



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ  
ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

## **Επίδραση του άγχους στους διαγνωστικούς ελέγχους Covid-19**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Άννα Γ. Παναγιωτακοπούλου

Επιβλέπων Καθηγητής:

Ευάγγελος Β. Χριστοφόρου

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Νοέμβριος 2023





## ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

### ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ  
ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

## **Επίδραση του άγχους στους διαγνωστικούς ελέγχους Covid-19**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Άννα Παναγιωτακοπούλου

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή.

Ευάγγελος Χριστοφόρου

Καθηγητής ΕΜΠ

Γεώργιος Ματσόπουλος

Καθηγητής ΕΜΠ

Ιωάννης Γκόνος

Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, 13/11/2023

.....  
Άννα Γ. Παναγιωτακοπούλου

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

Copyright © Άννα Παναγιωτακοπούλου, 2023.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

# Περίληψη

---

Η εποχή της πανδημίας Covid-19 ήταν μια περίοδος που συγκλόνισε την ανθρωπότητα, επηρέασε την καθημερινότητα όλων των ανθρώπων δραματικά, την οικονομία, τις μορφές εργασίας, την κοινωνικοποίηση, αλλά και ανέδειξε τα προβλήματα και τα όρια των συστημάτων υγείας σε κάθε χώρα. Οι μεταλλάξεις του ιού, η μη έγκαιρη ύπαρξη εμβολίου και η πολύ υψηλή μεταδοτικότητα είναι οι βασικές αιτίες που αυτή η πανδημία επηρέασε τους ανθρώπους σε κάθε σημείο του πλανήτη.

Ένας βασικός κλάδος της δημόσιας υγείας είναι η επιστήμη της Επιδημιολογίας, η οποία μελετά τη συχνότητα και την κατανομή των νοσημάτων στον πληθυσμό, καθώς και τους παράγοντες που επηρεάζουν την κατανομή αυτή. Σκοπός της είναι ο έλεγχος και η πρόληψη των ασθενειών. Στο πλαίσιο της επιστήμης αυτής ασκείται η προληπτική και θεραπευτική ιατρική της κοινότητας, μέσω της ιχνηλάτησης, της καταγραφής των περιστατικών και της ανάλυσης των βιοστατιστικών δεδομένων.

Οι διαδικασίες πρόληψης, όπως συχνό “testing”, ιχνηλάτηση και διαρκής αναζήτηση των πασχόντων-φορέων είναι σημαντικές, καθώς από τη μία εμποδίζουν την έντονη μετάδοση της νόσου, ενώ επίσης, αντιμετωπίζουν με μεγαλύτερη επιτυχία τα συμπτώματα και προστατεύουν αποτελεσματικότερα την υγεία των άλλων ανθρώπων. Η προληπτική ιχνηλάτηση είναι αποτελεσματική απέναντι στον Covid-19, όταν υπάρχει μεγάλη συμμετοχή πολιτών. Ένας από τους παράγοντες που επηρεάζει τη συμμετοχή των πολιτών στην ιχνηλάτηση (testing) είναι το άγχος που δημιουργείται στον συμμετέχοντα κατά τη διάρκεια του test (είτε ως αποτέλεσμα είτε ως διαδικασία).

Στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής εργασίας, διερευνάται πώς διαμορφώνεται και καταγράφεται το άγχος κατά τη διενέργεια Rapid test για την πανδημία Covid-19. Επιχειρείται να μετρηθεί το επίπεδο του άγχους με αντικειμενικό τρόπο. Για να επιτευχθεί αυτό, χρησιμοποιείται ένας αισθητήρας (συνδεδεμένος με μικροελεγκτή) που μετρά την Γαλβανική Απόκριση Δέρματος, έτσι ώστε να καταγραφεί το στρες που βιώνει το υποκείμενο καθώς πραγματοποιεί rapid test. Στη συνέχεια, τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από πραγματικές μετρήσεις συγκρίθηκαν με τις θεωρητικές εκτιμήσεις, ώστε να προκύψουν χρήσιμα συμπεράσματα αναφορικά με τα επίπεδα του άγχους. Τέλος, στο ευρύτερο σύνολο των δεδομένων που λαμβάνονται για τις ανάγκες της διπλωματικής εργασίας, χρησιμοποιούνται και εξειδικευμένα ερωτηματολόγια, τα οποία καταγράφουν την υποκειμενική άποψη του κοινού για τον Covid-19, τα διαγνωστικά tests και το άγχος που βιώνει.

**Λέξεις-κλειδιά:** Covid-19, προληπτικός έλεγχος, διαγνωστικός έλεγχος, Γαλβανική Απόκριση Δέρματος, άγχος, αισθητήρας, μετρήσεις, ερωτηματολόγιο

# Abstract

---

The era of the Covid-19 pandemic was a period that overwhelmed mankind, dramatically affected the daily lives of people globally, the economy, forms of work, socialization, but also highlighted the problems and limitations of health systems in every country. The mutations of the virus, the substantially delayed availability of a vaccine and the exceptionally high contagiousness are the principal reasons this pandemic has affected people in every part of the world.

A key public health discipline is the field of Epidemiology, which studies the frequency and distribution of diseases in the population and the factors affecting this distribution. Its aim is to control and prevent disease. Within this field, preventive and curative medicine is practiced in the community through tracing, case recording and analysis of biostatistical data.

Prevention procedures such as frequent testing, tracing and continuous search for infected carriers are important, as they reduce disease transmission on the one hand, while also treating symptoms more successfully and protecting the health of other people more effectively. The effectiveness of preventive tracing against Covid-19 is contingent on high citizen participation. One of the factors that influences citizen participation in tracing (testing) is the stress that the participant experiences during the test (either as an outcome or as a process).

This thesis investigates how stress is formed and recorded when conducting a Covid-19 Rapid test. We have attempted to measure the level of anxiety objectively. To this end, a sensor (connected to a microcontroller) that measures the Galvanic Skin Response is used to record the stress experienced by the subject during a rapid test. Subsequently, the data collected from actual measurements are compared with theoretical estimates to draw useful conclusions on stress levels. Finally, within the broader data set obtained for the purposes of the thesis, tailored questionnaires are

also used to capture the subjective views of the public on Covid-19, the diagnostic tests and the anxiety they experience.

**Keywords:** *covid-19, screening, diagnostic test, Galvanic Skin Response, anxiety, sensor, measurements, questionnaire.*



# Πρόλογος – Ευχαριστίες

---

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ευάγγελο Χριστοφόρου, αλλά και τον επιβλέποντα ερευνητή - διδακτορικό Αντώνη Γεωργά για την εμπιστοσύνη που μου έδειξαν, για την ευκαιρία που μου προσέφεραν να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα στα πλαίσια της διπλωματικής μου εργασίας. Τους ευχαριστώ, επίσης, για την στήριξη και τη βοήθεια όλο αυτό το διάστημα και εκτιμώ βαθιά την ανιδιοτελή προσφορά τους και το ενδιαφέρον που έδειξαν.

Την συγκεκριμένη εργασία θα ήθελα να την αφιερώσω στους γονείς μου και την οικογένειά μου, που μου έδωσαν την δυνατότητα να σπουδάσω και που είναι πάντα δίπλα μου υποστηρίζοντας τις επιλογές μου. Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στους κοντινούς μου ανθρώπους, τους φίλους και τις φίλες μου.



# Πίνακας περιεχομένων

---

Περίληψη .....	3
Abstract.....	5
Πρόλογος – Ευχαριστίες .....	7
Πίνακας περιεχομένων .....	9
Ευρετήριο Σχημάτων .....	11
Θεωρητικό Μέρος .....	1
1. Εισαγωγή.....	1
1.1. Σκοπός και Δομή της Εργασίας.....	1
1.2. Πανδημία Covid-19 .....	2
1.2.1. Πανδημίες - Επιδημίες ανά τον κόσμο.....	2
1.2.2. Ευπαθείς ομάδες και συμπτώματα της Covid-19: .....	4
1.3. Μέθοδοι για αντιμετώπιση / πρόληψη .....	5
1.3.1. Διαγνωστικοί έλεγχοι COVID-19 ως μέθοδος πρόληψης.....	6
1.3.2. Πολιτικές για τους διαγνωστικούς ελέγχους COVID-19.....	9
1.3.3. Testing.....	11
1.3.4. Screening.....	12
1.4. Μέθοδοι πειραματικής καταμέτρησης του άγχους/στρες στον ανθρώπινο οργανισμό.....	14
1.4.1. Ορισμός άγχους .....	14
1.4.2. Μέθοδοι ανίχνευσης του άγχους μέσω της παρατήρησης .....	16
1.4.3. Μελέτη φυσιολογικών σημάτων με χρήση ασαφούς λογικής ως μέθοδος για την ανίχνευση του άγχους.....	17
1.4.4. Κάποιες ακόμα μέθοδοι για ανίχνευση του άγχους.....	18
1.4.5. Η επιλογή της Γαλβανικής Απόκρισης Δέρματος (GSR) για την καταμέτρηση του άγχους κατά τη διενέργεια COVID-19.....	19
2. Η Γαλβανική Απόκριση Δέρματος (GSR) και η χρήση της για ανίχνευση του στρες .....	21
2.1. Τι είναι η Γαλβανική Απόκριση Δέρματος (GSR) ? .....	21
2.2. Τι κάνει το GSR τόσο πολύτιμο βιομετρικό σήμα στην αξιολόγηση της συναισθηματικής συμπεριφοράς;.....	21
2.3. Skin & sweat.....	22
2.3.1. Δέρμα (skin) .....	22
2.3.2. Ιδρώτας και ιδρωτοποιοί αδένες (sweat) .....	23
2.4. Γαλβανικό Ρεύμα .....	24

2.5. Γαλβανική Απόκριση Δέρματος (GSR) και Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα (ΑΝΣ) .....	25
2.6. Πεδία Εφαρμογής του GSR:.....	27
2.7. Αισθητήρας GSR.....	28
2.8. Το ακατέργαστο σήμα GSR.....	31
2.9. Ανάλυση δεδομένων GSR .....	36
<b>Πειραματικό Μέρος.....</b>	<b>41</b>
3. Η μελέτη με τον αισθητήρα και το ερωτηματολόγιο .....	41
3.1. Η μελέτη μέσω του αισθητήρα.....	41
3.1.1. Ο αισθητήρας GSR .....	41
3.1.2. Arduino UNO .....	44
Πίνακας 1: οι τιμές GSR (σε Units arduino) μαζί με τους χρόνους λήψης των μετρήσεων.....	47
3.1.3. Ο υπολογισμός της Αγωγιμότητας (σε micro-Siemens, $\mu S$ ).....	48
Πίνακας 2: Αντιστοίχιση των αντιστάσεων σε $\Omega$ (Ohm) με την τάση που μετρά το πρόγραμμα σε Arduino Units .....	53
3.1.4. Χάραξη καμπυλών, ανάλυση των μετρήσεων και αποτελέσματα .58	
3.2. Ανάπτυξη και ανάλυση ερωτηματολογίου .....	99
3.2.1. Γενικά στοιχεία .....	99
3.2.2. Απαντήσεις Ερωτηματολογίου .....	100
4. Συμπεράσματα και μελλοντικά στοιχεία για διερεύνηση .....	107
4.1. Συμπεράσματα.....	107
4.2. Μελλοντικά στοιχεία για διερεύνηση .....	110
<b>Παραρτήματα.....</b>	<b>113</b>
Παράρτημα I: Κώδικας σε Python .....	113
Παράρτημα II: Ερωτηματολόγιο .....	115
Παράρτημα III: Κώδικας σε Wiring .....	117
Παράρτημα IV: Κώδικας σε Python .....	118
Παράρτημα V: Πίνακες .....	120
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>121</b>

# Ευρετήριο Σχημάτων

---

Σχήμα 1: Αναδυόμενες Λοιμώδεις Νόσοι και Επανεμφανιζόμενες Μολυσματικές Ασθένειες σε παγκόσμιο επίπεδο [3].....	4
Σχήμα 2: Συμπτώματα της Covid-19 [6].....	5
Σχήμα 3: Ποσοστό θετικών διαγνωστικών ελέγχων την 1η Μαρτίου 2022 [7] .....	7
Σχήμα 4: Καθημερινοί COVID-19 διαγνωστικοί έλεγχοι ανά 1000 άτομα, μελέτη στις 28/2/2022 .....	8
Σχήμα 5: Καθημερινοί διαγνωστικοί έλεγχοι στην Ελλάδα ανά 1000 άτομα από 10/3/2020 έως 22/6/2022 .....	9
Σχήμα 6: Οι πολιτικές/στρατηγικές των χωρών για τους διαγνωστικούς ελέγχους COVID-19 [8] .....	10
Σχήμα 7: Τα 3 στρώματα του Δέρματος (Επιδερμίδα -Epidermis, Δέρμα - Dermis, Υποδόριο Στρώμα - Subcutaneous layer) [24]....	23
Σχήμα 8: Το Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα (ΑΝΣ) .....	26
Σχήμα 9: το κύκλωμα που δημιουργείται μεταξύ 2 ηλεκτροδίων πάνω στο δέρμα και του αισθητήρα GSR.....	29
Σχήμα 10: Τα σημεία σύνδεσης των αισθητήρων: A, B για καταγραφή από τα δάχτυλα και C, D για καταγραφή από παλάμη .....	30
Σχήμα 11: Τα σημεία σύνδεσης των αισθητήρων: A, B για καταγραφή από το πέλμα .....	31
Σχήμα 12: Γράφημα GSR (uS) συναρτήσεως του Χρόνου κατά τη διάρκεια ενός βίντεο 20 λεπτών .....	32
Σχήμα 13: Γράφημα EDA ή GSR (uS) συναρτήσεως του Χρόνου με επισήμανση στα SCR, SCL και GSR peaks .....	33
Σχήμα 14: Παράδειγμα σήματος ηλεκτροδερμικής δραστηριότητας (EDA) αποκρίσεων αγωγιμότητας δέρματος (SCR), σημειωμένο με κόκκινο "ο" και ενδεικτική σημείωση μέτρησης πλάτους SCR. [32].....	34
Σχήμα 15: Latency, Rise Time, Peak Amplitude, Recovery Time ...	37
Σχήμα 16: Original GSR signal - Phasic GSR signal .....	38
Σχήμα 17: Onset - Offset - Peak (phasic GSR data).....	39
Σχήμα 18: Παράδειγμα με τα GSR peaks των 20 ερωτηθέντων του παραπάνω παραδείγματος .....	40
Σχήμα 19: Ο αισθητήρας GSR [34], [35] .....	42
Σχήμα 20: τα δύο ηλεκτρόδια εφαρμόζονται στα άκρα του	

μεσαίου δακτύλου και του δείκτη.....	43
Σχήμα 21: Η σύνδεση του αισθητήρα GSR με τη μονάδα Arduino (αισθητήρας, Arduino, Η/Υ).....	44
Σχήμα 22: Ο Κώδικας σε γλώσσα Wiring που αναπτύχθηκε και χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις με τον αισθητήρα GSR.....	46
Σχήμα 23: Η μετατροπή για την τάση από units Arduino σε Volt.	49
Σχήμα 24: Το πολύμετρο που χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση του ρεύματος. ....	50
Σχήμα 25: Η μέτρηση του ρεύματος του αισθητήρα GSR με τη χρήση του πολύμετρου. ....	51
Σχήμα 26: Η κάτω πλευρά του αισθητήρα GSR. ....	52
Σχήμα 27: Χρήση πρότυπων ωμικών αντιστάσεων συνδεδεμένων με τα 2 ηλεκτρόδια του αισθητήρα GSR. ....	52
Σχήμα 28: Κύκλωμα του αισθητήρα GSR και της διασύνδεσής του με έναν μικροελεγκτή Arduino .....	54
Σχήμα 29: το ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα που δημιουργείται μεταξύ 2 ηλεκτροδίων πάνω στο δέρμα και του αισθητήρα GSR	55
Σχήμα 30: Η υλοποίηση του πρώτου σκέλους του 3ου Βήματος στο LibreOffice Calc για τον υπολογισμό του ρεύματος I σε $\mu\text{A}$ (μίκρο-Ampere).....	56
Σχήμα 31: Η υλοποίηση του του δεύτερου σκέλους του 3ου Βήματος στο LibreOffice Calc για τον υπολογισμό του X σε $\text{k}\Omega$ (kiloOhm). ....	57
Σχήμα 32: Η υλοποίηση του τρίτου και τελευταίου σκέλους του 3ου Βήματος στο LibreOffice Calc για τον υπολογισμό του GSR σε $\mu\text{S}$ (μίκρο-Siemens). ....	58
Σχήμα 33: Το αρχείο “GSR_uS_tests_FinalVersion.ods” και η υλοποίηση του 3ου Βήματος στο LibreOffice Calc για τον υπολογισμό του GSR σε $\mu\text{S}$ (μίκρο-Siemens) .....	59
Σχήμα 34: [#1] Γραφική παράσταση GSR (σε $\mu\text{S}$ ) συναρτήσεως του χρόνου (σε Sec).....	63
Σχήμα 35: [#1] Γραφική παράσταση του Φασικού Σήματος GSR (σε $\mu\text{S}$ ) συναρτήσεως του χρόνου (σε Sec).....	63
Σχήμα 36: [#1] Γραφική παράσταση του GSR (σε $\mu\text{S}$ ) μαζί με το Φασικό GSR συναρτήσεως του χρόνου (σε Sec) .....	64
Σχήμα 37: [#1] Γραφική παράσταση του GSR (σε $\mu\text{S}$ ) συναρτήσεως του χρόνου (σε Sec), με επισημάνσεις στα GSR-peaks και στη μέση τιμή όλης της γραφικής παράστασης.....	65
Σχήμα 38: [#2] Γραφική παράσταση GSR (σε $\mu\text{S}$ ) συναρτήσεως του χρόνου (σε Sec).....	66
Σχήμα 39: [#2] Γραφική παράσταση του Φασικού Σήματος GSR (σε $\mu\text{S}$ ) συναρτήσεως του χρόνου (σε Sec).....	67

Σχήμα 40: [#2] Γραφική παράσταση του GSR (σε $\mu\text{S}$ ) μαζί με το Φασικό GSR συναρτήσει του χρόνου (σε Sec) .....	67
Σχήμα 41: [#2] Γραφική παράσταση του GSR ( $\mu\text{S}$ ) συναρτήσει του χρόνου (sec), με επισημάνσεις στα GSR-peaks και στη μέση τιμή όλης της γραφικής παράστασης.....	69
Σχήμα 42: [#3] Γραφική παράσταση GSR (σε $\mu\text{S}$ ) συναρτήσει του χρόνου (σε Sec) .....	70
Σχήμα 43: [#3] Γραφική παράσταση του Φασικού Σήματος GSR (σε $\mu\text{S}$ ) συναρτήσει του χρόνου (σε Sec) .....	71
Σχήμα 44: [#3] Γραφική παράσταση του GSR (σε $\mu\text{S}$ ) μαζί με το Φασικό GSR συναρτήσει του χρόνου (σε Sec) .....	71
Σχήμα 45: [#3] Γραφική παράσταση του GSR (σε $\mu\text{S}$ ) συναρτήσει του χρόνου (σε Sec), με επισημάνσεις στα GSR-peaks και στη μέση τιμή όλης της γραφικής παράστασης.....	72
Σχήμα 46: [#4] Γραφική παράσταση GSR ( $\mu\text{S}$ ) συναρτήσει του χρόνου (Sec).....	73
Σχήμα 47: [#4] Γραφική παράσταση του Φασικού Σήματος GSR ( $\mu\text{S}$ ) συναρτήσει του χρόνου (Sec).....	74
Σχήμα 48: [#4] Γραφική παράσταση του GSR (σε $\mu\text{S}$ ) μαζί με το Φασικό GSR συναρτήσει του χρόνου (σε Sec) .....	74
Σχήμα 49: [#4] Γραφική παράσταση του GSR ( $\mu\text{S}$ ) συναρτήσει του χρόνου (Sec), με επισημάνσεις στα GSR-peaks και στη μέση τιμή όλης της γραφικής παράστασης.....	75
Σχήμα 50: [#5] Γραφική παράσταση GSR (σε $\mu\text{S}$ ) συναρτήσει του χρόνου (σε Sec) .....	76
Σχήμα 51: [#5] Γραφική παράσταση του Φασικού Σήματος GSR ( $\mu\text{S}$ ) συναρτήσει του χρόνου (Sec).....	77
Σχήμα 52: [#5] Γραφική παράσταση του GSR ( $\mu\text{S}$ ) μαζί με το Φασικό GSR συναρτήσει του χρόνου (Sec) .....	77
Σχήμα 53: [#5] Γραφική παράσταση του GSR (σε $\mu\text{S}$ ) συναρτήσει του χρόνου (σε Sec), με επισημάνσεις στα GSR-peaks και στη μέση τιμή όλης της γραφικής παράστασης.....	78
Σχήμα 54: [#6] Γραφική παράσταση GSR ( $\mu\text{S}$ ) συναρτήσει του χρόνου (sec) .....	79
Σχήμα 55: [#6] Γραφική παράσταση του Φασικού Σήματος GSR ( $\mu\text{S}$ ) συναρτήσει του χρόνου (sec).....	80
Σχήμα 56: [#6] Γραφική παράσταση του GSR (σε $\mu\text{S}$ ) μαζί με το Φασικό GSR συναρτήσει του χρόνου (σε Sec) .....	80
Σχήμα 57: [#6] Γραφική παράσταση του GSR ( $\mu\text{S}$ ) συναρτήσει του χρόνου (sec), με επισημάνσεις στα GSR-peaks και στη μέση τιμή όλης της γραφικής παράστασης.....	82
Σχήμα 58: [#7] Γραφική παράσταση GSR ( $\mu\text{S}$ ) συναρτήσει του χρόνου (sec) .....	83

Σχήμα 59: [#7] Γραφική παράσταση του Φασικού Σήματος GSR (μS) συναρτήσει του χρόνου (sec).....	84
Σχήμα 60: [#7] Γραφική παράσταση του αρχικού GSR (μS) μαζί με το Φασικό GSR συναρτήσει του χρόνου (sec).....	84
Σχήμα 61: [#7] Γραφική παράσταση του GSR (μS) συναρτήσει του χρόνου (sec), με επισημάνσεις στα GSR-peaks και στη μέση τιμή όλης της γραφικής παράστασης.....	85
Σχήμα 62: [#8] Γραφική παράσταση GSR (σε μS) συναρτήσει του χρόνου (σε Sec).....	87
Σχήμα 63: [#8] Γραφική παράσταση του Φασικού Σήματος GSR (σε μS) συναρτήσει του χρόνου (σε Sec).....	87
Σχήμα 64: [#8] Γραφική παράσταση του GSR (σε μS) μαζί με το Φασικό GSR συναρτήσει του χρόνου (σε Sec).....	88
Σχήμα 65: [#8] Γραφική παράσταση του GSR (σε μS) συναρτήσει του χρόνου (σε Sec), με επισημάνσεις στα GSR-peaks και στη μέση τιμή όλης της γραφικής παράστασης.....	89
Σχήμα 66: [#9] Γραφική παράσταση GSR (σε μS) συναρτήσει του χρόνου (σε Sec).....	90
Σχήμα 67: [#9] Γραφική παράσταση του Φασικού Σήματος GSR (μS) συναρτήσει του χρόνου (Sec).....	90
Σχήμα 68: [#9] Γραφική παράσταση του αρχικού GSR (μS) μαζί με το Φασικό GSR συναρτήσει του χρόνου (Sec).....	91
Σχήμα 69: [#9] Γραφική παράσταση του GSR (σε μS) συναρτήσει του χρόνου (σε Sec), με επισημάνσεις στα GSR-peaks και στη μέση τιμή όλης της γραφικής παράστασης.....	92
Σχήμα 70: [#10] Γραφική παράσταση GSR (μS) συναρτήσει του χρόνου (Sec).....	93
Σχήμα 71: [#10] Γραφική παράσταση του Φασικού Σήματος GSR (μS) συναρτήσει του χρόνου (Sec).....	93
Σχήμα 72: [#10] Γραφική παράσταση του GSR (μS) μαζί με το Φασικό GSR συναρτήσει του χρόνου (Sec).....	94
Σχήμα 73: [#10] Γραφική παράσταση του GSR (σε μS) συναρτήσει του χρόνου (σε Sec), με επισημάνσεις στα GSR-peaks και στη μέση τιμή όλης της γραφικής παράστασης.....	95
Σχήμα 74: [#11] Γραφική παράσταση GSR (μS) συναρτήσει του χρόνου (sec).....	96
Σχήμα 75: [#11] Γραφική παράσταση του Φασικού Σήματος GSR (μS) συναρτήσει του χρόνου (Sec).....	97
Σχήμα 76: [#11] Γραφική παράσταση του GSR (μS) μαζί με το Φασικό GSR συναρτήσει του χρόνου (Sec).....	97
Σχήμα 77: [#11] Γραφική παράσταση του GSR (μS) συναρτήσει του χρόνου (sec), με επισημάνσεις στα GSR-peaks και στη μέση τιμή όλης της γραφικής παράστασης.....	99



Σχήμα 78: Ποσοστά απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο στην Ερώτηση 1.....	101
Σχήμα 79: Ποσοστά απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο στην Ερώτηση 2.....	101
Σχήμα 80: Ποσοστά απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο στην Ερώτηση 3.....	101
Σχήμα 81: Ποσοστά απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο στην Ερώτηση 4.....	102
Σχήμα 82: Ποσοστά απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο στην Ερώτηση 5.....	102
Σχήμα 83: Ποσοστά απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο στην Ερώτηση 6.....	102
Σχήμα 84: Ποσοστά απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο στην Ερώτηση 7.....	103
Σχήμα 85: Ποσοστά απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο στην Ερώτηση 8.....	103



# Θεωρητικό Μέρος

---

## 1. Εισαγωγή

---

### 1.1. Σκοπός και Δομή της Εργασίας

---

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία αποσκοπεί να μελετήσει τον τρόπο που επιδρά στα υποκείμενα το άγχος κατά τη διενέργεια rapid test για τον ιό SARS-CoV-2. Η βασική υπόθεση είναι ότι κύριος παράγοντας, που αναδύεται κατά τις διαδικασίες μαζικής ιχνηλάτησης για την πανδημία Covid-19, είναι η εμφάνιση του άγχους και η αύξηση των επιπέδων του στο υποκείμενο, είτε λόγω της διαδικασίας του ελέγχου, είτε λόγω της κρισιμότητας των αποτελεσμάτων.

Στην παρούσα διπλωματική θα μελετηθεί σε θεωρητικό επίπεδο και θα διερευνηθεί σε πειραματικό επίπεδο, η επίδραση και τα επίπεδα του άγχους που βιώνουν τα υποκείμενα κατά τη διενέργεια διαγνωστικών ελέγχων για τον ιό SARS-CoV-2.

Στο θεωρητικό μέρος, αρχικά, μελετάται η πανδημία Covid-19 και οι τρόποι που προτάθηκαν από την επιστημονική/ιατρική κοινότητα, ώστε να οριοθετηθεί η διάδοση, αλλά και να αντιμετωπιστεί ο ιός. Στη συνέχεια, περιγράφονται τρόποι μέτρησης του άγχους στον ανθρώπινο οργανισμό, όπως είναι η μέτρηση καρδιακών παλμών (HR), οι εκφράσεις του προσώπου, η Γαλβανική Απόκριση Δέρματος (GSR), θερμοκρασία δακτύλων (FT), η διαστολή της κόρης των ματιών (PD) όπως και το eyetracking (ET).

Μεταξύ όλων των ανωτέρω εναλλακτικών, γίνεται η επιλογή να επικεντρωθεί η μελέτη στη Γαλβανική Απόκριση του Δέρματος (GSR). Θα αναλυθεί πως συμπεριφέρεται η Γαλβανική Απόκριση του Δέρματος (GSR), όταν υπάρχει ένα έντονο ερέθισμα που προκαλεί έκπληξη, στρες ή συναισθηματική διέγερση.

Το πειραματικό μέρος της διπλωματικής εργασίας περιλαμβάνει δύο διαφορετικές προσεγγίσεις, την ‘αντικειμενική’ και την ‘υποκειμενική’. Η πρώτη στηρίζεται σε μετρήσεις με έναν αισθητήρα που ανιχνεύει τη γαλβανική απόκριση δέρματος (GSR), ενώ στη δεύτερη με τη χρήση ενός ερωτηματολογίου διερευνάται η σχέση του υποκειμένου με τον ιό SARS-CoV-2.

Οι μετρήσεις GSR έγιναν με επισκέψεις σε φαρμακεία που πραγματοποιούσαν Rapid tests και με τη χρήση ενός αισθητήρα GSR, συνδεδεμένου με έναν μικροελεγκτή Arduino UNO, που με τη σειρά του συνδέθηκε με έναν Η/Υ. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων, μετά από επεξεργασία και ανάλυση, συγκρίθηκαν με την θεωρητική προσέγγιση, ώστε να ελεγχθεί κατά πόσο διαπιστώνεται πειραματικά αυτό το οποίο προβλέφθηκε.

Τέλος, εξετάζεται αν τα αποτελέσματα, που θα προκύψουν, επιβεβαιώνουν την αρχική υπόθεση ότι “υπάρχει αύξηση των επιπέδων του άγχους που βιώνει το υποκείμενο κατά τη διενέργεια rapid test για την πανδημία Covid-19”.

## **1.2. Πανδημία Covid-19**

---

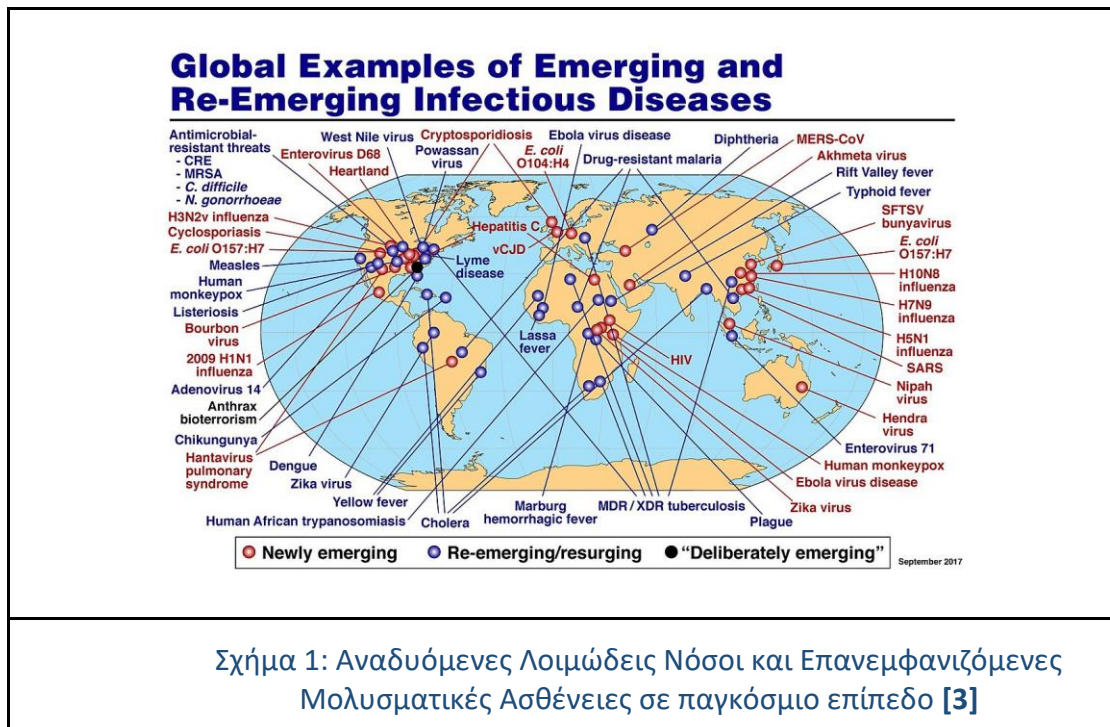
### **1.2.1. Πανδημίες - Επιδημίες ανά τον κόσμο**

Η πανδημία του Covid-19 δεν γίνεται να θεωρηθεί ως ένα αυτοτελές φαινόμενο που ξεκίνησε ξαφνικά. Η πανδημία αυτή αποτελεί συνέχεια των επιδημιών των περασμένων δεκαετιών και δεν είναι νέο, μοναδικό, ή αναπάντεχο φαινόμενο. Αξίζει να αναφερθεί επιγραμματικά η επιδημική ιστορία των τελευταίων δεκαετιών, ώστε να γίνει αντιληπτή η αυξανόμενη συχνότητα επιδημικών εξάρσεων παλιών και νέων παθογόνων, παρά την κατά τόπους εξέλιξη της Ιατρικής ως επιστήμης αλλά και της Δημόσιας Υγείας. Ενδεικτικά, η ελονοσία την περίοδο 1970-1980 είχε ετησίως 1.000.000 νεκρούς σε Αφρική, Νότιο Αμερική και Νοτιοανατολική Ασία [1], ενώ από τις αρχές του 1980 σημειώθηκε μια εκρηκτική αύξηση αναδυόμενων και επανεμφανιζόμενων μεταδοτικών ασθενειών.

Η ιστορία, όμως, των πανδημιών πάει χρονολογικά πολύ πιο πίσω. Από τα αρχαία χρόνια, εμφανίζονταν πανδημίες. Το 430 π.Χ, είχε καταγραφεί ο Λοιμός της Αθήνας που είναι η αρχαιότερη καταγεγραμμένη πανδημία και είχε μορφή τυφοειδή

πυρετού. Στη συνέχεια, καταγράφηκαν ο Λοιμός των Αντωνίνων (τις χρονολογίες 165-180 μ.Χ), ο Λοιμός του Κυπριανού (το 250 μ.Χ), του Ιουστινιανού (το 541 μ.Χ). Στη συνέχεια, η Λέπρα τον 11ο αιώνα κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα και πήρε χαρακτηριστικά πανδημίας στην Ευρώπη. Έπειτα, το 1350, εμφανίστηκε ο λεγόμενος “Μαύρος Θάνατος” που ουσιαστικά ήταν η βουβωνική πανώλη και εξαιτίας της πέθανε εκείνη την περίοδο το 1/3 του παγκόσμιου πληθυσμού. Λίγα χρόνια αργότερα, το 1492, υπήρξε η λεγόμενη “Κολομβιανή Ανταλλαγή”, η οποία περιέγραφε την μετάδοση ασθενειών, όπως ευλογιά, ιλαρά, και βουβωνική πανώλη, στους ιθαγενείς πληθυσμούς σε Βόρεια και σε Νότια Αμερική από τους πληθυσμούς των Ευρωπαίων. Το 1665, υπήρξε ο “Μεγάλος Λοιμός του Λονδίνου”, που εξαιτίας του πέθανε το 1/3 του πληθυσμού του Λονδίνου και ήταν ουσιαστικά η δεύτερη καταγεγραμμένη εμφάνιση της βουβωνικής πανώλης, ενώ το 1817, υπήρξε η πρώτη πανδημία χολέρας και το 1855 η τρίτη πανδημία βουβωνικής πανώλης σε Κίνα, Ινδία, Χονγκ Κονγκ, με 15 εκατομμύρια νεκρούς. Στα τέλη του 19ου αιώνα, το 1875 εμφανίστηκε η ιλαρά, ενώ το 1889 η Ρωσική Γρίπη. Τέλος, στον 20ο αιώνα είχαμε την Ισπανική Γρίπη, την Ασιατική Γρίπη και τέλος το AIDS. [2]

Στο Σχήμα 1, παρουσιάζεται ένας χάρτης, που δείχνει την εμφάνιση πολυάριθμων απειλητικών μολυσματικών ασθενειών, αλλά και την επανεμφάνιση ορισμένων λοιμώξεων. Ως συνέχεια των επιδημιών/πανδημιών, αλλά και σε πολύ μεγάλη έκταση, εμφανίστηκε και ο Covid-19, ο οποίος επηρέασε έντονα κάθε πτυχή της ανθρώπινης δραστηριότητας.



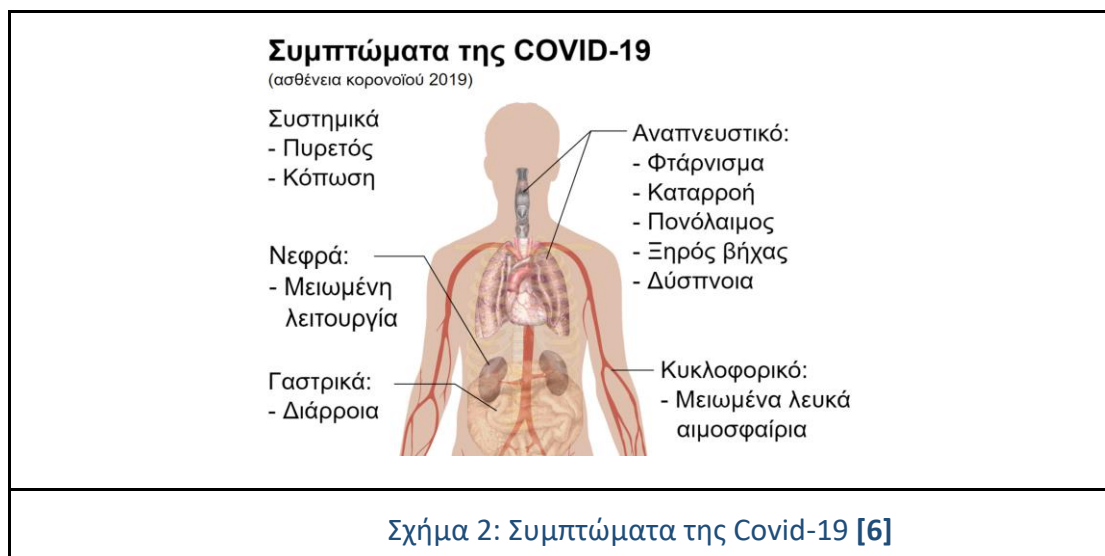
Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ), η νόσος του κορονοϊού (COVID-19) είναι μια μολυσματική ασθένεια που προκαλείται από τον ιό SARS-CoV-2. Στις 11 Μαρτίου 2020, ο ΠΟΥ τον κήρυξε ως παγκόσμια πανδημία και από τις 23 Μαρτίου 2020, ο ιός είχε επηρεάσει 172 από τις 195 χώρες.[4]

Σύμφωνα με τους Shaw et al., ένα βασικό χαρακτηριστικό του ιού COVID-19 είναι πως υπάρχει υψηλό ποσοστό εξάπλωσης. Μέσα στους πρώτους τρεις μήνες, για παράδειγμα, ο ιός είχε εξαπλωθεί παγκοσμίως και θεωρούνταν παγκόσμια πανδημία. Ο ρυθμός εξάπλωσής του είναι υψηλός, γεγονός που συνέβη λόγω της μεγαλύτερης κινητικότητας των ανθρώπων σε έναν παγκοσμιοποιημένο κόσμο.

### 1.2.2. Ευπαθείς ομάδες και συμπτώματα της Covid-19:

Οι πιο πολλοί άνθρωποι που έχουν μολυνθεί από τον ιό SARS-CoV-2 θα εμφανίσουν ήπια ή μέτρια αναπνευστική νόσο και θα αναρρώσουν χωρίς να χρειάζονται ειδική θεραπεία. Ωστόσο, ορισμένοι θα αρρωστήσουν σοβαρά και θα χρειαστούν ιατρική φροντίδα. Οι ηλικιωμένοι και εκείνοι με υποκείμενες ιατρικές παθήσεις όπως καρδιαγγειακή νόσο, διαβήτη, χρόνια αναπνευστική νόσο ή καρκίνο είναι πιο πιθανό να αναπτύξουν σοβαρή ασθένεια και γι' αυτό εντάσσονται σε αυτούς που ονομάζουμε "ευπαθείς ομάδες". Ωστόσο, θα πρέπει να γίνει ξεκάθαρο

πως οποιοσδήποτε μπορεί να νοσήσει από την πανδημία COVID-19 και να αρρωστήσει σοβαρά ή ακόμα και να πεθάνει σε οποιαδήποτε ηλικία. Μέχρι στιγμής έχουν πεθάνει από τον ιό Covid-19 6.883.725 άνθρωποι [5]. Στο Σχήμα 2, παρουσιάζονται τα συμπτώματα της Covid-19, τα οποία είναι πυρετός, κόπωση, διάρροια, μειωμένη νεφρική λειτουργία, μειωμένα λευκά αιμοσφαίρια και συμπτώματα κρυολογήματος (φτάρνισμα, καταρροή, πονόλαιμος, ξηρός βήχας, δύσπνοια).



Ο τρόπος μετάδοσης του ιού γίνεται από το στόμα ή τη μύτη ενός μολυσμένου ατόμου σε μικρά σωματίδια, που κυμαίνονται από μεγαλύτερα αναπνευστικά σταγονίδια ως μικρότερα αερολύματα. Επιπλέον, η μετάδοση του ιού μπορεί να συμβεί και μέσω της επαφής με μολυσμένες επιφάνειες.

### **1.3. Μέθοδοι για αντιμετώπιση / πρόληψη**

Ο καλύτερος τρόπος πρόληψης και επιβράδυνσης της μετάδοσης είναι η καλή ενημέρωση, η αυτοπροστασία από την έκθεση στον ιό, μέσω της αποστασιοποίησης, της χρήσης μάσκας, των ατομικών μέτρων υγιεινής (πλύσιμο χεριών, χρήση αντισηπτικών). Επιπλέον, τα εμβόλια αποτελούν μέτρο ενίσχυσης της πρόληψης.

Λόγω της έντονης μεταδοτικότητας, ένας βασικός τρόπος που χρησιμοποιήθηκε και είχε αποτελέσματα ήταν η κοινωνική απομόνωση και ειδικότερα, η απομόνωση των επιβεβαιωμένων “κρουσμάτων”, η λεγόμενη

“καραντίνα”. Παράλληλα, τα test (rapid ή PCR) για να διαπιστωθεί αν ένας άνθρωπος φέρει τον ιό και μεταδίδει είναι σημαντικό μέτρο για την προστασία της δημόσιας υγείας. Η διπλωματική εργασία επικεντρώνεται περισσότερο στα rapid tests για την πανδημία Covid-19, καθώς στο πειραματικό μέρος μελετάται το άγχος σε ανθρώπους που κάνουν rapid tests σε φαρμακεία.

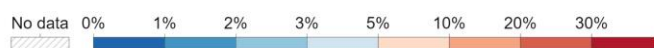
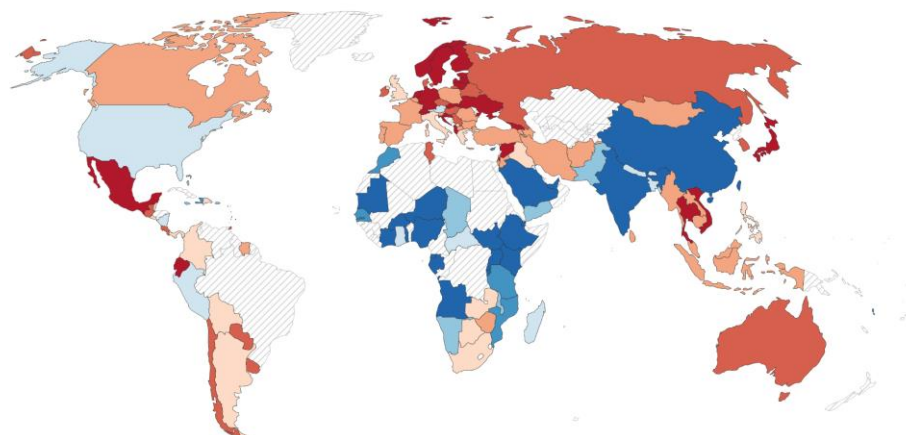
### **1.3.1. Διαγνωστικοί έλεγχοι COVID-19 ως μέθοδος πρόληψης**

Θα αναλυθούν οι διαφορές μεταξύ 2 βασικών πολιτικών ιχνηλάτησης που μπορούν να ακολουθηθούν. Το “testing” (διαγνωστικός έλεγχος σε κάποιον που εμφανίζει συμπτώματα) και το screening (προληπτικοί διαγνωστικοί έλεγχοι) του πληθυσμού βοηθούν στην προσπάθεια μείωσης και περιορισμού της εξάπλωσης του ιού. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 4, τα κράτη σε όλο τον κόσμο παρέχουν στους πολίτες τους έναν αξιοσημείωτο αριθμό εξετάσεων. Το επόμενο Σχήμα (Σχήμα 3) φανερώνει το ποσοστό των θετικών διαγνωστικών ελέγχων την 1η Μαρτίου του 2022. Όσο πιο υψηλό είναι το ποσοστό αυτό, τόσο περισσότερο χρησιμοποιούνται τα test για τη μέθοδο του testing, παρά για τη μέθοδο της προληπτικής ιχνηλάτησης, ανεξαρτήτως συμπτωμάτων (screening).



### The share of COVID-19 tests that are positive, Mar 1, 2022

7-day rolling average. Comparisons across countries are affected by differences in testing policies and reporting methods.

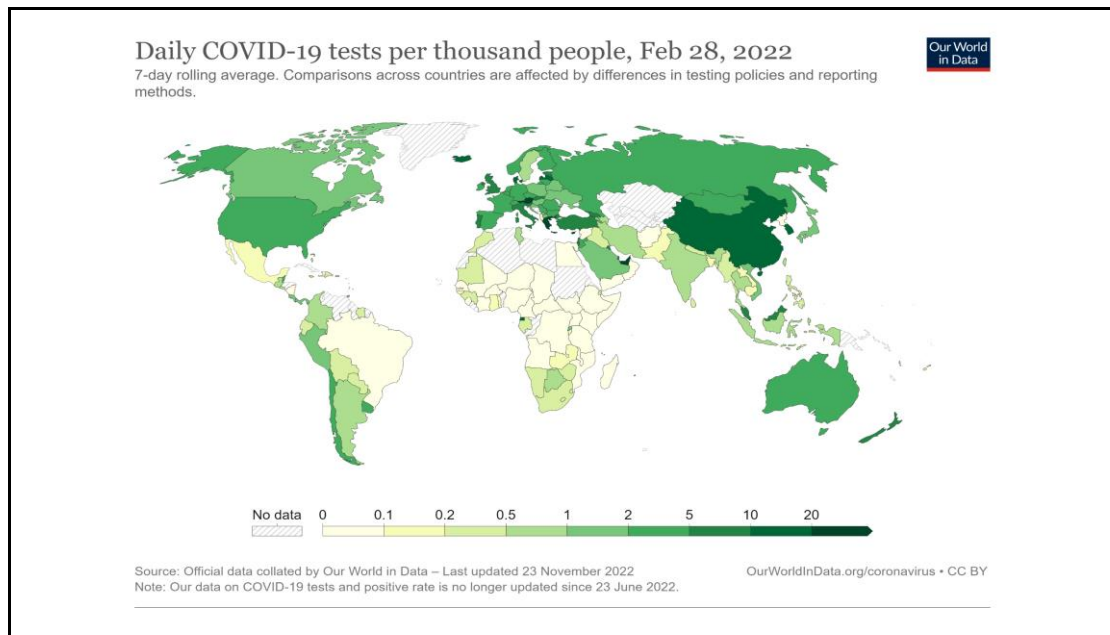


Source: Official data collated by Our World in Data – Last updated 23 November 2022  
Note: Our data on COVID-19 tests and positive rate is no longer updated since 23 June 2022.

OurWorldInData.org/coronavirus • CC BY

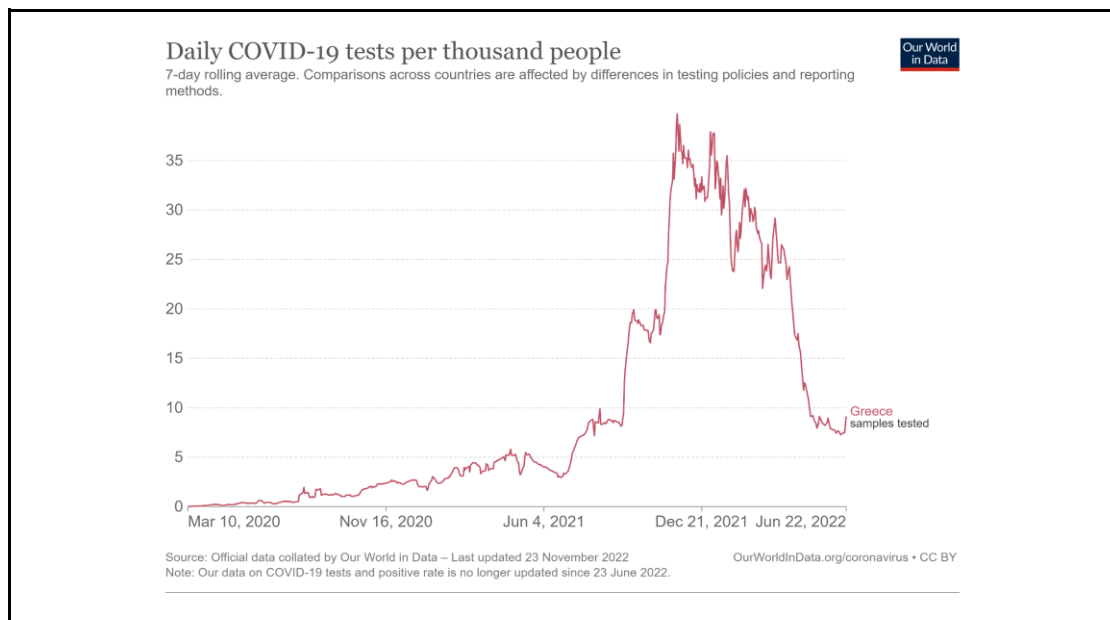
Σχήμα 3: Ποσοστό θετικών διαγνωστικών ελέγχων την 1η Μαρτίου 2022 [7]

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4), φαίνεται η ποσότητα των διαγνωστικών ελέγχων που διενεργήθηκαν ανά 1000 άτομα την περίοδο της 28ης Φεβρουαρίου 2022 σε παγκόσμια κλίμακα.



Σχήμα 4: Καθημερινοί COVID-19 διαγνωστικοί έλεγχοι ανά 1000 άτομα, μελέτη στις 28/2/2022

Έπειτα, στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 5) υπάρχει ένα διάγραμμα που εστιάζει στην Ελλάδα σχετικά με την ποσότητα των διαγνωστικών ελέγχων, που έγιναν ανά χρονική περίοδο, με τις καταγραφές να ξεκινάνε από τις 10/3/2020 και να σταματάνε στις 22/6/2022.



