



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ, Α΄ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΑΘΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΤΟΜΙΚΗΣ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ
ΜΕ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ»**

MSc: “Environment and Health. Capacity building for decision making”

Επιστημονική Υπεύθυνη ΠΜΣ

Πολυξένη Νικολοπούλου-Σταμάτη, Καθ. Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ

Διευθυντής ΠΜΣ

Νικόλαος Καβαντζάς, Καθ. Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία:

**‘Μελέτη των πιθανών επιπτώσεων της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας
στην ανθρώπινη ομοίωση / καρδιακό ρυθμό κατά τα έτη 2014-2015’**

***‘Study of the possible effects of the intensity of cosmic radiation on human
homeostasis / heart rate in the years 2014-2015’***

Όνομα: Γεώργιος Αθ. Ντάκος

Αρ. μητρώου: 20130033

Επάγγελμα: Υγιεινολόγος MSc – Επόπτης Δημόσιας Υγείας

Τριμελής επιτροπή

Επιβλέπουσα: Μαυρομιχαλάκη Ε.

Υπογραφή επιβλέπουσας

Πρόεδρος: Νικολοπούλου-Σταμάτη Π.

Μέλος: Καβαντζάς Ν.

ΑΘΗΝΑ 2015

Αφιέρωσις



**Αφιερούται
Εἰς Ἥλιον & Εἰς Υγείαν
Ζωοδόχο Πηγήν τε Ὑψιστον Ἀγαθόν**

**& Εἰς Ακτινοβολούντες Αστέρες
Κοσμικούς Ἀγγελιοφόρους τε Γεννήτορες Ἀπάντων**



✧ Ὑγείας ✧ (Θυμίαμα μάνναν)

Ἴμερόεσσ', ἐρατή, πολυθάλμιε, παμβασίλεια, κλῶθι, μάκαιρ' Ὑγεία, φερόλβιε, μήτηρ ἀπάντων : ἐκ σέο γὰρ νοῦσοι μὲν ἀποφθινύθουσι ~ροτοῖσι, πᾶς δὲ δόμος θάλλει πολυγηθῆς εἵνεκα σεῖο, καὶ τέχναι ~ρίθουσι : ποθεῖ δέ σε κόσμος, ἄνασσα, μούνος δὲ στυγέει σ' Ἄιδης ψυχοφθόρος αἰεὶ, ἀιθαλής, εὐκταιοτάτη, θνητῶν ἀνάπαυμα : σοῦ γὰρ ἄτερ πάντ' ἐστὶν ἀνωφελῆ ἀνθρώποισιν : οὔτε γὰρ ὀλβοδότης πλοῦτος γλυκερὸς θαλίησιν, οὔτε γέρων πολύμοχθος ἄτερ σέο γίγνεται ἀνὴρ : πάντων γὰρ κρατέεις μούνη καὶ πᾶσιν ἀνάσσεις. ἀλλά, θεά, μόλε μυστιπόλοις ἐπιτάρροθος αἰεὶ ῥυομένη νούσων χαλεπῶν κακόποτμον ἀνίην.

Σὺ ἢ περιπόθητη ἢ ἀξιέραστη ποὺ ζωογονεῖς τὰ πάντα, ἢ βασίλισσα τῶν πάντων, ἀκουσε με ὦ μακαρία Ὑγεία, ποὺ φέρεις τὴν εὐτυχίαν καὶ εἶσαι ἢ μητέρα ὅλων διότι ἀπὸ σένα ἀπὸ τὸ ἓνα μέρος καταστρέφονται αἱ ἀσθένειαι τῶν ἀνθρώπων, καὶ ἀπὸ τὰ ἄλλο μέρος κάθε σπῆτι πάλιν ἐξ αἰτίας σου (ὅταν ἔχη υγείαν) ἀνθοφορεῖ γεμάτο ἀπὸ χαρᾶς, καὶ αἱ τέχναι ἀκμάζουν. Καὶ σε ποθεῖ ὁ κόσμος, ὦ βασίλισσα, καὶ μόνον ὁ Ἄιδης οὐ μισεῖ ὁ πάντοτε θανατηφόρος. Εἶσαι πάντοτε θαλερά, σε σένα περισσότερο ἀπὸ ὅλους ἀπευθύνομεν τὶς εὐχὲς μας εἶσαι ἢ ἀνακούφισις τῶν ἀνθρώπων διότι χωρὶς ἐσένα ὅλα εἶναι ἀνωφελῆ εἰς τοὺς ἀνθρώπους διότι οὔτε ὁ Πλοῦτος, ποὺ μας δίδει τὰ ἀγαθὰ, εἶναι γλυκὸς κατὰ τὰ συμπόσια, οὔτε ὁ ἀνὴρ γίγνεται γέρον, ποὺ ἐμόχθησε πολὺ χωρὶς ἐσένα διότι μόνη ἐσύ κυριαρχεῖς τῶν πάντων, καὶ βασιλεύεις εἰς ὅλα. Ἀλλά ὦ θεά ἔλα εἰς τοὺς μύστας πάντοτε βοηθός, καὶ σῶζε μας ἀπὸ τὴν κακότυχη ἀνία τῶν φοβερῶν ἀσθενειῶν.



Εἰς Ἥλιον (θυμίαμα λιβανομόναν)

Κλῦθι μάκαρ, πανδερκὲς ἔχων αἰώνιον ὄμμα, Τιτὰν χρυσαυγῆς, Ὑπερίων, οὐράνιον φῶς, αὐτοφυῆς, ἀκάμα<ς>, ζῶιον ἠδεῖα πρόσοπι, δεξιῆ μὲν γενέτωρ ἠοῦς, εὐώνυμε νυκτός, κρᾶσιν ἔχων ὠρῶν, τετραβάμοσι ποσσὶ χορευῶν, εὐδρομε, ροιζήτωρ, πυρόεις, φαιδρωπέ, διφρευτά, ρόμβου ἀπειρεσίου δινεύμασιν οἶμον ἐλαύνων, εὐσεβέσιν καθοδηγὲ καλῶν, ζαμενῆς ἀσεβοῦσι, χρυσολύρη, κόσμου τὸν ἐναρμόνιον δρόμον ἔλκων, ἔργων σημάτων ἁγαθῶν, ὠροτρόφε κοῦρε, κοσμοκράτωρ, συρικτά, πυρίδρομε, κυκλοέλικτε, φωσφόρε, † αἰολόδικτε, φερέσβιε, κάρπιμε Παιάν, ἀιθαλής, ἀμίαντε, χρόνου πάτερ, ἀθάνατε Ζεῦ, εὐδιε, πασιφαῆς, κόσμου τὸ περιδρομον ὄμμα, σβεννύμενε λάμπων τε καλαῖς ἀκτίσι φαειναῖς, δεῖκτα δικαιοσύνης, φίλονάματε, δέσποτα κόσμου, πιστοφύλαξ, αἰεὶ πανυπέρτατε, πᾶσιν ἄρωγέ, ὄμμα δικαιοσύνης, ζωῆς φῶς· ὦ ἐλάσιπτε, μᾶστιγι λιγυρῆι τετράρορον ἄρμα διώκων·

Ἄκουσε μακάριε, πού ἔχεις μάτι αἰώνιον καὶ βλέπει τα πάντα σὺ ὁ Τιτὰν πού λάμπεις ὡσάν χρυσός, πού βαδίζεις υψηλά, καὶ εἶσαι τὸ ἐπουράνιον φῶς. Σὺ εἶσαι ἀφ' εαυτοῦ γεννημένος, ἀκαταπόνητος, τῶν ζῶων γλυκὺ θέαμα καὶ εἶσαι τῆς μεν αὐγῆς ὁ δεξιὸς γεννήτωρ τῆς δε νυκτός ὁ ἀριστερός ἔχεις τὴν συνένωσιν τῶν ἐποχῶν καὶ χορεύεις (κινεῖσαι κυκλικῶς) με τέσσερα πόδια (ὁ δημιουργὸς τῶν τεσσάρων ἐποχῶν τοῦ ἔτους), εἶσαι ταχύς, ὀρμητικὸς, πύρινος, με χαρωπὸν βλέμμα, διφρηλάτης. καὶ διέρχεσαι τὴν ὁδὸν τοῦ ἀπέραντου ρόμβου με περιστροφικὰς κινήσεις- καθοδηγεῖς τοὺς εὐσεβεῖς ἀνθρώπους εἰς τὰς καλὰς πράξεις καὶ εἰς τοὺς ἀσεβεῖς ἐπιδεικνύεις δυσμένειαν σὺ ἔχεις χρυσὴν λύραν καὶ σύρεις (διανύεις) τὸν ἀρμονικὸν δρόμον τοῦ κόσμου ἐπισημαίνεις τὰ καλὰ ἔργα, σὺ εἶσαι ὁ νέος πού τρέφεις τὰς ἐποχάς. Εἶσαι ὁ κυρίαρχος τοῦ κόσμου, ὁ αὐλητής, διατρέχεις διὰ τοῦ πυρός καὶ περιστρέφεις κυκλικῶς, φέρεις τὸ φῶς ἐμφανίζεσαι με ποικίλες μορφές, φέρεις τὴν ζωὴν, εἶσαι καρποφόρος, ὦ Παιάν αειθαλής, ἀμόλυντος, πατὴρ τοῦ χρόνου, ὁ ἀθάνατος Ζεὺς. Καθαρός, πού λάμπεις εἰς ὅλους, εἶσαι τὸ περιφερόμενον κυκλικῶς μάτι τοῦ κόσμου, πού σβύνει καὶ λάμπει με ωραῖες φωτεινὲς ἀκτίνες' δεικνύεις τὴν δικαιοσύνην, ἀγαπᾷς τὸ νερό. εἶσαι ὁ δεσπότης (ὁ κύριος) τοῦ κόσμου, ὁ φύλαξ τῆς ἀληθείας, ὁ αἰώνιος υπέρτατος, ὁ βοηθός εἰς ὅλους εἶσαι ὁ ὀφθαλμὸς τῆς δικαιοσύνης, τὸ φῶς τῆς ζωῆς· ὦ σὺ, πού ὀδηγεῖς τοὺς Ἴππους, καὶ κατευθύνεις με λιγυρὸ μαστίγιό τέθριππον (με τέσσερα ἄλογα) ἄρμα (καὶ ἐδῶ ὁ Ἕλληνας ἔλεγε ἄρμα) διαμόρφωσιν τῶν τεσσάρων ἐποχῶν τοῦ ἔτους), ἄκουσε τοὺς λόγους μου καὶ φανέρωσε εἰς τοὺς μεμνημένους γλυκεῖα καὶ εὐχάριστη ζωὴ.



✧ Ἄστρον ✧ (Θυμίαμα αρώματα)

Ἄστρον οὐρανίων ἱερὸν σέλας ἐκπροκαλοῦμαι εὐιέροις φωναῖσι κικλήσκων δαίμονας ἀγ[ν]ούς. Ἄστέρες οὐράνιοι, Νυκτὸς φίλα τέκνα μελαίνης, ἐγκυκλίους δίναισι περιθρόνια κυκλέοντες. ἀνταυγεῖς, πυρόεντες, ἀεὶ γενετῆρες ἀπάντων, μοιρίδιοι, πάσης μοίρης σημάντορες ὄντες, θνητῶν ἀνθρώπων θεῖαν διέποντες ἀταρπὸν, ἐπταφαιεῖς ὄνας ἐφορώμενοι, ἠερόπλαγκτοι, οὐράνιοι χθόνιοί τε, πυρίδρομοι, αἰὲν ἀτειρεῖς, αὐγάζοντες ἀεὶ νυκτὸς οφοειδέα πέπλον, μαρμαρυγαῖς στίλβοντες, εὐφρονες ἐννύχιοί τε : ἔλθετ' ἐπ' εὐιέρου τελετῆς πολυῖστορας ἄθλους ἐσθλὸν ἐπ' εὐδόξοις ἔργοις δρόμον ἐκτελέοντες.

Τῶν Ἀστέρων τῶν ἐπουρανίων τὸ ἱερὸν Φῶς επικαλοῦμαι, καὶ με φωνές ἀγιώτατες ἀπευθύνω πρόσκλησιν πρὸς αὐτοὺς τοὺς ἀγνοὺς θεοὺς. Ὁ Ἄστρον ἐπουράνιοι, τῆς μαύρης Νυκτὸς ἀγαπητὰ τέκνα, σεις ποὺ περιφέρεσθε κυκλικῶς με κυκλοτερεῖς κινήσεις γύρω ἀπὸ τοῦ θρόνου, σπινθηροβόλα, πύρινα, ποὺ εἰσθε αἰωνίως οἱ γεννήτορες τῶν πάντων σεις εἰσθε τὸ πεπρωμένον, ποὺ ἐπισημαίνετε κάθε μοιραῖον (εἰσθε οἱ ἄγγελοι κάθε μοίρας)· σεις τῶν θνητῶν ἀνθρώπων καθορίζετε τὴν θεϊκὴν πορείαν σεις ποὺ φαίνεσθε σὲ ἐπταφωτισμένους ζώνους καὶ περιπλανήσθε εἰς τὸν αἴρα· ἐπουράνιοι καὶ ἐπίγειοι, ποὺ ἔχετε πύρινη διαδρομὴ, πάντοτε ἀκατάβλητοι· καὶ φωτίζετε πάντοτε τὸν σκοτεινὸν πέπλον τῆς νυκτὸς, καὶ πάντοτε λάμπετε με ἀκτινοβολίας καὶ εἰσθε γεμάτοι ἀπὸ χαρὰν καὶ ὡς νυκτερινοὶ· ἐλάτε εἰς τοὺς πολυπάθειους μόχθους τῆς ἱεράς τελετῆς φέροντες εἰς πέρας ὡς ἀγαθοὶ τὴν διαδρομὴν πρὸς ἐνδοξὰ ἔργα.



Πρόλογος

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Περιβάλλον & Υγεία: Διαχείριση περιβαλλοντικών θεμάτων με επιπτώσεις στην Υγεία» της Ιατρικής Σχολής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών σε συνεργασία με τον Τομέα Πυρηνικής Φυσικής & Στοιχειωδών Σωματιδίων του Τμήματος Φυσικής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών έχει ως σκοπό τον εντοπισμό πιθανής συσχέτισης καρδιακών μεταβολών καταγεγραμμένων σε περιπατητικά άτομα που εισήχθησαν σε ελληνικά νοσοκομεία με μεταβολές της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας που καταγράφεται στους επίγειους μετρητές νετρονίων ως επίσης και γεωμαγνητικών καταιγίδων.

Οι μετρήσεις των μεταβολών των περιπατητικών ατόμων κατεγράφησαν από ηλεκτροκαρδιογραφήματα holter, τα οποία διετέθησαν προς την εκπόνηση της παρούσης ερευνητικής μελέτης, τηρώντας πάντοτε το ιατρικό απόρρητο & τον κώδικα δεοντολογίας άνευ δημοσιοποίησης απόρρητων προσωπικών δεδομένων.

Τα δεδομένα της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας & του γεωμαγνητικού πεδίου ελήφθησαν από τη βάση δεδομένων του Σταθμού κοσμικής ακτινοβολίας του Πανεπιστημίου της Αθήνας (Athens Neutron Monitor Station- A.N.E.M.O.S.) και της Διεθνούς Βάσης Δεδομένων Μετρητών Νετρονίων που λειτουργεί στο Σταθμό Κοσμικής Ακτινοβολίας (High resolution Neutron Monitor database – NMDB).

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συμμετείχαν και συνέβαλαν στην εκπόνηση και ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας. Αρχικά, ευχαριστώ θερμά την κύρια επιβλέπουσα της εργασίας αυτής Καθηγήτρια του Τμήματος Φυσικής του ΕΚΠΑ κ. Ελένη Χριστοπούλου – Μαυρομιχαλάκη όχι μόνο για την πολύτιμη βοήθειά της, αλλά κυρίως, για την εποικοδομητική συνεργασία μαζί της, όπως επίσης και για την αμέριστη υποστήριξή της καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας. Στα πλαίσια αυτής της συνεργασίας είχα τη δυνατότητα, να συνεργαστώ με αξιόλογα μέλη της Ομάδας Κοσμικής Ακτινοβολίας του Πανεπιστημίου Αθηνών της οποίας είναι Επιστημονική Υπεύθυνη, όπως η Γεροντιδου Μαρία, Φυσικός Ε.Σ. στα Εργαστήρια Πυρηνικής Φυσικής και στο Σταθμό Κοσμικής Ακτινοβολίας του Πανεπιστημίου Αθηνών, να συμμετάσχω σε Ευρωπαϊκά Ερευνητικά Προγράμματα και να χειριστώ δεδομένα κοσμικής ακτινοβολίας του Σταθμού κοσμικής ακτινοβολίας (Athens Neutron Monitor Station- A.N.E.M.O.S.), ως και της Διεθνούς Βάσης Δεδομένων Μετρητών Νετρονίων που λειτουργεί στο Σταθμό Κοσμικής Ακτινοβολίας (High resolution Neutron Monitor database – NMDB) με τη συμμετοχή 12 Ευρωπαϊκών χωρών.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου και προς τα υπόλοιπα μέλη της Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής, την Πρόεδρο: κ. Π. Νικολοπούλου-Σταμάτη, Καθ. Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ -Επιστημονική Υπεύθυνη του εν λόγω ΠΜΣ, της οποίας η συμβολή καθώς & η προσωπική επαφή ήταν κατατοπιστικότατη & γενναιόδωρη καθ' όλη τη διάρκεια της φοίτησης μου, καθώς & το Μέλος: Ν. Καβαντζά, Καθ. Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ & Δ/ντή του εν λόγω ΠΜΣ., οι οποίοι υπήρξαν καθηγητές μου ήδη από στο μεταπτυχιακό επίπεδο σπουδών μου, & τους ευχαριστώ θερμά για την πολύτιμη συνδρομή τους στην υπ' όψιν εργασία αλλά και για την απλόχερη παροχή γνώσεων όλα αυτά τα χρόνια.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω το επιστημονικό συμβούλιο του Γενικού Νοσοκομείου Νίκαιας Πειραιά «Άγιος Παντελεήμων» καθώς & την Δ/ση της Β' Καρδιολογικής κλινικής ιατρό κ. Θ. Αποστόλου & τον κ. Παραβολιδάκη Κων/νο, Δ/ντη ΕΣΥ που επίσης ευγενικά διέθεσαν τα δεδομένα holter των ασθενών

νοσηλευθέντων στο εν λόγω νοσοκομείο· ευχαριστώ θερμά, γιατί χωρίς αυτά δεν θα ήταν δυνατή η πραγματοποίηση αυτής της μελέτης.

Δεν θα πρέπει να παραλείψω να ευχαριστήσω τους μεταπτυχιακούς φοιτητές της Ιατρικής Σχολής από τους οποίους καθοδηγήθηκα & συνεργάστηκα, την Ιωαννίδου Σοφία Φυσικό Ακτινολόγο, μέλος της ομάδας κοσμικής ακτινοβολίας του Πανεπιστημίου Αθηνών, ως επίσης και τους μεταπτυχιακούς συμφοιτητές της Ιατρικής Σχολής με τους οποίους δουλέψαμε & ωριμάσαμε μαζί κατά τα προηγούμενα έτη.

Ακόμη, θα ήθελα να απευθύνω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου, για την συμπαράστασή τους και την ηθική και ψυχολογική στήριξή τους όλα τα χρόνια των σπουδών μου.

Τέλος οφείλω να μνημονεύσω όσους ενδεχομένως να παρέλειψα & δε θα ήθελα να τους αδικήσω.

Ευγνωμοσύνη, μία φθίνουσα αξία στις μέρες μας. Ας επαναφέρουμε την πρακτική της.

Σας ευχαριστώ από καρδιάς.

Γεώργιος Α. Ντάκος



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Αφιέρωσις	3
Πρόλογος	7
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	10
Περίληψη	13
Abstract	14
Εισαγωγή	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι.....	18
ΚΟΣΜΙΚΕΣ ΑΚΤΙΝΕΣ.....	18
1.Κοσμική Ακτινοβολία.....	18
1.1 Πηγές κοσμικής ακτινοβολίας	20
1.2 Οι 3 Συνιστώσες της κοσμικής ακτινοβολίας.....	24
1.3 Καταιγισμοί.....	26
1.4 Ενεργειακό φάσμα των κοσμικών ακτίνων	31
1.5 Παράγοντες που επηρεάζουν την ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας στην επιφάνεια της Γης	37
1.5.1 Υψόμετρο.....	38
1.5.2 Γεωγραφικό πλάτος	42
1.5.3 Ηλιακός κύκλος και ηλιακή δραστηριότητα.....	44
1.5.4 Άλλοι παράγοντες	46
1.6 Διαμόρφωση κοσμικής ακτινοβολίας	47
1.7 Ημερήσια μεταβολή της κοσμικής ακτινοβολίας	48
1.8 Επίγειες επαυξήσεις της κοσμικής ακτινοβολίας (GLEs)	48
1.9 Μειώσεις Forbush	49
1.10 Ενδιαφέρον για τις Κοσμικές Ακτίνες	55
1.11 Το μαγνητικό πεδίο της Γης.....	58
1.11.1 Η δομή του γεωμαγνητικού πεδίου.....	59
1.12 Γεωμαγνητικές καταιγίδες	63
1.12.1 Ηλιακή δραστηριότητα και γεωμαγνητικές καταιγίδες	72
1.13 Γεωμαγνητικά παρατηρήτρια	75
1.14 Οι γεωμαγνητικοί δείκτες	76
1.14.1 Οι γεωμαγνητικοί δείκτες K, Kp, ap και Ap.....	76
1.14.2 Ο γεωμαγνητικός δείκτης Dst.....	78
1.15 Διαστημικός καιρός	80
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ.....	83
Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ	83
2.Η Καρδιά.....	83

2.1 Ανατομία της καρδιάς.....	83
2.2 Λειτουργία της καρδιάς	88
2.3 Καρδιά και καρδιακός παλμός.....	96
2.3.1 Ο κύκλος λειτουργίας της καρδιάς	98
2.3.1.1 Οι φάσεις του καρδιακού κύκλου	100
2.3.2 Καρδιακός κύκλος και αναπνευστική λειτουργία.....	104
2.3.3 Καρδιακή παροχή -Αιματική ροή -Αρτηριακή πίεση.....	106
2.3.4 Ρύθμιση της καρδιακής συχνότητας	107
2.3.5 Ρύθμιση του όγκου παλμού	108
2.3.6 Ενδογενής έλεγχος της καρδιακής συσταλτικότητας	110
2.3.7 Νευρογενής έλεγχος της δύναμης συστολής	111
2.4 Ηλεκτροκαρδιογράφημα.....	113
2.5 Υγής Καρδιά	118
2.6 Ηλεκτρομαγνητικές συχνότητες εκπομπής του ανθρώπινου σώματος και περιβάλλον	122
2.7 Αλληλεπίδραση ιονίζουσας ακτινοβολίας με την ύλη.....	123
2.7.1 Αλληλεπίδραση της κοσμικής ακτινοβολίας με την ύλη.....	124
2.7.2 Βιολογική δράση της ιονίζουσας ακτινοβολίας.....	126
ΚΕΦΑΛΑΙΟ III	129
ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ & ΔΕΔΟΜΕΝΑ	129
3.1 Εισαγωγή	129
3.2 Βασικές Αρχές Στατιστικής Ανάλυσης.....	137
3.2.1 Στατιστικές υποθέσεις.....	137
3.2.2 Συσχετισμοί: Ισχύς και αξιοπιστία	139
3.2.3 Επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας p-level	141
3.2.4 Η μέθοδος ANOVA	142
3.3 Συλλογή δεδομένων	147
3.3.1 Συλλογή δεδομένων καρδιακού ρυθμού.....	147
3.3.1.1 Το δείγμα της μελέτης - Πίνακας.....	153
3.3.2 Συλλογή δεδομένων γεωμαγνητικών παραμέτρων.....	164
3.3.3 Συλλογή δεδομένων Κοσμικής Ακτινοβολίας.....	165
3.4 Σταθμός Νετρονίων της Αθήνας.....	166
ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV	179
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....	179
4.1 Εισαγωγή	179
4.2 Στατιστική επεξεργασία.....	180
4.3 Ανάλυση και Αποτελέσματα	181
4.3.1 Περιγραφή του γεγονότος του Μαρτίου 2015	182

4.3.2 Η γεωμαγνητική καταγίδα	185
4.3.3 Αποτελέσματα I - (Μαρτίου 2015).....	187
4.3.1 Περιγραφή του γεγονότος του Ιουνίου - Ιουλίου 2015	203
4.3.4 Αποτελέσματα II – (Ιουνίου - Ιουλίου 2015)	203
4.4 Συζήτηση.....	253
ΚΕΦΑΛΑΙΟ V	258
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ.....	258
Βιβλιογραφικές Αναφορές.....	264
Διαδικτυακές Αναφορές	278
Πίνακας συντομογραφιών.....	285
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ - Τέσσερα Επίπεδα Ιατρικής Προσέγγισης.....	286
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ - “Το προλαμβάνειν κάλλιον του θεραπεύειν...”	295



Περίληψη

Είναι γνωστόν ότι πέρα από παράγοντες που επιδρούν στο Περιβάλλον & την Υγεία, όπως τα χημικά στο έδαφος, τον αέρα & το νερό, τη διατροφή & την έκθεση του ανθρώπου σε γήινα ηλεκτρομαγνητικά πεδία, υπάρχουν ακτινοβολίες, όπως η κοσμική ακτινοβολία προερχόμενη από τον γαλαξιακό και εξωγαλαξιακό χώρο και άλλοι παράγοντες του Διαστημικού Καιρού, οι οποίοι με την ύπαρξη τους ή με την απουσία τους επιδρούν, επηρεάζουν & διαφοροποιούν την ομοιότητα του ανθρώπινου οργανισμού, όπως ο καρδιακός ρυθμός. Στην εργασία αυτή με την χρήση ενός δείγματος ηλεκτροκαρδιογραφημάτων (Holters) 400+ περίπου περιπατητικών ασθενών της Καρδιολογικής Κλινικής του Γενικού Νοσοκομείου Νίκαιας Πειραιά για το χρονικό διάστημα 2014-2015, γίνεται μελέτη των πιθανών μεταβολών του μέσου καρδιακού ρυθμού σε ημερήσια βάση σε σχέση με την ημερήσια ανισοτροπία της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας που καταγράφεται στον Σταθμό κοσμικής ακτινοβολίας του Πανεπιστημίου Αθηνών (Athens Neutron Monitor Station-A.NE.MO.S). Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται σε περιόδους κατά τις οποίες συμβαίνουν έκτακτα γεγονότα της κοσμικής ακτινοβολίας και της γεωμαγνητικής δραστηριότητας, όπως μειώσεις Forbush και γεωμαγνητικές καταιγίδες που προέρχονται από μεταβολές της ηλιακής δραστηριότητας, όπως ηλιακές εκλάμψεις και στεμματικές εκτινάξεις μάζας. Τα αποτελέσματα στοχεύουν στο να βοηθήσουν στην κατανόηση της επίδρασης των φαινομένων αυτών και γενικά των παραμέτρων του Διαστημικού καιρού στην ανθρώπινη φυσιολογία. Στατιστικές μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν περιλαμβάνουν την γραμμική συσχέτιση & τον συντελεστή συσχέτισης Pearson R & P value. Μελλοντικά στη συνεχιζόμενη έρευνα θα χρησιμοποιηθεί η ανάλυση της διακύμανσης (ANOVA) και ανάλυση πολλαπλής γραμμικής εξάρτησης. Μια στατιστικά σημαντική επίδραση τόσο κοσμικών ακτίνων όσο και γεωμαγνητικής δραστηριότητας παρατηρήθηκε στον καρδιακό ρυθμό (αρνητική και θετική συσχέτιση, αντίστοιχα). Επίσης, σε ορισμένες περιπτώσεις, παρατηρήσαμε μια συσχέτιση μεταξύ των μεταβολών του καρδιακού ρυθμού κατά τη διάρκεια της ημέρας και την ημερήσια ανισοτροπία έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας. Τα ευρήματά μας δείχνουν ότι οι αλλαγές στο χώρο των παραμέτρων του διαστημικού καιρού θα μπορούσε ενδεχομένως να σχετίζεται με μεταβολές του καρδιακού ρυθμού. Η πιθανή επίδραση κοσμικών παραμέτρων για τον καρδιακό ρυθμό, διευρύνει τις γνώσεις μας όσον αφορά την πρόβλεψη & πρόληψη για τη διαχείριση των αποτελεσμάτων για την Υγεία και χρησιμεύει για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με την προστασία διαφορετικών ομάδων του πληθυσμού.

Abstract

It is known that in addition to agents acting on Environment and Health, as the chemicals in the soil, air and water, food and the human exposure to terrestrial electromagnetic fields, there are radiation, such as cosmic radiation from the galactic and Extragalactic space and other factors of Space Weather, which the existence or the absence affect them, affect and modulate homeostasis of the human body such as heart rate. In this study using a sample electrocardiogram (Holters) 400 about ambulatory of Cardiology of the General Hospital of Nice Piraeus for the period 2014-2015, is studying possible changes in the average heart rate on a daily basis in relation to the daily anisotropy the intensity of cosmic radiation recorded in the cosmic ray station of the University of Athens (Athens Neutron Monitor Station-A.NE.MO.S). Particular attention is given to periods during which extraordinary events occurring cosmic radiation and geomagnetic activity, such Forbush decreases and geomagnetic storms that come from changes in solar activity such as solar flares and Coronal mass ejections. The results are intended to assist in understanding the impact of these developments and general parameters of Space Weather on human physiology. Statistical methods used include linear correlation and the correlation coefficient Pearson R & P value. In the ongoing future research will be used analysis of variance (ANOVA) and multiple linear regression analysis. A statistically significant effect both cosmic rays and geomagnetic activity was observed in heart rate (negative and positive correlation, respectively). Also, in some cases, we observed a correlation between the changes in heart rate during the day and the daily anisotropy intensity of cosmic radiation. Our findings suggest that changes in space weather parameters might be related to changes in heart rhythm. The possible impact of cosmic parameters for heart rate, increased our knowledge regarding the prediction and prevention for results management for Health and serves to make decisions on the protection of different groups.



Εισαγωγή

Η επίδραση του εξωτερικού περιβάλλοντος στην ανθρώπινη Υγεία απασχόλησε από νωρίς τους επιστήμονες. Ήδη ο Ιπποκράτης στο έργο του "περί αέρων, υδάτων και τόπων", καθόρισε συνθήκες του εξωτερικού περιβάλλοντος που επιδρούν στην υγεία του ανθρώπου με συγκεκριμένο τρόπο. Ειδικότερα μεταξύ άλλων παραγόντων συνέδεσε την ανθρώπινη υγεία με το κλίμα, τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες, το νερό, την εποχή και τον προσανατολισμό των πόλεων (που καθορίζει τους ανέμους), έτσι έκανε επιδημιολογικές μελέτες σε πληθυσμούς και κατάφερε να συνδέσει συγκεκριμένα νοσήματα με ότι πιο κοινό υπήρχε- τον εισπνεόμενο αέρα και τις κλιματικές συνθήκες. Σήμερα πολλές από τις παρατηρήσεις του Ιπποκράτη έχουν επιβεβαιωθεί και η επιστημονική πρόοδος και στον τομέα της Υγείας γνωρίζει αλματώδη άνθηση. Γιατροί, επιδημιολόγοι, παθολόγοι, βιολόγοι, χημικοί και φυσικοί, αλλά και άλλες συναφείς ειδικότητες έχουν ενώσει τις δυνάμεις τους για την κατανόηση των παθοφυσιολογικών μηχανισμών της επίδρασης του περιβάλλοντος στην υγεία του ανθρώπου. Σκοπός είναι η αναγνώριση των εμπλεκόμενων μηχανισμών και οδών, ώστε να οδηγήσει σε σωστό σχεδιασμό τόσο για πρόληψη όσο και για θεραπεία και μετριασμό των επιπτώσεων στην Υγεία.

Τα τελευταία χρόνια στην διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν ενδείξεις για ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ του Διαστημικού Καιρού και της ανθρώπινης ομοιόστασης. Πιο συγκεκριμένα, φαίνεται ότι η γεωμαγνητική δραστηριότητα (GMA) και η ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας (CRI) επιφέρουν μεταβολές σε ανθρώπινες φυσιολογικές παραμέτρους, όπως είναι ο καρδιακός ρυθμός και η αρτηριακή πίεση και σχετίζονται με καρδιαγγειακές παθήσεις, όπως αρρυθμίες και στεφανιαία νόσο. Επίσης, οι γεωμαγνητικές παράμετροι φαίνεται να συνδέονται και με νοσηρότητα από άλλους παράγοντες, όπως τροχαία ατυχήματα, εγκεφαλικά επεισόδια, και διαταραχές στον κερκαδιανό ρυθμό.

Στην παρούσα εργασία, στοχεύουμε να εξετάσουμε την ενδεχόμενη συσχέτιση των μεταβολών του καρδιακού ρυθμού με κοσμοφυσικές δραστηριότητες. Η εργασία πραγματοποιήθηκε σε συνεργασία με τον Τομέα Πυρηνικής Φυσικής και Στοιχειωδών Σωματιδίων του Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Αθηνών υπό την επίβλεψη της καθηγήτριας Ε. Μαυρομιχαλάκη. Η μελέτη είναι πειραματική και αφορά σε ένα δείγμα 423 ατόμων, τα δεδομένα αυτά προήλθαν από ασθενείς στην Β' Καρδιολογική Κλινική του Γενικού Κρατικού Νοσοκομείου Νίκαιας κατά την περίοδο Ιουνίου 2014 έως Δεκέμβριο 2015. Ο καρδιακός ρυθμός των περιπατητικών ατόμων εξετάστηκε σε ωριαία βάση με χρήση ηλεκτροκαρδιογραφήματος Holter, ενώ

οι ωριαίες τιμές της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας από τον σύγχρονο σταθμό συνεχούς καταμέτρησης κοσμικής ακτινοβολίας του Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Αθηνών (<http://cosray.phys.uoa.gr/>, A.NE.MO.S), ενώ για την γεωμαγνητική δραστηριότητα χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης Dst, λαμβανόμενος από online real time δεδομένα του Kyoto Observatory (http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_realtime/index.html). Η συσχέτιση των κοσμοφυσικών και γεωμαγνητικών παραμέτρων και του καρδιακού ρυθμού εξετάστηκε με στατιστικές μεθόδους που περιλαμβάνουν την γραμμική συσχέτιση & τον συντελεστή συσχέτισης Pearson R & P value. Μελλοντικά, στη συνεχιζόμενη έρευνα θα χρησιμοποιηθεί η ανάλυση της διακύμανσης (ANOVA) και ανάλυση πολλαπλής γραμμικής συσχέτισης. Σύμφωνα με τα αποτελέσματά μας βρέθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση τόσο της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας - γεωμαγνητικής δραστηριότητας με τον καρδιακό ρυθμό (αρνητική και θετική συσχέτιση αντίστοιχα). Επίσης, σε κάποιες περιπτώσεις φαίνεται συσχέτιση του καρδιακού ρυθμού κατά τη διάρκεια της ημέρας με την ημερήσια (diurnal) ανισοτροπία της κοσμικής ακτινοβολίας. Τα αποτελέσματά μας δείχνουν ότι αλλαγές στις παραμέτρους του διαστημικού καιρού μπορούν πιθανώς να σχετίζονται με μεταβολές στον καρδιακό ρυθμό. Μελέτες με μεγαλύτερο δείγμα και χρονοσειρές εξέτασης ενδεχομένως συμβάλλουν προς την κατεύθυνση αυτή.

Ο λόγος που επιλέχθηκε η εξέταση των παραγόντων αυτών του διαστημικού καιρού, είναι γιατί αφορούν σε παράγοντες φυσικούς και συνεπώς δεν μπορούν να αποφευχθούν ή να μειωθούν, όμως η γνώση τους είναι σημαντική καθώς επηρεάζουν τη ζωή του ανθρώπου τόσο σε θέματα δραστηριοτήτων, όσο και την ίδια του την Υγεία. Είναι γνωστή η επίδραση του διαστημικού καιρού στα ανθρώπινα τεχνολογικά επιτεύγματα, ενώ πολλά είναι τα ερωτήματα που απασχολούν τα τελευταία χρόνια 6 τους επιστήμονες αναφορικά με την ανθρώπινη Υγεία. Ολοένα και περισσότερες είναι οι έρευνες που δημοσιεύονται και συνδέουν την κοσμική ακτινοβολία με καρκίνους και καταρράκτη των ματιών. Τα αποτελέσματα αυτά έχουν άμεση εφαρμογή όχι μόνο για την ασφάλεια των πληρωμάτων στο διάστημα, αλλά και για τα πληρώματα αεροσκαφών που πετούν σε μεγάλα ύψη. Πολλές είναι οι μελέτες τα τελευταία χρόνια που αναφέρονται σε συνέπειες Υγείας στη Γη και συγκεκριμένα σε επίδραση του διαστημικού καιρού σε ανθρώπινες φυσιολογικές παραμέτρους. Εμείς επιλέξαμε ως παράμετρο μελέτης τον καρδιακό ρυθμό. Ο καρδιακός ρυθμός είναι μια ευαίσθητη φυσιολογική παράμετρος που επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες ενδογενείς και εξωγενείς γι' αυτό η χρήση του ως παράμετρος αναφοράς θεωρείται αμφίβολη. Από την άλλη πλευρά ο καρδιακός ρυθμός είναι μια παράμετρος που

αντικατοπτρίζει τη λειτουργία της καρδιάς, κέντρο της ζωής & της ομοιόστασης, και ταυτόχρονα μπορεί να μετρηθεί με άμεσο και εύκολο τρόπο, τα χαρακτηριστικά αυτά την καθιστούν χρήσιμη για την πραγμάτωση μελετών όπως η παρούσα. Επίσης, καίριας σημασίας λόγοι που μας οδήγησαν στη μελέτη παραμέτρων της καρδιάς ήταν αφενός το γεγονός ότι η πλέον στατιστικά σημαντική αιτία θανάτου του γενικού πληθυσμού είναι ασθένειες του καρδιαγγειακού συστήματος κι αφετέρου το ότι η λειτουργία της καρδιάς από τη φύση της οφείλεται σε ηλεκτρικά σήματα τα οποία είναι πιθανώς πιο ευαίσθητα στις παραμέτρους του διαστημικού καιρού που μελετάμε. Ο προσδιορισμός της πιθανής επίδρασης των κοσμοφυσικών παραμέτρων στον καρδιακό ρυθμό, ενδεχομένως να οδηγήσει σε νέους δρόμους για την πρόβλεψη και διαχείριση επιπτώσεων και κατ' επέκταση λήψη μέτρων για την προστασία ιδιαίτερων ομάδων πληθυσμού που εκτίθενται περισσότερο στις συνθήκες του Γεωπεριβάλλοντος, όπως τα πληρώματα αεροσκαφών, αλλά και ευπαθείς ομάδες του πληθυσμού της Γης μας. Το κάλεσμα για επιστημονική συζήτηση γύρω από αυτά τα θέματα θεωρείται επιβεβλημένο & είναι ώρα τα συμπεράσματα να διαδεχτούν οι προτάσεις πρόληψης & αντιμετώπισης.



Η εργασία αυτή αποτελείται από πέντε κεφάλαια και την βιβλιογραφία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ I: Αναλύονται οι έννοιες της κοσμικής ακτινοβολίας, της γεωμαγνητικής δραστηριότητας και του διαστημικού καιρού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ II: Περιγράφεται η λειτουργία της καρδιάς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ III: Πραγματεύεται τις μεθόδους και τα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV: Περιλαμβάνει όλη την πειραματική διαδικασία και την ανάλυση που έγινε στα δεδομένα που ήταν διαθέσιμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ V: Δίνονται τα συμπεράσματα και οι προοπτικές για συνέχιση αυτής της έρευνας.

Τέλος παρατίθενται οι αναφορές από την διεθνή βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκαν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι



ΚΟΣΜΙΚΕΣ ΑΚΤΙΝΕΣ

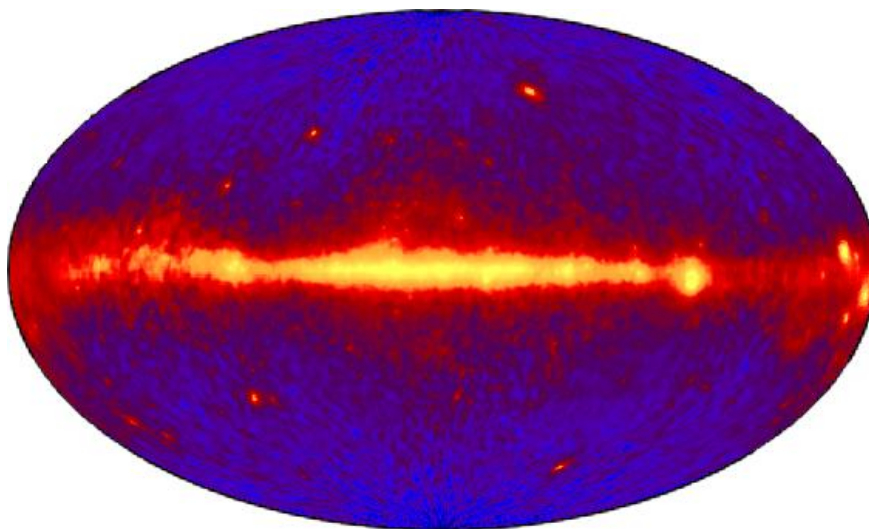
1.Κοσμική Ακτινοβολία

Οι κοσμικές ακτίνες ή κοσμική ακτινοβολία είναι μία κατηγορία ακτινοβολίας που αποτελείται από σωματίδια υψηλών ενεργειών τα οποία παράγονται σε κάποιο μέρος του Σύμπαντος μακριά από τη Γη και προσκρούουν στην ατμόσφαιρα μας Γης με ανιχνεύσιμα αποτελέσματα. Μία από τις κύριες πηγές, ίσως και μοναδική, των κοσμικών ακτίνων είναι οι υπερκαινοφανείς αστέρες, οι οποίοι έχουν ως αποτέλεσμα την έκλιση τεραστίων ποσοτήτων ενεργειών.

Οι κοσμικές ακτίνες αποτελούνται κυρίως από ατομικούς πυρήνες, δηλαδή θετικά ηλεκτρικώς φορτισμένα σωματίδια, με αναλογία 87% πρωτόνια, 12% σωματίδια άλφα (πυρήνες ηλίου) και λίγους βαρύτερους πυρήνες (οι σχετικές περιεκτικότητες είναι συγκρίσιμες με τις ηλιακές). Ωστόσο, ένα μικρό ποσοστό των κοσμικών ακτίνων είναι ακτίνες γ (φωτόνια) πολύ υψηλών ενεργειών, ηλεκτρόνια και νετρίνα.

Οι κινητικές ενέργειες των σωματίων των κοσμικών ακτίνων εκτείνονται σε 14 τάξεις μεγέθους, με τη ροή (αριθμός σωματίων ανά μονάδα επιφάνειας και χρόνου) στην περιοχή της Γης να είναι αντιστρόφως ανάλογη του κύβου της

ενέργειάς της. Η μεγάλη αυτή διαφορά στις ενέργειες υποδεικνύει τη μεγάλη ποικιλία των πηγών μας κοσμικής ακτινοβολίας: Οι διαδικασίες παραγωγής εκτείνονται από αστρικά φαινόμενα μέχρι μυστηριώδεις διαδικασίες υψηλών ενεργειών στα βάθη του Σύμπαντος. Μία κοσμική ακτίνα (1 σωματίο) μπορεί να φθάσει σε ενέργεια τα 10^{20} eV (δηλαδή 50 Joules, η ενέργεια μιας μπάλας του τένις που κινείται με 151 km/h). Καμιά μηχανή (επιταχυντής) κατασκευασμένη από τον άνθρωπο στη Γη, προς το παρόν, δεν μπορεί να επιταχύνει κάποιο σωματίο σε τόσο υψηλές ενέργειες.



Σχήμα 1.1: Χάρτης μας κοσμικής ακτινοβολίας Γ , ενέργειας άνω των 100 MeV. Ο Γαλαξίας παρουσιάζεται σαν φωτεινή ζώνη, με το κέντρο του στη μέση.

Η κοσμική ακτινοβολία είναι ενεργητικά υποατομικά σωματίδια με μεγάλο εύρος τιμών, της τάξης ($10^6 - 10^{21}$ eV) και επικρατής είναι η άποψη ότι η ακριβής προέλευση της είναι έως τώρα ακόμη άγνωστη. Οι κοσμικές ακτίνες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τα πρωτογενή και τα δευτερογενή σωματίδια. Όταν οι πρωτογενείς κοσμικές ακτίνες εισέρχονται στην ατμόσφαιρα της Γης, συγκρούονται με τα μόρια της ατμόσφαιρας, κυρίως οξυγόνο και άζωτο και ένας καταρράκτης δισεκατομμυρίων ελαφρύτερων σωματιδίων παράγεται, αυτά είναι τα δευτερογενή σωματίδια. Οι κοσμικές ακτίνες βρίσκονται παντού, και αρκετές δεκάδες προσκρούουν και εισέρχονται στο σώμα μας κάθε στιγμή. Το σώμα μας δέχεται μια μέση δόση ακτινοβολίας περίπου ίση με 2.4 mSv κάθε χρόνο, εξαιτίας των κοσμικών ακτίνων. Η ένταση των πρωτογενών και των δευτερογενών κοσμικών σωματιδίων, είναι γνωστή ως ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας - Cosmic Ray Intensity (CRI). Πολύ ενεργητικά σωματίδια ανιχνεύονται κυρίως από επίγειους μετρητές. Γενικά, η ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος και το υψόμετρο, καθώς το μαγνητικό πεδίο της Γης ανακλά μερικώς την κοσμική ακτινοβολία μακριά

από τη Γη και η ικανότητα θωράκισης του μαγνητικού πεδίου είναι πιο αποτελεσματική πάνω από τον ισημερινό παρά πάνω από τους πόλους. Επιπλέον, το μαγνητικό πεδίο του Ήλιου μπορεί να εκτρέψει τα κοσμικά σωματίδια μακριά από τη Γη, και η ικανότητα αυτή εξαρτάται από τη φάση του Ηλιακού κύκλου. Όταν η ηλιακή δραστηριότητα είναι μικρή (ηλιακό ελάχιστο), το μαγνητικό πεδίο είναι λιγότερο αποτελεσματικό στο να εκτρέπει τα σωματίδια. Από την άλλη πλευρά, ο Ήλιος εκπέμπει ενεργητικά σωματίδια (ηλιακές εκλάμψεις, στεμματικές εκπομπές μάζας), που συμβάλλουν στην ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας. Η ένταση αυτή επηρεάζεται, μας, από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες, όπως η θερμοκρασία και η πίεση (Olbert, 1953).



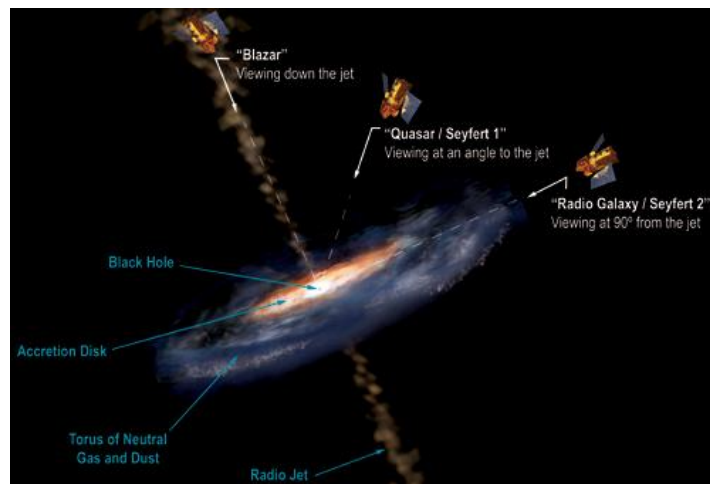
Εικόνα 1.2: Ο Πυρήνας του Γαλαξία μας «Γαλακτώδης οδός» Φανερώνεται (Φωτογραφία)

1.1 Πηγές κοσμικής ακτινοβολίας

Η κοσμική ακτινοβολία είναι ροή σωματιδίων με πολύ μεγάλη ενέργεια, τα οποία κινούνται περίπου με την ταχύτητα του φωτός. Τα σωματίδια αυτά είναι ηλιακής, γαλαξιακής και εξωγαλαξιακής προέλευσης. Οι κοσμικές ακτίνες αποτελούνται κατά το 98% από πρωτόνια και πυρήνες και κατά 2% από ηλεκτρόνια. Από τα πρωτόνια και τους πυρήνες έχουμε 87% πρωτόνια, 12% πυρήνες ηλίου και 1% βαρύτερους πυρήνες (Μαυρομιχαλάκη, 2005).

Επικρατεί η άποψη ότι κάποιες κοσμικές ακτίνες επιταχύνονται στον γαλαξία μας και κάποιες έξω από αυτόν. Η προέλευση των πολύ ενεργητικών ακτίνων (μεγαλύτερες από 10^{19} eV), όμως παραμένει ακόμη άγνωστη. Το γεγονός αυτό οφείλεται, μεταξύ άλλων, στο ότι για σωματίδια τόσο ψηλών ενεργειών υπάρχουν

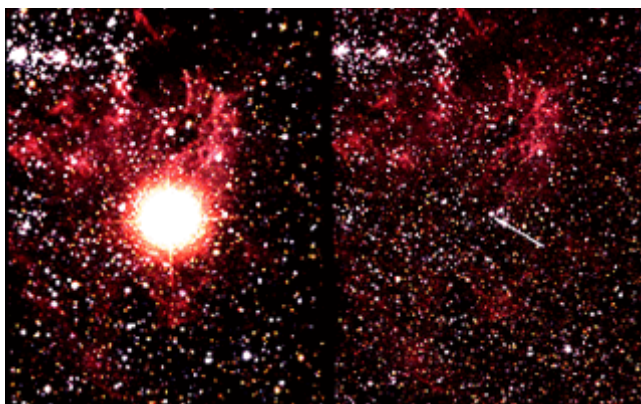
ελάχιστα στατιστικά στοιχεία, αφού αυτά τα σωματίδια φτάνουν στη Γη με ρυθμό 1 σωματίδιο/ Km^2 (Mursula and Usoskin, 2003). Μέχρι σήμερα έχουν ανιχνευτεί πολύ λίγα σωματίδια με ενέργειες μεγαλύτερες των 10^{20} eV. Κατά πάσα πιθανότητα αυτά τα σωματίδια έχουν εξωγαλαξιακή προέλευση και ενδεχομένως να επιταχύνονται στους ενεργούς γαλαξιακούς πυρήνες (AGNs) και σε ραδιογαλαξίες. Αυτές οι πηγές δύνανται να παραγάγουν πολύ μεγάλα ποσά ενέργειας ικανά να επιταχύνουν τα σωματίδια σε αυτές τις ενέργειες.



Σχήμα 1.3: Αυτή η εικόνα δείχνει τα διάφορα χαρακτηριστικά ενός ενεργού γαλαξιακού πυρήνα (AGN), και πώς η γωνία θέασης μας καθορίζει τι είδους AGN παρατηρούμε. Η εξαιρετική φωτεινότητα ενός AGN τροφοδοτείται από μια υπερμεγέθη μαύρη τρύπα στο κέντρο. Μερικά AGN έχουν πίδακες, ενώ άλλοι δεν κάνουν. Πηγή: Aureore Simonnet, Sonoma State University.

Τα σωματίδια με ενέργειες από 10^{10} eV μέχρι 10^{14} eV θεωρείται ότι προέρχονται από πηγές μέσα στο γαλαξία μας. Μάλιστα, πιο πιθανή πηγή για αυτά τα σωματίδια θεωρούνται τα κρουστικά κύματα που προκαλούνται από εκρήξεις υπερκαινοφανών. Κατά τις εκρήξεις υπερκαινοφανών, ο πυρήνας ενός παλιού αστεριού εκρήγνυται, απελευθερώνει μεγάλο ποσόν ενέργειας και σωματιδίων στο διάστημα και γίνεται υπόλειμμα (remnant). Αυτά τα υπολείμματα εντοπίζονται στο διάστημα από ένα σύννεφο αερίου (nebula) που παραμένει στην περιοχή της έκρηξης. Σε αυτή την περίπτωση, τα σωματίδια σκεδάζονται κατά μήκος του κινούμενου κρουστικού κύματος και σε κάθε σκέδαση κερδίζουν ενέργεια. Μέχρι πρόσφατα δεν υπήρχαν παρατηρήσεις που να επιβεβαιώνουν την παραπάνω θεωρία. Οι υπερκαινοφανείς θεωρούνταν ως η πιο πιθανή πηγή σωματιδίων με τέτοιες ενέργειες γιατί ο αριθμός τους στο γαλαξία μας ήταν αρκετά μεγάλος και γιατί η ενέργεια που

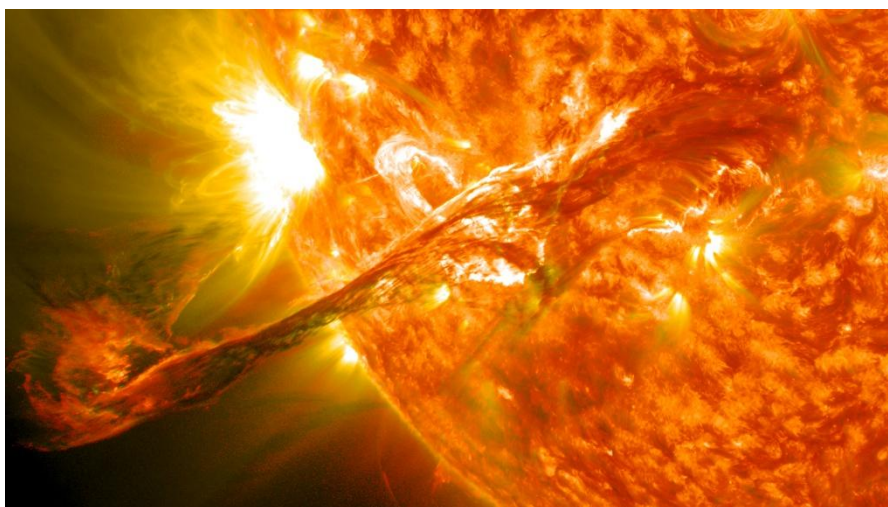
εκλύεται σε μία τέτοια έκρηξη είναι υπεραρκετή για να επιταχύνει σωματίδια σε ενέργειες μέχρι και 10^{14} eV .



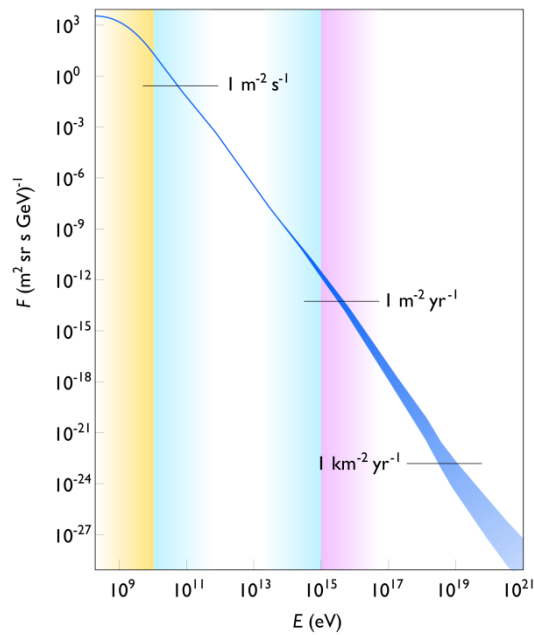
Εικόνα 1.4: Στα αριστερά είναι το Supernova 1987A μετά το αστέρι έχει εκραγεί. Στη δεξιά είναι το αστέρι πριν εκραγεί. Δικαιώματα: NASA

Όπως προαναφέρθηκε τα σωματίδια με ενέργειες πάνω από 10^{14} eV και μέχρι 10^{19} eV θεωρείται ότι έχουν εξωγαλαξιακή προέλευση.

Τέλος, τα σωματίδια με ενέργειες μικρότερες από 10^{10} eV είναι ηλιακής προέλευσης, για το λόγο αυτό η ροή των κοσμικών ακτίνων σε αυτές τις ενέργειες διαμορφώνεται έντονα από την ηλιακή δραστηριότητα. Οι ηλιακές εκλάμψεις είναι πηγές των ηλιακών κοσμικών ακτίνων, έτσι γίνονται εκρήξεις στον ήλιο που εκπέμπουν ενεργητικά σωματίδια στο διάστημα. Το γεγονός καταγράφεται στη Γη περίπου μετά από 9 λεπτά.



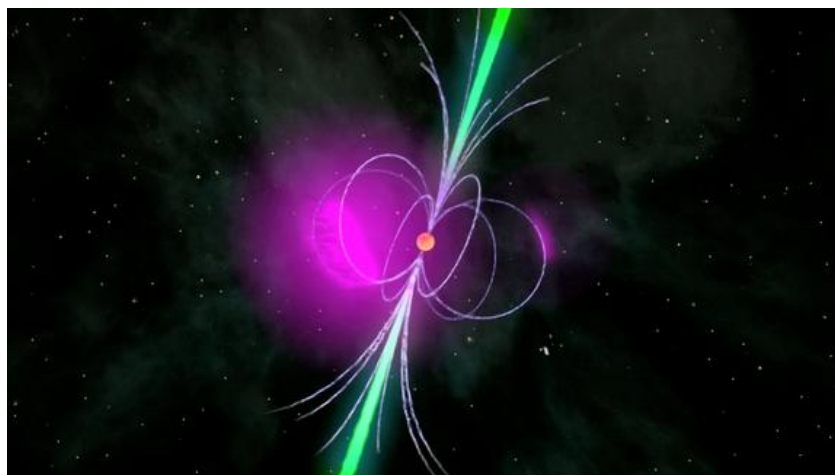
Εικόνα 1.5: Στις 31 Αυγούστου του 2012 μια μεγάλη προεξοχή / νήμα της ηλιακής έκλαμψης με το υλικό που είχε να πλανάται στην ατμόσφαιρα του Ήλιου, η κορώνα, ξεσπά στο διάστημα στις 16:36 EDT. Βλέποντας εδώ από το Παρατηρητήριο Solar Dynamics, η έκλαμψη προκάλεσε σέλας στη Γη στις 3 Σεπτεμβρίου.



Σχήμα 1.6: Ροή κοσμικών ακτίνων σε σχέση με την ενέργεια των σωματιδίων

Συνοψίζοντας, ως κοσμική ακτινοβολία νοούνται σωματίδια πολύ υψηλών ενεργειών που προέρχονται από εξωγήινες πηγές. Η προέλευσή τους είναι ακόμη άγνωστη, είναι ξεκάθαρο όμως ότι οι κοσμικές ακτίνες προέρχονται κυρίως έξω από το ηλιακό σύστημα, αλλά μέσα από τον γαλαξία. Λίγα σωματίδια μόνο προέρχονται από την ηλιακή δραστηριότητα και σχετίζονται με έντονα ηλιακά γεγονότα .

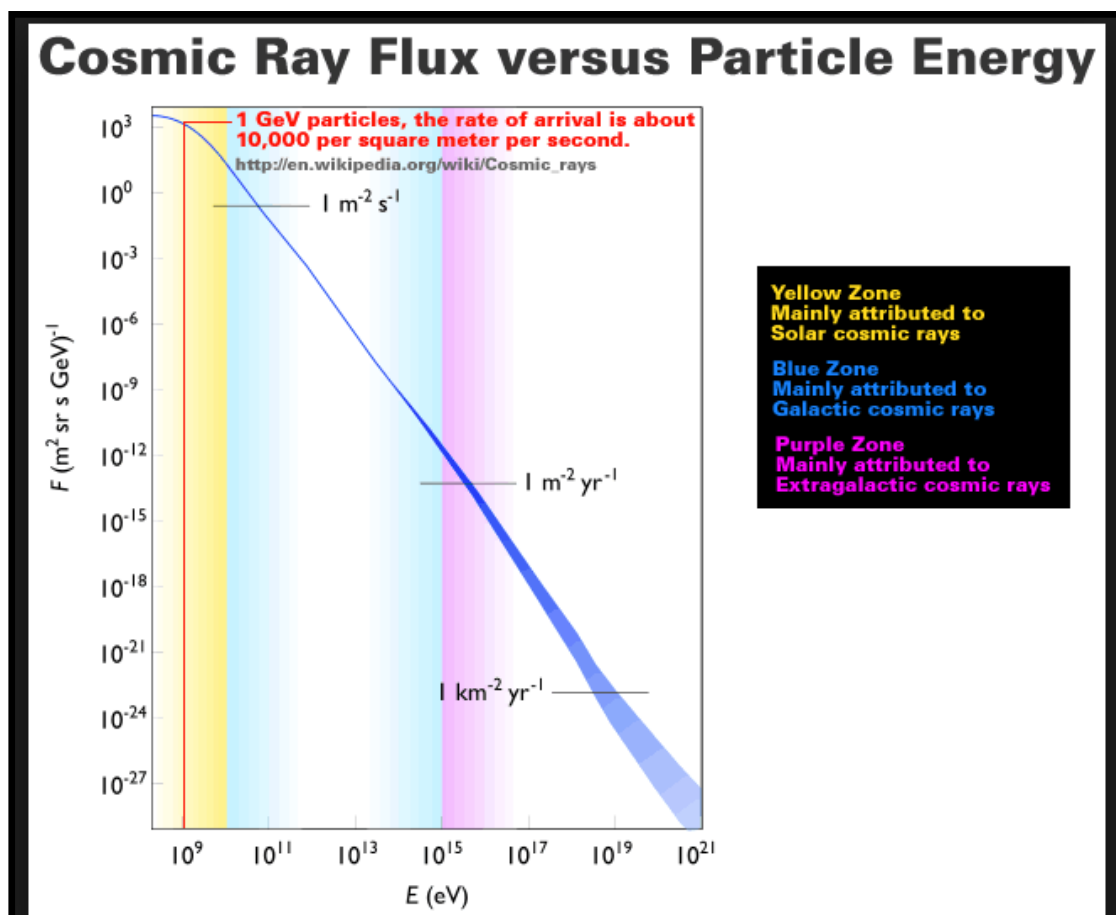
Γενικότερα η προέλευση της κοσμικής ακτινοβολίας δεν είναι δυνατό να εξηγηθεί διεξοδικά. Με βάση όμως τις μέχρι σήμερα γνώσεις μας μπορούμε να πούμε ότι προέρχεται από τις εξής πηγές: σταθεροί αστέρες, όπως είναι ο Ήλιος, καινοφανείς και υπερκαινοφανείς αστέρες, αστέρες εκλάμψεων και παλλόμενοι αστέρες και διαστρική ύλη.



Εικόνα 1.7: Ένα πάλσαρ ακτίνων-γ είναι ένα συμπαγές άστρο νετρονίων που επιταχύνει τα φορτισμένα σωματίδια με σχετικιστικές ταχύτητες στο εξαιρετικά ισχυρό μαγνητικό πεδίο του. Ένα περίεργο, hiccuping πάλσαρ (φαίνεται σε αυτήν την εικόνα) ανακαλύφθηκε τον Ιούλιο του 2012, το οποίο επιτάχυνε λίγο, με αποτέλεσμα να το χάσουν με την αρχική έρευνα οι επιστήμονες. Δικαιώματα: NASA / Fermi / Cruz de Wilde

1.2 Οι 3 Συνιστώσες της κοσμικής ακτινοβολίας

Η κοσμική ακτινοβολία διακρίνεται σε τρεις συνιστώσες, τις γαλαξιακές κοσμικές ακτίνες, τις ηλιακές κοσμικές ακτίνες και τις ανώμαλες κοσμικές ακτίνες.

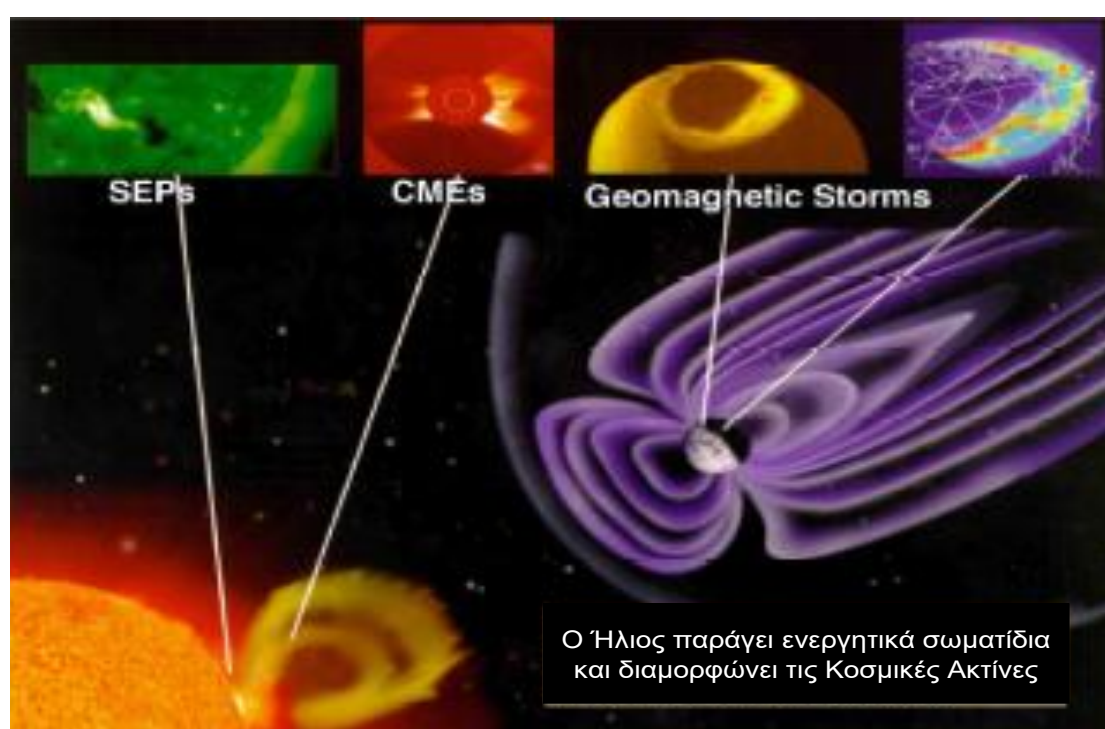


Σχήμα 1.8: Η ροή της Κοσμικής Ακτινοβολίας χωρίζεται σε τρεις κύριες κατηγορίες. Υπάρχουν πολλές περισσότερες χαμηλής ενέργειας Κοσμικές ακτίνες παρά υψηλής Ενέργειας.

Οι γαλαξιακές προέρχονται από πηγές εκτός του ηλιακού μας συστήματος και αφορούν στα πιο ενεργητικά σωματίδια με ενέργειες έως και 10^{21} eV. Αποτελούνται κατά βάση από νετρόνια, από 7-10% από He και κατά 1% από βαρύτερους πυρήνες. Οι γαλαξιακές κοσμικές ακτίνες με ενέργειες μικρότερες από 1 GeV υφίστανται την ηλιακή διαμόρφωση. Έτσι τα έντονα ηλιακά φαινόμενα θωρακίζουν τη Γη από τις κοσμικές ακτίνες των ενεργειών αυτών.

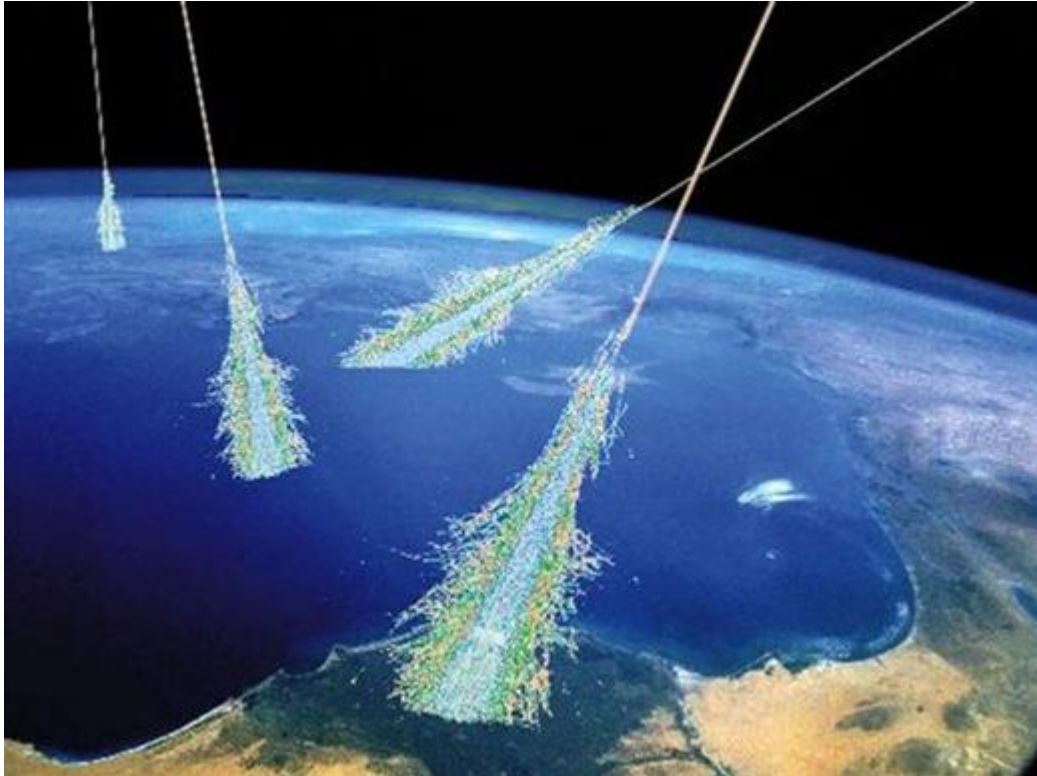
Τα ηλιακά ενεργητικά σωματίδια, προέρχονται κυρίως από ηλιακές εκλάμψεις. Οι στεμματικές εκπομπές μάζας και τα κρουστικά κύματα στο

διαπλανητικό μέσο δύναται επίσης να παράγουν τέτοια σωματίδια. Οι ηλιακές κοσμικές ακτίνες έχουν ενέργειες συνήθως μέχρι μερικές εκατοντάδες MeV/νουκλεόνιο και μερικές φορές μέχρι και λίγα GeV/νουκλεόνιο. Η σύσταση των ηλιακών κοσμικών ακτίνων είναι παραπλήσια με εκείνη των γαλαξιακών, δηλαδή κυριαρχούν τα πρωτόνια, το 10% περίπου είναι He και οι βαρύτεροι πυρήνες απαντούν σε ποσοστό <1%. Κατά τη διάρκεια ισχυρών ηλιακών εκλάμψεων η ροή των ηλιακών κοσμικών ακτίνων στη Γη μπορεί να αυξηθεί και 100% για ώρες ή και μέρες.



Σχήμα 1.9: Αναπαράσταση της Ηλιακής δραστηριότητας

Τέλος, οι ανώμαλες ακτίνες προέρχονται από το μεσοαστρικό χώρο πέρα από την ηλιόπαυση. Δημιουργούνται από άτομα του μεσοαστρικού αερίου τα οποία εισέρχονται στην ηλιόσφαιρα και ιονίζονται. Στη συνέχεια παρασύρονται από το διαπλανητικό μαγνητικό πεδίο καθότι φορτισμένα και φτάνουν μέχρι και το κρουστικό κύμα της ηλιόπαυσης όπου σκεδάζονται και έτσι επιταχύνονται σε μεγάλες ενέργειες. Η σύσταση των ανώμαλων κοσμικών ακτίνων είναι αρκετά διαφορετική από των προηγούμενων, αφού αποτελούνται από περισσότερο He σε σχέση με τα πρωτόνια και από περισσότερο οξυγόνο από ό,τι άνθρακα.



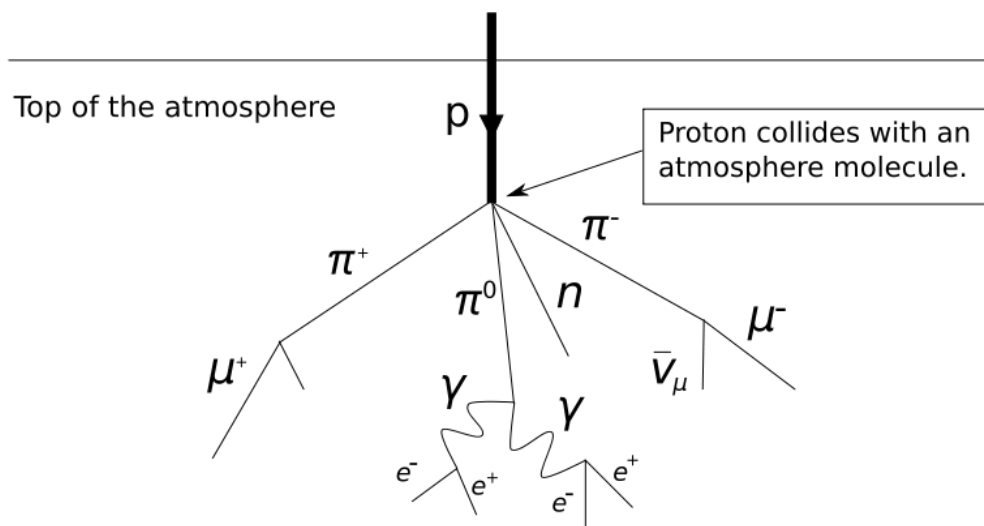
Σχήμα 1.10: Καταγισμοί σε δέσμες πρωτογενούς και δευτερογενούς κοσμικής ακτινοβολίας

1.3 Καταιγισμοί

Η κοσμική ακτινοβολία διακρίνεται σε πρωτογενή και δευτερογενή. Η πρωτογενής κοσμική ακτινοβολία συνίσταται σε εκείνα τα σωματίδια που φτάνουν στο όριο της γήινης ατμόσφαιρας από το διάστημα (Longair, 1990). Η κοσμική ακτινοβολία αποτελείται από πρωτόνια, νετρόνια, ηλεκτρόνια, πυρήνες και τα αντισωματίδια τους. Ως πρωτογενή κοσμική ακτινοβολία εννοούμε την ακτινοβολία που φτάνει στα όρια της ατμόσφαιρας, πριν υποστούν τα σωματίδια της πυρηνικές αλληλεπιδράσεις εξαιτίας της γήινης ατμόσφαιρας.

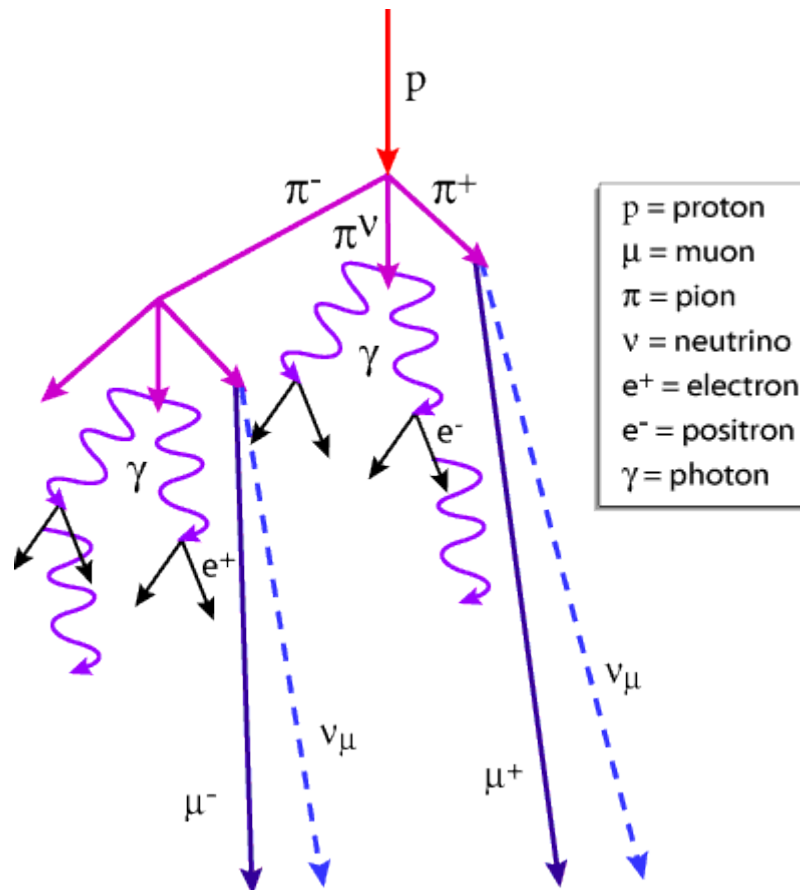
Έχει διαπιστωθεί ότι η ακτινοβολία που φτάνει από το διάστημα αποτελείται από πρωτόνια σε ποσοστό 85%, σωματίδια α 5%, στοιχεία Li, Be, B σε ποσοστό 0,1%, C, N, O, F σε ποσοστό 0,42%, Fe και βαρέα υπερουράνια στοιχεία σε ποσοστό 0,04% καθώς και ακτίνες γ και νετρόνια σε ποσοστό 1 με 2% και οι ενέργειές τους κυμαίνονται στην ευρεία περιοχή ενεργειών $10^6 \text{ eV} - 10^{21} \text{ eV}$. Τελευταία έχουν παρατηρηθεί και ακόμα ψηλότερες ενέργειες. Τα περισσότερα είναι σχετικιστικά σωματίδια με ενέργειες

συγκρίσιμες ή και λίγο μεγαλύτερες από τις μάζες τους. Λίγα είναι υπερσχετικιστικά με ενέργειες πάνω από 10^{20} eV (περίπου 20Joules), δηλαδή 11 τάξεις μεγέθους μεγαλύτερες από την ενέργεια της μάζας ηρεμίας του πρωτονίου.



Σχήμα 1.11: Η δευτερογενής κοσμική ακτινοβολία

Η δευτερογενής κοσμική ακτινοβολία αναφέρεται στο σύνολο των σωματιδίων και των θραυσμάτων που παράγονται από την αντίδραση των πρωτογενών κοσμικών ακτίνων με τα μόρια της γήινης ατμόσφαιρας. Η δευτερογενής ακτινοβολία διακρίνεται σε τρεις συνιστώσες (Εικ.1.11) τη νουκλεονική, τη σκληρή ή μεσονική και τη μαλακή ή ηλεκτρονική – φωτονική συνιστώσα. Η νουκλεονική αποτελείται από πρωτόνια και νετρόνια. Εξαιτίας της ποικιλίας των αντιδράσεων μπορεί να προσδιοριστεί δύσκολα αλλά είναι η πιο σταθερή συνιστώσα. Η σκληρή ή μεσονική συνιστώσα είναι πολύ διεισδυτική κι αποτελείται από μεσόνια. Μάλιστα είναι τόσο διεισδυτική που μόλυβδος πάχους ενός μέτρου ελαττώνει την ένταση της στο μισό. Τέλος, έχουμε την μαλακή ή ηλεκτρονική – φωτονική συνιστώσα που όπως φαίνεται αποτελείται από ηλεκτρόνια και φωτόνια, ενώ απορροφάται αποκλειστικά από μόλυβδο πάχους μόνο 10 εκατοστών. Η δευτερογενής ΚΑ στην επιφάνεια της θάλασσας αποτελείται από μόνια (80%), ηλεκτρόνια (18%) και πρωτόνια και νετρόνια (1-2%).

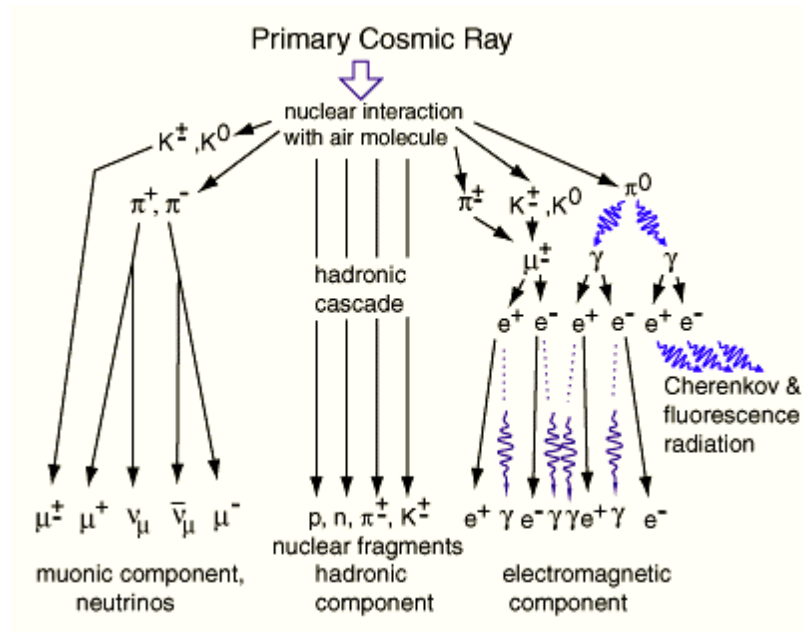


Σχήμα 1.12: Παραγωγή σωματιδίων δια εκτεταμένου καταγισμού των κοσμικών ακτίνων στην ατμόσφαιρα

Τα σωματίδια των κοσμικών ακτίνων καθώς εισέρχονται στη γήινη ατμόσφαιρα δημιουργούν νουκλεονικούς καταγισμούς, οι οποίοι είναι το σύνολο των σωματιδίων που παράγονται από τις αντιδράσεις που προκαλούν οι πρωτογενείς κοσμικές ακτίνες μαζί με τις αντιδράσεις που προκαλούνται από αυτά τα δευτερογενή σωματίδια. Οι αρχικοί πυρήνες των κοσμικών ακτίνων που εισέρχονται στην ατμόσφαιρα, θρυμματίζονται (spallation) και παράγονται μικρότεροι πυρήνες (θραύσματα), πρωτόνια, νετρόνια, φορτισμένα πόνια και ουδέτερα πόνια. Από αυτά οι δευτερογενείς πυρήνες και τα φορτισμένα πόνια συνεχίζουν να πολλαπλασιάζονται μέσω διαδοχικών συγκρούσεων μέχρι που η ενέργεια ανά σωματίδιο πέφτει κάτω από εκείνη που απαιτείται για την παραγωγή πιονίου. Τα μόνια στην ουσία δεν προκαλούν πυρηνικές αντιδράσεις και χάνουν ενέργεια κυρίως μέσω του ιονισμού. Τα μόνια που έχουν χαμηλή ενέργεια μετατρέπονται σε ποζιτρόνια, ηλεκτρόνια και νετρίνα του μιονίου μέσω των αντιδράσεων

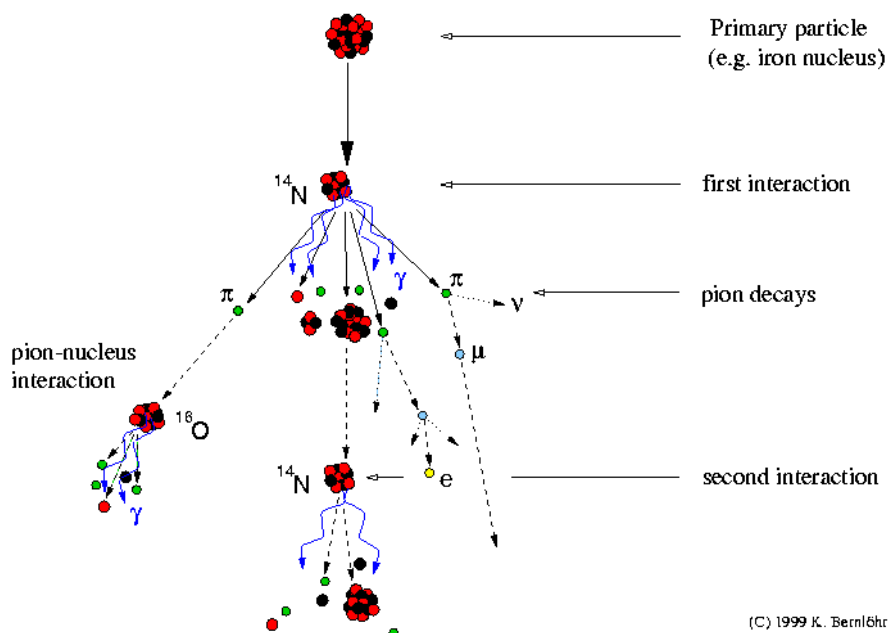
$$\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \bar{\nu}_\mu \quad \text{και} \quad \mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu .$$

Κάποια μίονια παράγονται με πολύ μεγάλες ενέργειες στα υψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας πριν ακόμη τα πόνια αρχίσουν να τα παράγουν μέσω των πυρηνικών αντιδράσεων. Αυτά τα μίονια είναι πολύ διεισδυτικά γιατί δεν συμμετέχουν σε πυρηνικές αντιδράσεις και οι ενεργειακές τους απώλειες λόγω ιονισμού είναι πολύ μικρές. Έτσι φτάνουν στην επιφάνεια της Γης αλλά και σε κάποια βάθη σχεδόν ανεπηρέαστα.

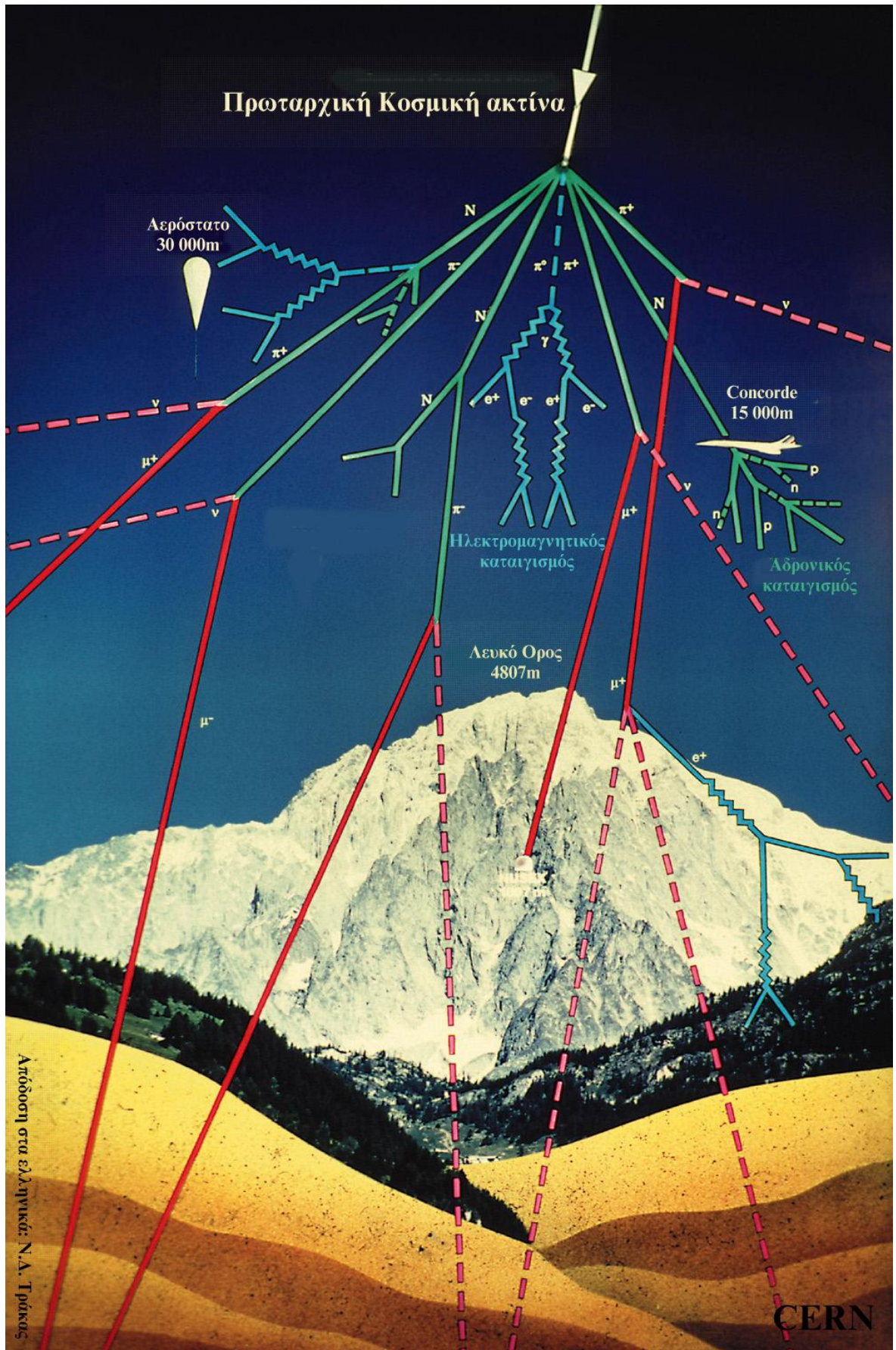


Εικόνα 1.13: Νουκλεονικός καταγισμός – συνιστώσες ακτινοβολίας - »Καταρράκτης« σωματιδίων που προέρχονται από την είσοδο μιας κοσμικής ακτίνας υψηλής ενέργειας στην ατμόσφαιρα, σε ύψος 20 km.

Development of cosmic-ray air showers



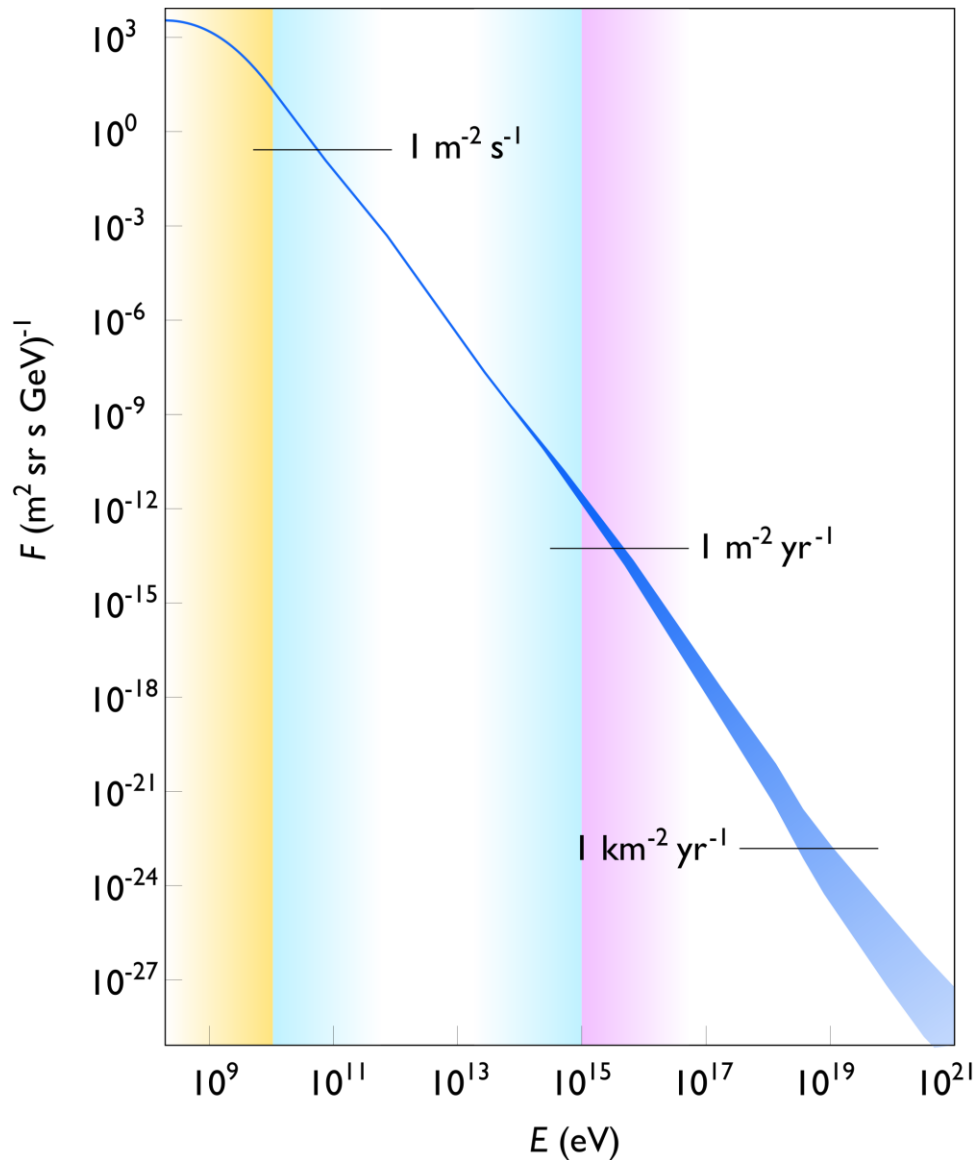
Σχήμα 1.14: ανάπτυξη κοσμικού καταγισμού ακτίνων



Απόδοση στα ελληνικά: Ν.Δ. Τρίκας

CERN

Σχήμα 1.15: Πρωτογενές κοσμικό σωματίδιο συγκρούεται με ένα μόριο της ατμόσφαιρας.



Σχήμα 1.16: Φάσμα Κοσμικών ακτίνων

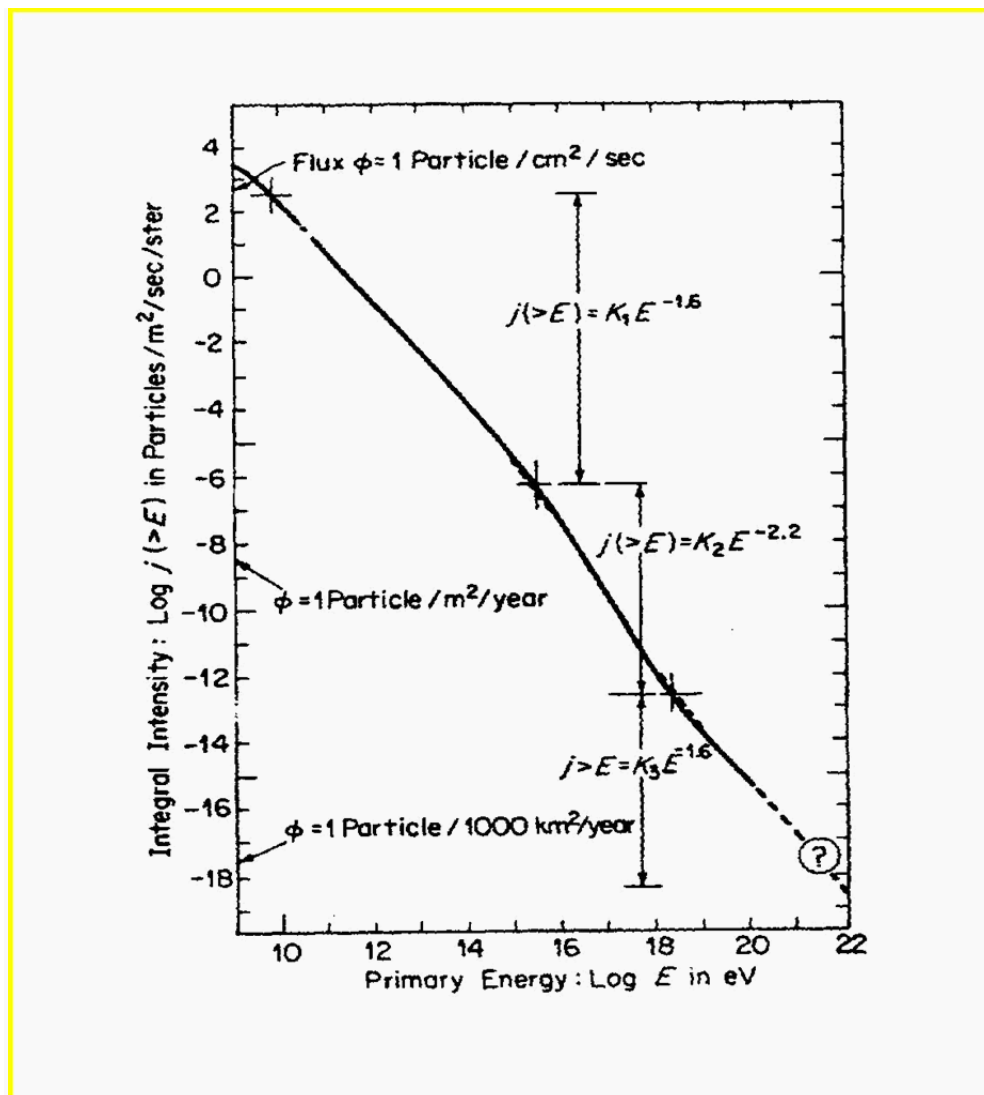
1.4 Ενεργειακό φάσμα των κοσμικών ακτίνων

Η ροή κοσμικών ακτίνων με ενέργεια μεγαλύτερη από 1 GeV μειώνεται καθώς η ενέργεια αυξάνει. Το ενεργειακό φάσμα των σωματιδίων είναι το ίδιο με το τυπικό φάσμα των ψηλών ενεργειών σωματιδίων των γαλαξιακών και εξωγαλαξιακών ραδιοπηγών. Το αδιαμόρφωτο ενεργειακό φάσμα των ΚΑ μπορεί να περιγραφεί από τη σχέση $N(E)dE = kE^{-\gamma}dE$ (1.1) όπου $\gamma \cong 2.5-2.7$. Η σχέση αυτή εφαρμόζεται σε πρωτόνια, ηλεκτρόνια και πυρήνες με ενέργειες 10^9-10^{14} eV. Η σχέση αυτή της ροής των σωματιδίων με το σχετικιστικό αέριο που υπάρχει στο ενδοαστρικό αέριο, προκύπτει μέσω δύο τύπων παρατήρησης της σύγχροτον

ακτινοβολίας των ηλεκτρονίων των ΚΑ που μετριέται στην ραδιο-κυματική ζώνη και της γαλαξιακής εκπομπής γ-ακτίνων σε ενέργειες $E \geq 100 \text{ MeV}$ που αποδίδεται στη διάσπαση των π^0 που δημιουργούνται από τις συγκρούσεις των ΚΑ με τα άτομα και τα μόρια του ενδοαστρικού αερίου. Το ότι αυτοί οι δύο διαφορετικοί τύποι παρατηρήσεων μπορούν να εφαρμοσθούν επιτυχώς δηλώνει ότι τα σωματίδια ΚΑ στο όριο της ατμόσφαιρας είναι μέρος μόνο του πληθυσμού των ΚΑ στο Γαλαξία. Λογαριθμίζοντας τη σχέση αυτή παίρνουμε το ακόλουθο διάγραμμα (Εικ.1.17) που είναι το ολοκληρωμένο φάσμα της κοσμικής ακτινοβολίας, η ευθεία του οποίου έχει κλίση ίση με γ που ονομάζεται φασματικός εκθέτης

$$\log J(E) = f(\log E)$$

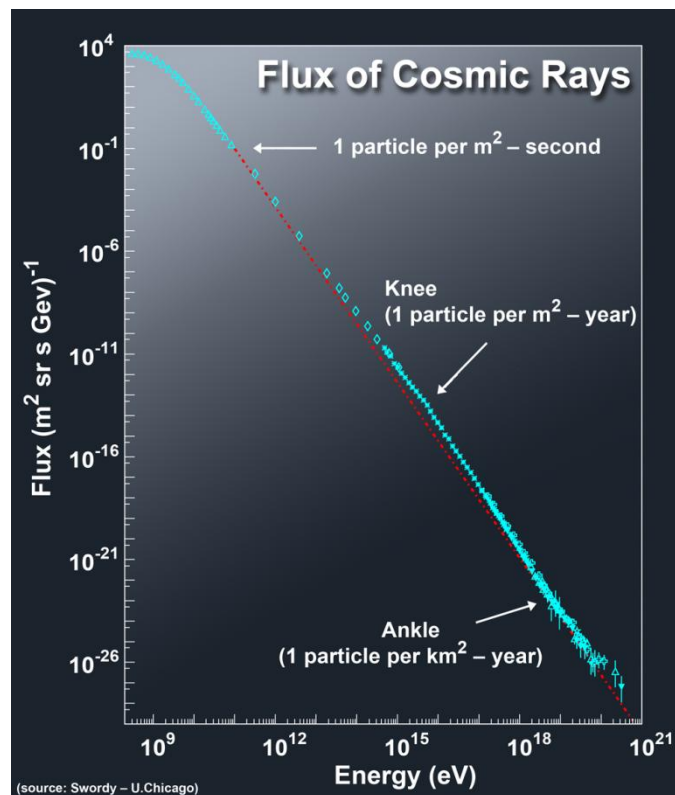
Η τιμή του γ μεταβάλλεται καθώς μεταβάλλονται οι ενέργειες των ΚΑ από 10^{10} eV έως 10^{21} eV .



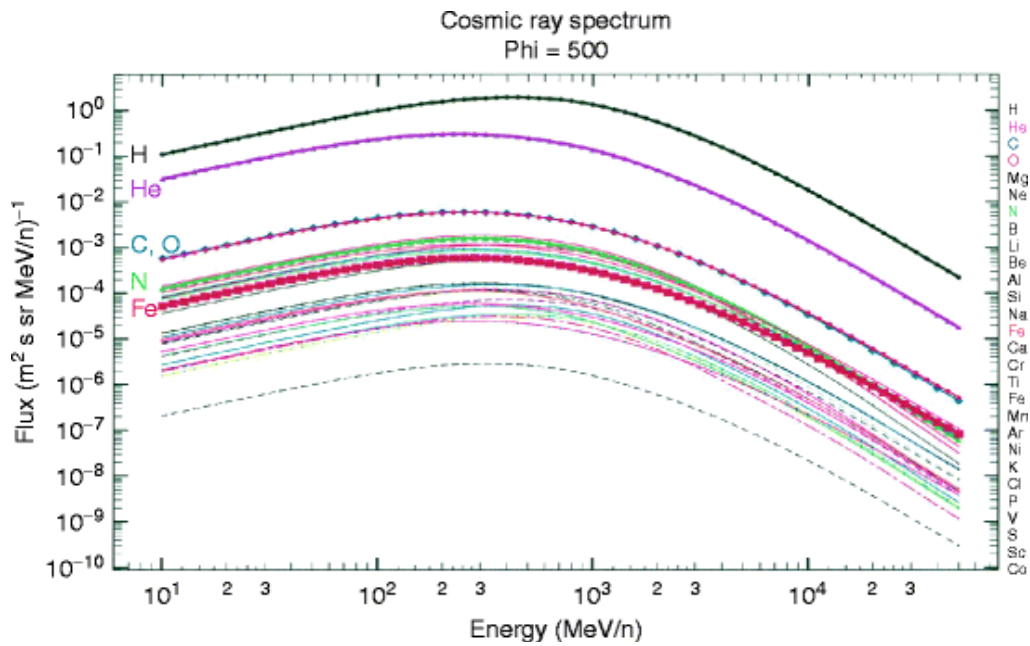
Σχήμα 1.17: Ολοκληρωμένο ενεργειακό φάσμα των γαλαξιακών κοσμικών ακτίνων

Ανάλογα με την τιμή του εκθέτη (γ) το φάσμα χωρίζεται σε τμήματα (*Mursula and Usoskin, 2003*). Το πρώτο τμήμα περιλαμβάνει τα σωματίδια με ενέργειες $<10^{10}$ eV. Αυτές οι κοσμικές ακτίνες υπόκεινται στη διαμόρφωση από την ηλιακή δραστηριότητα (πιο εμφανής στο διαφορικό φάσμα, *Σχήμα 1.18*). Εδώ η σχέση έντασης και ενέργειας δεν ακολουθεί νόμο δύναμης.

Το δεύτερο τμήμα περιλαμβάνει τα σωματίδια με ενέργειες στην περιοχή 10^{10} eV - 10^{15} eV. Εδώ ο φασματικός εκθέτης έχει τιμή $\gamma \approx 2.7$. Περίπου στην ενέργεια των 10^{15} eV το φάσμα γίνεται πιο απότομο και ο φασματικός εκθέτης παίρνει την τιμή $\gamma \approx 3.1$. Αυτό το σημείο στο φάσμα όπου ο φασματικός εκθέτης αλλάζει τιμή ονομάζεται γόνατο (knee). Η τιμή αυτή του εκθέτη διατηρείται μέχρι την ενέργεια των 20^{10} eV. Η πιο απότομη μείωση της έντασης των κοσμικών ακτίνων μετά το γόνατο μπορεί να ερμηνευθεί ως εξής (auger.physics.wisc.edu/physics.php): λόγω της αύξησης της γυροακτίνας των σωματιδίων, οι κοσμικές ακτίνες μπορούν να διαφύγουν πιο εύκολα από το γαλαξία για ενέργειες πάνω από μια κρίσιμη τιμή. Το φάσμα στην ενέργεια των 20^{10} eV γίνεται πιο επίπεδο, αλλά τα δεδομένα για αυτή την περιοχή των ενεργειών είναι αρκετά περιορισμένα. Το σημείο όπου αλλάζει πάλι ο φασματικός εκθέτης ονομάζεται αστράγαλος (ankle).

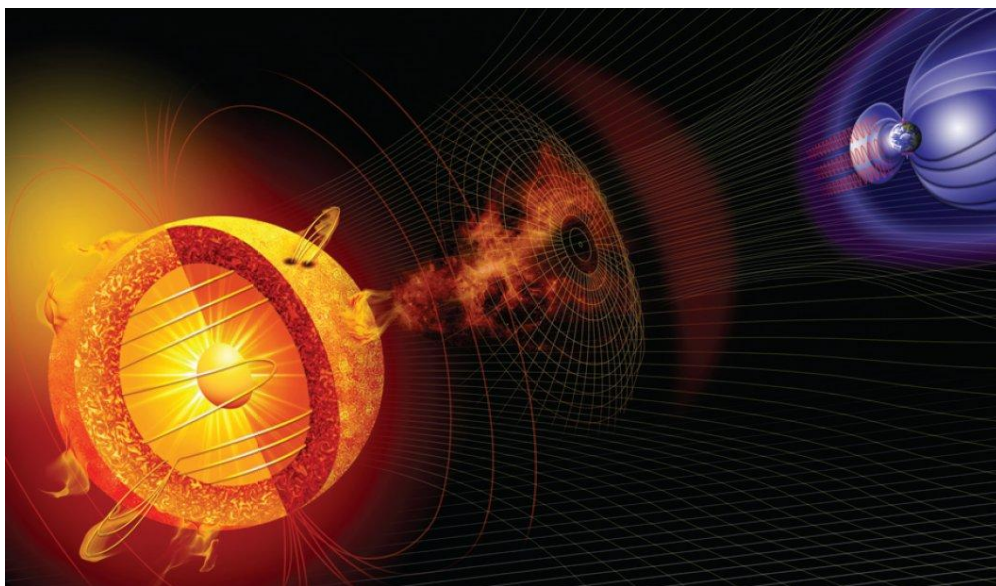


Σχήμα 1.18: Διαφορικό φάσμα γαλαξιακών κοσμικών ακτίνων

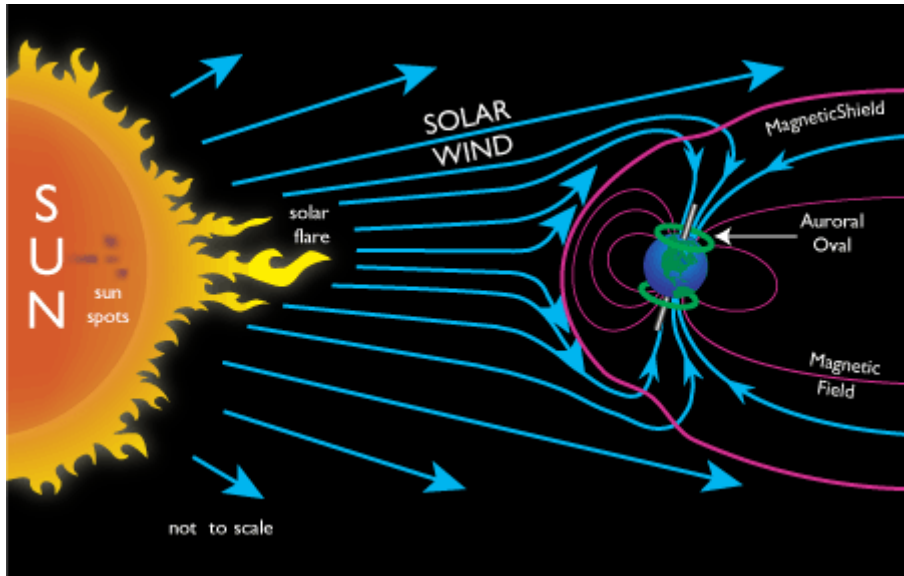


Σχήμα 1.19: Διαφορικό ενεργειακό φάσμα για τα διάφορα στοιχεία

Το ψηλόν ενεργειών τμήμα του φάσματος αντιπροσωπεύει τον αριθμό των σωματιδίων ολικής ενέργειας E / πυρήνα, αφού ο διαχωρισμός του φορτίου σ' αυτές τις ενέργειες είναι δύσκολος οπότε μετράται η ολική ενέργεια, ενώ το χαμηλόν ενεργειών τμήμα του φάσματος δείχνει τον αριθμό των νουκλεονίων σαν συνάρτηση της ενέργειας ανά νουκλεόνιο. Η απουσία σωματιδίων πρωτογενούς κοσμικής ακτινοβολίας χαμηλών ενεργειών πλησίον της Γης ονομάζεται “κατώφλι”(cut-off) του φάσματος για ψηλά γεωμαγνητικά πλάτη. Σωματίδια με $E_k \leq 1\text{GeV/πυρήνα}$ μπορούν να φθάσουν στη Γη μόνο σε ψηλά γεωμαγνητικά πλάτη.

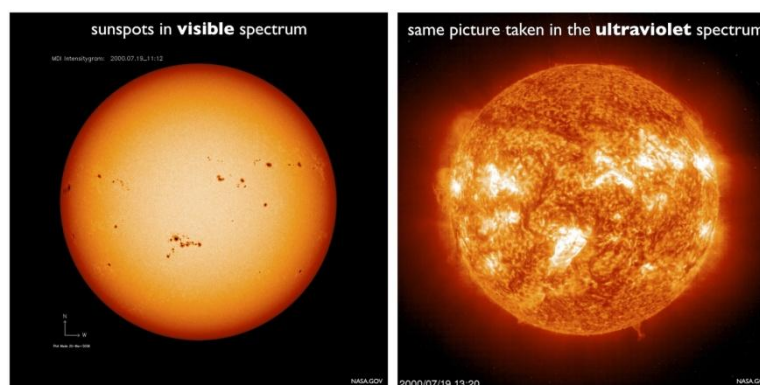


Εικόνα 1.20: Προσομοίωση γεωμαγνητικού πεδίου - μπλοκαρίσματος πρωτογενών κοσμικών ακτίνων

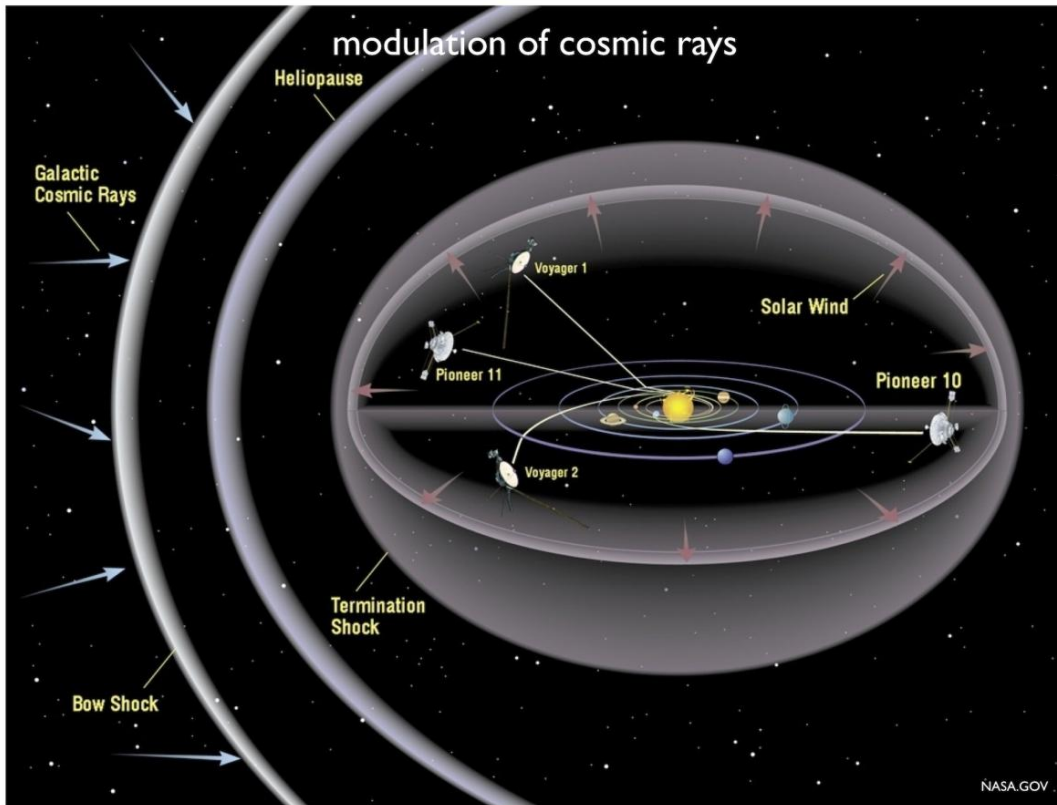


Σχήμα 1.21: Ο ηλιακός άνεμος είναι η σταθερή ροή των φορτισμένων σωματιδίων, πρωτόνια και τα ηλεκτρόνια, που εκπέμπεται από τον ήλιο μαζί με το μαγνητικό του πεδίο.

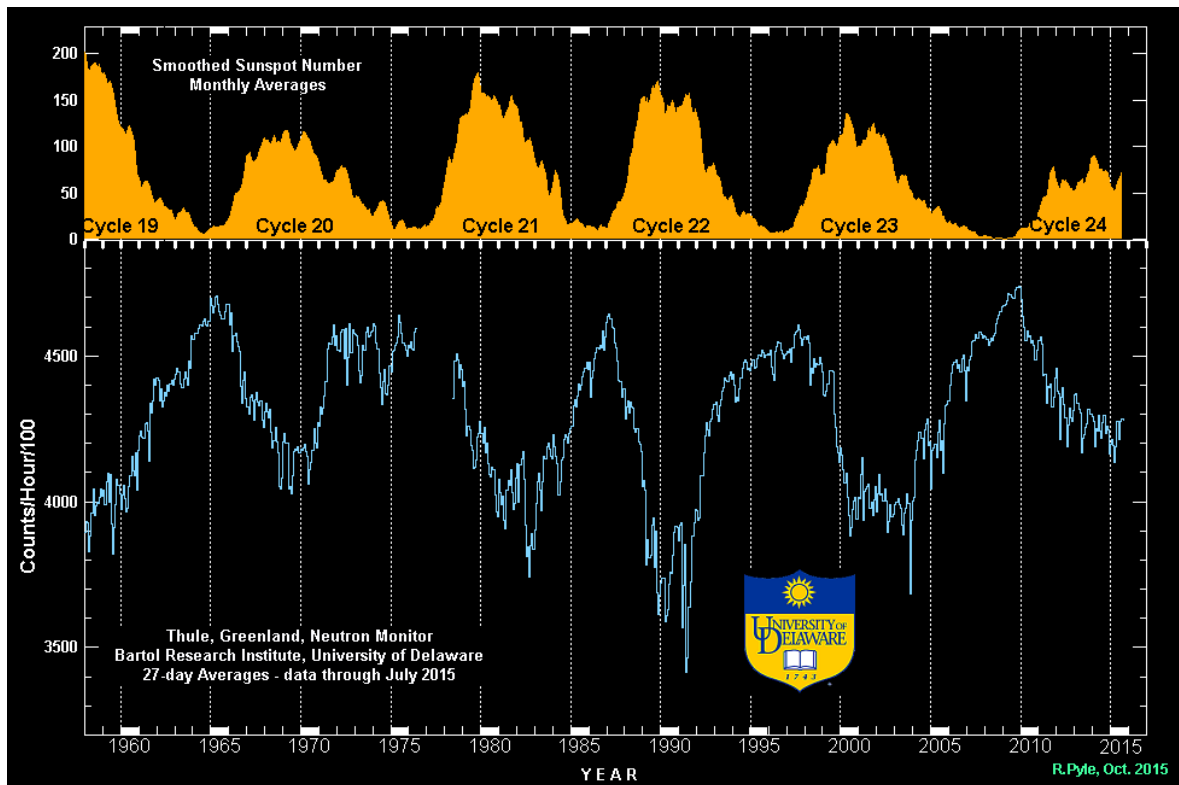
Παρατηρούμε ότι στις χαμηλές ενέργειες ($E < 1 \text{ GeV}$) υπάρχει ένα κατώφλι (cut-off) και το φάσμα αποκλίνει από τη μορφή της κατανομής που έχουμε στις ψηλότερες ενέργειες. Η ενέργεια και το σχήμα του κατωφλίου εξαρτάται από τη φάση του ηλιακού κύκλου και μάλιστα παρατηρήθηκε ότι χαμηλές ροές ενεργειακών σωματιδίων χαμηλής ενέργειας έχουμε κατά το μέγιστο της ηλιακής δραστηριότητας, ενώ στην αντίθετη περίπτωση παρουσιάζονται αυξημένες ροές. Παρατηρούμε δηλαδή μια έντονη εξάρτηση από την ηλιακή δραστηριότητα. Η εξάρτηση αυτή έγκειται στην αλληλεπίδραση και διάχυση των κοσμικών ακτίνων από τον ηλιακό άνεμο κατά την πορεία τους προς τη Γη. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ηλιακή διαμόρφωση (solar modulation) της ροής των κοσμικών ακτίνων. Φαίνεται ότι όσο πιο έντονη είναι η ηλιακή δραστηριότητα τόσο πιο έντονες είναι οι διαταραχές του διαπλανητικού μαγνητικού πεδίου που εμποδίζουν τη διάδοση των σωματιδίων χαμηλών ενεργειών ($E < 1 \text{ GeV}$) ως την επιφάνεια της Γης.



Εικόνα 1.22: Παρατήρηση του Ήλιου κατά την ηλιακή διαμόρφωση



Σχήμα 1.23: ηλιακή διαμόρφωση (solar modulation)

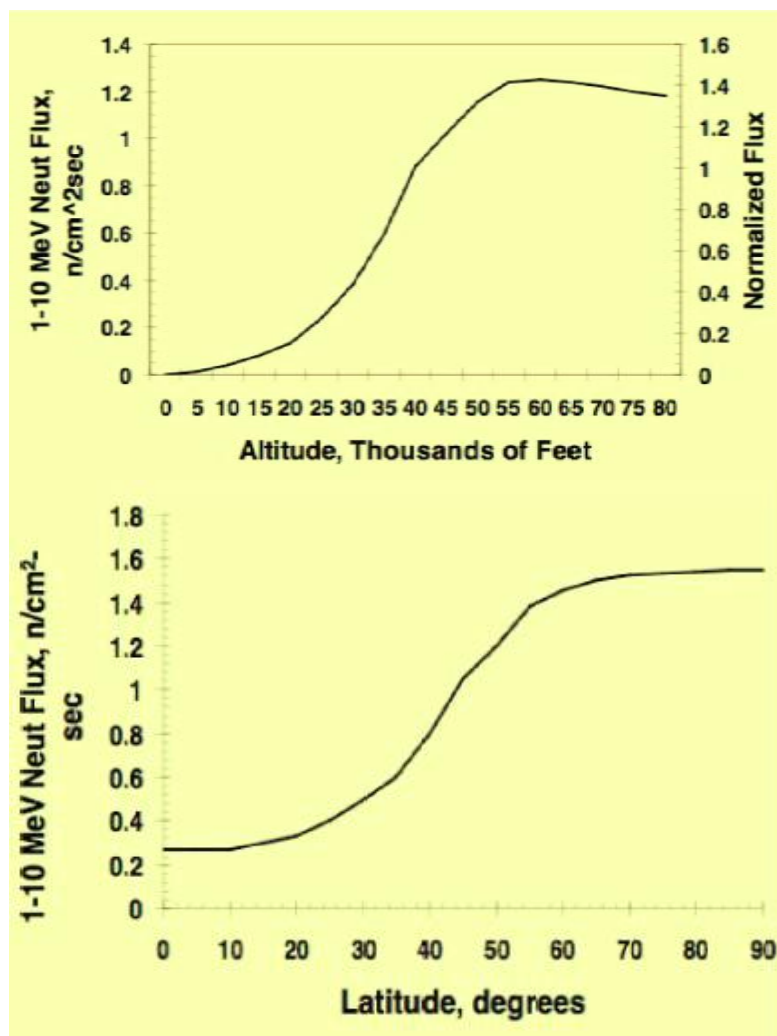


Σχήμα 1.24: Ηλιακή διαφοροποίηση αναφέρεται στην επίδραση που ασκεί ο ήλιος από την ένταση των γαλαξιακών κοσμικών ακτίνων. Καθώς η ηλιακή δραστηριότητα αυξάνεται (πίνακας επάνω), ο ρυθμός καταμέτρησης που καταγράφεται από ένα μετρητή νετρονίων στο Thule, Γροιλανδία μειώνεται (κάτω πίνακας).

1.5 Παράγοντες που επηρεάζουν την ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας στην επιφάνεια της Γης

Στην παράγραφο αυτή θα αναφερθούμε στους κυριότερους παράγοντες που επηρεάζουν τα επίπεδα της κοσμικής ακτινοβολίας στην Γη. Αυτοί είναι το υψόμετρο, το γεωγραφικό πλάτος και μήκος και ο ηλιακός κύκλος.

