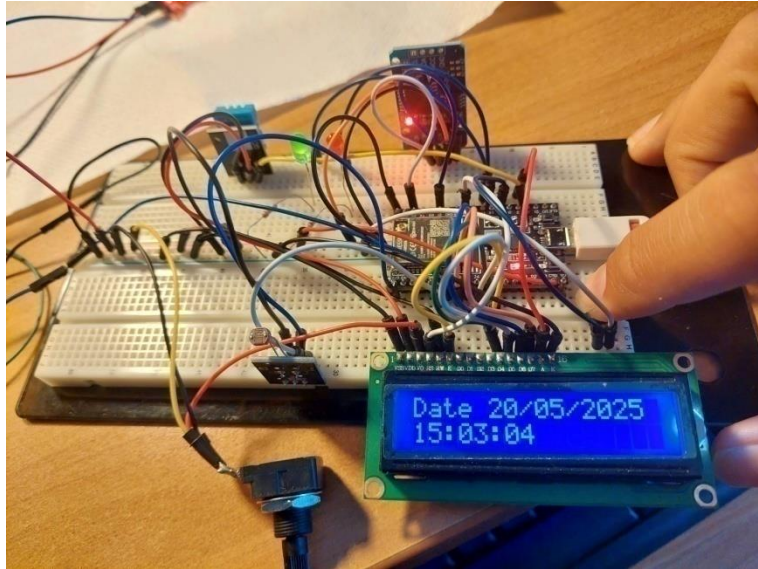
Εικόνα 46: Η μπάρα φωτεινότητας του χώρου και το σχόλιο 2



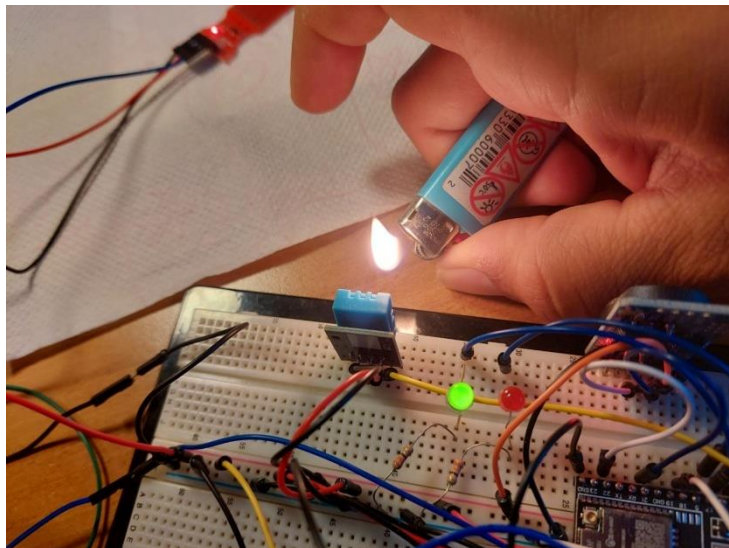
Εικόνα 47: Η μπάρα φωτεινότητας του χώρου και το σχόλιο 3 (με φλας κινητού)

8.3 Πειραματική δοκιμή αισθητήρα θερμοκρασίας – υγρασίας (DHT11)

