



**Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ – ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Σχεδίαση και Υλοποίηση Συστήματος
Επιτήρησης και Εντοπισμού Διαρροών
Γεωμεμβράνης σε ΧΥΤΑ**



**Μεσαρχάκης Γιώργος
Α.Μ. 3180**

**Επιβλέπων : Δρ. Ιωάννης Π. Μακρής
Αναπλ. Καθηγητής**

**Χανιά,
Οκτώβριος 2009**

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας, είναι η ανάπτυξη ενός αυτόνομου, αυτόματου, τηλεμετρικού συστήματος επιτήρησης και ανίχνευσης διαρροών των διασταλαγμάτων μέσω της γεωμεμβράνης, η οποία χρησιμοποιείται σε ένα ΧΥΤΑ (χώρος υγειονομικής ταφής απορριμμάτων) προκειμένου να παρέχει μόνωση μεταξύ απορριμμάτων και εδάφους. Απώτερος σκοπός είναι η αποφυγή μόλυνσης του υδροφόρου ορίζοντα με τα εν λόγω διασταλάγματα.

Το σύστημα εντοπίζει τις τυχόν διαρροές παρατηρώντας τις απότομες μεταβολές στην φυσική τάση του υπεδάφους, οι οποίες οφείλονται στη μεγάλη περιεκτικότητα σε ηλεκτρολύτες των διασταλαγμάτων. Για να επιτευχθεί αυτό, ένα πλέγμα ηλεκτροδίων προ-τοποθετείται κάτω από τη γεωμεμβράνη και χρησιμοποιείται για να πραγματοποιούνται οι μετρήσεις διαφοράς δυναμικού.

Τη λήψη μετρήσεων εκτελεί αυτόματα ένα σύστημα συλλογής δεδομένων, το οποίο στη συνέχεια και σε πραγματικό χρόνο ή σε τακτά χρονικά διαστήματα αποστέλλει τα δεδομένα με ασύρματη ζεύξη σε Η/Υ για επεξεργασία με τη βοήθεια ειδικού λογισμικού το οποίο σχεδιάστηκε αποκλειστικά για τις ανάγκες της παρούσας πτυχιακής.

Abstract

The subject of the present thesis, is the development of an autonomous, automated, telemetric system for monitoring and detection of leachate leaks through the geomembrane, which is used in a landfill in order to provide insulation between domestic wastes and soil. Ultimate purpose is the avoidance of polluting the groundwater resources with the in question leachate.

The system detects the possible leaks by observing the sharp variations of the natural voltage of the subsoil, which are caused due to the high concision of electrolytes in the leachate. In order to achieve this, a grid of electrodes is pre-situated under the geomembrane and is used for potential difference measurements.

The measurements are performed automatically by a data collection system, which also in real time or scheduled intervals transmits wirelessly the data to a PC for processing with the aid of special software, which was designed exclusively for the needs of the present thesis.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή.....	1
2. Αντικείμενο της Πτυχιακής Εργασίας.....	2
3. Περιγραφή βασικής ιδέας και λειτουργίας του συστήματος.....	6
3.1 Ρυθμός μεταβολής διαφοράς δυναμικού υπεδάφους.....	6
3.2 Πλέγμα ηλεκτροδίων.....	11
3.3 Συνδεσμολογία ηλεκτροδίων.....	16
4. Τεχνική περιγραφή του συνολικού συστήματος.....	17
5. Περιγραφή των επιμέρους στοιχείων του σταθμού μετρήσεων.....	19
5.1 Σταθμός μετρήσεων.....	19
5.2 Σύστημα τροφοδοσίας.....	21
5.3 Σύστημα τηλεμετρίας.....	23
5.4 Συσκευές λήψης μετρήσεων.....	25
5.5 Ανάλυση του προγράμματος του Datalogger CR23X.....	30
6. Περιγραφή των επιμέρους στοιχείων του σταθμού βάσης.....	32
6.1 Σταθμός βάσης.....	32
6.2 Λογισμικό υποστήριξης PC208W.....	37
6.3 Λογισμικό ανάλυσης δεδομένων.....	43
6.3.1 Δυνατότητες λογισμικού / κύρια φόρμα.....	43
6.3.2 Ανάλυση μενού / υπομενού επιλογών λογισμικού.....	49
6.3.3 Ανάλυση αλγόριθμου σχεδίασης γραφήματος.....	56
6.3.4 Ανάλυση αλγόριθμου κβαντισμού τάσεων γραφήματος.....	59
7. Συμπεράσματα.....	60
8. Βιβλιογραφία.....	62

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

A. Ανάλυση πηγαίου κώδικα του λογισμικού ανάλυσης δεδομένων με χρήση σχολίων.....	63
B. Διάγραμμα ροής πηγαίου κώδικα του λογισμικού ανάλυσης δεδομένων.....	82

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας, είναι η ανάπτυξη ενός αυτόνομου, αυτόματου, τηλεμετρικού συστήματος επιτήρησης και ανίχνευσης διαρροών των διασταλαγμάτων μέσω της γεωμεμβράνης, η οποία χρησιμοποιείται σε ένα ΧΥΤΑ (χώρος υγειονομικής ταφής απορριμμάτων) προκειμένου να παρέχει μόνωση μεταξύ απορριμμάτων και εδάφους. Απώτερος σκοπός είναι η αποφυγή μόλυνσης του υδροφόρου ορίζοντα με τα εν λόγω διασταλάγματα.

Το σύστημα εντοπίζει τις τυχόν διαρροές παρατηρώντας τις απότομες μεταβολές στο φυσικό δυναμικό του υπεδάφους, οι οποίες οφείλονται στη μεγάλη περιεκτικότητα σε ηλεκτρολύτες των διασταλαγμάτων. Για να επιτευχθεί αυτό, ένα πλέγμα ηλεκτροδίων προ-τοποθετείται κάτω από τη γεωμεμβράνη και χρησιμοποιείται για να πραγματοποιούνται οι μετρήσεις διαφοράς δυναμικού.

Τη λήψη μετρήσεων εκτελεί αυτόματα ένα σύστημα συλλογής δεδομένων, το οποίο και στη συνέχεια σε πραγματικό χρόνο ή σε τακτά χρονικά διαστήματα αποστέλλει τα δεδομένα με ασύρματη ζεύξη σε Η/Υ για επεξεργασία με τη βοήθεια κατάλληλου λογισμικού το οποίο σχεδιάστηκε αποκλειστικά για τις ανάγκες της παρούσας πτυχιακής. Το λογισμικό λαμβάνει τα δεδομένα των μετρήσεων δυναμικού που προκύπτουν και βάσει αυτών σχεδιάζει έγχρωμο γράφημα κατανομής των διαφορών δυναμικού. Σε περίπτωση διαρροής εντοπίζει τη θέση της και την καταγράφει σε ξεχωριστό αρχείο μαζί με τη χρονική στιγμή του συμβάντος. Τέλος, έχει τη δυνατότητα να αναπαράγει παρελθοντικές στιγμές κατανομής δυναμικού.

2. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ως είναι γνωστό, απόρροια του σύγχρονου πολιτισμού είναι και η μεγάλη παραγωγή **Αστικών Στερεών Αποβλήτων** (ΑΣΑ). ΑΣΑ είναι τα στερεά ή ημιστερεά υλικά που ανακύπτουν (κυρίως) ως παραπροϊόντα από τις δραστηριότητες των νοικοκυριών και των εμπορικών εγκαταστάσεων. Είναι αντικείμενα ή υλικά από τα οποία ο κάτοχός τους πρέπει να απαλλαγεί.

Έχουν αναπτυχθεί αρκετοί μέθοδοι διαχείρισης / επεξεργασίας των ΑΣΑ, των οποίων οι σημαντικότερες είναι η μείωση στην πηγή, η επαναχρησιμοποίηση, η ανάκτηση υλικών και ενέργειας, η βιοεπεξεργασία και η υγειονομική ταφή απορριμμάτων.

Η εδαφική διάθεση ή υγειονομική ταφή των ΑΣΑ, είναι μέθοδος επεξεργασίας και διάθεσης που χρησιμοποιείται από αρχαίους λαούς μεταξύ των οποίων και οι Έλληνες, και θεωρείται ως η τελική διέξοδος στη διαχείριση των ΑΣΑ, γι' αυτό είναι άλλωστε και η πιο δημοφιλής μέθοδος. Ωστόσο πρέπει να αναφέρουμε ότι όλες οι υπόλοιπες μέθοδοι έχουν προτεραιότητα έναντι της ταφής (σε ερευνητικό επίπεδο τουλάχιστον). Ο λόγος για τον οποίο η ταφή έχει επικρατήσει είναι προφανώς ότι είναι η αρχαιότερη και απλούστερη μέθοδος, παρόλο που σταδιακά έχει την τάση να καταργηθεί, τουλάχιστον στην Ευρωπαϊκή Ένωση, καθώς έχει 2 σημαντικά αντίκτυπα στο περιβάλλον: Την παραγωγή βιοαερίου και διασταλαγμάτων.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα ασχοληθούμε με την **υγειονομική ταφή** των ΑΣΑ και πιο συγκεκριμένα με τα **διασταλάγματα**, δηλαδή τα υγρά λύματα τα οποία εκρέουν από τα ΑΣΑ προς το υπέδαφος, όπως θα δείξουμε στη συνέχεια.

Ο ΧΥΤΑ είναι χώρος υπερεδάφιος ή υπεδάφιος, διαστάσεων περίπου ενός γηπέδου, κατάλληλα διαμορφωμένος ώστε να αποτίθενται σε αυτόν στερεά απόβλητα και ελέγχονται τα προϊόντα της αποσύνθεσής τους μέχρις ότου αυτά καταστούν μη επικίνδυνα για το περιβάλλον και την υγεία. Ο πυθμένας και οι πλευρές (της υπεδάφιας διαμόρφωσης) “στεγανοποιούνται” με φυσικά ή συνθετικά υλικά. Η εναπόθεση γίνεται με διάστρωση των αποβλήτων σε στρώσεις, συμπίεσή τους σε προκαθορισμένο βαθμό, και κάλυψή τους με εδαφικό ή άλλο υλικό σε περιοδική βάση (συνήθως καθημερινή). Μετά την πλήρωση του διαθέσιμου χώρου εντός του τελικού ανάγλυφου, ο χώρος καλύπτεται “στεγανό κάλυμμα” επί του οποίου μπορεί να αναπτύσσεται βλάστηση. Στο Σχ. 1 παρουσιάζεται ένα τυπικό ΧΥΤΑ:



Σχήμα 1. Πλάγια κατατομή της δομής ΧΥΤΑ

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναλύσουμε τη σύσταση των ΑΣΑ, και αναφέρουμε ορισμένα κύρια συστατικά τους: Τροφικά υπολείμματα, ζυμώσιμα, χαρτιά, χαρτόνια, πλαστικά, υφάσματα, δέρματα, ξύλα, απόβλητα κήπων, γυαλιά, μέταλλα, τέφρα, ογκώδη αντικείμενα, επικίνδυνα / τοξικά οικιακά απόβλητα,

ηλεκτρικά είδη, συσκευές, κτλ. Ο Πίνακας I αναλύει την μέση ποσοστιαία (κατά βάρος) σύνθεση των ΑΣΑ σε μια τυπική πόλη με πληθυσμό > 10.000 κατοίκους:

Πίνακας I. Κατά βάρος σύσταση των Αστικών Στερεών Αποβλήτων

	Υλικό	Ποσοστό βάρους υλικού επί συνολικού βάρους δείγματος
Οργανικά Υλικά	Τροφικά Υπολείμματα	46,0%
	Χαρτί - Χαρτόνι	20,0%
	Πλαστικά	8,5%
	Υφάσματα Λάστιχα Δέρματα Ξύλο	5,0%
	Απορρίμματα Κήπων	1,5%
Ανόργανα Υλικά	Γυαλί	4,5%
	Μέταλλα	5,0%
	Αδρανή υλικά - χώμα	3,0%
	Υπόλοιπα	6,5%

Όπως υποψιάζεται κανείς, σημαντικό ποσοστό της μάζας των ΑΣΑ είναι σε υγρή κατάσταση. Η **υγρασία** είναι χαρακτηριστική στα ΑΣΑ και μπορεί να μετρηθεί με την εξής μεθοδολογία: Μετράμε το “**υγρό βάρος**” ενός δείγματος (δηλαδή το αρχικό του βάρος), τοποθετούμε το δείγμα σε κλίβανο με θερμοκρασία 105°C μέχρι να σταθεροποιηθεί το βάρος του, και στη συνέχεια μετράμε το “**ξηρό βάρος**” του. Η υγρασία του δείγματος είναι προφανώς η διαφορά των 2 μετρήσεων, και μπορεί να εκφραστεί ως ποσοστό επί του υγρού βάρους. Οπότε στον Πίνακα II παρουσιάζονται τα ίδια δεδομένα με τον Πίνακα I, έχοντας προσθέσει και το ποσοστό υγρασίας του κάθε υλικού επί του υγρού του βάρους:

Πίνακας II. Κατά βάρος σύσταση και ποσοστό υγρασίας των Αστικών Στερεών Αποβλήτων

	Υλικό	Ποσοστό βάρους υλικού επί συνολικού βάρους δείγματος	Ποσοστό υγρασίας υλικού επί υγρού βάρους υλικού
Οργανικά Υλικά	Τροφικά Υπολείμματα	46,0%	70,0%
	Χαρτί - Χαρτόνι	20,0%	6,0%
	Πλαστικά	8,5%	5,0%
	Υφάσματα Λάστιχα Δέρματα Ξύλο	5,0%	2,0%
	Απορρίμματα Κήπων	1,5%	60,0%
Ανόργανα Υλικά	Γυαλί	4,5%	2,0%
	Μέταλλα	5,0%	2,5%
	Αδρανή υλικά - χώμα	3,0%	7,0%
	Υπόλοιπα	6,5%	2,5%

Από τα δεδομένα του Πίνακα II εύκολα μπορούμε να υπολογίσουμε την συνολική υγρασία των ΑΣΑ με τον εξής τρόπο: Πολλαπλασιάζουμε για το εκάστοτε υλικό το ποσοστό της πρώτης στήλης με αυτό της δεύτερης, για να βρούμε το ποσοστό υγρασίας για το συγκεκριμένο υλικό το οποίο εμπεριέχεται στο δείγμα.

Τέλος, προσθέτουμε όλα τα ποσοστά που θα προκύψουν για όλα τα υλικά, και προκύπτει ότι τα ΑΣΑ περιέχουν **37,5% υγρασία (κατά βάρος)**.

Ας ορίσουμε ακόμη ένα μέγεθος το οποίο θα μας χρειαστεί στη συνέχεια της ανάλυσης, την **καθαρή υδροχωρητικότητα**. Καθαρή υδροχωρητικότητα των ΑΣΑ ορίζεται ως η μέγιστη υγρασία (% επί του υγρού βάρους) που μπορεί να συγκρατηθεί από αυτά σε κανονικές συνθήκες πεδίου βαρύτητας (δηλαδή υπό την επήρεια μόνο της βαρύτητας). Από το μέγεθος αυτό εξαρτάται η δημιουργία διασταλαγμάτων στο χώρο υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ), καθώς διασταλάγματα δημιουργούνται μόνον εφόσον η υγρασία υπερβεί την καθαρή υδροχωρητικότητα. Η καθαρή υδροχωρητικότητα των ΑΣΑ (εφόσον είναι ασυμπιεστα) έχει τυπική τιμή 12.5% επί του υγρού βάρους. Συνεπώς, εφόσον τα ΑΣΑ παραμένουν ασυμπιεστα, θα έχουμε παραγωγή διασταλαγμάτων $37.5\% - 12.5\% = 25\%$ **επί του υγρού βάρους**.

Όμως τα ΑΣΑ θα υποστούν συμπίεση στον ΧΥΤΑ, συνεπώς η καθαρή υδροχωρητικότητά τους θα μειωθεί ραγδαία, και η παραγωγή διασταλαγμάτων θα αυξηθεί αντίστοιχα.

Συμπέρασμα ως αυτό το σημείο είναι ότι τα ΑΣΑ τα οποία θάβονται σε ένα ΧΥΤΑ θα παράγουν διασταλάγματα σε ποσοστό 25% έως 37.5% επί του υγρού βάρους, ποσότητα σημαντική, η οποία θα εισχωρήσει στο υπέδαφος. Γιατί όμως τα διασταλάγματα είναι επικίνδυνα για το περιβάλλον; Η απάντηση δίδεται στην επόμενη παράγραφο.

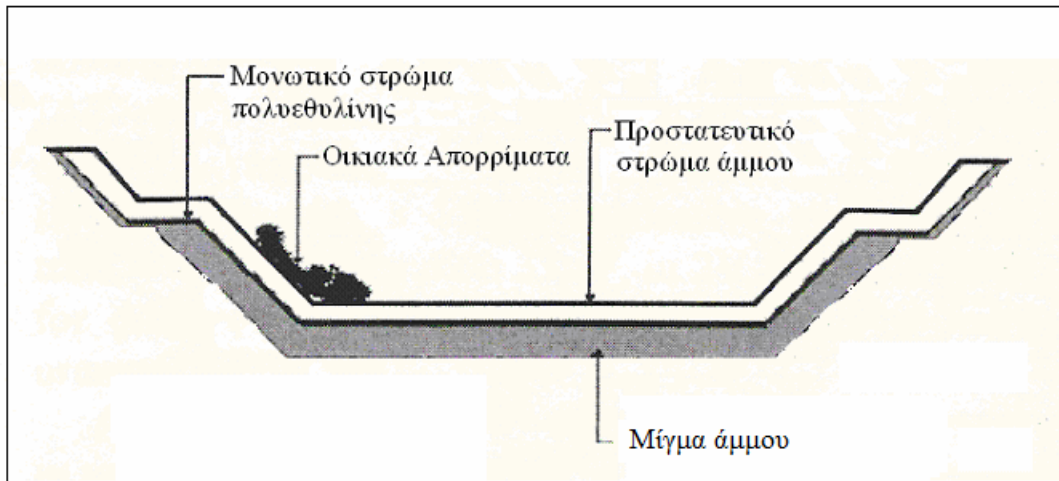
Τα ΑΣΑ στη χώρα μας εκτιμάται ότι περιέχουν 0.12% επικίνδυνες ουσίες. Επικίνδυνες ουσίες / απόβλητα ορίζονται εκείνα με τις κάτωθι ιδιότητες: Εκρηκτικό, οξειδωτικό, πολύ εύφλεκτο, εύφλεκτο, ερεθιστικό, επιβλαβές, τοξικό, καρκινογόνο, διαβρωτικό, μολυσματικό, τερατογόνο, μεταλλαξιγόνο, χημικώς δραστικό μετά από επαφή με νερό, αέρα ή οξύ.

Τα προϊόντα οικιακής χρήσης που εμπεριέχουν επικίνδυνες ουσίες είναι πάρα πολλά, ενδεικτικά αναφέρουμε τα εξής: απορρυπαντικά, διαλυτικά, χρώματα, βερνίκια, σκόνες και υγρά καθαρισμού, ζιζανιοκτόνα, μελάνες, κόλλες, ρητίνες, φωτογραφικά χημικά, φάρμακα, μπαταρίες, σωλήνες φθορισμού, αεροζόλ, άλλα απόβλητα που περιέχουν υδράργυρο. Συνεπώς, τα διασταλάγματα θα περιέχουν επικίνδυνες ουσίες, και για αυτό το λόγο δεν πρέπει να επιτρέψουμε την εισχώρησή τους στο υπέδαφος καθώς κάτι τέτοιο θα σήμαινε τη μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα.

Για να αποτρέψουμε όμως την διαφυγή των διασταλαγμάτων προς το υπέδαφος, συνεπώς και προς τον υδροφόρο ορίζοντα, τοποθετείται μεταξύ των ΑΣΑ και του εδάφους μία γεωμεμβράνη.

Η **γεωμεμβράνη** είναι ένα στρώμα πολυεθυλίνης πάχους 2.5 χιλιοστών, τοποθετείται πάνω στο έδαφος πριν αρχίσουν να εναποθέτονται λύματα, και σαν σκοπό έχει την απομόνωση των λυμάτων από το έδαφος. Επιπρόσθετα, πάνω από τη γεωμεμβράνη τοποθετείται ένα στρώμα άμμου, για να προστατέψει την πρώτη από τυχόν αιχμηρά απορρίμματα. Τέλος, κάτω από τη γεωμεμβράνη έχει ήδη τοποθετηθεί ένα στρώμα μίγματος άμμου, για προστασία της γεωμεμβράνης και για ακόμα ένα λόγο που θα εξηγήσουμε αργότερα.

Το Σχ. 2 παρουσιάζει αναλυτικότερα τη συνολική δομή:



Σχήμα 2. Πλάγια κατατομή της δομής ΧΥΤΑ

Η γεωμεμβράνη είτε λόγω κατασκευαστικών ατελειών είτε κατά την εναπόθεση των απορριμμάτων, ενδέχεται να παρουσιάζει **ανοίγματα**, με αποτέλεσμα υγρά λύματα να βρίσκουν διέξοδο προς το υπέδαφος, με όλες τις επικίνδυνες συνέπειες. Μπορεί ακόμα και να τρυπήσει κατά τη διάρκεια της περιόδου που τα λύματα παραμένουν θαμμένα.

Δίχως τη λύση που παρουσιάζεται στην παρούσα πτυχιακή εργασία, το γεγονός ότι η γεωμεμβράνη έχει διατηρηθεί, μπορεί να διαπιστωθεί μόνο μέσω χημικών αναλύσεων του νερού του υπεδάφους, παίρνοντας δείγματα από γειτονικά πηγάδια ή γεωτρήσεις. Ακόμη όμως και αν διαπιστωθεί κάτι τέτοιο, η μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα έχει ουσιαστικά συντελεστεί εκτεταμένα και εξακολουθεί να λαμβάνει χώρα, μάλιστα σε πολύ μεγάλο βαθμό.

Προφανώς λοιπόν, είναι επιθυμητό ένα σύστημα επιτήρησης της ακεραιότητας της γεωμεμβράνης, το οποίο θα ενημερώνει άμεσα τους αρμόδιους φορείς στην έναρξη του προβλήματος και εντοπίζοντας το σημείο έκλυσης, έτσι ώστε να γίνουν γρήγορα και εστιασμένα οι κατάλληλες παρεμβάσεις να ελαχιστοποιείται κατά το δυνατόν η μόλυνση.

Διάφορες ερευνητικές ομάδες, έχουν κατά καιρούς παρουσιάσει λύσεις ενεργητικής επίβλεψης της γεωμεμβράνης, με απαγορευτικά όμως υψηλό κόστος. Η παρούσα πτυχιακή εργασία, αφορά στην ανάπτυξη ενός αυτόνομου, αυτόματου, τηλεμετρικού συστήματος για την έγκαιρη και αποτελεσματική αντιμετώπιση του προβλήματος που αναλύθηκε παραπάνω.

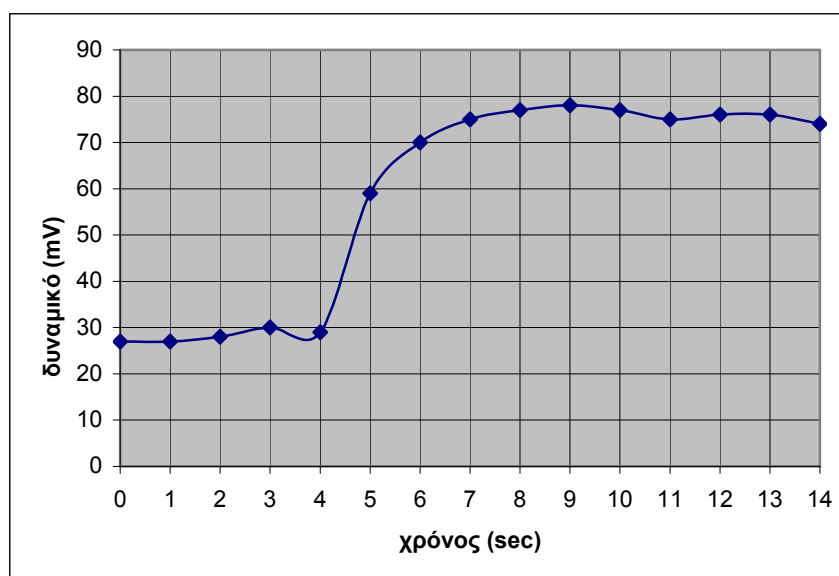
3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΑΣΙΚΗΣ ΙΔΕΑΣ & ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

3.1 ΡΥΘΜΟΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΑΣΗΣ ΥΠΕΔΑΦΟΥΣ

Η μέθοδος επίλυσης του παραπάνω προβλήματος, έγκειται στην παρατήρηση του **ρυθμού μεταβολής των διαφορών δυναμικού** που παρουσιάζει το υπέδαφος στα διάφορα σημεία του. Αυτές οφείλονται κυρίως σε ηλεκτροχημικά, ηλεκτροστατικά και ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα, τεχνητά ή φυσικά. Οι τάσεις αυτές μεταβάλλονται συνεχώς και τυχαία, συνήθως όμως κυμαίνονται μέσα στα πλαίσια κάποιων ορίων. Τα όρια αυτά μπορούν εύκολα να καθοριστούν με στατιστικές μελέτες. Στη δική μας μελέτη, παρατηρήθηκε μεταβολή των παραπάνω τάσεων μεταξύ των τιμών $\pm 200\text{mV}$. Επιπρόσθετα, η **μέγιστη** μεταβολή των τάσεων αυτών είναι συνήθως (με πιθανότητα $> 95\%$) **1 mV / sec**.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να ανοίξουμε μια παρένθεση και να μελετήσουμε τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των διασταλαγμάτων, των οποίων την τυχόν διαρροή προσπαθούμε να εντοπίσουμε. Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό τους είναι η αυξημένη περιεκτικότητα σε **μεταλλικά ιόντα και άλατα**, τα οποία είναι προϊόντα των αντιδράσεων μετάλλων-οξέων, εξαιτίας της παρουσίας οργανικών οξέων και COOH. Τα ιόντα παράγουν αξιοσημείωτες μεταβολές στο φυσικό δυναμικό του υπεδάφους, στη γειτονική περιοχή των σημείων όπου θα διαρρεύσουν. Πάνω σε αυτή τους την ιδιότητα στηρίζεται η λειτουργία του όλου συστήματος.

Άρα αν η γεωμεμβράνη διατρηθεί, τα διασταλάγματα θα εισχωρήσουν στο υπέδαφος, προκαλώντας μεταβολή στο φυσικό δυναμικό του υπεδάφους με ρυθμό πολύ μεγαλύτερο από το σύνηθες. Η οξεία αυτή μεταβολή θα είναι της τάξεως των **20 έως 90mV / sec**, και θα διαρκέσει μερικά δευτερόλεπτα. Η μεταβολή αυτή μπορεί να χαρακτηριστεί ως “μεταβατικό φαινόμενο”, και ανεξάρτητα από τη διάρκειά του επιφέρει μια συνολική μεταβολή δυναμικού από 20 μέχρι 100mV. Το Σχ. 3 παρουσιάζει μια τυπική μεταβολή δυναμικού στο υπέδαφος κατά τη στιγμή (δευτερόλεπτο 4) όπου διάλυμα με ιόντα εισχωρεί στη γειτονική περιοχή του ηλεκτροδίου:



Σχήμα 3. Μεταβολή δυναμικού τη χρονική στιγμή όπου διάλυμα με ιόντα εισχωρεί στη γειτονική περιοχή ηλεκτροδίου

Επίσης πρέπει να αναφέρουμε ότι έπειτα από την απότομη μεταβολή του δυναμικού στη συγκεκριμένη περιοχή του υπεδάφους, το δυναμικό μπορεί είτε να επανέλθει στο αρχικό του επίπεδο είτε να υποστεί μια μόνιμη απόκλιση. Οποιαδήποτε μεταβολή όμως λάβει χώρα έπειτα από τη στιγμή της διαρροής, θα συμβεί με τον συνηθισμένο φυσικό (αργό) ρυθμό μεταβολής.

Όλες οι προαναφερθείσες μετρήσεις τάσεως, πραγματοποιούνται με τη χρήση ηλεκτροδίου το οποίο θάβεται στο υπέδαφος.

Συνοψίζοντας, παίρνοντας συνεχώς μετρήσεις της διαφοράς δυναμικού του υπεδάφους, εντοπίζουμε το φάσμα δυναμικού μέσα στο οποίο κυμαίνεται η φυσιολογική τιμή, καθώς και τον φυσιολογικό ρυθμό μεταβολής της. Αν από κάποια στιγμή κι έπειτα παρατηρήσουμε ασυνήθιστα μεγάλο ρυθμό μεταβολής του δυναμικού αυτού, (η οποία ενδέχεται να μεταβληθεί και εκτός ορίων), το γεγονός αυτό αποτελεί ένδειξη ότι η γεωμεμβράνη έχει διατηρηθεί και τα διασταλάγματα έχουν αρχίσει να διαρρέουν προς το υπέδαφος. Πρέπει να σημειωθεί, ότι με αυτή τη μέθοδο, το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ της διάτρησης της γεωμεμβράνης και της διαπίστωσης του αυτού γεγονότος είναι πολύ μικρό, και συνεπώς η μόλυνση δεν έχει πάρει ακόμα μεγάλες διαστάσεις.

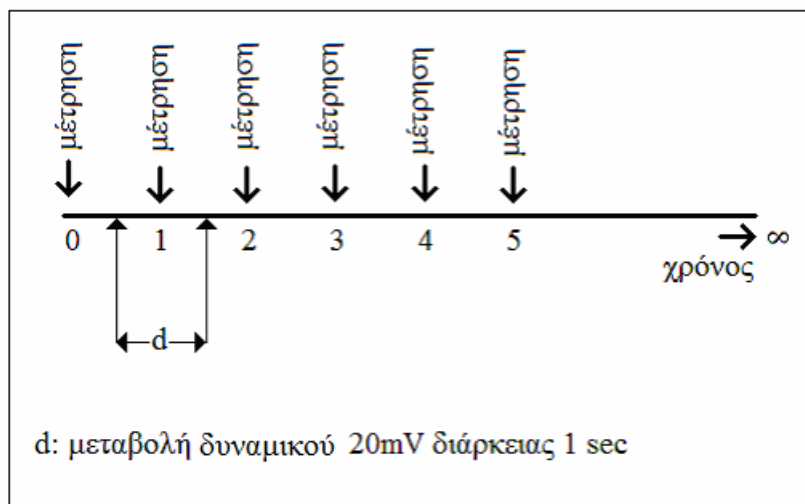
Πρέπει ακόμα να ορίσουμε δύο σημαντικές παραμέτρους της μεθόδου αυτής: Τη **περίοδο μέτρησης διαφοράς δυναμικού** και το **όριο του ρυθμού μεταβολής** της από τον οποίο και πάνω θα θεωρηθεί ασυνήθιστος (ύποπτος για διαρροή).

Όσον αφορά τη περίοδο μέτρησης δυναμικού ισχύουν τα εξής: Όσο πιο μικρή είναι, τόσο πιο αξιόπιστο είναι το σύστημα καθώς αποκλείουμε το γεγονός να περάσει κάποια διαρροή απαρατήρητη. Το αποδεκτό τίμημα είναι η συσσώρευση μεγάλου όγκου δεδομένων, καθώς αυτά θα καταγράφονται. Βέβαια, το γεγονός ότι μια διαρροή θα περάσει απαρατήρητη είναι καταστροφικό, ενώ η συσσώρευση αδικαιολόγητα μεγάλου όγκου δεδομένων είναι σχεδόν ασήμαντη στις μέρες μας.

Όσον αφορά το όριο του ρυθμού μεταβολής του δυναμικού, εύκολα καταλαβαίνει κανείς ότι πρέπει να εκλεχθεί η σωστή τιμή προκειμένου να μην έχουμε ψευδείς συναγερμούς, αλλά ούτε και να περνάνε απαρατήρητες οι διαρροές.