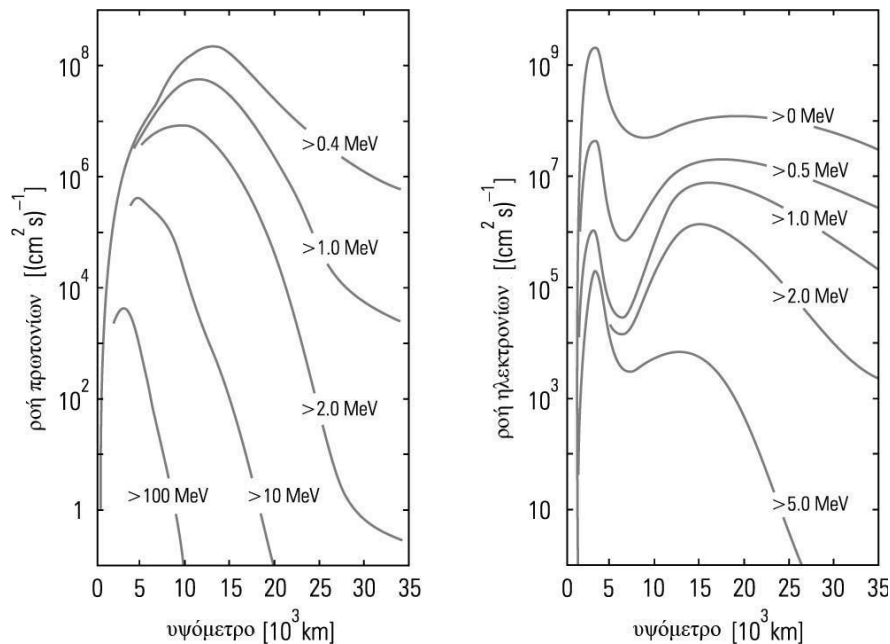
Το μαγνητικό πεδίο της Γης λειτουργεί προστατευτικά ως προς την επιφάνειά της αποκόπτοντας ενεργητικά σωματίδια που προσπαθούν να εισέλθουν στη μαγνητόσφαιρα. Η ίδια η ατμόσφαιρα αποτελεί ένα ακόμη προστατευτικό φράγμα σε ό,τι αφορά τη ροή των κοσμικών σωματιδίων. Το αποτέλεσμα των παραπάνω διαδικασιών είναι η εμφάνιση σημαντικής εξάρτησης της καταγεγραμμένης ροής, ως συνάρτηση του ύψους και του γεωγραφικού πλάτους (σχήμα 1.25) (Bentley B., 2006)



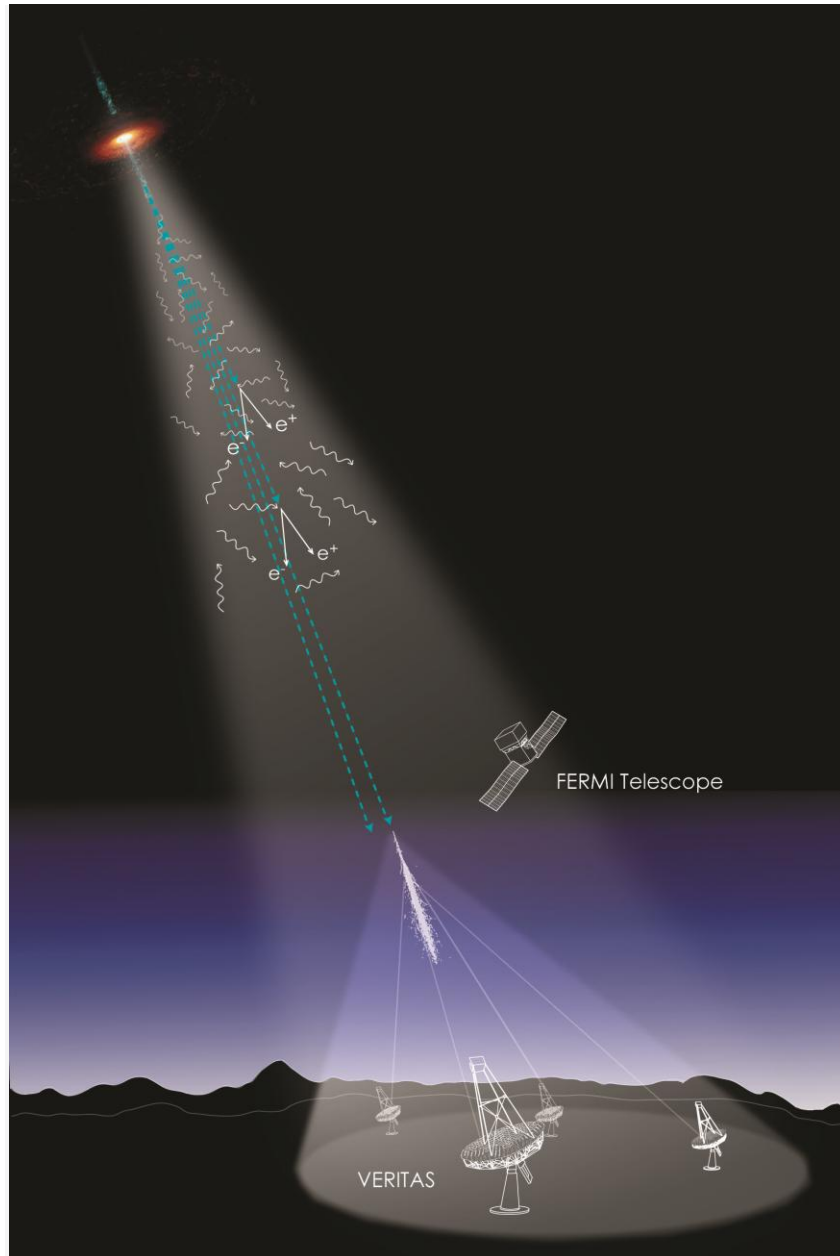
Σχήμα 1.25: Εξάρτηση της καταγεγραμμένης ροής ως προς το ύψος (άνω διάγραμμα) και ως προς το γεωγραφικό πλάτος (κάτω διάγραμμα)

1.5.1 Υψόμετρο

Τόσο η ένταση όσο και η σύσταση της κοσμικής ακτινοβολίας διαφοροποιείται με το υψόμετρο. Συγκεκριμένα η ένταση της ακτινοβολίας, όπως είναι αναμενόμενο, αυξάνει με το υψόμετρο. Συνεπώς οι άνθρωποι που ζουν σε μεγάλα ύψη (βουνά), εκτίθενται περισσότερο στην κοσμική ακτινοβολία και η μέση ετήσια δόση του λόγω της πηγής αυτής αυξάνεται σημαντικά συγκρινόμενη με αυτή στην επιφάνεια της θάλασσας. Περισσότερη ακτινοβολία δέχονται οι επιβάτες αλλά κυρίως τα πληρώματα αεροσκαφών λόγω του υψομέτρου και της συχνής έκθεσής τους σε αυτό. Μάλιστα στα υπερατλαντικά ταξίδια η έκθεση είναι μεγαλύτερη τόσο λόγω του γεγονότος ότι πραγματοποιούνται σε μεγαλύτερο υψόμετρο όσο και για το λόγο ότι η διάρκεια έκθεσης αυξάνεται, αφού η διάρκεια του ταξιδιού είναι μεγάλη (Beck et al, 2007). Η ατμόσφαιρα δρα σαν ασπίδα προστασίας στις κοσμικές ακτίνες αφού μπορεί και απορροφά ένα μεγάλο μέρος τους. Με αποτέλεσμα η έκθεση κάτω από τη Γήινη ατμόσφαιρα να είναι σημαντικές τάξεις μεγέθους μικρότερη από την έκθεση εκτός αυτής. Έτσι καταλαβαίνουμε πως η έκθεση των αστροναυτών κατά τη διάρκεια των αποστολών είναι καθοριστικής σημασίας.

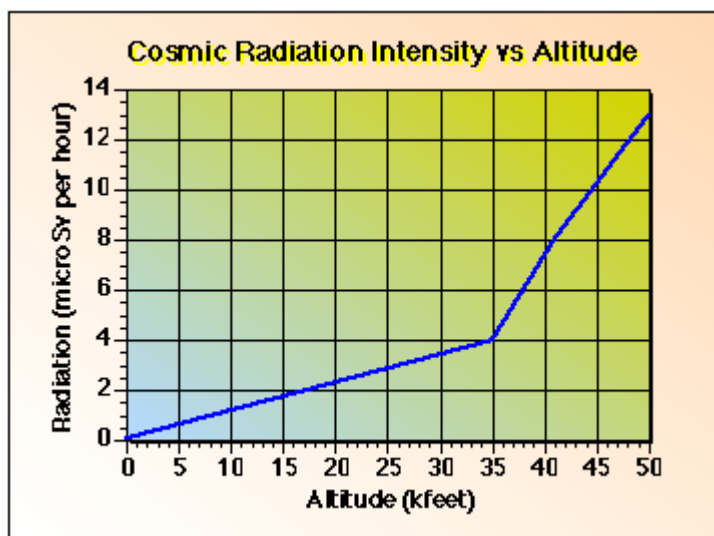


Σχήμα 1.26: Η κατανομή της ροής πρωτονίων και ηλεκτρονίων της κοσμικής ακτινοβολίας διαφόρων ενεργειών στην γήινη ατμόσφαιρα



Σχήμα 1.27: προσομοίωση σταθμών ανίχνευσης κοσμικών ακτίνων

Τα σωματίδια που καταγράφονται σε έναν επίγειο μετρητή κοσμικών ακτίνων είναι κυρίως δευτερογενή που παράγονται από τις πυρηνικές διασπάσεις των πρωτογενών κοσμικών σωματίων με τα μόρια της γήινης ατμόσφαιρας. Η μελέτη της φύσης αλλά και της πολλαπλασιαστικότητας των σωματίων που παράγονται μέσα στην ατμόσφαιρα είναι ένα από τα κύρια προβλήματα της κοσμικής ακτινοβολίας. Διάφοροι μετεωρολογικοί παράγοντες, όπως η πίεση και η θερμοκρασία, αλλά και η κατάσταση της ατμόσφαιρας επηρεάζουν την ένταση της μεσονικής συνιστώσας και το υψόμετρο που αυτή δημιουργείται, ενώ η επίδραση των παραγόντων αυτών στη νουκλεονική συνιστώσα είναι αμελητέα.



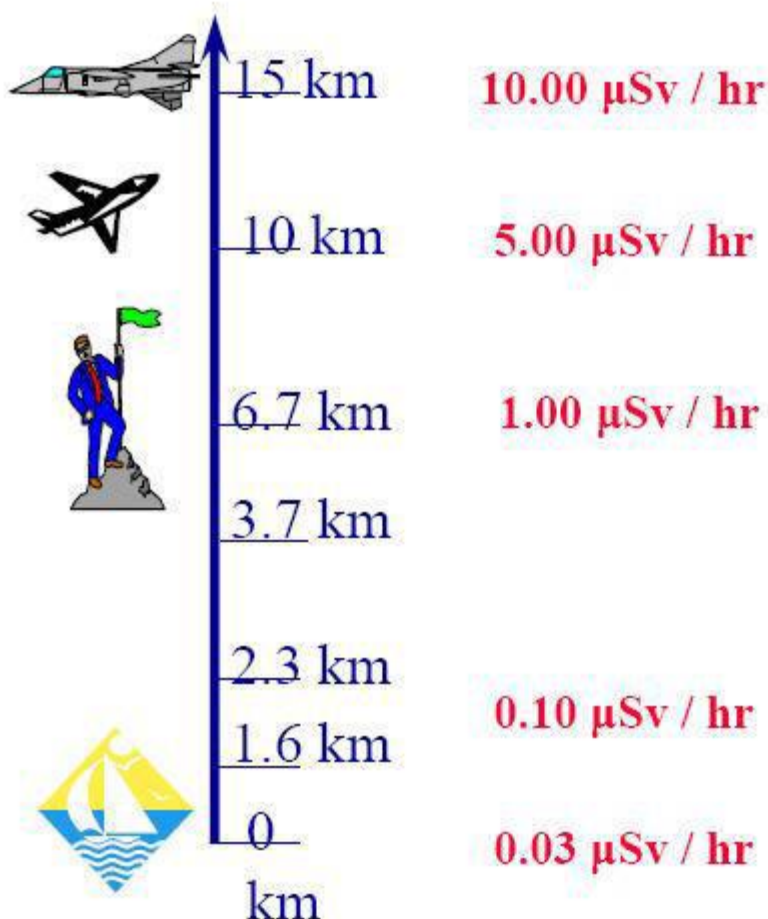
Σχήμα 1.28: Η ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας σε σχέση με το ύψος

Όταν εισέρχεται στην ατμόσφαιρα, η κοσμική ακτινοβολία αλληλεπιδρά με πυρήνες ατόμων που βρίσκονται σ' αυτή και προκαλεί δευτερογενώς την παραγωγή άλλων ταχέως κινουμένων σωματιδίων (ηλεκτρόνια, πρωτόνια, νετρόνια, μεσόνια, μίονια κ.λ.π.), τα οποία μαζί με την υψηλής ενέργειας ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, φτάνουν μέχρι την επιφάνεια της γης. Κατά την αλληλεπίδραση αυτή, κοσμικής ακτινοβολίας και ατμόσφαιρας, παράγονται επίσης ραδιενεργοί πυρήνες ηλίου-3, βηρυλίου-7, άνθρακα-14, νατρίου-22 κ.λ.π., οι οποίοι συμβάλλουν και αυτοί στην αύξηση της ραδιενεργού ακτινοβολίας που προσβάλλει τους οργανισμούς και έχει φυσική προέλευση. Πάντως η κοσμική ακτινοβολία καθώς διέρχεται μέσα από τα στρώματα της ατμόσφαιρας απορροφάται σε κάποιο βαθμό από αυτή, η έντασή της μειώνεται σταδιακά και τελικά αυτή που φτάνει στο επίπεδο της επιφάνειας της θάλασσας είναι εκατοντάδες φορές εξασθενημένη.

Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα ο μέσος ρυθμός δόσης από την κοσμική ακτινοβολία στο επίπεδο επιφάνειας της θάλασσας είναι 0.03 $\mu\text{Sv}/\text{ώρα}$, ενώ στα 15 χιλιόμετρα φτάνει τα 10 $\mu\text{Sv}/\text{ώρα}$. Είναι αυτονόητο ότι οι κάτοικοι πόλεων ή χωριών που βρίσκονται σε μεγάλα υψόμετρα απορροφούν πολλαπλάσιες δόσεις κοσμικής ακτινοβολίας, παρά οι κάτοικοι παραθαλασσίων περιοχών. Αλλά και στο υψόμετρο των 10χλμ, όπου πραγματοποιούνται οι συνήθεις ταξιδιωτικές πτήσεις ο ρυθμός δόσης της ακτινοβολίας ανεβαίνει στα 5 $\mu\text{Sv}/\text{ώρα}$, ενώ στα 15χλμ όπου πετούν τα μεγάλα αεροσκάφη, τύπου Jumbo και Concord ο ρυθμός δόσης φτάνει τα 15 $\mu\text{Sv}/\text{ώρα}$. Επομένως ένας ταξιδιώτης κατά την διάρκεια μιας πολύωρης

υπερπόντιας πτήσης απορροφά δεκάδες μSv κοσμικής ακτινοβολίας, ενώ το ιπτάμενο προσωπικό των αεροπορικών εταιρειών προφανώς δέχεται μεγάλες ετήσιες δόσεις, οι οποίες είναι υπολογίσιμες και πρέπει να ελέγχονται. Και πράγματι υπάρχει οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης(96/29), που υποχρεώνει τις αεροπορικές εταιρείες να μετρούν συστηματικά τις δόσεις που απορροφά το ιπτάμενο προσωπικό. Είναι αυτονόητο επίσης ότι η κοσμική ακτινοβολία είναι σχετικά ισχυρότατη έξω από την ατμόσφαιρα, στο διάστημα, και επομένως οι δόσεις που απορροφούν οι αστροναύτες είναι πολλαπλάσιες, γι' αυτό και πρέπει να υπάρχουν ιδιαίτερα μέτρα προστασίας.

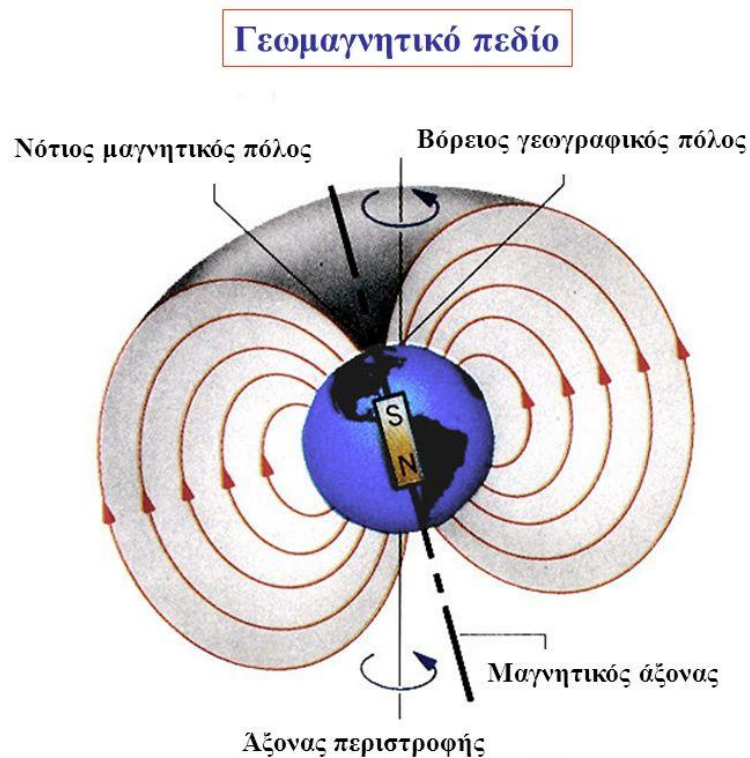
Κοσμική ακτινοβολία και υψόμετρο



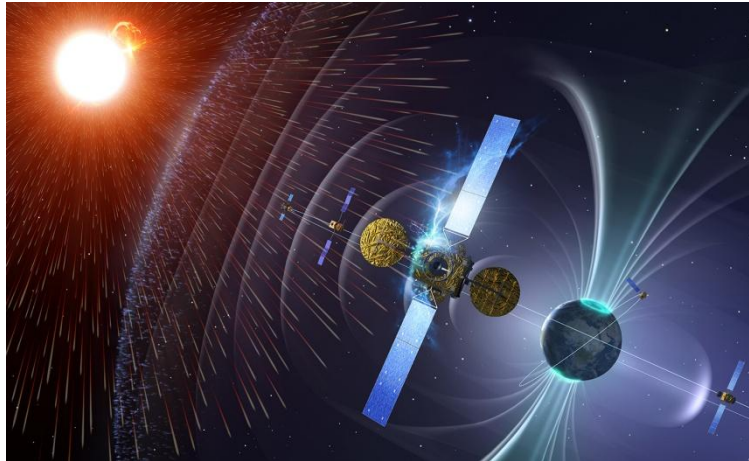
Σχήμα 1.29: Κοσμική ακτινοβολία & υψόμετρο

1.5.2 Γεωγραφικό πλάτος

Όπως σημειώθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο, το μαγνητικό πεδίο της Γης δρα σαν φυσική ασπίδα ενάντια στα φορτισμένα σωματίδια της κοσμικής ακτινοβολίας. Το γεγονός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας αλλά και τα σωματίδια που καταφέρνουν να περάσουν στην επιφάνεια της Γης, να εξαρτώνται από τον τρόπο που διαμορφώνεται το μαγνητικό πεδίο και κατά συνέπεια από το γεωμαγνητικό πλάτος. Στις περιοχές κοντά στον ισημερινό μόνο η κοσμική ακτινοβολία με ενέργεια άνω των 15 GeV μπορεί να διαπεράσει το γεωμαγνητικό πεδίο έως την ανώτατη ατμόσφαιρα. Το ποσοστό της ακτινοβολίας που διαπερνά το πεδίο, σταδιακά αυξάνει όσο αυξάνει και το γεωγραφικό πλάτος από τον ισημερινό μέχρι τις πολικές περιοχές, μέχρι την περιοχή των πόλων όπου κοσμικές ακτίνες όλων των ενεργειών ανιχνεύονται στην ανώτερη ατμόσφαιρα. Έτσι η ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος άμεσα. Το αν ένα σωματίο κοσμικής ακτινοβολίας μπορεί να περάσει τη γήινη μαγνητόσφαιρα και να ανιχνευθεί στην επιφάνεια της Γης, εξαρτάται τόσο από την ενέργειά του, όσο και από το φορτίο του, την ακτίνα καμπυλότητας της τροχιάς του και το γεωμαγνητικό πεδίο.

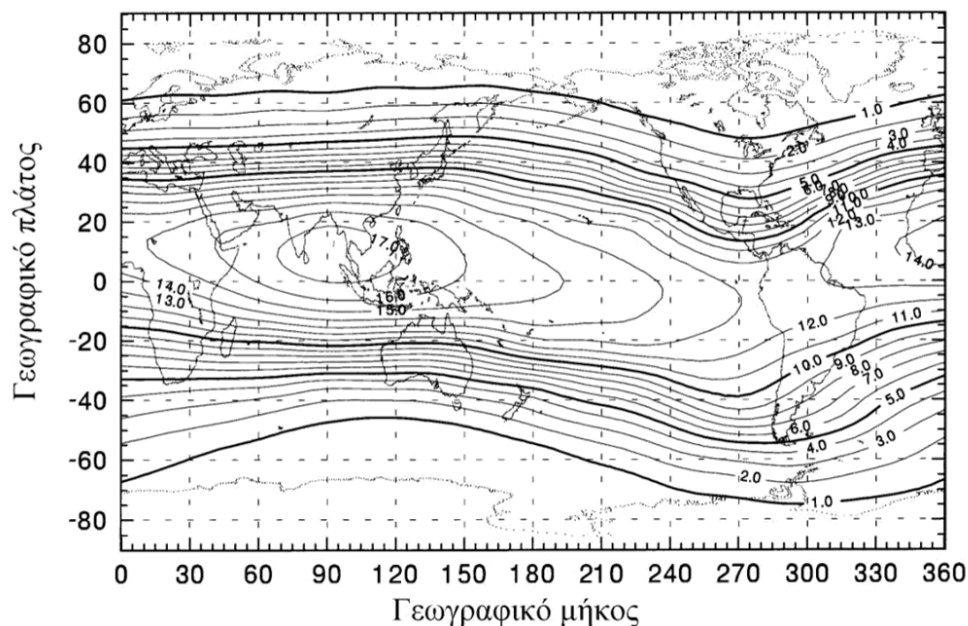


Σχήμα 1.30: Γεωμαγνητικό πεδίο.

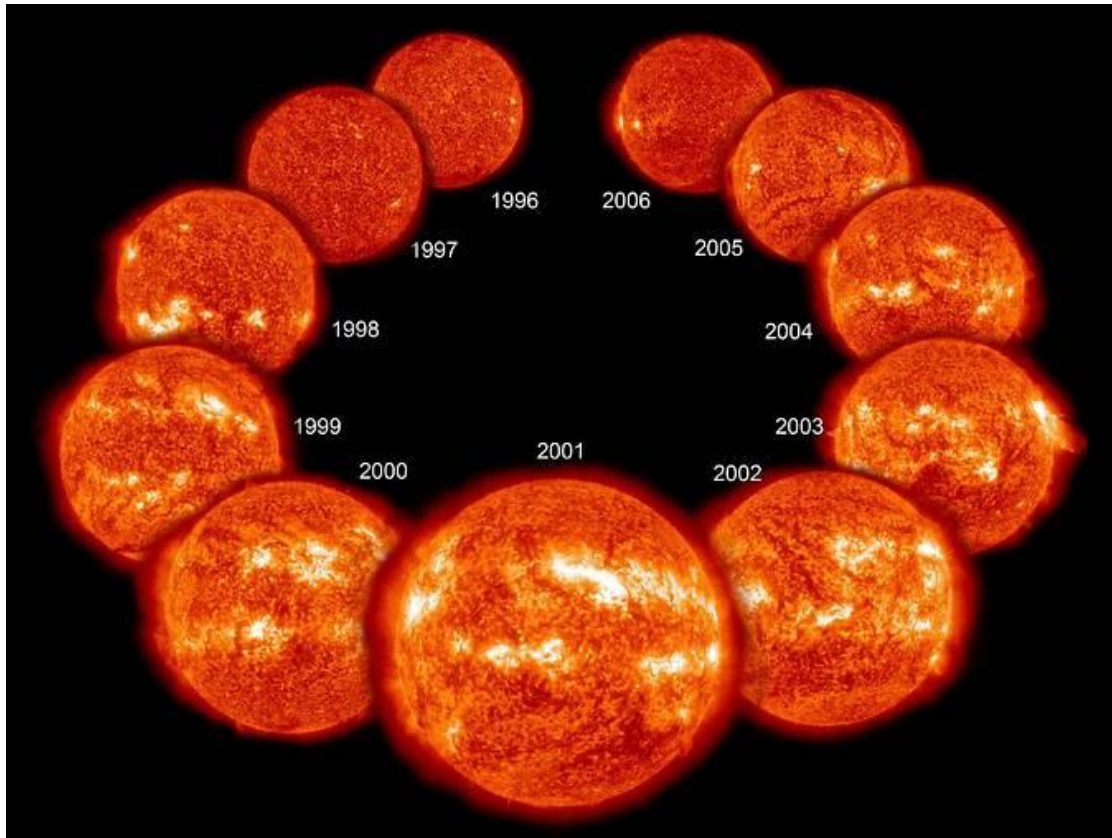


Εικόνα 1.31: Καλλιτεχνική απεικόνιση του γεωμαγνητικού πεδίου & κοσμική ακτινοβολήση

Η ένταση του μαγνητικού πεδίου επί την γυρομαγνητική ακτίνα του φορτισμένου σωματιδίου, που ισούται με την ορμή του σωματιδίου ανά μονάδα φορτίου, ονομάζεται μαγνητική δυσκαμψία και είναι ένα μέτρο του κατά πόσο μπορεί ένα σωματίο να διαπεράσει κάθετα την γήινη μαγνητόσφαιρα. Στην Εικόνα 1.32 φαίνεται η κατανομή για την ελάχιστη μαγνητική δυσκαμψία που πρέπει να έχει ένα σωματίο που εισέρχεται κάθετα στη γήινη μαγνητόσφαιρα προκειμένου να ανιχνευθεί στα διάφορα γεωγραφικά μήκη και πλάτη (*Smart & Shea, 2008*). Φαίνεται ότι το μέγιστο του κατωφλίου δυσκαμψίας είναι στον μαγνητικό ισημερινό και το ελάχιστο είναι κοντά στους μαγνητικούς πόλους, ενώ οι συνεχείς μεταβολές του γεωμαγνητικού πεδίου της Γης επιδρούν και στην κατανομή του κατωφλίου δυσκαμψίας (*Bhattacharyya & Mitra, 1997*).



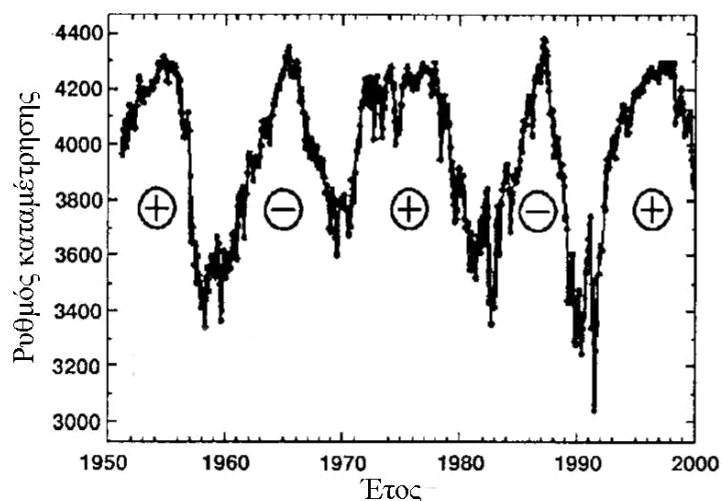
Σχήμα 1.32: Η κατανομή του κατωφλίου μαγνητικής δυσκαμψίας σε GeV σύμφωνα με τις μετρήσεις του μοντέλου IGRF (International Geomagnetic Reference Field) το 2000



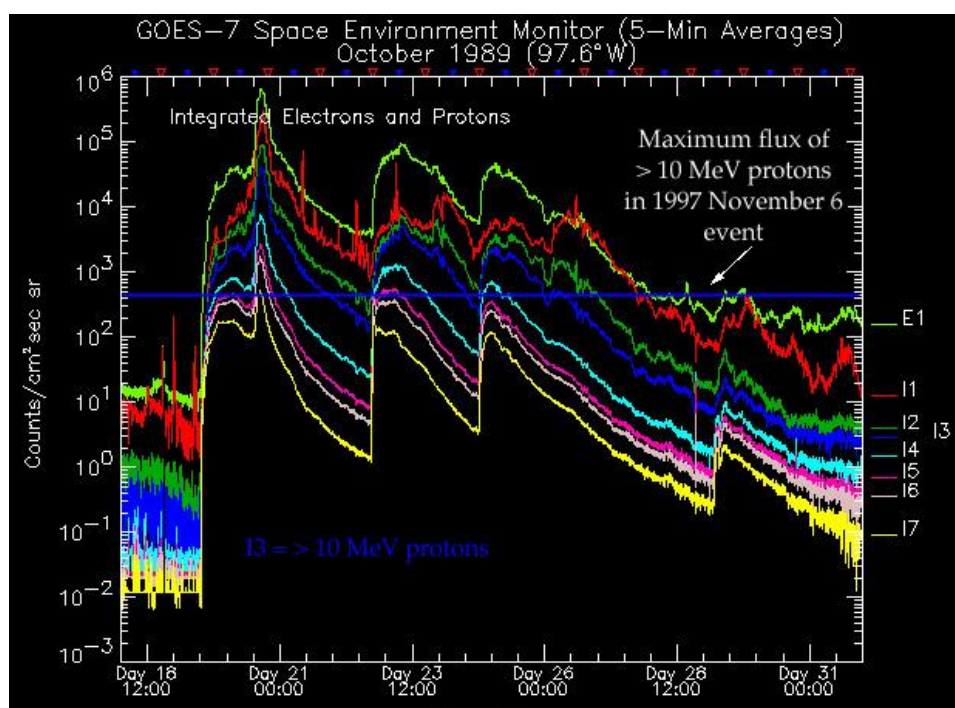
Εικόνα 1.33: Έντεκα χρόνια της ζωής του Ήλιου, που εκτείνονται στο περισσότερο μέρος του 23^{ου} ηλιακού κύκλου, όπως εξελίχθηκε από ηλιακό ελάχιστο (επάνω αριστερά) στο μέγιστο τις συνθήκες και πίσω στο ελάχιστο (επάνω δεξιά) και πάλι, θεωρείται ως ένα κολάζ από δέκα εικόνες πλήρους δίσκου - το κατώτερο κορόνας. Δικαιώματα: NASA

1.5.3 Ηλιακός κύκλος και ηλιακή δραστηριότητα

Η ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας που ανιχνεύεται στη Γη έχει βρεθεί αντιστρόφως ανάλογη του ενδεκαετούς ηλιακού κύκλου (*Shea & Smart, 2000*), με μια καθυστέρηση περίπου ενάμιση έτους ενώ υπάρχουν και διαφορές ανάμεσα σε ηλιακούς κύκλους μονού και ζυγού αριθμού και την επίδρασή τους στην ανιχνεύσιμη ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας (*Mavromichalaki et al., 1988*). Οι πηγές της γαλαξιακής κοσμικής ακτινοβολίας βρίσκονται έξω από το ηλιακό σύστημα και η εξάπλωση της κοσμικής ακτινοβολίας στην ηλιόσφαιρα ελέγχεται από τις διαταραχές του ηλιακού πλάσματος, ενώ οι αναταραχές μέσα στο πλάσμα είναι συνάρτηση της ηλιακής δραστηριότητας.



Σχήμα 1.34: Η μεταβολή στην ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας για πέντε ηλιακούς κύκλους, όπως μετρήθηκε από τον ανιχνευτή νετρονίων στο Climax, Κολοράντο, Η.Π.Α.



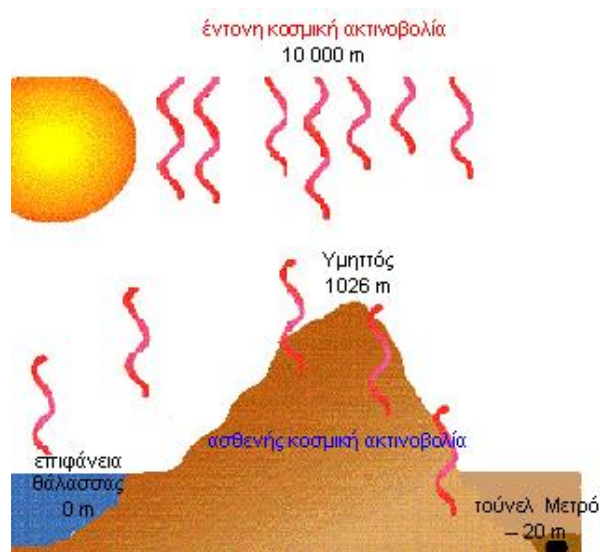
Σχήμα 1.35: Σύγκριση των εκπληκτικών γεγονότα πρωτονίων του Οκτωβρίου 1989 με την καταιγίδα πρωτονίων του 1997 το Νοέμβριο.

Εκτός από την γαλαξιακή κοσμική ακτινοβολία, υπάρχουν περιστασιακές προσωρινές αυξήσεις στην ακτινοβολία που δέχεται ο άνθρωπος από το διάστημα που σχετίζονται με την ηλιακή δραστηριότητα. Με τον όρο ηλιακά πρωτονικά γεγονότα (solar proton events – SPE) εννοούμε αυτές τις αυξήσεις που συμβαίνουν εντονότερα κατά τη διάρκεια των επτά χρόνων γύρω από ένα μέγιστο του ηλιακού κύκλου και έχουν τυπική διάρκεια μερικών ωρών (Bazilevskaya, 2005). Ένα ηλιακό

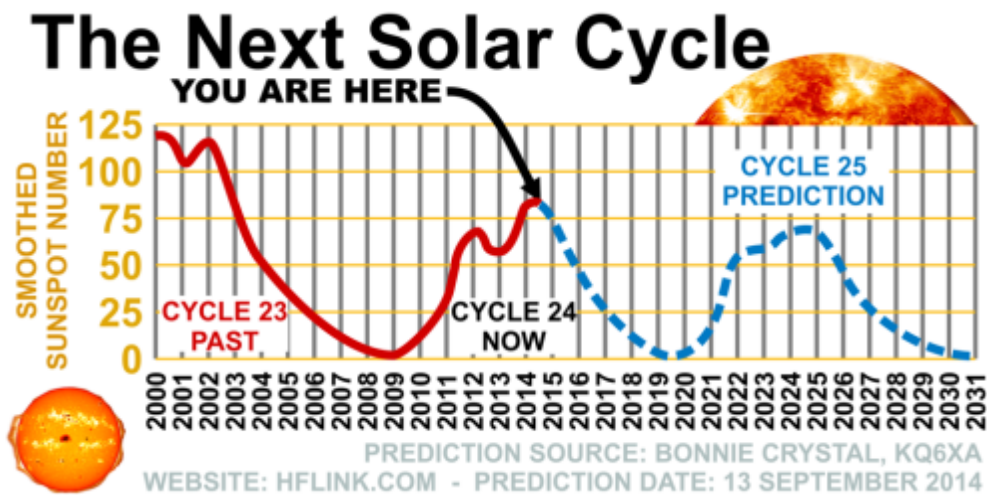
πρωτονικό γεγονός είναι η απότομη αύξηση του πληθυσμού των πρωτονίων με ένταση μεγαλύτερη από 10 σωματία/cm²·s·sr (pfu) και ενέργεια μεγαλύτερη από 10 MeV, όπως μετρούνται από τους δορυφόρους στην τροχιά της Γης (1AU). Γενικά τα SPE έχουν χαμηλότερο ενεργειακό φάσμα από την γαλαξιακή κοσμική ακτινοβολία με την πλειονότητα τους να έχουν πρωτόνια ενεργειών μεταξύ 10 και 100 MeV και δεν είναι ανιχνεύσιμα στην επιφάνεια της Γης. Περίπου το 15% των ηλιακών πρωτονικών γεγονότων έχουν πρωτόνια με ενέργειες από 450 MeV μέχρι και μερικά GeV και ανιχνεύονται σε μετρητές εδάφους μέχρι και στα μεσαία γεωγραφικά πλάτη. Οι αυξήσεις αυτές διαρκούν αρκετές ώρες και ονομάζονται επίγειες επαυξήσεις κοσμικής ακτινοβολίας (ground level enhancement – GLE). Τα GLEs αναλύονται σε ξεχωριστή παράγραφο παρακάτω.

1.5.4 Άλλοι παράγοντες

Υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας κυρίως στο επίπεδο της θάλασσας. Έχουν γίνει εκτεταμένες μελέτες για την ημερονύχτια μεταβολή της κοσμικής ακτινοβολίας αλλά και για την επιρροή μετεωρολογικών φαινομένων στην ένταση της. Παρατηρήθηκε ότι ο ρυθμός μέτρησης των κοσμικών ακτίνων κατά τη διάρκεια της νύχτας είναι συνήθως 3-4 % μεγαλύτερος απ' ό τι την ημέρα, ενώ μελετήθηκε επίσης και η επιρροή των μετεωρολογικών μετώπων και της ατμοσφαιρικής πίεσης στην ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας (Mok & Cheng, 2000).



Σχήμα 1.36: Η κοσμική ακτινοβολία είναι πιο έντονη στη στρατόσφαιρα της Γης, περίπου στα 10 000 m, και η έντασή της ελαττώνεται σταδιακά όσο πλησιάζει προς την επιφάνεια της θάλασσας, επειδή ένα μεγάλο μέρος της απορροφάται από τα αέρια της ατμόσφαιρας.



Σχήμα 1.37: Πρόβλεψη 25^{ου} Ηλιακού Κύκλου. Τελευταίο μέγιστο του 24^{ου} Ηλιακού Κύκλου.

1.6 Διαμόρφωση κοσμικής ακτινοβολίας

Η κοσμική ακτινοβολία παρουσιάζει μεγάλη ισοτροπία και σταθερότητα σε γαλαξιακή κλίμακα. Ο Ήλιος και ο ενδοπλανητικός χώρος από όπου περνά για να φτάσει στη Γη, ασκούν βαθιά επίδραση ακόμα και σε ηλιοκεντρικές αποστάσεις των 10 AU.

Έτσι παρουσιάζονται ανισοτροπίες και μεταβολές τόσο στο ενεργειακό φάσμα όσο και στην ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας. Επίσης οι κινήσεις του Ήλιου και της Γης δημιουργούν αξιόλογες μεταβολές της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας συναρτήσει του χώρου.

Οι μεταβολές της κοσμικής ακτινοβολίας συναρτήσει του χώρου, του χρόνου και της ενέργειας ονομάζονται διαμόρφωση αυτής. Οι μεταβολές διακρίνονται σε:

1. Περιοδικές
 - 1.1.1. 11ετής κύκλος (και 22 ετής κύκλος)
 - 1.1.2. 27 ημερών μεταβολή
 - 1.1.3. Ημερήσια μεταβολή
2. Μη περιοδικές
 - 2.1. Μειώσεις Forbush
 - 2.2. Μικρής κλίμακας μεταβολές (π.χ. GLEs)

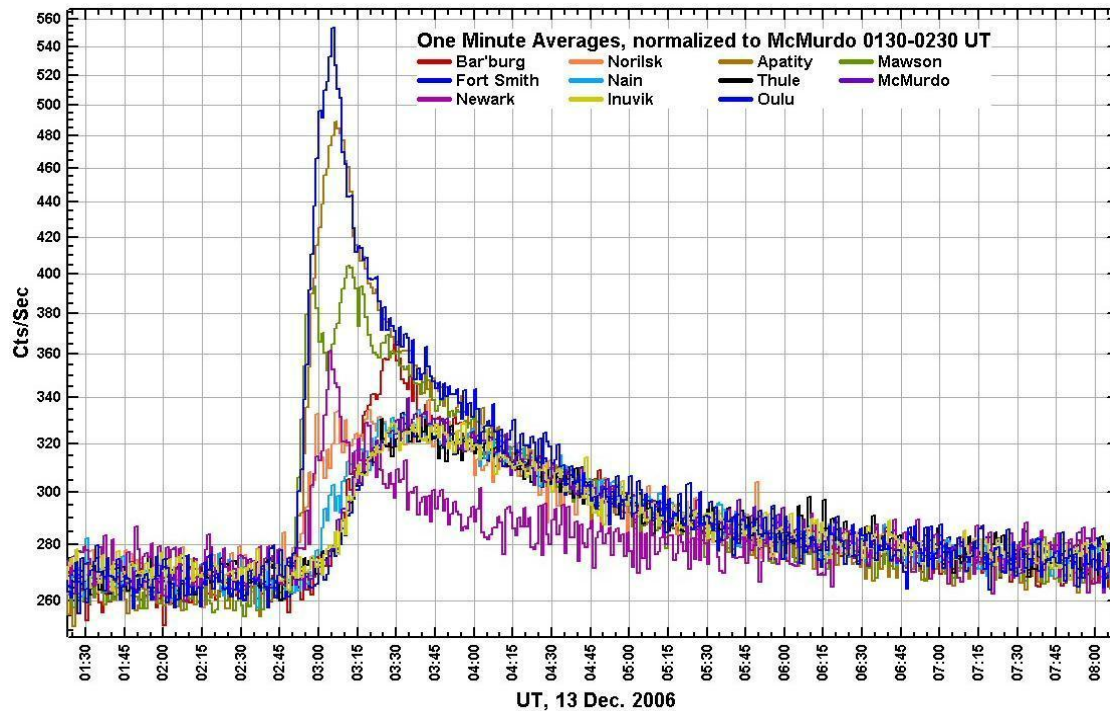
Από αυτές θα μας απασχολήσουν στην παρούσα εργασία οι μειώσεις Forbush και η ημερήσια ανισοτροπία.

1.7 Ημερήσια μεταβολή της κοσμικής ακτινοβολίας

Από το 1938 έχει σημειωθεί η ύπαρξη ενός μεγίστου στην ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας τις πρώτες απογευματινές ώρες. Πρόκειται για μεταβολή με περιοδικότητα 24 ωρών και αποτελεί φαινόμενο τοπικού χρόνου. Η ανισοτροπία των πρωτογενών κοσμικών ακτίνων, που προκαλούν και την ημερήσια μεταβολή στη Γη, έχει μεταβλητό χαρακτήρα και συσχετίζεται με τον 11 ετή κύκλο. Το μέσο πλάτος της ημερήσιας ανισοτροπίας είναι 0.4%, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις ενδέχεται να φτάσει και το 1.5%. Η διεύθυνση της μέγιστης έντασης είναι η 18:00hr ως προς τη γραμμή Γης- Ήλιου (*Μαυρομιχαλάκη 2005*). Η θεωρία μεταφοράς- διάχυσης όπως έχει επεκταθεί σήμερα και στις γαλαξιακές κοσμικές ακτίνες δίνει μια ικανοποιητική εξήγηση στις μεταβολές και στην ποικιλία των χρόνων της μέγιστης έντασης της αυξημένης ημερήσιας ανισοτροπίας.

1.8 Επίγειες επαυξήσεις της κοσμικής ακτινοβολίας (GLEs)

Οι επίγειες επαυξήσεις της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας είναι σύντομες αυξήσεις στους ρυθμούς καταμέτρησης σωματιδίων από τους μετρητές νετρονίων (*Σχήμα 1.38*) και συνδέονται με την άφιξη πολλών ηλιακών ενεργητικών σωματιδίων. Αυτό οφείλεται κυρίως σε ηλιακές εκλάμψεις, οπότε και η ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας μπορεί να αυξηθεί μέχρι και πάνω από το 100% (*Mursula and Usoskin, 2003*). Η ένταση επιστρέφει στα κανονικά επίπεδα μέσα σε δέκατα του λεπτού έως και μέσα σε μερικές μέρες, όταν πλέον η διαδικασία επιτάχυνσης των σωματιδίων θα έχει σταματήσει και αυτά θα έχουν διασκορπιστεί στο διαπλανητικό χώρο. Επειδή τα ηλιακά σωματίδια έχουν ενέργειες μέχρι το πολύ 1 GeV, τέτοια γεγονότα δεν είναι παρατηρήσιμα από σταθμούς κοσμικής ακτινοβολίας κοντά στον ισημερινό, όπου τα σωματίδια με χαμηλές ενέργειες δεν μπορούν να διασχίσουν το γεωμαγνητικό πεδίο. Αντίθετα, αυτά τα γεγονότα είναι ανιχνεύσιμα από τους μετρητές νετρονίων σε πολικούς σταθμούς.



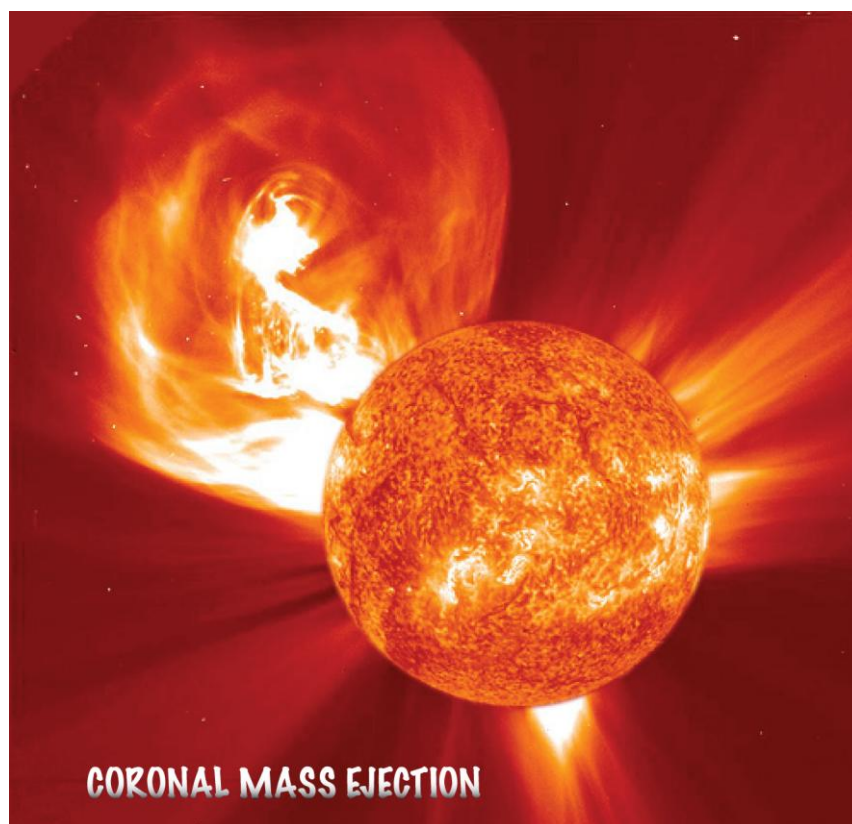
Σχήμα 1.38: Επίγεια επαύξηση κοσμικής ακτινοβολίας 13 Δεκεμβρίου 2006
(49eutron.bartol.udel.edu/main.html)

Τα φαινόμενα GLE μελετώνται διεξοδικά λόγω της μεγάλης τους επίδρασης στις ανθρώπινες δραστηριότητες, εφόσον πρόκειται ουσιαστικά για βομβαρδισμό της γήινης επιφάνειας με σχετικιστικής ενέργειας σωματίδια. Οι πρόσφατες επίγειες επαυξήσεις κοσμικής ακτινοβολίας το 2005 και το 2006, έδωσαν την ευκαιρία για τη μελέτη της σχέσης τους με τις μειώσεις Forbush (*Braun et al., 2009; Angelov et al. 2009*), της χρονικής τους εξέλιξης και της σχέσης τους με τον ηλιακό κύκλο (*Butikofer et al., 2009*), αλλά και της μοντελοποίησής τους (*Plainaki et al., 2009*).

1.9 Μειώσεις Forbush

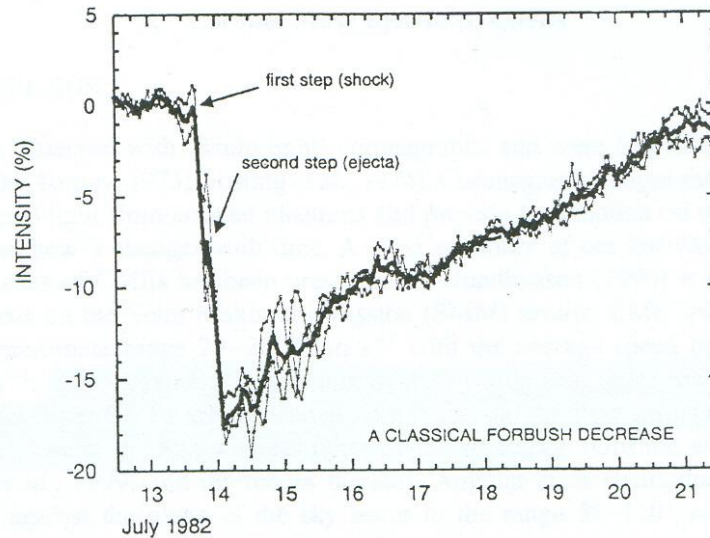
Οι μειώσεις Forbush (FD) της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας είναι ένα ηλιοσφαιρικό φαινόμενο, που αφορά στις μεταβολές της πυκνότητας και της ανισοτροπίας των γαλαξιακών κοσμικών ακτίνων, οι οποίες προκαλούνται από διαδιδόμενες διαταραχές του ηλιακού ανέμου μεγάλης κλίμακας. Οι μειώσεις Forbush διακρίνονται σε μη περιοδικές (non-recurrent decreases) και σε σποραδικές (recurrent decreases). Οι πρώτες οφείλονται σε παροδικά διαπλανητικά γεγονότα σχετιζόμενα με στεμματικές εκτοξεύσεις μάζας από τον ήλιο (coronal mass ejections – CME). Οι

δεύτερες σχετίζονται με τον ηλιακό άνεμο μεγάλης ταχύτητας (Lockwood J., 1971). Τόσο οι στεμματικές εκτοξεύσεις μάζας όσο και τα μέτωπα κρούσης ενδέχεται να σχετίζονται και με τις ηλιακές εκλάμψεις (solar flares – SF). Ειδικότερα, οι μη περιοδικές μειώσεις παρουσιάζουν μια απότομη έναρξη, φτάνουν στο μέγιστο πλάτος τους σε χρονικό διάστημα περίπου μιας ημέρας και κατόπιν διανύουν μια περίοδο ανάκαμψης διάρκειας αρκετών ημερών. Οι σποραδικές μειώσεις Forbush εμφανίζουν μια βαθμιαία έναρξη και έχουν πιο συμμετρικό προφίλ. Συχνά ο όρος «μείωση Forbush» χρησιμοποιείται επιλεκτικά προκειμένου να χαρακτηρίσει τις μειώσεις του πρώτου είδους. Στη βάση αυτής της σύμβασης είναι γραμμένο και το παρόν κείμενο.



Εικόνα 1.39: Στεμματικές εκτοξεύσεις μάζας (Coronal Mass Ejection-CME)

Ένα τυπικό παράδειγμα μιας μείωσης Forbush παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.40 Όπως είναι φανερό μια μείωση Forbush χαρακτηρίζεται από την εμφάνιση δυο βημάτων (Barnden L., 1973). Το πρώτο βήμα παρουσιάζεται εξαιτίας του κρουστικού κύματος, ενώ το δεύτερο εξαιτίας της εκτοξευμένης μάζας από το στέμμα του Ήλιου.



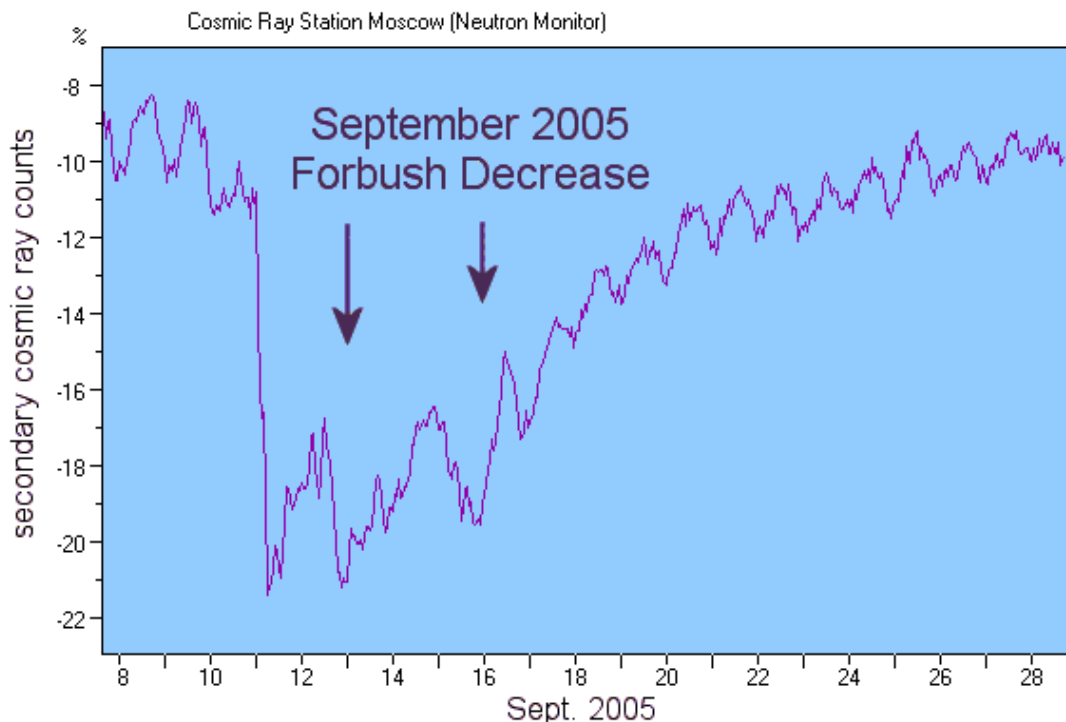
Σχήμα 1.40: Τυπική μείωση Forbush στην οποία διακρίνεται ο μηχανισμός των δυο βημάτων

Οι μειώσεις Forbush είναι ουσιαστικά σύντομες μειώσεις της έντασης της γαλαξιακής κοσμικής ακτινοβολίας στις ενέργειες κάτω από 10^9 eV (Εικ. 1.16) και οφείλονται στη διάδοση κρουστικών κυμάτων μέσα στην ηλιόσφαιρα. Τέτοια κρουστικά κύματα είναι π.χ. αυτά που προκαλούνται από στεμματικές εκτοξεύσεις μάζας. Η μείωση Forbush συμβαίνει σε δύο στάδια (Barnden, 1973; Fluckiger, 1985) το πρώτο είναι μία μείωση της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας λόγω της διέλευσης του μετώπου του κρουστικού κύματος (προμείωση) και ακολουθείται από μία δεύτερη μεγαλύτερη μείωση καθώς ο παρατηρητής εισέρχεται μέσα στο υλικό που εκτοξεύθηκε από τον ήλιο και προκάλεσε το κρουστικό κύμα.

Η ελάττωση της έντασης είναι τουλάχιστον στο 5% και συμβαίνει μέσα σε λίγες ώρες μέχρι και 2 ημέρες (Μαυρομιχαλάκη, 2005). Η επάνοδος προς τα φυσιολογικά επίπεδα της έντασης διαρκεί μερικές μέρες ή εβδομάδες. Αποτελεί φαινόμενο παγκόσμιου χρόνου (U.T.). Η επαλληλία μερικών μειώσεων Forbush ονομάζεται καταγίδα, χωρίς όμως να είναι αμφιμονοσήμαντη η σχέση τους.

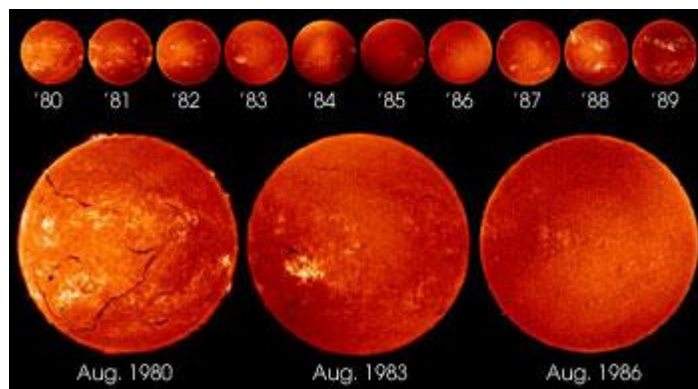
Ο μηχανισμός των μειώσεων Forbush είναι ουσιαστικά ο ίδιος με εκείνον της Πιετούς ηλιακής διαμόρφωσης της γαλαξιακής κοσμικής ακτινοβολίας. Το μαγνητικό πεδίο που φέρεται παγωμένο στον ηλιακό άνεμο, θωρακίζει μαγνητικά τη Γη και τα φορτισμένα σωματίδια της γαλαξιακής ακτινοβολίας εκτρέποντάς τα προς τα έξω. Η

εκτροπή είναι τόσο μεγαλύτερη όσο εντονότερη είναι η εκπομπή του ηλιακού πλάσματος. Είναι αυξημένη κατά το μέγιστο της 11ετους περιόδου του Ηλιου και κατά τις έκτακτες δραστηριότητες του.

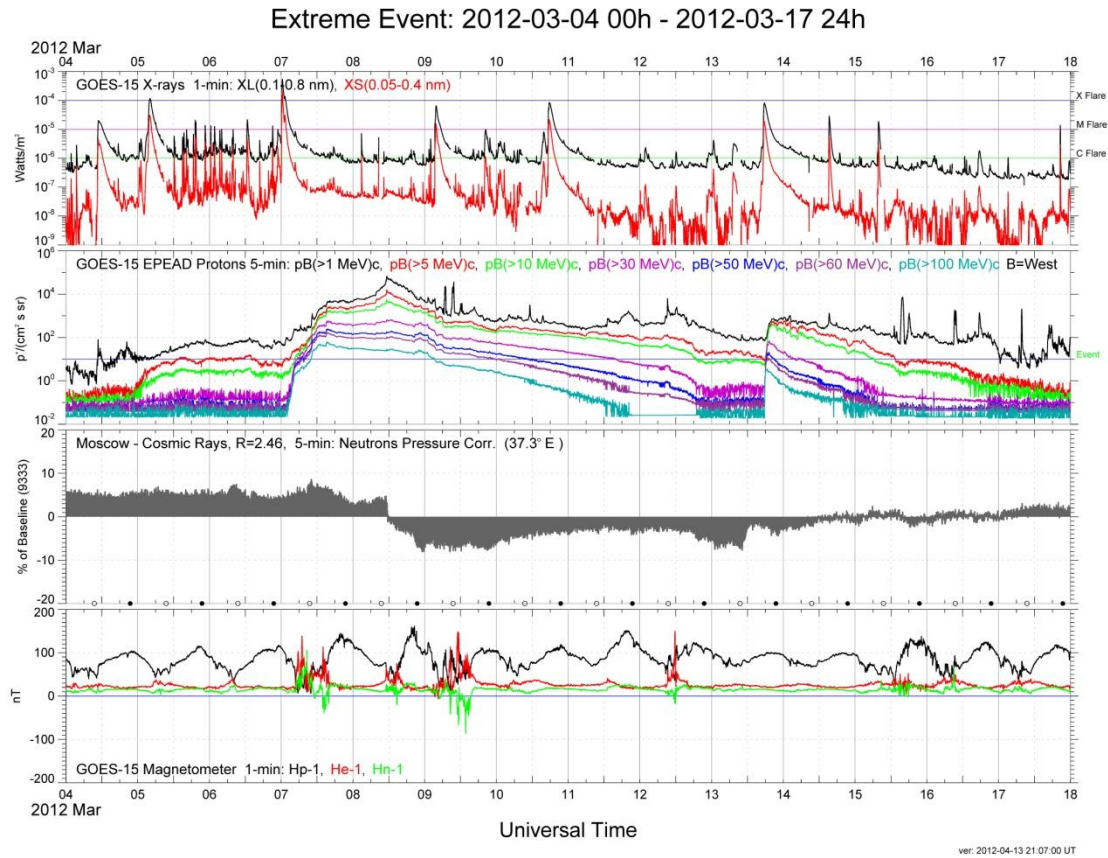


Σχήμα 1.41: Μείωση Forbush τον Σεπτέμβριο του 2005. Καταγραφή από το Σταθμό Νετρονίων της Μόσχας.

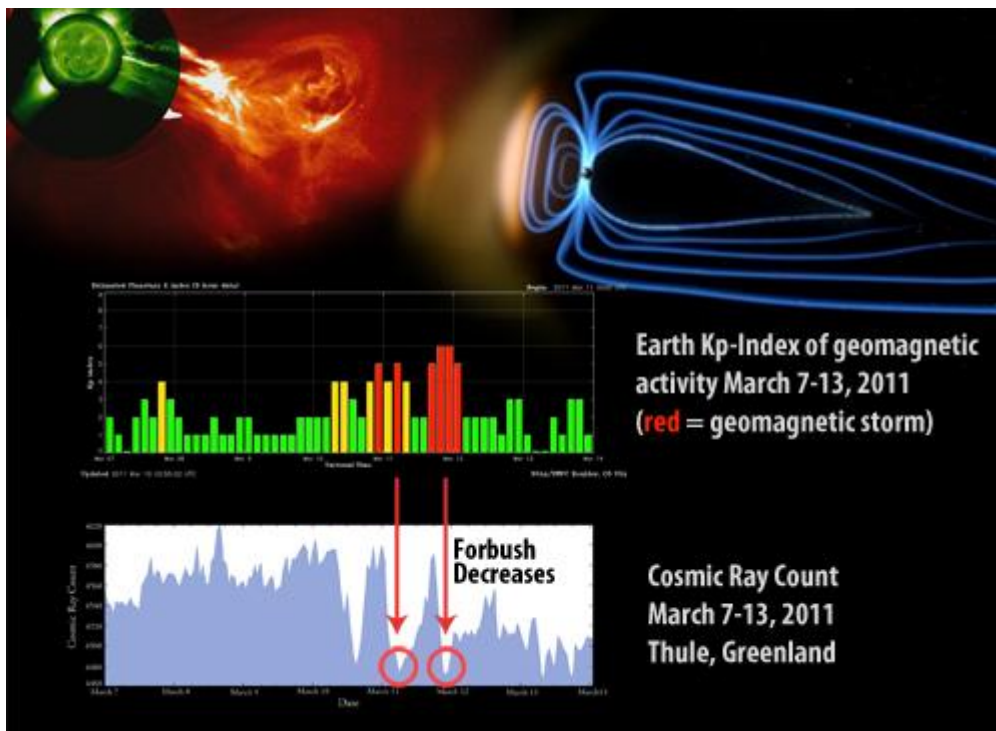
Χαρακτηριστικά των μειώσεων Forbush είναι ότι προηγείται μικρή μείωση η λεγόμενη προμείωση της τάξης των 1-3% που εμφανίζεται 3-18 ημέρες πριν από την κύρια φάση του γεγονότος. Πριν από την μείωση παρατηρείται προαύξηση 1-2% που προκύπτει από την ανάκλαση της κοσμικής ακτινοβολίας στο ωστικό κύμα του Ηλιακού Ανέμου. Η ανάληψη συνήθως ακολουθεί εκθετική μορφή, ενίοτε ευθεία. Και το μέγεθος της μείωσης Forbush εξαρτάται από τη φάση του ηλιακού κύκλου.



Εικόνα 1.42: Στιγμιότυπα του ηλιακού κύκλου

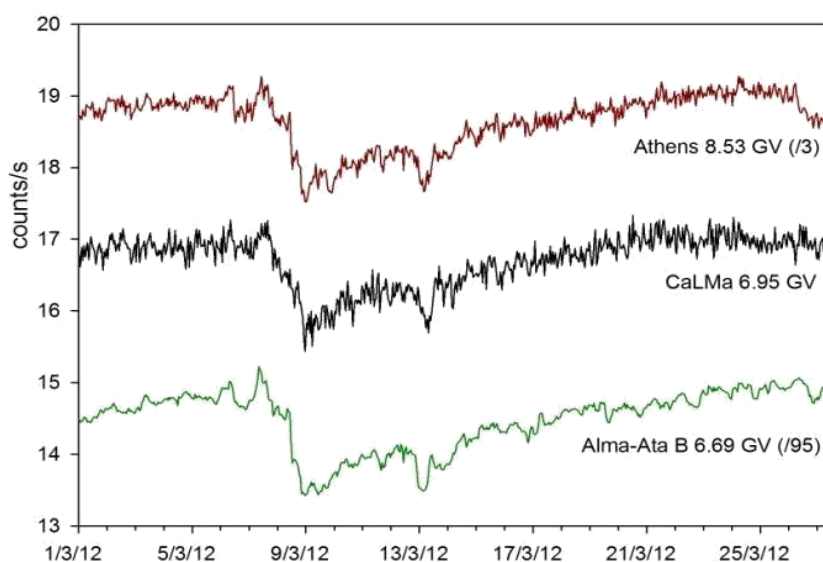


Σχήμα 1.43: Μείωση Forbush τον Μάρτιο του 2012

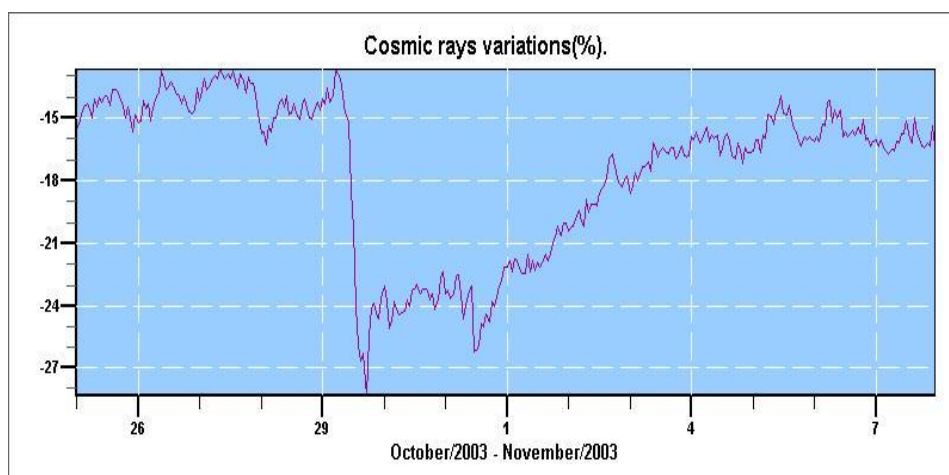


Εικόνα – Σχήμα 1.44: Μείωση Forbush τον Μάρτιο του 2011.

Σε αυτή την εικόνα (η οποία είναι τόσο δραματική αναπαράσταση και παρουσίαση των πραγματικών δεδομένων), ο ήλιος έριξε από μια στεφανιαία μαζική εκτίναξη αργά στις 7 Μαρτίου 2011. Η CME (γρηγορότερο από το 2005, σε ~ 2.200 χιλιόμετρα / s) χτύπησε γήινο μαγνητικό πεδίο της Γης στις αρχές της 11^{ης} Μαρτίου, ξεκινώντας μια σειρά από δύο ισχυρές αντηγήσεις τις επόμενες 48 ώρες (σε κόκκινο). Και οι δύο αυτές ισχυρές γεωμαγνητικές καταιγίδες ακολουθούνται αμέσως από μία απότομη πτώση της ροής κοσμικής ακτινοβολίας, που μετρείται από τον ανιχνευτή νετρονίων στη Thule, Γροιλανδία. Αυτές οι σταγόνες ροής κοσμικής ακτινοβολίας, λόγω της αιφνίδιας έναρξης της γεωμαγνητικής καταιγίδας, Ονομάζονται μειώσεις Forbush, από τον άνθρωπο που ανακάλυψε τη συσχέτιση, Scott Forbush.



Σχήμα 1.45: Μείωση Forbush όπως καταγράφεται από διάφορους σταθμούς



Σχήμα 1.46: Μείωση Forbush – παρατηρήθηκε μεταβολή 21% στην Αθήνα, 10/2003.

1.10 Ενδιαφέρον για τις Κοσμικές Ακτίνες

Περιβαλλοντικές μεταβλητές, όπως οι κοσμικές ακτίνες, η ηλιακή δραστηριότητα, και τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα στην ατμόσφαιρα της Γης, μπορεί να ευθύνεται για περίπου 2-8% της μεταβλητότητας του καρδιακού ρυθμού. Οι κοσμικές ακτίνες έχουν γίνει αντικείμενο μελέτης από ενδιαφερόμενους επιστήμονες για πολλούς και διάφορους λόγους. Προέρχονται από όλες τις κατευθύνσεις στο διάστημα, και η προέλευση πολλών από αυτές τις κοσμικές ακτίνες είναι άγνωστη. Ιστοσελίδα της NASA εξηγεί τις συχνότητες σούμαν: Υπάρχει μια «κοιλότητα» ορίζεται από την επιφάνεια της Γης και της εσωτερικής ακμής της ιονόσφαιρας 55 χιλιόμετρα [34 μίλια] επάνω. ... Οι συντονισμοί Schumann είναι σχεδόν στάσιμο κύμα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που υπάρχουν σε αυτήν την κοιλότητα. Όπως τα κύματα σε ένα ελατήριο, δεν είναι παρόντα όλη την ώρα, αλλά θα πρέπει να έχουν διεγερθεί ώστε να παρατηρούνται. Δεν προκαλούνται από τίποτα εσωτερικό της Γης, τον φλοιό της ή τον πυρήνα της. Φαίνονται να σχετίζονται με την ηλεκτρική δραστηριότητα στην ατμόσφαιρα, ιδιαίτερα σε περιόδους έντονης δραστηριότητας κεραυνού. Ας μην ξεχνάμε ότι η λειτουργία της καρδιάς έχει ηλεκτρική αρχή & άρα θα πρέπει να υπάρχει κάποια σύνδεση εκεί.

Οι κοσμική ακτινοβολία επηρεάζει τη ζωή ακόμη και στην Γη, έτσι η μελέτη της απασχόλησε πολλούς επιστήμονες ήδη από τις αρχές του 1900. Οι κοσμικές ακτίνες είναι μια άλλη άποψη της πολύπλοκης σχέσης της Γης με τον υπόλοιπο Κόσμο. Έτσι επιστήμονες προσπαθούν να απαντήσουν πως η ηλιακή δραστηριότητα και οι κοσμικές ακτίνες επιδρούν σε συνθήκες στην επιφάνεια της Γης, όπως ο καιρός και το κλίμα. Αντίστοιχα με τον καιρό στην μετεωρολογία, ορίζεται και ο διαστημικός καιρός. Επίσης, η κοσμική ακτινοβολία ως σωματιδιακή, αλληλεπιδρά με την ύλη και η αλληλεπίδραση με την ύλη και την ενέργεια δίνει πολλές πληροφορίες για το είδος και την ενέργεια των σωματιδίων της ακτινοβολίας. Οι γνώσεις μας αναφορικά με την αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας με την ύλη συνέβαλαν προς τη μελέτη αυτή. Επιπλέον, η κοσμική ακτινοβολία είναι σημαντικότερη όσο ψηλότερα πηγαίνουμε, έτσι εκτός από την σημαντική έκθεση σε κοσμική ακτινοβολία για τους οργανισμούς έξω από τη θωράκιση του μαγνητικού πεδίου της Γης, οι οργανισμοί που πετούν ψηλά εκτίθεται σε ενεργητικά σωματίδια των κοσμικών ακτίνων πολλές φορές περισσότερο, από ότι στην επιφάνεια της

θάλασσας. Έτσι η έκθεση των πιλότων και των πληρωμάτων αεροσκαφών στην κοσμική ακτινοβολία απασχολεί πολύ τους επιστήμονες, λόγω των πιθανών επιπτώσεων που μπορεί να επιφέρει στην υγεία τους. Οι πιθανές επιπτώσεις υγείας όπως μεταβολές του καρδιακού ρυθμού, αθηροσκλήρυνση, καταρράκτης των ματιών και αυξημένη πιθανότητα για εμφάνιση κάποιων τύπων καρκίνου στα πληρώματα αεροσκαφών, έχει απασχολήσει πολλούς ερευνητές (*Papailiou et al, 2011; Yu T, 2011; Kagami S, 2009*). Μιας και η ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας είναι κατά πολύ μεγαλύτερη έξω από την ατμόσφαιρα της Γης αναμένεται να έχει μεγαλύτερη επίπτωση στην υγεία των αστροναυτών και συνεπώς θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη στον σχεδιασμό των διαστημοπλοίων ώστε να μπορούν να μεταφέρουν με ασφάλεια τους ανθρώπους στα διαπλανητικά ταξίδια. Η έκθεση στην κοσμική ακτινοβολία κατά τη διάρκεια διαστημικών πτήσεων οδηγεί σε προβλήματα υγείας που ποικίλουν από οξεία σε μακράς εμφάνισης αποτελέσματα. Τα οξεία ή ήπια αποτελέσματα αφορούν σε διάρροια, ναυτία και εμετό και συνήθως είναι αναστρέψιμα, ενώ πιο σοβαρές επιπτώσεις περιλαμβάνουν καταστροφή του κεντρικού νευρικού συστήματος, ο κίνδυνος για “δηλητηρίαση” από ακτινοβολία και ο θάνατος είναι μεγάλος σε αυτού του είδους τις πτήσεις (*Biomedical Results From Apollo – Radiation Protection and Instrumentation*).

Ακόμη, η μελέτη των κοσμικών ακτίνων θεωρείται σημαντική αν αναλογιστεί κανείς ότι ένα και μόνο σωματίδιο μπορεί να επιφέρει την καταστροφή κάποιου ηλεκτρονικού συστήματος (Single event upset- μπορεί να καταστρέψει τις βασικές μονάδες της μνήμης, Latch up- που συμβαίνει στους υπολογιστές των δορυφόρων) ή να αλλάξει κάποιο χρωμόσωμα στον ανθρώπινο οργανισμό. Τα ενεργητικά σωματίδια των κοσμικών ακτίνων μπορούν να επιδράσουν στις ραδιο-τηλεπικοινωνίες και να προκαλέσουν διάβρωση σε σωληνώσεις. Με την αύξηση των ιόντων της ιονόσφαιρας τα ράδιο-κύματα απορροφούνται και οι ράδιο-μεταφορές αποτυγχάνουν. Σωληνώσεις από βορρά προς νότο σε μεγάλα πλάτη υπόκεινται σε διάβρωση από μεγάλα ηλεκτρικά ρεύματα που αυξάνονται από μεταβολές στο μαγνητικό πεδίο από τον ηλιακό άνεμο. Στις 3 Μαρτίου 1989 συνέβη ένα black-out για εννέα ώρες σε περίοδο μεγάλης ηλιακής και μαγνητικής δραστηριότητας που κατεγράφη από Μετρητές Νετρονίων. Οι ερευνητές πιστεύουν ότι οι κοσμικές ακτίνες μπορούν να χρησιμεύσουν για πρόβλεψη της καταστροφής από την ηλιακή δραστηριότητα ώστε οι εταιρείες να μπορούν να ελαχιστοποιήσουν τον κίνδυνο.

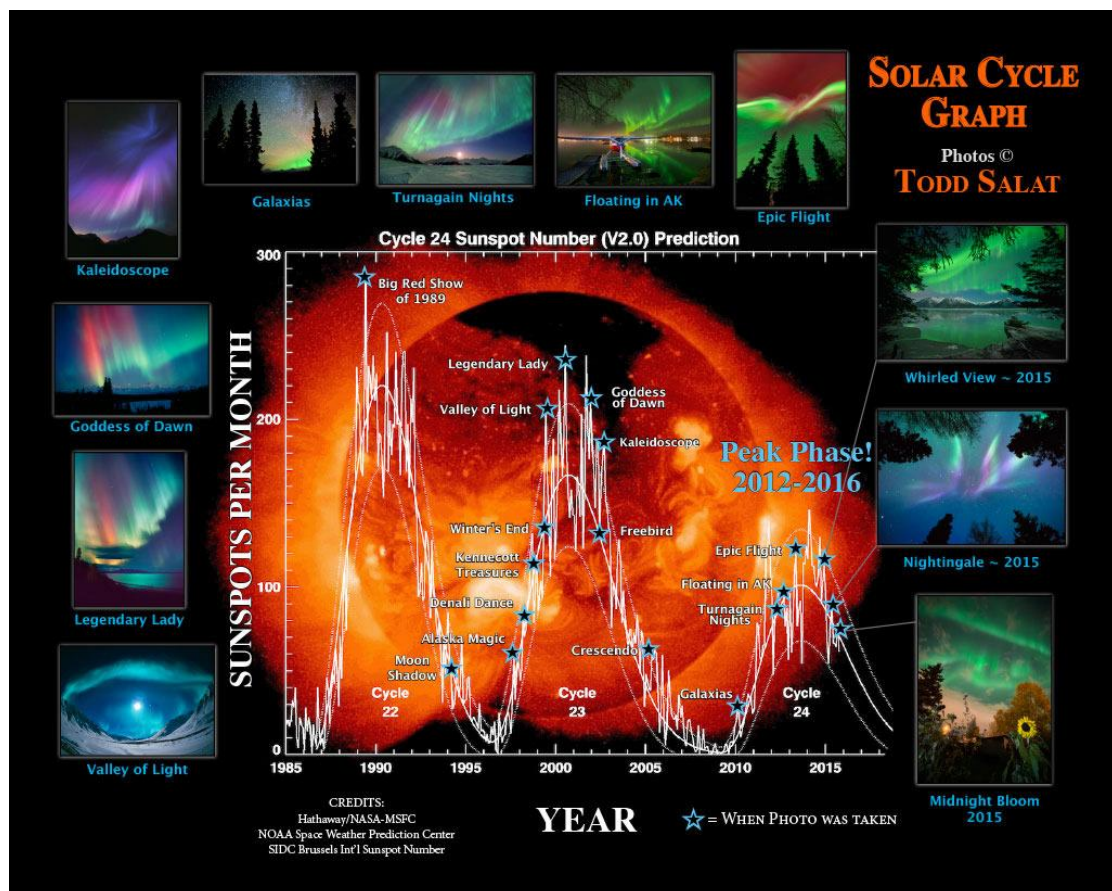
Έτσι τα σωματίδια των κοσμικών ακτίνων επηρεάζουν τη ζωή στη Γη είτε

επιδρώντας στα τεχνολογικά συστήματα είτε στην Υγεία του ανθρώπου (καρκίνοι, καταρράκτης, γενετικές μεταλλάξεις).

Ενδιαφέρον θα πρέπει υπάρχει & εντονότατο μάλιστα για την επίδραση στην ομοιόσταση των κατοίκων της επιφανείας της Γαίας σε σχέση με τον επηρεασμό της κοσμικής ακτινοβολίας στον καρδιακό ρυθμό της ανθρώπινης βιολογικής μηχανής. Η καρδιά & ο καρδιακός ρυθμός ως απαρχή της διατήρησης της ομοιόστασης εισέρχεται τώρα (και με την παρούσα εκπόνηση αυτής της μελέτης) στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος των κοσμικών επιδράσεων.

Από την άλλη πλευρά χάρη στις κοσμικές ακτίνες οι αρχαιολόγοι και οι γεωλόγοι μπορούν να κάνουν εκτιμήσεις και να χρονολογήσουν διάφορα υλικά.. Επίσης, οι κάτοικοι περιοχών με μεγάλα γεωγραφικά πλάτη απολαμβάνουν τα φωτεινά σήματα (σέλας), που οφείλονται εν μέρει στην κοσμική ακτινοβολία.

Η μέτρηση της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας προσφέρει μια μοναδική ευκαιρία διερεύνησης της σχέσης μεταξύ της Γης και του υπολοίπου Σύμπαντος.



Σχήμα 1.47: Ο ήλιος έχει έναν κύκλο σαν της καρδιάς. Κάθε 10 ή 12 χρόνια χτυπάει και χτυπάει σκληρά. Αυτό είναι γνωστό ως ο ηλιακός κύκλος και μετριέται από τον αριθμό των κηλίδων που είναι ορατές στον ήλιο. Όσο περισσότερες ηλιακές κηλίδες, τόσο περισσότερη ενέργεια από την ηλιακή έκλαμψη που ελευθερώνεται στο διάστημα που σημαίνει περισσότερη δραστηριότητα Σέλας - Aurora!

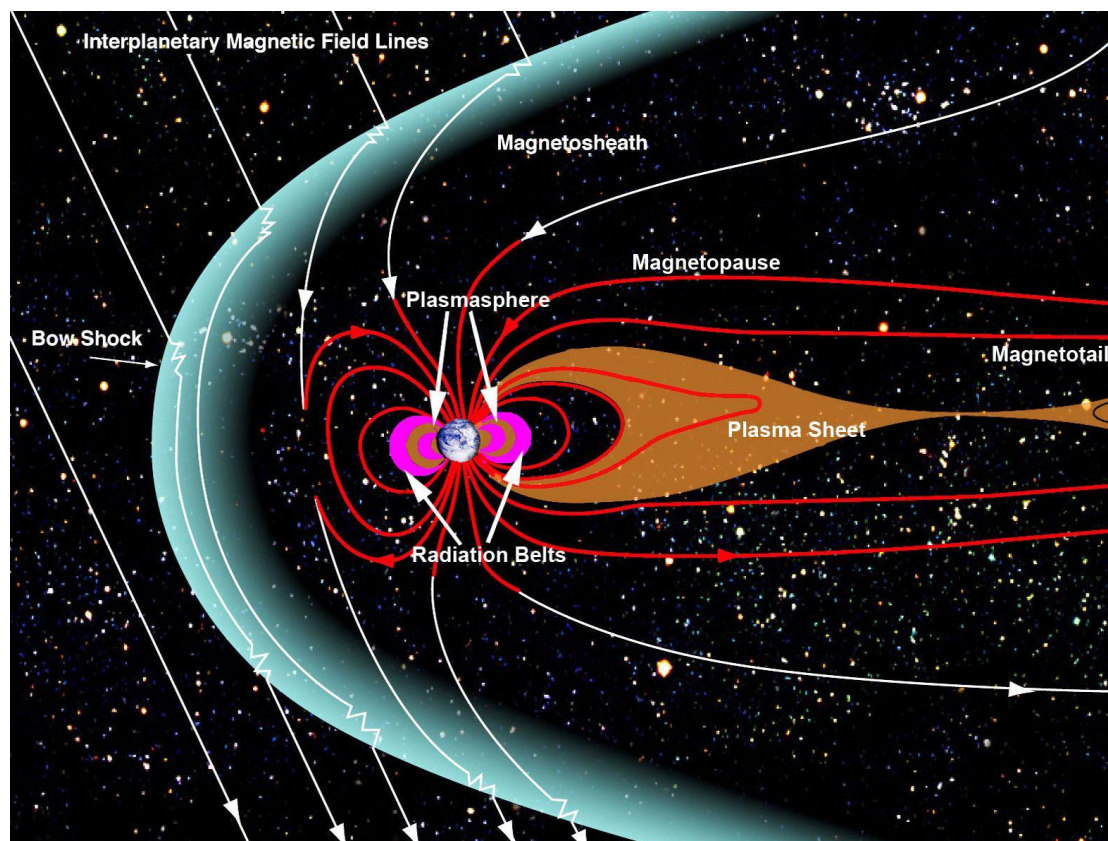


Εικόνα 1.48: Βόρειο Σέλας. Φωτογράφιση από τον Καναδά

1.11 Το μαγνητικό πεδίο της Γης

Το μαγνητικό πεδίο της Γης μπορεί να προσεγγιστεί με ένα έκκεντρο μαγνητικό διπολικό πεδίο (*Bartels, 1936; Bochev, 1969*) που παράγεται από ένα δίπολο, το οποίο σύμφωνα με προσεγγιστικούς υπολογισμούς του μοντέλου IGRF (International Geomagnetic Reference Field), το 2000 βρισκόταν σε απόσταση 540 km από το κέντρο της Γης και είχε προβολή στην επιφάνεια της Γης με γεωγραφικό πλάτος $21,8^{\circ}\text{N}$ και γεωγραφικό μήκος $143,4^{\circ}\text{W}$. Τα στοιχεία αυτά συνεχώς μεταβάλλονται με ρυθμό και κατεύθυνση που βρίσκονται υπό συνεχή έρευνα (*Ladynin & Porona, 2009*), όπως άλλωστε μεταβάλλονται και οι γεωγραφικές συντεταγμένες των δύο πόλων του μαγνητικού πεδίου. Ως μαγνητικούς πόλους θεωρούμε τα σημεία εκείνα στα οποία οι μαγνητικές δυναμικές γραμμές σχηματίζουν γωνία 90° με την επιφάνεια του εδάφους και έχουν μηδενική οριζόντια συνιστώσα. Είναι γνωστό ότι οι δύο μαγνητικοί πόλοι όχι μόνο δεν ταυτίζονται με τους γεωγραφικούς πόλους του πλανήτη, αλλά έχουν συντεταγμένες που μεταβάλλονται συνεχώς. Ωστόσο, ο άξονας μεταξύ των δύο μαγνητικών πόλων σχηματίζει γωνία περίπου $11,3^{\circ}$ με τον άξονα περιστροφής της Γης. Σύμφωνα με την Γεωλογική Υπηρεσία του Καναδά, οι συντεταγμένες του μαγνητικού Βόρειου Πόλου το 2005 ήταν $82,7^{\circ}\text{N}$ και $114,4^{\circ}\text{W}$ και σύμφωνα με την κυβερνητική υπηρεσία γεωεπιστήμης

της Αυστραλίας ο μαγνητικός Νότιος Πόλος το 2005 είχε συντεταγμένες 63.1°S και 137.5°E.



Εικόνα 1.49: Σχηματική αναπαράσταση της γήινης μαγνητόσφαιρας. Δικαιώματα: NASA

1.11.1 Η δομή του γεωμαγνητικού πεδίου

Τα όρια της γήινης μαγνητόσφαιρας ξεκινούν σε υψόμετρο περίπου 100 km από την επιφάνειά της, εκεί που ξεκινάει και η ιονόσφαιρα. Το εξωτερικό όριο της μαγνητόσφαιρας ονομάζεται μαγνητόπαυση που αποτελεί την επιφάνεια που διαχωρίζει το γήινο μαγνητικό πεδίο από τον ηλιακό άνεμο που προσκρούει επάνω του, σχηματίζοντας, όπως είδαμε, ένα κρουστικό κύμα και τον μαγνητοφλοιό. Η θέση της μαγνητόπαυσης καθορίζεται από την ισορροπία της πίεσης που ασκείται από τον ηλιακό άνεμο στο γεωμαγνητικό πεδίο. Σε μία κανονική ημέρα, η μαγνητόπαυση της Γης προς την πλευρά του Ήλιου διαπερνά το ισημερινό επίπεδο σε απόσταση 10 γήινων ακτίνων ($1 R_E = 6367 \text{ km}$) το μεσημέρι και περίπου $20 R_E$ την ανατολή και

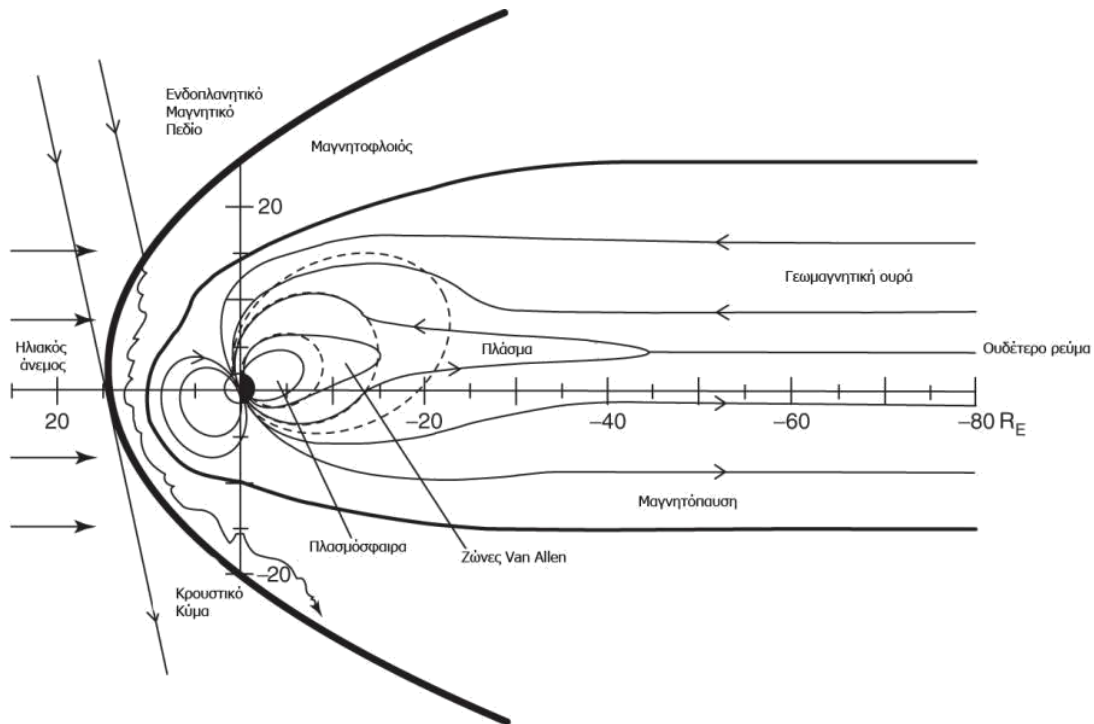
τη δύση του Ήλιου. Στην αντίθετη κατεύθυνση η μαγνητόσφαιρα εκτείνεται απεριόριστα, σχηματίζοντας τη λεγόμενη γεωμαγνητική ουρά.



Εικόνα 1.50: Προστατευτική ασπίδα της Γης εξασθενεί βαθμηδόν, επιτρέποντας τους επιβλαβείς ηλιακούς ανέμους να διεισδύσουν στην ατμόσφαιρα

Καθώς το ηλιακό στέμμα εκτείνεται στο διάστημα, η ταχύτητα του ηλιακού ανέμου αυξάνεται και κοντά στην θέση της Γης είναι περίπου 400 km/s, ταχύτητα που είναι μεγαλύτερη από εκείνη που έχουν τα κύματα Alfven, που είναι εγκάρσια μαγνητοϋδροδυναμικά κύματα που ταξιδεύουν με την κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου που τα περιβάλλει. Όπως συμβαίνει με όλα τα υπερηχητικά αντικείμενα που ταξιδεύουν στη γήινη ατμόσφαιρα, έτσι και σε αυτή την περίπτωση σχηματίζεται ένα κρουστικό κύμα μπροστά από τη γήινη μαγνητόσφαιρα. Το κύμα Alfven αλλάζει μη γραμμικά την κλίση του και το κρουστικό κύμα σχηματίζεται καθώς η μαγνητόσφαιρα «στριμώχεται» κάτω από τον ηλιακό άνεμο. Το κρουστικό κύμα απέχει από τη μαγνητόπαυση περίπου κατά μία γήινη ακτίνα.

Η περιοχή πίσω από το κρουστικό κύμα ονομάζεται μαγνητοφλοιός και εκτείνεται μέχρι τη μαγνητόπαυση. Ο μαγνητοφλοιός είναι μια διαταραγμένη περιοχή στην οποία παρατηρούνται κύματα μεγάλου πλάτους και πολύ θερμά σωματίδια τα οποία προκύπτουν από τη δημιουργία του κρουστικού κύματος κατά την οποία η ενέργεια του ρεύματος του ηλιακού ανέμου έχει μετατραπεί σε θερμική ενέργεια. Αμέσως μετά την κρουστική επιφάνεια, η ταχύτητα του ηλιακού ανέμου πέφτει στα 50 km/s, ενώ στη συνέχεια αυξάνεται και πάλι.

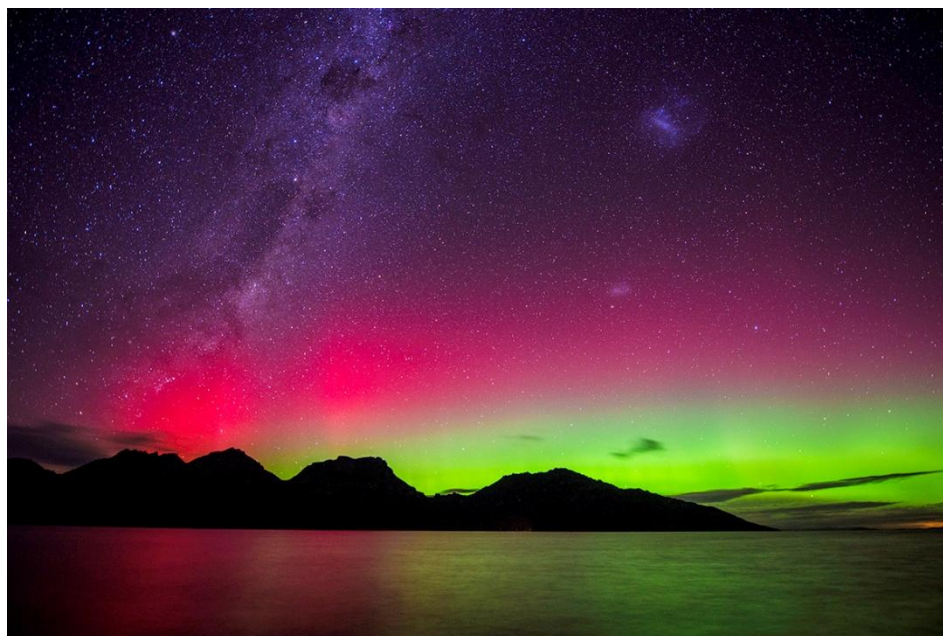


Σχήμα 1.51: Σχηματική αναπαράσταση της γήινης μαγνητόσφαιρας στο ισημερινό επίπεδο. Στους άξονες η κλίμακα R_E είναι σε γήινες ακτίνες ($1 R_E = 6367 \text{ km}$)

Μέσα στη μαγνητόσφαιρα βρίσκονται οι ζώνες ακτινοβολίας Van Allen. Αυτές χωρίζονται στις εσωτερικές ζώνες ακτινοβολίας (από την ιονόσφαιρα μέχρι 4 ή $5 R_E$) και τις εξωτερικές ζώνες (από $4-5 R_E$ μέχρι τη μαγνητόπαυση). Η εσωτερική ζώνη ακτινοβολίας περιέχει ενεργητικά σωματίδια που προέρχονται από νετρόνια τα οποία παράγονται από τις κοσμικές ακτίνες που βομβαρδίζουν την ατμόσφαιρα του πλανήτη. Τα νετρόνια είναι ασταθή με μικρούς χρόνους ζωής και διασπώνται σε πρωτόνια, ηλεκτρόνια και αντινετρίνα. Τα φορτισμένα σωματίδια αιχμαλωτίζονται από το γεωμαγνητικό πεδίο και από αυτή τη διαδικασία προέρχονται τα περισσότερα ενεργητικά σωματίδια της εσωτερικής ζώνης ακτινοβολίας Van Allen.

Τα σωματίδια της εξωτερικής ζώνης ακτινοβολίας Van Allen συνδέονται με τον ηλιακό άνεμο και τις δυναμικές διαταραχές του σέλαος. Η εξωτερική μαγνητόσφαιρα είναι ορισμένες φορές ήρεμη και ορισμένες φορές διαταραγμένη, όπως συμβαίνει και με την χαμηλότερη ατμόσφαιρα της Γης και τις καιρικές διακυμάνσεις. Σε αντίθεση όμως με τον γήινο καιρό, ο διαστημικός καιρός καθορίζεται από ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις που προέρχονται από τον διαταραγμένο ηλιακό άνεμο, ο οποίος με τη σειρά του συνδέεται με τις ηλιακές καταιγίδες, τις ηλιακές εκλάμψεις και τις στεμματικές εκπομπές μάζας. Εντυπωσιακοί σχηματισμοί σέλαος και έντονες εκπομπές ραδιοκυμάτων κυρίως στις πολικές περιοχές του πλανήτη, είναι εκδηλώσεις διαστημικών καταιγίδων. Το σέλας είναι ένα

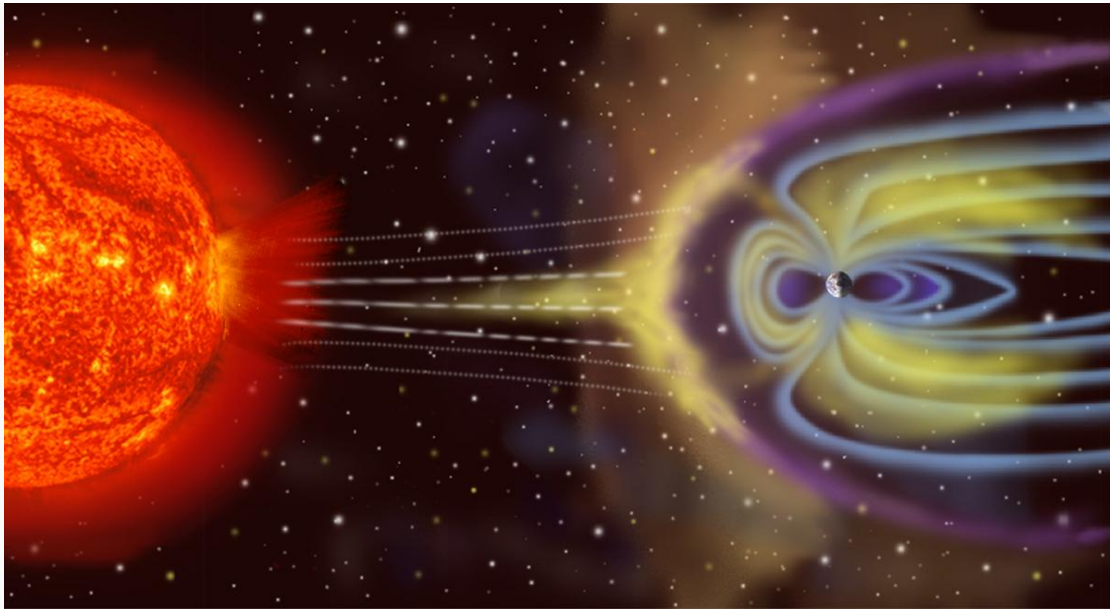
εντυπωσιακό φαινόμενο με πολύχρωμα φώτα τα οποία προέρχονται από ατμοσφαιρικές εκπομπές προκαλούμενες από τα καταβυθιζόμενα ενεργητικά ηλεκτρόνια που βομβαρδίζουν την εξωτερική ατμόσφαιρα της Γης. Οι ραδιοφωνικές εκπομπές δημιουργούνται από τα ασταθή σωματίδια που περιέχονται στο σέλας.



Εικόνα 1.52: Νότιο σέλας. Φωτογράφιση από Αυστραλία

Η γήινη μαγνητόσφαιρα διαρρέεται από ένα πολύπλοκο σύστημα ηλεκτρικών ρευμάτων που δημιουργούνται από την εισροή των ηλιακών κοσμικών ακτίνων στη μαγνητόσφαιρα. Η μελέτη τους είναι καθοριστική στον προσδιορισμό και την κατανόηση της σχέσης ανάμεσα στη γήινη μαγνητόσφαιρα και τον ηλιακό άνεμο αφού οι περισσότερες από τις διαδικασίες που συμβαίνουν στη μαγνητόσφαιρα συνδέονται άμεσα ή έμμεσα με αυτά τα μαγνητοσφαιρικά ηλεκτρικά ρεύματα.

Καθώς η ένταση του ηλιακού ανέμου μεταβάλλεται, τα όρια της μαγνητόπαυσης μετακινούνται και αυτά προς τα μέσα ή προς τα έξω. Η συνοριακή επιφάνεια της μαγνητόπαυσης δεν είναι πλέον ομαλή, αλλά παίρνει μια κυματική μορφή, αντίστοιχη με τη μορφή της επιφάνειας της θάλασσας σε μια καταιγίδα. Μέσα στη μαγνητόσφαιρα τώρα, σωματίδια από τις εξωτερικές περιοχές πλάσματος, περνούν στην εξωτερική ζώνη ακτινοβολίας Van Allen, αυξάνοντας έτσι τη σωματιδιακή πυκνότητα και την ενέργεια στην περιοχή αυτή. Η αύξηση στην πυκνότητα ρεύματος των παγιδευμένων σωματιδίων προκαλεί το λεγόμενο κυκλικό ή δακτυλιοειδές ρεύμα σε απόσταση από 2 έως και 7 R_E . Το κυκλικό ρεύμα είναι μια πολύ βασική πηγή μαγνητικού πεδίου και περιέχει κυρίως πρωτόνια ενέργειας 20 – 200 keV.

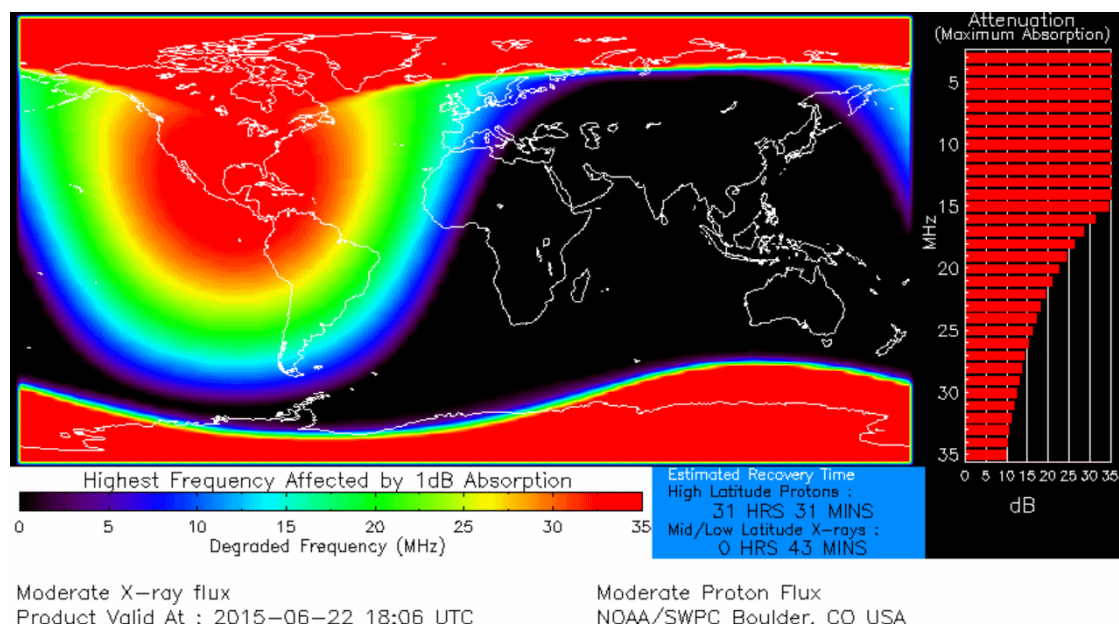


Σχήμα 1.53: Καλλιτέχνη απεικόνιση από σωματίδια του ηλιακού ανέμου που αλληλεπιδρούν με τη Γήινη μαγνητόσφαιρα. Μεγέθη δεν είναι υπό κλίμακα.

1.12 Γεωμαγνητικές καταιγίδες

Στα μέσα του 19^{ου} αιώνα οι έντονες διαταραχές που παρατηρούνταν κι συνοδεύονταν από σημαντική μείωση της οριζόντιας συνιστώσας του γεωμαγνητικού πεδίου, ονομάστηκαν γεωμαγνητικές καταιγίδες. Μέχρι και σήμερα το φαινόμενο και η δυναμική του δεν είναι πλήρως κατανοητά κι αποτελεί σημείο ερευνών για τους επιστήμονες με ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη σύγχρονη φυσική διαστήματος. Οι επιδράσεις των γεωμαγνητικών καταιγίδων στην ιονόσφαιρα και τη θερμόσφαιρα προκύπτουν από την ενέργεια που παράγεται μέσα από κινητικές και χημικές διαδικασίες και την ηλεκτροδυναμική σύζευξη ανάμεσα στη μαγνητόσφαιρα και τα ανώτερα στρώματα της γήινης ατμόσφαιρας. Η σημασία στην πρόβλεψη των γεωμαγνητικών καταιγίδων δεν είναι μόνο ακαδημαϊκή στο κατά πόως η γήινη μαγνητόσφαιρα και η ιονόσφαιρα αποσπών ενέργεια από τον ηλιακό άνεμο. Υπάρχει και πρακτική σημασία στην καθημερινή ζωή, μιας και οι γεωμαγνητικές καταιγίδες αποδεδειγμένα επηρεάζουν τις ανθρώπινες δραστηριότητες και τις τηλεπικοινωνίες, ενώ όπως άλλωστε είναι και το κύριο αντικείμενο της μελέτης αυτής, υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις ότι επηρεάζουν και ανθρώπινες φυσιολογικές παραμέτρους και συνεπώς την ανθρώπινη υγεία.

Οι γεωμαγνητικές καταιγίδες είναι πολύπλευρα και πολυπαραγοντικά φαινόμενα που πηγάζουν κυρίως από την ηλιακή δραστηριότητα και λαμβάνουν χώρα μέσω του ηλιακού ανέμου, της μαγνητόσφαιρας, της ιονόσφαιρας και της θερμόσφαιρας. Θεμελιώδη ερωτήματα αναφορικά με τις γεωμαγνητικές καταιγίδες, όπως τι τις προκαλεί, πως σχηματίζεται και πως εντείνεται το κυκλικό ρεύμα κατά τη διάρκειά τους, πως επηρεάζουν οι αλλαγές που προκαλούνται στο σύστημα μαγνητόσφαιρα-ιονόσφαιρα την ανώτερη ατμόσφαιρα της Γης και πως θα μπορούσαμε να προβλέψουμε πότε θα συμβούν, επιχειρούν να απαντήσουν πολλές ερευνητικές ομάδες (Kamide et al, 1998).



Σχήμα 1.54: NOAA χάρτης δείχνει ραδιο διαταραχές στη Γη από την γεωμαγνητική καταιγίδα. (NOAA)

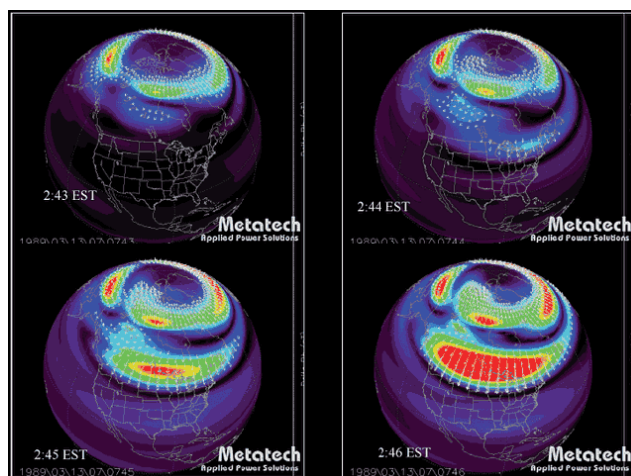
Οι γεωμαγνητικές καταιγίδες ανιχνεύτηκαν αρχικά από επίγειους μαγνητογράφους, χάρη στη μείωση της έντασης της οριζόντιας συνιστώσας του γεωμαγνητικού πεδίου με διάρκεια μερικών δεκάδων ωρών. Αυτή η μείωση προκαλείται από το κυκλικό ηλεκτρικό ρεύμα στη μαγνητόσφαιρα που περικλείει την Γη, έχει δυτική κατεύθυνση και απέχει από το κέντρο της Γης από 2 έως 7 RE.

Μία γεωμαγνητική καταιγίδα περιλαμβάνει κυρίως τρεις φάσεις. Ξεκινάει με μια απότομη αύξηση στην οριζόντια συνιστώσα που ονομάζεται αιφνίδια έναρξη καταιγίδας (sudden storm commencement, SSC) και στη συνέχεια ακολουθεί μια μικρή περίοδος τυχαίας διάρκειας που ονομάζεται αρχική φάση στην οποία η οριζόντια συνιστώσα παραμένει σταθερή. Την αρχική φάση διαδέχεται η κύρια φάση, όπου πλέον η οριζόντια συνιστώσα του γεωμαγνητικού πεδίου μειώνεται, με τη

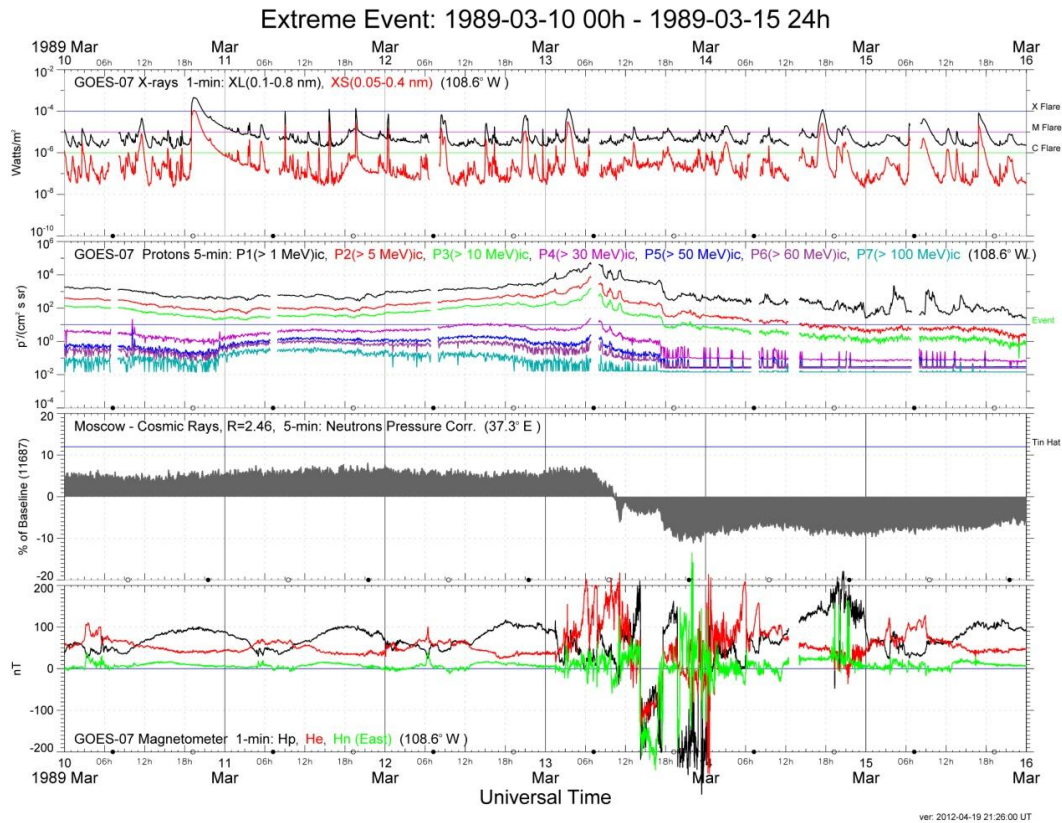
μείωση αυτή να διαρκεί λίγες ώρες. Μια γεωμαγνητική καταιγίδα ολοκληρώνεται με τη φάση της ανάκαμψης του γεωμαγνητικού πεδίου στα επίπεδα που είχε πριν την έναρξη της καταιγίδας. Η διαδικασία αυτή μπορεί να διαρκέσει μέχρι και μερικές δεκάδες ώρες.

Η γεωμαγνητική καταιγίδα είναι ουσιαστικά μια προσωρινή διαταραχή της μαγνητόσφαιρας της Γης που προκαλούνται από ηλιακό άνεμο κύμα σοκ ή / και σύννεφο του μαγνητικού πεδίου που αλληλεπιδρά με το μαγνητικό πεδίο της Γης. Η αύξηση στον ηλιακό άνεμο συμπιέζει αρχικά τη μαγνητόσφαιρα. Το μαγνητικό πεδίο του ηλιακού ανέμου αλληλεπιδρά με το μαγνητικό πεδίο της Γης και μεταφέρει μια αυξημένη ενέργεια στην μαγνητόσφαιρα. Και οι δύο αλληλεπιδράσεις προκαλούν μια αύξηση στην κίνηση του πλάσματος μέσω της μαγνητόσφαιρας (λόγω της αυξημένης ηλεκτρικά πεδία μέσα στην μαγνητόσφαιρα) και αύξηση του ηλεκτρικού ρεύματος στην μαγνητόσφαιρα και ιονόσφαιρα.

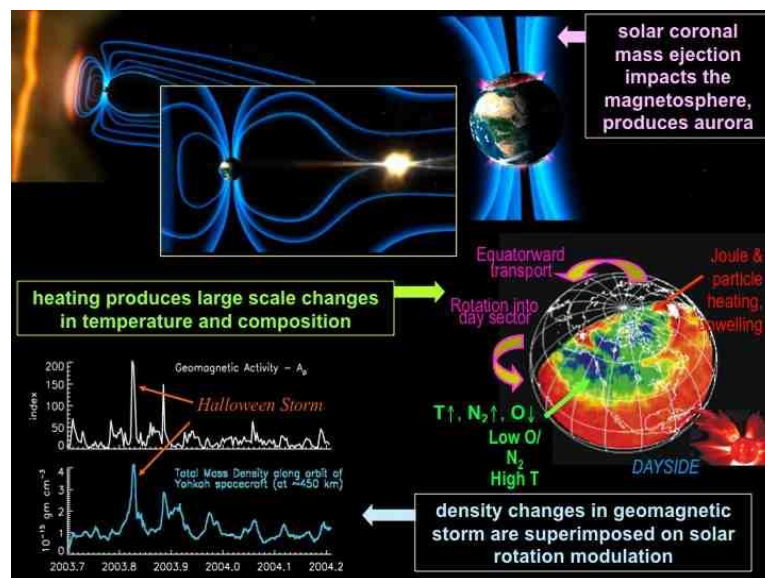
Κατά τη διάρκεια της κύριας φάσης της γεωμαγνητικής καταιγίδας, ηλεκτρικό ρεύμα στην μαγνητόσφαιρα δημιουργεί μια μαγνητική δύναμη που ωθεί το όριο μεταξύ της μαγνητόσφαιρας και του ηλιακού ανέμου. Η διαταραχή στο διαπλανητικό μέσο που οδηγεί την καταιγίδα μπορεί να οφείλεται σε ένα ηλιακό φαινόμενο τύπου στεμματική εκτίναξη μάζας (CME) ή ένα ρεύμα υψηλής ταχύτητας (συν-περιστρεφόμενο περιοχή αλληλεπίδρασης ή CIR) του ηλιακού ανέμου που προέρχονται από μια περιοχή του ασθενές μαγνητικού πεδίου στην επιφάνεια του Ήλιου. Η συχνότητα των γεωμαγνητικών καταιγίδών έχουν αυξήσεις και μειώσεις με τον κύκλο των ηλιακών κηλίδων. Καταιγίδες προκαλούμενες από CME είναι πιο συχνές κατά τη διάρκεια της κατ 'ανώτατο όριο του ηλιακού κύκλου, ενώ προκαλούμενες από CIR καταιγίδες είναι πιο συχνές κατά το ελάχιστο του ηλιακού κύκλου.



Εικόνα 1.55: 13 Μαρ, 1989 συσκότιση (blackout) – Οι εικόνες αυτές απεικονίζουν στο επίπεδο του έδαφος την γεωμαγνητική εντατικοποίηση της καταιγίδας πάνω από τέσσερα λεπτά.

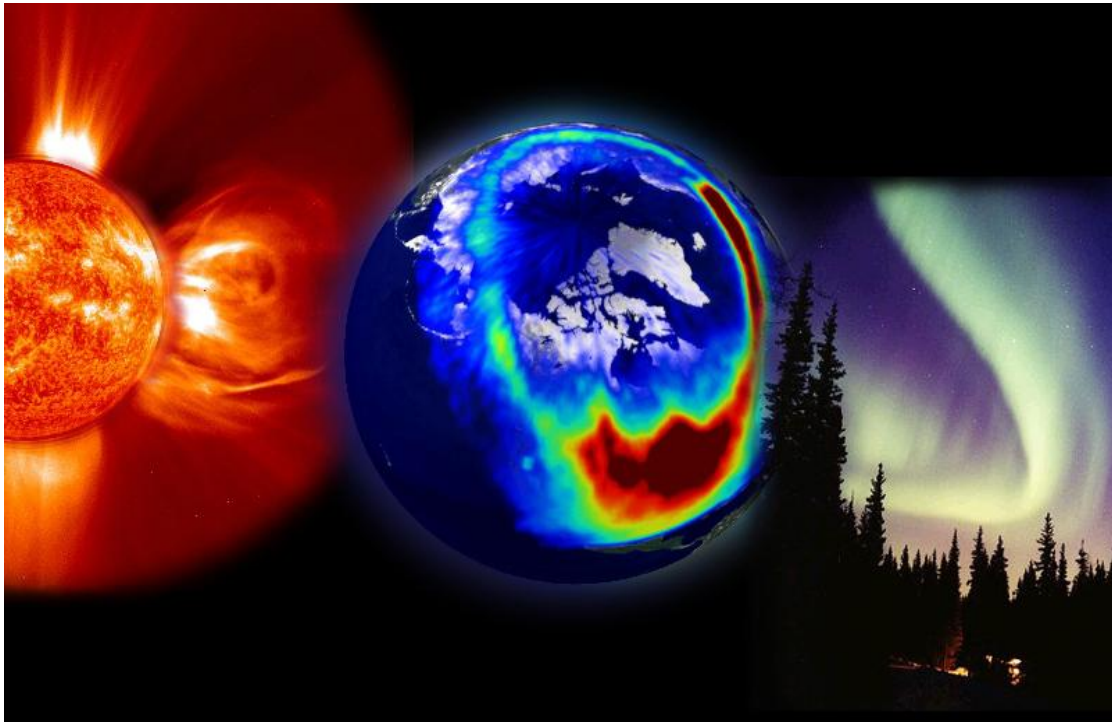


Σχήμα 1.56: Ο GOES-7 παρακολουθεί τις συνθήκες του διαστημικού καιρού κατά τη διάρκεια της Μεγάλης γεωμαγνητικής καταιγίδας του Μαρτίου 1989, ο μετρητής νετρονίων Μόσχα καταγράφει το πέρασμα του CME ως πτώση σε επίπεδα που είναι γνωστό ως μείωση Forbush.