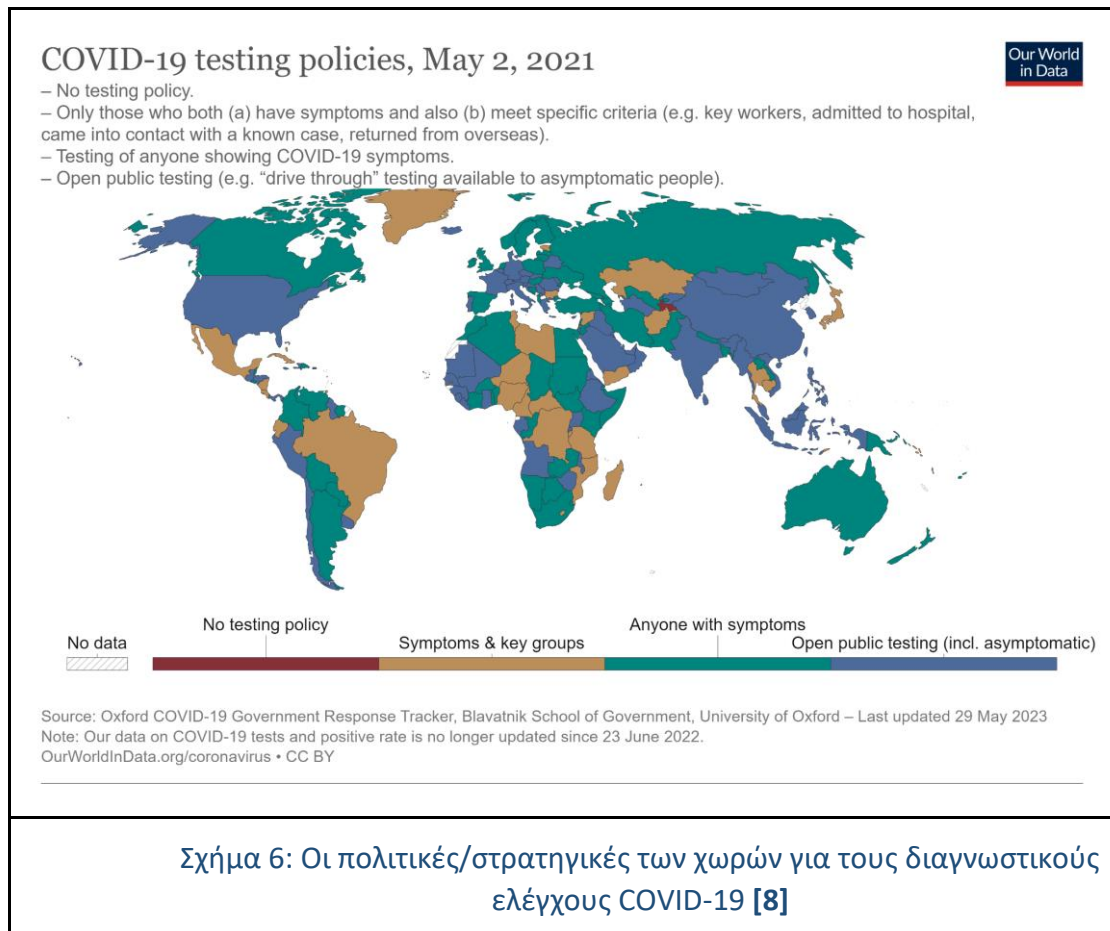
Σχήμα 5: Καθημερινοί διαγνωστικοί έλεγχοι στην Ελλάδα ανά 1000 άτομα από 10/3/2020 έως 22/6/2022

Τον Δεκέμβρη του 2021, παρουσιάστηκε η μέγιστη τιμή των ημερήσιων διαγνωστικών ελέγχων στην Ελλάδα, με βάση το παραπάνω γράφημα και παρατηρείται πως, εκείνη την περίοδο, πάνω από 35 στους 1000 ανθρώπους έκαναν διαγνωστικούς ελέγχους για τον κορονοϊό κάθε μέρα.

### **1.3.2. Πολιτικές για τους διαγνωστικούς ελέγχους COVID-19**

Υπάρχουν ορισμένες διαφορετικές πολιτικές που ακολουθούνται από διαφορετικά κράτη παγκοσμίως σχετικά με τους διαγνωστικούς ελέγχους κορονοϊού κατά τη διάρκεια της πανδημίας Covid-19. Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 6), φαίνεται αυτή η ποικιλία των διαφορετικών πολιτικών που ακολουθούνται από κράτη σε όλο τον κόσμο, σχετικά με την πανδημία Covid-19 την άνοιξη του 2021. Μπορούν να συμπυκνωθούν σε 3 κύριες στρατηγικές:

- Στην πρώτη στρατηγική (καφέ περιοχές στον χάρτη), το κράτος παρέχει tests για τον κορονοϊό μόνο για άτομα που πληρούν ορισμένα συγκεκριμένα κριτήρια ηλικίας ή κατάστασης υγείας, καθώς και συμπτώματα κορονοϊού.
- Στη δεύτερη στρατηγική (πράσινες περιοχές στον χάρτη), το κράτος παρέχει tests για όλους όσους εμφανίζουν συμπτώματα κορονοϊού.
- Και στην τελευταία στρατηγική (μπλε περιοχές στον χάρτη), το κράτος παρέχει tests για όλους.



Βλέποντας το σχήμα, κάποιος μπορεί να παρατηρήσει ότι τα κριτήρια επιλογής στρατηγικής από κάθε κράτος, δεν σχετίζονται με την τοποθεσία του κράτους (καθώς ακολουθούνται όλες οι διαφορετικές στρατηγικές στις ίδιες γεωγραφικές περιοχές) ή με τα οικονομικά χαρακτηριστικά του κράτους. Αυτό σημαίνει ότι η επιλογή της στρατηγικής που θα ακολουθηθεί είναι κυρίως πολιτική.

Στην πραγματικότητα, το μοντέλο διακυβέρνησης που ακολούθησε κάθε χώρα είχε σημαντικό αντίκτυπο στον τρόπο εξάπλωσης της πανδημίας Covid-19 στη χώρα και αντιμετώπισής της. Φαίνεται αρκετά ενδιαφέρον να διεξαχθεί έρευνα για το πώς ένα κράτος επιλέγει να ακολουθήσει ορισμένες από αυτές τις πολιτικές. Δηλαδή να προσδιορίσει τα κριτήρια βάσει των οποίων γίνεται η επιλογή.

Στις ενότητες 1.3.3 και 1.3.4 γίνεται μια παρουσίαση του ιατρικού ελέγχου (testing) και του προληπτικού ελέγχου (screening) στην πανδημία Covid – 19.

### 1.3.3. Testing

Αρχικά, θα επιχειρηθεί να οριστεί το “test” στους τομείς ιατρικής και βιοϊατρικής. Στον τομέα της ιατρικής και της βιοϊατρικής, ένα “test” είναι μια επιστημονική μέθοδος που παρέχει μια πιθανότητα για ένα συγκεκριμένο αποτέλεσμα. Μπορεί να είναι ποσοτική, ημιποσοτική ή ποιοτική, υποδεικνύοντας ότι η απάντηση είναι ένα απλό ναι ή όχι. Ωστόσο, αν το δούμε από κοινωνιολογική άποψη, ένα “test” μπορεί να είναι πολύ περισσότερο από μια επιστημονική πιθανότητα.

Οι N. Marres και D. Stark [9] υποστηρίζουν ότι τα “tests” επηρεάζουν το κοινωνικό περιβάλλον άμεσα. Πιστεύουν ότι έχουμε περάσει την εποχή που τα tests βγήκαν από το εργαστήριο στην κοινωνία και βρισκόμαστε σε μια εποχή που τα tests υπάρχουν σε κάθε πτυχή της καθημερινής ζωής και την επηρεάζουν έντονα, δημιουργώντας ένα συνολικό περιβάλλον δοκιμής/test. Επιπλέον, λένε ότι ένα test, ο σκοπός του, ακόμη και τα αποτελέσματά του, διαφέρουν σημαντικά όταν το test γίνεται στο εργαστήριο ή σε περιορισμένο κοινωνικό περιβάλλον, σε σύγκριση με όταν πραγματοποιείται ανεξέλεγκτα στην κοινωνία.

Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι το test εγκυμοσύνης, που είναι και ένα από τα πιο διάσημα και ευρέως χρησιμοποιούμενα tests. Οι περισσότεροι άνθρωποι θα έλεγαν ότι είναι απλώς μια μέθοδος για να μάθετε εάν μια γυναίκα είναι έγκυος ή όχι. Ωστόσο, η Joan H. Robinson υποστηρίζει ότι το test εγκυμοσύνης δοκιμάζει στην πραγματικότητα πολύ περισσότερα. Δοκιμάζει τον κοινωνικό ρόλο μιας γυναίκας, την σχέση της και την ευθύνη της, καθώς πρέπει να αποφασίσει ποιον θα ενημερώσει για το αποτέλεσμα, αλλά και πώς θα το διαχειριστεί [10].

Οι διαγνωστικοί έλεγχοι για τον Covid-19, δοκιμάζουν επίσης την ευθύνη κάποιου με διάφορους τρόπους. Ειδικά σε αυτούς τους καιρούς πανδημίας, ο Ντέιβιντ Σταρκ υποστηρίζει ότι ο ήδη σημαντικός ρόλος των διαγνωστικών ελέγχων στην κοινωνία ενισχύεται σημαντικά. Για να εξετάσει τις κοινωνικές επιπτώσεις των δοκιμών, εισάγει 3 όρους, αναπαράσταση, επιλογή και ευθύνη (representation, selection, and accountability).

- Η “**αναπαράσταση**” αναφέρεται στη σχέση του διαγνωστικού ελέγχου με την πραγματικότητα. Ειδικά για την πανδημία Covid-19, οι διαγνωστικοί έλεγχοι

αντιπροσωπεύουν πολλά πράγματα που έχουν τόσο κοινωνιολογική, όσο και πολιτική πτυχή, όπως πόσο καλά τα πάει μια χώρα στον αγώνα κατά του ιού, βρίσκοντας πού βρίσκεται στην καμπύλη, ένα άτομο ή μια πόλη.

- Η “**επιλογή**” αναφέρεται στη χρήση των δεδομένων που λαμβάνονται από διαγνωστικούς ελέγχους, τόσο σε ατομικό επίπεδο, όπως ποιος είναι άρρωστος ή ποιος έχει ανοσία, όσο και σε ομαδικό επίπεδο, όπως ποια είναι η εξάπλωση του ιού, σε ποιες περιοχές είναι μεγαλύτερη, κ.λπ.
- Τέλος, η “**ευθύνη**” είναι ένας όρος που είναι δύσκολο να οριστεί, καθώς για να γίνει αυτό πρέπει να διευκρινίσουμε ποιο είναι το κριτήριο. Ανάλογα με το κριτήριο κάθε φορά, η λογοδοσία επηρεάζει το κοινωνικό και πολιτικό τοπίο, καθώς μπορεί, για παράδειγμα, να επηρεάσει τον τρόπο που μια κυβέρνηση αντιμετωπίζει την πανδημία ή ακόμα και τις κοινωνικές σχέσεις.

#### **1.3.4. Screening**

Ο προσυμπτωματικός ιατρικός έλεγχος αναφέρεται σε μια στρατηγική που χρησιμοποιείται για να αποτραπεί κάτι, όπως μια πανδημία ιού. Ο προσυμπτωματικός έλεγχος εφαρμόζεται σε ένα άτομο ή σε μεγάλο αριθμό ατόμων, ανεξάρτητα από το αν έχει συμπτώματα ή όχι, προκειμένου να βρεθεί ένα πρόβλημα σε πρώιμο στάδιο, ώστε να μπορεί να αντιμετωπιστεί ευκολότερα.

Από ιατρική άποψη, η κύρια διαφορά μεταξύ του screening και του testing είναι ότι ο προσυμπτωματικός έλεγχος (screening) στοχεύει σε ασυμπτωματικά άτομα, ενώ ο έλεγχος (testing) στοχεύει άτομα με συμπτώματα. Το testing έχει καλύτερες πιθανότητες να αποδείξει ότι ένα άτομο νοσεί και ο προσυμπτωματικός έλεγχος λειτουργεί ως προληπτική στρατηγική, ενώ το testing είναι μέρος της θεραπείας.

Σύμφωνα με τους Armstrong και Eborall, εκτός από ιατρική παρέμβαση, ο προσυμπτωματικός έλεγχος είναι επίσης μια κοινωνική παρέμβαση και έτσι εγείρει σημαντικά κοινωνικά ερωτήματα [11]. Λένε ότι καθώς το screening αναφέρεται σε μια τεράστια αγορά, μερικές φορές τα δεδομένα για αυτή δεν είναι ξεκάθαρα στη δημόσια σφαίρα, προκειμένου να μεγιστοποιηθούν τα κέρδη από αυτήν. Παρόλο που οι προσυμπτωματικοί διαγνωστικοί έλεγχοι δεν έχουν τη μεγαλύτερη

ευαισθησία και ειδικότητα, αυτό το γεγονός συχνά υποτιμάται, οδηγώντας σε λανθασμένη χρήση του προσυμπτωματικού ελέγχου για τη δημιουργία μιας ψευδούς βεβαιότητας ότι ένα άτομο είναι σε κίνδυνο ή όχι από έναν συγκεκριμένο παράγοντα.

Ο προσυμπτωματικός έλεγχος δεν είναι τόσο ακριβός όταν εφαρμόζεται σε ένα άτομο, αλλά είναι ακριβός όταν εφαρμόζεται σε έναν πληθυσμό. Για τον λόγο αυτό, συνήθως προτείνεται έλεγχος για συγκεκριμένες πληθυσμιακές ομάδες που θεωρούνται ότι διατρέχουν μεγάλο κίνδυνο από συγκεκριμένο παράγοντα. Το γεγονός αυτό βασίζεται κυρίως σε οικονομικά ζητήματα, και όχι σε ιατρικά. Ο περιορισμός του προσυμπτωματικού ελέγχου για μια συγκεκριμένη ομάδα πληθυσμού φαίνεται λογικός, καθώς ορισμένες ομάδες στατιστικά κινδυνεύουν περισσότερο. Με άλλα λόγια, ο περιορισμός του προσυμπτωματικού ελέγχου για ορισμένες ομάδες πληθυσμού είναι λογικός όταν είναι σαφές ότι αυτές οι ομάδες επιλέγονται μόνο λόγω πιθανοτήτων και όχι λόγω βεβαιότητας.

Από ψυχολογική άποψη, κυρίως 2 πράγματα πρέπει να σημειωθούν. Το άγχος που μπορεί να προσφέρει ένας προσυμπτωματικός διαγνωστικός έλεγχος, ειδικά σε περίπτωση που υποδεικνύει ότι κάποιος είναι θετικός, επομένως πρέπει να το εξετάσει περαιτέρω[12], καθώς και την ψευδή διαβεβαίωση όταν κάποιος ερμηνεύει το αρνητικό αποτέλεσμα ως βέβαιο παράγοντα, παρόλο που προέρχεται από διαγνωστικό έλεγχο χαμηλής ευαισθησίας και ειδικότητας [13].

Ένα άλλο σημαντικό πράγμα σχετικά με το screening αφορά το ζήτημα της προσέλευσης. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ο προσυμπτωματικός έλεγχος (screening) εφαρμόζεται σε μεγάλο αριθμό ασυμπτωματικών ατόμων, προκειμένου να εντοπιστούν μερικοί από αυτούς που βρίσκονται σε άμεσο κίνδυνο από έναν συγκεκριμένο παράγοντα. Έτσι, όσο περισσότεροι είναι οι άνθρωποι που συμμετέχουν σε διαδικασίες προσυμπτωματικών ελέγχων (screening), τόσο περισσότερες είναι οι πιθανότητες να περιοριστεί ο κίνδυνος για το κοινωνικό σύνολο. Ωστόσο, η προσέλευση δεν είναι τόσο απλό ζήτημα, καθώς επηρεάζεται από παράγοντες, όπως αν νιώθει κανείς άνετα με το γεγονός ότι το σώμα του παρακολουθείται, εάν αισθάνεται υπεύθυνος ως πολίτης, εάν είναι καλά ενημερωμένος, εάν θέλει να συμμετέχει γνωρίζοντας τις πιθανότητες για ψευδή



διάγνωση και άλλους παρόμοιους λόγους, που αφορούν την κοινωνιολογία του προσυμπτωματικού ελέγχου (screening).

Τώρα που είναι σαφές τι είναι ο έλεγχος μέσω testing και τι είναι ο προσυμπτωματικός έλεγχος (screening), ανατρέχοντας στο Σχήμα 6 του Κεφαλαίου 1.3.2, γίνεται αντιληπτό ότι από τις 3 διαφορετικές στρατηγικές για τους διαγνωστικούς ελέγχους κορονοϊού που ακολουθούνται από τα κράτη, μόνο μία στρατηγική περιλαμβάνει έλεγχο τύπου screening. Αυτή η στρατηγική είναι η τελευταία (με μπλε χρώμα στον χάρτη του Σχήματος 6), στην οποία παρέχεται έλεγχος για όλους, και αυτό γιατί είναι η μόνη στρατηγική που παρέχει tests για ασυμπτωματικά άτομα.

#### **1.4. Μέθοδοι πειραματικής καταμέτρησης του άγχους/στρες στον ανθρώπινο οργανισμό**

---

Θα αναλυθούν στη συνέχεια τα εξής: πώς ορίζεται επιστημονικά το άγχος, πώς μετριέται, ποιες μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευσή του και ποια μέθοδος επιλέγεται στην παρούσα διπλωματική και γιατί.

##### **1.4.1. Ορισμός άγχους**

Το άγχος είναι μια φυσιολογική αντίδραση του οργανισμού μας σε μια αναμενόμενη ή πραγματική απειλή. Αποτελεί μια αίσθηση έντασης, ανασφάλειας και ανησυχίας που μπορεί να προκαλέσει σωματικά και ψυχολογικά συμπτώματα. Το άγχος μπορεί να εκδηλωθεί ως προσωρινή αντίδραση σε μια πραγματική απειλή ή ως παρορμητικό αίσθημα ανασφάλειας και ανησυχίας για μια μελλοντική κατάσταση.

Το άγχος είναι μια φυσιολογική αντίδραση που βοηθά τον οργανισμό να αντιμετωπίσει απειλητικές καταστάσεις. Ωστόσο, υπάρχουν δύο είδη άγχους:

- το υπερβολικό, επιβλαβές άγχος. Όταν το άγχος γίνεται υπερβολικό ή διαρκεί για μεγάλο χρονικό διάστημα, μπορεί να προκαλέσει αρνητικές επιπτώσεις και ανασταλτικές αντιδράσεις. Σε αυτήν την περίπτωση, το άγχος μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την απόδοση, την υγεία και την ευεξία. Υπερβολικό άγχος μπορεί να προκαλέσει ανησυχία, αναστάτωση, δυσκολίες στην αντιμετώπιση



των προκλήσεων και αναποτελεσματική λήψη αποφάσεων. Αυτό το είδος άγχους μπορεί να προκαλέσει και φυσικές αντιδράσεις όπως επιληψία, δυσκολία στην αναπνοή, καρδιακή ταχυκαρδία, ιδρώτα και δυσκολία στον ύπνο.

- το ωφέλιμο, ενεργοποιητικό, δημιουργικό άγχος είναι ένα επίπεδο άγχους που ενθαρρύνει την παραγωγικότητα, την καινοτομία και την απόδοση. Σε αυτήν την περίπτωση, το άγχος λειτουργεί ως μια μορφή κινητήριας δύναμης που μας προτρέπει να αντιμετωπίσουμε προκλήσεις, να αναζητήσουμε λύσεις και να εκφράσουμε τη δημιουργικότητά μας. Σε αυτήν την κατάσταση, το άγχος μπορεί να μας ενθαρρύνει να αναλάβουμε πρωτοβουλίες και να προσπαθήσουμε να ξεπεράσουμε τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουμε. [14]

Το Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα (ΑΝΣ) έχει σημαντικό ρόλο στον έλεγχο του άγχους. Το ΑΝΣ αποτελείται από δύο κύριους κλάδους, το συμπαθητικό νευρικό σύστημα (ΣΝΣ) και το παρασυμπαθητικό νευρικό σύστημα (ΠΣΝΣ), και αυτά τα δύο συστήματα λειτουργούν αλληλένδετα για τη ρύθμιση της αυτόματης λειτουργίας του σώματος. Το ΣΝΣ είναι υπεύθυνο για τις αντιδράσεις σε καταστάσεις άγχους. Κατά την ενεργοποίηση του ΣΝΣ, αυξάνεται η καρδιακή συχνότητα, η αρτηριακή πίεση, η αναπνοή, ενώ μειώνεται η πεπτική λειτουργία. Αυτές οι φυσιολογικές αντιδράσεις μπορούν να ενισχύσουν την αντίδραση σε καταστάσεις άγχους. Από την άλλη πλευρά, το ΠΣΝΣ αναλαμβάνει τη ρύθμιση της χαλάρωσης και της ανάκτησης μετά την αντίδραση άγχους. Αυτό το σύστημα ενεργοποιείται κατά την ηρεμία και συμβάλλει στη μείωση της καρδιακής συχνότητας, στην αναχαίτιση της αναπνοής και της αρτηριακής πίεσης, καθώς και στην αποκατάσταση της πεπτικής λειτουργίας. Αυτό συμβάλλει στην αίσθηση χαλάρωσης, ευημερίας και ανακούφισης από το άγχος. [15]

Υπάρχουν διάφορα βιοσήματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση του άγχους. Για παράδειγμα, το ηλεκτροκαρδιογράφημα, το ηλεκτρομυογράφημα, η αγωγιμότητα δέρματος και η μέτρηση της αναπνοής δίνουν χρήσιμες πληροφορίες για το άγχος.

Σύμφωνα με το άρθρο “Detecting Stress During Real-World Driving Tasks Using Physiological Sensors” των Jennifer A. Healey και Rosalind W. Picard [16], τα αποτελέσματα των πειραμάτων για τη μέτρηση άγχους σε οδηγούς, έδειξαν ότι για τους περισσότερους οδηγούς που μελετήθηκαν, οι μετρήσεις της αγωγιμότητας του δέρματος και του καρδιακού ρυθμού είναι πιο στενά συσχετιζόμενες με το επίπεδο άγχους του οδηγού. Αυτή η εγκυρότητα και η αξιοπιστία της αγωγιμότητας του δέρματος είναι ένας βασικός λόγος για τον οποίο επιλέχθηκε στην συγκεκριμένη διπλωματική η μέτρηση της Γαλβανικής Απόκρισης Δέρματος (GSR) ως δείκτης για το άγχος των εξεταζόμενων. Στη συνέχεια, θα αναλυθεί περαιτέρω η ηλεκτροδερμική αγωγιμότητα (Electrodermal activity - EDA) ή Γαλβανική Απόκριση του Δέρματος (GSR).

#### **1.4.2. Μέθοδοι ανίχνευσης του άγχους μέσω της παρατήρησης**

Στην εργασία των de Santos Sierra et al. [17], πριν εμβαθύνει στη μέθοδο που έχει επιλέξει να αναλύσει, παρουσιάζονται ορισμένες άλλες τεχνικές ανίχνευσης άγχους. Υπάρχουν πολλά άρθρα με ποικιλία παραμέτρων και σημάτων και με συνδυασμούς αυτών.

Μια πρώτη προσέγγιση των Andren and Funk [18] παρουσιάζει ένα σύστημα ανίχνευσης άγχους βάσει του τρόπου και του ρυθμού που ένα άτομο πληκτρολογεί χαρακτήρες στο πληκτρολόγιο (keyboard or keypad).

Μια δεύτερη προσέγγιση των Dinges et al. [19] μελετά την ανίχνευση του άγχους μέσω αναγνώρισης προσώπου (facial recognition).

Η ανάλυση εκφράσεων προσώπου είναι μια μη παρεμβατική μέθοδος να αξιολογήσει το άγχος/στρες (λεπτές κινήσεις στους μύες του προσώπου, κυρίως υποσυνείδητα) και συναισθήματα (συνοδεύεται από σαφώς αισθητές αλλαγές στην έκφραση του προσώπου). Ενώ οι εκφράσεις του προσώπου μπορούν να μετρήσουν το είδος ενός συναισθήματος, δεν μπορούν να μετρήσουν την σχετική διέγερση. Για την συγκεκριμένη μελέτη, σε μια εργασία με τίτλο “Optical computer recognition of facial expressions associated with stress induced by performance demands” [20],

χρησιμοποιήθηκε όραση υπολογιστών για την παρακολούθηση των αλλαγών στις εκφράσεις του ανθρώπινου προσώπου κατά τη διάρκεια διαστημικών πτήσεων μεγάλης διάρκειας, ώστε να ανιχνευτεί διακριτικά το στρες κατά τη διάρκεια κρίσιμων λειτουργιών. Για τη συγκεκριμένη εργασία, αναπτύχθηκαν Αλγόριθμοι Οπτικής Αναγνώρισης Χαρακτήρων (Optical Character Recognition - OCR) για την ανίχνευση αλλαγών προσώπου, ενώ οι άνθρωποι αντιμετώπιζαν απαιτήσεις απόδοσης, τόσο χαμηλού, όσο και υψηλού ρίσκου.

#### **1.4.3. Μελέτη φυσιολογικών σημάτων με χρήση ασαφούς λογικής ως μέθοδος για την ανίχνευση του άγχους**

Το σώμα εκπέμπει πολλά σήματα, και αυτά σπάνια είναι απλώς τυχαίες διαδικασίες – αντίθετα αντανάκλουν κάτι για τη φυσιολογική ή ψυχολογική κατάσταση.

Στην εργασία των de Santos Sierra et al., μια ακόμα μέθοδος ανίχνευσης στρες παρουσιάζεται, η οποία βασίζεται σε φυσιολογικά σήματα, συνδυάζοντας τα με Ασαφή Λογική και περιπτωσιολογικό συλλογισμό. Για παράδειγμα, πάνω σε τέτοια σήματα, μία μελέτη μετρούσε το FT (Finger Temperature - Θερμοκρασία δακτύλου). Παρόλα αυτά, πολλές μελέτες δεν εστιάζουν μόνο σε ένα φυσιολογικό χαρακτηριστικό, αλλά σε πολλά, έτσι ώστε να ληφθούν περισσότερες και ακριβέστερες πληροφορίες, για την συναισθηματική κατάσταση.

Επίσης, μια σχετική μελέτη των Jiang and Wang [21] χρησιμοποιεί την Ασαφή Λογική, ώστε να διαπιστώσει σε τι βαθμό ένα άτομο είναι σε στρες. Μια μέθοδος βασισμένη στον αλγόριθμο ασαφούς ομαδοποίησης c-means (FCM) προτείνεται για την συνεχή ανίχνευση του στρες σε αυτή τη μελέτη. Η μέθοδος υπολογίζει την ακριβή τιμή τάσης κάθε περιόδου και επιτυγχάνει μια συνεχή καμπύλη τάσεων. Τα βιοϊατρικά σήματα που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή τη μελέτη συλλέχθηκαν από οδηγούς οχημάτων σε μια εμπειρία οδήγησης και επιλέγονται τα κατάλληλα χαρακτηριστικά για να σχηματίσουν πολυδιάστατα χαρακτηριστικά-διανύσματα. Χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο FCM, αυτά τα διανύσματα χαρακτηριστικών ομαδοποιούνται σε πολλά συμπλέγματα (clusters). Η τιμή του στρες κάθε περιόδου

υπολογίζεται με βάση τον βαθμό συμμετοχής μεταξύ χαρακτηριστικών διανυσμάτων και συστάδων (clusters). Τα αποτελέσματα της εμπειρίας με τη χρήση σημάτων που αποκτήθηκαν από ορισμένους οδηγούς δείχνουν ότι η μέθοδος μπορεί να διακρίνει ξεκάθαρα το άγχος διαφορετικών περιόδων οδήγησης και η καμπύλη τάσεων μπορεί να δώσει μια άμεση προβολή της αλλαγής του άγχους.

#### **1.4.4. Κάποιες ακόμα μέθοδοι για ανίχνευση του άγχους**

Υπάρχει μια έρευνα, για παράδειγμα, που συνδυάζει FT, GSR και BVP (blood volume pulse - παλμός όγκου αίματος) και παρέχει μια συσχέτιση των φυσιολογικών σημάτων με την ανίχνευση του στρες.

Ένας άλλος δείκτης στρες στο ανθρώπινο σώμα είναι η μεταβλητότητα των καρδιακών παλμών (HR variability) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά προτίμηση σε συνδυασμό με κάποιον άλλον επιπλέον δείκτη στρες. Με το ΗΚΓ - ECG μπορεί να παρακολουθηθεί ο καρδιακός ρυθμός ή από ηλεκτρόδια ΗΚΓ, αλλά και με χρήση οπτικών αισθητήρων (PPG) μπορούν να ληφθούν περισσότερες πληροφορίες για την φυσική κατάσταση των ερωτηθέντων, για τα επίπεδα άγχους και στρες (διέγερση) και να διαπιστωθούν οι τρόποι με τους οποίους οι αλλαγές στη φυσιολογική κατάσταση σχετίζονται με ενέργειες και αποφάσεις.[22]

Για παράδειγμα στην εργασία των de Santos Sierra et al., περιγράφεται ένα σύστημα ανίχνευσης άγχους που βασίζεται σε φυσιολογικά σήματα, και συγκεκριμένα σε μετρήσεις GSR και heart rate (HR). Για τις μετρήσεις αυτές αρκούν λίγα δευτερόλεπτα, επομένως είναι ανίχνευση άγχους σε πραγματικό χρόνο.

Υπάρχουν κι άλλες μέθοδοι με χρήση φυσιολογικών σημάτων που, όπως φαίνεται στο παρακάτω παράδειγμα, δεν περιλαμβάνουν ένα ηλεκτρικό εξάρτημα. Τέτοια φυσιολογικά σήματα είναι η διαστολή της κόρης (Pupil Dilation - PD) και η κίνηση του ματιού (Eyetracking - ET) που παρέχουν πολύ ακριβείς πληροφορίες σχετικά με το στρες. Όταν κάποιος είναι σε στρες, η κίνηση του ματιού (ET) είναι ταχύτερη.

Το “Eye tracking” είναι η καταγραφή της θέσης των ματιών (σημείο βλέμματος) και κίνηση σε οθόνη 2D ή σε περιβάλλοντα 3D με βάση την οπτική παρακολούθηση των αντανάκλασεων του κερατοειδούς. Οι συσκευές παρακολούθησης ματιών μπορούν να καταγράψουν την διαστολή και συστολή της κόρης, η οποία έχει βρεθεί πως σχετίζεται με τη συναισθηματική διέγερση και τον γνωστικό φόρτο εργασίας. Επομένως, η παρακολούθηση ματιών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για επικύρωση και συμπλήρωση των μετρήσεων GSR.

Υπάρχουν και προσεγγίσεις που συνδυάζουν αρκετά στοιχεία, όπως τα PD, ET αλλά και τα GSR, BVP, FT, με σκοπό να καθοριστούν τα συναισθήματα, το ενδιαφέρον και η προσοχή από την αναγνώριση συναισθημάτων.

Μια άλλη τεχνική είναι το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (HEΓ - EEG). Το HEΓ είναι μια τεχνική νευροαπεικόνισης που μετρά την ηλεκτρική δραστηριότητα στο τριχωτό της κεφαλής. Το HEΓ λέει ποια μέρη του εγκεφάλου είναι ενεργά κατά τη διάρκεια εργασίας ή έκθεσης σε ερέθισμα. Αναλύει την διέγερση, το κίνητρο, την απογοήτευση, τον γνωστικό φόρτο εργασίας και σχετίζεται με την επεξεργασία ερεθισμάτων, την προετοιμασία δράσης και εκτέλεσης. Το HEΓ παρακολουθεί τις διαδικασίες που σχετίζονται με το ερέθισμα πολύ πιο γρήγορα σε σύγκριση με άλλους βιομετρικούς αισθητήρες.

Στη συνέχεια, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και Ηλεκτρομυογραφικοί αισθητήρες. Οι ηλεκτρομυογραφικοί αισθητήρες (ΗΜΓ - EMG) παρακολουθούν την ηλεκτρική ενέργεια που δημιουργείται από σωματικές κινήσεις (π.χ. του προσώπου, των χεριών ή τα δάχτυλα). Μέσω ΗΜΓ μπορούν να παρακολουθούνται μυϊκές αποκρίσεις σε οποιοδήποτε είδος διεγερτικού υλικού.

#### **1.4.5. Η επιλογή της Γαλβανικής Απόκρισης Δέρματος (GSR) για την καταμέτρηση του άγχους κατά τη διενέργεια COVID-19**

Στην παρούσα διπλωματική, επιλέχθηκε η χρήση αισθητήρα που μετρά τη Γαλβανική Απόκριση Δέρματος (GSR), έναντι άλλων μεθόδων, καθώς ως μέθοδος φαίνεται πως έχει υψηλή εγκυρότητα, είναι εύκολη για τον εξεταζόμενο, είναι

ανώδυνη, γρήγορη και αποτελεσματική. Στη συνέχεια, στο Κεφάλαιο 2, θα αναλυθεί εκτενώς η Γαλβανική Απόκριση Δέρματος (GSR), αλλά και η χρήση της για την ανίχνευση του στρες.

---

## **2. Η Γαλβανική Απόκριση Δέρματος (GSR) και η χρήση της για ανίχνευση του στρες**

---

### **2.1. Τι είναι η Γαλβανική Απόκριση Δέρματος (GSR) ?**

---

Όταν ένα υποκείμενο είναι αγχωμένο, νευρικό, φοβισμένο, ενθουσιασμένο, μπερδεμένο, ή έκπληκτο - κάθε φορά που κάποιο ερέθισμα το διεγείρει συναισθηματικά, η ηλεκτρική αγωγιμότητα του δέρματός του μεταβάλλεται. Σε έντονες συναισθηματικές καταστάσεις, οι σωματικές διαδικασίες ενεργοποιούνται αυτόματα: Η καρδιά χτυπά πιο γρήγορα, ο σφυγμός αυξάνεται, τα χέρια ιδρώνουν. Η έκθεση σε ερεθίσματα που προκαλούν συναισθηματική διέγερση, προκαλούν αύξηση της έκκρισης ιδρώτα και, τελικά, μετρήσιμη ηλεκτροδερμική δραστηριότητα (EDA), δηλαδή αύξηση του GSR. Επομένως, το GSR προέρχεται από την αυτόνομη ενεργοποίηση των ιδρωτοποιών αδένων στο δέρμα.

Ένα από τα πιο χαρακτηριστικά μέτρα ένδειξης της συναισθηματικής διέγερσης είναι η Γαλβανική Απόκριση Δέρματος (Galvanic Skin Response - GSR). Το GSR αντανακλά τη διακύμανση των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών του δέρματος. Το GSR είναι επίσης γνωστό ως "Ηλεκτροδερμική Δραστηριότητα", που στην αγγλική βιβλιογραφία την συναντάμε ως "Electrodermal Activity (EDA)" ή αλλιώς "Αγωγιμότητα του Δέρματος (Skin Conductance - SC)", ή ως "Electrodermal Response (EDR)", και ως "Ψυχογαλβανικό Αντανακλαστικό (PGR)". Η δραστηριότητα GSR τυπικά μετριέται σε «micro-Siemens ( $\mu S$ )" ή "micro-Mho ( $\mu M$ )".

### **2.2. Τι κάνει το GSR τόσο πολύτιμο βιομετρικό σήμα στην αξιολόγηση της συναισθηματικής συμπεριφοράς;**

---

Με την Γαλβανική Απόκριση Δέρματος (GSR), μπορεί να αξιοποιηθεί η ασυνείδητη συμπεριφορά που δεν είναι υπό γνωστικό έλεγχο. Η αγωγιμότητα του δέρματος (EDA) ρυθμίζεται αποκλειστικά από την αυτόνομη συμπαθητική

δραστηριότητα που οδηγεί τις σωματικές διαδικασίες, γνωστικές και συναισθηματικές καταστάσεις, καθώς και γνώση σε ένα εντελώς υποσυνείδητο επίπεδο. Δεν μπορεί να ελεγχθεί συνειδητά το επίπεδο της αγωγιμότητας του δέρματος. Ακριβώς αυτό το γεγονός κάνει το GSR τον τέλειο δείκτη για συναισθηματική διέγερση, καθώς προσφέρει αδιάλυτες γνώσεις για τις φυσιολογικές και ψυχολογικές διεργασίες ενός ατόμου.

Μόνο με βάση το GSR δεν μπορεί να εξαχθεί αν η διέγερση οφείλεται σε θετικό ή αρνητικό περιεχόμενο ερεθίσματος. Τόσο τα θετικά, όσο και τα αρνητικά ερεθίσματα μπορεί να οδηγήσουν σε αύξηση της διέγερσης που πυροδοτεί κορυφές GSR. Ανεξαρτήτως θετικού ή αρνητικού συναισθήματος, το GSR μπορεί να είναι πανομοιότυπο. Ενώ το GSR είναι ένα ιδανικό μέτρο για την παρακολούθηση της συναισθηματικής διέγερσης, δεν είναι σε θέση να αποκαλύψει την ποιότητα των συναισθημάτων. Η αληθινή δύναμη του GSR ξετυλίγεται, καθώς συνδυάζεται με άλλες πηγές δεδομένων (PD, ET, HR, hyperventilation [23]) έτσι ώστε να σκιαγραφηθεί η πλήρης εικόνα της συναισθηματικής συμπεριφοράς.

## 2.3. Skin & sweat

---

### 2.3.1. Δέρμα (*skin*)

Γίνεται κατανοητό πώς λειτουργεί το GSR, ανατρέχοντας στα φυσιολογικά χαρακτηριστικά του μεγαλύτερου οργάνου του ανθρώπινου σώματος - του δέρματος. Το δέρμα λειτουργεί ως η κύρια διασύνδεση μεταξύ του οργανισμού και του περιβάλλοντος. Μαζί με άλλα όργανα, είναι υπεύθυνο για σωματικές διεργασίες όπως το ανοσοποιητικό σύστημα, θερμορύθμιση και αισθητηριακές ικανότητες / κινητική δραστηριότητα. Αναλυτικότερα:

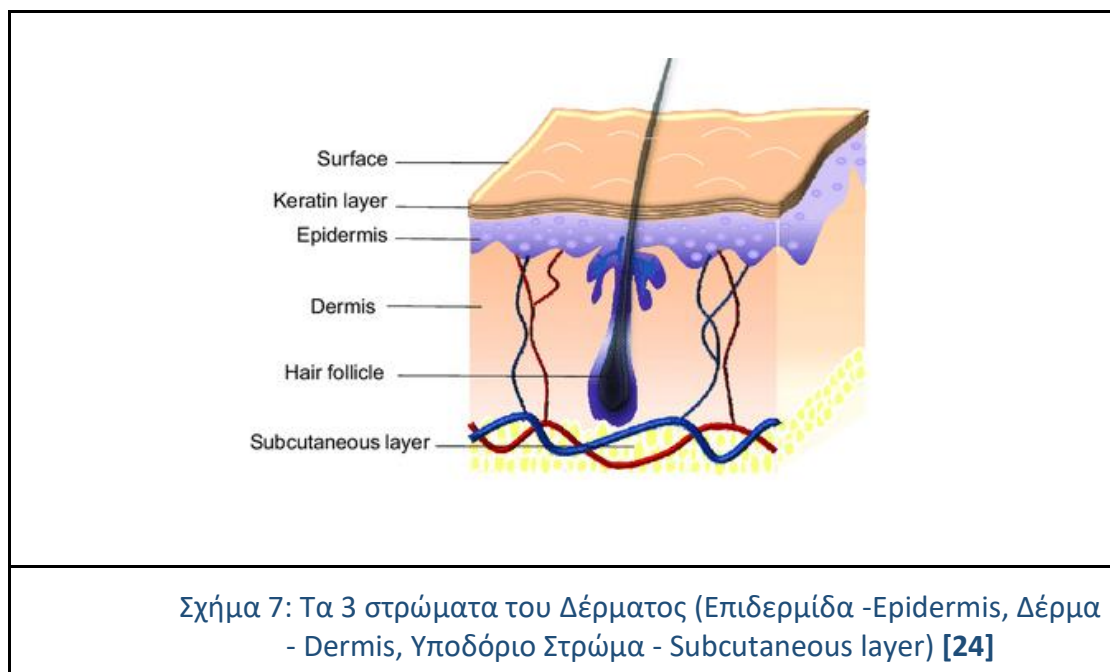
1. **Ανοσοποιητικό σύστημα:** Ως προστατευτικός φραγμός, το δέρμα διαχωρίζει το σώμα μας από το περιβάλλον και από τις περιβάλλουσες απειλές, που μπορεί να είναι μηχανικές επιδράσεις, πίεση, διακυμάνσεις θερμοκρασίας, μικροοργανισμοί, ακτινοβολία και χημικοί παράγοντες.



2. **Θερμορύθμιση:** Το δέρμα ελέγχει τη θερμοκρασία του σώματος ρυθμίζοντας την εκπομπή ιδρώτα και την περιφερειακή κυκλοφορία του αίματος.
3. **Αίσθηση και Αντίληψη:** Το δέρμα είναι ένα όργανο αντίληψης. Περιέχει ένα εκτεταμένο δίκτυο νευρικών κυττάρων που ανιχνεύουν και αναμεταδίδουν αλλαγές στο περιβάλλον με βάση τη δραστηριότητα των υποδοχέων για τη θερμοκρασία, την πίεση και τον πόνο.

Συνεπώς με αυτή την πολύπλοκη λειτουργία του, το δέρμα έχει 3 κύρια στρώματα (layers), τα οποία παρουσιάζονται και στο Σχήμα 7:

- **Επιδερμίδα** (εξωτερικό προστατευτικό στρώμα): προφυλάσσει τον οργανισμό από βακτήρια, ιούς και αποτελείται από 4 λεπτές στρώσεις: την κεράτινη στιβάδα, το κοκκώδες στρώμα, το στρώμα spinosum και τέλος το “κάτω στρώμα”.
- **Δέρμα** (μαξιλάρι για το σώμα από στρες και καταπόνηση)
- **Υποδόριο στρώμα** (το βαθύτερο στρώμα του δέρματος)



### 2.3.2. *Ιδρώτας και ιδρωτοποιί αδένες (sweat)*

Το σώμα μας έχει περίπου 3 εκατομμύρια ιδρωτοποιούς αδένες. Η πυκνότητα των ιδρωτοποιών αδένων ποικίλλει σημαντικά σε όλο το σώμα. Η υψηλότερη

πυκνότητα είναι στο μέτωπο, στις παρειές, στις παλάμες και στα δάχτυλα και στο πέλμα των ποδιών. Κάθε φορά που οι ιδρωτοποιοί αδένες ενεργοποιούνται, εκκρίνουν υγρασία μέσω των πόρων προς την επιφάνεια του δέρματος.

Για παράδειγμα, στις περιοχές των χεριών και των ποδιών με την υψηλότερη ποσότητα ιδρωτοποιών αδένων (στα δάχτυλα και τα πέλματα) υπάρχουν περίπου 200–600 ιδρωτοποιοί αδένες ανά τετραγωνικό εκατοστό [25]).

Με την αλλαγή της ισορροπίας θετικών και αρνητικών ιόντων στο εκκρινόμενο υγρό, το ηλεκτρικό-γαλβανικό ρεύμα, ρέει πιο εύκολα, με αποτέλεσμα να είναι μετρήσιμες αλλαγές στην αγωγιμότητα του δέρματος. Αυξημένη αγωγιμότητα του δέρματος αντιστοιχεί σε μειωμένη αντίσταση δέρματος. Αυτή η αλλαγή στην αγωγιμότητα του δέρματος ονομάζεται Galvanic Skin Response (GSR).

## **2.4. Γαλβανικό Ρεύμα**

---

Στο γαλβανικό ρεύμα υπάρχουν 2 πόλοι (θετικός και αρνητικός). Από τους πόλους ξεκινούν ηλεκτροφόρα σύρματα που συνδέονται με ηλεκτρόδια, που αυτά με τη σειρά τους έρχονται σε επαφή με τον οργανισμό. Το θετικό ηλεκτρόδιο λειτουργεί ως σημείο εισόδου του ρεύματος στον οργανισμό, ενώ το αρνητικό ηλεκτρόδιο αποτελεί το σημείο εξόδου του ρεύματος από τον οργανισμό. Έτσι, το ρεύμα κυκλοφορεί μέσω του οργανισμού, διασχίζοντάς τον από το θετικό προς το αρνητικό ηλεκτρόδιο.

Οι επιδράσεις του γαλβανικού ρεύματος περιλαμβάνουν την ηλεκτρολυτική κατά την οποία διαλύονται ουσίες (πχ. φάρμακα), την ηλεκτροτονική, που επηρεάζει το νευρικό σύστημα και την ιοντοφορητική, όταν χρησιμοποιείται για τη διέγερση ιοντοφορητικών διαλυμάτων, όπως φαρμάκων.

## 2.5. Γαλβανική Απόκριση Δέρματος (GSR) και Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα (ΑΝΣ)

---

Ενώ ο πρωταρχικός σκοπός της εκπομπής ιδρώτα είναι η θερμορύθμιση, η εφίδρωση στα χέρια και τα πόδια ενεργοποιείται, επίσης, και κάθε φορά που υπάρχει συναισθηματική διέγερση. Όπως και άλλες αυτορυθμιστικές διεργασίες, η έκκριση ιδρώτα δεν μπορεί να ελεγχθεί ενσυνείδητα. Αντίθετα, καθοδηγείται και εξισορροπείται από το Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα (ΑΝΣ), προκειμένου να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις συμπεριφοράς.

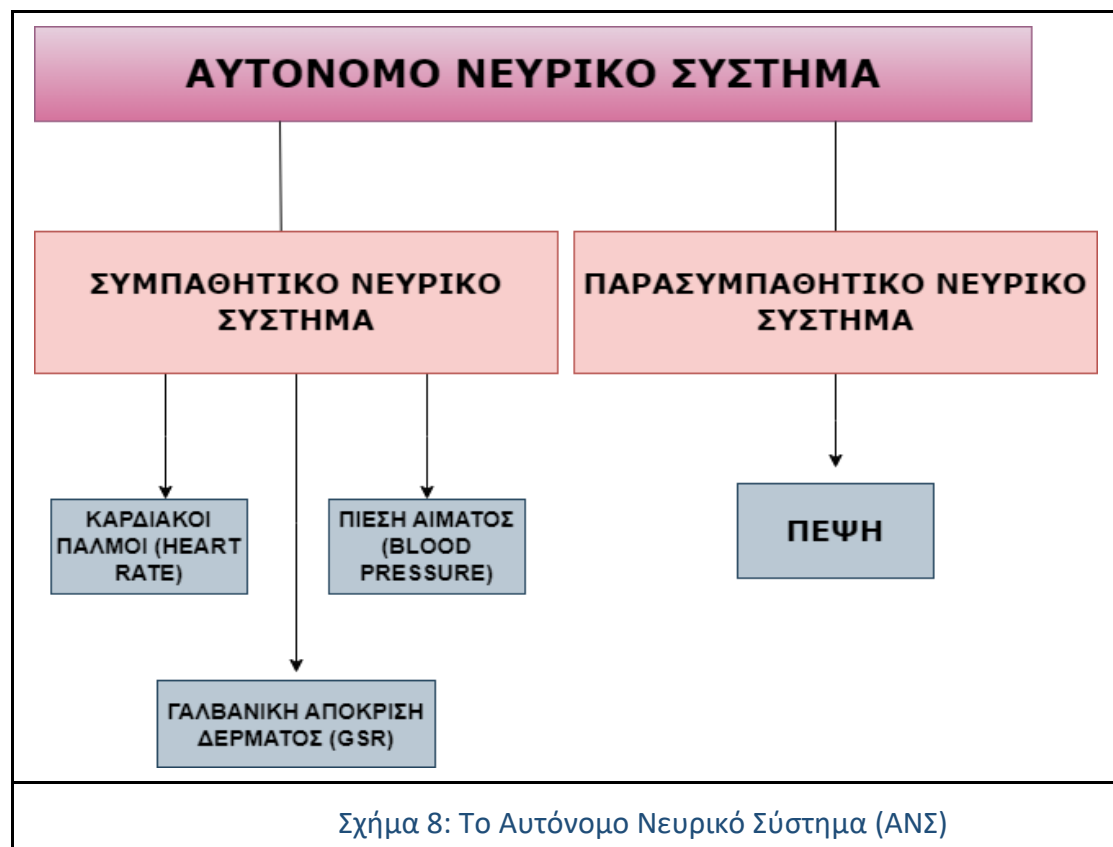
Το Νευρικό Σύστημα χωρίζεται στο Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ) και στο Περιφερικό Νευρικό Σύστημα (ΠΝΣ). Το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα περιλαμβάνει τον εγκέφαλο και το νωτιαίο μυελό, ενώ το Περιφερικό Νευρικό Σύστημα χωρίζεται σε Σωματικό και Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα. Το Σωματικό (Somatic) Νευρικό Σύστημα (ΣΝΣ) εμπλέκεται στην κίνηση των σκελετικών μυών μας. Το Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα (ΑΝΣ) σχετίζεται με μια σειρά από αυτόματες, ρυθμιστικές λειτουργίες. [25]

Γενικότερα, το Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα μπορεί να διαχωριστεί στις δύο ακόλουθες υποδιαίρεσεις, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 8:

- **Το Συμπαθητικό Νευρικό Σύστημα** αντιπροσωπεύει ένα σύστημα κινητοποίησης ταχείας απόκρισης, που διευκολύνει την άμεση κινητική δράση, αλλά και την επιλογή πάλης ή φυγής («fight or flight»), όταν απειλείται ο οργανισμός. Η αυξημένη συμπαθητική δραστηριότητα σχετίζεται με σωματικούς δείκτες, όπως αυξημένος καρδιακός ρυθμός, αρτηριακή πίεση, εφίδρωση, μυδρίαση (διαστολή της ίριδας) και διεγείρει την απελευθέρωση της αδρεναλίνης.
- **Το Παρασυμπαθητικό Νευρικό Σύστημα** ρυθμίζει αργά μεταβαλλόμενες διεργασίες που σχετίζονται με την «ανάπαυση και την πέψη» και την «θρέψη και αναπαραγωγή».

Η έκκριση ιδρώτα και οι σχετικές αλλαγές στην αγωγιμότητα του δέρματος είναι ασυνείδητες διεργασίες, που βρίσκονται αποκλειστικά υπό συμπαθητικό έλεγχο και αντανακλούν αλλαγές σε διέγερση, επιφυλακή και εγρήγορση. [27], [28]

Αναλυτικότερα, κάθε φορά που το ανθρώπινο σώμα αντιλαμβάνεται ένα ερέθισμα που θα μπορούσε να αλλάξει την κατάσταση ηρεμίας του υποκειμένου, το Συμπαθητικό Νευρικό Σύστημα (ΣΝΣ) ενεργοποιεί αυτόματα μια φυσιολογική απόκριση που περιλαμβάνει επιτάχυνση του καρδιακού ρυθμού, διαστολή της κόρης και αύξηση της δραστηριότητας των ιδρωτοποιών αδένων. Αυτή η αυτόνομη απόκριση πυροδοτείται από οποιοδήποτε είδος συναισθηματικής αντίδρασης, όπως έκπληξη, φόβο ή θυμό, ή όταν υπάρχει πίεση, άγχος ή στρες. Το ΣΝΣ ρυθμίζει τη φυσιολογική απόκριση ανάλογα με την ένταση του συναισθήματος. Δηλαδή, όσο πιο έντονο είναι το συναίσθημα, τόσο μεγαλύτερη είναι η φυσιολογική αντίδραση που προκαλεί το ΣΝΣ. [29]



Η αγωγιμότητα του δέρματος (EDA) μετριέται συνήθως σε μονάδες microsiemens ( $\mu\text{S}$ ) και η κανονική ανθρώπινη αγωγιμότητα του δέρματος (EDA) κυμαίνεται από 1 έως 20 microsiemens. [30]

## 2.6. Πεδία Εφαρμογής του GSR:

---

Η Γαλβανική Απόκριση δέρματος (GSR) έχει χρησιμοποιηθεί σε μια ποικιλία εργαστηριακών ρυθμίσεων που εξετάζουν την προσοχή, τη μνήμη, την απόφαση, τη δημιουργία, την συναισθηματική φόρτιση, καθώς, επίσης αποτελεί και έναν παράγοντα πρόβλεψης φυσιολογικής ή μη φυσιολογικής συμπεριφοράς.