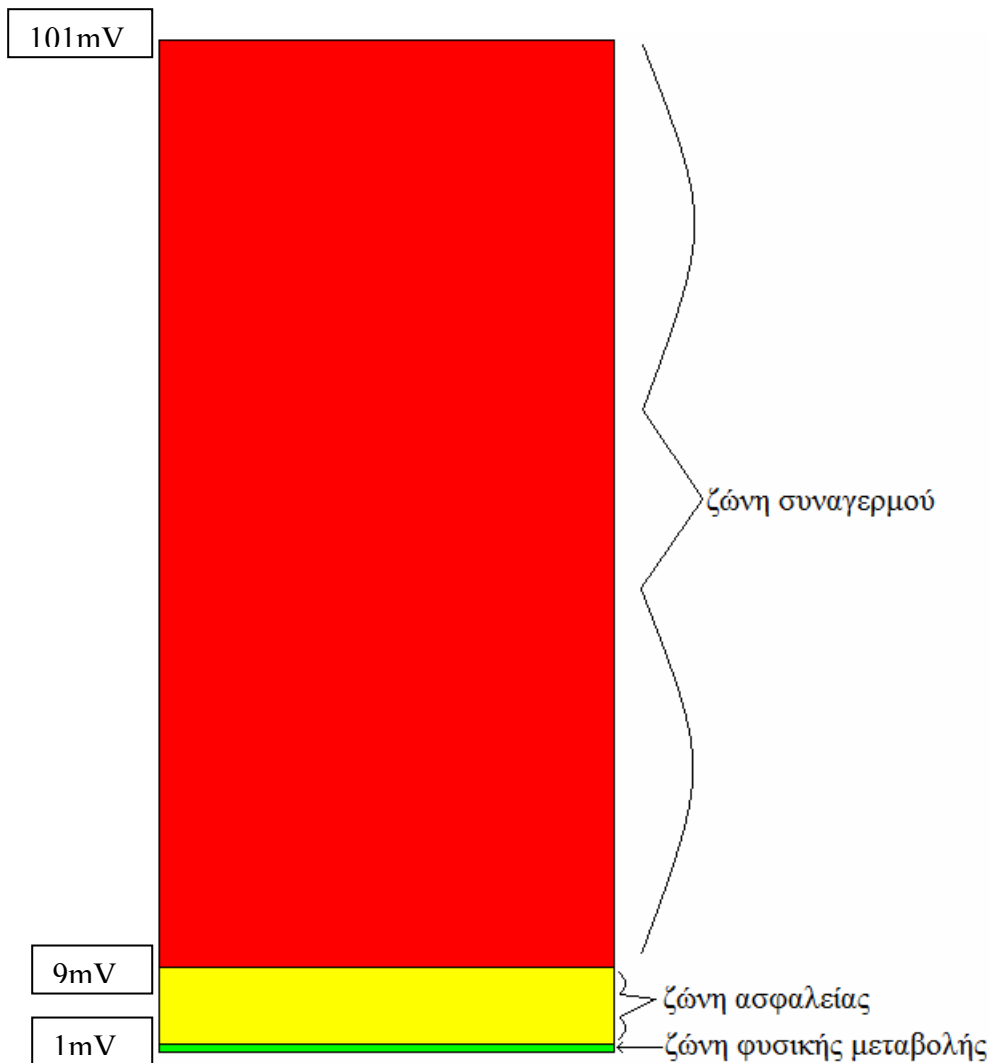
Ιδανική περίοδος μετρήσεων κρίθηκε το **1 δευτερόλεπτο**, και ιδανικό όριο φυσιολογικού ρυθμού μεταβολής δυναμικού κρίθηκαν τα **9mV**. Οι λόγοι για τους οποίους εκλέχθηκαν οι τιμές αυτές, ακολουθούν αμέσως παρακάτω.

Όπως και σε κάθε άλλο σύστημα, πρέπει να υπολογίζουμε πάντα το σενάριο χειρότερης περίπτωσης. Θα προσπαθήσουμε να υπολογίσουμε τη μικρότερη δυνατή μεταβολή δυναμικού η οποία οφείλεται σε διαρροή. Όπως αναφέραμε παραπάνω, μια διαρροή μπορεί να επιφέρει μια μεταβολή στο δυναμικό το λιγότερο 20mV μέσα σε 1 δευτερόλεπτο. Όμως το μεταβατικό αυτό φαινόμενο, μπορεί να ξεκινήσει να συμβαίνει όχι στην αρχή της περιόδου μέτρησης, αλλά στη μέση της, και αυτή είναι η χειρότερη στιγμή που μπορεί να συμβεί όπως φαίνεται στο Σχ. 4:



Σχήμα 4. Διαδοχικές μετρήσεις δυναμικού

Και είναι η χειρότερη στιγμή, διότι στις δύο διαδοχικές μετρήσεις δυναμικού (δευτερόλεπτο 0 έως 1 και δευτερόλεπτο 1 έως 2) θα αντιληφθώ τη μισή μεταβολή δυναμικού του μεταβατικού φαινομένου, δηλαδή 10mV. Και ευνόητο είναι ότι θα αντιληφθώ τη μισή μεταβολή δυναμικού ανεξάρτητα από το αν η μεταβολή είναι γραμμική ή όχι. Επιπρόσθετα, η φυσική μεταβολή δυναμικού του υπεδάφους ενδέχεται να έχει πρόσημο αντίθετο από εκείνη που οφείλεται στη διαρροή, άρα αναιρούνται μερικώς. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η μέγιστη φυσική μεταβολή της δυναμικού είναι μέχρι 1mV, άρα η μεταβολή που τελικά παρατηρήθηκε λόγω διαρροής είναι $10\text{mV} - 1\text{mV} = 9\text{mV}$. Δηλαδή μέσα στην περίοδο του ενός δευτερολέπτου, μπορεί να παρατηρηθεί μεταβολή δυναμικού μέχρι 1mV λόγω φυσικής μεταβολής, ενώ λόγω διαρροής θα παρατηρηθεί μεταβολή στη χειρότερη περίπτωση 9mV. Καθώς λοιπόν μεσολαβούν 8mV (ζώνη ασφαλείας) μεταξύ φυσιολογικών συνθηκών και κατάστασης συναγερμού, το σύστημα είναι πρακτικά απολύτως αξιόπιστο. Επίσης για εντελώς ευνοϊκές συνθήκες σε περίπτωση διαρροής, η μετρούμενη μεταβολή δυναμικού θα είναι $100\text{mV} + 1\text{mV} = 101\text{mV}$. Αυτό παρουσιάζεται και στο Σχ. 5:



Σχήμα 5. Ζώνες διαφοράς δυναμικού

Επιπρόσθετα, πρέπει να αναφέρουμε ότι για μετρήσεις δυναμικού 16 ηλεκτροδίων με περίοδο μετρήσεων 1 sec, παράγεται όγκος δεδομένων περίπου 4.4GB ετησίως, η οποία με συμπίεση δεδομένων μπορεί να μειωθεί σε περίπου **5MB**.

Από το συγκεκριμένο αλγόριθμο σκέψης προκύπτει ότι για την εκάστοτε περίοδο μέτρησης που θα επιλέξω, μπορεί να υπολογιστεί και το ανάλογο όριο ύποπτης μεταβολής δυναμικού, το οποίο αν υπερβεί σημαίνει ότι έχουμε διαρροή.

Παραθέτουμε ακόμα ένα παράδειγμα υπολογισμού του ορίου δυναμικού. Για περίοδο 5 sec, έχουμε ελάχιστο αντιληπτό δυναμικό $20\text{mV} / 2 = 10\text{mV}$, η οποία ενδέχεται να αναιρεθεί μερικώς από τη φυσική μεταβολή η οποία θα είναι $5\text{sec} \times 1\text{mV} = 5\text{mV}$. Άρα προκύπτει η τιμή του ελάχιστου αντιληπτού δυναμικού που οφείλεται σε διαρροή η οποία είναι $10\text{mV} - 5\text{mV} = 5\text{mV}$. Δηλαδή μέσα στην περίοδο των 5 δευτερολέπτων, μπορεί να παρατηρηθεί μεταβολή δυναμικού μέχρι 5mV λόγω φυσικής μεταβολής, ενώ λόγω διαρροής θα παρατηρηθεί μεταβολή στη χειρότερη περίπτωση 5mV. Άρα, σε σενάριο χειρότερης περίπτωσης έχουμε οριακά πιθανότητα 50% να έχουμε ψευδή συναγερμό ή απαρατήρητη διαρροή.

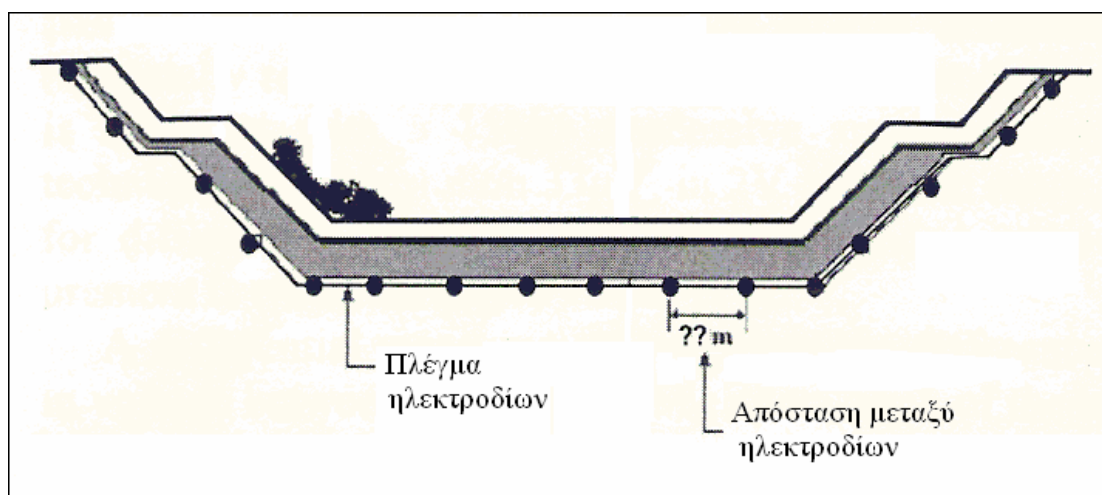
Και όσο επιλέγουμε μεγαλύτερη περίοδο, το σύστημα χάνει σταδιακά την αξιοπιστία του διότι εισάγει τις αργές φυσικές μεταβολές.

Σαφέστατα, μονάχα η διαπίστωση του γεγονότος ότι η γεωμεμβράνη έχει διατηρηθεί ή όχι, είναι σημαντική, αλλά δεν παρέχει τα απαραίτητα στοιχεία για την γρήγορη επιδιόρθωσή της. Γι'αυτό κρίναμε απαραίτητο να δώσουμε στο σύστημα τη

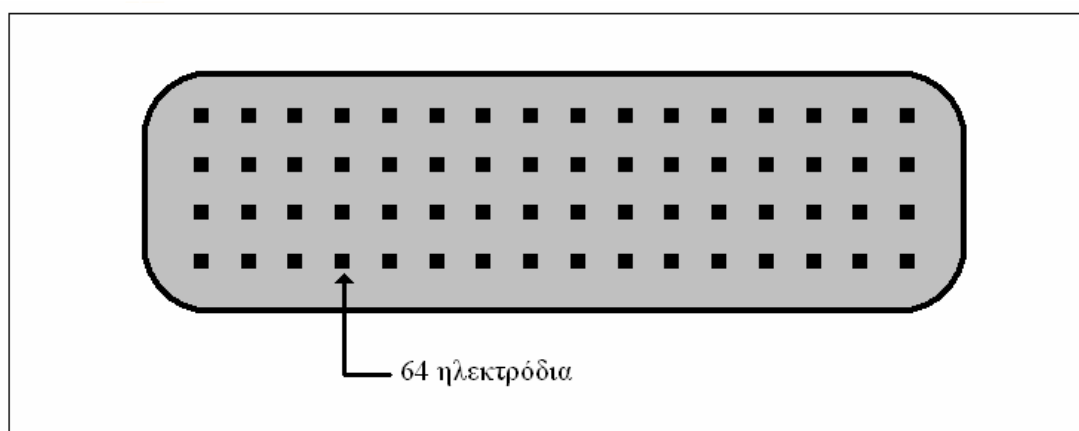
δυνατότητα να εντοπίζει (με ακρίβεια που καθορίζουμε εμείς) τη γεωγραφική θέση (ή θέσεις) στην οποία η μεμβράνη έχει διατηρηθεί, έτσι ώστε η ταχύτητα δράσης των αρμοδίων να αυξηθεί κατακόρυφα.

3.2 ΠΛΕΓΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ

Για να επιτύχουμε τον παραπάνω στόχο, θα βασιστούμε στην παραπάνω μεθοδολογία, αλλά με τη διαφορά ότι θα τοποθετήσουμε ένα **πλέγμα ηλεκτροδίων** κάτω από τη γεωμεμβράνη, με τα οποία θα μετράμε τις διαφορές δυναμικού στα επιμέρους σημεία του υπεδάφους. Για να γίνει περισσότερο κατανοητή η τοπολογία των ηλεκτροδίων, παραθέτουμε την πλάγια όψη (κάθετη τομή) και την κάτοψη του χώρου υγειονομικής ταφής:



Σχήμα 6. Πλάγια όψη χώρου ταφής



Σχήμα 7. Κάτοψη χώρου ταφής

Όπως φαίνεται και από το Σχ. 7, το πλέγμα αποτελείται από 64 ατσάλινα ανοξείδωτα ηλεκτρόδια τα οποία ισαπέχουν μεταξύ τους, και σχηματίζουν ένα πίνακα όπου το κάθε ηλεκτρόδιο αποτελεί ένα στοιχείο του πίνακα, και μπορούμε να του αποδώσουμε συντεταγμένες. Η απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων θα υπολογιστεί ανάλογα με την έκταση του χώρου ταφής.

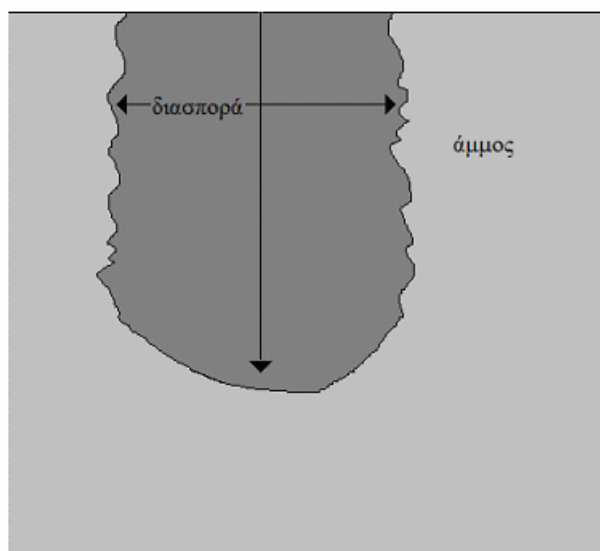
Στο πειραματικό μοντέλο κλίμακας που εμείς κατασκευάσαμε, το πλέγμα των ηλεκτροδίων αποτελείται από 16 χάλκινα ηλεκτρόδια τα οποία ισαπέχουν μεταξύ τους απόσταση **20cm**.

Το κάθε ηλεκτρόδιο βοηθά στην επιτήρηση της εγγύτερης γειτονικής του περιοχής, προκειμένου να είμαστε σε θέση να καθορίσουμε που ακριβώς (κοντά σε ποιο ηλεκτρόδιο) έχει συμβεί η διαρροή.

Ως γειτονική περιοχή του κάθε ηλεκτροδίου, ορίζεται εκείνη η οποία απέχει τόσο από το ηλεκτρόδιο, ώστε σε περίπτωση διαρροής διασταλαγμάτων μέσα σε αυτήν θα παρατηρηθεί από το ηλεκτρόδιο άμεση και αξιοσημείωτη μεταβολή δυναμικού. Η απόσταση αυτή μεταβάλλεται ανάλογα με τις συνθήκες υγρασίας, συνήθως όμως είναι **5cm**, σύμφωνα με τις μετρήσεις μας. Άρα το κάθε ηλεκτρόδιο καλύπτει περιοχή ακτίνας 5cm. Τι γίνεται όμως με την υπόλοιπη αχανή έκταση του χώρου ταφής η οποία μένει ακάλυπτη;

Λύση στο παραπάνω πρόβλημα δίνει το στρώμα μίγματος άμμου, το οποίο προκαλεί διάχυση στα υγρά λύματα αυξάνοντας έτσι την ακτίνα κάλυψης των ηλεκτροδίων.

Το κάθε κοκκώδες υλικό, όταν διαρρέεται από υγρό, προκαλεί στο τελευταίο συγκεκριμένη οριζόντια διασπορά, η οποία εξαρτάται από το μέγεθος των κόκκων. Το οριζόντιο εύρος της διασποράς του υγρού παραμένει σταθερό και ανεξάρτητο από το βάθος της διείσδυσης του στο υλικό. Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει τη διασπορά ενός υγρού καθώς αυτό συναντάει και εισέρχεται σημειακά σε υλικό με μειωμένη υδρο-αγωγιμότητα (π.χ. άμμο). Το Σχ. 8 αφορά την κατακόρυφη τομή της άμμου:



Σχήμα 8. Διασπορά διασταλαγμάτων

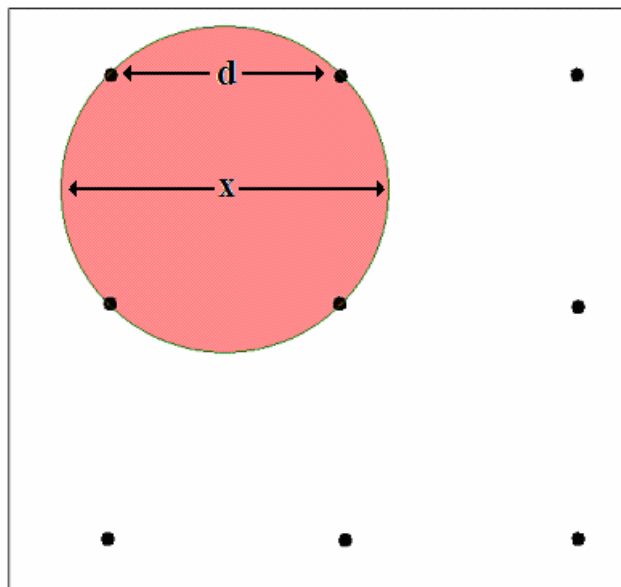
Όπως φαίνεται στο Σχ. 8, μόλις το υγρό διεισδύσει στο μίγμα άμμου αυτό αποκτά μια σχετική διασπορά, δηλαδή το υγρό διαδίδεται εκτός από τον κατακόρυφο άξονα και στον οριζόντιο. Βέβαια, στον οριζόντιο άξονα δεν διαδίδεται απεριόριστα αλλά μέχρι μια συγκεκριμένη ακτίνα, η οποία είναι συγκεκριμένη για το κάθε κοκκώδες υλικό και εξαρτάται από το μέγεθος των κόκκων του. Από τα παραπάνω προκύπτει το εξής ερώτημα: Εμείς πόση διασπορά των υγρών λυμάτων επιδιώκουμε;

Η απάντηση είναι απλή. Επιδιώκουμε τόση διασπορά, ώστε σε κάθε περίπτωση τα υγρά λύματα να εισέρχονται στη γειτονική περιοχή ενός και μόνο ηλεκτροδίου, έτσι ώστε να ξέρουμε κοντά σε ποιο ηλεκτρόδιο έχει συμβεί η διαρροή. Βέβαια, υπάρχει πάντα η περίπτωση να συμβεί διαρροή ακριβώς στη μέση δύο ή τεσσάρων ηλεκτροδίων, συνεπώς τα υγρά λύματα θα εισχωρήσουν στη γειτονική περιοχή δύο ή τεσσάρων ηλεκτροδίων αντίστοιχα. Η χειρότερη περίπτωση είναι η τελευταία, δηλαδή το επίκεντρο της διαρροής να βρίσκεται ακριβώς στη μέση μεταξύ

τεσσάρων ηλεκτροδίων. Άρα, η διασπορά που προκαλεί το μίγμα άμμου, πρέπει να έχει διάμετρο ίση με: **(απόσταση μεταξύ γειτονικών ηλεκτροδίων) * $\sqrt{2}$**

Η παραπάνω σχέση προκύπτει από το Πυθαγόρειο Θεώρημα. Εξασφαλίζοντας λοιπόν τέτοια διασπορά, είμαστε βέβαιοι ότι σε καμία περίπτωση δεν θα περάσει απαρατήρητη κάποια διαρροή.

Το Σχ. 9 παρουσιάζει μερικά ηλεκτρόδια σε κάτοψη, όπου έχει συμβεί διαρροή ακριβώς στη μέση τους (χειρότερη περίπτωση), και η ροζ περιοχή είναι αυτή στην οποία θα εισχωρήσουν τα υγρά λύματα λόγω της διασποράς που θα συμβεί καθώς αυτά διέρχονται μέσω του μίγματος άμμου. Η απόσταση μεταξύ γειτονικών ηλεκτροδίων συμβολίζεται με “d” και η διάμετρος της διασποράς συμβολίζεται με “x”:



Σχήμα 9. Διασπορά διασταλαγμάτων μεταξύ γειτονικών ηλεκτροδίων

Το μόνο που μένει λοιπόν να καθορίσουμε ακόμη, είναι το μέγεθος των κόκκων του μίγματος άμμου το οποίο θα προκαλέσει ακριβώς την επιθυμητή διασπορά, ούτε λιγότερη (διότι η διαρροή ενδέχεται να περάσει απαρατήρητη) ούτε περισσότερη (διότι έτσι θα διαβραχούν περισσότερα ηλεκτρόδια από ότι χρειάζονται κι έτσι μειώνεται η ακρίβεια υπολογισμού του σημείου διαρροής).

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, στο πειραματικό μοντέλο μικρής κλίμακας, η απόσταση μεταξύ γειτονικών ηλεκτροδίων είναι 20cm, συνεπώς η διάμετρος της διασποράς που επιδιώκουμε είναι $20 * \sqrt{2} = 28\text{cm}$.

Έπειτα από διάφορα πειράματα, βρέθηκε ότι την επιθυμητή διασπορά προκαλεί η μίξη 2 μέρων **άμμου Α** με 1 μέρος **άμμου Β**.

Η άμμος Α αποτελείται από τα κόκκους των κάτωθι διαμέτρων στην εξής ποσοστιαία αναλογία κατ'όγκο:

- μέγεθος κόκκου 5.0mm σε ποσοστό 5%
- μέγεθος κόκκου 1.5mm σε ποσοστό 15%
- μέγεθος κόκκου 1.0mm σε ποσοστό 30%
- μέγεθος κόκκου 0.5mm σε ποσοστό 50%

Η άμμος Β αποτελείται από τα κόκκους των κάτωθι διαμέτρων στην εξής ποσοστιαία αναλογία κατ'όγκο: μέγεθος κόκκου 0.2mm σε ποσοστό 100%

Για την διαπίστωση του γεγονότος ότι όντως η συγκεκριμένη διασπορά επιτεύχθη, χρησιμοποιήσαμε τη διάταξη του Σχ. 10, με την οποία μπορούμε να παρατηρήσουμε την τομή του μίγματος άμμου, καθώς αυτό διαρρέεται από υγρό:



Σχήμα 10. Διάταξη παρατήρησης διασποράς

Η παραπάνω διάταξη μπορεί απλοϊκά να περιγραφεί ως μια σκάφη με μικρό βάθος (2cm), την οποία γεμίζουμε με μίγμα άμμου. Έπειτα τοποθετείται συρταρωτά ένα γυάλινο καπάκι, έτσι ώστε να βλέπουμε το περιεχόμενό της. Στη συνέχεια η διάταξη αναρτάται κατακόρυφα, και στο κέντρο της μέσω οπής εισέρχεται νερό. Λόγω βαρύτητας το νερό θα αρχίσει να διεισδύει προς τα κάτω, και η κατακόρυφη πορεία του θα εκτρέπεται οριζόντια λόγω της διασποράς που προκαλεί το μίγμα άμμου. Η πορεία που ακολούθησε το νερό είναι εμφανής, καθώς η άμμος στην οποία διείσδυσε το νερό αποκτά πιο σκούρο χρώμα.

Όπως φαίνεται στο Σχ. 10, στα πρώτα 7cm από την κορυφή, η διασπορά έχει διάμετρο περίπου 9cm. Αυτό συμβαίνει διότι στα πρώτα 7cm έχουμε χρησιμοποιήσει ενδεικτικά 100% άμμο Α, η οποία αποτελείται από μεγάλους κόκκους.

Από τα 7cm και κάτω έχουμε χρησιμοποιήσει μίγμα άμμου σε αναλογία 66% άμμο Α και 33% άμμο Β. Το συγκεκριμένο μίγμα προκαλεί διασπορά με διάμετρο 28cm, η οποία είναι ιδανική για το πειραματικό μοντέλο μικρής κλίμακας που δημιουργήσαμε.

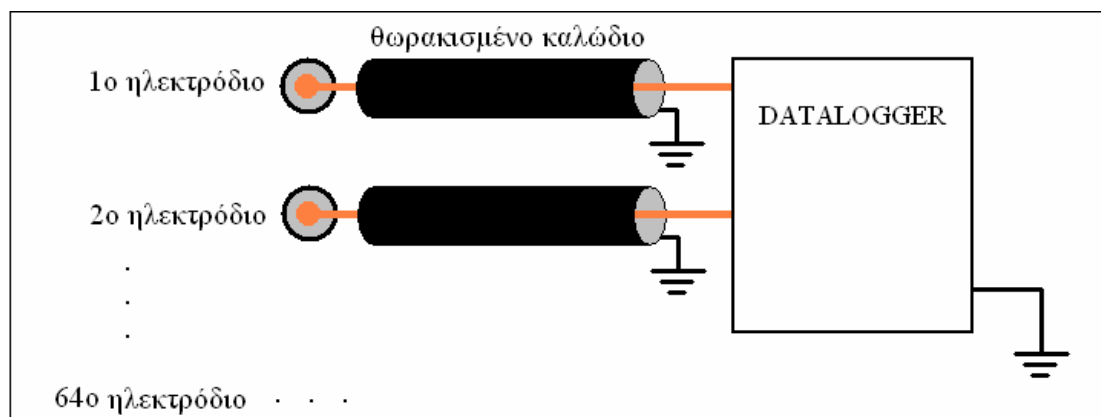
Με ανάλογο τρόπο και σαφώς πολύ μεγαλύτερη διάταξη θα μπορούσαμε να μελετήσουμε τα χαρακτηριστικά του μίγματος άμμου ή άλλου υλικού το οποίο θα μπορούσε να προκαλέσει διασπορά διαμέτρου 5 ή 10 μέτρων για να ανταποκρίνεται σε πραγματικές διαστάσεις ενός ΧΥΤΑ.

Επίσης πρέπει να αναφέρουμε ότι το στρώμα μίγματος άμμου χαρακτηρίζεται και από μια δευτερεύουσα χρήσιμη ιδιότητα, τη μεγάλη υδροχωρητικότητα. Αυτή οφείλεται στα «κενά» που παρουσιάζει το συγκεκριμένο υλικό (δεν είναι συμπαγές), τα οποία κενά γεμίζοντας και συγκρατώντας υγρά παρέχει αξιοσημείωτη υδροχωρητικότητα. Η τελευταία είναι χρήσιμη διότι καθυστερεί τη διείσδυση των διασταλαγμάτων σε κατώτερα στρώματα του υπεδάφους όπως επίσης και στον υδροφόρο ορίζοντα, δίνοντας χρόνο στις αρμόδιες αρχές να ενεργήσουν κατάλληλα.

Τέλος, πρέπει να αναφέρουμε ότι στον ανωτέρω σχεδιασμό του συστήματος εντοπισμού διαρροής διασταλαγμάτων, λάβαμε υπόψιν μας και πάλι το χειρότερο σενάριο, δηλαδή το γεγονός ότι η διαρροή είναι σημειακή άρα και δύσκολα ανιχνεύσιμη, ενώ στην πραγματικότητα η τελευταία λαμβάνει πολύ μεγαλύτερες διαστάσεις από απλά ένα σημείο.

3.3 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ

Τώρα που η τοπολογία των ηλεκτροδίων είναι σαφής, θα εμβαθύνουμε λίγο περισσότερο στην συνδεσμολογία τους. Το κάθε ηλεκτρόδιο συνδέεται μέσω θωρακισμένου καλωδίου σε ένα ηλεκτρονικό σύστημα λήψης και αποθήκευσης δεδομένων (datalogger CR23X). Στο Σχ. 11 φαίνεται συνοπτικά το διάγραμμα σύνδεσης:



Σχήμα 11. Συνδεσμολογία ηλεκτροδίων

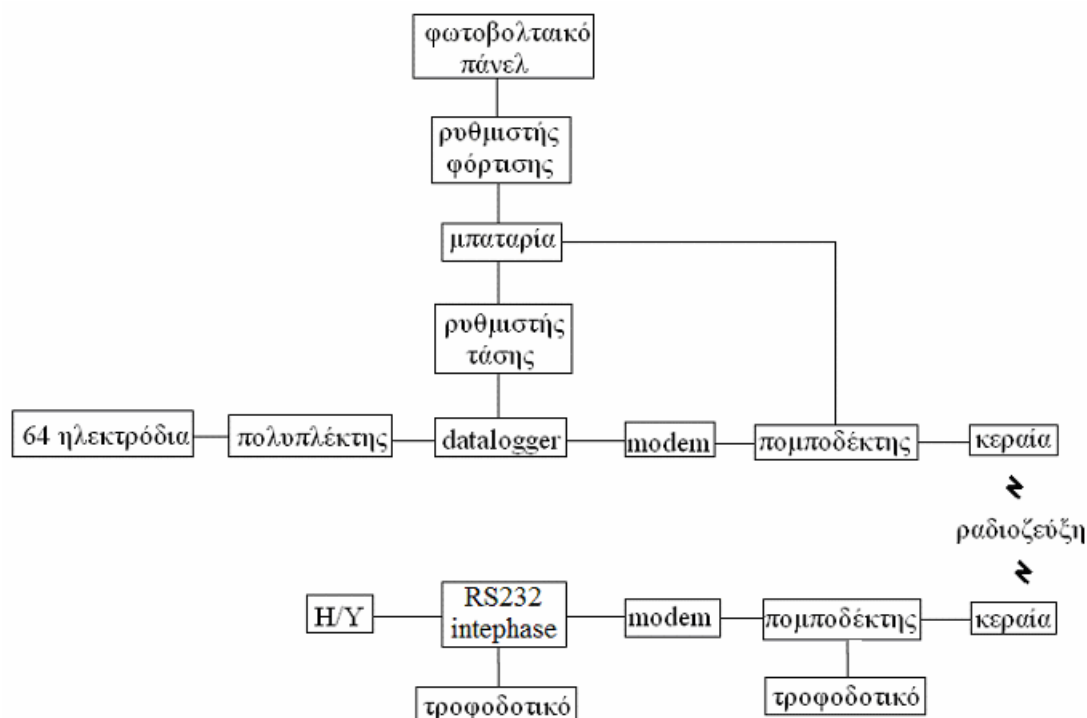
Ανά τακτά χρονικά διαστήματα, το σύστημα συλλογής δεδομένων παίρνει μετρήσεις της διαφοράς δυναμικού μεταξύ του εκάστοτε ηλεκτροδίου και της αναφοράς του συστήματος και τις καταχωρεί στην εσωτερική του μνήμη. Στη συνέχεια, αποστέλλει τις μετρήσεις αυτές μέσω ραδιοζεύξης στον υπολογιστή του απομακρυσμένου σταθμού παρακολούθησης.

Ο υπολογιστής αυτός είναι εφοδιασμένος με το λογισμικό PC208W (το οποίο παρέχεται μαζί με το σύστημα συλλογής δεδομένων), το οποίο ανά τακτά χρονικά διαστήματα λαμβάνει και καταγράφει σε αρχείο τις μετρήσεις δυναμικού των ηλεκτροδίων.

Επίσης ο Η/Υ είναι εφοδιασμένος με λογισμικό δικής μας σχεδίασης, το οποίο διαβάζει από το αρχείο τα δεδομένα δυναμικού και εκμεταλλεύεται τις μετρήσεις αυτές για να διαπιστώσει την ύπαρξη ή όχι οπών στην γεωμεμβράνη, καθώς και το σημείο του όποιου συμβάντος.

4. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Για να έχει ο αναγνώστης μια πληρέστερη εικόνα του συνολικού συστήματος, παραθέτουμε ένα σχηματικό διάγραμμα στο Σχ. 12:



Σχήμα 12. Σχηματικό διάγραμμα συστήματος

Η συστοιχία των συσκευών από τη λέξη “ραδιοζεύξη” και πάνω αποτελεί το **σταθμό μετρήσεων**, ο οποίος είναι εγκατεστημένος κοντά στο χώρο υγειονομικής ταφής απορριμμάτων και εκτελεί τις μετρήσεις δυναμικού.