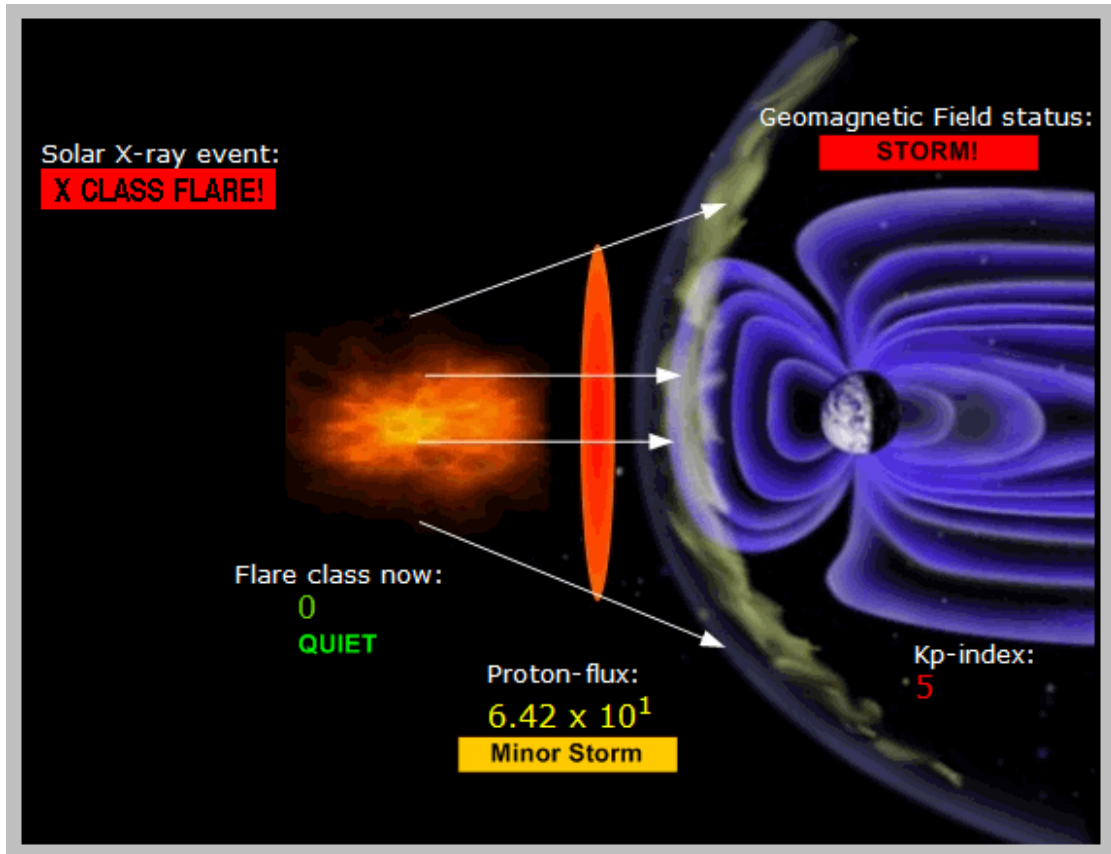


Σχήμα 1.57: Επίγεια επίδραση της ηλιακής-γεωμαγνητικής καταιγίδας. Η επάνω αριστερή εικόνα απεικονίζει μία στεμματική μαζική εξώθηση από τον ήλιο που προσπίπτει στην μαγνητόσφαιρα, επιτρέποντας παγιδευμένα σωματίδια να χυθούν στην θερμόσφαιρα και ιονόσφαιρα, ώστε να παράγει μια γεωμαγνητική καταιγίδα και ένα φωτεινό σέλας. Η εικόνα στη μέση απεικονίζει τις συνέπειες: Θέρμανση από καταβύθιση σωματιδίων σε υψηλά γεωγραφικά πλάτη παράγει ανοδική μάζα που ρέει πάνω από τις πολικές περιοχές, και κατεβάντες ισημερινούς ανέμους, όπου η περιστροφή της Γης μεταφέρει την ημέρα (ηλιόλουστη) πλευρά, παραγωγή μεγάλης κλίμακας αλλαγών στη θερμοκρασία και σύνθεση. Thermospheric πυκνότητα μπορεί να αλλάξει δραματικά σε ανταπόκριση σε τέτοια ηλιακή-επίγεια έκρηξη. Στον κάτω πίνακα, οι Solar-επίγειες αλλαγές κατά τη διάρκεια του γεωμαγνητικού καταιγισμού φαίνονται να προεξέχουν πάνω από την πιο τακτική αλλαγή που σχετίζονται με τις μεταβολές κατά τη διάρκεια της EUV φωτονιακής ηλιακής περιστροφής. Εικόνα: R. Meier, η NASA

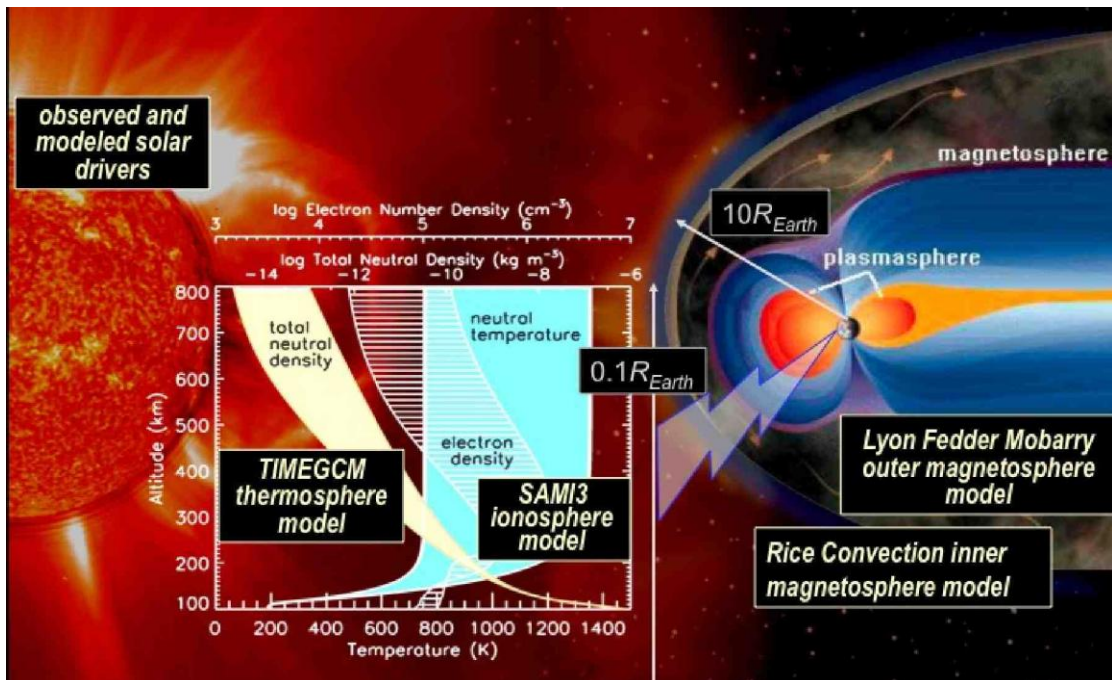
Αρκετά διαστημικά καιρικά φαινόμενα τείνουν να συνδέονται με ή προκαλούνται από μια γεωμαγνητική καταιγίδα. Αυτά περιλαμβάνουν: ηλιακών ενεργητικών σωματιδίων (SEP) γεγονότα, γεωμαγνητικά επαγόμενα ρεύματα (GIC), διαταραχές της ιονόσφαιρας που προκαλούν το ραδιόφωνο και σπινθηρισμών ραντάρ, διακοπή της πλοήγησης μέσω μαγνητικής πυξίδας και εμφάνιση σέλαος σε πολύ χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη από το κανονικό. Το 1989, μια γεωμαγνητική καταιγίδα ενεργοποίησε εδαφικά προκαλούμενα ρεύματα που διατάραξαν τη διανομή ηλεκτρικής ισχύος κατά το μεγαλύτερο μέρος της επαρχίας του Κεμπέκ και προκάλεσε Σέλας νότια μέχρι το Τέξας.



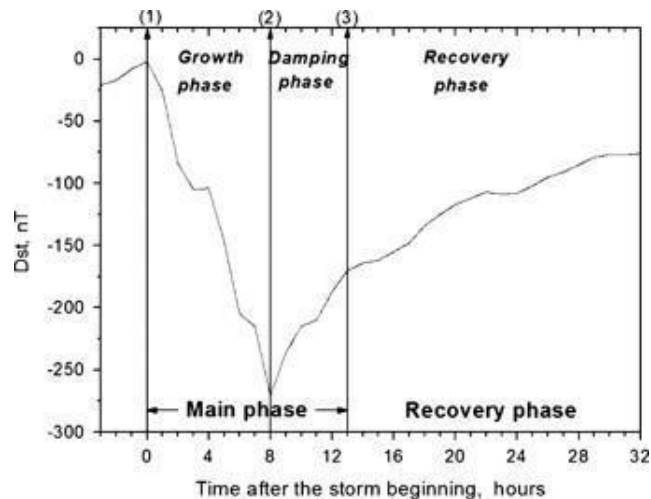
Εικόνα 1.58: Τρεις προοπτικές σχετικά με τα γεγονότα που δημιουργούν γεωμαγνητικές καταιγίδες: Μια καταιγίδα από τον Ήλιο, μια παγκόσμια προοπτική εκδήλωση του σέλαος, όπως φαίνεται από το διάστημα και Αυγορα, όπως φαίνεται από τη Γη. Ερευνητές στο ερευνητικό κέντρο Langley της NASA, χρησιμοποιώντας τον ήχο της ατμόσφαιρας χρησιμοποιώντας εκπομπή ευρείας Ραδιομετρία (SABER) του δορυφόρου ώστε να ληφθούν νέες μετρήσεις της E-περιοχής της ιονόσφαιρας – ένα ενεργό, με ακυρωτικό στρώμα που είναι ζωτικής σημασίας για τη μετάδοση των τηλεόραση, ραδιόφωνο και σημάτων GPS. Δικαιώματα: NASA αποστολή SOHO



Σχήμα 1.59: Γεωμαγνητική καταιγίδα – την Τετάρτη, 7 Μαρτίου, 2012



Σχήμα 1.60: Συνιστώσες ενός ολοκληρωμένου Μοντέλου Ήλιου-Γης Σύστημα (Model) . Οι Συνιστώσες του συστήματος Ήλιου-Γης είναι ενσωματωμένα χρησιμοποιώντας πλήρως σε συνδυασμό φυσικά πρότυπα, επιτρέποντας προσομοιώσεις των περιβαλλοντικών αλλαγών από τον Ήλιο στη Γη. Τα μοντέλα είναι διαθέσιμα στο Κέντρο Κοινοτικής Συντονισμένης Μοντελοποίησης (CCMC).



Σχήμα 1.61: Χρονική εξέλιξη μιας τυπικής γεωμαγνητικής καταιγίδας όπου φαίνονται οι τρεις φάσεις

Η ύπαρξη μιας γεωμαγνητικής καταιγίδας ταυτοποιείται κυρίως από την ύπαρξη της κύριας φάσης, κατά τη διάρκεια της οποίας το μαγνητικό πεδίο της Γης στην επιφάνειά της μειώνεται σημαντικά από 100 μέχρι και 500 nT, ενώ κάποιοι μελετητές θεωρούν καταιγίδα και για μείωση και στα 80 nT. Η ένταση μιας μαγνητικής καταιγίδας εξαρτάται ισχυρά από το γεωγραφικό πλάτος: είναι μέγιστη στον ισημερινό και ελάχιστη στους πόλους.

Στα μεσαία γεωγραφικά πλάτη κατά τη διάρκεια της αρχικής και της κύριας φάσης μιας γεωμαγνητικής καταιγίδας συχνά παρατηρείται και ένα ακόμα εντυπωσιακό φαινόμενο, που οφείλεται στην υπέρθεση μερικών μικρότερης έντασης μαγνητικών αναταραχών και ονομάζονται μαγνητικοί «κόλποι» λόγω της μορφής που έχουν στα μαγνητογραφήματα. Συνήθως παρατηρούνται τις νυχτερινές ώρες και διαρκούν μία με δύο ώρες. Οι μαγνητικοί κόλποι είναι από τις πιο σημαντικές διακυμάνσεις του γεωμαγνητικού πεδίου και συχνά συμβαίνουν μαζί με παγκόσμιες γεωμαγνητικές καταιγίδες αν και έχουν παρατηρηθεί και ανεξάρτητα. Τα φαινόμενα αυτά ονομάζονται μαγνητοσφαιρικές υποκαταιγίδες και οφείλονται κυρίως σε ηλεκτρικά ρεύματα που ρέουν στην ιονόσφαιρα σε γεωγραφικά πλάτη μεταξύ 60° και 70°. Τα ρεύματα αυτά παράγονται στη μαγνητόσφαιρα, ρέουν στην ιονόσφαιρα και επιστρέφουν στη μαγνητόσφαιρα ακολουθώντας τις δυναμικές γραμμές του γεωμαγνητικού πεδίου. Έτσι, η βασική επίδραση της υποκαταιγίδας είναι η ενεργοποίηση και η έγχυση σωματίων μέσα στην εσωτερική μαγνητόσφαιρα σε μια εντοπισμένη περιοχή και κοντά στα μεσάνυχτα.

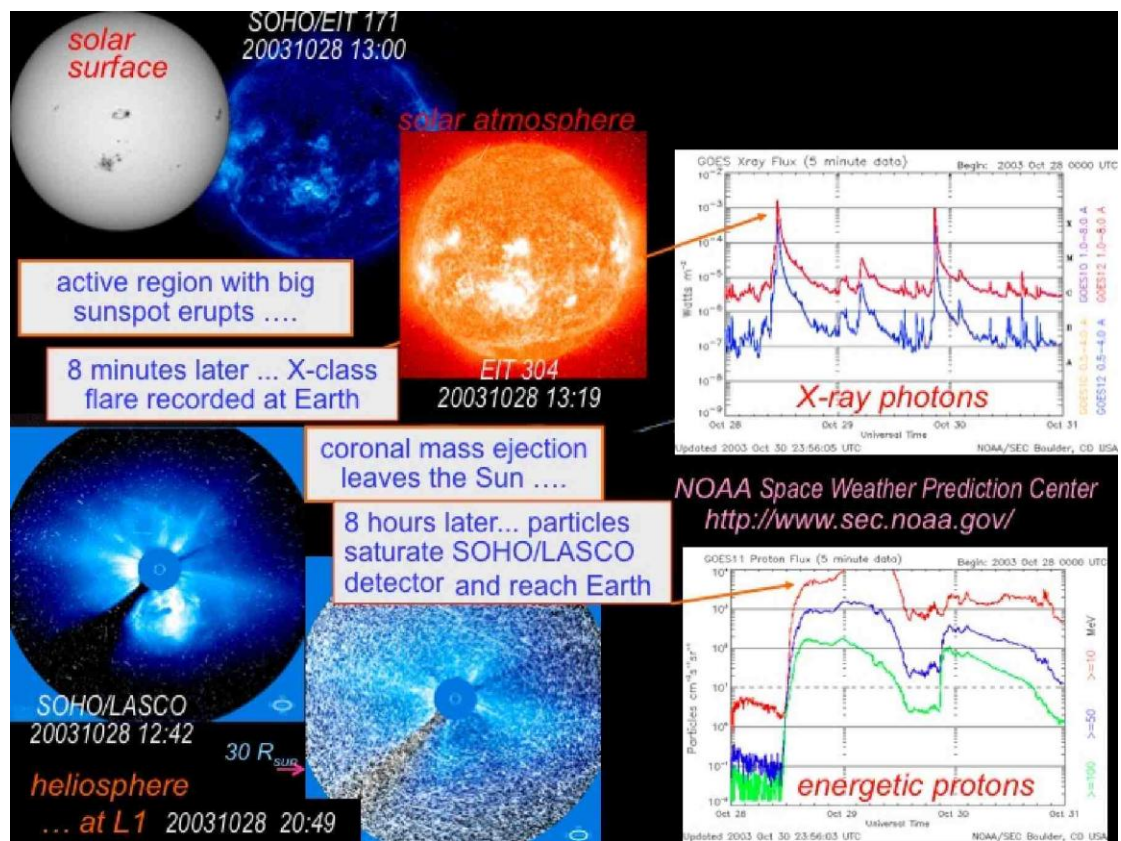
Η μείωση της οριζόντιας συνιστώσας στην κύρια φάση μιας γεωμαγνητικής καταιγίδας ερμηνεύεται από την επίδραση του ηλεκτρικού κυκλικού ρεύματος στην

μαγνητόσφαιρα. Όπως είδαμε, το κυκλικό ή δακτυλιδιοειδές ρεύμα είναι ένα από τα κύρια ρεύματα της μαγνητόσφαιρας, που περικυκλώνει τη Γη στο επίπεδο του ισημερινού και ενεργοποιείται από την αυξημένη παρουσία των ενεργητικών ιόντων που βρίσκονται παγιδευμένα στο γεωμαγνητικό πεδίο σε απόσταση 2 έως 7 R_E . Κατά τη διάρκεια της κύριας φάσης, το κυκλικό ρεύμα που περιέχει ιόντα ενέργειας 20 – 220 keV αυξάνει σε ένταση, ενώ κατά τη διάρκεια της φάσης ανάκαμψης, η έντασή του μειώνεται εξαιτίας ανταλλαγής φορτίων, αλληλεπίδρασης Coulomb και άλλων διαδικασιών που συμβαίνουν στο χώρο που καταλαμβάνει το κυκλικό ρεύμα. Τελικά, το ενδοπλανητικό μαγνητικό πεδίο γυρίζει προς τον Νότο, αντιπαράλληλα προς το πεδίο τη Γης και αρχίζει η μαγνητική επανασύνδεση.

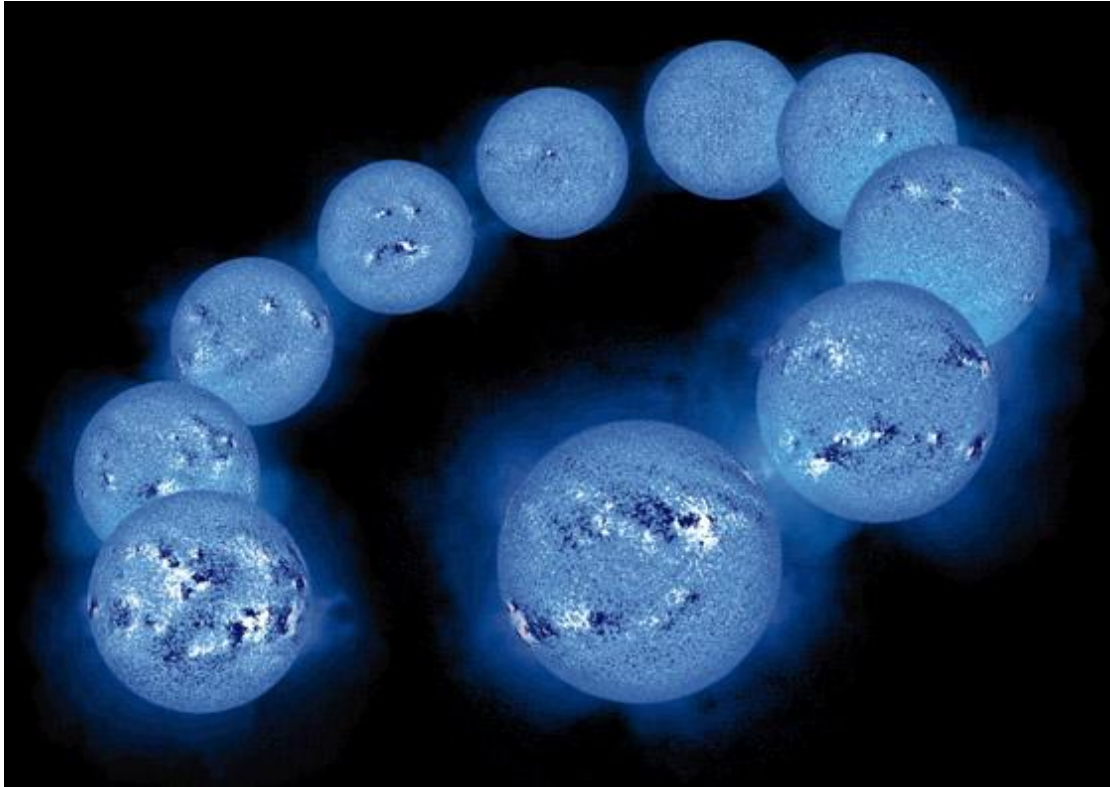
Κατά τη μαγνητική επανασύνδεση δύο αντίθετης κατεύθυνσης μαγνητικά πεδία φέρονται μαζί από ρέοντα πλάσματα σε μια ουδέτερη γραμμή τύπου X. Μακριά από την ουδέτερη γραμμή, το μαγνητικό πεδίο είναι μέσα στο πλάσμα, κοντά όμως στην ουδέτερη γραμμή, γίνεται παγωμένο και διαχέεται μέσα στο πλάσμα δημιουργώντας μια καινούρια μορφή μαγνητικών δυναμικών γραμμών. Τα πιο έντονα γεωμαγνητικά φαινόμενα συμβαίνουν κατά τη διάρκεια του φαινομένου της επανασύνδεσης. Το μαγνητικό πεδίο της Γης από την πλευρά της μαγνητόσφαιρας που βλέπει τον Ήλιο εξουδετερώνεται από το ενδοπλανητικό μαγνητικό πεδίο που έχει αντίθετη κατεύθυνση και έτσι η Γη χάνει τη φυσική της μαγνητική προάσπιση απέναντι στον ηλιακό άνεμο. Το μαγνητοσφαιρικό πλάσμα συμμετέχει σε μια γιγαντιαία διαδικασία μεταφοράς, αποτέλεσμα της οποίας είναι η μεταφορά του από την ημερήσια πλευρά στη νυχτερινή. Με τον τρόπο αυτό ενεργοποιούνται μεγάλα ηλεκτρικά ρεύματα στην ιονόσφαιρα πάνω από τους πόλους, τα οποία προκαλούν μαγνητικές υποκαταιγίδες στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη, καθώς και εντυπωσιακά σέλεα. Ένα μέρος της ενέργειας αυτών των φαινομένων μεταφέρεται και στις ζώνες ακτινοβολίας Van Allen, εμπλουτίζοντας έτσι και το ηλεκτρικό κυκλικό ρεύμα που είναι και η βασική αιτία της κύριας φάσης μιας μαγνητικής καταιγίδας.

Η παρουσία της ιονόσφαιρας εξηγεί ορισμένες από τις χρονικές διακυμάνσεις του μαγνητικού πεδίου της Γης, που παρουσιάζουν μια περιοδικότητα. Μία τέτοια είναι η ημερήσια διακύμανση, η οποία συνδέεται άμεσα με την ηλεκτρική αγωγιμότητα της ανώτερης ατμόσφαιρας και την κίνηση των ατμοσφαιρικών αέριων μέσα από τις δυναμικές γραμμές του γεωμαγνητικού πεδίου. Οι κινήσεις αυτές και οι

σύνθετες αλληλεπιδράσεις τους με το πεδίο, δημιουργούν ηλεκτρικά ρεύματα στην ιονόσφαιρα τα οποία ανιχνεύονται στην επιφάνεια της Γης σαν μικρές διακυμάνσεις στις τρεις συνιστώσες του γεωμαγνητικού πεδίου. Οι διακυμάνσεις αυτές είναι αρκετά μικρές, μέχρι και λίγες δεκάδες nT, ώστε να παρατηρούνται μόνο τις ημέρες που δεν υπάρχουν άλλες έντονες διαταραχές στη μαγνητόσφαιρα, δηλαδή κυρίως κατά τις ηλιακά ήρεμες μέρες. Η ημερήσια μαγνητική διακύμανση είναι φαινόμενο που ακολουθεί την τοπική χρονική εξέλιξη, δηλαδή είναι πιο έντονο κατά τη διάρκεια της ημέρας σε έναν τόπο, ενώ τη νύχτα είναι αμελητέα. Η περίοδος της ημερήσιας διακύμανσης αυτής μπορεί να προκύψει από την υπέρθεση κυμάτων με περιόδους 12 και 24 ωρών.



Σχήμα 1.62: Ανατομία του συστήματος Ήλιου-Γης που εκρήγνυται. Κατά τη διάρκεια του «Halloween» καταιγίδα στις 28 Οκτ, 2003, μία μεγάλη ενεργός περιοχή, η παρατήρηση μιας ηλιακής κηλίδας σαν εικόνα ενός λευκού φωτός πραγματοποιήθηκε στο Big Bear Solar Observatory (επάνω αριστερά της εικόνας) και φωτίζοντας στην εκπομπή EUV από το Extreme Ultraviolet Imaging υπερύψη Τηλεσκόπιο (EIT) στο Ηλιακό και Ηλιοσφαιρικό Παρατηρητήριο (SOHO) (επάνω δεξιά εικόνα), ξέσπασε όταν ήταν κοντά στο κέντρο του ηλιακού δίσκου. Ανιχνευτές για τη γεωστατική Επιχειρησιακής Περιβαλλοντικής – Geostationary Operational Environmental Satellites. Οι δορυφόροι (GOES) σημείωσαν έξαρση X-class (επάνω δεξιά διάγραμμα). Το Μεγάλο Πείραμα γωνίας και Φασματομετρίας στεμματογράφου (LASCO) για SOHO παρατηρείται μια σχετική σφαιρική μαζική εκτίναξη (κάτω αριστερή εικόνα). Πολλές ώρες αργότερα, τα ενεργητικά σωματίδια που σχετίζονται με την έκρηξη έφθασε τον ανιχνευτή LASCO στο L1, ανάντη από τη Γη, και κορεσμένο ανιχνευτές του (κάτω δεξιά εικόνα). Στους GOES ανιχνευτές καταγράφονται οι ροές πρωτονίων (κάτω οικόπεδο δεξιά), τα οποία αναφέρθηκαν από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία Κέντρου Πρόγνωσης Διαστημικού Καιρού. Εικόνες: BBSO, NASA / SOHO, NOAA / SWPC.



Εικόνα 1.63: Ο ήλιος περνά μέσα από 11-ετή κύκλο της υψηλής και χαμηλής δραστηριότητας. Πηγή: NASA

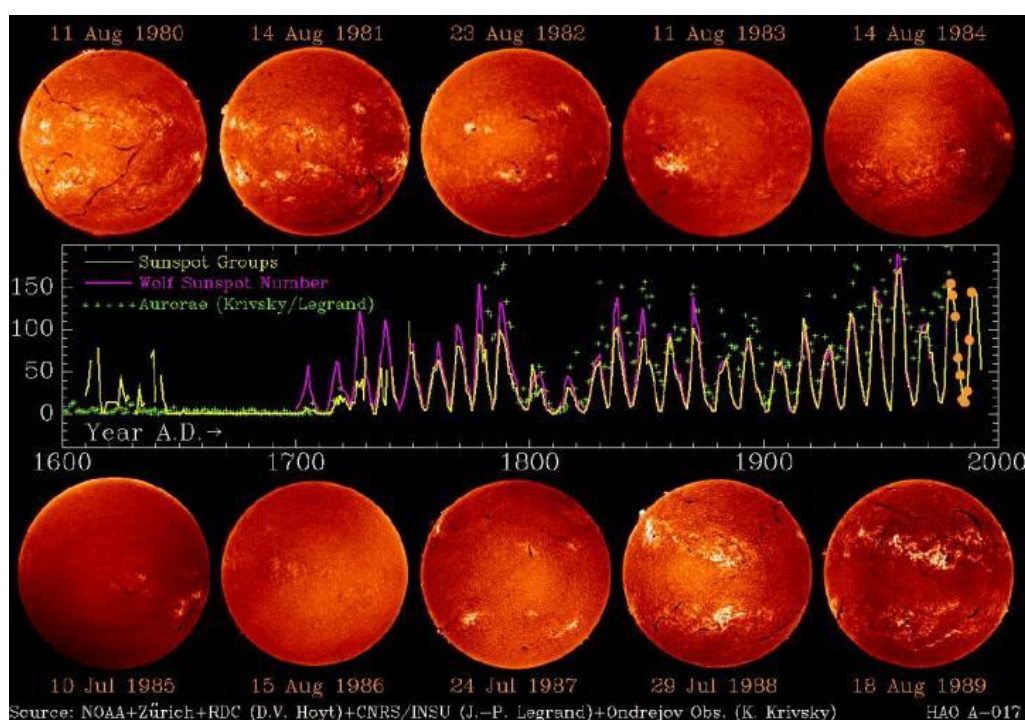
1.12.1 Ηλιακή δραστηριότητα και γεωμαγνητικές καταιγίδες

Οι γεωμαγνητικές καταιγίδες είναι άμεσα συνδεδεμένες με την ηλιακή δραστηριότητα και σημείο έναρξης τους είναι όταν διαταραχές στον ηλιακό άνεμο φτάνουν στη γήινη μαγνητόσφαιρα. Οι ηλιακές εκλάμψεις και οι στεμματικές εκπομπές μάζας είναι τα πιο έντονα φαινόμενα που προκαλούν γεωμαγνητικές καταιγίδες και συμβαίνουν πιο συχνά κατά τη διάρκεια των μεγίστων του ηλιακού κύκλου. Εκτός από τις ηλιακές εκλάμψεις και τις στεμματικές εκπομπές μάζας, γεωμαγνητικές καταιγίδες μπορεί να προκαλούν και οι στεμματικές οπές και μέσω των ανοιχτών δυναμικών γραμμών του ηλιακού μαγνητικού πεδίου, διαφεύγει η γρήγορη συνιστώσα του ηλιακού ανέμου προκαλώντας γεωμαγνητικές καταιγίδες.

Εν γένει ο ηλιακός άνεμος είναι ο σημαντικότερος παράγοντας που προκαλεί τις γεωμαγνητικές καταιγίδες. Τα ηλεκτρικά πεδία που περιέχονται στον ηλιακό άνεμο και κατευθύνονται από την ανατολή προς τη δύση, μεταφέρουν μέσω του πλάσματος ενέργεια στη μαγνητόσφαιρα. Τα ηλεκτρικά αυτά πεδία παράγονται από το συνδυασμό της δράσης της ταχύτητας του ηλιακού ανέμου και της νότιας κατεύθυνσης ενδοπλανητικού μαγνητικού πεδίου. Καθώς το γρήγορο πλάσμα και το

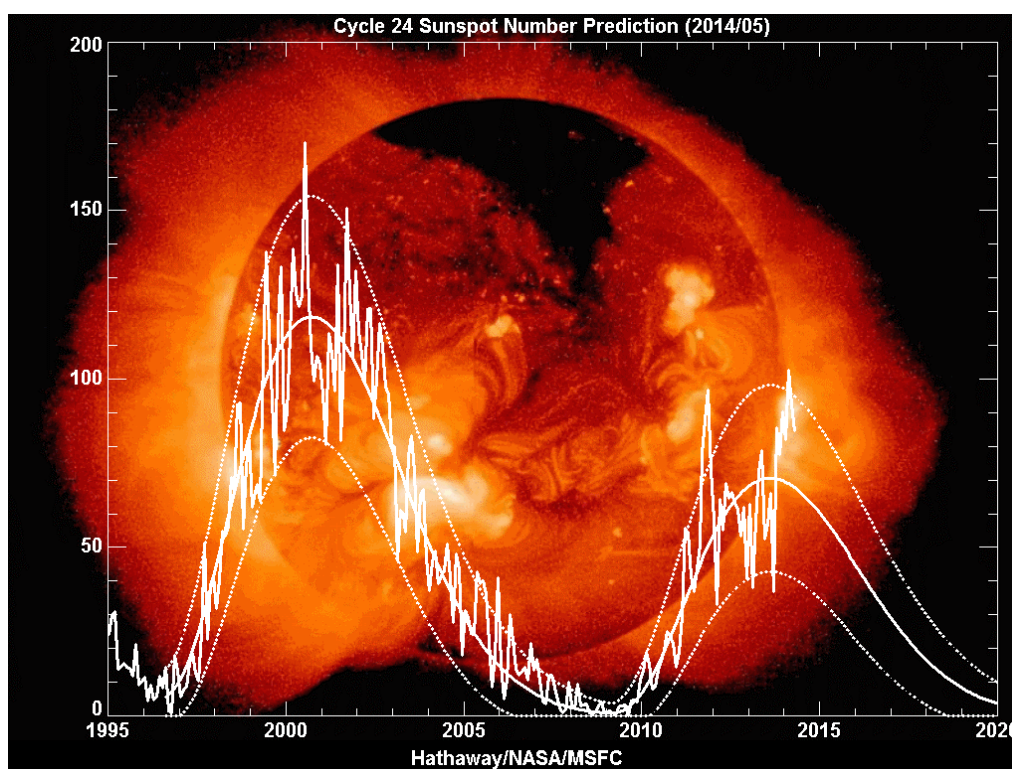
μαγνητικό του πεδίο προωθούνται από τον ήλιο στον ενδοπλανητικό χώρο, συμπιέζουν το πιο αργό πλάσμα που βρίσκεται μπροστά, σχηματίζοντας έτσι μια θήκη ανάμεσα στην κρουστική επιφάνεια και την ενδοπλανητική εκδήλωση της ηλιακής έκρηξης. Οι στεμματικές εκπομπές μάζας που δημιουργούν μαγνητικά σύννεφα είναι κυρίως υπεύθυνες για τη δημιουργία γεωμαγνητικών καταιγίδων. Το πεδίο μέσα στα μαγνητικά σύννεφα προκαλεί μαγνητικές επανασυνδέσεις με το γεωμαγνητικό πεδίο όταν είναι νότιας κατεύθυνσης, ενώ δεν υπάρχουν επανασυνδέσεις όταν το πεδίο είναι βόρειας.

Η αρχική φάση μιας γεωμαγνητικής καταιγίδας προκαλείται από την αυξημένη δυναμική πίεση πίσω από την κρουστική επιφάνεια του γρήγορου πλάσματος. Αυτή η πίεση συμπιέζει σημαντικά τη γήινη μαγνητόσφαιρα, αυξάνοντας το γεωμαγνητικό πεδίο κυρίως κοντά στον ισημερινό. Εφόσον αυτές οι ενδοπλανητικές διαταραχές είναι σύντομης διάρκειας προκαλούν την απότομη έναρξη της αρχικής φάσης, που ονομάζεται αιφνίδια έναρξη καταιγίδας. Εάν υπάρξουν διαστήματα που το μαγνητικό πεδίο της θήκης ή του μαγνητικού νέφους έχει μεγάλης έντασης και διάρκειας συνιστώσες με κατεύθυνση από βορρά προς νότο, τότε την αρχική φάση διαδέχεται η κύρια φάση της γεωμαγνητικής καταιγίδας. Η φάση της ανάκαμψης συνήθως ξεκινά όταν το μαγνητικό πεδίο στο μαγνητικό νέφος περιστρέφεται μέχρι να πάρει την αντίθετη κατεύθυνση



Εικόνα 1.64: Έντεκα χρόνια της ζωής του Ήλιου από το 1980 (έναρξη ηλιακό μέγιστο) έως το 1986 (κοντά στο ελάχιστο) έως το 1989 (κοντά στο μέγιστο και πάλι). Credit: NASA

Αφού οι στεμματικές εκπομπές μάζας και οι ηλιακές εκπομπές μάζας είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τον ηλιακό άνεμο και οι μεταβολές στον ηλιακό άνεμο είναι εκείνες που προκαλούν τις σημαντικότερες γεωμαγνητικές καταιγίδες, είναι λογικό να συνδεθεί η γεωμαγνητική δραστηριότητα με τον ηλιακό κύκλο. Έτσι κατά τη διάρκεια ενός ηλιακού κύκλου, παρατηρούνται δύο περίοδοι έντονης γεωμαγνητικής δραστηριότητας, μια λίγο πριν και μια μετά το ηλιακό μέγιστο. Μελετώντας τον αριθμό των ηλιακών κηλίδων από το 1972 έως το 1996 σε σχέση με τον αριθμό των έντονων γεωμαγνητικών καταιγίδων για το ίδιο διάστημα, βρέθηκε ότι ο αριθμός των γεωμαγνητικών καταιγίδων ακολουθεί τον 11-ετή ηλιακό κύκλο κυρίως στην αρχή και στο τέλος του (Kamide *et al*, 1998). Μία ακόμα στατιστική ανάλυση δείχνει τον συσχετισμό μεταξύ γεωμαγνητικής δραστηριότητας και 22-ετούς ηλιακού κύκλου (Cliver *et al.*, 1996). Τα μέσα επίπεδα της γεωμαγνητικής δραστηριότητας γίνονται μεγαλύτερα κατά τη διάρκεια της ανοδικής φάσης 11-ετών ηλιακών κύκλων μονού αριθμού και κατά τη φάση μείωσης των ζυγών κύκλων. Αυτές οι διακυμάνσεις ίσως οφείλονται στην ηλιακή μαγνητική πολικότητα που μπορεί να επηρεάσει τα μεγάλης κλίμακας ηλιακά μαγνητικά πεδία που εμπεριέχονται στον ηλιακό άνεμο.



Εικόνα – Σχήμα 1.65: Τον Φεβρουάριο του 2014 ο ηλιακός κύκλος είχε μια νέα κορύφωση της υψηλής ακτινοβολίας και δραστηριότητας. Πρόβλεψη Αριθμού ηλιακών κηλίδων του 24^{ου} ηλιακού κύκλου (05/2014). Πηγή: NASA

1.13 Γεωμαγνητικά παρατηρητήρια

Ανά τον κόσμο υπάρχει ένα εκτεταμένο δίκτυο από γεωμαγνητικά παρατηρητήρια. Στα παρατηρητήρια καταγράφονται οι χρονοσειρές που αφορούν στο γεωμαγνητικό πεδίο και οι μεταβολές και διακυμάνσεις του. Σήμερα υπάρχουν πάνω από 150 παρατηρητήρια και κάποια έχουν "follow up" μέχρι και δύο αιώνες. Τα παρατηρητήρια πρέπει να βρίσκονται μακριά από έντονες φυσικές μαγνητικές παρεμβολές, όπως ηφαίστεια κ.α, ώστε να καταγράφονται μέσες τιμές που να αντιπροσωπεύουν μεγάλες περιοχές. Σήμερα, υπάρχει ένας αριθμός παραμέτρων που καταμετρώνται και υπολογίζονται οι αντίστοιχοι γεωμαγνητικοί δείκτες από όλα τα παρατηρητήρια. Προκειμένου να είναι εφικτή η ανταλλαγή των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, έχει ξεκινήσει το διεθνές πρόγραμμα INTERMAGNET.

Πρόκειται για ένα παγκόσμιο δίκτυο ψηφιακών γεωμαγνητικών παρατηρητηρίων, κάθε ένα από τα οποία παρέχει μετρήσεις του γεωμαγνητικού πεδίου ανά λεπτό και με ακρίβεια 0,1 nT. Στο δίκτυο αυτό συμπεριλαμβάνεται και το Παγκόσμιο Κέντρο Γεωμαγνητικών Δεδομένων στο Κιότο Ιαπωνίας από όπου προέρχονται τα δεδομένα της μελέτης αυτής.



Σχήμα 1.66: Παγκόσμιος χάρτης με τις κουκίδες να σημαδεύουν τις τοποθεσίες όπου υπάρχουν γεωμαγνητικά παρατηρητήρια

1.14 Οι γεωμαγνητικοί δείκτες

Ο όρος γεωμαγνητική δραστηριότητα αναφέρεται στις μεταβολές στο πλάτος των χρονικών διακυμάνσεων στο γεωμαγνητικό πεδίο. Αυτή η δραστηριότητα καταγράφεται στα επίγεια παρατηρητήρια και δύσκολα ποσοτικοποιείται. Για το λόγο αυτό έχουν επινοηθεί και εισαχθεί γεωμαγνητικοί δείκτες, οι οποίοι ουσιαστικά ποσοτικοποιούν τα επίπεδα δραστηριότητας του μαγνητικού πεδίου της Γης. Μερικοί τέτοιοι δείκτες χρησιμοποιούνται ευρέως για να χαρακτηρίσουν τη γεωμαγνητική δραστηριότητα είτε σε παγκόσμια ή είτε σε άλλες κλίμακες. Οι δείκτες που χρησιμοποιούνται ευρέως είναι οι K, Kp, ap, Ap και Dst.

1.14.1 Οι γεωμαγνητικοί δείκτες K, Kp, ap και Ap

Ο δείκτης K αντιπροσωπεύει την γεωμαγνητική δραστηριότητα που οφείλεται στην είσοδο σωματιδίων από την ηλιακή ακτινοβολία στην μαγνητόσφαιρα. Η έκφραση του δείκτη αυτού γίνεται με την ανάθεση ενός ακέραιου αριθμού από το 0 έως το 9 σε κάθε διάστημα 3 ωρών του παγκόσμιου χρόνου (Universal Time, UT) σε μία ημέρα. Έτσι, κάθε ημέρα χαρακτηρίζεται από 8 δείκτες K. Το ποιος δείκτης από το 0 έως το 9 θα ανατεθεί σε κάθε 3ωρο διάστημα καθορίζεται από το εύρος των μεταβολών των συνιστωσών H (οριζόντια συνιστώσα) και D (γωνιακή απόκλιση) του γεωμαγνητικού πεδίου σε κλίμακα nT για το κάθε 3ωρο διάστημα, αφού πρώτα έχει αφαιρεθεί η πιθανή αναμενόμενη ημερήσια διακύμανση λόγω της ηλιακής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Προκειμένου να γίνει η αφαίρεση αυτή και να βρεθεί μία μέση κανονική διακύμανση βάσει της οποίας θα υπολογίζονται οι μεταβολές των συνιστωσών του γεωμαγνητικού πεδίου, λαμβάνονται υπόψη οι πέντε πιο ήρεμες γεωμαγνητικές ημέρες για κάθε μήνα. Η μετατροπή του εύρους από nT σε μια αριθμητική τιμή γίνεται με τη χρήση ημιλογαριθμικής κλίμακας, με τις τιμές της κλίμακας να διαφέρουν ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος του παρατηρητηρίου. Οι ίδιες πλανητικές γεωμαγνητικές διαταραχές μπορούν να εμφανιστούν σε πολλά γεωγραφικά πλάτη με διαφορετική ένταση, οπότε κάθε παρατηρητήριο έχει τέτοια κλίμακα που να αντιπροσωπεύει το γεωγραφικό της πλάτος. Παρατηρητήρια με μεγαλύτερο γεωγραφικό πλάτος χρειάζονται μεγαλύτερο εύρος γεωμαγνητικής διαταραχής για τον ίδιο δείκτη K.

Μέγεθος διαταραχής σε nT	Δείκτης K
0 – 5	0
5 - 10	1
10 - 20	2
20 - 40	3
40 -70	4
70 - 120	5
120 -200	6
200 - 330	7
330 - 500	8
>500	9

Πίνακας 1.67: Πίνακας μετατροπής των γεωμαγνητικών διαταραχών στον δείκτη K για το γεωμαγνητικό παρατηρητήριο στο Κέντρο Πρόγνωσης Διαστημικού Καιρού στο Μπόλντερ των Η.Π.Α

Ο δείκτης K_p αφορά και αυτός διαστήματα 3 ωρών και είναι ο κανονικοποιημένος δείκτης K από δεκατρία γεωμαγνητικά παρατηρητήρια τα οποία έχουν επιλεγεί ειδικά να βρίσκονται σε γεωγραφικά πλάτη ανάμεσα στις 44 και 60° στο Βόρειο και το Νότιο ημισφαίριο. Στην περίπτωση του δείκτη K_p , η κλίμακα από 0 έως 9 του δείκτη K έχει υποδιαιρέσεις του ενός τρίτου. Για παράδειγμα, ο δείκτης 5- αντιπροσωπεύει το 4 και 2/3, ο δείκτης 5ο σημαίνει 5 και ο δείκτης 5+ είναι 5 και 1/3. Εφόσον οι δείκτες K και K_p βασίζονται σε λογαριθμική κλίμακα, έχει εισαχθεί και ο αντίστοιχος γραμμικός δείκτης ap, ο οποίος προκύπτει από τον K_p όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.2.

Kp	0o	0+	1-	1o	1+	2-	2o	2+	3-	3o	3+	4-	4o	4+
ap	0	2	3	4	5	6	7	9	12	15	18	22	27	32
Kp	5-	5o	5+	6-	6o	6+	7-	7o	7+	8-	8o	8+	9-	9o
ap	39	48	56	67	80	94	111	132	154	179	207	236	300	400

Πίνακας 1.68: Πίνακας μετατροπής του δείκτη Kp που βασίζεται σε λογαριθμική κλίμακα στον γραμμικό δείκτη ap

Ο ημερήσιος δείκτης Ap προκύπτει από τον μέσο όρο των οκτώ δεικτών ap για μία ημέρα.

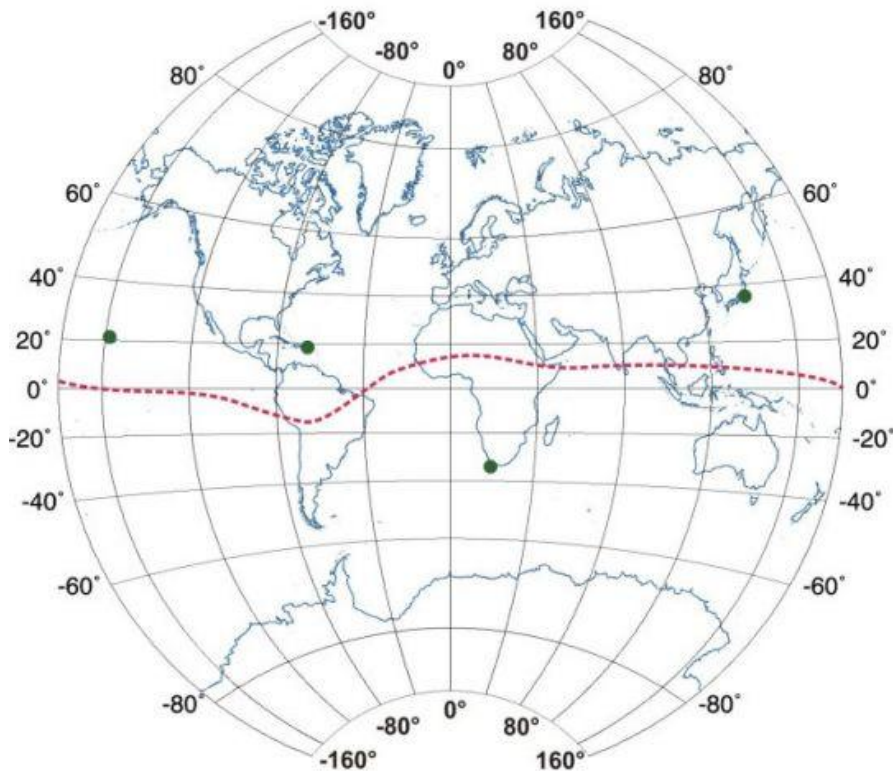
1.14.2 Ο γεωμαγνητικός δείκτης Dst

Οι γεωμαγνητικές διαταραχές που χαρακτηρίζονται από τη μείωση της συνιστώσας H του γεωμαγνητικού πεδίου, που έχει κατεύθυνση προς το Βορρά, σε μεσαία γεωμαγνητικά πλάτη ονομάζονται γεωμαγνητικές καταιγίδες. Για την ποσοτικοποίηση της μείωσης αυτής, εισήχθηκε ο ωριαίος δείκτης Dst (Disturbance storm time). Ο δείκτης αυτός καταγράφεται από μαγνητομετρικούς σταθμούς που βρίσκονται κοντά στον ισημερινό, αλλά όχι τόσο κοντά ώστε να επηρεάζονται από τα ηλεκτρικά μαγνητοσφαιρικά ρεύματα της ισημερινής περιοχής. Σε αυτά τα γεωγραφικά πλάτη, η οριζόντια και η κάθετη ένταση των γεωμαγνητικών διαταραχών επηρεάζονται άμεσα το δακτυλιδοειδές μαγνητοσφαιρικό ρεύμα. Ο δείκτης Dst είναι ένα άμεσο μέτρο μέτρησης της ωραίας μέσης τιμής αυτών των διαταραχών. Μεγάλες μειώσεις στη συνιστώσα H είναι ενδείξεις για την αύξηση της έντασης του δακτυλιδοειδούς ρεύματος και κυρίως εμφανίζονται σε χρονικές κλίμακες περίπου μίας ώρας. Η μείωση της έντασης αυτής μπορεί να διαρκέσει περισσότερο, μέχρι και μία ή δύο ημέρες. Ο δείκτης Dst έχει κατηγοριοποιηθεί σε 5 επίπεδα όπως φαίνεται στον Πίνακα 3. Για τιμή του δείκτη μικρότερη από -100nT θεωρούμε ότι έχουμε καταιγίδα, ενώ δεν είναι λίγοι αυτοί που θεωρούν καταιγίδα για Dst μικρότερο από -50nT.



Σχήμα 1.69: Παράδειγμα Dst δείκτη 4-6 Οκτώβριος 2000.

Στην παρούσα εργασία θεωρήσαμε ως γεωμαγνητική καταιγίδα, όταν ο Dst δείκτης ήταν μικρότερος από -80nT . Συνήθως γίνεται ο διαχωρισμός όπως αναφέρθηκε στον παραπάνω πίνακα, ενώ άλλοι διαχωρισμοί είναι επίσης αποδεκτοί και συνηθισμένοι (Anh et. al, 2005).



Σχήμα 1.70: Χάρτης των γεωμαγνητικών παρατηρητήρια που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση του δείκτη Dst.

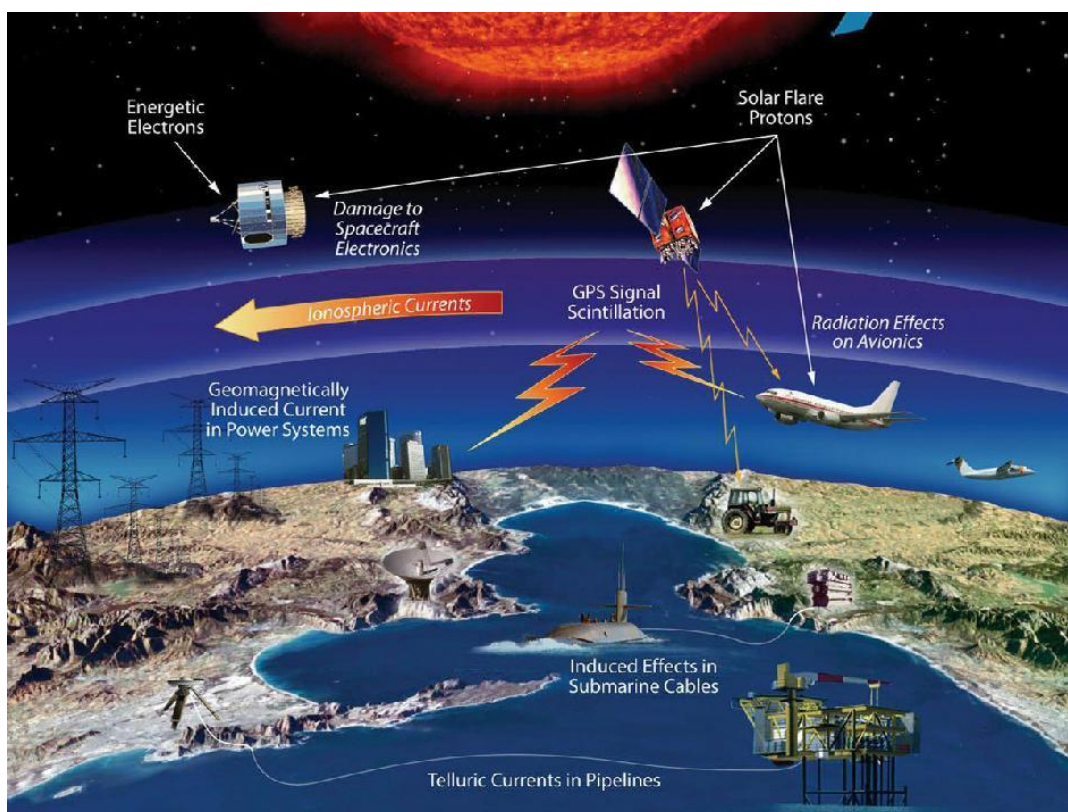


Εικόνα 1.71: Εικόνα που δείχνει την τεχνολογία και την υποδομή που μπορεί να επηρεαστούν από το διάστημα καιρικά φαινόμενα.

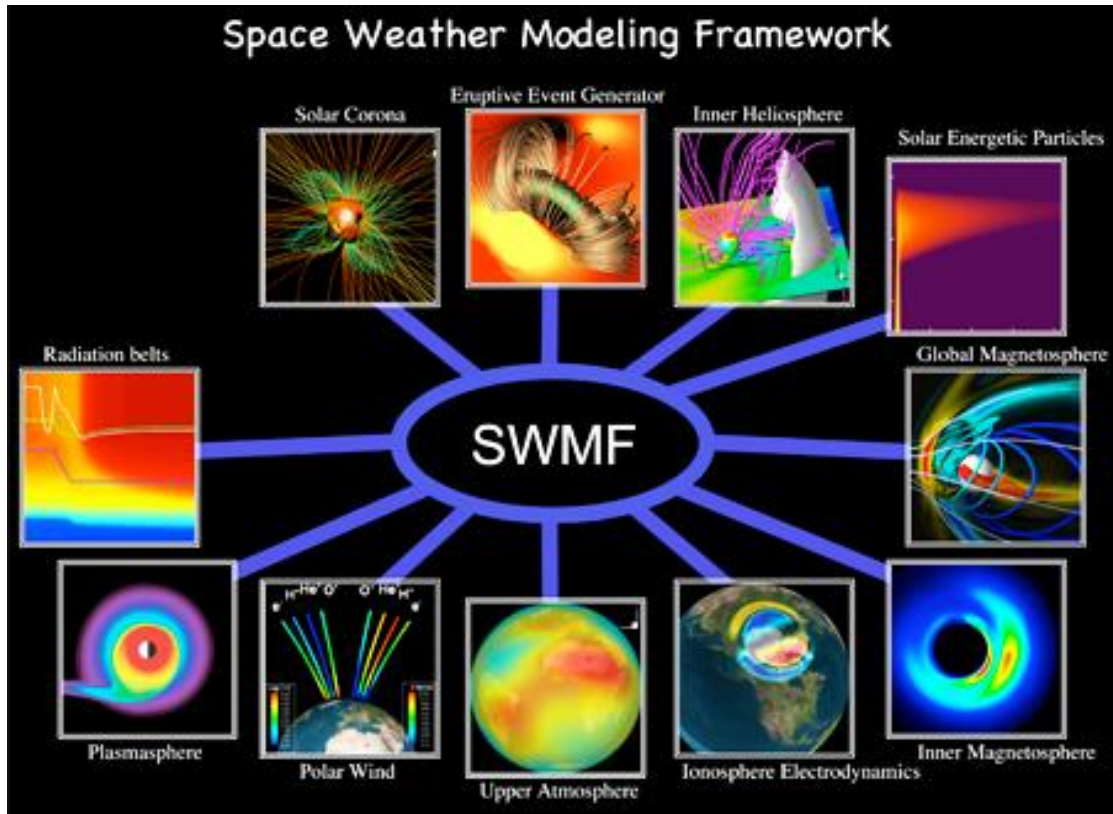
1.15 Διαστημικός καιρός

Σύμφωνα με το Εθνικό Πρόγραμμα Διαστημικού Καιρού των Ηνωμένων Πολιτειών, ο διαστημικός καιρός αναφέρεται στις συνθήκες στον Ήλιο και στον ηλιακό άνεμο, στη μαγνητόσφαιρα, την ιονόσφαιρα και την θερμόσφαιρα που μπορούν να επιδράσουν την επίδοση και αξιοπιστία των δορυφορικών και επίγειων τεχνολογικών συστημάτων και μπορεί να θέσουν σε κίνδυνο την ανθρώπινη ζωή και Υγεία (<http://www.nswp.gov/>). Είναι ενδιαφέρον ότι ο διαστημικός καιρός μπορεί να επιδράσει πτυχές της ανθρώπινης ζωής και Υγείας (Stoupel, 2006a). Το έτος 1989, μια γεωμαγνητική καταιγίδα (Ground Level Enhancement- GLE) παρήγαγε κύματα

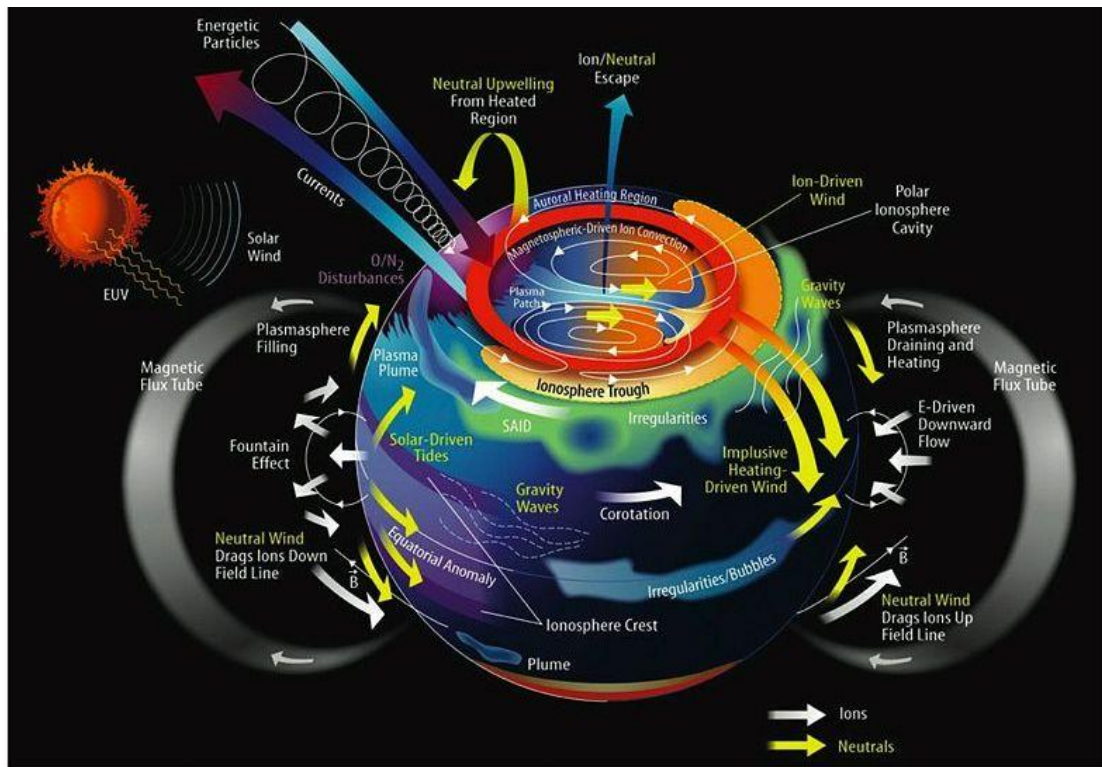
τα οποία προκάλεσαν διακοπή της παροχής ρεύματος στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής του Quebec (*Bolduc, 2002*). Οι επιπτώσεις το διαστημικού καιρού στην ανθρώπινη Υγεία εξαρτώνται από το γεωγραφικό πλάτος και το υψόμετρο, από αυτή την άποψη οι άνθρωποι που ζουν στα ψηλότερα υψόμετρα μπορούν να εκτίθενται σε αρκετά μεγαλύτερη ένταση κοσμικής ακτινοβολίας από αυτή στην επιφάνεια της θάλασσας και τα πληρώματα αεροσκαφών μεγάλων αποστάσεων μπορούν να αυξάνουν σημαντικά την ετήσια έκθεσή τους σε ιοντίζουσα ακτινοβολία εξαιτίας αυτής της πηγής (*Beck et al., 2007*). Οι ενδεχόμενες επιπτώσεις Υγείας όπως η εμφάνιση καταρράκτη στα μάτια και η αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου στα πληρώματα αεροσκαφών, έχουν απασχολήσει πολλούς ερευνητές (*Kagami et al., 2009; Reynolds et al., 2002*). Επίσης, καθώς η ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας είναι πολύ υψηλότερη έξω από την ατμόσφαιρα της Γης και του μαγνητικού πεδίου της, αναμένεται να έχει μεγαλύτερο αντίκτυπο στην Υγεία των αστροναυτών και γι αυτό θα πρέπει να ληφθεί υπόψη στον σχεδιασμό των αεροσκαφών που μπορούν με ασφάλεια να μεταφέρουν ανθρώπους στο διαστημα. Τελειώνοντας, αξίζει να αναφερθεί μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε απ' το πανεπιστήμιο της Alabama στο Birmingham και κατέληξε ότι η κοσμική ακτινοβολία σχετίζεται με την εμφάνιση αθηρωμάτωσης (*Yu et al., 2011*).



Σχήμα 1.72: Τεχνολογικές εφαρμογές των εκδηλώσεων Διαστημικού Καιρού



Σχήμα 1.73: Πλαίσιο μοντελοποίησης του διαστημικού καιρού



Σχήμα 1.74: Διαστημικός Καιρός: Τα εξέχοντα χαρακτηριστικά του συστήματος ιονόσφαιρα-θερμόσφαιρα και σύζευξή τους με τα μαγνητικά ρεύματα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ



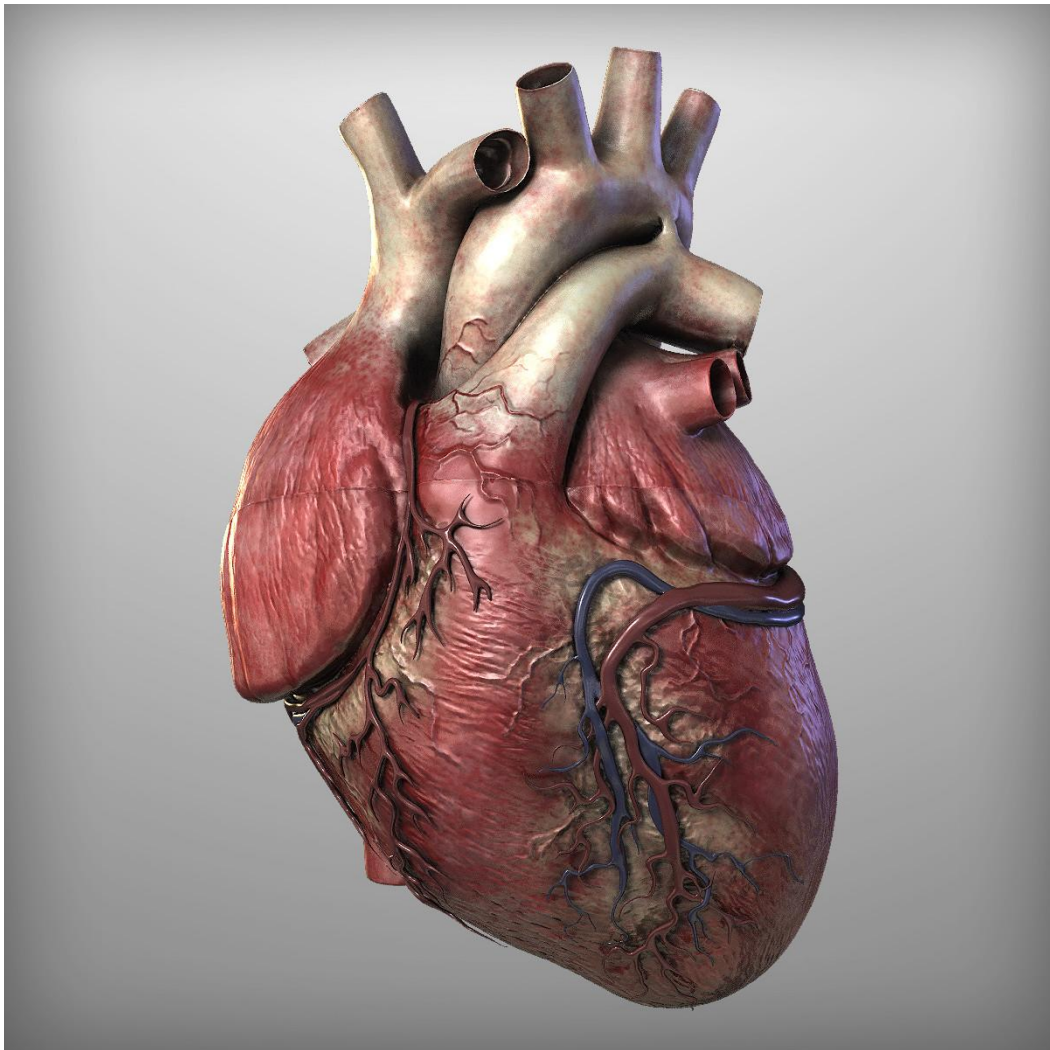
Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ

2.Η Καρδιά

Η μελέτη της ανατομίας και της φυσιολογίας της ανθρώπινης καρδιάς είναι απαραίτητη προκειμένου να κατανοήσουμε τους μηχανισμούς με τους οποίους οι εξωτερικοί παράγοντες όπως η κοσμική ακτινοβολία και η γεωμαγνητική δραστηριότητα, επιδρούν στην λειτουργία φυσιολογικών ανθρώπινων παραμέτρων. Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούν στοιχειώδεις γνώσεις, αναφορικά με την δομή και τη λειτουργία μιας ανθρώπινης καρδιάς, μιας και η φυσιολογική παράμετρος που μας απασχόλησε στην παρούσα εργασία ήταν ο καρδιακός παλμός – ρυθμός.

2.1 Ανατομία της καρδιάς

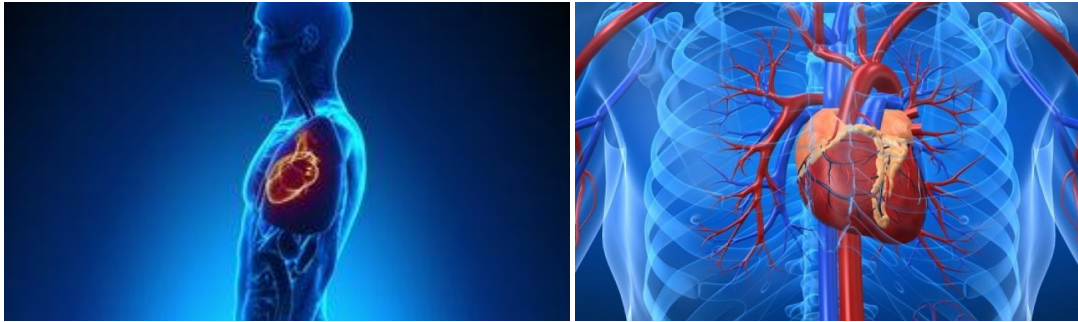
Η καρδιά είναι ένα όργανο - μυς που αντλεί το αίμα μέσω των αιμοφόρων αγγείων με ρυθμικές συστολές και αποτελείται από τον καρδιακό μυ και συνδετικό ιστό. Ο καρδιακός μυς είναι ένας ακούσιος γραμμωτός μυϊκός ιστός που υπάρχει αποκλειστικά σε αυτό το όργανο και είναι υπεύθυνος για την ικανότητα της καρδιάς να αντλεί αίμα. Ζυγίζει περίπου 250-300g στις γυναίκες και 300-350g στους άνδρες¹.



Εικόνα 2.1: Τρισδιάστατη (3d) ανθρώπινη καρδιά

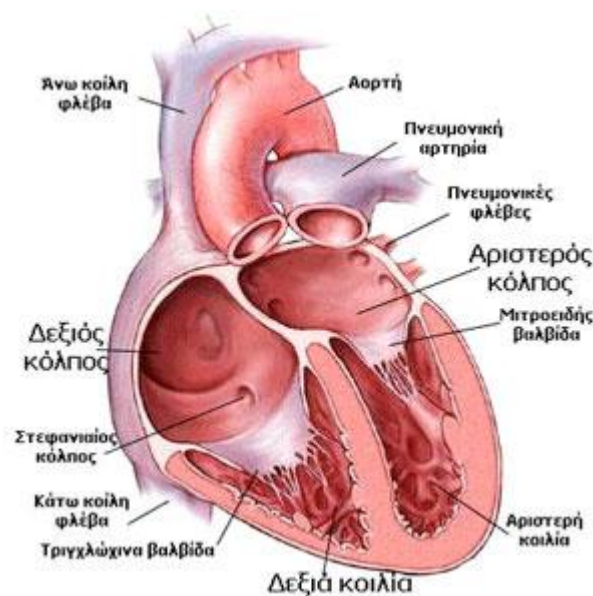
Η καρδιά βρίσκεται σε πρόσθια θέση από τη σπονδυλική στήλη και σε οπίσθια από το στήρνο. Περιέχεται σε ένα σάκο με διπλά τοιχώματα που ονομάζεται περικάρδιο. Αυτός ο σάκος προστατεύει την καρδιά στηρίζει τις γύρω δομές και αποτρέπει την υπερπλήρωση της καρδιάς με αίμα. Το εξωτερικό τμήμα της ανθρώπινης καρδιάς αποτελείται από τρία στρώματα, το επικάρδιο, το μυοκάρδιο και το ενδοκάρδιο². Η ανθρώπινη καρδιά αποτελείται από τέσσερις θαλάμους, δύο κόλπους και δύο κοιλίες. Οι κόλποι είναι οι θάλαμοι που δέχονται το αίμα ενώ οι κοιλίες είναι τα σημεία "εκφόρτωσης". Η οδός του αίματος μέσα από την ανθρώπινη καρδιά αποτελείται από ένα πνευμονικό σύστημα κυκλοφορίας (πνευμονική κυκλοφορία).

¹ Kumar V., Abbas A., Fausto N.: Robbins and Cotran Pathologic Basis of Disease, 7th Ed. p. 556.



Εικόνα 2.2: Αρσενική ανατομία ανθρώπινης καρδιάς

Το μη οξυγονωμένο αίμα ρέει στην καρδιά μέσω μιας κατεύθυνσης και εισέρχεται από την άνω κοίλη φλέβα μέσα στον δεξιό κόλπο κι από εκεί αντλείται απο την τριγλώχινα βαλβίδα μέσα στην δεξιά κοιλία πριν αντληθεί έξω από την πνευμονική βαλβίδα στις πνευμονικές αρτηρίες και συνεπώς στους πνεύμονες. Το αίμα επιστρέφει από τους πνεύμονες, πλούσιο σε οξυγόνο, με τις πνευμονικές φλέβες στον αριστερό κόλπο όπου και αντλείται μέσω της μητροειδους βαλβίδας στην αριστερή κοιλία πριν αφεθεί με την αορτική βαλβίδα στην αορτή^{3,4}.

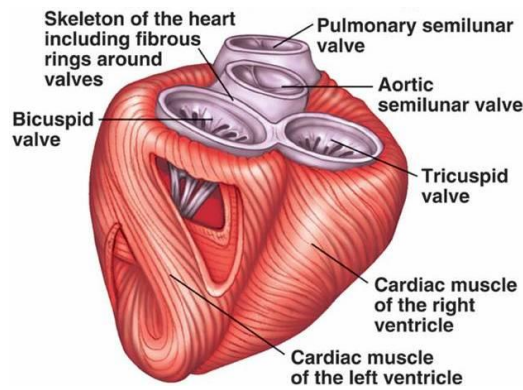


Εικόνα 2.3: Ανατομία της καρδιάς

² Κρεμαστινός Θ. Κλινική Καρδιολογία, τόμος I

³ Emergency Medical Responder 3rd Can Ed. Pearson, 2010 p. 131

⁴ Marieb, Elaine Nicpon. Human Anatomy & Physiology. 6th ed. Upper Saddle River: Pearson Education, 2003.



Εικόνα 2.4: Κύριος καρδιακός μυς

Η καρδιά είναι μυϊκή αντλία που αποτελείται από 4 κοιλότητες και 4 βαλβίδες.

Καρδιακές κοιλότητες

- **Δεξιός κόλπος:** Ο δεξιός κόλπος δέχεται μη οξυγονωμένο αίμα από την άνω και κάτω κοίλη φλέβα, καθώς και από το στεφανιαίο κόλπο.
- **Αριστερός κόλπος:** Ο αριστερός κόλπος δέχεται οξυγονωμένο αίμα από τις πνευμονικές φλέβες.
- **Δεξιά κοιλία:** Η δεξιά κοιλία εξωθεί αίμα στην πνευμονική κυκλοφορία η οποία είναι κυκλοφορία χαμηλών πιέσεων. Το πάχος της είναι περί τα 3mm
- **Αριστερή κοιλία:** Η αριστερή κοιλία εξωθεί αίμα στη συστηματική κυκλοφορία η οποία είναι κυκλοφορία υψηλών πιέσεων. Το πάχος της είναι περί τα 9-10mm.

Βαλβίδες

α. Κολποκοιλιακές βαλβίδες

- **Μιτροειδής βαλβίδα (διγλώχινα):** Η μιτροειδής βαλβίδα παρεμβάλλεται μεταξύ του αριστερού κόλπου και της αριστερής κοιλίας. Το φυσιολογικό εμβαδόν της είναι 5-6 cm².
- **Τριγλώχινα βαλβίδα:** Η τριγλώχινα βαλβίδα παρεμβάλλεται μεταξύ του δεξιού κόλπου και της δεξιάς κοιλίας. Το φυσιολογικό εμβαδόν της είναι 6-7cm². Είναι η μεγαλύτερη βαλβίδα του σώματος.

Οι κολποκοιλιακές βαλβίδες αποτρέπουν την προς τα πίσω διαφυγή του αίματος από τις κοιλίες προς τους κόλπους όταν συστέλλονται η δεξιά και η αριστερή κοιλία.

β. Μηνοειδείς βαλβίδες

- **Αορτική βαλβίδα:** Η αορτική βαλβίδα παρεμβάλλεται μεταξύ της αριστερής κοιλίας και της αορτής.

- **Πνευμονική βαλβίδα:** Η πνευμονική βαλβίδα παρεμβάλλεται μεταξύ της πνευμονικής αρτηρίας και της δεξιάς κοιλίας. Το εμβαδόν και των δύο αυτών βαλβίδων είναι 4-5 cm².

Οι μηνοειδείς βαλβίδες αποτρέπουν την προς τα πίσω διαφυγή του αίματος από την αορτή προς την αριστερή κοιλία και από την πνευμονική αρτηρία προς τη δεξιά κοιλία κατά τη διαστολή.

Λειτουργία των βαλβίδων

Κατά τη συστολή των κοιλιών: αυξάνει η πίεση στις κοιλίες και εξωθείται το αίμα προς τα μεγάλα αγγεία (αορτή, πνευμονική αρτηρία). Η μιτροειδής και η τριγλώχινα βαλβίδα, κλείνουν, η δε αορτική και η πνευμονική βαλβίδα ανοίγουν.

Κατά τη διαστολή της καρδιάς: ελαττώνεται η πίεση στις κοιλίες και το αίμα εισρέει από τους κόλπους στις κοιλίες. Η μιτροειδής και η τριγλώχινα βαλβίδα ανοίγουν, η δε αορτική και η πνευμονική βαλβίδα κλείνουν.

Φυσιολογικά το κλείσιμο των βαλβίδων δημιουργεί τους καρδιακούς τόνους που ακούγονται, όταν ακροαστούμε την καρδιά με το στηθοσκόπιο.

Περικάρδιο

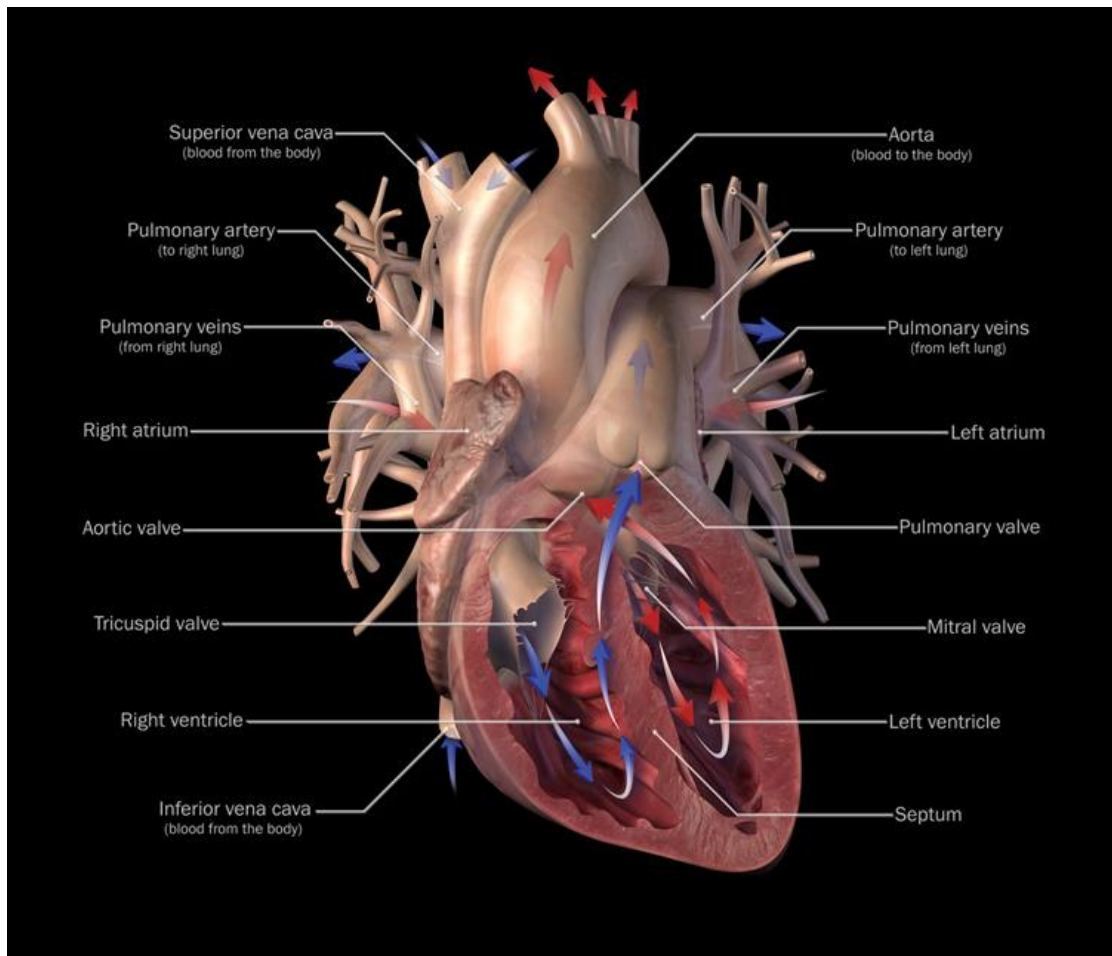
Είναι λεπτή μεμβράνη που περιβάλλει την καρδιά, με μικρή ποσότητα (50 ml) υγρού μεταξύ καρδιακού μυός και περικαρδίου.

Προστατεύει από την επέκταση πνευμονικής φλεγμονής στην καρδιά και δεν επιτρέπει την υπερπλήρωση και υπερδιάταση των καρδιακών κοιλοτήτων.

Αγωγή των διεγέρσεων

Για να λειτουργήσει η καρδιά ως αντλία, απαιτείται η ενεργοποίηση της συστολής των κόλπων και των κοιλιών σε τακτά χρονικά διαστήματα. Η διέγερση δημιουργείται στο φλεβόκομβο ή βηματοδότη της καρδιάς και διαχέεται κατά την εξής σειρά:

- Στο μυϊκό τοίχωμα του δεξιού και αριστερού κόλπου
- Στον κολποκοιλιακό κόμβο
- Στο δεμάτιο του His
- Στα δύο σκέλη του δεματίου: το δεξιό και το αριστερό σκέλος
- Στις ίνες του Purkinje, και
- Στο μυοκάρδιο

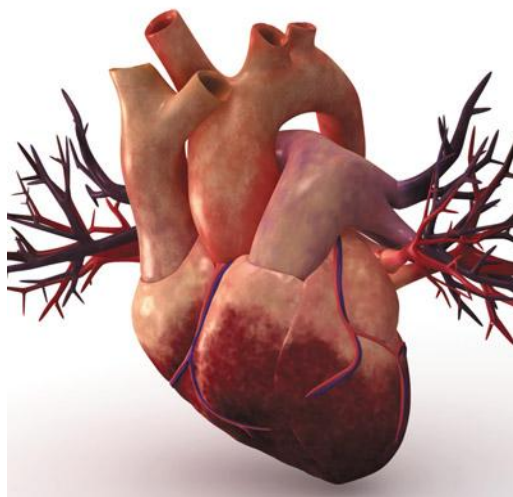


Σχήμα 2.5: Τα μέρη & η λειτουργία της ανθρώπινης καρδιάς

2.2 Λειτουργία της καρδιάς

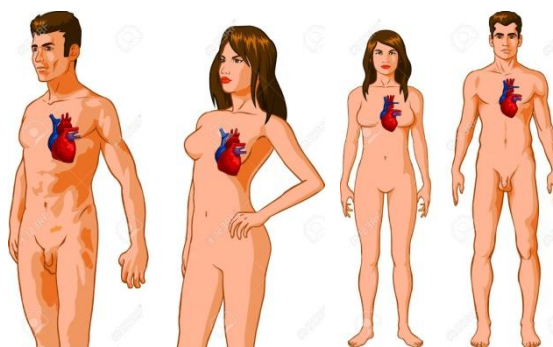
Στον άνθρωπο, όπως και σε όλα τα θηλαστικά, η λειτουργία της δεξιάς πλευράς της καρδιάς αφορά στη συλλογή του μη οξυγονωμένου αίματος, στον δεξιό κόλπο από το σώμα μέσω της άνω και κάτω κοίλης φλέβας και το διοχετεύει μέσω της τριγλώχινας βαλβίδας μέσω της δεξιάς κοιλίας στους πνεύμονες (πνευμονική κυκλοφορία), έτσι το διοξείδιο του άνθρακα μειώνεται και το οξυγόνο αυξάνεται (ανταλλαγή αερίων). Αυτό συμβαίνει μέσω διαδικασίας παθητικής διάχυσης. Η αριστερή πλευρά της καρδιάς συλλέγει το οξυγονωμένο αίμα από τους πνεύμονες στον αριστερό κόλπο. Από τον αριστερό κόλπο το αίμα μετακινείται στην αριστερή κοιλία μέσω της διγλώχινας βαλβίδας ή μητροειδούς όπως λέγεται συνήθως, η οποία το αντλεί έξω προς το υπόλοιπο σώμα, μέσω της αορτής. Και από τις δύο πλευρές οι κατώτερες κοιλίες είναι παχύτερες και δυνατότερες από τον άνω κόλπο. Ο μυϊκός

τοίχος που περιτριγυρίζει την αριστερή κοιλία είναι παχύτερος από εκείνον που περιτριγυρίζει την δεξιά κοιλία εξαιτίας της υψηλότερης δύναμης που απαιτείται για να διοχετεύσει το αίμα στην συστηματική κυκλοφορία.



Εικόνα 2.6: Το καρδιαγγειακό σύστημα κοντά στην καρδιά & ο καρδιακός μυς

Αναλυτικότερα ξεκινώντας από τον δεξιό κόλπο, το αίμα ρέει μέσω της τριγλωχίνιας βαλβίδας στην δεξιά κοιλία. Εκεί αντλείται έξω από την πνευμονική βαλβίδα και ταξιδεύει μέσω της πνευμονικής αρτηρίας προς τους πνεύμονες. Απο εκεί, το οξυγονωμένο πλέον αίμα επιστρέφει μέσω της πνευμονικής φλέβας στον αριστερό κόλπο. Έπειτα μεταφέρεται μέσω της μητροειδούς βαλβίδας στην αριστερή κοιλία, από όπου και αντλείται με την αορτική βαλβίδα στην αορτή. Η αορτή διακλαδώνεται και το αίμα χωρίζεται σε κύριες αρτηρίες οι οποίες τροφοδοτούν το ανώτερο και κατώτερο μέρος του σώματος. Το αίμα ταξιδεύει στις αρτηρίες σε μικρότερα αρτηριόλια και τελικά σε πολύ λεπτά τριχοειδή τα οποία τροφοδοτούν όλα τα κύτταρα. Το σχετικά μη οξυγονωμένο αίμα, έπειτα, μεταφέρεται στα φλεβίδια τα οποία συνενώνονται στις φλεβες και μετά στις κατώτερες και ανώτερες κοίλες φλέβες και τελικά επιστρέφουν πίσω στον δεξιό κόλπο όπου ξεκινά πάλι η ίδια διαδικασία.



Εικόνα 2.7: Η θέση της καρδιάς στο ανθρώπινο σώμα των 2 φύλων.

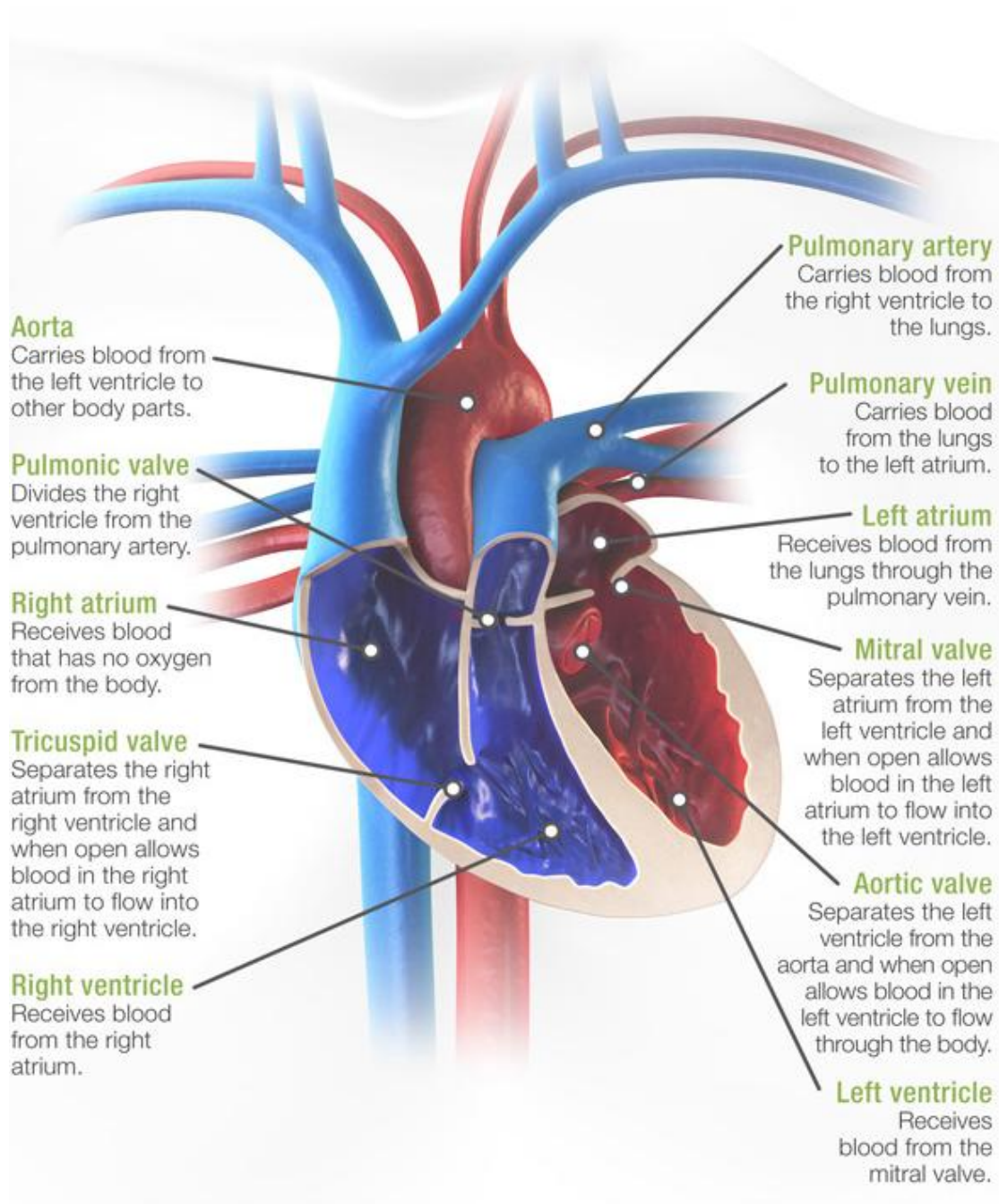
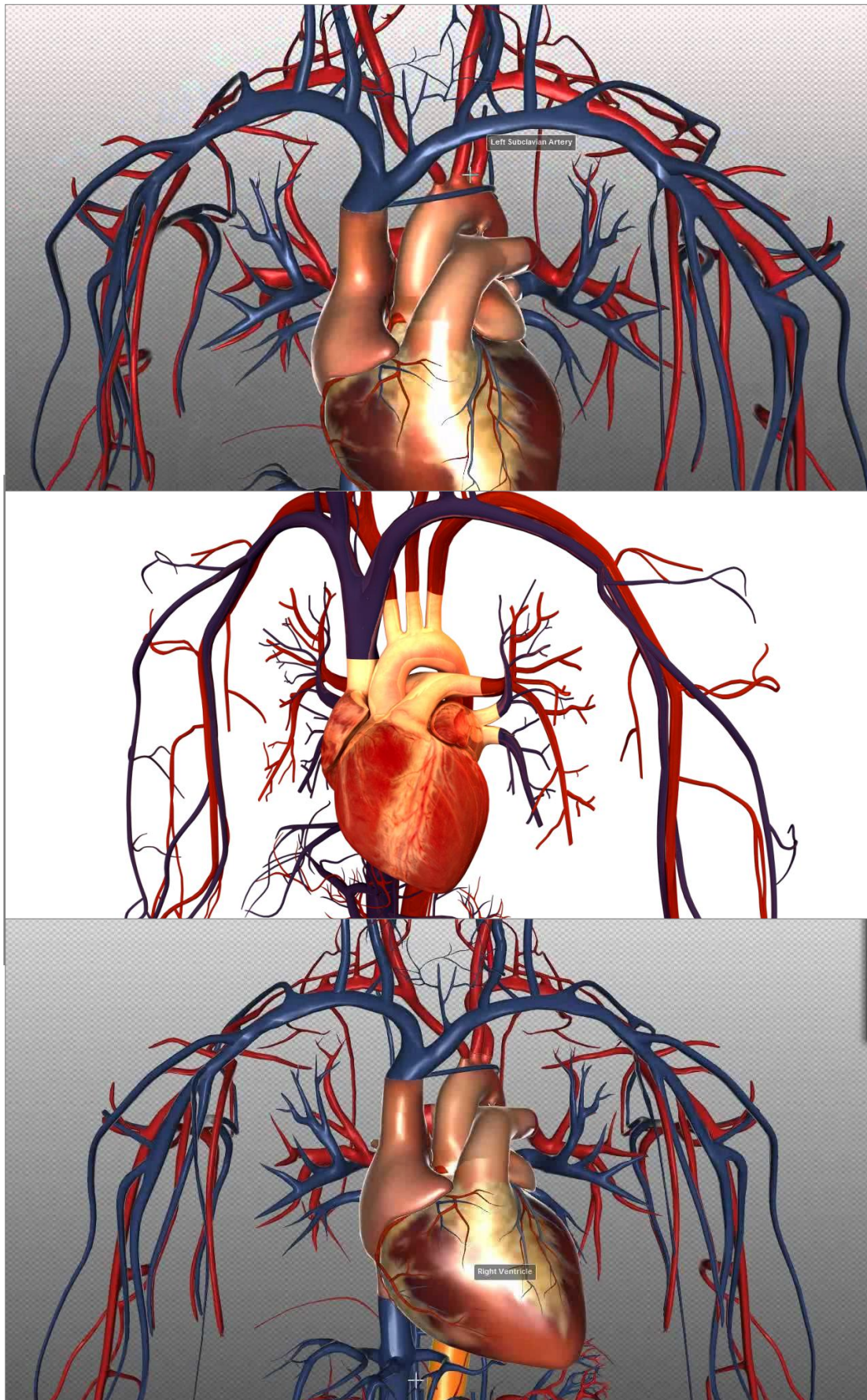


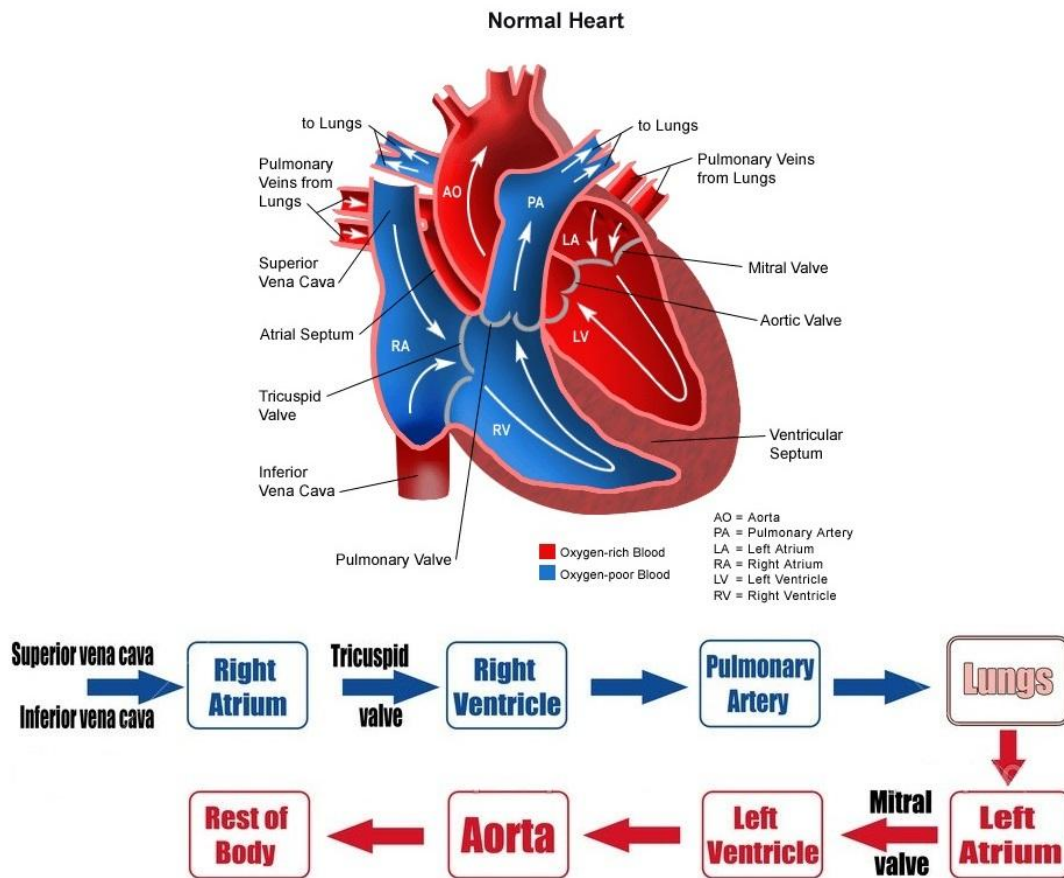
Diagram of your heart. Your heart pumps blood throughout your body. Proper blood flow is critical for carrying oxygen and nutrients to all of the tissues and organs in your body.

Σχήμα 2.8: Διάγραμμα της λειτουργίας της ανθρώπινης καρδιάς. (δωρεάν ταπετσαρία HD). Αυτή η ταπετσαρία ανέβηκε στο Διαδίκτυο την 30η, Οκτωβρίου 2015, μεταφόρτωση από Leoína berlinaris στην Ανατομία του ανθρώπινου σώματος - Human Body Anatomy - (<http://www.okaidimalta.com/function-of-the-human-heart>)



Σχήμα 2.9: Επάνω - δεξιά κοιλία. Κάτω - αριστερή υποκλείδια αρτηρία. Δομή της Καρδιάς και Βασική Λειτουργία – Φροντιστήριο Ανατομίας - Heart Structure and Function Basics - Anatomy Tutorial ([AnatomyZone](http://AnatomyZone.com)). Μέση -Καρδιαγγειακό σύστημα -και- κυκλοφορικό σύστημα (http://hdtherapy.co.uk/?page_id=18)

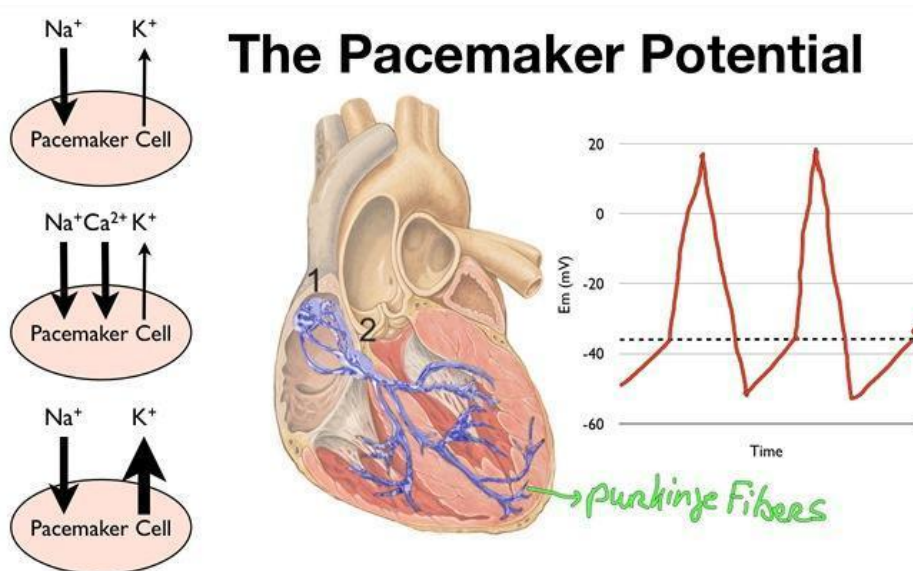
CIRCULATION OF BLOOD THROUGH THE HEART



Σχήμα 2.10: Κυκλοφορία του αίματος στην υγιή καρδιά. Σύνθεση από εικόνες - Παραγωγή & Δικαιώματα: Γιώργος Αθ. Ντάκος (C & P 2015)

Η καρδιά είναι ένα αποτελεσματικό συγκύτιο, ένα πλέγμα καρδιακών μυικών κυττάρων που διασυνδέεται με παραπλήσιες κυτοπλασματικές γέφυρες. Αυτό συνδέει τις ηλεκτρικές διεγέρσεις ενός κυττάρου που απλώνεται σε γειτονικά κύτταρα. Μερικά καρδιακά κύτταρα ερεθίζονται από μόνα τους χωρίς να συμβάλλει κανένα σήμα από το νευρικό σύστημα, ακόμη κι αν μετακινηθούν από την καρδιά και τοποθετηθούν σε καλλιέργεια. Καθένα από αυτά τα κύτταρα αυτά έχουν το δικό τους εγγενή ρυθμό συστολής. Μια περιοχή της ανθρώπινης καρδιάς που ονομάζεται φλεβόκομβος (sinoatrial node) ή βηματοδότης θέτει το ρυθμό και το χρόνο στον οποίο όλα τα καρδιακά μυϊκά κύτταρα συστέλλονται. Ο φλεβόκομβος γεννά ηλεκτρικούς παλμούς, όπως εκείνοι που παράγονται από τα νευρικά κύτταρα. Επειδή τα καρδιακά μυϊκά κύτταρα είναι ηλεκτρικά συζευγμένα με παρένθετους δίσκους μεταξύ γειτονικών κυττάρων, παλμοί από τον φλεβόκομβο διαδίδονται γρήγορα μέσω των τοιχωμάτων του κόλπου, προκαλώντας και τους δύο κόλπους να συστέλλονται σε

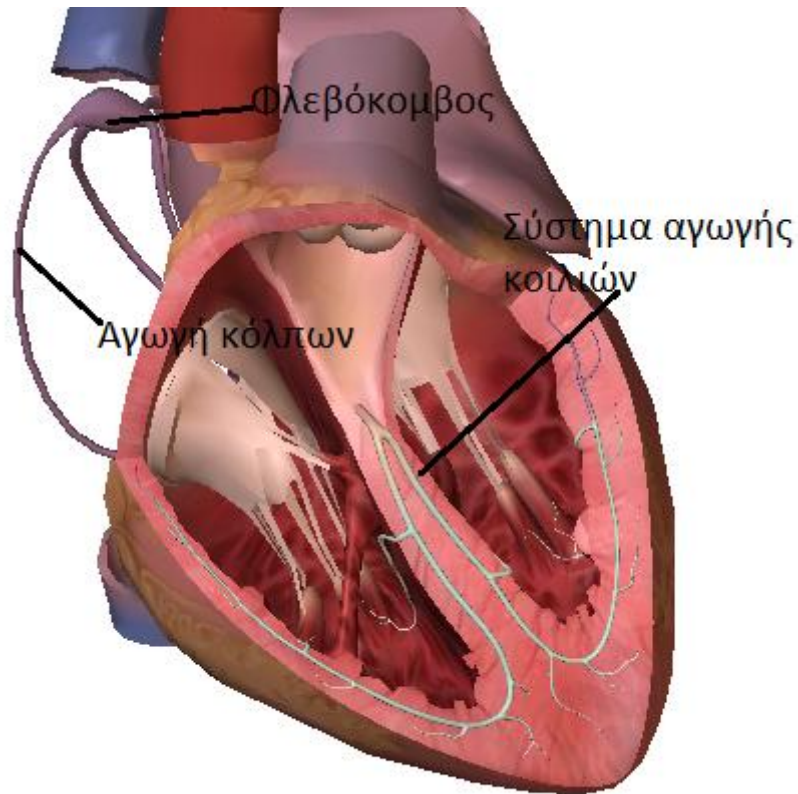
αρμονία. Οι παλμοί, επίσης, περνούν σε μια άλλη περιοχή από εξειδικευμένο καρδιακό μυϊκό ιστό, σημείο που ονομάζεται κολποκοιλιακός κόμβος και βρίσκεται στο τοίχωμα μεταξύ του δεξιού κόλπου και της δεξιάς κοιλίας. Εκεί οι παλμοί καθυστερούν για περίπου 0.1sec πριν τη διάδοσή τους στα τοιχώματα των κοιλιών. Η καθυστέρηση αυτή, διασφαλίζει ότι η αρτηρία αδειάζει τελείως πριν οι κοιλίες συσταλούν. Ειδικές μυϊκές ίνες (Purkinje fibers) καθοδηγούν τα σήματα στην κορυφή της καρδιάς κατά μήκος και μέσω των κοιλιακών τοιχωμάτων. Ολόκληρος αυτός ο κύκλος αποτελεί έναν και μόνο καρδιακό παλμό που διαρκεί 0.8 seconds. Οι παλμοί γεννιούνται κατά τη διάρκεια του καρδιακού κύκλου παράγοντας ηλεκτρικά ρεύματα, τα οποία καθοδηγούνται μέσω σωματικών υγρών στο δέρμα όπου μπορούν να ανιχνευτούν με ηλεκτρόδια και να καταγραφούν ως ηλεκτροκαρδιογράφημα⁵. Τα γεγονότα που συνδέονται με τη ροή ή την αιματική πίεση που εμφανίζεται από το ξεκίνημα ενός καρδιακού παλμού έως το ξεκίνημα του επόμενου αναφέρεται ως καρδιακός κύκλος



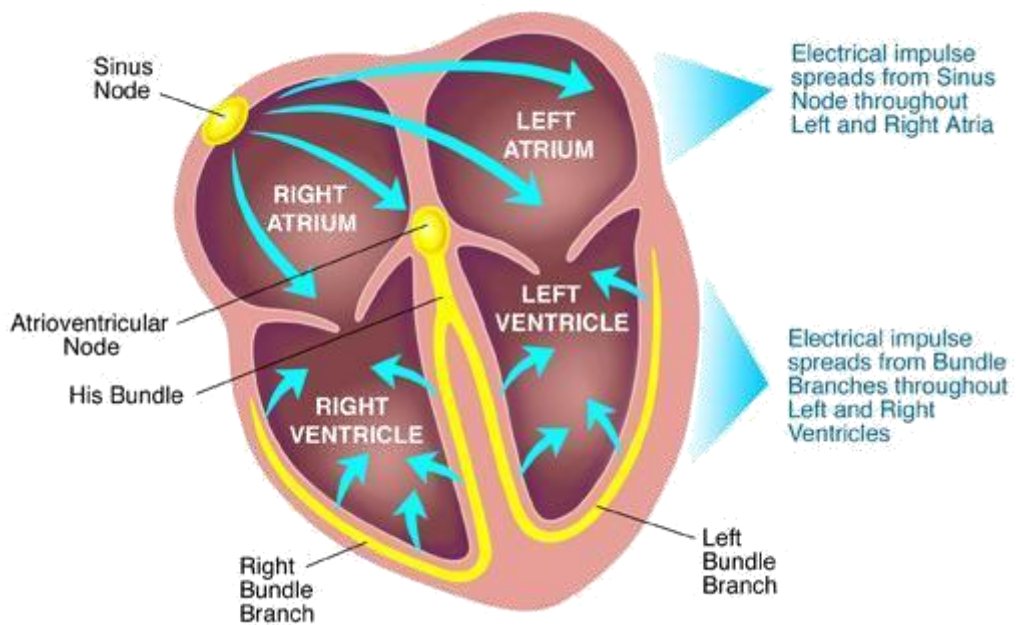
Σχήμα 2.11: Φλεβόκομβος ο φυσικός βηματοδότης

⁵ Campbell, Reece-Biology, 7th Ed. p.873,874

⁶ Guyton, A.C. & Hall, J.E. (2006) Textbook of Medical Physiology (11th ed.)



Σχήμα 2.12: θέση φλεβοκόμβου - Ο φλεβόκομβος γεννά ηλεκτρικούς παλμούς



Σχήμα 2.13: Μηχανισμός δημιουργίας καρδιακού παλμού

Η ηλεκτρική διέγερση του μυοκαρδίου αποτελεί βασική προϋπόθεση προκειμένου να επιτευχθεί η συστολή του καρδιακού μυός. Η διέγερση πραγματοποιείται από το Σύστημα Παραγωγής και Αγωγής της Διέγερσης που αποτελείται από τον φλεβόκομβο και χαρακτηρίζεται ως πρωτεύον κέντρο και από τα δευτερεύοντα κέντρα τα οποία είναι ο κολποκοιλιακός κόμβος το δεμάτιο του His, τα σκέλη του δεματίου (αριστερό- δεξιό) και οι ίνες του Purkinje. Τα κύτταρα που συγκροτούν το σύστημα παραγωγής και αγωγής της διέγερσης χαρακτηρίζονται από αυτοματισμό, έχουν δηλαδή την ικανότητα αυτόματης ηλεκτρικής διέγερσης η οποία επιτυγχάνεται με μετατροπή της βιοχημικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Η ηλεκτρική διέγερση του μυοκαρδίου εξαπλώνεται από τον φλεβόκομβο προς το μυοκάρδιο των κόλπων και στη συνέχεια διαμέσου του συστήματος αγωγής φτάνει στο μυοκάρδιο των κοιλιών.

Φλεβοκομβικός ρυθμός



Καρδιακός ρυθμός	Τύπος ρυθμού	Κύμα P	Διάστημα PR (sec)	Διάστημα QRS (sec)
60-100 bpm	φυσιολογικός	Προηγείται του QRS	0,12 – 0,20	0<0,12

12

Σχήμα 2.14: φλεβοκομβικός ρυθμός

Τα φλεβοκομβικά κύτταρα παρουσιάζουν μεγαλύτερη συχνότητα αυτόματης διέγερσης από τα κύτταρα των άλλων κέντρων του συστήματος παραγωγής και αγωγής της διέγερσης και επιβάλλουν το φλεβοκομβικό ρυθμό.

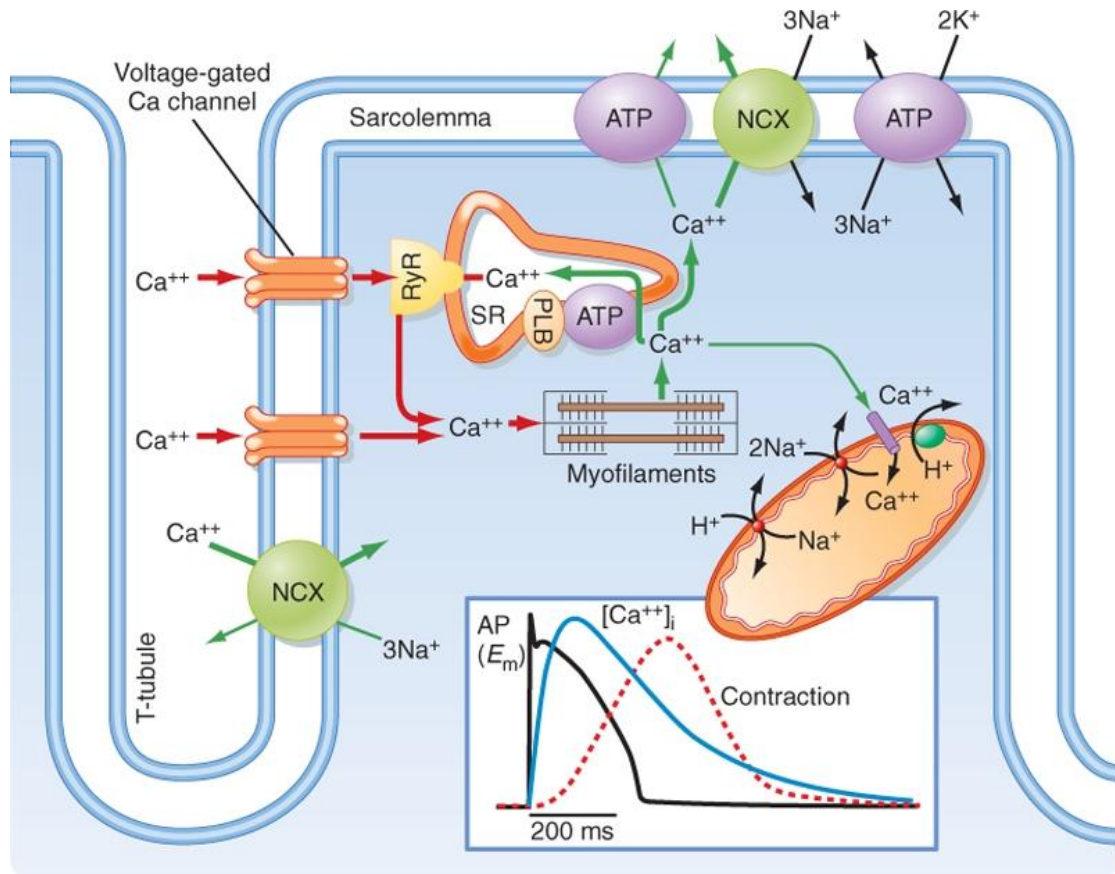


Εικόνα 2.15: Minimal καλλιτεχνική απεικόνιση της Καρδιάς και του καρδιακού παλμού.

2.3 Καρδιά και καρδιακός παλμός

Κατά τη ρυθμική συστολή της καρδιάς τα ιόντα ασβεστίου μεταφέρουν τον ηλεκτρικό παλμό σε όλα τα καρδιακά κύτταρα και προκαλούν έτσι τον καρδιακό παλμό. Η ηλεκτρική φύση της λειτουργίας αυτής καθιστά πιθανή την επίδραση των εξωτερικών ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην καρδιακή λειτουργία (Cherry, 2002).

Στην καρδιά οι ηλεκτρικοί αυτοί παλμοί μετατρέπονται σε καρδιακούς. Κάθε ηλεκτρικός παλμός παράγει έναν καταρράκτη από ιόντα ασβεστίου τα οποία τελικά οδηγούν στη σύσπαση του καρδιακού μύος. Το ηλεκτροκαρδιογράφημα αποτελεί την ιατρική μέθοδο για καταγραφή και έλεγχο της καρδιακής λειτουργίας.



Σχήμα 2.16: Μηχανισμός ενεργοποίησης του καρδιακού μυ, από την απελευθέρωση ιόντων ασβεστίου. Σύζευξη διέγερσης-συστολής στην καρδιά απαιτεί εισροή Ca⁺⁺ μέσω L-τύπου διαύλων Ca⁺⁺ στο sarcolemma και T σωληνάκια.

Όπως αναλύθηκε και στην προηγούμενη ενότητα η χρονική περίοδος από το τέλος μιας συστολής της καρδιάς μέχρι το τέλος της επόμενης συστολής, ονομάζεται καρδιακός παλμός. Ο κάθε καρδιακός παλμός αρχίζει με την αυτόματη γένεση ενός δυναμικού ενέργειας στον φλεβόκομβο. Εξαιτίας της ειδικής διαρρύθμισης του συστήματος αγωγής από τους κόλπους στις κοιλίες, παρατηρείται καθυστέρηση κάπως μεγαλύτερη από 0,1 sec για τη δίοδο της διέγερσης από τους κόλπους στις κοιλίες. Με αυτόν τον τρόπο παρέχεται στους κόλπους η ευκαιρία να συστέλλονται πριν από τις κοιλίες, με αποτέλεσμα την άντληση αίματος προς τις κοιλίες πριν από την έντονη κοιλιακή συστολή. Έτσι οι κόλποι λειτουργούν σαν εναυσματικές αντλίες για τις κοιλίες, οι οποίες με τη σειρά τους παρέχουν την κύρια πηγή τη δύναμης για την προώθηση του αίματος μέσα από το αγγειακό σύστημα. Ο καρδιακός παλμός αποτελείται από μια περίοδο χαλασής που ονομάζεται διαστολή, κατά τη διάρκεια της οποίας η καρδιά γεμίζει με αίμα, η οποία ακολουθείται από την περίοδο της συστολής. Στην εικόνα 2.16 παριστάνονται τα διάφορα γεγονότα τα οποία λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια του καρδιακού παλμού. Στις άνω τρεις καμπύλες

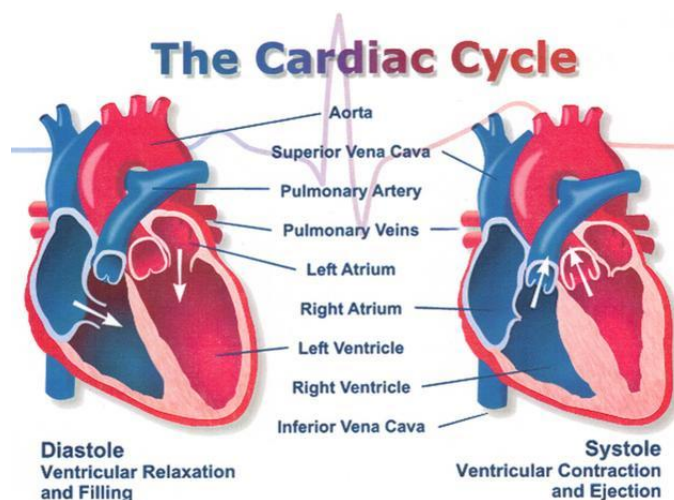
παριστάνονται οι μεταβολές της πίεσης μέσα στην αορτή, μέσα στην αριστερή κοιλία και μέσα στον αριστερό κόλπο αντίστοιχα. Η τέταρτη καμπύλη παριστάνει τις μεταβολές του όγκου των κοιλιών, η πέμπτη είναι το ηλεκτροκαρδιογράφημα και η έκτη είναι το καρδιοφωνογράφημα το οποίο αποτελεί καταγραφή των ήχων που παράγονται από την καρδιά κατά την αντλητική της λειτουργία.



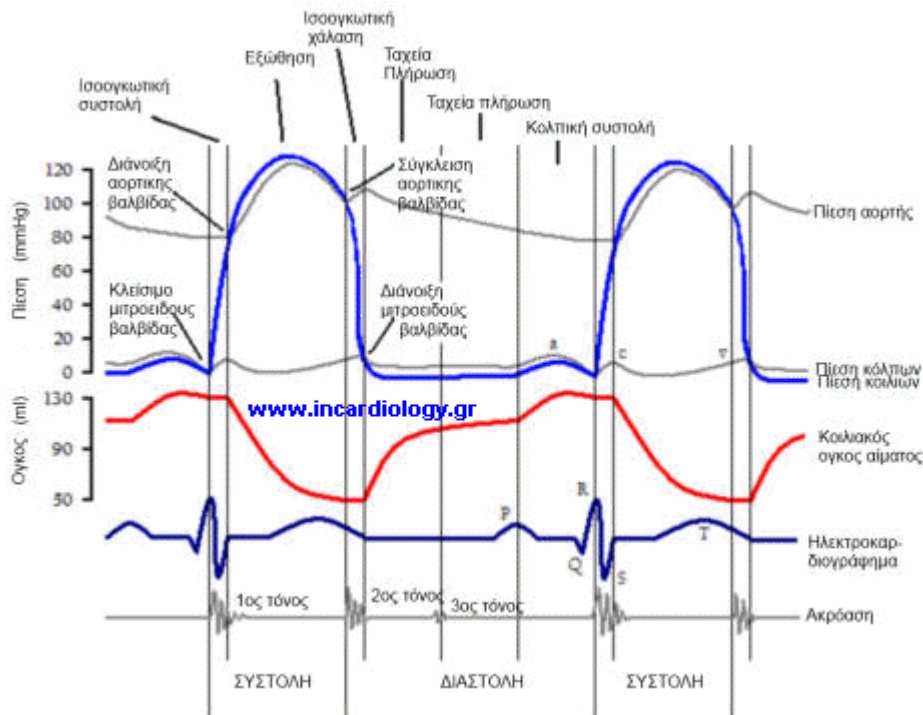
Εικόνα 2.17: Ηλεκτρονική καλλιτεχνική απεικόνιση της Καρδιάς και του καρδιακού παλμού.

2.3.1 Ο κύκλος λειτουργίας της καρδιάς

Η καρδιά χαρακτηρίζεται ως υδραυλική αντλία που η λειτουργία της περιλαμβάνει κυκλικές εναλλαγές πίεσης και όγκου. Κάθε κύκλος λειτουργίας της καρδιάς ολοκληρώνεται σε 5 φάσεις.



Σχήμα 2.18: Ο καρδιακός κύκλος απλοποιημένα



Σχήμα 2.19: Τα φαινόμενα του καρδιακού κύκλου, με τις μεταβολές της πίεσης στον αριστερό κόλπο, την αριστερή κοιλία και την αορτή, τις μεταβολές του όγκου των κοιλιών, το ηλεκτροκαρδιογράφημα και το φωνοκαρδιογράφημα.(www.incardiology.gr)

Περιγράφοντας τα ως άνω δειχθέντα θα λέγαμε ότι είναι εμφανή τα κάτωθι:

Συσχέτιση των διαφόρων μετρήσεων αιμοδυναμικών παραμέτρων στη διάρκεια ενός καρδιακού κύκλου.

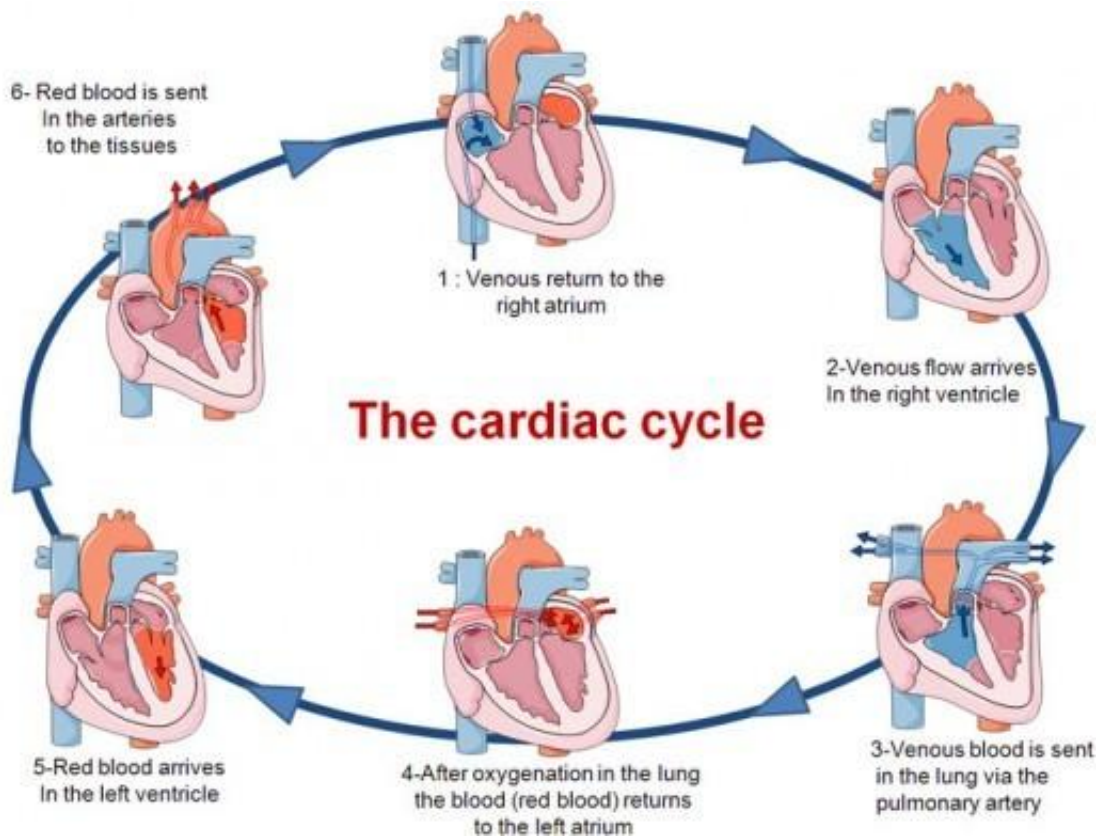
Καταγράφονται οι διάφορες πιέσεις, τα συμβαίνοντα στις βαλβίδες, οι καρδιακοί τόνοι, και άλλες μετρήσεις του καρδιακού κύκλου ως συνάρτηση του χρόνου.

Άνω: Απεικονίζονται οι φυσιολογικές πιέσεις στην αορτή την αριστερή κοιλία και στον αριστερό κόλπο.

Η καμπύλη όγκου της αριστερής κοιλίας δείχνει μικρή περαιτέρω αύξηση κοντά στην τελοδιαστολή, που οφείλεται στη συστολή του αριστερού κόλπου. Ακολουθεί απότομη μείωση του όγκου κατά τη συστολή με επακόλουθη πλήρωση στη διάρκεια του επόμενου διαστολικού καρδιακού κύκλου.

Οι μεταβολές της πίεσης του αριστερού κόλπου είναι οι ακόλουθες: το έπαρμα α οφείλεται στην κολπική συστολή, το έπαρμα C παριστάνει την ώθηση προς τα πρόσω και διάταση της μιτροειδούς βαλβίδας μέσα στο αριστερό κόλπο κατά τη συστολή. Το πτωτικό Y αμέσως μετά το άνοιγμα της μιτροειδούς βαλβίδας.

Το χαρακτηριστικό έπαρμα P, το σύμπλεγμα QRS και το έπαρμα T ενός ηλεκτροκαρδιογραφήματος δείχνονται στο κάτω μέρος για λόγους χρονικού συντονισμού.



Σχήμα 2.20: Οι φάσεις του καρδιακού κύκλου

2.3.1.1 Οι φάσεις του καρδιακού κύκλου

Φάση 1η: Παθητική πλήρωση

Όλα τα μέρη του καρδιακού μυός βρίσκονται σε χάλαση. Η κολποκοιλιακή βαλβίδα είναι ανοιχτή ενώ ο αριστερός κόλπος και η αριστερή κοιλία γεμίζουν με αίμα από τις πνευμονικές φλέβες. Οι πιέσεις μέσα στον κόλπο και την κοιλία είναι ίδιες με την κεντρική φλεβική πίεση. Η πίεση μέσα στην αορτή είναι κατά πολύ υψηλότερη από εκείνη της αριστερής κοιλίας, έτσι ώστε η αορτική βαλβίδα είναι κλειστή. Η πίεση μέσα στην αορτή μειώνεται καθώς το αίμα, που είχε εξωθηθεί κατά τον προηγούμενο καρδιακό κύκλο, μετακινείται προς τα μικρότερα αγγεία της συστηματικής κυκλοφορίας.

Φάση 2η: Συστολή των κόλπων

Η συστολή του κόλπου συμβάλλει στην πλήρωση της αριστερής κοιλίας με ποσοστό 20% του συνολικού όγκου αίματος που εισέρχεται παθητικά στην αριστερή κοιλία κατά τη διαστολή και αυξάνοντας κατά πολλά mmHg την πίεση του αίματος μέσα στην κοιλία στην τελοδιαστολή. Διατεινόμενη έτσι η αριστερά κοιλία στιγμιαία, μπορεί να επιτελέσει μεγαλύτερο έργο, βάσει του νόμου του Starling. Το έργο της συστολής αυξάνει με τη διάταση κατά τη διαστολή. Ισοδύναμες έννοιες προς το έργο

είναι η αναπτυσσόμενη αρτηριακή πίεση και ο όγκος παλμού. Ισοδύναμες έννοιες προς τη διαστολική διάταση είναι η διάμετρος ή ο όγκος ή η πίεση κατά την τελοδιαστολή. Η καθυστερημένη αγωγή του δυναμικού ενέργειας μέσω του κολποκοιλιακού κόμβου επιτρέπει ώστε η ολοκλήρωση της κολπικής συστολής να γίνει προτού ενεργοποιηθεί η αριστερή κοιλία.

Φάση 3η: Διέγερση και ισομετρική συστολή της κοιλίας

Το δυναμικό ενέργειας αφού διέλθει τον κολποκοιλιακό κόμβο μεταφέρεται ταχέως, μέσω του κολποκοιλιακού δεματίου (δεμάτιο του His) και των δύο σκελών του, στις ίνες του Purkinje. Οι τελευταίες διαχέουν το δυναμικό ενέργειας σε ολόκληρο το τοίχωμα των κοιλιών, από την κορυφή της καρδιάς προς τους κόλπους. Η εκπόλωση της κοιλίας δημιουργεί το σύμπλεγμα QRS στο ΗΚΓ. Στο διάστημα μεταξύ του συμπλέγματος QRS και του επάρματος T όλα τα κύτταρα του κοιλιακού μυοκαρδίου βρίσκονται στη φάση «οροπεδίου» («Plateau»), σε ότι αφορά το δυναμικό ενέργειας. Η διέγερση της κοιλίας ακολουθείται μέσα σε λίγα χιλιοστά του δευτερολέπτου, από την ανάπτυξη δύναμης ορισμένης μυϊκής ισχύος. Η επακόλουθη αύξηση της πίεσης μέσα στην κοιλία προκαλεί κλείσιμο των κολποκοιλιακών βαλβίδων και τον πρώτο καρδιακό τόνο. Πρώτα κλείνει η μιτροειδής και μετά η τριγλώχινα βαλβίδα. Μετά το κλείσιμο των κολποκοιλιακών βαλβίδων, η κοιλία μετατρέπεται σε κλειστό θάλαμο, η πίεση μέσα στην κοιλία συνεχίζει να αυξάνει, ενώ η πίεση στην αορτή πέφτει ακόμα σιγά-σιγά μέχρι το ελάχιστο της διαστολικής της τιμής.

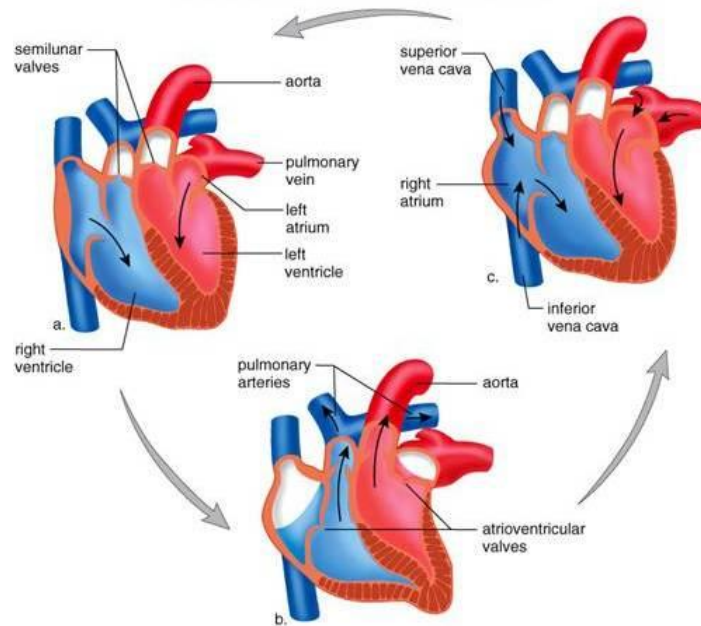
Φάση 4η: Εξώθηση

Όταν η πίεση στην κοιλία υπερβεί την αορτική (διαστολική) πίεση ανοίγουν οι αορτικές βαλβίδες, και το αίμα εξωθείται προς την αορτή, όπως φαίνεται από την ταχεία πτώση του όγκου της αριστερής κοιλίας και την αύξηση της πίεσης στην αορτή στη συστολική τιμή. Μεγάλο μέρος της ενέργειας που μεταφέρεται στο αίμα από την κοιλιακή συστολή αποταμιεύεται στο ελαστικό τοίχωμα της αορτής και των μεγάλων κλάδων της. Η αποταμιευόμενη ενέργεια εκλύεται κατά τη διαστολή, συγκρατώντας την αρτηριακή διαστολική πίεση υψηλή και διατηρώντας την αιματική ροή από την αορτή προς τους αρτηριακούς κλάδους καθ' όν χρόνο η καρδιά δεν εξωθεί αίμα.

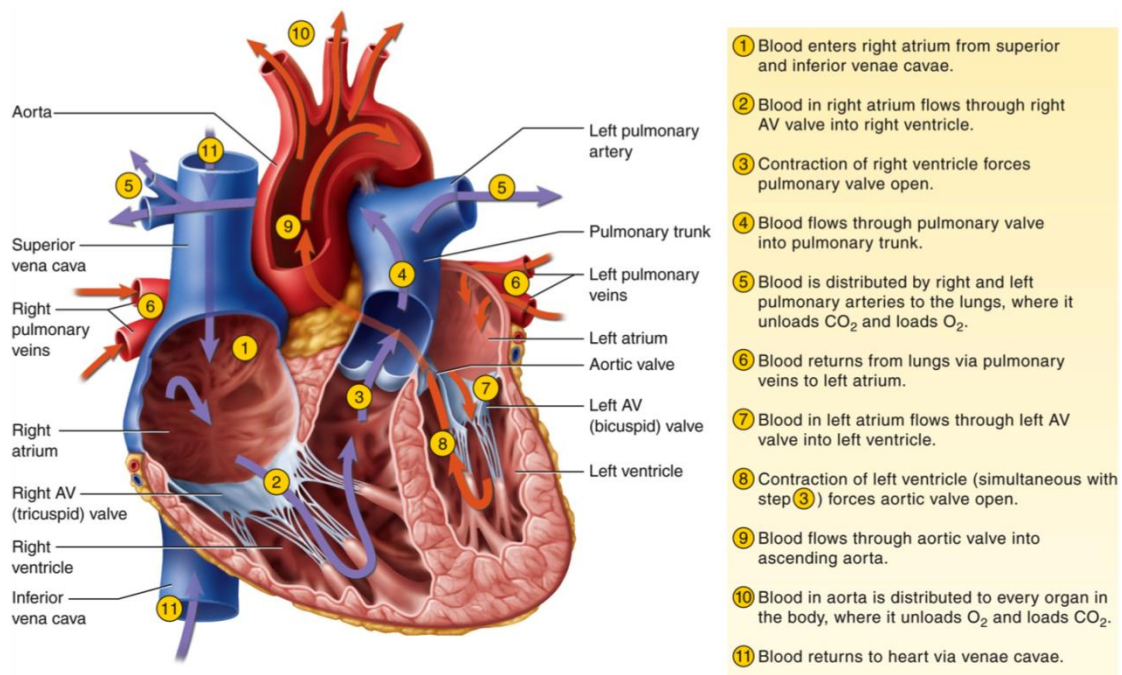
Φάση 5η: Ισομετρική χάλαση

Το κλείσιμο της αορτικής (και στη συνέχεια της πνευμονικής) βαλβίδας σημαίνει το τέλος της φάσης εξώθησης και την έναρξη της ισομετρικής χάλασης. Το κλείσιμο της αορτικής βαλβίδας ακούεται κατά την ακρόαση της καρδιάς ως δεύτερος καρδιακός τόνος. Κατά τη φάση της ισομετρικής χάλασης η πίεση στην κοιλία πέφτει

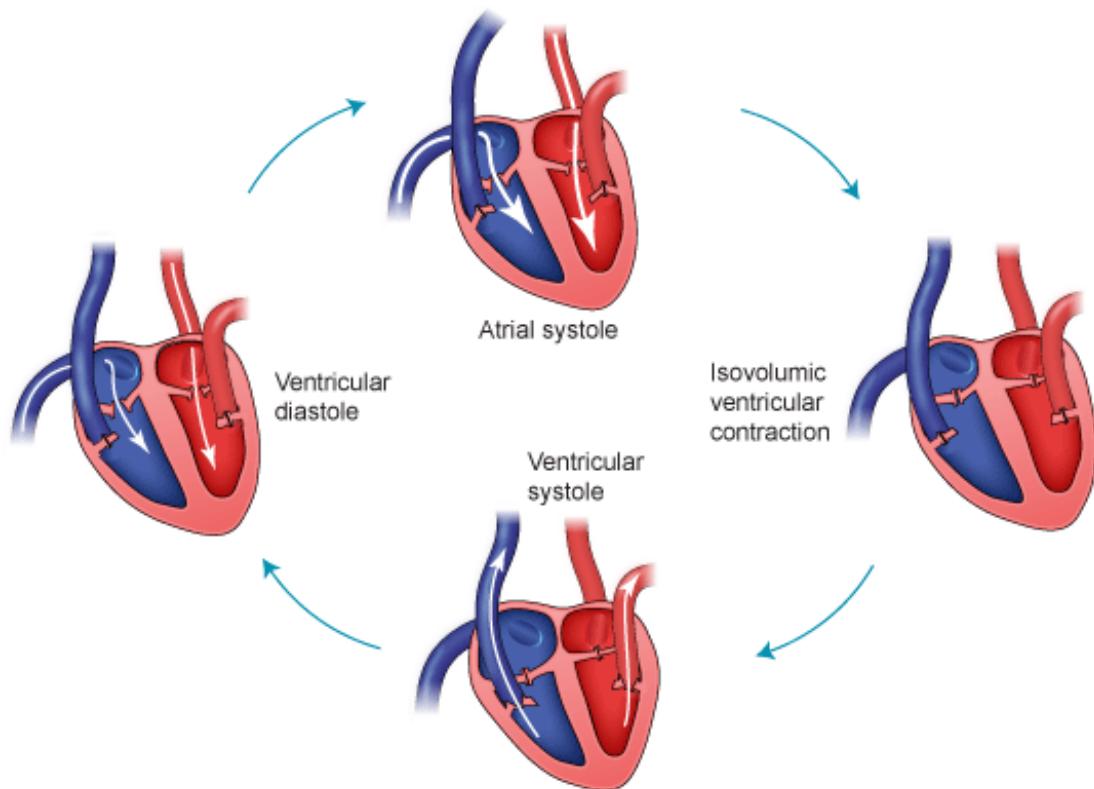
κάτω από εκείνη της αορτής αλλά διατηρείται πάνω από την πίεση του κόλπου. Οι δύο βαλβίδες είναι τώρα κλειστές και το αίμα ούτε εισέρχεται αλλά ούτε εξέρχεται από την κοιλία. Τη στιγμή αυτή αρχίζει η επαναπόλωση του μυοκαρδίου μετά το πέρασμα του εγάρματος T στο ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ). Καθώς το κοιλιακό μυοκάρδιο συνεχίζει να χαλαρώνει, η πίεση στην κοιλία πέφτει κάτω από εκείνη του κόλπου. Στο σημείο αυτό, η κολποκοιλιακή βαλβίδα ανοίγει και η καρδιά επιστρέφει στη φάση 1.



Σχήμα 2.21: Ο κύκλος της καρδιάς.



Σχήμα 2.22: Η ροή του αίματος στην καρδιά



Σχήμα 2.23: Αποψη του καρδιακού κύκλου

Ότι συμβαίνει στην αριστερή κυκλοφορία (αριστερή κοιλία, αορτή, κλπ.), το ίδιο συμβαίνει και στη δεξιά κυκλοφορία (δεξιά κοιλία, πνευμονική αρτηρία). Υπάρχουν όμως ορισμένες διαφορές μεταξύ δεξιάς και αριστερής κοιλίας ως προς τη λειτουργία τους:

Η αριστερή κοιλία πρέπει να ξεπεράσει τις περιφερικές αντιστάσεις στη συστηματική κυκλοφορία για να εξωθήσει το αίμα της. Για να επιτευχθεί αυτό χρειάζεται πίεση 100-120 mmHg (συστηματική κυκλοφορία υψηλών αντιστάσεων).

Η δεξιά κοιλία πρέπει να ξεπεράσει τις περιφερικές αντιστάσεις στην πνευμονική κυκλοφορία για να εξωθήσει το αίμα. Για να επιτευχθεί αυτό χρειάζεται πίεση εξώθησης 15-25 mmHg (πνευμονική κυκλοφορία χαμηλών αντιστάσεων).

Η διαφορά αυτή στις αντιστάσεις της συστηματικής και πνευμονικής κυκλοφορίας αντανακλάται στο διαφορετικό πάχος του τοιχώματος των δύο κοιλιών.

Το ενδοθήλιο και οι νευρικές συνδέσεις των μικρού μεγέθους αρτηριδίων παίζουν ρυθμιστικό ρόλο και καθορίζουν την τάση των λείων μυϊκών ινών, οι οποίες περιβάλλουν τον αυλό των αγγείων αυτών και καθορίζουν το μέγεθος της διατομής τους.

Η δραστική επιφάνεια διατομής των «τελικών» μυϊκών αρτηριών (διάμετρος 100-500 μm), και των αρτηριδίων (διάμετρος 10-100 μm) καθορίζουν κατά κύριο λόγο τις περιφερικές αντιστάσεις.

Η απώλεια ενέργειας λόγω των αντιστάσεων προκαλεί πτώση της αρχικής πίεσης εξώθησης από 90-100 mmHg σε 30-35mmHg στο αρτηριακό άκρο των τριχοειδών και σε 5-10 mmHg στο φλεβικό τους άκρο.

Έτσι, οι συνθήκες που δημιουργούνται διευκολύνουν τη λειτουργία ανταλλαγής αερίων και θρεπτικών ουσιών στα τριχοειδή.

Οι φλέβες έχουν μεγάλη διατασιμότητα. Φιλοξενούν το 60-65% του συνολικού όγκου αίματος.

Η λειτουργική διατομή των φλεβών ρυθμίζει τη φλεβική επιστροφή και συνεπώς τον όγκο παλμού.



Εικόνα 2.24: Καρδιά & πνεύμονες

2.3.2 Καρδιακός κύκλος και αναπνευστική λειτουργία

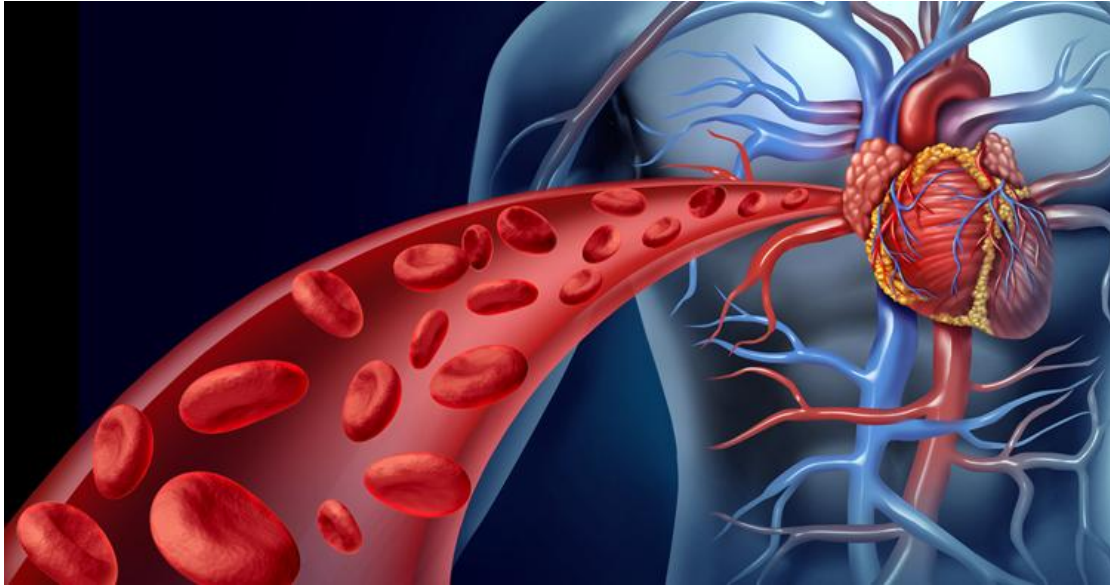
Τα μεγάλα φλεβικά αγγεία (άνω και κάτω κοίλη φλέβα) μεταφέρουν το αίμα στο δεξιό κόλπο κατά τη διάρκεια ολόκληρου σχεδόν του καρδιακού κύκλου. Η πλήρωση των μεγάλων φλεβικών αγγείων και ο ρυθμός εισροής αίματος στο δεξιό κόλπο μεταβάλλονται κατά τις αναπνευστικές κινήσεις. Η εισπνοή ελαττώνει την ενδοθωρακική πίεση και έτσι γίνεται εισρόφηση μεγαλύτερης ποσότητας αίματος στο εσωτερικό της θωρακικής κοιλότητας, το οποίο ακολούθως μεταφέρεται στο δεξιό κόλπο. Ο όγκος εξώθησης του δεξιού κόλπου εξαρτάται από το βαθμό της κολπικής πλήρωσης.

Συνεπώς ο εξωθούμενος από το δεξιό κόλπο όγκος αυξάνει κατά την εισπνοή λόγω μεταφοράς μεγαλύτερης ποσότητας αίματος με την άνω και κάτω κοίλη φλέβα. Κατά τη διάνοιξη της τριγλώχινας βαλβίδας η αυξημένη αυτή ποσότητα αίματος μεταφέρεται στη δεξιά κοιλία. Έτσι, με την εισπνοή ο όγκος παλμού της δεξιάς κοιλίας αυξάνει, με αποτέλεσμα την παράταση συστολής της δεξιάς κοιλίας και την καθυστέρηση του κλεισίματος της βαλβίδας της πνευμονικής αρτηρίας. Έτσι, το

κλείσιμο της αορτικής βαλβίδας προηγείται του κλεισίματος της πνευμονικής βαλβίδας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη διεύρυνση του διαστήματος μεταξύ του δεύτερου πνευμονικού και αορτικού τόνου κατά την εισπνοή. Σε κάθε αναπνευστικό κύκλο αντιστοιχούν 4-5 καρδιακοί κύκλοι.

Ο αριστερός κόλπος δέχεται αίμα από τις πνευμονικές φλέβες. Κατά την εισπνοή αυξάνει η εισροή αίματος στον αριστερό κόλπο αφού το αίμα κυριολεκτικά συνθλίβεται μέσα στους πνεύμονες και διαφεύγει μέσω των πνευμονικών φλεβών προς τον αριστερό κόλπο. Ο τελευταίος αδειάζει το περιεχόμενό του μέσα στην αριστερή κοιλία όταν ανοίξει η μιτροειδής βαλβίδα. Η βαλβίδα ανοίγει όταν η πίεση στην αριστερή κοιλία μεταπέσει από την υψηλή συστολική της τιμή στη διαστολική τιμή που είναι χαμηλότερη από εκείνη του αριστερού κόλπου. Η διαδικασία αυτή είναι σχετικά βραδεία, έτσι ώστε η μιτροειδής βαλβίδα ανοίγει καθυστερημένα σε σχέση με την τριγλώχινα βαλβίδα. Φυσιολογικά, η μέση πίεση στον αριστερό κόλπο είναι κατά 4 mmHg υψηλότερη από εκείνη του δεξιού κόλπου. Η διαφορά αυτή είναι η αντανάκλαση μιας υψηλότερης διαστολικής αντίστασης πληρώσεως της αριστερής κοιλίας. Η κολπική συστολή δεν είναι ουσιαστικός παράγοντας της καρδιακής λειτουργίας ηρεμίας αφού σε βασικές συνθήκες ακόμη και στη διάρκεια κολπικής μαρμαρυγής διατηρείται ανέπαφη η καρδιακή παροχή. Εντούτοις, όταν οι κόλποι δεν συστέλλονται φυσιολογικά, δεν μπορεί να επιτευχθεί μέγιστη καρδιακή παροχή υπό συνθήκες σωματικής άσκησης.

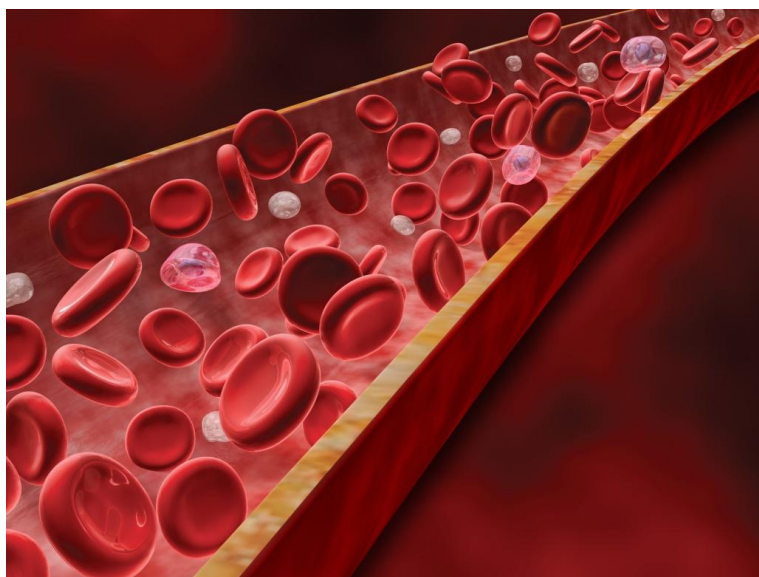
Η αριστερή κοιλία εργάζεται εναντίον των υψηλών αντιστάσεων των αγγείων της συστηματικής κυκλοφορίας. Η κοιλιακή συστολή αρχίζει με τη φάση της ισομετρικής συστολής κατά την οποία πρώτα κλείνει η μιτροειδής και στη συνέχεια η πίεση στην αριστερή κοιλία αυξάνει στο επίπεδο της διαστολικής πίεσης της αορτής, που είναι περίπου 70-80 mmHg. Η εξώθηση του αίματος από την αριστερή κοιλία προς την αορτή αρχίζει μόλις ανοίξει η αορτική βαλβίδα και συνεχίζει μέχρι λίγο πριν το κλείσιμο της αορτικής βαλβίδας. Στο διάστημα αυτό η πίεση στην αριστερή κοιλία φθάνει τη μέγιστη τιμή που είναι 120-140mmHg. Τότε αρχίζει η περίοδος ισομετρικής χάλασης του μυϊκού τοιχώματος της αριστερής κοιλίας, κατά τη διάρκεια της οποίας η πίεση στην αριστερή κοιλία πέφτει προοδευτικά στο διαστολικό της επίπεδο οπότε κλείνει η αορτική βαλβίδα. Η μιτροειδής βαλβίδα ανοίγει όταν η πίεση στην αριστερή κοιλία πέσει κάτω από την πίεση του αριστερού κόλπου και έτσι ξεκινάει η πλήρωση της κοιλίας. Η αριστερή κοιλία έχει τη μεγαλύτερη μάζα του καρδιακού μυός και δέχεται αναλογικά το μεγαλύτερο μέρος της στεφανιαίας αιματικής ροής.



Εικόνα 2.25: Καλλιτεχνική απεικόνιση της ροής του παρεχόμενου αίματος από την καρδιά – δημιουργία της αρτηριακής σωματιδιακής πίεσης. Η κυκλοφορία του αίματος παίζει σημαντικό ρόλο στην υγεία μας και την ευημερία. Η σωστή κυκλοφορία του αίματος βοηθά στη μεταφορά οξυγόνου και θρεπτικών ουσιών στα σημαντικά μέρη των κυττάρων του σώματος.

2.3.3 Καρδιακή παροχή -Αιματική ροή -Αρτηριακή πίεση

Η αντλητική ικανότητα της καρδιάς, όπως αυτή εκφράζεται με την καρδιακή παροχή, είναι αποτέλεσμα των καρδιακών συστολών ανά πρώτο λεπτό (καρδιακή συχνότητα) και του όγκου αίματος ανά συστολή (όγκος παλμού). Οι δύο αυτοί παράμετροι (καρδιακή συχνότητα και όγκος παλμού) ρυθμίζονται από το αυτόνομο νευρικό σύστημα και από ενδογενείς και εξωγενείς μηχανισμούς του καρδιαγγειακού συστήματος.



Εικόνα 2.26: Καλλιτεχνική απεικόνιση της ροής του αίματος– αρτηριακή (σωματιδιακή) πίεση.



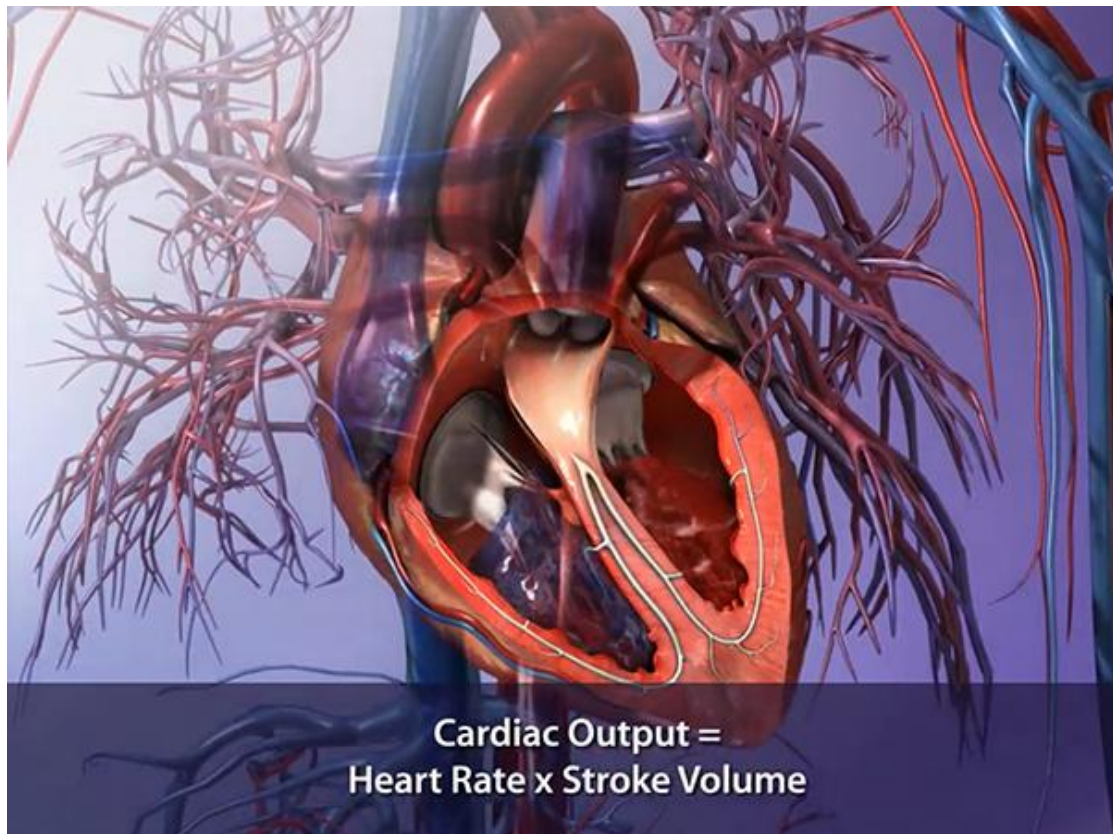
Εικόνα 2.27: Ο ρυθμός του φλεβοκόμβου υπεύθυνος για τη ρύθμιση της συχνότητας της καρδιάς.

2.3.4 Ρύθμιση της καρδιακής συχνότητας

Τα αυτόνομα νεύρα της καρδιάς βρίσκονται σε συνεχή λειτουργία ελέγχοντας συνεχώς το ρυθμό της αυτόματης εκπόλωσης του φλεβοκόμβου. Ο φλεβοκόμβος πυροδοτείται συνεχώς από τη νοραδρεναλίνη, που εκλύεται στις απολήξεις των συμπαθητικών νεύρων και από την αδρεναλίνη που παράγεται από το μυελό των επινεφριδίων. Με τον τρόπο αυτό αυξάνει η συχνότητα λειτουργίας του φλεβοκόμβου. Στις απολήξεις των παρασυμπαθητικών νεύρων εκλύεται ακετυλοχολίνη η οποία υπερπολώνει το φλεβοκόμβο με αποτέλεσμα την πτώση της συχνότητας (του ρυθμού πυροδότησης του φλεβοκόμβου) της καρδιακής λειτουργίας. Οι παρεμβάσεις αυτές του αυτόνομου νευρικού συστήματος στην καρδιακή λειτουργία ονομάζονται χρονότροπη δράση. Το συμπαθητικό αυξάνει τη συχνότητα της καρδιακής λειτουργίας και συνεπώς έχει θετική χρονότροπη δράση, ενώ το παρασυμπαθητικό ελαττώνει την καρδιακή συχνότητα, δηλαδή έχει αρνητική χρονότροπη δράση. Η ρύθμιση του φλεβοκόμβου από το αυτόνομο νευρικό σύστημα αποτελεί το βασικό μηχανισμό με τον οποίο κανονίζεται η καρδιακή συχνότητα. Εντούτοις, οι απολήξεις του συμπαθητικού μέσα στο μυοκάρδιο των κόλπων και των κοιλιών αυξάνουν τη δύναμη της καρδιακής συστολής, ελαττώνοντας, σε μικρό βαθμό, το χρόνο της συστολής, όταν η καρδιακή συχνότητα είναι υψηλή.



Εικόνα 2.28: Καρδιακή συχνότητα



Εικόνα 2.29: Η καρδιακή απόδοση (CO, συμβολίζεται επίσης με τα σύμβολα Q και \dot{Q}_c), είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται στην καρδιακή φυσιολογία που περιγράφει τον όγκο του αίματος που αντλείται από την καρδιά, ιδιαίτερα από μια αριστερά ή δεξιά κοιλία, ανά μονάδα φορά. Τιμές CO μπορεί να αναπαρασταθεί χρησιμοποιώντας πολλές φυσικές μονάδες, όπως dm^3 / min και L / min ..

2.3.5 Ρύθμιση του όγκου παλμού

Στη ρύθμιση του όγκου παλμού συμμετέχουν τρεις παράμετροι: ο τελοδιαστολικός όγκος, οι ολικές αντιστάσεις της περιφέρειας στις αρτηρίες και η συσταλτικότητα η δύναμη συστολής των κοιλιών, ιδιαίτερα της αριστερής κοιλίας.

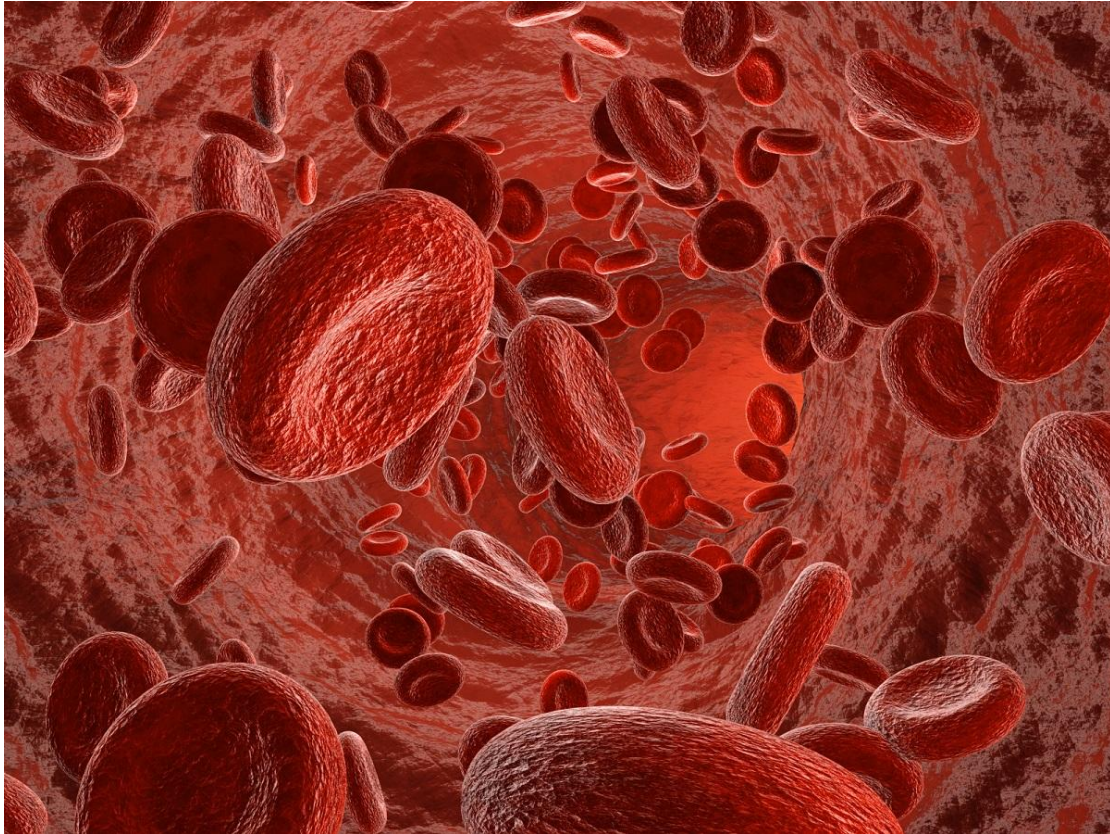
Ο τελοδιαστολικός όγκος είναι ο όγκος αίματος που υπάρχει μέσα στις κοιλίες μόλις πριν από τη συστολή τους και αντιστοιχεί στο προφόρτιο της καρδιάς. Ο όγκος παλμού είναι ευθέως ανάλογος προς το προφόρτιο: Αύξηση του τελοδιαστολικού όγκου οδηγεί σε αύξηση του όγκου παλμού κατά το νόμο Frank-Starling. Ο όγκος παλμού είναι επίσης ευθέως ανάλογος προς τη συσταλτικότητα: Είναι ευνόητο ότι όσο πιο έντονα συστέλλονται οι κοιλίες τόσο περισσότερο αίμα εξωθούν. Η ροή του αίματος γίνεται από τις υψηλότερες προς τις χαμηλότερες πιέσεις. Συνεπώς, για να γίνει η εξώθηση του αίματος, η πίεση μέσα στις κοιλίες κατά τη συστολή τους πρέπει να είναι υψηλότερη από εκείνη που υπάρχει εκείνη τη στιγμή μέσα στις αρτηρίες. Η πίεση μέσα στις αρτηρίες, προτού γίνει η συστολή της καρδιάς είναι υπόθεση των συνολικών περιφερικών αντιστάσεων αλλά και της ελαστικότητας

της αορτής. Όσο μεγαλύτερες οι περιφερικές αντιστάσεις τόσο υψηλότερη η αρτηριακή πίεση. Μόλις αρχίσει η εξώθηση του αίματος από την αριστερή κοιλία, ο όγκος αίματος της εξώθησης που προστίθεται στον προϋπάρχοντα όγκο αίματος μέσα στην αορτή, προκαλεί αύξηση της μέσης αρτηριακής πίεσης που ασκείται εναντίον των περιφερικών αντιστάσεων. Η εξώθηση του αίματος παύει λίγο μετά την εξίσωση της αορτικής πίεσης με εκείνη που υπάρχει τη στιγμή αυτή μέσα στην αριστερή κοιλία. Συνεπώς, οι ολικές περιφερικές αντιστάσεις παρεμποδίζουν την εξώθηση του αίματος από την αριστερή κοιλία κατά τη συστολή ή με άλλα λόγια, δημιουργείται ένα **μεταφόρτιο** που επιβαρύνει την αριστερή κοιλία.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι όσο μεγαλύτερες οι περιφερικές αντιστάσεις τόσο μικρότερος ο όγκος παλμού. Η πτώση αυτή του όγκου παλμού εξαιτίας των αυξημένων αντιστάσεων διαρκεί πολύ λίγο (για μερικές συστολές). Αμέσως μετά, επεμβαίνουν αντιρροπιστικοί μηχανισμοί και δη η αύξηση του τελοδιαστολικού όγκου της αριστεράς κοιλίας (προφόρτιο) που αυξάνουν τη δύναμη της καρδιακής συστολής έναντι των αυξημένων αντιστάσεων, σύμφωνα με το νόμο Frank-Starling. Η ποσοστιαία αναλογία του τελοδιαστολικού όγκου που εξωθείται εναντίον του δεδομένου μεταφορτίου εξαρτάται από τη δύναμη συστολής των κοιλιών. Φυσιολογικά η καρδιά επαρκεί για να εξωθήσει 70-80 ml αίματος από το συνολικό όγκο αίματος που υπάρχει μέσα στην αριστερή (ή και τη δεξιά) κοιλία, που είναι 110-130ml. Καθώς ο τελοδιαστολικός όγκος και η συσταλτικότητα αυξάνουν, περισσότερο αίμα εξωθείται σε κάθε συστολή.



Εικόνα 2.30: Αυξημένη καρδιακή συχνότητα - καρδιακή παροχή.



Εικόνα 2.31: Αιματική ροή στα αγγεία της συστηματικής κυκλοφορίας.

2.3.6 Ενδογενής έλεγχος της καρδιακής συσταλτικότητας

Ο νόμος Frank-Starling εξηγεί πως η καρδιά μπορεί να προσαρμοστεί σε μια αύξηση του συνόλου των περιφερικών αντιστάσεων:

Κάθε αύξηση στο σύνολο των περιφερικών αντιστάσεων προκαλεί μείωση του όγκου παλμού των κοιλιών, έτσι ώστε περισσότερο αίμα παραμένει μέσα στις κοιλίες και ο τελοδιαστολικός όγκος είναι μεγαλύτερος για τον επόμενο κύκλο λειτουργίας της καρδιάς με αποτέλεσμα οι κοιλίες διατείνονται ακόμη περισσότερο στον επόμενο κύκλο και συστέλλονται πιο δυνατά και εξωθούν περισσότερο αίμα.

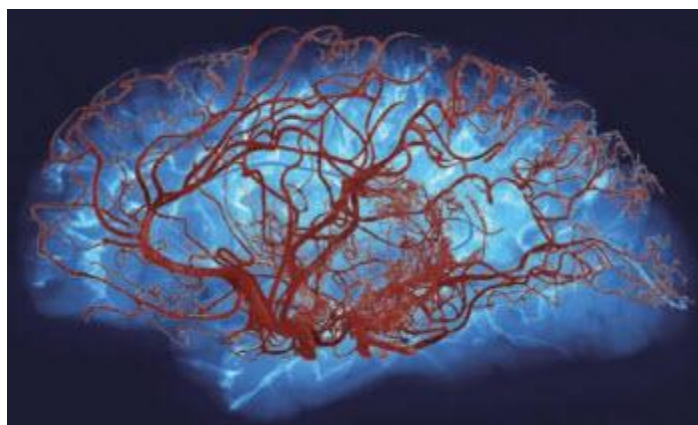
Οι συνέπειες της συμπεριφοράς αυτής είναι ότι ο όγκος παλμού της αριστερής κοιλίας, η οποία εξωθεί αίμα στα αγγεία της συστηματικής κυκλοφορίας, κάτω από συνεχώς μεταβαλλόμενες αντιστάσεις, προσαρμόζεται ανάλογα, προκειμένου να ελέγχει τον όγκο παλμού της δεξιάς κοιλίας, η οποία εξωθεί αίμα στην πνευμονική κυκλοφορία. Αύξηση του όγκου παλμού δημιουργείται επίσης με την αυξημένη φλεβική επιστροφή. Η πλήρωση της δεξιάς κοιλίας αυξάνει και της αριστεράς μειούται κατά την εισπνοή. Η πλήρωση αμφοτέρων αυξάνει κατά την ύπτια και μειούται κατά την ορθία θέση.

Οποσδήποτε, ο ρυθμός της αιματικής ροής μέσω της πνευμονικής και της συστηματικής κυκλοφορίας πρέπει να είναι ίσος, προκειμένου να αποφευχθεί συσσώρευση υγρού στους πνεύμονες και για να μπορεί να μεταφερθεί οξυγονωμένο αίμα στους ιστούς.

Βέβαια, τα παραπάνω ισχύουν αν το μυοκάρδιο είναι φυσιολογικό ενώ οι αντιρροπιστικοί μηχανισμοί μειονεκτούν όταν το μυοκάρδιο κάμπτεται.

2.3.7 Νευρογενής έλεγχος της δύναμης συστολής

Η δύναμη της κοιλιακής συστολής εξαρτάται και από τη δραστηριότητα του συμπαθητικοεπινεφριδιακού συστήματος. Η νοραδρεναλίνη από νευρικές απολήξεις του συμπαθητικού και η αδρεναλίνη από το μυελό των επινεφριδίων προκαλούν αύξηση της δύναμης συστολής του καρδιακού μυός. Η θετική ινότροπη δράση οφείλεται σε αύξηση της ποσότητας των ιόντων ασβεστίου στα σαρκομερίδια.



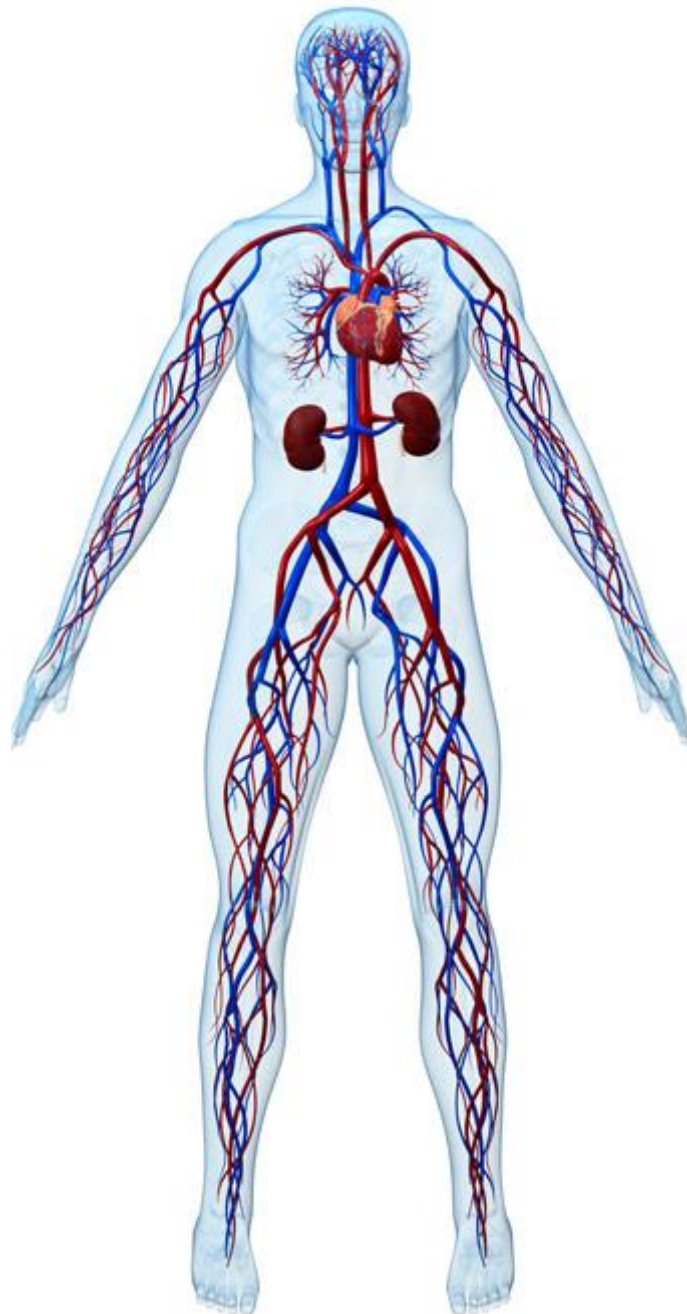
Εικόνα 2.32: Αιμάτωση του εγκεφάλου, μέρος του συμπαθητικού νευρικού συστήματος. Σε καμία περίπτωση δεν μπορούμε να πούμε ότι το συμπαθητικό νευρικό σύστημα είναι τελείως αυτόνομο, έχει στενή σχέση με το ζωικό νευρικό σύστημα και πρέπει να θεωρείται ενιαίο σύνολο μαζί του. Αυτό γιατί τα φυτικά κέντρα βρίσκονται μέσα στον εγκέφαλο και στον νωτιαίο μυελό.

Συνεπώς, ο καρδιακός όγκος παλμού επηρεάζεται από το καρδιακό συμπαθητικό επινεφριδιακό σύστημα μέσω θετικής ινότροπης δράσης στη συσταλτικότητα, και μέσω θετικής χρονότροπης δράσης στην καρδιακή συχνότητα. Η διέγερση των παρασυμπαθητικών νεύρων της καρδιάς έχει αρνητική χρονότροπη δράση, αλλά δεν επηρεάζει αξιόλογα τη συσταλτικότητα των κοιλιών. Βέβαια στην κλινική πράξη, η καρδιακή συσταλτικότητα μειούται σε παθήσεις που επηρεάζουν το μυοκάρδιο, όπως η νέκρωση τμήματός του μετά την επέλευση ενός εμφράγματος ή διάχυτη προσβολή των μυϊκών ινών σε διάφορες πρωτογενείς παθήσεις του

μυοκαρδίου (μυοκαρδιοπάθειες). Η *ισχαιμία* μπορεί να προκαλέσει αναστρέψιμη-παροδική μείωση της συσταλτικότητας.

Αύξηση της συσταλτικότητας επέρχεται κατά την άσκηση σε φυσιολογικά άτομα και στον υπερθυρεοειδισμό.

(http://www.incardiology.gr/kardia/kardia_antlia.html)



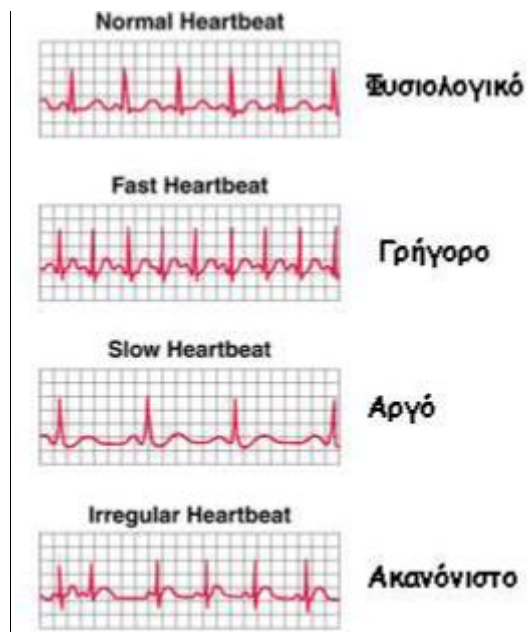
Εικόνα 2.33: Καρδιά & επινεφρίδια στο κυκλοφορικό σύστημα. Μία αλληλοεξαρτώμενη σχέση



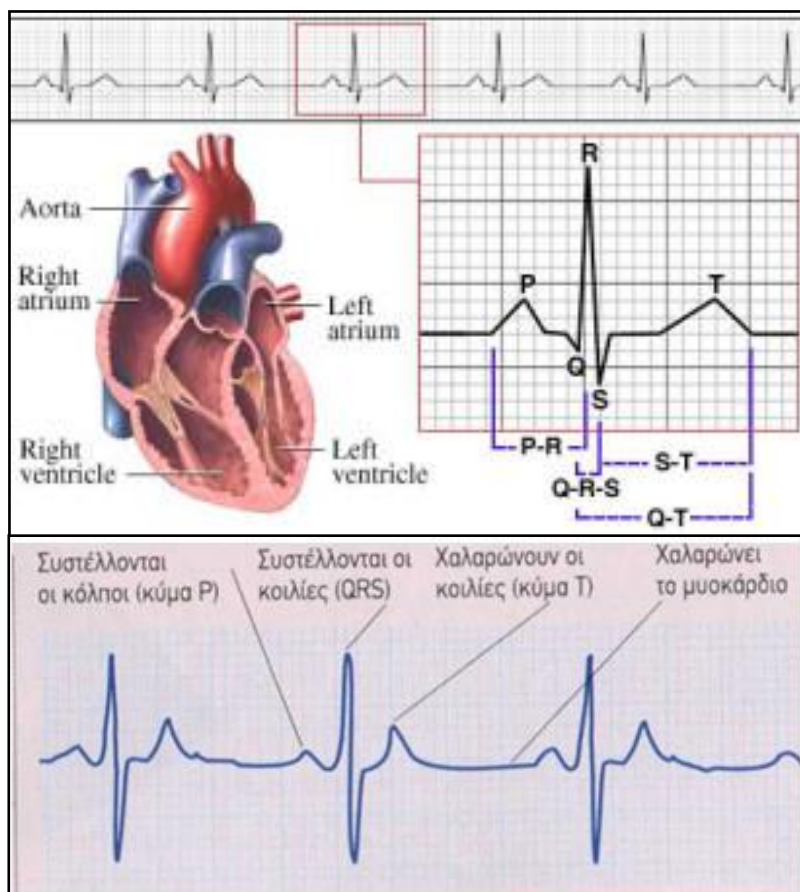
Εικόνα 2.34: Ένα ηλεκτροκαρδιογράφημα ή ΗΚΓ θα μπορούσε να προβλέψει μελλοντικές επιθέσεις σε ηλικιωμένους.

2.4 Ηλεκτροκαρδιογράφημα

Το ηλεκτροκαρδιογράφημα είναι μια διαθωρακική αναπαράσταση της ηλεκτρικής λειτουργίας της καρδιάς, για μια χρονική περίοδο, όπως ανιχνεύεται από ηλεκτρόδια που εφαρμόζονται στην επιφάνεια του δέρματος και καταγράφονται από ειδική εξωτερική συσκευή. Τα ηλεκτρικά δυναμικά, τα οποία παράγονται από την καρδιά, καταγράφονται με τον ηλεκτροκαρδιογράφο από την επιφάνεια του σώματος και έχουν μια κανονική περιοδικότητα που ελέγχεται από τον φλεβόκομβο από όπου προέρχεται και η αρχική διέγερση. Ο φλεβόκομβος ελέγχει την καρδιακή λειτουργία όσον αφορά τη συχνότητα, γιατί η συχνότητα της ρυθμικής του διέγερσης είναι μεγαλύτερη από τη συχνότητα αυτοδιέγερσης οποιουδήποτε άλλου τμήματος της καρδιάς. Γι' αυτό το λόγο ο φλεβόκομβος θεωρείται ο φυσικός βηματοδότης της καρδιάς. Το ηλεκτροκαρδιογράφημα χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του ρυθμού και της κανονικότητας των καρδιακών παλμών, καθώς επίσης και του μεγέθους και της θέσης των θαλάμων, την παρουσία οποιασδήποτε καταστροφής της καρδιάς και τις επιπτώσεις φαρμάκων ή συσκευών που χρησιμοποιούνται για τη ρύθμιση της καρδιακής λειτουργίας (βηματοδότες).



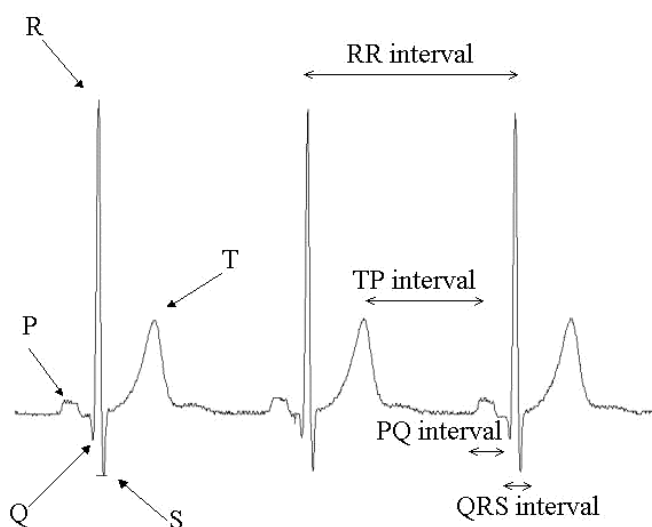
Σχήμα 2.35: Μορφές ηλεκτροκαρδιογραφήματος ανάλογα με την συχνότητα της καρδιάς



Σχήμα 2.36: Σχηματική σύνθεση - επεξήγηση του ηλεκτροκαρδιογραφήματος.

Ο ρυθμός της καρδιακής λειτουργίας μπορεί να καθοριστεί εύκολα από το ηλεκτροκαρδιογράφημα, γιατί το χρονικό διάστημα που περιβάλλεται μεταξύ δύο

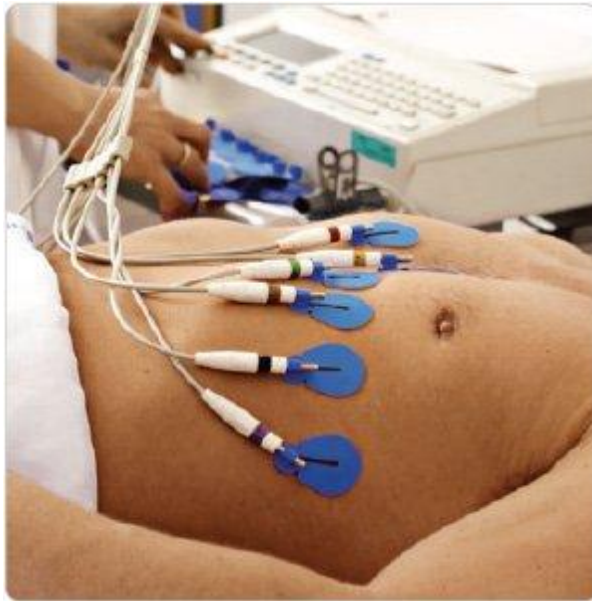
διαδοχικών καρδιακών παλμών είναι το αντίστροφο του καρδιακού ρυθμού. Για παράδειγμα, εάν το χρονικό διάστημα που παρεμβάλλεται μεταξύ δύο διαδοχικών καρδιακών παλμών όπως καθορίζεται από τις γραμμές βαθμονόμησης στο ΗΚΓ είναι 1 sec, τότε ο καρδιακός ρυθμός είναι 60 καρδιακοί παλμοί το λεπτό. Ο καρδιακός ρυθμός (Heart Rate – HR) είναι η συχνότητα των καρδιακών παλμών και μπορεί να κυμανθεί από 60 έως και 100 καρδιακούς παλμούς το λεπτό (beats per minute – bpm) για έναν υγιή ενήλικα σε κατάσταση ξεκούρασης. Τα παιδιά έχουν υψηλότερο ρυθμό HR μέχρι και 120 bpm, ενώ αντίθετα ένας αθλητής σε καλή φυσική κατάσταση μπορεί να έχει ακόμα και 40-50 bpm.



Σχήμα 2.37: Συνηθισμένη μορφή ΗΚΓ με 3 καρδιακούς παλμούς. Με βέλη υποδεικνύονται οι χαρακτηριστικές συνιστώσες και τα χρονικά διαστήματα (Πηγή: <http://www.cbi.dongnocchi.it>)

Το έπαρμα R είναι μια πολύ χαρακτηριστική μορφή ενός ΗΚΓ με το ηλεκτρικό δυναμικό να καταγράφει την υψηλότερη τιμή του κατά τη φάση εκπόλωσης των κοιλιών πριν από τη συστολή τους. Στην Εικόνα 2.37 φαίνεται μια ακόμα συνηθισμένη μορφή ηλεκτροκαρδιογραφήματος, όπου φαίνεται και το διάστημα R-R (RR interval) που είναι το χρονικό διάστημα ανάμεσα σε δύο διαδοχικές κορυφές R όπως καταγράφονται σε ένα ΗΚΓ. Οι μετρήσεις του διαστήματος RR έχουν ιδιαίτερη καρδιολογική σημασία στη μελέτη και την πρόγνωση καρδιακών παθήσεων όπως σε άτομα χωρίς προηγούμενο ιστορικό

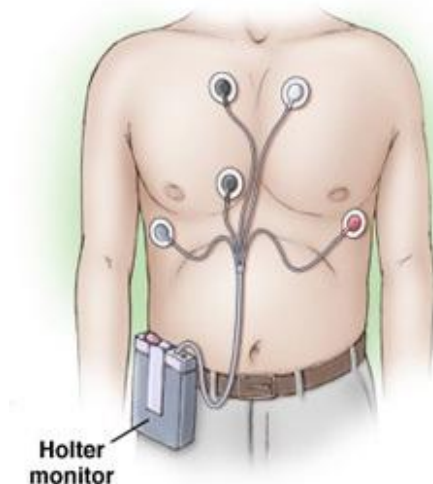
(Whitsel *et al.*, 2001), την καρδιακή αρρυθμία (Garcia and Miller, 2004; Tsipouras *et al.*, 2005) και τη μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού (Heart Rate Variability – HRV) (Sandercock G., 2008). Η μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού είναι ένα χαρακτηριστικό μέγεθος για την καρδιακή υγεία: μειώσεις στο HRV μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την πρόγνωση καρδιακών παθήσεων, όπως η στεφανιαία νόσος και τα εμφράγματα του μυοκαρδίου.



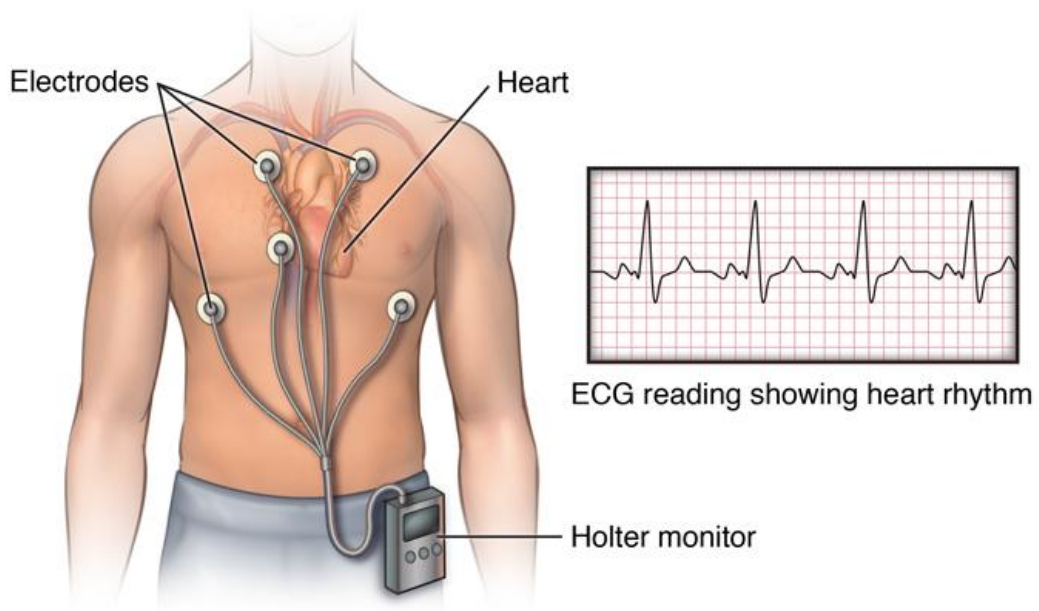
Εικόνα 2.38: Ένα ηλεκτροκαρδιογράφημα (ECG) 12 απαγωγών είναι μια καταγραφή της ηλεκτρικής δραστηριότητας της καρδιάς, ενώ ο ασθενής ξαπλώνει. Η εγγραφή χρησιμοποιείται για να δείξει την αγωγιμότητα μέσω της καρδιάς



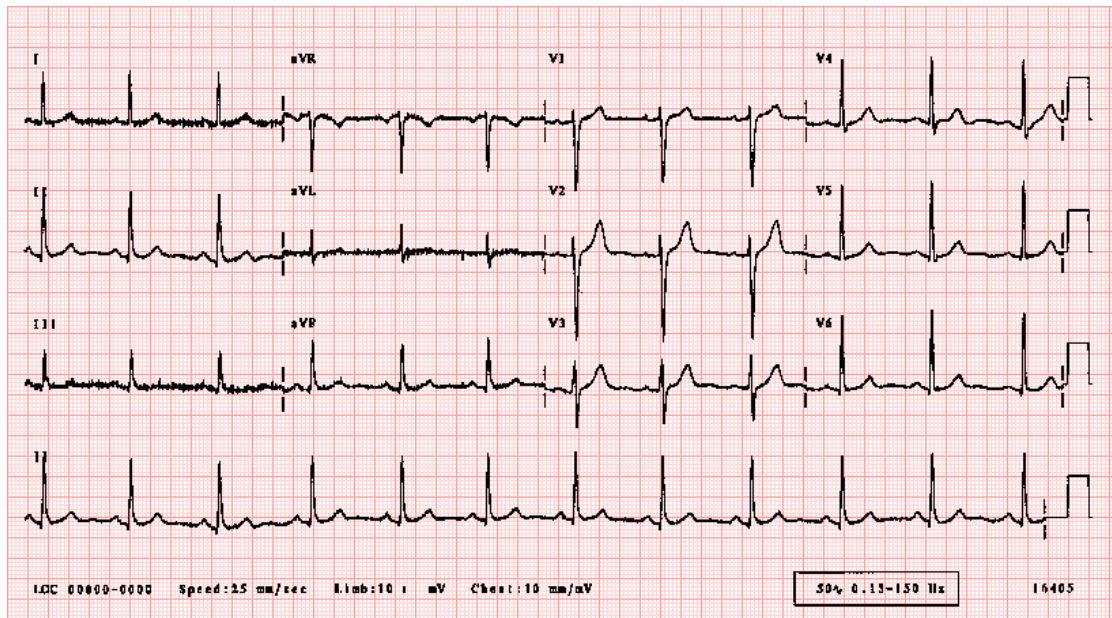
Εικόνα 2.39: Επάνω: Holter monitor. Ένα ηλεκτροκαρδιογράφημα σε συσκευή holter monitor είναι μια καταγραφή της ηλεκτρικής δραστηριότητας της καρδιάς, σε περιπατητικούς ασθενείς. Τέτοιες συσκευές χρησιμοποιήθηκαν από τους ασθενείς – περιστατικά του δείγματος αυτής της έρευνας. Κάτω: Προσαρμοσμένο σε ασθενή



Holter monitor with ECG reading



Εικόνα 2.40 Holter monitor σε ασθενή. Ένα αρσενικό κορμί με καλώδια που συνδέονται με το στήθος. Οι αγωγοί συνδέονται με το holter monitor.



Εικόνα 2.41: Φυσιολογικό καρδιογράφημα.



Εικόνα 2.42: Καρδιά γερή & υγιής.

2.5 Υγιής Καρδιά

Η παχυσαρκία, η υψηλή αρτηριακή πίεση και η υψηλή χοληστερόλη ενδέχεται να αυξάνουν το ρίσκο για ανάπτυξη καρδιακής νόσου. Παρ' όλο που το 50% αυτών που παθαίνουν καρδιακές προσβολές έχει φυσιολογικά επίπεδα χοληστερίνης. Η καρδιακές νόσοι αποτελούν πολύ σημαντικό παράγοντα θνησιμότητας στον πληθυσμό και τον σημαντικότερο στον δυτικό κόσμο⁷. Βέβαια κανείς θα πρέπει να λάβει υπ'όψιν του και άλλους παράγοντες όπως ο τρόπος ζωής, οι συνήθειες, η άσκηση και η διατροφή⁸ καθώς επίσης και η γενική υγεία και κατάσταση του ατόμου (ψυχική-συναισθηματική-κοινωνική και φυσική).



Εικόνα 2.43: Υγής καρδιά με απλές κινήσεις (άρθρο-Πηγή: nutrimed.gr)

Χοληστερόλη, κορεσμένο λίπος, αλάτι, ω3 λιπαρά, φρούτα, λαχανικά, όλα είναι έννοιες συνδεδεμένες είτε θετικά, είτε αρνητικά με την υγεία της καρδιάς. Και μπορεί το DNA να παίζει σημαντικό ρόλο στην εμφάνιση των καρδιαγγειακών νοσημάτων, ωστόσο, όλο και περισσότερα επιστημονικά δεδομένα επιβεβαιώνουν πως τα «κλειδιά» για την αντιμετώπισή τους είναι η πρόληψη και η αλλαγή του τρόπου ζωής.



Εικόνα 2.44: Η Υγεία της καρδιάς σας είναι στα χέρια σας.



Εικόνα 2.45: Ποιές τροφές κρατούν την καρδιά μας υγιή (άρθρο: Αλεξάνδρα Δαμβουνέλη - Κλινική Διαιτολόγος-Διατροφολόγος, πτυχιούχος Χαροκοπείου Πανεπιστημίου Αθηνών, rgcert Διατροφής Αθλητών)

Όπως επιβεβαιώνεται και από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO) , την εποχή που το 50% των θανάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση οφείλονται στα καρδιαγγειακά νοσήματα, το 80% της πρόωρης καρδιακής νόσου και των εγκεφαλικών επεισοδίων μπορούν να προληφθούν..

Το νάτριο, το βασικό συστατικό του αλατιού: Συμβάλλει στην αύξηση της αρτηριακής πίεσης και την εμφάνιση της υπέρτασης, παράγοντες που επιβαρύνουν και την υγεία της καρδιάς. Η ποσότητα αλατιού που συστήνεται να καταναλώνουμε είναι μικρότερη από ένα κουταλάκι του γλυκού την ημέρα, ενώ φαίνεται ότι τόσο ως ενήλικες όσο και τα παιδιά μας ξεπερνάμε κατά πολύ τη συνιστώμενη αυτή ποσότητα.

Κορεσμένα λίπη: Τα κορεσμένα λιπαρά βρίσκονται σε ζωικά προϊόντα όπως το ζωικό βούτυρο, τα λιπαρά κρέατα, καθώς και σε πολλά έτοιμα φαγητά, κέικ, γλυκά και αρτοσκευάσματα. Η υψηλή πρόσληψη κορεσμένων λιπαρών είναι συνδεδεμένη με αυξημένο κίνδυνο καρδιαγγειακών και εγκεφαλικών επεισοδίων.

Ελαιόλαδο: Η αντικατάσταση των κορεσμένων λιπαρών της διατροφής από μονοακόρεστα και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα συμβάλλει στη μείωση των επιπέδων της «κακής» χοληστερόλης (LDL), προστατεύοντας έτσι και την καρδιά. Το ελαιόλαδο περιέχει μονοακόρεστα λιπαρά οξέα και βιταμίνη E, η οποία έχει ισχυρή αντιοξειδωτική δράση.

Παρά τη θετική του σύσταση όμως, είναι σημαντικό να δίνουμε προσοχή και στην ποσότητα ελαιολάδου που καταναλώνουμε, καθώς ανήκει στην κατηγορία του λίπους, συστατικό που αποδίδει αρκετές θερμίδες.

Ω-3 για καλή καρδιά: Τα ω-3 λιπαρά οξέα είναι γνωστά για τις ευεργετικές ιδιότητές τους, τη βελτίωση δηλαδή των επιπέδων της «κακής» χοληστερίνης και των

τριγλυκεριδίων στο αίμα. Τα ω-3 βρίσκονται στα ψάρια, σε ξηρούς καρπούς και σε εμπλουτισμένα τρόφιμα όπως οι μαλακές μαργαρίνες.

Φρούτα και λαχανικά: Τα φρούτα και τα λαχανικά είναι πλούσια σε αντιοξειδωτικά συστατικά και φυτικές ίνες οι οποίες συμβάλλουν στη μείωση της χοληστερόλης και των τριγλυκεριδίων στο αίμα. Φροντίστε να καταναλώνετε 5 μερίδες φρούτων και λαχανικών διαφορετικών χρωμάτων ημερησίως.

Η άσκηση ως «σύμμαχος»: Ο καθιστικός τρόπος ζωής αυξάνει τον κίνδυνο εμφάνισης καρδιαγγειακών. Υπολογίζεται πως ασκούμενοι συστηματικά μειώνουμε τον κίνδυνο καρδιαγγειακών και εγκεφαλικού κατά 35%. Αρκεί λοιπόν μισή ώρα άσκησης την ημέρα για πέντε τουλάχιστον ημέρες την εβδομάδα, προκειμένου να βελτιώσετε την υγεία της καρδιάς σας. (Πηγή: nutrimed.gr)



Εικόνα 2.46: Η άσκηση ως «σύμμαχος» της Υγείας της καρδιάς



Εικόνα 2.47: 8 καθημερινές συνήθειες που βλάπτουν την καρδιά. Υπάρχουν κάποιες φαινομενικά ακίνδυνες καθημερινές συνήθειες, όπως η παρακολούθηση τηλεόρασης για περισσότερο από 9 ώρες την ημέρα, η ελλιπής στοματική υγιεινή, εσφαλμένες συνήθειες ύπνου, Ροχαλητό, άτακτο πρόγραμμα γυμναστικής, Συχνή κατανάλωση αλκοόλ, Μεγάλες ποσότητες φαγητού, Μηδαμινές επισκέψεις στο γιατρό οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν σε αυξημένο κίνδυνο καρδιακής νόσου και ανακοπής. Είναι πολύ σημαντικό αλλά και καταλυτικό να αλλάξουμε κάποια πράγματα από την καθημερινότητα μας για να καταφέρουμε να διατηρήσουμε την καρδιά μας υγιή και «ευτυχισμένη»!



Εικόνα 2.48: Καλλιτεχνική απεικόνιση του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου της καρδιάς & του ανθρώπινου σώματος. Αξιοσημείωτο το γεγονός της ομοιότητας με το σχήμα του μαγνητικού πεδίου της γης, υπενθυμίζοντας μας ότι ο άνθρωπος είναι μικρογραφία του περιβάλλοντος που κατοικεί & αναπόσπαστο μέρος του.

2.6 Ηλεκτρομαγνητικές συχνότητες εκπομπής του ανθρώπινου σώματος και περιβάλλον

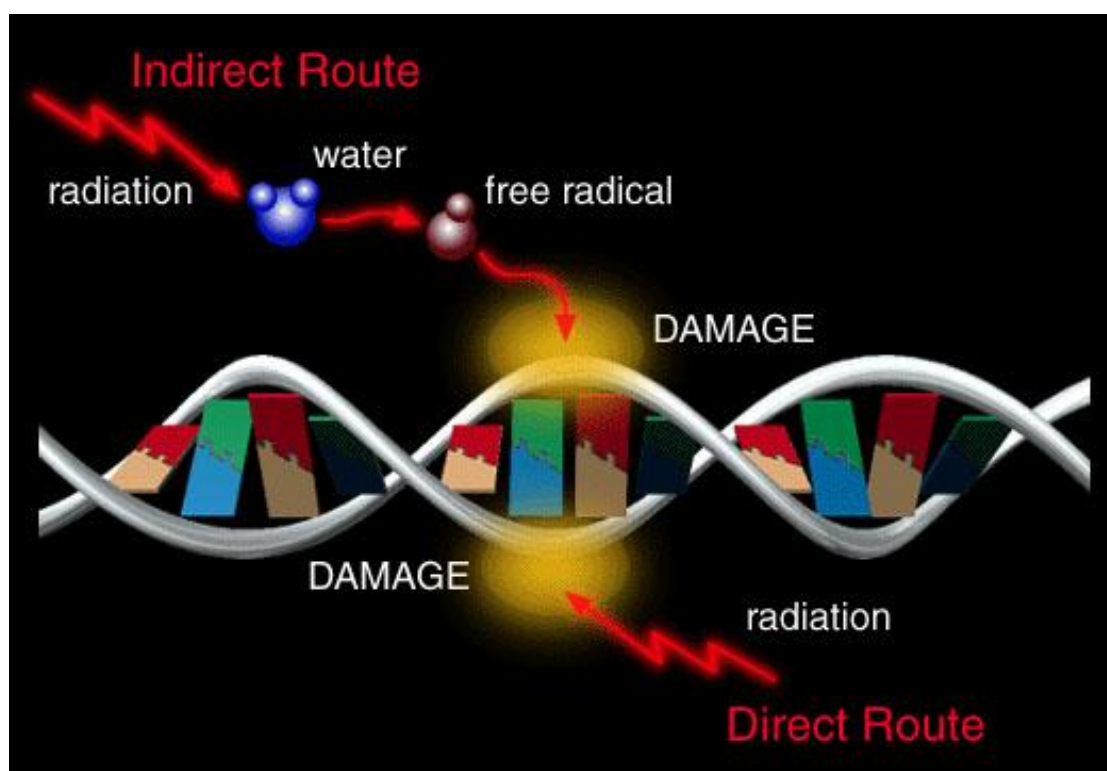
Το ανθρώπινο καρδιαγγειακό σύστημα παράγει πεδία με χαρακτηριστική συχνότητα στα 1.1Hz, η οποία αντιστοιχεί στον καρδιακό ρυθμό. Η φασματική ανάλυση των συχνοτήτων του καρδιαγγειακού συστήματος που κυμαίνονται από 0.01 έως 2.5 Hz ενδεχομένως να οδηγήσει σε βαθύτερη κατανόηση της λειτουργίας του ανθρώπινου σώματος και της αλληλεπίδρασής του με το περιβάλλον. Πολλές μελέτες έχουν συσχετίσει τις διάφορες περιοχές του φάσματος με χαρακτηριστικές λειτουργίες του ανθρώπινου σώματος και συγκεκριμένες παθήσεις του καρδιαγγειακού συστήματος (*Stefanovska et al., 2001; Ponomarenko et al., 2009*).

Λαμβάνοντας υπόψη μας ότι τα διάφορα εξωτερικά πεδία μπορούν να προκαλέσουν παρεμβολές σε τεχνητούς βηματοδότες (*Altamura et.al, 1997*), πιθανώς θα έχουν επίδραση και στη μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού.

⁷ Division of Vital Statistics; Arialdi M. Miniño, M.P.H., Melonie P. Heron, Ph.D., Sherry L. Murphy, B.S., Kenneth D. Kochanek, M.A.(2007-08-21). "Deaths: Final data for 2004" (http://www.cdc.gov/nchs/data/nvsr/nvsr55/nvsr55_19.pdf). National Vital Statistics Reports (United States: Center for Disease Control) 55 (19): 7. Retrieved 2012-10-30.

⁸ "Eating for a healthy heart" (<http://www.medicineweb.com/nutrition-/eating-for-a-healthy-heart>). MedicineWeb. . Retrieved 2012-10-30.

Το φαινόμενο του συντονισμού παίζει σπουδαίο ρόλο στη σύνδεση των γεωμαγνητικών παραμέτρων με τις φυσιολογικές. Κάποιες συχνότητες εξωτερικών σημάτων ενδεχομένως να αλληλεπιδρούν ισχυρά με τις συχνότητες των εσωτερικών ηλεκτρομαγνητικών σημάτων που παράγει ο ανθρώπινος οργανισμός (Kolesnik *et. al* 2003). Μία προσέγγιση εξετάζει το μηχανισμό με τον οποίο αναπτύσσονται μη-γραμμικές δυνάμεις στο ζωντανό ιστό οι οποίες προέρχονται από την αλληλεπίδραση μη ομογενών DC μαγνητικών πεδίων με τη μαγνητική επιδεκτικότητα του ιστού (Dorfman, 1971).

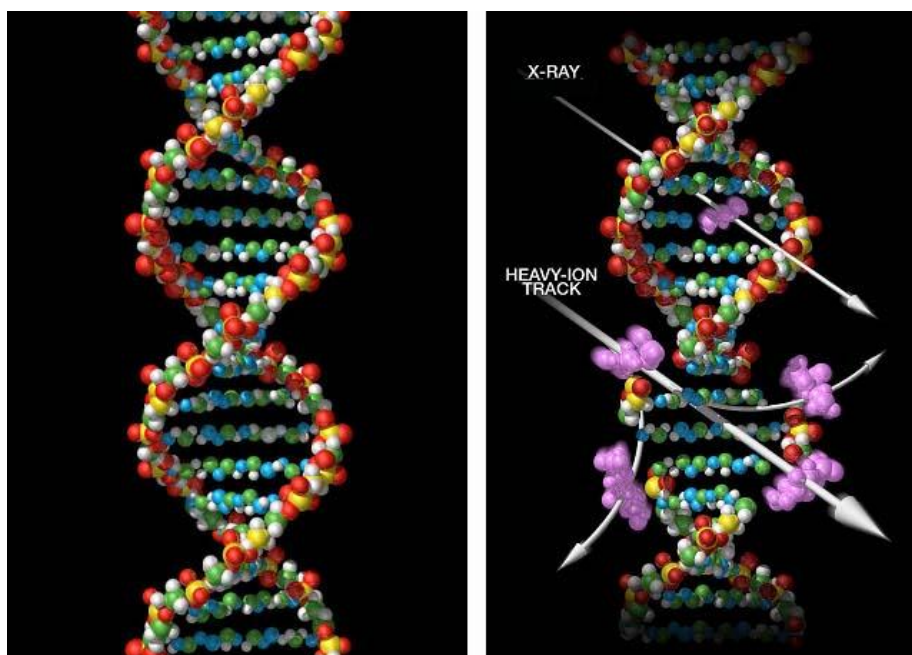


Σχήμα 2.49: Βιολογική δράση της ιονίζουσας ακτινοβολίας. Καλλιτεχνική άποψη βλάβης του DNA από ιονίζουσα ακτινοβολία.

2.7 Αλληλεπίδραση ιονίζουσας ακτινοβολίας με την ύλη

Ιονίζουσα καλείται η ακτινοβολία που μπορεί να προκαλέσει ιονισμό με άμεσο ή έμμεσο τρόπο. Οι ακτινοβολίες αυτές αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής μας. Προέρχονται από το διάστημα, από τη ΓΗ, τον αέρα, το νερό και την τροφή μας, ενώ τις χρησιμοποιούμε κατα κόρον στις ιατρικές εφαρμογές. Οι ακτινοβολίες και η προστασία από αυτές αποτελούν μείζον θέμα τη σημερινή εποχή,

όμως για να μπορέσουμε να εξετάσουμε τις ενδεχόμενες βλαπτικές επιδράσεις τους για τον άνθρωπο θα πρέπει να κατανοήσουμε τα φυσικά φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα πίσω από αυτές. Η κοσμική ακτινοβολία συγκαταλέγεται στις ιονίζουσες ακτινοβολίες, συνεπώς θα πρέπει να αναφερθούμε στους τρόπους με τους οποίους γίνεται αλληλεπίδραση με την ύλη, καθώς με τον όρο αλληλεπίδραση εννοείται τόσο η αλλαγή στην διερχόμενη από την ύλη ακτινοβολία όσο και στην ύλη αυτή καθ'αυτή.

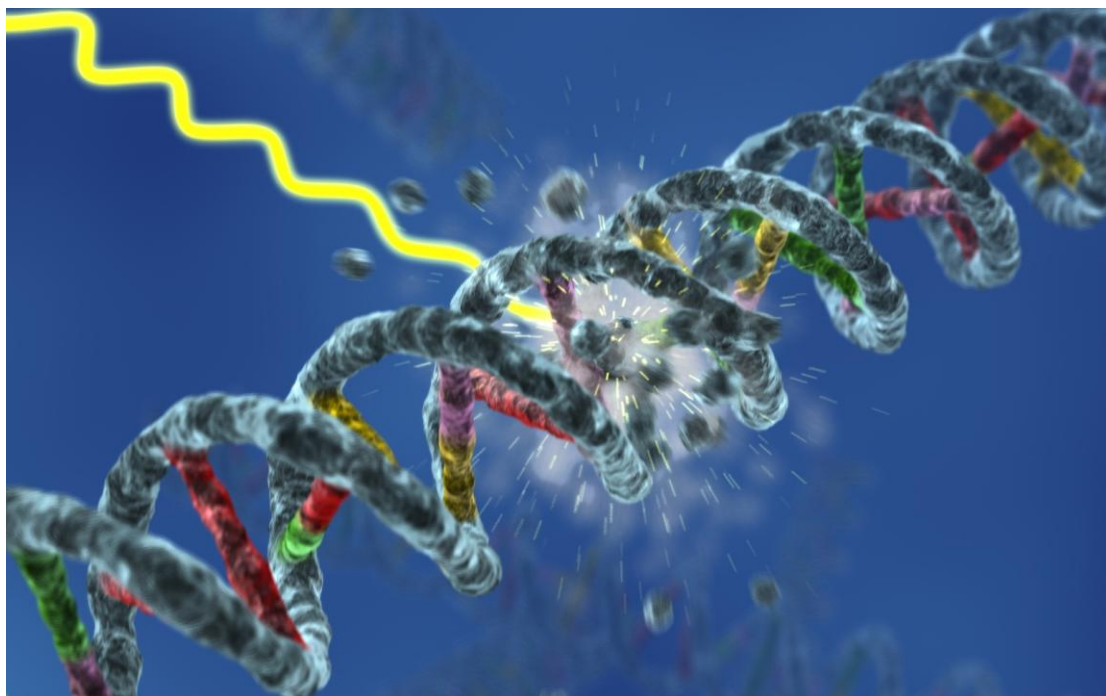


Εικόνα 2.50: Λύση της έλικας του DNA - βλάβη από ιονίζουσα ακτινοβολία.

2.7.1 Αλληλεπίδραση της κοσμικής ακτινοβολίας με την ύλη

Η κοσμική ακτινοβολία αποτελείται από σωματίδια - φορτισμένα και μη που αλληλεπιδρούν με την ύλη και προκαλούν ιονισμό της άμεσα και έμμεσα αντίστοιχα. Τα σωματίδια που καταγράφονται στη Γη, όπως έχει αναφερθεί και στο κεφάλαιο I, είναι κυρίως δευτερογενή σωματίδια που παράγονται όταν τα πρωτογενή αντιδράσουν με συστατικά της ατμόσφαιρας. Οι δευτερογενείς κοσμικές ακτίνες αποτελούνται από πρωτόνια και νετρόνια (νουκλεονική συνιστώσα) κατά 1-2%, μεσόνια (σκληρή συνιστώσα) κατά 80%, ηλεκτρόνια και φωτόνια (μαλακή συνιστώσα) κατά 18%. Το κάθε είδος σωματιδίου αλληλεπιδρά και διαφορετικά με την ύλη. Τα νετρόνια αλληλεπιδρούν με πυρηνικές δυνάμεις και παράγουν ένα ευρύ φάσμα

ανακρουόμενων σωματιδίων και υποατομικών σωματιδίων. Τα διάφορα αυτά σωματάρια αποθέτουν την ενέργειά τους στο υλικό με διαφορετικό τρόπο. Τα νετρόνια απορροφούνται έντονα από τα ελαφριά στοιχεία και συνεπώς έχουν σημαντικές βιολογικές επιδράσεις, αφού ο ανθρώπινος οργανισμός αποτελείται κυρίως από ελαφριά στοιχεία. Τα πρωτόνια και άλλοι βαρύτεροι πυρήνες ιονίζουν άμεσα την ύλη. Κατά την αλληλεπίδραση τους με την ύλη σκεδάζονται ελάχιστα από τα ατομικά ηλεκτρόνια και συνεπώς οι τροχιές τους είναι πρακτικά ευθύγραμμες στο υλικό. Οι εμβέλεια τους είναι πολύ μικρή γι αυτό και όταν η ακτινοβολία γίνεται εξωτερικά ο κίνδυνος που προκύπτει είναι αμελητέος, αντίθετα σε περίπτωση εσωτερικής ακτινοβολίας ο κίνδυνος είναι μεγάλος. Τα ηλεκτρόνια αλληλεπιδρούν με την ύλη με όμοιο τρόπο με τα βαριά σωματάρια μόνο που λόγω της μικρής τους μάζας οι τροχιές τους στο υλικό είναι ακανόνιστες κι επίσης χάνουν ενέργεια μέσω ακτινοβολίας πέδησης. Τα φωτόνια τέλος, αλληλεπιδρούν με την ύλη με τρεις τρόπους φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, φαινόμενο Compton και δίδυμη γένεση και ο ιονισμός της ύλης γίνεται με εκπομή ηλεκτρονίων (έμμεσος τρόπος). Για τις ενέργειες που αναφερόμαστε υπερισχύει η δίδυμη γένεση.



Εικόνα 2.51: Καλλιτεχνική (3d model) άποψη βλάβης του DNA από ιονίζουσα ακτινοβολία

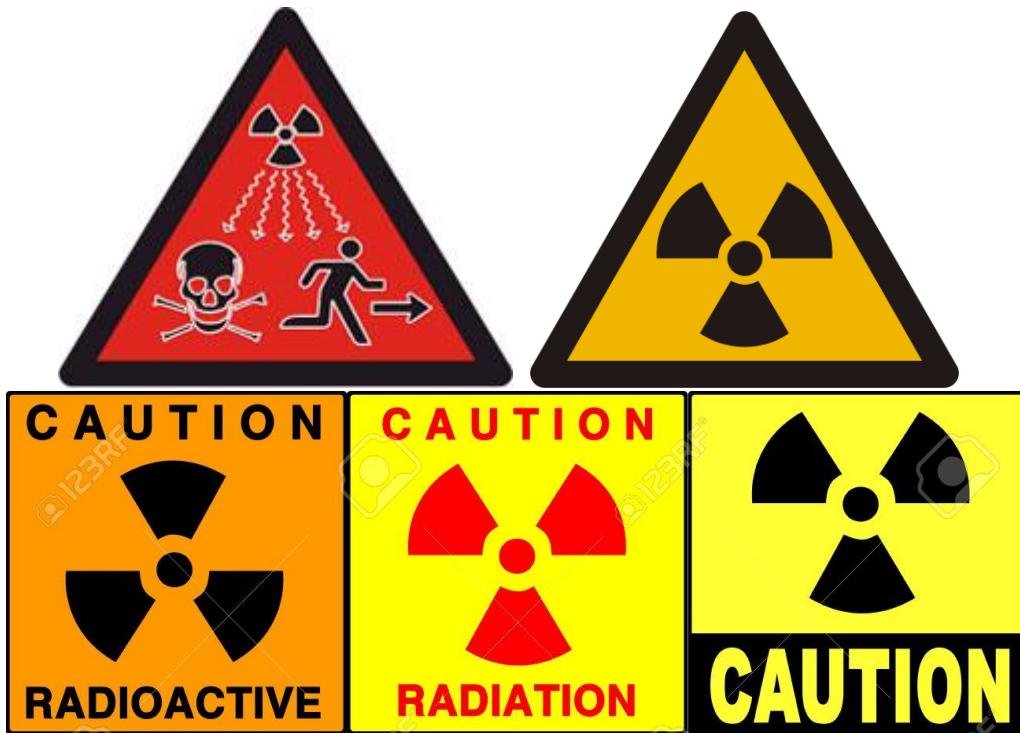
2.7.2 Βιολογική δράση της ιονίζουσας ακτινοβολίας

Η ιονίζουσα ακτινοβολία έχει ικανή ενέργεια ώστε να σπάει δεσμούς στα βιολογικά μόρια με αποτέλεσμα να δημιουργούνται ελεύθερες ρίζες. Οι ελεύθερες ρίζες δρουν στις πρωτεΐνες, στους υδατάνθρακες και στα λίπη προκαλώντας βλάβες. Ενώ ένας από τους πιο ευαίσθητους στόχους στο κύτταρο είναι το DNA. Αλλαγή-αλλοίωση της δομής του DNA μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα αν πρόκειται για σωματικό κύτταρο το συνεχή πολλαπλασιασμό του ανώμαλου κυττάρου κι αν πρόκειται για γενετικό κύτταρο τη μετάδοση της ανωμαλίας στις επόμενες γενιές.



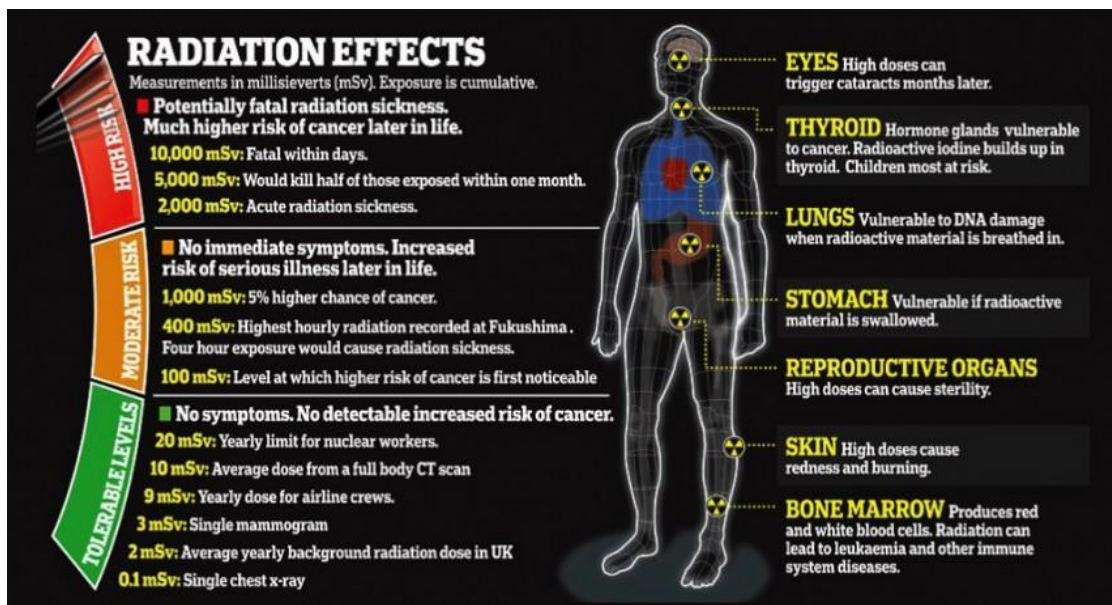
Εικόνα 2.52: Διαστημική ακτινοβολία χτυπά το DNA των κυττάρων. (NASA)

Τα αποτελέσματα στον ανθρώπινο οργανισμό συνοψίζονται σε δύο κατηγορίες τα στοχαστικά και τα μη στοχαστικά αποτελέσματα. Τα στοχαστικά αποτελέσματα αφορούν σε αυτά που εμφανίζονται σε τυχαία άτομα στον πληθυσμό που ακτινοβολείται. Η τιμή της δόσης δεν επηρεάζει τη σοβαρότητα της βλάβης, αλλά όσο μεγαλύτερη η δόση, τόσο μεγαλύτερη η πιθανότητα εμφάνισης της βλάβης. Τα στοχαστικά είναι απώτερα, δηλαδή εκδηλώνονται αφού περάσει μεγάλο χρονικό διάστημα από την ακτινοβολία. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η καρκινογένεση. Τα μη στοχαστικά αποτελέσματα εμφανίζονται όταν η δόση ξεπεράσει μια ορισμένη τιμή κατωφλίου και είναι απίθανο να συμβούν σε μικρότερες δόσεις. Για δόσεις μεγαλύτερες από αυτήν του κατωφλίου, η σφοδρότητα της βλάβης αυξάνεται όσο αυξάνεται η δόση. Τα μη στοχαστικά αποτελέσματα είναι άμεσα εκδηλώνονται δηλαδή σύντομα μετά την έκθεση. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι ο καταρράκτης του ματιού, η καταστροφή των αιμοφόρων αγγείων και η μείωση της γονιμότητας.

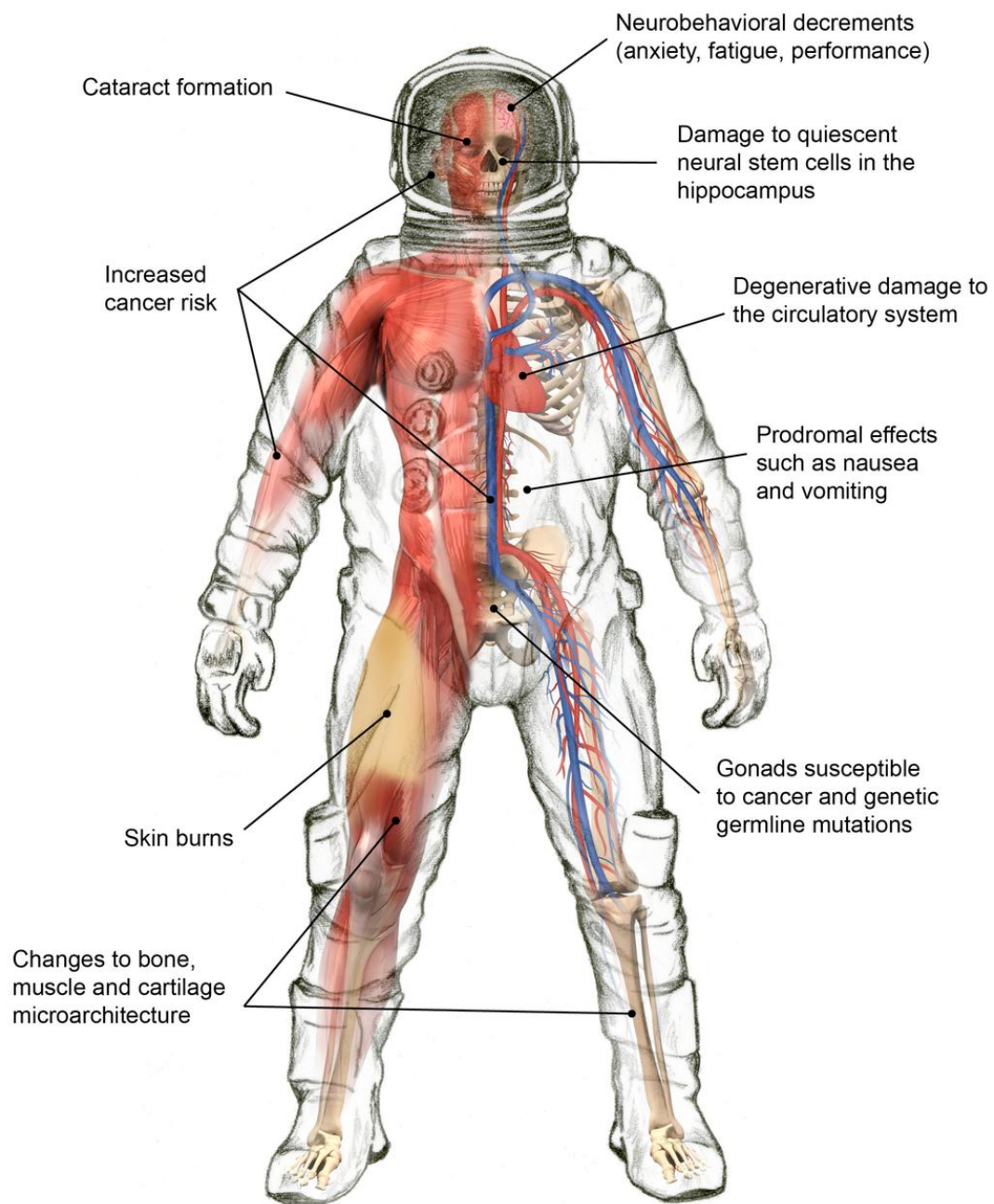


Εικόνα 2.53: Προειδοποιητικές σημάσεις. Η ακτινοβολία είναι επικίνδυνη για τα ζωντανά πλάσματα

Το βιολογικό αποτέλεσμα της ακτινοβολίας εξαρτάται τόσο από το είδος της ακτινοβολίας όσο και από το είδος του ακτινοβολούμενου ιστού, διαφορετικοί ιστοί απορροφούν διαφορετικά.



Σχήμα 2.54: Πυρηνική Ακτινοβολία - Ραδιενέργεια & κίνδυνοι για την υγεία. Το διάγραμμα δείχνει τη ζημιά που κάνει η Ραδιενέργεια στο ανθρώπινο σώμα.



Εικόνα 2.55: Επίδραση & βλάβες στον οργανισμό των αστροναυτών από την ραδιενέργεια των κοσμικών ακτίνων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ



ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ & ΔΕΔΟΜΕΝΑ

3.1 Εισαγωγή

Πολλές μελέτες έχουν δείξει συσχέτιση μεταξύ του διαστημικού καιρού και της ανθρώπινης ομοιόστασης. Αυτό το νέο επιστημονικό πεδίο ονομάστηκε από τον ερευνητή (*Stoupel 2006*) κλινική κοσμοβιολογία. Τέτοιες μελέτες είναι πολύπλοκες καθώς εξαρτώνται από την απάντηση του ανθρώπινου οργανισμού και την κατάσταση της υγείας του ανθρώπου, που μπορεί να επηρεαστεί από ποικίλους παράγοντες και μέσω πολλών διαφορετικών οδών. Κάποιες μελέτες χρησιμοποιούν δεδομένα από σταθμούς ανά τον κόσμο σε περιόδους ακόμη και πολλών ετών (*Stoupel et al., 2011; 2007a; 2007b; 2002*), ενώ άλλες εξετάζουν δεδομένα που αφορούν σε περιόδους με έντονη ηλιακή και γεωμαγνητική δραστηριότητα (*Stoupel*

et al., 1995; Papailiou et al., 2009). Τα παραπάνω στοιχεία, είτε η μελέτη ανήκει στη μία κατηγορία είτε στην άλλη, συσχετίζονται με ιατρικά δεδομένα που αφορούν είτε σε συγκεκριμένες ομάδες υποκειμένων όπως τα πληρώματα αεροσκαφών (*Papailiou et al., 2012; Mavromichalaki et al., 2011*) είτε σε τυχαίο πληθυσμό (*Ioannidou et al., 2012*).



Εικόνα 3.1: Παρατηρητής του Σέλαος δέχεται επίδραση από τις κατακρημνήσεις κοσμικής ακτινοβολίας (που προκαλούν γεωμαγνητικές διαταραχές όπως το Σέλας) μια επίδραση που συνδέεται με αλλαγές στην ομοίωσταση.

Όπως σημειώθηκε και προηγουμένως, η ενδεχόμενη συσχέτιση μεταξύ διαστημικού καιρού και ανθρώπινων φυσιολογικών παραμέτρων έχει απασχολήσει πολλούς μελετητές. Συγκεκριμένα, πολλές μελέτες εξέτασαν τον αντίκτυπο γεωμαγνητικών παραγόντων και της κοσμικής ακτινοβολίας στις φυσιολογικές ανθρώπινες

παραμέτρους. Αυτές οι κοσμοφυσικές παράμετροι μπορεί να επιδρούν στην λειτουργία του ανθρώπινου εγκεφάλου και του νευρικού συστήματος, και έχουν συνδεθεί με εγκεφαλικά επεισόδια, διαταραχές του καρδιακού ρυθμού, καθώς και με τροχαία ατυχήματα. Συγκεκριμένα, κοσμογεωφυσικές παράμετροι εμφανίζονται να σχετίζονται με την εμφάνιση εγκεφαλικών (Mikulecký and Strestík, 2007). Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι η γεωμαγνητική δραστηριότητα επιδρά στην έκκριση μελατονίνης και γι αυτό συνδέεται με αλλαγές στα φυσιολογικά πρότυπα ύπνου (Conesa, 1997; Weydahl et al., 2001). Οι γεωμαγνητικές μεταβολές σχετίζονται με τροχαία ατυχήματα τα οποία με τη σειρά τους συνδέονται με την αυξανόμενη ανησυχία και νευρικότητα των οδηγών (Ascikaliev et al., 1995; Dorman et al, 2001). Επίσης, ο διαστημικός καιρός φαίνεται να επηρεάζει την ανθρώπινη ψυχική κατάσταση (Ventriglio et al, 2011; Perry, 1981). Οι γεωμαγνητικές καταιγίδες ενδεχομένως παίζουν ρόλο στην εποχιακή αύξηση των επεισοδίων κατάθλιψης σε ευαίσθητα άτομα (Babayev and Allahverdiyeva, 2007). Ομοίως, παρατηρείται μια αύξηση στις εισαγωγές σε νοσοκομείο με κατάθλιψη και μανιοκατάθλιψη κατά τη διάρκεια της εβδομάδας που ακολουθεί μια γεωμαγνητική καταιγίδα (Kay, 1994). Τέλος, ο αριθμός των μηνιαίων γεννήσεων (και για τα δύο φύλα) συνδέεται με το επίπεδο της μηνιαίας έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας και των δεικτών της ηλιακής δραστηριότητας 9 μήνες πριν το μήνα της γέννησης (Stoupel et al, 2006b).



Εικόνα 3.2: Καλλιτεχνική απεικόνιση του καρδιακού ρυθμού σε στατιστικούς άξονες – διαγραμματική απεικόνιση.

Ο καρδιακός ρυθμός είναι μια φυσιολογική παράμετρος που ενδεχομένως αντανακλά την απάντηση του ανθρώπινου σώματος σε εξωτερικά ή εσωτερικά ερεθίσματα. Ο καρδιακός ρυθμός ελέγχεται από τον συνδυασμό νευρικών και χημικών συστατικών στο σώμα και σε γενικές γραμμές είναι γενετικά καθορισμένος. Ποικίλει μεταξύ των ατόμων και μπορεί επίσης να επηρεαστεί από μεταβλητές όπως η ηλικία, το φύλο, ουσίες και φάρμακα, τον τρόπο ζωής, τις μεταβολές της

θερμοκρασίας, της πίεσης και της υγρασίας και άλλων μετεωρολογικών παραμέτρων καθώς και ασθενειών. (Hopstock et al., 2012; Pal et al., 2012; McNarry et al., 2012; Corsetti et al., 2012). Επίσης, καταστάσεις όπως η έλλειψη ύπνου, ραγδαίες αλλαγές στην χημεία του αίματος, ευερεθιστότητα και άλλα μπορούν να διαφοροποιήσουν τον καρδιακό (Suzuki et al., 2012; Sørensen et al., 2012). Επιπλέον, τα συναισθήματα παίζουν σημαντικό ρόλο, ειδικά σε συνθήκες έντονου άγχους (stress) (Stapelberg et al., 2012). Επιπρόσθετα σε αυτούς τους παράγοντες, διαταραχές σε κοσμοφυσικές παραμέτρους ενδεχομένως παίζουν κάποιο ρόλο στις παρατηρούμενες μεταβολές του καρδιακού ρυθμού.

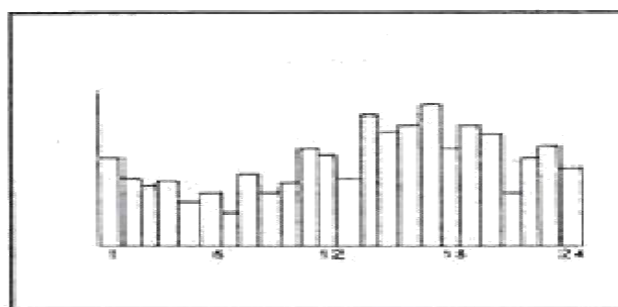


Εικόνα 3.3: Παρατηρούμενες μεταβολές του καρδιακού ρυθμού & άρα της καρδιαγγειακής ομοιόστασης. Οι κοσμοφυσικές παράμετροι ενδεχομένως παίζουν κάποιο ρόλο στις μεταβολές αυτές.

Κατά τη διάρκεια των προηγούμενων δεκαετιών, πολλοί ερευνητές ασχολήθηκαν με την ενδεχόμενη σχέση μεταξύ διαστημικού καιρού και καρδιαγγειακής ομοιόστασης. Πολλές μελέτες έχουν καταδείξει ότι η γεωμαγνητική δραστηριότητα (GMA) και η ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας (CRI) συνδέονται με μεταβολές σε ανθρώπινες φυσιολογικές παραμέτρους, όπως ο καρδιακός ρυθμός και η αρτηριακή πίεση του αίματος (Dimitrova, 2008; 2009b; Mavromichalaki et al., 2008; Papailiou et al., 2011; 2012). Αξίζει να σημειωθεί ότι γυναίκες και άνδρες φαίνεται να αντιδρούν με διαφορετικούς τρόπους. Οι γυναίκες μοιάζουν πιο ευαίσθητες στις μεταβολές των γεωμαγνητικών πεδίων. Το ίδιο παρατηρείται και σε ασθενείς που ακολουθούν

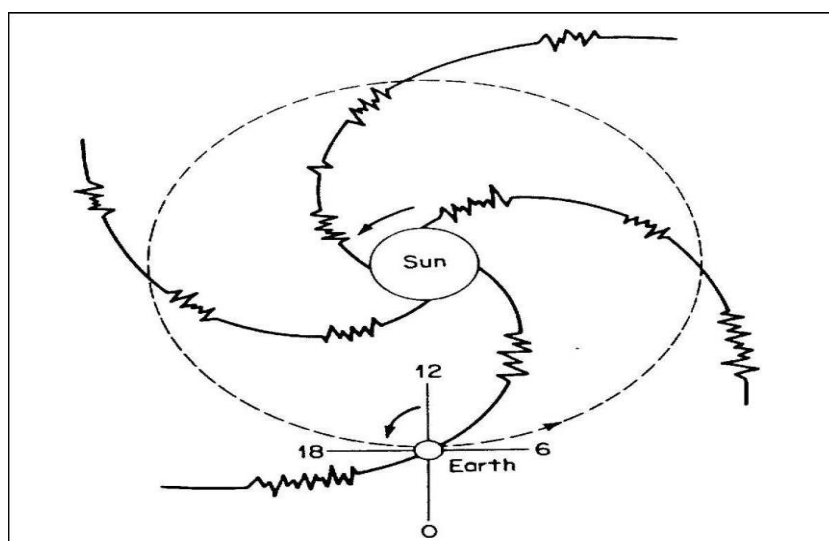
φαρμακευτική αγωγή, κυρίως για υπέρταση (Dimitrova, 2008). Επίσης, υπάρχει σύνδεση μεταξύ των παραπάνω παραμέτρων (GMA, CRI) με καρδιαγγειακές παθήσεις, συμπεριλαμβανομένου αρρυθμιών, ισχαιμική καρδιακή πάθηση (στεφανιαία νόσος), και έμφραγμα μυοκαρδίου (Knox et al., 1979; Villoresi et al., 1994; Baevsky et al., 1997; Dorman et al., 2001; Cornelissen et al., 2002; Stoupel et al., 2002; 2007, Dimitrova 2009a). Έχει δειχθεί ότι η ημερήσια και μηνιαία παροδική κατανομή των ξαφνικών καρδιακών θανάτων και συνεπώς η θνησιμότητα των ξαφνικών καρδιακών θανάτων είναι μεγαλύτερη στα μέγιστα κι ελάχιστα ημερήσια επίπεδα της γεωμαγνητικής δραστηριότητας, ενώ ο μηνιαίος αριθμός της θνησιμότητας των ξαφνικών θανάτων είναι αντίστροφα συσχετισμένος με την ηλιακή και γεωμαγνητική δραστηριότητα. (Stoupel et al., 2006c). Επιπλέον, μείωση των παραμέτρων της μεταβλητότητας του καρδιακού ρυθμού έχει παρατηρηθεί σε περιόδους οι οποίες χαρακτηρίζονται από υψηλή γεωμαγνητική δραστηριότητα (Baevsky et al., 1997; Dimitrova et al., 2009). Επιπρόσθετα, προτείνεται μια πρόσκαιρη σχέση των περιοδικοτήτων των γεωμαγνητικών φαινομένων του ηλιακού κύκλου και καρδιαγγειακών (Cornelissen et al., 2005). Τέλος, εμφράγματα του μυοκαρδίου και καρδιακές αρρυθμίες έχουν συνδεθεί με τις περιοδικότητες της ηλιακής δραστηριότητας (11 ετής κύκλος) και γεωμαγνητικές καταιγίδες, ενώ άλλοι έχουν παρατηρήσει σχέση μεταξύ της αντιστροφής πολικότητας του ηλιακού μαγνητικού πεδίου και ποικίλων τύπων αρρυθμίες (Giannaropoulou et al., 2012).

Ένας ακόμη παράγοντας του διαστημικού καιρού που έχει απασχολήσει τους ερευνητές, είναι η ημερήσια ανισοτροπία της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας σε σχέση με την ανθρώπινη υγεία. Η ημερήσια ανισοτροπία έχει βρεθεί να είναι μια μεταβολή της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια κάθε ημέρας (Nagashima et al., 1971), που ακολουθεί ένα ημιτονοειδές κύμα που φτάνει στο μέγιστό του τις πρώτες απογευματινές ώρες (Σχήμα 3.4) (Mavromichalaki, 1989).



Σχήμα 3.4: Ημερήσια ανισοτροπία κοσμικής ακτινοβολίας

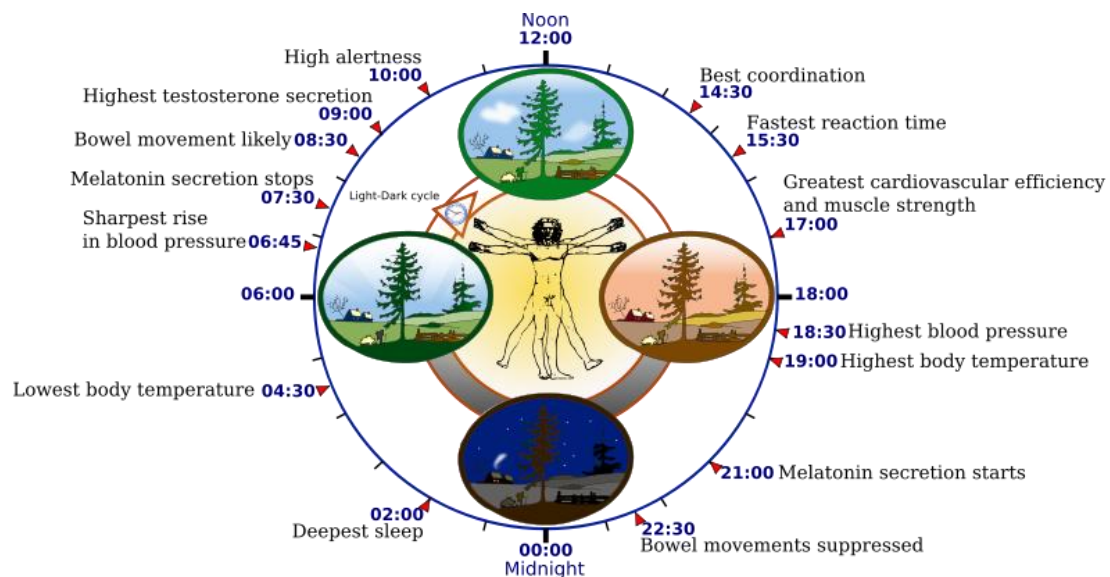
Το φαινόμενο αυτό πιστεύεται ότι προκαλείται από τις ανισοτροπίες χώρου, έξω από την ατμόσφαιρα και το μαγνητικό πεδίο της Γης. Το σπειροειδές μαγνητικό πεδίο περιστρέφεται γύρω από τον Ήλιο, ώστε το αέριο των ισοτροπικών κοσμικών ακτίνων διαταράσσεται από το γεωμαγνητικό πεδίο και γι αυτό αποκτά ταχύτητα της τάξης αρκετών εκατοντάδων χιλιομέτρων το δευτερόλεπτο. Η ταχύτητα αυτή είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα της τροχιάς της Γης, ώστε η ένταση που έρχεται από τη διεύθυνση των 90° ανατολικά της γραμμής Ηλίου- Γης να αυξάνεται, ενώ η ένταση στην αντίθετη διεύθυνση, μειώνεται (Σχήμα 3.5).



Σχήμα 3.5: Το σπειροειδές μαγνητικό πεδίο το οποίο περιστρέφεται γύρω από τον Ήλιο

Αρκετές ανθρώπινες φυσιολογικές παράμετροι εμφανίζουν μια περιοδική ταλάντωση 24 ωρών, γνωστή ως κίρκαδιανό ρυθμό. Ο καρδιακός ρυθμός, επίσης, έχει βρεθεί ότι ακολουθεί κάποιο κίρκαδιανό ρυθμό (Deagute at al., 1991). Τα επίπεδα κατεχολαμινών στο πλάσμα και συνεπώς ο καρδιακός ρυθμός έχει παρατηρηθεί ότι είναι υψηλότερα νωρίς το πρωί, αμέσως μετά το ξύπνημα. Επιπλέον, οι πρωινές ώρες έχουν συνδεθεί με αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης αρνητικών καρδιαγγειακών επεισοδίων. Σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία, αυτή η σύνδεση προέρχεται από τον συνδυασμό του κύκλου του ύπνου και του ενδογενούς κίρκαδιανού ρυθμού, τα οποία τροποποιούν την καρδιακή λειτουργία στους ανθρώπους οδηγώντας σε αυξανόμενη καρδιακή ευπάθεια (Boudreau, 2012). Ο καρδιακός ρυθμός ποικίλει μεταξύ των ατόμων κι επηρεάζεται από μια σειρά ενδογενών κι εξωγενών παραμέτρων. Για παράδειγμα η ηλικία, το φύλο, ουσίες και φάρμακα καθώς και ο τρόπος ζωής, μετεωρολογικές παράμετροι και η γενική κατάσταση υγείας μπορούν να επιδράσουν

στον καρδιακό ρυθμό (Hopstock et al., 2012; Pal et al., 2012; McNarry et al., 2012; Corsetti et al., 2012). Επίσης καταστάσεις όπως η έλλειψη ύπνου και οι ραγδαίες αλλαγές στη χημεία του αίματος, είναι παράμετροι που μπορούν να διαφοροποιήσουν τον καρδιακό ρυθμό (Suzuki et al., 2012; Sørensen et al., 2012). Εκτός από αυτούς τους παράγοντες, διαταραχές σε κοσμοφυσικές παραμέτρους μπορεί να παίζει κάποιο ρόλο στις παρατηρούμενες μεταβολές του ανθρώπινου καρδιακού ρυθμού. Κάτω από αυτές τις συνθήκες εξετάσαμε την ενδεχόμενη σχέση μεταξύ της ημερήσιας μεταβολής της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας και του καρδιακού ρυθμού. Για αυτό το σκοπό οι ωριαίες μετρήσεις του καρδιακού ρυθμού για κάθε ασθενή, όπως καταγράφηκαν από τις συσκευές Holter, συσχετίστηκαν με τις αντίστοιχες ωριαίες τιμές της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας.



Σχήμα 3.6: Ορισμένες λειτουργίες του ανθρώπινου κικκάδιου (24 ωρών) βιολογικό ρολόι

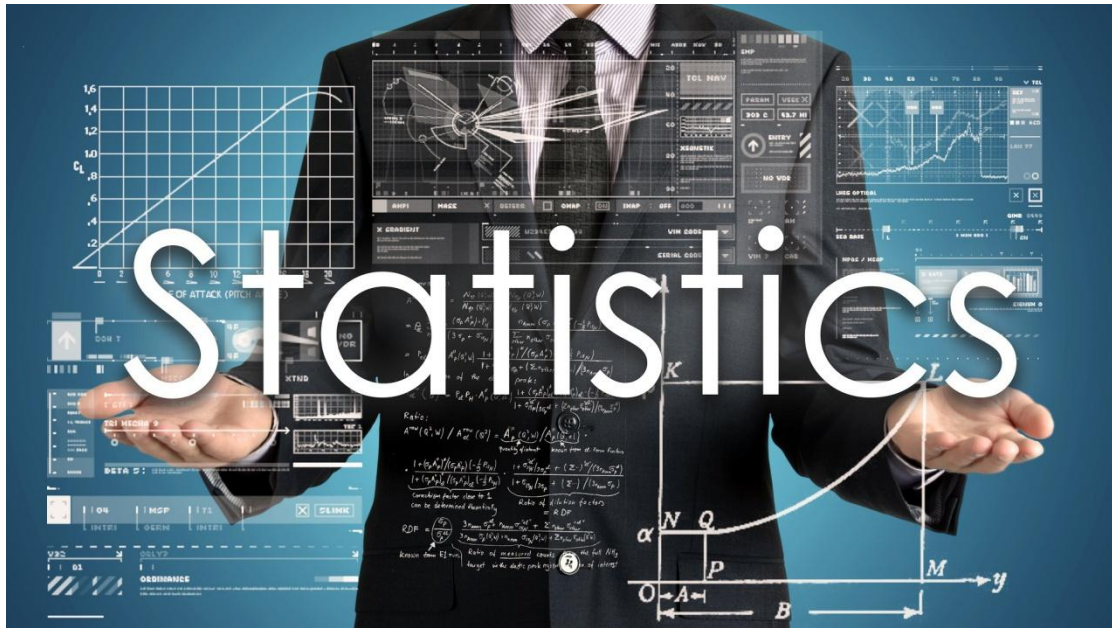


Εικόνα 3.7: Μείζονος σημασίας η μελέτη παραγόντων που ενδεχομένως επιδρούν αρνητικά στην λειτουργία της καρδιάς οι καρδιακές παθήσεις είναι από τις βασικότερες αιτίες θνησιμότητας.

Παρά τα συσσωρευμένα στοιχεία αναφορικά με την επίπτωση του διαστημικού καιρού στην ανθρώπινη υγεία, δεν υπάρχουν οριστικά συμπεράσματα από μελέτες μέχρι τώρα. Λαμβάνοντας υπόψη μας ότι οι καρδιακές παθήσεις είναι από τις βασικότερες αιτίες θνησιμότητας (*Thom, 1989; Murphy et al., 2012; http://www.cdc.gov/nchs/data/nvsr/nvsr60/nvsr60_04.pdf*), η μελέτη παραγόντων που ενδεχομένως επιδρούν αρνητικά στην λειτουργία της καρδιάς, είναι πολύ σημαντική. Στα πλαίσια αυτού, στοχεύσαμε να εξετάσουμε την πιθανή συσχέτιση μεταξύ της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας και της γεωμαγνητικής δραστηριότητας με τον ανθρώπινο καρδιακό ρυθμό χρησιμοποιώντας μετρήσιμα κοσμοφυσικά & ιατρικά δεδομένα.



Σχήμα Α: Καλλιτεχνική αναπαράσταση δεδομένων νουμερικής μορφής προς επεξεργασία με σκοπό την έρευνα.



Εικόνα 3.8: Η Στατιστική είναι μία μεθοδική μαθηματική, παλαιότερα τεχνική και σήμερα επιστήμη που επιχειρεί να εξαγάγει έγκυρη γνώση χρησιμοποιώντας εμπειρικά δεδομένα παρατήρησης, ή πειράματος. Κύριο αντικείμενο έρευνας και μελέτης της Στατιστικής είναι η συλλογή, ταξινόμηση, επεξεργασία, παρουσίαση, ανάλυση και ερμηνεία διαφόρων δεδομένων με απώτερο στόχο την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων για λήψη ορθών αποφάσεων. Πρόκειται για σημαντική επιστήμη της οποίας οι εφαρμογές έχουν ευρύτατο πεδίο στη διοικητική, τις επιχειρήσεις, καθώς και στις θετικές και συμπεριφορικές ή Κοινωνικές επιστήμες. Η Στατιστική αποτελεί σήμερα κλάδο των εφαρμοσμένων μαθηματικών, οι δε ασχολούμενοι στο στατιστικό πεδίο έρευνας και ανάλυσης καλούνται γενικά στατιστικοί ή στατιστικολόγοι. (<https://el.wikipedia.org>)

3.2 Βασικές Αρχές Στατιστικής Ανάλυσης

Στην παράγραφο αυτή αναπτύσσονται μερικές βασικές αρχές της στατιστικής ανάλυσης και επεξηγούνται οι έννοιες και τα στατιστικά μεγέθη που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία των δεδομένων αυτής της εργασίας. Γενικά, ο τελικός στόχος κάθε έρευνας που βασίζεται στην επιστημονική ανάλυση είναι η εξεύρεση των σχέσεων που υπάρχουν ανάμεσα σε διάφορες μεταβλητές. Η συσχετιστική έρευνα περιλαμβάνει την καταμέτρηση των σχέσεων αυτών με τον πιο άμεσο τρόπο και η επιστήμη της στατιστικής βοηθά στην εκτίμηση της σημασίας τους.

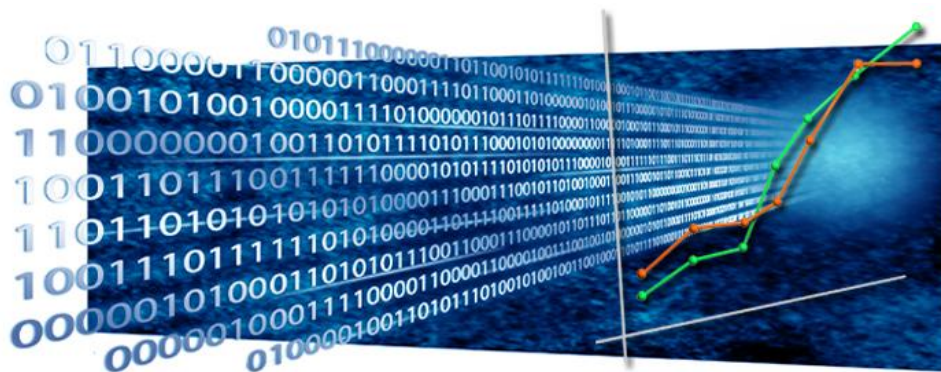
3.2.1 Στατιστικές υποθέσεις

Μια ερευνητική υπόθεση μπορεί να ελεγχθεί στατιστικά στη βάση μιας ή περισσότερων στατιστικών υποθέσεων. Οι στατιστικές υποθέσεις συνήθως

αποτελούν ένα μαθηματικό πρότυπο ή μοντέλο της ευρύτερης ερευνητικής υπόθεσης που πρέπει να ελεγχθεί στατιστικά. Οι στατιστικές υποθέσεις μπορεί να διατυπωθούν στη μορφή λογικών προτάσεων ή απλών μαθηματικών σχέσεων που αφορούν παραμέτρους πληθυσμών και οι οποίες χρήζουν στατιστικής απόδειξης. Σε αυτή την κατεύθυνση ο ερευνητής πρέπει να διατυπώσει δύο υποθέσεις με τη μορφή λογικών προτάσεων ή απλών μαθηματικών σχέσεων. Η πρώτη υπόθεση ονομάζεται μηδενική H_0 και η δεύτερη εναλλακτική H_1 .

Μηδενική υπόθεση είναι μια στατιστική υπόθεση που περιλαμβάνει οπωσδήποτε το ενδεχόμενο ότι δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ των παραμέτρων δύο πληθυσμών ή ότι οι παράμετροι είναι ίσοι με ορισμένες σταθερές (υποθετικές) τιμές. Είναι αυτή η σχέση ισότητας που ελέγχουμε στατιστικά στη συνέχεια. π.χ. μια μηδενική υπόθεση μπορεί να είναι το ότι οι μέσες τιμές από τις μεταβλητές α και β είναι ίσες, δηλαδή $H_0: \mu_\alpha = \mu_\beta$. Η εναλλακτική υπόθεση είναι μια στατιστική υπόθεση η οποία αποτελεί τη λογική εναλλακτική της σχέσης που περιλαμβάνεται στη μηδενική υπόθεση, δηλαδή στο πιο πάνω παράδειγμα η εναλλακτική υπόθεση θα είναι $H_1: \mu_\alpha \neq \mu_\beta$

Σε ένα στατιστικό έλεγχο θέλουμε μια σωστή στατιστική απόφαση ή να είμαστε βέβαιοι ότι η πιθανότητα για μια λανθασμένη απόφαση είναι πολύ μικρή. Για το σκοπό αυτό επιλέγεται μια συγκεκριμένη τιμή της πιθανότητας αυτής που ονομάζεται επίπεδο σημαντικότητας (significance level). Η ελάχιστη τιμή του επιπέδου σημαντικότητας που αντιστοιχεί στην απόρριψη μιας μηδενικής υπόθεσης λέγεται τιμή πιθανότητας p ή p -τιμή ελέγχου (p -value). Η τιμή του επιπέδου σημαντικότητας αποτελεί ένα όριο κάτω από το οποίο μπορεί να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση ενώ πάνω από αυτό δεν μπορεί να απορριφθεί. Ο ορισμός αυτής της τιμής είναι απαραίτητη προϋπόθεση για μια στατιστική απόφαση. Έτσι, η μηδενική υπόθεση που απορρίπτεται για μια συγκεκριμένη τιμή του επιπέδου στατιστικής σημαντικότητας p (π.χ. 0.05), ονομάζεται στατιστικώς σημαντική υπόθεση σε επίπεδο σημαντικότητας p . Η αποδοχή μιας μηδενικής υπόθεσης δεν σημαίνει ότι έχουμε αποδείξει ότι η υπόθεση αυτή είναι αληθινή, αλλά μόνο ότι δεν έχουμε επαρκή στοιχεία για να την απορρίψουμε.



