



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΚΡΗΤΗΣ**

2019

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ



Διπλωματική Εργασία

**Σχεδιασμός και υλοποίηση πρωτότυπου
βιομετρικού γιλέκου εργασίας με
δυνατότητες συλλογής δεδομένων και
συνεργασίας με μη επανδρωμένα ιπτάμενα
συστήματα**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Αναπ. Καθ. Παρτσινέβελος Παναγιώτης (επιβλέπων)

Καθ. Μερτίκας Στυλιανός

Αναπ. Καθ. Κουτρούλης Ευτύχιος

Τσατσαρούνος Στυλιανός

Αύγουστος, 2019

Περίληψη

Η μεταλλευτική βιομηχανία αποτελεί σημαντικό παράγοντα της ελληνικής οικονομίας, ταυτοχρόνα όμως χαρακτηρίζεται ως ένας εξαιρετικά επικίνδυνος κλάδος εργασίας, έχοντας υψηλό δείκτη ατυχημάτων, θέτοντας σε κίνδυνο την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων. Τα σημερινά συστήματα ασφαλείας αδυνατούν να καλύψουν την ανάγκη για τον εντοπισμό κινδύνου σε πραγματικό χρόνο. Αντικείμενο της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι η σχεδίαση, υλοποίηση και προγραμματισμός ενός πρωτότυπου βιομετρικού γιλέκου με ενσωματωμένους αισθητήρες (Biometric Search & Rescue Vest). Κύρια χαρακτηριστικά του βιομετρικού γιλέκου αποτελούν οι δυνατότητες που προσδίδει στο χρήστη σχετικά με τη συνεχή και σε πραγματικό χρόνο παρακολούθηση των βιομετρικών του στοιχείων, η άμεση ειδοποίηση τόσο αυτού όσο και του κέντρου ελέγχου πληροφοριών όταν η καταγραφόμενη τιμή υπερβεί τα θεσπισμένα όρια, καθώς και το χαμηλό του κόστος. Έχει τη δυνατότητα συλλογής και μετάδοσης των δεδομένων σε συσκευές κινητής τηλεφωνίας με περιβάλλον διεπαφής φιλικό προς το χρήστη και σε διακομιστή, παρέχοντας τη δυνατότητα δημιουργίας του βιομετρικού προφίλ του χρήστη. Επιπροσθέτως, συλλέγει και ελέγχει περιβαλλοντικούς δείκτες που σχετίζονται με την ασφαλή εργασία ενώ ταυτόχρονα συνδυάζει και μεταδίδει τα δεδομένα πολλαπλών χρηστών χαρτογραφώντας με αυτό τον τρόπο, τις συνθήκες εργασίας της ευρύτερης περιοχής. Συγκεκριμένα, με τους ενσωματωμένους αισθητήρες, παρέχει δυνατότητες μέτρησης σε πραγματικό χρόνο των καρδιακών παλμών του χρήστη, της θερμοκρασίας του, της ακριβούς τοποθεσίας του, καθώς επίσης και την παρουσία επικίνδυνων χημικών ουσιών, όπως του διοξειδίου του άνθρακα, του μονοξειδίου του άνθρακα, του υγραερίου, και άλλων επιβλαβών χημικών στοιχείων στο περιβάλλον.

Στα πλαίσια της διατριβής πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση του βιομετρικού γιλέκου εντός ενός λατομείου εξόρυξης αδρανών υλικών στην περιοχή του Ρεθύμνου όπου επικρατούν επικίνδυνες συνθήκες εργασίας, με συχνό δείκτη έκθεσης σε επιβλαβή χημικά στοιχεία και σκόνη. Ως εκ τούτου, σημαντικό μέρος της εργασίας αποτελεί, η συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων για την καταγραφή κινδύνων που αφορούν την ασφάλεια των εργαζομένων εντός του Λατομείου κατά το ωράριο εργασίας τους, καθώς και ο συνδυασμός του βιομετρικού γιλέκου με ταυτόχρονη χρήση μη επανδρωμένων ιπτάμενων ρομποτικών οχημάτων προσφέροντας δυνατότητες

μεταφοράς ιατρικού εξοπλισμού ή φαρμάκων σε επείγουσες περιπτώσεις. Το βιομετρικό γιλέκο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πλήθος βιομηχανιών, όπως πλατφόρμες πετρελαίου, λατομεία ορυκτών, και ορυχεία. Γενικότερα, η ιδέα του βιομετρικού γιλέκου βασίζεται στην προσπάθεια δημιουργίας ενός προσωπικού φύλακα για πολίτες κάθε ηλικίας προστατεύοντάς τους τόσο από εργασιακούς και περιβαλλοντικούς κινδύνους όσο και κινδύνους της καθημερινότητας ιδιαίτερα για ευαίσθητες ομάδες πολιτών με προβλήματα υγείας.

Abstract

Mining industry plays an important role for economy, yet it is characterized as an extremely dangerous industry, with a high accident rate, endangering the health and safety of workers. Today's security systems are unable to meet the need for real-time risk detection. The subject of this thesis is the design, implementation and programming of an original biometric vest with built-in sensors (Biometric Search & Rescue Vest). The main features of the biometric vest are its capabilities for continuous and real-time monitoring of user's biometric data, the immediate notification of the information control center when the recorded value exceeds predefined threshold, as well as its low cost. It has the ability to collect and transmit data to mobile devices with a user-friendly interface, or, to a server, enabling the creation of the user's biometric profile, as well as, save the data for further study. In addition, it collects and monitors environmental indicators related to safe work while simultaneously combining and transmitting multi-user data, giving the ability of mapping the working conditions of the wider area. Specifically, with built-in sensors, it provides real-time measurement of the user's heart rate, temperature, exact location, as well as the presence of hazardous chemicals, such as carbon dioxide, carbon monoxide, LPG and other harmful chemicals in the environment. Vest's sensors have also the ability of detecting a possible fall, while the operation time of the prototype is estimated at 15 hours.

During the dissertation, the evaluation of the biometric vest was carried out in a quarry in the area of Rethymno where hazardous working conditions prevail, with frequent exposure to harmful chemicals and dust. Therefore, an important part of the study is the collection and processing of data on occupational safety hazards during quarrying, and the combination of biometric vests with the simultaneous use of unmanned aerial vehicles, offering plenty of opportunities in transportation of medical equipment or medicines in an emergency situation.

The biometric vest can be used in a variety of industries, such as oil rigs, mineral quarries, and mines. More generally, the idea of the biometric vest is based on the effort to create a personal guard for citizens of all ages protecting them from both

working and environmental, as well as, daily hazards, especially for sensitive groups of citizens with health problems.

Πρόλογος

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή εκπονήθηκε στη Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης, αποτελώντας το τελευταίο στάδιο για την ολοκλήρωση των μεταπτυχιακών σπουδών μου. Θα ήθελα πρώτα να ευχαριστήσω τον Αναπληρωτή Καθηγητή Παναγιώτη Παρτσινέβελο, επιβλέποντα της διπλωματικής μου εργασίας, ο οποίος έδειξε εμπιστοσύνη στο όλο εγχείρημά μου, επενδύοντας χρηματικό κονδύλι για την κατασκευή του πρωτότυπου συστήματος και στηρίζοντάς με σε κάθε προσπάθεια υλοποίησης αυτού.

Ευχαριστίες επίσης οφείλω να δώσω στο σύνολο της εξεταστικής μου επιτροπής, και συγκεκριμένα στον Καθηγητή Μερτίκα Στυλιανό και τον Αναπληρωτή Καθηγητή Ευτύχιο Κουτρούλη για την συνεργασία τους.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την Ερευνητική Ομάδα SenseLab του εργαστηρίου Γεωδαισίας και Πληροφορικής των Γεωεπιστημών, στην οποία και είμαι μέλος από το 2013, για την στήριξή τους. Ευχαριστώ επίσης θερμά τον Αχιλλέα Τριπολιτσιώτη για την βοήθειά του στη συγγραφή αυτής της διπλωματικής εργασίας, καθώς και τον φοιτητή Άγγελο Αντωνόπουλο για τις συμβουλές και την βοήθεια του σε θέματα που αφορούσαν τον προγραμματισμό της πλατφόρμας και συγκεκριμένα στην μετάδοση των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Ευχαριστίες επίσης οφείλω να δώσω στον Ιωσήφ Πιταροκοίλη, ο οποίος εργάζεται ως Υπεύθυνος Ασφαλείας στο λατομείο της Ιντερμπετόν στο Ρέθυμνο, για την βοήθεια του κατά την διαδικασία των μετρήσεων, τα εργαστήρια Γαλανάκης στα Χανιά και την Linde Hellas για την βοήθειά τους στην βαθμονόμηση των αισθητήρων, καθώς και όλους τους εργαζομένους που συμμετείχαν σε όλη την διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου που όλα αυτά τα χρόνια με βοηθάει και με στηρίζει σε κάθε μου προσπάθεια.

Περιεχόμενα

Περίληψη	i
Περίληψη στα Αγγλικά (Abstract)	iii
Πρόλογος	v
Κατάλογος Σχημάτων	ix
Κατάλογος Πινάκων	xiii
Κατάλογος Διαγραμμάτων	xiv
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	1
1.1 Σκοπός.....	3
1.2 Καινοτομία.....	3
1.3 Στάδια Υλοποίησης και Ανάπτυξης.....	5
1.4 Οργάνωση Κεφαλαίων.....	6
Κεφάλαιο 2: Θεωρητικό Υπόβαθρο	8
2.1 Ασφάλεια σε Μεταλλευτικά Λατομικά Έργα.....	8
2.2 Ισχύουσα Νομοθεσία.....	15
2.3 Βιομετρικά Γιλέκα (BioVests) - Ιστορική Αναδρομή.....	27
2.4 Διαθέσιμες Επιλογές Φορετών Βιομετρικών συστημάτων.....	30
2.5 Εφαρμογές συστημάτων ελέγχου υγείας.....	33
2.6 Συμπεράσματα.....	34
Κεφάλαιο 3: Αρχιτεκτονική Συστήματος	34
3.1 Επιλογή Κατάλληλου Υλικού Κατασκευής Βιομετρικού Γιλέκου (Hardware)....	37
3.1.1 Ενσωματωμένο σύστημα Arduino Mega 2560.....	38
3.1.2 Αισθητήρας Παρακολούθησης Καρδιακών Παλμών, DFRobot Gravity ECG.....	40
3.1.3 Μονάδα ασύρματης σειριακής θύρας Wifi.....	41
3.1.4 PowerBank LiPo 5V, 10400mAh.....	42
3.1.5 Επαγγελματικά καλώδια ECG-EKG.....	43
3.1.6 Αισθητήρας μέτρησης καρδιακών παλμών (PPG).....	48
3.1.7 Αισθητήρας ανίχνευσης μονοξειδίου του άνθρακα.....	49
3.1.8 Αισθητήρας ανίχνευσης Διοξειδίου του Άνθρακα, Καπνού, NH ₃ , NO _x , και Βενζολίου.....	52

3.1.9 Αισθητήρας ανίχνευσης μεθανίου, φυσικού αερίου και άλλων καυσίμων ουσιών στον αέρα.....	54
3.1.10 Αισθητήρας ανίχνευσης LPG, Ισο-Βουτανίου και Προπανίου.....	57
3.1.11 Λειτουργία αισθητήρων.....	60
3.1.12 Αισθητήρες Θερμοκρασίας σώματος.....	62
3.1.13 Αισθητήρας Θερμοκρασίας Περιβάλλοντος και Υγρασίας.....	63
3.1.14 Σύστημα εντοπισμού θέσης (GPS).....	64
3.1.15 Επιταχυνσιόμετρο.....	64
3.1.16 Καλωδιώσεις και Φωτισμός.....	65
i) Καλώδιο ECG, με ειδικό σύνδεσμο για τοποθέτηση ηλεκτροδίων τύπου gel ECG/EKG.....	65
ii) Φωτισμός - Cree Led Lights.....	66
3.2 Υλικό Κατασκευής Βιομετρικού Γιλέκου.....	67
Κεφάλαιο 4: Σχεδιασμός και Υλοποίηση Συστήματος.....	70
4.1 Στάδια Σχεδιασμού.....	70
4.1.1 Δημιουργία και Τρισδιάστατη Εκύπωση Αντικειμένου.....	72
4.1.2 Σχεδιασμός Βιομετρικού Γιλέκου.....	74
4.2 Κατασκευή Βιομετρικού Γιλέκου.....	75
4.2.1 Στάδια Κατασκευής Μοντέλου – Συναρμολόγηση.....	75
4.3 Προγραμματισμός Μοντέλου.....	79
4.3.1 Επιλογή γλώσσας Προγραμματισμού.....	80
4.3.2 Δημιουργία Εφαρμογής.....	80
Κεφάλαιο 5 : Πειραματική Διαδικασία.....	83
5.1 Βαθμονόμηση Αισθητήρων Αερίων.....	83
5.1.2 Μέτρηση Καρδιακών Παλμών.....	87
5.2 Διεξαγωγή Πειραματικής Διαδικασίας.....	88
5.2.1 Λίστα Ελέγχου Βιομετρικού Γιλέκου.....	89
5.2.2 Πρώτο Στάδιο Πειραματικής Διαδικασίας.....	90
5.2.3 Δεύτερο Στάδιο Πειραματικής Διαδικασίας.....	93

Κεφάλαιο 6: Επεξεργασία Αποτελεσμάτων.....	97
6.1 Αποτελέσματα Επεξεργασίας Πρώτου Σταδίου Πειραματικής Διαδικασίας.....	97
6.2 Αποτελέσματα Επεξεργασίας Δευτέρου Σταδίου Πειραματικής Διαδικασίας.....	101
6.2.1 Αποτελέσματα Πρώτης Ημέρας Μετρήσεων.....	103
6.2.2 Αποτελέσματα Δεύτερης Ημέρας Μετρήσεων.....	110
6.2.3 Αποτελέσματα Τρίτης Ημέρας Μετρήσεων.....	118
6.3 Drones & GIS.....	126
 Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα και Προτάσεις.....	 129
 Βιβλιογραφία.....	 132

Κατάλογος Σχημάτων

- Σχήμα 2.1: Τυποποιημένο υπόμνημα εφαρμογής JSA
- Σχήμα 2.2: Διαδικασία εφαρμογής HAZOP
- Σχήμα 2.3: Θωρακικός ιμάντας μέτρησης καρδιακών παλμών της εταιρείας Garmin
- Σχήμα 2.4: Βιομετρικός θωρακικός ιμάντας μέτρησης καρδιακών παλμών της εταιρείας Polar
- Σχήμα 2.5: Ο γνωστός ποδοσφαιριστής Lionel Messi, χρησιμοποιώντας το γιλέκο της StatSports κατά την διάρκεια προπονήσεως
- Σχήμα 2.6: Γιλέκο μέτρησης καρδιακών παλμών και άλλων δεδομένων επίδοσης των αθλητών της εταιρείας StatSports
- Σχήμα 3.1: Σχεδιασμός Συστήματος
- Σχήμα 3.2: Ενσωματωμένο σύστημα Arduino Mega 2560
- Σχήμα 3.3: Σχηματικός σχεδιασμός του ενσωματωμένου συστήματος Arduino Mega 2560
- Σχήμα 3.4: Αισθητήρας Παρακολούθησης Καρδιακών Παλμών, DFRobot Gravity ECG
- Σχήμα 3.5: Μονάδα ασύρματης σειριακής θύρας WiFi
- Σχήμα 3.6: PowerBank LiPo 5V, 10400mAh
- Σχήμα 3.7: Τυπική κυματομορφή καρδιακού παλμού
- Σχήμα 3.8: Όρια εκτροπών μιας τυπικής κυματομορφή καρδιακού παλμού
- Σχήμα 3.9: Τεχνολογία μέτρησης καρδιακών παλμών με την μέθοδο PPG
- Σχήμα 3.10: Θωρακικός ιμάντας μέτρησης καρδιακών παλμών
- Σχήμα 3.11: Αισθητήρας μέτρησης καρδιακών παλμών (PPG)
- Σχήμα 3.12: Κατασκευή και διαμόρφωση αισθητήρα ανίχνευσης μονοξειδίου του άνθρακα SNS-MQ7
- Σχήμα 3.13: Το ηλεκτρικό κύκλωμα του αισθητήρα SNS-MQ7
- Σχήμα 3.14: Καμπύλη ευαισθησίας τυπικών χαρακτηριστικών του αισθητήρα SNS-MQ7, για διάφορα αέρια
- Σχήμα 3.15: Κατασκευή και διαμόρφωση αισθητήρα ανίχνευσης μονοξειδίου του άνθρακα SNS-MQ135
- Σχήμα 3.16: Καμπύλη ευαισθησίας τυπικών χαρακτηριστικών του αισθητήρα SNS-

MQ135, για διάφορα αέρια

Σχήμα 3.17: Κατασκευή και διαμόρφωση αισθητήρα ανίχνευσης μονοξειδίου του άνθρακα SNS-MQ2

Σχήμα 3.18: Καμπύλη ευαισθησίας τυπικών χαρακτηριστικών του αισθητήρα SNS-MQ2, για διάφορα αέρια

Σχήμα 3.19: Καμπύλη ευαισθησίας τυπικών χαρακτηριστικών του αισθητήρα SNS-MQ2, ως συνάρτηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας στο περιβάλλον.

Σχήμα 3.20: Κατασκευή και διαμόρφωση αισθητήρα ανίχνευσης μονοξειδίου του άνθρακα SNS-MQ6

Σχήμα 3.21: Καμπύλη ευαισθησίας τυπικών χαρακτηριστικών του αισθητήρα SNS-MQ6, για διάφορα αέρια

Σχήμα 3.22: Καμπύλη ευαισθησίας τυπικών χαρακτηριστικών του αισθητήρα SNS-MQ6, ως συνάρτηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας στο περιβάλλον.

Σχήμα 3.23: Σωληνοείδες στοιχείο ανίχνευσης

Σχήμα 3.24: Υλικά στοιχείου ανίχνευσης

Σχήμα 3.25: Υδατοστεγής αισθητήρας θερμοκρασίας DS18B20

Σχήμα 3.26: Αισθητήρας υγρασίας και θερμοκρασίας DHT22

Σχήμα 3.27: Σύστημα Εντοπισμού Θέσης GPS

Σχήμα 3.28: Επιταχυνσιομέτρο ADXL345

Σχήμα 3.29: Καλώδιο 3-Lead ECG

Σχήμα 3.30: Λαμπτήρας Cree Led Light ισχύος 3W

Σχήμα 3.31: Τεχνολογία Υφάσματος GoreTex

Σχήμα 3.32: Τεχνολογία Υφάσματος 3 Στρώσεων (3 Layer Fabrics)

Σχήμα 3.33: Σύστημα λειτουργίας βιομετρικού γιλέκου

Σχήμα 3.34: Αρχιτεκτονική συστήματος

Σχήμα 4.1: Τρισδιάστατος σχεδιασμός της θήκης του Βιομετρικού Γιλέκου, στην πλατφόρμα SketchUp

Σχήμα 4.2: Τρισδιάστατος σχεδιασμός της θήκης Guardian

Σχήμα 4.3: Υλικό τρισδιάστατης εκτύπωσης τύπου PLA

Σχήμα 4.4: Υλικό τρισδιάστατης εκτύπωσης τύπου ABS

Σχήμα 4.5: Υλικό τρισδιάστατης εκτύπωσης τύπου PETG

Σχήμα 4.6: Χαρακτηριστικά αντοχής σε εφελκυσμό, σκληρότητας και θερμοκρασίας τήξεως διαφόρων υλικών τρισδιάστατης εκτύπωσης

- Σχήμα 4.7 : Προετοιμασία τρισδιάστατου αντικειμένου για 3D εκτύπωση
- Σχήμα 4.8: Αποτέλεσμα τρισδιάστατης εκτύπωσης της θήκης
- Σχήμα 4.9: Πρωτότυπο Βιομετρικό Γιλέκο
- Σχήμα 4.10: Τοποθέτηση του μικροελεγκτή Arduino στην θήκη Guardian
- Σχήμα 4.11: Τυπική θέση ηλεκτροδίων σύμφωνα με την εταιρεία DFRobot Gravity
- Σχήμα 4.12: Τυπικός τρόπος τοποθέτησης ηλεκτροδίων τριών σημείων
- Σχήμα 4.13: Τοποθέτηση ηλεκτροδίων τριών σημείων με την μέθοδο Fontaine
- Σχήμα 4.14: Διαφορά κυματομορφής απλού ηλεκτροκαρδιογραφήματος (a) και ηλεκτροκαρδιογραφήματος με την μέθοδο Fontaine (b) για την ανίχνευση των κυμάτων έψιλον
- Σχήμα 4.15: Εφαρμογή Project Guardian
- Σχήμα 4.16: Απεικόνιση της θέσης του χρήστη σε πραγματικό χρόνο μέσα από την εφαρμογή Project Guardian
- Σχήμα 5.1: Αντιστάσεις Rs και RL
- Σχήμα 5.2: Διάστημα R-R
- Σχήμα 5.3: Εντοπισμός χρήστη σε πραγματικό χρόνο
- Σχήμα 5.5: Μέτρηση Περιβαλλοντικών συνθηκών
- Σχήμα 5.6: Μέτρηση καρδιακών παλμών εργαζομένου
- Σχήμα 5.7: Εργαζόμενος σε Μηχανουργείο φορώντας το γιλέκο Guardian
- Σχήμα 5.8: Χειριστής βαρέως οχήματος κατά την διάρκεια εργασίας του σε λατομείο
- Σχήμα 5.9: Προσωμοίωση πτώσης κατά την κατάβαση του οχήματος
- Σχήμα 5.10: Προσωμοίωση πτώσης
- Σχήμα 6.1: Αποτελέσματα μέτρησης παλμών ανά λεπτό, εντός εργαστηρίου και απεικόνιση στον παλμογράφο
- Σχήμα 6.2: Αποτελέσματα μέτρησης παλμών ανά λεπτό, εντός εργαστηρίου από το βιομετρικό γιλέκο σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή (ECG)
- Σχήμα 6.3: Αποτελέσματα μέτρησης παλμών ανά λεπτό, εντός εργαστηρίου από το βιομετρικό γιλέκο σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή (PPG)
- Σχήμα 6.4: Αποτελέσματα μέτρησης παλμών ανά λεπτό, μέσω ιστοσελίδας
- Σχήμα 6.5: Αποτελέσματα πρώτου σταδίου πειραματικής διαδικασίας
- Σχήμα 6.6: Γεωεντοπισμός του χρήστη του βιομετρικού γιλέκου

- Σχήμα 6.7: Λατομείο Αδρανών Υλικών στην περιοχή του Ρεθύμνου – Μέτωπο εκμετάλλευσης
- Σχήμα 6.8: Λατομείο Αδρανών Υλικών στην περιοχή του Ρεθύμνου – Μηχανουργείο, Δεξαμενή καυσίμων και Γραφεία
- Σχήμα 6.9: Λατομείο Αδρανών Υλικών στην περιοχή του Ρεθύμνου - Επεξεργασία
- Σχήμα 6.10: Καταγραφή πτώσης από την εφαρμογή
- Σχήμα 6.11: Καταγραφή πτώσης από τους αισθητήρες ανίχνευσης καρδιακού παλμού
- Σχήμα 6.12: Εντοπισμός χρήστη βιομετρικού Γιλέκου σε Πραγματικό Χρόνο
- Σχήμα 6.13: Αποστολή μη επανδρωμένου οχήματος για επίβλεψη του λατομείου
- Σχήμα 6.14: Αποστολή μη επανδρωμένου οχήματος στο μέτωπο εκμετάλλευσης για επίβλεψη
- Σχήμα 6.15: Συνταταγμένες 1ης ημέρας του δευτέρου σταδίου της πειραματικής διαδικασίας
- Σχήμα 6.16: Συνταταγμένες 2ης ημέρας του δευτέρου σταδίου της πειραματικής διαδικασίας
- Σχήμα 6.17: Συνταταγμένες 3ης ημέρας του δευτέρου σταδίου της πειραματικής διαδικασίας
- Σχήμα 6.18: Χάρτης απεικόνισης ανά σημείο

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Οριακές Τιμές για Ορυκτές Σκόνες (Άρθρο 22 ΚΜΛΕ)

Πίνακας 2: Οριακές Τιμές για Σκόνες, Ατμούς, Καπνούς Μετάλλων και ενώσεών τους (Άρθρο 22)

Πίνακας 3: Οριακές Τιμές για άλλους Χημικούς Παράγοντες (Άρθρο 22)

Πίνακας 4: Πίνακας Συσχετισμού Δ.Ο.Υ με διάρκεια πραγματικής εργασίας (Άρθρο 23 ΚΜΛΕ)

Πίνακας 5: Συνθήκες που απαιτούν διακοπή ή μετάθεση της εργασίας (Άρθρο 23)

Πίνακας 6: Βαθμονόμηση Αισθητήρων Αερίων

Πίνακας 7: Βαθμονόμηση Αισθητήρα Θερμοκρασίας και Υγρασίας

Πίνακας 8: Βαθμός κινδύνου της έκθεσης ανθρώπου σε μονοξείδιο του άνθρακα

Πίνακας 9: Βαθμός κινδύνου της έκθεσης ανθρώπου σε διοξείδιο του άνθρακα

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Μετρήσεις αισθητήρα διοξειδίου του άνθρακα την 1η ημέρα εργασίας

Διάγραμμα 2: Μετρήσεις αισθητήρα μονοξειδίου του άνθρακα την 1η ημέρα εργασίας

Διάγραμμα 3: Μετρήσεις αισθητήρα υγραερίου και ισοβουτανίου κατά την 1η ημέρα εργασίας

Διάγραμμα 4: Μετρήσεις αισθητήρα φυσικού αερίου και μεθανίου κατά την 1η ημέρα εργασίας

Διάγραμμα 5: Μετρήσεις αισθητήρα καπνού κατά την 1η ημέρα εργασίας

Διάγραμμα 6: Μετρήσεις αισθητήρα καρδιακού παλμού με την μέθοδο της φωτοπληθυσμογραφίας (PPG)

Διάγραμμα 7: Μετρήσεις αισθητήρα καρδιακού παλμού με την μέθοδο της ηλεκτροκαρδιογραφίας (ECG)

Διάγραμμα 8: Σύγκριση μετρήσεων αισθητήρων καρδιακών παλμών κατά τη διάρκεια της 1ης ημέρας

Διάγραμμα 9: Μέτρηση της θερμοκρασίας σώματος του χρήστη κατά τη διάρκεια της 1ης ημέρας

Διάγραμμα 10: Μέτρηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκεται ο χρήστης κατά τη διάρκεια της 1ης ημέρας

Διάγραμμα 11: Μέτρηση της υγρασίας περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκεται ο χρήστης κατά τη διάρκεια της 1ης ημέρας

Διάγραμμα 12: Μετρήσεις αισθητήρα διοξειδίου του άνθρακα την 2η ημέρα εργασίας

Διάγραμμα 13: Μετρήσεις αισθητήρα μονοξειδίου του άνθρακα την 2η ημέρα εργασίας

Διάγραμμα 14: Μετρήσεις αισθητήρα υγραερίου και ισοβουτανίου κατά την 2η ημέρα εργασίας

Διάγραμμα 15: Μετρήσεις αισθητήρα φυσικού αερίου και μεθανίου κατά την 2η ημέρα εργασίας

Διάγραμμα 16: Μετρήσεις αισθητήρα καπνού κατά την 2η ημέρα εργασίας

Διάγραμμα 17: Μετρήσεις αισθητήρα καρδιακού παλμού με την μέθοδο της

φωτοπληθυσμογραφίας (PPG)

Διάγραμμα 18: Μετρήσεις αισθητήρα καρδιακού παλμού με την μέθοδο της ηλεκτροκαρδιογραφίας (ECG)

Διάγραμμα 19: Σύγκριση μετρήσεων αισθητήρων καρδιακών παλμών κατά τη διάρκεια της 2ης ημέρας

Διάγραμμα 20: Μέτρηση της θερμοκρασίας σώματος του χρήστη κατά τη διάρκεια της 2ης ημέρας

Διάγραμμα 21: Μέτρηση της θερμοκρασίας σώματος του χρήστη κατά τη διάρκεια της 2ης ημέρας

Διάγραμμα 22: Μέτρηση της θερμοκρασίας σώματος του χρήστη κατά τη διάρκεια της 2ης ημέρας

Διάγραμμα 23: Μετρήσεις αισθητήρα διοξειδίου του άνθρακα την 3^η ημέρα εργασίας

Διάγραμμα 24: Μετρήσεις αισθητήρα μονοξειδίου του άνθρακα την 3^η ημέρα εργασίας

Διάγραμμα 25: Μετρήσεις αισθητήρα υγραερίου και ισοβουτανίου κατά την 3^η ημέρα εργασίας

Διάγραμμα 26: Μετρήσεις αισθητήρα φυσικού αερίου και μεθανίου κατά την 3^η ημέρα εργασίας

Διάγραμμα 27: Μετρήσεις αισθητήρα καπνού κατά την 3^η ημέρα εργασίας

Διάγραμμα 28: Μετρήσεις αισθητήρα καρδιακού παλμού με την μέθοδο της φωτοπληθυσμογραφίας (PPG)

Διάγραμμα 29: Μετρήσεις αισθητήρα καρδιακού παλμού με την μέθοδο της ηλεκτροκαρδιογραφίας (ECG)

Διάγραμμα 30: Σύγκριση μετρήσεων αισθητήρων καρδιακών παλμών κατά τη διάρκεια της 3^{ης} ημέρας

Διάγραμμα 31: Μέτρηση της θερμοκρασίας σώματος του χρήστη κατά τη διάρκεια της 3^{ης} ημέρας

Διάγραμμα 32: Μέτρηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της 3^{ης} ημέρας

Διάγραμμα 33: Μέτρηση της υγρασίας του περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της 3ης ημέρας

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Τα φορητά συστήματα επιθεώρησης υγείας χρησιμοποιούνται για την επιθεώρηση, τον έλεγχο και την καταγραφή των βιομετρικών δεδομένων του χρήστη. Αποτελούν συστήματα εξέχουσας σημασίας για την πρόληψη και την επίβλεψη της κατάστασης και της φυσιολογικής λειτουργίας του ανθρώπινου οργανισμού και χρησιμοποιούνται ευρέως σήμερα σε διάφορους τομείς της υγείας.

Η εργασία στο πεδίο του μεταλλευτικού κλάδου χαρακτηρίζεται ως εξαιρετικά επικίνδυνη, με τους εργαζομένους να θέτουν σε κίνδυνο την ζωή τους και τα ατυχήματα να είναι περισσότερο από συχνά, είτε από άμεσους κινδύνους, όπως λάθος χειρισμός βαρέων μηχανημάτων, ή πιθανή πτώση ορυκτών, είτε από έμμεσους κινδύνους που αφορούν κυρίως στο περιβάλλον εργασίας, με την έκθεσή τους σε επιβλαβή χημικά αέρια και σκόνη, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν μακροπρόθεσμα προβλήματα υγείας ή ακόμα και τον άμεσο θάνατο του εργαζομένου

εάν εκτεθεί σε μεγάλες συγκεντρώσεις αυτών ή εάν υπάρξει ανάφλεξη κάποιου επικίνδυνου αερίου.

Τα σημερινά συστήματα ελέγχου υγείας των εργαζομένων βασίζονται σε τεχνικές ανάλυσης κινδύνου οι οποίες πραγματοποιούνται από ειδικά εκπαιδευμένο προσωπικό, συνήθως κατά την φάση σχεδιασμού της εργασίας, χωρίς να παρέχουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και καθημερινή βάση, κατά την περίοδο διεξαγωγής του ωραρίου εργασίας. Έχοντας ως δεδομένο το γεγονός του ανθρώπινου σφάλματος, το οποίο μετράται στατιστικά σε ποσοστό 80-90% κατά την διάρκεια ενός ατυχήματος (Hale, A. R. & Glendon, A. I., Individual behaviour in the control of danger. Elsevier, Amsterdam, 1987), και σε συνάρτηση με το γεγονός ότι αυτή οφείλεται κυρίως στην πολύωρη έκθεσή του σε αρκετά δυσμενές περιβάλλον εργασίας, γίνεται αντιληπτή η σπουδαιότητα δημιουργίας ενός συστήματος καταγραφής της υγείας των εργαζομένων σε όλη την διάρκεια του ωραρίου τους, αποτελώντας ένα νέο εργαλείο ελέγχου ασφαλείας στον Μεταλλευτικό και όχι μόνο χώρο.

Από οικονομικής σκοπιάς, η αγορά των συστημάτων των φορετών αισθητήρων μπορεί να χαρακτηριστεί ως εξαιρετικά επικερδής, αφού, σύμφωνα με τον James Hayward και τον Dr Guillaume Chansin, θα φτάσει τα 6,1 δισεκατομύρια μέχρι το 2026. (IDTechEx, Wearable Sensors 2016-2026: Market Forecasts, Technologies, Players Shedding light on the components enabling wearable technology).

Το Βιομετρικό Γιλέκο με την ονομασία Guardian, θα αποτελέσει το πρώτο πραγματικά πολυλειτουργικό γιλέκο, προσφέροντας τεράστιο ευρὸς δυνατοτήτων, που θα απευθύνεται στο ευρύτερο κοινωνικό σύνολο, ενώ επίσης θα αποτελεί και ένα σύστημα παρακολούθησης υγείας, καθώς και χρήσιμο εργαλείο για την αποφυγή καταστροφών.

1.1 Σκοπός

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή έχει ως αντικείμενο τον σχεδιασμό, την κατασκευή και τον προγραμματισμό ενός πρωτότυπου Βιομετρικού Γιλέκου, με την ταυτόχρονη προβολή και αξιοποίηση των δυνατοτήτων του σε εφαρμογές του

Μηχανικού Ορυκτών Πόρων. Το πρωτοτότυπο Βιομετρικό Γιλέκο θα χαρακτηρίζεται από:

- το πλήθος των δυνατοτήτων που προσφέρει στο χρήστη το εγκατεστημένο σε αυτό υλικό και λογισμικό,
- την αυξημένη αυτονομία του,
- το χαμηλό του κόστος,
- την εύκολη και άμεση δυνατότητα παραμετροποίησής του.

1.2 Καινοτομία

Η ιδέα της δημιουργίας ενός πραγματικού πολυλειτουργικού γιλέκου που θα έχει την δυνατότητα να μετράει, να συλλέγει και να επεξεργάζεται δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από πολλούς βιοαισθητήρες ταυτόχρονα, όπως χημικούς αισθητήρες, αισθητήρες αερίου και γκαζιού, όχι μόνο για τον χρήστη που θα το φοράει αλλά και για το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται αυτός, αποστέλλοντας τα δεδομένα μέσω μικρών υποσταθμών επικοινωνίας, συμπεριλαμβανομένων και της χρήσης των ενσωματωμένων συστημάτων που βρίσκονται σε μη επανδρωμένα ιπτάμενα ρομποτικά οχήματα, αποτελεί καινοτομία για τον μεταλλευτικό κλάδο. Τα μη επανδρωμένα ιπτάμενα ρομποτικά αεροσκάφη θα είναι ικανά να δρουν για έρευνα και διάσωση σε μικρό χρονικό διάστημα αφού ληφθούν τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από το βιομετρικό γιλέκο. Επίσης, η δυνατότητα αποστολής των δεδομένων περισσότερων του ενός, βιομετρικών γιλέκων σε ένα κεντρικό υπολογιστή, δημιουργώντας ένα δίκτυο παρακολούθησης της υγείας και της κατάστασης, ενός συνόλου ανθρώπων (εργαζόμενοι σε βιομηχανία, ηλικιωμένοι ή παιδιά), καθώς και του περιβάλλοντος που βρίσκονται, είναι απολύτως εφικτή.

Η χρήση του γιλέκου σε ανθρώπους της τρίτης ηλικίας κρίνεται επίσης ως εξαιρετικά σημαντική, όχι μόνο στην Ελλάδα αλλά και παγκοσμίως, αποτελώντας μια τεράστια αγορά. Στην Ιαπωνία για παράδειγμα, μια χώρα που αποτελεί την βάση της τεχνολογίας, σε τοπική έρευνα που πραγματοποιήθηκε, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το 26,7% των ανθρώπων του πληθυσμού που ζουν στην συγκεκριμένη χώρα είναι άνω των 65 χρονών με το ποσοστό αυτό να αυξάνεται στο 40% μέχρι το 2050. Στην

Ελλάδα οι ηλικιωμένοι άνθρωποι άνω των 65 ετών αποτελούν το 22% του πληθυσμού, με το ποσοστό αυτό να αυξάνεται στο ένα τρίτο του πληθυσμού το 2050. (Kathimerini.gr, Πέννυ Μπουλουτζά, Ελλάδα Λιγότεροι και Γηραιότεροι, 29/09/2018)

Στην Ευρώπη το 2017, σχεδόν το ένα πέμπτο του πληθυσμού, περίπου 19% ήταν άνω των 65 ετών. (ec.europa.eu Πληθυσμιακή Διάρθρωση και Δημογραφική Γήρανση, Eurostat, May 2018)

Η χρήση, μικρών, ελαφριών, χαμηλού κόστους και κατανάλωσης ενέργειας, αισθητήρων, οι οποίοι έχουν τοποθετηθεί στο βιομετρικό γιλέκο μπορούν να αποτελέσουν ένα ισχυρό μελλοντικό εργαλείο στην προσπάθεια προστασίας της υγείας τόσο των πολιτών, όσο και των εργαζομένων σε βιομηχανικές μονάδες, ακόμα και των ευάλωτων πληθυσμιακών τάξεων. Το όλο σύστημα του βιομετρικού γιλέκου συγκεντρώνει πολλά καινοτόμα χαρακτηριστικά, συμπεριλαμβανομένων:

- Για πρώτη φορά συνδέονται τόσοι εξωτερικοί βιομετρικοί αισθητήρες, οι οποία παρακολουθούν, λαμβάνουν μετρήσεις και επεξεργάζονται τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο βοηθώντας εργαζομένους, ανθρώπους με προβλήματα υγείας, γιατρούς και μη κερδοσκοπικές οργανώσεις.
- Για πρώτη φορά συνδυάζεται η παρακολούθηση των βιομετρικών δεδομένων ενός ανθρώπου με την ταυτόχρονη παρακολούθηση και του περιβάλλοντος στο οποίο δραστηριοποιείται.
- Για πρώτη φορά, χρησιμοποιείται τέτοιου είδους τεχνολογία για την αντιμετώπιση προβλημάτων ασφάλειας στον κλάδο της βιομηχανίας.
- Για πρώτη φορά στον βιομηχανικό τομέα, υπάρχει χρήση ενός βιομετρικού γιλέκου με εγκατεστημένους βιομετρικούς και χημικούς αισθητήρες, ενημερώνοντας σε πραγματικό χρόνο για την κατάσταση της υγείας του πολίτη καθώς και τις συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον που βρίσκεται, προσφέροντας ειδικές πρώτες βοήθειες εάν κάποια από τις τιμές των αισθητήρων ξεπεράσει συγκεκριμένα όρια, δίνοντας την δυνατότητα άμεσης βοήθειας, μέσω του εντοπισμού του και της ενημέρωσης των ιατρών, ενώ ο συνδυασμός του με χρήση μη επανδρωμένων ιπτάμενων ρομποτικών

οχήματων προσφέρει δυνατότητες παρατήρησης της κατάστασής του αλλά και μεταφοράς ιατρικού εξοπλισμού ή φαρμάκων σε επείγουσες περιπτώσεις.

Το θέμα αποτελεί καινοτομία για την Σχολή των Μηχανικών Ορυκτών Πόρων καθώς αποτελεί την πρώτη προσπάθεια αντίστοιχης πρωτότυπης κατασκευής.

1.3 Στάδια Υλοποίησης και Ανάπτυξης

Το πρώτο στάδιο υλοποίησης και ανάπτυξης του πρωτότυπου Βιομετρικού Γιλέκου, περιλαμβάνει μια εκτενής βιβλιογραφική και εμπορική έρευνα σε παρόμοια προϊόντα που έχουν κατασκευαστεί και διοχετευθεί στο εμπόριο και που σχετίζονται με βιομετρικούς αισθητήρες, αισθητήρες ενσωματωμένους σε γιλέκα, καθώς και περιβαλλοντικούς αισθητήρες.

Στο δεύτερο στάδιο υλοποίησης σχεδιάστηκε η αρχιτεκτονική δομή του project η οποία είναι βασισμένη στην ιδέα της δημιουργίας ενός πραγματικού πολυλειτουργικού βιομετρικού και άνετου καθημερινού γιλέκου. Το στάδιο αυτό αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα μέρη της κατασκευής, μιας και η σωστή επιλογή του υλικού σε συνδυασμό με τους φυσικούς υπολογισμούς και την σωστή βαθμονόμηση, έχει ως αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση σφαλμάτων. Ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός του πρωτότυπου βιομετρικού γιλέκου βασίζεται στην εγκατάσταση αισθητήρων με ταυτόχρονη μετάδοση των δεδομένων σε μια εφαρμογή στο κινητό ή κάποιον κεντρικό υπολογιστή και την μεταξύ τους επικοινωνία.

Το γιλέκο κατασκευάστηκε από υλικά που χαρακτηρίζονται ως φιλικά προς τον άνθρωπο και συγκεκριμένα από υψηλής ποιότητας τριών στρώσεων ελαστικό, υδατοστεγανό και ταυτόχρονα διαπνέον ύφασμα, το οποίο παρέχει την δυνατότητα προστασίας από εξωτερικούς παράγοντες του περιβάλλοντος. Τέτοιου είδους υφάσματα χρησιμοποιούνται σε ειδικούς κλάδους εργασίας, όπως η ιστιοπλοία, διότι προσφέρουν υδατοστεγανότητα, είναι αντιανεμικά και ταυτόχρονα επιτρέπουν την διαπνοή του σώματος. Οι βιομετρικοί αισθητήρες που εγκαταστάθηκαν στο βιομετρικό γιλέκο έχουν βαθμονομηθεί και τοποθετηθεί σε ειδικά κατασκευασμένη θήκη ώστε να μην αποτελούν ενόχληση για τον χρήστη του γιλέκου, ενώ παράλληλα να είναι προστατευμένοι και να λειτουργούν στο μέγιστο των δυνατοτήτων τους και

με την μεγαλύτερη δυνατή αποδοτικότητα. Μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής ακολουθεί το πειραματικό μέρος, κατά το οποίο το πρωτότυπο βιομετρικό γιλέκο θα δοκιμαστεί εντός ενός ενεργού μεταλλευτικού χώρου και σε διάφορες θέσεις εργασίας, ώστε να ελεγχθεί η εύρυθμη λειτουργία του με την ταυτόχρονη αξιολόγηση των δεδομένων.

1.4 Οργάνωση Κεφαλαίων

Το επόμενο Κεφάλαιο περιλαμβάνει το θεωρητικό υπόβαθρο στην ασφάλεια σε μεταλλευτικά και λατομικά έργα, καθώς και τις κύριες μεθόδους ελέγχου ασφαλείας των χώρων αυτών, όπως και το τι ορίζει η νομοθεσία μέσω του Κανονισμού Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών. Στην συνέχεια πραγματοποιείται μια ιστορική αναδρομή στα φορετά συστήματα επιθεώρησης της υγείας του χρήστη, καθώς και τα πλεονεκτήματα τα οποία προσφέρουν στο πεδίο εφαρμογής τους, όπως στη Βιομηχανία Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου καθώς και στα Βιομηχανία Ορυκτών (Λατομεία). Επίσης, αναφέρονται οι απαιτήσεις των συστημάτων αυτών, ενώ γίνεται έρευνα αγοράς για τις διαθέσιμες επιλογές φορετών συστημάτων υγείας, κατά την παρούσα χρονική περίοδο στην αγορά. Οι βασικές τεχνικές λεπτομέρειες καθώς και η επιλογή του προς εγκατάσταση κατάλληλου υλικού (hardware) για την κατασκευή του βιομετρικού γιλέκου, καθώς και τα χαρακτηριστικά αυτών, περιλαμβάνονται στο Κεφάλαιο 3. Στο Κεφάλαιο 4 περιγράφεται η διαδικασία, τα στάδια σχεδιασμού του γιλέκου, καθώς και η υλοποίησή του. Επίσης στο Κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνεται η διαδικασία προγραμματισμού του μοντέλου, καθώς και η δημιουργία της εφαρμογής. Το Κεφάλαιο 5 περιλαμβάνει τη διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας, ενώ στο Κεφάλαιο 6 πραγματοποιείται η επεξεργασία των αποτελεσμάτων αυτής, καθώς και ερμηνεία των μετρήσεων. Τέλος, στο Κεφάλαιο 7, παρουσιάζονται προτάσεις και συμπεράσματα σχετικά με την ορθή και ομαλή λειτουργία του βιομετρικού γιλέκου, την μελλοντική αναβάθμισή του, καθώς και πιθανές εφαρμογές σε άλλους τομείς.

Κεφάλαιο 2

Θεωρητικό Υπόβαθρο

2.1 Ασφάλεια σε Μεταλλευτικά Λατομικά Έργα

Ως **Πηγή Κινδύνου** ορίζεται ως η πηγή από την οποία είναι δυνατόν να προέλθει ζημιά ή κατάσταση που είναι δυνατόν να προκαλέσει απώλεια (στην οποία εμπλέκονται πρόσωπα ή ζημιές σε ιδιοκτησίες, στο αστικό ή φυσικό περιβάλλον). [1]

Κίνδυνος ορίζεται ως η πιθανότητα να συμβεί κάτι που θα είχε αρνητική επίδραση σε ένα επιδιωκόμενο αποτέλεσμα και υπολογίζεται από την σχέση: [2]

$$\text{Κίνδυνος} = \text{Συνέπεια} \times \text{Πιθανότητα}$$

Χαρακτηρίζεται από το μέγεθος ή την σοβαρότητα των αρνητικών συνεπειών που μπορούν δυνητικά να προκύψουν από την δεδομένη δραστηριότητα ή ενέργεια καθώς και από την πιθανότητα της εμφάνισης της συγκεκριμένης αρνητικής επίπτωσης.

Ως **Διαχείριση του Κινδύνου** αποτελούν όλες οι ενέργειες που πραγματοποιούνται από μια εταιρεία και έχουν ως απώτερο στόχο την προστασία των εργαζομένων ενός οργανισμού, αλλά και την αύξηση των κερδών του οργανισμού. [3]

Η αποτροπή ενός ατυχήματος έχει φανερά κόστοι για μια εταιρεία, όπως την ιατρική περίθαλψη του εργαζομένου, ή την αποζημίωσή του αλλά και μη φανερά κόστη, όπως την απώλεια εργάσιμου χρόνου του τραυματισμένου εργαζομένου, την απώλεια καλής επίδοσης έργου, το πιθανό κόστος πρόσληψης νέων εργατών, την διατάραξη του ρυθμού εργασίας, την πιθανή μη εκπλήρωση παραγγελιών, την μείωση του ηθικού των υπόλοιπων εργατών λόγω αίσθησης ανασφάλειας για την υγεία τους, πιθανές άλλες καταστροφές (φωτιά από διαρροή αερίου, νερό, διαρροή αερίου, εκρηκτικά) κ.ο.κ. (Durrant 1991) [2]

Μελέτη του 1999 έδειξε ότι για κάθε 1 ευρώ που επενδύεται σε προγράμματα ασφάλειας και υγείας σε μια εταιρεία το αναμενόμενο κέρδος είναι της τάξεως των 4-6 ευρώ. [(Charles Jeffress speech, 30/10/1999) , [2]

Καμιά κρατική υπηρεσία στον κόσμο δεν έχει καθορίσει όριο για τον αποδεκτό αριθμό των θανατηφόρων εργατικών ατυχημάτων. Η κοινωνία για παράδειγμα αποδέχεται παραγωγικές διαδικασίες οι οποίες προξενούν κατά έτος λιγότερο από 1 θάνατο ανά 100.000 εργαζομένους. Σε αντιδιαστολή, ο υφιστάμενος κίνδυνος θανάτου με πιθανότητα 1/3000 στη μεταλλευτική βιομηχανία της Αυστραλίας είναι μη αποδεκτός., ενώ ο κίνδυνος θανάτου με πιθανότητα 1/1000 στα μεταλλεία της Μ. Βρετανίας θεωρείται εξοργιστικά απαράδεκτος. [3]

Οι αναλυτικές μέθοδοι εκτίμησης του κινδύνου χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Ποιοτική (υψηλός, μέτριος ή χαμηλός κίνδυνος)
- Ημιποσοτική (με όρια κινδύνου από 1 έως 25, με το εύρος από 1-15 να μην είναι αποδεκτό)
- Ποσοτική (χρησιμοποιώντας στατιστικά στοιχεία, π.χ. κίνδυνος θανάτου με πιθανότητα 1/100000)

Οι πιο γνωστές τεχνικές ανάλυσης του εργασιακού κινδύνου είναι η JSA (Job Safety Analysis) και η Hazop (Hazard and Operability Study).

Η JSA (Σχήμα 2.1) αποτελεί μία μέθοδο συστηματικής ανάλυσης μιας εργασίας, η οποία εργασία χωρίζεται σε βήματα, με σκοπό την αναγνώριση κινδύνων σε κάθε βήμα (τι κάνει ο εργαζόμενος, πώς το κάνει κλπ.), και τον καθορισμό των ενεργειών που απαιτούνται για να εξαλειφθούν ή να ελαχιστοποιηθούν οι κίνδυνοι. Με τον

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι ότι αποτελεί μια τυποποιημένη διαδικασία για την ανάλυση του κινδύνου, μπορεί μετέπειτα να χρησιμοποιηθεί σαν εργαλείο για την ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για νέους εργαζομένους, συμβάλλει στον περιορισμό ή ακόμα και στην εξάλειψη των ατυχημάτων, ενώ επίσης βοηθά και στην διερεύνησή τους. Τέλος, εντοπίζει σε ποιές εργασίες πρέπει να υπάρξει βελτίωση των χρησιμοποιούμενων μεθόδων, ενθαρρύνει την ομαδική εργασία μιας και περιλαμβάνει όλους τους εργαζομένους που εμπλέκονται σε μια συγκεκριμένη εργασία, ενώ διατηρεί σε εγρήγορση το αίσθημα της εργασιακής ασφάλειας.

