

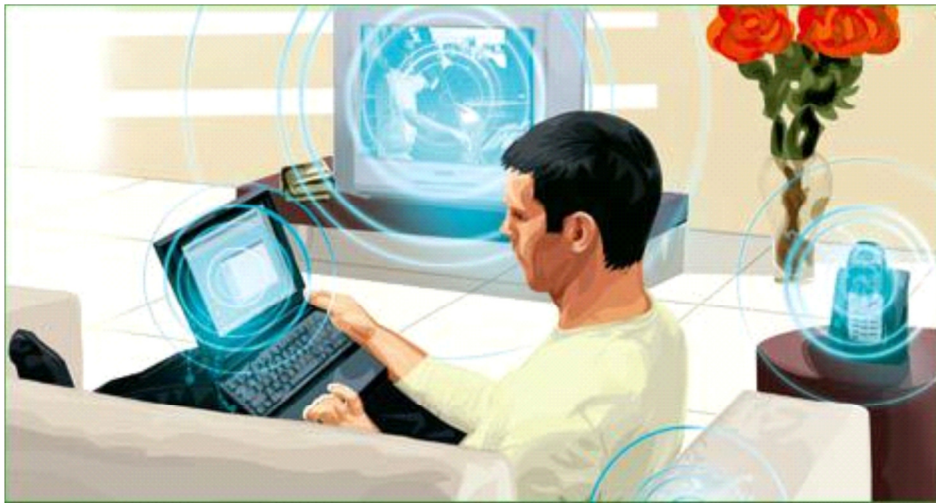


ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

Θεωρητική και Πειραματική μελέτη ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε ασύρματο δίκτυο-Επιπτώσεις στην υγεία.



Φοιτήτρια: Καβουκλή Καλλιόπη

A.M:1695

Επιβλέπων Καθηγητής: Ασαρίδης Ηλίας

Αντίρριο Φεβρουάριος 2016

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	5
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ.....	11
ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	13
Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία.....	13
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	14
1.2 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ.....	15
1.3 ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ.....	16
1.4 ΡΑΔΙΟΚΥΜΑΤΑ.....	18
1.4.1 ΠΕΔΙΑ ΡΑΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ.....	19
1.4.2 ΠΟΙΕΣ ΕΙΝΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΡΑΔΙΟΚΥΜΑΤΩΝ;.....	19
1.4.3 ΠΩΣ ΠΟΣΟΤΙΚΟΠΟΙΕΙΤΑΙ Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΩΝ ΡΑΔΙΟΚΥΜΑΤΩΝ;.....	19
1.4.4 ΤΙ ΣΥΜΒΑΙΝΕΙ ΟΑΤΝ ΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ ΕΚΤΙΘΕΤΑΙ ΣΕ	
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΑΔΙΑ ΡΑΔΙΟΣΥΧΝΗΤΗΤΩΝ;.....	20
1.5 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ.....	20
1.6 Η ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ.....	21
1.6.1 ΜΟΝΑΔΕΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΑ.....	22
1.7 Η ΜΟΡΦΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ.....	23
1.8 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ.....	24
1.8.1 ΙΟΝΙΖΟΥΣΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ.....	25
1.8.2 ΜΗ-ΙΟΝΙΖΟΥΣΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ.....	25
1.8.2.1 ΠΗΓΕΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΜΗ ΙΟΝΙΖΟΥΣΑΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ (0-300	
GHZ).....	26
1.9 ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ	
ΠΕΔΙΑ.....	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	28
Προστασία από τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία.....	28
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	29
2.2 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΠΟ ΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ.....	29
2.3 ΑΠΟΦΥΓΗ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΑΠΟ ΧΩΡΟΥΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ	
ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	29
2.3.1 ΚΙΝΗΤΑ ΚΑΙ ΣΤΑΘΕΡΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ.....	30
2.3.2 Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	32
2.3.3 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΟΥ ΤΗΛΕΦΩΝΟΥ ΑΠΟ ΤΑ ΠΑΙΔΙΑ.....	32
2.3.4 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΟΥ ΤΗΛΕΦΩΝΟΥ ΣΤΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ.....	34
2.4 ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΚΙΝΗΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ.....	35
2.5 Η ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΠΡΟΦΥΛΑΞΗΣ.....	38
2.6 ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΚΙΝΗΤΑ	
ΤΗΛΕΦΩΝΑ.....	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	40
Η επίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στους ζωντανούς οργανισμούς και	
τα όρια επικινδυνότητας.....	40
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	41
3.2 ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ	
ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ.....	42
3.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΩΝ.....	43

3.4 ΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΟΠΟΥ ΕΓΕΙΝΑΝ ΥΠΟ ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΠΟΙΩΝ ΣΥΝΑΔΕΛΦΩΝ.....	44
3.4.1 ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΓΕΝΕΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΕΣ ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ;.....	44
3.4.2 ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΟ DNA;.....	44
3.4.3 ΠΡΟΚΑΛΕΙ Η ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ ΠΟΝΟΚΕΦΑΛΟ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΥΠΝΟΥ;.....	44
3.4.4 ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΠΡΟΚΑΛΕΣΕΙ ΚΑΡΚΙΝΟ Η ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΤΩΝ ΤΗΛΕΦΩΝΩΝ.....	45
3.4.5 ΕΙΝΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΕΣ ΟΙ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ ΑΥΤΕΣ, ΔΗΛΑΔΗ ΟΙ ΜΗ ΙΟΝΙΖΟΥΣΕΣ ΚΑΙ ΠΩΣ ΚΑΘΟΡΙΖΟΝΤΑΙ ΤΑ <<ΟΡΙΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ>>;.....	45
3.4.6 ΕΙΝΑΙ ΠΡΑΓΜΑΤΙ ΑΣΦΑΛΗΣ Η ΕΚΘΕΣΗ ΤΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΣΕ ΕΝΤΑΣΕΙΣ ΕΝΤΟΣ ΤΩΝ <<ΟΡΙΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ>>;.....	46
3.4.7 ΤΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΕΧΕΙ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΕΝΟΣ ΠΑΙΔΕΙΟΥ;.....	47
3.4.8 ΑΡΑ, ΤΙ ΤΕΛΙΚΑ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΓΙΝΕΙ ΩΣΤΕ Ο ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ;.....	49
3.4.9 ΑΠΟ ΠΟΥ ΑΠΟΡΡΟΦΑΤΑΙ Η ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΠΟΥ ΕΚΠΕΜΠΕΙ ΕΝΑ ΚΙΝΗΤΟ;.....	50
3.4.10 ΤΡΟΠΟΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΤΗΛΕΦΩΝΩΝ.....	50
3.4.11 ΤΕΛΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ.....	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	53
Βιολογικές επιδράσεις.....	53
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	54
4.2 ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ.....	56
4.2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΟ.....	56
4.3 ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ.....	58
4.4 ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ.....	59
4.5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ.....	59
4.5.1 ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ.....	60
4.5.2 ΜΕΛΕΤΕΣ ΜΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΖΩΑ.....	63
4.5.3 ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΑΙΦΝΙΔΙΩΝ ΘΑΝΑΤΩΝ ΒΡΕΦΩΝ.....	64
4.5.4 ΜΕΛΕΤΕΣ ΜΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΚΥΤΤΑΡΩΝ-ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ.....	64
4.6 ΑΝΑΜΦΙΣΒΗΤΗΤΕΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ.....	66
4.6.1 ΚΑΤΑΡΡΑΚΤΟΓΕΝΕΣΗ ΑΠΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ.....	66
4.6.2 ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΙΚΑ ΑΚΟΥΣΜΑΤΑ.....	67
4.6.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΟΥΣ ΚΑΡΔΙΑΚΟΥΣ ΒΗΜΑΤΟΔΟΤΕΣ.....	67
5. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....	69
5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	69
5.2 ΚΙΝΗΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ ΚΑΙ ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ.....	69
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	71
Οι σταθμοί βάσεις στην κινητή τηλεφωνία και τι επιπτώσεις προκαλούνται με την ακτινοβολία.....	71
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	72
5.2 ΚΥΨΕΛΩΤΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ.....	73
5.3 ΤΥΠΟΙ ΣΤΑΘΜΩΝ ΒΑΣΗΣ.....	74
5.4 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΒΑΣΗΣ.....	75

5.5 ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΑΙ ΣΧΗΜΑ ΛΟΒΩΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΑΘΜΩΝ ΒΑΣΗΣ.....	76
5.6 ΖΩΝΕΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ	77
5.7 ΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	78
5.8 ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΒΑΣΗΣ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ ΜΕ ΤΙΣ ΔΙΕΘΝΕΙΣ/ΕΘΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ ΣΕ ΡΑΔΙΟΚΥΜΑΤΑ.....	78
5.9 ΣΤΑΘΜΟΙ ΒΑΣΗΣ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ.....	79
5.10 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΕΚΘΕΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΤΕΡΜΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΣΤΑΘΜΩΝ ΒΑΣΗΣ.....	79
5.11 ΤΟ ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΒΑΣΗΣ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ ΚΑΙ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΑΠΟ ΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ.....	81
5.12 ΟΡΙΣΜΕΝΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ.....	82
ΕΙΚΟΝΕΣ/ΠΙΝΑΚΕΣ.....	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	
Εικόνα 1.1: Σύστημα Ηλεκτρομαγνητικού πεδίου	
Εικόνα 1.2: Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα	
Εικόνα 1.3: Οι ιδιότητες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος	
Εικόνα 1.4: Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα δε χρειάζεται κάποιο ελαστικό μέσο για να διαδοθεί. Διαδίδεται ακόμα και στο κενό και, μάλιστα, με ταχύτητα ίση με την ταχύτητα διάδοσης του φωτός ($3 \cdot 10^8$ m/sec).	
Πίνακας 1: Ζώνες συχνότητας της μη ιονίζουσας περιοχής του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	
Εικόνα 2.1: Ισχύς εκπεμπόμενη από το κινητό τηλέφωνο	
Εικόνα 2.2: Μήκη κύματος της ΗΜΑ των κινητών τηλεφώνων σε σχέση με τη διάμετρο του κεφαλιού για 900 και 1800 MHz: Ε, ηλεκτρικό πεδίο Η, μαγνητικό πεδίο	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	
Εικόνα 3.1: Κατανομή του SAR σε κατακόρυφη και οριζόντια τομή των μοντέλων κεφαλιών ενήλικα και παιδιού.	
Εικόνα 3.2: Διαφορετικές εντάσεις ακτινοβολίας όπως μετρώνται σε διαφορετικές όψεις του ίδιου κινητού τηλεφώνου (91,6-πίσω πλευρά, έναντι 24,6 βολτ/μέτρο-εμπρόσθια πλευρά δηλ. προς τον εγκέφαλο του χρήστη)	
Εικόνα 3.3: hands free, ή το ασύρματο blue tooth	
Εικόνα 3.4: Η ένταση της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από το hands free (αριστερή εικόνα) κατά τη διάρκεια της συνομιλίας είναι πολύ μικρή (0,04 βολτ/μέτρο), ενώ από το blue tooth (δεξιά εικόνα) η εκπεμπόμενη ακτινοβολία είναι σχεδόν μηδενική.	
Εικόνα 3.5: Η ένταση ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια συνομιλίας, από κινητό που βρίσκεται σε ειδική «θήκη προστασίας» είναι πολύ μικρή προς την πλευρά του σώματος του χρήστη και μεγάλη (αλλά ακίνδυνη) προς την εξωτερική πλευρά μακριά από τον χρήστη (0,05 έναντι 19,3 βολτ/μέτρο αντίστοιχα).	
Εικόνα 3.6: Η θήκη προστασίας περιέχοντας το κινητό του οποίου η ακτινοβολία εξέρχεται από την πλευρά μακριά από τον χρήστη. Η επικοινωνία πραγματοποιείται με τη βοήθεια hands free (αριστερά) ή blue tooth (δεξιά).	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	
Εικόνα 4.1: Το πρώτο μεγάλο σωληνωειδές του d'Arsonval για επαγωγή ρευμάτων υψηλής συχνότητας στο σώμα η οποία <<δονεί όλα τα κύτταρα και φέρνει ισχυρά οργανικά αποτελέσματα>>.	

Εικόνα 4.2: Το χωρητικό κρεβάτι του d'Arsonval.	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	
Εικόνα 5.1: Κεραίες από τις οποίες αποτελείται ένας χαρακτηριστικός σταθμός βάσης	
Εικόνα 5.2: Δομή του κυψελωτού δικτύου	
Εικόνα 5.3: Τυπικοί σταθμοί βάσης	
Εικόνα 5.4: Κατεύθυνση και σχήμα λοβών ακτινοβολίας σταθμών βάσης	
Στον Πίνακα 1: παρουσιάζονται χαρακτηριστικά επίπεδα ισχύος για τη λειτουργία των σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας συγκριτικά με τα αντίστοιχα των ραδιοτηλεοπτικών πομπών	
Πίνακας 2: Σύγκριση των επιπέδων έκθεσης στην ακτινοβολία τερματικών συσκευών και σταθμών βάσης	
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ.....	85
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	87
2. Η/Μ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΑΠΟ ΤΑ RADAR.....	99
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	99
2.2 ΕΓΓΥΣ ΚΑΙ ΜΑΚΡΙΝΟ ΠΕΔΙΟ ΚΕΡΑΙΑΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ.....	101
2.3 ΕΙΔΗ RADAR.....	102
2.3.1 RADAR ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ.....	102
2.3.2 RADAR ΕΡΕΥΝΑΣ.....	102
2.3.3 RADAR ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ.....	103
2.3.3.1 RADAR ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ.....	103
3. ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ.....	105
3.1 Όρια Επιτρεπτής Έκθεσης.....	106
ΕΙΚΟΝΕΣ/ΠΙΝΑΚΕΣ.....	
Εικόνα 1: Προσανατολισμός του σώματος με τη διεύθυνση του ηλεκτρικού (E) και του μαγνητικού (B) πεδίου του κύματος	
Εικόνα 2: Συνεχές και παλμικό κύμα	
Εικόνα 3: Θεωρητικός υπολογισμός της μέσης τιμής του SAR για διάφορες συχνότητες για διάφορα είδη πόλωσης	
Εικόνα 4: Η διαφοροποίηση του SAR σε σχέση με το μέσο SAR για ολόσωμη έκθεση	
Εικόνα 5: Ημιάπειρο ομογενές μέσο με απώλειες (ακτίνα καμπυλότητας της επιφάνειας ιστού>>μήκος κύματος)	
Εικόνα 6: Στρωματοποιημένη ημιάπειρη γεωμετρία βιολογικού ιστού	
Εικόνα 7: Μεταβολή απορροφούμενης ισχύος με το βάθος	
Εικόνα 8: Φαινόμενα Συντονισμού	
Εικόνα 9: Στάθμες αναφοράς /Μέσης πυκνότητας ισχύος	
Εικόνα 10: Σημειακό SAR _{max}	
Εικόνα 11: Μέγιστη Μέση Τιμή SAR σε Μάζα 1g & 10g	
Εικόνα 12: Απορροφούμενη ισχύς	
Εικόνα 13: Διαγράμματα ακτινοβολίας κεραίας	
Πίνακας 1: Ρυθμός Ειδικής Απορρόφησης (SAR) – Όρια ασφαλούς έκθεσης	
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	106
ΠΗΓΕΣ/ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΕΙΑ.....	107

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή αποτελείται από δύο τμήματα, το θεωρητικό και το πειραματικό. Στο πρώτο μέρος, το θεωρητικό, αρχικά αναφέρονται στοιχεία της θεωρίας των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων και των ιδιοτήτων τους. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στις φυσικές και τεχνητές πηγές των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στα οποία όλοι είμαστε εκτεθειμένοι. Έπειτα, γίνεται μία πλήρης ανάλυση της ηλεκτρομαγνητικής επιβάρυνσης των χώρων από καλώδια υψηλής τάσης, των χώρων κατοικίας και γραφείου από τις ηλεκτρικές συσκευές, από ακτινοβολίες των κεραιών ραντάρ, από Walkie Talkies και ραδιοτηλέφωνα αυτοκινήτων, από κεραιές δορυφορικών επικοινωνιών και από την κινητή τηλεφωνία. Επίσης γίνεται αναφορά για το πώς μπορούμε να προστατευτούμε από τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία και τι μέτρα θα μπορούσαμε να πάρουμε. Επιπλέον καταγράφεται η επίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στους ζωντανούς οργανισμούς και τα όρια επικινδυνότητας από αυτή. Στο 4^ο κεφάλαιο, θα δούμε τις βιολογικές επιδράσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων, όπου καταγράφονται αναλυτικά τα αποτελέσματα και οι συνέπειες όπου θα μπορούσαν να προκύψουν στην υγεία από αυτές. Κλείνω το θεωρητικό τμήμα, αναφέροντας τους σταθμούς βάσεις στην κινητή τηλεφωνία και τι επιπτώσεις θα μπορούσαν να προκαλέσουν με την ακτινοβολία. Στο πειραματικό τμήμα θα δείξουμε πιο αναλυτικά όλα τα παραπάνω όπου προανέφερα ή ακόμα θα βρούμε κάποια αποτελέσματα για το πώς μπορεί να αντιμετωπιστεί η ακτινοβολία όπου εκπέμπεται στους οργανισμούς και να βρεθεί κάποια λύση πάνω σε αυτό, δηλαδή, πως θα γινόταν να μειώσουμε την τάση της ακτινοβολίας για λιγότερο κίνδυνο. Μία λύση για αυτό το πρόβλημα είναι με την βοήθεια του υπολογισμού της απορροφημένης ακτινοβολίας από διάφορα μέρη του ανθρώπινου σώματος.

ABSTRACT

This work consists of two parts, theoretical and experimental. In the first part, the theoretical originally listed elements of the theory of electromagnetic fields and their properties. Then, referring to natural and man-made sources of electromagnetic fields to which we are exposed. Then, it becomes a complete analysis of electromagnetic charge of the premises from high voltage cables, of home and office from electrical devices, radiological radar antennas of Walkie Talkies talkies and cars, from satellite communications antennas and mobile telephony. Reference is also made about how we can protect ourselves from electromagnetic fields and what steps we could take. Moreover recorded the effect of electromagnetic radiation on living organisms and the risk limits of it. In the fourth chapter, we see the biological effects of electromagnetic fields, where the results and the consequences which could arise in the health of these details are recorded. Close the theoretical part, giving the base stations in mobile communications and what impact could cause the radiation. In the experimental part we will show more detail all of the above where I said or even we will find some results on how to address the radiation which is emitted to the agencies and to find a solution on this, that is, that would reduce the tendency of radiation for less risk. One solution to this problem is by means of the calculation of the radiation absorbed by different parts of the human body.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ

Γενική Εισαγωγή

Είναι πολύ αναγκαίο να επισημάνουμε ότι όσο αυξάνουν οι δραστηριότητες των ανθρώπων αυξάνει και η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας και οι επικοινωνίες και η χρήση της ραδιοηλεκτρονικής . Λόγω αυτού μπορεί να υπάρξει περισσότερη παραγωγή, περισσότερα δίκτυα και περισσότερα ηλεκτρικά μηχανήματα και συσκευές. Συνέπεια όλων αυτών είναι ότι το περιβάλλον του ανθρώπου έχει επιβαρυνθεί με ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία. Τα τελευταία χρόνια, οι επιστήμονες ασχολούνται, ερευνούν και μελετούν ολοένα και περισσότερο την πιθανή ανάρσια επίδραση αυτών των ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων χαμηλής συχνότητας τόσο στον ανθρώπινο οργανισμό όσο και στα ζώα. Τέτοια ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία παράγονται από τις γραμμές μεταφοράς και διανομής των ηλεκτρικών δικτύων Υπερυψηλής και Υψηλής Τάσης, αλλά και από τα μέσης και χαμηλής τάσεως δίκτυα, όπως επίσης και από όλα τα καλώδια των βιομηχανικών και οικιακών εγκαταστάσεων και συσκευών. Έντονο είναι το ενδιαφέρον που έχει εκδηλωθεί στο διεθνή χώρο από την επιστημονική κοινότητα και από την κοινή γνώμη πολλών χωρών για την πιθανή επίδραση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην υγεία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

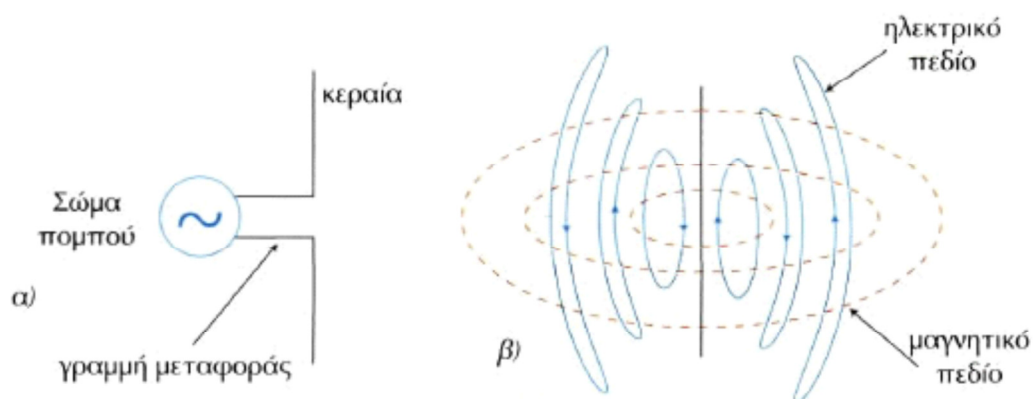
Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ονομάζεται το είδος εκείνο της ενέργειας που μεταδίδεται με τη μορφή κυμάτων, δηλαδή τοπικών και χρονικών μεταβολών του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου. Τα Ηλεκτρομαγνητικά πεδία εμφανίζονται σε ένα ευρύ σύνολο συχνοτήτων (φάσμα), που διαιρείται σε περιοχές (ζώνες συχνοτήτων) ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής ή χρήσης τους. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα εμφανίζονται με διαφορετικές μορφές, στις οποίες περιλαμβάνονται τα ραδιοκύματα, τα μικροκύματα, το ορατό φως, οι ακτίνες x και οι ακτίνες γ. Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία εμφανίζονται σε ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων, το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα, το οποίο χωρίζεται σε επιμέρους περιοχές, τις ζώνες συχνοτήτων. Το φάσμα των συχνοτήτων περιλαμβάνει την ιονίζουσα και τη μη ιονίζουσα ακτινοβολία. Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία (ΗΜΠ) αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα του περιβάλλοντος στο οποίο ζούμε, με κύριες φυσικές πηγές ακτινοβολίας το μαγνητικό πεδίο της Γης και την ηλιακή (ορατή, υπέρυθρη και υπεριώδη) ακτινοβολία. Στη σύγχρονη εποχή υπάρχουν επιπρόσθετες πηγές ΗΜΠ από ανθρώπινες εφαρμογές τόσο στην καθημερινή ζωή, όσο και στην ιατρική πρακτική. Στους εξωτερικούς χώρους εκτιθέμεθα σε ασθενή ΗΜΠ από διάφορες πηγές, όπως ραδιοφωνικές κεραιές, δίκτυα ασύρματων επικοινωνιών, γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος και καλώδια ηλεκτροκίνητων μέσων μεταφοράς. Η έκθεση σε ΗΜΠ ανθρώπινης προέλευσης είναι αναπόφευκτη στις σύγχρονες κοινωνίες κυρίως λόγω της αυξανόμενης χρήσης κινητών τηλεφώνων με σύγχρονη αύξηση του αριθμού κεραιών κινητής τηλεφωνίας. Συνακόλουθα αυξάνεται η ανησυχία του κοινού κατά πόσο η έκθεση σε ΗΜΠ μπορεί να επιφέρει δυσμενείς επιπτώσεις για την υγεία ενώ η επιστημονική κοινότητα δεν είναι ακόμα σε θέση να δώσει μια σαφή απάντηση. Τα κινητά τηλέφωνα λειτουργούν με ηλεκτρομαγνητικά πεδία της κατηγορίας των ραδιοκυμάτων, μήκους κύματος από 300MHz ως ~2GHz, φάσμα το οποίο χαρακτηρίζεται από μη ομοιόμορφη τοπική κυρίως απορρόφηση ενέργειας από τους ιστούς. Σημειώνεται ότι στην Ελλάδα η κινητή τηλεφωνία λειτουργεί στις συχνότητες 900MHz, 1800MHz και 2100MHz. Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία στην περιοχή των ραδιοσυχνοτήτων έχουν τα ίδια βασικά χαρακτηριστικά όπως τα πεδία χαμηλών συχνοτήτων. Εντούτοις, λόγω της υψηλής συχνότητας, το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο δεν συμπεριφέρονται ανεξάρτητα αλλά διαδίδονται ως ένα κύμα το οποίο ακτινοβολείται από την πηγή μεταφέροντας ενέργεια. Η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια ανακλάται, διαθλάται και απορροφάται από τα αντικείμενα προς τα οποία προσπίπτει το ηλεκτρομαγνητικό κύμα. Συνήθως εκφράζεται με την ενέργεια η οποία διέρχεται από ορισμένη επιφάνεια στη μονάδα του χρόνου, ήτοι την πυκνότητα ισχύος, ένα από τα μεγέθη με τα οποία ορίζονται τα όρια έκθεσης του πληθυσμού στην Ελληνική Νομοθεσία. Το μέγεθος αυτό μπορεί να ορισθεί μόνο σε συνθήκες μακρινού πεδίου, δηλαδή σε αποστάσεις αρκετά μεγαλύτερες από τις διαστάσεις της κεραίας. Σε μικρότερες αποστάσεις τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία δεν εμφανίζουν πάντα τις ιδιότητες του κύματος.

1.2 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ

Το ηλεκτρικό πεδίο είναι χώρος μέσα στον οποίο ασκούνται δυνάμεις σε ηλεκτρικά φορτία. Αντίστοιχα, το μαγνητικό πεδίο είναι χώρος μέσα στον οποίο ασκούνται δυνάμεις σε ηλεκτρικά ρεύματα. Από την άλλη, τα ηλεκτρικά πεδία παράγονται από ηλεκτρικά φορτισμένα αντικείμενα όπως είναι οι αγωγοί. Όταν αυξάνεται η τάση που εφαρμόζεται σε έναν αγωγό, τόσο αυξάνεται και το προκαλούμενο ηλεκτρικό πεδίο. Αλλάζοντας την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό, το ηλεκτρικό πεδίο δε μεταβάλλεται. Για το λόγο αυτό, όταν βρισκόμαστε κάτω από μια γραμμή μεταφοράς, π.χ. 400 kV το ηλεκτρικό πεδίο είναι το ίδιο, ανεξάρτητα από την ένταση του ρεύματος της γραμμής. Τα καλώδια ισχύος είναι θωρακισμένα με το εξωτερικό τους μεταλλικό περίβλημα, οπότε το ηλεκτρικό πεδίο γύρω από αυτά έχει μηδενική τιμή. Το ηλεκτρικό πεδίο επίσης εξασθενίζει όσο απομακρυνόμαστε από τους αγωγούς. Η τήρηση κάποιας απόστασης από έναν αγωγό ηλεκτρικού ρεύματος αποτελεί μέτρο προστασίας. Άλλο μέτρο που πρέπει να λαμβάνουμε είναι ο περιορισμός του χρόνου έκθεσης στα πεδία και η αποφυγή της μη αναγκαίας έκθεσης. Κατά συνέπεια, τα μέτρα προφύλαξης από τα ηλεκτρικά πεδία είναι: θωράκιση των αγωγών και συντόμευση της χρονικής διάρκειας έκθεσης, ενώ τα **μέτρα προφύλαξης από τα μαγνητικά πεδία είναι: συντόμευση της χρονικής διάρκειας** έκθεσης και αύξηση της απόστασης από τους αγωγούς. Τα πιο πάνω μέτρα προφύλαξης πρέπει να είναι μέσα στα όρια που ορίζουν οι «Προσωρινές Κατευθυντήριες Γραμμές οι σχετικές με την έκθεση σε Ηλεκτρομαγνητικά Πεδία».

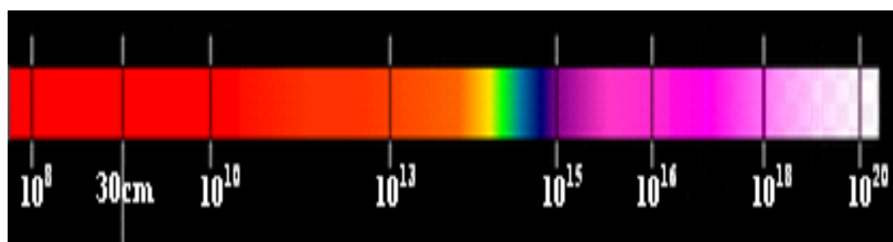


Εικόνα 1.1: Σύστημα Ηλεκτρομαγνητικού πεδίου

1.3 ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ

Η περι/οχή συχνοτήτων του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος ακτινοβολίας είναι από 0 ως 10^{22} Hz . Τις ακτινοβολίες αυτές μπορούμε να κατατάξουμε στις πιο κάτω κατηγορίες, κατά αύξουσα συχνότητα:

- Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία εξαιρετικά χαμηλών συχνοτήτων
- Ραδιοκύματα
- Μικροκύματα
- Υπέρυθρη ακτινοβολία
- Ορατό φως
- Υπεριώδης ακτινοβολία
- Ακτίνες «X»
- Ακτίνες «γ»
- Κοσμική ακτινοβολία



Εικόνα 1.2: Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Το μήκος κύματος δηλαδή η απόσταση που καλύπτεται από το πεδίο σε έναν κύκλο και η συχνότητα μιας ακτινοβολίας είναι μεγέθη αντίστροφης αναλογίας. Αυτό σημαίνει ότι όσο πιο μικρό είναι το μήκος κύματος, τόσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα και το αντίστροφο. Για παράδειγμα τα μήκη των ραδιοκυμάτων μετριοούνται σε m, των μικροκυμάτων σε cm και των ακτίνων «X» σε κλάσμα των mm. Στις εξαιρετικά χαμηλές συχνότητες ανήκουν οι συχνότητες 0- 300 Hz. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι συχνότητες 50 ως 60 Hz της ηλεκτρικής τάσης,

ηλεκτρικής έντασης και των ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων που δημιουργούνται κατά την παραγωγή, μεταφορά, διανομή και χρήση ηλεκτρισμού.

Πιο αναλυτικά:

- Τι **ραδιοκύματα** είναι ηλεκτρομαγνητικά κύματα χαμηλών σχετικά συχνοτήτων. Καλύπτουν περιοχή συχνοτήτων 0-300MHz. Η ενέργεια των φωτονίων τους είναι πολύ χαμηλή και φτάνει μέχρι τα $10^{(-6)}$ eV. Παράγονται από κεραίες και χρησιμοποιούνται ευρύτατα στις τηλεπικοινωνίες. Χωρίζονται σε επιμέρους κατηγορίες με βάση την συχνότητα τους ή ισοδύναμα με βάση το μήκος κύματός τους. Η χαμηλότερη ζώνη συχνοτήτων των ραδιοκυμάτων είναι η περιοχή των βιομηχανικών κυμάτων και η υψηλότερη ζώνη είναι η περιοχή των υπερβραχέων.
- Τα **μικροκύματα** θεωρούνται και αυτά τμήμα των ραδιοκυμάτων λόγω του ότι παράγονται από κεραίες και έχουν πλήθος εφαρμογών στις τηλεπικοινωνίες. Παρουσιάζουν όμως και διαφορετικές ιδιότητες σε σχέση με τα υπόλοιπα ραδιοκύματα, λόγω της υψηλότερης ενέργειας των φωτονίων τους. Τα μικροκύματα καλύπτουν περιοχή συχνοτήτων από 300MHz - 300GHz και η ενέργεια των φωτονίων τους κυμαίνεται από $10^{(-6)}$ – $10^{(-6)}$ eV. Χωρίζονται και αυτά σε τρεις επιμέρους ζώνες. Την ζώνη των δεκατομετρικών μικροκυμάτων ή UHF, στην ζώνη των εκατοστομετρικών μικροκυμάτων ή SHF και στην ζώνη των χιλιοστομετρικών μικροκυμάτων EHF.
- Η **Υπέρυθρη** ακτινοβολία καλύπτει ζώνη συχνοτήτων από 300GHz - 400THz και η ενέργεια των φωτονίων της είναι από $10^{(-6)}$ - 1,6eV. Υπέρυθρη ακτινοβολία εκπέμπουν όλα τα σώματα λόγω θερμότητας. Βρίσκει πολλές εφαρμογές στην τεχνολογία. Οι υπέρυθρες ακτίνες χρησιμοποιούνται στα οπτικά ηλεκτρονικά μέσα όπως τα CD player, στις ηλεκτρονικές επικοινωνίες με οπτικές ίνες αλλά και με ασύρματη εκπομπή υπέρυθρων. Πολύ σημαντική εφαρμογή έχει η υπέρυθρη φωτογραφία που βρίσκει εφαρμογές στην αρχαιολογία, τη γεωργία, την οικολογία, τη δασοπονία, τη γεωλογία και την υδρολογία.
- Η ζώνη του **ορατού φωτός** είναι μία στενή ζώνη του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, στην οποία είναι ευαίσθητο το αισθητήριο της όρασης των ζωντανών οργανισμών. καλύπτει περιοχή συχνοτήτων 400-800THz και η ενέργεια των φωτονίων κυμαίνεται από 1,6 - 3,2 eV. Το ορατό φάσμα χωρίζεται σε επιμέρους ζώνες τις οποίες το ανθρώπινο μάτι τις αντιλαμβάνεται ως διαφορετικά χρώματα.
- Η **Υπεριώδης ακτινοβολία** καλύπτει την περιοχή συχνοτήτων από 800THz - $3 \cdot 10^{17}$ Hz και η ενέργεια των φωτονίων της είναι μεταξύ 3eV - 2000eV . Εκπέμπεται από εξαιρετικά θερμά σώματα όπως τα άστρα. Η υπεριώδης είναι ακτινοβολία υψηλής ενέργειας και αρκετά επιβλαβής για τους ζωντανούς ιστούς.
- Η **ακτινοβολία X** εκτείνεται από $3 \cdot 10^{17}$ Hz- 5^{1019} Hz και η ενέργεια των φωτονίων της είναι 1200 eV - $2,4 \cdot 10^5$ eV. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος παραγωγής ακτίνων X είναι μέσω της επιτάχυνσης ηλεκτρονίων από δυναμικό τάξης μεγέθους των δεκάδων χιλιάδων βολτ και πρόσπτωσή τους σε στόχο ο οποίος αποτελείται από μεταλλικό υλικό μεγάλου ατομικού αριθμού.

- Η ακτινοβολία γ είναι ακτινοβολία εξαιρετικά υψηλής συχνότητας που κυμαίνεται από $5 \cdot 10^{19}$ Hz - $3 \cdot 10^{22}$ Hz Οι ενέργειες των φωτονίων της είναι πολύ υψηλές και κυμαίνονται 10^5 eV- 10^7 eV. Λόγω της υψηλής ενέργειας προκαλούν Οι ακτίνες γ παράγονται από ραδιενεργούς πυρήνες και από αστέρια στο διάστημα

1.4 ΡΑΔΙΟΚΥΜΑΤΑ

Τα ραδιοκύματα είναι κύματα με συχνότητα από 3 KHz μέχρι 300 GHz. Τα μικροκύματα αποτελούν ένα υποσύνολο των ραδιοκυμάτων με συχνότητες που κυμαίνονται περίπου μεταξύ των 300 MHz και 3 GHz. Το μήκος κύματος των ραδιοκυμάτων ποικίλλει μεταξύ των τιμών 1mm και 10Km. Τα ραδιοκύματα δημιουργούνται από την κίνηση ηλεκτρικών φορτίων επί των κεραιών και αναφέρονται και ως ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ραδιοσυχνοτήτων (ΡΣ), γιατί ακτινοβολούνται στο χώρο απομακρυνόμενα από την πηγή τους, δηλαδή την κεραία εκπομπής. Τα ραδιοκύματα ανήκουν στην κατηγορία των μη ιοντιζουσών ακτινοβολιών, καθώς δεν είναι ικανά να διασπάσουν χημικούς δεσμούς ή να αποσπάσουν ηλεκτρόνια από άτομα, προκαλώντας ιοντισμό της ύλης, όπως η ραδιενέργεια (ακτίνες X, ακτίνες γ). Ο ιοντισμός είναι επικίνδυνος γιατί μπορεί να οδηγήσει σε αλλοιώσεις του γενετικού υλικού και να επιφέρει επιβλαβή αποτελέσματα στην υγεία. Η κυριότερη βιολογική επίδραση των ραδιοκυμάτων είναι η αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών που εκτίθενται σε αυτά υπό ορισμένες συνθήκες. Οι μέχρι σήμερα έρευνες δεν έχουν τεκμηριώσει σχέση αιτίου – αιτιατού μεταξύ αυτού του τύπου της ακτινοβολίας και της πρόκλησης επιβλαβών επιπτώσεων στην υγεία (π.χ. καρκινογένεσις). Ο διαχωρισμός μεταξύ ιοντίζουσας και μη ιοντίζουσας ακτινοβολίας είναι σημαντικός, γιατί επιτρέπει την καλύτερη αντίληψη των πραγματικών κινδύνων των διαφόρων τύπων της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

1.4.1 ΠΕΔΙΑ ΡΑΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ

Τα ραδιοκύματα είναι ηλεκτρομαγνητικά πεδία που μπορούν να ακτινοβολούνται προς όλες τις κατευθύνσεις για ευρυεκπομπή, προς συγκεκριμένες περιοχές του χώρου όπου ενδεχομένως βρίσκεται ένας μετακινούμενος δέκτης, ή προς σταθερούς δέκτες που βρίσκονται σε γνωστές θέσεις. Η κεραία είναι διάταξη σχεδιασμένη για να εκπέμπει και να λαμβάνει ραδιοκύματα.

Η ένταση του πεδίου που δημιουργείται εξαρτάται από:

- Τη συνολικά ακτινοβολούμενη ισχύ – μεγαλύτερη ισχύς προκαλεί ισχυρότερα πεδία.
- Την απόσταση από την κεραία – η ένταση του πεδίου μειώνεται σημαντικά με την αύξηση της απόστασης
- Το διάγραμμα ακτινοβολίας της κεραίας– στενές δέσμες δημιουργούν ισχυρά πεδία στο εσωτερικό τους.

Ως προς την εξάρτηση από την απόσταση, τα ραδιοκύματα εξασθενούν αντιστρόφως ανάλογα προς το τετράγωνο της απόστασης από την πηγή τους. Δηλαδή, η πυκνότητα

ισχύος που είναι το μέγεθος που καθορίζει την ποσότητα ισχύος που προσπίπτει σε μια επιφάνεια και μετριέται σε W/m^2 , σε απόσταση 100 μέτρων από την πηγή ακτινοβολίας, εξασθενεί 10.000 φορές σε σχέση με την πυκνότητα ισχύος που δημιουργείται σε απόσταση 1 μέτρου από την πηγή.

Όταν συναντούν αντικείμενα κατά τη διάδοσή τους, τα ραδιοκύματα μπορεί να ανακλαστούν, να απορροφηθούν ή να διαπεράσουν το αντικείμενο μερικώς ή ολικώς κατά τρόπο αντίστοιχο με ό,τι συμβαίνει με το φως.

1.4.2 ΠΟΙΕΣ ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΡΑΔΙΟΚΥΜΑΤΩΝ;

Η πλέον σημαντική εφαρμογή των ραδιοκυμάτων είναι οι τηλεπικοινωνίες. Οι ραδιοφωνικές και τηλεοπτικές εκπομπές, τα κινητά τηλέφωνα, τα ασύρματα τηλέφωνα, οι επικοινωνίες της αστυνομίας και της πυροσβεστικής, οι δορυφορικές επικοινωνίες πραγματοποιούνται μεταδίδοντας την ενέργεια ραδιοκυμάτων.

Τα ραδιοκύματα λειτουργούν ως φορείς της πληροφορίας στις τηλεπικοινωνίες, τη ραδιοφωνία και την τηλεόραση.

Άλλες χρήσεις των ραδιοκυμάτων περιλαμβάνουν τους φούρνους μικροκυμάτων, τα ραντάρ, βιομηχανικά συστήματα θέρμανσης και στεγανοποίησης και τα ιατρικά μηχανήματα. Η ενέργεια των ραδιοκυμάτων, ειδικά αυτή των μικροκυμάτων, έχει τη δυνατότητα να θερμαίνει το νερό. Δεδομένου ότι οι περισσότερες τροφές έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε νερό, τα μικροκύματα μπορούν να θερμάνουν το φαγητό αρκετά γρήγορα. Τα ραντάρ χρησιμοποιούν την ενέργεια των ραδιοκυμάτων για τον εντοπισμό αυτοκινήτων και αεροπλάνων καθώς και για στρατιωτικές εφαρμογές. Οι βιομηχανικοί θερμαντήρες και στεγανοποιητές χρησιμοποιούν ραδιοκύματα για τη συγκόλληση παραγώγων ξύλου, τη στεγανοποίηση δερμάτινων αντικειμένων όπως παπουτσιών και για την επεξεργασία φαγητού. Οι ιατρικές χρήσεις της ενέργειας ραδιοκυμάτων περιλαμβάνουν τη μαγνητική τομογραφία, την εποπτεία και τον προγραμματισμό βηματοδοτών, την υπερθερμία για την αντιμετώπιση του καρκίνου.