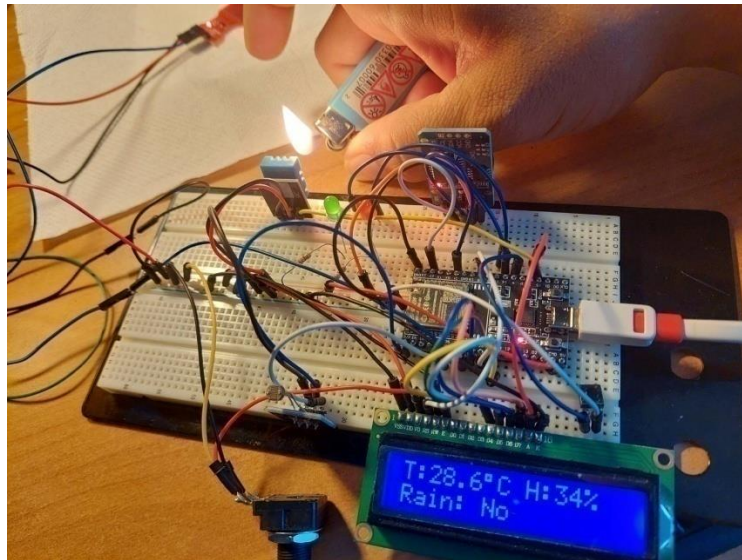
Στο πλαίσιο της πειραματικής αξιολόγησης του αισθητήρα θερμοκρασίας και υγρασίας DHT11, πραγματοποιήθηκε μια απλή δοκιμή θερμικής επίδρασης με τη χρήση αναπτήρα. Καθώς η θερμότητα πλησίαζε τον αισθητήρα, παρατηρήθηκε στην οθόνη LCD η άμεση αύξηση της θερμοκρασίας, ενώ η ένδειξη της υγρασίας παρουσίασε μείωση, επιβεβαιώνοντας την ευαισθησία του αισθητήρα στις μεταβολές του περιβάλλοντος. Επιπλέον, καταγράφηκε νέα μέγιστη θερμοκρασία ημέρας, η οποία αυξήθηκε λόγω του πειράματος, στοιχείο που απεικονίστηκε με σαφήνεια τόσο στην LCD όσο και στην εφαρμογή Blynk. Οι σχετικές φωτογραφίες αποτυπώνουν τα στάδια αυτής της διαδικασίας και επιβεβαιώνουν τη σωστή λειτουργία του αισθητήρα σε πραγματικές συνθήκες.



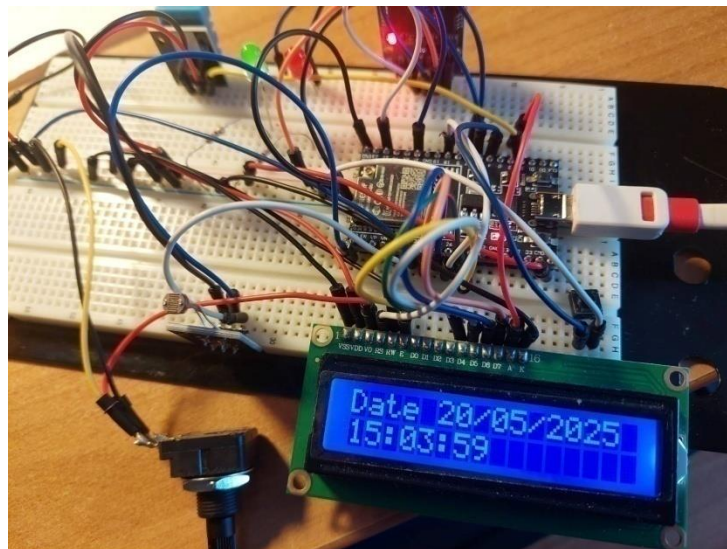
Εικόνα 48: Η πραγματική ώρα πριν θερμάνουμε τον αισθητήρα DHT11



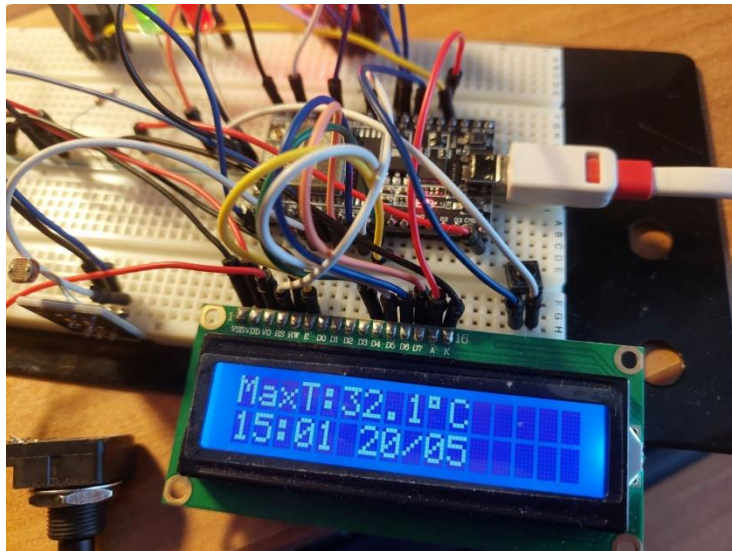
Εικόνα 49: Ο τρόπος γρήγορης αύξησης της θερμοκρασίας



