

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΜΗΜΑ  
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

Θέμα:

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ  
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ  
ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΤΟΥ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ

Ι. ΣΑΡΡΗ

ΑΘΗΝΑ 2013

## **Ευχαριστίες:**

Η εργασία είναι αφιερωμένη στην οικογένειά μου για την υποστήριξη που μου παρείχαν τόσο καιρό.

## Αριθμός Διπλωματικής Εργασίας:

Τίτλος: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ

Φοιτητής: Σαρρής Ιωάννης  
Επιβλέπων: Μαλαπέστας Σωτήρης

### Περίληψη

Στην σημερινή εποχή ο άνθρωπος βρίσκεται συνέχεια εκτεθειμένος σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία τα οποία παράγονται από την φύση ή από τεχνητές πηγές που ανακάλυψε ο ίδιος. Αυτό όμως που προβληματίζει τους ανθρώπους είναι εάν επηρεάζεται η υγεία τους από τα πεδία αυτά.

Στο ερώτημα αυτό προσπαθούν να δώσουν απάντηση οι επιστήμονες, οι διεθνείς και κρατικοί οργανισμοί πραγματοποιώντας μετρήσεις, μελέτες και έρευνες με στόχο να προσδιορίσουν τις επιδράσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην υγεία του ανθρώπου και να ορίσουν τα όρια έκθεσης στα πεδία αυτά.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να παρουσιάσει τα ηλεκτρομαγνητικά, ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία που δέχεται ο άνθρωπος στην καθημερινότητά του είτε αυτά παράγονται από φυσικές πηγές όπως είναι ο ήλιος είτε από τεχνητές πηγές όπως είναι οι οικιακές συσκευές, η κινητή τηλεφωνία, το ηλεκτρικό δίκτυο κ.α. Επίσης, παρουσιάζονται οι τρόποι υπολογισμού της έκθεσης του ανθρώπου στα πεδία αυτά και τα πιθανά προβλήματα που παρουσιάζονται στην υγεία του ανθρώπου εξαιτίας της έκθεσης.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στις βασικές έννοιες των πεδίων και στις σημαντικότερες πηγές τους. Ακόμα ορίζονται χαρακτηριστικά μεγέθη που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων και των ορίων έκθεσης του ανθρώπου στα πεδία.

## **Αριθμός Διπλωματικής Εργασίας:**

**Τίτλος:** ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ

Φοιτητής:  
Επιβλέπουσα:

### **Περίληψη**

Στην σημερινή εποχή ο άνθρωπος βρίσκεται συνέχεια εκτεθειμένος σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία τα οποία παράγονται από την φύση ή από τεχνητές πηγές που ανακάλυψε ο ίδιος. Αυτό όμως που προβληματίζει τους ανθρώπους είναι εάν επηρεάζεται η υγεία τους από τα πεδία αυτά.

Στο ερώτημα αυτό προσπαθούν να δώσουν απάντηση οι επιστήμονες, οι διεθνείς και κρατικοί οργανισμοί πραγματοποιώντας μετρήσεις, μελέτες και έρευνες με στόχο να προσδιορίσουν τις επιδράσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην υγεία του ανθρώπου και να ορίσουν τα όρια έκθεσης στα πεδία αυτά.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να παρουσιάσει τα ηλεκτρομαγνητικά, ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία που δέχεται ο άνθρωπος στην καθημερινότητά του είτε αυτά παράγονται από φυσικές πηγές όπως είναι ο ήλιος είτε από τεχνητές πηγές όπως είναι οι οικιακές συσκευές, η κινητή τηλεφωνία, το ηλεκτρικό δίκτυο κ.α. Επίσης, παρουσιάζονται οι τρόποι υπολογισμού της έκθεσης του ανθρώπου στα πεδία αυτά και τα πιθανά προβλήματα που παρουσιάζονται στην υγεία του ανθρώπου εξαιτίας της έκθεσης.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στις βασικές έννοιες των πεδίων και στις σημαντικότερες πηγές τους. Ακόμα ορίζονται χαρακτηριστικά μεγέθη που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων και των ορίων έκθεσης του ανθρώπου στα πεδία.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία της ιονίζουσας ακτινοβολίας και των επιδράσεων που έχει στον άνθρωπο. Κυρίως παρουσιάζεται η βασική πηγή ιονίζουσας ακτινοβολίας που είναι η υπεριώδης ακτινοβολία του ήλιου και τα προβλήματα που προκαλεί.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται εκτενής αναφορά στα πεδία που παράγονται από τις ηλεκτρικές συσκευές που χρησιμοποιούνται στα σπίτια από τους ανθρώπους αλλά και το πώς επηρεάζουν αυτά την υγεία.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία του δικτύου μεταφοράς και διανομής της ΔΕΗ και ταυτόχρονα προσδιορίζονται οι επιδράσεις των πεδίων που παράγουν όταν βρίσκονται κοντά σε κατοικημένες περιοχές

Στο έκτο κεφάλαιο αναφέρονται τα προβλήματα που μπορούν να προκαλέσουν τα κινητά τηλέφωνα και γενικά το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας που υπάρχει στην χώρα μέσω των πεδίων που παράγουν.

Στο έβδομο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα διάφορα είδη ραντάρ που χρησιμοποιούνται και στα αποτελέσματά τους. Ενώ στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην χρήση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην ιατρική και παρουσιάζονται οι δόσεις ακτινοβολίας που δεχόμαστε μέσω των εξετάσεων αλλά και τα προβλήματα που μπορούν να προκαλέσουν.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα όρια έκθεσης που ισχύουν στην χώρα μας αλλά και στην Ευρωπαϊκή Ένωση καθώς και ο τρόπος ανάλυσης της έκθεσης σε πολλαπλές πηγές.

Στο ενδέκατο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην μακροσκοπική και μικροσκοπική ανάλυση της έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Στο τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι τρόποι μέτρησης της έκθεσης του ανθρώπου σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία συχνότητας έως 300 GHz.

## **ABSTRACT**

Nowadays, human is continually exposed to electromagnetic fields, which are produced by nature or artificial sources which has discovered himself. However, the issue that troubles people is whether their health is affected by these fields or not.

In this question have been trying to get answers the scientists, international and governmental organizations by carrying out measurements and scientific researches in order to define the impacts of electromagnetic fields on human's health and determine the exposition limits to these fields.

The target of this work is to present the electromagnetic, electric and magnetic fields which human receives in his daily routine, whether are produced by natural sources like sun or artificial sources like household appliances, mobile phones, electricity etc. Furthermore, are being displayed ways of estimation of human's exposure to these fields and probable repercussions in human's health owing to this exposure.

In chapter two, there is an extensive reference to basic rudiments of fields and their main sources. In addition, are being defined typical magnitudes which are used in specification of electromagnetic fields and human's exposure to these.

In chapter three, are displayed the basic facts of ionizing radiation and its impacts on human. It is mostly presented the main source of ionizing radiation which is ultraviolet radiation of sun and problems which are produced.

In chapter four, there is an extensive reference to fields which are produced by household appliances used in people's houses and how are affect their health.

In chapter five, are being presented the basic facts of conveyance and distribution main of  $\Delta.E.H$  and at the same time are defined the impacts which the fields produce when they are near inhabitable areas.

In chapter six, are mentioned the problems which can cause mobile phones and generally mobile telephony network which exists in the country through the fields which they produce.

In chapter seven, there is a reference to the several types of radar which are used and their results. Whereas, in the next chapter there is a reference to the use of electromagnetic fields in medicine and are being presented radiation doses which we receive through examinations and other problems which can cause.

Furthermore, are being presented the exposure limits which take effect in our country and European Union and also the way of analysis of exposure to multiple sources.

In chapter eleven, there is a reference to macroscopic and microscopic analysis of exposure to electromagnetic fields. In the last chapter, there are being presented the ways of measurement of human's exposure to electromagnetic fields with frequency up to 300 GHz.

.....



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT.....	6
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	12
2. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΚΑΙ Η/Μ ΚΥΜΑ	
- ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ.....	13
2.1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ.....	13
2.2. ΠΗΓΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ.....	13
2.3. ΕΙΔΗ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ.....	14
2.3.1.1. ΙΟΝΙΖΟΥΣΑ	
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ.....	16
2.3.1.2. ΜΗ ΙΟΝΙΖΟΥΣΑ	
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ.....	17
2.4. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ.....	18
2.4.1.1. ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ.....	18
2.4.1.2. ΣΤΑΘΕΡΕΣ.....	19
2.4.1.3. ΟΡΟΙ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ.....	19
3. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΙΟΝΙΖΟΥΣΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	
ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ.....	26
3.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	26
3.2. ΥΠΕΡΙΩΔΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ.....	27
3.2.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	27
3.2.2. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝΤΗΝ	
ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ.....	29
3.2.3. ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ.....	30
3.2.4. ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΦΥΛΑΞΗΣ.....	33

3.3.	ΑΚΤΙΝΕΣ Χ.....	34
3.4.	ΑΚΤΙΝΕΣ Γ-ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	35
<b>4.</b>	<b>ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ.....</b>	<b>36</b>
4.1.	ΓΕΝΙΚΑ.....	36
4.2.	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΙΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΙΣ.....	38
4.3.	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΛΕΟΡΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΘΟΝΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ.....	41
4.4.	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΟΙΚΙΑΚΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ.....	42
4.5.	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΣΥΣΚΕΥΕΣ WLAN.....	43
<b>5.</b>	<b>ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΤΗΣ ΔΕΗ.....</b>	<b>44</b>
5.1.	ΓΕΝΙΚΑ.....	44
5.2.	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΚΑΙ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ.....	45
5.3.	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥΣ.....	46
5.4.	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΓΡΑΜΜΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ.....	48
<b>6.</b>	<b>ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ..</b>	<b>53</b>
6.1.	ΓΕΝΙΚΑ.....	53
6.2.	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΚΙΝΗΤΩΝ ΤΗΛΕΦΩΝΩΝ....	53
6.3.	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ.....	59
6.3.1.	ΓΕΝΙΚΑ.....	59
6.3.2.	ΣΤΑΘΜΟΙ ΒΑΣΗΣ.....	62

<b>7. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΑΠΟ ΚΕΡΑΙΕΣ ΡΑΝΤΑΡ.....</b>	<b>69</b>
7.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	69
7.2. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΠΟ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ ΚΕΡΑΙΩΝ ΡΑΝΤΑΡ.....	72
7.2.1. ΡΑΝΤΑΡ ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ.....	72
7.2.2. ΡΑΝΤΑΡ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ.....	72
7.2.3. ΛΟΙΠΑ ΕΙΔΗ ΡΑΝΤΑΡ.....	73
<b>8. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ ΚΑΙ ΙΑΤΡΙΚΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ.....</b>	<b>74</b>
8.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	74
8.2. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ.....	75
8.2.1. ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗ ΚΑΙ ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΑ.....	75
8.2.1.1. ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ.....	76
8.2.1.2. ΟΡΙΑ ΔΟΣΕΙΣ.....	78
8.2.1.3. ΔΟΣΕΙΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΠΟΥ ΔΕΧΟΜΑΣΤΕ ΑΠΟ ΤΙΣ ΙΑΤΡΙΚΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ.....	79
8.2.2. ΠΗΡΥΝΙΚΗ ΙΑΤΡΙΚΗ.....	82
8.2.3. ΑΚΤΙΝΟΘΕΡΑΠΕΙΑ.....	85
<b>9. ΟΡΙΑ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ.....</b>	<b>86</b>
<b>10. ΕΚΘΕΣΗ ΣΕ ΠΗΓΕΣ ΜΕ ΠΟΛΛΑΠΛΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ...92</b>	
<b>11. ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ.....</b>	<b>95</b>

<b>12. ΕΚΘΕΣΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ 0GHz ΕΩΣ 300GHz.....</b>	<b>98</b>
<b>12.1. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΤΙΜΕΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ.....</b>	<b>98</b>
<b>12.2. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ.....</b>	<b>106</b>
<b>12.3. ΟΜΟΓΕΝΟΙ ΜΟΝΤΕΛΑ.....</b>	<b>108</b>
<b>12.4. ΟΜΟΓΕΝΗ ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΝΘΡΩΠΟΥ.....</b>	<b>114</b>
<b>13. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>116</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>118</b>

## 1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το σημερινό περιβάλλον στο οποίο ζεί ο άνθρωπος βομβαρδίζεται καθημερινώς και συνεχώς με ορατές και αόρατες ακτινοβολίες, οι οποίες προέρχονται από το φυσικό περιβάλλον αλλά και από τεχνητά μέσα τα οποία ανακάλυψε ο ίδιος.

Οι φυσικές ακτινοβολίες προέρχονται από πηγές όπως είναι ο ήλιος και η κοσμική ακτινοβολία. Αυτές έχουν θετικές επιπτώσεις στη ζωή μας όπως είναι η φωτοσύνθεση αλλά και αρνητικές όπως η γήρανση. Εάν σε αυτές προσθέσουμε και την ηλεκτρομαγνητική επιβάρυνση που προέρχεται από τις δραστηριότητες του ανθρώπου μέσω των τεχνητών πηγών ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας τότε οι αρνητικές επιπτώσεις που έχει να αντιμετωπίσει ο άνθρωπος στην ζωή του αυξάνονται.

Σε αυτήν την εργασία παρουσιάζονται οι κίνδυνοι που έχει να αντιμετωπίσει ο άνθρωπος από τις ανακαλύψεις της τεχνολογίας όπως είναι η τηλεόραση, το ραδιόφωνο, η κινητή τηλεφωνία, τα ηλεκτρικά δίκτυα κ.α. που πραγματοποίησε ο ίδιος και τους οποίους θα πρέπει να αντισταθμίσει σε σχέση με τις διευκολύνσεις και τα οφέλη που του προσφέρουν στην καθημερινότητά του.

Επίσης, αναλύονται οι αλληλεπιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με τον ανθρώπινο οργανισμό όταν αυτή προέρχεται από ιονίζουσες ακτινοβολίες, δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, δίκτυα μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, οικιακές συσκευές και ιατρικά μηχανήματα.

## **2. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΚΥΜΑ-ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ**

### **2.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ[15]**

Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία (ΗΜΠ), υπάρχουν παντού στο περιβάλλον μας. Μπορεί να είναι φυσικής προέλευσης ή να έχουν δημιουργηθεί από τον άνθρωπο, όπως για παράδειγμα το ηλεκτρικό ρεύμα. Επίσης τα ΗΜΠ μπορεί να είναι υψηλής ή χαμηλής έντασης, συνεχούς ή μικρής διάρκειας και κινούνται με την ταχύτητα του φωτός. Σε βιολογικό επίπεδο, προκαλούν ιονισμό και αύξηση της θερμότητας.

Τα ηλεκτρικά πεδία δημιουργούνται από τις διατάξεις ηλεκτρικής ενέργειας και σχετίζονται με την τάση των αγωγών και την γεωμετρία της διάταξης. Μονάδα μέτρησης των ηλεκτρικών πεδίων είναι  $1V/m$ .

Ενώ τα μαγνητικά πεδία δημιουργούνται από διατάξεις ηλεκτρικής ενέργειας και εξαρτώνται από το μέγεθος της ηλεκτρικού ρεύματος στους αγωγούς. Μονάδα μέτρησης των μαγνητικών πεδίων είναι τα  $\mu T$ . Το φυσικό μαγνητικό πεδίο της γης στην Ελλάδα είναι  $45\mu T$ .

Τα μαγνητικά πεδία διαπερνούν τα περισσότερα φυσικά εμπόδια όπως είναι ο τοίχος ενώ τα ηλεκτρικά πεδία σταματούν μπροστά σε τοίχους ή άλλα φυσικά εμπόδια. Επίσης, τα μαγνητικά πεδία μειώνονται πολύ σημαντικά όταν αυξάνεται η απόσταση από την πηγή εκπομπής τους.

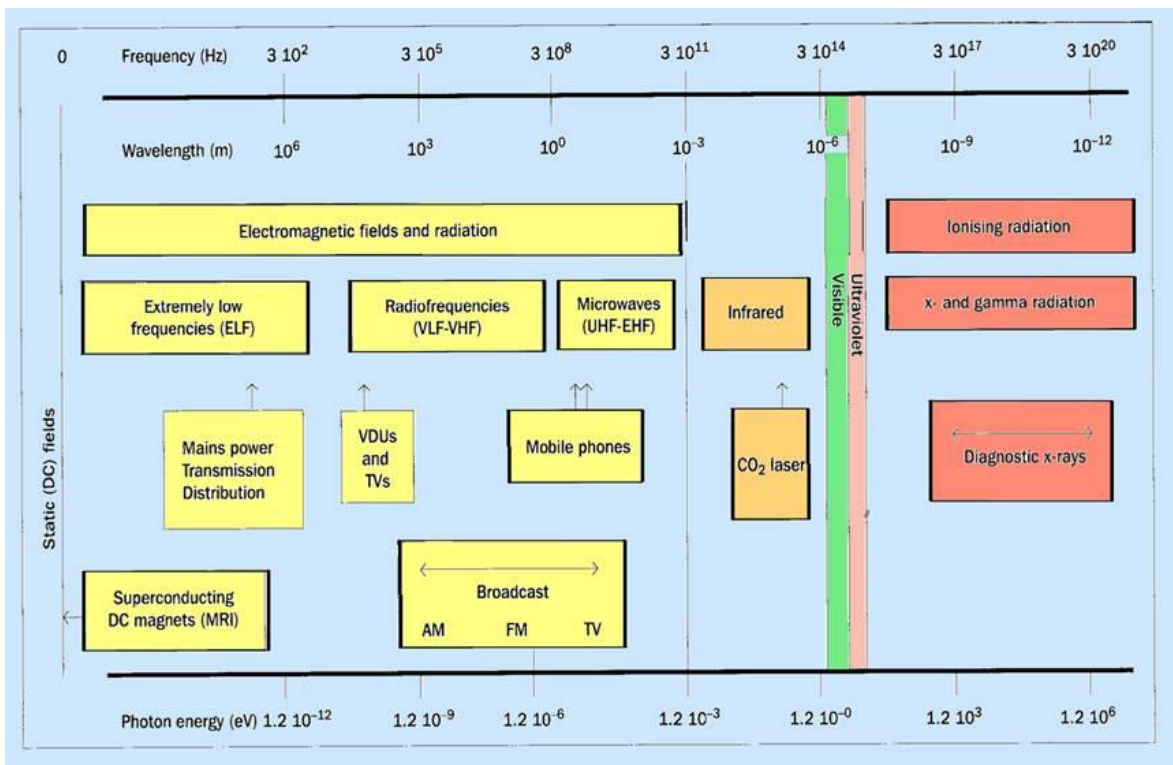
### **2.2 ΠΗΓΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ[1]**

Οι άνθρωποι υποβάλλονται καθημερινά σε μεγάλο αριθμό ΗΜΠ που παράγονται από εξωγενείς παράγοντες. Οι σημαντικότερες πηγές ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων είναι οι εξής:

- Γραμμές υψηλής τάσης και διανομής ηλεκτρικού ρεύματος
- Οικιακές συσκευές όπως φούρνοι μικροκυμάτων, στεγνωτήρες μαλλιών, ηλεκτρικοί φούρνοι, ηλεκτρική θέρμανση,
- Οθόνες ηλεκτρονικών υπολογιστών και τηλεόρασης
- Κινητά τηλέφωνα, κεραιές σταθμών βάσης, ραντάρ, ραδιοφωνικοί και τηλεοπτικοί σταθμοί
- Φυσικές πηγές
- Ακτίνες Χ
- Φως του ήλιου
- Ακτίνες γάμμα
- Ραδιενέργεια

## 2.3 ΕΙΔΗ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ

Η ταξινόμηση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σε ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων ονομάζεται ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Το φάσμα χωρίζεται σε διάφορες περιοχές (ζώνες συχνοτήτων) χωρίς όμως τα όρια μεταξύ των περιοχών αυτών να είναι σαφή και τα ονόματα των περιοχών έχουν σχέση με τον τρόπο παραγωγής τους ή τον τρόπο χρήσης τους.



Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα [2]

Οι περιοχές του Η/Μ φάσματος είναι οι κάτωθι:

- Η περιοχή ELF (extra low frequencies) στην οποία ανήκουν οι ακτινοβολίες με συχνότητες από μερικά Hz μέχρι 300 Hz. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνεται η συχνότητα μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας (50 Hz) του δικτύου της ΔΕΗ με την οποία λειτουργούν όλες οι οικιακές συσκευές.
- Η περιοχή των ραδιοκυμάτων (Radiofrequencies, RF) είναι περιοχή στην οποία εκπέμπουν οι ραδιοφωνικοί σταθμοί και οι σταθμοί τηλεόρασης (από 100kHz μέχρι 300MHz) καθώς και οι συσκευές της τηλεόρασης και οι οθόνες των υπολογιστών στα σπίτια μας.
- Η περιοχή των μικροκυμάτων (microwaves-MW) (300MHz έως 300GHz) είναι η περιοχή στην οποία εκπέμπει η κινητή τηλεφωνία (900 και 1800MHz), η δορυφορική τηλεόραση, τα πολιτικά και στρατιωτικά radars καθώς και οι φούρνοι μικροκυμάτων.[2]

Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα αποτελείται από πολλών ειδών ΗΜΠ και οι διαφορές μεταξύ τους είναι πολύ σημαντικές. Τα χαρακτηριστικά τους εξαρτώνται από το είδος των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που τα δημιουργούν. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι:

- Το μήκος κύματος
- Η συχνότητα
- Η ενέργεια που μεταφέρουν

Το μήκος κύματος είναι αλληλένδετο με τη συχνότητα. Όσο πιο μικρό είναι το μήκος κύματος, τόσο πιο υψηλή είναι η συχνότητα. Σημαντικό χαρακτηριστικό της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που σχετίζεται με το μήκος κύματος και τη συχνότητα, είναι η ενέργεια που μεταφέρει. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα



μεταφέρονται από σωματίδια που ονομάζονται κβάντα. Στην υψηλή συχνότητα (άρα στα μικρά μήκη κύματος) η κβαντική ενέργεια είναι πολύ μεγάλη.

Όταν η μεταφερόμενη ενέργεια είναι μεγάλη, τότε σπάζουν οι δεσμοί μεταξύ των μορίων. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο, καθώς προκαλούνται αλλοιώσεις του γενετικού κώδικα DNA που έχει ως αποτέλεσμα την πρόκληση καρκίνου και άλλων σοβαρών ασθενειών.

Ευτυχώς δεν μπορούν να προκαλέσουν αλλοιώσεις στο DNA όλα τα είδη ΗΜΠ αλλά μόνο αυτά που χαρακτηρίζονται από υψηλή συχνότητα, μικρό μήκος κύματος και υψηλή ενέργεια. Η ακτινοβολία που προκαλεί αλλοιώσεις στο DNA ονομάζεται ιονίζουσα ακτινοβολία. Αντίθετα η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στην οποία υποβάλλεται συνήθως ο άνθρωπος στην καθημερινότητά του είναι η μη ιονίζουσα ακτινοβολία και δεν έχει τέτοιους κινδύνους.

Υπάρχει όμως μια εξαίρεση στην καθημερινή ακτινοβολία που δεχόμαστε και είναι η ιονίζουσα ακτινοβολία από τις υπεριώδεις ακτίνες του ήλιου. Η έκθεση στο ηλιακό φως και κατά συνέπεια στις υπεριώδεις ακτίνες, είναι αιτία δημιουργίας καρκίνου του δέρματος (μελανώματος, ακανθοκυτταρικού και βασεοκυτταρικού καρκινώματος), άλλων αλλοιώσεων και ρυτίδων.

Τα διάφορα είδη ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και τα πεδία που προκύπτουν έχουν διαφορετικές επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό.[1]

### **2.3.1 ΙΟΝΙΖΟΥΣΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ [1]**

Η ιονίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι αυτή που έχει συχνότητα υψηλότερη από το ορατό φως, έχει μικρό μήκος κύματος και μεταφέρει πολύ υψηλή ενέργεια. Περιλαμβάνει τις υπεριώδεις ηλιακές ακτίνες, την κοσμική ακτινοβολία, τις ακτίνες X και γάμμα (ραδιενέργεια). Η ακτινοβολία αυτή είναι επικίνδυνη διότι μπορεί να προκαλέσει ιονισμό.

Ο ιονισμός είναι η απόσπαση ηλεκτρονίων από τα άτομα. Το φαινόμενο αυτό είναι επικίνδυνο διότι διασπά τους δεσμούς του DNA και είναι αιτία βλαβών που προκαλούν καρκίνο και άλλες ασθένειες.

### **2.3.2 ΜΗ ΙΟΝΙΖΟΥΣΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ [1]**

Η μη ιονίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έχει χαμηλή συχνότητα, μεγάλο μήκος κύματος και η ενέργεια που μεταφέρει είναι χαμηλή και δεν μπορεί να προκαλέσει ιοντισμό. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν οι πηγές ΗΜΠ που έχουν κατασκευαστεί από τον άνθρωπο και στα οποία υποβαλλόμαστε καθημερινά (ραδιοκύματα, μικροκύματα, ηλεκτρισμός).

Τα ΗΜΠ που παράγονται από τα καλώδια ηλεκτρικού ρεύματος και τις ηλεκτρικές συσκευές στο σπίτι, είναι εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας που φτάνουν μέχρι 300 Hz και οι ραδιοσυχνότητες βρίσκονται μεταξύ 10 MHz και 300 GHz. Η κυριότερη επίδραση των ραδιοκυμάτων (κινητά τηλέφωνα, κεραίες σταθμών βάσης, ραδιοφωνικές και τηλεοπτικές εκπομπές, μικροκύματα) στον ανθρώπινο οργανισμό είναι η αύξηση της θερμότητας στους ιστούς. Για να επέλθει όμως το φαινόμενο αυτό, χρειάζεται μια ισχυρότερη έκθεση από αυτή που συνήθως συμβαίνει στο καθημερινό μας περιβάλλον. Στις ραδιοσυχνότητες, επειδή τα μαγνητικά και ηλεκτρικά πεδία σχετίζονται πολύ στενά, η μονάδα μέτρησή τους είναι η πυκνότητα ισχύος ( $W/m^2$ ).

Τα μικροκύματα μεταφέρουν υψηλές ενέργειες. Όταν διαπερνούν κάτι που περιέχει νερό, προκαλούν δονήσεις στα μόρια του νερού και έτσι παράγουν θερμότητα. Αυτή είναι η θερμαντική ιδιότητα των μικροκυμάτων που χρησιμοποιείται στους φούρνους μικροκυμάτων για το ζέσταμα ή το ψήσιμο των φαγητών.

## 2.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

### 2.4.1 ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ [7]

Ποσότητα	Σύμβολο	Μονάδα	Διάσταση
Πυκνότητα μαγνητικής ροής	B	Tesla(Vs/m <sup>2</sup> )	T
Ηλεκτρική πυκνότητα ροής	D	Coulomb per square metre	Cm <sup>-2</sup>
Ένταση ηλεκτρικού πεδίου	E	Volt per metre	Vm <sup>-1</sup>
Συχνότητα	f	Hertz	Hz
Ένταση μαγνητικού πεδίου	H	Ampere per metre	Am <sup>-1</sup>
Πυκνότητα ρεύματος	J	Ampere per square metre	Am <sup>-2</sup>
Πυκνότητα ισχύος	S	Watt per square metre	Wm <sup>-2</sup>
Ειδικό ποσοστό απορρόφησης	SAR	Watt per kilogram	Wkg <sup>-1</sup>
Θερμοκρασία	T	Kelvin	K
Ηλεκτρική διαπερατότητα	ε	Farad per metre	Fm <sup>-1</sup>
Μήκος κύματος	λ	Metre	m
Μαγνητική διαπερατότητα	μ	Henry per metre	Hm <sup>-1</sup>
Πυκνότητα μάζας	ρ	Kilogram per cubic metre	Kgm <sup>-3</sup>
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	σ	Siemens per metre	Sm <sup>-1</sup>

## 2.4.2 ΣΤΑΘΕΡΕΣ [7]

Φυσικές Σταθερές	Σύμβολο	Μέγεθος
Ταχύτητα του φωτός στο κενό	c	$2,998 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$
Ηλεκτρική διαπερατότητα στο κενό	$\epsilon_0$	$8,854 \cdot 10^{12} \text{ Fm}^{-1}$
Μαγνητική διαπερατότητα στο κενό	$\mu_0$	$4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ Hm}^{-1}$
Αντίσταση στο κενό	$Z_0$	120π(ή 377)Ω

## 2.4.3 ΟΡΟΙ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ [7]

### 2.4.3.1 Κεραίες

Οι κεραίες είναι αγώγιμα στοιχεία που ακτινοβολούν ή λαμβάνουν ενέργεια στο φάσμα της ραδιοσυχνότητας.

### 2.4.3.2 Μέση (χρονική) απορροφόμενη δύναμη $P_{avg}$

Χρονικός-μέσος όρος της μεταφερόμενης ενέργειας που καθορίζεται από την σχέση:

$$P_{avg} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} P(t) dt$$

όπου τα  $t_1$  και  $t_2$  είναι ο χρόνος έναρξης και λήξης της έκθεσης (η περίοδος  $t_2 - t_1$  είναι η διάρκεια έκθεσης).

### 2.4.3.3 Μέσος χρόνος $t_{avg}$

Ο κατάλληλος χρόνος κατά την διάρκεια του οποίου η έκθεση υπολογίζεται κατά μέσο όρο για λόγους καθορισμού και συμμόρφωσης.

#### **2.4.3.4 Εύρος ζώνης**

Φάσμα ή εύρος ζώνης συχνοτήτων του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος ενός συστήματος το οποίο είναι σε θέση να λαμβάνει και να εκπέμπει.

#### **2.4.3.5 Βασικοί περιορισμοί (ή βασικά όρια)**

Τιμές για την έκθεση του ανθρώπου σε χρονικά μεταβαλλόμενα ηλεκτρικά, μαγνητικά και ηλεκτρομαγνητικά πεδία που βασίζονται σε επίπεδα έκθεσης για τα οποία υπάρχουν επιπτώσεις στην υγεία και περιλαμβάνουν υψηλό επίπεδο ασφάλειας. Οι τιμές αυτές μπορούν να καθοριστούν από την πυκνότητα ρεύματος, το επιτόπιο ηλεκτρικό πεδίο και το ειδικό ποσοστό απορρόφησης.

#### **2.4.3.6 Μεταφορέας**

Συχνότητα που χρησιμοποιείται για την μεταφορά δεδομένων με την κατάλληλη διαμόρφωση του μεταφορέα κυματομορφής.

#### **2.4.3.7 Αγωγιμότητα $\sigma$**

Αναλογία αγωγιμότητας και πυκνότητας ρεύματος στην ένταση του ηλεκτρικού πεδίου ενός μέσου

$$\mathbf{J} = \sigma * \mathbf{E}$$

#### **2.4.3.8 Πυκνότητα ρεύματος $\mathbf{J}$**

Ηλεκτρομαγνητικό πεδίο ρεύματος ανά μονάδα επιφάνειας στο εσωτερικό του σώματος.

#### **2.4.3.9 Ένταση ηλεκτρικού πεδίου $\mathbf{E}$**

Μέγεθος ενός διανυσματικού πεδίου σε ένα σημείο που αντιπροσωπεύει τη δύναμη ( $F$ ) σε ένα απείρως μικρό φορτίο ( $q$ ) που διαιρείται με το φορτίο.

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q}$$

#### **2.4.3.10 Ηλεκτρική πυκνότητα ροής D**

Μέγεθος ενός διανυσματικού πεδίου που είναι ίσο με την ένταση ηλεκτρικού πεδίου (E) πολλαπλασιασμένη με την ηλεκτρική διαπερατότητα ( $\epsilon$ )

$$\mathbf{D} = \mathbf{E} * \epsilon$$

#### **2.4.3.11 Έκθεση**

Παρουσιάζεται όποτε και οπουδήποτε ένα άτομο υποβάλλεται σε ηλεκτρικά, μαγνητικά, ηλεκτρομαγνητικά πεδία ή ρεύματα αφής εκτός από εκείνα που προέρχονται από φυσιολογικές διεργασίες στον οργανισμό και άλλα φυσικά φαινόμενα.

#### **2.4.3.12 Επίπεδο έκθεσης**

Τιμή της ποσότητας που υπόκειται σε ανάλυση όταν ένα άτομο εκτίθεται σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία ή ρεύματα αφής.

#### **2.4.3.13 Απαιτήσεις έκθεσης**

Πρότυπο ή σύσταση, που καθορίζεται από σύνολο οδηγιών, ορίων ή άλλο έγγραφο που καθορίζει τα επίπεδα έκθεσης για λόγους καθοδήγησης, αξιολόγησης και συμμόρφωσης.

#### **2.4.3.14 Απομακρισμένο πεδίο**

Η περιοχή του πεδίου μιας κεραίας όπου η γωνιακή κατανομή πεδίων είναι ουσιαστικά ανεξάρτητη της απόστασης από την κεραία. Σε αυτήν την περιοχή (ονομάζεται επίσης ελεύθερου χώρου περιοχή) το πεδίο έχει χαρακτήρα επίπεδου κύματος δηλαδή τοπικά ομοιόμορφη κατανομή του ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου σε επίπεδα εγκάρσια με την κατεύθυνση διάδοσης.

#### **2.4.3.15 Αρμονικές**

Πολλαπλάσιες μιας κύριας συχνότητας και πάντα παρουσιάζουν χαμηλότερα πλάτη.

#### **2.4.3.16 Προκληθέν ρεύμα**

Ρεύμα που προκαλείται μέσα στο σώμα ως αποτέλεσμα της άμεσης έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία.

#### **2.4.3.17 Πυκνότητα μαγνητικής ροής B**

Μέγεθος ενός διανυσματικού πεδίου H που πολλαπλασιάζεται με την διαπερατότητα ( $\mu$ ) του μέσου

$$\mathbf{B} = \mu * \mathbf{H}$$

#### **2.4.3.18 Ένταση μαγνητικού πεδίου H**

Μέγεθος ενός διανυσματικού πεδίου σε ένα σημείο που είναι αποτέλεσμα μιας δύναμης (F) πάνω σε ένα φορτίο (q) που κινείται με ταχύτητα (u)

$$\mathbf{F} = \mathbf{q} * (\mathbf{u} \times \mu * \mathbf{H})$$

(η πυκνότητα μαγνητικής ροής διαιρείται με την διαπερατότητα του μέσου βλέπε πυκνότητα μαγνητικής ροής)

#### **2.4.3.19 Εγγύς πεδίο**

Γενικά η περιοχή κοντά σε μια ακτινοβολούσα κατασκευή στην οποία τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία δεν έχουν χαρακτήρα επίπεδου κύματος αλλά διαφέρουν αρκετά από σημείο σε σημείο. Η περιοχή του εγγύς πεδίου διαιρείται σε δύο επιμέρους περιοχές, την αντιδραστική περιοχή του εγγύς πεδίου που είναι η πιο κοντινή στην ακτινοβολούσα κατασκευή και περιέχει την περισσότερη η σχεδόν όλη την αποθηκευμένη ενέργεια και την ακτινοβολούσα περιοχή του εγγύς πεδίου είναι αυτή όπου το πεδίο ακτινοβολίας υπερτερεί του αντιδραστικού πεδίου, αλλά στερείται χαρακτήρα επίπεδου κύματος και έχει περίπλοκη δομή.

#### **2.4.3.20 Διαπερατότητα $\mu$**

Ιδιότητα ενός υλικού που καθορίζει τη σχέση μεταξύ της πυκνότητας μαγνητικής ροής B και της έντασης του μαγνητικού πεδίου H. Χρησιμοποιείται συνήθως ως συνδυασμός της διαπερατότητας ελεύθερου χώρου και της σχετικής διαπερατότητας για το συγκεκριμένο διηλεκτρικό υλικό

$$\mu = \mu_R * \mu_0$$

όπου  $\mu$  είναι η διαπερατότητα του μέσου που εκφράζεται σε  $\text{Hm}^{-1}$

$\mu_0$  είναι η διαπερατότητα του κενού

$\mu_R$  είναι η σχετική διαπερατότητα

#### 2.4.3.21 Ηλεκτρική διαπερατότητα $\epsilon$

Ιδιότητα ενός διηλεκτρικού υλικού (π.χ. βιολογικός ιστός) που καθορίζει τη σχέση μεταξύ της ηλεκτρικής πυκνότητας ροής  $D$  και της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου  $E$ . Χρησιμοποιείται συνήθως ως συνδυασμός της ηλεκτρικής διαπερατότητας ελεύθερου χώρου και της σχετικής ηλεκτρικής διαπερατότητας (ή διηλεκτρικής σταθεράς) για το συγκεκριμένο διηλεκτρικό υλικό:

$$\epsilon = \epsilon_R * \epsilon_0$$

όπου  $\epsilon$  είναι η ηλεκτρική διαπερατότητα του μέσου που εκφράζεται σε  $\text{Fm}^{-1}$

$\epsilon_0$  είναι η ηλεκτρική διαπερατότητα του κενού

$\epsilon_R$  είναι η σχετική ηλεκτρική διαπερατότητα

#### 2.4.3.22 Πυκνότητα ισχύος $S$

Είναι ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας κάθετη προς την κατεύθυνση διάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Για τα επίπεδα κύματα, η πυκνότητα ισχύος ( $S$ ), η ένταση ηλεκτρικού πεδίου ( $E$ ) και η ένταση μαγνητικού πεδίου ( $H$ ) σχετίζονται με την αντίσταση ελεύθερου χώρου, δηλαδή  $377\Omega$

$$S = \frac{E^2}{377} = 377 * H^2 = E * H$$

όπου  $E$  και  $H$  εκφράζονται σε μονάδες  $\text{Vm}^{-1}$  και  $\text{Am}^{-1}$  αντίστοιχα, και  $S$  σε  $\text{Wm}^2$



#### 2.4.3.23 Μέγιστη επιτρεπόμενη διάρκεια έκθεσης

Είναι η διάρκεια έκθεσης που έχει προέλθει από τους βασικούς περιορισμούς ή τα βασικά όρια κατά τέτοιο τρόπο ώστε η συμμόρφωση με την τιμή της να εξασφαλίζει ότι υπάρχει συμμόρφωση με τους βασικούς περιορισμούς. Η μη συμμόρφωση με την μέγιστη διάρκεια έκθεσης δεν υπονοεί τη μη συμμόρφωση με τους βασικούς περιορισμούς απ' όπου προέρχεται.

#### 2.4.3.24 Ενεργός τιμή (rms)

Αποτελεσματική τιμή ή τιμή που συνδέεται με το φαινόμενο joule, ενός περιοδικού ηλεκτρομαγνητικού κύματος. Η τιμή rms λαμβάνεται από την τετραγωνική ρίζα του μέσου όρου της τιμής μιας λειτουργίας

$$X = \sqrt{\frac{\int_0^N [f(x)]^2 dx}{N}}$$

Ή σε ισοδύναμη μορφή του για μια σειρά διακριτών τμημάτων

$$X = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N (x_n)^2}{N}}$$

#### 2.4.3.25 Root-sum-square (rss)

Αποτελεσματική τιμή ή τιμή που συνδέεται με το φαινόμενο joule, ενός περιοδικού ηλεκτρομαγνητικού κύματος. Η τιμή rss λαμβάνεται από την τετραγωνική ρίζα του αθροίσματος της τιμής μιας λειτουργίας

$$X = \sqrt{\int_0^N [f(x)]^2 dx}$$

Ή σε ισοδύναμη μορφή του για μια σειρά διακριτών τμημάτων

$$X = \sqrt{\sum_{n=1}^N (x_n)^2}$$

#### 2.4.3.25 Ποσοστό απορρόφησης SAR

Χρονική παράγωγος της στοιχειώδους ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας (dW) που απορροφάται από μια στοιχειώδη μάζα (dm) που περιλαμβάνεται σε έναν στοιχειώδη όγκο (dV) δεδομένης μαζικής πυκνότητας (ρ)

$$SAR = \frac{d\left(\frac{dW}{dm}\right)}{dt} = \frac{d\left(\frac{dW}{\rho dV}\right)}{dt}$$

Το SAR εκφράζεται σε  $Wkg^{-1}$ .

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Το SAR μπορεί να υπολογιστεί από:

$$SAR = \frac{\sigma E_i^2}{\rho}$$
$$SAR = c_i \frac{dT}{dt} |_{att^0}$$

Όπου

$E_i$ : rms τιμή της ισχύος των ηλεκτρικών πεδίων στον ιστό σε V/m

$\sigma$ : αγωγιμότητα του ιστού των σωμάτων σε S/m

$\rho$ : πυκνότητα του ιστού των σωμάτων σε  $kg/m^3$

$c_i$ : ειδική θερμοχωρητικότητα των ιστών του σώματος σε J/kg

$dT/dt$ : αρχική χρονική παράγωγος της θερμοκρασίας στον ιστό των σωμάτων σε K/s

#### 2.4.3.26 Ρεύμα αφής-ρεύμα επαφών

Ηλεκτρικό ρεύμα που περνά μέσω του ανθρώπινου σώματος όταν αυτό αγγίζει ένα ή περισσότερα προσιτά μέρη μιας εγκατάστασης ή ενός εξοπλισμού.

#### 2.4.3.27 Μήκος κύματος

Το μήκος κύματος ( $\lambda$ ) ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος σχετίζεται με τη συχνότητα (f) και την ταχύτητα (u) του κύματος από την έκφραση

$$\lambda = u/f$$

όπου  $v$  είναι η ταχύτητα του κύματος σε  $ms^{-1}$

### 3. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΙΟΝΙΖΟΥΣΑΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ

#### 3.1 ΓΕΝΙΚΑ [14]

Οι ιονίζουσες ακτινοβολίες είναι εκείνες που μεταφέρουν ενέργεια ικανή να εισχωρήσει στην ύλη, να προκαλέσει ιονισμό των ατόμων, να διασπάσει βίαια τους χημικούς δεσμούς και να προκαλέσει βιολογικές βλάβες στους ζώντες οργανισμούς. Οι γνωστότερες ιονίζουσες ακτινοβολίες είναι οι σκληρές υπεριώδεις ακτινοβολίες του ήλιου, οι ακτίνες Χ που παράγονται στις λυχνίες των ακτινολογικών μηχανημάτων και χρησιμοποιούνται ευρέως στην ιατρική, καθώς και οι ακτινοβολίες α, β, και γ που εκπέμπονται από τους ασταθείς πυρήνες ατόμων. Το κυριότερο χαρακτηριστικό των ιονίζουσων ακτινοβολιών είναι η διεισδυτικότητα.

Η διεισδυτικότητά τους στην ύλη εξαρτάται από το είδος τους και την ενέργεια που μεταφέρουν. Τα σωμάτια "α" αποκόπτονται από ένα φύλλο χαρτιού, τα σωμάτια "β" από μερικά χιλιοστά plexiglass, ενώ η υψηλής ενέργειας ακτινοβολία "γ" απαιτεί σχετικά μεγάλα πάχη επιλεγμένων υλικών για να αποκοπεί (π.χ. μολύβι, σκυρόδεμα). Η ποσότητα ενέργειας που μεταφέρεται από την ακτινοβολία στην ύλη ανά χιλιόγραμμο μάζας, καλείται δόση ακτινοβολίας και η πιθανότητα βλάβης της υγείας σχετίζεται άμεσα με το μέτρο της δόσης ακτινοβολίας.

Ο άνθρωπος κατά τη διάρκεια της ζωής του, δέχεται ακτινοβολία από ένα μεγάλο σύνολο φυσικών και τεχνητών πηγών που βρίσκονται γύρω του. Οι ιονίζουσες ακτινοβολίες ανάλογα με την πηγή εκπομπής τους διακρίνονται σε:

- Φυσικές ακτινοβολίες

Οι φυσικές πηγές είναι αναπόσπαστο συνθετικό του γήινου περιβάλλοντος και σε αυτές συγκαταλέγονται τα συστατικά του φλοιού της γης και η κοσμική ακτινοβολία. Το έδαφος, το νερό και ο αέρας, περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων και φυσικά ραδιενεργά στοιχεία, ενώ η

επιφάνεια της γης προσβάλλεται συνεχώς από την κοσμική ακτινοβολία με κυριότερη πηγή εκπομπής τον ήλιο.

- Τεχνητές ακτινοβολίες

Ο άνθρωπος ανακάλυψε τις τεχνητές πηγές παραγωγής ακτινοβολιών κατά τα τέλη του 19ου αιώνα. Έκτοτε η συστηματική έρευνα οδήγησε στην εκτεταμένη χρήση τους στην ιατρική, την υγεία και τη βιομηχανία και στην λήψη μέτρων για την προστασία του από τις ενδεχόμενες βλαβερές επιπτώσεις τους.

Η έκθεση του ανθρώπου σε ιονίζουσα ακτινοβολία μπορεί να έχει άμεσα ή μακροπρόθεσμα βλαπτικά αποτελέσματα για την υγεία τα οποία καθορίζονται ως εξής:

- Για πολύ μεγάλες δόσεις ακτινοβολίας, η έκθεση μπορεί να ακολουθηθεί από άμεση καταστροφή κυττάρων, οργάνων και συστημάτων και να οδηγήσει ακόμα και στο θάνατο του ανθρώπου κάτι που παρατηρήθηκε μόνο σε μεγάλα ραδιολογικά ή πυρηνικά ατυχήματα.
- Για σχετικά χαμηλές δόσεις, υπάρχει στατιστικά η πιθανότητα μελλοντικής εμφάνισης καρκίνου, της οποίας το μέτρο είναι ανάλογο της δόσης. Ιδιαίτερη σημασία έχουν οι βλάβες εκείνες που προκαλούνται στο γενετικό υλικό του κυττάρου, διότι αυτές συνδέονται τόσο με τη μεταβίβαση κληρονομικών ανωμαλιών στους απογόνους όσο και με τη διαδικασία της καρκινογένεσης.

## **3.2 ΥΠΕΡΙΩΔΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ**

### **3.2.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Η υπεριώδης ηλιακή ακτινοβολία (UV) αποτελεί ένα μικρό μέρος του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στη Γη. Η ακτινοβολία αυτή

περιλαμβάνει την περιοχή του κοντινού υπεριώδους (UV), καθώς και την περιοχή του μακρινού υπεριώδους (EUV). Το υπεριώδες τμήμα του ηλιακού φάσματος εκτείνεται από τα 40 nm έως περίπου τα 400 nm. Ανάλογα με το βιολογικό αποτέλεσμα που προκαλεί στον ανθρώπινο οργανισμό μπορεί διαιρεθεί σε τρεις επί μέρους περιοχές:

- την υπεριώδη A (UV-A) : εκτείνεται από τα 315 μέχρι τα 400 nm και σε μεγάλες δόσεις μπορεί να είναι επικίνδυνη.
- την υπεριώδη B (UV-B) : εκτείνεται από τα 280 μέχρι τα 315 nm. Είναι εκείνη που προκαλεί το μαύρισμα από τον ήλιο αλλά και σοβαρές βλάβες στο δέρμα.
- την υπεριώδη C (UV-C) : εκτείνεται από τα 40 nm έως τα 280 nm και είναι εξαιρετικά επικίνδυνη. Χρησιμοποιείται στο εργαστήριο για την προξένηση κληρονομικών αλλαγών στους οργανισμούς (μεταλλάξεις), καθώς και για την αποστείρωση επιφανειών.

Παρά την μικρή της ένταση, η υπεριώδης ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα στον άνθρωπο, όταν αυτός εκτίθεται παρατεταμένα στον ήλιο. Όσο μικρότερο είναι το μήκος κύματος της ακτινοβολίας UV τόσο μεγαλύτεροι είναι οι κίνδυνοι.[8]

Ο βαθμός επικινδυνότητας της υπεριώδης ακτινοβολίας εκφράζεται από το δείκτη UV. Υπό φυσιολογικές συνθήκες, η τιμή του δείκτη UV στην Ελλάδα μπορεί φτάσει μέχρι 10 ή 11, οι τιμές αυτές εκφράζουν εξαιρετικά ισχυρή ακτινοβολία και κατά συνέπεια την ανάγκη άμεσης λήψης μέτρων προστασίας από τον ήλιο. Όταν ο ήλιος πλησιάζει τον ορίζοντα ο δείκτης UV παίρνει μικρότερες τιμές και κατά συνέπεια ο κίνδυνος από την υπεριώδη ακτινοβολία γίνεται μικρότερος. Όσο μεγαλύτερος είναι ο δείκτης UV τόσο πιο εύκολα και πιο σύντομα μπορούν να εμφανισθούν τα ανεπιθύμητα αποτελέσματα της υπεριώδους ακτινοβολίας.[11]

### **3.2.2. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ [8]**

Η ηλιακή ακτινοβολία στην ατμόσφαιρα της γης επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες:

#### **• ΤΟ ΟΖΟΝ**

Η υπεριώδης ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται ισχυρά από το όζον που βρίσκεται στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας (στρατόσφαιρα). Η ελάττωση της περιεκτικότητας της ατμόσφαιρας σε όζον έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της υπεριώδους ακτινοβολίας στο έδαφος, και αντίστροφα.

#### **• ΤΑ ΣΥΝΝΕΦΑ**

Η υπεριώδης ακτινοβολία είναι εντονότερη όταν δεν υπάρχουν σύννεφα. Τα σύννεφα γενικά εξασθενίζουν την ηλιακή ακτινοβολία, αλλά το πόσο αποτελεσματικά συμβαίνει αυτό εξαρτάται από το πάχος και το είδος των νεφών. Αραιά ή διασκορπισμένα σύννεφα έχουν πολύ μικρή επίπτωση (περίπου 10%), ενώ τα χαμηλά και μαύρα σύννεφα προκαλούν σημαντική εξασθένιση (μέχρι και 80%). Υπό ορισμένες συνθήκες και για πολύ μικρές περιόδους μεμονωμένα και λαμπερά σύννεφα μπορούν να οδηγήσουν σε μικρή αύξηση της ακτινοβολίας. Όταν ο ηλιακός δίσκος είναι ορατός, τότε η εξασθένιση της υπεριώδους από τα σύννεφα είναι σχεδόν αμελητέα.

#### **• ΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ**

Η υπεριώδης ακτινοβολία γίνεται ισχυρότερη όσο απομακρυνόμαστε κατακόρυφα από την επιφάνεια της θάλασσας, επειδή η ποσότητα των συστατικών της ατμόσφαιρας που την απορροφούν ελαττώνεται με το ύψος.

- **ΑΝΑΚΛΑΣΕΙΣ**

Ένα αντικείμενο ή ένα άτομο δέχεται ακτινοβολία απευθείας από τον ήλιο και από τον ουρανό, αλλά και από ανακλάσεις του εδάφους. Το ποσοστό της ανακλώμενης ακτινοβολίας εξαρτάται από το είδος της επιφάνειας του εδάφους. Τα δένδρα, το γρασίδι, το χώμα και το νερό ανακλούν λιγότερο από το 10% της υπεριώδους ακτινοβολίας, σε αντίθεση με το φρέσκο χιόνι το οποίο ανακλά μέχρι και το 80%, ή την στεγνή άμμο που ανακλά περίπου το 20% της ηλιακής ακτινοβολίας. Εξαιτίας των ανακλάσεων, άτομα που βρίσκονται σε χιονισμένες περιοχές, ή σε αμμώδεις παραλίες, δέχονται περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία.

- **ΤΟ ΝΕΡΟ**

Περίπου το 95% της υπεριώδους ακτινοβολίας διαπερνά το νερό (π.χ. στη θάλασσα) και το 50% διεισδύει σε βάθος περίπου 3m. Όταν λοιπόν κολυμπάμε το σώμα μας βρίσκεται μόλις λίγα εκατοστά κάτω από την επιφάνεια του νερού, και κατά συνέπεια δεν προστατεύεται από την υπεριώδη ακτινοβολία.

- **Η ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ ΑΠΟ ΤΟΝ ΟΡΙΖΟΝΤΑ**

Σε μία ανέφελη ημέρα, η υπεριώδης ακτινοβολία είναι ισχυρότερη κατά τις μεσημεριανές ώρες από ότι κατά τις πρωινές ή απογευματινές. Όσο πιο ψηλά βρίσκεται ο ήλιος από τον ορίζοντα, τόσο πιο έντονη είναι η ακτινοβολία. Για αυτό το λόγο το καλοκαίρι έχουμε εντονότερη ακτινοβολία από ότι το χειμώνα.

### **3.2.3 ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ**

Το δέρμα και τα μάτια είναι τα όργανα που υφίσταται την μεγαλύτερη έκθεση στις υπεριώδεις ακτίνες του ήλιου αν και τα μαλλιά και τα νύχια είναι περισσότερο εκτεθειμένα αλλά είναι λιγότερο σημαντικά από ιατρικής άποψης. Η έκθεση στην ηλιακή υπεριώδη ακτινοβολία μπορεί να καταλήξει σε

άμεσα και σε χρόνια προβλήματα υγείας του δέρματος, των ματιών και του ανοσοποιητικού συστήματος[8]. Οι επιπτώσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας στον άνθρωπο είναι:

- **Οφθαλμικές βλάβες**

Ακόμα και μικρά ποσά ηλιακής ακτινοβολίας, αυξάνουν τις πιθανότητες οφθαλμικής βλάβης όπως είναι φωτοκερατίτις από το ηλιακό φως που είναι έγκαυμα του οφθαλμού και αποτελεί άμεσο αποτέλεσμα αλλά προδιαθέτει και σε άλλες επιπλοκές αργότερα στη ζωή. Στα χρόνια αποτελέσματα συγκαταλέγεται ο καταρράκτης που είναι μία από τις κυριότερες αιτίες τύφλωσης.

Η βλάβη στους οφθαλμούς από υπεριώδη ακτινοβολία, είναι αθροιστική, έτσι δεν είναι ποτέ αργά να αρχίσουμε να προστατεύουμε τα μάτια μας[9]. Το ανθρώπινο μάτι είναι πιο ευπαθές από το δέρμα γιατί το δέρμα έχει την ικανότητα να αφομοιώνει την υπεριώδη ακτινοβολία και να παράγει μελανίνη, η οποία προστατεύει από την έκθεση σε UV ακτινοβολία.[8]

- **Καταστολή ανοσοποιητικού συστήματος**

Η υπερβολική έκθεση στον ήλιο μπορεί να αλλάξει την κατανομή και τη λειτουργία των κυττάρων που είναι υπεύθυνα για την άμυνα του οργανισμού ενώ η συνεχής υπερέκθεση στην ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει μείωση της αμυντικής ικανότητας του οργανισμού.

- **Δερματοπάθειες**

Η έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει στο δέρμα την Ροδόχρο Νόσο, Απλούς Έρπης, Ανεμοβλογιά, Ψωρίαση, Ερυθρηματώδη Λύκο αλλά και άλλες δερματοπάθειες συγγενείς και μη.



- **Αλλεργίες**

Η ακτινοβολία μπορεί να οδηγήσει σε αλλεργικές αντιδράσεις που οφείλονται στο ηλιακό φως ή σε αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας με καλλυντικά, αρώματα, φυτά, τοπικές κρέμες και αντηλιακά προκαλώντας φωτοαλλεργικό εξάνθημα.

- **Επιβραδυνόμενα και χρόνια αποτελέσματα**

Τα επιβραδυνόμενα αποτελέσματα της ακτινοβολίας οφείλονται κυρίως στην UVB ακτινοβολία και είναι το ηλιακό ερύθημα, το κλασσικό έγκαυμα το οποίο ποικίλλει από ένα ήπιο κοκκίνισμα έως την εμφάνιση φυσαλίδων στο δέρμα και η βαρύτητά του εξαρτάται από την ένταση και τον χρόνο έκθεσης στον ήλιο καθώς και από τον τύπο του δέρματος. Η έκθεση στην συνέχεια σε ακτίνες UVA επιδεινώνει το έγκαυμα.

Όσο για την επιβραδυνόμενη μελάγχρωση ή μαύρισμα εμφανίζεται δύο μέρες μετά την έκθεση στον ήλιο, έχει τη μέγιστη ένταση την 20η περίπου ημέρα και στη συνέχεια υποχωρεί σταδιακά, οφείλεται στην UVB ακτινοβολία και στην UVA ακτινοβολία για την οποία όμως απαιτείται 1000 φορές περισσότερη ενέργεια.

Όσον αφορά τα χρόνια αποτελέσματα αυτά οφείλονται στην UVA και UVB ακτινοβολία και είναι ιδιαίτερος επικίνδυνα. Μπορούν να προκαλέσουν διάφορες βλάβες όπως η διάχυτη ερυθρότητα, ευρυαγγείες, φλεβικές λίμνες, σταγονοειδής υπομελάνωση, πρόκληση σπύλων και δερματικών καρκίνων.

Η UVA ακτινοβολία έχει σημαντικό ρόλο στην πρόκληση της φωτογήρανσης, η οποία είναι αθροιστικό φαινόμενο και διαρκεί από την βρεφική ηλικία έως το θάνατο. Μέσω ενός σύνθετου γενετικού μηχανισμού, το ηλιακό φως καταστέλλει τη παραγωγή κολλαγόνου αδρανοποιώντας τα γονίδια που το παράγουν. Ταυτόχρονα, το ηλιακό φως ενεργοποιεί καταστρεπτικά το κολλαγόνο ένζυμα. Αυτό έχει

ως αποτέλεσμα την καταστροφή του δέρματος, καθώς δεν μπορούν να επουλωθούν οι πληγές και καθώς μεγαλώνει ο άνθρωπος αδυνατίζουν ή καταστρέφονται οι ίνες του κολλαγόνου και της ελαστίνης που διατηρούν ελαστικό το δέρμα. Επίσης το δέρμα αρχίζει και φαίνεται θαμπό, χαλαρό, μαλακό, γίνεται λεπτότερο, χάνει το λίπος του και γίνεται πιο πλαδαρό έτσι εμφανίζονται φακίδες, δυσχρωμίες, γεροντικές φακές, βαθιές ρυτίδες και φαγέσωρες.[9]

Μια σημαντική επίπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στον άνθρωπο είναι η πρόκληση καρκίνου του δέρματος.Υπάρχουν δύο βασικές μορφές καρκίνου του δέρματος και αυτές είναι:

- i. ο βασικοκυτταρικός καρκίνος που είναι η συχνότερη μορφή καρκίνου του δέρματος που παρουσιάζεται στον άνθρωπο και εμφανίζεται σε περιοχές του δέρματος που είναι πολύ εκτεθειμένες στον ήλιο όπως είναι το πρόσωπο, η πλάτη και οι ώμοι.
- ii. το μελάνωμα που είναι η πιο επικίνδυνη μορφή καρκίνου του δέρματος και μπορεί να οδηγήσει και στο θάνατο. Εμφανίζεται σε όλες τις περιοχές του ανθρώπινου σώματος.[10]

### **3.2.4 ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΦΥΛΑΞΗΣ**

Οι δύο περιοχές του ανθρώπινου σώματος που χρειάζονται προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία είναι το δέρμα και τα μάτια. Τα ρούχα παρέχουν την πλέον αποτελεσματική προστασία του δέρματος ενώ τα μέρη του σώματος που δεν προστατεύονται από ρούχα (κυρίως το πρόσωπο) θα πρέπει να προστατεύονται από αντηλιακό που να περιέχει φίλτρα ακτινοβολίας UV-B και UV-A. Τα μάτια μπορούν να προστατευτούν με γυαλιά που περιέχουν φίλτρα για την UV-B και την UV-A ακτινοβολία.[8]

### 3.3 ΑΚΤΙΝΕΣ Χ

Οι ακτίνες Χ ανακαλύφθηκαν το 1895 από τον Γερμανό φυσικό Wilhelm Conrad Rontgen. Είναι μια πολύ δυνατή ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που κινείται με την ταχύτητα του φωτός, έχει πολύ μικρό μήκος κύματος και μεγάλη διεισδυτικότητα. Η απορρόφηση των ακτίνων Χ στο υλικό εξαρτάται από:

- a. τη φύση του υλικού: Όσο μεγαλύτερος είναι ο ατομικός αριθμός των ατόμων του υλικού τόσο μεγαλύτερη είναι η απορρόφηση των ακτίνων Χ.
- b. το μήκος κύματος της ακτινοβολίας: Όταν οι ακτίνες Χ διαπερνούν μία πλάκα τότε η απορρόφηση των ακτίνων αυξάνεται όσο αυξάνεται το μήκος κύματος της ακτινοβολίας. Οι ακτίνες Χ με μικρά μήκη κύματος ονομάζονται σκληρές ακτίνες και είναι περισσότερο διεισδυτικές αλλά έχουν μικρότερη απορρόφηση ενώ οι ακτίνες Χ με μεγάλα μήκη κύματος ονομάζονται μαλακές ακτίνες και είναι λιγότερο διεισδυτικές αλλά έχουν μεγαλύτερη απορρόφηση.
- c. το πάχος του υλικού: Όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του υλικού τόσο μεγαλύτερη είναι και η απορρόφηση των ακτίνων Χ.

Σήμερα οι ακτίνες Χ χρησιμοποιούνται στην ιατρική (ακτινογραφίες, αξονικός τομογράφος), την βιομηχανία (ασφάλεια αεροδρομίων, έλεγχος ελλειψοματικών μεταλλικών κατασκευών), και την επιστημονική έρευνα.

Οι ακτίνες Χ είναι πολύ επικίνδυνες για τον άνθρωπο γιατί όταν απορροφούνται από τους ιστούς μπορούν να προκαλέσουν αλλοίωση στη μοριακή δομή των πρωτεϊνών και ειδικά του DNA προκαλώντας έτσι μεταβολές στα γενετικά κύτταρα, στέρωση, καρκίνο έως και τον θάνατο.[12]

### 3.4 ΑΚΤΙΝΕΣ Γ-ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η ραδιενέργεια είναι μια μορφή ενέργειας, η οποία εκπέμπεται από τους πυρήνες ορισμένων στοιχείων. Υπάρχουν τρία είδη ραδιενέργειας: η ακτινοβολία άλφα (ακτίνες α) που αποτελείται από πυρήνες ατόμων ηλίου, η ακτινοβολία βήτα (ακτίνες β) που αποτελείται από σωματίδια όμοια με τα ηλεκτρόνια και ακτινοβολία γάμμα (ακτίνες γ) που είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Τα τρία είδη ακτινοβολίας είναι ionίζουσες ακτινοβολίες και προκαλούν το φαινόμενο του ionτισμού.

Τα περισσότερα κύτταρα όταν δεχθούν τα σωματίδια άλφα και βήτα νεκρώνονται και ειδικότερα αν προσεγγίσουν τον κυτταρικό πυρήνα όπου υπάρχει το DNA, το οποίο μπορεί να υποστεί μη αναστρέψιμη ζημιά, όπως μετάλλαξη. Εάν το κατεστραμένο κύτταρο βρίσκεται στους πνεύμονες ή στον μυελό των οστών μπορεί να οδηγήσει στην εμφάνιση καρκίνου. Επίσης η έκθεση στις ακτινοβολίες αυτές δημιουργεί προβλήματα υγείας όχι μόνο στο ίδιο το άτομο αλλά και στους απογόνους του εάν δεχθούν την ακτινοβολία τα βλαστικά κύτταρα ή κάποιο από τα γαμετικά κύτταρα.[23]

## 4. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ

### 4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Οι ηλεκτρικές συσκευές που λειτουργούν στις κατοικίες και στα γραφεία παράγουν ηλεκτρομαγνητικά πεδία, τα οποία καλύπτουν ένα μεγάλο φάσμα συχνοτήτων από 50Hz (ηλεκτρικό δίκτυο και ηλεκτρικές συσκευές) μέχρι μερικά GHz (τηλεοράσεις και οθόνες υπολογιστή).

Τα πεδία αυτά εξασθενούν με γρήγορο ρυθμό καθώς αυξάνεται η απόσταση από την συσκευή και έτσι είναι άξια λόγου μόνο για αποστάσεις μικρότερες από ένα μέτρο. Το μαγνητικό πεδίο σε επαφή με την συσκευή είναι πολύ μεγάλο και ανέρχεται μέχρι εκατοντάδες  $\mu\text{T}$  όμως η έκθεση του ανθρώπου λαμβάνει χώρα σε αποστάσεις πολύ μεγαλύτερες εκτός από μερικές συσκευές που αναπόφευκτα η χρήση τους γίνεται σε κοντινή απόσταση, π.χ. οι ηλεκτρικές μηχανές ξυρίσματος και τα σεσουάρ μαλλιών, τις οποίες όμως ο άνθρωπος δεν χρησιμοποιεί για πολύ ώρα καθημερινώς.