1.4.3 ΠΩΣ ΠΟΣΟΤΙΚΟΠΟΙΕΙΤΑΙ Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΩΝ ΡΑΔΙΟΚΥΜΑΤΩΝ;

Τα κύματα και τα πεδία ΡΣ διαθέτουν ηλεκτρικές και μαγνητικές συνιστώσες. Η ένταση του πεδίου ΡΣ εκφράζεται με βάση την ένταση και των δύο συνιστωσών. Η μονάδα "Volt ανά μέτρο" (V/m) χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου και η μονάδα "Ampere ανά μέτρο" (A/m) χρησιμοποιείται για να εκφράσει την ένταση του μαγνητικού πεδίου. Ένας άλλος συνήθης τρόπος για το χαρακτηρισμό ενός πεδίου ΡΣ είναι μέσω της πυκνότητας ισχύος. Η πυκνότητα ισχύος ορίζεται ως η ισχύς του κύματος που προσπίπτει στη μονάδα επιφάνειας. Η πυκνότητα ισχύος μπορεί να εκφραστεί σε μονάδες Watt ανά τετραγωνικό μέτρο (W/m^2), milliwatts (1 χιλιοστό του Watt) ανά τετραγωνικό εκατοστό (mW/cm^2) ή microwatts (1 εκατομμυριοστό του Watt) ανά τετραγωνικό εκατοστό ($\mu W/cm^2$).

Το μέγεθος που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ποσότητας της ενέργειας των ραδιοκυμάτων που απορροφάται από το σώμα ονομάζεται Ρυθμός Ειδικής Απορρόφησης (Specific Absorption Rate-SAR). Συνήθως εκφράζεται σε Watts ανά χιλιόγραμμα (W/kg) ή milliwatts ανά γραμμάριο (mW/g).

1.4.4 ΤΙ ΣΥΜΒΑΙΝΕΙ ΟΤΑΝ ΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ ΕΚΤΙΘΕΤΑΙ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ ΡΑΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ;

Ηλεκτρικά ρεύματα υπάρχουν και στο ανθρώπινο σώμα και είναι απαραίτητα για τις φυσιολογικές σωματικές λειτουργίες. Όλες οι δομές του νευρικού συστήματος λειτουργούν μεταδίδοντας παλμικά ηλεκτρικά σήματα. Οι περισσότερες βιοχημικές αντιδράσεις, από εκείνες που σχετίζονται με την πέψη μέχρι εκείνες που σχετίζονται με την εγκεφαλική λειτουργία, περιλαμβάνουν ηλεκτρικές διεργασίες.

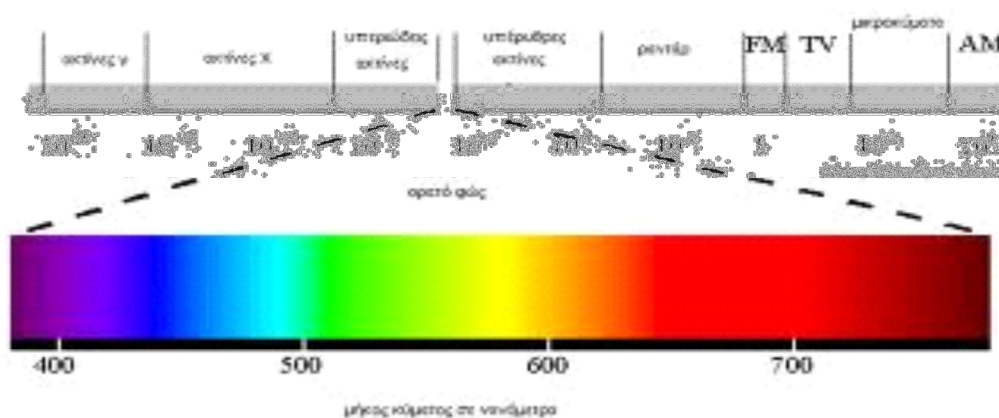
Τα βιολογικά αποτελέσματα της έκθεσης του ανθρώπινου σώματος και των κυττάρων του σε εξωτερικά πεδία ΡΣ εξαρτώνται κυρίως από τη συχνότητα και την ένταση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων. Στις ραδιοσυχνότητες, η ακτινοβολία απορροφάται μερικώς και διεισδύει σε μικρό μόνο βάθος μέσα στο σώμα. Η ενέργεια αυτών των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων απορροφάται και προκαλεί την κίνηση των μορίων. Η τριβή και οι κρούσεις μεταξύ των ταχέως κινουμένων μορίων έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας. Δύο περιοχές του σώματος, τα μάτια και οι όρχεις, είναι ιδιαίτερος ευπαθείς στη θέρμανση ΡΣ διότι χαρακτηρίζονται από χαμηλή αιματική κυκλοφορία και, συνεπώς, ανεπαρκή απαγωγή της αυξημένης θερμότητας. Τα επίπεδα έντασης των πεδίων ΡΣ στα οποία συνήθως εκτίθεται το κοινό στο καθημερινό περιβάλλον του είναι πολύ ασθενέστερα σε σχέση με αυτά που απαιτούνται για να προκληθεί αξιοσημείωτη τοπική θέρμανση ή αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος.

Εκτός, όμως, από τα γνωστά θερμικά αποτελέσματα, υπάρχει σήμερα αυξημένο ενδιαφέρον για τη μελέτη ύπαρξης και άλλων μη θερμικών μηχανισμών αλληλεπίδρασης των ραδιοκυμάτων με τους βιολογικούς ιστούς. Ορισμένες μελέτες έχουν δείξει ότι, υπό συγκεκριμένες συνθήκες, τα ραδιοκύματα μπορούν να προκαλέσουν μη θερμικές βιολογικές επιδράσεις σε καλλιέργειες κυττάρων ή πειραματόζωα, χωρίς, ωστόσο, αυτές οι επιδράσεις να σχετίζονται άμεσα με την πρόκληση κάποιας βλάβης στον ανθρώπινο οργανισμό. Επιπλέον, σε μερικές από τις μελέτες αυτές, τα αποτελέσματα εμφανίζονται αντιφατικά, ενώ σε κάποιες άλλες δεν έγινε δυνατό να επαναληφθούν. Είναι φανερό ότι υπάρχει αβεβαιότητα και ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση των μηχανισμών που σχετίζονται με μη θερμικά φαινόμενα και τη συσχέτισή τους με επιβλαβείς βιολογικές επιδράσεις και ενδεχόμενες επιπτώσεις στην υγεία. Η έρευνα σε παγκόσμιο επίπεδο συνεχίζεται υπό το συντονισμό του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας.

1.5 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ

Οι ιδιότητες των πεδίων του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος έχουν σχέση με τη συχνότητα και το μήκος κύματός τους. Έτσι, στην άνω περιοχή του

ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (στην οποία περιλαμβάνεται και μέρος της υπεριώδους ακτινοβολίας) η ενέργεια που ακτινοβολείται είναι ικανή να σπάσει τους δεσμούς των μορίων που συγκρατούν τα κύτταρα και να προκαλέσει γενετική βλάβη. Η ακτινοβολία των πεδίων αυτής της περιοχής λέγεται ιοντίζουσα. Η ακτινοβολία των πεδίων της κάτω περιοχής του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος λέγεται μη ιοντίζουσα. Άρα, η ακτινοβολία των πεδίων 50 Hz είναι μη ιοντίζουσα ακτινοβολία. Η ένταση τέτοιων πεδίων μειώνεται σχεδόν εκθετικά, καθώς αυξάνει η απόσταση από την πηγή σχηματισμού των πεδίων αυτών. Μερικά πεδία του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, όπως τα μικροκύματα, αν και ανήκουν στις μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες, μπορούν να παράγουν επαρκή ενέργεια και να θερμάνουν ένα αντικείμενο που εκτίθεται σε αυτά. Τα πεδία εξαιρετικά χαμηλών συχνοτήτων δεν έχουν επαρκή ενέργεια ώστε να δημιουργήσουν θερμικό φαινόμενο.



Εικόνα 1.3: Οι ιδιότητες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος

1.6 Η ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου που παράγεται από μια ηλεκτρική γραμμή ή συσκευή, μεταβάλλεται ως συνάρτηση της τάσης. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου της γραμμής αυτής είναι ανάλογη προς την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τη γραμμή. Τόσο η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου, όσο και η ένταση του μαγνητικού πεδίου εξαρτώνται από τη γενικότερη ηλεκτρική και γεωμετρική κατασκευή. Σε απλές περιπτώσεις γεωμετρικής και ηλεκτρικής κατασκευής υπάρχει η δυνατότητα μαθηματικής ανάλυσης με την οποία μπορεί να γίνει ο υπολογισμός της έντασης των πεδίων σε οποιαδήποτε απόσταση από τη γραμμή. Επίσης, έχουν κατασκευαστεί κατάλληλα όργανα για τη μέτρηση της έντασης του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου. Είναι δύσκολο, όμως, να καθορισθεί με βεβαιότητα η τιμή της έντασης ενός πεδίου, δεδομένου ότι υπεισέρχονται πολλές παράμετροι.

1.6.1 ΜΟΝΑΔΕΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

Επειδή το πρόβλημα της ραδιομόλυνσης προβλέπεται να οξυνθεί στο άμεσο μέλλον κάτω από τη ραγδαία εξέλιξη των συστημάτων τηλεπικοινωνιών, οι πολίτες πρέπει να εξοικειωθούν με τα σχετικά μεγέθη, τα σύμβολα τους, καθώς και τις μονάδες μετρήσεως τους:

Τα φυσικά μεγέθη που περιγράφουν ένα ηλεκτρικό ή μαγνητικό πεδίο είναι:

- Συχνότητα f –Hertz Hz
- Ένταση I - Ampere A
- Πυκνότητα έντασης J -Ampere ανά m^2 , A/m²
- Ένταση του Ηλεκτρικού Πεδίου, E , σε Volts/m ή V/m
- Ένταση του μαγνητικού πεδίου H –Ampere ανά m , A/m
- Πυκνότητα μαγνητικής ροής B - Tesla T ,Wb/m²
- Διαπερατότητα μ - Henry ανά m , H/m
- Τάση V - Volt V
- Μήκος κύματος, λ , σε μέτρα(m), ή εκατοστά (cm) ή χιλιοστά (mm)
- Ένταση ηλεκτρικού πεδίου -kV/m
- Ισχύς , N σε Βατ ή Watt (W)
- Πυκνότητα ισχύος, P ή S σε Βάτ ανά τετραγωνικό μέτρο (W/m²) ή μιλιβάτ ανά τετραγωνικό εκατοστό (mW/cm²) ή μικροβάτ ανά τετραγωνικό εκατοστό (μ W/cm²)
- Χρόνος, t , σε λεπτά (min) ή δευτερόλεπτα (sec) υποπολλαπλάσια: ένα मिलिसेकॉन्ट (msec)=(1/1000)sec, ένα μικροσεκόντ (μ sec)=(1/1.000.000)sec, ένα νανοσεκόντ (nsec)=(1/1.000.000.000)sec και ένα πικοσεκόντ (psec)=(1/1.000.000.000.000)sec

Ένταση μαγνητικού πεδίου είναι η δύναμη με την οποία το πεδίο ενεργεί σε ένα στοιχείο ηλεκτρικού ρεύματος σε ορισμένο σημείο. Η πυκνότητα μαγνητικής ροής χρησιμοποιείται για να περιγράψει το μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται από ηλεκτρικό ρεύμα σε αγωγό. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου συνδέεται με την πυκνότητα της μαγνητικής ροής με βάση τον τύπο: $B=\mu H$. Έτσι, το μαγνητικό πεδίο ορίζεται ως το διανυσματικό πεδίο της πυκνότητας της μαγνητικής ροής B . Η τιμή του μ προσδιορίζεται από τις ιδιότητες του μέσου και για τα περισσότερα βιολογικά υλικά είναι ίση με το μ_0 , την τιμή της μαγνητικής διαπερατότητας του ελεύθερου χώρου. Η μονάδα μέτρησης του ηλεκτρικού πεδίου είναι το kV/m και η μονάδα μέτρησης της έντασης του μαγνητικού πεδίου είναι το Ampere/m. Συνήθως, όμως, χρησιμοποιούμε ως έννοια την πυκνότητα μαγνητικής ροής η οποία μετρείται σε Gauss ή σε Tesla. (10.000 Gauss= 1 Tesla).

1.7 ΜΟΡΦΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Η ακτινοβολία θεωρείται σαν ενέργεια σε κίνηση είτε με ταχύτητες ίσες με αυτήν του φωτός στον ελεύθερο χώρο (3×10^8 m/s) είτε με ταχύτητες μικρότερες εκείνης του φωτός αλλά κατά πολύ μεγαλύτερες των θερμικών ταχυτήτων (π.χ. ταχύτητες των μορίων του αέρα).

Η πρώτη μορφή αποτελεί το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και περιλαμβάνει τα ραδιοκύματα, τα μικροκύματα, τις υπέρυθρες ακτίνες, το ορατό φως, τις υπεριώδεις ακτίνες, τις ακτίνες X και γ , καθώς και το σωματίδιο νεutrino (neutrino).

Η δεύτερη μορφή περιλαμβάνει σωματίδια όπως τα ηλεκτρόνια, τα πρωτόνια και τα νετρόνια. Σε κατάσταση αδράνειας, αυτά τα σωματίδια έχουν μάζα και είναι τα συστατικά ατόμων και ατομικών πυρήνων. Όταν τέτοιες μορφές σωματιδιακής μάζας κινούνται με μεγάλες ταχύτητες, θεωρούνται σαν ακτινοβολία.

Πριν το 1900, μόνο οι ηλεκτρομαγνητικές ακτίνες θεωρούνταν από τη φύση τους κυματικές, ενώ οι ακτίνες σωματιδίων ότι έχουν σωματιδιακή συμπεριφορά. Στις αρχές όμως του 1900, σημαντικά νέα πειράματα απεκάλυψαν ότι όλες οι μορφές ακτινοβολίας, κάτω από κατάλληλες συνθήκες, μπορούν να συμπεριφερθούν είτε σαν κύματα είτε σαν σωματίδια. Η κυματική συμπεριφορά της ακτινοβολίας είναι εμφανής στη διάδοση της μέσω του χώρου, ενώ η σωματιδιακή της συμπεριφορά ανακαλύπτεται από τη φύση των αλληλεπιδράσεων της με την ύλη.

- **Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία**

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (ΗΜΑ) αποτελεί μία μορφή μη-σωματιδιακής ακτινοβολίας. Είναι κύματα ηλεκτρικής και μαγνητικής ενέργειας, που ταξιδεύουν μαζί στο χώρο με την ταχύτητα του φωτός. Η πλέον γνωστή και αντιληπτή με τις αισθήσεις μορφή ΗΜΑ είναι το ορατό φως. Τη νοιώθουμε ακόμα σαν θερμότητα με όλο μας το σώμα.

- **Ηλεκτρικό πεδίο- Μαγνητικό πεδίο**

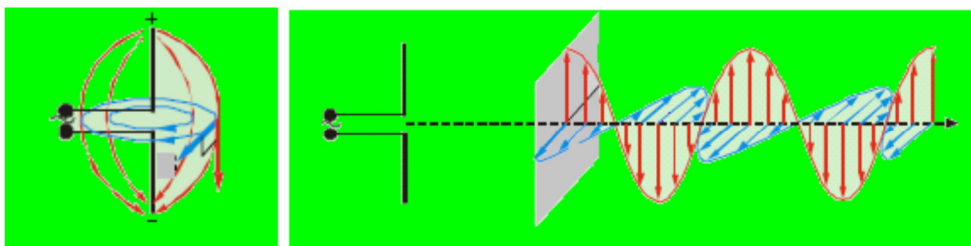
Το ηλεκτρικό πεδίο είναι χώρος στον οποίο ασκούνται δυνάμεις σε ηλεκτρικά φορτία ενώ Μαγνητικό πεδίο είναι χώρος στον οποίο ασκούνται δυνάμεις σε ηλεκτρικά ρεύματα.

- **Ηλεκτρομαγνητικά κύματα**

Ας θεωρήσουμε μια κεραία, δηλαδή ένα συρμάτινο αγωγό, η οποία τροφοδοτείται από εναλλασσόμενη τάση V . Η κεραία διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα και τα ελεύθερα ηλεκτρόνια μέσα σ' αυτήν εκτελούν αρμονική ταλάντωση. Γύρω από την κεραία δημιουργείται ένα ηλεκτρικό και ένα μαγνητικό πεδίο.

Οι εντάσεις E και H του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου αντίστοιχα μεταβάλλονται τοπικά και χρονικά ακολουθώντας το νόμο του ημιτόνου. Αυτή η μεταβολή διαδίδεται, απομακρυνόμενη από την κεραία, κατά μήκος της ευθείας $x'x$, που αποτελεί και τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος. Η διάδοση αυτή της διαταραχής ονομάζεται ηλεκτρομαγνητικό κύμα. Δηλαδή τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα είναι στην ουσία ταλαντώσεις ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων.

Οι εντάσεις του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου είναι κάθετες μεταξύ τους, καθώς επίσης και προς τη διεύθυνση διάδοσης και παίρνουν συγχρόνως τη μέγιστη ή την ελάχιστη τιμή τους.



Εικόνα 1.4: Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα δε χρειάζεται κάποιο ελαστικό μέσο για να διαδοθεί. Διαδίδεται ακόμα και στο κενό και, μάλιστα, με ταχύτητα ίση με την ταχύτητα διάδοσης του φωτός ($3 \cdot 10^8$ m/sec).

1.8 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

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. Συγκεκριμένα ισχύει: $\lambda = v/f$, όπου λ το μήκος κύματος, f η συχνότητά του και v η ταχύτητα του φωτός. Οπότε, όσο πιο μικρό είναι το μήκος κύματος, τόσο πιο ψηλή είναι η συχνότητα.

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, λοιπόν, χαρακτηρίζεται από κυματικές παραμέτρους, όπως το μήκος κύματος και η συχνότητα. Ενεργειακά χαρακτηρίζεται από τις σωματιδιακές της παραμετρήσεις, όπως είναι η ενέργεια που περιέχει κάθε φωτόνιο συγκεκριμένης ΗΜΑ σε eV/φωτόνιο. Τονίζεται ότι το φάσμα της ΗΜΑ είναι συνεχές και ατέρμονο, αλλά χωρίζεται σε δύο κύρια μέρη, που διαχωρίζονται με βάση το μήκος κύματος και την ενέργεια ανά φωτόνιο. Έτσι, έχουμε την ιονίζουσα

ακτινοβολία (Ionizing Radiation, IR) και τη μη-ιονίζουσα ακτινοβολία (Non Ionizing Radiation, NIR)

1.8.1 ΙΟΝΙΖΟΥΣΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Ονομάζουμε την ΗΜΑ που έχει την ιδιότητα να ιονίζει τα άτομα της ύλης από τα οποία απορροφάται.

Η ιονίζουσα ΗΜΑ αφαιρεί από τα άτομα της ύλης ένα ή περισσότερα ηλεκτρόνια και έτσι διαταράσσεται η δομή τους. Έχει ενέργεια ανά φωτόνιο $>12,4$ eV/φωτόνιο και μήκος κύματος <100 nm ή ισοδύναμα συχνότητα $> 3 \times 10^{15}$ Hz. Περιλαμβάνει την κοσμική ακτινοβολία, τις ακτίνες γ και X και ένα μέρος της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV).

Μη ιονίζουσες ακτινοβολίες χρησιμοποιούνται στην ιατρική, όπως, για παράδειγμα οι ακτίνες X στις ακτινογραφίες και οι ακτίνες γ στα σπινθηρογραφήματα.

1.8.2 ΜΗ-ΙΟΝΙΖΟΥΣΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Ονομάζουμε την ΗΜΑ η οποία δεν είναι ιονίζουσα, και, προφανώς, περιλαμβάνει το υπόλοιπο φάσμα, ξεκινώντας από τις UV, και επεκτείνεται στην ορατή περιοχή, τις υπέρυθρες ακτίνες, τα ραδιοκύματα, τα μικροκύματα, τα κύματα πολύ χαμηλής και υπερχαμηλής συχνότητας. Έχει ενέργεια ανά φωτόνιο $\leq 12,4$ eV/φωτόνιο και μήκος κύματος ≥ 100 nm ή ισοδύναμα συχνότητα $\leq 3 \times 10^{15}$ Hz. Ειδικότερα, οι ακτινοβολίες με συχνότητες 0,3MHz-300GHz ονομάζονται ραδιοσυχνότητες (RadioFrequencies, RF).

Οι μη ιονίζουσες ακτινοβολίες δεν μπορούν να προκαλέσουν ιονισμό της ύλης. Τέτοιες είναι αυτές που δημιουργούνται από τα δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας υψηλής τάσης, τις εγκαταστάσεις μεταβίβασης ραδιοφωνικών, τηλεφωνικών και τηλεοπτικών επικοινωνιών, τις δορυφορικές επικοινωνίες, τα ραντάρ, τους βιομηχανικούς φούρνους, την κάθε ηλεκτρική συσκευή, τις οικιακές συσκευές μικροκυμάτων, τα διάφορα θερμαντικά σώματα, τις συσκευές διαθερμιών, τους λαμπτήρες πυρακτώσεως υψηλής έντασης, τους λαμπτήρες φθορίου, τα τόξα συγκόλλησης μετάλλων κ.λ.π. Γνωστότερες μη ιονίζουσες ακτινοβολίες είναι η ορατή, η υπέρυθρη, η υπεριώδης, τα μικροκύματα, τα ραδιοκύματα, τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα, που εκπέμπουν οι ηλεκτρικές συσκευές, και η ακτινοβολία LASER.

1.8.2.1 ΠΗΓΕΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΜΗ ΙΟΝΙΖΟΥΣΑΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ (0-300 Ghz)

Πίνακας 1: Ζώνες συχνότητας της μη ιονίζουσας περιοχής του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος

ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ	ΠΗΓΕΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ
ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΑ ΧΑΜΗΛΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ (E.L.F.)	0-300Hz	>1000Km	Γραμμές Ηλ. Ενέργειας. Ακουστικές συχνότητες. Υποβρύχιες Επικοινωνίες.
ΑΚΟΥΣΤΙΚΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ (VF)	0,3-3KHz	1000-100Km	Φωνή, ακουστικές συχνότητες.
ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ(VLF)	3-30kHz	100-10Km	Ακουστικές συχνότητες.
ΧΑΜΗΛΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ(LF)	30-300KHz	10-1Km	Ραδιοεπικοινωνία Ναυσιπλοΐας. Επικοινωνίες μεγάλων αποστάσεων.
ΜΕΣΑΙΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ (MF)	0,3-3MHz	1-0,1Km	Ραδιοεπικοινωνία ναυσιπλοΐας, ερασιτεχνικοί ραδιοσταθμοί.
ΥΨΗΛΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ (HF)	3-30MHz	100-1m	Ερασιτεχνικοί σταθμοί διεθνείς επικοινωνίες, έλεγχος αεροπλοΐας.
ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ (VHF)	30-300MHz	10-1m	Αστυνομία, σταθμοί FM VHF-TV, Έλεγχος αεροπλοΐας και ναυσιπλοΐας.
ΠΑΡΑ ΥΨΗΛΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ (UHF)	0,3-3GHz	1-0,1m	Επικοινωνία ταξί, Αστυνομία, UHF-TV, φούρνοι μικροκυμάτων, ιατρική διαθερμία, βιομηχανικά μικροκύματα.
ΥΠΕΡ-ΥΨΗΛΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ (SHF)	3-30GHz	10-1cm	PANTAP, δορυφορικές επικοινωνίες.
ΕΞΑΙΤΕΡΙΚΑ ΥΨΗΛΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ	30-300GHz	1-0,1cm	PANTAP, δορυφορικές επικοινωνίες,

(EHF)			ραδιοφασματομετρία.
ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ (IR)	300GHz-300THz	1m-100μ	Εποπτεία, ηλεκτρονικός πόλεμος, βιομηχανική θέρμανση.

1.9 ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ

1. National Radiological Protection Board

- Έρευνα του Ιανουαρίου 2005
- Δεν υπάρχουν ενδείξεις που να αποδεικνύουν πως τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα δημιουργούν ή επιταχύνουν την εμφάνιση ασθενειών
- Η έρευνα έγινε σε πληθυσμό που υποβλήθηκε καθημερινά σε υψηλά επίπεδα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

2. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection

- Δεν υπάρχουν ενδείξεις που να αποδεικνύουν πως τα Η/Μ κύματα προκαλούν αρνητικές επιπτώσεις στον άνθρωπο

3. Δεν υπάρχουν ενδείξεις που να αποδεικνύουν πως τα Η/Μ κύματα προκαλούν αρνητικές επιπτώσεις στον άνθρωπο

- Έρευνα χρηματοδοτούμενη από την Ευρωπαϊκή Ένωση
- Μελετήθηκαν οι επιδράσεις της ακτινοβολίας πάνω σε ζωικά και ανθρώπινα κύτταρα

4. Wiley-LissInc.

- Έρευνασεποντίκια
- Διαταραχέςσεμεμβράνη, και EGC

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Προστασία από τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Έχει συζητηθεί το φαινόμενο για την μη ιοντίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ότι θα συνεχιστεί για πολλά από τα επόμενα χρόνια αφού η επιστημονική κοινότητα δεν έχει ακόμα αποφανθεί οριστικά κατά πόσο η ακτινοβολία αυτή είναι επικίνδυνη. Οι άνθρωποι θα πρέπει να περιμένουν μέχρις ότου η επιστημονική κοινότητα να απαντήσει οριστικά και οι πολίτες να μην κάνουν τίποτα μέχρι τότε ή να υιοθετήσει από τώρα όλα τα επιβαλλόμενα μέτρα για το ενδεχόμενο που θα επιβεβαιωθεί η επικινδυνότητα. Το ερώτημα που προκύπτει για τον καταναλωτή είναι το τι πρέπει ο ίδιος να κάνει. Τι μέτρα θα πρέπει να λάβει έτσι ώστε να μπορέσει να προστατευτεί και να προστατέψει.

2.2 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΠΟ ΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ

Υπάρχουν ορισμένες προτάσεις για να προστατευτεί κάποιος από τα Η/Μ πεδία:

- Οι ενδείξεις επικινδυνότητας του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου είναι αρκετά σοβαρές ώστε να επιβάλλουν τη λήψη μέτρων, όχι όμως τόσο σοβαρές ώστε να επιβάλλουν την εγκατάλειψη της ηλεκτρικής ενέργειας ή τη ριζική αλλαγή της παραγωγής, διανομής και χρήσης της. Επίσης δεν επιβάλλουν την - εγκατάλειψη του σημερινού συστήματος τηλεπικοινωνιών.

2.3 ΑΠΟΦΥΓΗ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΑΠΟ ΧΩΡΟΥΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

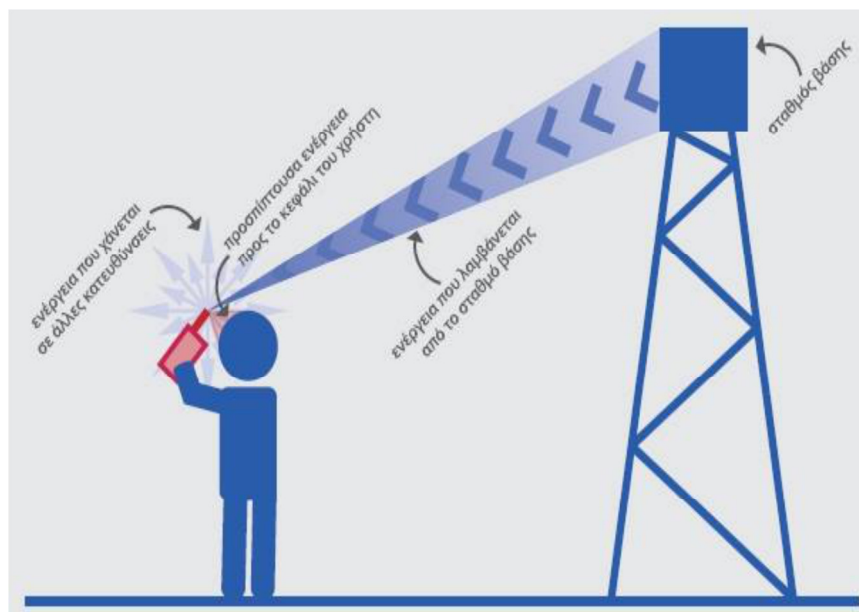
- Αν πρόκειται να αγοράσουμε σπίτι, φροντίζουμε να βρίσκεται σε απόσταση μεγαλύτερη των 200 μέτρων από γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης της ΔΕΗ. Την ίδια απόσταση πρέπει να έχουν σχολεία, νηπιαγωγεία και παιδικοί σταθμοί.
- Αν πρόκειται να χτίσουμε καινούριο σπίτι, τότε: Α. Τοποθετούμε τον πίνακα ηλεκτρικής εγκατάστασης στο πιο απρόσιτο και απομονωμένο σημείο του σπιτιού. Β. Αποφεύγουμε την εγκατάσταση θέρμανσης με ηλεκτρικές αντιστάσεις στο πάτωμα, το ταβάνι ή τους τοίχους. Γ. Το κλασικό καλοριφέρ είναι ο ηλεκτρομαγνητικά «καθαρότερος» τρόπος θέρμανσης (μετά το τζάκι και τη σόμπα ξύλων). [2]
- Σκεφτόμαστε καλά αν πράγματι χρειαζόμαστε το φορητό κινητό τηλέφωνο και το χρησιμοποιούμε όσο γίνεται λιγότερο. Κάνουμε το ίδιο και με το πιστολάκι των μαλλιών.
- Δεν υπάρχει λόγος να χρησιμοποιούμε: ηλεκτρικές κουβέρτες, θερμαινόμενα στρώματα ύδατος, ηλεκτρική ξυριστική μηχανή, ηλεκτρική οδοντόβουρτσα, επιτραπέζιους λαμπτήρες φθορισμού, ούτε το ηλεκτρικό ξυπνητήρι.

- Τα υπνοδωμάτια πρέπει να έχουν όσο το δυνατόν λιγότερες ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές. Τα κρεβάτια να τοποθετούνται στη μεγαλύτερη δυνατή απόσταση από τις εντελώς απαραίτητες ηλεκτρικές συσκευές.

2.3.1 ΚΙΝΗΤΑ ΚΑΙ ΣΤΑΘΕΡΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ

- Όχι στο κινητό το βράδυ και γενικότερα στην υπερχρήση του. Η χρήση κινητού τηλεφώνου το βράδυ διαταράσσει σοβαρά τον ύπνο και προκαλεί πονοκεφάλους και σύγχυση, σύμφωνα με έρευνα που διεξήχθη από το Πανεπιστήμιο της Ουψάλα, το Ινστιτούτο Καρολίνσκα της Σουηδίας και από το Πολιτειακό Πανεπιστήμιο Wayne του Μίσιγκαν. Αξίζει να σημειωθεί ότι η έρευνα χρηματοδοτήθηκε από το Φόρουμ Κατασκευαστών Κινητών.

Τα κινητά τηλέφωνα εκπέμπουν ραδιοκύματα προς όλες τις κατευθύνσεις για να επικοινωνούν με τους σταθμούς βάσης της κινητής τηλεφωνίας που μπορεί να είναι σε οποιαδήποτε διεύθυνση σε σχέση με το χρήστη. Αυτό έχει ως συνέπεια μέρος της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από το κινητό να κατευθύνεται προς το κεφάλι (κυρίως) και το σώμα του χρήστη. [2]



Εικόνα 2.1: Ισχύς εκπεμπόμενη από το κινητό τηλέφωνο

Το επίπεδο SAR που προκαλεί το τηλέφωνο στο κεφάλι εξαρτάται από σειρά παραγόντων, όπως ο τύπος του κινητού τηλεφώνου, η πραγματική ισχύς εξόδου του κινητού τηλεφώνου, ο χρόνος ομιλίας κατά τη διάρκεια μιας κλήσης και η απόσταση του κινητού από το κεφάλι του χρήστη.

Η τιμή SAR που αναφέρει ο κατασκευαστής της συσκευής αναφέρεται στη χειρότερη περίπτωση έκθεσης του χρήστη σε ραδιοκύματα, κατά την οποία ο χρήστης ακουμπά τη συσκευή στο αυτί του. Όταν ο χρήστης απομακρύνει τη συσκευή από το κεφάλι και το σώμα του, θεωρητικοί υπολογισμοί αλλά και μετρήσεις δείχνουν ότι η ένταση της ακτινοβολίας που απορροφά και, συνεπώς, η τιμή του SAR, μειώνονται δραστικά.

Όμως, για να μπορέσει στην περίπτωση αυτή ο χρήστης να χρησιμοποιήσει τη συσκευή του, πρέπει να προσθέσει ένα εξάρτημα αποδέσμευσης των χεριών του, το λεγόμενο "hands free kit".

Υπάρχουν δύο τύποι εξαρτημάτων "hands free", τα ενσύρματα και τα ασύρματα.

- Τα ενσύρματα εξαρτήματα hands free αποτελούνται από το ακουστικό, το μικρόφωνο, το κλιπ στερέωσης και το καλώδιο μεταξύ του ακουστικού/μικροφώνου και της συσκευής. Συνήθως, το μήκος του καλωδίου είναι 1-1.2 μέτρα από το άκρο που συνδέεται στο κινητό τηλέφωνο έως τα ακουστικά.
- Τα ασύρματα εξαρτήματα hands free ουσιαστικά αντικαθιστούν την εκπομπή της συσκευής κοντά στο κεφάλι με ένα μικρό ασύρματο πομποδέκτη που επικοινωνεί με το κινητό τηλέφωνο. Χρησιμοποιούν, συνήθως, την τεχνολογία Bluetooth στη συχνότητα 2.45 GHz με πολύ μικρή ισχύ εκπομπής (περίπου 1 mW) και με ακτίνα λειτουργίας τουλάχιστον 10 μέτρα.

Όταν γίνεται αποτελεσματική χρήση του συστήματος αποδέσμευσης χεριών, η τιμή του SAR μπορεί να μειωθεί μέχρι και κατά 100 φορές (απόσταση συσκευής από το κεφάλι και το σώμα μισό μέτρο τουλάχιστον).

- Τηλεφώνων(Mobile Manufacturers Forum). Όπως διαπιστώθηκε, εκείνοι που χρησιμοποιούν το κινητό τους πριν πέσουν για ύπνο αργούν να φτάσουν στα βαθύτερα στάδια του ύπνου και παραμένουν λιγότερο χρόνο σε αυτά, γεγονός που περιορίζει την ικανότητα του οργανισμού να ανασυντάσσει τις δυνάμεις του. Τα ευρήματα αυτά είναι πολύ ανησυχητικά για τους εφήβους, που χρησιμοποιούν συχνά τα κινητά τους τη νύχτα. Τα σύγχρονα ψηφιακά ασύρματα τηλέφωνα DECT (Digital Enhanced Cordless Telephones) εκπέμπουν συνεχώς (δηλαδή ανεξάρτητα εάν υπάρχει κλήση ή όχι) ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στην περιοχή συχνοτήτων της κινητής τηλεφωνίας. Η ακτινοβολία αυτή είναι πολύ δεισδυτική και μπορεί να περάσει ακόμα και τους τοίχους των διαμερισμάτων.

Ένα άτυπο «debate» έχει ξεκινήσει εδώ και καιρό στους κύκλους της επιστημονικής κοινότητας. Εξετάζεται κατά πόσο η χρήση συγκεκριμένων συσκευών (κυρίως κινητών τηλεφώνων) μπορεί να προκαλέσει βλάβες στον ανθρώπινο οργανισμό, οι οποίες με τη σειρά τους μπορούν να οδηγήσουν σε ανίατες ασθένειες. Το ερώτημα μπορεί να είναι σαφές, δεν φαίνεται να ισχύει όμως το ίδιο και με την απάντηση. Οι περισσότεροι συμφωνούν ότι είναι απαραίτητη περαιτέρω έρευνα, προκειμένου να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα.

2.3.2 Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΙΑΣ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ

Σπάνια αναρωτιέται ο κάτοχος κινητού τηλεφώνου πως γίνεται και μπορεί να επικοινωνεί από οπουδήποτε (στην κυριολεξία, από θεωρητικής πλευράς). Φυσικά ίσως νομίζει ότι το κινητό λειτουργεί όπως ένα ραδιόφωνο που πράγματι μπορεί να «πιάσει» σταθμούς σχεδόν παντού. Αυτό είναι σωστό κατά το ήμισυ, γιατί το κινητό είναι παράλληλα και πομπός, εκπέμποντας ακτινοβολία. Αν τώρα σκεφτείτε ότι βρίσκεστε σε ένα δύσκολο σημείο, π.χ. στη βιβλιοθήκη ενός εργαστηρίου ή σπουδαστηρίου και μάλιστα χωρίς παράθυρα, τότε δεν είναι εύκολο πράγμα για την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία του κινητού να βγει από το δωμάτιο και να βρει διέξοδο προς την πλησιέστερη κεραία βάσης της αντίστοιχης εταιρείας (cosmote κ.λπ.) και φυσικά δεν συνειδητοποιείτε ότι σε αυτή του την προσπάθεια (της εκπομπής), το κινητό ακτινοβολεί τον χρήστη με ένταση που ποικίλλει και που μπορεί μάλιστα να ξεπεράσει τα λεγόμενα «όρια ασφαλείας». Ας δούμε όμως τα πράγματα από την αρχή. Το ισχύον σύστημα κινητής τηλεφωνίας στηρίζεται στην ύπαρξη κεραιών-σταθμών βάσης εγκατεστημένων με μορφή κυψέλης (βλ. εικόνα). Οι κεραιές βάσης επικοινωνούν μεταξύ τους δημιουργώντας δίκτυο επικοινωνίας, ενώ παράλληλα μπορούν και διαχειρίζονται τις κλήσεις που λαμβάνουν από τα κινητά τηλέφωνα. Κατά τη διαδικασία αυτή, όπως είναι φανερό συμβαίνουν τα εξής:

Πρώτον: Η κεραία βάσης εκπέμπει ακτινοβολία οριζοντίως με κατευθυνόμενη δέσμη προς την πλησιέστερη κεραία βάσης η και σε περισσότερες από μία.

Δεύτερον: Η κεραία βάσης εκπέμπει μικρότερης ισχύος ακτινοβολία προς το έδαφος ώστε να είναι δυνατή η λήψη του σήματος από το αντίστοιχο κινητό τηλέφωνο.

Τρίτον: Το κινητό τηλέφωνο εκπέμπει ακτινοβολία την ώρα της συνομιλίας προς όλες τις κατευθύνσεις ανάλογα με τον τρόπο σχεδίασής του.