Η συστοιχία των συσκευών από τη λέξη “ραδιοζεύξη” και κάτω, αποτελεί το **σταθμό βάσης**, ο οποίος είναι εγκατεστημένος στο κτήριο της αρμόδιας υπηρεσίας επιτήρησης του χώρου υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, και εκτελεί την επεξεργασία και αξιολόγηση των δεδομένων.

Το σύστημα του σταθμού μετρήσεων προορίζεται να λειτουργεί σε εξωτερικό χώρο, και μάλιστα μακριά από πηγές ηλεκτρικής ισχύος. Συνεπώς πρέπει να είναι αυτόνομο, κάτι που επιτυγχάνεται με ένα **φωτοβολταϊκό πάνελ** 12V, το οποίο μπορεί να προσφέρει έως 64W ισχύος.

Για να παρέχεται ισχύς στο σύστημα ακόμα και σε ημέρες χωρίς ηλιοφάνεια, φροντίζει μια συμβατική **μπαταρία** 12V, χωρητικότητας 60Ah. Επίσης για τη σωστή φόρτιση της μπαταρίας χρησιμοποιείται ένας **ρυθμιστής φόρτισης** 12V 5A.

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα, μονάχα ο πομποδέκτης τροφοδοτείται απευθείας από την μπαταρία, ενώ τα υπόλοιπα ενεργά περιφερειακά (πολυπλέκτης και modem) τροφοδοτούνται μέσω του συστήματος συλλογής δεδομένων, ο οποίος για λόγους προστασίας τροφοδοτείται μέσω **ρυθμιστή τάσης**.

Τα 64 ηλεκτρόδια λοιπόν, πρέπει να συνδεθούν στο σύστημα συλλογής δεδομένων, για να παρθούν οι απαραίτητες περιγραφείσες μετρήσεις. Το σύστημα συλλογής δεδομένων όμως, έχει μονάχα 24 εισόδους. Για τον λόγο αυτό,

χρησιμοποιούμε έναν **αναλογικό πολυπλέκτη** με 64 εισόδους, τις οποίες πολυπλέκει και μεταφέρει στο σύστημα συλλογής δεδομένων .

Η δεύτερη απαίτηση για το σύστημα, είναι η **τηλεμετρία**. Αυτή επιτυγχάνεται με το ραδιο-modem, τον ραδιο-πομποδέκτη και την κεραία. Ασφαλώς τα 3 προαναφερθέντα στοιχεία πρέπει να είναι και στο απομακρυσμένο σύστημα μετρήσεων και στο σταθμό βάσης επεξεργασίας δεδομένων.

Το **ραδιο-modem** λαμβάνει τα δεδομένα από την σειριακή θύρα του συστήματος συλλογής δεδομένων, τα διαμορφώνει, και τα αποστέλλει στον **ραδιο-πομποδέκτη**, ο οποίος θα τα εκπέμψει σε πολύ υψηλή συχνότητα με την **ομοιοκατευθυντική κεραία**.

Η ραδιοζεύξη επιτυγχάνεται ευκολότερα όταν υπάρχει οπτική επαφή μεταξύ συστήματος μετρήσεων και σταθμού επεξεργασίας δεδομένων, και τα δεδομένα μπορούν να μεταφέρονται με ρυθμό μετάδοσης συμβόλων μέχρι και 9600bps.

Με αντίστοιχο, αλλά αντίστροφο τρόπο, τα δεδομένα λαμβάνονται και μεταφέρονται στον υπολογιστή του σταθμού βάσης, για την περαιτέρω επεξεργασία που αναλύθηκε. Μεταξύ Η/Υ και ραδιο-modem μεσολαβεί ένα RS-232 interface, για να εκτελεί τη μετάφραση επιπέδων μεταξύ των 2 πρωτοκόλλων επικοινωνίας.

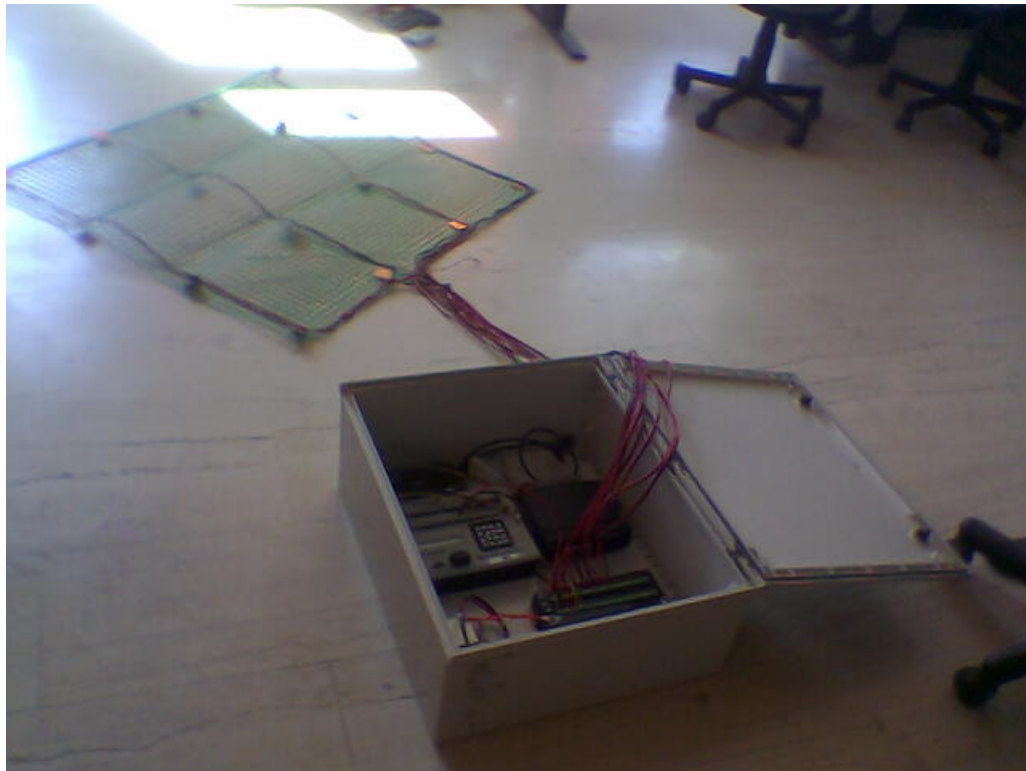
Στο πειραματικό υπό κλίμακα μοντέλο μας, για λόγους ευκολίας έχουμε προβεί στις παρακάτω αλλαγές του συστήματος:

- λόγω μικρότερου βάρους χρησιμοποιούμε μπαταρία μικρής χωρητικότητας (7Ah αντί για 60Ah)
- αντί για πλέγμα 64 ανοξειδωτων ηλεκτροδίων με καλώδιο Η/Μ θωράκισης, χρησιμοποιούμε πλέγμα 16 χάλκινων ηλεκτροδίων με απλό καλώδιο ηχείων

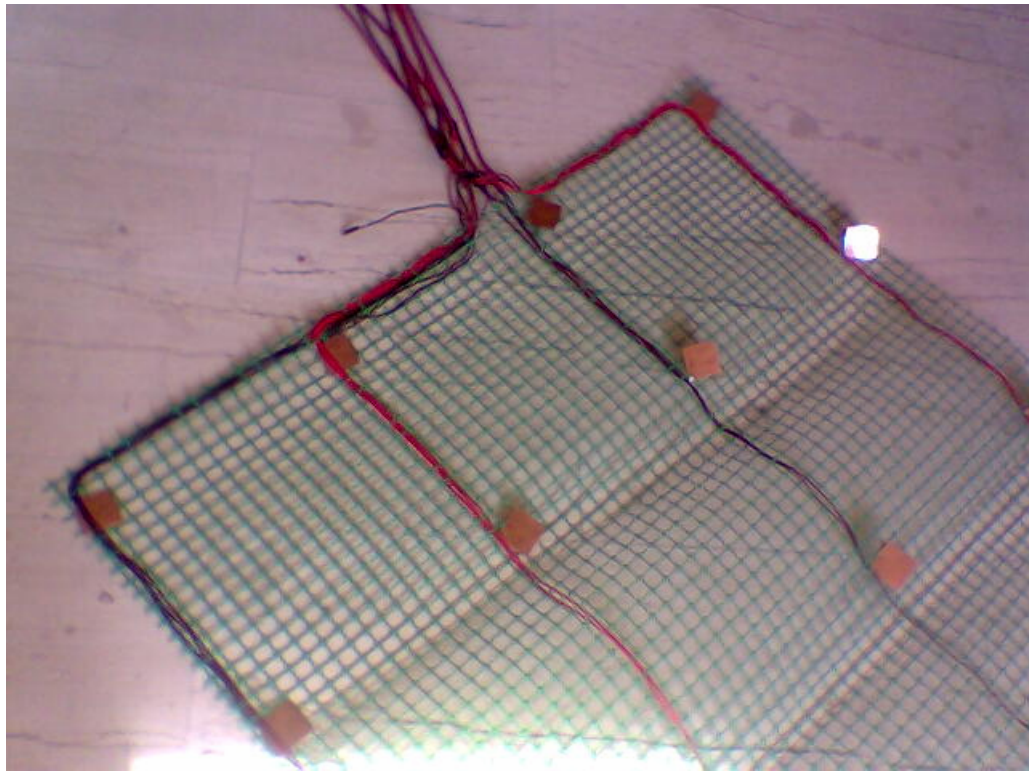
5. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

5.1 ΣΤΑΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

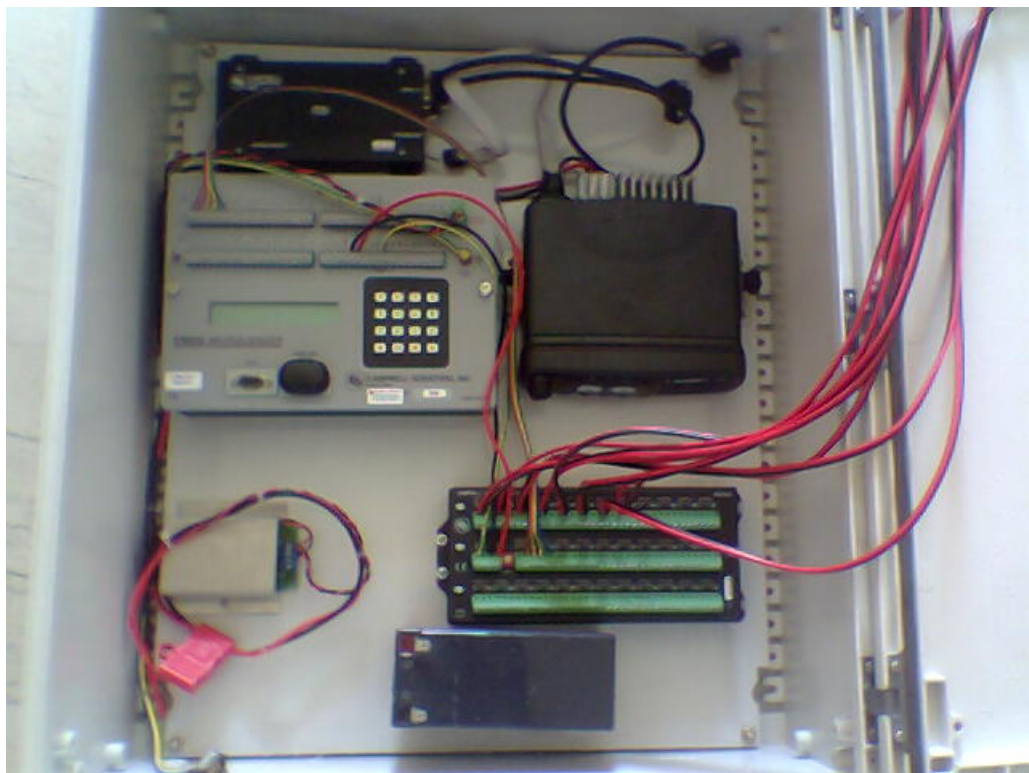
Αποτελείται από το πλέγμα ηλεκτροδίων, τον πολυπλέκτη (Campbell Scientific AM 16/32 Analog relay multiplexer), το σύστημα λήψης μετρήσεων (Campbell Scientific CR23X Datalogger), το ραδιο μόντεμ (Campbell Scientific RF95A Radio Modem), τον ασύρματο πομποδέκτη (Motorola GM340), την κεραία (Sirio GP 400 – 470), τον ρυθμιστή τάσης, τη μπαταρία, το φωτοβολταϊκό πάνελ και το ρυθμιστή φόρτισης.



Σχήμα 13. Συνολική άποψη συστήματος μετρήσεων



Σχήμα 14. 16 χάλκινα ηλεκτρόδια με απλό καλώδιο

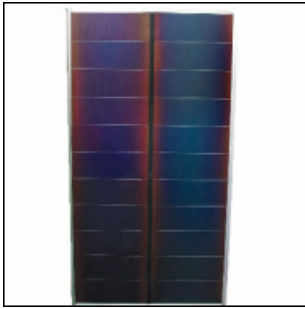


Σχήμα 15. Ενεργές συσκευές

5.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ

Το φωτοβολταϊκό πάνελ μετατρέπει την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική, προκειμένου το σύστημα του σταθμού μετρήσεων να είναι αυτόνομο. Παρέχει τάση 12V και ισχύς μέχρι και 64W.

Σε σειρά με το φωτοβολταϊκό πάνελ συνδέεται ένας ρυθμιστής φόρτισης 12V, ο οποίος φροντίζει για την σωστή φόρτιση της μπαταρίας του συστήματος. Περιορίζει το ρεύμα φόρτισης στα 6A, και διακόπτει την παροχή ρεύματος μόλις ολοκληρωθεί η φόρτιση.



Σχήμα 16. Φωτοβολταϊκό πάνελ 12V 64W



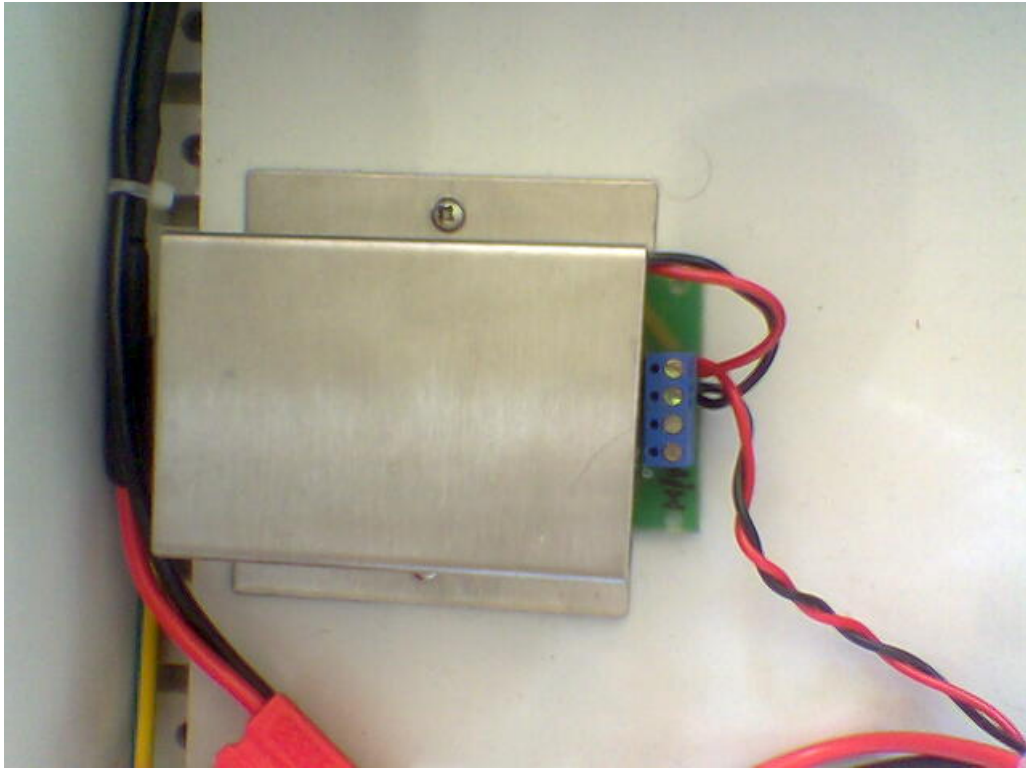
Σχήμα 17. Ρυθμιστής φόρτισης 12V 6A

Η μπαταρία που χρησιμοποιήσαμε στο μοντέλο κλίμακας είναι στοιχείων μολύβδου, κλειστού τύπου, χωρητικότητας 7Ah.



Σχήμα 18. Μπαταρία 12V 7Ah

Ο ρυθμιστής τάσης προστατεύει το σύστημα από τυχόν υπερτάσεις, παρέχοντας σταθερή τάση 12V.



Σχήμα 19. Ρυθμιστής τάσης 12V

5.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑΣ

Το ραδιο-modem λαμβάνει τα δεδομένα από το σύστημα συλλογής δεδομένων (μέσω σειριακής θύρας) και τα διαμορφώνει. Η τροφοδοσία του λαβαίνει χώρα μέσω της σειριακής θύρας. Μπορεί να επιτύχει ρυθμό μετάδοσης δεδομένων μέχρι 9600bps.



Σχήμα 20. Campbell Scientific RF95A ραδιο-modem

Ο ραδιο-πομποδέκτης λαμβάνει τα δεδομένα από το ραδιο-modem, και τα εκπέμπει με φέρουσα συχνότητα 400 - 470 MHz. Η ισχύς εκπομπής του έχει άνω όριο τα 25W.



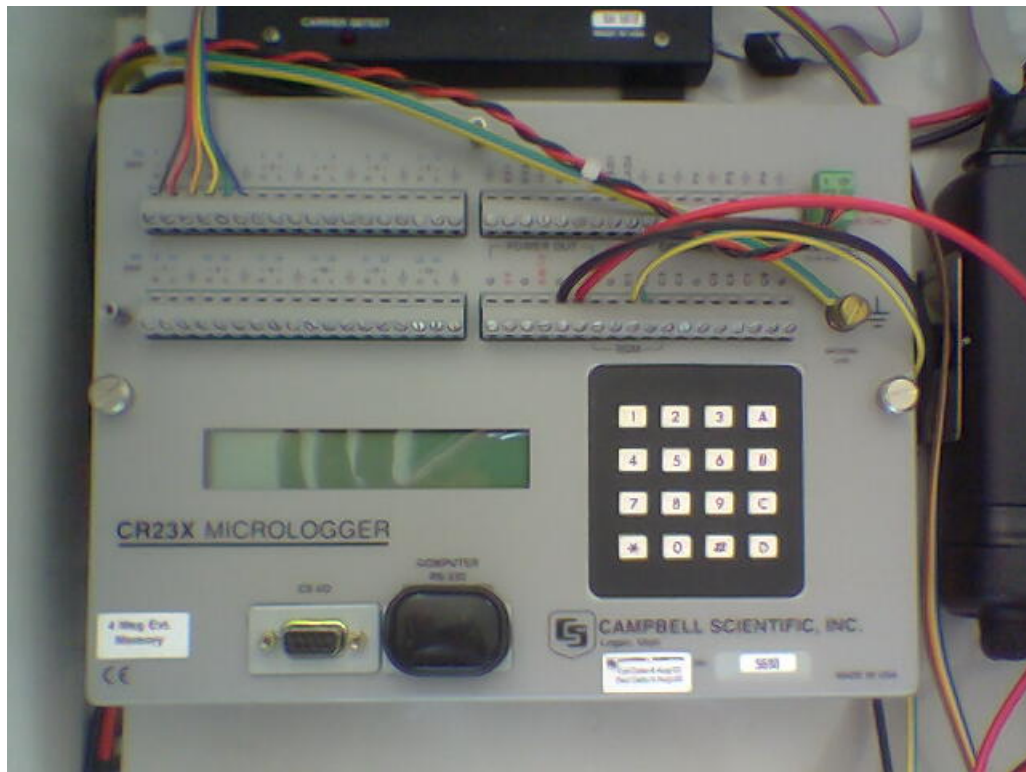
Σχήμα 21. Motorola GM340 ραδιο-πομποδέκτης

Η ασύρματη εκπομπή των δεδομένων γίνεται χρησιμοποιώντας την κεραία Sirio GP 400 – 470, η οποία είναι ομοιοκατευθυντική, μεσαίου κέρδους, κάθετης πόλωσης, με διαστάσεις $\lambda/4 + \lambda/2$ για συχνότητες 400-470MHz.



Σχήμα 22. Sirio GP 400-470 ομοιοκατευθυντική κεραία

5.4 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΛΗΨΗΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ



Σχήμα 23. CR23X datalogger

Ο πυρήνας του συστήματος είναι η συσκευή του Σχ. 23. Πρόκειται για ένα προγραμματιζόμενο σύστημα πραγματοποίησης, καταγραφής και συναλλαγής μετρήσεων και δεδομένων. Διαθέτει:

- οπτικά απομονωμένη RS-232 θύρα για απ'ευθείας σύνδεση με υπολογιστή
- ειδική σειριακή θύρα (CS I/O) η οποία χρησιμοποιείται για την επικοινωνία με το modem
- 24 αναλογικές εισόδους για μέτρηση τάσης
- 8 ψηφιακές θύρες I/O (Port1 - Port8)
- θύρες διέγερσης, παλμών εξόδου και συνεχής τάσης τις οποίες δεν θα χρειαστούμε
- LCD οθόνη 2 γραμμών
- πληκτρολόγιο 16 χαρακτήρων μέσω του οποίου μπορεί να προγραμματιστεί
- γραμμές εξόδου τροφοδοσίας 12 και 5V για τροφοδοσία περιφερειακών (όπως ο πολυπλέκτης)
- υποδοχή εισόδου για τα 12V που χρειάζεται
- συνδετήρα για γείωση, καθώς κρίνεται απαραίτητη για λόγους προστασίας του συστήματος και αύξησης της αξιοπιστίας των μετρήσεων

Όσον αφορά την εσωτερική του αρχιτεκτονική διαθέτει:

MNHMH:

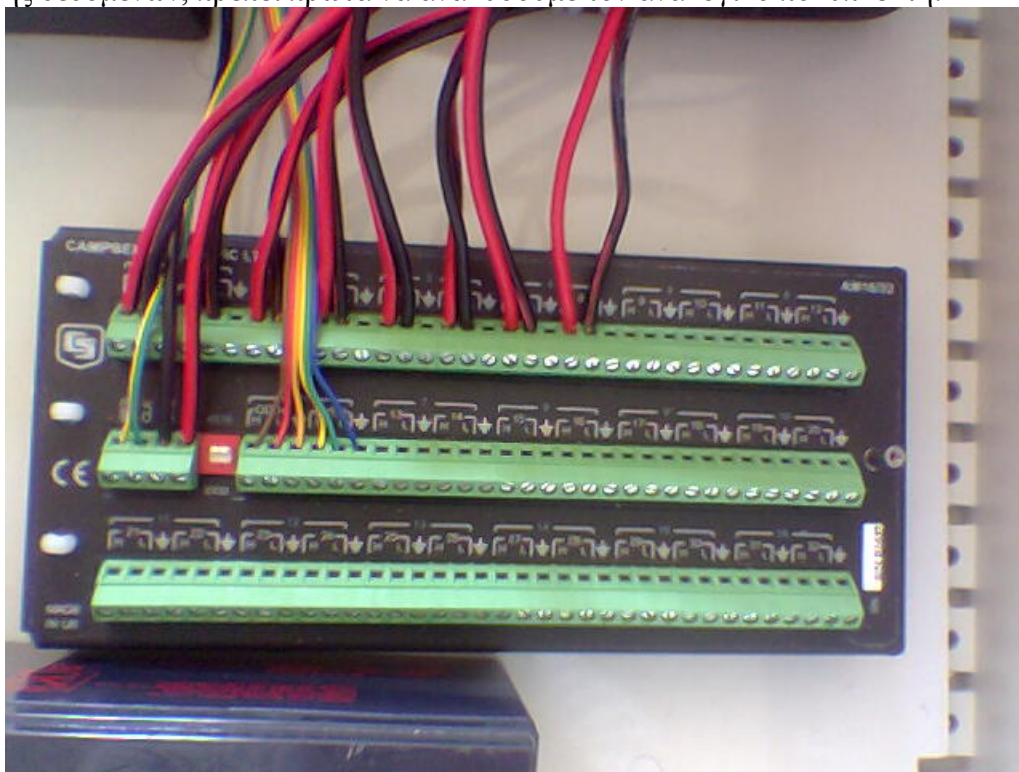
1. Μνήμη συστήματος. Περιέχει τον αλγόριθμο χάρη στον οποίο εκτελούνται οι διάφορες εντολές που εισάγει ο χρήστης. Αυτή η περιοχή μνήμης δεν είναι προσβάσιμη από τον χρήστη.
2. Μνήμη ενεργού προγράμματος. Είναι διαθέσιμη για την αποθήκευση των προγραμμάτων που εισάγει ο χρήστης.
3. Μνήμη αποθήκευσης δεδομένων εισόδου. Αποτελείται από 64 θέσεις μνήμης.
4. Μνήμη ενδιάμεσης αποθήκευσης. Αποτελείται από 64 θέσεις μνήμης, και εδώ αποθηκεύονται τα τυχόν ενδιάμεσα αριθμητικά αποτελέσματα από την επεξεργασία των δεδομένων.
5. Μνήμη τελικής αποθήκευσης. Αποτελείται από περίπου 570.000 θέσεις μνήμης, και εδώ αποθηκεύονται τα δεδομένα αφού έχουν υποστεί επεξεργασία. Πρέπει να σημειωθεί ότι αυτή η περιοχή μνήμης δεν σβήνεται σε περίπτωση απενεργοποίησης της συσκευής.

Το κάθε πρόγραμμα που μπορεί να εισαχθεί στο σύστημα συλλογής δεδομένων, αποτελείται από συστοιχία εντολών. Το σετ εντολών του συστήματος συλλογής δεδομένων αποτελείται από 132 εντολές διαφόρων τύπων.

ΤΥΠΟΙ ΕΝΤΟΛΩΝ

1. Εντολές εισόδου / εξόδου. Με τις εντολές εισάγονται ή εξάγονται δεδομένα (αναλογικά ή ψηφιακά) από τις αντίστοιχες θύρες του συστήματος συλλογής δεδομένων. Τα δεδομένα που εισάγονται αποθηκεύονται στη μνήμη αποθήκευσης δεδομένων εισόδου.
2. Εντολές επεξεργασίας. Οι εντολές αυτές εκτελούν αριθμητικές πράξεις πάνω στις τιμές δεδομένων που είναι αποθηκευμένες στη μνήμη αποθήκευσης δεδομένων εισόδου, και επιστρέφουν τα αποτελέσματα στην ίδια περιοχή μνήμης.
3. Εντολές επεξεργασίας εξόδου. Αυτές είναι οι μόνες εντολές οι οποίες αποθηκεύουν δεδομένα στη μνήμη τελικής αποθήκευσης. Προϋπόθεση για αυτό, είναι στην “Σημαία Εξόδου” να έχει αποδοθεί η λογική τιμή “1”. Οι εντολές αυτές χρησιμοποιούνται συνήθως για στατιστική επεξεργασία.
4. Εντολές ελέγχου προγράμματος. Αυτές χρησιμοποιούνται για λογικές αποφάσεις, συνθήκες, συγκρίσεις, εκτέλεση βρόγχων, εκτέλεση υπορουτινών και για αποστολή δεδομένων στα επιμέρους περιφερειακά.

Η κάθε εντολή περιέχει και τα ορίσματα της, κωδικοποιημένα. Πριν προχωρήσουμε στην ανάλυση του προγράμματος που έχουμε εισάγει στο σύστημα συλλογής δεδομένων, πρέπει πρώτα να αναλύσουμε τον αναλογικό πολυπλέκτη:



Σχήμα 24. AM16/32 Αναλογικός πολυπλέκτης με ρελέ

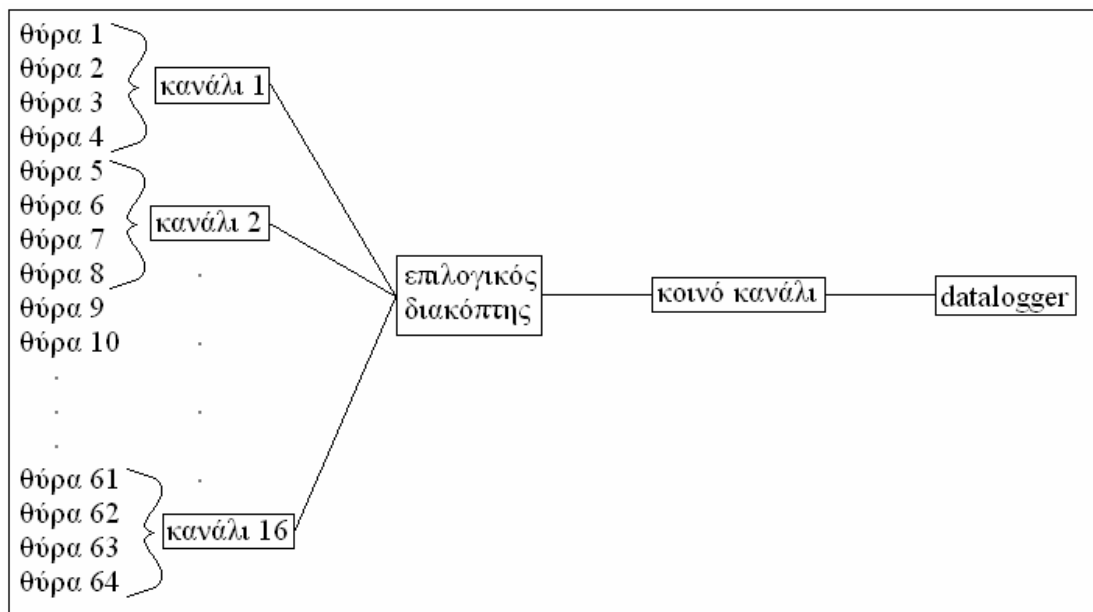
Ο συγκεκριμένος πολυπλέκτης διαθέτει 64 θύρες, και όπως προαναφέραμε τον χρησιμοποιούμε επειδή οι 24 θύρες του συστήματος συλλογής δεδομένων δεν είναι αρκετές. Επίσης διαθέτει 4 κοινές θύρες μέσω των οποίων γίνεται η πολυπλεξία, 2 ακόμα θύρες (RES και CLK) για σηματοδότηση και έλεγχο της πολυπλεξίας, και θύρες για τροφοδοσία (12V) και γείωση (τροφοδοτείται μέσω του συστήματος συλλογής δεδομένων).

Η πολυπλεξία λειτουργεί με τον ακόλουθο τρόπο: Οι 64 θύρες του πολυπλέκτη, ομαδοποιούνται σε τετράδες. Έτσι έχουμε 16 τετράδες (κανάλια), όπου το κάθε κανάλι διαδοχικά θα συνδεθεί με την κοινή τετράδα (κοινό κανάλι), το οποίο μεταφέρει τις μετρήσεις στο σύστημα συλλογής δεδομένων. Οπότε το σύστημα συλλογής δεδομένων χρειάζεται να δεσμεύσει μονάχα 4 εισόδους του για να λάβει και τις 64 μετρήσεις.

Ο πολυπλέκτης, με κάθε παλμό (μετάβαση από λογικό “0” σε “1”) που δέχεται στη θύρα CLOCK, συνδέει το κοινό κανάλι με το επόμενο κανάλι από αυτό που ήταν συνδεδεμένο. Έτσι λοιπόν, συνδέει το κοινό κανάλι διαδοχικά με καθένα από τα 16 κανάλια.

Προϋπόθεση για να συμβούν τα παραπάνω, είναι να εφαρμόζεται στη θύρα RESET λογικό “1”, έτσι ώστε ο πολυπλέκτης να βρίσκεται στην ενεργή κατάσταση. Αν στη θύρα RESET εφαρμοστεί λογικό “0”, τότε ο πολυπλέκτης θα βρεθεί στην ανενεργή κατάσταση, και επίσης ο πολυπλέκτης θα μηδενιστεί. Αν μετά τον μηδενισμό του πολυπλέκτη ακολουθήσει εφαρμογή λογικού “1” στο RESET, το κοινό κανάλι παραμένει ασύνδετο. Άρα πρέπει να δοθεί ένας παλμός στο CLOCK για να συνδεθεί το κοινό κανάλι με το πρώτο κανάλι. Με τον δεύτερο παλμό στο CLOCK, το κοινό κανάλι θα συνδεθεί με το δεύτερο κανάλι κλπ.