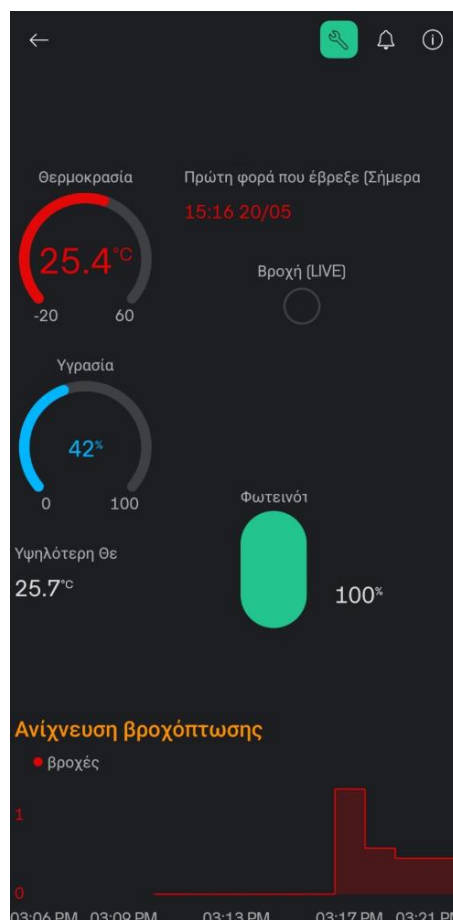
Εικόνα 50: Η θερμοκρασία ανεβαίνει ραγδαία, ανταποκρινόμενη στο ερέθισμά μας και η υγρασία πέφτει αντιστρόφως



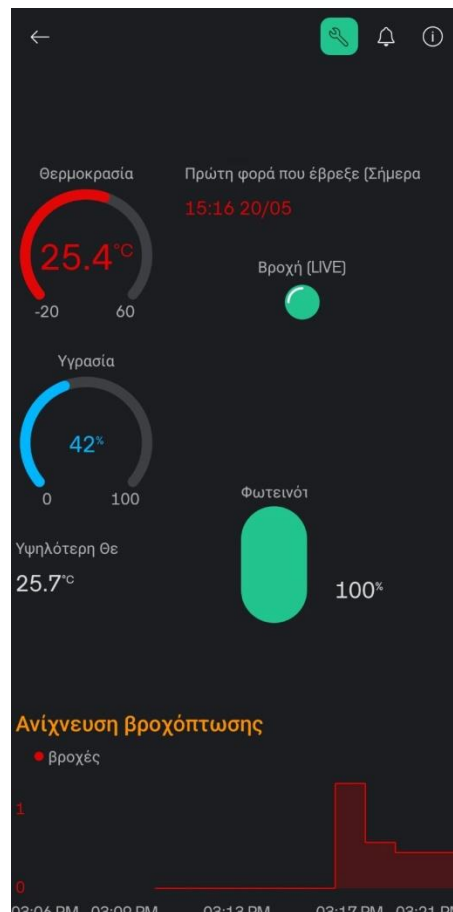
Εικόνα 51: Η ώρα αφού έχουμε σβήσει τον αναπτήρα



Εικόνα 52: Οθόνη 3 και η μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας μετά το πείραμα, μαζί με ώρα και ημ/νία καταγραφής



Εικόνα 53: Το app της Blynk, την ώρα που δεν βρέχει



Εικόνα 54: Το app της Blynk, την ώρα που βρέχει

8.4 Συμπέρασμα

Μέσα από την πειραματική παρουσίαση και τη δοκιμή του έξυπνου μετεωρολογικού σταθμού, επιβεβαιώθηκε η ορθή και αξιόπιστη λειτουργία όλων των επιμέρους αισθητήρων και του συστήματος συνολικά. Οι αντιδράσεις του σταθμού σε πραγματικά ερεθίσματα, η άμεση απεικόνιση δεδομένων στην οθόνη LCD και στην εφαρμογή Blynk, καθώς και η αλληλεπίδραση με τα LEDs, απέδειξαν την αποτελεσματικότητα και τη λειτουργικότητα της συσκευής. Οι πειραματικές δοκιμές κατέδειξαν πως το σύστημα ανταποκρίνεται δυναμικά στις περιβαλλοντικές μεταβολές, δικαιώνοντας τον σχεδιασμό και την υλοποίησή του.