Τέταρτον: η ένταση της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τα σύγχρονα κινητά τηλέφωνα εξαρτάται από δύο παράγοντες. Από την ευκολία λήψης του σήματος που εκπέμπει η «πλησιέστερη» κεραία βάσης (δηλαδή όταν υπάρχει πολύ κοντά κεραία βάσης τότε το κινητό εκπέμπει μικρή ένταση ακτινοβολίας), αλλά και από την ένταση της φωνής.[2]

2.3.3 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΟΥ ΤΗΛΕΦΩΝΟΥ ΑΠΟ ΤΑ ΠΑΙΔΙΑ

Μπορούμε να αναφέρουμε ότι τα περισσότερα όπου αναφέρθηκαν πιο πάνω ισχύουν πολύ περισσότερο για τα παιδιά κάθε ηλικίας αφού ο εγκέφαλός τους αλλά και τα υπόλοιπα μέρη του σώματός τους ευρίσκονται σε συνεχή ανάπτυξη. Έτσι κάθε διαταραχή, έστω και μικρή, που μπορεί να προκληθεί από την ακτινοβολία μπορεί να είναι σημαντική σε βάθος χρόνου. Κατά συνέπεια δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούν το κινητό στο αυτί παρά μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις. Είναι φυσικό, όσον αφορά στα παιδιά, να είναι κάποιος ιδιαίτερα ευαίσθητοποιημένος για πιθανές επιδράσεις των ραδιοκυμάτων στον οργανισμό τους, καθότι αποτελούν μια ιδιαίτερη ομάδα

πληθυσμού. Άλλωστε, το γεγονός ότι ο οργανισμός τους αναπτύσσεται τα καθιστά πιο ευαίσθητα στην έκθεση σε οποιονδήποτε παράγοντα κινδύνου. Ομοίως, οι ανατομικές τους διαφορές από τους ενήλικες (λεπτότερα οστά, μικρότερη ποσότητα ινολιπιδίου ιστού στις δομές του οργανισμού, γεινίαση οργάνων, μικρότερη επιφάνεια σώματος ανά μονάδα βάρους κ.λπ.) καθιστούν τη μελέτη των πιθανών επιδράσεων των ραδιοκυμάτων της κινητής τηλεφωνίας απαραίτητη, χωρίς να λησμονείται ότι εκτός από το σώμα που αναπτύσσεται, το παιδί αναπτύσσεται επίσης πνευματικά και κοινωνικά. Για να μετρηθεί το ποσό της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που απορροφά η μονάδα μάζας ενός ιστού στη μονάδα του χρόνου έχει οριστεί ο ρυθμός ειδικής απορρόφησης. Κάποιες πειραματικές μελέτες σε προπλάσματα, με ελεγχόμενη έκθεση σε συχνότητες ραδιοκυμάτων κινητής τηλεφωνίας, έχουν δείξει ότι τα παιδιά εμφανίζουν υψηλότερο PEA από τους ενήλικες, ενώ σε άλλες δεν βρέθηκε σημαντική διαφορά στο δείκτη PEA. Παρόλα αυτά, τα όρια ασφάλειας απορρόφησης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας δεν φαίνεται να υπερβαίνονται σε ρεαλιστικές συνθήκες έκθεσης. Έρευνες που μελέτησαν τυχόν επιδράσεις των ραδιοκυμάτων της κινητής τηλεφωνίας σε γνωσιακές λειτουργίες παιδιών διαπίστωσαν μεταβολές στο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, ωστόσο δεν στοιχειοθετείται επιστημονικά ότι υφίστανται γνωσιακές διαταραχές εξαιτίας της ηλεκτρομαγνητικής εκπομπής από τα κινητά τηλέφωνα, καθώς υπάρχουν μελέτες όπου με διάφορες δοκιμασίες και ελεγχόμενη έκθεση στις ανωτέρω ραδιοσυχνότητες δεν αναδεικνύεται μια τέτοια συσχέτιση. Δεν πρέπει να λησμονείται όμως ότι τα παιδιά βρίσκονται σε μια περίοδο της ζωής τους κατά την οποία δέχονται ερεθίσματα, τα οποία συμβάλλουν στη διαμόρφωση του χαρακτήρα τους, της προσωπικότητάς τους και της γενικότερης αντίληψής τους. Από τα ερεθίσματα του «σήμερα» θα προκύψουν οι συμπεριφορές του «αύριο». Τα κινητά διαδραματίζουν σήμερα σημαντικό ρόλο στη ζωή των παιδιών, καθώς μεγάλο ποσοστό των παιδιών ηλικίας 9–18 ετών κατέχει κινητό τηλέφωνο και η πλειονότητα αυτών που κατέχουν δηλώνει εξάρτηση από αυτό. Μελέτη στο Τόκιο αναφέρει ότι τα κινητά τηλέφωνα επηρεάζουν τις διαπροσωπικές σχέσεις των παιδιών στην καθημερινή ζωή τους, με αντίκτυπο στη φιλία και την ψυχολογία τους. Συνεπώς, οι κοινωνικές διαστάσεις της χρήσης των κινητών από τα παιδιά θα έπρεπε να τεθούν υπό συζήτηση, έτσι ώστε να πραγματοποιείται πιο ορθολογική χρήση αυτών προς όφελος των παιδιών. Έρευνες για την επίδραση των κινητών στον καρδιακό ρυθμό σε νέους καθώς και σε γυναίκες κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης δεν ανέδειξαν κάποια συσχέτιση. Παρόλα αυτά, η επίδραση της μακροχρόνιας χρήσης κινητής τηλεφωνίας δεν είναι δυνατόν να προβλεφθεί, κυρίως όσον αφορά σε ενδεχόμενες επιπτώσεις στην ενήλικη ζωή ενός ατόμου που χρησιμοποιούσε κινητό τηλέφωνο από την παιδική του ηλικία. Μια τέτοια γνώση υπερβαίνει τις δυνατότητες της σημερινής επιστήμης, καθώς η συγκεκριμένη τεχνολογία έχει σχετικά πρόσφατα εισαχθεί στη ζωή μας, ώστε να γνωρίζουμε με βεβαιότητα την ασφάλεια μη ελεγχόμενης χρήσης των κινητών. Γι' αυτόν το λόγο, οι ειδικοί συνιστούν την εφαρμογή μιας προληπτικής στρατηγικής όσον αφορά στη χρήση κινητών από τα παιδιά. Πολλές ερευνητικές ομάδες συμβουλεύουν ότι τα παιδιά πρέπει να αποθαρρύνονται από τη χρήση κινητών τηλεφώνων. Για παράδειγμα, η κυβέρνηση του Ηνωμένου Βασιλείου διένειμε φυλλάδια τα οποία περιείχαν αυτή την εισήγηση το Δεκέμβριο του 2000. Σύμφωνα με την οδηγία αυτή, η Ανεξάρτητη Ομάδα Εμπειρογνομόνων για τα Κινητά Τηλέφωνα (Independent Group of Experts on Mobile Phones – IEGMP) της Βρετανίας αναφέρει ότι παιδιά ηλικίας μικρότερης των 16 ετών πρέπει να αποθαρρύνονται από τη χρήση κινητών τηλεφώνων. Το 2004, αυτό το όριο ηλικίας μειώθηκε στα 10 έτη, δίνοντας έμφαση

στη χρήση των κινητών τηλεφώνων από παιδιά μόνο για τις απαραίτητες κλήσεις. Ωστόσο, επισημάνθηκε ότι δεν υπάρχει απόδειξη ότι η χρήση των κινητών τηλεφώνων μπορεί να προκαλέσει καρκίνο του εγκεφάλου ή άλλα επιβλαβή αποτελέσματα. Η εισήγηση για τον περιορισμό της χρήσης κινητών τηλεφώνων από τα παιδιά ήταν καθαρά προληπτική και δεν βασίστηκε σε επιστημονικά δεδομένα, παρά μόνο στο γεγονός ότι τα παιδιά διαθέτουν μικρότερο σε διαστάσεις κεφάλι και λεπτότερο κρανίο. Αυτοί οι παράγοντες, σε συνδυασμό με το αναπτυσσόμενο νευρικό σύστημα των παιδιών αλλά και την αναμενόμενη πλέον μακροχρόνια έκθεση του παιδιού-χρήστη σε σχέση με αυτήν ενός ενήλικου, θέτουν τα παιδιά σε μία ομάδα ιδιαίτερης ευαισθησίας.

Αυτό το φαινόμενο μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της ευαισθησίας κατά την έκθεση σε μη ιοντίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία όπου θα μπορούσε να οφείλονται και σε ανεπαρκή θερμορυθμιστική λειτουργία ή σε παρουσία εμφυτευμένων ιατρικών συσκευών. Επιπλέον έχει αποδειχθεί ότι εμφυτευμένες μεταλλικές συσκευές έχουν ως αποτέλεσμα την τοπική αύξηση της απορροφούμενης ισχύος, με συνέπεια τη θέρμανση των γύρω βιολογικών ιστών. Τέτοιες συσκευές είναι ορθοπεδικές μεταλλικές συσκευές, μεταλλικές καρδιακές βαλβίδες καθώς και εμφυτευμένα συστήματα χορήγησης φαρμάκων, όπως ινσουλίνης, που περιέχουν μεταλλικά μέρη. Για άλλες εμφυτευμένες συσκευές, όπως οι καρδιακοί βηματοδότες και τα κοχλιακά εμφυτεύματα, το κυριότερο πρόβλημα προκαλείται από φαινόμενα ηλεκτρομαγνητικής παρεμβολής. Σύμφωνα με μελέτη του ανεξάρτητου οργανισμού για την Έρευνα στις Ασύρματες Τεχνολογίες (Wireless Technology Research, WTR), μερικοί τύποι βηματοδοτών είναι ευαίσθητοι σε εξωτερικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Για το λόγο αυτό, άτομα που φέρουν εμφυτευμένο βηματοδότη, πρέπει να κρατούν το φορητό τηλέφωνο, ακόμη και όταν βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής, σε απόσταση τουλάχιστον 15 cm από το βηματοδότη.[2]

2.3.4 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΟΥ ΤΗΛΕΦΩΝΟΥ ΣΤΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ

Σε κάθε περίπτωση πρέπει να αποφεύγεται η εκτεταμένη χρήση του κινητού μέσα στο αυτοκίνητο. Εκτός του γεγονότος ότι η ακτινοβολία ανακλάται από τα μεταλλικά μέρη και συνεπώς τμήμα της κυκλοφορεί εντός του αυτοκινήτου ακτινοβολώντας τον χρήστη και τους συνεπιβάτες με ένταση που μπορεί να είναι υπολογίσιμη, αποσπάται η προσοχή του οδηγού-χρήστη. Εάν είναι απόλυτα απαραίτητη η χρήση κινητού, αυτό μπορεί να χρησιμοποιείται με hands free ή blue tooth, αλλά τοποθετώντας το κινητό μακριά από το σώμα και κοντά σε παράθυρο ώστε να εξέρχεται η ακτινοβολία.

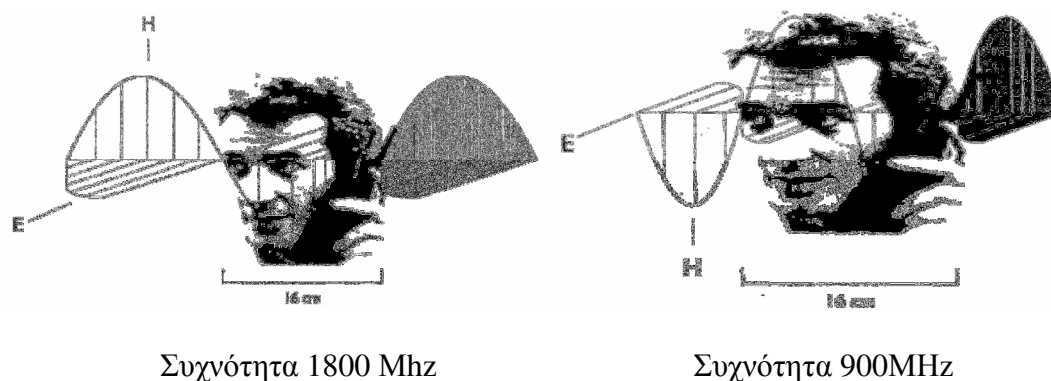
2.4 ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΚΙΝΗΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ

Μέχρι στιγμής δεν υπάρχει συμφωνία για ένα γενικά παραδεκτό μηχανισμό ο οποίος να εξηγεί τις αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία που προκύπτουν από την ΗΜΑ των κινητών τηλεφώνων, αφού η ενέργεια που μεταφέρει αυτή η ΗΜΑ είναι χαμηλή συγκριτικά με την μεταφερόμενη ενέργεια από την ιονίζουσα ακτινοβολία και η αύξηση της θερμοκρασίας στον εγκέφαλο, οφειλόμενη στην μη ιονίζουσα θερμοκρασία, είναι 0,1 ο C.

Ο Frohlich έχει προτείνει ότι τα εγκεφαλικά κύτταρα κάθε άλλο παρά βρίσκονται σε κατάσταση ισορροπίας. Ακόμα και η χαμηλής ενέργειας μη ιονίζουσα ακτινοβολία, σε κατάλληλες συχνότητες, μπορεί να προκαλέσει αρκετά σημαντικά προβλήματα στη λειτουργία του εγκεφάλου.

Οι μη ραδιοφωνικές (un-modulated) MW ακτινοβολίες, σε αντίθεση με τις Rf/MW, δε δημιουργούν διαταραχές στη λειτουργία του εγκεφάλου.

Οι ΗΜΑ για εκπομπή και λήψη σημάτων από τα κινητά τηλέφωνα με συχνότητες 800-900MHz και 1800MHz έχουν μήκη κύματος από 33-35 cm και 16-17cm αντίστοιχα. Οι ανθρώπινες κεφαλές είναι ωοειδείς και κοντά στα αυτιά υπάρχει μια τομή με έναν άξονα με μήκος είτε το 1/2 του μήκους κύματος για τις ακτινοβολίες με συχνότητα 800-900MHz ή ίσες με το μήκος κύματος για τις ακτινοβολίες με συχνότητα 1800MHz. Οπότε η ανθρώπινη κεφαλή, η οποία λειτουργεί ως κεραία, μπορεί να συμπεριφερθεί ως δέκτης για την ΗΜΑ που εκπέμπεται από τα κινητά τηλέφωνα.[2]



Εικόνα 2.2: Μήκη κύματος της ΗΜΑ των κινητών τηλεφώνων σε σχέση με τη διάμετρο του κεφαλιού για 900 και 1800 MHz: E, ηλεκτρικό πεδίο H, μαγνητικό πεδίο.

Έχουν γίνει πολλές έρευνες με τη χρήση πλασματικών κρανίων (Phantoms), προκειμένου να εκτιμηθεί ο ρυθμός με τον οποίο η θερμική ενέργεια αποθηκεύεται στο κεφάλι κατά τη χρήση ενός κινητού τηλεφώνου.

Από την επεξεργασία των στοιχείων που προέκυψαν από πειραματικές μελέτες σε μοντέλα κεφαλιών, προέκυψε ότι το κεφάλι ενός ενήλικα απορροφά το 80% της ΗΜΑ η οποία εκπέμπεται από τα κινητά τηλέφωνα, ενώ το κεφάλι ενός 7χρονου παιδιού απορροφά το 69%. Η διαφορά αυτή της απορρόφησης αποδίδεται στη

διαφορά του μεγέθους της κεφαλής του ενήλικα σε σχέση με το μέγεθος της κεφαλής ενός παιδιού. Όπως αναφέρθηκε η ΗΜΑ με συχνότητα 900 MHz έχει μήκος 33-35 cm, οπότε το μισό του είναι γύρω στα 16-17cm και, όπως προκύπτει από το σχήμα 8, η κεφαλή του ενήλικα θα απορροφήσει ΗΜΑ, ενώ του παιδιού ίσως όχι, λόγω των μικρότερων διαστάσεων του κεφαλιού του.

- **Επιπτώσεις στη μνήμη**

Η έκθεση στην ακτινοβολία των κινητών τηλεφώνων μειώνει τις λειτουργίες σε ορισμένες περιοχές του εγκεφάλου και επηρεάζει τη μνήμη.

- **Επίπτωση στη δημιουργία όγκων**

Πρόσφατα, έχουν γίνει ειδικές μελέτες σχετικά με τη χρήση φορητών τηλεφωνικών συσκευών. Επιδημιολογικές μελέτες στη Σουηδία και τις ΗΠΑ εστίασαν στη διερεύνηση πιθανής σχέσης μεταξύ χρήσης φορητών τηλεφωνικών συσκευών και ανάπτυξης καρκίνου του εγκεφάλου. Παρότι καμιά μελέτη δεν απέδειξε την αύξηση της επίπτωσης καρκίνου του εγκεφάλου σε ανθρώπους που κάνουν χρήση φορητών τηλεφωνικών συσκευών, και στις δύο μελέτες αναφέρεται μια τάση για υψηλότερη πιθανότητα ανάπτυξης όγκου του εγκεφάλου στην πλευρά που συνηθίζει ο χρήστης να κρατά το τηλέφωνο. Οι περισσότερες πειραματικές μελέτες, για την ανίχνευση των βλαβών που προκαλούν οι ΗΜΑ, αφορούν τον εγκέφαλο. Η ακτινοβολία επηρεάζει ποικίλες λειτουργίες του εγκεφάλου. Τα κυριότερα φαινόμενα που παρατηρήθηκαν είναι μεταβολές στο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα και στη δέσμευση και απελευθέρωση ιόντων ασβεστίου στον εγκέφαλο, όταν οι οργανισμοί εκτίθενται στην ΗΜΑ. Εργαστηριακές μελέτες έχουν καταγράψει μεταβολές στο αίμα του εγκεφάλου. Σημαντική αύξηση των νευροεπιθηλιακών όγκων, όπως βρέθηκε σε μια αμερικάνικη έρευνα, συνδέεται όχι μόνο με την γενοτοξικότητα της ακτινοβολίας GSM αλλά και με την επίπτωση στη δημιουργία όγκων. Εντούτοις, όπως δείχνει η μελέτη του Rothman, η ολική επιδημιολογική απόδειξη σύνδεσης με τη χρήση κινητών τηλεφώνων δεν ευσταθεί αρκετά. Παρ' όλα αυτά, δεν μπορεί κανείς να αρνηθεί ότι οι μη θερμικές επιπτώσεις της ακτινοβολίας (Rf), που χρησιμοποιείται στην κινητή τηλεφωνία, έχουν τη δυνατότητα να προκαλέσουν τέτοιου είδους παρενέργειες στην υγεία και αυτή η πιθανότητα δε θα έπρεπε να αγνοηθεί, ακόμη και αν κινδυνεύει μια μικρή μειονότητα ανθρώπων. Ο καρκίνος του εγκεφάλου χρειάζεται χρόνια ή ακόμα και δεκάδες χρόνια για να αναπτυχθεί. Η ανίχνευση μικρού ή μακροπρόθεσμου κινδύνου ανάπτυξης καρκίνου είναι εξαιρετικά δύσκολη. Η ανίχνευση μικρής αύξησης του κινδύνου απαιτεί έρευνες μεγάλης κλίμακας, που παρουσιάζουν δυσκολίες στον έλεγχό τους και συχνά είναι δύσκολη η ερμηνεία των αποτελεσμάτων τους.

- **Επιδράσεις σε κυτταρικό επίπεδο**

Επιδράσεις στο DNA και καρκινογενετικά φαινόμενα έχουν μελετηθεί εκτενώς από πολλούς ερευνητές σε διάφορες συνθήκες έκθεσης. Δεν

προέκυψε όμως με βεβαιότητα ότι υπάρχει κάποια άμεση βλάβη στο DNA λόγω της έντονης ή χρόνιας έκθεσης βιολογικών συστημάτων στις ακτινοβολίες με συχνότητες που χρησιμοποιούν τα κινητά τηλέφωνα.

- **Εκροή ασβεστίου**

Τα ιόντα ασβεστίου είναι εξαιρετικής σημασίας για τη μεταφορική σύζευξη ενός ευρέως φάσματος ανοσολογικών, ενδοκρινολογικών και νευροβιολογικών φαινομένων στην εξωτερική επιφάνεια της κυτταρικής μεμβράνης [26]. Οι Adey και Bawin στην αρχή της δεκαετίας του 1980, παρατήρησαν ότι η παρουσία παλμικά διαμορφωμένων σημάτων ραδιοσυχνότητας (Rf) επάγει την εκροή ιόντων ασβεστίου (Ca) σε ιστούς πειραματόζωων, χωρίς να απαιτείται αισθητή αύξηση της θερμοκρασίας στους ιστούς (<0,1°C). Βρέθηκε ότι το φαινόμενο εξαρτάται ισχυρά από τη συχνότητα διαμόρφωσης και από την πυκνότητα ισχύος της εφαρμοζόμενης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Η μέγιστη αλληλεπίδραση αναφέρεται ότι παρουσιάζεται για συχνότητες διαμόρφωσης παραπλήσιες με αυτές της εγκεφαλικής δραστηριότητας (16 Hz). Το φαινόμενο της εκροής ιόντων ασβεστίου θεωρείται από τις σημαντικότερες βιολογικές επιδράσεις των ραδιοκυμάτων, επειδή παρατηρείται για χαμηλές τιμές πυκνότητας ισχύος (μη θερμικής φύσεως).

Επιπλέον, έχουν παρατηρηθεί φαινόμενα συντονισμού, που σχετίζονται με αυξημένη εκροή ιόντων Ca, όταν η περιβάλλουσα των διαμορφωμένων σημάτων έχει συνιστώσα 16 Hz. Το γεγονός ότι το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται για πεδία χαμηλών συχνοτήτων μπορεί να πιθανολογηθεί ότι οφείλεται σε μηχανισμό «ανόρθωσης» μέσα στους ιστούς.

- **Επιπτώσεις στην ακοή**

Στην περίπτωση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας παλμικής φύσεως, όπως αυτή του ραντάρ, έχει παρατηρηθεί ότι άνθρωποι που βρίσκονται κοντά στην πηγή ακούνε ήχο που προέρχεται από συντονισμό του κρανίου. Σύμφωνα με τη σημερινή γνώση, πρόκειται για θερμικό φαινόμενο και οφείλεται σε απότομη μικρή αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών.

- **Επιπτώσεις στην πίεση**

Το 1998, οι Braune et al κατέγραψαν αυξήσεις στην αρτηριακή πίεση κατά την έκθεση σε ραδιοσυχνότητες.[2]

2.5 Η ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΠΡΟΦΥΛΑΞΗΣ

Οι αποδεδειγμένες επιπτώσεις στη υγεία του ανθρώπου από την έκθεση σε μη ιοντίζουσα ακτινοβολία, όπως αυτή των κινητών τηλεφώνων, είναι θερμικές. Από τις θερμικές επιπτώσεις έχουν προκύψει τα όρια του SAR ως όρια αποδεκτής έκθεσης. Επιπτώσεις άλλου είδους δεν έχουν ακόμη τεκμηριωθεί. Η διεθνής επιστημονική κοινότητα θα χρειαστεί κάποιο χρονικό διάστημα για να ολοκληρώσει την έρευνα και να καταλήξει αν υπάρχουν άλλες επιβλαβείς επιπτώσεις και ποιες είναι αυτές. Στο διάστημα αυτό, αν κάποιος αισθάνεται ανήσυχος μπορεί να λάβει ορισμένα μέτρα προφύλαξης όπως:

- Να χρησιμοποιεί το κινητό τηλέφωνο εκεί όπου η ποιότητα του λαμβανόμενου σήματος είναι ικανοποιητική και να αποφεύγει τη χρήση του σε κλειστούς χώρους (π.χ. ασανσέρ, υπόγεια, μετρό, αυτοκίνητο κ.λπ.).
- Να χρησιμοποιεί εξαρτήματα αποδέσμευσης των χεριών ("hands free kits") και όταν ομιλεί, να κρατά το κινητό σε απόσταση από το σώμα του και το κεφάλι του.
- Να προτιμά τη χρήση σταθερών τηλεφώνων όταν διατίθενται ή την αποστολή SMS αντί της συνομιλίας στο κινητό τηλέφωνο.
- Να αποθαρρύνει τη χρήση κινητών τηλεφώνων από παιδιά.

2.6 ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΚΙΝΗΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ

1. Σουηδικό Εθνικό Ινστιτούτο Υγείας

- 25% απώλεια μνήμης, 70% αφύσικη υπνηλία, 50% πονοκεφάλους

2. Βρετανοί και Κινέζοι μελετούν επιπτώσεις σε παιδιά

- Τα παιδιά απορροφούν 50% περισσότερη ακτινοβολία
- Επηρεάζεται η φαιά ουσία του εγκεφάλου τους κατά 30% περισσότερο

3. Australian Communications Authority & Radiation Protection and Nuclear Safety Agency

- Κεραίες δικτύων 3G κινητών χρησιμοποιούν πολύ λιγότερη ενέργεια
- Ενδεικτικά: 3W

4. National Institute of Environmental Health Sciences

- Έρευνα σε ποντίκια
- Απεδείχθη για πρώτη φορά ότι τα κινητά μπορούν να προκαλέσουν βλάβες σε νευρώνες του φλοιού

5. Έρευνα του νοσοκομείου του Birmingham

- Χειρότερες επιδόσεις σε τεστ έπειτα από ηλεκτρομαγνητική έκθεση[3]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

*Η επίδραση της ηλεκτρομαγνητικής
ακτινοβολίας στους ζωντανούς
οργανισμούς και τα όρια επικινδυνότητας*

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Πατέρας του βιοηλεκτρομαγνητισμού πρέπει να θεωρηθεί ο Ιπποκράτης, που πρώτος επιχείρησε να θεραπεύσει περιπτώσεις καρκίνου με έκθεση στην ηλιακή ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (ηλιοθεραπεία). Τον 18 ο αιώνα, ο Luigi Galvani επιχείρησε να θεραπεύσει όγκους, ανευρίσματα και αιμορραγίες διοχετεύοντας ηλεκτρικό ρεύμα στους ιστούς.

Με τη γνωστοποίηση των εργασιών των Helmholtz, Kelvin και Hertz, οι πρώτοι ιατροφυσικοί άρχισαν να πειραματίζονται με εναλλασσόμενα ρεύματα. Εκείνη την εποχή, με πειράματα αυτεπαγωγής ή χωρητικής σύζευξης και για να μην έρχονται σε άμεση ηλεκτρική επαφή οι ιστοί των ασθενών με τα ρεύματα, αυτοί τοποθετούνταν σε πηνία για να τους γίνουν θεραπείες.

Την ίδια εποχή, ο Tesla στην Αμερική πραγματοποιούσε ανάλογα πειράματα με υψίσυχνα ρεύματα. Οι αναζητήσεις για ευεργετικές επιδράσεις τους συνεχίστηκαν και από το 1926 οι χειρουργοί άρχισαν να χρησιμοποιούν τις ραδιοσυχνότητες στις εγχειρήσεις ευαίσθητων οργάνων όπως ο εγκέφαλος.

Οι ανησυχίες για πιθανές ανεπιθύμητες επιδράσεις των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων δημιουργήθηκαν πριν το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο με την ανακάλυψη του ραντάρ, που λειτουργεί στη μικροκυματική περιοχή συχνοτήτων (GHz) και εκπέμπει ισχυρές κατευθυντικές δέσμες. Τα συνεχώς αυξανόμενα κρούσματα ασθενειών σε χώρους κυρίως τηλεπικοινωνιών ανάγκασαν τους επιστήμονες να ξεκινήσουν τη συστηματική μελέτη των βιολογικών επιδράσεων των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, με αποτέλεσμα το σημερινό τεράστιο όγκο εργασιών στο θέμα αυτό.

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μεταφέρει ενέργεια την οποία απορροφά ο ανθρώπινος οργανισμός. Πηγές αυτής της ακτινοβολίας υπάρχουν παντού στο περιβάλλον και διακρίνονται σε φυσικές και σε τεχνητές. Ο άνθρωπος με εξαίρεση τον τελευταίο αιώνα εξελίχθηκε εκτεθειμένος μόνο σε φυσικές ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες όπως το μαγνητικό πεδίο της γης (το οποίο πολλοί οργανισμοί χρησιμοποιούν για τον προσανατολισμό τους), τα κύματα που παράγονται από τους κεραυνούς, την ηλιακή και άλλες κοσμικές ακτινοβολίες .

Το ηλεκτρομαγνητικό περιβάλλον άρχισε να διαφοροποιείται όταν ξεκίνησε τη λειτουργία του το πρώτο εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας το 1881 στο Goldaming της Αγγλίας. Τον 20 ο αιώνα αναπτύσσονται οι πρώτες κεραιές εκπομπής και λήψης ηλεκτρομαγνητικών σημάτων για την μετάδοση ήχου από απόσταση που σήμαναν την αρχή της ραδιοφωνίας. Τα επόμενα χρόνια, η ασύρματη μετάδοση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων χρησιμοποιήθηκε για στρατιωτικούς σκοπούς (ραντάρ), για την μετάδοση τηλεοπτικού σήματος κ.α. Τα τελευταία χρόνια η ανάπτυξη των τηλεπικοινωνιών (κινητή τηλεφωνία κλπ) πρόσθεσε άλλη μια πηγή ηλεκτρομαγνητικής επιβάρυνσης.

3.2 ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Τα τεχνητά ηλεκτρομαγνητικά πεδία (ΗΜΠ) και η μη ιονίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (ΗΜΑ), που εκπέμπεται από αυτά, (συχνότητες μέχρι $3 \cdot 10^{11}$ Hz που είναι το κάτω όριο της υπέρυθρης ακτινοβολίας), μέχρι μερικές δεκαετίες πριν, θεωρούνταν ακίνδυνα για τους ζωντανούς οργανισμούς. Όπως δηλώνει και η ονομασία της, η ακτινοβολία αυτή δεν προκαλεί ιονισμό όταν απορροφάται από την ύλη. Όμως το ίδιο ακίνδυνη πιστεύαμε ότι είναι και η ιονίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία κατά την ανακάλυψη της στα τέλη του προπερασμένου αιώνα. Μάλιστα κάποιοι πρωτοπόροι επιστήμονες στην ανακάλυψη των ραδιενεργών ακτινοβολιών προσβλήθηκαν πολύ σύντομα από καρκίνο και πέθαναν.

Οι άμεσες βιολογικές επιδράσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων της μη ιονίζουσας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι σε κάθε περίπτωση πολύ ηπιότερες από τις αντίστοιχες της ιονίζουσας. Αυτός είναι και ο λόγος που οι επιπτώσεις της μη ιονίζουσας ακτινοβολίας, η "ηλεκτρομαγνητική ρύπανση", όπως πλέον αποκαλείται ευρίσκονται υπό εντατική διερεύνηση τις τελευταίες δεκαετίες. Οι ακτινοβολίες αυτές περιλαμβάνουν ηλεκτρομαγνητικά πεδία προερχόμενα από γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, (κυρίως εκείνες που μεταφέρουν υψηλή τάση), κεραιές ραδιοτηλεοπτικών σταθμών, κινητής τηλεφωνίας, RADAR, κ.λ.π. , αλλά και από οικιακές ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές που συχνά χρησιμοποιούνται σε επαφή ή σε μικρή απόσταση με τον ανθρώπινο εγκέφαλο και το ανθρώπινο σώμα εν γένει, (ασύρματα τηλέφωνα, οθόνες τηλεοράσεων και υπολογιστών). Τα προϊόντα της τεχνολογίας συμβάλλουν καθοριστικά στη βελτίωση της ποιότητας ζωής του ανθρώπου. Η κατασκευή και η χρήση τους όμως, πρέπει να πληροί αυστηρές προϋποθέσεις, ώστε να μην προκαλούνται ανεπιθύμητες επιδράσεις στην υγεία του ανθρώπου και στο περιβάλλον. Πώς, όμως, γίνεται η μη-ιονίζουσα ακτινοβολία από τα τεχνητά ηλεκτρομαγνητικά πεδία, ενώ έχει μικρότερη συχνότητα από το φυσικό-ορατό φως να προκαλεί βιολογικά φαινόμενα που δεν μπορεί να προκαλέσει το φυσικό φως; Το ερώτημα, όμως, αυτό δεν έχει υπόσταση αφού τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα σε αντίθεση με το φυσικό φως δεν διαδίδονται με μορφή φωτονίων.

Το φυσικό φως δεν είναι πολωμένο, δεν μπορεί να εμφανίζει φαινόμενα συμβολής, ούτε να προκαλέσει συντονισμό σε παλλόμενα ηλεκτρικά φορτία και εκπέμπεται ασυνεχώς υπό μορφή κυματοπακέτων-φωτονίων. Αντίθετα, τα τεχνητά ηλεκτρομαγνητικά κύματα παράγονται από ηλεκτρικά κυκλώματα, μπορούν να εκπέμπονται συνεχώς και έχουν συγκεκριμένη πόλωση οπότε και μπορούν να προκαλούν φαινόμενα συμβολής, αλλά και να επάγουν εξαναγκασμένες ταλαντώσεις σε ελεύθερα ηλεκτρικά φορτία, όπως τα ελεύθερα ιόντα που βρίσκονται κατά μεγάλες συγκεντρώσεις στα κύτταρα παίζοντας καθοριστικό ρόλο στις βιολογικές διαδικασίες. Τις τελευταίες 2 - 3 δεκαετίες συσσωρεύονται πάρα πολλά δεδομένα για βλαπτικές επιδράσεις στους ζωντανούς οργανισμούς των ΗΜΠ γενικά, αλλά και ειδικά της μη- ιονίζουσας ακτινοβολίας ραδιοφωνικών (RF) και μικροκυματικών συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται στις μέρες μας στην κινητή τηλεφωνία. Τα τελευταία χρόνια, υπάρχει συνεχής-έντονη διεθνής ανησυχία για τις επιπτώσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που προέρχεται από τους σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνίας και από τα κινητά τηλέφωνα, στην υγεία του ανθρώπου. Έχει μάλιστα διατυπωθεί η άποψη ότι η μαζική έκθεση εκατομμυρίων ανθρώπων σε όλο τον κόσμο

τα τελευταία χρόνια στα πεδία της κινητής τηλεφωνίας αποτελεί το μεγαλύτερο βιολογικό πείραμα που έχει ποτέ πραγματοποιηθεί.

3.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΩΝ

Διεθνείς έρευνες που ξεκίνησαν από το Β΄ Παγκόσμιο πόλεμο για την επίδραση των RF κυμάτων στους βιολογικούς ιστούς σε συχνότητες που χρησιμοποιούν οι σύγχρονες κινητές επικοινωνίες (915 MHz και 2450 MHz) κατέληξαν σε αντιφατικά αποτελέσματα.

Τα τελευταία χρόνια διεξάγονται νέες έρευνες που επικεντρώνονται συνήθως στη σχέση καρκινογένεσης και φορητών τηλεφώνων. Τα περισσότερα αποτελέσματα αφορούν σε έρευνες που έχουν γίνει σε πειραματόζωα, πολλοί όμως αμφισβητούν τη δυνατότητα επέκτασης των αποτελεσμάτων – συνεπειών στον ανθρώπινο οργανισμό.

Η ένταση, η συχνότητα και η διάρκεια της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι βασικοί παράγοντες από τους οποίους εξαρτώνται οι επιδράσεις της στην υγεία μας.

Είναι αποδεδειγμένο ότι μεγάλες τιμές υψίσυχνης ακτινοβολίας προκαλούν *θερμικές επιδράσεις* στους οργανισμούς. Η ακτινοβολούμενη ενέργεια απορροφάται από τους ιστούς και μετατρέπεται σε θερμότητα. Η μεταβολή της θερμοκρασιακής κατανομής του σώματος είναι συνάρτηση της αιματικής ροής και των δυνατοτήτων των θερμορρυθμιστικών μηχανισμών του σώματος. Έτσι το τελικό αποτέλεσμα, εκτός από τα χαρακτηριστικά της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, εξαρτάται και από τον ίδιο τον οργανισμό.

Σήμερα είναι εξακριβωμένο επίσης ότι η υψίσυχη ακτινοβολία μπορεί να έχει και άλλες επιδράσεις όπως:

- **Επιδράσεις στους οφθαλμούς:** Καταρακτογένεση παρατηρήθηκε σε πειραματόζωα που εκτέθηκαν σε ακτινοβολία υψηλής πυκνότητας ισχύος.
- **Επιδράσεις στην ακοή:** Μικροκυματικό ακουστικό φαινόμενο. Παλμική Η/Μ ακτινοβολία (200 MHz – 6.5 GHz) μπορεί να γίνει αντιληπτή από άτομα με φυσιολογική ακοή ως ήχος.
- **Επιδράσεις στο νευρικό σύστημα:** Οι μελέτες αφορούν στον εγκέφαλο και αναφέρουν μεταβολές στο Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα και στην εκροή ιόντων ασβεστίου.
- **Επιδράσεις στη συμπεριφορά:** Έχουν καταγραφεί αλλαγές της συμπεριφοράς σε πειραματόζωα και μάλιστα στις χαμηλότερες τιμές κατωφλίων.
- **Βιολογικές αλληλεπιδράσεις σε χρόνια έκθεση Η/Μ ακτινοβολιών.** Τα μέχρι τώρα αποτελέσματα μελετών δείχνουν ότι δεν υπάρχουν αξιοσημείωτες στατιστικές μεταβολές από τις μέσες τιμές στην πρόσληψη τροφής και νερού, καθώς και την κινητικότητα των πειραματόζωων. Επίσης δεν παρατηρήθηκε μεταβολή συνολικά στα αιματολογικά τους χαρακτηριστικά, ούτε βρέθηκαν σε κατάσταση στρες. Αλλαγή συμπεριφοράς παρατηρήθηκε με την παύση της έκθεσης στην ακτινοβολία.

3.4 ΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΟΠΟΥ ΕΓΕΙΝΑΝ ΥΠΟ ΕΡΕΥΝΑ...

3.4.1 ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΓΕΝΕΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ;

Για τιμές SAR μικρότερες από 1W/kg δεν είναι ακόμα ξεκάθαρο αν μπορούν να προκληθούν τέτοιες ανωμαλίες.

Σε έκθεση μητέρων σε υψηλές τιμές Η/Μ ακτινοβολίας αναφέρονται επιδράσεις τόσο στην ενδομήτρια ανάπτυξη των εμβρύων όσο και στην ανάπτυξη των παιδιών μετά τον τοκετό (όπως πχ. δυσλειτουργίες στους όρχεις).

Το μεγαλύτερο ποσοστό από την έρευνα όπου έκανα μου απάντησε πώς θα υπήρχαν γενετικές και αναπτυξιακές ανωμαλίες, κυρίως σε μία εγκυμονούσα διότι το έμβριο μπορεί να επηρεαστεί εύκολα.

3.4.2 ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΟ DNA;

Υπάρχουν ενδείξεις ότι η ακτινοβολία των κινητών είναι πιθανόν να βλάψει το DNA. Σε πειραματικές μελέτες σε πειραματόζωα έχει παρατηρηθεί ρήξη στις αλυσίδες DNA εγκεφαλικών ιστών για έκθεση σε μικροκυματικά πεδία (SAR – 1W/Kg.). Μπορεί να μεταλαχθεί κάποιο νουκλεοτίδιο από την αλυσίδα του DNA. Επίσης, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να αναπτυχθεί λευκαίμια ή κάποιου άλλου είδους ασθένειας.

3.4.3 ΠΡΟΚΑΛΕΙ Η ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ ΠΟΝΟΚΕΦΑΛΟ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΥΠΝΟΥ;

Άτομα που χρησιμοποιούν πολύ συχνά το κινητό, αναφέρουν πονοκεφάλους, κούραση και φαγούρες εν αντίθεση με άτομα που το χρησιμοποιούν λιγότερο. Το αν αυτό εξαρτάται μόνο από τη συχνή ή όχι χρήση του κινητού ή από άλλους παράγοντες (άγχος κλπ.) δεν διευκρινίζεται προς το παρόν.

Σε εργαστηριακή έρευνα αναφέρεται επίσης επηρεασμός των φάσεων του ύπνου σε άτομα που είναι εκτεθειμένα στην ακτινοβολία κινητού σε απόσταση 40cm από το κεφάλι τους.

«Μικροκυματική ασθένεια»: Παρατηρήσεις Ρώσων επιστημόνων όπως και έρευνες σε διάφορες χώρες δείχνουν ότι χρήστες κινητών τηλεφώνων εμφανίζουν συμπτώματα αντίστοιχα της «Μικροκυματικής Ασθένειας» όπως: Εκνευρισμό, εξάντληση, μυϊκή αδυναμία, μειωμένη πνευματική διαύγεια, μείωση της ικανότητας αυτοσυγκέντρωσης, αυξημένη ευαισθησία σε εξωτερικούς παράγοντες, αϋπνίες, πονοκεφάλους, ζαλάδες.

3.4.4 ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΠΡΟΚΑΛΕΣΕΙ ΚΑΡΚΙΝΟ Η ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΤΗΛΕΦΩΝΩΝ;

Και εδώ οι απαντήσεις είναι αντικρουόμενες, ωστόσο:

- Έχει αναφερθεί ανάπτυξη καρκίνου του εγκεφάλου σε πειραματόζωα (ποντίκια) τα οποία είχαν εκτεθεί σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία που χρησιμοποιούν οι ασύρματες κυψελωτές επικοινωνίες, όμως δεν υπάρχει επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων αυτών από ανεξάρτητα εργαστήρια.
- Τα κινητά και ασύρματα τηλέφωνα, όταν χρησιμοποιούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα, μπορούν να ενισχύσουν τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου στον εγκέφαλο, στην πλευρά του κεφαλιού όπου εφάπτεται η συσκευή.
- Άλλοι επιστήμονες επισημαίνουν ότι η ανίχνευση κινδύνου ανάπτυξης καρκίνου είναι πολύ δύσκολη δεδομένου ότι ο καρκίνος εγκεφάλου χρειάζεται χρόνια ή και δεκάδες χρόνια για να αναπτυχθεί.
- Έρευνα διεργαστηριακή (INTERPHONE study) σχετική με την εμφάνιση ακουστικού νευρώματος λόγω της χρήσης του κινητού τηλεφώνου, αποκάλυψε πρόσφατα ότι κατά την πρώτη 10ετία χρήσης του κινητού δεν υπάρχει μεγάλος κίνδυνος εμφάνισης της παραπάνω νόσου, όμως δεν αποκλείεται να αυξηθεί ο κίνδυνος, όταν περάσει το διάστημα της δεκαετίας.

«Γενικά, σε σχέση με τις επιπτώσεις στην υγεία της μικροκυματικής ακτινοβολίας συστημάτων ασύρματων και κινητών επικοινωνιών, επειδή τα κατώφλια απόκρισης και οι ειδικές συνθήκες μελέτης των βιολογικών επιδράσεων στις διάφορες μελέτες ποικίλουν σημαντικά, πρέπει να απαντηθούν πολλά ερωτήματα πριν τη διατύπωση οριστικών και τεκμηριωμένων επιστημονικών συμπερασμάτων. Υπάρχουν και ιστορικά ανθρώπων που έχουν πεθάνει από την υπερβολική χρήση τους και είναι πολύ πιθανό καθώς μπορεί να μεταλλάξει τα κύτταρα.

3.4.5 ΕΙΝΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΕΣ ΟΙ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ ΑΥΤΕΣ, ΔΗΛΑΔΗ ΟΙ ΜΗ ΙΟΝΙΖΟΥΣΕΣ ΚΑΙ ΠΩΣ ΚΑΘΟΡΙΖΟΝΤΑΙ ΤΑ <<ΟΡΙΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ>>;

Με βάση τα επιστημονικά δεδομένα ο «παγκόσμιος οργανισμός υγείας» έχει προτείνει πριν από επτά χρόνια (το 1998) **όρια ασφαλείας** τα οποία έχει προτείνει για υιοθέτηση από τις χώρες ανά την υφήλιο και τα οποία για τις συχνότητες της κινητής τηλεφωνίας είναι 0,45 και 0,90 **mW/cm²** αντίστοιχα για τους 900 και 1.800 MHz ή 33 και 45 **βολτ ανά μέτρο**. Με βάση αυτά τα όρια, **κάθε χώρα μπορεί να διαμορφώσει τα δικά της «όρια ασφαλείας»**. Υπάρχουν χώρες που ακολουθούν τα όρια, όπως έχουν προταθεί, και άλλες χώρες που εφαρμόζουν πολύ αυστηρότερα όρια. Στην Ελλάδα, με την κοινή υπουργική απόφαση του 2000 έχουν θεσπισθεί όρια κατά 20% αυστηρότερα από τα προταθέντα.. Με βάση τα όρια αυτά γίνεται (συνήθως) η τοποθέτηση των κεραιών βάσης.