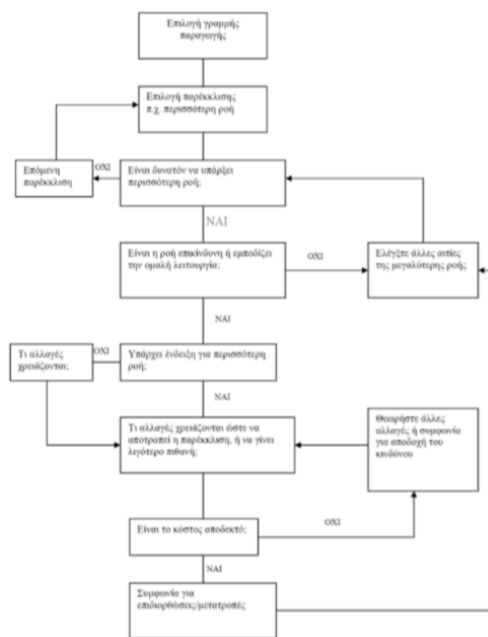
[illegible]

9

Η HAZOP (Σχήμα 2.2) αποτελεί μία μέθοδο ανάλυσης μέσα από την οποία πραγματοποιείται δομημένη και συστηματική εξέταση των σχεδιαζόμενων ή υφιστάμενων διαδικασιών ή λειτουργιών, προκειμένου να εντοπιστούν και να αξιολογηθούν τα προβλήματα που μπορεί να προκαλέσουν κινδύνους. Αποτελεί μία ποιοτική τεχνική η οποία βασίζεται σε λέξεις-οδηγούς (No, More, Less, As well as, Reverse, Part of, Other than κλπ.) ως εργαλείο αξιολόγησης των κινδύνων η οποία αρχικά αναπτύχθηκε για την πυρηνική βιομηχανία ενώ αργότερα επεκτάθηκε στην χημική βιομηχανία, καθώς επίσης και σε άλλους τύπους συστημάτων, όπως για πολύπλοκες λειτουργίες και λογισμικά.

Χρησιμοποιείται κατά την πρώτη φάση του σχεδιασμού καθώς και ως τελικός έλεγχος. Σκοπός της είναι ο προσδιορισμός των πιθανών κινδύνων σε ένα σύστημα και ο εντοπισμός προβλημάτων λειτουργικότητας. Με αυτό τον τρόπο πραγματοποιείται εκτίμηση των κινδύνων σε εγκαταστάσεις και στον εξοπλισμό, ενώ αξιολογεί τα συστήματα από πολλαπλές οπτικές γωνίες και εντοπίζει τυχόν αδυναμίες.

Στα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι επίσης, μπορεί να μην αναγνωριστούν όλοι οι κίνδυνοι, ενώ η πραγματοποίησή της μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο από ειδική και έμπειρη διεπιστημονική ομάδα κατά την διάρκεια σειράς συναντήσεων. [4]



Σχήμα 2.2: Διαδικασία εφαρμογής HAZOP (Πηγή: Αρβανιτογιώργος – ΕΛΙΝΥΑΕ)

Οι μέθοδοι ανάλυσης κινδύνου στηρίζονται στην εμπειρία του αναλυτή και πραγματοποιούνται κυρίως κατά την πρώτη φάση του σχεδιασμού, ενώ μερικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως τελικός έλεγχος. Η ανίχνευση του κινδύνου σε πραγματικό χρόνο και η διεξαγωγή πειραματικής διαδικασίας εντός Βιομηχανικού χώρου αποτελεί την πρώτη γνωστή προσπάθεια ανίχνευσης κινδύνου, στον επιστημονικό χώρο.

Ένα από τα προβλήματα που τα οποία συζητήθηκαν με τον υπεύθυνο ασφαλείας στο λατομείο αφορά τον έλεγχο επιτυχής ανατίναξης με ταυτόχρονο έλεγχο της ασφάλειας όλου του προσωπικού, καθώς στο παρελθόν έχουν ιστορικά διαπιστωθεί και καταγραφεί πολλά ατυχήματα. Με τη χρήση ενός δικτύου πολλών Βιομετρικών Γιλέκων καθίσταται δυνατός ο έλεγχος της ασφάλειας των εργαζομένων καθώς και της επιτυχίας ή αποτυχίας (αφλογιστία) της ανατίναξης με την βοήθεια ενός συνδυασμού χρήσης, μη επανδρωμένου οχήματος για την άμεση επίβλεψη και των βιομετρικών γιλέκων για τον, σε πραγματικό χρόνο, εντοπισμό των χρηστών και την κατάσταση της υγείας τους. Επίσης, κατά την εκτέλεση επιτυχούς ανατίναξης εκσφενδονίζονται αρκετές φορές όγκοι βράχων σε πολύ μεγάλες αποστάσεις, που μπορούν να προκαλέσουν τραυματισμό ή ακόμα και τον θάνατο κάποιου εργαζομένου στο λατομείο.

Ένα άλλο πρόβλημα αφορά την πτώση των εργαζομένων από τα διάφορα επαγγελματικά οχήματα που χρησιμοποιούνται στο χώρο του λατομείου και μπορούν να προκαλέσουν από ελαφρύ τραυματισμό (στραμπούλιγμα) έως ακόμα και τον θάνατο του εργαζομένου. Οι εργαζόμενοι εκπαιδεύονται στον κανόνα των τριών σημείων, που σημαίνει ότι κατά την ανάβασή τους ή καταβασή τους από μια σκάλα, θα πρέπει να κρατιόνται τουλάχιστον από 3 σημεία, δηλαδή, δύο χέρια και ένα πόδι, ή δύο πόδια και ένα χέρι, καθ' όλη την διάρκεια που βρίσκονται πάνω σε αυτήν.

Πολλοί εργαζόμενοι λόγω σωματικής και πνευματικής κούρασης κατά την διάρκεια της εργασίας τους αρκετές φορές αψηφούν την συγκεκριμένη οδηγία, με αποτέλεσμα να υπάρχουν αρκετά μικροατυχήματα τα οποία εκτός από τον κίνδυνο της υγείας του εργαζόμενου, που είναι ανεκτίμητος και υψίστης σημασίας, μπορούν να στοιχίσουν στην εταιρεία σε κόστος και χαμένες εργατοώρες. Επίσης, σε περίπτωση

σοβαρότερων ατυχημάτων ο χρόνος δράσης για την παροχή πρώτων βοηθειών και την κλήση ασθενοφόρου είναι συνήθως πολύ αργός, της τάξεως των αρκετών ωρών, αφού η περιοχή του λατομείου είναι τεράστια, και ο εντοπισμός κάποιου τραυματία αρκετά χρονοβόρα. Ο χρόνος επίσης μέχρι να αντιληφθούν το περιστατικό είναι επίσης μεγάλος με αποτέλεσμα να χάνονται πολύτιμα λεπτά για την υγεία του εργαζομένου και την άμεση περίθαλψή του, η οποία σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να του σώσει την ζωή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η πτώση εργαζομένου από όχημα στην περιοχή του λατομείου πριν από 10 περίπου χρόνια κατά την οποία ο πρώην υπεύθυνος ασφαλείας και οι εργαζόμενοι αντιλήφθηκαν την απουσία του έπειτα από διάστημα 4 ωρών!

Στα Λατομεία Αδρανών υλικών γίνονται πολλές εργασίες στον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό, όπως μέσα σε κόσκινα, σπαστήρες και τριβεία, με τον εργάτη να βρίσκεται εντός πολύ περιορισμένου χώρου. Για να πραγματοποιηθεί η συγκεκριμένη επέμβαση σε περιορισμένο χώρο, απαιτείται και η παρουσία προσωπικού εκτός του περιορισμένου χώρου με σκοπό την επίβλεψη των εργασιών καθώς και την ασφάλεια του εργαζομένου ο οποίος βρίσκεται εντός του εξοπλισμού. Ο επιβλέπων οφείλει να βρίσκεται στον χώρο καθ' όλη την διάρκεια της εργασίας και να ελέγχει τον εργαζόμενο ανά τακτά χρονικά διαστήματα της τάξεως των 10-15 λεπτών για την ασφάλειά του. Κατά την συζήτηση με τον Μηχανικό Ασφαλείας του Λατομείου αναφέρθηκε συμβάν το οποίο θα μπορούσε να είχε αποφευχθεί με την χρήση του βιομετρικού γιλέκου.

Εργαζόμενος κατέβηκε στην ταινία τούνελ για να ξεμπαζώσει υλικά. Κατά την διάρκεια της εργασίας παραπάτησε και έπεσε, κάτι το οποίο είχε σαν αποτέλεσμα τον τραυματισμό του στο πόδι του (γύρισμα αστραγάλου) και στο κεφάλι (πρόσκρουση σε μεταλλική επιφάνεια) με αποτέλεσμα να λιποθυμήσει. Ο επιβλέπων είχε φύγει προσωρινά από την θέση του για την επίβλεψη ενός δεύτερου σημείου εργασίας 15 μέτρα πιο μακριά από το σημείο του ατυχήματος. Επέστρεψε στη θέση του ατυχήματος 30 λεπτά αργότερα. Στην προσπάθειά του να επικοινωνήσει με τον εργαζόμενο αφού είδε ότι δεν απαντούσε, ο επιβλέπων εργοδηγός κατέβηκε κάτω να τσεκάρει εάν είναι καλά. Βλέποντας τον εργαζόμενο ανείσθητο κάλεσε για βοήθεια. Ο εργαζόμενος κατά την διακομιδή του στο νοσοκομείο είχε τελικά υποστεί

διάσχιση από την πρόσκρουση με την μεταλλική επιφάνεια και επέστρεψε στην εργασία του μια εβδομάδα αργότερα.

Ένα ακόμα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο θάνατος ενός εργαζομένου στο Α.Η.Σ. Καρδιάς το 2005, όπου εργαζόμενος, ο οποίος δούλευε ως εργάτης σε εργολάβο, πέθανε την ώρα που δούλευε μέσα στο λέβητα του ΑΗΣ Καρδιάς κατά τη διάρκεια εργασιών συντήρησης. Ο εργάτης δούλευε στο συνεργείο του εργολάβου που ανέλαβε από τη ΔΕΗ την εργολαβία συντήρησης του λέβητα. Τον βρήκαν νεκρό οι συνάδελφοί του που πήγαν να τον αλλάξουν στη βάρδια, λίγο μετά τις 5.30 το απόγευμα. Ο εργαζόμενος δούλευε μέσα σε συνθήκες έλλειψης οξυγόνου, καθαρίζοντας το λέβητα όπου γίνεται η καύση και απελευθερώνεται η τέφρα. [α]

Ένα ακόμη παράδειγμα αποτελεί και πάλι δυστυχώς ο θάνατος εργαζομένου στην ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου, το 2007 ο οποίος ήταν πατέρας 2 ανήλικων παιδιών και δούλευε ως εργάτης εργολάβο. Ο εργαζόμενος στην προσπάθειά του να καθαρίσει τη χοάνη της μονάδας, αντί να ανέβει από πάνω και να χτυπήσει με το δονητή για να πέσει η τέφρα κάτω, άνοιξε την θύρα χαμηλά της χοάνης και επιχείρησε από κάτω με ξύστρα να κατεβάσει κομμάτια τέφρας που ήταν κολλημένα. Την ώρα που βρισκόταν στη βάση του σιλό η υγροποιημένη τέφρα έπεσε πάνω του, με αποτέλεσμα να πάθει ασφυξία αφού θάφτηκε ζωντανός. [b]

Ένα χρόνο μετά καταγράφηκε επίσης, δυστυχώς ο θάνατος εργαζομένου στην ΑΗΣ ΛΙΠΤΟΛ, το 2008, ο οποίος εργαζόταν ως υπάλληλος της ΔΕΗ. Ο εργαζόμενος υπέστη ανακοπή καρδιάς εν ώρα υπηρεσίας. Είχε προηγηθεί μια πολυήμερη και ιδιαίτερα απαιτητική βάρδια εργασίας, η οποία αποτελούνταν από συνεχόμενα 12ωρα. Ο εργαζόμενος δούλευε στον ΑΗΣ του βιομηχανικού συγκροτήματος που παράγει ρεύμα για τη λειτουργία των ορυχείων. [b]

Τελευταίο παράδειγμα δυστυχήματος αποτελεί και ο θάνατος εργαζομένου το 2014, ο οποίος εργαζόταν στον Τομέα Περιβάλλοντος του Λιγνιτικού Κέντρου Δυτικής Μακεδονίας. Ο εργαζόμενος βρέθηκε πνιγμένος σε τεχνητή λίμνη της ΔΕΗ, σε χώρο αποκατάστασης εδαφών στην προσπάθειά του, σύμφωνα με πληροφορίες, να σπρώξει στη λίμνη πλωτή κατασκευή. Ήταν μόνος του και οι εργαζόμενοι κατήγγειλαν ότι είχαν προειδοποιήσει επανειλημμένως τους υπεύθυνους για τους κινδύνους της συγκεκριμένης λίμνης. [c]

Μπορεί λοιπόν να παρατηρηθεί πόσο σημαντικό θα ήταν για την ασφάλεια των εργαζομένων η χρήση ενός τέτοιου βιομετρικού γιλέκου, το οποίο θα ενημέρωνε σε πραγματικό χρόνο τόσο για την πτώση του εργαζομένου όσο και για τα βιομετρικά του στοιχεία και την θέση στην οποία βρίσκεται. Εκτός από την μείωση του κόστους, αφού δεν θα χρειαζόντουσαν τόσα άτομα για την επίβλεψη των εργαζομένων, θα μπορούσε εύκολα να εξυπηρετήσει τις ανάγκες σε βάρδιες με λίγο προσωπικό, ενώ η ενημέρωση των αρχών σε περίπτωση ατυχήματος εργαζομένου θα ήταν άμεση!

Οι εταιρείες στην σημερινή εποχή κρίνονται για την ποιότητά τους στον τομέα ασφαλείας, με ποσοστά ατυχημάτων ανά το σύνολο εργατοωρών των εργαζομένων που εργάζονται για την εταιρεία, με αποτέλεσμα την μη καταγραφή μικροατυχημάτων, όπως το στραμπούληγμα ποδιού ενός εργαζομένου ή μια απλή διάσειση από χτύπημα στο κεφάλι.

2.2 Ισχύουσα Νομοθεσία [5]

Σύμφωνα με το **άρθρο 92** του Κανονισμού Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών (ΚΜΛΕ):

1. Ατύχημα σε κάθε έργο ή εξαρτημένη απ' αυτό εργασία, θεωρείται κάθε τραυματισμός ανθρώπου που προέρχεται, από όποια αιτία στη διάρκεια της εργασίας ή λόγω της λειτουργίας του έργου ή γενικότερα λόγω της μεταλλευτικής ή λατομικής δραστηριότητας, ακόμα και μετά τη διακοπή της λειτουργίας του έργου και μέχρι τη λήψη των μέτρων του άρθρου 82 παρ. 7 εδ. α'.

Ατύχημα επίσης θεωρείται και κάθε βλάβη ή καταστροφή μέρους του έργου ή γειτονικού έργου που ανήκει σε άλλον εκμεταλλευτή, που οφείλεται στις αιτίες που αναφέρονται στο παραπάνω εδάφιο και επιφέρει προσωρινή διακοπή λειτουργίας ή εκμετάλλευσης ή χρήσης τους.

2. Δυστύχημα χαρακτηρίζεται το, σύμφωνα με την παρ. 1 εδ. α' αυτού του άρθρου, συμβάν που επιφέρει σοβαρό τραυματισμό ή ακρωτηριασμό ή θάνατο ατόμου.

Δυστύχημα επίσης χαρακτηρίζεται και κάθε, σύμφωνα με την παρ. 1 εδ. β' αυτού του άρθρου, σοβαρή βλάβη ή καταστροφή, που επιφέρει μακροχρόνια διακοπή της λειτουργίας ή εκμετάλλευσης ή χρήσης των έργων.

3. Ο χαρακτηρισμός ενός συμβάντος σαν ατυχήματος ή δυστυχήματος και ο καθορισμός του είδους του, γίνεται, με βάση τα διαθέσιμα σχετικά στοιχεία.

Σύμφωνα με το **άρθρο 22** του του Κανονισμού Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών (ΚΜΛΕ) που αφορά στην προστασία των εργαζομένων από αιωρούμενες σκόνες, αέρια, ατμούς, καπνούς και λοιπούς χημικούς παράγοντες: Σε κάθε θέση εργασίας που υπάρχει έκθεση των εργαζομένων σ' ένα ή περισσότερα από τα είδη σκόνης ή αερίων ή ατμών ή καπνών που αναγράφονται στους παρακάτω ΠΙΝΑΚΕΣ 1, 2 και 3, οι «**οριακές τιμές έκθεσης**» και οι «**ανώτατες οριακές τιμές έκθεσης**», δεν πρέπει να ξεπερνούν τις αναφερόμενες αντίστοιχα στον πίνακα οριακές τιμές.

Για την κατανόηση των πιο πάνω εννοιών, ορίζονται τα παρακάτω:

Έκθεση σε χημικό παράγοντα: νοείται το ατομικό επίπεδο έκθεσης του εργαζομένου σε χημικό παράγοντα που υπάρχει στον αέρα του χώρου εργασίας. Το επίπεδο έκθεσης αναφέρεται στη συγκέντρωση του χημικού παράγοντα στην οποία εκτίθεται ο εργαζόμενος σε ορισμένη χρονική περίοδο και η τιμή του εκφράζεται σε μέρη όγκου ατμού ή αερίου ανά εκατομμύριο μέρη όγκου αέρα (ppm) σε χιλιοστά γραμμαρίου του χημικού παράγοντα ανά κυβικό μέτρο αέρα (mg/m³). Για τις περιπτώσεις ινωδών σωματιδίων μπορεί να εκφράζεται και σε αριθμό ινών ανά μονάδα όγκου αέρα. (Για τη μέτρηση της συγκέντρωσης ινών αμιάντου στον αέρα του χώρου εργασίας, λαμβάνονται υπόψη μόνο οι ίνες μήκους ανώτερου των 5 μικρομέτρων και πλάτους μικρότερου των 3 μικρομέτρων, με λόγο μήκους/πλάτους μεγαλύτερο του 3:1).

Οριακή τιμή έκθεσης σε χημικό παράγοντα: νοείται η τιμή την οποία δεν επιτρέπεται να ξεπερνά η μέση δωρη χρονικά σταθμισμένη έκθεση του εργαζόμενου στον χημικό παράγοντα, κατά τη διάρκεια οποιασδήποτε δωρης ημερήσιας και 40ωρης εβδομαδιαίας εργασίας του.

Ανώτατη οριακή τιμή έκθεσης σε χημικό παράγοντα: νοείται η τιμή την οποία δεν επιτρέπεται να ξεπερνά η μέση χρονικά σταθμισμένη έκθεση του εργαζόμενου στον χημικό παράγοντα κατά τη διάρκεια οποιασδήποτε δεκαπεντάλεπτης περιόδου μέσα στο χρόνο εργασίας του, έστω και αν τηρείται η οριακή τιμή έκθεσης. Χημικός παράγων μπορεί να είναι υπό μορφή αερίου, ατμού ή αιωρούμενων σωματιδίων.

Σκόνη (κονιορτός): νοούνται στερεά σωματίδια αιωρούμενα στον αέρα, παραγόμενα με μηχανικές μεθόδους ή με στροβιλισμό.

Καπνός: νοούνται στερεά σωματίδια σε λεπτό διαμερισμό αιωρούμενα στον αέρα, παραγόμενα με θερμικές και/ή χημικές μεθόδους.

Ομίχλη: νοούνται σταγονίδια υγρού σε λεπτό διαμερισμό αιωρούμενα στον αέρα, παραγόμενα με τη συμπύκνωση αερίων ή με τη διασκόρπιση υγρών.

Οι Οριακές Τιμές για τα αέρια και ατμούς εκφράζονται σε ppm οπότε δεν εξαρτώνται από τις μεταβολές της θερμοκρασίας και της ατμοσφαιρικής πίεσης ή σε mg/m^3 , οπότε εξαρτώνται από τις μεταβολές αυτές. Σ' αυτή την περίπτωση οι τιμές τους αναφέρονται σε θερμοκρασία 25ο C και ατμοσφαιρική πίεση 760 mmHg. Για τα αιωρούμενα σωματίδια εκφράζονται σε mg/m^3 για τις συνθήκες που υπάρχουν στο χώρο εργασίας.

Εισπνεύσιμο κλάσμα αιωρούμενων σωματιδίων (αναπν.): νοείται το σύνολο των αιωρούμενων στερεών σωματιδίων το οποίο μπορεί να προσληφθεί από τον εργαζόμενο με εισπνοή από τη μύτη ή/και το στόμα.

Αναπνεύσιμο κλάσμα αιωρούμενων σωματιδίων (εισπν.): νοείται το σύνολο των σωματιδίων από το εσπνεύσιμο κλάσμα που φθάνει στις κυψελίδες των πνευμόνων.

Αεροδυναμική διάμετρος αιωρούμενου στερεού σωματιδίου: νοείται η διάμετρος νοητής σφαίρας, μοναδιαίας πυκνότητας ($1gr/cm^3$), η οποία έχει ίση με το υπόψη σωματίδιο οριακή ταχύτητα πτώσεως στον αέρα.

Η ένδειξη δέρμα (Δ), η οποία επισημαίνεται σε ορισμένους χημικούς παράγοντες των Πινάκων 1, 2 και 3, υπονοεί την πιθανή συμβολή στην συνολική έκθεση του

εργαζόμενου και της ποσότητας αυτών των χημικών παραγόντων που απορροφάται διαμέσου του δέρματος κατά την άμεση επαφή μαζί τους».

ΠΙΝΑΚΑΣ 1
ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΓΙΑ ΟΡΥΚΤΕΣ ΣΚΟΝΕΣ

χημικός Παράγοντας	χημικός (Μοριακός) Τύπος	No Chemical Abstract System(CAS)	Ση- μεί- ωση	Οριακή Τιμή Έκθεσης	Ανώτατη Οριακή Τιμή έκθεσης		
				ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
<i>Καθαρές μορφές κρυσταλλικού Ελεύθερου διοξειδίου του πυριτίου (SiO2)</i>							
α. Χαλαζίας					0,1(αναπν.)		
β. Τριπολίτης					0,1(αναπν.)		
γ. Χριστοβαλίτης - τριδυμίτης					0,05(αναπν.)		
Άνθρακας (<5% χαλαζία)	C	68131-74-8			2(αναπν.)		
Ασβεστόλιθος	CaCO3				10(εισπν.)		
					5(αναπν.)		
Βωξίτης *					10(εισπν.)		
					5(αναπν.)		
Γραφίτης*	C	7782-42-5			10(εισπν.)		
					5(αναπν.)		
Γύψος*	CaSO4	7778-18-9			10(εισπν.)		
					5(αναπν.)		
Καολίνης*					10(εισπν.)		
					5(αναπν.)		
Μαγνησίτης*					10(εισπν.)		
					5(αναπν.)		
Μάρμαρο*	CaCO3	1317-65-3			10(εισπν.)		
					5(αναπν.)		
Σμύριδα*					10(εισπν.)		
					5(αναπν.)		
Τάλκης (χωρίς αμίαντο)	Mg3Si4O10(OH)2	14807-96-6			10(εισπν.)		
					2(αναπν.)		
<u>Αμίαντος (όλων των τύπων)</u>					0,1 (ίνες/cm ³)		
*χωρίς ελεύθερο κρυσταλλικό διοξείδιο του πυριτίου (SiO2)							

ΠΙΝΑΚΑΣ 2
ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΓΙΑ ΣΚΟΝΕΣ, ΑΤΜΟΥΣ, ΚΑΠΝΟΥΣ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΚΑΙ ΕΝΩΣΕΩΝ ΤΟΥΣ*

χημικός Παράγοντας	χημικός (Μοριακός) Τύπος	No CAS	Ση- μεί- ωση	Οριακή Τιμή Έκθεσης		Ανώτατη Οριακή Τιμή έκθεσης	
				ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
Αλουμίνα,	Al ₂ O ₃	1344-28-1			10(αναπν) 5(εισπν.)		
Αντιμόνιο							
και ενώσεις του	Sb	7440-36-0			0,5		
Αργίλιο μεταλλικό	Al	7429-90-5			10(αναπν) 5(εισπν.)		
Άργυρος (διαλυτές ενώσεις ως Ag)					0,01		
Αρσενικό και ενώσεις του (ως As)		7440-38-2			0,1		
Ασβέστιο ανθρ.	CaCO ₃	1317-65-3			10(εισπν.) 5(αναπν.)		
Ασβέστιο/πυριτικό	CaSiO ₃	1344-95-2			10(εισπν.) 5(αναπν.)		
Ασβεστίου οξείδιο	CaO	1305-78-8			5		
Ασβεστίου υδροξ.	Ca(OH) ₂	1305-62-0			5		
Βάριο (διαλυτές ενώσεις ως Ba)					0,5		
Κάδμιο και ενώσεις(ως Cd)	Cd	7440-43-9			0,025		0,1
Κοβάλτιο(σκόνη-καπνοί)	Co	7440-48-4			0,1		
Κοβαλτίο-ενώσεις (ως Co)					0,1		
Μαγγανίου ενώσεις (ως Mn)					5		
Μαγνησίου, οξείδιο του MgO		1309-48-4			10(εισπν.) 5(αναπν.)		
Μολυβδένιο (αδιάλυτες ενώσεις ως Mo)					15		
Μολυβδένιο (διαλυτές ενώσεις ως Mo)					5		
Μολυβδος**					0,075		
Νικέλιο και ενώσεις του (ως Ni)					1		
Σιδήρου (διαλυτά άλατα ως Fe)					1		2
Σιδήρου (II) οξείδιο ως Fe	FeO	1345-25-1			10		10
Σιδήρου (III) οξείδιο ως Fe	Fe ₂ O ₃	1309-37-1			10		10
Τιτανίου διοξείδιο	TiO ₂	13463-67-7			10(εισπν.) 5(αναπν.)		
Υδράργυρος (Hg) και ενώσεις του ως Hg							
(εκτός των αλκυλενώσεων)	Hg	7439-97-6			0,1		
Χαλκός (καπνός)	Cu	7440-50-8			0,2		
Χαλκός (σκόνη)	Cu	7440-50-8			1		2
Χρώμιο (μεταλλικό)	Cr	7440-47-3			1		
Χρωμίου (VI) διαλυτές ενώσεις (ως χρωμικό κάλιο)					0,5		
Χρωμίου (VI) μη διαλυτές ενώσεις					0,5		
Χρωμίου (II) ενώσεις ως χρώμιο					0,5		
Χρωμίου (III) ενώσεις ως χρώμιο					0,5		
Ψευδάργυρος χλωριούχος (καπνοί)	ZnCl ₂	7646-85-7			1		2
Ψευδαργύρου Οξείδιο (καπνοί)	ZnO	1314-13-2			5		10

*Οι οριακές τιμές, όπου δεν ορίζεται διαφορετικά, αναφέρονται σε μεταλλομονάδες του αντιστοίχου μετάλλου.

**Ειδικά για τον μόλυβδο εφαρμόζονται οι διατάξεις του Π. . 94/87 "Προστασία των εργαζομένων που εκτίθενται στον μεταλλικό μόλυβδο και τις ενώσεις ιόντων του κατά την εργασία" (Φ.Ε.Κ. 54/Α/22-4-1987), όπως ισχύει.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3
ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΓΙΑ ΑΛΛΟΥΣ ΧΗΜΙΚΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

χημικός Παράγοντας	χημικός (Μοριακός) Τύπος	No CAS	Ση- μεί- ωση	Οριακή Τιμή Έκθεσης		Ανώτατη Οριακή Τιμή έκθεσης	
				ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
Αμμωνία	H ₃ N	7664-41-7		50	35	50	35
Άσφαλτος (βιτουμένια)		8052-42-4			5		
Διοξειδίο του αζώτου	NO ₂	10102-44-0		5	9	5	9
Διοξειδίο του άνθρακα	CO₂	124-38-9		5000	9000	5000	54000
Διοξειδίο του θείου	SO ₂	7446-09-5		2	5	5	13
Θειικό οξύ	H ₂ O ₄ S	7664-93-9			1		
Μεθάνιο	CH₄					10000	
Μονοξειδίο του αζώτου	NO	10102-43-9		25	30		
Μονοξειδίο του άνθρακα	CO	630-08-0		50	55	300	330
Νικοτίνη	C ₁₀ H ₁₄ N ₂	54-11-5			0,5		1,5
Νιτρικό οξύ	HNO ₃	7697-37-2		2	5	4	10
Οξικό οξύ	C ₂ H ₄ O ₂	64-19-7		10	25	15	37
Υδρόθειο	H ₂ S	7783-06-4		10	15	15	21
Υδροκυάνιο	HCN	74-90-8		10	11	10	11
Υδροχλώριο	HCl	7647-01-0		5	7	5	7
Φθόριο	F ₂	7782-41-4		1,25	2	1,25	2
Χλώριο	Cl ₂	7782-50-5		1	3	1	3

Σημείωση: Για τους χημικούς παράγοντες που βρίσκονται στον αέρα του χώρου εργασίας και εφόσον δεν περιλαμβάνονται στους παράγοντες του Πίνακα 3, εφαρμόζονται τα όρια που αναφέρονται στον Πίνακα της παραγράφου 1 του άρθρου 3 του Π. . 307/1986, όπως τροποποιήθηκε με το Π. . 90/1999 «Καθορισμός οριακών τιμών έκθεσης και ανώτατων οριακών τιμών έκθεσης των εργαζομένων σε ορισμένους χημικούς παράγοντες κατά την διάρκεια της εργασίας τους σε συμμόρφωση με τις οδηγίες 91/322/ΕΟΚ και 96/94/ΕΚ της Επιτροπής και τροποποίηση και συμπλήρωση του Π. . 307/86 «Προστασία της υγείας των εργαζομένων που εκτίθενται σε ορισμένους χημικούς παράγοντες κατά την διάρκεια της εργασίας τους» (135/Α) όπως τροποποιήθηκε με το Π. . 77/93 (34/Α)», όπως ισχύει.

Για τις σκόνη που βρίσκονται στον αέρα του χώρου εργασίας και δεν περιλαμβάνονται στους πίνακες 1 και 2 της προηγούμενης παραγράφου, οι «Οριακές Τιμές Έκθεσης» καθορίζονται ως εξής :

α) Για σκόνη αδρανή, ή απλώς ενοχλητική η «οριακή τιμή έκθεσης» είναι:

για το αναπνεύσιμο κλάσμα αιωρουμένων σωματιδίων: 5 mg/m³.

για το εσπνεύσιμο κλάσμα αιωρουμένων σωματιδίων: 10 mg/m³.

β) Για σκόνη που περιέχει ελεύθερο κρυσταλλικό διοξείδιο του πυριτίου (SiO₂) η «Οριακή Τιμή Έκθεσης» υπολογίζεται ως εξής:

- για το αναπνεύσιμο κλάσμα της σκόνης

$$T = \frac{10}{X1+2} \quad \text{mg/m}^3$$

- για το εσπνεύσιμο κλάσμα της σκόνης

$$T = \frac{30}{X2+3} \quad \text{mg/m}^3$$

Όπου,

T: είναι η κατά περίπτωση οριακή τιμή έκθεσης,

X1: είναι η περιεκτικότητα (%) του ελεύθερου κρυσταλλικού διοξειδίου του πυριτίου στην ποσότητα του αναπνεύσιμου κλάσματος της σκόνης.

X2: είναι η περιεκτικότητα (%) του ελεύθερου κρυσταλλικού διοξειδίου του πυριτίου στην ποσότητα του εισπνεύσιμου κλάσματος της σκόνης.

γ) Για σκόνη που περιέχει ίνες αμιάντου, κανένας εργαζόμενος δεν πρέπει να εκτίθεται σε ατμόσφαιρα με συγκέντρωση ινών αμιάντου μεγαλύτερη της 0,1 ίνας ανά cm³ αέρα ως μέση δωρη χρονικά σταθμισμένη έκθεση.

Για κάθε δραστηριότητα, που μπορεί να παρουσιάσει κίνδυνο έκθεσης στη σκόνη αμιάντου ή υλικών που περιέχουν αμίαντο, λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα σύμφωνα με τις διατάξεις του ΠΔ 212/06 (ΦΕΚ 212/Α/09.10.2006) «Προστασία των εργαζομένων που εκτίθενται σε αμίαντο κατά την εργασία, σε συμμόρφωση με την οδηγία 83/477/ΕΟΚ του Συμβουλίου, όπως αυτή τροποποιήθηκε με την οδηγία 91/382/ΕΟΚ του Συμβουλίου και την οδηγία 2003/18/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και Συμβουλίου», όπως ισχύει.

Οι απαραίτητες μετρήσεις για τον προσδιορισμό της φύσης και του επιπέδου έκθεσης των εργαζομένων σε χημικούς παράγοντες, πρέπει να γίνονται από εξειδικευμένο προσωπικό και τον αναγκαίο εξοπλισμό, σύμφωνα με τις προδιαγραφές που

περιγράφονται στο Παράρτημα του Π. . 77/1993 (Φ.Ε.Κ. 34/A/18-3-1993), όπως ισχύει. Ειδικά για τις μετρήσεις αμιάντου εφαρμόζονται οι προδιαγραφές του Παραρτήματος Ι του Π. 212/2006 (ΦΕΚ 212/A/09.10.2006)

Όταν διαπιστώνεται υπέρβαση των οριακών τιμών των Πινάκων 1, 2 και 3, πρέπει να λαμβάνονται, το συντομότερο δυνατό, όλα τα αναγκαία μέτρα για τον εντοπισμό των αιτιών της υπέρβασης την εξάλειψή τους και γενικά, για τη μείωση των συγκεντρώσεων στα επιτρεπόμενα όρια. Παράλληλα, πρέπει να ενημερώνονται άμεσα οι εργαζόμενοι της θέσης ή του γειτονικού ή και του ευρύτερου ακόμα χώρου ανάλογα με την περίπτωση, για τη χρήση του κατάλληλου αναπνευστικού εξοπλισμού που πρέπει να φορούν όσο χρόνο διαρκεί η υπέρβαση των οριακών τιμών να ειδοποιούνται για άμεση απομάκρυνση σε περίπτωση που, παρά τη λήψη των προστατευτικών μέτρων, δημιουργούνται κίνδυνοι για την υγεία τους.

Εφόσον το έγγραφο ασφάλειας και υγείας το απαιτεί, πρέπει να προβλέπονται συσκευές παρακολούθησης για την αυτόματη και συνεχή καταγραφή των συγκεντρώσεων αερίων σε καθορισμένες θέσεις, αυτόματα συστήματα συναγερμού, συστήματα για την αυτόματη διακοπή του ρεύματος στις ηλεκτρονικές εγκαταστάσεις και συστήματα αυτόματης διακοπής της λειτουργίας των κινητήρων εσωτερικής καύσης.

Εφόσον προβλέπονται αυτόματα μέτρα, οι μετρούμενες τιμές πρέπει να καταγράφονται και να φυλάσσονται όπως προβλέπεται στο έγγραφο ασφάλειας και υγείας.

Στις ζώνες όπου οι εργαζόμενοι ενδέχεται να διατρέχουν κίνδυνο να εκτεθούν σε αέρια επικίνδυνα για την υγεία τους, πρέπει να υπάρχουν σε επαρκή αριθμό αναπνευστικά μηχανήματα και κατάλληλος εξοπλισμός ανάνηψης. Στις περιπτώσεις αυτές, λαμβάνεται μέριμνα ώστε να υπάρχει συνεχώς στον χώρο εργασίας επαρκής αριθμός εργαζομένων που γνωρίζουν την χρήση του εξοπλισμού αυτού. Ο εξοπλισμός αυτός θα πρέπει να φυλάσσεται και να συντηρείται κατάλληλα.

Ο εκμεταλλευτής οφείλει να παίρνει πρόσθετα ειδικά μέτρα προφύλαξης, όταν οι εργαζόμενοι εκτίθενται σε χημικούς παράγοντες των Πινάκων 1, 2 και 3 του παρόντος άρθρου (ή του Πίνακα της παραγράφου 1 του άρθρου 3 του Π. .

307/1986) που είναι επισημασμένοι με την ένδειξη «Δ», ώστε να προλαμβάνεται επαφή του δέρματος των εργαζομένων μ' αυτούς.

Σε εργασίες για τις οποίες αναμένεται ενδεχόμενη υπέρβαση των απαιτήσεων των Πινάκων 1, 2 και 3 του παρόντος άρθρου (ή του Πίνακα της παραγράφου 1 του άρθρου 3 του Π. . 307/1986) (όπως π.χ. σε περιπτώσεις συντήρησης ή έκτακτης ανάγκης) και για τις οποίες δεν είναι πρακτικά δυνατή η λήψη τεχνικών μέτρων για την τήρηση των απαιτήσεων αυτών, ο εργοδότης πρέπει να καθορίζει μέτρα προστασίας της υγείας των εργαζομένων πριν από την έναρξη των εργασιών. Τα μέτρα αυτά γνωστοποιούνται στους εργαζόμενους οι οποίοι πρέπει να τα τηρούν σε όλη τη διάρκεια των εργασιών.

Σύμφωνα με το **άρθρο 23** του του Κανονισμού Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών (ΚΜΛΕ) που αφορά στην προστασία των εργαζομένων από τη θερμική καταπόνηση: **Στους υπόγειους χώρους εργασίας και στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας, εφόσον επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες, μεγαλύτερες από 28 °C, (ένδειξη σφαιρικού θερμομέτρου), πρέπει να γίνονται με κατάλληλα όργανα συχνές μετρήσεις, το λιγότερο μια φορά την ημέρα, για τον έλεγχο του Δείκτη θερμοκρασίας - υγρασίας.**

Με βάση τις τιμές των μετρήσεων του παραπάνω εδαφ. α, υπολογίζεται η τιμή του **Δείκτη Θερμοκρασίας - Υγρασίας (Δ.Θ.Υ)**, σε βαθμούς Κελσίου, από την παρακάτω σχέση:

$$\Delta.Θ.Υ (^{\circ}C) = 0.7 * Θ.Υ + 0.3 * Θ.Σ. , \acute{o}που$$

α) Θ.Υ., είναι η θερμοκρασία «υγρού» θερμομέτρου σε βαθμούς Κελσίου (χρησιμοποιείται ένα στατικό θερμόμετρο «υγρού»).

β) Θ.Σ., είναι η θερμοκρασία «σφαιρικού» θερμομέτρου σε βαθμούς Κελσίου.

Τα όργανα των μετρήσεων, πρέπει να είναι κατάλληλα τοποθετημένα στη διάρκεια της μέτρησης, ώστε οι ενδείξεις τους να είναι αντιπροσωπευτικές των συνθηκών κάτω από τις οποίες απασχολούνται οι εργαζόμενοι στους συγκεκριμένους χώρους ή θέσεις εργασίας.

2. Όταν στους παραπάνω χώρους εργασίας η θερμοκρασία ξεπερνάει τους 28 °C και η τιμή του Δ.Θ.Υ. είναι μεγαλύτερη από 27,7 °C, πρέπει η εργασία να εκτελείται διακεκομμένα, με ενδιάμεσους χρόνους ανάπαυσης, σύμφωνα με τα δεδομένα του παρακάτω πίνακα:

Π Ι Ν Α Κ Α Σ
ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΥ Δ.Θ.Υ. ΜΕ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Τιμή Δ.Θ.Υ. (σε °C)	Αναλογία (%) χρόνων εργασίας και ανάπαυσης για κάθε ώρα
Μικρότερη από 27,7	100 εργασία
27,8 - 29,0	75 « 25 ανάπαυση
29,1 - 30,6	50 « 50 «
30,7 - 32,5	25 « 75 «
Μεγαλύτερη από 32,5	Δεν επιτρέπεται η εργασία

Επιτρέπεται, κατ' εξαίρεση, παρέκκλιση από τα πιο πάνω οριζόμενα, με ευθύνη της Δ/σης του έργου μετά από εισήγηση του αρμόδιου επιβλέποντα μηχανικού, αποκλειστικά μόνο στις παρακάτω περιπτώσεις:

α) Στην περίπτωση απόλυτης ανάγκης για τη διενέργεια εργασιών αντιμετώπισης επικείμενου κινδύνου, διάσωσης εργαζομένων, παροχής πρώτων βοηθειών και εκτάκτων αναγκών από πυρκαγιές, εκρήξεις, καταπτώσεις κ.λ.π.. Στις πιο πάνω περιπτώσεις, μπορεί να επιτρέπεται προσωρινά η εργασία και σε χώρους όπου η τιμή του Δ.Θ.Υ. ξεπερνάει τους 32,1 °C.

β) Για εξυπηρέτηση αναπόφευκτων λειτουργικών αναγκών του έργου, οπότε οι αναλογίες των χρόνων εργασίας και ανάπαυσης του πίνακα, μπορεί να μην εφαρμόζονται σε κάθε ώρα αλλά σε ευρύτερα χρονικά διαστήματα ακόμη και στο σύνολο του ωραρίου.

3) Όταν διαπιστώνεται η ανάγκη περιορισμού του χρόνου πραγματικής ημερήσιας εργασίας, σύμφωνα με τα παραπάνω, πρέπει, με ευθύνη της Δ/σης του έργου μετά από εισήγηση του επιβλέποντα μηχανικού, να ενημερώνονται άμεσα οι εργαζόμενοι που απασχολούνται στους αντίστοιχους χώρους και να τους δίδονται οδηγίες σχετικά με τους επιτρεπόμενους χρόνους εργασίας και ανάπαυσης για κάθε ώρα, με βάση τις αναλογίες του παραπάνω πίνακα. Επίσης πρέπει να καταβάλλεται προσπάθεια για την

προγραμματισμένη εναλλαγή των εργαζομένων στους παραπάνω χώρους, σε, όσο το δυνατό, συχνότερα διαστήματα.

4) Για την αντιμετώπιση της θερμικής καταπόνησης των εργαζομένων σε υπαίθριες εργασίες, πρέπει να λαμβάνονται συγκεκριμένα μέτρα, όπως:

- Χορήγηση – χρήση κατάλληλου καλύμματος κεφαλής.
- Χορήγηση πόσιμου νερού ($10 - 15^{\circ}\text{C}$) και γενικά διάθεση προς τους εργαζόμενους άφθονης ποσότητας δροσερού νερού.
- Διαμόρφωση – επιλογή σκιερών μέρους ή κατασκευή κατάλληλων στεγάστρων για διαλείμματα ή την εκτέλεση των εργασιών, όπου τούτο είναι δυνατόν.
- Σχεδιασμός του προγράμματος των εργασιών έτσι ώστε οι κοπιαστικότερες να γίνονται όταν οι θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες.

Για αποφυγή της έκθεσης σε ηλιακή ακτινοβολία, θα πρέπει να γίνεται διακοπή ή μετάθεση του χρόνου εκτέλεσης της εργασίας, όταν από σχετικές μετρήσεις ή από δελτία της αρμόδιας Μετεωρολογικής Υπηρεσίας διαπιστώνονται συνθήκες υπέρβασης της ενεργού θερμοκρασίας (ή των συνδυασμένων τιμών θερμοκρασίας ξηρού θερμομέτρου και σχετικής υγρασίας) των τιμών του ακόλουθου πίνακα:

ΠΙΝΑΚΑΣ Γ

Συνθήκες που απαιτούν διακοπή ή μετάθεση της εργασίας

Θερμοκρασία ξηρού Θερμομέτρου ($^{\circ}\text{C}$)	Σχετική υγρασία	Ενεργός θερμο- κρασία ($^{\circ}\text{C}$)
36	50	30
37	45	30
38	39	30
39	34	30
40	29	30
41	26	30
42	23	30
43	20	30

Σημειώσεις: i) Η ενεργός θερμοκρασία που φαίνεται στην τρίτη στήλη αντιστοιχεί στην Διορθωμένη Ενεργό Θερμοκρασία (ΔΕΘ) υπολογιζόμενη σε συνθήκες αμελητέας ταχύτητας αέρα.

ii) Οι τιμές αυτές της ΔΕΘ υπολογίζονται με βάση το δεδομένο ότι οι εργαζόμενοι φέρουν ελαφρά καλοκαιρινή ενδυμασία. Σε περίπτωση που απαιτείται ειδική ενδυμασία για εκτέλεση εξειδικευμένης εργασίας, τότε οι πιο πάνω οριακές τιμές δεν ισχύουν και γίνονται αυστηρότερες.

iii) Επίσης οι τιμές αυτές της ΔΕΘ δεν ισχύουν για τους εργαζόμενους που ανήκουν σε ομάδες υψηλού κινδύνου (καρδιοπαθείς, πνευμονοπαθείς, έγκυες και γαλουχούσες μητέρες, κ.λ.π.) και για τους οποίους πρέπει να λαμβάνεται ιδιαίτερη μέριμνα.

Σε κάθε περίπτωση, τα ληπτέα μέτρα πρέπει να προβλέπονται από ιδιαίτερο κεφάλαιο της γραπτής εκτίμησης επαγγελματικού κινδύνου και, εφ' όσον απαιτείται, να οργανώνεται η κατάλληλη υποδομή για την αντιμετώπιση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης και την παροχή πρώτων βοηθειών.

5) Η θερμοκρασία στους χώρους εργασίας πρέπει να ανταποκρίνεται στις ανάγκες του ανθρώπινου οργανισμού κατά το χρόνο εργασίας, λαμβανομένων υπόψη των εφαρμοζόμενων μεθόδων εργασίας και της σωματικής προσπάθειας που καταβάλλουν οι εργαζόμενοι.

Η θερμοκρασία των χώρων ανάπαυσης, των χώρων διαμονής του προσωπικού επιφυλακής, των εγκαταστάσεων υγιεινής, των καντινών καθώς και των χώρων παροχής πρώτων βοηθειών, πρέπει να ανταποκρίνεται στον ειδικό προορισμό των χώρων αυτών.

Τα παράθυρα, οι φεγγίτες και τα γυάλινα τοιχώματα πρέπει να επιτρέπουν την αποφυγή υπερβολικού ηλιασμού των χώρων εργασίας, λαμβανομένων υπόψη του είδους της εργασίας και της φύσης του χώρου εργασίας.

2.3 Βιομετρικά Γιλέκα (BioVests) - Ιστορική Αναδρομή

Από τα πρώτα χρόνια εξέλιξης της τεχνολογίας ιδιαίτερη σημασία δώθηκε στη δημιουργία συστημάτων ελέγχου της υγείας του ανθρώπου. Ένα από τα πρώτα συστήματα ελέγχου της υγείας ενός ασθενούς αποτελεί το καθημερινής χρήσεως σήμερα, ηλεκτρονικό πιεσόμετρο, το οποίο δίνει την δυνατότητα στο χρήστη να μετρήσει και να καταγράψει τις τιμές της αρτηριακής πίεσης καθώς και τους καρδιακούς παλμούς του κατά την ώρα χρήσεως του μηχανήματος αυτού. Παρατηρούμε ότι τα φορετά συστήματα ελέγχου της υγείας βρίσκονται ήδη στην καθημερινή μας ζωή, όμως η λειτουργία τους είναι περιορισμένη, είτε διότι βασίζεται στη χρήση τους σε δεδομένη χρονική στιγμή, είτε διότι το εύρος των δυνατοτήτων ενός μόνο μηχανήματος είναι περιορισμένο, είτε διότι δεν υπάρχει η δυνατότητα άμεσης ειδοποίησης ενός ιατρού ή ασθενοφόρου εάν η κατάσταση του χρήστη κριθεί από το αποτέλεσμα της μετρήσεως και της επεξεργασίας των δεδομένων, ως κρίσιμη και επείγουσα ιατρικής περίθαλψης. Ο εξοπλισμός ο οποίος φέρουν ποικίλει από το είδος του μηχανήματος και τον τύπο. Τα τελευταίας τεχνολογίας φορετά συστήματα ελέγχου, σε σχήμα βραχιολιού ή ρολογιού, χρησιμοποιούν έναν ελεγκτή καρδιακών παλμών ο οποίος πραγματοποιεί βιομετρικό έλεγχο των χτύπων της καρδιάς του χρήστη μέσω ενός συστήματος υπέρυθρης ακτινοβολίας για το οποίο θα μιλήσουμε εκτενέστερα στο Κεφάλαιο 3.

Ήδη από το 2003 καταγράφονται στον επιστημονικό χώρο προσπάθειες ενσωμάτωσης βιομετρικών αισθητήρων σε φορετά από τον άνθρωπο συστήματα. Πιο συγκεκριμένα εκείνο το έτος φτιάχτηκε ένα σύστημα ανίχνευσης καρδιακών παλμών με τη τεχνική της Φωτοπληθυσμογραφίας, ή αλλιώς PPG (photoplethysmography), για τον εντοπισμό καρδιακών αρρυθμιών, καθώς και του ποσοστού οξυγόνου στο αίμα. [6] Το σύστημα αυτό ήταν αρκετά πρωτοποριακό για την εποχή που κατασκευάστηκε με τα μειονεκτήματά του να είναι τα προβλήματα αυτονομίας που παρουσίαζε καθώς και το πρόβλημα των μη έγκυρων μετρήσεων εάν ο χρήστης δεν ήταν σε πλήρη ακινησία κατά την διάρκεια εκτέλεσης της μέτρησης. Το ίδιο έτος δημοσιεύτηκε και ένα επιστημονικό άρθρο που αφορά την χρήση φορετών αισθητήρων για έρευνα και διάσωση και συγκεκριμένα για τον εντοπισμό ανθρώπων που κάνουν σκι ή που βρίσκονται σε βουνό. Σύμφωνα με το συγκεκριμένο άρθρο, ο χρόνος δράσης εντοπισμού ενός θύματος που η ζωή του βρίσκεται άμεσα σε κίνδυνο

και το οποίο έχει θαφθεί εντός χιονιού, είναι υψίστης σημασίας, με τις πιθανότητες εντοπισμού του εν ζωή, να μειώνονται δραματικά μετά την πάροδο 15 λεπτών. [7]

Το 2006, δημιουργήθηκε το HealthGear, το οποίο αποτελεί ένα φορετό σύστημα μέτρησης και ανάλυσης του οξυγόνου και των καρδιακών παλμών των χρηστών του εν ώρα ύπνου με σκοπό τον εντοπισμό καρδιακών αρρυθμιών και συγκεκριμένα της άπνοιας. Το σύστημα αυτό είναι συνδεδεμένο με Bluetooth στο κινητό ώστε τα δεδομένα να αποστέλλονται σε πραγματικό χρόνο στην συσκευή. [8] Το συγκεκριμένο σύστημα απευθυνόταν κυρίως σε ανθρώπους που γνώριζαν ή υποπτεύονταν ότι είχαν προβλήματα άπνοιας, καθώς και σε ανθρώπους της τρίτης ηλικίας.

