



ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

**Απομακρυσμένος έλεγχος συστήματος άρδευσης με
μικροελεγκτή Arduino**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ανδρέας Σ. Ξυγκάς

Επιβλέπουσα: Δρ. Μαρία-Παρασκευή Ιωαννίδου Καθηγήτρια
Ε.Μ.Π.

Αθήνα, 2018



ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

**Απομακρυσμένος έλεγχος συστήματος άρδευσης με
μικροελεγκτή Arduino**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ανδρέας Σ. Ξυγκάς

Επιβλέπουσα: Δρ. Μαρία-Παρασκευή Ιωαννίδου Καθηγήτρια
Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 31η Οκτωβρίου 2018.

.....

Μαρία Ιωαννίδου

.....

Νικόλαος Θεοδώρου

.....

Παναγιώτης Τσαραμπάρης

Αθήνα 2018

.....

Ανδρέας Σ. Ξυγκάς

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Ανδρέας Σ. Ξυγκάς,2018.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική σχεδιάσαμε και κατασκευάσαμε ένα σύστημα απομακρυσμένου ελέγχου ενός δικτύου άρδευσης διπλού κυκλώματος ποτίσματος. Το σύστημα αυτό είναι σε θέση να αλλάζει δυναμικά την ώρα, την μέρα και την χρονική διάρκεια του ποτίσματος σε κάθε κύκλωμα ξεχωριστά ανάλογα με τις ρυθμίσεις που αποστέλλει ο χρήστης μέσω γραπτών μηνυμάτων (sms). Ταυτόχρονα τον ενημερώνει για την αδυναμία άρδευσης λόγω ελλιπούς τροφοδοσίας νερού. Για την υλοποίηση του ανωτέρου συστήματος χρησιμοποιήθηκε η πλατφόρμα ανάπτυξης Arduino Mega. Η επιλογή της έγινε με βάση την απλότητα και ευκολία στην υλοποίηση του συστήματος, το χαμηλό κόστος και την δυνατότητα επέκτασης και εύκολης αναπροσαρμογής σε μελλοντικές προκύπτουσες ανάγκες.

Λέξεις κλειδιά

Σύστημα απομακρυσμένου ελέγχου, σύστημα άρδευσης, δικτυο GSM, sms, Arduino, προσαρμοστικότητα, εξοικονόμηση νερού, έξυπνο σύστημα,

Abstract

In this thesis, we assembled and programmed a remote control system for a twin irrigation system. The system is able to dynamically change the time, day and duration of watering on each circuit separately depending on the settings sent by the user via text messages (sms). At the same time the system informs the operator for irrigation failure due to inadequate water supply. The Arduino Mega was used to implement the above system. Its choice was based on the simplicity and ease of implementation of the system, the low cost and the ability to expand and easily adapt to future needs.

Keywords

Remote control, irrigation system, GSM, sms, Arduino, Adaptability, water saving, intelligent system,

Ευχαριστίες

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου στην κα. Μαρία Ιωαννίδου καθηγήτρια Ε.Μ.Π., για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε στην ανάθεση του θέματος και την υπομονή της καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας αυτής. Επίσης, επιθυμώ να ευχαριστήσω τους γονείς μου, που με στηρίξαν και μου έδωσαν δύναμη όλα τα χρόνια των σπουδών μου.

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1^ο:	11
1.1. Στοχοθεσία της διπλωματικής εργασίας.....	11
1.2. Διάρθρωση της διπλωματικής εργασίας.....	11
Κεφάλαιο 2^ο:	12
2.1. Η έννοια της άρδευσης.....	12
2.1.1. Γενικά.....	12
2.1.2. Ιστορικά στοιχεία.....	12
2.1.3. Η σημασία των αρδεύσεων στη γεωργία.....	15
2.2. Τύποι άρδευσης.....	16
2.2.1. Επιφανειακή άρδευση.....	16
2.2.2. Μικρο-άρδευση.....	18
2.2.2.1. Άρδευση με σταγόνες.....	19
2.2.2.2. Άρδευση με ψεκασμό (Τεχνητή βροχή).....	21
2.2.3. Υπόγεια άρδευση.....	24
2.3. Κριτήρια επιλογής κατάλληλου συστήματος άρδευσης.....	25
2.3.1. Γενικά.....	25
2.3.2. Το κλίμα.....	26
2.3.3. Το έδαφος.....	27
2.3.4. Το είδος των φυτών και ο τρόπος καλλιέργειας.....	27
2.3.5. Η διαθέσιμη ποσότητα και η ποιότητα νερού.....	28
2.3.6. Διαθέσιμο εργατικό και τεχνικό δυναμικό.....	29
2.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της στάγδην άρδευσης.....	31
2.4.1. Πλεονεκτήματα της στάγδην άρδευσης.....	31
2.4.2. Μειονεκτήματα της στάγδην άρδευσης.....	32
Κεφάλαιο 3^ο:	33
3.1 Μικροεπεξεργαστές και μικροελεγκτές.....	33
3.2. Η πλατφόρμα ανάπτυξης Arduino.....	36
3.3. Κριτήρια επιλογής της πλατφόρμας ανάπτυξης.....	38
3.4. Σύντομη περιγραφή Arduino Mega.....	39

Κεφάλαιο 4°:	40
4.1 Περιγραφή σκοπού διπλωματικής & ανάλυση λειτουργιών συστήματος..	40
4.2. Τοπολογία συστήματος.....	41
4.3. Παρουσίαση διασύνδεσης και ανάλυση modules Arduino.....	42
4.3.1. GPRS/GSM Shield.....	42
4.3.2. MicroSD card module.....	43
4.3.3. RTC (real time clock)	44
4.3.4. Αισθητήρας μέτρησης απόστασης.....	44
4.3.5. Relay Module.....	45
4.3.6. Solenoid Valve.....	46
Κεφάλαιο 5°:	47
5.1 Παρουσίαση κώδικα.....	47
Κεφάλαιο 6°:	60
6.1 Συμπεράσματα.....	60
6.2 Δυνατότητες επέκτασης, άλλες χρήσεις.....	60
6.3 Άλλες χρήσεις.....	61
Παράρτημα	62
1. GSM Shield Datasheet.....	62
2. 12V Solenoid Valve - 3/4" Datasheet.....	64
3. 4 Relay Module Datasheet.....	65
Βιβλιογραφία	68

1.1. Στοχοθεσία της διπλωματικής εργασίας

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός συστήματος απομακρυσμένου ελέγχου για ένα σύστημα άρδευσης διπλού κυκλώματος ποτίσματος. Το σύστημα αυτό θα είναι σε θέση να αλλάζει δυναμικά την ώρα, την μέρα και την χρονική διάρκεια του ποτίσματος σε κάθε κύκλωμα ξεχωριστά ανάλογα με τις ρυθμίσεις που θα του στέλνει μέσω γραπτών μηνυμάτων ο χρήστης. Ταυτόχρονα θα τον ενημερώνει για δυσλειτουργίες του συστήματος ή για την αδυναμία άρδευσης λόγω ελλιπούς τροφοδοσίας νερού.

Η χρήση του παραπάνω συστήματος σχεδιάστηκε με γνώμονα δύο κατευθύνσεις:

- Εκπαιδευτική χρήση, για την δημιουργία και εξοικείωση με συστήματα αυτοματισμού
- Πραγματική χρήση κατά τους θερινούς μήνες, σε αγροτεμάχιο με καλλιέργεια που απαιτεί την ύπαρξη δυο διαφορετικών κυκλωμάτων ποτίσματος και βρίσκεται σε απομακρυσμένη τοποθεσία από την πόλη διαμονής του καλλιεργητή. Έτσι μειωθούν τα κόστη και θα εξοικονομηθεί χρόνος.

1.2. Διάρθρωση της διπλωματικής εργασίας

Η διπλωματική εργασία αναπτύσσεται σε 4 κεφάλαια που παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω:

Κεφάλαιο 1^ο: Στην εισαγωγή περιγράφετε η αναγκαιότητα της ενώ στοχοθετείται και παρουσιάζεται η διάρθρωση της διπλωματικής

Κεφάλαιο 2^ο: Ιστορική αναδρομή και παρουσίαση των τύπων και συστημάτων άρδευσης. Κριτήρια επιλογής καταλληλότερου συστήματος και συνοπτική παρουσίαση πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων της στάγδην άρδευσης.

Κεφάλαιο 3^ο: Συνοπτική παρουσίαση και εξοικείωση με την πλατφόρμα ανάπτυξης του μικροελεγκτή Arduino καθώς και αποτύπωση της στοχοθεσίας της διπλωματικής

Κεφάλαιο 4^ο: Ανάλυση της δομής και των επιμέρους κυκλωμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του συστήματος

Κεφάλαιο 5^ο: Παρουσίαση και ανάλυση του κώδικα που χρησιμοποιήθηκε

Κεφάλαιο 6^ο: Δυνατότητες επέκτασης, πιθανές τροποποιήσεις και άλλες χρήσεις του συστήματος που κατασκευάστηκε.

Άρδευση και αρδευτικά συστήματα

2.1. Η έννοια της άρδευσης

2.1.1. Γενικά

Η άρδευση είναι η εφαρμογή ελεγχόμενων ποσοτήτων νερού σε καλλιέργειες σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα. Η άρδευση συμβάλλει στην ανάπτυξη γεωργικών καλλιεργειών, στη διατήρηση τοπίων, στην ανανέωση των διαταραγμένων εδαφών σε ξηρές περιοχές και σε περιόδους κάτω των μέσων των βροχοπτώσεων. Η άρδευση έχει επίσης άλλες χρήσεις στην καλλιέργεια, συμπεριλαμβανομένης της προστασίας από τον παγετό και της καταστολής της ανάπτυξη ζιζανίων στα χωράφια. Αντίθετα, η γεωργία που βασίζεται μόνο στις άμεσες βροχοπτώσεις αναφέρεται ως καλλιέργεια με βροχή ή ξηρή γη.

Τα συστήματα άρδευσης χρησιμοποιούνται επίσης για την ψύξη των ζώων, την καταστολή της σκόνης, την απομάκρυνση των λυμάτων και την εξόρυξη. Η άρδευση συχνά μελετάται μαζί με την αποστράγγιση, η οποία είναι η απομάκρυνση των επιφανειακών και υπογείων υδάτων από μια δεδομένη περιοχή.

Η άρδευση ήταν ένα βασικό χαρακτηριστικό της γεωργίας για πάνω από 5.000 χρόνια και είναι προϊόν πολλών πολιτισμών. Ιστορικά, ήταν η βάση για τις οικονομίες και τις κοινωνίες σε όλο τον κόσμο, από την Ασία έως τις Νοτιοδυτικές Ηνωμένες Πολιτείες.

2.1.2. Ιστορικά στοιχεία

Η αρχαιολογική έρευνα έχει βρει στοιχεία άρδευσης όπου η φυσική βροχόπτωση ήταν ανεπαρκής για τη στήριξη των καλλιεργειών για τη γεωργία με βροχή.

Η άρδευση χρησιμοποιήθηκε ως μέσο χειρισμού του νερού στις αλλουβιακές πεδιάδες του πολιτισμού της κοιλάδας του Ινδού. Η εφαρμογή της εκτιμάται ότι ξεκίνησε γύρω στο 4500 π.Χ. και αύξησε δραματικά το μέγεθος και την ευημερία των γεωργικών τους οικισμών. Τα συστήματα αποθήκευσης νερού αναπτύχθηκαν από τον Πολιτισμό της κοιλάδας του Ινδού, συμπεριλαμβανομένων των τεχνητών δεξαμενών στο Girnar που χρονολογούνται από το 3000 π.Χ., και ενός πρώιμου συστήματος άρδευσης καναλιών από το 2600 π.Χ. Η άρδευση εφαρμόστηκε σε μεγάλη γεωργική κλίμακα και χρησιμοποιήθηκε ένα εκτεταμένο δίκτυο καναλιών.

Πολυετής άρδευση ασκήθηκε στο Μεσοποτάμιο κάμπο, όπου οι καλλιέργειες ποτίζονταν τακτικά καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου με τη διείσδυση του νερού μέσω μιας μήτρας μικρών διαύλων που κατασκευάστηκαν στον αγρό. Οι Αρχαίοι Αιγύπτιοι

ασχολήθηκαν με την άρδευση της λεκάνης χρησιμοποιώντας την πλημμύρα του Νείλου για να κατακλύσουν τα κτήματα που είχαν περιβάλλει με ανάχωμα. Το νερό της πλημμύρας συγκρατούνταν μέχρις ότου το εύφορο ίζημα να επικαθήσει στον αγρό πριν επιστραφεί το πλεόνασμα στον ποταμό. Υπάρχουν στοιχεία ότι ο φαραώ Amenemhet III στη δωδέκατη δυναστεία (γύρω στο 1800 π.Χ.) χρησιμοποιεί τη φυσική λίμνη του Faiyum Oasis ως δεξαμενή αποθήκευσης πλεονασμάτων νερού για χρήση κατά τις ξηρές εποχές. Η λίμνη διογκώνονταν ετησίως από την πλημμύρα του Νείλου.



Άρδευση στην αρχαία Αίγυπτο με χρήση ζώων (David Roberts 1838) (Πηγή: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pot_chain_irrigation_1846.jpg)

Οι Αρχαίοι Νούβες ανέπτυξαν μια μορφή άρδευσης χρησιμοποιώντας μια συσκευή τύπου νερόμυλου που ονομάζονταν saqiya,. Η άρδευση άρχισε στην Nubia κάποια στιγμή μεταξύ της τρίτης και της δεύτερης χιλιετίας π.Χ. Εξαρτιόνταν σε μεγάλο βαθμό από τα νερά των πλημμυρών των νερών του ποταμού Νείλου άλλα και άλλων ποταμιών στην περιοχή του Σουδάν.

Στην υποσαχάρια Αφρική η άρδευση εφαρμόστηκε στις εκτάσεις των πολιτισμών της περιοχής του ποταμού Νίγηρα από την πρώτη ή δεύτερη χιλιετία π.Χ. και βασίστηκε σε πλημμύρες την περίοδο των βροχών και στην αποθήκευση του ύδατος.

Η άρδευση σε βαθμίδες γης χρησιμοποιήθηκε στην προ-Κολομβιανή Αμερική, την πρώιμη Συρία, την Ινδία και την Κίνα. Στην Κοιλιάδα Ζαπα των Άνδεων στο Περού, οι αρχαιολόγοι βρήκαν υπολείμματα τριών καναλιών που χρονολογούνται από την 4η χιλιετία π.Χ., την 3η χιλιετία π.Χ. και τον 9ο αιώνα μ.Χ. Αυτά τα κανάλια είναι τα πρώτα ευρήματα άρδευσης στον Νέο Κόσμο. Ίχνη καναλιού που πιθανόν χρονολογούνται από την 5η χιλιετία π.Χ. βρέθηκαν κάτω από το κανάλι της 4ης χιλιετίας.

Η Αρχαία Περσία (το σημερινό Ιράν) χρησιμοποίησε την άρδευση ήδη από την 6η χιλιετία π.Χ. για να καλλιεργήσει κριθάρι σε περιοχές όπου οι φυσικές βροχοπτώσεις ήταν ανεπαρκείς. Τα Qanats, που αναπτύχθηκαν στην αρχαία Περσία περίπου στα 800 π.Χ., συγκαταλέγονται στις παλαιότερες γνωστές μεθόδους άρδευσης που χρησιμοποιούνται ακόμα και σήμερα. Απαντώνται στην Ασία, τη Μέση Ανατολή και τη Βόρεια Αφρική. Το σύστημα περιλαμβάνει ένα δίκτυο κατακόρυφων φρεατίων και ήπια κεκλιμένων σηράγγων που οδηγούνται στις πλευρές απότομων βράχων ή λόφων για την άντληση υπόγειων υδάτων. Το Noria, ένας τροχός νερού, διέθετε πήλινα αγγεία και τροφοδοτούνταν από τη ροή του ρέματος ενός ποταμού (ή από ζώα εφόσον δεν υπήρχε ροή ύδατος), τέθηκε για πρώτη φορά σε χρήση από τους Ρωμαίους εποίκους στη Βόρεια Αφρική. Μέχρι το 150 π.Χ. τα πήλινα δοχεία εξοπλίστηκαν με βαλβίδες για ομαλότερη πλήρωση καθώς βυθίζονταν στο νερό.

Στην Σρι Λάνκα τα πρώτα αρδευτικά έργα, που χρονολογούνται από το 300 π.Χ. υπό την κυριαρχία του βασιλιά Pandukabhaya και με συνεχή ανάπτυξη για τα επόμενα χίλια χρόνια, ήταν από τα πιο σύνθετα αρδευτικά συστήματα του αρχαίου κόσμου. Εκτός από τα υπόγεια κανάλια, δημιούργησαν πρώτοι εντελώς τεχνητές δεξαμενές για την αποθήκευση νερού. Τα περισσότερα από αυτά τα αρδευτικά συστήματα εξακολουθούν να υπάρχουν μέχρι σήμερα, στην Anuradhapura και Polonnaruwa, λόγω της προηγμένης και ακριβούς μηχανικής. Το σύστημα αποκαταστάθηκε εκτενώς και επεκτάθηκε περαιτέρω κατά τη διάρκεια της βασιλείας του βασιλιά Parakrama Bahu (1153-1186).

2.1.3. Η σημασία των αρδεύσεων στη γεωργία

Κατά την άρδευση, εκείνο που έχει αξία είναι να δίνεται στα φυτά τόσο νερό, όσο χρειάζονται για να δώσουν την πιο καλή παραγωγή με τον πιο οικονομικό τρόπο.

Το λίγο νερό θα προκαλέσει μείωση της παραγωγής που μπορούν να δώσουν τα φυτά.

Το πολύ νερό πάλι, θα μειώσει την παραγωγή τους και θα χρειαστεί να γίνει αποστράγγιση του αγρού για να απομακρυνθεί το πλεονάζον νερό. Όταν δίνεται στο χωράφι περισσότερο νερό από όσο πρέπει και το έδαφος έχει άλατα, τα άλατα θα ανεβούν στην επιφάνεια και θα προξενήσουν μεγάλη ζημιά στα φυτά.

Για να γίνει μία καλή άρδευση, πρέπει να είναι γνωστή ποια σχέση υπάρχει μεταξύ του εδάφους, του νερού και του φυτού ανάλογα με το κλίμα της κάθε περιοχής σύμφωνα με το οποίο προσαρμόζονται οι καλλιέργειες. Η απόδοση μίας καλλιέργειας εξαρτάται και ποικίλλει ανάλογα με τις διάφορες σχέσεις και συνδυασμούς του εδάφους, του νερού και του κλίματος.

Και το μεν κλίμα δεν είναι δυνατό να μεταβληθεί και πολύ με εξαίρεση τις θερμοκηπιακές καλλιέργειες στις οποίες η επέμβασή μας στην διαμόρφωση των επιθυμητών κλιματολογικών συνθηκών είναι κυρίαρχη και καθοριστική.