3.4.6 ΕΙΝΑΙ ΠΡΑΓΜΑΤΙ ΑΣΦΑΛΗΣ Η ΕΚΘΕΣΗ ΤΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΣΕ ΕΝΤΑΣΕΙΣ ΕΝΤΟΣ ΤΩΝ <<ΟΡΙΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ>>;

Αν η απάντηση ήταν ναι, τότε όλες οι χώρες θα είχαν υιοθετήσει τα «όρια ασφαλείας» και θα είχε σταματήσει κάθε έρευνα. Αν η απάντηση ήταν όχι, τότε όλες οι χώρες θα είχαν θεσπίσει πολύ αυστηρά όρια μέχρι να διαλευκανθεί το όλο ζήτημα επιστημονικά. Η επιστημονική κοινότητα (με επιδημιολογικές μελέτες, μελέτες σε κύτταρα και πειραματόζωα), είναι διχασμένη ως προς την επικινδυνότητα και αυτό γιατί οι μισές έρευνες δείχνουν επικινδυνότητα, ενώ οι άλλες μισές δεν δείχνουν κάτι τέτοιο. Η δική μας ερευνητική ομάδα, συντάσσεται μαζί με τους επιστήμονες εκείνους που υποστηρίζουν ότι τα προταθέντα από το 1998 όρια ασφαλείας **δεν παρέχουν ασφάλεια από τις ακτινοβολίες της κινητής τηλεφωνίας** (και όχι μόνο) στην υγεία του ανθρώπου. Τη θέση μας αυτή στηρίζουμε στα ακόλουθα:

Πρώτον: Η συγκεκριμένη μη ιονίζουσα ακτινοβολία είναι τεχνητή και δεν υπήρχε κατά τη διάρκεια της εξέλιξης των ειδών στον πλανήτη μας. Κατά συνέπεια οι οργανισμοί δεν είχαν την ευκαιρία να αναπτύξουν κάποιο μηχανισμό άμυνας όπως π.χ. έχει συμβεί με την υπεριώδη ακτινοβολία (η οποία προέρχεται από τον ήλιο) όπου η σύνθεση μελανίνης από τα κύτταρα της επιδερμίδας προστατεύει στη συνέχεια από τη διείσδυσή της στα βαθύτερα στρώματα όπου και θα ήταν επικίνδυνη.

Δεύτερον: Τα προταθέντα από τον παγκόσμιο οργανισμό υγείας «όρια ασφαλείας», έχουν καθορισθεί με κριτήρια την αύξηση της θερμοκρασίας των κυττάρων που δέχονται την ακτινοβολία. Αυτή λέγεται και **θερμική επίδραση**. Σταδιακά όμως, οι πρόσφατες έρευνες έχουν δείξει πως οι **μη θερμικές επιπτώσεις**, δηλαδή αυτές που προκαλούνται από ένταση της ακτινοβολίας κάτω από τα «όρια ασφαλείας», είναι πολύ σοβαρές. Αν και, τέτοιες επιπτώσεις στον άνθρωπο είναι πολύ δύσκολο να αποδειχθούν, εντούτοις μελέτες επιδημιολογικές και πειραματικές σε κύτταρα και σε πειραματόζωα συνηγορούν υπέρ της άποψης ότι η ένταση της ακτινοβολίας κινητής τηλεφωνίας κάτω από τα όρια ασφαλείας, προερχόμενες είτε από κεραίες βάσης είτε από τη χρήση των κινητών τηλεφώνων είναι επιβλαβής, με συμπτώματα όπως: πονοκέφαλοι, κόπωση, προσωρινή απώλεια μνήμης, κ.λπ. μέχρι και καλοήγη καρκίνο του ακουστικού νεύρου (σε χρήστες κινητών τηλεφώνων με παρατεταμένη χρήση). Ειδικά για τις γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης έχει παρατηρηθεί πώς σε κοντινή απόσταση προκαλείται παιδική λευχαιμία και πάλι σε ένταση πεδίου κάτω από τα όρια ασφαλείας.

Τρίτον: Πειράματα σε πειραματόζωα (ποντίκια, έντομα κ.λπ.) και σε κυτταροκαλλιέργειες που έχουν πραγματοποιηθεί και από τη δική μας ερευνητική ομάδα έχουν δείξει αλλαγές συμπεριφοράς, μορφολογικές αλλοιώσεις του εγκεφάλου, μείωση γονιμότητας, κ.λπ.). μέχρι και θραύση του μορίου του DNA (δημοσίευση Μάιος 2005).

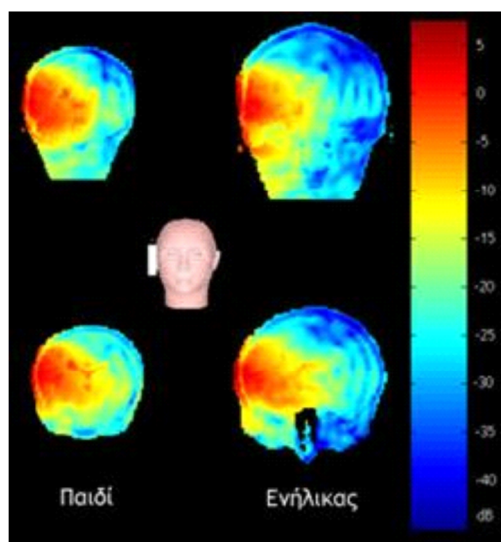
Τέταρτον: Ο παγκόσμιος οργανισμός υγείας σε διεθνές συνέδριο που πραγματοποίησε για τις επιπτώσεις των μη ιονιζουσών ακτινοβολιών, στη Μόσχα τον Οκτώβριο του 2004, διαπίστωσε πως το ζήτημα της επικινδυνότητας χρήζει περαιτέρω έρευνας και καλό θα ήταν να συνεργαστούν επιστήμονες από διάφορες χώρες στις οποίες και ισχύουν διαφορετικά όρια ασφαλείας.

3.4.7 ΤΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΕΧΕΙ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΕΝΟΣ ΠΑΙΔΙΟΥ;

Από την έρευνα μας προκύπτει ότι οι περισσότεροι μαθητές χρησιμοποιούν κινητό τηλέφωνο σε ποσοστό 90%.

Ενώ υπάρχει διχογνωμία ανάμεσα στους επιστήμονες σχετικά με την επικινδυνότητα ή μη της κινητής τηλεφωνίας, οι περισσότεροι είναι πολύ επιφυλακτικοί, όταν αναφέρονται ιδίως για τις συνέπειες των κινητών στα παιδιά.

Επιστημονικά, μέσω υπολογιστικών και πειραματικών μελετών, έχει αποδειχθεί ότι η δομή και οι διαστάσεις του κεφαλιού των παιδιών οδηγούν στην αύξηση των τιμών SAR, συγκριτικά με τους ενήλικες. Στα παρακάτω σχήματα φαίνεται ότι μελετήθηκαν συγκριτικά τα χαρακτηριστικά της απορρόφησης ηλεκτρομαγνητικής ισχύος από μοντέλο κεφαλιού παιδιού ηλικίας 10 ετών και από αντίστοιχο μοντέλο ενήλικα.



Εικόνα 3.1: Κατανομή του SAR σε κατακόρυφη και οριζόντια τομή των μοντέλων κεφαλιών ενήλικα και παιδιού.

Η χρήση των κινητών από παιδιά μέχρι και 16 ετών προβληματίζει έντονα τους επιστήμονες, δεδομένου ότι δεν έχει ακόμη ολοκληρωθεί η ανάπτυξη του νευρικού και του ανοσοποιητικού συστήματος και των οστών. Έτσι έχουμε μεγαλύτερη απορρόφηση ακτινοβολίας με αποτέλεσμα τα κύτταρα να γίνονται πιο επιρρεπή σε βλάβες. Η έκθεση τους σε συνεχή ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία θα είναι σίγουρα μεγαλύτερη απ' αυτή των ενηλίκων στη διάρκεια της ζωής τους.

Αυτό ήταν πιθανόν και η αιτία απόσυρσης κινητών ειδικά για παιδιά που είχαν ετοιμαστεί να προωθηθούν στην αγορά από εταιρεία κινητής τηλεφωνίας.

Το κινητό τηλέφωνο αποτελεί σήμερα «προέκταση του εαυτού μας» και η απουσία του μπορεί να μας προκαλέσει «σύνδρομο στέρησης».

Ποιες όμως μπορεί να είναι οι συνέπειες της «κινητομανίας» στα παιδιά εκτός από τις πιθανές επιπτώσεις στην υγεία τους και το μελλοντικό τους ρόλο σαν «πειραματόζωων» για έρευνες επιστημόνων λόγω της υπερβολικής χρήσης των κινητών τηλεφώνων. Οι περισσότεροι γονείς αγοράζουν τα κινητά τηλέφωνα στα παιδιά τους και όταν ακόμη είναι σε μικρή ηλικία, για να έχουν άμεση επικοινωνία μ'αυτά και να νοιώθουν ασφαλείς.

Ένα μέρος των μαθητών αποκτούν κινητό – συνήθως το τελευταίο μοντέλο που κυκλοφορεί – ξοδεύοντας το χαρτζιλίκι τους. Η συχνή χρήση των κινητών επιβαρύνει σημαντικά τον οικογενειακό προϋπολογισμό. Οι μαθητές στην πλειοψηφία τους χρησιμοποιούν καρτοκινητά και αγοράζουν περίπου 7 κάρτες ανανέωσης χρόνου ομιλίας το μήνα.

Στα χέρια των παιδιών αυτές οι εύχρηστες, μικρές πολυσυσκευές αποτελούν ένα χρονοβόρο μέσο διασκέδασης, δεδομένου ότι παρέχουν πολλές δυνατότητες για παιχνίδια, φωτογραφίσεις, ήχους και εικόνες, βιντεοσκοπήσεις κ.α. καθώς και για ανταλλαγές με τους φίλους τους. Όλα αυτά απαιτούν όμως πολύ χρόνο και ενέργεια σε βάρος της μελέτης των σχολικών μαθημάτων, λογοτεχνικών κι εγκυκλοπαιδικών βιβλίων, του ενεργητικού παιχνιδιού, φιλικών συναντήσεων και άλλων αθλητικών και πολιτιστικών δραστηριοτήτων.

Μ'αυτό τον τρόπο τα παιδιά ζουν στην «απομόνωση των κινητών» και επικοινωνούν κατά το πλείστον με το «δάκτυλο» πατώντας κάποια κουμπιά της θαυματουργής κατά τ'άλλα συσκευής και νοιώθουν εξαρτημένα απ'αυτή.

Επιστήμονες επισημαίνουν ότι οι περισσότεροι νέοι σήμερα αδυνατούν να αξιολογήσουν γενικά το χρόνο τους καθώς και το χρόνο χρήσης του κινητού (γίνεται συνήθως κατάχρηση, όταν υπάρχει ιδίως σύνδεση με τα γνωστά πολυδιαφημισμένα πακέτα των εταιρειών της κινητής τηλεφωνίας) και ότι έχουν πάψει να αναπτύσσουν την ικανότητα προγραμματισμού με σημαντικές επιπτώσεις στην προσωπική και συλλογική τους ζωή.

Εκτός των παραπάνω, τα παιχνίδια και τα μηνύματα δυστυχώς πολλές φορές συνεχίζονται και μέσα στην τάξη αποσπώντας την προσοχή των μαθητών την ώρα του μαθήματος, η δε απασχόληση τους με το κινητό συνεχίζεται και στην ώρα του διαλείμματος.

Τέλος, θα πρέπει να αναφερθούμε και στο φαινόμενο της «ηλεκτρονικής βίας», που φαίνεται τελευταία να προσλαμβάνει ανεξέλεγκτες διαστάσεις στα σχολεία. Οι μαθητές φωτογραφίζουν ή βιντεοσκοπούν συμμαθητές τους με τα κινητά τηλέφωνα, εν αγνοία τους, σε τουαλέτες ή σε αποδυτήρια με σκοπό να τους εκβιάζουν ότι θα δώσουν το υλικό στο διαδίκτυο (μερικές φορές γίνεται και αυτό), αποσπώντας απ' αυτούς χρήματα.

Ένα παιχνίδι που ξεκινά σαν αστείο και στη συνέχεια μπορεί να καταλήξει σε παιχνίδι βίας, με αποτέλεσμα την παραβίαση δικαιωμάτων των παιδιών καθώς και τη δημιουργία άσχημων ψυχικών καταστάσεων, όπως απογοήτευση, θυμό, φόβο κ.λπ.

Οι γονείς και οι εκπαιδευτικοί πρέπει να συμβάλλουμε στη μείωση της χρήσης και της εξάρτησης των παιδιών από το κινητό τηλέφωνο υπολογίζοντας και τις σοβαρές συνέπειες που μπορεί να έχει μελλοντικά στην υγεία τους.

3.4.8 ΑΡΑ, ΤΙ ΤΕΛΙΚΑ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΓΙΝΕΙ ΩΣΤΕ Ο ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ;

A) Τοποθέτηση κεραιών βάσης.

Τη στιγμή που, [έστω και αν είναι αμφιλεγόμενες], υπάρχουν επιπτώσεις στην υγεία, η πρότασή μας είναι ότι «θα πρέπει οι κεραιές βάσης να τοποθετούνται έτσι ώστε η ένταση της ακτινοβολίας σε χώρους ανθρώπινης δραστηριότητας (ταράτσες, μπαλκόνια, εσωτερικό οικίας, κ.λπ.) μετά την τοποθέτηση και λειτουργία της κεραιάς στη μέγιστη λειτουργική ισχύ της, να είναι πρακτικά ίδια όπως ήταν και πριν εγκατασταθεί η κεραιά». Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί σε σχολεία και παιδικούς σταθμούς όπου εκεί πρέπει να ισχύει η μηδενική ισχύς ακτινοβολίας όσο είναι εφικτό, από οποιαδήποτε πηγή. Είναι βέβαια γνωστό ότι μικρό τμήμα του πληθυσμού υπάγεται στην κατηγορία έκθεσης ακτινοβολίας από κεραιές βάσης.

Το πώς θα πραγματοποιηθεί αυτό είναι θέμα των εταιρειών κινητής τηλεφωνίας που θα πρέπει να επωμισθούν το οποιοδήποτε οικονομικό κόστος, π.χ. εγκαθιστώντας κεραιές μεγαλύτερες ισχύος σε λόφους (εφόσον στην περιοχή δεν υπάρχει πρόσβαση από το κοινό) και κεραιές οι αναμεταδότες χαμηλής ισχύος μέσα στην πόλη, ακόμα ίσως και στις κολόνες φωτισμού των μεγάλων λεωφόρων όπου δεν υπάρχει πάντα μόνιμη διαμονή ανθρώπων. Δεν υποβαθμίζουμε φυσικά με τις προτάσεις μας αυτές το σημαντικό ρόλο που διαδραματίζουν οι υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας στην κοινωνική και οικονομική ζωή του τόπου αλλά και στις περιπτώσεις όπου έχουν σωθεί ανθρώπινες ζωές. Θεωρούμε όμως ότι πρέπει και μπορεί να υπάρξει μέριμνα για την ασφάλεια της υγείας όσων διαμένουν σχετικά κοντά σε κεραιές βάσης.

B) Χρήση κινητών τηλεφώνων.

Πολλοί υποστηρίζουν ότι οι χρήστες κινητών τηλεφώνων κινδυνεύουν περισσότερο από τους κατοίκους που ζουν κοντά σε κεραιές βάσης. Θα συμφωνούσαμε εάν δεν υπήρχαν οι εξής δύο σημαντικές διαφορές. Πρώτον, ο κάτοικος που είναι σε απόσταση αναπνοής από κεραιά βάσης δέχεται την ακτινοβολία μέχρι και είκοσι τέσσερις ώρες το 24ωρο χωρίς δική του επιλογή. Δεύτερον, ο χρήστης κινητού τηλεφώνου επιλέγει πόσο χρόνο θα το χρησιμοποιήσει και επιπλέον υπάρχει τρόπος ελαχιστοποίησης, μέχρι και εκμηδενισμού της επικινδυνότητας όπως περιγράφεται πιο κάτω.

3.4.9 ΑΠΟ ΠΟΥ ΑΠΟΡΡΟΦΑΤΑΙ Η ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΠΟΥ ΕΚΠΕΜΠΕΙ ΕΝΑ ΚΙΝΗΤΟ;

Εάν το κινητό τοποθετηθεί στο αυτί κατά τη διάρκεια της συνομιλίας τότε μέρος της ακτινοβολίας εισέρχεται στον εγκέφαλο μέχρι να απορροφηθεί τελείως από τα κύτταρα του εγκεφάλου, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Αν το κινητό το έχουμε σε κάποιο σημείο του σώματος, π.χ. τσέπη ή το κρατάμε στα χέρια, τότε επίσης η ακτινοβολία θα απορροφηθεί από τα κύτταρα αρχίζοντας από την επιδερμίδα και προχωρώντας προς τα μέσα. Οι επιπτώσεις και στις δύο περιπτώσεις εξαρτώνται ανάλογα με το ποιους ιστούς θα προσβάλει η ακτινοβολία, π.χ. καρδιά, γεννητικά όργανα κ.λ.π. Οι μελέτες που έχουν γίνει σε κύτταρα και σε πειραματόζωα έχουν δείξει ότι οι επιπτώσεις μπορεί να είναι σοβαρές. Στον άνθρωπο δεν μπορούν να γίνουν πειραματικές μελέτες παρά μόνο σε εγκεφαλογραφήματα και στη ροή του αίματος, που έχουν δείξει αλλοιώσεις. Έχουν επίσης αναφερθεί πονοκέφαλοι, κόπωση, έλλειψη συγκέντρωσης, αϋπνίες ως άμεσες επιπτώσεις, ενώ μακροπρόθεσμα έχουν αναφερθεί περιπτώσεις καλοήθους όγκου του ακουστικού νεύρου και πολλές άλλες παθήσεις. Αυτό φυσικά δεν σημαίνει πως όλοι όσοι χρησιμοποιούν κινητό θα εμφανίσουν κάποιο από τα συμπτώματα αυτά. Το φαινόμενο των επιπτώσεων είναι καθαρά στατιστικό, όπως άλλωστε συμβαίνει με όλες σχεδόν τις επιπτώσεις από εξωτερικούς-περιβαλλοντικούς παράγοντες στην υγεία του ανθρώπου. Το ζητούμενο είναι να ελαχιστοποιήσουμε τις επιπτώσεις αυτές, όχι καταργώντας τη χρήση του κινητού αλλά χρησιμοποιώντας το όπως περιγράφεται παρακάτω. Με τους τρόπους αυτούς που περιγράφονται θα έχουμε σχεδόν απόλυτη ασφάλεια.

3.4.10 ΤΡΟΠΟΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΤΗΛΕΦΩΝΩΝ

Με βάση την έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί από τη δική μας ερευνητική ομάδα αλλά και πολλές άλλες διεθνώς, προτείνουμε τα παρακάτω για την ελαχιστοποίηση των όποιων επιπτώσεων στην υγεία από τη χρήση των κινητών τηλεφώνων.

Α) χρησιμοποιούμε το κινητό τηλέφωνο με τον «κλασικό τρόπο» δηλαδή το κινητό στο αυτί μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις και για λίγα δευτερόλεπτα. Η διάρκεια σχετίζεται με την ένταση που εκπέμπει το κινητό. Άλλωστε υπάρχει πολύ μεγάλη ετερογένεια μεταξύ διαφορετικών κινητών τηλεφώνων ακόμα και της ίδιας εταιρείας (Εικόνα 3.2).



Εικόνα 3.2: Διαφορετικές εντάσεις ακτινοβολίας όπως μετρώνται σε διαφορετικές όψεις του ίδιου κινητού τηλεφώνου (91,6-πίσω πλευρά, έναντι 24,6 βολτ/μέτρο-εμπρόσθια πλευρά δηλ. προς τον εγκέφαλο του χρήστη)

Β) Προτείνεται σε κάθε επικοινωνία με κινητό τηλέφωνο να χρησιμοποιούνται, το ενσύρματο hands free, ή το ασύρματο blue tooth



Εικόνα 3.3: hands free, ή το ασύρματο blue tooth

Όπως έχουμε αποδείξει πειραματικά οι επιπτώσεις στα πειραματόζωά μας και στις καλλιέργειες κυττάρων από την ακτινοβολία του hands free και του blue tooth είναι μειωμένες [έως μηδενικές]. Άλλωστε, οι μετρήσεις έντασης το υποστηρίζουν αυτό (Εικόνα 3.4). Όμως το κινητό δεν παύει να λειτουργεί ως πομπός και άρα έχει μεγάλη σημασία η θέση στην οποία τοποθετούμε το κινητό κατά τη διάρκεια της συνομιλίας αυτής. Συνήθως οι χρήστες κινητών τηλεφώνων τοποθετούν το κινητό τους κατά τη διάρκεια της συνομιλίας σε κάποια τσέπη και μάλιστα με τέτοιο προσανατολισμό ώστε η πίσω πλευρά του κινητού ευρίσκεται αντίκρυ στο σώμα – και είναι συνήθως η πλευρά, από την οποία τα περισσότερα κινητά εκπέμπουν τη μέγιστη ένταση ακτινοβολίας. Στις περιπτώσεις αυτές θα πρέπει να έχουμε το κινητό μακριά από το σώμα, τουλάχιστον σαράντα εκατοστά, κάτι το οποίο δεν είναι πάντα εφικτό.



Εικόνα 3.4: Η ένταση της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από το hands free (αριστερή εικόνα) κατά τη διάρκεια της συνομιλίας είναι πολύ μικρή (0,04 βολτ/μέτρο), ενώ από το blue tooth (δεξιά εικόνα) η εκπεμπόμενη ακτινοβολία είναι σχεδόν μηδενική.

Γ) Για να επιλυθεί το πρόβλημα αυτό, ο καθηγητής Λουκάς Χ. Μαργαρίτης έχει επινοήσει το σχεδιασμό ειδικής θήκης προστασίας στην οποία τοποθετείται το κινητό όταν χρησιμοποιούμε hands free, ή blue tooth (Εικόνες 3.5 και 3.6) την οποία και έχουμε εισηγηθεί στον οργανισμό βιομηχανικής ιδιοκτησίας ως ευρεσιτεχνία. Στη θήκη υπάρχει ενσωματωμένο μεταλλικό υλικό που προστατεύει το σώμα από την

ακτινοβολία αφήνοντας την να εξέλθει από την αντίθετη πλευρά ώστε να γίνει η επικοινωνία με το σταθμό βάσης.



Εικόνα 3.5: Η ένταση ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια συνομιλίας, από κινητό που βρίσκεται σε ειδική «θήκη προστασίας» είναι πολύ μικρή προς την πλευρά του σώματος του χρήστη και μεγάλη (αλλά ακίνδυνη) προς την εξωτερική πλευρά μακριά από τον χρήστη (0,05 έναντι 19,3 βολτ/μέτρο αντίστοιχα).



Εικόνα 3.6: Η θήκη προστασίας περιέχοντας το κινητό του οποίου η ακτινοβολία εξέρχεται από την πλευρά μακριά από τον χρήστη. Η επικοινωνία πραγματοποιείται με τη βοήθεια hands free (αριστερά) ή blue tooth (δεξιά).

3.4.11 ΤΕΛΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ

Θα πρέπει όλοι μας και ειδικότερα τα παιδιά και οι έφηβοι, να συνηθίσουμε να χρησιμοποιούμε το κινητό τηλέφωνο με τους τρόπους που αναφέραμε δηλαδή με hands free ή blue tooth, έστω και αν έχουμε συνηθίσει διαφορετικά. Παράλληλα δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι κατά τη διάρκεια της συνομιλίας (ή της αποστολής sms, mms, της χρήσης διαδικτύου μέσω του κινητού και σε όποιες άλλες περιπτώσεις το κινητό αποστέλλει δεδομένα) το κινητό εκπέμπει ακτινοβολία και συνεπώς πρέπει να ευρίσκεται μακριά, σε απόσταση τουλάχιστον 40 εκατοστά από οποιοδήποτε σημείο του σώματος, ή μέσα στην ειδική θήκη προστασίας όταν αυτή γίνει εμπορικά διαθέσιμη. Φυσικά όσα αναφέρθηκαν πρέπει να τηρούνται με μέτρο, δεν χρειάζονται υπερβολές και πανικός («παν μέτρον άριστον»). Με βάση τις μετρήσεις και τα πειράματά μας, εκτιμούμε πως μια σύντομη κλήση ή απάντηση σε κλήση, όταν δεν είναι διαθέσιμα hands free ή blue tooth μπορούν να πραγματοποιούνται 2-3 φορές την ημέρα χωρίς πρόβλημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Βιολογικές Επιδράσεις

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Υπάρχει πλήθος επιστημονικών - πειραματικών μελετών, δημοσιευμένων σε έγκυρα διεθνή επιστημονικά έντυπα, που καταδεικνύουν σοβαρές μη-θερμικές βιολογικές επιδράσεις, με επίπεδα έκθεσης εντός των ισχυόντων (δυτικών) «ορίων αποδεκτής έκθεσης», ή λίγο πάνω από τα όρια αυτά, όπως αλλαγή συμπεριφοράς, (ως προς την λήψη τροφής και την κινητικότητα), καθώς και φαινόμενα συνέργειας με ψυχοφάρμακα, (αμφεταμίνες – δηλαδή διαφορετικές αντιδράσεις για την ίδια δόση φαρμάκου), σε ποντικούς, μείωση της συγκέντρωσης ιόντων ασβεστίου σε εγκεφαλικά κύτταρα κοτόπουλων, αυξημένο ποσοστό μονοκλωνικών και δικλωνικών θραύσεων DNA, σε εγκεφαλικά κύτταρα αρουραίων, μετά από 1η νύκτα ακτινοβολία διάρκειας 2h, με συχνότητα 2450 MHz και μέση πυκνότητα ισχύος 2 mW/cm^2 , επίσης θραύσεις του DNA παρατηρήθηκαν σε ανθρώπινους ινοβλάστες μετά από διακοπόμενη έκθεση 16h σε RF πεδίο συχνότητας 1800 MHz με τιμή SAR 1.2 ή 2 W/kg , ενώ σε ολόκληρους οργανισμούς έχουν βρεθεί επίσης επιδράσεις όπως μείωση κατά 30-60% της αναπαραγωγικής ικανότητας εντόμων, καθώς και πρόκληση κυτταρικού θανάτου σε προβιτελλογενετικά και βιτελλογενετικά στάδια ωοθυλακίων εντόμων. Άλλες επιδράσεις αφορούν σε αλλοιώσεις στη μορφή ανθρώπινων ηλεκτροεγκεφαλογραφημάτων κατά τη διάρκεια συνομιλίας σε κινητό τηλέφωνο, αυξημένη θνησιμότητα, καθυστέρηση ανάπτυξης και μορφολογικές αλλοιώσεις σε γονιμοποιημένα αυγά πουλιών, μετά από έκθεση σε RF πεδία χαμηλών εντάσεων και διαφόρων συχνοτήτων $10^8 - 10^{10} \text{ Hz}$, μείωση 50-60%, στον αριθμό γεννήσεων αρουραίων, μετά από έκθεση λίγων ημερών κατά τη διάρκεια της εμβρυογένεσης - οργανογένεσης, σε RF πεδίο 9.3 (3Hz, έντασης 5 Mw/cm^2), (στην περίπτωση αυτή η ένταση ήταν 5 φορές πάνω από τα όρια). Παρατεταμένη χρήση των κινητών τηλεφώνων, (περισσότερο από 25λεπτη καθημερινή συνομιλία), βρέθηκε να προκαλεί στους χρήστες, μείωση στο ρυθμό σύνθεσης μελατονίνης, μιας ορμόνης που ρυθμίζει τον ημερήσιο βιολογικό κύκλο και έχει αντικαρκινική δράση. 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 αίματος-εγκεφαλικού ιστού, φαινόμενο που εξηγεί τις κεφαλαλγίες και τα προβλήματα απώλειας βραχύχρονης μνήμης που πολύ συχνά αναφέρονται, από παρατεταμένη έκθεση ανθρώπων στα πεδία των κινητών τηλεφώνων αλλά και των κεραιών βάσεων κινητής τηλεφωνίας. Επίσης από πιο πρόσφατα πειράματα έχει διαπιστωθεί μεταβολή στην έκφραση συγκεκριμένων γονιδίων σε ανθρώπινες κυτταρικές σειρές, καθώς και σε αδιαφοροποίητα εμβρυονικά κύτταρα. Σε πείραμα που έγινε με σκοπό να μελετηθεί η επίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από κινητό GSM900 και από κεραία WiFi σε ηλεκτροεγκεφαλογράφο, παρατηρήθηκε ότι η τάση του εγκεφάλου των ανθρώπων που μετείχαν στο πείραμα κάθε άλλο παρά σταθερή είναι και ότι δεν ακολουθεί την τυποποιημένη κανονική κατανομή που ακολουθεί στην περίπτωση που γίνεται καταγραφή των τιμών της σε χώρο χωρίς αυτούς τους ακτινοβολητές. Σκοπός μιας άλλης μελέτης ήταν να εξετάσει αν ακτινοβολία παρόμοιας μορφής με αυτή που εκπέμπεται από ένα κινητό τηλέφωνο, έχει επίδραση στη διανοητική λειτουργία του ανθρώπου. Η ακτινοβολία εκπεμπόταν από κεραία μήκους $\lambda/4$, είχε συχνότητα 915 MHz και μέση ισχύ 1 W και είχε τοποθετηθεί δίπλα στην αριστερή κροταφική περιοχή των εξεταζομένων, οι οποίοι είχαν χωριστεί σε δύο ομάδες. Η πρώτη ομάδα εξετάστηκε σε τεστ διανόησης, ενώ η δεύτερη στη λειτουργία του ύπνου, στην κατανάλωση αλκοόλ και κάθε άλλης ουσίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το μόνο τεστ που επηρεάστηκε και στις δύο ομάδες ήταν αυτό που σχετιζόταν με το χρόνο

αντίδρασης. Μάλιστα υπήρξε μια αύξηση στην ταχύτητα απόκρισης δηλαδή μείωση του χρόνου αντίδρασης των εξεταζομένων παρουσία ακτινοβολίας, και δεν παρατηρήθηκαν αλλαγές κατά την ανάκληση λέξεων, αριθμών ή εικόνων ή στη χωρική μνήμη. Σε πρόσφατη στατιστική μελέτη σε σχέση με την εκπεμπόμενη ακτινοβολία από κεραιές ραδιοτηλεοπτικών σταθμών, διαπιστώνεται συσχέτιση μεταξύ του αριθμού περιπτώσεων εμφάνισης μορφής καρκίνου (μελάνωμα) σε ορισμένο τόπο και του αριθμού των λαμβανόμενων σημάτων από ραδιοφωνικούς σταθμούς στον τόπο αυτό. Στη μελέτη αυτή έγινε ανάλυση δεδομένων από τέσσερις διαφορετικές χώρες, (ΗΠΑ, Νορβηγία, Σουηδία, Δανία). Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής βρίσκονται σε συμφωνία με εκείνα προγενέστερης μελέτης, που διαπίστωσε ότι ο αριθμός των περιστατικών καρκίνου του δέρματος και του προστάτη, αυξάνεται ανάλογα με την μείωση της απόστασης από κεραιές ραδιοφωνικών σταθμών. Ακόμη νέα δεδομένα μιλούν για εμφάνιση διαφόρων μορφών ασθενειών νευροψυχιατρικής φύσεως σε κατοίκους περιοχής γύρω από εγκατεστημένους σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνίας. Τέλος, όσο το πλήθος των κεραιών αυξάνεται τα τελευταία χρόνια, υπάρχουν συνεχώς αυξανόμενες μαρτυρίες για πονοκεφάλους, απώλεια μνήμης, αποβολές, χωρίς «εμφανείς» εξηγήσεις, από ανθρώπους που πλησίον της κατοικίας ή του χώρου εργασίας τους εγκαταστάθηκαν κεραιές, κινητής τηλεφωνίας η/και ραδιοτηλεοπτικών σταθμών. Αντίστοιχα, τα τελευταία χρόνια σε φάρμες όπου τα ζώα αναπτύσσονται πλησίον κεραιών, παρουσιάζονται με αύξουσα συχνότητα, περιστατικά όπως, μείωση της ποσότητας παραγόμενου γάλακτος, αποβολές και τοκετοί νεκρών εμβρύων. Αναφέρεται επίσης ότι τα φαινόμενα αυτά σε ζώα αναστέλλονται όταν απομακρυνθούν από τις περιοχές των κεραιών και εμφανίζονται πάλι με την επιστροφή των ζώων στις περιοχές αυτές. Οι μέχρι τώρα επιδημιολογικές μελέτες σε ανθρώπινο πληθυσμό, σε σχέση με ακτινοβολίες κινητής τηλεφωνίας έχουν καταγράψει συσχέτιση της έκθεσης στις ακτινοβολίες αυτές με καρκίνο, ενώ άλλη μελέτη κατέδειξε για πρώτη φορά, αμυδρή συσχέτιση με κάποιο είδος καρκίνου του ματιού. Άλλες επιδημιολογικές μελέτες καταδεικνύουν για πρώτη φορά συσχέτιση μεταξύ χρήσης αναλογικών κινητών τηλεφώνων (παλαιότερης τεχνολογίας από τα σημερινά) και περιπτώσεων εμφάνισης εγκεφαλικών όγκων.

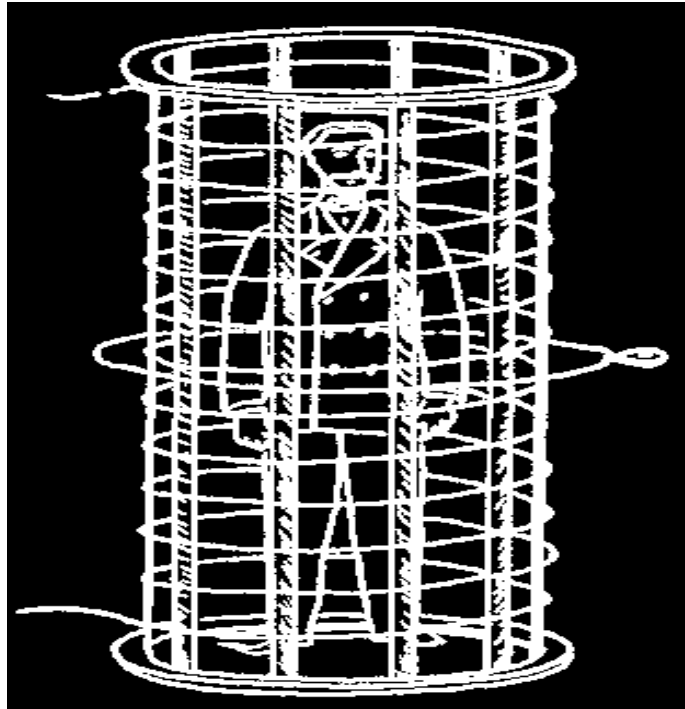
ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΑΘΕΡΜΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ

Ως θερμικές ορίζονται οι επιδράσεις εκείνες της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που οφείλονται σε μετρήσιμη αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών που ακτινοβολούνται. Σύμφωνα με την θεωρία αυτή, που επικρατεί στη Δύση, οι οποιοσδήποτε βλάβες οφείλονται στη θέρμανση των ιστών από την ακτινοβολία και την αδυναμία των θερμορυθμιστικών μηχανισμών των διαφόρων ιστών να την αντιμετωπίσουν. Παρατηρήσιμη αύξηση της θερμοκρασίας προκαλείται από πυκνότητες ισχύος άνω του 1 mW/cm^2 . Οι επιστήμονες των ανατολικών χωρών, ανίχνευσαν και τις αθερμικές επιδράσεις, εκείνες δηλαδή που προκαλούνται από τόσο μικρές πυκνότητες ισχύος, που να μην παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών. Αυτός είναι ο λόγος της διαφοράς μεταξύ των ορίων επικινδυνότητας Ανατολής-Δύσης.

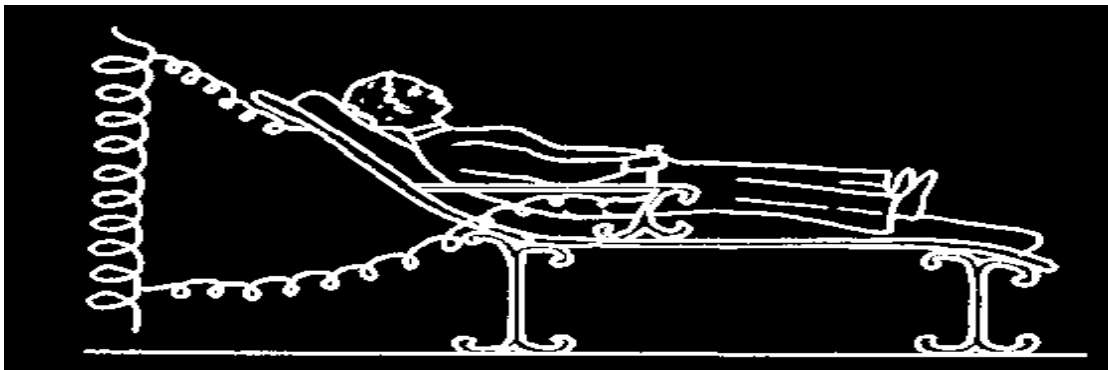
4.2 ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ

4.2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΟ

Πατέρας τους βιοηλεκτρομαγνητισμού πρέπει να θεωρηθεί ο Ιπποκράτης, που ρώτος επιχείρησε να θεραπεύσει τον καρκίνο του στήθους με έκθεση στην ηλιακή ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (ηλιοθεραπεία). Δυο χιλιετηρίδες αργότερα (18 ο αιώνας), ο Luigi Galvani επιχείρησε να θεραπεύσει όγκους, ανευρίσματα και αιμορραγίες, διοχετεύοντας ηλεκτρικό ρεύμα στους ιστούς. Το 1840, οι Recamier και Pravaz επέδειξαν μια μέθοδο καταστροφής του καρκίνου της μήτρας με ηλεκτρικό ρεύμα και η πρακτική αυτή γρήγορα έγινε τόσο διαδεδομένη, που το 1846, ο Richard προειδοποίησε για υπερβολική χρήση. Πρωτοποριακές θεωρούνται επίσης οι εργασίες, στο ίδιο θέμα, των Fabre – Paloprat και Petrequin. Με την γνωστοποίηση των εργασιών των Helmholtz, Kelvin και Hertz, οι πρώιμοι ιατροφυσικοί άρχισαν να πειραματίζονται με εναλλασσόμενα πεύματα. Το 1889 ο Joubert εφάρμοσε υψίσυχνα ρεύματα σε βατράχους, μετρώντας το βαθμό συστολής των μυών σε συνάρτηση με τη συχνότητα, ενώ το 1891 ο d' Arsonval, ξεπερνώντας το στάδιο της άμεσης ηλεκτρικής επαφής με τους ιστούς, προχώρησε σε πειράματα αυτεπαγωγής, ή χωρητικής σύζευξης, τοποθετώντας τους ασθενείς στα περιβόητα πηνία (Σχήμα 6) ή σε κρεβάτια (Σχήμα. 7). Ανακοίνωσε ότι οι περισσότεροι τύποι υστεριών και νευραλγιών δεν παρουσίασαν βελτίωση, ενώ, αντίθετα, παρουσιάστηκε σημαντική βελτίωση ασθενών που υπέφεραν από ρευματισμούς και αρθριτικά. Την ίδια εποχή ο Tesla στην Αμερική πραγματοποιούσε ανάλογα πειράματα με υψίσυχνα ρεύματα όπως δε εσημείωσε ο Susskind, αντίθετα με τους πρωτοπόρους της ραδιενέργειας που τα πειράματα τους συντόμευσαν τη ζωή τους, οι πρωτοπόροι των ραδιοσυχνοτήτων d'Arsonval (1851-1940), Tesla (1856-1943) και Thomson (1853-1937) απήλασαν εξαιρετική για την εποχή τους υγεία και μακροζωία. Οι αναζητήσεις για ευεργετικές επιδράσεις των υψίσυχνων ρευμάτων συνεχίστηκαν, και από το 1926 οι χειρουργοί άρχισαν να χρησιμοποιούν τις ραδιοσυχνότητες στις εγχειρήσεις ευαίσθητων οργάνων όπως ο εγκέφαλος, το συκώτι, ο προστάτης, κ.ά. για την αντιμετώπιση των αιμορραγιών και τον έλεγχο βλαβερών πολλαπλασιασμών των κυττάρων. Οι ανησυχίες για πιθανές ανεπιθύμητες επιδράσεις των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων δημιουργήθηκαν λίγο πριν τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο με την ανακάλυψη του ραντάρ. Στο δεύτερο μισό της δεκαετίας του 40 άρχισαν τα πρώτα πειράματα με κουνέλια, που ανέπτυξαν γλαύκωμα μέσα σε 10 λεπτά όταν δέχτηκαν στα μάτια δέσμη μικροκυμάτων πυκνότητας ισχύος 3000 mW/cm². Τον Οκτώβρη του 1951 εμφανίστηκαν τα πρώτα περιστατικά οξείας φλεγμονής του αμφιβληστροειδούς και γλαυκώματος σε τεχνικούς ραντάρ.[1]



Εικόνα 4.1: Το πρώτο μεγάλο σωληνωειδές του d'Arsonval για επαγωγή ρευμάτων υψηλής συχνότητας στο σώμα η οποία <<δονεί όλα τα κύτταρα και φέρνει ισχυρά οργανικά αποτελέσματα>>.



Εικόνα 4.2: Το χωρητικό κρεβάτι του d'Arsonval.

Το 1953 τα 100 mW/cm^2 θεωρούνται γενικά καταστροφικά και το Νοέμβριο του ίδιου έτους ομάδα μηχανικών της εταιρείας Bell προτείνει ως όριο ασφαλείας τα $0,1 \text{ mW/cm}^2$. Αντίθετα η General Electric, το 1954, θεωρεί το 1 mW/cm^2 ακίνδυνο και το 1955 θεσπίζονται, στις ΗΠΑ, ως όριο ασφαλείας τα 10 mW/cm^2 , όριο που ασπάζονται 14 χώρες, μεταξύ των οποίων όλα τα μέλη του NATO.