Εικόνα 3.9: Στατιστική επιστήμη & συσχέτιση δεδομένων.

3.2.2 Συσχετισμοί: Ισχύς και αξιοπιστία

Οι συσχετισμοί είναι ένα μέτρο της σύνδεσης δύο ή περισσότερων μεταβλητών και οι συντελεστές συσχετισμού κυμαίνονται από το -1.00 έως το $+1.00$. Η τιμή -1.00 αντιπροσωπεύει έναν τέλειο αρνητικό συσχετισμό, ενώ η θετική τιμή $+1.00$ δηλώνει έναν τέλειο θετικό συσχετισμό με την τιμή 0.00 να σημαίνει ότι οι υπό εξέταση μεταβλητές δεν συσχετίζονται καθόλου. Αρνητικός συσχετισμός ανάμεσα σε δύο μεταβλητές σημαίνει ότι όταν οι τιμές της μίας μεταβλητής τείνουν να αυξηθούν, οι τιμές της άλλης τείνουν να μειωθούν, ενώ θετικά συσχετίζονται δύο μεταβλητές που μεταβάλλονται με τον ίδιο τρόπο, δηλαδή είτε αυξάνονται ή μειώνονται και οι δύο παράλληλα.

Οι πιο συνηθισμένοι συντελεστές συσχέτισης είναι οι συντελεστές Pearson r , που ονομάζονται επίσης γραμμικοί ή product-moment συσχετισμοί. Στους συσχετισμούς αυτούς πρέπει οι μεταβλητές που εξετάζονται να έχουν μετρηθεί σε κλίμακα διαστήματος (interval scale), δηλαδή να πρόκειται για ποσοτικά δεδομένα που οι τιμές τους μπορούν να συγκριθούν ως προς τις μεταβολές τους, αλλά όχι μεταξύ τους. Η τιμή του συντελεστή συσχέτισης δεν εξαρτάται από τις μονάδες μέτρησης που χρησιμοποιούνται για κάθε μεταβλητή. Ο συσχετισμός Pearson λέγεται γραμμικός γιατί ουσιαστικά περιγράφει το πόσο οι τιμές δύο μεταβλητών είναι «αναλογικές» η μία ως προς την άλλη. Αυτό σημαίνει ότι ένας συσχετισμός είναι μεγάλος, εάν μπορεί να παραστεί γραφικά με μια ευθεία γραμμή με θετική ή αρνητική κλίση. Η ευθεία αυτή είναι η ευθεία γραμμικής παλινδρόμησης (regression line) ή αλλιώς, ευθεία ελαχίστων τετραγώνων, η οποία προκύπτει έτσι ώστε το άθροισμα των τετραγώνων της απόστασης του κάθε σημείου δεδομένων από αυτή να είναι το ελάχιστο δυνατό.

Ο υπολογισμός της τιμής του συντελεστή συσχέτισης Pearson r μεταξύ των μεταβλητών X και Y γίνεται συνήθως με τον ακόλουθο τρόπο:

$$r = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{N}}{\sqrt{\left(\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N}\right) \left(\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{N}\right)}}$$

Όπου ο αριθμητής είναι το άθροισμα της διαφοράς των τιμών της μεταβλητής X από το μέσο όρο τους επί τη διαφορά των τιμών της μεταβλητής Y από το μέσο όρο τους (αναφέρεται και ως SP -Sum of Products of Deviations, ή S_{XY} – Sum of Cross-Products),

\sum_x είναι το άθροισμα των τετραγώνων της διαφοράς του μέσου όρου από τις τιμές της μεταβλητής X και

\sum_y είναι το άθροισμα των τετραγώνων της διαφορά του μέσου όρου από τις τιμές της μεταβλητής Y.

Ο συντελεστής συσχέτισης Pearson r παίρνει τιμές από -1 έως και +1. Όσο η τιμή αυτή πλησιάζει το ± 1 τόσο η συσχέτιση μεταξύ ενός ζεύγους μεταβλητών είναι ισχυρότερη, ενώ όσο η τιμή του πλησιάζει το μηδέν τόσο πιο ασθενής γίνεται η συσχέτιση. Όταν η τιμή του Pearson r βρίσκεται ανάμεσα στο $\pm 0,1$ - $\pm 0,3$ η συσχέτιση χαρακτηρίζεται ως ασθενής, από $\pm 0,3$ έως $\pm 0,5$ χαρακτηρίζεται ως μέτρια, από $\pm 0,5$ έως $\pm 0,7$ ως ισχυρή και πάνω από $\pm 0,7$ ως πολύ ισχυρή. Όταν η τιμή του r είναι μηδέν ή κοντά στο μηδέν τότε δεν υπάρχει συσχέτιση.

Είδος Συσχέτισης	Συντελεστής Pearson (r)
Δεν υπάρχει συσχέτιση	$r \sim 0$
Ασθενής	$\pm 0,1 < r \leq \pm 0,3$
Μέτρια	$\pm 0,3 < r \leq 0,5$
Ισχυρή	$0,5 < r \leq \pm 0,7$
Πολύ ισχυρή	$r > \pm 0,7$

Πίνακας 3.10: Συντελεστής συσχέτισης Pearson

3.2.3 Επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας p-level

Η αξιοπιστία ενός συσχετισμού εκφράζει πόσο αντιπροσωπευτικό είναι ένα αποτέλεσμα που βρέθηκε από ένα δείγμα, για ολόκληρο τον πληθυσμό. Δηλαδή, πόσο πιθανό είναι κάποιος συσχετισμός που βρέθηκε από ένα δείγμα ενός πληθυσμού, να βρεθεί ξανά αν παρθεί άλλο δείγμα από τον ίδιο πληθυσμό. Αν στην έρευνα πληρούνται ορισμένα κριτήρια, τότε η αξιοπιστία ενός συσχετισμού ανάμεσα σε μεταβλητές όπως βρέθηκε σε κάποιο δείγμα, μπορεί να εκτιμηθεί ποσοτικά και να αντιπροσωπευτεί με μια κανονική τιμή μέτρησης, το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας, p-level.

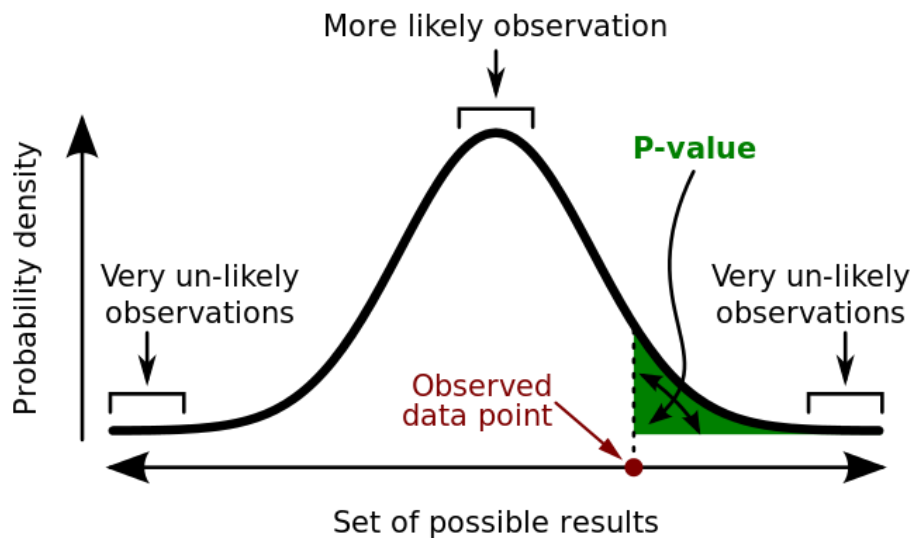
στατιστική σημαντικότητα ενός αποτελέσματος είναι μια εκτίμηση του βαθμού στον οποίο το αποτέλεσμα είναι «αληθινό», με την έννοια του πόσο αντιπροσωπευτικό είναι για ολόκληρο τον πληθυσμό. Πιο συγκεκριμένα, η τιμή p-level είναι ένας δείκτης για την αξιοπιστία ενός αποτελέσματος. Όσο πιο μεγάλο είναι το p-level, τόσο λιγότερο αξιόπιστος είναι ο συσχετισμός που βρέθηκε μεταξύ κάποιων μεταβλητών σε ένα δείγμα, δηλαδή τόσο λιγότερο μπορεί να βασιστεί κανείς στο ότι ο συσχετισμός αυτός ισχύει και για ολόκληρο τον πληθυσμό. Το p-level αντιπροσωπεύει την πιθανότητα λάθους στο να δεχθεί κανείς το αποτέλεσμα σαν έγκυρο, δηλαδή σαν αντιπροσωπευτικό για ολόκληρο τον πληθυσμό. Για παράδειγμα, μια τιμή 0,05 για το p-level σημαίνει ότι υπάρχει 5% (αλλιώς 1/20) πιθανότητα η σχέση ανάμεσα στις μεταβλητές του δείγματος να μην είναι έγκυρη. Με άλλα λόγια, αν σε ολόκληρο τον πληθυσμό στην πραγματικότητα δεν υπήρχε σχέση ανάμεσα σε αυτές τις μεταβλητές, τότε στις 20 επαναλήψεις του πειράματος σε 20 διαφορετικά δείγματα από τον ίδιο πληθυσμό, θα βρισκόταν περίπου 1 δείγμα για το οποίο ο συσχετισμός αυτός θα βρισκόταν ίδιος ή ισχυρότερος από το πείραμα που μας έδωσε την τιμή 0,05 για το p-level. Σε πολλές μελέτες, η τιμή 0,05 για το p-level θεωρείται ως το άνω όριο αποδεκτού σφάλματος.

Important:

$\Pr(\text{observation} \mid \text{hypothesis}) \neq \Pr(\text{hypothesis} \mid \text{observation})$

The probability of observing a result given that some hypothesis is true is *not equivalent* to the probability that a hypothesis is true given that some result has been observed.

Using the p-value as a “score” is committing an egregious logical error: **the transposed conditional fallacy.**



A **p-value** (shaded green area) is the probability of an observed (or more extreme) result assuming that the null hypothesis is true.

Σχήμα 3.11: Παράδειγμα υπολογισμού p-value. Η κάθετη συνιστώσα είναι η πυκνότητα πιθανότητας κάθε αποτελέσματος, που υπολογίζεται σύμφωνα με την μηδενική υπόθεση. Η p-τιμή είναι η περιοχή κάτω από την καμπύλη μετά από το παρατηρούμενο σημείο δεδομένων. (Πηγή: <https://en.wikipedia.org/wiki/P-value>)

3.2.4 Η μέθοδος ANOVA

Για τον έλεγχο στατιστικών υποθέσεων που αφορούν τη διαφορά μέσω των όρων ανάμεσα σε τρία ή περισσότερα ανεξάρτητα δείγματα χρησιμοποιούμε το τεστ ANOVA. Το ANOVA είναι ακρωνύμιο για την Ανάλυση της Διακύμανσης (Analysis Of Variance). Ένα τεστ που ελέγχει τις διαφορές σε μέσους όρους αποκαλείται ανάλυση διακύμανσης από το γεγονός ότι για να ελεγχθεί η στατιστική

σημαντικότητα ανάμεσα σε μέσους όρους τριών ή περισσότερων ανεξάρτητων δειγμάτων στην ουσία πρέπει να συγκριθεί η διακύμανση ανάμεσα στις τιμές της ποσοτικής μεταβλητής.

Για να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος ANOVA θα πρέπει να ισχύουν ορισμένες προϋποθέσεις:

1. Τα τρία ή περισσότερα δείγματα πρέπει να είναι ανεξάρτητα, δηλαδή τα υποκείμενα, οι παρατηρήσεις ή οι περιπτώσεις να ανήκουν σε αμοιβαίως αποκλειόμενες ομάδες.
2. Η κλίμακα μέτρησης της εξαρτημένης μεταβλητής να είναι ποσοτική.
3. Η μορφή των κατανομών των τιμών της εξαρτημένης για κάθε κατηγορία της ανεξάρτητης (δηλαδή για κάθε δείγμα) θα πρέπει να είναι κανονική.

Στη μέθοδο ANOVA ο στατιστικός έλεγχος της μηδενικής υπόθεσης γίνεται με τη χρήση του στατιστικού κριτηρίου F για τρία ή περισσότερα ανεξάρτητα δείγματα που υπολογίζεται ως εξής (Rosner, 2010):

$$F = \frac{MS_{between}}{MS_{within}}$$

$$\text{όπου } MS_{between} = \frac{SS_{between}}{df_{between}} = \frac{\sum n_i (\bar{X}_i - \bar{X})^2}{k-1} \text{ και}$$

$$MS_{within} = \frac{SS_{within}}{df_{within}} = \frac{\sum (X_{1i} - \bar{X}_1)^2 + \sum (X_{2i} - \bar{X}_2)^2 + \dots + \sum (X_{vi} - \bar{X}_v)^2}{n-k}$$

όπου k είναι ο αριθμός των υπο-ομάδων ή αλλιώς κατηγοριών της κατηγορικής μεταβλητής και n το μέγεθος του συνολικού δείγματος.

Με τη μέθοδο ANOVA ελέγχονται τα επίπεδα μίας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών που ονομάζονται «παράγοντες» προκειμένου να προσδιοριστεί η επίδραση που έχουν πάνω στην υπό μελέτη μεταβλητή που καλείται εξαρτημένη και η οποία πρέπει να μετρείται σε κλίμακα διαστήματος (interval scale).

Η Ανάλυση της Διακύμανσης αποτελεί μέθοδο ανάλυσης δεδομένων, η οποία χρησιμοποιείται για τη σύγκριση των μέσων τιμών πολλών πληθυσμών και βασίζεται στην σύγκριση της μεταβλητότητας μεταξύ (between) των πληθυσμών και της μεταβλητότητας στο εσωτερικό (within) των πληθυσμών. Η απλούστερη μορφή ανάλυσης είναι εκείνη που χαρακτηρίζεται από την ανάλυση της διακύμανσης κατά

ένα παράγοντα (one factor ANOVA).

Ως μηδενική υπόθεση θεωρούμε το ότι οι μέσοι όροι για την εξαρτημένη μεταβλητή είναι ίσοι για όλους τους πληθυσμούς, κάτι που θα σημαίνει ότι οι παράγοντες δεν έχουν καμία επίδραση στην υπό μελέτη μεταβλητή. Αν η μεταβλητότητα μεταξύ των πληθυσμών είναι περίπου ίση με τη μεταβλητότητα στο εσωτερικό των πληθυσμών τότε δεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση ότι δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ των μέσων των πληθυσμών. Αν η μεταβλητότητα μεταξύ των πληθυσμών είναι μεγαλύτερη από τη μεταβλητότητα στο εσωτερικό των πληθυσμών, τότε δεχόμαστε την εναλλακτική υπόθεση ότι οι μέσοι των πληθυσμών είναι διάφοροι μεταξύ τους.

Είναι γνωστό ότι η ύπαρξη του τυχαίου σφάλματος που οφείλεται στη δειγματοληψία δεν επιτρέπει στα MS_{between} και MS_{within} να είναι ίσα ακόμη και στην περίπτωση που η μηδενική υπόθεση είναι αληθινή. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να υπάρχει ένα μέτρο ανοχής για το πόσο μεγάλη θα πρέπει να είναι η παρατηρούμενη διαφορά προκειμένου να θεωρηθεί ότι δεν οφείλεται μόνο σε τυχαίο σφάλμα. Απάντηση στο ερώτημα αυτό δίνει η κατανομή δειγματοληψίας του λόγου των διακυμάνσεων

$$F_s = \frac{MS_{(between)}}{MS_{(within)}}$$

Επειδή πρόκειται για τον λόγο δύο X^2 τυχαίων μεταβλητών προκύπτει ότι ακολουθεί την κατανομή F με k-1 βαθμούς ελευθερίας για τον αριθμητή και n-k βαθμούς ελευθερίας για τον παρονομαστή. Από τη στιγμή που θα προσδιοριστεί και το επίπεδο σημαντικότητας p τότε η κρίσιμη τιμή του F προσδιορίζει τις περιοχές αποδοχής και απόρριψης της δοκιμασίας. Για συγκεκριμένο επίπεδο σημαντικότητας p και προκειμένου να παρθεί μία απόφαση συγκρίνονται η υπολογισμένη τιμή F με την κρίσιμη τιμή της κατανομής $F_{(k-1),(n-k),p}$. Όταν

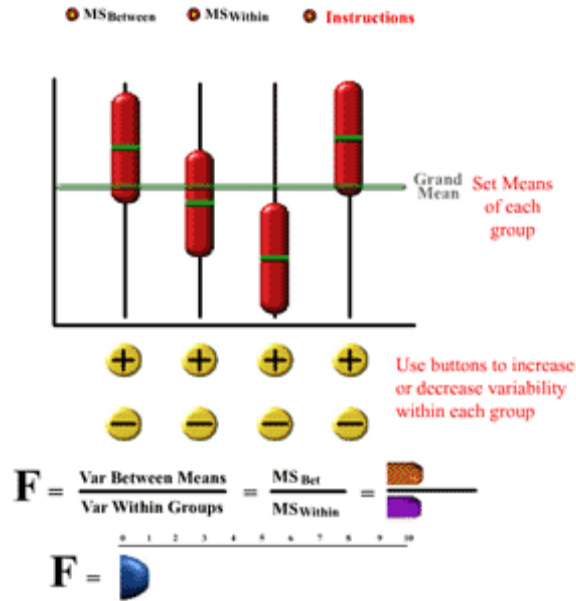
$$F > F_{(k-1),(n-k),p}$$

δεν μπορούμε να αποδεχθούμε την H_0 με βάση τα δεδομένα του δείγματος, όπου $F_{(k-1),(n-k),p}$ είναι το $(1-p)*100$ εκατοστιαίο σημείο της κατανομής $F_{(k-1),(n-k)}$ για το οποίο ισχύει

$$P (F_{(k-1),(n-k)} > F_{(k-1),(n-k),p}) = p$$

Με βάση το πιο πάνω κριτήριο γίνεται η αποδοχή ή η απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης και συμπεραίνεται αν τελικά υπάρχει επίδραση των ανεξάρτητων μεταβλητών – παραγόντων – στις εξαρτημένες μεταβλητές.

Understanding ANOVA Visually



Σχήμα 3.12: - οπτική ανάλυση διακύμανσης – visual anova (πηγή:<http://www.psych.utah.edu/stat/introstats/anovaf.html>)

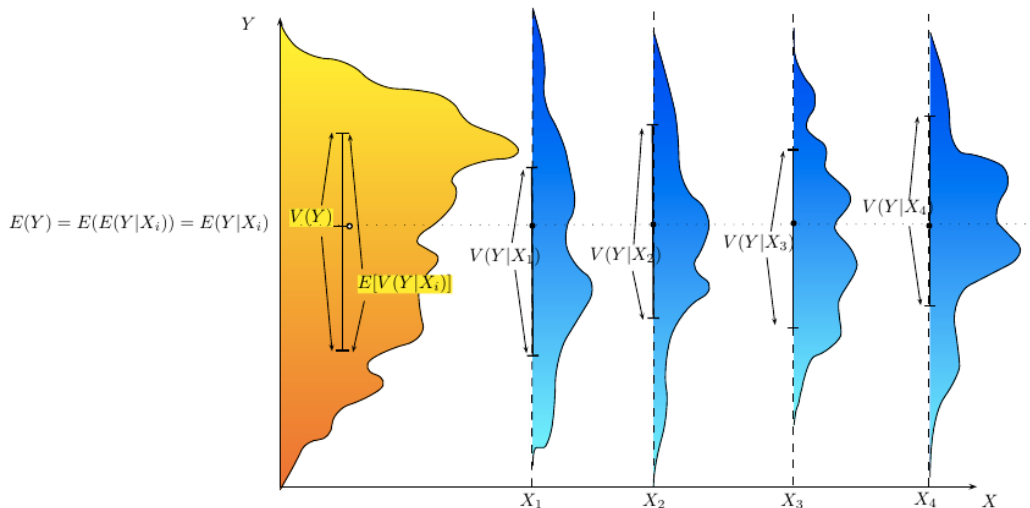


Figure 2: ANOVA : No fit

Σχήμα 3.13: Παραδείγματα διαχείρισης - κατανομής δεδομένων στην ανάλυση διακύμανσης (anova-no fit)

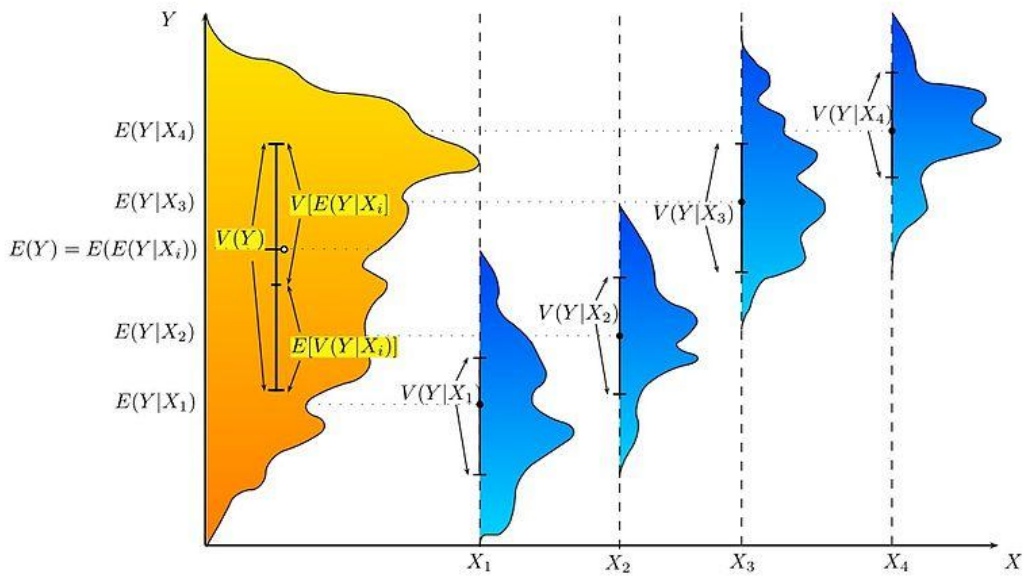


Figure 1: ANOVA : Fair fit

Σχήμα 3.14: Παραδείγμα διαχείρισης - κατανομής δεδομένων στην ανάλυση διακύμανσης (anova-fair fit)

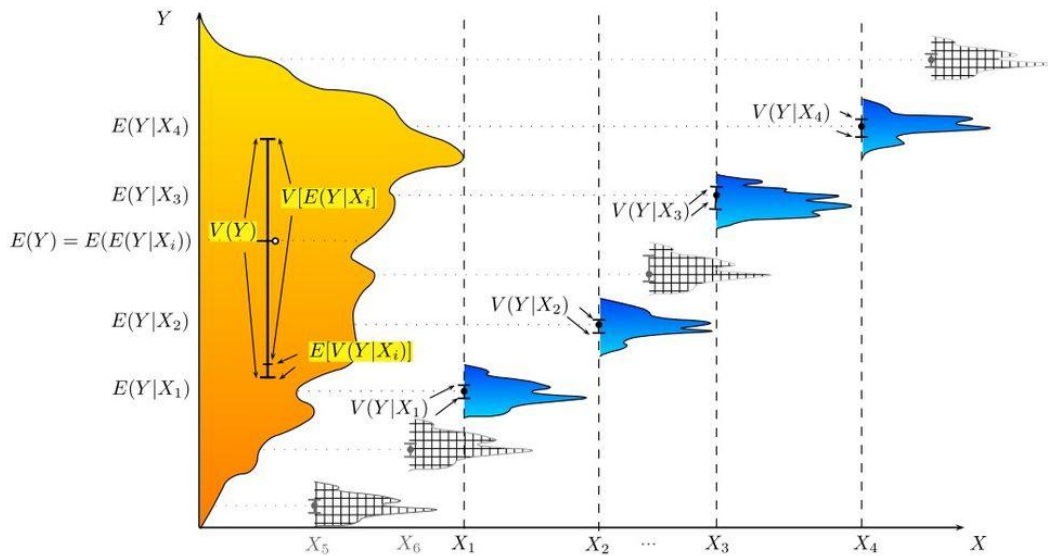
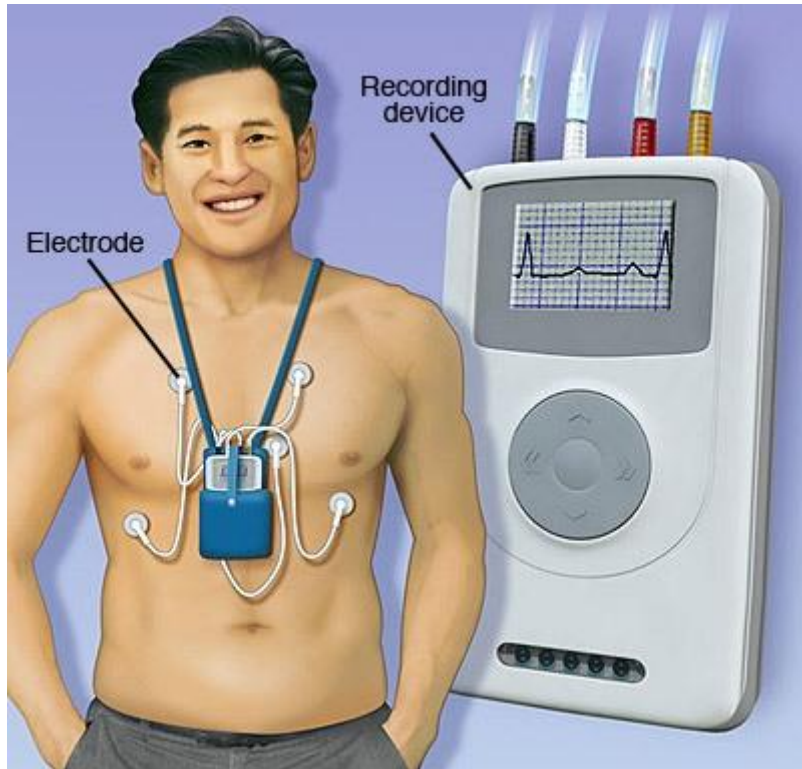


Figure 3: ANOVA : very good fit

Σχήμα 3.15: Παραδείγμα διαχείρισης - κατανομής δεδομένων στην ανάλυση διακύμανσης (anova-very good fit)

Στην παρούσα ερευνητική εργασία το στατιστικό μοντέλο της ανάλυσης διακύμανσης –ANOVA δεν έχει ακόμα χρησιμοποιηθεί. Προβλέπουμε συνέχιση της παρούσας έρευνας με χρήση & του συγκεκριμένου μοντέλου με σκοπό την εμβαθύνση στη στατιστική επεξεργασία των υπάρχοντων επιστημονικών δεδομένων για εξαγωγή επιπλέον συμπερασμάτων που θα βοηθήσουν στην διαχείριση της πιθανής επίδρασης των κοσμοφυσικών γεγονότων στην ανθρώπινη ομοίωση – καρδιακό ρυθμό.



Σχήμα 3.16: holter καρδιάς

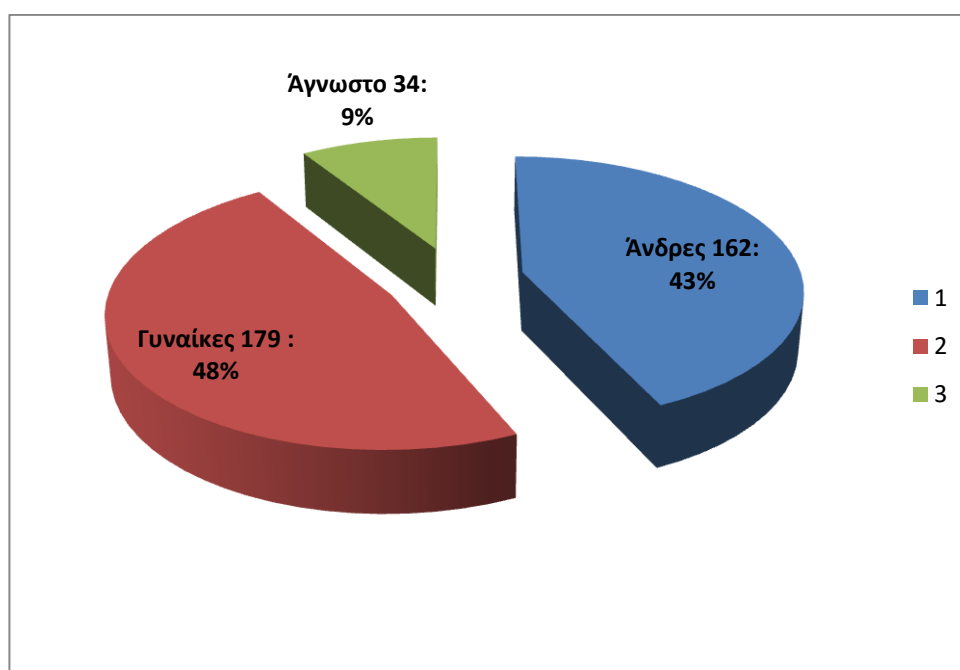
3.3 Συλλογή δεδομένων

3.3.1 Συλλογή δεδομένων καρδιακού ρυθμού

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας εξετάστηκε ένα σύνολο 423 περιπατητικών ατόμων. Η συλλογή των δεδομένων αφορά στο χρονικό διάστημα μεταξύ 13 Ιουνίου 2014 και 13 Δεκεμβρίου 2015. Η συλλογή των δεδομένων για τον καρδιακό ρυθμό πραγματοποιήθηκε κατά την διάρκεια νοσηλείας ή προγραμματισμένης εξέτασης των ατόμων στη Β' καρδιολογική κλινική του γενικού κρατικού νοσοκομείου Νίκαιας. Ο καρδιακός ρυθμός των ασθενών ελέγχθηκε με χρήση της συσκευής ηλεκτροκαρδιογραφήματος Holter. Με τη μέθοδο αυτή καταγράφεται ο καρδιακός ρυθμός των ατόμων σε εικοσιτετράωρη βάση, ενώ ο ασθενής πραγματοποιεί τις δραστηριότητες της καθημερινότητάς του. Η συσκευή ηλεκτροκαρδιογραφήματος holter είναι μια φορητή συσκευή για τον συνεχή έλεγχο ποικίλης ηλεκτρικής δραστηριότητας του καρδιαγγειακού συστήματος για τουλάχιστον 24 ώρες. Στη συσκευή Holter που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της

λειτουργίας της καρδιάς, όπως και στο απλό ηλεκτροκαρδιογράφημα, καταγράφονται ηλεκτρικά σήματα από την καρδιά μέσω ηλεκτροδίων που προσαρμόζονται στο στήθος του ασθενούς. Τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται πάνω από τα κόκκαλα, ώστε να ελαχιστοποιείται ο "θόρυβος"- ψευδείς μετρήσεις από την μυική δραστηριότητα. Ο αριθμός και η θέση των ηλεκτροδίων ποικίλει ανάλογα με το μοντέλο της συσκευής, αλλά συνήθως χρησιμοποιούνται 3 έως 6 ηλεκτρόδια. Τα ηλεκτρόδια συνδέονται με μια μικρή συσκευή, που προσαρμόζεται στην ζώνη του ασθενούς ή κρέμεται από τον λαιμό του και είναι υπεύθυνη για την καταγραφή των σημάτων της καρδιάς. Έπειτα η κασσέτα που φέρει αναλύεται σε υπολογιστή και προκύπτουν τα ιατρικά δεδομένα, μεταξύ των οποίων και ο καρδιακός ρυθμός που μας ενδιαφέρει στην παρούσα εργασία. Στα άτομα του δείγματος τοποθετούνταν η συσκευή holter για ένα εικοσιτετράωρο, έτσι ώστε για κάθε άτομο να έχουμε μετρήσεις για ένα εικοσιτετράωρο. Από τη συσκευή ηλεκτροκαρδιογραφήματος holter λαμβάνουμε τον καρδιακό ρυθμό (Heart Rate – HR) σε παλμούς το λεπτό (beats per minute – bpm). Η φυσιολογική παράμετρος που εξετάσαμε εμείς ήταν ο καρδιακός ρυθμός σε ωριαίες τιμές ανά εικοσιτετράωρο και η μέση τιμή του καρδιακού ρυθμού ανά άτομο.

Οι ασθενείς που εξετάστηκαν ήταν 162 (43%) άνδρες, 179 (48%) γυναίκες και 34 (9%) άγνωστο, ενώ ο συνολικός μέσος όρος ηλικίας ήταν τα 66 έτη και ο μέσος καρδιακός ρυθμός ήταν 71 bpm. Το δείγμα είναι τυχαία επιλεγμένο.



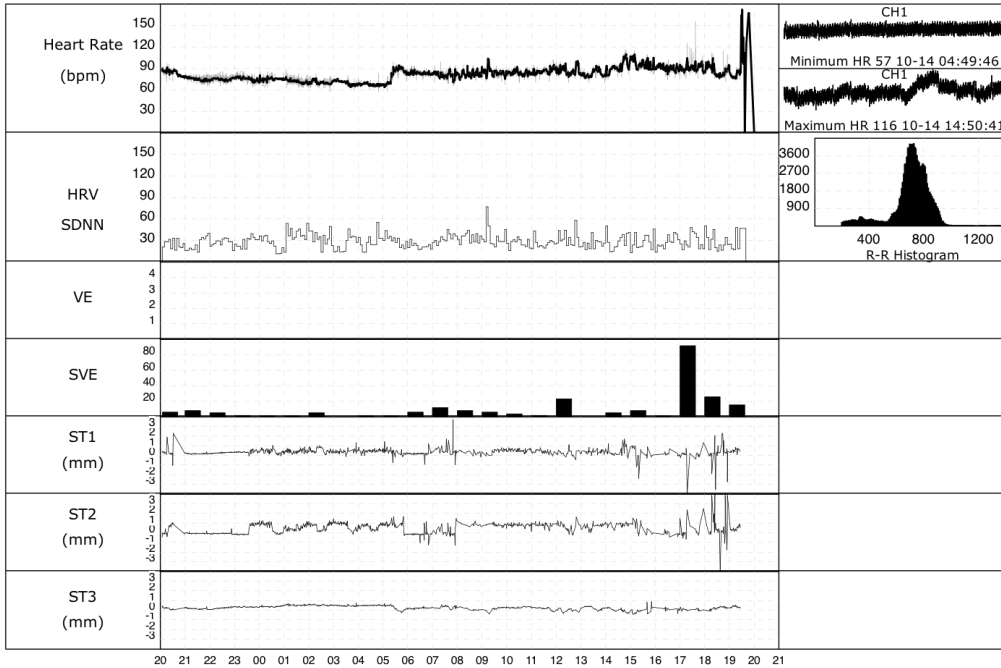
Σχήμα 3.17: Κατανομή των περιπατητικών ατόμων με βάση τα επίπεδα του πλήθους των φύλων.

Δύο παραδείγματα από τα holter reports φαίνονται στις ακόλουθες εικόνες:

GENERAL HOSPITAL OF NIKAIA SECOND DPT. HOLTER REPORT		
Patient Details		
Patient Name: Smyrniaosfragiskow ID: 56 Age: 58Years DOB: Gender: Male Address: Indications: Medications:	Recording Start: 13/10/2014 20:05 Recorder: 306259 Pacemaker: Opr. Doc.: PSYCHARI Physician:	
Summary		
<u>General</u>	<u>Heart Rate</u>	<u>Heart Rate Variability</u>
Length(hh:mm): 23:59	Average: 82	SDNN: 115
Total beats: 108565	Min. HR: 57/04:49	SDNN Index: 28
Paced beats: 0	Max. HR: 116/14:50	rMSSD: 21
VE beats: 0	Min. HR-Minute: 64/03:42	pNN50: 1
SVE beats: (<1%) 238	Max. HR-Minute: 110/14:49	Triangle: 16
BBB beats: 0	# beats in Tachy(>120bpm): 0	HF: 38.8
Aberrant beats: 0	# beats in Brady(<50bpm): 0	LF: 146.6
% of total time in AF/AFL: 0	Longest R-R: -	VLF: 404.0
<u>Ventricular Ectopy</u>	<u>Supraventricular Ectopy</u>	<u>Pause</u>
Isolated: 0	Isolated: 128	Pauses in excess of 2.0 s 0
Couplets: 0	Couplets: 55	Longest Pause: 0
Bigeminy: 0	Bigeminy: 0	QT
Trigeminy: 0	Trigeminy: 0	Max. QT: 406
Runs: 0	Runs: 0	Max. QTc: 468
Longest runs: 0	Longest runs: 0	Avg. QT: 323
HR of max. HR runs: -	HR of max. HR runs: -	Avg. QTc: 378
HR of min. HR runs: -	Length in AF/AFL: 0	
	<u>ST1</u>	<u>ST2</u>
Total ST minutes: 0	4.0	0
Maximum ST depression: 0	0	0
Maximum ST elevation: 0	2.3mm/13:56	0
Conclusion		
Total recording time was: 23:59 hours. Average Heart Rate is 82 bpm, Minimum HR is 57 bpm at 04:49 and Maximum HR is 116 bpm at 14:50. There were 0 pause(s) > 2.0 seconds. Total of VE is 0, there were 0 VE runs and 0 pairs, there were 0 bigeminy events and 0 trigeminy events. Total of SVE is 238, and there were 0 SVE runs. Total length of AFib/AFLut. is 0 seconds. Total length of ST events is 242 seconds.		
Signed: _____		
1.0 Rev 5c.130726.131219	Physician Must Review Data	Page 1 of 2

Εικόνα 3.18: Τυπικό ηλεκτροκαρδιογράφημα Holter report A

Hourly Summary Data And Graph



Time	Beats	HR			SDNN	Ventricular					Supraventricular				Pause	ST		
		Avg.	Min.	Max.		Total	Pair	Runs	Big.	Tri.	Total	Pair	Runs	Big.		ST1	ST2	ST3
13/10 20:05	3697	84	72	97	24	0	0	0	0	0	6	2	0	0	0	-0.9	-0.4	0.4
13/10 21:00	4525	75	66	84	24	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0.3	-0.1	0.3
13/10 22:00	4508	75	66	86	26	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0.3	-0.2	0.3
13/10 23:00	4487	76	65	87	27	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0.0	-0.2	0.4
14/10 00:00	4483	75	63	86	24	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0.0	-0.1	0.5
14/10 01:00	4195	72	63	88	38	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0.9	1.1	0.6
14/10 02:00	4102	71	57	83	32	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0.9	2.2	0.6
14/10 03:00	3995	70	61	80	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.1	-0.1	0.7
14/10 04:00	4027	68	57	83	27	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0.0	1.0	0.5
14/10 05:00	4741	80	58	98	28	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	-0.7	-0.2	-0.2
14/10 06:00	4948	84	73	94	21	0	0	0	0	0	6	2	0	0	0	-0.9	-0.9	0.4
14/10 07:00	4530	81	65	99	32	0	0	0	0	0	12	6	0	0	0	-0.9	-0.9	0.0
14/10 08:00	4633	82	73	95	33	0	0	0	0	0	8	2	0	0	0	-0.1	1.2	0.0
14/10 09:00	4949	85	67	103	34	0	0	0	0	0	6	4	0	0	0	0.0	1.1	-0.3
14/10 10:00	4943	84	71	95	25	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0.7	1.0	0.4
14/10 11:00	5076	86	72	103	25	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	-0.1	1.1	-0.1
14/10 12:00	4925	87	70	102	32	0	0	0	0	0	23	14	0	0	0	-0.4	-0.2	-0.3
14/10 13:00	4834	83	69	97	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	2.3	-0.1
14/10 14:00	5326	92	74	116	29	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	-0.2	1.1	-0.3
14/10 15:00	4867	96	83	115	27	0	0	0	0	0	8	2	0	0	0	-0.9	-0.3	-0.4
14/10 16:00	4411	91	75	102	27	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0.0	-0.4	-0.3
14/10 17:00	4837	91	76	116	28	0	0	0	0	0	92	54	0	0	0	-0.9	-0.6	-0.1
14/10 18:00	5085	87	72	115	27	0	0	0	0	0	26	18	0	0	0	-0.9	-0.9	-0.1
14/10 19:00	2440	93	73	94	19	0	0	0	0	0	15	4	0	0	0	0.8	0.9	0.5
14/10 20:00	1	93	93	93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0
	108565	82	57	116	114	0	0	0	0	0	238	110	0	0	0	0.9	2.3	0.7

1.0 Rev 5c130726.131219

Physician Must Review Data

Page 2 of 2

Εικόνα 3.19: Τυπικό ηλεκτροκαρδιογράφημα Holter report B

GENERAL HOSPITAL OF NIKAIA
SECOND DPT.
HOLTER REPORT

Patient Details

Patient Name: KRIZINI SEVASTI	Recording Start: 04/02/2015 09:27
ID: 1	Recorder: 306499
Age: 45Years	DOB:
Gender: Female	Pacemaker:
Address:	Opr. Doc.:
Indications:	Physician:
Medications:	

Summary

<u>General</u>	<u>Heart Rate</u>	<u>Heart Rate Variability</u>
Length(hh:mm): 22:21	Average: 60	SDNN: 214
Total beats: 78897	Min. HR: 40/03:51	SDNN Index: 70
Paced beats: 0	Max. HR: 111/04:51	rMSSD: 58
VE beats: (<1%)648	Min. HR-Minute: 44/02:49	pNN50: 19
SVE beats: (<1%)226	Max. HR-Minute: 105/04:51	Triangle: 44
BBB beats: 0	# beats in Tachy(>120bpm): 0	HF: 552.9
Aberrant beats: 0	# beats in Brady(<50bpm): (18.9%)14879	LF: 1006.1
% of total time in AF/AFL: 0	Longest R-R: -	VLF: 1313.9
<u>Ventricular Ectopy</u>	<u>Supraventricular Ectopy</u>	<u>Pause</u>
Isolated: 506	Isolated: 226	Pauses in excess of 2.0 s: 0
Couplets: 38	Couplets: 0	Longest Pause: 0
Bigeminy: 1	Bigeminy: 0	QT
Trigeminy: 8	Trigeminy: 0	Max. QT: 484
Runs: 7	Runs: 0	Max. QTc: 460
Longest runs: 11/07:10	Longest runs: -	Avg. QT: 389
HR of max. HR runs: 110bpm/19:13	HR of max. HR runs: -	Avg. QTc: 391
HR of min. HR runs: 63bpm/19:44	Length in AF/AFL: 0	
	<u>ST1</u>	<u>ST2</u>
Total ST minutes:	0	0
Maximum ST depression:	0	0
Maximum ST elevation:	0	0

Conclusion

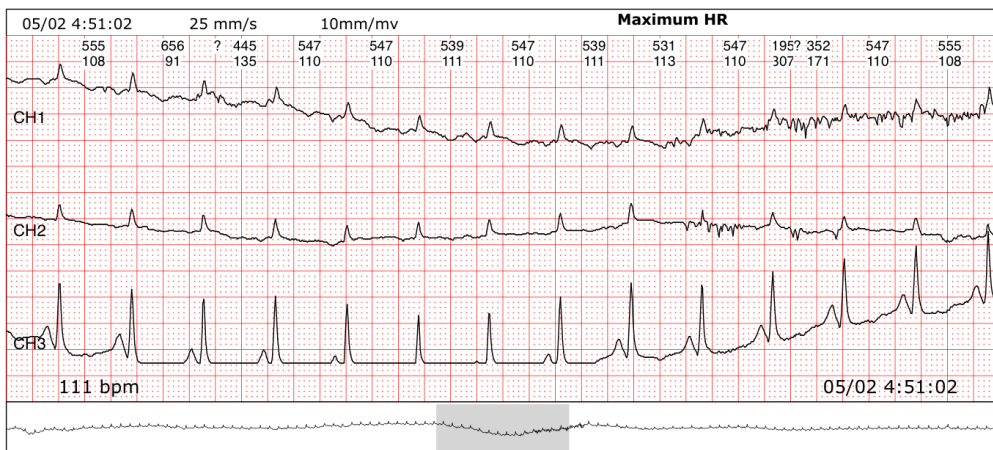
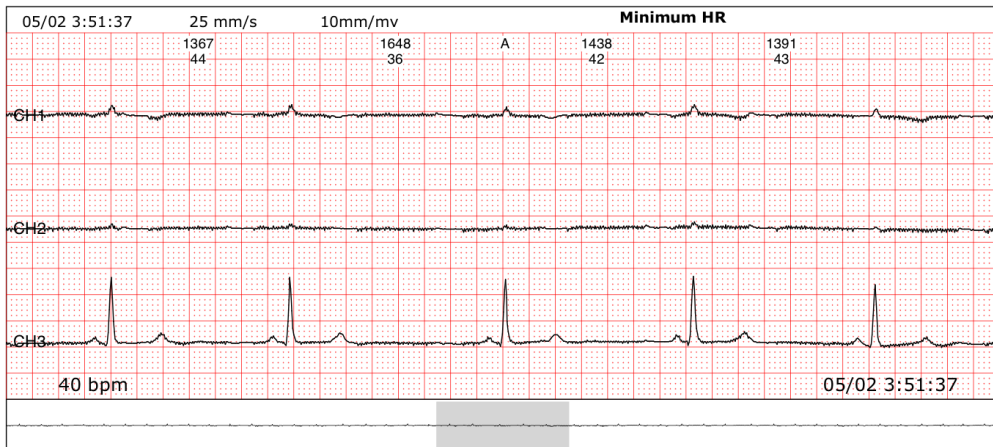
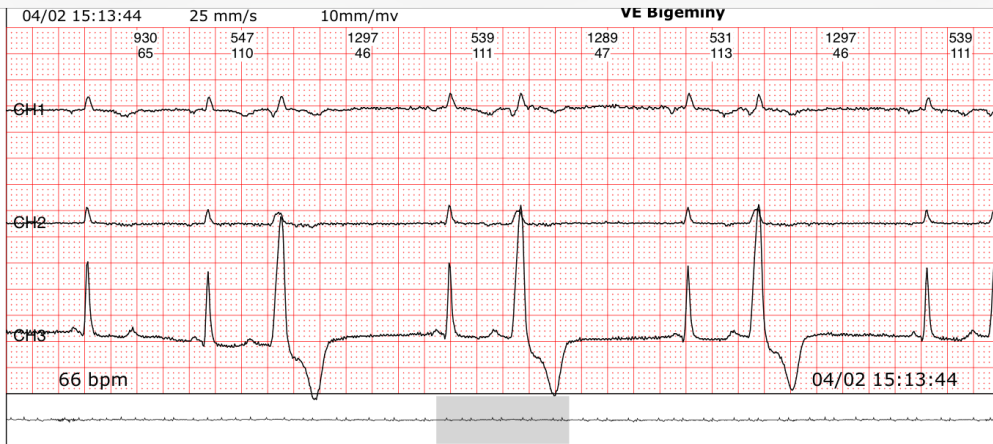
Total recording time was: 22:21 hours. Average Heart Rate is 60 bpm, Minimum HR is 40 bpm at 03:51 and Maximum HR is 111 bpm at 04:51. There were 0 pause(s) > 2.0 seconds. Total of VE is 648, there were 7 VE runs and 38 pairs, there were 1 bigeminy events and 8 trigeminy events. Total of SVE is 226, and there were 0 SVE runs. Total length of AFib/AFIut. is 0 seconds. Total length of ST events is 0 seconds.

Signed: _____

Εικόνα 3.20: Τυπικό ηλεκτροκαρδιογράφημα Holter report A

Done

1b6554d36723krizini sevasti



Εικόνα 3.21: Τυπικό ηλεκτροκαρδιογράφημα Holter report B

3.3.1.1 Το δείγμα της μελέτης - Πίνακας

Ακολουθεί πίνακας όπου φαίνονται αναλυτικά τα στοιχεία του δείγματος της μελέτης. Πρόκειται για περιπατητικούς ασθενείς – υποκείμενα σε 24ωρη καταγραφή του καρδιακού τους ρυθμού με συσκευή holter. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι κανένας από τους ασθενείς δεν λαμβάνει φαρμακευτική αγωγή, η οποία θα μπορούσε να αλλοιώσει τις ενδείξεις & τα αποτελέσματα της έρευνας.

<u>A/A PATIENTS</u>	<u>DATE</u>	<u>START TIME</u>	<u>AGE</u>	<u>GENDER</u>	<u>MEDICATION</u>
1	13/10/2014	18:00	58	M	NO
2	4/2/2015	7:00	45	F	NO
3	15/12/2014	13:00	70	M	NO
4	24/10/2014	11:00		M	NO
5	19/12/2014	7:00	65	F	NO
6	8/10/2014	7:00	42	M	NO
7	17/2/2015	8:00	64	M	NO
8	5/11/2014	10:00	56	F	NO
9	3/10/2014	7:00	81	F	NO
10	17/11/2015	8:00	78	F	NO
11	4/10/2014	10:00	76	F	NO
12	21/6/2014	12:00	80	F	NO
13	2/10/2014	11:00	56		NO
14	23/2/2015	15:00	55		NO
15	9/10/2014	10:00	55	M	NO
16	10/10/2014	12:00	76	F	NO
17	7/1/2015	12:00	70	F	NO
18	29/12/2014	9:00	73	F	NO
19	7/11/2014	8:00		F	NO
20	2/10/2014	10:00	78	F	NO
21	16/12/2014	10:00	65	F	NO
22	1/12/2014	8:00	87	M	NO
23	16/12/2014	17:00	39	M	NO
24	14/1/2015	9:00	76	M	NO
25	12/1/2015	17:00	68	M	NO
26	14/10/2014	15:00	64	M	NO
27	14/1/2015	8:00	70	M	NO
28	6/10/2014	7:00	74	M	NO
29	21/10/2014	13:00	74	F	NO
30	3/11/2014	10:00	88	M	NO
31	13/12/2014	20:00	70	M	NO
32	10/9/2014	20:00	74	M	NO
33	18/11/2014	12:00	39	M	NO
34	13/12/2014	9:00	70	M	NO
35	4/12/2014	12:00	87	M	NO
36	27/10/2014	13:00	76	M	NO
37	18/2/2015	10:00	78	M	NO

38	29/12/2014	11:00	35	F	NO
39	9/9/2014	12:00			NO
40	27/11/2014	7:00	34	M	NO
41	29/1/2015	8:00	62	M	NO
42	5/7/2015	8:00	86	F	NO
43	25/9/2014	15:00		M	NO
44	29/1/2015	8:00	65	M	NO
45	5/12/2014	11:00	59	F	NO
46	21/10/2014	7:00	69	M	NO
47	8/10/2014	12:00	63	M	NO
48	29/12/2014	9:00	64	F	NO
49	20/2/2015	10:00	63	M	NO
50	29/1/2015	8:00	76	M	NO
51	17/12/2014	7:00	49	F	NO
52	9/9/2014	11:00	60	M	NO
53	6/7/2015	8:00	66	M	NO
54	6/11/2014	11:00	58	F	NO
55	27/10/2014	13:00		M	NO
56	27/10/2014	13:00	83	F	NO
57	17/2/2015	6:00	59	F	NO
58	17/11/2014	10:00	87	M	NO
59	17/11/2014	13:00	60	F	NO
60	21/6/2014	12:00	67	M	NO
61	18/11/2014	22:00	45	F	NO
62	30/10/2014	9:00	2	M	NO
63	2/7/2015	9:00	67	M	NO
64	9/7/2015	7:00	85	F	NO
65	29/1/2015	10:00	67	M	NO
66	9/1/2015	13:00	70	M	NO
67	9/1/2015	13:00	89	M	NO
68	12/10/2014	8:00	82	F	NO
69	30/6/2014	12:00	60	M	NO
70	7/12/2014	8:00	80	M	NO
71	29/9/2014	9:00	64	F	NO
72	22/10/2014	9:00	80	M	NO
73	21/6/2014	12:00	49	M	NO
74	12/7/2014	13:00	63	M	NO
75	14/1/2015	9:00	67	F	NO
76	29/12/2014	9:00	30	M	NO
77	30/6/2014	12:00	14	M	NO
78	8/1/2015	8:00	20	F	NO
79	27/1/2015	6:00	43	F	NO
80	5/7/2015	7:00	47	F	NO
81	13/11/2014	9:00	70	M	NO
82	18/12/2014	10:00	65	F	NO
83	19/2/2015	5:00	74	M	NO
84	27/8/2014	9:00	82	M	NO

85	3/11/2014	8:00	72	F	NO
86	4/11/2014	8:00	72	F	NO
87	30/10/2014	9:00	91	M	NO
88	31/10/2014	14:00	?	M	NO
89	13/10/2014	7:00	70	F	NO
90	7/7/2015	8:00	80	F	NO
91	1/11/2014	14:00	?	M	NO
92	4/11/2014	10:00	78	M	NO
93	24/12/2014	13:00	50	F	NO
94	30/1/2015	12:00	64	F	NO
95	20/10/2014	7:00	82	M	NO
96	21/2/2015	8:00	60	M	NO
97	12/1/2015	10:00	45	?	NO
98	24/12/2014	10:00	69	M	NO
99	26/11/2014	11:00	77	F	NO
100	26/11/2014	10:00	80	F	NO
101	1/12/2014	8:00	74	M	NO
102	25/9/2014	15:00	62	M	NO
103	1/12/2014	7:00	72	F	NO
104	15/10/2014	12:00	67	F	NO
105	20/10/2014	7:00	65	M	NO
106	3/12/2014	8:00	27	M	NO
107	3/11/2014	10:00	60	F	NO
108	9/12/2014	14:00	83	F	NO
109	3/12/2014	12:00	75	F	NO
110	6/12/2014	9:00	75	M	NO
111	15/10/2014	14:00	13	F	NO
112	8/12/2014	11:00	61	F	NO
113	2/2/2015	10:00	48	F	NO
114	12/7/2014	13:00	85		NO
115	24/2/2015	10:00	86	M	NO
116	22/10/2014	11:00	33	M	NO
117	12/10/2014	12:00	78	F	NO
118	30/9/2014	12:00	72	F	NO
119	6/10/2014	8:00	60	F	NO
120	17/12/2014	12:00	83	M	NO
121	30/12/2014	12:00	77	M	NO
122	19/11/2014	11:00	76	M	NO
123	20/12/2014	9:00	70	M	NO
124	1/12/2014	8:00	80	F	NO
125	7/7/2014	7:00	44	M	NO
126	20/11/2014	8:00	51	F	NO
127	30/9/2014	18:00	78	F	NO
128	4/11/2014	11:00	50	M	NO
129	4/10/2014	10:00	75	M	NO
130	19/2/2015	9:00	62	F	NO
131	2/12/2014	13:00	74	M	NO

132	26/8/2014	10:00	78	M	NO
133	13/10/2014	9:00	67	M	NO
134	5/12/2014	17:00	37	F	NO
135	31/5/2015	9:00	77	M	NO
136	28/5/2015	9:00	86	F	NO
137	27/4/2015	7:00	79	M	NO
138	5/7/2015	7:00	80	F	NO
139	21/4/2015	5:00	67	M	NO
140	15/5/2015	9:00	75	F	NO
141	16/6/2015	10:00	70	M	NO
142	6/3/2015	13:00	83	M	NO
143	8/4/2015	10:00	51	M	NO
144	4/12/2007	2:00	53	F	NO
145	27/4/2015	21:00	69	F	NO
146	15/7/2015	7:00	48	M	NO
147	13/6/2015	10:00	92	M	NO
148	15/5/2015	20:00	78	M	NO
149	23/6/2015	7:00	79	M	NO
150	26/5/2015	6:00	67	F	NO
151	7/5/2015	7:00	86	M	NO
152	26/3/2015	13:00	70	M	NO
153	26/5/2015	7:00	82	M	NO
154	17/6/2015	7:00		M	NO
155	15/4/2015	9:00	82	F	NO
156	16/8/2015	6:00		M	NO
157	4/7/2015	11:00	47	F	NO
158	4/5/2015	9:00	54	F	NO
159	30/3/2015	8:00	82	F	NO
160	22/7/2015	6:00	47	M	NO
161	13/8/2015	6:00	77	M	NO
162	5/3/2015	10:00	80	F	NO
163	2/8/2015	7:00	35	F	NO
164	11/6/2015	8:00	78	M	NO
165	24/6/2015	7:00		M	NO
166	22/4/2015	8:00	59	M	NO
167	6/4/2015	9:00	54	M	NO
168	11/5/2015	7:00	83	M	NO
169	26/3/2015	8:00	72	M	NO
170	15/6/2015	10:00	87	M	NO
171	10/6/2015	7:00	67	M	NO
172	5/7/2015	8:00	86	F	NO
173	27/4/2015	9:00	64	M	NO
174	24/7/2015	8:00		F	NO
175	29/6/2015	8:00	36	F	NO
176	21/7/2015	8:00	67	F	NO
177	3/8/2015	6:00	83	F	NO
178	4/5/2015	22:00	60	M	NO

179	17/6/2015	11:00	88	M	NO
180	19/5/2015	12:00	65	M	NO
181	18/3/2015	8:00	60	F	NO
182	6/7/2015	8:00	66	M	NO
183	22/4/2015	8:00	70	F	NO
184	6/5/2015	8:00	80	F	NO
185	22/6/2015	9:00	60	M	NO
186	23/4/2015	12:00	56	F	NO
187	13/5/2015	7:00	89	M	NO
188	30/7/2015	9:00	33	F	NO
189	30/3/2015	7:00	65	M	NO
190	2/7/2015	9:00	67	M	NO
191	5/3/2015	9:00	75	M	NO
192	15/4/2015	7:00	71	M	NO
193	2/7/2015	10:00	52	M	NO
194	22/7/2015	6:00		F	NO
195	19/7/2015	6:00	66	M	NO
196	19/7/2015	6:00	67	M	NO
197	5/3/2015	10:00	55	M	NO
198	19/7/2015	8:00	36	F	NO
199	18/5/2015	12:00	85	F	NO
200	5/7/2015	7:00	47	F	NO
201	6/7/2015	8:00	86	F	NO
202	27/4/2015	8:00	61	M	NO
203	10/3/2015	8:00	45	F	NO
204	13/6/2015	10:00	80	F	NO
205	13/6/2015	11:00	92	M	NO
206	30/3/2015	12:00	74	M	NO
207	15/4/2015	8:00	39	M	NO
208	28/5/2015	9:00	79	M	NO
209	25/5/2015	11:00	77	F	NO
210	7/4/2015	15:00	79	F	NO
211	4/6/2015	6:00	74	M	NO
212	8/6/2015	8:00	84	M	NO
213	7/6/2015	7:00	90	M	NO
214	15/5/2015	12:00	91	M	NO
215	10/6/2015	1:00	95	F	NO
216	6/5/2015	8:00	66	F	NO
217	4/5/2015	6:00	77	M	NO
218	8/6/2015	8:00	80	M	NO
219	28/4/2015	9:00	60	F	NO
220	24/6/2015	8:00	80	F	NO
221	18/6/2015	6:00	83	F	NO
222	2/6/2015	8:00	78	F	NO
223	29/9/2015	9:00		M	NO
224	19/4/2015	10:00	60	F	NO
225	27/5/2015	7:00	78	F	NO

226	12/12/2008	1:00	63	M	NO
227	24/6/2015	9:00	51	F	NO
228	25/7/2015	11:00	42	M	NO
229	20/3/2015	9:00	81	M	NO
230	5/5/2015	13:00	62	M	NO
231	11/5/2015	8:00	71	M	NO
232	18/6/2015	7:00	78	F	NO
233	18/6/2015	7:00	58	F	NO
234	20/3/2015	12:00		M	NO
235	1/1/2015	11:00	78	F	NO
236	27/5/2015	7:00	43	M	NO
237	27/5/2015	9:00	67	F	NO
238	13/6/2014	21:00		M	NO
239	18/6/2015	10:00	60	M	NO
240	24/5/2015	7:00	77	M	NO
241	23/7/2015	6:00		F	NO
242	29/4/2015	11:00	54	M	NO
243	24/2/2015	18:00	84	M	NO
244	26/7/2015	6:00	69	M	NO
245	13/4/2015	9:00	71	M	NO
246	23/4/2015	13:00	85	F	NO
247	27/5/2015	9:00	67	M	NO
248	25/5/2015	12:00	80	M	NO
249	29/3/2015	6:00	76	F	NO
250	9/6/2015	8:00	70	M	NO
251	8/4/2015	11:00	55	F	NO
252	3/6/2015	20:00	84	F	NO
253	9/6/2015	7:00	64	M	NO
254	30/5/2015	10:00	50	M	NO
255	26/4/2015	7:00	70	M	NO
256	29/5/2015	11:00	71	F	NO
257	27/4/2015	7:00	70	M	NO
258	30/6/2015	13:00	93	F	NO
259	28/3/2015	11:00	67	M	NO
260	31/5/2015	8:00	64	M	NO
261	26/6/2015	12:00	80	F	NO
262	23/7/2015	7:00	82	M	NO
263	1/7/2015	8:00	76	M	NO
264	17/5/2015	9:00	77	M	NO
265	25/2/2015	10:00	75	M	NO
266	25/6/2015	7:00	78	M	NO
267	26/7/2015	10:00		F	NO
268	25/6/2015	7:00	85	F	NO
269	21/5/2015	9:00		F	NO
270	25/6/2015	7:00	90	F	NO
271	10/3/2015	8:00	85	F	NO
272	7/4/2015	12:00	50	F	NO

273	2/8/2015	6:00	67	M	NO
274	25/6/2015	8:00	30	F	NO
275	7/4/2015	11:00	50	M	NO
276	24/9/2015	10:00	83	M	NO
277	23/11/2015	8:00	49	F	NO
278	9/9/2015	7:00	76	M	NO
279	26/10/2015	7:00	69	F	NO
280	9/9/2015	8:00	58	F	NO
281	20/10/2015	7:00	77	F	NO
282	12/8/2015	6:00	67	M	NO
283	6/9/2015	8:00	48	M	NO
284	21/9/2015	12:00	26	F	NO
285	17/11/2015	8:00	78	F	NO
286	20/10/2015	8:00	70	M	NO
287	21/9/2015	12:00	78	F	NO
288	1/11/2015	6:00	87	M	NO
289	24/11/2015	6:00	69	F	NO
290	24/11/2015	8:00	76	F	NO
291	12/8/2015	11:00		F	NO
292	24/11/2015	8:00	81	F	NO
293	2/9/2015	9:00	55	F	NO
294	10/9/2015	7:00	55	M	NO
295	10/9/2015	8:00	26	M	NO
296	29/9/2015	7:00	69	M	NO
297	15/9/2015	7:00	75	M	NO
298	5/10/2015	9:00	45	F	NO
299	21/10/2015	8:00	80	F	NO
300	13/9/2015	10:00	55	M	NO
301	20/9/2015	6:00	53	F	NO
302	18/10/2015	8:00	77	F	NO
303	23/9/2015	7:00	75	M	NO
304	29/10/2015	6:00	87	M	NO
305	17/11/2015	6:00	79	F	NO
306	16/11/2015	12:00	61	F	NO
307	10/10/2015	9:00		M	NO
308	24/9/2015	11:00	22	M	NO
309	1/10/2015	7:00	74	F	NO
310	4/10/2015	9:00		F	NO
311	16/11/2015	10:00	53	M	NO
312	12/8/2015	9:00	51	M	NO
313	11/10/2015	7:00		M	NO
314	24/11/2015	6:00	80	F	NO
315	27/11/2015	8:00	58	M	NO
316	5/11/2015	8:00	69	M	NO
317	8/10/2015	7:00	88	F	NO
318	5/11/2015	8:00	60	F	NO
319	15/11/2015	5:00	30	F	NO

320	18/9/2015	15:00		F	NO
321	27/10/2015	6:00	77	F	NO
322	7/9/2015	7:00	56	M	NO
323	9/9/2015	6:00	77	M	NO
324	18/8/2015	6:00	73	M	NO
325	1/10/2015	9:00	61	F	NO
326	29/10/2015	10:00		F	NO
327	14/10/2015	9:00	44	M	NO
328	15/9/2015	13:00	70	F	NO
329	29/9/2015	7:00	51	F	NO
330	7/9/2015	7:00	90	M	NO
331	2/11/2015	10:00		M	NO
332	13/9/2015	10:00	81	M	NO
333	11/8/2015	10:00	43	M	NO
334	13/10/2015	8:00	80	F	NO
335	19/8/2015	6:00		F	NO
336	7/9/2015	6:00	48	M	NO
337	1/9/2015	7:00	89	M	NO
338	7/11/2015	11:00	25	F	NO
339	7/11/2015	11:00	63	M	NO
340	5/11/2015	7:00	76	F	NO
341	30/11/2015	7:00	80	F	NO
342	30/11/2015	8:00	40	M	NO
343	26/11/2015	7:00	65	M	NO
344	21/9/2015	9:00	54	M	NO
345	26/11/2015	7:00	40	M	NO
346	21/10/2015	8:00	78	F	NO
347	2/11/2015	7:00	60	F	NO
348	8/11/2015	7:00	74	M	NO
349	30/10/2015	9:00	49	F	NO
350	13/11/2015	22:00	60	M	NO
351	21/10/2015	9:00	79	M	NO
352	28/10/2015	11:00	82	F	NO
353	9/11/2015	7:00	78	F	NO
354	25/11/2015	6:00	46	M	NO
355	3/11/2015	6:00	85	F	NO
356	7/10/2015	18:00	65	F	NO
357	18/11/2015	10:00	72	M	NO
358	23/11/2015	6:00	80	M	NO
359	25/11/2015	6:00	95	M	NO
360	2/10/2015	11:00	80	F	NO
361	7/9/2015	10:00	70	F	NO
362	17/9/2015	7:00	60	F	NO
363	26/8/2015	8:00	90	M	NO
364	18/10/2015	10:00	50	M	NO
365	20/8/2015	6:00	75	M	NO
366	14/9/2015	7:00	60	F	NO

367	14/9/2015	7:00	80	F	NO
368	21/10/2015	11:00	1	M	NO
369	8/9/2015	6:00	53	M	NO
370	12/10/2015	9:00		F	NO
371	15/9/2015	7:00	20	M	NO
372	30/9/2015	6:00	50	M	NO
373	25/10/2015	6:00	65	M	NO
374	25/11/2015	8:00	64	M	NO
375	16/11/2015	22:00	79	M	NO
376	25/11/2015	9:00	73	F	NO
377	26/11/2015	7:00	76	M	NO
378	27/9/2015	7:00	58	M	NO
379	30/9/2015	7:00	54	M	NO
380	23/10/2015	23:00	76	M	NO
381	20/8/2015	9:00	55	M	NO
382	28/11/2015	11:00			NO
383	11/8/2015	7:00	67	M	NO
384	6/11/2015	12:00	51	F	NO
385	22/10/2015	8:00	82	M	NO
386	22/10/2015	8:00	60	M	NO
387	21/9/2015	6:00	38	M	NO
388	24/9/2015	7:00	81	M	NO
389	10/11/2015	7:00	52	F	NO
390	3/10/2015	10:00	80	F	NO
391	3/10/2015	10:00		M	NO
392	30/8/2015	7:00	89	M	NO
393	11/8/2015	8:00	22	M	NO
394	4/11/2015	8:00	82	M	NO
395	23/11/2015	7:00	44	M	NO
396	10/11/2015	7:00	55	M	NO
397	15/9/2015	6:00	82	M	NO
398	12/12/2015	7:00	80	F	NO
399	3/12/2015	9:00	59	F	NO
400	4/12/2015	6:00	81	M	NO
401	4/12/2015	8:00			NO
402	9/12/2015	8:00		F	NO
403	27/11/2015	8:00	58	M	NO
404	13/12/2015	7:00	32	F	NO
405	30/11/2015	7:00	80	F	NO
406	30/11/2015	8:00	40	M	NO
407	10/12/2015	7:00	62	M	NO
408	13/12/2015	9:00	56	M	NO
409	10/12/2015	9:00			NO
410	8/12/2015	10:00	39	M	NO
411	8/12/2015	12:00	81	M	NO
412	7/12/2015	8:00	73	F	NO
413	10/12/2015	10:00	32	F	NO

414	1/12/2015	8:00	39	M	NO
415	1/12/2015	8:00	77	F	NO
416	7/12/2015	11:00	17	M	NO
417	7/12/2015	11:00	58	F	NO
418	26/11/2015	7:00	76	M	NO
419	8/12/2015	7:00	59	F	NO
420	2/2/2015	6:00	56	M	NO
421	28/11/2015	11:00			NO
422	2/12/2015	6:00		F	NO
423	8/12/2015	8:00	68	F	NO

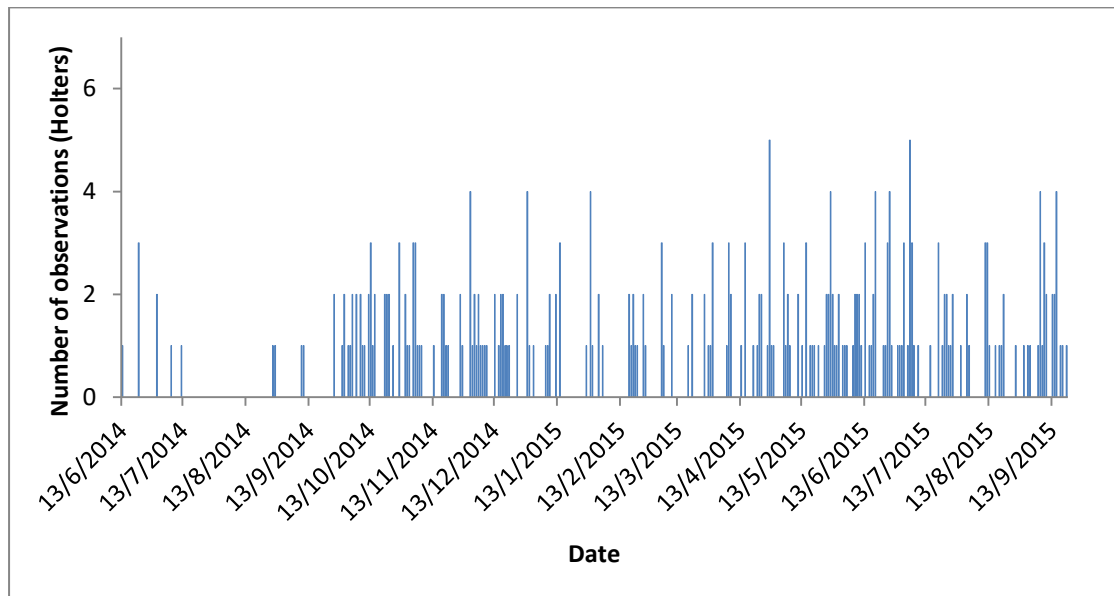
Πίνακας 3.22: Το δείγμα της μελέτης. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι κανένας από τους ασθενείς δεν λαμβάνει φαρμακευτική αγωγή, η οποία θα μπορούσε να αλλοιώσει τις ενδείξεις της έρευνας.

Συγκεντρωτικά για τα όρια ηλικίας έχουμε:

Ηλικία (έτη)	πλήθος
age≤45	346
45<age≤65	121
age>65	61
unknown	34

Πίνακας 3.23: Ηλικίες των εξεταζόμενων και η αντίστοιχη συχνότητα των παρατηρήσεων

Η συχνότητα των δεδομένων καρδιακού ρυθμού που καταγράφηκαν στις δύο καρδιολογικές κλινικές που συνεργαστήκαμε, συναρτήσει των αντίστοιχων ημερών της εκάστοτε παρατήρησης, φαίνονται στο ακόλουθο διάγραμμα.



Σχήμα 3.24: Αριθμός μετρήσεων holter κατά την περίοδο της μελέτης

3.3.2 Συλλογή δεδομένων γεωμαγνητικών παραμέτρων

Επίσης αναλύθηκε η γεωμαγνητική δραστηριότητα στις ημέρες όπου λήφθηκαν ιατρικά δεδομένα (από 13 Ιουνίου 2014 έως 13 Δεκεμβρίου 2015).

Ως γεωμαγνητικός δείκτης χρησιμοποιήθηκε ο Dst index ο οποίος παρατηρήθηκε από το World Centre for Geomagnetism, Kyoto (http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_realtime/index.html). Το κέντρο αυτό παρέχει online δεδομένα real time. Όσο μικρότερη η τιμή του Dst σε nT τόσο πιο έντονη η γεωμαγνητική δραστηριότητα και για τιμές Dst μικρές (συνήθως μικρότερες του - 100nT) θεωρείται ότι έχουμε καταιγίδα.



Εικόνα 3.25: Ιστοσελίδα του σταθμού γεωμαγνητικού ισημερινού δείκτη Dst.

3.3.3 Συλλογή δεδομένων Κοσμικής Ακτινοβολίας

Οι διορθωμένες με πίεση ωριαίες τιμές της αδρονικής συνιστώσας της κοσμικής ακτινοβολίας συλλέχθηκαν από τον Σταθμό Κοσμικής Ακτινοβολίας του τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Αθηνών (A.NE.MO.S, <http://cosray.phys.uoa.gr>).

The screenshot shows the website for the Athens Neutron Monitor Station (A.NE.MO.S). The browser address bar displays cosray.phys.uoa.gr. The website header includes the logo and navigation links: Home, About the Group, GLE Alert Plus, Space Weather Report, Contact Us, and Old Webpage. A large image of the Sun is featured below the header. A left-hand navigation menu lists various sections: Physics, Data, Neutron Monitor DataBase (NMDB), ESA Neutron Monitor Service, Applications, Greek version (Educational), Funded Research, Publications, Conferences, Workshops, and Links. The main content area is titled "Welcome to the Athens Neutron Monitor Station A.NE.MO.S!" and includes a descriptive paragraph about ground-based neutron monitors. Below this is a real-time graph titled "Athens Cosmic Ray Station (Neutron Monitor)" showing data for December-January 2016. The graph displays a fluctuating purple line representing cosmic ray intensity, with values ranging from approximately -18% to -10%. Below the graph, the principal investigator is identified as Prof. H. Mavromichalaki. A table provides technical details of the station: Type (Super 6NM-64), Latitude-Longitude (37°58' N - 23°47' E), Altitude (260 m), Standard Atmospheric Pressure (980 mbar), and Geomagnetic cut-off rigidity (8.53 GV). At the bottom, the status is shown as "Solar X-rays: NORMAL" and "Geomagnetic Field: QUIET". A small information icon is visible in the bottom right corner.

11:10 μμ 53%

cosray.phys.uoa.gr

A.NE.MO.S
Athens Neutron Monitor Station (A.Ne.Mo.S)

Home About the Group GLE Alert Plus Space Weather Report Contact Us Old Webpage

← →

+

- Physics
- Data
- Neutron Monitor DataBase (NMDB)
- ESA Neutron Monitor Service
- Applications
- Greek version (Educational)
- Funded Research
- Publications
- Conferences
- Workshops
- Links

Welcome to the Athens Neutron Monitor Station A.NE.MO.S!

Despite their decades of tradition, ground based neutron monitors (NMs) remain the state-of-the-art instrumentation for measuring *Cosmic Rays*.

Athens Cosmic Ray Station (Neutron Monitor) 27/01/2016 21:06:00 UTC

Graphical representation of Athens NM data in real-time

Principal Investigator: Prof. H. Mavromichalaki

Type	Super 6NM-64
Latitude - Longitude	37°58' N - 23°47' E
Altitude	260 m
Standard Atmospheric Pressure	980 mbar
Geomagnetic cut-off rigidity	8.53 GV

Solar X-rays: **NORMAL** Geomagnetic Field: **QUIET**

The installation and operation of this station has been supported entirely by

Εικόνα 3.26: Ιστοσελίδα του σταθμού κοσμικής ακτινοβολίας του Πανεπιστημίου της Αθήνας



Εικόνα 3.27: Μετρητής Νετρονίων του σταθμού κοσμικής ακτινοβολίας του Πανεπιστημίου της Αθήνας

3.4 Σταθμός Νετρονίων της Αθήνας

Ο σταθμός νετρονίων της Αθήνας βρίσκεται σε υψόμετρο 260m κι έχει κατακόρυφο κατώφλι μαγνητικής δυσκαμψίας 8.53GV. Είναι μοναδικός στην περιοχή των Βαλκανίων και την Ανατολική Μεσόγειο.

Ο σταθμός μέτρησης νετρονίων της Αθήνας (Athens Neutron Monitor Station - A.NE.MO.S) έγινε το κέντρο του Παγκοσμίου Δικτύου Μετρητών Νετρονίων πραγματικού χρόνου σε συνεργασία με την ομάδα κοσμικής ακτινοβολίας του Ινστιτούτου Γήινου Μαγνητισμού, Ιονόσφαιρας και Ραδιοκυμάτων (IZMIRAN) της Ρωσικής Ακαδημίας Επιστημών. Στον κεντρικό server του σταθμού της Αθήνας κατεβαίνουν κάθε 5min τα δεδομένα 23 σταθμών καταναμεμένων σε όλη τη Γη (Πίνακας 3.29), με την προοπτική να επεκταθεί σε όλους τους σταθμούς πραγματικού χρόνου. Ο διαρκώς αυξανόμενος αριθμός σταθμών πραγματικού χρόνου (τουλάχιστον 25 σήμερα) αποτελεί μια πολύ καλή βάση για την λειτουργία αυτού του δικτύου. Το δίκτυο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ένα πολυκατευθυνόμενο σύστημα πάνω στη Γη για τον προσδιορισμό της έναρξης των επίγειων μεγάλων επαυξήσεων της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας (GLEs) και της άμεσης πρόβλεψης της άφιξης μιας διαπλανητικής διαταραχής.



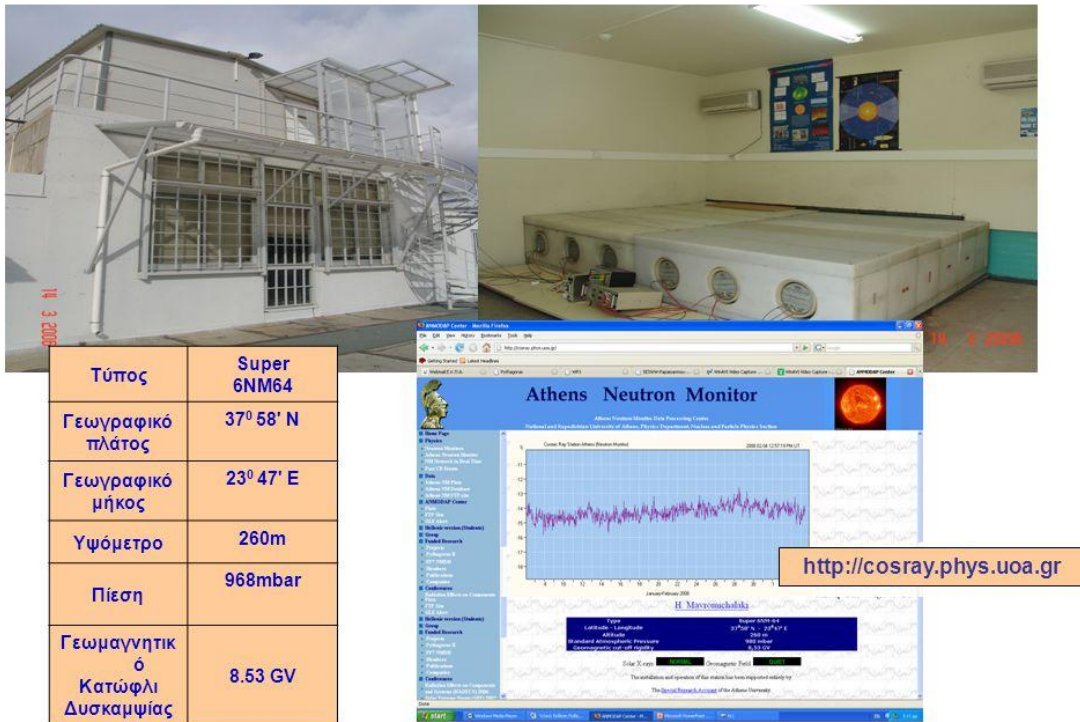
Εικόνα 3.28: Λογότυπο (Athens Neutron Monitor Station - A.NE.MO.S)

Σταθμοί	Συντόμ.	Γ.Πλάτος(⁰)	Γ.Μήκος(⁰)	Alt	H ₀	R _C
APATITY	APTY	67.55	33.33	177	977.80	0.55
ATHENS	ATHN	37.97	23.72	260	974.70	8.53
BAKSAN	BKSN	43.28	42.69	0	818.50	6.91
BARENTSBURG	BRBG	78.12	14.42	0	964.70	0.20
CAPESCHMIDT	CAPS	68.92	180.53	0	1021.30	0.52
EREVAN	ERVN	40.17	44.25	2000	798.30	7.36
EREVAN-3	ERV3	40.17	44.25	3200	683.90	7.36
ISRAEL	ESOI	33.30	35.79	2025	800.00	10.41
FORTSMITH	FSMT	60.00	-112.00	0	996.10	0.30
INUVIK	INVK	68.35	-133.72	21	1019.10	0.14
IRKUTSK	IRKT	52.47	104.03	433	965.00	3.49
KIEL	KIEL	54.34	10.13	54	981.40	2.36
LOMNICKY	LMKS	49.20	20.22	2634	733.00	3.88
McMURDO	MCMD	-77.85	166.72	48	985.10	0.00
MOSCOW	MOSC	55.47	37.32	200	991.90	2.30
NORILSK	NRLK	69.26	88.05	0	1015.30	0.53
NOVOSIBIRSK	NVBK	54.80	83.00	163	999.20	2.69
NEWARK	NWRK	39.68	-75.75	50	1008.60	2.21
OULU	OULU	65.05	25.47	0	990.00	0.77
SOUTH POLE	SOPO	-88.00	210.00	2820	687.70	0.05
THULE	THUL	76.50	-68.70	260	1011.50	0.00
TIXIE BAY		71.60	128.90	15	1019.90	0.43
YAKUTSK		62.02	129.73	105	1020.70	1.55

Πίνακας 3.29: Οι συνδεδεμένοι σταθμοί καταμέτρησης νετρονίων πραγματικού χρόνου με τον σταθμό της Αθήνας (A.NE.MO.S)

Το ανιχνευτικό σύστημα αποτελείται από 6 αναλογικούς απαριθμητές τύπου BP28 Chalk River Canada που περιέχουν BF₃ εμπλουτισμένο με το ισότοπο B¹⁰. Τα νετρόνια περνούν από πλάκες πολυαιθυλενίου και ειδική μολύβδινη θωράκιση που μετριάξει τις ενέργειές τους. Στη συνέχεια αντιδρούν με τριφθοριούχο βόριο, δίνοντας διεγερμένο λίθιο και σωματία-α. Η καταγραφή των σωματίων-α από τους απαριθμητές δίνει τη ροή των νετρονίων. Μια λεπτομερής μελέτη των μεταβολών της κοσμικής ακτινοβολίας και των συνθηκών του διαστημικού καιρού απαιτεί σύγκριση των δεδομένων ενός αριθμού σταθμών μεγάλης δυσκαμψίας με εξαιρετικής ποιότητας δεδομένα. Ο σταθμός της Αθήνας είναι ο πρώτος μικρού πλάτους και ο έκτος ανάμεσα στο παγκόσμιο δίκτυο Μετρητών Νετρονίων που παρέχει δεδομένα “πραγματικού χρόνου”.

Ο Μετρητής Νετρονίων του Πανεπιστημίου Αθηνών

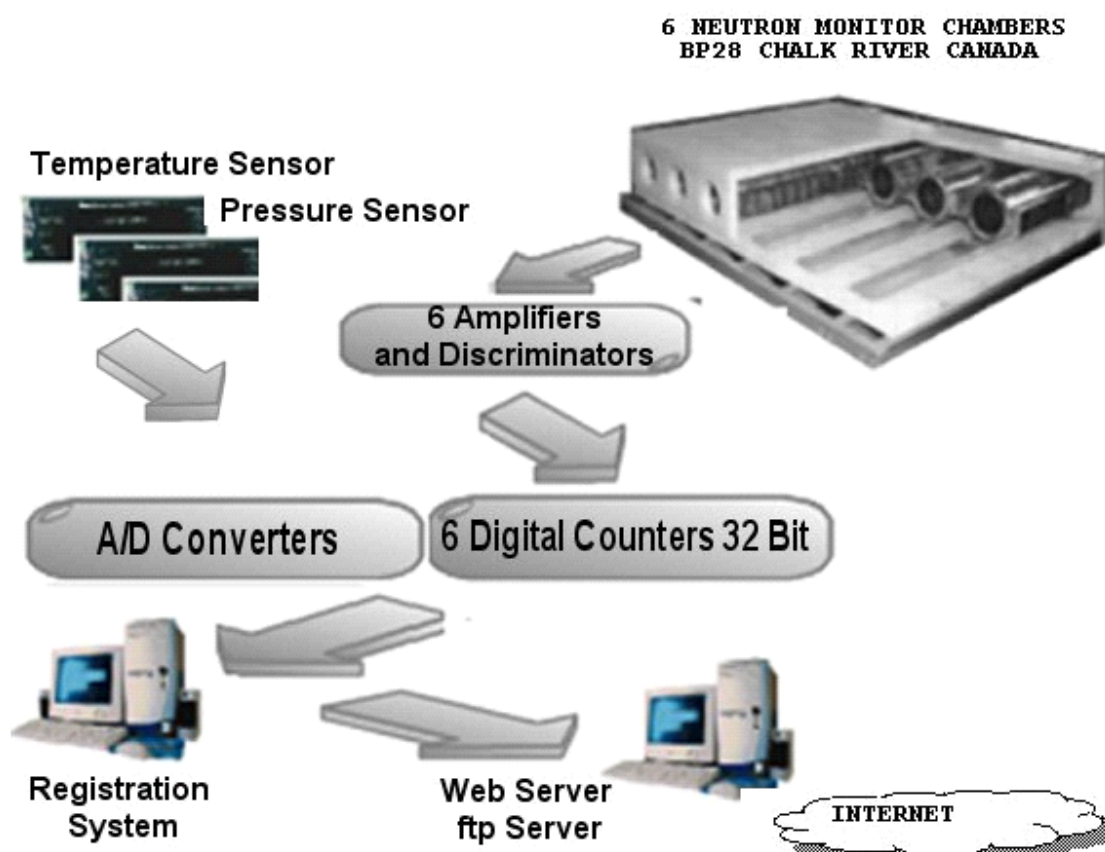


Σχήμα 3.30: Ο σταθμός με τον μετρητή νετρονίων κοσμικής ακτινοβολίας του Πανεπιστημίου Αθηνών

Το σύνολο των μετρήσεων συλλέγεται με κατάλληλες ψηφιακές κάρτες σε τοπικό δίκτυο υπολογιστών. Αναπτύχθηκαν και λειτουργούν προγράμματα αυτόματης επεξεργασίας των μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο. Εγκαταστάθηκε επίσης και λειτουργεί σε εικοσιτετράωρη βάση Web Server και FTP Server ο οποίος προβάλλει τα αποτελέσματα των μετρήσεων στο διαδίκτυο προκειμένου να χρησιμοποιούνται σε παγκόσμιο επίπεδο. Διαγράμματα μηνιαίων, ημερήσιων, ωριαίων και 1-min διορθωμένων με την πίεση τιμών της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας δίδονται στο Διαδίκτυο μέσω του Server. Η ανάλυση γίνεται σε κάθε ανιχνευτή ξεχωριστά με τη βοήθεια ενός προγράμματος επεξεργασίας των πρωταρχικών δεδομένων και μετά από υπολογισμό της ποιότητας αυτών για κάθε κανάλι. Ειδικό πρόγραμμα βασισμένο σε αλγόριθμο επιτρέπει τον υπολογισμό της απόδοσης για κάθε κανάλι θέτοντας εκτός λειτουργίας κανάλια και διορθώνοντας δεδομένα αυτών των καναλιών. Επίσης υπολογίζονται τα στατιστικά άλματα από τα χαρακτηριστικά κάθε καναλιού και ολόκληρου του ανιχνευτικού συστήματος. Η διαδικασία του ελέγχου και της έκδοσης των δεδομένων είναι ιδιαίτερα σημαντική για την παρουσία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, όπου οι απαιτήσεις για την ποιότητα των δεδομένων είναι εξαιρετικά μεγάλη.



Εικόνα 3.31: Η ανιχνευτική διάταξη & συνδεσμολογία του μετρητή νετρονίων του σταθμού κοσμικής ακτινοβολίας του Πανεπιστημίου της Αθήνας.



Σχήμα 3.32: Γραφική Αναπαράσταση της ανιχνευτικής διάταξης του σταθμού νετρονίων του Πανεπιστημίου της Αθήνας.

iPad 12:08 πμ 49% nmdb.eu

BOOK NAVIGATION

- » **NMDB Stations**
 - » Almaty NM, Kazakhstan (AATB)
 - » Armenian NMs
 - » Athens NM, Greece (ATHN)
 - » Bartol (University of Delaware) NMs
 - » Doi Inthanon, Thailand (PSNM)
 - » Dourbes NM, Belgium (DRBS)
 - » ESOI-TAU, Israel (ESOI)
 - » Guadalajara, Spain (CALM)
 - » Kerguelen (KERG) and Terre Adelle (TERA) stations, France
 - » Kiel, Germany (KIEL, KIEL2)
 - » Koldewey Station, Spitzbergen
 - » Lomnický štít, Slovakia (LMKS)
 - » Oulu, Finland (OULU)
 - » Plateau de Bure NM, France (BURE)
 - » **RUSSIAN NMs**
 - » Rome, Italy (ROME)
 - » Swiss NMs
 - » Zugspitze, Germany
- » Data and Products
- » NMDB Documentation
- » Public Outreach
- » Work Packages and Project Groups
- » Meetings and Events
- » NMDB news
- » Contact Us
- » Impressum

NAVIGATION

- » NMDB site materials

VIEW REVISIONS

NMDB Stations

Posted May 22, 2008 - 12:13pm by Askar Ibragimov

NMDB stations

Map data ©2016 Terms 5,000 km

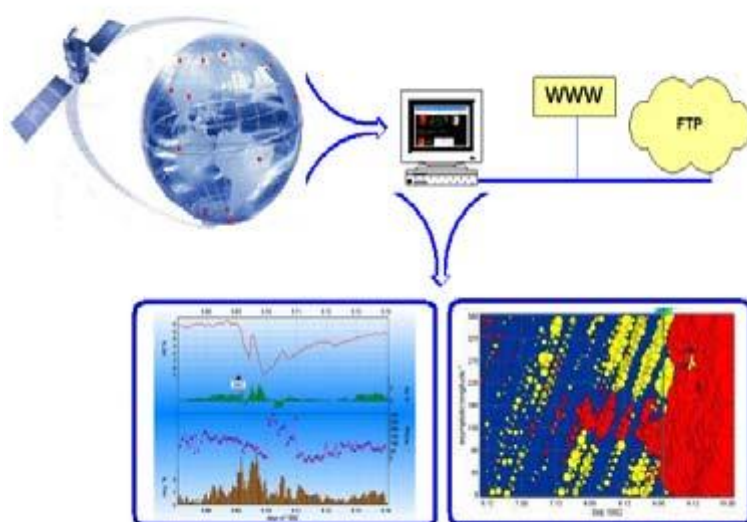
View Larger Map

- » Almaty NM, Kazakhstan (AATB)
- » Armenian NMs
- » Athens NM, Greece (ATHN)
- » Bartol (University of Delaware) NMs
- » Doi Inthanon, Thailand (PSNM)
- » Dourbes NM, Belgium (DRBS)
- » ESOI-TAU, Israel (ESOI)
- » Guadalajara, Spain (CALM)
- » Kerguelen (KERG) and Terre Adelle (TERA) stations, France
- » Kiel, Germany (KIEL, KIEL2)
- » Koldewey Station, Spitzbergen
- » Lomnický štít, Slovakia (LMKS)
- » Oulu, Finland (OULU)
- » Plateau de Bure NM, France (BURE)
- » RUSSIAN NMs
- » Rome, Italy (ROME)
- » Swiss NMs
- » Zugspitze, Germany

Εικόνα 3.33: Ο ιστότοπος της Διεθνούς βάσης δεδομένων Μετρητών Νετρονίων – neutron monitor database (NMDB), όπου εμφανώς διακρίνεται & η γεωγραφική καταγραφή των σταθμών καταγραφής.

Τον Δεκέμβριο του 2003 λειτούργησε στο σταθμό του Πανεπιστημίου της Αθήνας για πρώτη φορά ένα σύστημα συλλογής και επεξεργασίας των μετρήσεων κοσμικής ακτινοβολίας σε "πραγματικό χρόνο" από μετρητές νετρονίων που βρίσκονται σε διάφορα σημεία της Γης. Τα προγράμματα αυτά έχουν τη δυνατότητα

συλλογής δεδομένων σε σχεσιακές βάσεις με περιοδικότητα μικρότερη από ένα λεπτό, από οποιοδήποτε σταθμό κοσμικής ακτινοβολίας συνδεδεμένο με το διαδίκτυο (<http://cosray.phys.uoa.gr>). Στην παρούσα φάση συλλέγονται μέσες μετρήσεις λεπτού και ωριαίες. Η κατασκευή των προγραμμάτων έγινε έτσι ώστε ο αριθμός σταθμών που μπορούν να συμμετέχουν να είναι απεριόριστος με απλή αναβάθμιση του λογισμικού. Τα χαρακτηριστικά μεγέθη κάθε σταθμού κοσμικής ακτινοβολίας που συμμετέχει στο δίκτυο συλλογής αποθηκεύονται σε βάση δεδομένων. Στην ίδια βάση αποθηκεύονται και οι παράμετροι για τον χρονοισμό της συλλογής δεδομένων από κάθε σταθμό που αποθηκεύεται στον πίνακα χρονοισμού “Global Configuration Table (GCT). Για το χρονοισμό των κλήσεων δημιουργήθηκε το πρόγραμμα Χροονιστής “Scheduler” που διαβάζει τα περιεχόμενα του πίνακα GCT κάθε λεπτό και αποφασίζει αν είναι η κατάλληλη χρονική στιγμή για να ενεργοποιήσει τα προγράμματα συλλογής δεδομένων από τους απομακρυσμένους σταθμούς. Για κάθε σταθμό ξεχωριστά υπάρχει ένα πρόγραμμα συλλογής δεδομένων που αναλαμβάνει τη μεταφορά τους από κάθε σταθμό στην τοπική βάση. Αυτά τα προγράμματα κατασκευάστηκαν ώστε να λειτουργούν ταυτόχρονα (multitasking) ελαττώνοντας το χρόνο που απαιτείται για τη συλλογή των δεδομένων. Κάθε πρόγραμμα έχει την ικανότητα να φέρνει τα νεότερα δεδομένα με περιοδικό τρόπο ή να τα μεταφέρει σε οποιαδήποτε χρονική περίοδο από τον απομακρυσμένο σταθμό.



Σχήμα 3.34: Σχηματική αναπαράσταση του προγράμματος υπολογισμού των φασματικών παραμέτρων της έντασης και των τριών συνιστωσών του διανύσματος της ανισοτροπίας της κοσμικής ακτινοβολίας.

Η μέθοδος συλλογής εξαρτάται άμεσα από την υποδομή του εκάστοτε σταθμού. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι υλοποιήθηκαν προγράμματα συλλογής μέσω FTP, μέσω ASP ιστοσελίδων και μέσω πρόσβασης σε βάσεις δεδομένων. Μετά τη συλλογή των μετρήσεων ενεργοποιούνται άλλα προγράμματα τα οποία βασίζονται στις μετρήσεις όλων των σταθμών του δικτύου, όπως προγράμματα απεικόνισης των μετρήσεων των διαφόρων σταθμών του "real time" δικτύου των μετρητών νετρονίων, πρόγραμμα προσδιορισμού των μεγάλων GLE γεγονότων και πρόγραμμα υπολογισμού των φασματικών παραμέτρων της έντασης και των τριών συνιστωσών της κοσμικής ακτινοβολίας.

The screenshot shows the NMDB NEST search tool interface on an iPad. The browser address bar displays 'nmdb.eu' and the URL 'www.nmdb.eu/nest/search.php'. The interface is organized into several sections:

- Search Tool:** A logo for 'NMDB EVENT SEARCH TOOL NEST' with a bird icon.
- 3 ways 2 use NEST:** A banner with a 'Quick Plots' section containing buttons for 'Last Data', 'GLE 71', and 'GLE 70'. Below it, text reads 'conditions & information to use data'.
- Stations:** A grid of checkboxes for various station codes: AATB, APTY, ATHN, BKSN, CALM, DRBS, ESOI, FSMT, INVK, IRK2, IRK3, IRKT, JUNG, JUNG1, KERG, KGSN, KIEL, LMKS, MCMU, MCRL, MOSC, MWSN, MXCO, NAIN, NANM, NEWK, NRLK, OULU, PWNK, ROME, SOPB, SOPO, TERA, THUL, TXBY, and YKTK. There are also options for 'All stations' and 'Online stations', and buttons for 'one color' and 'reset colors'.
- Date Selection (UTC):** A section with radio buttons for 'Last', 'From', and 'To'. The 'Last' option is selected with a value of '1 days'. The 'From' and 'To' options have date and time pickers. There are also options for 'GLE number/date' and 'FD number/date'.
- Resolution:** A section with a 'Time resolution' dropdown set to 'best' and a 'Force**' checkbox.
- Data type:** A section with radio buttons for 'Pressure & efficiency corr.', 'Pressure corrected', 'Uncorrected', and 'Pressure'.
- Scale:** A section with radio buttons for 'Relative scale', 'Counts/s (or mbar)', and 'Log scale'.
- Output:** A section with radio buttons for 'Plot', 'Ascii', and 'Plot & ascii'.
- Overplot Options:** A series of sections on the right: 'Overplot main', 'Overplot extras', 'NMDB tables', 'Env. & meta data', 'Scaling Options', 'Event Options', 'Ascii Options', and 'Style Options', each with expand/collapse icons.
- Contact:** A section at the bottom right with the text 'Contact: questions@nmdb.eu' and 'NEST2 is here'.
- Buttons:** 'Submit' and 'Reset' buttons at the bottom center.

** This may slow down your request. *** Table format here.

Εικόνα 3.35: Η βάση δεδομένων Μετρητών Νετρονίων NMDB NEST (NMDB EVENT SEARCH TOOL) (πηγή: <http://www.nmdb.eu/nest/search.php>)

Παρακάτω παραθέτουμε παραδείγματα της καταγραφής του δείγματος των ασθενών σε σχέση με την ημερομηνία καταγραφής (Date) του καρδιακού ρυθμού (Heart Rate), το φύλο (Gender), την ηλικία (Age) & την πιθανή πρόσληψη φαρμάκων (Meds), καθώς & τις αντίστοιχες τιμές της κοσμικής ακτινοβολίας (CRI) για την ώρα της μέτρησης & του γεωμαγνητικού δείκτη (Dst).

<u>Date</u>	<u>Start Time</u>	<u>Gender</u>	<u>Age</u>	<u>Meds</u>
06/03/2015	15:00	M	83	No
	<u>UT</u>	<u>Heart Rate</u>	<u>CRI</u>	<u>dst</u>
	22:00	54	54.936	-7
	23:00	49	55.173	1
	0:00	56	55.297	4
	1:00	55	55.286	3
	2:00	47	55.313	-1
	3:00	59	55.325	-2
	4:00	55	55.320	-6
	5:00	49	54.993	-9
	6:00	58	55.206	-18
	7:00	50	55.476	-17
	8:00	77	55.457	-14
	9:00	73	55.144	-10
	10:00	74	55.648	-10
	11:00	76	55.399	-11
	12:00	76	55.317	-10
	13:00	67	55.413	-4
	14:00	71	55.176	-2
	15:00	70	54.981	-2
	16:00	70	54.790	-1
	17:00	64	55.401	1
	18:00	76	55.508	4
	19:00	78	54.827	3
	20:00	77	54.986	2
	21:00	65	54.986	-4
				-
<u>AVERAGE</u>			55223,25	4,58333

Πίνακας 3.36: Πίνακας καταγραφής στοιχείων ατόμου, HR, CRI, DST

<u>Date</u>	<u>Start Time</u>	<u>Gender</u>	<u>Age</u>	<u>Meds</u>
26/3/2015	15:00	M	70	No
	<u>UT</u>	<u>Heart Rate</u>	<u>CRI</u>	<u>dst</u>
	22:00	53	55.308	-19
	23:00	53	55.125	-20
	0:00	61	55.226	-17
	1:00	64	54.799	-16
	2:00	63	55.074	-16
	3:00	60	55.058	-14
	4:00	61	55.039	-14
	5:00	51	54.639	-11
	6:00	55	54.842	-17
	7:00	62	54.788	-20
	8:00	82	55.056	-14
	9:00	78	55.180	-11
	10:00		55.108	-15
	11:00		55.286	-9
	12:00		55.203	-12
	13:00	61	55.132	2
	14:00	56	54.690	0
	15:00	55	55.390	1
	16:00	60	55.010	-4
	17:00	61	54.920	-7
	18:00	56	54.762	-7
	19:00	54	55.122	-9
	20:00	55	54.728	-8
	21:00	54	55.048	-15
				-
<u>AVERAGE</u>			55.022	11,3333

Πίνακας 3.37: Πίνακας καταγραφής στοιχείων ατόμου, HR, CRI, DST

<u>Date</u>	<u>Start Time</u>	<u>Gender</u>	<u>Age</u>	<u>Meds</u>
30/3/2015	10:00	F	82	No
	<u>UT</u>	<u>Heart Rate</u>	<u>CRI</u>	<u>dst</u>
	22:00	50	54.952	-17
	23:00	56	54.803	-19
	0:00	47	54.981	-17
	1:00	47	54.956	-12
	2:00	47	54.941	-6
	3:00	48	55.060	-2
	4:00	48	55.176	2
	5:00	47	54.985	3
	6:00	59	55.039	2
	7:00	72	55.278	-1
	8:00	65	54.962	-7
	9:00	58	55.195	-6
	10:00	60	55.010	-7
	11:00	55	55.002	-13
	12:00	59	54.822	-15
	13:00	65	55.089	-11
	14:00	56	55.045	-8
	15:00	67	54.850	-11
	16:00	63	55.173	-12
	17:00	71	54.896	-13
	18:00	61	55.255	-13
	19:00	59	55.140	-15
	20:00	55	54.689	-15
	21:00	61	55.148	-15
<u>AVERAGE</u>			55.019	-9,5

Πίνακας 3.38: Πίνακας καταγραφής στοιχείων ατόμου, HR, CRI, DST

<u>Date</u>	<u>Start Time</u>	<u>Gender</u>	<u>Age</u>	<u>Meds</u>
5/3/2015	12:00	F	80	No
	<u>UT</u>	<u>Heart Rate</u>	<u>CRI</u>	<u>dst</u>
	22:00	37	54.554	3
	23:00	39	54.783	7
	0:00	40	54.924	7
	1:00	39	55.019	7
	2:00	40	54.777	10
	3:00	41	55.007	12
	4:00	41	54.991	16
	5:00	39	55.253	13
	6:00	36	55.555	4
	7:00	37	55.475	-4
	8:00	36	55.192	-20
	9:00		55.259	-21
	10:00	38	55.175	5
	11:00	40	55.099	5
	12:00	38	55.368	5
	13:00	39	55.264	0
	14:00	39	55.019	-6
	15:00	44	54.813	-2
	16:00	39	54.481	-3
	17:00	43	54.972	-3
	18:00	39	54.660	0
	19:00	39	54.965	0
	20:00	42	54.983	1
	21:00	41	55.343	3
<u>AVERAGE</u>			55.039	1,625

Πίνακας 3.39: Πίνακας καταγραφής στοιχείων ατόμου, HR, CRI, DST

<u>Date</u>	<u>Start Time</u>	<u>Gender</u>	<u>Age</u>	<u>Meds</u>
26/3/2015	10:00	M	72	No
	<u>UT</u>	<u>Heart Rate</u>	<u>CRI</u>	<u>dst</u>
	22:00	87	55.308	-19
	23:00	75	55.125	-20
	0:00	68	55.226	-17
	1:00	67	54.799	-16
	2:00	71	55.074	-16
	3:00	68	55.058	-14
	4:00	71	55.039	-14
	5:00	62	54.639	-11
	6:00	69	54.842	-17
	7:00	90	54.788	-20
	8:00	88	55.137	-7
	9:00	83	54.833	-5
	10:00	89	55.320	-3
	11:00	85	55.316	-2
	12:00	84	55.227	1
	13:00	87	55.132	2
	14:00	79	54.690	0
	15:00	76	55.390	1
	16:00	89	55.010	-4
	17:00	103	54.920	-7
	18:00	82	54.762	-7
	19:00	75	55.122	-9
	20:00	83	54.728	-8
	21:00	79	55.048	-15
				-
<u>AVERAGE</u>			55.022	9,45833

Πίνακας 3.40: Πίνακας καταγραφής στοιχείων ατόμου, HR, CRI, DST

<u>Date</u>	<u>Start Time</u>	<u>Gender</u>	<u>Age</u>	<u>Meds</u>
18/3/2015	10:00	F	60	No
	<u>UT</u>	<u>Heart Rate</u>	<u>CRI</u>	<u>dst</u>
	22:00		53.907	-83
	23:00		54.120	-83
	0:00		53.829	-81
	1:00		54.039	-88
	2:00		54.640	-83
	3:00		54.305	-75
	4:00		54.595	-69
	5:00		54.325	-73
	6:00		54.471	-73
	7:00		54.417	-69
	8:00		54.783	-111
	9:00		55.276	-112
	10:00		54.600	-106
	11:00		54.944	-100
	12:00		54.896	-89
	13:00		54.946	-86
	14:00		54.988	-78
	15:00		54.244	-76
	16:00		54.913	-79
	17:00		54.453	-74
	18:00		54.802	-69
	19:00		54.139	-77
	20:00		54.332	-82
	21:00		53.992	-83
			-	
<u>AVERAGE</u>			54.498	83,2917

Πίνακας 3.41: Πίνακας καταγραφής στοιχείων ατόμου, HR, CRI, DST

ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV



ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

4.1 Εισαγωγή

Στην παρούσα ερευνητική εργασία στοχεύσαμε να εξετάσουμε την επίδραση της γεωμαγνητικής δραστηριότητας και της κοσμικής ακτινοβολίας στον καρδιακό ρυθμό και τον κικκαδιανό ρυθμό της καρδιάς. Η μελέτη διήρκησε από τις 13 Ιουνίου 2014 έως και 13 Δεκεμβρίου 2015. Για το παραπάνω διάστημα χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα καρδιακού ρυθμού που καταγράφονταν σε συσκευές ηλεκτροκαρδιογραφήματος Holter. Επίσης, για το ίδιο χρονικό διάστημα υπολογίστηκαν η ποσοστιαία μεταβολή της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας και ο γεωμαγνητικός δείκτης Dst. Το προς εξέταση δείγμα ήταν τυχαίο. Η ανάλυση βασίστηκε στην στατιστική μέθοδο γραμμικής συσχέτισης & την εξαγωγή συντελεστή συσχέτισης (correlation coefficient). Μελλοντικά η έρευνα θα συνεχιστεί με χρήση του μοντέλου ANOVA, το οποίο θα εφαρμοστεί για να υπολογιστούν τα επίπεδα της στατιστικής σημαντικότητας για την επίδραση των μεταβολών της γεωμαγνητικής ακτινοβολίας και της κοσμικής ακτινοβολίας στον καρδιακό ρυθμό

και στην πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση. Αναλυτικές λεπτομέρειες για την προέλευση των δεδομένων, την ανάλυση και την επεξεργασία τους, ακολουθούν στις επόμενες παραγράφους.



Σχήμα 4.1: Αναπαράσταση της Στατιστικής επεξεργασίας

4.2 Στατιστική επεξεργασία

Οι κύριες στατιστικές μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση των δεδομένων είναι η γραμμική συσχέτιση & ο συντελεστής συσχέτισης pearson r ενώ μελλοντικά για την συνέχιση της έρευνας θα χρησιμοποιηθούν & άλλες μέθοδοι, όπως η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση (Multiple Linear Regression) και διακύμανση (ANOVA). Τα στατιστικά προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν είναι το Origin Pro 8 & το Microsoft Excel 2010, προκειμένου να σημειωθούν τα στατιστικά επίπεδα σημαντικότητας (p values) της επίδρασης των επιπέδων της δραστηριότητας του διαστημικού καιρού στον ανθρώπινο καρδιακό ρυθμό. Μελλοντική πρόβλεψη για την συνέχιση της έρευνας συμπεριλαμβάνει την χρήση των SPSS software (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) και το STATISTICA, προκειμένου να σημειωθούν τα στατιστικά επίπεδα περισσότερων & πολυπλοκότερων στατιστικών παραμέτρων. Ως επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας στην παρούσα ανάλυση θεωρείται $p < 0.05$ και το ίδιο χρησιμοποιείται για την διεξαγωγή των αποτελεσμάτων- συμπερασμάτων.

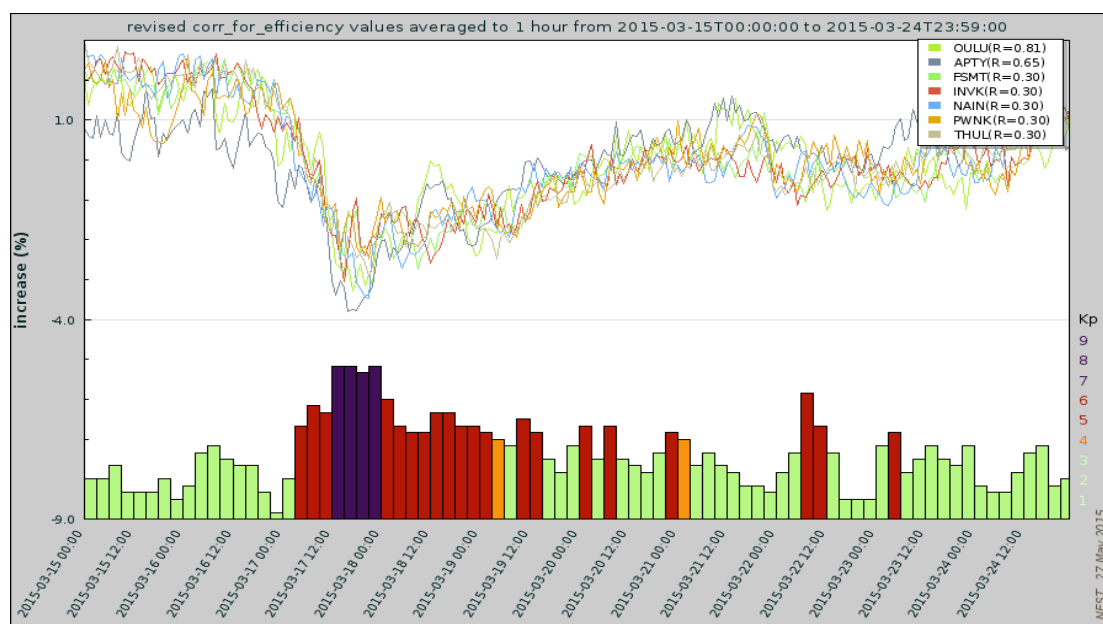
Επίσης, έγινε ανάλυση στην ημερήσια βάση (diurnal variation) μεταξύ της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας και της μεταβολής του καρδιακού ρυθμού των υποκειμένων ξεχωριστά. Τέλος, απομονώθηκε η περίοδος στην οποία εμφανίστηκε σημαντική μείωση Forbush και αναλύθηκε ξεχωριστά.

4.3.1 Περιγραφή του γεγονότος του Μαρτίου 2015

Από την άποψη της ηλιακής δραστηριότητας και ιδιαίτερα με την έννοια της στεμματικής εκτινάξης μάζας (CME) το Μάρτιο του 2015 ήταν πιο δραστήρια από τους περισσότερους μήνες του 24^{ου} ηλιακού κύκλου. Επίσης ο Μάρτιος ήταν πολύ δραστήριος με την έννοια των ηλιακών εκλάμψεων (SFs) και η ενεργητική να είναι μια X2.1 στις 03/11/2015 σε 16:22 UT από το AR 2297, S17E22, (solarmonitor.org), η οποία περιοχή έδωσε μερικές ημέρες μετά από μια CME που είναι υπεύθυνη για την καταιγίδα G4 γεωμαγνητική. Αυτή η καταιγίδα μελετήθηκε στην εργασία «Μια μελέτη των πολικών και μεσαίου γεωγραφικού πλάτους παρατηρητών νετρονίων κατά την παρατεταμένη γεωμαγνητική καταιγίδα της 17^{ης} Μάρ 2015.» (H. Mavromichalaki et al, 2015)

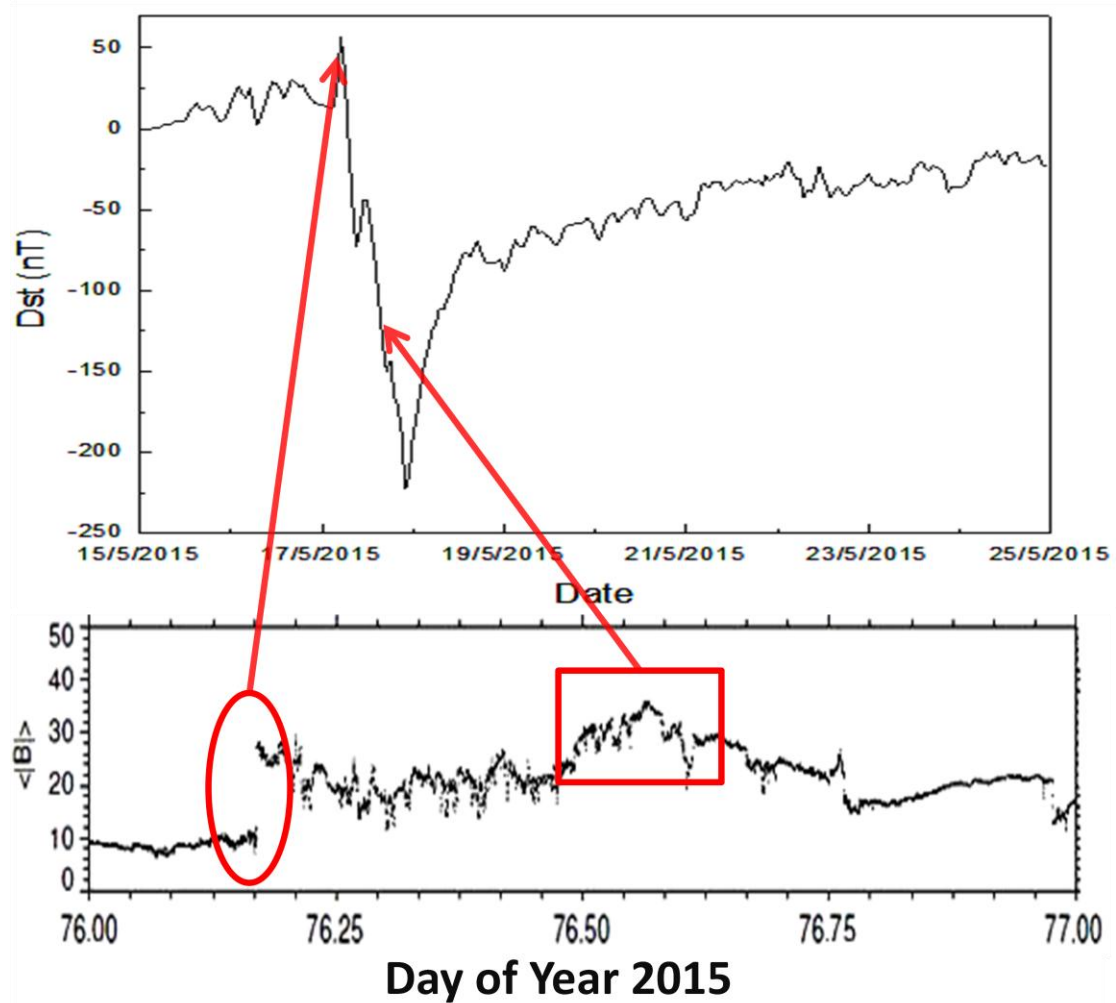
Η πιο έντονη καταιγίδα γεωμαγνητική (G4) του τρέχοντος ηλιακού κύκλου ξεκίνησε στις 17 Μαρτίου. Αυτή η γεωμαγνητική καταιγίδα ήταν το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης μεταξύ του συμπλέγματος ηλιακής δραστηριότητας που εντοπίστηκε στην ενεργό AR2297 περιοχή (S22W29) και τη μαγνητόσφαιρα της Γης (umtof.umd.edu? Www.lmsal.com). Ειδικά ένα μαγνητικό νήμα ξέσπασε μεταξύ μία παρα τέταρτο π.μ. UT μέχρι τις 02:00 UT με επίσης μια κατηγορία C9.1 ηλιακής έκλαμψης με ώρα αιχμής στο 2:13 UT. Αυτός ο συνδυασμός των βλαστών εκσφενδόνισε κατευθυνόμενη προς τη Γη CME στο διαπλανητικό χώρο. Αυτό ICME έφτασε κατά τις πρώτες ώρες της 17ης Μαρτίου και ένα ελάχιστο δείκτη Dst του -223 nT (προκαταρκτικά στοιχεία, wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp) παρατηρήθηκε στις 22: 00-23: 00 UT. Μερικές ώρες πριν, στις 12: 00-15: 00 UT ο δείκτης Kp έφτασε τη μέγιστη τιμή της μέγιστης τιμής του 8 και του δείκτη Ap για την ώρα 21: 00-23: 59 UT ήταν 179. Τα στοιχεία για τα ηλιακά γεγονότα ελήφθησαν από η GOES δορυφόρους (ftp.ngdc.noaa.gov) και από το διαστημικό τηλεσκόπιο SOHO (cdaw.gsfc.nasa.gov). Ως αποτέλεσμα μια εκτεταμένη μείωση Forbush, η οποία είχε μια φάση ανάκαμψης η οποία διήρκεσε μέχρι το τέλος του μήνα, καταγράφηκε. Το πλάτος της έντασης των κοσμικών ακτίνων παρουσίασε μείωση κατά ~ 4,2% στους πολικούς σταθμούς των μετρητών νετρονίων. Τα μέτρα των σταθμών μεσαίου γεωγραφικού πλάτους και ιδιαίτερα το Παρατηρητήριο Σταθμού νετρονίων της Αθήνας αποκάλυψαν ένα μαγνητοσφαιρικό γεγονός που είναι δυνατόν να παρατηρηθεί μόνο από τους σταθμούς ενδιάμεσου γεωγραφικού πλάτους. Το ελάχιστο της έντασης κοσμικών

ακτίνων παρατηρήθηκε στον ίδιο χρόνο του μέγιστου του δείκτη Kp, όπως φαίνεται στο σχήμα με χρήση της βάσης δεδομένων NMDB (www.nmdb.eu).

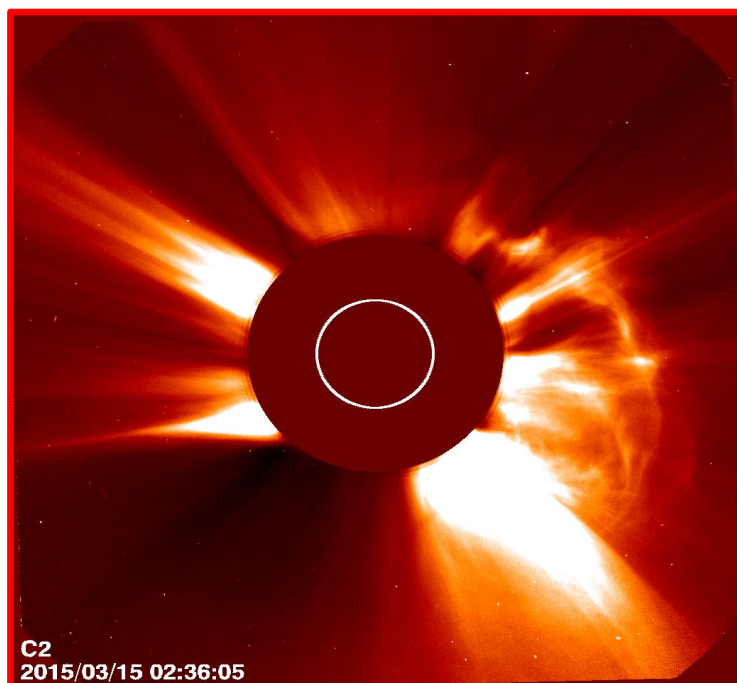


Σχήμα i: Η μείωση Forbush της 17^{ης} Μαρτίου 2015 όπως καταγράφηκε από τους βόρειους γεωγραφικού πλάτους μετρητές νετρονίων των πολικών σταθμών OULU, Apatity, Φορτ Σμιθ, Ινούβικ, Nain, PEAWANUCK και THULE (άνω τμήμα) και ο δείκτης Kp για το χρονικό διάστημα 15 - 24 Μαρτίου 2015 (πίνακας κάτω).

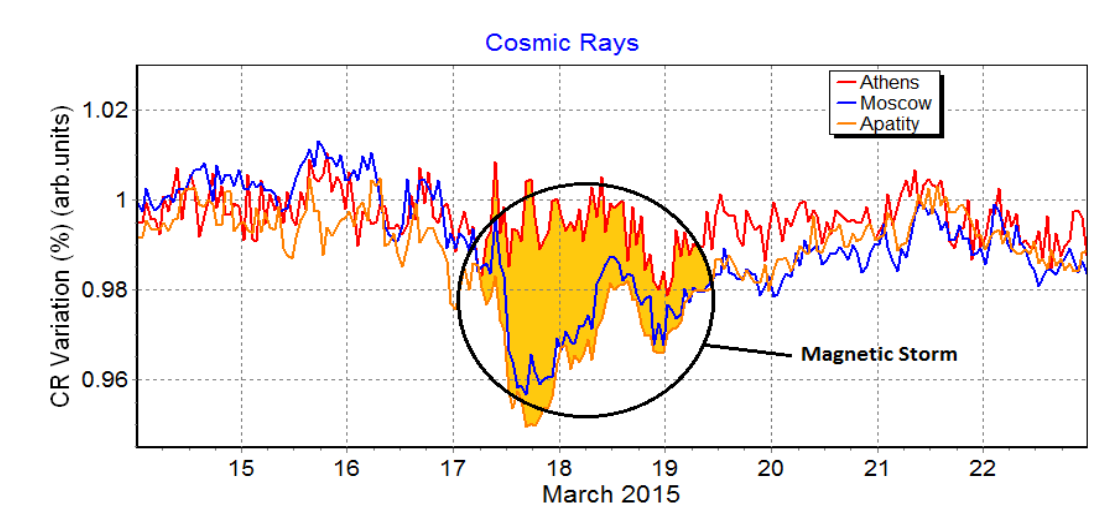
Η ύπαρξη της πιο έντονης γεωμαγνητικής καταιγίδας του παρόντος ηλιακού κύκλου δεν επιβεβαιώθηκε μόνο από το δείκτη Kp, αλλά και από το δείκτη θερινής ώρας. Η παρατηρήσιμη παραλλαγή του Dst παρουσιάζεται στο Σχ ii. (άνω πάνελ), τα στοιχεία των οποίων ελήφθησαν από το Παγκόσμιο Κέντρο Δεδομένων για geomagnetism (wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp). Να σημειωθεί ότι για το έτος 2015, οι τιμές του δείκτη Dst δεν έχουν ακόμη διορθωθεί, οπότε μπορεί να υπάρχουν αβεβαιότητες σε αυτά τα αποτελέσματα. Το κρουστικό κύμα της άφιξης CME και η διακύμανση του διαπλανητικού μαγνητικού πεδίου παρουσιάζεται στο κάτω πάνελ του Σχ ii., όπου το μαγνητικό πεδίο αυξάνεται από 10 nT έως 28 nT. Η μέγιστη τιμή του μαγνητικού πεδίου συμπίπτει με το μέγιστο δείκτη Kp περίπου 12: 00-15: 00 UT της 17ης Μαρτίου (Δ.Ο.Υ. 76) (ACE φασματογραφήματα MAG - www.srl.caltech.edu).



Σχήμα ii: Η διακύμανση του δείκτη Dst για την μείωση Forbush της 17^{ης} Μαρτίου 2015 (άνω τμήμα) και τη διακύμανση του IMF κατά τη διάρκεια της ημέρας (DoY 76) (κάτω πίνακας).



Σχήμα.iii: Η μερική HALO CME της 15^{ης} Μαρτίου 2015, που έφτασε στη Γη με ταχύτητα 840 km / s στις 17 Μαρτίου 2015.



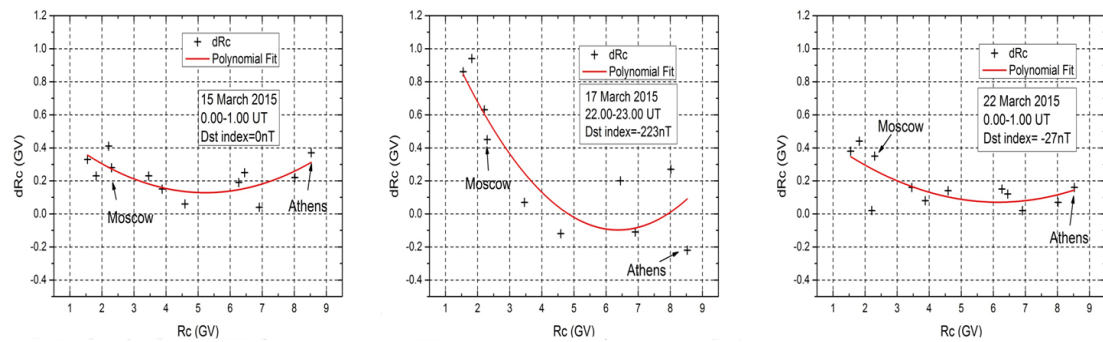
Σχήμα iv: Το χρονικό διάστημα εκδήλωσης της μείωσης Forbush των κοσμικών ακτίνων για τους σταθμούς μεσαίου γεωγραφικού πλάτους (Αθήνα) και πολικού πλάτους σταθμούς (Μόσχα, Απατίτυ) για την περίοδο 15-22 Μαρτίου 2015. Φαίνεται η διαφορετική συμπεριφορά έντασης των κοσμικών ακτίνων κατά τη διάρκεια της μαγνητικής καταιγίδας.

4.3.2 Η γεωμαγνητική καταιγίδα

Στο (Σχήμα i). Φαίνεται η ωριαία διόρθωση της πίεσης για τα δεδομένα της έντασης των κοσμικών ακτίνων που ελήφθησαν από τη βάση δεδομένων IZMIRAN Neutron Monitor (<ftp.izmiran.ru/pub/izmiran>).

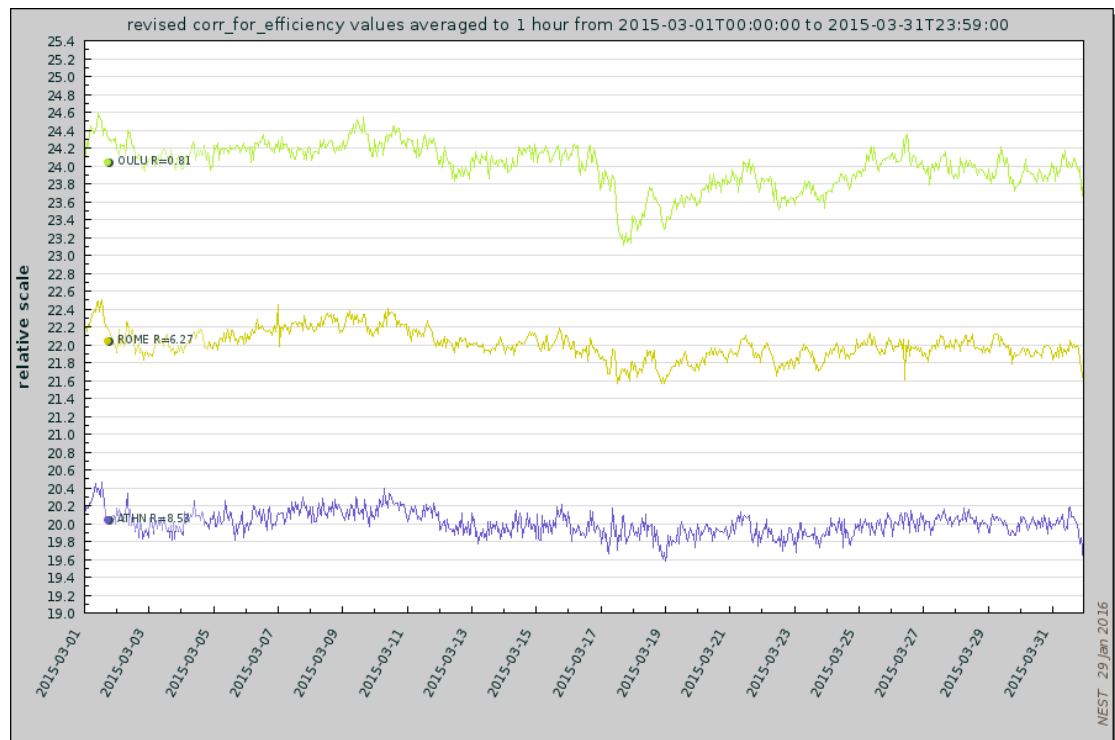
Ο Dst-δείκτης φτάσει σε ένα ελάχιστο -223 nT (Σχήμα ii). και αυτό δείχνει την ύπαρξη μιας γεωμαγνητικής καταιγίδας. Συγκρίνοντας τις κοσμικές ακτίνες δεδομένων μεταξύ των πολικών και ενδιάμεσους σταθμούς το γεωγραφικό πλάτος παρατηρήθηκε μεγάλη μείωση της έντασης των κοσμικών ακτίνων στους πολικού γεωγραφικού πλάτους σταθμούς, ενώ στους μεσαίου γεωγραφικού πλάτους σταθμούς η ένταση των κοσμικών ακτίνων παρέμεινε ανεπηρέαστη. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει την ύπαρξη μιας γεωμαγνητικής καταιγίδας καθώς η ασυνήθιστα αυξημένη ένταση κοσμικών ακτίνων στους μέσου γεωγραφικού πλάτους σταθμούς μπορεί να εξηγηθεί από τη συμπίεση του γήινου μαγνητικού πεδίου που επηρεάζει κυρίως σταθμούς μεσαίου γεωγραφικού πλάτους, όπως η Αθήνα και η Ρώμη, όπως μπορεί να δει κανείς στο Σχήμα iv. Μια άλλη απόδειξη της γεωμαγνητικής καταιγίδας είναι η μεταβολή του κατωφλίου δυσκαμψίας, στους σταθμούς μεσαίου γεωγραφικού πλάτους, όπως φαίνεται στο Σχ v. Μπορεί να παρατηρήσει ότι η τιμή της αποκοπής

δυσκαμψίας της Αθήνας μειώθηκαν κατά $\sim 0.5\text{GV}$ ενώ πολικοί σταθμοί παραμένουν ανεπηρέαστοι.



Σχήμα ν: Οι αντίστοιχες cut-off παραλλαγές δυσκαμψίας (dR_c) σε σχέση με το cut-off δυσκαμψίας (R_c): πριν από την κύρια φάση, στην κορυφή φάσης και στη φάση της ανάκαμψης της καταιγίδας απεικονίζονται από αριστερά προς τα δεξιά. Σημάδια δείχνουν τα σημεία που λαμβάνονται από το GSM που εφαρμόζεται στα δεδομένα του παγκόσμιου δικτύου NM.

Ακολουθώντας βλέπουμε το διάγραμμα της κοσμικής ακτινοβολίας για το αντίστοιχο διάστημα του Μαρτίου 2015 όπου παρατηρείται η μεγάλη μείωση της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας – μείωση Forbush.



Σχήμα 4.3: διάγραμμα της ωριαίας μεταβολής της κοσμικής ακτινοβολίας για το αντίστοιχο διάστημα του Μαρτίου 2015. Καταγραφή από τους σταθμούς της Αθήνας, Ρώμης & Ούλου. Διακρίνεται η Μείωση Forbush (πηγή: <http://www.nmdb.eu/nest/search.php>)

4.3.3 Αποτελέσματα I - (Μαρτίου 2015)

Παρακάτω παρατίθεται ο Πίνακας ανάλυσης αποτελεσμάτων περιόδου Μαρτίου 2015. Το ακριβές χρονικό διάστημα των παρατηρήσεων συσχετίσεων μεταξύ του καρδιακού ρυθμού περιπατητικών ατόμων & της μεταβολής της κοσμικής ακτινοβολίας είναι 01-31 Μαρτίου 2015.

Πίνακας ανάλυσης αποτελεσμάτων περιόδου Μαρτίου 2015

Patients	Date	St.Time	Gender	Age	Meds	Coefficient R**	p value*
1	5/3/2015	12:00	F	80	No	-0,30146	0,16214
2	5/3/2015	11:00	M	75	No	0,03203	0,88188
3	5/3/2015	10:00	M	55	No	-0,27575	0,19215
4	6/3/2015	15:00	M	83	No	0,00226	0,99164
5	10/3/2015	10:00	F	45	No	0,5873	0,00255
6	10/3/2015	10:00	F	85	No	-0,01082	0,95998
7	26/3/2015	15:00	M	70	No	0,16618	0,47158
8	26/3/2015	10:00	M	72	No	0,16306	0,44647
9	28/3/2015	13:00	M	67	No	0,1419	0,51838
10	29/3/2015	8:00	F	76	No	0,07298	0,73468
11	30/3/2015	10:00	F	82	No	0,18051	0,39862
12	30/3/2015	9:00	M	65	No	-0,15967	0,50131
13	30/3/2015	14:00	M	74	No	-0,27922	0,20207

*Statistically significant $p < 0.05$ (Σημειώνεται με κόκκινο)

**Statistically significant $R > 0.15$ (Σημειώνεται με πορτοκαλί)

Πίνακας 4.4: Στατιστικά σημαντικοί συντελεστές συσχέτισης μεταξύ του HR των εξεταζόμενων και του CRI σε ημερήσια βάση για τον Μάρτιο του 2015. Το p value εξάγεται από τη μέθοδο correlation coefficient. Για τις έρευνητικές μελέτες του παρόντος τύπου στατιστικά σημαντικός συντελεστής θεωρείται $R > 0.15$ (Stoupel)

Παρατηρούνται γραμμικές συσχετίσεις θετικές & αρνητικές με 1 περιστατικό να παρουσιάζει σημαντικό συντελεστή συσχέτισης την ημερομηνία 10/03/2015. (Σημειώνεται με κόκκινο).

Η στατιστική ανάλυση έδειξε ακόμα 4 στατιστικά σημαντικούς (Statistically significant $R > 0.15$) συντελεστές συσχέτισης από το σύνολο των 13 που ελέγχθηκαν στο εν λόγω χρονικό διάστημα (πίνακας 4.5). Για τις έρευνητικές μελέτες του παρόντος τύπου στατιστικά σημαντικός συντελεστής θεωρείται $R > 0.15$ (Stoupel) (Σημειώνεται με πορτοκαλί).



Εικόνα 4.5: Αναπαράσταση της μελέτης των διαγραμμάτων προς ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας. Απαραίτητο στάδιο για την εμφάνιση στην έρευνα & την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων που θα βοηθήσουν στην κατανόηση της αποκτηθείσας γνώσης προς διεύρυνση των δεδομένων επιστημονικών οριζώντων.

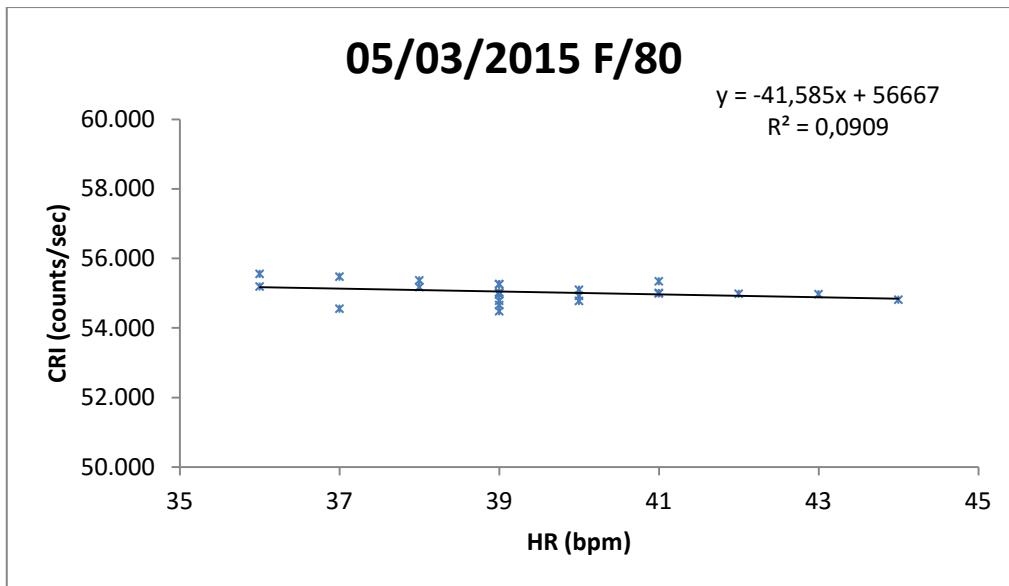
Ακολούθως επισυνάπτονται τα διαγράμματα της ημερήσιας μεταβολής της κοσμικής ακτινοβολίας για το αντίστοιχο διάστημα του Μαρτίου 2015 σε σχέση με την μεταβολή του καρδιακού ρυθμού των ασθενών για το ίδιο διάστημα.

Παρατηρούνται γραμμικές συσχετίσεις θετικές & αρνητικές με ένα μόνο περιστατικό να παρουσιάζει σημαντικό συντελεστή συσχέτισης στις 10/3/15. **(κόκκινο)**, καθώς & 18 ακόμα **(πορτοκαλί)**, (Πίνακας 4.4).

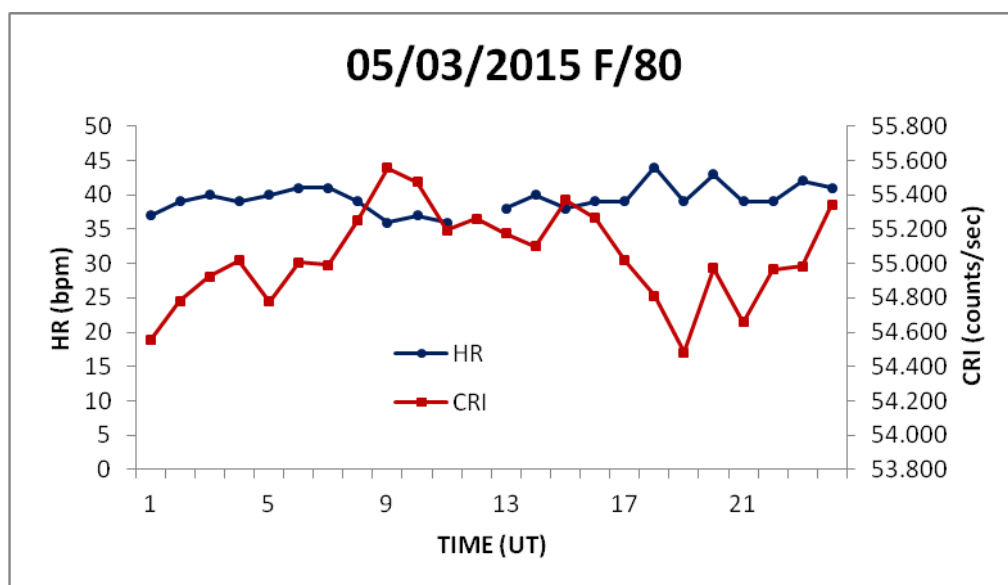
Τα διαγράμματα αφορούν σχήματα με τις τιμές για CRI και HR ενός περιπατητικού ατόμου κάποιας ηλικίας για μία συγκεκριμένη ημέρα του Μαρτίου (03/2015). Επίσης αφορούν την Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός περιπατητικού ατόμου κάποιας ηλικίας για την ίδια συγκεκριμένη ημέρα του Μαρτίου (03/2015).

Άρα παρουσιάζονται διαγράμματα 2 τύπων με α) γραμμική συσχέτιση της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας & του καρδιακού ρυθμού στο χρονικό διάστημα που πάρθηκαν οι μετρήσεις του ηλεκτροκαρδιογραφήματος holter (24 ωρο) & β) χρονική κατανομή της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας & του καρδιακού ρυθμού στο χρονικό διάστημα που πάρθηκαν οι μετρήσεις του ηλεκτροκαρδιογραφήματος holter (24 ωρο).

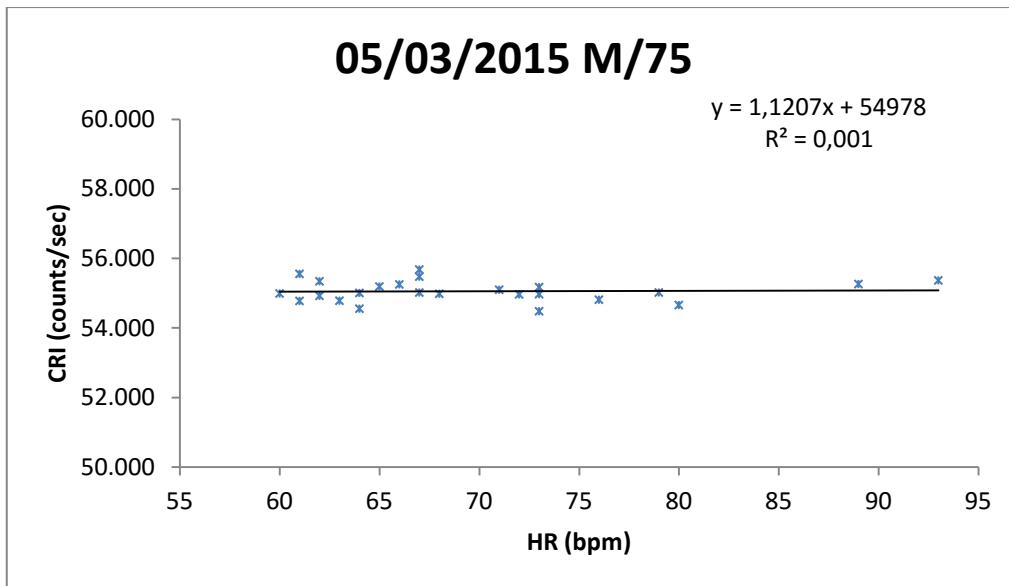
Φαίνεται & από τα διαγράμματα ότι η ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας CRI & ο καρδιακός ρυθμός HR ακολουθούν την ίδια συμπεριφορά.



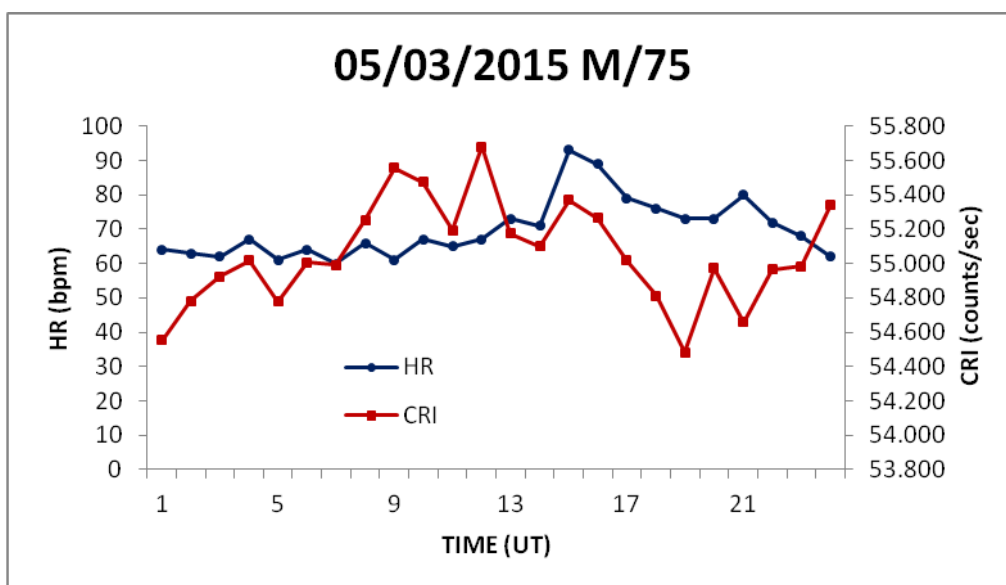
Σχήμα 4.6: Οι τιμές για CRI και HR μίας γυναίκας 80 χρονών για την ημέρα 05/03/2015



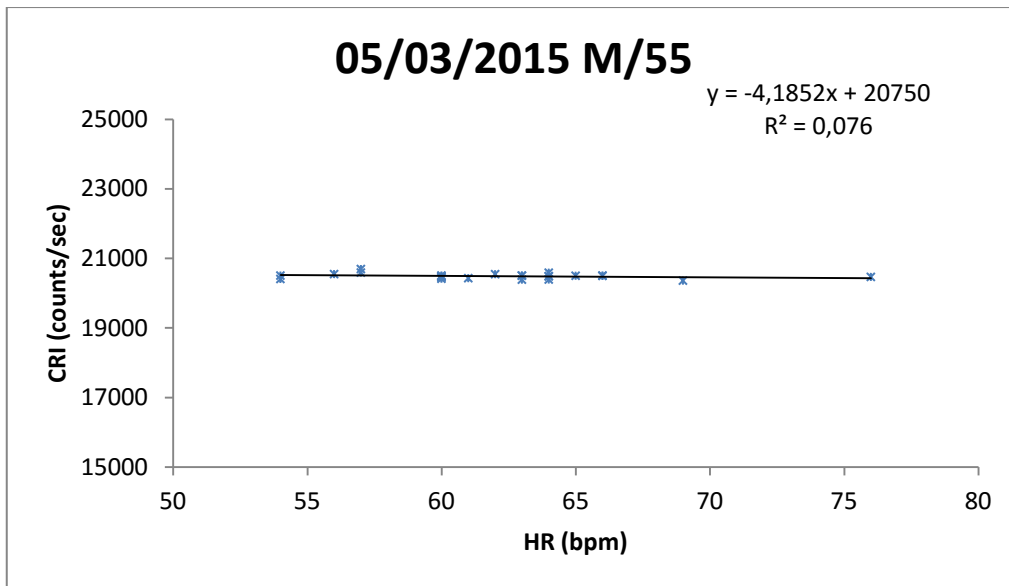
Σχήμα 4.7: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR μίας γυναίκας 80 χρονών για την ημέρα 05/03/2015



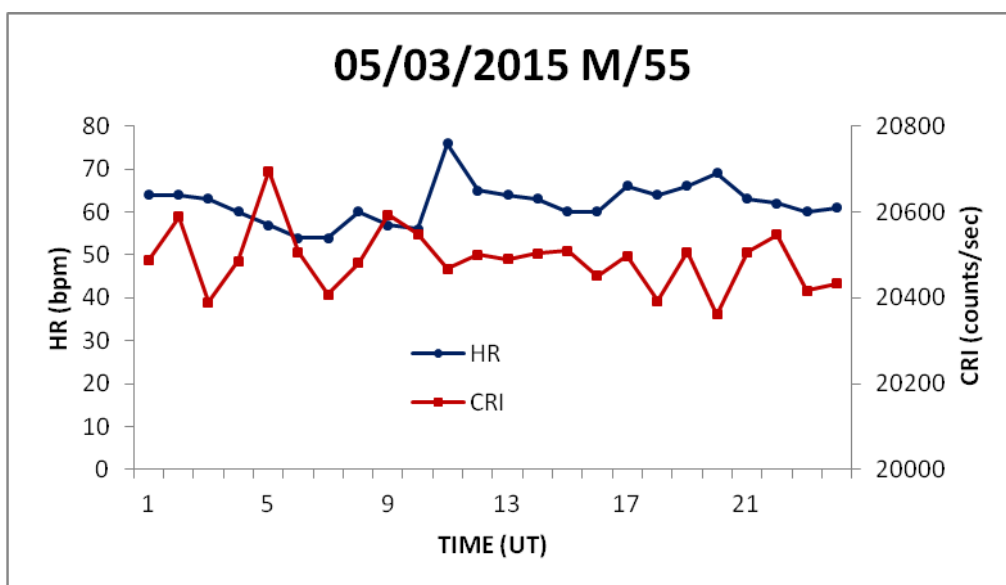
Σχήμα 4.8: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα 75 χρονών για την ημέρα 05/03/2015



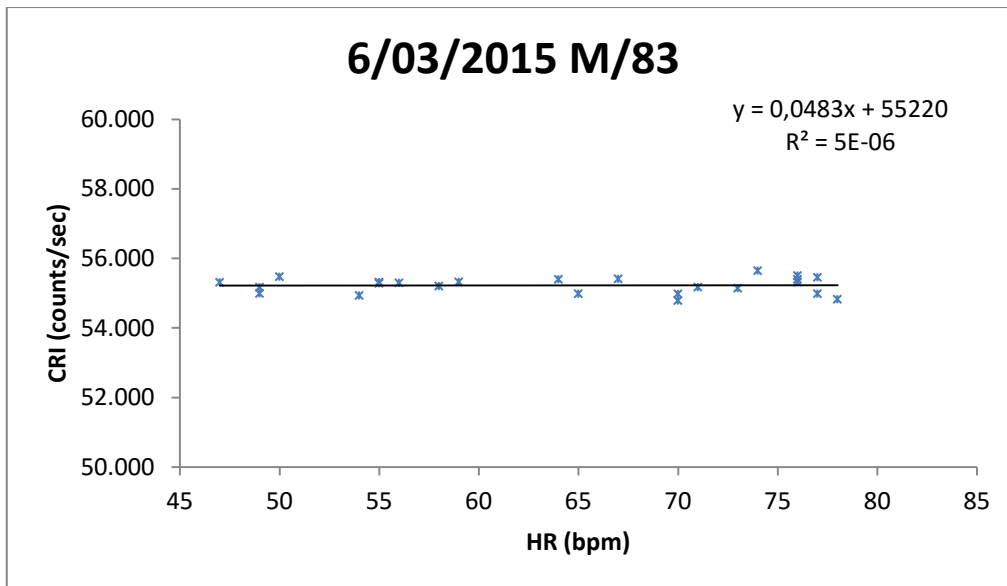
Σχήμα 4.9: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα 75 χρονών για την ημέρα 05/03/2015



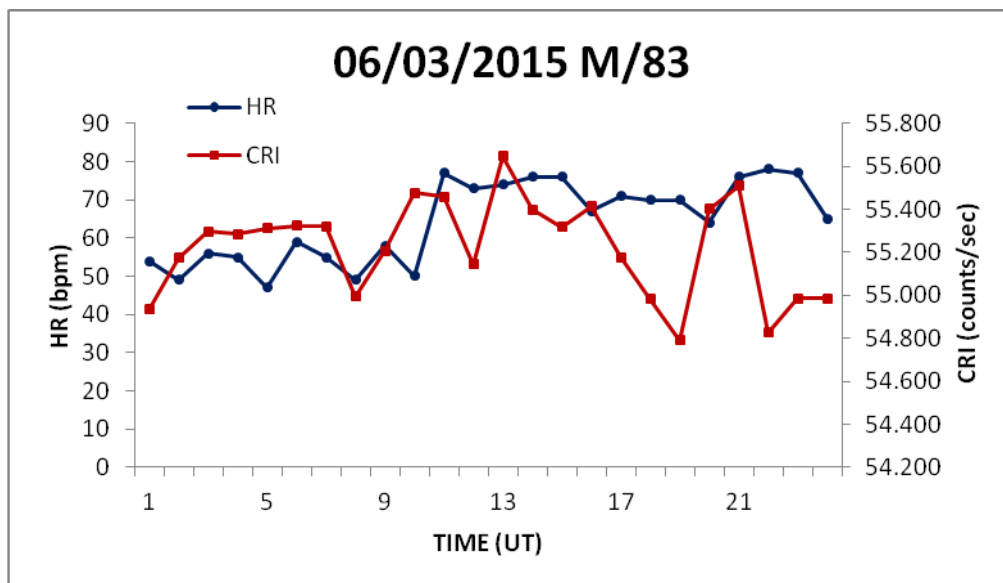
Σχήμα 4.10: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα 55 χρονών για την ημέρα 05/03/2015



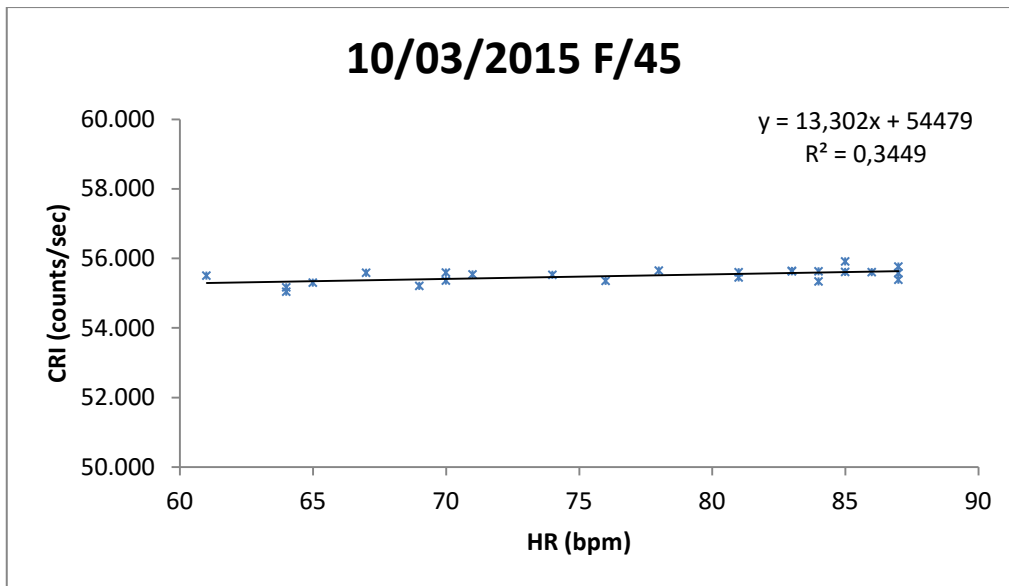
Σχήμα 4.11: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα 55 χρονών για την ημέρα 05/03/2015



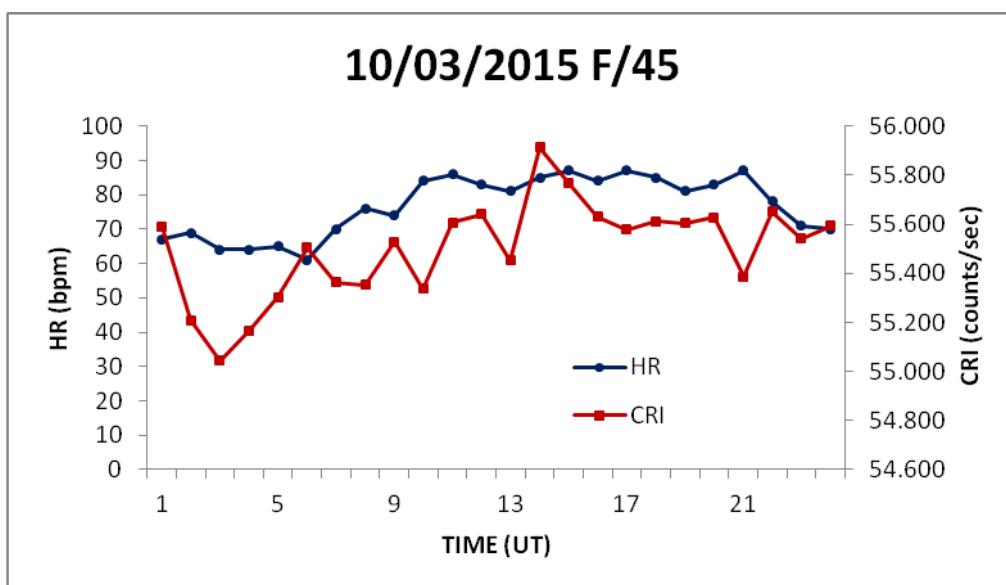
Σχήμα 4.12: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα 83 χρονών για την ημέρα 6/03/2015



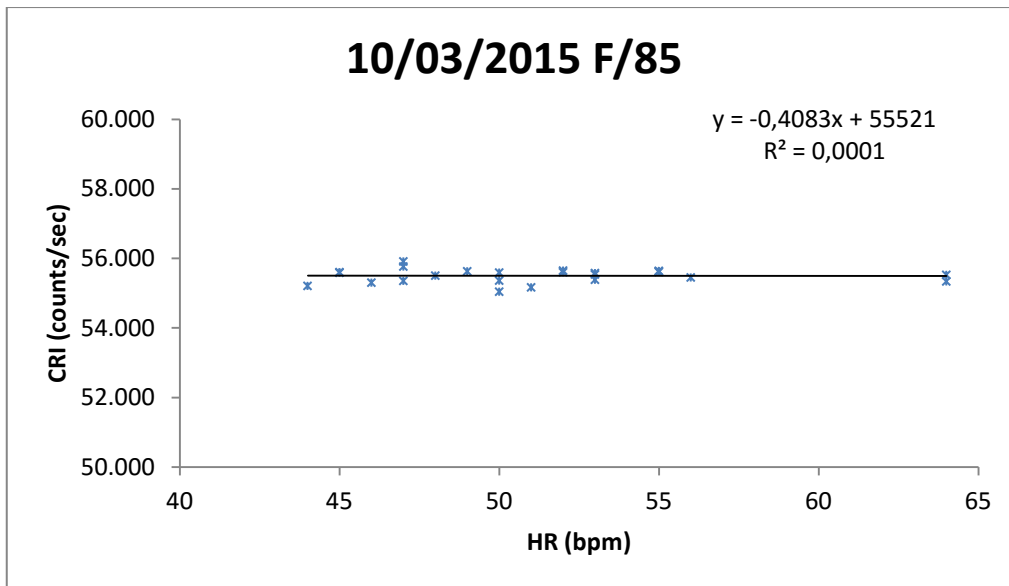
Σχήμα 4.13: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα 83 χρονών για την ημέρα 6/03/2015



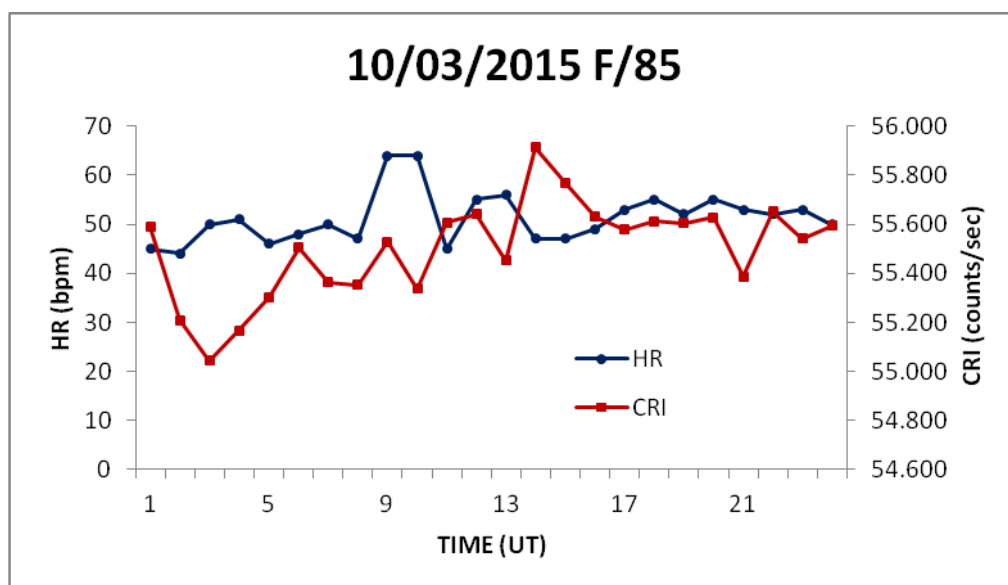
Σχήμα 4.14: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR μίας γυναίκας 45 χρονών για την ημέρα 10/03/2015



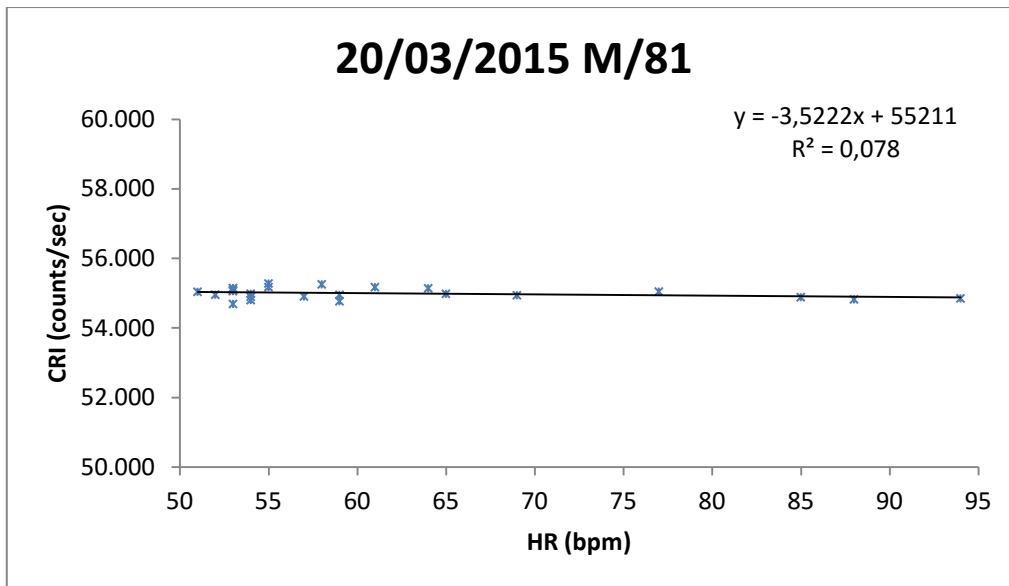
Σχήμα 4.15: Οι τιμές για CRI και HR μίας γυναίκας 45 χρονών για την ημέρα 10/03/2015



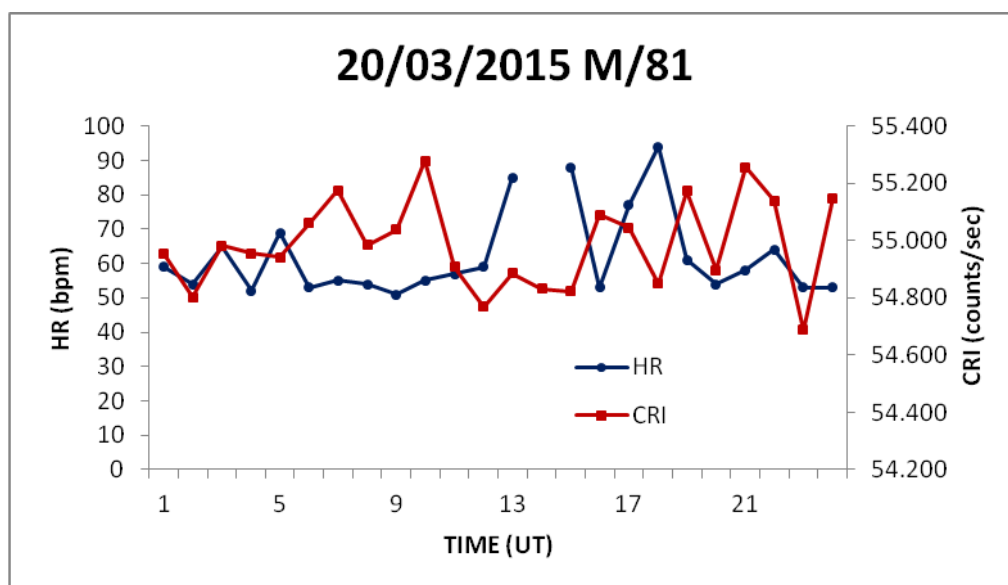
Σχήμα 4.16: Οι τιμές για CRI και HR μίας γυναίκας 85 χρονών για την ημέρα 10/03/2015



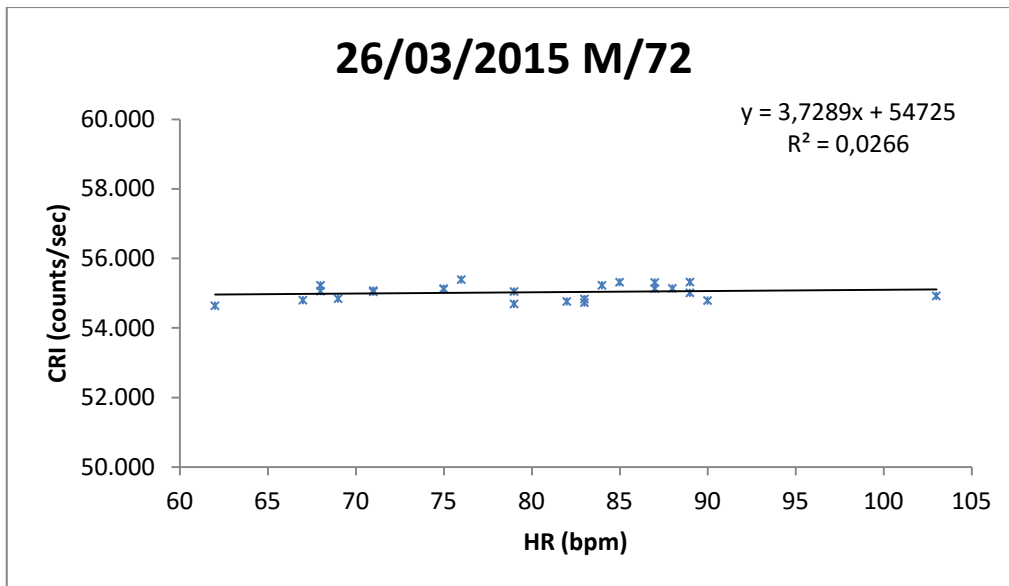
Σχήμα 4.17: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR μίας γυναίκας 85 χρονών για την ημέρα 10/03/2015



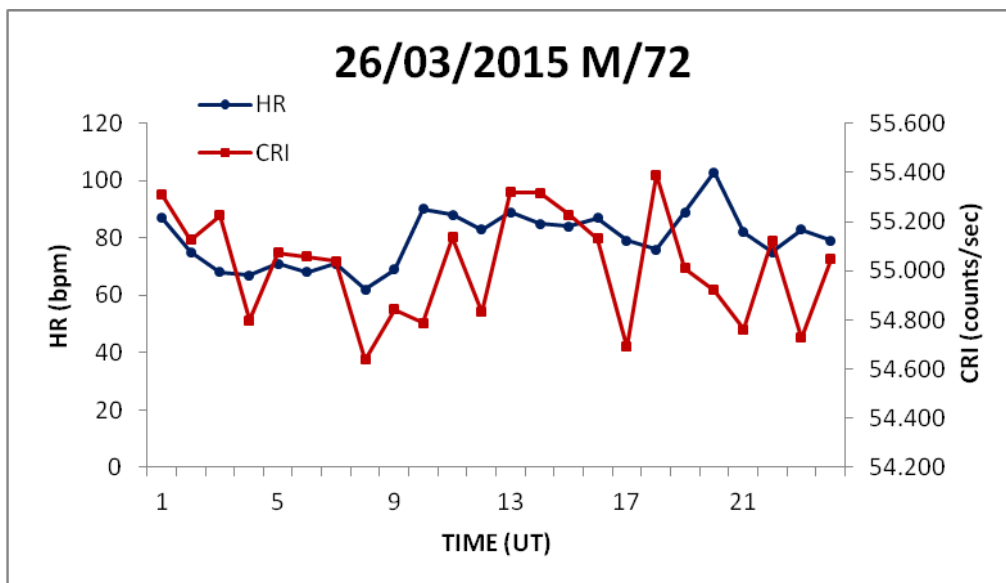
Σχήμα 4.18: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα 81 χρονών για την ημέρα 20/03/2015



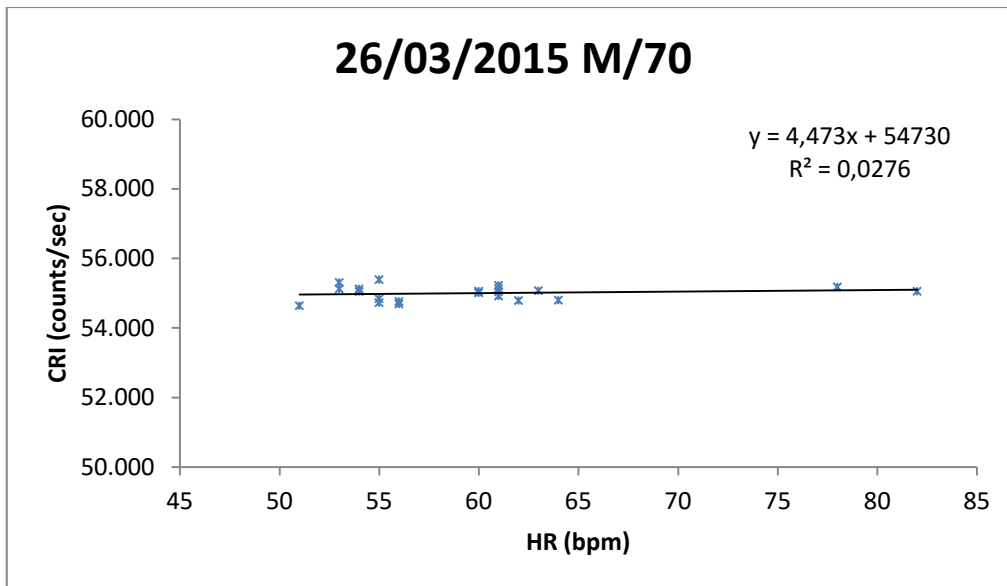
Σχήμα 4.19: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα 81 χρονών για την ημέρα 20/03/2015



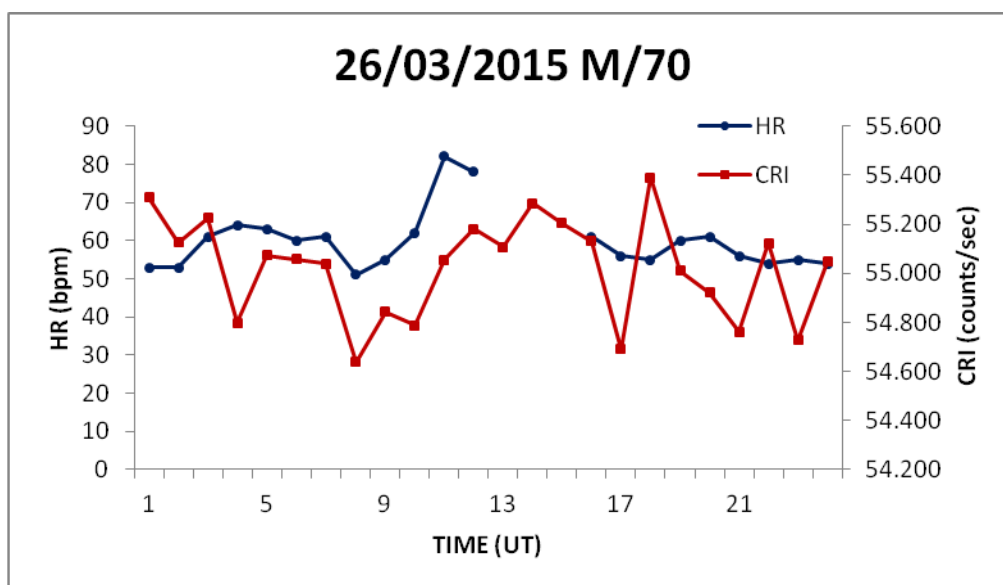
Σχήμα 4.20: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα 72 χρονών για την ημέρα 26/03/2015



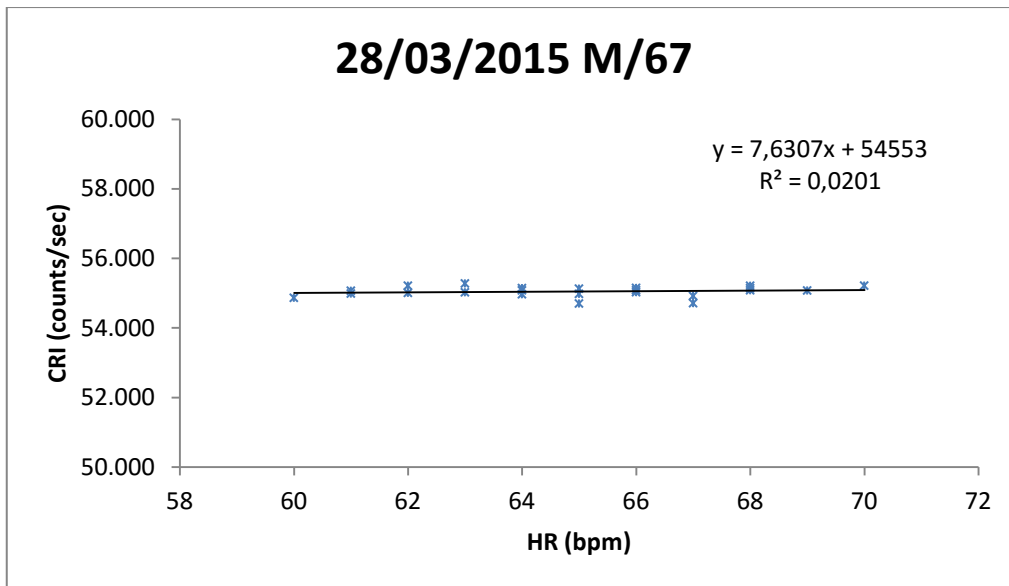
Σχήμα 4.21: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα 72 χρονών για την ημέρα 26/03/2015



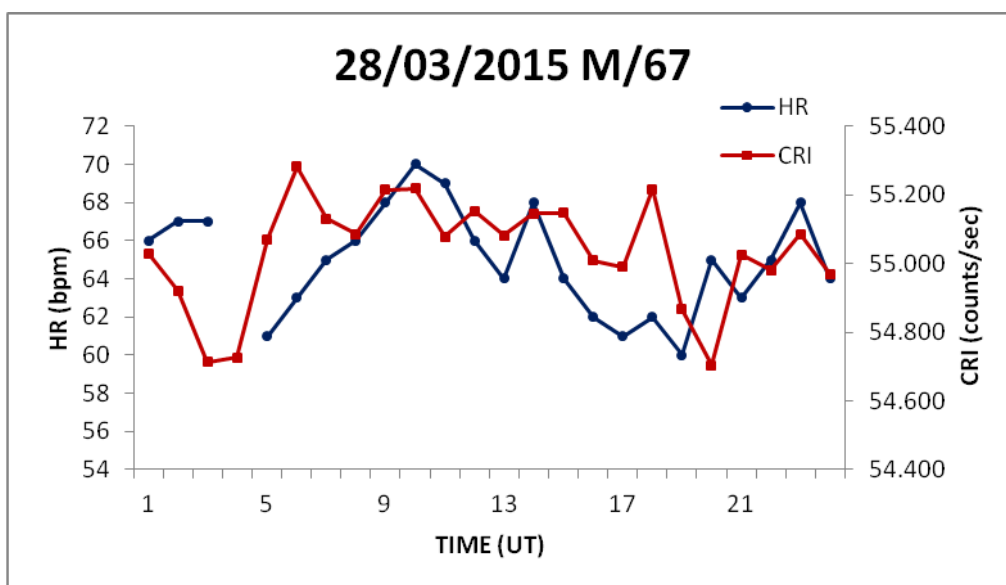
Σχήμα 4.22: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα 70 χρονών για την ημέρα 26/03/2015



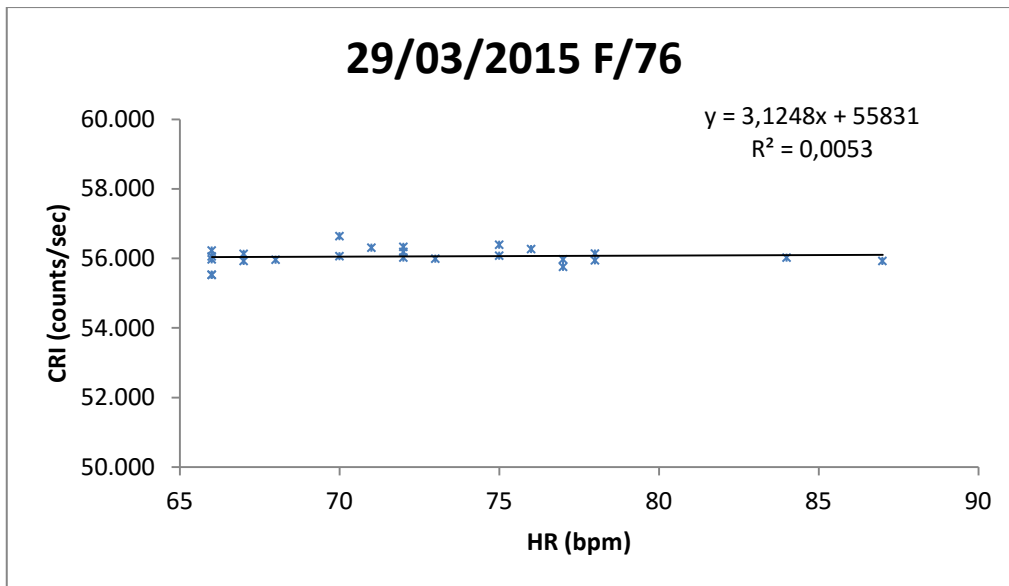
Σχήμα 4.23: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα 70 χρονών για την ημέρα 26/03/2015



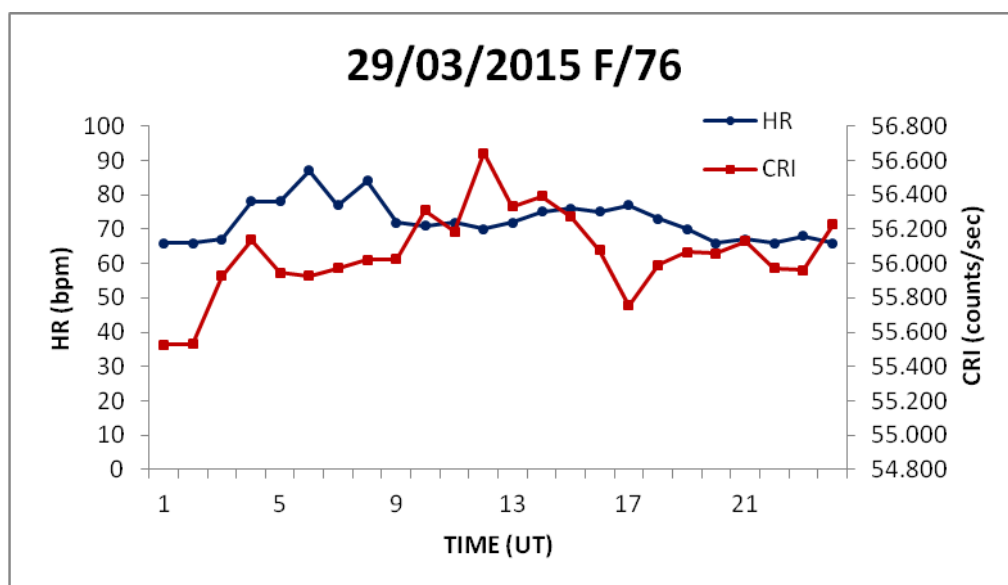
Σχήμα 4.24: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα 67 χρονών για την ημέρα 28/03/2015



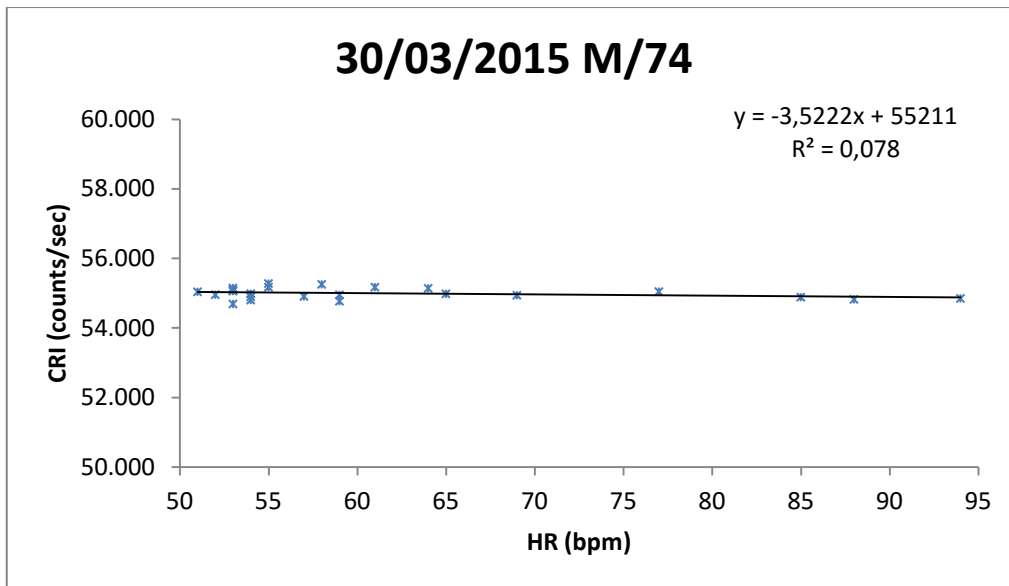
Σχήμα 4.25: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα 67 χρονών για την ημέρα 28/03/2015



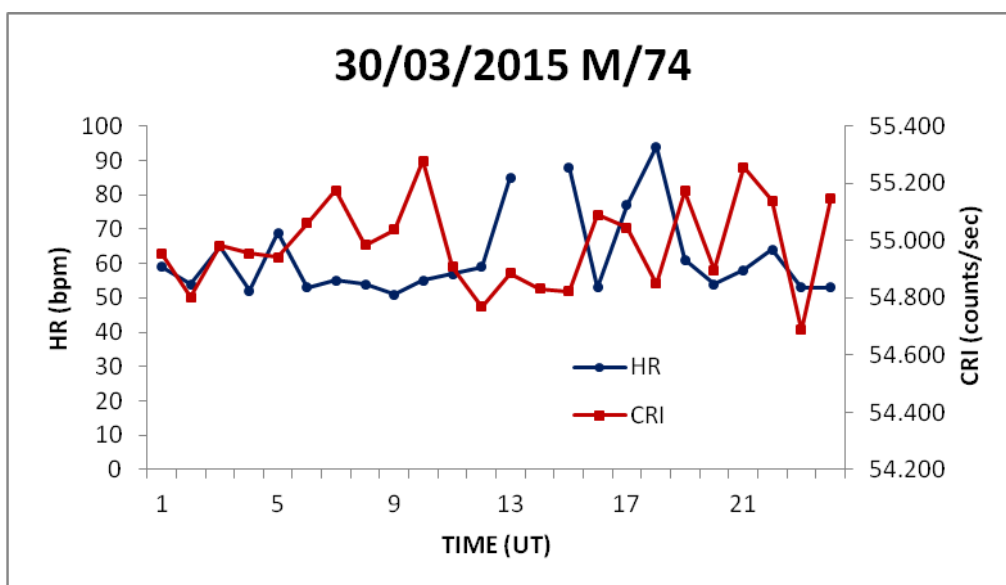
Σχήμα 4.26: Οι τιμές για CRI και HR μίας γυναίκας 76 χρονών για την ημέρα 29/03/2015



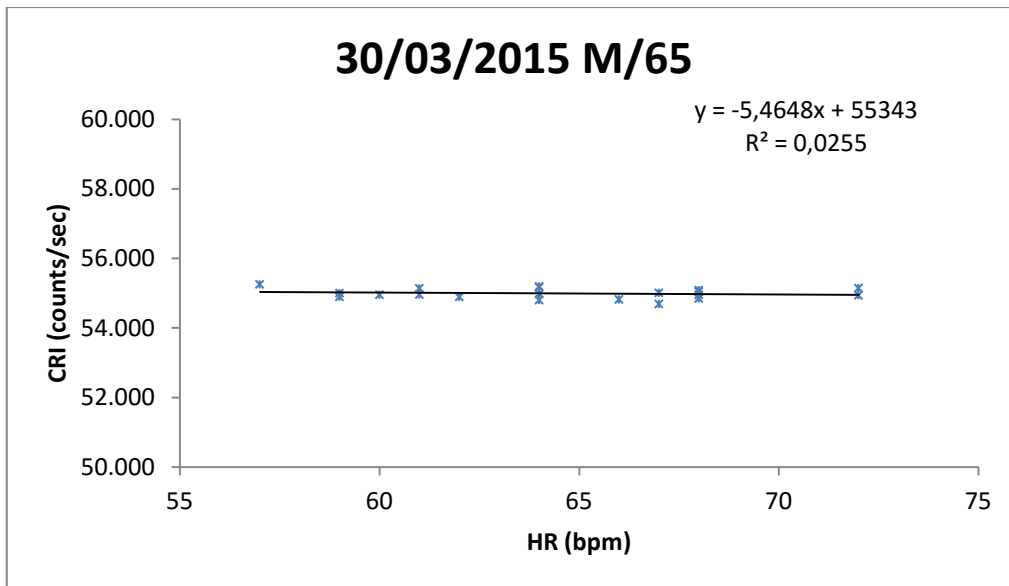
Σχήμα 4.27: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR μίας γυναίκας 76 χρονών για την ημέρα 29/03/2015



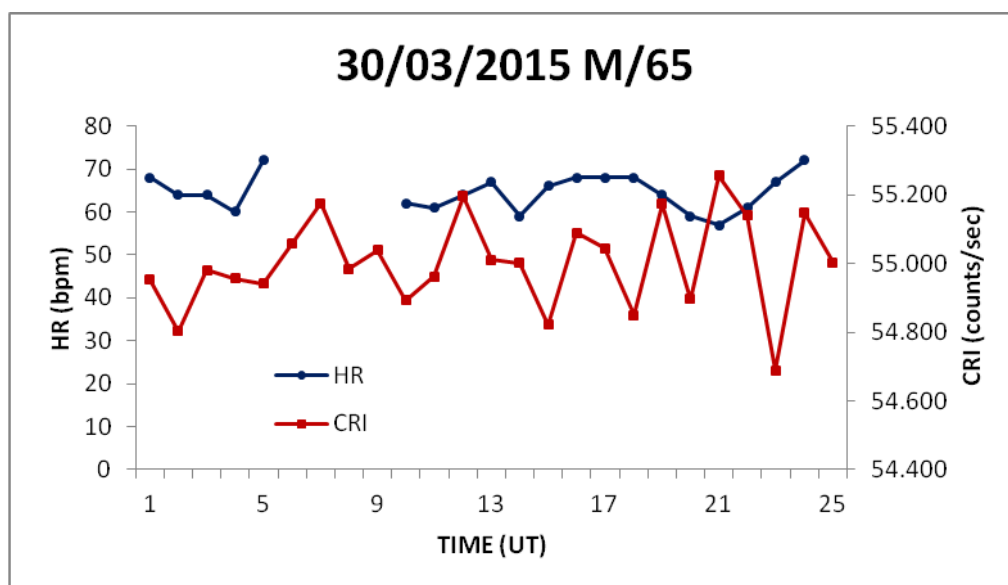
Σχήμα 4.28: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα 74 χρονών για την ημέρα 30/03/2015



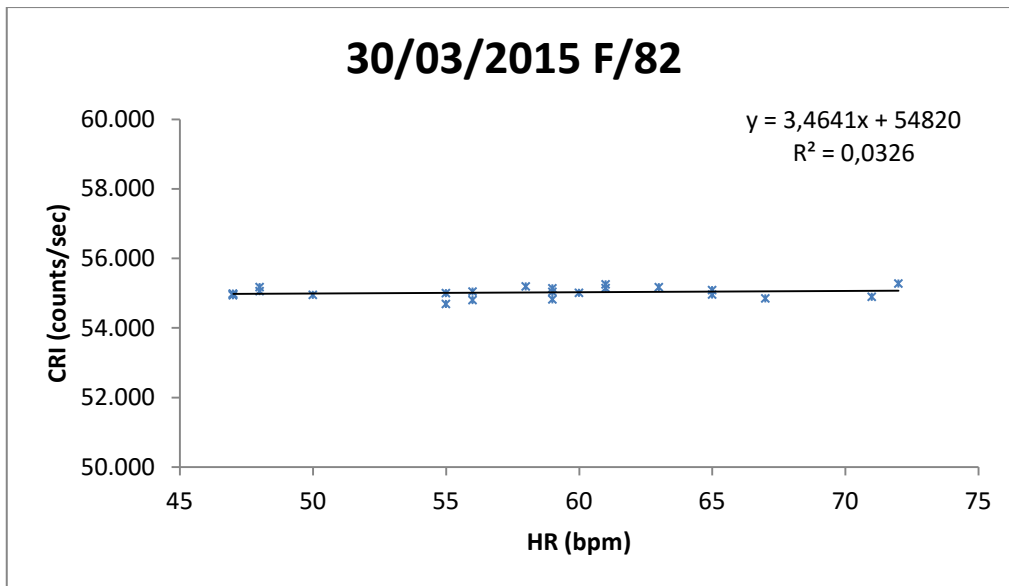
Σχήμα 4.29: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα 74 χρονών για την ημέρα 30/03/2015



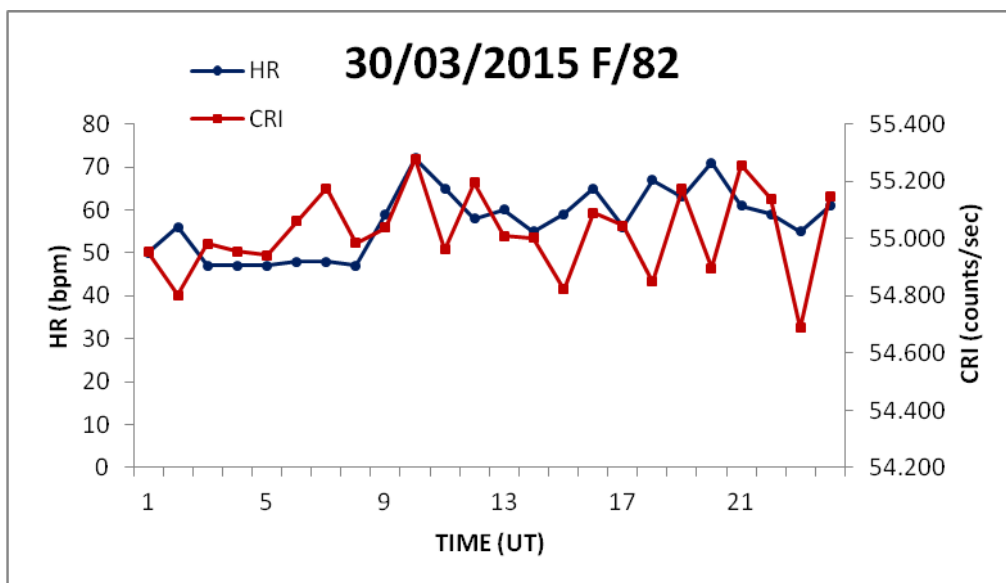
Σχήμα 4.30: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα 65 χρονών για την ημέρα 30/03/2015



Σχήμα 4.31: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα 65 χρονών για την ημέρα 30/03/2015



Σχήμα 4.32: Οι τιμές για CRI και HR μίας γυναίκας 82 χρονών για την ημέρα 30/03/2015



Σχήμα 4.33: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR μίας γυναίκας 82 χρονών για την ημέρα 30/03/2015

4.3.1 Περιγραφή του γεγονότος του Ιουνίου - Ιουλίου 2015

Το χρονικό διάστημα του Ιουνίου-Ιουλίου 2015 που μελετήθηκε για συσχέτιση της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας με τον καρδιακό ρυθμό των περιπατητικών ατόμων, εμπεριέχει παρατηρήσεις Μειώσεων Forbush με κορύφωση τη μεγάλη Μείωση Forbush στο χρονικό διάστημα 22/06 -30/06 2015. Παρατηρείται μια μεγάλη διπλή μείωση με χρονικό διάστημα ανάκαμψης μέχρι την 30 Ιουνίου όπου & επιστρέφουμε σε φυσιολογική ροή ανδρονίων, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.35.

Η εν λόγω μείωση της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας δεν έχει ακόμα αναλυθεί σε βάθος από την ομάδα της κοσμικής ακτινοβολίας του Πανεπιστημίου της Αθήνας & σε έρευνα στο διαδίκτυο δεν υπάρχουν ακόμα αντίστοιχες αναφορές.

4.3.4 Αποτελέσματα II – (Ιουνίου - Ιουλίου 2015)

Παρακάτω παρατίθεται ο Πίνακας ανάλυσης αποτελεσμάτων περιόδου Ιουνίου-Ιουλίου 2015. Το ακριβές χρονικό διάστημα των παρατηρήσεων συσχετίσεων μεταξύ του καρδιακού ρυθμού περιπατητικών ατόμων & της μεταβολής της κοσμικής ακτινοβολίας είναι 01 Ιουνίου έως 10 Ιουλίου 2015.

Πίνακας ανάλυσης αποτελεσμάτων περιόδου Ιουνίου – Ιουλίου 2015

Pts	Date	St.Time	Gender	Age	Meds	Pearson R**	p value*
1	2/6/2015	10:00	F	78	No	0,16189	0,48326
2	3/6/2015	22:00	F	84	No	0,09557	0,65688
3	4/6/2015	8:00	M	74	No	0,27633	0,19119
4	7/6/2015	09:00	M	90	No	0,42674	0,07738
5	8/6/2015	10:00	M	84	No	0,38799	0,06101
6	8/6/2015	10:00			No	0,25202	0,23482
7	9/6/2015	10:00	M	70	No	0,4218	0,04007
8	9/6/2015	09:00	M	64	No	0,33162	0,12214
9	10/6/2015	09:00	M	67	No	0,21985	0,35167
10	10/6/2015	03:00	F	95	No	0,31958	0,15789
11	11/6/2015	10:00	M	78	No	-0,36562	0,07892
12	13/6/2015	12:00	M	92	No	-0,28204	0,1818
13	13/6/2015	12:00	F	80	No	-0,02783	0,89731

14	13/6/2015	13:00			No	0,77176	1,00E-05
15	15/6/2015	12:00	M	87	No	-0,2113	0,32161
16	16/6/2015	12:00	M	70	No	0,52762	0,0295
17	17/6/2015	09:00	M		No	0,09398	0,66227
18	17/6/2015	13:00	M	88	No	0,09904	0,66101
19	18/6/2015	8:00	F	83	No	-0,02782	0,89734
20	18/6/2015	9:00			No	-0,19889	0,35149
21	18/6/2015	12:00	M	60	No	-0,20759	0,34188
22	22/6/2015	11:00	M	60	No	0,16469	0,44188
23	23/6/2015	09:00	M	79	No	-0,21175	0,32055
24	24/6/2015	09:00	M		No	0,0869	0,70798
25	24/6/2015	10:00	F	80	No	-0,17748	0,40672
26	24/6/2015	11:00	F	51	No	0,10408	0,62841
27	25/6/2015	09:00	M	78	No	-0,20432	0,3497
28	25/6/2015	9:00	F	85	No	0,03145	0,88402
29	25/6/2015	9:00	F	90	No	0,06164	0,78524
30	25/6/2015	10:00	F	30	No	-0,07425	0,92575
31	26/6/2015	14:00	F	80	No	-0,52869	0,00791
32	29/6/2015	10:00	F	36	No	-0,42559	0,03813
33	30/6/2015	15:00	F	93	No	0,57006	0,00363
34	1/7/2015	10:00	M	76	No	-0,16404	0,44372
35	2/7/2015	11:00	M	67	No	-0,30222	0,15118
36	2/7/2015	12:00	M	52	No	0,09563	0,65668
37	2/7/2015	11:00	M	67	No	-0,30222	0,15118
38	4/7/2015	13:00	F	47	No	-0,56864	0,00464
39	5/7/2015	09:00			No	0,54027	0,00642
40	5/7/2015	8:00	F	86	No	0,20939	0,32611
41	5/7/2015	09:00	F	47	No	0,03004	0,89716
42	5/7/2015	09:00	F	80	No	0,15181	0,47885
43	5/7/2015	10:00	F	86	No	0,20939	0,32611
44	6/7/2015	10:00	M	66	No	0,66658	0,00183
45	6/7/2015	10:00	F	86	No	0,3098	0,14069
46	6/7/2015	10:00	M	66	No	0,66658	0,00183
47	7/7/2015	10:00	F	80	No	-0,08743	0,68456
48	9/7/2015	9:00	F	85	No	-0,19369	0,36449

* Statistically significant $p < 0.05$ (Σημειώνεται με κόκκινο)

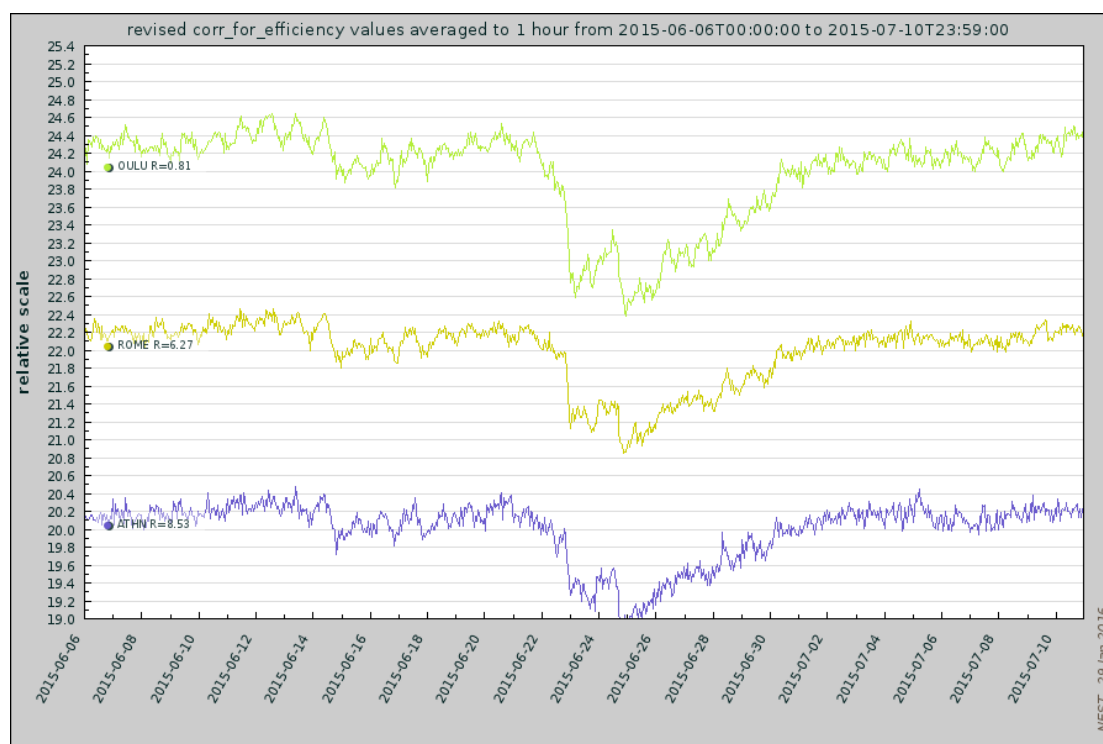
**Statistically significant $R > 0.15$ (Σημειώνεται με πορτοκαλί)

Πίνακας 4.34: Στατιστικά σημαντικοί συντελεστές συσχέτισης μεταξύ του HR των εξεταζόμενων και του CRI σε ημερήσια βάση για το διάστημα Ιουνίου-Ιουλίου 2015. Το p value εξάγεται από τη μέθοδο correlation coefficient. Για τις έρευνήσιμες μελέτες του παρόντος τύπου στατιστικά σημαντικός συντελεστής θεωρείται $R > 0.15$ (Stoupel)

Η στατιστική ανάλυση έδειξε 8 στατιστικά σημαντικούς ($p < 0.05$) συντελεστές συσχέτισης για τους 8 από το σύνολο των 48 που ελέγχθηκαν (πίνακας 4.34). (Σημειώνεται με κόκκινο).

Η στατιστική ανάλυση έδειξε ακόμα 18 στατιστικά σημαντικούς (Statistically significant $R > 0.15$) συντελεστές συσχέτισης από το σύνολο των 48 που ελέγχθηκαν στο εν λόγω χρονικό διάστημα (πίνακας 4.34). Για τις έρευνητικές μελέτες του παρόντος τύπου στατιστικά σημαντικός συντελεστής θεωρείται $R > 0.15$ (Stoupe). **(Σημειώνεται με πορτοκαλί)**

Ακολουθως βλέπουμε το διάγραμμα της κοσμικής ακτινοβολίας για το αντίστοιχο διάστημα του Ιουνίου - Ιουλίου 2015 όπου παρατηρείται η μεγάλη μείωση της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας – μείωση Forbush.

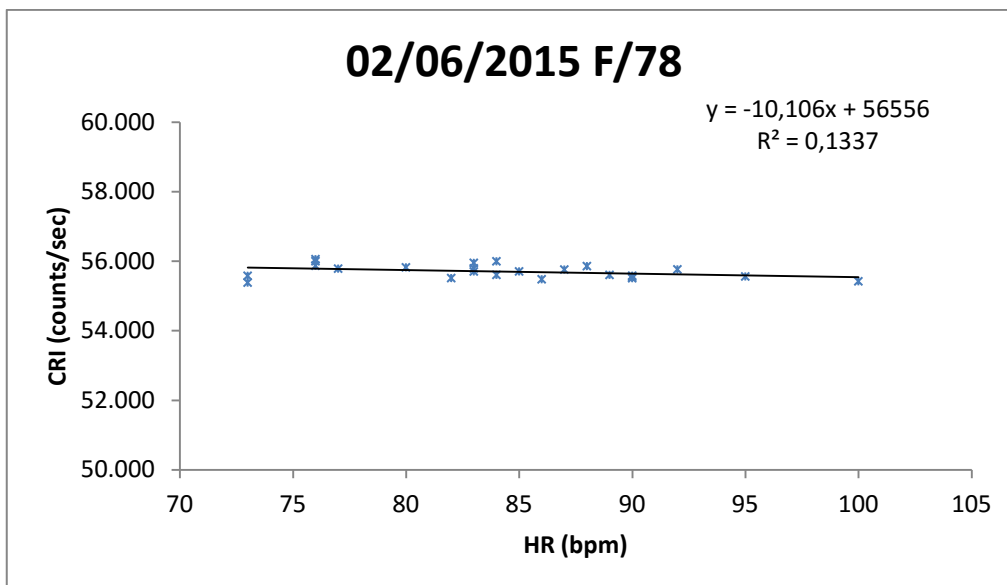


Σχήμα 4.35: Διάγραμμα της ωριαίας μεταβολής της κοσμικής ακτινοβολίας για το αντίστοιχο διάστημα του Ιουνίου – Ιουλίου 2015. Καταγραφή από τους σταθμούς της Αθήνας, Ρώμης & Ούλου. Διακρίνεται η μεγάλο μεγέθους Μείωση Forbush (πηγή: <http://www.nmdb.eu/nest/search.php>)

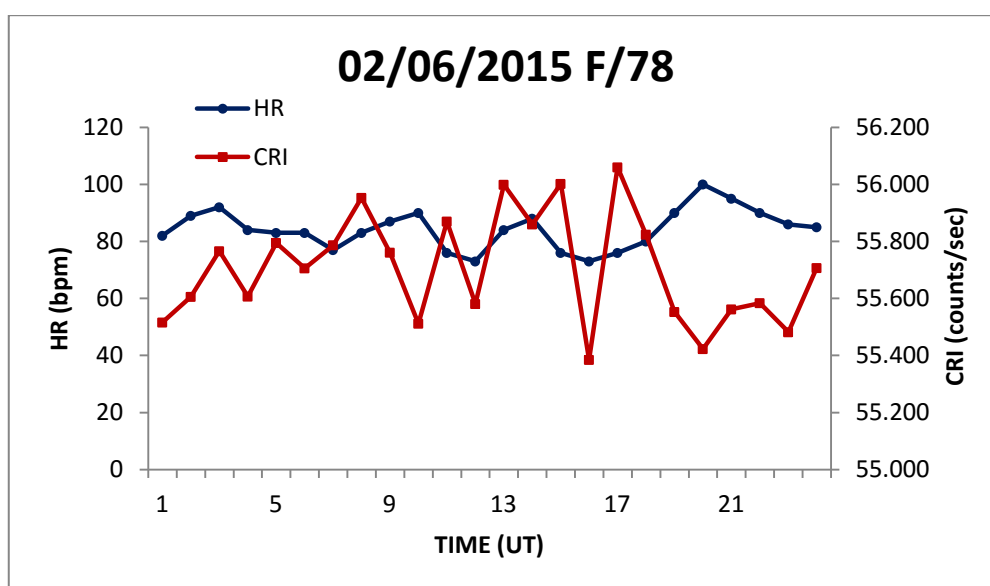
Ακολουθως επισυνάπτονται τα διαγράμματα της ημερήσιας ανισοτροπίας της κοσμικής ακτινοβολίας για το αντίστοιχο διάστημα του Ιουνίου – Ιουλίου 2015 σε σχέση με την μεταβολή του καρδιακού ρυθμού των ασθενών για το ίδιο διάστημα σε α) γραμμική συσχέτιση & β) χρονική κατανομή 24ώρου.

Παρατηρούνται γραμμικές συσχετίσεις θετικές & αρνητικές με αρκετά περιστατικά να παρουσιάζουν σημαντικό συντελεστή συσχέτισης στις ημερομηνίες 9, 16, 26, 30 / 6 / 2015 & 4, 5, 6, 9 / 7 / 2015, **(κόκκινο)**, καθώς & 18 ακόμα **(πορτοκαλί)**, (Πίνακας 4.34).

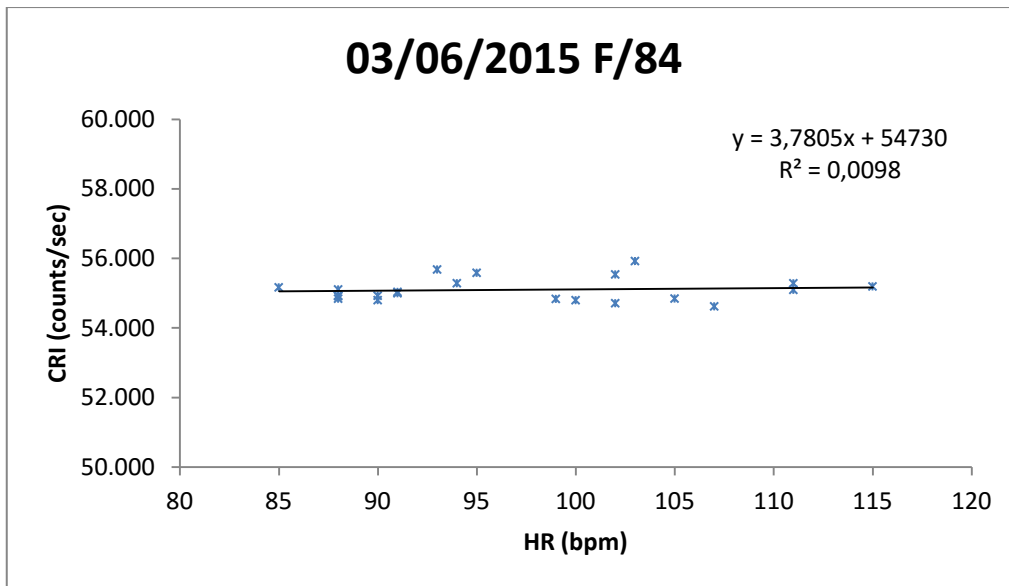
Φαίνεται & πάλι από τα διαγράμματα ότι η ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας CRI & ο καρδιακός ρυθμός HR ακολουθούν την ίδια συμπεριφορά.



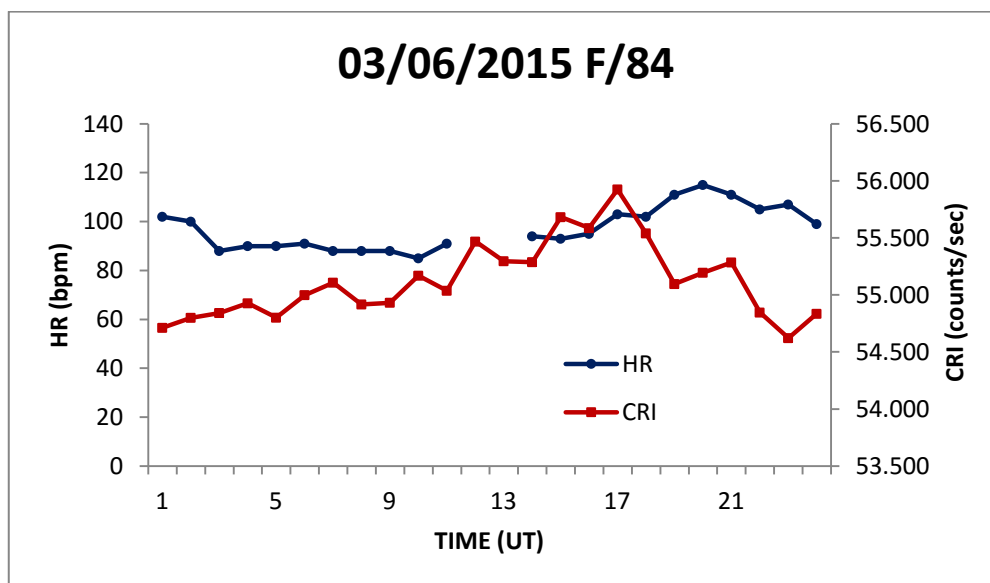
Σχήμα 4.36: Οι τιμές για CRI και HR μίας γυναίκας 78 χρονών για την ημέρα 02/06/2015



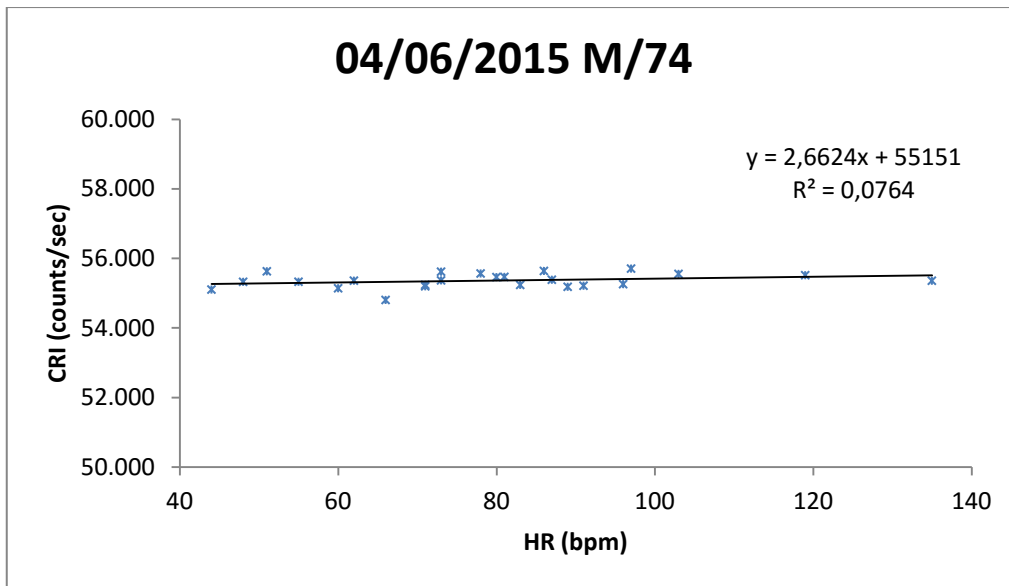
Σχήμα 4.37: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR μίας γυναίκας 78 χρονών για την ημέρα 02/06/2015



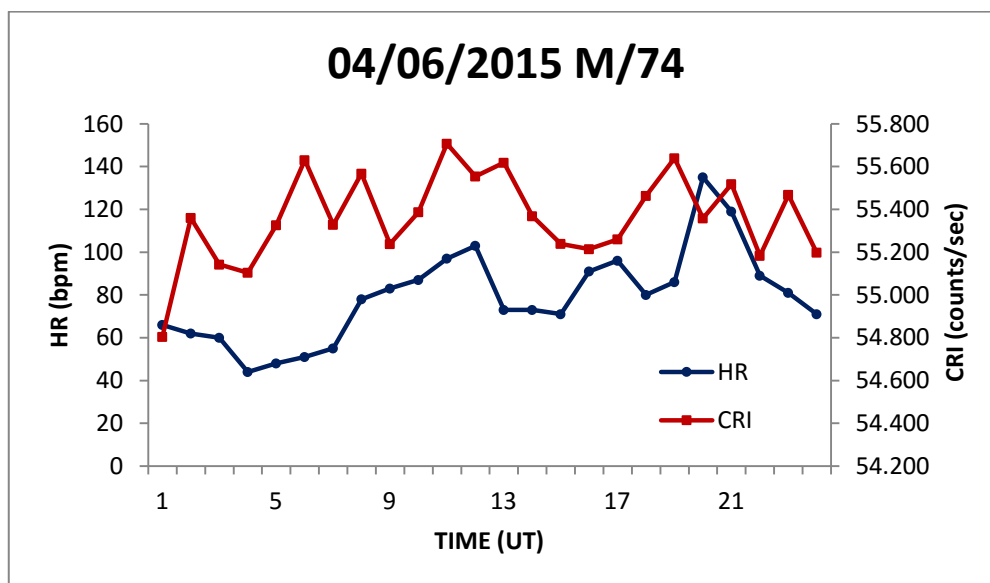
Σχήμα 4.38: Οι τιμές για CRI και HR μίας γυναίκας 84 χρονών για την ημέρα 10/06/2015



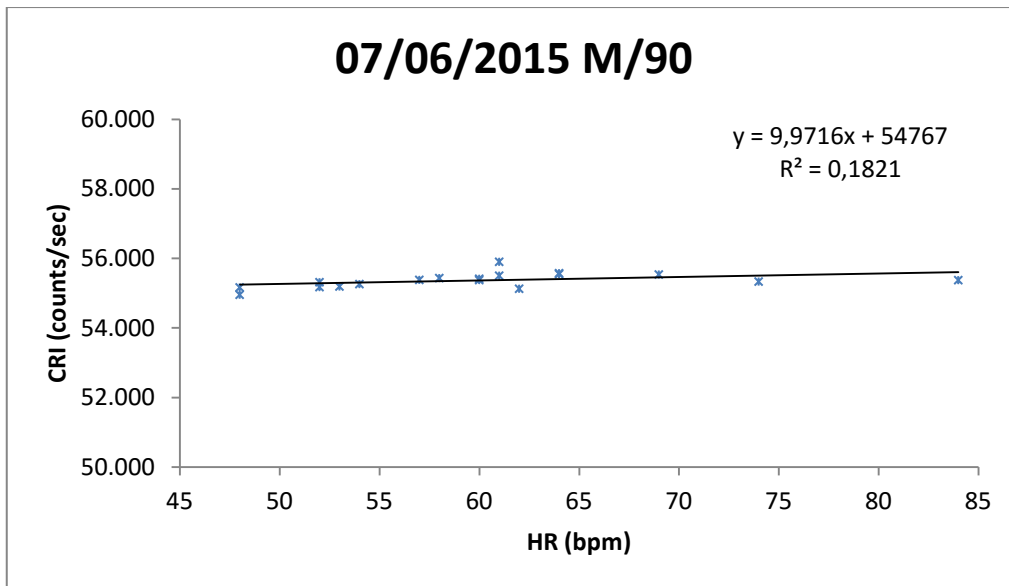
Σχήμα 4.39: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR μίας γυναίκας 84 χρονών για την ημέρα 10/06/2015



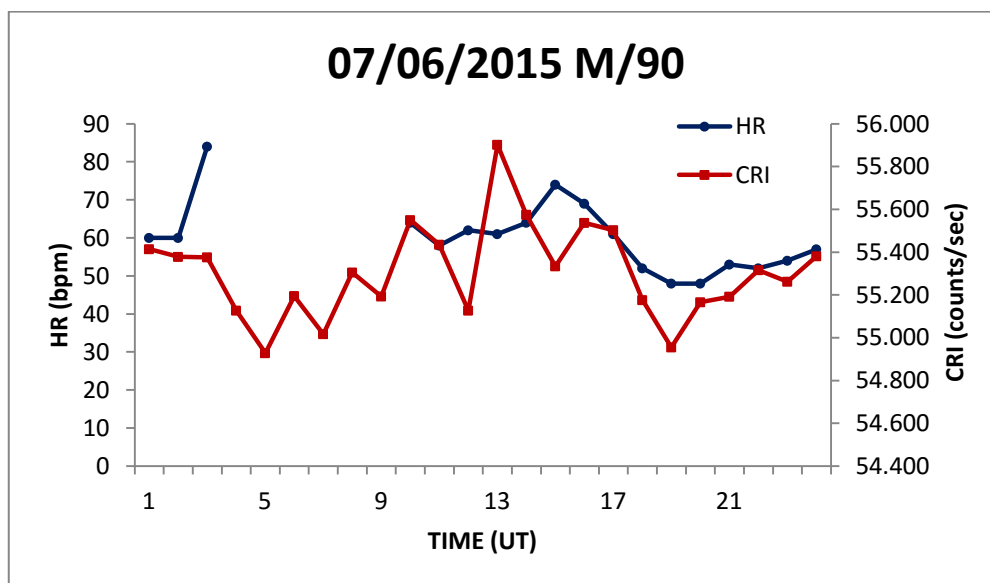
Σχήμα 4.40: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα 74 χρονών για την ημέρα 04/06/2015



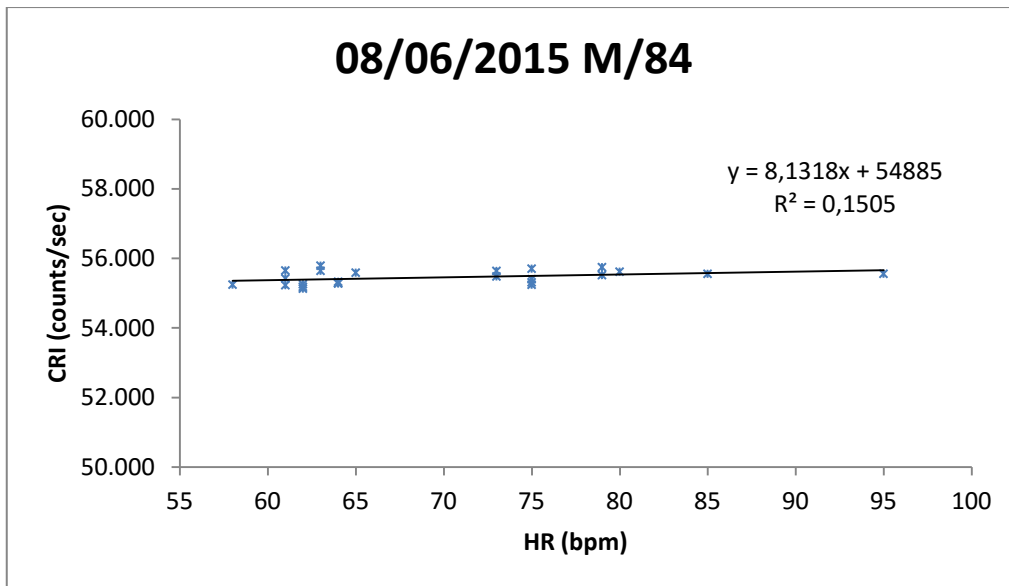
Σχήμα 4.41: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα 74 χρονών για την ημέρα 04/06/2015



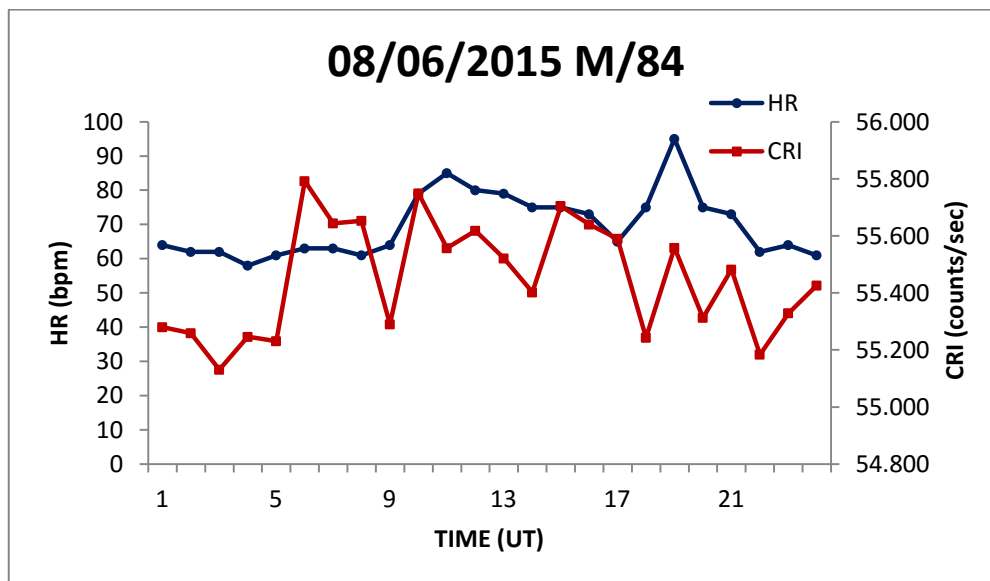
Σχήμα 4.42: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα 90 χρονών για την ημέρα 07/06/2015



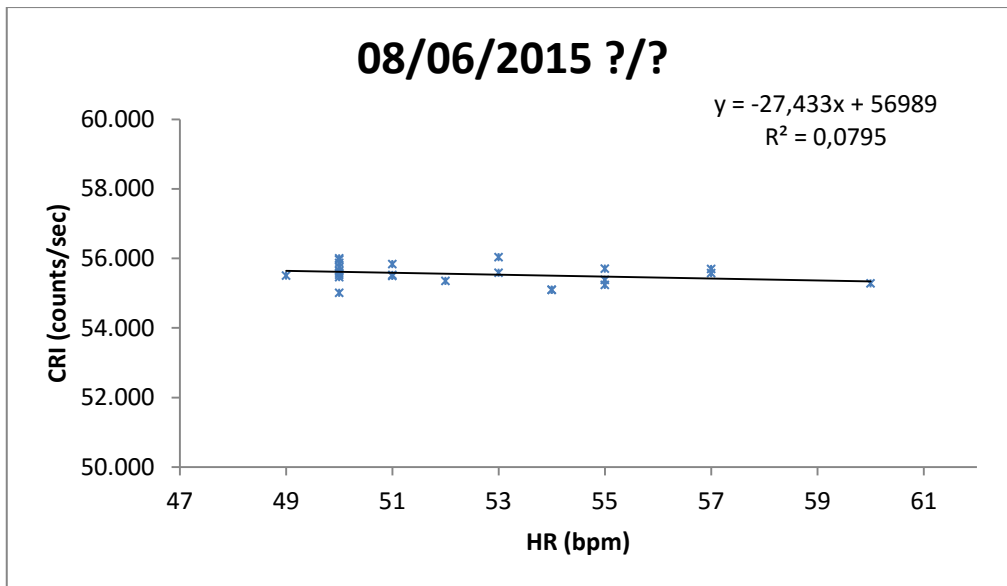
Σχήμα 4.43: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα 90 χρονών για την ημέρα 07/06/2015



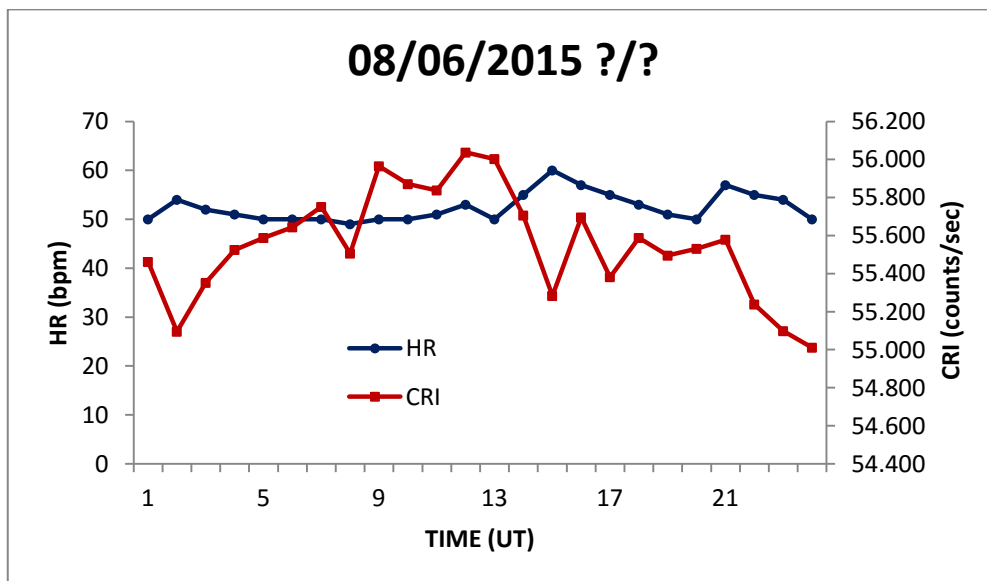
Σχήμα 4.44: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα 84 χρονών για την ημέρα 08/06/2015



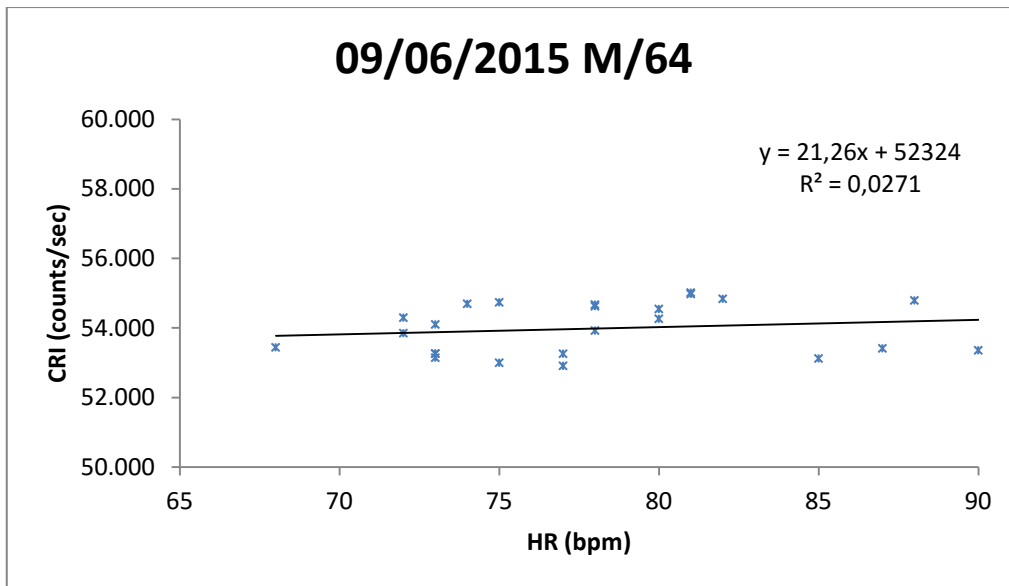
Σχήμα 4.45: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα 84 χρονών για την ημέρα 08/06/2015



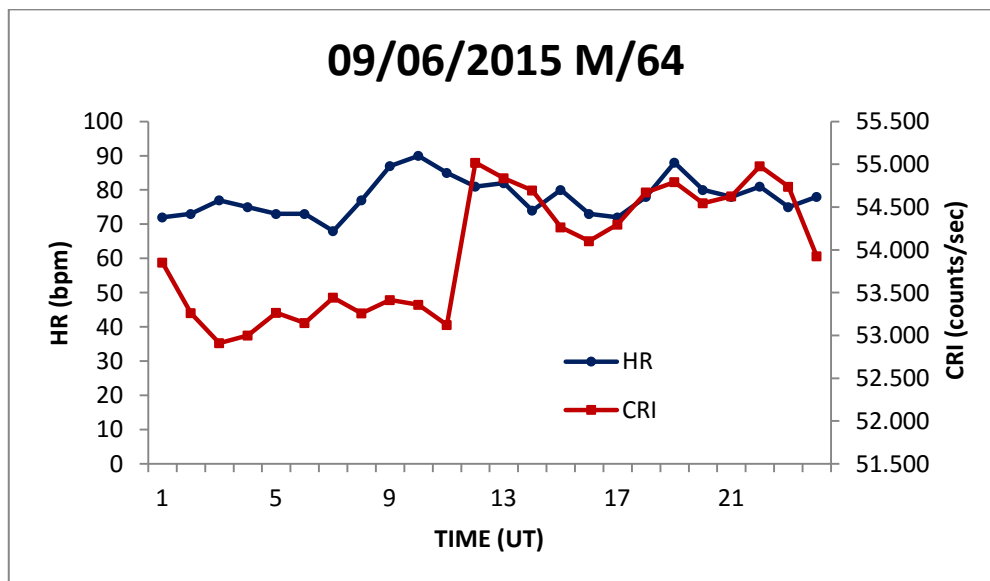
Σχήμα 4.46: Οι τιμές για CRI και HR ενός ασθενή αγνώστου ηλικίας για την ημέρα 08/06/2015



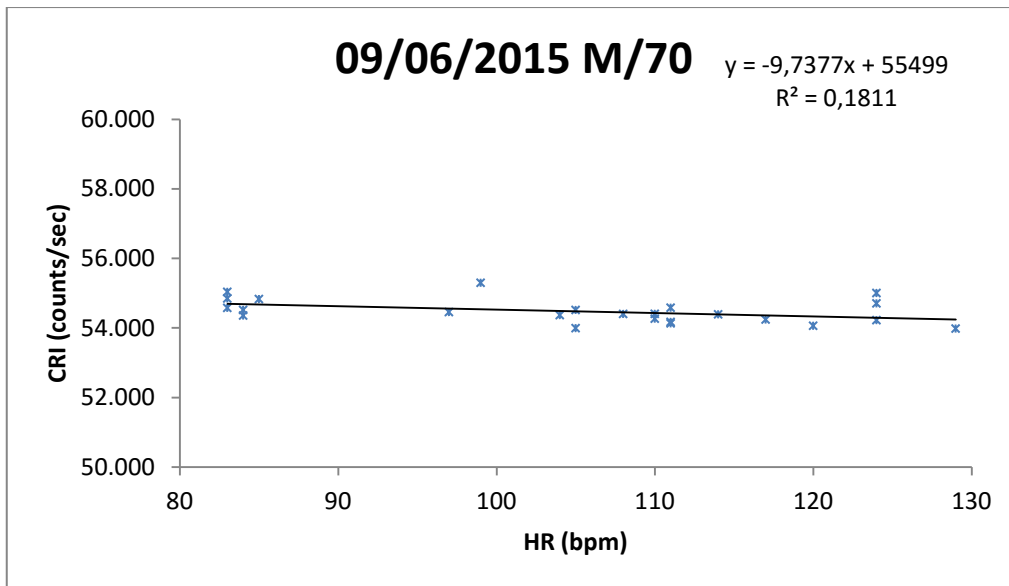
Σχήμα 4.47: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός ασθενή αγνώστου ηλικίας για την ημέρα 08/06/2015



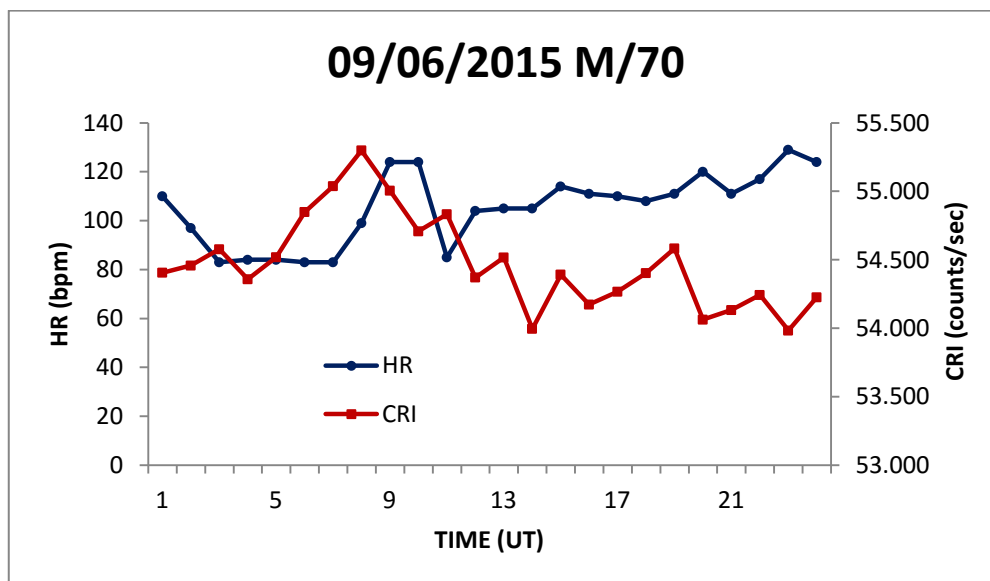
Σχήμα 4.48: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα 64 χρονών για την ημέρα 09/06/2015



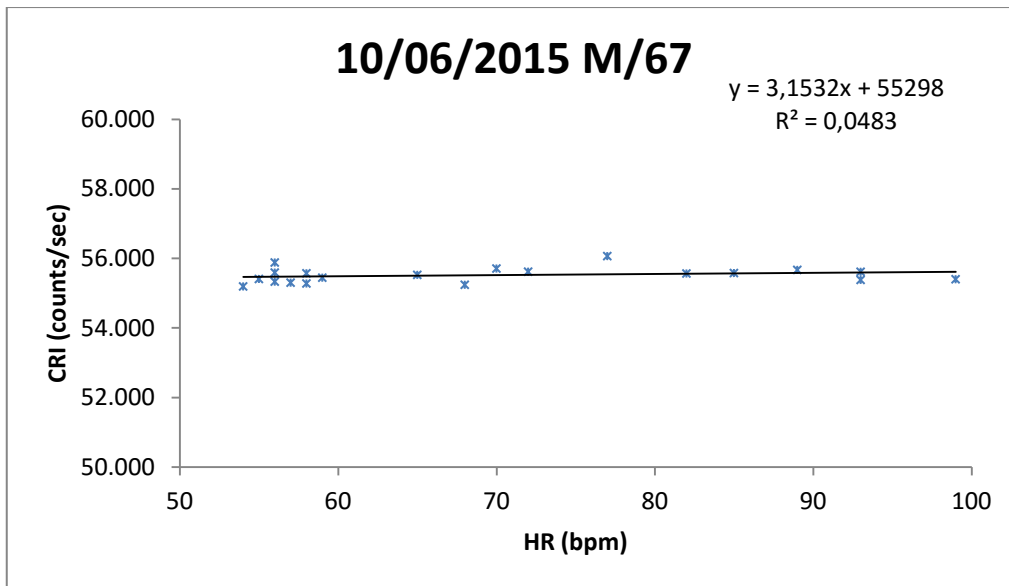
Σχήμα 4.49: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα 64 χρονών για την ημέρα 09/06/2015



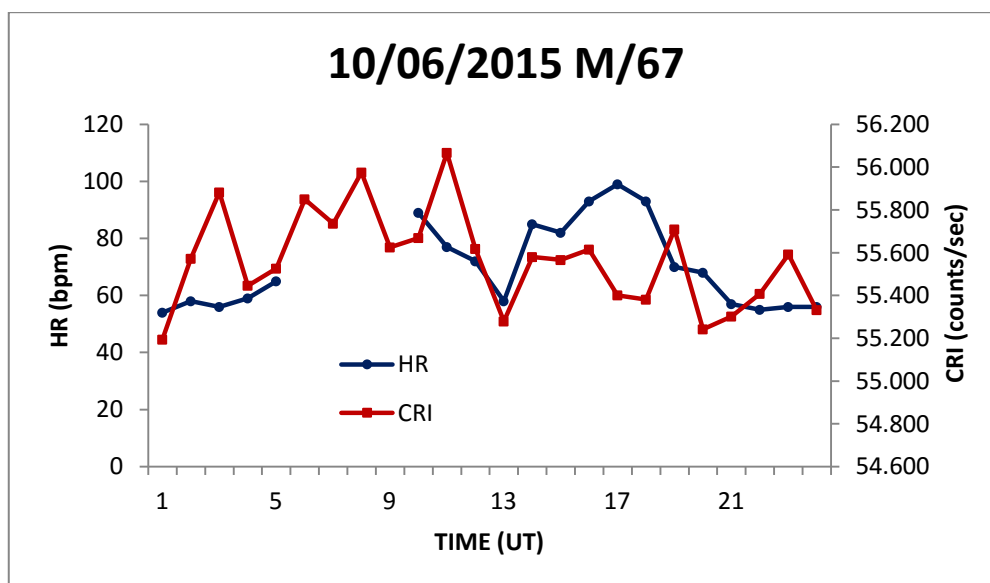
Σχήμα 4.50: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα 70 χρονών για την ημέρα 09/06/2015



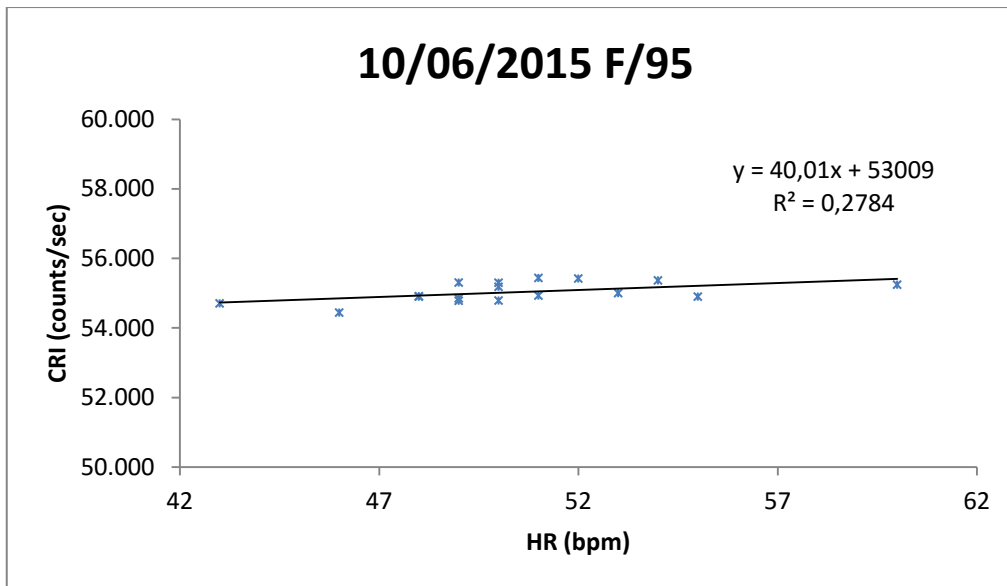
Σχήμα 4.51: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα 70 χρονών για την ημέρα 09/06/2015



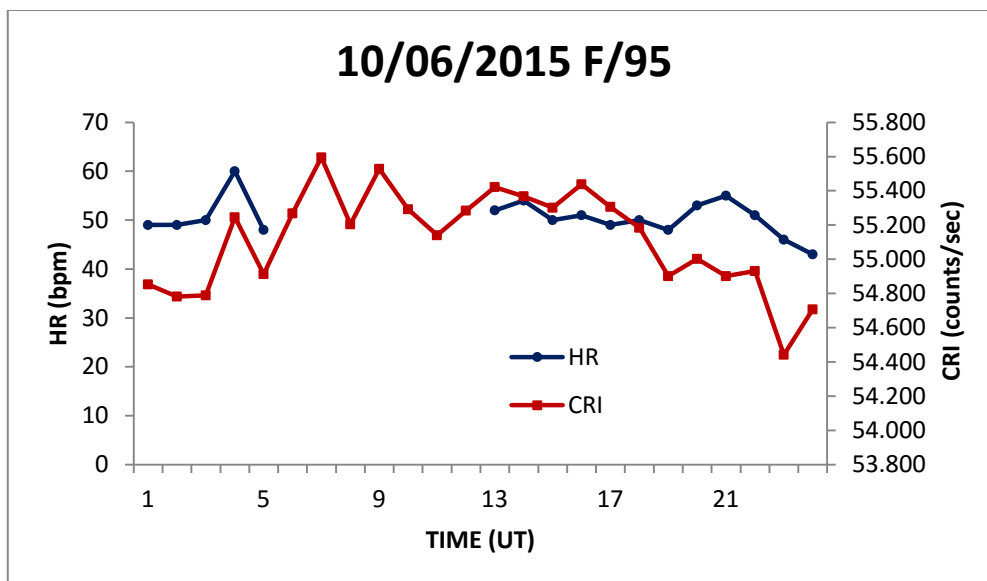
Σχήμα 4.52: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα 67 χρονών για την ημέρα 10/06/2015



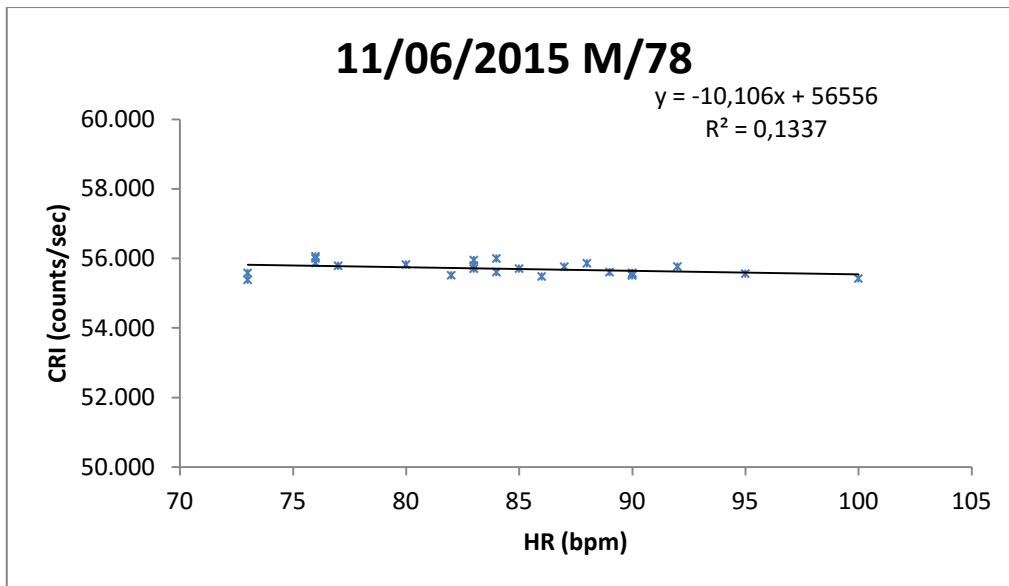
Σχήμα 4.53: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα 67 χρονών για την ημέρα 10/06/2015



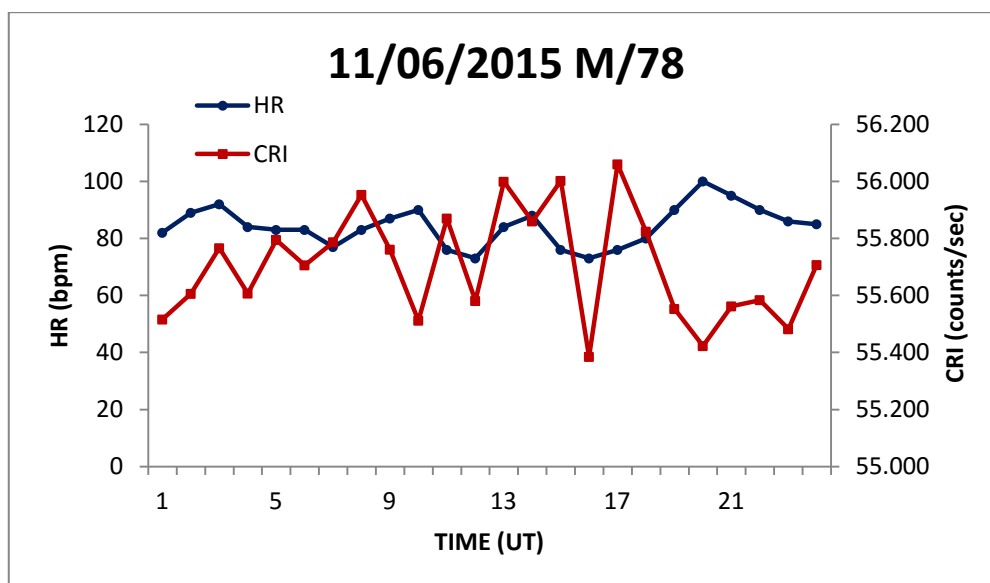
Σχήμα 4.54: Οι τιμές για CRI και HR μίας γυναίκας 95 χρονών για την ημέρα 10/06/2015



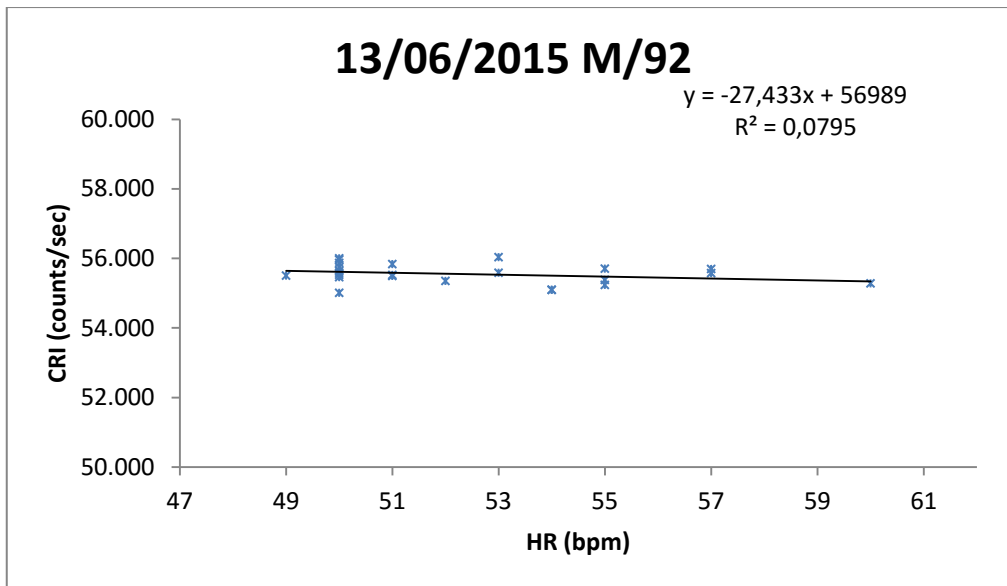
Σχήμα 4.55: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR μίας γυναίκας 95 χρονών για την ημέρα 10/06/2015



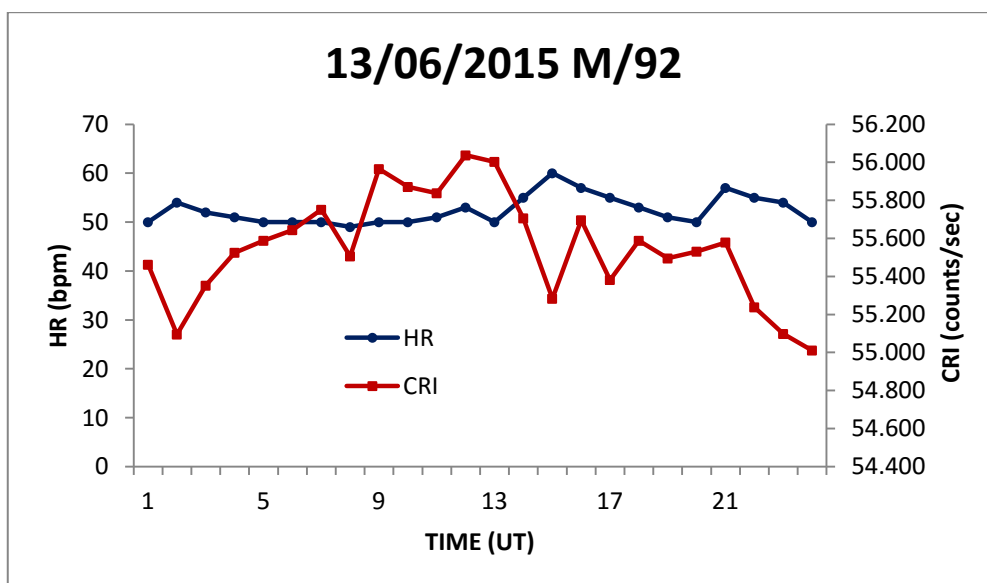
Σχήμα 4.56: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα 78 χρονών για την ημέρα 11/06/2015



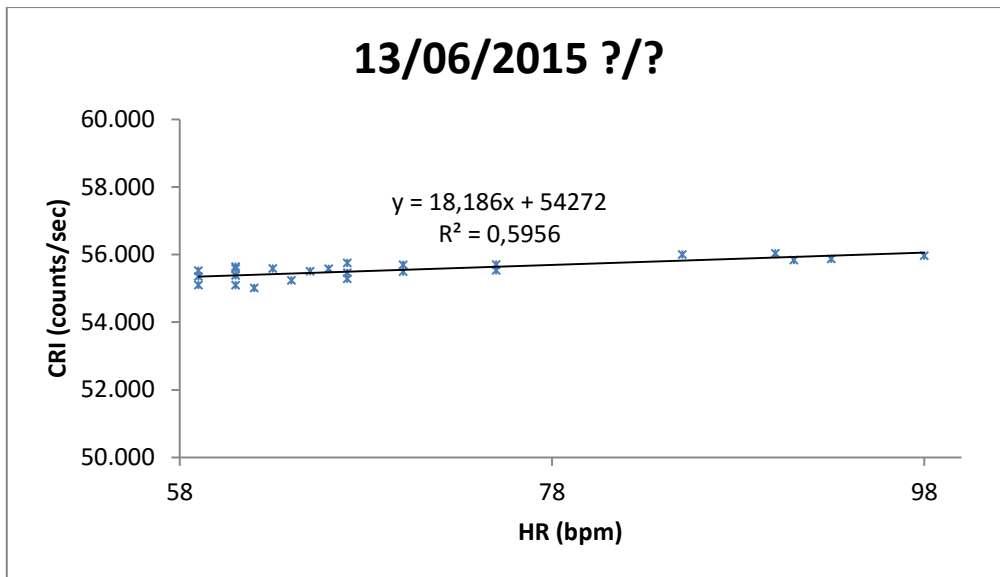
Σχήμα 4.57: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα 78 χρονών για την ημέρα 11/06/2015



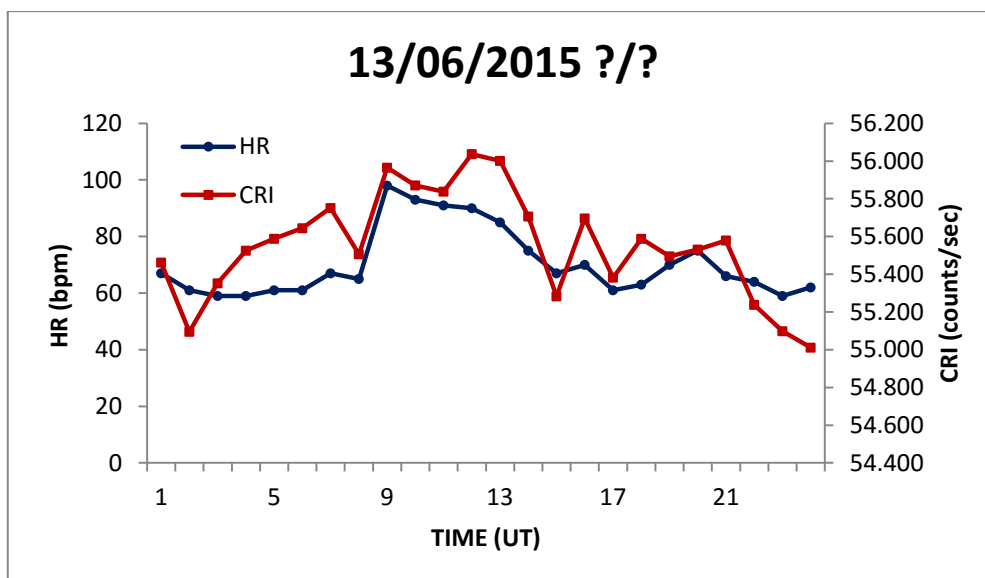
Σχήμα 4.58: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα 92 χρονών για την ημέρα 13/06/2015



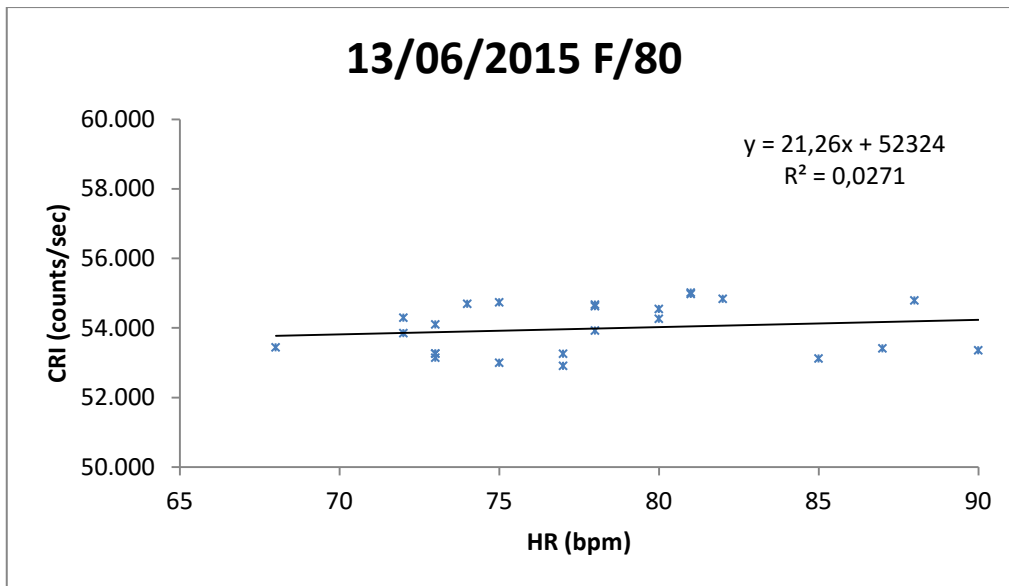
Σχήμα 4.59: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα 92 χρονών για την ημέρα 13/06/2015



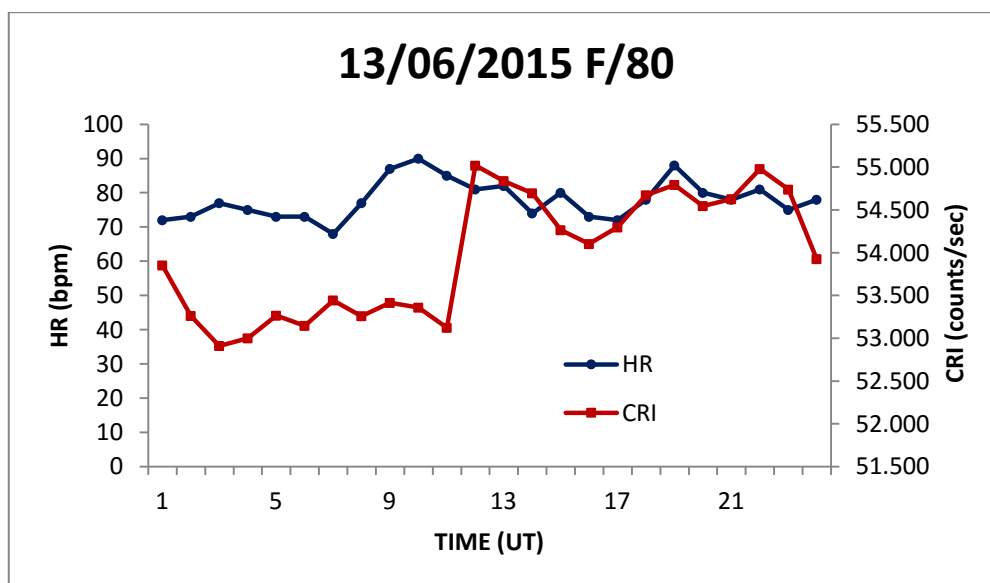
Σχήμα 4.60: Οι τιμές για CRI και HR ενός ασθενή αγνώστου ηλικίας για την ημέρα 13/06/2015



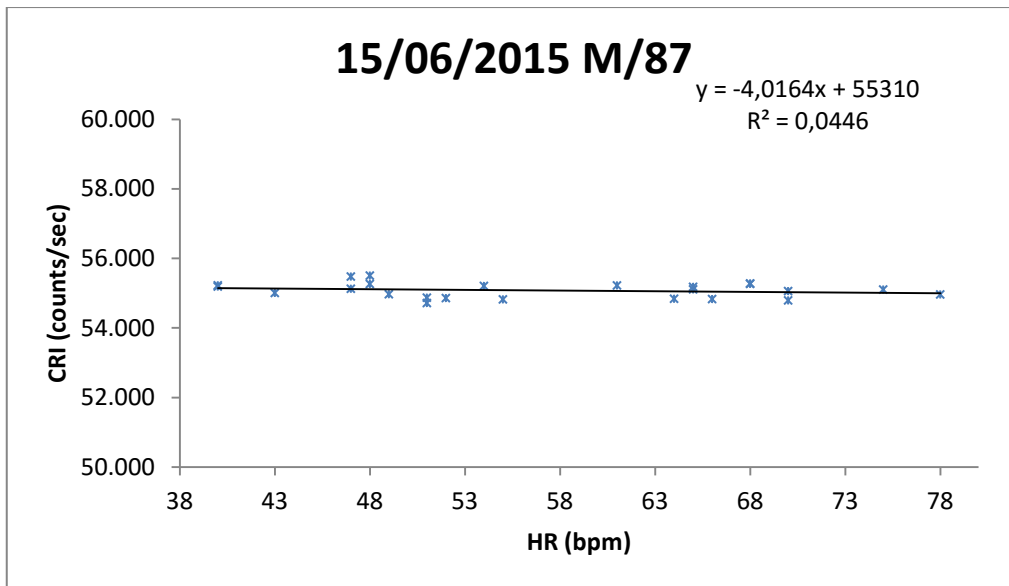
Σχήμα 4.61: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός ασθενή αγνώστου ηλικίας για την ημέρα 13/06/2015



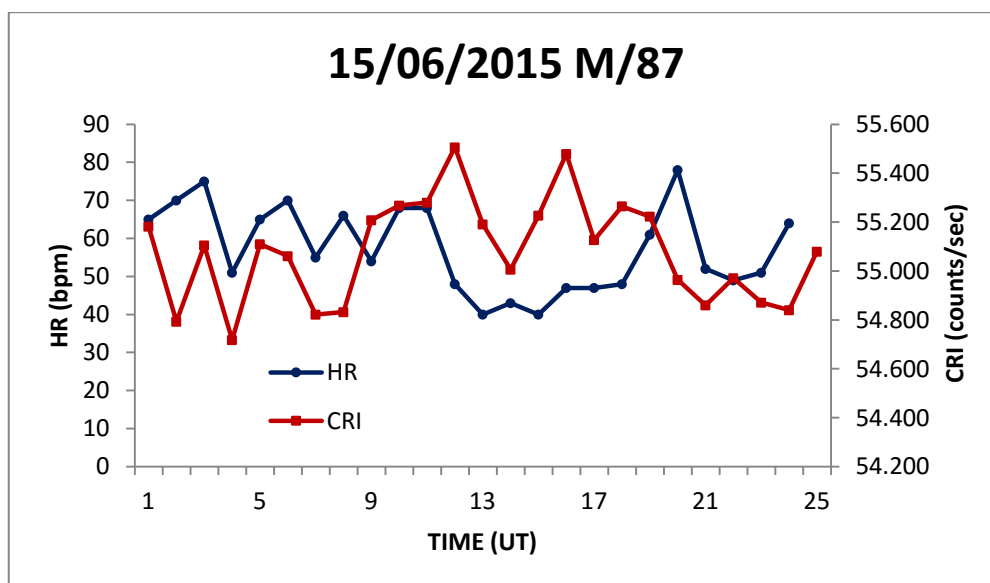
Σχήμα 4.62: Οι τιμές για CRI και HR μίας γυναίκας 80 χρονών για την ημέρα 13/06/2015



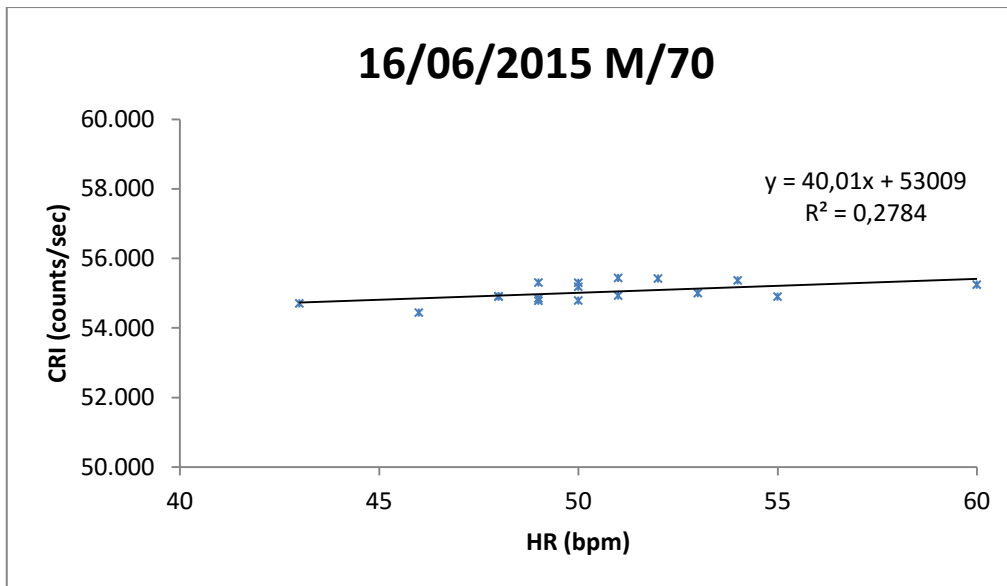
Σχήμα 4.63: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR μίας γυναίκας 80 χρονών για την ημέρα 13/06/2015



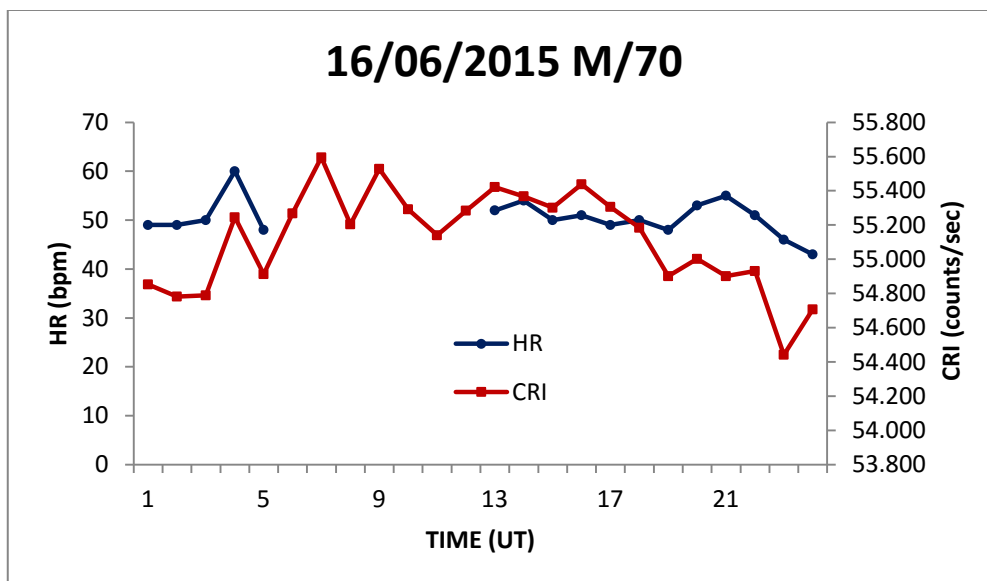
Σχήμα 4.64: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα 87 χρονών για την ημέρα 15/06/2015



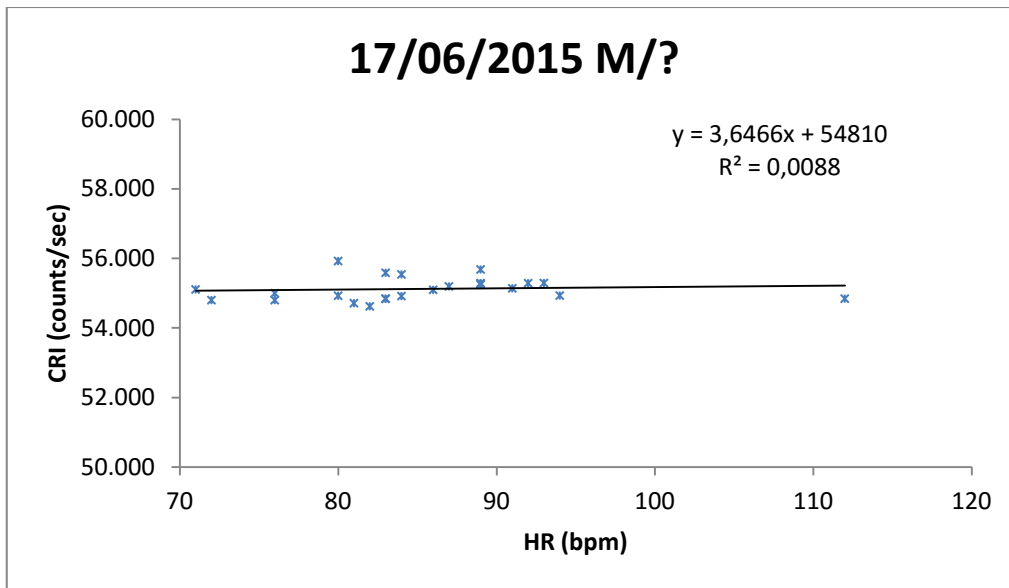
Σχήμα 4.65: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα 87 χρονών για την ημέρα 15/06/2015



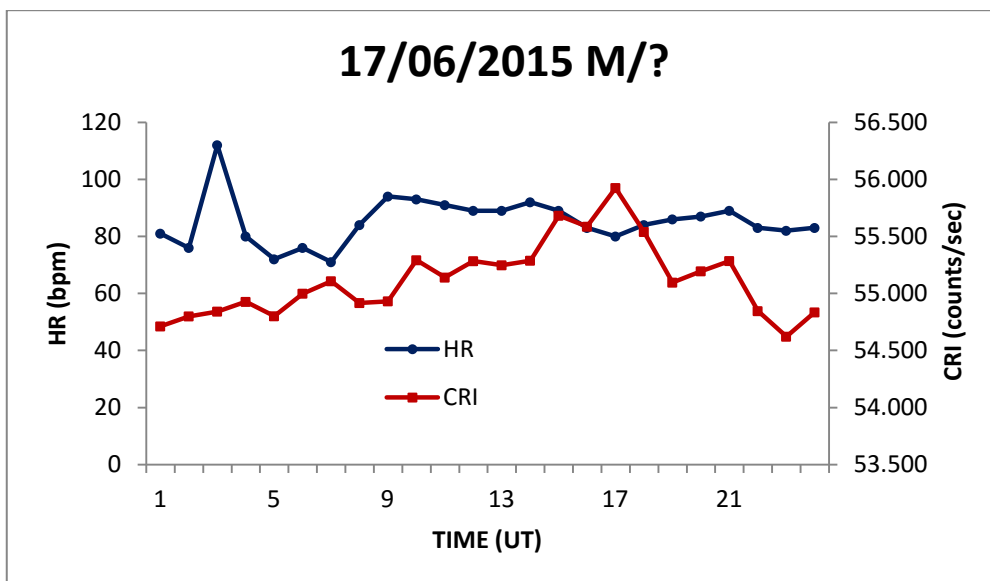
Σχήμα 4.66: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα 70 χρονών για την ημέρα 16/06/2015



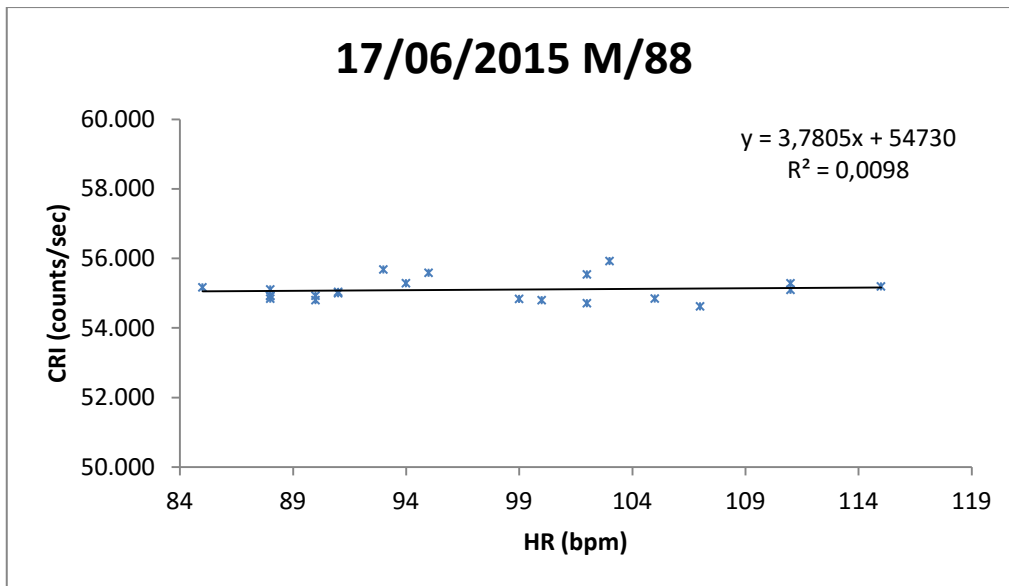
Σχήμα 4.67: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα 70 χρονών για την ημέρα 16/06/2015



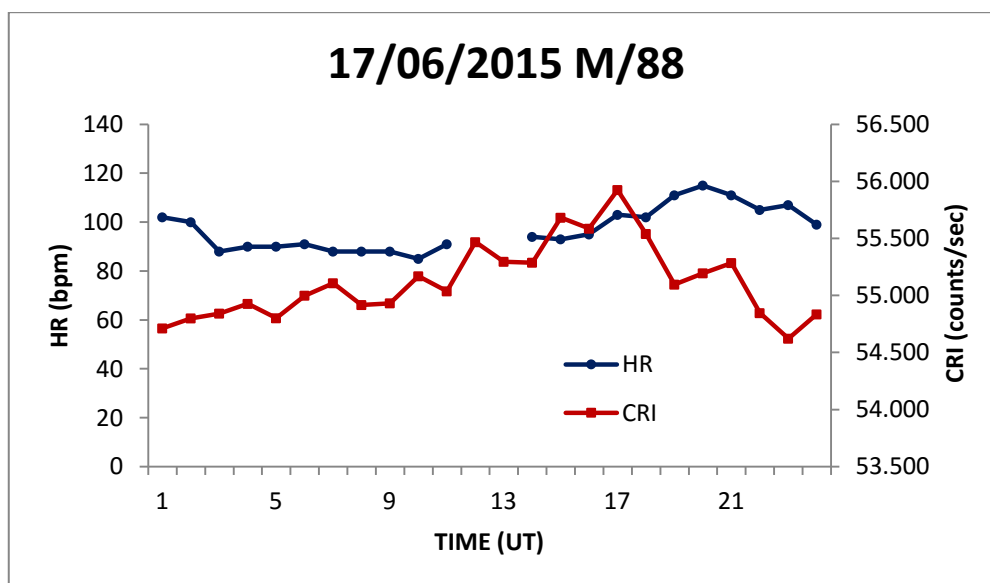
Σχήμα 4.68: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα αγνώστου ηλικίας για την ημέρα 17/06/2015



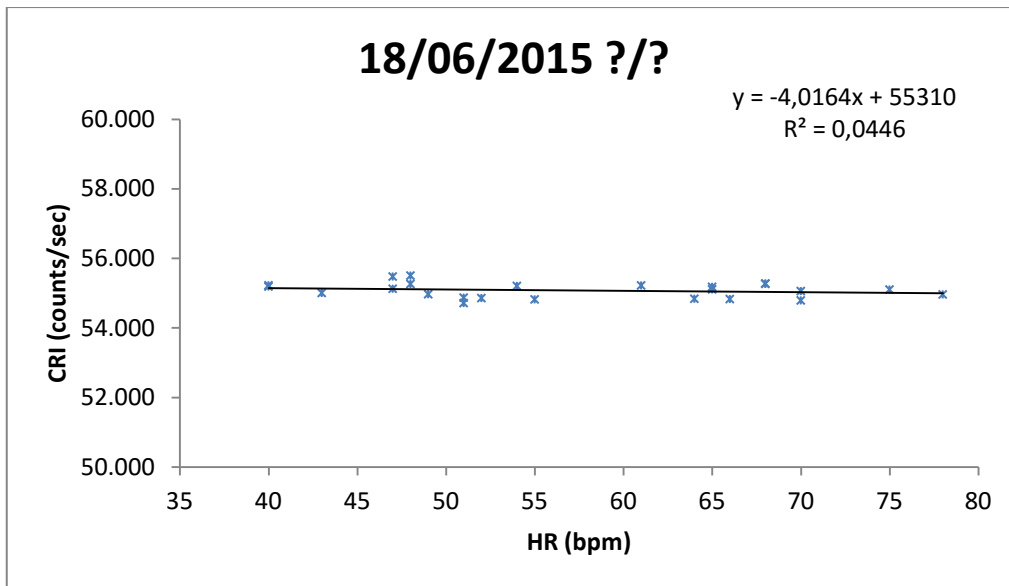
Σχήμα 4.69: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα αγνώστου ηλικίας για την ημέρα 17/06/2015



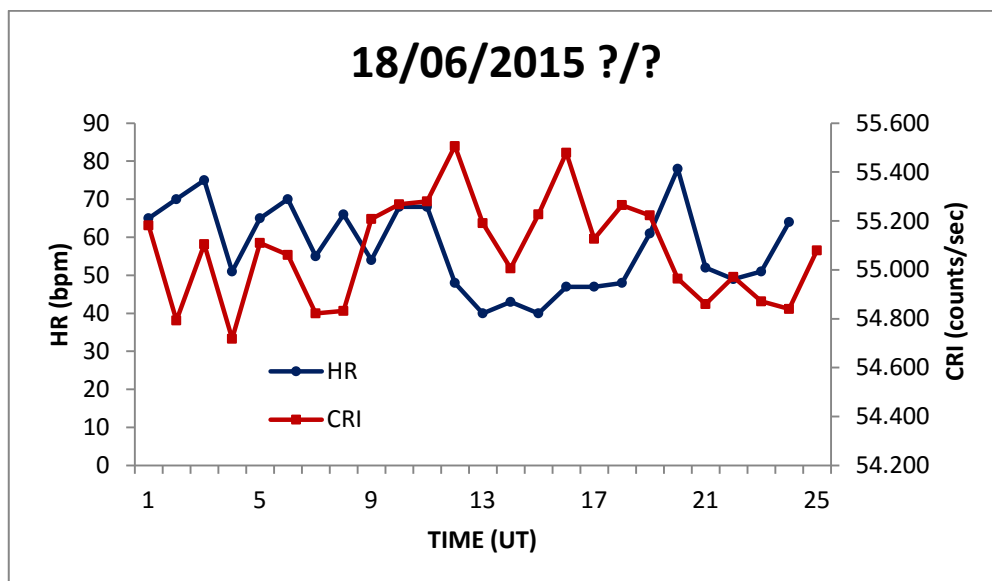
Σχήμα 4.70: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα 88 χρονών για την ημέρα 17/06/2015



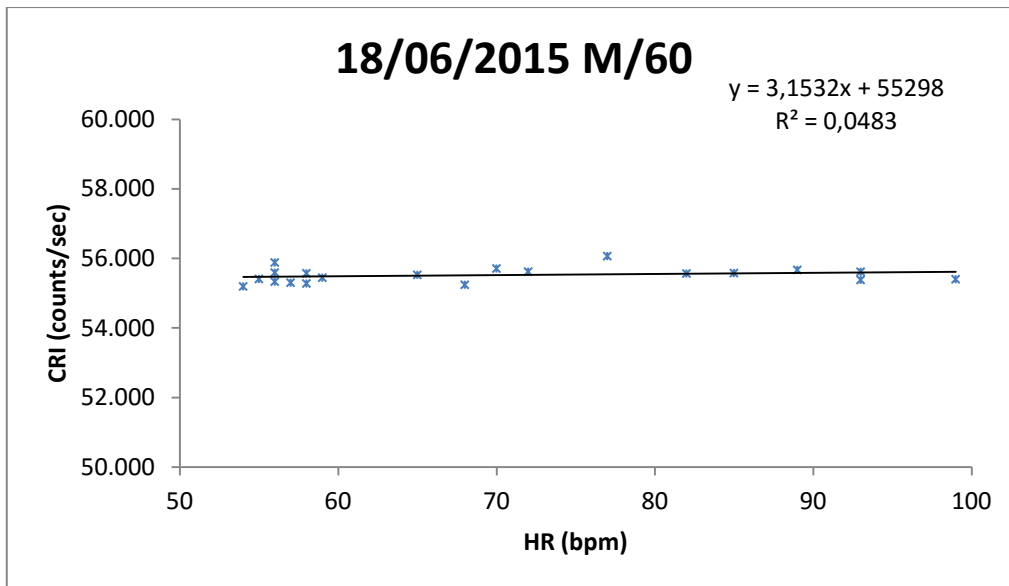
Σχήμα 4.71: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα 88 χρονών για την ημέρα 17/06/2015



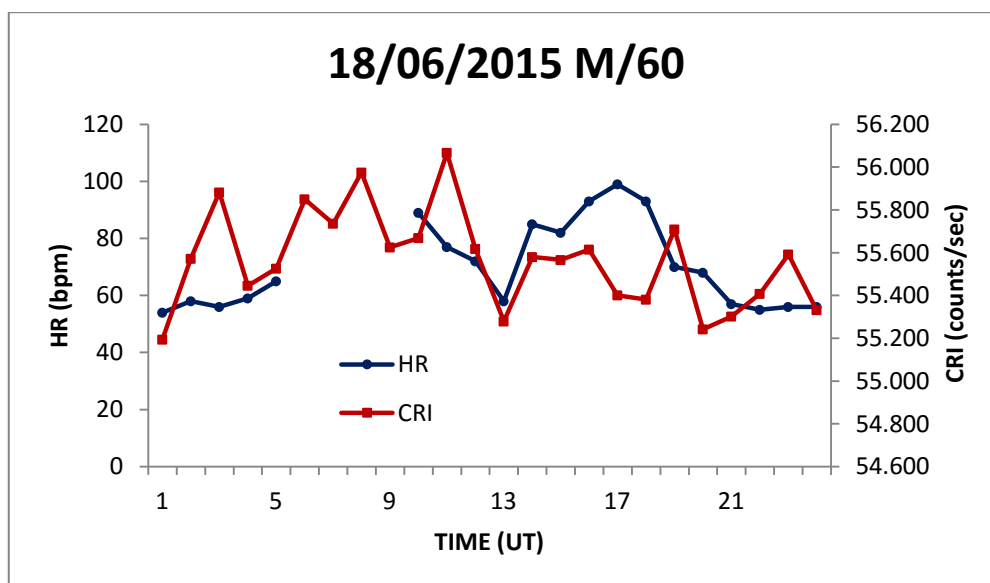
Σχήμα 4.72: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός ασθενή αγνώστου ηλικίας για την ημέρα 18/06/2015



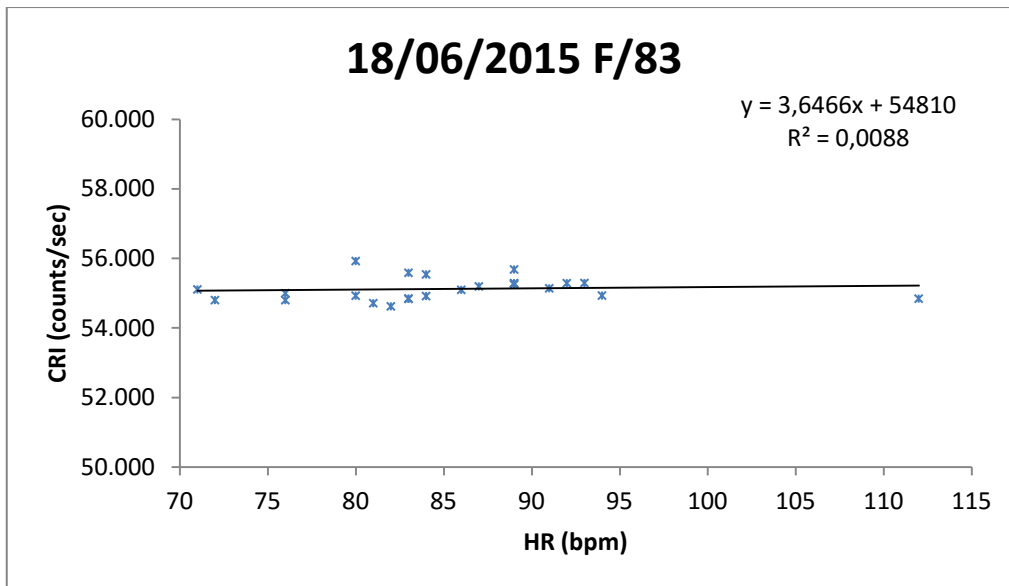
Σχήμα 4.73: Οι τιμές για CRI και HR ενός ασθενή αγνώστου ηλικίας για την ημέρα 18/06/2015



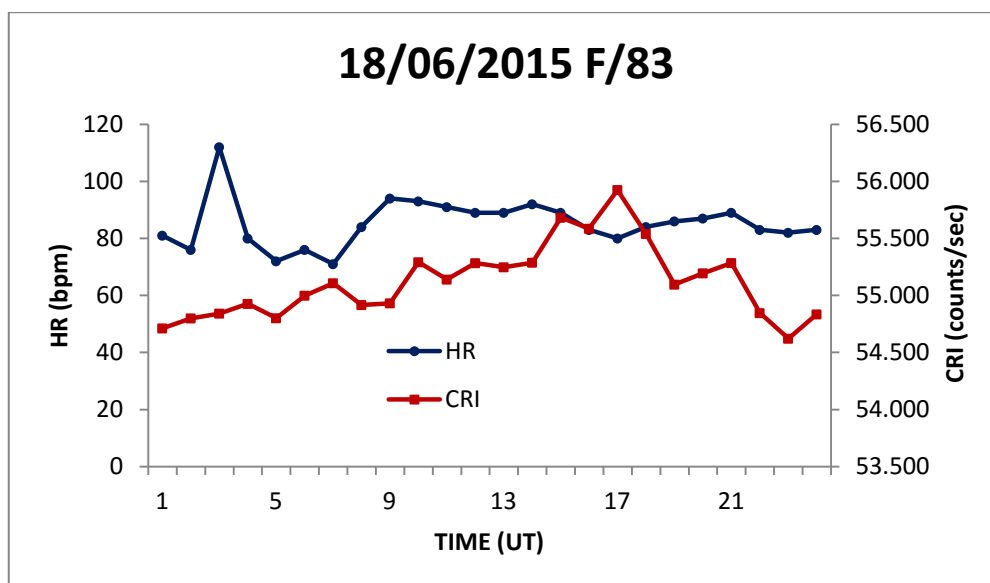
Σχήμα 4.74: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα 60 χρονών για την ημέρα 18/06/2015



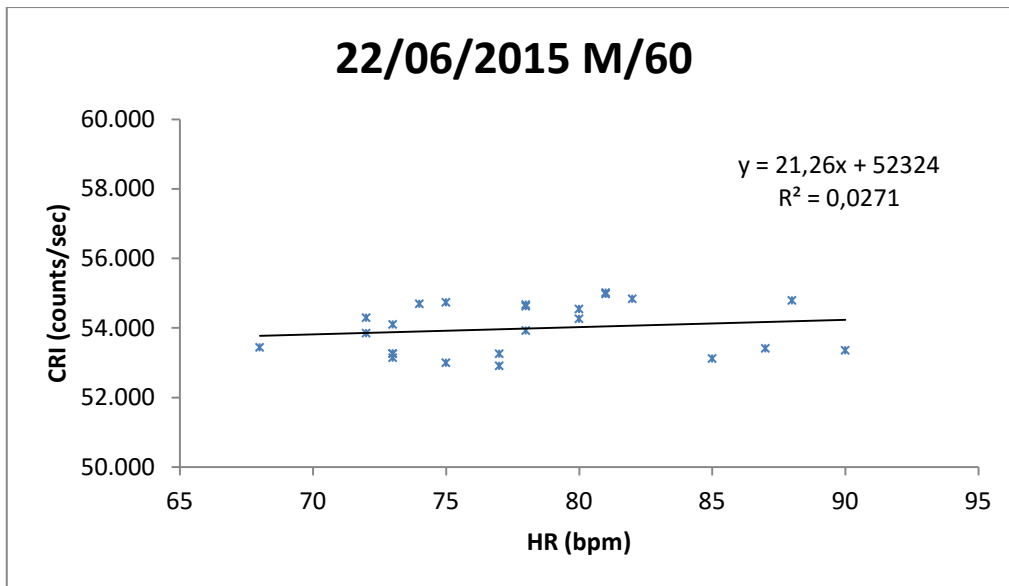
Σχήμα 4.75: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα 60 χρονών για την ημέρα 18/06/2015



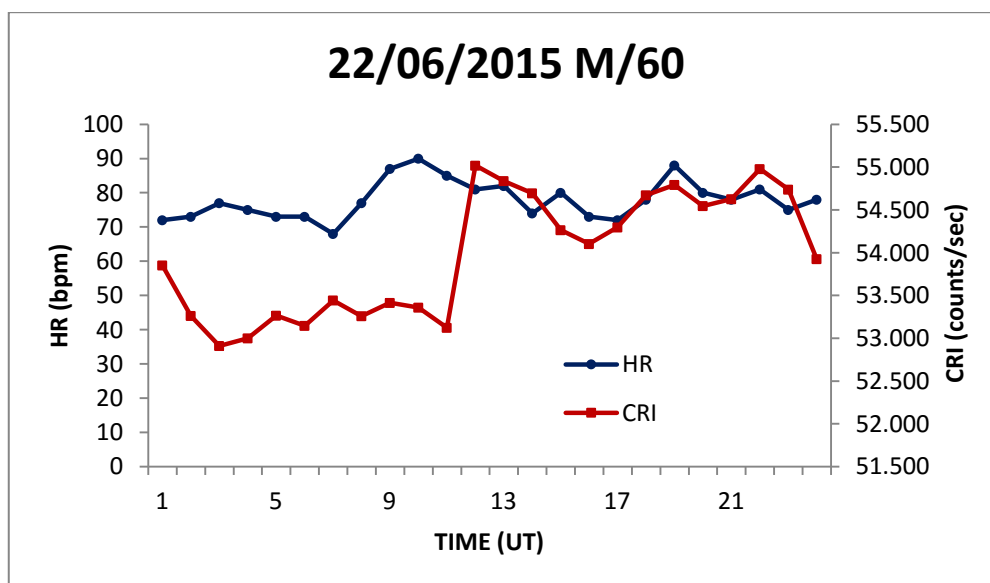
Σχήμα 4.76: Οι τιμές για CRI και HR μίας γυναίκας 83 χρονών για την ημέρα 18/06/2015



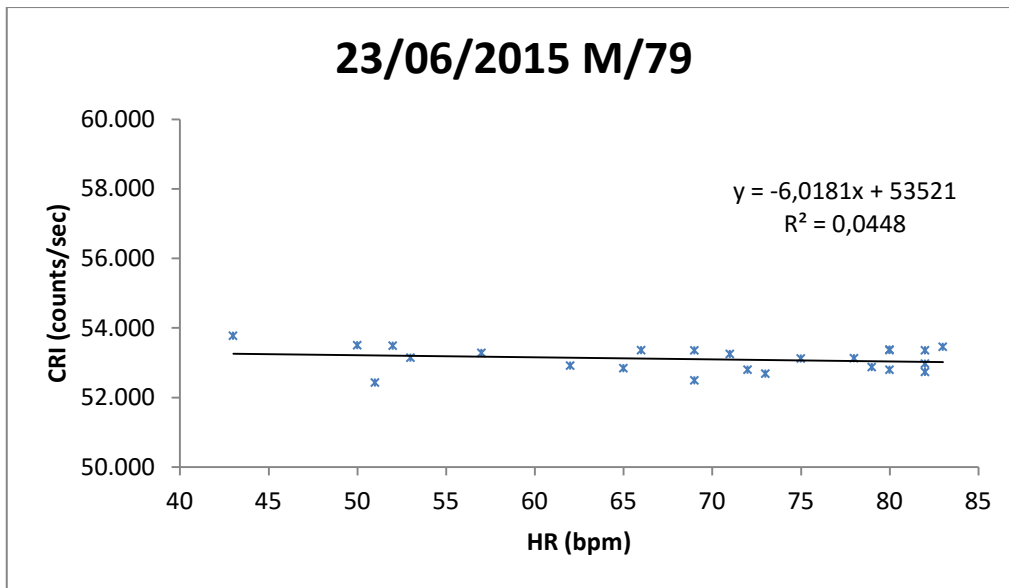
Σχήμα 4.77: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR μίας γυναίκας 83 χρονών για την ημέρα 18/06/2015



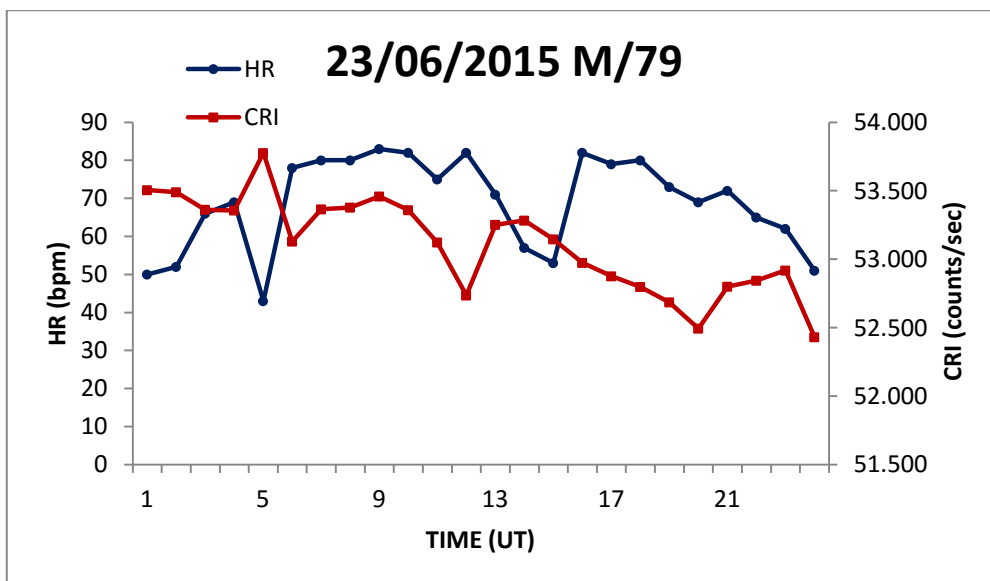
Σχήμα 4.78: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα 60 χρονών για την ημέρα 22/06/2015



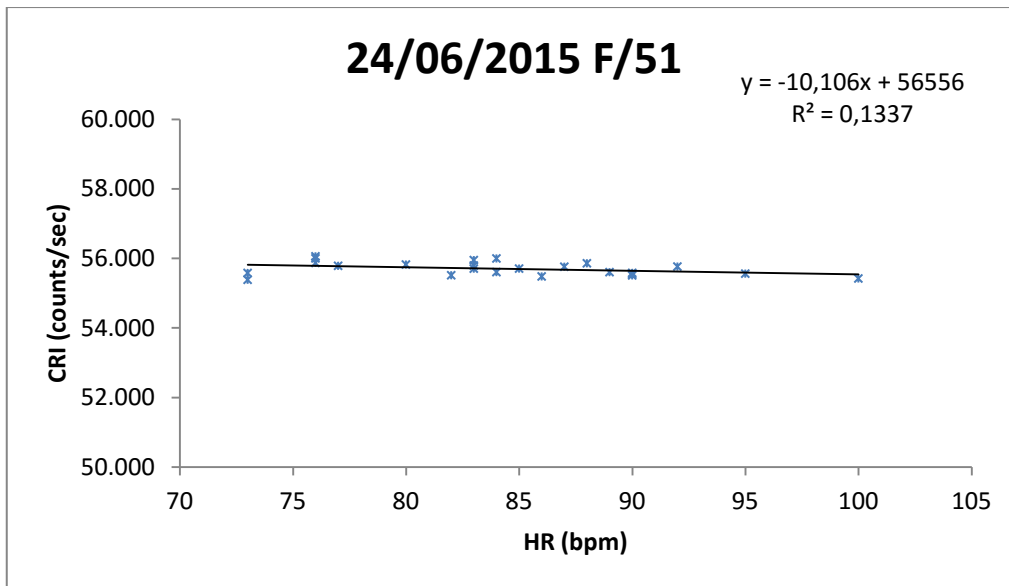
Σχήμα 4.79: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα 60 χρονών για την ημέρα 22/06/2015



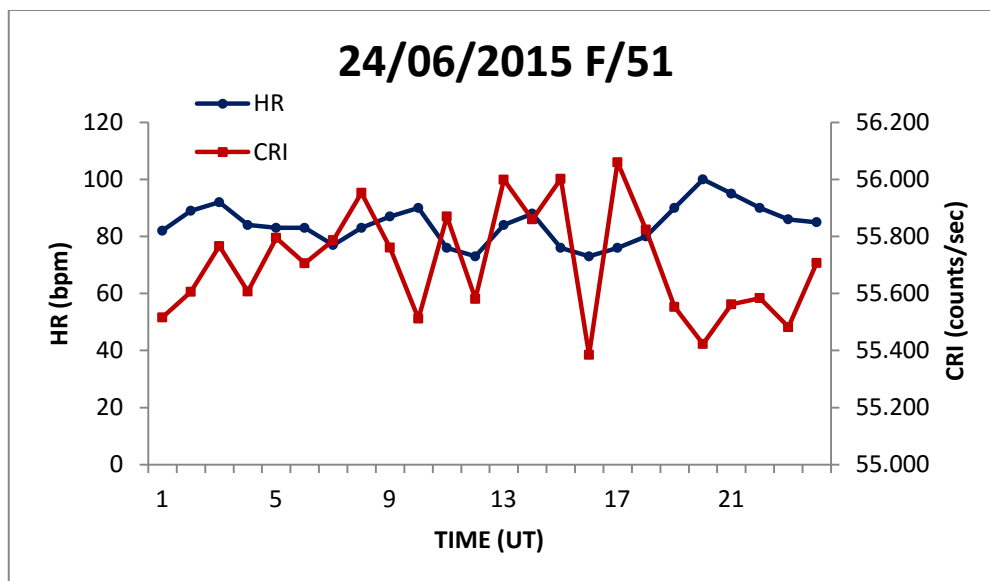
Σχήμα 4.80: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα 79 χρονών για την ημέρα 23/06/2015



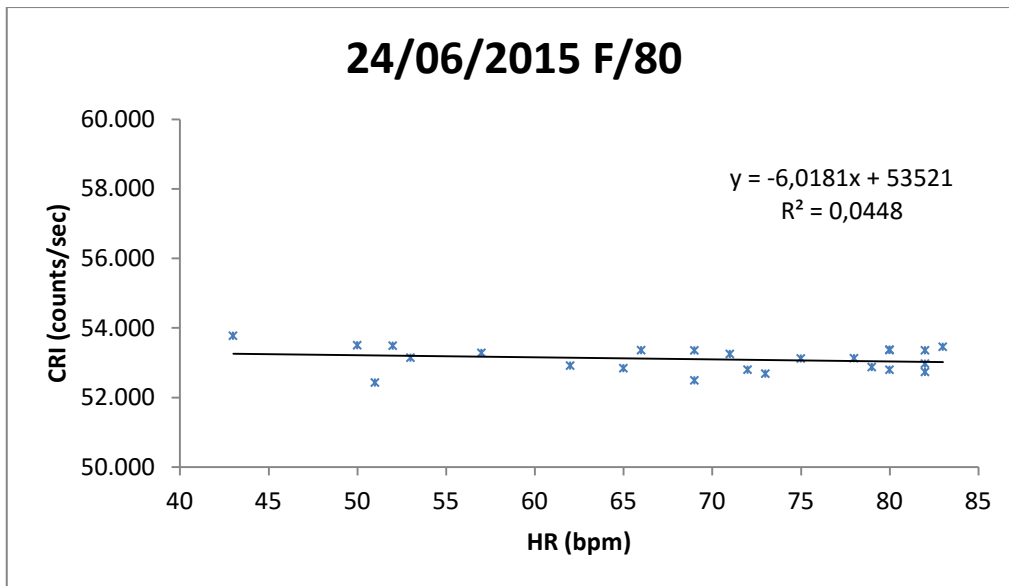
Σχήμα 4.81: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα 79 χρονών για την ημέρα 23/06/2015



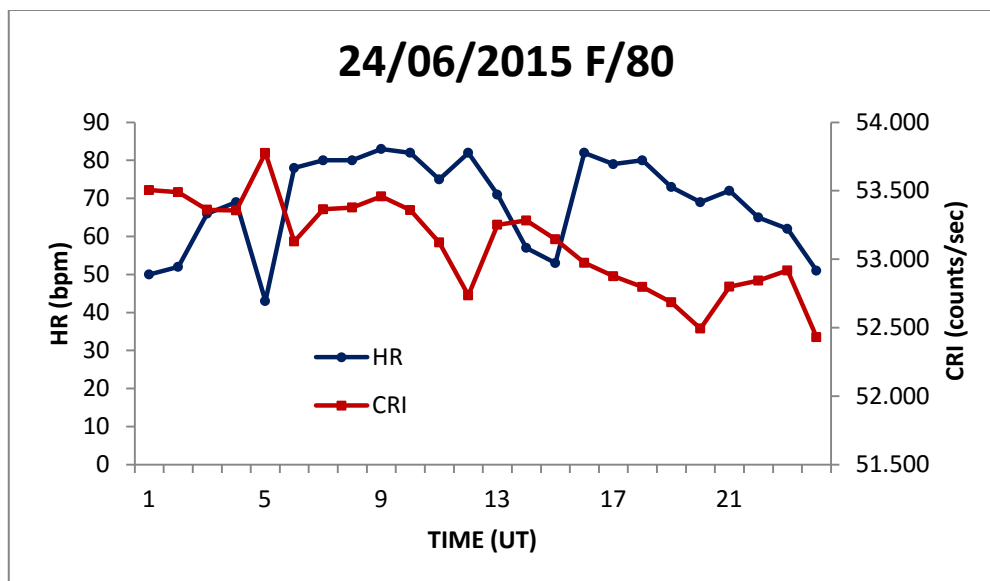
Σχήμα 4.82: Οι τιμές για CRI και HR μίας γυναίκας 51 χρονών για την ημέρα 24/06/2015



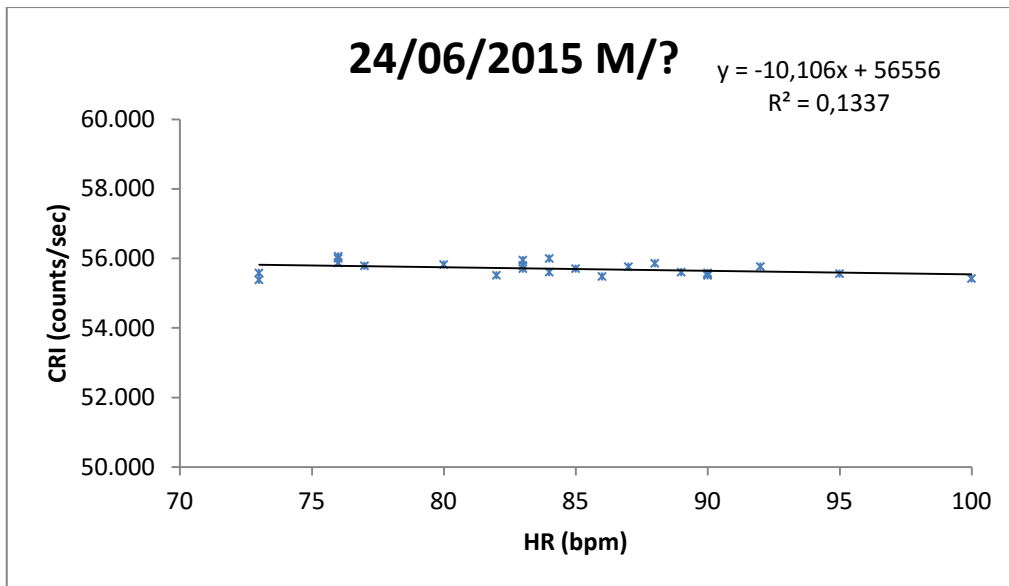
Σχήμα 4.83: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR μίας γυναίκας 51 χρονών για την ημέρα 24/06/2015



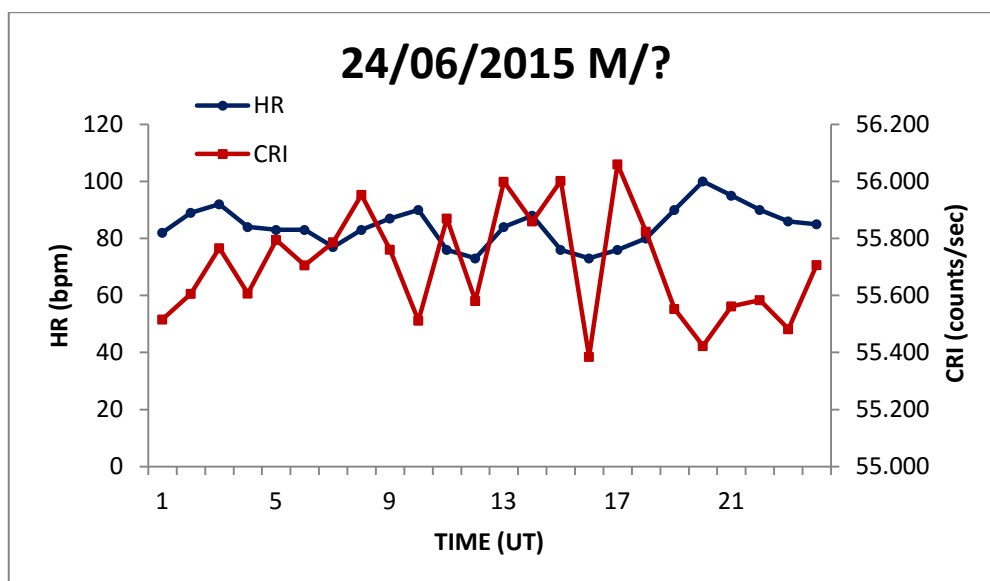
Σχήμα 4.84: Οι τιμές για CRI και HR μίας γυναίκας 80 χρονών για την ημέρα 24/06/2015



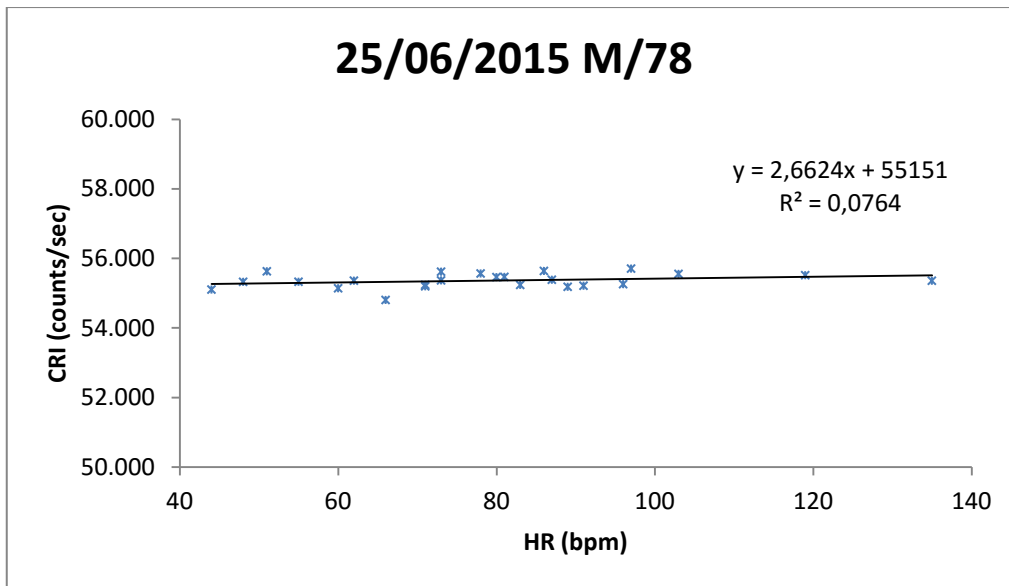
Σχήμα 4.85: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR μίας γυναίκας 80 χρονών για την ημέρα 24/06/2015



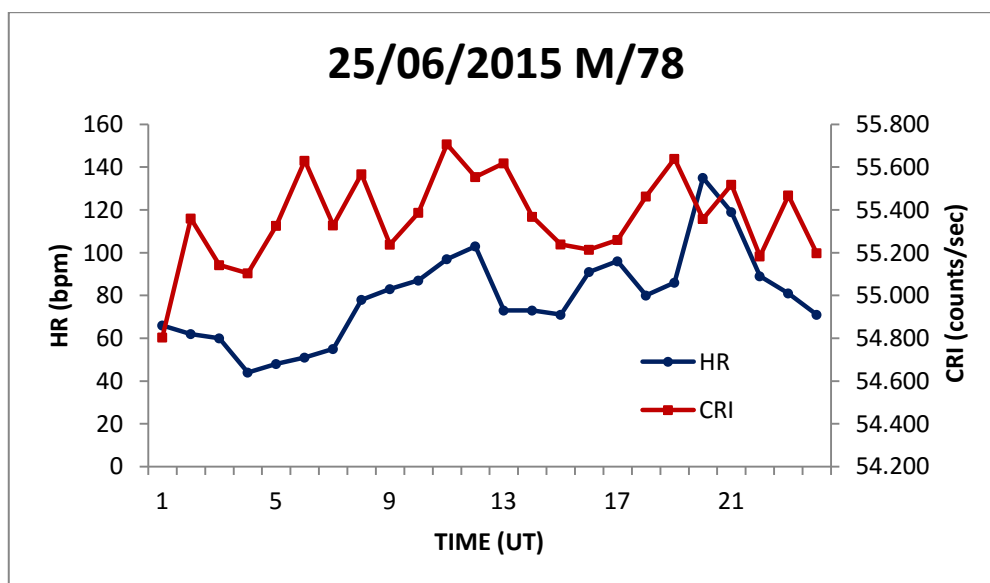
Σχήμα 4.86: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα αγνώστου ηλικίας για την ημέρα 24/06/2015



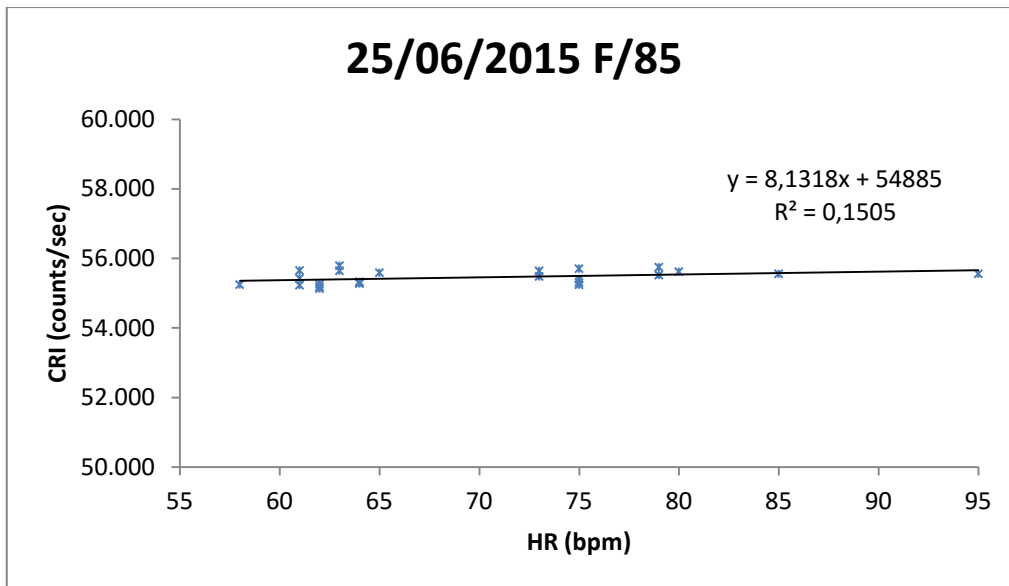
Σχήμα 4.87: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα αγνώστου ηλικίας για την ημέρα 24/06/2015



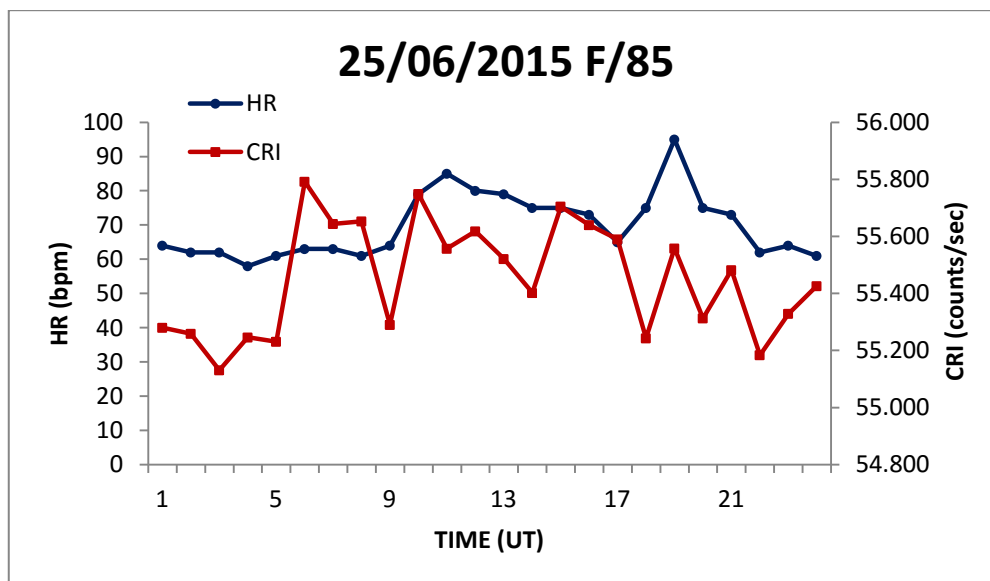
Σχήμα 4.88: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα 78 χρονών για την ημέρα 25/06/2015



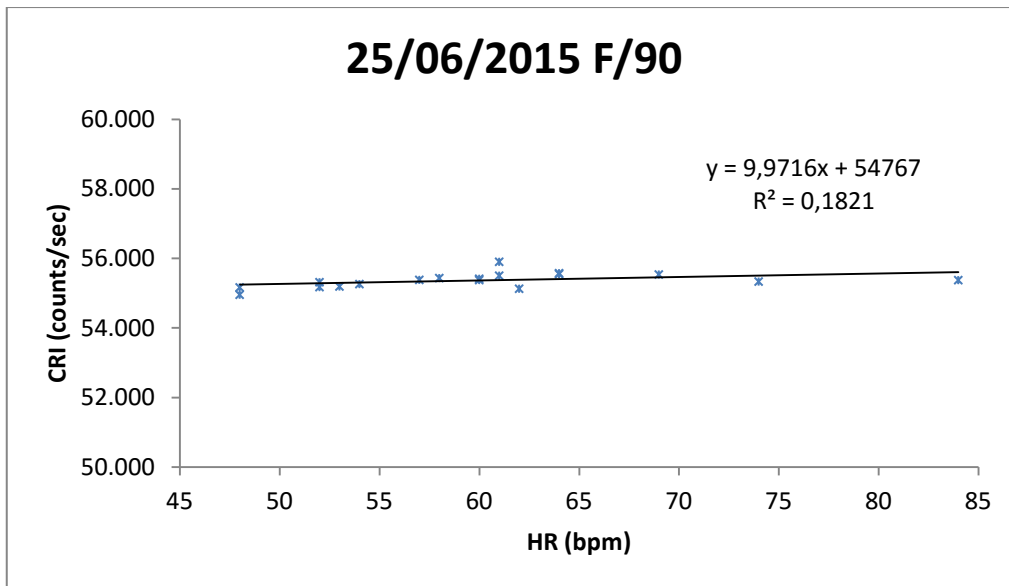
Σχήμα 4.89: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα 78 χρονών για την ημέρα 25/06/2015



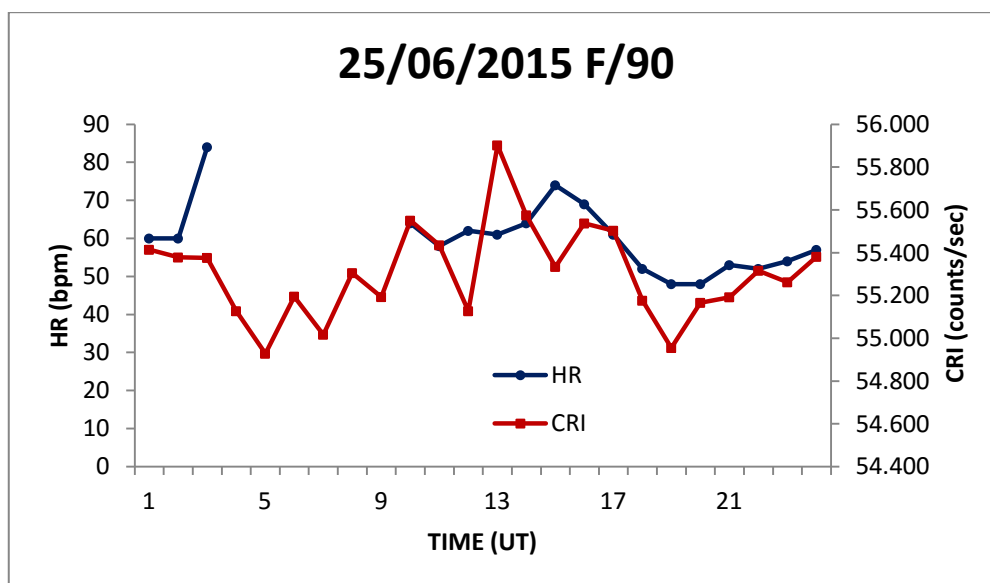
Σχήμα 4.90: Οι τιμές για CRI και HR μίας γυναίκας 85 χρονών για την ημέρα 25/06/2015



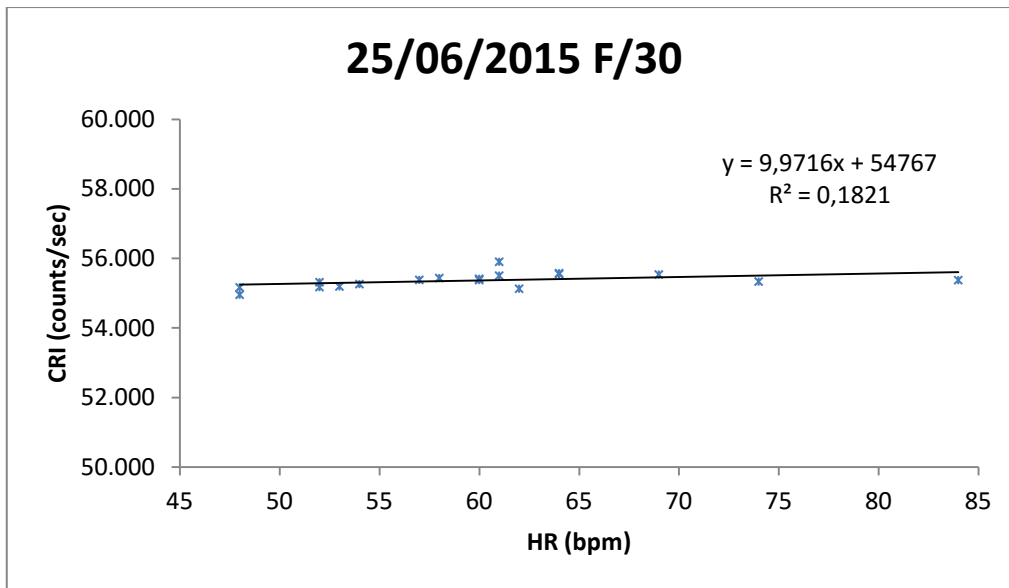
Σχήμα 4.91: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR μίας γυναίκας 85 χρονών για την ημέρα 25/06/2015



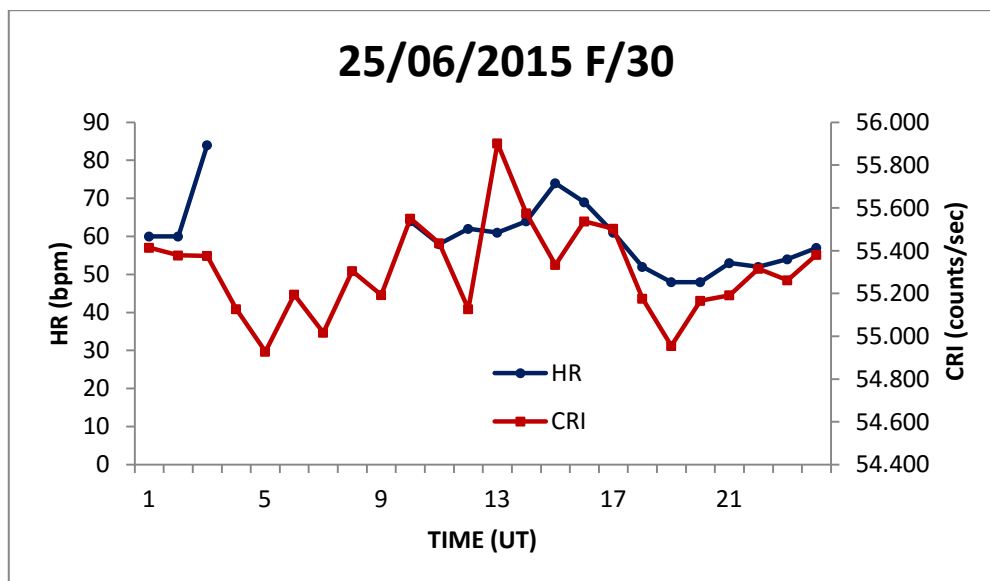
Σχήμα 4.92: Οι τιμές για CRI και HR μίας γυναίκας 90 χρονών για την ημέρα 25/06/2015



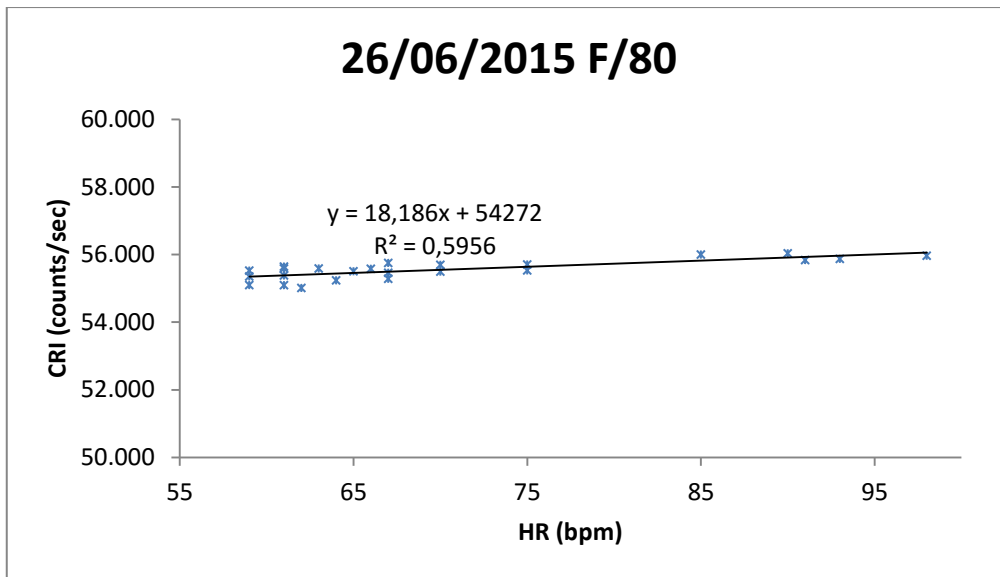
Σχήμα 4.93: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR μίας γυναίκας 90 χρονών για την ημέρα 25/06/2015



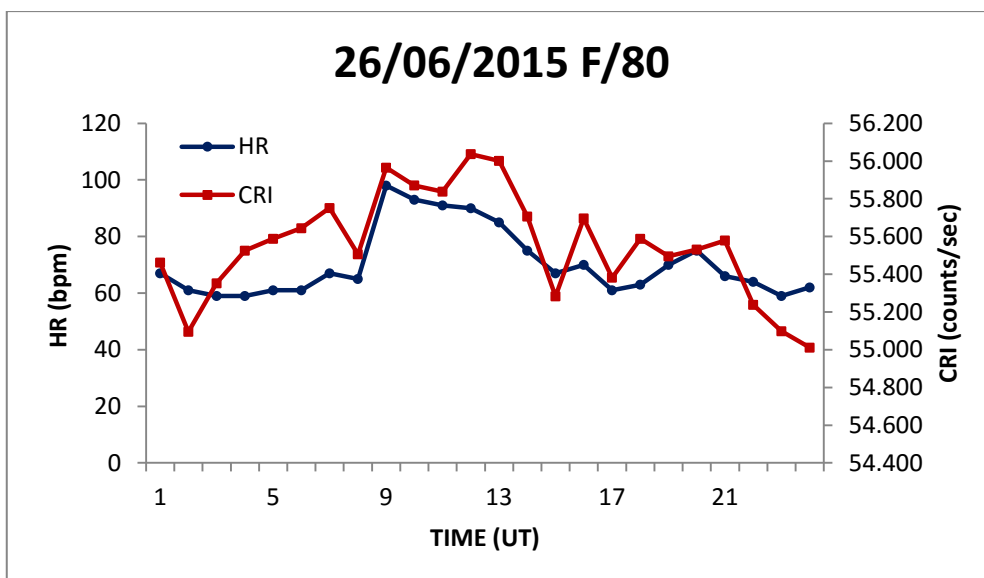
Σχήμα 4.94: Οι τιμές για CRI και HR μίας γυναίκας 30 χρονών για την ημέρα 10/06/2015



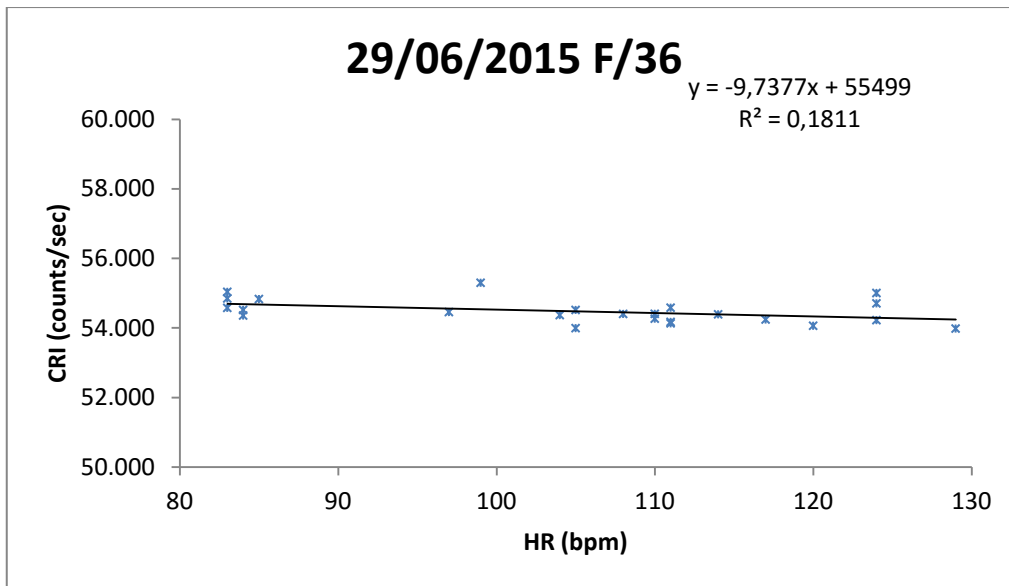
Σχήμα 4.95: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR μίας γυναίκας 30 χρονών για την ημέρα 10/06/2015



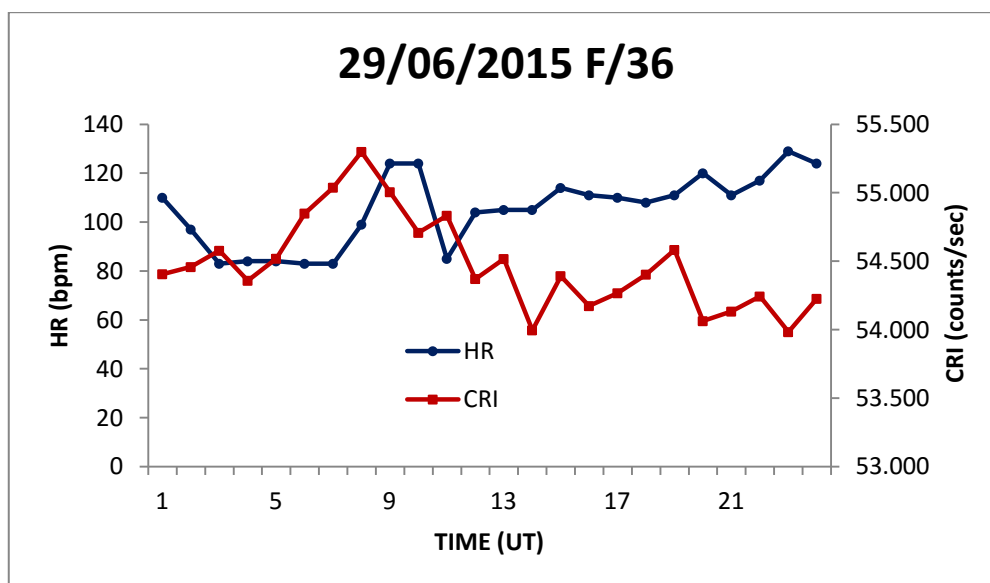
Σχήμα 4.96: Οι τιμές για CRI και HR μίας γυναίκας 80 χρονών για την ημέρα 26/06/2015



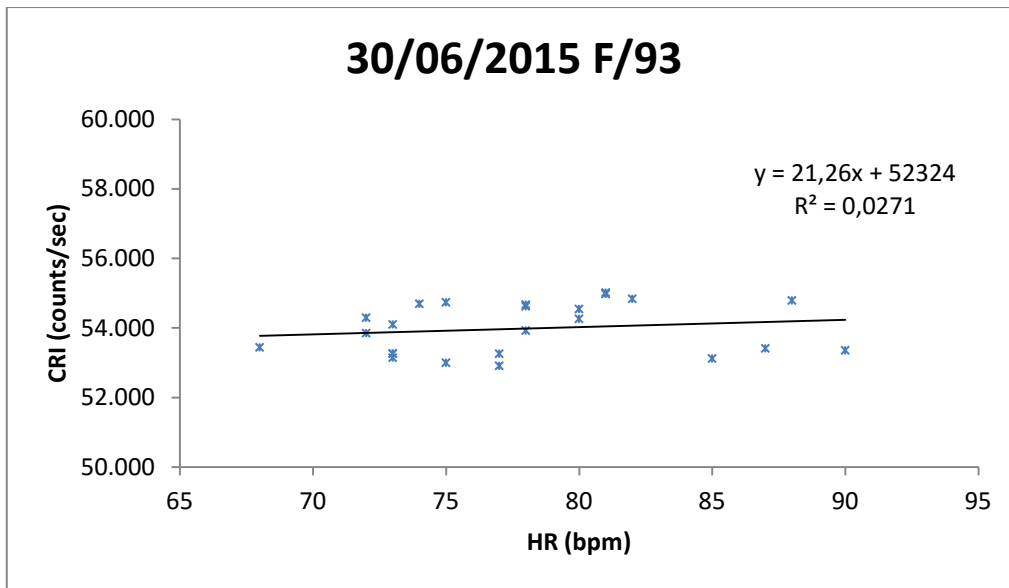
Σχήμα 4.97: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR μίας γυναίκας 80 χρονών για την ημέρα 26/06/2015



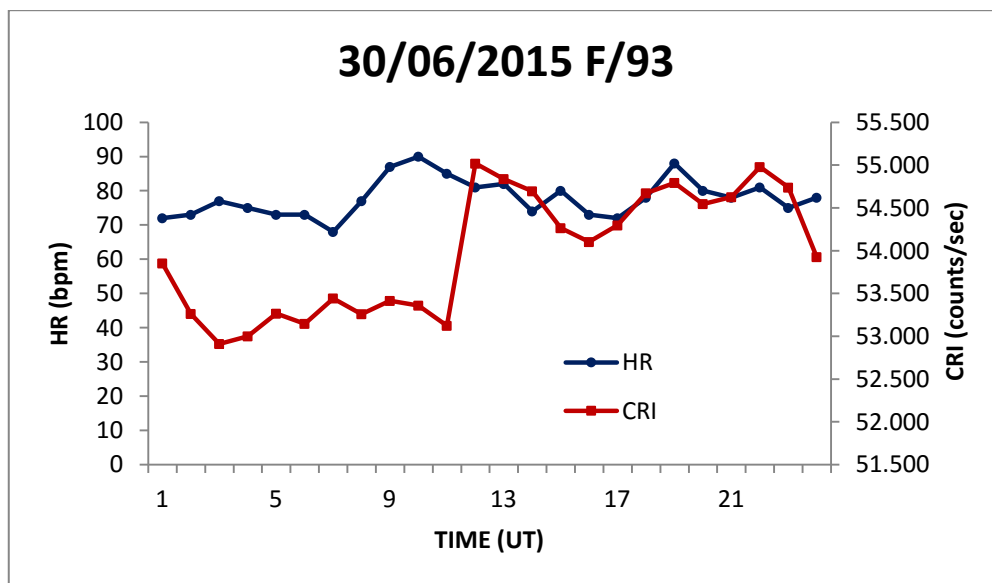
Σχήμα 4.98: Οι τιμές για CRI και HR μίας γυναίκας 36 χρονών για την ημέρα 29/06/2015



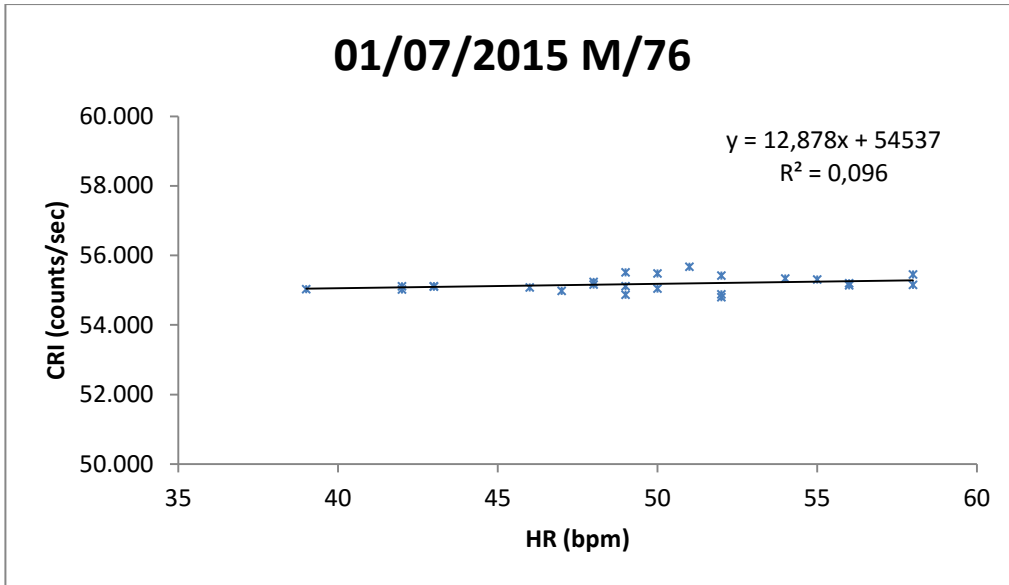
Σχήμα 4.99: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR μίας γυναίκας 36 χρονών για την ημέρα 29/06/2015



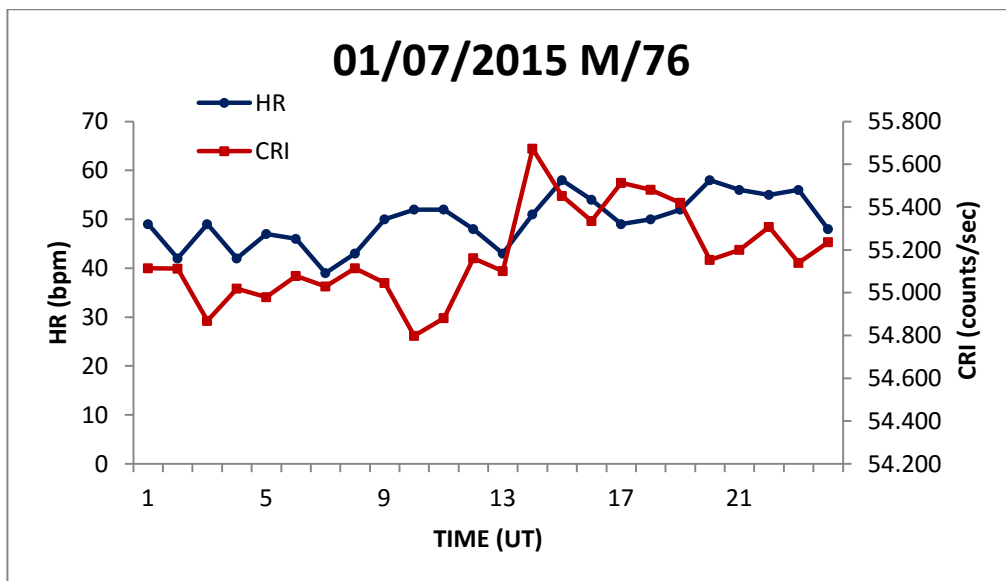
Σχήμα 4.100: Οι τιμές για CRI και HR μίας γυναίκας 93 χρονών για την ημέρα 10/06/2015



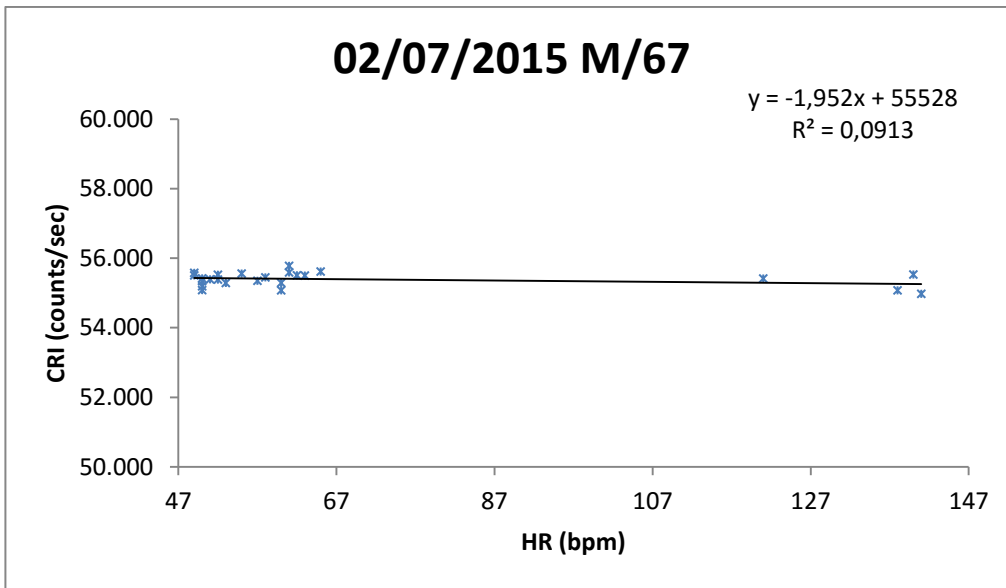
Σχήμα 4.101: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR μίας γυναίκας 93 χρονών για την ημέρα 10/06/2015



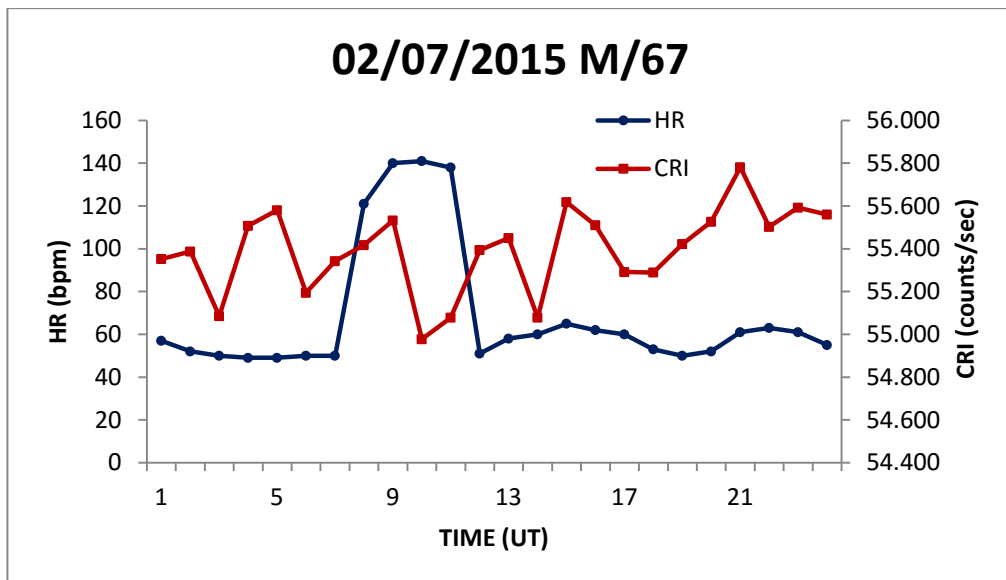
Σχήμα 4.102: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα 76 χρονών για την ημέρα 01/07/2015



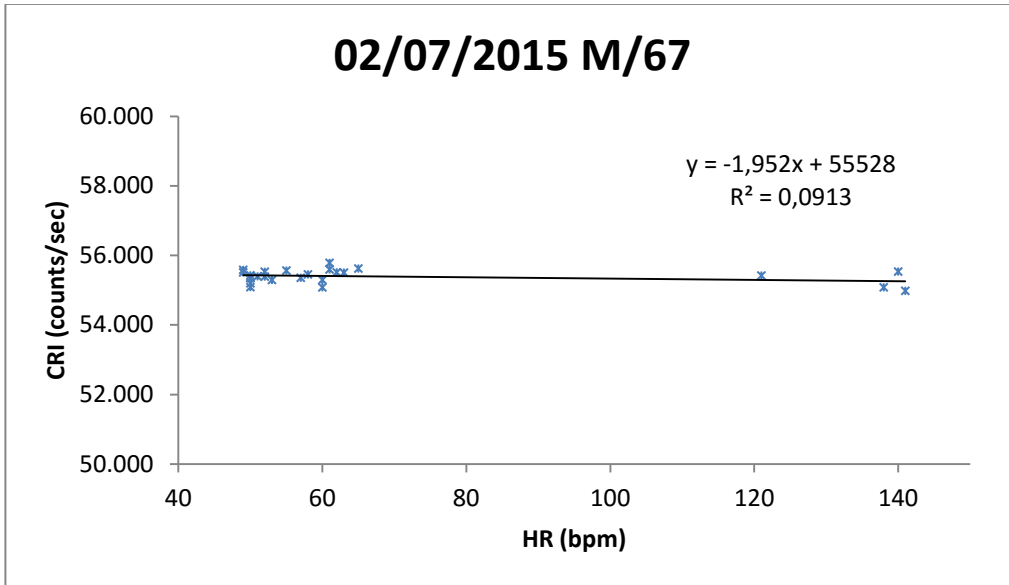
Σχήμα 4.103: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα 76 χρονών για την ημέρα 01/07/2015



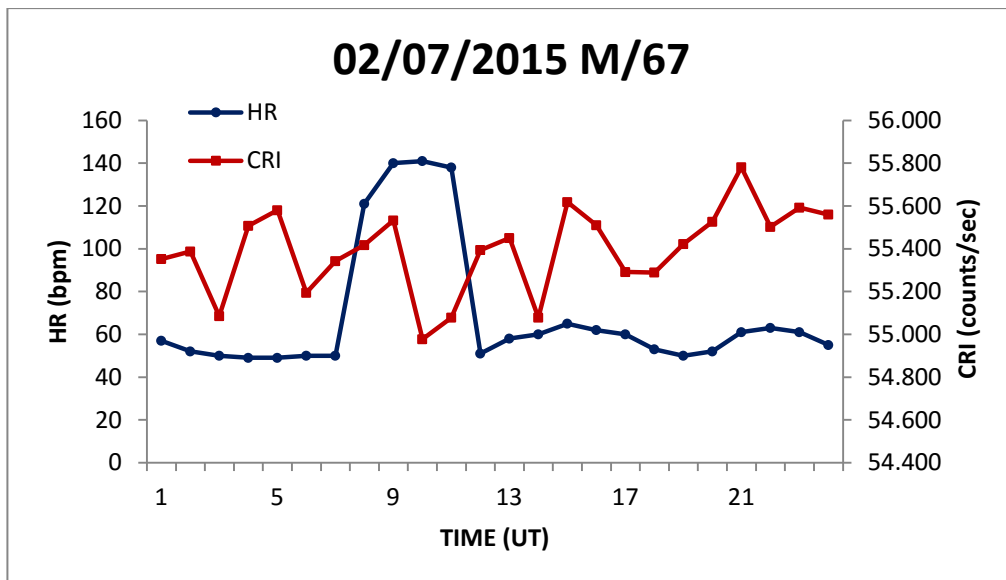
Σχήμα 4.104: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα 67 χρονών για την ημέρα 02/07/2015



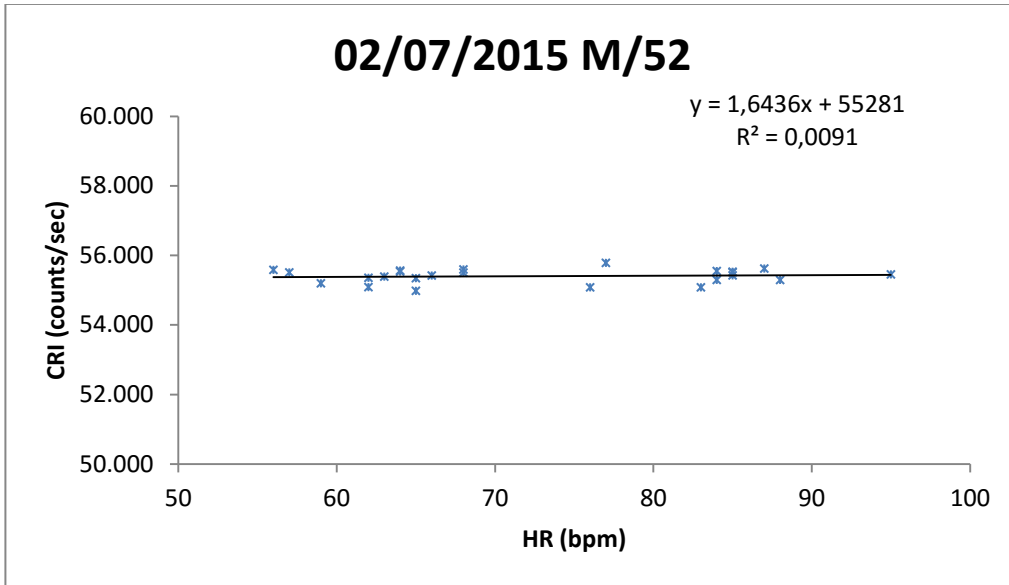
Σχήμα 4.105: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα 67 χρονών για την ημέρα 02/07/2015



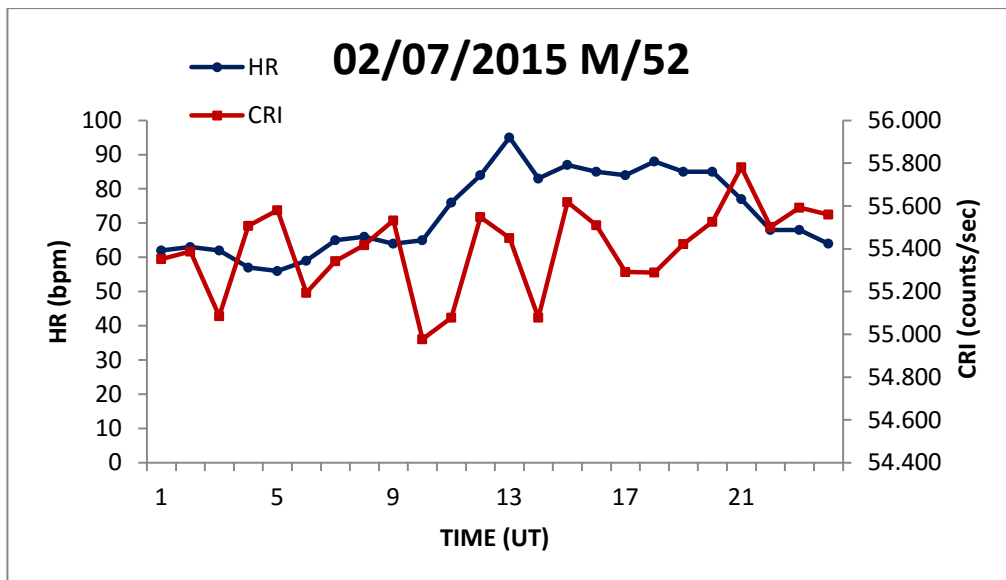
Σχήμα 4.106: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα 67 χρονών για την ημέρα 02/07/2015



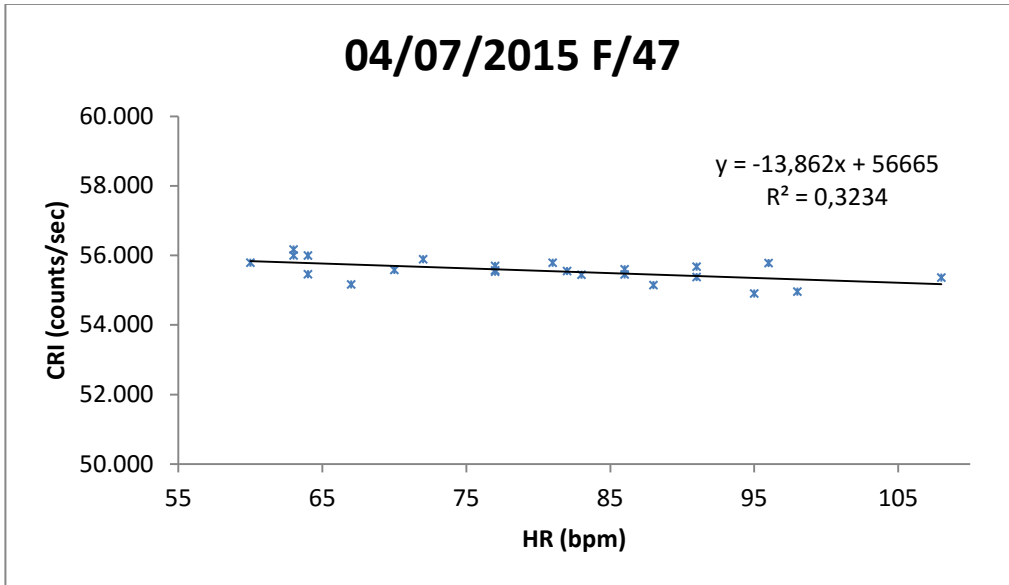
Σχήμα 4.107: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα 67 χρονών για την ημέρα 02/07/2015



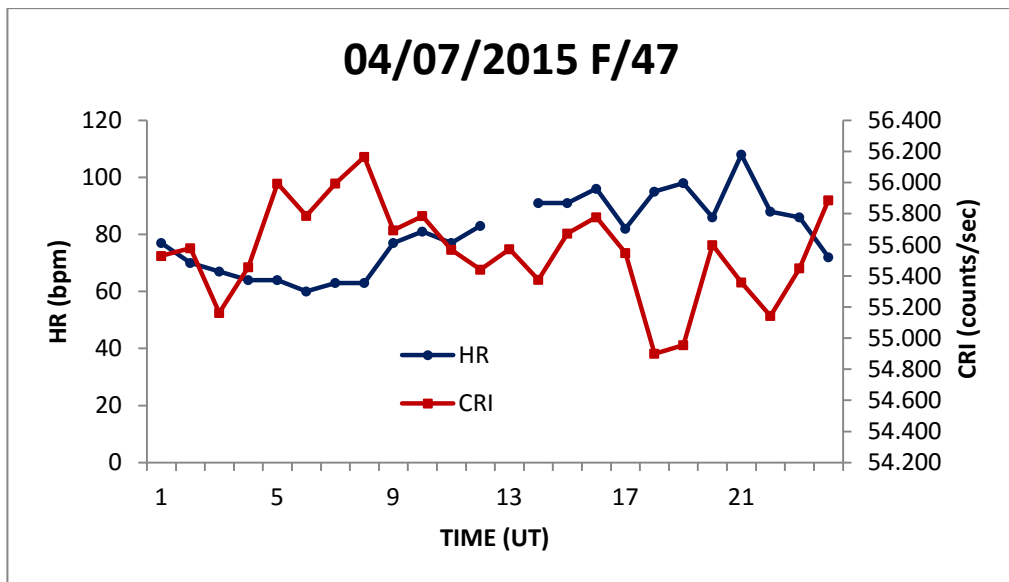
Σχήμα 4.108: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα 52 χρονών για την ημέρα 02/07/2015



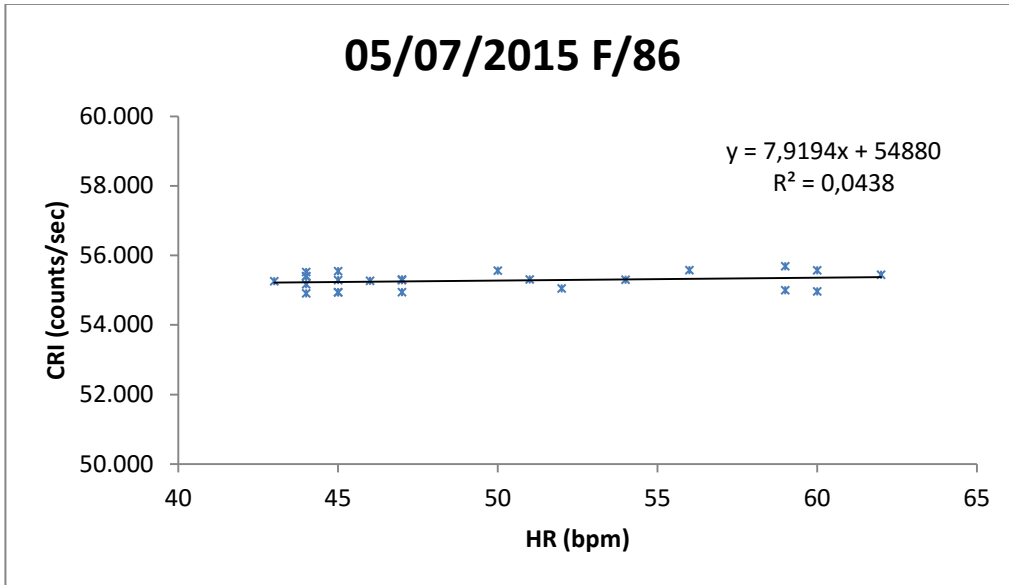
Σχήμα 4.109: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα 52 χρονών για την ημέρα 02/07/2015



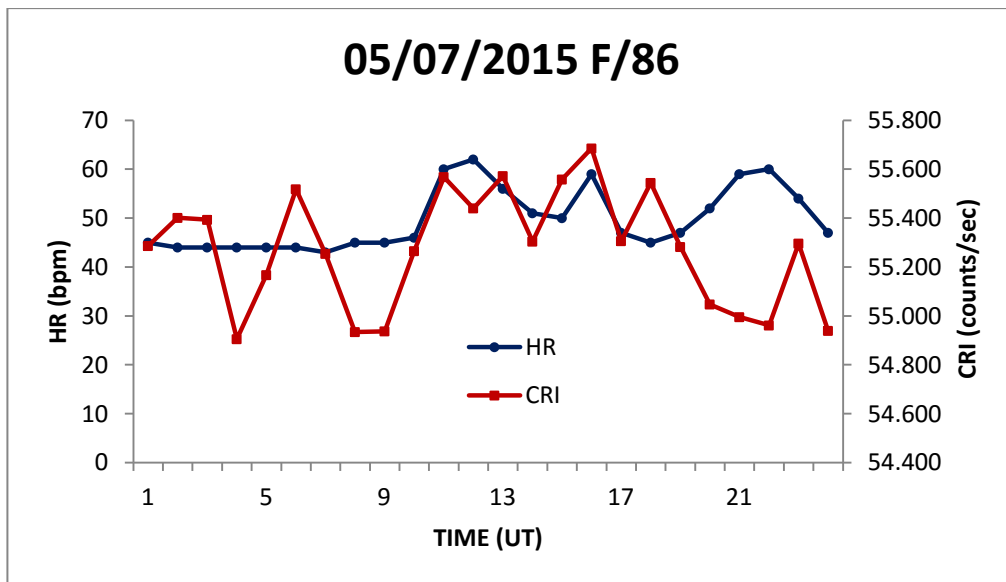
Σχήμα 4.110: Οι τιμές για CRI και HR μιας γυναίκας 47 χρονών για την ημέρα 04/07/2015



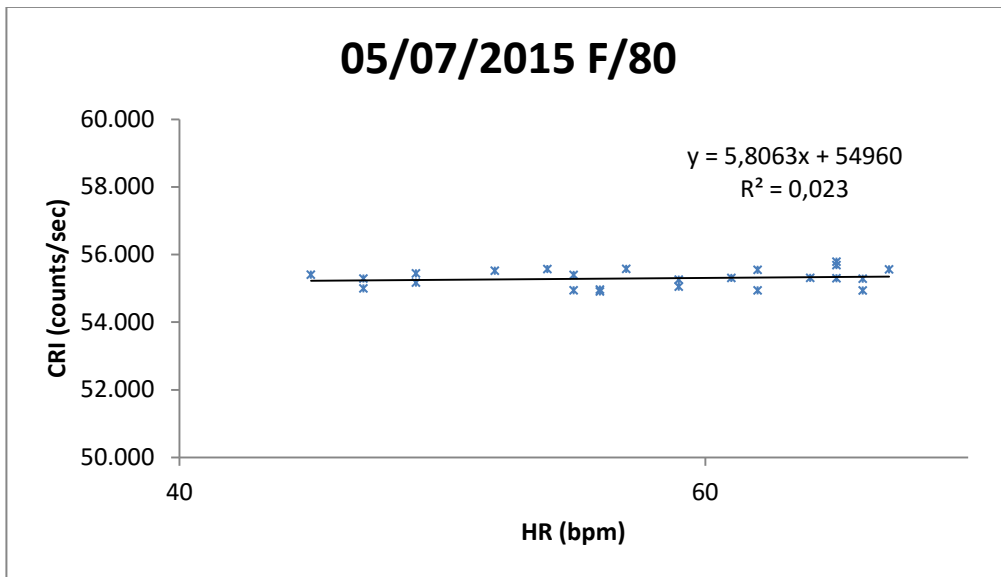
Σχήμα 4.111: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR μιας γυναίκας 47 χρονών για την ημέρα 04/07/2015



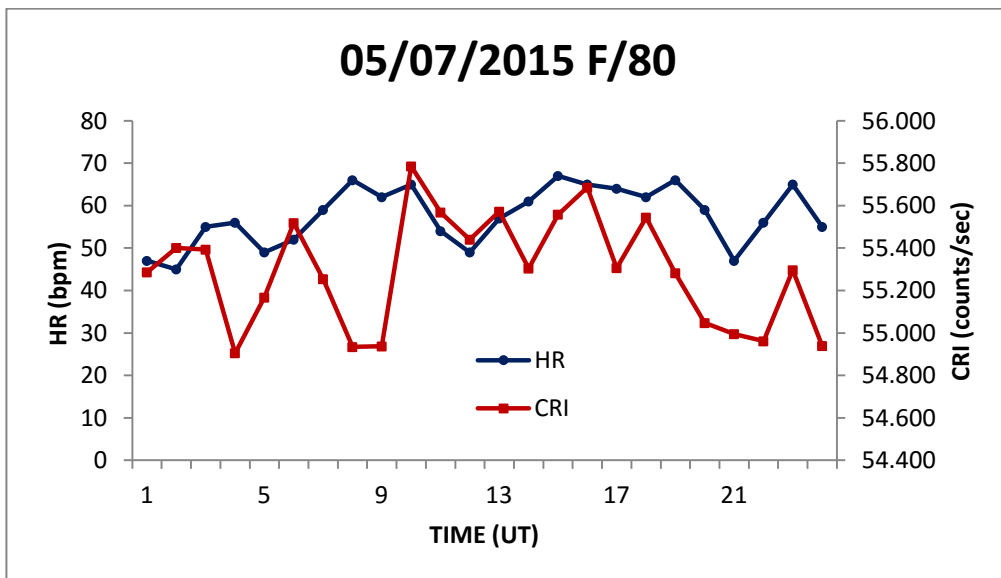
Σχήμα 4.112: Οι τιμές για CRI και HR μιας γυναίκας 86 χρονών για την ημέρα 05/07/2015



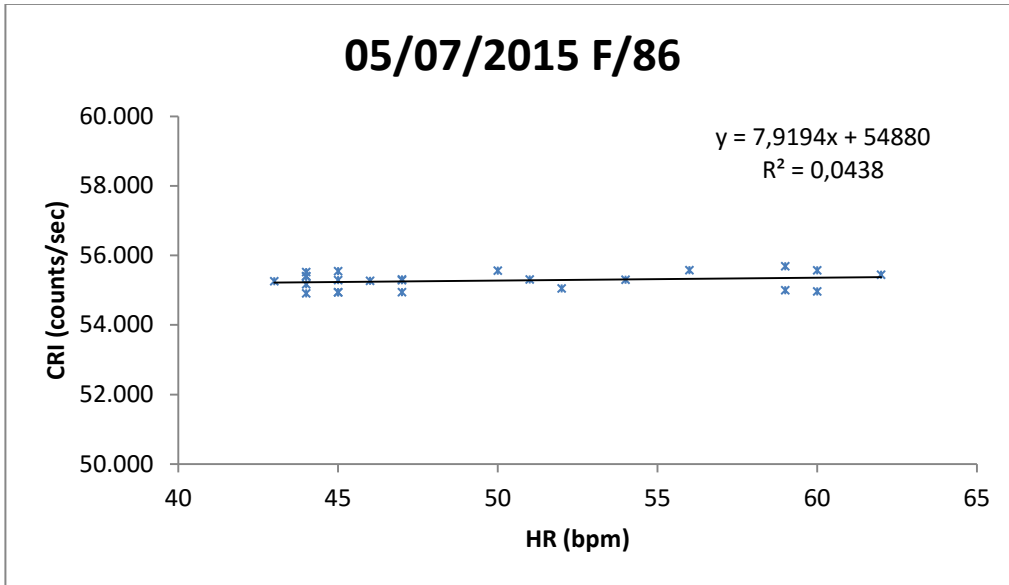
Σχήμα 4.113: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR μιας γυναίκας 86 χρονών για την ημέρα 05/07/2015



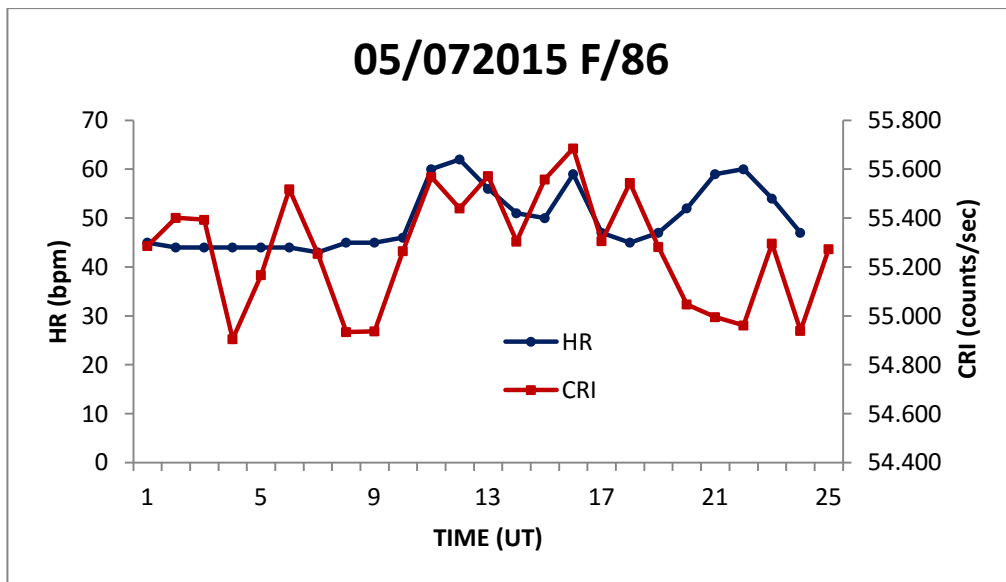
Σχήμα 4.114: Οι τιμές για CRI και HR μιας γυναίκας 80 χρονών για την ημέρα 05/07/2015



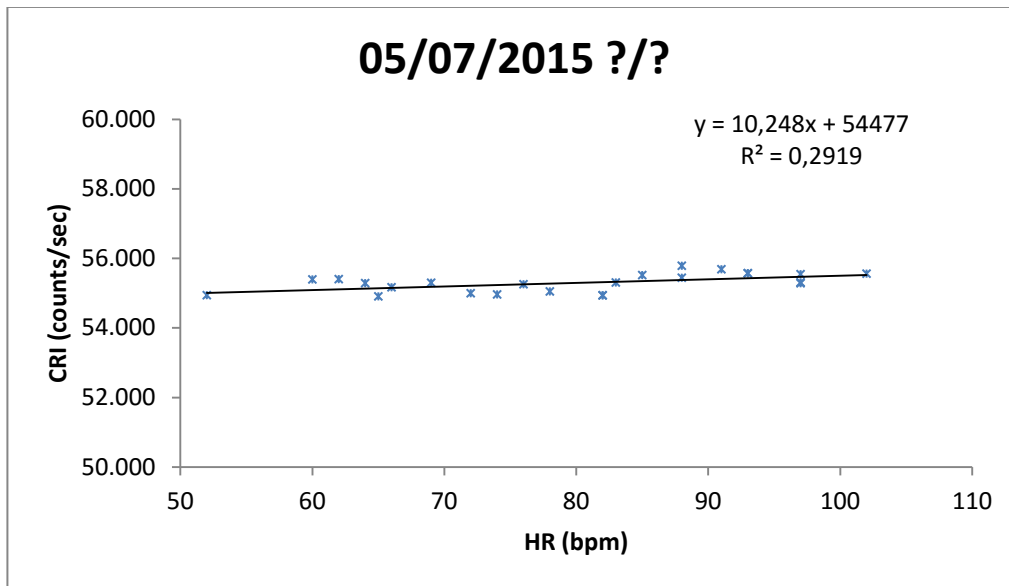
Σχήμα 4.115: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR μιας γυναίκας 80 χρονών για την ημέρα 05/07/2015



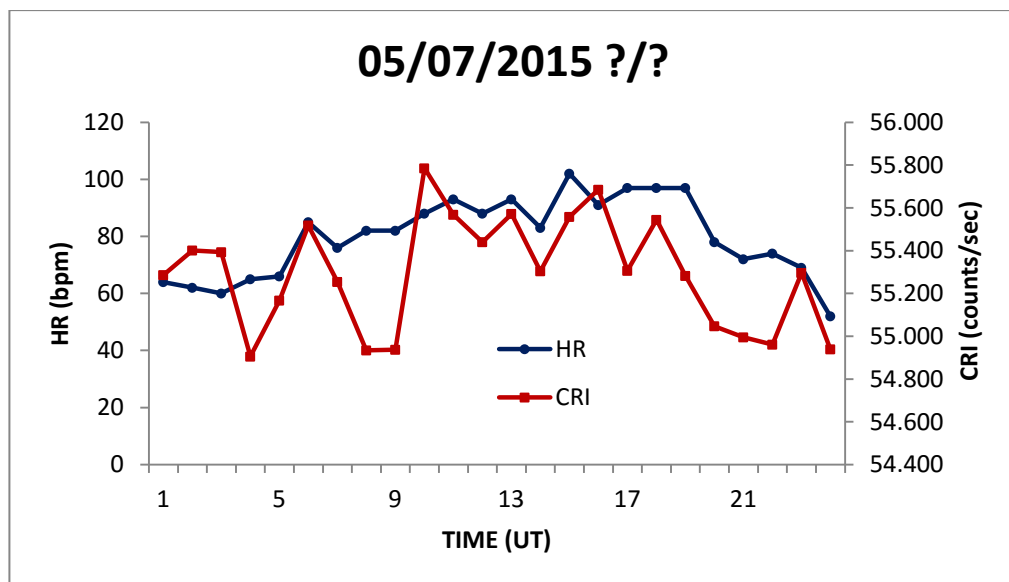
Σχήμα 4.116: Οι τιμές για CRI και HR μιας γυναίκας 86 χρονών για την ημέρα 05/07/2015



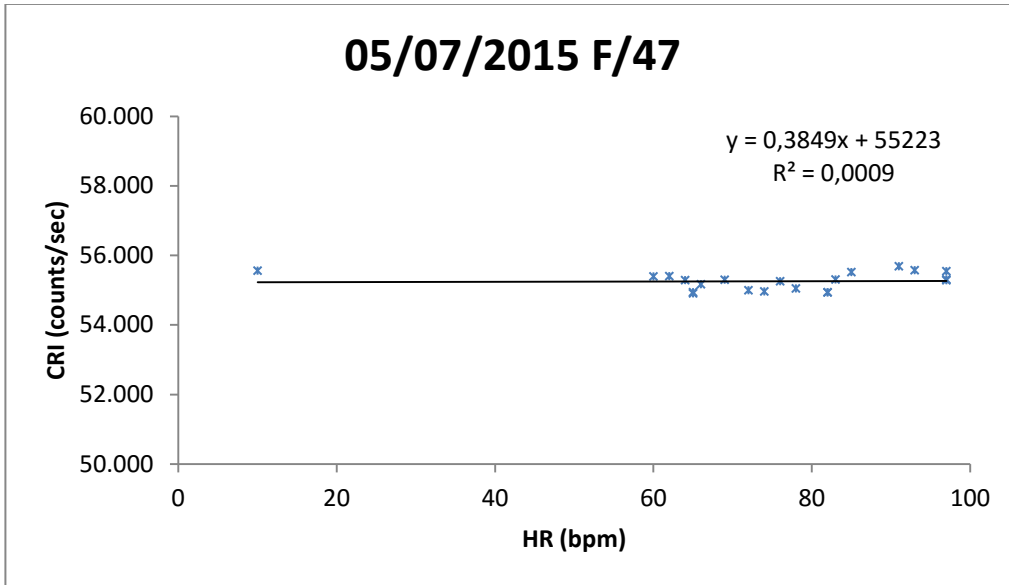
Σχήμα 4.117: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR μιας γυναίκας 86 χρονών για την ημέρα 05/07/2015



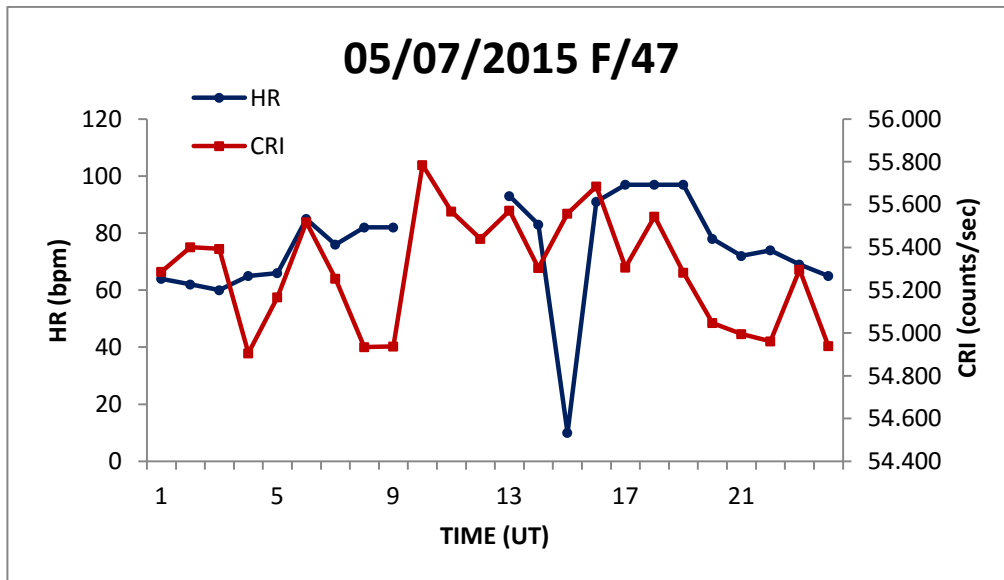
Σχήμα 4.118: Οι τιμές για CRI και HR ενός ασθενή αγνώστου ηλικίας για την ημέρα 05/07/2015



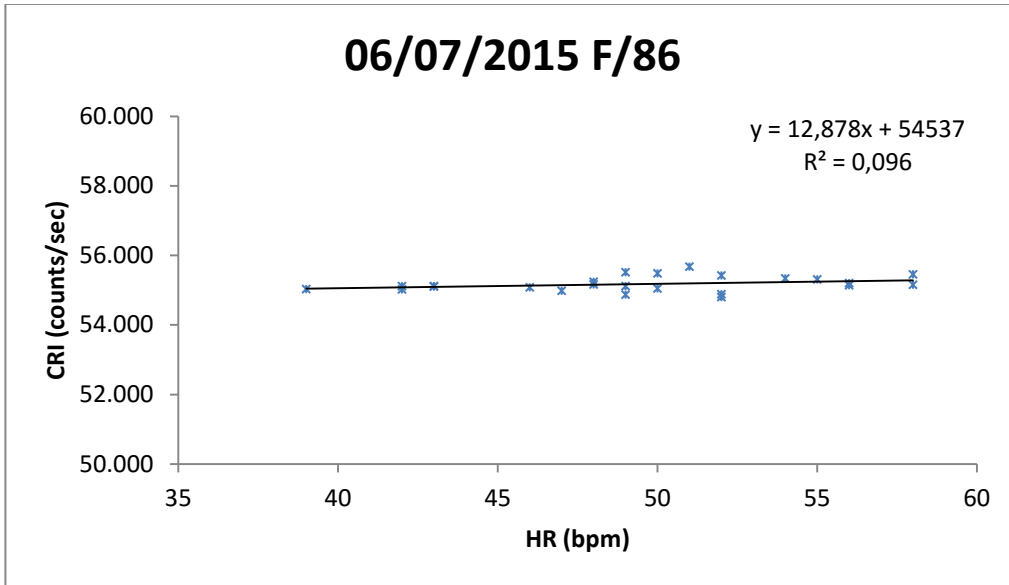
Σχήμα 4.119: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός ασθενή αγνώστου ηλικίας για την ημέρα 05/07/2015



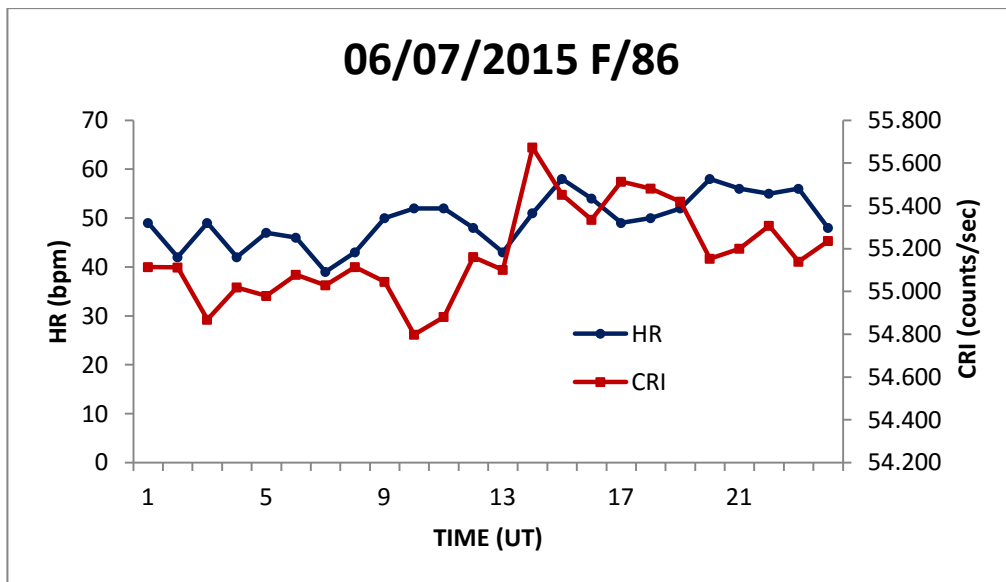
Σχήμα 4.120: Οι τιμές για CRI και HR μιας γυναίκας 47 χρονών για την ημέρα 05/07/2015



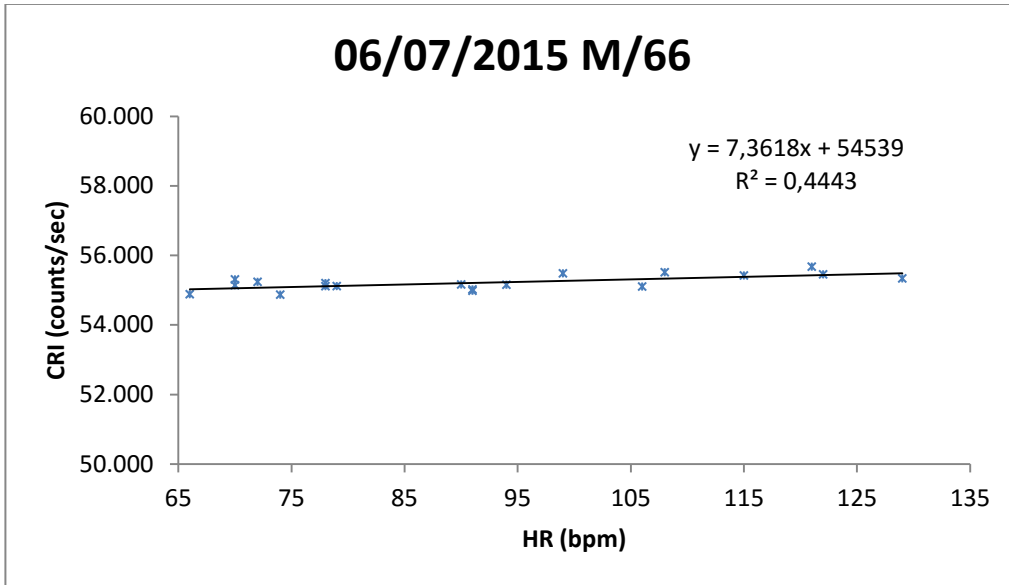
Σχήμα 4.121: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR μιας γυναίκας 47 χρονών για την ημέρα 05/07/2015



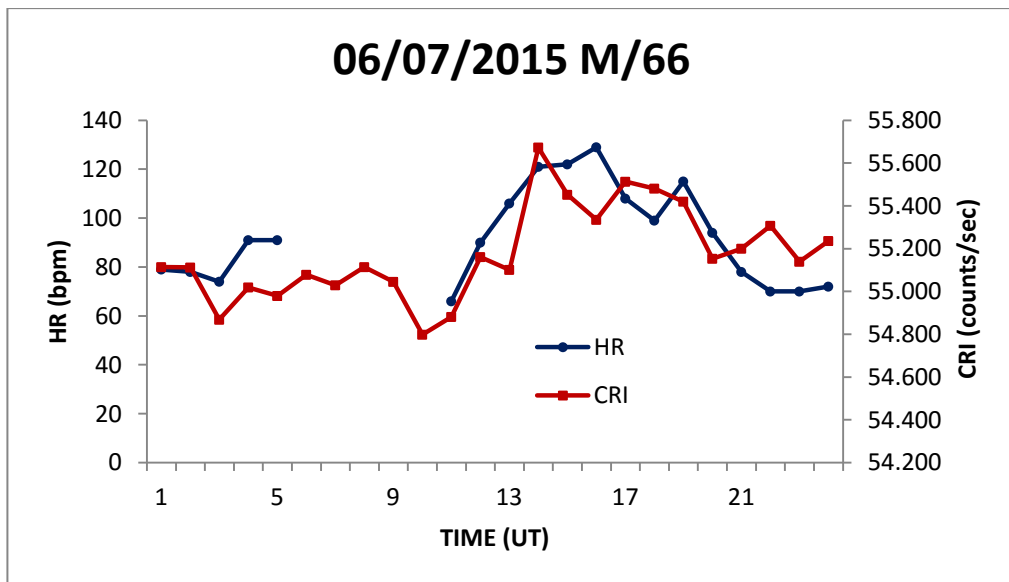
Σχήμα 4.122: Οι τιμές για CRI και HR μιας γυναίκας 86 χρονών για την ημέρα 06/07/2015



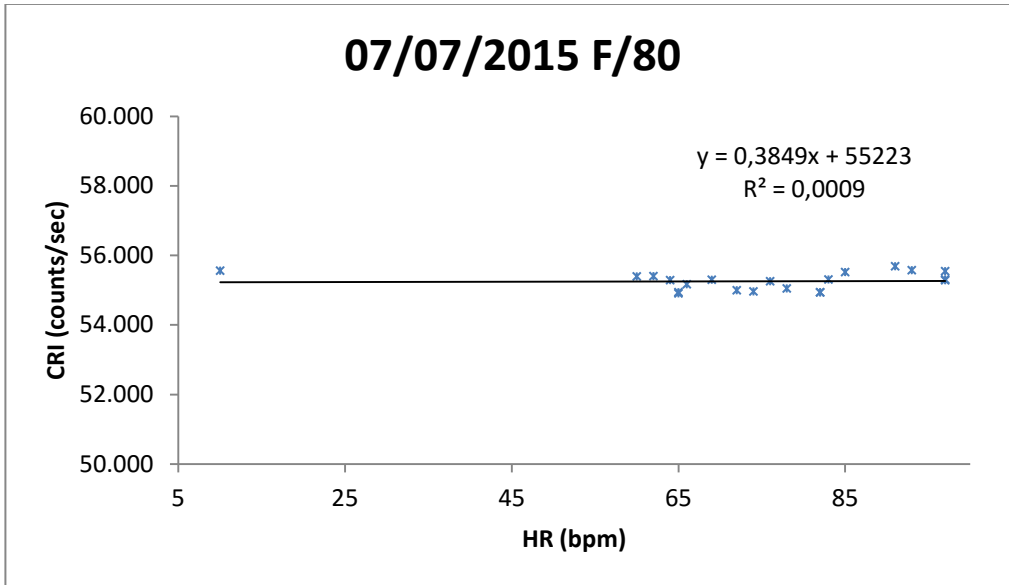
Σχήμα 4.123: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR μιας γυναίκας 86 χρονών για την ημέρα 06/07/2015



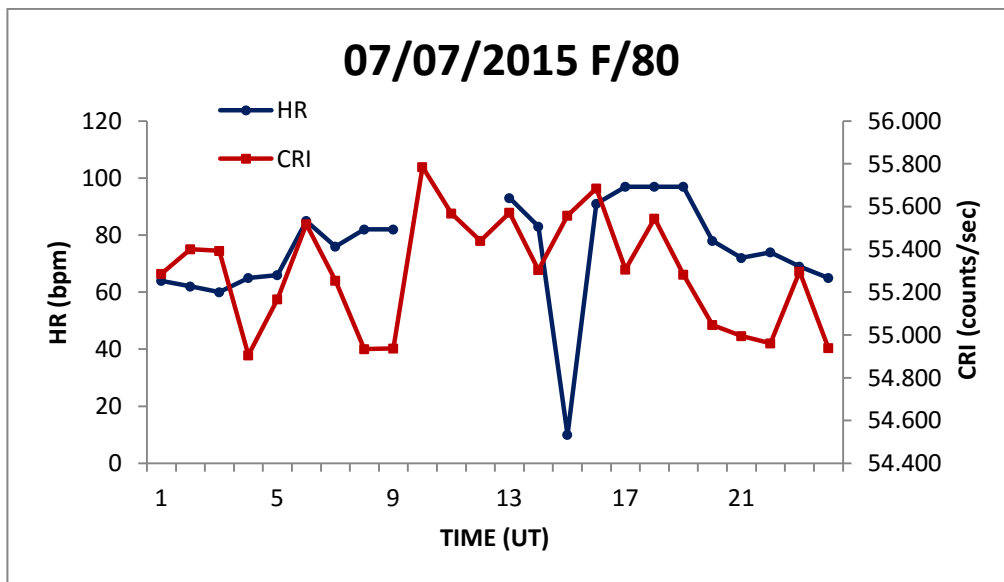
Σχήμα 4.124: Οι τιμές για CRI και HR ενός άντρα 66 χρονών για την ημέρα 06/07/2015



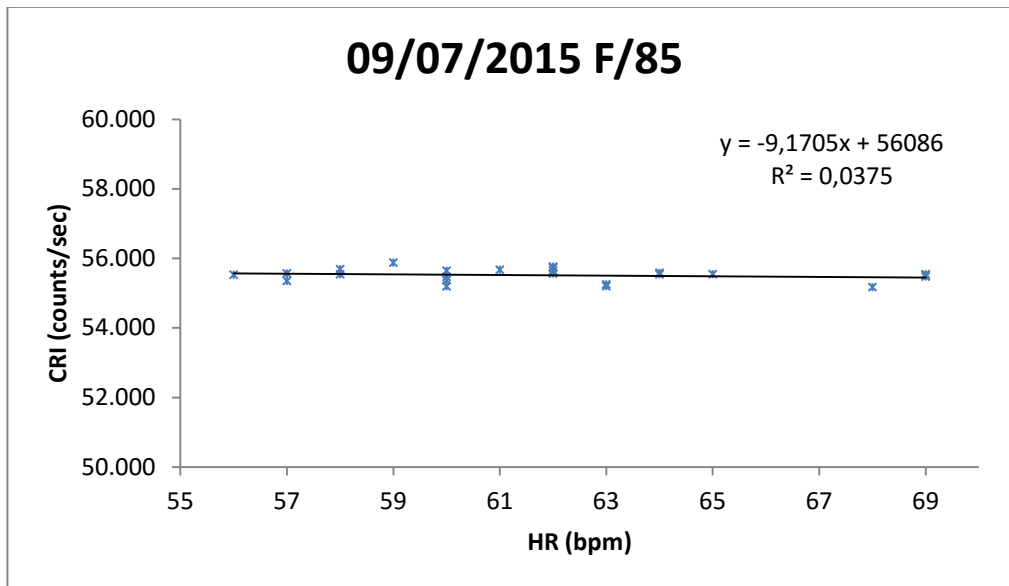
Σχήμα 4.125: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR ενός άντρα 66 χρονών για την ημέρα 06/07/2015



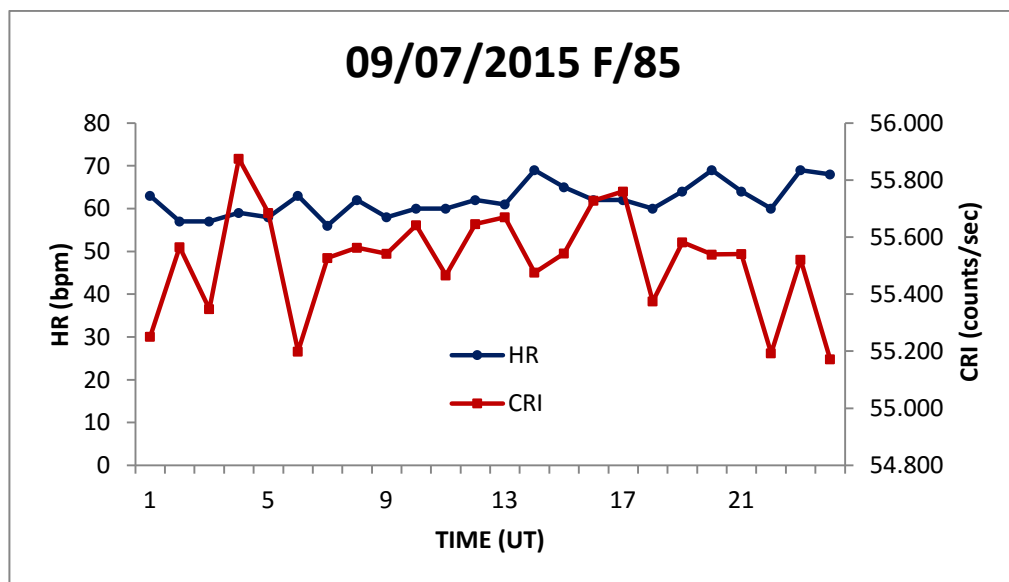
Σχήμα 4.126: Οι τιμές για CRI και HR μιας γυναίκας 80 χρονών για την ημέρα 07/07/2015



Σχήμα 4.127: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR μιας γυναίκας 80 χρονών για την ημέρα 07/07/2015



Σχήμα 4.128: Οι τιμές για CRI και HR μιας γυναίκας 85 χρονών για την ημέρα 09/07/2015



Σχήμα 4.129: Ημερήσια μεταβολή των τιμών CRI και HR μιας γυναίκας 85 χρονών για την ημέρα 09/07/2015



Εικόνα 4.130: Συζήτηση για την ανάλυση των δεδομένων & τα αποτελέσματα της έρευνας.

4.4 Συζήτηση

Τα αποτελέσματά μας δείχνουν στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της μεταβολής της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας (& άρα του διαστημικού καιρού) και του ανθρώπινου καρδιακού ρυθμού, όπως καταγράφηκαν από τις συσκευές Holter σε περιπατητικά άτομα που νοσηλεύθηκαν ή επισκέφτηκαν την καρδιολογική κλινική, από όπου αντλήσαμε τα δεδομένα, τη χρονική περίοδο Μαρτίου 2015 & Ιουνίου - Ιουλίου 2015. Αυτή η περίοδος είναι μετά το μέγιστο της περιόδου του 24^{ου} ηλιακού κύκλου, που ξεκίνησε τον Ιανουάριο του 2009 και έφτασε στο μέγιστο το 2013. Θεωρείται ως μια λιγότερο ενεργητική περίοδος στον λιγότερο δραστήριο κύκλο των τελευταίων 100 ετών, σύμφωνα με προβλέψεις της NASA (Hathaway, 2012).

Λαμβάνοντας υπόψη μας τα παραπάνω, υπήρχαν περιορισμένες παρατηρήσεις που αντιστοιχούν σε μέρες με έντονη γεωμαγνητική δραστηριότητα εξ' αιτίας της μεταβολής της κοσμικής ακτινοβολίας στην μελέτη μας και συνεπώς η διεξαγωγή αναφορικά με την σχέση μεταξύ HR και Dst υπό αυτές τις συνθήκες χαρακτηρίζεται περιορισμένη.

Η σχέση μεταξύ του ήλιου, της γεωμαγνητικής και κοσμικής δραστηριότητας με αλλαγές σε ανθρώπινες φυσιολογικές παραμέτρους έχει απασχολήσει πολλούς ερευνητές και πληθώρα μελετών έχει δημοσιευθεί. Πρωτοπόρος ο Stoupel (Stoupel *et al.*, 1999;2002) δημοσίευσε μια σειρά μελετών που αφορούν στις αλλαγές στον ανθρώπινο οργανισμό στις ημερήσιες και μηνιαίες μεταβολές της γεωμαγνητικής δραστηριότητας. Σύμφωνα με τους Stoupel *et al.*, 2006b; 2006d, τα δεδομένα από

ημερήσια και μηνιαία εποχική μεταφορά των ξαφνικών καρδιακών θανάτων στην περιοχή του Baku δείχνουν ότι η θνησιμότητα από ξαφνικό καρδιακό θάνατο είναι μεγαλύτερη στα μέγιστα και ελάχιστα επίπεδα της ημερήσιας γεωμαγνητικής δραστηριότητας, ενώ ο μηνιαίος αριθμός της θνησιμότητας από ξαφνικό καρδιακό θάνατο είναι αντίστροφα συσχετισμένος με την ηλιακή και γεωμαγνητική δραστηριότητα.

Μελέτες που πραγματοποιήθηκαν συνεχώς για μεγάλες χρονικές περιόδους συνδέουν τα οξεία εμφράγματα του μυοκαρδίου με την ηλιακή, γεωμαγνητική και της κοσμικής ακτινοβολίας δραστηριότητα (Stoupel et al., 2005, Stoupel et., 2007b).

Το μηνιαίο ποσοστό των εμφραγμάτων του μυοκαρδίου ήταν αντίστροφα συσχετισμένο με την μηνιαία ηλιακή δραστηριότητα και θετικά συσχετισμένο με την δραστηριότητα της κοσμικής ακτινοβολίας.

Πολλοί ερευνητές έχουν στραφεί στην μελέτη του σύγχρονου πεδίου της κλινικής κοσμοβιολογίας. Οι μελέτες στοχεύουν στην εξέταση της ενδεχόμενης επίδρασης στην ανθρώπινη καρδιαγγειακή λειτουργία μέσω αλλαγών σε φυσιολογικές παραμέτρους όπως η αρτηριακή πίεση, ο καρδιακός ρυθμός, η μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού κτλ. (Babayev and Allahverdiyeva, 2007; Mavromichalaki et al., 2008; 2009; 2011 Dimitrova et al., 2009a; Papailiou et al., 2009, 2010; Ioannidou et al., 2012; Ntakos et al.2016).

Παλαιότερες μελέτες έδειξαν πως σε περιόδους υψηλής γεωμαγνητικής δραστηριότητας παρατηρείται μείωση των παραμέτρων της μεταβλητότητας του καρδιακού ρυθμού (Baevsky et al., 1997; Stoilova and Dimitrova, 2008). Σε πιο πρόσφατες μελέτες (Dimitrova 2006; 2008a) που αφορούσαν σε ένα σύνολο 86 υγείων εθελοντών εξετάστηκε η αρτηριακή πίεση (συστολική και διαστολική) σε σχέση με τα επίπεδα των δεικτών Ap, Dst και με τη μείωση της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας. Παρατηρήθηκε ότι η αυξημένη γεωμαγνητική δραστηριότητα καθώς και οι μεγάλες μειώσεις της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας σχετίζονται με αυξήσεις των εξεταζόμενων ανθρωπίνων παραμέτρων.



Σχήμα 4.131: Η Στατιστική ανάλυση ακολουθείται πάντα από Συζήτηση & συσχέτιση με παρόμοιες μελέτες.



Εικόνα 4.132: Συζήτηση των αποτελεσμάτων & Συσχέτιση με παρελθοντικές ερευνητικές μελέτες σε ομάδα εργασίας.

Τα αποτελέσματά μας από την παρούσα μελέτη είναι σε συμφωνία με παλαιότερες δημοσιευμένες μελέτες. Δύο πρόσφατες μελέτες εξέτασαν την ενδεχόμενη επίδραση της δραστηριότητας της κοσμικής ακτινοβολίας και των γεωμαγνητικών διαταραχών στην ανθρώπινη υγεία αναφορικά με την καρδιά. (Mavromichalaki et al., 2008; Mavromichalaki et al, 2012). Και οι δύο μελέτες αναφέρονται στην χρονική περίοδο από τον Ιούλιο 2006 έως Μάρτιο 2008 και περιλαμβάνουν ένα σύνολο 1673 μετρήσεων καρδιακού ρυθμού από επτά υγιείς εθελοντές. Η καρδιακή συχνότητα μελετήθηκε σε σχέση με τις ημερήσιες μεταβολές στην ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας και τις αντίστοιχες ημερήσιες μεταβολές των γεωμαγνητικών δεικτών Dst και Ap με έμφαση στις μέρες που λαμβάνουν χώρα γεωμαγνητικές καταιγίδες. Οι ερευνητές παρατήρησαν ότι οι επιπτώσεις στον καρδιακό ρυθμό ήταν σημαντικότερες στα χαμηλότερα επίπεδα του Dst (όταν λαμβάνει χώρα γεωμαγνητική καταιγίδα) και σε υψηλές μειώσεις της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας (μείωση Forbush). Επίσης, καθορίστηκε ότι η καρδιακή συχνότητα αυξήθηκε τις ημέρες πριν, κατά τη διάρκεια και μετά από μια γεωμαγνητική καταιγίδα και στις ημέρες που προηγούνται αλλά και έπονται των μειώσεων της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας. Και οι δύο μελέτες κατέληξαν στο ότι οι μεταβολές του καρδιακού ρυθμού μπορεί να συνδέονται με γεωμαγνητικές διαταραχές και μεταβολές της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας. Σε μια άλλη μελέτη, εξετάστηκαν οι μεταβολές του καρδιακού ρυθμού, η γεωμαγνητική δραστηριότητα και η ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας σε ένα σύνολο 4018 πιλότων αεροσκαφών (υγιείς εθελοντές) (Parailiou et al., 2011). Οι ερευνητές κατέληξαν στο γεγονός ότι η καρδιαγγειακή λειτουργία των υποκειμένων επηρεάστηκε τόσο από τη γεωμαγνητική δραστηριότητα όσο και από τις μεταβολές της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας. Επίσης, έχει εξεταστεί ενδελεχώς η θνησιμότητα και η νοσηρότητα που προκαλούνται από καρδιαγγειακές παθήσεις. Συγκεκριμένα, οι Cornelissen et al.

(2002) μελέτησαν την θνησιμότητα από έμφραγμα του μυοκαρδίου για μια περίοδο 29 ετών, στη Μινεσότα και βρήκαν έναν κύκλο περίπου 10.5 ετών παρόμοιο με τον ηλιακό κύκλο. Σύμφωνα με τη μελέτη αυτή, η πιθανότητα θνησιμότητας εξαιτίας εμφράγματος του μυοκαρδίου αυξάνεται στη Minnesota κατά 5% κατά τη διάρκεια των ετών με μέγιστη ηλιακή δραστηριότητα συγκρινόμενη με αυτή για ελάχιστη ηλιακή δραστηριότητα. Μια άλλη μελέτη που διεξήχθη στη δημοκρατία της Λιθουανίας για 249 συνεχόμενους μήνες στόχευσε να εξετάσει την ενδεχόμενη σύνδεση μεταξύ των παραμέτρων του διαστημικού καιρού, συμπεριλαμβανομένου της ηλιακής, της γεωμαγνητικής και της δραστηριότητας της κοσμικής ακτινοβολίας με τον μηνιαίο αριθμό θανάτων (Stoupel et al., 2011). Οι ερευνητές κατέληξαν στο γεγονός ότι παρατηρείται σχέση μεταξύ κοσμοφυσικής δραστηριότητας και του χρόνου των θανάτων.

Υπάρχει και μια σειρά μελετών στην βιβλιογραφία οι οποίες καταλήγουν στο ότι ακόμη κι όταν δεν συμβαίνουν συγκεκριμένες μεταβολές των κοσμοφυσικών παραγόντων, κάποιες φυσιολογικές παράμετροι εμφανίζουν έντονες μεταβολές (Stoupel et al., 1991; Dimitrova 2009b).



Σχήμα 4.133: Οι μελέτες στοχεύουν σε στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ των εξεταζόμενων παραμέτρων.

Όμως δεν κατέληξαν όλες οι μελέτες σε στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ της γεωμαγνητικής δραστηριότητας και του καρδιακού ρυθμού. Μια μελέτη που εξέτασε τις επιπτώσεις της γεωμαγνητικής δραστηριότητας σε κάποιες καρδιαγγειακές παραμέτρους, βρήκε ότι η χαμηλή γεωμαγνητική δραστηριότητα συνδέεται με διαταραχές στην καρδιακή λειτουργία, όπως σε υψηλότερα επίπεδα αυξητικών ορμονών και 11-κετοστεροειδή στο περιφερειακό αίμα, περισσότερους

ξαφνικούς θανάτους και υψηλότερα επίπεδα κοιλιακής ταχυκαρδίας. Αντίθετα, άλλες παράμετροι που μελετήθηκαν σε αυτή τη μελέτη, όπως τα επίπεδα αιμοσφαιρίνης, τα επίπεδα ηλεκτρολυτών, ο καρδιακός παλμός και η καρδιακή συχνότητα δεν βρέθηκαν να είναι συσχετισμένα με την γεωμαγνητική δραστηριότητα (Stoupel, 2002). Ομοίως, μια άλλη μελέτη που πραγματοποιήθηκε για 5 συνεχή έτη δεν βρήκε τέτοια συσχέτιση, αν και οι ερευνητές αναγνωρίζουν αρκετούς περιορισμούς στο σχεδιασμό της μελέτης (Ghione et al., 1998). Μια πρόσθετη μελέτη εξέτασε την ενδεχόμενη επίδραση της γεωμαγνητικής δραστηριότητας στην μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού κατά τη διάρκεια ανάκαμψης μετά από άσκηση. Βρέθηκε ότι δεν υπάρχει γραμμική επίδραση της γεωμαγνητικής δραστηριότητας στην μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού μετά από σωματική άσκηση (Weydahl, 2002).



Σχήμα 4.134: Η συνεχιζόμενη μελέτη για την σύνδεση των κοσμοφυσικών παραμέτρων με τον καρδιακό ρυθμό & την ανθρώπινη ομοιοστάση χρίζει περαιτέρω διερεύνησης.

Κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί, ότι προκειμένου να καταλήξουμε σε οριστικά συμπεράσματα αναφορικά με την σύνδεσή (ή όχι) της γεωμαγνητικής δραστηριότητας με τον καρδιακό ρυθμό, απαιτούνται μεγαλύτερες μελέτες με μεγαλύτερο δείγμα, οι οποίες πιθανώς θα περιλαμβάνουν περισσότερα δεδομένα που αφορούν σε γεωμαγνητικά φαινόμενα. Η πολυπλοκότητα και πολυαιτιότητα των φαινομένων αυτών, θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη στον σχεδιασμό και την πραγμάτωση των μελετών αυτών, καθώς προσεγγίσεις επικεντρωμένες στη μελέτη μεμονωμένων παραμέτρων (χωρίς την εξέταση και τον καθορισμό πιθανών συνεργειτικών παραμέτρων) ενδεχομένως αποπροσανατολίζει την έρευνα που απαιτείται για τον καθορισμό των επιπτώσεων των παραμέτρων του διαστημικού καιρού στην ανθρώπινη υγεία. Για το λόγο αυτό, παρ όλο που οι μεταβολές στην ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας και στην γεωμαγνητική δραστηριότητα, σε κάποιες περιπτώσεις, φαίνεται να μην είναι ο κύριος παράγοντας που προκαλεί συγκεκριμένες ασθένειες, περισσότερες μελέτες είναι απαραίτητες προκειμένου να εξετάσουν τον ακριβή ρόλο αυτών των παραμέτρων στην ανάπτυξη των ασθενειών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ V



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Στην παρούσα εργασία εξετάσαμε την πιθανή συσχέτιση μεταξύ των μεταβολών της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας & άρα του διαστημικού καιρού, χρησιμοποιώντας ως δείκτες τις μεταβολές στην ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας, σε συσχέτιση με τον ανθρώπινο καρδιακό ρυθμό. Συμπερασματικά παρατηρείται ότι η ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας CRI & ο καρδιακός ρυθμός HR ακολουθούν την ίδια συμπεριφορά.

Είναι ενδιαφέρον ότι με τις στατιστικές μεθόδους που εφαρμόσαμε καταλήξαμε στα ίδια συμπεράσματα με παλαιότερες παρόμοιες έρευνες. Συγκεκριμένα, βρέθηκε στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας και του καρδιακού ρυθμού σε ημερήσια βάση. Μελλοντικά η έρευνα θα χρησιμοποιήσει και τον γεωμαγνητικό δείκτη Dst , ο οποίος βρέθηκε σε προηγούμενες μελέτες να είναι θετικώς συσχετισμένος με τον καρδιακό ρυθμό, δείχνοντας την ύπαρξη επιπτώσεων των γεωμαγνητικών παραμέτρων στον καρδιακό ρυθμό. Σε ημερήσια βάση, η μεταβολή της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας συνδέεται σε κάποιες αρκετές περιπτώσεις με τον καρδιακό ρυθμό. Όπως φαίνεται και από τα αποτελέσματά μας, μεταβολές στην ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας και στην γεωμαγνητική δραστηριότητα, θα μπορούσαν να είναι δείκτες του διαστημικού καιρού, οι οποίοι παίζουν κάποιο ρόλο

στην ρύθμιση των κοσμοφυσικών παραγόντων στην καρδιολογική κατάσταση υγείας του ανθρώπου.



Εικόνα 5.1: Ανθρώπινη καρδιά & ακτινοβολία. Μια συσχέτιση προς διερεύνηση με πολλές ενδείξεις.

Από όλα τα παραπάνω φαίνεται η σημαντικότητα της κατανόησης και σύνδεσης της κοσμικής ακτινοβολίας & εν γένει του διαστημικού καιρού με την ανθρώπινη φυσιολογία με σκοπό την πρόληψη και θεραπεία φυσικών ή ψυχολογικών ασθενειών. Ο προσδιορισμός της πιθανής επίδρασης των κοσμοφυσικών παραμέτρων στον καρδιακό ρυθμό, ενδεχομένως να οδηγήσει σε νέους δρόμους για την πρόβλεψη και διαχείριση επιπτώσεων και κατ' επέκταση πρόληψη – λήψη μέτρων για την προστασία ιδιαίτερων ομάδων πληθυσμού που εκτίθενται περισσότερο στις συνθήκες του Γεωπεριβάλλοντος, όπως τα πληρώματα αεροσκαφών, αλλά και ευπαθείς ομάδες του πληθυσμού της Γης μας, όπως άνθρωποι με προϋπάρχοντα νοσήματα ηλικιωμένοι και παιδιά που από τη φύση τους είναι πιο ευαίσθητοι στις περιβαλλοντικές μεταβολές. Επίσης άνθρωποι & ομάδες με ευαισθησία στον καρδιακό παλμό – ρυθμό & κατ' επέκταση ευεπηρεάστη ομοιόσταση θα πρέπει να μελετηθούν ιδιαίτερα & να δημιουργηθεί ομπρέλα προστασίας σε περιπτώσεις

μειώσεων εντάσεως κοσμικής ακτινοβολίας όπως είναι οι μειώσεις Forbush.

Επιπλέον, έχουν δημοσιευθεί πολλές μελέτες με αντικείμενο συναφές με αυτό της παρούσας, τα αποτελέσματά τους βρίσκονται σε μικρή ή μεγάλη συμφωνία με τα αντίστοιχα που προέκυψαν από την εργασία αυτή. Ωστόσο, μεταξύ των διαφόρων μελετών εμφανίζονται και διαφορές αναφορικά με τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματά τους, γεγονός που καταδεικνύει την αναγκαιότητα για περαιτέρω έρευνα και μελέτη του αντικειμένου της κοσμοβιολογίας.



Εικόνα 5.2: Καλλιτεχνική Αναπαράσταση Κοσμικής ακτινοβολίας στο ανθρώπινο σώμα. Αναπαράσταση επίδρασης στην λειτουργία της καρδιάς.

Ο άνθρωπος δείχνει να είναι φτιαγμένος για να δέχεται την κοσμική ακτινοβολία σε φυσιολογικά επίπεδα & στην έλλειψη αυτή παρουσιάζει διαφοροποιήσεις στην ομοίωσή του, μέρος της οποίας είναι & ο καρδιακός παλμός - ρυθμός.

Η μελέτη που πραγματοποιήσαμε θα μπορούσε να επεκταθεί και σε σύγκριση μεταξύ πληθυσμών που ζουν σε διαφορετικά γεωγραφικά πλάτη, μιας και ως γνωστό η παράμετρος αυτή διαφοροποιεί σημαντικά την ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας κι το γεωμαγνητικό πεδίο που διαφοροποιείται ανά τον κόσμο. Επίσης, θα μπορούσαν να γίνουν διακρίσεις ανά τον πληθυσμό όπως με κριτήριο την ηλικία ή και καθορισμένες ομάδες του πληθυσμού με κάποιο συγκεκριμένο προϋπάρχον νόσημα. Συγκεκριμένα, ενδεχομένως να ήταν ενδιαφέρον να απομονωθούν ευπαθείς ομάδες του πληθυσμού βάση ηλικίας (ηλικιωμένοι και παιδιά) και να συγκριθεί η

επίδραση των κοσμικών παραμέτρων με την αντίστοιχη επίδραση των παραμέτρων αυτών σε άτομα του γενικού πληθυσμού (άτομα αναφοράς). Αναφορικά με τη διάκριση σύμφωνα με κάποια προϋπάρχουσα κατάσταση υγείας, θα ήταν δόκιμο στην προκειμένη περίπτωση μιας και μελετούμε την παράμετρο του καρδιακού ρυθμού, να επιλεγούν άτομα με γνωστή καρδιακή νόσο και άτομα αναφοράς (υγιείς εθελοντές) ή άτομα του γενικού πληθυσμού, με σκοπό να συγκριθεί η επίδραση των κοσμοφυσικών παραμέτρων στις δύο αυτές ομάδες.

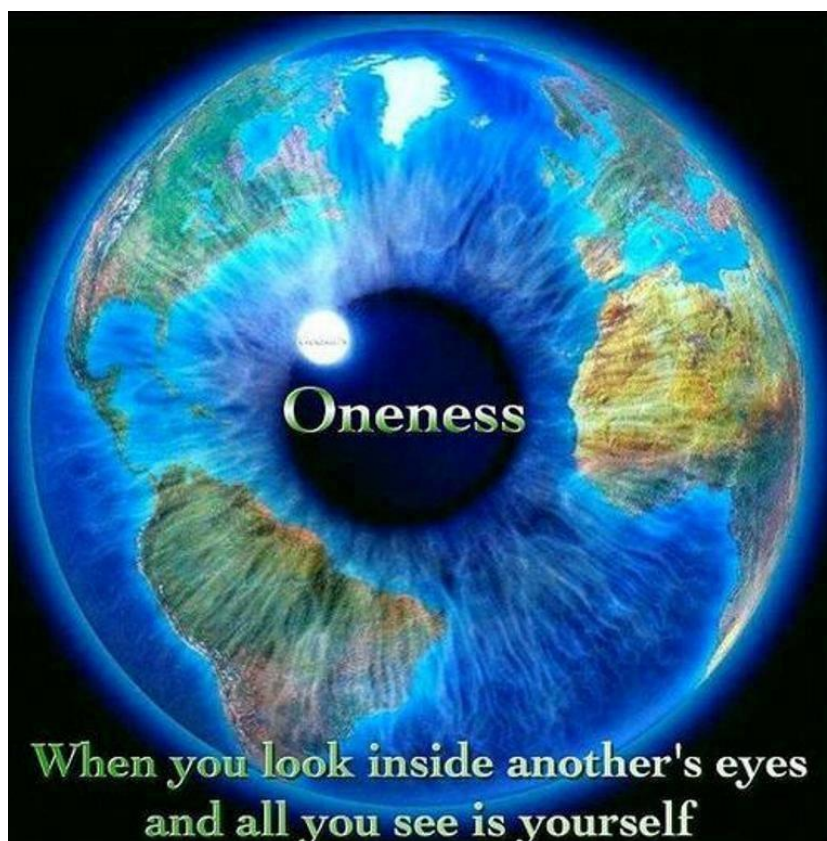
Μια διαφορετική και αξιόλογη προσέγγιση θα ήταν επίσης, να προστεθούν σαν εξεταζόμενοι παράγοντες κάποιες μετεωρολογικές παράμετροι, έτσι να μελετηθεί ο συνδυασμός της επίδρασης του διαστημικού και του μετεωρολογικού καιρού στις ανθρώπινες φυσιολογικές παραμέτρους. Η μελέτη της πιθανής συνέργειας των παραγόντων του περιβάλλοντος ενδεχομένως να οδηγήσει πιο κοντά στην κατανόηση των μηχανισμών επίδρασης των φαινομένων αυτών στην ανθρώπινη φυσιολογία και συνεπώς συμβάλλει στην λήψη μέτρων κυρίως για πρόληψη, αλλά και θεραπεία. Τα φυσικά φαινόμενα είναι πολύπλοκα και πολυσύνθετα, όπως άλλωστε και ο ανθρώπινος οργανισμός συνεπώς το κλειδί θα πρέπει να αναζητηθεί σφαιρικά από την πολυαιτιότητα, συνυπαιτιότητα και αλληλεπίδραση πολλών παραγόντων μαζί κι όχι εξέτασή τους ως μεμονωμένες παράμετροι. Πιθανώς η εξέταση κάθε παράγοντα ξεχωριστά να μην οδηγεί σε συγκεκριμένα συμπεράσματα για τις αντίστοιχες επιπτώσεις υγείας, όμως η ταυτόχρονη δράση τους και η συνέργειά τους ίσως φανεί σημαντική προς την κατεύθυνση αυτή.

Συνοψίζοντας, η σε βάθος κατανόηση των πιθανών μηχανισμών που υπογραμμίζουν τη συσχέτιση των παραμέτρων του περιβάλλοντος με ανθρώπινες φυσιολογικές παραμέτρους, μοιάζει να είναι χρήσιμη στον καθορισμό της παθοφυσιολογίας, της πρόληψης, και θεραπείας των καρδιαγγειακών ασθενειών, οι οποίες είναι σύνθετες και πολυπαραγοντικές. Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει σημαντική πρόοδος προς την κατεύθυνση αυτή. Δημοσιευμένες έρευνες επιβεβαιώνουν πως η επίδραση αυτή δεν είναι αμελητέα. Για τους λόγους αυτούς είναι αναγκαίο να συνεχιστεί η έρευνα στον τομέα αυτό της κοσμοβιολογίας, με σκοπό να εξεταστεί και να προσδιοριστεί η σχέση παραμέτρων του περιβάλλοντος με την ανθρώπινη Υγεία.

Περισσότερες μελέτες με μεγαλύτερα δείγματα πληθυσμού απαιτούνται για τον ακριβή καθορισμό του ρόλου των παραγόντων του διαστημικού καιρού στην ανθρώπινη Υγεία.

Η παρούσα μελέτη θα συνεχιστεί με επιπλέον στατιστικά μοντέλα όπως η μέθοδος ανάλυση διακύμανσης – ANOVA & πολλαπλή γραμμική συσχέτιση προς

εξαγωγή περισσότερων & ακριβέστερων τρόπων & μεθόδων για την πρόσθεση στην ήδη υπάρχουσα γνώση, προς διεύρυνση των επιστημονικών οριζόντων, όπως του προαναφερθέντος κλάδου της κοσμοβιολογίας, με τελικό προορισμό την κατανόηση της αλληλεπίδρασης ανθρώπου – σύμπαντος κόσμου & την σε βάθος εννόηση ότι ο άνθρωπος είναι αναπόσπαστο μέρος του.



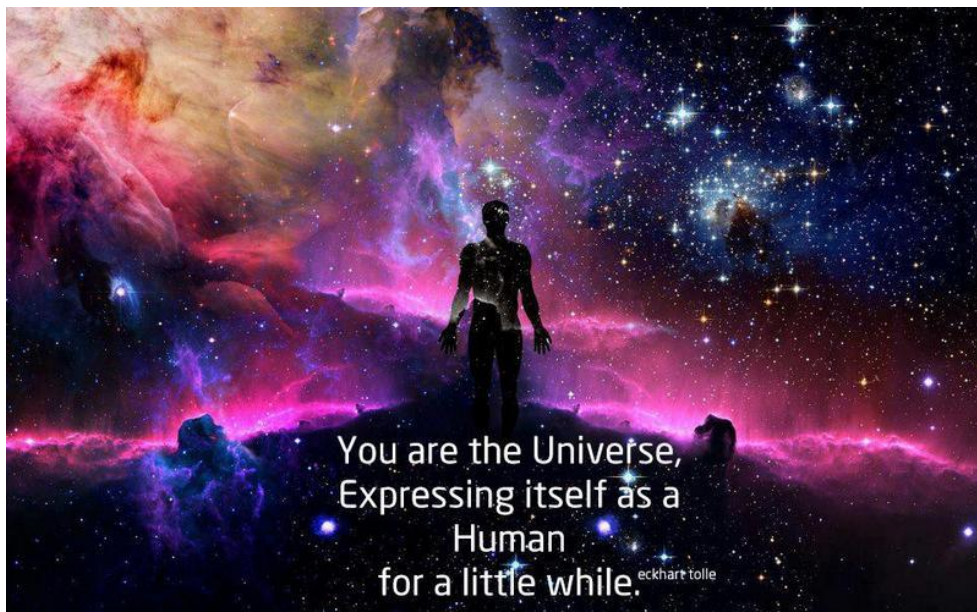
Σχήμα 5.3: Καλλιτεχνική απεικόνιση σχέσης ανθρώπου & γεωπεριβάλλοντος. Αλληλεξαρτόμενα μέρη του ίδιου συνόλου. Το κοσμικό καθρέφτισμα του εαυτού.

Συμπερασματικά, η μέτρηση της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας και η επίδρασή της στον καρδιακό παλμό – ρυθμό και κατ' επέκταση την ανθρώπινη ομοιόσταση προσφέρει μια μοναδική ευκαιρία διερεύνησης της σχέσης μεταξύ της Γης και του υπολοίπου Σύμπαντος. Σε μια εποχή που οι άνθρωποι επιζητούν τεχνικές που καταστρέφουν την ατμόσφαιρα, τον διαμεσολαβητή μεταξύ Γης και του υπολοίπου Σύμπαντος, πρέπει να επαγρυπνούμε για τους κινδύνους. Η ατμόσφαιρα από τη φύση της αντισταθμίζει την προφύλαξη της ζωής στη Γη από τέτοιους κινδύνους, όπως οι κοσμικές ακτίνες. Το όζον, η στρατόσφαιρα και η ιονόσφαιρα είναι εύθραυστες συνιστώσες της ατμόσφαιρας στις οποίες οι άνθρωποι έχουν εισχωρήσει με πολλούς τρόπους.

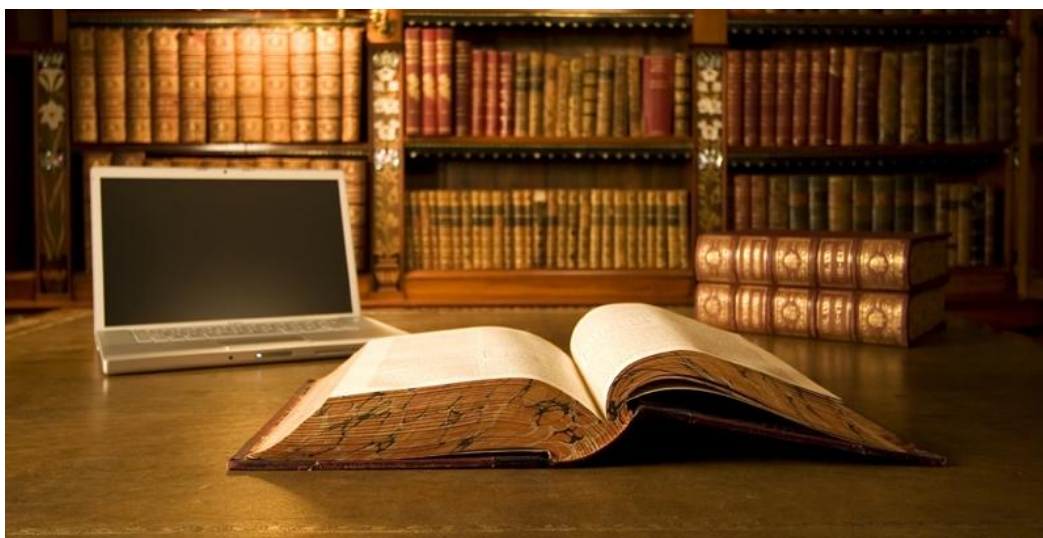


Σχήμα5.4: Καλλιτεχνική απεικόνιση του οραματισμού & της συνειδητοποίησης της σχέσης ανθρώπου & έναστρου ουρανού – Σύμπαντος κόσμου. Αλληλεξαρτώμενα μέρη του ίδιου συνόλου.

Η συνειδητοποίηση της ενότητας του ανθρώπου με το περιβάλλον θα οδηγήσει σε προοπτικές ενέργειες πρόνοιας - πρόληψης - προστασίας του περιβάλλοντος χώρου του και άρα του ίδιου του ανθρώπου, της Υγείας του & της επιβίωσης του, καθώς και της συμφιλίωσης του με την ίδια του τη φύση, τη μάνα Γαία, καθώς & τον έναστρο πατέρα του Ουρανό.



Σχήμα5.5: Καλλιτεχνική απεικόνιση σχέσης ανθρώπου & έναστρου ουρανού – Σύμπαντος κόσμου. Αλληλεξαρτώμενα μέρη του ίδιου συνόλου. Το κοσμικό καθρέφτισμα του εαυτού.



Βιβλιογραφικές Αναφορές

Altamura G., Toscano S., Gentilucci G., Ammirati F., Castro ., Pandozi C., Santini M. "Influence of digital and analogue cellular telephones on implanted pacemakers", Eur Heart Journal, 18(10): 1632-4161, 1997

Angelov I. et al., " The Forbush decrease after the GLE on 13 December 2006 detected by the muon telescope at BEO-Mussala, Advances in space research, 43, 504-508, 2009

Anh V.V, Yu Z. G., Wanliss J. A. and Watson S. M. "Prediction of magnetic storm events using the Dst index", Nonlinear Processes in Geophysics, 12, 799–806, 2005.

Ashkaliev Ia.F, Drobzhev V. I, Somsikov V.M, Turkeeva B.A, Iakovets T.K. "The effect of heliogeophysical parameters on the ecological situation", Biofizika. V. 40(5). P. 1031-7, 1995

Babayev E. and Allahverdiyeva A. " Effects of geomagnetic activity variations on the physiological and psychological state of functionally healthy humans: Some results of Azerbaijani studies", Adv. Space Res., V. 40, P. 1941-1951, 2007

Baevsky R.M. , Petrov V. M. , Cornelissen G., Halberg F. , Orth-Gomer K, Akerstedt T,

Otsuka K, Breus T, Siegelova J, Dusek J, Fiser B. "Meta-analyzed heart rate variability, exposure to geomagnetic storms, and the risk of ischemic heart disease", *Scripta Medica*, V. 70(4-5), P. 201-6, 1997

Barnden, L. R. " Forbush Decreases 1966-1972: Their Solar and Inter-planetary Associations and their Anisotropies", 13th Int. Cosmic Rays Conf. Proc., 2 , p. 1271, 1973.

Bartels J. "The eccentric dipole approximating the earths magnetic field", *Terr. Magn.*, 41, 3, 1936

Bazylevskaya G.A. "Solar cosmic rays in the near earth space and the atmosphere, *ADvances in Space Research* 35, 458-464,2005

Beck P. , Latocha M., Dorman L., Pelliccioni M. and Rollet S., "Measurements and simulations of the radiation exposure to aircraft crew workplaces due to cosmic radiation in the atmosphere", *Radiat Prot Dosimetry*, 126 (1-4): 564-567, 2007

Bhattacharyya A. and Mitra B. "Changes in cosmic ray cutt-off rigidities duie to secular variations of the geomagnetic field ", *Ann. Geophysicae* 15, 734-739,1997

Bochev A., "A dipole Approximating to the highest Possible Degree the earth s Magnetic Field *Pure and Applied Geophysics* , Vol 74, 1969

Bolduc L. "GIC observations and studies in the Hydro-Québec power system",

Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, V. 64 (16), P. 1793–1802, 2002

Boudreau P., Yeh W.H., Dumont G.A. , Boivin D.B." A Circadian Rhythm in Heart Rate Variability Contributes to the Increased Cardiac Sympathovagal Response to Awakening in the Morning", *Chronobiology International*, 29(6): 757–768, 2012

Braun I. et al., "Forbush decreases and solar events seen in the 10-20 GeV energy

range by the Karlsruhe Muon Telescope", *Advances in Space Research*, 43, 480-488, 2009

Budikofer R. et al., "The solar cosmic ray ground level enhancements on 20 January 2005 and 13 December 2006", *Advances in Space Research*, 43, 499-503, 2009

Cherry N. "Cardiac effects of natural and artificial EMR", Human sciences department, Lincoln University Canterbury, New Zealand, 2002

Cliver E.W. et al., "The 22-year cycle of geomagnetic and solar wind activity", *Geophys*, 27, 91-109, 1996

Conesa J. "Isolated sleep paralysis, vivid dreams and geomagnetic influences: II" *Perceptual and motor skills*, V. 85(2). P. 579-584, 1997

Cornelissen G. , Halberg F. , Breus T. Syutkina E.V, Baevsky R., Weydahl A., Watanabe Y., Otsuka K., Siegelova J., Fiser B., Bakken E.E." Non-photoc solar associations of heart rate variability and myocardial infarction", *JASTP*. V.64. P. 707-720, 2002

Cornelissen G. , Halberg F., Kovac M., Mikulecky M., Otsuka K., Bakken E." Geographic and extraterrestrial aspects of morbidity and/or mortality patterns from myocardial infarction and stroke" *Biomed. Pharmacother*. V. 59. P. 68-75, 2005

Corsetti R., Lombardi G., Barassi A., Lanteri P., Colombini A., D'Eril G.M., Banfi G. "Cardiac indexes, cardiac damage biomarkers and energy expenditure in professional cyclists during the Giro d'Italia 3-weeks stage race", *Biochem Med (Zagreb)*. V. 22(2). P. 237-46, 2012

Deagute JP, van de Borne P, Linkowski P, Van Couter E. " Quantitative analysis of the 24- hour blood preassure and heart rate patterns in young men", *Hypertension*, 18: 199-210, 1991

Dimitrova S. "Relationship between human physiological parameters and geomagnetic variations of solar origin", *Advances in Space Research*, 4(6):1251-1257, 2006

Dimitrova S. Possible heliogeophysical effects on human physiological state// *Proc. IAU Symposium*. V. 257.P. 65-67, 2008

Dimitrova S."Possible heliogeophysical effects on human physiological state", *Universal heliophysical processes proceedings IAU Symposium No. 257, 2008a*

Dimitrova S. , Mustafa F.R. , Stoilova I. , Babayev E.S. , Kazimov E.A." Possible influence of solar extreme events and related geomagnetic disturbances on human cardio-vascular state: results of collaborative Bulgarian-Azerbaijani studies", *Adv. Space Res.* V. 43. P. 641–648, 2009

Dimitrova S., Babayev E.S., Mustafa F.R., Stoilova I., Taseva T., Georgieva K. "Geomagnetic Storms and Acute Myocardial Infarctions Morbidity in Middle Latitudes", *Sun and Geosphere*, 4(2): 72-78, 2009a

Dimitrova S. "Cosmic Rays Variations and Human Physiological State", *Sun and Geosphere* 4(2):79-83, 2009b

Dorfman G., "Physical phenomenagoing on in living objects under the influence of static magnetic fields. In: influence of magnetic fields on biological objects", *Moscow:Nauka (science)*, 15-23, 1971

Dorman L.I. , Iucci N. , Ptitsyna N.G., Villaresi G. " Cosmic ray as indicator of space weather influence on frequency of infract myocardial, brain strokes, car and train accidents" *Proc. 27th ICRC (Hamburg)*. P. 3511-3514, 2001

Fluckiger, E. O. "XIX ICRC Rapporteur Paper for Sessions SH5, SH6, and SH7", *19th Int. Cosmic Ray Conf. Proc.*, 9, p.301, 1985.

Garcia T. B and Miller T. "Arrhythmia recognition :the art of interpretation, Jones and Barlett Publishers Inc, 2004

Ghione S., Mezzasalma L., Del Seppia C., Papi F., "Do geomagnetic disturbances of solar origin affect arterial blood pressure? " *Journal of Human Hypertension*. V. 12. P. 749–754, 1998 .

Giannaropoulou E., Papailiou M., Mavromichalaki H., Gigolashvili M., Tvildiani L., Janashia K., Preka – Papadema P., Papadima PTh. "Possible influence of the polarity reversal of the solar magnetic field on the various types of arrhythmias", *Proc. 23rd ECRS (Moscow), ecrs_geo_615*, 2012

Guyton, A.C. & Hall, J.E. (2006) *Textbook of Medical Physiology* (11th ed.)

Hathaway D.H, "Solar cycle prediction", National Aeronautics and Space Administration. <http://solarscience.msfc.nasa.gov/predict.shtml>, 2012

Hopstock L. A., Barnett A. G., Bønaa K. H., Mannsverk J., Njølstad I., Wilsgaard T.

"Seasonal variation in cardiovascular disease risk factors in a subarctic population: the Tromso Study 1979-2008", *Journal of Epidemiology and Community Health*, 2012

Ioannidou S.P, Papailiou M., Mavromichalaki H., Apostolou Th., Paravolidakis K., Kouremeti M., Rentifis L. , Simantirakis E. , Xystouris G., "Impact of cosmic ray intensity and geomagnetic activity on human heart rate", *Proceedings of the 'Space*

Weather effects on Humans: In space and Earth' Confrence (Moscow, 4-7 June 2012) SWH P.49, 2012

Kagami S, Bradshaw SE, Fukumoto M, Tsukui I." Cataracts in airline pilots: prevalence and aeromedical considerations in Japan". *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 80(9):811-4, 2009

Kamide Y. et al., "Current understanding of magnetic storms : storm- substorm relationships", J Geophys., 17, 1-23, 1998

Kay RW. "Geomagnetic storms: association with incidence of depression as measured by hospital admission", The British Journal of psychiatry. V. 164(3). P. 403-9, 1994

Knox E.G., Armstrong E., Lancashire R., Wall M., Kaynes R. "Heart attacks and geomagnetic activity", Nature, 281(5732):564-5, 1979

Kolesnik A.G., Borodin A.S., Kolesnik S.A., Pobachenko S.V., "Resonant Mechanism of Solar- Terrestrial Relationships", Russian Physics Journal, 46, 8, 2003

Kumar V., Abbas A., Fausto N.: Robbins and Cotran Pathologic Basis of Disease, 7th Ed. p. 556.

Lockwood J. (1971): 'Forbush Decreases in the Cosmic Radiation', Space Science Reviews, Vol. 12, p. 658

Ladynin A.V and Popova A.A . "Optimization fitting of the eccentric dipole models to the observed geomagnetic field", Russian Geology and Geophysics, 50, 196-205, 2009

Longair, M. S.: "High Energy Astrophysics", 2nd ed., 1, Cambridge University Press, 1990

Marieb, Elaine Nicpon. Human Anatomy & Physiology. 6th ed. Upper Saddle River:

Pearson Education, 2003

Mavromichalaki H. et al. "Solar cycle phenomena in cosmic ray intensity: differences between even and odd cycles, Earth, Moon, and Planets, 42, 233-244, 1988

Mavromichalaki H., " Application of diffusion-convection model to diurnal anisotropy data", *Earth, Moon and Planets* 47, pp. 61-72, 1989

Mavromichalaki H., A. Papaioannou, G. Mariatos, M. Papahliou, A. Belov, E. Eroshenko, V. Yanke and E. G. Stassinopoulos: "Cosmic ray radiation effects on space environment associated to intense solar and geomagnetic activity", *IEEE TNS* 54, 1089-1096, 2007

Mavromichalaki H., Papailiou M., Dimitrova S., Babayev E. S, Mustafa S.R. "Geomagnetic disturbances and cosmic ray variations in relation to human cardio-health state: A wide collaboration" *Proc. 21st ECRS*. P. 351-356, 2008

Mavromichalaki H., Papailiou M., Kudela K., Stetiaraova J., Dimitrova S. "Physiological state of Slovak aviators in relation to geomagnetic disturbances and cosmic ray intensity variations". *Proceedings of the 31st ICRC, LODZ*, 2009

Mavromichalaki H., Papailiou M., Kudela K., Stetiaraova J. "Effect of geomagnetic disturbances on physiological parameters: An investigation on aviators". *Adv. Space Res.*43:1545-50, 2011

Mavromichalaki H., Papailiou M., Dimitrova S. , Babayev E. S. & Loucas P. "Space weather hazards and their impact on human cardio-health state parameters on Earth", *Natural Hazards*. DOI 10.1007/s11069-012-0306-2, 2012

Mavromichalaki¹ H., M. Gerontidou¹, E. Paouris¹, A. Belov², E. Eroshenko², V. Yanke², D. Lingri¹, Laoutaris¹, A. Kanellakopoulos¹, A. Abunin², M. Abunina² "A study of the polar and middle latitude neutron monitors during the extended geomagnetic storm of March 17, 2015" - ¹Nuclear and Particle Physics Department, Faculty of Physics, National and Kapodistrian University of Athens, Zografos, 15784 Athens, Greece - ² Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation by Pushkov (IZMIRAN), Moscow, Russia , 2015

McNarry M.A, Kingsley M.I, Lewis M.J. "The influence of exercise intensity on

pulmonary oxygen uptake kinetics in young and late middle-aged adults", American Journal of Physiology Regulatory Integrative and Comparative Physiology, 2012

Mikulecký M. and Strestík J. "Cerebral infarction versus solar and geomagnetic activity: a cross-regression study" The Israel medical association Journal. V. 9(12). P. 835-8, 2007

Mok M.H. and Cheng M.K. "The day-night variation of cosmic rays intensity at sea level under the influence of meteorological fronts and troughs ", Proceedings of the 10th international Congress of IRPA, 2000

Murphy S.L, Xu J.Q, Kochanek K.D. " Deaths: Preliminary data for 2010", National vital statistics reports. V. 60 (4), 2012

Mursula, K. and Usoskin I.: "Heliospheric physics and cosmic rays", lecture notes, University of Oulu, 2003

Nagashima K. and Ueno H. , " Three dimensional cosmic ray anisotropy in interplanetary space , part II, Rep. Ionos. Res J 25, p. 212, 1971

Olbert S. "Atmospheric Effects on Cosmic-Ray Intensity Near Sea Level" Phys. Review. V. 92. P. 454–461, 1953.

Pal G.K., Chandrasekaran A., Hariharan A.P., Dutta T.K, Pal P., Nanda N., Venugopal L. "Body mass index contributes to sympathovagal imbalance in prehypertensives" BMC Cardiovasc Disord. V. 19; 12(1). P. 54, 2012

Papailiou M., H. Mavromichalaki, A. Vassilaki, K. M. Kelesidis, G. A. Mertzanos and B. Petropoulos: 2007, 'Cosmic ray variations in relation to human physiological state during December 2006 - Solar Extreme Events 2007 Conf.

Papailiou M, Mavromichalaki H, Vassilaki A, Kelesidis KM, Mertzanos GA, Petropoulos B."Cosmic ray variations of solar origin in relation to human

physiological state during December 2006 solar extreme events." *Adv Space Res* 43:523–529, 2009

Papailiou M, Dimitrova S, Babayev ES, Mavromichalaki H. " Analysis of changes of cardiological parameters at middle latitude region in relation to geomagnetic disturbances and cosmic ray variations", In: *Proceedings in (AIP) Conference, Vol 1203. pp 748–753. 2009*

Papailiou M. , Mavromichalaki H. , Kudela K. , Stetiarova J. , Dimitrova S. , Giannaropoulou. E. : 'The effect of cosmic ray intensity variations and geomagnetic disturbances on the physiological state of aviators' , *ASTRA,7, 373-377, 2011*

Papailiou M., Mavromichalaki H., Kudela K., Stetiarova J. , Dimitrova S. " Cosmic radiation influence on the physiological state of aviators", *Natural Hazards. V. 61. P. 719-727, 2012*

Pearson Ed., *Emergency Medical Responder 3rd Can, 2010 p. 131*

Perry F.S., Reichmanis M., Marino A.A., Becker R.O., "Environmental power-frequency magnetic fields and suicide" *Health Physics, Vol 41, 267-277, 1981*

Plainaki et al., "Modeling the solar cosmic ray event of 13 December 2006 using ground level neutron monitor data ", *Advances in Space research, 43, 474-479, 2009*

Ponomarenko V.I., Prokhorov M.D., Karavaev .A.S. "Interaction between respiration and low frequency cardiovascular rhythms , *World academy of science , Engineering and Technology 56, 2009*

Reynolds P., Cone J., Layefsky M., Goldberg D.E., Hurley S., " Cancer incidence in California flight attendants (United States)", *Cancer Causes and Control. V. 13(4). P. 317-24, 2002*

Rosner B. "Fundamentals of Biostatistics" *Cengage Learning, 2010*

Sandercock G., Gladwell V., Dawson S., Nunan D., Brodie D., Beneke R. "Association between RR interval and high-frequency heart rate variability acquired during short-term, resting recordings with free and paced breathing, *Physiol. Meas.* 29, 795-802, 2008

Shea A.M and Smart F.D " Cosmic ray implications for Human Health, *Space Science Reviews* 93: 187-205,2000

Smart F.D and Shea A.M. "World grid of calculated cosmic ray vertical cut-off rigidities for epoch 2000.0, proceedings of the 30th International Cosmic Ray conference, V 1, 737-740, 2008

Sørensen M., Andersen Z.J., Nordsborg R.B., Jensen S.S., Lillelund K.G., Beelen R., Schmidt E.B., Tjønneland A., Overvad K., Raaschou-Nielsen O." Road traffic noise and incident myocardial infarction: a prospective cohort study" *PLoS One.* V. 7(6):e39283, 2012

Stapelberg N.J., Hamilton-Craig I., Neumann D.L., Shum D.H., McConnell H. " Mind and Heart: Heart Rate Variability in Major Depressive Disorder and Coronary Heart Disease - a Review and Recommendations" *The Australian and New Zeland Journal of Psychiatry*, 2012

Stefanovska A., Bracic Lotric M., Strie S., Haken H. "The cardiovascular system as coupled oscillators?", *Physiol. Meas.* 22, 535-550, 2001

Stoilova I. and Dimitrova S.," Geophysical variables and human health and behavior", Original Research Article, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* , 70(2-4): 428-435, 2008

Stoupel E, Shimsoni M, "Hospital cardiovascular deaths and total distribution of deaths in 180 consecutive months with with different cosmic physical activity: a correlation study(1974-1988)", *Int Journal in Biometeorology* 35:6-9,1991

Stoupel E, Wittenberg C, Zabłudowski J, Boner G., Ambulatory blood pressure monitoring in patients with hypertension on days of high and low geomagnetic activity. *J Hum Hypertens* 9:293–294, 1995

Stoupel E, Petrauskiene J, Abramson E, Kalediene R, Israelovich P, Sulkes J. "Relationship between deaths from stroke and ischemic heart disease-- environmental implications", *Journal of Basic and clinical physiology and pharmacology*, 10(2):135-45,1999

Stoupel E, Petrauskiene J, Abramson E, Kalediene R, Sulkes J. "Distribution of monthly deaths, solar (SA) and geomagnetic (GMA) activity: their interrelationship in the last decade of the second millennium: the Lithuanian study 1990-1999". *Biomedicine and Pharmacotherapy*. 56 Suppl 2:301s-308s,2002

Stoupel, E., Domarkiene, S., Radishauskas, R., Bernotiene, G., Abramson, E., Israelevich, P., and Sulkes, J.: Variants of Acute Myocardial Infarction in Relation to Cosmophysical Parameters, *Seminars in Cardiology*, 11, 51–55, 2005

Stoupel E. " Cardiac Arrhythmia and Geomagnetic Activity", *Indian Pacing Electrophysiol.* V. 6(1). P. 49-53, 2006a

Stoupel E., Kalediene R., Petrauskiene J., Gaizauskiene A., Israelevich P., Abramson E., Sulkes J. "Monthly number of newborns and environmental physical activity" *Medicina (Kaunas, Lithuania)*,V. 2(3). P. 238-41, 2006b

Stoupel E., Babayev E., Mustafa F., Abramson E., Israelevich P, Sulkes J. " Clinical Cosmobiology-sudden cardiac death and daily/monthly geomagnetic, cosmic ray and solar activity- the Baku study (2003-2005)" *Sun Geosphere.* V. 1. P. 13-16, 2006c

Stoupel E, Domarkiene S, Radishauskas R, Abramson E, Israelevich P, Sulkes J. "Neutrons and sudden cardiac death (SCD)", codes 121-125 ICD 10. *Journal of Basic and clinical physiology and pharmacology*, 17(1):45-53, 2006d

Stoupel E, Kalediene R, Petrauskiene J, Starkuviene S, Abramson E, Israelevich P, Sulkes J. "Clinical cosmobiology: distribution of deaths during 180 months and cosmophysical activity. The Lithuanian study, 1990-2004. The role of cosmic rays", *Medicina (Kaunas)*, 43(10):824-31, 2007a

Stoupel E, Babayev E, Mustafa F, Abramson E, Israelevich P, Sulkes J. Acute myocardial infarction occurrence: environmental links - Baku 2003-2005 data. *Medical Science Monitor*.13(8):BR175-9, 2007b

Stoupel E., Kalediene R., Petrauskiene J., Starkuviene S., Abramson E., Israelevich P., Sulkes J. Twenty years study of solar, geomagnetic, cosmic ray activity links with monthly deaths number (n-850304). *J. Biomedical Science and Engineering*, 4, 426-434, 2011

Suzuki K. , Miyamoto M , Miyamoto T. , Sakuta H. , Hirata K. " The impact of sleep disturbances on neuroendocrine and autonomic functions" *Nihon Rinsho*. V. 70 (7). P. 1169-76. 2012

Thom T.J. "International mortality from heart disease: rates and trends" *International Journal of Epidemiology*. V. 18(3 Suppl 1). P. S20-8, 1989

Ventriglio A., Borelli A., BelloMo A., Lepore A., "Birthdates of patients affected by mental illness and solar activity: A study from Italy" *Advance Space Research* 47:1135-1139, 2011

Villoresi G., Kopytenko YA, Ptitsyna NG, Tyasto MI, Kopytenko EA, Iucci N, Voronov PM, "The influence of geomagnetic storms and man-made magnetic field disturbances on the incidence of myocardial infarction in St. Petersburg (Russia)", *Phys Med* 10:107-117, 1994

Waydahl A. , Sothorn R.B. , Cornelissen G. , Wetterberg L. " Geomagnetic activity influences the melatonin secretion at latitude 70 degrees N" *Biomedicine and*

pharmacotherapy. V. 55(1). P. 57s-62s, 2001

Weydahl A., Sothorn R.B, Cornélissen G." Non-linear relation of heart rate variability during exercise recovery with local geomagnetic activity", Biomed Pharmacother. V. 56. P 298–300, 2002

Whitsel E. A., Raghunathan T. E., Pearce R.M., Lin D., Rautahartju P.M., Lemaitre R., Siscovick D.S. "RR interval variation, the Qt interval index and risk of primary cardiac arrest among patients without clinically recognized heart disease, European Heart Journal, 22,165-173, 2001

Yu T, Parks BW, Yu S, Srivastava R, Gupta K, Wu X, Khaled S, Chang PY, Kabarowski JH, Kucik DF, " Iron-ion radiation accelerates atherosclerosis in apolipoprotein E-deficient mice", Radiation Research, 175(6):766-73, 2011

Κρεμαστινός Θ. Κλινική Καρδιολογία, τόμος Ι, 2η έκδοση, Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ Πασχαλίδης, 2009

Καλαχάνης Κωσταντίνος, "Περί της περιβαλλοντικής επίδρασης στην υγεία στο έργο του Ιπποκράτους", διπλωματική εργασία, 2011

Κουρέα – Κρεμαστινού Τζ. « ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ-Θεωρία, Πράξη, Πολιτικές.» Εκδόσεις Τεχνόγραμμα, Αθήνα 2007

Λουκάς Παναγιώτης, "Μελέτη των γεωμαγνητικών διαταραχών και των μεταβολών της έντασης της κοσμικής ακτινοβολίας σε σχέση με τις ανθρώπινες φυσιολογικές παραμέτρους", διπλωματική εργασία, τομέας πυρηνικής φυσικής και στοιχειωδών σωματιδίων ΕΚΠΑ, 2009

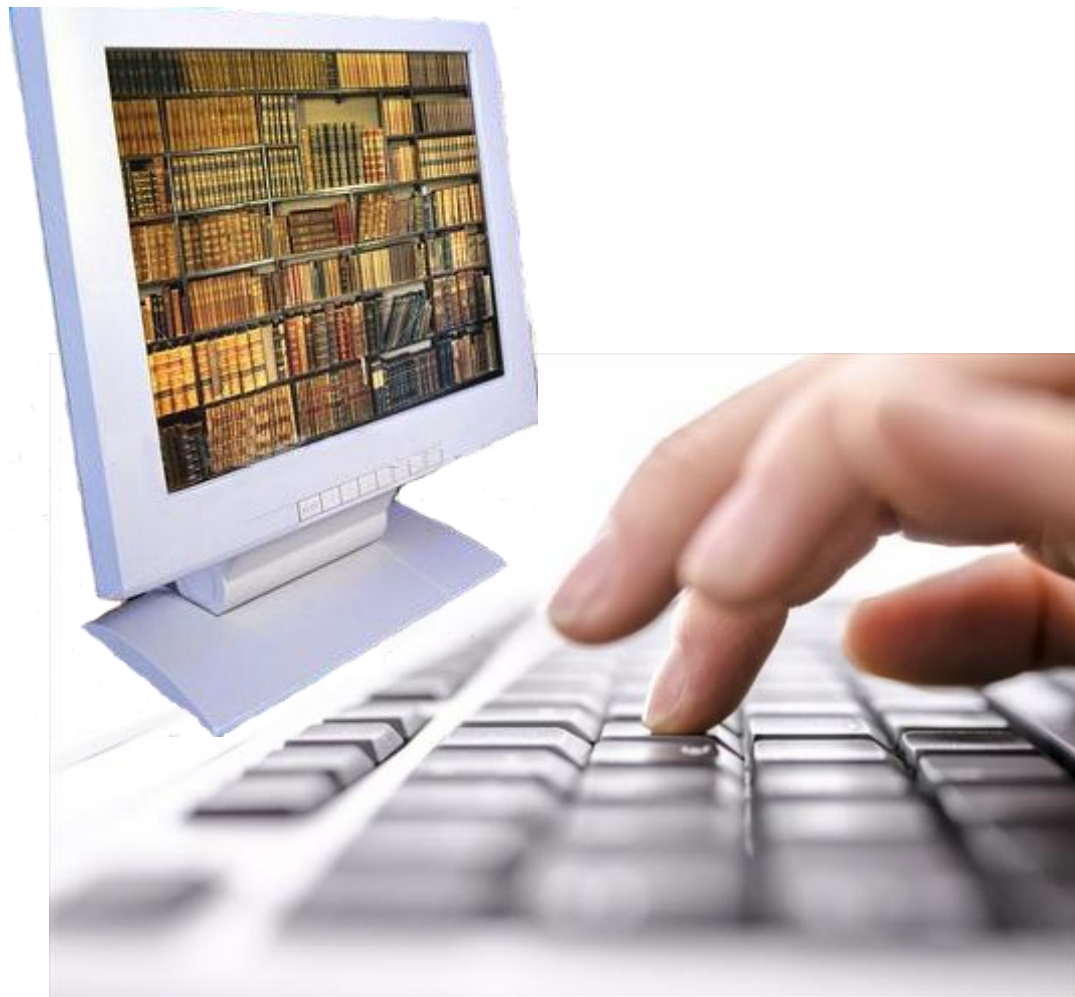
Μαυρομιχαλάκη Ε.: "Κοσμική ακτινοβολία", Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2005

Μαυρομιχαλάκη Ε., "Κοσμική Ακτινοβολία", εκδόσεις Συμμετρία, 2009

Παπαηλιού Μ.-Χ.: 2013, 'Προειδοποιήσεις γεωμαγνητικών διαταραχών και ανθρώπινες φυσιολογικές παράμετροι', Διδακτορική Διατριβή-Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Πανάρετος Ι. και Ξεκαλάκη Ε., "Εισαγωγή στη Στατιστική Σκέψη", τόμος ΙΙ "Εισαγωγή στις πιθανότητες και στην στατιστική συμπερασματολογία, Αθήνα 2000.





Διαδικτυακές Αναφορές

https://en.wikipedia.org/wiki/Cosmic_ray

http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2007/active_galaxy_prt.htm

<https://svs.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/details.cgi?aid=11095>

<http://www.fhshh.com/the-enigma-of-yet-pulsar-capricious.html>

<http://www.phys.hawaii.edu/ams02/>

<http://www.hawc-observatory.org/science/cosmicrays.php>

<http://www.antarcticglaciers.org/glacial-geology/dating-glacial-sediments-2/cosmic-rays/>

<https://www.mpi-hd.mpg.de/hfm/CosmicRay/Showers.html>

<http://users.sch.gr/xtsamis/OkosmosMas/Aktinovolies/Aktinovolies.htm>

auger.physics.wisc.edu/physics.php

http://www.perdaix.de/solar_modulation

<http://neutronm.bartol.udel.edu/modplot.html>

<http://www.landscheidt.info/>

<http://phys.org/news/2013-05-cosmic-gamma-ray-horizon-universe.html>

<http://slideplayer.gr/slide/1918148/>

<https://www.quora.com/NASA-claims-that-Mars-atmosphere-was-stripped-away-by-solar-winds-Why-hasnt-the-same-fate-occurred-to-earth#!n=12>

<http://eldigitalcomplutense.com/2014/12/16/la-universidad-de-alcala-pone-en-marcha-el-servicio-nacional-de-meteorologia-espacial/>

http://www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/news/solarcycle-primer.html#.VrdfomiLTIU

<http://www.almanac.com/content/solar-activity-solar-cycle-predictions-and-sunspots>

<http://umbra.nascom.nasa.gov/SEP/>

http://mysciences-2010.blogspot.gr/2010_10_01_archive.html

<http://df5jl.tumblr.com/post/97362623125/solar-cycle-24-in-its-last-big-peak-right-now-the>

neutronm.bartol.udel.edu/main.html

<http://www.cmso.info/cme>

<http://www.astrosurf.com/luxorion/qs1-perturbation3.htm>

http://earthobservatory.nasa.gov/Features/SORCE/sorce_03.php

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ExtremeEvent_20120304-00h_20120317-24h.jpg

<http://archive.larouchepac.com/planetarydefense>

<http://www.aurorahunter.com/index.php>

<https://longwalksandrosegardens.wordpress.com/>

<http://www.thunderbolts.info/forum/phpBB3/viewtopic.php?p=104768&sid=cd560efd24c5b1f7c962b2096b0682cf>

<http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-3135080/Earth-s-protective-shield-weakening-Trio-Swarm-satellites-set-reveal-fast-planet-s-magnetic-field-fading.html>
<http://www.softservenews.com/photos.html>

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Magnetosphere_rendition.jpg

<http://modernsurvivalblog.com/emp-electro-magnetic-pulse/geomagnetic-storm-power-system-transformer-emp-threat/>

<http://earthzine.org/2008/08/28/changing-sun-changing-earth/>

<https://www.nasa.gov/topics/earth/features/SABER-aurora.html#.Vrd8YmiLTIU>

<http://time-price-research-astrofin.blogspot.gr/2012/03/geomagnetic-storm.html>

<http://www.mindlaws.com/space/>

<http://www.climatedialogue.org/>

http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_realtime/index.html

<http://cosray.phys.uoa.gr>

<http://www.nmdb.eu/nest/search.php>

<http://www.nswp.gov/>

<https://naturalsciencesresearch.wordpress.com/2015/06/16/the-sun-space-weather-machine/>

<http://www.rizopoulospost.com/theamatikh-anagennhsh-kyttarwn-kardi/>

<http://humananatomybody.info/>

<http://icliparts.com/clipart/3586205>

http://www.123rf.com/photo_5918495_human-heart.html

<http://www.okaidimalta.com/function-of-the-human-heart/function-of-the-human-heart/>

<http://healthstoriesforkids.com/category/cardiovascular-system/>

<http://remedesnaturelstraditionnels.com/la-controverse-entourant-le-cholesterol/>

<http://users.atw.hu/blp6/BLP6/HTML/C0139780323045827.htm>

<http://www.clickatlife.gr/euzoia/story/24016>

<https://physproject-2011.wikispaces.com/H.CARDIOLOGY>

<http://incardiology.gr>

<https://www.studyblue.com/notes/note/n/chapter-19/deck/13513115>

<https://audioboom.com/boos/582967-topic-1-07-cardiac-cycle>

<http://www.lovelivehealth.com/how-to-improve-your-blood-circulation/>

<http://www.clickatlife.gr/euzoia/story/11033>

<http://aa2day.org/2013/08/nexfin/>

<http://www.nutraingredients-usa.com/Research/Kyowa-study-L-citrulline-plus-glutathione-may-boost-blood-flow>

<http://healthandnutritionaladvice.com/decreased-brain-blood-flow/>

<https://www.asme.org/engineering-topics/articles/fluids-engineering/modeling-blood-flow-for-heart-pumps>

<http://www.nydailynews.com/life-style/health/electrocardiogram-ekg-predict-future-attacks-elderly-article-1.1062391>

<https://sites.google.com/site/kardiakespathiseis/exetaseis/cardiographs>

<http://www.docmed.gr/aples-simvoules-gia-mia-igii-kardia/>

"Eating for a healthy heart" (<http://www.medicineweb.com/nutrition-/eating-for-a-healthy-heart>). MedicineWeb. . Retrieved 2009-03-31.

<http://holmesplace.gr/gr/--a2885.html>

<http://www.iatropedia.gr/eidiseis/den-arkoun-30-askisis-tin-imera-gia-igii-kardia-ti-lene-i-nees-odigies/42580/>

<http://blog.maryreynolds.com/2015/08/masterminding-monday-affecting-your-world-in-an-instant-817/>

https://www.windows2universe.org/earth/Life/images/radiation_dna_damage_big_jpg_image.html

<http://spaceflight.nasa.gov/shuttle/support/researching/radiation/brochure1/>

http://www.123rf.com/stock-photo/high_res.html

<http://goflightmedicine.com/cosmic-radiation/>

<http://www.mdpi.com/2075-1729/4/3/491?trendmd-shared=0>

<http://www.threesixtyone.gr/statistical-analysis.html>

<http://strangesounds.org/2014/01/photo-of-the-day-stargazer-grab-magic-orb-out-of-an-aurora-borealis.html>

<http://www.calisthenicsmag.com/wp-content/uploads/2015/01/>

<http://thecaliforniapost.com/content/bradycardia-not-be-combined-heart-rate-reducing-drugs>

http://www.cdc.gov/nchs/data/nvsr/nvsr60/nvsr60_04.pdf

<https://en.wikipedia.org/wiki/Statistics>

<http://www.lanl.gov/org/padste/adtscc/computer-computational-statistical-sciences/statistical-sciences/index.php>

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:P-value_in_statistical_significance_testing.svg

<https://www.boundless.com/statistics/textbooks/boundless-statistics-textbook/estimation-and-hypothesis-testing-12/one-way-anova-57/anova-design-283-2741/>

http://www.psych.utah.edu/stat/introstats/web-text/1-ANOVA_indep/

<http://www.mayoclinic.org/tests-procedures/holter-monitor/multimedia/holter-monitor/img-20008245>

<http://virtueanalytics.com/category/data-analysis/>

[Division of Vital Statistics; Arialdi M. Miniño, M.P.H., Melonie P. Heron, Ph.D., Sherry L.](#)

[Murphy, B.S., Kenneth D. Kochanek, M.A.\(2007-08-21\). "Deaths: Final data for 2004" \(http://www.cdc.gov/nchs/data/nvsr/nvsr55/nvsr55_19.pdf\) \(PDF\). National Vital Statistics](#)

[Reports \(United States: Center for Disease Control\) 55 \(19\): 7. . Retrieved 2007-12-30](#)

<http://spidr.ngdc.noaa.gov>

<http://www.cbi.dongnocchi.it>

[Biomedical Results From Apollo - Radiation Protection and Instrumentation](#)

<https://onenesslove.com/what-is-oneness/>

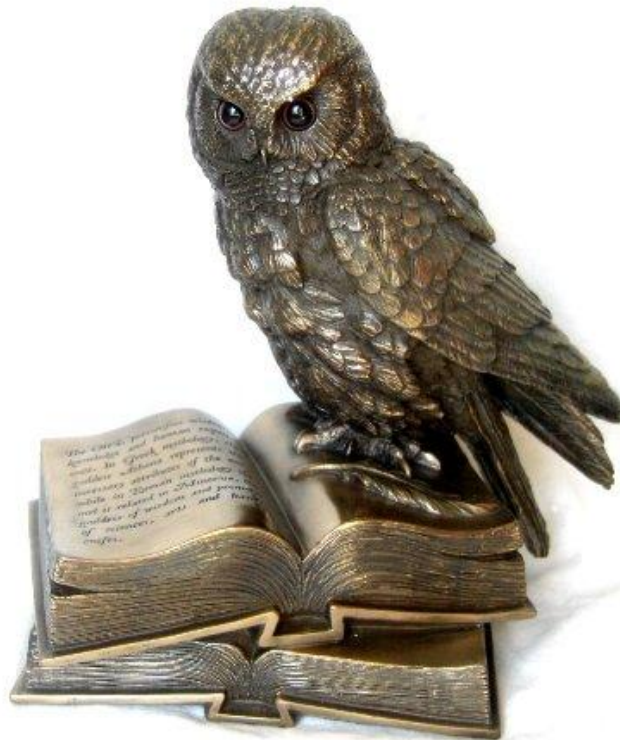
<https://newearthpulse.wordpress.com/2013/01/12/you-are-the-universe-b4peace/>





Πίνακας συντομογραφιών

CRI	Ένταση κοσμικής ακτινοβολίας
GMA	Γεωμαγνητική δραστηριότητα
Κ.Α.	Κοσμική ακτινοβολία
PTS	Ασθενείς
HR	Καρδιακός ρυθμός



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ - Τέσσερα Επίπεδα Ιατρικής Προσέγγισης



Εικόνα Π1: Ιατροβιολογικό εργαστήριο

Οι ανακαλύψεις και τα δεδομένα στην σύγχρονη ιατρική επιστήμη είναι συνεχόμενες και ραγδαίες. Η πληθώρα τρόπων σκέψης και αντιμετώπισης του ίδιου προβλήματος υγείας από διαφορετικούς επιστήμονες και σχολές μπερδεύει τους ασθενείς αλλά πολλές φορές και τους ίδιους του γιατρούς.

Σε ποιο γιατρό να πάει κανείς; Ποια θεραπεία να επιλέξει; Συμβατική ιατρική, εναλλακτική ιατρική, ομοιοπαθητική, φυσική ιατρική, λειτουργική ιατρική, είναι μερικές από τις πολυάριθμες και διαφορετικές σχολές που επικρατούν σήμερα και η καθεμία έχει να προτείνει μια διαφορετική ματιά και άποψη σε θέματα θεραπείας.

Είναι δυνατόν να βρεθεί ένα κοινό σημείο; Μπορούν να ταξινομηθούν οι διαφορετικές προσεγγίσεις ώστε να χρησιμοποιήσει κανείς ό,τι καλύτερο υπάρχει από τον κάθε χώρο και τρόπο προσέγγισης;

Επιστημονική Γνώση και Αντικειμενική Παρατήρηση

Η επιστήμη εξ' ορισμού αφορά την αντικειμενική παρατήρηση και αναφορά της γνώσης. Η αλήθεια όμως είναι ότι όπως και σε κάθε άλλη ανθρώπινη δραστηριότητα, είναι δύσκολο να αποκλείσει κανείς τον υποκειμενικό παράγοντα, έτσι και στην επιστήμη *η προσωπική άποψη και τα πιστεύω του κάθε επιστήμονα είναι αναπόφευκτο να διαμορφώνουν και να εισέρχονται στις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά του.*

Υπάρχουν πολλά παρόμοια παραδείγματα στην ιστορία της ιατρικής επιστήμης, όπως αυτό του Γουίλιαμ Χάρβεϊ που ανακάλυψε την καρδιακή κυκλοφορία το 1628. Όταν ανακοίνωσε για πρώτη φορά ότι η καρδιά λειτουργεί ως αντλία που ωθεί το αίμα μέσα στο σώμα μας, ένας διάσημος ιατρός της εποχής του

απάντησε ότι προτιμούσε χίλιες φορές να σφάλει με τον Γαληνό (επικρατούσα τότε θεωρία που υποστήριζε ότι στο σώμα κυκλοφορούν καλά και κακά υγρά κατά κύματα) παρά να έχει δίκιο με τον Χάρβεϊ.



Εικόνα Π2: Ο Τζορτζ Ουάσινγκτον θεραπευόμενος ασθενής σε ιατρική περίθαλψη

Η αφαίμαξη των ασθενών για να αποβληθούν τα κακά υγρά ήταν συχνή αιτία θανάτου εκείνη την εποχή. *Ακόμη και διακόσια χρόνια μετά τις ανακαλύψεις του Χάρβεϊ το 1799, ο πρώτος πρόεδρος των ΗΠΑ, Τζορτζ Ουάσινγκτον πέθανε από αυτή την «θεραπεία», που του είχαν προτείνει οι καλύτεροι τότε γιατροί.*

Είναι λοιπόν αναπόφευκτο οι επιστήμονες ως άνθρωποι να ερωτεύονται με την δουλειά τους, τις ανακαλύψεις και τα πράγματα με τα οποία συμφώνησαν πολλές φορές κατά την διάρκεια της καριέρας τους.

Έχει παρατηρηθεί ότι κατά την διάρκεια της εξέλιξης της επιστήμης είναι απαραίτητες πάνω από τρεις γενεές ώστε να ενσωματωθεί και να γίνει αποδεκτή μια αλλαγή στο επικρατών επιστημονικό μοντέλο.

Σήμερα ζούμε κάτι ανεπανάληπτο στην ιστορία της ανθρωπότητας. Ζούμε στην εποχή της πληροφορίας. Οι ταχύτητες διακίνησης και δημιουργίας νέων πληροφοριών είναι ασύλληπτες. Υπολογίζεται ότι η ανθρώπινη γραπτή γνώση χρειάστηκε 300 χρόνια για να διπλασιαστεί από το 1450 ως το 1750 μ.Χ. Σήμερα η ανθρώπινη γραπτή γνώση διπλασιάζεται κάθε χρόνο και μέχρι το 2020 αυτό αναμένεται να συμβαίνει κάθε 72 ημέρες!

Είναι δυνατόν να ζήσει κανείς την ακμή και την εξαφάνιση μιας θεωρίας μέσα στην ίδια γενιά. Όπως η μετάβαση από το υδραυλικό μοντέλο της χοληστερίνης – κακής ποιότητας υγρό βουλώνει τους σωλήνες στους οποίους κυκλοφορεί – στο μοντέλο της φλεγμονής ως βασική αιτία πίσω από την αθηρωμάτωση (Ιατρική Σχολή του Χάρβαρντ 2011).

Η πληθώρα των δεδομένων και οι ατελείωτες επιλογές και κατευθύνσεις που ανοίγονται μπροστά μας, περισσότερες από κάθε άλλη φορά, είναι ίσως το μεγαλύτερο πρόβλημα για τον σημερινό ερευνητή και επιστήμονα.

Σε ποιο σημείο βρισκόμαστε σήμερα λοιπόν;

Η ιατρική μπορεί να προσεγγίσει τον ανθρώπινο οργανισμό, θεραπευτικά και διαγνωστικά σε τέσσερα διαφορετικά επίπεδα. Το κάθε επίπεδο και τρόπος σκέψης έχει την δική του εφαρμογή και είναι αποτελεσματικό σε συγκεκριμένα προβλήματα υγείας.



Εικόνα Π3: Ανατομική απεικόνιση του ανθρώπινου σώματος

1.Ανατομική Προσέγγιση

Το πρώτο επίπεδο προσέγγισης είναι το ανατομικό. Εδώ έχουμε την παρατήρηση του ανθρώπινου οργανισμού μέσα από μια μακροσκοπική ματιά, ως ένα σύνολο οργάνων που συνεργάζονται μεταξύ τους για την ομαλή λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού.

Πρόκειται για μια σχολή και ένα μοντέλο σκέψης που κυριάρχησε μέχρι την δεκαετία του 1950. Αυτός είναι και ο λόγος που ακόμη και σήμερα οι ιατρικές ειδικότητες καθορίζονται από τα αντίστοιχα όργανα (καρδιο-λογία, γαστρ-εντερο-λογία, δερμα-τολογία, νεφρο-λογία κ.ο.κ.).

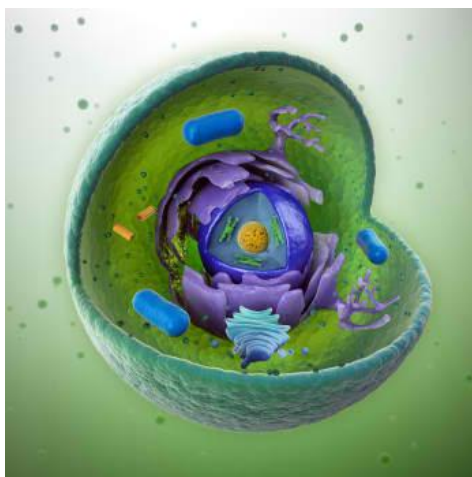
Επιδεικνύει απαράμιλλη αποτελεσματικότητα στην διαχείριση και θεραπεία επειγόντων και οξέων προβλημάτων υγείας.

Το κάταγμα ενός οστού, η διατομή ή η απόφραξη μιας αρτηρίας, μια πνευμονία όπως και η διάτρηση κάποιου οργάνου χρειάζονται άμεση παρέμβαση για την αποκατάσταση της ανατομικής συνέχειας και λειτουργίας. Η εφαρμογή όμως του συγκεκριμένου μοντέλου και τρόπου σκέψης στα χρόνια προβλήματα υγείας έχει περιορισμένη αποτελεσματικότητα.

Αν χτυπήσει κανείς για παράδειγμα το γόνατο του, η εφαρμογή πάγου, η ακινητοποίηση και η χρήση κάποιου αντιφλεγμονώδους φαρμάκου μπορούν να επιταχύνουν την επούλωση και να μειώσουν τον πόνο και την φλεγμονή. Η χρήση όμως μιας παρόμοιας αγωγής σε μια περίπτωση που ο πόνος οφείλεται σε οστεοαρθρίτιδα (χρόνια αρθρίτιδα) δεν έχει θεραπευτικό αλλά μόνον ανακουφιστικό ρόλο. Το τελικό αποτέλεσμα είναι η αρθρίτιδα να χειροτερεύει και να εμφανίζονται και παρενέργειες από την χρόνια χρήση παυσίπονων φαρμάκων.

Τα χρόνια προβλήματα υγείας μπόρεσαν να εξηγηθούν καλύτερα μετά από ανακαλύψεις που άρχισαν να λαμβάνουν χώρα από τα μέσα του προηγούμενου αιώνα.

Η μελέτη και κατανόηση του οργανισμού σε επίπεδο κυττάρων και μορίων με την ευρεία χρήση του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου από την δεκαετία του '60 και μετά σηματοδότησε την είσοδο της ιατρικής στην εποχή της βιοχημείας, της γενετικής και της μοριακής βιολογίας.



Εικόνα Π4: Το κύτταρο

2.Βιοχημική και Μοριακή Προσέγγιση (Metabolomics)

Στο δεύτερο επίπεδο έχουμε την προσπάθεια αποκατάστασης της βιοχημικής ισορροπίας του οργανισμού. Το σώμα μας είναι μια μηχανή εσωτερικής καύσης που

καίει άνθρακα (γλυκόζη) παρουσία οξυγόνου. Είναι βέβαια απαραίτητη μια πληθώρα συστατικών για να συμβεί αυτό.

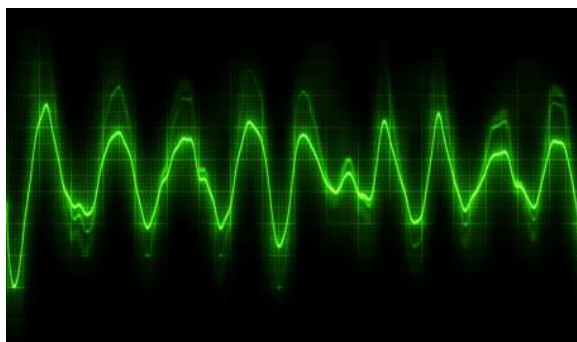
Πρόκειται για μια αλυσίδα χημικών αντιδράσεων που βήμα-βήμα καταλήγουν στην παραγωγή ενέργειας και σε μια ομαλή κυτταρική λειτουργία.

Το σύγχρονο περιβάλλον, η αλλαγή τρόπου ζωής, η έλλειψη στα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά και η επιβάρυνση μας με τοξίνες συντελούν στην απώλεια της απαραίτητης βιοχημικής ισορροπίας και στην εμφάνιση νόσου.

Παράλληλα με την ανακουφιστική αγωγή υπάρχει σήμερα η δυνατότητα να μετρηθεί και να αξιολογηθεί η μεταβολική και βιοχημική κατάσταση του ανθρώπινου οργανισμού. Ορμονικές, Βιοχημικές και Μοριακές αναλύσεις (*Metabolimics*) μας επιτρέπουν να έχουμε μια πλήρη εικόνα της Βιοχημικής και Μοριακής κατάστασης του ανθρώπινου οργανισμού μέσα από την μελέτη των συστατικών που παράγονται από τον μεταβολισμό (μεταβολίτες).

Η μελέτη των μεταβολιτών με σκοπό την δια-μόρφωση εξατομικευμένης θεραπευτικής αντιμετώπισης ονομάζεται Metabolimics.

Γνωρίζοντας ο γιατρός την απόκλιση από την βέλτιστη λειτουργία μπορεί να επαναφέρει σταδιακά το σώμα στην φυσιολογική λειτουργία, δίνοντας μεγαλύτερη έμφαση στην ενίσχυση της υγείας του ασθενούς παράλληλα με την διαχείριση της νόσου.



Εικόνα Π5: Ηλεκτρομαγνητική καταγραφή

3. Ηλεκτρομαγνητική Προσέγγιση

Στο τρίτο επίπεδο έχουμε την προσέγγιση που αφορά στο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο του ανθρώπινου σώματος. Γνωρίζουμε ότι το κάθε κύτταρο στο σώμα μας έχει το δικό του ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Το σύνολο των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων των κυττάρων διαμορφώνουν το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο του σώματος μας.

Όταν κάνουμε μια Μαγνητική Τομογραφία χρησιμοποιούμε τις ιδιότητες των ηλεκτρο-μαγνητικών πεδίων. Μπαίνουμε σε έναν τεράστιο μαγνήτη, ευθυγραμμίζονται όλα τα μαγνητικά πεδία στο σώμα μας προς την ίδια κατεύθυνση και τραβάμε μια φωτογραφία που όμως χρησιμοποιούμε *για να κάνουμε ανατομική διάγνωση*. Το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα και ο ηλεκτροκαρδιογράφος είναι επίσης εφαρμογές της καταγραφής αλλοιώσεων στο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο του εγκεφάλου και της καρδιάς.

Η μελέτη των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων του ανθρωπίνου σώματος έχει υπάρξει αντικείμενο εκτενούς επιστημονικής έρευνας για πάνω από 100 χρόνια. Τόσο η ΝΑΣΑ όσο και το Ρωσικό διαστημικό πρόγραμμα ήταν αιτία ανάπτυξης μεγάλου όγκου γνώσεων στο συγκεκριμένο πεδίο.

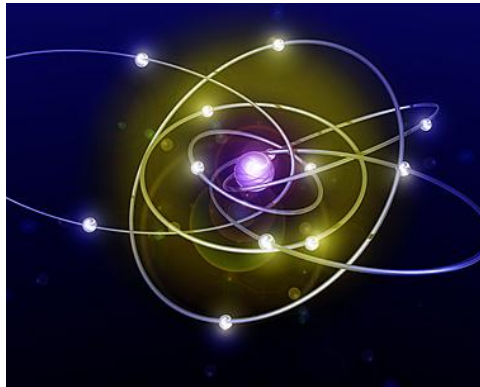
Το 2009 μια Ελληνική επιστημονική ομάδα από το τμήμα Φυσιολογίας της Ιατρικής Σχολής Ιωαννίνων έλαβε το πρώτο παγκόσμιο βραβείο στην έρευνα για την εφαρμογή των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων. Η εκρηκτική ανάπτυξη στο πεδίο των ηλεκτρονικών υπολογιστών επέτρεψε την ανάπτυξη τεχνολογιών που μπορούν να χρησιμοποιήσουν ηλεκτρομαγνητικές συχνότητες τόσο για διαγνωστικούς όσο και για θεραπευτικούς σκοπούς.

Πιστεύω ότι δεν είναι μακριά η εποχή όπου θα εισερχόμαστε σε ένα μηχανήμα παρόμοιο με τον μαγνητικό τομογράφο που θα εντοπίζει και θα επαναφέρει αποκλίσεις του ηλεκτρομαγνητικού μας πεδίου με θεραπευτικό σκοπό.

Αυτό είναι το επίπεδο στο οποίο επεμβαίνει και η ομοιοπαθητική. Τα ομοιοπαθητικά διαλύματα, μετά από πολλαπλές αραιώσεις δεν περιέχουν την αρχική ουσία σε χημική μορφή, παραμένει όμως στο διάλυμα το ηλεκτρομαγνητικό της αποτύπωμα.

Για να μπορέσει όμως να αποκατασταθεί η ηλεκτρομαγνητική ισορροπία είναι βασική προϋπόθεση να υπάρχει βιοχημική επάρκεια και ανατομική συνέχεια.

Όπως μπορεί κανείς να δράσει θεραπευτικά στο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο μπορεί βέβαια να προκαλέσει και βλάβη. Το σύγχρονο περιβάλλον από τα κτήρια, τις τροφές και όλων των ειδών οι συσκευές και δίκτυα προκαλούν συνεχείς παρεμβάσεις και αλλοιώσεις στο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο του ανθρωπίνου σώματος. *Μια εκτενής αναφορά επιστημόνων της ΝΑΣΑ πάνω στο θέμα είναι διαθέσιμη στις πηγές, στο τέλος αυτού του άρθρου.*



Εικόνα Π6: Μοντέλο μικροκόσμου – μεγάκοσμου. Από το άτομο στο σύμπαν. Πολλά φυσικά χαοτικά συστήματα αποτελούν fractals στα πρότυπα που καταγράφουν τη διαδικασία. Προϊόν της παρατήρησης της σκέψης.

Σκέψη το Κυρίαρχο Επίπεδο

Η θέση του Αναξαγόρα «Αρχή πάντων ο Νούς» δεν ήταν ποτέ πιο επίκαιρη. Η σύγχρονη κβαντική φυσική και η επι-γενετική έρχονται να επαληθεύσουν την παραπάνω θέση με αδιάσειστα επιστημονικά κριτήρια.

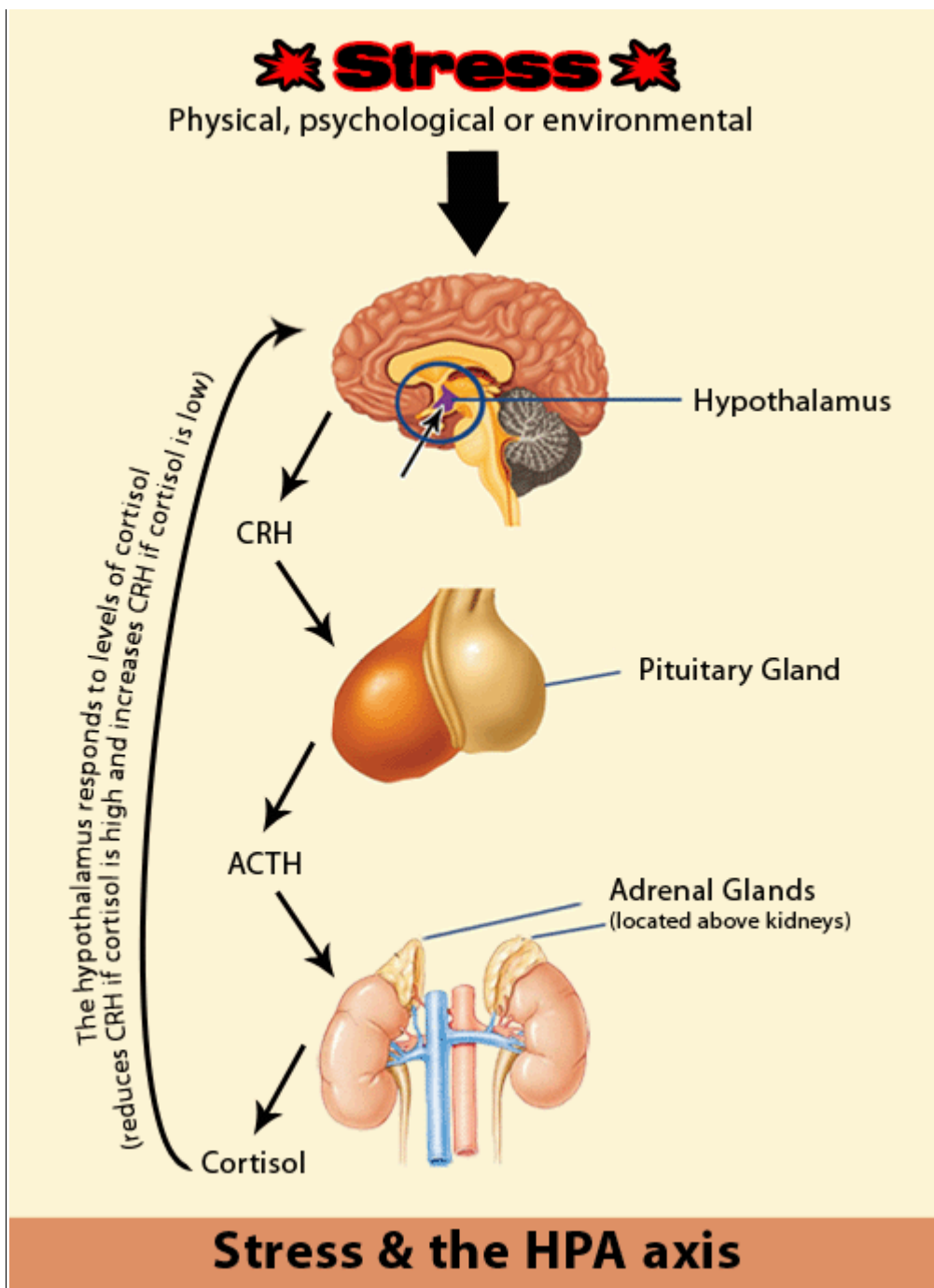
Η σκέψη είναι για το σώμα μας, ότι και το λογισμικό (πρόγραμμα) για έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Η μόνη διαφορά είναι ότι ενώ ο υπολογιστής χρειάζεται χειριστή για να του εισαγάγει ένα πρόγραμμα ο ανθρώπινος νους είναι ικανός για πρωτότυπη σκέψη. Ανακαλύψεις, καλλιτεχνήματα, φιλοσοφίες και ολόκληροι πολιτισμοί ξεκίνησαν από μια σκέψη.

Η γέφυρα μεταξύ της σκέψης και της σωματικής λειτουργίας είναι τα συναισθήματα μας. Αν το εξετάσουμε από την ανατομική πλευρά βλέπουμε ότι ο φλοιός του εγκεφάλου συνδέεται με την υπόφυση και τον υποθάλαμο, όπου βρίσκονται τα κέντρα ελέγχου του ορμονικού μας συστήματος.

Με απλά λόγια μια σκέψη φέρνει στην επιφάνεια ένα συναίσθημα και αυτό με την σειρά του προκαλεί την έκκριση κάποιας ορμόνης.

Αν σκεφτούμε μια φορά που βρεθήκαμε σε δύσκολη θέση, αυτό μπορεί να μας κάνει να νοιώσουμε το συναίσθημα της ντροπής και έτσι να εμφανιστεί ένα κοκκίνισμα στα μάγουλα μας. Διαφορετικά συναισθήματα όπως ο φόβος, η χαρά, η ανία, η θλίψη προκαλούν αντίστοιχες ορμονικές εκκρίσεις.

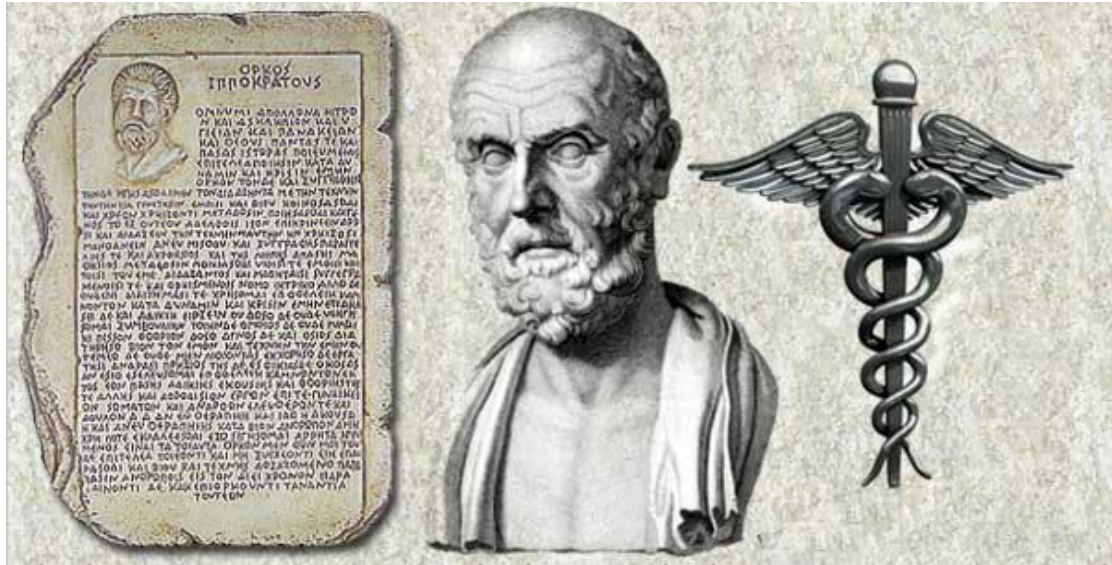
Σε έναν σύγχρονο κόσμο όπου η αβεβαιότητα για το μέλλον και ο φόβος για μας και για αυτούς που αγαπάμε είναι κυρίαρχα συναισθήματα, είναι επόμενο να επηρεάζεται άμεσα και η σωματική μας υγεία πέρα από την πνευματική μας κατάσταση. Το ψυχικό στρες μετατρέπεται σε βιολογικό, διαταράσσει την μεταβολική και ορμονική μας ισορροπία και είναι η σκανδάλη ή πολλές φορές και η αιτία πίσω από χρόνια νοσήματα.



Εικόνα Π7: φλοιός του εγκεφάλου συνδέεται με την υπόφυση και τον υποθάλαμο, όπου βρίσκονται τα κέντρα ελέγχου του ορμονικού μας συστήματος. Η έκκριση των ορμονών επηρεάζουν τα ζωτικά όργανα όπως ο εγκέφαλος στην απόκριση του στρεσογόνου φαύλου κύκλου.

Ο γιατρός πρέπει να βοηθήσει τον ασθενή να διαχωρίσει το μεταβολικό με το ψυχολογικό στρες γιατί διαφορετικά αυτός ο φαύλος κύκλος επιδεινώνει σταθερά την υγεία του δεύτερου και πολλές φορές και του ίδιου του γιατρού.

Οι γιατροί είναι μια ομάδα του πληθυσμού με αυξημένους δείκτες νοσηρότητας σε ασθένειες που σχετίζονται με το στρες.



Σχήμα Π8: Ιατρική & Όρκος Ιπποκράτους

Ένα Βαρύ Έργο

Συνοψίζοντας η ιατρική επιστήμη δύναται να προσεγγίσει την υγεία μας σε τέσσερα επίπεδα:

1. Σκέψη
2. Ηλεκτρομαγνητικό
3. Βιοχημικό – Μοριακό (Metabolomics)
4. Ανατομικό

Όπως μπορεί εύκολα να αντιληφθεί κανείς, το έργο του σύγχρονου θεραπευτή είναι πολύ βαρύ και δύσκολο, γιατί τα πάντα γύρω τείνουν να αποσταθεροποιήσουν την υγεία των ασθενών του σε όλα τα παραπάνω επίπεδα. Από την διατροφή μέχρι και τα δελτία ειδήσεων, είμαστε ανά πάσα στιγμή εκτεθειμένοι σε παράγοντες που έχουν αντίθετη κατεύθυνση από αυτήν της καλής υγείας.

Τα παραπάνω δεδομένα μπορούν να γίνουν ένα εργαλείο ώστε να εντοπίσει κανείς ευκολότερα από πού βάλλεται και σε ποια κατεύθυνση να στραφεί. Όσο μεγαλύτερη η κατανόηση σε ένα θέμα, τόσο μεγαλύτερη είναι και η θέληση και η ικανότητα μας να κάνουμε κάτι γι αυτό.

Σήμερα παρότι ζούμε σε μια ιδιαίτερα δύσκολη εποχή για πολλούς λόγους, είμαστε παρόλα αυτά σε θέση να κάνουμε για την υγεία μας περισσότερα απ' ότι σε οποιαδήποτε άλλη εποχή στην ιστορία της ανθρωπότητας.

Στην Υγείά Σας!

Πηγές:

en.wikipedia.org/wiki/File:William_Harvey_2.jpg

en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_magnetic_resonance

www.britannica.com/EBchecked/Anaxagoras

hmg.oxfordjournals.org/content/6/9/1451.full

www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21170889

www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21109217

[/uploads/file/Metabolimics.pdf](#)

[/uploads/metabolismpromotes.pdf](#)

[ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov.pdf](#)

[/uploads/file/epigenetics.pdf](#)

Επιγενετική

(Διαδικτυακό άρθρο: Dr. Δημήτρης Τσουκαλάς *Ιατρείο Χρονίων Νοσημάτων και Μεταβολικών Διαταραχών - Διδάκτωρ*

Πανεπιστημίου Universita' degli Studi di Napoli, Federico II

Μετεκπαιδεύτηκε στην Ιατρική Σχολή του Πανεπιστημίου του Χάρβαρντ - President of The European Institute of Nutritional Medicine E.I.Nu.M)



Εικόνα Π9: Αλλαγή πλεύσης ζητούν Ελβετοί επιστήμονες για τις πολιτικές δημόσιας Υγείας. Η Δημόσια Υγεία είναι επένδυση για τη διατήρηση και βελτίωση του ανθρώπινου κεφαλαίου της χώρας.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ - “Το προλαμβάνειν κάλλιον του θεραπεύειν...”

Σύμφωνα με τον Ν.3370/2005 άρθρο 1 και 2 "Η Δημόσια Υγεία είναι επένδυση για τη διατήρηση και βελτίωση του ανθρώπινου κεφαλαίου της χώρας. Ως Δημόσια Υγεία ορίζεται το σύνολο των οργανωμένων δραστηριοτήτων της πολιτείας και της κοινωνίας, που είναι επιστημονικά τεκμηριωμένες και αποβλέπουν στην πρόληψη

νοσημάτων, στην προστασία και την προαγωγή της υγείας του πληθυσμού, στην αύξηση του προσδόκιμου επιβίωσης και στη βελτίωση της ποιότητας ζωής...". "Στενά συνδεδεμένες με την έννοια της Δημόσιας Υγείας είναι οι έννοιες της ανάπτυξης και προαγωγής της υγείας, της εκτίμησης των επιπτώσεων στην υγεία διαφόρων πολιτικών και προγραμμάτων, της διαχείρισης του κινδύνου για την υγεία, της βελτίωσης της ποιότητας των υπηρεσιών και των συνθηκών διαβίωσης, καθώς και των προτεραιοτήτων για την υγεία.

Στην ευρύτερη έννοια της Δημόσιας Υγείας περιλαμβάνονται, επίσης, ο σχεδιασμός και η αποτίμηση των υπηρεσιών υγείας, καθώς και η κοινωνικοοικονομική αξιολόγηση των υγειονομικών προγραμμάτων και παρεμβάσεων...". Σε γενικές γραμμές, η Δημόσια Υγεία αναφέρεται στην «υγεία του πληθυσμού», και η εφαρμογή της είναι θέμα κυρίως «πολιτικής επιλογής» (Κρεμαστινού, 2007).



Εξαιτίας όλων των ανωτέρω καθίσταται εμφανές το ότι η Πρόνοια – πρόληψη μας δίνει προβάδισμα στην Διατήρηση της Υγείας & πλεονέκτημα έναντι της Ύασης, χωρίς οι δύο τελευταίες να είναι αντιμαχόμενες ή ανταγωνιστικές. Ακριβώς το αντίθετο μάλιστα: λειτουργούν & είθισται να λειτουργούν σε συνέργεια, προκειμένου να προλαμβάνουν την εντροπία του σύμπαντος, τη ροπή δηλαδή προς την αταξία, καθώς & να διορθώνουν αυτήν όποτε κρίνεται σκόπιμο. Έτσι καθώς επί παραδείγματι υπέστημεν εσφαλμένη Διαπαιδαγώγηση & νοσήσαμε πολυεπίπεδα & ποικιλοτρόπως, στην επαναφορά & αναμόχλευση του ιδίου ζητήματος είθισται όπως χρησιμοποιήσουμε την Πρόνοια προς αποφυγή επανάληψης σφαλμάτων με αντίκτυπο στην Υγεία, τόσο την ανθρώπινη όσο & την Περιβαλλοντική. Εξ' άλλου στα πλαίσια του ΠΜΣ: Περιβάλλον & Υγεία: Περιβαλλοντικά Προβλήματα με επιπτώσεις στην Υγεία, κατέστη σαφές ότι οι δύο τελευταίες είναι αλληλεξαρτώμενες, αλληλοσυμπληρούμενες & τελικά το ένα και το αυτό.



Σχήμα Π10: Υγεία... ένα αυτό-νόητο πολύτιμο δημόσιο δωρεάν αγαθό



Οι μέρες μας στην Ιατρική Σχολή Αθηνών & το ΠΜΣ «ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ ΜΕ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ» όχι απλώς προσέφεραν νέα γνώση & νέα επίπεδα αντίληψης & κατανόησης αλλά υπενθύμισαν & επισφράγισαν το λειτούργημα της επιστημονικής & επαγγελματικής μου ιδιότητας για την Υγεία & τον άνθρωπο.

Γεώργιος Αθ. Ντάκος
Υγιεινολόγος MSc Ιατρικής Σχολής Αθηνών
Επόπτης Δημόσιας Υγείας