Όμως το έδαφος, το νερό και οι καλλιέργειες, μπορούν να μεταβληθούν και τεθούν κάτω από τον απόλυτο έλεγχο του ανθρώπου.

Για να πραγματοποιηθεί μια καλή άρδευση χρειάζεται δουλειά και πρέπει ο κάθε καλλιεργητής να μάθει και να ξέρει πάντοτε τι έδαφος έχει το κτήμα του, ποιες καλλιέργειες πρέπει να βάλει, τί νερό θα δώσει, πότε θα το δώσει και πώς θα το δώσει.

2.2. Τύποι άρδευσης

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι άρδευσης. Διαφέρουν ως προς τον τρόπο με τον οποίο το νερό τροφοδοτείται στα φυτά. Ο στόχος είναι να εφαρμοστεί το νερό στα φυτά όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφα, έτσι ώστε κάθε φυτό να έχει την ποσότητα νερού που χρειάζεται, ούτε λίγο ούτε πολύ.

2.2.1. Επιφανειακή άρδευση

Στην επιφανειακή άρδευση το νερό εφαρμόζεται στην επιφάνεια του αγρού είτε στατικά είτε κινούμενο.

Στη πρώτη περίπτωση η επιφάνεια του αγρού πρέπει να είναι πρακτικώς οριζόντια (λέγεται και οριζόντια άρδευση) και εδώ ανήκουν οι μέθοδοι επιφανειακής άρδευσης με κατάκλυση ή λεκάνες, ενώ στη δεύτερη περίπτωση η επιφάνεια παρουσιάζει πολύ μικρή κλίση που επιτρέπει τη κίνηση του νερού προς τα κάτω (λέγεται και κεκλιμένη άρδευση) και εδώ υπάγονται η άρδευση σε παράλληλες λωρίδες και η άρδευση σε αυλάκια.

Για να εφαρμοσθεί επιτυχημένα οποιαδήποτε μέθοδος επιφανειακής άρδευσης, πρέπει η επιφάνεια του εδάφους να είναι έτσι διαμορφωμένη, ώστε το νερό που ρέει επάνω της να διηθείται όσο το δυνατόν ομοιόμορφα σε όλη την έκταση του αγρού. Επειδή κάτι τέτοιο δεν είναι σύνηθες, η προς άρδευση έκταση πρέπει να υποστεί προετοιμασία, η οποία κατά κύριο λόγο είναι η ισοπέδωση.

Ο επόμενος παράγοντας που παίζει σημαντικό ρόλο στην επιτυχή εφαρμογή των επιφανειακών μεθόδων άρδευσης και κατ' επέκταση στην αποφυγή νιτρορύπανσης – κυρίως από βαθεία διήθηση, είναι η σωστή διαστασιολόγηση και κατασκευή των λεκανών κατάκλυσης, των λωρίδων και των αυλακιών. Όμως για το σκοπό αυτό, απαιτείται πρώτα λεπτομερής σχεδιασμός και μελέτη.

Η γενική αρχή είναι ότι σε συνεκτικά εδάφη και εφόσον η κλίση το επιτρέπει, οι διαστάσεις των λεκανών/των λωρίδων/των αυλακιών μπορούν να είναι μεγαλύτερες από ότι σε ελαφρά εδάφη. Αν σε ελαφρά εδάφη διαμορφωθούν μεγάλες λεκάνες/λωρίδες/αυλάκια, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ανομοιόμορφη άρδευση (ανάλογα και με τη κλίση), με απώλειες βαθείας διήθησης κοντά στο σημείο εισόδου του νερού.

Περαιτέρω, για επιτυχημένη άρδευση πρέπει να ελέγχεται και να ρυθμίζεται η παροχή άρδευσης, δηλαδή η λήψη του νερού από τη προσαγωγό διώρυγα και η απόδοσή του στις λεκάνες / λωρίδες / αυλάκια. Για την επίτευξη του στόχου αυτού προτιμάται η κατασκευή στομίων υδροληψίας στα πλαϊνά τοιχώματα της διώρυγας, τα οποία είναι εξ' αρχής μελετημένα και κατασκευασμένα έτσι ώστε η παροχή νερού που λαμβάνεται μέσω αυτών να αντιστοιχίζεται στο (βαθμιαίο) άνοιγμά τους.

Αν δεν υπάρχει τέτοια δυνατότητα, εναλλακτική λύση αποτελούν τα σιφώνια κυκλικής διατομής. Επειδή η χρήση των σιφωνίων συνήθως δεν συνοδεύεται από μέτρηση της παροχής, στο Παράρτημα VII παρατίθεται ο Πίνακας 2, με χρήση του οποίου μπορεί να εκτιμηθεί η λαμβανόμενη μέσω των σιφωνίων παροχή νερού. Στον Πίνακα αυτό, ως «ύψος φορτίου» είναι η απόσταση από τη στάθμη του νερού στη διώρυγα εφαρμογής μέχρι το μέσο της οπής εκροής

του σιφωνίου. Η παροχή που χορηγείται σε κάθε αυλάκι ελέγχεται από το ύψος φορτίου και τη διάμετρο των σιφωνίων. Συνήθως χρησιμοποιείται ένα σιφώνιο ανά αυλάκι αλλά αναλόγως της επιθυμητής παροχής και της επιθυμητής δυνατότητας ρύθμισης μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο ή τρία σιφώνια ανά αυλάκι. Στην περίπτωση αυτή, αν κατά τη διάρκεια της άρδευσης θέλουμε να μειώσουμε την παροχή, μπορούμε απλώς να αφαιρέσουμε από τη λειτουργία κάποια από τα σιφώνια.

Συμπερασματικά όλοι οι αγροί δεν είναι κατάλληλοι για την εφαρμογή μεθόδων επιφανειακής άρδευσης, καθώς πέραν από τις δυσκολίες που εκ φύσεως προκύπτουν για την αποτελεσματική χορήγηση νερού στις καλλιέργειες, ευνοείται και η εμφάνιση νιτρορύπανσης γεωργικής προέλευσης.

Τέτοιες περιπτώσεις αγρών αναφέρονται παρακάτω:

- Όταν το έδαφος είναι πολύ υδροπερατό η εφαρμογή οποιασδήποτε μεθόδου επιφανειακής άρδευσης έχει σαν αποτέλεσμα μεγάλες απώλειες από βαθεία διήθηση (και κατ' επέκταση νιτρορύπανση υπογείων νερών), συνήθως κοντά στο σημείο υδροληψίας.
- Όταν το έδαφος είναι αβαθές, ευνοείται πολύ η επιφανειακή απορροή (και κατ' επέκταση η νιτρορύπανση επιφανειακών νερών) αλλά και η ανομοιομορφία της άρδευσης.
- Το ίδιο συμβαίνει και όταν το έδαφος είναι κεκλιμένο. Ένας τρόπος αντιμετώπισης είναι οι αγροί να διαμορφώνονται σε αναβαθμίδες, οπότε μπορούν να αρδευτούν και με επιφανειακές μεθόδους άρδευσης – όμως αυτό ισχύει για κλίσεις μέχρι 6-8%.
- Σε αγρούς με μεγαλύτερη κλίση πρέπει να αποφεύγεται κάθε επιφανειακή μέθοδος άρδευσης και να χρησιμοποιείται είτε καταιονισμός –χαμηλών ή μεσαίων πιέσεων και παροχών – είτε στάγδην άρδευση.
- Όταν το έδαφος έχει αρκετά ανώμαλο ανάγλυφο, η επιφανειακή άρδευση ευνοεί την ανομοιομορφία της άρδευσης ενώ στα σημεία που υπεραρδεύονται θα υπάρξουν απώλειες βαθείας διήθησης. Τέλος το κόστος για την ισοπέδωση πολλές φορές δεν είναι ευκαταφρόνητο.
- Όταν σε μια περιοχή υπάρχει μόνιμο πρόβλημα υψηλής υπόγειας στάθμης υδροφόρου ορίζοντα, η άρδευση πρέπει να γίνεται προσεκτικά, χρησιμοποιώντας μικρές δόσεις, για να αποφευχθεί τυχόν ανύψωση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα και περαιτέρω νιτρορύπανση των υπογείων νερών.

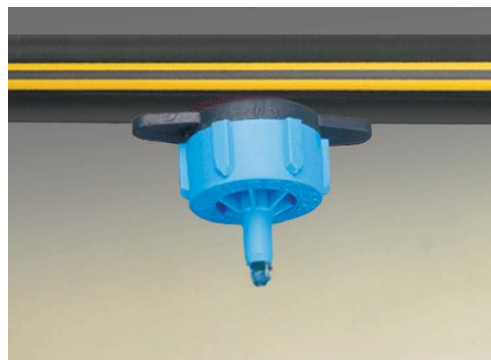
Στις προαναφερθείσες περιπτώσεις πρέπει η χρήση επιφανειακών μεθόδων άρδευσης να αποφεύγεται.



Άρδευση καλλιέργειας ρυζιού

2.2.2. Μικρο-άρδευση

Η μικρο-άρδευση, που μερικές φορές ονομάζεται τοπική άρδευση, άρδευση χαμηλού όγκου ή πότισμα στάγδην, είναι ένα σύστημα όπου το νερό διανέμεται υπό χαμηλή πίεση μέσω ενός σωληνωτού δικτύου και εφαρμόζεται ως μικρή εκκένωση σε κάθε φυτό ή δίπλα σε αυτό. Η παραδοσιακή στάγδην άρδευση με χρήση ξεχωριστών σταλακτήρων, η άρδευση υπόγειας στάγδην (SDI) και η άρδευση με μικρο-ψεκασμό ανήκουν σε αυτή την κατηγορία αρδευτικών μεθόδων.



Σταλακτήρας ((Πηγή: <https://en.wikipedia.org/wiki/File:Dripperwithdrop.png> Attribution: Jisl)

2.2.2.1. Άρδευση με σταγόνες

1. Κατά τη στάγδην άρδευση το νερό χορηγείται σε μέρος του εδάφους της καλλιέργειας και συγκεκριμένα κατευθείαν στη περιοχή του ριζικού συστήματος κάθε φυτού. Διαφοροποιείται από τις κλασσικές μεθόδους άρδευσης (επιφανειακή άρδευση και τεχνητή βροχή) κατά τις οποίες το νερό αποθηκεύεται σε όλο το έδαφος της καλλιέργειας (δηλαδή στον εδαφικό όγκο που ορίζεται από όλη την καλλιεργούμενη επιφάνεια κι εκτείνεται ως το βάθος του ενεργού ριζοστρώματος).

Το νερό χορηγείται στο κάθε φυτό με μικρές παροχές (της τάξεως των 2-10 λίτρωνανά ώρα), και οι αρδεύσεις γίνονται συχνότερα σε σύγκριση με τις άλλες μεθόδους (έως και καθημερινά). Υγραίνεται μόνο το έδαφος που περιβάλλει – βρίσκεται κοντά στις ρίζες (το κυριότερο άνω μέρος τους) του κάθε φυτού, ενώ ταυτόχρονα όλα τα είδη απωλειών αρδευτικού νερού (εξάτμιση, βαθεία διήθηση, επιφανειακή απορροή), είναι πολύ μειωμένα. Έτσι η συνολική κατανάλωση νερού κατά τη στάγδην άρδευση είναι προδήλως μικρότερη από ότι κατά τις κλασσικές μεθόδους (επιφανειακή άρδευση, τεχνητή βροχή). Σε σύγκριση με τις άλλες μεθόδους άρδευσης προσαρμόζεται καλύτερα σε κεκλιμένα ή ανώμαλης τοπογραφίας (μη ισοπεδωμένα) εδάφη. Με κατάλληλο εξοπλισμό είναι εφικτό στο νερό άρδευσης να προδιαλύεται λίπασμα, και να χορηγείται μαζί με το νερό άρδευσης στο κάθε φυτό.

2. Το όλο σύστημα είναι επιδεκτικό αυτοματισμών και άρα, εφόσον έχει εγκατασταθεί και ρυθμιστεί κατάλληλα, παρέχει τη δυνατότητα επαρκούς ελέγχου των χορηγούμενων ποσοτήτων νερού. Για τον ίδιο λόγο, η στάγδην άρδευση δίνει τη δυνατότητα σταδιακής, κατά δόσεις, εφαρμογής υδρολίπανσης, με αντίστοιχα χαμηλές απώλειες λιπάσματος.

3. Για τους λόγους που προαναφέρθηκαν, σε σύγκριση με τις κλασσικές μεθόδους άρδευσης θεωρείται ότι είναι η καταλληλότερη προς χρήση – όπου είναι εφικτό να εφαρμοστεί, όσον αφορά την προστασία από τη νιτρορύπανση. Μέχρι στιγμής η στάγδην άρδευση δεν εφαρμόζεται σε καλλιέργειες που σπέρνονται χύδην στον αγρό, όπως πχ η μηδική. Ενώ, βάσει νεότερων εξελίξεων, η στάγδην άρδευση μπορεί να εφαρμοστεί και σε γραμμικές καλλιέργειες έστω και αν αυτές σπέρνονται χύδην κατά τη γραμμή σποράς, όπως π.χ. ο αραβόσιτος: οι σταλακτηφόροι αγωγοί τοποθετούνται κατά μήκος της γραμμής σποράς, με τους σταλακτήρες σε ικανή πυκνότητα και με ικανή παροχή, ώστε να υγραίνεται το έδαφος που περιβάλλει – βρίσκεται κοντά στις γραμμικά παραταγμένες ρίζες των φυτών (το κυριότερο άνω μέρος τους).

Γενικότερα, επειδή με τη μέθοδο της στάγδην άρδευσης υγραίνεται τμήμα μόνο του εδάφους, η διασπορά των λιπασμάτων σε όλη την επιφάνεια κατά το συνηθισμένο τρόπο λίπανσης δεν συνιστάται, γιατί τα λιπαντικά στοιχεία στα ξερά τμήματα του εδάφους δεν μπορούν να μετακινηθούν με το νερό άρδευσης. Γιαυτό αποτελεσματικότερη είναι η προσθήκη των λιπαντικών στοιχείων στο νερό της άρδευσης, που παρέχει και τη δυνατότητα εφαρμογής της λίπανσης περισσότερες φορές και σε μικρότερες δόσεις. Με τη μέθοδο αυτή της υδρολίπανσης τα φυτά έχουν στη διάθεσή τους λιπαντικά στοιχεία, τα οποία και απορροφούν αδιάκοπα καθ' όλη τη διάρκεια της ανάπτυξης και απόδοσης.

Όσον αφορά τα αζωτούχα λιπάσματα, τα περισσότερα από αυτά είναι αρκετά ευδιάλυτα στο νερό (θειική αμμωνία, νιτρική αμμωνία και ουρία) και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην υδρολίπανση. Προβλήματα δυσδιαλυτότητας (κατακρήμνιση, σχηματισμός μικροκρυστάλλων και τελικά εμφράξεις) μπορεί να δημιουργηθούν αν χρησιμοποιηθεί θειική αμμωνία και

ταυτόχρονα το νερό άρδευσης έχει πολύ ασβέστιο (πάνω από 70mg/L). Η υγρή αμμωνία είναι ακατάλληλη για χρησιμοποίηση με το νερό άρδευσης, καθώς επίσης το νιτρικό ασβέστιο και η ασβεστούχος νιτρική αμμωνία. Επίσης η φωσφορική αμμωνία για να χρησιμοποιηθεί στην υδρολίπανση πρέπει να διαλυθεί σε αναλογία 1:5000 στο νερό, ενώ γενικότερα τα αζωτοφωσφορούχα λιπάσματα είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν σε διάλυση τουλάχιστον 1:100 και σε θερμοκρασία μικρότερη των 45οC. Το νιτρικό κάλιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε σε κρυσταλλική μορφή είτε σε υγρή, όχι όμως σε μορφή σκόνης.

Όλος ο εξοπλισμός (δεξαμενές, φίλτρα, σωλήνες σταθεροί ή εύκαμπτοι, συνδέσεις, βαλβίδες διακόπτες, ρυθμιστές πίεσης, μετρητές παροχής, κ.ά.) πρέπει να βρίσκεται σε καλή κατάσταση προκειμένου να αποφεύγονται προβλήματα στην άρδευση, μεταξύ των οποίων και οι απώλειες νερού.

Τέλος κατά τη στάγδην άρδευση αντενδείκνυται να διαπιστώνει κανείς το βάθος στο οποίο έχει επαρκώς αποθηκευτεί νερό με τη χρήση της ράβδου, όπως έχει περιγραφεί στη παράγραφο 3γ του παρόντος άρθρου, διότι, καθώς δεν υγραίνεται όλο το έδαφος αλλά μόνο τμήματά του κοντά στις ρίζες του κάθε φυτού, θα έπρεπε η ράβδος να χρησιμοποιείται πολύ κοντά στις ρίζες, οπότε προκύπτει ο κίνδυνος τραυματισμού των ριζών.ηλεκτροβαλβίδων.



Σύστημα άρδευσης με σταγόνες (Πηγή:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ac/Button_dripper.JPG)

2.2.2.2. Άρδευση με ψεκασμό (Τεχνητή βροχή)

Κατά την άρδευση με τεχνητή βροχή ή καταιονισμό, το νερό εφαρμόζεται σε όλη την επιφάνεια του αγρού σαν τεχνητή απομίμηση της βροχής και διηθείται στο έδαφος κατακόρυφα. Σε σύγκριση με τις επιφανειακές μεθόδους άρδευσης, η άρδευση με τεχνητή βροχή μπορεί να αξιοποιήσει μικρότερες παροχές νερού και μεγαλύτερη ποικιλία εδαφικών συνθηκών (όπως πολύ διαπερατά εδάφη, αβαθή εδάφη, με υψηλή υπόγεια στάθμη υδροφόρου ορίζοντα, μεγαλύτερη κλίση ή ανώμαλη τοπογραφία), για όλες σχεδόν τις καλλιέργειες. Θεωρείται επίσης ότι είναι πιο εύκολη όσον αφορά την εξοικείωση των παραγωγών εφόσον είναι πιο εύκολο να ρυθμιστεί η ποσότητα νερού που θα δοθεί στο χωράφι, με την προϋπόθεση ότι έχει προηγηθεί καλός σχεδιασμός και μελέτη.

Πριν την αγορά, εγκατάσταση και λειτουργία του αρδευτικού συστήματος, πρέπει να λαμβάνει χώρα σχεδιασμός και μελέτη, με σκοπό η κατανομή του νερού στον αγρό να γίνεται ομοιόμορφα και χωρίς σημαντικές απώλειες νερού σε βάθεια διήθηση, εξάτμιση ή επιφανειακή απορροή. Σημαντικές παράμετροι που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και κατά την άρδευση με τεχνητή βροχή είναι τα αναφερόμενα στη παράγραφο 3α του παρόντος άρθρου.

Κατά τη διάρκεια της άρδευσης ο ρυθμός εφαρμογής του νερού πρέπει κάθε στιγμή να είναι, κατά το δυνατόν, ίσος με ή μικρότερος από το ρυθμό που το έδαφος μπορεί να απορροφήσει το νερό, δηλαδή την εκάστοτε στιγμιαία διηθητικότητα. Αυτό είναι επιθυμητό ώστε να μην προκύψει ποσότητα νερού που δε θα διηθηθεί στο έδαφος και το οποίο θα καταλήξει να απορρέει επιφανειακά παρασύροντας μαζί του και λιπάσματα.