Ενδεικτική Βιβλιογραφία

Βιβλιογραφία:

- [1] Λάμπρου, Ι. (2022). *Η Επιστήμη της Μετεωρολογίας*. Εκδόσεις Αντίστοιχες.
- [2] Σωτηρίου, Κ. (2020). *Η Φυσική της Ατμόσφαιρας*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Αθηνών.
- [3] Παπαδοπούλου, Μ. (2021). *Ατμοσφαιρική Υγρασία και Εφαρμογές στην Επιστήμη του Κλίματος*. Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- [4] Αλεξανδρίδης, Σ. (2019). *Ατμοσφαιρική Πίεση και καιρικές συνθήκες*. Εκδόσεις Κλιματολογία.
- [5] Παπακωνσταντίνου, Θ. (2020). *Άνεμοι και Εφαρμογές στην Παγκόσμια Κλιματολογία*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- [6] Ανδρέου, Χ. (2022). *Μετρήσεις Βροχόπτωσης και Κλιματικές Αλλαγές*. Κεντρική Σχολή Πληροφορικής.
- [7] Δημητρίου, Μ. (2021). *Ηλιακή Ακτινοβολία και Θερμικές Αντιδράσεις*. Τύποι Επιστήμης και Παιδείας.
- [8] Βλαχάκης, Π. (2020). *Φαινόμενα Δρόσου και Υδρολογικές Εφαρμογές*. Εκδόσεις Επιστήμης.
- [9] Μάρκου, Ε. (2023). *Αναλύσεις και Υπολογισμοί Νεφώσεων και Θερμοκρασιών*. Πανεπιστήμιο Κύπρου.
- [10] Μετεωρολογικά δεδομένα και προβλέψεις <https://itfarm.trebag.hu/>
- [11] World Meteorological Organization (WMO), ‘Humidity’ (online). Available: <https://public.wmo.int/en/resources/meteorterm/humidity>
- [12] World Meteorological Organization (WMO), Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation, Geneva 2018.
- [13] www.mdpi.com
- [14] BIKIPAIΔEIAel.wikipedia.org
- [15] www.geeksforgeeks.org
- [16] Τεχνικά Άρθρα » Τι είναι το βαρόμετρο pasidi.gr
- [17] ENCYCLOPEDIC ENTRY anemometer education.nationalgeographic.org
- [18] www.sciencedirect.com
- [19] www.ardumotive.com
- [20] Espressif Systems: <https://docs.espressif.com/>.
- [21] LiquidCrystal_I2CLibrary, “<https://github.com/fdebrabander/Arduino-LiquidCrystal-I2C-library>.”
- [22] Adafruit, “DHT Sensor Library,”: <https://github.com/adafruit/DHT-sensor-library>.
- [23] Adafruit, “RTCLib Library – DS3231: <https://github.com/adafruit/RTCLib>.”
- [24] ESP32 Projects and Guides: <https://randomnerdtutorials.com/>.
- [25] Arduino Projects Tutorials: <https://howtomechatronics.com/>.
- [26] Blynk Documentation: <https://docs.blynk.io/>.
- [27] Arduino Language Reference: <https://www.arduino.cc/reference/en/>.

Παράρτημα

Κώδικας ESP32

```
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL4sOh7jLRI"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "WeatherStation"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "7OW1f3sHHomitKLZqrCTUITSozvgpWzp"

#include <WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include <RTClib.h>
#include "DHT.h"

char ssid[] = "PAOKG4";
char pass[] = "cfr11851";

#define DHTPIN 15
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

#define RAIN_SENSOR_PIN 32
#define LIGHT_SENSOR_PIN 35

LiquidCrystal lcd(18, 14, 27, 26, 25, 33);
#define BACKLIGHT_PIN 2

RTC_DS3231 rtc;
```

```

#define BUTTON_PIN 4

int screen = 0;

unsigned long lastDebounce = 0;

const unsigned long debounceDelay = 200;

#define GREEN_LED_PIN 16

#define RED_LED_PIN 17

float maxTemp = -100.0;

DateTime timeOfMaxTemp;

DateTime firstRainTime;

bool rainRecorded = false;

int rainRecordedDay = -1;

BlynkTimer timer;

unsigned long lastInteractionTime = 0;

const unsigned long backlightTimeout = 20000;

bool backlightOn = true;

void setBacklight(bool on) {
  backlightOn = on;
  if (on) {
    ledcWrite(1, map(analogRead(LIGHT_SENSOR_PIN), 0, 4095, 255, 80));
  } else {
    ledcWrite(1, 0);
  }
}

```

```
void sendDataToBlynk() {  
  if (!Blynk.connected()) return;  
  
  DateTime now = rtc.now();  
  float humidity = dht.readHumidity();  
  float temperature = dht.readTemperature();  
  int rainValue = analogRead(RAIN_SENSOR_PIN);  
  int lightValue = analogRead(LIGHT_SENSOR_PIN);  
  
  Blynk.virtualWrite(V0, temperature);  
  Blynk.virtualWrite(V1, humidity);  
  Blynk.virtualWrite(V2, (rainValue > 1500) ? 1 : 0);  
  Blynk.virtualWrite(V3, lightValue);  
  Blynk.virtualWrite(V4, maxTemp);  
  
  if (rainRecorded) {  
    char buf[20];  
    sprintf(buf, "%02d:%02d %02d/%02d",  
            firstRainTime.hour(),  
            firstRainTime.minute(),  
            firstRainTime.day(),  
            firstRainTime.month());  
    Blynk.virtualWrite(V5, buf);  
  } else {  
    Blynk.virtualWrite(V5, "Not yet");  
  }  
}
```

```

void setup() {
  Serial.begin(115200);

  WiFi.begin(ssid, pass);
  unsigned long startAttemptTime = millis();
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED && millis() - startAttemptTime < 5000) {
    delay(100);
  }

  Blynk.config(BLYNK_AUTH_TOKEN);
  if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
    Blynk.connect(2000);
  }

  dht.begin();
  lcd.begin(16, 2);
  Wire.begin();

  pinMode(BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP);
  pinMode(GREEN_LED_PIN, OUTPUT);
  pinMode(RED_LED_PIN, OUTPUT);

  // Backlight PWM setup
  ledcAttachPin(BACKLIGHT_PIN, 1);
  ledcSetup(1, 5000, 8);
  setBacklight(true); // Backlight ON at startup

  if (!rtc.begin()) {
    lcd.print("RTC Error");
  }
}

```

```

    while (1);
}

if (rtc.lostPower()) {
    rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
}

lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("WeatherSkrr");
delay(5000);
lcd.clear();

byte fullBlock[8] = {
    B11111, B11111, B11111, B11111,
    B11111, B11111, B11111, B11111
};

byte emptyBlock[8] = {
    B00000, B00000, B00000, B00000,
    B00000, B00000, B00000, B00000
};

lcd.createChar(0, fullBlock);
lcd.createChar(1, emptyBlock);

timer.setInterval(3000L, sendDataToBlynk);

lastInteractionTime = millis(); // Initialize interaction time
}

void loop() {
    if (WiFi.status() == WL_CONNECTED && !Blynk.connected()) {
        Blynk.connect(1000);
    }
}

```

```

}

Blynk.run();
timer.run();

DateTime now = rtc.now();

float humidity = dht.readHumidity();
float temperature = dht.readTemperature();
int rainValue = analogRead(RAIN_SENSOR_PIN);
int lightValue = analogRead(LIGHT_SENSOR_PIN);

// Backlight brightness (only if it's ON)
if (backlightOn) {
    int brightness = map(lightValue, 0, 4095, 255, 80);
    brightness = constrain(brightness, 80, 255);
    ledcWrite(1, brightness);
}

// Handle backlight timeout
if (backlightOn && millis() - lastInteractionTime > backlightTimeout) {
    setBacklight(false);
}

// Button handling
if (digitalRead(BUTTON_PIN) == LOW && millis() - lastDebounce > debounceDelay) {
    lastDebounce = millis();
    screen = (screen + 1) % 5;
    lcd.clear();
    lastInteractionTime = millis(); // Reset timeout
}