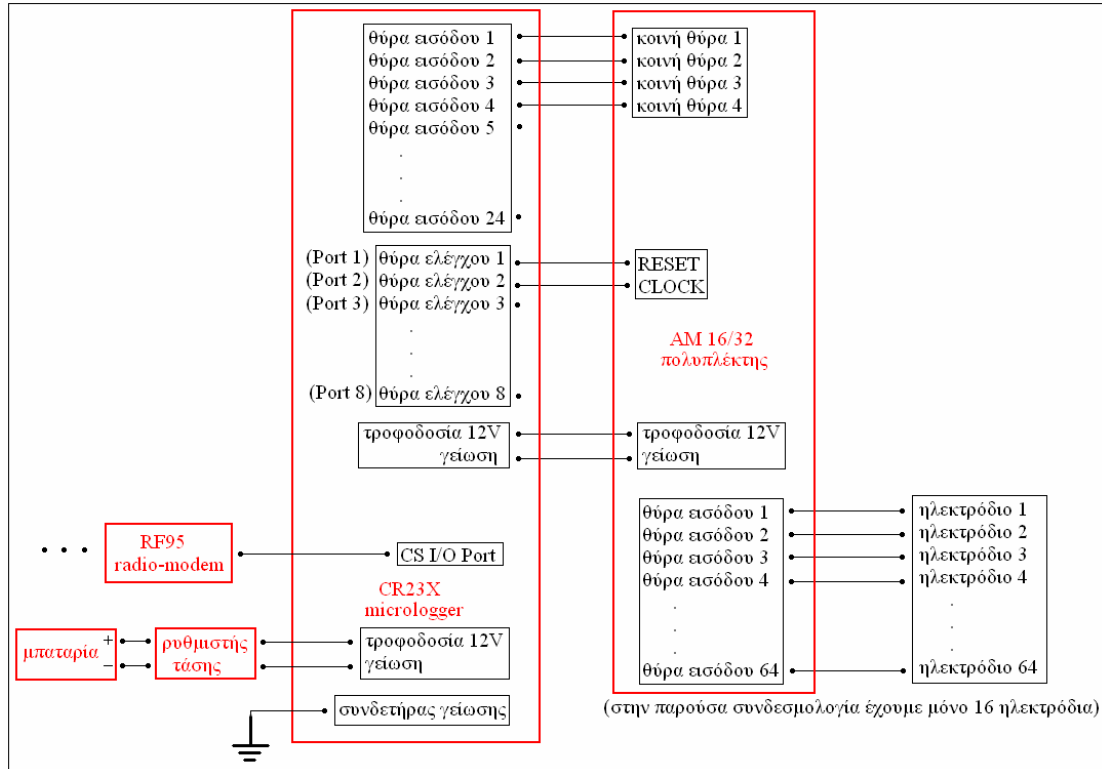
Το Σχ. 25 παρουσιάζει τη διαδικασία της πολυπλεξίας:



Σχήμα 25. Ο επιλογικός διακόπτης συνδέει διαδοχικά το καθένα κανάλι από τα 16 με το κοινό

Ένα ακόμη σημαντικό θέμα που πρέπει να θίξουμε όσον αφορά τη λειτουργία του πολυπλέκτη, είναι το ότι η σύνδεση του εκάστοτε καναλιού με το κοινό, επιτυγχάνεται με ρελέ. Το ρελέ όπως γνωρίζουμε, είναι ηλεκτρο-μηχανικό εξάρτημα, και συνεπώς απαιτείται ένας τυπικός χρόνος 20msec προκειμένου να εξασφαλιστεί καλή ηλεκτρική επαφή μεταξύ των καναλιών. Άρα, το σύστημα συλλογής δεδομένων πρέπει να αναμείνει 20msec αφότου έχει στείλει παλμό στο CLOCK, προτού πάρει την εκάστοτε μέτρηση δυναμικού.

Τώρα που έχει προηγηθεί ανάλυση του συστήματος συλλογής δεδομένων και του πολυπλέκτη, μπορεί να ακολουθήσει ένα διάγραμμα της διασύνδεσης των 2 προαναφερθέντων συσκευών:



Σχήμα 26. Διάγραμμα διασύνδεσης του συστήματος λήψης δεδομένων με τον πολυπλέκτη

5.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΤΟΥ DATA LOGGER CR23X

Το επόμενο μέρος της ανάλυσης αφορά το πρόγραμμα που έχουμε εισάγει στο σύστημα συλλογής δεδομένων. Πρέπει πρώτα να αναφέρουμε ότι το κάθε πρόγραμμα αποτελείται από 3 πίνακες (υπο-προγράμματα) τα οποία εκτελούνται επαναλαμβανόμενα και με διαφορετική περίοδο εκτέλεσης. Στην περίπτωση μας θα χρησιμοποιήσουμε μόνο τον 1 από τους 3 πίνακες.

Θα περιγράψουμε το πρόγραμμα στην εκδοχή των 16 ηλεκτροδίων. Από τη συνολική ανάλυση προκύπτει ότι το σύστημα συλλογής δεδομένων πρέπει ανά καθορισμένο χρονικό διάστημα (1 δευτερόλεπτο), να στέλνει τα απαραίτητα σήματα στον πολυπλέκτη έτσι ώστε να λαμβάνει και να καταχωρεί τις 16 μετρήσεις δυναμικού. Στη συνέχεια βάζει μια χρονική σφραγίδα πάνω στα δεδομένα, και τα αποθηκεύει στη μόνιμη μνήμη του.

Ακολουθεί μια περιγραφή του προγράμματος με σχόλια:

```
 ;{CR23X}
```

```
 ;
```

```
 *Table 1 Program
```

```
 01: 1 Execution Interval (seconds) -εκτέλεση προγράμματος κάθε 1 sec
```

```
 1: Do (P86)
```

```
 1: 41 Set Port 1 High -θέτω το port1 σε "1" για ενεργοποίηση πολυπλέκτη
```

```
 2: Beginning of Loop (P87)
```

```
 1: 0000 Delay -έναρξη βρόχου
```

```
 1: 0000 Delay -με 4 επαναλήψεις,
```

```
 2: 4 Loop Count -όσες και οι τετράδες των ηλεκτροδίων
```

```
 3: Do (P86)
```

```
 1: 72 Pulse Port 2 -το port2 θα στείλει παλμό
```

```
 - για να πολυπλεχθεί το επόμενο κανάλι
```

```
 4: Delay w/Opt Excitation (P22)
```

```
 1: 1 Ex Channel
```

```
 2: 0000 Delay W/Ex (units = 0.01 sec)
```

```
 3: 2 Delay After Ex (units = 0.01 sec) -καθυστερώ 20msec μέχρι να
```

```
 4: 0000 mV Excitation -αποκατασταθεί η επαφή του ρελέ
```

```
 5: Volt (SE) (P1)
```

```
 1: 4 Repts -παίρνω 4 μετρήσεις δυναμικού,
```

```
 2: 33 200 mV, 50 Hz Reject, Fast Range -όσες και οι θύρες του κάθε καναλιού.
```

```
 3: 1 SE Channel -θέτω το όργανο σε κλίμακα 200mV
```

```
 4: 1 Loc [ 1_1 ] -οι μετρήσεις θα ξεκινάνε από την πρώτη θύρα εισόδου
```

```
 -και στη μνήμη θα αποθηκεύ. από την πρώτη θέση και μετά.
```

```
 5: 1.0 Mult -πολλαπλασιάζω με 1 τη μέτρηση
```

```
 6: 0.0 Offset -και προσθέτω 0 όφσεντ
```

```
 6: Step Loop Index (P90)
```

```
 1: 4 Step -σε κάθε κύκλο του βρόχου, οι μετρήσεις θα
```

```
-αποθηκεύονται στην επόμενη τετράδα θέσεων μνήμης
```

```
 7: End (P95)
```

```
-σηματοδότηση τέλους του βρόχου
```

```
 8: Do (P86)
```

```
-θέτω το port1 σε "0" για απενεργοποίηση
```

1: 51 Set Port 1 Low -και μηδενισμό του πολυπλέκτη

9: Do (P86) -θέτω την σημαία εξόδου σε “1” για να μπορέσω να
 1: 10 Set Output Flag High (Flag 0) - γράψω στην τελική μνήμη αποθήκευσης

10: Resolution (P78)
 1: 1 High Resolution -θέτω σε υψηλή ανάλυση τις τιμές που θα καταγραφούν

11: Real Time (P77) -και τους βάζω χρονική και ημερομηνιακή σφραγίδα
 1: 1221 Year,Day,Hour/Minute,seconds (midnight = 2400)

12: Sample (P70) -καταγράφω τις 16 μετρήσεις στην μόνιμη μνήμη
 1: 16 Reps
 2: 1 Loc [1_1]

13: Do (P86) -θέτω σε “0” τη σημαία εξόδου,
 1: 20 Set Output Flag Low (Flag 0) - αφού η καταγραφή τελείωσε

*Table 2 Program
 02: 0.0000 Execution Interval (seconds)

*Table 3 Subroutines

End Program

6. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΒΑΣΗΣ

6.1 ΣΤΑΘΜΟΣ ΒΑΣΗΣ

Το σύστημα του σταθμού βάσης αποτελείται από τον την κεραία, τον ραδιοπομποδέκτη με το τροφοδοτικό ισχύος, το ραδιο μόντεμ, το RS232 interface με το τροφοδοτικό του, και τον Η/Υ επεξεργασίας δεδομένων.



Σχήμα 27. Συνολική άποψη του συστήματος λήψης και επεξεργασίας δεδομένων



Σχήμα 28. Sirio GP 400-470 ομοιοκατευθυντική κεραία

Ο ραδιο παμποδέκτης λαμβάνει το σήμα από την κεραία, το μετατρέπει σε ψηφιακά σήματα τα οποία παρέχει στο ραδιο-μόντεμ.



Σχήμα 29. Motorola GM340 ραδιο-πομποδέκτης

Το ρυθμιζόμενο τροφοδοτικό ισχύος που χρησιμοποιήθηκε για την παροχή ισχύος στον ραδιο πομποδέκτη Motorola GM340.



Σχήμα 30. Ρυθμιζόμενο τροφοδοτικό ισχύος

Το ραδιο μόντεμ λαμβάνει τα δεδομένα από τον πομποδέκτη, τα αποδιαμορφώνει και εν συνεχεία τα στέλνει στο RS-232 interface.



Σχήμα 31. Campbell Scientific RF95 ραδιο-μόντεμ

Το RS-232 interface λαμβάνει τα ψηφιακά δεδομένα από το ραδιο-μόντεμ στο πρωτόκολλο CS I/O και τα μετατρέπει σε ψηφιακά σήματα στάθμης RS-232, προκειμένου να είναι κατάλληλα για να τα δεχτεί ο Η/Υ.



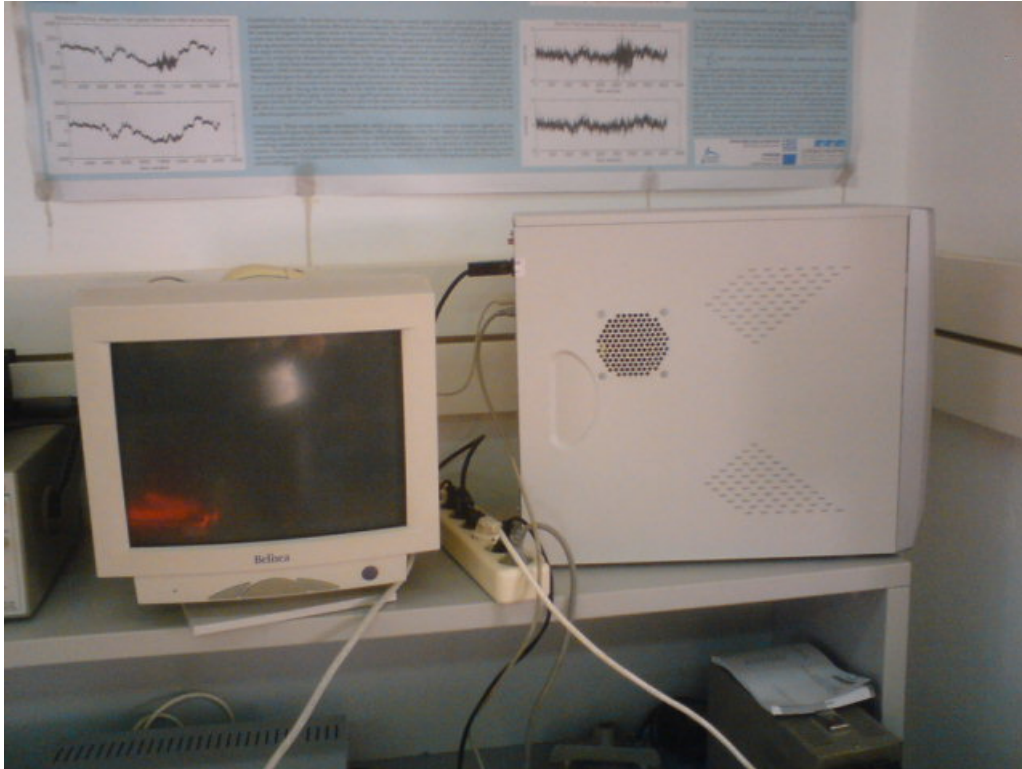
Σχήμα 32. RS-232 interface Campbell Scientific SC532

Για την παροχή ισχύος στο RS-232 interface SC532, χρησιμοποιήθηκε τροφοδοτικό χαμηλής ισχύος 12V, 500mA.



Σχήμα 33. Τροφοδοτικό χαμηλής ισχύος

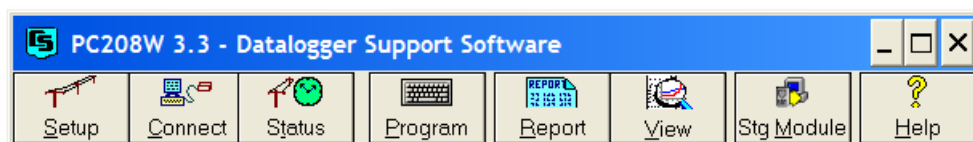
Ο Η/Υ του σχήματος 34, λαμβάνει τα δεδομένα των μετρήσεων, τα οποία επεξεργάζεται σύμφωνα με το ειδικό λογισμικό επιτήρησης της γεωμεμβράνης. Ταυτόχρονα, χρησιμοποιώντας το λογισμικό PC208W εκκινεί τη διαδικασία λήψης δεδομένων από το σταθμό μετρήσεων.



Σχήμα 34. Η/Υ επεξεργασίας δεδομένων

6.2 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ PC208W

Όπως αναφέραμε ήδη, το λογισμικό PC208W παρέχεται από την Campbell Scientific (κατασκευαστής του datalogger CR23X), και το χρησιμοποιούμε για να συλλέγουμε αυτόματα τα δεδομένα του συστήματος συλλογής δεδομένων και να τα καταγράφουμε σε αρχείο. Το λογισμικό διαθέτει 8 κύριες λειτουργίες οι οποίες απεικονίζονται στο Σχ. 35:



Σχήμα 35. Κύριες λειτουργίες λογισμικού PC208W

SETUP: Εδώ ορίζουμε το διάλυο επικοινωνίας προκειμένου να συνδεθεί ο H/Y με το σύστημα συλλογής δεδομένων (ραδιοεπικοινωνία, μέσω καλωδίου τηλεφώνου, μέσω σειριακής θύρας κλπ) καθώς επίσης και τη συνδεσμολογία των διαφόρων συσκευών. Τέλος, ορίζουμε τις παραμέτρους αυτόματης συλλογής και καταγραφής των δεδομένων του συστήματος συλλογής δεδομένων στον H/Y.

CONNECT: Χρησιμοποιείται για χειροκίνητη σύνδεση του H/Y με το σύστημα συλλογής δεδομένων. Μας δίνει τη δυνατότητα να τον προγραμματίσουμε, να δούμε τα δεδομένα του σε πραγματικό χρόνο, καθώς και να συλλέξουμε τα δεδομένα του χειροκίνητα.

STATUS: Απεικονίζει την κατάσταση της σύνδεσης.

PROGRAM: Εργαλείο για την ευκολότερη συγγραφή προγραμμάτων του συστήματος συλλογής δεδομένων.

REPORT: Δημιουργεί αναφορές και μειώνει τα δεδομένα που αποθηκεύονται στον H/Y.

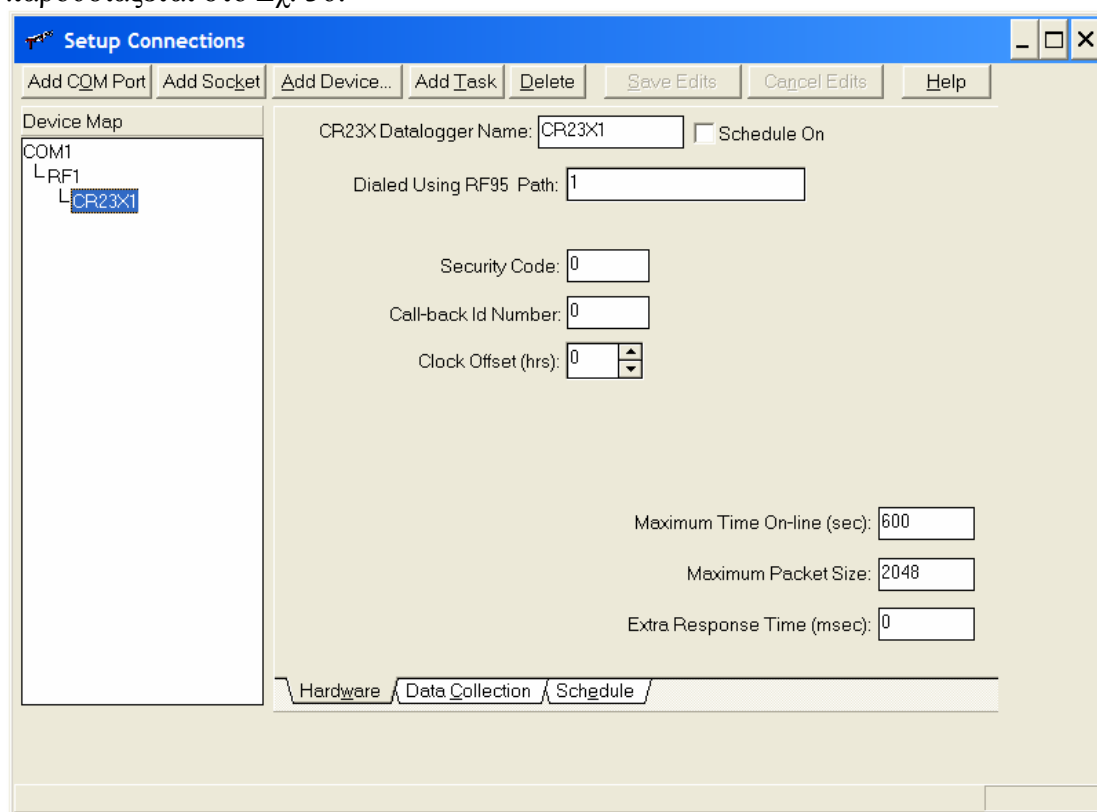
VIEW: Χρησιμοποιείται για την απεικόνιση αρχείων κειμένου.

STG MODULE: Χρησιμοποιείται για να διαχειριζόμαστε τις προαιρετικές εξωτερικές μονάδες αποθήκευσης δεδομένων του συστήματος συλλογής δεδομένων.

HELP: Παρέχει βοήθεια στο χρήστη.

Για τη δική μας εφαρμογή χρησιμοποιούμε μονάχα τη λειτουργία SETUP την οποία και θα αναλύσουμε.

Η επόμενη καρτέλα που πρέπει να ρυθμίσουμε είναι η “Hardware” η οποία παρουσιάζεται στο Σχ. 36:



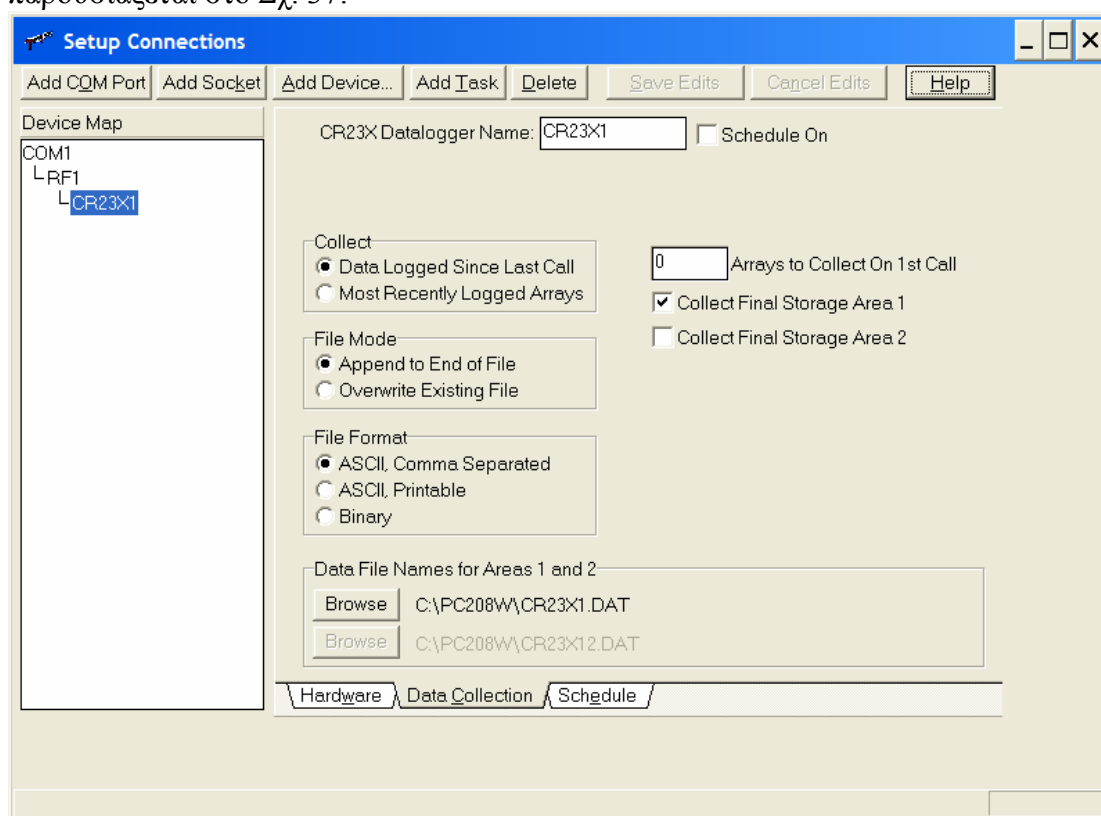
Σχήμα 36. Καρτέλα ρυθμίσεων “Hardware”

Καταρχήν ορίζουμε το χάρτη διασύνδεσης των επιμέρους συσκευών, με τον τρόπο που απεικονίζεται στο αριστερό λευκό πλαίσιο: COM1 – RF1 – CR23X1. Αυτό γίνεται με το κουμπί “Add Device”.

Δηλαδή, η σειριακή θύρα 1 (COM1) του Η/Υ σταθμού βάσης, συνδέεται μέσω του ραδιο-modem RF1 (υπονοείται ότι τα ραδιο-modem RF95A είναι σε ζευγάρι, ένα στο σταθμό βάσης και ένα στο σταθμό μετρήσεων) στο σύστημα συλλογής δεδομένων CR23X.

Επίσης απαραίτητο για να επιτευχθεί η επικοινωνία είναι το να ορίζουμε τις ταυτότητες (ID) των συσκευών ραδιο-modem RF95A, όπου το ID του κάθε ραδιο-modem καθορίζεται από 8 dip switches στο εσωτερικό του. Στο πεδίο Dialed Using RF95 Path εισάγω το ID του ραδιο-modem του σταθμού μετρήσεων.

Η επόμενη καρτέλα που πρέπει να ρυθμίσουμε είναι η “Data Collection” η οποία παρουσιάζεται στο Σχ. 37:



Σχήμα 37. Καρτέλα ρυθμίσεων “Data Collection”

Στο πλαίσιο “Collect” επιλέγουμε “Data Logged Since Last Call” έτσι ώστε να συλλέγουμε πάντα καινούρια δεδομένα. Δηλαδή αν για κάποιο λόγο το σύστημα συλλογής δεδομένων σταματήσει να καταγράφει δεδομένα, το PC208W δε θα συλλέξει δεδομένα τα οποία έχει ήδη συλλέξει στο παρελθόν.

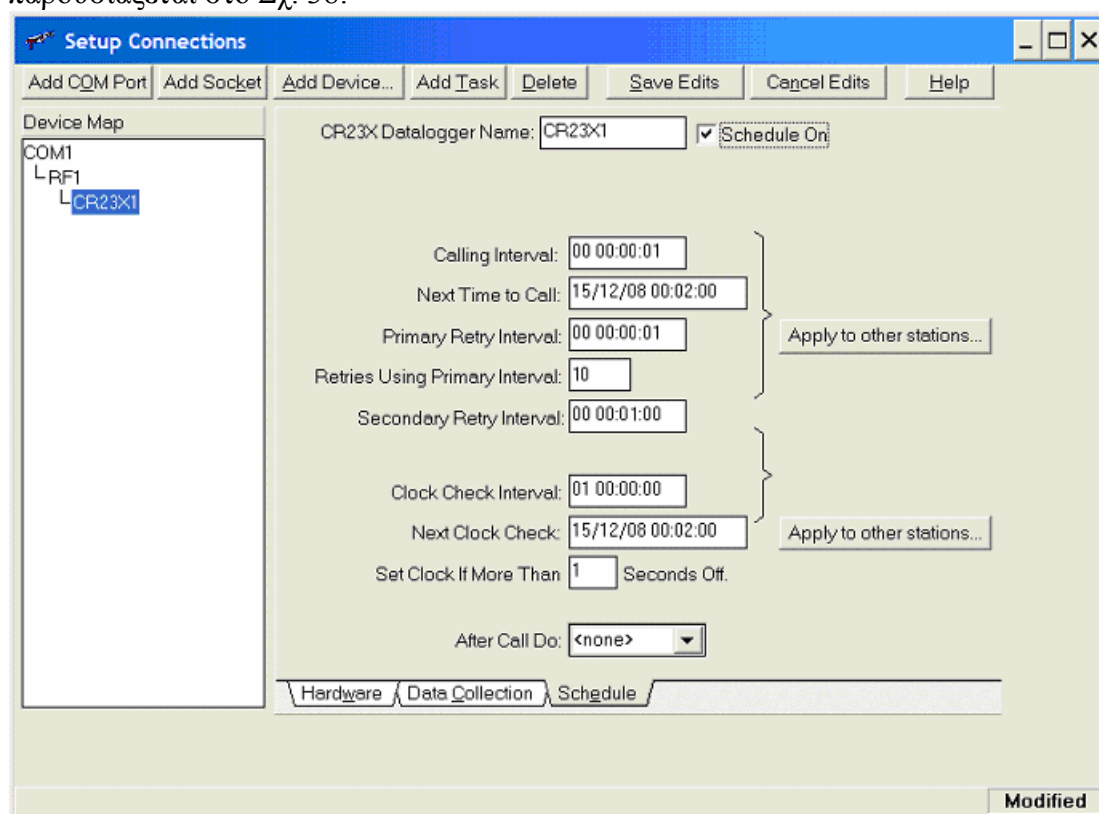
Στο πλαίσιο “File Mode” επιλέγουμε “Append to End of File”, έτσι ώστε τα καινούρια δεδομένα κάθε φορά να προστίθενται στο αρχείο καταγραφής δεδομένων, και όχι να επικαλύπτουν τα προηγούμενα.

Στο πλαίσιο “File Format” επιλέγουμε “ASCII, Comma Separated”, έτσι ώστε τα δεδομένα να καταγράφονται στο αρχείο σε ASCII μορφή, και να διαχωρίζονται μεταξύ τους με κόμμα.

Στο πλαίσιο “Data File Names for Areas 1 and 2” εισάγουμε το όνομα του αρχείου καταγραφής δεδομένων (CR23X1.DAT), καθώς και το path του αρχείου στο σκληρό δίσκο του H/Y.

Τέλος επιλέγουμε “Collect Final Storage Area 1” έτσι ώστε το PC208W να συλλέξει τα δεδομένα της πρώτης περιοχής μνήμης του συστήματος συλλογής δεδομένων.

Η επόμενη καρτέλα που πρέπει να ρυθμίσουμε είναι η “Schedule” η οποία παρουσιάζεται στο Σχ. 38:



Σχήμα 38. Καρτέλα ρυθμίσεων “Schedule”

Εδώ ορίζουμε το πρόγραμμα αυτόματης συλλογής δεδομένων, με τις παρακάτω παραμέτρους:

Calling Interval: Κάθε 1 δευτερόλεπτο θα πραγματοποιείται αυτόματη συλλογή δεδομένων.

Next Time to Call: Εδώ αναγράφεται αυτόματα ο χρόνος της επόμενης συλλογής δεδομένων.

Primary Retry Interval: Σε περίπτωση αποτυχίας επικοινωνίας του προγράμματος με το σύστημα συλλογής δεδομένων, κάθε 1 δευτερόλεπτο θα γίνεται επανάληψη ανάκτησης επικοινωνίας.

Retries Using Primary Interval: Σε περίπτωση αποτυχίας επικοινωνίας του προγράμματος με το σύστημα συλλογής δεδομένων, θα λάβουν χώρα 10 επαναλήψεις ανάκτησης επικοινωνίας.

Secondary Retry interval: Σε περίπτωση αποτυχίας των 10 προαναφερθέντων προσπαθειών επικοινωνίας, θα λαβαίνει χώρα επ’ αόριστο προσπάθεια επικοινωνίας κάθε 1 λεπτό.

Clock Check Interval: Κάθε 1 ημέρα θα γίνεται έλεγχος της απόκλισης του ρολογιού του συστήματος συλλογής δεδομένων με αυτό του H/Y.

Next Clock Check: Εδώ αναγράφεται αυτόματα ο χρόνος του επόμενου ελέγχου της προαναφερθείσας απόκλισης ρολογιού.

Set Clock If More Than 1 Seconds Off: Θα πραγματοποιείται αυτόματος συγχρονισμός του ρολογιού του συστήματος συλλογής δεδομένων με αυτό του H/Y, εάν αυτά παρουσιάζουν απόκλιση μεγαλύτερη του 1 δευτερολέπτου.

Τέλος, επιλέγοντας “**Schedule On**” στο πάνω μέρος του παραθύρου γίνεται έναρξη του προγράμματος αυτόματης συλλογής δεδομένων. Δηλαδή, κάθε 1 δευτερόλεπτο το λογισμικό PC208W θα συνδέεται μέσω του ραδιο-διαύλου με το datalogger CR23X, θα συλλέγει τα νέα δεδομένα, και θα τα καταγράφει στο αρχείο CR23X1.DAT.

Τα δεδομένα καταγράφονται γραμμή-γραμμή στο αρχείο κειμένου με την εξής μορφή:

**102,2008,279,2020,30.1,180.16,-170.39,26.826,-48.021,198.05,125.04,-
189.93,143.24,167.08,166.25,-168.24,195.56,-128.02,132.16,90.743,146.05**

Τα διάφορα δεδομένα είναι χωρισμένα μεταξύ τους με κόμματα.

Για ευκολία ανάγνωσης παραθέτουμε τα ανωτέρω δεδομένα σε μορφή πίνακα, όπου σε κάθε στήλη αναφέρεται το έκαστο πεδίο, όπως αυτά αναλύονται στον Πίνακα III:

Εντολή εξόδου	Έτος	Ημέρα	Ώρα-Λεπτά	Δευτ/λεπτο	Δυναμικό 1	Δυναμικό 2	Δυναμικό 3	...	Δυναμικό 16
102	2008	279	2020	30.1	180.16	-170.39	26.826	...	146.05

Πίνακας III. Ανάλυση μιας τυπικής γραμμής του αρχείου δεδομένων

Ο αριθμός 102 αφορά στην εντολή εξόδου του προγράμματος και δεν παρουσιάζει ενδιαφέρον.