Για το σκοπό αυτό η επιλογή των εκτοξευτήρων (με την αντίστοιχη διάταξη αυτών – σε περίπτωση που δεν αρδεύει ένας μόνο εκτοξευτήρας) προς αγορά και χρήση πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε η ένταση του καταιονισμού (δηλαδή ο ρυθμός εφαρμογής του νερού) των εκτοξευτήρων να είναι περίπου ίση με τη βασική διηθητικότητα του αρδευόμενου εδάφους. Για να γίνει η σύγκριση πρέπει κατ' αρχήν ο ρυθμός του καταιονιζόμενου νερού από τους εκτοξευτήρες, στη προβλεπόμενη διάταξη, και ο ρυθμός του διηθούμενου νερού (βασική διηθητικότητα) να είναι εκφρασμένα με τον ίδιο τρόπο και συνήθως εκφράζονται σε χιλιοστά ύψους νερού ανά ώρα (mm/h). Στον Πίνακα 4 του Παραρτήματος VIII παρατίθενται ενδεικτικές τιμές βασικής διηθητικότητας εδαφών για βασικές κατηγορίες εδαφών. Οι κατηγορίες αυτές μπορούν να διαπιστωθούν μετά από κοκκομετρική ανάλυση του εδάφους. Επίσης, αυτές οι τιμές προτείνονται για χρήση στη περίπτωση άρδευσης σε οριζόντια εδάφη. Εάν αρδεύεται κεκλιμένος αγρός, τότε οι παραγωγοί πρέπει να λάβουν υπόψη τους ότι λόγω της κλίσης η επιφανειακή απορροή εμφανίζεται νωρίτερα, δηλαδή πριν η διηθητικότητα του εδάφους φθάσει στην τελική της τιμή. Η κλίση λειτουργεί μειωτικά ως προς την διηθητική ικανότητα του εδάφους και προς αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος προτείνονται ενδεικτικές τιμές εκατοστιαίας μείωσης της διηθητικότητας των εδαφών στο Πίνακα 5 του Παραρτήματος VIII.

Με βάση την τιμή της βασικής διηθητικότητας του εδάφους και με χρήση των ειδικών πινάκων των κατασκευαστών, όπως αυτός που παρατίθεται ως παράδειγμα στον Πίνακα 6 του Παραρτήματος VIII και αφορά την περίπτωση συστήματος εκτοξευτήρων, γίνεται η εκλογή του κατάλληλου εκτοξευτήρα (διάμετρος και πίεση λειτουργίας ακροφυσίου) με την αντίστοιχη διάταξη, έτσι ώστε να ελέγχονται οι απώλειες από επιφανειακή απορροή στο υπό άρδευση

έδαφος. Στην 6η, 7η, 8η, 9η, και 11η στήλη του Πίνακα 6 του Παραρτήματος VIII δίνεται ο ρυθμός εφαρμογής του νερού για την προτεινόμενη ποικιλία εκτοξευτήρων σε διάφορες παραλλαγές αποστάσεων και διατάξεων, σε χιλιοστά ανά ώρα (mm/h). Αυτά τα στοιχεία συγκρίνονται με τη τιμή της βασικής διηθητικότητας του εδάφους, η οποία μπορεί να ληφθεί από τον προαναφερθέντα Πίνακα 4 για επίπεδα εδάφη συγκεκριμένης κοκκομετρικής σύστασης (για κεκλιμένα εδάφη πρώτα πρέπει να υποστεί διόρθωση με βάση τα στοιχεία του Πίνακα 5).

Η σωστή επιλογή του αρδευτικού συστήματος εκ μέρους των παραγωγών αποσκοπεί στο να ελεγχθούν οι απώλειες νερού από επιφανειακή απορροή. Πρέπει να διευκρινισθεί ότι αν χρησιμοποιηθεί εξοπλισμός που έχει ρυθμό εφαρμογής νερού χαμηλότερο από τη βασική διηθητικότητα, να μην εξασφαλίζεται ότι δεν θα υπάρξουν καθόλου απώλειες νερού σε επιφανειακή απορροή, αλλά έτσι:

1) κινδυνεύει να αυξηθεί υπερβολικά η διάρκεια της άρδευσης και να καταστεί πρακτικώς μη εφαρμόσιμη, και

2) λόγω της αργής χορήγησης του νερού, αυτό θα εκτίθεται περισσότερο στο αέριο περιβάλλον, οπότε διευκολύνονται οι απώλειες από εξάτμιση.

Για αυτούς τους λόγους συστήνεται η επιλογή εξοπλισμού με ρυθμό εφαρμογής περίπου ίσο με τη βασική διηθητικότητα του εδάφους. Συστήνεται επίσης να αποφεύγεται η άρδευση κατά τις μεσημεριανές ώρες, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες από εξάτμιση.

Η επόμενη μέριμνα των παραγωγών είναι ο έλεγχος της διάρκειας άρδευσης. Αυτό γιατί:

1) Αν ο χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός χαρακτηρίζεται από ρυθμό εφαρμογής του νερού ελαφρά μεγαλύτερο από τη βασική διηθητικότητα του εδάφους, ελέγχοντας τη διάρκεια άρδευσης, οι παραγωγοί μπορούν να σταματήσουν την άρδευση σύντομα αφού διαπιστώσουν ότι η διηθητικότητα του εδάφους έφτασε στη χαμηλή της τιμή (βασική διηθητικότητα). Έτσι περιορίζουν τις απώλειες επιφανειακής απορροής. (Μέχρι η διηθητικότητα να φτάσει στη βασική της τιμή, μπορεί να παρέλθουν λίγες ώρες άρδευσης). Αν ακολουθώντας μια τέτοια πρακτική, δεν επιτυγχάνεται η προκαθορισμένη δόση άρδευσης, τότε, η άρδευση πρέπει να επαναλαμβάνεται συχνότερα με μικρότερες δόσεις για την ικανοποίηση των αναγκών των φυτών σε νερό.

2) Με δεδομένη τη παροχή άρδευσης, η διάρκεια άρδευσης καθορίζει την επίτευξη της χορήγησης συγκεκριμένης δόσης νερού στον αγρό, ώστε δηλαδή να αποθηκευτεί αρκετό νερό στον όγκο του ενεργού ριζοστρώματος, χωρίς σημαντικές απώλειες νερού και αζωτούχων λιπασμάτων στα βαθύτερα στρώματα. Αν λόγω μεγάλης διάρκειας άρδευσης, γίνει υπέρβαση της προκαθορισμένης δόσης, αυτό έχει σαν συνέπεια μεγάλες απώλειες νερού σε βαθεία διήθηση, και άρα στην επόμενη άρδευση η διάρκεια άρδευσης πρέπει να μειωθεί.

Για τον έλεγχο της βαθείας διήθησης μετά την άρδευση, και τυχόν διόρθωση της στις επόμενες αρδεύσεις, ισχύουν τα αναφερθέντα στην παράγραφο 3γ.

3) Για την επιτυχή εφαρμογή της άρδευσης, οι εκτοξευτήρες τοποθετούνται πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, σε ύψος που επιλέγεται ανάλογα με το ύψος της καλλιέργειας, με την υποστήριξη σωλήνων ανύψωσης. Εάν οι εκτοξευτήρες δεν τοποθετηθούν καταλλήλως, η άρδευση δυσχεραίνεται, γίνεται πολύ ανομοιόμορφη κι τελικά χάνεται νερό.

Όλος ο εξοπλισμός (σωλήνες, συνδέσεις, βαλβίδες διακόπτες, ρυθμιστές πίεσης, μετρητές παροχής και ότι άλλο) πρέπει να βρίσκεται σε καλή κατάσταση προκειμένου να αποφεύγονται προβλήματα στην άρδευση, μεταξύ των οποίων και οι απώλειες νερού.

4) Πρόσθετα, σημαντική παράμετρο για την επιτυχή εφαρμογή της τεχνητής βροχής χωρίς σημαντικές απώλειες νερού, αποτελεί και ο άνεμος. Προκαλεί παραμόρφωση της κατανομής του νερού στον αγρό, ανάλογα με τη ταχύτητά του. Όταν η ταχύτητα του ανέμου υπερβαίνει τα 4 μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m/sec), που αντιστοιχούν σε 14,4 χιλιόμετρα ανά ώρα (km/h) ή ένταση ανέμου 3 Beaufort, η άρδευση πρέπει να διακόπτεται, καθώς είναι εμπειρικά γνωστό ότι η κατανομή του νερού από το καταιονισμό με τέτοιο άνεμο είναι πολύ ανομοιόμορφη. Αυτό είναι ακόμη πιο ανεπιθύμητο εάν με την άρδευση λαμβάνει χώρα και υδρολίπανση. Άρα οι παραγωγοί για την επιτυχή εφαρμογή της άρδευσης με τεχνητή βροχή πρέπει να παρακολουθούν το μετεωρολογικό δελτίο.



Άρδευση με ψεκασμό

2.2.3. Υπόγεια άρδευση

Η υπόγεια άρδευση χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια σε καλλιέργειες σε περιοχές με μεγάλα αποθέματα νερού. Πρόκειται για μια μέθοδο τεχνητής ανύψωσης του υδάτινου ορίζοντα που επιτρέπει στο έδαφος να υγραίνεται από κάτω από το ριζικό σύστημα των φυτών. Συχνά, τα συστήματα αυτά βρίσκονται σε μόνιμους βοσκοτόπους σε πεδιάδες ή κοιλάδες ποταμών και συνδυάζονται με συστήματα αποστράγγισης. Ένα σύστημα αντλιών, καναλιών ή φραγμάτων, επιτρέπει την αύξηση ή τη μείωση της στάθμης του νερού σε ένα δίκτυο από τάφρους και επομένως τον έλεγχο του υδροφόρου ορίζοντα.

Η υπόγεια άρδευση χρησιμοποιείται επίσης σε θερμοκήπια συνήθως για φυτά τοποθετημένα σε δοχεία. Το νερό τροφοδοτείται από κάτω, απορροφάται προς τα πάνω και η περίσσεια συλλέγεται για ανακύκλωση. Τυπικά, ένα διάλυμα νερού και θρεπτικών συστατικών πλημμυρίζει ένα δοχείο ή ρέει μέσα από αυτό για σύντομο χρονικό διάστημα, 10-20 λεπτών, και στη συνέχεια αντλείται πίσω σε μια δεξαμενή συγκράτησης για επαναχρησιμοποίηση. Η υπόγεια άρδευση στα θερμοκήπια απαιτεί αρκετά εξελιγμένο, ακριβό εξοπλισμό και διαχείριση. Πλεονεκτήματα είναι η διατήρηση του νερού και των θρεπτικών συστατικών και η εξοικονόμηση εργασίας μέσω της μειωμένης συντήρησης και αυτοματοποίησης του συστήματος.

2.3. Κριτήρια επιλογής κατάλληλου συστήματος άρδευσης

2.3.1. Γενικά.

Οι διάφοροι τρόποι εφαρμογής του αρδευτικού νερού στα κτήματα, είναι αποτέλεσμα της μακροχρόνιας εμπειρίας και εξαρτώνται από τις εδαφικές συνθήκες, την τοπογραφική διαμόρφωση της επιφάνειας του εδάφους, το είδος των καλλιεργειών και τη γεωργοτεχνική παράδοση των γεωργών. Με την ανάπτυξη της επιστήμης των αρδεύσεων οι διάφοροι αυτοί εμπειρικοί τρόποι μελετήθηκαν, βελτιώθηκαν και προσαρμόστηκαν στις συνθήκες του εδάφους, των καλλιεργειών και του ανθρώπινου παράγοντα.

Αναπτύχθηκαν συγχρόνως μαθηματικοί τρόποι ελέγχου της εφαρμοζόμενης ποσότητας νερού και της ομοιόμορφης άρδευσης. Η ομοιόμορφη εφαρμογή του αρδευτικού νερού είναι πάντοτε ο πρωταρχικός παράγοντας της αρδευόμενης γεωργίας για την αποδοτική χρησιμοποίηση του νερού άρδευσης. Ο έλεγχος του αρδευτικού νερού για την επίτευξη ομοιόμορφης διανομής πάνω στην έκταση που πρόκειται να αρδευτεί είναι ένα από τα πιο δύσκολα προβλήματα του καλού χειρισμού του νερού και εξακολουθεί να υπάρχει ως πρόβλημα στις περισσότερες αρδευόμενες εκτάσεις.

Όπως είδαμε και προηγουμένως ανάλογα με τον τρόπο εφαρμογής του νερού στο χωράφι, διακρίνουμε τις παρακάτω κατηγορίες συστημάτων ή μεθόδων άρδευσης:

- α. Επιφανειακή άρδευση.
- β. Υπόγεια άρδευση.
- γ. Άρδευση με καταιονισμό.
- δ. Άρδευση με σταγόνες

Από τις κατηγορίες αυτές η πρώτη, η άρδευση με κατάκλυση, φαίνεται ότι είναι η αρχαιότερη και πιο διαδεδομένη μέθοδος εφαρμογής του αρδευτικού νερού.

Η δεύτερη τείνει να εξαφανιστεί, ενώ η τρίτη και η τέταρτη παρουσιάζουν τα τελευταία χρόνια αλματώδη εξέλιξη.

Η εφαρμογή των επιφανειακών μεθόδων άρδευσης προϋποθέτει τη συστηματική ισοπέδωση των κτημάτων για την καλύτερη και ομοιομορφότερη διανομή του αρδευτικού νερού.

Οι μέθοδοι άρδευσης, εκτός από τον έλεγχο του νερού στο κτήμα, καθορίζουν και τη χάραξη του δικτύου διανομής του νερού.

Γενικά η χάραξη ενός αρδευτικού δικτύου πρέπει να γίνεται από τα κάτω προς τα πάνω, ήτοι από το κτήμα προς την υδροληψία, ενώ αντίθετη χάραξη μπορεί να οδηγήσει, και οδήγησε πολλές φορές, σε σοβαρά σφάλματα, με αποτέλεσμα την αδυναμία εφαρμογής του νερού.

Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος άρδευσης εντάσσεται μέσα στη γενικότερη προσπάθεια του ανθρώπου για ορθολογική χρήση του νερού σε κάθε τομέα χρήσης του (ύδρευση, βιομηχανία, άρδευση κλπ.), ώστε να αποφεύγεται η σπατάλη του και ταυτόχρονα να επιτυγχάνονται και τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα.

Μεταξύ των τομέων κατανάλωσης νερού, την πρώτη θέση κατέχει, με τις αρδεύσεις, η γεωργία και γι' αυτό κάθε βελτίωση στον τομέα αυτό ερμηνεύεται σε όφελος μεγάλων ποσοτήτων νερού. Εδώ θα πρέπει να διευκρινισθεί ότι τα φυτά, για να αναπτυχθούν φυσιολογικά, έχουν ανάγκη από ορισμένη ποσότητα νερού, η οποία πρέπει να τους δοθεί ανεξάρτητα από το σύστημα άρδευσης που θα εφαρμοστεί. Επομένως, όταν μιλάμε για όφελος, σε καμιά περίπτωση δεν εννοούμε περιορισμό των αναγκών των φυτών σε νερό. Το όφελος συνδέεται άμεσα με τον καλύτερο τρόπο μεταφοράς και διανομής του νερού, ώστε να περιορίζονται στο ελάχιστο δυνατόν οι αναπόφευκτες απώλειες νερού (εξάτμιση, βαθιά διήθηση κ.λπ.). Αυτό σημαίνει κατάλληλη εκλογή και σωστή λειτουργία του συστήματος άρδευσης.

Βέβαια, δε θα πρέπει να λησμονηθεί ότι όπως όλες οι άλλες επιχειρήσεις έτσι και οι γεωργικές έχουν σαν τελικό σκοπό το κέρδος και γι' αυτό το κόστος του συστήματος παίζει σοβαρό ρόλο στην τελική απόφαση της επιλογής του συστήματος.

Με σκοπό τη διευκόλυνση στην εκλογή του συστήματος άρδευσης γίνεται μία συνοπτική αναφορά στους βασικούς παράγοντες - κριτήρια που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, όπως π.χ. το κλίμα, το έδαφος, τα φυτά και ο τρόπος καλλιέργειάς τους, οι διαθέσιμες ποσότητες νερού, το διαθέσιμο εργατικό και τεχνικό δυναμικό, το επίπεδο ανάπτυξης του αγρότη και το κόστος των έργων.

2.3.2. Το κλίμα

Όπως είναι γνωστό, το κλίμα προσδιορίζει κατά βάση την ποσότητα του νερού που εξατμίζεται από την επιφάνεια του εδάφους και την ποσότητα που καταλήγει στην ατμόσφαιρα με το μηχανισμό της διαπνοής των φυτών. Από τους παράγοντες του κλίματος ιδιαίτερη σημασία έχουν οι άνεμοι και η θερμοκρασία.

Έτσι, αν στην περιοχή φυσούν συχνά άνεμοι με ταχύτητα μεγαλύτερη από 4 - 5 m/sec, τότε απαγορεύεται η εφαρμογή του συστήματος καταιονισμού, γιατί είναι αδύνατη η εξασφάλιση ομοιόμορφης άρδευσης, με αποτέλεσμα την εμφάνιση στο έδαφος κηλίδων με περίσσεια νερού και κηλίδων με ανεπάρκεια νερού.

Επίσης, η επικράτηση γενικά υψηλών θερμοκρασιών κάνει προβληματική την εφαρμογή του καταιονισμού, γιατί μεγάλες ποσότητες νερού χάνονται λόγω της έντονης εξάτμισης του νερού. Για το λόγο αυτό, ακόμη και όταν για μια περιοχή η θερμοκρασία εγκατάστασης του συστήματος καταιονισμού δεν είναι απαγορευτική, δε συνιστάται η λειτουργία του δικτύου τις μεσημβρινές ώρες.

Έτσι στις παραπάνω περιπτώσεις ενδείκνυται η επιφανειακή άρδευση, χωρίς να αποκλείεται και η άρδευση με σταγόνες, ή παραλλαγές του συστήματος καταιονισμού, ανάλογα με τις ειδικές συνθήκες της καλλιέργειας (μικροεκτοξευτήρες κ.α.).

Στην περίπτωση σοβαρών ελλείψεων νερού, θα πρέπει να προτείνονται καλλιέργειες ανθεκτικές στην ξηρασία. Αν η περιοχή πλήττεται από παγετούς, ο καταιονισμός αποτελεί ένα μέσο αντιπαγετικής προστασίας.