#### ΠΙΝΑΚΑΣ[15]

τυπικές τιμές μαγνητικού πεδίου που παράγεται από ηλεκτρικές συσκευές όταν συνδέονται στο ηλεκτρικό δίκτυο

ΣΥΣΚΕΥΗ	ΣΕ ΑΠΟΣΤΑΣΗ 3cm ( $\mu\text{T}$ )	ΣΕ ΑΠΟΣΤΑΣΗ 30cm ( $\mu\text{T}$ )	ΣΕ ΑΠΟΣΤΑΣΗ 1m ( $\mu\text{T}$ )
Ξυριστική μηχανή	10 - 900	0.05 - 9	0.01 – 0.2
Σεσουάρ μαλλιών	8 - 800	0.01 - 7	0.01 – 0.03

<b>Λαμπτήρας φθορισμού</b>	40 - 400	0.5 - 2	0.02 – 0.25
<b>Ηλεκτρική κουζίνα</b>	1 - 50	0.15 - 0.5	0.01 – 0.04
<b>Φούρνος μικροκυμάτων</b>	5 - 100	0.4 - 8	0.15 – 0.5
<b>Ψυγείο</b>	0.5 - 1.7	0.01 - 0.3	0.01 – 0.05
<b>Πλυντήριο ρούχων</b>	0.8 - 40	0.15 - 3	0.01 – 0.15
<b>Πλυντήριο πιάτων</b>	1 - 15	0.2 - 2	0.07 – 0.3
<b>Ηλεκτρικό σίδερο</b>	3 - 30	0.14 - 0.3	0.01 – 0.03
<b>Ηλεκτρική σκούπα</b>	60 - 500	0.8 - 12	0.08 – 0.8
<b>Φορητό ραδιόφωνο</b>	1 - 15	0.4 - 1.5	0.01 – 0.1
<b>Τηλεόραση</b>	2 - 80	0.04 - 8	0.01 – 0.9

<b>Βιντεοκάμερα</b>	0.6 - 20	0.7 – 2.5	0.01 – 0.03
<b>Φωτοτυπικό</b>	0.6 - 40	0.1 – 2.7	0.01 – 0.3
<b>Συσκευή FAX</b>	0.4 - 1.5	0.01 - 0.2	0.01 – 0.02
<b>Οθόνη υπολογιστή</b>	1 - 60	0.02 - 5	0.01 – 0.6

Οι ηλεκτρικές συσκευές παράγουν και ηλεκτρικά πεδία οι τιμές των οποίων είναι εξαιρετικά χαμηλά σε σχέση με τα όρια της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της Ελληνικής νομοθεσίας.[15]

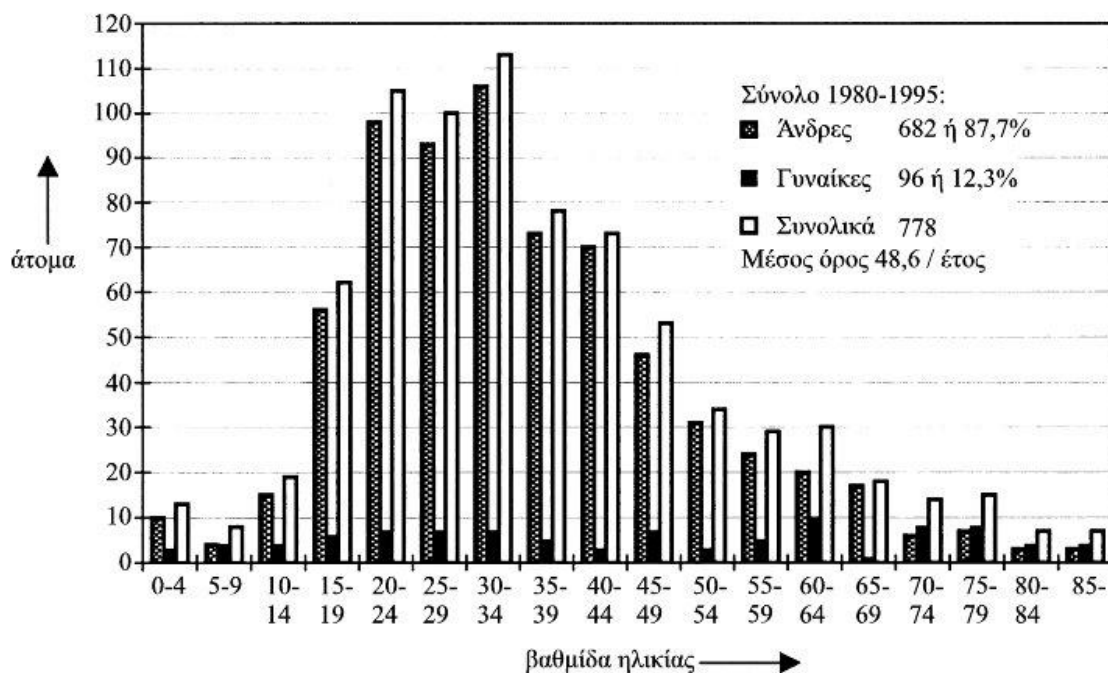
#### **4.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΙΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΙΣ**

Οι καλωδιώσεις που χρησιμοποιούνται για την τροφοδότηση των ηλεκτρικών συσκευών δημιουργούν στο περιβάλλον τους μαγνητικά πεδία εξαιτίας του ηλεκτρικού ρεύματος. Στις εγκαταστάσεις που λειτουργούν σύμφωνα με τους κανονισμούς ηλεκτρικών εγκαταστάσεων τα μαγνητικά πεδία που δημιουργούνται αλληλοαναιρούνται. Σε σπάνιες περιπτώσεις εγκαταστάσεων που δεν πληρούνται οι κανονισμοί μπορεί να εμφανιστούν μεγάλα επίπεδα μαγνητικών πεδίων με αποτέλεσμα να υπάρχει ο κίνδυνος ηλεκτροπληξίας για τους χρήστες.[15]

Για την ασφάλεια των χρηστών από ηλεκτροπληξία σχεδιάζεται προστασία που αποσκοπεί στην εξασφάλιση της μη εμφάνισης επικίνδυνων τάσεων επαφής και στη διατήρηση των εντάσεων και των τάσεων στα στοιχεία της

εγκατάστασης στα επιτρεπόμενα όρια. Η προστασία των ανθρώπων εκτός από τα μέτρα προστασίας των εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων πρέπει να περιλαμβάνει κατάλληλες γειώσεις και διατάξεις προστασίας στο δίκτυο τροφοδοσίας των εγκαταστάσεων.

Για να μπορέσουμε να καταλάβουμε την επικινδυνότητα της ηλεκτροπληξίας για τον άνθρωπο δίνεται ο παρακάτω πίνακας που δείχνει τα θανατηφόρα ατυχήματα από ηλεκτροπληξία στην Ελλάδα ανά βαθμίδα ηλικίας.

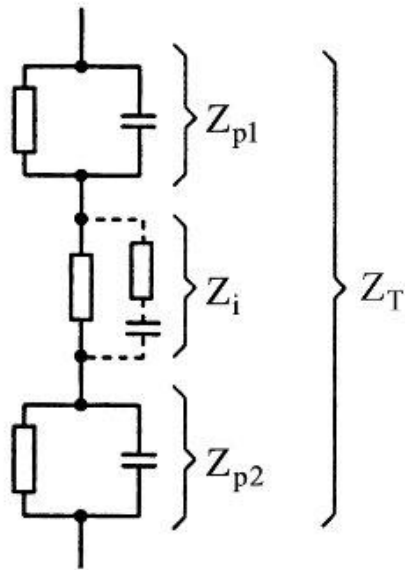


Θανατηφόρα ατυχήματα από ηλεκτροπληξία στην Ελλάδα την περίοδο 1980-1995 ανά βαθμίδα ηλικίας [18]

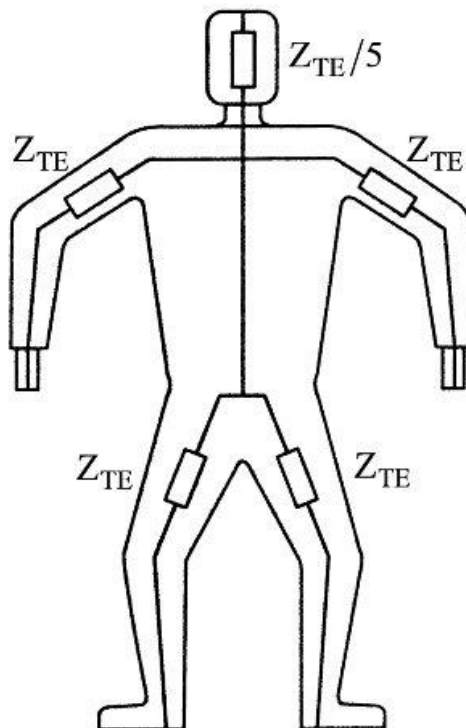
Όταν πραγματοποιείται το φαινόμενο της ηλεκτροπληξίας το ανθρώπινο σώμα συμπεριφέρεται σαν ένα κύκλωμα αποτελούμενο από σύνθετες αντιστάσεις, οι οποίες είναι διαφορετικές στα διάφορα μέρη του σώματος.



Η αναπαράσταση του ανθρώπινου σώματος με αντιστάσεις είναι η εξής:



όπου  $Z_{p1}, Z_{p2}$ : σύνθετη αντίσταση δέρματος  
 $Z_i$ : σύνθετη εσωτερική αντίσταση  
 $Z_T$ : συνολική σύνθετη αντίσταση



Σύνθεση της συνολικής σύνθετης αντίστασης του ανθρώπινου σώματος από τις επί μέρους αντιστάσεις των χεριών και ποδιών

Η πιο συνηθισμένη αιτία θανατηφόρων ατυχημάτων εξαιτίας του εναλλασσόμενου ρεύματος είναι η διακοπή της κυκλοφορίας του αίματος λόγω καρδιακής μαρμαρυγής ή ανακοπής. Τα φαινόμενα αυτά οφείλονται στο μέρος του ρεύματος που ρέει μέσω της καρδιάς που προκαλεί διακοπή της κυκλοφορίας του αίματος που έχει ως αποτέλεσμα την διακοπή τροφοδοσίας του εγκεφάλου με οξυγόνο και τον θάνατο σε μερικά λεπτά.[18]

### **4.3 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΛΕΟΡΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΘΟΝΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ**

Μια τυπική τηλεόραση ή οθόνη υπολογιστή εκπέμπει ηλεκτρομαγνητικά πεδία σε τρεις περιοχές συχνοτήτων:

1. Πεδία συχνοτήτων VLF: παράγονται από τον μετασχηματιστή υψηλής τάσης στη συχνότητα 15-20KHz.
2. Πεδία συχνοτήτων RF: ανώτερες αρμονικές της κεντρικής συχνότητας και καλύπτουν μεγάλο μέρος της περιοχής των ραδιοσυχνοτήτων
3. Ραδιενέργεια : παράγεται από την οθόνη, είναι ιονίζουσας συχνότητας μετά την συχνότητα του ορατού

Για την προστασία από το τρίτο είδος ακτινοβολίας το κοινό έχει προειδοποιηθεί να κάθεται μακριά από την οθόνη σε απόσταση πάνω από 6 μέτρα. Η εκπομπή ραδιενέργειας έχει μειωθεί σημαντικά με την ανάπτυξη νέων τύπων οθόνης. Όσον αφορά την ακτινοβολία VLF μια απόσταση άνω του μισού μέτρου από έγχρωμη τηλεόραση μπορεί να θεωρηθεί ασφαλής ενώ για να καλύπτονται όλα τα όρια για κάθε συχνότητα απαιτείται απόσταση άνω των δύο μέτρων.

Όσον αφορά τις οθόνες υπολογιστών αποτελούνται από τις ίδιες διατάξεις όπως οι συσκευές τηλεόρασης αλλά έχουν διαφορετική θωράκιση. Ο χρήστης

του υπολογιστή βρίσκεται σε απόσταση 30 -50 cm από την οθόνη, απόσταση μικρότερη της ζώνης επικινδυνότητας των δύο μέτρων.

Για την προστασία από την ακτινοβολία VLF της οθόνης του υπολογιστή μια απόσταση μεγαλύτερη του μισού μέτρου μπορεί να θεωρηθεί ασφαλής. Στην απόσταση αυτή η ακτινοβολία είναι αμελητέα για όλες τις συχνότητες ακτινοβολίας.

#### **4.4 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΟΙΚΙΑΚΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ**

Όταν ο άνθρωπος έρχεται σε επαφή με τις ηλεκτρικές οικιακές συσκευές αναπτύσσονται ισχυρά ηλεκτρομαγνητικά πεδία που ξεπερνούν το όριο επικινδυνότητας για 24ωρη έκθεση. Αυτά τα πεδία παράγονται από συσκευές όπως είναι η ηλεκτρική μηχανή ξυρίσματος και το σεσουάρ μαλλιών, στην πραγματικότητα τα πεδία αυτά δεν είναι τόσο επικίνδυνα γιατί ο χρήστης τέτοιων συσκευών δεν έρχεται σε επαφή μαζί τους και η έκθεση δεν είναι για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Στην συνηθισμένη απόσταση χρήσης οι οικιακές ηλεκτρικές συσκευές παράγουν πεδία κάτω από το όριο επικινδυνότητας και ασφάλειας. Υπάρχουν όμως και μοντέλα συσκευών όπως είναι ηλεκτρική κουζίνα, mixer, ηλεκτρικό τρυπάνι και φούρνος μικροκυμάτων που παράγουν πεδία μεγαλύτερα από το όριο ασφάλειας στην απόσταση χρήσης.

Ειδικά για τον φούρνο μικροκυμάτων πρέπει να προστεθεί ότι εκτός από τα πεδία συχνότητας 50Hz παράγονται και ραδιοκύματα συχνότητας 2450MHz. Για προστασία από το πεδίο του φούρνου μικροκυμάτων χρησιμοποιείται απόσταση μεγαλύτερη του ενός μέτρου.[23]

## 4.5 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΣΥΣΚΕΥΕΣ WLAN

Το WLAN προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Wireless Local Area Network, δηλαδή ασύρματο δίκτυο τοπική πρόσβασης και είναι ένα ευέλικτο τηλεπικοινωνιακό δίκτυο, το οποίο τοποθετείται εναλλακτικά ή συμπληρωματικά με το ενσύρματο δίκτυο υπολογιστών ενός κτιρίου ή ενός κλειστού χώρου γενικότερα. Η τεχνολογία WLAN χρησιμοποιείται κυρίως για την παροχή ασύρματης πρόσβασης στο διαδίκτυο (internet) σε δημόσιους χώρους, όπως αεροδρόμια, ξενοδοχεία και εμπορικά κέντρα, για τους κατόχους φορητών υπολογιστών και υπολογιστών χειρός (palmtops). Ωστόσο, τελευταία η τεχνολογία WLAN γνωρίζει ιδιαίτερη άνθηση και σε οικιακές εφαρμογές ή σε εφαρμογές σε χώρους γραφείων, όπου μπορεί κανείς εύκολα και γρήγορα να δημιουργήσει ένα τοπικό υπολογιστικό δίκτυο, χωρίς να είναι αναγκαία η παρουσία ειδικών καλωδίων. Για τη σύνδεση και επικοινωνία τα συστήματα WLAN χρησιμοποιούν ραδιοκύματα συχνότητας 2.4 GHz ή 5 GHz, η ακτίνα λειτουργίας των οποίων δεν ξεπερνά τα 300 μέτρα, η δε ισχύς εκπομπής των ασυρμάτων σημείων πρόσβασης δεν υπερβαίνει τα 100 mW, ενώ οι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων που επιτυγχάνουν δίκτυα αυτού του τύπου κυμαίνονται μεταξύ 2 – 54 Mbps.

Το δίκτυο WLAN αποτελείται από ασύρματα σημεία πρόσβασης (Access Points), τα οποία συνδέονται μέσω δρομολογητών (routers) και κατάλληλων εξυπηρετητών (servers), προς το διαδίκτυο (Internet) ή προς το εσωτερικό εταιρικό δίκτυο (intranet) του κατόχου τους. Οι χρήστες για να συνδεθούν στο δίκτυο αυτό τοποθετούν στις φορητές τους διατάξεις (laptops, PDA's, κινητά τηλέφωνα) κατάλληλες κάρτες WLAN, που επικοινωνούν ασύρματα με τη δικτυακή υποδομή. Οι τελευταίου τύπου φορητές διατάξεις διαθέτουν ενσωματωμένους προσαρμογείς WLAN.[6]

## 5. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΤΗΣ ΔΕΗ

### 5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται στους σταθμούς ηλεκτρικής ενέργειας που βρίσκονται σε διάφορα σημεία της χώρας. Οι σταθμοί που χρησιμοποιούνται κυρίως στην χώρα μας είναι θερμοηλεκτρικοί (καύση υλικών, π.χ. λιγνίτης, πετρέλαιο και φυσικό αέριο) και υδροηλεκτρικοί. Επίσης ένα μικρό μέρος της ενέργειας παράγεται από εκμετάλλευση ήπιων μορφών ενέργειας όπως είναι αιολικά και φωτοβολταϊκά πάρκα.

Στη συνέχεια η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται από τους σταθμούς παραγωγής στα κέντρα κατανάλωσης μέσω γραμμών υψηλής (150kV) και υπερυψηλής τάσης (400 kV). Οι γραμμές αυτές επιτρέπουν την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας ακόμα και αν υπάρχει κάποια βλάβη, την εξοικονόμηση ενέργειας για ποιο οικονομική λειτουργία των σταθμών και την διασύνδεση με γειτονικά κράτη.

Εν συνεχεία, η ηλεκτρική ενέργεια διανέμεται στους καταναλωτές οι οποίοι χρησιμοποιούν μονοφασικές γραμμές χαμηλής τάσης (220V) ή τριφασικές γραμμές (380V). Υπάρχουν καταναλωτές που τροφοδοτούνται από μέση τάση (20kV) όπως είναι βιοτεχνίες ή ξενοδοχεία ενώ άλλοι με υψηλή τάση (150 kV) π.χ. μεγάλα εργοστάσια. Για τον υποβιβασμό της τάσης από υπερυψηλή σε χαμηλή τάση χρησιμοποιούνται συσκευές που ονομάζονται μετασχηματιστές. Η ολική εγκατάσταση που περιλαμβάνει μετασχηματιστές, διακόπτες και στοιχεία προστασίας από βραχυκυκλώματα ονομάζεται υποσταθμός.[15]

## 5.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΚΑΙ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Τα σπίτια μας τροφοδοτούνται από γραμμές χαμηλής τάσης (220V/380V), οι οποίες μπορεί να είναι εναέριες γραμμές, εναέρια συνεστραμμένα καλώδια ή υπόγεια καλώδια. Οι γραμμές αυτές δημιουργούν στο περιβάλλον τους κυρίως μαγνητικά πεδία και ηλεκτρικά πεδία χαμηλής έντασης. Τα μαγνητικά πεδία ανέρχονται σε λίγα  $\mu\text{T}$  κοντά στους αγωγούς και εξασθενούν καθώς αυξάνεται η απόσταση από αυτούς. Υπάρχει περίπτωση εμφάνισης ισχυρού μαγνητικού πεδίου στους αγωγούς όταν εμφανίζεται ασυμμετρία ρεύματος που οδηγεί σε ρεύματα επιστροφής, τα οποία εξασθενούν αργά καθώς αυξάνεται η απόσταση από τους αγωγούς.

Οι γραμμές μέσης τάσης (20kV) τροφοδοτούν τις γραμμές χαμηλής τάσης μέσω των υποσταθμών διανομής, είναι εναέριες γραμμές ή υπόγεια καλώδια. Οι εναέριες γραμμές παράγουν ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία ενώ τα υπόγεια καλώδια μόνο μαγνητικά.

Χαρακτηριστικές τιμές των μαγνητικών και ηλεκτρικών πεδίων σε εναέριες γραμμές ύψους 1,5m σύμφωνα με την ελληνική επιτροπή ενέργειας παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα[27]

		Ένταση ηλεκτρικού πεδίου E (kV/m)	Μαγνητική επαγωγή B ( $\mu\text{T}$ )
Γραμμές 20 kV	Κάτω από αγωγούς	0.2	0.2 – 0.5
	25 m παραπλεύρως	0.01 – 0.02	0.01 – 0.05

Τα μαγνητικά πεδία είναι ιδιαίτερα χαμηλών συχνοτήτων επάγουν ηλεκτρικά πεδία και ρεύματα στο σώμα. Εάν τα πεδία αυτά είναι ισχυρά, προκαλείται

νευρική και μυϊκή διέγερση και μεταβολή στη λειτουργία του κεντρικού νευρικού συστήματος. Μεγάλου μεγέθους μεταλλικά αντικείμενα ευρισκόμενα εντός του ηλεκτρικού πεδίου μπορούν να φορτιστούν με αρκετά υψηλή τάση και, εάν δεν είναι γειωμένα, να προκαλέσουν ένα ενοχλητικό τίναγμα κατά την επαφή.[15]

### **5.3 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥΣ**

Οι υποσταθμοί διανομής είναι συνηθισμένα στοιχεία του δικτύου, τοποθετούνται εναερίως πάνω σε κατασκευές που αποτελούνται από δύο κολώνες ή σε εσωτερικούς χώρους στα υπόγεια μεγάλων κτιρίων. Στο περιβάλλον των υποσταθμών δημιουργούνται ηλεκτρομαγνητικά πεδία τα οποία οφείλονται στις γραμμές μέσης και χαμηλής τάσης που συνδέονται σε αυτούς και όχι στους μετασχηματιστές που περιλαμβάνουν.





Τα μαγνητικά πεδία που αναπτύσσονται στους υποσταθμούς είναι μερικών  $\mu\text{T}$  σε σημεία κοντά στους αγωγούς (σε απόσταση ένα ή δύο μέτρα) και εξασθενούν σε χαμηλότερα επίπεδα καθώς αυξάνεται η απόσταση.[15]

Από συστηματικές μετρήσεις στους περισσότερους υποσταθμούς (Υ/Σ) 150kV εξωτερικού χώρου του ελληνικού συστήματος και προέκυψαν τα ακόλουθα:

- a) Εντός του Υ/Σ εμφανίζονται αξιόλογες τιμές των πεδιακών εντάσεων μόνο σε μικρές περιοχές πλησίον του εξοπλισμού, ενώ στις υπόλοιπες περιοχές οι πεδιακές εντάσεις αποκτούν πολύ χαμηλές τιμές. Οι μέγιστες τιμές των πεδιακών εντάσεων που μετρήθηκαν σε θέσεις προσιτές στο προσωπικό είναι κατά πολύ μικρότερες, όχι μόνο από τα επιτρεπόμενα όρια της επαγγελματικής έκθεσης, αλλά και από τα επιτρεπόμενα όρια συνεχούς έκθεσης του κοινού.
- b) Οι μέγιστες τιμές των πεδιακών εντάσεων, στο όριο περιφράξης των Υ/Σ, εκτός των περιοχών των γραμμών τροφοδοτήσεως 150kV και των εναερίων αναχωρήσεων 20kV, αποκτούν εξαιρετικά χαμηλές που είναι πρακτικά αμελητέες τιμές.



- c) Οι μέγιστες τιμές των πεδιακών εντάσεων στην περιοχή των εναερίων αναχωρήσεων 20 kV είναι μικρότερες των αντιστοίχων τιμών στην περιοχή εισόδου των γραμμών 150 kV. Οι μέγιστες όμως αυτές τιμές κάτω από τις γραμμές 150 kV παραμένουν κατά πολύ μικρότερες από τα επιτρεπόμενα όρια συνεχούς έκθεσης του κοινού.[3]

## 5.4 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΓΡΑΜΜΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Με τον όρο γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας αναφερόμαστε στις εναέριες γραμμές υψηλής τάσης (150kV) και υπερυψηλής τάσης (400kV) καθώς και στις υπόγειες γραμμές υψηλής τάσης. Οι γραμμές αυτές χωρίζονται σε απλού ή διπλού κυκλώματος ανάλογα με το αν φέρουν ένα ή δύο τριφασικά κυκλώματα.

### ΓΡΑΜΜΕΣ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ (150kV)





ΓΡΑΜΜΕΣ ΥΠΕΡΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ (400kV)





Οι γραμμές παράγουν ηλεκτρομαγνητικά πεδία που οφείλονται στις φάσεις και η έντασή τους μειώνεται καθώς αυξάνεται η απόσταση από αυτούς. Επομένως, η μέγιστη τιμή των πεδίων παρουσιάζεται κάτω από τους αγωγούς. Το μέγεθος του δημιουργούμενου μαγνητικού πεδίου στο περιβάλλον της γραμμής εξαρτάται από την ενέργεια που μεταφέρει, η οποία δεν είναι σταθερή αλλά εξαρτάται από την ώρα και την ημέρα καθώς και από το είδος των καταναλωτών που τροφοδοτεί. Αντίθετα με το μαγνητικό πεδίο το ηλεκτρικό παραμένει σταθερό για όσο διάστημα η γραμμή είναι υπό τάση.

Επίσης τα τεχνικά χαρακτηριστικά μιας γραμμής επηρεάζουν το μέγεθος των παραγόμενων ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων ως εξής:

- η απόσταση των φάσεων από την γη: Όσο μικρότερη είναι η απόσταση των φάσεων από την γή τόσο μεγαλύτερα είναι τα πεδία που δημιουργούνται κάτω από αυτούς. Η μικρότερη απόσταση των φάσεων από την γή εμφανίζεται στο μέσο της απόστασης μεταξύ δύο πυλώνων και η μεγαλύτερη κοντά στους πυλώνες.

- η διάταξη των φάσεων στις γραμμές διπλού κυκλώματος: Ανάλογα με την διάταξη των φάσεων μπορούν να μειωθούν τα παραγόμενα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία.
- η απόσταση μεταξύ των φάσεων της γραμμής: Όσο μικρότερη είναι η απόσταση μεταξύ των αγωγών τόσο μικρότερα πεδία παράγονται.

Τα καλώδια υψηλής τάσης εντός κατοικημένων περιοχών τοποθετούνται υπογείως σε βάθος ενός με δύο μέτρων κάτω από τους δρόμους ή τα πεζοδρόμια. Στα υπόγεια καλώδια οι αγωγοί είναι μονωμένοι και τοποθετούνται σε κοντινές αποστάσεις με αποτέλεσμα να δημιουργούνται πεδία μικρότερα σε σχέση με τις εναέριες γραμμές. Τα υπόγεια καλώδια δεν παράγουν ηλεκτρικά πεδία στις θέσεις που βρίσκεται ο άνθρωπος παραμόνο μαγνητικά τα οποία όμως φθίνουν γρηγορότερα σε σχέση με τα αντίστοιχα των εναέριων γραμμών.[15]

#### ΠΙΝΑΚΑΣ[27]

Χαρακτηριστικές τιμές των μαγνητικών και ηλεκτρικών πεδίων σε εναέριες γραμμές ύψους 1,5m σύμφωνα με την ελληνική επιτροπή ενέργειας

		Ένταση ηλεκτρικού πεδίου E (kV/m)	Μαγνητική επαγωγή B (μT)
Γραμμές 400 kV	Κάτω από αγωγούς	2 – 4	1 – 4
	25 m. παραπλεύρως	0.2 – 0.5	0.5 – 2
Γραμμές 150 kV	Κάτω από αγωγούς	0.5 – 2	0.3 – 2
	25 m. παραπλεύρως	0.05 – 0.3	0.05 – 0.2

Σύμφωνα με μελέτες Βρετανών επιστημόνων η γεινίαση με πυλώνες υπερυψηλής τάσης μπορεί να προκαλέσει πολλές βιολογικές επιδράσεις. Αυξημένος κατά 69% είναι ο κίνδυνος καρκινογένεσης σε παιδιά ηλικίας κάτω των 15 ετών που ζουν σε αποστάσεις μέχρι 200m από γραμμές υψηλής τάσης σε σχέση με εκείνα που ζούν σε απόσταση άνω των 600m. Επίσης οι ενήλικες που ζούσαν τα πέντε πρώτα χρόνια της ζωής τους σε απόσταση έως 300m από αγωγούς μεταφοράς υπερυψηλής τάσης έχουν κατά 1,3 φορές μεγαλύτερη πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου σε σχέση με εκείνους που ζούσαν σε αποστάσεις μεγαλύτερες από 300m.

Επομένως, άμεση είναι η συσχέτιση της εμφάνισης παιδικής λευχαιμίας και καρκίνου σε άτομα που ζουν κοντά σε πυλώνες και αγωγούς μεταφοράς υπερυψηλής τάσης. Για την αντιμετώπιση αυτών επιπτώσεων προτείνεται να υπογειοποιηθούν οι γραμμές υπερυψηλής τάσης που βρίσκονται κοντά σε κατοικημένες περιοχές[19]. Άλλες πιθανές επιπτώσεις στην υγεία όπως είναι η κατάθλιψη, τάσεις αυτοκτονίας, δυσλειτουργίες στην αναπαραγωγή και την ανάπτυξη, επίδραση στο ανοσοποιητικό σύστημα και εκφυλισμός του νευρικού συστήματος έχουν μελετηθεί ως αποτέλεσμα της έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία όμως τα στοιχεία που προέκυψαν δεν είναι επαρκή. Επίσης έχει αναφερθεί επίδραση στη λειτουργία βηματοδοτών ή άλλων ηλεκτρικών εμφυτευμάτων από την έκθεση σε ηλεκτρικά πεδία μεγαλύτερα των 2 kV και μαγνητικά πεδία μεγαλύτερα των 20  $\mu$ T. Υπάρχει όμως πολύ μικρή πιθανότητα έκθεσης ασθενών σε πεδία τέτοιων τιμών. Επίσης τα υψηλά ηλεκτρικά πεδία γύρω από τις γραμμές μεταφοράς ελκύουν τοξικά αέρια και μικροσωματίδια, τα οποία φορτίζονται και γίνονται πιο επικίνδυνα αν επικολληθούν στο δέρμα και τους πνεύμονες.

Τέλος γύρω από τις γραμμές υψηλής τάσης σχηματίζονται ηλεκτρικές εκκενώσεις, (Φαινόμενο Corona), οι οποίες μπορούν να παράγουν θόρυβο και να μετατρέψουν τα μόρια του οξυγόνου σε όζον. Ο θόρυβος μπορεί να προκαλέσει ενόχληση στον άνθρωπο, ενώ η συγκέντρωση όζοντος δεν συνιστά κίνδυνο για την υγεία.[27]

## **6. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ**

### **6.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Τα κινητά τηλέφωνα και οι σταθμοί βάσης εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, η οποία εντάσσεται στις μη ιονίζουσες ακτινοβολίες. Τα φυσικά μεγέθη που περιγράφουν την ένταση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου  $E$  (V/m), η ένταση του μαγνητικού πεδίου  $H$  (A/m) και η πυκνότητα ισχύος  $S$  (W/m<sup>2</sup>). Τα μεγέθη αυτά συνδέονται μεταξύ τους με απλές μαθηματικές σχέσεις για μεγάλες αποστάσεις και με σταθερή σχέση για θέσεις πολύ κοντά στην κεραία.

Η ακτινοβολία από το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας παρουσιάζει διαφορετικές φυσικές ιδιότητες και διαφορετικές επιπτώσεις στον άνθρωπο σε σχέση με τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία που προέρχονται από το δίκτυο μεταφοράς και διανομής της ΔΕΗ.

### **6.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΚΙΝΗΤΩΝ ΤΗΛΕΦΩΝΩΝ**

Τα κινητά τηλέφωνα εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μόνο κατά την διάρκεια της τηλεφωνικής επικοινωνίας ενώ όταν βρίσκονται σε κατάσταση αναμονής εκπέμπουν ανά λεπτό ένα βραχύ παλμό προς το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας για να δηλώσουν ότι βρίσκονται στην συγκεκριμένη περιοχή και είναι διαθέσιμα για την λήψη εισερχόμενης κλήσης.

Η συνολική ισχύς της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από ένα κινητό τηλέφωνο είναι σχετικά μικρή. Επίσης, τα κινητά τηλέφωνα διαθέτουν σύστημα αυτόματου ελέγχου της εκπεμπόμενης ισχύος, ώστε αυτή να περιορίζεται στην ελάχιστη δυνατή κατά την επικοινωνία με το σταθμό βάσης. Η ακτινοβολία που εκπέμπουν οι διάφορες συσκευές κινητών δεν είναι ίδια λόγω των σημαντικών διαφορών που παρουσιάζουν στην σχεδίαση και την κατασκευή.

Μια μικρή αύξηση της απόστασης του κινητού τηλεφώνου από το σώμα μειώνει σημαντικά την έκθεση σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Έτσι χρησιμοποιώντας τα εξαρτήματα αποδέσμευσης χεριών (hands free) μειώνεται η έκθεση του κεφαλιού. Αν όμως χρησιμοποιούμε τα εξαρτήματα αυτά έχοντας το κινητό τηλέφωνο κολλημένο στο σώμα μας, το μόνο που επιτυγχάνουμε είναι να μεταφέρουμε την έκθεση από το κεφάλι σε άλλο μέρος του σώματος. Επίσης, χρησιμοποιώντας τα εξαρτήματα Bluetooth μειώνεται η ακτινοβολία που δέχεται το κεφάλι του ανθρώπου επειδή η απόσταση ανάμεσα στο ακουστικό Bluetooth και το κινητό τηλέφωνο είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με την απόσταση ανάμεσα στο κινητό τηλέφωνο και τον σταθμό βάσης.

Ο άνθρωπος στην καθημερινότητά του χρησιμοποιεί τα ασύρματα τηλέφωνα τα οποία εκπέμπουν μικρότερη ακτινοβολία από τα κινητά διότι η απόσταση μεταξύ του ασύρματου τηλεφώνου και της βάσης του είναι πολύ μικρότερη από την απόσταση του κινητού τηλεφώνου από τον σταθμό βάσης.

#### ΠΙΝΑΚΑΣ[16]

τυπική ισχύς εκπομπής και συχνότητας των κινητών, του ασύρματου τηλεφώνου και της συσκευής Bluetooth.

	Τυπική ισχύς εκπομπής	Συχνότητα
Κινητό τηλέφωνο	10 mW έως 500 mW	900 MHz ,1800 MHz, 2100 MHz
Ασύρματο τηλέφωνο	έως 10 mW	1900 MHz (DECT)
Bluetooth	1mW	2450 MHz

Η ενέργεια που απορροφά ένα άτομο όταν χρησιμοποιεί το κινητό τηλέφωνο μετράται χρησιμοποιώντας τον ειδικό ρυθμό απορρόφησης (SAR). Η εκτίμηση του μεγέθους αυτού γίνεται με προσομοιώσεις σε ηλεκτρονικό υπολογιστή και με πραγματικές μετρήσεις σε ομοιώματα ανθρώπων. Το SAR ακτινοβολίας που δέχεται το άτομο χρησιμοποιώντας το κινητό του δίνεται από τον κατασκευαστή. Οι τιμές αυτές αφορούν το τοπικό SAR στο κεφάλι και την μέγιστη δυνατή ισχύ εκπομπής και είναι μικρότερες από τα όρια επικινδυνότητας της έκθεσης.

Δεν υπάρχουν επιστημονικές μελέτες και στοιχεία που να δείχνουν την ύπαρξη κινδύνου για έκθεση κάτω από τα όρια έκθεσης. Όμως, εξαιτίας της αυξημένης χρήσης των κινητών τηλεφώνων ακόμα και οι ασθενείς επιβλαβείς επιδράσεις θα μπορούσαν μακροχρόνια να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην δημόσια υγεία.

Για την ελαχιστοποίηση της έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία που παράγονται από τα κινητά τηλέφωνα πρέπει να ληφθούν τα εξής μέτρα:

- Να είναι όσο το δυνατόν συντομότερη μια κλήση μέσω κινητού τηλεφώνου και να αποφεύγεται η χρήση τους όταν δεν είναι απαραίτητα.
- Να προμηθευτούν μια συσκευή κινητού τηλεφώνου με χαμηλό SAR.
- Να χρησιμοποιούνται τα εξαρτήματα αποδέσμευσης χεριών (hands free) απομακρύνοντας ταυτόχρονα το κινητό από το σώμα.
- Να αποφεύγεται η χρήση τους σε εσωτερικούς χώρους που δεν έχουν καλό σήμα για να μην χρειάζεται μεγάλη ισχύ.
- Να αποφεύγεται η χρήση τους όταν βρισκόμαστε μέσα στο μεταλλικό αμάξι του αυτοκινήτου



Τα κινητά τηλέφωνα είναι περισσότερο επικίνδυνα για τα παιδιά για αυτό προτείνεται να αποθαρύνονται από την χρήση τους γιατί:

- έως την ηλικία των 16 ετών το νευρικό σύστημα του ανθρώπου αναπτύσσεται κάτι που σημαίνει ότι στις ηλικίες αυτές τα άτομα μπορεί να είναι πιο ευαίσθητα.
- τα άτομα στις ηλικίες αυτές έχουν μεγαλύτερο χρόνο ζωής μπροστά τους από ότι οι μεγαλύτεροι και έτσι αν υπάρχουν μακροχρόνιες επιδράσεις θα είναι περισσότερες αν χρησιμοποιούν τα κινητά από αυτές τις ηλικίες.
- υπάρχει μεγαλύτερη ευαισθησία για τις ενδεχόμενες επιπτώσεις στην υγεία των παιδιών σε σχέση με τους μεγαλύτερους.

Εκτός από τα παιδιά μια άλλη ομάδα ανθρώπων που δεν πρέπει να χρησιμοποιεί το κινητό είναι εκείνοι που χρησιμοποιούν καρδιακό βηματοδότη γιατί τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία που παράγει το κινητό μπορούν να επηρεάσουν την λειτουργία του όταν βρίσκονται πολύ κοντά σε αυτόν. Επίσης απαγορεύεται η χρήση των κινητών στα αεροπλάνα και στις εντατικές μονάδες των νοσοκομείων γιατί μπορεί να προκαλέσουν παρεμβολές σε ευαίσθητες ηλεκτρονικές συσκευές, οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε ολέθρια αποτελέσματα. Τέλος απαγορεύεται η χρήση τους στα πρατήρια καυσίμων γιατί μπορεί να προκληθεί ανάφλεξη καυσίμων αν η ακτινοβολία είναι ισχυρή ή σπινθήρας στην μπαταρία οδηγώντας σε πυρκαγιά.[16]

Οι βιολογικές επιδράσεις των κινητών τηλεφώνων στον άνθρωπο δεν προκαλούν απαραίτητα προβλήματα υγείας. Αυτές χωρίζονται στις θερμικές και τις μη θερμικές επιδράσεις. Οι πρώτες βασίζονται στην αύξηση της θερμοκρασίας που προκαλεί η προσπίπτουσα ακτινοβολία στους ιστούς ενώ οι δεύτερες προκαλούνται με όλους τους υπόλοιπους μηχανισμούς εκτός από την μεταφορά θερμότητας.

Οι θερμικές βιολογικές επιδράσεις που προκαλούνται στον ανθρώπινο οργανισμό από την χρήση του κινητού τηλεφώνου μπορούν να εμφανιστούν πιο εύκολα στα ευαίσθητα σημεία του ανθρώπινου σώματος στην αύξηση της θερμοκρασίας που είναι οι οφθαλμοί και οι όρχεις. Εάν προκληθούν μεγάλες μεταβολές της θερμοκρασίας σε αυτά τα μέρη του ανθρώπινου σώματος τότε μπορεί να προκληθεί καταρράκτης και ελάττωση σπερματοζωαρίων.[4]

Οι μη θερμικές βιολογικές επιδράσεις που προκαλούνται στον άνθρωπο είναι οι εξής:

- Επιδράσεις στους οφθαλμούς:

Συνήθως η έρευνα για δημιουργία καταρράκτη αφορά απλές ή πολλαπλές οξείες εκθέσεις σε Η/Μ ακτινοβολίες με πυκνότητα ισχύος 80-500mW/cm<sup>2</sup>.

- Ακουστικό φαινόμενο:

Άνθρωποι εκτιθέμενοι σε οξείες μικροκυματικούς παλμούς αναφέρουν ότι ακούν υπόκωφο ήχο με συχνότητα ίση προς την συχνότητα επανάληψης των παλμών.

- Εκροή ασβεστίου:

Αυξημένη εκροή ιόντων ασβεστίου  $^{45}\text{Ca}^{2+}$  έχει παρατηρηθεί σε απομονωμένους εγκεφαλικούς αλλά και καρδιακούς ιστούς πειραματόζων που εκτέθηκαν σε ημιτονοειδώς διαμορφωμένα Η/Μ πεδία. Τα ιόντα του ασβεστίου είναι εξαιρετικής σημασίας για την μεταφορική σύζευξη (transduktive coupling) μιας μεγάλης γκάμας ανοσολογικών, ενδοκρινολογικών και νευρολογικών φαινομένων στην εξωτερική επιφάνεια της μεμβράνης των κυττάρων. Το φαινόμενο εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την συχνότητα διαμόρφωσης και την

πυκνότητα ισχύος της χρησιμοποιούμενης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

- Επιδράσεις στη συμπεριφορά:

Η αλλαγή της συμπεριφοράς σε πειραματόζωα που εκτέθηκαν σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι το φαινόμενο που παρουσιάζεται στις χαμηλές τιμές κατωφλίων από όλες τις υπόλοιπες βιολογικές επιδράσεις των ραδιοκυμάτων. Τα όρια αυτά βρέθηκαν σε γενικές γραμμές να έχουν τιμές 4-8W/kg ανεξάρτητα από τη συχνότητα τη διαμόρφωση, την μέση ισχύ ή τον τρόπο που γινόταν η έκθεση.

- Γενετικές και αναπτυξιακές ανωμαλίες:

Δεν είναι ξεκάθαρο αν δημιουργούνται τέτοιες ανωμαλίες για SAR μικρότερο από 1W/kg. Κάποιες δημοσιεύσεις αναφέρονται σε επιδράσεις στην ενδομήτρια ανάπτυξη των εμβρύων αλλά και στην μετά τον τοκετό ανάπτυξη των παιδιών των οποίων οι μητέρες εκτέθηκαν σε υψηλές τιμές H/M ακτινοβολίας. Οι επιδράσεις αυτές οφείλονται στην τοπική άνοδο της θερμοκρασίας του σώματος της μητέρας ως αποτέλεσμα της απορρόφησης H/M ενέργειας και υπέρβασης των ορίων για τις μέγιστες επιτρεπτές τιμές του SAR.

- Βιολογικές αλληλεπιδράσεις υπό χρόνια H/M έκθεση:

Επίσης και στην περίπτωση αυτή είναι ανεπαρκής η έρευνα λόγω κόστους αλλά και λόγω δυσκολίας στην αδιαμφισβήτητη εκλογή των σωστών παραμέτρων για χρόνια έκθεση. Παρόλα αυτά τα αποτελέσματα των έως τώρα μελετών και πειραμάτων συμφωνούν στη διατύπωση ότι δεν υπάρχουν αξιοσημείωτες στατιστικές μεταβολές από τις μέσες τιμές στην πρόσληψη τροφής και νερού ή την κινητικότητα των πειραματόζωων, δεν μεταβλήθηκαν συνολικά τα αιματολογικά χαρακτηριστικά τους και ούτε βρέθηκαν υπό κατάσταση

στρες. Αλλαγή στην συμπεριφορά παρουσιαζόταν μόνο αμέσως μετά την παύση της έκθεσης στην ακτινοβολία και αυτό ερμηνεύτηκε ως προσπάθεια αντιμετώπισης της διαφοράς στο θερμικό φορτίο.

Επίσης μπορούν να προκληθούν στον άνθρωπο νευρολογικές επιδράσεις εξαιτίας των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων υψηλής συχνότητας που δέχεται ο εγκέφαλος και δερματικές αλλεργίες οι οποίες εμφανίζονται σε περιοχές του σώματος με τις οποίες έρχεται σε επαφή το κινητό και οφείλονται στα υλικά κατασκευής της συσκευής. Τέλος στην αρχή μιας κλήσης μέσω κινητού τηλεφώνου ή κατά την διάρκεια της μπορεί να προκληθεί στον άνθρωπο πονοκέφαλος ή ζάλη που θα διαρκέσουν συνήθως μέχρι μια ώρα.

Πολλές φορές έχει παρατηρηθεί ότι η χρήση κινητών τηλεφώνων ευθύνεται για την πρόκληση τροχαίων ατυχημάτων καθώς τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία που παράγουν μειώνουν τον χρόνο αντίδρασης του ανθρώπου και την ικανότητα του οδηγού να ελέγχει το περιβάλλον.[20][22]

## **6.3 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ**

### **6.3.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Για την δυνατότητα χρήσης του κινητού τηλεφώνου απαιτείται η ύπαρξη ενός τουλάχιστον ασύρματου δικτύου κινητής τηλεφωνίας, το οποίο χρησιμοποιεί σταθμούς βάσης για να καλύψει το ηλεκτρομαγνητικό σήμα σε όλους τους χώρους που βρισκόμαστε. Κατά την πραγματοποίηση μιας κλήσης μέσω κινητού τηλεφώνου υπάρχει επικοινωνία μεταξύ του κινητού και το σταθμού βάσης με ηλεκτρομαγνητικά σήματα.

Ο σταθμός βάσης είναι το σύνολο των εγκαταστάσεων που χρησιμοποιεί μια εταιρεία κινητής τηλεφωνίας σε μια περιοχή για να υποστηρίξει το ασύρματο δίκτυο που διαθέτει και αποτελούνται από κεραιοσυστήματα εκπομπής και λήψης ηλεκτρομαγνητικών σημάτων καθώς και από ηλεκτρονικό εξοπλισμό

επεξεργασίας σήματος. Τα κεραιοσυστήματα τοποθετούνται στις οροφές ψηλών κτιρίων αν οι σταθμοί βάσης βρίσκονται εντός πόλεων ή σε μεταλλικούς πυλώνες.

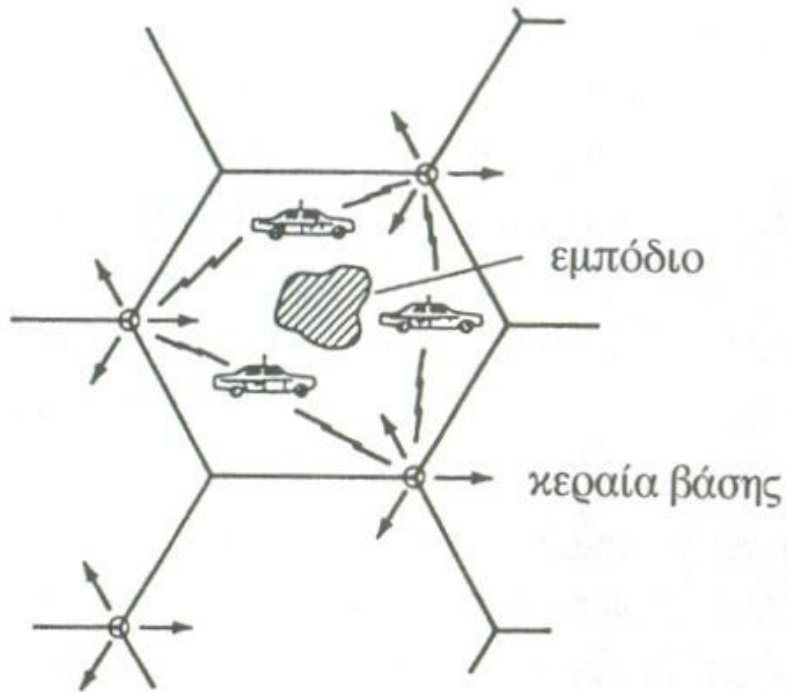
Ο κάθε σταθμός βάσης καλύπτει μια συγκεκριμένη περιοχή η οποία χωρίζεται σε μία ή περισσότερες κυψέλες, το μέγεθος των οποίων καθορίζεται από τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής, τον αριθμό και την χρήση των κινητών τηλεφώνων σε αυτήν.

Στην χώρα μας υπάρχουν τρεις εταιρείες κινητής τηλεφωνίας που χρησιμοποιούν τα εξής συστήματα κινητής τηλεφωνίας

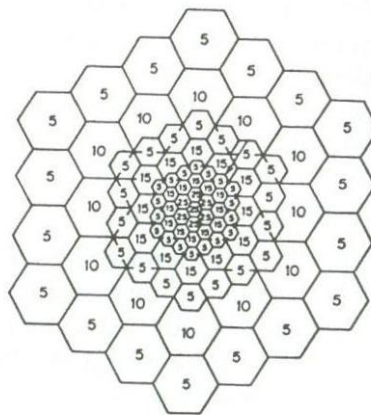
- i. GSM-900
- ii. GSM-1800
- iii. UMTS

Το σύστημα GSM προέρχονται από το <<Global System for Mobile Communications>> που σημαίνει παγκόσμιο σύστημα κινητής τηλεφωνίας και είναι πρότυπο σύστημα κινητής τηλεφωνίας. Στο σύστημα GSM η περιοχή συχνοτήτων που έχει εκχωρηθεί για την λειτουργία των δικτύων κινητής τηλεφωνίας υποδιαιρείται σε περισσότερες υποπεριοχές συχνοτήτων ή κανάλια επικοινωνίας εύρους 200kHz. Κάθε κανάλι μπορεί να χρησιμοποιείται ταυτόχρονα από οκτώ το πολύ συνδρομητές, οι οποίοι χρησιμοποιούν διαδοχικά το κανάλι για λίγο χρόνο και κάθε σταθμός βάσης επικοινωνεί με τα κινητά τηλέφωνα που βρίσκονται στη περιοχή με 6 έως 12 κανάλια συχνοτήτων. Τα κανάλια αυτά είναι διαφορετικά μεταξύ γειτονικών κυψελών, ώστε να ξεχωρίζουν μεταξύ τους και επειδή ο αριθμός των καναλιών είναι περιορισμένος τα ίδια κανάλια ξαναχρησιμοποιούνται σε διαφορετικές κυψέλες. Η σχεδίαση των δικτύων είναι τέτοια, ώστε οι κυψέλες που χρησιμοποιούν τα ίδια κανάλια να είναι όσο το δυνατόν μακρύτερα μεταξύ τους για να ελαχιστοποιούνται οι παρεμβολές της μιας στη λειτουργία της άλλης. Τα κινητά τηλέφωνα μετρούν το επίπεδο του σήματος που λαμβάνουν από τους πλησιέστερους σταθμούς βάσης και αν το σήμα από έναν άλλο σταθμό βάσης γίνει καλύτερο από το σήμα του σταθμού που χρησιμοποιούμε,

τότε το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας μας μεταβιβάζει στην κυψέλη του σταθμού αυτού, χωρίς η μεταβίβαση να γίνεται αισθητή από μας.



Στοιχειώδες κύτταρο κινητής τηλεφωνίας. Οι κεραίες βάσης είναι τοποθετημένες στις ακμές του εξαγώνου[16]



Σύστημα κινητής τηλεφωνίας GSM[16]

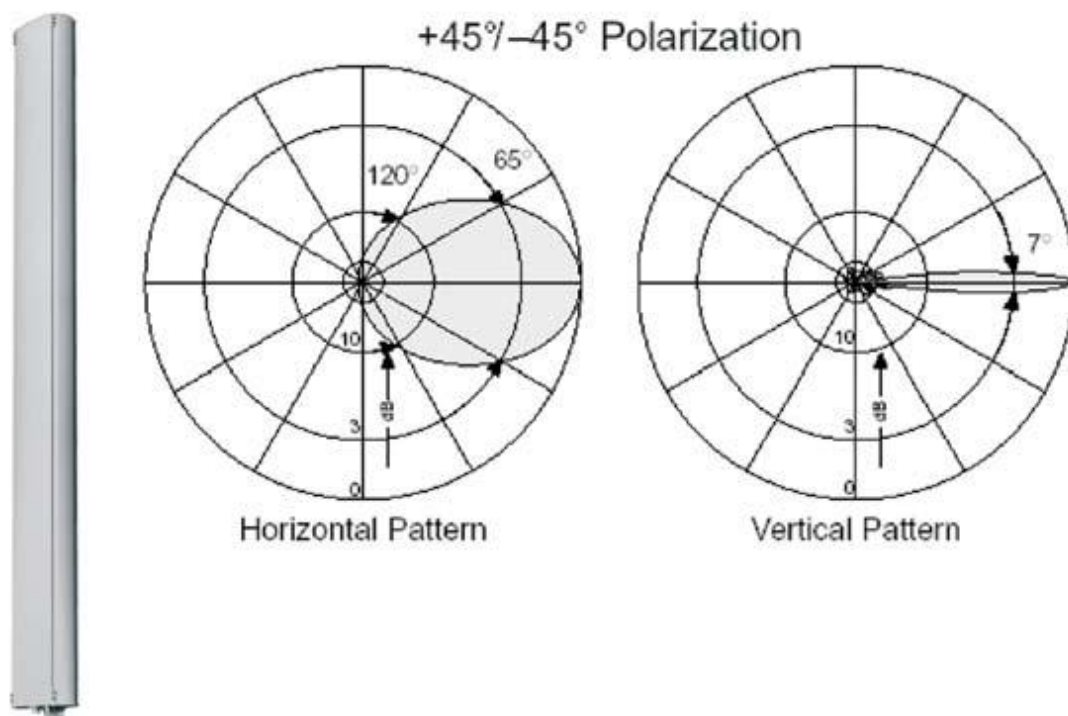
Το σύστημα κινητής τηλεφωνίας UMTS προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων «Universal Mobile Telecommunication System» που σημαίνει καθολικό σύστημα κινητών τηλεπικοινωνιών και είναι η εφαρμογή της τεχνολογίας τρίτης γενιάς κινητής τηλεφωνίας που επιτρέπει την μετάδοση δεδομένων εικόνας και ήχου με πολύ υψηλές ταχύτητες και σε πραγματικό χρόνο. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση ενός μεγάλου φάσματος επικοινωνίας μεγέθους 5 MHz μεταξύ κινητού και σταθμού βάσης. Στο σύστημα UMTS, η πρόσβαση των συνδρομητών στο δίκτυο μπορεί να γίνεται ταυτόχρονα στην ίδια ζώνη συχνοτήτων, επειδή διαχωρίζονται με την χρήση κωδικών. Σε αντίθεση με το σύστημα GSM, δύο γειτονικοί σταθμοί βάσης μιας εταιρείας μπορούν να εκπέμπουν στην ίδια ζώνη συχνοτήτων και κάθε συνδρομητής μπορεί να εξυπηρετείται ταυτόχρονα από δύο ή περισσότερους σταθμούς βάσης. Το μέγεθος της κυψέλης που καλύπτει ο σταθμός βάσης δεν είναι σταθερό, αλλά μπορεί να μεταβάλλεται. Συγκεκριμένα, όταν ένας σταθμός UMTS πρέπει να εκπέμπει μεγάλο όγκο πληροφοριών, είτε επειδή λειτουργούν πολλά κινητά τηλέφωνα στις κυψέλες του είτε επειδή υπάρχει απαίτηση υψηλών ρυθμών μεταφοράς δεδομένων από λίγες συσκευές, μειώνεται η ισχύς εκπομπής από την κεραία αυτή, ώστε να μικρύνει η περιοχή κάλυψης του σταθμού. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται «αναπνοή της κυψέλης» (cell breathing) και έχει στόχο την αποφυγή των παρεμβολών στους γειτονικούς σταθμούς.

### **6.3.2 ΣΤΑΘΜΟΙ ΒΑΣΗΣ**

Οι σταθμοί βάσης χρησιμοποιούν κεραίες εκπομπής και λήψης για την επικοινωνία με τα κινητά τηλέφωνα. Οι κεραίες αυτές έχουν συνήθως μακρόστενο σχήμα, μήκος ένα με δύο μέτρα, πλάτος δέκα με είκοσι εκατοστά, πάχος μερικών εκατοστών και τοποθετούνται κατακόρυφα. Επίσης, υπάρχουν και κεραίες κινητής τηλεφωνίας που μοιάζουν με ραβδιά διαμέτρου λίγων εκατοστών και μήκους ένα με δύο μέτρα. Πέραν των κεραιών για την σύνδεση με τα κινητά τηλέφωνα, οι σταθμοί βάσης έχουν συνήθως και μία μικροκυματική κεραία που χρησιμοποιείται για την ασύρματη σύνδεση του σταθμού με το κέντρο για την λήψη και την προώθηση των τηλεφωνικών

κλήσεων. Οι κεραιές αυτές μοιάζουν με κυλινδρικά τύμπανα, τοποθετούνται κάθετα και έχουν διάμετρο συνήθως τριάντα ή εξήντα εκατοστά.

Οι κεραιές κινητής τηλεφωνίας δεν εκπέμπουν σφαιρικά γύρω τους με τον ίδιο τρόπο αλλά ακτινοβολούν σε συγκεκριμένες κατευθύνσεις για να επικοινωνούν με τα κινητά τηλέφωνα που βρίσκονται στην περιοχή που καλύπτει ο κάθε σταθμός βάσης. Είναι, δηλαδή, κατευθυντικές και στο οριζόντιο και στο κατακόρυφο επίπεδο και ακτινοβολούν περισσότερο προς την κατεύθυνση του ορίζοντα όπου κατευθύνεται η κύρια δέσμη τους και πολύ λιγότερο στις υπόλοιπες όπως φαίνεται και στο διάγραμμα ακτινοβολίας.



διαγράμματα ακτινοβολίας κεραιάς κινητής τηλεφωνίας της εταιρείας Kathrein τύπου 739630 για εκπομπή στη συχνότητα των 900MHz, όπως δίνεται από τον κατασκευαστή.[16]

Οι μικροκυματικές κεραιές ασύρματης ζεύξης είναι υπερκατευθυντικές, εκπέμπουν μια πολύ στενή δέσμη και χρειάζονται δύο όμοιες κεραιές ( μία σε κάθε άκρο της σύνδεσης) για να αποκατασταθεί μια ζεύξη. Όλη η ακτινοβολία συγκεντρώνεται στη κατεύθυνση της ευθείας που συνδέει τις δύο κεραιές και η



ακτινοβολία που διαφεύγει εκτός αυτής είναι σχεδόν μηδενική. Για να αποκατασταθεί η σύνδεση απαιτείται να μην παρεμβάλλεται τίποτα στη νοητή ευθεία μεταξύ των δύο κεραιών. Μερικές φορές είναι αδύνατο να δημιουργηθεί μια απευθείας σύνδεση μεταξύ ενός σταθμού βάσης και του κέντρου του και έτσι χρησιμοποιείται κάποιος άλλος σταθμός βάσης ως ενδιάμεσος. Στις περιπτώσεις αυτές ο ενδιάμεσος σταθμός βάσης θα έχει περισσότερες από μία μικροκυματική κεραία. Υπάρχουν, επίσης, περιπτώσεις που οι σταθμοί βάσης μεταδίδουν τις κλήσεις τους στο κέντρο ενσύρματα π.χ. με κάποιο μισθωμένο κύκλωμα και δεν έχει καμία μικροκυματική ζεύξη.

Η ένταση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας στους σταθμούς βάσης στις θέσεις που μπορεί να βρεθεί ο άνθρωπος εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

- Η ισχύς εκπομπής:

Είναι η συνολική ισχύς που εκπέμπεται από τα κεραιοσυστήματα. Όσο μεγαλύτερη είναι η ισχύς εκπομπής τόσο μεγαλύτερη είναι και η ακτινοβολία που προσπίπτει στις θέσεις που βρίσκονται οι άνθρωποι. Οι τυπικές τιμές ισχύος στην είσοδο των κεραιών των σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας είναι από 10W έως 40W στις αραιοκατοικημένες αγροτικές περιοχές και κάτω από 10W στις πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές.

- Το διάγραμμα ακτινοβολίας της κεραίας:

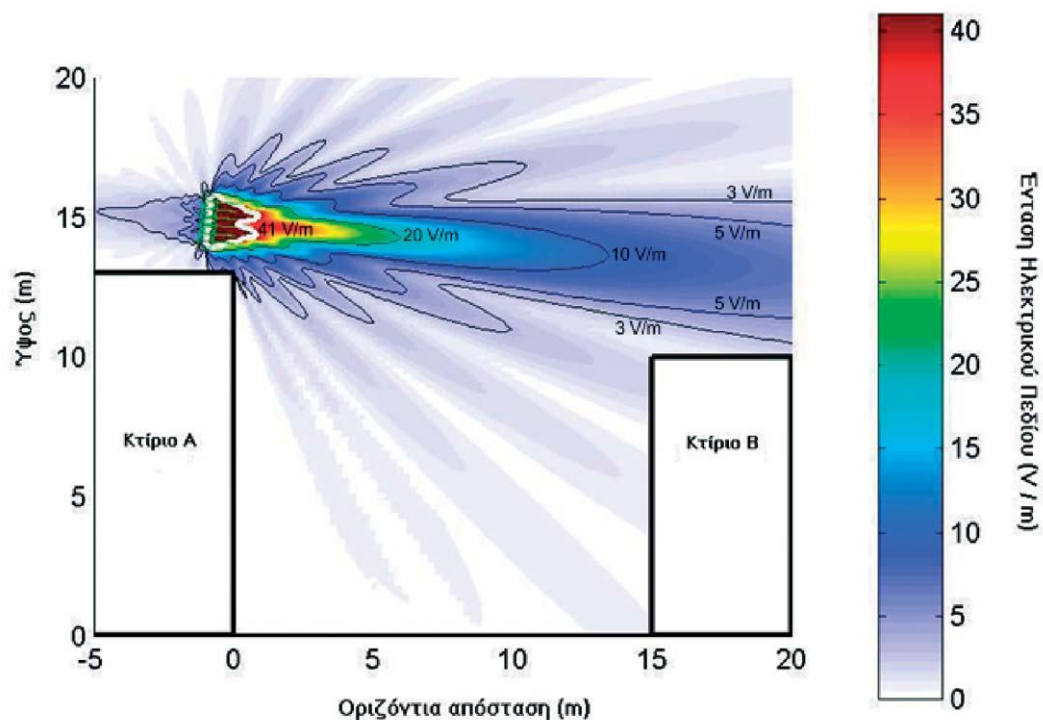
Εξαρτάται από την κατασκευή της κεραίας. Οι κεραίες δεν εκπέμπουν την ακτινοβολία ομοιόμορφα (σφαιρικά) στο περιβάλλον τους, αλλά υπάρχουν κατευθύνσεις στις οποίες εκπέμπουν πολύ περισσότερο από τις υπόλοιπες. Η διαφορά στην ένταση της ακτινοβολίας μεταξύ δύο κατευθύνσεων μπορεί να είναι μεγαλύτερη από 100 φορές. Οι κατασκευαστές των κεραιών παρέχουν διαγράμματα που δείχνουν πως μεταβάλλεται η ισχύς της ακτινοβολίας στο περιβάλλον των κεραιών σε συνάρτηση με την κατεύθυνση.

- Η απόσταση από την κεραία:

Η ακτινοβολούμενη ισχύς από μια κεραία προς μία κατεύθυνση δεν είναι σταθερή, αλλά μειώνεται πολύ γρήγορα σε συνάρτηση με την απόσταση. Είναι αντιστρόφως ανάλογη με το τετράγωνο της απόστασης δηλαδή σε διπλάσια απόσταση προσπίπτει το ένα τέταρτο της ακτινοβολίας και σε δεκαπλάσια απόσταση το ένα εκατοστό).

- Τα παρεμβαλλόμενα φυσικά ή τεχνητά εμπόδια:

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία εξασθενεί πάρα πολύ στα σημεία που βρίσκονται πίσω από τοίχους ή κάτω από οροφές κτιρίων.



**Σχήμα[16]:** Σε ύψος 1 μέτρου από την ταράτσα του κτιρίου A βρίσκεται τοποθετημένη μία κεραία κινητής τηλεφωνίας. Στο κατακόρυφο επίπεδο απεικονίζεται η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στη κατεύθυνση μεγίστης ακτινοβολίας της κεραίας. Το όριο της σχετικής Σύστασης της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι 41,25 V/m για την συχνότητα στην οποία εκπέμπει η κεραία αυτή (900MHz). Όπως φαίνεται η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου είναι κάτω από το όριο αυτό σε απόσταση λίγων μέτρων ακόμα και στη κατεύθυνση που ακτινοβολεί η κεραία. Στις άλλες κατευθύνσεις, πίσω, πάνω και κάτω από την κεραία σε απόσταση μόλις ενός μέτρου από την κεραία η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου είναι πολύ μικρότερη του ορίου. Εντός του κτιρίου A η ακτινοβολία είναι πολύ μικρότερη λόγω της εξασθένησης που προκαλείται στην διάδοση της ακτινοβολίας από την ταράτσα. Στο σχήμα φαίνεται και ένα δεύτερο κτίριο, το κτίριο B, που βρίσκεται σε οριζόντια απόσταση 15 μέτρων από το κτίριο A, στην κατεύθυνση που ακτινοβολεί η κεραία. Το κτίριο B είναι μόλις έναν όροφο χαμηλότερο από το κτίριο A, ωστόσο η κύρια δέσμη της ακτινοβολίας διέρχεται πάνω από αυτό, χωρίς να εμποδίζεται από την παρουσία του κτιρίου. Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου σε ύψος 2 μέτρων πάνω από το επίπεδο της ταράτσας του κτιρίου B (θέση του κεφαλιού ενός ιδιαίτερα ψηλού ανθρώπου) είναι 3V/m έως 5V/m ενώ στα μπαλκόνια του κτιρίου B προς την πλευρά της κεραίας η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου είναι μικρότερη από 1V/m και στο εσωτερικό του κτιρίου είναι πολλές φορές μικρότερη λόγω της εξασθένησης από τα δομικά υλικά. Τα τεχνικά στοιχεία κεραίας είναι τα εξής: συνολική ισχύ στην είσοδό της 20W, κέρδος κύριου λοβού 15,5dBi και άνοιγμα στο οριζόντιο επίπεδο 90 μοιρών.

Ο αριθμός των σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας έχει αυξηθεί αρκετά τα τελευταία χρόνια εξαιτίας της αύξησης του αριθμού των χρηστών κινητών τηλεφώνων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία νέων σταθμών βάσης μέσα σε κατοικημένες περιοχές και την μείωση των περιοχών που κάλυπταν οι αρχικοί σταθμοί βάσης που είχαν εγκατασταθεί σε κορυφές βουνών ή λόφων για να υπάρχει σήμα σε όλα τα σημεία.

Η μείωση της περιοχής που καλύπτει ένας σταθμός βάσης επιτυγχάνεται με την μείωση της ισχύς εκπομπής κάτι που οδηγεί σε μείωση της ακτινοβολίας γύρω από τους αρχικούς σταθμούς βάσης. Αντίθετα η προσθήκη νέων υπηρεσιών στον κάθε σταθμό βάσης που εκπέμπουν σε περισσότερες συχνότητες προκαλεί αύξηση της ακτινοβολίας των σταθμών.

Σύμφωνα με το νέο νόμο για τις ηλεκτρονικές επικοινωνίες τα όρια έκθεσης του κοινού καθίστανται στο 60% των ορίων της Ευρωπαϊκής Ένωσης αν σε απόσταση μικρότερη από 300 μέτρα από τις κεραιοδιατάξεις υπάρχει σχολείο, βρεφονηπιακός σταθμός, νοσοκομείο ή γηροκομείο, έναντι του 70% που ορίζεται στον νόμο για τις υπόλοιπες κεραιοδιατάξεις στην χώρα μας. Επίσης, με τον νόμο αυτό δεν επιτρέπεται η εγκατάσταση σταθμού βάσης κινητής τηλεφωνίας πάνω σε κτιριακές εγκαταστάσεις βρεφονηπιακών σταθμών, σχολείων, γηροκομείων και νοσοκομείων.[16]

Με αντικείμενο τις πιθανές επιδράσεις στην υγεία των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων που προκύπτουν από τους σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνίας έχουν πραγματοποιηθεί πολλές επιδημιολογικές έρευνες με μετρήσεις του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου σε περιοχές κοντά σε σταθμούς κινητής τηλεφωνίας. Η μελέτη όμως ενός τέτοιου φαινομένου επιδημιολογικά δεν είναι εύκολη υπόθεση, γιατί δεν μπορούν να απομονωθούν τα ραδιοκύματα που προέρχονται από τους σταθμούς κινητής τηλεφωνίας, επειδή τα ραδιοκύματα από ραδιοφωνικούς σταθμούς ή σταθμούς τηλεόρασης είναι ισχυρότερα.

Οι πειραματικές έρευνες δεν συνηγορούν στην ύπαρξη δομικών επιπτώσεων στο ανθρώπινο DNA εξαιτίας της έκθεσης στις αντίστοιχες ραδιοσυχνότητες αλλά ούτε επηρεάζονται οι πρωτεΐνες θερμικού shock στα κύτταρα ενώ οι μελέτες σε πειραματόζωα δεν ανέδειξαν ισχυρά τεκμήρια για επίδραση στην καρκινογένεση μετά από έκθεση σε ανάλογα πεδία.

Παρόλα αυτά ορισμένοι άνθρωποι που ζουν κοντά σε τέτοιους σταθμούς αναφέρουν υποκειμενικά, μη ειδικά συμπτώματα με αποτέλεσμα η επιστημονική διερεύνηση του θέματος να θεωρείται αναγκαία. Μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε κατοίκους της Γαλλίας που διαμένουν κοντά σε σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνίας (ακτίνα 100 m) αναφέρει στατιστικώς σημαντικά αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης μη ειδικών συμπτωμάτων συγκριτικά με κατοίκους που διαμένουν σε ακτίνα μεγαλύτερη των 300 μέτρων. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρει και συγχρονική μελέτη (cross sectional study) στην Αίγυπτο καταγράφοντας αύξηση αναφερόμενων συμπτωμάτων, όπως πονοκέφαλο, διαταραχές στη μνήμη, ζάλη και διαταραχές ύπνου.

Οι επιδημιολογικές μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στη Γερμανία και στο Ισραήλ αναφέρουν αυξημένο κίνδυνο ανάπτυξης καρκίνου σε πληθυσμό που κατοικούσε σε απόσταση 350–400 m από σταθμό κινητής τηλεφωνίας σε σχέση με το γενικό πληθυσμό, όμως το γεγονός ότι σε μια περιοχή παρατηρείται αυξημένη επίπτωση καρκίνου δεν οδηγεί από μόνο του στην εξαγωγή συμπεράσματος, ειδικά αν το μέτρο σύγκρισης είναι ο γενικός πληθυσμός, καθότι ο καρκίνος δεν είναι νόσημα που ισοκατανέμεται στον πληθυσμό.

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ, φύλλο ενημέρωσης – fact sheet no 304), μελετώντας τα υπάρχοντα ερευνητικά δεδομένα, καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία σταθμών βάσεων κινητής τηλεφωνίας δεν προκαλεί βλάβες στην ανθρώπινη υγεία. Ωστόσο, η φύση της συγκεκριμένης έκθεσης σε ακτινοβολία καθιστά δυσχερή την εξαγωγή συμπερασμάτων από τις υπάρχουσες επιδημιολογικές μελέτες και κρίνεται αναγκαία η εκτενέστερη μελέτη του θέματος.

Επομένως, αποτέλεσμα της έκθεσης του ανθρώπου στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία που παράγονται από τους σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνίας είναι η πρόκληση πονοκεφάλου και ζάλης. Το γενικό συμπέρασμα για την ακτινοβολία των κεραιών βάσης είναι ότι υπάρχει αμελητέα επιβάρυνση του πληθυσμού.[20]

## 7. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΑΠΟ ΚΕΡΑΙΕΣ ΡΑΝΤΑΡ[23]

### 7.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στις κατοικίες, τα γραφεία και τον ελεύθερο χώρο, επικρατούν τα πεδία των 50Hz που προκύπτουν από το δίκτυο ηλεκτρισμού. Οι ραδιοσυχνότητες που εκπέμπονται από κεραίες ραδιοτηλεοράσεων, κινητής τηλεφωνίας, ραντάρ κλπ. επηρεάζουν κυρίως τους εργαζόμενους στους χώρους αυτούς εκτός αν κάποιες κεραίες είναι εγκατεστημένες μέσα σε κατοικημένες αστικές περιοχές όπως στην περίπτωση της κινητής τηλεφωνίας ή μερικών ιδιωτικών ραδιοσταθμών οπότε εκτίθενται ευρύτερες ομάδες πολιτών. Η πυκνότητα ισχύος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε απόσταση  $r$  από κεραία και σε διεύθυνση κατά την οποία η κεραία έχει απολαβή  $G$  (σε dB) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$P_r = \frac{N}{4\pi r^2} \cdot 10^{\frac{G}{10}} \cdot \left(\frac{W}{m^2}\right) \quad (7.1)$$

Όπου,  $N$  η ισχύς εξόδου του πομπού και η εκπομπή θεωρείται συνεχής.

Αν η εκπομπή δεν είναι συνεχής αλλά κατά παλμούς, τότε η μέση πυκνότητα ισχύος σε απόσταση  $r$  από την κεραία και σε διεύθυνση όπου η απολαβή της κεραίας είναι  $G$  θα γίνεται από τη σχέση:

$$P_{r,\pi} = \frac{N_{\text{μέση}}}{4\pi r^2} \cdot 10^{\frac{G}{10}} \left(\frac{W}{m^2}\right) \quad (7.2)$$

Όπου  $N_{\text{μέση}}$  η μέση ισχύς του πομπού. Αν  $\rho_{rf}$  ή  $\rho_{rr}$  είναι η συχνότητα (ρυθμός) επανάληψης των παλμών και  $w$  το εύρος (διάρκεια) του παλμού, ο κύκλος εργασίας του πομπού (duty factor ή cycle) θα είναι:

$$\text{Duty factor (DF)} = w \cdot \text{prf} \quad (7.3)$$

και η μέση ισχύς εκπομπής:

$$N_{\text{μέση}} = N_k \cdot (\text{DF}) \quad (7.4)$$

όπου  $N_k$  η ισχύς κορυφής των παλμών.

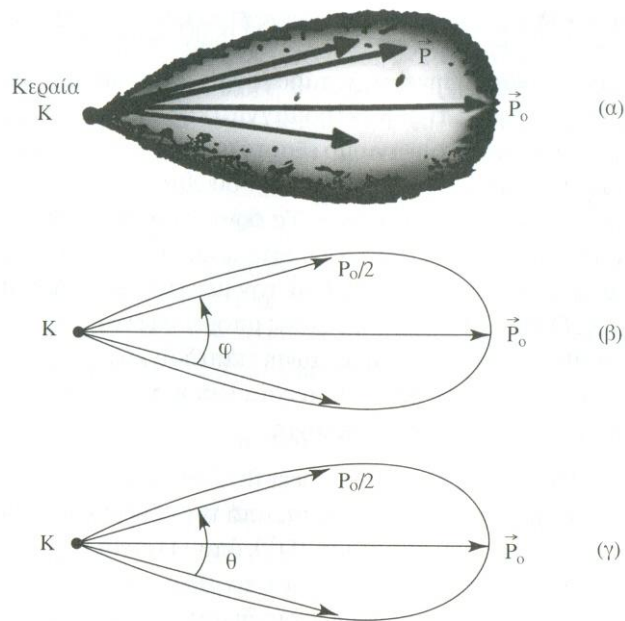
Ο συνδυασμός των τριών προηγούμενων σχέσεων δίνει τη μέση πυκνότητα ισχύος σε απόσταση  $r$  από κεραία παλμικής εκπομπής από τη σχέση:

$$P_{r,\pi} = \frac{N_k \cdot w \cdot \text{prf}}{4\pi r^2} \cdot 10^{\frac{G}{10}} \cdot \left(\frac{W}{m^2}\right) \quad (7.5)$$

Σε μερικές περιπτώσεις, η κεραία ενός πομπού πχ. ραντάρ επιτήρησης αεροδρομίων ή στρατηγικών χώρων περιστρέφεται. Στην περίπτωση αυτή, η μέση πυκνότητα ισχύος σε απόσταση  $r$  δίνεται από τη σχέση:

$$P_{r,\pi,\pi} = \frac{N_k \cdot w \cdot \text{prf}}{4\pi r^2} \cdot 10^{\frac{G}{10}} \cdot \frac{\phi^\circ}{360^\circ} \cdot \left(\frac{W}{m^2}\right) \quad (7.6)$$

Όπου  $\phi$  το εύρος μισής ισχύος του οριζόντιου διαγράμματος της κεραίας σε μοίρες όπως φαίνεται στο σχήμα



**Σχημα[23]:**

- a) Στερεό διάγραμμα ακτινοβολίας κεραίας. Είναι ο γεωμετρικός τόπος των άκρων των διανυσμάτων  $\vec{P}$ , τα μέτρα των οποίων εκφράζουν την πυκνότητα ισχύος που ακτινοβολείται από την κεραία σε κάθε διεύθυνση του χώρου.
- b) Οριζόντιο διάγραμμα ακτινοβολίας κεραίας. Προκύπτει από την τομή του στερεού διαγράμματος ακτινοβολίας (α) από ένα οριζόντιο επίπεδο. Οι διευθύνσεις κατά τις οποίες η ακτινοβολούμενη πυκνότητα ισχύος είναι το μισό της μέγιστης,  $P_0$ , σχηματίζουν μια γωνία που λέγεται γωνία μισής ισχύος,  $\varphi$ .
- c) Κατακόρυφο διάγραμμα ακτινοβολίας κεραίας. Προκύπτει από την τομή του στερεού διαγράμματος ακτινοβολίας (α) από ένα κατακόρυφο επίπεδο. Η γωνία  $\theta$  είναι η γωνία μισής ισχύος του κατακόρυφου διαγράμματος ακτινοβολίας που ορίζεται όπως και η  $\varphi$ .



## **7.2. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΠΟ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ ΚΕΡΑΙΩΝ ΡΑΝΤΑΡ**

### **7.2.1 ΡΑΝΤΑΡ ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ**

Στην κατηγορία αυτή υπάγονται τα ραντάρ συλλογής πληροφοριών (acquisition), τα ραντάρ επιτήρησης στρατιωτικών χώρων (surveillance), τα ραντάρ καθοδήγησης πυραύλων (tracking) κλπ.

Οι κεραίες των ραντάρ αυτών εκπέμπουν ισχυρότατες δέσμες που, εν δυνάμει, μπορούν να είναι επικίνδυνες μέχρι και σε απόσταση πολλών εκατοντάδων μέτρων.

Τα ραντάρ των στρατιωτικών εγκαταστάσεων εκπέμπουν ισχυρότατες δέσμες που μπορούν να είναι επικίνδυνες ακόμη και σε απόσταση πολλών εκατοντάδων μέτρων. Υπηρετούνται όμως από ειδικευμένο προσωπικό, κάτω από αυστηρά μέτρα ασφαλείας και, προπαντός, βρίσκονται σε απομονωμένες περιοχές. Έτσι η επιβάρυνση του γενικού πληθυσμού από τα ραντάρ αυτά είναι αμελητέα

### **7.3.2 ΡΑΝΤΑΡ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ**

Η μέση πυκνότητα ισχύος είναι χαμηλότερη από τα όρια επικινδυνότητας για τη συχνότητα λειτουργίας του ραντάρ. Οπωσδήποτε, στο εγγύς πεδίο οι τιμές της πυκνότητας ισχύος είναι μεγαλύτερες, δεν μπορούν όμως να συγκριθούν με τα όρια επικινδυνότητας. Η γενική πάντως επιβάρυνση του περιβάλλοντος από τα τερματικά ραντάρ των ελληνικών πολιτικών αεροδρομίων μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα, αν ληφθούν υπ' όψη και οι εξής πρόσθετοι παράγοντες:

1. Η κεραία του ραντάρ είναι εγκατεστημένη σε πύργο ύψους 33 μέτρων πάνω από το έδαφος.

2. Το κατακόρυφο διάγραμμα ακτινοβολίας έχει ελάχιστα τμήματα κάτω από το οριζόντιο επίπεδο, η κεραία δηλαδή εκπέμπει οριζόντια, συχνά μάλιστα στο 2<sup>ο</sup> ή 3<sup>ο</sup> επίπεδο πάνω από το οριζόντιο επίπεδο.

Ως συνέπεια, η πιθανότητα να βρεθούν μονάδες του γενικού πληθυσμού ή και εργαζόμενοι στη διεύθυνση μέγιστης ακτινοβολίας της κεραίας είναι μόνο θεωρητική. Και αν, παρά ταύτα, πραγματοποιηθεί, θα συμβεί σε ορεινές περιοχές του ευρύτερου χώρου των αεροδρομίων και σε τόσο μεγάλες αποστάσεις, που η πυκνότητα ισχύος θα είναι ασήμαντη, ακόμη και αν ληφθούν υπ' όψη τυχόν ανακλάσεις της δέσμης που μπορούν να την τετραπλασιάσουν.

3. Στον υπολογισμό της πυκνότητας ισχύος με βάση τις σχέσεις 7.1, 7.5 και 7.6 δεν λαμβάνεται υπόψη η εξασθένηση του κύματος κατά τη διάδοσή του στην ατμόσφαιρα, κυρίως επειδή είναι σχετικά μικρή αφού η συχνότητα λειτουργίας των τερματικών ραντάρ είναι πολύ μικρότερη από τη συχνότητα συντονισμού των υδρατμών (22,24GHz) και του οξυγόνου (60GHz). Λόγω εξασθένησης, πάντως, η πραγματική πυκνότητα ισχύος είναι μικρότερη.

Στα αεροδρόμια βέβαια, λειτουργεί εκτός του κυρίου ραντάρ, ένα πλήθος άλλων μικρότερων πομπών που δημιουργούν ένα ηλεκτρομαγνητικό υπόβαθρο, το οποίο θα έπρεπε να ερευνηθεί συστηματικά με ευθύνη της Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας, μαζί με το πανταχού παρόν υπόβαθρο των 50Hz του ηλεκτρικού δικτύου

### **7.3.3 ΛΟΙΠΑ ΕΙΔΗ ΡΑΝΤΑΡ**

Τα ραντάρ καιρού και ναυσιπλοΐας δημιουργούν ασήμαντες επιβαρύνσεις στο περιβάλλον, ενώ τα ραντάρ ελέγχου ταχύτητας οχημάτων (τροχαίας) δημιουργούν σε απόσταση π.χ. 30m μια πυκνότητα ισχύος της τάξης των 0,2μW/cm<sup>2</sup> και λειτουργούν κατά τη διάρκεια μικρού κλάσματος του εικοσιτετράωρου

## 8. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ ΚΑΙ ΙΑΤΡΙΚΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ

[12][13][17][24]

### 8.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στο περιβάλλον που ζει ο άνθρωπος υπάρχουν παντού εστίες εκπομπής ιονίζουσων ακτινοβολιών όπως στο έδαφος, τον αέρα, το νερό, το σώμα του και στο διάστημα. Εκτός από τις φυσικές πηγές υπάρχουν όμως και οι τεχνητές πηγές (ιατρικές εφαρμογές, πυρηνική βιομηχανία, κλπ). Συνεπώς ο άνθρωπος ζει σε ένα περιβάλλον όπου δέχεται κάποιες ποσότητες «βλαβερής» ακτινοβολίας έτσι κι' αλλιώς.

Οι πηγές από τις οποίες δέχεται ο άνθρωπος τη φυσική ακτινοβολία αλλά και οι ποσότητες που λαμβάνει παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

ΠΙΝΑΚΑΣ[12]

ΠΗΓΕΣ ΕΚΘΕΣΗΣ	ΜΕΣΗ ΔΟΣΗ ΑΝΑ ΑΤΟΜΟ ΕΤΗΣΙΩΣ (mSv)
Ραδόνιο	1,3
Γήινα πετρώματα	0,5
Κοσμική ακτινοβολία	0,4
Ιατρικές εξετάσεις	0,3
Εσωτερική ακτινοβολία(Τρόφιμα-Ποτά)	0,2
Πυρηνικές δοκιμές-Βιομηχανία	0,01
Σύνολο	2,7

Με βάση τον πίνακα αυτόν προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- i. κατά μέσο όρο ένας άνθρωπος δέχεται δόση ακτινοβολίας 2,7 mSv κάθε χρόνο. Το mSv είναι μονάδα μέτρησης της δόσης της ακτινοβολίας, η οποία αναφέρεται ως <<Μονάδα Δόσης Ακτινοβολίας-ΜΔΑ>>.

- ii. Η συνολική δόση που δέχεται κατά μέσο όρο ένας άνθρωπος σε διάρκεια ενός χρόνου οφείλεται κατά 85-90% σε φυσικές πηγές ακτινοβολίας ενώ μόνο το 10-15% σε τεχνικές πηγές ακτινοβολίας.

## **8.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ**

Από το ποσό που οφείλεται στην έκθεση σε τεχνητές πηγές, το 90% περίπου οφείλεται στις ιατρικές εφαρμογές των ακτίνων Χ, το 4% στις εφαρμογές της πυρηνικής ιατρικής, και το υπόλοιπο 6% σε άλλες πηγές.

Στην ιατρική χρησιμοποιούμε τις ιονίζουσες ακτινοβολίες σε τρεις εφαρμογές:

### **8.2.1 ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗ ΚΑΙ ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΑ**

Η διαγνωστική και επεμβατική ακτινολογία περιλαμβάνει τις κλασσικές ακτινολογικές εξετάσεις, αγγειογραφίες, αξονικές τομογραφίες κ.λ.π. όπου χρησιμοποιούμε αποκλειστικά τις ακτίνες Χ, οι οποίες παράγονται από ειδικά ακτινολογικά μηχανήματα (π.χ. απλό ακτινολογικό μηχάνημα και αξονικός τομογράφος). Κατά τις εξετάσεις αυτές δέσμη ακτίνων Χ προσπίπτει και διαπερνά την περιοχή ενδιαφέροντος απεικονίζοντας την εσωτερική δομή του σώματος. Η περιοχή στην οποία προσπίπτει η κύρια δέσμη της ακτινοβολίας λαμβάνει το μεγαλύτερο ποσό της «δόσης». Παράλληλα, ένα ποσοστό ακτινοβολίας σκεδάζεται και διαχέεται σε όλο το σώμα. Έτσι, για παράδειγμα, σε μια εξέταση αξονικής τομογραφίας θώρακα την υψηλότερη δόση δέχεται ο θώρακας (30 - 50 mSv ), ενώ στη περιοχή της κοιλιάς η δόση που «φτάνει» είναι κατά πολύ μικρότερη (0,1 mSv ).Επισημαίνεται ότι μετά από την ακτινολογική εξέταση δεν παραμένει ακτινοβολία ή ραδιενέργεια στο σώμα και ότι δεν υπάρχει ακτινοβολία αν σταματήσει να εκπέμπει το ακτινολογικό μηχάνημα.

### 8.2.1.1 ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Πολλοί επιστήμονες και ιατροί ακτινολόγοι πέθαναν από βλάβες που τους προκάλεσαν οι ακτίνες Χ, στις αρχές του αιώνα όταν δεν ήξεραν τις βλαβερές συνέπειες της ακτινοβολίας. Γρήγορα όμως έγινε αντιληπτό στην επιστημονική κοινότητα ότι οι ακτίνες Χ προκαλούν ζημιά στα ζωντανά κύτταρα. Η ζημιά μπορεί να είναι είτε πρόωρος θάνατος, είτε προσωρινή ή μόνιμη βλάβη. Τα αποτελέσματα των ακτινοβολιών μπορεί να είναι σωματικά, βραχυπρόθεσμα (εγκαύματα, αλλοιώσεις του αίματος κ.λ.π., έως και θάνατος) ή μακροπρόθεσμα (καρκίνος κ.λ.π.), είτε γενετικά τα οποία οφείλονται στις μεταλλάξεις των γεννητικών κυττάρων και εμφανίζονται στους απογόνους (όπως αλλοιώσεις της διάπλασης, λειτουργικές διαταραχές). Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να παίρνουμε μέτρα προστασίας για την έκθεση σε ακτινοβολία ακτίνων Χ. Γι' αυτό το λόγο αναπτύχθηκε η Ακτινοπροστασία και δημιουργήθηκε η Διεθνής Επιτροπή Ακτινοπροστασίας (International Commission on Radiological Protection – ICRP), με σκοπό τη θεμελίωση των αρχών της Ακτινοπροστασίας και τη σύνταξη συστάσεων και κανόνων καθολικής αποδοχής.

Σε όλες τις περιπτώσεις όπου έχουμε έκθεση ανθρώπων σε ιονίζουσες ακτινοβολίες πρέπει να ισχύουν οι τρεις βασικές αρχές της ακτινοπροστασίας που είναι καθιερωμένες διεθνώς από την ICRP και μνημονεύονται στην αρχή των Ελληνικών Κανονισμών Ακτινοπροστασίας

#### a) Αρχή Αιτιολόγησης

Οποιαδήποτε έκθεση σε ιονίζουσες ακτινοβολίες πρέπει να έχει αιτιολογηθεί επαρκώς. Για παράδειγμα, δεν μπορεί κανείς να κάνει ακτινογραφία κρανίου χωρίς παραπεμπτικό από εξειδικευμένο ιατρό, επειδή κρίνει ο ίδιος ότι καλό είναι να κάνει μια τέτοια ακτινογραφία, αφού έχει πονοκέφαλο.

## b) Αρχή Βελτιστοποίησης

Από κάθε έκθεση σε ιονίζουσες ακτινοβολίες πρέπει να προκύπτει το μεγαλύτερο δυνατό όφελος (διαγνωστικό ή θεραπευτικό) με τη μικρότερη δυνατή προκαλούμενη βλάβη (δόση ακτινοβολίας που παίρνει ο ασθενής) όσο αυτό είναι εφικτό, λαμβάνοντας υπ' όψη τις δυνατότητες της υπάρχουσας τεχνολογίας, τα πορίσματα της ανάλυσης κόστους οφέλους και γενικά κάθε σχετικό κοινωνικό και οικονομικό παράγοντα.

## c) Αρχή Ορίων Δόσεων

Δεν επιτρέπεται υπέρβαση των ορίων δόσεων που καθορίζονται από τους Κανονισμούς, παρά μόνο σε ειδικές περιπτώσεις και αφού ληφθεί υπόψη η Αρχή της Αιτιολόγησης. Η αρχή αυτή δεν ισχύει για τις ιατρικές εκθέσεις, δηλ. για τους εξεταζόμενους.

Για την βέλτιστη προστασία από τις ακτινοβολίες πρέπει να λάβουμε υπόψη τους παρακάτω πρακτικούς κανόνες ακτινοπροστασίας:

- Χρόνος: Όσο περισσότερο χρόνο βρισκόμαστε κοντά στην πηγή ακτινοβολίας, τόσο μεγαλύτερη είναι η ακτινική επιβάρυνση.
- Απόσταση: Όσο απομακρυνόμαστε από την πηγή ακτινοβολίας τόσο μειώνεται η ακτινική επιβάρυνση καθώς είναι αντιστρόφως ανάλογη με το τετράγωνο της απόστασης. Η έκθεση ενός ατόμου που βρίσκεται 2m μακριά από την πηγή είναι ίση με το  $\frac{1}{4}$  της έκθεσης όταν το ίδιο άτομο βρίσκεται 1m από την ίδια πηγή.
- Θωράκιση: Όσο μεγαλύτερη είναι η θωράκιση που παρεμβάλλεται μεταξύ της πηγής και του εκτιθέμενου τόσο μικρότερη είναι και η έκθεση. Το είδος θωράκισης που απαιτείται εξαρτάται από το είδος της ακτινοβολίας αλλά και από την ενέργειά της. Η απαιτούμενη θωράκιση

είναι αμελητέα για τα σωμάτια α, ένα λεπτό φύλλο αλουμινίου είναι αρκετό για την ακτινοβολία β, ενώ για την ακτινοβολία γ ή τις ακτίνες Χ απαιτούνται σημαντικά μεγαλύτερες θωρακίσεις. Τα πιο κοινά υλικά θωράκισης είναι ο μόλυβδος, το μπετό και ο σίδηρος.

### 8.2.1.2 ΟΡΙΑ ΔΟΣΕΙΣ

Το ετήσιο όριο δόσης για ολόσωμη έκθεση ατόμου έχει καθοριστεί σε :

- 1 mSv / έτος για το γενικό κοινό
- 20 mSv / έτος για τους επαγγελματικά εκτιθέμενους

Έχουν οριστεί και τιμές για τα ετήσια όρια δόσεων σε περίπτωση μερικής ακτινοβόλησης (άκρα, οφθαλμός κ.λ.π.), τα οποία είναι υψηλότερα.

Το ερώτημα που ταλανίζει όλο τον κόσμο είναι αν τα όρια δόσης είναι αρκετά και η απάντηση σε αυτό το ερώτημα δεν είναι σαφής καθώς καμία δόση δεν είναι επιτρεπτή για τον άνθρωπο. Όμως όλες οι ανθρώπινες δραστηριότητες περιέχουν κάποιον κίνδυνο. Μια μέση ετήσια δόση επαγγελματικά εκτιθέμενου σε ακτινοβολίες είναι τα 2 mSv. Με βάση τα παραπάνω η πιθανότητα θανάτου ή πρόκλησης γενετικής ανωμαλίας από την παραπάνω έκθεση υπολογίζεται σε 1:10.000 και είναι η ίδια πιθανότητα θανάτου (1:10.000) με κάποιον που έχει καπνίσει συνολικά 150 τσιγάρα, έχει ταξιδέψει συνολικά 10.000km με αυτοκίνητο, έχει αναρριχηθεί σε βράχο για 2.5 ώρες και έχει εργαστεί σε βιοτεχνία για 4 χρόνια.

Ιδιαίτερη προσοχή στην έκθεση σε ακτινοβολίες χρειάζεται να δίνουν οι έγκυες γυναίκες και οι μητέρες που θηλάζουν. Αυτό δεν σημαίνει ότι θα πρέπει να αποφεύγεται οποιαδήποτε εργασία που σχετίζεται με ακτινοβολίες. Συνήθως οι υπάρχουσες προφυλάξεις που ήδη λαμβάνονται στον χώρο εργασίας για το υπόλοιπο προσωπικό είναι αρκετές στις περισσότερες περιπτώσεις, για να προφυλάξουν αυτήν και το έμβρυό της. Ως εκ τούτου θα πρέπει να ερωτηθεί ο υπεύθυνος ακτινοπροστασίας και ακτινοφυσικός του εργαστηρίου εάν οι χώροι στους οποίους θα εργαστεί πληρούν όλες τις προϋποθέσεις για ασφαλή εργασία για την περίπτωση της.

Όσον αφορά τους κινδύνους που διατρέχει το έμβρυο, η πιο επικίνδυνη περίοδος της κύησης από πλευράς ακτινοευαισθησίας του εμβρύου είναι 8–15 εβδομάδες μετά την σύλληψη δηλαδή κατά την περίοδο της οργανογένεσης. Η πιθανότητα εμφάνισης κάποιας γενετικής ανωμαλίας μη οφειλόμενης σε ακτινοβολία υπολογίζεται ότι είναι 1 στα 30 . Τις 3 με 4 πρώτες εβδομάδες της κύησης εάν το έμβρυο λάβει κάποια δόση τότε ή θα πεθάνει οπότε θα αποβληθεί εάν η δόση είναι μεγάλη της τάξης των 100200 mGy ή δεν θα πάθει τίποτε οπότε δεν υπάρχει λόγος ανησυχίας. Αυτή η τελευταία παρατήρηση είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς πολλές φορές συμβαίνει γυναίκες που βρίσκονται στις πρώτες ημέρες της κύησης χωρίς να το γνωρίζουν, να εκτεθούν σε κάποια δόση ακτινοβολίας για οποιοδήποτε λόγο (π.χ. να κάνουν μια ακτινογραφία) και όταν συνειδητοποιήσουν ότι είναι έγκυες να ανησυχίσουν υπερβολικά και αδικαιολόγητα. Για το λόγο αυτό έχει καταργηθεί ο κανόνας των 10 ημερών. Έτσι η πιθανότητα να πάθει το έμβρυο κάποια ανωμαλία από την ακτινοβολία αν λάβει 1ΜΔΑ είναι μηδέν στις πρώτες 8 εβδομάδες της κύησης, είναι 1 στις 2.500 μεταξύ της 8 ης και της 15ης εβδομάδας της κύησης, 1 στις 10.000 μεταξύ της 16 ης και της 25 ης εβδομάδας της κύησης και μηδέν μετά την 25 η εβδομάδα μέχρι τη γέννηση.

Όσον αφορά τις προφυλάξεις που πρέπει να πάρει η μητέρα κατά τον θηλασμό πρέπει να γνωρίζει ότι οι εξωτερικές πηγές ακτινοβολίας όπως είναι η ακτίνες Χ δεν μολύνουν το σώμα. Θα πρέπει να ανησυχούμε μόνο αν κάποιο ραδιενεργό υλικό μπει στο σώμα είτε με την κατάποση είτε με την αναπνοή. Σε αυτή την περίπτωση υπάρχει πιθανότητα το μητρικό γάλα να μεταφέρει την ραδιενεργό ουσία στο παιδί. Αυτό φυσικά μπορεί να συμβεί μόνο στα εργαστήρια Πυρηνικής Ιατρικής όπου γίνονται σπινθηρογραφήματα.

### **8.2.1.3 ΔΟΣΕΙΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΠΟΥ ΔΕΧΟΜΑΣΤΕ ΑΠΟ ΤΙΣ ΙΑΤΡΙΚΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ**

Οι δόσεις ακτινοβολίας που δέχεται ο άνθρωπος από τις ιατρικές εξετάσεις παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες:



1) Με ακτίνες X [12]

Διαγνωστική εξέταση	Τυπική τιμή ενεργού δόσης (mSv)	Τιμές ισοδύναμου χρόνου ακτινοβολίας υποβάθρου*	Τιμές πιθανότητας εμφάνισης θανατηφόρου καρκίνου**
Άκρα και αρθρώσεις	<0.01	<1.5 ημέρες	1 ανά μερικά εκατομμύρια
Πανοραμική ακτινογραφία οδόντων	<0.01	<1.5 ημέρες	1 ανά μερικά εκατομμύρια
Ακτινογραφία θώρακα (μονή προβολή – ΟΠ)	0.02	3 ημέρες	1 ανά εκατομμύριο
Ακτινογραφία κρανίου	0.07	11 ημέρες	1 ανά 300,000
Ακτινογραφία αυχενικής μοίρας	0.08	2 εβδομάδες	1 ανά 200,000
Ακτινογραφία ισχίου	0.3	7 εβδομάδες	1 ανά 67,000
Ακτινογραφία θωρακικής μοίρας	0.7	4 μήνες	1 ανά 30,000
Ακτινογραφία λεκάνης	0.7	4 μήνες	1 ανά 30,000
Ακτινογραφία κοιλιάς	0.7	4 μήνες	1 ανά 30,000
Ακτινογραφία οσφυϊκής μοίρας	1.3	7 μήνες	1 ανά 15,000
Μαστογραφία	0.2	1 μήνας	1 ανά 100,000
Πυελογραφία	2.5	14 μήνες	1 ανά 8000
Βαριούχο γεύμα	3	16 μήνες	1 ανά 6700
Βαριούχος υποκλυσμός	7	3.2 έτη	1 ανά 3000
Αξονική τομογραφία κρανίου	2	1 έτος	1 ανά 10,000

Αξονική τομογραφία θώρακα	8	3.6 έτη	1 ανά 2500
Αξονική τομογραφία κοιλιάς / λεκάνης	10	4.5 έτη	1 ανά 2000

## 2) Με ραδιοϊσότοπα [12]

Διαγνωστική εξέταση	Τυπική τιμή ενεργού δόσης (mSv)	Τιμές ισοδύναμου χρόνου ακτινοβολίας υποβάθρου*	Τιμές πιθανότητας εμφάνισης θανατηφόρου καρκίνου**
Αερισμός πνευμόνων ( <sup>81m</sup> Kr)	0.1	2.4 εβδομάδες	1 ανά 200,000
Αιμάτωση πνευμόνων ( <sup>99m</sup> Tc)	1	6 μήνες	1 ανά 20,000
Σπινθηρογράφημα Νεφρών ( <sup>99m</sup> Tc)	1	6 μήνες	1 ανά 20,000
Σπινθηρογράφημα θυρεοειδούς ( <sup>99m</sup> Tc)	1	6 μήνες	1 ανά 20,000
Σπινθηρογράφημα οστών ( <sup>99m</sup> Tc)	4	2.3 έτη	1 ανά 5,000
Σπινθηρογράφημα δυναμικού καρδιάς ( <sup>99m</sup> Tc)	6	2.7 έτη	1 ανά 3,300
Σπινθηρογράφημα μυοκαρδίου ( <sup>201</sup> Tl)	18	8 έτη	1 ανά 1,100

3) ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΔΟΣΕΙΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΠΟΥ ΔΕΧΕΤΑΙ Ο ΕΠΙΒΑΤΗΣ ΑΕΡΟΠΛΑΝΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΝΟΣ ΤΑΞΙΔΙΟΥ [12]

Διαγνωστική εξέταση	Τυπική τιμή ενεργού δόσης (mSv)	Τιμές ισοδύναμου χρόνου ακτινοβολίας υποβάθρου*	Τιμές πιθανότητας εμφάνισης θανατηφόρου καρκίνου**
Αθήνα – Νέα Υόρκη	0.09	2 εβδομάδες	1 ανά 200,000
Λονδίνο – Νέα Υόρκη	0.05	1 εβδομάδα	1 ανά 500,000
Λονδίνο - Σικάγο	0.06	1.5 εβδομάδα	1 ανά 400,000

\* Αυτό το μέγεθος δείχνει το χρόνο που χρειάζεται για να λάβει κανείς την ίδια δόση εάν εκτιθόταν μόνο στην ακτινοβολία περιβάλλοντος (μια μέση τιμή). Η μέση τιμή της ακτινοβολίας περιβάλλοντος για τη Μ. Βρετανία απ' όπου προέρχονται και οι τιμές του ανωτέρω πίνακα είναι 2.2 mSv ανά έτος. Τοπικές μέσες τιμές κυμαίνονται από 1.5 έως 7.5 mSv ανά έτος.

\*\* Προσεγγιστικές τιμές πιθανότητας εμφάνισης θανατηφόρου καρκίνου για ολόκληρη τη ζωή ανθρώπου από 16 ως 69 ετών. Για μικρότερους ασθενείς οι τιμές αυτές πρέπει να πολλαπλασιάζονται με 2, ενώ για γηραιότερους ασθενείς να διαιρούνται με 5.

### 8.2.2 ΠΗΡΥΝΙΚΗ ΙΑΤΡΙΚΗ

Στην πυρηνική ιατρική χρησιμοποιούμε τη ραδιενέργεια, ακτίνες γ και β, για διαγνωστικούς και θεραπευτικούς σκοπούς. Ένα ραδιοφάρμακο χορηγείται στον εξεταζόμενο και συγκεντρώνεται επιλεκτικά στο υπό εξέταση όργανο, αλλά και σε μικρότερο ποσοστό στους υπόλοιπους ιστούς. Μετά την εξέταση, το ραδιοφάρμακο, η ραδιενέργεια και η ακτινοβολία παραμένουν στο σώμα του εξεταζόμενου ατόμου για κάποιο χρονικό διάστημα που εξαρτάται από το

είδος του ραδιοφαρμάκου, τους βιολογικούς παράγοντες και το είδος της εξέτασης.

Ο συγκεκριμένος τρόπος εξέτασης προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες που επιτρέπουν την έγκαιρη και ακριβή διάγνωση του ιατρικού σας προβλήματος. Η διαδικασία αυτή είναι τελείως ανώδυνη και ακίνδυνη. Βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι εφαρμόζεται με μεγάλη ασφάλεια και χωρίς παρενέργειες στα μικρά παιδιά αρκεί ο γιατρός να είναι ενήμερος για το άτομο που θα εξεταστεί ώστε να χορηγήσει την κατάλληλη δόση φαρμάκου. Αυτό θα πρέπει να συμβεί και σε περίπτωση που ο ασθενής ακολουθεί μια θεραπευτική αγωγή ή η ασθενής είναι έγκυος.

Η επικινδυνότητα των περισσότερων ιατρικών εξετάσεων εξαρτώνται από τον παράγοντα όφελος προς κίνδυνο. Στην πυρηνική ιατρική λαμβάνονται όλα τα δυνατά μέτρα έτσι ώστε η επιβάρυνση του ασθενή στην ακτινοβολία να ελαχιστοποιείται. Το κέρδος από μία έγκαιρη και ακριβή διάγνωση αντισταθμίζει με το παραπάνω τον κίνδυνο από την χορήγηση εξαιρετικά περιορισμένης ποσότητας ραδιενεργών ουσιών, κατά την εξέταση.

Οι πιο συνηθισμένες μορφές εξετάσεων πυρηνικής ιατρικής είναι οι παρακάτω:

- Σπινθηρογράφημα οστών

Το σπινθηρογράφημα θα γίνει λίγες ώρες μετά τη χορήγηση του φαρμάκου. Στις εικόνες φαίνεται συνήθως όλος ο σκελετός και ορισμένες φορές εξετάζεται με λεπτομέρεια ένα συγκεκριμένο μέρος.

- Σπινθηρογράφημα ήπατος

Το σπινθηρογράφημα θα γίνει σύντομα μετά τη χορήγηση του φαρμάκου, περίπου 30-45 λεπτά. Η εξέταση παρέχει

πληροφορίες τόσο για την ανατομία όσο και για τη λειτουργία ήπατος και σπληνός. Η μελέτη της χοληδόχου κύστεως γίνεται με διαφορετικό σπινθηρογράφημα αν αυτό ζητηθεί από το γιατρό σας.

- Σπινθηρογράφημα πνευμόνων

Το σπινθηρογράφημα γίνεται αμέσως μετά τη χορήγηση του φαρμάκου. Υπάρχουν για την μελέτη των πνευμόνων δύο διαφορετικά είδη σπινθηρογραφήματος: ο έλεγχος της αιμάτωσης των πνευμόνων και ο έλεγχος της αέρωσής τους.

- Σπινθηρογράφημα νεφρών

Υπάρχουν δύο είδη σπινθηρογραφήματος νεφρών:

α. το δυναμικό : το σπινθηρογράφημα γίνεται αμέσως μετά την χορήγηση του φαρμάκου. Κατά την εξέταση ελέγχεται κυρίως η λειτουργική κατάσταση των νεφρών.

β. Στατικό : το σπινθηρογράφημα πραγματοποιείται μερικές ώρες μετά τη λήψη του φαρμάκου. Σκοπός του είναι να ελέγξει την ανατομία και λειτουργία των νεφρών.

- Σπινθηρογράφημα θυρεοειδούς
- Σπινθηρογράφημα καρδιάς
- Άλλα σπινθηρογραφήματα, όπως μυελού οστών, επινεφριδίων παραθυρεοειδών, ραδιοϊσοτοπική κυστεογραφία όρχεων, πεπτικού, εγκεφάλου, ραδιοϊσοτοπική αγγειογραφία, σιελογόνων αδένων, λεμφικού συστήματος, κ.α.

### 8.2.3 ΑΚΤΙΝΟΘΕΡΑΠΕΙΑ

Στην ακτινοθεραπεία χρησιμοποιούμε όλες τις μορφές των ιονιζουσών ακτινοβολιών (ακτίνες Χ, γ, β, πρωτόνια και νετρόνια) για θεραπευτικούς σκοπούς. Δέσμες ακτινοβολιών ή ραδιοϊσότοπα χρησιμοποιούνται για την «καταστροφή» καρκινικών όγκων. Στις περιπτώσεις αυτές οι δόσεις είναι πολύ υψηλές (50.000 mSv στον όγκο) και συνεπώς η υποβολή σε ακτινοθεραπεία απαιτεί ειδικό σχεδιασμό και συλλογική λήψη αποφάσεων με βάση ιατρικά αλλά και οικογενειακά, ψυχολογικά κριτήρια.

## 9 ΟΡΙΑ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ [7][26][27]

Οι επιπτώσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην ανθρώπινη υγεία εξαρτώνται από τον βαθμό απορρόφησης τους από τους διάφορους ιστούς. Έχουμε τρεις μηχανισμούς μεταφοράς ενέργειας από το κύμα στο ανθρώπινο σώμα, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του:

1. Διέγερση των ελευθέρων ηλεκτρονίων των ατόμων.
2. Εξαναγκασμένη πόλωση των ατόμων και μορίων των ιστών από το ηλεκτρικό πεδίο του κύματος.
3. Ευθυγράμμιση υπαρχόντων δίπολων ατόμων ή μορίων με το ηλεκτρικό πεδίο του κύματος.

Αυτό που ενδιαφέρει τους επιστήμονες, τους φορείς αλλά και τους κατασκευαστές των τηλεφώνων είναι ο ρυθμός ειδικής απορρόφησης της ενέργειας (SAR) από το σώμα - με άλλα λόγια, πόση ακτινοβολία απορροφούν οι ιστοί από μια συσκευή που βρίσκεται κοντά μας. Ο τύπος υπολογισμού του SAR για ένα ζωικό ιστό πυκνότητας  $\rho$  και ειδικής θερμοκρασίας  $C$ , για ορισμένη συχνότητα και προσανατολισμό, είναι:

$$SAR = 4,166 \rho C \Delta T/\Delta t \text{ (Watts/cm}^3\text{)}$$

Τα όρια έκθεσης του πληθυσμού της Ελληνικής Νομοθεσίας για την συχνότητα των 50Hz παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

### ΠΙΝΑΚΑΣ[27]

Ένταση Ηλεκτρικού Πεδίου (E)	5 kV/m
Μαγνητική Επαγωγή (B)	100 $\mu$ T

Με βάση μόνο τους θερμικούς μηχανισμούς, τα όρια επικινδυνότητας των Διεθνών Οργανισμών είναι τα εξής:

Ο μέγιστος αριθμός απορρόφησης κυματικής ενέργειας (SAR) δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή των 0,4 W/Kg, αθροιζόμενη κατά μέσο όρο μέσα σε οποιαδήποτε 6 λεπτά του εικοσιτετραώρου και για ολόσωμη έκθεση.

Το επίπεδο της ακτινοβολίας που εκπέμπει ένα τηλέφωνο εξαρτάται άμεσα από την απόσταση που το χωρίζει από την πλησιέστερη κεραία (σταθμό βάσης) του δικτύου. Θεωρητικά, κάθε σταθμός καλύπτει ακτίνα 30-25km, ωστόσο οι εταιρείες κινητής τηλεφωνίας "πυκνώνουν" τα δίκτυά τους με την εγκατάσταση περισσότερων σταθμών ώστε να εξυπηρετούνται ταυτόχρονα περισσότεροι συνδρομητές. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η ενέργεια που καταναλώνεται για την επικοινωνία τηλεφώνου - σταθμού να περιορίζεται στο 1/8 της ενέργειας με την οποία, βάσει προδιαγραφών, λειτουργεί η συσκευή. Το κινητό είναι μια κεραία που κολλάμε στο κεφάλι. Η κεραία αυτή εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, η οποία απορροφάται και μετατρέπεται στους γειτονικούς ιστούς σε θερμότητα. Τα όρια μπήκαν για να μην υπάρχουν δυσάρεστα αποτελέσματα. Όλοι οι άνθρωποι δεν είναι ίδιοι. Ο ρυθμός απορρόφησης δεν είναι ίδιος για όλους και δεν μπορεί να μετρηθεί. Τα όρια που θεσπίζονται είναι 50% χαμηλότερα από το όριο που κρίνεται επικίνδυνο από τους ερευνητές.

Με βάση τα στοιχεία που δημοσιοποιούν οι κατασκευαστές κινητών τηλεφώνων, καμία συσκευή δεν προκαλεί SAR μεγαλύτερο του 1,59 W. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας έχουν κατασκευαστεί συσκευές όπου το SAR είναι ακόμη και 0,17 W. Αν οι αριθμοί αυτοί διαιρεθούν με το 8, λόγω της δομής των δικτύων που λέγαμε πριν, ο ρυθμός απορρόφησης πέφτει σε πολύ χαμηλά επίπεδα.

Το κριτήριο αυτό διαμορφώθηκε με την προϋπόθεση ότι οι εργαζόμενοι σε ηλεκτρομαγνητικά βεβαρημένους χώρους είναι ενήμεροι των κινδύνων, λαμβάνουν μέτρα ασφαλείας και εκτίθενται μόνον για ένα οκτάωρο. Επειδή ο γενικός πληθυσμός εκτίθεται σε 24ωρη βάση και δεν είναι ενημερωμένος, ώστε να λαμβάνει μέτρα ασφαλείας, η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του ρυθμού απορρόφησης, για τον γενικό πληθυσμό, ορίστηκε 0.08 W/Kg.



Τα όρια επικινδυνότητας στις ραδιοσυχνότητες σύμφωνα με μερικούς οργανισμούς είναι τα εξής:

Στην Ευρ. Ένωση και στην Ιαπωνία το όριο αυτό έχει θεσπιστεί στα 2 W/Kg ενώ στη Β. Αμερική και στην Αυστραλία το όριο είναι χαμηλότερο και είναι 1,6 W/Kg. Ειδικότερα για τα κινητά τηλέφωνα του δικτύου GSM 900 το όριο είναι 2 W/Kg, ενώ οι συσκευές του GSM 1800 δεν μπορούν να υπερβαίνουν το 1 W/Kg.

### **Όρια που έχουν καθοριστεί από την ΚΥΑ (Κοινή Υπουργική Απόφαση)**

Ανάλογα με τη συχνότητα, χρησιμοποιούνται τα ακόλουθα φυσικά μεγέθη (δοσιμετρικά – εκθεσιμετρικά μεγέθη), για τον προσδιορισμό των βασικών περιορισμών όσον αφορά τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία:

- Συχνότητες από 0 έως 1 Hz: προβλέπονται βασικοί περιορισμοί για την πυκνότητα της μαγνητικής ροής στατικών μαγνητικών πεδίων (0 Hz) και για την πυκνότητα ρεύματος χρονικών μεταβαλλόμενων πεδίων έως 1 Hz, για την πρόληψη επιπτώσεων στο καρδιαγγειακό και στο κεντρικό νευρικό σύστημα.
- Συχνότητες από 1 Hz έως 10 MHz: προβλέπονται βασικοί περιορισμοί για την πυκνότητα ρεύματος, για την πρόληψη επιπτώσεων στις λειτουργίες του νευρικού συστήματος.
- Συχνότητες από 100 kHz έως 10 GHz: προβλέπονται βασικοί περιορισμοί για το SAR, για την πρόληψη θερμοπληξίας ολόκληρου του σώματος και υπερβολικής τοπικής θέρμανσης των ιστών. Για συχνότητες από 100 kHz έως 10 MHz, προβλέπονται περιορισμοί και για την πυκνότητα ρεύματος και για το SAR.

- Συχνότητες από 10 GHz έως 300 GHz: προβλέπονται βασικοί περιορισμοί για την πυκνότητα ισχύος, για την πρόληψη θέρμανσης των ιστών στην επιφάνεια του σώματος ή κοντά της.

Οι βασικοί περιορισμοί που περιέχονται στον πίνακα έχουν οριστεί έτσι ώστε να λαμβάνονται υπόψη οι αβεβαιότητες που υπάρχουν όσον αφορά την ατομική ευαισθησία, τις περιβαλλοντικές συνθήκες καθώς και τις διαφορές όσον αφορά την ηλικία και την κατάσταση υγείας του κοινού.

### ΠΙΝΑΚΑΣ [26]

Βασικοί περιορισμοί για ηλεκτρικά, μαγνητικά και ηλεκτρομαγνητικά πεδία  
(0Hz - 300GHz σταθερές τιμές rms)

Ζώνη συχνοτήτων	Πυκνότητα μαγνητικής ροής (mT)	Πυκνότητα ρεύματος (mA/m <sup>2</sup> ) (rms)	Μέση ταχύτητα ειδικής απορρόφησης για όλο το σώμα (W/kg)	Τοπική ταχύτητα ειδικής απορρόφησης (κεφάλι και κορμός) (W/kg)	Τοπική ταχύτητα ειδικής απορρόφησης (άκρα) (W/kg)	Πυκνότητα ισχύος S (W/m <sup>2</sup> )
0 Hz	40	-	-	-	-	-
>0 - 1 Hz	-	8	-	-	-	-
1 - 4 Hz	-	8/f	-	-	-	-
4 - 1000 Hz	-	2	-	-	-	-
1000 Hz – 100 kHz	-	f/500	-	-	-	-
100 kHz – 10 MHz	-	f/500	0,08	2	4	-
10 MHz – 10 GHz	-	-	0,08	2	4	-
10 -300 GHz	-	-	-	-	-	10

## ΠΙΝΑΚΑΣ [26]

Επίπεδα αναφοράς για ηλεκτρικά, μαγνητικά και ηλεκτρομαγνητικά πεδία  
(0Hz – 300GHz σταθερές τιμές rms)

Ζώνη συχνοτήτων	Ένταση ηλεκτρικού πεδίου E (V/m)	Ένταση μαγνητικού πεδίου H (A/m)	Πυκνότητα μαγνητικής ροής πεδίου B (mT)	Ισοδύναμη πυκνότητα ισχύος επιπέδου κύματος $S_{eq}$ (W/m <sup>2</sup> )
0 – 1 Hz	-	$3,2 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$	-
1 – 8 Hz	10000	$3,2 \cdot 10^4 / f^2$	$4 \cdot 10^4 / f^2$	-
8 – 25 Hz	10000	$4000 / f$	$5000 / f$	-
0,025 – 0,8 kHz	$250 / f$	$4 / f$	$5 / f$	-
0,8 – 3 kHz	$250 / f$	5	6,25	-
3 – 150 kHz	87	5	6,25	-
0,15 – 1 MHz	87	$0,73 / f$	$0,92 / f$	-
1 – 10 MHz	$87 / f^{1/2}$	$0,73 / f$	$0,92 / f$	-
10 – 400 MHz	28	0,073	0,092	2
400 – 2000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$0,0046 f^{1/2}$	$f / 200$
2 – 300 GHz	61	0,16	0,20	10

### Όρια επικινδυνότητας της ANSI

Είναι τα όρια του Αμερικανικού Ινστιτούτου Εθνικών Ορίων (American National Standards Institute), του επίσημου δηλαδή οργάνου της κυβέρνησης των ΗΠΑ. Τα όρια αυτά προέκυψαν με την υιοθέτηση, το 1992, από το ANSI των ορίων που καθιέρωσε η μεγαλύτερη παγκοσμίως επιστημονική ένωση

IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers), με την οδηγία IEEE C 95.1-1991.

### **Όρια επικινδυνότητας της Ευρωπαϊκής Ένωσης**

Η ευρωπαϊκή επιτροπή ηλεκτροτεχνικής τυποποίησης CENELEC (Comite Europeen de Normalisation Electrotechnique) ενέκρινε της 30/11/94 το πειραματικό ευρωπαϊκό πρότυπο ENV 50166 – 2 για την έκθεση ανθρώπων σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία συχνοτήτων 10kHz – 300GHz.

### **Όρια επικινδυνότητας της IRPA**

Τα όρια αυτά θεωρούνται ως τα πλέον έγκυρα στη Δύση και ακολουθούνται από της χώρες ή οργανισμούς, αφού καθιερώθηκαν από την επιτροπή μη ιονίζουσας ακτινοβολίας (International Non-Ionizing Radiation Committee, INIRC) της Διεθνούς Εταιρίας Ακτινοπροστασίας (International Radiation Protection Association, IRPA) σε συνεργασία με το τμήμα περιβαλλοντικής υγείας της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας (World Health Organization, WHO), με την επιχορήγηση του ΟΗΕ (United Nations Environmental Program, UNEP).

### **ΠΙΝΑΚΑΣ[26]**

Ζώνη συχνοτήτων (MHz)	Ένταση ηλεκτρικού πεδίου E (V/m)	Ένταση μαγνητικού πεδίου H (A/m)	Ισοδύναμη πυκνότητα ισχύος επιπέδου κύματος P (mW/cm <sup>2</sup> )
0,1 – 1	614	1,6/f	-
> 1 - 10	614/f	1,6/f	-
> 10 - 400	61	0,16	1
> 400 – 2000	3f <sup>1/2</sup>	0,008f <sup>1/2</sup>	f/400
> 2000 - 300000	137	0,36	5

## 10. ΕΚΘΕΣΗ ΣΕ ΠΗΓΕΣ ΜΕ ΠΟΛΛΑΠΛΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ [7][25]

Σε περιπτώσεις ταυτόχρονης έκθεσης σε πεδία διαφορετικών συχνοτήτων, θα πρέπει να εξετάζεται η πιθανότητα σώρευσης των επιπτώσεών τους. Οι υπολογισμοί για τη σώρευση αυτή πρέπει να γίνονται χωριστά για κάθε επίπτωση. Έτσι, θα πρέπει να γίνονται χωριστές αξιολογήσεις για τις θερμικές και ηλεκτρικές επιπτώσεις στο σώμα.

### ΒΑΣΙΚΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Στην περίπτωση ταυτόχρονης έκθεσης σε επίπεδα διαφορετικών συχνοτήτων, πρέπει να πληρούνται τα ακόλουθα κριτήρια, όσον αφορά τους βασικούς περιορισμούς.

Για την ηλεκτρική διέγερση, που έχει σημασία για συχνότητες από 1 Hz έως 10 MHz, οι πυκνότητες του ρεύματος εξ επαγωγής πρέπει να αθροίζονται σύμφωνα με τον τύπο:

$$\sum_{i=1 \text{ Hz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_i}{J_{L,i}} \leq 1$$

Για τις θερμικές επιδράσεις, που έχουν σημασία για συχνότητες 100 kHz και άνω, πρέπει να αθροίζονται οι ταχύτητες ειδικής απορρόφησης ενέργειας και οι πυκνότητες ισχύος, σύμφωνα με τον τύπο:

$$\sum_{i=100 \text{ kHz}}^{10 \text{ GHz}} \frac{SAR_i}{SAR_L} + \sum_{i>10 \text{ GHz}}^{300 \text{ GHz}} \frac{S_i}{S_L} \leq 1$$

όπου

$J_i$  είναι η πυκνότητα ρεύματος σε συχνότητα  $i$

$J_{L,i}$  είναι ο βασικός περιορισμός για την πυκνότητα ρεύματος σε συχνότητα  $i$

$SAR_i$  είναι ο SAR που προκύπτει από την έκθεση σε συχνότητα  $i$

SAR<sub>L</sub> είναι ο βασικός περιορισμός για το SAR

S<sub>i</sub> είναι η πυκνότητα ισχύος σε συχνότητα i

S<sub>L</sub> είναι ο βασικός περιορισμός για την πυκνότητα ισχύος

### ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Για την εφαρμογή των βασικών περιορισμών, πρέπει να εφαρμόζονται τα ακόλουθα κριτήρια, όσον αφορά τα επίπεδα αναφοράς για τις εντάσεις των πεδίων.

Για τις πυκνότητες ρεύματος εξ επαγωγής και τις ηλεκτροδιεγερτικές επιδράσεις, που έχουν σημασία για τις συχνότητες έως 10 MHz, στα επίπεδα των πεδίων πρέπει να εφαρμόζονται οι ακόλουθες δύο απαιτήσεις:

$$\sum_{i=1 \text{ Hz}}^{1 \text{ MHz}} \frac{E_i}{E_{L,i}} + \sum_{i>1 \text{ MHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{E_i}{a} \leq 1$$

$$\sum_{j=1 \text{ Hz}}^{150 \text{ kHz}} \frac{H_j}{H_{L,j}} + \sum_{j>150 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{H_j}{b} \leq 1$$

όπου

E<sub>i</sub> είναι η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου σε συχνότητα i

E<sub>L,i</sub> είναι το επίπεδο αναφοράς για την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου

H<sub>j</sub> είναι η ένταση του μαγνητικού πεδίου σε συχνότητα j

H<sub>L,j</sub> είναι το επίπεδο αναφοράς για την ένταση του μαγνητικού πεδίου

a είναι 87 V/m

b είναι 5 A/m

Σε σύγκριση με τις κατευθυντήριες γραμμές της ICNIRP, που αφορούν τόσο την επαγγελματική όσο και την έκθεση του κοινού, τα όρια των αθροίσεων αντιστοιχούν σε συνθήκες έκθεσης του ευρέως κοινού.

Η χρήση σταθερών τιμών πάνω από 1 MHz για ηλεκτρικά πεδία και πάνω από 150 kHz για μαγνητικά πεδία οφείλεται στο γεγονός ότι το άθροισμα βασίζεται σε πυκνότητες επαγωγικού ρεύματος και δεν θα πρέπει να συγχέεται με τις συνθήκες θερμικής επίδρασης. Οι συνθήκες αυτές αποτελούν τη βάση για τα  $E_{L,i}$  και  $H_{L,j}$  πάνω από 1MHz και 150 kHz αντίστοιχα.

Για συνθήκες επίδρασης, σε συχνότητες 100 kHz, για τα επίπεδα πεδίων πρέπει να ισχύουν οι ακόλουθες δύο απαιτήσεις:

$$\sum_{i=100 \text{ kHz}}^{1 \text{ MHz}} \left(\frac{E_i}{c}\right)^2 + \sum_{i>1 \text{ MHz}}^{300 \text{ GHz}} \left(\frac{E_i}{E_{L,i}}\right)^2 \leq 1$$

$$\sum_{j=100 \text{ kHz}}^{150 \text{ kHz}} \left(\frac{H_j}{d}\right)^2 + \sum_{j>150 \text{ kHz}}^{300 \text{ GHz}} \left(\frac{H_j}{H_{L,i}}\right)^2 \leq 1$$

όπου

$E_i$  είναι η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου σε συχνότητα  $i$

$E_{L,i}$  είναι το επίπεδο αναφοράς για την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου

$H_j$  είναι η ένταση του μαγνητικού πεδίου σε συχνότητα  $j$

$H_{L,j}$  είναι το επίπεδο αναφοράς για την ένταση του μαγνητικού πεδίου

$c$  είναι  $87/f^{1/2}$  V/m

$d$  είναι  $0,73/f$  A/m

Και εδώ, σε σύγκριση με τις κατευθυντήριες γραμμές της ICNIRP, έχουν γίνει ορισμένες προσαρμογές λαμβάνοντας υπόψη μόνο την έκθεση του κοινού.

## 11. ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ[28]

Για την κατανόηση των βιολογικών φαινομένων που προκαλούν το ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο, πρέπει πρώτα να βρεθεί ο τρόπος επίδρασης των πεδίων με το σώμα και τους ιστούς. Μια βιολογικά αποτελεσματική φυσική ποσότητα (δοσομετρική ποσότητα) μπορεί να καθοριστεί ως μια κατάλληλη συνάρτηση των ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων στο σημείο της επίδρασης. Το κύριο αντικείμενο της δοσιμετρίας είναι η καθιέρωση μιας σχέσης μεταξύ του εξωτερικού αδιατάρακτου πεδίου και της δοσομετρικής ποσότητας. Μπορεί να γίνει διάκριση σε μικροσκοπική και μακροσκοπική δοσιμετρία. Η μικροσκοπική δοσιμετρία είναι η ανάπτυξη μοντέλων που επεξεργάζονται το επαγόμενο ηλεκτρομαγνητικό περιβάλλον σε κλίμακες μεγέθους του ζωντανού κυττάρου. Η μακροσκοπική δοσιμετρία ασχολείται με δοσιμετρικές ποσότητες ανηγμένες σε όγκους ή επιφάνειες των οποίων οι διαστάσεις είναι μεγαλύτερες από αυτές των ζωντανών κυττάρων.

Προκειμένου να μελετηθεί η έκθεση του ανθρώπου σε ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία και να καθοριστεί η δοσιμετρία, πρέπει να γίνουν πρώτα κάποιες βασικές διαπιστώσεις και κάποιες αναγκαίες παραδοχές. Ένα χαρακτηριστικό της έκθεσης σε ηλεκτρικά πεδία είναι η παραμόρφωση των δυναμικών γραμμών εξαιτίας της παρουσίας του σώματος. Από την άλλη, η έκθεση σε μαγνητικά πεδία χαμηλής συχνότητας γίνεται πρακτικά χωρίς παραμόρφωση, αφού το ανθρώπινο σώμα έχει σχετική μαγνητική διαπερατότητα σχεδόν μονάδα.

Στην περίπτωση έκθεσης σε χρονικά μεταβλητά ηλεκτρικά ή μαγνητικά πεδία, ως δοσιμετρικές ποσότητες χρησιμοποιούνται η ηλεκτρική πεδιάκη ένταση  $E$  και η ρευματική πυκνότητα  $J$  που επάγεται από το εξωτερικό πεδίο  $E$ . Ως δοσιμετρική ποσότητα κατά την έκθεση σε μαγνητικό πεδίο χρησιμοποιείται η μαγνητική πυκνότητα ροής ή μαγνητική επαγωγή  $B$  (ή η μαγνητική πεδιακή ένταση  $H$ ), όχι η επαγόμενη αλλά αυτή του εξωτερικού πεδίου. Το



επαγόμενο μαγνητικό πεδίο από τα ρεύματα που ρέουν στο σώμα, θεωρείται αμελητέο. Μια επιπλέον παραδοχή που ισχύει γενικά στις χαμηλές συχνότητες είναι ότι το μήκος κύματος είναι πολύ μικρότερο από τις διαστάσεις του σώματος.

Η επιλογή των δοσιμετρικών μεγεθών δεν έχει γίνει αυθαίρετα. Οι όποιες επιδράσεις των πεδίων επί της ύλης γίνεται με άσκηση δύναμης και με μεταφορά ενέργειας. Τόσο η άσκηση όσο και η ενέργεια των ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων περιγράφονται από τα μεγέθη  $E$  και  $B$  αντίστοιχα. Επομένως η γνώση των  $E$  και  $B$ , συνεπάγεται μια έμμεση γνώση της δύναμης και της ενέργειας που υφίσταται ένα υλικό εντός πεδίου, είτε αυτό είναι ένα υποατομικό σωματίο, είτε ένας περίπλοκος ζωντανός οργανισμός. Σε έναν ζωντανό οργανισμό και μάλιστα σε άνθρωπο, αυτές οι δυνάμεις και οι ενέργειες των πεδίων, μπορεί να εκδηλωθούν βιολογικά με κάποια ερεθίσματα. Επίσης τα εξωτερικά πεδία μέσω δυνάμεων και ενεργειών μπορούν να προκαλέσουν δυναμικά δράσης και να εκδηλωθούν κάποια ερεθίσματα. Εξάλλου υπάρχουν περιπτώσεις που στο μικροσκοπικό επίπεδο συνεπάγονται μεταβολές, χωρίς αυτές να γίνονται αντιληπτές ως μακροσκοπικά ερεθίσματα. Τέτοιες μεταβολές είναι η επίδραση σε ιόντα ασβεστίου, αλλαγή στην διαμεμβρανική αγωγιμότητα και στη διηλεκτρική σταθερά, αλλαγή στο ρυθμό κυτταρικής διαίρεσης, αλλαγή στο ρυθμό σύνθεσης του DNA και RNA, αλλαγή στη σύνθεση πρωτεϊνών και ενζύμων, στα επίπεδα ATP και στα επίπεδα ορμονών.

Τα μακροσκοπικά μοντέλα για την έκθεση σε ηλεκτρικό πεδίο μπορεί να θεωρούν τον άνθρωπο σαν μια χωρητικότητα με κυλινδρική γεωμετρία που οδηγεί σύμφωνα με εργασίες σε σχέσεις που δείχνουν ότι το ρεύμα είναι ανάλογο του ύψους του ανθρώπου, της συχνότητας και της πεδιακής έντασης  $E$ . Ενώ για την έκθεση σε μαγνητικό πεδίο θεωρούν τον άνθρωπο σαν μια κατακόρυφη κεραία που μας δίνει ότι η μέγιστη πεδιακή ένταση ολόσωμης έκθεσης σε μαγνητικό πεδίο, θα εμφανίζεται στον εσωτερικό κύκλο μέγιστης ακτίνας.

Όσον αφορά τα μικροσκοπικά μοντέλα και την έκθεση σε ηλεκτρικά πεδία έχουμε ότι εκτός από έναν οργανισμό στο σύνολό του μπορεί να επηρεάσει ομάδες κυττάρων ή μοναδιαία κύτταρα. Αυτό θα γινόταν αν η τάση που επάγεται στο κύτταρο από ένα εξωτερικό ηλεκτρικό πεδίο μπορούσε να διεγείρει το κύτταρο. Ένας άλλος τρόπος με τον οποίο το ηλεκτρικό πεδίο μπορεί να επιδράσει στα κύτταρα είναι με την προσφορά θερμικής ενέργειας που προκαλεί τον θερμικό θόρυβο. Ενώ για την έκθεση σε μαγνητικά πεδία υπάρχουν δύο μηχανισμοί με τους οποίους επιδρά: 1) Απ' ευθείας μαγνητική επίδραση σε κρυστάλλους μαγνητίτη που έχουν βρεθεί σε ζωντανούς οργανισμούς και 2) Με το ηλεκτρικό πεδίο που αναπτύσσεται εξ' επαγωγής.

## **12. ΕΚΘΕΣΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ 0Hz ΕΩΣ 300GHz [7]**

Τα πεδία αυτών των συχνοτήτων παράγονται από συσκευές που χρησιμοποιούνται για την ηλεκτρονική επιτήρηση αντικειμένου, τον προσδιορισμό ραδιοσυχνότητας και παρόμοια συστήματα. Η αξιολόγηση της ανθρώπινης έκθεσης στα πεδία αυτά γίνεται σε σχέση με τους βασικούς περιορισμούς και με τις προσδιορισμένες τιμές αναφοράς

### **12.1 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΤΙΜΕΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ**

Στην περίπτωση αυτή τα όργανα μέτρησης πρέπει να είναι κατάλληλα για το σκοπό αυτό και πρέπει να καλύπτουν την συχνότητα φάσματος εκπομπής. Επίσης ο εξοπλισμός μέτρησης που χρησιμοποιείται πρέπει να βαθμονομείται μέσω ενός κατάλληλου διαπιστευμένου εργαστηρίου. Ο χώρος δοκιμών ή η εγκατάσταση που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της έκθεσης πρέπει επίσης να βαθμονομείται κατάλληλα, ωστόσο αυτό δεν μπορεί να είναι δυνατόν για μετρήσεις που έγιναν σε χώρους εγκατάστασης του εξοπλισμού. Στην περίπτωση μη βαθμονόμησης του χώρου των δοκιμών ή της εγκατάστασης, απαιτείται προσοχή για να μην ληφθούν υπόψη, εξωτερικές επιρροές που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τα αποτελέσματα. Όλες αυτές οι ενέργειες και τα μέτρα αποκατάστασης θα πρέπει να σημειωθούν στην έκθεση αξιολόγησης, μαζί με τις τυχόν αβεβαιότητες. Οι τρόποι μέτρησης της έκθεσης είναι οι εξής:

- Άμεση μέτρηση της έκθεσης σε σχέση με τις τιμές αναφοράς

Οι εντάσεις των πεδίων πρέπει να μετρώνται σε όλο το δοκίμιο σε απόσταση  $x$ . Η ένταση του πεδίου καθορίζεται είτε με ένα διανυσματικό ποσό πάνω στους τρεις ορθογώνιους άξονες μέτρησης ή με μια μόνο μέτρηση που ευθυγραμμίζεται για να δώσει τη μέγιστη τιμή. Οι θέσεις μέγιστου ηλεκτρομαγνητικού πεδίου πρέπει να καταγράφονται.

- Χωρική μέτρηση της έκθεσης σε σχέση με τις τιμές αναφοράς

Επιτρέπεται η χρήση ενός προτύπου δικτύου μετρήσεων στο συνολικό όγκο που εκτίθεται, για να ελαχιστοποιηθούν οι μετρήσεις που απαιτούνται. Ο κορμός είναι η πιο κατάλληλη περιοχή του σώματος που πρέπει να εκτιμηθεί και θα χρησιμοποιείται το δίκτυο του σχήματος 1. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις όπου η έκθεση είναι κατά κύριο λόγο στο κεφάλι, τότε χρησιμοποιείται το δίκτυο του σχήματος 2.

Σε μερικές περιπτώσεις έκθεσης, οι τιμές αναφοράς είναι με βάση τις μέσες τιμές στο χώρο σε έκθεση ολόκληρου του σώματος του ατόμου. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η ενεργός τιμή (rms) των τιμών που μετρούνται πρέπει να υπολογιστεί και να συγκριθεί με τις κατάλληλες προσδιορισμένες τιμές αναφοράς και τα αποτελέσματα αυτά πρέπει να καταγράφονται.

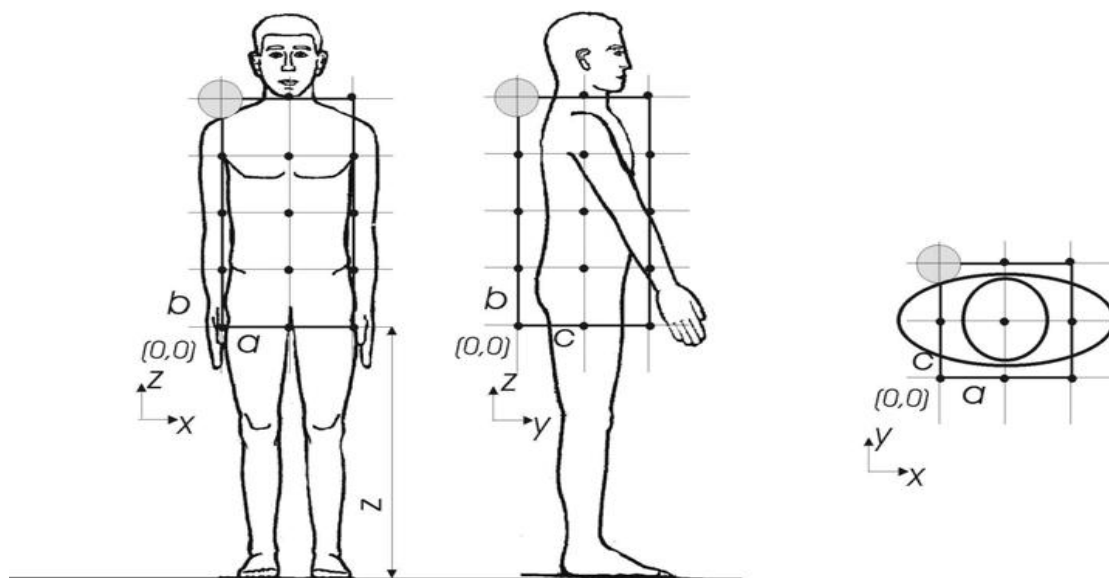
- Μοντελοποίηση και ανάλυση συμπεριλαμβανομένων των μη ομοιόμορφων πεδίων

Για κοντινές και μακρινές αξιολογήσεις πεδίων, είναι αποδεκτή η χρήση υπολογιζόμενων πεδίων για σύγκριση με τις τιμές αναφοράς. Το κάθε μοντέλο θα πρέπει αρχικά να επικυρώνεται από μία ή περισσότερες συγκριτικές μετρήσεις πεδίου και η σύγκριση θα πρέπει να γίνεται εντός λογικών μετρήσεων και μοντελοποίησης της αβεβαιότητας. Επίσης λαμβάνονται υπόψη τα μη ομοιόμορφα πεδία που είναι φυσιολογικά για το είδος του εξοπλισμού σε αυτές τις συχνότητες.

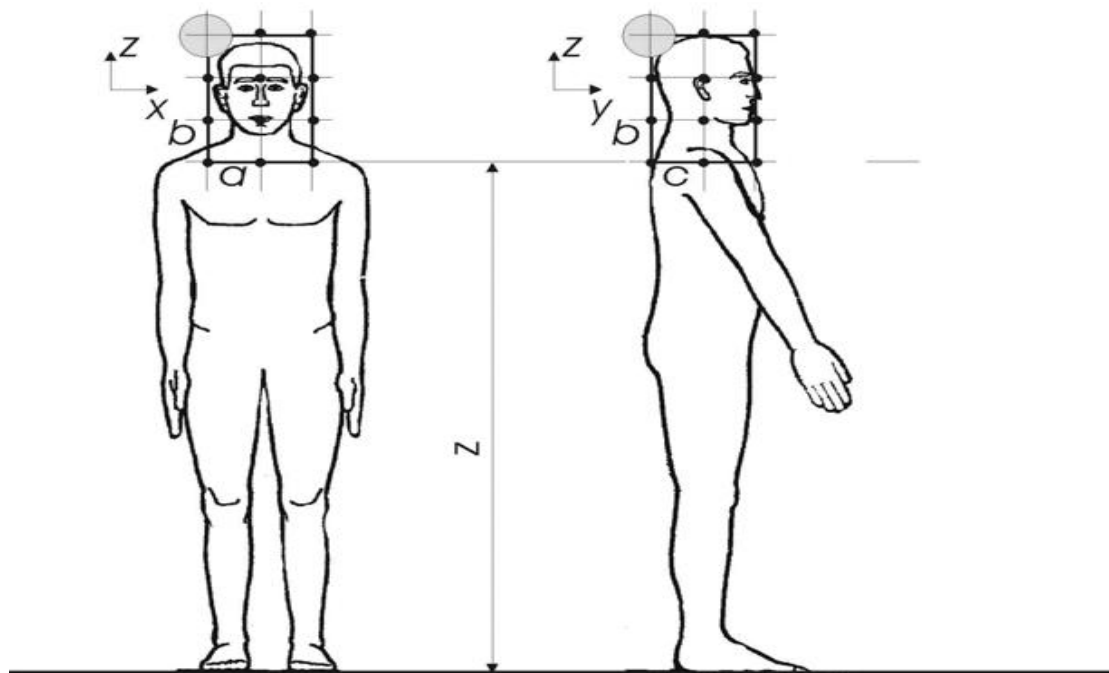
Παρουσιάζονται στα σχήματα 1 έως 11 οι τρόποι έκθεσης του ανθρώπου στα πεδία που παράγονται από τα συγκεκριμένα είδη εξοπλισμού και στον πίνακα 1 οι διαστάσεις και οι αποστάσεις για τα σχήματα 1 έως 11.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

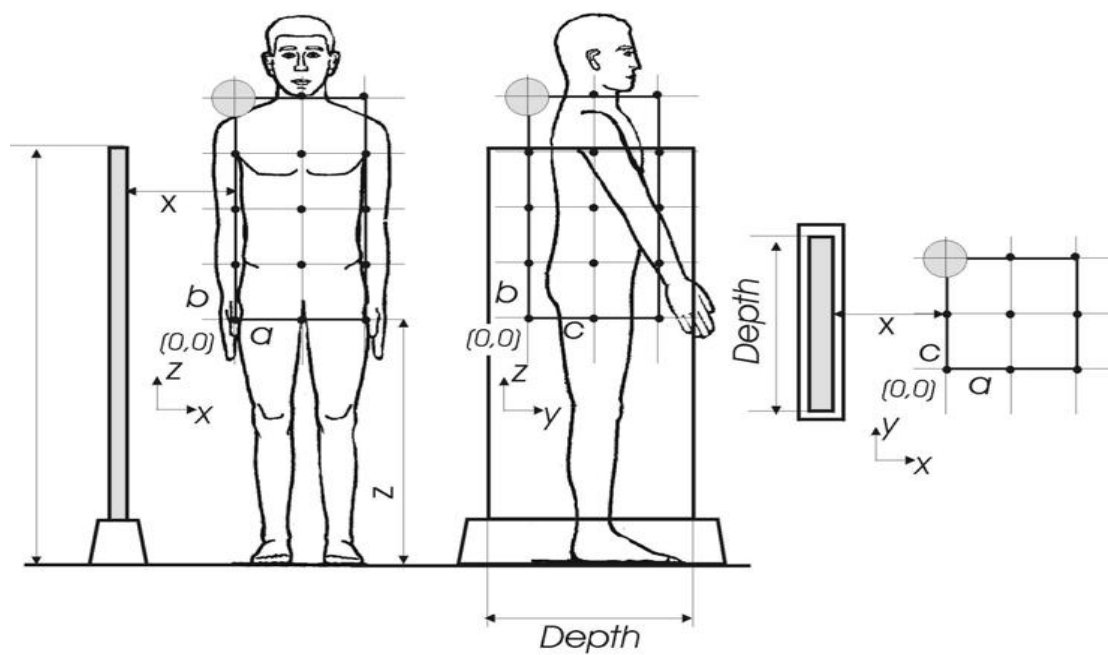
	Σχήμα	Τυποποιημένες διαστάσεις			Πληροφοριακές διαστάσεις		
		cm			cm		
		$\alpha / \beta / \gamma$	X	Z	Ύψος	Πλάτος	Βάθος
Γενικό δίκτυο κορμού	1	15	---	85	---	---	---
Γενικό πλέγμα κεφάλι	2	10	---	145	---	---	---
Ενιαία μονάδα δαπέδου	3	15	20	85	120-160	---	40-80
Διπλή μονάδες δαπέδου	4	15	20	85	120-160	70-200	40-80
Ενιαία μονάδα στο πάτωμα	5	15	---	85	---	60-100	40-80
Ενιαία μονάδα του ανωτάτου ορίου	6	15	---	85	210-300	60-100	40-80
Διπλή δάπεδο / οροφή μονάδες	7	15	---	85	210-300	60-100	40-80
"Alk W-μέσω της" μονάδα	8	15	20	85	210-300	70-300	0,5-50
Counter mounted μονάδα	9	15	30	85	70-90	20-40	20-40
Επιτοίχια μονάδα	10	15	20	---	60-160	20-100	20-50
Χειρός μονάδα <sup>d</sup>	11	15	10	---	70-140	Περιοχή: 100-200 cm <sup>2</sup>	



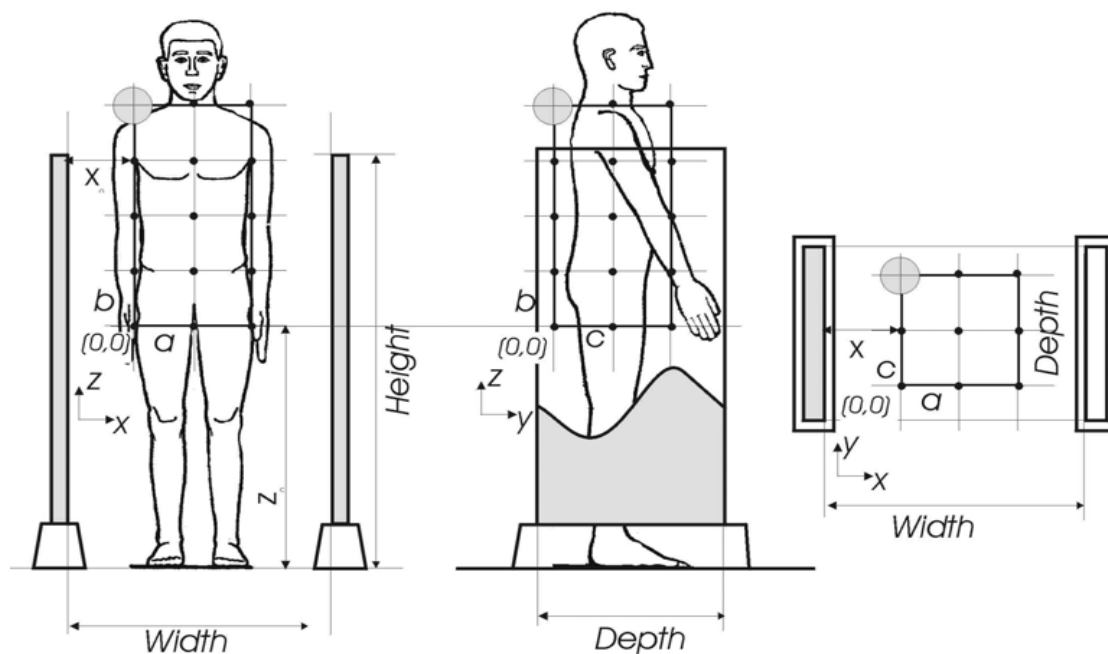
Σχήμα 1 - Γενικό δίκτυο κορμού



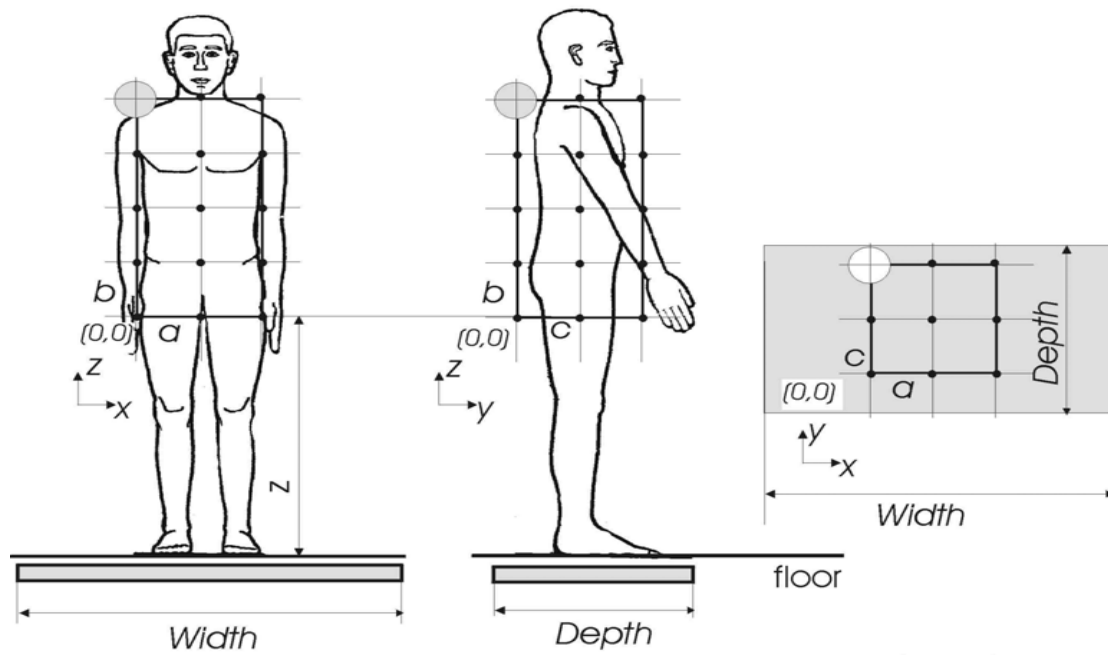
Σχήμα 2 - Γενικό πλέγμα κεφαλής



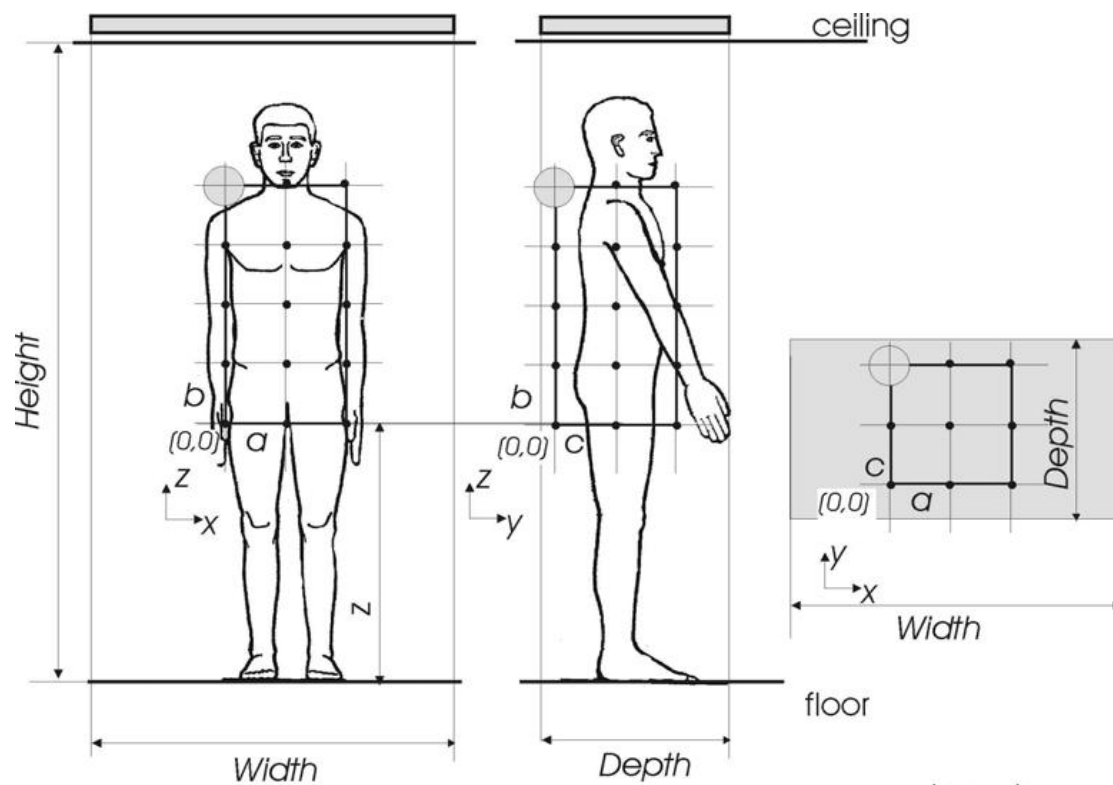
Σχήμα 3 - Κεραία δαπέδου



Σχήμα 4 - Διπλή κεραία δαπέδου

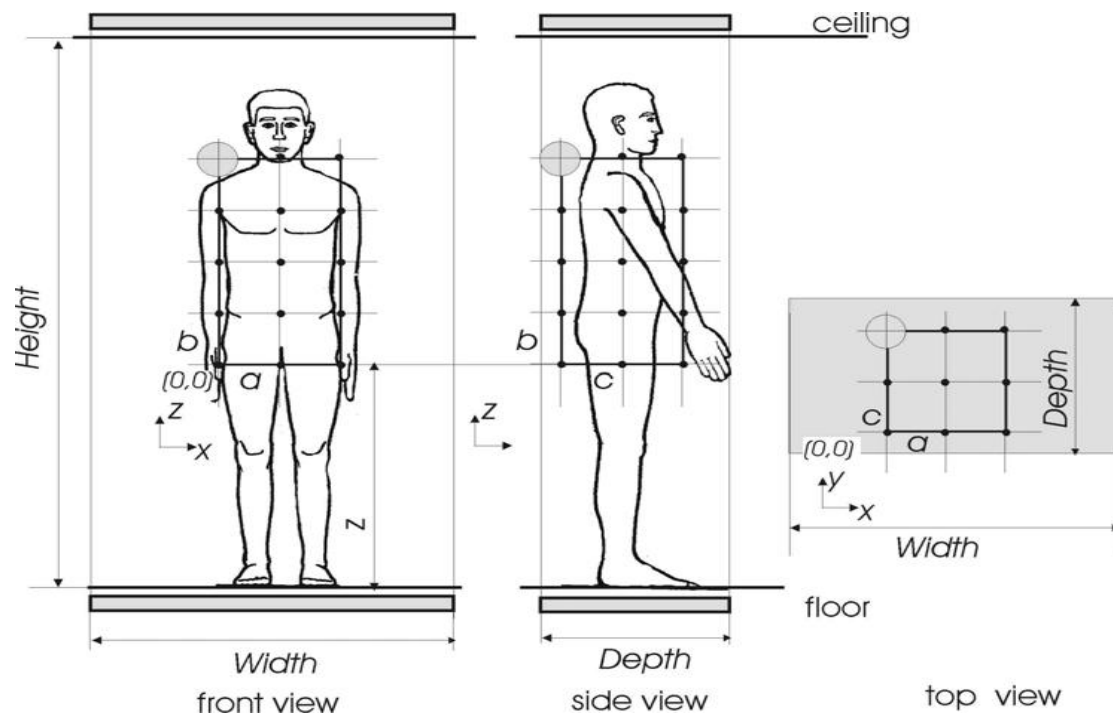


Σχήμα 5 - Ενιαία κεραία δαπέδου

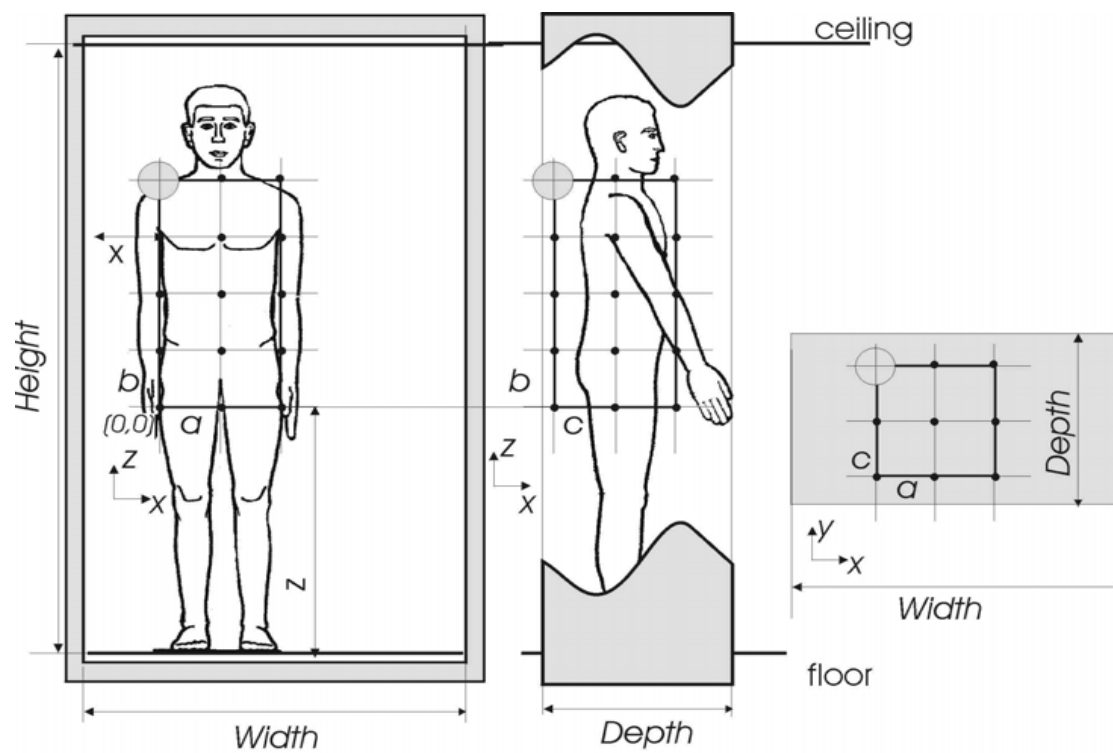


Σχήμα 6 - Μοναδική κεραία οροφής

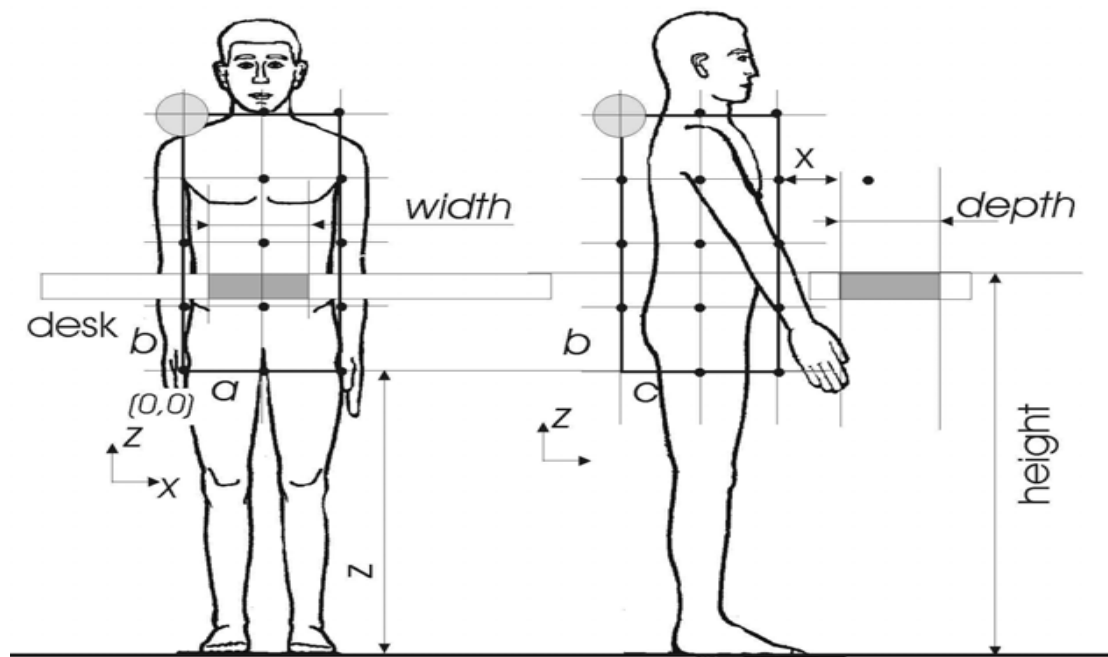




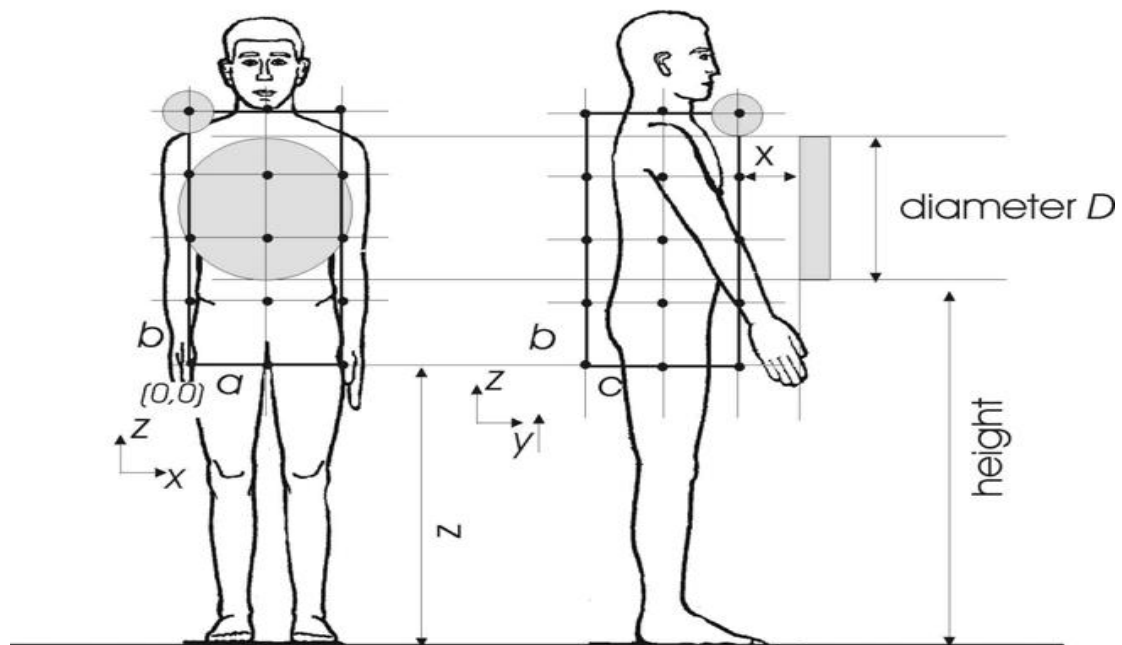
Σχήμα 7 – Συνδυασμένη κεραία οροφής & δαπέδου



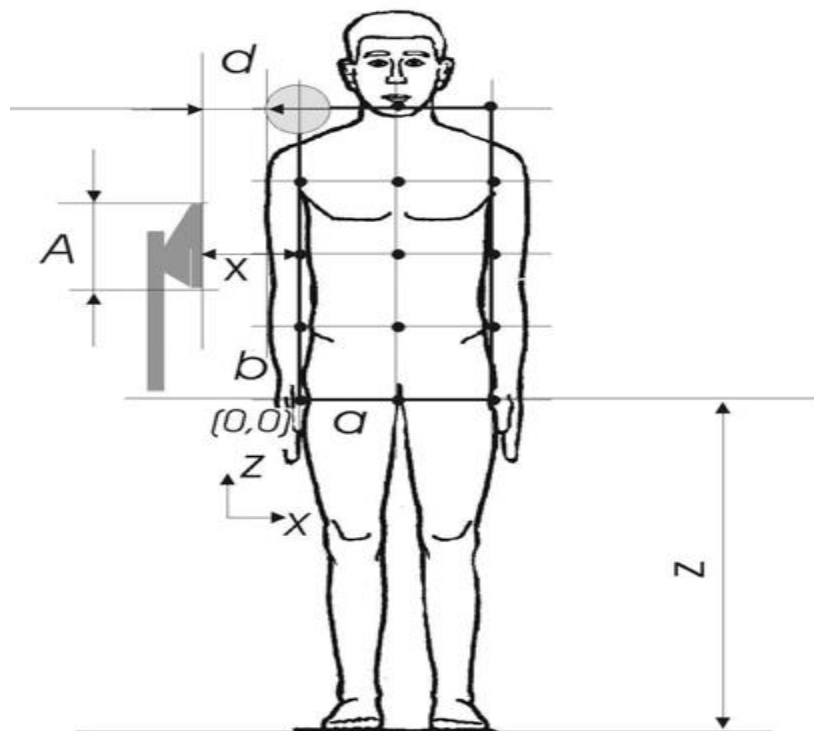
Σχήμα 8 - "Οι πύλες" κεραίας



Σχήμα 9 – Κεραία τοποθετημένη σε γραφείο



Σχήμα 10 - Κεραία τοίχου ή πλαισίου κάθετα τοποθετημένη



Σχήμα 11 – κεραία χειρός

## 12.2. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

Υπάρχουν τρεις βασικές μέθοδοι για την άμεση μέτρηση του SAR στο ανθρώπινο σώμα:

- Εσωτερικές μετρήσεις ηλεκτρικού πεδίου

Η αξιολόγηση του SAR μέσω της έντασης  $E$  του πεδίου γίνεται με μέτρηση μέσω ενός μικροσκοπικού ανιχνευτή που τοποθετείται σε ένα φανταστικό μοντέλο ανθρώπινου σώματος ή μέρους αυτού (για παράδειγμα: το κεφάλι), το οποίο είναι εκτεθειμένο σε ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Από τη μέτρηση των τιμών της έντασης  $E$  του

πεδίου, η κατανομή SAR και η μέγιστη μάζα κατά μέση τιμή SAR μπορεί να υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο:

$$SAR = \frac{\sigma}{\rho} E_i^2$$

Όπου:

$E_i$  είναι η RMS τιμή της ισχύος ηλεκτρικών πεδίων στον ιστό σε V/m  
 $\sigma$  είναι η αγωγιμότητα του ιστού σωμάτων σε S/m  
 $\rho$  είναι η πυκνότητα του ιστού σωμάτων σε kg/m<sup>3</sup>

- Εσωτερική μέτρηση της θερμοκρασίας

Η αξιολόγηση του SAR μέσω της μέτρησης της θερμοκρασίας γίνεται με τη χρήση ενός ανιχνευτή θερμοκρασίας που είναι τοποθετημένος σε ένα φανταστικό μοντέλο ανθρώπινου σώματος ή μέρους αυτού (για παράδειγμα: το κεφάλι), το οποίο είναι εκτεθειμένο σε ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Από τη μετρούμενη αύξηση της θερμοκρασίας, η τοπική διανομή SAR μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας τον τύπο:

$$SAR = c_i \frac{\Delta T}{\Delta t}$$

όπου  $\Delta T$  είναι η άνοδος της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του μικρού χρονικού διαστήματος  $\Delta t$  και  $c_i$  είναι η ειδική θερμοχωρητικότητα των ιστών του σώματος.

- Θερμιδομέτρηση της μεταφοράς θερμότητας στο συνολικό σώμα

Οι θερμιδομετρητές επιτρέπουν τη μέτρηση της θερμότητας σε ολόκληρο το σώμα κατά μέσο όρο ή την μερική μέτρηση της θερμότητας σώματος κατά μέσο όρο SAR για ανθρώπινα μοντέλα σώματος που εκτίθενται σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Ο μέσος όρος SAR προκύπτει σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση με τη μέτρηση

της συνολικής ενέργειας που απορροφάται σε ένα σώμα  $\Delta W$ , με μάζα  $m$ , κατά τη διάρκεια του χρόνου έκθεσης  $\Delta t$ :

$$SAR = \frac{\Delta W}{m\Delta t}$$

Ξεκινώντας σε θερμική ισορροπία με το περιβάλλον, ο χρόνος έκθεσης είναι συνήθως για αρκετά λεπτά.

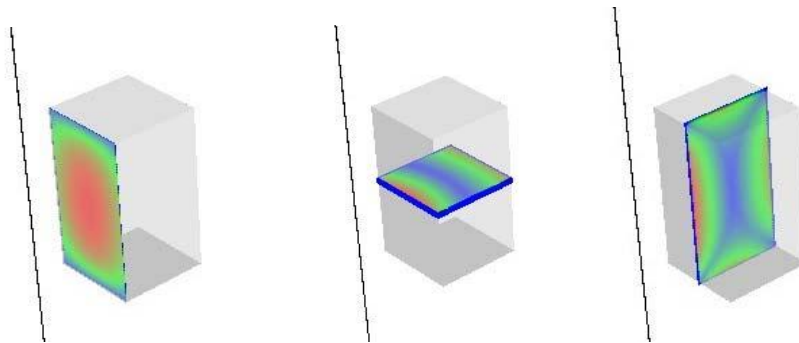
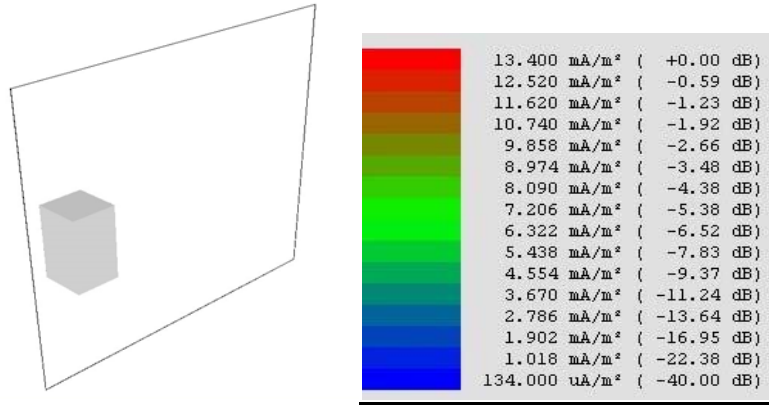
### 12.3 ΟΜΟΓΕΝΗ ΜΟΝΤΕΛΑ

Τα ομογενή μοντέλα είναι πολύ χρήσιμα εργαλεία για την ανάλυση της έκθεσης. Έχουν απλή κατασκευή και η έκθεση μπορεί να αξιολογηθεί χωρίς την χρήση πολύπλοκων αριθμητικών εργαλείων. Τα ποιά χαρακτηριστικά ομογενή μοντέλα σώματος είναι τα εξής:

- Μοντέλο δίσκου: είναι ένα μοντέλο για εύκολη χρήση και είναι ιδιαίτερα χρήσιμο ως υπόδειγμα για την επικύρωση πιο πολύπλοκων λογισμικών και την μοντελοποίηση λύσεων, καθώς μπορεί να αναλυθεί θεωρητικά.
- Μοντέλο κύβου: είναι ένα πιο κατάλληλο μοντέλο από το μοντέλο δίσκου και έχει εύκολη χρήση.

Ρεύματα που προκαλούνται σε ένα κυβικό μοντέλο από ένα μεγάλο ρεύμα του βρόχου

Το παράδειγμα στο σχήμα δείχνει το ρεύμα που προκαλείται σε ένα κυβικό μοντέλο με  $\sigma = 0,1 \text{ Sm}^{-1}$  από ένα μεγάλο ενιαίο βρόχο σειράς 8App.

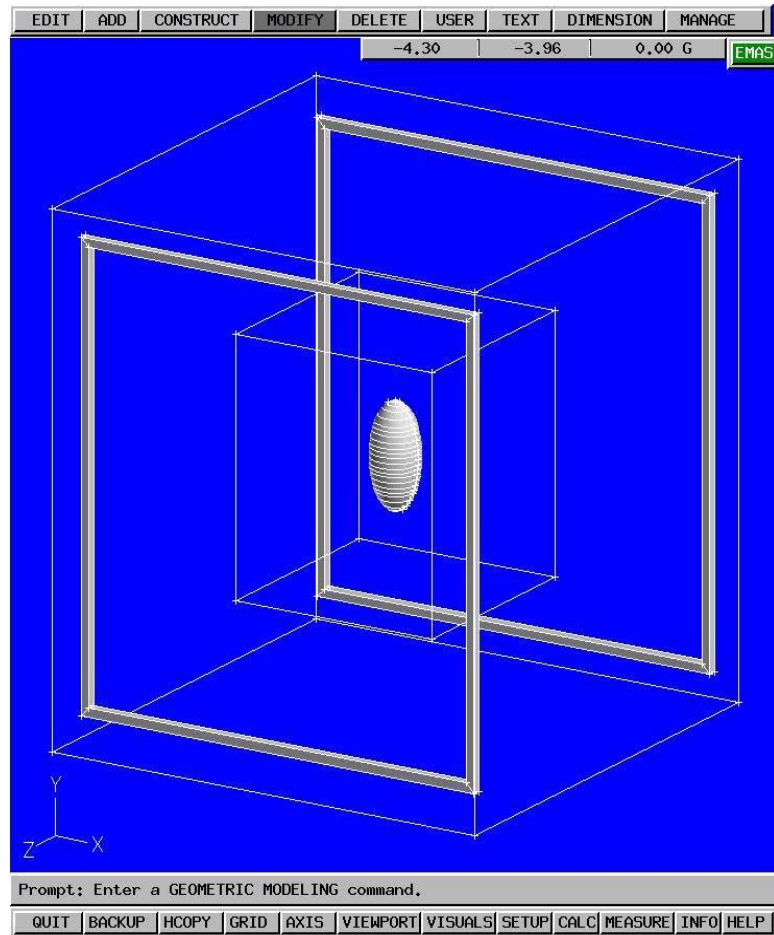


Σχήμα: παράδειγμα κυβικού μοντέλου καταδεικνύοντας ότι το ρεύμα προκαλείται σε 3 διαστάσεις

- Σφαιροειδή μοντέλα: έχουμε τρία διαφορετικά ωσειδή σφαιροειδή μοντέλα:

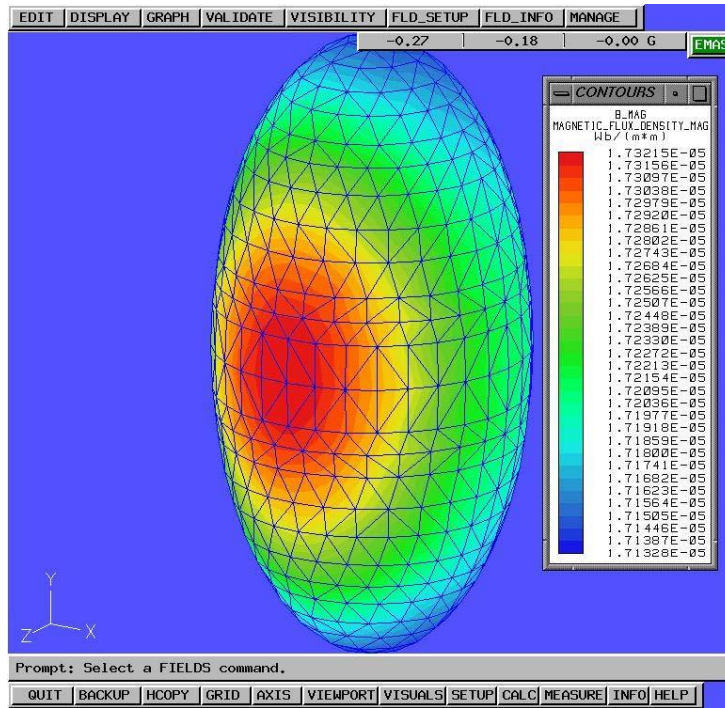
- i. 60 cm επί 30 cm
- ii. 120 cm επί 60 cm
- iii. 160 cm επί 80 cm

Για το ενιαίο πεδίο προσομοίωσης χρησιμοποιούνται πηνία που είναι μεγάλα σε σχέση με τα υπό εξέταση ωσειδή σφαιροειδή, τα οποία ονομάζονται Helmholtz πηνία. Στο σχήμα παρουσιάζεται η γεωμετρία των πηνίων Helmholtz και των ωσειδή σφαιροειδή μοντέλων.

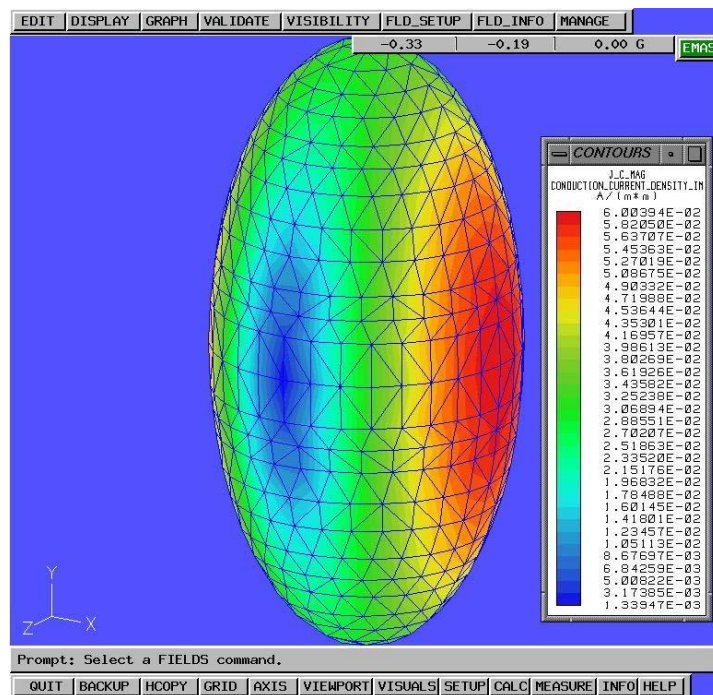


Σχήμα: Helmholtz πηνία και ωσειδή σφαιροειδή μοντέλα

Τα αποτελέσματα για το παραγώμενο μαγνητικό πεδίο και την προκύπτουσα πυκνότητα του επαγωγικού ρεύματος παρουσιάζονται στα παρακάτω σχήματα:

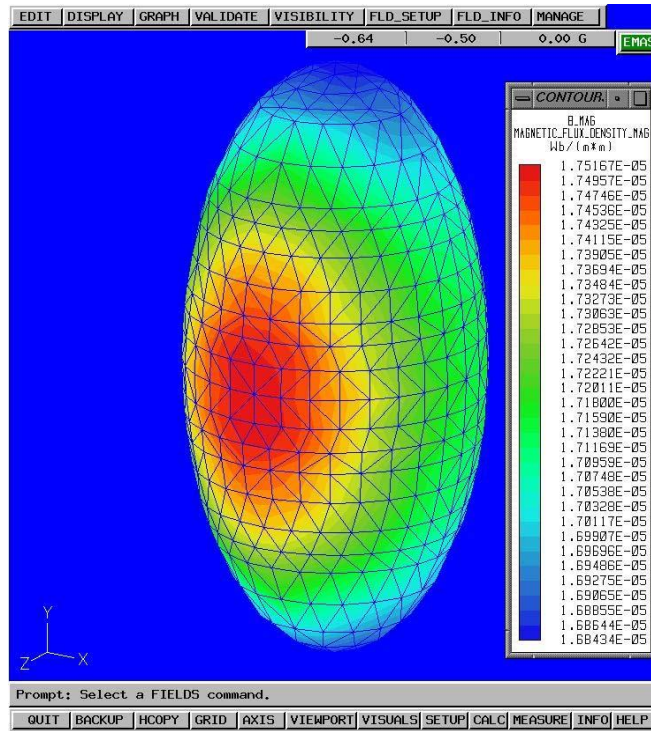


Σχήμα: μαγνητικό πεδίο για ωοειδή σφαιροειδή μοντέλο 60 cm επί 30 cm

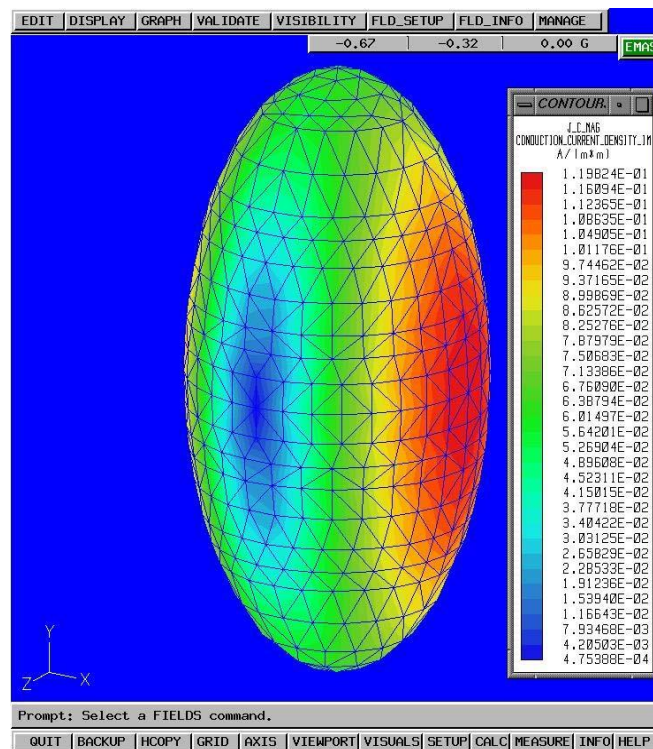


Σχήμα: πυκνότητα του επαγωγικού ρεύματος για ωοειδή σφαιροειδή μοντέλο 60 cm επί 30 cm

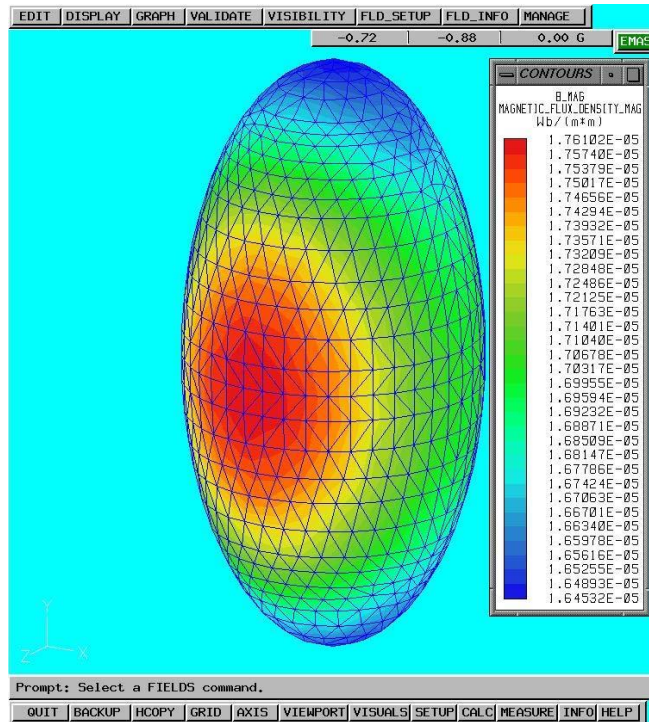




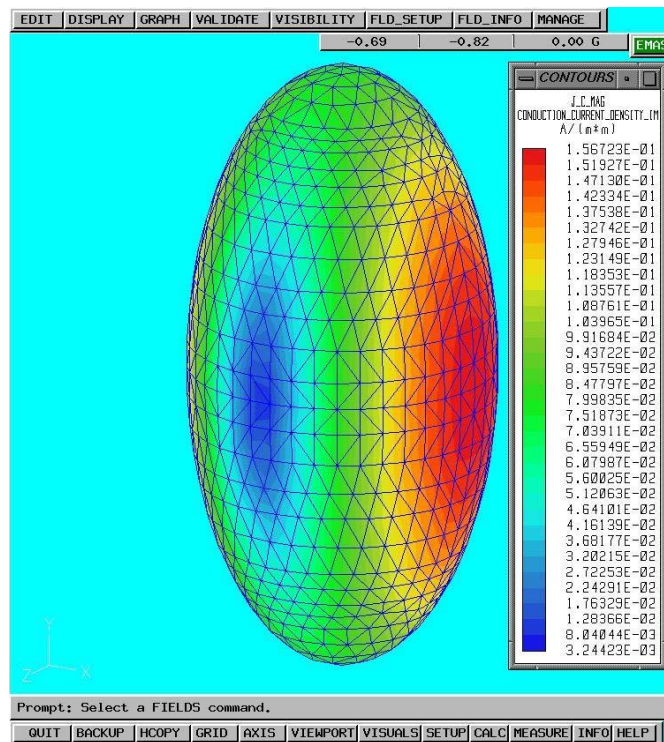
Σχήμα: μαγνητικό πεδίο για ωοειδή σφαιροειδή μοντέλο 120 cm επί 60 cm



Σχήμα: πυκνότητα του επαγωγικού ρεύματος για ωοειδή σφαιροειδή μοντέλο 120 cm επί 60 cm



Σχήμα: μαγνητικό πεδίο για ωειδή σφαιροειδή μοντέλο 160 cm επί 80 cm



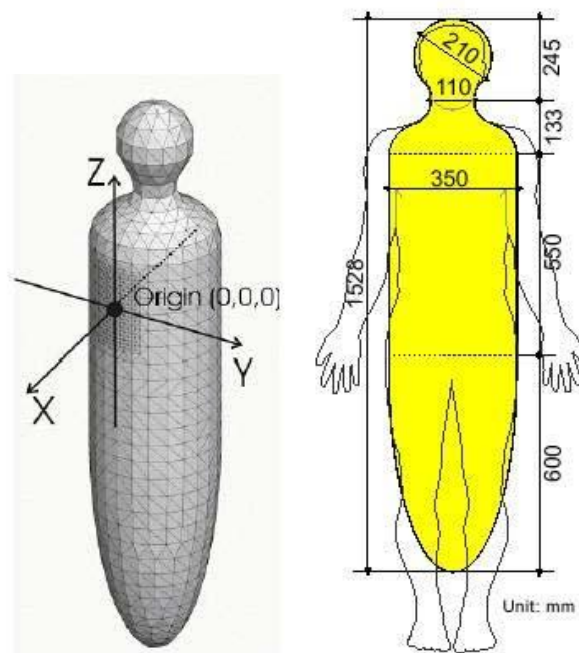
Σχήμα: πυκνότητα του επαγωγικού ρεύματος για ωειδή σφαιροειδή μοντέλο 160 cm επί 80 cm

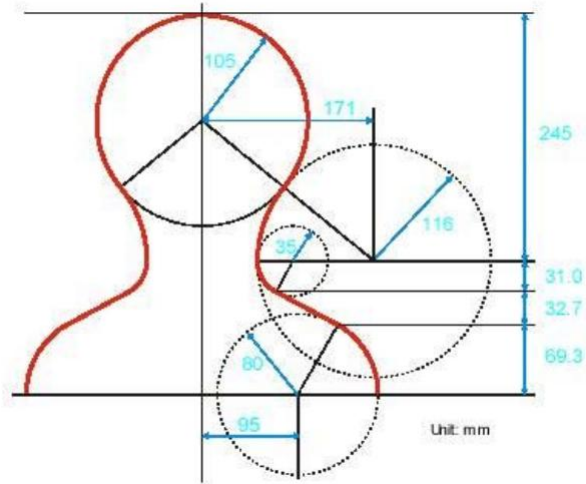
Πίνακας: Περίληψη των αποτελεσμάτων

Ωοειδή σφαιροειδή μοντέλο	Μέγιστο μαγνητικό πεδίο (που χρησιμοποιείται στο μοντέλο)  $\mu T$	Μέγιστο επαγωγικό ρεύμα  $mAm^{-2}$	Λόγος προς μοντέλο  60 cm επί 30 cm
60 cm επί 30 cm	17,3 $\mu T$	60,0 $mAm^{-2}$	1,0
120 cm επί 60 cm	17,5 $\mu T$	119,8 $mAm^{-2}$	2,0
160 cm επί 80 cm	17,6 $\mu T$	156,7 $mAm^{-2}$	2,6

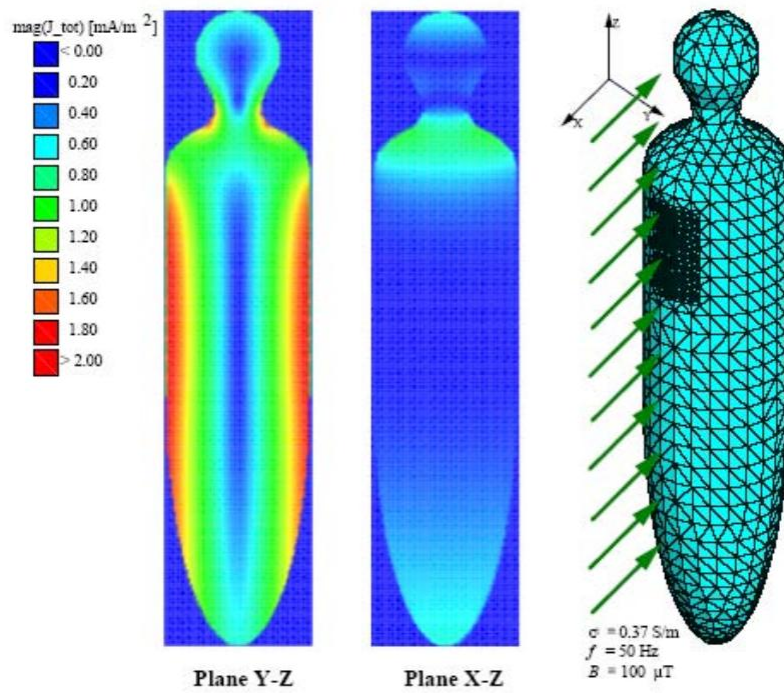
#### 12.4 ΟΜΟΓΕΝΗ ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

Ένα ομογενές μοντέλο ανθρώπου παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα. Ένα ομοιόμορφο μαγνητικό πεδίο  $B = 100 \mu T$  με  $f = 50 Hz$  εφαρμόζεται σε ένα ομοιογενές μοντέλο του σώματος (Σχήμα Β.15) με αγωγιμότητα  $\sigma = 0,37 S/m$ .





Σχήμα: Ομογενή μοντέλο ανθρώπινου σώματος



Σχήμα: Επαγωγικό ρεύμα ομογενή μοντέλο ανθρώπου

## 14.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ[29]

Υπάρχει πλήθος επιστημονικών και πειραματικών μελετών, δημοσιευμένων σε έγκυρα διεθνή επιστημονικά έντυπα, που καταδεικνύουν σοβαρές μη θερμικές βιολογικές επιδράσεις για έκθεση σε επίπεδα εντός των ισχυόντων «ορίων αποδεκτής έκθεσης» ή λίγο πάνω από τα όρια αυτά. Τέτοιες βιολογικές επιδράσεις είναι η αλλαγή συμπεριφοράς ως προς την λήψη τροφής και την κινητικότητα, μείωση της συγκέντρωσης ιόντων ασβεστίου σε εγκεφαλικά κύτταρα κοτόπουλων (BAWIN ET AL, 1978), αυξημένο ποσοστό μονοκλωνικών και δικλωνικών θραύσεων DNA σε εγκεφαλικά κύτταρα αρουραίων μετά από in vivo ακτινοβολήση διάρκειας 2h σε συχνότητα 2450 MHz και μέση πυκνότητα ισχύος 2 mW/cm<sup>2</sup> (LAI AND SINGH, 1995, 1996), επίσης παρατηρήθηκαν θραύσεις του DNA σε ανθρώπινους μετά από διακοπτόμενη έκθεση 16h σε RF πεδίο συχνότητας 1800 MHz με τιμή SAR 1.2 ή 2 W/kg (DIEM et al, 2005), ενώ σε ολόκληρους οργανισμούς έχουν βρεθεί επιδράσεις όπως μείωση κατά 30-60% της αναπαραγωγικής ικανότητας εντόμων (Μαργαρίτης, Παναγόπουλος, 2000), (PANAGOPOULOS MARGARITIS 2003), (PANAGOPOULOS, 2004).

Επίσης, η παρατεταμένη χρήση των κινητών τηλεφώνων, για περισσότερο από 25 λεπτά καθημερινής συνομιλίας, βρέθηκε να προκαλεί στους χρήστες, μείωση στο ρυθμό σύνθεσης μελατονίνης, μιας ορμόνης που ρυθμίζει τον ημερήσιο βιολογικό κύκλο και έχει αντικαρκινική δράση, (burch et al, 2002). Άλλα πειράματα, διαπίστωσαν αλλοιώσεις σε νευρικά εγκεφαλικά κύτταρα αρουραίων, μετά από έκθεση 2 ωρών σε πεδίο κινητού τηλεφώνου 915MHz και αύξηση της διαπερατότητας της μεμβράνης του αίματος και του εγκεφαλικού ιστού, (SALFORD ET AL, 2003), φαινόμενο που εξηγεί τις κεφαλαλγίες και τα προβλήματα απώλειας βραχύχρονης μνήμης που πολύ συχνά αναφέρονται, (HYLAND, 2000), από παρατεταμένη έκθεση ανθρώπων στα πεδία των κινητών τηλεφώνων αλλά και των κεραιών βάσεων κινητής τηλεφωνίας.

Ανησυχητικά είναι τα αποτελέσματα στατιστικών μελετών σε σχέση με την εκπνευόμενη ακτινοβολία από κεραιές ραδιοηλεκτρονικών σταθμών. Σε πρόσφατη στατιστική μελέτη, (HALBERG AND JOHANSSON, 2002), διαπιστώνεται συσχέτιση μεταξύ του αριθμού περιπτώσεων εμφάνισης μορφής καρκίνου (μελάνωμα) σε ορισμένο τόπο και για συγκεκριμένο αριθμό λαμβανόμενων σημάτων από ραδιοφωνικούς σταθμούς στον τόπο αυτό.

Οι μέχρι τώρα επιδημιολογικές μελέτες στον ανθρώπινο πληθυσμό, σε σχέση με τις ακτινοβολίες κινητής τηλεφωνίας έχουν καταγράψει συσχέτιση της έκθεσης στις ακτινοβολίες αυτές με καρκίνο (PICKL S, 2005), ενώ άλλη μελέτη κατέδειξε για πρώτη φορά, αμυδρή συσχέτιση με κάποιο είδος καρκίνου του ματιού, (STANG ET AL 2001). Άλλες επιδημιολογικές μελέτες καταδεικνύουν για πρώτη φορά συσχέτιση μεταξύ χρήσης αναλογικών κινητών τηλεφώνων (παλαιότερης τεχνολογίας από τα σημερινά) και περιπτώσεων εμφάνισης εγκεφαλικών όγκων, (AUVINEN ET AL, 2002), (HARDELL ET AL, 2002). Τέλος, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας σε διεθνές συνέδριο που πραγματοποίησε για τις επιπτώσεις των μη ιονιζουσών ακτινοβολιών, στη Μόσχα τον Οκτώβριο του 2004, διατύπωσε την άποψη πως το ζήτημα της επικινδυνότητας χρειάζεται περαιτέρω έρευνας και καλό θα ήταν να συνεργαστούν επιστήμονες από διάφορες χώρες στις οποίες και ισχύουν διαφορετικά όρια ασφαλείας. Το ίδιο επισημαίνει και ο Dr Rapacholli, επικεφαλής ερευνητικού προγράμματος της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. [www.medlook.net](http://www.medlook.net)  
Ηλεκτρομαγνητικά πεδία και υγεία  
ηλεκτρομαγνητικά πεδία:Τα βασικά στοιχεία
2. <http://mpl.med.uoa.gr/downloads/PDF/praktika-imeridas-kt/louizi.pdf>  
Λουίζη Άννου, "Επίδραση της μη ιοντίζουσας ηλιακής ακτινοβολίας:Είδη ακτινοβολία", πρακτικά ημερίδας: Επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην υγεία: Μύθοι και πραγματικότητα, Αμφιθέατρο εθνικού ιδρύματος ερευνών , 1 Ιουνίου 2005.
3. <http://mpl.med.uoa.gr/downloads/PDF/praktika-imeridas-kt/tsanakas.pdf>  
Τσανάκας Δημήτριος, "Τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία γραμμών, υποσταθμών και συσκευών ηλεκτρικής ενέργειας ως περιβαλλοντικοί παράγοντες", πρακτικά ημερίδας: Επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην υγεία: Μύθοι και πραγματικότητα, Αμφιθέατρο εθνικού ιδρύματος ερευνών , 1 Ιουνίου 2005.
4. <http://mpl.med.uoa.gr/downloads/PDF/praktika-imeridas-kt/georgiou.pdf>  
Γεωργίου Ευάγγελος, "Επιδράσεις της κινητής τηλεφωνίας στην υγεία", πρακτικά ημερίδας: Επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην υγεία: Μύθοι και πραγματικότητα, Αμφιθέατρο εθνικού ιδρύματος ερευνών , 1 Ιουνίου 2005.
5. <http://mpl.med.uoa.gr/downloads/PDF/praktika-imeridas-kt/karabetsos.pdf>  
Καραμπέτσος Ευθύμιος, "Ηλεκτρομαγνητικά πεδία: Νομοθετικό πλαίσιο, όρια ασφαλούς έκθεσης του κοινού, αποτελέσματα ελέγχων", πρακτικά ημερίδας: Επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην υγεία: Μύθοι και πραγματικότητα, Αμφιθέατρο εθνικού ιδρύματος ερευνών , 1 Ιουνίου 2005.

6. <http://mpl.med.uoa.gr/downloads/PDF/praktika-imeridas-kt/halkiotis.pdf>  
Χαλκιώτης Ν. Κωνσταντίνος, "Βασικές αρχές λειτουργίας των δικτύων κινητών επικοινωνιών (GSM/GRPS-UMTS) των κινητών τηλεφώνων και άλλων ασύρματων διατάξεων μικρής εμβέλειας (Bluetooth, WLAN)", πρακτικά ημερίδας: Επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην υγεία: Μύθοι και πραγματικότητα, Αμφιθέατρο εθνικού ιδρύματος ερευνών , 1 Ιουνίου 2005.
7. IEC 62369-1 Ed.1: Evaluation of human exposure to electromagnetic fields from short range devices (SRDs) in various applications over the frequency range 0 GHz to 300 GHz – Part 1: Fields produced by devices used for electronic article surveillance, radio frequency identification and similar systems, 6-6-2008
8. [www.uvnet.gr](http://www.uvnet.gr)  
Εθνικό Δίκτυο Μέτρησης Υπεριώδης ηλιακής ακτινοβολίας
9. [www.iatronet.gr](http://www.iatronet.gr)  
Άρθρο Βέρρος Κωνσταντίνος, Δερματολόγος-Αφροδισιολόγος, "Οι συνέπειες της ηλιακής ακτινοβολίας ",
10. [www.iatronet.gr](http://www.iatronet.gr)  
Άρθρο Μιχαλακάκη Λουίζα, Πλαστικός-Χειρουργός, "Δερματικές Βλάβες- Καρκίνος του Δέρματος"
11. <http://lap.physics.auth.gr>  
Εργαστήριο φυσικής της ατμόσφαιρας  
Άρθρο Μπάης Αλκιβιάδης αναπληρωτής καθηγητής ΑΠΘ, "Η υπεριώδης ηλιακή ακτινοβολία και επιδράσεις της στον άνθρωπο".



12. [www.rad.uoa.gr](http://www.rad.uoa.gr)

Προστασία από ακτίνες Χ

Δρ. Ευσταθόπουλος Ευστάθιος, Ακτινοφυσικός Λέκτορας Ιατρικής σχολής, Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

13. [www.rad.uoa.gr](http://www.rad.uoa.gr)

Οδηγίες ακτινοπροστασίας

Δρ. Ευσταθόπουλος Ευστάθιος, Ακτινοφυσικός Λέκτορας Ιατρικής σχολής, Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

14. [www.eeae.gr](http://www.eeae.gr)

Ακτινοβολία - Γενικά στοιχεία - ιονίζουσες ακτινοβολίες - μη ιονίζουσες ακτινοβολίες

15. [www.eeae.gr](http://www.eeae.gr)

Χαμηλόσυχνα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία

16. [www.eeae.gr](http://www.eeae.gr)

Κινητή τηλεφωνία και υγεία

17. [www.eeae.gr](http://www.eeae.gr)

Εγκυμοσύνη και ακτινοβολία

18. Α.Σ.ΣΑΦΙΓΙΑΝΝΗ, "Επίδραση ηλεκτρικού ρεύματος στο ανθρώπινο οργανισμό, μέθοδοι προστασίας έναντι ηλεκτροπληξίας σε εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης".

19. Τριανταφυλλίδης Κωνσταντίνος, "Βιολογικές επιπτώσεις από τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία που δημιουργούνται από γραμμές υπερευψηλής τάσης", πρακτικά πρώτου πανελληνίου συνεδρίου: Οι επιπτώσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, σελίδα 8, Θεσσαλονίκη, 24-25 Μαΐου 2008

20. Εργαστήριο υγιεινής, επιδημιολογίας και ιατρικής στατιστικής Ιατρικής σχολής του πανεπιστημίου Αθηνών.  
Επικαιροποιημένα δεδομένα για τις επιδράσεις των κινητών και ασύρματων τηλεφώνων στην ανθρώπινη υγεία και την ποιότητα ζωής.
21. [www.physics4u.gr/blog/](http://www.physics4u.gr/blog/)  
Άρθρο Ελευθεριάδη Χρήστου, "Μύθοι και αλήθειες για την ακτινοβολία Πόσο αθώες είναι οι κεραίες και πόσο ένοχα τα τηλέφωνα", επίκουρος καθηγητή πυρηνικής φυσικής και φυσικής στοιχειωδών σωματιδίων του τμήματος φυσικής Αριστοτελείου πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, ΒΗΜΑ, 10 Απριλίου 2005.
22. [www.physics4u.gr/blog/](http://www.physics4u.gr/blog/)  
Η μη ιονίζουσα ακτινοβολία από τις κεραίες της κινητής τηλεφωνίας πόσο βλαβερή είναι;
23. Βιολογικές επιδράσεις ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας Κ.Θ.Λιολιουση
24. [www.medimaging.gr/FAQgr.htm](http://www.medimaging.gr/FAQgr.htm)
25. ΕΠΙΣΗΜΗ ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ ΕΥΡΩΠΑΙΚΩΝ ΚΟΙΝΟΤΗΤΩΝ 30.7.1999
26. <http://emlab.epp.teiher.gr/DesktopDefault.aspx?tabId=70>  
Εργαστήριο μη ιοντίζουσων ακτινοβολιών
27. [www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=o9N26yPEIgl%3D&tabid...](http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=o9N26yPEIgl%3D&tabid...)  
Υπουργείο περιβάλλοντος ενέργειας και κλιματικής αλλαγής
28. Παρασκευόπουλος Απόστολος-Απόλλων, "Το ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο σε δίκτυα και εγκαταστάσεις ως παράγων περιβαλλοντικών επιπτώσεων", διδακτορική διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

**29.** [http://akrotiri-news.blogspot.com/2008/04/blog-post\\_373.html](http://akrotiri-news.blogspot.com/2008/04/blog-post_373.html)

Λουκάς Μαργαρίτης, "Η επίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας", καθηγητής κυτταρικής βιολογίας και ραδιοβιολογίας πανεπιστημίου Αθηνών