Η πρώτη προσπάθεια σχεδιασμού και κατασκευής ενός βιομετρικού γιλέκου πραγματοποιήθηκε από την Vivometric Company, με το project LiveShirt, όπου σύμφωνα με τον P. Grossman, ήταν μια προσπάθεια κατασκευής ενός πολυλειτουργικού συστήματος υγείας στα ασθενοφόρα, που παρακολουθούσε την υγεία, τις ασθένειες και τα ιατρικές παρεμβάσεις των ιατρών στον πραγματικό κόσμο. [9] Το Γιλέκο ήταν ικανό να παρακολουθεί τους καρδιακούς χτύπους του ασθενή καθώς και την στάση και δραστηριότητα του. Υπήρχαν επίσης, προαιρετικές εξωτερικές συσκευές που συνδεόντουσαν στο γιλέκο ώστε να μετράτε η πίεση του αίματος καθώς και η θερμοκρασία του ασθενή. Τα δεδομένα από το συγκεκριμένο γιλέκο αποθηκεύονταν σε κάρτα μνήμης. [10]

Το 2009 δημοσιεύτηκε μια επιστημονική έρευνα η οποία αφορούσε την κατασκευή ενός έξυπνου γιλέκου, το οποίο είχε την δυνατότητα εντοπισμού και μέτρησης των καρδιακών παλμών μέσω εγκατεστημένου σε αυτό ηλεκτροκαρδιογράφου, καθώς και την μέτρηση της αρτηριακής πίεσης του χρήστη και την θερμοκρασία του σώματός του. Επίσης είχε εγκατεστημένο επιταχυνσιόμετρο ώστε να εντοπίζει την φυσική δραστηριότητα του ατόμου, όπως το περπάτημα ή ο ύπνος. Τα δεδομένα από το γιλέκο, αποστέλλονταν μέσω συστήματος Wifi σε κεντρικό server. [11]

Ένα χρόνο αργότερα, και συγκεκριμένα το 2010, δημιουργήθηκε από ομάδα επιστημόνων μια θωρακική ζώνη μέτρησης και ανάλυσης καρδιακών παλμών με την μέθοδο της ηλεκτροκαρδιογραφίας, για χρήση της σε ηλικιωμένους ανθρώπους ή ανθρώπους οι οποίοι βρίσκονταν στα πλαίσια θεραπείας στο σπίτι, με ταυτόχρονη

μέτρηση της θερμοκρασίας του σώματος των ασθενών. [12] Κύριο χαρακτηριστικό του θωρακικού αυτού ιμάντα αποτελεί το χαμηλότερο κόστος του σε σχέση με τα συστήματα που υπήρχαν την συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας, το 2014, μια ομάδα επιστημονών δημιούργησε ένα ιδιαίτερο έξυπνο γιλέκο, το οποίο μέσω ειδικών βιοχημικών αισθητήρων συνέλλεγε δείγματα από τις εκκρίσεις υγρών του σώματος (όπως ο ιδρώτας) του ανθρώπου που το φορούσε. Η μετέπειτα ανάλυση των δειγμάτων αυτών μπορούσε να οδηγήσει στον από νωρίς εντοπισμό τυχόν μετέπειτα προβλημάτων υγείας του χρήστη. [13]

Άλλη μια προσπάθεια σχεδιασμού και κατασκευής ενός βιομετρικού γιλέκου πραγματοποιήθηκε από την Hexoskin Company. Η εταιρεία αυτή δημιούργησε ένα γιλέκο που είχε την δυνατότητα να μετράει τους καρδιακούς παλμούς του χρήστη και χρησιμοποιήθηκε κυρίως στην βιομηχανία του αθλητισμού σε προπονήσεις επαγγελματιών αθλητών.

Μια ακόμη προσπάθεια κατασκευής πραγματοποιήθηκε από την Tactile Navigation Tools, με την ονομασία Seeing-Eye Vest ή Eyeronman. Το συγκεκριμένο γιλέκο χρησιμοποιεί ένα είδος ηλεκτρονικού συστήματος που λειτουργεί με υπέρηχους, βρίσκοντας πεδίο εφαρμογής σε ανθρώπους που έχουν χάσει την όρασή τους, μερικώς ή ολικώς, βοηθώντας τους να προσανατολιστούν και να πλοηγηθούν στον χώρο. Το σύστημα αυτό αποτελείται από διαφορετικούς αισθητήρες, συμπεριλαμβανομένου ενός συστήματος τύπου Lidar, καθώς και αισθητήρων υπερήχων και υπερύθρων. Το Lidar αποτελεί ένα σύστημα βασισμένο σε μια ακτίνα laser, η οποία περιστρέφεται συνεχώς με ρυθμό 300 στροφών ανά λεπτό, λαμβάνοντας μετρήσεις αποστάσεως, και χρησιμοποιείται κυρίως στην κατασκευή αυτόνομων αυτοκινήτων. Όταν οι αισθητήρες του γιλέκου εντοπίσουν ένα αντικείμενο, τα σήματά τους μετατρέπονται σε δονήσεις ενημερώνοντας με αυτόν τον τρόπο τον χρήστη. [14]. Το συγκεκριμένο γιλέκο βρίσκεται σε εργαστηριακό στάδιο.

Σύμφωνα όμως, με το περιοδικό LiveScience, [d], η κατασκευάστρια εταιρεία σκοπεύει να δημιουργήσει ένα εμπορικό προϊόν του γιλέκου, μιας και η ζήτηση είναι εξαιρετικά μεγάλη, ακόμα και εάν το προϊόν απευθύνεται μονάχα σε συγκεκριμένο κοινωνικό σύνολο ανθρώπων με συγκεκριμένη πάθηση.

Όλα τα παραπάνω έξυπνα γιλέκα κόστιζουν ένα αρκετά σημαντικό και μεγάλο ποσό χρημάτων ενώ προσφέρουν περιορισμένες δυνατότητες απ'όσες μπορεί πραγματικά να προσφέρει ένα βιομετρικό γιλέκο, ενώ ο συνδυασμός του, τόσο με ένα από τα πιο αγαπημένα τεχνολογικά gadget της εποχής όπως το κινητό τηλέφωνο, όσο και με τα μη επανδρωμένα ιπτάμενα ρομποτικά οχήματα με σκοπό την ασφάλεια των ανθρώπων αποτελεί καινοτομία. Οι ασύρματοι ιατρικού τύπου αισθητήρες, ή οι βιο-αισθητήρες που μπορούν να συνδυαστούν με εφαρμογές σε ένα κινητό τηλέφωνο, αποτελεί μια τεχνολογία που μας επιτρέπει την συλλογή και επεξεργασία σε πραγματικό χρόνο βιομετρικών δεδομένων, που περιέχουν σημαντικές πληροφορίες και ευρήματα, με αποτέλεσμα την αντιμετώπιση μερικών από των πιο καταστροφικών ανθρώπινων ασθενειών. [15]

2.4 Διαθέσιμες Επιλογές Φορετών Βιομετρικών συστημάτων

Τα βιομετρικά γιλέκα χρησιμοποιούνται σήμερα κυρίως στον αθλητισμό. Αρκετές εταιρείες όπως η Garmin (Σχήμα 2.3) και η Polar (Σχήμα 2.4) έχουν αναπτύξει θωρακικά γιλέκα όπου μετρούν τους καρδιακούς παλμούς των αθλητών κατά την διάρκεια της προπόνησης ή μιας έντονης άσκησης.



Σχήμα 2.3: Θωρακικός ιμάντας μέτρησης καρδιακών παλμών της εταιρείας Garmin
(Πηγή: www.garmin.com)



Σχήμα 2.4: Βιομετρικός θωρακικός ιμάντας μέτρησης καρδιακών παλμών της εταιρείας Polar (www.polar.com)

Η πιο γνωστή εταιρεία στο συγκεκριμένο κλάδο η οποία παράγει και διαθέτει σε παγκόσμιο επίπεδο και σχεδόν σε όλους τους αθλητές σε όλες τις γνωστές ομάδες ποδοσφαίρου και καλαθοσφαίρισης, τέτοιου είδους θωρακικά γιλέκα είναι η StatSports. (Σχήμα 2.5) Τα συγκεκριμένα γιλέκα διαθέτουν αισθητήρα μέτρησης των καρδιακών παλμών καθώς και αισθητήρες οι οποίοι μετρούν τα βήματα των αθλητών και την συνολική απόσταση που διήνυσαν κατά την διάρκεια του αγώνα ή της προπόνησης, τις θερμίδες που έκαψαν καθώς και την μέγιστη ταχύτητα που έτρεξαν κατά την διάρκεια ενός αγώνα. Τέλος, περιλαμβάνει και ένα GPS tracker για να μελετάει την κίνηση των αθλητών κατά την διάρκεια ενός επαγγελματικού αγώνα. (Σχήμα 2.6)



Σχήμα 2.5: Ο γνωστός ποδοσφαιριστής Lionel Messi, χρησιμοποιώντας το γιλέκο της StatSports κατά την διάρκεια προπονήσεως. (Πηγή: StatSports.com)



Σχήμα 2.6: Γιλέκο μέτρησης καρδιακών παλμών και άλλων δεδομένων επίδοσης των αθλητών της εταιρείας StatSports (Πηγή: StatSports.com)

Σε ότι αφορά την χρήση των βιομετρικών γιλέκων στο σπίτι εκτός από την παρακολούθηση της υγείας ηλικιωμένων ανθρώπων με την δημιουργία ενός προσωπικού επιτηρήτη υγείας, πραγματοποιείται και μια αναβάθμιση του όρου του έξυπνου σπιτιού, αφού εγκαθίστανται νέες δυνατότητες σε αυτόν τον κλάδο τεχνολογίας. Σύμφωνα με τον διδάκτωρ D.H. Stefanon, τα έξυπνα σπίτια θεωρούνται ως μια καλή εναλλακτική λύση για μια ανεξάρτητη διαβίωση των ηλικιωμένων ανθρώπων και των ανθρώπων με κινητικά προβλήματα. Πολλές έξυπνες συσκευές, εγκαθίστανται στο εσωτερικό περιβάλλον ενός σπιτιού, που μπορούν να προσφέρουν στο χρήστη κινητική βοήθεια εάν αυτό χρειαστεί καθώς και έλεγχο της υγείας του. Τα πιο μοντέρνα εγκατεστημένα συστήματα τείνουν εκτός την λειτουργική ικανότητα που έχουν να λύνουν τα προβλήματα του ασθενή, να είναι επίσης και φιλικά προς τον χρήστη. [16]

Το πρόβλημα όμως της συλλογής δεδομένων καθώς και το αυξημένο κόστος τόσο του απαιτούμενου εξοπλισμού όσο και τους κόστους συλλογής και επεξεργασίας της πληροφορίας αποτελούσε πάντα ένα σοβαρό μειονέκτημα των εξειδικευμένων συστημάτων παρακολούθησης υγείας, περιορίζοντας την χρήση τους στο ευρύ κοινό

και στον καθημερινό άνθρωπο, ενώ ακόμα και μεγάλες μη κερδοσκοπικές οργανώσεις δεν μπορούσαν να αντέξουν στα έξοδα αυτά. [15]

2.5 Εφαρμογές συστημάτων ελέγχου υγείας

Υπάρχει μια τεράστια ποικιλία εργασιακών χώρων στους οποίους μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα συστήματα ελέγχου υγείας κάνοντάς τα απαραίτητα για την ζωή μας.

Ενδεικτικά, οι εφαρμογές τέτοιων βιομετρικών συστημάτων περιλαμβάνουν τομείς όπως:

- i) Βιομηχανία Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου,
- ii) Λατομεία,
- iii) Πυρηνικοί Σταθμοί,
- iv) Υπόγειες Εκμεταλλεύσεις Ορυκτών Πόρων,
- v) Βιομηχανία Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας,
- vi) Κατασκευή και Επιθεώρηση Υπόγειων Σηράγγων και Αστικών Έργων,
- vii) Εργοστάσια Παραγωγής Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Υδροηλεκτρικά Εργοστάσια),
- viii) Εργοστάσια και Βιομηχανίες Χημικών Αποβλήτων,
- ix) Τομείς της Υγείας (Νοσοκομεία),
- x) Κέντρα Συγκέντρωσης Μεταναστών,
- xi) Εφαρμογές Έρευνας και Διάσωσης,
- xii) Περιβαλλοντικές Εφαρμογές.

2.6 Συμπεράσματα

Από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε αυτό το Κεφάλαιο, εξάγεται το συμπέρασμα ότι το κόστος αγοράς ενός τέτοιου συστήματος, από τις λίγες αλλά ισχυρές, δραστηριοποιημένες εταιρείες κατασκευής τέτοιων πολύπλοκων συστημάτων μέτρησης βιομετρικών χαρακτηριστών, είναι αρκετά υψηλό. Υπάρχουν βέβαια και τα συστήματα που περιλαμβάνουν την δυνατότητα απλής μέτρησης

καρδιακών παλμών με την μέθοδο PPG τα οποία είναι οικονομικότερα, από κινεζικές εταιρείες που δραστηριοποιούνται σε προϊόντα τεχνολογίας, αποτελώντας όμως μια μέθοδο μικρότερης ακρίβειας και πολύ περιορισμένων δυνατοτήτων.

Επίσης, η μη δυνατότητα προσαρμογής συστημάτων εντός της πλειονότητας των έτοιμων συστημάτων μέτρησης βιομετρικών χαρακτηριστικών τα καθιστά μη τροποποιήσιμα, ενώ συγχρόνως όσα ελάχιστα από αυτά επιδέχονται αλλαγές και παραμετροποιήσεις στον εγκατεστημένο εξοπλισμό και λογισμικό τους, οι παραμετροποιήσεις αυτές αφορούν μια μικρή διαθέσιμη ποικιλία συστημάτων που προέρχονται μόνο από τον ίδιο πάροχο αγοράς τους, όπως για παράδειγμα ενσωμάτωση κάποιου συστήματος GPS.

Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι η κατασκευή ενός πρωτότυπου πραγματικού πολυλειτουργικού γιλέκου που θα έχει την δυνατότητα να μετράει, να συλλέγει και να επεξεργάζεται δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από πολλούς βιοαισθητήρες ταυτόχρονα, όχι μόνο για τον χρήστη που θα το φοράει αλλά και για το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται αυτός, με χαμηλό κόστος κατασκευής και υψηλή δυνατότητα παραμετροποίησης του υπάρχοντος εγκατεστημένου συστήματος, με άμεσο αποτέλεσμα αυτού, την τεράστια ευελεξία στις εφαρμογές που αυτό θα χρησιμοποιηθεί, αποτελεί την λύση των παραπάνω προβλημάτων που προκύπτουν. Με βάση τα ανωτέρω και για τον σκοπό αυτό, αποφασίστηκε ο σχεδιασμός, η κατασκευή και ο προγραμματισμός ενός πρωτότυπου βιομετρικού γιλέκου για το Πολυτεχνείο Κρήτης στο εργαστήριο Γεωδαισίας και Πληροφορικής των Γεωεπιστημών και συγκεκριμένα στην ερευνητική ομάδα Χωρικών Πληροφοριακών Συστημάτων SenseLab.

Στο επόμενο Κεφάλαιο θα παρουσιαστούν αναλυτικά τόσο ο εξοπλισμός που επιλέχθηκε, εγκαταστάθηκε και χρησιμοποιήθηκε, όσο και οι φυσικοί υπολογισμοί που πραγματοποιήθηκαν και οδήγησαν στην επιλογή της συγκεκριμένης αρχιτεκτονικής.

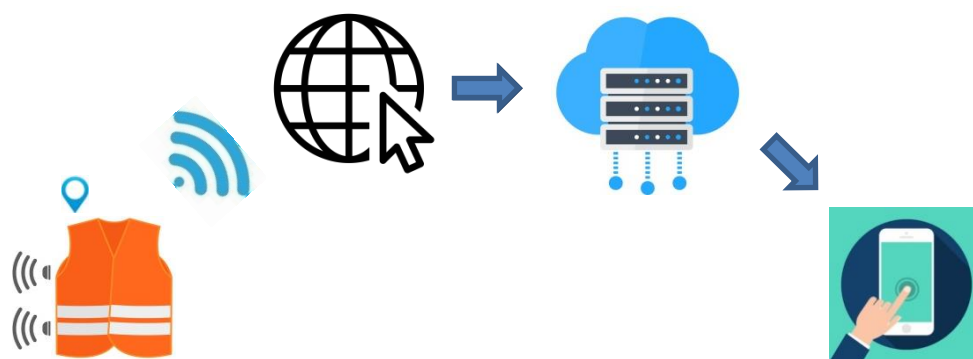
Κεφάλαιο 3

Αρχιτεκτονική Συστήματος

Στο Κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστεί η αρχιτεκτονική δομή του συστήματος του Βιομετρικού Γιλέκου, καθώς και η επιλογή του κατάλληλου υλικού για την κατασκευή του.

Το προς κατασκευή Βιομετρικό Γιλέκο θα αποτελείται από ειδικό υδατοδιαβρεχτό και διαπνεόν ύφασμα, ενώ επίσης θα ενσωματώνεται πάνω σε αυτό ειδικά σχεδιασμένη θήκη η οποία θα περιλαμβάνει σύστημα με μικροελεγκτή, στον οποίο θα εγκατασταθούν, 4 αισθητήρες εντοπισμού χημικών αερίων, ένας αισθητήρας εντοπισμού καρδιακών παλμών με την μέθοδο της Ηλεκτροκαρδιογραφίας (με τα καλώδια αυτού να βρίσκονται σε άμεση επαφή με το στήθος του χρήστη σε συγκεκριμένα σημεία), έναν αισθητήρα ανίχνευσης θερμοκρασίας και υγρασίας του περιβάλλοντος, έναν αισθητήρα ανίχνευσης θερμοκρασίας του σώματος του χρήστη, ο οποίος θα τοποθετηθεί κοντά στην μασχालιαία περιοχή, ένα επιταχυνσιόμετρο, μία μονάδα μετάδοσης σήματος GPS, μία μπαταρία, καθώς και από μία μονάδα WiFi. Τα

δεδομένα από το Βιομετρικό Γιλέκο θα αποστέλλονται από το σύστημα WiFi μέσω του διαδικτύου, σε κεντρικό server για επεξεργασία ή σε cloud για αποθήκευση, και έπειτα μέσω της εφαρμογής ανακτώνται τα δεδομένα και εμφανίζονται στο κινητό τηλέφωνο. (Σχήμα 3.1)



Σχήμα 3.1: Σχεδιασμός Συστήματος

3.1 Επιλογή Κατάλληλου Υλικού Κατασκευής Βιομετρικού Γιλέκου (Hardware)

Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του πολυλειτουργικού βιομετρικού γιλέκου είναι τα εξής:

- i) Ένα ενσωματωμένο σύστημα Arduino ATmega 2560 R3, το οποίο αποτελεί μικροελεγκτή του όλου συστήματος.
- ii) Ένα PowerBank με μπαταρία τύπου LiPo (Λιθίου Πολυμερών), χωρητικότητας 10400 mAh,
- iii) Δύο λαμπτήρες φωτισμού, Cree Led Lights, ισχύος 3W (Watt), καθώς και ίδιος αριθμός ψυκτών για την αποτελεσματική ψύξη αυτών, διαστάσεων 2.3x2.3x0.5 mm.
- iv) Ένας microcontroller AtTiny85 για την λειτουργία του συστήματος φωτισμού καθώς και για την μελλοντική προσθήκη αισθητήρων,

- v) Εξαρτήματα για την δημιουργία κυκλώματος με διακόπτη τύπου Mosfet LRF640N για την λειτουργία του συστήματος φωτισμού,
- vi) Αναλογικός αισθητήρας παρακολούθησης καρδιακών παλμών, τύπου ECG, από την DFRobots, η οποία επιτρέπει σε μικροελεγκτές τύπου Arduino, να λαμβάνουν Ηλεκτροκαρδιογραφικά σήματα,
- vii) Επαγγελματικά καλώδια ECG με ειδικό σύνδεσμο για τοποθέτηση ηλεκτροδίων τύπου gel ECG, καθώς και ειδικά ECG gel pads,
- viii) Αισθητήρα μέτρησης καρδιακών παλμών (PPG),
- ix) Μία μονάδα ασύρματης σειριακής θύρας Wifi με δυνατότητα σύνδεσης στο επιλεγμένο μη ενσωματωμένο σύστημα,
- x) Αισθητήρα ανίχνευσης Μονοξειδίου του Άνθρακα,
- xi) Αισθητήρα ανίχνευσης Καπνού, Διοξειδίου του Άνθρακα, NH₃, NO_x, και Βενζολίου,
- xii) Αισθητήρα ανίχνευσης LPG, Ισο-Βουτανίου και Φυσικού Αερίου στον αέρα,
- xiii) Αισθητήρα ανίχνευσης Μεθανίου, προπανίου, βουτανίου και άλλων καύσιμων ουσιών στον αέρα,
- xiv) Αισθητήρα Θερμότητας και Υγρασίας,
- xv) Μονάδα μετάδοσης σήματος GPS,
- xvi) Επιταχυνσιόμετρο,
- xvii) Ειδικά κατασκευασμένο τριών στρώσεων, υδατοστεγανό και ταυτόχρονα διαπνέον, ύφασμα για την κατασκευή του γιλέκου.

3.1.1 Ενσωματωμένο σύστημα Arduino Mega 2560

Η συσκευή που θα χρησιμοποιηθεί σαν μικροελεγκτής στην κατασκευή του ρομποτικού συστήματος επιθεώρησης αγωγών είναι το Arduino Mega 2560. (Σχήμα 3.2). Πρόκειται για ένα από τα καλύτερα ενσωματωμένα συστήματα, βάση της τιμής του στην κατηγορία αυτή, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ελεγκτής του όλου συστήματος. Το ενσωματωμένο σύστημα αυτό, φέρει έναν υψηλής επίδοσης και

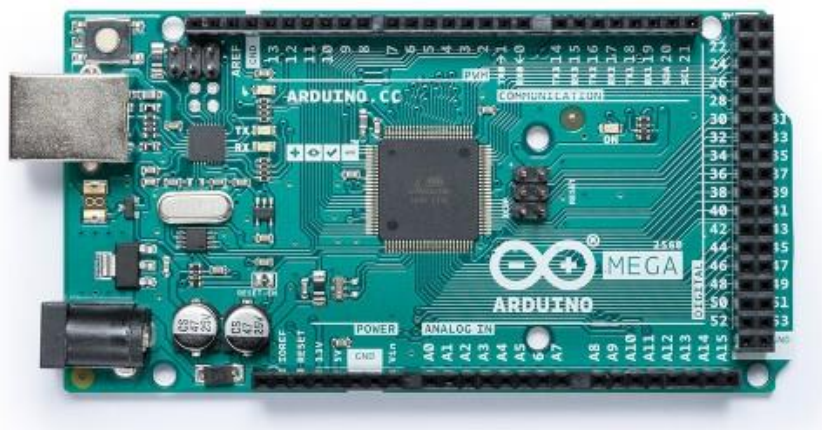
χαμηλής κατανάλωσης 8-bit AVR RISC-based μικροελεγκτή AT Mega 2560 με την μνήμη flash να είναι στα 256KB. [e]

Είναι η πιο εξελιγμένη πλακέτα της τεχνολογίας Arduino η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για περίπλοκες κατασκευές που απαιτούν μεγαλύτερη μνήμη και περισσότερες εισόδους-εξόδους.

Αποτελεί μία ολοκληρωμένη πλακέτα η οποία μπορεί να προγραμματιστεί και να λειτουργήσει συνδέοντας την με ένα απλό καλώδιο USB στον υπολογιστή. Επίσης μπορεί να λειτουργήσει ακόμα και με απλή μπαταρία.

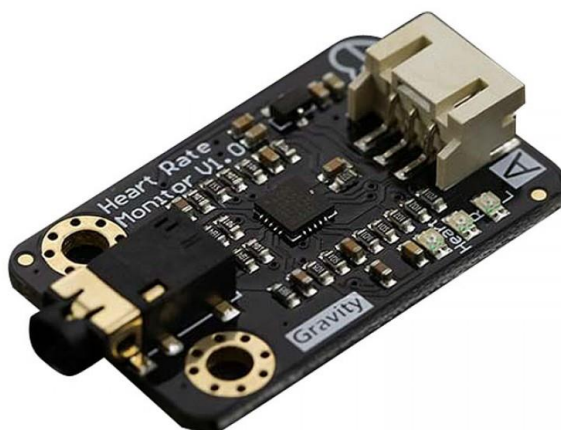
Αναλυτικά η πλακέτα διαθέτει 54 ψηφιακές εισόδους ή εξόδους (15 απο αυτές μπορεί να χρησιμοποιηθούν σαν έξοδοι PWM), 16 αναλογικές εισόδους, 4 σειριακές θύρες, μια (1) θύρα USB (τύπου B) για τον προγραμματισμό και την τροφοδοσία της πλακέτας, μια (1) είσοδο τροφοδοσίας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά για τροφοδοσία απο τροφοδοτικό πρίζας ή απο απλή μπαταρία, μια (1) υποδοχή ICSP και τέλος υπάρχει και ένα κουμπί για το reset της πλακέτας. Ο μικροελεγκτής είναι συγχρονισμένος στους 16 μεγακύκλους (Crystal 16MHz). (Σχήμα 3.3)

Το Arduino Mega 2560 λειτουργεί με τροφοδοσία 5V DC απο την είσοδο του USB ή με 9V/12V DC απο την είσοδο της τροφοδοσίας. Στον μικροελεγκτή αυτόν μπορούν να συνδεθούν εύκολα όλοι οι επιλεγμένοι αισθητήρες ανίχνευσης επιβλαβών αερίων, ο αισθητήρας θερμοκρασίας, καθώς και η επέκταση ECG της DFRobot. Επίσης μπορούν αν συνδεθούν οι λαπτήρες, η μονάδα σειριακής θύρας WiFi, καθώς και η μονάδα μετάδοσης σήματος GPS. Οι διαστάσεις του σαν φυσικό μέγεθος είναι 101.5x53.3 mm (μήκος x πλάτος σε χιλιοστά), ενώ το βάρος του υπολογίζεται στα 37 grams (γραμμάρια).



Σχήμα 3.2: Ενσωματωμένο σύστημα Arduino Mega 2560 [e]

μπορεί να έχουν θόρυβο, για τον σκοπό αυτό ο αισθητήρας περιλαμβάνει ένα A8232 chip. Ο αισθητήρας περιλαμβάνει επίσης έναν ενσωματωμένο Instrumental Amplifier (ενισχυτή οργάνων) ο οποίος ενισχύει το διαφορικό σήμα που παράγεται από τον καρδιακό μυ. Το ενισχυμένο σήμα έπειτα μεταβιβάζεται με έναν μετατροπέα Analog-to-Digital στο Arduino Mega 2560. Το σήμα του ηλεκτροκαρδιογραφήματος παράγεται μετά από την εκτέλεση προσαρμοσμένων φίλτρων μέσω λογισμικού (2-Pole High Pass Filter, 3-Pole Low-Pass Filter, Radio Frequency Interference-RFI Filter), ενώ η ανίχνευση και ο υπολογισμός των καρδιακών παλμών πραγματοποιείται με μαθηματικούς υπολογισμούς, οι οποίοι θα αναλυθούν στο Κεφάλαιο 4, καθώς και με την βοήθεια της βιβλιοθήκης δεδομένων που δίνει ο ίδιος ο κατασκευστής για την χρήση του συγκεκριμένου αισθητήρα. Λειτουργεί με τάση ρεύματος εισόδου από 3.3V - 5.5V.



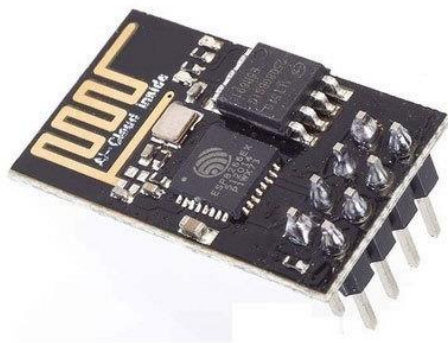
Σχήμα 3.4: Αισθητήρας Παρακολούθησης Καρδιακών Παλμών, DFRobot Gravity
ECG [g]

3.1.3 Μονάδα ασύρματης σειριακής θύρας Wifi

Για την επικοινωνία του Βιομετρικού Γιλέκου και την μετάδοση του σήματος και των δεδομένων στην εφαρμογή που δημιουργήθηκε στην κινητή συσκευή, χρησιμοποιήθηκε μια μονάδα ασύρματης σειριακής θύρας Wifi για την πλατφόρμα

του Arduino. Η συσκευή που επιλέχθηκε είναι το WiFi Module – ESP8266. Το ESP 8266 είναι μια συσκευή WiFi που χρησιμοποιείται για ασύρματη επικοινωνία με συσκευές μέσω του διαδικτύου (όπως smartphone) και.

Η ηλεκτρονική μονάδα ESP8266 WiFi είναι μία αυτόνομη SOC με ενσωματωμένα TCP/IP πρωτόκολλα, που μπορεί να δώσει σε κάθε μικροελεγκτή πρόσβαση στο WiFi δίκτυο. Το ESP8266 μπορεί είτε να φιλοξενήσει μία εφαρμογή είτε να εκφορτώσει όλες τις λειτουργίες δικτύωσης WiFi από έναν άλλο επεξεργαστή εφαρμογών. Κάθε ηλεκτρονική μονάδα έρχεται προγραμματισμένη με ένα AT command firmware, για την άμεση χρήση όλων των δυνατοτήτων που προσφέρει κατά την σύνδεσή της με την συσκευή Arduino. Η μονάδα ESP8266 αποτελεί μία χαμηλού κόστους πλακέτα με τεράστιες δυνατότητες. Πιο συγκεκριμένα η ίδια η πλακέτα παρουσιάζει μια ισχυρή δυνατότητα επεξεργασίας και αποθήκευσης, η οποία επιτρέπει την ενσωμάτωσή της με αισθητήρες. Το ESP8266 υποστηρίζει APSD για εφαρμογές VoIP και διασυνδέσεις συνύπαρξης με Bluetooth. Επίσης περιέχει αυτο-βαθμονομημένη τεχνολογία RF, που της επιτρέπει να λειτουργεί υπό όλες τις συνθήκες λειτουργίας χωρίς να απαιτούνται εξωτερικά εξαρτήματα RF. Λειτουργεί με τάση ρεύματος εισόδου από 3.3V. (Σχήμα 3.5)



Σχήμα 3.5: Μονάδα ασύρματης σειριακής θύρας WiFi

3.1.4 PowerBank LiPo 5V, 10400mAh

Η μπαταρία που επιλέχθηκε για την τροφοδοσία της συσκευής είναι μια μπαταρία τύπου LiPo η οποία βρίσκεται ενσωματωμένη εντός ενός PowerBank της εταιρείας TP-LINK (Σχήμα 3.6). Πρόκειται για μια επαναφορτιζόμενη μπαταρία πολυμερών ιόντων λιθίου, η οποία αποτελείται από στοιχεία συνδεδεμένα σε σειρά αλλά και εν παραλλήλω ώστε να αποδόσει την επιθυμητή τάση, σε μορφή θήκης η οποία την καθιστά ελαφρύτερη και άκαμπτη στην μορφή ενός powerbank. Η χωρητικότητά του συγκεκριμένου σταθμού φόρτισης είναι στα 10400 mAh (μili-Άμπερ-ώρα) με τάση του να είναι στα 5 Volt. Επίσης, περιλαμβάνει δύο θύρες USB και συγκεκριμένα μία 5V/2A και μία 5V/1A, που επιτρέπουν την φόρτιση δύο συσκευών ταυτόχρονα. Οι πολλές δικλείδες προστασίας από βραχυκύκλωμα, υπερφόρτωση, υπέρταση, υπερ-αποφόρτιση και υπερθέρμανση που διαθέτει το συγκεκριμένο powerbank, εξασφαλίζουν την ασφάλεια της χρήσης του. Οι φυσικές διαστάσεις της συσκευής είναι 88.8×44.3×44.3 mm (μήκος x πλάτος x πάχος), ενώ το βάρος της κυμαίνεται στα 241 grams (γραμμάρια). [h]



Σχήμα 3.6: PowerBank TP-Link, LiPo 5V, 10400mAh [h]

3.1.5 Επαγγελματικά καλώδια ECG-EKG

Το ηλεκτροκαρδιογράφημα (ECG ή EKG) είναι ένα διαγνωστικό εργαλείο που χρησιμοποιείται συνήθως για την εκτίμηση των ηλεκτρικών και μυϊκών λειτουργιών της καρδιάς. Το ηλεκτροκαρδιογράφημα μπορεί να μετρήσει την ταχύτητα και το ρυθμό του καρδιακού παλμού, καθώς και έμμεση ένδειξη ροής αίματος στον καρδιακό μυ.

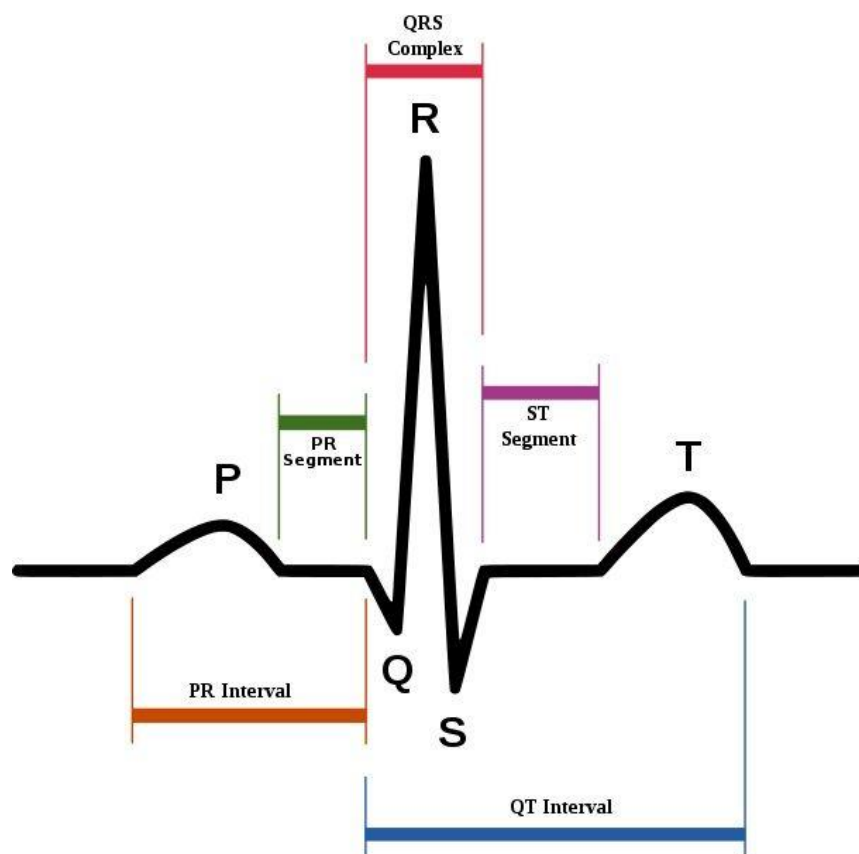
Ένα ηλεκτροκαρδιογράφημα που ονομάζεται επίσης και EKG, είναι μία γραφική παράσταση της τάσης (V) που δημιουργείται από τον καρδιακό μυ της καρδιάς κατά την διάρκεια ενός χτύπου της. Τα ηλεκτρόδια που τοποθετούνται στο σώμα ανιχνεύουν τις μικρές ηλεκτρικές μεταβολές που είναι συνέπεια της αποπόλωσης των καρδιακών μυών που ακολουθείται από επαναπόλωση σε κάθε καρδιακό κύκλο (καρδιακός παλμός). Με την διαδικασία αυτή μπορούν να εντοπιστούν πολλές καρδιακές ανωμαλίες, όπως διαταραχές του καρδιακού ρυθμού, ανεπαρκής ροή αίματος στεφανιαίας αρτηρίας καθώς και διαταραχές ηλεκτρολυτών (όπως υποκαλιαιμία και υπερκαλιαιμία). Η διαδικασία λοιπόν αυτή, παρέχει μία πολύ ακριβής εκτίμηση της επίδοσης της καρδιάς.

Η καρδιά παράγει έναν ηλεκτροχημικό παλμό, που λειτουργεί σαν ώθηση η οποία εξαπλώνεται στην καρδιά με τέτοιο τρόπο ώστε να αναγκάζει τα κύτταρα να συσσωρεύονται και έπειτα να χαλαρώνουν σε μια χρονική σειρά με αποτέλεσμα να δίνουν στην καρδιά το χαρακτηριστικό της άντλησης. Αυτή η ακολουθία ξεκινάει από μία ομάδα νευρικών κυττάρων που ονομάζεται κόμβος sinoatrial (SA), με αποτέλεσμα την πόλωση και αποπόλωση των κυττάρων της καρδιάς. Επειδή αυτή η δράση είναι ηλεκτρικής φύσης και το σώμα είναι αγωγίμο με την περιεκτικότητά του σε υγρά, αυτή η ηλεκτροχημική δράση μπορεί να μετρηθεί στην επιφάνεια του σώματος.

Ένα πραγματικό δυναμικό τάσης περίπου 1 mV αναπτύσσεται μεταξύ διαφόρων σημείων του σώματος. Αυτό μπορεί να μετρηθεί με την τοποθέτηση διάφορων επαφών ηλεκτροδίων πάνω στο σώμα. Τα τέσσερα άκρα και ο θώρακας είναι τα πιο συνηθισμένα σημεία για την εφαρμογή τέτοιων ηλεκτροδίων. Ο ηλεκτροκαρδιογράφος καθιστά δυνατή τη σύγκριση των τιμών τους όπως αυτές λαμβάνονται από άτομο σε άτομο και από μια χρονική διάρκεια σε μία άλλη, στο

ίδιο άτομο. Το φυσιολογικό ηλεκτροκαρδιογράφημα παρουσιάζει τυπικές προς τα πάνω και προς τα κάτω εκτροπές που αντανακλούν την εναλλασόμενη σύσπαση των κόλπων (και συγκεκριμένα των δύο άνω θαλάμων) καθώς και των κοιλιών (και συγκεκριμένα των δύο κατώτερων θαλάμων) της καρδιάς.

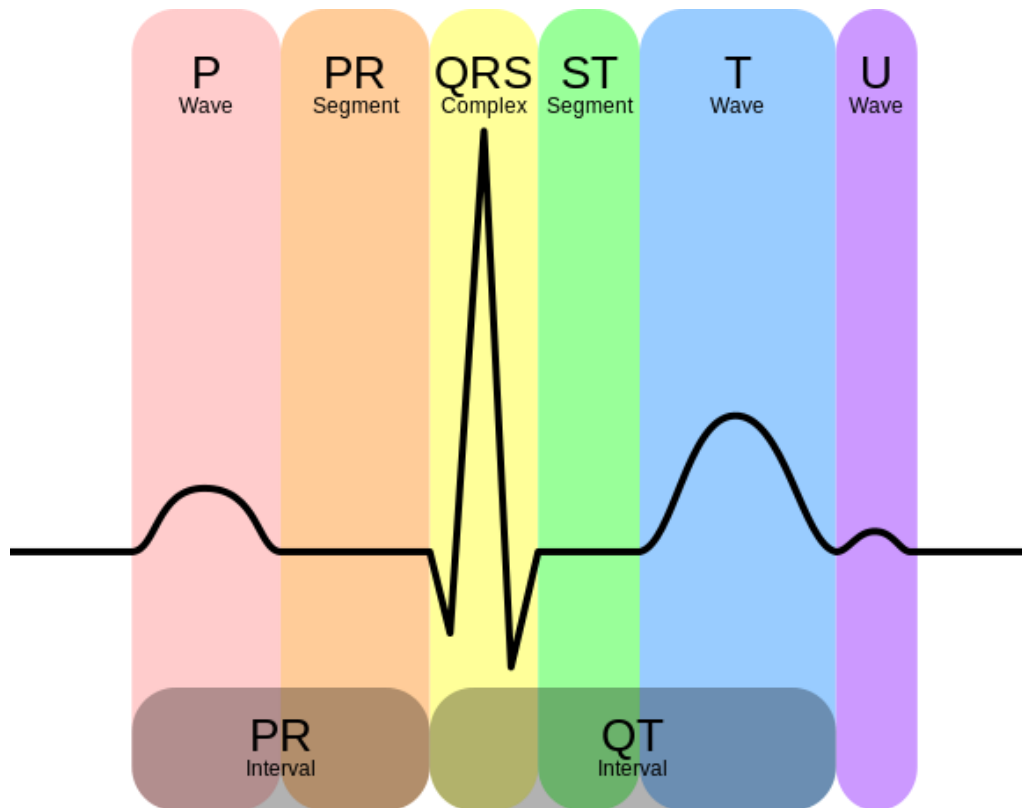
Μία τυπική κυματομορφή ενός καρδιακού κύκλου με φυσιολογικό καρδιακό ρυθμό παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.7.



Σχήμα 3.7: Τυπική κυματομορφή καρδιακού παλμού [j]

Οι παραγόμενες τάσεις αντιπροσωπεύουν τις πιέσεις που ασκούνται από τους μυς της καρδιάς σε έναν κύκλο άντλησης. Η πρώτη προς τα πάνω εκτροπή, P, οφείλεται στη συστολή των αρτηριών και είναι γνωστή ως το κοιλιακό σύμπλεγμα. Οι άλλες εκτροπές, Q, R, S και T, οφείλονται στη δράση των κοιλιών και είναι γνωστές ως κοιλιακά σύμπλοκα. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχουν τρία κύρια στοιχεία σε ένα ηλεκτροκαρδιογράφημα: το κύμα P, το οποίο αντιπροσωπεύει την αποπόλωση των κόλπων, το σύμπλεγμα QRS, το οποίο αντιπροσωπεύει την αποπόλωση των κοιλιών,

και το κύμα T, το οποίο αντιπροσωπεύει την επαναπόλωση των κοιλοτήτων. (Σχήμα 3.8) Οποιαδήποτε απόκλιση από τον κανόνα σε ένα συγκεκριμένο ηλεκτροκαρδιογράφημα, είναι ενδεικτική μιας πιθανής καρδιακής διαταραχής. [17]



Σχήμα 3.8: Όρια εκτροπών μιας τυπικής κυματομορφή καρδιακού παλμού [j]

Ο παλμός αναφέρεται στο πόσο γρήγορα χτυπά η καρδιά. Κανονικά, ο κόμβος SA δημιουργεί μια ηλεκτρική ώθηση 50-100 φορές ανά λεπτό. Η βραδυκαρδία περιγράφει καρδιακό ρυθμό μικρότερο από 50 παλμούς ανά λεπτό. Η ταχυκαρδία αντίθετα περιγράφει καρδιακό ρυθμό με ταχύτητα μεγαλύτερη από 100 χτύπους ανά λεπτό. [j]

Ο ρυθμός αναφέρεται στον τύπο του καρδιακού παλμού. Κανονικά, η καρδιά χτυπάει σε ένα φλεβοκομβικό ρυθμό με κάθε ηλεκτρικό παλμό που παράγεται από τον κόμβο SA με αποτέλεσμα την κοιλιακή συστολή ή τον καρδιακό παλμό. Υπάρχει μια ποικιλία μη φυσιολογικών ηλεκτρικών ρυθμών, μερικές είναι κανονικές παραλλαγές

και μερικές είναι δυνητικά επικίνδυνες. Μερικοί ηλεκτρικοί ρυθμοί δεν προκαλούν καρδιακό ρυθμό και αποτελούν τον λόγο πρόκλησης αιφνίδιου θανάτου. [18]

Τα ηλεκτροκαρδιογραφήματα καταγράφονται από μηχανές (ηλεκτροκαρδιογράφους) που αποτελούνται από ένα σύνολο ηλεκτροδίων συνδεδεμένων σε μια κεντρική μονάδα. Τα πρώτα ηλεκτροκαρδιογραφικά μηχανήματα, λειτουργούσαν αναλογικά, με το ηλεκτρικό σήμα να μεταδίδεται σε έναν κινητήρα, όπου στην άκρη υπήρχει τοποθετημένη βελόνα με μελάνι ώστε να εκτυπώνεται το η ηλεκτρική δραστηριότητα της καρδιάς σε γράφημα πάνω σε ένα κομμάτι χαρτί. Σήμερα, οι ηλεκτροκαρδιογράφοι χρησιμοποιούν, αναλογικούς σε ψηφιακούς μετατροπείς για να μετατρέψουν την ηλεκτρική δραστηριότητα της καρδιάς σε ψηφιακό σήμα. Πολλές μηχανές ECG είναι πλέον φορητές και συνήθως περιλαμβάνουν οθόνη, πληκτρολόγιο και εκτυπωτή σε ένα μικρό τροχοφόρο έπιπλο. Οι πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις στην ηλεκτροκαρδιογραφία περιλαμβάνουν την ανάπτυξη ακόμα μικρότερων συσκευών ηλεκτροκαρδιογραφίες και την εγκατάσταση αυτών σε συσκευές φορετές συσκευές καταγραφής φυσικής κατάστασης καθώς και στα λεγόμενα έξυπνα ρολόγια. Αυτές οι μικρότερες συσκευές συχνά βασίζονται μόνο σε δύο ηλεκτρόδια.

Σύμφωνα με την γνωστή εταιρεία Apple, το ρολόι χρησιμοποιεί μια τεχνολογία που ονομάζεται photoplethysmography, ή PPG, για τη μέτρηση του καρδιακού ρυθμού. Είναι ουσιαστικά μια δοκιμή για το πόσο κόκκινο ή πράσινο φως μπορεί να δουν οι αισθητήρες όταν κοιτάζουν το δέρμα στον καρπό του χρήστη. (Σχήμα 3.9)

Σχήμα 3.9: Τεχνολογία μέτρησης καρδιακών παλμών με την μέθοδο PPG. [k]

Το αίμα είναι κόκκινο επειδή αντανακλά το κόκκινο φως και απορροφά το πράσινο φως, οπότε όταν η καρδιά σας χτυπά, υπάρχει περισσότερη ροή αίματος στον καρπό και περισσότερη απορρόφηση του πράσινου φωτός. Μεταξύ των καρδιακών παλμών, υπάρχει λιγότερη απορρόφηση του πράσινου φωτός. Η συγκεκριμένη διαδικασία μπορεί να πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας ακόμη και τη φωτογραφική μηχανή ενός κινητού τηλεφώνου με μερικές παραμετροποιήσεις αλλά βασισμένο στην ίδια λογική. Στην πραγματικότητα, αυτή η τεχνολογία είναι αρκετά παλιά χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στα τέλη του 1800, όπου οι άνθρωποι κρατούσαν το χέρι τους κοντά σε ένα κερί σε ένα σκοτεινό δωμάτιο για να δουν την αγγειακή δομή και τη ροή του αίματός τους. Αυτή η τεχνολογία χρησιμοποιείται επίσης στα νοσοκομεία με την μορφή ενός κλιπ δακτύλου ή αυτιού που μετρά τα επίπεδα παλμού και οξυγόνου στο αίμα, το οποίο επίσης χρησιμοποιεί PPG.

Μερικά έξυπνα ρολόγια έχουν μία διαφορετική λειτουργία παρακολούθησης του καρδιακού ρυθμού και χρησιμοποιούν υπέρυθρο φως για να μετρήσουν τον καρδιακό παλμό κάθε περίπου 10 λεπτά. Αυτά τα δεδομένα μπορούν στη συνέχεια να επεξεργαστούν, μαζί με πληροφορίες κίνησης που ανιχνεύονται από το επιταχυνσιόμετρο της συσκευής, με την χρήση αλγορίθμων για την καταγραφή των παλμών της καρδιάς.

Επειδή το ρολόι βασίζεται στη δοκιμή απορρόφησης φωτός στο δέρμα για να καταγράψει τον καρδιακό ρυθμό, υπάρχουν πολλοί τρόποι που δυσκολεύουν την ακριβή καταγραφή ή ακόμα και καθιστούν αδύνατη την ολοκλήρωσή της. Τα τατουάζ, για παράδειγμα, μπορούν να εμποδίσουν το φως του αισθητήρα του καρδιακού ρυθμού ενώ, η μετακίνηση του χεριού οδηγεί σε λανθασμένη ανάγνωση και καταγραφή των καρδιακών παλμών του χρήστη, με πολλούς χρήστες που αθλούνται να έχουν παράπονα ως προς την εγγύτητα των αποτελεσμάτων.

Οι θωρακικοί ιμάντες παρακολούθησης της καρδιακής συχνότητας είναι συνήθως κατασκευασμένοι από μια μακριά ελαστική λωρίδα που μοιάζει με ταινία και περιτυλίγει σφιχτά γύρω από το στήθος ένα μικρό μrad ηλεκτροδίων που βρίσκεται σε επαφή με το δέρμα και έναν ενσωματωμένο πομπό. (Σχήμα 3.10) Αυτές οι συσκευές καταγραφής του καρδιακού ρυθμού λειτουργούν διαφορετικά από τις υπόλοιπες συσκευές που συνδέονται με τον καρπό (όπως τα έξυπνα ρολόγια) επειδή

χρησιμοποιούν την ηλεκτροκαρδιογραφία για την καταγραφή της ηλεκτρικής δραστηριότητας της καρδιάς. Αυτή η διαδικασία λοιπόν απαιτεί ηλεκτρόδια, τα οποία εγκαθίστανται στο γυαλιστερό, επίπεδο στρώμα εντός του pad και σε άμεση επαφή με το δέρμα στο στήθος του χρήστη. Το pad χρειάζεται υγρασία ή ιδρώτα για να πάρει οποιοδήποτε ηλεκτρικό σήμα. Όταν ο χρήστης αθλείται τα ηλεκτρόδια αποκτούν τα ηλεκτρικά σήματα που εκπέμπονται από την καρδιά και στέλνουν αυτές τις πληροφορίες στον ενσωματωμένο πομπό.



Σχήμα 3.10: Θωρακικός μάντας μέτρησης καρδιακών παλμών

Ο συγκεκριμένος τρόπος παρακολούθησης και καταγραφής των καρδιακών παλμών παρέχει μεγαλύτερη ακρίβεια από αυτόν των έξυπνων ρολογιών γι'αυτό και χρησιμοποιείται στα νοσοκομεία από τους ιατρούς, ως η βασική μέθοδος παρακολούθησης και καταγραφής του ρυθμού των χτύπων της καρδιάς. [1]

3.1.6 Αισθητήρας μέτρησης καρδιακών παλμών (PPG)

Για τον καλύτερο εντοπισμό των καρδιακών παλμών θα χρησιμοποιηθεί και ένα σύστημα μέτρησης καρδιακών παλμών το οποίο λειτουργεί με την μέθοδο της φωτοπληθυσμογραφίας . Το συγκεκριμένο σύστημα θα εγκατασταθεί στο λοβό του αυτιού του χρήστη με ειδικό κλιπ ώστε να λαμβάνει τους καρδιακούς παλμούς του. Η χρήση δύο συστημάτων μέτρησης καρδιακών παλμών μειώνει την πιθανότητα σφάλματος του αισθητήρα ενώ επίσης βοηθάει και στην καλύτερη σύγκριση των αποτελεσμάτων. Ο αισθητήρας που επιλέχθηκε για την μέτρηση των καρδιακών

παλμών με την μέθοδο της φωτοπληθυσμογραφίας (PPG) είναι ο PulseSensor από την εταιρεία World Famous Electronics Inc. (Σχήμα 3.11)

Ο συγκεκριμένος αισθητήρας λειτουργεί με την μέθοδο PPG, είναι πλήρως συμβατός με τον μικροελεγκτή Arduino, ενώ η ίδια η εταιρεία παραχωρεί δωρεάν τις απαραίτητες βιβλιοθήκες ώστε να πραγματοποιηθεί η αποκωδικοποίηση του σήματος και η μετατροπή του σε παλμούς ανά λεπτό.