2.3.3. Το έδαφος

Εάν η προς άρδευση περιοχή είναι ανώμαλη και παρουσιάζει μεγάλες κλίσεις, τότε αποκλείεται η επιφανειακή άρδευση. Επίσης η επιφανειακή άρδευση αποκλείεται στην περίπτωση εδαφών με μεγάλη διηθητικότητα (π.χ. αμμώδη εδάφη με διηθητικότητα μεγαλύτερη από 20 cm/h), γιατί τα μήκη των αυλακιών πρέπει να είναι μικρά και η πυκνότητά τους μεγάλη. Αυτό κάνει ασύμφορη την εφαρμογή της μεθόδου γιατί η έκταση που καταλαμβάνει το δίκτυο είναι μεγάλη, τα έξοδα συντήρησης αυξημένα και η κυκλοφορία των μηχανημάτων προβληματική.

Εδάφη αβαθή και με σχετικά μεγάλες κλίσεις αποφεύγεται να ισοπεδώνονται λόγω κινδύνου αποκαλύψεως αγόνων εδαφών. Συνεπώς σ' αυτά τα εδάφη είναι αδύνατη η εφαρμογή της επιφανειακής άρδευσης.

Επίσης, αν η υπόγεια στάθμη του νερού βρίσκεται σε μικρό βάθος από την επιφάνεια του εδάφους, πάλι η επιφανειακή άρδευση δεν ενδείκνυται, γιατί στην πράξη δεν είναι εύκολος ο έλεγχος των ποσοτήτων του εφαρμοζόμενου νερού και ο κίνδυνος ανύψωσης της υπόγειας στάθμης στο βάθος του κύριου ριζοστρώματος των φυτών είναι μεγάλος.

Στην μη εφαρμογή της επιφανειακής άρδευσης οδηγεί συχνά και η αδυναμία εκτέλεσης των απαραίτητων ισοπεδώσεων λόγω έλλειψης, σε πολλές περιπτώσεις, των αναγκαίων τεχνικών μέσων.

Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις τη λύση προσφέρει το σύστημα καταιονισμού, το οποίο παρέχει επιπλέον τη δυνατότητα εφαρμογής μικρών αρδευτικών δόσεων, πράγμα που είναι δύσκολο να εφαρμοστεί με την επιφανειακή άρδευση.

Υπάρχει βέβαια και η δυνατότητα εφαρμογής της άρδευσης με σταγόνες, ή με άλλες παραλλαγές του καταιονισμού (μικροεκτοξευτήρες κ.λπ.).

Στις περιπτώσεις εφαρμογής μεγάλων αρδευτικών δόσεων, πάνω από 80 m³ /στρέμμα, η επιφανειακή άρδευση προσφέρεται καλύτερα.

Επίσης η επιφανειακή άρδευση μπορεί να εφαρμοστεί σε όλες τις άλλες περιπτώσεις που δε συμπεριλαμβάνονται σ' αυτές που αναφέρθηκαν προηγούμενα.

2.3.4. Το είδος των φυτών και ο τρόπος καλλιέργειας

Μια χαρακτηριστική περίπτωση που το είδος της καλλιέργειας επιβάλλει με τρόπο σαφή το σύστημα άρδευσης, είναι η καλλιέργεια του ρυζιού, το οποίο υποχρεωτικά αρδεύεται με επιφανειακή άρδευση και μάλιστα με κατάκλυση.

Επιβάλλουν την επιφανειακή άρδευση και ορισμένες καλλιέργειες που το φύλλωμά τους δεν πρέπει να βρέχεται κατά την άρδευση, γιατί είναι ευαίσθητες σε φυτοασθένειες. Π.χ. το αμπέλι και ορισμένα από τα κηπευτικά (μαρούλι, ντομάτα κ.λπ.).

Εντατικές κηπευτικές καλλιέργειες (λαχανικά κ.α.), καλλιεργούμενες σε σειρές, αρδεύονται με τη μέθοδο των αυλακιών.

Επίσης η άρδευση λιβαδιών, βοσκών, μηδικής, τριφυλλιού και άλλων συγγενών φυτών, που συχνά καλλιεργούνται κατά λωρίδες, γίνεται κατά κανόνα με το σύστημα επιφανειακής άρδευσης με λωρίδες, χωρίς να αποκλείεται και η τεχνητή βροχή με εκτοξευτήρες υψηλής πίεσεως (κανόνια κ.λπ.).

Φυτείες καπνού και τεύτλων προσφέρονται για επιφανειακή άρδευση. Το καλαμπόκι, όταν καλλιεργείται σε βαριά, αλλά και σε συνήθη εδάφη, προσφέρεται καλύτερα για επιφανειακή άρδευση, γιατί η άρδευση με τεχνητή βροχή παρουσιάζει μεγάλες δυσκολίες στη μετακίνηση των γραμμών άρδευσης από θέση σε θέση, ιδίως όταν τα φυτά αποκτούν μεγάλο ύψος.

Τελευταία, η δημιουργία υβριδίων καλαμποκιού υψηλής απόδοσης, δικαιολογεί την πρόσθετη δαπάνη για εγκαταστάσεις πτερύγων άρδευσης στην ίδια θέση σε όλη τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου.

Έτσι, με τη χρησιμοποίηση από την αρχή υπερυψωμένων εκτοξευτήρων πάνω σε ειδικά στελέχη, κατάλληλα προσαρμοσμένα και στερεωμένα, τείνει να εκλείψει το σοβαρό πρόβλημα της μετακίνησης των πτερύγων άρδευσης των υβριδίων αυτών, των οποίων το ύψος φθάνει συχνά και μερικές φορές ξεπερνάει τα 2,50 μέτρα.

Τα οπωροφόρα μπορούν να αρδεύονται με όλα τα συστήματα άρδευσης εκτός εάν άλλοι προσδιοριστικοί παράγοντες επιβάλλουν το ένα ή το άλλο σύστημα.

Στην περίπτωση εφαρμογής επιφανειακής άρδευσης, η μέθοδος κατά λεκάνη είναι η επικρατέστερη, ενώ στην περίπτωση καταιονισμού, η άρδευση μπορεί να γίνεται κάτω ή πάνω από την κόμη των δένδρων.

Η άρδευση με σταγόνες είναι δυνατή σε όλα τα οπωροφόρα, αρκεί μόνο το νερό να είναι καλής ποιότητας, γιατί αν περιέχει άλατα και δεν προβλεφτεί ικανοποιητική απόπλυση, υπάρχει μεγάλος κίνδυνος αλάτωσης των εδαφών.

Σε καλλιέργειες σε θερμοκήπια μπορούν να εφαρμοσθούν επίσης όλα τα συστήματα, αλλά τελευταία φαίνεται να κερδίζει έδαφος η αυτοματοποιημένη άρδευση με σταγόνες.

2.3.5. Η διαθέσιμη ποσότητα και η ποιότητα νερού

Όταν η διαθέσιμη ποσότητα νερού είναι περιορισμένη (πηγές μικρών παροχών), το σύστημα καταιονισμού είναι το καλύτερο, γιατί επιτρέπει την καλύτερη εφαρμογή του νερού στο χωράφι. Όταν η διαθέσιμη ποσότητα νερού είναι πολύ μικρή, τότε ενδείκνυται η άρδευση με σταγόνες.

Η επιφανειακή άρδευση λόγω των αυξημένων απωλειών νερού από βαθιά διήθηση απαιτεί μεγαλύτερες παροχές, και από αυτή την άποψη, δε διαθέτει την προσαρμοστικότητα των άλλων συστημάτων άρδευσης.

Εκτός από τη διαθέσιμη ποσότητα, σημαντικό ρόλο στην επιλογή του κατάλληλου συστήματος άρδευσης παίζει και η ποιότητά του. Όταν το νερό είναι κρύο και οι καλλιέργειες παρουσιάζουν σχετική ευπάθεια σ' αυτό, ή όταν το νερό περιέχει άλατα και προκαλεί εγκαύματα στο φύλλωμα των καλλιεργειών, τότε πρέπει να αποφεύγεται το σύστημα καταιονισμού και να εφαρμόζεται η επιφανειακή άρδευση. Εφόσον υπάρχει η δυνατότητα,

συνιστάται η προθέρμανση του νερού σε υπαίθριες δεξαμενές, για να αποκτήσει κατάλληλη θερμοκρασία, η οποία κυμαίνεται γύρω στους 25 °C.

Ως προς την επιλογή του συστήματος άρδευσης με αλατούχο νερό, θα μπορούσε κανείς να πει, ότι η μέθοδος άρδευσης με λεκάνες είναι η πιο καλή, γιατί επιτρέπει καλή απόπλυση. Σε δεύτερη σειρά τοποθετείται η άρδευση κατά λωρίδες, ενώ ο καταιονισμός δίνει επίσης καλά αποτελέσματα, αλλά σε καλλιέργειες των οποίων το φύλλωμα είναι ανθεκτικό στα άλατα. Η ανεπαρκής άρδευση λόγω του κινδύνου συγκέντρωσης των αλάτων στη ζώνη του ριζικού συστήματος των φυτών, πρέπει να αποκλείεται τελείως.

Η άρδευση με σταγόνες στην προκειμένη περίπτωση πρέπει να χρησιμοποιείται με μεγάλη προσοχή, γιατί, συνήθως με το σύστημα αυτό, επειδή κατά κανόνα δεν γίνεται συστηματική απόπλυση, όταν οι βροχοπτώσεις στην περιοχή του έργου δεν είναι αρκετές για την απομάκρυνση των αλάτων, υπάρχει κίνδυνος σοβαρής αλάτωσης του εδάφους. Η εξυγίανσή του απαιτεί την προσαγωγή μεγάλων ποσοτήτων νερού, που σημαίνει στην ουσία νέο αρδευτικό δίκτυο.

Πάντως, γενικός κανόνας στη χρήση αλατούχων νερών είναι η ενδεδειγμένη σε κάθε περίπτωση απόπλυση των εδαφών για την αποφυγή αλάτωσης τους. Επίσης τα αλατούχα νερά, προκαλούν σοβαρά προβλήματα εμφράξεων στους σταλακτήρες του συστήματος άρδευσης με σταγόνες λόγω καθίζησης των διαλυμένων αλάτων στην έξοδο του νερού. Το πρόβλημα αυτό είναι μικρότερο στα ακροφύσια των εκτοξευτήρων του συστήματος καταιονισμού.

2.3.6. Διαθέσιμο εργατικό και τεχνικό δυναμικό

Η έλλειψη εργατικού δυναμικού σε μια περιοχή ευνοεί την εφαρμογή των συστημάτων καταιονισμού και άρδευσης με σταγόνες. Με το πρώτο σύστημα ο αγρότης καλείται να επέμβει μόνο για τη μετακίνηση της γραμμής άρδευσης εφόσον το δίκτυο είναι συλλογικό. Στο χρονικό διάστημα παραμονής της γραμμής στην ίδια θέση, μπορεί να επιδίδεται σε άλλες γεωργικές εργασίες. Στις περιπτώσεις μάλιστα μόνιμου δικτύου καταιονισμού, η απασχόληση του γεωργού περιορίζεται στο να θέσει σε λειτουργία το δίκτυο και μετά το τέλος της άρδευσης να τη διακόψει.

Με το σύστημα της άρδευσης με σταγόνες η απασχόληση του αγρότη περιορίζεται μόνο στην εκκίνηση και το σταμάτημα του συστήματος, ενώ μετά από κάθε άρδευση πρέπει να καθαρίζει τα φίλτρα από τις κάθε είδους στέρεες φερτές ύλες, που κατακρατούνται σ' αυτά. Βέβαια μια γενικότερη εποπτεία και έλεγχος της καλής λειτουργίας των σταλακτάρων πρέπει να γίνεται συστηματικά.

Αντίθετα η ύπαρξη διαθέσιμου εργατικού δυναμικού ευνοεί την επιφανειακή άρδευση η οποία είναι κατά κανόνα οικονομικότερη.

Άλλος παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την εκλογή του συστήματος άρδευσης, είναι και το διαθέσιμο τεχνικό δυναμικό. Ανεπτυγμένο τεχνικό δυναμικό ευνοεί την εγκατάσταση δικτύων καταιονισμού ή άρδευσης με σταγόνες, γιατί είναι δυνατή η επί τόπου επισκευή διαφόρων βλαβών που μπορεί να παρουσιαστούν κατά τη λειτουργία του δικτύου σε διάφορες ευαίσθητες εγκαταστάσεις του. Αντίθετα, η έλλειψη ανεπτυγμένου τεχνικού

δυναμικού ευνοεί το παραδοσιακό σύστημα της επιφανειακής άρδευσης, για το οποίο υπάρχει πατροπαράδοτη εμπειρία και αυτό δεν πρέπει να λησμονείται στη διαδικασία της επιλογής του συστήματος.

Επίπεδο ανάπτυξης των αγροτών

Όπως και στην περίπτωση του τεχνικού δυναμικού έτσι και εδώ η ύπαρξη ανεπτυγμένου αγροτικού δυναμικού ευνοεί την εφαρμογή των νεωτέρων συστημάτων άρδευσης.

Όταν το επίπεδο των αγροτών είναι ανεπτυγμένο, οι αγρότες πείθονται και συνεργάζονται εύκολα δημιουργώντας έτσι ευνοϊκές οικονομικές προϋποθέσεις για την εφαρμογή αυτών των συστημάτων, που σε ατομική βάση θα ήταν αντιοικονομικά (π.χ. συλλογικά δίκτυα καταιονισμού).

Προσπάθειες που έγιναν σε υπανάπτυκτες χώρες να εγκαταστήσουν σύγχρονα και αυτοματοποιημένα συστήματα άρδευσης, απέτυχαν κατά το μεγαλύτερο ποσοστό, με συνέπεια οι χώρες αυτές να βρεθούν στη δυσάρεστη θέση να πληρώνουν δάνεια για έργα, που δεν τους απέδωσαν τα αναμενόμενα οφέλη.

Στην περίπτωση αυτή επιβάλλεται η εκπαίδευση του ιθαγενούς στοιχείου σε όλα τα επίπεδα και σε ικανοποιητικό αριθμό, για να αναλάβουν τη διοίκηση, λειτουργία και συντήρηση των νέων συστημάτων άρδευσης. Παράλληλα πρέπει να προβλέπεται η ανάπτυξη του τεχνικού δυναμικού στις περιοχές των έργων για τις απαραίτητες επισκευές ή αντικαταστάσεις φθαρμένου υλικού.

2.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της στάγδην άρδευσης

Το σύστημα απομακρυσμένου ελέγχου άρδευσης που παρουσιάζεται στα επόμενα κεφάλαια και το οποίο σχεδιάστηκε στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής αφορά την χρήση του με στάγδην άρδευση. Επιγραμματικά παρουσιάζονται παρακάτω τα πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθόδου έναντι άλλων μεθόδων άρδευσης.

2.4.1. Πλεονεκτήματα της στάγδην άρδευσης

- Οικονομία νερού. Οφείλεται στις μικρές απώλειες νερού κατά την εφαρμογή μέσω του δικτύου των κλειστών σωληνώσεων και στον περιορισμένο βρεχόμενο όγκο και στην περιορισμένη βρεχόμενη επιφάνεια του εδάφους.
- Οικονομία εργατικών. Τα δίκτυα των σωληνώσεων είναι μόνιμα και συνήθως συνδυάζονται με συστήματα αυτοματισμών.
- Μείωση των ζιζανίων λόγω της περιορισμένης βρεχόμενης επιφάνειας του αγρού
- Εκτέλεση των καλλιεργητικών εργασιών κατά τη διάρκεια της άρδευσης.
- Δυνατότητα εφαρμογής σε εδάφη μεγάλης διηθητικότητας και μεγάλων κλίσεων, χωρίς προηγούμενη ισοπέδωση.
- Καλύτερη ομοιομορφία κατά την εφαρμογή του νερού ακόμα και στα όρια του αγροτεμαχίου.
- Καλύτερος έλεγχος των ποσοτήτων νερού που εφαρμόζουμε, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιούνται συστήματα αυτοματισμών.
- Αξιοποίηση μικρών παροχών. Σχετίζεται με την οικονομία νερού και τη δυνατότητα αξιοποίησης του δικτύου και κατά τη διάρκεια της νύχτας.
- Εύκολη και αποτελεσματική λίπανση αφού μέσω του αρδευτικού νερού τα λιπάσματα εφαρμόζονται στις ποσότητες που επιθυμούμε κατ' ευθείαν στο ριζόστρωμα.
- Ανεξαρτητοποίηση της άρδευσης από τον άνεμο όταν το νερό εφαρμόζεται μέσω σταλακτήρων.
- Χαμηλό κόστος λειτουργίας. Τα συστήματα άρδευσης με σταγόνες λειτουργούν συνήθως σε χαμηλές πιέσεις που απαιτούν μικρότερη κατανάλωση ενέργειας από τα συστήματα άρδευσης με τεχνητή βροχή.
- Έλεγχος ορισμένων ασθενειών και εντόμων επειδή κατά την άρδευση δεν υπάρχει διαβροχή του φυλλώματος των καλλιεργειών.
- Ευνοϊκές συνθήκες ανάπτυξης και απόδοσης των φυτών, επειδή οι αρδεύσεις είναι συχνές και έτσι το εδαφικό νερό στην περιοχή του ριζοστρώματος βρίσκεται κοντά στην υδατοϊκανότητα.

- Δυνατότητα αξιοποίησης αλατούχων νερών. Οφείλεται στο ότι δεν υπάρχει διαβροχή του φυλλώματος των καλλιεργειών και του ότι οι συχνές αρδεύσεις δημιουργούν συνθήκες υψηλής υδατοπεριεκτικότητας του εδάφους.

2.4.2. Μειονεκτήματα της στάγδην άρδευσης

- Υψηλό κόστος αρχικής εγκατάστασης. Οφείλεται στο ότι οι εγκαταστάσεις είναι μόνιμες και απαιτούν συνήθως πολλούς αυτοματισμούς και άλλα εξαρτήματα (π.χ. φίλτρα, βαλβίδες, βάνες).
- Φραξίματα. Τα φραξίματα των διανεμητών αποτελούν πολύ μεγάλο πρόβλημα κατά τη χρήση τέτοιων συστημάτων και απαιτούν την εγκατάσταση ειδικών συσκευών (π.χ. φίλτρων). Αιτίες των φραξιμάτων μπορεί να είναι φυσικές, χημικές ή και βιολογικές.
- Μηχανικές ζημιές από απρόσεκτη χρήση μηχανημάτων ή από διάφορα ζώα και πτηνά.
- Αδυναμία προστασίας από τους παγετούς επειδή το νερό εφαρμόζεται κάτω από την κόμη των δένδρων.
- Συγκέντρωση αλάτων στο έδαφος παρατηρείται από τη χρήση αλατούχων νερών στα όρια μεταξύ βρεχόμενου και μη εδάφους και απαιτείται έκπλυση του εδάφους όταν οι βροχοπτώσεις δεν είναι επαρκείς.
- Υψηλό επίπεδο γνώσεων σχετικά με τη συντήρηση και λειτουργία του δικτύου

3.1 Μικροεπεξεργαστές και μικροελεγκτές

Ο μικροεπεξεργαστής, επίσης γνωστός ως η κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU), είναι ο εγκέφαλος όλων των υπολογιστών και πολλών οικιακών και ηλεκτρονικών συσκευών. Πολλαπλοί μικροεπεξεργαστές, που εργάζονται μαζί, είναι οι «καρδιές» των κέντρων δεδομένων (datacenters), σούπερ-υπολογιστών, προϊόντων επικοινωνίας, και άλλων ψηφιακών συσκευών.

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που παρουσιάστηκαν καθώς οι υπολογιστές εξελίσσονταν, ήταν το πώς θα χρησιμοποιηθούν σε όσο το δυνατόν περισσότερες καθημερινές εφαρμογές. Η «ευφυΐα» και η ευκολία με την οποία κάνουν πράξεις οι υπολογιστές θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να γίνουν πολύ πιο λειτουργικές και αποδοτικές πολλές συσκευές (ηλεκτρικές συσκευές, συσκευές ελέγχου μηχανών, συστήματα σηματοδότησης). Φυσικά, ήταν αδύνατο να δεσμευτεί ένας μεγάλος ή έστω ένας μεσαίων δυνατοτήτων υπολογιστής σ' αυτού του είδους τις εφαρμογές κυρίως λόγω του υπερβολικού τους μεγέθους και κόστους. Προέκυψε έτσι η απαίτηση για την κατασκευή ενός συστήματος που να περιέχει τα κυκλώματα όσο και τη βασική λογική έτσι ώστε να μπορεί να ανταπεξέλθει στο σύνολο των απαιτούμενων εφαρμογών. Συνεπώς, η λύση θα ήταν ένας ολοκληρωμένος αυτοδύναμος υπολογιστής μέσα σ' ένα μοναδικό ολοκληρωμένο κύκλωμα, ο οποίος θα έπρεπε να είχε τη δυνατότητα αποθήκευσης προγραμμάτων και εκτέλεσης σύνθετων μαθηματικών πράξεων. Βέβαια, όπως συνήθως γίνεται, οι απαιτήσεις της βιομηχανίας και οι δυνατότητες των σχεδιαστών υπολογιστών ήταν αδύνατο να γεφυρωθούν. Φυσικά ήταν δυνατό να δοθεί λύση σε μερικές από τις απαιτήσεις, αλλά η κατασκευή ενός υπολογιστή πάνω σ' ένα μοναδικό ολοκληρωμένο κύκλωμα φαινόταν σαν μία μακρινή επιδίωξη. Τη λύση φάνηκε να τη δίνει η τεχνολογία ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, όταν μπόρεσε να τοποθετήσει χιλιάδες κυκλώματα πάνω σε μια πολύ μικρή επιφάνεια.

Το αποτέλεσμα της εμφάνισης της τεχνολογίας των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων ήταν η ενσωμάτωση σε ένα μόνο ολοκληρωμένο κύκλωμα όλης της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας, η οποία βέβαια θα έπρεπε να προγραμματίζεται για να περιέχει τις βασικότερες λειτουργίες ενός ψηφιακού υπολογιστή. Το κύκλωμα αυτό ονομάστηκε μικροεπεξεργαστής. Η μνήμη του βρίσκεται σε αρκετά ολοκληρωμένα κυκλώματα περιορισμένων αποθηκευτικών δυνατοτήτων, τα οποία το συνοδεύουν. Επίσης υποστηρίζεται και από μια πλειάδα α) ολοκληρωμένων κυκλωμάτων για να διασυνδέεται κατάλληλα και με τον εξωτερικό κόσμο μια και δεν έχει ενσωματωμένες αυτές τις δυνατότητες και β) ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, που επιτελούν τις λειτουργίες χρονισμού και προώθησης δεδομένων στον τελικό τους προορισμό. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων τις τελευταίες δεκαετίες έδωσε τη δυνατότητα να μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα όλο και πιο πολύπλοκα κυκλώματα (από τον πρώτο μικροεπεξεργαστή, που είχε 2 χιλιάδες τρανζίστορ, έχουμε φτάσει πλέον σε επεξεργαστές με πάνω από 2 δισεκατομμύρια τρανζίστορ (ο εξαπύρηνος Intel Core i7-E περιέχει 2.600.000.000 τρανζίστορ) σε ένα και μόνο ολοκληρωμένο κύκλωμα) με αποτέλεσμα τη γρήγορη ανάπτυξη των μικροεπεξεργαστών και την ολοένα

και πιο συχνή χρήση τους τόσο σε πολύπλοκες υπολογιστικές συσκευές όσο και σε απλές οικιακές συσκευές ή συστήματα ελέγχου.

Ο πρώτος μικροεπεξεργαστής ήταν ο Intel 4004, ο οποίος μας συστήθηκε το 1971. Ο 4004 δεν ήταν πολύ ισχυρός και κατά κύριο λόγο χρησιμοποιείτο για να εκτελέσει απλές μαθηματικές πράξεις σε έναν υπολογιστή που ονομαζόταν "Busicom." Ακριβώς όπως τα τηλέφωνα, οι συσκευές με μικροεπεξεργαστές έχουν γίνει αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινή μας ζωής, σε σημείο που δεν μπορούμε να φανταστούμε μια ζωή χωρίς αυτά. Είναι μερικές φορές δύσκολο να πιστέψει κανείς ότι μόλις 60 χρόνια πριν, οι υπολογιστές ήταν σπάνιοι και δεν ήταν διαθέσιμοι για το ευρύ κοινό. Δεν ήταν μέχρι τη δεκαετία του '80 που οι υπολογιστές εισήλθαν στα σπίτια μας και - χάρη στον μικροεπεξεργαστή - έκαναν πραγματικά σημαντικό αντίκτυπο στη ζωή του μέσου ατόμου.

Σήμερα, οι σύγχρονοι μικροεπεξεργαστές μπορούν να εκτελέσουν εξαιρετικά πολύπλοκες λειτουργίες σε τομείς όπως η μετεωρολογία, η αεροπορία, η πυρηνική φυσική και η μηχανική, ενώ παράλληλα καταλαμβάνουν πολύ λιγότερο χώρο, καθώς και παρέχουν ανώτερη απόδοση. Κατά τα τελευταία 40 χρόνια, οι μικροεπεξεργαστές έχουν γίνει πιο γρήγοροι και πιο ισχυροί, αλλά και συνάμα οικονομικότεροι. Η κατασκευή ενός CPU είναι μια ιδιαίτερα πολύπλοκη και απαιτητική διαδικασία που περιλαμβάνει πολλαπλά εκατοντάδες βήματα μέσα στους γνωστούς καθαρούς χώρους (cleanrooms).

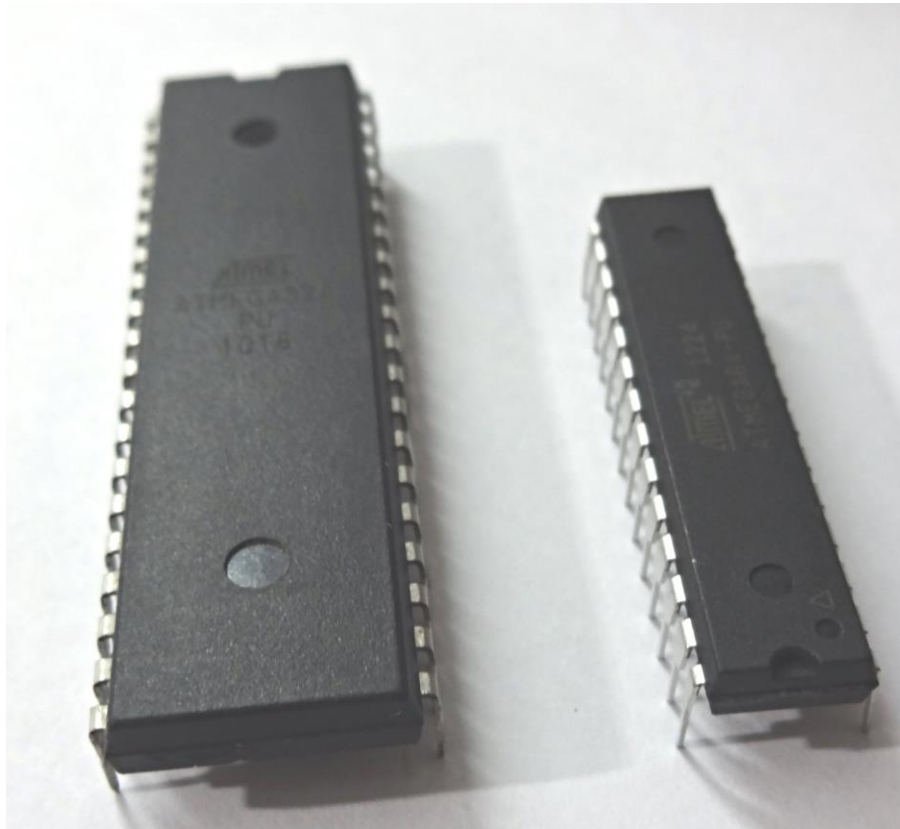
Στους σύγχρονους μικροεπεξεργαστές για μη ενσωματωμένα συστήματα (πχ τους μικροεπεξεργαστές των προσωπικών υπολογιστών), δίνεται έμφαση στην υπολογιστική ισχύ. Η ευελιξία ανάπτυξης διαφορετικών εφαρμογών είναι μεγάλη, καθώς η λειτουργικότητα του τελικού συστήματος καθορίζεται από τα εξωτερικά περιφερειακά τα οποία διασυνδέονται με την κεντρική μονάδα (μικροεπεξεργαστή), η οποία δεν είναι εξειδικευμένη. Αντίθετα, στους μικροεπεξεργαστές για ενσωματωμένα συστήματα (μικροελεγκτές), οι οποίοι έχουν μικρότερες ή και μηδαμινές δυνατότητες συνεργασίας με εξωτερικά περιφερειακά, αυτού του είδους, η ευελιξία είναι περιορισμένη, καθώς και η υπολογιστική ισχύς. Οι μικροελεγκτές δίνουν έμφαση στο μικρό αριθμό ολοκληρωμένων κυκλωμάτων που απαιτείται για τη λειτουργία μιας συσκευής, το χαμηλό κόστος και την εξειδίκευση.

Αναλυτικά, τα πλεονεκτήματα των μικροελεγκτών είναι:

- Αυτονομία, μέσω της ενσωμάτωσης σύνθετων περιφερειακών υποσυστημάτων όπως μνήμες και θύρες επικοινωνίας. Έτσι πολλοί μικροελεγκτές δεν χρειάζονται κανένα άλλο ολοκληρωμένο κύκλωμα για να λειτουργήσουν.
- Η ενσωμάτωση περιφερειακών σημαίνει ευκολότερη υλοποίηση εφαρμογών λόγω των απλούστερων διασυνδέσεων. Επίσης, οδηγεί σε χαμηλότερη κατανάλωση ισχύος, μεγιστοποιώντας τη φορητότητα και ελαχιστοποιεί το κόστος της συσκευής στην οποία ενσωματώνεται ο μικροελεγκτής.
- Χαμηλό κόστος.
- Μεγαλύτερη αξιοπιστία, και πάλι λόγω των λιγότερων διασυνδέσεων.

- Μειωμένες εκπομπές ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών και μειωμένη ευαισθησία σε αντίστοιχες παρεμβολές από άλλες ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές. Το πλεονέκτημα αυτό προκύπτει από το μικρότερο αριθμό και μήκος εξωτερικών διασυνδέσεων καθώς και τις χαμηλότερες ταχύτητες λειτουργίας.
- Περισσότεροι διαθέσιμοι ακροδέκτες για ψηφιακές εισόδους-εξόδους (για δεδομένο μέγεθος ολοκληρωμένου κυκλώματος), λόγω της μη δέσμευσής τους για τη σύνδεση εξωτερικών περιφερειακών.
- Μικρό μέγεθος συνολικού υπολογιστικού συστήματος.

Η βασική αρχιτεκτονική των μικροελεγκτών δεν διαφέρει από αυτή των κοινών μικροεπεξεργαστών, αν και στους πρώτους είναι απαντάται συχνά η αρχιτεκτονική μνήμης τύπου Harvard, η οποία χρησιμοποιεί διαφορετικές αρτηρίες σύνδεσης της μνήμης προγράμματος και της μνήμης δεδομένων (πχ οι σειρές AVR από την Atmel και PIC από την Microchip). Στους κοινούς μικροεπεξεργαστές συνηθίζεται η ενιαία διάταξη μνήμης τύπου φον Νόιμαν



Microcontrollers Atmega32 Atmega8 (Attribution: Vahid alpha at English Wikipedia)

3.2. Η πλατφόρμα ανάπτυξης Arduino

Το Arduino αποτελεί καρπό μιας εταιρείας λογισμικού ανοιχτού κώδικα και hardware αλλά και μιας κοινότητας χρηστών που σχεδιάζει και κατασκευάζει single-board για την κατασκευή ψηφιακών project και διαδραστικών αντικειμένων που μπορούν να ανιχνεύσουν και να ελέγξουν αντικείμενα στον φυσικό και ψηφιακό κόσμο. Τα προϊόντα του έργου διανέμονται ως υλικό και λογισμικό ανοιχτού κώδικα με άδεια χρήσης κάτω από την GNU Lesser General Public License (LGPL) ή τη Γενική Άδεια Δημόσιας Χρήσης του GNU (GPL), επιτρέποντας την κατασκευή πλακετών Arduino και τη διανομή λογισμικού από οποιονδήποτε. Τα Arduino boards διατίθενται στο εμπόριο σε προ-συναρμολογημένες μορφές ή ως kit DIY.

Οι πλακέτες Arduino χρησιμοποιούν μια ποικιλία μικροεπεξεργαστών και ελεγκτών. Είναι εξοπλισμένες με σετ pin ψηφιακών και αναλογικών εισόδων/εξόδων (I / O) που μπορούν να διασυνδεθούν με διάφορες πλακέτες επέκτασης ή breadboards και άλλα κυκλώματα. Διαθέτουν σειριακές διεπαφές επικοινωνίας, συμπεριλαμβανομένου του USB σε ορισμένα μοντέλα, τα οποία χρησιμοποιούνται επίσης για τη φόρτωση προγραμμάτων από προσωπικούς υπολογιστές. Οι μικροελεγκτές προγραμματίζονται συνήθως χρησιμοποιώντας μια διάλεκτο χαρακτηριστικών από τις γλώσσες προγραμματισμού C και C ++. Εκτός από τη χρήση παραδοσιακών εργαλειομηχανών μεταγλωττιστή, το έργο Arduino παρέχει ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) βασισμένο στο Processing language project.

Το Arduino γεννήθηκε στο Ivrea Interaction Design Institute ως ένα εργαλείο για εύκολο και γρήγορο δημιουργία πρωτοτύπων και απευθυνόταν σε φοιτητές χωρίς σημαντικό υπόβαθρο στην ηλεκτρονική ή τον προγραμματισμό. Όταν η χρήση του άρχισε να επεκτείνεται σε μια μεγαλύτερη κοινότητα, η πλατφόρμα του Arduino άρχισε να αλλάζει για να προσαρμοστεί στις νέες ανάγκες και προκλήσεις, ξεφεύγοντας από απλές πλακέτες των 8-bit σε προϊόντα ισχυρότερα ή για εφαρμογές IoT. Το λογισμικό καθώς και όλες οι πλακέτες του Arduino είναι πλήρως ανοιχτού κώδικα, επιτρέποντας στους χρήστες να τις προσαρμόζουν στις ιδιαίτερες ανάγκες τους. Από την εποχή που πρωτοπαρουσιάστηκε μέχρι και σήμερα η πλατφόρμα ανάπτυξης Arduino είναι η καρδιά χιλιάδων διαφορετικών project. Με τα χρόνια arduino έχουν χρησιμοποιηθεί από φοιτητές, καθηγητές, χομπίστες, επιστήμονες, προγραμματιστές και επαγγελματίες.

Το ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) του Arduino είναι μια εφαρμογή γραμμένη σε Java, που λειτουργεί σε πολλές πλατφόρμες και προέρχεται από το IDE για τη γλώσσα προγραμματισμού Processing και το σχέδιο Wiring. Έχει σχεδιαστεί για να εισαγάγει τον προγραμματισμό στους χρήστες που δεν είναι εξοικειωμένοι με την ανάπτυξη λογισμικού. Περιλαμβάνει ένα πρόγραμμα επεξεργασίας κώδικα με χαρακτηριστικά όπως είναι η επισήμανση σύνταξης και ο συνδυασμός αγκυλών. Επίσης, είναι σε θέση να μεταγλωττίζει και να φορτώνει προγράμματα στην πλακέτα με ένα μόνο κλικ. Δεν υπάρχει συνήθως καμία ανάγκη του χρήστη να επεξεργαστεί αρχεία ή να τρέξει προγράμματα σε ένα περιβάλλον γραμμών εντολών. Ένα πρόγραμμα ή κώδικας που γράφτηκε για Arduino ονομάζεται σκίτσο(sketch). Τα Arduino προγράμματα είναι γραμμένα σε C και C++. Το Arduino IDE έρχεται με βιβλιοθήκη λογισμικού που ονομάζεται «Wiring» από το πρωτότυπο σχέδιο Wiring γεγονός που καθιστά πολλές κοινές λειτουργίες εισόδου/εξόδου πιο εύκολες.

Μία πλακέτα Arduino αποτελείται από ένα μικροελεγκτή Atmel AVR (ATmega328 και ATmega168 στις νεότερες εκδόσεις, ATmega8 στις παλαιότερες) και συμπληρωματικά εξαρτήματα για την διευκόλυνση του χρήστη στον προγραμματισμό και την ενσωμάτωσή του σε άλλα κυκλώματα. Όλες οι πλακέτες περιλαμβάνουν ένα γραμμικό ρυθμιστή τάσης 5V και έναν κρυσταλλικό ταλαντωτή 16MHz (ή κεραμικό αντηχητή σε κάποιες παραλλαγές). Ο μικροελεγκτής είναι από κατασκευής προγραμματισμένος με ένα bootloader, έτσι ώστε να μην χρειάζεται εξωτερικός προγραμματιστής.

Σε εννοιολογικό επίπεδο, στην χρήση του Arduino software stack, όλα τα boards προγραμματίζονται με μία RS-232 σειριακή σύνδεση, αλλά ο τρόπος που επιτυγχάνεται αυτό διαφέρει σε κάθε hardware εκδοχή. Οι σειριακές πλάκες Arduino περιέχουν ένα απλό level shifter κύκλωμα για την μετατροπή του σήματος επιπέδου RS-232 σε TTL. Τα σημερινά Arduino προγραμματίζονται μέσω USB· αυτό καθίσταται δυνατό μέσω της εφαρμογής προσαρμογών chip USB-to-Serial όπως το FTDI FT232. Κάποιες παραλλαγές, όπως το Arduino mini και το ανεπίσημο Boarduino, χρησιμοποιούν ένα αφαιρούμενο USB-to-Serial καλώδιο ή board, Bluetooth ή άλλες μεθόδους. (Όταν χρησιμοποιείται με παραδοσιακά εργαλεία microcontroller αντί για το Arduino IDE, χρησιμοποιείται πρότυπος προγραμματισμός AVR ISP).