Το 1960 έγινε γνωστό στις ΗΠΑ ότι το όριο ασφαλείας που είχαν θεσπίσει οι Σοβιετικοί ήταν $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ δηλαδή χίλιες φορές μικρότερο από το Δυτικό όριο. Έγινε τότε αντιληπτό ότι οι Σοβιετικοί επιστήμονες μελετούσαν συστηματικά τις βιολογικές επιδράσεις των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων ήδη από την δεκαετία του 1930, πιθανότητα κάτω από την επίδραση των ιδεών του Παυλόφ(Νόμπελ 1904), για τον έλεγχο του κεντρικού νευρικού συστήματος. Η αποκάλυψη αυτή και τα συνεχώς αυξανόμενα κρούσματα ασθενειών σε χώρους κυρίως τηλεπικοινωνιών, ανάγκασαν του επιστήμονες της Δύσης, καθυστερημένα, να ξεκινήσουν τη συστηματική μελέτη των βιολογικών επιδράσεων των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, με αποτέλεσμα τον σημερινό τεράστιο όγκο εργασιών στο θέμα αυτό, που επιτρέπουν την συναγωγή των πρώτων συμπερασμάτων. Θα χρειαστούν δεκαετίες ακόμα εντατικής έρευνας ώστε να αποκτηθεί επαρκής γνώση των συνεπειών της μη ιονίζουσας ακτινοβολίας, ανάλογη με εκείνη της ιονίζουσας.

4.3 ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ

Η παρουσία ΗΜΑ στο περιβάλλον, η οποία προκύπτει από τις διάφορες καθημερινές εφαρμογές, είναι ένα σημαντικό κομμάτι της ανθρώπινης κοινωνίας. Οι πηγές της ΗΜΑ είναι τα καλώδια μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, οι κεραιές βάσης κινητής τηλεφωνίας, τα κινητά τηλέφωνα, οι κεραιές TV κ.ά. Αυτό προξενεί όλο και μεγαλύτερη ανησυχία των πολιτών για τις ενδεχόμενες επιπτώσεις στην υγεία. Συγκεκριμένα η ενδεχόμενη σχέση της ΗΜΑ με τη δημιουργία κάποιων μορφών καρκίνου σε ανθρώπους έχει προκαλέσει πολλές συζητήσεις μεταξύ των ειδικών.

Η έρευνα για τις ενδεχόμενες επιπτώσεις στην υγεία, που προκύπτουν από την έκθεση στην ΗΜΑ ξεκίνησαν μετά το 1950. Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 70 η ανησυχία εστιαζόταν στα πεδία των Rf συχνοτήτων. Τα επόμενα χρόνια μετατοπίστηκε στα ιδιαίτερα χαμηλής συχνότητας πεδία, που δημιουργούνται από τα καλώδια μεταφοράς του ηλεκτρικού ρεύματος 50-60MHz. Κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας η ανησυχία έχει αυξηθεί και εστιάζεται στην έκθεση της RF ΗΜΑ, που προέρχεται από τα κινητά τηλέφωνα.

Το ανθρώπινο σώμα είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο στα υψηλής συχνότητας Η/Μ πεδία. Στις υψηλές συχνότητες το σώμα ενδέχεται να απορροφήσει σημαντική ποσότητα εκπεμπόμενης ενέργειας. Σ' αυτή την περίπτωση το σώμα θερμαίνεται και τα αποτελέσματα γίνονται πιο σημαντικά απ' ότι στις χαμηλές συχνότητες, όπου οι θερμικές επιπτώσεις συνήθως θεωρούνται αμελητέες.

Το ζήτημα των βιολογικών και περιβαλλοντικών επιδράσεων της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας έχει απασχολήσει μεγάλο μέρος της διεθνούς και της ελληνικής επιστημονικής κοινότητας.

Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία ραδιοσυχνοτήτων (Rf) έχουν ιδιαίτερη βιολογική σημασία, αφού είναι δυνατό να διαδίδονται διαμέσου βιολογικών ιστών, να απορροφούνται από αυτούς και να ανακλώνται σε διαχωριστικές επιφάνειες τους σε διαφορετικό βαθμό, εξαρτώμενο από τις γεωμετρικές και ηλεκτρομαγνητικές

ιδιότητες τους, καθώς και από τα χαρακτηριστικά της ηλεκτρομαγνητικής πηγής. Αυτή η αλληλεπίδραση μπορεί να προκαλέσει είτε χρήσιμα ιατρικά αποτελέσματα θεραπευτικά και διαγνωστικά είτε βιολογική καταστροφή και ανεπιθύμητα αποτελέσματα, ανάλογα με τις ιδιαίτερες συνθήκες.[1]

4.4 ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ

Τα βιολογικά αποτελέσματα αποτελούν μετρήσιμες αποκρίσεις του οργανισμού ή των κυττάρων σε κάποια διέγερση ή αλλαγή του περιβάλλοντος. Τέτοιου είδους αποκρίσεις, όπως η ταχυκαρδία μετά την κατανάλωση καφέ ή η υπνηλία μέσα σε ένα αποπνικτικό δωμάτιο, δεν είναι απαραίτητα επιβλαβείς για την υγεία. Η αντίδραση του οργανισμού σε μεταβολές του περιβάλλοντος είναι απολύτως φυσιολογική. Ωστόσο, ο οργανισμός ενδέχεται να μη διαθέτει επαρκείς μηχανισμούς ελέγχου ώστε να ανταποκρίνεται σε όλο το φάσμα των περιβαλλοντικών μεταβολών. Διαρκής περιβαλλοντική έκθεση, ακόμα και ασθενής, μπορεί να αποτελέσει κίνδυνο για την υγεία. Στον ανθρώπινο οργανισμό, ένα αρνητικό αποτέλεσμα για την υγεία προέρχεται από ένα βιολογικό αποτέλεσμα το οποίο προκαλεί ανιχνεύσιμη βλάβη στην υγεία ή στην καλή φυσική κατάσταση των εκτιθεμένων ατόμων.

Η συμμόρφωση με τα όρια έκθεσης (βασικούς περιορισμούς και επίπεδα αναφοράς) που προτείνονται από τις εθνικές και τις διεθνείς οδηγίες συντελεί στον έλεγχο του κινδύνου από την έκθεση σε ραδιοκύματα, τα οποία μπορεί να είναι επιβλαβή για την υγεία του ανθρώπου.

Ωστόσο, σημαντικό μέρος του πληθυσμού εξακολουθεί να έχει ερωτήματα σχετικά με τα πιθανά αποτελέσματα στην υγεία από την έκθεση σε χαμηλής έντασης ενέργεια ραδιοκυμάτων. Είναι γενικώς αποδεκτό ότι απαιτείται περαιτέρω επιστημονική έρευνα των αποτελεσμάτων που επιβεβαιώνονται και για το αν αυτά είναι επικίνδυνα για τον άνθρωπο. Στο διάστημα αυτό, οι διεθνείς οργανισμοί και οι φορείς τυποποίησης συνεχίζουν να παρακολουθούν τα τελευταία επιστημονικά ευρήματα για να αποφανθούν αν η μακροπρόθεσμη έκθεση σε πεδία επιπέδου χαμηλότερου από τα όρια των οδηγιών μπορεί να προκαλέσει επιβλαβή αποτελέσματα στην υγεία ή να επηρεάσει την καλή φυσική κατάσταση του ανθρώπου.[1]

4.5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ

Κατ'αρχήν, για μεγάλες πυκνότητες ισχύος, οι επιπτώσεις είναι ανάλογες εκείνων της ηλεκτροπληξίας. Κανένας δηλαδή επιστημόνων, ή τεχνικός, δεν διανοείται π.χ. να πλησιάσει την κεραία ραντάρ ισχύος κατά την κύρια διεύθυνση ακτινοβολίας, καθ'όσον οι συνθήκες είναι ανάλογες με εκείνες ενός φούρνου μικροκυμάτων σε λειτουργία. Τα ατυχήματα σε βάρος τεχνιτών ραντάρ, στρατιωτικών κυρίως εγκαταστάσεων, θα μπορούσαν να αποτελέσουν μια τραγική απόδειξη των κινδύνων, ή επίσημη όμως επίκληση τους είναι δυσχερής επειδή καλύπτονται συνήθως από το

στρατιωτικό απόρρητο. Οι χώροι αμέσου κινδύνου είναι πάντοτε επιτηρούμενοι και το προσωπικό τους πλήρως ενήμερο για τους κινδύνους. Η μελέτη επομένως των επιπτώσεων των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην υγεία γίνεται για τις ισχύεις εκείνες που αποτελούν το άμεσο περιβάλλον του ευρύτερου κοινού και με τις παρακάτω μεθόδους:[1]

4.5.1 ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ

Με τη μέθοδο αυτή ερευνάται το ιατρικό ιστορικό ενός δείγματος πληθυσμού(συνήθως χιλιάδων κατοίκων) που κατοικεί σε χώρους βεβαρυσμένους ηλεκτρομαγνητικά (κοντά σε πυλώνες υψηλής τάσης δικτύων διανομής ρεύματος, εγκαταστάσεις κεραίων κ.λ.π.) και η συχνότητα των ασθενειών του συγκρίνεται με εκείνη ενός άλλου, αναλόγου δείγματος πληθυσμού, που κατοικεί σε χώρους ηλεκτρομαγνητικά καθαρούς. Από τις εκατοντάδες επιδημιολογικές μελέτες παγκοσμίως, σταχυολογούνται, κατ'αρχήν, τα ευρήματα των σημαντικότερων, κλασικών πλέον, μελετών:

1. Οι περιπτώσεις καρκίνων παιδιών αυξάνουν όσο μεκραίνει η απόσταση των κατοίκων τους από γραμμές υψηλής τάσης (ΔΕΗ) των 50 Hz (Nancy Wertheimer – Ed. Leeper, 1979).
2. Τα παιδιά που κατοικούν σε απόσταση 0-150 m από γραμμές υψηλής τάσης (50 Hz, 200 KV), έχουν διπλάσιο κίνδυνο να αναπτύξουν καρκίνο σε σχέση με τα παιδιά απομακρυσμένων περιοχών (Tomenius L,1980). Σε περιοχές όπου το μαγνητικό πεδίο υπερβαίνει το 0,3 μ T ο κίνδυνος βρέθηκε 2,7 φορές μεγαλύτερος, ενώ για όσους κατοικούσαν στο ίδιο σπίτι αφ'ότου γεννήθηκαν, ο κίνδυνος βρέθηκε 5.6 φορές μεγαλύτερος.
3. Για τους ηλεκτρολόγους , μηχανικούς τηλεπικοινωνιών και ραδιοερασιτέχνες, ο κίνδυνος ανάπτυξης οξείας μυελώδους λευχαιμίας είναι 2,6 φορές μεγαλύτερος (Sevitz, 1987).
4. Για τους ηλεκτρολόγους , ο κίνδυνος καρκίνου του αίματος και της λέμφου είναι 7 φορές μεγαλύτερος (Szmigielski, 1988).
5. Για τα παιδιά που κατοικούν κοντά σε καλώδια υψηλής τάσης, ο κίνδυνος καρκίνου είναι 5 φορές μεγαλύτερος (Savitz, 1988).
6. Ο κίνδυνος αποβολών διπλασιάζεται για τις έγκυες γυναίκες που δουλεύουν στις οθόνες υπολογιστών (Goldhaber, 1988).
7. Ο κίνδυνος ανάπτυξης όγκων του εγκεφάλου στους τεχνικούς ηλεκτρικών εγκαταστάσεων είναι 13 φορές μεγαλύτερος (Speers, 1988).

Πρόσθετα ευρήματα των επιδημιολογικών ερευνών της δεκαετίας του '80 είναι η αύξηση των αυτοκινήτων για μαγνητικά πεδία (από γραμμές ισχύος) της τάξης των

0,1 μT , η δραματική αύξηση αποβολών εγκύων γυναικών που χρησιμοποιούν ηλεκτρικές κουβέρτες και θερμαινόμενα στρώματα ύδατος κ.λ.π.

Οι πλέον πρόσφατες επιδημιολογικές μελέτες περιλαμβάνονται στο τεύχος του περιοδικού Spectrum to 1994:

- Η σύνδεση μεταξύ παιδικής λευχαιμίας και οικιακών ηλεκτρομαγνητικών πεδίων (50 Hz) είναι εμφανής (University of Southern California, Los Angeles, 1991).
- Οι όγκοι του νευρικού συστήματος σε παιδιά, εμφανίζουν αύξηση για μαγνητικά πεδία (γραμμών ισχύος) μεγαλύτερα των 0,2 μT (Φιλανδία 1993).
- Ο κίνδυνος λευχαιμίας τριπλασιάζεται για παιδιά που ζουν σε σπίτια όπου το μαγνητικό πεδίο (50 Hz) είναι τουλάχιστον 0,2 μT , ενώ τετραπλασιάζεται όταν το μαγνητικό πεδίο είναι πάνω από 0,4 μT , σε σύγκριση με παιδιά που ζούν σε σπίτια όπου το μαγνητικό πεδίο είναι κάτω από 0,1 μT (Σουηδία , 1992). Η μελέτη αυτή θεωρείται η πλέον σημαντική, γιατί περιλάμβανε ολόκληρο το πληθυσμό της Σουηδίας.
- Ο κίνδυνος αποβολών εγκύων γυναικών που εκτίθενται σε μαγνητικά πεδία (από οθόνες υπολογιστών, φωτός σύνθεσης κ.λ.π) μεγαλύτερα από 0,3 μT , είναι τριπλάσιος σε σύγκριση με αυτές που εκτίθενται σε μαγνητικά πεδία μικρότερα των 0,1 μT (Ινστιτούτο υγείας εργαζόμενων της Φιλανδίας, 1992). Το σημαντικότερο εύρημα της μελέτης είναι ότι ο κίνδυνος αποβολών για μαγνητικά πεδία ανάμεσα στα 0,2 μT και 0,3 μT είναι διπλάσιος. Αυτό αναδεικνύει άμεση σχέση κινδύνου έντασης μαγνητικού πεδίου.
- Για τους εργαζόμενους στις εταιρείες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ο κίνδυνος ανάπτυξης οξείας μυελώδους λευχαιμίας είναι τριπλάσιος (Theriault, 1993). Για τους περισσότερο εκτιθέμενους στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία ο κίνδυνος ανάπτυξης όγκων εγκεφάλου είναι δωδεκαπλάσιος. Η μελέτη περιελάμβανε 223.000 εργάτες των επιχειρήσεων ηλεκτρισμού Γαλλίας, Οντάριο και Κεμπέκ. Όλοι τους φορούσαν φορητούς μετρητές ηλεκτρομαγνητικών πεδίων. Η μαζική αυτή μελέτη προκλήθηκε από προηγούμενες, που εξετάζοντο στα πλέον ισχυρά πεδία, έπασχαν από οξεία μυελώδη λευχαιμία. Για άλλες 29 μορφές καρκίνου, καμία αύξηση του κινδύνου δεν παρατηρήθηκε.
- Ο κίνδυνος καρκίνου του στήθους για τις εργαζόμενες στις εταιρείες ηλεκτρικής ενέργειας και τηλεφωνικών γραμμών εξαπλασιάζεται (Cancer Research Center, Seattle, Washington).
- Ο κίνδυνος καρκίνου του στήθους στις εργαζόμενες σε ηλεκτροκίνητα μέσα μεταφοράς τετραπλασιάζεται (Cancer Registry, Νορβηγία).
- Για τους εργαζόμενους σε εργοστάσια παραγωγής αλουμινίου, όπου τα ρεύματα ηλεκτρόλυσης είναι ισχυρότατα, ο κίνδυνος ανάπτυξης λευχαιμίας και λεμφώματος είναι πενταπλάσιος (Πανεπιστήμιο Pittsburgh).

- Στους τεχνικούς τηλεφωνικών καλωδίων, τα περιστατικά λευχαιμίας είναι επταπλάσια σε σχέση με το γενικό πληθυσμό (μελέτη Johns Hopkins).

Παρόμοια είναι και τα ευρήματα δεκάδων άλλων πρόσφατων μελετών, ενώ πρέπει να αναφερθεί ότι υπήρξαν και μελέτες χωρίς ευρήματα.[1]

Σχολιασμός των Ευρημάτων των Επιδημιολογικών Ερευνών:

Οι επιδημιολογικές μελέτες για την ανίχνευση των επιπτώσεων των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην υγεία πάσχουν από τα εξής δυο μειονεκτήματα:

1) Είναι δυσχερέστατη η αφαίρεση μεγάλου αριθμού πρόσθετων παραγόντων, που θα μπορούσαν να προκαλέσουν την εκδήλωση των ίδιων ασθενειών. Τέτοιοι παραγοντές είναι το κάπνισμα, η κατανάλωση οινοπνευματώδων, η κληρονομικότητα, η ψυχοσύνθεση, το στρες κ.λ.π. Για την πλήρη δηλαδή αξιοπιστία της επιδημιολογικής έρευνας, θα έπρεπε να προσδιορισθούν δύο δείγματα πληθυσμών, με κοινό υπόβαθρο ως μόνη διαφορά μεταξύ τους τον διαφορετικό βαθμό έκθεσης στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Είναι κατανοητή η δυσκολία προσδιορισμού δυο τέτοιων δειγμάτων:

Τα προβλήματα με τα δεδομένα είναι πώς παρα είναι πολλά:

2) Η <<δόση>> μη ιονίζουσας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που δέχεται κάθε ένα ξεχωριστό μέλος των δειγμάτων δεν είναι δυνατόν να προσδιοριστεί με ικανοποιητική ακρίβεια. Όπως δήλωσε ο υπεύθυνος της προαναφερθείσης μελέτης Γαλλίας – Οντάριο – Κεμπέκ, G. Theriault, << παρόλο που κάθε εργαζόμενος φορούσε μετρητή πεδίων, η επεξεργασία του αχανούς πλήθους μετρήσεων που προέκυψε δεν μπορούσε να οδηγήσει στον ακριβή προσδιορισμό της <<δόσης>> των εκτιθέμενων, παρόλο που χρησιμοποιήθηκαν όλα τα δυνατά μέσα>>. Εξάλου η σύγκριση του εκτιθέμενου σε ακτινοβολία δείγματος γίνεται με ένα άλλο δείγμα πληθυσμού που η <<ηλεκτρομαγνητική καθαρότητα>> του δεν είναι εύκολο να πιστοποιηθεί, ιδίως αν το δεύτερο αυτό δείγμα είναι ο γενικός πληθυσμός. Σε πολλές δε επιδημιολογικές μελέτες που αφορούσαν μακροχρόνια έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία, η <<δόση>> για τα προηγούμενα κατ'αναλογία ή επέκταση, πρακτική που εισάγει πρόσθετα σφάλματα.

Όσοι από επιστημονικές επιφυλάξεις ή συμφέροντα δεν δέχονται τις βιολογικές επιδράσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων, θεωρούν τις αδυναμίες των επιδημιολογικών ερευνών τόσο μεγάλες, που απορρίπτουν τα ευρήματα τους. Όσοι, αντίθετα υποστηρίζουν την επικινδυνότητα των πεδίων αυτών, θεωρούν ότι οι αδυναμίες των επιδημιολογικών ερευνών υπερκαλύπτονται, όταν ο παράγων κινδύνου που αναδεικνύουν είναι αρκούντως μεγάλος. Έτσι, ένας παράγων κινδύνου όπου είναι διπλάσιος κίνδυνος ασθένειας για τους εκτιθέμενους σε πεδία είναι πράγματι μικρός και θεμελιώνει μια απλή ένδειξη επικινδυνότητας. Οι συντάκτες των επιδημιολογικών ερευνών θεωρούν ότι ένας παράγων κινδύνου ο οποίος είναι δεκαπλάσιος κίνδυνος ασθένειας για τους εκτιθέμενους σε πεδία, τότε θα προέκυπτε σταθερά από τέτοιες έρευνες ότι θα ήταν αποδεικτικός παράγων επικινδυνότητας των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων, διότι θα υπερκάλυπτε τις αδυναμίες των μελετών αυτών.

Παρόλο που υπάρχουν ήδη επιδημιολογικές έρευνες που ανέδειξαν παράγοντα κινδύνου μέχρι και 13, κατά μέσον όρο ο παράγων κινδύνου κινείται γύρω στο 3, με αυξητικές τάσεις όσον αυξάνει το πλήθος των επιδημιολογικών ερευνών.

Συμπέρασμα: *Οι επιδημιολογικές μελέτες δεν ανέδειξαν ακόμη μια απόδειξη, αλλά μια σοβαρή ένδειξη της επικινδυνότητας της μη ιονίζουσας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. [1]*

4.5.2 ΜΕΛΕΤΕΣ ΜΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΖΩΑ

Φάρμακο είναι μια ουσία που, όταν εισάγεται σε ένα πειραματόζωο, εξάγει μια επιστημονική δημοσίευση.

Κατά τις μελέτες αυτές πειραματόζωα, όπως κουνέλια, ποντικοί, γάτες κ.λ.π. εκτίθενται σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία και τα αποτελέσματα της ακτινοβόλησης ανιχνεύονται με κλινικές εξετάσεις ή νεκροτομή και ιστολογική εξέταση στο εργαστήριο, σε σύγκριση πάντα με μη εκτιθέμενα πειραματόζωα. Και στην περίπτωση αυτή οι μελέτες είναι αναρίθμητες. Ενδεικτικά και πάλιν σταχυολογούνται τα ευρήματα των σημαντικότερων εξ αυτών.

- Διαταραχές στη συμπεριφορά των πειραματόζωων για πυκνότητες ισχύος άνω των 40 mW/cm^2 μικροκυματικής συχνότητας (Lin, 1977), καθώς και διαταραχές στην ικανότητα μαθήσεως (Nealeigh, 1971).
- Υπερθερμία, υποθερμία, βραδυκαρδία και καρδιακή αρρυθμία στις μικροκυματικές συχνότητες για ρυθμούς απορροφούμενης ισχύος 11 mW/g , φαινόμενα που εντείνονται όταν η μικροκυματική ισχύς προσφέρεται κατά παλμούς (Hunt, 1975).
- Αντιστρεπτές βλάβες οφθαλμών και όρχεων και για μεγαλύτερες δόσεις μόνιμη τύφλωση και στειρότητα και τελικά θάνατος των πειραματόζωων (Ely, 1964). Στην ίδια εργασία υπολογίστηκε, κατ' επέκταση, πως για τον ανθρώπινο οφθαλμό, η καταρρακτογένεση αρχίζει όταν η θερμοκρασία του οφθαλμού ξεπεράσει τους 45 βαθμούς κελσίου υπό συνθήκες μικροκυματικής ακτινοβόλησης.
- Αύξηση της έκκρισης θυροξίνης από τον θυροειδή αδένα και μείωση της αυξητικής ορμόνης σε μικροκυματικές συχνότητες 2450 Mhz (Lu, 1980). Διόγκωση του θυροειδούς παρατηρήθηκε και σε τεχνικούς μικροκυματικών εγκαταστάσεων. Η συχνότητα των 2450 Mhz είναι εκείνη του φούρνου των μικροκυμάτων.
- Μείωση του αριθμού των λευκοκυττάρων μέχρι ποσοστού 40% με την εφαρμογή κατακορύφου μαγνητικού πεδίου σε ποντίκια, χωρίς επίδραση στον αριθμό των ερυθρών αιμοσφαιρίων (Bormothy, 1950).

- Οξεία λεμφοπενία στα 26 Mhz με πυκνότητα ισχύος 800 mW/cm², που αύξησε τη θερμοκρασία των ποντικών κατά 2 βαθμούς. Με την παύση της ακτινοβολίας σημειώθηκε απότομη αύξηση των λεμφοκυττάρων T και B, που διογκώθηκε με την επανάληψη των ακτινοβολήσεων. Το σημαντικότερο εύρημα της μελέτης αυτής, ήταν ότι, θέρμανση των ποντικών κατά δυο πάλι βαθμούς, με θερμό αέρα, δεν επέφερε καμία απολύτως μεταβολή του αριθμού των λεμφοκυττάρων, η επίδραση δηλαδή των μικροκυμάτων στα λεμφοκύτταρα δεν ήταν θερμική.
- Θάνατος πειραματόζωων που τοποθετήθηκαν κάτω από γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης. Η νεκροψία έδειξε αλλοιώσεις εγκεφαλικών κυττάρων (Hanssen, 1981).

Πρέπει και εδώ να σημειωθεί ότι υπήρξαν και μελέτες σε πειραματόζωα χωρίς ευρήματα.

Τα συμπεράσματα των ερευνών με πειραματόζωα ελέγχονται στο κατά πόσον μπορούν να επεκταθούν και στον άνθρωπο, που σαν τελειότερος-και κατά μερικούς διαφορετικός-οργανισμός, έχει περισσότερο ολοκληρωμένους μηχανισμούς στα εξωτερικά ερεθίσματα.[1]

4.5.3 ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΑΙΦΝΙΔΙΩΝ ΘΑΝΑΤΩΝ ΒΡΕΦΩΝ

Στην προσπάθεια του να εξηγήσει το φαινόμενο αιφνιδίου θανάτου βρεφών, ο Gadson εξέτασε τους εγκεφάλους νεκρών βρεφών και διεπίστωσε αλλοιώσεις όμοιες με εκείνες που υφίστανται πειραματόζωα που εκτίθενται στα πεδία γραμμών μεταφοράς υψηλής τάσης. Συγχρόνως, επιδημιολογικές μελέτες έδειξαν πως τέτοιοι θάνατοι βρεφών συμβαίνουν συνήθως σε κατοικίες κοντά σε ηλεκτρικούς σιδηροδρόμους, ενώ τελικά βρέθηκε πως σε όλες τις περιπτώσεις θανάτων στη βρεφική κλίνη, η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου ήταν πάνω από τέσσερις φορές μεγαλύτερη από τον μέσο όρο της τιμής του ηλεκτρικού πεδίου στις κατοικίες, είναι περίπου 10 V/m. Τέλος, ο Roger Coghill βρήκε ότι, στα σπίτια όπου σημειώθηκαν αιφνιδίοι θάνατοι βρεφών, η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου ήταν περίπου 70 V/m. [1]

4.5.4 ΜΕΛΕΤΕΣ ΜΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΚΥΤΤΑΡΩΝ – ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Συμπεράσματα για τις βιολογικές επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας μπορούν να συναχθούν και από την ακτινοβολία επιλεγμένων ιστών, ή καλλιιεργειών κυττάρων, στο εργαστήριο.

Το σπουδαιότερο εύρημα των ερευνών αυτών είναι η εκροή ασβεστίου από εγκεφαλικά κύτταρα, που εκτίθενται σε μικροκύματα διαμορφωμένα σε χαμηλές συχνότητες (Bewin, 1976). Η ταχύτητα εκροής του ασβεστίου εξαρτάται, τόσο από

τη συχνότητα διαμόρφωσης, όσο και από την ισχύ των μικροκυμάτων, βρέθηκε δε να είναι μέγιστη όταν η συχνότητα παλμικής διαμόρφωσης των μικροκυμάτων ταυτίζεται με τις ηλεκτροφυσιολογικές ιδιοσυχνότητες του εγκεφάλου και για πυκνότητες ισχύος από 0,1 έως 1 mW/cm². Άλλα ευρήματα είναι:

- Μεταβολή στην ιοντική διαπερατότητα της κυτταρικής μεμβράνης υπό συνθήκες παλμικής μικροκυματικής ακτινοβολίας (Brown, 1980), ειδικότερα σε νευρικά κύτταρα. Ισοδύναμη θέρμανση των ίδιων κυττάρων με συμβατικά μέσα (θερμός αέρας), ή αδιαμόρφωτα μικροκύματα (CW), δεν επέφερε καμμία μεταβολή της διαπερατότητας της κυτταρικής μεμβράνης (αθερμική επίδραση).
- Βραδυκαρδία στα 960 MHz αδιαμόρφωτου κύματος (CW) για πυκνότητες ισχύος 8 mW ανά κυβικό εκατοστό ιστού, που ισοδυναμεί με απορροφούμενη ισχύ 2 mW ανά γραμμάριο (Tinney, 1976).

Στην ίδια εργασία παρατηρήθηκε ότι η προσθήκη ενός παρασυμπαθητικού αναστολέα, αυξάνει τον καρδιακό ρυθμό, ενώ η προσθήκη ενός αναστολέα του συμπαθητικού (β αναστολέα), επιβραδύνει ακόμη περισσότερο τον καρδιακό ρυθμό για την ίδια πάντοτε πυκνότητα ισχύος και συχνότητα των μικροκυμάτων.

- Ανάπτυξη διαφοράς δυναμικού ολίγων mW κατά μήκος της κυτταρικής μεμβράνης νευρικών κυττάρων όταν το ηλεκτρικό πεδίο ενός κύματος προσπίπτει κάθετα στη μεμβράνη. Η διαφορά αυτή του δυναμικού είναι δυνατόν να επηρεάσει την ανταλλαγή ιόντων κυττάρου-περιβάλλοντος και μηδενίζεται πάνω από τα 100 Mhz.
- Επίδραση στη σύνθεση των πρωτεϊνών και του DNA, για συχνότητες από 40 μέχρι 150 Ghz.
- Αθερμική επίδραση στο γενετικό μηχανισμό απλών κυττάρων στα 3 Ghz.
- Αστάθεια ερυθροκυττάρων, μεταβολή της συγκέντρωσης νουκλεϊνικού οξέος και πρωτεΐνης, επίδραση στην δραστηριότητα των ιών, ρήξη κυτταρικών τοιχωμάτων, αποσύνθεση του κυττάρου, διαταραχή του κύκλου της αιματοποίησης στα 46 Ghz.
- Επίδραση στην κυτταρική διαίρεση λεμφοκυττάρων, παρουσία αντιγόνων όπως η κονσαβαλίνη A, στις μικροκυματικές συχνότητες παλμικά διαμορφωμένες από 1 έως 100 hz.
- Αλλοίωση του εγκεφαλογραφήματος για συχνότητες ELF, πολύ χαμηλής ισχύος.
- Μεταβολή του αριθμού των αντιγράφων DNA σε κύτταρα που εκτίθενται σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία συχνότητας ELF πολύ χαμηλής ισχύος.

- Αναπαραγωγή του ιού του καρκίνου F-Stampar σε καλιέργειες ανθρώπινων κυττάρων με ακτινοβολία στα 10 Mhz και με αθερμικές ποσότητες ισχύος.
- Μείωση, (μέχρι 25 %) της ικανότητας των λεμφοκυττάρων T του ανοσοποιητικού συστήματος να φονεύουν καρκινικά κύτταρα, παρουσία μικροκυμάτων 450 Mhz, διαμορφωμένων κατά παλμούς συχνότητας 60 hz.

Τα παραπάνω ευρήματα από την ακτινοβολία ιστών ή καλλιέργειών κυττάρων ενισχύουν τις ενδείξεις για την επικινδυνότητα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας χωρίς να την αποδεικνύουν, διότι παραμένει το ερώτημα αν μπορούν να επεκταθούν σε ολοκληρωμένους οργανισμούς, όπως ο άνθρωπος.[1]

4.6 ΑΝΑΜΦΙΣΒΗΤΗΤΕΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ

Αν και υπάρχουν επιφυλάξεις για τις περισσότερες από τις επιπτώσεις που ανέδειξαν οι έρευνες, υπάρχουν μερικές που είναι γενικά αποδεκτές:

4.6.1 ΚΑΤΑΡΡΑΚΤΟΓΕΝΕΣΗ ΑΠΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ

Η εμφάνιση οφθαλμικού καταρράκτη ήταν ίσως η πρώτη από τις δυσμενείς επιπτώσεις που παρατηρήθηκε, κυρίως σε χώρους λειτουργίας. Κάτω δηλαδή από την επίδραση μιας μικροκυματικής δέσμης, η πρωτεΐνη του φακού αλλοιώνεται οπότε το φως δεν εστιάζει στην ωχρά κηλίδα για να δημιουργήσει την αίσθηση της όρασης. Το φαινόμενο παρατηρήθηκε στις συχνότητες 2-10 Ghz. Τα πειράματα τεχνητής καταρρακτογένεσης με μικροκύματα, σε μια μεγάλη ποικιλία πειραματόζωων, ανέδειξαν δυο επιπλέον σημαντικά φαινόμενα: (Κατά πρώτον ανακάλυψαν ενδείξεις ότι και η μη ionίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία πιθανόν να δρα προσθετικά, όπως και η ionίζουσα (ραδιενέργεια), καθ'όσον η καταρρακτογένεση είναι δυνατή, είτε με την επίδραση μιας σχετικά ισχυρής <<δόσης>> μικροκυμάτων, είτε με την επίδραση πολλών μικρότερων <<δόσεων>>. Κατά δεύτερον, από τα πειράματα αυτά προέκυψε μια επιπλέον ισχυρή ένδειξη αθερμικών επιπτώσεων της μη ionίζουσας ακτινοβολίας, καθ'όσον η διαδικασία τεχνητής καταρρακτογένεσης στα πειραματόζωα αποδείχθηκε ανεξάρτητα α) κάποιου ορισμένου ορίου θερμοκρασίας που πρέπει να ξεπεράσει ο οφθαλμός για να αναπτύξει καταρράκτη, β) του ποσοστού αυξήσεως της θερμοκρασίας και γ) του χρονικού διαστήματος κατά το οποίο ο οφθαλμός διατηρήθηκε στην αυξημένη θερμοκρασία. Φάνηκε δηλαδή ότι κάποιος άλλος μηχανισμός, αθερμικός, άγνωστος μέχρι σήμερα, συντελεί στην καταρρακτογένεση από μικροκύματα.[1]

4.6.2 ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΙΚΑ ΑΚΟΥΣΜΑΤΑ

Κάτω από ορισμένες συνθήκες είναι δυνατόν να δημιουργηθεί στον άνθρωπο η (παρ)αίσθηση ακουστικών σημάτων, όταν η κεφαλή του δεχτεί μικροκυματική δέσμη διαμορφωμένη κατά παλμούς. Η αίσθηση αυτή φαίνεται να προέρχεται από το πίσω μέρος της καφαλής, ή από το εσωτερικό της και περιγράφεται, από όσους την έχουν βιώσει, σαν κρότος, βόμβος ή κελήδημα. Η επικτατέστερη ερμηνεία σήμερα για τα μικροκυματικά ακούσματα είναι πως οι μικροκυματικοί παλμοί δημιουργούν πολύ μικρή, αλλά απότομη αύξηση της θερμοκρασίας του εγκεφάλου, που διαστέλλεται απότομα και δημιουργεί ένα κύμα πίεσης, το οποίο διεγείρει τον κοχλία του ωτός δημιουργεί την αίσθηση της ακουστότητας. Η συχνότητα του ακουστικού σήματος είναι ίδια με εκείνη των μικροκυματικών παλμών. Ως κατώφλι ακουστότητας των μικροκυμάτων ορίζεται η πυκνότητα εκείνης της μικροκυματικής ενέργειας πάνω από την οποία ο μικροκυματικός παλμός γίνεται ακουστός. Το κατώφλι αυτό είναι $80 \mu\text{J}/\text{cm}^2$. Η πυκνότητα ισχύος μιας μικροκυματικής δέσμης σε W/cm^2 που απαιτείται για να ξεπεραστεί το όριο αυτό εξαρτάται από τη διάρκεια του παλμού, το ρυθμό επανάληψης και την ισχύ κορυφής του. Ανάλογα με αυτά τα χαρακτηριστικά ενός παλμού, είναι δυνατόν το κατώφλι ακουστότητας να ξεπεραστεί για τιμές της πυκνότητας ισχύος που είναι χιλιάδες φορές μικρότερες από τα διεθνώς καθορισμένα όρια επικινδυνότητας.

Στην περίπτωση που η μικροκυματική δέσμη είναι πολύ ισχυρή, η διαστολή του εγκεφάλου, είναι τόσο μεγάλη και απότομη, που έχει ως συνέπεια τη σύγκρουση του με τα εσωτερικά τοιχώματα του καρκίνου. Στο σημείο αυτό, επίσης, πρέπει να αναφερθεί ότι σε ειδικά κέντρα ερευνών γίνεται προσπάθεια ανάπτυξης συστήματος έξωθεν επιβολής και εγγραφής στα εγκεφαλικά κύτταρα επιθυμητών μηνυμάτων, με ρύθμιση του ύψους, της διάρκειας και της συχνότητας επανάληψης παλμών μικροκυμάτων. Τα μηνύματα, των οποίων η επιβολή επιχειρείται με τη μέθοδο αυτή, είναι ανάλογα με τα μηνύματα που μεταφέρουν οι αισθήσεις στον εγκέφαλο. Τα πειράματα αυτά έχουν σαν στόχο τον έλεγχο της σκέψης και των αντιδράσεων, ή τη δημιουργία παραισθήσεων.[1]

4.6.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΟΥΣ ΚΑΡΔΙΑΚΟΥΣ ΒΗΜΑΤΟΔΟΤΕΣ

Οι καρδιακοί βηματοδότες αρχικά εμφανίστηκαν ως ασύγχρονοι ή συνεχούς ρυθμού, ενώ οι προηγμένες τεχνολογίας είναι σήμερα σύγχρονοι, τροφοδοτούν δηλαδή την καρδιά με παλμούς μόνον σε στιγμές που η καρδιά αποτυγχάνει να τους δώσει από μόνη της. Από τα πρώτα στάδια εφαρμογής της μεθόδου σταθεροποίησης του καρδιακού ρυθμού με βηματοδότη διαπιστώθηκε ότι, εξωτερικοί ηλεκτρικοί παλμοί που εκπέμπονται από διάφορες ηλεκτρονικές διατάξεις, μπορούν να επηρεάσουν έως και να αναστείλουν την λειτουργία του ηλεκτρονικού κυκλώματος συγχρονισμού του βηματοδότη. Η τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου του εξωτερικού παλμού πάνω από την οποία επηρεάζεται η λειτουργία του βηματοδότη λέγεται Κατώφλι Ηλεκτρομαγνητικής Παρεμβολής ή σύντομα ΚΗΠ, και εξαρτάται από τη συχνότητα του εξωτερικού ηλεκτρομαγνητικού κύματος, τη διάρκεια του παλμού και το ρυθμό επανάληψης του. Μερικοί από τους παλαιότερους βηματοδότες έχουν ΚΗΠ μόλις 10 Volts/m. Μια όμως πυκνότητα μικροκυματικής ισχύος ίση με $1 \text{ mW}/\text{cm}^2$ συνεχούς κύματος (CW), ενώ θεωρείται ασφαλής σύμφωνα με τα διεθνή όρια επικινδυνότητας,

αντιστοιχεί σε ένταση ηλεκτρικού πεδίου 60 V/m, που είναι μεγαλύτερη από το ΚΗΠ και μπορεί να επηρεάσει τη λειτουργία του βηματοδότη. Αν, επι πλέον η ίδια <<ασφαλής>> πυκνότητα ισχύος του $1\text{mW}/\text{cm}^2$ προσφέρεται κατά οξείς παλμούς βραχείας διάρκειας, η αντίστοιχη ένταση του ηλεκτρικού πεδίου μπορεί να λάβει τιμές δραματικά μεγαλύτερες από το ΚΗΠ.

Είναι επομένως δυνατόν να υπάρχουν προβλήματα δυσλειτουργίας ή ακόμα και εξουδετέρωσης του βηματοδότη σε ένα ηλεκτρομαγνητικά βεβαρυμένο περιβάλλον, όπως γύρω από τηλεοπτικούς πομπούς, χώρους εργασίας πομποδεκτών, κ.λπ., καθώς ο S.A Sanchez, προειδοποιούσε από το 1973: <<όταν εκπέμπεις μπορείς να σβήσεις έναν βηματοδότη>>. Δοκιμασία μιας μεγάλης σειράς βηματοδοτών του εμπορίου στο εργαστήριο, ανέδειξε ισχυρή εξάρτηση του ΚΗΠ από τη συχνό-

τητα επανάληψης και το πλάτος του παλμού της εξωτερικής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Περισσότερο ευαίσθητη είναι οι βηματοδότες στις χαμηλές συχνότητες και στους παλμούς μεγάλου πλάτους, ενώ για συχνότητες κυμάτων πάνω από 5 GHz η επίδραση θεωρείται ελάχιστη. Δοκιμασία εξ'άλλου των ίδιων βηματοδοτών σε <<ζωντανό περιβάλλον ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών, έδειξε τα εξής αποτελέσματα:

- Ραντάρ καθορισμού ύψους: [συχνότητα 2700-2900 Mhz, διάρκεια παλμού ανά δευτερόλεπτο (300 rps), ισχύς κορυφής παλμών 3-5 MW]: Δοκιμασία των βηματοδοτών σε απόσταση 60 μέτρων από την κεραία, κατά τη διεύθυνση της μέγιστης ακτινοβολίας (ένταση ηλεκτρικού πεδίου περίπου 1000 V/m), έδειξε ότι ευαίσθητοι από αυτούς <<έχαναν>> 5-10 παλμούς ανά λεπτό.
- Ραντάρ έρευνας (συχνότητα 200-500 Mhz, διάρκεια παλμού 15 μsec , ρυθμός επανάληψης παλμών 300 rps, ισχύς κορυφής 3-5 MW): Σοβαρότατες δυσλειτουργίες παρατηρήθηκαν στους πλέον ευαίσθητους βηματοδότες, που <<έχαναν>> έναν παλμό κάθε φορά που η δέσμη της περιστρεφόμενης κεραίας του ραντάρ περνούσε από τη διεύθυνση τους (κάθε 12 sec), ακόμα και σε απόσταση 1600 μέτρων. Σημαντικά μικρότερη ήταν η επίδραση ραντάρ με τα ίδια ως άνω χαρακτηριστικά αλλά με συχνότητα λειτουργίας 2400-2900 Mhz.
- Ραντάρ επιτήρησης – ανίχνευσης (συχνότητα 400-450 Mhz, διάρκεια παλμού 60 μsec , ρυθμός επανάληψης παλμών 200 rps, ισχύς κορυφής 32 MW): Παρατηρήθηκαν σημαντικές δυσλειτουργίες βηματοδοτών μέχρι και σε απόσταση 800 μέτρων.