```

```
if (!backlightOn) {  
    setBacklight(true); // Reactivate if off  
}  
}  
  
static int maxTempDay = -1;  
if (now.day() != maxTempDay) {  
    maxTemp = -100.0;  
    maxTempDay = now.day();  
}  
  
if (!isnan(temperature) && temperature > maxTemp) {  
    maxTemp = temperature;  
    timeOfMaxTemp = now;  
}  
  
if (now.day() != rainRecordedDay) {  
    rainRecorded = false;  
    rainRecordedDay = -1;  
}  
  
if (!rainRecorded && rainValue > 1500) {  
    firstRainTime = now;  
    rainRecorded = true;  
    rainRecordedDay = now.day();  
}  
  
digitalWrite(GREEN_LED_PIN, rainValue < 1500);  
digitalWrite(RED_LED_PIN, rainValue >= 1500);
```

```

lcd.setCursor(0, 0);

if (screen == 0) {
    if (!isnan(temperature) && !isnan(humidity)) {
        lcd.print("T:");
        lcd.print(temperature, 1);
        lcd.print((char)223);
        lcd.print("C ");
        lcd.print("H:");
        lcd.print(humidity, 0);
        lcd.print("%");
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Rain: ");
        lcd.print(rainValue < 1500 ? "No" : "YES");
    } else {
        lcd.print("Sensor Error!");
    }

} else if (screen == 1) {
    lcd.print("Date ");
    lcd.print(now.day() < 10 ? "0" : ""); lcd.print(now.day());
    lcd.print("/");
    lcd.print(now.month() < 10 ? "0" : ""); lcd.print(now.month());
    lcd.print("/");
    lcd.print(now.year());

    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(now.hour() < 10 ? "0" : ""); lcd.print(now.hour());

```

```

lcd.print(":");
lcd.print(now.minute() < 10 ? "0" : ""); lcd.print(now.minute());
lcd.print(":");
lcd.print(now.second() < 10 ? "0" : ""); lcd.print(now.second());

} else if (screen == 2) {
lcd.print("MaxT:");
lcd.print(maxTemp, 1);
lcd.print((char)223);
lcd.print("C");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(timeOfMaxTemp.hour() < 10 ? "0" : "");
lcd.print(timeOfMaxTemp.hour());
lcd.print(":");
lcd.print(timeOfMaxTemp.minute() < 10 ? "0" : "");
lcd.print(timeOfMaxTemp.minute());

} else if (screen == 3) {
if (rainRecorded) {
lcd.print("Rain at:");
lcd.print(firstRainTime.hour() < 10 ? "0" : "");
lcd.print(firstRainTime.hour());
lcd.print(":");
lcd.print(firstRainTime.minute() < 10 ? "0" : "");
lcd.print(firstRainTime.minute());
lcd.print(" ");
lcd.print(firstRainTime.day() < 10 ? "0" : "");
lcd.print(firstRainTime.day());
lcd.print("/");

```

```

    lcd.print(firstRainTime.month() < 10 ? "0" : "");
    lcd.print(firstRainTime.month());
} else {
    lcd.print("FRain: Not yet");
}

} else if (screen == 4) {
    lcd.print("Light:");

    int barLength = map(lightValue, 0, 4095, 8, 0);
    lcd.setCursor(7, 0);
    for (int i = 0; i < 8; i++) {
        lcd.write(i < barLength ? byte(0) : byte(1));
    }

    lcd.setCursor(0, 1);
    if (lightValue < 1000) {
        lcd.print("Sunny  ");
    } else if (lightValue < 2500) {
        lcd.print("Cloudy  ");
    } else {
        lcd.print("Dark  ");
    }
}

delay(300);
}

```