Ο πίνακας Arduino εκθέτει τα περισσότερα microcontroller I/O pins για χρήση από άλλα κυκλώματα. Τα Diecimila, Duemilanove και το τρέχον Uno παρέχουν 14 ψηφιακά I/O pins, έξι από τα οποία μπορούν να παράγουν pulse-width διαμορφωμένα σήματα, και έξι αναλογικά δεδομένα. Αυτά τα pins βρίσκονται στην κορυφή του πίνακα μέσω female headers 0.1 ιντσών (2,2mm). Διάφορες εφαρμογές ασπίδων plug-in είναι εμπορικώς διαθέσιμες.

Τα Arduino και τα Arduino συμβατά boards χρησιμοποιούν την τεχνολογία των shields, τυπωμένων boards επεκτάσεων κυκλωμάτων που συνδέονται στα κανονικά παρεχόμενα Arduino pin-headers. Τα shields μπορούν να παρέχουν έλεγχο στα motors, GPS, Ethernet, LCD εικόνας ή breadboarding (προτυποποίησης). Ένας αριθμός από shields μπορεί επίσης να γίνει και DIY

3.3. Κριτήρια επιλογής της πλατφόρμας ανάπτυξης

Για την υλοποίηση του συστήματος, η επιλογή της πλατφόρμας του Arduino έγινε με βάση τέσσερα ουσιαστικά κριτήρια:

- Την απλότητα και ευκολία στην υλοποίηση του συστήματος
- Την ευκολία πρόσβασης και του κόστους των επιμέρους κυκλωμάτων (modules) του συστήματος (αισθητήρες, shields κτλ)
- Το περιβάλλον ανάπτυξης του κώδικα για την σωστή λειτουργία του συστήματος
- Την δυνατότητα επέκτασης και εύκολης αναπροσαρμογής σε μελλοντικές προκύπτουσες ανάγκες

Αναλυτικά:

Απλότητα και Ευκολία

Η αναπτυξιακή πλατφόρμα του Arduino έχει χρησιμοποιηθεί σε χιλιάδες διαφορετικά έργα και εφαρμογές μέχρι σήμερα. Αυτό σε συνδυασμό με τις εύκολα προσβάσιμες πληροφορίες λόγω του ανοικτού κώδικα που έχει υιοθετήσει η πλατφόρμα δίνει τα απαραίτητα εργαλεία στον χρήστη για εύκολη και απλή ανάπτυξη διαφορετικού είδους εφαρμογών. Η σύνδεση των διαφορετικών κυκλωμάτων γίνεται μέσω pin, ενώ η κατανάλωση ρεύματος είναι σε γενικές γραμμές χαμηλή και συνεπώς η τροφοδότηση είναι εύκολη.

Modules και κόστος

Σαν συνέπεια της μεγάλης αποδοχής της πλατφόρμας, έχει αναπτυχθεί μια μεγάλη ποικιλία διαφορετικών αισθητήρων και κυκλωμάτων (modules, shields κτλ) ικανά να καλύψουν μεγάλο εύρος διαφορετικών εφαρμογών. Μπορεί κανείς να τα προμηθευτεί εύκολα ενώ το κόστος του κυμαίνεται σε ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα.

Εφαρμογή Arduino (IDE)

Το λογισμικό Arduino (IDE) λειτουργεί σε λειτουργικά συστήματα Windows, Macintosh OSX και Linux (Cross-platform υποστήριξη), σε αντίθεση με τα περισσότερα συστήματα μικροελεγκτών που περιορίζονται στα Windows. Η εφαρμογή Arduino είναι εύκολη στη χρήση για τους αρχάριους, αλλά αρκετά ευέλικτη για τους προχωρημένους χρήστες. Διαθέτει απλό, σαφές περιβάλλον προγραμματισμού ενώ παρέχεται ως εργαλείο ανοικτού κώδικα, διαθέσιμο για επέκταση από έμπειρους προγραμματιστές μέσω βιβλιοθηκών C++.

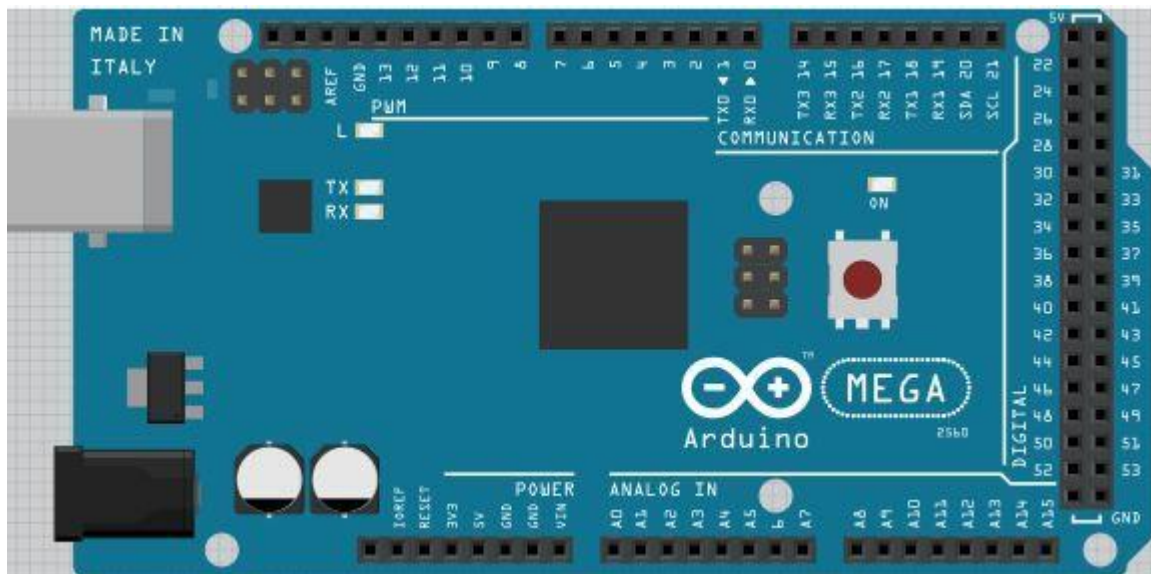
Επεκτασιμότητα, συντήρηση, τροποποίηση

Η δυνατότητα τροποποίησης και επέκτασης του συστήματος εύκολα, με αισθητήρες και modules που θα αυξάνουν την λειτουργικότητα και θα παρέχουν στον χρήστη επιπλέον πληροφορίες και νέες δυνατότητες, ήταν βασική επιδίωξη και κριτήριο για την επιλογή της βάσης του συστήματος. Η χρήση του Arduino μας επιτρέπει να τροποποιήσουμε και να επεκτείνουμε με νέες δυνατότητες το σύστημα, προσαρμόζοντάς το μελλοντικά σε νέες

απαιτήσεις και ανάγκες διατηρώντας την αρχική σύνθεση και παράλληλα το κόστος σε λογικά επίπεδα.

3.4. Σύντομη περιγραφή Arduino Mega

Το Arduino Mega αποτελείται από ένα ενσωματωμένο κύκλωμα ATmega1280 και συμπληρωματικά εξαρτήματα για τη διευκόλυνση του χρήστη στον προγραμματισμό και την ενσωμάτωσή του σε άλλα κυκλώματα. Αναλυτικά, η πλακέτα αυτή περιλαμβάνει: 54 ψηφιακές ακίδες εισόδου/εξόδου (από τις οποίες οι 15 παρέχονται για PWM εξόδους), 16 αναλογικές εισόδους, έναν κρυσταλλικό ταλαντωτή 16MHz, μια θύρα USB, ένα βύσμα, ένα LED λειτουργίας της πλακέτας, δυο λυχνίες RX/TX λήψης και μετάδοσης δεδομένων, έναν ρυθμιστή τάσης και ένα κουμπί επανεκκίνησης. Περιέχει οτιδήποτε χρειάζεται ώστε να υποστηριχθεί ο μικροελεγκτής, απλά συνδέοντάς το σε έναν υπολογιστή με καλώδιο USB ή με ένα AC-σε-DC μετατροπέα ή μια μπαταρία προκειμένου να τεθεί σε λειτουργία. Το Arduino Mega διαθέτει μνήμη Flash 128KB (από τα οποία 4KB χρησιμοποιούνται από τον bootloader), SRAM 8KB και 4KB EEPROM. Η πλακέτα μπορεί να λειτουργεί με εξωτερική τροφοδοσία από 6 έως 20 Volts. Όμως, αν τροφοδοτηθεί με λιγότερο από 7V, η ακίδα των 5V μπορεί να παρέχει μικρότερη τάση και η λειτουργία της πλακέτας να είναι ασταθής. Από την άλλη, αν η τάση είναι μεγαλύτερη από 12V, ο ρυθμιστής τάσης μπορεί να υπερθερμανθεί και να προκαλέσει βλάβη στην πλακέτα. Γι' αυτό η προτεινόμενη περιοχή λειτουργίας είναι από 7 έως 12 Volts



(Πηγή: https://www.arduino.cc/en/uploads/Tutorial/MEGA_bb.png)

4.1 Περιγραφή σκοπού διπλωματικής και ανάλυση λειτουργιών συστήματος

Στόχος της παρούσας διπλωματικής είναι η ανάπτυξη ενός συστήματος απομακρυσμένου ελέγχου, μέσω του μικροελεγκτή arduino, ενός συστήματος άρδευσης διπλού κυκλώματος ποτίσματος. Η ύπαρξη και η ανεξάρτητη λειτουργία δυο κυκλωμάτων ποτίσματος είναι σημαντική, καθώς το αρδευτικό σύστημα θα ποτίζει δύο διαφορετικές καλλιέργειες με διαφορετικές αρδευτικές ανάγκες η κάθε μία.

Επίσης σημαντική είναι και η δυνατότητα αλλαγής από τον χρήστη κατά το δοκούν του τρέχοντος χρονοδιαγράμματος ποτίσματος για κάθε ένα από τα δύο διαφορετικά κυκλώματα άρδευσης. Και αυτό γιατί εξωτερικοί παράγοντες όπως η θερμοκρασία, οι τοπικές βροχοπτώσεις ή οι παρατεταμένες περιόδους ανομβρίας, καθώς και το στάδιο ανάπτυξης των φυτών επηρεάζουν τις ανάγκες του φυτού σε νερό και άρα τον χρόνο και την συχνότητα ποτίσματος.

Ο χρήστης θα μπορεί μέσω γραπτού μηνύματος (sms) να επιλέγει, ξεχωριστά για κάθε ένα από τα δύο κυκλώματα ποτίσματος, την ημέρα, την ώρα και την διάρκεια που επιθυμεί να παραμείνει σε λειτουργία. Το πρόγραμμα άρδευσης, για κάθε ένα από τα κυκλώματα, που θα αποστέλλεται από τον χρήστη θα αποθηκεύεται τοπικά σε κάρτα μνήμης (microSD memory card) σε αρχείο .txt. Το σύστημα θα ελέγχει συστηματικά για αλλαγές του χρονοδιαγράμματος και θα προσαρμόζει δυναμικά την λειτουργία του στις νέες ανάγκες.

Η τροφοδότηση με νερό του συστήματος είναι καθοριστικός παράγοντας για την εύρυθμη τήρηση του χρονοδιαγράμματος άρδευσης, για αυτό και το σύστημα έχει σχεδιαστεί ώστε να ελέγχει και να ενημερώνει τον χρήστη σε περίπτωση που υπάρξει πρόβλημα με γραπτό μήνυμα (sms). Η παροχή νερού θα γίνεται μέσω δεξαμενής που τροφοδοτείται συνεχώς με τρεχούμενο νερό και η πλήρωσή της ελέγχεται με την λειτουργία της υπερχειλίσης. Το σύστημα θα ελέγχει αν το νερό της δεξαμενής επαρκεί για την τροφοδότηση των δικτύων άρδευσης. Αυτό θα γίνεται μέσω της στάθμης του νερού της δεξαμενής η οποία θα υπολογίζεται από έναν αισθητήρα μέτρησης απόστασης τοποθετημένο στο επάνω μέρος της. Ο αισθητήρας θα υπολογίζει την απόσταση από το επάνω μέρος της δεξαμενής μέχρι την στάθμη του νερού και συνεπώς (εφόσον οι διαστάσεις της δεξαμενής είναι γνωστές) το σύστημα θα υπολογίζει αν το νερό επαρκεί για τις τρέχουσες ανάγκες άρδευσης.

Η δεξαμενή βρίσκεται σε ικανή υψομετρική διαφορά σε σχέση με το προς άρδευση αγροτεμάχιο, συνεπώς δεν υπάρχει ανάγκη χρήσης αντλίας για την συγκεκριμένη εφαρμογή για την οποία και κατασκευάζεται το σύστημα. Ωστόσο αν αυτό ήταν ζητούμενο με μικρές παρεμβάσεις στον κώδικα του Arduino αυτό θα ήταν. Το σύστημα λοιπόν μέσω ρελέ θα ελέγχει την λειτουργία 2 ηλεκτροβάνων ώστε να τροφοδοτεί τα ανεξάρτητα κυκλώματα ποτίσματος. Ανάλογα με ποιο κύκλωμα ποτίσματος πρέπει να τροφοδοτηθεί θα ενεργοποιείται και η αντίστοιχη ηλεκτροβάννα.

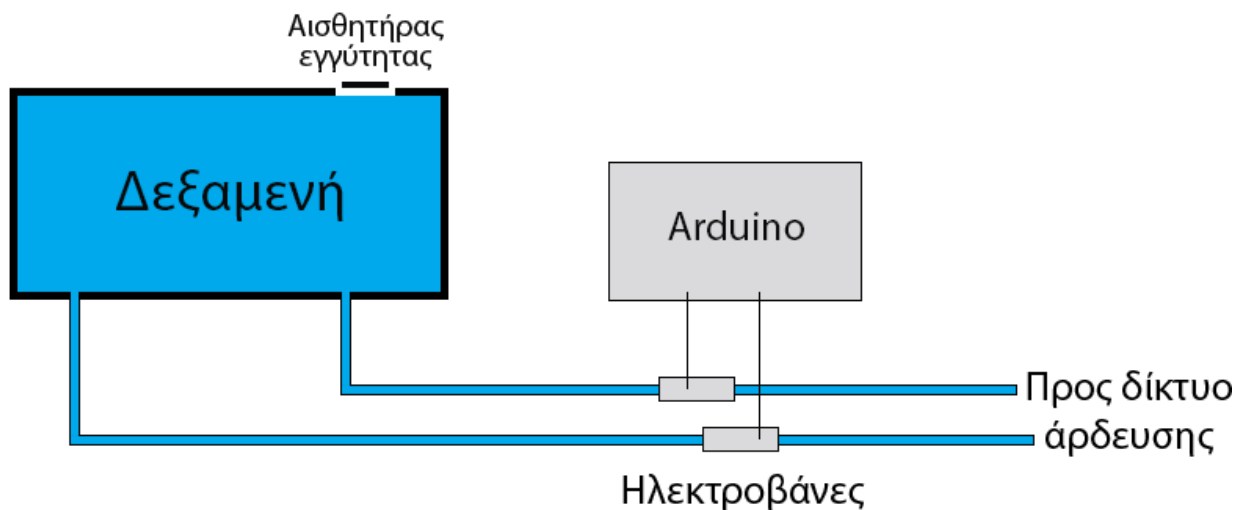
Τα κυκλώματα ποτίσματος είναι τύπου σταγόνας (Micro-Drip). Συνεπώς οι ανάγκες σε παροχή νερού σε συνάρτηση με τον χρόνο παραμένουν χαμηλές και άρα υπάρχει η δυνατότητα

ταυτόχρονης τροφοδότησης από την ίδια δεξαμενή. Αυτό για την εγκατάσταση που εξετάζουμε και για την οποία κατασκευάζεται το σύστημα το γνωρίζουμε εμπειρικά από προηγούμενες χρήσεις και για αυτό στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής δεν θα επεκταθούμε περισσότερο. Όπως θα δούμε και στο κεφάλαιο 6, όπου θα αναλύσουμε επεκτάσεις και παρεμφερείς χρήσεις του συστήματος, σε διαφορετική περίπτωση από την δική μας θα έπρεπε να υπολογιστεί αν η τροφοδότηση θα ήταν επαρκείς. Η δυνατότητα σε όγκο νερού ανά μονάδα χρόνου που μπορούμε να παρέχουμε στο σύστημα αν θα ήταν ίση ή ιδανικά μεγαλύτερη από αυτή που απαιτούν και τα δύο κυκλώματα άρδευσης σε ταυτόχρονη χρήση.

Για την υλοποίηση των ανωτέρων επιλέχθηκε η πλακέτα ανάπτυξης Arduino Mega, σε συνδυασμό με ένα GPRS/GSM Shield, microsd card reader module, RTC (real time clock), έναν μετρητή απόστασης και 2 ηλεκτροβάνες. Αναλυτική περιγραφή αυτών υπάρχει σε επόμενη παράγραφο.

4.2. Τοπολογία συστήματος

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζετε η διάταξη του συστήματος



Για λόγους καλύτερης παρουσίασης η υψομετρική διαφορά της δεξαμενής με το προς άρδευση αγροτεμάχιο δεν παρουσιάζεται στο ανωτέρω σχεδιάγραμμα όπως επίσης και η τοπολογία του δικτύου άρδευσης.

4.3. Παρουσίαση διασύνδεσης και ανάλυση modules Arduino

Παρακάτω παρουσιάζετε αναλυτικό ο τρόπο διασύνδεσης των επιμέρους συστημάτων του συστήματος πάνω στο Arduino Mega.

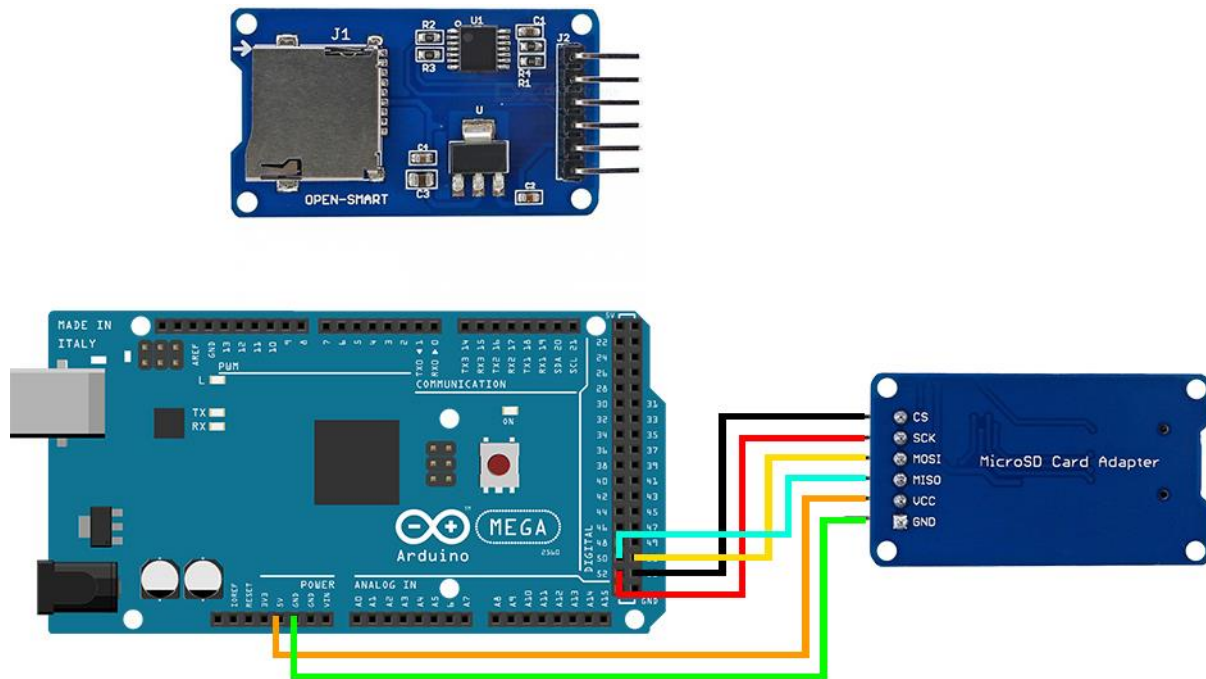
4.3.1. GPRS/GSM Shield

Το GSM Shield τοποθετήθηκε πάνω στο Arduino Mega ενώ η επικοινωνία μεταξύ τους γίνεται σειριακά, καθορίζετε από την βιβλιοθήκη που χρησιμοποιήθηκε και γίνεται μέσω των pin RX και TX του Shield και των pin 18, 19 του Arduino Mega. Το GPRS/GSM Shield παρέχει την δυνατότητα επικοινωνίας με δίκτυο κινητής τηλεφωνίας GSM για λήψη και αποστολή δεδομένων από μια απομακρυσμένη τοποθεσία Το GSM Shield δέχεται κάρτα SIM και μπορεί να πραγματοποιεί κλήσεις και να αποστέλλει ή να δέχεται γραπτά μηνύματα (SMS). Μέσω αυτού γίνεται η επικοινωνία του χρήστη με το σύστημα για την αλλαγή των ωρών και ημερών ποτίσματος για κάθε κύκλωμα ποτίσματος ξεχωριστά μέσω γραπτού μηνύματος (SMS), καθώς και της οποιαδήποτε ενημέρωσης από το σύστημα προς τον χρήστη πχ ότι δεν επαρκεί το νερό για την ολοκλήρωση του ποτίσματος.



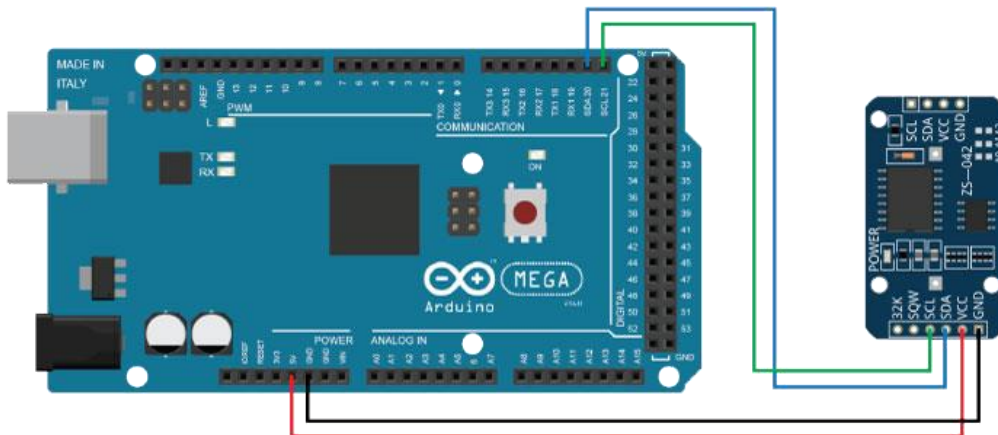
4.3.2. MicroSD card module

Ο αναγνώστης καρτών μνήμης microSD συνδέθηκε στα pin 53 ,52 ,51, 50, 5V, GND του Arduino Mega με τα αντίστοιχα pin CS, SCK, MOSI, MISO, VCC, GND που διαθέτει. Η χρήση του έχει να κάνει με την αποθήκευση και ανάγνωση των δεδομένων του προγράμματος ποτίσματος που καταχωρεί ο χρήστης από την microSD. Για την λειτουργία του χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη SD.h. Σε επέκταση των λειτουργιών του συστήματος θα μπορούσε να χρησιμεύσει για την αποθήκευση δεδομένων (data logging) από επιπλέον αισθητήρες, όπως θερμοκρασίας υγρασίας κτλ. Η επεξεργασία τοπικά ή αποστολή και ανάλυση από τον χρήστη των δεδομένων αυτών θα βοηθούσε στην καλύτερη διαχείριση και αποδοτικότερη λειτουργία του συστήματος.



4.3.3. RTC (real time clock)

Το RTC module (Ρολόι πραγματικού χρόνου) είναι ένα ρολόι που παρακολουθεί την τρέχουσα ώρα και το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προγραμματίσει τις ενέργειες σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή.. Αρχικοποιείται τρέχοντας ένα σύντομο κώδικά που του παρέχει την σωστή ώρα. Από εκείνη την στιγμή διατηρεί την ώρα με μεγάλη ακρίβεια και παρέχει πληροφορίες για αυτήν όποτε αυτό απαιτηθεί. Επιπλέον, το RTC μπορεί να συνεχίσει να λειτουργεί σε οποιαδήποτε κατάσταση (επανεκκίνηση του συστήματος/διακοπή τροφοδότησης) χάρη στην ξεχωριστή τροφοδότηση από δική του μπαταρία. Έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μεγάλα διαστήματα παρέχοντας πάντα σωστή ώρα με ακρίβεια και αξιοπιστία. Στην παρούσα διάταξη χρησιμοποιούμε ένα DS3231 RTC. Στο σύστημά μας τα pin SCL, SDA, VCC και GND του RTC συνδέονται στα 44, 46, 5V και GND του Arduino Mega .

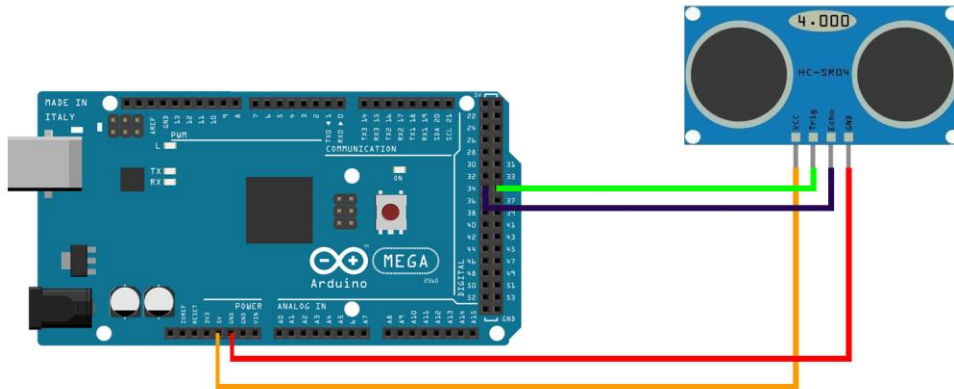


4.3.4. Αισθητήρας μέτρησης απόστασης

Προκειμένου να υπολογίζεται η στάθμη του νερού στην δεξαμενή ποτίσματος του συστήματος χρησιμοποιήθηκε ένας μετρητής απόστασης τοποθετημένος στο πάνω μέρος της δεξαμενής. Ο υπολογισμός γίνεται εύκολα αφού το πλάτος και το ύψος της δεξαμενής είναι γνωστά και σταθερά ενώ το ύψος, άρα και η πληρότητα της δεξαμενής, είναι αυτό που μεταβάλλετε. Ο μετρητής απόστασης είναι αυτός που μας δίνει το ύψος της στάθμης της δεξαμενής και άρα τον όγκο του νερού που αυτή περιέχει. Η πληροφορία αυτή είναι κρίσιμη προκειμένου να γνωρίζουμε αν το νερό της δεξαμενής επαρκεί για τις ώρες ποτίσματος που έχουμε επιλέξει.

Στο σύστημά μας χρησιμοποιήθηκε ένας αισθητήρας υπερήχων για την μέτρηση της απόστασης. Όπως φαίνεται παραπάνω, ο αισθητήρας υπερήχων είναι μια μονάδα 4 ακίδων, των οποίων τα ονόματα είναι Vcc, Trigger, Echo και Ground αντίστοιχα. Αυτός ο αισθητήρας

είναι ένας πολύ δημοφιλής αισθητήρας που χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές όπου απαιτείται μέτρηση απόστασης. Διαθέτει δύο “μάτια” στο μπροστινό μέρος που αποτελούν τον πομπό και τον δέκτη των υπερήχων. Ο αισθητήρας λειτουργεί με τον βασικό υπολογισμό $\text{Απόσταση} = \text{Ταχύτητα} \times \text{Χρόνος}$. Ο υπερηχητικός πομπός μεταδίδει ένα υπερηχητικό κύμα, αυτό το κύμα ταξιδεύει στον αέρα και όταν προσκρούσει σε οποιοδήποτε υλικό αντανακλάται πίσω στον αισθητήρα. Αυτό το ανακλώμενο κύμα καταγράφεται από τον δέκτη υπερήχων και συνεπώς υπολογίζεται η απόσταση με βάση τον χρόνο μεταξύ των δύο κυμάτων.



4.3.5. Relay Module

Για τον έλεγχο των ηλεκτροβανών χρησιμοποιήθηκε ένα 4 relay module (μόνο τα 2 ρελέ). Τα relay modules μας δίνουν την δυνατότητα να ελέγχουμε ενεργοβόρες συσκευές που απαιτούν ισχύ ή/και τάση που δεν δίνετε να προσφέρει το arduino.



4.3.6. Solenoid Valve

Η ηλεκτροβάννα είναι μια ηλεκτρομηχανική συσκευή με την οποία μπορούμε να ελέγχουμε μέσω της παροχής ή μη ρεύματος την ροή ενός υγρού ή αερίου. Οι ηλεκτροβάννες που χρησιμοποιήθηκαν είναι τύπου normally closed, δηλαδή όταν δεν τροφοδοτούνται με ρεύμα δεν επιτρέπουν την ροή του υγρού/αερίου.



5.1 Παρουσίαση κώδικα

Παρακάτω παρουσιάζεται ο κώδικας

```
#include <DS3231.h>
#include <SD.h>
#include "SIM900.h"
#include "sms.h"
#include <SoftwareSerial.h>
#define ACTIVE LOW
MSGSM sms;

boolean sd_ok = false;
int CS_PIN = 53;
File file;
DS3231 rtc(44,42);
Time t;

boolean started = false;
char sms_position;
char phone_number[15];
char call_phone_number[15] = "+306947747975";
char sms_text[160];

int DAYS[15], RELAY[15], HOUR_OPEN[15], MINUTES_OPEN[15], HOUR_CLOSE[15],
MINUTES_CLOSE[15];
int ALL_DAYS = 0, CURRENT_MINUTE = 0, CURRENT_DAY = 0, CURRENT_HOUR = 0;

int PinRelay[4] = {2,3,4,5};
```

```
unsigned long previousMillis = 0;
const long interval = 10000;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  rtc.begin();
  if (gsm.begin(9600))
  {
    started=true;
  }
  sms_check();
  initializeSD();
  for(int i = 0;i<4;i++)
  {
    pinMode(PinRelay[i],OUTPUT);
    digitalWrite(PinRelay[i],HIGH);
  }
  if(check_or_create_folder("/system") == 1)
  {
    if(check_or_create_file("/system/a_program.txt") == 1)
    {
      check_program();
    }
    if(check_or_create_file("/system/b_program.txt") == 1)
    {
      check_program();
    }
  }
  check_text();
}
```



```
}
```

```
void loop()
```

```
{  
  unsigned long currentMillis = millis();  
  if (currentMillis - previousMillis >= interval)  
  {  
    previousMillis = currentMillis;  
    get_time();  
    sms_check();  
    check_relays();  
  }  
}
```

```
void sms_check()
```

```
{  
  if(started)  
  {  
    sms_position=sms.IsSMSPresent(SMS_UNREAD);  
    if (sms_position)  
    {  
      sms.GetSMS(sms_position, phone_number, sms_text, 100);  
      check_text();  
    }  
  }  
}
```

```
void initializeSD(void)
```

```
{  
  pinMode(CS_PIN, OUTPUT);  
  if (SD.begin())
```

```

{
    sd_ok = true;
}
else
{
    return;
}
}

int check_or_create_folder(char name_to_ckeck[])
{
    if(sd_ok == true)
    {
        file = SD.open(name_to_ckeck);
        if (file)
        {
            return 1;
        }
        else
        {
            SD.mkdir(name_to_ckeck);
            return 0;
        }
        closeFile();
    }
}

int check_or_create_file(char name_to_ckeck[])
{
    if(sd_ok == true)
    {
        if(openFile(name_to_ckeck) == 0)

```

```
{
  createFile(name_to_ckeck);
  return 0;
}
else
{
  return 1;
}
closeFile();
}
}
```

```
int createFile(char filename[])
{
  file = SD.open(filename,FILE_WRITE);

  if (file)
  {
    return 1;
  } else
  {
    return 0;
  }
}
```

```
int writeToFile(char text[])
{
  if (file)
  {
    file.println(text);
    return 1;
  } else
```

```
{  
  return 0;  
}  
}
```

```
void closeFile()  
{  
  if (file)  
  {  
    file.close();  
  }  
}
```

```
int openFile(char filename[])  
{  
  file = SD.open(filename,FILE_READ);  
  if (file)  
  {  
    return 1;  
  } else  
  {  
    return 0;  
  }  
}
```

```
void check_program()  
{  
  char ch;  
  int  
  kataxwrhsh[6];/*  
[0]=mera,[1]=relay,[2]=hour_open,[3]=minutes_open,[4]=huor_close,[5]=minutes_close*/
```

```

int count = 0,temp1,temp2;

for(int i = 0;i < ALL_DAYS;i++)
{
    DAYS[i] = 0;
    RELAY[i] = 0;
    HOUR_OPEN[i] = 0;
    MINUTES_OPEN[i] = 0;
    HOUR_CLOSE[i] = 0;
    MINUTES_CLOSE[i] = 0;
}
ALL_DAYS = 0;
file = SD.open("/system/program.txt",FILE_READ);
//openFile("/system/program.txt");
while(file.available())
{
    ch = file.read();
    if(ch == 's')
    {
        count = 0;
    }
    if(count == 2)
    {
        kataxwrhsh[0] = atoi(&ch);
    }
    else if(count == 4)
    {
        kataxwrhsh[1] = atoi(&ch);
    }
    else if(count == 6)
    {
        temp1 = atoi(&ch);
    }
}

```

```
}  
else if(count == 7)  
{  
    temp2 = atoi(&ch);  
    int hour_open = (temp1*10)+temp2;  
    kataxwrhsh[2] = hour_open;  
}  
else if(count == 9)  
{  
    temp1 = atoi(&ch);  
}  
else if(count == 10)  
{  
    temp2 = atoi(&ch);  
    int minutes_open = (temp1*10)+temp2;  
    kataxwrhsh[3] = minutes_open;  
}  
else if(count == 12)  
{  
    temp1 = atoi(&ch);  
}  
else if(count == 13)  
{  
    temp2 = atoi(&ch);  
    int hour_close = (temp1*10)+temp2;  
    kataxwrhsh[4] = hour_close;  
}  
else if(count == 15)  
{  
    temp1 = atoi(&ch);  
}  
else if(count == 16)
```

```

{
  temp2 = atoi(&ch);
  int minutes_close = (temp1*10)+temp2;
  kataxwrhsh[5] = minutes_close;
  DAYS[ALL_DAYS] = kataxwrhsh[0];
  RELAY[ALL_DAYS] = kataxwrhsh[1];
  HOUR_OPEN[ALL_DAYS] = kataxwrhsh[2];
  MINUTES_OPEN[ALL_DAYS] = kataxwrhsh[3];
  HOUR_CLOSE[ALL_DAYS] = kataxwrhsh[4];
  MINUTES_CLOSE[ALL_DAYS] = kataxwrhsh[5];
  ALL_DAYS++;
}
count++;
}
}

```

```

void get_time(void)

```

```

{

  t = rtc.getTime();
  CURRENT_HOUR = t.hour;
  CURRENT_MINUTE = t.min;
  CURRENT_DAY = t.dow;
  Serial.print("It is the ");
  Serial.println(t.dow, DEC);
  Serial.print("MERA : ");
  Serial.println(CURRENT_DAY);
  Serial.print("CURRENT_HOUR : ");
  Serial.println(CURRENT_HOUR);
  Serial.print("CURRENT_MINUTE : ");
  Serial.println(CURRENT_MINUTE);
}

```

```

void check_relays(void)
{
  int time_open,time_close,current_time;
  current_time = (CURRENT_HOUR*60)+CURRENT_MINUTE;
  for(int i = 0;i<= ALL_DAYS;i++)
  {
    if(DAYS[i] == CURRENT_DAY)
    {
      time_open = (HOUR_OPEN[i]*60)+MINUTES_OPEN[i];
      time_close = (HOUR_CLOSE[i]*60)+MINUTES_CLOSE[i];
      Serial.print("current_time = ");
      Serial.print(current_time);
      Serial.print(" , time_open = ");
      Serial.print(time_open);
      Serial.print(" , time_close = ");
      Serial.println(time_close);

      if(current_time >= time_open && current_time <= time_close)
      {
        digitalWrite(PinRelay[RELAY[i]-1],LOW);
      }
      else
      {
        digitalWrite(PinRelay[RELAY[i]-1],HIGH);
      }
    }
  }
}

void check_text(void)
{

```



```

int temp,temp1,temp2;

int
[0]=mera,[1]=relay,[2]=hour_open,[3]=minutes_open,[4]=huor_close,[5]=minutes_close*/
Serial.println("Test text!!!...");
temp = atoi(&sms_text[2]);
if(temp >=1 && temp <= 7)
{
kataxwrhsh[0] = temp;/*Kataxwrhsh hmeras ean einai 1-7*/
temp = atoi(&sms_text[4]);
if(temp <= 4 && temp >=1)
{
kataxwrhsh[1] = temp;/*Kataxwrhsh relay ean einai 1-4*/
temp1 = atoi(&sms_text[6]);
//temp2 = atoi(&sms_text[7]);
//temp = (temp1*10)+temp2;
if(temp1 >= 0 && temp1 <= 23)
{
kataxwrhsh[2] = temp;/*Kataxwrhsh wras ekkinhshs relay ean einai 0-23*/
temp1 = atoi(&sms_text[9]);
//temp2 = atoi(&sms_text[10]);
//temp = (temp1*10)+temp2;
if(temp1 >= 0 && temp1 <= 59)
{
kataxwrhsh[3] = temp;/*Kataxwrhsh leptwn ekkinhshs relay ean einai 0-59*/
temp1 = atoi(&sms_text[12]);
//temp2 = atoi(&sms_text[13]);
//temp = (temp1*10)+temp2;
if(temp1 >= 0 && temp1 <= 23)
{
kataxwrhsh[4] = temp;/*Kataxwrhsh wras kleisimatos relay ean einai 0-23*/
temp1 = atoi(&sms_text[14]);
//temp2 = atoi(&sms_text[15]);

```

```

//temp = (temp1*10)+temp2;
if(temp1 >= 0 && temp1 <= 59)
{
  kataxwrhsh[5] = temp; /*Kataxwrhsh wras kleisimatos relay ean einai 0-59*/
  if(check_or_create_folder("/system") == 1)
  {
    if(check_or_create_file("/system/program.txt") == 1)
    {
      /*char save_text[17];
      for(int i = 0;i<17;i++)
      {
        save_text[i] = sms_text[i];
      }*/
      /*Apothhkeysh epilogh*/
      file = SD.open("/system/program.txt",FILE_WRITE);
      writeToFile(sms_text);
      closeFile();
      check_program();
    }
  }
}
else
{
  Serial.println("Lathos epilogh leptwn kleisimatos");
  Serial.println(temp1);
  Serial.println(temp2);
  Serial.println(temp);
}
}
else
{
  Serial.println("Lathos epilogh wras kleisimatos");
}

```

```
        Serial.println(temp1);
        Serial.println(temp2);
        Serial.println(temp);
    }
}
else
{
    Serial.println("Lathos epilogh leptwn anoigmatos");
    Serial.println(temp1);
    Serial.println(temp2);
    Serial.println(temp);
}
}
else
{
    Serial.println("Lathos epilogh wras enoigmatos");
    Serial.println(temp1);
    Serial.println(temp2);
    Serial.println(temp);
}
}
else
{
    Serial.println("Lathos epilogh relay");
}
}
else
{
    Serial.println("Lathos epilogh hmeras");
}
}
```

6.1. Συμπεράσματα

Ο σκοπός της διπλωματικής, δηλαδή η ανάπτυξη ενός συστήματος άρδευσης που θα μπορεί να ελεγχθεί μέσω δικτύου κινητής τηλεφωνίας, υλοποιήθηκε με επιτυχία. Το σύστημα δουλεύει ικανοποιητικά και αξιόπιστα, με χαμηλό κόστος λειτουργίας και μηδενικό κόστος συντήρησης. Για την ανάπτυξή του και στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής χρειάστηκε να εμβαθύνουμε στον τρόπο λειτουργίας ενός συστήματος άρδευσης και να επιλέξουμε τον κατάλληλο τύπο για την καλλιέργειά μας. Αναλύθηκαν όλοι οι τύποι άρδευσης και επιλέχθηκε αυτός που θα απέδιδε καλύτερα με το μικρότερο δυνατό κόστος εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης, δηλαδή την στάγδην άρδευση.

Η βάση της υλοποίησης είναι η πλατφόρμα ανάπτυξης Arduino. Η επιλογή της κρίνεται επιτυχημένη, καθώς με χαμηλό κόστος επιτύχαμε όλους τους στόχους λειτουργικότητας που είχαμε θέσει και σε καμία περίπτωση δεν περιοριστήκαμε από τις δυνατότητες της πλατφόρμας. Αντιθέτως όπως θα δούμε και στη συνέχεια το σύστημα δύναται να τροποποιηθεί και να επεκταθεί ώστε να υποστηρίξει περαιτέρω λειτουργίες.

Η ανάπτυξη του κώδικα για την λειτουργία του Arduino ήταν μια πρόκληση που ξεπεράστηκε, χάρη στο εύκολο στην λειτουργία Arduino IDE και τις γνώσεις που παρέχει η σχολή.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι παρόλες τις δυσκολίες στον σχεδιασμό, την επιλογή και την ανάπτυξη του συστήματος η υλοποίηση κρίνεται λειτουργική και χρηστικότητα.

6.2. Δυνατότητες επέκτασης, άλλες χρήσεις

Το σύστημα που σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική θα μπορούσε με μικρές τροποποιήσεις στον κώδικα να επεκταθεί όσο αναφορά τις λειτουργίες τους αλλά και να προσαρμοστεί σε διαφορετική χρήση.

Το σύστημα σχεδιάστηκε για την χρήση με δύο δίκτυα ποτίσματος, σε αντίστοιχες καλλιέργειες. Βεβαίως είναι δυνατό το σύστημα να τροποποιηθεί εύκολα ώστε να προσαρμοστεί σε μεγαλύτερες απαιτήσεις με περισσότερα δίκτυα.

Με την προσθήκη επιπλέον αισθητήρων το σύστημα θα μπορούσε να πληροφορεί τον χρήστη με χρήσιμες πληροφορίες που θα αυξάναν την λειτουργικότητα και την ευχρηστία του συστήματος. Για παράδειγμα με την προσθήκη αισθητήρων βροχόπτωσης ο χρήστης θα μπορούσε να ενημερωθεί ώστε να αλλάξει το πρόγραμμα ποτίσματος και να το προσαρμόσει στα νέα δεδομένα. Σε περιόδους καύσωνα η ύπαρξη αισθητήρα θερμοκρασίας θα μπορούσε να βοηθήσει τον χρήστη στο σωστότερο προγραμματισμό του ποτίσματος αυξάνοντας την συχνότητα ή την διάρκεια, ή ακόμα και επαναπρογραμματίζοντας το πότισμα σε πιο κατάλληλο χρονικό διάστημα.

Σε σημεία όπου θα απαιτούνταν η χρήση αντλίας το σύστημά μας θα μπορούσε να τροποποιηθεί ώστε μέσω ενός ρελέ να εκκινεί η αντλία.

Λόγω των χαμηλών απαιτήσεων σε ενέργεια το σύστημα μπορεί να τροφοδοτηθεί εύκολα χωρίς να απαιτείτε η χρήση ειδικής εγκατάστασης. Σε σημεία δε που η ηλιοφάνεια είναι αυξημένη η τροφοδότηση θα μπορούσε να γίνει με ένα μικρό αυτόνομο (με μπαταρία) φωτοβολταϊκό σύστημα. Έτσι εξαλείφεται η ανάγκη για χρήση του τοπικού δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Παράλληλα είναι δυνατή η χρήση του σε σημεία όπου δεν υπάρχει εγκατεστημένο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.

6.3. Άλλες χρήσεις

Ο σχεδιασμός του συστήματος επιτρέπει την χρήση του σε άλλες εφαρμογές όπου απαιτείται η εκτέλεση διεργασιών σε συγκεκριμένο πρόγραμμα, όπου όμως θα καθορίζεται και θα τροποποιείται από τον χρήστη από απόσταση. Ο σχεδιασμός με ρελέ μας επιτρέπει να τροφοδοτούμε συσκευές ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες και συνθήκες. Η δυνατότητα αποστολής και λήψης sms μας επιτρέπει να ενημερώνουμε το σύστημα αλλά και να πληροφορούμαστε με τις καταγραφές των συνδεδεμένων αισθητήρων.

Παράρτημα

1. GSM Shield Datasheet

The GPRS/GSM Shield provides you a way to use the GSM cell phone network to receive data from a remote location. The shield allows you to achieve this via any of the three methods:

- Short Message Service
- Audio
- GPRS Service

The GPRS Shield is compatible with all boards which have the same form factor (and pinout) as a standard Arduino Board. The GPRS Shield is configured and controlled via its UART using simple AT commands. Based on the SIM900 module from SIMCOM, the GPRS Shield is like a cell phone. Besides the communications features, the GPRS Shield has 12 GPIOs, 2 PWMs and an ADC.

SPECIFICATIONS

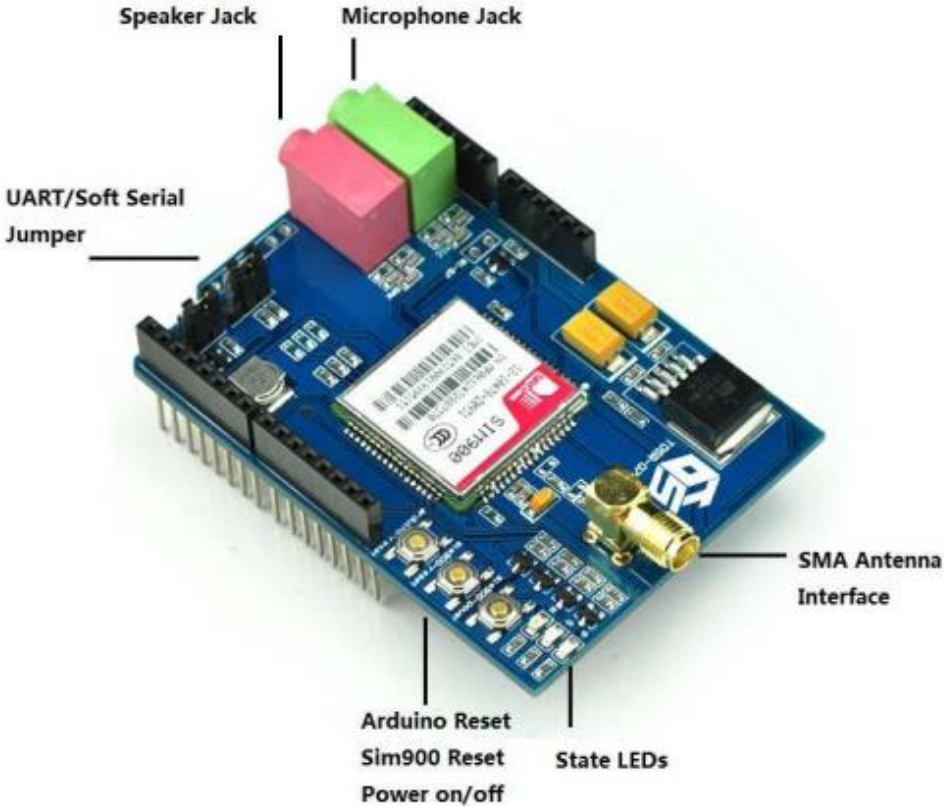
- Quad-Band 850 / 900/ 1800 / 1900 MHz - would work on GSM networks in all countries across the world.
- GPRS multi-slot class 10/8
- GPRS mobile station class B
- Compliant to GSM phase 2/2+
- Class 4 (2W@850/900MHz)
- Class 1 (1W@1800/1900MHz)
- Control via commands (GSM 07.07, 07.05 and SIMCOM enhanced AT Commands)
- Short message service
- Free serial port selection
- RTC supported with Super Cap
- Power on/off and reset function supported by Arduino interface

The indicator LEDs The GSM Shield has three indicator LEDs for the GSM Shield power, SIM900 power and net status.


GSM Shield power(P): This LED is used to indicate the power status of the GSM Shield.If the external power supply is connected to the arduino board ,then the GSM Shield will get power,this LED will light on.

SIM900 power(S): This LED is used to indicate the power status of the SIM900.After the SIM900 is power on,the status LED will light on.

Net Status(N): This LED is used to indicate the net status. The LED will blink slowly or quickly according to different states.



2. 12V Solenoid Valve - 3/4" Datasheet

Usage: Specially working in low pressure environment	
	
Model No.	AQT15SP
Thread Size	1/2"BSP inlet and 12mm outlet
Material	Plastic
Working Temp	1°C-75°C
Flow rate	0.02Mpa ≥ 3 L/min, 0.1Mpa ≥ 12 L/min, 0.8Mpa ≥ 35 L/min
Voltage	AC220V
Voltage Range	15%
Resistance Coil	4.75K Ω ± 0.25K Ω (20°C)
Working Environment	Water
Lifespan	More than 1,000,000times
Certification	0

We tried this solenoid at various DC voltages and found we could actuate it down at 6VDC (although it was a little slower to open). Here is the current draw table for various voltages.

Voltage	Current
6V	160 mA
8V	220 mA
9V	240 mA
10V	270 mA
11V	300 mA
12V	320 mA

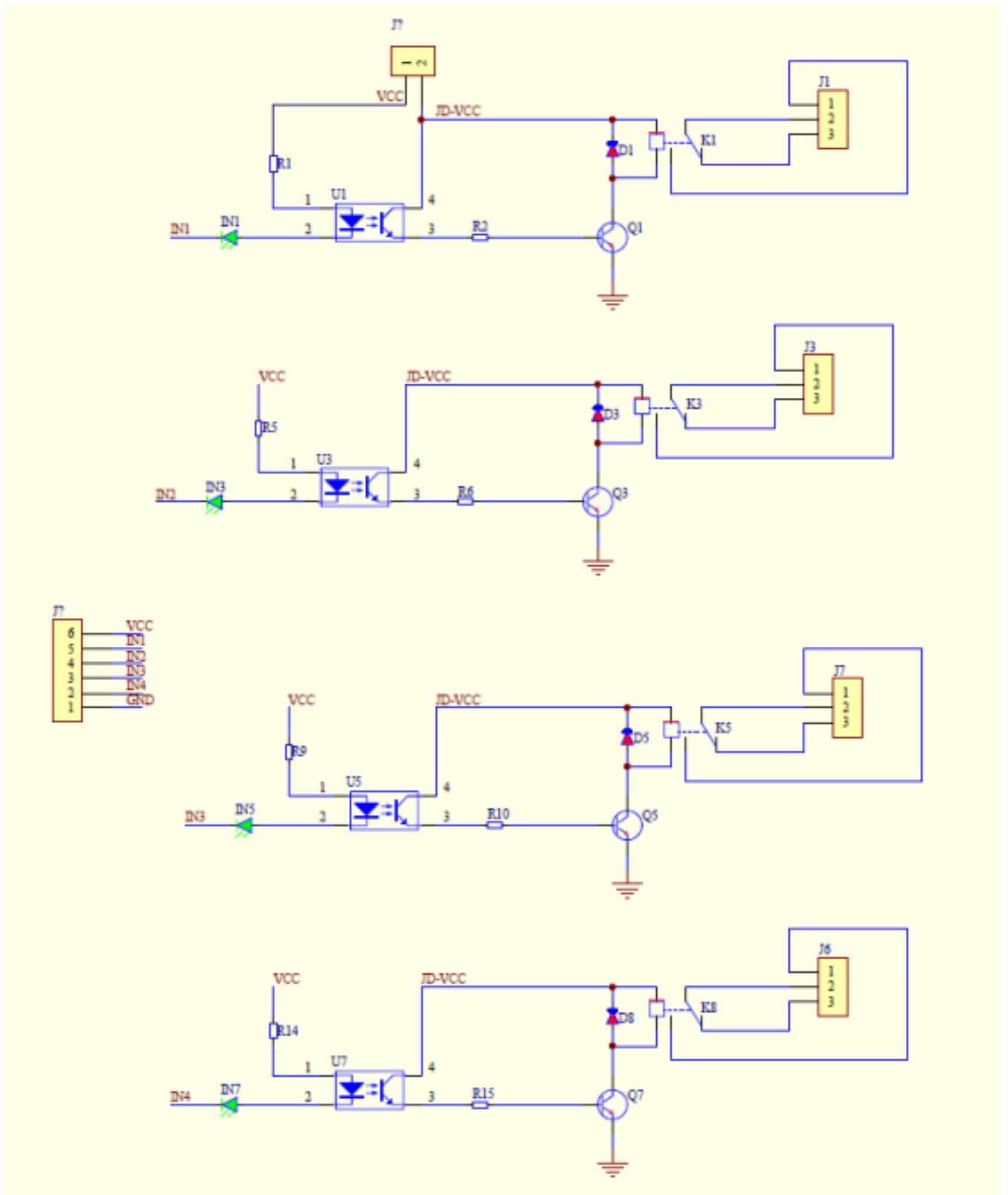
3. 4 Relay Module Datasheet

This is a LOW Level 5V 4-channel relay interface board, and each channel needs a 15-20mA driver current. It can be used to control various appliances and equipment with large current. It is equipped with high-current relays that work under AC250V 10A or DC30V 10A. It has a standard interface that can be controlled directly by microcontroller. This module is optically isolated from high voltage side for safety requirement and also prevent ground loop when interface to microcontroller.

Brief Data:

- Relay Maximum output: DC 30V/10A, AC 250V/10A.
- 4 Channel Relay Module with Opto-coupler. LOW Level Trigger expansion board, which is compatible with Arduino control board.
- Standard interface that can be controlled directly by microcontroller (8051, AVR, *PIC, DSP, ARM, ARM, MSP430, TTL logic).
- Relay of high quality low noise relays SPDT. A common terminal, a normally open, one normally closed terminal.
- Opto-Coupler isolation, for high voltage safety and prevent ground loop with microcontroller.

4 Channel Relay Module Schematic Schematic:



VCC and RY-VCC are also the power supply of the relay module. When you need to drive a large power load, you can take the jumper cap off and connect an extra power to RY-VCC to supply the relay; connect VCC to 5V of the MCU board to supply input signals.

NOTES: If you want complete optical isolation, connect "Vcc" to Arduino +5 volts but do NOT connect Arduino Ground. Remove the Vcc to JD-Vcc jumper. Connect a separate +5 supply to "JD-Vcc" and board Gnd. This will supply power to the transistor drivers and relay coils.

If relay isolation is enough for your application, connect Arduino +5 and Gnd, and leave Vcc to JD-Vcc jumper in place.

It is sometimes possible to use this relay boards with 3.3V signals, if the JD-VCC (Relay Power) is provided from a +5V supply and the VCC to JD-VCC jumper is removed. That 5V relay supply could be totally isolated from the 3.3V device, or have a common ground if opto-isolation is not needed. If used with isolated 3.3V signals, VCC (To the input of the opto-isolator, next to the IN pins) should be connected to the 3.3V device's +3.3V supply.

Βιβλιογραφία

[1] Γεωργίου Δημήτριος: Άρδευση καλλιεργειών με αυτοματισμούς, Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος

[2] ATmega328P Textbook, ATMEL

[3] Εμμανουήλ Πουλάκης, «Προγραμματίζοντας με τον μικροελεγκτή Arduino», Ηράκλειο 2015

<http://users.sch.gr/manpoul/docs/arduino/ProgrammingArduino.pdf>

[5] <http://en.wikipedia.org/wiki/GSM>

[6] open eClass TEI Θεσσαλίας, Εγχειροβελτιωτικά έργα, Μικροάρδευση, Θεωρία στάγδην https://e-class.teilar.gr/modules/document/file.php/EY203/ΜΙΚΡΟΑΡΔΕΥΣΗ/Θεωρια_σταγδην.pdf

[7] Χατζόπουλος Γεώργιος κ Γιάννης διπλωματική εργασία “Απομακρυσμένος έλεγχος ασύγχρονης μηχανής μέσω γραπτών μηνυμάτων (sms) με Arduino” ΕΜΠ 2014

[8] <https://en.wikipedia.org/wiki/Irrigation>

[9] <https://el.wikipedia.org/wiki/Arduino>

[10] <http://www.opengov.gr/minenv/?p=6532>

[11] <http://www.aqua--tech.com/index.php/archives/586>

[12] <https://www.arduino.cc/>

[13] <http://www.handsontec.com>