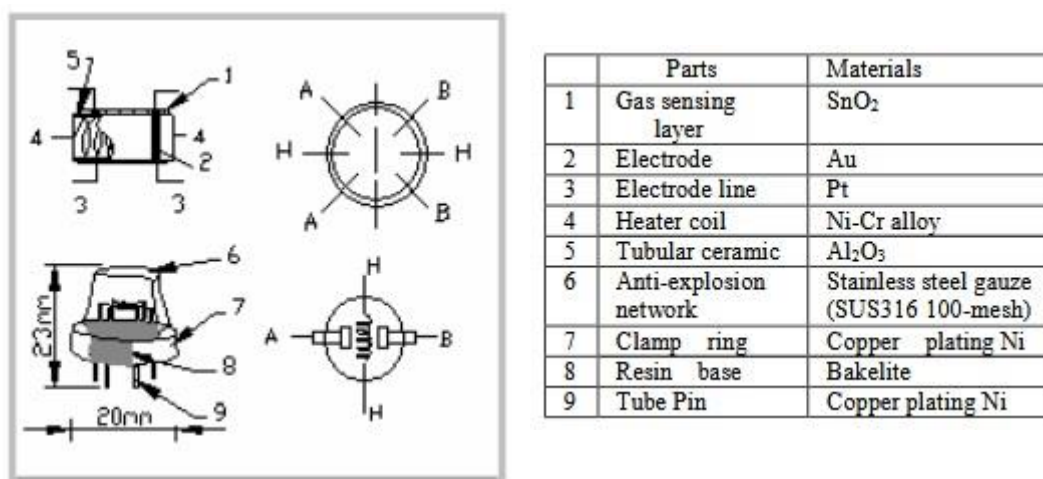
Σχήμα 3.11: Αισθητήρας μέτρησης καρδιακών παλμών (PPG)

3.1.7 Αισθητήρας ανίχνευσης μονοξειδίου του άνθρακα

Το μονοξείδιο του άνθρακα αποτελεί ένα πολύ επικίνδυνο αέριο το οποίο είναι προϊόν ατελούς καύσης. Πρόκειται για λένα άχρωμο, άοσμο και άγευστο αέριο που είναι εξαιρετικά τοξικό. Οποιαδήποτε εστία καύσης είναι πιθανό να παράγει μονοξείδιο του άνθρακα, ακόμα και μέσα στο σπίτι όπως από ένα αναμμένο τζάκι ή μία σόμπα υγραερίου. Εντοπίζεται συχνά σε μεγάλες και επικίνδυνες συγκεντρώσεις στον Μεταλλευτικό Κλάδο. Όταν εισέρχεται στο σώμα, εμποδίζει την κυκλοφορία του οξυγόνου στο αίμα με τελικό αποτέλεσμα τον θάνατο. Είναι δε δυνητικά θανατηφόρο ακόμη και σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις. Η ανίχνευση Μονοξειδίου του Άνθρακα στην ατμόσφαιρα κρίνεται λοιπόν αναγκαία. Ο αισθητήρας ανίχνευσης μονοξειδίου του άνθρακα που επιλέχθηκε ώστε να χρησιμοποιηθεί και να ενσωματωθεί στο βιομετρικό γιλέκο, είναι ο SNS-MQ7 της εταιρείας Olimex. Πρόκειται για έναν χαμηλού κόστους υψηλής ευαισθησίας αισθητήρα ο οποίος λειτουργεί σε συνδυασμό με το ενσωματωμένο σύστημα Arduino

που επιλέχθηκε ώστε να μετράει την ποσότητα του μονοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

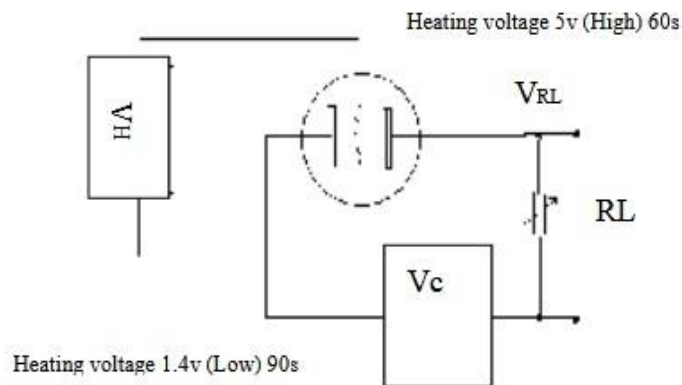
Πιο συγκεκριμένα, η κατασκευή και διαμόρφωση του αισθητήρα παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.12. Ο αισθητήρας αποτελείται από έναν κεραμικό μικρό-σωλήνα Al_2O_3 (Οξειδίου του Αργιλίου), από ένα υπερευαίσθητο στρώμα διοξειδίου του κασσίτερου (SnO_2), με το ηλεκτρόδιο μέτρησης και το θερμαντικό σώμα αντίστασης να βρίσκονται και να στερεώνονται σε μια κρούστα φτιαγμένη από πλαστικό και ανοιξείδωτο ατσάλι. Το σύστημα του αισθητήρα περιλαμβάνει 6 pins, 4 από τα οποία χρησιμοποιούνται για την λήψη σήματος και 2 για να παρέχουν στο σύστημα ρεύμα που θα μετατραπεί σε θερμότητα. Επίσης ο αισθητήρας λειτουργεί με ρεύμα τάσης 5V.



Σχήμα 3.12: Κατασκευή και διαμόρφωση αισθητήρα ανίχνευσης μονοξειδίου του άνθρακα SNS-MQ7 (Πηγή:

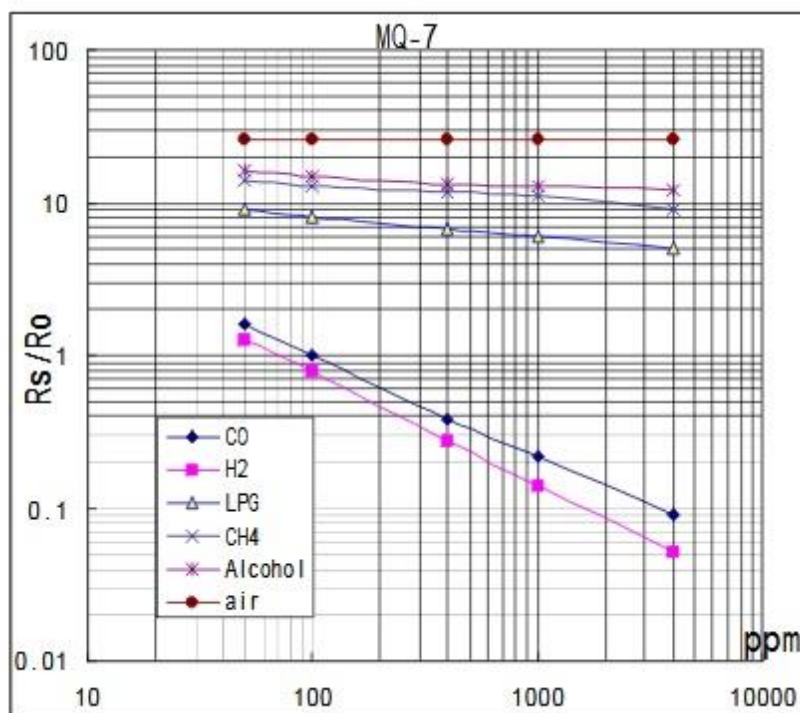
<https://www.olimex.com/Products/Components/Sensors/Gas/SNS-MQ7/resources/SNS-MQ7.pdf>)

Στα σχήμα που ακολουθεί παρατηρούμε ότι ο αισθητήρας αποτελείται από 2 μέρη. Το πρώτο περιλαμβάνει το κύκλωμα θέρμανσης του αισθητήρα (Σχήμα 3.13), όπου η υψηλή και χαμηλή τάση λειτουργούν κυκλικά, και το δεύτερο περιλαμβάνει το κύκλωμα εξόδου του σήματος, το οποίο μπορεί να ανταποκριθεί με ακρίβεια τις μεταβολές της επιφανειακής αντίστασης του αισθητήρα.



Σχήμα 3.13: Το ηλεκτρικό κύκλωμα του αισθητήρα SNS-MQ7

Το διάγραμμα με τις καμπύλες ευαισθησίας των τυπικών χαρακτηριστικών του συγκεκριμένου αισθητήρα για διάφορα αέρια παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.14.



Σχήμα 3.14: Καμπύλη ευαισθησίας τυπικών χαρακτηριστικών του αισθητήρα SNS-MQ7, για διάφορα αέρια

Το παραπάνω διάγραμμα έχει διαμορφωθεί με σταθères συγκεκριμένες ορισμένες τιμές όπως η θερμοκρασία στους 20 °C, η υγρασία στο 65% και το ποσοστό

συγκέντρωσης οξυγόνου στο 21%. Η μεταβλητή R_o αποτελεί την ένδειξη της αντίστασης του αισθητήρα σε 100ppm μονοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, ενώ η μεταβλητή R_i αποτελεί την ένδειξη συγκεντρώσεως διαφόρων άλλων αερίων στην ατμόσφαιρα.

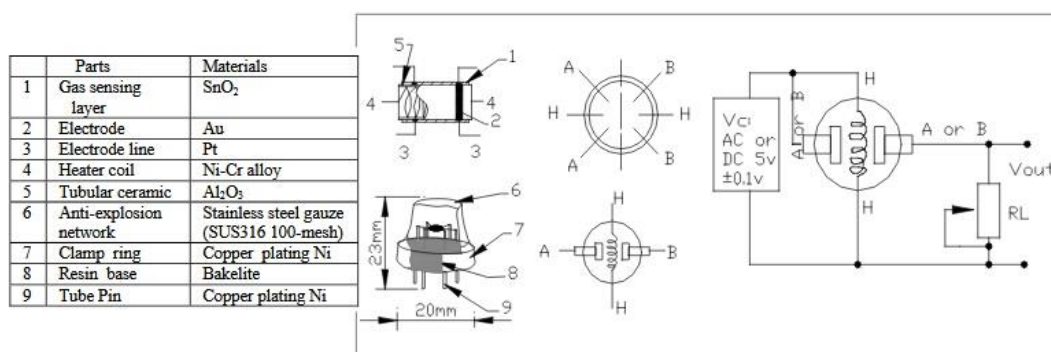
3.1.8 Αισθητήρας ανίχνευσης Διοξειδίου του Άνθρακα, Καπνού, NH_3 , NO_x , και Βενζολίου

Η ποιότητα του αέρα που αναπνέει ένας άνθρωπος είναι πολύ σημαντική για την υγεία του. Το διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα υπό φυσιολογικές συνθήκες υπολογίζεται μεταξύ 250-400 ppm (μέση γήινη συγκέντρωση 385 ppm) [G]. Η χρήση μηχανών εσωτερικής καύσης στις πόλεις έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα από τις εξατμίσεις, το οποίο σε υψηλές συγκεντρώσεις, άνω των 1000 ppm, δημιουργεί προβλήματα πονοκεφάλων, υπνηλίας και απώλειας συγκέντρωσης. [23] Σε Βιομηχανικό επίπεδο οι τιμές του διοξειδίου του άνθρακα μπορούν να φτάσουν σε τιμές άνω των 4000 ppm, με το μέγιστο επιτρεπτό όριο βάση του Κανονισμού Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών να είναι τα 5000 ppm. (Πίνακας 3, άρθρου 22 ΚΜΛΕ). Ο αισθητήρας ανίχνευσης που επιλέχθηκε ώστε να χρησιμοποιηθεί και να ενσωματωθεί στο βιομετρικό γιλέκο για την ανίχνευση επιβλαβών χημικών, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, στην ατμόσφαιρα, είναι ο SNS-MQ135 της εταιρείας Olimex. Πρόκειται για έναν χαμηλού κόστους υψηλής ευαισθησίας αισθητήρα ο οποίος λειτουργεί σε συνδυασμό με το ενσωματωμένο σύστημα Arduino που επιλέχθηκε ώστε να μετράει την ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα, της αμμωνίας, των οξειδίων του αζώτου, καθώς και άλλων επιβλαβών χημικών στοιχείων στην ατμόσφαιρα. Ο συγκεκριμένος αισθητήρας έχει την δυνατότητα να ανιχνεύει και να μετράει την ποσότητα χημικών στοιχείων, όπως το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), την αμμωνία (NH_3) η οποία σε συνδυασμό με οξείδια του αζώτου δημιουργεί αερολύματα τα οποία είναι ιδιαίτερα επιβλαβή για το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Επίσης, ανιχνεύει τα οξείδια του αζώτου (NO_x) τα οποία βρίσκονται σε πολύ υψηλά ποσοστά στις πόλεις ή όπου υπάρχουν καυσαέρια, μολύνοντας σημαντικά την ατμόσφαιρα, συμβάλλοντας στο φαινόμενο του

θερμοκηπίου, και το περιβάλλον δημιουργώντας το φαινόμενο του ευτροφισμού στους υδροβιώτοπους. [19].

Στους ανθρώπους η υψηλή συγκέντρωση αμμωνίας προκαλεί σοβαρά προβλήματα αναπνοής και άσθματος, ενώ μπορεί ακόμα να επιφέρει και τον θάνατο. [23] Τέλος, ανιχνεύει και άλλα χημικά στοιχεία όπως το βενζόλιο, η αλκοόλη και ο καπνός.

Η κατασκευή και διαμόρφωση του αισθητήρα παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.15. Ο αισθητήρας αποτελείται από έναν κεραμικό μικρό-σωλήνα Al_2O_3 (Οξειδίου του Αργιλίου), από ένα υπερευαίσθητο στρώμα διοξειδίου του κασσίτερου (SnO_2), με το ηλεκτρόδιο μέτρησης και το θερμαντικό σώμα αντίστασης να βρίσκονται και να στερεώνονται σε μια κρούστα φτιαγμένη από πλαστικό και ανοιξείδωτο ατσάλι. Το σύστημα του αισθητήρα περιλαμβάνει 6 pins, 4 από τα οποία χρησιμοποιούνται για την λήψη σήματος και 2 για να παρέχουν στο σύστημα ρεύμα που θα μετατραπεί σε θερμότητα. Επίσης ο αισθητήρας λειτουργεί με ρεύμα τάσης 5V.

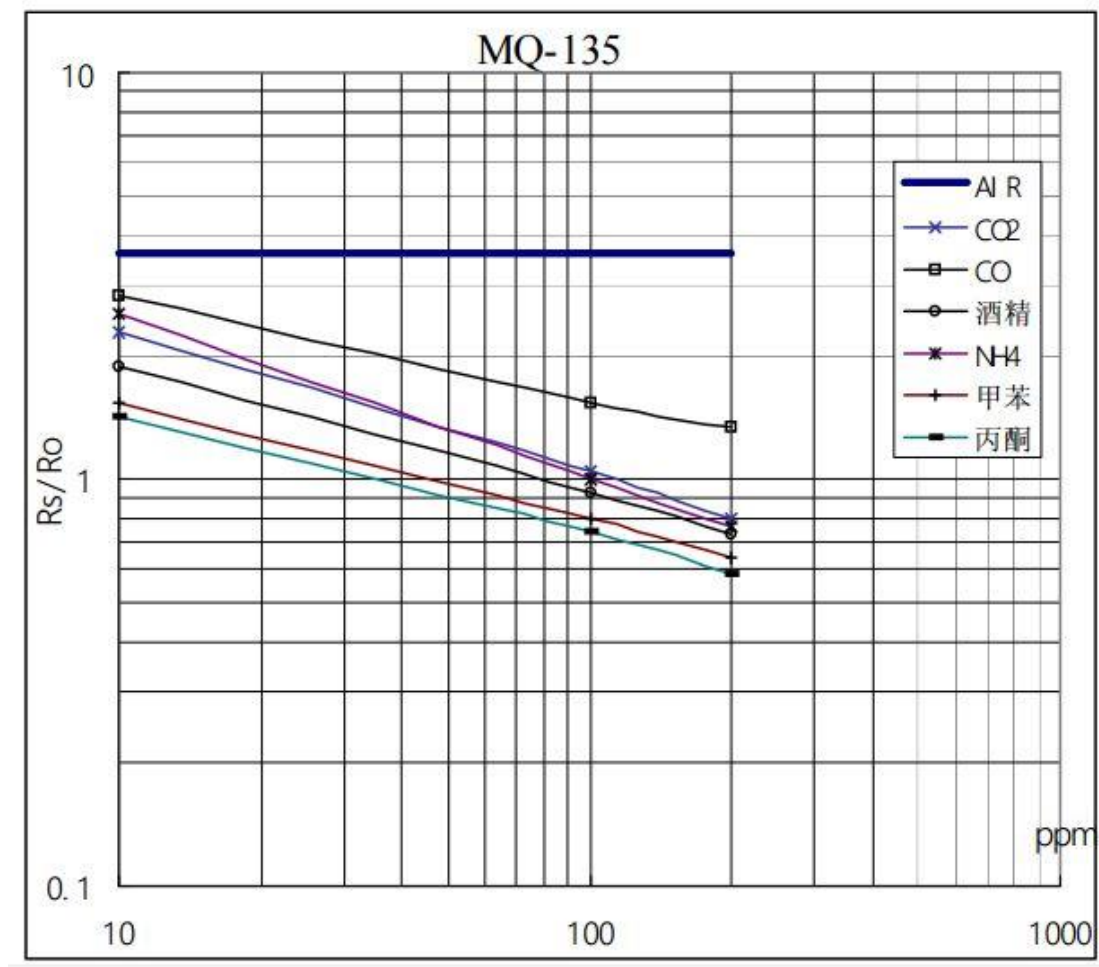


Σχήμα 3.15: Κατασκευή και διαμόρφωση αισθητήρα ανίχνευσης μονοξειδίου του άνθρακα SNS-MQ135 (Πηγή:

<https://www.olimex.com/Products/Components/Sensors/Gas/SNS-MQ135/resources/SNS-MQ135.pdf>)

Το διάγραμμα με τις καμπύλες ευαισθησίας των τυπικών χαρακτηριστικών του συγκεκριμένου αισθητήρα για διάφορα αέρια παρουσιάζονται στο σχήμα 3.16.

Το διάγραμμα αυτό έχει διαμορφωθεί με σταθέρεις συγκεκριμένες ορισμένες τιμές όπως η θερμοκρασία στους 20 °C, η υγρασία στο 65% και το ποσοστό συγκέντρωσης οξυγόνου στο 21%.



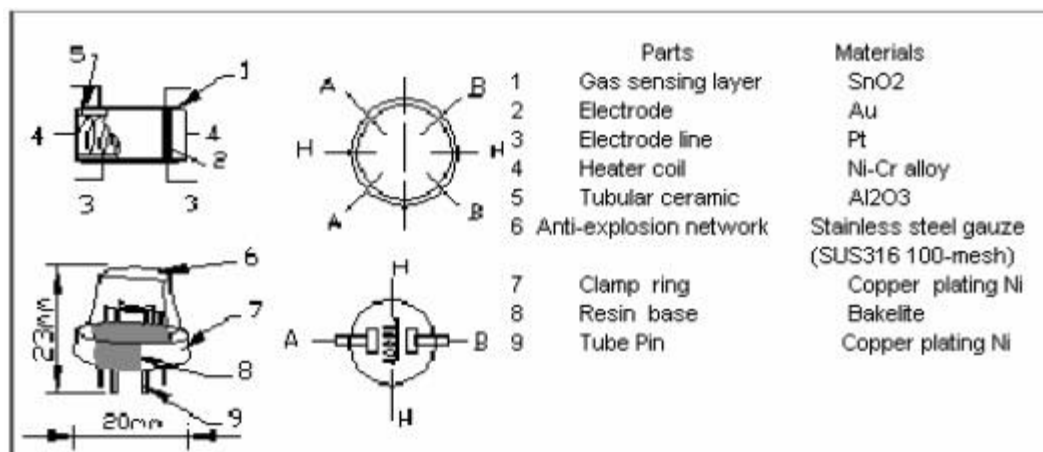
Σχήμα 3.16: Καμπύλη ευαισθησίας τυπικών χαρακτηριστικών του αισθητήρα SNS-MQ135, για διάφορα αέρια

3.1.9 Αισθητήρας ανίχνευσης μεθανίου, φυσικού αερίου και άλλων καύσιμων ουσιών στον αέρα

Ο αισθητήρας ανίχνευσης που επιλέχθηκε ώστε να χρησιμοποιηθεί και να ενσωματωθεί στο βιομετρικό γιλέκο για την ανίχνευση επιβλαβών χημικών, όπως το μεθάνιο και το φυσικό αέριο, στην ατμόσφαιρα, είναι ο SNS-MQ2 της εταιρείας Olimex. Πρόκειται για έναν χαμηλού κόστους υψηλής ευαισθησίας αισθητήρα ο οποίος λειτουργεί σε συνδυασμό με το ενσωματωμένο σύστημα Arduino που

επιλέχθηκε ώστε να μετράει την ποσότητα του μεθανίου και του φυσικού αερίου στην ατμόσφαιρα.

Η κατασκευή και διαμόρφωση του αισθητήρα παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.17. Ο αισθητήρας αποτελείται από έναν κεραμικό μικρό-σωλήνα Al_2O_3 (Οξειδίου του Αργιλίου), από ένα υπερευαίσθητο στρώμα διοξειδίου του κασσίτερου (SnO_2), με το ηλεκτρόδιο μέτρησης και το θερμαντικό σώμα αντίστασης να βρίσκονται και να στερεώνονται σε μια κρούστα φτιαγμένη από πλαστικό και ανοιξειδωτο ατσάλι. Το σύστημα του αισθητήρα περιλαμβάνει 6 pins, 4 από τα οποία χρησιμοποιούνται για την λήψη σήματος και 2 για να παρέχουν στο σύστημα ρεύμα που θα μετατραπεί σε θερμότητα. Επίσης ο αισθητήρας λειτουργεί με ρεύμα τάσης 5V.

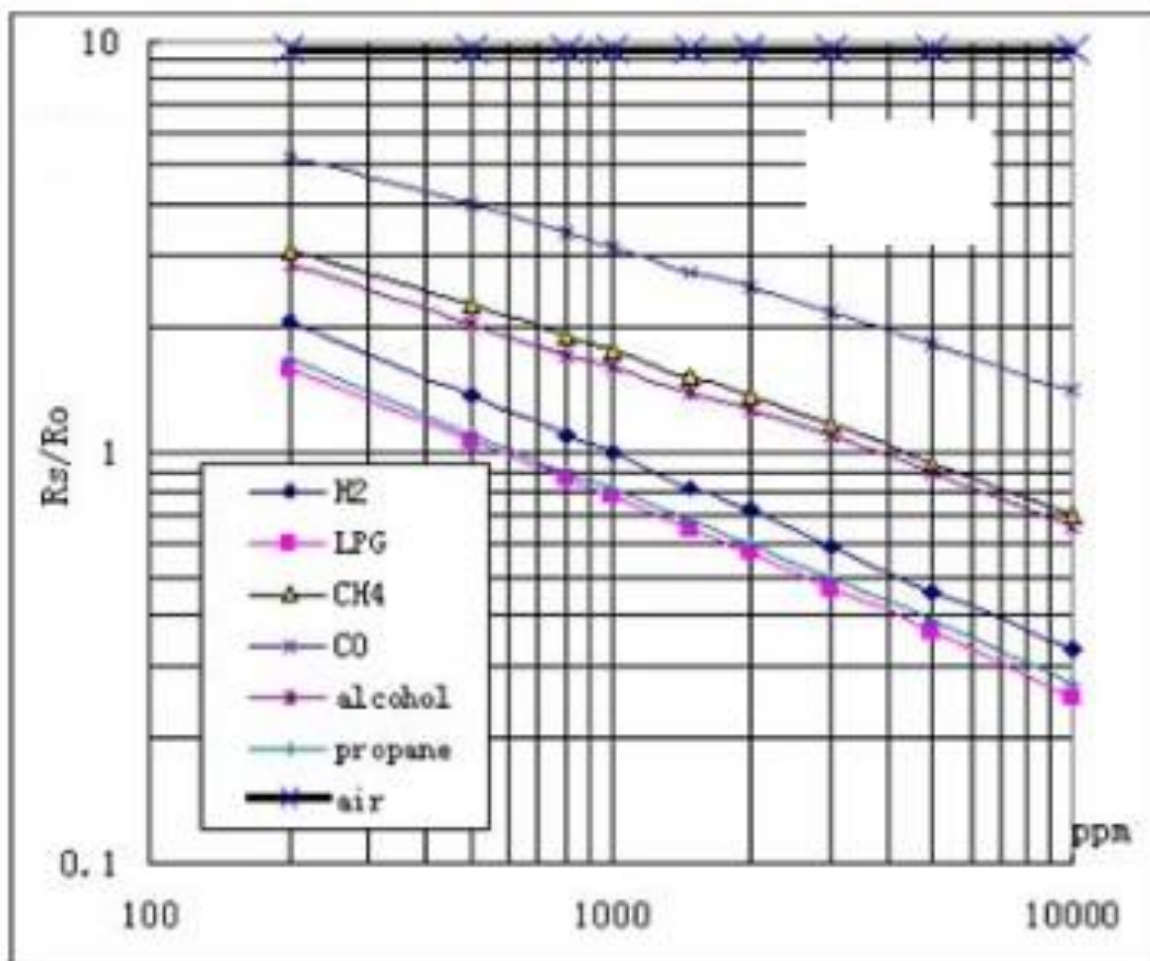


Σχήμα 3.17: Κατασκευή και διαμόρφωση αισθητήρα ανίχνευσης μονοξειδίου του άνθρακα SNS-MQ2 (Πηγή:

<https://www.olimex.com/Products/Components/Sensors/Gas/SNS-MQ2/resources/MQ2.pdf>)

Ο συγκεκριμένος αισθητήρας έχει επιλεγεί και συμπεριληφθεί για εγκατάσταση στο βιομετρικό γιλέκο ώστε να ανιχνεύει τα επιβλαβή χημικά σε βιομηχανικό επίπεδο για εργαζομένους που εργάζονται σε τομείς όπως Πλατφόρμες Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου, σε Υπόγειες Εκμεταλλεύσεις Ορυκτών Πόρων (Ορυχεία), σε Λατομεία, Εργοτάξια κ.ο.κ.

Το διάγραμμα με τις καμπύλες ευαισθησίας των τυπικών χαρακτηριστικών του συγκεκριμένου αισθητήρα για διάφορα αέρια παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.18.



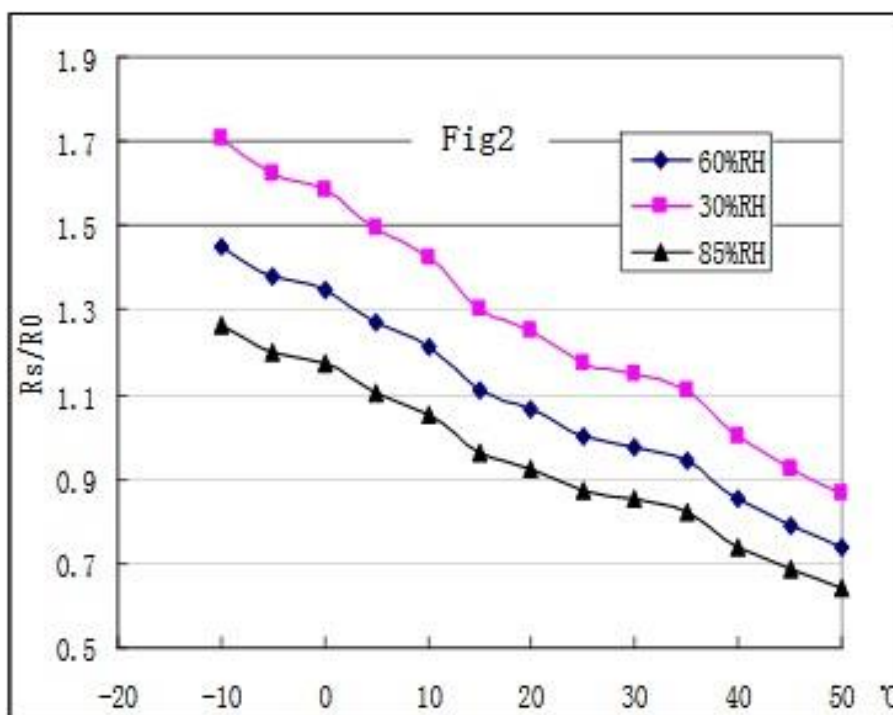
Σχήμα 3.18: Καμπύλη ευαισθησίας τυπικών χαρακτηριστικών του αισθητήρα SNS-MQ2, για διάφορα αέρια

Το παραπάνω διάγραμμα έχει διαμορφωθεί με σταθères συγκεκριμένες ορισμένες τιμές όπως η θερμοκρασία στους 20 °C, η υγρασία στο 65% και το ποσοστό συγκέντρωσης οξυγόνου στο 21%. Η μεταβλητή R_s αποτελεί την ένδειξη της αντίστασης του αισθητήρα στα διάφορα αέρια που ανιχνεύει στην ατμόσφαιρα, ενώ η μεταβλητή R_o αποτελεί την ένδειξη αντίστασης του αισθητήρα σε 1000ppm υδρογόνου στην ατμόσφαιρα.

Η ευαισθησία του αισθητήρα SNS-MQ2 μειώνεται με την ύπαρξη υψηλής υγρασίας στο περιβάλλον. Πιο συγκεκριμένα, η απόδοση του αισθητήρα θα μειωθεί εάν η επιφανειακή συμπύκνωση του νερού στην επιφάνεια του αισθητήρα διατηρηθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα, ενώ επίσης η έκθεσή σε υψηλά ποσοστά υγρασίας και

υψηλές θερμοκρασίες μπορούν να καταστρέψουν τελείως την απόδοσή του, με αποτέλεσμα να μην μπορεί να λάβει καμία τιμή.

Στο Σχήμα 3.19 παρουσιάζονται τα τυπικά χαρακτηριστικά του αισθητήρα σε συνάρτηση με τις διάφορες τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας στην ατμόσφαιρα.



Σχήμα 3.19: Καμπύλη ευαισθησίας τυπικών χαρακτηριστικών του αισθητήρα SNS-MQ2, ως συνάρτηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας στο περιβάλλον.

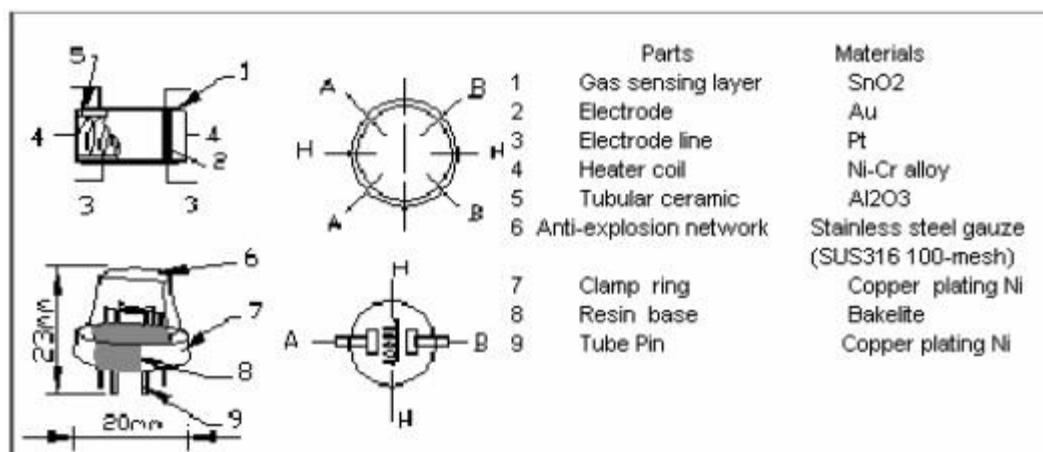
Η μεταβλητή R_s αποτελεί την ένδειξη της αντίστασης του αισθητήρα σε 1000rpm βουτάνιο υπό διαφορετική θερμοκρασία και υγρασία, ενώ η μεταβλητή R_0 αποτελεί την ένδειξη αντίστασης του αισθητήρα σε 1000rpm μεθανίου στην ατμόσφαιρα, με θερμοκρασία 20 °C και υγρασία στο 65%.

3.1.10 Αισθητήρας ανίχνευσης LPG, Ισο-Βουτανίου και Προπανίου

Ο αισθητήρας ανίχνευσης που επιλέχθηκε ώστε να χρησιμοποιηθεί και να ενσωματωθεί στο βιομετρικό γιλέκο για την ανίχνευση επιβλαβών χημικών, όπως το υγραέριο (LPG), το Ισο-Βουτάνιο και το Προπάνιο, στην ατμόσφαιρα, είναι ο SNS-MQ6 της εταιρείας DFRobot Gravity. Πρόκειται για έναν χαμηλού κόστους υψηλής

ευσαισθησίας αισθητήρα ο οποίος λειτουργεί σε συνδυασμό με το ενσωματωμένο σύστημα Arduino που επιλέχθηκε ώστε να μετράει την ποσότητα του υγραερίου, του προπανίου, του υδρογόνου, καθώς και άλλων χημικών στοιχείων όπως το υγραέριο, το ισο-βουτάνιο και το προπάνιο στην ατμόσφαιρα. Τα χημικά στοιχεία είναι εξαιρετικά έφλεκτα, ενώ σε μεγάλες συγκεντρώσεις προκαλούν δηλητηρίαση του ανθρώπινου οργανισμού και μπορούν να εντοπιστούν εντός ορυχείων. [20]

Η κατασκευή και διαμόρφωση του αισθητήρα παρουσιάζεται στο σχήμα 3.20. Ο αισθητήρας αποτελείται από έναν κεραμικό μικρό-σωλήνα Al_2O_3 (Οξειδίου του Αργιλίου), από ένα υπερευαίσθητο στρώμα διοξειδίου του κασσίτερου (SnO_2), με το ηλεκτρόδιο μέτρησης και το θερμαντικό σώμα αντίστασης να βρίσκονται και να στερεώνονται σε μια κρούστα φτιαγμένη από πλαστικό και ανοιξείδωτο ατσάλι. Το σύστημα του αισθητήρα περιλαμβάνει 6 pins, 4 από τα οποία χρησιμοποιούνται για την λήψη σήματος και 2 για να παρέχουν στο σύστημα ρεύμα που θα μετατραπεί σε θερμότητα. Επίσης ο αισθητήρας λειτουργεί με ρεύμα τάσης 5V.



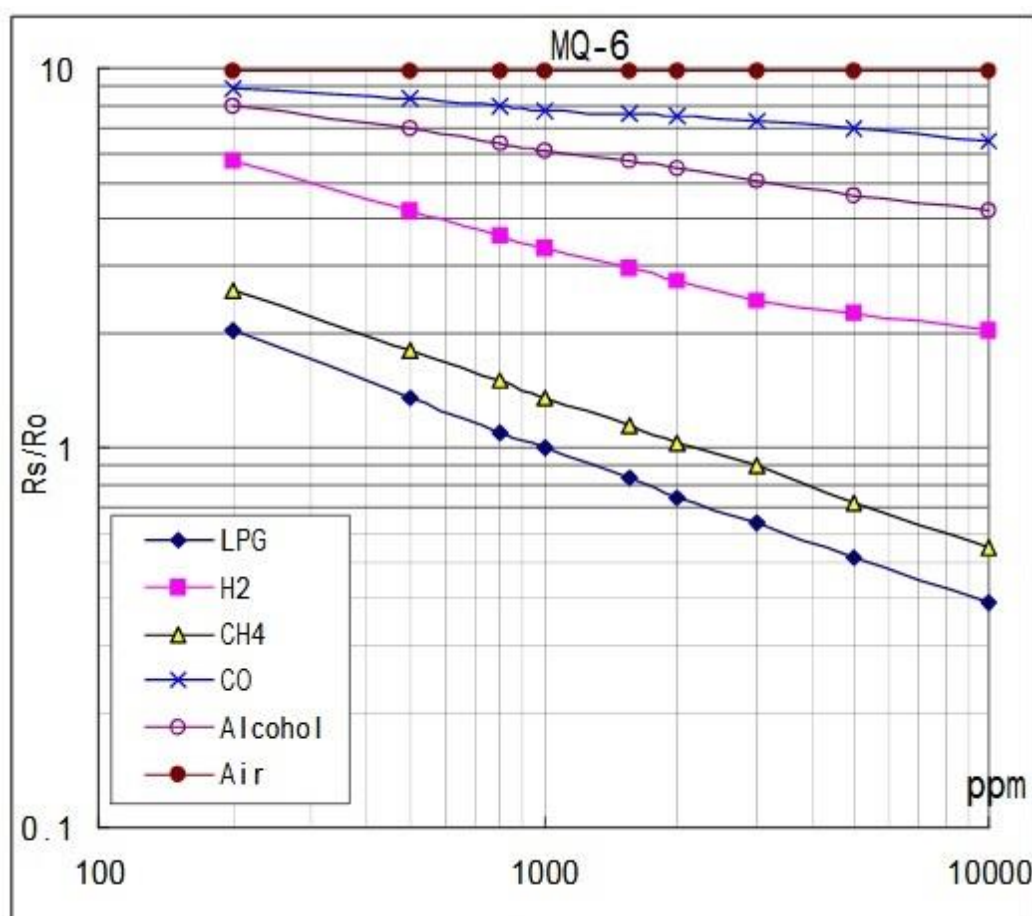
Σχήμα 3.20: Κατασκευή και διαμόρφωση αισθητήρα ανίχνευσης μονοξειδίου του άνθρακα SNS-MQ6 (Πηγή: <http://image.dfrobot.com/image/data/SEN0131/MQ-6.pdf>)

Ο συγκεκριμένος αισθητήρας έχει επιλεγθεί και συμπεριληφθεί για εγκατάσταση στο βιομετρικό γιλέκο ώστε να ανιχνεύει το υγραέριο και το ισο-βουτάνιο σε βιομηχανικό επίπεδο και για εργαζομένους που εργάζονται σε τομείς όπως Πλατφόρμες Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου, σε Υπόγειες Εκμεταλλεύσεις Ορυκτών Πόρων

(Ορυχεία), σε Λατομεία, Εργοτάξια, καθώς επίσης και για έλεγχο τυχόν διαρροών εντός ιδιωτικών χώρων, όπως κατοικίες κ.ο.κ.

Και τα τρία αυτά χημικά στοιχεία είναι επίσης εξαιρετικά έφλεκτα, ενώ σε μεγάλες συγκεντρώσεις μπορεί να προκαλέσουν δηλητηρίαση του ανθρώπινου οργανισμού και μπορούν να εντοπιστούν σε μεταλλευτικές περιοχές. [20]

Το διάγραμμα με τις καμπύλες ευαισθησίας των τυπικών χαρακτηριστικών του συγκεκριμένου αισθητήρα για διάφορα αέρια παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.21.



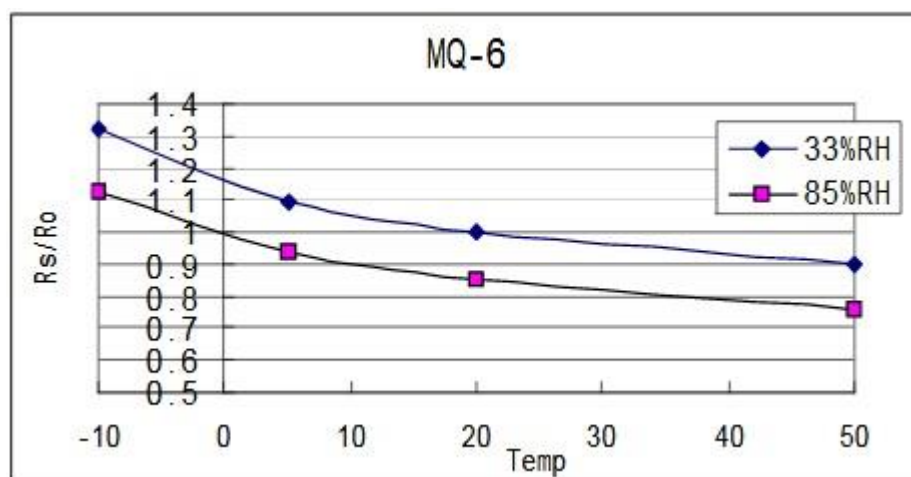
Σχήμα 3.21: Καμπύλη ευαισθησίας τυπικών χαρακτηριστικών του αισθητήρα SNS-MQ6, για διάφορα αέρια

Το παραπάνω διάγραμμα έχει διαμορφωθεί με σταθères συγκεκριμένες ορισμένες τιμές όπως η θερμοκρασία στους 20 °C, η υγρασία στο 65% και το ποσοστό συγκέντρωσης οξυγόνου στο 21%. Η μεταβλητή R_s αποτελεί την ένδειξη της αντίστασης του αισθητήρα στα διάφορα αέρια που ανιχνεύει στην ατμόσφαιρα, ενώ η

μεταβλητή R_o αποτελεί την ένδειξη αντίστασης του αισθητήρα σε 1000ppm υγραερίου LPG στην ατμόσφαιρα.

Η ευαισθησία του αισθητήρα SNS-MQ6 μειώνεται με την ύπαρξη πολύ υψηλής υγρασίας στο περιβάλλον.

Στο Σχήμα 3.22 παρουσιάζονται τα τυπικά χαρακτηριστικά του αισθητήρα σε συνάρτηση με τις διάφορες τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας στην ατμόσφαιρα.



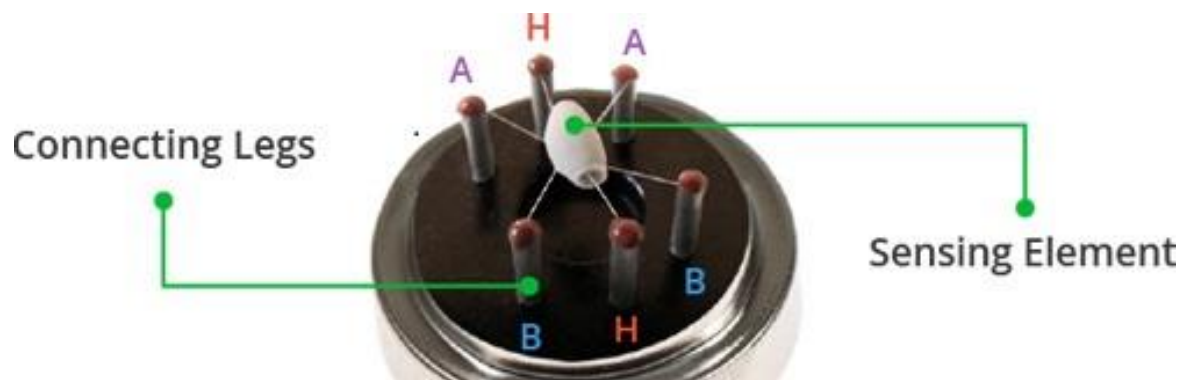
Σχήμα 3.22: Καμπύλη ευαισθησίας τυπικών χαρακτηριστικών του αισθητήρα SNS-MQ6, ως συνάρτηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας στο περιβάλλον.

Η μεταβλητή R_s αποτελεί την ένδειξη της αντίστασης του αισθητήρα σε 1000ppm υγραερίου υπό διαφορετική θερμοκρασία και υγρασία, ενώ η μεταβλητή R_o αποτελεί την ένδειξη αντίστασης του αισθητήρα σε 1000ppm μεθανίου στην ατμόσφαιρα, με θερμοκρασία 20 °C και υγρασία στο 33%.

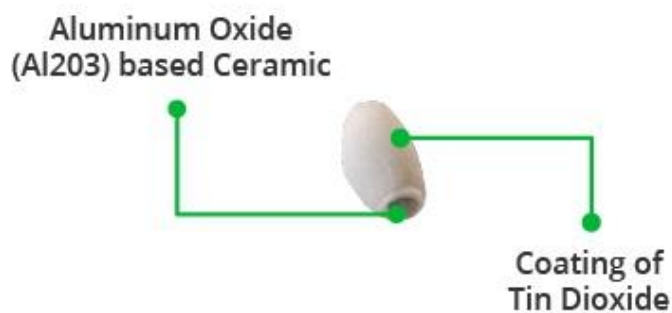
3.1.11 Λειτουργία αισθητήρων

Για να περιγραφεί η λειτουργία των αισθητήρων θα χρησιμοποιηθεί ως παράδειγμα ως αισθητήρας MQ7. Το σωληνοειδές στοιχείο ανίχνευσης αερίων του αισθητήρα αποτελείται από κεραμικό με βάση το οξείδιο του αργιλίου Al_2O_3 και έχει ως επικάλυψη ένα υπερευαίσθητο στρώμα από διοξείδιο του κασσίτερου, SnO_2 (Σχήματα 3.23 και 3.24). Όταν το διοξείδιο του κασσίτερου (σωματίδια ημιαγωγού)

θερμαίνεται στον αέρα σε υψηλή θερμοκρασία, το οξυγόνο απορροφάται στην επιφάνεια. Σε καθαρό αέρα, τα ηλεκτρόνια στο διοξείδιο του κασσίτερου έλκονται από το οξυγόνο που προσροφάται στην επιφάνεια του αισθητήριου υλικού. Αυτό εμποδίζει τη ροή ηλεκτρικού ρεύματος. Υπό την παρουσία αναγωγικών αερίων, η επιφανειακή πυκνότητα του προσροφημένου οξυγόνου μειώνεται καθώς αντιδρά με τα αναγωγικά αέρια. Τα ηλεκτρόνια στη συνέχεια απελευθερώνονται στο διοξείδιο του κασσίτερου, επιτρέποντας στο ρεύμα να ρέει ελεύθερα μέσω του αισθητήρα.



Σχήμα 3.23: Σωληνοειδές στοιχείο ανίχνευσης



Σχήμα 3.24: Υλικά στοιχείου ανίχνευσης

Για την πραγματοποίηση ακριβέστερων μετρήσεων ο αισθητήρας πρέπει να προγραμματιστεί έτσι ώστε να λειτουργεί με κύκλους υψηλής και χαμηλής θέρμανσης ώστε να λάβει κατάλληλες και ορθότερες μετρήσεις. Ένας κύκλος υψηλής θέρμανσης μπορεί να οριστεί στα 30 δευτερόλεπτα όπου η τάση εισόδου είναι στα 5V και ένας κύκλος χαμηλής θέρμανσης μπορεί να οριστεί στα 90 δευτερόλεπτα όπου η

τάση εισόδου είναι στα 1,8 V. Κατά την φάση χαμηλής θέρμανσης Μονοξείδιο του άνθρακα απορροφάται στην πλάκα, ενώ κατά της φάση της υψηλής θέρμανσης το απορροφημένο Μονοξείδιο του άνθρακα καθώς και άλλες τυχόν ενώσεις εξατμίζονται από την πλάκα του αισθητήρα, καθαρίζοντάς τον για την επόμενη μέτρηση

3.1.12 Αισθητήρες Θερμοκρασίας σώματος

Ο βασικός αισθητήρας θερμοκρασίας που θα χρησιμοποιηθεί είναι ο DS18B20 (Σχήμα 3.25). Ο συγκεκριμένος αισθητήρας θερμοκρασίας είναι υδατοστεγής και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και μέσα στο νερό ώστε να μετρήσει την θερμοκρασία του ανθρώπου που φοράει το βιομετρικό γιλέκο. Ο αισθητήρας αυτός επιλέχθηκε για χρήση από ανθρώπους που βρίσκονται σε κάποια επικίνδυνη κατάσταση μέσα στο νερό και κινδυνεύουν από υποθερμία, καθώς και για ανθρώπους που εργάζονται κάτω από υψηλές θερμοκρασίες και ο ο ιδρώτας τους θα μπορούσε να χαλάσει την ευαισθησία και την απόδοση του αισθητήρα μέτρησης θερμοκρασίας στο σώμα του ανθρώπου.

Η θερμοκρασία λειτουργίας του αισθητήρα κυμαίνεται από -55°C έως $+125^{\circ}\text{C}$, με ακρίβεια $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ στην περιοχή -10°C έως $+85^{\circ}\text{C}$.



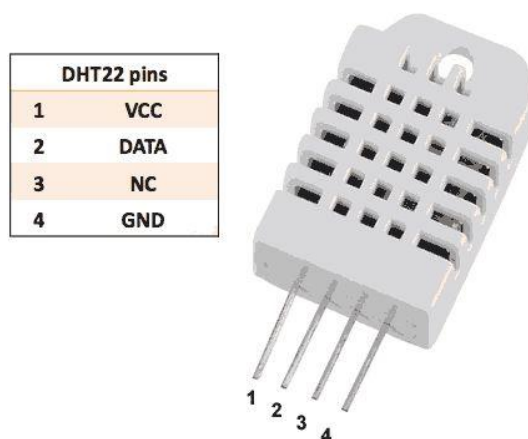
Σχήμα 3.25: Υδατοστεγής αισθητήρας θερμοκρασίας DS18B20

Ο αισθητήρας επικοινωνεί με το σύστημα Arduino μέσω του ενός wire-bus (διαύλου). Εάν χρειαστεί μπορούν να χρησιμοποιηθούν και περισσότεροι από ένας τέτοιοι

αισθητήρες. διότι κάθε ένας διαθέτει έναν μοναδικό 64 bit σειριακό κώδικα ή διεύθυνση που επιτρέπει πολλαπλές συσκευές DS18B20 να λειτουργούν στον ίδιο δίαυλο (wire-bus). Επομένως, η χρήση ενός μικροεπεξεργαστή καθιστά εύκολο τον έλεγχο πολλών αισθητήρων DS18B20 οι οποίοι μπορούν να διανεμηθούν σε μια μεγάλη περιοχή για περιβαλλοντικούς ελέγχους, συστήματα παρακολούθησης της θερμοκρασίας στα κτίρια κ.ο.κ. Ο αισθητήρας λειτουργεί με ρεύμα τάσης από 3-5V.

3.1.13 Αισθητήρας Θερμοκρασίας Περιβάλλοντος και Υγρασίας

Ο αισθητήρας υγρασίας που θα χρησιμοποιηθεί είναι ο DHT22. (Σχήμα 3.26) Πρόκειται για έναν χαμηλού κόστους ψηφιακό αισθητήρα, με πολύ καλή ακρίβεια, που χρησιμοποιείτε σε συνδυασμό με το ενσωματωμένο σύστημα Arduino, για την εύρεση της σχετικής υγρασίας και της θερμοκρασίας στον χώρο. Ο συγκεκριμένος αισθητήρας επιλέχθηκε έναντι του DHT11, επειδή έχει ευρύτερο φάσμα μετρήσεως από 0-100% για την υγρασία και από -40 ° C έως + 125 ° C για τη θερμοκρασία. Έχει επίσης ψηφιακή έξοδο (Single Bus), η οποία παρέχει υψηλότερη ακρίβεια δεδομένων.