Οι πλέον ευαίσθητοι από τους βηματοδότες που προαναφέρθηκαν αποσύρθηκαν με γοργούς ρυθμούς από την αγορά και οι εταιρείες παραγωγής τους εντείνουν την προσπάθεια για την <<θωράκιση>> των βηματοδοτών επιστημονικών ερευνών ότι βηματοδότες με ΚΗΠ μικρότερο των 100 V/m, αναμένεται να εμφανίζουν σοβαρά προβλήματα δυσλειτουργίας, αν βρεθούν σε περιβάλλον ισχυρών πομπών.[1]

5. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

5.1. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Ως προς τα πεδία ΡΣ, η πλειοψηφία των επιστημονικών συμπερασμάτων συγκλίνει στο ότι η έκθεση σε χαμηλού επιπέδου πεδία ΡΣ (όπως εκείνα που εκπέμπονται από τα κινητά τηλέφωνα και από τους σταθμούς βάσης) δεν προκαλούν επιβλαβή αποτελέσματα στην υγεία. Ορισμένοι επιστήμονες αναφέρουν δευτερεύοντα αποτελέσματα από τη χρήση των κινητών τηλεφώνων, τα οποία συμπεριλαμβάνουν μεταβολές στην εγκεφαλική δραστηριότητα, το χρόνο αντίδρασης και τα πρότυπα του ύπνου. Από τη μέχρι σήμερα επιβεβαίωση αυτών των αποτελεσμάτων, φαίνεται ότι εντάσσονται εντός των φυσιολογικών ορίων της ανθρώπινης συμπεριφοράς.

Σήμερα, οι ερευνητικές προσπάθειες επικεντρώνονται στη διερεύνηση της πιθανότητας να προκαλείται σημαντική θερμοκρασιακή αύξηση και επιβλαβή αποτελέσματα στην υγεία από τη μακροπρόθεσμη έκθεση σε πεδία ΡΣ χαμηλής έντασης. Ορισμένες πρόσφατες επιδημιολογικές μελέτες για τη χρήση του κινητού τηλεφώνου δεν κατέληξαν σε πειστικές αποδείξεις σχετικά με αύξηση του κινδύνου του καρκίνου του εγκεφάλου. Ωστόσο, η τεχνολογία είναι πολύ πρόσφατη για να μπορούν να αποκλειστούν πιθανά μακροπρόθεσμα αποτελέσματα. Τα κινητά τηλέφωνα και οι σταθμοί βάσης δημιουργούν αρκετά διαφοροποιημένα χαρακτηριστικά έκθεσης. Η έκθεση σε πεδία ΡΣ είναι πολύ υψηλότερη για τους χρήστες κινητών τηλεφώνων σε σχέση με αυτούς που κατοικούν πλησίον σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας. Εκτός από σήματα που εκπέμπονται περιοδικά για τη διατήρηση της σύνδεσης με τους γειτονικούς σταθμούς βάσης, τα κινητά τηλέφωνα εκπέμπουν μόνο κατά τη διάρκεια μιας κλήσης. Αντίθετα, αν και οι σταθμοί βάσης κινητής τηλεφωνίας εκπέμπουν συνεχώς, τα επίπεδα στα οποία εκτίθεται το κοινό είναι ιδιαίτερος χαμηλά, ακόμα και για όσους κατοικούν πολύ κοντά στην εγκατάσταση.[1]

5.2 ΚΙΝΗΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ ΚΑΙ ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ

Το φθινόπωρο του 2000, ξεκίνησε μία διεθνής επιδημιολογική έρευνα γνωστή ως INTERPHONE study με τη συμμετοχή 13 χωρών και σκοπό τη διερεύνηση της ενδεχόμενης συσχέτισης μεταξύ της τακτικής και μακροχρόνιας χρήσης των κινητών τηλεφώνων και της εμφάνισης καρκίνου του εγκεφάλου. Προσφάτως δημοσιευμένα αποτελέσματα από τη Βρετανία δεν μπόρεσαν να συσχετίσουν την τακτική χρήση κινητού τηλεφώνου με αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου του εγκεφάλου. Τα αποτελέσματα αυτών των αρχικών μελετών συμφωνούν με τις ήδη δημοσιευμένες έρευνες της Σουηδίας και της Δανίας. Αντιθέτως, η γερμανική έρευνα έδειξε αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης γλοιώματος μεταξύ των μακροχρόνιων χρηστών κινητών τηλεφώνων (πάνω από μια δεκαετία). Επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων αυτής της ομάδας μπορεί να καταστεί εφικτή μόνο ύστερα από την ολοκλήρωση της επεξεργασίας των αποτελεσμάτων όλων των ερευνητικών ομάδων των 13 χωρών.

Εκτεταμένες επιδημιολογικές έρευνες μελετούν την εμφάνιση του ακουστικού νευρινώματος και τη συσχέτισή του με τη χρήση του κινητού τηλεφώνου. Το ακουστικό νευρίνωμα είναι ένας καλοήγητος όγκος του ακουστικού νεύρου. Μπορεί να

επιηρέάσει την ακοή με συχνότητα εμφάνισης χαμηλότερη από ένα περιστατικό ανά 100.000 ενήλικες κάθε χρόνο. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα διαφόρων πρόσφατων επιδημιολογικών ερευνών, δεν υπάρχει ουσιαστικός κίνδυνος για ακουστικό νευρίνωμα κατά την πρώτη δεκαετία χρήσης του κινητού τηλεφώνου αλλά παρατηρείται αύξηση του κινδύνου μετά από χρήση του κινητού τηλεφώνου για περισσότερα από 10 χρόνια.[1]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

*Οι σταθμοί βάσεις στην κινητή τηλεφωνία και τι
επιπτώσεις προκαλούνται με την ακτινοβολία*

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι σταθερές κεραιές που χρησιμοποιούνται για τις ασύρματες τηλεπικοινωνίες αναφέρονται ως σταθμοί βάσης κυψελωτών επικοινωνιών ή πύργοι μετάδοσης κινητής τηλεφωνίας. Οι σταθμοί βάσης αποτελούνται από κεραιές και ηλεκτρονικό εξοπλισμό. Λόγω της ανάγκης να βρίσκονται σε μεγάλο ύψος, οι κεραιές τοποθετούνται συνήθως πάνω σε στέγες πολυόροφων κτιρίων ή σε ειδικά κατασκευασμένους πυλώνες. Το τυπικό ύψος εγκαταστάσεων σταθμών βάσης κυμαίνεται μεταξύ 15 και 60 μέτρων. Τα σήματα τροφοδοτούνται μέσω καλωδίων προς τις κεραιές και, στη συνέχεια, εκπέμπονται ως ραδιοκύματα στην περιοχή ή την κυψέλη που περιβάλλει το σταθμό βάσης. Οι κεραιές που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση και λήψη σημάτων προς και από τους κινητούς χρήστες αποτελούνται από ορθογώνια πλαίσια, με διαστάσεις περίπου 0.3-1.2 μέτρων (sector antenna).

Εκτός από τις ανωτέρω κεραιές, που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία με τα κινητά τηλέφωνα, στους σταθμούς βάσης υπάρχουν και κεραιές σε σχήμα κατόπτρου ή πιάτου (dish antenna), οι οποίες αποτελούν τερματικούς κόμβους μικροκυματικής σύνδεσης από σημείο σε σημείο και επικοινωνίας με άλλους σταθμούς βάσης για τη διασύνδεση του δικτύου. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι σταθμοί βάσης συνδέονται μεταξύ τους με υπόγεια καλώδια αντί για μικροκυματικές συνδέσεις. Ανάλογα με τη θέση του σταθμού βάσης και το πλήθος των εξυπηρετούμενων χρηστών, οι σταθμοί βάσης μπορεί να απέχουν μεταξύ τους, από μερικές εκατοντάδες μέτρα, σε μεγάλες πόλεις, μέχρι μερικά χιλιόμετρα, σε αγροτικές περιοχές.

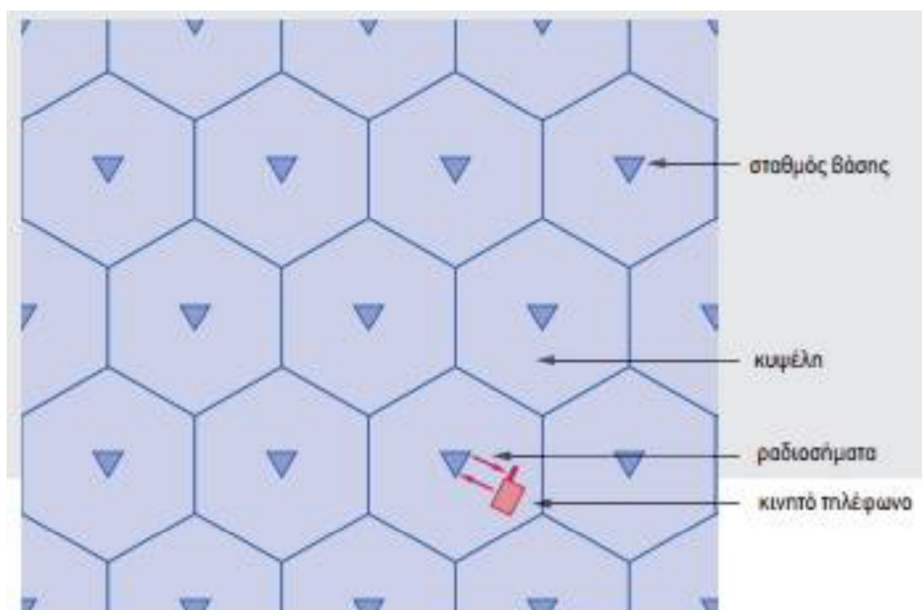


Εικόνα 5.1: Κεραιές από τις οποίες αποτελείται ένας χαρακτηριστικός σταθμός βάσης

5.2 ΚΥΨΕΛΩΤΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Για την παροχή υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας σε εκατομμύρια χρήστες, κάθε χώρα χωρίζεται σε χιλιάδες ξεχωριστές γεωγραφικές περιοχές, γνωστές ως "κυψέλες". Ο σταθμός βάσης τοποθετείται σε κατάλληλη θέση εντός της κυψέλης, ώστε να εξασφαλίζει την πλήρη κάλυψή της και τη λειτουργία των κινητών τηλεφώνων με την απαραίτητη ποιότητα υπηρεσίας. Κάθε σταθμός βάσης διαχειρίζεται όλες τις κλήσεις των κινητών τηλεφώνων εντός της κυψέλης. Μερικές φορές, οι κυψέλες θεωρούνται εξαγωνικού σχήματος σχηματίζοντας δομή κηρήθρας, αν και στην πράξη το σχήμα τους ενδέχεται να είναι ακαθόριστο για τους εξής λόγους:

- Χαρακτηριστικά του ανάγλυφου του εδάφους, όπως δένδρα, λόφοι και κτίρια, μπορούν να εμποδίσουν ή να εξασθενίσουν τα ραδιοκύματα.
- Οι εταιρείες κινητής τηλεφωνίας δεν έχουν πάντα τη δυνατότητα να τοποθετούν τους σταθμούς βάσης όπου επιθυμούν, διότι δεν είναι πάντα διαθέσιμες οι κατάλληλες θέσεις.
- Μικρότερες κυψέλες είναι απαραίτητες όπου υπάρχει υψηλή πυκνότητα χρηστών, όπως στα κέντρα των πόλεων.



Εικόνα 5.2: Δομή του κυψελωτού δικτύου

Υπάρχουν όρια σχετικά με τη μέγιστη περιοχή κάλυψης των σταθμών βάσης διότι τα ραδιοκύματα εξασθενούν σημαντικά, καθώς διαδίδονται στον αέρα. Κεραίες με ικανές τιμές ισχύος εκπομπής, επιτρέπουν τη μετάδοση σημάτων σε μεγάλες αποστάσεις. Όμως, πέραν των 35 χιλιομέτρων, ο χρόνος που απαιτείται για να

μεταδοθούν τα σήματα μεταξύ των κινητών τηλεφώνων και των σταθμών βάσης GSM αυξάνεται αισθητά.

Επίσης, οι σταθμοί βάσης έχουν μικρότερη χωρητικότητα σε σχέση με το μέγιστο αριθμό κλήσεων από κινητά τηλέφωνα που μπορούν να εξυπηρετήσουν ταυτόχρονα. Ο αριθμός των πομπών που εγκαθίστανται σε ένα σταθμό βάσης καθορίζει τη χωρητικότητα και ο αριθμός των χρηστών κινητών τηλεφώνων καθορίζει το επίπεδο της ζήτησης. Προσθέτοντας περισσότερους πομπούς αυξάνεται η χωρητικότητα ενός σταθμού βάσης. Όμως, υπάρχει περιορισμός στον αριθμό των πομπών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Λόγω των ανωτέρω περιορισμών, οι κυψέλες των σταθμών βάσης GSM έχουν μέγιστη διάσταση που κυμαίνεται από 1 έως 10 χιλιόμετρα σε αγροτικές περιοχές και μερικές εκατοντάδες μέτρα σε αστικό περιβάλλον. Η αδιάκοπη ραδιοεπικοινωνία ενός χρήστη κινητού τηλεφώνου που διασχίζει τη χώρα επιτυγχάνεται με τη διαδοχική επικοινωνία του με τους σταθμούς βάσης που συναντά κατά τη διαδρομή του. Τα ραδιοκύματα δεν χρειάζεται ποτέ να μεταδοθούν σε αποστάσεις μεγαλύτερες από μερικά χιλιόμετρα.

Στην περίπτωση όπου οι σταθμοί βάσης είναι αραιά τοποθετημένοι, η κάλυψη του δικτύου δεν είναι ικανοποιητική και υπάρχει περίπτωση διακοπής της κλήσης, όταν ο χρήστης βρίσκεται σε κίνηση. Κάθε σταθμός βάσης μπορεί να εξυπηρετήσει μέχρι ένα μέγιστο αριθμό κλήσεων. Συνεπώς, αύξηση των χρηστών έχει ως αποτέλεσμα την ανάγκη αύξησης του πλήθους των σταθμών βάσης.

Η αύξηση του πλήθους των σταθμών βάσης έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της απόστασης από το χρήστη. Επιπλέον, το κινητό τηλέφωνο είναι σχεδιασμένο ώστε να λειτουργεί σε διάφορα επίπεδα ισχύος και να χρησιμοποιεί μόνο την εκπεμπόμενη ισχύ που είναι απαραίτητη για την επικοινωνία με το δίκτυο εξασφαλίζοντας την απαιτούμενη ποιότητα ραδιοεπικοινωνίας με το σταθμό βάσης. Όσο εγγύτερα βρίσκεται ο χρήστης του κινητού τηλεφώνου στο σταθμό βάσης τόσο χαμηλότερη είναι η ισχύς εκπομπής του κινητού. Ανάλογα προς τη μείωση της ισχύος εκπομπής του κινητού μειώνεται και η τιμή του SAR που δημιουργεί η συσκευή στο κεφάλι του χρήστη. Συνεπώς, η πυκνωση του δικτύου σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση της εκπεμπόμενης ισχύος από τα κινητά τηλέφωνα, αφού στην περίπτωση αυτή, γίνεται εκπομπή της ελάχιστης δυνατής ισχύος για τη λειτουργία της συσκευής. [4]

5.3 ΤΥΠΟΙ ΣΤΑΘΜΩΝ ΒΑΣΗΣ

Υπάρχουν διάφοροι τύποι σταθμών βάσης, οι οποίοι χρησιμοποιούνται από τις εταιρείες κινητής τηλεφωνίας και δεν κατηγοριοποιούνται αυστηρά σε σταθμούς βάσης μακροκυψελών (macrocell), μικροκυψελών (microcell) και πικοκυψελών (picocell). Η κατηγοριοποίηση βασίζεται περισσότερο στο σκοπό της τοποθέτησης παρά σε τεχνικούς περιορισμούς, όπως η ισχύς εκπομπής ή το ύψος των κεραιών.

Οι σταθμοί βάσης μακροκυψελών παρέχουν την κύρια υποδομή για το δίκτυο των κινητών επικοινωνιών και οι κεραιές τους τοποθετούνται συνήθως σε επαρκές ύψος ώστε να γίνονται ορατές σε όλη την περιβάλλουσα γεωγραφική περιοχή. Μερικά παραδείγματα σταθμών βάσης μακροκυψελών φαίνονται στην εικόνα 11 παρακάτω:



Εικόνα 5.3: Τυπικοί σταθμοί βάσης

Μερικές περιοχές της χώρας διαθέτουν δύο επίπεδα κάλυψης του δικτύου: με σταθμούς βάσης μακροκυψελών (με κεραιές εγκατεστημένες ψηλά σε πυλώνες ή σε στέγες κτιρίων) και με σταθμούς βάσης μικροκυψελών, των οποίων οι κεραιές είναι εγκατεστημένες πολύ χαμηλότερα και κοντά στο επίπεδο του δρόμου, όπου η χρήση του κινητού τηλεφώνου έχει υψηλότερη ζήτηση. Οι κεραιές μικροκυψελών είναι πολύ μικρότερες από τις κεραιές μακροκυψελών και μπορούν εύκολα να αναγνωριστούν ως χαρακτηριστικά του κτιρίου.

Επίσης, σταθμοί βάσης μικροκυψελών χρησιμοποιούνται για να ενισχύσουν τη χωρητικότητα σε περιοχές όπως αεροδρόμια, σιδηροδρομικοί σταθμοί και εμπορικά κέντρα. Μερικές φορές σταθμοί βάσης πικοκυψελών χρησιμοποιούνται για την παροχή κάλυψης στο εσωτερικό κτιρίων.[4]

5.4 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΒΑΣΗΣ

Οι σταθμοί βάσης σε περιοχές με χαμηλή χρήση κινητών τηλεφώνων μπορούν να έχουν μόνο έναν πομπό συνδεδεμένο με τις κεραιές τους, οπότε μεταδίδουν μόνο σε μία συχνότητα. Οι σταθμοί βάσης σε πολυσύχναστες περιοχές μπορούν να έχουν περισσότερους από 10 πομπούς, οι οποίοι συνδέονται με τις κεραιές τους επιτρέποντας την ταυτόχρονη μετάδοση σε διαφορετικές συχνότητες και την εξασφάλιση επικοινωνίας με πολλά κινητά τηλέφωνα.

Η ισχύς εκπομπής κάθε πομπού σταθμού βάσης ρυθμίζεται ώστε να επιτρέπει τη χρήση των κινητών τηλεφώνων μέσα στην περιοχή την οποία καλύπτει ο σταθμός βάσης και όχι εκτός της περιοχής αυτής. Για την κάλυψη μεγαλύτερων κυψελών καθώς και για την κάλυψη κυψελών με δύσκολο ανάγλυφο εδάφους χρειάζονται υψηλότερες τιμές ισχύος.

Στους σταθμούς βάσης με μεγαλύτερη χωρητικότητα, οι οποίοι διαθέτουν πολλαπλούς πομπούς, η ισχύς εξόδου μεταβάλλεται με το χρόνο και με το πλήθος των τηλεφωνικών κλήσεων που διαχειρίζονται.

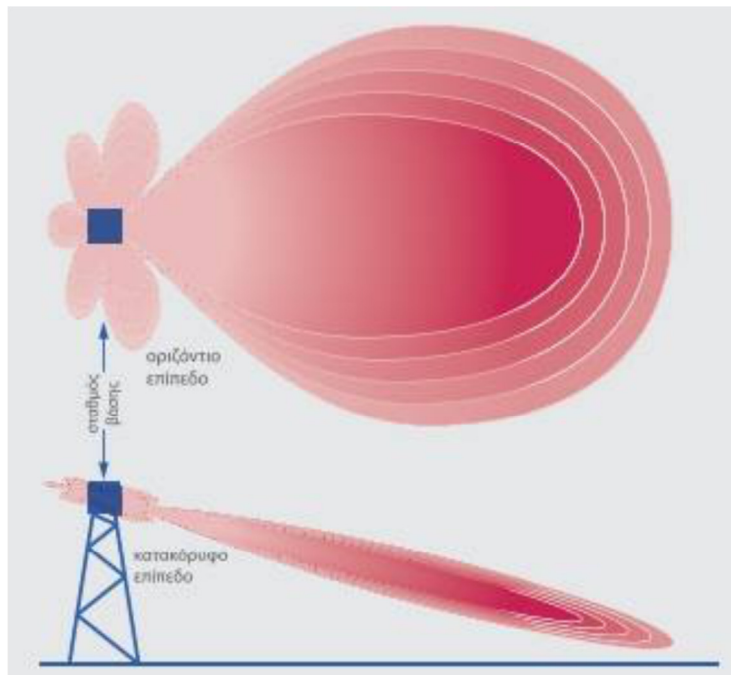
Σε σύγκριση με άλλους πομπούς ραδιοκυμάτων, όπως για παράδειγμα τους ραδιοηλεκτρονικούς πομπούς, τα επίπεδα ακτινοβολούμενης ισχύος είναι σημαντικά χαμηλότερα. [4]

Τυπικά επίπεδα ισχύος σταθμού βάσης κινητής τηλεφωνίας (ανά κεραία)	Watt
Σταθμοί βάσης σε αγροτικό περιβάλλον	40
Σταθμοί βάσης σε αστικό περιβάλλον	10
Κεραίες ασύρματων δικτύων εσωτερικού χώρου	0.1
Τυπικά επίπεδα ισχύος ραδιοηλεκτρονικών μεταδοτών	
Μεγάλοι ηλεκτρονικοί μεταδότες (UHF)	40 000
Μεγάλοι ραδιοηλεκτρονικοί μεταδότες (VHF)	2 000

Στον Πίνακα 1: παρουσιάζονται χαρακτηριστικά επίπεδα ισχύος για τη λειτουργία των σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας συγκριτικά με τα αντίστοιχα των ραδιοηλεκτρονικών πομπών

5.5 ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΑΙ ΣΧΗΜΑ ΛΟΒΩΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΑΘΜΩΝ ΒΑΣΗΣ

Η ισχύς από τις κεραίες που χρησιμοποιούνται σε σταθμούς βάσης μακροκυψελών ακτινοβολείται σε στενές κατά την κατακόρυφη διεύθυνση δέσμες, οι οποίες παρουσιάζουν ελαφρά κλίση προς τα κάτω σε σχέση με τον ορίζοντα. Η ένταση του πεδίου ακριβώς κάτω από τις κεραίες και πάνω στους στύλους του σταθμού βάσης είναι πολύ χαμηλότερη από αυτήν που μετράται απευθείας μπροστά από τις κεραίες σε μικρή απόσταση.



Εικόνα 5.4: Κατεύθυνση και σχήμα λοβών ακτινοβολίας σταθμών βάσης

Οι λοβοί των κεραιών διευρύνονται με την απόσταση και αγγίζουν το επίπεδο του εδάφους σε αποστάσεις 50-300 μέτρων από τις κεραιές. Τα επίπεδα πυκνότητας ισχύος των ραδιοκυμάτων σε αυτές τις αποστάσεις είναι πολύ μικρότερα από εκείνα που προκύπτουν απευθείας μπροστά από τις κεραιές και μπορούν εύκολα να υπολογιστούν.

Σε αποστάσεις μικρότερες από εκείνες όπου ο κύριος λοβός αγγίζει το επίπεδο του εδάφους, η έκθεση οφείλεται σε ασθενέστερους λοβούς, που είναι γνωστοί ως δευτερεύοντες λοβοί, των οποίων η πυκνότητα ισχύος δεν υπολογίζεται εύκολα εκτός αν είναι διαθέσιμη λεπτομερής τεχνική πληροφόρηση σχετικά με το διάγραμμα ακτινοβολίας των κεραιών.[4]

5.6 ΖΩΝΕΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

Κοντά στις κεραιές ορισμένων σταθμών βάσης, η πυκνότητα ισχύος ενδέχεται να υπερβεί τα επίπεδα ισχύος που προτείνει η ICNIRP. Οι εταιρείες κινητής τηλεφωνίας πρέπει να υπολογίζουν τα επίπεδα ακτινοβολίας σε διάφορες διευθύνσεις γύρω από τις κεραιές τους, με σκοπό τον καθορισμό μιας απόστασης ασφαλείας, πέρα της οποίας σε καμμία περίπτωση δεν προκύπτει υπέρβαση των επιπέδων ισχύος των οδηγιών.

Ο καθορισμός των περιοχών αυτών πρέπει να είναι τέτοιος, ώστε το κοινό να μην μπορεί να εισέλθει στις περιοχές που χαρακτηρίζονται ως ζώνες περιορισμένης πρόσβασης. Προκειμένου να διασφαλιστεί ότι κανένας δεν μπορεί, να εισέλθει στις ζώνες περιορισμένης πρόσβασης, έστω και τυχαία, λαμβάνονται προληπτικά μέτρα, όπως για παράδειγμα είναι η τοποθέτηση φυσικών εμποδίων. [4]

5.7 ΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στην Ελλάδα λειτουργούν τρία δίκτυα κινητής τηλεφωνίας χρησιμοποιώντας το ψηφιακό Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών (GSM). Αυτά είναι γνωστά ως συστήματα δεύτερης γενιάς (2G), καθώς ακολούθησαν τα πρώτης γενιάς αναλογικά συστήματα, τα οποία πλέον δεν λειτουργούν. Επίσης, συστήματα τρίτης γενιάς (3G) είναι διαθέσιμα και στην Ελλάδα. Και οι τρεις εταιρείες κινητής τηλεφωνίας αναπτύσσουν δίκτυα τρίτης γενιάς σε ολόκληρη τη χώρα. Οι εταιρείες κινητής τηλεφωνίας που λειτουργούν στην Ελλάδα είναι οι εξής:

- COSMOTE (GSM900, DCS1800, UMTS)
- VODAFONE (GSM900, DCS1800, UMTS)
- WIND (GSM900, DCS1800, UMTS)

Η χρήση διαφορετικών συχνοτήτων για διαφορετικά ραδιοσήματα εξασφαλίζει ότι τα σήματα αυτά δεν παρεμβάλλονται μεταξύ τους. Τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας στην Ελλάδα χρησιμοποιούν τις ζώνες συχνοτήτων 900 MHz, 1800 MHz και 2100 MHz. [4]

5.8 ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗ ΣΤΑΘΜΩΝ ΒΑΣΗΣ Ξ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ ΜΕ ΤΙΣ ΔΙΕΘΝΕΙΣ/ΕΘΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ ΣΕ ΡΑΔΙΟΚΥΜΑΤΑ

Για την περίπτωση των σταθμών βάσης κινητών επικοινωνιών, η στάθμη 4.5 W/m² ή 9 W/m² εξασφαλίζει την προστασία του γενικού πληθυσμού που εκτίθεται στην ακτινοβολία του μακρινού πεδίου της κεραίας στις συχνότητες των 900 MHz και των 1800 MHz, αντίστοιχα (ICNIRP). Σύμφωνα με τον ισχύοντα Νόμο, στην Ελλάδα τα όρια είναι ακόμη αυστηρότερα. Οι αντίστοιχες στάθμες για την προστασία του κοινού είναι 3.15 W/m² και 6.3 W/m² για τους σταθμούς βάσης που λειτουργούν στις συχνότητες 900 MHz και 1800 MHz, αντίστοιχα. Σε περίπτωση εγκατάστασης κεραιοκατασκευής σε απόσταση μικρότερη από 300 μέτρα από την περίμετρο κτιριακών εγκαταστάσεων βρεφονηπιακών σταθμών, σχολείων, γηροκομείων και νοσοκομείων, οι αντίστοιχες στάθμες είναι 2.7 W/m² και 5.4 W/m² για σταθμούς βάσης που λειτουργούν στις συχνότητες 900 MHz και 1800 MHz, αντίστοιχα. Τα ηλεκτρομαγνητικά σήματα ΡΣ που εκπέμπονται από τις κεραίες των σταθμών βάσης διαδίδονται σε σχετικά στενές δέσμες περί τον ορίζοντα. Όπως συμβαίνει με όλες τις μορφές ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας, η ισχύς μειώνεται σημαντικά με την απομάκρυνση από την κεραία. Συνεπώς, τα επίπεδα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ΡΣ στο έδαφος είναι πολύ χαμηλότερα από αυτά κοντά στην κεραία ή

στο εσωτερικό της στενής δέσμης εκπομπής της κεραίας. Στην πραγματικότητα, οι μετρήσεις που διεξάγονται στην κοντινή περιοχή των σταθμών βάσης κινητών επικοινωνιών τόσο στην Ελλάδα όσο και διεθνώς, έχουν επιβεβαιώσει ότι η ακτινοβολία στο επίπεδο του εδάφους είναι χιλιάδες φορές χαμηλότερη από τα επίπεδα αποδεκτής έκθεσης που προτείνονται στις οδηγίες για τον περιορισμό της έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία ΡΣ.[4]

5.9 ΣΤΑΘΜΟΙ ΒΑΣΗΣ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ

Για να υπάρχει η δυνατότητα χρήσης κινητών τηλεφώνων καθίσταται αναγκαία η ύπαρξη σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας και σταθμών αναμετάδοσης σήματος. Όμως, οι αντιλήψεις του κοινού για τις βάσεις της κινητής τηλεφωνίας εκφράζουν την ανησυχία του για τις πιθανές επιδράσεις τους στην υγεία. Έχουν πραγματοποιηθεί πολλές επιδημιολογικές έρευνες για τη διερεύνηση ενός τέτοιου ενδεχομένου, με ταυτόχρονες μετρήσεις του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου σε περιοχές κοντά σε σταθμούς κινητής τηλεφωνίας. Η μελέτη όμως ενός τέτοιου φαινομένου επιδημιολογικά δεν συνιστά εύκολη υπόθεση, δεδομένου ότι κάποιος δεν μπορεί να απομονώσει και άρα να μελετήσει την έκθεση σε ραδιοκύματα εξαιτίας σταθμών κινητής τηλεφωνίας, επειδή τα ραδιοκύματα από ραδιοφωνικούς σταθμούς ή τα σήματα από σταθμούς τηλεόρασης είναι ισχυρότερα και δεν είναι δυνατόν να απομονωθεί η έκθεση από ένα μόνο πεδίο. Πειραματικές *in vitro* έρευνες δεν συνηγορούν υπέρ της ύπαρξης δομικών επιπτώσεων στο ανθρώπινο DNA εξαιτίας της έκθεσης στις αντίστοιχες ραδιοσυχνότητες, αλλά ούτε επηρεάζονται πρωτεΐνες θερμικού shock στα κύτταρα, ενώ μελέτες σε πειραματόζωα δεν ανέδειξαν ισχυρά τεκμήρια για επίδραση στην καρκινογένεση μετά από έκθεση σε ανάλογα πεδία. Παρόλα αυτά, το γεγονός ότι ορισμένοι άνθρωποι που ζουν κοντά σε τέτοιους σταθμούς αναφέρουν υποκειμενικά, μη ειδικά συμπτώματα καθιστά την επιστημονική διερεύνηση του θέματος αναγκαία. Μελέτη σε κατοίκους που διαμένουν κοντά σε σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνίας (ακτίνα 100 m) στη Γαλλία αναφέρει στατιστικώς σημαντικά αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης μη ειδικών συμπτωμάτων συγκριτικά με κατοίκους που διαμένουν σε ακτίνα >300 m. [4]

5.10 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΕΚΘΕΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΤΕΡΜΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΣΤΑΘΜΩΝ ΒΑΣΗΣ

Αν και η ισχύς εκπομπής από τα κινητά τηλέφωνα είναι μικρή σε σχέση με την ισχύ εκπομπής ενός σταθμού βάσης, η απόσταση του χρήστη από το κινητό τηλέφωνο είναι μόλις μερικά εκατοστά. Αντιθέτως, είναι σπάνιο να βρεθεί κάποιος σε απόσταση μικρότερη από 5 έως 10 μέτρα από την κεραία ενός σταθμού βάσης. Έτσι, η ακτινοβολία που δέχεται ο χρήστης κινητού τηλεφώνου προέρχεται κυρίως από το κινητό τηλέφωνο παρά από τους σταθμούς βάσης. Για παράδειγμα, η τιμή SAR από

το κινητό τηλέφωνο μπορεί να είναι 1.000 φορές μεγαλύτερη από την τιμή SAR που προκύπτει από την έκθεση στην ακτινοβολία σταθμού βάσης σε απόσταση 150 μέτρων από το χρήστη. Τα κινητά τηλέφωνα για να επικοινωνούν με τους σταθμούς βάσης που μπορεί να βρίσκονται σε οποιαδήποτε κατεύθυνση σε σχέση με το χρήστη, εκπέμπουν ραδιοκύματα προς όλες τις κατευθύνσεις. Μέρος της ακτινοβολίας αυτής των κινητών τηλεφώνων κατευθύνεται προς το χρήστη. Αντίθετα με όσα ισχύουν για την ακτινοβολία από τις κεραιές των σταθμών βάσης, κατά τη λειτουργία των τερματικών συσκευών, οι ιστοί του κεφαλιού του χρήστη εκτίθενται στο κοντινό πεδίο της κεραιάς. Αν και η εκπεμπόμενη ισχύς είναι σχετικά χαμηλή, η τοποθέτηση της συσκευής σε επαφή με το κεφάλι του χρήστη μπορεί να οδηγήσει ακόμη και σε υπέρβαση των ορίων επιτρεπτής έκθεσης. Επομένως, απαιτείται προσεκτικός έλεγχος για τον προσδιορισμό της συμμόρφωσης των φορητών τηλεφωνικών συσκευών με τα διεθνή όρια αποδεκτής έκθεσης σε ραδιοκύματα. Ο έλεγχος αυτός βασίζεται σε πολύπλοκες μετρήσεις σε ομοιώματα του ανθρώπινου κεφαλιού και/ή σε υπολογιστικές προσομοιώσεις. Η ICNIRP έχει θεσπίσει ως όριο για το SAR στο κεφάλι από τα κινητά τηλέφωνα την τιμή 2 W ανά χιλιόγραμμο μάζας, όταν λαμβάνεται ο μέσος όρος σε 10 γραμμάρια μάζας συνεχούς ιστού στο κεφάλι για μία περίοδο 6 λεπτών. Αυτά τα όρια έχει υιοθετήσει η Ευρωπαϊκή Ένωση. Κάθε συσκευή που κυκλοφορεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση και συμμορφώνεται με τα θεσπισμένα όρια, φέρει τη σήμανση CE. Επίσης, στα συνοδευτικά έγγραφα υπάρχει η δήλωση συμμόρφωσης του κατασκευαστή. Τα όρια SAR μιας συσκευής αναφέρονται στο εγχειρίδιο χρήσης της συσκευής και είναι η μέγιστη τιμή για τη συγκεκριμένη συσκευή. Γενικά, οι τιμές αυτές κυμαίνονται στην περιοχή 0.2–1.4 W/Kg, με τις περισσότερες (περίπου το 50%) να βρίσκονται γύρω από την τιμή 0.7 W/Kg.[4]

Πίνακας 2: Σύγκριση των επιπέδων έκθεσης στην ακτινοβολία τερματικών συσκευών και σταθμών βάσης

	Κινητά Τηλέφωνα	Σταθμοί Βάσης
Ισχύς	Ακτινοβολεί ισχύ 125 mW αν λειτουργεί σε συχνότητα 1800 MHz ή 250 mW αν λειτουργεί σε συχνότητα 900 MHz.	Ακτινοβολεί ισχύ δεκάδων W.
Απόσταση	Η κεραία του κινητού απέχει περίπου 1-2 εκατοστά από το κεφάλι του χρήστη.	Τυπικά, οι κεραιές βρίσκονται σε απόσταση τουλάχιστον δεκάδων μέτρων από το γενικό πληθυσμό.
Συνθήκες έκθεσης	Κυρίως εκτίθενται οι ιστοί του κεφαλιού στην περιοχή κοντά στην κεραία του κινητού.	Η έκθεση αναφέρεται σε ολόκληρο το σώμα αλλά σε πολύ χαμηλότερο επίπεδο σε σχέση με την έκθεση από το κινητό.
Ποσοτικοποίηση της έκθεσης	Η τοπική έκθεση μετρείται μέσω του Ρυθμού Ειδικής Απορρόφησης (SAR) της ενέργειας στο κεφάλι.	Η πυκνότητα ισχύος των ραδιοκυμάτων που προσπίπτει στο σώμα αποτελεί καλό μέτρο για την εκτίμηση της ολόσωμης έκθεσης του κοινού.
Οδηγίες αποδεκτής έκθεσης	Οι οδηγίες της ICNIRP συμβουλεύουν ότι οι τοπικές μέσες τιμές του SAR για 10g μάζας ιστού δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν τα 2 W/kg, για οποιαδήποτε χρονική περίοδο 6 λεπτών.	Οι οδηγίες της ICNIRP συμβουλεύουν επίπεδα αναφοράς 4.5 ή 9 W/m ² για τους σταθμούς βάσης που λειτουργούν σε συχνότητα 900 MHz και 1800 MHz. Στην Ελλάδα, οι αντίστοιχες στάθμες για την προστασία του κοινού είναι 3.15 W/m ² και 6.3 W/m ² . Σε περίπτωση εγκατάστασης κατασκευής κεραίας σε απόσταση μικρότερη από 300 m από την περίμετρο κτιριακών εγκαταστάσεων βρεφονηπιακών σταθμών, σχολείων, γηροκομείων και νοσοκομείων, οι αντίστοιχες στάθμες είναι 2.7 W/m ² και 5.4 W/m ² .
Συμμόρφωση με τις οδηγίες	Όλα τα κινητά τηλέφωνα που πωλούνται στην Ευρωπαϊκή Ένωση έχουν ελεγχθεί για να διασφαλίσουν τιμές SAR εντός των επιτρεπτών ορίων, φέρουν τη σήμανση CE και στα συνοδευτικά έγγραφα υπάρχει η δήλωση συμμόρφωσης του κατασκευαστή.	Η τήρηση των ορίων επιτρεπτής έκθεσης ελέγχεται περιοδικά ή οποτεδήποτε αυτό κριθεί απαραίτητο από αρμόδιες Υπηρεσίες του ΥΠΕΧΩΔΕ, του Υπουργείου Υγείας και Πρόνοιας, του Υπουργείου Μεταφορών και Επικοινωνιών, Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων ή της ΕΕΑΕ με μετρήσεις που διενεργούνται από συνεργεία των υπηρεσιών αυτών ή από άλλα εξουσιοδοτημένα από την ΕΕΑΕ συνεργεία (π.χ. Εργαστήρια Πολυτεχνείων ή άλλων φορέων).
Επίπεδα πραγματικής έκθεσης	Οι τιμές του SAR για ειδικά μοντέλα κινητού τηλεφώνου μπορούν να βρεθούν στο δικτυακό τόπο της ΕΕΤΤ (www.eett.gr) και φθάνουν μέχρι 1.4 W/kg.	Η τυπική έκθεση σε τοποθεσίες προσβάσιμες από το κοινό είναι χιλιάδες φορές χαμηλότερη από τα όρια των οδηγιών.

5.11 ΤΟ ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΒΑΣΗΣ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ ΚΑΙ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΑΠΟ ΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ

Δικηγόρος Αθηνών από το έτος 1990. Από το Μάρτιο του 2001 μέχρι σήμερα ανήκει στο επιστημονικό προσωπικό του Κύκλου Ποιότητας Ζωής του Συνηγόρου του Πολίτη και ασχολείται με υποθέσεις που αφορούν στην προστασία του πολιτικού και φυσικού περιβάλλοντος. Είναι εθνική εμπειρογνώμων κοινοτικού δικαίου περιβάλλοντος, μέλος της Επιτροπής Περιβάλλοντος του Δικηγορικού Συλλόγου Αθηνών και επιστημονική υπεύθυνη του Διεπιστημονικού Συμβουλίου για την Προστασία του Περιβάλλοντος και της Περιβαλλοντικής Παιδείας. Είναι επίσης μέλος του Εθνικού Συμβουλίου Χωροταξίας και ιδρυτικό μέλος και Αντιπρόεδρος του Περιβάλλοντος.

1. Ο νόμος περί ηλεκτρονικών επικοινωνιών. Στις 3.2.2006 δημοσιύτηκε, ο ν. 3431/2006 (ΦΔΚ Α' 13) περί ηλεκτρονικών επικοινωνιών. Ο εν λόγω νόμος υιοθέτησε ορισμένες εκ των προτάσεων που ο Συνήγορος του Πολίτη είχε διατυπώσει με την Ειδική Έκθεση για τους σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνίας, η οποία εκδόθηκε το έτος 2003.

Ο νέος νόμος, μεταξύ άλλων, επιβάλλει:

- Την τήρηση της διαδικασίας έγκρισης περιβαλλοντικών όρων πριν από την χορήγηση της άδειας κατασκευής κεραίας από την ΕΕΤΤ
- Τη μείωση των ορίων έκθεσης του πληθυσμού σε ποσοστό 70% των τιμών που καθορίζονται στα άρθρα 2-4 της ΚΥΑ 53571/3839/2000

- Την περαιτέρω μείωση των ορίων έκθεσης σε ποσοστό 60% τιμών που καθορίζονται με την ως άνω ΚΥΑ σε περίπτωση που υπάρχουν κεραιές σε περίμετρο 300 μέτρων από μέρη συνάθροισης ευπαθών ομάδων πληθυσμού
- Την απαγόρευση της τοποθέτησης κεραιών σε κτιριακές εγκαταστάσεις βρεφονηπιακών σταθμών, σχολείων, γηροκομείων και νοσοκομείων.