Επιπλέον, το GSR χρησιμοποιείται και στις παρακάτω περιπτώσεις:

- **Ψυχολογικές μελέτες:** Οι ψυχολογικές μελέτες χρησιμοποιούν το GSR για να προσδιορίσουν πώς οι άνθρωποι ανταποκρίνονται συναισθηματικά σε διάφορα ερεθίσματα και πώς αυτές οι αποκρίσεις επηρεάζονται από τις ιδιότητες του ερεθίσματος, από τα χαρακτηριστικά της προσωπικότητας (εξωστρεφείς, εσωστρεφείς), από την αλληλεπίδραση πολιτιστικών πτυχών και πτυχών μάθησης.
- **Κλινικές περιπτώσεις & Ψυχοθεραπεία:** Κλινικές περιπτώσεις όπως διατροφικές διαταραχές, φοβίες ή μετατραυματικό στρες (PTSD). Οι ασθενείς παρουσιάζουν αυξημένες αντιδράσεις φόβου και συναισθηματική διέγερση σε υπενθυμίσεις τραύματος.
- **Καταναλωτική Νευροεπιστήμη (Consumer Neuroscience) & Marketing:** Η αξιολόγηση των προτιμήσεων των καταναλωτών είναι ένα κρίσιμο στοιχείο του μάρκετινγκ. Το GSR μπορεί να μετρηθεί για να παρακολουθεί τη συναισθηματική διέγερση προς προϊόντα με υψηλό καταναλωτικό ενδιαφέρον.
- **Δοκιμή πολυμέσων και διαφημίσεων:** Στην έρευνα πολυμέσων, σε υλικά μιας καμπάνιας, σε τηλεοπτικές διαφημίσεις, σε trailer και σε εκπομπές, μπορεί να παρακολουθηθεί η συναισθηματική διέγερση του κοινού μέσω μετρήσεων GSR.
- **Δοκιμές Ευχρηστίας & UX Design:** Η χρήση λογισμικού θα πρέπει να είναι μια ευχάριστη εμπειρία και ως εκ τούτου, τα επίπεδα απογοήτευσης και σύγχυσης θα πρέπει να διατηρούνται όσο το δυνατόν χαμηλότερα. Η παρακολούθηση του GSR μπορεί να παρέχει πληροφορίες για τα επίπεδα

άγχους των χρηστών, κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης με νέο περιεχόμενο ιστότοπου, διεπαφές χρήστη και διαδικτυακές φόρμες. Συχνά υπάρχουν αυξημένα επίπεδα άγχους που αντικατοπτρίζονται σε μοτίβα ενεργοποίησης GSR.

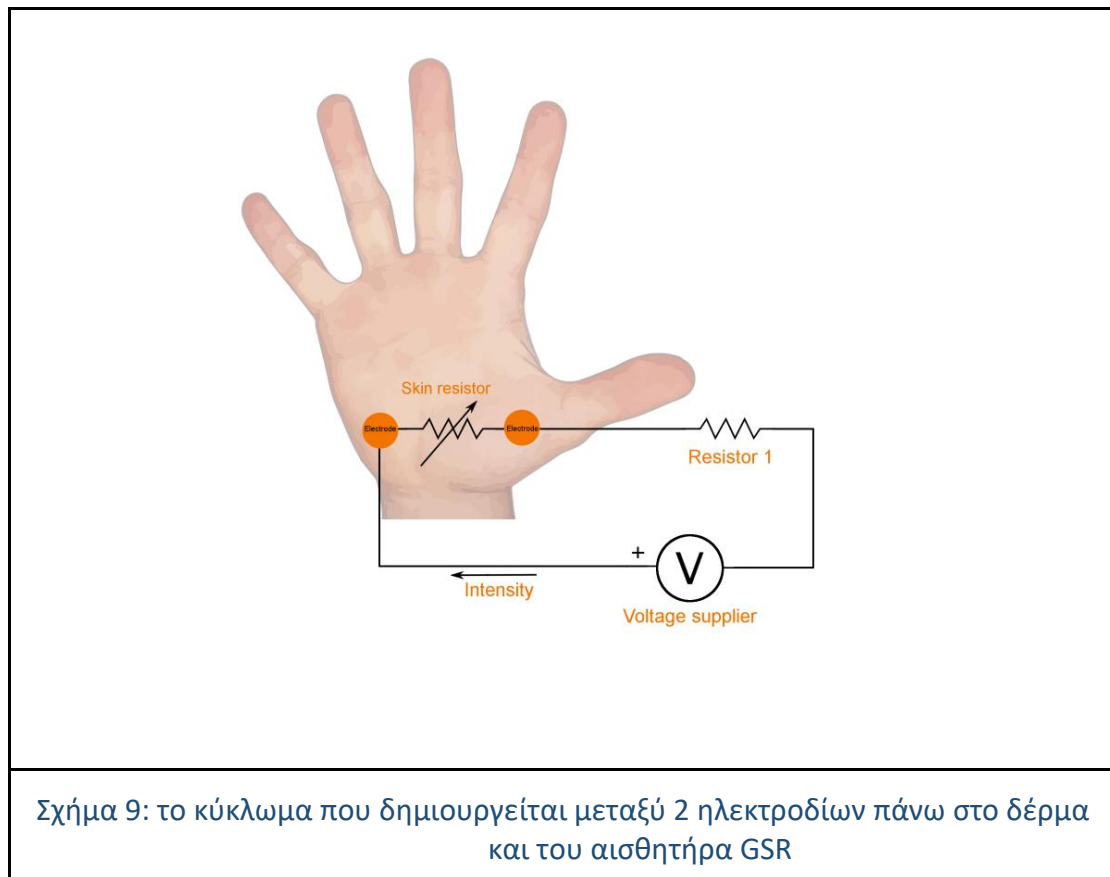
## 2.7. Αισθητήρας GSR

---

Ένας αισθητήρας GSR μας επιτρέπει να μετράμε τη δραστηριότητα των ιδρωτοποιών αδένων, η οποία σχετίζεται με τη συναισθηματική διέγερση. Έτσι, για να μετρήσουμε το GSR, εκμεταλλευόμαστε τις ηλεκτρικές ιδιότητες του δέρματος. Συγκεκριμένα, όσο μεγαλύτερη είναι η δραστηριότητα του ιδρωτοποιού αδένα, τόσο περισσότερη είναι η εφίδρωση και, επομένως, υπάρχει λιγότερη αντίσταση δέρματος, άρα αυξάνεται η αγωγιμότητα, άρα και η Γαλβανική Απόκριση Δέρματος.

Το σήμα GSR μετριέται συνήθως μέσω αισθητήρων. Ένα σταθερό κύκλωμα χαμηλού ρεύματος δημιουργείται μεταξύ δύο ηλεκτροδίων που έρχονται σε επαφή με το δέρμα. Ο αισθητήρας GSR μετρά τα ποικίλα επίπεδα του δέρματος που άγει το ηλεκτρικό ρεύμα. Τα υψηλότερα επίπεδα εφίδρωσης στο δέρμα οδηγούν σε μεγαλύτερη αγωγιμότητα των ηλεκτρικών ρευμάτων. Ένα υψηλότερο επίπεδο αγωγιμότητας του δέρματος μετά από ένα γεγονός μπορεί επομένως να ερμηνευθεί είτε ως θετική, είτε ως αρνητική συναισθηματική διέγερση. Αυτό οπτικά μπορεί να αναπαρασταθεί όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 9).

Στο Σχήμα 9, φαίνεται η αντίσταση δέρματος (Skin Resistor), η οποία αναλύεται και στο Πειραματικό Μέρος και συγκεκριμένα στο Κεφάλαιο “Ο υπολογισμός της Αγωγιμότητας (σε μικρο-Siemens,  $\mu S$ )” και στο σχήμα είναι η αντίσταση ανάμεσα στα 2 ηλεκτρόδια (electrodes).

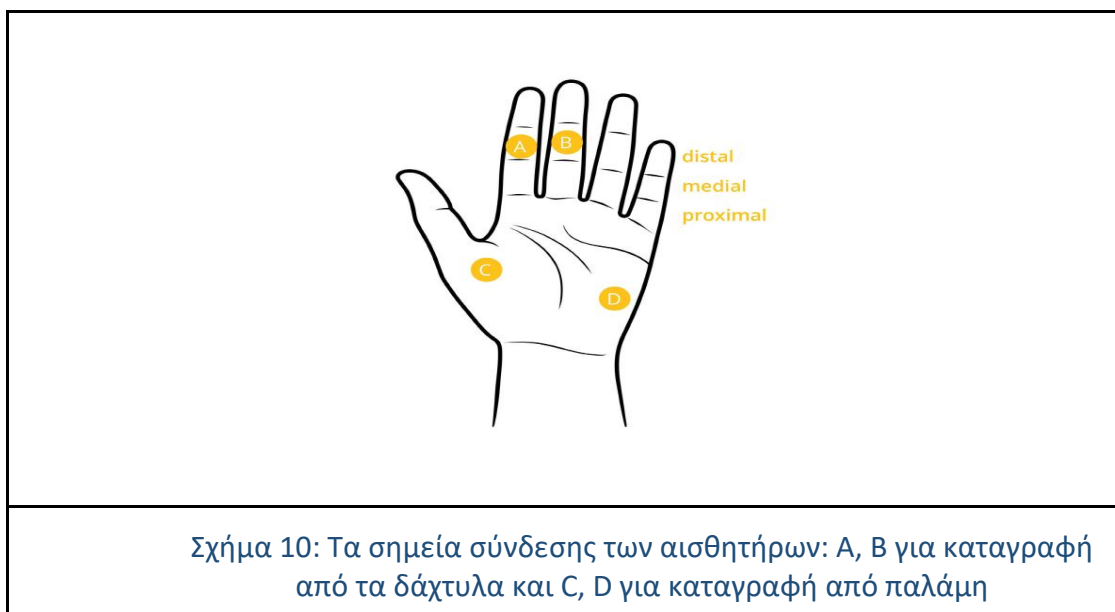


Η παρατήρηση ηλεκτροδερμικών φαινομένων δεν έχει απαιτήσεις πολύπλοκου εξοπλισμού. Με ελάχιστους χρόνους προετοιμασίας και καθαρισμού, η αγωγιμότητα του δέρματος (EDA) καταγράφεται μη επεμβατικά χρησιμοποιώντας δύο ηλεκτρόδια που τοποθετούνται στο δέρμα. Γενικά, τα ηλεκτρόδια των GSR αισθητήρων έχουν 1 cm<sup>2</sup> από Ag/AgCl (άργυρος/χλωριούχος άργυρος - Ag/AgCl).

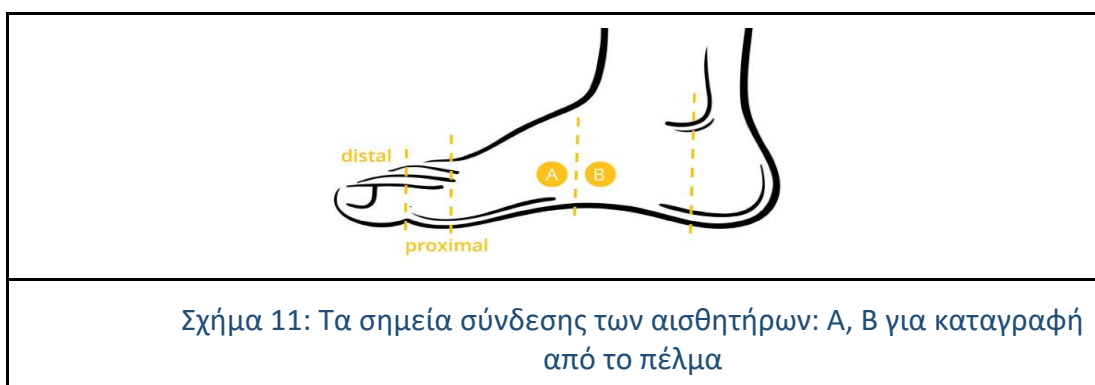
**Τοποθέτηση Αισθητήρα:** Ενώ οι ιδρωτοποιοί αδένες υπάρχουν σχεδόν σε όλα τα μέρη του σώματος, ορισμένες περιοχές ανταποκρίνονται πιο έντονα στη συναισθηματική διέγερση. Ειδικότερα, οι παλάμες των χεριών, τα δάχτυλα και τα πέλματα των ποδιών είναι πιο ευαίσθητες περιοχές όσον αφορά την εφίδρωση και γι' αυτό χρησιμοποιούνται ως θέσεις καταγραφής της συναισθηματικής διέγερσης.

- **Καταγραφή από τα δάχτυλα:** Αν τα χέρια των ερωτηθέντων είναι στατικά. Οι ερευνητές συνήθως καταγράφουν από το μη κυρίαρχο χέρι, έτσι ώστε οι ερωτηθέντες να εξακολουθούν να μπορούν να χρησιμοποιούν το κυρίαρχο χέρι τους κατά την εκτέλεση μιας εργασίας (π.χ. κάνοντας κλικ στο ποντίκι ή πατώντας ένα κουμπί ενώ ανταποκρίνονται σε ερεθίσματα στην οθόνη). Τα

ηλεκτρόδια μπορούν να τοποθετηθούν στον δείκτη (A) και στο μεσαίο δάκτυλο (B), όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 10).



- **Καταγραφή από την παλάμη:** Αν οι ερωτηθέντες σας πρέπει να χρησιμοποιούν και τα δύο χέρια. Σε αυτό το σενάριο, χρησιμοποιούνται αυτοκόλλητα ηλεκτροδίων για να διασφαλιστεί η σωστή και σταθερή τοποθέτηση των ηλεκτροδίων (C και D).
- **Καταγραφή από τα πόδια:** Αν οι ερωτώμενοι πρέπει να χρησιμοποιούν και τα δύο τους χέρια αρκετά εκτενώς. Σε αυτήν την περίπτωση, η καταγραφή γίνεται από τα πόδια, όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 11).



Σε αυτή την περίπτωση, οι αισθητήρες συνδέονται στην εσωτερική πλευρά του ποδιού (A και B). Καθώς τα πέλματα επηρεάζονται έντονα από την πίεση, ενώ



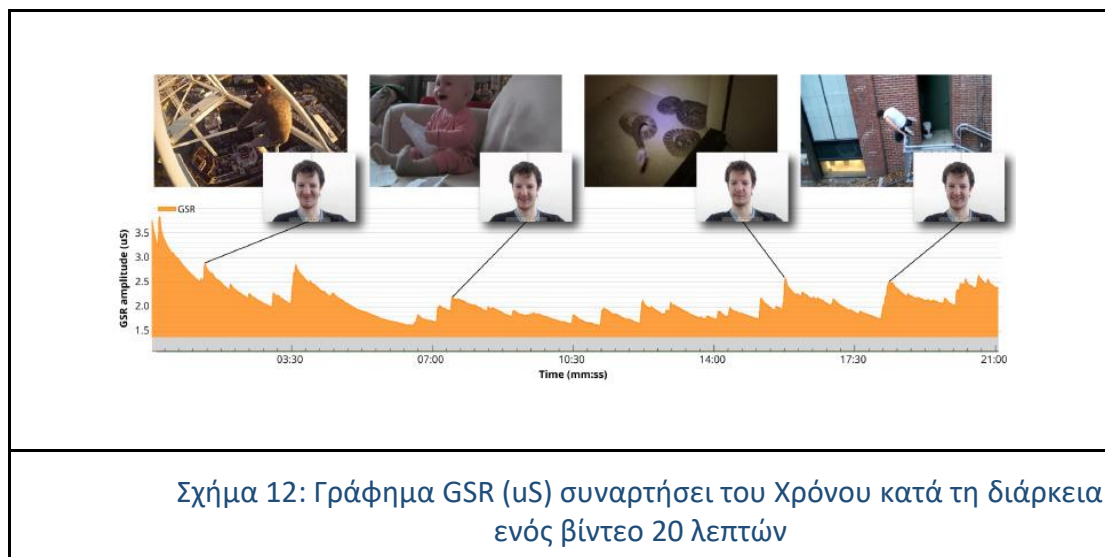
κάποιος στέκεται ή περπατάει, οι αισθητήρες θα πρέπει να τοποθετηθούν σε μια μεσαία θέση στην εσωτερική πλευρά του ποδιού (ιδανικά στον εκτείνοντα της βασικής άρθρωσης του μεγάλου δακτύλου).

## 2.8. Το ακατέργαστο σήμα GSR

Θα παρουσιαστεί ένα παράδειγμα μιας μελέτης και μέσω αυτής θα αναλυθούν τα ειδικά χαρακτηριστικά και στοιχεία που δίνουν πληροφορίες για το άγχος και τη συναισθηματική φόρτιση σε γραφικές παραστάσεις GSR συναρτήσεως του χρόνου.

Το παράδειγμα που χρησιμοποιήθηκε είναι το ακόλουθο:

Τα παρακάτω δεδομένα δείχνουν το σήμα GSR κατά τη διάρκεια μιας προβολής βίντεο 20 λεπτών (Σχήμα 12). Το κύριο ερώτημα της έρευνας ήταν: “Ποιες είναι οι συναισθηματικά διεγερτικές σκηνές στο βίντεο;” Οι ερωτηθέντες κάθονταν άνετα μπροστά από την οθόνη με αισθητήρες GSR συνδεδεμένους στον δείκτη και στο μεσαίο δάχτυλο του μη κυρίαρχου χεριού. Χρησιμοποιήθηκε επίσης μια κάμερα προσώπου για να παρακολουθούμε τις εκφράσεις του προσώπου.

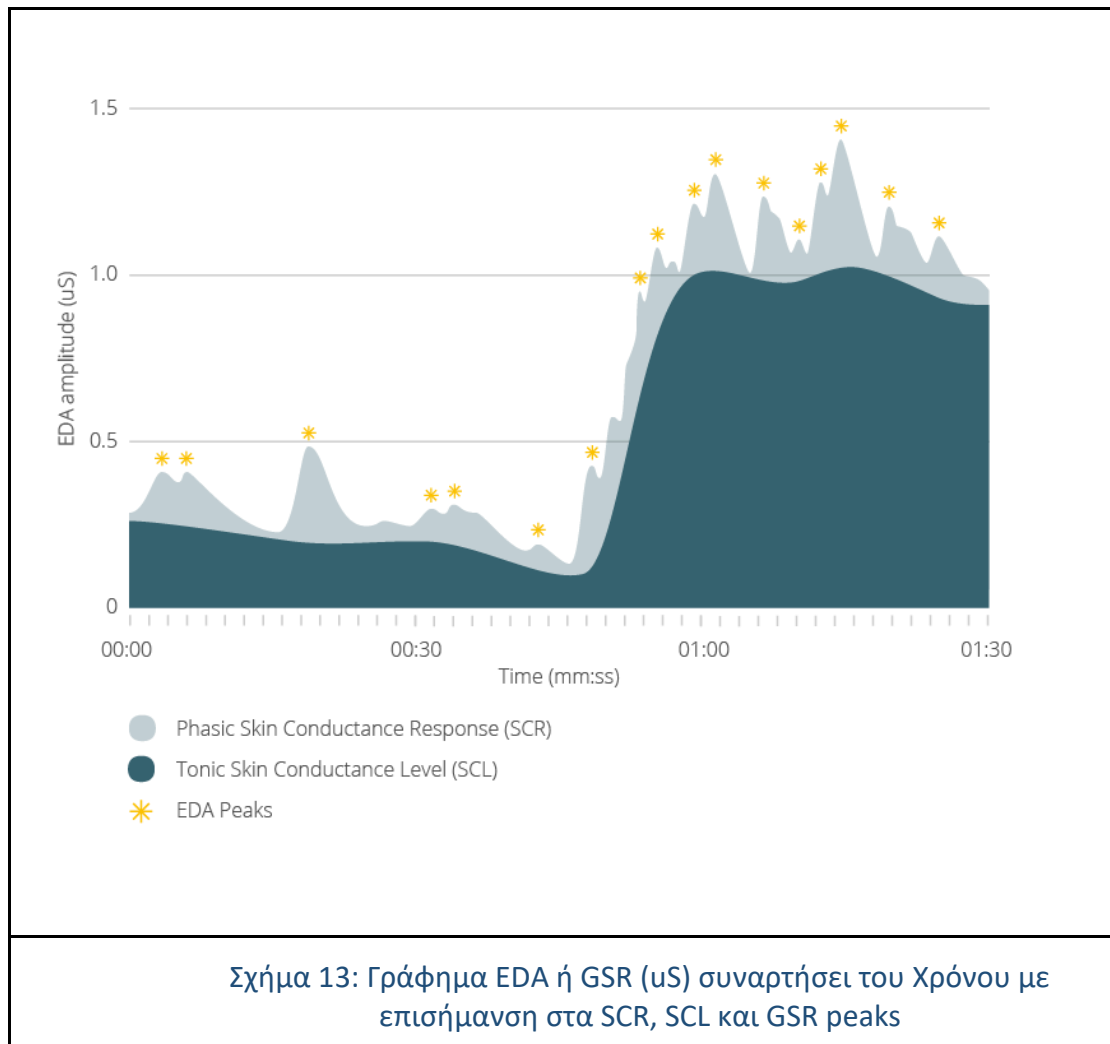


Το σήμα GSR αποτελείται από δύο κύρια στοιχεία: Skin Conductance Level (SCL) και Skin Conductance Response (SCR). Το SCR είναι ένα συστατικό της δραστηριότητας GSR, που αντιπροσωπεύει μόνο το ταχέως μεταβαλλόμενο σήμα ως

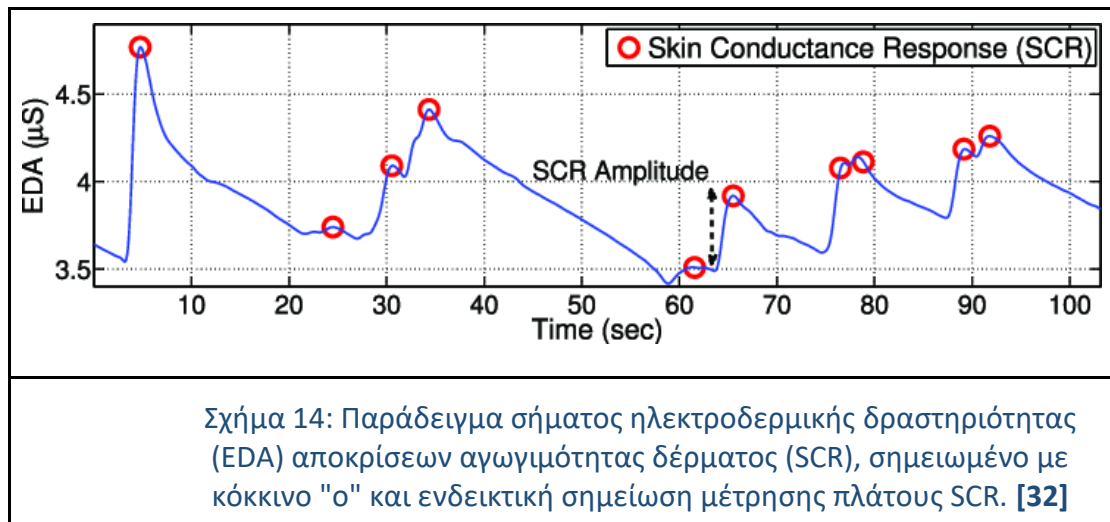
απόκριση σε ένα ερέθισμα. Το άλλο συστατικό, το SCL, είναι το τονικό (tonic), συνεχές, αργά μεταβαλλόμενο επίπεδο αγωγιμότητας δέρματος.

- **Skin Conductance Level (SCL):** Το SCL μεταβάλλεται αργά και αλλάζει ελαφρώς σε χρονική κλίμακα από δεκάδες δευτερόλεπτα έως λεπτά. Το αυξανόμενο και φθίνον SCL αλλάζει συνεχώς ανάλογα με την ενυδάτωση, την ξηρότητα του δέρματος ή την αυτόνομη ρύθμισή του. Το τονικό επίπεδο μπορεί επίσης να διαφέρει σημαντικά μεταξύ των ατόμων. Αυτό οδήγησε ορισμένους ερευνητές στο συμπέρασμα ότι το πραγματικό τονικό επίπεδο από μόνο του δεν είναι τόσο κατατοπιστικό για το άγχος ή για τη μελέτη της συναισθηματικής διέγερσης.
- **Skin Conductance Response (SCR):** Το SCR σχετίζεται αναλογικά με τον αριθμό των ιδρωτοποιών αδένων που ενεργοποιούνται, πράγμα που σημαίνει, στην ουσία, ότι όσο πιο πολύ διεγείρεται συναισθηματικά ένα άτομο, τόσο περισσότερο αυξάνεται η ποσότητα SCR. Το πλάτος του SCR είναι ένας κατάλληλος δείκτης της δραστηριότητας του συμπαθητικού νευρικού συστήματος. [31]

Το SCR συχνά αναφέρεται και ως “peak” της ηλεκτροδερμικής δραστηριότητας, ή ως “GSR peak” και εμφανίζεται ως μια απότομη αύξηση της τιμής του σήματος. Αν το SCR εμφανιστεί ως μια απόκριση σε ένα ερέθισμα, τυπικά εντός 1-5 δευτερολέπτων, τότε αναφέρεται ως “event - related SCR” (ER-SCRs), δηλαδή SCR σχετιζόμενο με κάποιο ερέθισμα/γεγονός. Αντίθετα, αν εμφανίζεται χωρίς κάποια ευδιάκριτη αιτία, αναφέρεται ως “Non-Specific SCR”), δηλαδή “Μη-Ειδικό SCR” (NS-SCR). Τα NS-SCRs συμβαίνουν αυθόρμητα στο σώμα 1-3 φορές ανά λεπτό και δεν είναι συνέπεια οποιουδήποτε διεγερτικού ερεθίσματος. Η φασική απόκριση βρίσκεται πάνω από την τονική (tonic) και παρουσιάζει σημαντικά ταχύτερες αλλοιώσεις, όπως φαίνεται και στο παρακάτω γράφημα (Σχήμα 13). Οι παραλλαγές στο φασικό (SCR) κομμάτι είναι ορατές ως “εκρήξεις GSR” ή “κορυφές GSR” (GSR-peaks).



Τα σήματα που παράγονται από το Συμπαθητικό Νευρικό Σύστημα οδηγούν σε μια αλλαγή στην φασική απόκριση αγωγιμότητας του δέρματος (SCR), η οποία συνήθως εξετάζεται από τους ερευνητές, καθώς από την τονική απόκριση αγωγιμότητας του δέρματος (SCL) δεν μπορούν να αντλήσουν χρήσιμα συμπεράσματα για τη συναισθηματική διέγερση. Ένα παράδειγμα σήματος ηλεκτροδερμικής δραστηριότητας (EDA) με μεταβολές SCR παρουσιάζεται στο επόμενο γράφημα ([Σχήμα 14](#)).



**Αξιολόγηση ποιότητας GSR:** 2 ομάδες ερωτηθέντων:

**1. «Ηλεκτροδερμικά ευπαθείς»:** Αυτή η ομάδα δείχνει έναν αυξημένο αριθμό μη ειδικών αποκρίσεων αγωγιμότητας δέρματος NS-SCRs (Non-Specific Skin Conductance Response) κατά τη διάρκεια μιας καταγραφής. Αν έρθουν αντιμέτωποι με συναισθηματικά ερεθίσματα, τα SCRs τους ανεβαίνουν πολύ αργά. Παρουσιάζουν ανώτερη απόδοση στη διατήρηση της προσοχής σε εξωτερικά ερεθίσματα. Ας φανταστεί κανείς πιλότους, ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας και καουμπόηδες που πολεμούν με όπλα.

**2. «Ηλεκτροδερμικοί σταθεροποιητές»:** Αυτή η ομάδα έχει μειωμένο αριθμό μη ειδικών αποκρίσεων αγωγιμότητας δέρματος (NS-SCRs) ή/και κορυφών GSR με ταχεία ακμή. Οι «σταθεροποιητές» δείχνουν ανώτερη απόδοση σε κάθε είδους εργασία που περιλαμβάνει βραχυπρόθεσμη μνήμη και εστίαση της προσοχής όπου πρέπει να αναμειχθούν οι περισπασμοί. Καλά παραδείγματα είναι οι παίκτες blackjack, οι εργαζόμενοι σε μαγαζιά fast-food ή οι ερευνητές που κάνουν κωδικοποίηση συμπεριφοράς.

**Καταγραφή Δεδομένων GSR:** Η ιδανική χρονική διάρκεια αναφοράς και συλλογής δεδομένων για το GSR θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 2-4 λεπτά και να τοποθετείται στην αρχή της πραγματικής καταγραφής των δεδομένων.

Η συλλογή μιας γραμμής βάσης βοηθά επίσης στον εντοπισμό προβλημάτων εγγραφής που προκαλούνται από ξηρό δέρμα ή περιβαλλοντικές συνθήκες,

επιτρέποντάς να λάβει κανείς αντίμετρα - παρέχοντας περαιτέρω οδηγίες ή βελτιστοποιώντας την τοποθέτηση του αισθητήρα GSR.

**Ουδέτερη γραμμή βάσης:** Σε αυτή την κατάσταση, δεν παρουσιάζονται ερεθίσματα. Οι ερωτηθέντες κάθονται αναπαυτικά σε χαλαρή θέση, ενδεχομένως με κλειστά μάτια. Η καταγεγραμμένη δραστηριότητα GSR αντανακλά την αυθόρμητη μεταβλητότητα του σήματος, που αποτελείται μόνο από το τονικό επίπεδο και τις μη ειδικές αποκρίσεις αγωγιμότητας του δέρματος (NS-SCR).

**Βασική γραμμή με μεταβλητά ερεθίσματα:** Αυτή η κατάσταση περιέχει ερεθίσματα με διαφορετικό συναισθηματικό περιεχόμενο. Η βασική γραμμή μεταβλητής θεωρείται ότι «μεγιστοποιεί» τα δεδομένα GSR ενός ερωτώμενου, που περιλαμβάνει το πλήρες φάσμα των απαντήσεων GSR προς μεταβλητό συναισθηματικό περιεχόμενο.

**Παρουσίαση ερεθίσματος:** Καθώς οι κορυφές GSR εμφανίζονται μέσα σε 1-5 δευτερόλεπτα μετά την έναρξη ενός ερεθίσματος, είναι επιθυμητό να υπάρχει μια μεγαλύτερη διάρκεια δειγματοληψίας, έτσι ώστε να μπορούν οι ερωτηθέντες να επεξεργαστούν το περιεχόμενό του ερεθίσματος. Αυτό ισχύει για όλους τους αισθητηριακούς τρόπους: όραση, ακοή, γεύση, όσφρηση και αφή. Περαιτέρω, μπορεί να είναι χρήσιμο να τοποθετηθούν ερεθίσματα χαλάρωσης («cool-off») κατάλληλης διάρκειας μεταξύ των ερεθισμάτων για να επιτρέψει το σήμα GSR στη γραμμή βάσης.

## **2.9. Ανάλυση δεδομένων GSR**

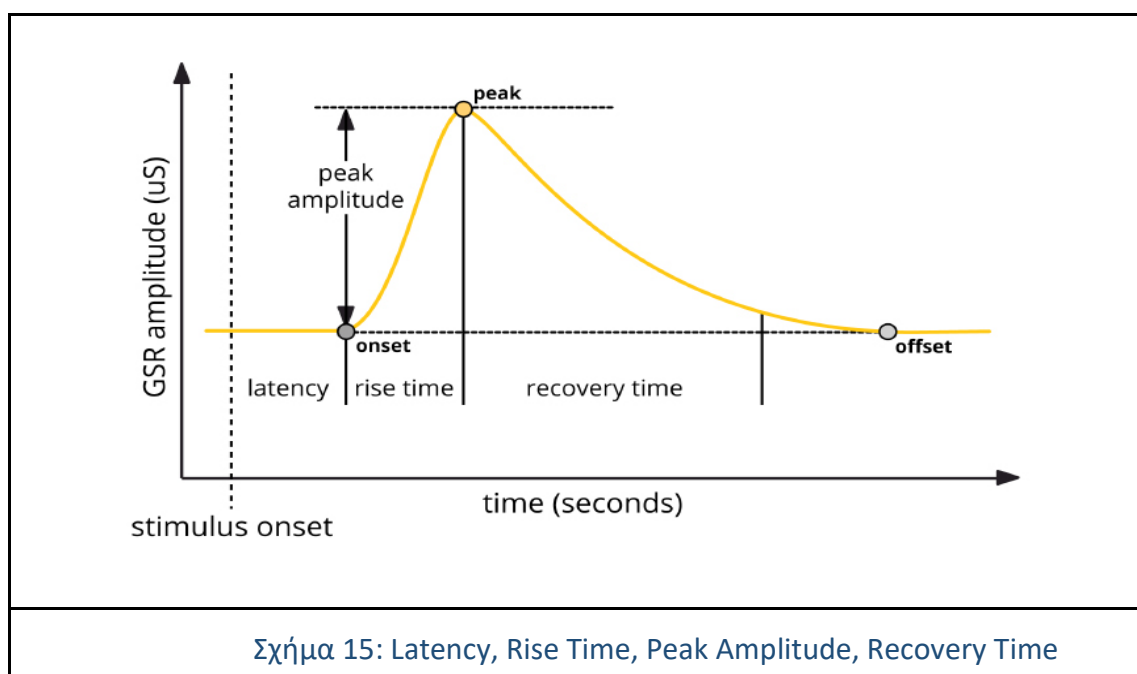
---

Τα δεδομένα GSR συλλέγονται εφαρμόζοντας μια χαμηλή, μη ανιχνεύσιμη και σταθερή τάση στο δέρμα και στη συνέχεια μετρώντας πώς ποικίλλει η αγωγιμότητα του δέρματος. [33]

Όταν αναλύουμε δεδομένα GSR, εστιάζουμε κυρίως στις SCR που σχετίζονται με γεγονότα, καθώς μπορούν να ερμηνευτούν ως άμεσες μετρήσεις διέγερσης και εμπλοκής των ερωτηθέντων σας. Τα μεμονωμένα SCR μπορούν να χαρακτηριστούν

από τις ακόλουθες τέσσερις μετρήσεις, όπως παρουσιάζεται στο γράφημα του Σχήματος 15:

1. **Αφάνεια (Latency)**: Η διάρκεια από την έναρξη του ερεθίσματος ως την έναρξη της φασικής έκρηξης. Τυπικά, οι ER-SCRs εμφανίζονται 1-5 δευτερόλεπτα μετά την έναρξη του ερεθίσματος. Η έναρξη γενικά ορίζεται στο χρονικό σημείο, όπου η καμπύλη GSR υπερβαίνει ένα κριτήριο ελάχιστου πλάτους (0.01 ή 0.05  $\mu\text{S}$ , αντίστοιχα). Οι αλλαγές GSR που συμβαίνουν πριν από αυτήν την περίοδο ορίζονται τυπικά ως NS-SCR και δεν θεωρούνται ότι δημιουργούνται από τον πειραματικό χειρισμό.
2. **Πλάτος κορυφής (Peak amplitude)**: Η διαφορά πλάτους μεταξύ έναρξης και κορυφής.
3. **Χρόνος ανύψωσης (Rise time)**: Η διάρκεια από την έναρξη έως την κορυφή.
4. **Χρόνος αποθεραπείας (Recovery time)**: Η διάρκεια από την κορυφή έως την 100% ανάκτηση της αρχικής τονικής GSR. Ενώ η έναρξη μιας SCR μπορεί να είναι αρκετά απότομη, η ανάκτηση είναι συνήθως πιο επίπεδη, με αποτέλεσμα μεγαλύτερους χρόνους αποκατάστασης.



Η παραπάνω απεικόνιση είναι μια απλοποίηση, καθώς το ακατέργαστο σήμα GSR δεν είναι εντελώς επίπεδο πριν ή μετά από μια αιχμή. Αντίθετα, ποικίλλει λόγω

μεμονωμένων διαφορών στο τονικό επίπεδο GSR ή λόγω θορύβου που προέρχεται από τεχνουργήματα κίνησης ή αναπνοής. Η ανάλυση του χρόνου ανάκτησης μετά τις κορυφές είναι συνήθως πολύ πιο δύσκολη σε σύγκριση με την ανάλυση των μετρήσεων που σχετίζονται με την έναρξη και την κορυφή.

Εξαιτίας αυτού, τα ακατέργαστα δεδομένα GSR συνήθως υποβάλλονται σε επεξεργασία ως εξής:

### **1. Μείωση δειγματοληψίας**

Αυτή η διαδικασία μειώνει τον αριθμό των δειγμάτων ανά δευτερόλεπτο. Το σήμα GSR δειγματοληπτείται συχνά με πολύ υψηλότερο ρυθμό δειγματοληψίας από ό,τι πραγματικά απαιτείται. Επομένως, μπορεί να γίνει μείωση της δειγματοληψίας των δεδομένων, χωρίς σημαντικό κίνδυνο απώλειας σημαντικών πτυχών του σήματος. Εάν τα δεδομένα σας GSR συλλέχθηκαν στα 100 Hz (100 δείγματα ανά δευτερόλεπτο), μπορείτε να τα κάνετε με ασφάλεια στα 10 Hz (10 δείγματα ανά δευτερόλεπτο) ή ακόμη λιγότερο.

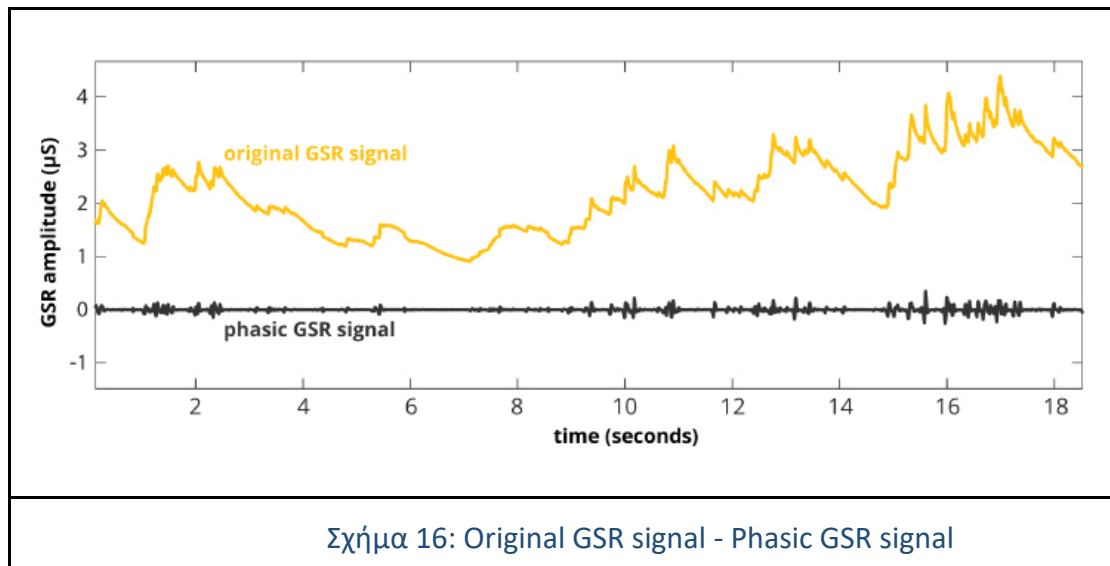
Στο πειραματικό μέρος της διπλωματικής, για τις πειραματικές ανάγκες αυτής της εργασίας, στις μετρήσεις επιλέχθηκε 1 δείγμα ανά 2 δευτερόλεπτα.

### **2. Φιλτράρισμα**

Με ένα φίλτρο μπορεί να «εξομαλυνθεί» η καμπύλη GSR για να αφαιρεθεί το τονικό στοιχείο του σήματος που δεν σχετίζεται με τη διέγερση ή τις «ακίδες» υψηλού πλάτους που δημιουργούνται από την κίνηση. Ένα median φίλτρο το επιτυγχάνει αυτό, αφήνοντάς μόνο το φασικό σήμα.

Μπορεί να εφαρμοστεί ένα βασικό median φίλτρο σε 3 βήματα (Σχήμα 16):

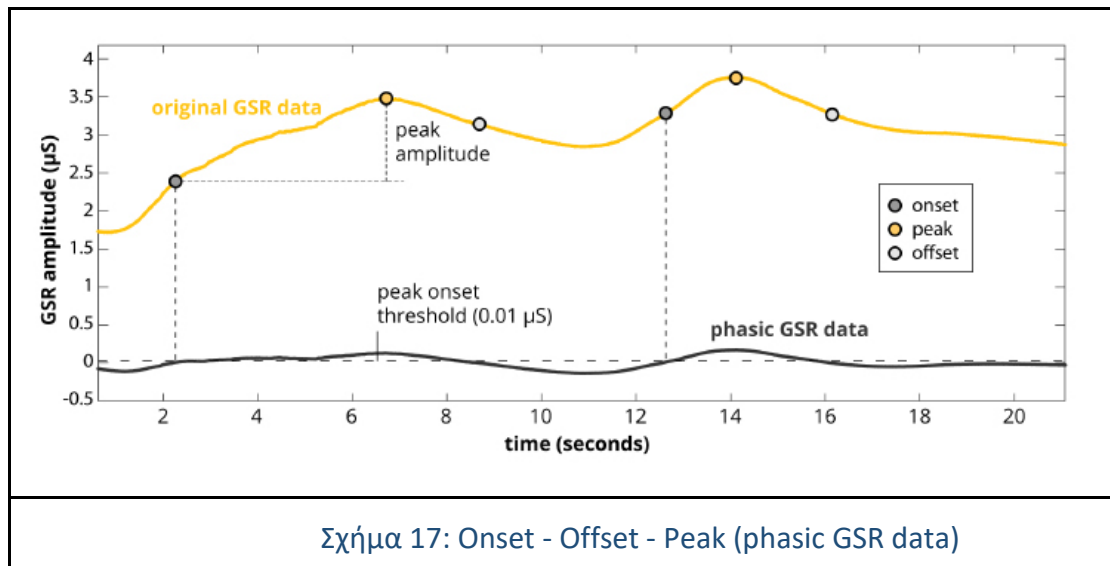
- Μεταβαίνοντας στα δεδομένα ανά δείγμα.
- Για κάθε δείγμα, υπολογίζεται η ενδιάμεση βαθμολογία GSR των γύρω δειγμάτων με βάση ένα χρονικό διάστημα +/-4 δευτερολέπτων με επίκεντρο το τρέχον δείγμα.
- Αφαιρείται ο μέσος όρος από το τρέχον δείγμα. Το αποτέλεσμα είναι τα φασικά δεδομένα.



3. **Έναρξη και ανίχνευση αιχμής:** Σίγουρα, μπορεί να γίνει αναζήτηση στα δεδομένα και να αναγνωριστούν οι κορυφές GSR με μη αυτοματοποιημένο τρόπο. Ωστόσο, αυτό δεν είναι μια βέλτιστη λύση, εάν η χρονική διάρκεια δειγματοληψίας είναι μεγάλη ή εάν το υπό εξέταση δείγμα είναι μεγάλο. Σε αυτήν την περίπτωση, θα χρησιμοποιηθούν αλγόριθμοι και διαδικασίες που επιτρέπουν την αυτόματη ανίχνευση και την αναφορά των ενάρξεων και των κορυφών σε μια εγγραφή και την εύρεση μέγιστης τιμής GSR .
4. **Υπολογισμός του πλάτους GSR peak:** Ένας σημαντικός δείκτης της ανάλυσης δεδομένων GSR είναι το Πλάτος Κορυφής GSR (Peak Amplitude), το οποίο ισούται με το πλάτος στην κορυφή μείον το πλάτος κατά την έναρξη.

Στο παρακάτω σχήμα ([Σχήμα 17](#)) παρουσιάζεται το πλάτος κορυφής GSR στο πρωτότυπο σήμα GSR και τα onsets (ενάρξεις κορυφών), offsets(λήξεις κορυφών) στο φασικό σήμα GSR.





Σχήμα 17: Onset - Offset - Peak (phasic GSR data)

**1. Αριθμός κορυφών GSR (Number of GSR peaks):** Αυτή η μέτρηση δείχνει πόσες κορυφές GSR εμφανίστηκαν κατά τη διάρκεια μιας συνθήκης εγγραφής. Μπορεί να ληφθεί ο αριθμός αυτός για κάθε ερωτώμενο και να υπολογιστεί ένας μέσο αριθμό κορυφών GSR μεταξύ των ερωτηθέντων.

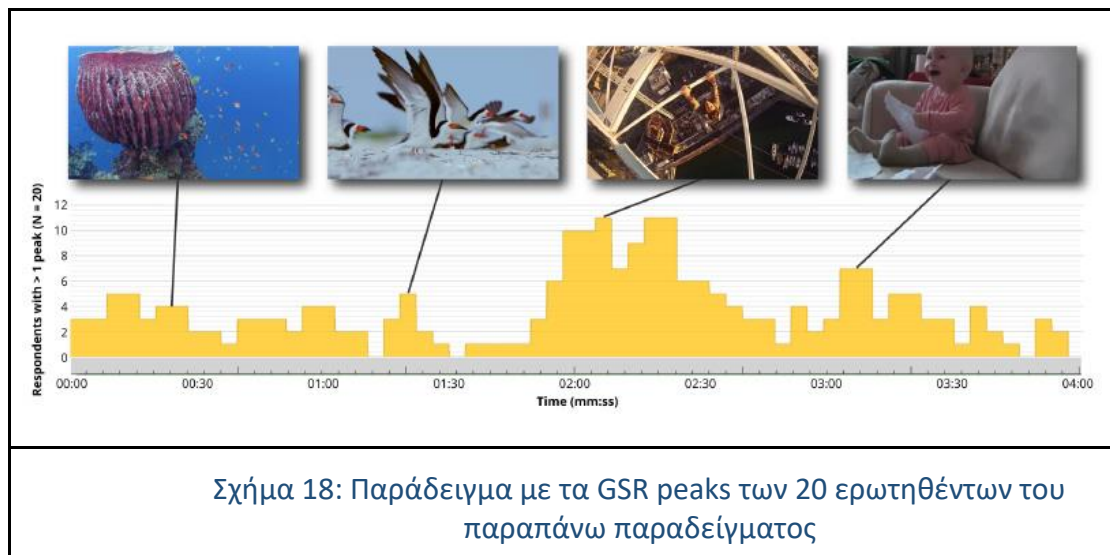
**2. Μέσο πλάτος και μέγεθος κορυφής GSR (Average GSR peak amplitude & magnitude)**

Εάν παρουσιαστεί το ίδιο ερέθισμα πολλές φορές, μπορεί να υπολογιστεί το μέσο πλάτος GSR. Σε αυτή την διαδικασία, οι περιπτώσεις που δεν υπήρχαν καθόλου κορυφές GSR, απλώς αγνοούνται. Δεδομένου ότι οι κορυφές GSR μεταξύ των ερωτηθέντων ενδέχεται να διαφέρουν ως προς τον λανθάνοντα χρόνο ή/και το πλάτος, η συγκέντρωση δεν μπορεί να είναι ένας απλός υπολογισμός του μέσου όρου όλων των κυματομορφών GSR μεταξύ των ερωτηθέντων.

Η μέθοδος που ακολουθείται στο συγκεκριμένο παράδειγμα είναι η εξής: Αρχικά, χωρίζονται τα συνεχή δεδομένα κάθε ερωτώμενου κατά τη διάρκεια της επιλεγμένης περιόδου ερεθίσματος σε διαστήματα με συγκεκριμένο μήκος παραθύρου (5 δευτερόλεπτα, για παράδειγμα) και επικάλυψη παραθύρου (1 δευτερόλεπτο, για παράδειγμα). Στη συνέχεια, εκχωρείται μια τιμή 1 ("true") σε διαστήματα που περιέχουν τουλάχιστον μία κορυφή GSR και μια τιμή 0 ("false") σε διαστήματα που δεν περιέχουν κορυφή GSR. Έπειτα, συνοψίζονται οι δυαδικές βαθμολογίες για έναν κοινό αποθηκευτικό χώρο για όλους τους ερωτηθέντες.

Για παράδειγμα: Έστω ότι συλλέγονται δεδομένα GSR από 20 ερωτηθέντες και όλοι είχαν τουλάχιστον μία κορυφή GSR σε ένα συγκεκριμένο διάστημα, η συγκεντρωτική τιμή για αυτό το διάστημα είναι 20. Εάν κανένας από τους ερωτηθέντες δεν είχε κορυφή GSR στο διάστημα, η συγκεντρωτική τιμή για αυτό το διάστημα είναι 0.

Η καμπύλη που προκύπτει είναι μια απεικόνιση της ύπαρξης διέγερσης των ερωτηθέντων που προκαλείται από το παρεχόμενο ερεθιστικό υλικό. Το συγκεντρωτικό αποτέλεσμα σχετίζεται άμεσα με τη συναισθηματική διέγερση του κοινού, (στο παράδειγμά που ακολουθεί στο Σχήμα 18, 11 στους 20 ερωτηθέντες είχαν αιχμή GSR στο χρονικό διάστημα 02:00 - 02:20).



# Πειραματικό Μέρος

---

Στο πειραματικό μέρος της διπλωματικής εργασίας παρουσιάζεται μία μελέτη του θέματος μέσω δύο διαφορετικών προσεγγίσεων:

- A. μετρήσεις σε κοινό με χρήση του αισθητήρα και υπολογισμός των τιμών του GSR,
- B. έρευνα σε κοινό μέσω διακίνησης ερωτηματολογίου σχετικά με θέματα COVID-19.

Τέλος, ακολουθεί ερμηνεία και σχολιασμός των αποτελεσμάτων για εξαγωγή συμπερασμάτων, καθώς και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Στις επόμενες παραγράφους τεκμηριώνονται τα βήματα κάθε φάσης της μελέτης, παρουσιάζονται οι μετρήσεις και τα αποτελέσματα.

---

## 3. Η μελέτη με τον αισθητήρα και το ερωτηματολόγιο

---

### 3.1. Η μελέτη μέσω του αισθητήρα

---

#### 3.1.1. Ο αισθητήρας GSR

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 19) παρουσιάζεται ο αισθητήρας GSR, που χρησιμοποιήθηκε κατά το πειραματικό μέρος της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας.

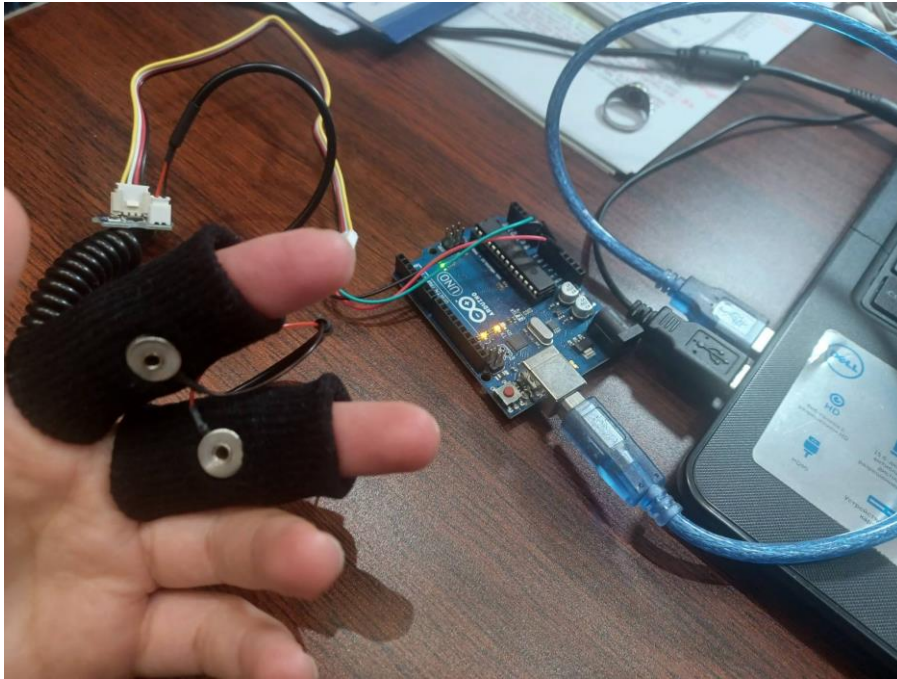


**Αισθητήρας Μέτρησης Γαλβανικής Απόκρισης Δέρματος (GSR Sensor):** Κεντρικό σημείο του πειραματικού μέρους της διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη του άγχους, μέσω του αισθητήρα GSR. Η πειραματική διαδικασία, με χρήση του αισθητήρα του Σχήματος 19, παρέχει τη δυνατότητα συλλογής δεδομένων για το GSR σε πραγματικό χρόνο, με μη επεμβατικό τρόπο, με μέτρηση που λαμβάνεται από δύο δάχτυλα του υποκειμένου.

Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε ένας αισθητήρας μέτρησης της Γαλβανικής Απόκρισης Δέρματος (GSR), που συνδέθηκε σε μια πλακέτα Arduino UNO. Η επιλογή αυτών των συγκεκριμένων αισθητήρων έγινε με βάση τις θεωρητικές διαπιστώσεις ότι το GSR αποτελεί έναν από τους πιο έγκυρους δείκτες για μελέτη της συναισθηματικής διέγερσης και του στρες, ενώ επίσης το GSR αυξομειώνεται χωρίς να το ελέγχει συνειδητά ο εξεταζόμενος.

Στο Σχήμα 20 φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο τα 2 ηλεκτρόδια του αισθητήρα GSR εφαρμόζονται στα δάχτυλα του χεριού του εξεταζόμενου, έτσι ώστε να ληφθούν οι μετρήσεις. Είναι πολύ σημαντικό το γεγονός ότι με τον τρόπο που είναι φτιαγμένος ο συγκεκριμένος αισθητήρας, δηλαδή το γεγονός ότι φοριέται σαν γάντι, δίνει τη δυνατότητα να υπάρχει καλή εφαρμογή, χωρίς να υπάρχουν φαινόμενα μετακίνησης ηλεκτροδίων ή κακής επαφής μεταξύ του ηλεκτροδίου και του δέρματος. Τα φαινόμενα αυτά θα δημιουργούσαν ξαφνικές κοιλότητες και κορυφές στο σήμα GSR, συνήθως μεγαλύτερες σε πλάτος και συχνότητα από τις αποκρίσεις αγωγιμότητας

δέρματος (SCRs). Επομένως, διασφαλίζεται πως στο πειραματικό μέρος της διπλωματικής εργασίας θα υπάρχει πληθώρα έγκυρων και αξιόπιστων μετρήσεων, χωρίς πολλά πειραματικά σφάλματα.



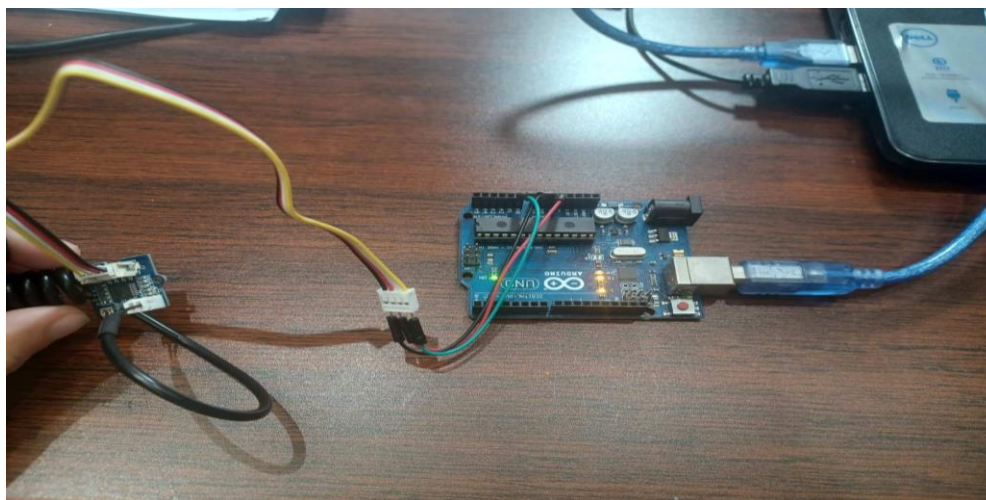
Σχήμα 20: τα δύο ηλεκτρόδια εφαρμόζονται στα άκρα του μεσαίου δακτύλου και του δείκτη

Ο αισθητήρας GSR μετρά την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EDA) που παράγεται από ιδρωτοποιούς αδένες. Το δυνατό - έντονο συναίσθημα ή το στρες οδηγεί σε αύξηση της Γαλβανικής Απόκρισης Δέρματος (GSR). Ο συγκεκριμένος αισθητήρας συνεργάζεται με μία μονάδα Arduino UNO, ώστε να καταγράφει, να αποθηκεύει και να μεταδίδει σε υπολογιστή τις μετρήσεις. [36]

Η σύνδεση του GSR Sensor με το Arduino UNO γίνεται ως εξής:

- Συνδέεται με ένα καλώδιο η θύρα Vcc του αισθητήρα GSR με τη θύρα 5V του Arduino (κόκκινο καλώδιο) και η θύρα γείωσης (Ground ή GND) του αισθητήρα με την αντίστοιχη του Arduino (μαύρο καλώδιο).
- Συνδέεται με ένα καλώδιο η θύρα σήματος (SIG) του αισθητήρα με τη θύρα A0 του Arduino (πράσινο καλώδιο), όπου λαμβάνεται η έξοδος.

Η μονάδα Arduino UNO με τη σειρά της συνδέεται σε γενικού σκοπού υπολογιστή, μέσω του οποίου αφενός προγραμματίζεται η μονάδα και αφετέρου οπτικοποιούνται οι μετρήσεις. Η σύνδεση του αισθητήρα GSR με τη μονάδα Arduino UNO και με τον Υπολογιστή φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 21).



Σχήμα 21: Η σύνδεση του αισθητήρα GSR με τη μονάδα Arduino (αισθητήρας, Arduino, Η/Υ)

### 3.1.2. *Arduino UNO*

Η μονάδα Arduino UNO είναι ένας στοιχειώδης μικροελεγκτής με πολύ χαμηλό κόστος αλλά αυξημένες δυνατότητες, που ικανοποιούν αρκετές απλές εφαρμογές. Για απαιτητικότερες εφαρμογές, κυρίως σε θέματα ρυθμού δεδομένων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν πιο προηγμένες λύσεις, όπως το Raspberry Pi, ή άλλοι ανώτεροι μικροϋπολογιστές / μικροελεγκτές.

Αρχικά, θα αναφερθούν τα πλεονεκτήματα του Arduino, έναντι άλλων μικροελεγκτών, για την συγκεκριμένη εφαρμογή. Χρησιμοποιήθηκε Arduino UNO, σε σύνδεση με τον αισθητήρα με στόχο να ληφθούν οι μετρήσεις της Γαλβανικής Απόκρισης Δέρματος (GSR). Το Arduino έχει ορισμένα γνωρίσματα που το διαφοροποιούν από πολλούς άλλους μικροελεγκτές. Αρχικά, ένα χαρακτηριστικό του πλεονέκτημα είναι πως απλοποιεί ιδιαίτερα την διαδικασία ανάπτυξης των εφαρμογών, καθώς έχει απλοποιημένο Hardware και Software, γεγονός που το



καθιστά εύχρηστο. Η πλατφόρμα του Arduino UNO συνδέεται απευθείας με τον υπολογιστή μέσω θύρας USB, επικοινωνεί με σειριακό πρωτόκολλο και “τρέχει” σε διάφορα λειτουργικά συστήματα, όπως Windows, Linux κ.α. Όσον αφορά το Software, πρόκειται για ανοιχτό λογισμικό με δυνατότητες επέκτασης. Η γλώσσα προγραμματισμού Wiring μπορεί να επεκταθεί μέσω των βιβλιοθηκών της C++ και της AVR C, γλώσσας των Atmel μικροελεγκτών. Επίσης, υπάρχουν αρκετές βιβλιοθήκες που επιταχύνουν τον προγραμματισμό και την κωδικοποίηση εφαρμογών στον μικροελεγκτή. Το Arduino βασίζεται στον μικροελεγκτή ATmega328P της Atmel που είναι ανοικτού υλικού και μπορεί, επίσης, να επεκταθεί. Ένα ακόμα βασικό πλεονέκτημα του Arduino είναι το χαμηλό του κόστος, καθώς είναι εξαιρετικά οικονομικότερος σε σχέση με άλλους μικροελεγκτές.

Για την συγκεκριμένη εφαρμογή αναπτύχθηκε σε γλώσσα Wiring ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε για την λήψη και καταγραφή των μετρήσεων, όπως παρουσιάζεται στη συνέχεια.

Η ανάπτυξη έγινε στο προγραμματιστικό περιβάλλον της μονάδας, δηλαδή το Arduino IDE. Στο Σχήμα 22, παρουσιάζεται ο κώδικας που αναπτύχθηκε και χρησιμοποιήθηκε στις πειραματικές μετρήσεις με τον αισθητήρα, κατά τη διάρκεια Rapid Covid-19 tests. Ο κώδικας με τα σχόλια δίνεται και στο Παράρτημα III.

```

gsm_arduino
const int GSR=A0;
int sensorValue=0;
int gsr_average=0;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  long sum=0;
  for(int i=0;i<10;i++) //Average the 10 measurements USING FOR LOOP
  {
    sensorValue=analogRead(GSR);
    sum += sensorValue;
    delay(5);
  }
  gsr_average = sum/10;
  Serial.print("gsr_average =");
  Serial.println(gsr_average);

  delay(2000);
}

```

Σχήμα 22: Ο Κώδικας σε γλώσσα Wiring που αναπτύχθηκε και χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις με τον αισθητήρα GSR.

Η διαδικασία της λήψης της μέτρησης από ένα συγκεκριμένο υποκείμενο γίνεται ως εξής:

1. Συνδέεται ο αισθητήρας με τον Arduino στη θύρα USB του Η/Υ
2. Το υποκείμενο φοράει το γάντι με τον αισθητήρα στο χέρι που χρησιμοποιεί λιγότερο (αριστερόχειρες → δεξί, δεξιόχειρες --> αριστερό).
3. Δίνεται η εντολή από το συνοδευτικό λογισμικό του Η/Υ για “Παρακολούθηση σειριακής θύρας” και έτσι ξεκινάει η μέτρηση.
4. Όσο λαμβάνονται μετρήσεις αυτές εμφανίζονται και στο νέο παράθυρο που ανοίγει μέσω του Arduino IDE στην οθόνη του υπολογιστή.
5. Η μέτρηση δεν διαρκεί προδιαγεγραμμένο χρόνο, τερματίζεται απλά όταν το υποκείμενο αφαιρέσει το “γάντι”.

Στο παρακάτω παράδειγμα (Πίνακας 1) φαίνονται οι τιμές μαζί με τους χρόνους λήψης των μετρήσεων (ανά 2 δευτερόλεπτα), για ένα ενδεικτικό



παράδειγμα καταγραφής, που έχει ξεκινήσει με τη σειριακή παρακολούθηση του Arduino IDE.

```
14:34:52.043 -> gsr_average =696
14:34:54.107 -> gsr_average =696
14:34:56.169 -> gsr_average =697
14:34:58.229 -> gsr_average =696
14:35:00.282 -> gsr_average =696
```

Πίνακας 1: οι τιμές GSR (σε Units arduino) μαζί με τους χρόνους λήψης των μετρήσεων.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, αν και η έξοδος του αισθητήρα είναι ηλεκτρική τάση (Volt), το Arduino δίνει τις μετρήσεις, όχι σε Volts, αλλά σε Arduino Units (AU). Πρόκειται για μονάδες που ορίζονται ως (1/1024) της μέγιστης τάσης τροφοδοσίας του Arduino UNO (εδώ 5 V). Συνεπώς, οι τιμές που εμφανίζονται στον πίνακα 1, σε Arduino Units (AU), θα πρέπει να μετατραπούν σε Volt, για να αποκτήσουν φυσική σημασία. Παραδείγματος χάριν, η τιμή 696 arduino units αντιστοιχεί σε

$$696 (AU) \cdot (5/1024) (V/AU) = 3.41 (V) \quad (3.1)$$

Στον κώδικα του Arduino σε Wiring, όπως φαίνεται στο Σχήμα 22, θα πρέπει να οριστούν 2 συναρτήσεις για τα προγράμματα κυκλικής εκτέλεσης:

- η “setup()” που είναι μια συνάρτηση που τρέχει 1 φορά στην αρχή του προγράμματος και αρχικοποιεί τις διάφορες τιμές και
- η “loop()” που είναι μια συνάρτηση που καλείται συνέχεια μέχρι η πλακέτα να απενεργοποιηθεί. [37]

Ακολουθεί μια περιγραφή της υλοποίησης του κώδικα:

Αρχικά, ορίζεται μια ακέραια σταθερά GSR, στην οποία αντιστοιχίζεται ο αναλογικός ακροδέκτης A0 του Arduino. Παράλληλα, δημιουργείται μια ακέραια μεταβλητή “sensorValue” για την αποθήκευση της αναλογικής τιμής από τον αισθητήρα GSR και μια άλλη ακέραια μεταβλητή “gsr\_average” για την αποθήκευση της μέσης τιμής των μετρήσεων του αισθητήρα GSR. Έπειτα, με την συνάρτηση “setup()” εκκινεί το πρόγραμμα, ενώ με την εντολή “Serial.begin(9600);” ενεργοποιείται η σειριακή επικοινωνία στην ταχύτητα 9600 bits ανά δευτερόλεπτο, προκειμένου να μπορούν να σταλούν δεδομένα στον υπολογιστή μέσω της θύρας

σειριακής επικοινωνίας. Με την μεταβλητή "sum" καταγράφεται το άθροισμα των μετρήσεων του αισθητήρα GSR. Στη συνέχεια, με τη χρήση ενός "For Loop" 10 επαναλήψεων εκτελούνται 10 φορές οι παρακάτω εντολές:

- `sensorValue = analogRead(GSR);` η εντολή αυτή διαβάζει την αναλογική τιμή από τον αισθητήρα GSR και την αποθηκεύει στη μεταβλητή "sensorValue".
- `sum += sensorValue;` Η εντολή αυτή προσθέτει την τιμή του αισθητήρα "sensorValue" στο άθροισμα "sum".
- `delay(5);` Η εντολή αυτή καθυστερεί την εκτέλεση του προγράμματος για 5 milliseconds (mSec).

Μετά την ολοκλήρωση του for loop υπολογίζεται ο μέσος όρος των 10 GSR ανά 5 mSec ως εξής: `gsr_average = sum / 10;`. Τέλος, εμφανίζεται στην οθόνη η τιμή του μέσου όρου "gsr\_average". Ανά 2 δευτερόλεπτα, αφού υπάρχει η εντολή `delay(2000);`, επαναλαμβάνεται ό,τι υπάρχει μέσα στην `void loop();` κι επομένως μία νέα τιμή μέτρησης εμφανίζεται στην οθόνη κάθε 2 δευτερόλεπτα.

### **3.1.3. Ο υπολογισμός της Αγωγιμότητας (σε micro-Siemens, $\mu S$ )**

Η πιο συνηθισμένη μονάδα μέτρησης που χρησιμοποιείται στη βιβλιογραφία για την περιγραφή σημάτων GSR είναι τα microSiemens ( $\mu S$ ).

Το Siemens (S) είναι η μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και ως εκ τούτου είναι το αντίστροφο της μονάδας μέτρησης της ωμικής αντίστασης,  $\Omega$  (Ohm). Ορίζεται ως εξής: και  $1 S = 1 A / 1 V$  (1 Siemens ισούται με 1 Ampere / 1 Volt).

Για τον υπολογισμό των τιμών του GSR σε  $\mu S$ , ακολουθήθηκαν τα εξής βήματα:

**Βήμα 1:** Υπολογισμός της τάσης  $V_x$  που μετράει ο αισθητήρας, κάνοντας μετατροπή των Arduino Units (AU) σε Volt.

**Βήμα 2:** Υπολογισμός του ρεύματος  $I$  του αισθητήρα GSR (σε  $\mu A$ )

**Βήμα 3:** Υπολογισμός της αγωγιμότητας  $Y = 1 / X$ , με  $X = V_x / I$ . Το "I" αντιστοιχεί στο ρεύμα (σε  $\mu A$ ), ενώ η τάση  $V_x$  υπολογίζεται σε Volt. Το αποτέλεσμα που

παρουσιάζεται είναι τελικά σε microSiemens ( $\mu S$ ). Υιοθετείται η μονάδα microSiemens ( $\mu S$  ή  $\mu S$ ), εξαιτίας του μικρού εύρους των τιμών του GSR.

### Υλοποίηση του 1ου Βήματος:

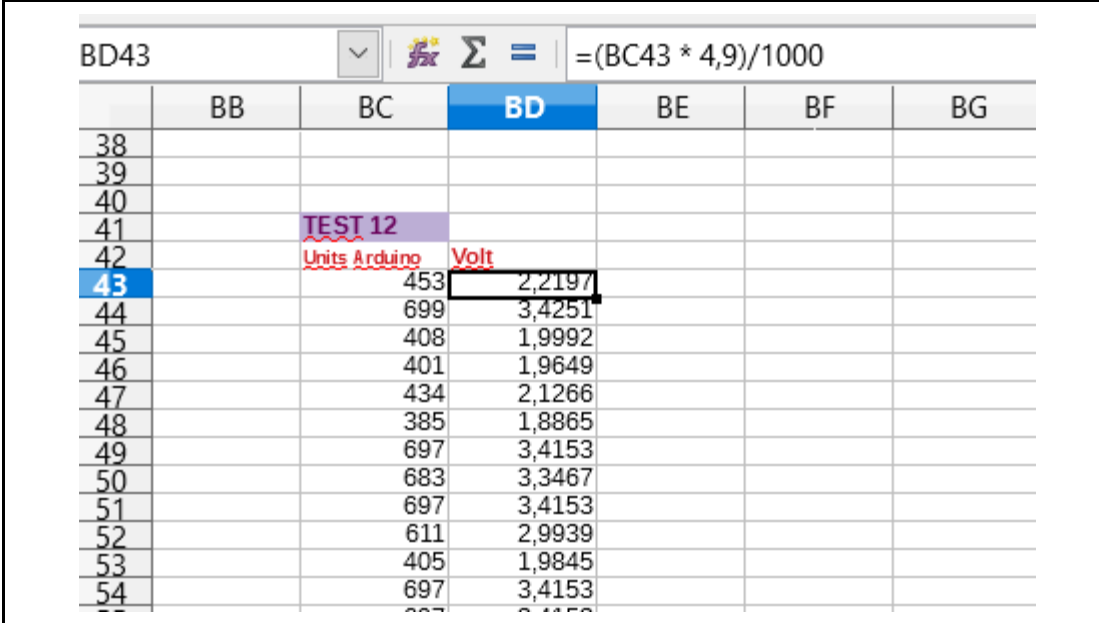
Η αρχική μέτρηση τάσης σε Arduino Units θα πρέπει να αναχθεί σε μέτρηση τάσης σε V. Τα units της εξόδου του Arduino κυμαίνονται από 0 ως 1023, επομένως υπάρχουν 1024 διαφορετικές τιμές πιθανής εξόδου. Αυτές οι τιμές αντιστοιχούν σε 0 ως 5 Volt.

Επομένως, για να μετατραπεί σε Volts η τάση που λήφθηκε από τις μετρήσεις θα πρέπει να βρούμε έναν συντελεστή  $\lambda$ , με τον οποίο θα πολλαπλασιάσουμε όλες τις μετρήσεις σε Units Arduino.

Ο συντελεστής αυτός, έστω  $\lambda$ , υπολογίζεται ως εξής:

$$\lambda = 5/1024 = 0.0048828125 \text{ Volt} \approx 4.9 \text{ mV/AU} \quad (3.2)$$

Στην επόμενη Εικόνα (Σχήμα 23), επεξηγείται με ένα ενδεικτικό παράδειγμα τιμών πώς έγινε υπολογιστικά αυτό το βήμα, με τη βοήθεια του LibreOffice Calc.



	BB	BC	BD	BE	BF	BG
38						
39						
40						
41		TEST 12				
42		Units Arduino	Volt			
43		453	2,2197			
44		699	3,4251			
45		408	1,9992			
46		401	1,9649			
47		434	2,1266			
48		385	1,8865			
49		697	3,4153			
50		683	3,3467			
51		697	3,4153			
52		611	2,9939			
53		405	1,9845			
54		697	3,4153			

Σχήμα 23: Η μετατροπή για την τάση από units Arduino σε Volt.

Στο Σχήμα 23, η στήλη BC περιέχει τις τιμές τάσης που μετρήθηκαν με τον αισθητήρα και το Arduino σε Arduino Units, ενώ η στήλη BD περιλαμβάνει τις αντίστοιχες τιμές μετά την αναγωγή τους σε Volts.

Αυτό το βήμα θα επαναληφθεί για κάθε μέτρηση (test) που πραγματοποιήθηκε πειραματικά, ώστε να μπορούν να εξάγονται, για κάθε υποκείμενο, οι αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις GSR (σε  $\mu\text{s}$ ) συναρτήσεως του χρόνου (σε sec).

### Υλοποίηση του 2ου βήματος:

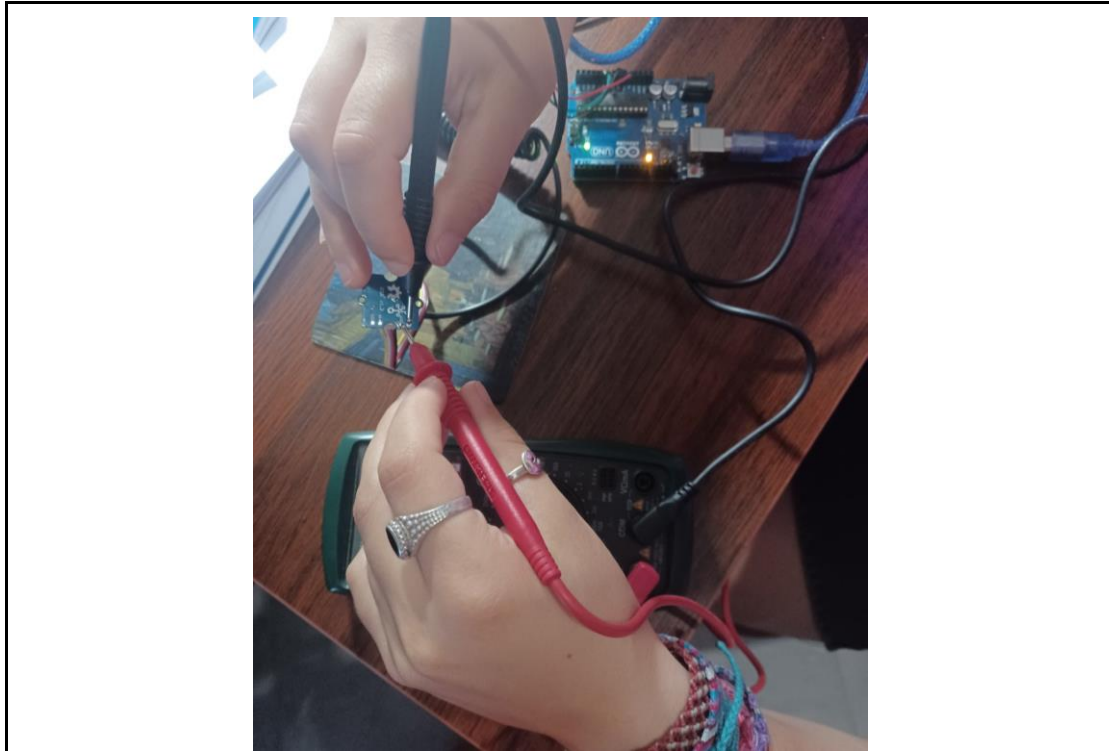
Το 2ο βήμα υλοποιήθηκε αρχικά με την χρήση ενός πολύμετρου, ενώ το κύκλωμα βρίσκεται σε λειτουργία, για τη μέτρηση του ρεύματος I του αισθητήρα GSR.

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 24) φαίνεται το πολύμετρο, που χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση του ρεύματος I (σε mA). Φαίνεται η συνδεσμολογία των καλωδίων: το μαύρο τοποθετείται στην γείωση και το κόκκινο στην ένδειξη του ρεύματος.



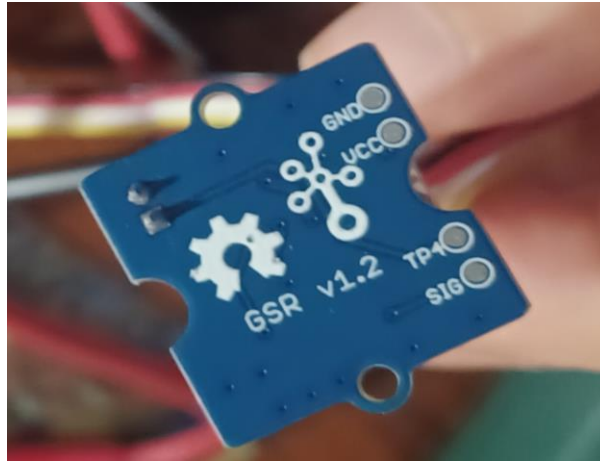
Σχήμα 24: Το πολύμετρο που χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση του ρεύματος.

Στην επόμενη εικόνα (Σχήμα 25) φαίνεται η διαδικασία με την οποία μετρήθηκε το ρεύμα του αισθητήρα GSR με την χρήση του πολύμετρου, συνδέοντας το μαύρο καλώδιο του πολύμετρου στην γείωση (Ground/GND) και το κόκκινο στην τάση (Vcc). Έχει επιλεγεί η κλίμακα 2mA, διότι από τη βιβλιογραφία αναμένονται τιμές ρεύματος της τάξης των  $\mu\text{A}$ .



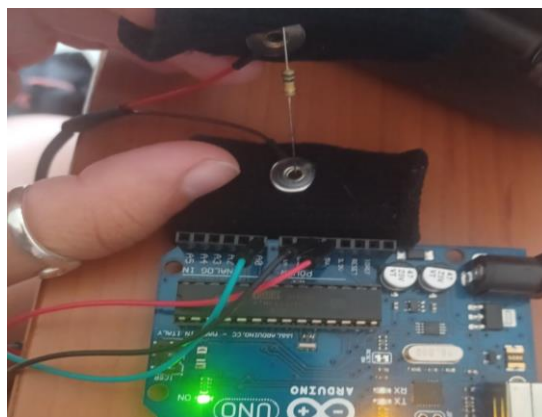
Σχήμα 25: Η μέτρηση του ρεύματος του αισθητήρα GSR με τη χρήση του πολύμετρου.

Στο Σχήμα 26 φαίνεται η κάτω πλευρά του αισθητήρα GSR, που περιλαμβάνει τις αντίστοιχες ενδείξεις που αναφέρθηκαν (GND, VCC, TP4, SIG). Για τις μετρήσεις με το πολύμετρο, στο GND (ground) και στο Vcc συνδέθηκαν το μαύρο και το κόκκινο καλώδιο του πολυμέτρου αντίστοιχα.



Σχήμα 26: Η κάτω πλευρά του αισθητήρα GSR.

Μία πρώτη μέτρηση λαμβάνουμε ενώ τα ηλεκτρόδια του αισθητήρα δεν εφάπτονται στα δάχτυλα κάποιου εξεταζόμενου, οπότε η τιμή στην έξοδο του αισθητήρα είναι 697 arduino units (AU) ή 3,41 Volt, ενώ με το πολύμετρο μετράμε ρεύμα 0.003mA ή 3μΑ. Για τις επόμενες μετρήσεις χρησιμοποιήθηκαν πρότυπες ωμικές αντιστάσεις, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα ([Σχήμα 27](#)), για την εξαγωγή συμπερασμάτων για το ρεύμα του αισθητήρα.



Σχήμα 27: Χρήση πρότυπων ωμικών αντιστάσεων συνδεδεμένων με τα 2 ηλεκτρόδια του αισθητήρα GSR.

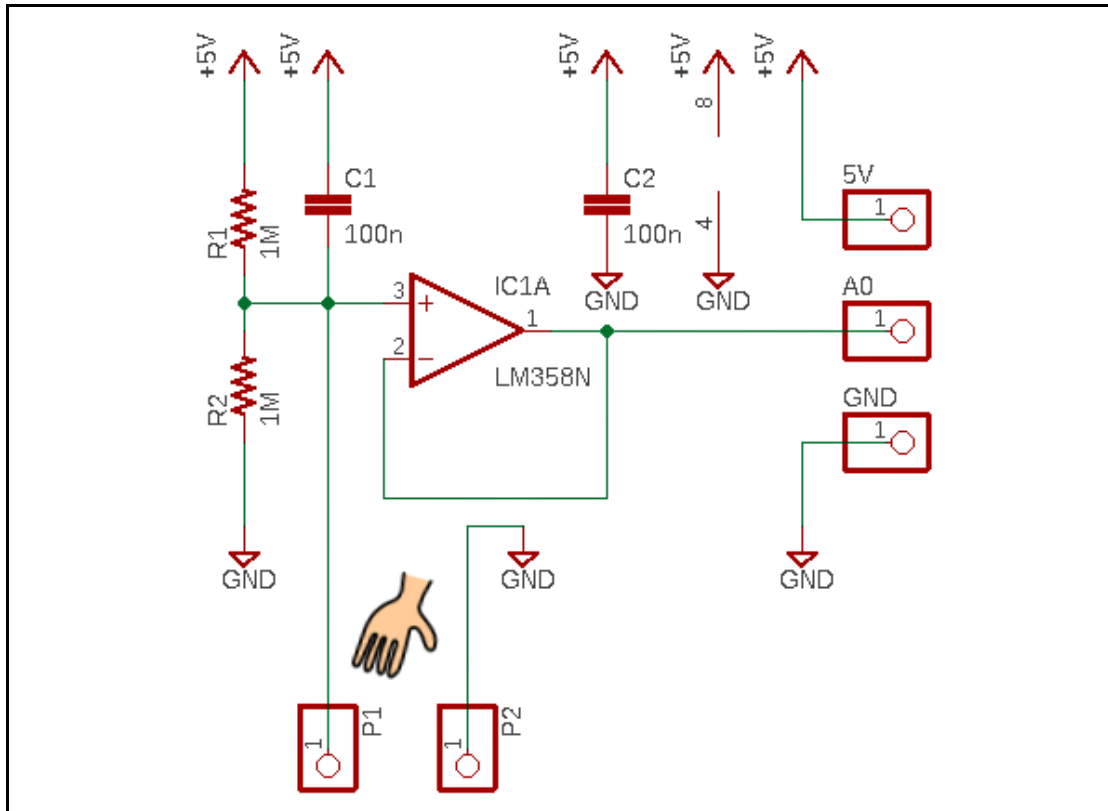
Από τις μετρήσεις αυτές, με χρήση πρότυπων ωμικών αντιστάσεων, αντί για υποκείμενο, διαπιστώθηκε ότι το ρεύμα δεν είναι σταθερό, αλλά εξαρτάται από την

εκάστοτε μετρούμενη αντίσταση, έστω  $X$ . Το μετρούμενο ρεύμα κυμαίνεται μεταξύ ενός μέγιστου  $I_{max} = 8 \mu A$  και ενός ελάχιστου  $I_{min} = 3,18 \mu A$ , που προκύπτει όταν ο αισθητήρας μετρά μεγάλες αντιστάσεις (πχ αέρα, δεν υπάρχει χέρι). Εμπειρικά, με τις μετρήσεις αυτές διαπιστώνεται ότι το εύρος αντιστάσεων στο οποίο έχει ρυθμιστεί να ανταποκρίνεται ο αισθητήρας είναι περίπου  $50K\Omega - 600 K\Omega$ .

Στον επόμενο Πίνακα 2, παρατίθενται ενδεικτικές τιμές πρότυπων αντιστάσεων και η αντίστοιχη έξοδος του αισθητήρα GSR σε AU.

Πρότυπες αντιστάσεις $R(\Omega)$	GSR (Arduino Units)
0	0
100 $\Omega$	0
5,6 $K\Omega$	0
15 $K\Omega$	0
56 $K\Omega$	0
150 $K\Omega$	115
220 $K\Omega$	213
560 $K\Omega$	431
$\infty$	697
Πίνακας 2: Αντιστοίχιση των αντιστάσεων σε $\Omega$ (Ohm) με την τάση που μετρά το πρόγραμμα σε Arduino Units	

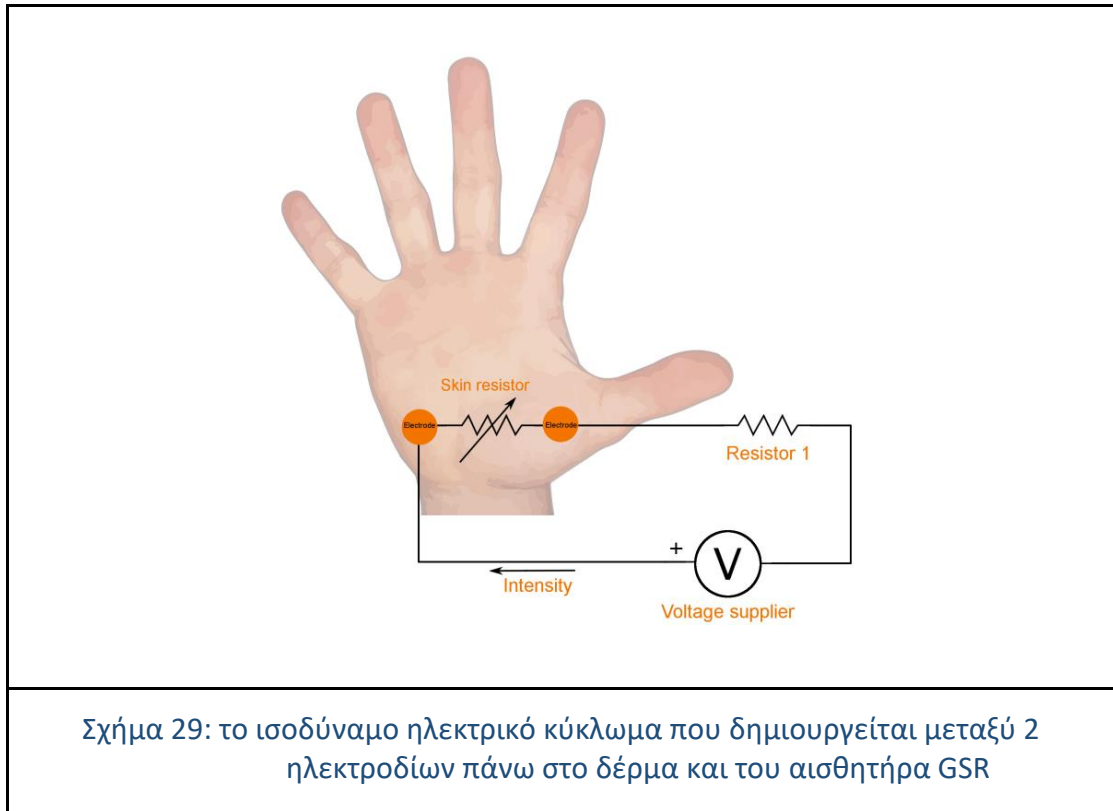
Με τις αρχικές αυτές εμπειρικές μετρήσεις στο εργαστήριο, χωρίς υποκείμενα, επιβεβαιώθηκε ότι η τιμή του ρεύματος του αισθητήρα μεταβάλλεται ανάλογα με τη μετρούμενη αντίσταση. Για την πρακτική λειτουργία του συστήματος και τη λήψη μετρήσεων από υποκείμενα, προτιμήθηκε να αντικατασταθεί η μέτρηση του ρεύματος από πολύμετρο, από υπολογισμό του ρεύματος με βάση την τοπολογία του ισοδύναμου ηλεκτρικού κυκλώματος. Η λύση αυτή είναι πλεονεκτική, αφού οι τιμές του ρεύματος όντας εξαιρετικά χαμηλές, είναι άρα επιρρεπείς σε σφάλματα μετρήσεων. Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 28) φαίνεται το ηλεκτρονικό κύκλωμα του αισθητήρα GSR και της διασύνδεσής του με έναν μικροελεγκτή Arduino.



Σχήμα 28: Κύκλωμα του αισθητήρα GSR και της διασύνδεσής του με έναν μικροελεγκτή Arduino

Το ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα φαίνεται στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 29).





Με βάση το ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα γράφουμε τις 2 εξισώσεις:

$$V = I \cdot (R + X) \quad (3.3)$$

$$V_x = I \cdot X \quad (3.4)$$

όπου:

- $V$  = τάση τροφοδοσίας (5V),
- $R$  = ισοδύναμη αντίσταση αισθητήρα (σταθερή 500KΩ)
- $X$  = η άγνωστη μετρούμενη αντίσταση του χεριού του υποκειμένου
- $I$  = το ρεύμα του αισθητήρα (μεταβαλλόμενο με το  $X$ )
- $V_x$  = η πτώση τάσης πάνω στην αντίσταση  $X$

Επιλύοντας το σύστημα αυτό, λαμβάνουμε:

$$I = \frac{V - V_x}{R} \quad (3.5)$$

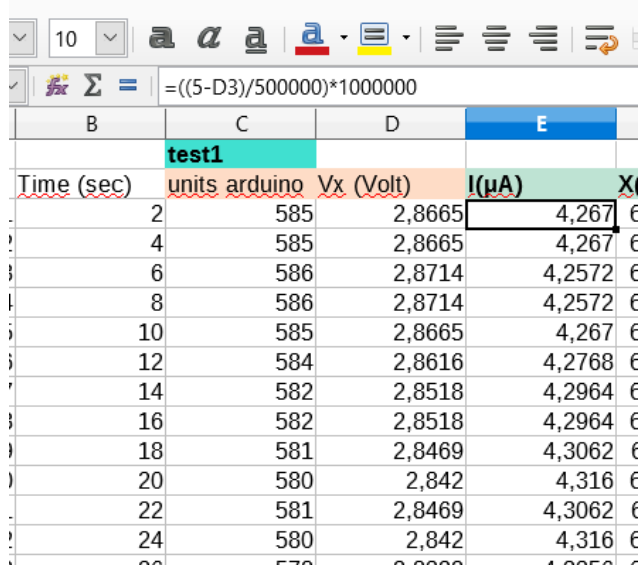
$$X = \frac{V_x}{I} \quad (3.6)$$

### Υλοποίηση του 3ου Βήματος:

Στη συνέχεια, θα χρειαστεί να αντιστραφεί η υπολογιζόμενη αντίσταση  $X$  για να ληφθεί η αγωγιμότητα  $Y = 1/X$ . Ενδεικτικά, στα 3 επόμενα σχήματα (Σχήμα 30, Σχήμα 31, Σχήμα 32) φαίνεται η διαδικασία των 3 βημάτων για ένα παράδειγμα μέτρησης υποκειμένου.

Με βάση τα ανωτέρω, στη συνέχεια λήφθηκαν **51** διαφορετικές πειραματικές μετρήσεις σε **51** διαφορετικά υποκείμενα. Και τα 3 βήματα υλοποιήθηκαν κάθε φορά για την καταγραφή και αναπαραγωγή της τιμής GSR (AU) και τον υπολογισμό της αντίστοιχης αγωγιμότητας δέρματος του κάθε υποκειμένου σε  $\mu S$ .

Στο επόμενο Σχήμα (Σχήμα 30), παρουσιάζεται ο υπολογισμός του ρεύματος μέσω της πράξης  $(5-V_x)/500K\Omega$ . Το αποτέλεσμα πολλαπλασιάζεται επί  $10^6$  για να γίνει η μετατροπή από Ampere (A) σε  $\mu A$  (microAmpere).



Time (sec)	units arduino	Vx (Volt)	I( $\mu A$ )	X
2	585	2,8665	4,267	€
4	585	2,8665	4,267	€
6	586	2,8714	4,2572	€
8	586	2,8714	4,2572	€
10	585	2,8665	4,267	€
12	584	2,8616	4,2768	€
14	582	2,8518	4,2964	€
16	582	2,8518	4,2964	€
18	581	2,8469	4,3062	€
20	580	2,842	4,316	€
22	581	2,8469	4,3062	€
24	580	2,842	4,316	€

Σχήμα 30: Η υλοποίηση του πρώτου σκέλους του 3ου Βήματος στο LibreOffice Calc για τον υπολογισμό του ρεύματος  $I$  σε  $\mu A$  (μικρο-Ampere).

Στη συνέχεια, έχοντας βρει και το ρεύμα  $I$ , και την τάση  $V_x$  στα άκρα της άγνωστης αντίστασης  $X$ , ανά στιγμή μέτρησης, μπορεί να υπολογιστεί η άγνωστη αντίσταση  $X$  σε  $K\Omega$ , μέσω της διαδικασίας που φαίνεται στην εξίσωση του παρακάτω σχήματος (Σχήμα 31).

Time (sec)	units arduino	Vx (Volt)	I(μA)	X(KΩ)
2	585	2,8665	4,267	671,7834544
4	585	2,8665	4,267	671,7834544
6	586	2,8714	4,2572	674,4808795
8	586	2,8714	4,2572	674,4808795
10	585	2,8665	4,267	671,7834544
12	584	2,8616	4,2768	669,0983913

Σχήμα 31: Η υλοποίηση του του δεύτερου σκέλους του 3ου Βήματος στο LibreOffice Calc για τον υπολογισμό του X σε ΚΩ (kiloOhm).

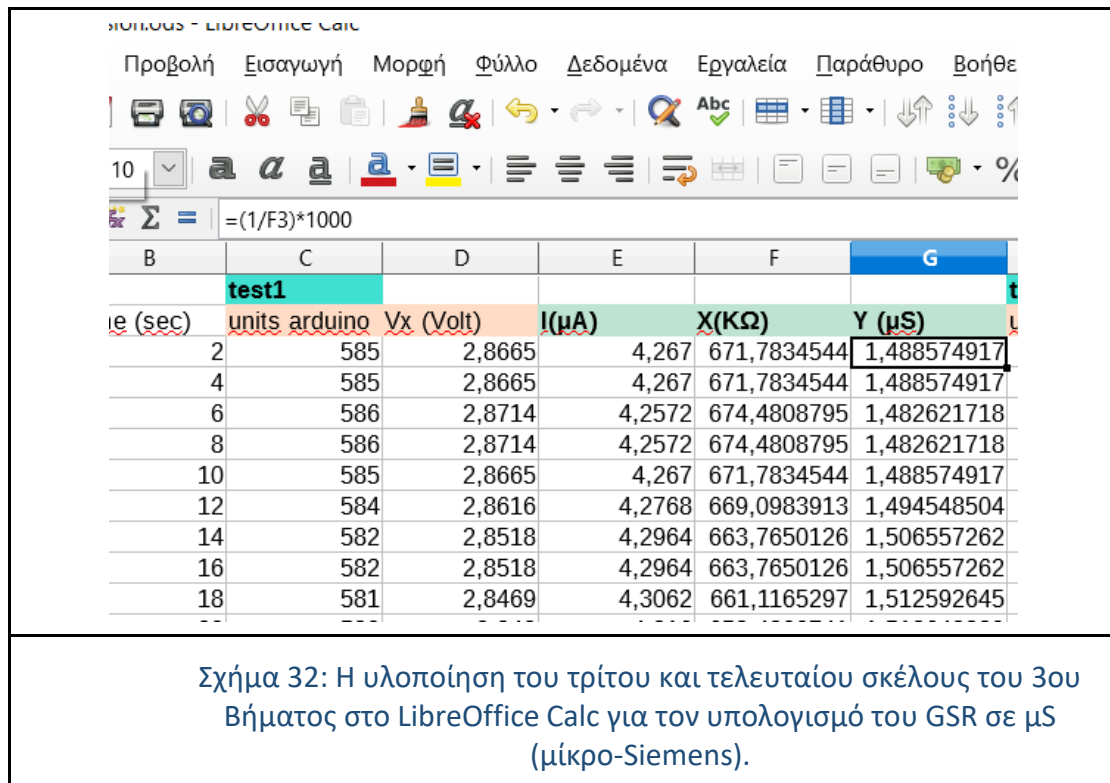
Τέλος, έχοντας βρει την Αντίσταση του εξεταζόμενου, την Skin Resistor, με βάση του συμβολισμό που χρησιμοποιείται στο [Σχήμα 29](#) , τώρα είναι εφικτό να υπολογιστεί η αγωγιμότητα GSR σε μS. Αυτό γίνεται, όπως φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα ([Σχήμα 32](#)), μέσω της παρακάτω διαδικασίας:

- $Y$  (Siemens) =  $1/X * 10^{-3}$ , αφού το  $X$  έχει υπολογιστεί σε ΚΩ. Άρα, για να μετατραπεί από ΚΩ σε Ω, πολλαπλασιάζεται επί  $10^{-3}$ .

Όμως, το τελικό αποτέλεσμα για την ηλεκτροδερμική αγωγιμότητα  $Y$ , είναι προτιμότερο να είναι σε μονάδες microSiemens (μS).

- Για την μετατροπή από Siemens (S) σε microSiemens (μS), το αποτέλεσμα που θα βρεθεί σε Siemens θα πρέπει να πολλαπλασιαστεί επί  $10^6$ .
- Άρα, συνολικά  $Y$  (μS) =  $(1/X) * 10^{-3} * 10^6 = (1/X) * 10^3$ .

Αυτή η τελευταία πράξη παρουσιάζεται και στο επόμενο σχήμα ([Σχήμα 32](#)).



### 3.1.4. Χάραξη καμπυλών, ανάλυση των μετρήσεων και αποτελέσματα

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας μετρήσεων και του υπολογισμού της αγωγιμότητας GSR, για καθένα από τα 51 υποκείμενα, ακολούθησε η χάραξη των καμπυλών της αγωγιμότητας συναρτήσει του χρόνου, για την εκτίμηση των επιπέδων του άγχους των υποκειμένων.

Στην επόμενη εικόνα (Σχήμα 33), παρουσιάζεται στιγμιότυπο του αρχείου με τίτλο “GSR\_uS\_tests\_FinalVersion.ods”, που χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία των παρακάτω γραφικών παραστάσεων.

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	test1					test2				
Time (sec)	units arduino	Vx (Volt)	I(μA)	X(KΩ)	Y (μS)	units arduino	Volt	I(μA)	X(KΩ)	Y (μS)
2	585	2,8665	4,267	671,7834544	1,488574917	500	2,45	5,1	480,3921569	2,081632653
4	585	2,8665	4,267	671,7834544	1,488574917	502	2,4598	5,0804	484,1744745	2,065371168
6	586	2,8714	4,2572	674,4808795	1,482621718	497	2,4353	5,1294	474,7728779	2,106270275
8	586	2,8714	4,2572	674,4808795	1,482621718	500	2,45	5,1	480,3921569	2,081632653
10	585	2,8665	4,267	671,7834544	1,488574917	501	2,4549	5,0902	482,2796747	2,073485682
12	584	2,8616	4,2768	669,0983913	1,494548504	502	2,4598	5,0804	484,1744745	2,065371168
14	582	2,8518	4,2964	663,7650126	1,506557262	500	2,45	5,1	480,3921569	2,081632653
16	582	2,8518	4,2964	663,7650126	1,506557262	502	2,4598	5,0804	484,1744745	2,065371168
18	581	2,8469	4,3062	661,1165297	1,512592645	493	2,4157	5,1686	467,3799481	2,139586889
20	580	2,842	4,316	658,4800741	1,518648839	473	2,3177	5,3646	432,0359393	2,314622255
22	581	2,8469	4,3062	661,1165297	1,512592645	461	2,2589	5,4822	412,0426106	2,426933463
24	580	2,842	4,316	658,4800741	1,518648839	465	2,2785	5,443	418,6110601	2,388852315
26	578	2,8322	4,3356	653,2429191	1,530824094	459	2,2491	5,5018	408,7934858	2,446222934
28	576	2,8224	4,3552	648,0529023	1,5430839	453	2,2197	5,5606	399,1835413	2,505113304
30	574	2,8126	4,3748	642,9093901	1,55542914	457	2,2393	5,5214	405,5674286	2,46568124
32	573	2,8077	4,3846	640,3548784	1,561634078	447	2,1903	5,6194	389,774709	2,565584623
34	568	2,7832	4,4336	627,7517142	1,59298649	447	2,1903	5,6194	389,774709	2,565584623
36	566	2,7734	4,4532	622,7881074	1,605682556	437	2,1413	5,7174	374,5233848	2,670060244
38	565	2,7685	4,463	620,3226529	1,612064295	428	2,0972	5,8056	361,2374259	2,768262445

Σχήμα 33: Το αρχείο “GSR\_uS\_tests\_FinalVersion.ods” και η υλοποίηση του 3ου Βήματος στο LibreOffice Calc για τον υπολογισμό του GSR σε μS (μίκρο-Siemens)

Στην Ενότητα αυτή (Ενότητα [3.1.4](#)) θα παρουσιαστούν οι Γραφικές Παραστάσεις και θα σχολιαστούν κατάλληλα βάσει της μελέτης που πραγματοποιήθηκε για να εξαχθούν συμπεράσματα.

Από τις 51 περιπτώσεις, επιλέγονται και παρουσιάζονται οι 11 χαρακτηριστικότερες, για τις οποίες επιχειρείται και ομαδοποίηση και ερμηνεία της μορφολογίας των καμπυλών.

Οι περιπτώσεις υποκειμένων που μελετήθηκαν διαπιστώθηκε, από τη συγκριτική μελέτη των καμπυλών των μετρήσεων, ότι θα μπορούσαν να ομαδοποιηθούν σε 3 βασικές κατηγορίες:

- Η **πρώτη κατηγορία** και η πιο συχνή, είναι αυτή κατά την οποία παρατηρούνται GSR-peaks, άρα συμπεραίνουμε πως ο εξεταζόμενος κατά τη διάρκεια του rapid test είχε άγχος ή αγωνία, είτε για τη διαδικασία, είτε για το αποτέλεσμα και τις συνέπειες ενός πιθανού θετικού διαγνωστικού ελέγχου στις υποχρεώσεις του και την προσωπική του ζωή. Αν το υποκείμενο ανήκει σε ευπαθή ομάδα ή αν έρχεται συχνά σε επαφή με ευπαθή συγγενικά ή φιλικά του πρόσωπα, είναι λογικό κι επόμενο να έχει περισσότερη αγωνία και άγχος για το αποτέλεσμα. Η πιθανότητα ένα test να ανήκει σε αυτή την κατηγορία είναι της τάξης του **71%**, αφού από τους 51 εξεταζόμενους, οι 36 εντάσσονταν σε αυτήν την κατηγορία.

- Η **δεύτερη κατηγορία**, η οποία παρατηρήθηκε λιγότερο συχνά, αναφέρεται σε άτομα που κατά τη διάρκεια του rapid test δεν παρουσίασαν κάποια ιδιαίτερη μεταβολή στις τιμές του GSR, κι επομένως βρίσκονταν σε κατάσταση ηρεμίας. Η πιθανότητα ένα test να ανήκει σε αυτή την κατηγορία είναι της τάξης του **24%**, αφού από τους 51 εξεταζόμενους, οι 12 εντάσσονταν σε αυτήν την κατηγορία.
- Η **τρίτη** και πιο σπάνια κατηγορία είναι η περίπτωση που υπάρχει πειραματικό σφάλμα, δηλαδή εμφανίζονται τιμές εκτός των φυσιολογικά αναμενόμενων ορίων του GSR. Για παράδειγμα, έχει συμβεί σε ένα test να μην υπάρχει καλή επαφή του αισθητήρα με τα δάχτυλα του υποκειμένου και να ληφθούν μη-έγκυρες μετρήσεις. Η πιθανότητα ένα test να ανήκει σε αυτή την κατηγορία είναι της τάξης του **5%**, αφού από τα 51 δείγματα, τα 3 εντάσσονταν σε αυτήν την κατηγορία.

Παρακάτω δίνονται αναλυτικά οι μετρήσεις που έγιναν με τη χρήση του αισθητήρα GSR σε υποκείμενα, που ταυτόχρονα υποβάλλονταν σε rapid test για τον ιό SARS-CoV-2, καθώς και οι καμπύλες που χαραχτήκαν. Οι μετρήσεις αποθηκεύτηκαν, αρχικά, σε αρχεία “LibreOffice Calc”, ώστε όπως εξηγήθηκε και παραπάνω να μετατραπούν τα Arduino Units (AU) σε microSiemens ( $\mu\text{S}$ ). Με τη χρήση αυτού του προγράμματος, δημιουργήθηκαν κάποιες αρχικές γραφικές παραστάσεις του GSR (σε  $\mu\text{S}$ ) συναρτήσεως του χρόνου (σε sec). Στην συνέχεια, με βάση την θεωρητική προσέγγιση, προγραμματίστηκε μέσω γλώσσας Python μια περαιτέρω επεξεργασία, με τη χρήση “Google Colab”, σύμφωνα με την Ενότητα 2.9 “Ανάλυση δεδομένων GSR”.

Σε κάθε μία από τις περιπτώσεις που αναλύονται παρακάτω, η μελέτη περιλαμβάνει τις εξής 4 γραφικές παραστάσεις:

- Η πρώτη προκύπτει από το “LibreOffice Calc”, επιλέγοντας την εκάστοτε στήλη της αγωγιμότητας  $Y(\mu\text{S})$  για τα δεδομένα του άξονα y και την στήλη του χρόνου, Time (sec), για τα δεδομένα του άξονα x.
- Η δεύτερη αντιστοιχεί στο φασικό σήμα GSR, που προκύπτει με τη διαδικασία του “φιλτραρίσματος”, που αναλύεται στο θεωρητικό

μέρος και συγκεκριμένα στην ενότητα Ανάλυση δεδομένων GSR. Η συγκεκριμένη γραφική παράσταση βρίσκεται με τον εξής τρόπο: Αρχικά, υπολογίζεται σε κάθε τιμή GSR, ο τοπικός μέσος όρος (για διάστημα  $\pm 4$  δευτερολέπτων από την εκάστοτε μέτρηση). Έπειτα, από τις αρχικές τιμές των μετρήσεων αφαιρούνται αυτές οι τοπικές μέσες τιμές του GSR κι έτσι υπολογίζονται τα φασικά δεδομένα GSR. Αυτή η δεύτερη γραφική παράσταση δημιουργείται με τη χρήση κώδικα σε Python, ο οποίος εκτελείται στο Google Colab και παρουσιάζεται στο Παράρτημα IV.

- Η τρίτη γραφική παράσταση περιλαμβάνει και το αρχικό σήμα GSR, αλλά και το φασικό σήμα GSR, που προκύπτει με τη διαδικασία του “φιλτραρίσματος”, που στην ενότητα Ανάλυση δεδομένων GSR. Αυτή η τρίτη γραφική παράσταση δημιουργείται με τη χρήση του ίδιου κώδικα σε Python, που χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία της δεύτερης γραφικής παράστασης.
- Η τέταρτη γραφική παράσταση δημιουργείται με στόχο να επισημανθούν οι κορυφές (GSR-peaks) και η μέση τιμή. Αυτή η τέταρτη γραφική παράσταση δημιουργείται με τη χρήση κώδικα σε Python, ο οποίος εκτελείται στο Google Colab και παρουσιάζεται στο Παράρτημα I.

## **I. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΟΥ ΕΝΤΑΣΣΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ**

Η πρώτη κατηγορία είναι αυτή κατά την οποία παρατηρούνται GSR-peaks, άρα συμπεραίνουμε πως ο εξεταζόμενος κατά τη διάρκεια του rapid test είχε άγχος ή αγωνία, είτε για τη διαδικασία, είτε για το αποτέλεσμα και τις συνέπειες ενός πιθανού θετικού test στις υποχρεώσεις του και την προσωπική του ζωή. Στα περισσότερα από αυτά τα παραδείγματα, υπάρχει μια χρονική διάρκεια ηρεμίας (Latency), μετά αυξάνεται η τιμή του GSR μέχρι ένα GSR-peak. Αυτή η διάρκεια από το “latency” ως την “ανύψωση” ονομάζεται χρόνος ανύψωσης (Rise Time). Το GSR - peak που εντοπίζεται κατά τον χρόνο ανύψωσης αποτελεί το ολικό μέγιστο της

εκάστοτε γραφικής παράστασης. Στη συνέχεια, υπάρχει ένας χρόνος αποθεραπείας (Recovery Time). Όπως είναι αναμενόμενο με βάση τη θεωρητική προσέγγιση, η χρονική διάρκεια αποθεραπείας (Recovery Time) είναι μεγαλύτερη από την χρονική διάρκεια ανύψωσης (Rise Time).

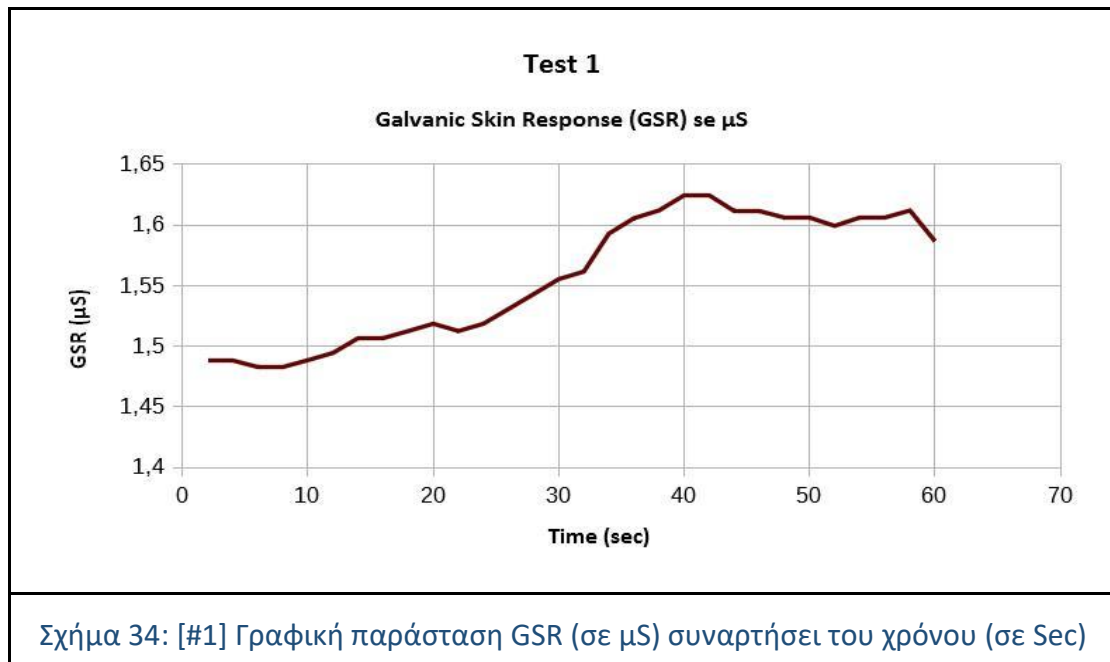
#### A. ΠΡΩΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ [#1]

Στην γραφική παράσταση που ακολουθεί (Σχήμα 34), παρατηρείται πως υπάρχουν ορισμένες κορυφές GSR (GSR peaks), αλλά και πως τα επίπεδα του άγχους αυξάνονται, μέχρι την μέγιστη τιμή  $X_{max} = 1.62 \mu S$ , την χρονική στιγμή  $t = 40 \text{ sec}$  από την έναρξη της μέτρησης με τον αισθητήρα. Στη συνέχεια, οι τιμές GSR αρχίζουν να μειώνονται ως την χρονική στιγμή  $t = 60 \text{ sec}$ , με μικρότερο ρυθμό σε σχέση με τον ρυθμό αύξησης των τιμών και με τοπικές αυξομειώσεις.

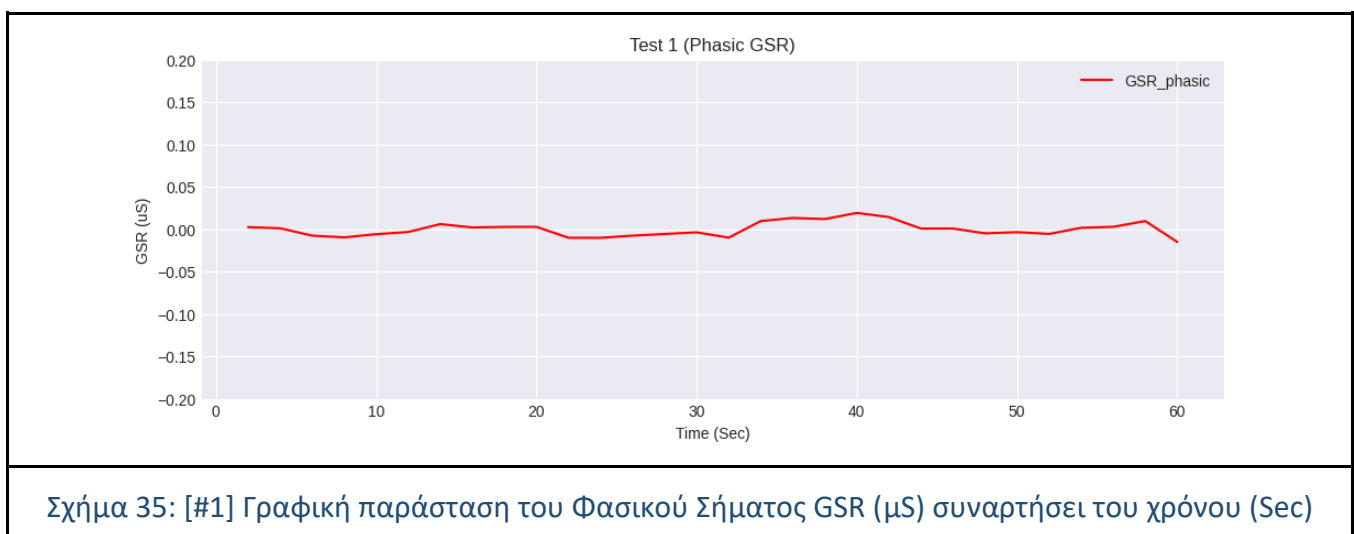
Στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 34) ακολουθείται αυτό που παρουσιάστηκε σε θεωρητικό επίπεδο στο Σχήμα 15.

- Αρχικά, υπάρχει μια χρονική διάρκεια (**Latency**) από την έναρξη του ερεθίσματος ως την έναρξη της φασικής έκρηξης, η οποία διαρκεί περίπου 5-7 δευτερόλεπτα.
- **Το πλάτος κορυφής - Peak amplitude:** υπολογίζεται περίπου  $1.62 - 1.48 = 0.14 \mu S$  (διαφορά πλάτους μεταξύ έναρξης και κορυφής).
- **Ο Χρόνος ανύψωσης - Rise time:** είναι προσεγγιστικά:  $T_{rise} = 40 - 7 = 33 \text{ sec}$  (η διάρκεια από την έναρξη έως το peak).
- **Ο Χρόνος αποθεραπείας - Recovery time:** (διάρκεια από την κορυφή έως το 100% ανάκτηση): Στην συγκεκριμένη γραφική παράσταση (Σχήμα 34) δεν μπορεί να εξαχθεί ο χρόνος αποθεραπείας, καθώς η μέτρηση διακόπηκε πριν ο εξεταζόμενος να φτάσει στο επίπεδο GSR που ξεκίνησε. Ωστόσο, ο ρυθμός αποθεραπείας είναι μικρότερος από τον ρυθμό ανύψωσης, όπως φαίνεται τόσο από τη θεωρητική μελέτη, όσο και από το συγκεκριμένο παράδειγμα.

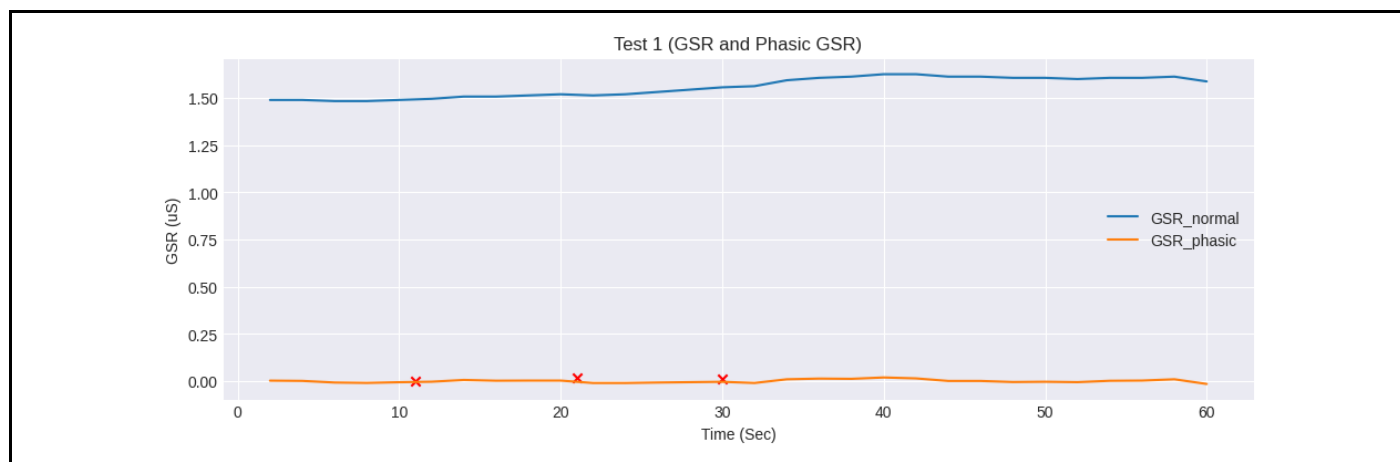




Στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 35) έχει χρησιμοποιηθεί η μέθοδος του φιλτραρίσματος, σύμφωνα με την οποία με τη χρήση ενός φίλτρου μπορεί να «εξομαλυνθεί» η καμπύλη GSR για να αφαιρεθεί το τονικό στοιχείο του σήματος. Ένα median φίλτρο το επιτυγχάνει αυτό, αφήνοντάς μόνο το φασικό σήμα. Ένα τέτοιο φίλτρο μπορεί να κατασκευαστεί αν για κάθε δείγμα, υπολογιστεί η μέση τιμή GSR των γύρω δειγμάτων, με βάση ένα χρονικό διάστημα  $\pm 4$  δευτερολέπτων, με επίκεντρο το τρέχον δείγμα και στη συνέχεια να αφαιρεθεί ο μέσος όρος από το τρέχον δείγμα. Αυτή η μέθοδος περιγράφεται αναλυτικότερα και παραπάνω (βλ. Σχήμα 16).



Συνεχίζοντας την επεξεργασία των μετρήσεων, στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 36) αναπαρίσταται στην ίδια γραφική τόσο το κανονικό σήμα GSR που βρέθηκε από τις μετατροπές των arduino units (AU) σε μικρό-Siemens ( $\mu\text{S}$ ), όσο και το Φασικό Σήμα GSR, το οποίο βρέθηκε με τη χρήση της διαδικασίας “φιλτραρίσματος”. Ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε βρίσκεται στο Παράρτημα IV.

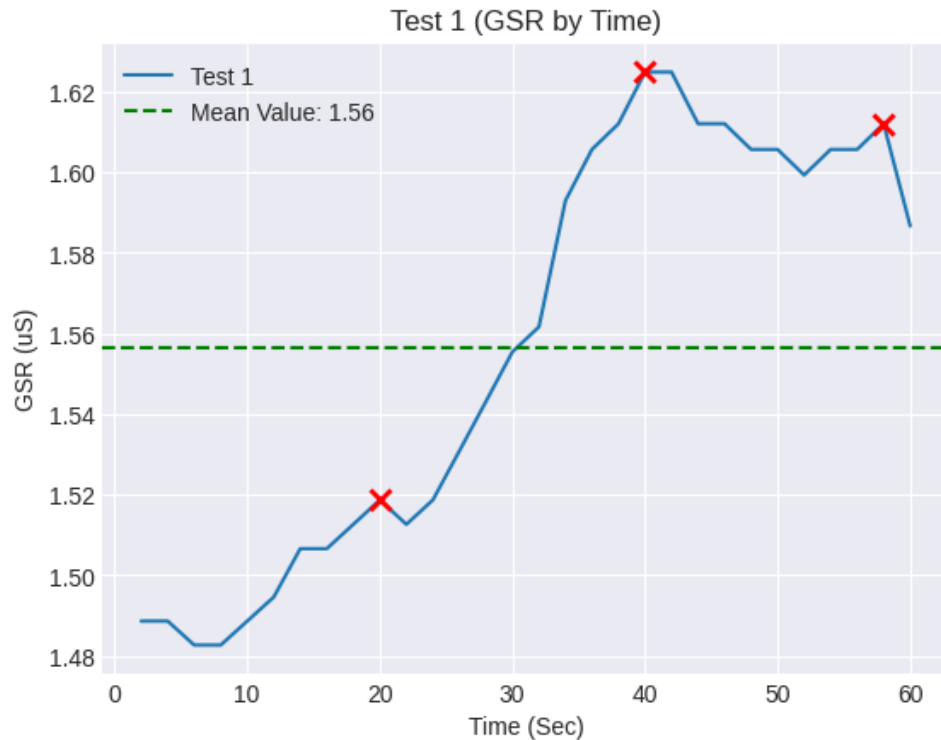


Σχήμα 36: [#1] Γραφική παράσταση του GSR ( $\mu\text{S}$ ) μαζί με το Φασικό GSR συναρτήσεως του χρόνου (Sec)

Η παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 37) δημιουργήθηκε με χρήση κώδικα, σε γλώσσα προγραμματισμού Python, που παρατίθεται στο Παράρτημα I. Στην συγκεκριμένη γραφική παράσταση, με βάση την αρχική γραφική παράσταση (Σχήμα 34), επισημαίνονται οι GSR κορυφές (GSR-peaks), αλλά και η συνολική μέση τιμή της γραφικής παράστασης GSR (σε  $\mu\text{S}$ ) σε συνάρτηση με τον χρόνο (σε Sec). Οι ακριβείς τιμές παρατίθενται ως στοιχεία πάνω στο διάγραμμα. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, η μέση τιμή είναι **Mean\_Value = 1.56** και οι **3 τοπικές GSR κορυφές είναι οι:**

- Peak 1: Time=20.00, Value GSR=1.52
- Peak 2: Time=40.00, Value GSR=1.62
- Peak 3: Time=58.00, Value GSR=1.61

Οι κορυφές αυτές είναι τα τοπικά μέγιστα της γραφικής παράστασης. Ενώ η κορυφή 2 (peak 2) είναι το ολικό μέγιστο.



Peak Information:  
test 1 Peaks:  
Peak 1: Time=20.00, Value GSR=1.52  
Peak 2: Time=40.00, Value GSR=1.62  
Peak 3: Time=58.00, Value GSR=1.61

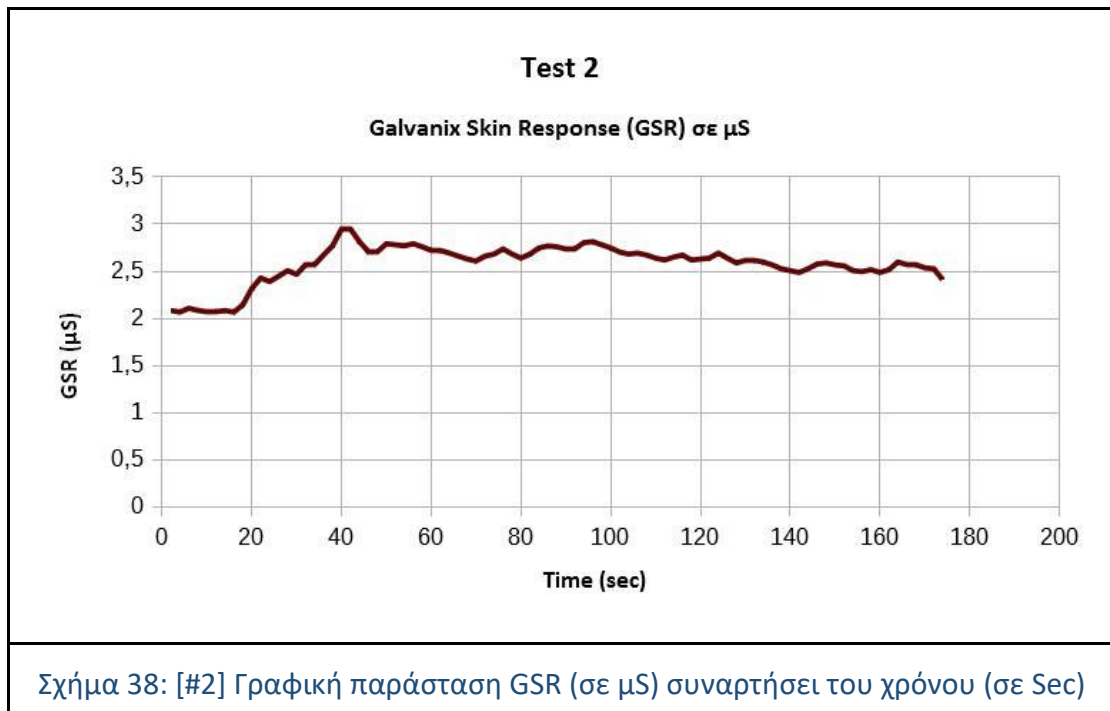
Σχήμα 37: [#1] Γραφική παράσταση του GSR (σε µS) συναρτήσει του χρόνου (σε Sec), με επισημάνσεις στα GSR-peaks και στη μέση τιμή όλης της γραφικής παράστασης.

## B. ΔΕΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ [#2]

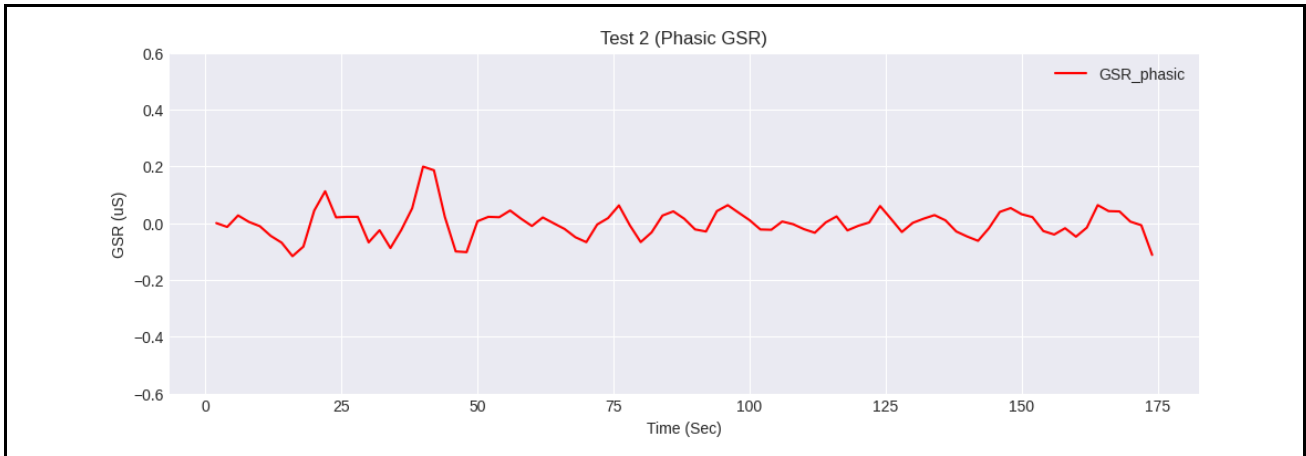
Στην συνέχεια, στην δεύτερη περίπτωση (Σχήμα 38) μετρήσεων που φαίνεται στην παρακάτω γραφική παράσταση, πάλι παρατηρείται προσεγγιστικά αυτό που αναλύθηκε στο θεωρητικό μέρος της διπλωματικής εργασίας: το τρίπτυχο “Latency - Peak - Recovery”.

- Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, η χρονική διάρκεια (**Latency**) από την έναρξη του ερεθίσματος ως την έναρξη της φασικής έκρηξης, διαρκεί **16 sec**.
- Το **πλάτος κορυφής - Peak amplitude**: υπολογίζεται περίπου  $2.95 - 2.07 = 0.88 \mu S$  (διαφορά πλάτους μεταξύ έναρξης και κορυφής).
- Ο **Χρόνος ανύψωσης - Rise time**: είναι προσεγγιστικά:  $T_{rise} = 42 - 16 = 26 \text{ sec}$  (η διάρκεια από την έναρξη έως το peak).

- Ο Χρόνος αποθεραπείας - **Recovery time**: (διάρκεια από την κορυφή έως το 100% ανάκτηση): Στην συγκεκριμένη γραφική παράσταση δεν μπορεί να εξαχθεί ο χρόνος αποθεραπείας, καθώς η μέτρηση διακόπηκε πριν ο εξεταζόμενος να φτάσει στο επίπεδο GSR που ξεκίνησε. Όμως, σίγουρα ο χρόνος αυτός **θα είναι μεγαλύτερος από  $\Delta t = 174 - 42 = 132 \text{ sec}$** . Άρα, ο ρυθμός αποθεραπείας είναι μικρότερος από τον ρυθμό ανύψωσης, όπως φαίνεται τόσο από τη θεωρητική μελέτη, όσο και από το συγκεκριμένο παράδειγμα.

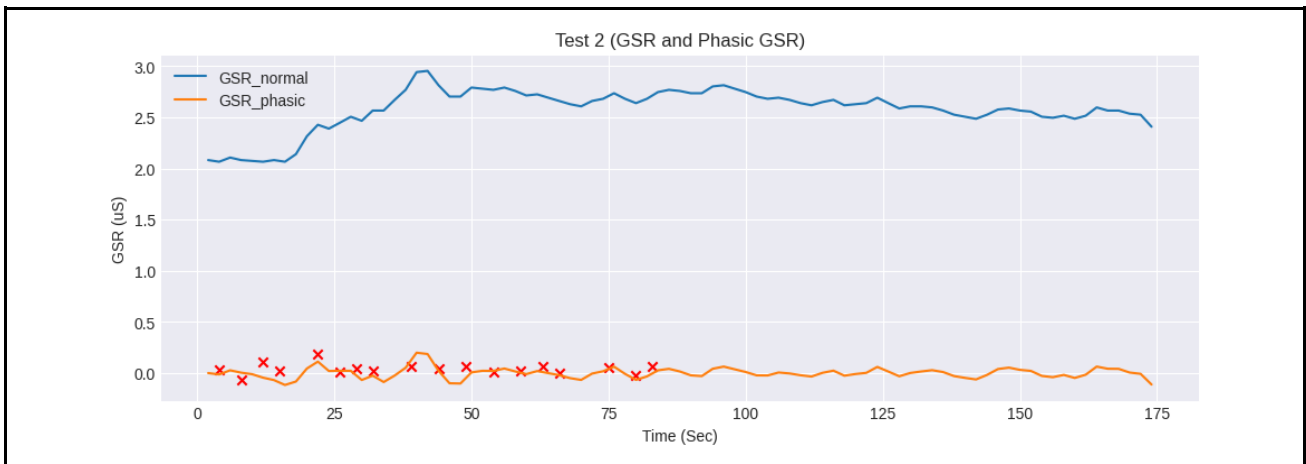


Στην παρακάτω γραφική παράσταση, έχει χρησιμοποιηθεί η μέθοδος του “φιλτραρίσματος”, έτσι ώστε να αφαιρεθεί το τονικό στοιχείο του σήματος, αφήνοντάς μόνο το φασικό σήμα.



Σχήμα 39: [#2] Γραφική παράσταση του Φασικού Σήματος GSR (σε  $\mu S$ ) συναρτήσει του χρόνου (σε Sec)

Συνεχίζοντας την επεξεργασία των μετρήσεων, στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 40) αναπαρίσταται στην ίδια γραφική οι 2 προηγούμενες γραφικές παραστάσεις του αρχικού GSR σήματος και του φασικού GSR σήματος (Σχήμα 38 και Σχήμα 39).



Σχήμα 40: [#2] Γραφική παράσταση του GSR (σε  $\mu S$ ) μαζί με το Φασικό GSR συναρτήσει του χρόνου (σε Sec)

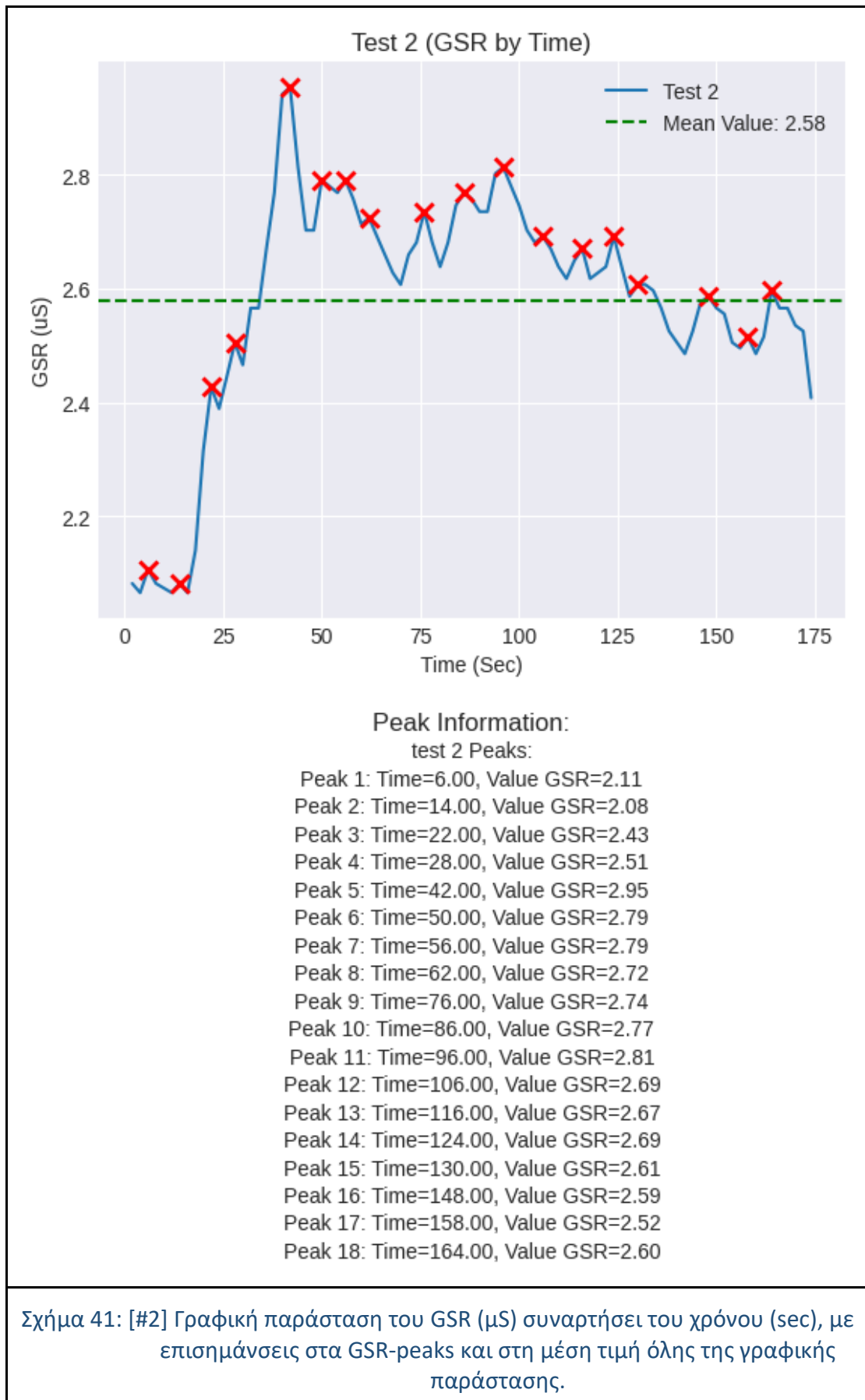
Στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 41) που δημιουργήθηκε με χρήση του κώδικα που παρατίθεται στο Παράρτημα I, επισημαίνονται οι GSR κορυφές (GSR-peaks), αλλά και η συνολική μέση τιμή της γραφικής παράστασης GSR (σε  $\mu S$ ) σε συνάρτηση με τον χρόνο (σε sec). Οι ακριβείς τιμές παρατίθενται ως στοιχεία πάνω στο διάγραμμα.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση, η μέση τιμή είναι **Mean\_Value = 2.58** και οι

**18 τοπικές GSR κορυφές είναι οι:**

- Peak 1: Time=6.00, Value GSR=**2.11**
- Peak 2: Time=14.00, Value GSR=**2.08**
- Peak 3: Time=22.00, Value GSR=**2.43**
- Peak 4: Time=28.00, Value GSR=**2.51**
- Peak 5: Time=42.00, Value GSR=**2.95**
- Peak 6: Time=50.00, Value GSR=**2.79**
- Peak 7: Time=56.00, Value GSR=**2.79**
- Peak 8: Time=62.00, Value GSR=**2.72**
- Peak 9: Time=76.00, Value GSR=**2.74**
- Peak 10: Time=86.00, Value GSR=**2.77**
- Peak 11: Time=96.00, Value GSR=**2.81**
- Peak 12: Time=106.00, Value GSR=**2.69**
- Peak 13: Time=116.00, Value GSR=**2.67**
- Peak 14: Time=124.00, Value GSR=**2.69**
- Peak 15: Time=130.00, Value GSR=**2.61**
- Peak 16: Time=148.00, Value GSR=**2.59**
- Peak 17: Time=158.00, Value GSR=**2.52**
- Peak 18: Time=164.00, Value GSR=**2.60**

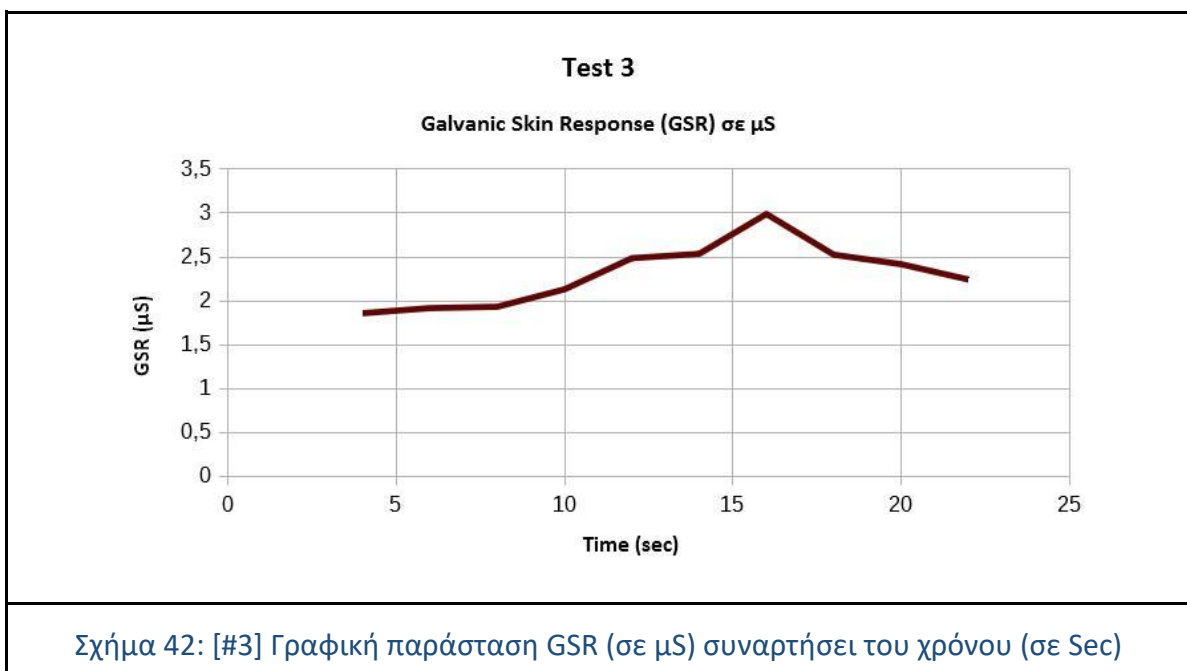
Οι κορυφές αυτές είναι τα τοπικά μέγιστα της γραφικής παράστασης. Ενώ η κορυφή 5 (peak 5) είναι το ολικό μέγιστο και είναι ίση με **2.95  $\mu$ S**.



### C. ΤΡΙΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ [#3]

Στην τρίτη περίπτωση μετρήσεων που φαίνεται στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 42), πάλι παρατηρείται προσεγγιστικά αυτό που αναλύθηκε στο θεωρητικό μέρος της διπλωματικής εργασίας: το **τρίπτυχο “Latency - Peak - Recovery”**.

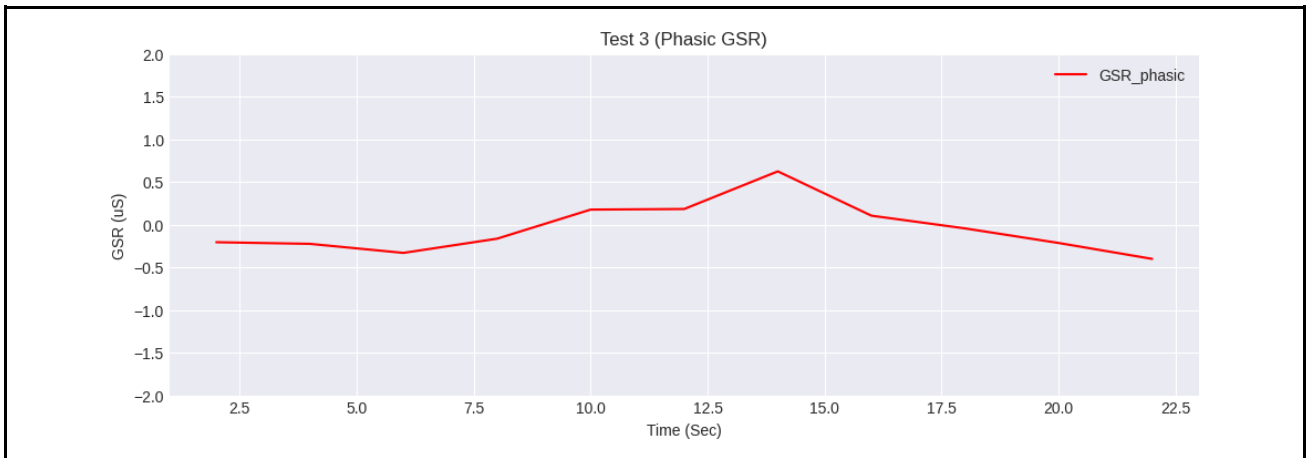
- Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, η χρονική διάρκεια (**Latency**) από την έναρξη του ερεθίσματος ως την έναρξη της φασικής έκρηξης, διαρκεί **6 sec**.
- Το **πλάτος κορυφής - Peak amplitude**: υπολογίζεται περίπου  $2.99 - 1.93 = 1.06 \mu S$  (διαφορά πλάτους μεταξύ έναρξης και κορυφής).
- Ο **Χρόνος ανύψωσης - Rise time**: είναι προσεγγιστικά:  $T_{rise} = 14 - 6 = 8 \text{ sec}$  (η διάρκεια από την έναρξη έως το peak).
- Ο **Χρόνος αποθεραπείας - Recovery time**: (διάρκεια από την κορυφή έως το 100% ανάκτηση): Στην συγκεκριμένη γραφική παράσταση δεν μπορεί να εξαχθεί ο χρόνος αποθεραπείας, καθώς η μέτρηση διακόπηκε πριν ο εξεταζόμενος να φτάσει στο επίπεδο GSR που ξεκίνησε. Όμως, σίγουρα ο χρόνος αυτός θα είναι μεγαλύτερος από τα 8 δευτερόλεπτα του χρόνου ανύψωσης, αφού ήδη για χρονική διάρκεια  $\Delta t = 22 - 14 = 8 \text{ sec}$  δεν έχει ανακτηθεί η τιμή της που είχε ο εξεταζόμενος κατά την έναρξη της μέτρησης.



Σχήμα 42: [#3] Γραφική παράσταση GSR (σε μS) συναρτήσεως του χρόνου (σε Sec)

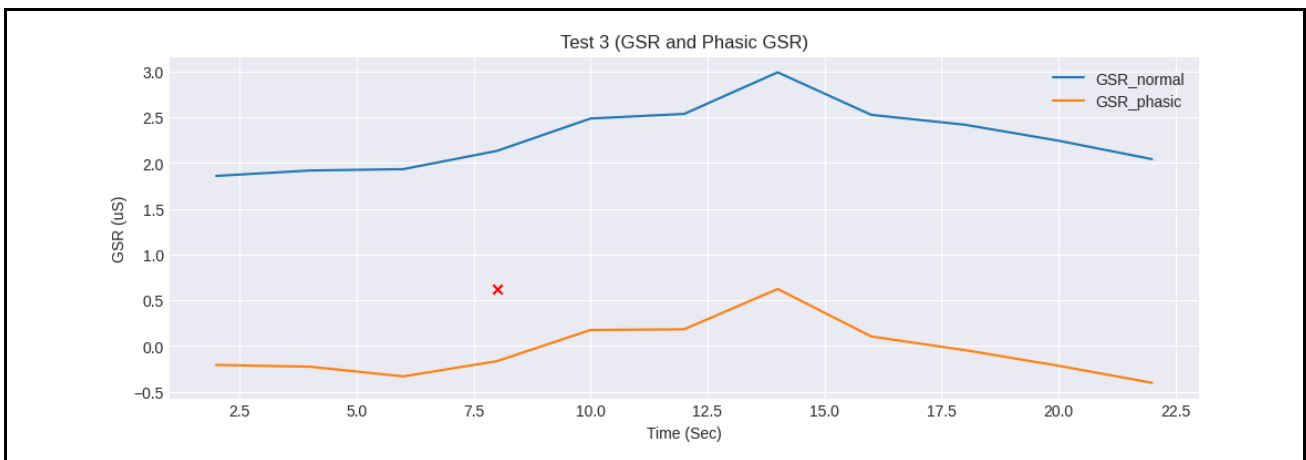


Στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 43), έχει χρησιμοποιηθεί η μέθοδος του “φιλτραρίσματος”, μέσω της οποίας αφαιρείται το τονικό στοιχείο του σήματος και μένει μόνο το φασικό σήμα.



Σχήμα 43: [#3] Γραφική παράσταση του Φασικού Σήματος GSR (μS) συναρτήσει του χρόνου (Sec)

Στη συνέχεια, στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 44) αναπαρίστανται οι 2 προηγούμενες γραφικές παραστάσεις του αρχικού GSR σήματος και του φασικού GSR σήματος.

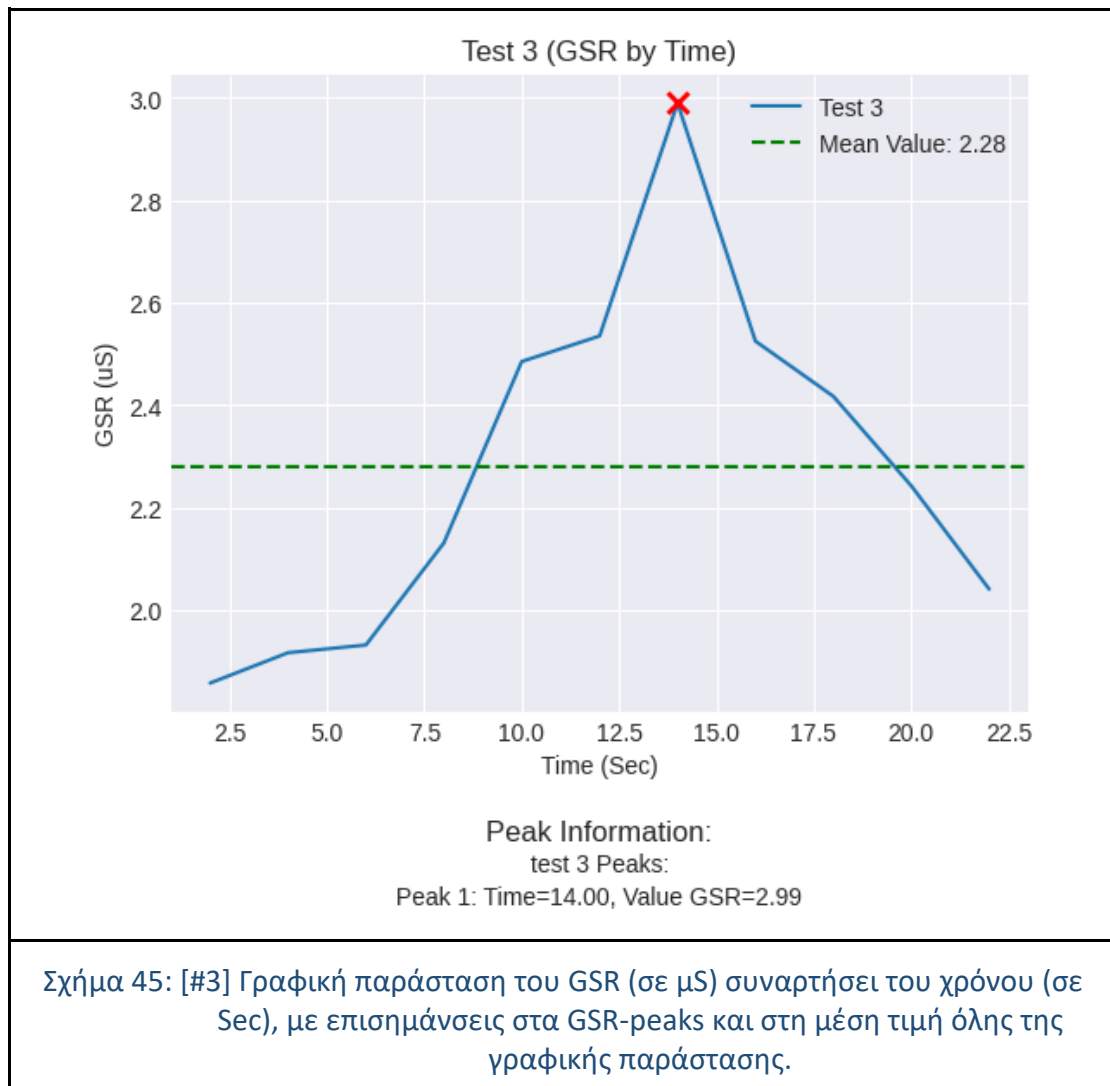


Σχήμα 44: [#3] Γραφική παράσταση του GSR (μS) μαζί με το Φασικό GSR συναρτήσει του χρόνου (Sec)

Η παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 45) δημιουργήθηκε με χρήση κώδικα σε Python, που παρατίθεται στο Παράρτημα I, έτσι ώστε να επισημανθούν οι GSR κορυφές (GSR-peaks), η συνολική μέση τιμή της γραφικής παράστασης GSR (σε μS) σε συνάρτηση με τον χρόνο (σε Sec), αλλά και οι ακριβείς πληροφορίες των κορυφών και τη μέσης τιμής, σε συνάρτηση με τον χρόνο.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση, η μέση τιμή είναι **Mean\_Value = 2.28** και το **ένα και μοναδικό τοπικό μέγιστο (GSR - peak)** είναι:

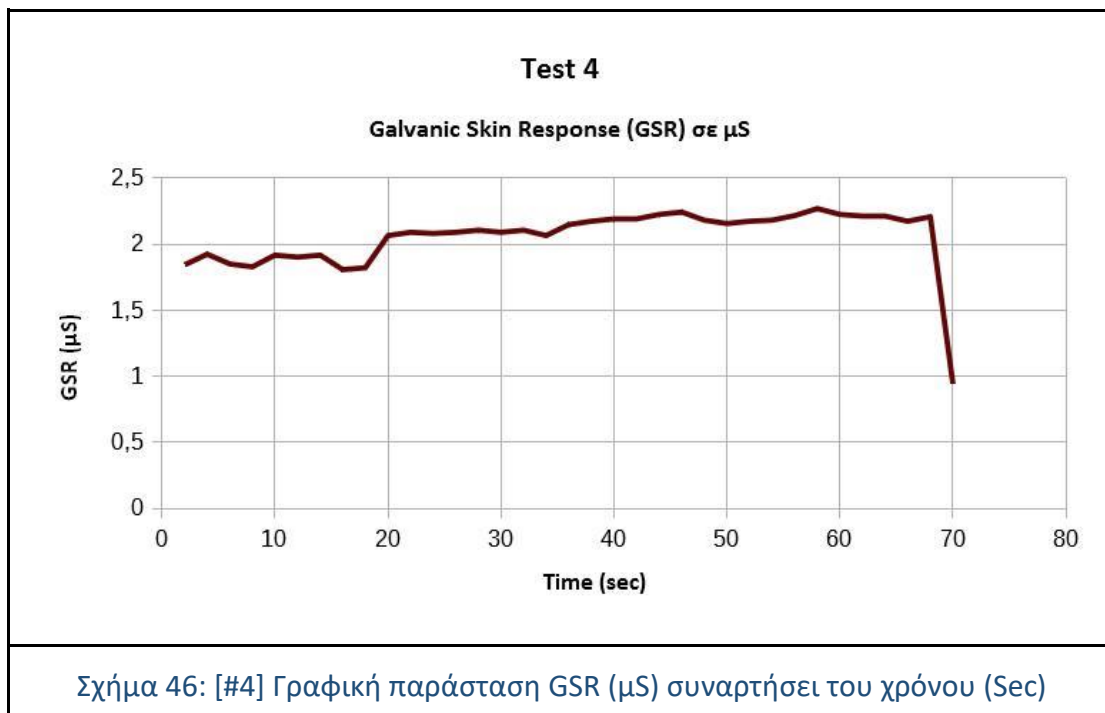
- Peak 1: Time=14.00, Value GSR=2.99



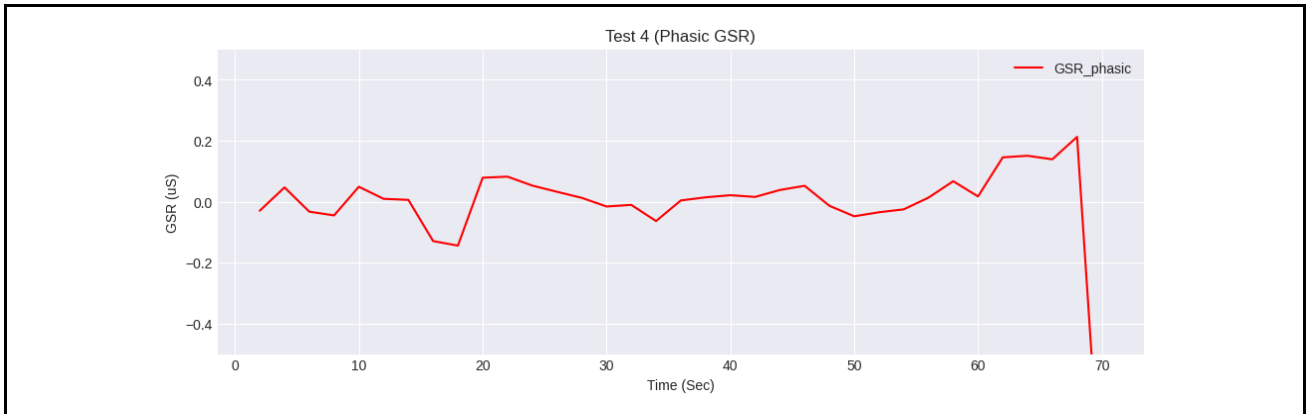
#### D. ΤΕΤΑΡΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ [#4]

Στην τέταρτη περίπτωση που φαίνεται στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 46), παρατηρείται μια αύξηση των τιμών GSR που οδηγεί σε μερικά GSR - peaks. Όμως, αφαιρέθηκε πολύ γρήγορα ο αισθητήρας GSR από τα δάχτυλα του εξεταζόμενου με αποτέλεσμα η απότομη μείωση στο τέλος να μην αντιστοιχεί σε κάποια μέτρηση αλλά στην τιμή που έχει ο αισθητήρας όταν μετρά αέρα  $\approx 0.94 \mu\text{S}$ .

- Στην συγκεκριμένη περίπτωση, η χρονική διάρκεια (**Latency**) από την έναρξη του ερεθίσματος ως την έναρξη της φασικής έκρηξης, διαρκεί **18 sec**.
- Το **πλάτος κορυφής - Peak amplitude**: υπολογίζεται περίπου  $2.27 - 1.82 = 0.45 \mu S$  (διαφορά πλάτους μεταξύ έναρξης και κορυφής).
- Ο **Χρόνος ανύψωσης - Rise time**: είναι προσεγγιστικά:  $T_{rise} = 58 - 18 = 40 \text{ sec}$  (η διάρκεια από την έναρξη έως το peak).
- Ο **Χρόνος αποθεραπείας - Recovery time**: (διάρκεια από την κορυφή έως το 100% ανάκτηση): Στην συγκεκριμένη γραφική παράσταση δεν μπορεί να εξαχθεί ο χρόνος αποθεραπείας, ούτε να γίνει κάποια εκτίμηση για την σύγκριση μεταξύ Rise Time - Recovery Time, καθώς αφαιρέθηκε πρόωρα ο αισθητήρας.

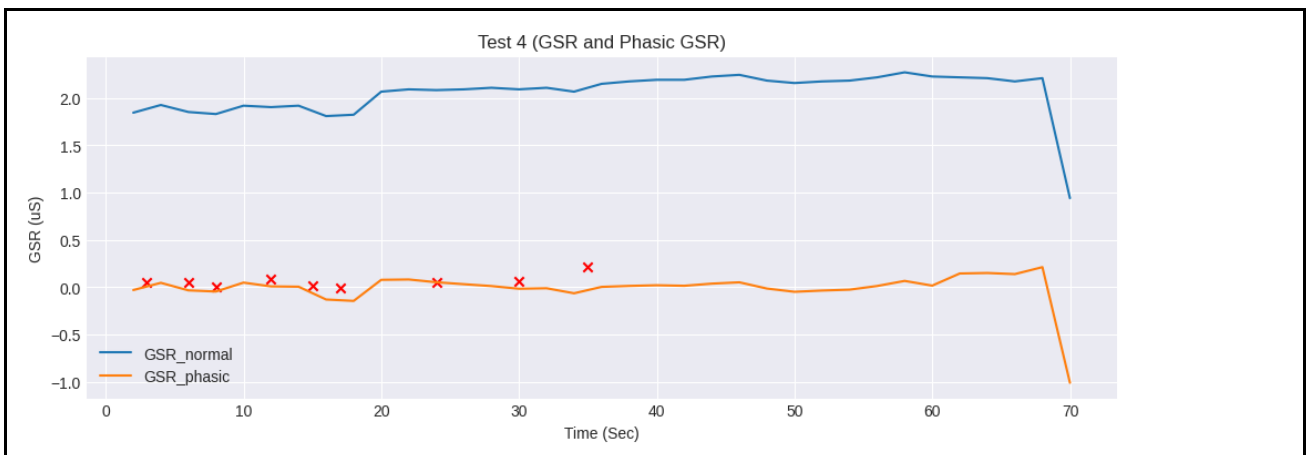


Στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 47) παρουσιάζεται το φασικό σήμα GSR.



Σχήμα 47: [#4] Γραφική παράσταση του Φασικού Σήματος GSR (μS) συναρτήσει του χρόνου (Sec)

Στην επόμενη γραφική παράσταση (Σχήμα 48) αναπαρίσταται στην ίδια γραφική οι 2 προηγούμενες γραφικές παραστάσεις του αρχικού GSR σήματος και του φασικού GSR σήματος.



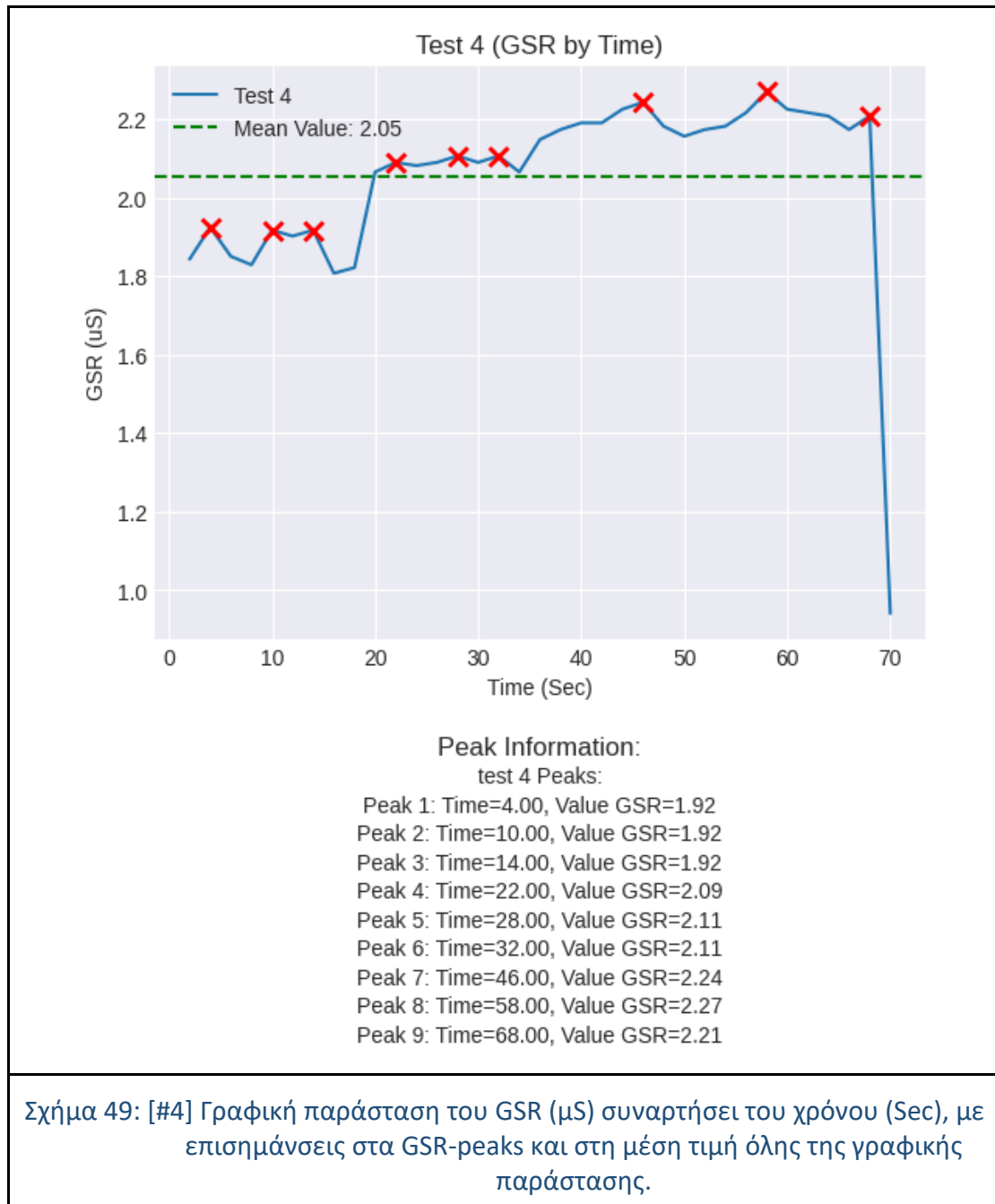
Σχήμα 48: [#4] Γραφική παράσταση του GSR (σε μS) μαζί με το Φασικό GSR συναρτήσει του χρόνου (σε Sec)

Στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 49), επισημαίνονται οι GSR κορυφές (GSR-peaks) του αρχικού GSR γραφήματος, η συνολική μέση τιμή της γραφικής παράστασης GSR (σε μS) σε συνάρτηση με τον χρόνο (σε Sec). Οι ακριβείς τιμές παρατίθενται ως στοιχεία πάνω στο διάγραμμα.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η μέση τιμή είναι **Mean\_Value = 2.05** και τα **τοπικά μέγιστα (GSR - peak) είναι:**

- Peak 1: Time=4.00, Value GSR=1.92
- Peak 2: Time=10.00, Value GSR=1.92

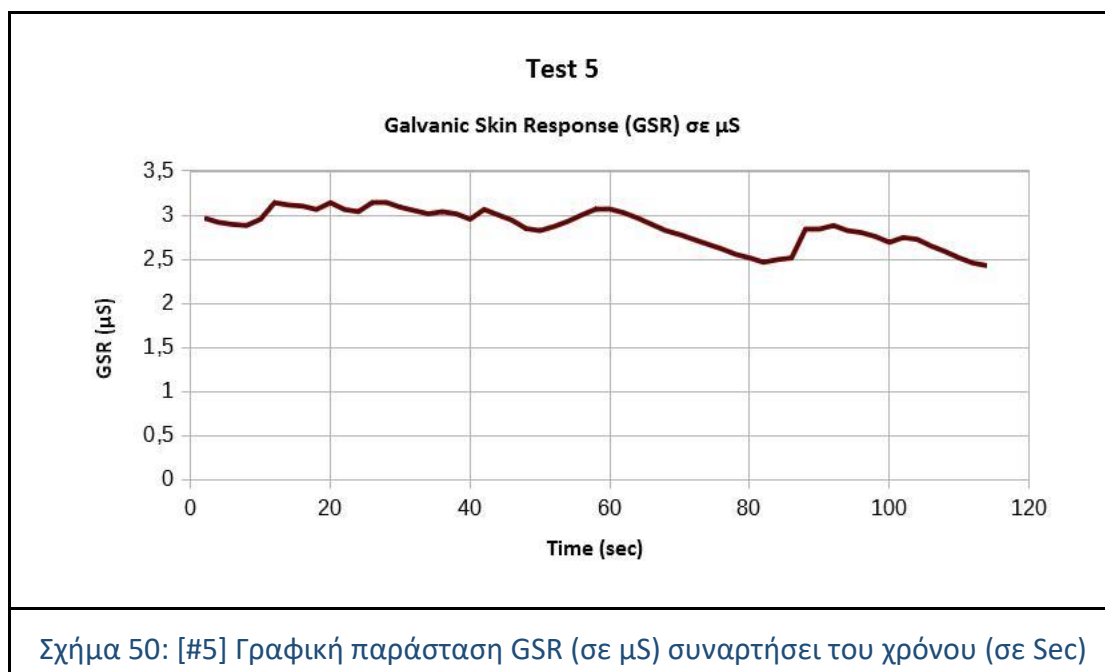
- Peak 3: Time=14.00, Value GSR=1.92
- Peak 4: Time=22.00, Value GSR=2.09
- Peak 5: Time=28.00, Value GSR=2.11
- Peak 6: Time=32.00, Value GSR=2.11
- Peak 7: Time=46.00, Value GSR=2.24
- Peak 8: Time=58.00, Value GSR=2.27
- Peak 9: Time=68.00, Value GSR=2.21



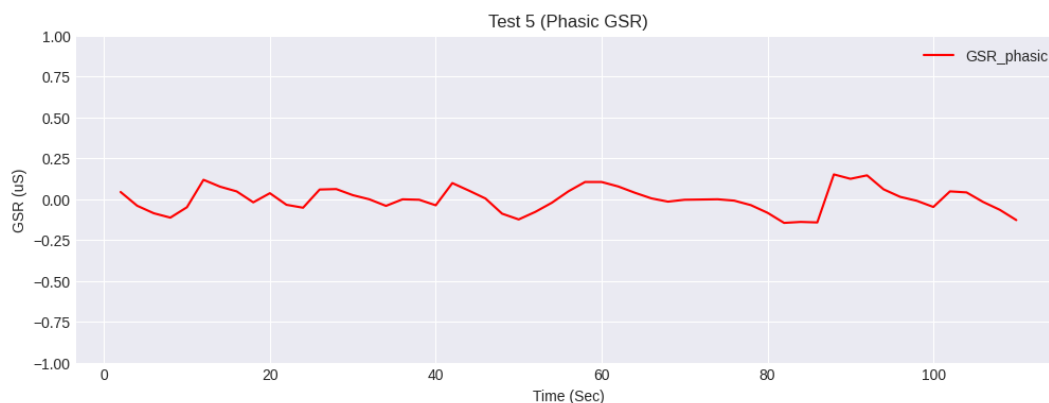
## Ε. ΠΕΜΠΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ [#5]

Στην πέμπτη περίπτωση που φαίνεται στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 50), παρατηρείται μια πληθώρα από GSR-peaks, ενώ οι τιμές είναι χαρακτηριστικά ψηλές, αφού η μέση τιμή είναι **2.88**, όπως φαίνεται στο Σχήμα 53. Παρατηρώντας τη σταδιακή μείωση των τιμών GSR από την χρονική στιγμή  $t'=60$  sec, γίνεται αντιληπτό ότι στη χρονική διάρκεια από 0 έως 60 sec, έχουν ανέβει τα επίπεδα άγχους του εξεταζόμενου. Ωστόσο, σε αυτό το παράδειγμα, δεν μπορεί να παρατηρηθεί ούτε το “latency”, ούτε το “rise time”, καθώς αυτά σημειώθηκαν πριν την έναρξη των μετρήσεων και της καταγραφής.

Επομένως, παρά τις ιδιαιτερότητες της γραφικής παράστασης της πέμπτης περίπτωσης, το test αυτό κατατάσσεται στις περιπτώσεις που εντοπίστηκε αύξηση των επιπέδων του άγχους στον εξεταζόμενο. Η διαφορά πλάτους ανάμεσα σε 2 κορυφές που η μία ανήκει στην περίοδο ανύψωσης και η δεύτερη στην περίοδο αποθεραπείας είναι ένας κατάλληλος δείκτης επιβεβαίωσης πως εντοπίζεται αύξηση των επιπέδων του άγχους στον εξεταζόμενο: η Διαφορά Πλάτους θα είναι **Peak 1 - Peak 8**, που δίνει ως αποτέλεσμα  $3.14 - 2.75 = 0.39 \mu S$ .



Στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 51) έχει χρησιμοποιηθεί η μέθοδος του “φιλτραρίσματος”, μέσω της οποίας με τη χρήση ενός φίλτρου μπορεί να αφαιρεθεί το τονικό στοιχείο του σήματος, αφήνοντάς μόνο το φασικό σήμα.



Σχήμα 51: [#5] Γραφική παράσταση του Φασικού Σήματος GSR (µS) συναρτήσεϊ του χρόνου (Sec)

Στην επόμενη γραφική παράσταση (Σχήμα 52) αναπαρίστανται οι 2 προηγούμενες γραφικές παραστάσεις του αρχικού και του φασικού GSR σήματος.

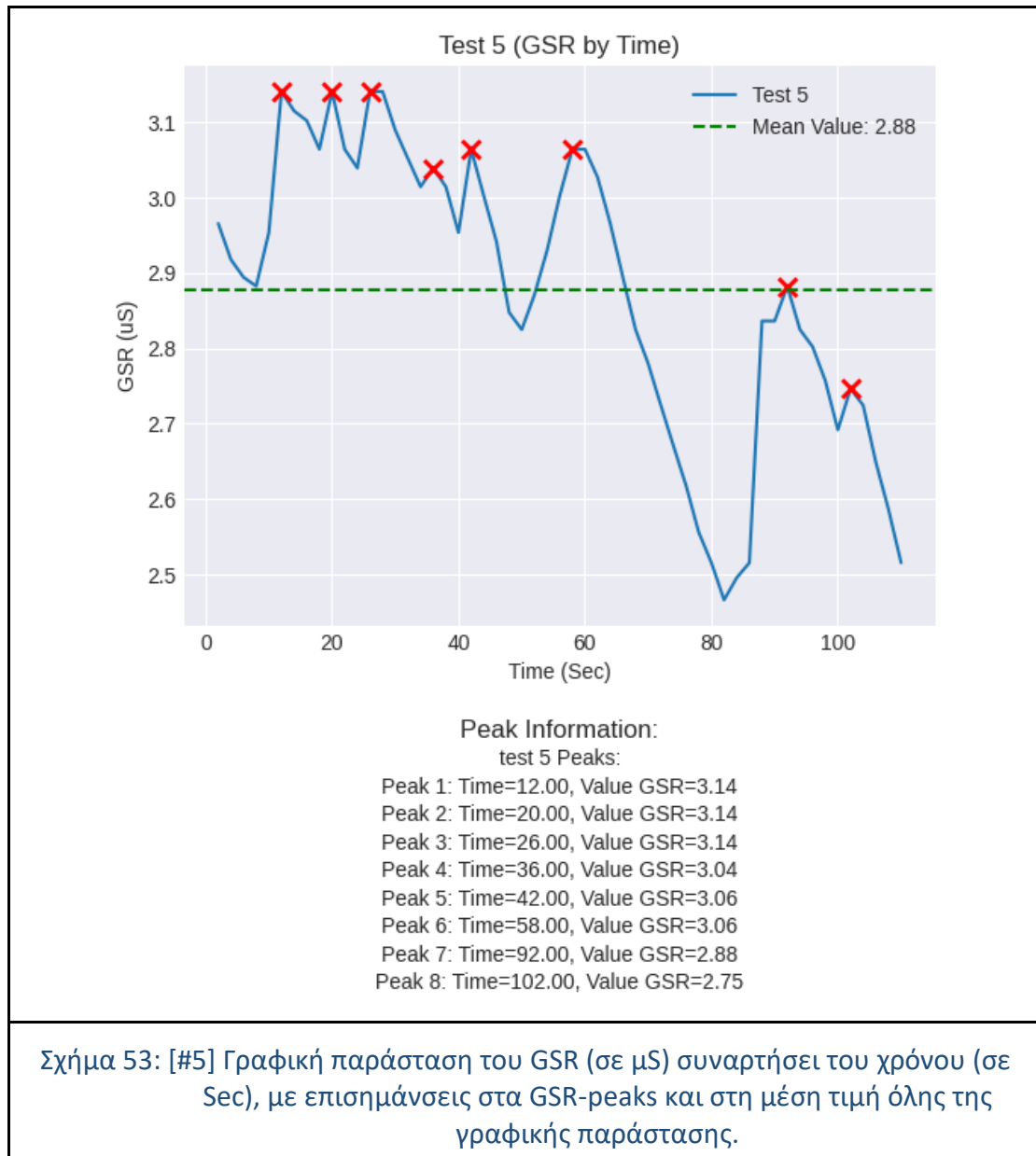


Σχήμα 52: [#5] Γραφική παράσταση του GSR (µS) μαζί με το Φασικό GSR συναρτήσεϊ του χρόνου (Sec)

Η παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 53) επισημαίνει τις GSR κορυφές (GSR-peaks), αλλά και τη συνολική μέση τιμή της γραφικής παράστασης GSR (σε µS) σε συνάρτηση με τον χρόνο (σε Sec). Οι ακριβείς τιμές παρατίθενται ως στοιχεία πάνω στο διάγραμμα. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, η μέση τιμή είναι **Mean\_Value = 2.88** και τα **8 τοπικά μέγιστα (GSR - peak)** είναι:

- Peak 1: Time=12.00, Value GSR=3.14

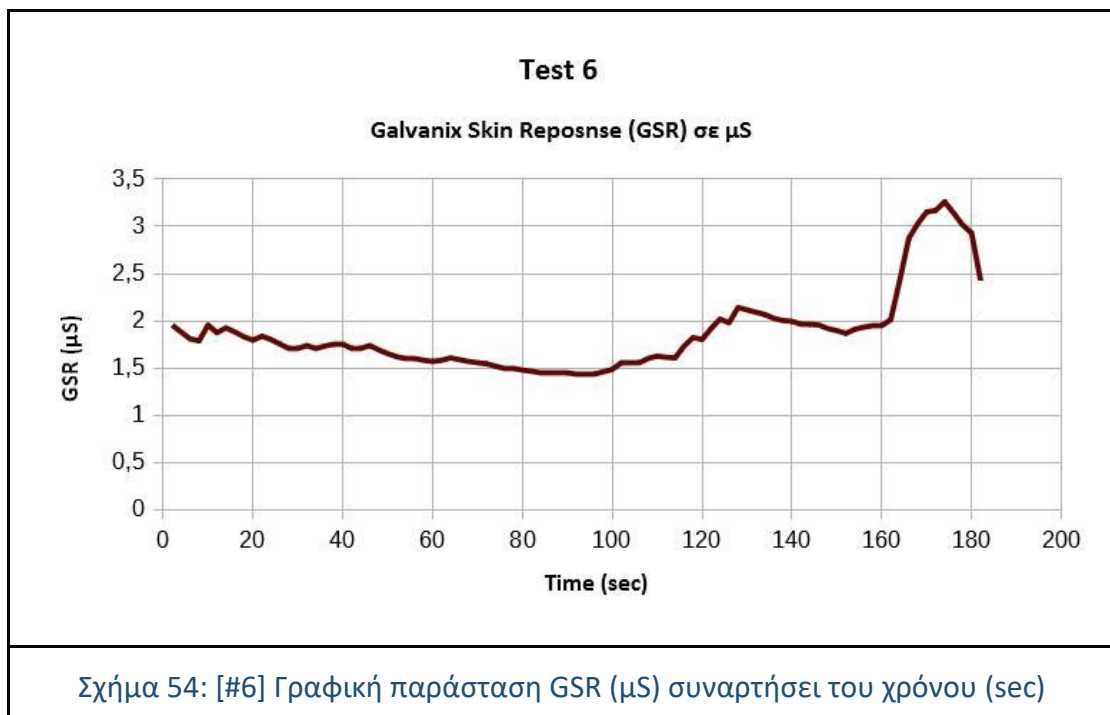
- Peak 2: Time=20.00, Value GSR=3.14
- Peak 3: Time=26.00, Value GSR=3.14
- Peak 4: Time=36.00, Value GSR=3.04
- Peak 5: Time=42.00, Value GSR=3.06
- Peak 6: Time=58.00, Value GSR=3.06
- Peak 7: Time=92.00, Value GSR=2.88
- Peak 8: Time=102.00, Value GSR=2.75



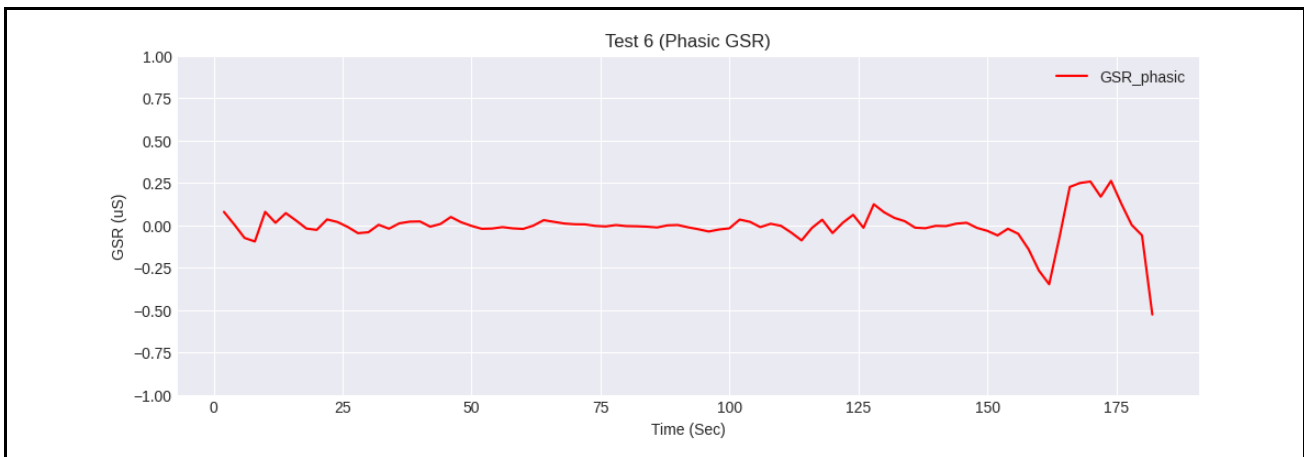


## F. ΕΚΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ [#6]

Στην έκτη περίπτωση μετρήσεων που φαίνεται στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 54) παρατηρείται ότι δεν υπάρχει κάποια σημαντική αύξηση των τιμών GSR για χρονική διάρκεια μεγαλύτερη από 2 λεπτά. Παρατηρείται πως υπάρχουν αρκετά μεμονωμένα GSR - reaks, που όμως στην πλειοψηφία τους δεν διαφοροποιούνται πολύ από τον συνολικό μέσο όρο του γραφήματος (1.87  $\mu\text{S}$ ) κι επομένως δεν συνεπάγονται κάποια ένδειξη άγχους/στρες του υποκειμένου. Αυτό υποδηλώνει πως ο εξεταζόμενος ήταν σε κατάσταση ηρεμίας τα πρώτα 2 λεπτά. Ωστόσο, προς το τέλος, παρατηρείται μια έντονη αύξηση του GSR, άρα και του άγχους του υποκειμένου. Επομένως, σε αυτήν την μέτρηση, για περίπου 2 λεπτά, ο εξεταζόμενος βρίσκεται σε κατάσταση ηρεμίας, αλλά στο τέλος υπάρχει ένδειξη άγχους. Έτσι, κι αυτό το test εντάσσεται στις περιπτώσεις που παρατηρήθηκε άγχος/στρες στον εξεταζόμενο, παρόλο που δεν ακολουθείται πιστά το τρίπτυχο “latency - peak - recovery”.

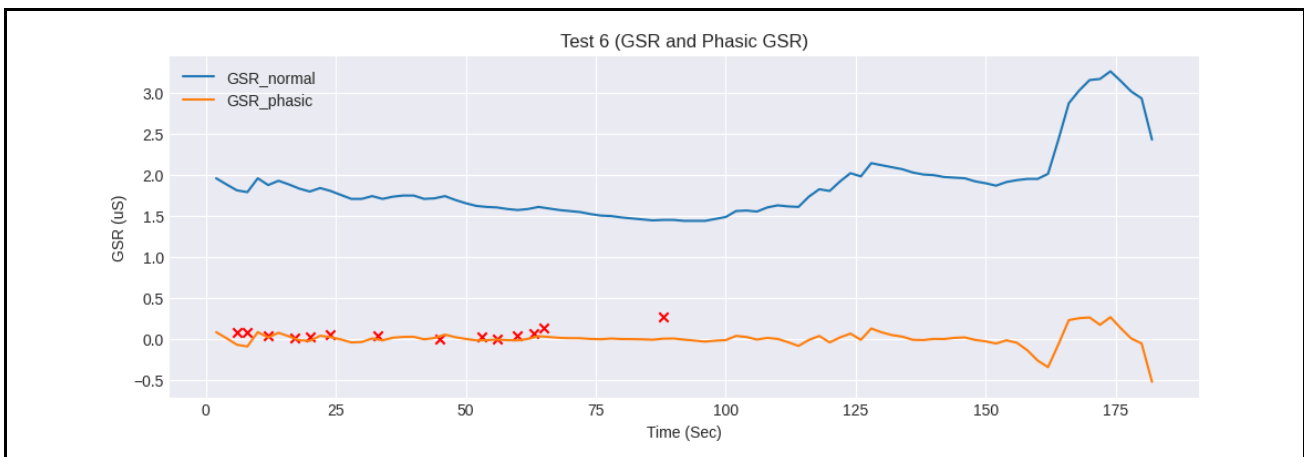


Στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 55), με τη χρήση ενός φίλτρου αφαιρείται το τονικό στοιχείο του σήματος, αφήνοντάς μόνο το φασικό σήμα.



Σχήμα 55: [#6] Γραφική παράσταση του Φασικού Σήματος GSR (μS) συναρτήσει του χρόνου (sec)

Συνεχίζοντας την επεξεργασία των μετρήσεων, στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 56) αναπαρίστανται στην ίδια γραφική παράσταση οι 2 προηγούμενες γραφικές παραστάσεις του αρχικού και του φασικού GSR σήματος.

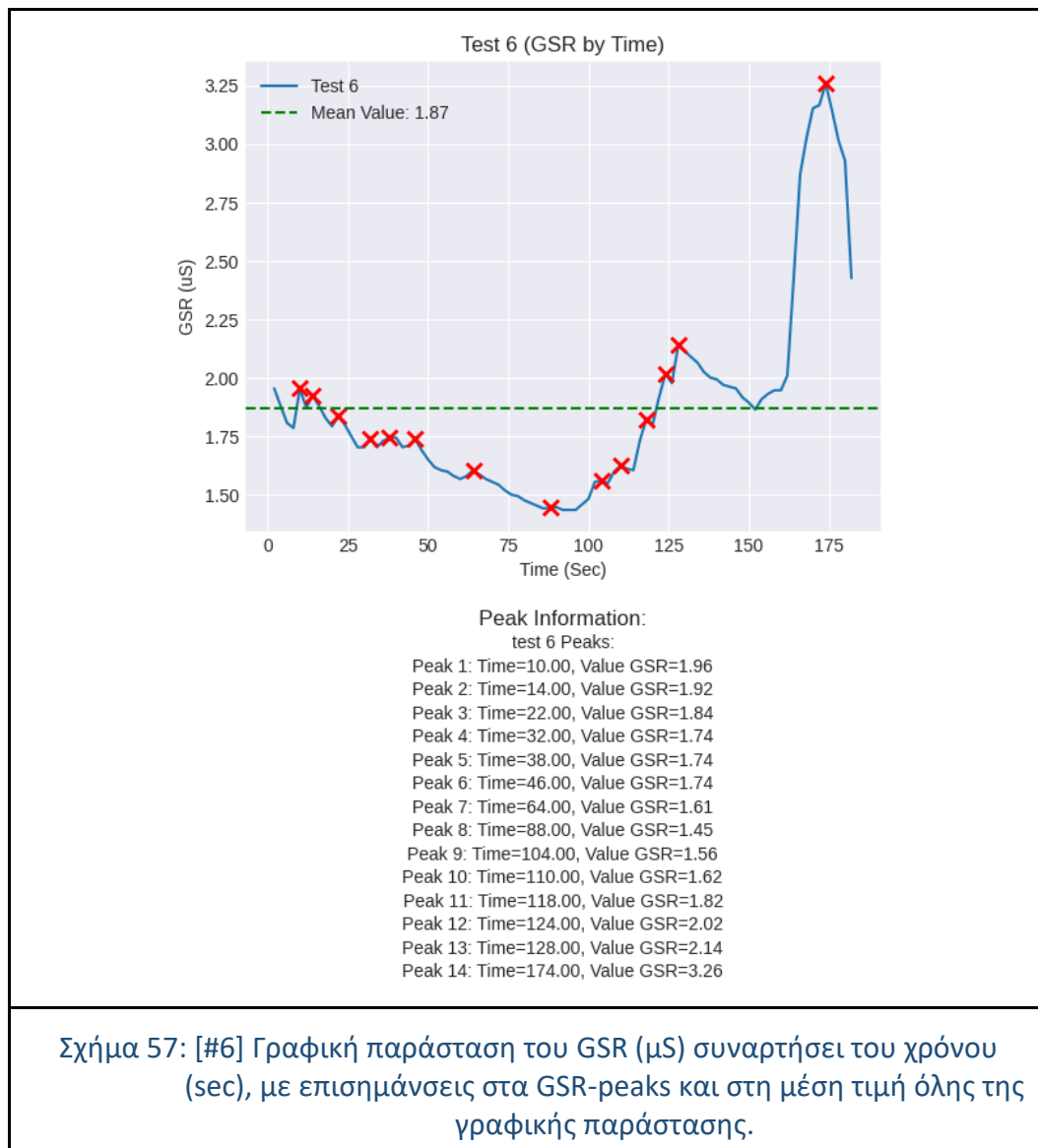


Σχήμα 56: [#6] Γραφική παράσταση του GSR (μS) μαζί με το Φασικό GSR συναρτήσει του χρόνου

Στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 57) επισημαίνονται οι GSR κορυφές (GSR-peaks), αλλά και η συνολική μέση τιμή της γραφικής παράστασης GSR (σε μS) σε συνάρτηση με τον χρόνο (σε Sec). Οι ακριβείς τιμές παρατίθενται ως στοιχεία πάνω στο διάγραμμα. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, η μέση τιμή είναι **Mean\_Value = 1.87** και τα **14 τοπικά μέγιστα (GSR - peak)** είναι:

- Peak 1: Time=10.00, Value GSR=1.96
- Peak 2: Time=14.00, Value GSR=1.92
- Peak 3: Time=22.00, Value GSR=1.84
- Peak 4: Time=32.00, Value GSR=1.74

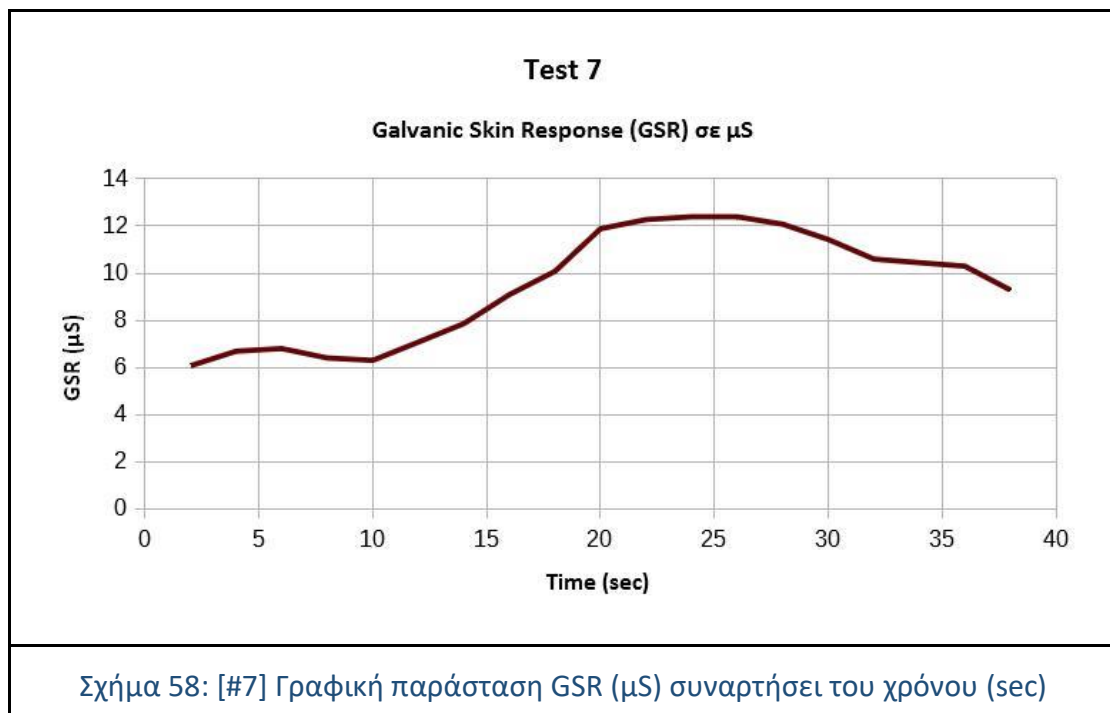
- Peak 5: Time=38.00, Value GSR=1.74
- Peak 6: Time=46.00, Value GSR=1.74
- Peak 7: Time=64.00, Value GSR=1.61
- Peak 8: Time=88.00, Value GSR=1.45
- Peak 9: Time=104.00, Value GSR=1.56
- Peak 10: Time=110.00, Value GSR=1.62
- Peak 11: Time=118.00, Value GSR=1.82
- Peak 12: Time=124.00, Value GSR=2.02
- Peak 13: Time=128.00, Value GSR=2.14
- Peak 14: Time=174.00, Value GSR=3.26



Η μόνη κορυφή που διαφέρει αισθητά από την μέση τιμή είναι η τελευταία (Peak 14), η οποία διαφέρει κατά  $3.26 - 1.87 = 1.39 \mu\text{S}$ . Αυτή η κορυφή σχετίζεται με αύξηση των επιπέδων άγχους κατά τη χρονική στιγμή  $t=174 \text{ sec}$ .

### G. ΕΒΔΟΜΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ [#7]

Στην γραφική παράσταση που ακολουθεί (Σχήμα 58), που αντιστοιχεί στις μετρήσεις της έβδομης περίπτωσης, οι τιμές είναι πολύ υψηλές (διπλάσιες / τριπλάσιες από τα υπόλοιπα test που πραγματοποιήθηκαν). Ωστόσο, η κανονική ανθρώπινη αγωγιμότητα του δέρματος EDA κυμαίνεται από 1 έως 20 microsiemens ( $\mu\text{S}$ ) κι, επομένως, οι μετρήσεις είναι έγκυρες.

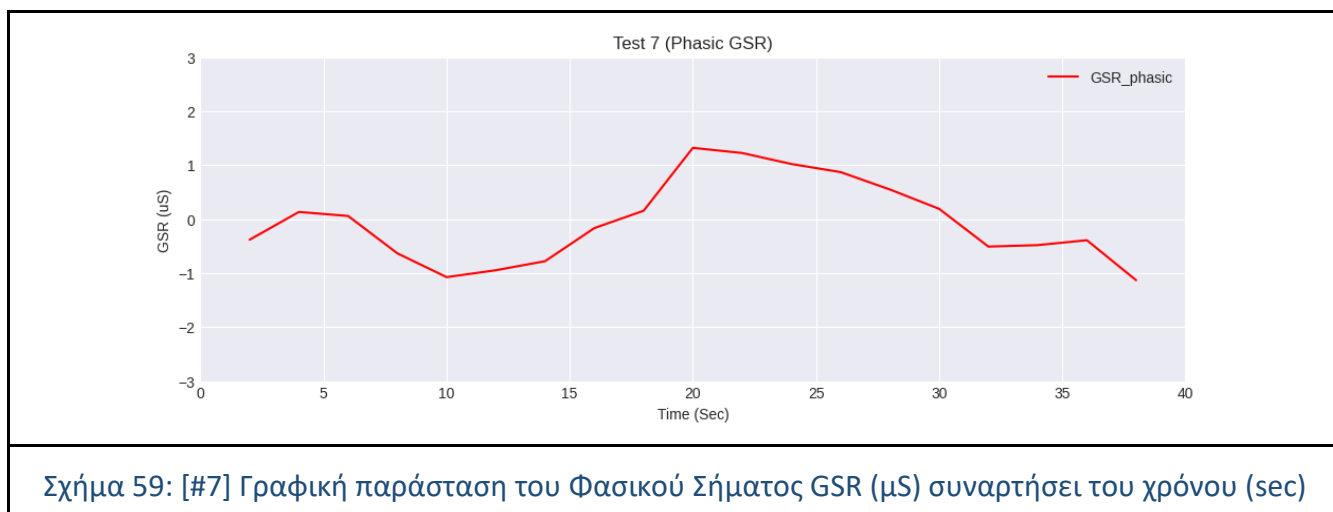


Στην παραπάνω γραφική παράσταση (Σχήμα 58) παρατηρείται πως τα επίπεδα του άγχους αυξάνονται, μέχρι την μέγιστη τιμή  $X_{\max} = 12.37 \mu\text{S}$ , την χρονική στιγμή  $t = 24 \text{ sec}$  από την έναρξη της μέτρησης με τον αισθητήρα. Στη συνέχεια, οι τιμές GSR αρχίζουν να μειώνονται από την χρονική στιγμή  $t = 28 \text{ sec}$  ως την χρονική στιγμή  $t = 38 \text{ sec}$ , με μικρότερο ρυθμό σε σχέση με τον ρυθμό αύξησης των τιμών και με τοπικές αυξομειώσεις.

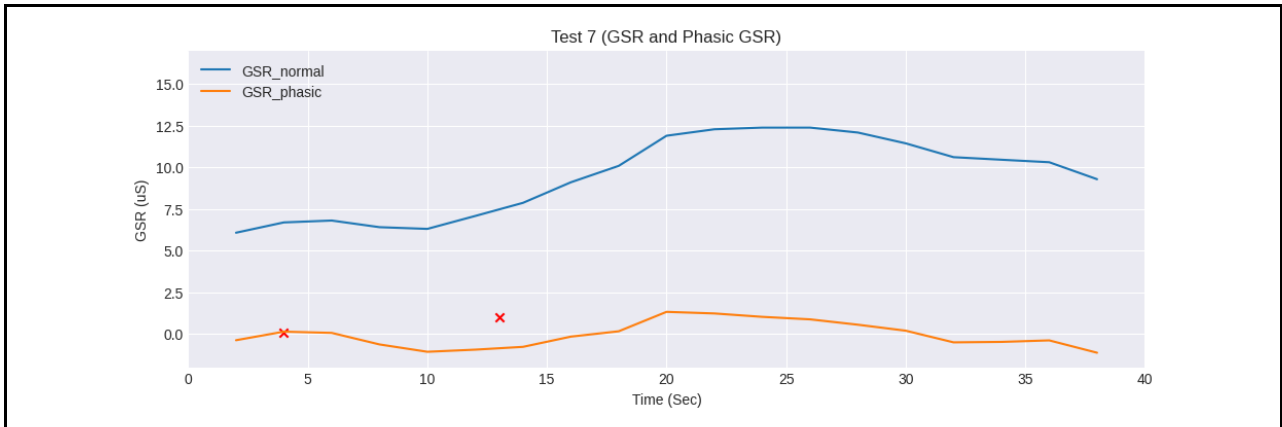
Στην συγκεκριμένη γραφική παράσταση ακολουθείται αυτό που παρουσιάστηκε σε θεωρητικό επίπεδο στο Σχήμα 15.

- Αρχικά, υπάρχει μια χρονική διάρκεια (**Latency**) από την έναρξη του ερεθίσματος ως την έναρξη της φασικής έκρηξης, η οποία διαρκεί περίπου **10 δευτερόλεπτα**.
- Το **πλάτος κορυφής - Peak amplitude**: υπολογίζεται περίπου  $12.37 - 6.30 = 6.07 \mu S$  (διαφορά πλάτους μεταξύ έναρξης και κορυφής).
- Ο **Χρόνος ανύψωσης - Rise time**: είναι προσεγγιστικά:  $T_{rise} = 28 - 10 = 18 \text{ sec}$  (η διάρκεια από την έναρξη έως το peak).
- Ο **Χρόνος αποθεραπείας - Recovery time**: (διάρκεια από την κορυφή έως το 100% ανάκτηση): Στην συγκεκριμένη γραφική παράσταση δεν μπορεί να εξαχθεί ο χρόνος αποθεραπείας, καθώς η μέτρηση διακόπηκε πριν ο εξεταζόμενος να φτάσει στο επίπεδο GSR που ξεκίνησε. Ωστόσο, ο ρυθμός αποθεραπείας είναι μικρότερος από τον ρυθμό ανύψωσης, όπως φαίνεται τόσο από τη θεωρητική μελέτη, όσο και από την συγκεκριμένη πειραματική περίπτωση μετρήσεων.

Στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 59), με τη χρήση ενός φίλτρου μπορεί αφαιρείται το τονικό στοιχείο του σήματος και μένει μόνο το φασικό σήμα.



Συνεχίζοντας την επεξεργασία των μετρήσεων, στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 60) αναπαρίσταται στην ίδια γραφική οι 2 προηγούμενες γραφικές παραστάσεις του αρχικού και του φασικού GSR σήματος.



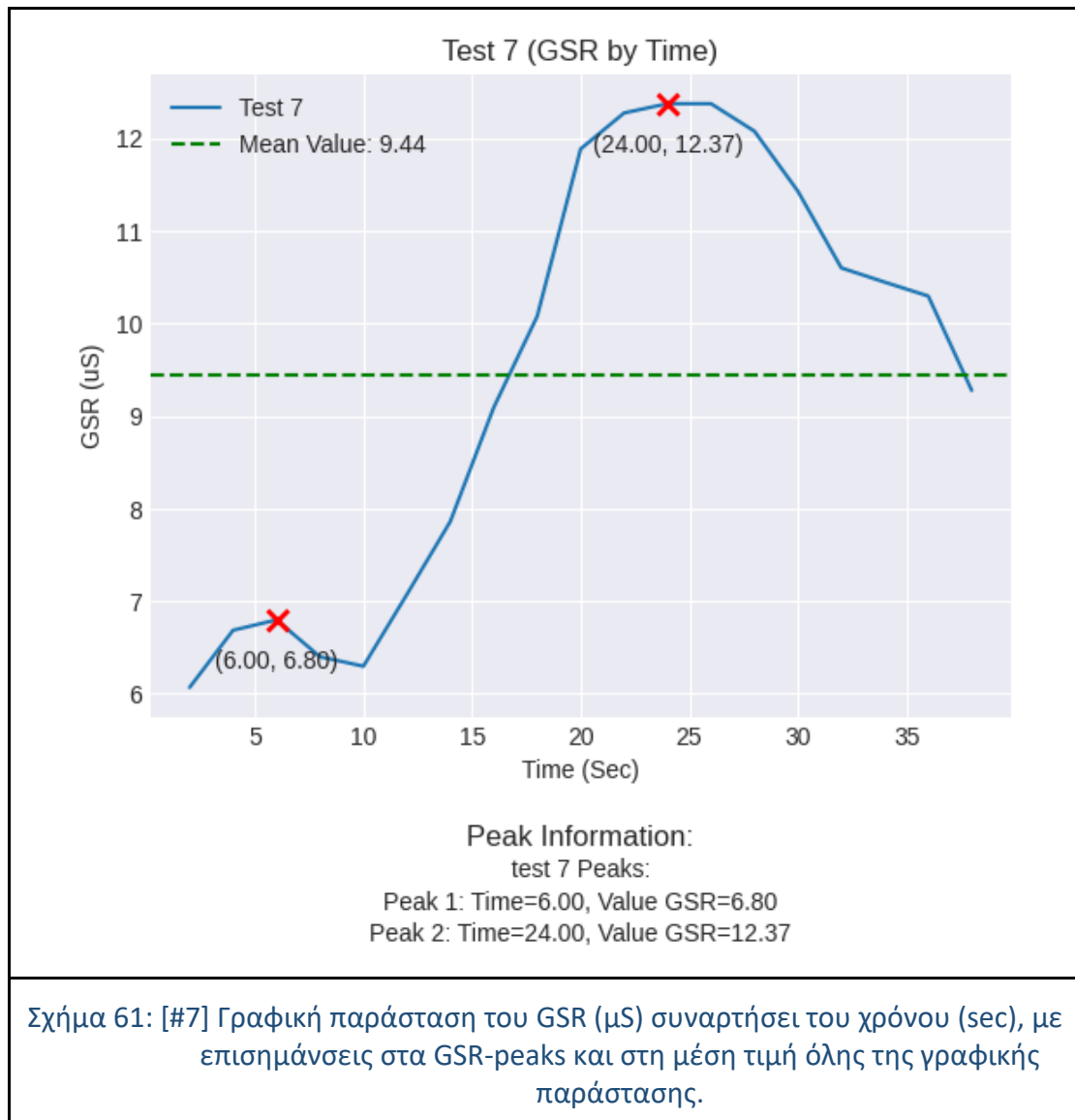
Σχήμα 60: [#7] Γραφική παράσταση του αρχικού GSR (μS) μαζί με το Φασικό GSR συναρτήσει του χρόνου (sec)

Η παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 61) δημιουργήθηκε για να δείξει τις GSR κορυφές (GSR-peaks), αλλά και την συνολική μέση τιμή της γραφικής παράστασης GSR (σε μS) σε συνάρτηση με τον χρόνο (σε Sec). Οι ακριβείς τιμές παρατίθενται ως στοιχεία πάνω στο διάγραμμα.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η μέση τιμή είναι **Mean\_Value = 9.44** και τα **2 τοπικά μέγιστα (GSR - peak)** είναι:

- Peak 1: Time=6.00, Value GSR=6.80
- Peak 2: Time=24.00, Value GSR=12.37

Αυτό το παράδειγμα έχει πολύ υψηλότερες τιμές σε σχέση με τα προηγούμενα, παρόλα αυτά οι τιμές αυτές είναι έγκυρες με βάση τη βιβλιογραφία.



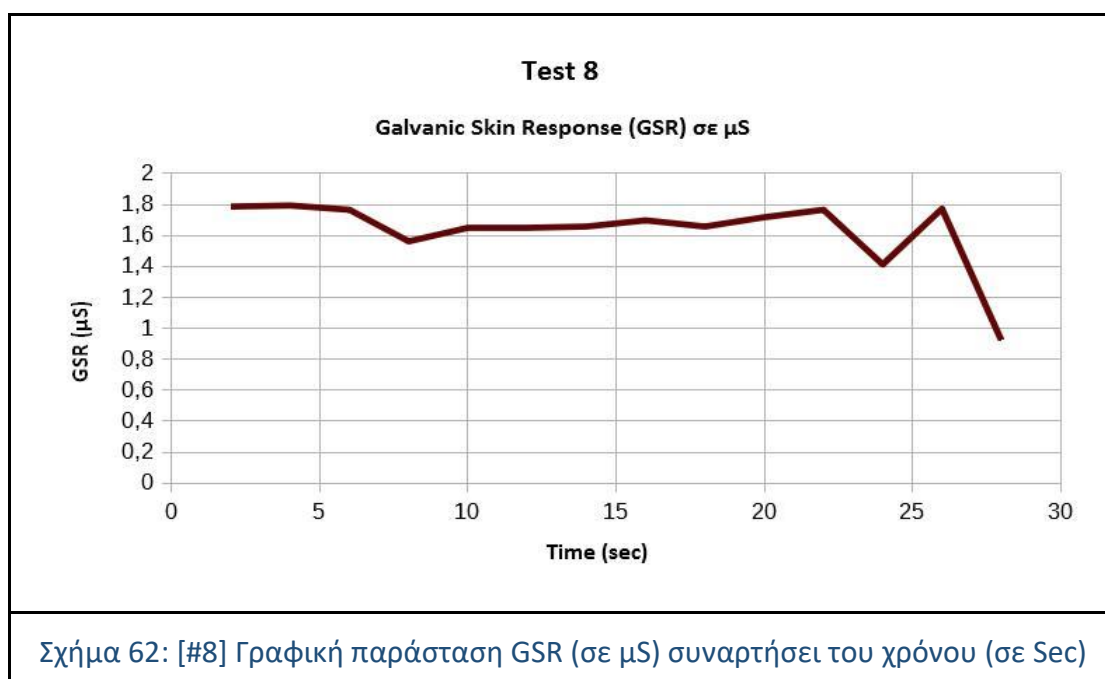
## II. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΟΥ ΕΝΤΑΣΣΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΔΕΥΤΕΡΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ

Η δεύτερη κατηγορία, η οποία παρατηρήθηκε πιο σπάνια σε σχέση με την πρώτη, αναφέρεται σε άτομα που κατά τη διάρκεια του rapid test, δεν παρουσίασαν κάποια ιδιαίτερη μεταβολή στις τιμές του GSR, κι επομένως βρίσκονταν σε κατάσταση ηρεμίας.

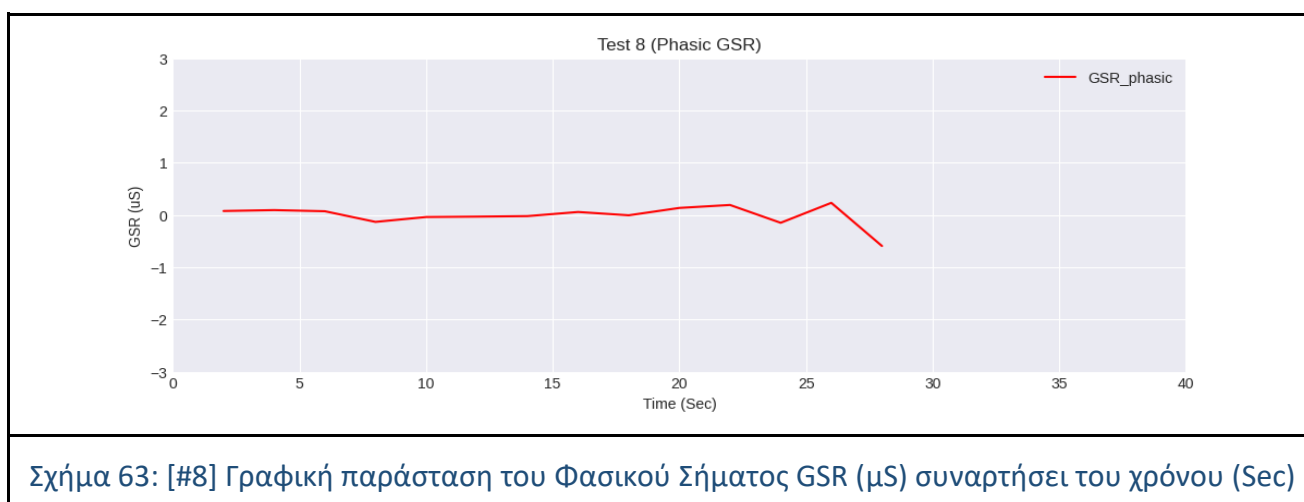
### A. ΟΓΔΟΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ [#8]

Στην όγδοη περίπτωση μετρήσεων, που φαίνεται στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 62) παρατηρείται ότι δεν υπάρχει κάποια σημαντική αύξηση των

τιμών GSR σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων. Παρατηρείται πως υπάρχουν αρκετά μεμονωμένα GSR - peaks, που όμως στην πλειοψηφία τους δεν διαφοροποιούνται καθόλου από τον συνολικό μέσο όρο του γραφήματος (**1.63  $\mu\text{S}$** ) κι επομένως δεν συνεπάγονται κάποια ένδειξη άγχους/στρες του υποκειμένου. Αυτό υποδηλώνει πως ο εξεταζόμενος ήταν σε κατάσταση ηρεμίας καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων με τον αισθητήρα GSR. Η απότομη μείωση στο τέλος δεν σχετίζεται με μείωση επιπέδων του άγχους, αλλά προκύπτει εξαιτίας της αφαίρεσης του αισθητήρα από το χέρι του εξεταζόμενου, επομένως ο αισθητήρας στο τέλος μετρά αέρα.

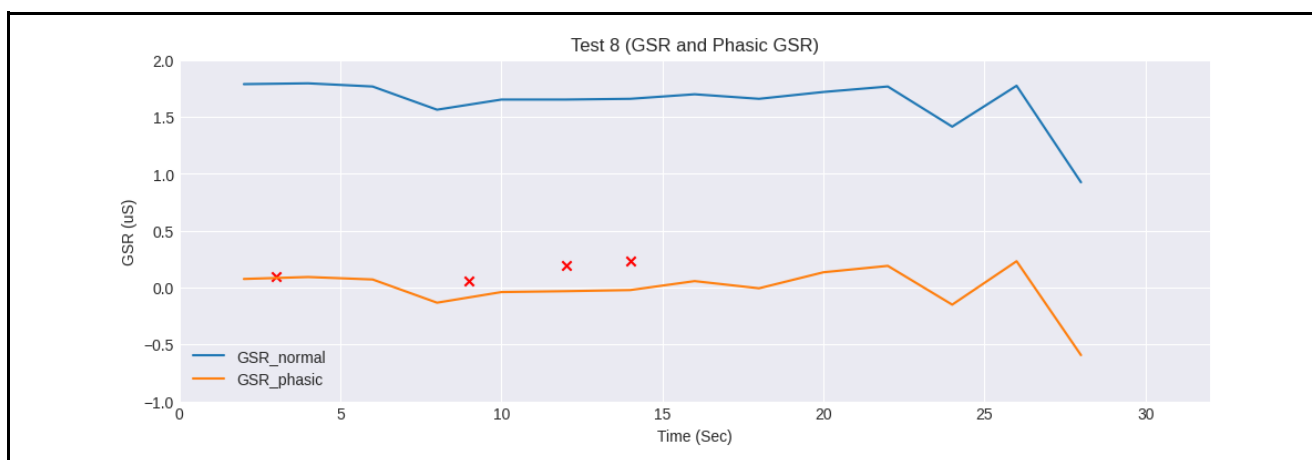


Στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 63) έχει χρησιμοποιηθεί η μέθοδος του “φιλτραρίσματος”.





Συνεχίζοντας την επεξεργασία των μετρήσεων, στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 64) αναπαρίστανται στην ίδια γραφική οι 2 προηγούμενες γραφικές παραστάσεις του αρχικού και του φασικού GSR σήματος.



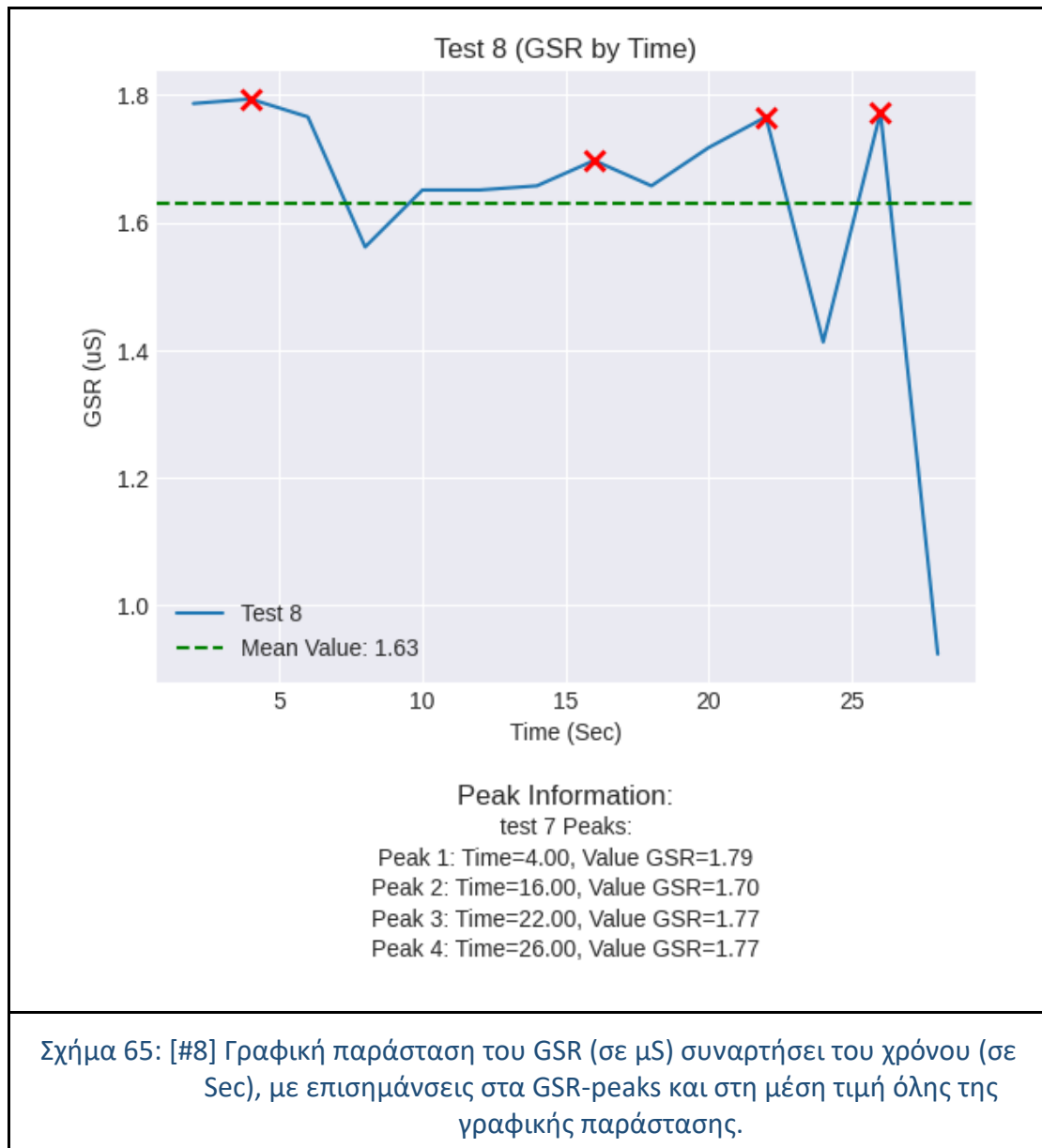
Σχήμα 64: [#8] Γραφική παράσταση του GSR (σε µS) μαζί με το Φασικό GSR συναρτήσεϊ του χρόνου (σε Sec)

Στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 65), επισημαίνονται οι GSR κορυφές (GSR-peaks), αλλά και η συνολική μέση τιμή της γραφικής παράστασης GSR (σε µS) σε συνάρτηση με τον χρόνο (σε Sec). Οι ακριβείς τιμές παρατίθενται ως στοιχεία πάνω στο διάγραμμα.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση, η μέση τιμή είναι **Mean\_Value = 1.63** και τα **4 τοπικά μέγιστα (GSR - peak) είναι:**

- Peak 1: Time=4.00, Value GSR=1.79
- Peak 2: Time=16.00, Value GSR=1.70
- Peak 3: Time=22.00, Value GSR=1.77
- Peak 4: Time=26.00, Value GSR=1.77

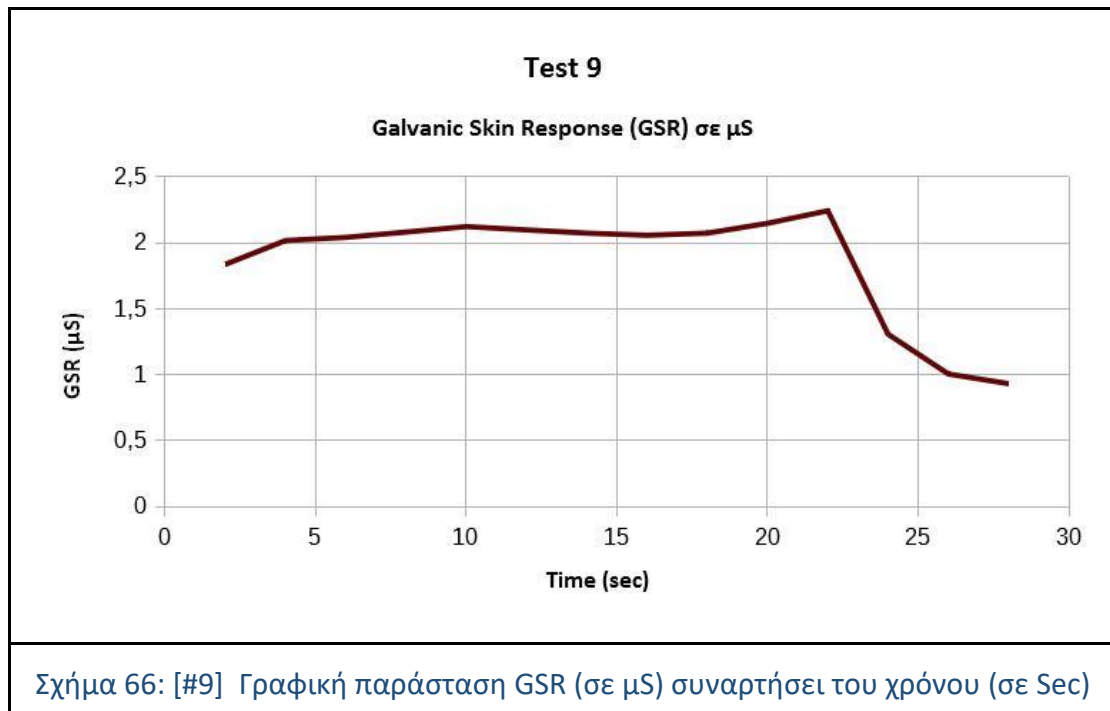
Καμία κορυφή GSR δεν διαφέρει αισθητά από την μέση τιμή (**1.63 µS**). Επομένως, δεν παρατηρείται καμία αύξηση των επιπέδων άγχους κατά τη διάρκεια της μέτρησης.



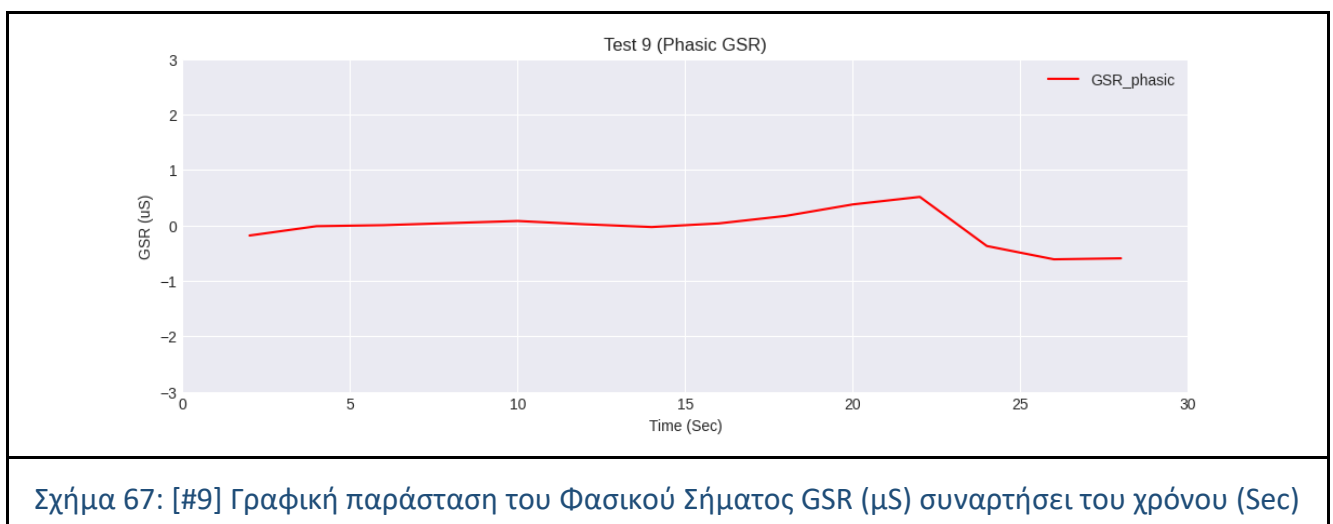
## B. ΕΝΑΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ [#9]

Στην ένατη περίπτωση μετρήσεων, που φαίνεται στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 66), παρατηρείται ότι δεν υπάρχει κάποια σημαντική αύξηση των τιμών GSR σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων. Παρατηρείται πως υπάρχουν λίγα GSR - peaks, που όμως δεν διαφοροποιούνται πολύ από την μέση τιμή του γραφήματος κι επομένως δεν συνεπάγονται κάποια ένδειξη άγχους/στρες του υποκειμένου. Αυτό υποδηλώνει πως ο εξεταζόμενος ήταν σε κατάσταση ηρεμίας καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων με τον αισθητήρα GSR. Η απότομη μείωση στο τέλος δεν σχετίζεται με μείωση επιπέδων του άγχους, αλλά προκύπτει εξαιτίας της αφαίρεσης του

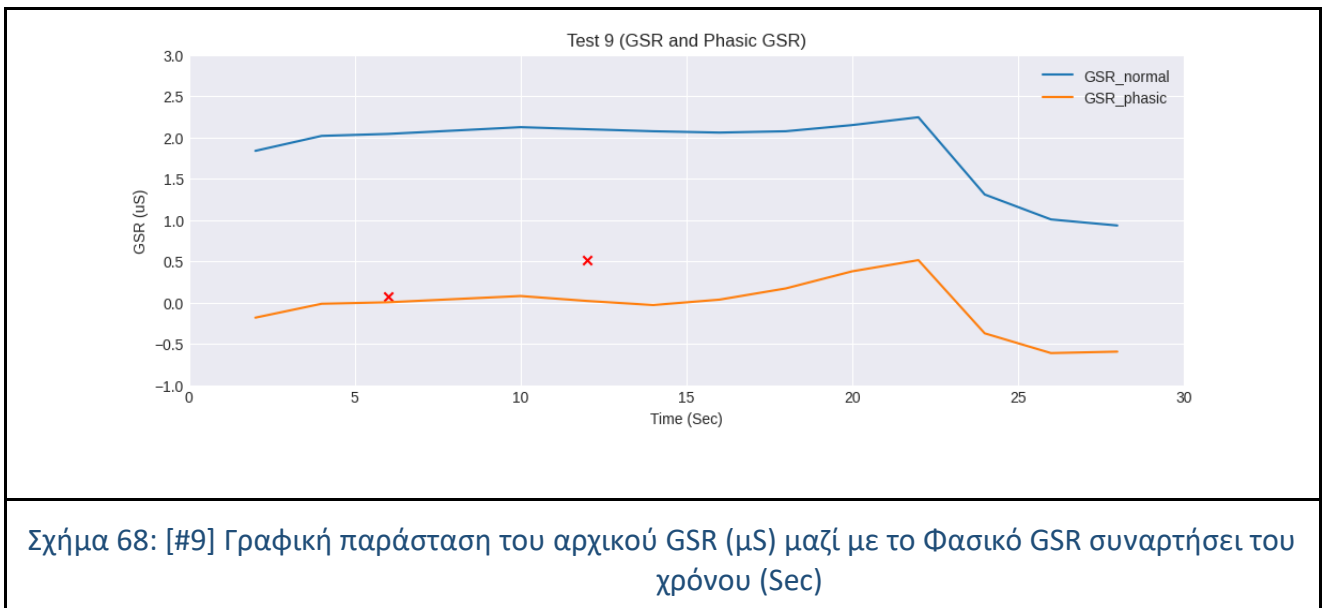
αισθητήρα από το χέρι του εξεταζόμενου, επομένως ο αισθητήρας στο τέλος μετρά αέρα.



Στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 67) έχει χρησιμοποιηθεί η μέθοδος του “φιλτραρίσματος”.



Συνεχίζοντας την επεξεργασία των μετρήσεων, στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 68) αναπαρίστανται στην ίδια γραφική παράσταση οι 2 προηγούμενες γραφικές παραστάσεις του αρχικού και του φασικού GSR σήματος.



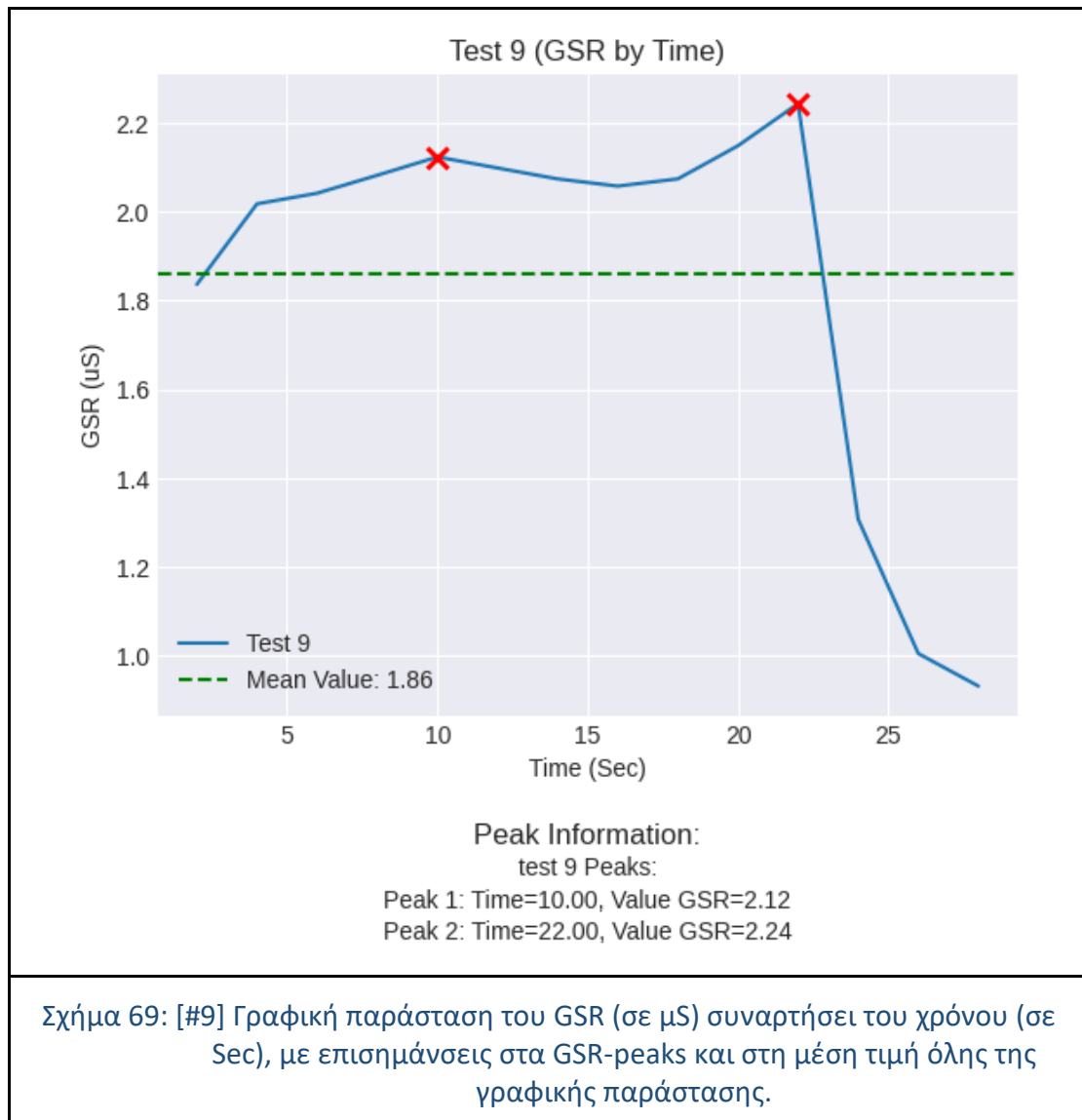
Σχήμα 68: [#9] Γραφική παράσταση του αρχικού GSR (µS) μαζί με το Φασικό GSR συναρτήσει του χρόνου (Sec)

Στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 69), επισημαίνονται οι GSR κορυφές (GSR-peaks), η συνολική μέση τιμή της γραφικής παράστασης GSR (σε µS) σε συνάρτηση με τον χρόνο (σε Sec).

Στην συγκεκριμένη περίπτωση, η μέση τιμή είναι **Mean\_Value = 1.86** και τα **2 τοπικά μέγιστα (GSR - peak) είναι:**

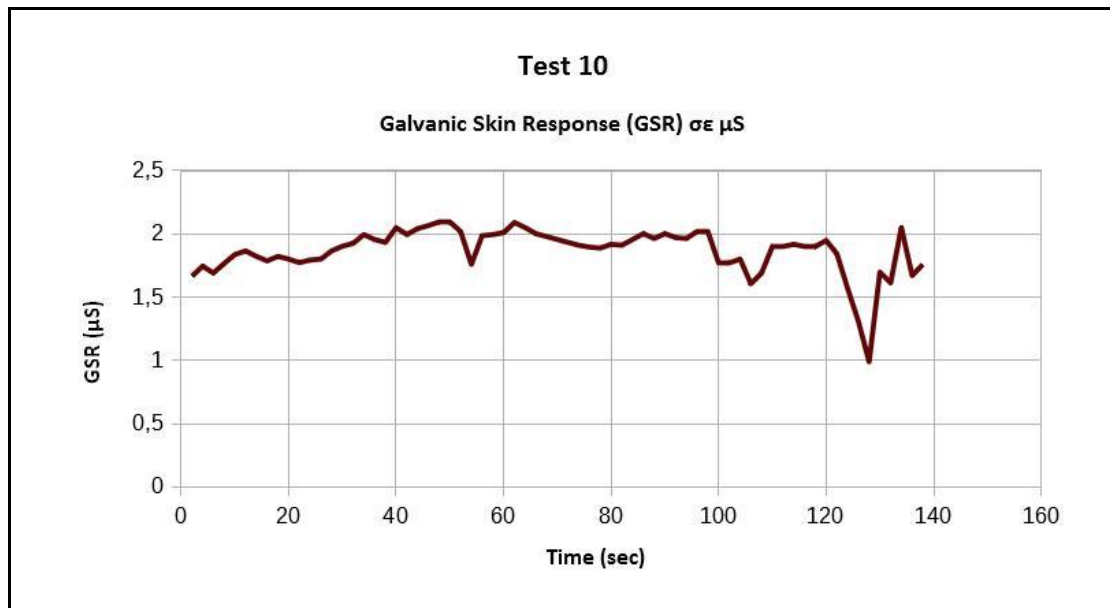
- Peak 1: Time=10.00, Value GSR=2.12
- Peak 2: Time=22.00, Value GSR=2.24

Οι 2 GSR κορυφές δεν διαφέρουν πολύ από τις τιμές του GSR κατά την έναρξη των μετρήσεων, την χρονική στιγμή  $t=2 \text{ sec}$ : **GSR (t = 2 sec) = 1.84 µS**. Άρα, δεν παρατηρείται καμία αύξηση των επιπέδων άγχους κατά τη διάρκεια της μέτρησης. Η απότομη μείωση στο τέλος δεν σχετίζεται με μείωση επιπέδων του άγχους, αλλά προκύπτει εξαιτίας της αφαίρεσης του αισθητήρα από το χέρι του εξεταζόμενου, επομένως ο αισθητήρας στο τέλος μετρά αέρα.



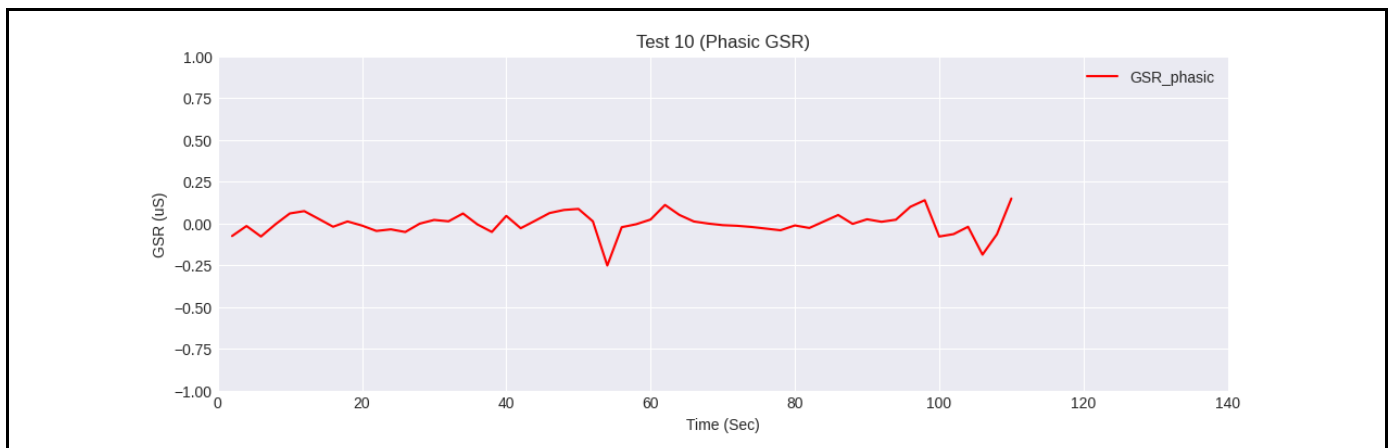
### C. ΔΕΚΑΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ [#10]

Στην δέκατη περίπτωση μετρήσεων, που φαίνεται και στην παρακάτω γραφικής παράστασης (Σχήμα 70), τα επίπεδα του άγχους δεν μεταβάλλονται σημαντικά καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων. Επομένως, ο εξεταζόμενος φαίνεται να βρισκόταν σε κατάσταση ηρεμίας.



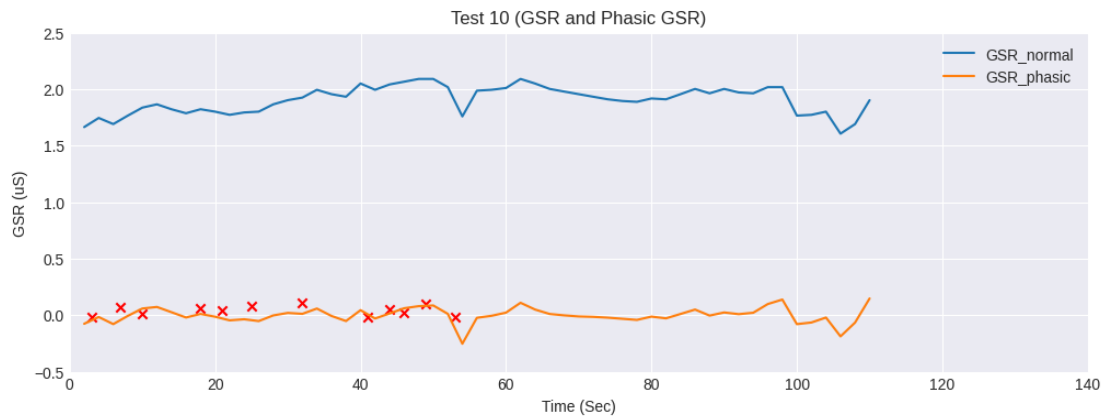
Σχήμα 70: [#10] Γραφική παράσταση GSR (μS) συναρτήσει του χρόνου (Sec)

Στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 71) έχει χρησιμοποιηθεί η μέθοδος του “φιλτραρίσματος”.



Σχήμα 71: [#10] Γραφική παράσταση του Φασικού Σήματος GSR (μS) συναρτήσει του χρόνου (Sec)

Συνεχίζοντας την επεξεργασία των μετρήσεων, στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 72) αναπαρίστανται στην ίδια γραφική παράσταση, οι 2 προηγούμενες γραφικές παραστάσεις του αρχικού και του φασικού GSR σήματος.



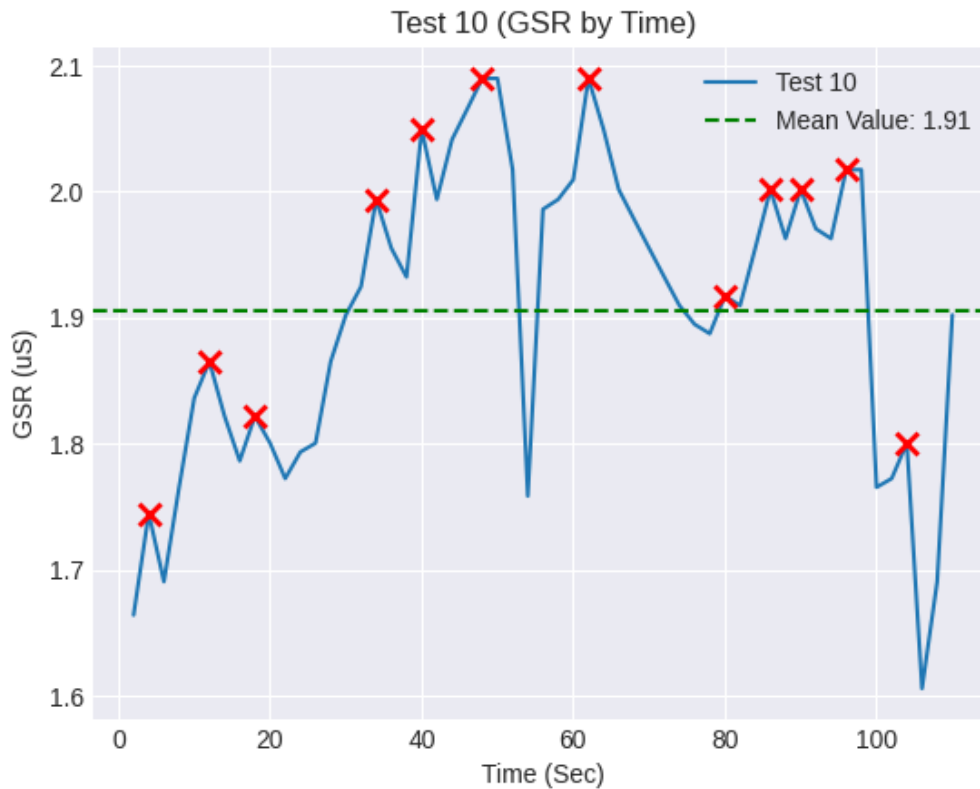
Σχήμα 72: [#10] Γραφική παράσταση του GSR (μS) μαζί με το Φασικό GSR συναρτήσει του χρόνου (Sec)

Στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 73), επισημαίνονται οι GSR κορυφές (GSR-peaks), αλλά και η συνολική μέση τιμή της γραφικής παράστασης GSR (σε μS) σε συνάρτηση με τον χρόνο (σε sec). Οι ακριβείς τιμές παρατίθενται ως στοιχεία πάνω στο διάγραμμα.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η μέση τιμή είναι **Mean\_Value = 1.91** και τα **12 τοπικά μέγιστα (GSR - peak)** είναι:

- Peak 1: Time=4.00, Value GSR=1.74
- Peak 2: Time=12.00, Value GSR=1.87
- Peak 3: Time=18.00, Value GSR=1.82
- Peak 4: Time=34.00, Value GSR=1.99
- Peak 5: Time=40.00, Value GSR=2.05
- Peak 6: Time=48.00, Value GSR=2.09
- Peak 7: Time=62.00, Value GSR=2.09
- Peak 8: Time=80.00, Value GSR=1.92
- Peak 9: Time=86.00, Value GSR=2.00
- Peak 10: Time=90.00, Value GSR=2.00
- Peak 11: Time=96.00, Value GSR=2.02
- Peak 12: Time=104.00, Value GSR=1.80

Οι 12 GSR κορυφές δεν διαφέρουν πολύ από τις τιμές του GSR κατά την έναρξη των μετρήσεων, ούτε από τη μέση τιμή της γραφικής παράστασης (**1.91 μS**).



**Peak Information:**

test 10 Peaks:

- Peak 1: Time=4.00, Value GSR=1.74
- Peak 2: Time=12.00, Value GSR=1.87
- Peak 3: Time=18.00, Value GSR=1.82
- Peak 4: Time=34.00, Value GSR=1.99
- Peak 5: Time=40.00, Value GSR=2.05
- Peak 6: Time=48.00, Value GSR=2.09
- Peak 7: Time=62.00, Value GSR=2.09
- Peak 8: Time=80.00, Value GSR=1.92
- Peak 9: Time=86.00, Value GSR=2.00
- Peak 10: Time=90.00, Value GSR=2.00
- Peak 11: Time=96.00, Value GSR=2.02
- Peak 12: Time=104.00, Value GSR=1.80

Σχήμα 73: [#10] Γραφική παράσταση του GSR (σε µS) συναρτήσει του χρόνου (σε Sec), με επισημάνσεις στα GSR-peaks και στη μέση τιμή όλης της γραφικής παράστασης.

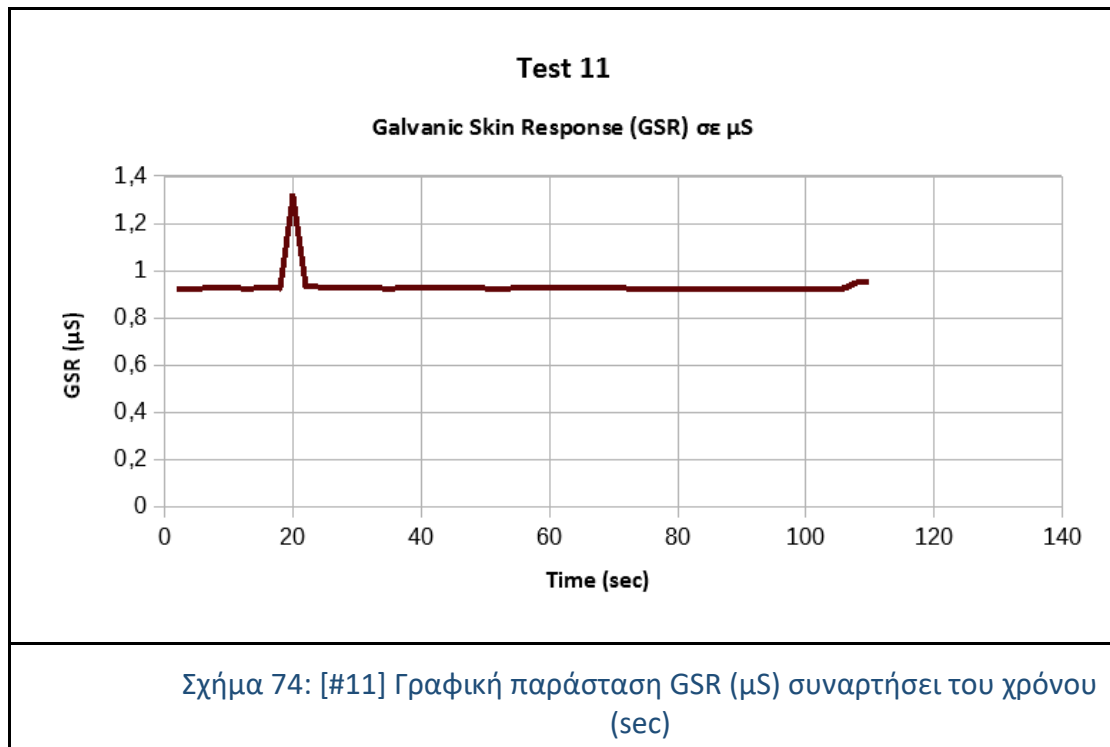


### III. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΟΥ ΕΝΤΑΣΣΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΤΡΙΤΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ

Η τρίτη και πιο σπάνια κατηγορία (5%) είναι η περίπτωση που υπάρχει πειραματικό σφάλμα, δηλαδή να υπάρχουν τιμές εκτός των φυσιολογικά αναμενόμενων ορίων του GSR. Στην περίπτωση που ακολουθεί (Περίπτωση 11) δεν υπήρχε καλή επαφή του αισθητήρα GSR πάνω στα δάχτυλα του εξεταζόμενου, με αποτέλεσμα τα ηλεκτρόδια να βρίσκονται στον αέρα, κι επομένως αρκετές από τις τιμές που μετρήθηκαν πράγματι αντιστοιχούν στην μέτρηση του αέρα (σε units arduino: 697, σε μικρο-Siemens: 1.17 $\mu$ S).

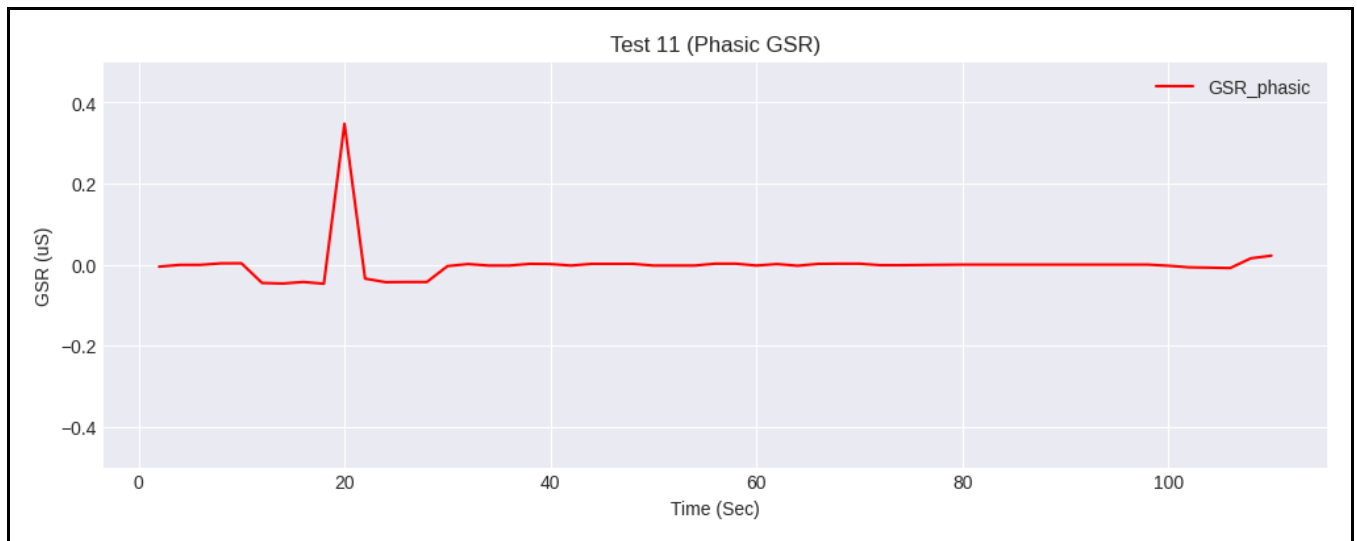
#### A. ΕΝΔΕΚΑΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ [#11]

Στην περίπτωση της παρακάτω γραφικής παράστασης (Σχήμα 74), δεν πραγματοποιήθηκε έγκυρη μέτρηση, αφού τα δάχτυλα της εξεταζόμενης δεν έκαναν σωστή επαφή με τον αισθητήρα GSR και κατ' επέκταση οι τιμές **0.93  $\mu$ S**, που φαίνονται να είναι οι περισσότερες στο γράφημα, αντιστοιχούν στην αγωγιμότητα του αέρα.



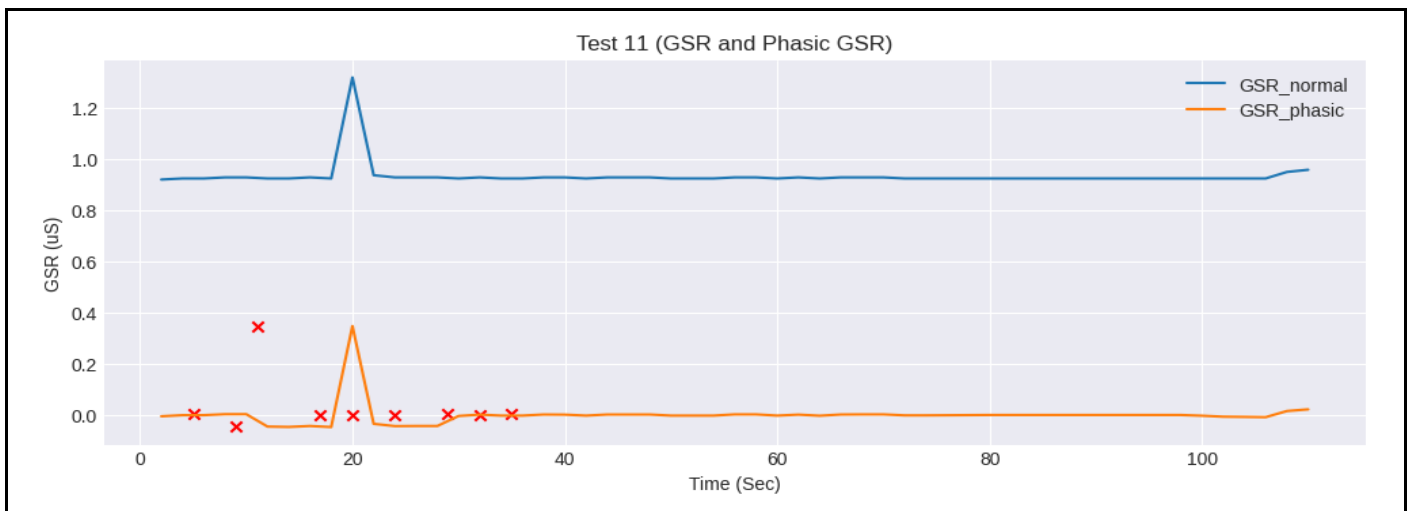
Στα Σχήματα 75 και 76, που ακολουθούν, παρουσιάζονται οι αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις για το φασικό GSR αλλά και το συνδυασμό του κανονικού

γραφήματος GSR μαζί με το φασικό GSR, όπως ακριβώς και στις προηγούμενες περιπτώσεις.



Σχήμα 75: [#11] Γραφική παράσταση του Φασικού Σήματος GSR ( $\mu\text{S}$ ) συναρτήσει του χρόνου (Sec)

Παρατηρώντας το παρακάτω Σχήμα 76, εντοπίζεται τεράστια ομοιότητα στα 2 γραφήματα (κανονικού και φασικού GSR). Αυτό είναι αναμενόμενο, καθώς η μόνη έντονη διαφοροποίηση από τις τιμές GSR που αντιστοιχούν σε μετρήσεις αέρα, έγινε τη χρονική στιγμή  $t=20\text{sec}$ , με  $\text{GSR\_value}=1.32 \mu\text{S}$  (Η κορυφή “peak-3” στο γράφημα στο Σχήμα 77). Σε όλο το υπόλοιπο γράφημα, οι τιμές είναι σταθερές και ίσες με  $0.93 \mu\text{S}$ , που είναι κι ο συνολική μέση τιμή του αρχικού γραφήματος GSR.



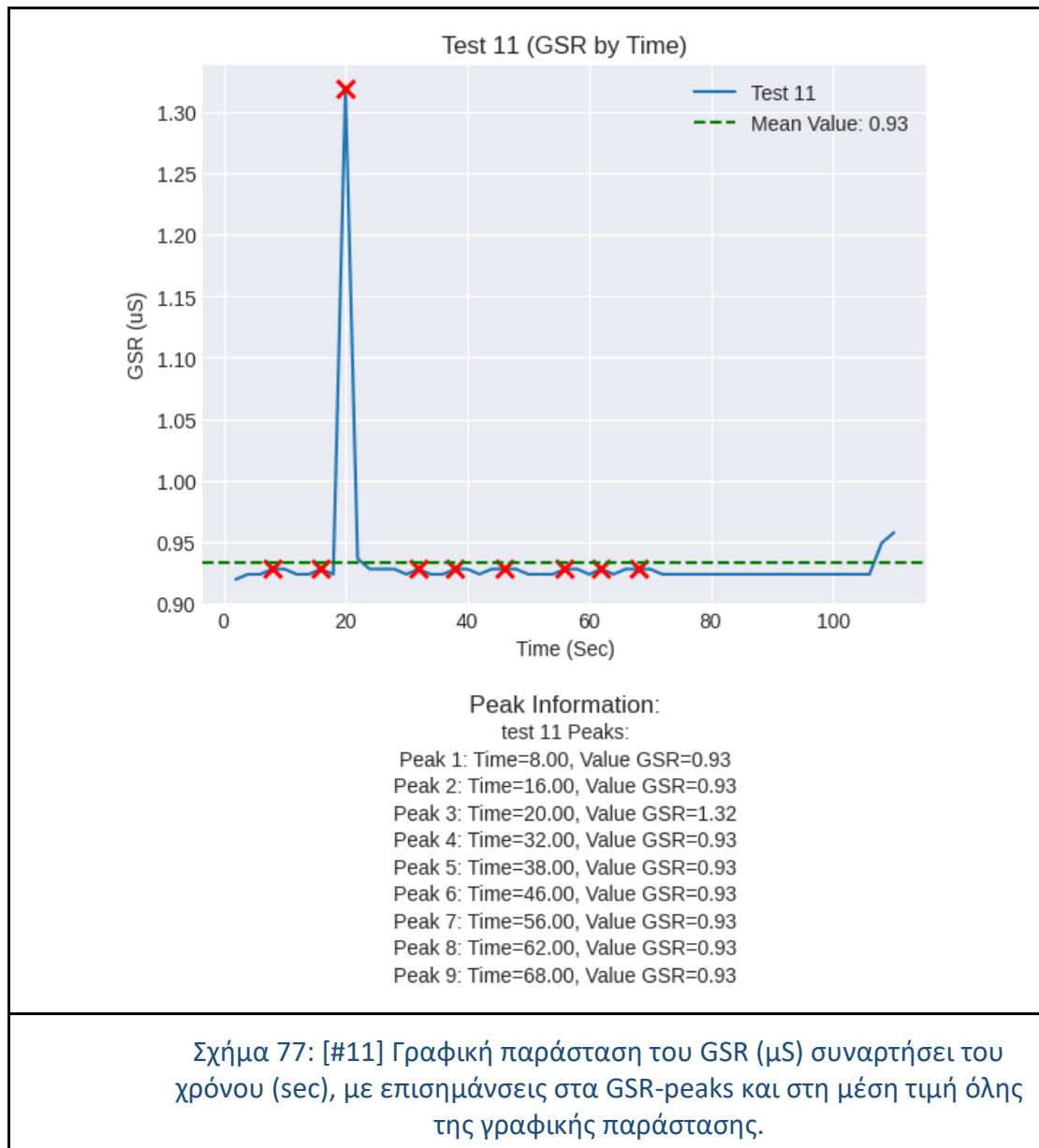
Σχήμα 76: [#11] Γραφική παράσταση του GSR ( $\mu\text{S}$ ) μαζί με το Φασικό GSR συναρτήσει του χρόνου (Sec)

Στην παρακάτω γραφική παράσταση (Σχήμα 77), επισημαίνονται οι GSR κορυφές (GSR-peaks), αλλά και η συνολική μέση τιμή της γραφικής παράστασης GSR (σε  $\mu\text{S}$ ) σε συνάρτηση με τον χρόνο (σε sec).

Στην συγκεκριμένη περίπτωση, η μέση τιμή είναι **Mean\_Value = 0.93** και τα **9 τοπικά μέγιστα (GSR - peak) είναι:**

- Peak 1: Time=8.00, Value GSR=0.93
- Peak 2: Time=16.00, Value GSR=0.93
- Peak 3: Time=20.00, Value GSR=1.32
- Peak 4: Time=32.00, Value GSR=0.93
- Peak 5: Time=38.00, Value GSR=0.93
- Peak 6: Time=46.00, Value GSR=0.93
- Peak 7: Time=56.00, Value GSR=0.93
- Peak 8: Time=62.00, Value GSR=0.93
- Peak 9: Time=68.00, Value GSR=0.93

Οι 9 GSR κορυφές δεν σηματοδοτούν κάτι, αφού με εξαίρεση την κορυφή 3 (peak 3), που τα ηλεκτρόδια έκαναν κάποια στιγμιαία επαφή με τα δάχτυλα της εξεταζόμενης, σε όλη την υπόλοιπη γραφική παράσταση φαίνεται να μην γίνεται κάποια επαφή και άρα οι μετρήσεις να αντιστοιχούν στις μετρήσεις του αέρα.



### 3.2. Ανάπτυξη και ανάλυση ερωτηματολογίου

#### 3.2.1. Γενικά στοιχεία

Η έρευνα σε κοινό με χρήση ερωτηματολογίου πραγματοποιήθηκε με στόχο να καταγραφούν οι εκτιμήσεις των ίδιων των ανθρώπων για το επίπεδο του άγχους που βίωσαν κατά τη διενέργεια διαγνωστικών ελέγχων στη διάρκεια της πανδημίας COVID-19.

Γίνεται προσπάθεια να σκιαγραφήσουμε την σχέση των ανθρώπων με τα μέτρα πρόληψης/αντιμετώπισης του ιού SARS-CoV-2 (π.χ. εμβολιασμός, tests), ενώ παράλληλα γίνεται και παρατήρηση σχετικά με το πώς επιδρά το άγχος για το αποτέλεσμα ή για την ίδια τη διαδικασία του διαγνωστικού ελέγχου ως προς την απόφαση του υποκειμένου να κάνει rapid η self test σε κάθε περίοδο της πανδημίας (το 2020, το 2021 και από το 2022 έως σήμερα).

Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, σχεδιάστηκε ένα ερωτηματολόγιο που περιέχει ερωτήσεις όπως η συχνότητα νόσησης από SARS-CoV-2, οι εμβολιασμοί, η ευπάθεια / υποκείμενα νοσήματα του υποκειμένου και των οικείων του και κυρίως το επίπεδο του άγχους που βίωσαν, διαχωρισμένου σε τρεις διαφορετικές φάσεις της πανδημίας:

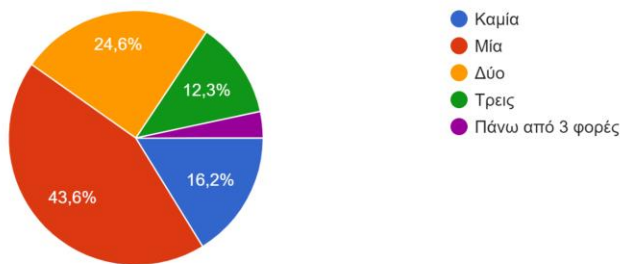
- Πρώτη φάση: 2020,
- Δεύτερη φάση: 2021
- Τρίτη φάση: από το 2022 ως σήμερα.

Συγκεκριμένα το ερωτηματολόγιο δομήθηκε από 8 ερωτήσεις, οι 7 κλειστού τύπου – πολλαπλής επιλογής και η 1 είχε και προαιρετική δυνατότητα σύντομης ανάπτυξης προσωπικής απάντησης για κάθε συμμετέχοντα. Αναπτύχθηκε στο περιβάλλον Google Forms, διακινήθηκε ηλεκτρονικά στο διάστημα Μάιος - Οκτώβριος 2023 και συλλέχθηκαν 179 απαντήσεις. Οι απαντήσεις αναλύθηκαν στατιστικά με ποσοτική ανάλυση. Το ίδιο το ερωτηματολόγιο παρουσιάζεται στο “Παράρτημα II”, ενώ τα αποτελέσματα δίνονται στην επόμενη ενότητα.

### **3.2.2. Απαντήσεις Ερωτηματολογίου**

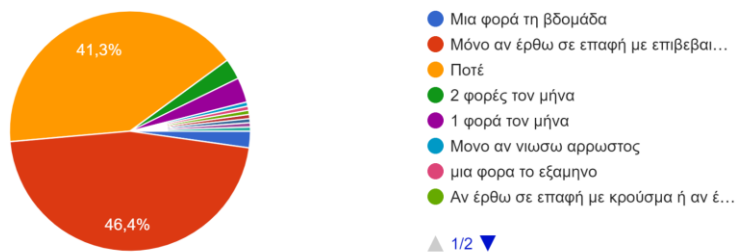
Τα αποτελέσματα από την ανάλυση των απαντήσεων δίνονται στα Σχήματα 78-85, με μορφή ποσοστών ανά κατηγορία απάντησης και οπτικοποιημένα σε διαγράμματα τύπου πίτας.

1. Πόσες φορές έχετε βγει θετικός/ή στον Covid-19?  
179 απαντήσεις



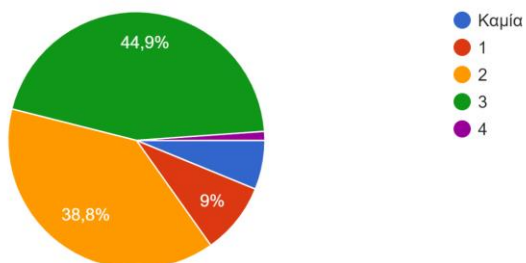
Σχήμα 78: Ποσοστά απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο στην Ερώτηση 1

2. Αυτήν την περίοδο των τελευταίων μηνών πόσο συχνά κάνετε rapid ή self test για τον Covid-19?  
179 απαντήσεις



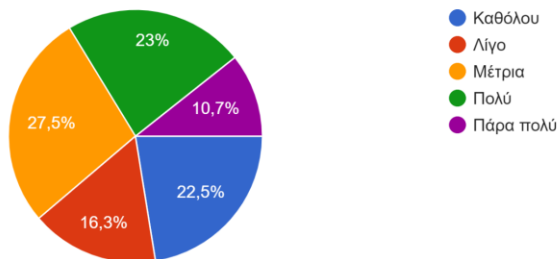
Σχήμα 79: Ποσοστά απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο στην Ερώτηση 2

3. Πόσες δόσεις εμβολίου έχετε κάνει?  
178 απαντήσεις



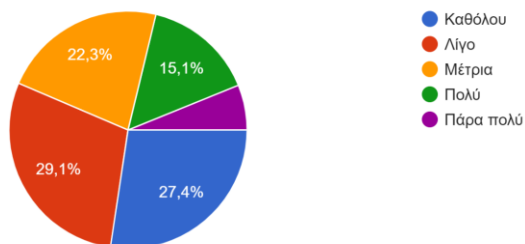
Σχήμα 80: Ποσοστά απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο στην Ερώτηση 3

4. Πόσο σας επηρέασε ο παράγοντας του άγχους (για το αποτέλεσμα ή για τη διαδικασία του test) στην απόφαση σας να κάνετε rapid ή self test στην αρχή της πανδημίας περιόδου (2020)?  
178 απαντήσεις



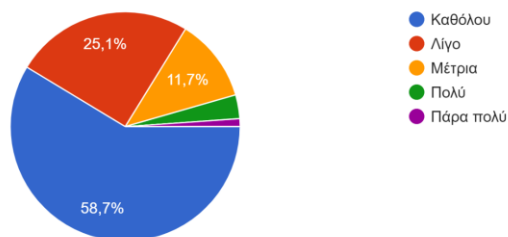
Σχήμα 81: Ποσοστά απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο στην Ερώτηση 4

5. Πόσο σας επηρέασε ο παράγοντας του άγχους (για το αποτέλεσμα ή για τη διαδικασία του test) στην απόφαση σας να κάνετε rapid ή self test στα μέσα της πανδημίας περιόδου (2021)?  
179 απαντήσεις

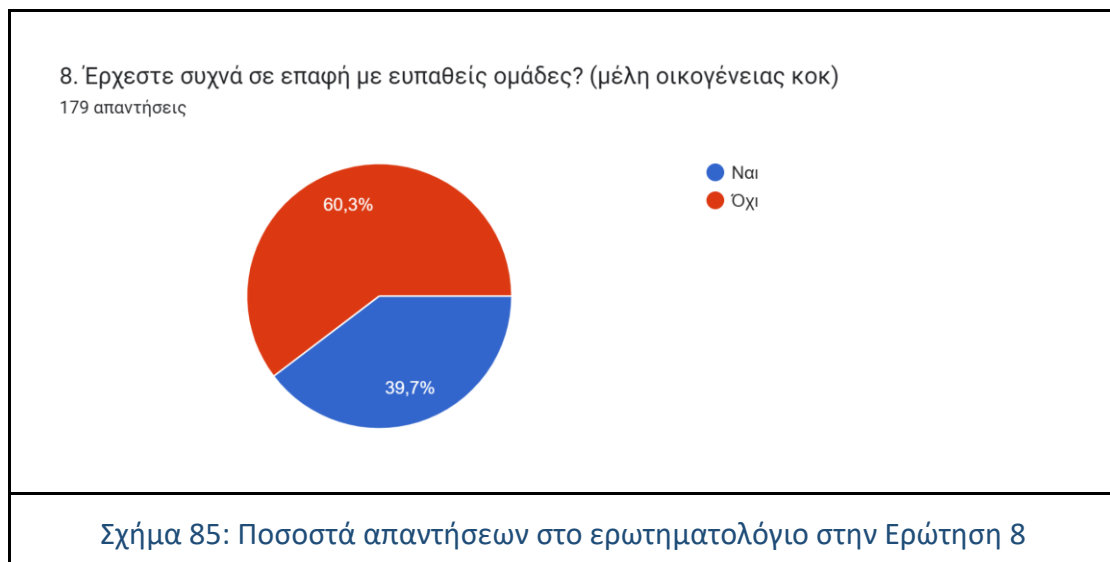
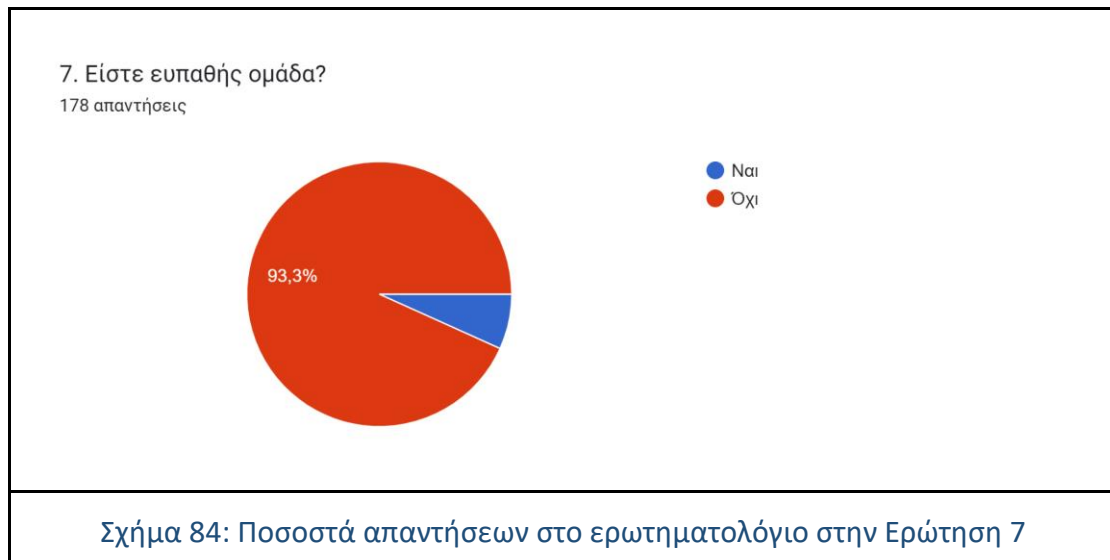


Σχήμα 82: Ποσοστά απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο στην Ερώτηση 5

6. Πόσο σας επηρεάζει σήμερα ο παράγοντας του άγχους (για το αποτέλεσμα ή για τη διαδικασία του test) ως προς την απόφαση σας να κάνετε rapid ή self test ?  
179 απαντήσεις



Σχήμα 83: Ποσοστά απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο στην Ερώτηση 6



Στο παραπάνω ερωτηματολόγιο γίνεται προσπάθεια να σκιαγραφήσουμε την σχέση των ανθρώπων με τα μέτρα πρόληψης/αντιμετώπισης του ιού COVID-19 (πχ εμβολιασμός, tests), ενώ παράλληλα γίνεται μια παρατήρηση σχετικά με το πώς επιδρά το άγχος για το αποτέλεσμα ή για τη διαδικασία του test ως προς την απόφαση τους να κάνουν rapid η self test σε κάθε περίοδο της πανδημίας (το 2020, το 2021 και σήμερα).

1. Από την Ερώτηση 1 προκύπτει ότι η πλειοψηφία (43.6%) έχει νοσήσει 1 φορά, ένα 16.2% δεν έχει νοσήσει ποτέ, ενώ καταγράφεται και ένα 3.4% περίπου που έχει νοσήσει πάνω από 3 φορές.



2. Στην Ερώτηση 2 η πλειοψηφία (46.4%) απαντά ότι κάνει test μόνο αν έρθει σε επαφή με επιβεβαιωμένο κρούσμα, ένα μεγάλο ποσοστό ένα 41.3% δεν κάνει test “Ποτέ”, ένα 6.2% κάνει test είτε 1 είτε 2 φορές τον μήνα, ενώ καταγράφεται και ένα 3% περίπου που κάνει test μόνο αν αισθανθεί συμπτώματα.

Το κοινό που απάντησε μέσω απαντήσεων ελεύθερης ανάπτυξης, δήλωσε πως κάνει test στις εξής περιπτώσεις: “Μόνο αν έχω ύποπτο σύμπτωμα”, “Σπάνια, μια φορά το εξάμηνο αν νιώθω συμπτώματα”, “Αν έρθω σε επαφή με κρούσμα ή έχω συμπτώματα”, “Αν έρθω σε επαφή με κρούσμα και αν είμαι άρρωστη”, “Αν έρθω σε επαφή με κρούσμα ή αν έχω συμπτώματα ίωσης”, “μια φορά το εξάμηνο”, “Μόνο αν νιώσω άρρωστος”.

3. Στην Ερώτηση 3, το 44.9% δηλώνει ότι έχει εμβολιαστεί με 3 δόσεις, το 40% περίπου με 2 δόσεις, το 9% με 1 δόση και καταγράφεται ένα 6% περίπου που δεν έχει εμβολιαστεί.
4. Στην Ερώτηση 4 που αφορά το άγχος που βίωσαν κατά την 1<sup>η</sup> περίοδο της πανδημίας (2020), το 33.7% περίπου δήλωσε «Πολύ» ή «Πάρα πολύ», ένα 27.5% «Μέτρια», ενώ άλλο ένα 38,8% περίπου «Λίγο» έως «Καθόλου».
5. Στην Ερώτηση 5, που αφορά το άγχος που βίωσαν κατά την 2<sup>η</sup> περίοδο της πανδημίας (2021), το 21% περίπου δήλωσε «Πολύ» ή «Πάρα πολύ», ένα 22% περίπου δήλωσε «Μέτρια», ενώ άλλο ένα 57% περίπου «Λίγο» ή «Καθόλου».
6. Στην Ερώτηση 6, που αφορά το άγχος που βίωσαν κατά την 3<sup>η</sup> περίοδο της πανδημίας (2022 έως σήμερα), το 59% περίπου δήλωσε «Καθόλου», ένα 25% δήλωσε «Λίγο» και ένα 12% «Μέτρια», ενώ ένα ποσοστό της τάξης του 4% περίπου δήλωσε «Πολύ» ή «Πάρα πολύ».
7. Στην Ερώτηση 7, αν ανήκει το υποκείμενο σε ευπαθή ομάδα, το 93.3% περίπου δήλωσε “όχι,” άρα το 6.7% ανήκει σε ευπαθή ομάδα.
8. Τέλος, στην Ερώτηση 8, αν το υποκείμενο έρχεται συχνά σε επαφή με ευπαθείς ομάδες, το 60.3% δήλωσε όχι ενώ το 39.7% περίπου δήλωσε ναι.

Από τις ανωτέρω απαντήσεις διαπιστώνεται ότι πάνω από το 80% περίπου ή 4 στους 5 είχαν νοσήσει τουλάχιστον μία φορά, ενώ το 46% δήλωσε πως κάνει test

μόνο αν έρθει σε επαφή με επιβεβαιωμένο κρούσμα. Αυτό είναι πια απόλυτα αναμενόμενο, καθώς τα περιστατικά κρουσμάτων/ θανάτων από COVID-19, το 2023 που πραγματοποιείται η έρευνα αυτή, έχουν μειωθεί σε σχέση με τις προηγούμενες χρονιές (του 2020, 2021 και 2022). Στην Ερώτηση 3, σχετικά με τις δόσεις εμβολίων, φάνηκε πως το 93.8% είχε πραγματοποιήσει τουλάχιστον μια δόση εμβολίου.

Ως προς το κύριο θέμα της έρευνας που είναι το άγχος, παρατηρείται πως το άγχος κατά την πρώτη περίοδο της πανδημίας (2020) ήταν πολύ μεγάλο συγκριτικά με την δεύτερη περίοδο (2021) που καταγράφηκε αισθητά ελαττωμένο. Όπως φαίνεται και στα ποσοστά των απαντήσεων, μόνο το 15.1% δήλωσε πως είχε “Πολύ” άγχος για τη διενέργεια rapid covid test στην δεύτερη περίοδο (2021), έναντι του 23% «Πολύ» και του 10.7% «Πάρα πολύ» της πρώτης περιόδου (2020). Χαρακτηριστικό είναι ότι στην τρίτη περίοδο (2022-23) μόλις το 4.5% δήλωσε πως είχε «Πολύ» ή «Πάρα πολύ» άγχος, ενώ το 58.7% δήλωσε πως κατά την τρίτη περίοδο δεν είχε “Καθόλου” άγχος για το αποτέλεσμα ή για την ίδια τη διαδικασία του test.

Με βάση τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου είναι εμφανής η ανάγκη για πρόληψη και για ιχνηλάτηση για τον ιό SARS-CoV-2, ανάλογα και με τη εξάπλωση του. Στις περιόδους αυξημένης επικινδυνότητας από τον ιό, κάποιοι χρήσιμοι δείκτες αναφορικά με την εξάπλωση και την θνησιμότητα του ιού ήταν το ποσοστό των ανθρώπων που νοσοούν ανά Πόλη, Νομό ή Χώρα, ο αριθμός των ανθρώπων που είναι διασωληνωμένοι στις Μονάδες Εντατικής Θεραπείας (ΜΕΘ), όπως επίσης ένας κρίσιμος δείκτης της επικινδυνότητας του κάθε ιού είναι ο αριθμός των νεκρών ανά ημέρα από τον ιό, αλλά και το ποσοστό θνησιμότητας από τον ιό.

Με βάση το ερωτηματολόγιο παρατηρείται μια αρκετά μεγάλη συμμετοχή στις διαδικασίες πρόληψης και προστασίας από τον ιό, όπως το γεγονός πως παρατηρήθηκαν υψηλά ποσοστά ανταπόκρισης στα εμβόλια (πχ. 93.8% έχουν κάνει τουλάχιστον μία δόση εμβολίου), συχνή ιχνηλάτηση με tests (όπως φάνηκε και από την πλειοψηφία των απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο).

---

## 4. Συμπεράσματα και μελλοντικά στοιχεία για διερεύνηση

---

### 4.1. Συμπεράσματα

---

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία εξετάζει τόσο σε θεωρητικό, όσο και σε πειραματικό επίπεδο, αν εντοπίζεται άγχος/στρες στα υποκείμενα κατά τη διάρκεια που πραγματοποιούν rapid test για τον ιό SARS-CoV-2 και κατά πόσο το άγχος αυτό επηρεάζει την συμμετοχή των υποκειμένων σε διαγνωστικούς ελέγχους Covid-19.

Για να αντιμετωπιστεί ο ιός είναι απαραίτητη η διενέργεια διαγνωστικών ελέγχων στην κοινότητα. Όμως, σε ατομικό επίπεδο το testing είναι ένας παράγοντας που δημιουργεί άγχος και στρες στο υποκείμενο.

Οι τρόποι μέτρησης του άγχους στον ανθρώπινο οργανισμό που προτάθηκαν από την επιστημονική κοινότητα, είναι η μέτρηση καρδιακών παλμών (HR), η παρατήρηση των εκφράσεων του προσώπου, η Γαλβανική Απόκριση Δέρματος (GSR), η θερμοκρασία δακτύλων (FT), η διαστολή της κόρης των ματιών (PD), όπως επίσης και το eyetracking (ET) και άλλες μέθοδοι.

Μεταξύ όλων των ανωτέρω εναλλακτικών, επιλέχθηκε η μελέτη με αισθητήρα που μετρά την Γαλβανική Απόκριση Δέρματος (GSR). Αφού εξηγείται η επιλογή της GSR για τη μελέτη του άγχους σε ανθρώπους που υποβάλλονται σε διαδικασίες rapid test, περιγράφεται αναλυτικά ο τρόπος, μέσω του οποίου, αναλύονται τα δεδομένα GSR. Αναλύεται πώς συμπεριφέρεται η Γαλβανική Απόκριση του Δέρματος (GSR), όταν υπάρχει ένα έντονο ερέθισμα που προκαλεί έκπληξη, στρες ή συναισθηματική διέγερση.

Διερευνήθηκε και επιβεβαιώθηκε η υπόθεση πως το άγχος επηρεάζει την συμμετοχή σε διαγνωστικούς ελέγχους (Rapid test) για Covid-19. Μετρήθηκε και καταγράφηκε το επίπεδο του άγχους με αντικειμενικό τρόπο. Για να επιτευχθεί αυτό, χρησιμοποιήθηκε ένας αισθητήρας (συνδεδεμένος με μικροελεγκτή) και μετρήθηκε η Γαλβανική Απόκριση Δέρματος (GSR).

Το πειραματικό μέρος της διπλωματικής εργασίας περιλαμβάνει δύο διαφορετικές προσεγγίσεις, την 'αντικειμενική' και την 'υποκειμενική'. Η πρώτη

στηρίζεται σε μετρήσεις με έναν αισθητήρα που ανιχνεύει τη Γαλβανική Απόκριση Δέρματος (GSR), ενώ στη δεύτερη, με τη χρήση ενός ερωτηματολογίου, διερευνάται η σχέση του υποκειμένου με τον ιό SARS-CoV-2. Οι μετρήσεις GSR έγιναν με επισκέψεις σε φαρμακεία που πραγματοποιούσαν Rapid tests και με τη χρήση ενός αισθητήρα GSR, συνδεδεμένου με έναν μικροελεγκτή Arduino UNO, που με τη σειρά του συνδέθηκε με έναν Η/Υ. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων, μετά από επεξεργασία και ανάλυση, συγκρίθηκαν με την θεωρητική προσέγγιση, ώστε να ελεγχθεί κατά πόσο διαπιστώνεται πειραματικά αυτό το οποίο προβλέφθηκε.

Αναλυτικότερα, τα στάδια της πειραματικής διαδικασίας ήταν τα εξής:

- Συλλέχθηκαν δεδομένα μέσω του αισθητήρα GSR, συνδεδεμένου σε Arduino UNO και σε έναν Η/Υ από 51 εξεταζόμενους που έκαναν rapid test σε φαρμακείο.
- Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, καταγράφηκαν σε ένα αρχείο τύπου “excel”, μέσω του προγράμματος “LibreOffice Calc”.
- Μετατράπηκαν οι τιμές από Arduino Units (AU) σε microSiemens ( $\mu\text{S}$ ).
- Παρουσιάστηκαν τα γραφήματα και με χρήση Python (α) δημιουργήθηκε το φασικό σήμα GSR και (β) επισημάνθηκαν τα GSR-peaks και η μέση τιμή κάθε γραφικής παράστασης με συστηματικό τρόπο.
- Για την επεξεργασία των μετρήσεων υπολογίζονταν 4 βασικά χαρακτηριστικά για κάθε SCR που ανιχνεύτηκε: Latency, Rise Time, Peak Amplitude, Recovery Time.

Διακινήθηκε ερωτηματολόγιο σε 179 συμμετέχοντες για την πανδημία Covid-19 και για την αντίληψη του κοινού σχετικά με τα επίπεδα του άγχους που βίωνε σε κάθε διαφορετική φάση της πανδημίας.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν οδηγούν ως συμπέρασμα στην αποδοχή της αρχικής υπόθεσης ότι **“υπάρχει αύξηση των επιπέδων του άγχους που βιώνει το υποκείμενο κατά τη διενέργεια rapid test για την πανδημία Covid-19”**.

Με βάση τα tests που πραγματοποιήθηκαν και τις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις που προέκυψαν, οι περιπτώσεις υποκειμένων που μελετήθηκαν,

διαπιστώθηκε, από τη συγκριτική μελέτη των καμπυλών των μετρήσεων, ότι θα μπορούσαν να ομαδοποιηθούν σε τρεις (3) βασικές κατηγορίες.

- **1η Κατηγορία:** παρατηρείται ότι 36 στους 51, δηλαδή το 71% σημείωσε αύξηση στα επίπεδα του άγχους/στρες κατά τη διάρκεια του rapid test για την πανδημία Covid-19.
- **2η Κατηγορία:** Σε ένα ποσοστό 24%, δεν υπήρξε αύξηση των επιπέδων του στρες κατά τη διάρκεια διαγνωστικού ελέγχου για την πανδημία Covid-19, καθώς δεν παρουσιάστηκε κάποια ιδιαίτερη μεταβολή στις τιμές του GSR κατά τη διάρκεια του rapid test κι επομένως βρίσκονταν σε κατάσταση ηρεμίας.
- **3η Κατηγορία:** Σε ένα ποσοστό 5% δεν πραγματοποιήθηκαν έγκυρες μετρήσεις, λόγω κάποιου πειραματικού σφάλματος (πχ. κακής επαφής ηλεκτροδίων στο δέρμα). Σε αυτήν την κατηγορία μετρήσεων εμφανίζονται τιμές εκτός των φυσιολογικά αναμενόμενων ορίων του GSR. Τα όρια αυτά είναι από 1 ως 20  $\mu\text{S}$ . Γι' αυτό αν σε ένα test δεν υπάρχει καλή επαφή του αισθητήρα με τα δάχτυλα του υποκειμένου, τότε μετριέται η τιμή που αντιστοιχεί σε μετρήσεις του αέρα, δηλαδή κάτω από 1  $\mu\text{S}$  (εκτός φυσιολογικών ορίων) και συγκεκριμένα 0.93  $\mu\text{S}$ .

Στην περίπτωση των εξειδικευμένων ερωτηματολογίων τα δεδομένα που ελήφθησαν, χρησιμοποιήθηκαν για να καταγράψουν την υποκειμενική άποψη του κοινού για τον ιό SARS-CoV-2 και τους διαγνωστικούς ελέγχους για την πανδημία Covid-19 και το άγχος που βιώνει. Η έρευνα σε κοινό με χρήση ερωτηματολογίου πραγματοποιήθηκε με στόχο να καταγραφούν οι εκτιμήσεις των ίδιων των ανθρώπων για το επίπεδο του άγχους που βίωσαν κατά τη διενέργεια διαγνωστικών ελέγχων στη διάρκεια της πανδημίας COVID-19.

Συνοψίζοντας τα ευρήματα του ερωτηματολογίου, θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι όσο αυξάνεται η εξοικείωση με την διαδικασία των διαγνωστικών ελέγχων, τόσο μειώνεται το επίπεδο του άγχους κατά τη διάρκεια ενός διαγνωστικού ελέγχου (test).

Παρόλα αυτά, ενώ οι μετρήσεις ελήφθησαν στην τρίτη φάση της πανδημίας, όπου πλέον οι περισσότεροι άνθρωποι είχαν εξοικειωθεί με τους διαγνωστικούς ελέγχους, εξακολουθεί να παρατηρείται μια σχετική αύξηση των τιμών GSR, που αντιστοιχεί σε μια αύξηση του στρες. Επομένως, σήμερα πλέον το άγχος επηρεάζει λιγότερο έναν άνθρωπο σε σχέση με την πρώτη φάση της πανδημίας, αλλά όπως φαίνεται και στα γραφήματα των μετρήσεων δεν εξαλείφεται πλήρως. Άλλωστε ανάλογες διαπιστώσεις έχουν καταγραφεί και για το άγχος που βιώνεται από τα υποκείμενα διαφόρων ιατρικών εξετάσεων και μετρήσεων, είτε λόγω της ίδιας της διαδικασίας της μέτρησης, είτε λόγω της κρισιμότητας των αποτελεσμάτων (π.χ. καρδιολογικές εξετάσεις, μέτρησης πίεσης, κ.α.).

## **4.2. Μελλοντικά στοιχεία για διερεύνηση**

---

Η GSR έχει συνδεθεί στενά με τη συναισθηματική κατάσταση και το επίπεδο διέγερσης (arousal level) ενός υποκειμένου και έχει χρησιμοποιηθεί ως δείκτης μη-συνειδητής συναισθηματικής έντασης (intensity) και γνωστικής επεξεργασίας (cognitive processing). Μερικοί τομείς έρευνας στους οποίους η GSR έχει εφαρμοστεί ευρέως περιλαμβάνουν την έρευνα συναισθημάτων (π.χ. φόβος, απειλή, ευτυχία), έρευνα λήψης αποφάσεων, κλινική έρευνα (π.χ. διαταραχές μετατραυματικού στρες, κατάθλιψη, αυτισμός) και έρευνα χρηστικότητας και marketing (αξιολόγηση περιεχομένου προϊόντων και μέσων).

Ορισμένες προτάσεις για μελλοντική έρευνα είναι:

- A. ο συνδυασμός του GSR με άλλους δείκτες, μέσω πολλαπλών αισθητήρων, ώστε πέρα από την συναισθηματική διέγερση να μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα για το είδος του συναισθήματος (θετικό ή αρνητικό). Για το άγχος/στρες θα μπορούσε να συνδυαστούν μετρήσεις Γαλβανικής Απόκρισης Δέρματος (GSR) και των καρδιακών παλμών (HR) ή/και ρυθμού αναπνοής (Respiration Rate).
- B. Η παρακολούθηση ματιών (Eye Tracking - ET) παρέχει μοναδικές πληροφορίες για τις γνωστικές διαδικασίες (cognitive processes) και

την οπτική προσοχή (visual attention). Μπορεί να συνδυαστεί με άλλα βιομετρικά στοιχεία, όπως δεδομένα γαλβανικής απόκρισης δέρματος (GSR), για να εμπλουτίσει περαιτέρω αυτές τις πληροφορίες και να βοηθήσει στην κατανόηση των εν λόγω διεργασιών.

- C. Τόσο η GSR όσο και η διαστολή της κόρης (Pupil Dilation - PD) αντικατοπτρίζουν μηχανισμούς συμπαθητικής δραστηριότητας, παρέχοντας πληροφορίες σχετικά με το επίπεδο διέγερσης ή το γνωστικό φορτίο ενός συμμετέχοντα κατά τη διάρκεια μιας συγκεκριμένης εργασίας.
- D. Τέλος, μια ακόμα ιδέα για μελλοντική εργασία είναι να υπάρχει φορητή συσκευή καταμέτρησης του GSR, έτσι ώστε οι διαδικασίες λήψης μετρήσεων να είναι εύκολο να γίνουν σε οποιοδήποτε περιβάλλον (πχ. κατά την οδήγηση, κατά τη διάρκεια ελεύθερης πτώσης, αναρρίχησης, κ.α.).





# Παραρτήματα

---

- [Παράρτημα I](#): Κώδικας σε Python για την επεξεργασία των δεδομένων των μετρήσεων για τα GSR - peaks
- [Παράρτημα II](#): Ερωτηματολόγιο
- [Παράρτημα III](#): Κώδικας σε Wiring για την λήψη μετρήσεων με χρήση αισθητήρα GSR συνδεδεμένου σε Arduino UNO
- [Παράρτημα IV](#): Κώδικας σε Python για την επεξεργασία των δεδομένων των μετρήσεων για το φιλτράρισμα με median filter
- [Παράρτημα V](#): Πίνακες

---

## Παράρτημα I: Κώδικας σε Python

---

Το “Παράρτημα I” περιλαμβάνει κώδικα σε Python για την επεξεργασία των δεδομένων των μετρήσεων και για τη δημιουργία των γραφικών παραστάσεων.

Ο κώδικας γράφτηκε και εκτελέστηκε στο “Google Colab”, μετά από μεταφόρτωση του αρχείου “GSR\_uS\_tests.ods”, στο οποίο είναι καταχωρημένες οι μετρήσεις σε uS και οι αντίστοιχες χρονικές στιγμές κάθε μέτρησης.

```
!pip install ezdf

!pip install mplcursors

import ezdf
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.signal import find_peaks #new
import mplcursors

# Ανοίγματος αρχείου ODS
doc = ezdf.opendoc('GSR_uS_tests_FinalVersion.ods')

# Επιλέγουμε το πρώτο φύλλο
```

```

sheet = doc.sheets[0]

# Διαβάζουμε τα δεδομένα από το φύλλο σε ένα DataFrame
data = []
for row in sheet.rows():
    data.append([cell.value for cell in row])

df = pd.DataFrame(data)

# Επιλογή των στηλών που θέλουμε
columns = [6, 11, 16, 21, 26, 31, 36, 41, 46, 51, 56, 61, 66, 71, 76,
81, 86, 91]

# Επιλογή στυλ
plt.style.use('seaborn-darkgrid')

# Δημιουργία ξεχωριστών γραφημάτων για τις επιλεγμένες στήλες
for column in columns:
    # Παίρνουμε τα δεδομένα από την επιλεγμένη στήλη
    x = pd.to_numeric(df[1], errors='coerce') # Στήλη "Time"
    y = pd.to_numeric(df[column], errors='coerce')

    # Βρίσκουμε τις κορυφές
    peaks, _ = find_peaks(y)
    # Υπολογισμός μέσης τιμής
    mean_value = y.mean()
    # Δημιουργία νέου γραφήματος
    plt.figure()
    # Δημιουργία γραφήματος
    plt.plot(x, y, label=f'Test {(column-1)//5}')
    # Επισήμανση των κορυφών
    plt.plot(x[peaks], y[peaks], 'x', markersize=8, markeredgewidth=2,
color='red')

    # Προσθήκη ευθείας γραμμής για τη μέση τιμή
    plt.axhline(mean_value, color='green', linestyle='--',
label=f'Mean Value: {mean_value:.2f}')

    # Προσθήκη ετικετών και τίτλου
    plt.xlabel('Time (Sec)')
    plt.ylabel('GSR (uS)')
    plt.title(f'Test {(column-1)//5} (GSR by Time)')
    plt.legend()
    # Εμφάνιση πληροφοριών κορυφών
    plt.text(0.5, -0.2, 'Peak Information:', ha='center',
transform=plt.gca().transAxes, fontsize=12)
    plt.text(0.5, -0.25, f'test {(column-1)//5} Peaks:', ha='center',
transform=plt.gca().transAxes, fontsize=10)

```

```

    for i, (peak_x, peak_y) in enumerate(zip(x[peaks], y[peaks]),
start=1):
        plt.text(0.5, -0.25-i*0.05, f'Peak {i}: Time={peak_x:.2f},
Value GSR={peak_y:.2f}', ha='center', transform=plt.gca().transAxes,
fontsize=10)

# Εμφάνιση πληροφοριών κορυφών
print(f'Test {(column-1)//5} Peaks:')
for i, (peak_x, peak_y) in enumerate(zip(x[peaks], y[peaks]),
start=1):
    print(f'Peak {i}: Time={peak_x:.2f}, Value GSR={peak_y:.2f}')

# Εμφάνιση όλων των γραφημάτων
plt.show()

```

---

## Παράρτημα II: Ερωτηματολόγιο

---

### Ερωτηματολόγιο:

#### Ερώτηση 1:

1. Πόσες φορές έχετε βγει θετικός/ή στον Covid-19?

- Καμία
- Μία
- Δύο
- Τρεις
- Πάνω από 3 φορές

#### Ερώτηση 2:

2. Αυτήν την περίοδο των τελευταίων μηνών πόσο συχνά κάνετε rapid ή self test για τον Covid-19?

- Μια φορά τη βδομάδα
- Μόνο αν έρθω σε επαφή με επιβεβαιωμένο κρούσμα
- Ποτέ
- 2 φορές τον μήνα
- 1 φορά τον μήνα

- Άλλο ....

**Ερώτηση 3:**

3. Πόσες δόσεις εμβολίου έχετε κάνει?

- Καμία
- 1
- 2
- 3
- 4

**Ερώτηση 4:**

4. Πόσο σας επηρέασε ο παράγοντας του άγχους (για το αποτέλεσμα ή για τη διαδικασία του test) στην απόφασή σας να κάνετε rapid ή self test στην αρχή της πανδημίας περίοδος (2020)?

- Καθόλου
- Λίγο
- Μέτρια
- Πολύ
- Πάρα πολύ

**Ερώτηση 5:**

5. Πόσο σας επηρέασε ο παράγοντας του άγχους (για το αποτέλεσμα ή για τη διαδικασία του test) στην απόφασή σας να κάνετε rapid ή self test στα μέσα της πανδημίας περίοδος (2021)?

- Καθόλου
- Λίγο
- Μέτρια
- Πολύ
- Πάρα πολύ

### Ερώτηση 6:

6. Πόσο σας επηρεάζει σήμερα ο παράγοντας του άγχους (για το αποτέλεσμα ή για τη διαδικασία του test) ως προς την απόφασή σας να κάνετε rapid ή self test ?

- Καθόλου
- Λίγο
- Μέτρια
- Πολύ
- Πάρα πολύ

### Ερώτηση 7:

7. Είστε ευπαθής ομάδα?

- Ναι
- Όχι

### Ερώτηση 8:

8. Έρχεστε συχνά σε επαφή με ευπαθείς ομάδες? (μέλη οικογένειας κοκ)

- Ναι
- Όχι

---

## Παράρτημα III: Κώδικας σε Wiring

---

Στο παράρτημα αυτό παρουσιάζεται ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε για να ληφθούν οι μετρήσεις, ο οποίος είναι γραμμένος στη γλώσσα προγραμματισμού Wiring, που είναι συμβατή με το Arduino.

```
const int GSR=A0; // declares a constant "GSR" that correspond to the
analog pin A0 on the Arduino
int sensorValue=0; //creates a variable "sensorValue" to store the
analog value read from the GSR sensor
int gsr_average=0; //creates a variable "gsr_average" to store the
average of GSR sensor readings

void setup()
{
```

```

Serial.begin(9600); //enables serial communication at a baud rate of
9600 bits per sec
}

void loop()
{
  long sum=0; //creates a variable "sum" to accumulate the readings
from the GSR sensor
  for(int i=0;i<10;i++) //Average the 10 measurements USING FOR LOOP
  {
    sensorValue=analogRead(GSR);
    sum += sensorValue;
    delay(5); //a 5-millisecond delay in the program's execution
  }
  gsr_average = sum/10;
  Serial.print("gsr_average =");
  Serial.println(gsr_average);

  delay(2000); //2-second delay in the program's execution.
}

```

---

## Παράρτημα IV: Κώδικας σε Python

---

Το “Παράρτημα IV” περιλαμβάνει κώδικα σε Python για την επεξεργασία των δεδομένων των μετρήσεων και για τη δημιουργία των γραφικών παραστάσεων. Ο κώδικας γράφτηκε και εκτελέστηκε στο “Google Colab”, μετά από μεταφόρτωση του αρχείου “GSR\_uS\_tests.ods”, στο οποίο είναι καταχωρημένες οι μετρήσεις σε uS και οι αντίστοιχες χρονικές στιγμές κάθε μέτρησης, όπως και στο Παράρτημα I.

```

!pip install ezodf
!pip install mplotcursors

import ezodf
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.signal import find_peaks
import numpy as np

# Ανοίγματος αρχείου ODS
doc = ezodf.open('GSR_uS_tests_FinalVersion.ods')

```

```

# Επιλέγουμε το πρώτο φύλλο
sheet = doc.sheets[0]

# Διαβάζουμε τα δεδομένα από το φύλλο σε ένα DataFrame
data = []
for row in sheet.rows():
    data.append([cell.value for cell in row])

df = pd.DataFrame(data)

# Επιλογή των στηλών που θέλουμε
columns = [6, 11, 16, 21, 26, 31, 36, 41, 46, 51, 56, 61, 66, 71, 76,
81, 86, 91]

# Επιλογή στυλ
plt.style.use('seaborn-darkgrid')

# Δημιουργία ξεχωριστών γραφημάτων για τις επιλεγμένες στήλες
for column in columns:
    # Παίρνουμε τα δεδομένα από την επιλεγμένη στήλη
    x = pd.to_numeric(df[1], errors='coerce') # Στήλη "Time"
    y = pd.to_numeric(df[column], errors='coerce')

    # Βρίσκουμε τις κορυφές
    peaks, _ = find_peaks(y)

    # Υπολογισμός μέσης τιμής
    mean_value = y.mean()

    # Δημιουργήστε μια νέα λίστα για το φασικό σήμα
    phasic_signal = []

    # Εφαρμόστε το φασικό φίλτρο
    window_size = 4 # Μέγεθος παραθύρου +/-4 δευτερολέπτων
    for i in range(len(x)): #(len(y)):
        start = max(0, i - window_size)
        end = min(len(x), i + window_size + 1)
        window = y[start:end]
        phasic_value = y[i] - np.mean(window)
        phasic_signal.append(phasic_value)

    # Φτιάξτε ξεχωριστή γραφική παράσταση για το φασικό σήμα
    plt.figure(figsize=(12, 4))
    plt.plot(x, phasic_signal, color = 'red', label='GSR_phasic')
    plt.title(f'Test {(column-1)//5 } (Phasic GSR)')
    plt.xlabel('Time (Sec)')
    plt.ylabel('GSR (uS)')
    plt.ylim(-0.5, 0.5) # Ορίστε τα όρια του άξονα y

```

```

plt.legend()
plt.show()

# Δημιουργούμε το γράφημα με και το αρχικό GSR
plt.figure(figsize=(12, 4))
plt.plot(x, y, label='GSR_normal')
plt.plot(x, phasic_signal, label='GSR_phasic')

# Επισημαίνουμε τα GSR peaks με "x"
for peak in peaks:
    plt.scatter(peak, phasic_signal[peak], marker='x', c='r')
# Επισημαίνουμε τα GSR peaks με "x"
#plt.scatter(x[peaks], y[peaks], marker='x', c='r', label='GSR
Peaks')

plt.title(f'Test {(column-1)//5 } (GSR and Phasic GSR)')
plt.xlabel('Time (Sec)')
plt.ylabel('GSR (uS)')
plt.legend()
plt.show()

```

---

## Παράρτημα V: Πίνακες

---

- [Πίνακας 1: οι τιμές GSR \(σε Units arduino\) μαζί με τους χρόνους λήψης των μετρήσεων.](#)
- [Πίνακας 2: Αντιστοίχιση των αντιστάσεων σε Ω \(Ohm\) με την τάση που μετρά το πρόγραμμα σε Arduino Units](#)



# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

[1] EODY - “Ελονοσία και ταξίδι”. <https://eody.gov.gr> [online] Available at: [https://eody.gov.gr/wp-content/uploads/2018/12/elonosia\\_taksidi.pdf](https://eody.gov.gr/wp-content/uploads/2018/12/elonosia_taksidi.pdf) [Accessed December 2018]

[2] Kaur, H., Garg, S., Joshi, H., Khan, A., Sharma, S., & Bhandari, M. (2020). International Journal of Pharmacological Research A Review: Epidemics and Pandemics in Human History QR Code. *International Journal of Pharmacological Research*, 10(04). <https://doi.org/10.7439/ijpr>

[3] Núñez, Y., Alvarez, G., Rodriguez-Bermúdez, P., Lobao, D., & Moreno Lemus, N. (2018). *Computational modeling and simulation of epidemic infectious diseases*.

[4] Shaw, R., Kim, Y. kyun, & Hua, J. (2020). Governance, technology and citizen behavior in pandemic: Lessons from COVID-19 in East Asia. *Progress in Disaster Science*, 6. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2020.100090>

[5] Επίσημη Ιστοσελίδα Τουρκικής Ραδιοφωνίας Τηλεόρασης TRT - [trt.net](http://trt.net) [online]. Available at: <https://www.trt.net.tr/greek/covid19>

[6] Grant, M. C., Geoghegan, L., Arbyn, M., Mohammed, Z., McGuinness, L., Clarke, E. L., & Wade, R. G. (2020). The prevalence of symptoms in 24,410 adults infected by the novel coronavirus (SARS-CoV-2; COVID-19): A systematic review and meta-analysis of 148 studies from 9 countries. *PLoS ONE*, 15(6 June). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234765>

[7] Edouard Mathieu, Hannah Ritchie, Lucas Rodés-Guirao et. al., Our World In Data - <https://ourworldindata.org/> [online]. Available at: <https://ourworldindata.org/coronavirus-testing>. [Accessed 23 June 2022].

[8] Our World In Data - <https://ourworldindata.org/> [online]. Available at: <https://ourworldindata.org/grapher/covid-19-testing-policy>

[9] Marres, N., & Stark, D. (2020). Put to the test: For a new sociology of testing. *British Journal of Sociology*, 71(3), 423–443. <https://doi.org/10.1111/1468-4446.12746>

[10] Robinson, J. H. (2020). What the pregnancy test is testing. *The British Journal of Sociology*, 71(3), 460–473. <https://doi.org/10.1111/1468-4446.12758>

[11] Armstrong, N., & Eborall, H. (2012). The sociology of medical screening: Past, present and future. *Sociology of Health and Illness*, 34(2), 161–176. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9566.2011.01441.x>

[12] Orbell, S., O’Sullivan, I., Parker, R., Steele, B., Campbell, C., & Weller, D. (2008). Illness representations and coping following an abnormal colorectal cancer screening result. *Social Science & Medicine*, 67(9), 1465–1474. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2008.06.039>

[13] Petticrew, M., Sowden, A., & Lister-Sharp, D. (2001). FALSE-NEGATIVE RESULTS IN SCREENING PROGRAMS. *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, 17(2), 164–170. <https://doi.org/10.1017/S0266462300105021>

[14] PACDEFF - The Pacific and Australasian CRM Developers’ and Facilitators’ Forum <https://www.pacdeff.com/> [online] Available at: <https://www.pacdeff.com/pdfs/What%20is%20Stress.pdf> Chapter 1. “What is Stress?”.

[15] MN - <https://microbiologynote.com/> [online] Available at: <https://microbiologynote.com/el/autonomic-nervous-system-definition-structure-functions/>

[16] Healey, J. A., & Picard, R. W. (2005). Detecting stress during real-world driving tasks using physiological sensors. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 6(2), 156–166. <https://doi.org/10.1109/TITS.2005.848368>

[17] de Santos Sierra, A., Sánchez Ávila, C., Guerra Casanova, J., & Bailador Del Pozo, G. (2011). A stress-detection system based on physiological signals and fuzzy logic. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 58(10), 4857–4865. <https://doi.org/10.1109/TIE.2010.2103538>

[18] J. Andren and P. Funk, "A case-based approach using behavioral biometrics to determine a user's stress level," in Proc. ICCBR Workshops, 2005, pp. 9–17

[19] Dinges, D. F., Venkataraman, S., McGlinchey, E. L., & Metaxas, D. N. (2007). Monitoring of facial stress during space flight: Optical computer recognition combining discriminative and generative methods. *Acta Astronautica*, 60(4–7), 341–350. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2006.09.003>

[20] Dinges, D. F., Rider, R. L., Dorrian, J., McGlinchey, E. L., Rogers, N. L., Cizman, Z., Goldenstein, S. K., Vogler, C., Venkataraman, S., & Metaxas, D. N. (2005). Optical computer recognition of facial expressions associated with stress induced by performance demands. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 76(6 Suppl), B172-82. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15943210/>

[21] Jiang, M., & Wang, Z. (2009). A Method for Stress Detection Based on FCM Algorithm. *2009 2nd International Congress on Image and Signal Processing*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/CISP.2009.5304150>

[22] IMOTIONS - Galvanic Skin Response The Complete Pocket Guide. <https://imotions.com/> [Online]. Available at: <https://imotions.com/blog/learning/research-fundamentals/galvanic-skin-response/> Accessed 25 February 2020.

[23] A. Cano-Vindel, J.J. Miguel Tobal, H. Gonzalez-Ordi, and I. Iruarrizaga-Diez, "Hyperventilation and anxiety experience", *Anxiety Stress*, vol.13, no.3, pp.291-302, 2007

[24] Lin, C.-H., Chang, S.-H., & Fang, J.-Y. (2016). Recent Advances Using Phosphodiesterase 4 (PDE4) Inhibitors to Treat Inflammatory Disorders: Animal and Clinical Studies. *Current Drug Therapy*, 11(1), 21–40. <https://doi.org/10.2174/157488551166616042114533>. Figure available at: [https://www.researchgate.net/figure/fig-2-The-pathophysiology-of-psoriatic-skin-compared-to-normal-skin\\_fig1\\_303398752](https://www.researchgate.net/figure/fig/figure/fig-2-The-pathophysiology-of-psoriatic-skin-compared-to-normal-skin_fig1_303398752)

[25] Gray, Henry (1918). "The Organs of the Senses and the Common Integument". *Anatomy of the Human Body* (20th ed.). Philadelphia: Lea & Febiger. Available at: <https://www.bartleby.com/107/234.html>

[26] Roxanna Salim, IMOTIONS - An Introduction To The Sympathetic and Parasympathetic Nervous System. <https://imotions.com/> [Online]. Available at: <https://imotions.com/blog/learning/research-fundamentals/nervous-system/> (2019).

[27] M. Dawson et al., "The electrodermal system," in *Handbook of Psychophysiology*, 3rd ed., J. Cacioppo, L. Tassinary, and G. Berntson, Eds., New York, NY, USA: Cambridge Univ. Press, 2007, pp. 159–181. Available at: <http://apsychoserver.psych.arizona.edu/JJBAReprints/PSYC501A/Readings/Chapter%208.pdf>

[28] Boucsein, W. (2012). *Electrodermal Activity*. Springer US. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1126-0>

[29] Tobii Connect - [connect.tobii.com](https://connect.tobii.com) [online]. Galvanic skin response (GSR). Available at: [https://connect.tobii.com/s/article/galvanic-skin-response-gsr?language=en\\_US](https://connect.tobii.com/s/article/galvanic-skin-response-gsr?language=en_US) (2023).

[30] EDA Introductory Guide. BIOPAC - <https://www.biopac.com/> [online] Available at: <https://www.biopac.com/wp-content/uploads//EDA-Guide.pdf>.

[31] Benedek, M., & Kaernbach, C. (2010). A continuous measure of phasic electrodermal activity. *Journal of Neuroscience Methods*, 190(1), 80–91. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2010.04.028>

[32] Chaspari, T., Tsiartas, A., Stein, L. I., Cermak, S. A., & Narayanan, S. S. (2015). Sparse representation of electrodermal activity with knowledge-driven dictionaries. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 62(3), 960–971. Available at: <https://doi.org/10.1109/TBME.2014.2376960>

[33] Fowles, D. C., Christie, M. J., Edelberg, R., GRINGS, W. W., Lykken, D. T., & Venables, P. H. (1981). Publication Recommendations for Electrodermal

Measurements. *Psychophysiology*, 18(3), 232–239. Available at:  
<https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1981.tb03024.x>

[34] T.K. Hareendran, Galvanic Skin Response (GSR) Sensor Guide, ELECTRO SCHEMATICS <https://www.electroschematics.com/> [online] Available at:  
<<https://www.electroschematics.com/galvanic-skin-response-gsr-sensor-guide/?fbclid=IwAR1MGlhQviY11dB6k9CAOHdd7jleaL9aPsQWFnPNWFFFwsWM4AWvqzlovnA>> (2022).

[35] LM358 - Single Supply Dual Operational Amplifiers. Available at:  
<https://www.onsemi.com/pdf/datasheet/lm358-d.pdf>

[36] Villarejo, M. V., Zapirain, B. G., & Zorrilla, A. M. (2012). A stress sensor based on galvanic skin response (GSR) controlled by ZigBee. *Sensors (Switzerland)*, 12(5), 6075–6101. <https://doi.org/10.3390/s120506075>

[37] Grove - GSR Sensor - <https://wiki.seeedstudio.com/> Available at:  
[https://wiki.seeedstudio.com/Grove-GSR\\_Sensor/](https://wiki.seeedstudio.com/Grove-GSR_Sensor/)