Στη συνέχεια ακολουθούν τα χρονικά δεδομένα της κάθε μέτρησης, δηλαδή η χρονική στιγμή που πραγματοποιήθηκε η μέτρηση: 2008 (έτος), 279 (279^η ημέρα του έτους), 2020 (ώρα 20:20), 30.1 (δευτερόλεπτο με ακρίβεια δέκατου του δευτερολέπτου).

Στη συνέχεια ακολουθούν οι 16 τάσεις των ηλεκτροδίων.

Σε μια τυπική μέτρηση, τα παραπάνω δεδομένα καταλαμβάνουν περίπου 150 Bytes δεδομένων. Συνεπώς με αναγωγή προκύπτει ο προαναφερθέν όγκος δεδομένων 4.4 Giga Bytes ετησίως (με περίοδο ανάγνωσης 1 δευτερόλεπτο), ή με χρήση αλγόριθμου συμπίεσης δεδομένων προκύπτει ο ιδιαίτερα μειωμένος όγκος πληροφοριών 5 Mega Bytes.

Από το σημείο αυτό και έπειτα, η επεξεργασία των δεδομένων του αρχείου πραγματοποιείται με τη βοήθεια διαφορετικού λογισμικού, το οποίο θα περιγράψουμε στη συνέχεια.

6.3 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

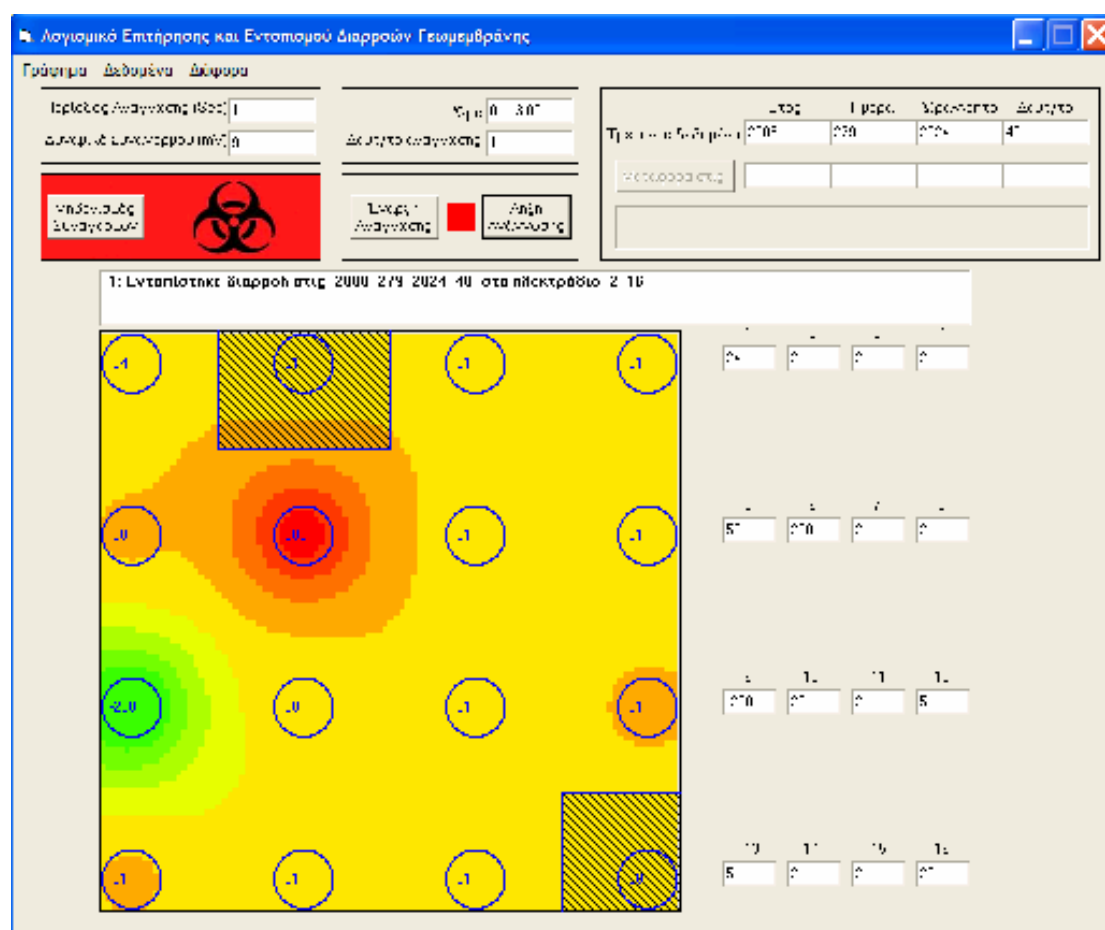
6.3.1 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ / ΚΥΡΙΑ ΦΟΡΜΑ

Έχοντας πλέον τις 16 μετρήσεις δυναμικού του υπεδάφους καταγεγραμμένες σε αρχείο, πρέπει να τις επεξεργαστούμε προκειμένου να διαπιστώσουμε την ύπαρξη διαρροής της γεωμεμβράνης.

Την επεξεργασία αυτή αναλαμβάνει το “Λογισμικό Επιτήρησης και Εντοπισμού Διαρροών Γεωμεμβράνης” το οποίο αναπτύξαμε αποκλειστικά στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής. Συνοπτικά εκτελεί τις παρακάτω εργασίες:

- Διαβάζει τα δεδομένα του αρχείου.
- Δημιουργεί έγχρωμο γράφημα κατανομής του δυναμικού στο ΧΥΤΑ σε πραγματικό χρόνο.
- Ανιχνεύει την τυχόν ύπαρξη διαρροής και προειδοποιεί τον χρήστη.
- Καταγράφει σε ξεχωριστό αρχείο τον τόπο και χρόνο της διαρροής.
- Έχει τη δυνατότητα να αναπαράγει παρελθοντικές στιγμές κατανομής δυναμικού

Η κύρια φόρμα του προγράμματος απεικονίζεται στο Σχ. 39:



Σχήμα 39. Κύρια φόρμα προγράμματος

Όπως απεικονίζεται στο Σχ. 39, η φόρμα αποτελείται από 8 κύρια μέρη:

1) Πλαίσιο παραμέτρων ανίχνευσης διαρροών:

Περίοδος Ανάγνωσης (Sec)	1
Δυναμικό Συναγερμού (mV)	g

Σχήμα 40. Πλαίσιο παραμέτρων ανίχνευσης διαρροών

Στο πλαίσιο του Σχ. 40 ορίζουμε τη **περίοδο ανάγνωσης δεδομένων** από το αρχείο των μετρήσεων, καθώς και το **δυναμικό συναγερμού** (μεταβολή διαφοράς δυναμικού μεταξύ διαδοχικών μετρήσεων η οποία θα ερμηνευτεί ως διαρροή).

Εδώ πρέπει να δοθεί προσοχή και να μην συγχέουμε τη περίοδο ανάγνωσης με τη περίοδο μετρήσεων. Η περίοδος μετρήσεων αφορά το σταθμό μετρήσεων (σύστημα συλλογής δεδομένων) και εκφράζει τη περίοδο λήψης μετρήσεων, ενώ η περίοδος ανάγνωσης δεδομένων αφορά το σταθμό βάσης (H/Y) και εκφράζει τη περίοδο ανάγνωσης των καταγεγραμμένων μετρήσεων.

Ευνόητο είναι ότι η περίοδος ανάγνωσης και η περίοδος μετρήσεων πρέπει να είναι ίσες, προκειμένου τα δεδομένα που θα απεικονίζονται στον H/Y να είναι πραγματικού χρόνου.

Διαφορετικά, αν η περίοδος ανάγνωσης είναι μικρότερη αυτής των μετρήσεων, τότε το πρόγραμμα θα εμφανίζει περιοδικά το μήνυμα:

"Προειδοποίηση: Αφίξη στο τέλος του αρχείου. Δεν υπάρχουν νέα δεδομένα προς παρουσίαση."

Αυτό συμβαίνει διότι θα υπάρξουν στιγμές όπου δεν θα υπάρχουν νέα δεδομένα.

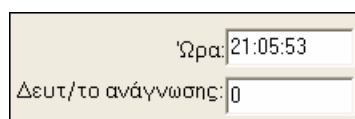
Στην αντίθετη περίπτωση, αν η περίοδος ανάγνωσης είναι μεγαλύτερη εκείνης των μετρήσεων, τότε θα συσσωρεύονται δεδομένα μετρήσεων τα οποία δεν θα έχουν ακόμη αναγνωστεί.

Ο λόγος που δίδεται στον χρήστη η δυνατότητα να επιλέξει την περίοδο ανάγνωσης δεδομένων, είναι ότι ενδέχεται για απροσδιόριστους λόγους να απαιτηθεί μια διαφορετική περίοδος μετρήσεων, συνεπώς θα πρέπει να μεταβληθεί και η περίοδος ανάγνωσης δεδομένων προκειμένου η απεικόνιση τους να είναι πραγματικού χρόνου. Επίσης, ενδέχεται ο χρήστης να επιθυμεί να παρακολουθεί την εξέλιξη των μεταβολών δυναμικού ενός ήδη καταγεγραμμένου αρχείου δεδομένων με αργό ρυθμό για πιο κατανοητή παρατήρηση.

Το **δυναμικό συναγερμού** ορίζει τη μεταβολή διαφοράς δυναμικού του εκάστοτε ηλεκτροδίου μεταξύ διαδοχικών μετρήσεων η οποία θα ερμηνευτεί ως διαρροή. Δηλαδή το πρόγραμμα συγκρίνει κάθε φορά τη τρέχουσα διαφορά δυναμικού του καθενός από τα 16 ηλεκτρόδια με την αμέσως προηγούμενη, και αν αυτή υπερβαίνει την τάση συναγερμού, τότε σημαίνει συναγερμός διαρροής.

Οι κατάλληλες τιμές για τις παραμέτρους αυτές είναι αυτές που αναγράφονται στην παραπάνω εικόνα, και τους λόγους τους έχουμε ήδη εξηγήσει.

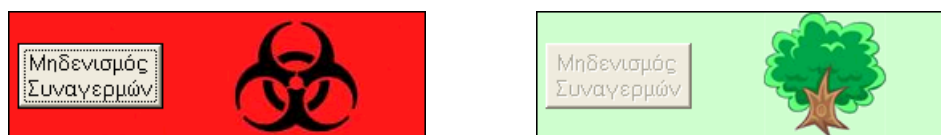
2) Πλαίσιο ώρας:



Σχήμα 41. Πλαίσιο ώρας

Στο πλαίσιο του Σχ. 41 αναγράφεται η τρέχουσα ώρα του συστήματος, καθώς και το δευτερόλεπτο στο οποίο θα γίνει η επόμενη ανάγνωση δεδομένων. Πρακτική αξία του δευτερόλεπτου επόμενης ανάγνωσης, υπάρχει μόνο όταν ο χρήστης επιλέξει σχετικά μεγάλη περίοδο ανάγνωσης (π.χ. 1 λεπτό), και επιθυμεί να γνωρίζει με ακρίβεια δευτερολέπτου τη στιγμή παρουσίασης των νέων δεδομένων μετρήσεων.

3) Πλαίσιο κατάστασης ΧΥΤΑ:



Σχήμα 42. Πλαίσιο κατάστασης ΧΥΤΑ

Στο πλαίσιο του Σχ. 42 εμφανίζεται η κατάσταση του ΧΥΤΑ. Εάν έχει λάβει χώρα διαρροή της γεωμεμβράνης, τότε εμφανίζεται το παραπάνω σύμβολο βιολογικού κινδύνου, το οποίο συνοδεύεται και από ηχητική προειδοποίηση. Εάν δεν έχει συμβεί διαρροή, εμφανίζεται το σύμβολο με το δέντρο.

Επίσης πατώντας στο πλήκτρο “Μηδενισμός Συναγερμών” σβήνεται το ιστορικό συναγερμών και ο συναγερμός αίρεται. Το πλήκτρο αυτό προορίζεται για να το χρησιμοποιεί ο χρήστης αφού έχει λάβει γνώση του συναγερμού.

4) Πλαίσιο Έναρξης / Λήξης.



Σχήμα 43. Πλαίσιο Έναρξης / Λήξης ανάγνωσης δεδομένων

Στο πλαίσιο του Σχ. 43 ο χρήστης ελέγχει την έναρξη / λήξη της ανάγνωσης δεδομένων από το αρχείο. Όταν το πρόγραμμα είναι σε εξέλιξη, εμφανίζεται το παραπάνω πράσινο σύμβολο, ενώ όταν είναι σε αδράνεια εμφανίζεται το κόκκινο.

5) Πλαίσιο χρονικών δεδομένων:

	Έτος	Ημέρα	Ώρα-Λεπτό	Δευτ/το
Τρέχοντα δεδομένα:	2008	279	2030	40
Μεταφορά στις:				
Προειδοποίηση: Άφιξη στο τέλος του αρχείου. Δεν υπάρχουν νέα δεδομένα προς παρουσίαση.				

Σχήμα 44. Πλαίσιο χρονικών δεδομένων

Στο πλαίσιο του Σχ. 44 Σε κάθε ανάγνωση, δίπλα από την ετικέτα “Τρέχοντα δεδομένα” εμφανίζονται αυτόματα τα χρονικά δεδομένα της κάθε μέτρησης, με τον τρόπο που έχει ήδη αναλυθεί.

Στα 4 πεδία ακριβώς από κάτω, έχουμε τη δυνατότητα να εισάγουμε μια παρελθοντική χρονική στιγμή μέτρησης, και πατώντας στο πλήκτρο “Μεταφορά στις:” να μεταβούμε σε εκείνη, προκειμένου να τη μελετήσουμε. Ωστόσο, εάν εισάγουμε μια παρελθοντική χρονική στιγμή η οποία δεν υπάρχει, τότε θα εμφανιστεί το μήνυμα **"Σφάλμα: Η ορισμένη χρονική στιγμή δεν υπάρχει στο αρχείο."**

Στο μικρό πλαίσιο ακριβώς από κάτω εμφανίζονται τα εκάστοτε προειδοποιητικά μηνύματα ή μηνύματα σφάλματος.

6) Πλαίσιο ιστορίας συναγερμών:

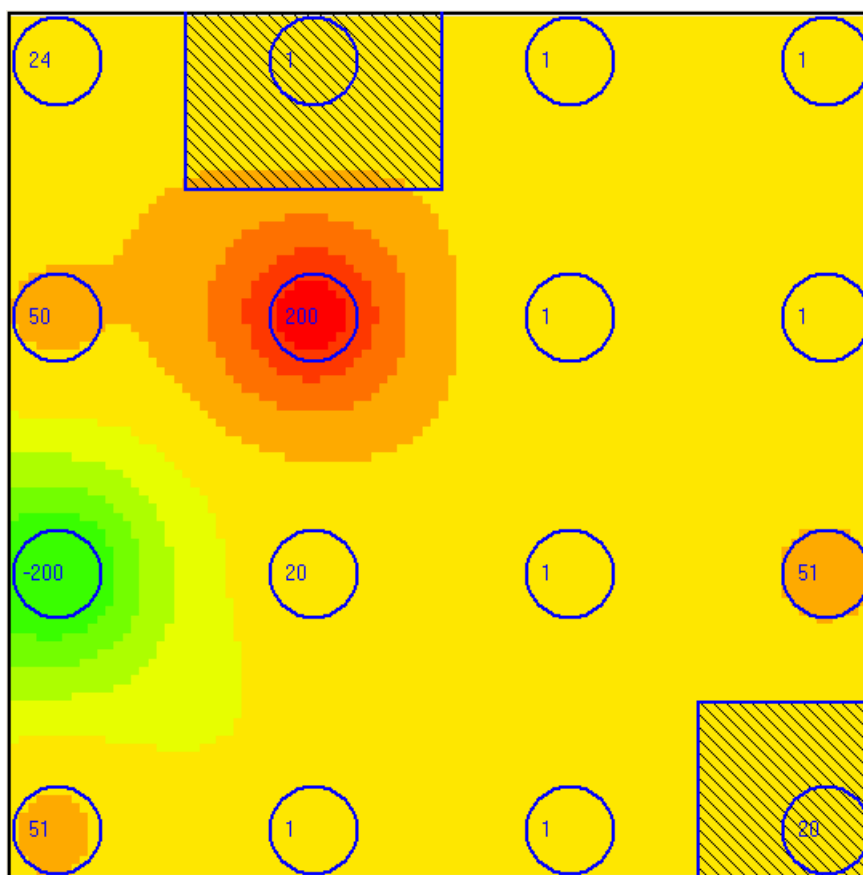
1: Εντοπίστηκε διαρροή στις 2008 279 2024 40 στο ηλεκτρόδιο 2 16

Σχήμα 45. Πλαίσιο ιστορίας συναγερμών

Στο πλαίσιο του Σχ. 45 αναγράφεται αυτόματα το ιστορικό των συναγερμών, δηλαδή εφόσον διαπιστωθεί συναγερμός, καταγράφεται ο αύξων αριθμός του, η χρονική στιγμή της διαρροής, καθώς και ο αριθμός του ηλεκτροδίου εγγύτερα στο οποίο έλαβε χώρα η διαρροή. Σημειώνουμε ότι ενδέχεται να παρατηρηθούν διαρροές σε περισσότερα από ένα σημεία, όπως αναγράφεται στο πλαίσιο παραπάνω (συνέβη διαρροή στα ηλεκτρόδια 2 και 16).

Επίσης πρέπει να αναφέρουμε πως ότι αναγράφεται στο πλαίσιο ιστορίας συναγερμών, αυτόματα καταγράφεται και αποθηκεύεται και σε ξεχωριστό αρχείο κειμένου με το όνομα AlarmLog.txt, προκειμένου να μπορούμε να ανατρέξουμε σε αυτό σε μελλοντική στιγμή, καθώς και για λόγους αρχειοθέτησης.

7) Πλαίσιο γραφήματος:



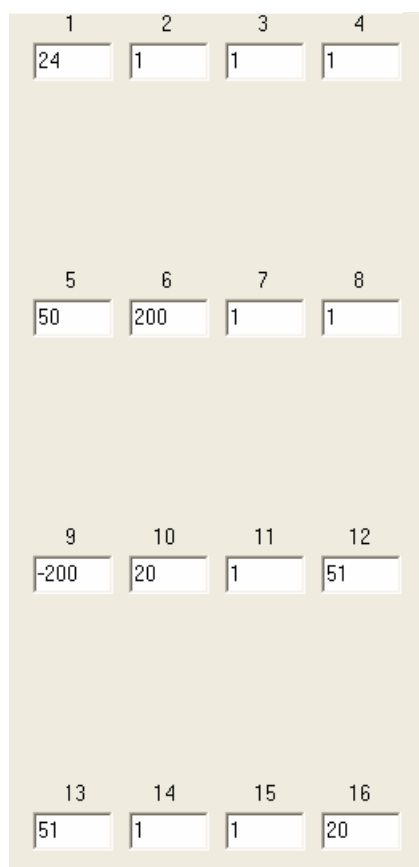
Σχήμα 46. Πλαίσιο γραφήματος

Στο Σχ. 46 απεικονίζεται γραφικά η κατανομή των τάσεων του ΧΥΤΑ (σε κάτοψη). Το εκάστοτε ηλεκτρόδιο βρίσκεται στο κέντρο του καθενός από τους 16 κύκλους. Ο αριθμός μέσα στον κάθε κύκλο αναφέρει την τάση του εκάστοτε ηλεκτροδίου. Στο συγκεκριμένο γράφημα έχουν εντοπιστεί 2 διαρροές, και οι 2 γραμμοσκιασμένες περιοχές παρουσιάζουν τις εκτάσεις μέσα στις οποίες έχουν λάβει χώρα οι διαρροές. Με απλούστερα λόγια, το επίκεντρο της κάθε διαρροής, βρίσκεται κάπου μέσα στην κάθε γραμμοσκιασμένη έκταση.

Το κάθε χρώμα αντιπροσωπεύει το επίπεδο της διαφοράς δυναμικού, καθώς αυτή κατανέμεται στο ΧΥΤΑ. Το κίτρινο χρώμα αντιπροσωπεύει τα 0 milliVolts, το πράσινο τα -200 milliVolts και το κόκκινο τα 200 milliVolts. Οι ενδιάμεσες αποχρώσεις αντιπροσωπεύουν τις ενδιάμεσες τάσεις, ασφαλώς.

Η απεικόνιση του γραφήματος είναι πλήρως παραμετροποιήσιμη από τον χρήστη, όπως φαίνεται από την ανάλυση που θα γίνει αργότερα.

8) Διπλότυπο αριθμητικών δεδομένων γραφήματος:



Σχήμα 47. Διπλότυπο αριθμητικών δεδομένων γραφήματος

Στο πλαίσιο του Σχ. 47 εμφανίζονται τα ίδια αριθμητικά δεδομένα με αυτά του γραφήματος (τάσεις), αλλά και μόνο για να είναι περισσότερο ευανάγνωστα. Πάνω από το κάθε πλαίσιο τάσης, αναγράφεται επίσης ο αριθμός του εκάστοτε ηλεκτροδίου.

6.3.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΝΟΥ / ΥΠΟΜΕΝΟΥ ΕΠΙΛΟΓΩΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ:

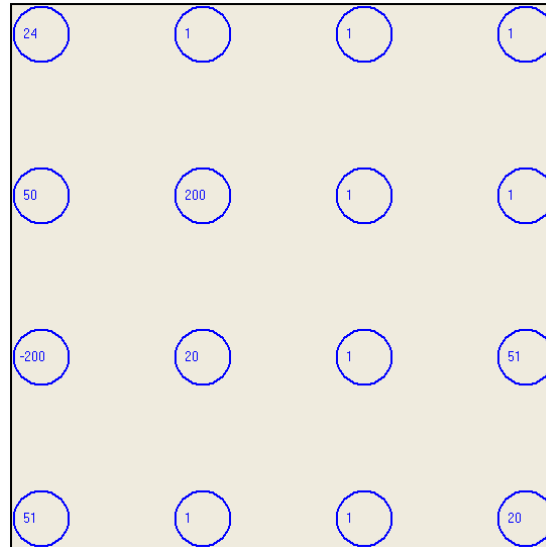
Το λογισμικό διαθέτει 3 βασικά μενού επιλογών (“Γράφημα”, “Δεδομένα” και “Διάφορα”), τα οποία περιέχουν τα υπομενού που παρουσιάζονται παρακάτω:

<ul style="list-style-type: none">• Γράφημα<ul style="list-style-type: none">ΧρώμαΑνάλυσηΠαλέταΚβαντισμόςΌρια	<ul style="list-style-type: none">• Δεδομένα<ul style="list-style-type: none">ΤύποςΠαρουσίαση	<ul style="list-style-type: none">• Διάφορα<ul style="list-style-type: none">Πλαίσια ΣυναγερμούΚύκλοι ΗλεκτροδίωνΔιπλότυπο ΤιμώνΤιμές ΓραφήματοςΗμερολόγιοΣχετικά
---	--	--

Ανάλυση των επιλογών του μενού “Γράφημα”:

Χρώμα

Στο μενού αυτό, επιλέγουμε αν θα εμφανίζεται χρώμα στο γράφημα. Αν δεν επιλέξουμε χρώμα, τότε θα εμφανίζονται μόνο οι αριθμητικές τιμές και ότι άλλο έχουμε επιλέξει, όπως στο Σχ. 48:



Σχήμα 48. Γράφημα χωρίς χρώμα

Ανάλυση

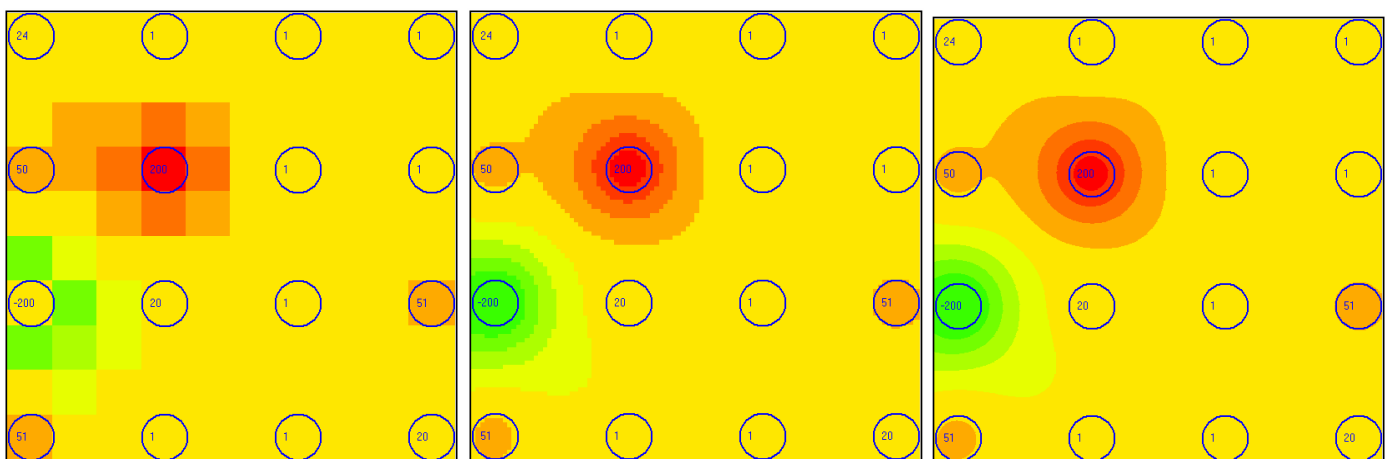
Στο μενού αυτό, επιλέγουμε την ανάλυση του γραφήματος.

Αν επιλέξουμε χαμηλή ανάλυση, το γράφημα θα αποτελείται από 100 εικονοστοιχεία. Ο χρόνος που απαιτείται από ένα τυπικό Η/Υ για να σχεδιάσει το γράφημα είναι μηδαμινός, το οπτικό αποτέλεσμα όμως είναι φτωχό.

Αν επιλέξουμε μεσαία ανάλυση, το γράφημα θα αποτελείται από 10.000 εικονοστοιχεία. Ο χρόνος που απαιτείται από ένα τυπικό Η/Υ για να σχεδιάσει το γράφημα είναι 2 δευτερόλεπτα, ενώ το οπτικό αποτέλεσμα είναι ικανοποιητικό.

Αν επιλέξουμε υψηλή ανάλυση, το γράφημα θα αποτελείται από 1.000.000 εικονοστοιχεία. Ο χρόνος που απαιτείται από ένα τυπικό Η/Υ για να σχεδιάσει το γράφημα είναι περίπου 2 λεπτά, το οπτικό αποτέλεσμα όμως είναι τέλειο.

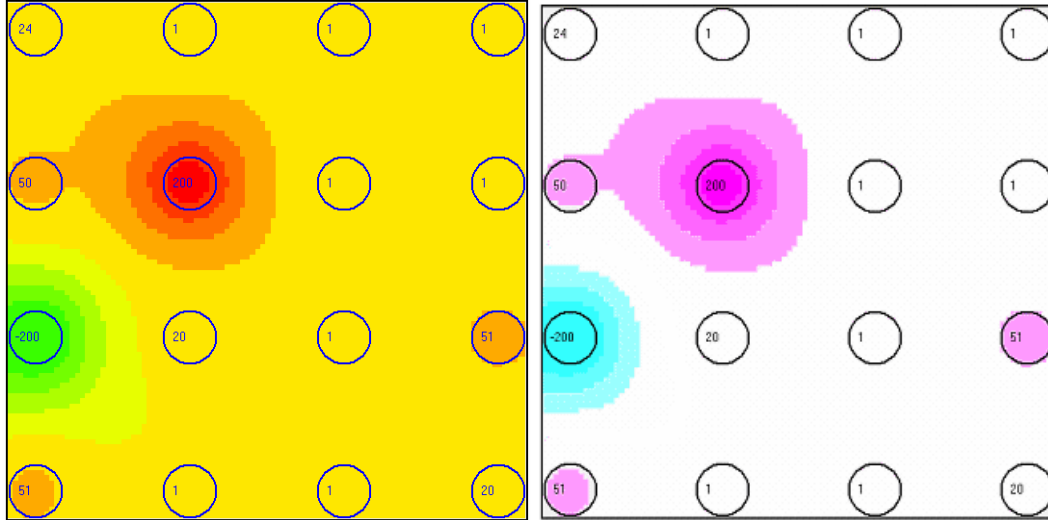
Στο Σχ. 49 παρουσιάζεται το ίδιο γράφημα και με τις 3 αναλύσεις:



Σχήμα 49. Γράφημα με χαμηλή, μεσαία και υψηλή ανάλυση

Παλέτα

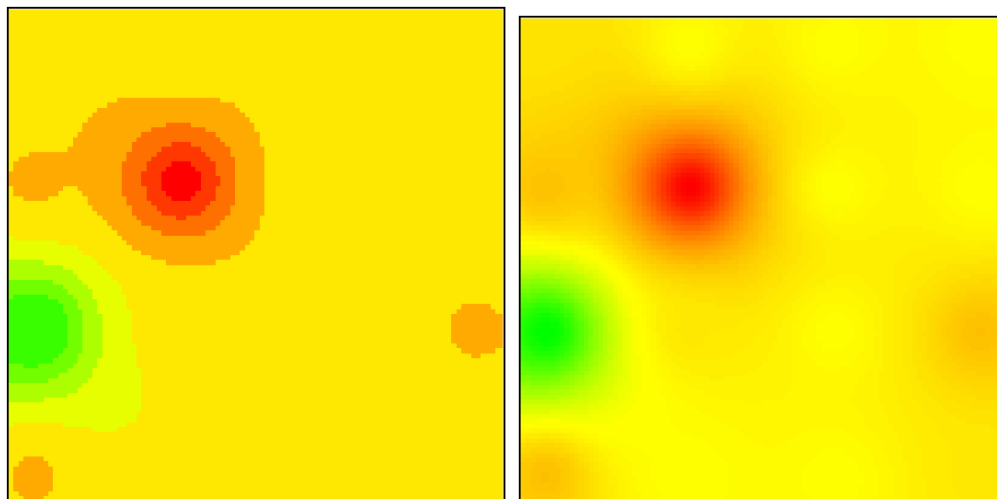
Στο μενού αυτό, επιλέγουμε μεταξύ 2 χρωματικών παλετών του γραφήματος, όπου στη μία περίπτωση τα 0V απεικονίζονται με κίτρινο χρώμα, ενώ στην άλλη τα 0V απεικονίζονται με λευκό χρώμα. Τα χρώματα απεικονίζονται στο Σχ. 50:



Σχήμα 50. Γράφημα με κίτρινη και λευκή απόχρωση

Κβαντισμός

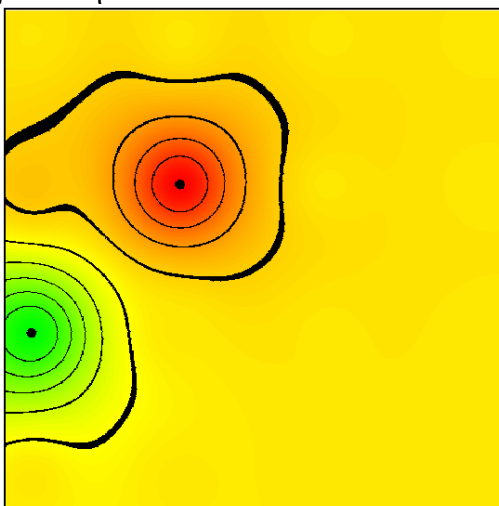
Στο μενού αυτό, ενεργοποιούμε / απενεργοποιούμε τον κβαντισμό των τάσεων του γραφήματος. Όταν ο κβαντισμός είναι ενεργοποιημένος, τότε το φάσμα των τάσεων του γραφήματος (από τη μέγιστη τιμή έως την ελάχιστη) χωρίζεται σε 10 κβαντισμένα (διακριτά) επίπεδα. Το Σχ. 51 παρουσιάζει τη διαφορά μεταξύ κβαντισμένου και μη, γραφήματος:



Σχήμα 51. Γράφημα με κβαντισμό δυναμικού και χωρίς κβαντισμό δυναμικού

Ορια

Στο μενού αυτό, επιλέγουμε αν το γράφημα θα είναι χωρισμένο με οριογραμμές σε 10 περιοχές τάσεων, όπως και στον κβαντισμό που αναλύθηκε παραπάνω. Το Σχ. 52 παρουσιάζει τη λειτουργία αυτή:



Σχήμα 52. Γράφημα με οριογραμμές δυναμικών

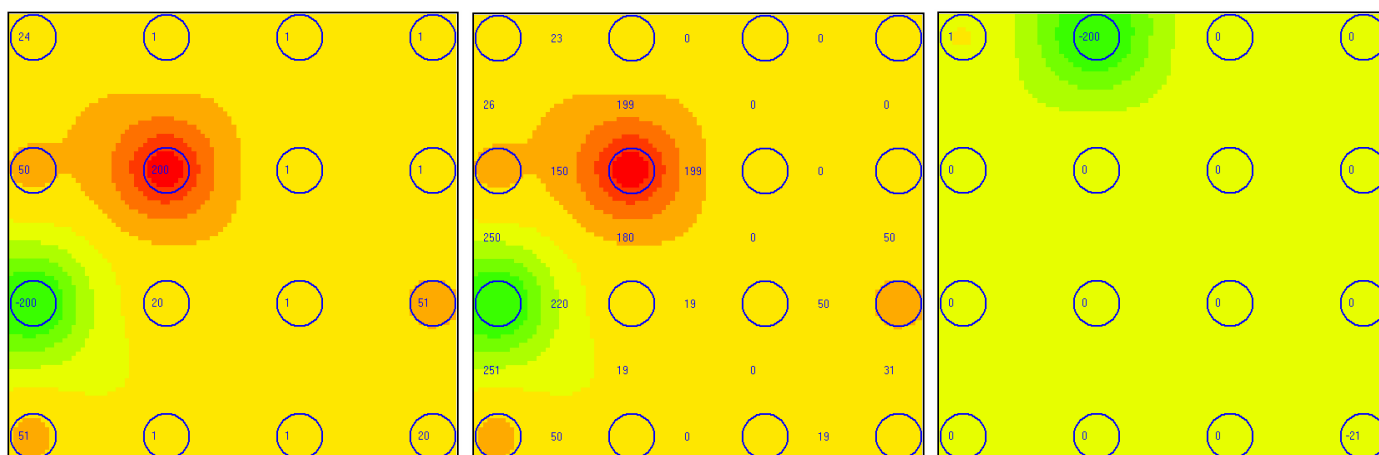
Ανάλυση των επιλογών του μενού “Δεδομένα”:

Τύπος

Στο μενού αυτό, επιλέγουμε τον τύπο της ανάλυσης / απεικόνισης των τάσεων του γραφήματος που θα εφαρμοστεί στο γράφημα. Έχουμε 3 επιλογές:

- Με Αναφορά τη ΓΗ: όλες οι τάσεις που παρουσιάζονται στο γράφημα είναι με αναφορά τη γείωση του συστήματος.
- Διαφορική Τάση: όλες οι τάσεις που παρουσιάζονται στο γράφημα, είναι οι απόλυτες τιμές των διαφορών δυναμικού μεταξύ των εκάστοτε 2 γειτονικών ηλεκτροδίων. Η κάθε τιμή τάσης εμφανίζεται ανάμεσα στα εκάστοτε 2 γειτονικά ηλεκτρόδια.
- Ρυθμός Μεταβολής: η διαφορά δυναμικού του εκάστοτε ηλεκτροδίου που παρουσιάζεται στο γράφημα, είναι η διαφορά δυναμικού μεταξύ της τωρινής τιμής του και της αμέσως προηγούμενης τιμής (με αναφορά τη ΓΗ). Δηλαδή, απλούστερα, βλέπουμε πόσα mV διαφορά έχει η τωρινή τάση του κάθε ηλεκτροδίου από την προηγούμενή του.

Στο Σχ. 53 παρουσιάζονται οι τρεις επιλογές με τη σειρά που αναφέρθηκαν:



Σχήμα 53. Γράφημα αναφορά τη ΓΗ, διαφορικά δυναμικά και ρυθμό μεταβολής δυναμικού

Παρουσίαση

Στο μενού αυτό, έχουμε επιλογή για το αν τα δεδομένα του γραφήματος θα είναι “Πραγματικού Χρόνου” ή αν θα είναι “Ανασκόπηση”.

Εάν επιλέξουμε “Πραγματικού Χρόνου”, τότε τα δεδομένα που παρουσιάζονται στο γράφημα είναι εκείνα τα οποία περιοδικά (σύμφωνα με τη περίοδο ανάγνωσης που έχουμε ορίσει) διαβάζονται από το λογισμικό, συνεπώς θα είναι πραγματικού χρόνου, καθώς όλο το σύστημα είναι συγχρονισμένο.

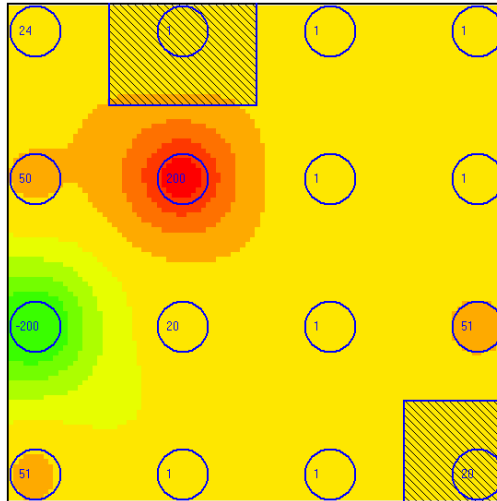
Εάν επιλέξουμε “Ανασκόπηση”, τότε τα δεδομένα που παρουσιάζονται στο γράφημα είναι εκείνης της συγκεκριμένης παρελθοντικής χρονικής στιγμής που έχουμε ορίσει στο “πλαίσιο χρονικών δεδομένων”.

Πρέπει να σημειώσουμε ότι ανεξάρτητα από τον τύπο παρουσίασης των δεδομένων, το λογισμικό συνεχίζει να διαβάζει (εάν έχουμε ενεργοποιήσει την ανάγνωση) περιοδικά τα δεδομένα διαφοράς δυναμικού από το αρχείο, και αν διαπιστωθεί διαρροή θα μας ειδοποιήσει αυτόματα.

Ανάλυση των επιλογών του μενού “Διάφορα”:

Πλαίσια Συναγερμού

Ενεργοποιώντας τη λειτουργία αυτή, κάθε φορά που θα ανιχνεύεται διαρροή, θα τοποθετείται ένα γραμμοσκιασμένο τετράγωνο πλαίσιο γύρω από το ηλεκτρόδιο, εγγύτερα στο οποίο έχει λάβει χώρα η διαρροή. Η λειτουργία αυτή παρουσιάζεται στο Σχ. 54:



Σχήμα 54. Γράφημα με πλαίσια συναγερμού και κύκλους ηλεκτροδίων

Κύκλοι Ηλεκτροδίων

Ενεργοποιώντας τη λειτουργία αυτή, εμφανίζεται γύρω από το κάθε ηλεκτρόδιο ένας βοηθητικός κύκλος, προκειμένου να γνωρίζει ο χρήστης που βρίσκεται (στο κέντρο του κάθε κύκλου) το κάθε ηλεκτρόδιο στο γράφημα. Βλέπε Σχ. 54.

Διπλότυπο Τιμών

Ενεργοποιώντας τη λειτουργία αυτή, εμφανίζεται δίπλα στο γράφημα το διπλότυπο τάσεων για λόγους ευανάγνωσης, όπως έχουμε αναφέρει παραπάνω.

Τιμές Γραφήματος

Εδώ επιλέγουμε αν θα εμφανίζονται στο γράφημα οι αριθμητικές τιμές των τάσεων των ηλεκτροδίων.

Ημερολόγιο

Όπως έχουμε αναφέρει, η κάθε μέτρηση διαφοράς δυναμικού συνοδεύεται και από τα χρονικά δεδομένα της στιγμής της μέτρησης. Ένα από τα χρονικά δεδομένα είναι και η “ημέρα του χρόνου” στην οποία πραγματοποιήθηκε η μέτρηση. Η “ημέρα του χρόνου” παίρνει τιμές από 1 μέχρι 365 (ή 366 αν το έτος είναι δίσεκτο). Προκειμένου να διευκολυνθεί ο χρήστης να εντοπίσει την ημέρα και το μήνα της μέτρησης, παρέχεται ένα ημερολόγιο για το σκοπό αυτό.

Επιλέγοντας το “Ημερολόγιο”, εμφανίζεται η εξής βοηθητική φόρμα με το ημερολόγιο:

Ημερολόγιο

DAY OF YEAR CALENDAR

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
JAN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
FEB	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60		
MAR	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	
APR	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	
MAY	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	
JUN	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	
JUL	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211
AUG	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241
SEP	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271
OCT	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301
NOV	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	
DEC	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	

Add 1 to unpopulated values during leap years

Κλείσιμο

Σχήμα 55. Φόρμα προγράμματος με Ημερολόγιο

“Σχετικά...”

Επιλέγοντας την επιλογή “Σχετικά...”, εμφανίζεται η παρακάτω φόρμα με πληροφορίες σχετικά με τα άτομα που συνέβαλαν στην υλοποίηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας:


Υποπούθηκε από το

Γεώργιο Μεσαρχάκη

υπό την επίβλεψη και καθοδήγηση του

Δρ. Ιωάννη Π. Μακρή

για το



T.E.I. Κρήτης
Παράρτημα Χανίων
Τμήμα Ηλεκτρονικής

OK

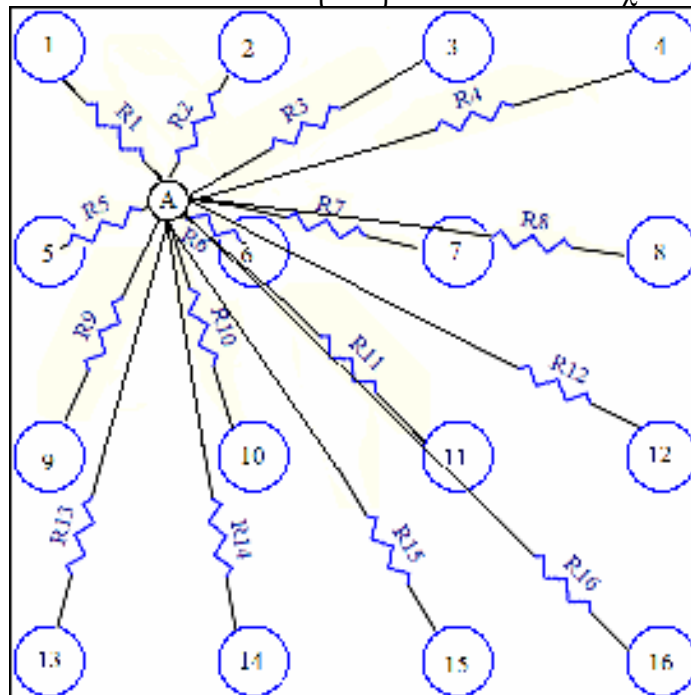
Σχήμα 56. Φόρμα με πληροφορίες των ατόμων που συνέβαλαν στην πτυχιακή εργασία

6.3.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ

Η κύρια λειτουργία του λογισμικού είναι να εντοπίζει τις τυχόν διαρροές της γεωμεμβράνης. Συνεπώς, ο αλγόριθμος σύμφωνα με τον οποίο το λογισμικό σχεδιάζει το γράφημα κατανομής τάσεων, δεν είναι ζωτικής σημασίας, καθώς δεν συμβάλει στην παραπάνω λειτουργία. Η γραφική όμως απεικόνιση βοηθά στην καλύτερη κατανόηση της ηλεκτρικής συμπεριφοράς του υπεδάφους και στην εξαγωγή συμπερασμάτων. Άρα αξίζει να αναφερθούμε στην επεξήγηση του αλγόριθμου αυτού, καθώς η λειτουργία του είναι η δυσκολότερη στην κατανόηση, σε σχέση με τον υπόλοιπο κώδικα.

Για τον υπολογισμό της κατανομής των τάσεων στο χώρο του ΧΥΤΑ, στην ουσία επιλύουμε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα, στο οποίο θεωρούμε τα 16 ηλεκτρόδια ως 16 πηγές τάσης. Για το κάθε σημείο στο χώρο του ΧΥΤΑ, θεωρούμε 16 αντιστάσεις οι οποίες έχουν ωμική τιμή ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης (εμπειρικός κανόνας) από το συγκεκριμένο σημείο μέχρι το κάθε ένα από τα 16 ηλεκτρόδια. Βέβαια, για να ισχύουν τα παραπάνω, κάνουμε τη παραδοχή ότι το υπέδαφος του ΧΥΤΑ αποτελείται από ομογενές και παθητικό υλικό. Με τον όρο παθητικό, εννοούμε ότι όλα τα σημεία του υπεδάφους πλην εκείνων κοντά στα ηλεκτρόδια, δεν συμπεριφέρονται ως πηγές τάσης.

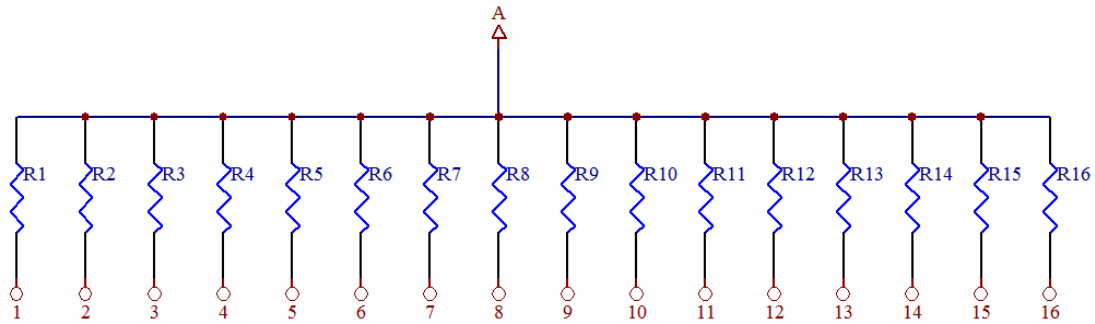
Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι θέλουμε να υπολογίσουμε την τάση στο σημείο “Α”. Ο κάθε κύκλος αντιπροσωπεύει το κάθε ηλεκτρόδιο (πηγή τάσης) και οι αντιστάσεις R1 έως R16 αντιπροσωπεύουν την αντίσταση που προκύπτει από την απόσταση του σημείου Α από το κάθε ένα ηλεκτρόδιο. Βλέπε το Σχ. 57:



Σχήμα 57. Αντίστοιχο ηλεκτρικό μοντέλο του συστήματος ηλεκτρόδια-υπέδαφος

Όπως ήδη αναφέραμε, η εκάστοτε ωμική αντίσταση υπολογίζεται από τον τύπο $R = \text{απόσταση}^2$, και το αποτέλεσμα που προκύπτει δεν έχει ως μονάδα το Ohm, αλλά χρησιμοποιούμε αυθαίρετα τον όρο “μονάδες αντίστασης”, διότι η αντίσταση που θα βρούμε δεν έχει αξία ως απόλυτη τιμή, αλλά ως σχετική τιμή σε σχέση με τις υπόλοιπες αντιστάσεις.

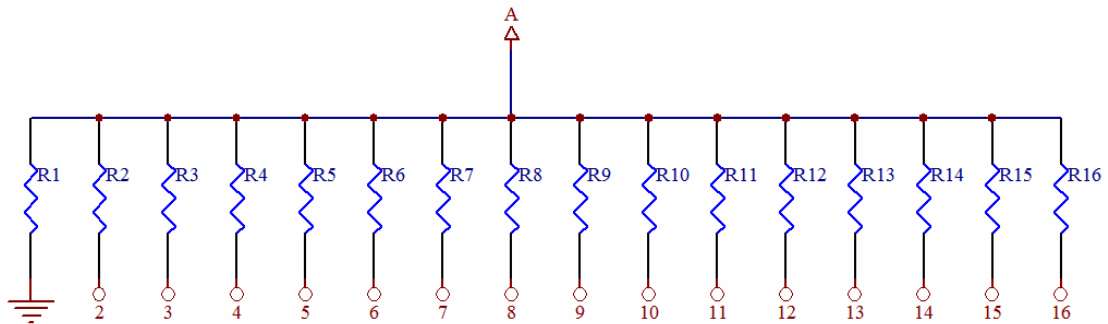
Για λόγους ευκολίας, το κύκλωμα του Σχ. 57 που θα μελετήσουμε ισοδυναμεί με το κύκλωμα του Σχ. 58:



Σχήμα 58. Ηλεκτρικό μοντέλο του συστήματος ηλεκτρόδια-υπέδαφος

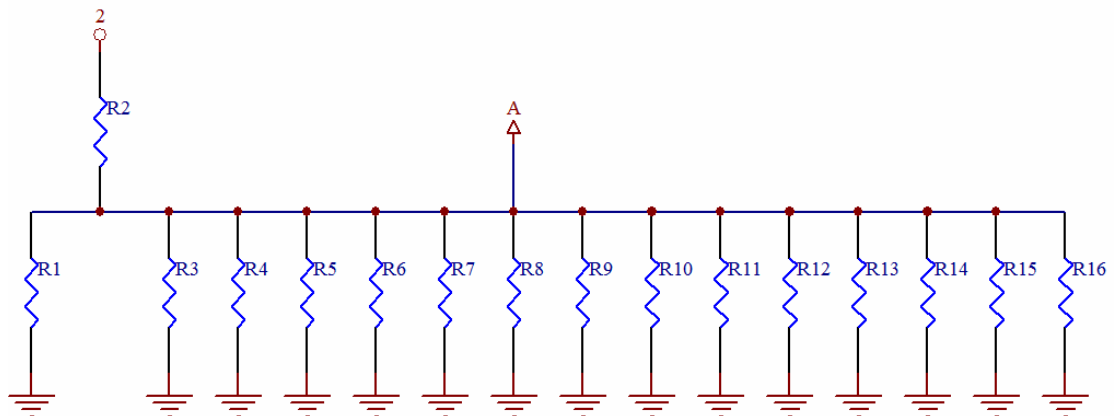
Εύκολα καταλαβαίνει κανείς ότι για να υπολογίσουμε την τάση στον κόμβο A, θα εφαρμόσουμε το θεώρημα της επαλληλίας. Πρώτα όμως για να διευκολυνθούμε στις πράξεις μας πρέπει να ορίσουμε μια αναφορά. Ορίζουμε ως αναφορά την πηγή τάσης 1.

Συνεπώς, το λογισμικό αφαιρεί ή προσθέτει σε όλες τις τάσεις τέτοια τάση έτσι ώστε η πηγή τάσης 1 να αποκτήσει δυναμικό 0V. Βλέπε Σχ. 59:



Σχήμα 59. Ηλεκτρικό μοντέλο του συστήματος ηλεκτρόδια-υπέδαφος με αναφορά γείωσης

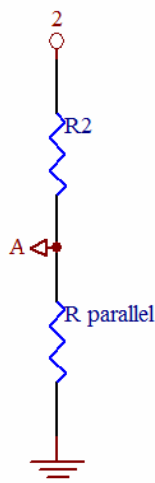
Επόμενο βήμα είναι να εφαρμόσουμε το θεώρημα της επαλληλίας. Δηλαδή θα γειώνουμε διαδοχικά όλες τις τάσεις (του ηλεκτροδίου 2 έως 16) εκτός από μια κάθε φορά. Άρα σε πρώτη φάση γειώνουμε τις τάσεις όλων των ηλεκτροδίων εκτός της τάσης του 2^{ου}. Το κύκλωμα που προκύπτει είναι αυτό του Σχ. 60:



Σχήμα 60. Ηλεκτρικό μοντέλο του συστήματος ηλεκτρόδια-υπέδαφος με ενεργή μονάχα την πηγή τάσης 2

Όπως φαίνεται στο Σχ. 60, πρόκειται για ένα απλό διαιρέτη τάσης. Προκειμένου να υπολογίσουμε την τάση στον κόμβο A πρέπει πρώτα να υπολογίσουμε τον παράλληλο συνδυασμό των 15 γειωμένων αντιστάσεων.

Για να μειώσουμε τον όγκο των αριθμητικών πράξεων, συνεπώς και το χρόνο επεξεργασίας του λογισμικού, θα χρησιμοποιήσουμε αγωγιμότητες αντί για αντιστάσεις. Δηλαδή, το λογισμικό βρίσκει το αντίστροφο της ωμικής τιμής για όλες τις αντιστάσεις εκτός από τη 2^η. Οπότε ο παράλληλος συνδυασμός των 15 αγωγιμοτήτων ισούται με το άθροισμά τους. Στη συνέχεια υπολογίζει το αντίστροφο του αποτελέσματος για να το μετατρέψει ξανά σε μονάδες αντίστασης. Έτσι προκύπτει ο απλούστερος διαιρέτης τάσης του Σχ. 61:



Σχήμα 61. Ηλεκτρικό μοντέλο του συστήματος ηλεκτρόδια-υπέδαφος με ενεργή μονάχα την πηγή τάσης 2 και σε μορφή διαιρέτη τάσης

Υπολογίζουμε την τάση στον κόμβο A με το γνωστό τρόπο. Στη συνέχεια υπολογίζουμε το **ρεύμα** που διαρρέει την αντίσταση R1 το οποίο ισούται με $I_{R1} = V_A / R1$, αφού πλέον γνωρίζουμε ότι η τάση στα άκρα της είναι αυτή του κόμβου A.

Εφαρμόζουμε το θεώρημα της επαλληλίας και για τα υπόλοιπα 14 ηλεκτρόδια, υπολογίζοντας σε κάθε περίπτωση το ρεύμα που διαρρέει την αντίσταση R1. Στη συνέχεια αθροίζουμε τα 15 ρεύματα που υπολογίσαμε, και με το νόμο του Ohm ($V = R1 * I_{total}$) υπολογίζουμε την τάση στο σημείο A με αναφορά τη γείωση ασφαλώς.

Στη συνέχεια, προσθέτουμε ή αφαιρούμε στις τάσεις όλων των ηλεκτροδίων (όπως επίσης και στην τάση του σημείου A) την κατάλληλη τάση έτσι ώστε η τάση στο ηλεκτρόδιο 1 να ξαναπάρει την αρχική της. Η τάση στο σημείο A θα κυμαίνεται υπό κανονικές συνθήκες μεταξύ $\pm 200\text{mV}$.

Τέλος, αποδίδεται ένα χρώμα στις συντεταγμένες του σημείου A, ανάλογα με την τάση που υπολογίσαμε. Επαναλαμβάνοντας τη διαδικασία αυτή για όλα τα σημεία του γραφήματος, προκύπτει η ολοκληρωμένη εικόνα που έχουμε παρουσιάσει ήδη αρκετές φορές.

6.3.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΚΒΑΝΤΙΣΜΟΥ ΤΑΣΕΩΝ ΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ

Σύντομη και ενδιαφέρουσα είναι και η ανάλυση του εν λόγω αλγόριθμου. Σκοπός του είναι, για να είναι πιο κατανοητό το γράφημα, να ομαδοποιεί ολόκληρο το φάσμα τάσεων του γραφήματος σε 10 κβαντισμένες στάθμες.

Καταρχήν υπολογίζει ποια θα είναι η διαφορά μεταξύ διαδοχικών σταθμών. Αυτό ισούται με το υποεννιαπλάσιο της διαφοράς μεταξύ μέγιστης και ελάχιστης τιμής, ήτοι $V_{\text{step}} = (V_{\text{max}} - V_{\text{min}})/9$.

Γνωρίζοντας το παραπάνω βήμα (V_{step}), μπορούμε να κβαντίσουμε μια-μια όλες τις τάσεις του γραφήματος ως εξής: Προσθέτουμε στην ελάχιστη τιμή τάσης του γραφήματος ακέραια πολλαπλάσια της V_{step} , και κάθε φορά ελέγχουμε αν επιτύχαμε την ελάχιστη διαφορά μεταξύ κβαντισμένης και μη-κβαντισμένης τάσης. Δηλαδή ελέγχουμε ποια από τις παρακάτω κβαντισμένες στάθμες έχει τη μικρότερη διαφορά από τη μη-κβαντισμένη τάση:

$V_{\text{quantum}} = V_{\text{min}} + (N * V_{\text{step}})$ όπου το N παίρνει τιμές από 1 έως 9

Τέλος, όποια τάση έχει τη μικρότερη διαφορά, αποθηκεύεται και χρησιμοποιείται για τη δημιουργία του γραφήματος. Η διαδικασία εκτελείται για το κάθε ένα από τα εικονοστοιχεία του γραφήματος.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε πρώτο στάδιο επιχειρήθηκε η διερεύνηση του προβλήματος που ενδέχεται να εμφανιστεί σε ένα ΧΥΤΑ καθώς και η μεθοδολογία επίλυσής του. Το εν λόγω πρόβλημα έγκειται στο γεγονός ότι υπάρχει σημαντική πιθανότητα να διατηρηθεί η γεωμεμβράνη, η οποία προ-τοποθετείται κάτω από την περιοχή εναπόθεσης των Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ) σε ένα ΧΥΤΑ, η οποία σαν σκοπό έχει να παρέχει μόνωση μεταξύ ΑΣΑ και εδάφους. Αν η γεωμεμβράνη διατηρηθεί, σημαντικό ποσοστό της μάζας των ΑΣΑ το οποίο βρίσκεται σε υγρή κατάσταση (διασταλάγματα), θα βρει διέξοδο προς το υπέδαφος, μολύνοντας τον υδροφόρο ορίζοντα. Ζητούμενο είναι να βρεθεί ένας τρόπος με τον οποίο να μπορούμε αξιόπιστα και αποτελεσματικά να επιτηρούμε τη μη διαπερατότητα της γεωμεμβράνης.

Η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε βασίζεται στη παρατήρηση των απότομων μεταβολών του ιδιοδυναμικού του υπεδάφους, οι οποίες προκαλούνται λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας των διασταλαγμάτων σε μεταλλικά ιόντα και άλατα. Η έξυπνη τεχνολογία του συστήματος λοιπόν, χρησιμοποιώντας ένα πλέγμα ηλεκτροδίων το οποίο είναι τοποθετημένο κάτω από τη γεωμεμβράνη, παίρνει συνεχώς μετρήσεις του ιδιοδυναμικού του υπεδάφους, αναζητώντας έναν ορισμένο ρυθμό μεταβολής του ιδιοδυναμικού, ο οποίος θα σκανδαλίσει το συναγερμό διαρροής του συστήματος. Το γεγονός ότι χρησιμοποιούμε πλέγμα ηλεκτροδίων μας παρέχει τη δυνατότητα να γνωρίζουμε σε κάθε σημείο του ΧΥΤΑ ποια είναι η μεταβολή του ιδιοδυναμικού, συνεπώς μπορούμε να εντοπίζουμε ακριβώς σε ποιο σημείο του ΧΥΤΑ έχει λάβει χώρα η διάτρηση της γεωμεμβράνης. Πρέπει να αναφέρουμε ότι εκτός από την προαναφερθείσα μεθοδολογία επίλυσης του προβλήματος η οποία είναι παθητική, δοκιμάστηκαν επιπρόσθετα και ενεργές μέθοδοι, δηλαδή διοχετεύοντας ηλεκτρικό ρεύμα (DC και AC) στο υπέδαφος. Οι μέθοδοι αυτές δοκιμάστηκαν για ερευνητικούς κυρίως σκοπούς, και χωρίς να επιλεχτούν ως οι καταλληλότερες για την επίλυση του προβλήματος.

Σε δεύτερο στάδιο διαμορφώθηκε η διάταξη μέτρησης του ιδιοδυναμικού, η οποία πραγματοποιήθηκε υπο κλίμακα. Καθορίσαμε ότι το πλέγμα ηλεκτροδίων θα αποτελείται από 16 ηλεκτρόδια σε διάταξη 4x4, και η μεταξύ τους απόσταση θα είναι 20cm. Το ηλεκτρόδια είναι χάλκινα τετράγωνα με ακμή 4cm και πάχος 0,5mm. Το ηλεκτρονικό σύστημα μέτρησης, βασίστηκε στο σύστημα συλλογής δεδομένων CR23X της Campbell Scientific, το οποίο επιλέχθηκε διότι πραγματοποιεί παραμετροποιήσιμες μετρήσεις, λογικό έλεγχο, επεξεργασία και αποθήκευσή τους σύμφωνα με τον προγραμματισμό που θα εκτελέσει ο χρήστης. Επίσης διαθέτει 24 θύρες εισόδου δεδομένων και δίαυλο επικοινωνίας για αποστολή των αποθηκευμένων δεδομένων. Το δεύτερο κατά σειρά σημαντικότερο στοιχείο της διάταξης που επιλέχθηκε, είναι ο πολυπλέκτης, ο οποίος συνεργάζεται με το σύστημα συλλογής δεδομένων και μας παρέχει 64 εισόδους δεδομένων, προκειμένου το σύστημα να δύναται να ανταποκριθεί σε μεγαλύτερης κλίμακας πλέγματα ηλεκτροδίων. Προκειμένου να συνεργαστεί το σύστημα συλλογής δεδομένων με τον πολυπλέκτη και να παρθούν οι 16 μετρήσεις ιδιοδυναμικού, αναπτύξαμε και προγραμματίσαμε το σύστημα συλλογής δεδομένων, με πρόγραμμα το οποίο εκτελεί με τη σειρά τις κάτωθι εργασίες:

- Ανά καθορισμένο χρονικό διάστημα, στέλνει τα κατάλληλα ψηφιακά σήματα ελέγχου στον πολυπλέκτη προκειμένου ο τελευταίος να πολυπλέξει με τη σειρά και τα 16 ηλεκτρόδια.

- Λαμβάνει από τον πολυπλέκτη τα αναλογικά δεδομένα ιδιοδυναμικού και τα καταχωρεί στη προσωρινή μνήμη του.
- Μόλις καταχωρηθούν και οι 16 μετρήσεις ιδιοδυναμικού, τους τοποθετεί χρονική σφραγίδα και τα καταχωρεί στη μόνιμη μνήμη του.

Το επόμενο βασικό στοιχείο του συστήματος είναι η τηλεμετρία, την οποία επιτύχαμε με χρήση ραδιο-modem και ασύρματου πομποδέκτη FM UHF. Χάρη στην εν λόγω ασύρματη ζεύξη, τα δεδομένα μετρήσεων από το σύστημα συλλογής δεδομένων μεταφέρονται με αποδοτικό τρόπο στο σταθμό βάσης για επεξεργασία, ο οποίος έχει την ελευθερία να βρίσκεται σε αρκετά απομακρυσμένο σημείο από το ΧΥΤΑ. Αρχικά στην επικοινωνία μελετήθηκε η διαδικασία να εκκινείται από το σύστημα συλλογής δεδομένων, όμως λόγω προβλημάτων παραμετροποίησης τελικά επιλέχτηκε η πιο διαφανής επικοινωνία που διενεργείται από το Η/Υ του σταθμού βάσης.

Είναι σημαντικό να τονιστεί η δυνατότητα της μετρητικής διάταξης να υποστηρίζεται όσον αφορά την παροχή ισχύος από μέτριων απαιτήσεων φωτοβολταϊκού συστήματος.

Σε τρίτο στάδιο αναπτύξαμε αποκλειστικά για τις ανάγκες της παρούσας πτυχιακής εργασίας, λογισμικό επεξεργασίας δεδομένων το οποίο εκτελεί τις κάτωθι εργασίες:

- Διαβάζει τα δεδομένα των μετρήσεων.
- Δημιουργεί πλήρως παραμετροποιήσιμο έγχρωμο γράφημα κατανομής του ιδιοδυναμικού στο ΧΥΤΑ σε πραγματικό χρόνο.
- Ανιχνεύει την τυχόν ύπαρξη διαρροής και προειδοποιεί τον χρήστη.
- Καταγράφει σε ξεχωριστό αρχείο τον τόπο και χρόνο της διαρροής.
- Έχει τη δυνατότητα να αναπαράγει παρελθοντικές στιγμές κατανομής δυναμικού

Επιλέξαμε για γλώσσα προγραμματισμού τη Visual Basic 6, μια γλώσσα υψηλού επιπέδου, η οποία επιτρέπει με αποδοτικό τρόπο τη σχεδίαση γραφικών καθώς και ενός φιλικού προς τον χρήστη περιβάλλοντος.

Για την περάτωση της Πτυχιακής Εργασίας που ανέλαβα, απαιτήθηκε μελέτη βασικής γεωλογίας και γεωφυσικής, ηλεκτρικών μεθόδων γεωσκόπησης καθώς και μεθόδων διαχείρισης ΧΥΤΑ, δίνοντάς μου τη δυνατότητα να αποκομίσω γνώσεις από πεδία πέραν της ηλεκτρονικής μηχανικής. Επίσης ήρθα σε επαφή με ολοκληρωμένα προγραμματιζόμενα ηλεκτρονικά συστήματα συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων, τα οποία είναι ιδιαίτερα δημοφιλή και χρήσιμα σε έρευνες πάσης φύσεως. Επιπρόσθετα, μέσω της διασύνδεσης και επίλυσης διαφόρων τεχνικών προβλημάτων των επιμέρους συσκευών του συστήματος (συλλογής δεδομένων, παροχής ισχύος, τηλεμετρίας) απέκτησα περισσότερη διορατικότητα όσον αφορά την αναίρεση των συνηθισμένων ασυμβατοτήτων που παρατηρούνται κατά τη διασύνδεση διαφόρων συσκευών. Τέλος, μέσω της ανάπτυξης του Λογισμικού Επιτήρησης Γεωμεμβράνης, μου δόθηκε η ευκαιρία να αναπτύξω νέες προγραμματιστικές τεχνικές.

Συνολικά, το σύστημα που αναλύθηκε στη παρούσα πτυχιακή εργασία, αποτελεί μια προσιτή, εύκολα υλοποιήσιμη, αξιόπιστη και πλήρη πρόταση για την επιτήρηση της κατάστασης της γεωμεμβράνης σε ένα ΧΥΤΑ, η οποία ελπίζω να φανεί χρήσιμη και να υιοθετηθεί, προκειμένου να αποτραπούν δυσμενείς περιβαλλοντικές συνέπειες και να βελτιωθεί η ποιότητα της ζωής μας.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Alan E. Mussett & M. Aftab Khan, Looking into the Earth: An introduction to Geological Geophysics, Cambridge University Press, U.K. 2000, 470pp.
- 2) Godfrey K. A., Monitoring for hazardous waste leaks, ASCE Publications, 1987
- 3) Jones-Lee A. and Lee G. F., Groundwater Pollution by municipal landfills: Leachate composition, detection and water quality significance, Italy 1993
- 4) G. Fred Lee and Associates, Recommended design, operation, closure and post-closure approaches for municipal solid waste and hazardous waste landfills, California 1995, 14pp.
- 5) Δημήτριος Χ. Παναγιωτακόπουλος, Βιώσιμη διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων, Εκδόσεις Ζυγός, Θεσσαλονίκη 2002, 502pp.
- 6) Campbell Scientific Inc., CR23X Micrologger Operator's Manual, 2000
- 7) Campbell Scientific Inc., AM 16/32 Relay Multiplexer Instruction Manual, 2004
- 8) Campbell Scientific Inc., PC208W Datalogger Support Software User Guide, 1996
- 9) Campbell Scientific Inc., Radiotelemetry Network Instruction Manual, 1989, 64pp.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

A. Ανάλυση πηγαίου κώδικα του λογισμικού ανάλυσης δεδομένων με χρήση σχολίων

'Δήλωση μεταβλητών

Dim Written As Boolean 'για να ξέρω αν κατα την αναζήτηση μιας παρελθοντικής στιγμής δεν υπάρχει προηγούμενη στιγμή αυτής

Dim FirstTime2 As Integer 'για να ξέρω αν είναι η πρώτη φορά που το πρόγραμμα διαβάζει το αρχείο δεδομένων

Dim PreSearchMatrix(1 To 16) As Single 'Χρησιμοποιείται απλά για να αποθηκεύει την προηγούμενη στιγμή της παρελθοντικής στιγμής που θα επιλέξει ο χρήστης

Dim VRate(1 To 16) As Single 'αποθηκεύει τις μεταβολές των τάσεων ή τα περιεχόμενα του πίνακα Matrix

Dim Alarm(0 To 15) As Boolean 'αποθηκεύει την κατάσταση (συναγερμός ή όχι) του κάθε ηλεκτροδίου

Dim AA As Integer 'ο αύξων αριθμός του πλαισίου ιστορίας συναγερμών

Dim ALARMED As Boolean 'για να ξέρω αν υπήρξε συναγερμός

Dim AlarmSTR As String 'το κείμενο που θα προστίθεται στο πλαίσιο ιστορίας των συναγερμών

Dim FILEno As Integer 'αντιπροσωπεύει τον αριθμό του αρχείου που θα ανοίξω

Dim myBYTE As Byte 'αποθηκεύει ένα-ένα τα bytes του αρχείου

Dim myCHARACTER As String 'αποθηκεύει έναν-έναν τους χαρακτήρες του αρχείου

Dim mySUM As String 'αποθηκεύει κάθε φορά μια ακολουθία από χαρακτήρες η οποία θα αποτελέσει την εκάστοτε αριθμητική τιμή μέτρησης τάσης

Dim iFile As Integer 'ακέραιος ο οποίος δείχνει τον επόμενο χαρακτήρα του αρχείου που θα διαβάσω

Dim myEOF As Boolean 'δυαδική μεταβλητή που μου δείχνει αν έχω φτάσει στο τέλος του αρχείου

Dim myInterval As Integer 'αποθηκεύει την περίοδο που διαβάζω τα καινούρια δεδομένα

Dim Matrix(1 To 16) As Single 'αποθηκεύει τις 16 τιμές των ηλεκτροδίων

Dim PreMatrix(1 To 16) As Single 'αποθηκεύει τις 16 προηγούμενες τιμές των ηλεκτροδίων

Dim SearchMatrix(1 To 16) As Single 'Χρησιμοποιείται απλά για να απεικονίζει μια παρελθοντική στιγμή

Dim mySecond As Integer 'αποθηκεύει το τρέχων δευτερόλεπτο του ρολογιού συστήματος

Dim CollectSecond As Integer 'αποθηκεύει το επόμενο δευτερόλεπτο στο οποίο θα διαβαστούν οι 16 νέες τιμές τάσης

Dim iCOMMA As Integer 'αποθηκεύει το πλήθος των κομμάτων που έχω διαβάσει σε μία γραμμή του αρχείου

Dim iMatrix As Integer 'αποθηκεύει την θέση του πίνακα στην οποία θα γραφτεί η επόμενη ένδειξη τάσης

Dim LineCount As Integer 'αποθηκεύει το πλήθος των γραμμών που έχουν προσπελαστεί στο αρχείο δεδομένων

Dim fileYEAR As Integer 'αποθηκεύει το έτος της τρέχουσας μέτρησης τάσης

Dim fileDAY As Integer 'αποθηκεύει την ημέρα της τρέχουσας μέτρησης τάσης

Dim fileHOURMINUTE As Integer 'αποθηκεύει την ώρα-λεπτό της τρέχουσας μέτρησης τάσης

Dim fileSECOND As Integer 'αποθηκεύει το δευτερόλεπτο της τρέχουσας μέτρησης τάσης

Dim rColor As Integer 'αποθηκεύει την τιμή του "πόσο κόκκινο" θα είναι το εκάστοτε pixel του γραφήματος

Dim gColor As Integer 'αποθηκεύει την τιμή του "πόσο πράσινο" θα είναι το εκάστοτε pixel του γραφήματος

Dim iColor As Single 'αποθηκεύει την τιμή της τάσης του εκάστοτε pixel του γραφήματος, προσαρμοσμένη στην κλίμακα +-200mV

Dim resistorY As Double 'αποθηκεύει την κατακόρυφη απόσταση (αντίσταση) του εκάστοτε σημείου του γραφήματος από το εκάστοτε ηλεκτρόδιο

Dim resistorX As Double 'αποθηκεύει την οριζόντια απόσταση (αντίσταση) του εκάστοτε σημείου του γραφήματος από το εκάστοτε ηλεκτρόδιο

Dim resistorValue(1 To 16) As Double 'αποθηκεύει την ακτινική απόσταση (αγωγιμότητα) του εκάστοτε σημείου του γραφήματος από το εκάστοτε ηλεκτρόδιο

Dim RefVolt As Double 'αποθηκεύει την τάση αναφοράς του γραφήματος (τάση ηλεκτροδίου 1)
 Dim parallelRes As Double 'αποθηκεύει την παράλληλη αντίσταση των 15 ηλεκτροδίων (πλήν ενός δηλαδή)
 Dim totalCurrent As Double 'αποθηκεύει το συνολικό ρεύμα που διαρρέει την πρώτη αντίσταση
 Dim dividerVolt As Double 'αποθηκεύει την τάση που προκύπτει από τον διαιρέτη τάσης
 Dim Voltage As Double 'αποθηκεύει την τάση του εκάστοτε σημείου του γραφήματος
 Dim Sign As Boolean 'για να ξέρω αν θα προσθέσω ή αφαιρέσω την αναφορά τάσης (ηλεκτρόδιο 1)
 Dim parallelSUM As Double 'αποθηκεύει την αγωγιμότητα και των 16 αντιστάσεων
 Dim ResA As Single 'αποθηκεύει το πλήθος των pixel του γραφήματος
 Dim ResB As Integer 'αποθηκεύει το οριζόντιο / κατακόρυφο πλήθος των pixel του γραφήματος
 Dim ResC As Single 'αποθηκεύει την ακμή των pixel του γραφήματος
 Dim ResD As Single 'αποθηκεύει το μισό της ακμής των pixel του γραφήματος
 Dim Pal As Integer 'μεταβλητή που αφορά την επιλογή χρωματικής παλέτας του γραφήματος
 Dim Pal2 As Integer 'βοηθητική μεταβλητή που αφορά την επιλογή χρωματικής παλέτας του γραφήματος
 Dim Variation As Single 'αποθηκεύει τα όρια της διακύμανσης της τάσης του γραφήματος, στην οποία θα προβάλλονται οι μαύρες οριοθετήσεις
 Dim Upper As Single 'αποθηκεύει τη μέγιστη τιμή τάσης σε μία δειγματοληψία
 Dim Lower As Single 'αποθηκεύει την ελάχιστη τιμή τάσης σε μία δειγματοληψία
 Dim Smaller As Single 'αποθηκεύει το μικρότερο σφάλμα τάσης λόγω κβάντισης
 Dim VoltageQ As Single 'αποθηκεύει τη κβαντισμένη τάση
 Dim FirstTime As Boolean 'Για να μην ελέγξω ακόμα αν ξεπέρασα την τάση συναγερμού
 Dim Vary As Single 'βοηθητική μεταβλητή για τη χάραξη των μαύρων οριοθετήσεων τάσης
 Dim SEARCHiFILE As Integer 'δείκτης χαρακτήρα κατά την ανάγνωση του αρχείου δεδομένων

'οι παρακάτω μεταβλητές αφορούν τη real-time ανάγνωση / απεικόνιση δεδομένων

Dim NEWFILEno As Integer 'αντιπροσωπεύει τον αριθμό του αρχείου που θα ανοίξω
 Dim FILEno2 As Integer 'αντιπροσωπεύει τον αριθμό του αρχείου στο οποίο θα καταγράφονται οι συναγερμοί
 Dim NEWmyBYTE As Byte 'αποθηκεύει ένα-ένα τα bytes του αρχείου
 Dim NEWmyCHARACTER As String 'αποθηκεύει έναν-έναν τους χαρακτήρες του αρχείου
 Dim NEWmySUM As String 'αποθηκεύει κάθε φορά μια ακολουθία από χαρακτήρες η οποία θα αποτελέσει την εκάστοτε αριθμητική τιμή μέτρησης τάσης
 Dim NEWiFile As Integer 'ακέραιος ο οποίος δείχνει τον επόμενο χαρακτήρα του αρχείου που θα διαβάσω
 Dim NEWmyEOF As Boolean 'δυαδική μεταβλητή που μου δείχνει αν έχω φτάσει στο τέλος του αρχείου
 Dim NEWiCOMMA As Integer 'αποθηκεύει το πλήθος των κομμάτων που έχω διαβάσει σε μία γραμμή του αρχείου
 Dim NEWiMatrix As Integer 'αποθηκεύει την θέση του πίνακα στην οποία θα γραφτεί η επόμενη ένδειξη τάσης
 Dim NEWLineCount As Integer 'αποθηκεύει το πλήθος των αναγνωσμένων γραμμών του αρχείου δεδομένων
 Dim NEWfileYEAR As Integer 'αποθηκεύει το έτος των αναγνωσθέντων δεδομένων
 Dim NEWfileDAY As Integer 'αποθηκεύει την ημέρα των αναγνωσθέντων δεδομένων
 Dim NEWfileHOURMINUTE As Integer 'αποθηκεύει την ώρα-λεπτό των αναγνωσθέντων δεδομένων
 Dim NEWfileSECOND As Integer 'αποθηκεύει το δευτερόλεπτο των αναγνωσθέντων δεδομένων
 Dim NEWUpper As Single 'αποθηκεύει τη μέγιστη τιμή τάσης σε μία δειγματοληψία
 Dim NEWLower As Single 'αποθηκεύει την ελάχιστη τιμή τάσης σε μία δειγματοληψία

Private Sub About_Click()

Form3.Show 'εμφάνιση της φόρμας με πληροφορίες όσον αφορά το παρόν Project

End Sub

Private Sub AlmInvisible_Click()

AlmVisible.Checked = False 'απενεργοποιεί την εμφάνιση πλαισίων γύρω από τις περιοχές συναγερμού

AlmInvisible.Checked = True

End Sub

Private Sub AlmVisible_Click()

AlmVisible.Checked = True 'ενεργοποιεί την εμφάνιση πλαισίων γύρω από τις περιοχές συναγερμού

AlmInvisible.Checked = False

End Sub

Private Sub Binvisible_Click()

Bvisible.Checked = False 'απενεργοποιεί την απεικόνιση μαύρων συνόρων τάσης στο γράφημα

Binvisible.Checked = True

End Sub

Private Sub Bvisible_Click()

Bvisible.Checked = True 'ενεργοποιεί την απεικόνιση μαύρων συνόρων τάσης στο γράφημα

Binvisible.Checked = False 'δηλαδή χωρίζει τις διάφορες τάσεις του γραφήματος σε 10 περιοχές

End Sub

Private Sub Calendar_Click()

Form2.Show 'απεικονίζεται η φόρμα με το ημερολόγιο

End Sub

Private Sub Diff1_Click()

GND1.Checked = False 'οι αναγραφόμενες τιμές στο γράφημα θα είναι διαφορικές μεταξύ των ηλεκτροδίων

Diff1.Checked = True

Rate.Checked = False

'εμφάνιση των στοιχείων του διπλότυπου διαφορικής τάσης

Blocker.Visible = True

Text25.Visible = True

Text26.Visible = True

Text27.Visible = True

Text28.Visible = True

Text29.Visible = True

Text30.Visible = True

Text31.Visible = True

Text32.Visible = True

Text33.Visible = True

Text34.Visible = True

Text35.Visible = True

Text36.Visible = True

Text41.Visible = True

Text42.Visible = True

Text43.Visible = True

Text44.Visible = True

Text45.Visible = True

Text46.Visible = True

Text47.Visible = True

Text48.Visible = True

Text49.Visible = True

Text50.Visible = True

Text51.Visible = True

Text52.Visible = True

Text53.Visible = True

Text54.Visible = True

Text55.Visible = True

```
Text56.Visible = True
Text57.Visible = True
Text58.Visible = True
Text59.Visible = True
Text60.Visible = True
Text61.Visible = True
Text62.Visible = True
Text63.Visible = True
Text64.Visible = True
Text65.Visible = True
Text66.Visible = True
Text67.Visible = True
Text68.Visible = True
End Sub
```

```
Private Sub Disabled5_Click()
Enabled5.Checked = False 'απενεργοποιεί την ύπαρξη χρώματος στο γράφημα
Disabled5.Checked = True
End Sub
```

```
Private Sub Enabled5_Click()
Enabled5.Checked = True 'ενεργοποιεί την ύπαρξη χρώματος στο γράφημα
Disabled5.Checked = False
End Sub
```

```
Private Sub fInvisible_Click()
fVisible.Checked = False 'ενεργοποιεί την απεικόνιση αριθμητικής της τιμής της τάσης του εκάστοτε
ηλεκτροδίου
fInvisible.Checked = True 'στο πλάι του γραφήματος για λόγους ευκρίνειας
HugeBlocker.Visible = True
End Sub
```

```
Private Sub Form_Terminate()
End 'τερματίζεται το πρόγραμμα
Unload Form1 'αποφορτώνεται απο τη μνήμη η Form1
Unload Form2 'αποφορτώνεται απο τη μνήμη η Form2
Unload Form3 'αποφορτώνεται απο τη μνήμη η Form3
End Sub
```

```
Private Sub fVisible_Click()
fVisible.Checked = True 'ενεργοποιεί την απεικόνιση αριθμητικής της τιμής της τάσης του εκάστοτε
ηλεκτροδίου
fInvisible.Checked = False 'στο πλάι του γραφήματος για λόγους ευκρίνειας
HugeBlocker.Visible = False
End Sub
```

```
Private Sub GND1_Click()
GND1.Checked = True 'οι αναγραφόμενες τιμές στο γράφημα θα έχουν κοινή αναφορά τη γείωση
Diff1.Checked = False
Rate.Checked = False
'εξαφάνιση των στοιχείων του διπλότυπου διαφορικής τάσης
Blocker.Visible = False
Text25.Visible = False
Text26.Visible = False
```

```
Text27.Visible = False
Text28.Visible = False
Text29.Visible = False
Text30.Visible = False
Text31.Visible = False
Text32.Visible = False
Text33.Visible = False
Text34.Visible = False
Text35.Visible = False
Text36.Visible = False
Text41.Visible = False
Text42.Visible = False
Text43.Visible = False
Text44.Visible = False
Text45.Visible = False
Text46.Visible = False
Text47.Visible = False
Text48.Visible = False
Text49.Visible = False
Text50.Visible = False
Text51.Visible = False
Text52.Visible = False
Text53.Visible = False
Text54.Visible = False
Text55.Visible = False
Text56.Visible = False
Text57.Visible = False
Text58.Visible = False
Text59.Visible = False
Text60.Visible = False
Text61.Visible = False
Text62.Visible = False
Text63.Visible = False
Text64.Visible = False
Text65.Visible = False
Text66.Visible = False
Text67.Visible = False
Text68.Visible = False
End Sub
```

```
Private Sub GOTO2_Click() 'πλήκτρο μετάβασης σε ορισμένη απο το χρήστη παρελθοντική μέτρηση
Written = False
For r = 1 To 16
PreSearchMatrix(r) = 0
Next r
fileSECOND = 0
fileHOURMINUTE = 0
fileDAY = 0
fileYEAR = 0
myEOF = False
'το παρακάτω τμήμα του κώδικα ψάχνει να βρει στο αρχείο την χρονική περιοχή που έχει ορίσει ο
χρήστης
iFile = 1 'ο δείκτης του αρχείου παίρνει την τιμή 1, δηλαδή δείχνει στον πρώτο χαρακτήρα
Do While (fileSECOND <> Val(Text24.Text) Or fileHOURMINUTE <> Val(Text23.Text) Or
fileDAY <> Val(Text22.Text) Or fileYEAR <> Val(Text21.Text)) And myEOF = False 'διαβάζω
έναν-έναν τους χαρακτήρες του αρχείου μέχρι να συναντήσω τη χρονική στιγμή που έχω ορίσει
SEARCHiFILE = iFile 'αποθηκεύω τη θέση του πρώτου χαρακτήρα της κάθε γραμμής του αρχείου,
έτσι ώστε αν πρόκειται για τη γραμμή με τα δεδομένα της χρονικής στιγμής που έχω ορίσει, να τη
χρησιμοποιήσω για να τα διαβάσω
```

```

FILENo = FreeFile(0) 'βρίσκω ποιός αριθμός αρχείου είναι ελεύθερος
Open "c:\pc208w\cr23x1.dat" For Binary As FILENo 'ανοίγω το αρχείο δίνοντάς του τον παραπάνω
αριθμό
myEOF = False 'μηδενίζω τη σημαία ένδειξης ότι έχω φτάσει στο τέλος του αρχείου
myCHARACTER = "" 'μηδενίζω τη μεταβλητή αποθήκευσης χαρακτήρα
AGAIN2:
Get FILENo, iFile, myBYTE 'αποθηκεύω ένα - ένα τα bytes του αρχείου στο myByte
myEOF = EOF(FILENo) 'ελέγχω εαν έχω φτάσει στο τέλος του αρχείου και η σημαία myEOF παίρνει
την ανάλογη τιμή

If myEOF = True Then 'αν έχω φτάσει στο τέλος του αρχείου
If iMatrix > 1 Then 'και αν έχω καταγράψει τιμές στον πίνακά μου, τότε
iCOMMA = 0 'μηδενίζω τον μετρητή των κομμάτων της κάθε γραμμής του αρχείου
myCHARACTER = "" 'μηδενίζω τον τρέχων χαρακτήρα

If (fileSECOND <> Val(Text24.Text) Or fileHOURMINUTE <> Val(Text23.Text) Or fileDAY <>
Val(Text22.Text) Or fileYEAR <> Val(Text21.Text)) Then
Written = True
PreSearchMatrix(iMatrix) = Val(mySUM)
End If

mySUM = "" 'μηδενίζω το άθροισμα χαρακτήρων
iMatrix = 1 'ο δείκτης περιεχομένων του πίνακα δεδομένων, δείχνει πλέον στην πρώτη θέση
LineCount = LineCount + 1 'ο μετρητής γραμμών αυξάνει κατα ένα
End If
GoTo EOF_NLreached2 'πηγαίνω στο σημείο του κώδικα στο οποίο αντιμετωπίζω την άφιξη στο
τέλος του αρχείου
End If

iFile = iFile + 1 'ο δείκτης χαρακτήρα του αρχείου αυξάνει κατα ένα
myCHARACTER = Chr(myBYTE) 'αποθηκεύω τον χαρακτήρα που αντιστοιχεί στα bytes του
αναγνωσθέντος χαρακτήρα

If myCHARACTER = "," Then 'αν ο χαρακτήρας μου είναι κόμμα τότε
If iCOMMA = 1 Then fileYEAR = Val(mySUM) 'αν ο μετρητής κόμματος έχει την τιμή 1, τότε η
χρονιά των δεδομένων είναι η αριθμητική τιμή του αθροίσματος των αναγνωσθέντων χαρακτήρων
If iCOMMA = 2 Then fileDAY = Val(mySUM) 'αν ο μετρητής κόμματος έχει την τιμή 2, τότε η
ημέρα των δεδομένων είναι η αριθμητική τιμή του αθροίσματος των αναγνωσθέντων χαρακτήρων
If iCOMMA = 3 Then fileHOURMINUTE = Val(mySUM) 'αν ο μετρητής κόμματος έχει την τιμή 3,
τότε η ώρα των δεδομένων είναι η αριθμητική τιμή του αθροίσματος των αναγνωσθέντων χαρακτήρων

myCHARACTER = "" 'μηδενίζω τον τρέχων χαρακτήρα
iCOMMA = iCOMMA + 1 'ο μετρητής κομμάτων αυξάνει κατα ένα
If iCOMMA >= 6 Then 'αν ο μετρητής κομμάτων έχει τιμή μεγαλύτερη του 5 τότε

If (fileSECOND <> Val(Text24.Text) Or fileHOURMINUTE <> Val(Text23.Text) Or fileDAY <>
Val(Text22.Text) Or fileYEAR <> Val(Text21.Text)) Then
Written = True
PreSearchMatrix(iMatrix) = Val(mySUM) 'θα αποθηκεύω στον πίνακα με τις προηγούμενες τιμές τις
τιμές του αρχείου
End If

iMatrix = iMatrix + 1 'ο δείκτης περιεχομένων του πίνακα δεδομένων αυξάνει κατα ένα
End If
mySUM = "" 'μηδενίζω το άθροισμα χαρακτήρων
End If

If Val(myBYTE) = 10 Then 'αν ο χαρακτήρας μου είναι "αλλαγή γραμμής" τότε
If iMatrix > 1 Then 'αν ο δείκτης περιεχομένων του πίνακα δεδομένων έχει τιμή μεγαλύτερη του 1
τότε

```

iCOMMA = 0 'μηδενίζεται ο μετρητής κομμάτων
myCHARACTER = "" 'μηδενίζεται ο τρέχων χαρακτήρας

If (fileSECOND <> Val(Text24.Text) Or fileHOURLMINUTE <> Val(Text23.Text) Or fileDAY <> Val(Text22.Text) Or fileYEAR <> Val(Text21.Text)) Then
Written = True
PreSearchMatrix(iMatrix) = Val(mySUM)
End If

mySUM = "" 'μηδενίζεται το άθροισμα των αναγνωσθέντων χαρακτήρων
iMatrix = 1 'ο δείκτης περιεχομένων του πίνακα δεδομένων, δείχνει πλέον στην πρώτη θέση
LineCount = LineCount + 1 'ο μετρητής γραμμών αυξάνει κατά ένα
GoTo EOF_NLreached2 'πηγαίνω στο σημείο του κώδικα στο οποίο αντιμετωπίζω την άφιξη στο τέλος του αρχείου
End If
End If

If iCOMMA = 4 And myCHARACTER = "." Then fileSECOND = Val(mySUM) 'για να απορρίπτο τα δέκατα του χιλιοστού
mySUM = mySUM + myCHARACTER 'στο άθροισμα χαρακτήρων μου προστίθεται και ο τρέχων χαρακτήρας

GoTo AGAIN2
EOF_NLreached2:
Close FILENo 'κλείνω το αρχείο δεδομένων

Loop

'το παρακάτω τμήμα κώδικα είναι ίδιο με το παραπάνω, με τη διαφορά ότι αν η χρονική περιοχή που όρισε ο χρήστης όντως υπάρχει, θα αναγνώσει και αποθηκεύσει μόνο τα δεδομένα της συγκεκριμένης γραμμής

If (fileSECOND <> Val(Text24.Text) Or fileHOURLMINUTE <> Val(Text23.Text) Or fileDAY <> Val(Text22.Text) Or fileYEAR <> Val(Text21.Text)) Then 'αν το δευτερόλεπτο, ώρα κλπ είναι διαφορετικό από τις τιμές που όρισε ο χρήστης στα πλαίσια κειμένου, τότε
Label7.Caption = "Σφάλμα: Η ορισμένη χρονική στιγμή δεν υπάρχει στο αρχείο." 'η εξής πινακίδα βγάζει το μήνυμα εξής μήνυμα
TimeLoc.Enabled = True 'ενεργοποιείται ο χρονιστής που θα σβήσει το μήνυμα

Else
iFile = SEARCHiFILE 'ο δείκτης χαρακτήρα του αρχείου παίρνει την τιμή που αποθήκευσα προηγουμένως

FILENo = FreeFile(0) 'βρίσκω ποιός αριθμός αρχείου είναι ελεύθερος
Open "c:\pc208w\cr23x1.dat" For Binary As FILENo 'ανοίγω το αρχείο δίνοντάς του τον παραπάνω αριθμό

myEOF = False
myCHARACTER = ""
AGAIN:

Get FILENo, iFile, myBYTE 'αποθηκεύω ένα - ένα τα bytes του αρχείου στο myByte
myEOF = EOF(FILENo) 'ελέγχω εάν έχω φτάσει στο τέλος του αρχείου, επηρεάζοντας την τιμή της εξής σημαίας

If myEOF = True Then 'αν έχω φτάσει τότε

If iMatrix > 1 Then

iCOMMA = 0

myCHARACTER = ""

SearchMatrix(iMatrix) = Val(mySUM) 'ο πίνακας αναζήτησης παίρνει τις αριθμητικές τιμές των δεδομένων

mySUM = ""

iMatrix = 1

LineCount = LineCount + 1

End If


```

GoTo EOF_NLreached
End If

iFile = iFile + 1
myCHARACTER = Chr(myBYTE)

If myCHARACTER = "," Then
If iCOMMA = 1 Then fileYEAR = Val(mySUM)
If iCOMMA = 2 Then fileDAY = Val(mySUM)
If iCOMMA = 3 Then fileHOURMINUTE = Val(mySUM)

myCHARACTER = ""
iCOMMA = iCOMMA + 1
If iCOMMA >= 6 Then
SearchMatrix(iMatrix) = Val(mySUM)

iMatrix = iMatrix + 1
End If
mySUM = ""
End If

If Val(myBYTE) = 10 Then
If iMatrix > 1 Then
iCOMMA = 0
myCHARACTER = ""
SearchMatrix(iMatrix) = Val(mySUM)
mySUM = ""
iMatrix = 1
LineCount = LineCount + 1
GoTo EOF_NLreached
End If
End If

If iCOMMA = 4 And myCHARACTER = "." Then fileSECOND = Val(mySUM)
mySUM = mySUM + myCHARACTER

GoTo AGAIN
EOF_NLreached:
Close FILEno

Upper = SearchMatrix(1)
Lower = SearchMatrix(1)
For y = 1 To 16
If SearchMatrix(y) > Upper Then Upper = SearchMatrix(y) 'εδώ βρίσκω το μέγιστο των τιμών
If SearchMatrix(y) < Lower Then Lower = SearchMatrix(y) 'εδώ βρίσκω το ελάχιστο των τιμών
Next y

If Rate.Checked = True Then
If Written = False Then
For yy = 1 To 16
PreSearchMatrix(yy) = SearchMatrix(yy)
Next yy
End If
For p = 1 To 16
SearchMatrix(p) = SearchMatrix(p) - PreSearchMatrix(p)
Next p
End If

Text1.Text = SearchMatrix(1) 'τα 16 βοηθητικά πλαίσια κειμένου αναγράφουν τις τιμές των
δεδομένων

```

```

Text2.Text = SearchMatrix(2)
Text3.Text = SearchMatrix(3)
Text4.Text = SearchMatrix(4)
Text5.Text = SearchMatrix(5)
Text6.Text = SearchMatrix(6)
Text7.Text = SearchMatrix(7)
Text8.Text = SearchMatrix(8)
Text9.Text = SearchMatrix(9)
Text10.Text = SearchMatrix(10)
Text11.Text = SearchMatrix(11)
Text12.Text = SearchMatrix(12)
Text13.Text = SearchMatrix(13)
Text14.Text = SearchMatrix(14)
Text15.Text = SearchMatrix(15)
Text16.Text = SearchMatrix(16)

```

'ο παρακάτω κώδικας αφορά τη σχεδίαση του γραφήματος
Cls 'καθαρίζω την οθόνη

```

If Enabled5.Checked = True Then 'αν είναι ενεργοποιημένη η ύπαρξη χρώματος στο γράφημα τότε
RefVolt = SearchMatrix(1) 'η αναφορά τάσης θα είναι η τιμή του πρώτου ηλεκτροδίου

```

```

For k = 1 To 16
If SearchMatrix(1) >= 0 Then 'αφαιρώ ή προσθέτω την αναφορά τάσης έτσι ώστε αυτή να γίνει 0
SearchMatrix(k) = SearchMatrix(k) - RefVolt
Sign = False
Else
SearchMatrix(k) = SearchMatrix(k) + RefVolt
Sign = True
End If
Next k

```

```

For i = 0 To ResA
totalCurrent = 0
parallelRes = 0
parallelSUM = 0

```

```

For j = 0 To 15
resistorY = Abs(((j \ 4) * 1920 + 330) - ((i \ ResB) * ResC + ResD)) 'εδώ υπολογίζω την οριζόντια
απόσταση του κάθε σημείου του γραφήματος απο το κάθε ηλεκτρόδιο
resistorX = Abs(((j Mod 4) * 1920 + 330) - ((i Mod ResB) * ResC + ResD)) 'εδώ υπολογίζω την
κάθετη απόσταση του κάθε σημείου του γραφήματος απο το κάθε ηλεκτρόδιο
resistorValue(j + 1) = 1 / ((resistorY ^ 2) + (resistorX ^ 2)) 'εδώ υπολογίζω το αντίστροφο του
τετράγωνου της ακτινικής απόστασης του κάθε σημείου του γραφήματος απο το κάθε ηλεκτρόδιο
(αγωγιμότητα)
Next j

```

```

For h = 1 To 16
parallelSUM = parallelSUM + resistorValue(h) 'εδώ αθροίζω όλες τις αγωγιμότητες
Next h

```

```

For B = 1 To 16
parallelRes = 1 / (parallelSUM - resistorValue(B)) 'βρίσκω τη παράλληλη αντίσταση των 15
αντιστάσεων, των οποίων τη πηγή τάσεως νεκρώνω (γειώνω)
dividerVolt = SearchMatrix(B) * parallelRes / ((1 / resistorValue(B)) + parallelRes) 'υπολογίζω τη
τάση του διαιρέτη τάσεως που προκύπτει
totalCurrent = totalCurrent + (dividerVolt / (1 / resistorValue(1))) 'υπολογίζω το ολικό ρεύμα που
διαρρέει την πρώτη αντίσταση
Next B

```

```

If Sign = False Then 'υπολογίζω τη τάση στο ζητούμενο σημείο, προσθέτοντας ή αφαιρώντας την αναφορά
Voltage = totalCurrent * (1 / resistorValue(1)) + RefVolt
Else
Voltage = totalCurrent * (1 / resistorValue(1)) - RefVolt
End If

```

```

If Qenabled.Checked = True Then 'αλγόριθμος για τον κβαντισμό της τάσης σε 10 επίπεδα, προσθέτοντας στην χαμηλότερη τιμή του πίνακα το καταλληλότερο ακέραιο πολλαπλάσιο του υποδεκαπλάσιου της διαφοράς μεγίστου - ελαχίστου
Smaller = Abs(Voltage - Lower)
For t = 1 To 10
If Smaller > Abs((Voltage - (Lower + (t * ((Upper - Lower) / 9)))) Then 'ελέγγω αν το τρέχων ακέραιο πολλαπλάσιο παρουσιάζει μικρότερη διαφορά με την πραγματική τιμή
Smaller = Abs((Voltage - (Lower + (t * ((Upper - Lower) / 9))))
VoltageQ = Lower + (t * ((Upper - Lower) / 9)) 'αν ναι, υπολογίζω την εξής κβαντισμένη τιμή της πραγματικής τιμής
End If
Next t
Else
VoltageQ = Voltage
End If

```

```

iColor = (VoltageQ + 200) * 1.275 'θεωρώντας 200mV το μέγιστο της κλίμακας τάσης
If iColor < 0 Then iColor = 0
If iColor > 511 Then iColor = 511

```

```

If iColor < 256 Then 'υπολογίζω την πράσινη και κόκκινη συνιστώσα της τάσης για να πάρει το σωστό χρώμα
rColor = iColor
gColor = 255
Else
rColor = 255
gColor = 255 - (iColor - 256)
End If

```

```

Pal2 = Pal

```

```

If Bvisible.Checked = True Then 'αλγόριθμος για την εμφάνιση των 10 μαύρων οριοθετήσεων τάσης
If High.Checked = True Then 'ανάλογα με την ανάλυση η διακύμανση θα είναι διαφορετική
Vary = 1.5
Else
Vary = 9
End If
Variation = ((Upper - Lower) * Vary) / 400 'υπολογίζω με εμπειρικό κανόνα τη διακύμανση της τάσης για την οποία θα εμφανίζεται μαύρο χρώμα
For v = Lower To Upper Step ((Upper - Lower) / 10) 'υπολογίζω τις 10 τάσεις των οποίων την υπολογισμένη διακύμανση θα εμφανίζω μαύρη
If VoltageQ > (v - Variation) And Voltage < (v + Variation) Then
rColor = 0 'φροντίζω η κόκκινη συνιστώσα να γίνει 0 (για να εμφανιστεί μαύρο χρώμα)
gColor = 0 'φροντίζω η πράσινη συνιστώσα να γίνει 0 (για να εμφανιστεί μαύρο χρώμα)
End If
Next v
End If

```

```

Line ((985 + (i Mod ResB) * ResC), (2755 + (i \ ResB) * ResC))-Step(ResC, ResC), RGB(rColor, gColor, Pal2), BF 'ζωγραφίζω τετραγωνίδιο με το σωστό χρώμα, διαστάσεις και θέση για το κάθε σημείο
Next i

```

```

For k = 1 To 16
If Sign = False Then 'στον πίνακα δεδομένων προσθέτω ή αφαιρώ την τάση αναφοράς
SearchMatrix(k) = SearchMatrix(k) + RefVolt
Else
SearchMatrix(k) = SearchMatrix(k) - RefVolt
End If
Next k
End If

```

```

If Pal = 255 Then 'ανάλογα με το την παλέτα που θα επιλέξει ο χρήστης, τα αριθμητικά στοιχεία του
γραφήματος αλλάζουν χρώμα
ForeColor = vbBlack
Else
ForeColor = vbBlue
End If

```

```

If Visible4.Checked = True Then 'αλγόριθμος για να ζωγραφίζει κύκλο γύρω απο το κάθε ηλεκτρόδιο
For i = 0 To 15
CurrentY = 3080 + (i \ 4) * 1920
CurrentX = 1315 + (i Mod 4) * 1920
Circle (CurrentX, CurrentY), 330
Next i
End If

```

```

If Visible3.Checked = True Then 'αλγόριθμος για να εμφανίζει τα αριθμητικά δεδομένα του
γραφήματος
If GND1.Checked = True Then 'με αναφορά τη γή
For i = 0 To 15
CurrentY = 2980 + (i \ 4) * 1920
CurrentX = 1065 + (i Mod 4) * 1920
Print SearchMatrix(i + 1)
Next i
End If

```

'διαφορική τάση μεταξύ ηλεκτροδίων

```

If Diff1.Checked = True Then
For i = 0 To 16
CurrentY = 2990 + (i \ 4) * 1920
CurrentX = 120 + (i Mod 4) * 1920
If i < 16 And i Mod 4 <> 0 Then
Print Abs(Round(((SearchMatrix(i + 1) - SearchMatrix(i))), 2))
End If
CurrentY = 3950 + (i \ 4) * 1920
CurrentX = 1070 + (i Mod 4) * 1920
If i < 12 Then
Print Abs(Round(((SearchMatrix(i + 5) - SearchMatrix(i + 1))), 2))
End If
Next i

```

'τα πλαίσια κειμένου του διπλότυπου διαφορικής τάσης απεικονίζουν τις διαφορικές τάσεις μεταξύ των ηλεκτροδίων

```

Text26.Text = Abs(Round(((SearchMatrix(1) - SearchMatrix(2))), 2))
Text25.Text = Abs(Round(((SearchMatrix(2) - SearchMatrix(3))), 2))
Text36.Text = Abs(Round(((SearchMatrix(3) - SearchMatrix(4))), 2))
Text41.Text = Abs(Round(((SearchMatrix(1) - SearchMatrix(5))), 2))
Text42.Text = Abs(Round(((SearchMatrix(2) - SearchMatrix(6))), 2))
Text43.Text = Abs(Round(((SearchMatrix(3) - SearchMatrix(7))), 2))
Text44.Text = Abs(Round(((SearchMatrix(4) - SearchMatrix(8))), 2))
Text29.Text = Abs(Round(((SearchMatrix(5) - SearchMatrix(6))), 2))
Text28.Text = Abs(Round(((SearchMatrix(6) - SearchMatrix(7))), 2))

```

```

Text27.Text = Abs(Round(((SearchMatrix(7) - SearchMatrix(8))), 2))
Text45.Text = Abs(Round(((SearchMatrix(5) - SearchMatrix(9))), 2))
Text46.Text = Abs(Round(((SearchMatrix(6) - SearchMatrix(10))), 2))
Text47.Text = Abs(Round(((SearchMatrix(7) - SearchMatrix(11))), 2))
Text48.Text = Abs(Round(((SearchMatrix(8) - SearchMatrix(12))), 2))
Text32.Text = Abs(Round(((SearchMatrix(9) - SearchMatrix(10))), 2))
Text31.Text = Abs(Round(((SearchMatrix(10) - SearchMatrix(11))), 2))
Text30.Text = Abs(Round(((SearchMatrix(11) - SearchMatrix(12))), 2))
Text49.Text = Abs(Round(((SearchMatrix(9) - SearchMatrix(13))), 2))
Text50.Text = Abs(Round(((SearchMatrix(10) - SearchMatrix(14))), 2))
Text51.Text = Abs(Round(((SearchMatrix(11) - SearchMatrix(15))), 2))
Text52.Text = Abs(Round(((SearchMatrix(12) - SearchMatrix(16))), 2))
Text35.Text = Abs(Round(((SearchMatrix(13) - SearchMatrix(14))), 2))
Text34.Text = Abs(Round(((SearchMatrix(14) - SearchMatrix(15))), 2))
Text33.Text = Abs(Round(((SearchMatrix(15) - SearchMatrix(16))), 2))
End If

```

```

If Rate.Checked = True Then
For i = 0 To 15
CurrentY = 2980 + (i \ 4) * 1920
CurrentX = 1065 + (i Mod 4) * 1920
Print SearchMatrix(i + 1)
Next i
End If
End If
End If
End Sub

```

Private Sub Form_Load() *κατα τη φόρτωση του προγράμματος, οι παρακάτω μεταβλητές παίρνουν τις εξής τιμές*

```

FirstTime2 = 0
AA = 1
ALARMED = False
fileSECOND = -1
fileHOURMINUTE = -1
fileDAY = -1
fileYEAR = -1
FirstTime = True
Pal = 0
ResA = 9999
ResB = 100
ResC = 64.15
ResD = 32.075
gColor = 255
rColor = 0
LineCount = 0
iFile = 1
SEARCHiFILE = 1
CollectSecond = 70
iCOMMA = 0
mySUM = ""
iMatrix = 1
myCHARACTER = ""
For j = 1 To 16
VRate(j) = 0
Matrix(j) = 0
PreMatrix(j) = 0
SearchMatrix(j) = 0
PreSearchMatrix(j) = 0

```

```
Alarm(j - 1) = False
Next j
```

```
NEWfileSECOND = -1
NEWfileHOURMINUTE = -1
NEWfileDAY = -1
NEWfileYEAR = -1
NEWLineCount = 0
NEWiFile = 1
NEWiCOMMA = 0
NEWmySUM = ""
NEWiMatrix = 1
NEWmyCHARACTER = ""
End Sub
```

```
Private Sub Go_Click()
IntervalTimer.Enabled = True 'ενεργοποιείται ο χρονιστής ανάγνωσης δεδομένων απο το αρχείο
Image2.Visible = False 'εξαφανίζεται το σήμα stop
Image1.Visible = True 'εμφανίζεται το σήμα play
End Sub
```

```
Private Sub High_Click()
Low.Checked = False 'επιλέγει υψηλή ανάλυση στο γράφημα εισάγοντας τις παρακάτω τιμές στις 4
μεταβλητές
Medium.Checked = False
High.Checked = True
ResA = 999999
ResB = 1000
ResC = 6.415
ResD = 3.2075
End Sub
```

```
Private Sub Invisible3_Click()
Visible3.Checked = False 'απενεργοποιεί την αριθμητική απεικόνιση της τάσης του κάθε ηλεκτροδίου
στο γράφημα
Invisible3.Checked = True
End Sub
```

```
Private Sub Invisible4_Click()
Visible4.Checked = False 'απενεργοποιεί την απεικόνιση κύκλων γύρω απο το κέντρο του κάθε
ηλεκτροδίου
Invisible4.Checked = True
End Sub
```

```
Private Sub Low_Click()
Low.Checked = True 'επιλέγει χαμηλή ανάλυση στο γράφημα εισάγοντας τις παρακάτω τιμές στις 4
μεταβλητές
Medium.Checked = False
High.Checked = False
ResA = 99
ResB = 10
ResC = 641.5
ResD = 320.75
End Sub
```

Private Sub Medium_Click()

Low.Checked = False 'επιλέγει μεσαία ανάλυση στο γράφημα εισάγοντας τις παρακάτω τιμές στις 4 μεταβλητές

Medium.Checked = True

High.Checked = False

ResA = 9999

ResB = 100

ResC = 64.15

ResD = 32.075

End Sub

Private Sub Playback_Click()

ReTime.Checked = False 'η απεικόνιση των τιμών του γραφήματος δεν θα είναι πραγματικού χρόνου

Playback.Checked = True 'αλλά θα απεικονίζεται η παρελθοντική χρονική στιγμή που έχει επιλέξει ο χρήστης

GOTO2.Enabled = True

End Sub

Private Sub Qdisabled_Click()

Qenabled.Checked = False 'απενεργοποιεί τον κβαντισμό τάσης για το γράφημα

Qdisabled.Checked = True

End Sub

Private Sub Qenabled_Click()

Qenabled.Checked = True 'ενεργοποιεί τον κβαντισμό τάσης για το γράφημα

Qdisabled.Checked = False 'δηλαδή απεικονίζει τις διάφορες τάσεις σε 10 διακριτές τιμές

End Sub

Private Sub Rate_Click()

GND1.Checked = False

Diff1.Checked = False

Rate.Checked = True 'το γράφημα θα παρουσιάζει τη μεταβολή της τάσης του εκάστοτε ηλεκτροδίου 'εξαφάνιση των στοιχείων του διπλότυπου διαφορικής τάσης

Blocker.Visible = False

Text25.Visible = False

Text26.Visible = False

Text27.Visible = False

Text28.Visible = False

Text29.Visible = False

Text30.Visible = False

Text31.Visible = False

Text32.Visible = False

Text33.Visible = False

Text34.Visible = False

Text35.Visible = False

Text36.Visible = False

Text41.Visible = False

Text42.Visible = False

Text43.Visible = False

Text44.Visible = False

Text45.Visible = False

Text46.Visible = False

Text47.Visible = False

Text48.Visible = False

Text49.Visible = False

```
Text50.Visible = False
Text51.Visible = False
Text52.Visible = False
Text53.Visible = False
Text54.Visible = False
Text55.Visible = False
Text56.Visible = False
Text57.Visible = False
Text58.Visible = False
Text59.Visible = False
Text60.Visible = False
Text61.Visible = False
Text62.Visible = False
Text63.Visible = False
Text64.Visible = False
Text65.Visible = False
Text66.Visible = False
Text67.Visible = False
Text68.Visible = False
End Sub
```

```
Private Sub ReadTimer_Timer()
```

```
'ο παρακάτω κώδικας έχει αναλυθεί παραπάνω
```

```
NEWFILEno = FreeFile(0)
Open "c:\pc208w\cr23x1.dat" For Binary As NEWFILEno
NEWmyEOF = False
NEWmyCHARACTER = ""
newAGAIN:
Get NEWFILEno, NEWiFile, NEWmyBYTE
NEWmyEOF = EOF(NEWFILEno)
```

```
If NEWmyEOF = True Then
If NEWiMatrix > 1 Then
NEWiCOMMA = 0
NEWmyCHARACTER = ""
PreMatrix(NEWiMatrix) = Matrix(NEWiMatrix)
Matrix(NEWiMatrix) = Val(NEWmySUM)
NEWmySUM = ""
NEWiMatrix = 1
NEWLineCount = NEWLineCount + 1
End If
GoTo newEOF_NLreached
End If
```

```
NEWiFile = NEWiFile + 1
NEWmyCHARACTER = Chr(NEWmyBYTE)
```

```
If NEWmyCHARACTER = "," Then
If NEWiCOMMA = 1 Then NEWfileYEAR = Val(NEWmySUM)
If NEWiCOMMA = 2 Then NEWfileDAY = Val(NEWmySUM)
If NEWiCOMMA = 3 Then NEWfileHOURMINUTE = Val(NEWmySUM)
```

```
NEWmyCHARACTER = ""
NEWiCOMMA = NEWiCOMMA + 1
If NEWiCOMMA >= 6 Then 'αν βρίσκομαι σε σημείο μετά το 6ο κόμμα
PreMatrix(NEWiMatrix) = Matrix(NEWiMatrix) 'θα αποθηκεύω στον πίνακα με τις προηγούμενες
τιμές τις τιμές του τρέχων πίνακα
Matrix(NEWiMatrix) = Val(NEWmySUM) 'και στον τρέχων πίνακα θα αποθηκεύω τις καινούριες
τιμές
```



```
NEWiMatrix = NEWiMatrix + 1
End If
NEWmySUM = ""
End If
```

```
If Val(NEWmyBYTE) = 10 Then
If NEWiMatrix > 1 Then
NEWiCOMMA = 0
NEWmyCHARACTER = ""
PreMatrix(NEWiMatrix) = Matrix(NEWiMatrix)
Matrix(NEWiMatrix) = Val(NEWmySUM)
NEWmySUM = ""
NEWiMatrix = 1
NEWLineCount = NEWLineCount + 1
GoTo newEOF_NLreached
End If
End If
```

```
If NEWiCOMMA = 4 And NEWmyCHARACTER = "." Then NEWfileSECOND =
Val(NEWmySUM)
NEWmySUM = NEWmySUM + NEWmyCHARACTER
```

```
GoTo newAGAIN
newEOF_NLreached:
Close NEWFILEno
```

'στα κατάλληλα πλαίσια κειμένου απεικονίζονται τα χρονικά δεδομένα των αναγνωσθέντων τάσεων

```
Text37.Text = NEWfileYEAR
Text38.Text = NEWfileDAY
Text39.Text = NEWfileHOURMINUTE
Text40.Text = NEWfileSECOND
```

```
AlarmSTR = Str(AA) + ": " + "Εντοπίστηκε διαρροή στις " + Text37.Text + " " + Text38.Text + " "
+ Text39.Text + " " + Text40.Text + " " + "στο ηλεκτρόδιο "
```

```
If FirstTime = False Then
```

```
For r = 1 To 16
```

If Abs(Matrix(r) - PreMatrix(r)) > Val(Text18.Text) Then 'αν η διαφορά τάσης μεταξύ της τωρινής τιμής του κάθε ηλεκτροδίου και της προηγούμενης του υπερβεί το όριο που θα ορίσει ο χρήστης στο κατάλληλο πλαίσιο κειμένου

```
ALARMED = True 'τίθεται η κατάσταση συναγερμού σε λειτουργία
```

```
Shape1(0).Visible = True 'εμφανίζεται το σήμα βιολογικού κινδύνου
```

```
wes(1).Visible = True
```

```
ResetAlm.Enabled = True
```

AlarmSTR = AlarmSTR + Str(r) + " " 'προστίθεται στο προειδοποιητικό μήνυμα ο αριθμός του / των ύποπτων για διαρροή ηλεκτροδίων

```
Alarm(r - 1) = True
```

```
End If
```

```
Next r
```

```
End If
```

```
If ALARMED = True Then
```

Beep 'ακούγεται προειδοποιητικός ήχος

List1.AddItem (AlarmSTR) 'προστίθεται στο πλαίσιο ιστορίας συναγερμών ο τωρινός συναγερμός

FILEno2 = FreeFile(0) 'βρίσκει έναν ελεύθερο αριθμό για το αρχείο καταγραφής συναγερμών

Open "c:\pc208w\AlarmLog.txt" For Append As FILEno2 'ανοίγει το αρχείο για να προσθέσει το νέο συναγερμό

Write #FILEno2, AlarmSTR 'καταγράφει στο αρχείο το συναγερμό

Close FILEno2 'κλείνει το αρχείο

```

AA = AA + 1 'αυξάνεται ο αύξων αριθμός των συναγερμών
End If
ALARMED = False 'τίθεται η κατάσταση συναγερμού εκτός λειτουργίας

If FirstTime = True Then FirstTime = False 'τα παραπάνω (συναγερμός) συμβαίνουν εκτός και αν
είναι η πρώτη ανάγνωση δεδομένων, συνεπώς δεν έχω ακόμα παρελθοντικά δεδομένα

If FirstTime2 < 5 Then
FirstTime2 = FirstTime2 + 1
End If

NEWUpper = Matrix(1)
NEWLower = Matrix(1)
For newy = 1 To 16
If Matrix(newy) > NEWUpper Then NEWUpper = Matrix(newy)
If Matrix(newy) < NEWLower Then NEWLower = Matrix(newy)
Next newy

If Rate.Checked = True Then
For d = 1 To 16
VRate(d) = Matrix(d) - PreMatrix(d)
Next d
Else
For d = 1 To 16
VRate(d) = Matrix(d)
Next d
End If

If FirstTime2 < 2 And Rate.Checked = True Then
For jh = 1 To 16
VRate(jh) = 0
Next jh
End If

If NEWmyEOF = False Then
If ReTime.Checked = True Then 'αν είναι ενεργοποιημένη η απεικόνιση δεδομένων σε πραγματικό
χρόνο, τότε σχεδιάζεται το γράφημα
'ο παρακάτω κώδικας έχει αναλυθεί παραπάνω
If FirstTime2 > 1 Or Rate.Checked = False Then
Text1.Text = VRate(1)
Text2.Text = VRate(2)
Text3.Text = VRate(3)
Text4.Text = VRate(4)
Text5.Text = VRate(5)
Text6.Text = VRate(6)
Text7.Text = VRate(7)
Text8.Text = VRate(8)
Text9.Text = VRate(9)
Text10.Text = VRate(10)
Text11.Text = VRate(11)
Text12.Text = VRate(12)
Text13.Text = VRate(13)
Text14.Text = VRate(14)
Text15.Text = VRate(15)
Text16.Text = VRate(16)
End If

Cls

If Enabled5.Checked = True Then

```

```

RefVolt = VRate(1)

For k = 1 To 16
If Matrix(1) >= 0 Then
VRate(k) = VRate(k) - RefVolt
Sign = False
Else
VRate(k) = VRate(k) + RefVolt
Sign = True
End If
Next k

For i = 0 To ResA
totalCurrent = 0
parallelRes = 0
parallelSUM = 0

For j = 0 To 15
resistorY = Abs(((j \ 4) * 1920 + 330) - ((i \ ResB) * ResC + ResD))
resistorX = Abs(((j Mod 4) * 1920 + 330) - ((i Mod ResB) * ResC + ResD))
resistorValue(j + 1) = 1 / ((resistorY ^ 2) + (resistorX ^ 2))
Next j

For h = 1 To 16
parallelSUM = parallelSUM + resistorValue(h)
Next h

For B = 1 To 16
parallelRes = 1 / (parallelSUM - resistorValue(B))
dividerVolt = VRate(B) * parallelRes / ((1 / resistorValue(B)) + parallelRes)
totalCurrent = totalCurrent + (dividerVolt / (1 / resistorValue(1)))
Next B

If Sign = False Then
Voltage = totalCurrent * (1 / resistorValue(1)) + RefVolt
Else
Voltage = totalCurrent * (1 / resistorValue(1)) - RefVolt
End If

If Qenabled.Checked = True Then
Smaller = Abs(Voltage - NEWLower)
For t = 1 To 10
If Smaller > Abs((Voltage - (NEWLower + (t * ((NEWUpper - NEWLower) / 9)))))) Then
Smaller = Abs((Voltage - (NEWLower + (t * ((NEWUpper - NEWLower) / 9))))))
VoltageQ = NEWLower + (t * ((NEWUpper - NEWLower) / 9))
End If
Next t
Else
VoltageQ = Voltage
End If

iColor = (VoltageQ + 200) * 1.275
If iColor < 0 Then iColor = 0
If iColor > 511 Then iColor = 511

If iColor < 256 Then
rColor = iColor
gColor = 255
Else

```

```

rColor = 255
gColor = 255 - (iColor - 256)
End If

Pal2 = Pal

If Bvisible.Checked = True Then
If High.Checked = True Then
Vary = 1.5
Else
Vary = 9
End If
Variation = ((NEWUpper - NEWLower) * Vary) / 400
For v = NEWLower To NEWUpper Step ((NEWUpper - NEWLower) / 10)
If VoltageQ > (v - Variation) And Voltage < (v + Variation) Then
rColor = 0
gColor = 0
End If
Next v
End If

Line ((985 + (i Mod ResB) * ResC), (2755 + (i \ ResB) * ResC))-Step(ResC, ResC), RGB(rColor,
gColor, Pal2), BF
Next i

For k = 1 To 16
If Sign = False Then
VRate(k) = VRate(k) + RefVolt
Else
VRate(k) = VRate(k) - RefVolt
End If
Next k
End If

If Pal = 255 Then
ForeColor = vbBlack
Else
ForeColor = vbBlue
End If

If AlmVisible.Checked = True Then 'αν είναι ενεργοποιημένη η σχεδίαση πλαισίου γύρω απο περιοχή
ύποπτου ηλεκτροδίου τότε
For h = 0 To 15
If Alarm(h) = True Then 'ελέγχω ένα-ένα τα ηλεκτρόδια εαν είναι σε κατάσταση συναγερμού
CurrentY = (3080 + (h \ 4) * 1920) - 960 'υπολογίζω τις συντεταγμένες τους
CurrentX = (1315 + (h Mod 4) * 1920) - 960
Form1.FillStyle = 4
Line (CurrentX, CurrentY)-Step(1920, 1920), , B 'και ζωγραφίζω το πλαίσιο γύρω τους
Form1.FillStyle = 1
End If
Next h
End If

If Visible4.Checked = True Then
For i = 0 To 15
CurrentY = 3080 + (i \ 4) * 1920
CurrentX = 1315 + (i Mod 4) * 1920
Circle (CurrentX, CurrentY), 330
Next i
End If

```

```
If Visible3.Checked = True Then
```

```
If GND1.Checked = True Then
```

```
For i = 0 To 15
```

```
CurrentY = 2980 + (i \ 4) * 1920
```

```
CurrentX = 1065 + (i Mod 4) * 1920
```

```
Print VRate(i + 1)
```

```
Next i
```

```
End If
```

```
If Diff1.Checked = True Then
```

```
For i = 0 To 16
```

```
CurrentY = 2990 + (i \ 4) * 1920
```

```
CurrentX = 120 + (i Mod 4) * 1920
```

```
If i < 16 And i Mod 4 <> 0 Then
```

```
Print Abs(Round(((VRate(i + 1) - VRate(i))), 2))
```

```
End If
```

```
CurrentY = 3950 + (i \ 4) * 1920
```

```
CurrentX = 1070 + (i Mod 4) * 1920
```

```
If i < 12 Then
```

```
Print Abs(Round(((VRate(i + 5) - VRate(i + 1))), 2))
```

```
End If
```

```
Next i
```

'τα πλαίσια κειμένου του διπλότυπου διαφορικής τάσης απεικονίζουν τις διαφορικές τάσεις μεταξύ των ηλεκτροδίων

```
Text26.Text = Abs(Round(((VRate(1) - VRate(2))), 2))
```

```
Text25.Text = Abs(Round(((VRate(2) - VRate(3))), 2))
```

```
Text36.Text = Abs(Round(((VRate(3) - VRate(4))), 2))
```

```
Text41.Text = Abs(Round(((VRate(1) - VRate(5))), 2))
```

```
Text42.Text = Abs(Round(((VRate(2) - VRate(6))), 2))
```

```
Text43.Text = Abs(Round(((VRate(3) - VRate(7))), 2))
```

```
Text44.Text = Abs(Round(((VRate(4) - VRate(8))), 2))
```

```
Text29.Text = Abs(Round(((VRate(5) - VRate(6))), 2))
```

```
Text28.Text = Abs(Round(((VRate(6) - VRate(7))), 2))
```

```
Text27.Text = Abs(Round(((VRate(7) - VRate(8))), 2))
```

```
Text45.Text = Abs(Round(((VRate(5) - VRate(9))), 2))
```

```
Text46.Text = Abs(Round(((VRate(6) - VRate(10))), 2))
```

```
Text47.Text = Abs(Round(((VRate(7) - VRate(11))), 2))
```

```
Text48.Text = Abs(Round(((VRate(8) - VRate(12))), 2))
```

```
Text32.Text = Abs(Round(((VRate(9) - VRate(10))), 2))
```

```
Text31.Text = Abs(Round(((VRate(10) - VRate(11))), 2))
```

```
Text30.Text = Abs(Round(((VRate(11) - VRate(12))), 2))
```

```
Text49.Text = Abs(Round(((VRate(9) - VRate(13))), 2))
```

```
Text50.Text = Abs(Round(((VRate(10) - VRate(14))), 2))
```

```
Text51.Text = Abs(Round(((VRate(11) - VRate(15))), 2))
```

```
Text52.Text = Abs(Round(((VRate(12) - VRate(16))), 2))
```

```
Text35.Text = Abs(Round(((VRate(13) - VRate(14))), 2))
```

```
Text34.Text = Abs(Round(((VRate(14) - VRate(15))), 2))
```

```
Text33.Text = Abs(Round(((VRate(15) - VRate(16))), 2))
```

```
End If
```

```
If Rate.Checked = True Then
```

```
For i = 0 To 15
```

```
CurrentY = 2980 + (i \ 4) * 1920
```

```
CurrentX = 1065 + (i Mod 4) * 1920
```

```
If FirstTime2 < 2 Then
```

```
VRate(i + 1) = 0
```

```
End If
```

```
Print VRate(i + 1)
```

```

Next i
End If
End If
End If
Else
Label7.Caption = "Προειδοποίηση: Αφίξη στο τέλος του αρχείου. Δεν υπάρχουν νεα δεδομένα προς
παρουσίαση."
TimeLoc.Enabled = True
End If

```

```

ReadTimer.Enabled = False
End Sub

```

```

Private Sub ResetAlm_Click()
Shape1(0).Visible = False 'εξαφανίζεται το σήμα βιολογικού συναγερμού
wes(1).Visible = False 'καθώς και το κόκκινο πλαίσιο τριγύρω του
List1.Clear 'σβήνονται τα περιεχόμενα της λίστας ιστορίας συναγερμών
AA = 1
For j = 1 To 16
Alarm(j - 1) = False
Next j
ResetAlm.Enabled = False
End Sub

```

```

Private Sub ReTime_Click()
ReTime.Checked = True 'η απεικόνιση των τιμών του γραφήματος θα είναι πραγματικού χρόνου
Playback.Checked = False 'και θα ανανεώνονται με την περίοδο που έχει ορίσει ο χρήστης
GOTO2.Enabled = False
End Sub

```

```

Private Sub Stop_Click()
IntervalTimer.Enabled = False 'απενεργοποιείται ο χρονιστής ανάγνωσης δεδομένων απο το αρχείο
Image2.Visible = True 'εμφανίζεται το σήμα stop
Image1.Visible = False 'εξαφανίζεται το σήμα play
End Sub

```

```

Private Sub IntervalTimer_Timer()
If CollectSecond = Second(Time) Then ReadTimer.Enabled = True 'αν το δευτερόλεπτο ανάγνωσης
δεδομένων συμφωνεί με αυτό της ώρας, τότε ο χρονιστής ανάγνωσης ενεργοποιείται
Text19.Text = Time 'ανανεώνεται η ώρα στο πλαίσιο ώρας
myInterval = Val(Text17.Text) 'ως περίοδος ανάγνωσης δεδομένων ορίζεται η τιμή που αναγράφεται
στο Text17
mySecond = Second(Time) 'βρίσκω αυτή τη στιγμή σε ποιο δεύτερο είμαι
CollectSecond = ((mySecond \ myInterval) + 1) * myInterval 'υπολογίζω σε ποιο δεύτερο θα διαβάσω
το αρχείο (1 δεύτερο μετά την εγγραφή του αρχείου απο το PC208W)
If CollectSecond > 59 Then CollectSecond = CollectSecond - 60 'αν το δευτερόλεπτο ανάγνωσης
υπερβεί την τιμή 59, τότε αφαιρώ 60
Text20.Text = CollectSecond 'το δευτερόλεπτο ανάγνωσης αναγράφεται στο Text20
End Sub

```

```

Private Sub TimeLoc_Timer()
TimeLoc.Enabled = False 'ο χρονιστής TimeLoc απενεργοποιείται
Label7.Caption = "" 'η ετικέτα προειδοποιήσεων σβήνεται
End Sub

```

```
Private Sub Visible3_Click()  
Visible3.Checked = True 'ενεργοποιεί την αριθμητική απεικόνιση της τάσης του κάθε ηλεκτροδίου  
στο γράφημα  
Invisible3.Checked = False  
End Sub
```

```
Private Sub Visible4_Click()  
Visible4.Checked = True 'ενεργοποιεί την απεικόνιση κύκλου γύρω από το κέντρο του κάθε  
ηλεκτροδίου  
Invisible4.Checked = False 'για λόγους ευκρίνειας  
End Sub
```

```
Private Sub White_Click()  
Yellow.Checked = False 'το γράφημα θα έχει λευκό χρώμα για την τιμή τάσης 0  
White.Checked = True 'αυτό επιτυγχάνεται εισάγοντας την τιμή 255 στη μεταβλητή Pal  
Pal = 255  
End Sub
```

```
Private Sub Yellow_Click()  
Yellow.Checked = True 'το γράφημα θα έχει κίτρινο χρώμα για την τιμή τάσης 0  
White.Checked = False 'αυτό επιτυγχάνεται εισάγοντας την τιμή 0 στη μεταβλητή Pal  
Pal = 0  
End Sub
```

B. Διάγραμμα ροής πηγαίου κώδικα του λογισμικού ανάλυσης δεδομένων