2. Ειδικές Παρατηρήσεις επί του νέου νόμου.

- Ως προς τη διαδικασία της περιβαλλοντικής αδειοδότησης των νέων σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας
- Ως προς τη διαδικασία της περιβαλλοντικής αδειοδότησης των ήδη εγκαταστάσεων σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας
- Ως προς τις πολεοδομικές παραβάσεις επί κτιρίων που τοποθετούνται σταθμοί βάσης κινητής τηλεφωνίας
- Ως προς την πιστοποίηση της συμμόρφωσης των σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας μετα νέα όρια εκπεμπόμενης ακτινοβολίας του ν.3431/2006
- Ως προς την απαγόρευση τοποθέτησης των κεραιών κινητής τηλεφωνίας που βρίσκονται σε βρεφονηπιακούς σταθμούς, σχολεία, νοσοκομεία κλπ

3. Η εφαρμογή του νόμου από τη Διοίκηση.

Πολυδιάστατη αρμοδιοτήτων, έλλειψη συντονισμού και συνεργασίας μεταξύ των αρμόδιων υπηρεσιών, παράλειψη λήψης μέτρων για άμεση απομακρυνση αυθαίρετων κεραιών κινητής τηλεφωνίας

- Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών, ΥΠΕΧΩΔΕ, Υπουργείο Υγείας και Κοινωνικής Αλληλεγγύης, Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων
- Οι Διυθύνσεις ΠΕΧΩ και Περιφερειών και οι Διευθύνσεις Περιβάλλοντος των Νομαρχιών
- Η Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων
- Η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας
- Τα Πολεοδομικά Γραφεία (Νομαρχιών και Δήμων)
- Τα πρακτορεία ΔΕΗ

4. Η σημασία της πληροφόρησης του κοινού ως προς τις επιπτώσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον και ο ρόλος της κοινωνίας των πολιτών[4]

5. 12 ΟΡΙΣΜΕΝΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

1. Τι είδους ακτινοβολία εκπέμπουν τα κεραιοσυστήματα από τα κινητά τηλέφωνα και τους σταθμούς βάσης;

Τόσο τα κινητά τηλέφωνα όσο και οι σταθμοί βάσης εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, δηλαδή ταλαντώσεις ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων που διαδίδονται στο χώρο υπό τη μορφή κύματος και μεταφέρουν ενέργεια. Τα διάφορα είδη της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας διακρίνονται μεταξύ τους ανάλογα με τη συχνότητα ή το μήκος κύματος του διαδιδόμενου κύματος (η συχνότητα και το μήκος κύματος ενός διαδιδόμενου κύματος είναι δύο φυσικά μεγέθη αντιστρόφως ανάλογα μεταξύ τους). Η συχνότητα μετράται σε Hz (ταλαντώσεις ή κύκλοι ανά δευτερόλεπτο), kHz (χιλιάδες Hz), MHz (εκατομμύρια Hz) και GHz (δισεκατομμύρια Hz). Το μήκος κύματος μετράται σε μονάδες απόστασης (μέτρα, εκατοστά κλπ.[4]

2. Η ακτινοβολία από τα κινητά τηλέφωνα και τους σταθμούς βάσης είναι ραδιενεργός;

Όχι. Η εκπεμπόμενη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία από τα κινητά τηλέφωνα και τους σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνίας εντάσσεται στις μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες, δηλαδή τις ακτινοβολίες που είναι αδύνατο να προκαλέσουν ιοντισμό των μορίων και να διασπάσουν έτσι χημικούς δεσμούς. Στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα εντάσσονται και άλλες μη ιοντίζουσες ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες, όπως:

- τα στατικά ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία που δεν μεταβάλλονται και έτσι δεν δημιουργούν ηλεκτρομαγνητικά κύματα, (π.χ. το φυσικό μαγνητικό πεδίο της γης)
- τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία 50Hz που δημιουργούνται από τις ηλεκτρικές συσκευές, τους υποσταθμούς και τις γραμμές μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας
- τα ραδιοκύματα που χρησιμοποιούνται για τις ραδιοφωνικές και τηλεοπτικές εκπομπές, καθώς και στις τηλεπικοινωνίες, στα ραντάρ και στους φούρνους μικροκυμάτων
- το φως, καθώς και η υπέρυθη και υπεριώδης ακτινοβολία.

Ιοντίζουσες ακτινοβολίες είναι αυτές που μεταφέρουν πολύ μεγάλη ενέργεια και είναι ικανές να διασπάσουν χημικούς δεσμούς, όπως οι ακτίνες X, οι ακτίνες γ κλπ.

3. Ποια φυσικά μεγέθη περιγράφουν την ένταση της ακτινοβολίας;

Υπάρχουν τρία φυσικά μεγέθη που περιγράφουν της ένταση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας:

- η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου, που μετράται σε V/m
- η ένταση του μαγνητικού πεδίου, που μετράται σε A/m
- και η πυκνότητα ισχύος που μετράται σε W/m².

Σε συνθήκες επίπεδου κύματος, δηλαδή όταν η απόσταση από την κεραία είναι αρκετά μεγαλύτερη από τις διαστάσεις της κεραίας, τα τρία αυτά μεγέθη είναι μεταξύ

τους συνδεδεμένα μέσω απλών μαθηματικών σχέσεων και η γνώση του ενός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση των άλλων δύο. Πολύ κοντά στις κεραίες σε σχέση με τις φυσικές τους διαστάσεις η ένταση του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου δεν συνδέονται μεταξύ τους με σταθερή σχέση και η πυκνότητα ισχύος δεν ορίζεται.

4. Η ακτινοβολία από τις γραμμές υψηλής τάσης και τις ηλεκτρικές συσκευές είναι ίδια με αυτή των συστημάτων κινητής τηλεφωνίας;

Στο περιβάλλον των γραμμών μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας δημιουργούνται ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία που είναι μεταξύ τους ανεξάρτητα (δεν έχουν την μορφή ηλεκτρομαγνητικού κύματος) και μεταβάλλονται με την εξαιρετικά χαμηλή συχνότητα των 50Hz (50 φορές το δευτερόλεπτο). Παρόμοια είναι και τα πεδία που δημιουργούνται στο περιβάλλον όλων των ηλεκτρικών συσκευών που συνδέονται στο ηλεκτρικό δίκτυο. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπεται από τα συστήματα κινητής τηλεφωνίας έχει την μορφή ηλεκτρομαγνητικού κύματος και μεταβάλλεται πολύ γρηγορότερα (της τάξης των δισεκατομμυρίων φορές το δευτερόλεπτο). Για το λόγο αυτό, τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία από τις γραμμές υψηλής τάσης και τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία στο περιβάλλον κεραιών κινητής τηλεφωνίας έχουν διαφορετικές φυσικές ιδιότητες και διαφορετικές βιολογικές επιδράσεις και γι' αυτό εξετάζονται και μετρούνται ξεχωριστά με διαφορετικά όργανα.

5. Αφού η ακτινοβολία από τα συστήματα κινητής τηλεφωνίας δεν είναι ραδιενεργός, γιατί ασχολείται με αυτά η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας;

Η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας είναι αρμόδια για την προστασία του πληθυσμού και του περιβάλλοντος τόσο από τις ιοντίζουσες όσο και από τις τεχνητά παραγόμενες μη ιοντίζουσες ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες. Είναι δηλαδή ο εθνικός φορέας για την ασφαλή χρήση όλων των ειδών ακτινοβολιών. Το Γραφείο Μη Ιοντίζουσών Ακτινοβολιών της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας είναι στελεχωμένο με εξειδικευμένους επιστήμονες σε θέματα μετρήσεων και προστασίας του κοινού από τις μη ιοντίζουσες ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες και είναι άρτια εξοπλισμένο με σύγχρονα συστήματα για τη μέτρηση αυτών.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάλυση που προηγήθηκε στο θεωρητικό τμήμα δείχνει ότι είναι σημαντική η δυνατότητα ελέγχου της επιβάρυνσης ενός χώρου (π.χ. γραφείων, οικιών κλπ.) από ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες. Ο τρόπος με τον οποίο τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα προκαλούν τις οποιοσδήποτε επιδράσεις στους ζωντανούς ιστούς είναι ακόμη αντικείμενο έρευνας. Θα μπορούσαμε να δείξουμε πιο αναλυτικά όλα τα παραπάνω όπου προανέφερα ή ακόμα να βρούμε κάποια αποτελέσματα για το πώς μπορεί να αντιμετωπιστεί η ακτινοβολία όπου εκπέμπεται στους οργανισμούς και να βρούμε κάποια λύση πάνω σε αυτό, δηλαδή, πως θα γινόταν να μειώσουμε την τάση της ακτινοβολίας για λιγότερο κίνδυνο. Μία λύση για αυτό το πρόβλημα είναι με την βοήθεια του υπολογισμού της απορροφημένης ακτινοβολίας από διάφορα μέρη του ανθρώπινου σώματος.

Θερμικός μηχανισμός: είναι αυτός που προκαλεί κάποια βιολογική επίδραση, η οποία οφείλεται σε μετρήσιμη αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών που ακτινοβολούνται (μεγαλύτερη από $0,1^{\circ}\text{C}$). Παρατηρήσιμη αύξηση της θερμοκρασίας προκαλείται από πυκνότητες ισχύος άνω του $1\text{mW}/\text{cm}^2$.

Μη θερμικός μηχανισμός: είναι αυτός που προκαλεί κάποια βιολογική επίδραση χωρίς μετρήσιμη αύξηση της θερμοκρασίας ($<0,1^{\circ}\text{C}$), προκαλείται δε σε πολύ μικρές πυκνότητες ισχύος της τάξεως των $\mu\text{W}/\text{cm}^2$.

Θερμικά Αποτελέσματα Σύμφωνα με τη γενικά παραδεκτή άποψη για την επίδραση της υψηλής συχνότητας ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με τους βιολογικούς οργανισμούς, η παρουσία του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου E αυξάνει την κινητική ενέργεια κυρίως των μορίων H_2O με αποτέλεσμα τη μεταφορά ενέργειας από τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα στους ιστούς των βιολογικών οργανισμών. Εξαιτίας της αλληλεπίδρασης αυτής παρουσιάζεται αύξηση της θερμοκρασίας είτε τοπικά ή ακόμη σε όλο το ανθρώπινο σώμα.

Ο μηχανισμός αυτός λειτουργεί ως εξής: Τα μόρια του νερού που αποτελούν περίπου το 70% του ανθρώπινου σώματος είναι ηλεκτρικά δίπολα με τον θετικό πόλο ανάμεσα στα δύο άτομα του H_2 και του αρνητικού πόλου κοντά στο άτομο του O_2 .

Όταν το ανθρώπινο σώμα δεχτεί ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα υψηλής συχνότητας τα δίπολα του νερού τείνουν να προσανατολισθούν με τη φορά του εναλλασσόμενου ηλεκτρικού πεδίου και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία μίας ταλάντωσης, σύμφωνα με τη συχνότητα του ηλεκτρικού πεδίου. Η κινητική ενέργεια που αποκτούν τα δίπολα αυτά λόγω της ταλάντωσης γίνεται αισθητή ως θερμότητα, που τείνει να αυξήσει τη θερμοκρασία του σώματος. Όταν η ισχύς (πυκνότητα ισχύος) του κύματος ξεπεράσει ένα όριο χάνουν την αποτελεσματικότητα οι θερμορυθμιστικοί μηχανισμοί του σώματος οπότε μπορεί να εμφανισθεί γενικευμένος πυρετός που μπορεί να

οδηγήσει ακόμη και στο θάνατο αν η θερμοκρασία του σώματος ξεπεράσει το όριο των 42° C.

Εκτός από τα μόρια του νερού και άλλα μόρια ή άτομα, ιόντα και ηλεκτρόνια C του ανθρωπίνου σώματος τείνουν να προσανατολιστούν και αυτά στη διεύθυνση του ηλεκτρικού πεδίου με αποτέλεσμα την αύξηση της κινητικής τους ενέργειας και συνεισφέρουν στην αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος.

Τα πιο ευαίσθητα από άποψη θερμοκρασίας όργανα του ανθρωπίνου σώματος είναι οι οφθαλμοί και οι όρχεις προφανώς λόγω του τρόπου της αιμάτωσής τους (οι μηχανισμοί απαγωγής της θερμότητας από τα μάτια και τους όρχεις είναι ατελείς). Τα βιολογικά αποτελέσματα από την έκθεση σε μη ιοντίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία εξαρτώνται από τα Η/Μ πεδία που εφαρμόζονται στο εσωτερικό των ζώντων οργανισμών. Συνεπώς μεγαλύτερη σημασία για τη μελέτη έχει ο ποσοτικός προσδιορισμός της ενέργειας των βιολογικών επιδράσεων που απορροφάται από τους ζωντανούς οργανισμούς.

Έτσι έχει καθιερωθεί το μέγεθος Ρυθμός Ειδικής Απορρόφησης ή όπως διεθνώς έχει καθιερωθεί SAR (Specific Absorption Rate) που αποτελεί το σημαντικότερο μέγεθος για την ποσοτικοποίηση των βιολογικών αποτελεσμάτων των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Ο SAR προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$SAR = \frac{\sigma}{\rho} E^2 \text{ mWatts/Kg}$$

όπου:

σ: η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα του βιολογικού ιστού (Si/m) σε συγκεκριμένη συχνότητα,

ρ: η πυκνότητα του βιολογικού ιστού (Kg/m³) και

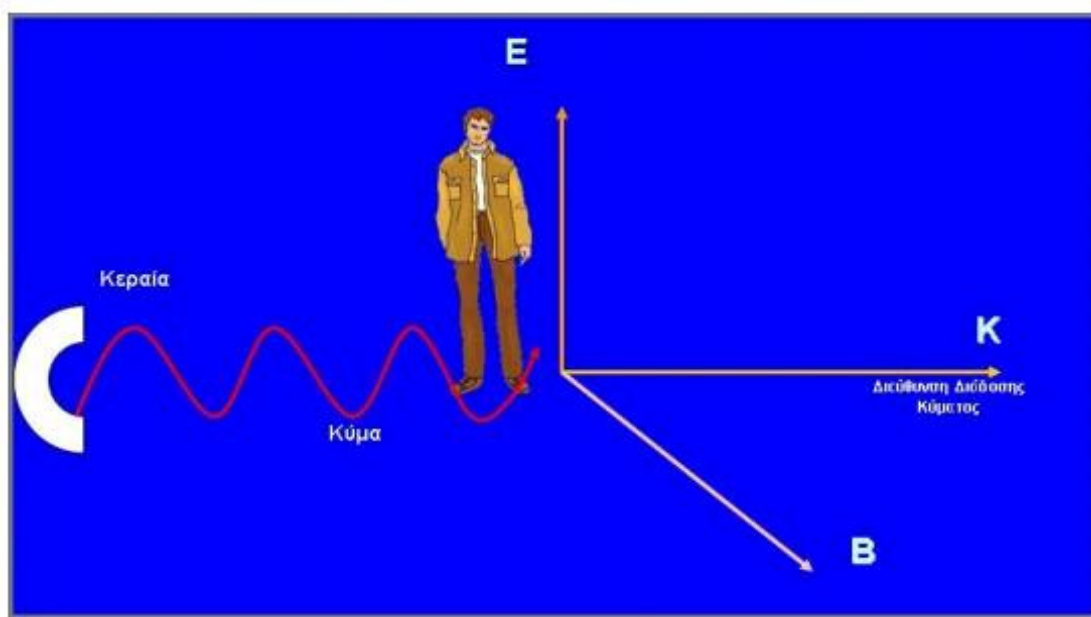
E: είναι η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου μέσα στον ιστό (V/m).

Επομένως ο SAR ορίζεται σαν το ποσό της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας που απορροφά η μονάδα μάζας ενός ιστού στη μονάδα του χρόνου: δηλ. είναι το ποσό της Η/Μ ισχύος που απορροφά η μονάδα μάζας ενός ιστού γι' αυτό εκφράζεται σε Watts/Kg.

Η τιμή του SAR (η απορροφούμενη ισχύς και η κατανομή της μέσα στο ανθρώπινο σώμα εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

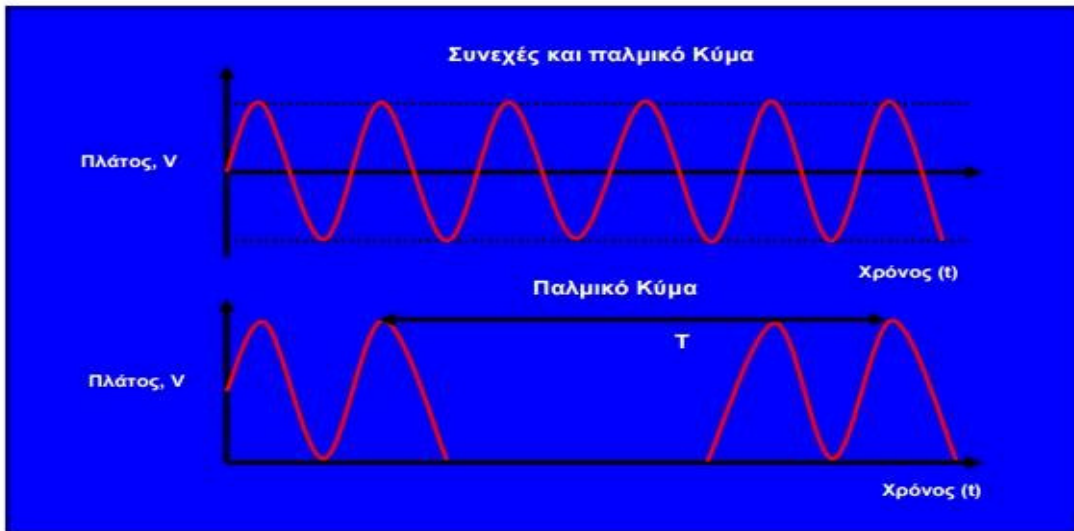
- Τα χαρακτηριστικά της ακτινοβολίας:
 - Συχνότητα
 - Ένταση

- Πόλωση (διαφορετικός προσανατολισμός του σώματος σε σχέση με τη διεύθυνση του ηλεκτρικού E και του μαγνητικού B πεδίου του κύματος) (Εικόνα 1). Διακρίνονται τρεις περιπτώσεις:
 - ✓ Στην E-πόλωση (προσανατολισμός) με την ένταση E του ηλεκτρικού πεδίου E παράλληλη προς τον μεγάλο άξονα του σώματος. Θεωρητικές και πειραματικές μελέτες σε ομοιώματα ανθρώπινου σώματος έδειξαν ότι ο SAR παίρνει τη μέγιστη τιμή του στην E-πόλωση
 - ✓ Στην B-πόλωση με την B διεύθυνση του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου του ηλεκτρομαγνητικού κύματος παράλληλα προς τον μεγάλο άξονα (ύψος) του ανθρώπινου σώματος. Στην Εικόνα 5 φαίνεται η εξάρτηση του SAR από το είδος της πόλωσης και τη συχνότητα της Η/Μ ακτινοβολίας
 - ✓ Στην Κ πόλωση, όταν η διεύθυνση διάδοσης του ηλεκτρομαγνητικού κύματος είναι παράλληλη με το μεγάλο άξονα του ανθρώπινου σώματος



Εικόνα 1: Προσανατολισμός του σώματος με τη διεύθυνση του ηλεκτρικού (E) και του μαγνητικού (B) πεδίου του κύματος

- Αν το κύμα είναι συνεχές ή παλμικό (Εικόνα 2)



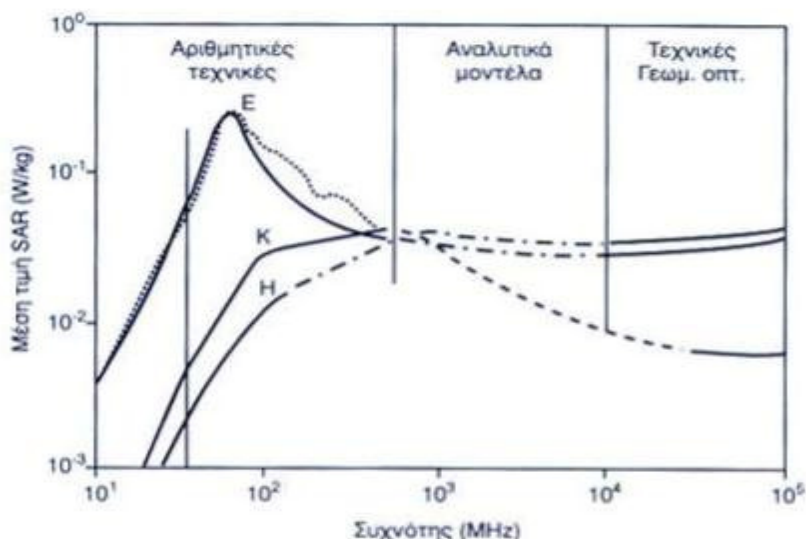
Εικόνα 2: Συνεχές και παλμικό κύμα

- Τα χαρακτηριστικά του βιολογικού ιστού:
 - Μέγεθος (διάσταση). Αυτό δυσχεραίνει την αναγωγή στον άνθρωπο των μετρήσεων που γίνονται σε μικρά πειραματόζωα
 - Καμπυλότητα της επιφάνειάς του
 - Εσωτερική του δομή (πυκνότητα, ειδική αγωγιμότητα, διηλεκτρική σταθερά)
- Τη σχέση (λόγος) του ύψους του σώματος και του μήκους κύματος της ακτινοβολίας
- Την απόσταση πηγής εκπομπής της ακτινοβολίας και βιολογικού αντικειμένου

(r = απόσταση πηγής-βιολογικών αντικειμένων, λ = μήκος της ακτινοβολίας προκύπτει για $r < \lambda$ το εγγύς πεδίο, που είναι πολύ σύνθετο και στη περίπτωση που βρεθεί βιολογικός οργανισμός μέσα σ' αυτό υφίσταται ισχυρή επίδραση, ενώ για $r > \lambda$ προκύπτει το μακρινό πεδίο, που η κατανομή του είναι πιο απλή και ο βιολογικός οργανισμός μέσα σ' αυτό υφίσταται μικρότερη επίδραση).

Θεωρητικός προσδιορισμός του SAR:

Έχουν αναπτυχθεί πολλά θεωρητικά (μαθηματικά) πρότυπα κεφαλής ή όλου του ανθρωπίνου σώματος καθώς και των τερματικών συσκευών (κινητών), χρησιμοποιούνται δε αριθμητικές τεχνικές μέχρι 600MHz και αναλυτικές εξισώσεις για μεγαλύτερες συχνότητες καθώς και τεχνικές γεωμετρικής οπτικής για ακόμη μεγαλύτερες συχνότητες (Εικόνα 3).



Εικόνα 3: Θεωρητικός υπολογισμός της μέσης τιμής του SAR για διάφορες συχνότητες για διάφορα είδη πόλωσης

Πειραματικός υπολογισμός του SAR:

Σε περιπτώσεις ακτινοβολίας με ισχυρά ηλεκτρομαγνητικά πεδία όπου είναι εμφανή τα θερμικά αποτελέσματα της απορρόφησης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, ο υπολογισμός του SAR είναι δυνατόν να γίνει πειραματικά με τη μέτρηση του ρυθμού αύξησης της θερμοκρασίας του σώματος με εμφυτευμένους μεταλλάκτες θερμοκρασίας. Ο SAR δίδεται με καλή προσέγγιση από τη σχέση:

$$SAR=4168c\frac{\Delta T}{t},$$

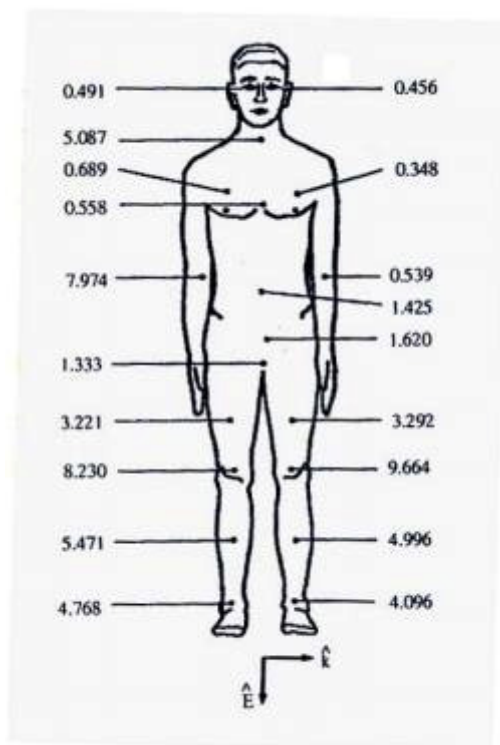
όπου

c: η ειδική θερμότητα σε kcal/kg

ΔT : η αύξηση της θερμοκρασίας σε βαθμούς κελσίου σε χρόνο t

t: ο χρόνος ακτινοβολίας

Στην Εικόνα 4 φαίνεται παραστατικά η διαφοροποίηση του SAR σε σχέση με το μέσο SAR για ολόσωμη έκθεση. Οι μετρήσεις έγιναν για πυκνότητα ισχύος 10mW/cm^2 , με το ηλεκτρικό πεδίο E παράλληλο στο μεγάλο άξονα του σώματος, με μέσο $\text{SAR}=1$ και με $L/\lambda=0,417$, όπου L είναι το ύψος του σώματος και λ το μήκος κύματος της ακτινοβολίας.



Εικόνα 4: Η διαφοροποίηση του SAR σε σχέση με το μέσο SAR για ολόσωμη έκθεση

Ο αριθμός 8.230 στο δεξί γόνατο σημαίνει ότι ο τοπικός SAR είναι 8 φορές μεγαλύτερος από τον μέσο όρο ολόκληρου του σώματος. Μέγιστη απορρόφηση παρατηρείται σε σημεία του σώματος όπως τα πόδια, οι αγκώνες, ο λαιμός, η κοιλιακή χώρα. Συνεπώς τα σημεία αυτά πρέπει να εκτίθενται λιγότερο στην μη Η/Μ ακτινοβολία.

Οι θερμορυθμιστικοί μηχανισμοί του ανθρώπινου σώματος αντέχουν μέχρι ένα ρυθμό απορρόφησης 4W/kg αποτρέποντας μέχρι το όριο αυτό οποιαδήποτε αισθητή αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος.

Τιμές για την Ακτινοβολία της Κινητής Τηλεφωνίας

Τα τελευταία χρόνια παρατηρήθηκε ραγδαία αύξηση της χρήσης των ραδιοσυχνοτήτων και μικροκυματικών συχνοτήτων, ιδιαίτερα στις επικοινωνίες (κινητές επικοινωνίες, συστήματα παρακολούθησης, τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι κ.λπ.), με συνέπεια την αυξημένη ανησυχία του κοινού για τις πιθανές βιολογικές επιδράσεις αυτών των συχνοτήτων. Για την περίπτωση των σταθμών βάσης των

κινητών επικοινωνιών, όπου αναφερόμαστε στο μακρινό πεδίο της κεραίας, η στάθμη $0,5 \text{ mW/cm}^2$ εξασφαλίζει την προστασία του γενικού πληθυσμού.

Αντίθετα για την περίπτωση της έκθεσης στην ακτινοβολία φορητών τηλεφωνικών συσκευών (τοπική έκθεση), τα όρια ασφαλείας εκφράζονται με βάση το Ρυθμό Ειδικής Απορρόφησης. Ως κατώφλι για την αποφυγή δυσμενών επιπτώσεων στην υγεία θεωρείται η απορρόφηση 2 W/kg , που υπολογίζεται ως μέση τιμή σε μάζα βιολογικού ιστού 10 gr (Πίνακας 4.3). Η εκτίμηση της συμμόρφωσης με τα όρια ασφαλούς έκθεσης δεν είναι προφανής όταν πρόκειται για έκθεση στο κοντινό πεδίο ηλεκτρομαγνητικών πηγών, όπως είναι οι φορητές τηλεφωνικές συσκευές. Για το λόγο αυτό, τόσο η CENELEC στην Ευρώπη όσο και η FCC (Federal Communications Committee) στις ΗΠΑ έχουν προχωρήσει στη σύνταξη προκαταρκτικών κειμένων για τον έλεγχο συμμόρφωσης φορητών τηλεφωνικών συσκευών με τα όρια ασφαλείας

	SAR (μέση τιμή για όλο το σώμα και για διάστημα μέτρησης 6 min)	SAR (μέση τιμή για 10 gr ιστού διαφορετικού από τα άκρα (χέρια, πόδια) και για διάστημα μέτρησης 6 min)	SAR (μέση τιμή για 10 gr ιστού στα άκρα και για διάστημα μέτρησης 6 min)
Γενικός πληθυσμός	0,08 W/kg	2 W/kg	4 W/kg
Επαγγελματική έκθεση	0,4 W/kg	10 W/kg	20 W/kg

Πίνακας 1: Ρυθμός Ειδικής Απορρόφησης (SAR) – Όρια ασφαλούς έκθεσης

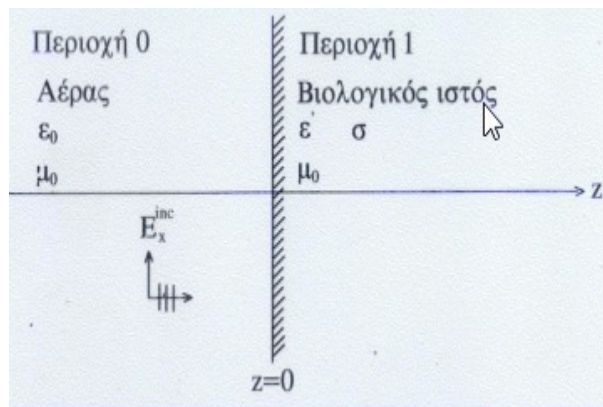
Κατά τη χρήση φορητών τηλεφωνικών συσκευών οι ιστοί του κεφαλιού του χρήστη εκτίθενται στο κοντινό πεδίο της πηγής. Τα αναλογικά φορητά τηλέφωνα εκπέμπουν μέση ισχύ 600 mW και τα περισσότερα ψηφιακά τηλέφωνα 250 mW (900 MHz) ή 125 mW (1800 MHz). Ωστόσο η ισχύς των περισσότερων σύγχρονων τηλεφώνων ελέγχεται από το σταθμό βάσης: το φορητό τηλέφωνο προσαρμόζει την εκπεμπόμενη ισχύ του ώστε να παράγει το ελάχιστο σήμα που απαιτείται για την αξιόπιστη επικοινωνία του με το σταθμό βάσης. Αν και η εκπεμπόμενη ισχύς είναι σχετικά χαμηλή, η τοποθέτηση της συσκευής σε επαφή με το κεφάλι του χρήστη μπορεί να οδηγήσει σε υπέρβαση των ορίων ασφαλείας. Ένας ακόμη παράγοντας που δυσκολεύει την εκτίμηση της έκθεσης είναι η καθοριστική εξάρτησή της από την ακριβή θέση του τηλεφώνου σε σχέση με το κεφάλι και από το ακριβές σχήμα και ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του κεφαλιού, που ποικίλουν ανάλογα με το χρήστη.

Απαιτείται επομένως προσεκτικός έλεγχος για την εκτίμηση της συμμόρφωσης των φορητών τηλεφωνικών συσκευών με τα διεθνή πρότυπα ασφαλείας. Δυστυχώς είναι αδύνατη η μέτρηση του SAR μέσα στο κεφάλι. Γι' αυτό ο έλεγχος βασίζεται σε πολύπλοκες υπολογιστικές προσομοιώσεις και/ή σε μετρήσεις σε ομοιώματα του ανθρώπινου κεφαλιού.

Θερμική αντίδραση βιολογικών ιστών

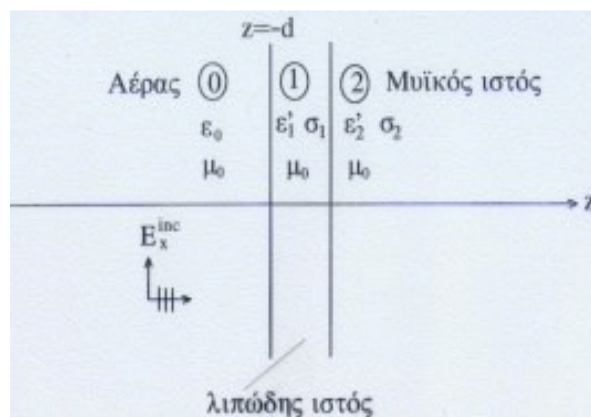
- Αιμάτωση
- Μηχανισμοί θερμορύθμισης

Διείσδυση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας μέσα στο ανθρώπινο σώμα



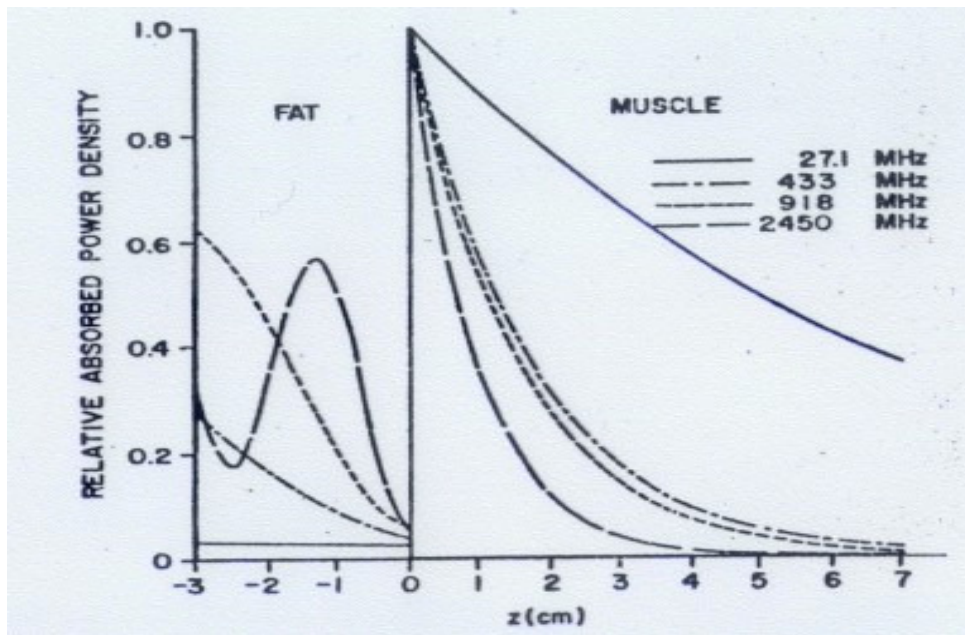
Εικόνα 5: Ημιάπειρο ομογενές μέσο με απώλειες (ακτίνα καμπυλότητας της επιφάνειας ιστού >> μήκος κύματος)

Στρωματοποιημένη ημιάπειρη γεωμετρία βιολογικού ιστού



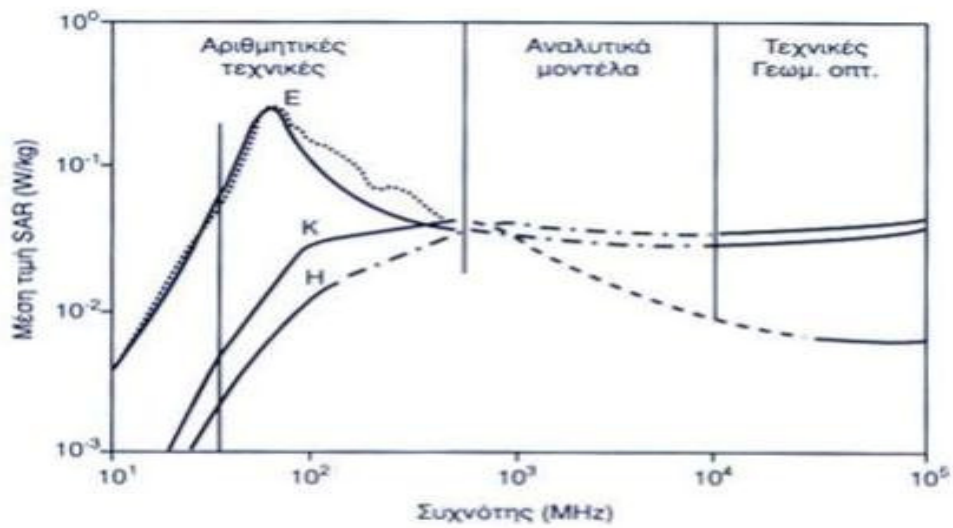
Εικόνα 6

Μεταβολή απορροφούμενης ισχύος με το βάθος



Εικόνα 7

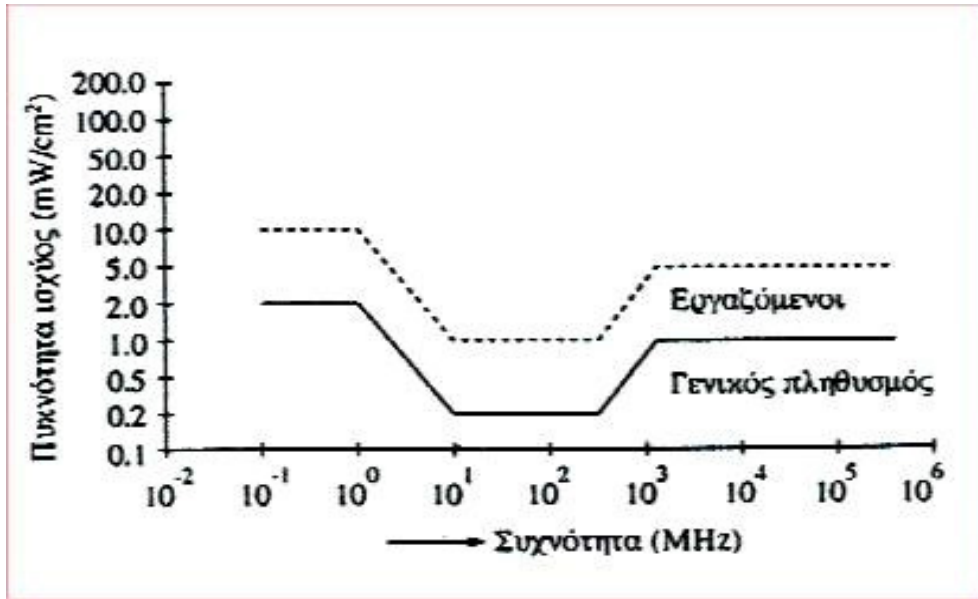
Φαινόμενα Συντονισμού



Εικόνα 8

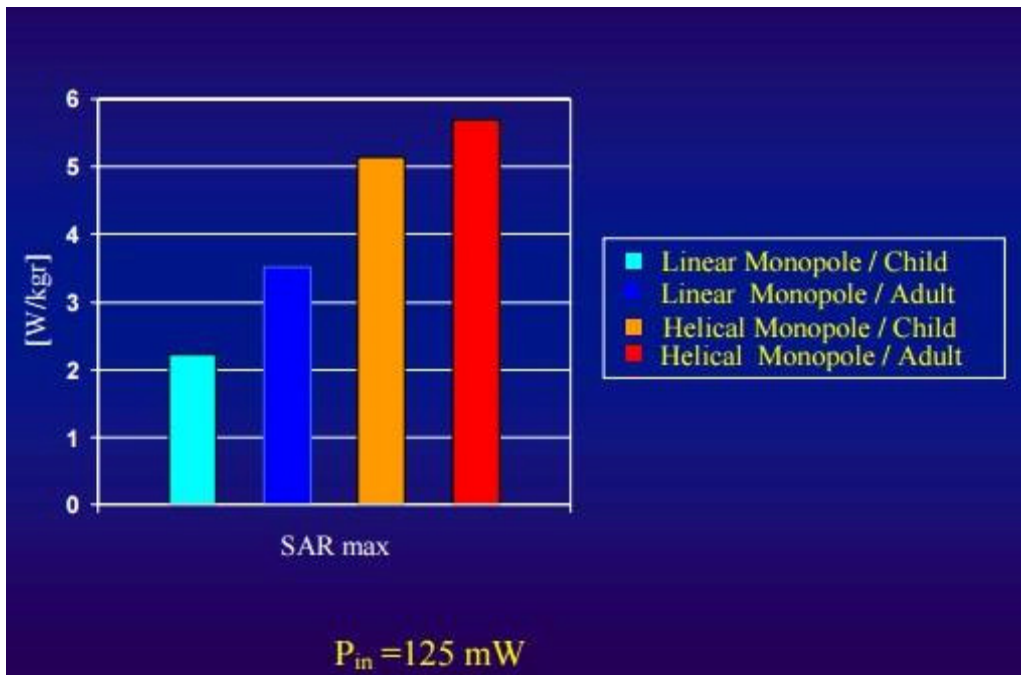
Στάθμες αναφοράς

Μέσης πυκνότητας ισχύος



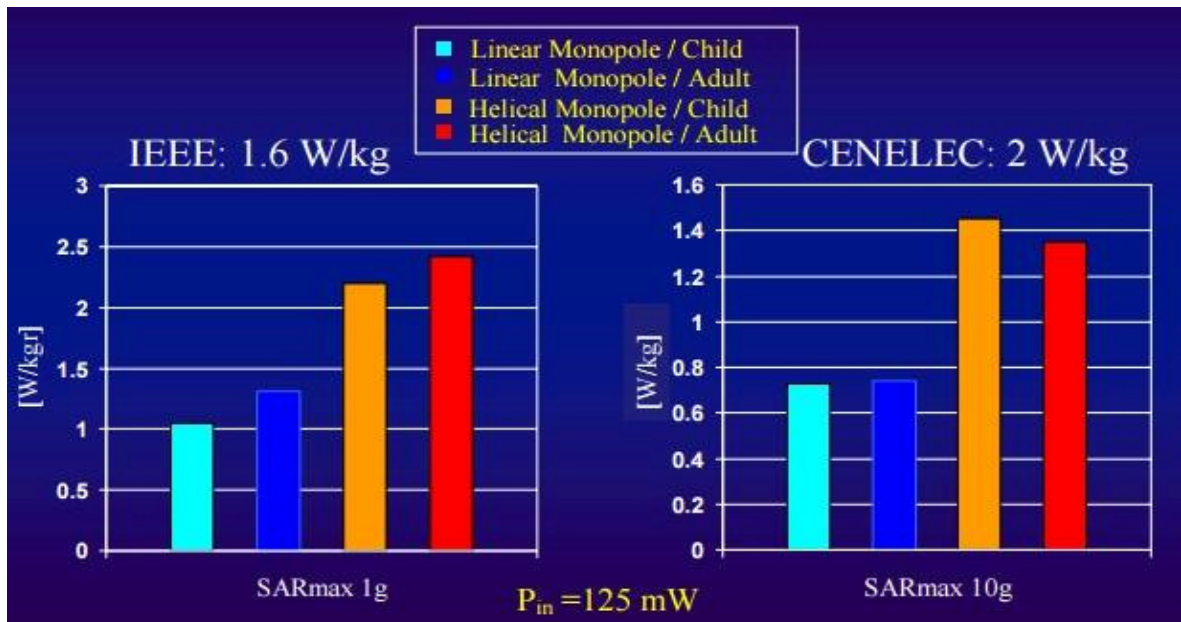
Εικόνα 9

Σημειακό SAR_{max}



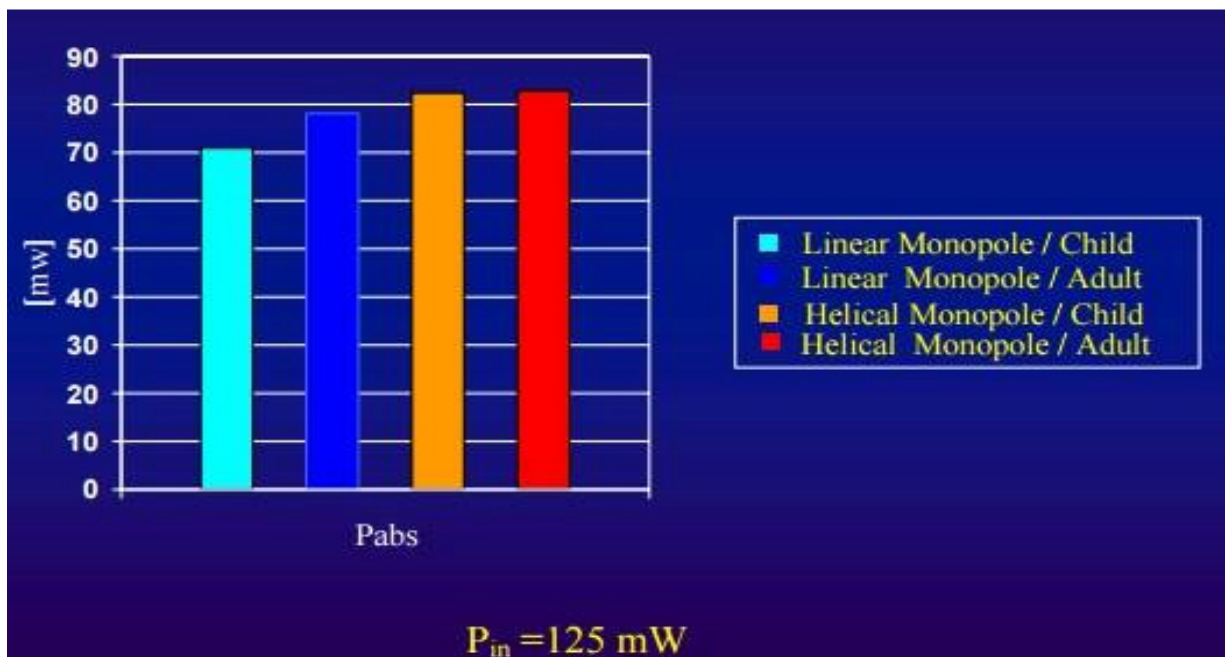
Εικόνα 10

Μέγιστη Μέση Τιμή SAR σε Μάζα 1g & 10g



Εικόνα 11

Απορροφούμενη ισχύς



Εικόνα 12

Μη θερμικός μηχανισμός

Εκτός από τον κύριο μηχανισμό θερμικής αλληλεπίδρασης υπάρχουν ενδείξεις μη θερμικών μηχανισμών, δηλ. υπάρχουν βιολογικές επιδράσεις όπου:

A. Δεν παρατηρήθηκε, όπως αναφέρθηκε, μετρήσιμη αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών

B. Μετρήθηκε μεν αύξηση της θερμοκρασίας κατά την ακτινοβολία, όταν όμως η ίδια αύξηση έγινε με συμβατικά μέσα (δηλ. θερμό αέρα) δεν παρατηρήθηκε καμία επίδραση

Σύμφωνα με ερευνητές ο μη θερμικός μηχανισμός μπορεί να εξαρτάται από τη σχέση της συχνότητας της ακτινοβολίας με τη συχνότητα που εκπέμπει ένας βιολογικός ιστός (π.χ. ο εγκέφαλος).