Σχήμα 3.26: Αισθητήρας υγρασίας και θερμοκρασίας DHT22

Η ακρίβεια της μέτρησης της υγρασίας είναι της τάξεως των $\pm 2\%$ RH, ενώ της θερμοκρασίας είναι ± 0.5 °C. Ο αισθητήρας λειτουργεί με ρεύμα τάσης 3.3-5V

Ο αισθητήρας αυτός θα χρησιμοποιηθεί για την μέτρηση της εξωτερικής θερμοκρασίας και υγρασίας του περιβάλλοντος.

3.1.14 Σύστημα εντοπισμού θέσης (GPS)

Το Βιομετρικό Γιλέκο θα περιλαμβάνει επίσης ένα σύστημα εντοπισμού της θέσης του χρήστη σε πραγματικό χρόνο και άμεσης εμφάνισης της θέσης του στην εφαρμογή. Για τον λόγο αυτό θα χρησιμοποιηθεί μια μονάδα μετάδοσης σήματος GPS, η οποία θα συνδεθεί με το σύστημα Arduino ώστε να παρέχει τις απαιτούμενες πληροφορίες εντοπισμού της θέσης του χρήστη. Η μονάδα που επιλέχθηκε είναι η WeBee GP-002 GPS. Το συγκεκριμένο σύστημα έχει εξαιρετική ευαισθησία, πολύ χαμηλή ισχύ και μικρό μέγεθος. Το σήμα GPS εφαρμόζεται στην είσοδο της κεραίας της μονάδας, και ένα πλήρες πακέτο σειριακών δεδομένων με πληροφορίες θέσης, ταχύτητας και χρόνου παρουσιάζεται στην σειρακή διεπαφή χρησιμοποιώντας πρωτόκολλο NMEA. Η ευαισθησία παρακολούθησης -165dBm επεκτείνει την χρήση του σε δυσπρόσιτες περιοχές όπως φαράγγια ή σε περιβάλλοντα με πυκνά φυλλώματα. Λειτουργεί στα 3,3 Volt. (Σχήμα 3.27)



Σχήμα 3.27: Σύστημα Εντοπισμού Θέσης GPS

3.1.15 Επιταχυνσιόμετρο

Για τον έλεγχο της ενδεχόμενης πτώσης του χρήστη που φοράει το βιομετρικό γιλέκο, έχει εγκατασταθεί εντός του συστήματος, ένα επιταχυνσιόμετρο. Το επιταχυνσιόμετρο που επιλέχθηκε και χρησιμοποιήθηκε είναι το ADXL345. (Σχήμα 3.28) Το συγκεκριμένο επιταχυνσιόμετρο είναι ένα μικρό, λεπτό, χαμηλής ισχύος, επιταχυνσιόμετρο 3 αξόνων, με δυνατότητα μετρήσεων υψηλής ανάλυσης (13-bit) και έως την τιμή των +16 g (επιτάχυνση βαρύτητας) . Τα δεδομένα ψηφιακής εξόδου μορφοποιούνται ως συμπληρωματικά στα 16-bit και είναι προσβάσιμα μέσω της

ψηφιακής διεπαφής I2C. Το ADXL345 είναι κατάλληλο για τη μέτρηση της στατικής επιτάχυνσης της βαρύτητας στις εφαρμογές ανίχνευσης κλίσης, καθώς και για τη δυναμική επιτάχυνση που προκαλείται από κίνηση ή πτώση. Η υψηλή ανάλυση (4 mg / LSB) επιτρέπει τη μέτρηση αλλαγών κλίσης μικρότερες από 1,0 μοίρες.



Σχήμα 3.28: Επιταχυνσιομέτρο ADXL345

3.1.16 Καλωδιώσεις και Φωτισμός

ι) Καλώδιο ECG, με ειδικό σύνδεσμο για τοποθέτηση ηλεκτροδίων τύπου gel ECG/EKG

Για την ανίχνευση, μετάδοση και επεξεργασία των καρδιακών παλμών θα χρησιμοποιηθεί ένα επαγγελματικό καλώδιο ECG (Σχήμα 3.29), της εταιρείας DFRobot Gravity, το οποίο είναι συμβατό με τον αισθητήρα παρακολούθησης των καρδιακών παλμών τύπου ECG, που θα χρησιμοποιηθεί και το οποίο έχει αναφερθεί εκτενέστερα παραπάνω. Επίσης θα χρησιμοποιηθούν και ειδικά ECG/EKG Gel pads τα οποία θα επιτρέψουν την υψηλής ακρίβειας μετάδοση των ηλεκτρικών σημάτων της καρδιάς.



Σχήμα 3.29: Καλώδιο 3-Lead ECG

ii) Φωτισμός - Cree Led Lights

Στο Βιομετρικό Γιλέκο θα προστεθούν επίσης δύο Cree Led Lights, ισχύος 3W, συνδεδεμένα σε σειρά. Οι συγκεκριμένες λάμπες φωτισμού λειτουργούν με ρεύμα $I_F = 700\text{mA}$ και τάση $V_F = 3.3 - 4\text{V}$. Επίσης έχουν δύναμη φωτός (όπως αυτή γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο μάτι) της τάξεως των $18.5 - 20.5\text{ lm}$ (Lumen), ενώ το χρώμα εκπομπής φωτός τους είναι καθαρό λευκό χρώμα υψηλής φωτεινότητας, με την θερμοκρασία χρώματος να είναι της τάξεως των $6000 - 6500$ στην κλίμακα Kelvin (Σχήμα 3.30). Τέλος, η γωνία εκπομπής φωτός τους είναι στις 60 μοίρες.



Σχήμα 3.30: Λαμπτήρας Cree Led Light ισχύος 3W

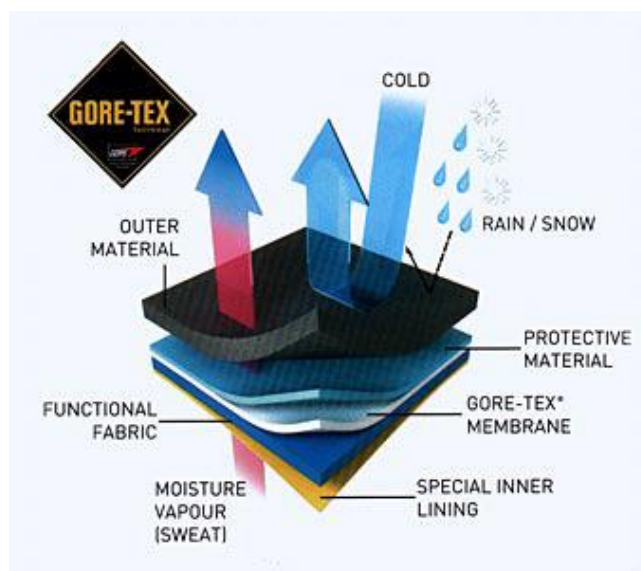
Σκοπός της τοποθέτησης λαμπτήρων στο Βιομετρικό Γιλέκο, είναι ο ευκολότερος εντοπισμός του χρήστη την νύχτα και σε καταστάσεις εκτάκτου ανάγκης.

3.2 Υλικό Κατασκευής Βιομετρικού Γιλέκου

Το υλικό κατασκευής του βιομετρικού γιλέκου που επιλέχθηκε αποτελείται από ένα ειδικά κατασκευασμένο τριών στρώσεων, υδατοστεγανό και ταυτόχρονα διαπνέον, ύφασμα. Τέτοιου είδους υφάσματα χρησιμοποιούνται στην ιστιοπλοΐα, στα θαλάσσια σπορ καθώς και στην ορειβάσια. Η πιο γνωστή εταιρεία παραγωγής τέτοιου είδους υφασμάτων είναι η GoreTex. (Σχήμα 3.31) Οι κατασκευαστές περιγράφουν συνήθως την αδιάβροχη αναπνοή των υφασμάτων αυτών χρησιμοποιώντας δύο αριθμούς. Ο πρώτος αριθμός είναι σε χιλιοστά (mm) και αποτελεί ένα μέτρο του πόσο αδιάβροχο είναι ένα ύφασμα. Στην περίπτωση ενός υφάσματος 10k λοιπόν, ή 10.000 mm, εάν τοποθετήσουμε ένα τετράγωνο σωλήνα με εσωτερικές διαστάσεις 1 "x 1" πάνω σε ένα κομμάτι του εν λόγω υφάσματος, θα μπορούσαμε να το γεμίσετε με νερό σε ύψος 10.000 mm (περίπου 32.8 πόδια) πριν το νερό αρχίσει να διαρρέει μέσα από αυτό. Όσο μεγαλύτερος είναι αυτός ο αριθμός λοιπόν, τόσο πιο αδιάβροχο είναι το ύφασμα.

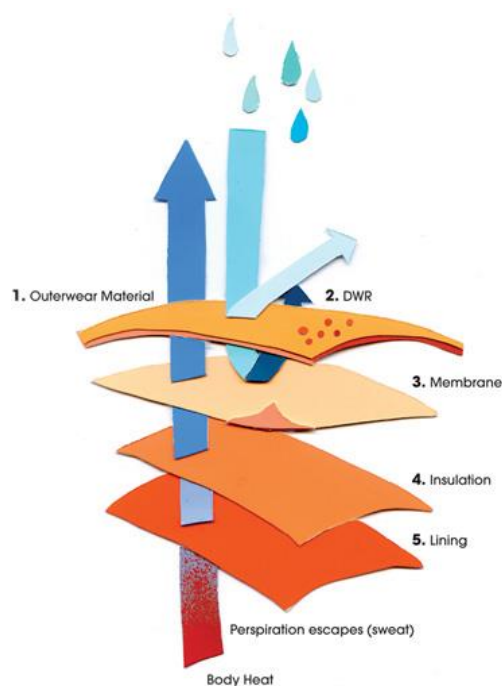
Ο δεύτερος αριθμός αποτελεί ένα μέτρο του πώς αναπνέει το ύφασμα και εκφράζεται κανονικά ως προς το πόσα γραμμάρια (g) υδρατμού μπορούν να περάσουν μέσα από ένα τετραγωνικό μέτρο (m²) του υφάσματος από το εσωτερικό προς το εξωτερικό κατά την διάρκεια ενός 24ώρου. Στην περίπτωση ενός υφάσματος 20k (20.000 g), αυτό θα ήταν 20.000 γραμμάρια. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός, τόσο πιο αναπνέον είναι και το ύφασμα.

Τα αδιάβροχα αναπνεύσιμα υφάσματα αποτελούνται από ένα εξωτερικό στρώμα που ονομάζεται «face fabric», συνήθως κατασκευασμένο από νάilon ή πολυεστέρα, και μια μεμβράνη ή επικάλυψη, συνήθως κατασκευασμένη από ePTFE (διογκωμένο πολυτετραφθοροαιθυλένιο, επίσης γνωστό ως Teflon®) ή PU (πολυουρεθάνη). Ο σκοπός του υφάσματος αυτού είναι να προστατεύει χωρίς να είναι όμως αδιάβροχο. Μπορεί όμως να αποθεί το νερό DWR (Durable Water Repellant) χρησιμοποιώντας μια υδρόφοβη επίστρωση με αποτέλεσμα να μην το απορροφά στο εσωτερικό του.



Σχήμα 3.31: Τεχνολογία Υφάσματος GoreTex (Πηγή: <https://www.gore-tex.com/technology/what-is-gore-tex>)

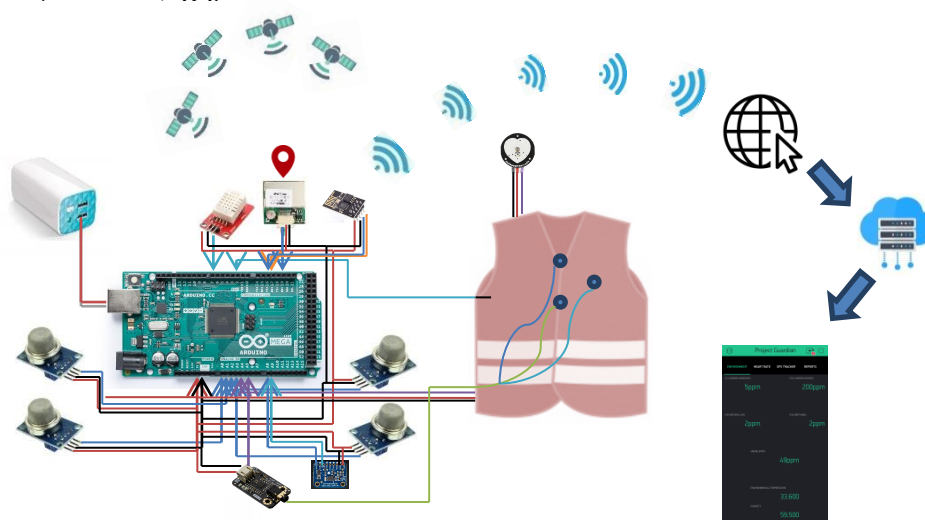
Η κύρια δουλειά της διατήρησης του νερού εκτός του υφάσματος, αφήνεται στην δεύτερη στρώση του υλικού και συγκεκριμένα σε μια μεμβράνη, η οποία έχει μικροσκοπικές τρύπες πολύ μικρές για να αφήσει το υγρό νερό να εισέλθει, αλλά αρκετά μεγάλες για να αφήσει τους υδρατμούς να διαφύγουν. Επειδή η μεμβράνη αυτή μπορεί να χάσει την ικανότητα της να διατηρεί το νερό εκτός, εάν έρθει σε επαφή με λάδι ή πετρέλαιο, κάποιες εταιρείες έχουν αναπτύξει ένα είδος προστασίας αυτής της μεμβράνης τοποθετώντας ένα πολύ λεπτό στρώμα PU (πολυουρεθάνης) ή χρησιμοποιώντας μια ελαιοφοβική στρώση. Τέλος, ένα λεπτό πλέγμα είναι κολλημένο στην εσωτερική επιφάνεια του υφάσματος, στα υφάσματα 3 στρώσεων (3L) (Σχήμα 3.32), έτσι ώστε το ύφασμα να είναι πιο άνετο στον χρήστη. Τα 2 υφάσματα δυο στρώσεων (2L) έχουν ξεχωριστή επένδυση υφάσματος.



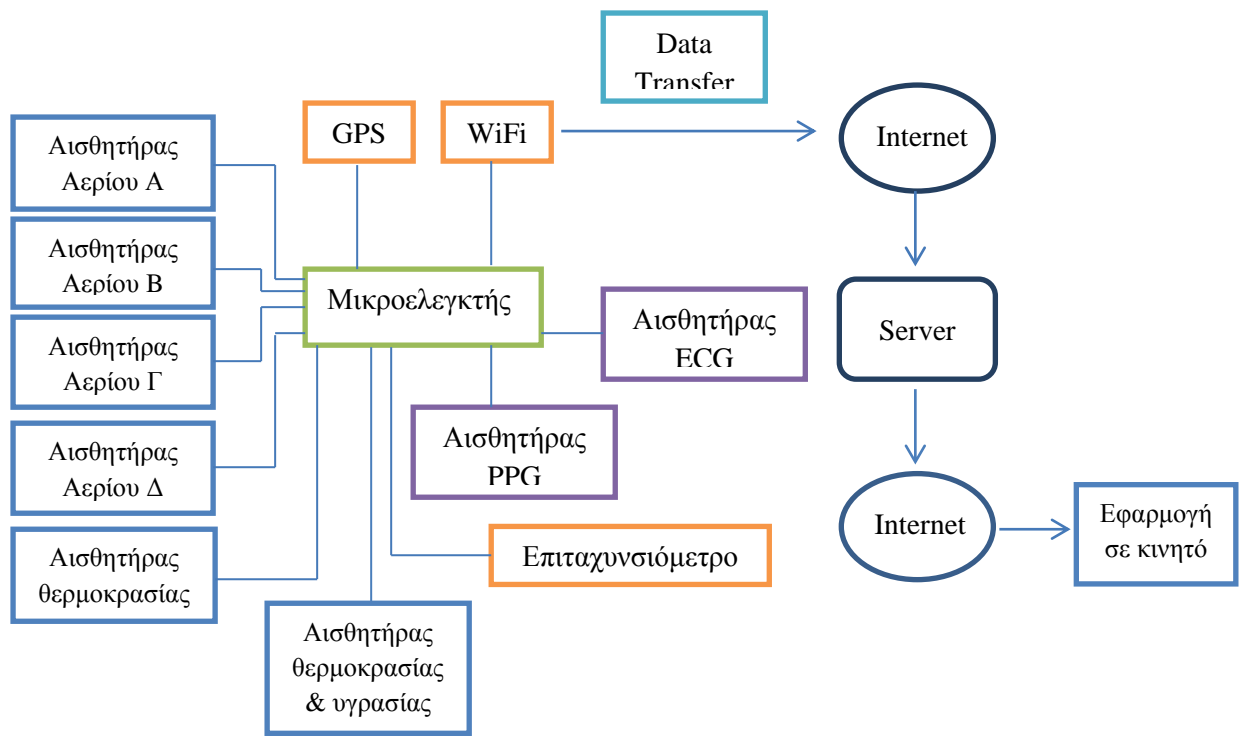
Σχήμα 3.32: Τεχνολογία Υφάσματος 3 Στρώσεων (3 Layer Fabrics) [m]

Το υλικό το οποίο επιλέχθηκε για την κατασκευή του βιομετρικού γιλέκου είναι ένα τριών στρώσεων υλικό και συγκεκριμένα το 3-Layer Stratos®, το οποίο χρησιμοποιεί η εταιρεία GoreTex, με τιμές υδατοστεγανότητας της τάξης των 20000 mm, και διαπνοής της τάξεως των 20000 g. Επίσης, το ύφασμα έχει επίσης υψηλής ποιότητας και αντοχής υδρόφοβη εξωτερική επιφάνειά.

Ακολουθεί η το σύστημα λειτουργίας και η αριτεκτονική του συστήματος του βιομετρικού γιλέκου. (Σχήματα 3.33 και 3.34)



Σχήμα 3.33: Σύστημα λειτουργίας βιομετρικού γιλέκου



Σχήμα 3.34: Αρχιτεκτονική συστήματος

Κεφάλαιο 4

Σχεδιασμός και Υλοποίηση Συστήματος

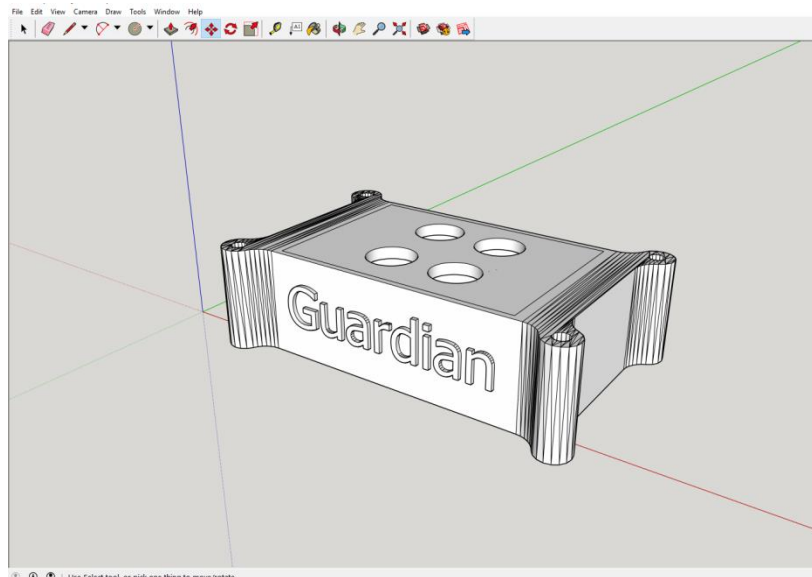
4.1 Στάδια Σχεδιασμού

Το παρόν σύστημα σχεδιάστηκε στην πλατφόρμα σχεδιασμού για μηχανικούς με όνομα SketchUp η οποία έχει αναπτυχθεί από την εταιρεία Trimble τον Αύγουστο του 2000.

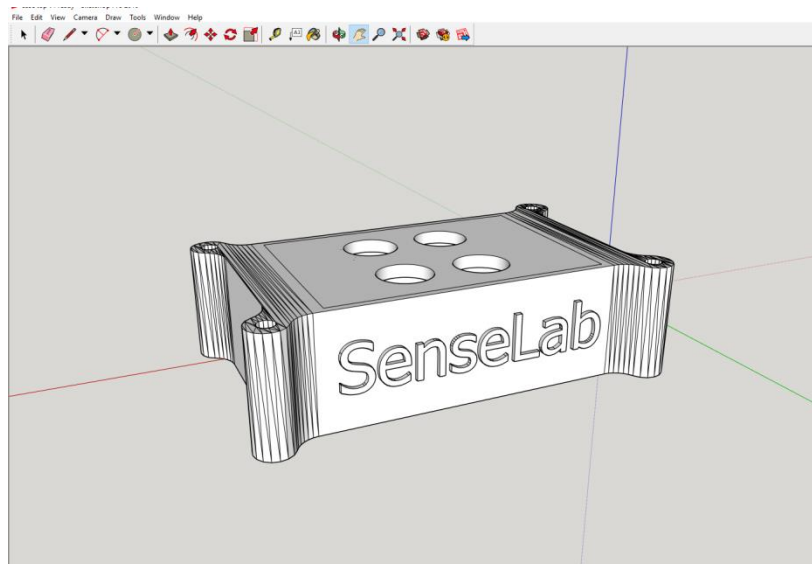
Η πλατφόρμα αυτή λειτουργεί σε λογισμικό σύστημα Microsoft Windows και προσφέρει στους χρήστες της μια ξεχωριστή σειρά από δυνατότητες για την ανάπτυξη ενός προϊόντος καθώς και εφαρμογές για στερεή μοντελοποίηση σε 3D Cad, ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων και προσομοίωση, σχηματική σχεδίαση, τεχνικές σχηματικές αναπαραστάσεις, άμεση 3D μοντελοποίηση όπως επίσης και δυσδιάστατες (2D) ορθογραφικές απόψεις και προβολές.

Το πρώτο στάδιο της σχεδίασης ήταν η μέτρηση των φυσικών διαστάσεων όλων των αντικειμένων που θα προορίζονταν για τοβιομετρικό γιλέκο. Στο δεύτερο στάδιο έπειτα από την καταγραφή των φυσικών διαστάσεων των αντικειμένων υπολογίζεται και σχεδιάζεται το πλέον κατάλληλο και συγχρόνως

μικρότερου δυνατού μεγέθους μοντέλο που θα μπορούσε να περιλάβει όλα τα αντικείμενα που μετρήθηκαν προηγουμένως ώστε να σχεδιαστεί η θήκη που θα περιλαμβάνει τον μικροελεγκτή Arduino καθώς και τις καλωδιώσεις που θα ενώνουν τους διάφορους αισθητήρες και μεταδότες δεδομένων και σήματος στο σύστημα. Ο σχεδιασμός της θήκης πραγματοποιήθηκε στην πλατφόρμα σχεδιασμού για Μηχανικούς SketchUp (Σχήματα 4.1 και 4.2)



Σχήμα 4.1: Τρισδιάστατος σχεδιασμός της θήκης του Βιομετρικού Γυαλιού, στην πλατφόρμα SketchUp



Σχήμα 4.2: Τρισδιάστατος σχεδιασμός της θήκης Guardian

4.1.1 Δημιουργία και Τρισδιάστατη Εκτύπωση Αντικειμένου

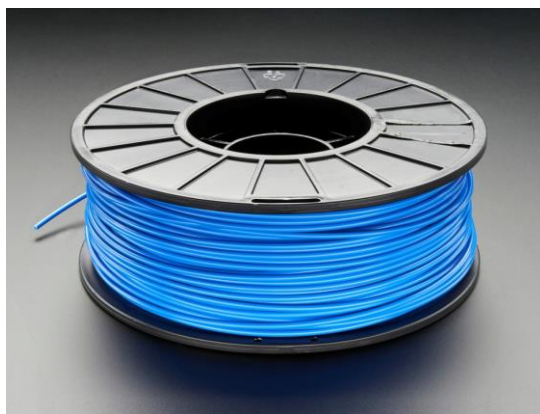
Μόλις ολοκληρωθεί ο σχεδιασμός της θήκης ακολουθεί η αρχική αποθήκευση του αρχείου σε μορφή .SKP (SketchUp), για να μπορέσουμε να το παραμετροποιήσουμε εάν αυτό απαιτηθεί, και η μετέπειτα επαναποθήκευσή του σε μορφή .STL (STereoLithography) για να μπορέσουμε να το χρησιμοποιήσουμε στον 3D εκτυπωτή ώστε το αντικείμενό μας να αποκτήσει φυσική υπόσταση.

Οι εκτυπώσεις μπορούν να έχουν διαστάσεις έως 20x20x20 cm (μήκος x πλάτος x ύψος), ενώ ως υλικό εκτύπωσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί το PLA, το ABS και το PETG. Το PLA είναι η συντομογραφία για το πολυ-γαλακτικό-οξύ (poly-lactic-acid) και πρόκειται για ένα πολυμερές το οποίο κατασκευάζεται από γαλακτικό οξύ (Σχήμα 4.3).



Σχήμα 4.3: Υλικό τρισδιάστατης εκτύπωσης τύπου PLA

Το ABS με την σειρά του είναι η συντομογραφία του Ακρυλονιτριλο-βουταδιένιο στυρενίου (Acrylonitrile Butadiene Styrene) και πρόκειται για ένα θερμοπλαστικό πολυμερές (Σχήμα 4.4). Πρόκειται για ένα τριπολυμερές που προκύπτει από τον πολυμερισμό στυρολίου και ακρυλονιτριλίου με την παρουσία πολυβουτανιεδίου.



Σχήμα 4.4: Υλικό τρισδιάστατης εκτύπωσης τύπου ABS

Τέλος, το PETG είναι η συντομογραφία για το Τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο με τροποποιημένη γλυκόλη (Polyethylene terephthalate – glycol modified). (Σχήμα 4.5) Πρόκειται για το πιο κοινό θερμοπλαστικό πολυμερές το οποίο ανήκει στην οικογένεια των πολυεστέρων και είναι πλήρως ανακυκλώσιμο.



Σχήμα 4.5: Υλικό τρισδιάστατης εκτύπωσης τύπου PETG

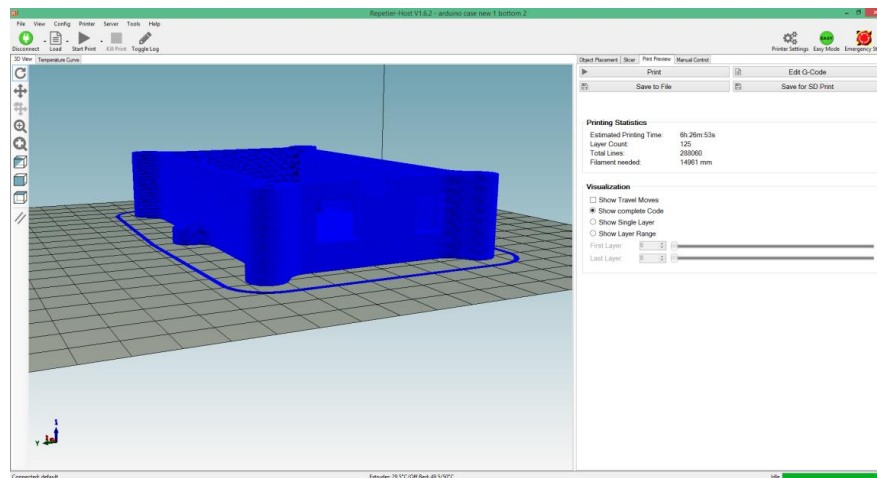
Οι διαφορές των συγκεκριμένων υλικών εκτός της διαφοράς θερμοκρασίας τήξης για την πραγματοποίηση της τρισδιάστατης εκτύπωσης, περιλαμβάνει και την διαφορά στην αντοχή εφελκυσμού του κάθε υλικού, η οποία αναφέρεται στο πόση πίεση μπορεί αυτό να αντέξει προτού σπάσει, ενώ επίσης αναγκαίο είναι να λάβουμε υπόψη μας και την σκληρότητα αυτού. (Σχήμα 4.6)

Τα στοιχεία αυτά μπορούν να λειτουργήσουν ως οδηγός για την επιλογή του καταλληλότερου υλικού εκτύπωσης αναλόγως της πραγματοποιούμενης εργασίας εκτύπωσης.

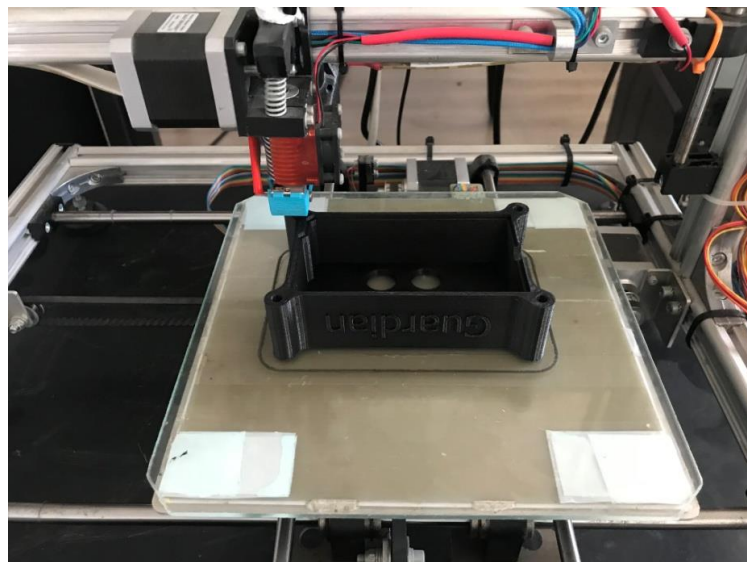
	Tensile strength	Toughness (IZOD notched impact)	Heat Deflection Temperature
ABS	33 MPa (4,700 psi)	106 J/m	204 °F
Nylon	48 MPa (7,000 psi)	200 J/m	207 °F
PLA	50 MPa (7,250 psi)	80 J/m	150 °F
PC	68 MPa (9,800 psi)	53 J/m	280 °F
PEI	81 MPa (11,735 psi)	41 J/m	415 °F

Σχήμα 4.6: Χαρακτηριστικά αντοχής σε εφελκυσμό, σκληρότητας και θερμοκρασίας τήξεως διαφόρων υλικών τρισδιάστατης εκτύπωσης

Η θήκη που σχεδιάστηκε τυπώνεται έπειτα σε τρισδιάστατο εκτυπωτή, ώστε να αποκτήσει υλική υπόσταση. (Σχήματα 4.7 και 4.8)



Σχήμα 4.7: Προετοιμασία τρισδιάστατου αντικειμένου για 3D εκτύπωση



Σχήμα 4.8: Αποτέλεσμα τρισδιάστατης εκτύπωσης της θήκης

4.1.2 Σχεδιασμός Βιομετρικού Γιλέκου

Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει την αναπαράσταση του Βιομετρικού Γιλέκου και την βέλτιστη θέση τοποθέτησης των αισθητήρων καθώς και του συστήματος του ηλεκτροκαρδιογράφου. Το Βιομετρικό γιλέκο σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε τα σημεία επαφής του ηλεκτροκαρδιογραφίας στο ύψος του στέρνου να εφάπτονται πλήρως.

Ως βάση χρησιμοποιήθηκε μία φανέλα μεγέθους Small, για άτομα με περίμετρο στήθους 94-97 εκατοστά. (Σχήμα 4.9)



Σχήμα 4.9: Πρωτότυπο Βιομετρικό Γιλέκο

4.2 Κατασκευή Βιομετρικού Γιλέκου

Το Κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει την συναρμολόγηση όλων των τμημάτων του υπό κατασκευή πρωτότυπου Βιομετρικού Γιλέκου, παρέχοντας παράλληλα σημαντικές πληροφορίες που αφορούν το κατασκευαστικό κομμάτι του μοντέλου.

4.2.1 Στάδια Κατασκευής Μοντέλου – Συναρμολόγηση

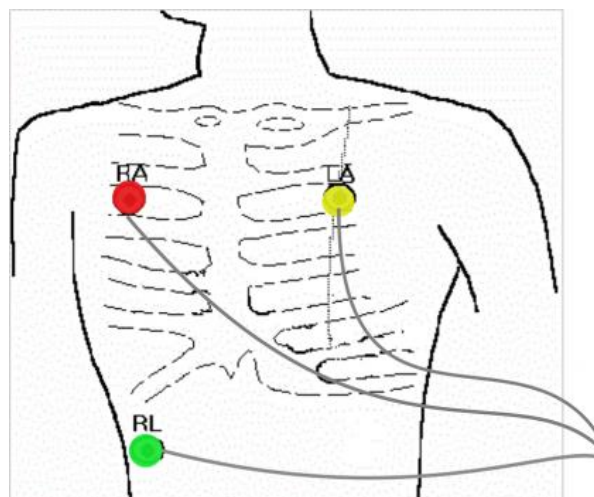
i) Το πρώτο στάδιο της συναρμολόγησης περιλαμβάνει την τοποθέτηση του μικροελεγκτή Arduino Mega 2560 στην ειδικά σχεδιασμένη θήκη. (Σχήμα 4.10)



Σχήμα 4.10: Τοποθέτηση του μικροελεγκτή Arduino στην θήκη Guardian

- ii) Το δεύτερο στάδιο περιλαμβάνει την τοποθέτηση των αισθητήρων στην πλατφόρμα Arduino. Για κάθε έναν αισθητήρα έχει προηγηθεί βαθμονόμηση. Αρχικά ο αισθητήρας αφήνεται σε λειτουργία να θερμανθεί για 48 ώρες. Ακολουθεί η βαθμονόμηση του μέσα από το διάγραμμα με τις καμπύλες ευαισθησίας των τυπικών χαρακτηριστικών του κάθε αισθητήρα, όπως αυτό παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 3.
- iii) Το τρίτο στάδιο περιλαμβάνει την σωστή τοποθέτηση του συστήματος του ηλεκτροκαρδιογράφου.

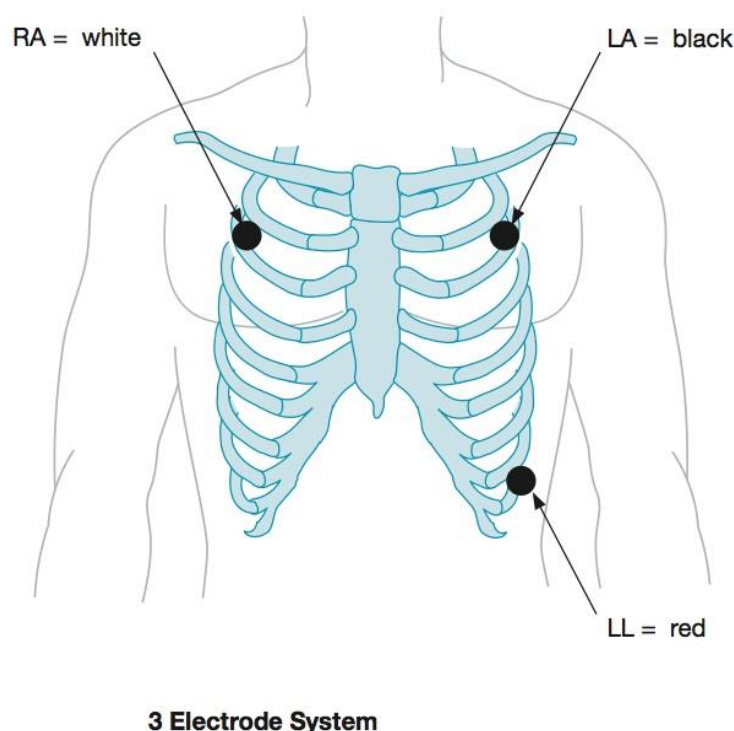
Η εταιρεία η οποία κατασκεύασε τον Ηλεκτροκαρδιογράφο δίνει στο Σχήμα 4.11 τυπικές θέσεις των τριών ηλεκτροδίων, ενώ αναφέρει, εάν καθίσταται δυνατό, αυτά να βρίσκονται όσο πιο κοντά στην καρδιά για καλύτερα αποτελέσματα.



Σχήμα 4.11: Τυπική θέση ηλεκτροδίων σύμφωνα με την εταιρεία DFRobot Gravity
[g]

Από την βιβλιογραφική έρευνα που πραγματοποιήθηκε προέκυψε ότι υπάρχουν διάφορες τεχνικές τοποθέτησης των ηλεκτροδίων του ηλεκτροκαρδιογράφου στο στήθος. Στην συγκεκριμένη περίπτωση το σύστημα χρησιμοποιεί ηλεκτρόδια τριών σημείων.

Ο πρώτος τρόπος τοποθέτησης των ηλεκτροδίων παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί (Σχήμα 4.12)



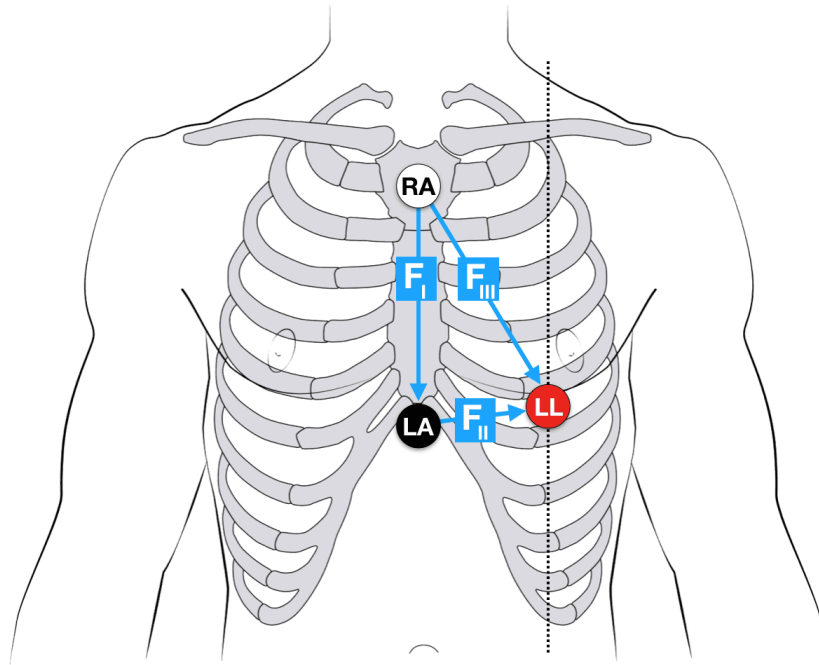
Σχήμα 4.12: Τυπικός τρόπος τοποθέτησης ηλεκτροδίων τριών σημείων [21]

Με τον συγκεκριμένο τρόπο, χρησιμοποιούνται τα τρία ηλεκτρόδια (RA, LA και LL) όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.12, ενώ για καλύτερα αποτελέσματα η τοποθέτηση τους στο θωρακικό τοίχωμα πρέπει να είναι σε απόσταση ίση με την καρδιά. Η μέθοδος αυτή αποτελεί την πιο συνηθισμένη μέθοδο τοποθέτησης ηλεκτροδίων τριών σημείων.

Ο δεύτερος τρόπος τοποθέτησης ονομάζεται και μέθοδος Fontaine. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για την αύξηση της ευαισθησίας των κυμάτων έψιλον που ανιχνεύονται και έχει πάρει το όνομά της από τον Γάλλο καρδιολόγο και ηλεκτροφυσιολόγο Guy Hugues Fontaine.

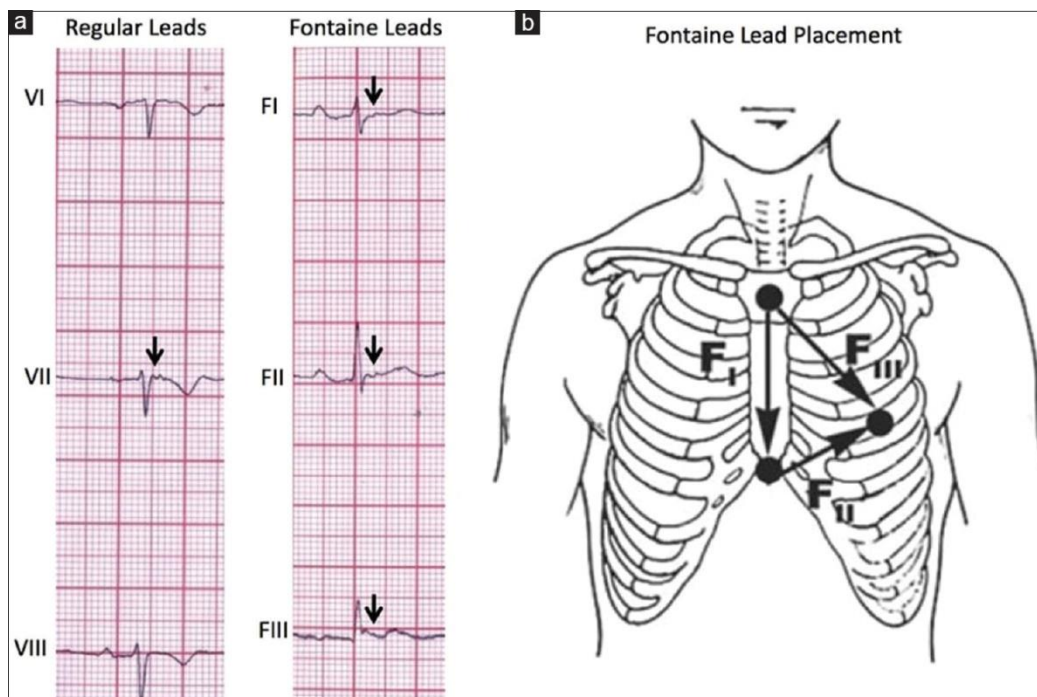
Το κύμα epsilon (ϵ) μπορεί να οριστεί ως ένα ηλεκτρικό σήμα αποπόλωσης που παρατηρείται μεταξύ του τέλους του συμπλέγματος QRS και της έναρξης του κύματος T. Το κύμα ϵ εντοπίζεται στους δεξιότερους προκαρδιοτικούς αγωγούς, όπου το σύμπλοκο QRS είναι ευρύτερο σε σχέση με το αριστερό προκάρδιο (διαφορά $\geq 25\text{ms}$) στην αρρυθμογενή καρδιομυοπάθεια (AC). [21]

Τα ηλεκτρόδια στην συγκεκριμένη μέθοδο τοποθετούνται όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί (Σχήμα 4.13)



Σχήμα 4.13: Τοποθέτηση ηλεκτροδίων τριών σημείων με την μέθοδο Fontaine [22]

Με την συγκεκριμένη μέθοδο μπορούν να ανιχνευθούν τα κύματα έψιλον που μέσα από τα οποία μπορεί να εντοπιστεί μια πιθανή μυοκαρδίτιδα, να αναζητηθούν περισσότερα δεδομένα που αφορούν την προέλευση της ταχυκαρδίας, ή άλλων αρρυθμιών, καθώς και να μελετηθούν μη φυσιολογικοί ρυθμοί της καρδιάς όταν τα κύματα P είναι πολύ μικρά χρησιμοποιώντας την πρώτη μέθοδο τυπικής τοποθέτησης ηλεκτροδίων τριών σημείων. (Σχήμα 4.14) [22]



Σχήμα 4.14: Διαφορά κυματομορφής απλού ηλεκτροκαρδιογραφήματος (a) και ηλεκτροκαρδιογραφήματος με την μέθοδο Fontaine (b) για την ανίχνευση των κυμάτων έψιλον. (Πηγή:

http://www.ijhronline.org/viewimage.asp?img=IntJHeartRhythm_2018_3_2_49_2508_60_f4.jpg)

Κατά τον σχεδιασμό της κατασκευής του πρωτότυπου Βιομετρικού Γιλέκου επιλέχθηκε η μέθοδος Fontaine, η οποία έχει καλύτερα αποτελέσματα στον εντοπισμό των καρδιακών αρρυθμιών, ενώ επίσης κατά την πειραματική διαδικασία έδωσε καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με τις άλλες μεθόδους που δοκιμάστηκαν.

4.3 Προγραμματισμός Μοντέλου

Μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής του Βιομετρικού Γιλέκου και την τοποθέτηση σε αυτό των αισθητήρων, συνέχεια έχει ο προγραμματισμός του συστήματος αυτού. Η διαδικασία του προγραμματισμού του Βιομετρικού γιλέκουσυστήματος ξεκινάει από την σωστή επιλογή της γλώσσας προγραμματισμού μέσα από την οποία θα δημιουργήσουμε τον κώδικα που θα δώσει "ζωή" στο

σύστημά μας και θα δώσει την δυνατότητα στον χρήστη να εκμεταλλευτεί πλήρως τις δυνατότητές που προσφέρει. Ο σωστός προγραμματισμός του μοντέλου έχει ως αποτέλεσμα την εύρυθμη λειτουργία του και την πλήρη αξιοποίηση των δυνατοτήτων για τον σκοπό το οποίο αυτό έχει σχεδιαστεί και κατασκευαστεί.

4.3.1 Επιλογή γλώσσας Προγραμματισμού

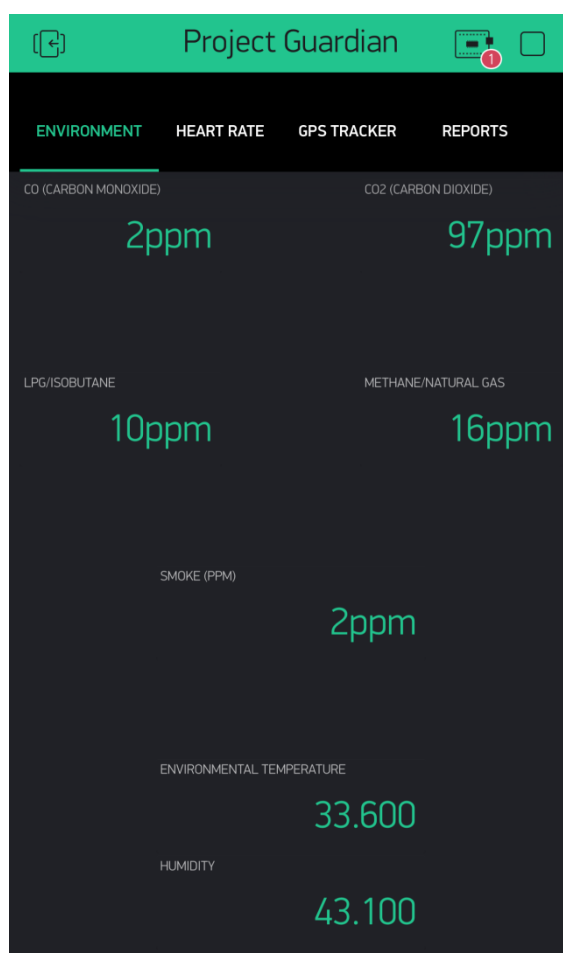
Ο προγραμματισμός του βιομετρικού γιλέκου πραγματοποιείται μέσω της πλατφόρμας προγραμματισμού Arduino. Η πλατφόρμα Arduino χρησιμοποιεί τις γλώσσες προγραμματισμού C και C++. Κατά τον προγραμματισμό των αισθητήρων μέτρησης καρδιακών παλμών χρησιμοποιήθηκαν οι βιβλιοθήκες PulseSensorPlayground και HeartRateMonitor της εταιρείας PulseSensor και DFRobot Gravity αντίστοιχα. Για τον προγραμματισμό του GPS, χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη TinyGps. Για τον προγραμματισμό των αισθητήρων θερμοκρασίας και υγρασίας χρησιμοποιήθηκαν οι βιβλιοθήκες OneWire, DallasTemperature και η DHT.

4.3.2 Δημιουργία Εφαρμογής

Η εφαρμογή που χρησιμοποιήθηκε ανήκει στην εταιρεία Blynk και αποτελεί μια δωρεάν εφαρμογή IoT (Internet of Things) με τεράστιες δυνατότητες παραμετροποίησής της από τους χρήστες, για την δημιουργία διαφόρων ειδών, νέων έξυπνων εφαρμογών. Χρησιμοποιείται τόσο στο iOS λογισμικό όσο και στο Android. Με την συγκεκριμένη εφαρμογή μπορεί ένας χρήστης να συνδέσει τις συσκευές του στο Cloud, να κατασκευάσει νέες εφαρμογές ώστε να τις ελέγχει από απόσταση, να πραγματοποιήσει ανάλυση των δεδομένων, ακόμα και να χρησιμοποιήσει την εφαρμογή που δημιούργησε για εμπορικούς σκοπούς. Πιο συγκεκριμένα, η πλατφόρμα παρέχει την δυνατότητα μετάδοσης, αποστολής και λήψης πληροφοριών στο Cloud της εταιρείας μέσω ενός συστήματος WiFi, μιας συσκευής Bluetooth κ.ο.κ. Η παραμετροποίηση και ο τρόπος λειτουργίας της εφαρμογής ανήκει μονάχα στον χρήστη αυτής, με την εταιρεία να του παρέχει τα εργαλεία διαμόρφωσης μέσω ενός φιλικού προς τον χρήστη, συστήματος ελέγχου και διαμόρφωσης.

Χρησιμοποιώντας τα εργαλεία διαμόρφωσης εφαρμογών, της εφαρμογής Blynk, δημιουργήθηκε η εφαρμογή με την ονομασία Project Guardian. (Σχήμα 4.15)

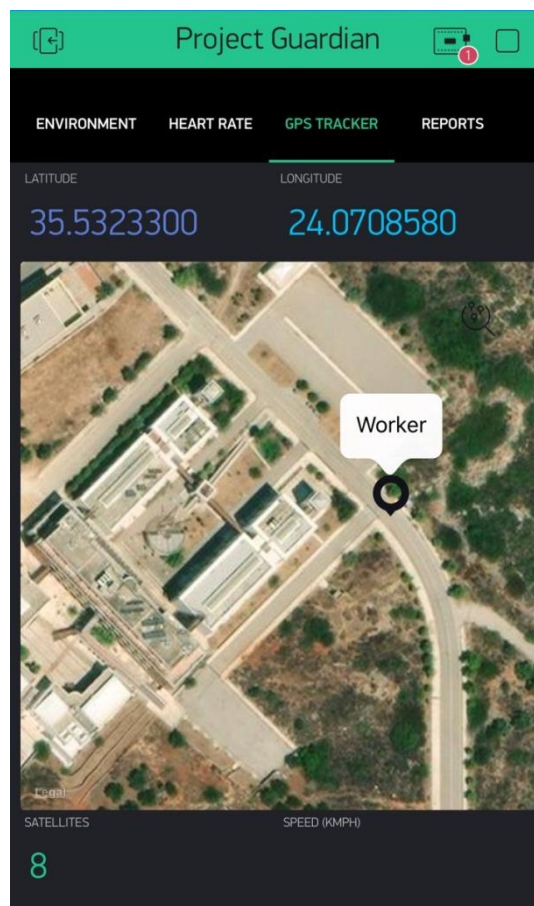
Η μετάδοση των δεδομένων από τους αισθητήρες πραγματοποιείται μέσω του συστήματος WiFi, το οποίο έχει εγκατασταθεί στον μικροελεγκτή Arduino, και έχει ως αποτέλεσμα την σε πραγματικό χρόνο εμφάνιση των μετρήσεων των βιομετρικών αισθητήρων καθώς και τον εντοπισμό με συντεταγμένες φ, λ, του χρήστη ο οποίος φοράει το βιομετρικό γιλέκο. Μειονέκτημα του συστήματος αποτελεί η χρήση δικτύου Internet για την μετάδοση, αποστολή και λήψη των δεδομένων από το Cloud της εταιρείας, στην εφαρμογή στο κινητό.



Σχήμα 4.15: Εφαρμογή Project Guardian

Η εφαρμογή που δημιουργήθηκε περιλαμβάνει 4 καρτέλες. Στην πρώτη καρτέλα περιλαμβάνονται οι μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο των αισθητήρων που σχετίζονται με το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται ο χρήστης. Η δεύτερη καρτέλα περιλαμβάνει τις σε πραγματικό χρόνο μετρήσεις των βιομετρικών χαρακτηριστικών του ανθρώπου

ο οποίος φοράει το βιομετρικό γιλέκο, όπως οι καρδιακοί παλμοί ανά λεπτό, οι οποίοι μετρώνται μέσα από δύο διαφορετικούς τρόπους (PPG και ECG) και απεικονίζονται ταυτόχρονα σε δύο ξεχωριστές οθόνες τιμών, καθώς και την θερμοκρασία του σώματός του. Η τρίτη καρτέλα περιλαμβάνει τον εντοπισμό της θέσης σε πραγματικό χρόνο, του χρήστη του βιομετρικού γιλέκου, την απεικόνιση των συντεταγμένων φ, λ, τον αριθμό των δορυφόρων GPS, καθώς και την θέση του στον εγκατεστημένο χάρτη (Σχήμα 4.16). Η τέταρτη και τελευταία καρτέλα περιλαμβάνει ένα ψηφιακό κουμπί το οποίο επιτρέπει την αποστολή των δεδομένων της εφαρμογής ανά ορισμένο χρονικό διάστημα, με ελάχιστη τιμή το ένα λεπτό, σε μορφή .csv, για την μετέπειτα επεξεργασία τους σε εφαρμογή τύπου Microsoft Excel.



Σχήμα 4.16: Απεικόνιση της θέσης του χρήστη σε πραγματικό χρόνο μέσα από την εφαρμογή Project Guardian

Κεφάλαιο 5

Πειραματική Διαδικασία

5.1 Βαθμονόμηση Αισθητήρων Αερίων

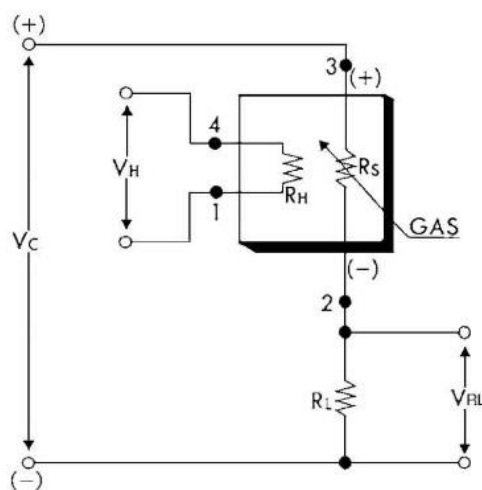
Η βαθμονόμηση των αισθητήρων πραγματοποιήθηκε σε τέσσερα στάδια.

Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει την σύνδεση των αισθητήρων σε ρεύμα τάσης 5V για 48 ώρες σε συνθήκες περιβάλλοντος ώστε να θερμανθεί σωστά η εσωτερική αντίσταση που φέρουν.

Κατά το δεύτερο στάδιο πραγματοποιήθηκε χρήση γνωστού κώδικα από τις εταιρείες κατασκευής των αισθητήρων για τον υπολογισμό της αντίστασης R_0 .

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι, κάθε αισθητήρας χρησιμοποιεί παρόμοια στάδια κυκλώματος που βασίζονται σε διαιρετή τάσης. (Σχήμα 5.1) Αυτός ο διαιρετής τάσης από δύο αντιστάσεις. Μία από αυτές τις αντιστάσεις, είναι η αντίσταση του αισθητήρα R_s , και η άλλη είναι η αντίσταση του φορτίου R_L .

Το R_s αλλάζει ανάλογα με την συγκέντρωση του αερίου, ενώ η αντίσταση R_L αλλάζει ανάλογα με τον αισθητήρα και μπορεί να υπολογιστεί με τη χρήση πολυμέτρου.



Σχήμα 5.1: Αντιστάσεις R_s και R_L [n]

Μόλις μετρηθεί η τάση από τον αναλογικό σε ψηφιακό μετατροπέα, η αντίσταση R_s μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας την παρακάτω εξίσωση. [n]

$$R_s = \frac{V_c \times R_L}{V_{out}} - R_L$$

Όπου,

V_c : Η τάση εισόδου, συνήθως με τιμή 5V (Volt)

V_{out} : Η τιμή της τάσης εξόδου

R_L : Η αντίσταση του φορτίου, η οποία έχει υπολογιστεί με την χρήση πολυμέτρου

Η αντίσταση R_0 είναι η αντίσταση του αισθητήρα σε γνωστή συγκέντρωση αερίου, στον καθαρό αέρα. Η τιμή αυτή θα πρέπει να μετράτε κατά την διάρκεια της βαθμονόμησης και να αποθηκεύεται στον αλγόριθμο ώστε να υπολογίζεται μετέπειτα η συγκέντρωση του προς εντοπισμό, αερίου.

Κατά το τρίτο στάδιο της βαθμονόμησης, και αφού έχει υπολογιστεί και αποθηκευτεί στον κώδικα η τιμή R_0 , είναι απαραίτητο να ληφθούν κάποιες τιμές ώστε να δημιουργηθεί μία προσέγγιση της απόκρισης των αισθητήρων. Για την προσέγγιση

την απόκρισης των αισθητήρων χρειάζονται το λιγότερο 2 τιμές (σημεία), αλλά για την καλύτερη βαθμονόμηση αυτού, χρησιμοποιήθηκαν 3 σημεία βαθμονόμησης, διαχωρισμένα το ένα από το άλλο π.χ. 10 ,100 και 1000 ppm.

Μόλις η τιμή της αντίστασης R_s υπολογιστεί και για τα τρία σημεία, υπολογίζεται η σχέση μεταξύ της αντίστασης R_s και R_0 (R_s / R_0) σε κάθε σημείο. (π.χ. $R_{s(100\text{ ppm})} / R_0$)

Οι τιμές των τριών αυτών σημείων χρησιμοποιήθηκαν στον κώδικα για να ληφθεί μια λογαριθμική προσέγγιση της απόκρισης των αισθητήρων.

Το τέταρτο και τελευταίο στάδιο περιλαμβάνει την δημιουργία κώδικα για την μετατροπή των μετρήσεων του αισθητήρα σε ppm. Κατά την μέτρηση των αερίων όπως για παράδειγμα το μονοξείδιο του άνθρακα ή το μεθάνιο, ο όρος συγκέντρωση χρησιμοποιείται για να περιγράψει την ποσότητα αερίου κατ' όγκο στον αέρα. Οι δύο πιο συνήθεις μονάδες μέτρησης είναι τα ppm (parts per million / μέρη ανά εκατομμύριο) και το ποσοστό συγκέντρωσης. Τα μέρη ανά εκατομμύριο (ppm) είναι η αναλογία ενός αερίου με ένα άλλο. Για παράδειγμα 1000 ppm μονοξειδίου σημαίνει ότι στα 1 εκατομμύρια μόρια αερίου τα 1000 είναι μονοξείδιο του άνθρακα και τα υπόλοιπα 999000 είναι κάποια άλλα αέρια. [n]

Ο αισθητήρας του διοξειδίου του άνθρακα, όπως και οι υπόλοιποι αισθητήρες, βαθμονομήθηκαν με τιμή 0 εντός του εργαστηρίου SenseLab, στο Πολυτεχνείο Κρήτης. Σύμφωνα με την Εθνική Ωκεανική και Ατμοσφαιρική Διοίκηση της Αμερικής (NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration) ο αέρας που αναπνέουμε περιέχει ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα της τάξεως των περίπου 401 ppm. [o] Η τιμή του διοξειδίου του άνθρακα που υπολογίστηκε από επαγγελματικό μετρητή του διοξειδίου του άνθρακα (Extech CO220) στην ατμόσφαιρα του εργαστηρίου ήταν 395 ppm. Η τιμή αυτή προστίθεται μετέπειτα για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης του CO₂ στην ατμόσφαιρα από τον εγκατεστημένο αισθητήρα, ενώ τέλος δεν υπάρχει η δυνατότητα απεικόνισης αρνητικών τιμών.

Ο έλεγχος των μετρήσεων των αισθητήρων πραγματοποιήθηκε στα εργαστήρια Γαλανάκης στα Χανιά, με την βοήθεια ειδικού κιτ δειγμάτων γνωστής συγκέντρωσης αερίων της εταιρείας Linde Hellas.

Στην επόμενη σελίδα παρατίθεται ο πίνακας με τις γνωστές συγκεντρώσεις των αερίων καθώς και τα αποτελέσματα των μετρήσεων των αισθητήρων που έχουν εγκατασταθεί στην θήκη του Βιομετρικού Γιλέκου. (Πίνακας 6)

Είδος Αερίου	Γνωστή Συγκέντρωση (ppm)	Μετρούμενη συγκέντρωση από τους αισθητήρες (ppm)	Ποσοστό ακρίβειας
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	100	83	83 %
Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂)	1000	759	75,9 %
Υγραέριο	1000	875	87,5 %
Μεθάνιο	1000	802	80,2 %
Καπνός	500	429	85,8 %

Πίνακας 6: Βαθμονόμηση Αισθητήρων Αερίων

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται μία απόκλιση των μετρήσεων των αισθητήρων από τις πραγματικές συγκεντρώσεις των αερίων. Αυτό μπορεί να οφείλεται είτε σε σφάλμα του ίδιου του αισθητήρα είτε σε κάποιο άλλο συστηματικό σφάλμα. Τα συστηματικά σφάλματα είναι σφάλματα που σχετίζονται με την αξιοπιστία μιας μέτρησης και μπορεί να οφείλονται στη λανθασμένη χρήση των οργάνων, στην παράβλεψη ορισμένων φαινομένων ή σε εξωτερικά αίτια που μπορεί να αλλάξουν τα αποτελέσματα του πειράματος (υγρασία, θερμοκρασία κ.λ.π.)

Παρ'όλα αυτά τα ποσοστά ακρίβειας των μετρήσεων των αισθητήρων αερίων κρίθηκαν ακόμα και από το ίδιο το εργαστήριο πάρα πολύ ικανοποιητικά για τον σκοπό που έχει κατασκευαστεί το βιομετρικό γιλέκο και που αφορά την ασφάλεια των εργαζομένων.

Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε έλεγχος των μετρήσεων θερμοκρασίας και υγρασίας του περιβάλλοντος. (Πίνακας 7)

	Μετρήσεις Οργάνου	Μετρήσεις Αισθητήρων	Ποσοστό ακρίβειας
Θερμοκρασία Εργαστηρίου	24,2 °C	24,4 °C	≈ 99 %
Υγρασία Εργαστηρίου	40,4 %	40,7 %	≈ 99 %

Πίνακας 7: Βαθμονόμηση Αισθητήρα Θερμοκρασίας και Υγρασίας

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι οι μετρήσεις των αισθητήρων οι οποίοι αφορούν την θερμοκρασία και την υγρασία του περιβάλλοντος έχουν ποσοστό ακρίβειας περίπου ίσο με 99%.

5.1.2 Μέτρηση Καρδιακών Παλμών

Το Βιομετρικό Γιλέκο περιλαμβάνει δύο αισθητήρες μέτρησης καρδιακών παλμών.

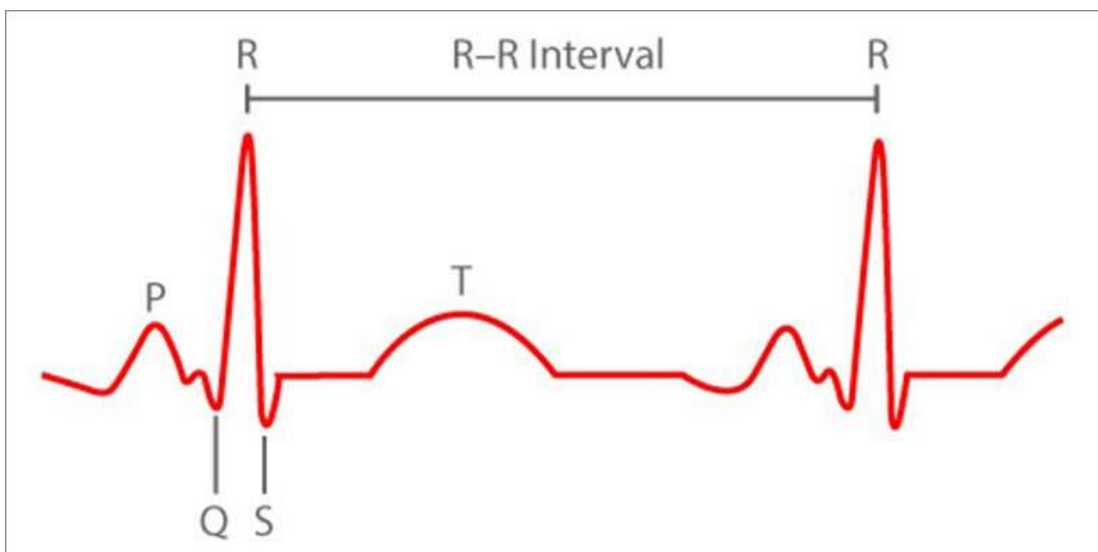
Τα πειράματα και ο έλεγχος της ακρίβειας των μετρήσεων των καρδιακών παλμών πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο SenseLab του Τμήματος των Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Ο βασικός τρόπος υπολογισμού των καρδιακών παλμών είναι σχετικά απλός. Λαμβάνοντας την διάρκεια μεταξύ δύο πανομοιότυπων σημείων των διαδοχικών κυματομορφών ECK / EKG , όπως για παράδειγμα την διάρκεια του διαστήματος R-R (Σχήμα 5.2) (ή την διάρκεια του διαστήματος P-P) και διαιρώντας το από το 60 (1 λεπτό = 60 δευτερόλεπτα) μπορούν εύκολα να υπολογιστούν οι παλμοί ανά λεπτό. (Εξίσωση 1). [q]

$$\text{HeartRate} = 60 / (\text{διάστημα R-R}) \quad (1)$$

Επειδή το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών R-R υπολογίζεται σε milliseconds η τελική εξίσωση που προκύπτει για την μέτρηση των καρδιακών παλμών είναι:

$$\text{HeartRate} = [60 / (\text{διάστημα R-R})] * 1000 \quad (2)$$



Σχήμα 5.2: Διάστημα R-R [p]

Για τον υπολογισμό των καρδιακών παλμών χρησιμοποιήθηκαν βιβλιοθήκες από τους κατασκευαστές των εγκατεστημένων αισθητήρων. Η μέτρηση των καρδιακών παλμών και στους δύο τύπους αισθητήρες πραγματοποιείται ως εξής:

Αρχικά καθορίζουμε μια τιμή ως όριο κάτω από την οποία δεν θα λαμβάνεται το σήμα ως παλμός. Χρησιμοποιώντας timers στον μικροελεγκτή Arduino, υπολογίζεται η χρονική διάρκεια σε milliseconds (ms) μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών R-R. Χρησιμοποιώντας την Εξίσωση 2 μπορούμε να υπολογίσουμε τους καρδιακούς παλμούς ανά λεπτό.

Ο αριθμός καρδιακών παλμών ανά λεπτό και στους δύο εγκατεστημένους αισθητήρες υπολογίζεται με τη χρήση του μέσου όρου της χρονικής διάρκειας του διαστήματος από 5 διαδοχικούς παλμούς σε milliseconds και χρησιμοποιώντας αυτή την τιμή στην Εξίσωση 2.

5.2 Διεξαγωγή Πειραματικής Διαδικασίας

Η διεξαγωγή των μετρήσεων της πειραματικής διαδικασίας πραγματοποιήθηκε στο Πολυτεχνείο Κρήτης και συγκεκριμένα στο Εργαστήριο Γεωδαισίας και Γεωπληροφοριακών Συστημάτων, καθώς και τον περιβάλλοντα χώρο της σχολής

όπου στεγάζεται το τμήμα των Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Πειραματική διαδικασία πραγματοποιήθηκε επίσης στο Λατομείο Αδρανών Υλικών της εταιρείας Ιντερμπετόν στην περιοχή του Ρεθύμνου, η οποία ανήκει στον όμιλο TITAN. Η πειραματική διαδικασία αποτελείται από δύο στάδια. Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει την επιτυχή μέτρηση των καρδιακών παλμών του χρήστη και των περιβαλλοντικών συνθηκών που βρίσκεται, μέσα από την χρήση των εγκατεστημένων αισθητήρων, εντός του εργαστηρίου SenseLab του Πολυτεχνείου. Τα δεύτερο στάδιο της πειραματικής διαδικασίας πραγματοποιήθηκε στο Λατομείο αδρανών υλικών και περιλαμβάνει μετρήσεις συνολικής διάρκειας 3 ημερών, από την αρχή της έναρξης της εργασίας τυχαίων εργαζομένων και σε διάφορες θέσεις εργασίας ανά ημέρα, της λατομικής μονάδας, με σκοπό την πραγματοποίηση ελέγχου Υγιεινής και Ασφάλειας, μέσα από τον σε πραγματικό χρόνο εντοπισμό τυχόν επιβλαβών αερίων από τους αισθητήρες και την ειδοποίηση μέσω της εφαρμογής για τυχόν κίνδυνο, την επίβλεψη των περιβαλλοντικών συνθηκών εργασίας των εργαζομένων, καθώς και των βιομετρικών χαρακτηριστικών τους και τον εντοπισμό της θέσης στην οποία βρίσκονται κατά την διάρκεια και μέχρι την λήξη της εργασίας τους στην λατομική μονάδα.

5.2.1 Λίστα Ελέγχου Βιομετρικού Γιλέκου

Για την ασφαλή και ορθή λειτουργία του πρωτότυπου Βιομετρικού Γιλέκου, πραγματοποιούνται κάποιοι απαραίτητοι έλεγχοι πριν, κατά την διάρκεια καθώς και στο τέλος της πειραματικής διαδικασίας. Οι έλεγχοι ορίζονται ως εξής:

Πριν την πειραματική διαδικασία

- Έλεγχος των αισθητήρων και ενεργοποίησή τους για τουλάχιστον 24 ώρες πριν την έναρξη της πειραματικής διαδικασίας,
- Έλεγχος σωστής τοποθέτησης του Βιομετρικού Γιλέκου στο σώμα του χρήστη,
- Έλεγχος του ενσωματωμένου συστήματος Arduino, για την σωστή λειτουργία του,

- Ενεργοποίηση συστήματος,
- Έλεγχος της αυτόματης σύνδεσης στο διαδίκτυο της εφαρμογής,
- Έλεγχος της σωστής λειτουργίας του συστήματος GPS,
- Έλεγχος της ορθής λειτουργίας του συστήματος φωτισμού,
- Έλεγχος ηλεκτρονικών και ηλεκτρικών συστημάτων τροφοδοσίας.

Κατά την διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας

- Έλεγχος ορθής μέτρησης και μετάδοσης σε πραγματικό χρόνο των δεδομένων από τους αισθητήρες του Βιομετρικού Γιλέκου
- Έλεγχος μετάδοσης σήματος GPS
- Έλεγχος αποστολής reports στο e-mail για την μετέπειτα επεξεργασία των δεδομένων

Στο τέλος της πειραματικής διαδικασίας

- Έλεγχος των αισθητήρων
- Έλεγχος ηλεκτρονικών και ηλεκτρικών συστημάτων τροφοδοσίας
- Κλείσιμο συστήματος

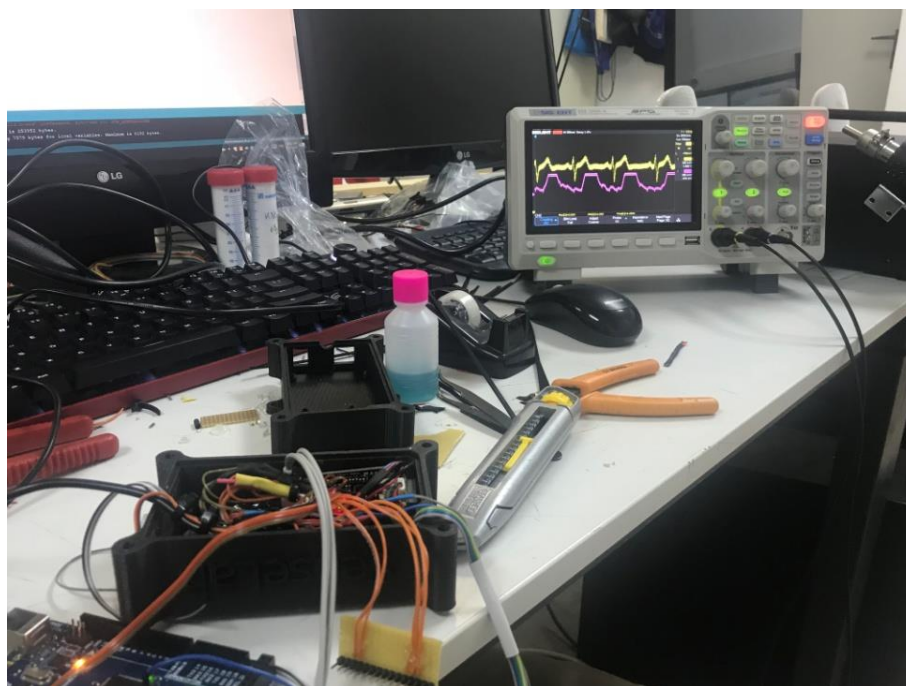
5.2.2 Πρώτο Στάδιο Πειραματικής Διαδικασίας

Το πρώτο στάδιο της πειραματικής διαδικασίας πραγματοποιήθηκε εντός του εργαστηρίου «Γεωδαισίας και Πληροφορικής των Γεωεπιστημών» καθώς και στον υπαίθριο του Πολυτεχνείου Κρήτης και περιλαμβάνει την επιτυχή μέτρηση των

καρδιακών παλμών του χρήστη και των περιβαλλοντικών συνθηκών που βρίσκεται, μέσα από την χρήση των εγκατεστημένων αισθητήρων.

Αρχικά πραγματοποιήθηκε εντός του εργαστηρίου μέτρηση των καρδιακών παλμών και από τους δύο αισθητήρες για την μετέπειτα σύγκριση των μετρήσεων. (Σχήμα 5.3)

Στα πλαίσια της πειραματικής διαδικασίας για την καταγραφή των αποτελεσμάτων του Ηλεκτροκαρδιογράφου και του αισθητήρα καρδιακών παλμών ο οποίος τοποθετείται στον λοβο του αυτιού του χρήστη, χρησιμοποιήθηκε ένας παλμογράφος και συγκεκριμένα ο SDS 1202X-E της εταιρείας Siglent.

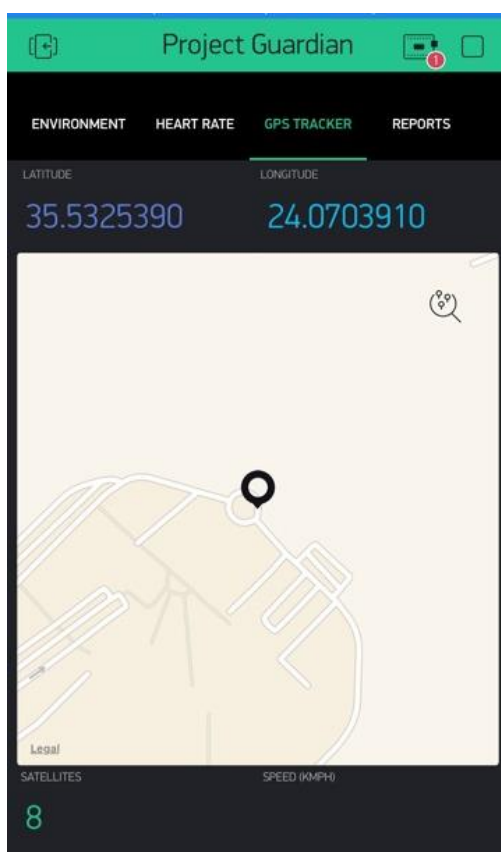


Σχήμα 5.3: Ταυτόχρονη μέτρηση των καρδιακών παλμών από τους δύο αισθητήρες

Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στον εξωτερικό χώρο της σχολής των Μηχανικών Ορυκτών Πόρων με παράλληλη χρήση της εφαρμογής Project Guardian για την απεικόνιση σε πραγματικό χρόνο των μετρήσεων και τον εντοπισμό της θέσης του χρήστη. (Σχήματα 5.4 και 5.5)



Σχήμα 5.4: Μέτρηση Περιβαλλοντικών συνθηκών



Σχήμα 5.5: Εντοπισμός χρήστη σε πραγματικό χρόνο

5.2.3 Δεύτερο Στάδιο Πειραματικής Διαδικασίας

Το δεύτερο στάδιο της πειραματικής πραγματοποιήθηκε στο Λατομείο αδρανών υλικών της εταιρείας Ιντερμπετόν μέσα σε χρονική διάκρια 3 ημερών, σε 3 διαφορετικές θέσεις εργασίας, από 2 διαφορετικούς εργαζομένους, από την έναρξη έως την λήξη της βάρδιάς τους

Ημέρα 1:

Κατά την πρώτη ημέρα, του δεύτερου σταδίου της πειραματικής διαδικασίας το βιομετρικό γιλέκο φορέθηκε από τον υπεύθυνο ασφαλείας της εταιρείας Ιντερμπετόν από την έναρξη της εργασίας του μέχρι την λήξη αυτής. Αρχικά ο υπεύθυνος ασφαλείας πραγματοποίησε έναν τυπικό έγκχο ασφαλείας στις διάφορες θέσεις εργασίας, με ταυτόχρονο εντοπισμό της θέσης του σε πραγματικό χρόνο με την βοήθεια του εγκατεστημένου GPS. Στην συνέχεια, πραγματοποιήθηκε ένα τεστ ελέγχου του αισθητήρα του μονοξειδίου του άνθρακα, ενώ έπειτα συνέχισε με έλεγχο της μονάδας καυσίμου που βρίσκεται εντός του λατομείου για τον εφοδιασμό των οχημάτων με πετρέλαιο και ορισμένων εταιρικών αυτοκινήτων με LPG. Τέλος, ο χρήστης επέστρεψε στο γραφείο του για την διεκπαιρέωση άλλων εργασιών μέχρι το τέλος του ωραρίου του.

Ημέρα 2:

Κατά την δεύτερη ημέρα, του δεύτερου σταδίου της πειραματικής διαδικασίας, το βιομετρικό γιλέκο φορέθηκε από την έναρξη έως την λήξη του ωραρίου εργασίας από εργαζόμενο στο μηχανουργείο του λατομείου, με τους αισθητήρες να λαμβάνουν μετρήσεις καθ'ολη την διάρκεια εργασίας του. (Σχήματα 5.6 και 5.7)



Σχήμα 5.6: Μέτρηση καρδιακών παλμών εργαζομένου



Σχήμα 5.7: Εργαζόμενος σε Μηχανουργείο φορώντας το γιλέκο Guardian

Ημέρα 3:

Κατά την τρίτη ημέρα, της πειραματικής διαδικασίας το βιομετρικό γιλέκο φορέθηκε από την έναρξη έως την λήξη του ωραρίου από τον υπεύθυνο ασφαλείας του λατομείου. Στην διάρκεια αυτής της ημέρας πραγματοποιήθηκε μιά τυπική και καθημερινή διαδρομή εργασίας ενός εργαζομένου στο λατομείο με την χρήση μπουλντόζας, καθώς και έλεγχος του ποσοστού διοξειδίου του άνθρακα κοντά και γύρω από το όχημα. (Σχήμα 5.8) Επίσης, περιλαμβάνει μια προσομοίωση πιθανής πτώσης του εργαζομένου κατά την κατάβασή του από το όχημα για τον έλεγχο από τους αισθητήρες και την ειδοποίηση μέσω της εφαρμογής του κέντρου για πιθανή έκθεση του χρήστη σε υψηλό κίνδυνο για την ζωή του με ταυτόχρονη λήψη της τοποθεσίας που βρίσκεται (Σχήματα 5.9 και 5.10). Τέλος, η πειραματική διαδικασία ολοκληρώνεται με την αποστολή μη επανδρωμένου αεροσκάφους για τον γρήγορο έλεγχο της υγείας των εργαζομένων του λατομείου, στις διάφορες τοποθεσίες που βρίσκονται και μπορούν να εντοπιστούν με την χρήση πολλών βιομετρικών γιλέκων.



Σχήμα 5.8: Χειριστής βαρέως οχήματος κατά την διάρκεια εργασίας του σε λατομείο



Σχήμα 5.9: Προσωμοίωση πτώσης κατά την κατάβαση του οχήματος



Σχήμα 5.10: Προσωμοίωση πτώσης

Κεφάλαιο 6

Επεξεργασία Αποτελεσμάτων

Στο Κεφάλαιο αυτό θα πραγματοποιηθεί επεξεργασία των αποτελεσμάτων από το πρώτο και δεύτερο στάδιο της πειραματικής διαδικασίας του προηγούμενου Κεφαλαίου 8, στις διάφορες συνθήκες.

6.1 Αποτελέσματα Επεξεργασίας Πρώτου Σταδίου Πειραματικής Διαδικασίας

Κατά την διάρκεια του πρώτου σταδίου της πειραματικής διαδικασίας, μετρήθηκαν οι παλμοί του χρήστη του βιομετρικού γιλέκου από τις δύο διαφορετικές εγκατεστημένες συσκευές μέτρησης καρδιακών παλμών, με ταυτόχρονη απεικόνισή τους σε επαγγελματικό παλμογράφο με τα αποτελέσματα να παρουσιάζονται παρακάτω σχήματα που ακολουθούν. (Σχήμα 6.1 και Σχήμα 6.2)



Σχήμα 6.1: Αποτελέσματα μέτρησης παλμών ανά λεπτό, εντός εργαστηρίου και απεικόνιση στον παλμογράφο

Η κίτρινη γραμμή στον παλμογράφο αντιπροσωπεύει τον αισθητήρα ηλεκτροκαρδιογραφήματος, ενώ η μωβ γραμμή αντιπροσωπεύει τον αισθητήρα ανίχνευσης καρδιακών παλμών ο οποίος χρησιμοποιεί την μέθοδο την φωτοπληθυσμογραφίας. Από την εικόνα του παλμογράφου παρατηρούμε ότι οι δύο συσκευές ενώ φαίνεται ότι λειτουργούν με διαφορετικό τρόπο, λειτουργούν ακρίβως το ίδιο. Τόσο ο ηλεκτροκαρδιογράφος, όσο και ο αισθητήρας ανίχνευσης καρδιακών παλμών ο οποίος έχει τοποθετηθεί στο αυτί του χρήστη υπολογίζουν τους παλμούς της καρδιάς μετρώντας την χρονική διάρκεια του διαστήματος R-R, ενώ από την εικόνα φαίνεται ότι ο ηλεκτροκαρδιογράφος μετράει τους παλμούς χρησιμοποιώντας την χρονική διάρκεια του διαστήματος T-T (T wave). Η διαφοροποίηση αυτή έγκειται στο γεγονός της χρονικής καθυστέρησης των δύο σημάτων. Ο ηλεκτροκαρδιογράφος είναι τοποθετημένος πολύ κοντά στην καρδιά ενώ ο αισθητήρας φωτοπληθυσμογραφίας είναι τοποθετημένος στο αυτί του χρήστη. Αυτή η φυσική απόσταση που χρειάζεται να διανύσει το αίμα αντικατοπτρίζεται στον παλμογράφο.

Εάν τώρα στον παλμογράφο, τοποθετήσουμε στις κορυφές του σήματος δύο μετρητές χρόνου, από τους οποίους μπορούμε να υπολογίσουμε την χρονική διάρκεια του διαστήματος μεταξύ δύο κορυφών (είτε R-R, είτε P-P, είτε T-T), παρατηρούμε στο Σχήμα 9.1 ότι η χρονική αυτή διάρκεια είναι της τάξεως των 776 ms (milliseconds)

Χρησιμοποιώντας την Εξίσωση 2, όπου

$$\text{HeartRate} = [60 / (\text{διάστημα R-R})] * 1000 \quad (2)$$

αντικαθιστώντας και εκτελώντας τις πράξεις, προκύπτει ότι:

$$\text{HeartRate} = 77,319 \text{ bpm}$$

Την ίδια χρονική στιγμή το βιομετρικό γιλέκο κατέγραψε από τους αισθητήρες τις παρακάτω τιμές (Σχήμα 6.2)

Heart-Beat Found BPM: 77
Heart-Beat Found BPM: 78
Heart-Beat Found BPM: 77
Heart-Beat Found BPM: 76

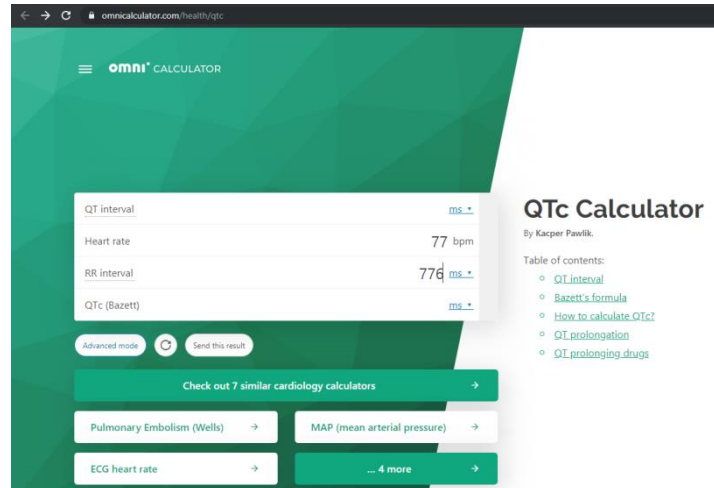
Σχήμα 6.2: Αποτελέσματα μέτρησης παλμών ανά λεπτό, εντός εργαστηρίου από το βιομετρικό γιλέκο σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή (ECG)

Ενώ ο αισθητήρας φωτοπληθυσμογραφίας κατέγραψε τις τιμές που ακολουθούν (Σχήμα 6.3)

BPM: 78
BPM: 77
BPM: 78
BPM: 75

Σχήμα 6.3: Αποτελέσματα μέτρησης παλμών ανά λεπτό, εντός εργαστηρίου από το βιομετρικό γιλέκο σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή (PPG)

Στο διαδίκτυο υπάρχει σχετική ιστοσελίδα στην οποία ο ενδιαφερόμενος μπορεί να πληκτρολογήσει το χρονικό διάστημα μεταξύ των κορυφών R-R ή P-P και να του εμφανίσει άμεσα τους καρδιακούς παλμούς ανά λεπτό. (Σχήμα 6.4)

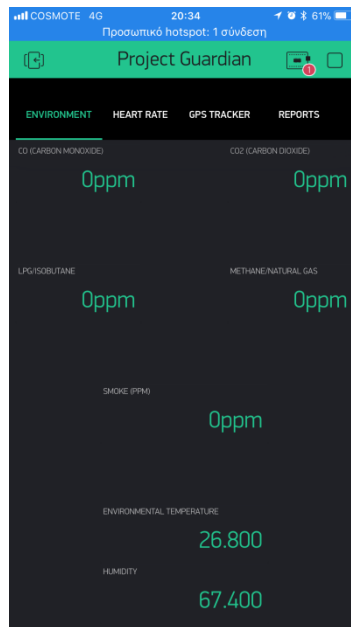


Σχήμα 6.4: Αποτελέσματα μέτρησης παλμών ανά λεπτό, μέσω ιστοσελίδας (Πηγή: <https://www.omnicalculator.com/health/qtc>)

Παρατηρείται ότι σε κατάσταση ακινησίας και οι δύο βιομετρικοί αισθητήρες παράγουν πάρα πολύ καλά αποτελέσματα στην μέτρηση των καρδιακών παλμών του χρήστη του βιομετρικού γιλέκου. Επίσης, ενώ εξακολουθεί να παρατηρείται θόρυβος (για παράδειγμα λόγω στατικού ηλεκτρισμού), δεν φαίνεται να επηρεάζει έντονα τις μετρήσεις. Κατά την διάρκεια όμως έντονης εργασίας εντός του εργαστηρίου παρατηρήθηκαν μη ομαλές τιμές οι οποίες όμως με την πάραδο μερικών δευτερολέπτων και με την παραμετροποίηση του κώδικα ώστε να απορρίπτει πολύ ακραίες τιμές, ελαχιστοποιήθηκαν, για την βέλτιστη μέτρηση των καρδιακών παλμών του χρήστη κατά την διάρκεια έντονης εργασίας. Το φαινόμενο των ακραίων τιμών μπορεί να οφείλεται είτε στην κίνηση των μύων του σώματος, είτε σε μη κατάλληλη επαφή των αισθητήρων στο σώμα.

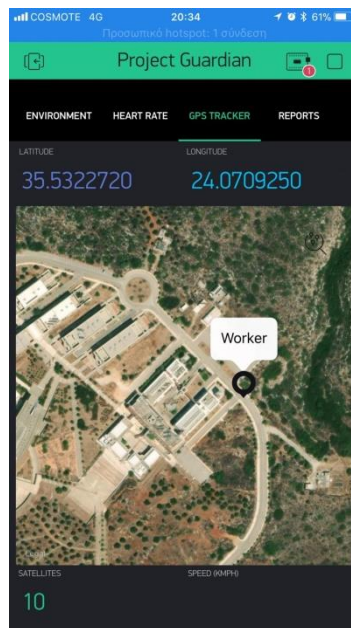
Στην συνέχεια, πραγματοποιήθηκε εξωτερικός έλεγχος των περιβαλλοντικών συνθηκών, γύρω από το κτήριο του τμήματος των Μηχανικών Ορυκτών πόρων και μέχρι το τμήμα των Μηχανικών Περιβάλλοντος, με ταυτόχρονο εντοπισμό σε πραγματικό χρόνο με την βοήθεια συστήματος GPS, της τοποθεσίας του χρήστη και απεικόνιση των δεδομένων στην εφαρμογή στο κινητό.

Τα αποτελέσματα της διαδικασίας φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί. (Σχήμα 6.5)



Σχήμα 6.5: Αποτελέσματα πρώτου σταδίου πειραματικής διαδικασίας

Παρατηρούμε ότι τα δεδομένα από τους αισθητήρες στέλνονται στην εφαρμογή σε πραγματικό χρόνο. Η τιμή του 0 ppm CO₂ αντιστοιχεί σε εντοπισμό συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα με τιμή μικρότερη ή ίση από 395 ppm. Παράλληλα πραγματοποιήθηκε και γεωεντοπισμός του χρήστη με την βοήθεια του εγκατεστημένου συστήματος GPS. (Σχήμα 6.6)



Σχήμα 6.6: Γεωεντοπισμός του χρήστη του βιομετρικού γιλέκου

6.2 Αποτελέσματα Επεξεργασίας Δευτέρου Σταδίου Πειραματικής Διαδικασίας

Το δεύτερο στάδιο της πειραματικής διαδικασίας πραγματοποιήθηκε στο λατομείο αδρανών υλικών της εταιρείας Ιντερμπετόν. (Σχήματα 6.7, 6.8, 6.9)



Σχήμα 6.7: Λατομείο Αδρανών Υλικών στην περιοχή του Ρεθύμνου – Μέτωπο εκμετάλλευσης



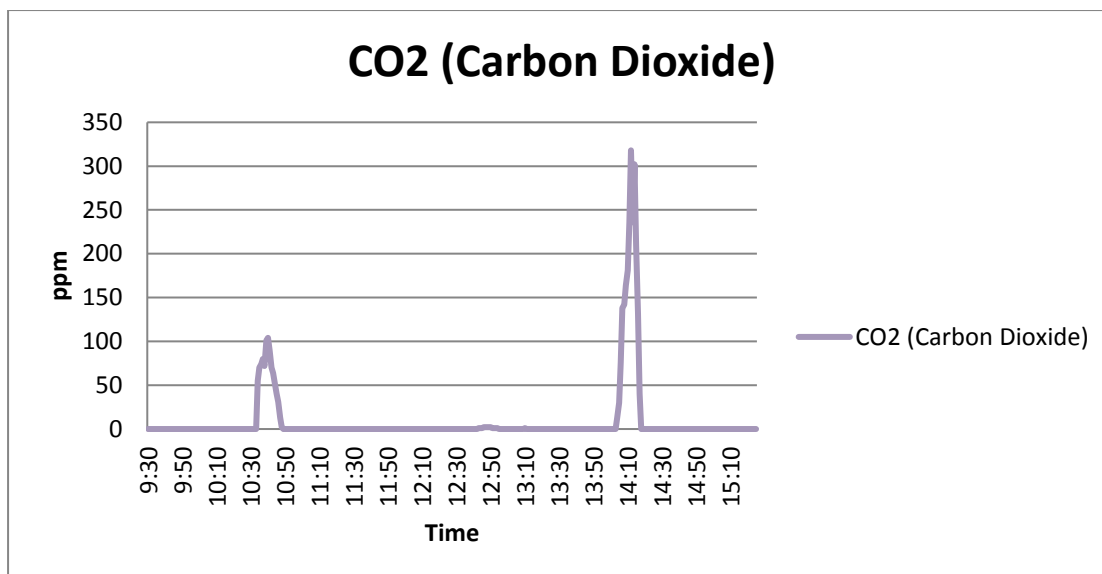
Σχήμα 6.8: Λατομείο Αδρανών Υλικών στην περιοχή του Ρεθύμνου – Μηχανουργείο, Δεξαμενή καυσίμων και Γραφεία



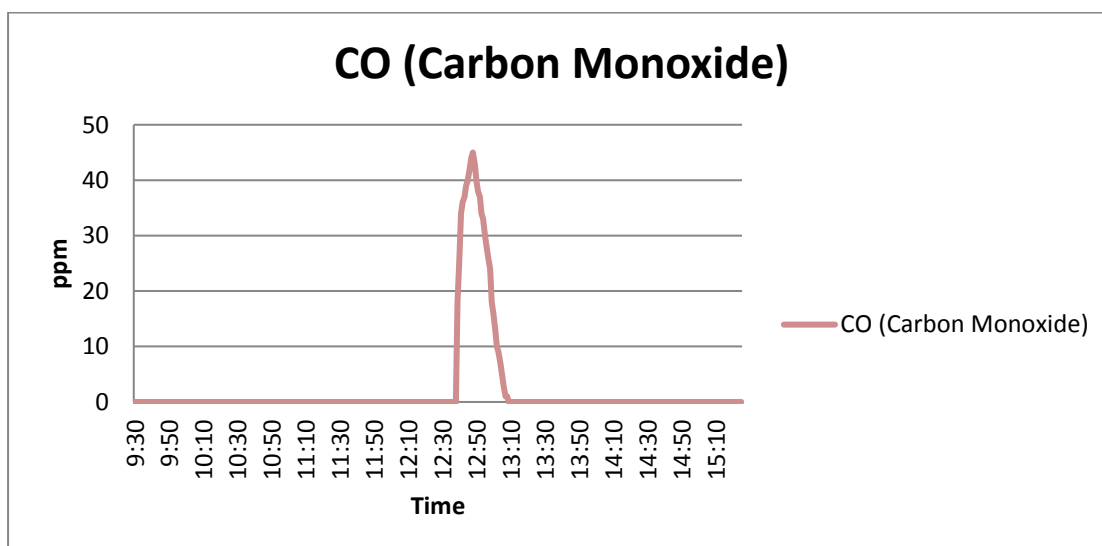
Σχήμα 6.9: Λατομείο Αδρανών Υλικών στην περιοχή του Ρεθύμνου - Επεξεργασία

6.2.1 Αποτελέσματα Πρώτης Ημέρας Μετρήσεων

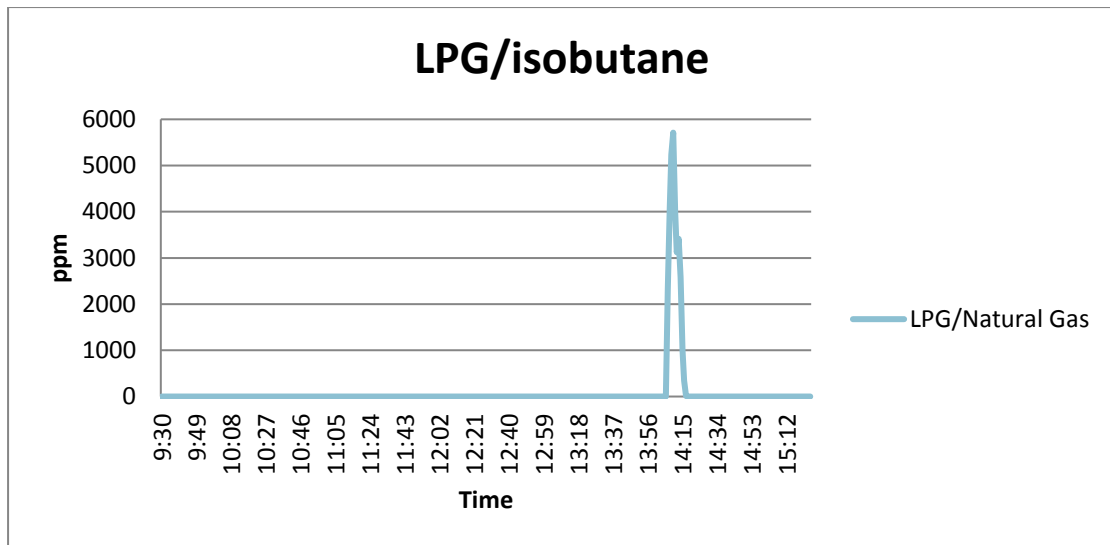
Τα αποτελέσματα της πρώτης ημέρας μετρήσεων παρουσιάζονται για κάθε αισθητήρα αερίου παρουσιάζονται στα διαγράμματα που ακολουθούν: (Διάγραμμα 1, 2, 3, 4, 5)



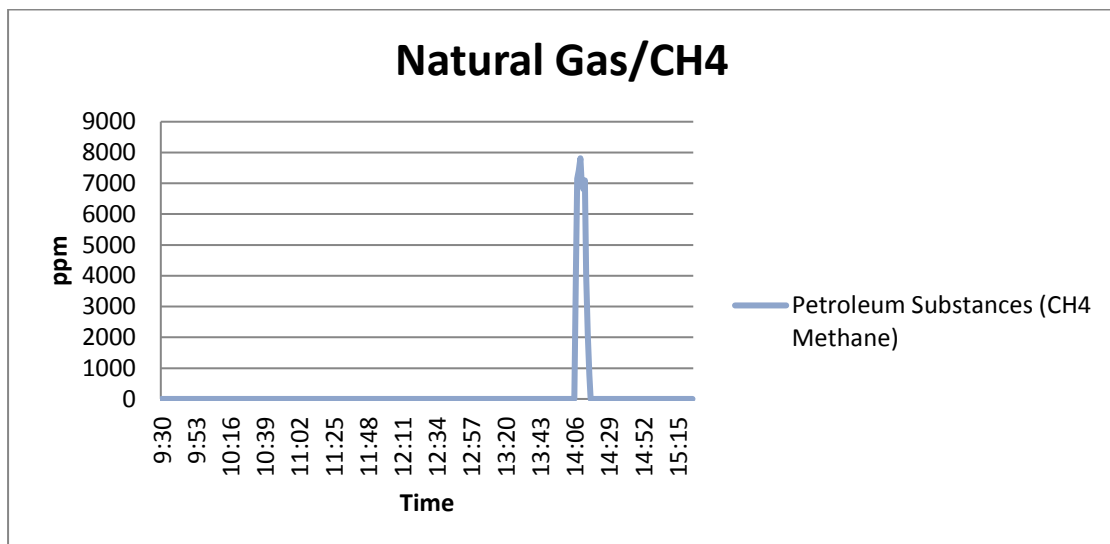
Διάγραμμα 1: Μετρήσεις αισθητήρα διοξειδίου του άνθρακα την 1^η ημέρα εργασίας
Σημείωση: Η τιμή 0 ppm αντιστοιχεί σε συγκέντρωση CO₂ στην ατμόσφαιρα μικρότερη ή ίση με 395 ppm



Διάγραμμα 2: Μετρήσεις αισθητήρα μονοξειδίου του άνθρακα την 1^η ημέρα εργασίας



Διάγραμμα 3: Μετρήσεις αισθητήρα υγραερίου και ισοβουτανίου κατά την 1^η ημέρα εργασίας



Διάγραμμα 4: Μετρήσεις αισθητήρα φυσικού αερίου και μεθανίου κατά την 1^η ημέρα εργασίας

Κατά την διάρκεια των μετρήσεων το βιομετρικό γιλέκο δίνει τον στίγμα της θέσης του χρήστη σε πραγματικό χρόνο. Για μικρότερο όγκο δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η θέση του χρήστη ανά λεπτό για τον εντοπισμό του στις διάφορες θέσεις εργασίας και για την ανάλυση των μετρήσεων των αισθητήρων από τις θέσεις αυτές για έλεγχο των περιβαλλοντολογικών συνθηκών που επικρατούν για τους εργαζομένους και την ασφάλεια της υγείας τους.

Από το Διάγραμμα 1, παρατηρούμε ότι κατά την διάρκεια του ελέγχου από τον υπεύθυνο ασφαλείας εντοπίστηκε υψηλή συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Αυτό μπορεί να συνέβει εξαιτίας των καυσαερίων κάποιου οχήματος που βρισκόταν κόντα κατά την εκτέλεση της εργασίας.

Από το Διάγραμμα 2, παρατηρούμε ότι κατά την διάρκεια ελέγχου του αισθητήρα στο αέριο μονοξείδιο του άνθρακα εντός του μηχανουργείου της εταιρείας, ο αισθητήρας εντόπισε το αέριο με την τιμή αυτού να φτάνει ακόμα και στα 45 ppm.

Τα επίπεδα μονοξειδίου του άνθρακα και η σοβαρότητα έκθεσης σε αυτά, σύμφωνα με την εταιρεία Kidde United Technologies [r], παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί: (Πίνακας 8)

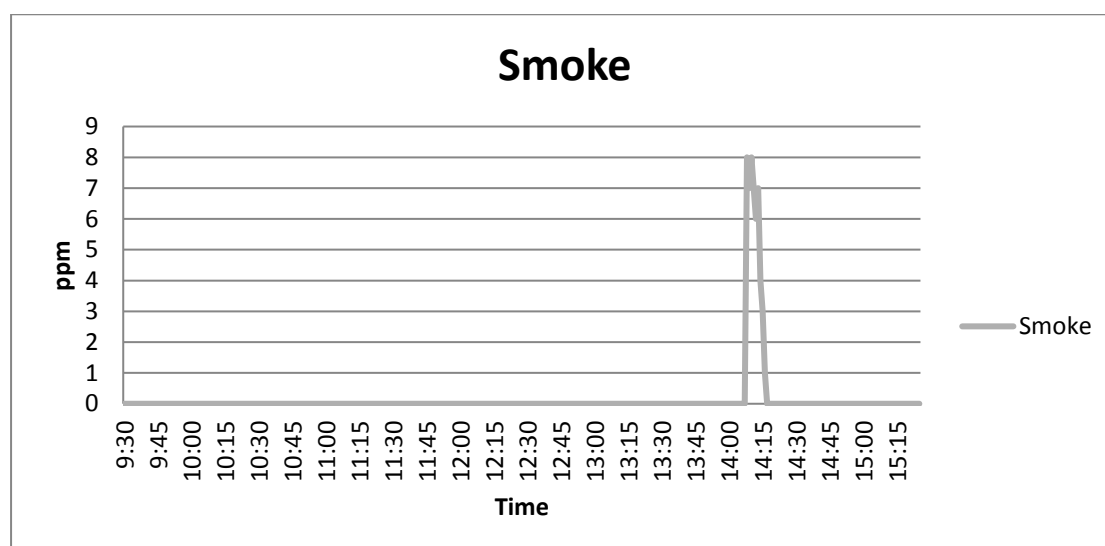
Μονοξείδιο του άνθρακα (ppm)	Βαθμός Κινδύνου	Χρόνος Αντίδρασης	Συμπτώματα
40	Χαμηλός	10 ώρες	Κανένα για υγιείς ενήλικες
50	Χαμηλός	8 ώρες	Κανένα για υγιείς ενήλικες
100	Μεσαίος	10-50 λεπτά	Ελαφρύ πονοκέφαλο και ζαλάδα
150	Μεγάλος	10-50 λεπτά	Ελαφρύ πονοκέφαλο και ζαλάδα
200	Επικίνδυνο	10-50 λεπτά	Πονοκέφαλο, ζαλάδα και ναυτία
400	Επικίνδυνο	4-15 λεπτά	Ισχυρό πονοκέφαλο, ζαλάδα και ναυτία
800	Πολύ Επικίνδυνο	4-15 λεπτά	Ισχυρό πονοκέφαλο, ζαλάδα, ναυτία και σπασμούς
1600	Εξαιρετικά Επικίνδυνο	4-15 λεπτά	Ισχυρό πονοκέφαλο, ζαλάδα, ναυτία και ισχυρούς σπασμούς

Πίνακας 8: Βαθμός κινδύνου της έκθεσης ανθρώπου σε μονοξείδιο του άνθρακα

Ο Κανονισμός Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών (ΚΜΛΕ), με το άρθρο 22 παράγραφος 1, ορίζει στον Πίνακα 3 την οριακή τιμή έκθεσης εργαζομένου σε μονοξείδιο του άνθρακα, στα 50-55 ppm και την ανώτατη οριακή τιμή έκθεσης στα 300-330 ppm.

Από το Διάγραμμα 3 και 4 παρατηρούμε ότι τόσο ο αισθητήρας υγραερίου, όσο και αυτός του φυσικού αερίου και μεθανίου, εντόπισαν συγκεντρώσεις των συγκεκριμένων χημικών ουσιών κατά την διάρκεια του τυπικού ελέγχου του πρατηρίου καυσίμων της μονάδας και την προσθήκη καυσίμου σε δύο οχήματα της εταιρείας.

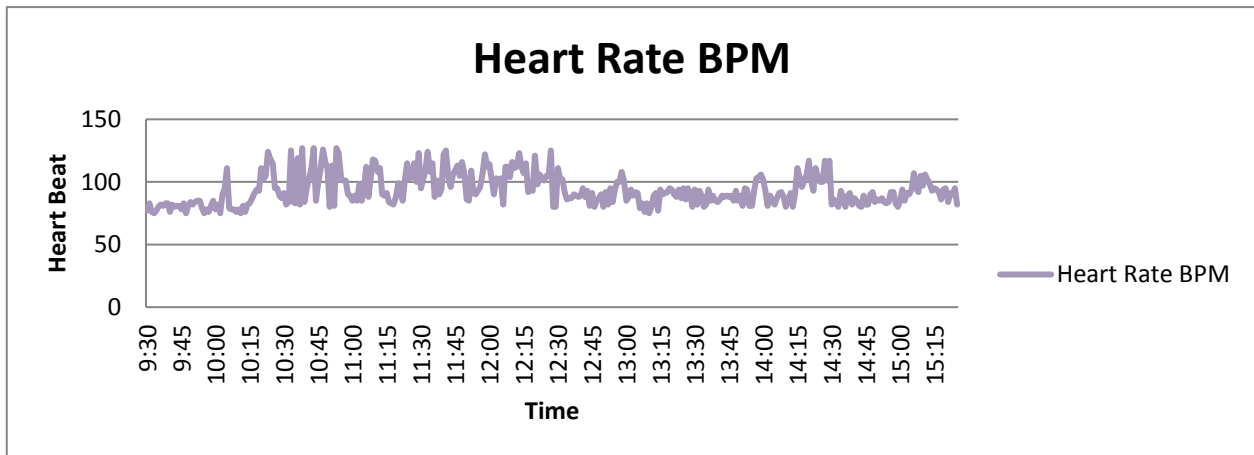
Στην συνέχεια, ακολουθεί το διάγραμμα ανίχνευσης καπνού. (Διάγραμμα 5)



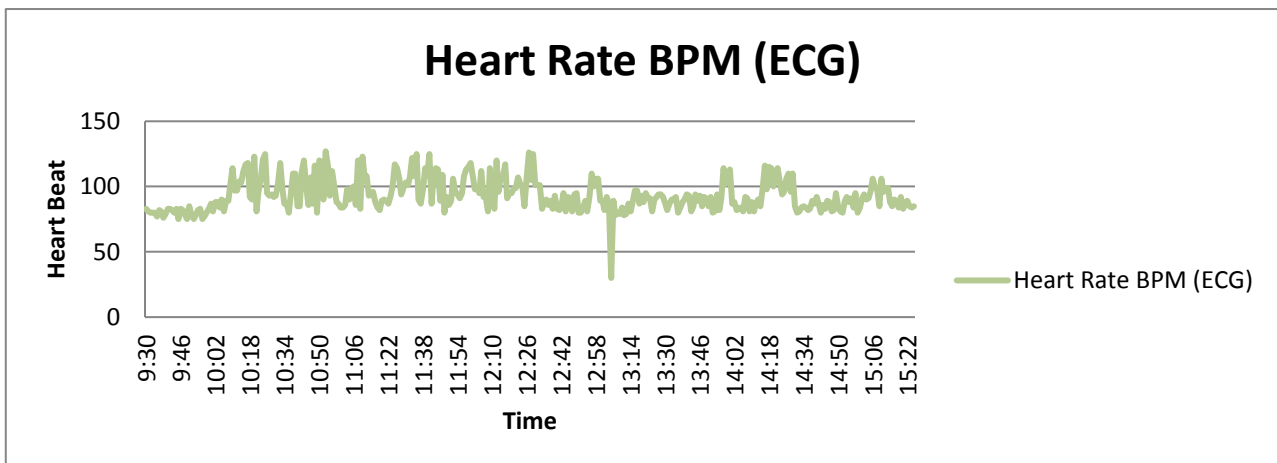
Διάγραμμα 5: Μετρήσεις αισθητήρα καπνού κατά την 1^η ημέρα εργασίας

Κατά την διάρκεια ελέγχου του πρατηρίου καυσίμων της εταιρείας παρατηρήθηκε ανίχνευση καπνού της τάξεως των 8 ppm.

Ακολουθούν οι μετρήσεις του καρδιακού παλμού από τους δύο αισθητήρες του βιομετρικού γιλέκου. (Διάγραμμα 6, 7, 8)



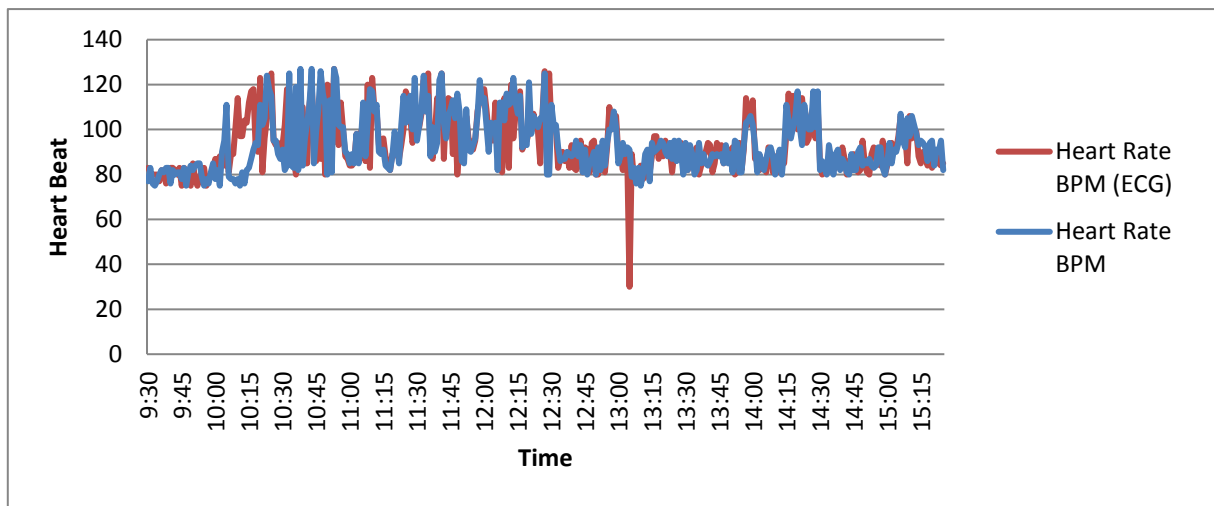
Διάγραμμα 6: Μετρήσεις αισθητήρα καρδιακού παλμού με την μέθοδο της φωτοπληθυσμογραφίας (PPG)



Διάγραμμα 7: Μετρήσεις αισθητήρα καρδιακού παλμού με την μέθοδο της ηλεκτροκαρδιογραφίας (ECG)

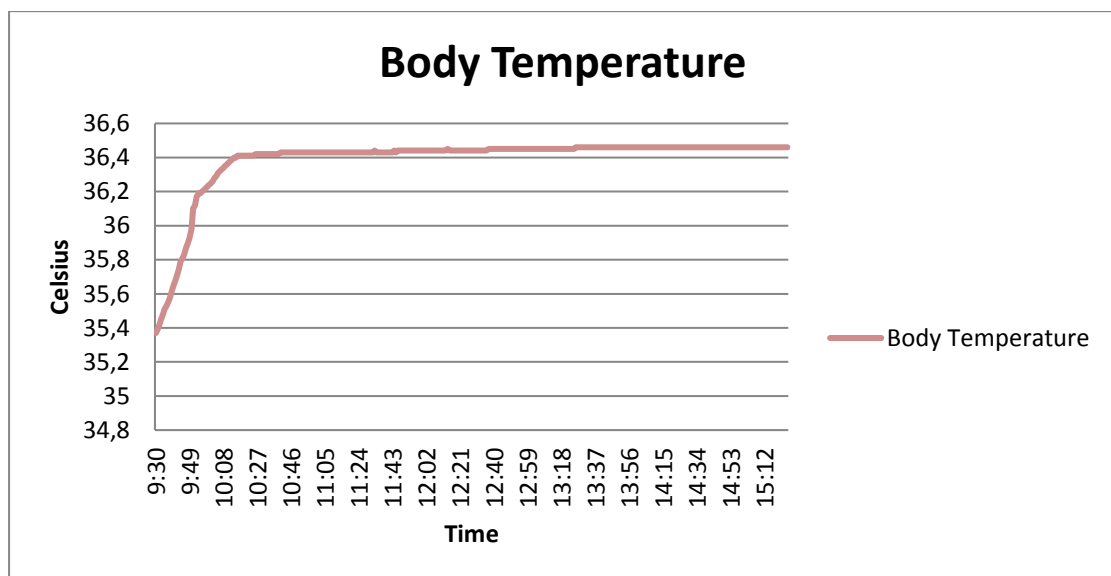
Από τα διαγράμματα 6 και 7 παρατηρούμε τους καρδιακούς παλμούς του χρήστη κατά την διάρκεια της εργασίας του. Ο μέσος όρος των τιμών των παλμών του χρήστη σύμφωνα με τον αισθητήρα PPG είναι 93,57 παλμούς ανά λεπτό, ενώ με τον αισθητήρα ηλεκτροκαρδιογραφήματος είναι 93,30 παλμούς ανά λεπτό. Μεγαλύτεροι παλμοί εντοπίζονται κατά την διάρκεια έντονης σωματικής κούρασης.

Ακολουθεί διάγραμμα σύγκρισης των δεδομένων των δύο αισθητήρων. (Διάγραμμα 8)

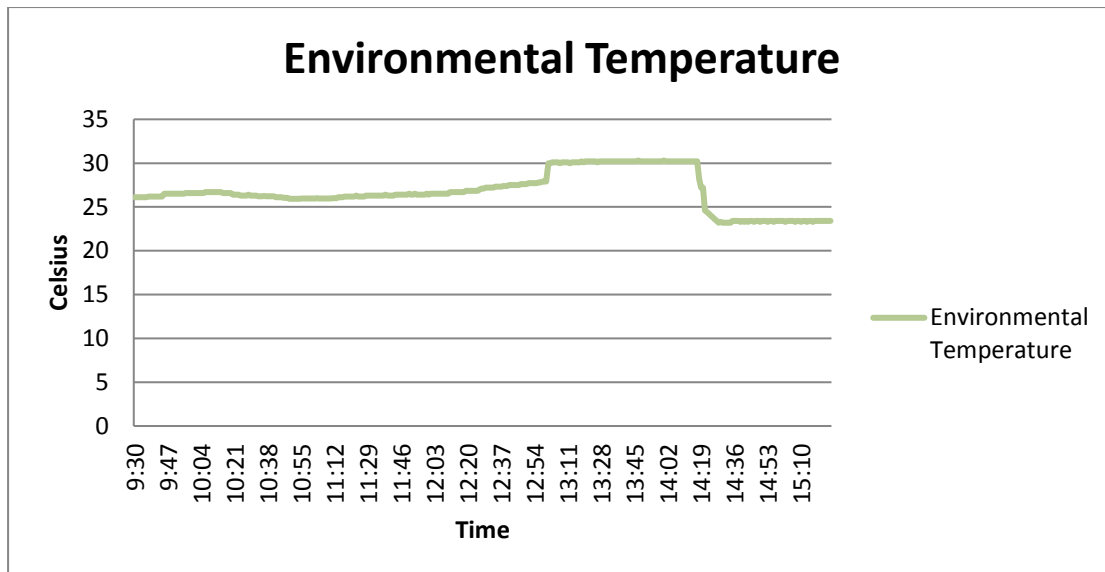


Διάγραμμα 8: Σύγκριση μετρήσεων αισθητήρων καρδιακών παλμών κατά τη διάρκεια της 1^{ης} ημέρας

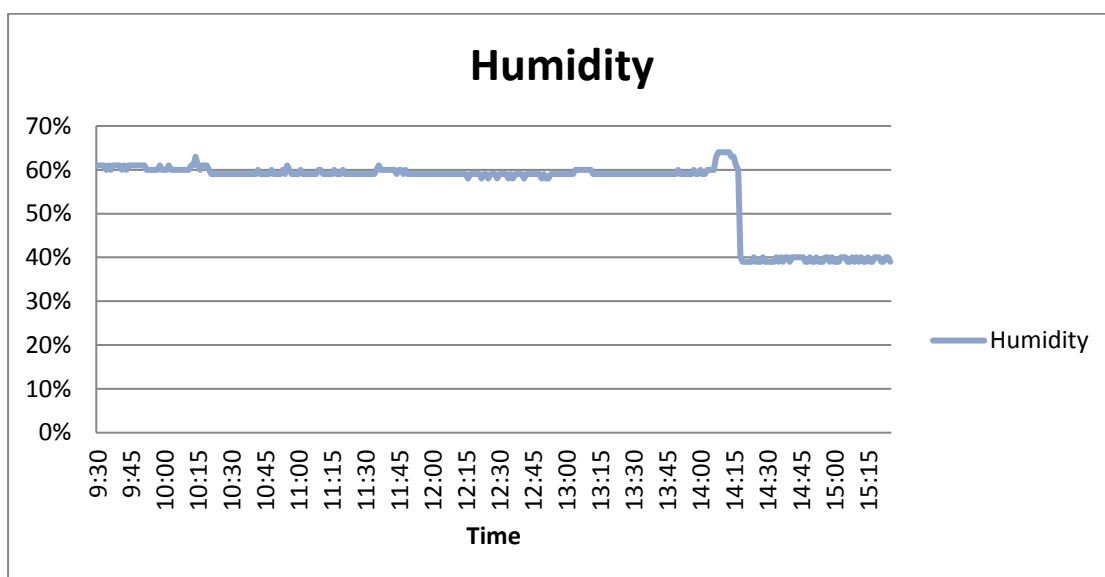
Ακολουθούν οι μετρήσεις του αισθητήρα θερμοκρασίας και υγρασίας του περιβάλλοντος και η μέτρηση του αισθητήρα θερμοκρασίας του σώματος από τους αισθητήρες του βιομετρικού γιλέκου. (Διάγραμμα 9, 10, 11)



Διάγραμμα 9: Μέτρηση της θερμοκρασίας σώματος του χρήστη κατά τη διάρκεια της 1^{ης} ημέρας



Διάγραμμα 10: Μέτρηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκεται ο χρήστης κατά τη διάρκεια της 1^{ης} ημέρας



Διάγραμμα 11: Μέτρηση της υγρασίας περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκεται ο χρήστης κατά τη διάρκεια της 1^{ης} ημέρας

Από το διάγραμμα 9, παρατηρούμε ότι ενώ αρχικά ο αισθητήρας φαίνεται να χρειάζεται χρόνο ώστε να καταγράψει την θερμοκρασία του σώματος του χρήστη με ακρίβεια και μετά την τιμή των 35,4 βαθμών Κελσίου, έπειτα το πέρας λιγότερης της μίας ώρας η καταγραφή είναι σταθερή με την θερμοκρασία να είναι στους 36,4 °C.

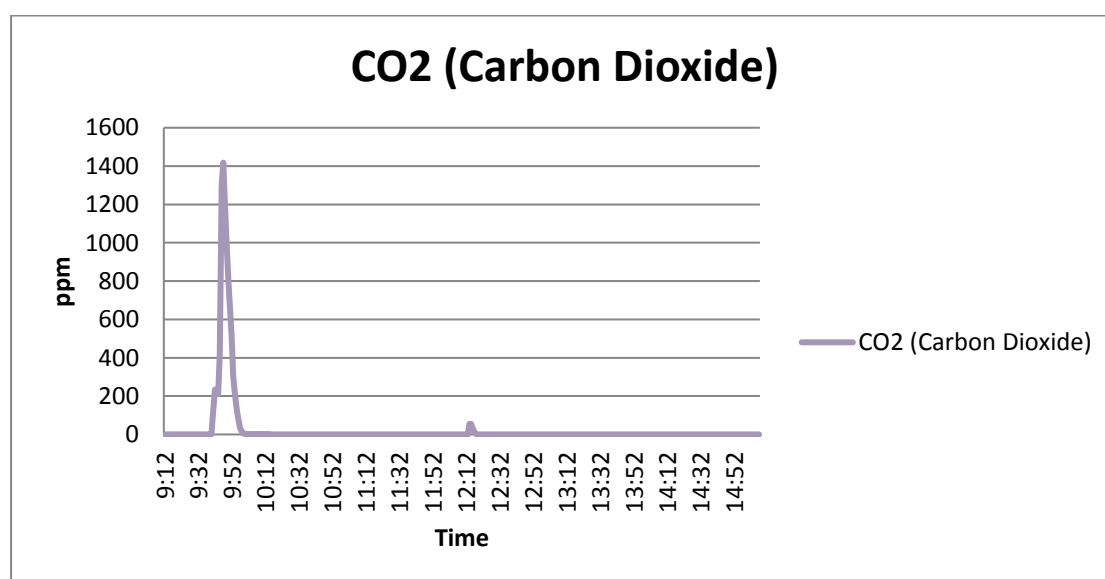
Από το διάγραμμα 10 παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αυξάνεται κατά την διάρκεια της ημέρας με την μέγιστη τιμή αυτή να είναι στους 30,2 °C.

Από το διάγραμμα 11 παρατηρούμε ότι το ποσοστό υγρασία στην περιοχή του λατομείου κυμαίνεται κοντά στο 60%. Επίσης κατά την διάρκεια επίβλεψης της εγκατάστασης καυσίμου παρατηρήθηκε αύξηση της υγρασίας με το ποσοστό της τιμής της να καταγράφεται στο 63%.

Κατά την είσοδο του χρήστη του βιομετρικού γιλέκου εντός της κτηριακής εγκατάστασης των γραφείων της εταιρείας, παρατηρούμε πτώση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος καθώς και του ποσοστού της υγρασίας (κοντά στις 14:19 το μεσημέρι), οι οποίες οφείλονται στην ύπαρξη κλιματισμού στον χώρο εργασίας

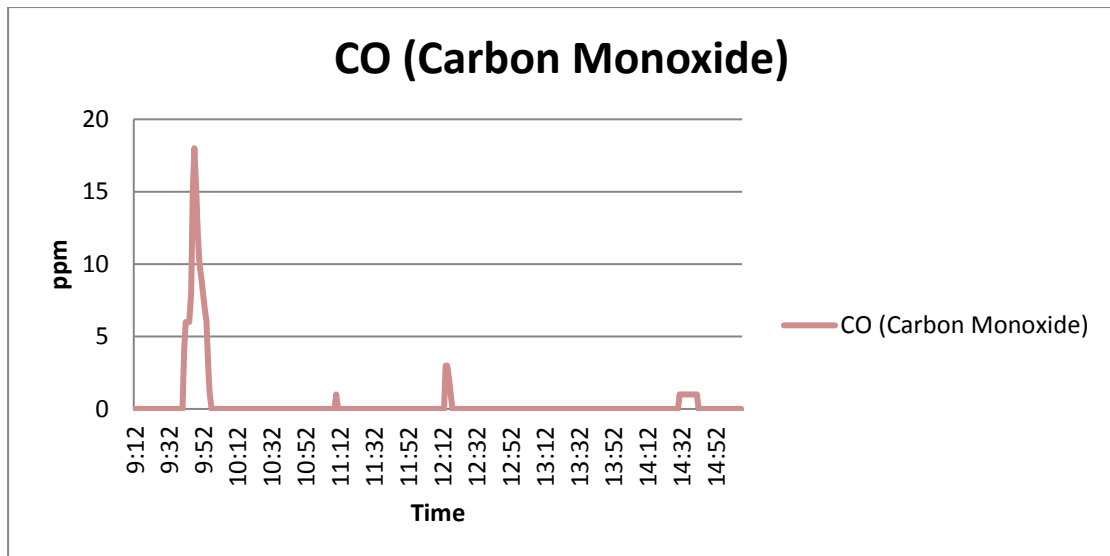
6.2.2 Αποτελέσματα Δεύτερης Ημέρας Μετρήσεων

Τα αποτελέσματα της δεύτερης ημέρας μετρήσεων παρουσιάζονται για κάθε αισθητήρα αερίου παρουσιάζονται στα διαγράμματα που ακολουθούν: (Διαγράμματα 12, 13, 14, 15, 16)

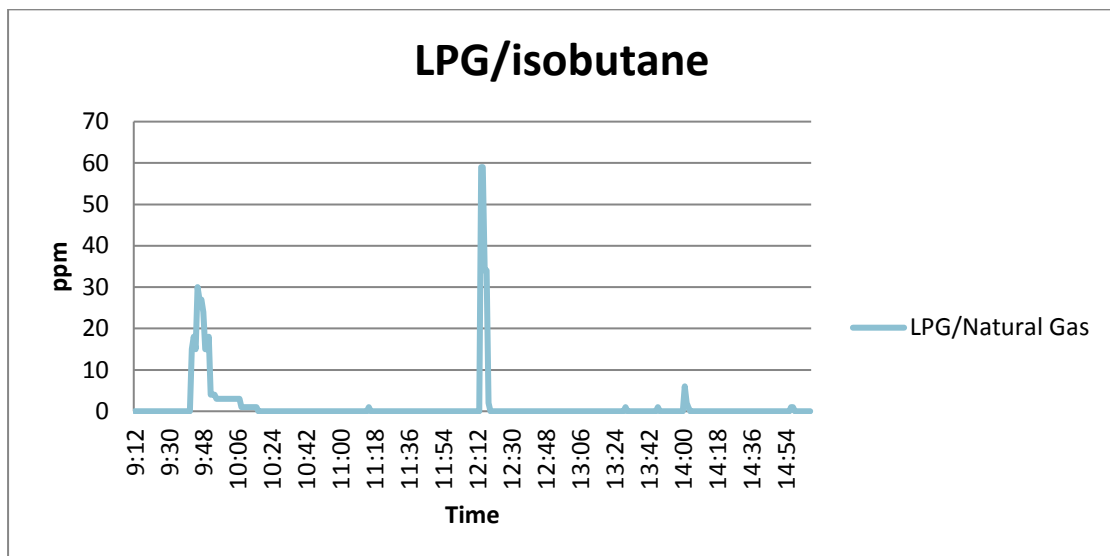


Διάγραμμα 12: Μετρήσεις αισθητήρα διοξειδίου του άνθρακα την 2^η ημέρα εργασίας

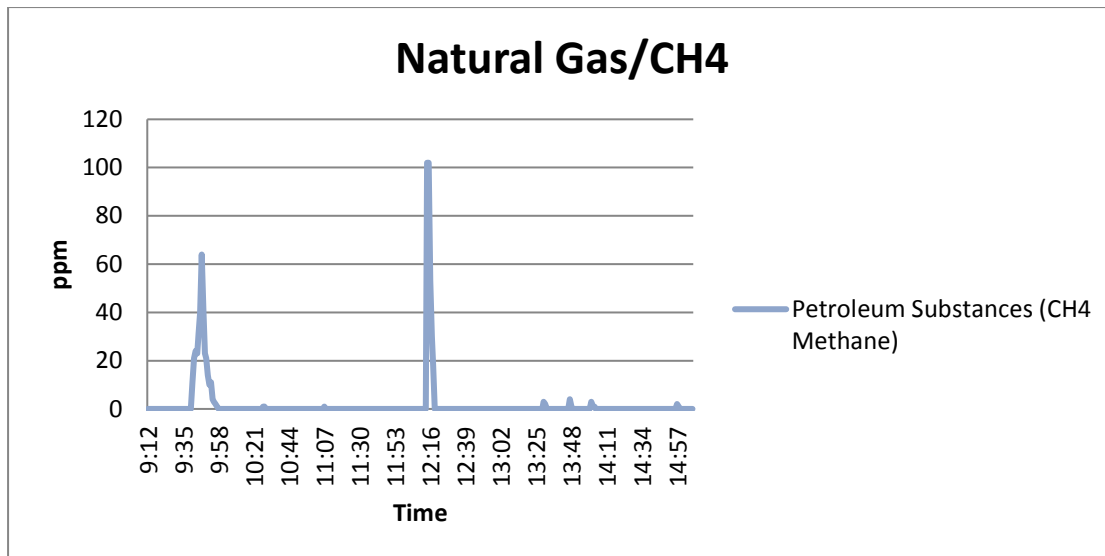
Σημείωση: Η τιμή 0 ppm αντιστοιχεί σε συγκέντρωση CO₂ στην ατμόσφαιρα μικρότερη ή ίση με 395 ppm



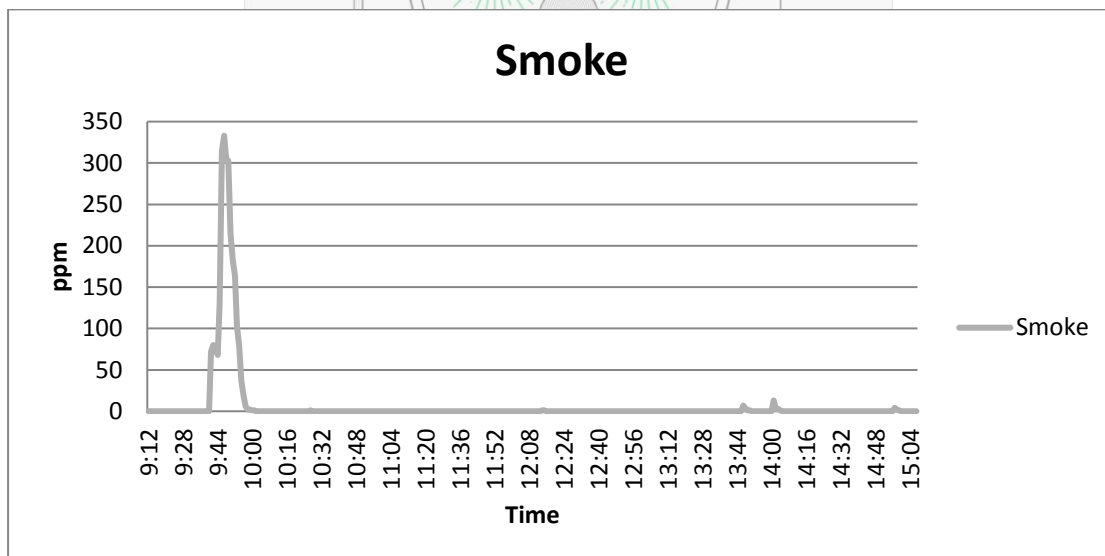
Διάγραμμα 13: Μετρήσεις αισθητήρα μονοξειδίου του άνθρακα την 2^η ημέρα εργασίας



Διάγραμμα 14: Μετρήσεις αισθητήρα υγραερίου και ισοβουτανίου κατά την 2^η ημέρα εργασίας



Διάγραμμα 15: Μετρήσεις αισθητήρα φυσικού αερίου και μεθανίου κατά την 2^η



Διάγραμμα 16: Μετρήσεις αισθητήρα καπνού κατά την 2^η ημέρα εργασίας

Από το διάγραμμα 12, παρατηρούμε ότι κατά την διάρκεια του ελέγχου στο μηχανουργείο και την είσοδο ενός προς επισκευή οχήματος σε αυτό, η τιμή του διοξειδίου άνθρακα έφτασε άνω 1400 ppm. Το διοξείδιο του άνθρακα μπορεί να

προκαλέσει σε τέτοια επίπεδα, στους εργαζομένους, ελαφρύ πονοκέφαλο, ενώ σε λίγο μεγαλύτερα επίπεδα μπορεί να προκαλέσει πιθανή ζαλάδα και έλλειψη συγκέντρωσης. [s]

Ο Κανονισμός Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών (ΚΜΛΕ), με το άρθρο 22 παράγραφος 1, ορίζει στον Πίνακα 3 την οριακή τιμή έκθεσης εργαζομένου σε διοξείδιο του άνθρακα, και την ανώτατη οριακή τιμή έκθεσης στα στα 5000 ppm.

Τα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα και η σοβαρότητα έκθεσης σε αυτά [s], παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί: (Πίνακας 9)

Διοξείδιο του άνθρακα (ppm)	Βαθμός Κινδύνου	Συμπτώματα
250-350	Κανένας	Κανένα
350-1000	Κανένας	Κανένα, Φυσιολογικός αέρας σε καλά αερίζομενο χώρο
1000-2000	Χαμηλός	Ελαφρύ πονοκέφαλο, αίσθηση ξηρού αέρα
2000-5000	Μέτριος	Ελαφρύ πονοκέφαλο, πιθανή ζαλάδα, έλλειψη συγκέντρωσης και καθαρού μυαλού
>5000	Υψηλός	Πονοκέφαλος, ζαλάδα, πιθανή παρουσία και άλλων τοξικών αερίων
>40000	Πολύ Επικίνδυνο	Εξαιρετικά επικίνδυνο, Έλλειψη οξυγόνου στο χώρο

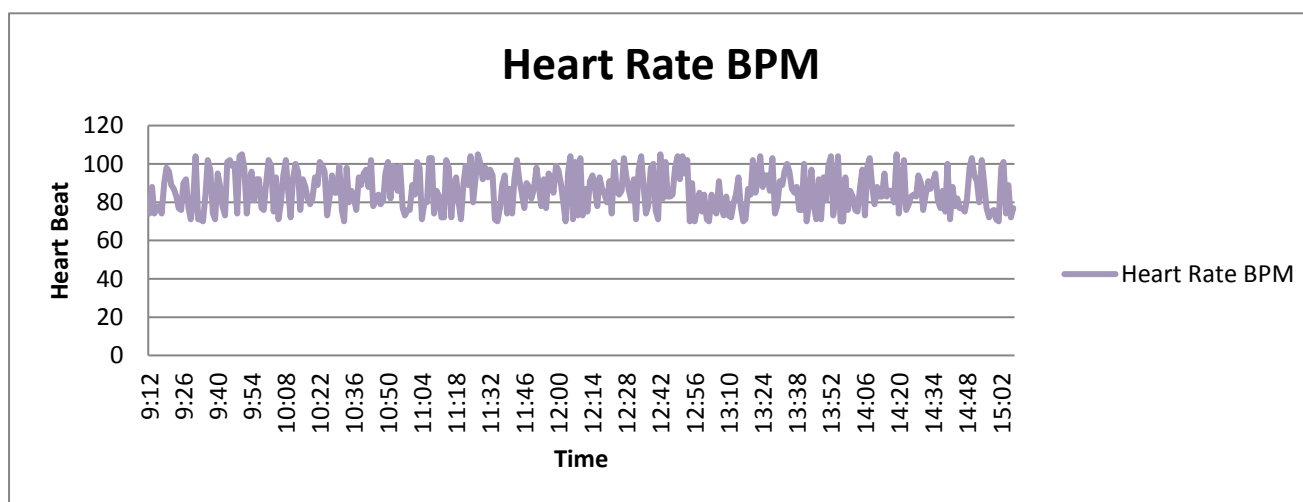
Πίνακας 9: Βαθμός κινδύνου της έκθεσης ανθρώπου σε διοξείδιο του άνθρακα

Από το διάγραμμα 13, παρατηρούμε ότι κατά την διάρκεια εργασίας εντός του μηχανουργείου της εταιρείας, ο αισθητήρας εντόπισε αέριο μονοξείδιου του άνθρακα με την τιμή αυτού να φτάνει μέχρι τα 18 ppm.

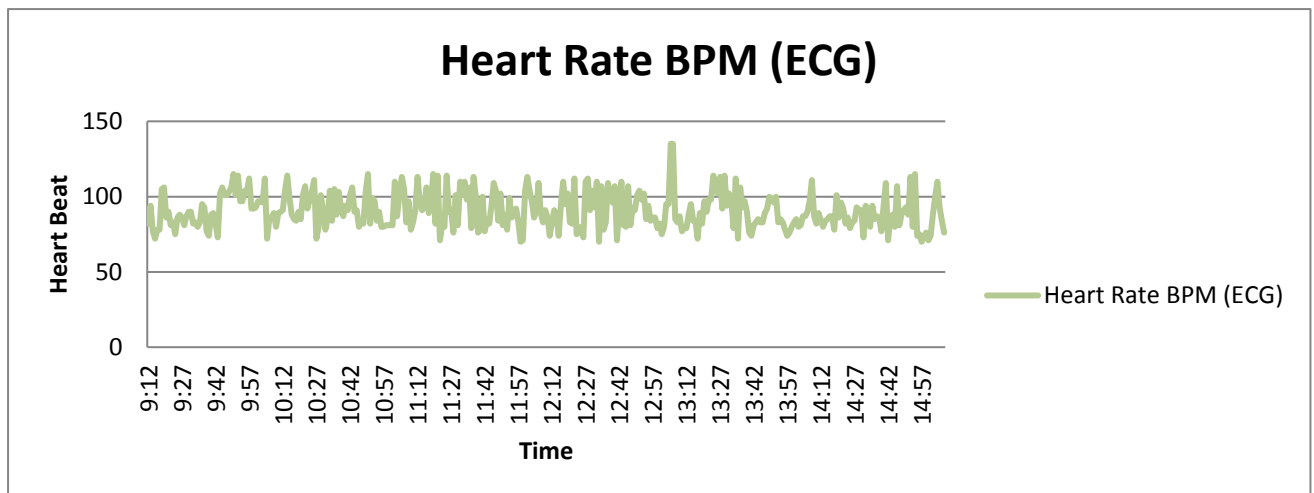
Από τα διαγράμματα 14, 15 και 16 παρατηρούμε ότι την ίδια χρονική στιγμή οι αισθητήρες κατέγραψαν την ύπαρξη χημικών αερίων και καπνού. Με βάση τα δεδομένα και από τους 4 αισθητήρες μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι οι τιμές αυτές οφείλονται σε διαρροή χημικών αερίων από την εξάτμιση του οχήματος, μαζί με την ανίχνευση καπνού με συγκέντρωση άνω των 300 ppm.

Πράγματι, στη συνέχεια και με την πάροδο του χρόνου και ενώ το όχημα είχε σβηστή μηχανή ώστε να επισκευαστεί, η ατμόσφαιρα επανήλθε σιγά σιγά σε φυσιολογικά επίπεδα.

Ακολουθούν οι μετρήσεις του καρδιακού παλμού από τους δύο αισθητήρες του βιομετρικού γιλέκου. (Διάγραμμα 17, 18, 19)



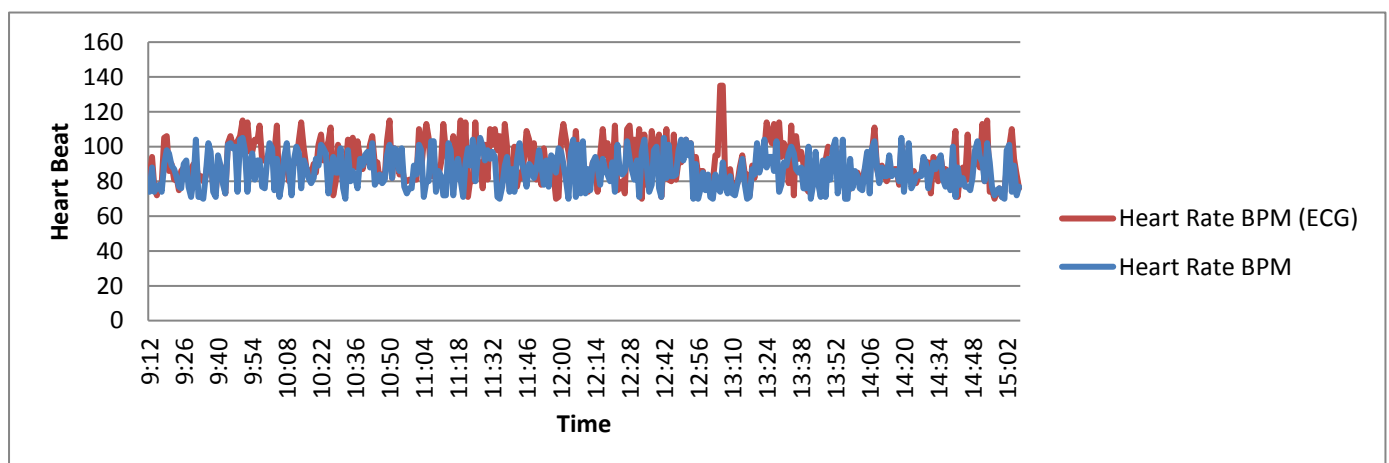
Διάγραμμα 17: Μετρήσεις αισθητήρα καρδιακού παλμού με την μέθοδο της φωτοπληθυσμογραφίας (PPG)



Διάγραμμα 18: Μετρήσεις αισθητήρα καρδιακού παλμού με την μέθοδο της ηλεκτροκαρδιογραφίας (ECG)

Από τα διαγράμματα 17 και 18 παρατηρούμε τους καρδιακούς παλμούς του χρήστη κατά την διάρκεια της εργασίας του στο μηχανουργείο της εταιρείας για την επισκευή οχήματος. Ο μέσος όρος των τιμών των παλμών του χρήστη σύμφωνα με τον αισθητήρα PPG είναι 86,30 παλμούς ανά λεπτό, ενώ με τον αισθητήρα ηλεκτροκαρδιογραφήματος είναι 90,80 παλμούς ανά λεπτό. Μεγαλύτεροι παλμοί εντοπίζονται κατά την διάρκεια έντονης σωματικής κούρασης.

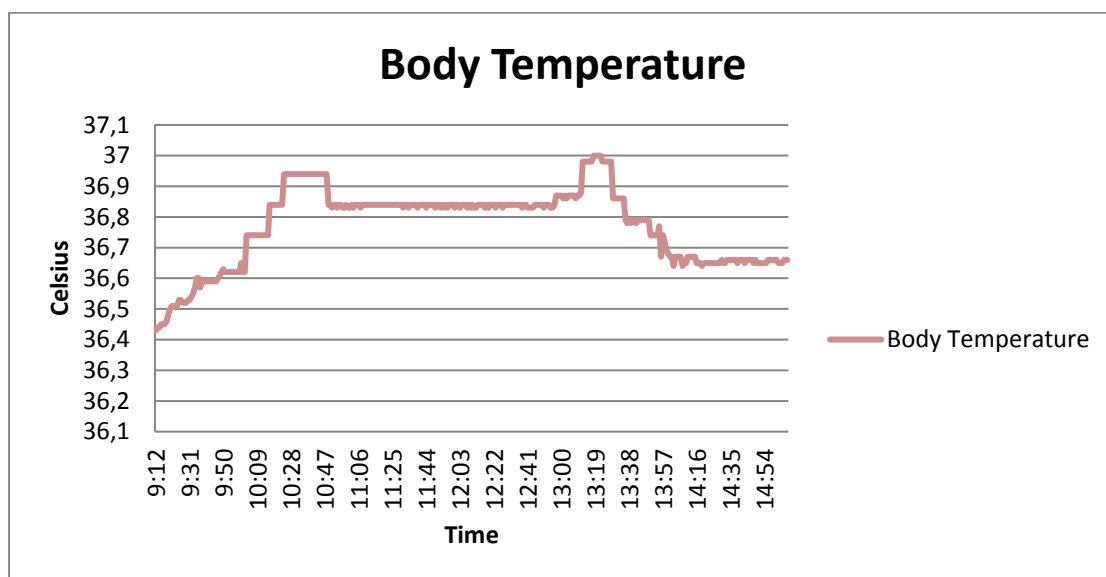
Ακολουθεί διάγραμμα σύγκρισης των δεδομένων των δύο αισθητήρων. (Διάγραμμα 19)



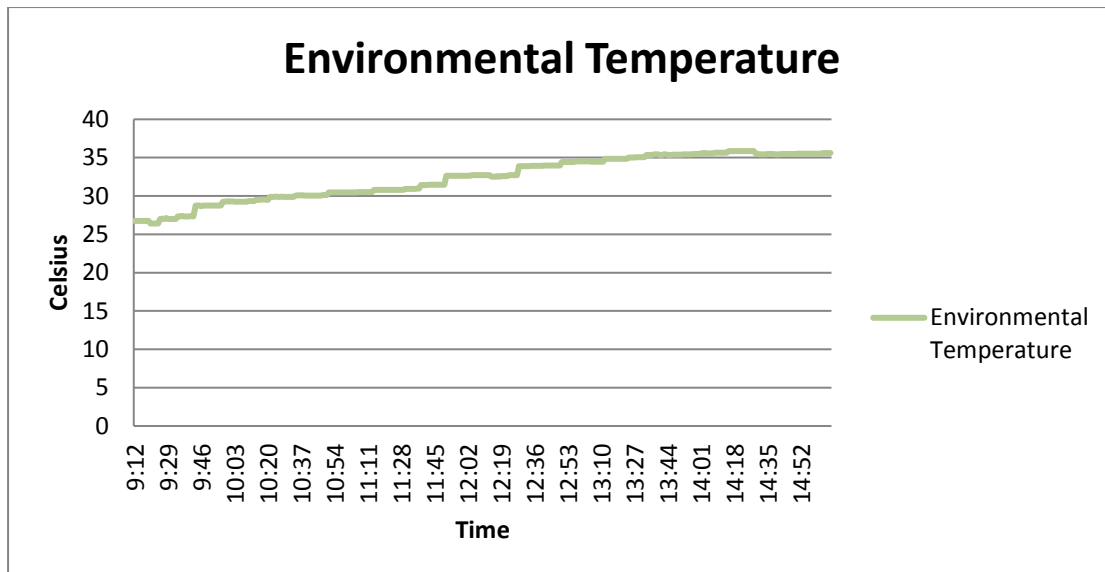
Διάγραμμα 19: Σύγκριση μετρήσεων αισθητήρων καρδιακών παλμών κατά τη διάρκεια της 2^{ης} ημέρας

Από το διάγραμμα 19 παρατηρούμε, ότι γύρω στη 1 το μεσημέρι ο ένας αισθητήρας του ηλεκτροκαρδιογραφήματος κατέγραψε υψηλούς παλμούς, της τάξεως των 135 παλμών ανά λεπτό, ενώ ο άλλος αισθητήρας κατέγραψε την ίδια χρονική στιγμή 91 παλμούς ανά λεπτό. Αυτό μπορεί να οφείλεται είτε σε σφάλμα μέτρησης του αισθητήρα, είτε στην ύπαρξη κάποιας πίεσης ή χτυπήματος στο στήθος του χρήστη με αποτέλεσμα την πιθανώς λάθος καταγραφή. Με την χρήση όμως δύο διαφορετικών αισθητήρων μπορούμε να συμπεράνουμε πιο σωστά και ασφαλή στοιχεία που αφορούν τα βιομετρικά χαρακτηριστικά του χρήστη.

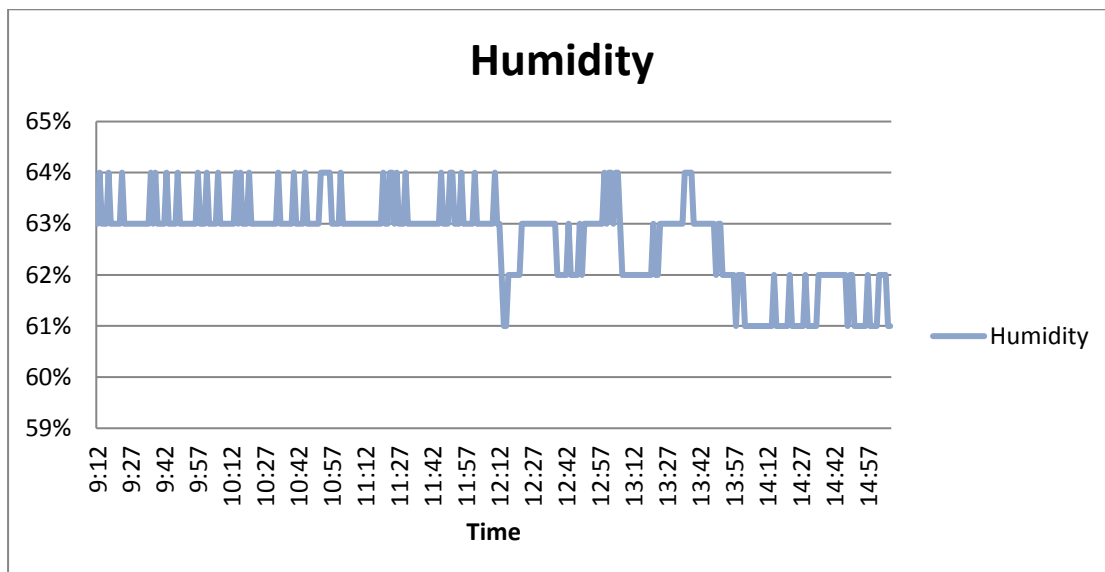
Ακολουθούν οι μετρήσεις του αισθητήρα θερμοκρασίας και υγρασίας του περιβάλλοντος και η μέτρηση του αισθητήρα θερμοκρασίας του σώματος από τους αισθητήρες του βιομετρικού γιλέκου. (Διάγραμμα 20, 21, 22)



Διάγραμμα 20: Μέτρηση της θερμοκρασίας σώματος του χρήστη κατά τη διάρκεια της 2^{ης} ημέρας



Διάγραμμα 21: Μέτρηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της 2^{ης} ημέρας



Διάγραμμα 22: Μέτρηση της υγρασίας του περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της 2^{ης} ημέρας

Από το διάγραμμα 20, παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία του ατόμου στο μηχανουργείο της εταιρείας είναι περίπου στους 36,65 °C. Κατά την διάρκεια του ωραρίου εργασίας καταγράφονται κάποιες αυξομειώσεις που μπορεί να οφείλονται στην ίδια την εργασία (κατανάλωση σωματικής ενέργειας) και την δυσκολία της

(κόπωση), το οποίο αντικατοπτρίζεται στην μικρή διαφοροποίηση της θερμοκρασίας του σώματος σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, η οποία επανέρχεται μετέπειτα.

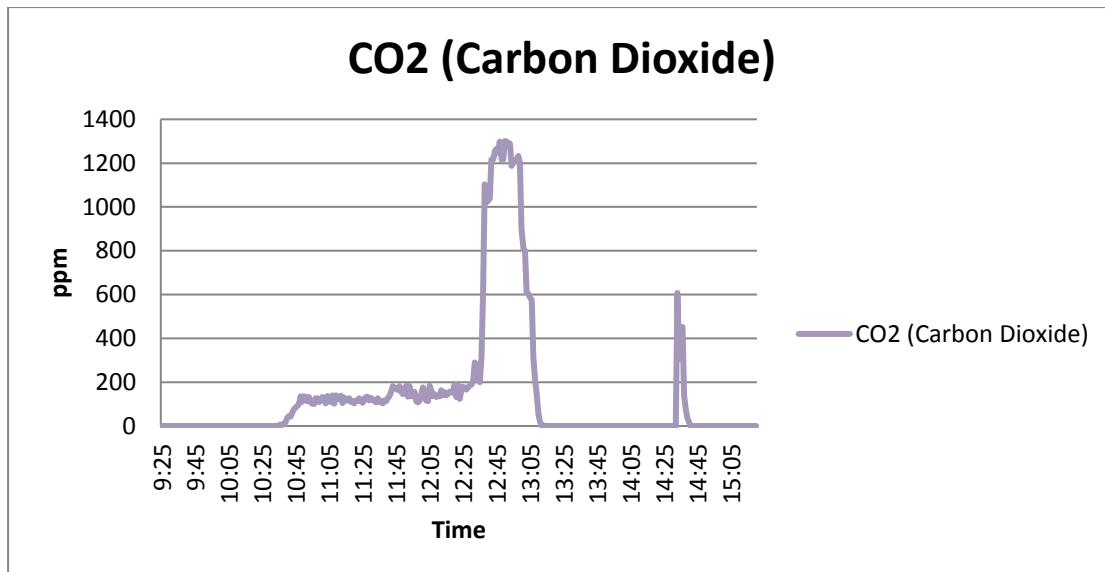
Από το διάγραμμα 21 παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αυξάνεται κατά την διάρκεια της ημέρας με την μέγιστη τιμή αυτή να είναι στους 35,86 °C.

Από το διάγραμμα 22 παρατηρούμε ότι το ποσοστό υγρασία εντός του μηχανουργείου κυμαίνεται κοντά στο 62,5%, με την μέγιστη τιμή να καταγράφεται σε ποσοστό του 64%.

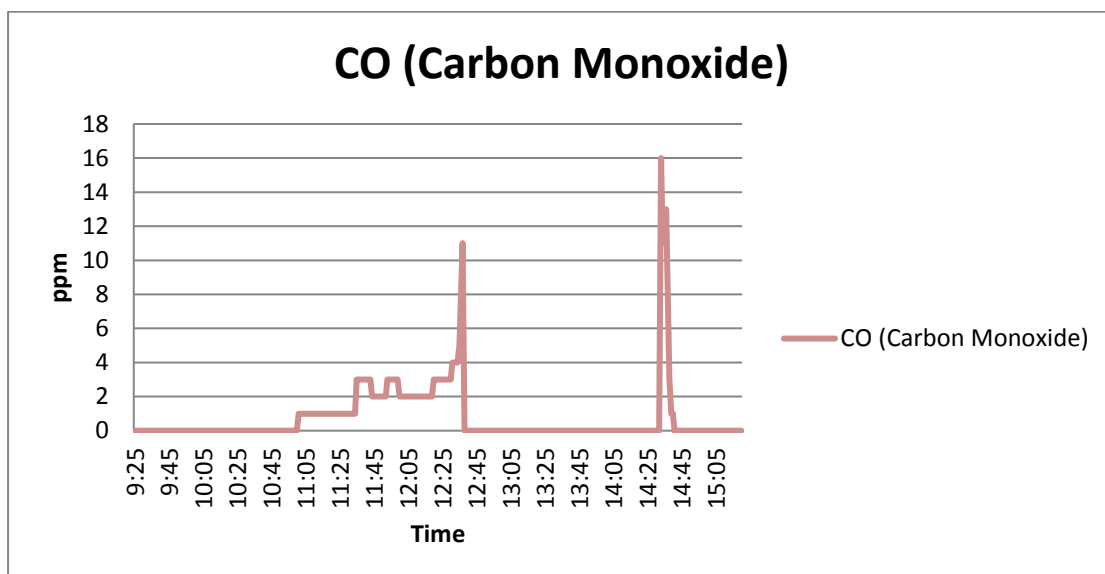
Ο Κανονισμός Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών (ΚΜΛΕ), με το άρθρο 23 παράγραφος 4, ορίζει στον Πίνακα 1 τις συνθήκες που απαιτούν διακοπή ή μετάθεση της εργασίας. Η υψηλή θερμοκρασία εντός του μηχανουργείου καθώς και το υψηλό ποσοστό υγρασίας, που καταγράφηκαν από τους αισθητήρες, απαιτεί την λήψη μέτρων ασφαλείας για τους εργαζομένους του μηχανουργείου λόγω των δυσμενών περιβαντολλογικών συνθηκών εργασίας, όπως διάλειμμα ανά τακτά χρονικά διαστήματα, χορήγηση νερού, σχεδιασμός του προγράμματος των εργασιών έτσι ώστε οι κοπιαστικότερες εργασίες να γίνονται όταν οι θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες, εγκατάσταση κάποιου συστήματος κλιματισμού κ.α.

6.2.3 Αποτελέσματα Τρίτης Ημέρας Μετρήσεων

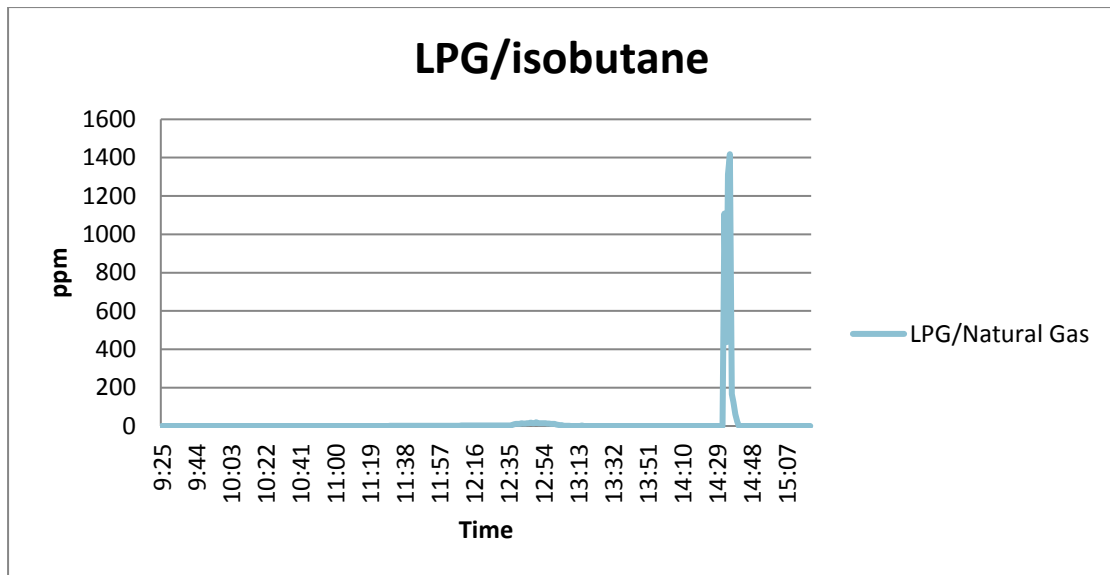
Τα αποτελέσματα της τρίτης και τελευταίας ημέρας μετρήσεων παρουσιάζονται για κάθε αισθητήρα αερίου παρουσιάζονται στα διαγράμματα που ακολουθούν: (Διάγραμμα 23, 24, 25, 26, 27)



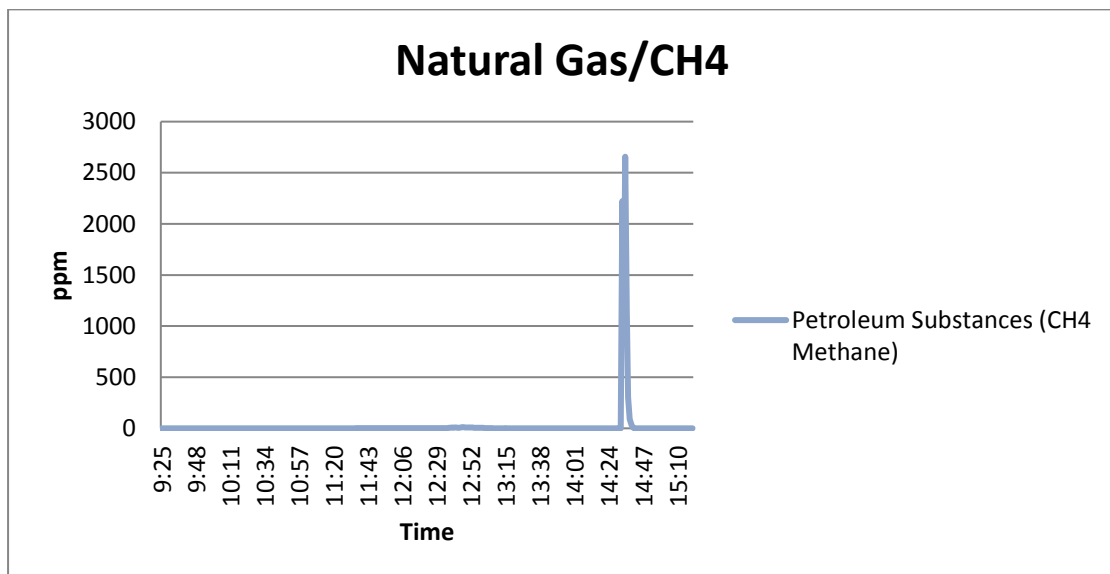
Διάγραμμα 23: Μετρήσεις αισθητήρα διοξειδίου του άνθρακα την 3^η ημέρα εργασίας
Σημείωση: Η τιμή 0 ppm αντιστοιχεί σε συγκέντρωση CO₂ στην ατμόσφαιρα μικρότερη ή ίση με 395 ppm



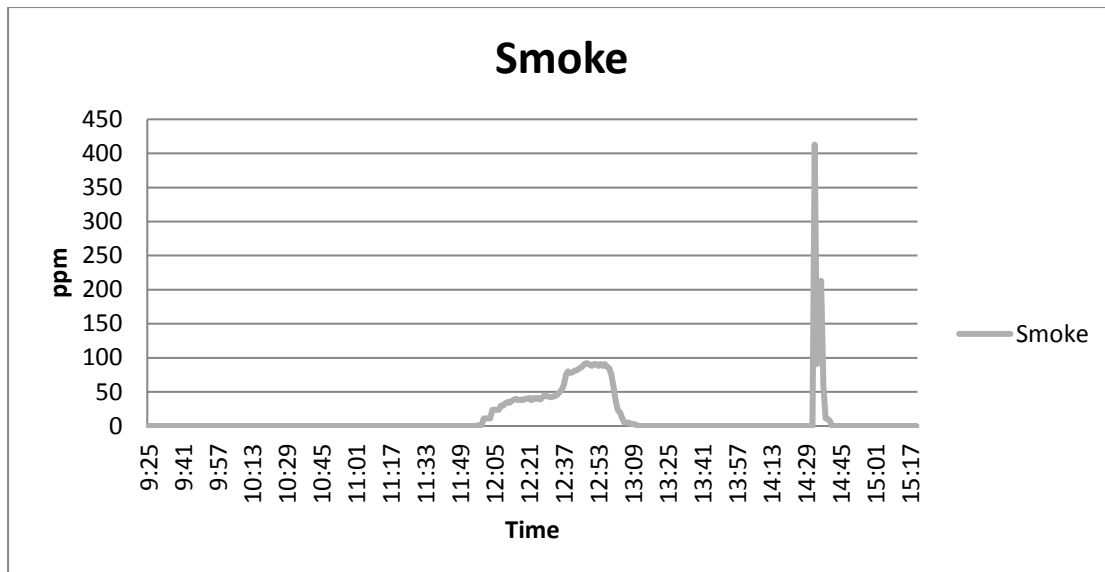
Διάγραμμα 24: Μετρήσεις αισθητήρα μονοξειδίου του άνθρακα την 3^η ημέρα εργασίας



Διάγραμμα 25: Μετρήσεις αισθητήρα υγραερίου και ισοβουτανίου κατά την 3^η ημέρα εργασίας



Διάγραμμα 26: Μετρήσεις αισθητήρα φυσικού αερίου και μεθανίου κατά την 3^η ημέρα εργασίας



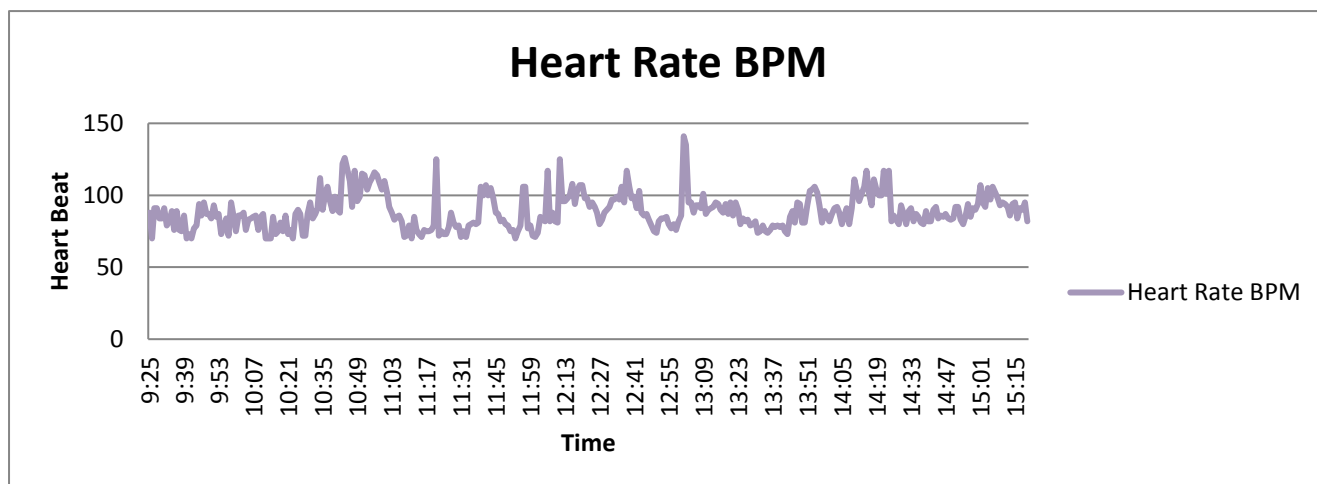
Διάγραμμα 27: Μετρήσεις αισθητήρα καπνού κατά την 3^η ημέρα εργασίας

Από τα Διαγράμματα 23 και 24, παρατηρούμε ότι κατά την διάρκεια οδήγησης του οχήματος από τον υπεύθυνο ασφαλείας εντοπίστηκε εντός της καμπίνας συγκέντρωση αερίου διοξειδίου του άνθρακα και μικροποσότητα μονοξειδίου του άνθρακα. Επίσης, κατά την διάρκεια του ελέγχου του οχήματος από τον υπεύθυνο ασφαλείας εντοπίστηκε υψηλή συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και μονοξειδίου του άνθρακα. Αυτό μπορεί να συνέβει εξαιτίας των καυσαερίων από την εξάτμιση του οχήματος κατά την εκτέλεση της εργασίας.

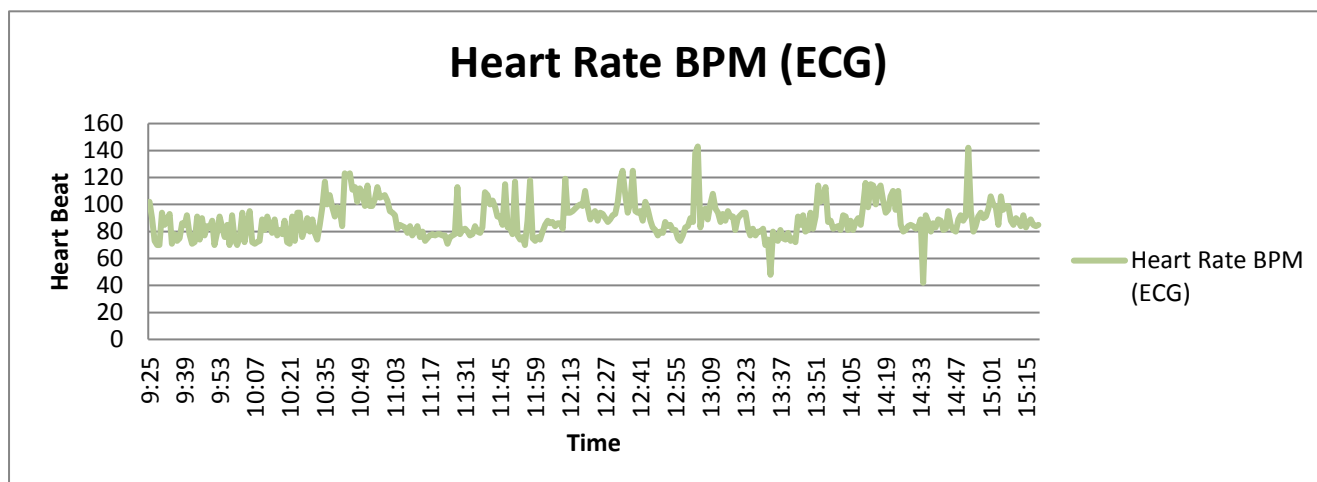
Η πολύωρη έκθεση ενός εργαζομένου σε αυτές τις συγκεντρώσεις των συγκεκριμένων αερίων θα μπορούσε να προκαλέσει πονοκέφαλο, αίσθημα κόπωσης, μειωμένη αντίληψη, μη καθαρό μυαλό, ακόμα και άγχος.

Από τα διαγράμματα 25 και 26, παρατηρούμε ότι κατά την διάρκεια ελέγχου του οχήματος από τον υπεύθυνο ασφαλείας πριν την είσοδο αυτού στον χώρο στάθμευσης, εντοπίστηκαν συγκεντρώσεις υγραερίου καθώς και μεθανίου.

Ακολουθούν οι μετρήσεις του καρδιακού παλμού από τους δύο αισθητήρες του βιομετρικού γιλέκου. (Διάγραμμα 28, 29, 30)



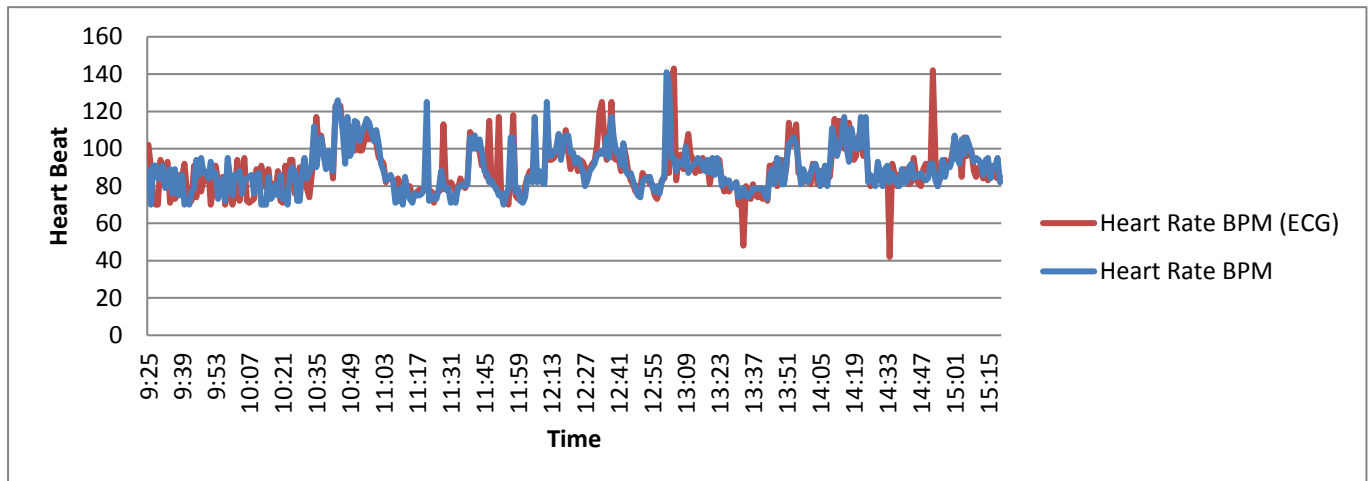
Διάγραμμα 28: Μετρήσεις αισθητήρα καρδιακού παλμού με την μέθοδο της φωτοπληθυσμογραφίας (PPG)



Διάγραμμα 29: Μετρήσεις αισθητήρα καρδιακού παλμού με την μέθοδο της ηλεκτροκαρδιογραφίας (ECG)

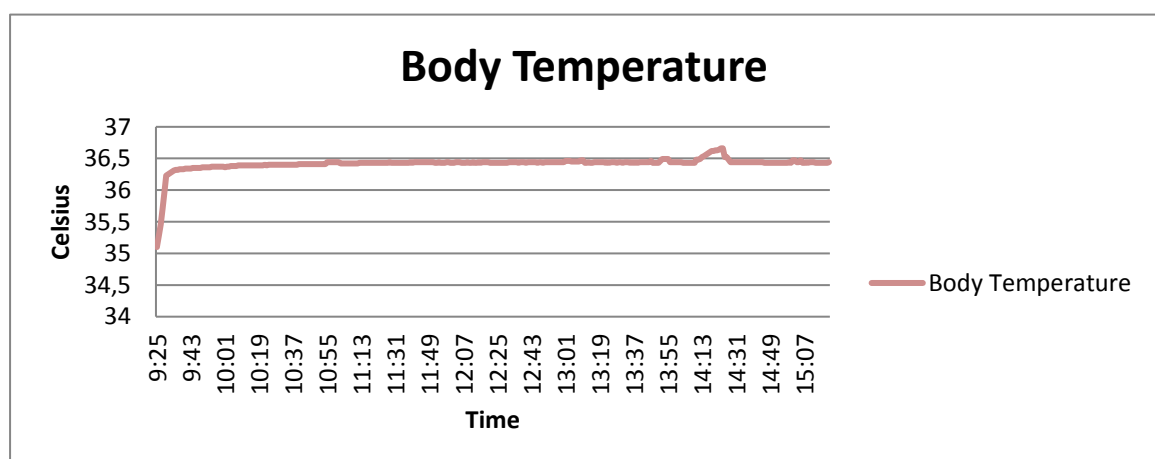
Από τα διαγράμματα 28 και 29 παρατηρούμε τους καρδιακούς παλμούς του χρήστη κατά την διάρκεια της εργασίας του. Ο μέσος όρος των τιμών των παλμών του χρήστη σύμφωνα και με τους δύο αισθητήρες είναι 88,82 παλμούς ανά λεπτό. Παρατηρούμε όμως στο διάγραμμα 29 ότι ο αισθητήρας του ηλεκτροκαρδιογραφήματος εμφανίζει κάποιες ακραίες τιμές, οι οποίες μπορεί να οφείλονται εξαιτίας των δονήσεων που υφίσταται ο εργαζόμενος εντός του οχήματος ή οποιασδήποτε άλλης καταπόνησης ή ακόμα και από λάθος μέτρηση του αισθητήρα.

Ακολουθεί διάγραμμα σύγκρισης των δεδομένων των δύο αισθητήρων. (Διάγραμμα 30), όπου μπορεί να φανούν πιο καθαρά οι διαφοροποιήσεις και τα σφάλματα των μετρήσεων των δύο αισθητήρων.

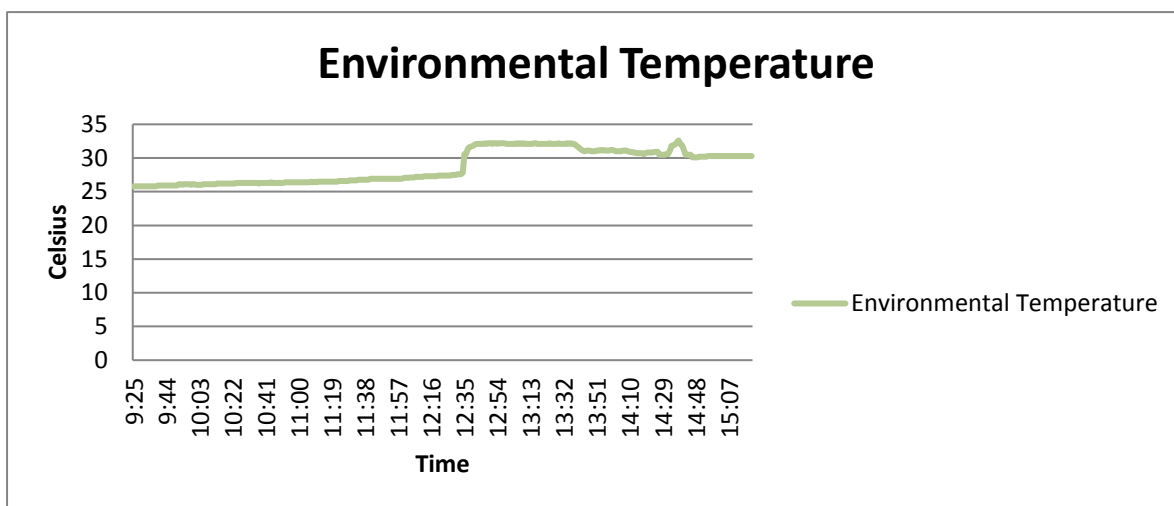


Διάγραμμα 30: Σύγκριση μετρήσεων αισθητήρων καρδιακών παλμών κατά τη διάρκεια της 3^{ης} ημέρας

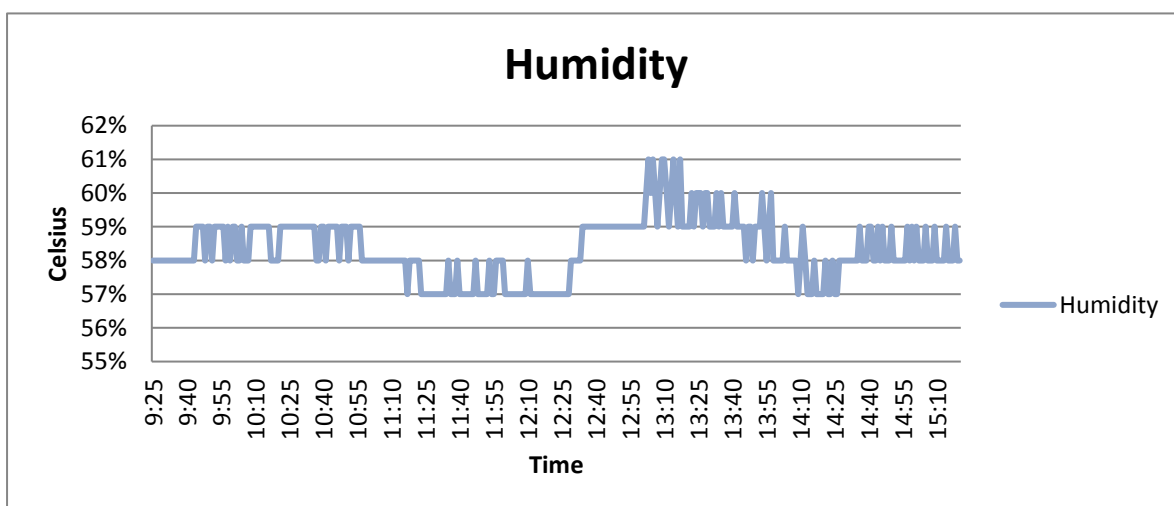
Ακολουθούν οι μετρήσεις του αισθητήρα θερμοκρασίας και υγρασίας του περιβάλλοντος και η μέτρηση του αισθητήρα θερμοκρασίας του σώματος από τους αισθητήρες του βιομετρικού γιλέκου. (Διάγραμμα 31, 32, 33)



Διάγραμμα 31: Μέτρηση της θερμοκρασίας σώματος του χρήστη κατά τη διάρκεια της 3^{ης} ημέρας



Διάγραμμα 32: Μέτρηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της 3^{ης} ημέρας

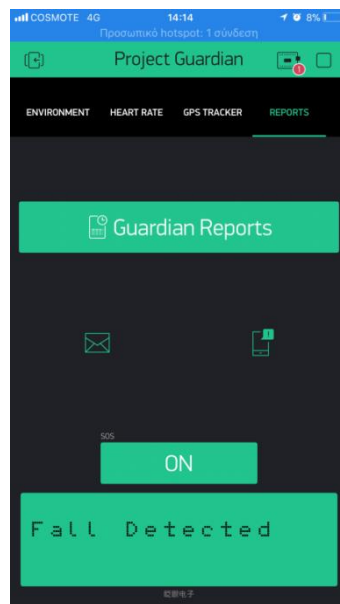


Διάγραμμα 33: Μέτρηση της υγρασίας του περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της 3^{ης} ημέρας

Από το Διαγράμμα 31 παρατηρούμε την φυσιολογική θερμοκρασία του χρήστη του βιομετρικού Γιλέκου η οποία κατά την τρίτη ημέρα ήταν στους 36,5 °C

Από τα Διαγράμματα 23 και 24, παρατηρούμε ότι κατά την διάρκεια οδήγησης του οχήματος από τον υπεύθυνο ασφαλείας, υπήρξε αύξηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και ελάχιστη αύξηση της τάξεως του 1% της υγρασίας. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην είσοδό του στην καμπίνα του οχήματος και στην απουσία συστήματος κλιματισμού εντός αυτής.

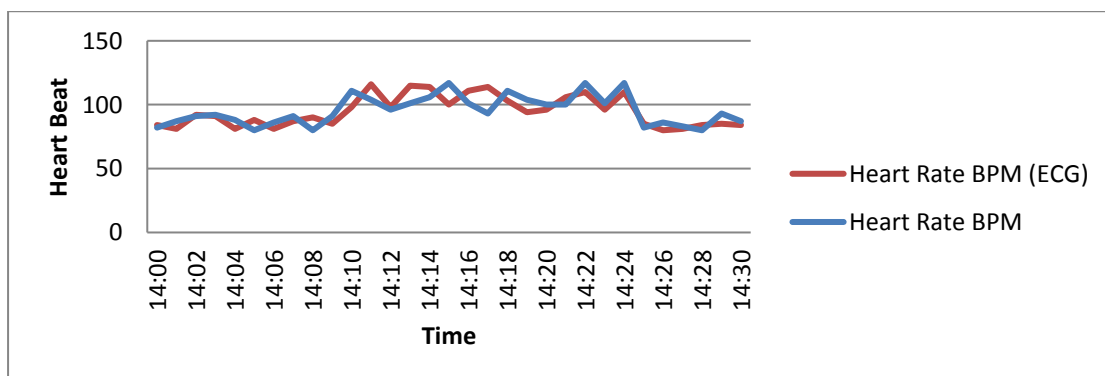
Κατά την διάρκεια της τρίτης μέρας πραγματοποιήθηκε και μία προσομοίωση πτώσης εργαζομένου με τα δεδομένα από την εφαρμογή να παρουσιάζονται στο διάγραμμα που ακολουθεί: (Σχήμα 6.10)



Σχήμα 6.10: Καταγραφή πτώσης από την εφαρμογή

Ο αισθητήρας κατά την πειραματική διαδικασία αντήληφθηκε την απότομη πτώση του ατόμου από την σκάλα του οχήματος (πτώση από περίπου 60 εκατοστά), όμως δεν κατάφερε να αντηληφθεί την αργή πτώση από πιθανό στραμπούληγμα του ποδιού.

Μόλις ο αισθητήρας αντιλαμβάνεται απότομη μεταβολή της επιτάχυνσης $\pm 2g$, διάρκειας άνω του ενός δευτερολέπτου σε έναν από τους τρεις άξονες x, y, z, τότε εμφανίζεται το μήνυμα στην εφαρμογή ότι εντοπίστηκε πτώση.

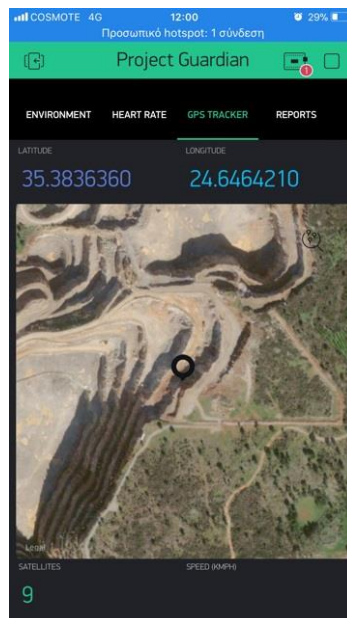


Σχήμα 6.11: Καταγραφή πτώσης από τους αισθητήρες ανίχνευσης καρδιακού παλμού

Στο σχήμα 6.11 παρατηρούμε ότι κατά την ανάβαση και προσπάθεια πραγματοποίησης σεναρίου πτώσης οι παλμοί του χρήστη αυξήθηκαν σύμφωνα με τους αισθητήρες καταγραφής καρδιακών παλμών, όπως επίσης και ότι χρειάστηκαν αρκετά λεπτά ώστε να επιστρέψουν οι μετρήσεις σε φυσιολογικούς ρυθμούς. Κατά την πτώση υπάρχει πιθανότητα ακόμα και να καταστραφεί ένας ή και οι δύο αισθητήρες ή να λαμβάνει λάθος μετρήσεις για σύντομο χρονικό διάστημα κάποιων λεπτών.

6.3 Drones & GIS

Κατά την διάρκεια των μετρήσεων στο λατομείο το βιομετρικό γιλέκο λάμβανε σήμα GPS σε πραγματικό χρόνο αποστέλλοντας τα δεδομένα αυτά τόσο στην εφαρμογή όσο και αποθηκεύοντάς τα σε μορφή .csv, όταν αυτό ζητηθεί. (Σχήμα 6.12)



Σχήμα 6.12: Εντοπισμός χρήστη βιομετρικού Γιλέκου σε Πραγματικό Χρόνο

Σε υποτιθέμενο σενάριο ασφαλείας της υγείας των εργαζομένων στο μέτωπο εκσκαφής στάλθηκε μη επανδρωμένο όχημα για την επίβλεψη. (Σχήματα 6.13 και 6.14)

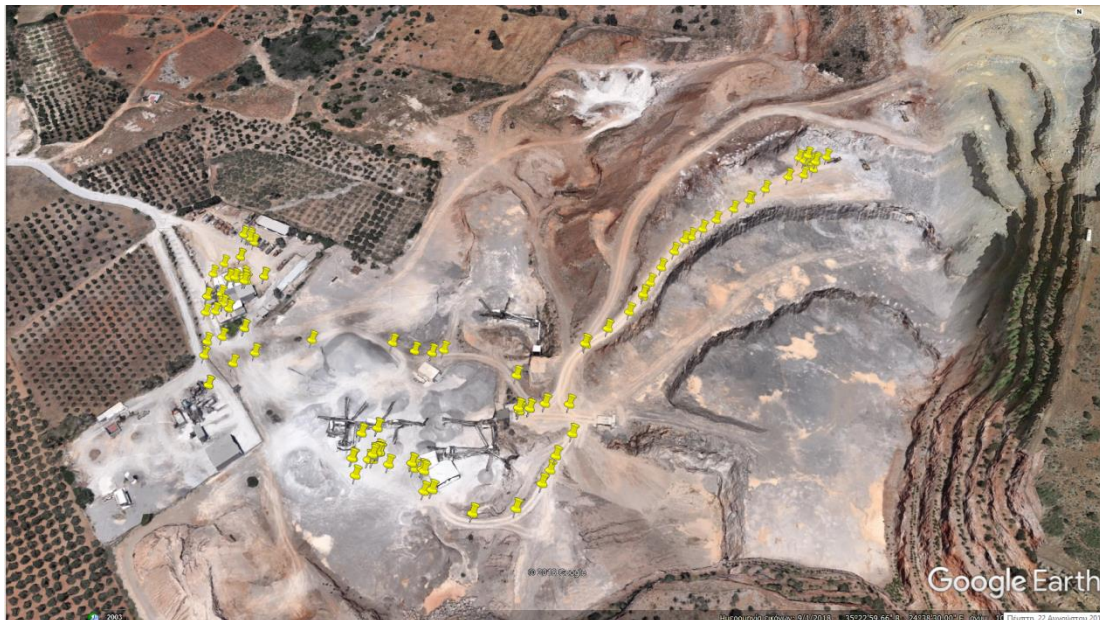


Σχήμα 6.13: Αποστολή μη επανδρωμένου οχήματος για επίβλεψη του λατομείου



Σχήμα 6.14: Αποστολή μη επανδρωμένου οχήματος στο μέτωπο εκμετάλλευσης για επίβλεψη

Οι συντεταγμένες της 1^{ης} ημέρας από το αρχείο .csv του Excel , αφού μετατράπηκαν σε αρχείο .kmz για να απεικονιστούν στην εφαρμογή Google Earth (t), παρουσιάζονται στο Σχήμα 6.15 που ακολουθεί.



Σχήμα 6.15: Συνταταγμένες 1^{ης} ημέρας του δευτέρου σταδίου της πειραματικής διαδικασίας (t)

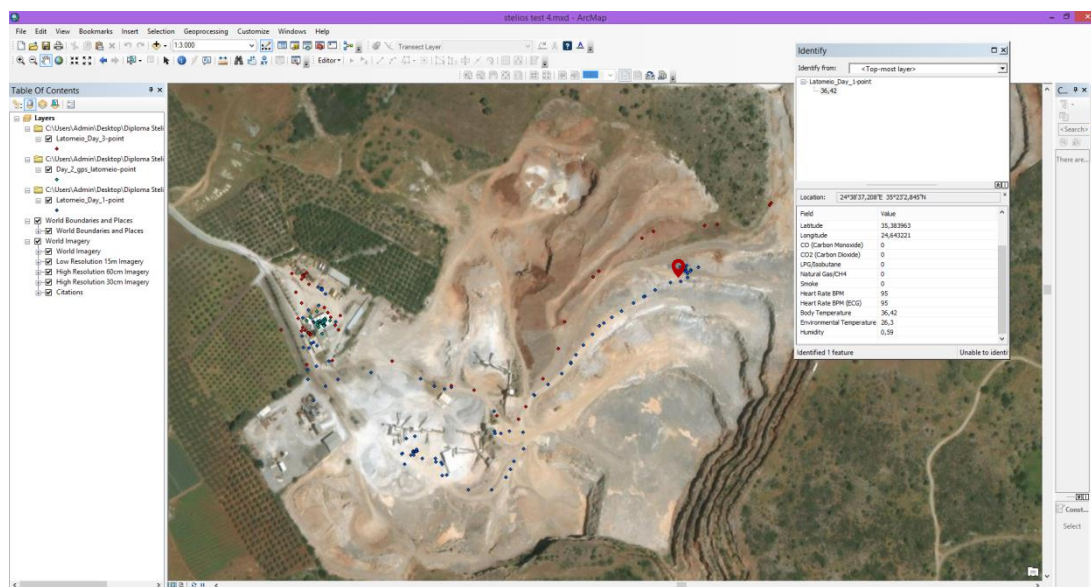
Οι συντεταγμένες της 2ης ημέρας της πειραματικής διαδικασίας η οποία διεξήχθη στο μηχανουργείο του λατομείου, παρουσιάζονται στο Σχήμα 6.16 που ακολουθεί.



Σχήμα 6.16: Συνταταγμένες 2^{ης} ημέρας του δευτέρου σταδίου της πειραματικής διαδικασίας (t)

An aerial photograph of a landscape showing significant erosion. Numerous yellow arrows are overlaid on the image, pointing to various erosion features. These features include deep, winding channels (gullies) that cut through the terrain, particularly in the central and right-hand portions of the image. There are also areas of exposed, lighter-colored soil or rock, suggesting where vegetation has been stripped away. The landscape is a mix of brown, tan, and greyish tones, with some green patches of vegetation. In the bottom right corner, the text "Google Earth" is visible.

Με βάση τις συντεταγμένες των εργαζομένων δημιουργήθηκε χάρτης με τις διαδρομές εργασίας όλων των ημερών και την ταυτόχρονη απεικόνιση των διαφόρων συγκεντρώσεων τιμών των αερίων που ανιχνεύθηκαν στο λατομείο. (Σχήμα 6.18)



Σημείωση: Η τιμή του CO₂ σημαίνει συγκέντρωση αερίου μικρότερη από 395 ppm.

Κεφάλαιο 7

Συμπεράσματα και Προτάσεις

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή σχεδιάστηκε, προγραμματίστηκε και κατασκευάστηκε ένα πρωτότυπο Βιομετρικό Γιλέκο με ενσωματωμένους βιομετρικούς και περιβαλλοντικούς αισθητήρες για τον έλεγχο της ασφάλειας των εργαζομένων. Το συγκεκριμένο βιομετρικό γιλέκο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πλήθος επιστημών και εφαρμογών όπως, στη βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου, στον μεταλλευτικό τομέα, όπως στα λατομεία και στις υπόγειες εξορύξεις ορυκτών, στην προστασία του περιβάλλοντος, ακόμα και σε καθημερινό επίπεδο στην ιδιωτική ζωή για τον τυπικό έλεγχο της υγείας του χρήστη που το φορά, όπως επίσης και σε εφαρμογές έρευνας και διάσωσης με την σύζευξή του με μη επανδρωμένα ιπτάμενα ρομποτικά οχήματα (drones), καλύπτοντας ένα μεγάλο εύρος του κλάδου των Μηχανικών Ορυκτών Πόρων.

Χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου Βιομετρικού Γιλέκου αποτελούν το μεγάλο εύρος δυνατοτήτων που προσφέρει, η εύκολη παραμετροποίησή του και εγκατάσταση οποιονδήποτε αισθητήρων μπορεί να χρειαστούν, το χαμηλό του κόστος, καθώς και η

υψηλή του αυτονομία που καλύπτει ακόμα και θέσεις με ωράρια εργασίας άνω των 8 ωρών.

Παρότι δεν αντικαθιστά τα επαγγελματικά συστήματα ελέγχου υγείας και ασφάλειας μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο και μία εύχρηστη εναλλακτική λύση για Εθνικούς και τοπικούς οργανισμούς, όπως η Δημόσια Εταιρεία Ηλεκτρισμού, εταιρείες Πετρελαίου (ΕΛ.ΠΕ.), και φυσικού αερίου (Φυσικό Αέριο Αττικής) κ.ά., βοηθώντας σε πραγματικό χρόνο στην ανίχνευση επιβλαβών αερίων κατά την διάρκεια της εργασίας με ταυτόχρονη επίβλεψη της υγείας των εργαζομένων που το φορούν και με δυνατότητα άμεσης ειδοποίησης των ειδικών, εάν αυτό χρειαστεί.

Στον κλάδο της Βιομηχανίας, οι συνθήκες εργασίας των εργαζομένων καθώς και το περιβάλλον που εκτίθενται καθημερινά, είναι επιβλαβές για την υγεία τους, με τους ανθρώπους που εργάζονται σε τέτοιες βιομηχανίες να έρχονται σε άμεση επαφή με επιβλαβή και επικίνδυνα χημικά στοιχεία, αέρια, σκόνη κ.ά

Λατομικές εταιρείες, θα μπορούσαν άμεσα να το χρησιμοποιήσουν, εκμεταλλευόμενοι το πλήθος των λειτουργιών που προσφέρει, για τον έλεγχο και την καλύτερη ασφάλεια της υγείας των εργαζομένων και πιο συγκεκριμένα, ήδη ο ίδιος ο υπεύθυνος ασφαλείας της εταιρείας της Ιντερμπετόν ρώτησε εάν το πρωτότυπο προϊόν, είναι διαθέσιμο για εμπορική χρήση.

Οι μελλοντικές παραμετροποιήσεις περιλαμβάνουν τόσο την δημιουργία νέου γιλέκου ώστε να μπορεί να εφαρμόζει καλύτερα σε περισσότερους τύπους και μεγέθη ανθρώπων, καθώς και στην πλήρη υδατοστεγανοποίησή. Μελλοντικές παραμετροποιήσεις αφορούν επίσης στην ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων μεταξύ των αισθητήρων και της εφαρμογής στο κινητό τηλέφωνο ώστε αυτή να πραγματοποιείται σε χρόνο μικρότερο του 1 δευτερολέπτου. Από τις πιο σημαντικές μελλοντικές αναβαθμίσεις του Βιομετρικού Γιλέκου αποτελεί η πλήρη σύζευξή του με νέα πρωτότυπα μη επανδρωμένα ιπτάμενα ρομποτικά οχήματα με σκοπό την καταγραφή και την επεξεργασία των μετρήσεων από τα ίδια τα Drones και την παροχή άμεσης βοήθειας εάν αυτό χρειαστεί. Σε όλα αυτά τα καταστροφικά και επικίνδυνα για την υγεία περιβάλλοντα το βιομετρικό γιλέκο με την ταυτόχρονη χρήση και των μη επανδρωμένων οχημάτων, θα μπορούσε να παρέχει σωστή παρακολούθηση και συλλογή βιομετρικών και άλλων δεδομένων, που θα βοηθήσουν

στην προστασία των πολιτών, καθώς και στον κλάδο της έρευνας και της διάσωσης γενικότερα.

Το κατασκευασμένο πρωτότυπο Βιομετρικό Γιλέκο με την ονομασία Guardian, θα παραμείνει στο τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης και συγκεκριμένα στο εργαστήριο SenseLab - Γεωδαισίας και Πληροφορικής των Γεωεπιστημών, για περαιτέρω εξέλιξη, τόσο σε επίπεδο εξοπλισμού όσο και σε επίπεδο λογισμικού, με την ταυτόχρονη έρευνα και άλλων εφαρμογών στις οποίες θα μπορεί να ανταπεξέλθει.

Βιβλιογραφία

- [1] Australian and New Zealand Standard, «Risk Management AS4360:1999», Standards Australia, 1999
- [2] Γαλετάκης Μιχάλης, «Διαχείριση του Κινδύνου σε Θέματα Υγείας και Ασφάλειας», Δεκέμβριος, 2016
- [3] Ανδρέας Αρβανιτογεώργος, «Ανάλυση επικινδυνότητας στη βιομηχανία», 1999
- [4] Alex Albert, Matthew R. Hallowell, «Hazard Recognition Methods in the Construction Industry», Construction Research Congress, 2012
- [5] Κανονισμός Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών, ΥΑ2223, ΦΕΚ1227, 14/06/11
- [6] H.H Asada, P.Shaltis, A. Reisner, et al., «Mobile monitoring with wearable photoplethysmographic biosensors», IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, Volume: 22, Issue 3, May-June, pp. 28-40, 2003
- [7] Florian Michahelles, Peter Matter, Albrecht Schmidt, Bernt Schiele, «Applying wearable sensors to avalanche rescue», Computer & Graphics, Volume 27, Issue 6, December, pp. 839-847, 2003
- [8] N.Oliver, F. Flores-Mangas, «HealthGear: a real-time wearable system for monitoring and analyzing physiological signals», IEEE International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks, April, 2006
- [9] P. Grossman, The LifeShirt®: a multi-function ambulatory system monitoring health, disease, and medical intervention in the real world, 2004
- [10] Wilhelm et al., F.H. Wilhelm, W.T. Roth, M.A. Sackner The LifeShirt®: an advanced system for ambulatory measurement of respiratory and cardiac function, 2003
- [11] Young-Dong Lee, Wan-Young Chung, «Wireless sensor network based wearable smart shirt for ubiquitous health and activity monitoring», Sensors and Actuators B: Chemical, Volume 140, Issue 2, July, pp. 390-395, 2009

- [12] E. Sardini, M. Serpelloni, «Instrumented Wearable Belt for Wireless Health Monitoring», Proc. Eurosensors XXIV, September, 2010
- [13] Shirley Coyle, Vincenzo F. Curto, Fernando Benito-Lopez, et al., «Chapter 2.1 – Wearable Bio and Chemical Sensors», Wearable Sensors: Fundamentals, Implementation and Application, pp. 65-83, 2014
- [14] Denis Tutor, Lidia Dobrescu, Dragoş Dobrescu, «Ultrasonic electronic system for blind people navigation», IEEE E-Health and Bioengineering Conference (EHB), 2015
- [15] Bernard Munos, Pamela C. Baker, Brian M. Bot, Michelle Crouthamel, Glen de Vries, Ian Ferguson, John D. Hixson, Linda A. Malek, John J. Mastrototaro, Veena Misra, Aydogan Ozcan, Leonard Sacks, Pei Wang, «Mobile health: the power of wearables, sensors, and apps to transform clinical trials», 6 July, 2016
- [16] D.H. Stefanov, Z. Bien, W.C. Bang, «The smart house for older persons and persons with physical disabilities: structure, technology arrangements, and perspectives», IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 12 (2), pp. 228–250, 2004
- [17] Luc Léger, «Heart Rate Monitors: Validity, Stability, and Functionality», pp. 143-151, July, 2016
- [18] Humen DP, Boughner DR, «Evaluation of commercially available heart rate monitors», Canadian Medical Association Journal, pp.131:585–588, 1984
- [19] Bobbink, R., Hicks, K. Galloway, J. et.al., «Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis», Ecological Applications 20 pp. 30-59, 2010
- [20] A. M. Donoghue, «Occupational health hazards in mining: an overview», Occupational Medicine, pp. 283-286, 2004
- [21] Andrés Ricardo Pérez-Riera, Raimundo Barbosa-Barros, Rodrigo Daminello-Raimundo, Luiz Carlos de Abreu, Javier García-Niebla, Mauro José de Deus Morais,

Kjell Nikus and Frank I. Marcus, Epsilon wave: A review of historical aspects, Indian Pacing and Electrophysiology Journal, 2019

[22] B. Gottschalk, M. Gysel, R. Barbosa-Barros, et al., «The use of fontaine leads in the diagnosis of arrhythmogenic right ventricular dysplasia», Ann Noninvasive Electrocardiol, 19, pp. 279-284, 2014

[23] International Labour Office, «Safety and health in underground coalmines», Geneva, 2009

Ιστότοπος

[α] <https://www.rizospastis.gr/story.do?id=2804345> (12/05/19)

[b] <http://kozan.gr/archives/58868> (12/05/19)

[c] <https://www.tanea.gr/2014/02/14/greece/56xronos-ergazomenos-sti-dei-pnigike-stin-texniti-limni-toy-ais-ptolemaidas/> (12/5/19)

[d] <https://www.livescience.com/46236-vibrating-clothes-help-blind-navigate.html>
(20/05/19)

[e] <https://www.arduino.cc/> (6/2/19)

[f] <https://imgbin.com/png/uH0X9C1n/arduino-pinout-i%C2%B2c-microcontroller-diagram-png> (6/2/19)

[g] https://wiki.dfrobot.com/Heart_Rate_Monitor_Sensor_SKU_SEN0213 (7/2/19)

[h] <https://www.tp-link.com/gr/home-networking/mobile-accessory/tl-pb10400/> (8/2/19)

[i] https://www.emedicinehealth.com/electrocardiogram_ecg/article_em.htm#heart_function_ecg_and_ecg_wave_strips (17/2/19)

[j] <https://en.wikipedia.org/wiki/Electrocardiography> (17/2/19)

[k] <https://support.apple.com/en-us/HT204666> (20/2/19)

[1] <https://arstechnica.com/gadgets/2017/04/how-wearable-heart-rate-monitors-work-and-which-is-best-for-you/> (20/2/19)

[m] <https://www.evo.com/guides/outerwear-waterproof-ratings-and-breathability>
(29/1/19)

- [n] https://www.libelium.com/forum/libelium_files/gases_calibration.pdf (22/3/19)
- [o] <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide> (5/5/19)
- [p] https://learningcentral.health.unm.edu/learning/user/onlineaccess/CE/intro_baci_online/monitor/leads.html (17/2/19)
- [q] <http://www.meddean.luc.edu/lumen/meded/medicine/skills/ekg/les1prnt.htm> (17/2/19)
- [r] https://www.kidde.com/home-safety/en/us/support/help-center/browse-articles/articles/what_are_the_carbon_monoxide_levels_that_will_sound_the_alarm_.aspx (6/5/19)
- [s] <https://ohsonline.com/articles/2016/04/01/carbon-dioxide-detection-and-indoor-air-quality-control.aspx> (6/5/19)
- [t] <https://www.google.com/intl/el/earth/> (Google Earth Pro Windows Application)