Τα κυριότερα μη θερμικά φαινόμενα είναι: α) Αυξημένη εκροή ιόντων ασβεστίου από τα εγκεφαλικά κύτταρα που εκτίθενται σε ραδιοσυχνότητες διαμορφωμένες κατά παλμούς με περίοδο παλμών 16Hz της τάξεως των συχνοτήτων που εκπέμπει ο εγκέφαλος (6-25Hz). Επίσης έχουν παρατηρηθεί φαινόμενα συντονισμού να σχετίζονται με αυξημένη ταχύτητα εκροής του ασβεστίου, όταν η συχνότητα διαμόρφωσης των μικροκυμάτων ταυτίζεται με τις ηλεκτροφυσιολογικές ιδιοσυχνότητες του εγκεφάλου.

β) Μικροκυματικό – ακουστικό φαινόμενο: Όταν ο άνθρωπος βρεθεί κοντά σε μία πηγή που εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που προέρχεται από radar (μικροκυματικό) διαμορφωμένη κατά παλμούς, τότε έχει την αίσθηση ότι ακούει ήχο που μπορεί να τον αντιλαμβάνεται σαν βόμβο ή κρότο. Σύμφωνα με τη μέχρι τώρα γνώση, η ερμηνεία των μικροκυματικών ακουσμάτων είναι ότι οι μικροκυματικοί παλμοί δημιουργούν απότομη μικρή αύξηση της θερμοκρασίας του εγκεφάλου, η οποία δημιουργεί ένα κύμα πίεσης το οποίο διεγείρει τον κοχλία του αυτιού και δημιουργεί την αίσθηση του ήχου.

Η συχνότητα του ακουστικού σήματος είναι ίδια με εκείνη των μικροκυματικών παλμών.

Επίδραση Η/Μ ακτινοβολίας γαμηλών συχνοτήτων με την ζώσα ύλη

Σε συχνότητες < 300Hz (ELF περιοχή) η ακτινοβολία επιδρά με άλλους μηχανισμούς όχι ακόμα γνωστούς (μη θερμικούς). Τα ELF πεδία ίσως λόγω της εγγύτητας τους με τις συχνότητες των εγκεφαλικών εκπομπών προκαλούν κάποιες βιολογικές δράσεις στη λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού (μη θερμικές). Τα μαγνητικά πεδία προκαλούν επιδράσεις σε όλα τα επίπεδα της βιολογικής οργάνωσης. Η σημαντικότερη επίδραση είναι η αυξημένη εκροή ιόντων ασβεστίου από τα εγκεφαλικά κύτταρα.

Σαν τελικό συμπέρασμα το ανθρώπινο σώμα απορροφά την μη ιοντίζουσα ακτινοβολία κατά τρόπο επιλεκτικό, διαφορετικό δηλαδή για κάθε συχνότητα και είδος ιστού, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται ορισμένες βιολογικές επιδράσεις.

2. Η/Μ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΑΠΟ ΤΑ RADAR

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το radar (Radio Detection And Ranging) ή ραδιοεντοπιστής, είναι ένα ηλεκτρονικό σύστημα ηλεκτρομαγνητικού εντοπισμού και παρακολούθησης κινητών και ακίνητων στόχων, σε αποστάσεις και συνθήκες φωτισμού που είναι απαγορευτικές για απευθείας οπτικό εντοπισμό με το ανθρώπινο μάτι ή και οπτικά όργανα. Έχει σημαντικές δυνατότητες ανίχνευσης και παρακολούθησης στόχων σε μεγάλες αποστάσεις και με αρκετή ακρίβεια.

Ένα radar αποτελείται από μια συσκευή αποστολής σημάτων (πομπός), η οποία παράγει τα ραδιοκύματα και έναν ή περισσότερους δέκτες που τα συλλέγουν. Τα ραδιοκύματα διαδίδονται μέσα στο χώρο δημιουργώντας επαγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα σε μια λαμβάνουσα κεραία, ενώ παράλληλα μεταφέρει και πληροφορία. Η βασική αρχή λειτουργίας ενός radar βασίζεται στην εκπομπή μικρών παλμών ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (στην περιοχή των ραδιοκυμάτων 10^5Hz ή 10^4m) από μια κεραία πομπό και αφού ανακλαστούν από έναν στόχο, επιστρέφουν στην κεραία δέκτη και αναλύονται από τα ηλεκτρονικά συστήματα του radar.

Οι εκπεμπόμενες ραδιοσυχνότητες από τις κεραίες radar, επηρεάζουν περισσότερο τους εργαζόμενους στους συγκεκριμένους χώρους. Αν όμως, κάποιες κεραίες είναι εγκατεστημένες μέσα σε κατοικημένες αστικές περιοχές, εκτίθενται ευρύτερες ομάδες πολιτών.

Η πυκνότητα ισχύος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε απόσταση r από την κεραία και σε διεύθυνση κατά την οποία η κεραία έχει απολαβή G (dB), υπολογίζεται από τον τύπο: $P_r = \frac{N}{4\pi r^2} 10^{10} \left(\frac{W}{m^2}\right)$

όπου N η ισχύς εξόδου του πομπού και η εκπομπή θεωρείται συνεχής.

Αν η εκπομπή δεν είναι συνεχής αλλά κατά παλμούς, η μέση πυκνότητα ισχύος σε απόσταση r από την κεραία και σε διεύθυνση με απολαβή κεραίας G , δίνεται από τη σχέση:

όπου N η ισχύς εξόδου του πομπού και η εκπομπή θεωρείται συνεχής.

Αν η εκπομπή δεν είναι συνεχής αλλά κατά παλμούς, η μέση πυκνότητα ισχύος σε απόσταση r από την κεραία και σε διεύθυνση με απολαβή κεραίας G , δίνεται από τη σχέση: $P_r, \pi = \frac{N \text{ μέση}}{4\pi r^2} 10^{10} \left(\frac{W}{m^2}\right)$

όπου N η ισχύς εξόδου του πομπού και η εκπομπή θεωρείται συνεχής.

Αν η εκπομπή δεν είναι συνεχής αλλά κατά παλμούς, η μέση πυκνότητα ισχύος σε απόσταση r από την κεραία και σε διεύθυνση με απολαβή κεραίας G , δίνεται από τη σχέση: όπου $N_{\text{μέση}}$ η μέση ισχύς του πομπού.

Αν prf ή prf 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:

$$\text{Duty factor(DF)}=w*prf$$

$$N_{\text{μέση}}=N_{\kappa}*(DF)$$

όπου N_{κ} είναι η ισχύς κορυφής των παλμών.

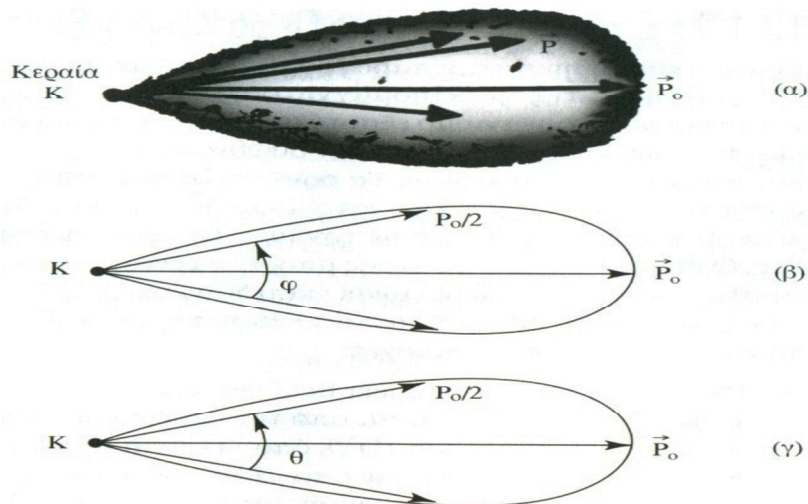
Ο συνδυασμός των τριών προηγούμενων σχέσεων δίνει, για τη μέση πυκνότητα ισχύος σε απόσταση r από την κεραία παλμικής εκπομπής, την ακόλουθη σχέση:

$$P_{r,\pi}=\frac{N_{\kappa}*w*prf}{4\pi r^2} 10^{10}\left(\frac{W}{m^2}\right)$$

Σε μερικές περιπτώσεις, όπου η κεραία πομπού περιστρέφεται, η μέση πυκνότητα ισχύος σε απόσταση r δίνεται από τη σχέση:

$$P_{r,\pi,\pi}=\frac{N_{\kappa}*w*prf}{4\pi r} 10^{10} \frac{\varphi^0}{360^0}\left(\frac{W}{m^2}\right)$$

όπου φ είναι το εύρος μισής ισχύος του οριζόντιου διαγράμματος της κεραίας σε μοίρες.



Η Εικόνα 13 αναπαριστά:

1. **Στερεό διάγραμμα ακτινοβολίας κεραίας.** Είναι ο γεωμετρικός τόπος των άκρων των διανυσμάτων, τα μέτρα των οποίων εκφράζουν την πυκνότητα ισχύος που ακτινοβολείται από την κεραία σε κάθε διεύθυνση του χώρου.

2. **Οριζόντιο διάγραμμα ακτινοβολίας κεραίας.** Προκύπτει από την τομή του στερεού διαγράμματος ακτινοβολίας (α) από ένα οριζόντιο επίπεδο. Οι
3. διευθύνσεις κατά τις οποίες η ακτινοβολούμενη πυκνότητα ισχύος είναι το μισό της μέγιστης, P_0 , σχηματίζουν μια γωνία που λέγεται γωνία μισής ισχύος, φ .
4. **Κατακόρυφο διάγραμμα ακτινοβολίας κεραίας.** Προκύπτει από την τομή του στερεού διαγράμματος ακτινοβολίας (α) από ένα κατακόρυφο επίπεδο. Η γωνία θ είναι η γωνία μισής ισχύος του κατακόρυφου διαγράμματος ακτινοβολίας που ορίζεται όπως και η φ .

2.2 ΕΓΓΥΣ ΚΑΙ ΜΑΚΡΙΝΟ ΠΕΔΙΟ ΚΕΡΑΙΑΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ

Όπως ήδη αναφέρθηκε στην Ενότητα 3.5, ο ειδικός ρυθμός απορρόφησης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από τον ανθρώπινο οργανισμό εξαρτάται από τον προσανατολισμό του σώματος σε σχέση με τη διεύθυνση του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου. Τα όρια επικινδυνότητας καθορίστηκαν με βάση τον προσανατολισμό, όπου το ηλεκτρικό πεδίο είναι παράλληλο με το μεγάλο άξονα του σώματος. Ο προσανατολισμός αυτός μπορεί να είναι γνωστός και σταθερός μόνο στην περίπτωση επίπεδου κύματος.

Ο χώρος γύρω από μία κεραία εκπομπής ραδιοσυχνοτήτων χωρίζεται σε δύο περιοχές:

- I. **Περιοχή εγγύς πεδίου (near field region):** Η περιοχή αυτή εκτείνεται από την επιφάνεια της κεραίας μέχρι την απόσταση $2D^2/\lambda$ όπου D η μεγαλύτερη διάσταση της κεραίας και λ το μήκος κύματος της ακτινοβολίας. Μέσα στην περιοχή αυτή, ο προσανατολισμός του ηλεκτρικού πεδίου δεν είναι σταθερός αλλά μεταβάλλεται σε κάθε σημείο και κάθε χρονική στιγμή. Συγκεκριμένα το περιστρέφεται πάνω σ' ένα επίπεδο, παράλληλο με τη διεύθυνση διάδοσης. Στην περιοχή του εγγύς πεδίου τα και έχουν τη μορφή στάσιμου κύματος και δεν υπάρχει κατά μέσο όρο ροή ενέργειας (η ενέργεια αποθηκεύεται). Επιπλέον, τα και είναι εκτός φάσης, δεν παίρνουν δηλαδή ταυτόχρονα τη μέγιστη και την ελάχιστη τιμή τους.
- II. **Περιοχή μακρινού πεδίου (far field region):** Η περιοχή αυτή εκτείνεται πέρα από την απόσταση $2D^2/\lambda$ και μέχρι το άπειρο. Σε κάθε σημείο της περιοχής ο προσανατολισμός των και (για ομογενές και ισότροπο μέσο διάδοσης) διατηρείται σταθερός. Συγκεκριμένα, τα και είναι κάθετα μεταξύ τους και συγχρόνως κάθετα στη διεύθυνση της διάδοσης. Επιπλέον είναι και στην ίδια φάση, συνιστούν δηλαδή ένα επίπεδο κύμα. Εφόσον στην περιοχή του εγγύς πεδίου, ο προσανατολισμός αλλάζει διαρκώς, είναι δυσχερής ο προσδιορισμός του ρυθμού απορρόφησης της ακτινοβολίας από έναν ζωντανό οργανισμό που βρίσκεται μέσα στην περιοχή αυτή και συνεπώς ο καθορισμός ορίων επικινδυνότητας.

Συμπερασματικά, μπορεί να ειπωθεί ότι η σύγκριση της πυκνότητας ισχύος, που μετράται σε ένα σημείο γύρω από μια κεραία εκπομπής, με τα όρια επικινδυνότητας μπορεί να γίνει εφόσον το σημείο μέτρησης βρίσκεται στο μακρινό πεδίο της κεραίας. Οι σχέσεις 5,1, 5,5 και 5,6 ισχύουν μόνο για το μακρινό πεδίο.

2.3 ΕΙΔΗ RADAR

2.3.1 RADAR ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Οι κεραίες των radars αυτών εκπέμπουν ισχυρότατες δέσμες οι οποίες μπορεί να είναι επικίνδυνες ακόμα και σε απόσταση εκατοντάδων μέτρων. Οι εγκαταστάσεις αυτές βρίσκονται συνήθως σε απομονωμένες περιοχές και η επιβάρυνση του πληθυσμού θεωρείται αμελητέα. Επίσης και οι εργαζόμενοι σε αυτές τις εγκαταστάσεις εργάζονται κάτω από αυστηρά μέτρα ασφαλείας. Στην κατηγορία αυτή, ανήκουν:

2.3.2 RADAR ΕΡΕΥΝΑΣ:

Τα radar έρευνας έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Συχνότητα 1250 – 1350 MHz, διάρκεια παλμού $w=6$ μsec , συχνότητα επανάληψης παλμών $\text{prf}=200$ rps, ισχύς κορυφής παλμού 100 MW, περιστρεφόμενη κεραία (5 στροφές/λεπτό) μέγιστης διάστασης $d=25\text{m}$, απολαβή κεραίας 20 dB, γωνία μισής ισχύος 3° .

Από τη σχέση $c=\lambda*f$, όπου $c=3*10^8$ (ταχύτητα του φωτός) και $f=9$ GHz η συχνότητα, υπολογίζεται καταρχήν το μήκος κύματος της ακτινοβολίας:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f} = \frac{3*10^3}{9} = \frac{1}{3} * 10^{-1} \text{m}$$

Το μακρινό πεδίο κεραίας αρχίζει μετά από την απόσταση, με $d=25\text{cm}$:

$$R = \frac{2d^2}{\lambda_0} = \frac{2*(25)^2}{\frac{10}{3}} = 375 \text{ cm ή } 3.75 \text{ m, τοποθέτηση στα } 4 \text{ cm}$$

ΣΗΜΕΙΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΚΕΡΑΙΩΝ	ΥΨΟΣ ΔΕΚΤΗ	ΣΗΜΑ ΛΗΨΗΣ
ΕΓΚΕΦΑΛΟΣ	2.3 m	1,75m	2mV
ΚΑΡΔΙΑ	2.15m	1,40	12mV
ΓΕΝΕΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ	4m	95m	45mV

Διάνυσμα Poynting

- Περιγράφει το ρυθμό ροής ενέργειας ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος σε W/m^2
- Ορίζεται ως $S=|E| \times |H| \cdot \sin 90, \sin 90=1$
- E: ηλεκτρικό πεδίο
- H: μαγνητικό πεδίο
- Για επίπεδα ηλεκτρικά και μαγνητικά κύματα:

$$S = \frac{E^2}{377} = \frac{P(R)}{\text{επιφάνεια}} \quad (1)$$

$$5,2 \cdot 10^{-2} \cdot 4,7 \cdot 10^{-2}$$

$$\text{Επιφάνεια} = 24,44 \cdot 10^{-4} m^2$$

- Άρα η πυκνότητα ισχύος S υπολογίζεται μέσω:

$$S = H = E^2 / 377 = 377 \cdot H^2 \quad \text{ή}$$

$$S = \frac{E^2}{377} = \frac{P(R)}{\text{επιφάνεια}} \quad (1), \text{επιφάνεια} = 5,2 \cdot 10^{-2} \cdot 4,7 \cdot 10^{-2}$$

- επιφάνεια: $5.2\text{cm} \times 4.7\text{cm} = 24,44 \cdot 10^{-2}$
- P(R): ισχύς ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε απόσταση R από την πηγή
- Με βάση τον παρακάτω τύπο και το πίνακα παραπάνω θα βρούμε την ισχύ Ρεγκ, Ρκαρδ και το Ργ.ο

α/α	Σημείο μετρήσης	ρ (kg/m ³)	σ (S/m)	E (V/m)
1	Εγκέφαλος	0.0044	10	1.29
2	Καρδιά	2.86	5.5	0.32
3	Γενετικά όργανα	0.0014	12	3.88

$$P(\epsilon\gamma\kappa) = \frac{P_0 * G\pi * G\delta * \lambda_0}{16\pi^2} * \frac{1}{R_{\epsilon\gamma\kappa}} \Rightarrow$$

$$P(\epsilon\gamma\kappa) = \frac{10 * 100 * 10 * (10^{-1})^2}{16(3.14)^2} * \frac{1}{2.3} \Rightarrow$$

$$P(\epsilon\gamma\kappa) = 0,26W$$

$$P(\kappa\alpha\rho\delta) = \frac{P_0 * G\pi * G\delta * \lambda_0}{16\pi^2} * \frac{1}{R_{\kappa\alpha\rho\delta}} \Rightarrow$$

$$P(\kappa\alpha\rho\delta) = \frac{10 * 100 * 10 * (10^{-1})^2}{16(3.14)^2} * \frac{1}{2.15} \Rightarrow$$

$$P(\kappa\alpha\rho\delta) = 0.28W$$

$$P(\gamma.o) = \frac{P_0 * G\pi * G\delta * \lambda_0}{16\pi^2} * \frac{1}{R_{\gamma.o}} \Rightarrow$$

$$P(\gamma.o) = \frac{10 * 100 * 10 * (10^{-1})^2}{16(3.14)^2} * \frac{1}{4} \Rightarrow$$

$$P(\gamma.o) = 0.15W$$

$$\text{Από τον τύπο (1) έχουμε: } S = \frac{E^2}{377} = \frac{P(R)}{24.44 * 10^{-1}}$$

Με βάση τον παραπάνω τύπο θα βρούμε την $E_{\epsilon\gamma\kappa}$, $E_{\kappa\alpha\rho\delta}$ και $E_{\gamma.o}$

$$\frac{E_{\epsilon\gamma\kappa}^2}{377} = \frac{P(\epsilon\gamma\kappa)}{24.44 * 10^{-1}} \Rightarrow \frac{E_{\epsilon\gamma\kappa}^2}{377} = \frac{0.26}{24.44 * 10^{-1}} \Rightarrow \frac{E_{\epsilon\gamma\kappa}^2}{377} = 0.063$$

$$\Rightarrow E_{\epsilon\gamma\kappa}^2 = \frac{0.063 * 377}{24.44 * 10^{-1}} \Rightarrow E_{\epsilon\gamma\kappa}^2 = 1,67 \Rightarrow E_{\epsilon\gamma\kappa} = \sqrt{1.67} = 1.29 \text{ V/m}$$

$$\frac{E_{\gamma.o}^2}{377} = \frac{P(\gamma.o)}{24.44 * 10^{-1}} \Rightarrow \frac{E_{\gamma.o}^2}{377} = \frac{0.15}{24.44 * 10^{-1}}$$

$$\Rightarrow \frac{E_{\gamma.o}^2}{377} = 0.036 \Rightarrow E_{\gamma.o}^2 = \frac{0.036 * 377}{24.44 * 10^{-1}} \Rightarrow E_{\gamma.o}^2 = 9.54 \Rightarrow E_{\gamma.o} = \sqrt{9.54} = 3.088 \text{ V/m}$$

$$\frac{E_{\kappa\alpha\rho\delta}^2}{377} = \frac{P(\kappa\alpha\rho\delta)}{24.44 * 10^{-1}} \Rightarrow \frac{E_{\kappa\alpha\rho\delta}^2}{377} = \frac{0.028}{24.44 * 10^{-1}} \Rightarrow \frac{E_{\kappa\alpha\rho\delta}^2}{377} =$$

$$4.10 \Rightarrow E_{\kappa\alpha\rho\delta}^2 = \frac{4.10 * 377}{24.44 * 10^{-1}} \Rightarrow E_{\kappa\alpha\rho\delta}^2 = 0.108 \Rightarrow E_{\kappa\alpha\rho\delta} = \sqrt{0.108} = 0.32 \text{ V/m}$$

Υπολογισμός Απορρόφησης

Υπολογισμός SAR τοπικού ιστού:

- $(SAR) = \frac{\sigma * E^2}{2\rho} \text{ W/kg}$

Υπολογισμός σχετικού SAR τοπικού ιστού προς μέσο SAR σώματος:

$$\frac{SAR_i}{SAR_\sigma}, \text{ όπου, } SAR_\sigma: 0.08 \text{ W/kg}$$

$$SAR_{\epsilon\gamma\kappa} = \frac{10 * 1.67}{2 * 0.0044} = 0.03674 \text{ W/kg.}$$

$$SAR_{\kappa\alpha\rho\delta} = \frac{5.5 * 0.108}{2 * 2.86} = 0.849 \text{ W/kg}$$

$$SAR_{\gamma.o} = \frac{12 * 3.088}{2 * 0.0014} = 0.025 \text{ W/kg,}$$

ΚΑΙ

$$\frac{SAR_{εγκ}}{SAR_{σ}} = \frac{0.03674}{0.08} = 0.459$$

$$\frac{SAR_{καρδ}}{SAR_{σ}} = \frac{0.849}{0.08} = 10.6125$$

$$\frac{SAR_{γ.ο}}{SAR_{σ}} = \frac{0.025}{0.08} = 0.3125$$

α/α	Σημείο μέτρησης	SAR _i (W/kg)	SAR _i /SAR _σ
1	εγκέφαλος	0.03674	0.459
2	καρδιά	0.849	10.6125
3	Γενετικά όργανα	0.025	0.3125

$$P(R) = P_0 \cdot G_{\pi} \cdot G_{\delta} \cdot \lambda^0 / 16\pi^2 \cdot 1/R, P_0 = 100 \text{ mW} = 10^{-1} \text{ W}$$

- P₀: ισχύ εκπομπής κεραίας (100 mW)
- G_π: το κέρδος της κεραίας πομπού (100 W)
- G_δ: το κέρδος της κεραίας δέκτη (10 W)
- λ: το μήκος κύματος στο κενό (1/3 · 10⁻¹ m)
- R: η απόσταση πομπού από το κάθε σημείο μέτρησης

Σε ένα σημείο που απέχει 100 m από την κεραία (μακρινό πεδίο), η αναμενόμενη μέση πυκνότητα ισχύος υπολογίζεται από τη σχέση 5,5 (επειδή ακτινοβολείται ταυτόχρονα ο χώρος) και ισούται με 30,5 mW/cm². Αυτή η τιμή υπερβαίνει κατά 4 φορές ακόμα και το δυτικό όριο επικινδυνότητας στη συχνότητα λειτουργίας.

Συνεπώς, τα radar των στρατιωτικών εγκαταστάσεων εκπέμπουν πολύ ισχυρές δέσμες που μπορεί να είναι επικίνδυνες ακόμα και σε απόσταση πολλών εκατοντάδων μέτρων από την κεραία. Γι' αυτό το λόγο, υπηρετούνται από ειδικευμένο προσωπικό, κάτω από αυστηρά μέτρα ασφαλείας. Η επιβάρυνση του γενικού πληθυσμού από τα radar αυτά είναι αμελητέα επειδή βρίσκονται σε απομονωμένες περιοχές.

Σε απόσταση 122m από την κεραία, στο μακρινό της πεδίο, η αναμενόμενη πυκνότητα ισχύος υπολογίζεται από την σχέση:

$$P = \frac{10 \cdot 10^6 \text{ watts} \cdot 6 \cdot 10^{-6} \text{ sec} \cdot 200 \text{ sec}^{-1}}{4 \cdot 3.14 \cdot 250^2 \cdot \text{m}^2} \cdot 10^{30/10} \cdot \frac{3^0}{360^0} = 0.12 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 0.012 \frac{\text{mW}}{\text{cm}^2} = 12 \frac{\mu\text{W}}{\text{cm}^2}$$

Στην περιοχή συχνότητας λειτουργίας του radar αυτού, τα όρια επικινδυνότητας στη Δύση (IRPA) είναι 4 mW/cm^2 για τους εργαζόμενους και $0,8 \text{ mW/cm}^2$ για το γενικό πληθυσμό. Στην Ανατολή είναι αντίστοιχα 10 μW/cm^2 και 4 μW/cm^2 . Επομένως, στην απόσταση των 250m από την κεραία, η πυκνότητα ισχύος είναι πολύ μικρότερη από τα δυτικά όρια, όμως μεγαλύτερη από τα ανατολικά όρια.

Σε αποστάσεις από την κεραία μικρότερες των 208m (δηλαδή στο εγγύς πεδίο της κεραίας), η πυκνότητα ισχύος μπορεί να υπολογιστεί μόνο με προσεγγιστικές μεθόδους. Οι τιμές που προκύπτουν δεν μπορούν να συγκριθούν με τα όρια επικινδυνότητας. Παρ' όλα αυτά, η έκθεση ενός ανθρώπου στο εγγύς πεδίο, σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να θεωρηθεί ασφαλής.

Στην απόσταση των 250m από την κεραία, η στιγμιαία πυκνότητα ισχύος που δέχεται κάποιος που βρίσκεται στη διεύθυνση ακτινοβολίας του radar την στιγμή που περνάει από την θέση του η περιστρεφόμενη δέσμη, υπολογίζεται από τη σχέση (5,5) και ισούται με $1,5 \text{ mW/cm}^2$. Η στιγμιαία πυκνότητα ισχύος δεν μπορεί να συγκριθεί με τα όρια επικινδυνότητας που έχουν καθιερωθεί για τους εργαζόμενους και τον γενικό πληθυσμό. Όμως, σε περίπτωση βλάβης (ακινητοποίηση της κεραίας χωρίς ταυτόχρονη διακοπή της εκπομπής) η πυκνότητα ισχύος θα μπορούσε να μετατραπεί σε διαρκή και συνεπώς θα ήταν πολύ επικίνδυνη

Το μακρινό πεδίο της κεραίας των radar αυτών αρχίζει πέρα από την απόσταση των 500m. Η θεωρητικά αναμενόμενη μέση πυκνότητα ισχύος με βάση τη σχέση 5,6 υπολογίζεται ίση με 3 μW/cm^2 και είναι χαμηλότερη ακόμη και από τα «ανατολικά» όρια επικινδυνότητας. Στο εγγύς πεδίο οι τιμές της πυκνότητας ισχύος είναι μεγαλύτερες (Πίνακας 5.1), δεν μπορούν όμως να συγκριθούν με τα όρια επικινδυνότητας. Όσον αφορά την επιβάρυνση του περιβάλλοντος από τα τερματικά radar των ελληνικών πολιτικών αεροδρομίων μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα, αν ληφθούν υπ' όψη και οι εξής πρόσθετοι παράγοντες:

1. Η κεραία του radar είναι εγκατεστημένη σε πύργο ύψους 33 m πάνω από το έδαφος.
2. Η κεραία εκπέμπει οριζόντια ή $2^\circ - 3^\circ$ άνω του οριζόντιου άξονα.
3. Στον υπολογισμό της πυκνότητας ισχύος με βάση τις σχέσεις 5,1 , 5,5 και 5,6 δεν λαμβάνεται υπόψη η εξασθένηση του κύματος κατά τη διάδοσή του στην ατμόσφαιρα, κυρίως επειδή είναι σχετικά μικρή αφού η συχνότητα λειτουργίας των τερματικών radar είναι πολύ μικρότερη από τη συχνότητα συντονισμού των υδρατμών (22,24GHz) και του οξυγόνου (60GHz). Λόγω εξασθένησης, πάντως, η πραγματική πυκνότητα ισχύος είναι μικρότερη.

Συνεπώς, 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, αυτό 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.

Πειραματική επιβεβαίωση: Η ασήμαντη ηλεκτρομαγνητική επιβάρυνση του περιβάλλοντος από τη λειτουργία των τερματικών radar των ελληνικών πολιτικών αεροδρομίων επιβεβαιώθηκε και πειραματικά με δύο μετρήσεις. Αρχικά μετρήθηκε η

πυκνότητα ισχύος σε επιλεγμένα σημεία του χώρου του αεροδρομίου με το radar σε λειτουργία και στη συνέχεια επανελήφθησαν οι μετρήσεις με το radar εκτός λειτουργίας, χωρίς να προκύψει καμία απολύτως διαφορά στις τιμές του υποβάθρου.

Στα αεροδρόμια βέβαια, λειτουργεί εκτός του κυρίου radar, 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

Στον Πίνακα 5.1 φαίνεται η πυκνότητα ισχύος σε διάφορες αποστάσεις από την κεραία τερματικού radar των ελληνικών αεροδρομίων, μέσα στο εγγύς πεδίο της (0-500m). Οι τιμές υπολογίστηκαν θεωρητικά, με ειδικές προσεγγιστικές μεθόδους και είναι μόνο ενδεικτικές, καθώς δεν μπορούν να συγκριθούν με τα όρια επικινδυνότητας που ισχύουν μόνο για το μακρινό πεδίο κεραίας. Σε καμιά περίπτωση, πάντως δεν μπορούν να θεωρηθούν ακίνδυνες και πολύ περισσότερο να συναχθεί το συμπέρασμα ότι μπορεί κανείς να εκτίθεται στο εγγύς πεδίο κεραίας. Απλώς δεν μπορεί να εκτιμηθεί ο βαθμός επικινδυνότητας στα διάφορα σημεία του εγγύς πεδίου μιας κεραίας.

3.1 ΌΡΙΑ ΕΠΙΤΡΕΠΤΗΣ ΈΚΘΕΣΗΣ

Η αρχή της οριοθέτησης επιβάλλει τη θέσπιση ορίων επιτρεπτής έκθεσης (Exposure Limits, EL), χωρίς αυτό να σημαίνει υποχρεωτικά ότι αυτά είναι τα όρια ασφαλείας. Τα όρια έκθεσης του πληθυσμού είναι αυστηρότερα από αυτά των εργαζομένων σε χώρους που παράγεται η ακτινοβολία, ισχύουν σε κανονικές συνθήκες και μπορεί να ξεπεραστούν σε ειδικές περιπτώσεις. Τα όρια επιτρεπτής έκθεσης (exposure limits, EL) στις μη ιονίζουσες ακτινοβολίες δίδονται σε E_{EL} (V/m) ή H_{EL} (A/m) σε S_{EL} (W/m^2 ή mW/cm^2) ή σε $[S.t]_{EL}$ (J/m^2 ή mJ/cm^2). Βασικό ζήτημα στις εκπομπές των Radar, είναι η εφαρμογή της οριοθέτησης για το διαχωρισμό των ακτινοβολιών σε ασθενείς ή ισχυρές, με βάση τις βιολογικές επιπτώσεις.

Με βάση τα πρότυπα για το οκτάωρο εργασίας η βιολογικά αποδεκτή έκθεση ολόκληρου του σώματος στα ραδιοηλεκτρικά κύματα δεν πρέπει να υπερβαίνει την μέση, ανά εξάλεπτο, τιμή $SAR=0,4W/kg$, ενώ η αντίστοιχη τιμή για την εικοσιτετράωρη έκθεση του πληθυσμού γενικά είναι $SAR=0,08W/kg$. Με βάση τις τιμές αυτές δίδονται στον Πίνακα 5.3 τα όρια της επιτρεπτής έκθεσης για τις συχνότητες των Radar που συνιστά η παγκόσμια οργάνωση υγείας (WHO) σε συνεργασία με την επιτροπή μη ιονιζουσών ακτινοβολιών της οργάνωσης προστασίας από τις ακτινοβολίες (IRPA).

ΟΡΙΑ ΕΠΙΤΡΕΠΤΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ (EL)			
Συχνότητα (MHz)	Ένταση Ηλεκτρικού Πεδίου E_{EL} (V/m)	Ένταση Μαγνητικού Πεδίου H_{EL} (A/m)	Ισοδύναμη Πυκνότητα Ισχύος S_{EL} (W/m ²)
<i>Εργαζόμενοι (Μέσες τιμές έκθεσης ολόκληρου του σώματος για οποιοδήποτε εξάλεπτο κατά τη διάρκεια οκτάωρης εργασίας ανά εικοσιτετραώρου)</i>			
10 – 400	61	0,16	10
400 – 2000	$3F^{1/2}$	$0,008.F^{1/2}$	F/40
2000 – 300.000	137	0,36	50
<i>Πληθυσμός (Μέσες τιμές έκθεσης ολόκληρου του σώματος για οποιοδήποτε εξάλεπτο κατά τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου)</i>			
10 – 400	27,5	0,073	2
400 – 2000	$1,375.F^{1/2}$	$0,0037.F^{1/2}$	F/200
2000 – 300000	61	0,16	10

Πίνακας 3: Όρια επιτρεπτής έκθεσης

Παρότι οι περισσότερες έρευνες και μελέτες υποστηρίζουν ότι η ηλεκτρομαγνητική επιβάρυνση προς το γενικότερο πληθυσμό από Radar (ειδικά στρατιωτικών εγκαταστάσεων) είναι αμελητέα, διότι βρίσκονται σε απομονωμένες περιοχές, υπάρχει και η άποψη που υποστηρίζει το αντίθετο. Η άποψη αυτή, στηρίζεται σε μαρτυρίες ανθρώπων που ζουν κοντά σε μεγάλες στρατιωτικές βάσεις και σε στατιστικά στοιχεία θανάτων από λευχαιμία και καρκίνο στις περιοχές αυτές.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ:

Η απορρόφηση ισχύος είναι πολύ κοντά στα όρια ασφάλειας ή και πάνω από τα όρια ασφάλειας κατά την χρήση θερματικών συσκευών. Η υψηλή απορρόφηση ισχύος

κατά τη χρήση τερματικών συσκευών από τα παιδιά, μπορεί να δημιουργήσει αναπτυσσόμενο νευρικό σύστημα ή και μεγαλύτερη μακροπρόθεσμη έκθεση. Επειδή λείπει ο τρόπος υπολογισμού της συσσωρευτικής δόσης, η οδηγία δεν διακρίνει ανάμεσα σε οξεία και μακροχρόνια έκθεση. Επίσης δεν περιλαμβάνει επίπεδα έκθεσης σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες, ούτε εκτιμήσεις ειδικής ευαισθησίας κατά φύλο, ηλικία ή κατηγορίες όπως είναι οι έγκυες γυναίκες, επειδή η παρούσα γνώση των μηχανισμών επίδρασης δεν επιτρέπει τον προσδιορισμό των ατόμων που μπορούν να επηρεασθούν. Επιπλέον, κατά την αύξηση της απόστασης μεταξύ της συσκευής/κεφαλής χρήστη, γίνεται αυτόματα δραστική ελάττωση απορρόφησης από αυτό. Όσο αφορά την ακτινοβολία των σταθμών βάσης είναι δύσκολο να προκύψει υπέρβαση των ορίων ασφάλειας. Ορισμένα Radar ακτινοβολούν μέτρια έως εξαιρετικά υψηλή πυκνότητα ισχύος. Η λειτουργία τους πρέπει να διέπεται από τις αρχές της ακτινοπροστασίας, διότι μπορεί να προκληθούν ατυχήματα από παρεμβολές ή βλάβη της υγείας από απορρόφηση ισχύος στους ιστούς του οργανισμού.

ΠΗΓΕΣ/ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΕΙΑ:

- 1) ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ(Κ.Θ. ΛΙΟΛΙΟΥΣΗ, ΕΠΙΚ.ΚΑΘΗΓΗΤΗ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ)
- 2) ΚΙΝΗΤΗ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ
- 3) ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΣΤΗΝ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ(ΓΕΩΡΓΑΚΙΛΑΣ ΚΩΣΤΑΝΤΙΝΟΣ)
- 4) ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΗ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑ(ΤΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ)
- 5) ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΡΑΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΙΣΤΩΝ. ΘΕΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ.